



TRẦN VĂN NHÂN
NGÔ THỊ NGÀ

GIÁO TRÌNH CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THẢI



NHÀ XUẤT BẢN
KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TRẦN VĂN NHÂN - NGÔ THỊ NGÀ

GIÁO TRÌNH

CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THẢI

(In lần thứ hai có sửa chữa)

Chị Lan
Nguyễn Chi Lan



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

HÀ NỘI - 2002

Mã số : $\frac{60 - 601}{\text{-----}}$ 978 - 29 - 16/11/2001
KHKT - 99

Lời nói đầu

Giáo trình "Công nghệ xử lý nước thải" này được biên soạn theo đề cương môn học chính thức cùng tên của ngành Công nghệ Môi trường, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, nhằm cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ bản về môi trường nước và công nghệ xử lý nước thải, cũng như các tiếp cận bảo vệ môi trường.

Trọng tâm của giáo trình là cơ sở của các phương pháp sử dụng trong công nghệ xử lý nước thải và các tính toán công nghệ. Giáo trình cũng dành một phần thích đáng giới thiệu tiếp cận giải quyết vấn đề nước thải công nghiệp và xử lý nước thải của một số ngành công nghiệp.

Giáo trình này cũng có thể làm tài liệu tham khảo cho học viên cao học ngành Công nghệ Môi trường và các cán bộ nghiên cứu trong lĩnh vực xử lý nước thải.

Do biên soạn lần đầu, giáo trình không tránh khỏi thiếu sót. Chúng tôi rất mong nhận được những ý kiến đóng góp của bạn đọc và đồng nghiệp để giáo trình được sửa chữa, bổ sung cho lần tái bản sau.

Hà Nội, mùa Xuân 1999

Các tác giả

MỤC LỤC

	Trang
<i>Lời nói đầu</i>	3
Chương I. SỰ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC	9
1.1. Hệ thống nước và môi trường	9
1.1.1. Nước trong tự nhiên	9
1.1.2. Sự ô nhiễm nước	12
1.2. Phân loại và các đặc tính của nước thải	14
1.2.1. Phân loại nước thải	14
1.2.2. Các tính chất đặc trưng của nước thải	16
1.3. Một số thông số quan trọng của nước thải	16
1.3.1. Hàm lượng chất rắn	16
1.3.2. Hàm lượng oxy hòa tan	18
1.3.3. Nhu cầu oxy sinh hóa	20
1.3.4. Nhu cầu oxy hóa học	25
1.3.5. Các chất dinh dưỡng	26
1.3.6. Chỉ thị chất lượng về vi sinh của nước	28
1.3.7. Các tác nhân độc hại và các hợp chất liên quan về mặt sinh thái	29
1.4. Nước thải sinh hoạt	31
1.5. Nước thải công nghiệp	33
1.6. Nước thải đô thị	35
1.7. Ảnh hưởng của nước thải đối với các nguồn tiếp nhận nước	37
1.7.1. Sự ô nhiễm nước sông	37
1.7.2. Ảnh hưởng của ô nhiễm đến nước hồ	43
1.7.3. Ảnh hưởng của sự ô nhiễm đối với nước biển	46
1.8. Quản lý chất lượng nước	47
1.9. Kiểm soát ô nhiễm môi trường nước	60
Bài tập	63
Tài liệu tham khảo	64

Chương II. CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI 67

2.1. Mở đầu	67
2.2. Phân loại các quá trình và phương pháp xử lý nước thải	67
2.3. Kinh tế xử lý nước thải	73
2.4. Làm sạch nước thải bằng các phương pháp cơ học	74
2.4.1. Lọc qua song chắn hoặc lưới chắn	74

2.4.2. Điều hòa lưu lượng	79
2.4.3. Quá trình lắng	81
2.4.3.1. Phân tích quá trình lắng của các hạt rắn trong nước thải	81
2.4.3.2. Bể lắng cát	95
2.4.3.3. Các loại bể lắng	98
2.4.3.4. Tách các tạp chất nổi	100
2.4.4. Lọc	104
2.4.5. Tách các hạt rắn lơ lửng dưới tác dụng của lực ly tâm và lực nén	114
2.4.5.1. Xyclon thủy lực	114
2.4.5.2. Máy ly tâm	117
2.5. Các phương pháp hóa lý	118
2.5.1. Đồng tụ và keo tụ	118
2.5.2. Tuyển nổi	125
2.5.3. Hấp phụ	132
2.5.4. Trao đổi ion	141
2.5.5. Các quá trình tách bằng màng	151
2.5.5.1. Thẩm thấu ngược	152
2.5.5.2. Siêu lọc	159
2.5.5.3. Thẩm tách và điện thẩm tách	161
2.5.6. Các phương pháp điện hóa	163
2.5.6.1. Oxy hóa của anot và khử của catot	162
2.5.6.2. Đồng tụ điện	167
2.5.6.3. Tuyển nổi bằng điện	168
2.6. Các phương pháp hóa học	169
2.6.1. Phương pháp trung hòa	169
2.6.1.1. Trung hòa bằng trộn lẫn chất thải	169
2.6.1.2. Trung hòa bằng bổ sung các tác nhân hóa học	169
2.6.1.3. Trung hòa nước thải axit bằng cách lọc qua vật liệu có tác dụng trung hòa	172
2.6.1.4. Trung hòa bằng khí axit	174
2.6.2. Phương pháp oxy hóa và khử	175
2.7. Xử lý nước thải bằng các phương pháp sinh học	181

2.7.1. Nguyên lý chung của quá trình oxy hóa sinh hóa	181
2.7.2. Sự phát triển của tế bào và động học của phản ứng lên men	182
2.7.3. Ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau lên tốc độ oxy hóa sinh hóa	186
2.7.4. Cấu trúc của các chất ô nhiễm và bùn hoạt tính	189
2.7.4.1. Quá trình oxy hóa sinh hóa và cấu trúc của một số hợp chất hữu cơ trong nước thải công nghiệp	189
2.7.4.2. Các dạng và cấu trúc của các loại vi sinh vật tham gia xử lý nước thải	190
2.7.5. Các phương pháp hiếu khí	191
2.7.5.1. Xử lý nước thải trong các công trình nhân tạo	191
2.7.5.2. Làm sạch nước thải trong điều kiện tự nhiên	211
2.7.6. Phương pháp yếm khí	214
2.8. Xử lý hỗn hợp nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp	221
2.9. Xử lý bùn cặn	222
2.10. Các vấn đề cơ bản trong phân tích và thiết kế công trình xử lý nước thải	224
Bài tập	229
Tài liệu tham khảo	230
 Chương III. XỬ LÝ NƯỚC THẢI CỦA MỘT SỐ NGÀNH CÔNG NGHIỆP	235
3.1. Sử dụng nước trong sản xuất và nước thải công nghiệp	235
3.2. Phương pháp tiếp cận giải quyết vấn đề nước thải công nghiệp	245
3.3. Nghiên cứu tính khả thi về xử lý nước thải	248
3.3.1. Xác định lưu lượng nước thải	248
3.3.2. Lấy mẫu và phân tích mẫu	253
3.3.3. Bảo quản mẫu	257
3.4. Nước thải trong công nghiệp phân bón hóa học	258
3.4.1. Công nghệ sản xuất phân đạm và nguồn gốc nước thải	258
3.4.2. Công nghệ sản xuất phân photphat (phân lân) và nguồn phát sinh nước thải	261
3.4.3. Công nghệ sản xuất phân kali	263
3.4.4. Đặc tính nước thải của ngành công nghiệp phân bón - Tác động của chúng tới môi trường	264

3.4.5. Xử lý nước thải ngành phân bón hóa học	267
3.5. Nước thải trong công nghiệp thuộc da	271
3.5.1. Công nghệ thuộc da	271
3.5.2. Nguồn phát sinh nước thải, đặc tính nước thải của công nghệ thuộc da và tác động của chúng tới môi trường	273
3.5.3. Các phương pháp giảm thiểu ô nhiễm và xử lý nước thải ngành thuộc da	278
3.6. Nước thải trong công nghiệp dệt nhuộm	280
3.6.1. Công nghệ sản xuất và nguồn phát sinh nước thải	280
3.6.2. Các nguồn gây ô nhiễm, đặc tính nước thải ngành dệt nhuộm và các tác động tới môi trường	285
3.6.3. Các phương pháp ngăn ngừa, giảm thiểu ô nhiễm và xử lý nước thải ngành dệt nhuộm	288
3.6.3.1. Các phương pháp ngăn ngừa, giảm thiểu	288
3.6.3.2. Các phương pháp xử lý nước thải dệt nhuộm	291
3.7. Nước thải của công nghiệp giấy	296
3.7.1. Công nghệ sản xuất giấy	296
3.7.2. Các nguồn phát sinh nước thải và đặc tính nước thải trong ngành giấy	301
3.7.3. Các biện pháp giảm thiểu nước thải trong công nghiệp giấy	305
3.7.4. Các biện pháp xử lý nước thải trong công nghiệp giấy	306
3.8. Nước thải của công nghệ sản xuất bia	310
3.8.1. Tổng quan	310
3.8.2. Công nghệ sản xuất bia	310
3.8.3. Các nguồn phát sinh nước thải và đặc tính nước thải công nghiệp sản xuất bia	312
3.8.4. Các biện pháp ngăn ngừa, giảm thiểu và xử lý nước thải	315
3.9. Nước thải của ngành công nghiệp luyện kim, gia công kim loại	317
3.9.1. Công nghệ luyện gang và luyện thép	317
3.9.2. Các nguồn nước thải và đặc tính nước thải của công nghệ luyện kim đen	318
3.9.3. Công nghệ luyện kim màu và các nguồn thải	322
3.9.4. Công nghệ gia công kim loại và các nguồn nước thải	323
3.9.5. Phương pháp xử lý nước thải công nghệ luyện kim và gia công kim loại	325
Tài liệu tham khảo	330

Chương I

SỰ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC

1.1. HỆ THỐNG NƯỚC VÀ MÔI TRƯỜNG

1.1.1. Nước trong tự nhiên

Nước là tài sản chung của nhân loại, là nguồn gốc của sự sống, là môi trường trong đó diễn ra các quá trình sống. Nước đóng vai trò quyết định trong việc đảm bảo cuộc sống của con người.

So với các chất lỏng thông thường khác, nước có những tính chất khác thường. Sau đây là một số tính chất đặc biệt quan trọng của nước.

Khối lượng riêng

Nước là chất lỏng duy nhất nở ra khi đông băng. Thực tế, khối lượng riêng của nước lớn nhất ở 4°C . Điều đó có nghĩa là ở nhiệt độ lớn hơn hoặc dưới nhiệt độ này khối lượng riêng của nước đều nhẹ hơn, vì vậy băng nổi trên nước. Tính chất này cũng dẫn đến hiện tượng phân tầng nhiệt trong các hồ nước...

Nhiệt dung riêng

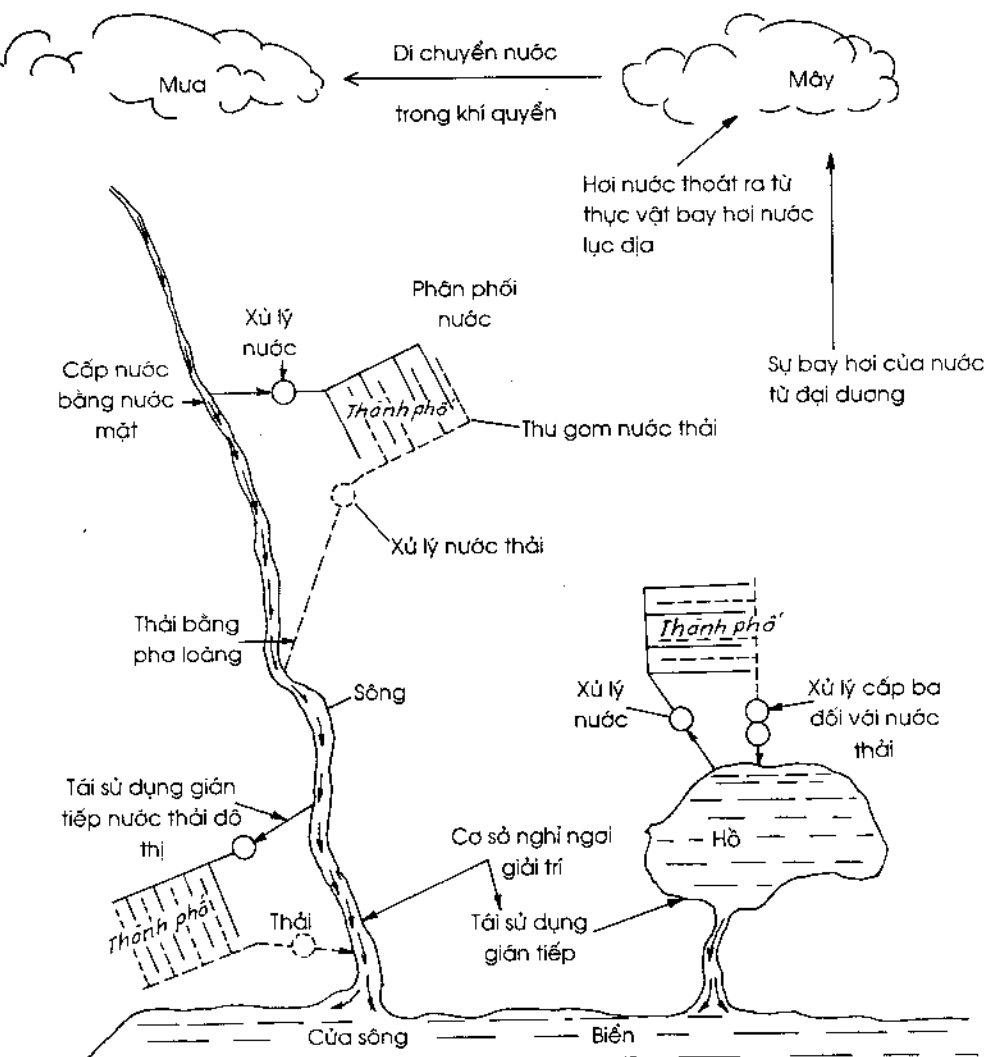
Nhiệt dung riêng của nước ($\sim 4184 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$) cao hơn các chất lỏng khác, trừ amoniac. Do tính chất này nước được đun nóng hoặc làm nguội chậm hơn hầu hết các chất lỏng khác. Nhờ đó nước có tác dụng làm ôn hoà khí hậu các vùng gần nguồn nước và có chức năng bảo vệ sự sống khỏi sự biến động đột ngột về nhiệt.

Nhiệt bay hơi

Nhiệt bay hơi của nước bằng 2258 kJ/kg , cao nhất so với tất cả các chất lỏng khác. Điều này có nghĩa là hơi nước tích lũy lượng nhiệt lớn và được giải phóng khi ngưng tụ. Nhờ tính chất này của nước mà ta có thể nói nước là yếu tố chính ảnh hưởng tới khí hậu của Trái Đất.

Nước hoà tan nhiều chất hơn bất kỳ một dung môi nào. Do đó nó là môi trường có hiệu quả cho việc vận chuyển các chất dinh dưỡng hoà tan tới các mô và các cơ quan của

cơ thể sống cũng như loại trừ các chất thải của chúng. Nước cũng tham gia vào việc vận chuyển các chất tan khắp sinh quyển.



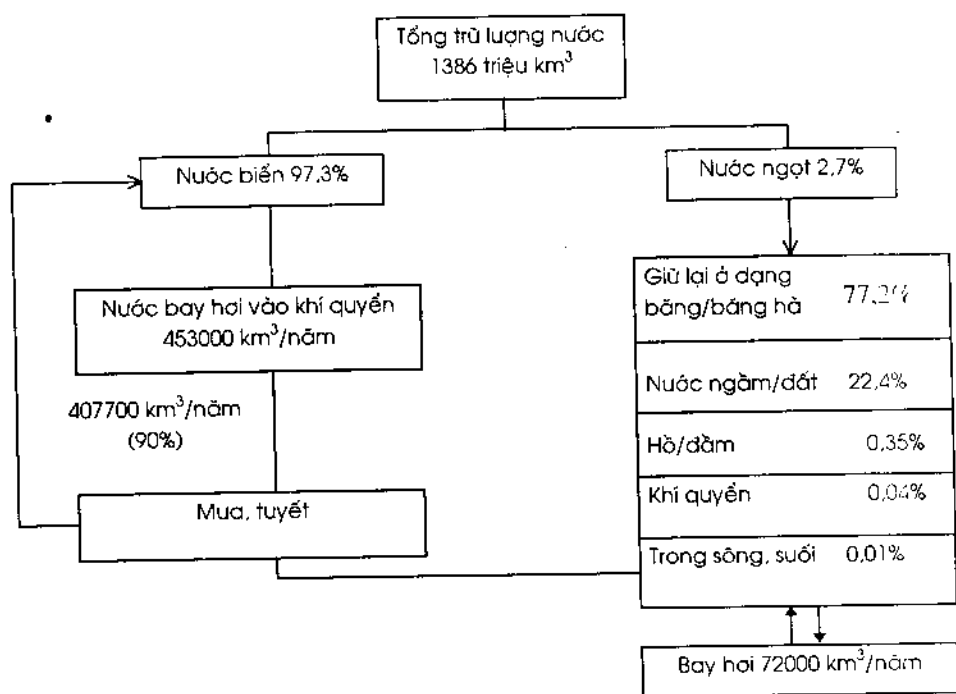
Hình 1.1. Vòng tuần hoàn của nước với tác động của nhân sinh

Quá trình vận động của nước trong tự nhiên được mô tả bởi vòng tuần hoàn của nước như ở hình 1.1. Nước bốc hơi từ đại dương được không khí biển mang vào đất liền, cùng với hơi nước bốc hơi từ nước trong đất liền và thoát ra từ thực vật làm tăng độ ẩm trong khí quyển, cuối cùng ngưng tụ thành mưa hoặc tuyết rơi xuống đất, hoà nhập vào các dòng

nước mặt, được sinh vật sử dụng hoặc bay hơi trở lại khí quyển. Các dòng nước ngầm và nước mặt chảy ra biển để tham gia vào vòng tuần hoàn.

Con người sử dụng nước phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau như giao thông vận tải, tưới tiêu trong nông nghiệp, làm thủy điện, cung cấp nước cho sinh hoạt, làm nguyên liệu và các tác nhân trao đổi nhiệt trong công nghiệp hoặc sử dụng làm các phương tiện sinh hoạt giải trí v.v...

Trong công nghiệp, nhiều nguyên liệu có thể thay thế được cho nhau, riêng nước chưa có gì thay thế được. Trong quá trình sử dụng nước, con người đã can thiệp vào vòng tuần hoàn của nước, tạo nên các vòng tuần hoàn nhân tạo của nước như minh họa trên hình 1.1. Một số cộng đồng dân cư đã rút nước ngầm hoặc lấy nước mặt để cấp nước cho sinh hoạt. Sau khi xử lý, nước được phân phối đến các hộ tiêu dùng sinh hoạt và công nghiệp. Nước thải được thu gom lại trong hệ thống cống và được chuyển đến nhà máy xử lý trước khi thải trở lại nguồn tiếp nhận nước. Quá trình pha loãng và làm sạch trong tự nhiên ở đây sẽ cải thiện thêm chất lượng nước. Một vòng tuần hoàn tương tự như vậy cũng sẽ xảy ra với các thành phố nằm ở hạ lưu.



Hình 1.2. Tổng trữ lượng nước và sự phân bố nước trên Trái Đất

Như vậy vòng tuần hoàn nhân tạo của nước trong sơ đồ thủy học tự nhiên sẽ bao gồm: 1. Khai thác, xử lý và phân phối nước; 2. Thu gom nước thải, xử lý và thải trở lại nước bề mặt bằng pha loãng; 3. Sự tự làm sạch tự nhiên trong sông; và 4. Lấp lại sơ đồ này tại các thành phố ở hạ lưu.

Tổng trữ lượng nước trên Trái Đất và các dạng tồn tại của nó được trình bày khái quát trên hình 1.2.

Việt Nam là nước có nguồn tài nguyên nước khá dồi dào. Chỉ tính riêng các sông có chiều dài từ 10 km trở lên đã có tới 2500 sông. Lượng dòng chảy đổ ra biển hàng năm khoảng 900 km^3 , trong đó hơn 90% chảy ra vịnh Bắc bộ và biển Đông. Nguồn nước ngầm đang được điều tra, nghiên cứu một cách toàn diện. Lượng nước bình quân đầu người đạt tới $17.000 \text{ m}^3/\text{năm}$. Hiện nay mới chỉ khai thác đạt được khoảng trên $500 \text{ m}^3/\text{người. năm}$ [1].

1.1.2. Sự ô nhiễm nước

Nước tự nhiên là nước được hình thành cả số lượng và chất lượng dưới ảnh hưởng của các quá trình tự nhiên, không có tác động của nhân sinh. Do tác động của nhân sinh, nước tự nhiên bị nhiễm bẩn bởi các chất khác nhau dẫn đến kết quả là làm ảnh hưởng đến chất lượng của nó.

Các khuynh hướng thay đổi chất lượng của nước dưới ảnh hưởng các hoạt động của con người bao gồm :

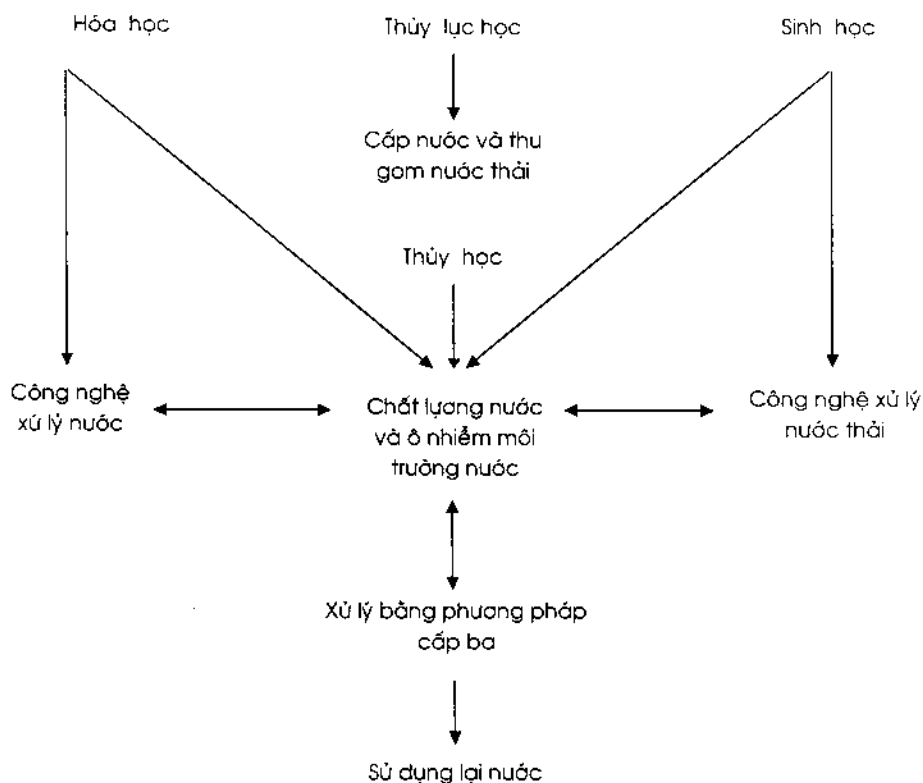
- Giảm độ pH của nước ngọt do ô nhiễm bởi H_2SO_4 , HNO_3 từ khí quyển và nước thải công nghiệp, tăng hàm lượng SO_4^{2-} và NO_3^- trong nước.
- Tăng hàm lượng các ion Ca, Mg, Si ... trong nước ngầm và nước sông do nước mưa hoà tan, phong hoá các khoáng cacbonat.
- Tăng hàm lượng các ion kim loại nặng trong nước tự nhiên, trước hết là Pb, Cd, Hg, As, Zn và cả các anion PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , ...
- Tăng hàm lượng các muối trong nước bề mặt và nước ngầm do chúng đi vào môi trường nước cùng nước thải, từ khí quyển và từ các chất thải rắn.
- Tăng hàm lượng các hợp chất hữu cơ, trước hết là các chất khó bị phân huỷ sinh học (các chất hoạt động bề mặt, thuốc trừ sâu...).
- Giảm nồng độ oxy hoà tan trong nước tự nhiên do các quá trình oxy hoá liên quan tới quá trình phì dưỡng (eutrophication) các nguồn chứa nước và khoáng hoá các hợp chất hữu cơ...
- Giảm độ trong của nước. Tăng khả năng nguy hiểm của ô nhiễm nước tự nhiên do các nguyên tố phóng xạ.

Các chỉ tiêu quan trọng của nước cần được xem xét trong cấp nước là độ pH, độ trong, độ cứng, hàm lượng sắt, mangan và các chỉ số coli.

Các tính chất đặc trưng của nước thải gồm: pH, hàm lượng chất rắn, nhu cầu oxy sinh hoá BOD (Biochemical Oxygen Demand) hoặc nhu cầu oxy hoá học COD (Chemical Oxygen Demand), các dạng nitơ, photpho, dầu mỡ, mùi, màu, các kim loại nặng trong nước thải công nghiệp ...

Việc thải nước thải chỉ qua xử lý bằng các phương pháp thông thường đã đẩy nhanh quá trình phì dưỡng do sự phát triển bùng nổ của tảo và các thực vật khác, làm giảm chất lượng nước, cản trở việc sử dụng lại nước và các hoạt động nghỉ ngơi giải trí. Do đó ngày nay đã phát triển và ứng dụng thêm các phương pháp xử lý cấp ba vào các dây chuyền xử lý nước và nước thải.

Cơ sở để nắm vững kỹ thuật cấp nước và kiểm soát ô nhiễm nước là những kiến thức về hoá học, sinh học, thủy lực học và thủy học như minh hoạ trên hình 1.3.



Hình 1.3. Sơ đồ quan hệ của các lĩnh vực khoa học cơ bản với công nghệ xử lý nước và nước thải

1.2. PHÂN LOẠI VÀ CÁC ĐẶC TÍNH CỦA NƯỚC THẢI

1.2.1. Phân loại nước thải

Người ta định nghĩa nước thải là chất lỏng được thải ra sau quá trình sử dụng của con người và đã bị thay đổi tính chất ban đầu của chúng. Thông thường nước thải được phân loại theo nguồn gốc phát sinh ra chúng. Đó cũng là cơ sở cho việc lựa chọn các biện pháp hoặc công nghệ xử lý. Theo cách phân loại này, có các loại nước thải dưới đây.

Nước thải sinh hoạt

Nước thải sinh hoạt là nước thải từ các khu dân cư, khu vực hoạt động thương mại, công sở, trường học và các cơ sở tương tự khác.

Nước thải công nghiệp (hay còn gọi là nước thải sản xuất)

Nước thải công nghiệp là nước thải từ các nhà máy đang hoạt động, có cả nước thải sinh hoạt nhưng trong đó nước thải công nghiệp là chủ yếu.

Nước thấm qua

Đây là nước mưa thấm vào hệ thống cống bằng nhiều cách khác nhau qua các khớp nối, các ống có khuyết tật hoặc thành của hố ga hay hố người.

Nước thải tự nhiên

Nước mưa được xem như nước thải tự nhiên. Ở những thành phố hiện đại, nước thải tự nhiên được thu gom theo một hệ thống thoát riêng.

Nước thải đô thị

Nước thải đô thị là thuật ngữ chung chỉ chất lỏng trong hệ thống cống thoát của một thành phố. Đó là hỗn hợp của các loại nước thải kể trên.

Các tính chất đặc trưng của nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp sẽ được trình bày ở các mục riêng.

Theo quan điểm quản lý môi trường, các nguồn gây ô nhiễm nước còn được phân thành hai loại: nguồn xác định và nguồn không xác định.

Các nguồn xác định bao gồm nước thải đô thị và nước thải công nghiệp, các cửa cống xả nước mưa và tất cả các nguồn thải vào nguồn tiếp nhận nước có tổ chức qua hệ thống cống và kênh thải.

Các nguồn không xác định bao gồm nước chảy trời trên bề mặt đất, nước mưa và các nguồn nước phân tán khác. Sự phân loại này rất có ích khi đề cập tới các vấn đề điều chỉnh kiểm soát ô nhiễm.

Các nguồn xác định thường có thể định lượng và kiểm soát trước khi thải, ngược lại các nguồn không xác định thường rất khó quản lý. Các nguồn ô nhiễm không xác định gây ra các vấn đề sau:

- Xói mòn đất và vận chuyển sa lắng dẫn đến hậu quả là thay đổi chỗ ở và gây ảnh hưởng xấu đến các loài thủy sinh, lấp đầy các dòng sông, vực chứa, gây khó khăn, tăng chi phí cho việc xử lý nước và giảm chất lượng nước cho mục đích sử dụng.

- Các chất dinh dưỡng như nitơ và photpho giải phóng từ phân bón và chất thải động vật kích thích sự phát triển của thực vật và vi khuẩn trong nước dẫn đến hiện tượng phú dưỡng.

- Tích tụ các kim loại nặng như kẽm, đồng, thủy ngân... từ các chất được sử dụng trong bảo vệ thực vật, sơn, hàn chì và nhiều quá trình khác.

- Các hoá chất độc hại: chủ yếu là các hóa chất bảo vệ thực vật.

Ngoài ra, nước chảy trôi trên bề mặt đất qua các khu vực chăn nuôi gia súc có thể chứa lượng lớn chất thải động vật sẽ đóng góp một lượng quan trọng các chất sử dụng oxy và chất rắn lơ lửng, gây ô nhiễm môi trường nước.

Bảng 1.1 cho nồng độ tương đối của các chất gây ô nhiễm trong các nguồn không xác định.

Bảng 1.1. Nồng độ tương đối các chất gây ô nhiễm trong các nguồn không xác định (8)

Nguồn ô nhiễm không xác định	SS cận lắng	BOD	Chất dinh dưỡng	Kim loại độc	Chất bảo vệ thực vật	Nguồn bệnh	Độ mặn TDS	Axit	Nhiệt
Nước mưa thành phố	M	L - M	L	H	L	H	M	N	N
Xây dựng	H	N	L	N - L	N	N	N	N	N
Khai mỏ	H	N	N	N - H	N	N	M - H	H	N
Sản xuất cây trồng có tuổi tiêu	L	L - M	H	N - L	M - H	N	H	N	N
Chăn nuôi	M	H	M	N - L	N - L	L - H	N - L	N	N
Trồng rừng	N	N	L	N	L	N - L	N	N	N
Thu hoạch rừng	M - H	L - M	L - M	N	N	N	N	N	N
Tích đọng bùn trong sông	H	H	M - H	L - H	M	L	N	N	N
"Nền tự nhiên"	L - H	L - H	M	N - M	N	N - L	N - H	N - H	N - M

Ghi chú: N = không đáng kể; L = thấp; M = trung bình; H = cao.

1.2.2. Các tính chất đặc trưng của nước thải

Để quản lý chất lượng môi trường nước được tốt, cũng như thiết kế, lựa chọn công nghệ và thiết bị xử lý hợp lý, cần hiểu rõ bản chất của nước thải. Tính chất vật lý, thành phần hoá học và sinh học cùng nguồn gốc phát sinh ra chúng được liệt kê trong bảng 1.2. Các thành phần quan trọng của nước thải liên quan tới công nghệ xử lý được trình bày trong bảng 1.3.

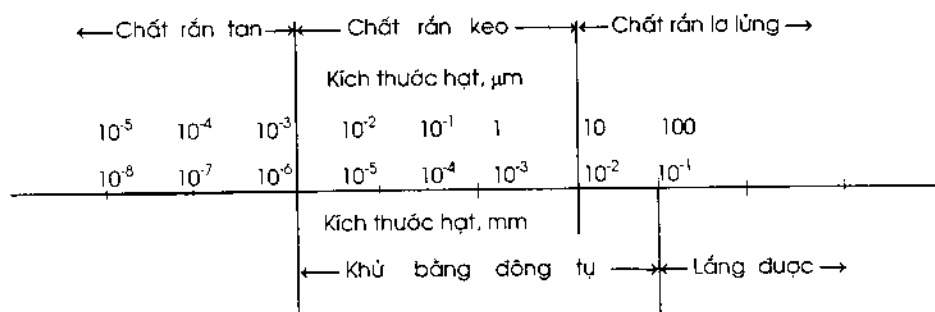
Ở đây chỉ xin giới thiệu một vài thông số chính của nước thải có liên quan nhiều tới sự ô nhiễm của các nguồn chứa nước và công nghệ xử lý nước thải. Các thông số khác có thể tham khảo trong các tài liệu về hoá học môi trường hoặc các phương pháp chuẩn dùng trong phân tích nước và nước thải do APHA, AWWA và WPCP của Mỹ xuất bản.

1.3. MỘT SỐ THÔNG SỐ QUAN TRỌNG CỦA NƯỚC THẢI

1.3.1. Hàm lượng chất rắn

Tổng chất rắn là thành phần vật lý đặc trưng quan trọng nhất của nước thải. Nó bao gồm các chất rắn nổi, lơ lửng, keo và tan. Do đó khi phân tích, tổng chất rắn được xác định là phần còn lại sau khi cho bay hơi mẫu nước hoặc nước thải trên bếp cách thuỷ, tiếp đó sấy khô ở nhiệt độ 103°C cho tới khi trọng lượng không đổi. Hàm lượng các chất rắn lắng được là những hạt rắn sẽ lắng xuống đáy bình hình côn (gọi là phễu Imhof) trong 60 phút, được tính bằng ml/l. Chỉ tiêu này là một phép đo gần đúng lượng bùn sẽ được khử trong lắng sơ cấp.

Theo kích thước của hạt rắn, tổng chất rắn được phân thành các loại : chất rắn lơ lửng, chất rắn keo và chất rắn tan như trình bày trên hình 1.4. Để xác định hàm lượng chất rắn lơ lửng thường dùng giấy lọc Whatman GF/C, có kích thước lỗ khoảng $1,2\text{ }\mu\text{m}$.



Hình 1.4. Phân loại chất rắn trong nước thải

Bảng 1.2. Các tính chất vật lý, hoá học và sinh học đặc trưng của nước thải và nguồn gốc của chúng (7)

Tính chất	Nguồn phát sinh
• Các tính chất vật lý : - Màu - Mùi - Chất rắn - Nhiệt độ • Thành phần hoá học : <i>Nguồn gốc hữu cơ:</i> - Cacbonhydrat - Mỡ, dầu, dầu nhờn - Thuốc trừ sâu - Phenol - Protein - Các chất hoạt động bề mặt - Các chất khác <i>Nguồn gốc vô cơ :</i> - Độ kiềm - Clorua - Các kim loại nặng - Nitơ - pH - Photpho - Lưu huỳnh - Các chất độc - Các khí: - H₂S - CH₄ - O₂ • Thành phần sinh học - Các động vật - Thực vật - Sinh vật nguyên sinh - Virut	- Chất thải sinh hoạt và công nghiệp, sự phân rã tự nhiên chất hữu cơ - Sự thổi rửa chất thải và các chất thải công nghiệp - Cấp nước cho sinh hoạt, các chất thải sinh hoạt và sản xuất, xói mòn đất, dòng thấm, chảy vào hệ thống cống. - Các chất thải sinh hoạt và sản xuất - Các chất thải sinh hoạt, thương mại và sản xuất - Các chất thải sinh hoạt, thương mại và sản xuất - Chất thải nông nghiệp - Chất thải công nghiệp - Các chất thải sinh hoạt và thương mại - Các chất thải sinh hoạt và sản xuất - Phân rã tự nhiên các chất hữu cơ - Nước thải sinh hoạt, cấp nước sinh hoạt, quá trình thấm của nước ngầm - Cấp nước sinh hoạt, các chất thải sinh hoạt, quá trình thấm của nước ngầm, các chất làm mềm nước - Các chất thải công nghiệp - Các chất thải sinh hoạt và nông nghiệp - Các chất thải công nghiệp - Các chất thải sinh hoạt và công nghiệp - Cấp nước sinh hoạt, nước thải sinh hoạt và công nghiệp - Các chất thải công nghiệp - Phân huỷ các chất thải sinh hoạt - Phân huỷ các chất thải sinh hoạt - Cấp nước sinh hoạt, sự thấm của nước bề mặt - Các dòng nước hồ và nhà máy xử lý - Các dòng nước hồ và nhà máy xử lý - Các chất thải sinh hoạt và nhà máy xử lý - Các chất thải sinh hoạt

Bảng 1.3. Các thành phần quan trọng trong nước thải liên quan tới công nghệ xử lý (7)

Thành phần	Ghi chú
Các chất rắn lơ lửng	Các chất rắn lơ lửng có thể dẫn đến tăng khả năng lắng bùn và điều kiện kỵ khí khi thải nước thải không qua xử lý vào môi trường nước.
Các chất hữu cơ phân huỷ sinh học	Gồm protein, cacbonhydrat và chất béo. Các chất hữu cơ phân huỷ sinh học được đo bằng chỉ tiêu BOD và COD. Nếu thải chúng trực tiếp vào môi trường : quá trình ổn định sinh học của chúng có thể dẫn đến giảm lượng oxy trong nước tự nhiên và dẫn đến nguyên nhân gây mùi, vị.
Các nhân tố gây bệnh	Rất nhiều bệnh có thể lan truyền qua các vi khuẩn gây bệnh trong nước thải.
Các chất dinh dưỡng	Cả nitơ và photpho cùng với cacbon là những chất dinh dưỡng chính cho sự phát triển của sinh vật. Khi thải chúng vào môi trường nước, các chất dinh dưỡng này có thể dẫn đến sự phát triển của các sinh vật ngoài ý muốn trong môi trường nước. Còn khi thải chúng với một lượng dư vào đất sẽ làm ô nhiễm nước ngầm.
Các chất hữu cơ trơ	Các chất hữu cơ này không bị phân huỷ bởi các phương pháp xử lý nước thải thông thường. Ví dụ điển hình là chất hoạt động bề mặt, phenol và một số hóa chất bảo vệ trong nông nghiệp.
Kim loại nặng	Các kim loại nặng thường nhiễm vào nguồn nước do các hoạt động công nghiệp, chúng cần được khử ra khỏi nước thải.
Các chất rắn vô cơ hòa tan	Các thành phần vô cơ như canxi, natri, sunfat có mặt trong nước thải sinh hoạt trong quá trình sử dụng nước. Nếu nước thải đó muốn sử dụng lại thì phải khử bỏ chúng.

Mỗi loại chất rắn trên đều có thể được phân loại tiếp trên cơ sở tính bay hơi của chúng ở nhiệt độ $550 \pm 50^{\circ}\text{C}$. Phần hữu cơ sẽ bị oxy hoá thành khí ở nhiệt độ này, phần vô cơ còn lại là phần tro. Như vậy thuật ngữ "chất rắn lơ lửng bay hơi" là hàm lượng chất hữu cơ, còn "chất rắn lơ lửng cố định" tương ứng với hàm lượng vô cơ của chất rắn lơ lửng.

1.3.2. Hàm lượng oxy hoà tan DO (Dissolved oxygen)

Một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất của nước là hàm lượng oxy hoà tan, vì oxy không thể thiếu được đối với tất cả các sinh vật sống trên cạn cũng như dưới nước. Oxy duy trì quá trình trao đổi chất, sinh ra năng lượng cho sự sinh trưởng, sinh sản và tái sản xuất.

Nồng độ oxy hoà tan tối thiểu đối với các loại cá hoạt động mạnh như cá hồi là 5÷8 mg/l, còn đối với loài cá có nhu cầu oxy thấp như cá chép là 3 mg/l.

Oxy là chất khí khó hoà tan trong nước, không tác dụng với nước về mặt hoá học. Độ hoà tan của nó phụ thuộc vào các yếu tố như áp suất, nhiệt độ và các đặc tính của nước (các thành phần hoá học, vi sinh, thủy sinh sống trong nước...). Nồng độ bão hoà của oxy trong nước ở nhiệt độ cho trước có thể tính theo định luật Henry. Nồng độ này thường nằm trong khoảng 8 ÷ 15 mg/l ở nhiệt độ bình thường.

Các nguồn nước mặt do có bề mặt thoáng tiếp xúc trực tiếp với không khí nên thường có hàm lượng oxy hoà tan cao. Quá trình quang hợp và hô hấp của các loài thủy sinh cũng làm thay đổi hàm lượng oxy hoà tan trong nước mặt. Các nguồn nước ngầm thường có hàm lượng oxy hoà tan thấp do các phản ứng oxy hoá khử xảy ra trong lòng đất tiêu thụ nhiều oxy.

Khi thải các chất thải sử dụng oxy vào các nguồn nước, quá trình oxy hoá chúng sẽ làm giảm nồng độ oxy hoà tan trong các nguồn nước này, thậm chí có thể đe dọa sự sống của các loài cá cũng như sinh vật sống trong nước.

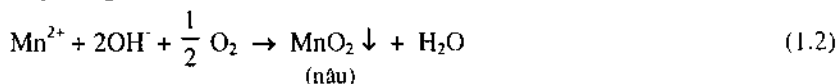
Để xác định nồng độ oxy hoà tan trong nước nguồn cũng như trong nước thải, người ta thường dùng phương pháp iốt (hay còn gọi là phương pháp Winkler). Phương pháp phân tích này dựa vào quá trình oxy hoá Mn^{2+} thành Mn^{4+} trong môi trường kiềm và Mn^{4+} lại có khả năng oxy hóa I^- thành I_2 tự do trong môi trường axit. Như vậy lượng I_2 được giải phóng tương đương với lượng oxy hoà tan có trong nước. Lượng iốt này được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với dung dịch natri thiosunfat ($Na_2 S_2O_3$).

Các phản ứng hoá học xảy ra như sau :

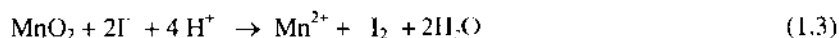
- Nếu không có oxy trong mẫu nước:



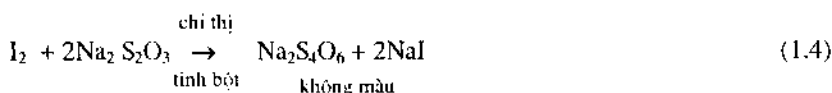
- Nếu có oxy trong mẫu nước:



sau đó hoà tan kết tủa trên bằng axit H_2SO_4 đậm đặc :



- Đóng kín nút lắc ít nhất trong 10 giây để phản ứng xảy ra hoàn toàn, rồi lấy 200 ml dung dịch này đem chuẩn độ với dung dịch 0,025N $Na_2S_2O_3$:



Kết quả 1 ml dung dịch chuẩn tương đương 1 mg/l oxy hoà tan.

- Để đảm bảo độ chính xác cao của kết quả phân tích, cần chú ý một số điểm sau:

a. Tránh hấp thụ thêm không khí trong quá trình lấy mẫu.

b. Cần cố định mẫu ngay trên hiện trường để tránh mất oxy trong quá trình vận chuyển do khuếch tán và sự thay đổi nhiệt độ cũng như các hoạt động của vi khuẩn hiếu khí, bằng cách cứ 300 ml mẫu thêm vào 0,7 ml H_2SO_4 đậm đặc và 1 ml dung dịch 2 g NaN_3 trong 100 ml nước cất, giữ mẫu trong điều kiện không có ánh sáng và nhiệt độ $0 \pm 5^\circ C$.

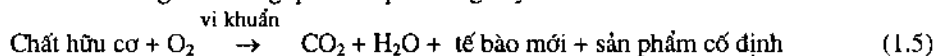
c. Xử lý mẫu trước khi phân tích để loại trừ ảnh hưởng của một số tác nhân oxy hoá như NO_2^- và Fe^{3+} có khả năng oxy hoá I^- thành I_2 làm cho kết quả cao hơn giá trị thực hoặc các tác nhân khử như Fe^{2+} , SiO_3^{2-} , S^{2-} ... có thể khử I_2 thành I^- làm cho kết quả thấp hơn giá trị thực.

Hiện nay người đã sản xuất được các máy đo DO (Oxygen meter) có độ chính xác cao phục vụ nghiên cứu và quan trắc môi trường. Việc xác định thông số về hàm lượng oxy hoà tan có ý nghĩa quan trọng trong việc duy trì điều kiện hiếu khí của nước tự nhiên và quá trình phân huỷ hiếu khí trong quá trình xử lý nước thải. Mặt khác hàm lượng oxy hoà tan còn là cơ sở của phép phân tích xác định nhu cầu oxy sinh hoá. Đó là thông số quan trọng để đánh giá mức độ ô nhiễm của nước thải. Ngoài ra oxy còn là yếu tố quan trọng trong kiểm soát ăn mòn sắt thép, đặc biệt là hệ thống đường ống phân phối nước.

1.3.3. Nhu cầu oxy sinh hoá BOD (Biochemical Oxygen Demand)

Nhu cầu oxy sinh hoá là chỉ tiêu thông dụng nhất để xác định mức độ ô nhiễm của nước thải đô thị và chất thải trong nước thải của công nghiệp.

BOD được định nghĩa là lượng oxy vi sinh vật đã sử dụng trong quá trình oxy hoá các chất hữu cơ. Phương trình tổng quát của phản ứng này như sau :



Trong môi trường nước, khi quá trình oxy hoá sinh học xảy ra thì các vi sinh vật sử dụng oxy hoà tan. Vì vậy xác định tổng lượng oxy hoà tan cần thiết cho quá trình phân huỷ sinh học là công việc quan trọng để đánh giá ảnh hưởng của một dòng thải đối với nguồn nước.

BOD biểu thị lượng các chất hữu cơ trong nước có thể bị phân huỷ bằng các vi sinh vật.

Trong kỹ thuật môi trường chỉ tiêu BOD được dùng rộng rãi để :

1. Xác định gần đúng lượng oxy cần thiết để ổn định sinh học các chất hữu cơ có trong nước thải.

2. Xác định kích thước thiết bị xử lý.

3. Xác định hiệu suất xử lý của một sơ quá trình.

4. Xác định sự chấp thuận tuân theo những quy định cho phép thải chất thải.

Trong thực tế người ta không thể xác định lượng oxy cần thiết để phân huỷ hoàn toàn chất hữu cơ vì như thế tốn quá nhiều thời gian mà chỉ xác định lượng oxy cần thiết trong 5 ngày đầu ở nhiệt độ 20°C , ký hiệu BOD_5 . Chỉ tiêu này đã được chuẩn hoá và sử dụng ở hầu khắp các nước trên thế giới. Thí nghiệm xác định BOD_5 tiến hành như sau :

Cho một lượng nhất định mẫu nước thải vào chai phân tích oxy hoà tan có thể tích bằng 300 ml, pha loãng tới thể tích trên bằng dung dịch pha loãng (nước cất có bổ sung một số nguyên tố dinh dưỡng như N, P, K, Fe...và bão hoà oxy) theo tỷ lệ như hướng dẫn trong tài liệu "Các phương pháp chuẩn để phân tích nước và nước thải" và đóng nút kín. Ủ chai mẫu trong tủ hoặc phòng tối ở 20°C . Xác định nồng độ oxy hoà tan trong mẫu ban đầu và sau ngày thứ 5. Hiệu số giữa hai nồng độ oxy hoà tan này là BOD_5 . Vì BOD_5 của các chất thải điển hình thường bằng vài trăm mg/l và độ bão hoà oxy trong nước ở 20°C bằng 9,1 mg/l, do đó thường cần pha loãng mẫu để sao cho nồng độ oxy hoà tan cuối cùng ở ngày thứ 5 lớn hơn 0. Khi đó kết quả thí nghiệm mới có nghĩa. Giá trị BOD_5 được tính theo công thức sau :

$$\text{BOD}_5 = \frac{D_1 - D_2}{P} \cdot \text{mg/l} \quad (1.6)$$

trong đó:

D_1 - nồng độ oxy hoà tan của mẫu nước thải pha loãng trước khi ủ, mg/l;

D_2 - nồng độ oxy hoà tan của mẫu nước thải pha loãng sau 5 ngày ủ ở 20°C , mg/l;

P - tỷ số pha loãng và được tính như sau:

$$P = \frac{\text{thể tích mẫu nước thải đem phân tích}}{\text{tổng thể tích nước thải đem phân tích và nước pha loãng}}$$

Trong một vài trường hợp cần bổ sung thêm vi sinh vật vào nước pha loãng để đảm bảo chắc chắn đủ mật độ vi sinh vật cho quá trình phân huỷ. Trong trường hợp đó, BOD_5 được tính theo công thức sau:

$$\text{BOD}_5 = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \cdot F}{P} \cdot \text{mg/l} \quad (1.7)$$

trong đó:

D_1 - nồng độ oxy hoà tan của mẫu nước thải pha loãng có cấy vi khuẩn ngay sau khi chuẩn bị mẫu xong để ủ, mg/l;

D_2 - nồng độ oxy hoà tan của mẫu nước thải pha loãng có cấy vi khuẩn sau 5 ngày ủ ở 20°C , mg/l;

B_1 - nồng độ oxy hoà tan của nước pha loãng có cấy vi khuẩn trước khi đem ủ, mg/l;

B_2 - nồng độ oxy hoà tan của nước pha loãng có cấy vi khuẩn sau khi ủ, mg/l;

F - tỷ số giữa thể tích chất lỏng bổ sung vi khuẩn trong mẫu và trong đối chứng, nghĩa là bằng:

$$F = \frac{\% \text{ hay ml chất lỏng bổ sung vi khuẩn trong } D_1}{\% \text{ hay ml chất lỏng bổ sung vi khuẩn trong } B_1}$$

Hiện nay người ta đã sản xuất được máy đo BOD để phân tích nhanh. Do quá trình oxy hoá sinh học xảy ra rất chậm và kéo dài, trong khoảng thời gian 20 ngày, khoảng 95÷99% các chất hữu cơ cacbon bị oxy hoá và trong 5 ngày đầu tiên xác định BOD có khoảng 60÷70% các chất hữu cơ này bị oxy hoá. Nhiệt độ 20°C là nhiệt độ trung bình trong năm ở các nước có khí hậu ôn hoà và nó cũng dễ được tái diễn lại trong tủ ủ. Nếu tiến hành ủ mẫu ở các nhiệt độ khác nhau sẽ cho kết quả BOD₅ khác nhau vì tốc độ phản ứng sinh học phụ thuộc vào nhiệt độ. Do vậy, một số nước ở khu vực nhiệt đới đã dùng thông số BOD₃ (nghĩa là mẫu phân tích được ủ ở 30°C trong 3 ngày).

Nghiên cứu động học của phản ứng BOD đã chứng minh được rằng, hầu hết chúng là các phản ứng bậc một. Điều đó có nghĩa là tốc độ của phản ứng tỷ lệ với lượng chất hữu cơ có trong nước. Nếu giả thiết L_t là hàm lượng BOD ứng thời gian t và k là hằng số tốc độ phản ứng, khi đó có thể viết:

$$\frac{dL_t}{dt} = -kL_t \quad (1.8)$$

Tích phân (1.8) được:

$$\ln L_t \Big|_0^t = -kt \quad (1.9)$$

$$\frac{L_t}{L_0} = e^{-kt} = 10^{-Kt} \quad (1.10)$$

trong đó : L_0 là hàm lượng BOD ứng với thời điểm $t = 0$ (nghĩa là tổng BOD hay BOD cuối cùng của pha cacbon).

Mối quan hệ giữa k (cơ số e) và K (cơ số 10) như sau :

$$K = \frac{k}{2,303} \quad (1.11)$$

Lượng BOD còn lại ở thời điểm t sẽ bằng :

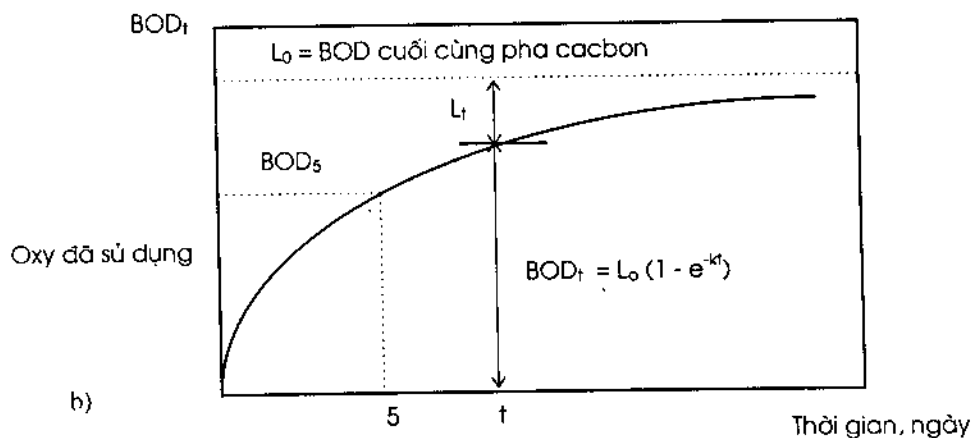
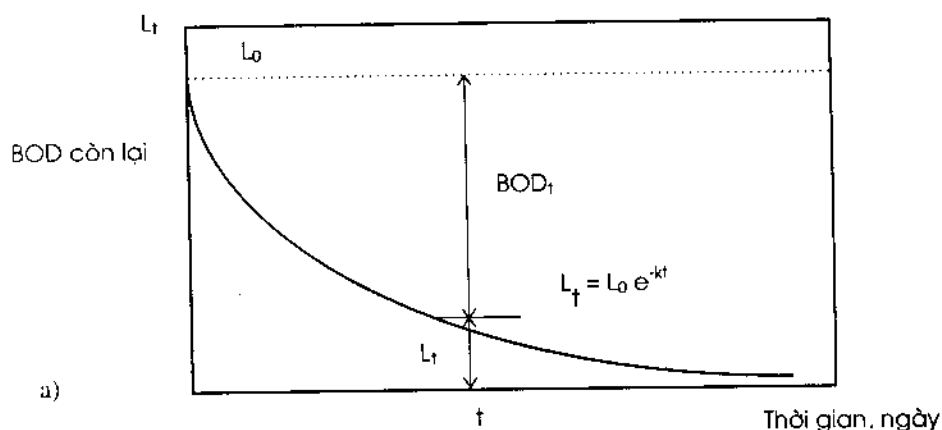
$$L_t = L_0 e^{-kt} \quad (1.12)$$

còn lượng BOD đã bị vi khuẩn sử dụng đến thời điểm t bất kỳ sẽ bằng:

$$BOD_t = Y_t = L_0 - L_t = L_0 (1 - e^{-kt}) \quad (1.13)$$

Các mối quan hệ phụ thuộc của biểu thức (1.10) và (1.13) được minh họa trên hình 1.5.

Hằng số tốc độ k của phản ứng BOD là thông số biểu thị tốc độ phân hủy sinh học các chất hữu cơ trong nước thải. Vì khi k tăng, tốc độ sử dụng oxy tăng, mặc dù tổng BOD cuối cùng không thay đổi. Tốc độ phản ứng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như bản chất của chất thải, khả năng phân hủy chất thải của vi sinh vật và nhiệt độ.



Hình 1.5. Đường cong lý tưởng nhu cầu oxy sinh hóa pha cacbon
a - BOD còn lại; b - Lượng oxy đã tiêu thụ

Tốc độ phân hủy sinh học chất thải tăng khi nhiệt độ tăng. Để biểu thị mối quan hệ giữa nhiệt độ và hằng số tốc độ phản ứng k người ta thường sử dụng công thức sau :

$$k = k_{20} \cdot \theta^{(T - 20)} \quad (1.14)$$

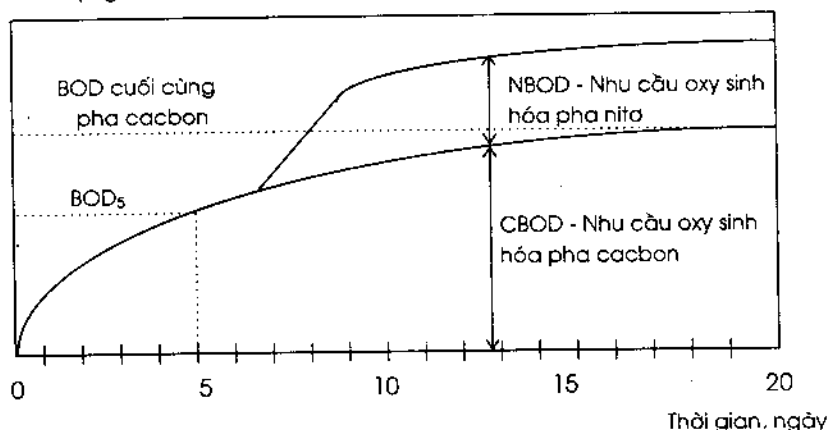
trong đó :

k_{20} - hằng số tốc độ phản ứng ở nhiệt độ chuẩn 20°C ;

k - hằng số tốc độ ở nhiệt độ $T^{\circ}\text{C}$; -

θ - hệ số nhiệt độ (thường lấy bằng 1,047).

Oxy đã sử dụng



Hình 1.6. Đường cong nhu cầu oxy sinh hóa pha cacbon và pha nitơ

Ở trên ta đã giả thiết chỉ có quá trình oxy hoá sinh học phần cacbon của chất thải, nhưng cũng có khả năng tăng thêm nhu cầu oxy sinh hoá do quá trình oxy hoá các hợp chất nitơ. Như vậy thực tế đường cong BOD sẽ có hai pha: pha cacbon và pha nitơ như trên hình 1.6. Điều cần chú ý là nhu cầu oxy sinh hoá pha nitơ (NBOD) bắt đầu trong khoảng ngày thứ 5 đến 8, vì vậy quá trình nitrat hoá không ảnh hưởng tới kết quả của thí nghiệm phân tích BOD_5 . Khi phân tích phương trình phản ứng oxy hoá các hợp chất chứa nitơ cho phép ta xác định lượng oxy tiêu tốn cho quá trình nitrat hoá.

Bảng 1.4. Một số giá trị điển hình của k_{20}

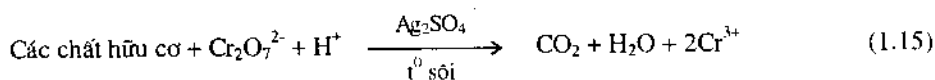
Mẫu	$k, \text{ngày}^{-1}$
Nước cống	$0.35 \div 0.70$
Nước cống đã xử lý tốt	$0.10 \div 0.25$
Nước sông bị ô nhiễm	$0.10 \div 0.25$

Trong thực tế phương pháp phân tích BOD có những hạn chế sau :

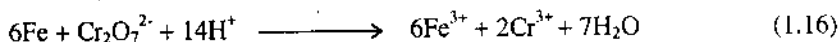
1. Yêu cầu mật độ vi sinh vật trong mẫu phân tích cần đủ lớn và các vi sinh vật bổ sung vào mẫu cần được thích nghi với môi trường.
2. Khi chất thải có chứa các chất độc hại cần xử lý sơ bộ trước khi phân tích, đồng thời cần chú ý giảm ảnh hưởng của các vi sinh vật nitrat hoá.
3. Phép phân tích BOD chỉ đo được hàm lượng các chất hữu cơ có thể bị phân huỷ bằng con đường sinh học.
4. Thí nghiệm không có giá trị cân bằng sau khi các chất hữu cơ hoà tan trong dung dịch đã bị sử dụng.
5. Thời gian phân tích quá dài, phải sau 5 ngày mới có kết quả.

1.3.4. Nhu cầu oxy hoá học COD (Chemical Oxygen Demand)

Chỉ số này được dùng rộng rãi để biểu thị hoá hàm lượng chất hữu cơ trong nước thải và mức độ ô nhiễm nước tự nhiên. COD được định nghĩa là lượng oxy cần thiết cho quá trình oxy hóa hoá học các chất hữu cơ trong mẫu nước thành CO_2 và nước. Lượng oxy này tương đương với hàm lượng chất hữu cơ có thể bị oxy hoá được xác định khi sử dụng một tác nhân oxy hoá hoá học mạnh trong môi trường axit. Phương pháp phổ biến nhất để xác định COD là phương pháp bicomat và cơ chế của nó theo phương trình phản ứng sau:



Lượng $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dư được chuẩn độ bằng dung dịch FAS ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$) và sử dụng dung dịch ferroin làm chất chỉ thị. Điểm kết thúc chuẩn độ là điểm khi dung dịch chuyển từ màu xanh lam sang màu nâu đỏ nhạt theo phản ứng sau:



Hàm lượng COD được tính theo công thức :

$$\text{COD} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml mẫu}}, \text{ mg/l} \quad (1.17)$$

trong đó:

A - thể tích dung dịch FAS tiêu tốn cho chuẩn độ dung dịch trắng, ml;

B - thể tích dung dịch FAS tiêu tốn cho chuẩn độ dung dịch mẫu, ml;

N - nồng độ đương lượng của dung dịch FAS;

8000 là hệ số chuyển đổi kết quả sang $\text{mg O}_2/\text{l}$.

Chỉ số COD biểu thị cả lượng các chất hữu cơ không thể bị oxy hóa bằng vi sinh vật, do đó nó có giá trị cao hơn BOD. Phép phân tích COD có ưu điểm là cho kết quả nhanh (hết khoảng 3 giờ) nên đã khắc phục được nhược điểm của phép đo BOD. Đối với nhiều

so màu hoặc chuẩn độ, còn các chỉ tiêu N-NO_2 và N-NO_3 được xác định bằng các phương pháp so màu.

Nitơ không những chỉ có thể gây ra các vấn đề phì dưỡng, mà khi chỉ tiêu N-NO_3^- trong nước cấp cho sinh hoạt vượt quá $45 \text{ mg NO}_3^-/\text{l}$ cũng có thể gây ra mối đe dọa nghiêm trọng đối với sức khỏe con người. Mặc dù bản thân nitrat không phải là chất nguy hiểm. Tuy nhiên, trong đường ruột trẻ nhỏ thường tìm thấy loại vi khuẩn có thể chuyển hoá nitrat thành nitrit. Nitrit này có ái lực với hồng cầu trong máu mạnh hơn oxy, khi nó thay thế oxy sẽ tạo thành methemoglobin, hợp chất này không thể nhận oxy và gây ra bệnh xanh xao ở trẻ nhỏ (methemoglobinemia), thậm chí có thể gây tử vong.

1.3.5.2. Hàm lượng photpho

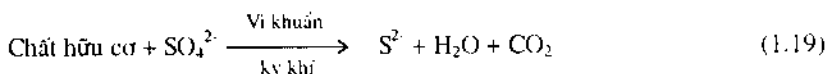
Ngày nay người ta quan tâm nhiều hơn đến việc kiểm soát hàm lượng các hợp chất photpho trong nước mặt, trong nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp thải vào nguồn nước. Vì nguyên tố này là một trong những nguyên nhân chính gây ra sự phát triển "bùng nổ" của tảo ở một số nguồn nước mặt. Photpho trong nước và nước thải thường tồn tại ở các dạng orthophotphat (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4) hay polyphotphat $[\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6]$ và photphat hữu cơ.

Orthophotphat có thể xác định bằng phương pháp so màu với thuốc thử là NH_4MoO_4 và SnCl_2 , còn polyphotphat và photphat hữu cơ cần chuyển hoá thành orthophotphat qua phản ứng với axit sau đó xác định bằng phương pháp so màu nói trên.

Chỉ tiêu photpho có ý nghĩa quan trọng trong cấp nước để kiểm soát sự hình thành cặn rỉ, ăn mòn và xử lý nước thải bằng các phương pháp sinh học.

1.3.5.3. Hàm lượng sunfat

Ion sunfat thường có trong nước cấp sinh hoạt cũng như trong nước thải. Lưu huỳnh cũng là một nguyên tố cần thiết cho quá trình tổng hợp protein và được giải phóng ra trong quá trình phân huỷ chúng. Sunfat bị khử sinh học ở điều kiện kỵ khí theo phản ứng sau :



Khí H_2S được giải phóng vào không khí trên bề mặt nước thải trong hệ thống dẫn. Một phần khí này tích tụ tại các hốc bề mặt nhám của ống dẫn và có thể bị oxy hoá sinh học thành H_2SO_4 , làm ăn mòn các ống dẫn. Mặt khác, khí H_2S phát sinh mùi khó chịu và độc hại cho con người ở nơi xử lý nước thải.

Nước uống có chứa sunfat ở hàm lượng cao sẽ có tác động tẩy nhẹ đối với người. Nhưng nồng độ giới hạn của SO_4^{2-} trong nước cấp cho sinh hoạt không được vượt quá 250

mg/l, vì nó cũng là nguyên nhân gây đóng cặn cứng trong các nồi hơi và thiết bị trao đổi nhiệt.

1.3.6. Chỉ thị chất lượng về vi sinh của nước

Nước là một phương tiện lan truyền các nguồn bệnh và trong thực tế các bệnh lây lan qua môi trường nước là nguyên nhân chính gây ra bệnh tật và tử vong, nhất là ở các nước đang phát triển. Ở các nước này, bệnh tật đã làm tổn thất tới 35% tiềm năng sức lao động. Các tác nhân gây bệnh thường được bài tiết ra trong phân của người bệnh, bao gồm các nhóm chính sau: các vi khuẩn, virus, động vật đơn bào (protozoon - protozoa), giun ký sinh (parasitic worms). Ba bệnh do các vi khuẩn của nguồn nước thường gặp nhất là sốt thương hàn (typhoid fever) do salmonella typhosa gây ra; bệnh tả Châu Á (Asiatic cholera) do vibrio comma gây ra và lỵ khuẩn que (Bacillary dysentery) do shigella dysenteriae gây ra. Các bệnh này thường thấy ở những khu vực có thải phân người một cách tùy tiện. Quá trình lan truyền bệnh có thể trực tiếp từ người bệnh, hay gián tiếp qua côn trùng trung gian, hoặc qua thực phẩm và qua sử dụng nước bị nhiễm bẩn.

Chất lượng về mặt vi sinh của nước thường được biểu thị bằng nồng độ của vi khuẩn chỉ thị - đó là những vi khuẩn không gây bệnh và về nguyên tắc đó là nhóm trực khuẩn (coliform). Thông số được sử dụng rộng rãi nhất là chỉ số coli.

Các vi khuẩn dạng trực khuẩn đặc trưng gồm escherichia coli và fecal streptococci (enterococci). Chúng sống trong đường ruột của người và được thải ra với số lượng lớn trong phân người và các động vật máu nóng khác (trung bình khoảng 50 triệu coliforms trong 100 ml). Nước thải sinh hoạt chưa qua xử lý thường chứa trên 3 triệu coli/100 ml. Các tiêu chuẩn nước uống thường định rõ sự an toàn vệ sinh bằng một phương pháp xét nghiệm xác định mà không phát hiện ra ở mức trung bình là không vượt quá 1 coliform/100 ml.

Trong khảo sát chất lượng nước, điều cần thiết là phải xác định số vi khuẩn coliform để xem liệu có đạt tiêu chuẩn hay không. Ở đây thường sử dụng kỹ thuật lên men để đếm đoán chừng, xác nhận những kết quả dương và các xét nghiệm fecal coliform. Kết quả của phép phân tích này được biểu thị như là số xác suất cao nhất MPN (Most Probable Number) vì việc đếm các kết quả dương dựa trên phân tích thống kê của các bộ ống nghiệm trong một loạt các dãy pha loãng. Theo định nghĩa MPN có liên quan tới một thể tích mẫu bằng 100 ml. Điều đó có nghĩa là khi MPN = 10 tức là có 10 coliforms trong 100 ml nước.

Tuy tổng số coliform thường được sử dụng như một chỉ số chất lượng của nước về mặt vệ sinh, nhưng ở điều kiện khí hậu nhiệt đới, tham số này chưa có đầy đủ ý nghĩa về mặt vệ sinh do những nguyên nhân sau :

Thứ nhất là có rất nhiều loại vi khuẩn coliform tồn tại tự nhiên trong đất, vì vậy mật độ cao các vi khuẩn coliform của nước tự nhiên giàu dinh dưỡng có thể không có ý nghĩa về mặt vệ sinh.

Thứ hai là các vi khuẩn coliform có xu hướng phát triển trong nước tự nhiên và thậm chí trong cả các công đoạn xử lý nước thải (trước khi khử trùng) trong điều kiện nhiệt đới. Vì nhiều vi khuẩn của tự nhiên có thể sinh trưởng ở nhiệt độ cao, do đó chúng thường gây nhiều kết quả phân tích tổng số coliform - là xét nghiệm tiến hành ở 35°C. Chính vì vậy ở điều kiện khí hậu nhiệt đới, dựa vào số liệu về tổng số coliform dễ dẫn đến những kết luận sai. Để khắc phục điều này, người ta đã sử dụng cả chỉ số fecal coliform làm một chỉ số chất lượng của nước về mặt vệ sinh. Kỹ thuật xác định số fecal coliform cũng tương tự như đối với xác định tổng số coliform, chỉ khác ở chỗ quá trình ủ được tiến hành ở nhiệt độ cao hơn 44,5°C.

Ngoài vi khuẩn fecal coliform, fecal streptococci (điển hình là streptococcus faecalis), clostridia (điển hình là clostridium perfringens), pseudomonas aeruginosa và một số loài của lactobacilli thường xuyên có mặt trong đường ruột của người. Vì vậy, đôi khi chúng cũng được sử dụng làm các vi khuẩn chỉ thị. Đáng tiếc là tất cả các vi khuẩn chỉ thị trên cũng tồn tại trong phân động vật và điều này dễ tạo nên sự lầm lẫn về nguồn gốc nhiễm bẩn do phân của người hay động vật. Để giải quyết vấn đề này, người ta thường xét nghiệm fecal streptococci (FS) cùng với số fecal coliform (FC). Vì tỷ số FC/FS trong phân người thường bằng 4,4 trong khi đó trong phân động vật tỷ số này nhỏ hơn 1. Do đó, có thể căn cứ vào tỷ số FC/FS để xác định nguồn gốc sự nhiễm bẩn là do phân người hay động vật. Nhưng nếu tỷ số đó nằm trong khoảng 1 đến 2 thì không thể kết luận một cách chắc chắn được. Biết được nguồn gốc của sự nhiễm bẩn là bước cơ bản trong quá trình đưa ra các biện pháp quản lý chất lượng nước.

1.3.7. Các tác nhân độc hại và các hợp chất liên quan về mặt sinh thái

1.3.7.1. Trihalogenmetan (THM)

Trihalogenmetan được tạo thành khi các nguyên tố hoá học trong nhóm halogen (clo, brom, iod) tác dụng với các hợp chất hữu cơ. Trong xử lý nước và nước thải, điều quan tâm chủ yếu đối với THM là cloroform (CHCl_3), bromodichlorometan, clorodibromometan và bromoform (CHBr_3).

Người ta nghi ngờ rằng các THM là nguyên nhân gây ung thư. Clo sử dụng để khử trùng nước và nước thải có thể tác dụng với một số hợp chất hữu cơ tạo thành các hydrocacbon hoá, những hợp chất này cũng có thể gây ung thư. Chính vì lý do này mà nhiều sự lựa chọn các chất khác nhau làm chất khử trùng thay thế clo đã được nghiên cứu kỹ lưỡng và áp dụng (Drinking Water Research Division, 1981).

1.3.7.2. Các hợp chất hữu cơ

Quá trình công nghiệp hóa và phát triển công nghệ đã dẫn đến số lượng các hợp chất hữu cơ thải vào môi trường ngày càng tăng. Trong hầu hết các hợp chất đó, chúng ta còn biết rất ít về tác động của chúng đối với con người. Ví dụ, các hợp chất đã được xác định ở vùng hồ lớn là nguồn cung cấp nước cho khoảng 2/3 dân số Canada và hàng triệu dân Mỹ.

Nhiều các hợp chất này được biết đã gây ung thư cho động vật. Hiện nay hoá chất được biết kỹ hơn cả có lẽ là dioxin. Ở Canada, người ta có thể phát hiện ra chúng trong nước cấp trong vài phút. Gần đây dioxin đã phát hiện được trong sữa mẹ ở tỉnh Quebec, Canada.

Tuy nhiên, cũng cần thấy rằng trong thập kỷ vừa qua, các phương pháp phân tích nhanh, tiên tiến đã hạ thấp giới hạn khám phá tối thiểu của nhiều hợp chất.

1.3.7.3. Các kim loại nặng

Hầu hết các kim loại nặng tồn tại trong nước ở dạng ion, chúng có nguồn gốc phát sinh do các hoạt động của con người. Chúng có mối liên quan do tính độc hại của chúng đối với các vi sinh vật, và cuối cùng là con người. Các chất này gồm asen, bari, cadmi, crom, đồng, chì, thủy ngân, niken, selen, bạc và kẽm. Chúng phát sinh từ nhiều nguồn gốc khác nhau, chủ yếu là do các hoạt động công nghiệp. Ví dụ, kẽm do các nhà máy sơn, mực in; thủy ngân và kẽm do thuốc trừ sâu, v.v... Do chúng không phân rã nên các kim loại nặng tích tụ trong các chuỗi thức ăn của hệ sinh thái. Quá trình này bắt đầu với nồng độ thấp của các kim loại nặng tồn tại trong nước hoặc cặn lắng, rồi sau đó được tích tụ nhanh trong các thực vật và động vật sống dưới nước. Tiếp đến các sinh vật khác sử dụng các thực, động vật này làm thức ăn trong chuỗi thức ăn dẫn đến nồng độ các kim loại nặng được tích tụ trong cơ thể sinh vật trở nên cao hơn. Cuối cùng đến sinh vật bậc cao nhất trong chuỗi thức ăn, nồng độ kim loại nặng đủ lớn để gây ra độc hại. Trường hợp nhiễm độc hàng loạt đầu tiên trong lịch sử hiện đại là bệnh Minamata xảy ra năm 1950 ở Nhật, do ngư dân ở vùng vịnh Minamata đã ăn phải cá có chứa hàm lượng thủy ngân cao do một nhà máy nhựa thải vào vịnh.

1.3.7.4. Các hóa chất bảo vệ thực vật (Pesticides)

Các hóa chất bảo vệ thực vật bao gồm: thuốc trừ sâu (insecticides), thuốc trừ nấm (fungicides), thuốc diệt cỏ (herbicides) và thuốc diệt tảo (algicides). Mặc dầu vậy, trong thực tế thuật ngữ hóa chất bảo vệ thực vật vẫn thường được hiểu và gọi là thuốc trừ sâu.

Thuốc trừ sâu gồm có các hydrocacbon clo hoá như eldrin, clordane, hợp chất DDT, dieldrin, heptaclo, metoxyclo, toxaphene, hexachlorobenzen (BCH). Các photphat hữu cơ như diazinon, malathion, parathion ... Thuốc diệt cỏ gồm cacbamat (Carbyl); các hydrocacbon clo hoá: 2,4 - D, 1,3,5 - T, Silvex. Thuốc diệt nấm gồm đồng sunfat, ferbam, ziram. Thuốc diệt tảo chủ yếu là các hợp chất đồng.

Rất nhiều loại thuốc trừ sâu trước đây như DDT, toxaphene và dieldrin là thuộc các hợp chất hydrocacbon clo hoá. Chúng là những hợp chất bền trong môi trường tự nhiên và tương tự như các kim loại nặng chúng tích tụ trong các chuỗi thức ăn của hệ sinh thái. Các nghiên cứu bằng cách lọc một lượng nước lớn đã cho thấy chúng chứa một hàm lượng DDT cao hơn trong môi trường nước xung quanh hàng triệu lần. Sản lượng DDT tới những năm 60 khoảng 100 000 tấn / năm. Do thời gian bán phân của DDT có thể tới 20 năm, vì vậy mặc dù trên thực tế thuốc DDT đã bị cấm sử dụng ở nhiều nước nhưng một lượng lớn

thuốc này sẽ vẫn còn trong môi trường nhiều năm về sau. Trong lúc đó có các dấu hiệu cho thấy các hệ sinh thái được phục hồi khi không sử dụng thêm thuốc DDT nữa vào các hệ sinh thái đó. Ví dụ, số lượng các loại chim ở Mỹ đã tăng lên đáng kể từ khi ở đây người ta ngừng sử dụng thuốc trừ sâu DDT.

Các thuốc trừ sâu photphat hữu cơ phân rã nhanh hơn rất nhiều nhưng giá thành lại đắt hơn.

Từ đầu những năm 50, đã có những nghiên cứu bắt đầu xác định bản chất của các vấn đề chất lượng nước do các thuốc bảo vệ thực vật gây ra. Nước từ các vùng đất canh tác nông nghiệp đã là một nguồn chính gây ra sự nhiễm bẩn thuốc trừ sâu ở mức thấp đối với nước mặt.

1.4. NƯỚC THẢI SINH HOẠT

Lượng nước thải sinh hoạt dao động trong phạm vi rất lớn, tùy thuộc vào mức sống và các thói quen của người dân, có thể ước tính bằng 80% lượng nước được cấp. Ở Mỹ và Canada là nơi có nhu cầu cấp nước lớn nên lượng nước thải thường tới 200 - 400 l/người.ngày (số liệu 1979). Giữa lượng nước thải và tải trọng chất thải của chúng biểu thị bằng các chất lắng hoặc BOD₅ có một mối tương quan nhất định. Tải trọng chất thải trung bình tính theo đầu người ở điều kiện của Đức với nhu cầu cấp nước 150 l/người.ngày, được trình bày trong bảng 1.5.

Đặc trưng của nước thải sinh hoạt là thường chứa nhiều tạp chất khác nhau, trong đó khoảng 52% là các chất hữu cơ, 48% là các chất vô cơ và một số lớn vi sinh vật. Phần lớn các vi sinh vật trong nước thải thường ở dạng các virus và vi khuẩn gây bệnh như tả, lỵ, thương hàn.... Đồng thời trong nước thải cũng chứa các vi khuẩn không có hại có tác dụng phân huỷ các chất thải. Bảng 1.6 phân loại mức độ ô nhiễm theo thành phần hoá học điển hình của nước thải sinh hoạt.

Bảng 1.5. Tải trọng chất thải trung bình một ngày tính theo đầu người (3)

Các chất	Tổng chất thải, g/người. ngày	Chất thải hữu cơ, g/người. ngày	Chất thải vô cơ, g/người. ngày
Tổng lượng chất thải	190	110	80
Các chất tan	100	50	50
Các chất không tan	90	60	30
Chất lắng	60	40	20
Chất không lắng	30	20	10

Bảng 1.6. Thành phần nước thải sinh hoạt phân tích theo các phương pháp của APHA (3)

Các chất	Mức độ ô nhiễm		
	nặng	trung bình	thấp
Tổng chất rắn, mg/l	1000	500	200
- Chất rắn hoà tan, mg/l	700	350	120
- Chất rắn không tan, mg/l	300	150	8
Tổng chất rắn lơ lửng, mg/l	600	350	120
Chất rắn lắng ml/l	12	8	4
BOD ₅ , mg/l	300	200	100
Oxy hòa tan, mg/l	0	0	0
Tổng nitơ, mg/l	85	50	25
Nitơ hữu cơ, mg/l	35	20	10
Nitơ amoniac	50	30	15
Nitơ NO ₂ , mg/l	0,1	0,05	0
Nitơ NO ₃ , mg/l	0,4	0,20	0,1
Clorua, mg/l	175	100	15
Độ kiềm, mg CaCO ₃ /l	200	100	50
Chất béo, mg/l	40	20	0
Tổng photpho (theo P), mg/l	-	8	-

Nước thải sinh hoạt có thành phần với các giá trị điển hình như sau: COD = 500 mg/l; BOD₅ = 250 mg/l; SS = 220 mg/l; photpho = 8 mg/l; nitơ NH₃ và nitơ hữu cơ = 40 mg/l; pH = 6,8; TS = 720 mg/l.

Như vậy nước thải sinh hoạt có hàm lượng các chất dinh dưỡng khá cao, đôi khi vượt cả yêu cầu cho quá trình xử lý sinh học. Thông thường các quá trình xử lý sinh học cần các chất dinh dưỡng theo tỷ lệ sau: BOD₅ : N : P = 100 : 5 : 1 (nghĩa là 100 mg/l BOD₅, 5 mg/l N và 1 mg/l P). Một tính chất đặc trưng nữa của nước thải sinh hoạt là không phải tất cả các chất hữu cơ đều có thể bị phân huỷ bởi các vi sinh vật và khoảng 20 đến 40% BOD thoát ra khỏi các quá trình xử lý sinh học cùng với bùn.

1.5. NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP

Trong công nghiệp, nước được sử dụng như là một loại nguyên liệu thô, hoặc phương tiện sản xuất (nước cho các quá trình) và phục vụ cho các mục đích truyền nhiệt. Nước cấp cho sản xuất có thể lấy từ mạng cấp nước sinh hoạt chung hoặc lấy trực tiếp từ nguồn nước ngầm hay nước mặt nếu xí nghiệp có hệ thống xử lý nước riêng. Nhu cầu về cấp nước và lượng nước thải trong sản xuất phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Lưu lượng nước thải của các xí nghiệp công nghiệp được xác định chủ yếu bởi đặc tính sản phẩm được sản xuất.

Bảng 1.7. Nhu cầu cấp nước và lưu lượng nước thải trong một số ngành công nghiệp (3)

Ngành công nghiệp	Tính cho	Nhu cầu cấp nước	Lưu lượng nước thải	Nhu cầu cấp nước tính trên một công nhân, m ³ /năm
Sản xuất bia	11 bia	24 lít	5,65 lít	1 000
Tinh chế đường	1T củ cải đường	10÷20 m ³	10÷20 m ³	10 000
Sản xuất bơ sữa	1 T. sữa	5 ÷ 6 lít	5÷6 lít	900
Sản xuất xà phòng và chất tẩy rửa	-	-	-	300
Sản xuất nước khoáng và nước chanh	-	-	-	450
Nhà máy đồ hộp rau quả	T. sản phẩm	-	4,5÷1,5	105
Giấy				
Giấy trắng	1 T	300 m ³	-	-
Giấy không tẩy trắng	1 T	200 m ³	-	-
Giấy tẩy trắng	1 T	500÷550 m ³	-	20 000
Dệt				
Sợi nhân tạo	1 T. sản phẩm	150÷200 m ³	100 m ³	4500÷7500
Xi nghiệp tẩy trắng	1 T. sợi	-	1000÷4000 m ³	-
Sợi bông	-	-	-	120
Dược	-	-	-	34
Hóa chất	-	-	-	1600
Xi măng	-	-	-	1200 ÷ 2500

Ngoài ra, trình độ công nghệ sản xuất (lạc hậu hay hiện đại) và khối lượng sản xuất (năng suất) của xí nghiệp cũng có ý nghĩa quan trọng. Lưu lượng tính cho một đơn vị sản phẩm có thể rất khác nhau. Lưu lượng nước thải sản xuất lại dao động rất lớn. Bởi vậy các số liệu nêu trong các tài liệu thường không ổn định và ở nhiều xí nghiệp lại có khả năng tiết kiệm lượng nước cấp do sử dụng hệ thống tuần hoàn nước trong sản xuất. Trong từng trường hợp cụ thể, cần tổ chức tính toán và khảo sát lượng nước thải. Ở những nhà máy không sử dụng tuần hoàn nước thải thì lượng nước thải ước tính bằng 85÷95% nước được cấp. Bảng 1.7 cung cấp một số số liệu sơ bộ cho thấy mức dao động lớn về lưu lượng đơn vị nước thải trên một đơn vị sản phẩm.

Thành phần nước thải sản xuất rất đa dạng, thậm chí ngay trong một ngành công nghiệp, số liệu cũng có thể thay đổi đáng kể do mức độ hoàn thiện của công nghệ sản xuất hoặc điều kiện môi trường. Trong từng trường hợp cụ thể, cần sử dụng các nguồn tài liệu thích hợp. Căn cứ vào thành phần và khối lượng nước thải mà lựa chọn công nghệ và các kỹ thuật xử lý. Bảng 1.8 cung cấp một số số liệu về thành phần nước thải của một số ngành công nghiệp.

Bảng 1.8. Tính chất độc trung của nước thải một số ngành công nghiệp (5)

Các chỉ tiêu	Chế biến sữa	Sản xuất thịt hộp	Dệt sợi tổng hợp	Sản xuất clorophenol
BOD ₅ , mg/l	1000	1400	1500	4300
COD, mg/l	1900	2100	3300	5400
Tổng chất rắn, mg/l	1600	3300	8000	53000
Chất rắn lơ lửng, mg/l	300	1000	2000	1200
Nito, mgN/l	50	150	30	0
Photpho, mgP/l	12	16	0	0
pH	7	7	5	7
Nhiệt độ, °C	29	28	-	17
Dầu mỡ, mg/l	-	500	-	-
Clorua, mg/l	-	-	-	27000
Phenol, mg/l	-	-	-	140

Nói chung nước thải từ các nhà máy chế biến thực phẩm có hàm lượng nitơ và photpho đủ cho quá trình xử lý sinh học, trong khi đó hàm lượng các chất dinh dưỡng này trong nước thải của các ngành sản xuất khác lại quá thấp so với nhu cầu phát triển của vi sinh vật. Ngoài ra nước thải ở các nhà máy hoá chất còn thường chứa một số chất độc cần được xử lý sơ bộ để khử các độc tố đó trước khi thải vào hệ thống nước thải khu vực.

Trong trường hợp xử lý chung, các chất thải công nghiệp biểu thị lưu lượng và khối lượng BOD qua số dân tương đương. Bảng 1.9 cho một số ví dụ về sự qui đổi này.

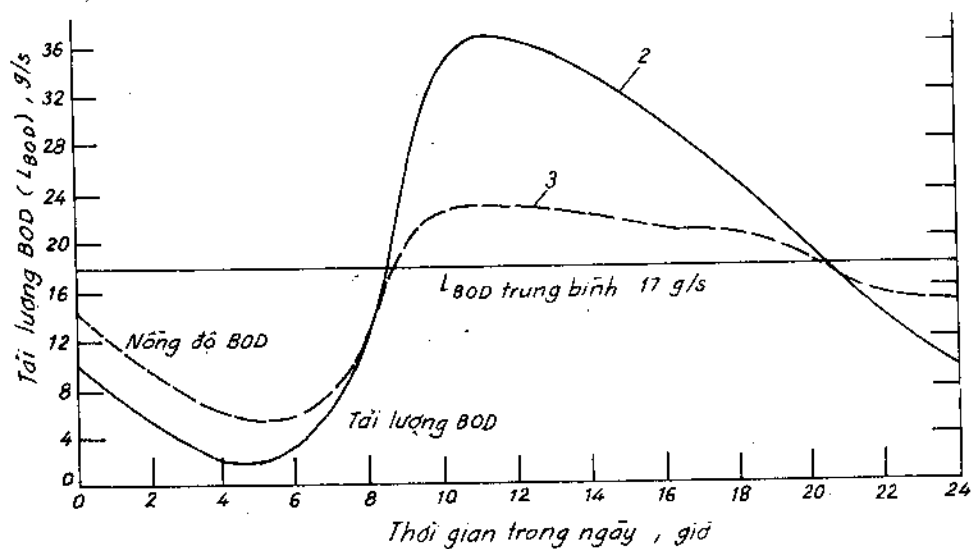
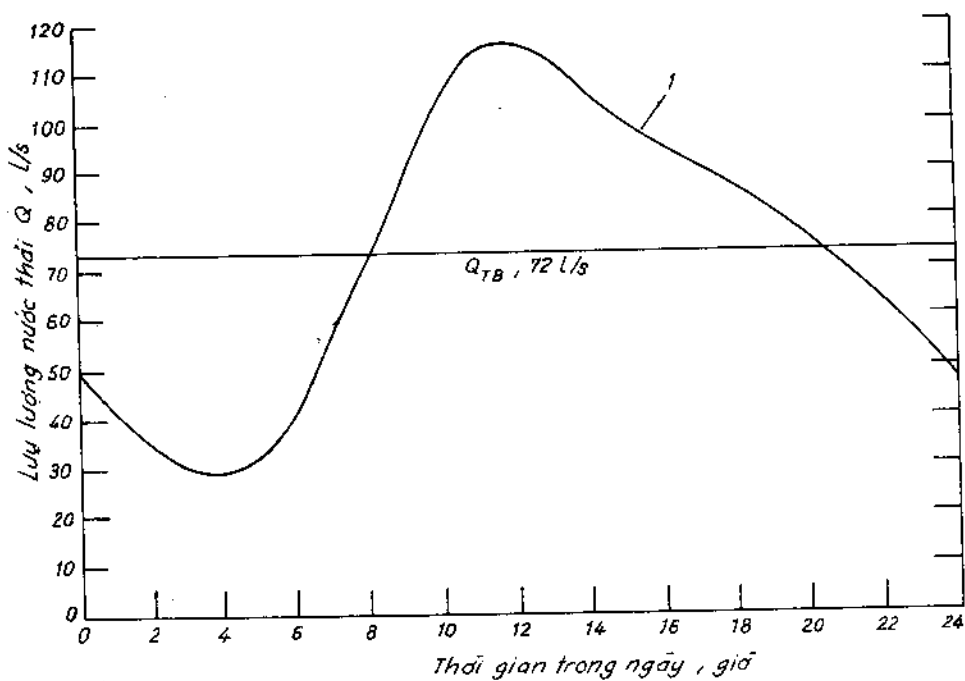
Bảng 1.9. Tương quan chất thải sản xuất với chất thải sinh hoạt do số dân tương đương thải ra

Ngành sản xuất	Tính cho sản xuất	Số dân tương đương
Nhà máy sữa (không sản xuất phomat)	100 l sữa	30 - 80
Lò mổ	1 bò = 2,5 lợn	70 - 200
	1000 kg thịt	150 - 450
Nhà máy bia	1000 l bia	150 - 400
Nhà máy sản xuất tinh bột	1 T ngô	500 - 1000
Nhà máy da	1 T da	1000 - 4000
Nhà máy chế biến len	1 T len	2000 - 5000
Phân xưởng tẩy	1 T sản phẩm	1000 - 4000
Nhà máy nhuộm có thuốc nhuộm chứa lưu huỳnh	1 T vật liệu	2000 - 3000
Nhà máy giặt	1T vải giặt	370 - 1000
Sự rò rỉ dầu khoáng	1 T dầu	12000

1.6. NƯỚC THẢI ĐÔ THỊ

Tính gần đúng, nước thải đô thị thường gồm khoảng 50 % là nước thải sinh hoạt, 14% là các loại nước thải và 36 % là nước thải sản xuất. Cũng cần lưu ý rằng, nhu cầu cấp nước và nước thải đô thị ở các nước công nghiệp phát triển cao hơn rất nhiều so với các nước đang phát triển (bảng 1.10).

Lưu lượng nước thải đô thị phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện khí hậu và các tính chất đặc trưng của thành phố. Khoảng 65 đến 85 % lượng nước cấp cho một người trở thành nước thải. Lưu lượng và hàm lượng các chất thải của nước thải đô thị thường dao động trong phạm vi rất lớn như minh họa trên hình 1.7. Lưu lượng nước thải của các thành phố nhỏ biến động từ giá trị nhỏ nhất bằng 20% Q_{TB} đến giá trị lớn nhất bằng 250% Q_{TB} , còn đối với các thành phố lớn sự dao động đó từ 50 % Q_{TB} đến 200 % Q_{TB} . Lưu lượng nước thải lớn nhất trong ngày vào lúc 10 - 12 giờ trưa và thấp nhất vào khoảng 5 giờ sáng. Hàm lượng BOD và chất rắn lơ lửng có dạng đường cong gần giống như đường cong lưu lượng Q (l/s).



Hình 1.7. Sự biến động theo thời gian trong ngày của nước thải đô thị

Lưu lượng và tính chất nước thải đô thị còn thay đổi theo mùa, giữa ngày làm việc và ngày nghỉ trong tuần cũng cần được tính đến khi đánh giá sự biến động lưu lượng và nồng độ chất gây ô nhiễm.

Bảng 1.10. Mức sử dụng nước ở một số đô thị trên thế giới (3)

Nước	Địa danh	Năm	Mức tiêu dùng	l/người.ngày
Phần Lan	Helsinki	1963	Trung bình	360
Pháp	Khu vực nông thôn	1963	Trung bình	126
	Thành phố			245
Na Uy	Oslo	1963	Tổng tiêu dùng trung bình	580
			Riêng sản xuất công nghiệp	230
Áo	Viên	1969	Tổng tiêu dùng trung bình	313
			Lớn nhất	416
Thụy Điển	Stockholm	1961	Tiêu dùng lớn nhất	422
			Trung bình	337
			Trong sinh hoạt	198
			Công nghiệp	102
			Cho các nhu cầu khác	37
	Basel	1968	Trung bình	720
Thụy Sĩ	Zurich	1961	Trung bình	420
Mỹ	Los Angeles	1960	Trung bình	630
	Chicago	1960	Trung bình	875

1.7. ẢNH HƯỞNG CỦA NƯỚC THẢI ĐỐI VỚI CÁC NGUỒN TIẾP NHẬN NƯỚC

1.7.1. Sự ô nhiễm nước sông

Người ta thường sử dụng các dòng sông để pha loãng nước thải. Tùy thuộc vào khả năng tự làm sạch của dòng sông, nghĩa là khả năng đồng hoá các chất thải mà dòng sông có thể phục hồi lại chất lượng ban đầu của nó. Khả năng này được xác định bởi các tính chất đặc trưng của dòng sông, kể cả điều kiện khí hậu.

Quá trình tự làm sạch các chất thải hoá học hoàn toàn phụ thuộc vào lưu tốc của dòng sông. Trong quá trình di chuyển xuống hạ lưu, nồng độ các chất này giảm rất nhanh do lượng nước trong lưu vực chảy vào sông tăng lên. Có nhiều hoá chất phản ứng và tiêu tán do hấp thụ hoặc phân rã sinh học. Các vi khuẩn trong nước thải sinh hoạt bị giảm về số

lượng do pha loãng, trước hết do điều kiện môi trường không thuận lợi cho sự phát triển của chúng như thiếu dinh dưỡng, tác động của nhiệt độ và quan hệ của các sinh vật trong chuỗi thức ăn.

Vùng trộn nước thải với nước sông là vùng không thể tránh khỏi bị ô nhiễm. Vì vùng này có thể tạo nên một vùng ngăn chặn sự di chuyển của cá và các sinh vật sống dưới nước nên cần được giới hạn ở mức tối thiểu. Nếu như trên cùng một dòng sông có một số điểm thải gần nhau thì vùng trộn này cần được bố trí nằm dọc theo cùng một phía tạo cho các sinh vật sống dưới nước một dòng di chuyển liên tục ở phía bờ đối diện.

Nồng độ của chất gây ô nhiễm sau khi trộn nước thải với nước sông có thể tính theo công thức (1.21):

$$C = \frac{C_1 \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_2}{Q_1 + Q_2} \quad (1.21)$$

trong đó:

C - nồng độ chất ô nhiễm trong dòng sông tại điểm thải;

Q_1 - lưu lượng dòng sông;

C_1 - nồng độ của chất gây ô nhiễm trong dòng Q_1 ;

Q_2 - lưu lượng của nước thải xả vào sông;

C_2 - nồng độ chất ô nhiễm trong dòng nước thải Q_2 .

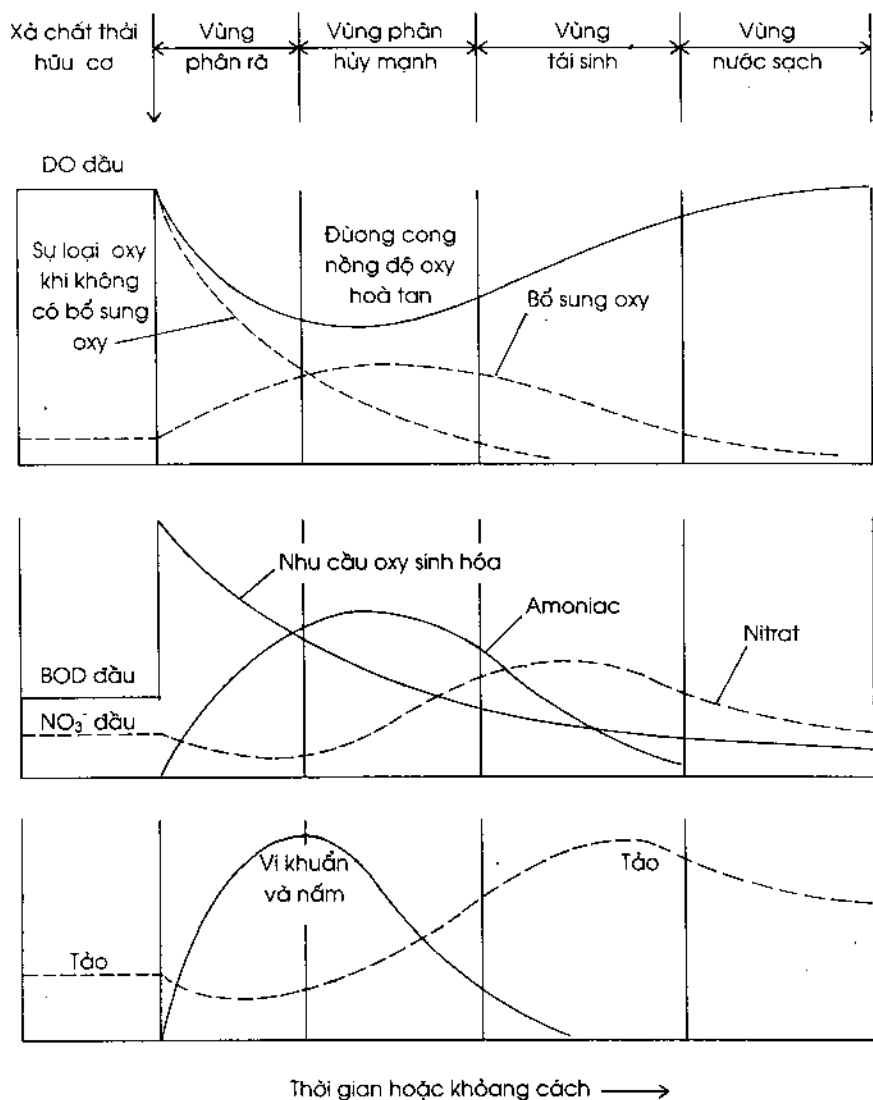
1.7.1.1. Sự ô nhiễm do các chất hữu cơ

Rất nhiều chất thải trong nước thải sinh hoạt và công nghiệp chứa các chất hữu cơ khi bị vi sinh vật phân huỷ làm giảm nồng độ oxy hoà tan của nước sông. Khi nồng độ oxy hoà tan giảm xuống dưới 4 hoặc 5 mg/l, các loài thủy sinh bắt đầu giảm. Vì vậy chỉ số nồng độ oxy hoà tan là một chỉ số quan trọng nhất để đánh giá chất lượng nước sông.

Tốc độ quá trình ổn định sinh học là hàm số của thời gian và nhiệt độ. Tốc độ loại oxy sẽ tăng khi nhiệt độ tăng. Nước sông được bổ sung oxy trước hết là do quá trình hấp thụ oxy từ không khí. Như vậy các yếu tố chi phối quá trình tự làm sạch của một dòng sông đối với các chất thải hữu cơ sẽ là lưu lượng dòng chảy, thời gian chảy xuôi, nhiệt độ nước, quá trình tái sinh oxy bằng hấp thụ.

Một dòng sông bị nhiễm bẩn do các chất hữu cơ được chia thành bốn vùng theo dòng chảy như trên hình 1.8. Vùng ngay sau điểm thải là vùng phân rã. Ở đây nồng độ oxy hoà tan giảm rất nhanh do các vi khuẩn đã sử dụng để phân huỷ các hợp chất hữu cơ trong chất thải. Tiếp đến là vùng phân huỷ mạnh các chất hữu cơ, nồng độ oxy hoà tan giảm tới mức thấp nhất. Trong vùng này thường xảy ra cả quá trình phân huỷ kỵ khí bùn ở đáy sông, phát sinh mùi hôi thối. Đây là môi trường không thuận lợi cho các động vật bậc cao như cá sinh sống. Ngược lại, vi khuẩn và nấm phát triển mạnh nhờ sự phân huỷ các hợp chất hữu cơ làm giảm BOD và tăng hàm lượng amoniac. Ở vùng tái sinh, tốc độ hấp thụ oxy lớn hơn tốc

độ sử dụng oxy nên nồng độ oxy hoà tan tăng dần. Ở đây amoniac được các vi sinh vật nitrat hoá. Các loài giáp xác và các loài cá có khả năng chịu đựng v.v... tái xuất hiện và tảo phát triển mạnh do hàm lượng các chất dinh dưỡng vô cơ từ quá trình phân huỷ các chất hữu cơ tăng lên. Vùng cuối cùng là vùng nước sạch. Nồng độ oxy hoà tan được phục hồi trở lại bằng mức ban đầu, còn chất hữu cơ hầu như đã bị phân huỷ hết. Môi trường nước ở đây đảm bảo cho sự sống bình thường của các loài thực vật và động vật.



Hình 1.8. Ảnh hưởng của ô nhiễm do các chất hữu cơ tới chất lượng dòng sông

1.7.1.2. Biểu thức đường cong nồng độ oxy hoà tan

Có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng tới nồng độ oxy hoà tan trong nước sông như lượng các chất thải sử dụng oxy, quá trình quang hợp của thực vật, quá trình hô hấp của các loài thủy sinh sống trong đó, sự bổ sung oxy do các nhánh sông hoà nhập vào và quá trình hấp thụ oxy từ khí quyển.v.v... Thiết lập một mô hình chính xác mô tả ảnh hưởng của tất cả các yếu tố trên và mối tương tác giữa chúng là một việc vô cùng khó khăn, vì vậy các mô hình đều chỉ mang tính gần đúng.

Mô hình đơn giản nhất về các nguồn oxy trong nước sông tập trung vào hai quá trình chính: khử oxy bởi các vi sinh vật trong quá trình phân huỷ sinh học và bổ sung oxy vào nước thông qua quá trình hấp thụ từ không khí. Trong mô hình này người ta giả thiết rằng:

1. Nước thải được thải liên tục vào sông tại một địa điểm cho trước.
2. Nước sông và nước thải cùng chảy xuôi dòng và được trộn đều tại tất cả mặt cắt ngang của dòng sông.
3. Không có sự khuếch tán chất thải theo hướng dòng chảy, nghĩa là dòng chảy là dòng chảy.

Giả thiết tốc độ loại oxy tại bất kỳ vị trí nào trên sông đều tỷ lệ với BOD còn lại tại điểm đó, có nghĩa là :

$$\text{Tốc độ loại oxy} = -k_1 \cdot L_t \quad (1.22)$$

trong đó :

k_1 - hằng số tốc độ loại oxy (1/ngày), phụ thuộc vào loại chất thải phân huỷ, T^D ...
 L_t - BOD còn lại sau t ngày tính từ thời điểm chất thải đó thải vào sông, mg/l.

Đặt biểu thức (1.12) vào (1.22) ta có:

$$\text{Tốc độ loại oxy} = -k_1 \cdot L_0 \cdot e^{-k_1 t} \quad (1.23)$$

trong đó L_0 là BOD tổng của pha cacbon, mg/l.

Giả thiết tốc độ bổ sung oxy tỷ lệ với hiệu số giữa nồng độ bão hoà oxy hoà tan (DO^*) và nồng độ thực của oxy hoà tan tại vị trí đã cho (DO), có nghĩa là:

$$\text{Tốc độ bổ sung oxy} = k_2 D \quad (1.24)$$

trong đó :

k_2 - hằng số tốc độ bổ sung oxy, 1/ngày;
 D - nồng độ oxy thiếu hụt tại thời điểm t bất kỳ :

$$D = (DO^* - DO)$$

Hằng số k_2 phụ thuộc rất nhiều vào điều kiện cụ thể của dòng sông. Một dòng sông (hoặc hồ nước) nông, chảy nhanh sẽ có hằng số tốc độ bổ sung oxy cao hơn một dòng sông (hoặc hồ nước) chảy chậm. Giá trị k_2 được xác định qua nghiên cứu dòng chảy của sông

bằng phương pháp đánh dấu. Trong trường hợp không thể nghiên cứu khảo sát được có thể tính theo công thức tổng quát sau:

$$k'_2 = \frac{3,9 \cdot U^{1/2} [(1,037)^{(T-20)}]^{1/2}}{H^{3/2}} \quad (1.25)$$

trong đó :

k'_2 - hằng số tốc độ bổ sung oxy, l/ngày;

U - vận tốc trung bình của dòng sông, m/s;

H - chiều sâu trung bình của sông, m;

T - nhiệt độ của nước, °C.

Một số giá trị điển hình của k'_2 được cho trong bảng 1.11. Hằng số tốc độ bổ sung oxy ở các nhiệt độ khác có thể tính theo công thức (1.14) với hệ số nhiệt độ $\theta = 1,024$.

Bảng 1.11. Một số giá trị điển hình của k'_2 ở 20°C cho một số nguồn nước
(Vesilind P.A, Peirce J.J, Weiner R.F, 1988)

Nguồn nước	Khoảng giá trị của k'_2 ở 20°C
Các hồ nước nhỏ có xoáy ngược	0,10 - 0,23
Dòng sông chảy chậm và các hồ nước lớn	0,23 - 0,35
Sông lớn có tốc độ chảy thấp	0,35 - 0,46
Sông lớn có tốc độ chảy bình thường	0,46 - 0,65
Các sông chảy nhanh	0,65 - 1,15
Sông chảy xoáy	>1,15

Các quá trình loại oxy và bổ sung oxy là các quá trình xảy ra đồng thời trên một dòng sông. Vì vậy khi kết hợp hai biểu thức (1.23) và (1.24) cho ta biểu thức biểu thị tốc độ tăng nồng độ oxy thiếu hụt:

$$\frac{dD}{dt} = k'_1 \cdot L_0 e^{-k_1 t} - k'_2 \cdot D \quad (1.26)$$

Giải phương trình (1.26) ta nhận được:

$$D = \frac{k'_1 \cdot L_0}{k'_2 - k'_1} (e^{-k_1 t} - e^{-k'_2 t}) + D_0 e^{-k'_2 t} \quad (1.27)$$

D_0 - nồng độ oxy thiếu hụt ban đầu tại điểm trộn nước thải vào nước sông.

Biểu thức (1.27) được gọi là biểu thức nồng độ oxy hoà tan của Streeter - Phelps (1925). Trong biểu thức này t là khoảng thời gian dòng hỗn hợp chất thải và nước sông di chuyển từ điểm thải có $x = 0$, $t = 0$ tới vị trí khảo sát.

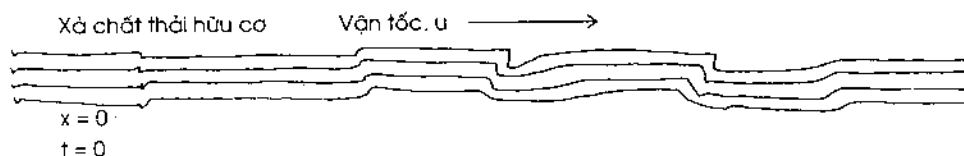
Trong trường hợp $k'_2 = k'_1$ sẽ có:

$$D = (k'_1 L_0 + D_0) e^{-k'_1 t} \quad (1.28)$$

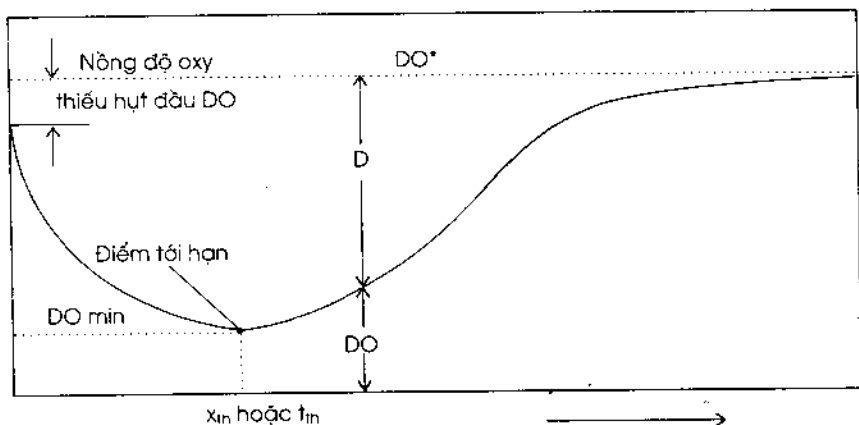
Nếu dòng sông có tiết diện mặt cắt ngang không đổi, tốc độ dòng chảy U và khoảng cách từ điểm thải tới điểm khảo sát là $x = U.t$. Khi đó biểu thức (1.27) có thể viết như sau:

$$D = \frac{k_1 L_0}{k_2 - k_1} (e^{-\frac{k_1 x}{U}} - e^{-\frac{k_2 x}{U}}) + D_0 e^{-\frac{k_2 x}{U}} \quad (1.29)$$

Hiệu số giữa nồng độ oxy bão hoà DO^* với nồng độ oxy thiếu hụt tính theo công thức (1.27) hoặc (1.29) là nồng độ oxy hoà tan tại các điểm khảo sát, là hàm số của thời gian và khoảng cách xuôi dòng. Đồ thị của hàm số này được trình bày trên hình 1.9. Vị trí (hoặc thời điểm) tại đó nồng độ oxy hoà tan đạt giá trị nhỏ nhất gọi là điểm tới hạn. Tại điểm này tốc độ loại oxy bằng tốc độ bổ sung oxy và sau điểm đó lượng oxy bổ sung vượt quá lượng oxy đã bị sử dụng, dần dần dòng sông tái sinh và đạt nồng độ oxy hoà tan ban đầu của nó.



Nồng độ oxy hòa tan (DO)



Thời gian hoặc khoảng cách xuôi dòng

Hình 1.9. Đường cong nồng độ oxy hoà tan theo Streeter - Phelps

Vị trí của điểm tới hạn có tầm quan trọng trong giám sát chất lượng nước sông, vì tại vị trí đó dòng sông ở trạng thái xấu nhất. Điểm tới hạn được tính theo công thức sau:

$$t_{th} = \frac{1}{k_1 - k_2} \ln \left\{ \frac{k'_1}{k'_2} \left[1 - \frac{D_0(k'_1 - k'_2)}{k'_1 L_0} \right] \right\} \quad (1.30)$$

trong đó t_{th} là thời gian tới hạn, là khoảng thời gian di chuyển của dòng chất thải tới điểm nồng độ oxy hoà tan ở mức thấp nhất tính theo ngày.

Ảnh hưởng của nhiệt độ tới đường cong nồng độ oxy hoà tan là đặc biệt quan trọng vì khi nhiệt độ tăng, tốc độ loại oxy sẽ tăng trong khi đó độ hoà tan oxy lại giảm, dẫn đến đạt tới điểm giới hạn sớm hơn. Ngoài những yếu tố chính như đã xét khi mô tả mặt cắt của một dòng sông cần tính đến tất cả những yếu tố đã nêu ở trên. Sau khi xác định khả năng tổng hợp của một dòng sông bằng kiểm tra lại các yếu tố tự làm sạch, ta có thể dự đoán tải trọng chất thải ở những điều kiện thủy học khác nhau mà dòng sông có thể chịu đựng.

1.7.2. Ảnh hưởng của ô nhiễm đến nước hồ

- Ảnh hưởng của sự ô nhiễm đối với nước hồ khác với ảnh hưởng của ô nhiễm đối với nước sông về một số khía cạnh. Yếu tố quan trọng nhất cần được đề cập trong đàm hồ học (Limnology) là ánh sáng và nhiệt độ.

- Ánh sáng chính là nguồn năng lượng trong các phản ứng quang hợp. Vì vậy sự xuyên thấu của ánh sáng vào nước hồ có vai trò vô cùng quan trọng. Sự xuyên thấu của ánh sáng này theo hàm số logarit. Ví dụ, ở độ sâu 0,3048 m, ánh sáng có cường độ $I_1 = 10000$ footcandles, ở 0,6096 m chỉ còn $I_2 = 1000$ footcandles, ở 0,9144 m thì $I_3 = 100$ footcandles và ở độ sâu 1,2192 m chỉ còn $I_4 = 10$ footcandles.

Như vậy phản ứng quang hợp chỉ diễn ra ở lớp nước nhất định gần mặt thoáng.

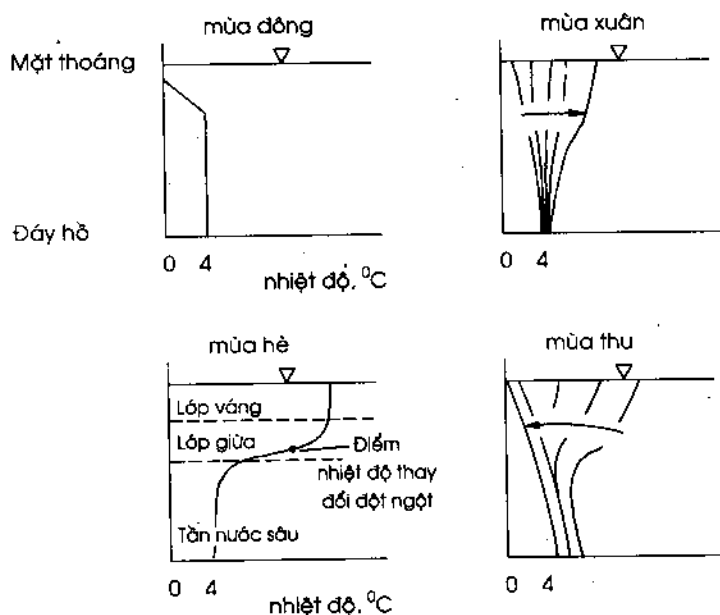
Nhiệt độ có ảnh hưởng rất lớn đối với đời sống của một hồ. Do những tính chất đặc biệt của nước như ρ , C_v nên tạo ra sự phân tầng và dẫn nhiệt kém nhưng giữ nhiệt rất tốt. Nhiệt độ của nước hồ dao động rất mạnh theo mùa như mô tả ở hình 1.10 a và điểm uốn của đường cong gọi là điểm thay đổi đột ngột nhiệt độ nước.

Khi thời tiết lạnh, lớp nước phía trên bắt đầu lạnh trở nên nặng hơn và chìm xuống dưới tạo thành sự đối lưu trong hồ là sự rơi nghịch đảo (fall turnover). Hiện tượng nghịch đảo cũng thường xảy ra trong mùa xuân (spring turnover).

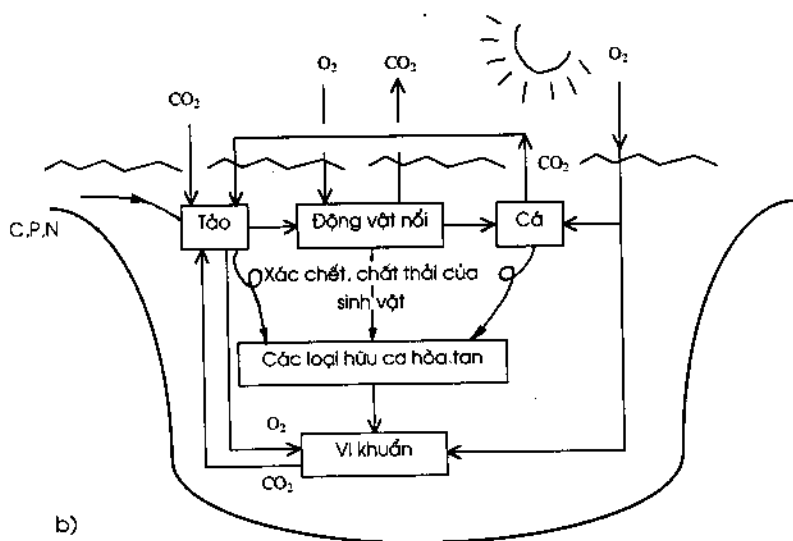
Các phản ứng sinh hóa trong hồ tự nhiên có thể minh họa như trên hình 1.10b. Dòng vào hồ từ sông sẽ cung cấp cho hồ nguồn C, P, N hoặc sinh vật năng lượng cao và các hợp chất năng lượng thấp. Tảo - thực vật trôi nổi (phytoplankton) sử dụng nguồn năng lượng - ánh sáng mặt trời và các chất dinh dưỡng C, N, P tổng hợp nên các hợp chất năng lượng cao - Đây là mắt xích đầu tiên trong chuỗi thức ăn trong môi trường nước hồ.

Trong hồ không bị ô nhiễm, việc bổ sung C, P, N tương đối nhỏ sẽ hạn chế năng suất tảo và năng suất toàn bộ hệ sinh thái. Nhưng khi C, P, N cấp vào hồ với lượng lớn và dư thừa so với nhu cầu sẽ dẫn đến sự phát triển bùng nổ không kiểm soát được của chúng và

người ta gọi là sự "nở hoa của nước". Hiện tượng ô nhiễm này của hồ do dư thừa các chất dinh dưỡng gây ra gọi là hiện tượng phì dưỡng.



a)



b)

Hình 1.10. Mối quan hệ phụ thuộc điển hình giữa chiều sâu và nhiệt độ trong hồ (a) và sơ đồ hệ sinh thái hồ (b)

Như vậy quá trình phì dưỡng có liên quan trực tiếp đến chuỗi thức ăn trong môi trường nước. Chính sự tích tụ bùn lắng và các chất hữu cơ trong hồ là nguyên nhân gây ra quá trình này. Quá trình phì dưỡng có thể minh họa tóm tắt như trên hình 1.11. Một hồ trẻ thường đặc trưng bởi hàm lượng chất dinh dưỡng trong nước và năng suất thực vật thấp (oligotrophic). Do các dòng chảy khác nhau về hồ mang theo các chất dinh dưỡng dần dần làm cho hồ có mức dinh dưỡng trung bình (mezotrophic). Bình thường lượng thực vật phát triển cân bằng với lượng động vật trong chuỗi thức ăn và bị giới hạn bởi hàm lượng các chất dinh dưỡng. Trải qua một thời gian, sự tích tụ các mảnh hữu cơ và bùn đã đẩy nhanh sự phát triển các sinh vật dưới nước, hồ trở nên giàu dinh dưỡng. Do các chất rắn, bùn lắng xuống đáy hồ và sự phát triển mạnh của các loài thực vật có rễ ở ven bờ làm cho hồ nước ngày càng trở nên nông hơn và mặt thoáng bị thu hẹp dần. Cứ như thế, hồ nước dần dần chuyển thành đầm lầy rồi thành đất khô.

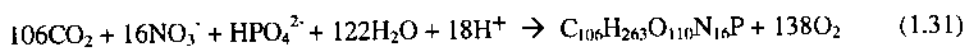
Quá trình phì dưỡng là một quá trình tự nhiên, có thể xảy ra trong hàng nghìn năm. Tuy nhiên, tốc độ của quá trình này có thể tăng nhanh chỉ trong vài thập kỷ do ảnh hưởng các hoạt động của con người.

Nước thải đô thị, nước thải sản xuất và nước từ các vùng đất canh tác dư thừa phân bón đã làm tăng thêm các chất dinh dưỡng, kích thích sự phát triển của tảo và giảm chất lượng nước. Sự "phát triển bùng nổ" của tảo làm cho nước trở nên đục. Tảo dư thừa chết kết thành khối trôi nổi trên mặt nước, khi phân hủy phát sinh mùi và làm giảm nồng độ oxy hòa tan trong nước hồ, ảnh hưởng trực tiếp tới đời sống của một số loài cá.

Có nhiều yếu tố kiểm soát quá trình sinh trưởng của tảo, bao gồm ánh sáng, các chất dinh dưỡng ... Lượng ánh sáng tảo có thể nhận được sẽ liên quan tới tính trong suốt của nước mà độ trong đó lại là hàm số của mức dinh dưỡng. Tuy ánh sáng là một yếu tố hạn chế sinh trưởng của tảo, song thật khó có thể nghĩ được cách kiểm soát để hạn chế quá trình phì dưỡng.

Các chất dinh dưỡng đối với tảo bao gồm C, N, P, S, Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu v.v. Theo định luật tối thiểu của Liebig, cách kiểm soát quá trình phì dưỡng nhanh nhất là nhận dạng dinh dưỡng giới hạn sinh trưởng của tảo và giảm nồng độ của chất dinh dưỡng đó. Phương pháp thực tiễn duy nhất để kiểm soát quá trình phì dưỡng là tập trung kiểm soát nồng độ photpho trong nước.

Để minh họa điều này, có thể xem xét phương trình quang hợp của tảo do Stumm và Morgan (1981) đưa ra:



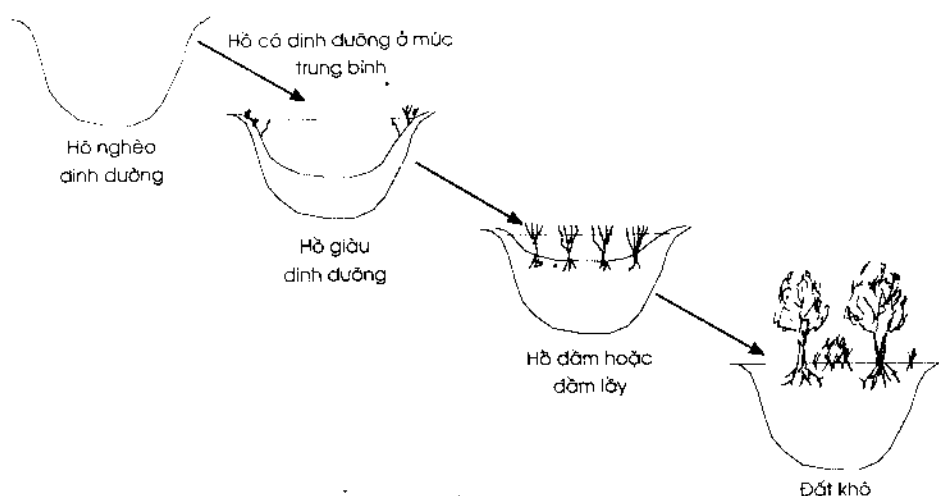
Từ cân bằng phương trình trên người ta rút ra tỷ số:

$$\frac{\text{N}}{\text{P}} = \frac{16 \times 14}{1 \times 31} = 7,2$$

Như vậy, để sản xuất một lượng tảo trên cần lượng nitơ gấp 7,2 lần lượng photpho. Tuy nhiên tỷ lệ N/P trong nước nói chung là trên 20. Điều đó chỉ ra rằng, photpho là chất dinh dưỡng giới hạn. Ngược lại, khi tỷ lệ N/P bằng hoặc nhỏ hơn 5 phản ánh một hệ bị giới hạn bởi dinh dưỡng nitơ (Thomann và Mueller, 1987).

Sawyer (1947) cho rằng, nồng độ photpho trên 0.015 mg/l và nồng độ nitơ trên 0.3 mg/l là đủ gây ra "sự phát triển bùng nổ" của tảo. Cũng trên cơ sở đó, gần đây Vollenweider (1975) cho rằng, nồng độ photpho bằng 0.010 mg/l là chấp nhận được đối với nước hồ và 0.020 mg/l sẽ gây ra dư thừa photpho.

Mặc dù kiểm soát nồng độ các chất dinh dưỡng là biện pháp để phòng hiện tượng phì dưỡng hiệu quả nhất nhưng trong thực tế biện pháp này rất khó thực hiện. Để hạn chế những ảnh hưởng xấu của các hồ nước giàu dinh dưỡng, người ta đã sử dụng một số biện pháp tạm thời như khuấy trộn nhân tạo, thu hoạch tảo, dùng hóa chất (CuSO_4) và tạo dòng chảy xiết. Tuy nhiên, khi dùng hóa chất để kiểm soát sự phát triển của tảo cần chú ý tới giới hạn CuSO_4 có thể gây ngộ độc cho cá.



Hình 1.11. Sơ đồ quá trình phì dưỡng

1.7.3. Ảnh hưởng của sự ô nhiễm đối với nước biển

Trước đây người ta nghĩ rằng, biển và đại dương rộng lớn bao la sẽ chẳng bao giờ bị ô nhiễm. Nhưng ngày nay người ta đã nhận thức được rằng điều đó không phải như vậy. Biển và đại dương cũng có thể bị ô nhiễm và có thể đánh giá những ảnh hưởng có hại do những động của con người gây ra.

Nước trong đại dương là một dung dịch rất phức tạp và có những bằng chứng cho thấy thành phần của chúng thay đổi rất ít trong hàng triệu năm qua. Do sự ổn định này mà

các sinh vật biển được thuần hóa cao và không chịu được sự thay đổi của môi trường. Như vậy đại dương cũng là hệ sinh thái dễ hỏng và dễ bị ô nhiễm.

Bản đồ địa hình của đại dương cho thấy, có hai phần riêng biệt khi chúng ta nghiên cứu về biển và đại dương : thềm lục địa và các đại dương sâu. Thềm lục địa, đặc biệt các khu vực gần các cửa sông chính là nguồn cung cấp thức ăn, khai thác thủy sản. Khu vực này đang tiếp nhận tải trọng ô nhiễm lớn nhất. Nhiều cửa sông chính gần ngư trường đã bị ô nhiễm đến mức tồi tệ. Một số vùng biển lớn như Bantic, Địa Trung Hải cũng đang bị đe dọa trở nên hư hại vĩnh viễn.

Mặc dù ở Mỹ và nhiều quốc gia khác đã hạn chế một cách nghiêm ngặt việc thải nước thải vào biển, nhưng trên thế giới vẫn còn nhiều thành phố còn thải nước thải chưa qua xử lý vào môi trường này. Nước thải thường được dẫn trong một hệ thống ống ra xa bờ và thải qua các đầu khuếch tán để đạt mức pha loãng tối đa. Tuy vậy, các cuộc tranh luận vẫn còn tiếp tục nếu sử dụng biển làm nơi thải nước thải thì những hậu quả lâu dài gì có thể xảy ra?

1.8. QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG NƯỚC

Để quản lý môi trường nước, các quốc gia trên thế giới đã xây dựng những đạo luật riêng cho vấn đề này. Năm 1965, Quốc hội Mỹ đã thông qua đạo luật về chất lượng nước (Water Quality Act). Quản lý chất lượng nước chủ yếu là nhằm tái sử dụng nước dù là trực tiếp hay gián tiếp. Những nghiên cứu khu vực dài hạn (50 năm) có thể cung cấp cho ta một khuôn khổ tổ chức xây dựng các hệ thống tổng hợp của nước và nước thải. Mục tiêu chính của kế hoạch tổng thể là đánh giá các nhà máy xử lý nước và nước thải, tiến hành những nghiên cứu về các vấn đề bất thường và duy trì, hoàn thiện các tiêu chuẩn chất lượng nước.

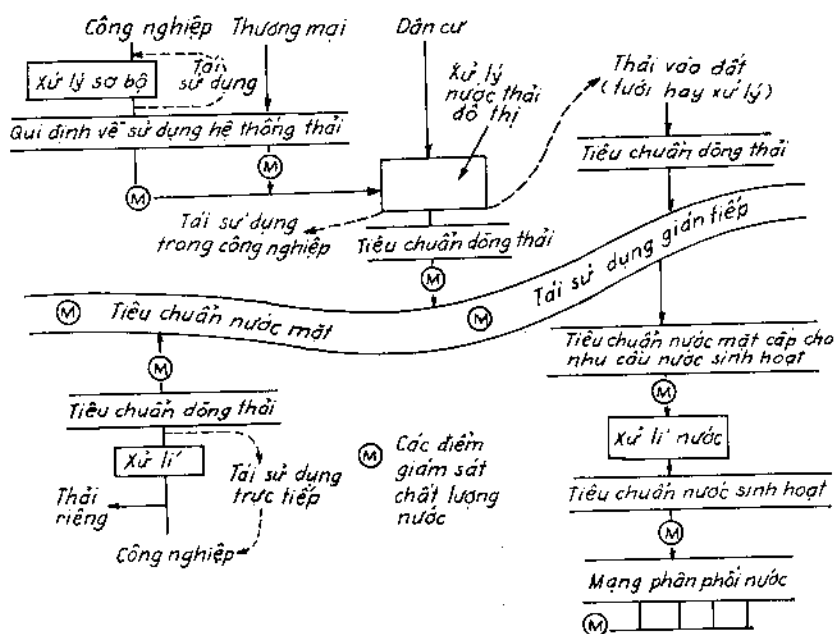
Trong quản lý môi trường nước, người ta thường sử dụng các hệ thống tiêu chuẩn sau:

1. Tiêu chuẩn nước cho các mục đích sử dụng khác nhau.
2. Tiêu chuẩn dòng thải (Effluent Standard).
3. Tiêu chuẩn dòng sông (Stream Standard).

Hình 1.12 giới thiệu các tiêu chuẩn đã được thiết lập liên quan tới sử dụng và xử lý nước.

Tiêu chuẩn chất lượng nước cho các mục đích sử dụng khác nhau ở Mỹ được tóm tắt trong bảng 1.12. Tiêu chuẩn nước uống và nước cấp cho một số ngành công nghiệp được tóm lược trong bảng 1.13 và 1.14. Các bảng từ 1.15 tới 1.21 giới thiệu một số tiêu chuẩn dòng sông và dòng thải của Việt Nam và một số nước.

Quản lý theo tiêu chuẩn dòng thải nghĩa là kiểm soát để đảm bảo sao cho các chất gây ô nhiễm trong dòng thải ra từ các nhà máy thấp hơn tiêu chuẩn quy định. Nhược điểm phương pháp tiếp cận này là không kiểm soát được tổng lượng chất gây ô nhiễm xả vào dòng sông. Nếu một nhà máy lớn và một nhà máy nhỏ cùng chịu mức cần xử lý nước thải như nhau thì lượng chất gây ô nhiễm do nhà máy lớn thải ra vẫn lớn hơn nhiều.



Hình 1.12. Sơ đồ minh họa các tiêu chuẩn chất lượng nước dùng để quản lý một hệ thống tổng hợp nước và nước thải

Những tiêu chuẩn đồng thời được xây dựng dựa trên cơ sở ý nghĩa kinh tế, tính hiện thực của việc xử lý nhiều hơn là bảo vệ tuyệt đối an toàn đối với một dòng sông.

Tuy nhiên, phương pháp này có ưu điểm là có thể kiểm soát một cách dễ dàng hệ thống các tiêu chuẩn đồng thời.

Quản lý theo tiêu chuẩn đồng sông là căn cứ trên sự thiết lập hệ thống phân loại hoặc tiêu chuẩn chất lượng của dòng sông mà người ta điều tiết việc xả nước thải vào dòng sông, sao cho duy trì được chất lượng của dòng sông như đã quy định trong tiêu chuẩn hoặc trong phân loại. Như vậy, cơ quan điều tiết việc xả nước thải vào sông cần nghe ý kiến của dân chúng cũng như các cơ quan đại diện cao nhất có quyền lợi trong việc sử dụng nước.

Ưu điểm chính của phương pháp tiếp cận này là phòng ngừa được sự ô nhiễm quá mức, không cần để ý đến loại công nghiệp nào đã thải ra. Đồng thời nó cũng cho phép công chúng xây dựng mục tiêu cho hiện tại và tương lai.

Bảng 1.12. Các tiêu chuẩn nước cho những mục đích sử dụng khác nhau theo tài liệu của Ủy ban cố vấn kỹ thuật cho F.W.P.A. về chỉ tiêu chất lượng nước (U.S. Dept. Interior, June 30, 1967, Washington D.C)

Chất lượng nước	Nghỉ ngơi giải trí và thẩm mỹ	Cấp nước công cộng		Cá và sinh vật hoang đại dưới nước				Nông nghiệp		
		Cho phép	Yêu cầu	Các sinh vật nước ngọt	Sinh vật hoang đại	Các sinh vật biển và của sông	Cấp nước cho trồng trọt	Chăn nuôi	Tuổi tiêu	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	
Màu, các đơn vị đo		75	< 10	10% ánh sáng xuyên tới đáy	10% ánh sáng xuyên qua 1,8 m					
Nhiệt độ, °C	< 30	< 30	< 30	28 - 35,5 trong 6 giờ					13 - 30	
Số coli của phân/ 100ml	2000 - 200	2000	20						4000	
Độ kiềm (CaCO ₃), ppm		30 - 500	30 - 500	>20	35 - 200	35 - 200				
Clorua, ppm		250	25							
Crom hoá trị 6, ppm		0,05	không có				0,05	0,05	5 - 20	
Đồng, ppm		1,0	không có				1,0		0,2 - 5	
Oxy hoà tan, ppm		>3,0	gần tới bão hoà	>4,0	đáy ở điều kiện ưa khí	>4,0				

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Độ cứng (CaCO ₃), ppm		300 - 500	60 - 120						
Sắt, ppm		0.3	không thấy bằng mắt thường				0.3		
Mangan, ppm		0.05	không có				0.05		2.0 - 20
Nitrat, ppm		10.0 (N) Ind. NO ₂	không thấy bằng mắt thường				45.0		
pH	5.0 - 9.0	6.0 - 8.5		6 - 9	7.0 - 9.2	6.5 - 8.5	6.0 - 8.5		4.5 - 9
Sunfat, ppm		250	50						
Tổng chất rắn hoà tan, ppm		500	200				500 - 5000	10.0	0 - 5000
Carbon cloroform có thể chiết, ppm		0.15	0.04				0.0001-0.02		
Thuốc trừ sâu, ppm		0.001-0.1	không có	thay đổi với vi sinh vật	thay đổi với vi sinh vật	thay đổi với vi sinh vật			
Phenol, ppm		0.001	không có						
Tổng độ phóng xạ, βmuc/l		1000	100	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Xyanua, ppm		0.20	không có				0.20		
Độ đục, ppm			không thấy bằng mắt	10 - 50					

Bảng 1.13. Tiêu chuẩn chất lượng nước uống cấp cho sinh hoạt và đô thị công nghiệp

Chỉ tiêu chất lượng	Tiêu chuẩn Việt nam		Tiêu chuẩn của WHO 1971	
	TCVN 33-85	TC-20.TCN	Mức yêu cầu	Mức cho phép
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Màu	< 10	< 10 ⁰ thang coban	5 ⁰ Hazen	50 ⁰ Hazen
Độ trong Scheler, cm	> 30	> 30	-	-
Độ đục		-	5	25
Mùi vị	không	không	không	không
Tổng hàm lượng chất rắn, mg/l		< 1000	500	1500
Hàm lượng cặn không tan, mg/l	3	≤ 3	-	-
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	7 - 8,5	6,5 - 9,2
Anion chất tẩy rửa, mg/l		-	0,2	1,0
Dầu khoáng, mg/l		-	0,01	0,3
Phenol, mg/l		-	0,001	0,002
Độc xuất phenol, mg/l		0	-	-
Độ cứng toàn phần	< 12 d ^o H	< 12 d ^o H	100 mg CaCO ₃ /l	500 mg CaCO ₃ /l
Canxi, mg/l	70 - 100	75 - 100	75	200
Clorua, mg/l	70 - 100	70 - 100 nội địa	200	600
Sắt, mg/l	≤ 0,3	≤ 0,3	0,1	1
Magie, mg/l		-	30	150
Mangan, mg/l	≤ 0,2	≤ 0,2	-	-
Sunfat, mg/l	250	250	200	400

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Kẽm, mg/l		< 5	5.0	15
Amoniacc, mgN/l		-	0.5	-
Nitrat, mg/l	6	< 6	< 45	-
Florua, mg/l		0.7 - 1.5	< 0.5	-
Asen, mg/l		< 0.05	-	0.05
Cadimi, mg/l		-	-	0.01
Xyanua, mg/l		0	-	0.05
Chì, mg/l		< 0.1	-	0.1
Thủy ngân, mg/l		-	-	0.001
Selen, mg/l		-	-	0.01
Độ oxy hoá KMnO ₄ , mg/l		0.5 - 2	-	-
Dihydro sunfua, mg/l		0	-	-
Iodua, mg/l		0.005 - 0.007	-	-
Photphat, mg/l	1.2 - 2.5	1.2 - 2.5	-	-
Crom, mg/l		0	-	-
Clo dư, mg/l - đầu nguồn	0.5 - 1	0.5 - 1	-	-
cuối nguồn	0.05	> 0.05	-	-
Chỉ số Cali, con/100 ml nước	≤ 20	< 20	-	-
Vị khuẩn kỵ khí trong 1 ml nước	0	0	-	-

Bảng 1.14. Tiêu chuẩn chất lượng nước cấp cho một số ngành công nghiệp

Chỉ tiêu chất lượng	Nước làm nguội	Đệt	Giấy	Hoá chất	Dầu mỏ
Độ pH	7,2 - 9,5	6 - 8	4,6 - 9,4	5,5 - 9	6 - 9
Axit cacbon xâm thực, mg/l	< 20	-	-	-	-
Độ cứng toàn phần	< 50 °H	50mg CaCO ₃ /l	475mg CaCO ₃ /l	1000 mg CaCO ₃ /l	900 mg CaCO ₃ /l
Tổng hàm lượng muối, mg/l	< 3000	-	-	-	-
Clorua, mg/l	< 1000	100	200	500	1600
Sắt, mg/l	< 1	0,3	2,6	10	15
Mangan, mg/l	< 0,15	0,05	-	2	-
Silic, mg/l	-	25	50	-	85
Đồng, mg/l	-	0,5	-	-	-
Canxi, mg/l	-	-	-	250	220
Bicacbonat, mg/l	-	-	-	600	480
Chất rắn tan, mg/l	-	150	1000	2500	3500
Chất rắn lơ lửng, mg/l	< 5	-	-	-	-

Bảng 1.15. Giá trị giới hạn cho phép của các thông số và nồng độ các chất ô nhiễm trong nước mặt theo TCVN 5942 - 1995

Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn	
		A	B
pH	-	6 - 8,5	5,5 - 9
BOD ₅ (20°C)	mg/l	< 4	< 25
COD	mg/l	> 10	> 35
Oxy hòa tan	mg/l	≥ 6	≥ 2
Chất rắn lơ lửng	mg/l	20	80
Asen	mg/l	0,05	0,1
Bari	mg/l	1	4
Cadmi	mg/l	0,01	0,02

Chì	mg/l	0,05	0,1
Crom (VI)	mg/l	0,05	0,05
Crom (III)	mg/l	0,1	1
Đồng	mg/l	0,1	1
Kẽm	mg/l	1	2
Mangan	mg/l	0,1	0,8
Niken	mg/l	0,1	1
Sắt	mg/l	1	2
Thủy ngân	mg/l	0,001	0,002
Thiếc	mg/l	1	2
Amoniacc (tính theo N)	mg/l	0,05	1
Florua	mg/l	1	1,5
Nitrat (tính theo N)	mg/l	10	15
Nitrit (tính theo N)	mg/l	0,01	0,05
Xyanua	mg/l	0,01	0,05
Phenol (tổng số)	mg/l	0,001	0,02
Dầu, mỡ	mg/l	không	0,3
Chất tẩy rửa	mg/l	0,5	0,5
Coliform	MPN/100 ml	5000	10000
Tổng hóa chất bảo vệ thực vật (trừ DDT)	mg/l	0,15	0,15
DDT	mg/l	0,01	0,01
Tổng hoạt độ phóng xạ α	Bq/l	0,1	0,1
Tổng hoạt độ phóng xạ β	Bq/l	1,0	1,0

Ghi chú :

- Cột A áp dụng đối với nước mặt có thể dùng làm nguồn nước cấp sinh hoạt (nhưng phải qua quá trình xử lý theo qui định).
- Cột B áp dụng đối với nước mặt dùng cho các mục đích khác. Nước dùng cho nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản có quy định riêng.

Bảng 1.16. Nước thải công nghiệp. Giá trị giới hạn các thông số và nồng độ chất ô nhiễm theo TCVN 5945 - 1995

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị giới hạn		
			A	B	C
1	Nhiệt độ	°C	40	40	45
2	pH		6 - 9	5,5 - 9	5 - 9
3	BOD ₅ (20°C)	mg/l	20	50	100
4	COD	mg/l	50	100	400
5	Chất rắn lơ lửng	mg/l	50	100	200
6	Asen	mg/l	0,05	0,1	0,5
7	Cadmi	mg/l	0,01	0,02	0,5
8	Chì	mg/l	0,1	0,5	1
9	Clo dư	mg/l	1	2	2
10	Crom (VI)	mg/l	0,05	0,1	0,5
11	Crom (III)	mg/l	0,2	1	2
12	Dầu mỡ khoáng	mg/l	KPHD	1	5
13	Dầu động thực vật	mg/l	5	10	30
14	Đồng	mg/l	0,2	1	5
15	Kẽm	mg/l	1	2	5
16	Mangan	mg/l	0,2	1	5
17	Niken	mg/l	0,2	1	2
18	Photpho hữu cơ	mg/l	0,2	0,5	1
19	Photpho tổng số	mg/l	4	6	8
20	Sắt	mg/l	1	5	10
21	Tetracloetylen	mg/l	0,02	0,1	0,1
22	Thiếc	mg/l	0,2	1	5
23	Thủy ngân	mg/l	0,005	0,005	0,01
24	Tổng nito	mg/l	30	60	60
25	Tricloetylen	mg/l	0,05	0,3	0,3
26	Amoniac (tính theo N)	mg/l	0,1	1	10

27	Ficrua	mg/l	1	2	5
28	Phenol	mg/l	0,001	0,05	1
29	Sulfua	mg/l	0,2	0,5	1
30	Xyanua	mg/l	0,05	0,1	0,2
31	Coliform	MPN/100 ml	5000	10000	-
32	Tổng hoạt độ phóng xạ α	Bq/l	0,1	0,1	-
33	Tổng hoạt độ phóng xạ β	Bq/l	1,0	1,0	-

Ghi chú :

KPHĐ : không phát hiện được

Nước thải công nghiệp có giá trị các thông số và nồng độ các chất:

≤ giá trị qui định của cột A có thể đổ vào nước được dùng làm nguồn cấp nước sinh hoạt.

≤ giá trị qui định trong cột B chỉ được đổ vào nước dùng cho giao thông thủy, tưới tiêu, bơi lội, thủy sản, trồng trọt.

$B \leq X \leq C$ - đổ vào nơi qui định

> C - không được phép đổ vào nơi qui định

Bảng 1.17. Tiêu chuẩn dòng thải xả vào nguồn nước mặt (Thủy SĐ)

Thông số	Nồng độ cực đại cho phép trong dòng xả
BOD	30/20*
Chất rắn lơ lửng (SS)	20-30
Giá trị permanganat	90/60*
Các chất độc:	
CN	0,1
Cr ⁺⁶	0,1
Hg	0,1
Cd	1,0
As	1,0
Pb	1,0
Sunfua(tính theo S)	0,1
Clo hoạt động	0,5
Dầu, mỡ	20
Khoáng chất	10
Phenol	0,05
Nhiệt độ	30°C
Các dung môi hữu cơ	Vết

Ghi chú :

Tất cả các giá trị trừ pH và nhiệt độ đều đo ở mg/l;

* Số đầu là giá trị lớn nhất, số thứ hai là giá trị trung bình 24 giờ.

Bảng 1.18. Các tiêu chuẩn chung của các sông trong quản lý môi trường nước ở Anh

Các thông số	Nồng độ cực đại cho phép trong dòng xả
Chất rắn lơ lửng	30 mg/l
BOD	20 mg/l
PV 4 giờ	20 mg/l
Xyanua (tính theo HCN)	
Xyanua hòa tan đơn thuần	0,1 mg/l
Hợp chất xianua bổ sung	0,1 mg/l
Sunfua (S)	0,1 mg/l
Clo tự do	1,0 mg/l
Dầu mỡ	5,0 mg/l
Tổng kim loại độc	0,5 mg/l
Phenol	0,5 mg/l
Nhiệt độ	20°C
pH	6 - 9

Bảng 1.19. Các tiêu chuẩn dòng thải thương mại cho phép do bộ Công nghiệp Thái Lan quy định

Thông số	Chỉ tiêu
BOD ₅ (20°C)	Tối đa 20 ppm hoặc không vượt quá 60 ppm tùy thuộc vào điều kiện địa lý của điểm xả chất thải
Chất rắn lơ lửng	Tối đa 30 ppm hoặc như bảng dưới đây
Chất rắn hòa tan	Tối đa 2000 ppm
pH	Giữa 5 - 9
Giá trị permanganat	Tối đa 60 ppm
Sunfua (tính bằng H ₂ S)	Tối đa 1 ppm
Xyanua (tính bằng HCN)	Tối đa 0,2 ppm
Hắc ín	Không
Formandehit	Tối đa 1 ppm
Phenol và cresol	Tối đa 1 ppm
Clo tự do	Tối đa 1 ppm

Kẽm	Tối đa 5 ppm
Crom	Tối đa 0,5 ppm
Asen	Tối đa 0,25 ppm
Đồng	Tối đa 1,0 ppm
Thủy ngân	Tối đa 0,005 ppm
Cadimi	Tối đa 0,03 ppm
Coban	Tối đa 1,0 ppm
Selen	Tối đa 0,02 ppm
Chi	Tối đa 0,2 ppm
Niken	Tối đa 0,2 ppm
Thuốc diệt côn trùng	Không
Các chất phóng xạ	Không
Nhiệt độ	Tối đa
Màu và mùi	Không bị phản đối khi trộn với nguồn tiếp nhận nước

Bảng 1.20. Nguyên tắc chỉ đạo cho việc đánh giá các dòng thải nước thải do cục nghề cá của Kelantan ban hành

1. Các chất rắn a/ Các chất rắn trong dòng thải cần có kích thước không vượt quá 1 mm b/ Tổng các chất rắn lơ lửng cần không vượt quá 400 ppm c/ Các chất rắn hòa tan - Cần không vượt quá 1500 ppm d/ Tổng các chất rắn - Cần không vượt quá 1900 ppm
2. Độ đục Cần truyền 10% ánh sáng qua một mẫu 30,5 cm (12 inches) - trong một cột nước 7,6 cm.
3. BOD a/ BOD (5 ngày, 20°C) cần không vượt quá 100 ppm. b/ Nồng độ oxy hòa tan trong nguồn nước tiếp nhận nước thải cần không bị kiệt dưới 50% nồng độ bão hòa bình thường.

Bảng 1.21. Các tiêu chuẩn dòng thải công nghiệp đã được phê chuẩn và thực hiện ở Ấn Độ

Các thông số	Giới hạn cho phép xả đồng thời công nghiệp			Giới hạn cho phép cho nước mặt trong đất liền
	Vào nước mặt trong đất liền	Vào cống công cộng	Lên bề mặt đất để đổ	Nước dùng cho cấp nước công cộng, vệ sinh
BOD ₅ , mg/l	30 ⁽¹⁾	500	500	3
Oxy hòa tan, % bão hòa	-	-	-	4
pH	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6,0 - 9,0
Tổng chất rắn lơ lửng lọc qua lưới 850 µm, mg/l	100	600	—	—
Tổng chất rắn vô cơ hòa tan, mg/l	—	2100 ⁽²⁾	2100	—
Nhiệt độ	không vượt quá 40°C tại tiết diện bất kỳ của dòng sông trong phạm vi 15 m cách cửa thải	45°C		
Dầu, mỡ (mg/l)	10	100	30	—
Các hợp chất phenol tính theo C ₆ H ₅ OH, mg/l	1,0	15	—	0,001
Xyanua, tính theo CN, mg/l	0,2	2,0	—	0,01
Sunfua tính theo S, mg/l	2,0	—	—	—
Florua tính theo F, mg/l	2,0	—	—	1,5
Tổng clo dư, mg/l	1,0	—	—	

Bảng 1.21 (tiếp)

Thuốc trừ sâu	không	—	—	—
Asen (tính theo As)	—	—	—	0,2
Bari (tính theo Ba)	—	—	—	—
Cadmi (tính theo Cd)	1 mg/l	—	—	—
Crom (tính theo Cr)	không quá 1 mg/l	2	—	0,06
Đồng (tính theo Cu)	—	3	—	—
Chì (tính theo Pb)	—	1	1	0,1
Thủy ngân (tính theo Hg)	—	—	—	—
Niken (tính theo Ni)	—	2	—	—
Selen (tính theo Se)	—	—	—	0,05
Bạc (tính theo Ag)	—	—	—	—
Kẽm (tính theo Zn)	—	15	—	—
Bo (tính theo B), mg/l	—	2,0 ⁽²⁾	2	—
Sunfat (tính theo SO ₄), mg/l	—	1000 ⁽²⁾	1000	—

Ghi chú :

(1) Có thể cho phép tới 100 ppm trong những trường hợp nhất định có những lý do chính đáng không thể đạt được giới hạn này.

(2) Những yêu cầu này sẽ chỉ áp dụng sau khi xử lý nước cống được thải lên bề mặt đất để tưới tiêu.

Hiện tại ở Mỹ cũng vẫn tồn tại hai trường phái quản lý môi trường nước:

- Quản lý chất lượng dòng sông theo nguyên tắc cứng nhắc theo các luật định về tính chất dòng thải, dòng sông.

- Quản lý linh động cốt sao đảm bảo chất lượng dòng sông. Các cá thể tự quyết định mức độ cần xử lý đối với các dòng thải.

1.9. KIỂM SOÁT Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG NƯỚC

Trong phần này chúng tôi chỉ trình bày khái quát về các giải pháp lựa chọn khác nhau cho thu gom, xử lý và thải nước thải để kiểm soát sự ô nhiễm nước. Để hiểu sâu và chi tiết hơn về các công nghệ xử lý thông thường có thể tham khảo trong tài liệu "Wastewater Engineering, Metcalf & Eddy" (1991). Bảng 1.22 trình bày một số giải pháp lựa chọn để kiểm soát ô nhiễm nước.

Bảng 1.22. Các giải pháp kiểm soát ô nhiễm nước (Keese & Bower, 1968)

Nguyên lý	Phương pháp	Ví dụ
A. Giảm sự phát sinh chất thải	1. Tuần hoàn nước trong nhà máy	Thu gom nước làm nguội để tuần hoàn và tái sử dụng
	2. Tách riêng dòng có nồng độ chất gây ô nhiễm cao	Khử các chất thải rắn bằng các phương tiện thủ công hay cơ khí và thải riêng biệt một cách dễ dàng.
	3. Loại trừ chất thải	Sử dụng bã thải của công nghiệp nông sản để nuôi gia súc (lấy vỏ dừa làm thức ăn cho lợn)
	4. Thay đổi loại nguyên liệu thô ở đầu vào	Có thể là vấn đề khó
	5. Thay đổi quá trình công nghệ sản xuất	Đổi từ chiết suất bằng áp lực sang bằng dung môi trong công nghiệp dầu thực vật để đạt được hiệu suất chiết dầu cao và giảm tải lượng về dầu trong dòng thải
	6. Thay đổi hoặc cải biên sản phẩm đầu ra	Các chất tẩy rửa với hàm lượng photpho thấp hơn, thay đổi vật liệu bao bì, từ loại thải bỏ sang có thể thu hồi tuần hoàn trong công nghiệp đóng bao và đóng chai
B. Giảm chất thải sau phát sinh	7. Thu hồi vật liệu	Thu gom xơ quả cọ trong công nghiệp dầu cọ, phơi khô làm nhiên liệu đốt lò hơi
	8. Sản xuất sản phẩm phụ	Kết hợp chăn nuôi - trồng trọt thành thể thống nhất như hệ chăn nuôi gia cầm, gia súc, sản xuất thực vật thủy sinh và cây trồng.
	9. Xử lý chất thải	Mương oxy hóa, hồ oxy hóa có sục khí, hồ ổn định chất thải, xử lý bằng đất, đất ngập.
	10. Tái sử dụng dòng thải	Nuôi trồng thực vật thủy sinh, ủ, tưới tiêu và làm màu mỡ đất, sản xuất khí sinh học.
C. Cải thiện khả năng đồng hóa của nguồn tiếp nhận nước	11. Bổ sung nước pha loãng	
	12. Mở nhiều đầu ra cho hồ chứa	

	13. Khuấy trộn nước trong hồ chứa 14. Tái thông khí các dòng chảy 15. Phân bố lại dòng thái	
D. Những biện pháp đúng đắn về sinh thái	16. Xử lý hóa học trong bể/hồ chứa 17. Giảm nồng độ sinh khối	Dùng các hóa chất như $Al_2(SO_4)_3$ để kết tủa photpho Đưa các động vật ăn cỏ vào ăn cỏ nước hay phun thuốc diệt cỏ để kiểm soát tảo và cỏ.

Đối với các nước đang phát triển, nguyên tắc giảm sự phát sinh chất thải và nâng cao hiệu quả, thu hồi chất thải là phương hướng thích hợp và khả thi nhất. Trong hầu hết các khảo sát cho thấy, các chất gây ô nhiễm được thải ra nhiều hơn theo tính toán định mức. Nếu tiến hành kiểm soát ô nhiễm nước theo phương pháp 1-3 của nguyên lý A, tải lượng chất gây ô nhiễm được giảm một cách đáng kể và tỷ số chi phí - lợi ích trong trường hợp này có triển vọng rất tốt đẹp. Nếu đầu tư nhiều theo phương pháp 5-6 thì tình trạng ô nhiễm sẽ thay đổi, thậm chí rất đột ngột.

BÀI TẬP

1. Để đánh giá chất lượng nước thải ở đầu vào của một nhà máy xử lý nước thải, người ta đã lấy một mẫu để phân tích và có được kết quả phân tích như sau:

- Khối lượng bì của đĩa nung	62,006 g
- Khối lượng đĩa nung và mẫu sau khi bay hơi ở 105°C để nguội đến nhiệt độ trong phòng	62,039 g
- Khối lượng đĩa và mẫu sau khi đốt ở 550°C	62,036 g
- Khối lượng của giấy lọc Whatman GF/C	1,540 g
- Phần mẫu còn lại trên giấy lọc và sau khi sấy khô ở 105°C	1,552 g
- Phần mẫu còn lại trên giấy lọc sau khi đốt ở 550°C	
Hãy tính các đặc tính về chất rắn của nước thải trên:	1,549 g
a. Nồng độ tổng chất rắn (TS)	
b. Nồng độ tổng chất rắn bay hơi (TVS)	
c. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	
d. Nồng độ tổng chất rắn lơ lửng bay hơi (VSS)	
e. Tổng chất rắn hòa tan (TDS)	

Biết rằng lượng từng mẫu đem phân tích bằng 50 ml.

2. Trong xác định chỉ số BOD, người ta đã trộn 6 ml nước thải với 294 ml nước pha loãng có nồng độ oxy hòa tan bằng 8,6 mg/l. Sau 5 ngày ủ ở 20°C , hàm lượng oxy hòa tan của hỗn hợp đó là 5,4 mg/l. Giả thiết rằng hàm lượng oxy hòa tan ban đầu của nước thải bằng 0. Tính BOD của nước thải.

3. Giá trị BOD_5 của một mẫu nước thải được xác định bằng 40 mg/l. Nồng độ oxy hòa tan của nước để pha loãng dùng trong phân tích BOD bằng 9,0 mg/l, còn của hỗn hợp nước đó sau khi ủ bằng 2,74 mg/l. Trong phép phân tích người ta đã sử dụng lượng mẫu nước thải bằng 40 ml và pha loãng trong chai chuyên dùng phân tích BOD có thể tích bằng 300 ml. Hãy ước tính nồng độ oxy hòa tan ban đầu trong mẫu nước thải.

4. Giá trị BOD_5 ở 20°C của một mẫu nước thải bằng 210 mg/l. Hỏi giá trị BOD cuối cùng của mẫu đó bằng bao nhiêu? Nếu đem mẫu nước thải đó ủ ở 30°C thì giá trị BOD_5 bằng bao nhiêu, biết $k_{20} = 0,23 \text{ ngày}^{-1}$.

5. Giá trị BOD_5 ở 20°C của ba mẫu nước thải khác nhau bằng 250 mg/l nhưng giá trị k_{20} của chúng bằng 0,12; 0,16 và $0,20 \text{ ngày}^{-1}$. Hãy xác định BOD toàn phần (cuối cùng) của từng mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Nguyễn Ngọc Sinh & cộng sự* (1984). Môi trường và tài nguyên Việt Nam, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
2. *E.F. Geldreich* (1976). Fecal coliform and fecal streptococcus density relationships in waste discharges and receiving waters, *CRC Critical Reviews in Environmental Control*, October, pp. 349 - 369.
3. *GTZ* (1989) *Waste Water Technology* Springer Verlag Berlin Heidelberg.
4. *A.K. Biswas & A.Arar (eds)* (1989). *Treatment and Reuse of Sewage Effluents for Irrigation*, Butterworth Scientific, Guildford, U.K.
5. *M.J. Hammer* (1977). *Water and Wastewater Technology*, John Wiley & Sons, Inc.
6. *A.V.Kreese, B.T Bower* (1968). *Managing water quality. Economics, technology, institutions*, Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, USA.
7. *Metcalf & Eddy, inc.* (1991). *Wastewater engineering. Treatment, disposal, reuse*, Mc. Graw - Hill Book Co., New York, N.Y.
8. *P.A.Vesilird, J.J.Peirce, R.F.Weiner* (1988). *Environmental engineering*, Butterworths, Boston.
9. *WHO EMRO* (1987). *Wastewater stabilization ponds - principles of planning and practice*: WHO EMRO Technical publication No.10, World Health Organization Regional Office for the Eastern. Mediterranean, Alexandria, Egypt.

6. Các giá trị BOD hai và tám ngày của một mẫu nước thải được xác định bằng $BOD_2 = 125$ mg/l và $BOD_8 = 225$ mg/l. Hãy xác định BOD_5 với giả thiết phản ứng BOD đó là phản ứng bậc một.

7. Kết quả phân tích mẫu nước của một dòng sông ở 26°C được tóm tắt trong bảng sau:

τ , ngày	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y , mg/l	0	3	5,4	7	8,3	9	9,6	9,8	10	10,1

Tính hằng số tốc độ phản ứng k ở 20°C và BOD cuối của gia đoạn một bằng cách sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất. Biết hệ số nhiệt độ $\theta = 1,047$.

8. Khi phân tích một mẫu nước thải công nghiệp cho kết quả như sau:

$$\text{C-hữu cơ} = 300 \text{ mg/l}; \quad \text{N-hữu cơ} = 25 \text{ mg/l}$$

$$\text{N-NH}_3 = 15 \text{ mg/l}; \quad \text{N-NO}_2 = 15 \text{ mg/l}$$

Hãy sử dụng các thông tin trên để ước tính BOD toàn phần.

9. Giá trị COD của một mẫu nước thải được xác định bằng 450 mg/l. Hỏi bao nhiêu mg/l $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ đã sử dụng trong phản ứng.

10. Kết quả phân tích BOD ở 20°C của một mẫu nước thải được ghi lại như sau:

Thời gian, ngày	BOD, mg/l	Thời gian, ngày	BOD, mg/l
0	0	11	63
1	10	12	69
2	18	13	74
3	23	14	77
4	26	16	82
5	29	18	85
6	31	20	87
7	32	25	89
8	33	30	90
9	46	40	90
10	56		

Tính:

- Nhu cầu oxy toàn phần của pha cacbon (CBOD) và pha nitơ (NBOD).
- Hằng số tốc độ phản ứng (k_C) của pha cacbon và (k_N) của pha nitơ.

11. Một cơ quan quản lý môi trường đề nghị xem xét tính hoàn thiện của chương trình kiểm soát mùi do họ xây dựng. Hãy cho biết những vấn đề chính cần được đề cập trong quá trình xem xét?

12. Giả thiết một dòng sông có hằng số tốc độ bổ sung oxy k_2 bằng 0,4 l/ngày và chảy với tốc độ trung bình 8 km/h. Ở điểm xả nước thải, nước sông bão hòa oxy với nồng độ bằng 10 mg/l. Lưu lượng của nước thải so với lưu tốc của dòng sông là quá nhỏ. Vì vậy hỗn hợp của chúng tại điểm xả có nồng độ oxy có thể xem như bão hòa và người ta xác định được BOD bằng 20 mg/l. Hằng số vận tốc loại oxy bằng 0,2 l/ngày. Hãy xác định DO ở hạ lưu cách điểm xả 48 km.

13. Xác định BOD_1 và BOD toàn phần pha cacbon của một loại nước thải có $BOD_5 = 200$ mg/l, biết hằng số tốc độ phản ứng bằng 0,23 l/ngày.

Chương 2

CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI

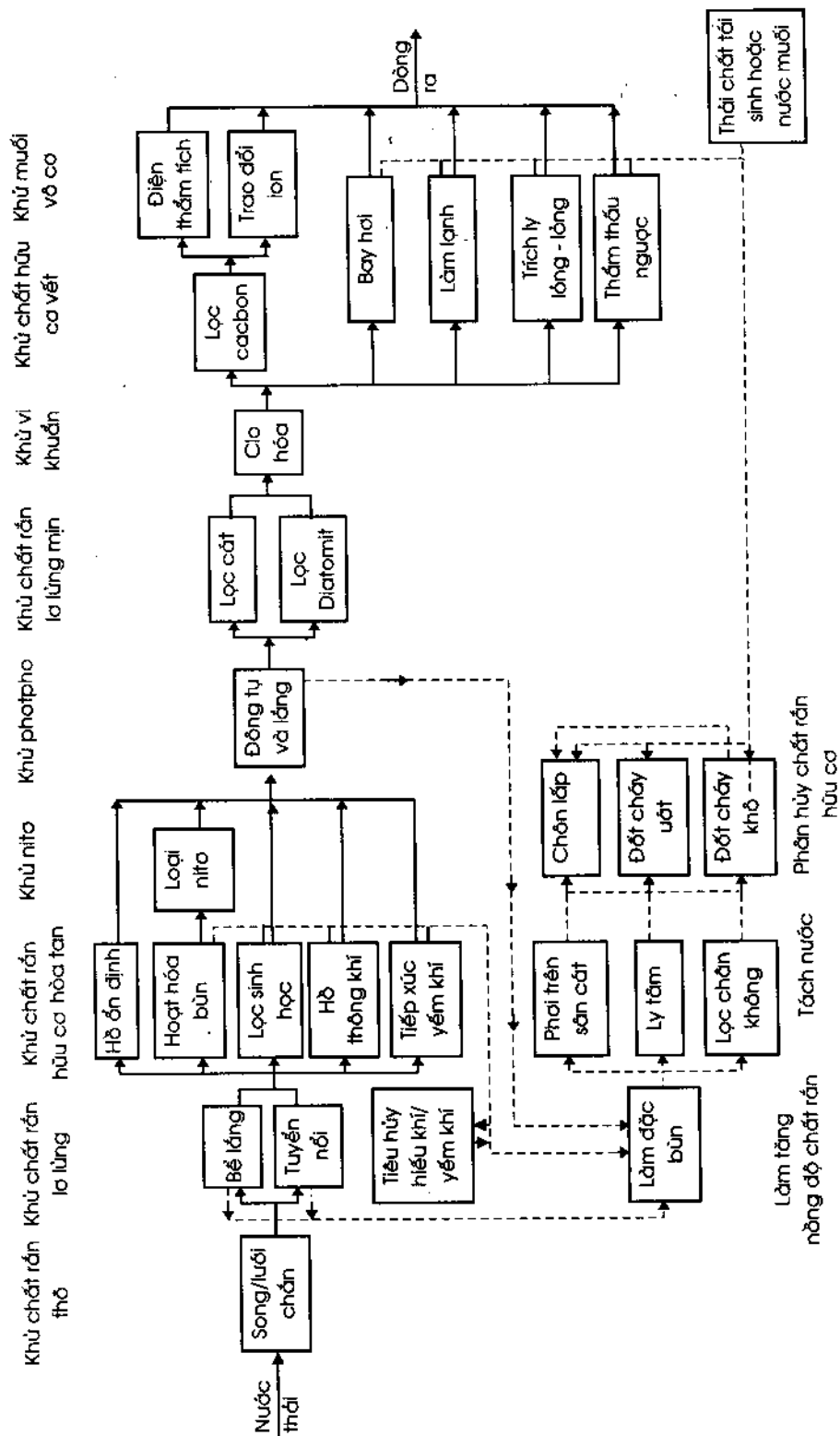
2.1. MỞ ĐẦU

Khi nền văn minh nhân loại phát triển, các đô thị mọc lên và được mở rộng một cách nhanh chóng. Vì vậy, nước thải sinh hoạt và các chất thải công nghiệp từ các thành phố gây ra sự ô nhiễm nặng nề đối với môi trường nước và ngày càng trở thành vấn đề cấp bách mang tính chất xã hội và chính trị của cộng đồng.

Ngay từ những ngày sơ khai của kỹ thuật xây dựng, ở Anh, Mỹ và một số nước châu Âu khác, kỹ thuật vệ sinh đã phát triển ở những nơi có thể thực hiện được về mặt kinh tế, xã hội và chính trị để xử lý nước thải, sao cho giảm được ảnh hưởng tiêu cực của nó đối với các nguồn nước. Ngày nay hầu hết các nước đã có luật ngày càng chặt chẽ đối với việc thải nước thải nói chung và nước thải công nghiệp nói riêng. Người ta cũng nhận thức sâu sắc rằng, không thể giải quyết tốt vấn đề nước thải nếu không có sự hợp tác chặt chẽ giữa các kỹ sư công nghệ sản xuất với các chuyên gia về công nghệ nước và nước thải. Tuy nhiên, đây là vấn đề vô cùng rộng và phức tạp. Trong khuôn khổ của giáo trình về công nghệ xử lý nước thải, ở đây chỉ đề cập đến các phương pháp và quá trình chính sử dụng để xử lý nước thải, cùng các cơ sở khoa học của chúng và tính toán công nghệ phục vụ cho thiết kế các công trình xử lý.

2.2. PHÂN LOẠI CÁC QUÁ TRÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Nước thải thường chứa rất nhiều tạp chất có bản chất khác nhau. Vì vậy, mục đích của xử lý nước thải là khử các tạp chất đó sao cho nước sau khi xử lý đạt tiêu chuẩn chất lượng ở mức chấp nhận được theo các chỉ tiêu đã đặt ra. Các tiêu chuẩn chất lượng đó thường phụ thuộc vào mục đích và cách thức sử dụng: nước sẽ được tái sử dụng hay thải thẳng vào các nguồn tiếp nhận nước. Để đạt được mục đích trên, trong công nghệ xử lý nước thải đã sử dụng nhiều quá trình khác nhau như minh họa trên hình 2.1.



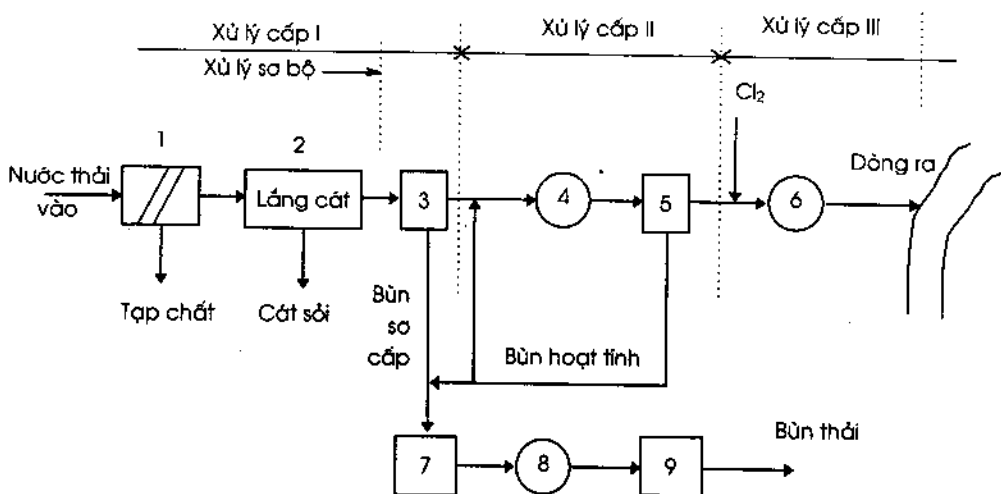
Hình 2.1. Sơ đồ tổng quát công nghệ xử lý nước thải cho các mức độ làm sạch khác nhau

Hình 2.2 trình bày sơ đồ nguyên lý công nghệ thường dùng xử lý nước thải. Theo chất lượng nước đạt được, các quá trình xử lý được nhóm lại thành các công đoạn: xử lý cấp I, xử lý cấp II và xử lý cấp III.

- Xử lý cấp I gồm các quá trình xử lý sơ bộ và lắng, bắt đầu từ song (hoặc lưới) chắn và kết thúc sau lắng cấp I. Công đoạn này có nhiệm vụ khử các vật rắn nổi có kích thước lớn và các tạp chất rắn có thể lắng ra khỏi nước thải để bảo vệ bơm và đường ống. Hầu hết các chất rắn lơ lửng lắng ở bể lắng cấp I. Ở đây thường gồm các quá trình lọc qua song (hoặc lưới) chắn, lắng, tuyển nổi, tách dầu mỡ và trung hòa.

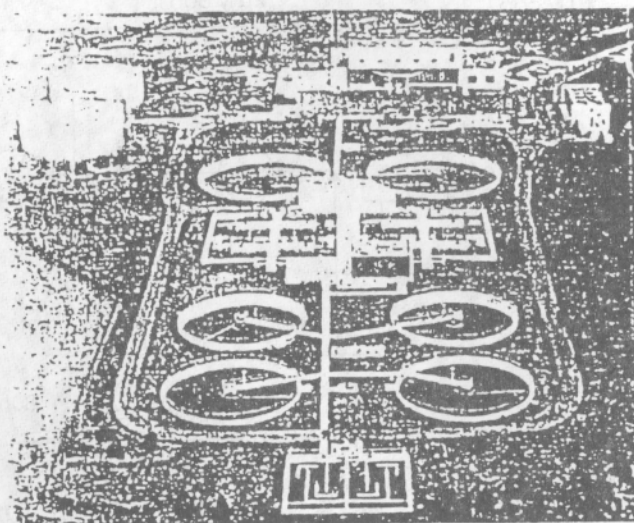
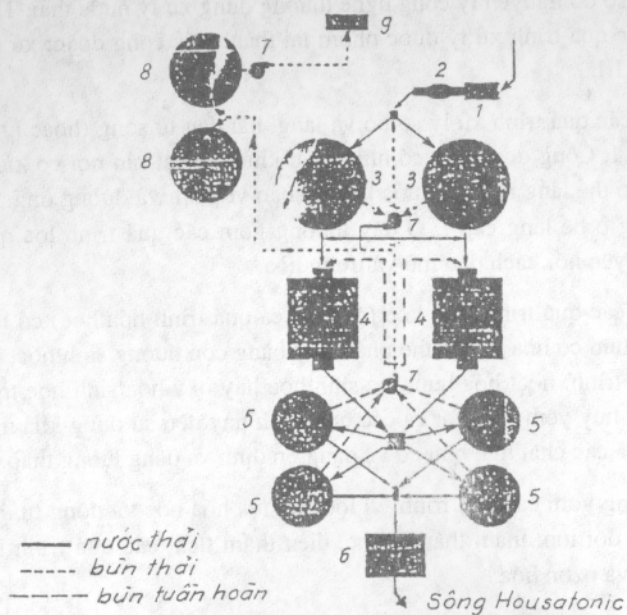
- Xử lý cấp II gồm các quá trình sinh học (đôi khi cả quá trình hóa học) có tác dụng khử hầu hết các tạp chất hữu cơ hòa tan có thể phân hủy bằng con đường sinh học, nghĩa là khử BOD. Đó là các quá trình: hoạt hóa bùn, lọc sinh học hay oxy hóa sinh học trong các hồ (hồ sinh học) và phân hủy yếm khí. Tất cả các quá trình này đều sử dụng khả năng của các vi sinh vật chuyển hóa các chất thải hữu cơ về dạng ổn định và năng lượng thấp.

- Xử lý cấp III thường gồm các quá trình: vi lọc, kết tủa hóa học và đông tụ, hấp phụ bằng than hoạt tính, trao đổi ion, thẩm thấu ngược, điện thẩm tích, các quá trình khử các chất dinh dưỡng, clo hóa và ozon hóa.



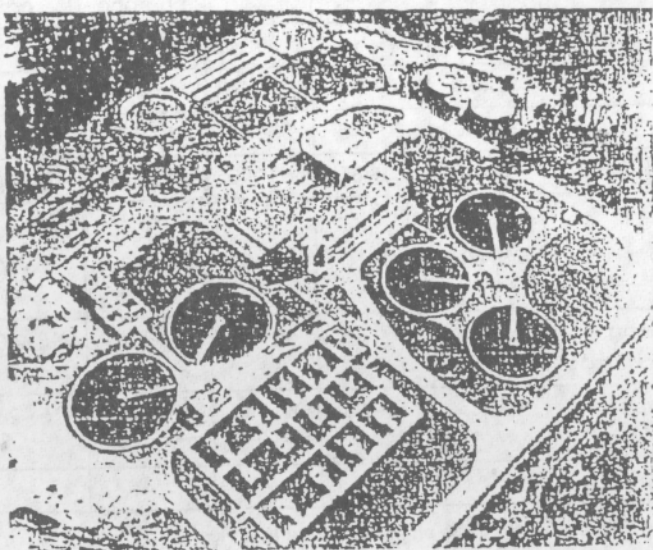
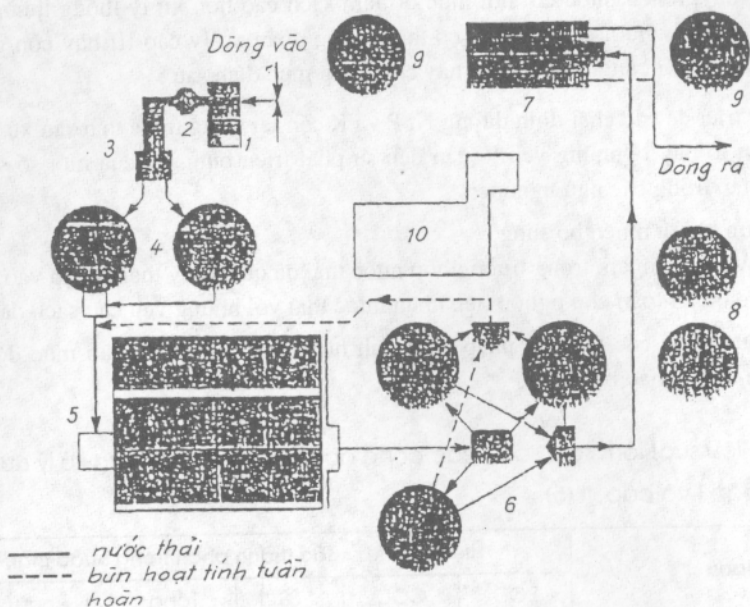
Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý và các mức độ xử lý nước thải

1. Thanh hoặc lưới chắn; 2. Bể lắng cát; 3. Bể lắng cấp I; 4. Xử lý cấp II (hoạt hóa bùn hoặc lọc sinh học); 5. Bể lắng cấp II; 6. Bể tiếp xúc clo; 7. Bể lắng làm đặc bùn; 8. Bể tiêu hủy bùn yếm khí; 9. Thiết bị tách nước (lọc khung bản hoặc lọc băng tải...)



Hình 2.3. Sơ đồ và toàn cảnh nhà máy xử lý nước thải của Housatonic
 (Công suất thiết kế 36 000 m³/ngày)

1. Bể lắng cát có sục khí; 2. Máy nghiền; 3. Bể lắng cấp I; 4. Aerotan;
 5. Bể lắng cấp II; 6. Bể tiếp xúc clo; 7. Bơm; 8. Bể xử lý bùn yếm khí; 9. Lọc băng



Hình 2.4. Sơ đồ công nghệ và toàn cảnh nhà máy xử lý nước thải ở Leominster
(Công suất thiết kế $41\,850\text{ m}^3/\text{ngày}$)

1. Bể tiếp nhận nước thải; 2. Bể lắng cát có sục khí; 3. Bể khuấy trộn và keo tụ;
4. Bể lắng cấp I; 5. Bể aeroten; 6. Bể lắng cấp II; 7. Bể thông khí bổ sung và tiếp xúc clo;
8. Bể chứa bùn; 9. Bể chứa các chất thải; 10. Nhà điều hành và hành chính.

Ngày nay, nhiều nước đòi hỏi mức độ làm sạch cao hơn xử lý thông thường. Vì vậy, các nhà máy xử lý nước thải thường có thêm công đoạn xử lý cấp III hay còn gọi là công đoạn làm sạch cuối cùng. Công đoạn này có những mục đích sau :

- Khử triệt để các chất dinh dưỡng N, P và K còn lại trong nước thải sau xử lý thứ cấp. Các nguyên tố này là những yếu tố dẫn đến sự phát triển bùng nổ của một số vi sinh vật, đặc biệt là tảo trong các nguồn nước;

- Thông khí tự nhiên bổ sung;
- Bảo vệ nước ngầm trong trường hợp nước thải đã qua xử lý thâm nhập vào;
- Bảo đảm an toàn cho nguồn tiếp nhận nước thải với những yêu cầu sạch đặc biệt.

Việc lựa chọn các phương pháp làm sạch nước thải tùy thuộc vào mức độ sạch cần thiết, có thể tham khảo bảng 2.1.

Bảng 2.1. Hiệu suất làm sạch của các công đoạn khác nhau trong xử lý nước thải cấp I và cấp II (5)

Công đoạn	Hiệu suất khử các thành phần trong nước thải, %					
	BOD	COD	SS	Tổng phospho	N - hữu cơ	N-NH ₃
Song chắn	-	-	-	-	-	-
Bể lắng cát	0 - 5 ^c	0 - 5 ^c	0 - 10 ^c	-	-	-
Lắng cấp I	30 - 40	30 - 40	50 - 65	10 - 20	10 - 20	10 - 20
Hoạt hóa bùn (cổ điển)	80 - 95	80 - 85	80 - 90	10 - 25	15 - 50	8 - 15
Lọc sinh học:						
- Môi trường lọc bằng đá, tốc độ lọc cao	65-80	60 - 80	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
- Môi trường lọc bằng nhựa, tốc độ lọc cực cao	65 - 85	65 - 85	65 - 85	8-12	15 - 50	8 - 15
Đĩa sinh học tiếp xúc (RBCs)	80 - 85	80 - 85	80 - 85	10 - 25	15 - 20	8 - 15
Clo hóa	-	-	-	-	-	-

Ghi chú: c - sử dụng giá trị cao nhất khi bộ phận rửa không làm việc.

Các quá trình xử lý bằng đất, ngày nay được gọi chung trong thuật ngữ "các hệ thống tự nhiên". Hệ thống này kết hợp các cơ chế xử lý vật lý, hóa học và sinh học để xử lý nước thải tới chất lượng tương tự hoặc tốt hơn xử lý cấp III [5]. Việc lựa chọn các phương pháp xử lý phụ thuộc vào đặc tính của nước thải và tiêu chuẩn chất lượng dòng thải cần đạt.

Đối với các nước đang phát triển, phương pháp thích hợp nhất là các hệ thống hồ ổn định chất thải (Biswas & Arar, 1988; WHO EMRO, 1987). Động lực chính của quá trình

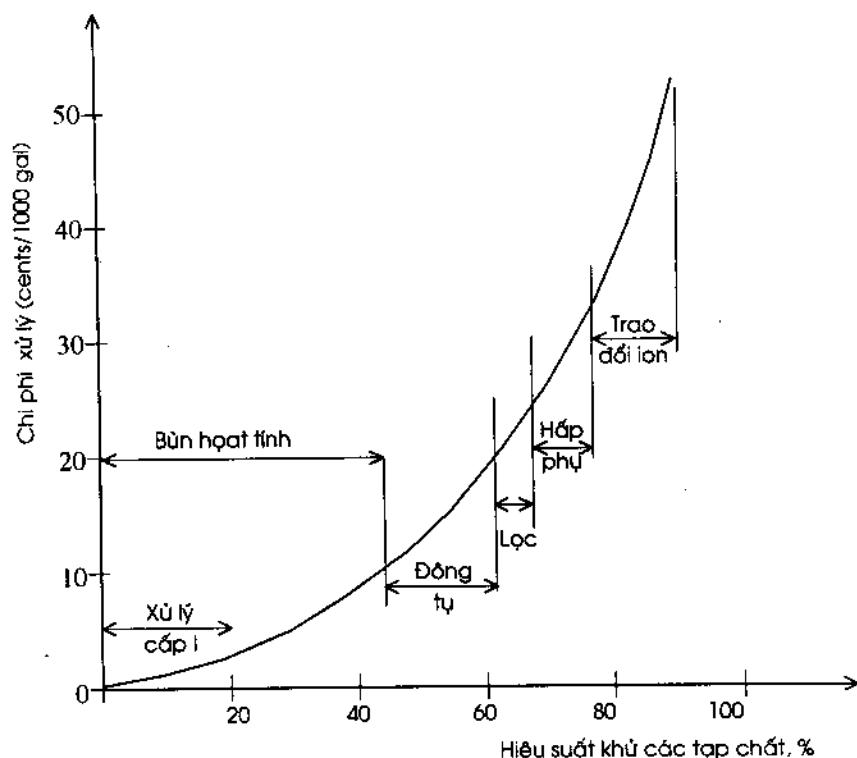
trong các hồ oxy hóa này là năng lượng mặt trời giúp các vi sinh vật tự nhiên gồm tảo, vi khuẩn và sinh vật nổi phân hủy các chất hữu cơ và khử các vi khuẩn gây bệnh trong nước thải.

Người ta cho rằng các nhà máy xử lý nước thải cần đạt các tiêu chuẩn sau : $BOD_5 \leq 15 \text{ mg/l}$, $SS \leq 15 \text{ mg/l}$ và tổng $P \leq 1 \text{ mg/l}$ (Vesilind et al. 1988).

Nhìn chung tất cả các phương pháp và quá trình xử lý nước thải đều dựa trên cơ sở các quá trình vật lý, hóa học và sinh học. Các hệ thống xử lý chất thải được thiết lập thường bao gồm hàng loạt các quá trình trên kết hợp theo trật tự công nghệ tùy thuộc vào đặc tính nước thải, tiêu chuẩn dòng ra và các điều kiện cụ thể khác. Hình 2.3 và 2.4 minh họa một vài sơ đồ và toàn cảnh một số nhà máy xử lý nước thải.

2.3. KINH TẾ XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Ở Mỹ, chi phí xử lý nước thải được ước tính bằng khoảng 0,20 USD/1000 galon (1 galon = 3,7854 lít) hay 0,05 USD/tấn [Ramallio, 1977].



Hình 2.5. Mối quan hệ giữa tổng chi phí và loại quá trình xử lý (7)

Về nguyên tắc, ta có thể xử lý nước thải thành nước uống được bằng cách sử dụng các quá trình xử lý tinh vi, song xét về kinh tế thì không thể sử dụng các phương pháp đó vào thực tế.

Trong đánh giá các quá trình xử lý nước thải, điều quan trọng là ước tính tỉ số chi phí - lợi ích giữa chi phí bỏ ra để nâng cao chất lượng nước thải và lợi ích thu được từ việc xử lý để đạt chất lượng cụ thể của nước thải đó. Cân bằng kinh tế của các quá trình xử lý nước thải được minh họa trên hình 2.5.

Việc tái sử dụng nước bằng tuần hoàn liên quan đến sự kiểm soát nước thải trong nội bộ nhà máy. Khi lựa chọn tỷ số tuần hoàn nước thải cho từng trường hợp cụ thể trong tính cân bằng kinh tế cần xem xét đến các yếu tố sau :

1. Chi phí nước thô sử dụng trong nhà máy;
2. Chi phí xử lý nước thải thích hợp cho những yêu cầu về chất lượng của quá trình;
3. Chi phí xử lý nước thải trước khi thải vào nguồn nước như sông, hồ ...

2.4. LÀM SẠCH NƯỚC THẢI BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP CƠ HỌC

Nước thải công nghiệp cũng như nước thải sinh hoạt thường chứa các chất tan và không tan ở dạng hạt lơ lửng. Các tạp chất lơ lửng có thể ở dạng rắn và lỏng, chúng tạo với nước thành hệ huyền phù. Tùy thuộc vào kích thước hạt, các hệ huyền phù được chia thành ba nhóm như minh họa trên hình 1.4 (chương 1).

Để tách các hạt lơ lửng ra khỏi nước thải, thường người ta sử dụng các quá trình thủy cơ (gián đoạn hoặc liên tục): lọc qua song chắn hoặc lưới, lắng dưới tác dụng của lực trọng trường hoặc lực ly tâm và lọc. Việc lựa chọn phương pháp xử lý tùy thuộc vào kích thước hạt, tính chất hóa lý, nồng độ hạt lơ lửng, lưu lượng nước thải và mức độ làm sạch cần thiết.

2.4.1. Lọc qua song chắn hoặc lưới chắn

Đây là bước xử lý sơ bộ. Mục đích của quá trình là khử tất cả các tạp vật có thể gây ra sự cố trong quá trình vận hành hệ thống xử lý nước thải như làm tắc bơm, đường ống hoặc kênh dẫn. Đây là bước quan trọng đảm bảo an toàn và điều kiện làm việc thuận lợi cho cả hệ thống.

Trong xử lý nước thải đô thị, thường dùng các song chắn để lọc nước và dùng máy nghiền nhỏ các vật bị giữ lại. Còn trong xử lý nước thải công nghiệp người ta đặt thêm lưới chắn.

2.4.1.1. Song chắn

Nước thải đưa tới công trình làm sạch trước hết phải qua song chắn rác. Tại song chắn, các tạp vật thô như giẻ, rác, vỏ đồ hộp, các mẫu đá, gỗ và các vật thải khác được giữ lại.

Song chắn có thể đặt cố định hoặc di động, cũng có thể là tổ hợp cùng với máy nghiền nhỏ. Thông dụng hơn cả là các song chắn cố định. Các song chắn được làm bằng kim loại, đặt ở cửa vào của kênh dẫn, nghiêng một góc $60 \div 75^\circ$. Thanh song chắn có thể có tiết diện tròn, vuông hoặc hỗn hợp. Thanh song chắn với tiết diện tròn có trở lực nhỏ nhất nhưng nhanh bị tắc bởi các vật bị giữ lại. Do đó thông dụng hơn cả là thanh có tiết diện hỗn hợp, cạnh vuông góc ở phía sau và cạnh tròn ở phía trước hướng đối diện với dòng chảy. Trên các hình 2.6 và hình 2.7 minh họa các loại song chắn với các phương thức cào bã khác nhau.

Dựa vào khoảng cách giữa các thanh, người ta chia song chắn thành hai loại: song chắn thô có khoảng cách giữa các thanh từ 60 đến 100 mm và song chắn mịn có khoảng cách giữa các thanh từ 10 đến 25 mm. Để tính kích thước song chắn, dựa vào tốc độ nước thải chảy qua khe giữa các thanh, thường lấy bằng 0,8 đến 1 m/s và chấp nhận giả thiết 30% diện tích song chắn bị bít kín.

Vận tốc dòng chảy trước song chắn cần khống chế ở mức từ 0,6 m/s trở lên để tránh lắng cát. Tổn thất áp suất của dòng thải khi đi qua song chắn có thể tính theo công thức sau:

$$h_p = \xi \frac{v^2 P}{2g} \quad (2.1)$$

$$\xi = \beta \left(\frac{s}{b} \right)^3 \sin \alpha \quad (2.2)$$

trong đó:

h_p - tổn thất áp suất, m;

v - vận tốc dòng chảy trước song chắn, m/s;

P - hệ số tính đến tăng trở lực do song chắn bị bít kín bởi vật thải (thường lấy $P \approx 3$);

ξ - trở lực cục bộ của song chắn;

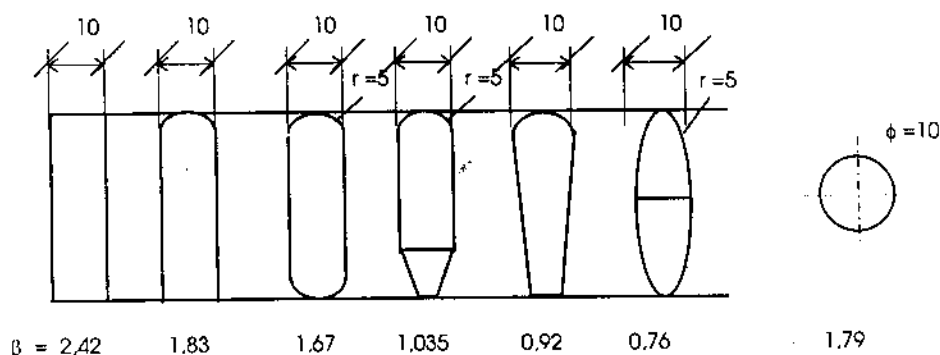
g - gia tốc trọng trường, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$;

s - chiều dày thanh chắn (thường bằng 8, 10 hoặc 15 mm), m;

b - khoảng cách giữa các thanh, m;

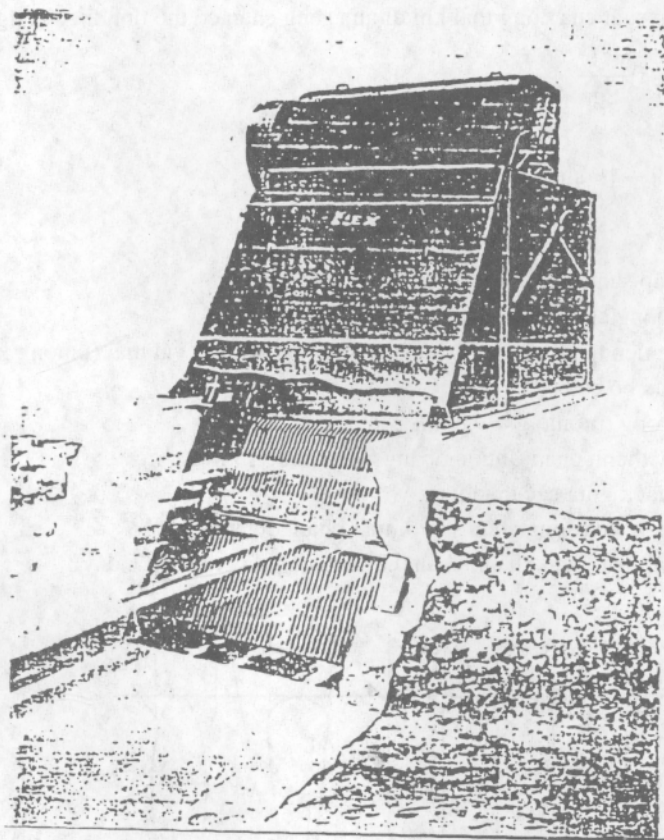
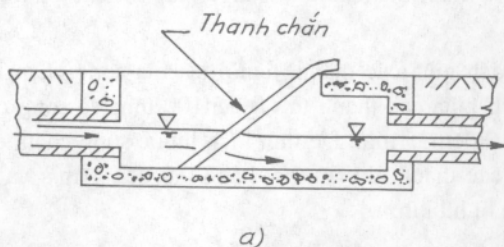
α - góc nghiêng của song chắn so với mặt phẳng ngang;

β - yếu tố hình dạng của thanh chắn. Giá trị của β lấy như dưới đây :



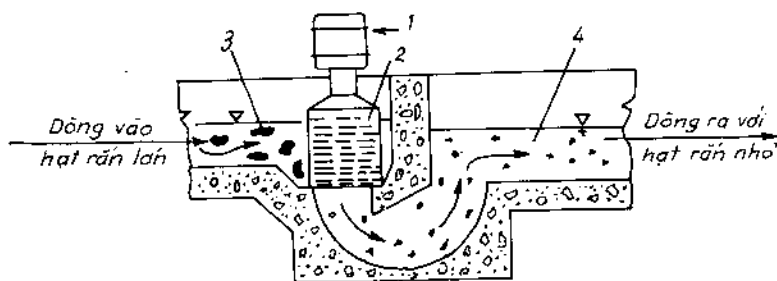
Khi xác định kích thước song chắn cần tính cho điều kiện mùa mưa với mức nước cao nhất.

Những vật thải cào ra từ song chắn được đem đi xử lý tiếp. Điện năng tiêu tốn cho các bộ phận cào, vận chuyển và nghiền khoảng $1 \text{ kW}/1000 \text{ m}^3$ nước thải. Đối với loại song chắn kết hợp với máy nghiền nhỏ, các vật thải sau khi nghiền không cần tách ra khỏi nước thải.



Hình 2.6. Các loại song chắn

a. Song chắn cào rác bằng thủ công; b. Song chắn cào rác bằng cơ giới



Hình 2.7. Lưới chắn có gắn máy nghiền

1. Động cơ; 2. Máy nghiền; 3. Các hạt rắn lớn; 4. Hạt rắn nhỏ

2.4.1.2. Lưới lọc

Để khử các chất lơ lửng có kích thước nhỏ hoặc các sản phẩm có giá trị, thường sử dụng lưới lọc như ở hình 2.8. Lưới có kích thước lỗ từ 0,5 đến 1 mm. Khi tang trống quay, thường với vận tốc 0,1 đến 0,5 m/s, nước thải được lọc qua bề mặt trong hay ngoài, tùy thuộc vào sự bố trí đường dẫn nước thải vào. Các vật thải được cào ra khỏi mặt lưới bằng hệ thống cào. Loại lưới lọc này hay được dùng trong các hệ thống xử lý nước thải của công nghiệp dệt, giấy và da.

Tổn thất áp suất dòng chảy qua lưới chắn thường được các nhà chế tạo cung cấp kèm theo thiết bị, hoặc có thể tính theo công thức sau:

$$h_p = \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{C \cdot A} \right)^2 \quad (2.3)$$

trong đó :

C - hệ số thải;

Q - lưu lượng nước thải đi qua lưới lọc, m³/s;

A - diện tích ngập chìm hữu ích của lưới lọc, m²;

g - gia tốc trọng trường, g = 9,8 m/s²;

h_p - tổn thất áp suất, m.

Giá trị của C và A phụ thuộc vào các thông số thiết kế như kích thước gờ, khe, đường kính lỗ lưới, kết cấu, phần trăm diện tích bề mặt lưới làm việc hữu hiệu và được xác định bằng thực nghiệm. Giá trị C điển hình cho lưới lọc sạch bằng 0,60.

Thiết kế

Diện tích hữu ích của tấm chắn cho các loại song chắn được tính theo công thức sau:

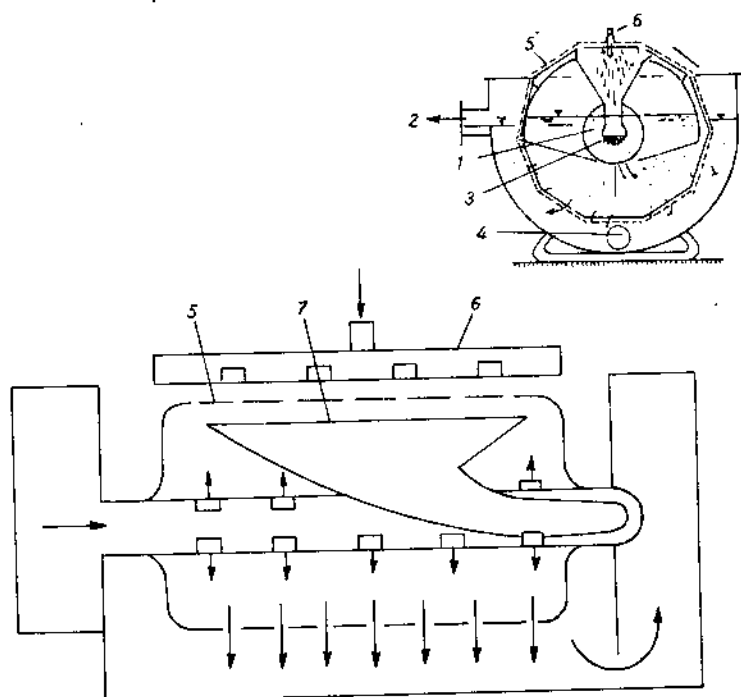
$$F_c = \frac{Q_{\max}}{u} \quad (2.4)$$

trong đó :

F_c - tổng diện tích hữu ích;

Q_{max} - lưu lượng lớn nhất của nước thải;

u - vận tốc của chất lỏng chảy qua khe tấm chắn (thường lấy từ 0,8 đến 0,1 m/s).



Hình 2.8. Lưới chắn hình trống
(Hệ thống GEIGER)

1. Cửa dẫn nước thải vào; 2. Cửa dẫn nước thải ra; 3. Cửa tháo vật rắn; 4. Cửa tháo cặn;
5. Thùng quay với lưới lọc; 6. Vòi phun nước rửa; 7. Máng thu gom nước rửa

Sau đây là một số giá trị điển hình dùng trong thiết kế tấm chắn loại song, cào bã rắn bằng thủ công hoặc cơ giới.

Các thông số	Phương pháp cào bã	
	Thủ công	Cơ giới
Kích thước thanh chắn		
- chiều rộng, mm	5 ÷ 15	5 ÷ 15
- chiều sâu	25 ÷ 75	25 ÷ 75
- khoảng cách giữa các thanh, mm	25 ÷ 50	15 ÷ 75
- góc nghiêng, độ	30 ÷ 45	0 ÷ 30
Vận tốc dòng trước tấm chắn, m/s	0,3 ÷ 0,6	0,6 ÷ 1,0
Trở lực cho phép, mm	150	150

2.4.2 Điều hòa lưu lượng

Điều hòa lưu lượng được dùng để duy trì dòng thải vào gần như không đổi, khắc phục những vấn đề vận hành do sự dao động lưu lượng nước thải gây ra và nâng cao hiệu suất của các quá trình ở cuối dây chuyền xử lý. Các kỹ thuật điều hòa được ứng dụng cho từng trường hợp phụ thuộc vào đặc tính của hệ thống thu gom nước thải. Các phương án bố trí bể điều hòa lưu lượng có thể là điều hòa trên dòng thải (hình 2.9a) hay ngoài dòng thải xử lý (hình 2.9b).

Phương án điều hòa trên dòng thải có thể làm giảm đáng kể dao động thành phần nước thải đi vào các công đoạn phía sau, còn phương án điều hòa ngoài dòng thải chỉ giảm được một phần nhỏ sự dao động đó.

Vị trí tốt nhất để bố trí bể điều hòa cần được xác định cụ thể cho từng hệ thống xử lý. Vị trí tối ưu của nó phụ thuộc vào loại xử lý, đặc tính của hệ thống thu gom và đặc tính của nước thải.

Để xác định thể tích cần thiết của bể điều hòa có thể sử dụng phương pháp đồ thị trên cơ sở thực nghiệm về quan hệ giữa thể tích tích lũy của lưu lượng nước thải ở dòng vào theo thời gian. Hình 2.10 minh họa bằng đồ thị hai trường hợp điển hình. Để xác định thể tích cần thiết, vẽ đường tiếp tuyến với đường cong thể tích dòng vào song song với đường lưu lượng trung bình hàng ngày có điểm xuất phát từ gốc tọa độ. Thể tích cần thiết khi đó sẽ bằng khoảng cách theo chiều thẳng đứng từ tiếp điểm đến đường thẳng biểu diễn lưu lượng trung bình hàng ngày (trường hợp a) hoặc bằng khoảng cách giữa hai tiếp điểm theo chiều thẳng đứng song song với trục tung (trường hợp b).

Bể điều hòa thường được thiết kế với chiều sâu từ 1,5 đến 2 m. Thể tích của bể điều hòa có thể tính theo công thức sau :

$$V_d = \frac{Q \cdot \tau_d}{\ln \frac{k_n}{k_n - 1}}$$

trong đó:

$$k_n = \frac{C_{max} - C_{th}}{C_{cf} - C_{th}}$$

Q - lưu lượng nước thải, m³/h;

k_n - hệ số dập tắt dao động;

τ_d - thời gian thải đột biến, h;

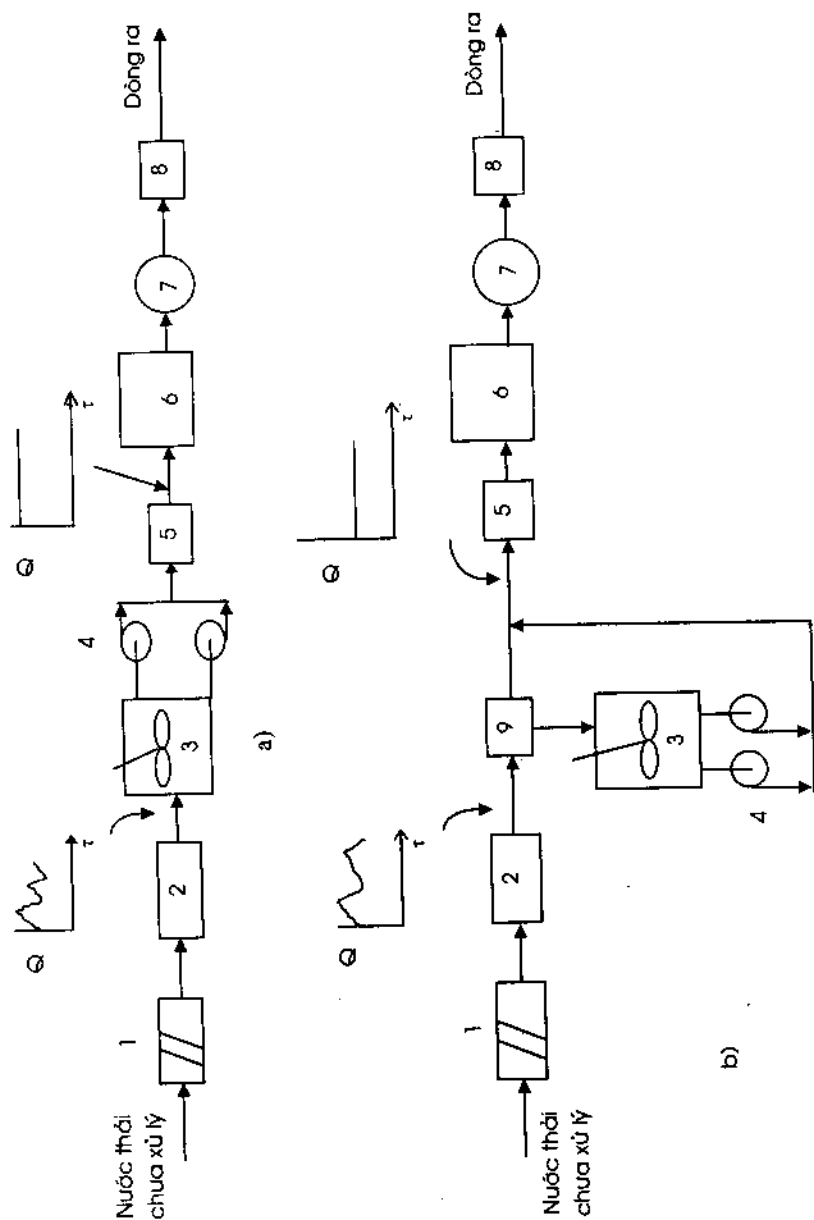
C_{max}, C_{th}, C_{cf} - giá trị cực đại, trung bình và cho phép nồng độ các chất gây ô nhiễm, g/m³.

Khi k_n ≥ 5, thể tích bể điều hòa được tính theo công thức sau:

$$V_d = k_n \cdot Q \cdot \tau_d$$

Thể tích bể điều hòa dùng để dập tắt sự dao động có chu kỳ của thành phần các chất ô nhiễm sẽ được tính theo công thức sau:

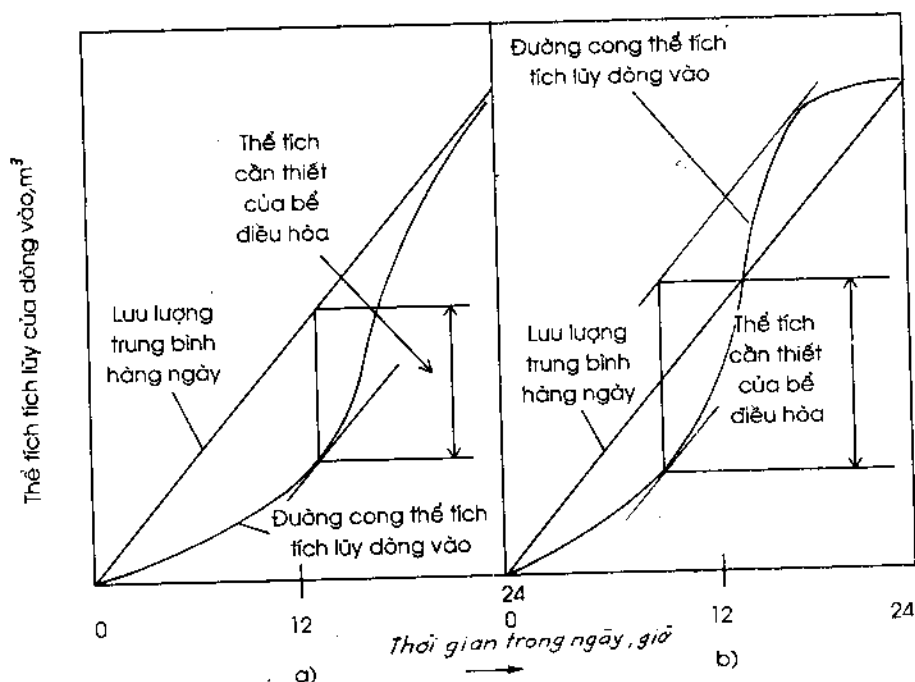
$$V_{dck} = 0,16 \cdot k_n \cdot Q \cdot \tau_d$$



Hình 2.9. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải có điều hòa lưu lượng

a. Điều hòa trên dòng thải; b. Điều hòa ngoài dòng thải

1. Song chắn; 2. Bể lắng cát; 3. Bể điều hòa; 4. Trạm bơm; 5. Thiết bị đo lưu lượng;
6. Bể lắng cấp II; 7. Thiết bị xử lý cấp II; 8. Bể lắng cấp I; 9. Kết cấu chảy tràn



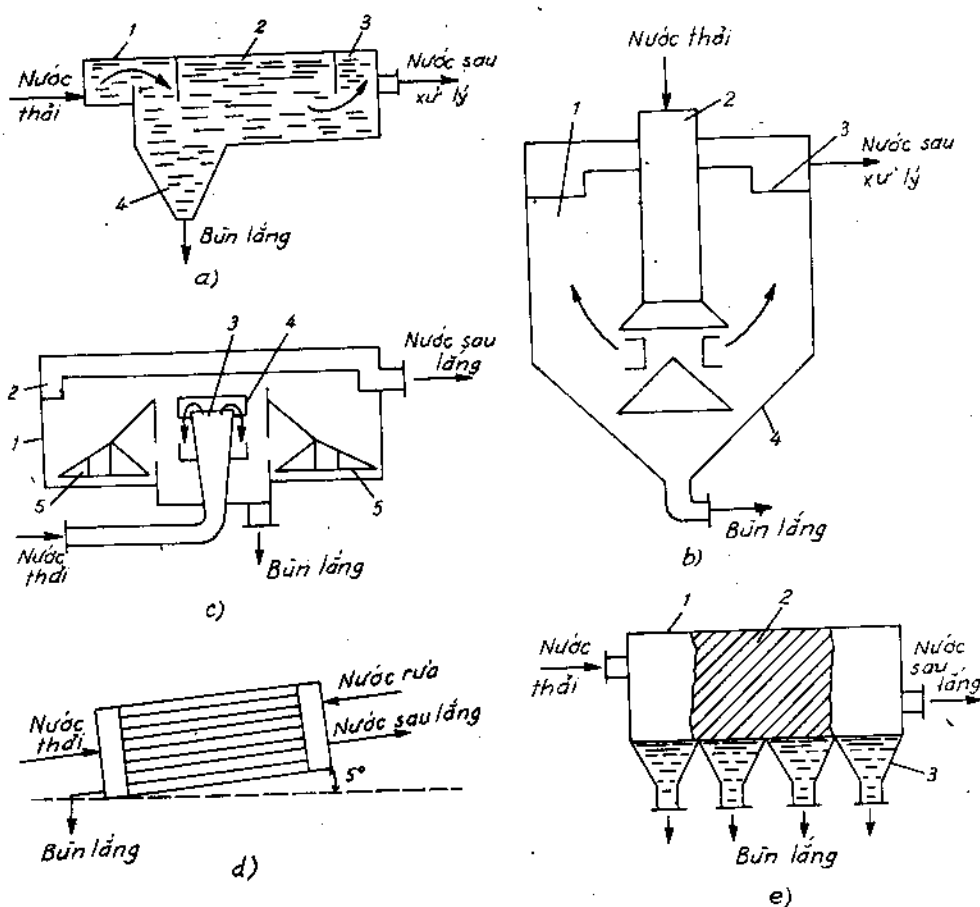
Hình 2.10. Sơ đồ xác định thể tích cần thiết của bể điều hòa

2.4.3. Quá trình lắng

2.4.3.1. Phân tích quá trình lắng của các hạt rắn trong nước thải

Trong xử lý nước thải, quá trình lắng được sử dụng để loại các tạp chất ở dạng huyền phù thô ra khỏi nước. Sự lắng của các hạt xảy ra dưới tác dụng của trọng lực. Để tiến hành quá trình này người ta thường dùng các loại bể lắng khác nhau như minh họa trên hình 2.11. Trong công nghệ xử lý nước thải, theo chức năng, các bể lắng được phân thành: bể lắng cát, bể lắng cấp I và bể lắng trong (cấp II). Bể lắng cấp I có nhiệm vụ tách các chất rắn hữu cơ (60%) và các chất rắn khác, còn bể lắng cấp II có nhiệm vụ tách bùn sinh học ra khỏi nước thải. Các bể lắng đều phải thỏa mãn yêu cầu: có hiệu suất lắng cao và xả bùn dễ dàng.

Nước thải nói chung thường là hệ dị thể đa phân tán hợp thể không bền. Trong quá trình lắng, kích thước, mật độ, hình dạng của các hạt và cả tính chất vật lý của hệ bị thay đổi. Ngoài ra, khi hòa nhập vào nước thải có thành phần hoá học khác nhau cũng có thể tạo thành các chất rắn, trong đó có các chất đông tụ. Những quá trình này sẽ làm ảnh hưởng tới hình dạng và kích thước hạt, gây phức tạp cho việc thiết lập qui luật thực của quá trình lắng.



Hình 2.11. Các loại bể lắng

a. Bể lắng ngang :

1. rãnh dẫn nước thải vào; 2. buồng lắng; 3. rãnh dẫn nước thải ra; 4. hố tập trung bùn cặn

b. Bể lắng đứng :

1. thân trụ; 2. ống trung tâm; 3. rãnh gộp nước trong; 4. đáy hình côn

c. Bể lắng theo phương bán kính :

1. thân bể; 2. rãnh gộp nước trong; 3. bộ phận phân phối nước thải;

4. buồng giữ điều kiện tĩnh cho bể lắng; 5. bộ phận gạt (cạo bã)

d. Thiết bị lắng loại ống :

e. Thiết bị lắng loại tấm nghiêng :

1. thành thiết bị; 2. tấm nghiêng; 3. phần gom cặn lắng.

Các tính chất của nước thải khác nhiều so với nước sạch. Nó có khối lượng riêng và độ nhớt cao. Độ nhớt và khối lượng riêng của nước thải chỉ chứa các hạt rắn được tính theo các công thức sau:

$$\mu_{nt} = \mu_0(1 + 2,5 C_0) \quad (2.5)$$

$$\rho_{nt} = \rho + \rho_r(1 - \epsilon) \quad (2.6)$$

trong đó:

μ_{nt}, μ_0 - độ nhớt động lực học của nước thải và nước sạch, Pa.s;

C_0 - nồng độ thể tích của các hạt lơ lửng, kg/m³;

ρ, ρ_{nt} - khối lượng riêng của nước sạch và nước thải, kg/m³;

ϵ - phần thể tích của pha lỏng, ϵ được tính theo công thức sau:

$$\epsilon = \frac{V_L}{V_L + V_R} \quad (2.7)$$

V_L, V_R - thể tích của pha lỏng và pha rắn trong nước thải, m³.

Tùy thuộc vào nồng độ và khả năng tác động tương hỗ lẫn nhau giữa các hạt rắn, có thể xảy ra ba loại lắng chính (hay còn gọi là vùng lắng) sau: lắng riêng rẽ từng hạt; lắng keo tụ và lắng vùng bao gồm lắng tập thể và lắng chen, như tóm tắt trong bảng 2.2.

Do quá trình lắng có tầm quan trọng đặc biệt trong xử lý nước thải, vì vậy các loại lắng trên sẽ được phân tích một cách riêng biệt.

Lắng loại I

Cơ sở của quá trình lắng loại này là các định luật cổ điển: định luật Newton và Stokes với giả thiết hạt lắng có dạng hình cầu. Khi lắng có các lực sau tác động lên hạt:

Lực trọng trường:

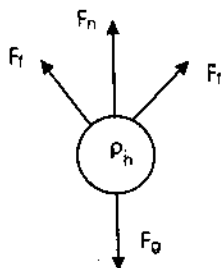
$$F_g = \rho_h \cdot v \cdot g$$

Lực Archimedes :

$$F_n = \rho_l \cdot v \cdot g$$

Lực ma sát :

$$F_r = C_D \cdot S \cdot \rho_l \cdot \frac{W^2}{2}$$



trong đó :

ρ_h, ρ_l - khối lượng riêng của hạt rắn và chất lỏng;

v - thể tích của hạt chất rắn :

$$v = \frac{\pi d^3}{6}$$

d - đường kính hạt rắn;

g - gia tốc trọng trường, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$;

W - vận tốc tương đối của hạt rắn so với chất lỏng;

C_D - hệ số ma sát không thứ nguyên do lực cản Newton;

S - diện tích tiết diện ngang của hạt rắn :

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

Bảng 2.2. Các loại lắng trong xử lý nước thải

Loại lắng	Mô tả quá trình	Ứng dụng / Nơi xảy ra
Lắng từng hạt riêng rẽ (lắng loại I)	Đó là quá trình lắng của các hạt trong hỗn hợp huyền phù ở nồng độ thấp. Các hạt lắng hoàn toàn riêng biệt không có tác động qua lại với nhau.	Loại cát, sỏi ra khỏi nước thải.
Lắng keo tụ (lắng loại II)	Đó là quá trình lắng của các hạt kết tụ trong hỗn hợp huyền phù hơi loãng, do các hạt rắn kết hợp lại với nhau làm tăng khối lượng hạt lắng và lắng nhanh hơn.	Loại một phần chất rắn lơ lửng trong xử lý nước thải chưa xử lý trong các công trình xử lý lắng sơ cấp và phần trên của bể thu cấp, các loại bông keo tụ hóa học trong các bể lắng cũng được khử bằng loại lắng này.
- lắng vùng (lắng loại III) - lắng tập thể - lắng chen	Đó là quá trình lắng của các hạt lơ lửng trong hỗn hợp huyền phù có nồng độ trung bình, trong đó lực tương tác giữa các hạt cản trở sự lắng của các hạt bên cạnh. Vì vậy các hạt có xu hướng vẫn ở lại cùng một vị trí với nhau thành một khối cùng lắng xuống, tạo thành một phân cách giữa pha lỏng và pha rắn ở phía trên khối hạt rắn lắng. Đó là quá trình lắng của các hạt trong hỗn hợp huyền phù có nồng độ ở mức tạo nên một cấu trúc, tại đó các hạt rắn lắng tiếp chỉ do sự nén ép của cấu trúc đó. Sự nén ép này xảy ra là do trọng lượng của các hạt rắn liên tiếp thêm vào bởi sự lắng của chúng từ lớp lỏng ở phía trên. Tốc độ lắng chen nhỏ hơn tốc độ lắng tự do, do xuất hiện dòng chất lỏng đi ngược lên và độ nhớt lớn của môi trường.	Xảy ra ở các công trình lắng thu cấp tiếp ngay sau công trình xử lý sinh học Thường xảy ra trong lớp dưới của khối bùn nằm sâu ở đáy của bể lắng thu cấp hay thiết bị làm đặc bùn.

Theo định luật Newton ta có :

$$\frac{m \cdot dW}{dt} = F_g - F_n - F_r \quad (2.8)$$

trong đó :

m - khối lượng của hạt rắn;

t - thời gian;

W - vận tốc lắng của hạt :

$$W = W_l$$

Sau khoảng thời gian ngắn ban đầu, gia tốc chuyển động sẽ bằng không ($\frac{dW}{dt} = 0$) và

vận tốc lắng sẽ không đổi.

Thay giá trị của các lực vào (2.8) và giải phương trình trên, ta có vận tốc lắng:

$$W_l = \left[\frac{2g(\rho_l - \rho_h)v}{C_D \cdot \rho_l \cdot S} \right]^{1/2} \quad (2.9)$$

và cho các hạt hình cầu:

$$W_l = \left[\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{C_D} \cdot \frac{\rho_h - \rho_l}{\rho_l} d \right]^{1/2} \quad (2.10)$$

Hệ số C_D phụ thuộc vào chế độ thủy động của dòng chất lỏng bao quanh hạt mà đặc trưng bởi chuẩn số Reynold ($Re = d \cdot W_l \cdot \rho_l / \mu_l$, ở đây μ_l là độ nhớt của chất lỏng). Quan hệ phụ thuộc này biểu thị gần đúng bằng công thức tổng quát sau :

$$C_D = \frac{b}{Re^n} \quad (2.11)$$

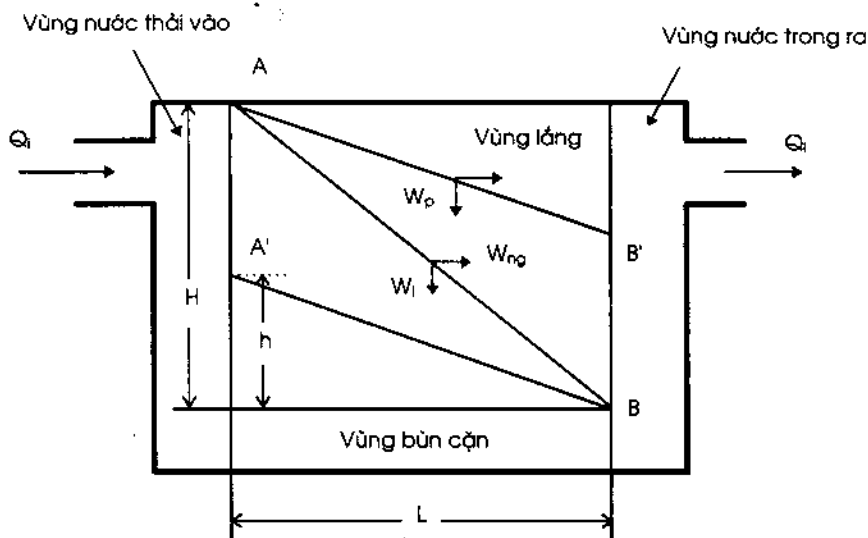
Bảng 2.3. Hệ số ma sát C_D ở các chế độ thủy động khác nhau

Khu vực	b	n	$C_D = \frac{b}{Re^n}$
Định luật Stokes $Re < 2$	24	1,0	$\frac{24}{Re}$
Chuyển tiếp $2 < Re < 500$	18,5	0,6	$\frac{18,5}{Re^{0,6}}$
Newton $Re > 500$	0,4	0,0	0,4

Vận tốc lắng của các hạt hình cầu ở vùng định luật Stokes trong xử lý nước thải được tính bằng công thức của Stokes:

$$W_l = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_h - \rho_l}{\mu_l} \cdot g \cdot d^2 \quad (2.12)$$

Hình 2.12 trình bày nguyên lý một bể lắng lý tưởng.



Hình 2.12. Lắng đơn chiếc trong bể lắng lý tưởng

Trong thiết kế bể lắng thường chọn hạt với vận tốc lắng giới hạn W_l sao cho tất cả các hạt có vận tốc lắng lớn hơn hoặc bằng W_l sẽ được tách ra khỏi chất lỏng. Hạt rắn đó sẽ chính là hạt đi vào vùng lắng tại điểm A và lắng với vận tốc đủ để tới vùng bùn cặn tại điểm B. Như vậy hạt rắn này rơi qua chiều sâu H trong khoảng thời gian t_0 , nghĩa là:

$$t_0 = \frac{H}{W_l} \quad (2.13)$$

Mặt khác, cũng trong thời gian đó hạt rắn đã đi qua một quãng đường L theo chiều nằm ngang với vận tốc W_{ng} . Do đó:

$$t_0 = \frac{L}{W_{ng}} \quad (2.14)$$

với : $W_{ng} = \frac{Q}{B \cdot H}$

trong đó : Q - lưu lượng dòng vào; B - chiều ngang bể lắng.

Đặt (2.13) và (2.14) bằng nhau. Từ đó rút ra :

$$W_1 = \frac{Q}{LB} = \frac{Q}{A} \quad (2.15)$$

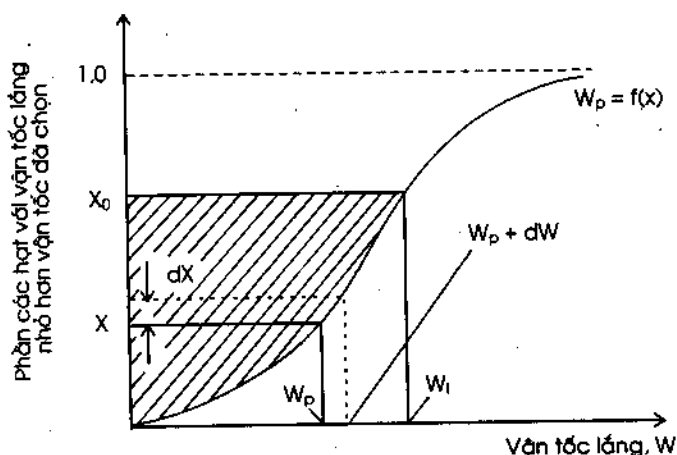
trong đó A - diện tích mặt cắt ngang của vùng lắng.

Đối với một năng suất xử lý cho trước Q, chỉ có những hạt có vận tốc lắng lớn W_1 sẽ bị khử hoàn toàn, còn các hạt có vận tốc lắng $W_p < W_1$ sẽ không được khử nếu chúng được đưa vào vùng lắng ở phía trên tại điểm A, vì trong khoảng thời gian t_0 chúng không đạt tới đáy của vùng lắng (theo đường AB'). Song nếu các hạt đi vào vùng lắng ở độ sâu nhỏ hơn hoặc bằng h và $h = W_p \cdot t_0$ thì chúng sẽ được loại ra khỏi chất lỏng (đường A'B). Do đó phần các hạt có vận tốc lắng W_p có thể được khử sẽ được xác định bởi đại lượng $X_0 = W_p/W_1$.

Tổng phần các hạt bị khử (R) sẽ bằng:

$$R = (1 - X_0) + \int_0^{X_0} \frac{W_p}{W_1} dx = (1 - X_0) + \frac{1}{W_1} \int_0^{X_0} W_p dx \quad (2.16)$$

Trong biểu thức (2.16), W_p là biến trong khoảng $0 \leq W_p \leq W_1$ với $W_p = f(X)$, trong đó $(1 - X_0)$ là phần các hạt có vận tốc lắng lớn hơn hoặc bằng W_1 . Còn trong thành phần thứ hai là phần các hạt có vận tốc lắng nhỏ hơn W_1 được khử và được xác định bằng tích phân đồ thị (diện tích gạch chéo trên hình 2.13).



Hình 2.13. Đường cong phân tích quá trình lắng riêng rẽ của một huyền phù

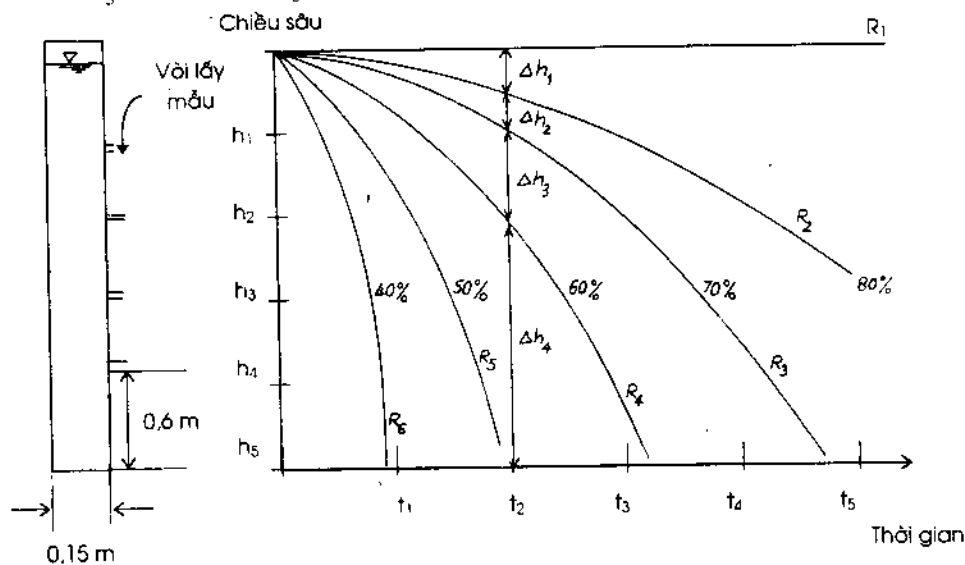
Lắng loại 2

Khi nồng độ các hạt rắn trong dung dịch tương đối thấp, chúng sẽ lắng không giống nhau và sẽ kết hợp lại với nhau trong quá trình lắng. Ảnh hưởng này chỉ có thể xác định bằng thực nghiệm.

Để xác định đặc tính lắng của hỗn hợp huyền phù các hạt keo tụ, người ta sử dụng cột lắng có chiều cao bằng chiều sâu thực của bể lắng. Kết quả thực nghiệm có thể khái quát như trên hình 2.14.

Giả sử thời gian lưu là t_2 , chiều sâu h_5 , khi đó tổng hiệu suất khử của bể lắng sẽ được tính theo công thức sau :

$$R = \frac{\Delta h_1}{h_5} \cdot \frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{\Delta h_2}{h_5} \cdot \frac{R_2 + R_3}{2} + \frac{\Delta h_3}{h_5} \cdot \frac{R_3 + R_4}{2} + \frac{\Delta h_4}{h_5} \cdot \frac{R_4 + R_5}{2} \quad (2.17)$$



Hình 2.14. Cột lắng và đường cong lắng của các hạt keo tụ

Lắng loại 3

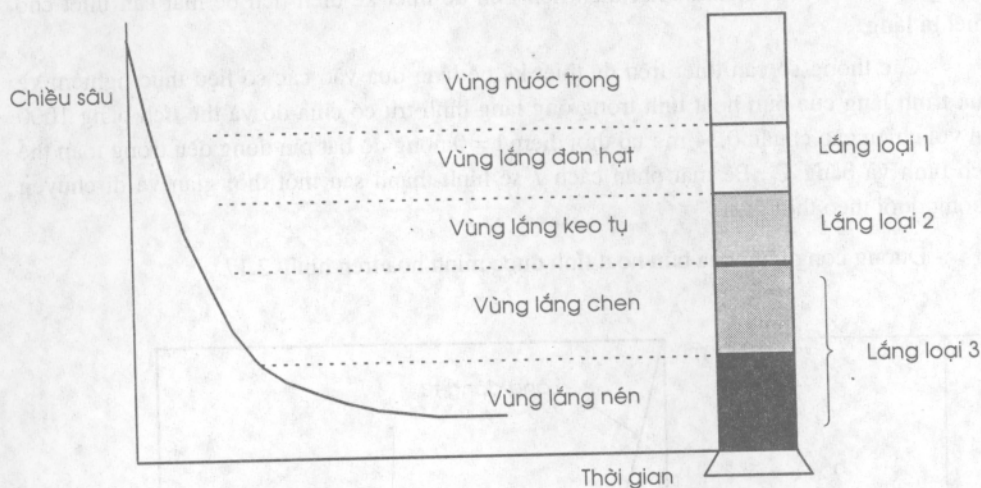
Khi nồng độ chất rắn lơ lửng trong hệ thống cao hơn 500 mg/l thường xảy ra lắng vùng (lắng loại 3) bao gồm: lắng tập thể và lắng nén.

Loại lắng này xảy ra cùng với lắng đơn hạt và lắng keo tụ và có đặc điểm là các hạt rất gần nhau. Khi hạt lắng xuống chiếm chỗ của chất lỏng và dòng chất lỏng bị thay thế đi lên sẽ cản trở làm giảm vận tốc lắng của hạt khác. Do mật độ hạt rắn cao nên lắng vùng thường dẫn đến lắng cả khối với bề mặt phân cách rõ rệt giữa khối chất rắn - lỏng và nước trong. Trong quá trình lắng diễn hình, có thể quan sát rất rõ 4 vùng lắng như ở hình 2.15.

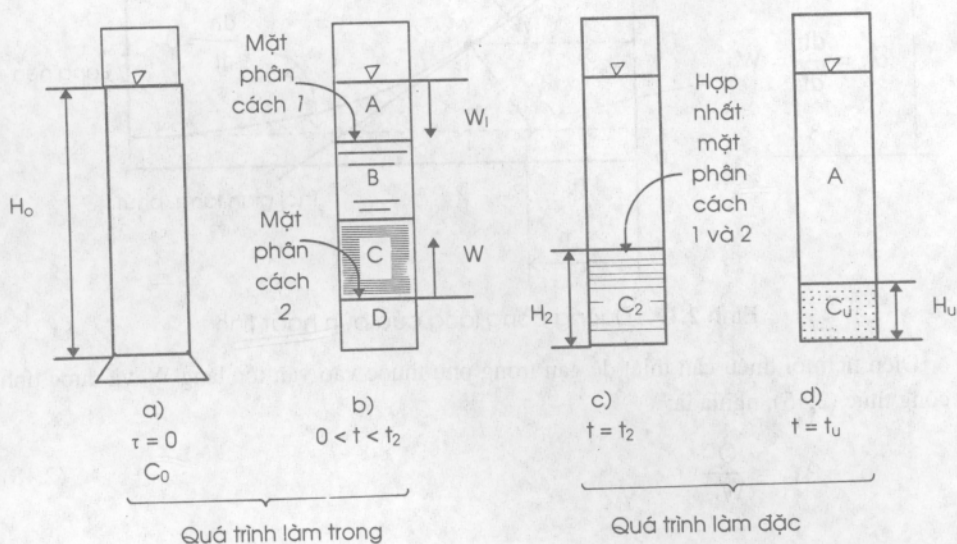
Sự thay đổi vùng lắng theo thời gian được minh họa trên hình 2.16.

Mặt phân cách 1 chuyển động xuống phía dưới với vận tốc lắng $W_1 = \text{const.}$, ngược lại mặt phân cách 2 di chuyển lên trên với vận tốc không đổi W và tại thời điểm t_2 hai vùng phân cách và vùng nén sẽ gặp nhau. Tại thời điểm này hỗn hợp bùn đã lắng - lỏng có nồng

độ đồng đều C_2 được gọi là nồng độ tối hạn và quá trình nén bắt đầu. Bùn bắt đầu được làm đặc bằng quá trình lắng, cuối cùng đạt tới nồng độ cuối C_u . Vận tốc lắng tại thời điểm t_2 là W_2 chính là góc nghiêng của đường tiếp tuyến với đường cong lắng tại C_2 , ở đây $W_2 < W_1$.



Hình 2.15. Sơ đồ các vùng lắng đối với bùn hoạt tính



Hình 2.16. Lắng vùng ở các thời điểm khác nhau

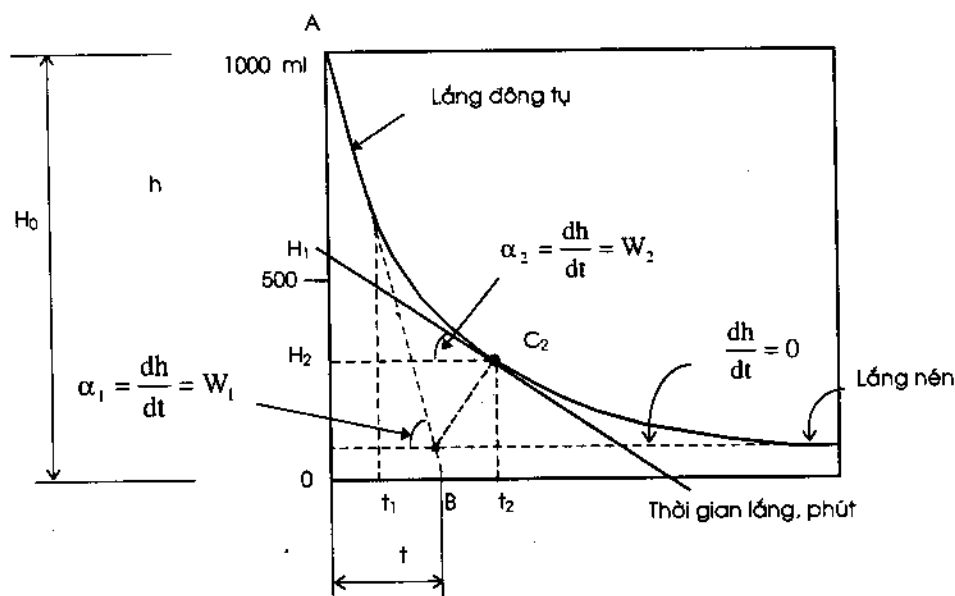
A - Vùng nước trong; B - Vùng phân cách; C - Vùng trung gian; D - Vùng nén

Quá trình thiết kế bể lắng làm việc ở điều kiện lắng vùng bao gồm :

1. Tính diện tích bề mặt tối thiểu cần thiết để gạn trong, tách bùn ra khỏi nước;
2. Tính diện tích bề mặt tối thiểu để làm đặc bùn đến nồng độ yêu cầu;
3. Lấy diện tích lớn nhất của hai diện tích trên để thiết kế diện tích bề mặt cần thiết cho thiết bị lắng.

- Các thông số cần thiết trên để thiết kế bể lắng dựa vào các số liệu thực nghiệm về quá trình lắng của bùn hoạt tính trong ống lắng hình trụ có chia độ và thể tích bằng 1000 ml với chiều cao chuẩn 0,34 m : tại thời điểm $t = 0$ nồng độ hạt rắn đồng đều trong toàn thể tích bình và bằng C_0 . Bề mặt phân cách l sẽ hình thành sau một thời gian và di chuyển xuống dưới theo thời gian.

- Đường cong lắng của bùn hoạt tính được minh họa trên hình 2.17.



Hình 2.17. Đường cong lắng của bùn hoạt tính

Diện tích tối thiểu cần thiết để gạn trong phụ thuộc vào vận tốc lắng W_1 và được tính từ công thức (2.15), nghĩa là:

$$A_{lt} = \frac{Q}{W_1} \quad (2.18)$$

trong đó :

A_{lt} - diện tích bể lắng trong, m^2 ;

Q - lưu lượng nước thải, m^3/h ;

W_1 - vận tốc lắng, m/h ;

Vận tốc lắng W_l của bùn hoạt tính được xác định bằng phương pháp đồ thị từ hình 2.17:

$$W_l = \frac{dh}{dt} = \frac{\overline{OA}}{\overline{OB}} = \frac{H_0}{t} \quad (2.19)$$

Diện tích tối thiểu cần thiết để làm đặc bùn được tính như sau:

Biết rằng quá trình làm đặc bùn bằng lắng bắt đầu từ thời điểm $t = t_2$ (hình 2.16c). Nồng độ SS trong vùng bùn có chiều cao H_2 bằng C_2 . Quá trình làm đặc bùn thực hiện khi bùn được nén đạt tới nồng độ yêu cầu C_u ở dòng bùn thải (hình 2.16d). Thời gian dự tính cho quá trình này là t_u và chiều cao vùng bùn bằng H_u .

Từ cân bằng vật liệu, nếu bỏ qua lượng SS còn lại trong vùng nước trong, ta có :

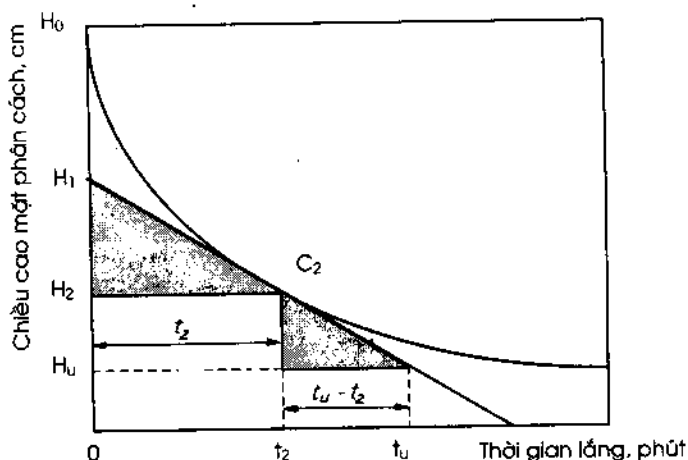
$$C_0 A H_0 = C_2 A H_2 = C_u A H_u \quad (2.20)$$

hay : $C_0 H_0 = C_2 H_2 = C_u H_u \quad (2.21)$

Lượng nước được ép ra và thải ra qua vách chảy tràn được tính theo công thức:

$$V = A(H_2 - H_u) \quad (2.22)$$

Khoảng thời gian để thải lượng nước này là hiệu số $(t_u - t_2)$.



Hình 2.18. Đồ thị xác định t_u

Lưu tốc trung bình Q' chảy qua vách tràn sẽ là:

$$Q' = \frac{V}{t_u - t_2} = \frac{A(H_2 - H_u)}{t_u - t_2} \quad (2.23)$$

và :

$$t_u - t_2 = \frac{A(H_2 - H_u)}{Q'} \quad (2.24)$$

Vận tốc lắng W_2 tại thời điểm t_2 được xác định bằng đồ thị như minh họa trên hình 2.17:

$$W_2 = \lg \alpha_2 = \frac{H_1 - H_2}{t_2} \quad (2.25)$$

Ở điều kiện dòng liên tục, vận tốc chất lỏng qua vách trần không thể lớn hơn W_2 khi quá trình làm đặc bằng lắng vùng xảy ra. Khi đó, lưu tốc Q' ở thời điểm t_2 sẽ bằng:

$$Q' = AW_2 = \frac{A(H_1 - H_2)}{t_2} \quad (2.26)$$

Thay Q' tính theo (2.26) vào biểu thức (2.24) ta có :

$$\frac{H_2 - H_u}{t_u - t_2} = \frac{H_1 - H_2}{t_2} \quad (2.27)$$

Biểu thức này là cơ sở để xác định t_u bằng đồ thị như minh họa trên hình 2.18.

Các bước xác định t_u như sau :

1. Vẽ đường tiếp tuyến với đường cong lắng tại C_2 ;
2. Từ cân bằng vật chất (2.21) xác định :

$$H_u = \frac{C_0 H_0}{C_u}$$

3. Đặt giá trị H_u lên trục tung và từ đó vẽ đường song song với trục hoành cho tới khi cắt đường tiếp tuyến với C_2 . Từ giao điểm của hai đường đó hạ đường vuông góc với trục hoành sẽ nhận được giá trị của t_u .

Diện tích bề mặt tối thiểu A_d cần thiết để làm đặc bằng lắng được xác định như sau:

Vận tốc trung bình tạo thành lớp có nồng độ C_u là:

$$\frac{C_u H_u A_d}{t_u} \quad (2.29)$$

vì $C_u H_u = C_0 H_0$, khi đó (2.29) có thể viết lại là:

$$\frac{C_0 H_0 A_d}{t_u} \quad (2.30)$$

Ở điều kiện dòng liên tục và trạng thái ổn định, vận tốc tạo thành lớp có nồng độ C_u sẽ bằng vận tốc đi vào của dòng chất thải huyền phù (QC_0). Do đó:

$$QC_0 = \frac{C_0 H_0 A_d}{t_u} \quad (2.31)$$

và:
$$A_1 = \frac{Q_{l_u}}{H_0} \quad (2.32)$$

Thể tích cần thiết cho bùn lắng trong lắng nén cũng có thể xác định từ thí nghiệm lắng trên theo công thức sau :

$$H_t - H_\infty = (H_2 - H_\infty) e^{-i(t-t_2)} \quad (2.33)$$

trong đó:

H_t - chiều cao bùn ở thời điểm t ;

H_∞ - chiều cao bùn sau khoảng thời gian dài (ví dụ 24 h);

H_2 - chiều cao lớp bùn ở thời điểm t_2 ;

i - hằng số có giá trị đặc trưng cho từng loại bùn.

Nhiệt độ của nước cũng ảnh hưởng tới vận tốc lắng của các hạt rắn lơ lửng. Bảng 2.4 cho vận tốc lắng của cát trong nước ở nhiệt độ khác nhau.

Trong thiết kế các bể lắng, căn cứ để tính kích thước bể là vận tốc dòng tràn (tương đương với vận tốc lắng bề mặt), chiều sâu thành bể và thời gian lưu.

Vận tốc dòng tràn được tính theo công thức (2.34):

$$W_0 = \frac{Q}{A} \quad (2.34)$$

trong đó :

W_0 - vận tốc dòng tràn, $m^3/m^2 \cdot \text{ngày}$;

Q - lưu lượng trung bình hàng ngày, $m^3/\text{ngày}$;

A - tổng diện tích bề mặt bể, m^2 ;

Ở đây diện tích bề mặt tính toán A chưa kể đến diện tích mặt giếng phân phối dòng vào ở giữa hoặc máng dẫn thoát. Lưu lượng trung bình là lưu lượng dòng tràn ở bể lắng sơ cấp, bằng chính lưu lượng dòng vào vì có thể bỏ qua thể tích bùn tháo ra từ đáy bể. Còn ở bể lắng thứ cấp thì đó chính là lưu lượng dòng ra.

Đại lượng W_0 còn được gọi là tải lượng thủy lực (tải lượng riêng trên một đơn vị diện tích).

Thời gian lưu được tính theo công thức (2.35):

$$t = 24 \frac{V}{Q} \quad (2.35)$$

trong đó :

t - thời gian lưu, h;

V - thể tích bể lắng, m^3 ;

Q - lưu lượng trung bình, $m^3/ngày$;

Thời gian lưu phải đủ để lắng một khối lượng lớn chất lơ lửng và để cho nước thải không cuốn theo các chất rắn cần tách ra ngoài bể lắng.

Về mặt lý thuyết cho thấy, năng suất bể lắng không phụ thuộc vào chiều sâu của bể. Chiều sâu của bể là chiều sâu nước đo từ đáy bể tới đỉnh vách chảy tràn.

Bảng 2.4. Vận tốc lắng của cát trong nước ở nhiệt độ khác nhau

Đường kính hạt, mm	Vận tốc lắng, mm/s				Đường kính hạt, mm	Vận tốc lắng, mm/s			
	5°C	10°C	15°C	20°C		5°C	10°C	15°C	20°C
3,50	240,5	245,5	250,5	255,5	0,275	21,55	23,78	26,0	28,82
3,00	225,5	227,5	232,5	237,5	0,25	18,45	20,5	22,55	24,6
2,50	204,2	209,2	214,2	219,2	0,20	12,85	14,5	16,15	17,8
2,00	182,5	187,5	192,5	197,5	0,15	7,87	9,15	10,42	11,69
1,75	168,2	173,2	178,2	183,2	0,14	6,92	8,12	9,32	10,52
1,50	151,5	156,5	161,5	166,5	0,13	6,00	7,15	8,30	9,45
1,25	133,0	138,0	143,0	148,0	0,125	5,52	6,64	7,77	8,90
1,00	112,0	116,85	121,7	126,55	0,12	5,1	6,175	7,25	8,325
0,90	103,2	107,9	112,6	117,2	0,11	4,55	5,40	6,25	7,10
0,85	98,4	102,95	107,5	112,05	0,10	3,85	4,6	5,35	6,10
0,80	93,65	98,08	102,92	106,92	0,095	3,44	4,14	4,84	5,54
0,775	91,3	95,65	100,0	104,35	0,0925	3,34	3,97	4,60	5,23
0,75	88,1	92,3	96,5	100,7	0,0900	3,15	3,75	4,35	4,95
0,70	81,6	85,7	89,8	93,9	0,085	2,82	3,36	3,90	4,44
0,65	74,8	78,75	82,7	86,65	0,080	2,525	3,005	3,485	3,965
0,60	67,8	71,55	75,3	79,05	0,075	2,245	2,665	3,085	3,505
0,50	53,35	56,68	60,0	63,32	0,070	1,940	2,32	2,70	3,08
0,40	39,7	42,6	45,5	48,4	0,0685	1,847	2,217	2,587	2,957
0,375	36,2	39,0	41,8	44,6	0,069	1,682	2,007	2,332	2,657
0,35	32,4	35,05	37,7	40,35	0,0615	1,51	1,805	2,10	2,395
0,325	28,7	31,2	33,7	36,2	0,060	1,455	1,73	2,005	2,28
0,30	25,1	27,45	29,7	32,15	0,057	1,325	1,57	1,815	2,06

Tải lượng thủy lực của vách tràn là thương số giữa lưu lượng nước chảy tràn trung bình hàng ngày với tổng độ dài của vách tràn, đại lượng này được tính theo m^3/m ngày.

Trong thực tế, vận tốc lắng hoặc vận tốc nổi lên được xác định bằng thực nghiệm, còn tải lượng thủy lực lấy trong các tài liệu. Theo GTZ (1989), đối với thời tiết khô $W_0 = 18$ m/h; còn đối với thời tiết ẩm $W_0 = 36$ m/h. Vì vậy kích thước của bể lắng thường được tính qua tải trọng thủy lực và thời gian lưu.

Hiện nay, hai loại bể lắng được sử dụng trong công nghệ xử lý nước thải là bể lắng cát và các loại bể lắng dùng trong lắng cấp I và cấp II.

2.4.3.2. Bể lắng cát

Bể lắng cát thường được thiết kế để tách các tạp chất rắn vô cơ không tan có kích thước từ 0,2 đến 2 mm ra khỏi nước thải. Điều đó đảm bảo cho các thiết bị cơ khí (như các loại bơm) không bị cát, sỏi bào mòn; tránh tác các đường ống dẫn và các ảnh hưởng xấu cùng việc tăng tải lượng vô ích cho các thiết bị xử lý sinh học.

Theo nguyên lý làm việc, người ta chia bể lắng cát thành hai loại: bể lắng ngang và bể lắng đứng.

Bảng 2.5. Các thông số điển hình thiết kế bể lắng cát loại ngang (5)

Các thông số	Giá trị	
	Khoảng	Điển hình
Thời gian lưu, s	45 - 90	60
Vận tốc dòng chảy, m/s	0,25 - 0,4	0,3
Vận tốc lắng để tách hạt, m/phút		
- đường kính 0,21 mm	1,0 - 1,3	1,15
- đường kính 0,15 mm	0,6 - 0,9	0,75
Tổn thất áp suất ở tiết diện kiểm soát,	30 - 40	36
% chiều sâu kênh bể lắng		
Hạn định cho phép sự xoáy ở cửa vào và cửa ra	$2H_m - 0,5L$	

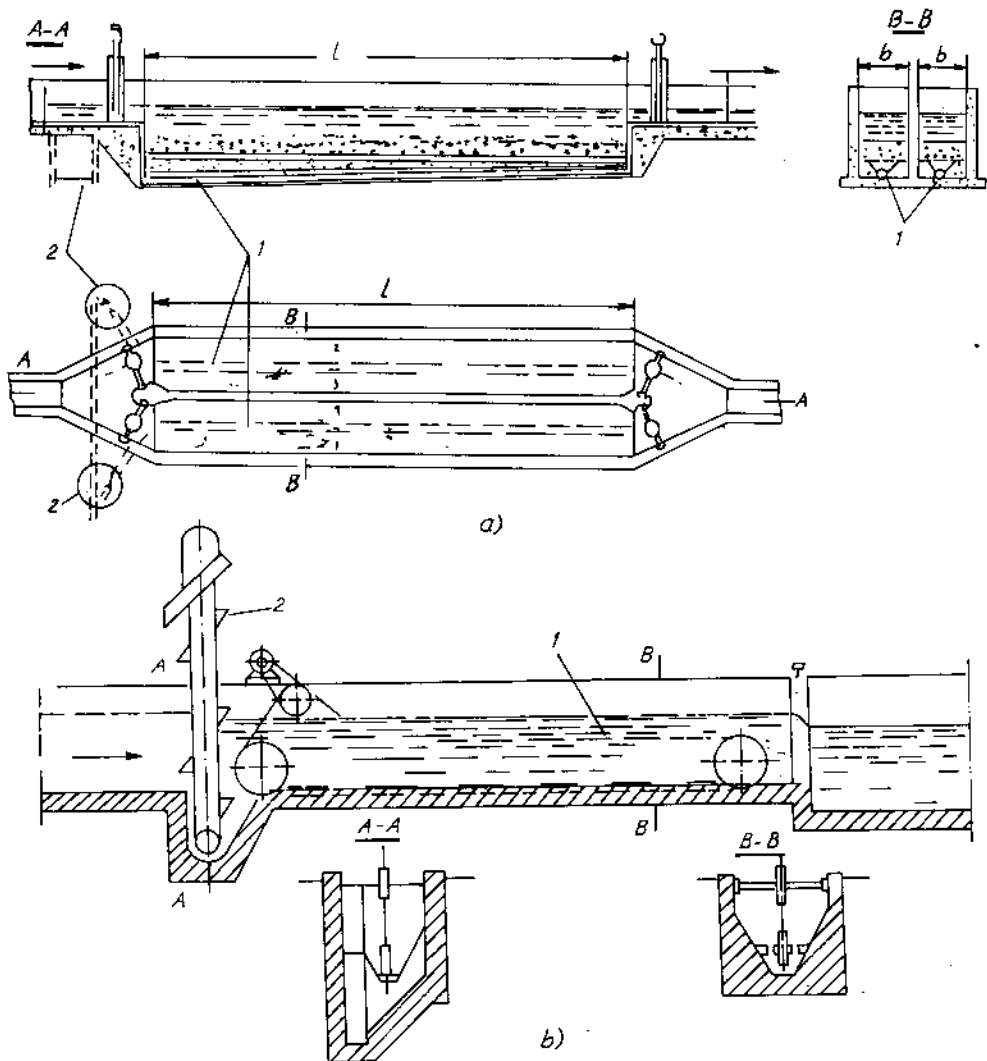
Ghi chú :

- Nếu khối lượng riêng của hạt rắn nhỏ hơn 2,65 nhiều, cần chọn vận tốc lắng nhỏ hơn;
- Cho tiết diện kiểm soát kênh Parshall;
- H_m - chiều sâu lớn nhất của bể lắng cát; d. L - chiều dài lý thuyết của bể lắng cát.

Bể lắng cát ngang là một kênh hở có tiết diện hình chữ nhật, hình tam giác hoặc parabol (hình 2.19). Chiều dài bể thường tùy thuộc vào chiều sâu cần thiết, vận tốc lắng và tiết diện kiểm soát bể. Chiều sâu bể nằm trong khoảng từ 0,25 đến 1 m. Tỷ lệ giữa chiều rộng và chiều sâu $B/H = 1:2$. Vận tốc dòng chảy trong bể không được vượt quá 0,3 m/s.

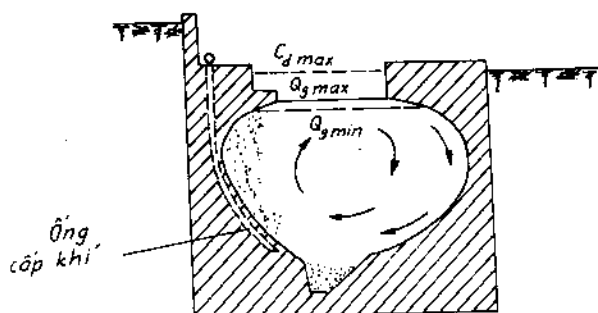
Với tốc độ như vậy cho phép các hạt cát, sỏi và các hạt vô cơ khác lắng xuống đáy, còn hầu hết các hạt hữu cơ nhẹ và nhỏ đi qua bể theo dòng ra ngoài.

Thực tế bể lắng cát thường được thiết kế hai ngăn để luân phiên nhau làm việc và cạo cặn. Việc cạo cặn có thể tiến hành bằng thủ công hoặc cơ giới tùy thuộc vào qui mô của bể. Những số liệu đặc trưng thiết kế bể lắng cát loại ngang có cho trong bảng 2.5. Thiết kế chi tiết bể lắng cát ngang có thể tham khảo ở các tài liệu [1,5,6].



Hình 2.19. Bể lắng cát loại ngang

- a. Cào bùn bằng thủ công: 1. Rãnh tháo cặn; 2. Giếng chứa nước tháo cặn;
- b. Cào bùn bằng cơ giới: 1. Băng cào; 2. Máy nâng



Hình 2.20. Bể lắng cát có sục khí

Bể lắng cát có sục khí (hình 2.20) được phát triển dựa trên cơ sở các hạt cát tích tụ lại với nhau trong dòng chuyển động xoáy ốc tạo bởi dòng khí, bằng cách sục khí vào một phía của bể tạo cho dòng nước thải chuyển động theo quỹ đạo tròn và xoắn ốc quanh trục theo hướng dòng chảy. Do vận tốc ngang trong vòng xoáy lớn nên các hạt hữu cơ vẫn được giữ lại còn các thành phần nặng hơn tách ra tập trung ở rãnh cạn đáy bể. Bể lắng cát có sục khí cần có chiều sâu ít nhất bằng 2 m để tạo nên vòng quay tròn có hiệu quả và tỷ số giữa chiều rộng và chiều sâu bể vào khoảng 1,5 : 1. Đầu phân phối khí đặt cách đáy bể một khoảng từ 0,45 đến 0,6 m. Các thông số điển hình cho việc thiết kế bể lắng cát có sục khí có cho trong bảng 2.6.

Căn cứ vào các yếu tố: lưu lượng nước thải và nồng độ các chất lơ lửng để chọn bể lắng cát thích hợp. Thông dụng nhất vẫn là bể lắng cát loại ngang.

Bảng 2.6. Các thông số điển hình thiết kế bể lắng cát (5)

Các thông số	Giá trị	
	Khoảng	Điển hình
Kích thước:		
- chiều sâu, m	2 - 5	
- chiều dài, m	7,5 - 20	
- chiều rộng, m	2,5 - 7,0	
Tỷ số chiều rộng / chiều sâu	1:1 ÷ 5:1	1,5 : 1
Thời gian lưu khí lưu lượng có giá trị lớn nhất, phút	2 - 5	3
Cấp không khí, m ³ /m chiều dài phút	0,15 - 0,45	0,3
Lượng cát và váng cát, m ³ /10 ³ m ³	0,004 - 0,200	0,015

2.4.3.3. Các loại bể lắng

Các bể lắng có nhiệm vụ lắng các hạt rắn nhỏ hơn 0,2 mm. Bể lắng có nhiều loại khác nhau và hiện thông dụng hơn cả là các bể lắng liên tục. Bùn lắng được tách ra khỏi nước ngay sau khi lắng, có thể bằng phương pháp thủ công hoặc cơ giới.

Quá trình lắng chịu ảnh hưởng của các yếu tố chính sau : lưu lượng nước thải, thời gian lắng (hay thời gian lưu), khối lượng riêng và tải lượng tính theo chất rắn lơ lửng, tải lượng thủy lực, sự keo tụ các hạt rắn, vận tốc dòng chảy trong bể, sự nén bùn đặc, nhiệt độ của nước thải và kích thước bể lắng.

Theo chiều của dòng chảy, các bể lắng được phân thành: bể lắng ngang và bể lắng đứng. Trong xử lý nước thải công nghiệp, bể lắng ngang có thể được xây dựng một bậc hoặc nhiều bậc.

a. Bể lắng ngang

Bể lắng ngang có kết cấu như trên hình 2 -21. Bể lắng ngang có thể được làm bằng các vật liệu khác nhau như bê tông, bê tông cốt thép, gạch hoặc bằng đất tùy thuộc vào kích thước, yêu cầu của quá trình lắng và điều kiện kinh tế.

Trong bể lắng ngang, dòng nước thải chảy theo phương nằm ngang qua bể. Người ta chia dòng chảy và quá trình lắng thành 4 vùng: vùng hoạt động là vùng quan trọng nhất của bể lắng; vùng bùn (vùng lắng đọng) là vùng bùn lắng tập trung; vùng trung gian: tại đây nước thải và bùn lẫn lộn với nhau; cuối cùng là vùng an toàn.

Ứng với quá trình của dòng chảy trên, bể lắng cũng có thể được chia thành 4 vùng: vùng nước thải vào; vùng lắng hoặc vùng tách; vùng xả nước ra và vùng bùn.

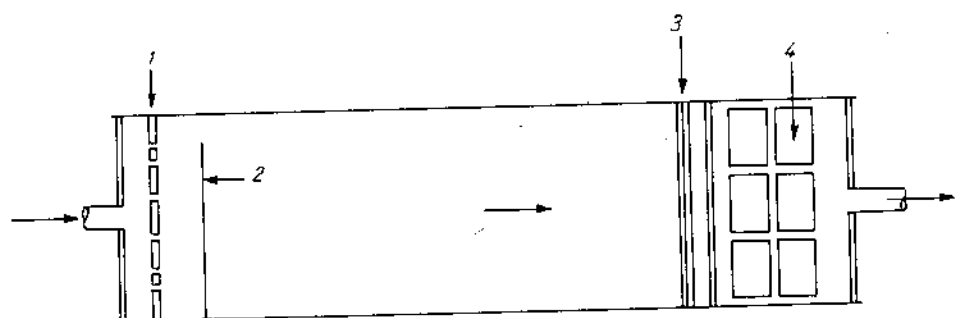
Vùng nước thải vào có chức năng phân phối đều dòng nước thải vào bể lắng theo toàn bộ tiết diện cắt ngang dòng chảy, sao cho không có hiện tượng xoáy ở vùng lắng.

Vùng lắng chiếm hầu hết thể tích bể, lắng trong vùng này tuân theo định luật Stokes. Một yêu cầu rất quan trọng là duy trì điều kiện chảy dòng trong bể. Điều kiện này thể hiện qua chuẩn số Reynold. Từ đó cho thấy, để có những điều kiện trên bền vững, bể lắng cần có bán kính thủy lực thích hợp. Đối với bể lắng ngang điều đó có nghĩa là bể cần nhỏ và nông. Trong thực tế điều này không thể chấp nhận được vì những lý do kinh tế.

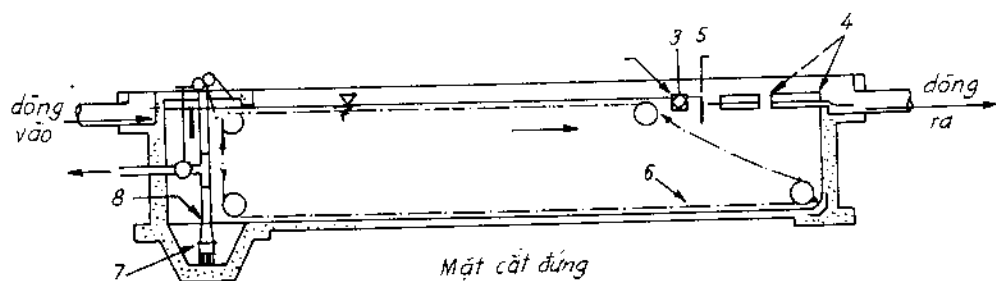
Vùng xả nước ra có chức năng tháo nước trong ra một cách ổn định.

Vùng bùn cần cần được trang bị các phương tiện tháo bùn bằng phương pháp thủy lực hay cơ khí như minh họa trên hình 2.21.

Các bể lắng ngang thường có chiều sâu H từ 1,5 đến 4 m, chiều dài bằng $(8 \div 12)H$, chiều rộng kênh từ 3 đến 6 m. Để phân phối đều nước người ta thường chia bể thành nhiều ngăn bằng các vách ngăn. Các bể lắng ngang thường được sử dụng khi lưu lượng nước thải trên 15000 m³/ngày. Hiệu suất lắng đạt 60%. Vận tốc dòng chảy của nước thải trong bể lắng thường được chọn không lớn hơn 0,01 m/s, còn thời gian lưu từ 1 đến 3 giờ.

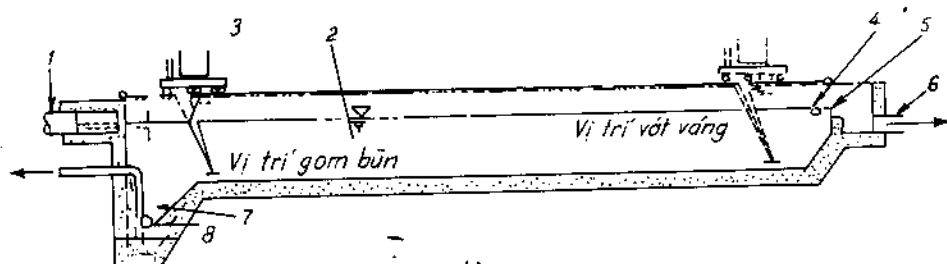


Hình chiếu bằng



Mặt cắt đứng

a)



b)

Hình 2.21. Bể lắng ngang

a. Loại cào bùn bằng băng tải:

1. Cửa phân dòng vào; 2. Vách chắn dòng vào; 3. Bộ phận gom váng;
4. Vách điều chỉnh dòng ra; 5. Vách chắn; 6. Băng tải cào bùn;
7. Hồ chứa bùn; 8. Ống dẫn bùn ra.

b. Loại cào bùn bằng xe di động:

1. Cửa dẫn nước thải vào; 2. Bể lắng; 3. Xe cào bùn; 4. Máng gom váng;
5. Vách chắn; 6. Cửa dẫn nước trong ra; 7. Hồ chứa bùn; 8. Ống dẫn bùn ra.

b. Bể lắng đứng

Sơ đồ nguyên lý làm việc của bể lắng đứng được minh họa trên hình 2.22. Bể lắng có dạng hình hộp hoặc hình trụ với đáy hình chóp. Nước thải được đưa vào ống phân phối ở tâm bể với vận tốc không quá 30 mm/s. Nước thải chuyển động theo phương đứng từ dưới lên trên tới vách tràn với vận tốc 0,5 - 0,6 m/s. Thời gian nước lưu lại trong bể từ 45 đến 120 phút và được xả ra ngoài bằng áp lực thủy tĩnh. Chiều cao vùng lắng từ 4 đến 5 m. Trong bể lắng, các hạt chuyển động cùng với nước từ dưới lên trên với vận tốc W và lắng dưới tác động của trọng lực với vận tốc W_1 . Do đó các hạt có kích thước khác nhau sẽ chiếm những vị trí khác nhau trong bể lắng. Khi $W_1 > W$, các hạt sẽ lắng nhanh; khi $W_1 < W$ chúng sẽ bị cuốn theo dòng chảy lên trên. Hiệu suất lắng của bể lắng đứng thường thấp hơn bể lắng ngang từ 10 đến 20%.

c. Bể lắng theo phương bán kính

Loại bể này có tiết diện hình tròn (hình 2.23), đường kính 16 đến 40 m (có khi tới 60 m). Chiều sâu phần nước chảy 1,5 đến 5 m, còn tỷ lệ đường kính/chiều sâu từ 6 đến 30. Đáy bể có độ dốc $i \geq 0,02$ về tâm để thu cặn. Nước thải được dẫn vào bể theo chiều từ tâm ra thành bể và được thu vào máng tập trung rồi dẫn ra ngoài. Cặn lắng xuống đáy được tập trung lại để đưa ra ngoài nhờ hệ thống gạt cặn quay tròn. Thời gian nước thải lưu lại trong bể khoảng 85 đến 90 phút. Hiệu suất lắng đạt 60%. Bể lắng theo phương bán kính được ứng dụng cho các trạm xử lý có lưu lượng từ 20.000 m³/ngày đêm trở lên.

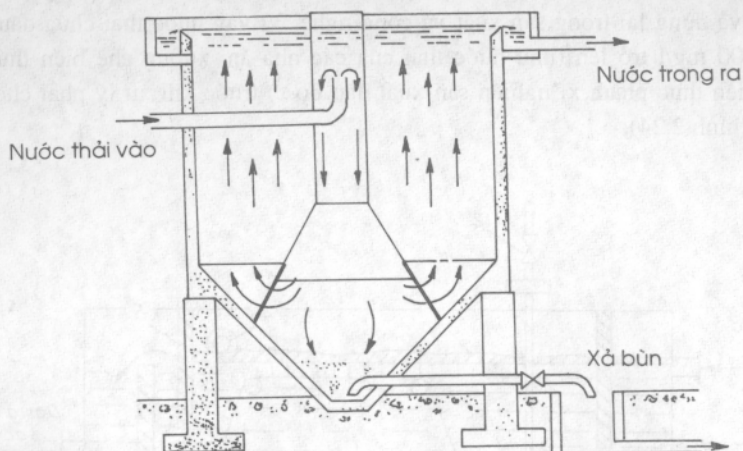
Để tăng hiệu suất lắng người ta tìm cách tăng vận tốc lắng. Điều này có thể đạt được bằng cách tăng đường kính các hạt lắng bằng đông tụ và keo tụ hoặc giảm độ nhớt của nước bằng tăng nhiệt độ của nước. Ngoài ra cũng có thể tăng bề mặt lắng và tiến hành quá trình lắng trong lớp mỏng chất lỏng. Điều này được thực hiện trong các bể lắng loại ống hoặc loại tấm. Ở chiều sâu nhỏ, quá trình lắng xảy ra trong thời gian ngắn, khoảng 4 đến 10 phút và cho phép giảm được kích thước bể lắng.

Các ống của bể lắng thường có đường kính 20 đến 50 mm và chiều dài 0,6 đến 1 m. Các ống được đặt nghiêng với một góc 5° đến 60°.

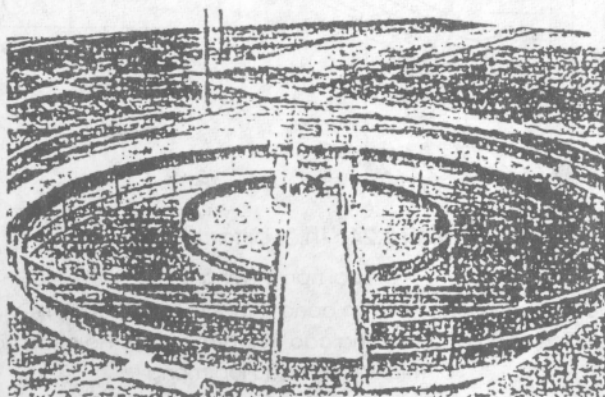
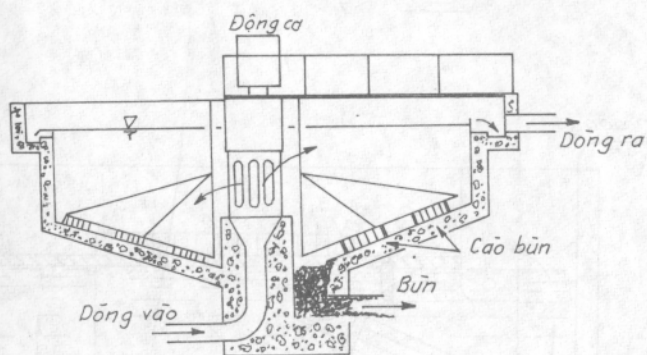
2.4.3.4. Tách các tạp chất nổi

Trong một số loại nước thải sản xuất có chứa dầu, mỡ có khối lượng riêng nhỏ hơn nước. Đó là những chất nổi, chúng sẽ gây ảnh hưởng xấu tới các công trình thoát nước (mạng lưới và các công trình xử lý). Vì vậy, người ta phải thu hồi những chất này trước khi xả vào hệ thống thoát nước sinh hoạt và sản xuất. Các chất mỡ sẽ bị kẹt lỗ hỏng giữa các hạt vật liệu lọc trong các bể lọc sinh học ... và chúng cũng sẽ phá hủy cấu trúc bùn hoạt tính trong bể aeroten, gây khó khăn trong quá trình lên men cặn.

Theo tiêu chuẩn dòng thải, không cho phép xả nước thải chứa dầu, mỡ vào nguồn tiếp nhận nước vì chúng sẽ tạo thành một lớp màng mỏng phủ lên diện tích mặt nước khá lớn, gây khó khăn cho quá trình hấp thụ oxy của không khí vào nước, làm cho quá trình tự làm

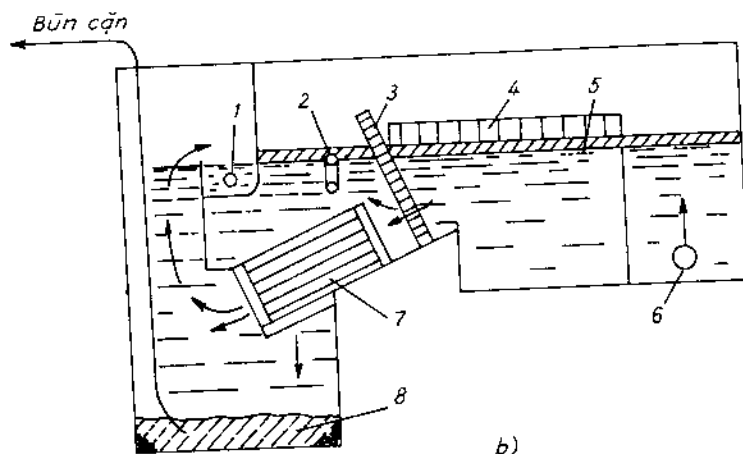
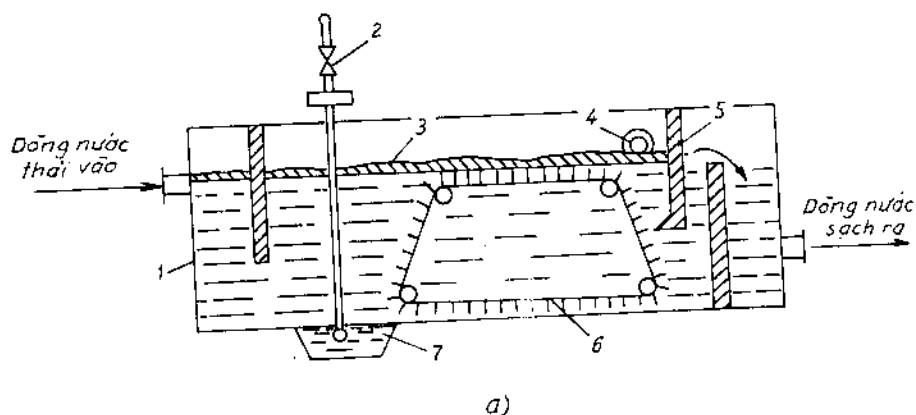


Hình 2.22. Bể lắng đứng



Hình 2.23. Bể lắng theo phương bán kính

sạch của nguồn nước bị cản trở. Mặt khác, dầu mỡ trong nước thải là một nguyên liệu có thể chế biến và dùng lại trong sản xuất và công nghệ. Vì vậy nước thải chứa dầu mỡ với hàm lượng 100 mg/l trở lên (như nước thải của các nhà ăn, xưởng chế biến thức ăn, xí nghiệp chế biến thực phẩm, xí nghiệp sản xuất dầu bơ...) trước khi xử lý phải cho qua bể tách dầu mỡ (hình 2.24).



Hình 2.24. Thiết bị tách dầu

a. Loại nằm ngang :

1. Thân thiết bị; 2. Bộ phận hút cặn bằng thủy lực; 3. Lớp dầu; 4. Ống gom dầu;
5. Vách ngăn dầu; 6. Răng cào trên băng tải; 7. Hồ chứa cặn.

b. Thiết bị tách dầu lớp mỏng :

1. Cửa dẫn nước sạch ra; 2. Ống gom dầu; 3. Vách ngăn; 4. Tấm chất dẻo xốp nổi;
5. Lớp dầu; 6. Ống dẫn nước thải vào; 7. Bộ phận lắng làm từ các tấm gọn sóng; 8. Bùn cặn.

Loại các tạp chất nổi khỏi nước, thực chất cũng giống như lắng các chất rắn, chỉ khác là trong trường hợp này khối lượng riêng của hạt (ρ_h) nhỏ hơn khối lượng riêng của nước (ρ_n), do đó hạt sẽ nổi lên.

Vận tốc hạt nổi lên (W_n) phụ thuộc vào kích thước, khối lượng riêng và độ nhớt, nghĩa là phụ thuộc vào chuẩn số Reynold ($Re = W_n \cdot d \cdot \rho / \mu_0$). Trong vùng $Re < 0,25$, sự nổi lên của hạt tuân theo định luật Stokes :

$$W_n = \frac{d^2 g (\rho_0 - \rho_{hn})}{18 \mu_0} \quad (2 - 36)$$

Khi các hạt pha nhẹ nổi lên sinh ra trong nước thải dòng phụ cản trở sự nổi lên của hạt đó. Vận tốc nổi lên có tính đến sự cản trở này được tính theo công thức (2.37) :

$$W_n' = \frac{W_n (3\mu_{hn} + 3\mu_0)}{3\mu_{hn} + 2\mu_0} \quad (2.37)$$

trong đó:

W_n' - vận tốc nổi lên của pha nhẹ;

ρ_{hn} - khối lượng riêng pha nhẹ;

μ_{hn} - độ nhớt động lực học của pha nhẹ.

Chiều dài làm việc của bể tách dầu có thể tính theo công thức :

$$L = a \frac{v^*}{W_n} h \quad (2.38)$$

trong đó a là hệ số tính đến độ chảy rối của dòng trong bể và phụ thuộc vào tỉ số $\frac{v^*}{W_n}$.

- khi $\frac{v^*}{W_n} = 15 \rightarrow a = 1,65$;

- khi $\frac{v^*}{W_n} = 10 \rightarrow a = 1,5$.

v^* - vận tốc tính toán của lớp dòng chảy;

h - chiều sâu làm việc của bể.

Vận tốc của nước trong bể tách dầu có thể dao động trong khoảng 0,005 đến 0,01 m/s. Đối với các hạt dầu có đường kính 80 đến 100 μm , vận tốc nổi lên của hạt bằng 1 đến 4 mm/s. Bể tách dầu loại ngang thường có từ hai ngăn trở lên. Chiều rộng của ngăn từ 2 đến 3 m; chiều sâu lớp nước 1,2 đến 1,5 m và thời gian lắng từ 2 giờ trở lên.

2.4.4. Lọc

Lọc được ứng dụng để tách các tạp chất phân tán có kích thước nhỏ khỏi nước thải mà các bể lắng không thể loại được chúng. Người ta tiến hành quá trình tách nhờ vách ngăn xốp, cho phép chất lỏng đi qua và giữ pha phân tán lại. Quá trình lọc có thể xảy ra dưới tác dụng của áp suất thủy tĩnh của cột chất lỏng hoặc áp suất cao trước vách ngăn hay áp suất chân không sau vách ngăn.

2.4.4.1. Lọc qua vách lọc

Việc lựa chọn vách lọc phụ thuộc vào tính chất nước thải, nhiệt độ, áp suất lọc và kết cấu thiết bị lọc.

Vách lọc thường được làm bằng thép tấm có đục lỗ hoặc lưới bằng thép không gỉ: nhôm, niken, đồng, đồng thau... và cả bằng các loại vải khác nhau (thủy tinh, amiăng, bông, len, sợi tổng hợp...). Vách lọc giữ các hạt cần có các tính chất sau: trở lực nhỏ, đủ bền và dẻo cơ học, đủ bền về hóa học, không bị trương nở và bị phá hủy ở điều kiện lọc cho trước. Người ta tiến hành quá trình lọc với việc tạo thành bã trên vách lọc hay sự vớt kín các lỗ của vách lọc.

Tùy theo cấu tạo và đặc tính của bã, người ta chia chúng làm hai loại: bã nén được và bã không nén được. Những bã nén được gồm các hạt bị biến dạng (chủ yếu là những chất vô định hình), đặc trưng bằng sự giảm độ hồng do bị nén chặt và tăng trở lực khi tăng chênh lệch áp suất. Ngược lại, ở các bã không nén được, độ hồng và trở lực đối với dòng chất lỏng trong quá trình lọc không bị thay đổi. Bã loại này thường có nguồn gốc là khoáng chất (cát, đá phấn, natri cacbonat...) với kích thước hạt lớn hơn 100 μm .

Năng suất của thiết bị lọc được xác định bởi tốc độ lọc, nghĩa là thể tích nước đi qua một đơn vị bề mặt lọc trong một đơn vị thời gian. Tốc độ lọc được tính theo biểu thức:

$$\frac{dv}{F \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_b + R_v)} \quad (2.39)$$

trong đó:

v - thể tích nước lọc sau khoảng thời gian τ , m^3 ;

F - diện tích bề mặt lọc, m^2 ;

τ - thời gian lọc, s;

ΔP - hiệu số áp suất, Pa;

μ - độ nhớt động lực nước lọc, Pa.s;

R_b và R_v - trở lực của lớp bã và của vách ngăn lọc, m^{-1} ;

Người ta có thể tiến hành quá trình lọc với hiệu số áp suất không đổi hoặc tốc độ lọc không đổi. Phương trình lọc khi chênh lệch áp suất không đổi có dạng:

$$\frac{dv}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \cdot r_0 \left(\frac{x_0 \cdot v}{F} + R_v \right)} \quad (2.40)$$

trong đó:

r_0 - trở lực riêng của bã, m^{-2} ;

x_0 - tỷ số giữa thể tích bã và thể tích nước trong.

Thời gian cần thiết để tạo thành bã ở chế độ lọc cho trước bằng :

$$\tau = \frac{\mu \cdot r_0 \cdot v}{F \left(\frac{x_0 \cdot v}{F} + R_v \right)} \quad (2.41)$$

Phương trình lọc khi tốc độ lọc không đổi sẽ là :

$$\Delta P = \frac{\mu \cdot r_0 \cdot v}{\tau \cdot F \left(\frac{x_0 \cdot v}{F} + R_v \right)} \quad (2.42)$$

vì tốc độ lọc $C = \frac{v}{F\tau}$ nên phương trình (2. 42) có dạng :

$$\Delta P = \mu \cdot r_0 \cdot C (x_0 \cdot C \cdot \tau + R_v) \quad (2.43)$$

Để lọc nước thải, người ta có thể sử dụng nhiều loại thiết bị lọc khác nhau. Yêu cầu cơ bản đối với thiết bị lọc là phải có hiệu suất tách tạp chất cao và tốc độ lọc lớn nhất. Người ta có thể phân loại thiết bị lọc theo nhiều cách: theo đặc tính quá trình như lọc gián đoạn và lọc liên tục; theo dạng của quá trình như làm đặc và lọc trong; theo áp suất trong quá trình lọc như lọc chân không (tới 0,085 MPa), lọc áp lực (từ 0,3 đến 1,5 MPa) hay lọc dưới áp suất thủy tĩnh của cột chất lỏng; hoặc theo chiều của dòng chảy như lọc chảy ngược, lọc chảy xuôi hay lọc chảy theo bên sườn.v.v...

Trong các hệ thống xử lý nước thải, người ta thường sử dụng các thiết bị lọc làm việc gián đoạn như loại thường lọc hút, lọc tấm, lọc ép và thiết bị lọc làm việc liên tục như lọc hình trống, lọc loại đĩa và lọc loại băng. Để lọc các loại huyền phù nhanh tạo thành bã, người ta thường dùng thiết bị lọc thùng quay chân không. Các thiết bị lọc loại đĩa phần lớn được dùng để lọc các loại huyền phù có tốc độ lắng của pha rắn không cao, cũng như các loại huyền phù dễ bay hơi, độ nhớt cao, dễ bị oxy hóa và độc hại.

Đặc tính của một số loại thiết bị lọc được tóm tắt trong bảng 2.7.

Bảng 2.7. Đặc tính của các thiết bị lọc làm việc gián đoạn và liên tục (6)

Các yếu tố ảnh hưởng tới việc lựa chọn thiết bị lọc	Thiết bị lọc gián đoạn			Thiết bị lọc liên tục		
	Lọc hút	Lọc tấm	Lọc ép	Lọc hình trống	Lọc đĩa	Lọc băng
Nồng độ ban đầu của huyền phù, % thể tích :						
≤ 0,5	1	2	2	-	-	-
≤ 1,0	2 - 3	1 - 2	1	-	-	-
≤ 15	4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	2	1
Khả năng nhận được nước lọc sạch	1 - 2	1	1	3	3	4
Khả năng rửa	4	3	2	1	-	2
Khả năng chế tạo từ thép chịu axit	1	4	4	1	4	3

Ghi chú : Các số thể hiện chỉ số kinh tế - kỹ thuật của các thiết bị lọc :

1 - cao; 2 - tốt; 3 - trung bình; 4 - thấp.

2.4.4.2. Bể lọc với lớp vật liệu lọc dạng hạt

Trong các quá trình làm sạch nước thải thường phải xử lý một lượng lớn nước, do đó người ta không cần sử dụng các thiết bị lọc với áp suất cao mà dùng các bể lọc với lớp vật liệu lọc dạng hạt. Vật liệu lọc có thể sử dụng là cát thạch anh, than cốc, hoặc sỏi nghiền, thậm chí cả than nâu, than bùn hoặc than gỗ. Lựa chọn loại vật liệu lọc tùy thuộc vào loại nước thải và điều kiện địa phương.

Đặc tính quan trọng của lớp hạt (môi trường xốp) là độ xốp và bề mặt riêng. Độ xốp phụ thuộc vào cấu trúc của môi trường xốp và liên quan không những chỉ với kích thước các hạt tạo thành lớp xốp mà cả với hình dạng và cách sắp đặt chúng. Nếu ký hiệu ϵ là độ xốp còn thể tích của hạt là V_h , khi đó :

$$\epsilon + V_h = 1$$

- khi $\epsilon = 0$, môi trường xốp trở thành vật đặc;

- khi $\epsilon = 1$, môi trường sẽ là vật xốp cực đại.

Bề mặt riêng của lớp vật liệu xốp được xác định bằng độ xốp của các hạt và hình dạng của chúng. Bề mặt riêng này được tính theo công thức :

$$a = 6(1 - \epsilon) \frac{\Psi}{d_{td}} \quad (2.44)$$

trong đó :

a - bề mặt riêng thể tích của lớp lọc. m^2/m^3 ;

Ψ - hệ số hình dạng hạt;

d_w - đường kính tương đương của hạt, m .

Cơ chế tách các hạt rắn khỏi nước có thể như sau :

1. Lọc qua để tách các hạt rắn hoàn toàn bằng nguyên lý cơ học;
2. Lắng trọng lực;
3. Bám giữ hạt rắn bằng quán tính;
4. Hấp phụ hóa học;
5. Hấp phụ vật lý;
6. Sự bám dính;
7. Lắng đông tụ;
8. Nuôi dưỡng sinh học.

Trong trường hợp tổng quát, các cơ chế này có thể xảy ra đồng thời và quá trình lọc gồm các giai đoạn sau :

1. Di chuyển các hạt tới bề mặt các chất tạo thành lớp lọc;
2. Gắn chặt các hạt vào bề mặt ;
3. Tách hạt bám dính ra khỏi bề mặt.

Theo cơ chế của sự giữ các hạt huyền phù, người ta phân biệt hai loại lọc:

1. Lọc qua màng lớp bã (các tạp chất cần tách) được tạo thành trên bề mặt lớp vật liệu lọc;
2. Lọc không tạo thành lớp màng các tạp chất.

Trong trường hợp đầu, các hạt có kích thước lớn hơn kích thước mao quản lớp vật liệu bị giữ lại và tạo thành lớp bã, cũng trở thành như lớp vật lọc. Các bể lọc chậm đặc trưng bởi quá trình này. Trong trường hợp thứ hai, quá trình lọc xảy ra trong bề dày lớp vật liệu lọc, các hạt tạp chất bị giữ lại trên bề mặt các hạt của vật liệu lọc bằng lực bám dính. Quá trình này đặc trưng cho thiết bị lọc nhanh. Đại lượng lực bám dính phụ thuộc vào các yếu tố độ lớn và hình dạng của hạt; độ nhám bề mặt và thành phần hóa học; tốc độ dòng chảy; nhiệt độ chất lỏng và tính chất của các tạp chất.

Các hạt bám dính thường xuyên chịu tác động của dòng chảy và cuối cùng sẽ bị bật ra khỏi bề mặt vật liệu lọc. Khi số hạt tới bề mặt lớp lọc trong một đơn vị thời gian bằng số hạt rời khỏi bề mặt đó, sự bão hòa bề mặt được thiết lập và nó không còn khả năng làm trong nước thải được nữa.

Động học của quá trình lọc và cân bằng vật chất được biểu thị bằng các phương trình sau :

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = bC - aq \quad (2.45a)$$

$$-\frac{\partial q}{\partial \tau} = -v \frac{\partial q}{\partial x} \quad (2.45b)$$

trong đó:

- C - nồng độ các chất lơ lửng trong nước thải;
- x - chiều dài đoạn "kênh" xảy ra quá trình tách tạp chất;
- a, b - các hằng số tốc độ bám dính và bứt ra của các hạt;
- q - nồng độ bã cặn;
- v - thể tích nước lọc sau thời gian τ .

Giải các phương trình này ta nhận được phương trình tổng quát của quá trình như sau:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \partial \tau} + av \frac{\partial C}{\partial x} + b \frac{\partial C}{\partial \tau} = 0 \quad (2.46)$$

Nghiệm của phương trình (2.46) có dạng chuỗi vô hạn.

Các chất lơ lửng khi đi qua lớp vật liệu sẽ làm giảm độ xốp và thay đổi bề mặt. Trở lực của lớp lọc tăng lên theo sự chảy qua của nước thải và tại thời điểm bất kỳ bằng:

$$h = \int_0^l i \cdot dl = i_0 \int_0^l \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - \Delta V_b} \right)^3 dl \quad (2.47)$$

$$i_0 = \frac{0,188 \Psi^2 \mu (1 - \varepsilon)^2}{d_{td}^2 \Delta V_b^3} \quad (2.48)$$

$$i = i_0 \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon - \Delta V_b} \right)^3 \quad (2.49)$$

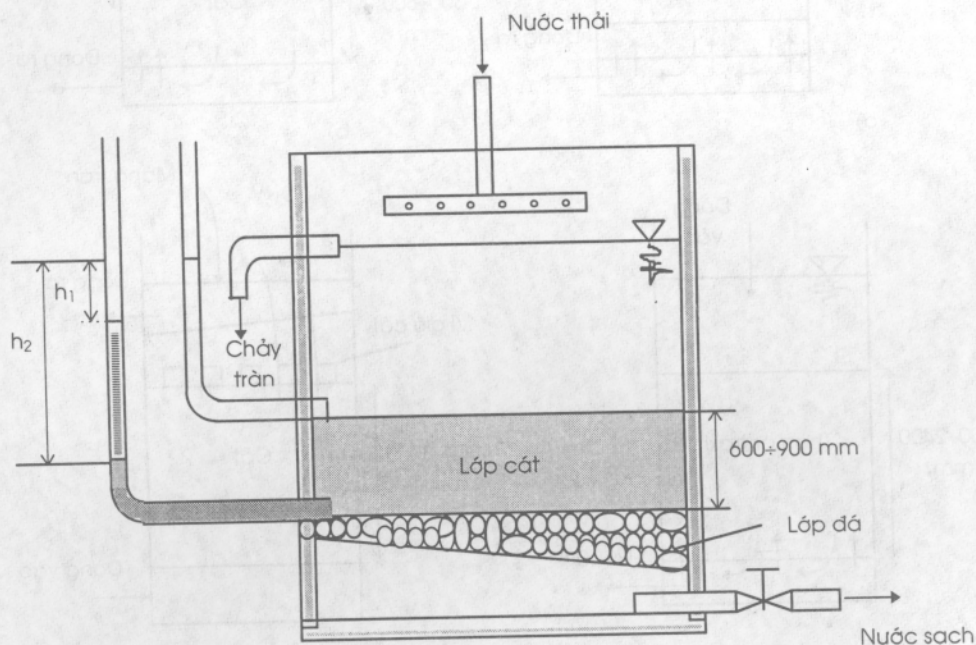
trong đó :

- h - trở lực lớp lọc;
- i_0 - trở lực của một đơn vị chiều dày lớp lọc khi nước sạch chảy qua;
- i - trở lực một đơn vị lớp lọc với các hạt bị giữ lại trong một thời điểm trung gian bất kỳ;
- ε - độ rỗng của lớp vật liệu lọc;
- V_b - thể tích riêng của bã cặn tích tụ trong lớp lọc;
- d_{td} - đường kính tương đương của hạt chất thải;
- Ψ - hệ số hình dạng của hạt chất thải.

Người ta chia các thiết bị lọc với lớp hạt ra thành lọc chậm, lọc nhanh, lọc hồ và lọc kín. Chiều cao lớp hạt trong bể lọc hồ bằng 1 đến 2 m, còn trong bể lọc kín bằng 0,5 đến 1 m. Áp suất nước trong các thiết bị lọc kín được tạo nhờ bơm.

2.4.4.3. Thiết bị lọc chậm

Người ta dùng bể lọc chậm để lọc nước thải không đông tụ. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của bể lọc chậm được trình bày trên hình 2.25. Tốc độ lọc trong các thiết bị này phụ thuộc vào nồng độ chất rắn lơ lửng. Khi nồng độ các hạt rắn bằng hoặc nhỏ hơn 25 mg/l có thể lấy tốc độ lọc bằng 0,2 đến 0,3 m/h, còn khi nồng độ các hạt rắn lơ lửng bằng 25 ÷ 30 mg/l thì tốc độ lọc sẽ chọn trong khoảng từ 0,1 đến 0,2 m/h.



Hình 2.25. Bể lọc chậm đơn giản hóa

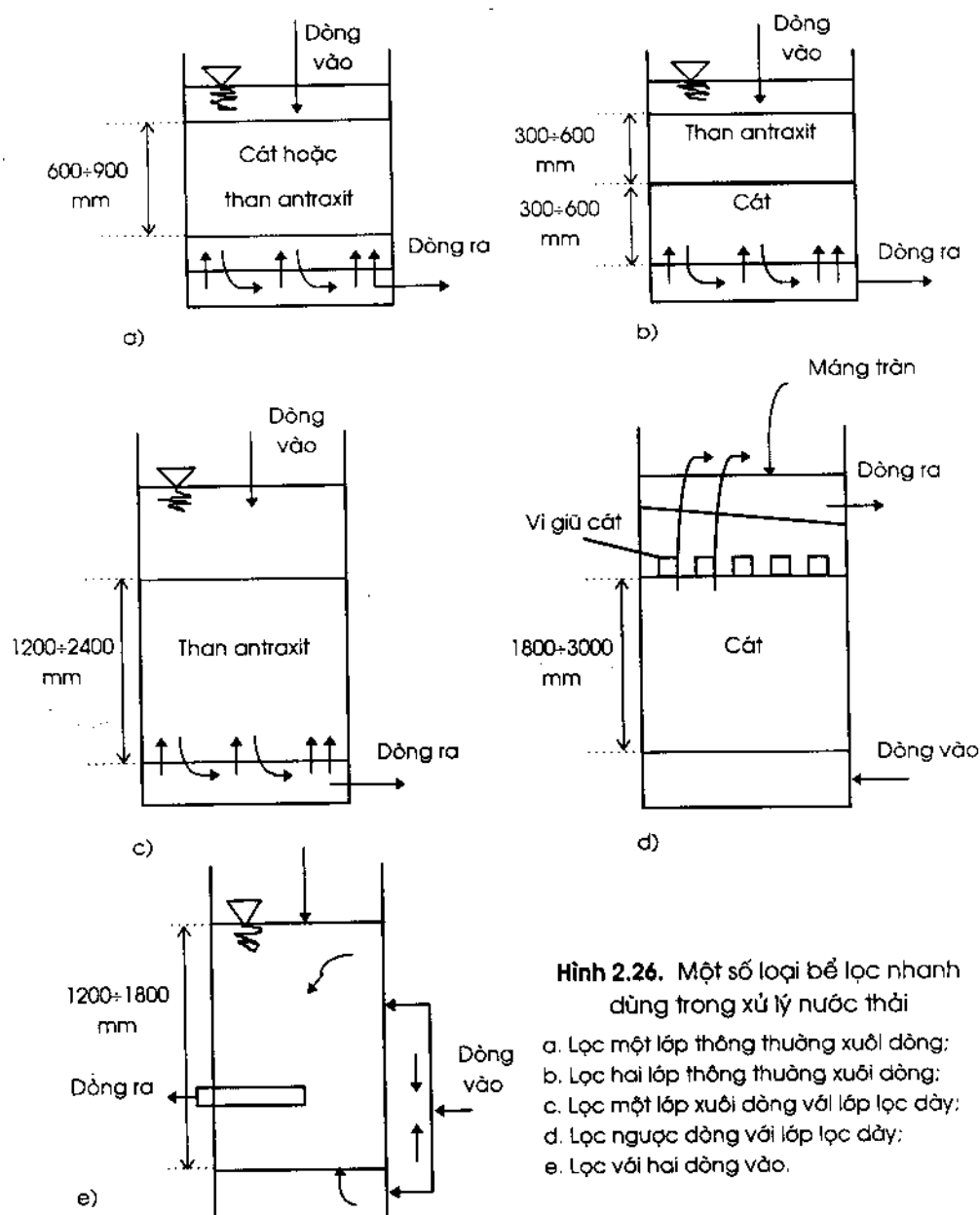
h_1 - trở lực khi môi trường lọc sạch; h_2 - trở lực khi môi trường lọc bị bẩn.

Bể lọc loại này làm việc sau 30 ngày trở lực của nó sẽ tăng lên đến 1 m cột nước, nên thường phải dùng để cạo đi 1,5 đến 4 cm lớp cát trên cùng. Khi lớp vật liệu lọc chỉ còn 40 cm thì cần bổ sung cát sạch vào.

Ưu điểm của bể lọc chậm là có khả năng làm sạch cao. Nhược điểm của loại bể này là kích thước lớn, giá thành cao, làm sạch bùn khó và phức tạp.

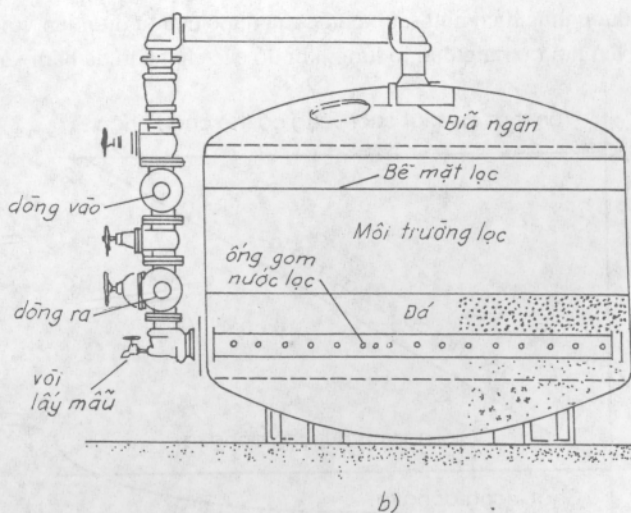
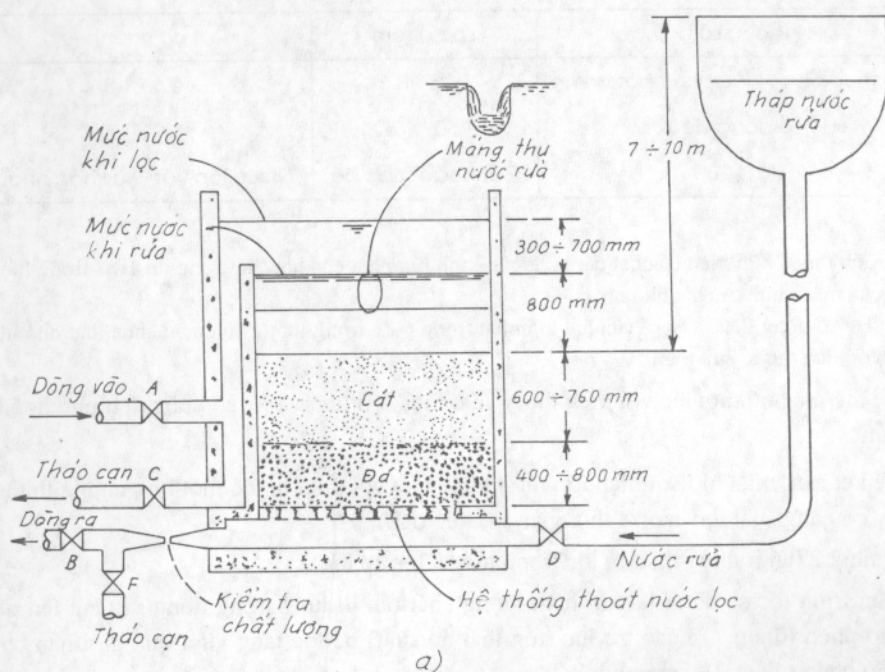
2.4.4.4. Thiết bị lọc nhanh

Trong bể lọc nhanh, lớp vật liệu lọc thường gồm các loại vật liệu khác nhau ở dạng hạt như cát, than antraxit... Lớp trên là lớp có kích thước hạt lớn hơn lớp dưới. Hình 2.26 minh họa một số loại bể lọc nhanh.



Hình 2.26. Một số loại bể lọc nhanh dùng trong xử lý nước thải

- Lọc một lớp thông thường xuôi dòng;
- Lọc hai lớp thông thường xuôi dòng;
- Lọc một lớp xuôi dòng với lớp lọc dày;
- Lọc ngược dòng với lớp lọc dày;
- Lọc với hai dòng vào.



Hình 2.27. Thiết bị lọc nhanh
a. Bể lọc trọng lực; b. Thiết bị lọc áp lực.

Các thông số điển hình của môi trường lọc có ghi trong bảng dưới đây :

Thông số	Lọc chậm	Lọc nhanh
Kích thước hữu hiệu* của hạt, mm	0,45 - 0,6	0,6 - 1,0
Hệ số đồng đều**	1,50 - 1,80	1,2 - 1,8
Vật liệu	Cát hoặc than đá	Nhiều lớp vật liệu khác nhau

Ghi chú :

(*) Kích thước hữu hiệu của hạt cát là đường kính lớn nhất của hạt cát, trong đó 10% trọng lượng của mẫu chứa các hạt nhỏ nhất;

(**) Hệ số đồng đều là tỷ số của hạt lớn nhất trong 60% trọng lượng của mẫu chứa hạt nhỏ nhất với kích thước hữu hiệu.

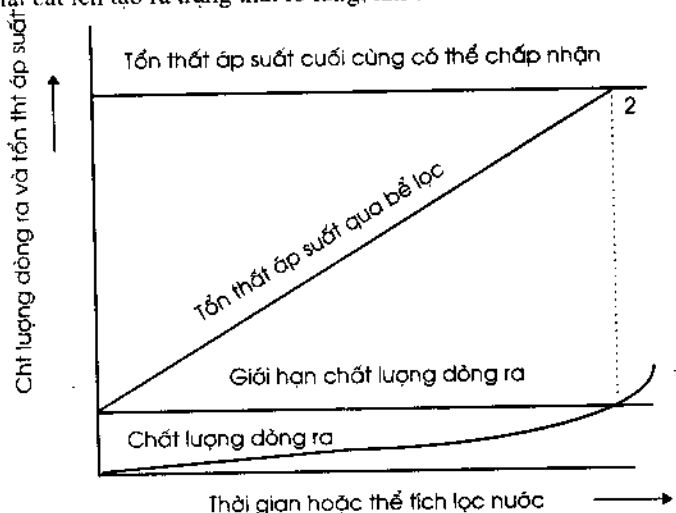
Bể lọc nhanh làm việc với kích thước hữu hiệu lớn hơn và hệ số đồng đều nhỏ hơn bể lọc chậm.

Về kết cấu, thiết bị lọc nhiều lớp rất ít khác biệt với thiết bị lọc một lớp, nhưng thiết bị loại này có năng suất lọc cao và thời gian lọc kéo dài.

Hình 2.27 giới thiệu thiết bị lọc trọng lực và lọc áp lực.

Quá trình lọc sẽ dừng lại khi hàm lượng chất rắn lơ lửng trong dòng ra tăng lên quá mức cho phép (điểm 1) hoặc trở lực (tổn thất áp suất) bể lọc tăng vượt quá giới hạn cuối cùng cho phép (điểm 2), xem hình 2.28.

Trong lọc nhanh, các chất bẩn nằm lại trong môi trường lọc được tách ra nhờ quá trình rửa. Quá trình này được thực hiện như sau : Nước rửa được đưa từ dưới lên với tốc độ rửa đủ lớn để nâng hạt cát lên tạo ra trạng thái lơ lửng, khi đó các chất bẩn đã bám vào vật liệu lọc



Hình 2.28. Đồ thị xác định thời gian lọc

Bảng 2.8. Số liệu điển hình trong thiết kế bể lọc hai hoặc nhiều lớp vật liệu lọc (5)

Đặc tính	Giá trị	
	Khoảng	Điển hình
(1)	(2)	(3)
Lọc hai lớp		
• Antraxit:		
- chiều sâu, mm	300 - 600	450
- kích thước hữu hiệu, mm	0.8 - 1.0	1.2
- hệ số đồng đều	1.3 - 1.8	1.6
• Cát:		
- chiều sâu, mm	150 - 300	300
- kích thước hữu hiệu, mm	0.4 - 0.8	0.55
- hệ số đồng đều	1.2 - 1.6	1.5
- tốc độ lọc, l/m ² .ph	80 - 400	200
Lọc nhiều lớp:		
• Antraxit (lớp trên cùng của môi trường lọc 4 lớp)		
- chiều sâu, mm	200 - 400	200
- kích thước hữu hiệu, mm	1.3 - 2.0	1.6
- hệ số đồng đều	1.5 - 1.8	1.6
• Antraxit (lớp thứ 2 của môi trường lọc 4 lớp)		
- chiều sâu, mm	100 - 400	200
- kích thước hữu hiệu, mm	1.0 - 1.6	1.2
- hệ số đồng đều	1.5 - 1.8	1.6
• Antraxit (lớp trên cùng của môi trường lọc 3 lớp)		
- chiều sâu, mm	200 - 500	400
- kích thước hữu hiệu, mm	1.0 - 2.0	1.4
- hệ số đồng đều, mm	1.4 - 1.8	1.6
Cát		
- chiều sâu, mm	200 - 400	250
- kích thước hữu hiệu, mm	0.4 - 0.8	0.5
- hệ số đồng đều	1.3 - 1.8	1.6
Garnet hoặc ilmenite		
- chiều sâu, mm	50 - 150	100
- kích thước hữu hiệu, mm	1.5 - 1.8	1.6
- tốc độ lọc, l/m ² .ph	80 - 400	200

sẽ được giải phóng ra. Cũng có thể rửa bằng thổi không khí trước để làm rạn nứt lớp cát, sau đó mới cấp nước rửa vào. Cường độ cấp không khí có thể từ 18 đến 22 l/m².s, còn nước từ 6 đến 7 l/m².s. Cũng có thể tiến hành quá trình rửa theo ba giai đoạn : trước tiên thổi không khí, sau đó là hỗn hợp không khí và nước, cuối cùng là nước rửa. Thời gian rửa kéo dài từ 5 đến 7 phút.

Ngày nay, ngoài các kỹ thuật lọc thông thường như lọc cát, lọc ép khung bản, hoặc lọc bằng thùng quay chân không. Nhiều kỹ thuật tiên tiến như vi lọc, lọc từ v.v., đã được phát triển và cũng được ứng dụng trong xử lý nước và nước thải. Việc lựa chọn thiết bị lọc để lọc nước thải tùy thuộc vào lượng nước cần xử lý, hàm lượng chất rắn và mức độ phân tán của chúng, các tính chất hóa lý của pha rắn, pha lỏng và mức độ cần làm sạch.

Bảng 2.8 và 2.9 giới thiệu một số số liệu điển hình có thể tham khảo trong thiết kế và vận hành bể lọc.

Bảng 2.9. Một số giá trị điển hình về tốc độ rửa ngược cần thiết cho các bể lọc (5)

Loại thiết bị lọc	Kích thước tối hạn của hạt môi trường lọc	Tốc độ rửa lớn nhất cần thiết	
		m ³ /m ² .ph	m/h
Lọc một lớp cát	2 mm	1,8 - 2,0	108 - 120
Lọc hai lớp (antraxit và cát)	Xem bảng 2.8	0,8 - 1,2	48 - 72
Lọc ba lớp (antraxit, cát garnet hoặc ilmenite)	Xem bảng 2.8	0,8 - 1,2	48 - 72

Tốc độ lọc có thể tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$v_f = \frac{0,242(d_{60\%})^{1,82} \times [\rho_n(\rho_c - \rho_n)]^{0,94}}{\mu^{0,88}}, \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$$

trong đó:

$d_{60\%}$ - (60% cát có kích thước (mm) bằng kích thước hữu hiệu) $\times$ (hệ số đồng đều);

ρ_c - khối lượng riêng của cát, kg/m³;

ρ_n - khối lượng của nước, kg/m³;

μ - độ nhớt của nước, Pa.s.

2.4.5. Tách các hạt rắn lơ lửng dưới tác dụng của lực ly tâm và lực nén

Người ta còn tách các hạt lơ lửng bằng cách tiến hành quá trình lắng chúng dưới tác dụng của các lực ly tâm trong các xyclon thủy lực hoặc máy ly tâm.

2.4.5.1. Xyclon thủy lực

Cấu tạo và nguyên lý làm việc của xyclon thủy lực xem ở hình 2.29.

Khi chất lỏng chuyển động quay tròn trong các xyclon thủy lực, lực ly tâm tác dụng lên các hạt rắn làm văng chúng ra thành. Ngoài ra còn có các lực sau cũng tác dụng lên

chúng như lực cản dòng chuyển động; trọng lực và lực quán tính. Khi tốc độ quay lớn thì lực quán tính rất nhỏ có thể bỏ qua, còn lực ly tâm sẽ lớn hơn trọng lực rất nhiều.

Tốc độ chuyển động của các hạt rắn trong chất lỏng dưới tác dụng của lực ly tâm phụ thuộc vào đường kính của hạt, hiệu số khối lượng riêng của các pha ($\Delta\rho$), độ nhớt μ_{nt} , khối lượng riêng ρ_{nt} của nước thải và gia tốc của trường ly tâm I , theo công thức sau:

$$v_{lt} = \frac{C^{0,385} d^m \rho_{nt}^{\frac{m-2}{3}} \Delta\rho^{\frac{m+1}{3}} I^{\frac{m-1}{3}}}{\mu_{nt}^{\frac{2m-1}{3}}} \quad (2.50)$$

trong đó :

C - hệ số tỷ lệ;

m - chỉ số mũ phụ thuộc vào chế độ thủy lực :

- đối với chế độ dòng $Re = v_{lt} \cdot d \cdot \rho / \mu_{nt} = 16 \rightarrow m = 2, C = 1,7 \cdot 10^{-4}$

- đối với chế độ chuyển tiếp $Re = 16 - 420 \rightarrow m = 1,2, C = 2,49 \cdot 10^{-3}$

- đối với chuyển động xoáy: $Re > 420 \rightarrow m = 5,36; C = 0,5$.

Hiệu suất làm việc của các xyclon thủy lực ngoài các tính chất vật lý của chất lỏng còn chịu ảnh hưởng của các thông số về kết cấu như đường kính, các ống dẫn nước thải vào và ra khỏi xyclon.

Ưu điểm của các xyclon thủy lực là cấu tạo đơn giản, tiện lợi, dễ vận hành, có năng suất cao và chi phí thấp. Xyclon thủy lực áp suất được dùng để lắng các tạp chất rắn, xyclon thủy lực áp suất thấp (hở) thường được dùng để tách các tạp chất lắng và nổi.

Người ta có thể bố trí các xyclon làm việc theo tổ hợp hoặc cấu tạo thành nhiều lớp để tăng hiệu suất tách.

Năng suất của xyclon thủy lực được xác định theo công thức sau:

$$Q = K_1 D \cdot d_v \sqrt{2g\Delta H} \quad (2.51)$$

trong đó :

K_1 - hệ số không thứ nguyên;

D - đường kính của xyclon, m;

d_v - đường kính ống vào, m;

ΔH - chênh lệch áp suất giữa ống ra và ống vào, Pa;

Năng suất của xyclon thủy lực nhiều lớp được tính như sau:

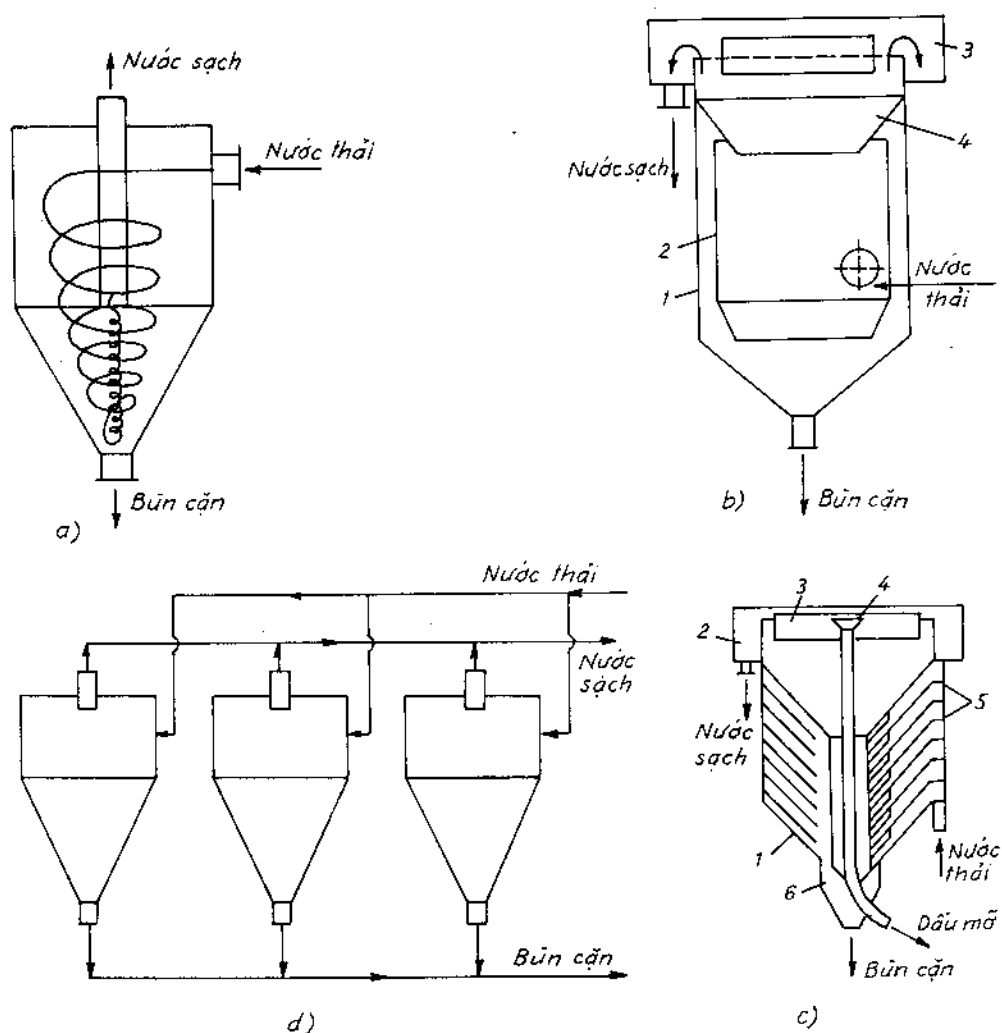
$$Q = 3,6\pi n(R^2 - r^2)w_1 \quad (2.52)$$

trong đó:

R - bán kính quay;

r - bán kính phễu tiếp nhận bùn cặn;

n - số lớp trong xyclon.



Hình 2.29. Các loại xyclon thủy lực

a. Loại áp lực

b. Loại xyclon có ống trụ bên trong và tấm chắn hình côn :

1. Thân thiết bị; 3. Khay vành khuyên; 2. Ống trụ; 4. Tấm chắn

c. Xyclon thủy lực nhiều tầng :

1. Tấm chắn hình côn; 2. Máng gom nước sạch; 3. Vách tràn; 4. Phễu gom dầu mỡ;

5. Máng phân phối; 6. Ống dẫn bùn cặn ra ngoài

d. Sơ đồ hệ thống xyclon áp lực.

2.4.5.2. Máy ly tâm

Để tách các hạt rắn ra khỏi nước thải cũng có thể sử dụng máy lọc ly tâm và máy lắng ly tâm.

Lọc ly tâm thực hiện nhờ quay tròn huyền phù trong thùng quay, chất lỏng chui qua lưới lọc hoặc vải lọc và các lỗ trên thân thùng ra ngoài, còn những hạt rắn được giữ lại trên lưới lọc hoặc vải lọc trên thành thùng, chúng sẽ được lấy ra ngoài bằng tay hoặc dao cạo.

Phương trình lọc ly tâm có dạng sau:

$$\frac{dv}{d\tau} = \frac{\rho_l \omega^2 (R^2 - r_0^2) \pi K_c L}{\mu \ln \frac{R}{r_0}} \quad (2.53)$$

còn chênh lệch áp suất trong máy ly tâm được xác định theo công thức sau:

$$\Delta P = \frac{\omega^2 \rho_L (R^2 - r_0^2)}{2} \quad (2.54)$$

trong đó :

- ρ_l - khối lượng riêng của chất lỏng;
- ω - vận tốc góc quay của thùng quay;
- R - bán kính roto;
- r_0 - bán kính trong của chất lỏng và lớp bã khi quay;
- K_c - hệ số tỷ lệ của lớp;
- L - chiều dài của thùng quay.

Lọc ly tâm được ứng dụng để tách huyền phù khi đòi hỏi bã có độ ẩm không cao và cần rửa triệt để.

Lắng ly tâm là quá trình phân riêng huyền phù nhờ lực thể tích của pha phân tán (các hạt rắn). Cấu tạo thùng ly tâm trong trường hợp này là thùng liền. Quá trình này gồm các quá trình vật lý là lắng các hạt rắn (theo nguyên lý của thủy động lực) và nén bã.

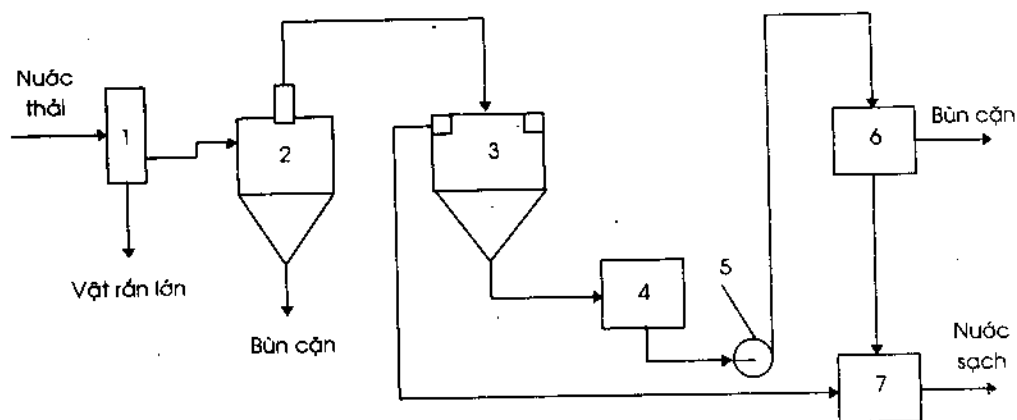
- Năng suất của máy ly tâm bằng:

$$Q = \frac{K \cdot V_l}{\tau_n} \quad (2.55)$$

trong đó:

- K - hệ số sử dụng thể tích tính toán của thùng quay;
- τ_n - thời gian lưu của huyền phù trong thùng quay;
- V_l - thể tích tính toán của thùng quay.

Sơ đồ làm sạch nước thải bằng máy ly tâm được minh họa trên hình 2.30.



Hình 2.30. Sơ đồ khối hệ thống thiết bị tách chất rắn ra khỏi nước thải bằng ly tâm

1. Lọc qua tấm chắn; 2. Xyclon thủy lực; 3. Làm đặc bùn bằng lắng; 4. Thùng chứa;
5. Bơm; 6. Máy ly tâm; 7. Thùng chứa;

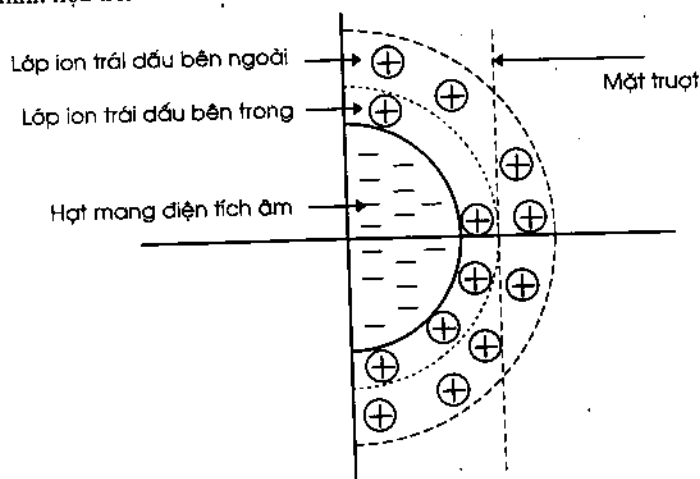
2.5. CÁC PHƯƠNG PHÁP HÓA LÝ

2.5.1. Đông tụ và keo tụ

Quá trình lắng chỉ có thể tách được các hạt rắn huyền phù nhưng không thể tách được các chất gây nhiễm bẩn ở dạng keo và hòa tan vì chúng là những hạt rắn có kích thước quá nhỏ. Để tách các hạt rắn đó một cách hiệu quả bằng phương pháp lắng, cần tăng kích thước của chúng nhờ sự tác động tương hỗ giữa các hạt phân tán liên kết thành tập hợp các hạt, nhằm làm tăng vận tốc lắng của chúng. Việc khử các hạt keo rắn bằng lắng trọng lực đòi hỏi trước hết cần trung hòa điện tích của chúng, thứ đến là liên kết chúng với nhau. Quá trình trung hòa điện tích thường được gọi là quá trình đông tụ (coagulation) còn quá trình tạo thành các bông lớn hơn từ các hạt nhỏ gọi là quá trình keo tụ (flocculation).

Trong tự nhiên, tùy theo nguồn gốc xuất xứ cũng như bản chất hóa học, các hạt cặn lơ lửng đều mang điện tích âm hoặc dương. Ví dụ, các hạt rắn có nguồn gốc silic, các hợp chất hữu cơ đều có điện tích âm, ngược lại các hydroxit sắt và nhôm mang điện tích dương. Khi thế cân bằng điện động của nước bị phá vỡ, các thành phần mang điện tích sẽ kết hợp hoặc dính kết với nhau bằng lực liên kết phân tử và điện từ, tạo thành một tổ hợp các phân tử, nguyên tử hoặc các ion tự do. Các tổ hợp trên được gọi là các hạt "bông keo" (flocs). Theo thành phần cấu tạo người ta chia chúng thành hai loại keo: keo kỵ nước (hydrophobic) là loại chống lại các phân tử nước và keo ưa nước (hydrophilic) là loại hấp thụ các phân tử nước như vi khuẩn, vi rút..., trong đó keo kỵ nước đóng vai trò chủ yếu trong công nghệ xử lý nước và nước thải.

Cơ chế của quá trình đông tụ hoàn toàn có thể giải thích đơn giản bằng mô hình hai lớp, như minh họa trên hình 2.31.

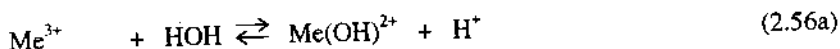


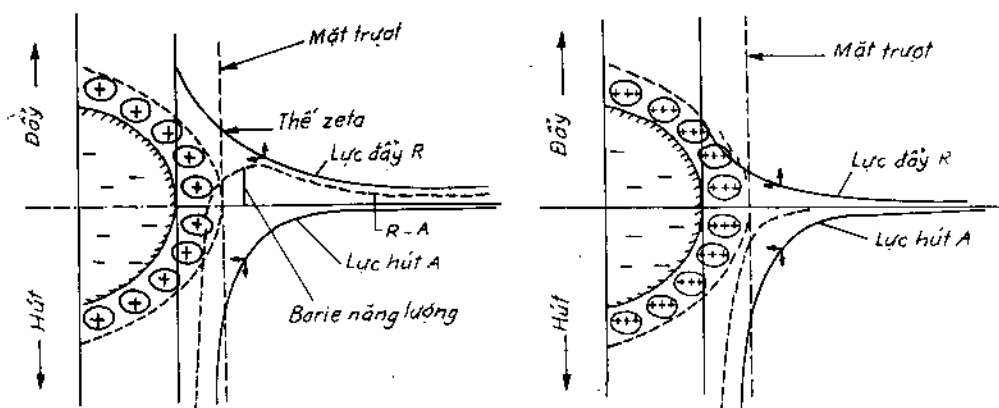
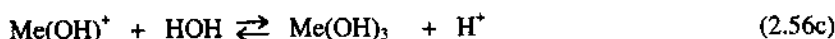
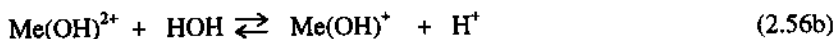
Hình 2.31. Điện tích trên hạt lơ lửng khi giải thích bằng lý thuyết hai lớp

Những hạt rắn lơ lửng mang điện tích âm trong nước sẽ hút các ion trái dấu. Một số các ion trái dấu đó bị hút chặt vào hạt rắn đến mức chúng chuyển động cùng hạt rắn, do đó tạo thành một mặt trượt. Xung quanh lớp ion trái dấu bên trong này là lớp ion bên ngoài mà hầu hết là các ion trái dấu, nhưng chúng bị hút bám vào một cách lỏng lẻo và có thể dễ dàng bị trượt ra. Khi các hạt rắn mang điện tích âm chuyển động qua chất lỏng thì điện tích âm đó bị giảm bởi các ion mang điện tích dương ở lớp bên trong. Hiệu số điện năng giữa các lớp cố định và lớp chuyển động gọi là thế zeta (ζ) hay thế điện động. Khác với thế nhiệt động E (là hiệu số điện thế giữa bề mặt hạt và chất lỏng). Thế zeta phụ thuộc vào E và chiều dày hai lớp, giá trị của nó sẽ xác định lực tĩnh điện đẩy của các hạt là lực cản trở việc dính kết giữa các hạt rắn với nhau.

Nếu như điện tích âm thực là điện tích đẩy như ở hình 2.32a và thêm vào đó tất cả các hạt còn có lực hút tĩnh điện - lực Van der Waals - do cấu trúc phân tử của các hạt. Tổng của hai loại điện tích này là điện tích đẩy thực hay là một hàng rào năng lượng cản trở các hạt rắn liên kết với nhau. Như vậy mục tiêu của đông tụ là giảm thế zeta - tức là giảm chiều cao hàng rào năng lượng này tới giá trị tới hạn, sao cho các hạt rắn không đẩy lẫn nhau bằng cách thêm các ion có điện tích dương. Như vậy trong đông tụ diễn ra quá trình phá vỡ ổn định trạng thái keo của các hạt nhờ trung hòa điện tích. Hiệu quả đông tụ phụ thuộc vào hóa trị của ion, chất đông tụ mang điện tích trái dấu với điện tích của hạt. Hóa trị của ion càng lớn thì hiệu quả đông tụ càng cao.

Quá trình thủy phân các chất đông tụ và tạo thành các bông keo xảy ra theo các giai đoạn sau:





Hình 2.32. Giảm điện tích thực trên hạt rắn bằng thêm các ion trái dấu hóa trị 3

Liều lượng của các chất đông tụ tùy thuộc vào nồng độ tạp chất rắn trong nước thải và được giới thiệu trong bảng 2.10.

Bảng 2.10. Liều lượng chất đông tụ ứng với hàm lượng khác nhau của tạp chất (6)

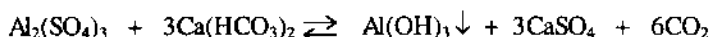
Nồng độ tạp chất trong nước, mg/l	Liều lượng chất đông tụ khan, mg/l
Từ 1 đến 100	25 + 35
101 + 200	30 + 45
201 + 400	40 + 60
401 + 600	45 + 70
601 + 800	55 + 80
801 + 1000	60 + 90
1001 + 1400	65 + 105
1401 + 1800	75 + 115
1801 + 2200	80 + 125
2201 + 2500	90 + 130

Các chất đông tụ thường dùng

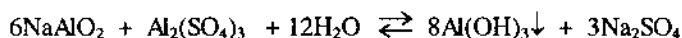
Các chất đông tụ thường dùng là các muối nhôm, sắt hoặc hỗn hợp của chúng. Việc lựa chọn chất đông tụ phụ thuộc vào các tính chất hóa lý, chi phí, nồng độ tạp chất trong nước, pH và thành phần muối trong nước. Trong thực tế người ta thường sử dụng các chất đông tụ sau: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, NaAlO_2 , $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Trong đó được dùng rộng rãi nhất là $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ bởi vì $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ hòa tan tốt trong nước, chi phí thấp và hoạt động có hiệu quả cao trong khoảng pH = 5 ÷ 7,5.

Trong quá trình đông tụ, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ tác dụng với canxi bicacbonat trong nước theo phản ứng sau:

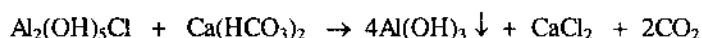


Trong phần lớn các trường hợp người ta sử dụng hỗn hợp NaAlO_2 và $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ theo tỉ lệ (10:1) ÷ (20:1). Phản ứng xảy ra như sau:

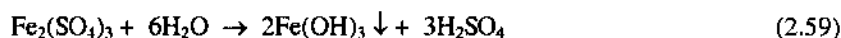
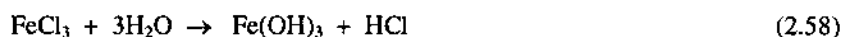


Việc sử dụng hỗn hợp muối trên cho phép tăng hiệu quả quá trình làm trong nước, tăng khối lượng và tốc độ lắng của các bông keo tụ, mở rộng khoảng pH tối ưu của môi trường.

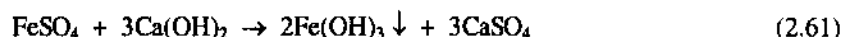
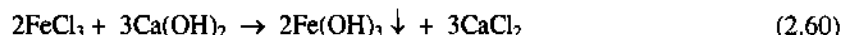
$\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ có độ axit thấp nên rất phù hợp để dùng làm sạch nước có độ kiềm yếu và quá trình được thực hiện nhờ phản ứng sau:



Các muối sắt : $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ và FeCl_3 , cũng thường được dùng làm chất đông tụ. Việc tạo thành bông keo diễn ra theo các phản ứng :



Trong điều kiện kiềm hóa xảy ra các phản ứng sau:



Các muối sắt được sử dụng làm chất đông tụ có nhiều ưu điểm hơn so với các muối nhôm, do :

- tác dụng tốt hơn ở nhiệt độ thấp;
- có khoảng giá trị pH tối ưu của môi trường rộng hơn;
- độ bền lớn và kích thước bông keo có khoảng giới hạn rộng của thành phần muối;
- có thể khử được mùi vị khi có H_2S .

Tuy nhiên các muối sắt cũng có những nhược điểm, chúng tạo thành các phức hòa tan nhuộm màu qua phản ứng của các cation sắt với một số hợp chất hữu cơ.

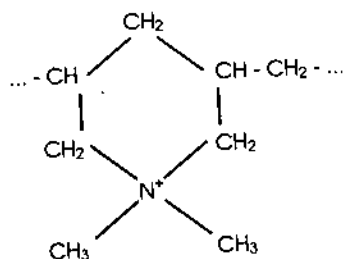
Người ta dùng thí nghiệm Jar-test để xác định liều lượng tối ưu của chất đông tụ trong quá trình xử lý nước và nước thải.

Để tăng cường quá trình tạo thành bông keo hydroxyt nhôm và sắt với mục đích tăng tốc độ lắng, người ta tiến hành quá trình keo tụ bằng cách cho thêm vào nước thải các hợp chất cao phân tử gọi là chất trợ đông tụ (flocculant). Việc sử dụng các chất trợ đông tụ cho phép hạ thấp liều lượng chất đông tụ, giảm thời gian quá trình đông tụ và nâng cao tốc độ lắng của các bông keo.

Để xử lý nước thải người ta dùng các chất keo tụ có nguồn gốc thiên nhiên hoặc tổng hợp. Các chất trợ đông tụ có nguồn gốc thiên nhiên thường dùng là tinh bột, dextrin $(C_6H_{10}O_5)_n$, các etc, xenlulo và dioxit silic hoạt tính $(xSiO_2.yH_2O)$.

Các chất trợ đông tụ tổng hợp thường dùng nhất là polyacrylamit : $(CH_2CHCONH_2)_n$. Tùy thuộc vào các nhóm ion khi phân ly mà các chất trợ đông tụ có điện tích âm hoặc dương (các chất trợ đông tụ loại anion hoặc cation): polyacrylic axit $(CH_2CHCOO)_n$ hoặc polydiallyldimetyl-amon.

Đa số chất bán hữu cơ, vô cơ dạng keo trong nước thải có điện tích âm và do đó nếu dùng các chất trợ đông tụ cation trước đó sẽ không cần phải đông tụ sơ bộ. Việc lựa chọn hóa chất, liều lượng tối ưu của chúng, trình tự cho vào nước...cũng đều phải được xác định bằng thực nghiệm. Thông thường liều lượng chất trợ đông tụ cho vào trong khoảng $1 \div 5$ mg/l.



Polydiallyldimetyl-amon

Để phản ứng diễn ra hoàn toàn và tiết kiệm, phải khuấy trộn đều hóa chất với nước thải. Thời gian nước lưu lại trong bể trộn khoảng 1 đến 5 phút. Tiếp đó thời gian cần thiết để nước thải tiếp xúc với hóa chất cho tới khi bắt đầu lắng dao động trong khoảng 20 đến 60 phút. Trong khoảng thời gian này các chất hóa học có tác dụng và sẽ diễn ra quá trình đông tụ và tạo bông.

Để khuấy trộn nước thải với hóa chất và tạo được bông keo, người ta dùng những loại thiết bị khuấy trộn khác nhau. Năng lượng cần thiết để chuyển động cánh khuấy trong nước tính theo công thức sau:

$$P = \frac{C_D \cdot A \cdot \rho \cdot v^3}{2} \quad (2.62)$$

trong đó:

P - năng lượng, N/s;

A - diện tích cánh khuấy, m^2 ;

ρ - khối lượng riêng của chất lỏng, kg/m^3 ;

v - vận tốc cánh khuấy đối với chất lỏng, m/s;

C_D - hệ số ma sát.

Gradient vận tốc sinh ra do việc đưa năng lượng từ bên ngoài vào thể tích nước V sẽ là:

$$G = \left(\frac{P}{V \cdot \mu} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.63)$$

trong đó:

G - gradient vận tốc, s^{-1} ;

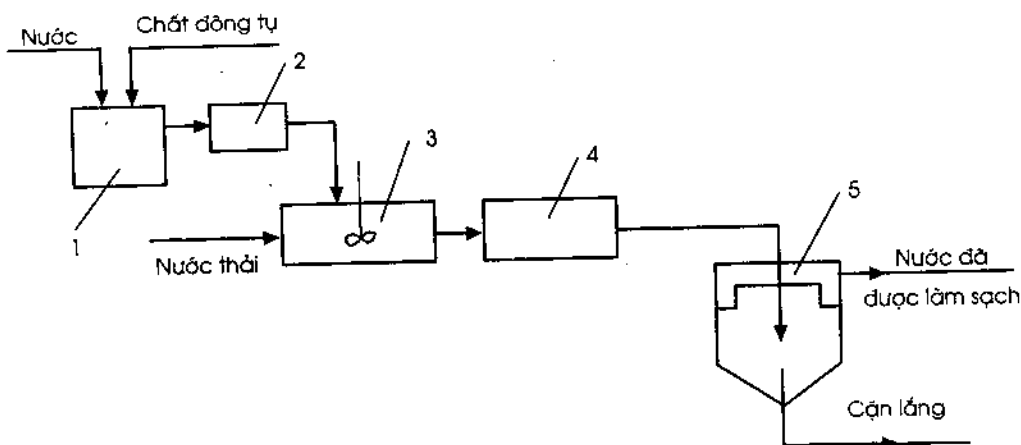
μ - độ nhớt của nước dyn.s/cm²;

V - thể tích của bể đông tụ, m³.

Trong đại đa số trường hợp, tiêu chuẩn yêu cầu trong thiết kế thường lấy G trong khoảng từ 30 đến 60 s⁻¹.

Thời gian cũng là một thông số quan trọng trong đông tụ. Trong thiết kế người ta thường chọn tích số G. τ , trong đó τ là thời gian lưu thủy lực trong bể đông tụ. Giá trị điển hình của tích số trên nằm trong khoảng 1×10^4 đến 1×10^5 .

Quá trình làm sạch nước thải bằng đông tụ và keo tụ gồm các giai đoạn: định lượng, khuấy trộn hóa chất với nước thải, tạo thành bông keo và lắng bông keo.

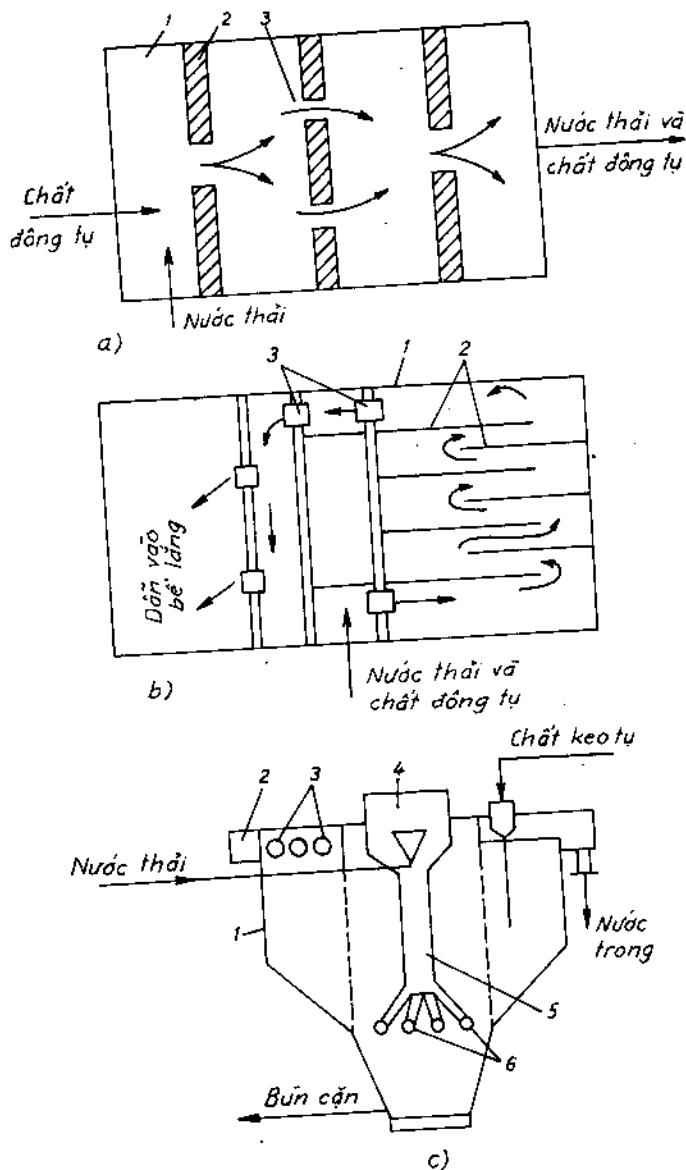


Hình 2.33. Sơ đồ thiết bị làm sạch nước thải bằng đông tụ

1. Bể chứa chuẩn bị dung dịch; 2. Thiết bị định lượng;
3. Bể khuấy trộn; 4. Bể tạo bông; 5. Bể lắng trong.

Để khuấy trộn chất đông tụ với nước thải người ta thường dùng các phương pháp khuấy thủy lực và khuấy cơ học. Có nhiều loại thiết bị khác nhau để tiến hành quá trình đông tụ. Hình 2.34 minh họa một số loại thiết bị điển hình.

Khoảng cách giữa hai vách ngăn bằng hai lần chiều rộng bể. Vận tốc nước trong bể vào khoảng 0,6 m/s, còn qua cửa thông vào khoảng 1 m/s. Thời gian lưu của nước trong bể khuấy trộn bằng khoảng 3 đến 5 phút. Vận tốc dòng nước trong loại b thường chọn bằng 0,2 đến 0,3 m/s.



Hình 2.34. Các thiết bị đông tụ

a. Loại khuấy bằng vách ngăn:

1. Kênh dẫn nước; 2. Vách ngăn có cửa thông; 3. Cửa tràn

b. Loại buồng ngăn tạo bông:

1. Kênh dẫn nước; 2. Vách ngăn; 3. Cửa tràn

c. Loại thiết bị đông tụ kết hợp với lắng trong:

1. Thân thiết bị; 2. Máng gom nước trong; 3. Cửa tràn nước trong ra;
4. Buồng tách không khí; 5. Ống trung tâm; 6. Ống phân phối nước thải

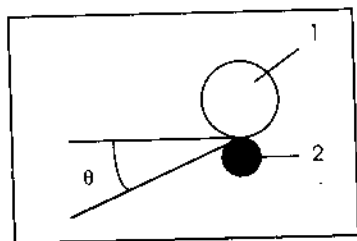
2.5.2. Tuyến nổi

Phương pháp tuyến nổi thường được sử dụng để tách các tạp chất (ở dạng hạt rắn hoặc lỏng) phân tán không tan, tự lắng kém ra khỏi pha lỏng. Trong một số trường hợp, quá trình này cũng được dùng để tách các chất hòa tan như các chất hoạt động bề mặt. Quá trình như vậy được gọi là quá trình tách bọt hay làm đặc bọt.

Trong xử lý nước thải, về nguyên tắc, tuyến nổi thường được sử dụng để khử các chất lơ lửng và làm đặc bùn sinh học. Ưu điểm cơ bản của phương pháp này so với phương pháp lắng là có thể khử được hoàn toàn các hạt nhỏ hoặc nhẹ, lắng chậm, trong một thời gian ngắn. Khi các hạt đã nổi lên bề mặt, chúng có thể được thu gom bằng bộ phận vớt bọt.

Quá trình tuyến nổi được thực hiện bằng cách sục các bọt khí nhỏ (thường là không khí) vào trong pha lỏng. Các khí đó kết dính với các hạt và khi lực nổi của tập hợp các bóng khí và hạt đủ lớn sẽ kéo theo hạt cùng nổi lên bề mặt, sau đó chúng tập hợp lại với nhau thành các lớp bọt chứa hàm lượng các hạt cao hơn trong chất lỏng ban đầu.

Trong trường hợp cần tách các hạt rắn kỵ nước, khi bóng khí dính chặt vào chúng sẽ tạo thành một đường bao là biên giới của pha rắn - lỏng - khí giới hạn diện tích dính của bọt khí. Đường tiếp tuyến với mặt bọt khí tại điểm tiếp xúc và bề mặt của hạt rắn tạo thành một góc θ (hình 2.35) gọi là góc biên của sự thấm ướt.



Hình 2.35. Sự kết dính của hạt rắn và bóng khí trong tuyến nổi

1. Bóng khí; 2. Hạt rắn.

Khả năng tạo thành tổ hợp tuyến nổi của các hạt - bọt khí, vận tốc của quá trình, độ bền vững của mối dính kết và thời gian tồn tại của tổ hợp trên phụ thuộc vào bản chất của hạt, vào đặc tính tác dụng tương hỗ của các tác nhân với bề mặt hạt và khả năng thấm ướt của bề mặt hạt. Năng lượng tạo thành tổ hợp bọt khí - hạt bằng:

$$A = \sigma (1 - \cos\theta)$$

trong đó σ là sức căng bề mặt của nước trên biên giới với khí.

Đối với hạt thấm ướt tốt $\theta \rightarrow 0$, $\cos\theta \rightarrow 1$, do đó độ bền vững của sự kết dính là nhỏ nhất, ngược lại đối với hạt không thấm nước độ bền vững đó là lớn nhất.

Xác suất kết dính của hạt với bóng khí phụ thuộc vào độ thấm ướt của hạt. Độ thấm ướt đó được đặc trưng bởi đại lượng góc biên θ . Góc biên thấm ướt càng lớn thì xác suất kết

đỉnh càng cao và độ bền vững của mối kết dính trên bề mặt càng lớn. Xác suất tạo thành tổ hợp bóng khí - hạt được xác định theo công thức:

$$X = \frac{n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot (R + r)^3 - n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}{V} = C_g \left[\left(1 + \frac{r}{R} \right)^3 - 1 \right] \quad (2.64)$$

trong đó:

n - số bóng khí có bán kính R trong thể tích nước V ;

r - bán kính của hạt;

C_g - nồng độ thể tích của pha khí :

$$C_g = \frac{n \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3}{V} \quad (2.65)$$

Môi trường tuyển nổi gồm nước, các bóng khí và các hạt rắn. Khối lượng riêng của môi trường này ρ^* được tính theo công thức sau :

$$\rho^* = \rho_l \cdot (1 - C_h - C_g) + \rho_h \cdot C_h + \rho_g \cdot C_g \quad (2.66)$$

trong đó:

ρ_l, ρ_h, ρ_g - khối lượng riêng của chất lỏng, của các hạt và của khí;

C_h - nồng độ thể tích của hạt trong nước;

C_g - nồng độ thể tích của khí trong nước.

Vận tốc chuyển động tương đối v_h của hạt và v_b của bóng khí với môi trường được xác định theo các công thức sau :

$$v_h = \frac{-\frac{2}{9} g \cdot r^2}{\mu_c \rho_l \left[(1 - C_h) \left(\frac{\rho_h}{\rho_l} - 1 \right) + C_g \right]} \quad (2.67)$$

$$v_b = \frac{\frac{1}{9} g \cdot R^2}{\mu_c \cdot \rho_l \left[1 + C_h \left(\frac{\rho_h}{\rho_l} - 1 \right) - C_g \right]} \quad (2.68)$$

trong đó:

g - gia tốc trọng trường;

μ_c - độ nhớt động lực học của môi trường tuyển nổi.

Tốc độ của quá trình tách các hạt bằng tuyển nổi được mô tả bằng phương trình phản ứng bậc một :

$$\frac{dC_h}{dt} = -K \cdot C_h \quad (2.69)$$

trong đó:

K - hệ số tốc độ tuyển nổi, phụ thuộc vào chế độ thủy động và kết cấu của thiết bị;

τ - thời gian.

Hiệu suất của quá trình tách các hạt bằng tuyển nổi được tính theo công thức sau:

$$\eta_{\text{tn}} = \frac{v_b \cdot T_1}{H_1} \left(1 - e^{-\alpha \cdot C_g \cdot v_b \cdot T} \right) \quad (2.70)$$

trong đó:

T_1 - thời gian lưu của chất lỏng trong thiết bị ;

$$T = T_1 + T_2 ;$$

T_2 - thời gian xử lý nước khi vào bể tuyển nổi;

H_1 - chiều cao của lớp chất lỏng trong thiết bị tuyển nổi;

α - số va chạm của bọt khí và hạt trên một đơn vị quãng đường.

Hiệu suất của quá trình tuyển nổi phụ thuộc vào số lượng bọt khí. Kích thước tối ưu của chúng nằm trong khoảng 15 đến 30 μm . Ở điều kiện như vậy nước cần đạt độ bão hòa không khí thật lớn, hay nói một cách khác, nước cần chứa một lượng lớn không khí. Song ta biết rằng độ hòa tan của không khí vào trong nước tỷ lệ thuận với áp suất và tỷ lệ nghịch với nhiệt độ. Bảng 2.11 cho một số giá trị độ hòa tan của không khí ở các nhiệt độ khác nhau trong điều kiện áp suất khí quyển.

Bảng 2.11. Độ hòa tan của không khí ở áp suất khí quyển tại các nhiệt độ khác nhau(5)

Nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30
Độ hòa tan của không khí trong nước, ml/l	29,2	22,8	18,7	15,7

Mặt khác, lượng không khí tiêu tốn riêng sẽ giảm khi hàm lượng hạt rắn cao, vì khi đó xác suất va chạm và kết dính giữa các hạt sẽ tăng lên. Tùy thuộc vào khối lượng riêng của vật liệu, quá trình tuyển nổi sẽ có hiệu suất tách cao đối với các hạt có kích thước từ 0,2 đến 1,5 mm.

Trong quá trình tuyển nổi, việc ổn định kích thước bọt khí có ý nghĩa quan trọng. Để đạt mục đích này đôi khi người ta bổ sung thêm vào nước các chất tạo bọt có tác dụng làm giảm năng lượng bề mặt phân pha như đầu bạch dương, cresol, natri alkylsilicat, phenol...

Điều kiện tốt nhất để tách các hạt trong quá trình tuyển nổi là khi tỷ số giữa lượng pha khí và pha rắn $G_k/G_r = 0,01 \div 0,1$. Tỷ số này được xác định theo công thức sau:

$$\frac{G_k}{G_r} = \frac{1,3b(f \cdot P - 1)Q_1}{C_r Q} \quad (2.71)$$

trong đó:

G_k/G_r - tỷ số giữa lượng không khí và khối lượng hạt rắn, ml không khí/mg chất rắn;

- f - độ bão hòa của không khí trong nước ở áp suất P, thường bằng 0,5 - 0,8;
 b - độ hòa tan của không khí trong nước ở áp suất khí quyển, ml/l;
 P - áp suất tuyệt đối, tại đó nước được bão hòa bằng không khí, at.

Áp suất tuyệt đối có thể tính theo các công thức sau:

- theo hệ SI :
$$P = \frac{p + 101,35}{101,35}$$

- theo hệ Mỹ :
$$P = \frac{p + 14,7}{14,7}$$

trong đó:

- p - số đo của áp kế, kPa;
 Q_1 - lưu lượng nước được bão hòa không khí, m³/h;
 Q - lưu lượng nước thải, m³/h;
 C_r - nồng độ chất rắn trong nước thải, mg/l;

Hệ số 1,3 trong công thức (2.71) là trọng lượng tính theo mg của một ml không khí;
 Hằng số (-1) trong công thức trên là yếu tố tính đến hệ thống làm việc ở điều kiện khí quyển.

Như vậy trong trường hợp tất cả dòng nước thải được bão hòa không khí và quá trình tuyển nổi không có tuần hoàn, khi đó có:

$$\frac{G_k}{G_r} = \frac{1,3b(f.P - 1)}{C_r} \quad (2.72)$$

còn trong trường hợp chỉ có dòng tuần hoàn được bão hòa không khí, tỷ số đó được tính theo công thức:

$$\frac{G_k}{G_r} = \frac{1,3b(f.P - 1)R}{C_r \cdot Q} \quad (2.73)$$

trong đó R - lưu lượng dòng tuần hoàn, m³/h.

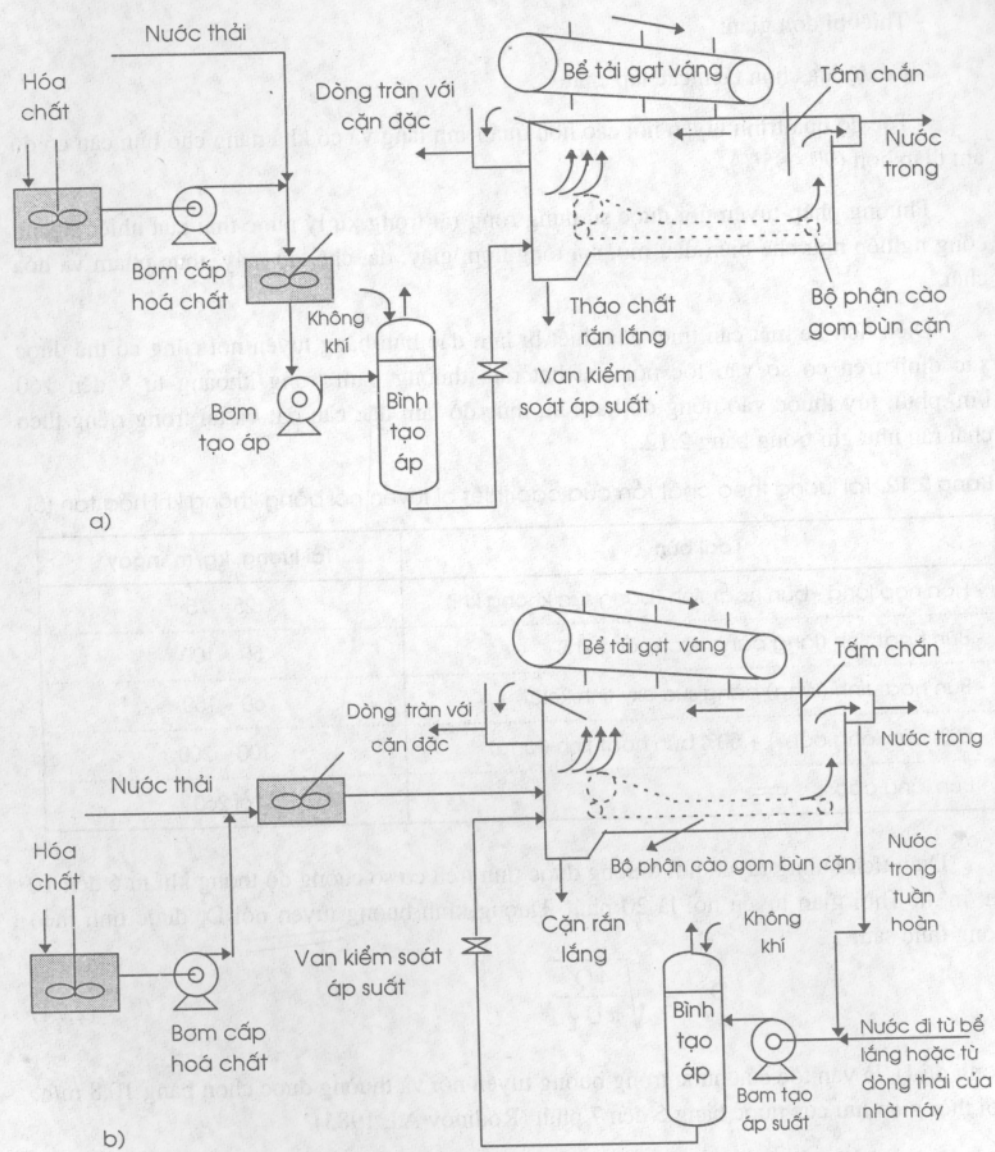
Trong xử lý nước thải, người ta phân biệt các phương pháp tuyển nổi như sau:

- Tuyển nổi bằng việc tách không khí từ dung dịch.
- Tuyển nổi phân tán không khí bằng phương pháp cơ học.
- Tuyển nổi bằng cấp không khí qua đầu khuếch tán bằng vật liệu xốp.
- Tuyển nổi điện và tuyển nổi hóa học.

Tác nhân thông dụng nhất trong các phương pháp tuyển nổi xử lý nước thải là không khí. Không khí được cấp vào nước và tạo bọt theo các phương thức sau :

- Sục không khí vào nước ở áp suất cao, sau đó giảm áp - gọi là tuyển nổi bằng không khí hòa tan.

- Sục khí ở áp suất khí quyển gọi là tuyển nổi bằng không khí.
- Bão hòa không khí ở áp suất khí quyển sau đó thoát khí ra khỏi nước ở áp suất chân không gọi là tuyển nổi chân không.



Hình 2.36. Hệ thống tuyển nổi bằng không khí hòa tan
a. Không có tuần hoàn; b. Có tuần hoàn

Phương pháp tuyển nổi có những ưu điểm nổi bật sau:

- Do quá trình thực hiện liên tục và có phạm vi ứng dụng rộng rãi;
- Vốn đầu tư và chi phí vận hành không lớn;
- Thiết bị đơn giản;
- Có độ lựa chọn tách các tạp chất;
- Tốc độ quá trình tuyển nổi cao hơn quá trình lắng và có khả năng cho bùn cặn có độ ẩm thấp hơn (90 - 95%).

Phương pháp tuyển nổi được sử dụng rộng rãi trong xử lý nước thải của nhiều ngành công nghiệp như chế biến dầu mỏ, sợi tổng hợp, giấy, da, chế tạo máy, thực phẩm và hóa chất.

Diện tích bề mặt cần thiết của thiết bị làm đặc bùn bằng tuyển nổi cũng có thể được xác định trên cơ sở vận tốc nổi của hạt rắn, thường nằm trong khoảng từ 8 đến 160 l/m².phút, tùy thuộc vào nồng độ hạt rắn, mức độ làm đặc cần đạt và tải trọng riêng theo chất rắn như ghi trong bảng 2.12.

Bảng 2.12. Tải lượng theo chất rắn của các thiết bị tuyển nổi bằng không khí hòa tan (5)

Loại bùn	Tải lượng, kg/m ³ .ngày
- Hỗn hợp lỏng - bùn hoạt tính (bằng sức không khí)	25 ÷ 75
- Bùn hoạt tính (lắng bằng sức không khí)	50 ÷ 100
- Bùn hoạt tính (lắng) bằng sức oxy tinh khiết	60 ÷ 150
- 50% bùn lắng cấp 1 + 50% bùn hoạt tính (lắng)	100 ÷ 200
- Bùn lắng cấp 1	tới 260

Diện tích buồng tuyển nổi thường được tính trên cơ sở cường độ thông khí từ 6 đến 10 m³/m².h. Thời gian tuyển nổi là 20 phút. Đường kính buồng tuyển nổi D_k được tính theo công thức sau:

$$D_k = \sqrt{\frac{4Q}{\pi U_k}} \quad (2.74)$$

trong đó U_k là vận tốc của nước trong buồng tuyển nổi và thường được chọn bằng 10,8 m/h, với thời gian lưu của nước bằng 5 đến 7 phút (Rodinov A.I, 1985).

Đường kính của thiết bị tuyển nổi kết hợp với bể lắng được xác định từ biểu thức:

$$D_{tn} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi U_0} + D_k^2} \quad (2.75)$$

trong đó U_0 là vận tốc của nước trong vùng lắng, thường chọn bằng 4,7 m/h.

Kích thước thiết kế điển hình của một số bể tuyển nổi được trình bày trong bảng 2.13. Một số loại thiết bị tuyển nổi được minh họa trên hình 2.37.

Bảng 2.13. Các kích thước cơ bản của thiết bị tuyển nổi có bể lắng ở các năng suất khác nhau (Rodinov. A.), 1985)

Năng suất m ³ /h	Buồng tuyển nổi		Kích thước chung	
	Đường kính D_k , m	Chiều cao H_k , m	Đường kính D_k , m	Chiều cao H_k , m
150	3	1,5	6	3
300	4,5	1,5	9	3
600	6,0	1,5	12	3
900	7,5	1,5	15	3

Trong tuyển nổi bằng sức khí qua tấm sứ hay đầu khuếch tán bằng vật liệu xốp sẽ tạo ra bọt khí nhỏ và kích thước của nó được tính theo công thức sau:

$$R = 6\sqrt{r^2 \cdot \sigma} \quad (2.76)$$

trong đó:

R và r - đường kính bọt khí và đường kính lỗ;

σ - sức căng bề mặt của nước.

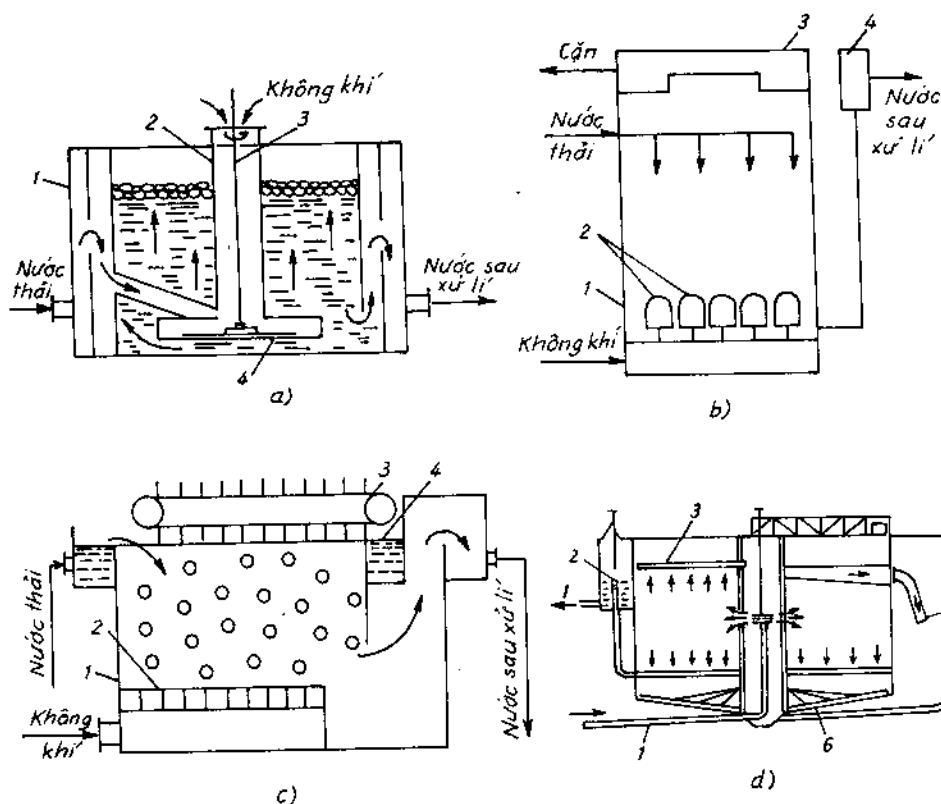
Áp suất cần thiết để thắng sức căng bề mặt được xác định theo công thức Laplace:

$$\Delta P = \frac{4\sigma}{r} \quad (2.77)$$

Phương pháp tuyển nổi này so với các phương pháp khác có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, chi phí năng lượng thấp; nhược điểm là các lỗ mao quản hay bị bẩn và tắc, khó chọn vật liệu có kích thước mao quản giống nhau để bảo đảm tạo thành các bọt khí có kích thước đồng đều.

Hiệu suất quá trình tuyển nổi bằng sức không khí phụ thuộc vào kích thước lỗ xốp, áp suất không khí và lưu lượng khí, thời gian thực hiện quá trình và mức nước trong thiết bị tuyển nổi.

Theo kinh nghiệm, kích thước của lỗ thường lấy từ 4 đến 20 μm , áp suất không khí từ 0,1 đến 0,2 MPa; lưu lượng không khí từ 40 đến 70 m³/m²h, thời gian tuyển nổi từ 20 đến 30 phút và mức nước trong buồng tuyển nổi từ 1,5 đến 2,0 m.



Hình 2.37. Một số loại thiết bị tuyển nổi

a. Cấp không khí bằng phương pháp cơ học:

1. Buồng tuyển nổi; 2. Cấp khí; 3. Trụ; 4. Cánh quạt

b. Cấp không khí qua đầu khuếch tán bằng vật liệu xốp:

1. Buồng tuyển nổi; 2. Đầu khuếch tán; 3. Rãnh gom cặn;

4. Bộ phận điều chỉnh mức chất lỏng

c. Cấp khí qua tấm lọc:

1. Buồng tuyển nổi; 2. Tấm lọc; 3. Cào bã; 4. Rãnh gom cặn

d. Thiết bị tuyển nổi theo phương bán kính:

1. Ống tháo nước trong; 2. Thiết bị điều chỉnh mức chất lỏng; 3. Bộ phận gạt bọt;

4. Ống tháo cặn lỏng; 5. Ống tháo cặn được làm đặc bằng tuyển nổi;

6. Bộ phận cào cặn lỏng; 7. Ống dẫn hỗn hợp không khí - chất thải lỏng

2.5.3. Hấp phụ

Phương pháp hấp phụ được dùng rộng rãi để làm sạch triệt để nước thải khỏi các chất hữu cơ hòa tan sau khi xử lý sinh học cũng như xử lý cục bộ khi trong nước thải có chứa một hàm lượng rất nhỏ các chất đó. Những chất này không phân hủy bằng con đường sinh

học và thường có độc tính cao. Nếu các chất cần khử bị hấp phụ tốt và khi chi phí riêng lượng chất hấp phụ không lớn thì việc ứng dụng phương pháp này là hợp lý hơn cả.

2.5.3.1. Cơ sở của quá trình hấp phụ

Cơ sở của quá trình hấp phụ có thể tham khảo trong giáo trình "Quá trình và Thiết bị Công nghệ Hóa học".

Trong xử lý nước thải, khi các chất được hấp phụ tốt bằng than hoạt tính, đường hấp phụ đẳng nhiệt của hệ này có dạng lồi, còn khi các chất bị hấp phụ kém đường này có dạng lõm. Các đường hấp phụ đẳng nhiệt của các chất nằm trong nước thải thường được xác định bằng thực nghiệm. Tuy nhiên cũng có thể tính gần đúng theo công thức sau :

$$a = \frac{a_{\infty} K_w C_p}{\frac{V_{H_2O}^*}{V_i^*} + K_w C_p} \quad (2.78)$$

trong đó :

a - độ hấp phụ riêng, Mmol/g;

a_{∞} - độ hấp phụ riêng cực đại, Mmol/l;

K_w - tích số ion của nước :

$$K_w = \frac{K_a}{55,5}$$

K_w - hằng số cân bằng của quá trình hấp phụ;

$V_{H_2O}^*$, V_i^* - thể tích mol của nước và của chất bị hấp phụ;

C_p - nồng độ cân bằng, Mmol/l.

Nếu trong nước thải có một số cấu tử thì để xác định khả năng hấp phụ chúng cùng một lúc, người ta sẽ xác định năng lượng tự do vi phân chuẩn ΔF^0 và xác định hiệu số giữa giá trị cực đại và cực tiểu của nó :

- khi $\Delta F_{\max}^0 - \Delta F_{\min}^0 \leq 10,5 \text{ kJ/mol}$ có khả năng hấp phụ đồng thời tất cả các cấu tử;

- khi điều kiện trên không được bảo đảm thì phải tiến hành làm sạch theo nhiều bậc nối tiếp nhau.

Tốc độ quá trình hấp phụ phụ thuộc vào nồng độ, bản chất và cấu trúc của các chất tan, nhiệt độ của nước, loại và tính chất của các chất hấp phụ.

Trong trường hợp tổng quát, quá trình hấp phụ gồm ba giai đoạn:

- Di chuyển chất cần hấp phụ từ nước thải tới bề mặt hạt hấp phụ (vùng khuếch tán ngoài);
- Thực hiện quá trình hấp phụ;
- Di chuyển chất bên trong hạt chất hấp phụ (vùng khuếch tán trong).

Trong đó tốc độ của chính quá trình hấp phụ là lớn và không hạn định tốc độ chung của quá trình. Do đó giai đoạn quyết định vận tốc quá trình ở đây có thể là giai đoạn khuếch tán ngoài hay khuếch tán trong. Trong một số trường hợp, quá trình hấp phụ được hạn định bởi cả hai giai đoạn này.

Trong vùng khuếch tán ngoài, tốc độ chuyển khối chủ yếu do cường độ xoáy của dòng quyết định, nghĩa là trước hết phụ thuộc vào vận tốc dòng chất lỏng.

Trong vùng khuếch tán trong, cường độ chuyển khối phụ thuộc vào loại, kích thước mao quản của chất hấp thụ, hình dạng và kích thước hạt của nó, kích thước phân tử của chất bị hấp thụ, hệ số dẫn khối.

Khi xác định chế độ tối ưu cho quá trình hấp phụ làm sạch nước thải, cần tính đến tất cả những điều kiện trên. Hợp lý nhất là tiến hành quá trình ở chế độ thủy động mà nó được hạn định trong vùng khuếch tán trong. Khi thay đổi cấu trúc của chất hấp thụ và giảm kích thước hạt có thể giảm trở lực của vùng đó. Để tính toán sơ bộ thường chấp nhận các giá trị sau: vận tốc chất lỏng $\omega = 1,8$ m/h và đường kính tương đương của hạt chất hấp phụ $d_{tđh} = 2,5$ mm. Khi ω và $d_{tđh}$ nhỏ hơn các giá trị trên, quá trình sẽ bị hạn định bởi vùng khuếch tán ngoài và khi lớn hơn các giá trị đó thì quá trình sẽ bị hạn định bởi khuếch tán trong.

• Các chất hấp phụ

Người ta thường dùng than hoạt tính, các chất tổng hợp hoặc một số chất thải của sản xuất như xỉ tro, xỉ, mạt sắt và các chất hấp phụ bằng khoáng chất như đất sét, silicagen, keo nhôm. Các hydroxit kim loại ít được sử dụng để hấp phụ các chất khác nhau trong nước thải vì năng lượng tác dụng tương hỗ của chúng với các phân tử của nước rất lớn, đôi khi cao hơn cả năng lượng hấp phụ. Than hoạt tính là chất hấp phụ thông dụng nhất. Đặc tính của một số chất hấp phụ được trình bày trong bảng 2.14.

2.5.3.2. Hệ thống thiết bị hấp phụ

Quá trình làm sạch nước thải bằng hấp phụ được tiến hành ở điều kiện khuấy trộn mãnh liệt chất hấp phụ với nước, hoặc lọc nước thải qua lớp chất hấp phụ hay trong lớp lỏng giả trong các hệ thống thiết bị làm việc gián đoạn và liên tục. Khi tiến hành quá trình này có sự khuấy trộn chất hấp phụ với nước, người ta thường sử dụng than hoạt tính ở dạng hạt có kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 0,1 mm.

Quá trình hấp phụ có thể tiến hành một bậc hoặc nhiều bậc. Hấp phụ một bậc ở trạng thái tĩnh được ứng dụng trong trường hợp khi chất hấp phụ có giá thành thấp hoặc là chất thải sản xuất. Tuy nhiên khi quá trình tiến hành trong hệ thống nhiều bậc sẽ có hiệu quả cao hơn (hình 2.38).

Hình 2.38a trình bày hệ thống thiết bị hấp phụ khi cho chất hấp phụ vào nối tiếp nhau. Trong sơ đồ này lượng chất hấp phụ cần thiết cho vào bậc thứ nhất để giảm nồng độ chất gây nhiễm bẩn từ C_0 đến C_1 , sau đó tách chất hấp phụ ra bằng thiết bị lắng hay lọc 2, còn nước thải được chuyển tiếp sang bậc thứ 2. Ở đây người ta cho chất hấp phụ mới vào. Kết thúc quá trình hấp phụ ở bậc 2, nồng độ của chất gây nhiễm bẩn trong nước giảm xuống từ C_1 đến C_2 , ...

Bảng 2.14. Các đặc tính của một số than hoạt tính của Liên xô cũ (t)

Môc	Thể tích, cm ³ /g				Bề mặt, m ² /g		Đường kính, mm	Mật độ đồ đồng, kg/m ³	Độ bền theo MUC, %
	Tổng	Mao quản micro	Mao quản trung gian	Mao quản macro	Tổng	Mao quản trung gian			
OY - A	2,38	0,26	0,27	1,78	805	138	-	-	-
OY - B		0,39	0,21	-	-	138	-	-	-
KAD - nghiền vụn	0,42	0,11	-	-	-	64	-	-	-
AG - 2	0,60	0,30	0,05	0,25	-	33	1,5 - 2	600	65 - 70
AG - 3	0,80-1,06	0,32-0,42	0,12-0,16	0,41-0,52	-	-	1,5-2,8	450	75
AG - 5	0,90-1,06	0,3-0,43	0,17	0,46	-	-	1 - 1,5	450	75
KAD - iot	1	0,34	0,15	0,51	977	110	2,5	380 - 450	60
CKT	0,98	0,51	0,2	0,27	-	108	1,5 - 2	420	65
CKT - 3	0,80	0,46	0,09	0,25	-	-	20 - 55	420 - 470	70
AP - 3	0,70	0,33	0,07	0,30	-	48	2,7 - 5,5	550	65 - 75
	1,5	0,25-0,39	0,08	0,19-0,21	-	50-60	1-5	220-350	
	1,2-1,45	0,17	0,04	1,23	-	30	0,5-1,5	230	

Lượng chất hấp phụ cho quá trình một bậc được xác định từ phương trình cân bằng vật liệu:

$$m = \frac{Q(C_d - C_c)}{a} \quad (2.79)$$

trong đó:

m - lượng chất hấp phụ tiêu tốn;

Q - thể tích nước lọc;

C_d, C_c - nồng độ đầu, cuối của chất gây nhiễm bẩn trong nước thải;

a - hệ số hấp phụ.

Nồng độ chất nhiễm bẩn trong nước thải sau bậc làm sạch thứ n sẽ bằng:

$$C_n = \left(\frac{Q}{Q + k \cdot m} \right)^n C_d \quad (2.80)$$

k - hệ số phân bố, tính theo công thức:

$$k = \frac{a_t}{a} = \frac{C_d - C_c}{C_d - C_p} \approx 0,7 \div 0,8 \quad (2.81)$$

trong đó:

a_t - giá trị hấp phụ riêng sau thời gian τ ;

C_p - nồng độ cân bằng của chất bị hấp phụ;

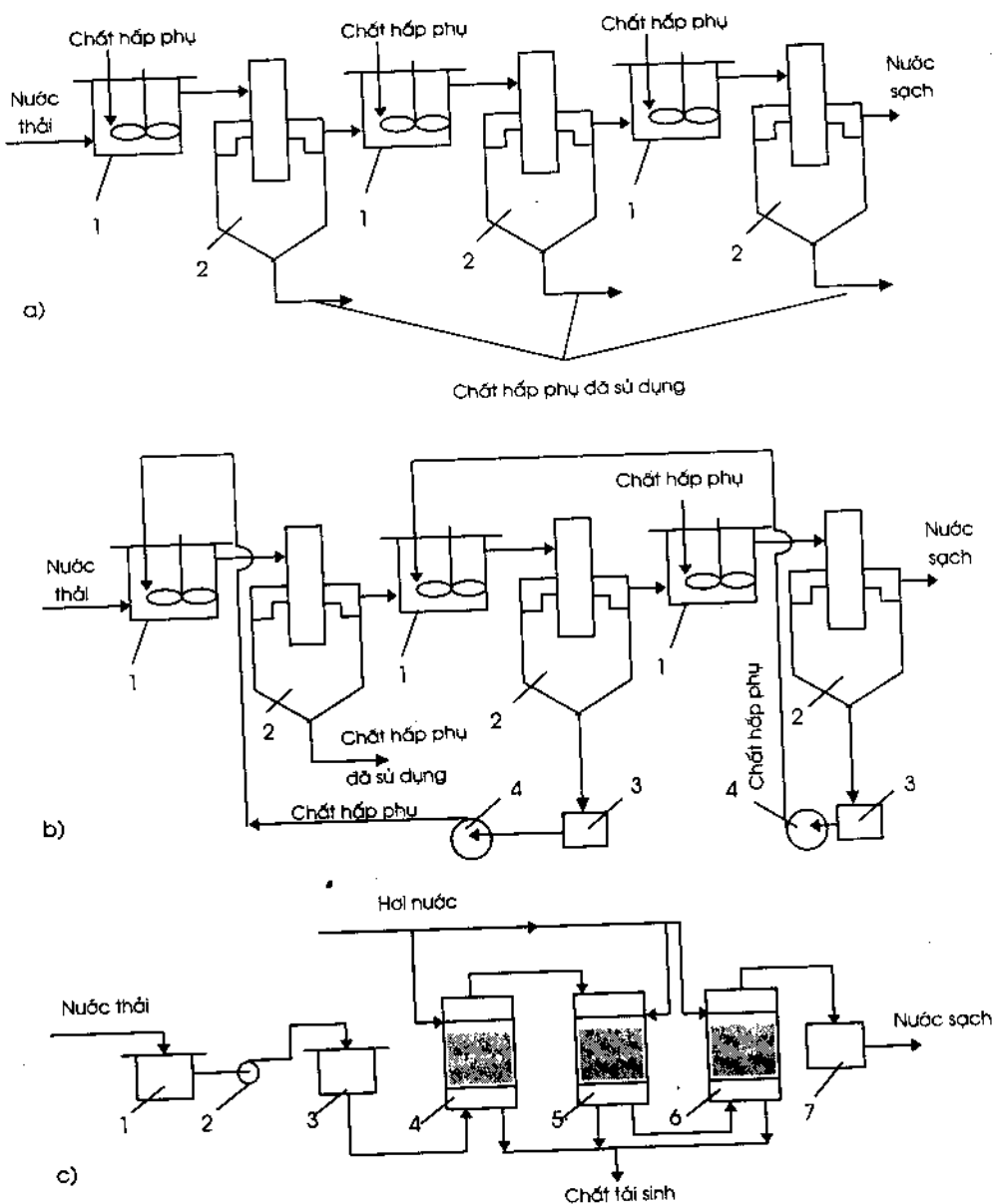
Lượng chất hấp phụ tiêu tốn trên mỗi bậc được xác định theo công thức sau:

$$m_n = \frac{Q}{k \left(\sqrt[n]{\frac{C_d}{C_n}} - 1 \right)} \quad (2.82)$$

Số bậc cần thiết:

$$n = \lg C_d - \lg \frac{C_n}{\lg(Q + k \cdot m) - \lg Q} \quad (2.83)$$

Hình 2.38b trình bày sơ đồ ngược chiều, chất hấp phụ được đưa vào một lần ở bậc cuối cùng và chuyển động ngược chiều với dòng nước thải. Theo sơ đồ này người ta tiến hành quá trình liên tục với tiêu tốn chất hấp phụ ít hơn nhiều so với theo sơ đồ cấp nối tiếp. Tuy nhiên, hệ thống thiết bị này đắt hơn và vận hành phức tạp hơn.



Hình 2.38. Sơ đồ các hệ thống hấp phụ

a. Hệ thống với cấp chất hấp phụ nối tiếp :

1. Thùng khuấy trộn; 2. Bể lắng;

b. Hệ thống cấp chất hấp phụ ngược chiều :

1. Thùng khuấy trộn; 2. Bể lắng; 3. Thùng tiếp nhận chất hấp phụ; 4. Bơm

c. Hệ thống làm việc liên tục :

1. Thiết bị điều hòa; 2. Bơm; 3. Lọc; 4, 5, 6. Tháp hấp phụ; 7. Thùng chứa

Nồng độ chất gây ô nhiễm trong nước thải sau n bậc được tính theo công thức:

$$C_k^n = \frac{\left(\frac{k.m}{Q} - 1\right) C_d}{\left[\left(\frac{k.m}{Q}\right)^n - 1\right]} \quad (2.84)$$

Liều lượng chất hấp phụ được đưa vào bậc cuối cùng có thể tính theo phương trình:

$$\alpha.m^{n+1} - \beta.m - \gamma = 0 \quad (2.85)$$

trong đó :

$$\alpha = \left(\frac{k}{Q}\right)^{n-1} \quad (2.86)$$

$$\beta = \frac{k.C_d}{Q.C_n} \quad (2.87)$$

$$\gamma = \frac{C_d}{C_n - 1} \quad (2.88)$$

Còn số bậc được tính theo biểu thức:

$$n = K - 1 \quad (2.89)$$

trong đó:

$$K = \frac{\left\{ \lg \left[C_d \left(\frac{k.m}{Q} - 1 \right) + C_n \right] - \lg C_n \right\}}{\lg(m - Q)k} \quad (2.90)$$

Trong các điều kiện động lực học, quá trình làm sạch được tiến hành bằng lọc nước thải qua lớp hấp phụ. Tốc độ lọc phụ thuộc vào nồng độ các chất hòa tan và dao động từ 2 đến 6 m³/m².h. Nước được cho chảy từ trên xuống và chiếm đầy toàn bộ tiết diện ngang của tháp. Các chất hấp phụ ở dạng hạt có kích thước từ 1,5 đến 5 mm. Khi kích thước các hạt nhỏ hơn sẽ dẫn đến tăng trở lực lọc đối với chất lỏng.

Khi tiến hành quá trình làm sạch nước thải trong tháp với lớp than cố định thường theo phương pháp gián đoạn. Còn trong quá trình liên tục người ta sử dụng một số tháp như ở hình 2.38c. Trong sơ đồ này hai tháp đầu làm việc nối tiếp nhau, còn tháp thứ ba dùng để tái sinh chất hấp phụ.

Về kết cấu và nguyên lý làm việc của các tháp hấp phụ có thể tham khảo trong giáo trình "Quá trình và Thiết bị Công nghệ Hóa học". Sơ đồ của một số loại tháp hấp phụ được trình bày trên hình 2.39. Nguyên lý làm việc của hệ thống như sau :

Than hoạt tính được đưa liên tục vào tháp qua phễu 2 xuống dưới đĩa phân phối. Nước thải đi từ dưới lên cuốn theo các hạt than hoạt tính qua lưới 4 tạo thành lớp lỏng giả trên lưới. Tại đây xảy ra quá trình làm sạch. Than thừa được thu gom ở bình chứa 5 rồi qua tái sinh. Nước sạch theo máng ở phía trên được dẫn ra ngoài, còn các hạt than bị cuốn theo sẽ được tách ra và đưa vào bình 5.

Trong các tháp hấp phụ, lớp hạt hoạt tính lỏng giả được tạo thành giữa các đĩa. Giữa hai khoang này được nối với nhau bằng các ống hình côn.

Tỷ lệ H/H_0 trong các tháp này thường được chọn bằng $1,4 \div 1,6$, trong đó :

H_0 - chiều cao lớp hạt khi ở trạng thái tĩnh;

H - chiều cao lớp hạt lỏng giả.

2.5.3.3. Tái sinh chất hấp phụ

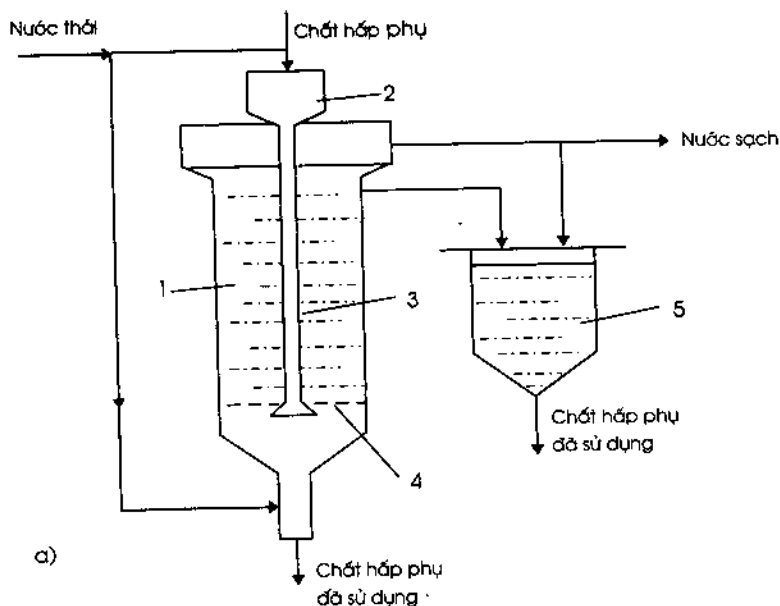
Tái sinh chất hấp phụ là một giai đoạn rất quan trọng trong quá trình hấp phụ. Các chất bị hấp phụ có thể được tách ra khỏi than hoạt tính bằng quá trình nhả nhờ hơi nước bão hòa hay hơi quá nhiệt hoặc bằng khí trơ nóng. Nhiệt độ của hơi quá nhiệt để tái sinh thường vào khoảng 200 đến 300°C (ở áp suất dư 0,3 đến 0,6 MPa), còn trong khí trơ ở nhiệt độ vào khoảng 120 đến 140°C. Lượng hơi tiêu tốn để đuổi các chất dễ bay hơi bằng khoảng 2,5 đến 3 kg/1 kg chất được tách (Rodinov A.I, 1989).

Để tái sinh than hoạt tính cũng có thể sử dụng phương pháp trích ly (nhả pha lỏng) bằng các chất hữu cơ có nhiệt độ sôi thấp và dễ chưng bằng hơi nước như metanol (CH_3OH); benzen (C_6H_6); toluen ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$); dicloetanol...

Trong một số trường hợp, trước khi tái sinh các chất bị hấp phụ được chuyển hóa bằng con đường hóa học thành một chất khác dễ tách từ chất hấp phụ hơn. Trong trường hợp các chất bị hấp phụ không có giá trị thì có thể phá vỡ cấu trúc của chúng bằng các tác nhân hóa học. Tái sinh bằng nhiệt thường được tiến hành trong các lò nung ở nhiệt độ 700 đến 800°C trong môi trường không có oxy. Ngoài ra, các phương pháp sinh học để tái sinh than hoạt tính cũng đã được nghiên cứu trong trường hợp các chất bị hấp phụ là các chất có thể bị oxy hóa sinh hóa. Phương pháp tái sinh này kéo dài được thời hạn sử dụng chất hấp phụ một cách đáng kể.

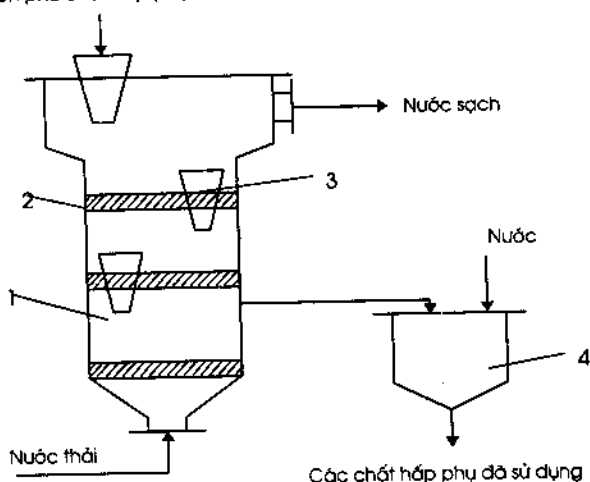
• Ứng dụng của quá trình hấp phụ

Quá trình hấp phụ có thể được sử dụng để tách các chất hữu cơ như phenol, alkylbenzen - sulphonie axit, thuốc nhuộm, các hợp chất thơm từ nước thải bằng than hoạt tính. Logsdon và cộng sự (1976) đã đề xuất ứng dụng than hoạt tính để khử thủy ngân. Để khử 0,1 $\mu\text{g/l}$ thủy ngân cần 1 mg/l bột cacbon. Than hoạt tính cũng được đề xuất dùng để khử các chất nhuộm khó phân hủy (Eberle & cộng sự, 1976). Tuy nhiên, việc ứng dụng vào thực tế còn bị hạn chế do chi phí của phương pháp này còn quá cao.



a)

Huyền phù chất hấp phụ (15-20%)



b)

Hình 2.39. Sơ đồ một số loại tháp hấp phụ

a) Tháp hấp phụ 1 tầng:

1. Tháp hấp phụ; 2. Phễu nạp chất hấp phụ; 3. Ống dẫn chất hấp phụ;
4. Lưới $d = 5-10$ mm; 5. Bình chứa.

b) Tháp hấp phụ 3 tầng:

1. Tháp; 2. Lưới; 3. Ống chảy truyền chất hấp phụ; 4. Thùng chứa

2.5.4. Trao đổi ion

Phương pháp trao đổi ion được ứng dụng để làm sạch nước hoặc nước thải khỏi các kim loại như Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg, Cd, V, Mn... cũng như các hợp chất của asen, photpho, xyanua và chất phóng xạ.

Phương pháp này cho phép thu hồi các chất có giá trị và đạt được mức độ làm sạch cao. Vì vậy nó là một phương pháp được ứng dụng rộng rãi để tách muối trong xử lý nước và nước thải.

2.5.4.1. Bản chất của quá trình trao đổi ion

Trao đổi ion là một quá trình trong đó các ion trên bề mặt của chất rắn trao đổi với ion có cùng điện tích trong dung dịch khi tiếp xúc với nhau. Các chất này gọi là các ionit (chất trao đổi ion), chúng hoàn toàn không tan trong nước.

Các chất có khả năng hút các ion dương từ dung dịch điện ly gọi là cationit. Những chất này mang tính axit. Các chất có khả năng hút các ion âm gọi là anionit và chúng mang tính kiềm. Nếu như các ionit nào đó trao đổi cả cation và anion thì người ta gọi chúng là các ionit lưỡng tính.

Khả năng hút của các ionit được đặc trưng bởi dung lượng thể tích và đại lượng này được xác định bằng số ion tương đương được hút bởi 1 đơn vị khối lượng hay thể tích ionit. Người ta phân biệt dung lượng thể tích toàn phần, dung lượng thể tích tĩnh và dung lượng thể tích động.

Dung lượng thể tích toàn phần là lượng các chất được hút khi bão hòa của 1 đơn vị thể tích hay khối lượng ionit.

Dung lượng thể tích tĩnh là dung lượng thể tích của ionit khi cân bằng ở điều kiện làm việc cho trước và nhỏ hơn dung lượng thể tích toàn phần.

Dung lượng thể tích động là dung lượng của ionit trước khi đạt trạng thái dùng trao đổi của ion trong nước lọc. Đại lượng này được xác định trong điều kiện lọc qua ionit. Giá trị đại lượng này nhỏ hơn dung lượng tĩnh.

2.5.4.2. Các chất trao đổi ion

Các chất trao đổi ion có thể là các chất vô cơ hoặc hữu cơ có nguồn gốc tự nhiên hay tổng hợp nhân tạo.

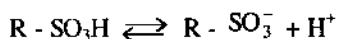
Thuộc nhóm các chất trao đổi ion vô cơ tự nhiên gồm có các zeolit, kim loại khoáng chất, đất sét, fenspat, chất mica khác nhau.v.v... Các chất có tính chất trao đổi cation là các chất chứa nhôm silicat loại: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n \text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$. Các chất fluor apatit $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3]\text{F}$ và hydroxyt apatit $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3]\text{OH}$ cũng có tính chất trao đổi ion.

Các chất trao đổi ion có nguồn gốc các chất vô cơ tổng hợp gồm silicagen, pecmutit (chất làm mềm nước), các oxyt khó tan và hydroxyt của một số kim loại như nhôm, crom, zirconi v.v... Ví dụ các tính chất trao đổi ion của silicagen là do sự trao đổi của các ion hydro nhóm hydroxyt với các cation kim loại trong môi trường kiềm.

Các chất trao đổi ion (ionit) hữu cơ có nguồn gốc tự nhiên gồm axit humic của đất (chất mùn) và than đá, chúng mang tính axit yếu. Để tăng tính axit và dung lượng trao đổi người ta nghiền nhỏ than và lưu hóa ở điều kiện dư oleum. Than sunfo là các chất điện ly cao phân tử, rẻ và chứa cả các nhóm axit mạnh và axit yếu. Các chất trao đổi ion này có nhược điểm là độ bền hóa học và độ bền cơ học thấp, dung lượng thể tích không lớn, đặc biệt trong môi trường trung tính.

Các chất trao đổi ion hữu cơ tổng hợp là các nhựa có bề mặt riêng lớn, chúng là các hợp chất cao phân tử. Các gốc hydrocacbon của chúng tạo nên lưới không gian với các nhóm chức năng trao đổi ion cố định. Lưới không gian hydrocacbon được gọi là ma trận, còn các ion trao đổi ion là các ion trái dấu. Để đơn giản hóa người ta ký hiệu ma trận đó là R, còn các nhóm hoạt động được biểu thị rõ, đầy đủ. Ví dụ, các chất trao đổi cation sunfo: RSO_3H , trong đó R - ma trận; H - ion trái dấu và SO_3^- - ion nhận điện tử; hoặc cation cacboxylic: R - COOH; cation phenolic: R - OH; cation photpho: R - PO_3^- - H.

Người ta phân biệt giữa chất trao đổi ion axit mạnh được nhận từ một axit mạnh như H_2SO_4 và chất trao đổi ion axit yếu được nhận từ một axit yếu như H_2CO_3 . Cũng có thể xác định giá trị pK cho các chất trao đổi ion cũng như đã xác định độ axit nói chung. Điều này có nghĩa với phản ứng:



$$\frac{[H^+][R - SO_3^-]}{[R - SO_3H]} = K \rightarrow pK = -\log K$$

Khi đun nóng các ionit trong nước hoặc không khí có thể làm vỡ các hạt của chúng, tách rời nhóm hoạt động ra dẫn đến giảm dung lượng. Mỗi một nhựa trao đổi ion có giới hạn nhiệt độ của mình, vượt quá ngưỡng nhiệt độ đó không thể sử dụng được. Nói chung độ bền về nhiệt của các anionit thấp hơn các cationit.

Đại lượng pH của nước thải để tiến hành trao đổi ion phụ thuộc vào hằng số phân ly các nhóm trao đổi ion của nhựa. Các cation axit mạnh cho phép tiến hành quá trình trong bất kỳ môi trường nào, còn các cation axit yếu thì tiến hành quá trình trao đổi trong môi trường kiềm và trung tính. Như vậy các cationit với nhóm HCO_3^- trao đổi ion ở pH lớn hơn 7, còn với nhóm phenol sẽ ở pH lớn hơn 8.

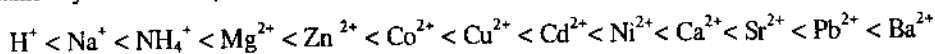
Các ionit khi tiếp xúc với nước không bị hòa tan, nhưng chúng sẽ hút một lượng nước và trương lên thành các keo với độ trương giới hạn.

Khi làm trương các ionit, kích thước vi mao quản tăng từ $0,5 + 1,0 \text{ nm}$ ($5 + 10 \text{ \AA}$) đến 4 nm ($40 \text{ \AA}$) mà kích thước của các vi mao quản bằng $70 + 130 \text{ nm}$ ($700 + 1300 \text{ \AA}$) thì thể tích của các ionit tăng từ 1,5 đến 3 lần. Mức độ trương sẽ phụ thuộc vào cấu tạo của nhựa trao đổi ion, vào bản chất các ion trái dấu, vào thành phần của dung dịch. Sự trương nở ảnh hưởng đến tốc độ, mức độ trao đổi của các ion cũng như khả năng lựa chọn của chúng. Sự trương nở sẽ ngừng khi hiệu số áp suất thẩm thấu trước và sau trao đổi được cân bằng bởi các lực đàn hồi của sự kéo và nén của ionit.

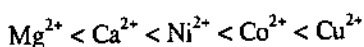
Các nhựa trao đổi ion trương mạnh được gọi là các chất tạo keo có bề mặt thể tích riêng từ $0,1$ đến $0,2 \text{ m}^2/\text{g}$. Các ionit có mao quản macro có bề mặt thể tích riêng từ 60 đến $80 \text{ m}^2/\text{g}$. Các ionit tổng hợp trương trong nước lớn hơn các ionit tự nhiên và có dung lượng thể tích lớn. Thời hạn làm việc của các cationit lớn hơn của các anionit rất nhiều. Điều này được giải thích bởi độ ổn định thấp của nhóm thực hiện chức năng của các ion cố định trong anionit.

Độ lựa chọn trao đổi phụ thuộc vào áp suất trương trong mao quản của nhựa trao đổi và kích thước mao quản của ionit. Khi kích thước nhỏ thì các ion lớn không thể chui vào các nhóm chức hoạt động bên trong. Để tăng độ lựa chọn của các ionit đối với các kim loại nhất định, người ta đưa vào thành phần của chúng các chất có khả năng tạo hợp chất phức với các ion của kim loại đó.

Theo năng lượng đẩy các ion ra khỏi các cation axit mạnh và yếu, người ta sắp xếp thành dãy theo trình tự sau:



Đối với cationit axit yếu K - 4 có dãy:



Những chất trao đổi ion thông dụng:

Sản xuất tại Nga	Trương ứng với sản phẩm của các nước phương Tây
KY 2,8	IR-120, SK - 1A, Serolit - 225; Imak C - 12, Levatit S - 100
KY 23	Levatit SP - 120, C - 300P; Amberlit 15A, Varion KSM

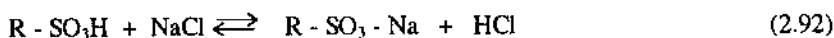
2.5.4.3. Cơ sở của quá trình trao đổi ion

Trao đổi ion xảy ra theo tỷ lệ tương đương và trong phần lớn các trường hợp là phản ứng thuận nghịch. Phản ứng trao đổi ion xảy ra do hiệu số thế hóa học của các ion trao đổi. Phương trình trao đổi tổng quát có dạng sau:



Ví dụ quá trình tách muối ra khỏi nước:

- khi tiếp xúc với cationit:



- khi tiếp xúc với anionit:



Phản ứng này xảy ra cho tới khi cân bằng trao đổi ion được thiết lập. Vận tốc lập cân bằng phụ thuộc vào các nhân tố ngoài và trong như chế độ thủy động của chất lỏng, nồng độ các ion trao đổi, cấu trúc hạt trao đổi ion và độ thấm của nó đối với các ion. Khi tất cả các vị trí đã được trao đổi Na^+ và Cl^- thì nhựa trao đổi cần được tái sinh.

Có nhiều quan điểm khác nhau về cơ chế trao đổi ion. Song quá trình này có thể xem như gồm những giai đoạn sau :

1. Di chuyển ion A từ nhân của dòng chất lỏng tới bề mặt ngoài của lớp biên giới màng chất lỏng bao quanh hạt trao đổi ion;
2. Khuếch tán các ion qua lớp biên giới;
3. Chuyển ion đã qua biên giới phân pha vào hạt nhựa trao đổi;
4. Khuếch tán ion A bên trong hạt nhựa trao đổi tới các nhóm chức năng trao đổi ion;
5. Phản ứng hóa học trao đổi hai ion A và B;
6. Khuếch tán các ion B bên trong hạt trao đổi ion tới biên giới phân pha;
7. Chuyển các ion B qua biên giới phân pha ở bề mặt trong của màng chất lỏng;
8. Khuếch tán các ion B qua màng;
9. Khuếch tán các ion B vào nhân dòng chất lỏng.

Tốc độ quá trình trao đổi ion được quyết định bởi quá trình chậm nhất trong các giai đoạn trên. Đó là quá trình khuếch tán trong màng chất lỏng hay khuếch tán trong hạt trao đổi, còn quá trình phản ứng hóa học trao đổi ion xảy ra rất nhanh.

2.5.4.4. Cân bằng của trao đổi ion

Quan hệ hàm số phụ thuộc thành phần ion trái dấu của chất trao đổi ion vào thành phần ion trái dấu của dung dịch ngoài ở nhiệt độ và áp suất không đổi gọi là đường đẳng nhiệt của trao đổi ion. Các đường đẳng nhiệt biểu thị bằng đồ thị ở hệ trục không thứ nguyên $\bar{a}_i - a_i$, với :

$$\bar{a}_i = \frac{z_i \bar{c}_i}{\sum_{i=1}^n z_i \bar{c}_i} \quad \text{và} \quad a_i = \frac{z_i c_i}{\sum_{i=1}^n z_i c_i} \quad (2.94)$$

trong đó:

$\bar{a}_i$ và a_i - phần tương đương của ion i trong chất trao đổi ion và trong dung dịch;

$\bar{c}_i$ - nồng độ ion i trong chất trao đổi ion khi hệ đạt cân bằng mol ion/g chất trao đổi ion;

c_i - nồng độ ion i trong dung dịch khi hệ đạt cân bằng;

z_i - điện tích của ion i .

Các đại lượng $\bar{a}_i$ và a_i thay đổi trong phạm vi từ 0 đến 1, do đó trao đổi đẳng nhiệt

$\bar{a}_i = f(a_i)$ sẽ được biểu thị trong biểu đồ hình vuông có cạnh bằng 1.

- Tỷ số $\frac{\bar{a}_i}{a_i}$ được gọi là hệ số phân bố của ion i khi hệ số hút là K_{pi} . Hệ số này biểu thị

mức làm giàu hoặc làm nghèo của chất trao đổi ion bằng một chất :

- khi $K_{pi} < 1$: chất trao đổi ion bị làm nghèo;

- khi $K_{pi} > 1$: chất trao đổi ion được làm giàu bởi cấu tử i so với dung dịch cân bằng .

Nếu một dung dịch chứa một số ion, ví dụ ion A và B thì tính chọn lọc của chất trao đổi ion được đánh giá bởi hệ số chọn lọc $K_{A,B}$ và bằng tỉ số giữa hệ số phân bố của các ion đó:

$$K_{A,B} = \frac{K_{PA}}{K_{PB}} = \frac{\bar{a}_A \cdot a_B}{a_A \cdot \bar{a}_B} = \frac{\bar{C}_A \cdot C_B}{C_A \cdot \bar{C}_B} \quad (2.95)$$

- khi $K_{A,B} > 1$, chất trao đổi ion lựa chọn ion A;

- khi $K_{A,B} < 1$, chất trao đổi ion lựa chọn ion B;

- khi $K_{A,B} = 1$, không lựa chọn ion nào cả.

Nếu viết phản ứng trao đổi ở dạng phương trình tổng quát (2.91), cân bằng của quá trình trao đổi ion có thể biểu thị bằng công thức sau :

$$K_{A,B} = \left(\frac{\bar{C}_A}{C_A} \right)^n \left(\frac{C_B}{\bar{C}_B} \right) = \left(\frac{y_A}{x_A} \right)^n \left(\frac{x_B}{y_B} \right) \left(\frac{\theta}{C_0} \right)^{n-1} \quad (2.96)$$

trong đó:

$K_{A,B}$ - hằng số cân bằng;

$\bar{C}$ - nồng độ của các ion ở pha rắn;

C - nồng độ của các ion ở pha lỏng;

x - nồng độ không thứ nguyên trong pha lỏng : $x = C/C_0$;

y - nồng độ không thứ nguyên trong pha rắn : $y = C/\theta$;

θ - dung lượng thể tích của nhựa trao đổi ($\theta = m \div 1$);

C_0 - nồng độ tương đương chung của các ion trong pha lỏng.

Dạng của đường đẳng nhiệt phụ thuộc vào đại lượng $K_{A,B}$:

- khi $K_{A,B} > 1 \rightarrow$ đường đẳng nhiệt là đường cong lồi

- khi $K_{A,B} < 1 \rightarrow$ đường đẳng nhiệt là đường cong lõm
- khi $K_{A,B} = 1 \rightarrow$ đường đẳng nhiệt là đường thẳng trùng với đường chéo

- Khi nồng độ chất gây ô nhiễm trong nước thải nhỏ hơn 0,003 mol/l hay đúng hơn khi $B_i \ll 1$ thì tốc độ trao đổi được xác định bởi quá trình khuếch tán của các ion qua màng chất lỏng (động học màng).

- Khi nồng độ chất gây ô nhiễm bằng 0,1 mol/l, (hay $B_i \gg 1$), tốc độ quá trình được xác định bởi quá trình khuếch tán của các ion trong hạt (động học keo).

- Trong vùng nồng độ từ 0,003 đến 0,1 mol/l tốc độ quá trình được xác định bởi cả hai quá trình khuếch tán.

Số BIO được tính như sau :

$$B_i = \frac{\beta r_0}{(K_H D)} = \text{số BIO} \quad (2.97)$$

trong đó:

β - hệ số cấp cấp khối;

r_0 - bán kính của hạt;

K_H - hằng số Henri;

D - hệ số dẫn khối.

Hệ số khuếch tán của các ion trong nhựa trao đổi có giá trị trong khoảng $10^{-6} \div 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{s}$, còn trong nước là $10^{-4} \div 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$. Hệ số khuếch tán bị giảm khi tăng kích thước của các ion bị hydrat hóa trong dung dịch và tăng điện tích các ion trái dấu của nhựa trao đổi ion.

Đối với vùng khuếch tán ngoài, khi giá trị $Re_t = 2+30$, để tính hệ số cấp khối có thể sử dụng quan hệ sau:

$$Nu_t = 0,725 Re_t^{0,47} Pr_D^{1/3} \quad (2.98)$$

trong đó:

$$Nu_t = \frac{\beta \cdot d_{td}}{D} \quad \beta d_{td}/D \text{ là chuẩn số Nuselt;} \quad (2.99)$$

$$Re_t = \frac{w \cdot d_{td}}{\nu} \text{ là chuẩn số Reynold;} \quad (2.100)$$

$$Pr_D = \frac{\nu}{D} \text{ là chuẩn số Prandlt;} \quad (2.101)$$

2.5.4.5. Tốc độ trao đổi ion

Động lực các quá trình trong phản ứng trao đổi ion tương tự như trong hấp phụ các chất từ dung dịch. Đối với thiết bị gián đoạn, tốc độ quá trình do cơ chế khuếch tán màng quyết định thì tốc độ quá trình trao đổi ion có thể viết như sau:

$$-\frac{dC}{dt} = K_r \frac{a}{V} (C - C^*) \quad (2.102)$$

trong đó:

C - nồng độ thực trong dung dịch;

K_r - hệ số chuyển khối qua màng;

V - thể tích dung dịch;

a - diện tích hữu hiệu;

C^* - nồng độ cân bằng.

Mặt khác, nếu khuếch tán mao quản là tốc độ hạn định thì mô hình khuếch tán dựa trên định luật thứ 2 của Fick có thể được sử dụng để mô tả quá trình. Biểu thức tổng quát cho loại phản ứng này có thể viết như sau:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \cdot D \cdot \frac{\partial C}{\partial r} \right) - \frac{\partial q^*}{\partial t} \quad (2.103)$$

trong đó:

r - bán kính của hạt nhựa trao đổi;

D - hệ số khuếch tán;

q^* - nồng độ các ion được trao đổi của nhựa cân bằng với nồng độ C.

2.5.4.6. Thiết kế cột trao đổi ion

Như đã nêu trên, quá trình trao đổi ion gồm các giai đoạn: di chuyển các ion trao đổi qua màng chất lỏng bao xung quanh hạt nhựa trao đổi; khuếch tán các ion trong mao quản của nhựa trao đổi và quá trình trao đổi.

Trở lực của hai giai đoạn đầu có thể kết hợp trong hệ số chuyển khối tổng như trong hấp phụ. Khi đó có thể sử dụng phương trình tốc độ quá trình hấp phụ để tính tốc độ trao đổi theo chiều cao chất trao đổi dZ:

$$S \cdot dY = K_r \cdot a (Y - Y^*) dZ \quad (2.104)$$

trong đó:

S - lưu lượng dòng nước thải qua cột trao đổi;

K_r - hệ số chuyển khối tổng;

a - diện tích bề mặt ngoài của hạt rắn;

Y^* - nồng độ cân bằng;

Y - nồng độ làm việc;

Z - chiều cao lớp chất trao đổi ion.

Tổng số đơn vị chuyển khối của toàn bộ vùng trao đổi cũng có thể tính theo công thức:

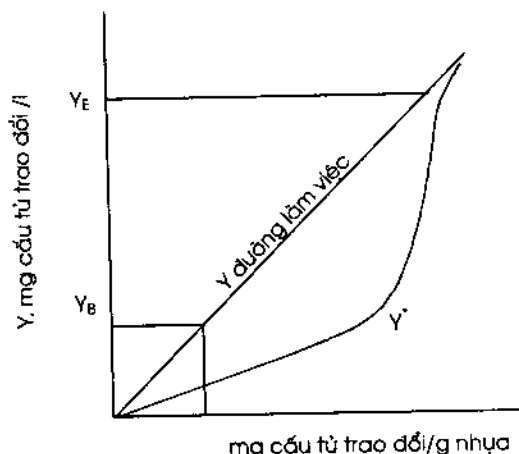
$$N_1 = \int_{Y_B}^{Y_E} \frac{dY}{Y - Y^*} = \frac{Z_a}{H_1} = \frac{Z_a}{\frac{S}{K_1} a} \quad (2.105)$$

Quá trình trao đổi ion có thể được mô tả theo sơ đồ dưới đây :

Trong đó :

Y_B - nồng độ chất tan trong dung dịch ở điểm ngừng trao đổi;

Y_E - nồng độ chất tan khi nhựa trao đổi đã bão hòa chất tan.



2.5.4.7. Tái sinh các ionit

Các cationit được tái sinh bằng dung dịch axit có nồng độ từ 2 đến 8% và chúng chuyển thành dạng $-H^+$. Các dung dịch tái sinh (eluat) chứa các cation. Sau khi nới lỏng và rửa, các cation sẽ được nạp điện tích, ví dụ thành dạng $-Na$ bằng cách cho dung dịch muối ăn đi qua chúng. Khi đó nhóm chức năng $-H^+$ nhận được trong tái sinh các cationit bằng axit được thay đổi ở nhóm $-Na$, còn dung dịch muối ăn được sử dụng để tích điện sẽ bị oxy hóa tới HCl.

Người ta tái sinh các anionit đã được sử dụng trong trao đổi ion bằng dung dịch kiềm. Khi đó các anionit chuyển sang dạng OH^- . Các eluat chứa các anion được tách ra từ nước thải ở dạng nồng độ cao. Khi cần thiết anionit được tái sinh từ dạng $-OH^-$ có thể chuyển thành dạng $-Cl^-$ bằng cho dung dịch NaCl đi qua. Trong dung dịch tích điện, NaOH được tích tụ lại. Các eluat là các dung dịch axit hoặc kiềm. Người ta trung hòa và xử lý chúng với mục đích thu hồi các sản phẩm có giá trị. Sự trung hòa được tiến hành bằng trộn các eluat axit và kiềm, cũng như đưa thêm axit hoặc kiềm.

- Mức độ tái sinh (%) được xác định theo công thức sau:

$$\alpha = \frac{\theta_{TS}}{\theta_{TP}} \cdot 100 \quad (2.106)$$

trong đó :

θ_{TS} - dung lượng thể tích được tái sinh;

θ_{TP} - dung lượng thể tích toàn phần.

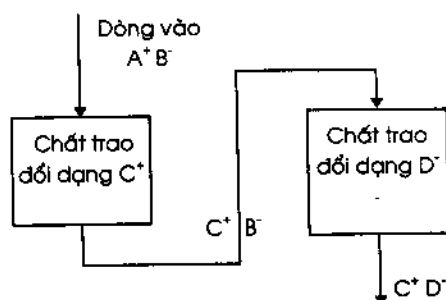
Các yếu tố ảnh hưởng lên mức độ tái sinh gồm loại chất ionit; thành phần lớp bảo hòa; bản chất, nồng độ và lượng các chất tái sinh tiêu tốn; nhiệt độ; thời gian tiếp xúc và lượng các tác nhân tiêu tốn.

2.5.4.7. Các sơ đồ hệ thống thiết bị trao đổi ion

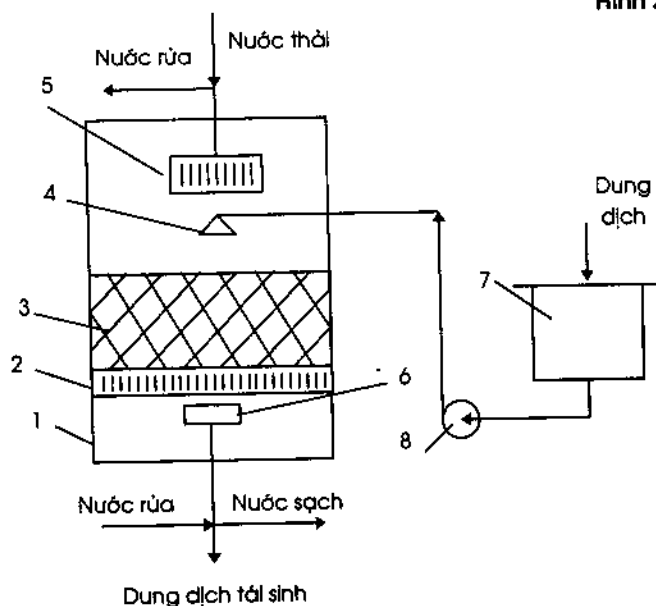
Hình 2.40 giới thiệu các sơ đồ hệ thống thiết bị trao đổi ion.

Sự loại khoáng hoàn toàn bao gồm: một cột trao đổi cation tiếp theo là cột trao đổi anion kiềm yếu như ở hình 2.40a.

Cũng có thể sử dụng trao đổi ion hỗn hợp cả cation và anion theo sơ đồ làm việc gián đoạn như ở hình 2.40b.



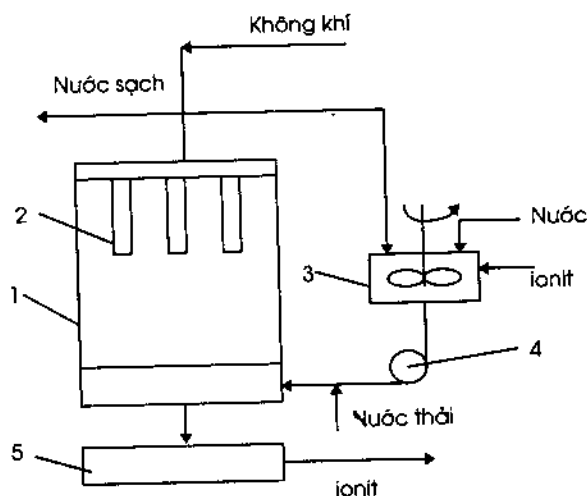
Hình 2.40a



Hình 2.40b

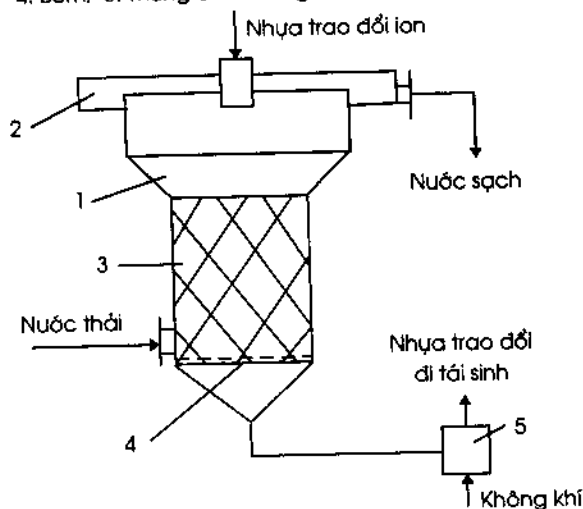
1. Cột trao đổi; 2. Lưới đỡ; 3. Lớp ionit; 4 đến 6. Bộ phận phân bố;
7. Thùng chứa dung dịch tái sinh; 8. Bơm

Quá trình làm việc gồm 4 giai đoạn : Trao đổi ion; rửa ionit khỏi các tạp chất; tái sinh ionit (dung dịch axit / kiềm) và rửa ionit khỏi dung dịch tái sinh.



Hình 2.40c

1. Thân thiết bị ; 2. Thiết bị lọc ; 3. Thùng chứa huyền phù của ionit;
4. Bơm ; 5. Thùng chứa thu gom ionit đã sử dụng;



Hình 2.40d

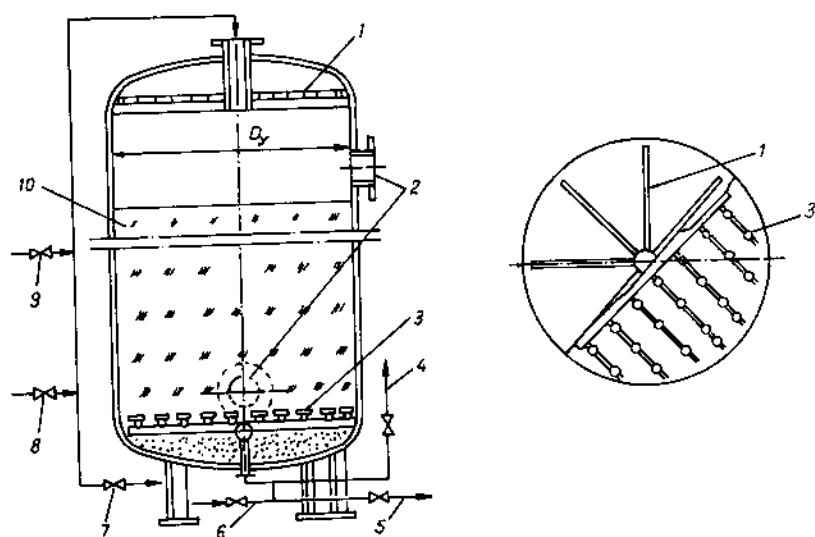
1. Thân thiết bị ; 2. Vùng phân tách ; 3. Lớp nhựa trao đổi ion;
4. Đĩa ; 5. Thiết bị bơm bằng khí nén

Hình 2.40c mô tả quá trình trao đổi ion sử dụng sơ đồ lọc nhúng.

Trong sơ đồ này huyền phù được bơm tuần hoàn cho tới khi tạo thành lớp ionit trên bộ phận lọc với chiều dày 5 đến 10 mm thì chuyển sang giai đoạn rửa bằng nước sạch và tách ra khỏi bề mặt lọc bằng không khí. Sau đó lắp lại chu kỳ.

Hình 2.40d trình bày thiết bị trao đổi ion với lớp ionit chuyển động.

Hình 2.40e trình bày thiết bị lọc trao đổi ion kiểu đứng.



Hình 2.40e. Thiết bị lọc trao đổi ion kiểu đứng

1. Bộ phận phân phối chất nước và dung dịch tái sinh; 2. Cửa; 3. Bộ phận thoát nước;
4. Ống dẫn nước sạch ra; 5. Ống xả nước lọc dầu; 6. Ống dẫn nước nổi lỏng ionit;
7. Ống xả nước rửa; 8. Ống dẫn nước vào xử lý; 9. Ống dẫn dung dịch tái sinh ionit;
10. Lớp chất nhựa trao đổi

2.5.5. Các quá trình tách bằng màng

Các kỹ thuật như điện thẩm tích, thẩm thấu ngược, siêu lọc và các quá trình tương tự khác ngày càng đóng vai trò quan trọng trong xử lý nước thải.

Màng được định nghĩa là một pha đóng vai trò ngăn cách giữa các pha khác nhau. Đó có thể là chất rắn, hoặc một gel (chất keo) trương nở do dung môi hoặc thậm chí cả một chất lỏng. Việc ứng dụng màng để tách các chất, phụ thuộc vào độ thấm qua của các hợp chất đó qua màng.

Bảng 2.15 khái quát các quá trình tách bằng màng theo động lực, chức năng và phạm vi ứng dụng của nó.

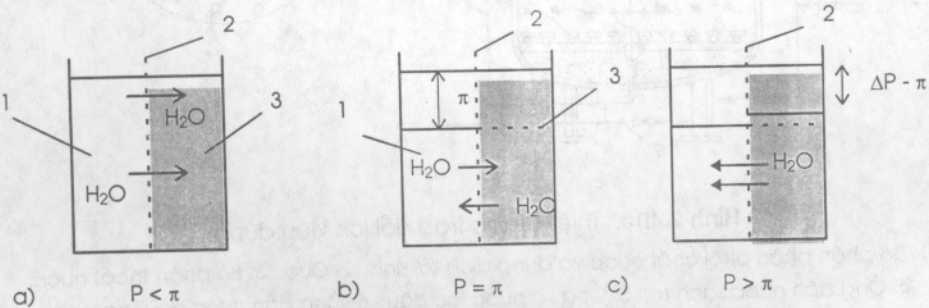
Bảng 2.15. Các quá trình tách bằng màng

Quá trình	Động lực	Khoảng kích thước hạt, μm	Chức năng của màng
Điện thẩm tách (Electrodialysis)	Gradient Điện thế	$< 0,1$	Chọn lọc đối với các ion nhất định
Phép thẩm tách (Dialysis)	Nồng độ	$< 0,1$	Chọn lọc đối với dung dịch
Thẩm thấu ngược (Reverse Osmosis)	Áp suất ($6 \div 10 \text{ MPa}$)	$< 0,05$	Di chuyển chọn lọc của nước
Siêu lọc (Ultrafiltration)	Áp suất ($0,1 \div 0,5 \text{ MPa}$)	$5 \cdot 10^{-3} - 10$	Chọn lọc đối với kích thước và dạng phân tử

2.5.5.1 Thẩm thấu ngược

a. Khái quát chung

Thẩm thấu được định nghĩa là sự di chuyển tự phát của dung môi từ một dung dịch loãng vào một dung dịch đậm đặc qua màng bán thấm. Ở tại một áp suất nhất định, sự cân bằng được thiết lập thì áp suất đó được gọi là áp suất thẩm thấu (hình 2.41).



Hình 2.41. Sơ đồ thẩm thấu

- 1. Nước sạch ; 2. Màng ; 3. Dung dịch
- π - Áp suất thẩm thấu; P - Áp suất làm việc
- a. Thẩm thấu ; b. Cân bằng thẩm thấu ; c. Thẩm thấu ngược

Áp suất thẩm thấu có thể thay đổi theo nồng độ, nhiệt độ và chỉ phụ thuộc vào thuộc tính của dung dịch. Áp suất thẩm thấu của nước được tính như sau :

$$\pi = \frac{n}{V} RT$$

(2.107)

trong đó:

- n - số mol của dung dịch;
- V - thể tích mol của nước;
- R - hằng số khí;
- T - nhiệt độ tuyệt đối.

Biểu thức này biểu thị cho trạng thái lý tưởng và chỉ đúng cho dung dịch loãng. Đối với các dung dịch nồng độ cao, biểu thức này được Vant Hoff nhân thêm với hệ số áp suất thẩm thấu Φ :

$$\pi = \Phi \frac{n}{V} RT \quad (2.108)$$

Đối với hầu hết các chất điện ly, hệ số áp suất thẩm thấu Φ nhỏ hơn một đơn vị và sẽ thường giảm khi tăng nồng độ. Điều này có nghĩa là biểu thức (2.107) luôn luôn được bảo toàn và giá trị dự tính theo công thức này cao hơn áp suất thẩm thấu quan sát.

Khi áp suất tăng trên áp suất thẩm thấu ở phía dung dịch của màng như trên hình 2.41c thì có dòng di chuyển ngược, nghĩa là dung môi sẽ di chuyển từ dung dịch qua màng vào phía dung môi. Đây là khái niệm cơ bản của thẩm thấu ngược. Vì vậy có thể định nghĩa thẩm thấu ngược là quá trình lọc dung dịch qua màng bán thấm dưới một áp suất cao hơn áp suất thẩm thấu.

Quá trình thẩm thấu ngược có thể so sánh với quá trình lọc vì nó cũng là quá trình chuyển chất lỏng từ một hỗn hợp qua một "vách lọc". Tuy nhiên, một điều quan trọng nhất ở đây là áp suất thẩm thấu là đại lượng rất nhỏ trong quá trình lọc lại đóng một vai trò quan trọng trong thẩm thấu ngược. Điểm khác thứ hai là trong thẩm thấu ngược không thể thu được bã lọc có độ ẩm thấp vì áp suất thẩm thấu của dung dịch tăng cùng với sự tách của dung môi. Điểm khác thứ ba là quá trình lọc tách một hỗn hợp dựa vào kích thước hạt, ngược lại, màng thẩm thấu ngược làm việc dựa vào các yếu tố khác. Màng chỉ cho phân tử nước đi qua còn giữ lại các chất hòa tan trên bề mặt. Trong thẩm thấu ngược, các hạt được tách (phân tử, các ion hydrat hóa) là các hạt có kích thước nhỏ hơn kích thước của các phân tử dung môi.

b. Cơ chế của quá trình

Có nhiều cơ chế giải thích quá trình thẩm thấu ngược. Một trong các cơ chế đó giải thích như sau: màng bán thấm không có khả năng hòa tan. Nếu như chiều dày của lớp phân tử nước bị hấp phụ bằng hay lớn hơn một nửa đường kính mao quản của màng thì dưới tác dụng của áp suất chỉ có nước sạch đi qua, mặc dù kích thước của nhiều ion nhỏ hơn kích thước phân tử nước. Lớp màng hydrat của các ion này đã cản trở không cho chúng đi qua mao quản của màng. Kích thước lớp màng hydrat của các ion khác nhau sẽ khác nhau. Nếu chiều dày này của lớp phân tử nước bị hấp phụ nhỏ hơn một nửa đường kính mao quản thì các chất hòa tan sẽ chui qua màng cùng với nước.

Dòng thấm qua F , đi qua một màng bán thấm có chiều dày d được tính theo biểu thức thông dụng sau:

$$F = \frac{D_w C_w V}{RTd} (\Delta P - \pi) \quad (2.109)$$

trong đó:

D_w - hệ số khuếch tán;

C_w - nồng độ của nước;

V - thể tích mol của nước;

ΔP - áp suất dẫn động, nghĩa là tạo động lực cho quá trình.

Biểu thức này cho thấy lượng nước trong nhận được trong một đơn vị thời gian từ một đơn vị bề mặt tỷ lệ nghịch với độ dày của màng. Gộp các đại lượng này vào hệ số thẩm qua của nước (W_p) và có thể viết lại biểu thức 2.109 thành:

$$F = W_p(\Delta P - \pi) \quad (2.110)$$

trong đó:

$$W_p = \frac{D_w \cdot C_w \cdot V}{R \cdot T \cdot d} (\Delta P - \pi) \quad (2.111)$$

Như vậy tốc độ thẩm thấu ngược tỷ lệ nghịch với áp suất hữu hiệu (hiệu số giữa áp suất tác động lên chất lỏng và áp suất thẩm thấu). Áp suất hữu hiệu cao hơn nhiều so với áp suất thẩm thấu. Áp suất thẩm thấu của một số dung dịch muối với nồng độ bằng 1000 mg/l có các giá trị như ở bảng sau:

Các muối	NaCl	Na ₂ SO ₄	MgSO ₄	CaCl ₂	MgCl ₂
Áp suất thẩm thấu π , kPo	79	42	25	58	67

Đối với dòng dung dịch (F_s), động lực quá trình hoàn toàn do gradient nồng độ qua màng, theo phương trình Clark (1962) như sau:

$$F_s = D_s \frac{dC'_i}{dX} = D_s \frac{\Delta C'_i}{d} \quad (2.112)$$

trong đó:

C'_i - nồng độ cấu tử i trong màng;

$\Delta C'_i$ - giá trị nồng độ đo qua màng;

D_s - hệ số khuếch tán của dung dịch.

Biểu thức này có thể viết lại cho nồng độ của dung dịch C_i ở hai mặt của màng, hợp thành hệ số phân bố K_d - là một hằng số đối với các màng (Lonsdale và cộng sự, 1965):

$$F_s = D_s K_d \frac{\Delta C_i}{d} = K_p \Delta C_i \quad (2.113)$$

trong đó K_p là hệ số thẩm qua. Cả hai đại lượng W_p và K_p đều đặc trưng cho một loại màng cụ thể.

- Quá trình phân tách bằng màng phụ thuộc vào áp suất, điều kiện thủy động, kết cấu thiết bị, bản chất và nồng độ của nước thải, hàm lượng tạp chất trong nước thải cũng như nhiệt độ. Sự tăng nồng độ dung dịch dẫn đến tăng áp suất thẩm thấu của dung môi, tăng độ nhớt của dung dịch và tăng sự phân cực nồng độ, dẫn đến giảm độ thấm qua và độ chọn lọc.

Phương pháp thẩm thấu ngược được ứng dụng khi chất điện ly có nồng độ như sau:

- đối với muối hóa trị 1, nồng độ chất điện ly trong khoảng $5 \div 10\%$
- đối với muối hóa trị 2, nồng độ chất điện ly trong khoảng $10 \div 15\%$
- đối với muối hóa trị cao, nồng độ chất điện ly trong khoảng $15 \div 20\%$
- đối với các chất hữu cơ, giới hạn nồng độ kể trên sẽ cao hơn một chút.

Để giảm ảnh hưởng của sự phân cực nồng độ, người ta tổ chức quá trình thẩm thấu ngược với việc tuần hoàn dung dịch và tăng mức độ xoáy của lớp chất lỏng gần màng bằng cách sử dụng khuấy cơ học, bộ phận tạo rung, hay tăng tốc độ dòng chảy.

Bản chất của chất hòa tan có ảnh hưởng tới độ chọn lọc, ở khối lượng phân tử như nhau, các chất vô cơ bị giữ lại trên màng tốt hơn các chất hữu cơ.

- Khi tăng áp suất, năng suất riêng của màng tăng lên vì động lực quá trình tăng. Song ở áp suất cao, vật liệu màng sẽ bị nén chặt dẫn đến giảm độ thấm qua, do đó người ta thiết lập áp suất làm việc cực đại cho từng loại màng.

- Khi tăng nhiệt độ, độ nhớt và khối lượng riêng của dung dịch sẽ giảm và làm tăng độ thấm qua, nhưng đồng thời ở đây áp suất thẩm thấu sẽ tăng dẫn đến làm giảm độ thấm qua. Ngoài ra, khi nhiệt độ tăng, các mao quản của màng bắt đầu bị co ngót và thắt lại dẫn đến giảm độ thấm qua, đồng thời tốc độ thủy phân cũng tăng làm giảm tuổi thọ của màng..

Kết cấu thiết bị để tiến hành quá trình thẩm thấu ngược cũng như siêu lọc cần đảm bảo sao cho có bề mặt màng trong một đơn vị thể tích lớn, lắp ráp đơn giản, có độ bền cơ học cao và không được rò rỉ.

Tỷ số loại bỏ trong thẩm thấu ngược (R) được xác định theo công thức sau:

$$R = \frac{C_i - C_{pi}}{C_i} \quad (2.114)$$

trong đó:

C_i - nồng độ của tạp chất i trong dòng chất thải (có nồng độ cao);

C_{pi} - nồng độ của tạp chất i trong dòng thẩm qua (sản phẩm).

Tỷ số loại bỏ cũng có thể được biểu thị theo biểu thức sau:

$$R = \left[1 + \frac{K_p C_{wp}}{W_p (\Delta P - \pi)} \right]^{-1} \quad (2.115)$$

trong đó :

C_{wp} - nồng độ nước trong dòng thấm qua.

Ở đây cần lưu ý rằng $K_p.C_{wp}$ và $W_p(\Delta P - \pi)$ cần được biểu diễn ở cùng đơn vị. Vì $W_p(\Delta P - \pi) = F$ thường được biểu diễn theo g hoặc kg/cm^2 hoặc m^2/s , C_{wp} cần biểu diễn theo g/cm^3 hoặc kg/m^3 .

- Biểu thức trên viết cho điều kiện lý tưởng, vì giả thiết dung dịch được khuấy trộn đều do đó không có phân cực nồng độ. Tuy nhiên trong thực tế nồng độ của muối tăng dần ở bề mặt màng và thiết lập lên gradient nồng độ. Sự tăng nồng độ muối ở bề mặt màng dẫn đến tăng áp suất thẩm thấu cục bộ, nên giảm động lực quá trình. Sự phân cực nồng độ được định nghĩa là tỷ số của nồng độ muối trong dòng chất lỏng và được mô tả bởi phương trình vi phân sau:

$$\frac{FC_i}{C_{wc}} - D_s \frac{dC_i}{dX} = K_p \Delta C_i \quad (2.116)$$

trong đó C_{wc} là nồng độ nước trong phần dung dịch loại bỏ.

- Nếu màng là màng không thấm đối với dung dịch, nghĩa là $K_p = 0$, phương trình (2.116) có thể được tích phân và cho kết quả:

$$\frac{C_{im}}{C_{ia}} = \exp\left(\frac{F \cdot d}{C_{wc} D_s}\right) \quad (2.117)$$

trong đó :

C_{im} - nồng độ của tạp chất i trong chất lỏng ở bề mặt màng;

C_{ia} - nồng độ trung bình của tạp chất i trong phần loại bỏ.

Khi dòng là dòng xoáy thì sự phân cực được mô tả bởi biểu thức sau:

$$\frac{C_{im}}{C_{in}} = 1,333 \exp\left(\frac{2 \cdot F \cdot S_c^{2/3}}{0,75 \cdot \rho \cdot v \cdot f}\right) \quad (2.118)$$

trong đó :

v - vận tốc trung bình;

S_c - số Schmit;

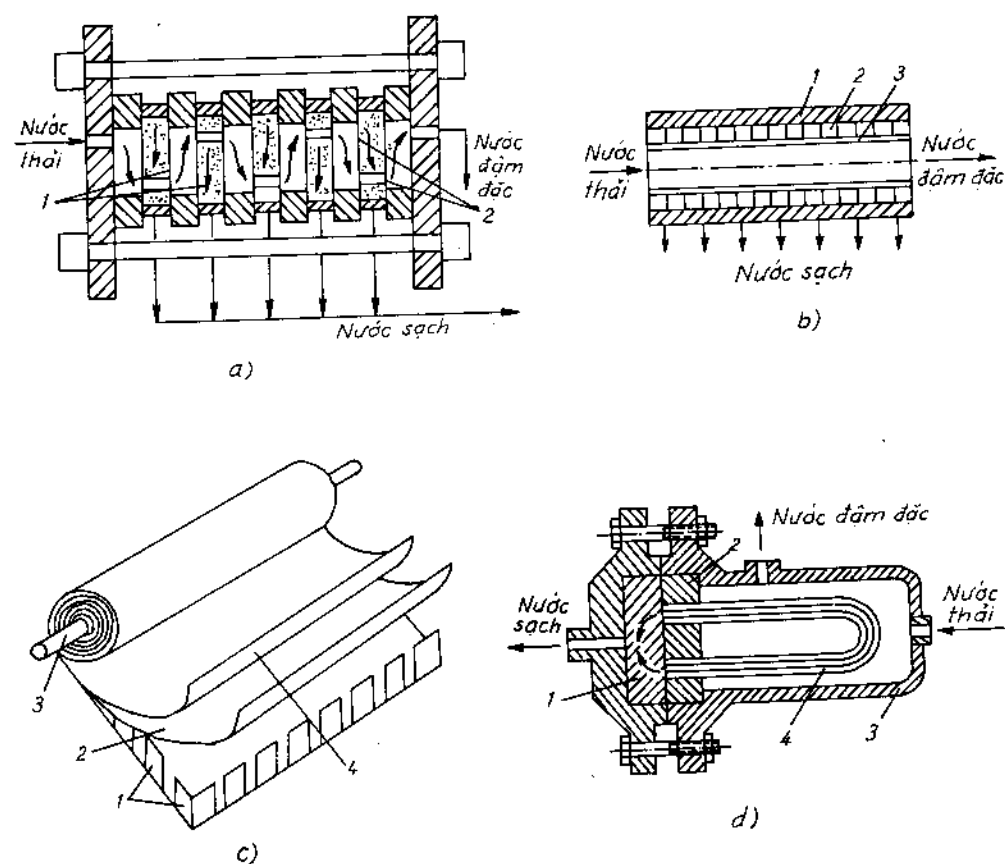
f - yếu tố ma sát;

ρ - khối lượng riêng của dung dịch.

Sự phân cực nồng độ là hàm số của tỷ số giữa lưu tốc trung bình của sản phẩm và vận tốc trung bình của nước muối, của yếu tố ma sát và số Schmit. Vì $F/\rho \cdot v$ hầu như tỷ lệ thuận với sự thu hồi, sự phân cực diễn ra thuận lợi khi sự thu hồi cao.

Tuy nhiên cũng có thể đạt sự thu hồi cao khi phân cực nồng độ thấp bằng việc tuần hoàn nước muối, nghĩa là có thể giảm sự phân cực nồng độ bằng tăng độ xoáy của dòng.

- Theo phương thức lắp đặt màng, các thiết bị màng được chia thành bốn loại như minh họa trên hình 2.42.



Hình 2.42. Các loại thiết bị thẩm thấu ngược

- a. Lọc ép với các tấm lọc song song : 1. Tấm xốp; 2. Màng
 b. Lọc ống : 1. Ống; 2. Giá đỡ; 3. Màng
 c. Lọc màng bán thấm xếp thành cuộn :
 1. Láp đỡ; 2. Màng; 3. Ống dẫn nước sạch ra; 4. Lưới phân cách
 d. Màng ở dạng xoá trống rỗng :
 1. Tấm đỡ; 2. Vòng đệm với sợi; 3. Thân thiết bị; 4. Xoá trống rỗng

Để tiến hành quá trình người ta sử dụng các màng không xốp - các màng khuếch tán và động lực là các keo giả đồng thể và các màng xốp ở dạng màng mỏng làm từ vật liệu

polyme. Màng polyme thông dụng nhất là axetat xenlulo. Ngoài ra còn có các màng làm từ polyetylen, polytetrafloetylen, thủy tinh xốp, axetobutirat xenlulo.v.v...

- Hiệu suất của quá trình thẩm thấu phụ thuộc vào tính chất của màng bán thấm. Các màng bán thấm cần có những tính chất sau : khả năng phân tách (hay độ chọn lọc) cao, năng suất riêng (độ thấm qua) lớn, bền với môi trường, không thay đổi tính chất trong quá trình làm việc, có độ cơ học cao, giá thành rẻ.

c. Thiết kế thiết bị thẩm thấu ngược

Để có thể thiết kế một thiết bị thẩm thấu ngược ta cần biết thành phần nước thải, nhiệt độ và áp suất thẩm thấu.

Năng suất cần thiết của một nhà máy thường căn cứ vào lượng chất thải bỏ hoặc lượng nước thải đưa vào xử lý ở một nhiệt độ nhất định.

Từ phương trình cân bằng vật liệu đối với nước cũng như dung dịch có thể thiết lập biểu thức sau :

$$Q_f = Q_r - Q_p \quad (2.119)$$

$$Q_f \cdot C_{if} = Q_r \cdot C_i + Q_p \cdot C_{ip} \quad (2.120)$$

trong đó :

Q_f - lưu lượng nước thải dòng vào;

Q_r - lưu lượng phần thải bỏ;

Q_p - lưu lượng nước thấm qua;

C_{if} - nồng độ cấu tử i ở dòng vào;

C_i - nồng độ cấu tử i ở dòng thải bỏ;

C_{ip} - nồng độ cấu tử i ở dòng thấm qua.

Nồng độ trung bình của cấu tử i là C_{ia} ở một mặt của màng được tính như sau :

$$C_{ia} = \frac{Q_r \cdot C_i + Q_f \cdot C_{if}}{Q_r + Q_f} \quad (2.121)$$

Chất lượng nước trong dòng thấm qua có thể biểu thị qua C_{ia} và tỷ số thải trung bình

R_{tb} :

$$C_{ip} = C_{ia} (1 - R_{tb}) \quad (2.122)$$

Tỷ số thải trung bình của muối :

$$R_{tb} = 1 - \frac{K_p \cdot C_{wp} \cdot \Delta C_i}{W_p \cdot (\Delta p - \pi) \cdot C_{if}} \quad (2.123)$$

Giả thiết $C_{ip} = 0$ ta có :

$$Q_f \cdot C_{if} = Q_r \cdot C_i \quad (2.124)$$

$$C_{ia} = \frac{2 \cdot Q_f \cdot C_{if}}{Q_r + Q_f} = \frac{2Q_f C_{if}}{2 - R'} \quad (2.125)$$

trong đó :

$$R' = \frac{Q_p}{Q_f} \quad (2.126)$$

khi đó C_{ip} được ước tính như sau:

$$C_{ip} = \frac{2C_{if}}{2 - R'} (1 - R_{ib}) \quad (2.127)$$

Ưu điểm của phương pháp thẩm thấu ngược gồm :

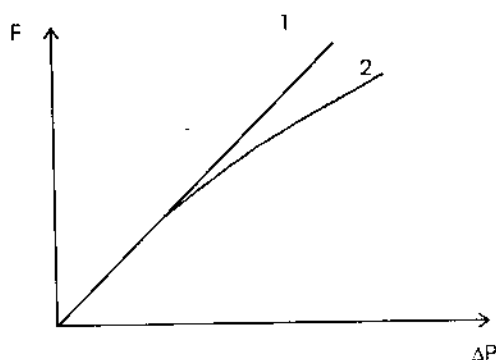
- Không có pha chuyển tiếp trong tách tạp chất cho phép tiến hành quá trình với chi phí năng lượng thấp;
- Có thể tiến hành quá trình ở nhiệt độ trong phòng không có bổ sung hoặc bổ sung ít hóa chất;
- Đơn giản trong kết cấu.
- Nhược điểm của phương pháp thẩm thấu ngược:
 - Phát sinh hiện tượng phân cực nồng độ do sự tăng nồng độ ở bề mặt màng. Điều này dẫn đến giảm năng suất, giảm mức độ phân tách các cấu tử và giảm tuổi thọ của màng;
 - Tiến hành quá trình ở áp suất cao dẫn đến cần có bộ phận làm kín đặc biệt.

Thẩm thấu ngược được ứng dụng rộng rãi để tách muối khỏi nước trong hệ thống cấp nước cho nhà máy nhiệt điện và các ngành công nghiệp khác (như công nghiệp bán dẫn, đèn hình, dược...). Những năm gần đây phương pháp này được sử dụng để làm sạch một số nước thải công nghiệp.

2.5.5.2. Siêu lọc

- Cả siêu lọc và thẩm thấu ngược đều phụ thuộc vào áp suất, động lực của quá trình và đòi hỏi màng cho phép một số cấu tử thẩm qua và giữ lại một số cấu tử khác.
- Sự khác biệt giữa hai quá trình là ở chỗ siêu lọc thường được sử dụng để tách dung dịch có khối lượng phân tử trên 500 và có áp suất thẩm thấu nhỏ (ví dụ các vi khuẩn, tinh bột, protein, đất sét...). Còn thẩm thấu ngược thường được sử dụng để khử các vật liệu có khối lượng phân tử thấp và có áp suất thẩm thấu cao.

- Lưu lượng chất lỏng đi qua màng siêu lọc phụ thuộc vào chênh lệch áp suất như trên hình 2.43.



Hình 2.43. Quan hệ phụ thuộc $F = f(\Delta P)$

1. Quan hệ $F = f(\Delta P)$ với kiểm soát độ thấm của màng
2. Quan hệ $F = f(\Delta P)$ với kiểm soát cả độ thấm của màng và phân cực nồng độ

Khi có chênh lệch áp suất thấp, lưu lượng sẽ tỷ lệ thuận với động lực quá trình ΔP và tỷ lệ nghịch với trở lực của màng R_n :

$$F = \frac{\Delta P}{R_n} \quad (2.128)$$

Sự phân cực trong siêu lọc thường lớn hơn trong thẩm thấu ngược vì hằng số khuếch tán đối với các phân tử macro nhỏ hơn 100 đến 1000 lần so với các muối. Lưu lượng dòng thường giảm theo hàm logarit với sự tăng nồng độ của các chất còn lại. Biểu thức sau mô tả dòng chất lỏng quan sát:

$$F = k \cdot \ln \frac{C_c}{C_i} \quad (2.129)$$

trong đó:

k - tổng hệ số chuyển khối;

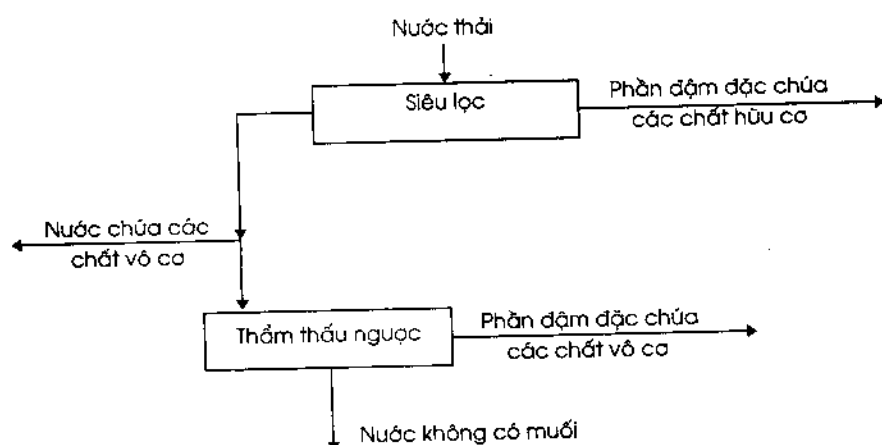
C_c - nồng độ của các tạp chất lưu lại sát bề mặt màng;

C_i - nồng độ trong phần thải bỏ như đã xác định ở trên liên quan đến thẩm thấu ngược.

Siêu lọc thường được sử dụng để khử đất sét, vi sinh vật, các chất thực vật và để tách nước cho bùn.

Khi sử dụng kết hợp thẩm thấu ngược và siêu lọc có thể làm đậm đặc và phân tách các chất hòa tan hữu cơ và vô cơ trong nước thải. Ví dụ sơ đồ trên hình 2.44, sau quá trình siêu

lọc ta nhận được phần đậm đặc chứa các chất hữu cơ, còn trong quá trình thẩm thấu ngược sẽ nhận được phần đậm đặc của các chất vô cơ và nước sạch.



Hình 2.44. Sơ đồ kết hợp siêu lọc và thẩm thấu ngược

2.5.5.3. Thẩm tách và điện thẩm tách

Phép thẩm tách là quá trình phân tách chất rắn bằng sử dụng sự khuếch tán không bằng nhau qua màng. Tốc độ khuếch tán (F_d) có liên quan đến gradient nồng độ (ΔC) qua màng :

$$F_d = K_d A \Delta C \quad (2.130)$$

trong đó:

K_d - tổng hệ số thẩm tách;

A - diện tích của màng;

ΔC được tính gần đúng theo công thức sau :

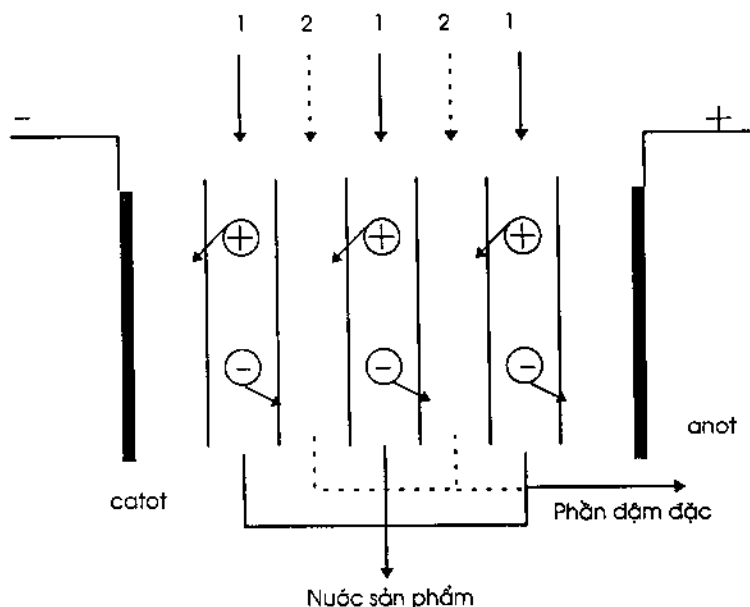
$$\Delta C = \frac{\Delta C_1 - \Delta C_2}{2,3 \log \frac{\Delta C_1}{\Delta C_2}}, \quad (2.131)$$

ở đây ΔC_1 và ΔC_2 là gradient nồng độ tại điểm nước vào và nước ra khỏi thiết bị xử lý.

Điện thẩm tách được thực hiện bằng cách đặt các màng có tính chọn lọc với cation và anion luân phiên nhau dọc theo dòng điện. Khi đưa dòng điện vào, các cation được gắn điện đi qua màng trao đổi cation về một hướng, còn các anion sẽ đi qua màng trao đổi ion về một hướng khác như minh họa trên hình 2.45.

Kết quả độ muối giảm trong khoang của một cặp màng và tăng trong khoang bên cạnh. Nước khi đó có thể đi qua một số màng lọc cho tới khi đạt tới độ mặn cần thiết theo yêu cầu.

- Phương pháp thẩm tách đã được sử dụng để thu hồi axit, muối kim loại và các hydroxyt.
- Điện thẩm tách đã được nghiên cứu như một phương pháp để khử nitơ trong nước thải nông nghiệp. Phương pháp này cũng đã được sử dụng để thu hồi các axit, lignin từ nước thải của sản xuất giấy và crom từ nước thải của mạ điện.



Hình 2.45. Nguyên lý của điện thẩm tách

1. Dòng vào có nồng độ loãng hơn ; 2. Dòng vào có nồng độ đậm hơn ;
A. Màng tách anion ; C. Màng tách cation.

2.5.6. Các phương pháp điện hóa

- Người ta sử dụng các quá trình oxy hóa cực anot và khử của catot, dòng tự điện... để làm sạch nước thải khỏi các tạp chất hòa tan và phân tán.

- Tất cả các quá trình này đều xảy ra trên các điện cực khi cho dòng điện một chiều đi qua nước thải.

- Các phương pháp điện hóa cho phép lấy ra từ nước thải các sản phẩm có giá trị bằng các sơ đồ công nghệ tương đối đơn giản và tự động hóa. Không cần sử dụng các tác nhân hóa học.

- Nhược điểm chính của các phương pháp này là tiêu hao điện năng lớn.

- Việc làm sạch nước thải bằng các phương pháp điện hóa có thể tiến hành gián đoạn hoặc liên tục.

- Hiệu suất của các phương pháp điện hóa được đánh giá bằng một loạt các yếu tố như mật độ dòng điện, điện áp, hệ số sử dụng hữu ích điện áp, hiệu suất theo dòng, hiệu suất theo năng lượng.

• Mật độ dòng điện là tỷ số giữa dòng với bề mặt điện cực và thường được tính theo A/m^2 hoặc A/cm^2 .

• Điện áp của thùng điện phân bằng tổng hiệu suất điện thế của cực và độ sụt điện áp trong dung dịch :

$$U = I_a + I_c + \Delta I_a + \Delta I_c + \Delta U_{dl} + \Delta U_m \quad (2.132)$$

trong đó :

ΔI_a , ΔI_c - đại lượng phân cực của anot và catot;

I_a , I_c - điện thế cân bằng của anot và catot;

ΔU_{dl} - độ sụt điện áp ở chất điện ly;

ΔU_m - độ sụt điện áp ở màng.

- Độ sụt điện áp trong chất điện ly (nước thải) khi không có các bóng khí được xác định theo định luật Ohm :

$$\Delta U_{dl} = i \rho \delta \quad (2.133)$$

trong đó:

i - mật độ dòng điện trong nước thải, A/cm^2 ;

ρ - điện trở riêng, $\Omega \text{ cm}$;

δ - khoảng cách giữa các điện cực, cm .

- Khi có các bóng khí thoát ra, do sự kéo dài, dòng giữa các điện cực ΔU_{dl} tăng, và tương quan :

$$\eta_{dl} = (I_a - I_c) U \quad (2.134)$$

được gọi là hệ số sử dụng hữu ích của điện áp.

• Hiệu suất theo dòng là tỷ số của lượng điện cần thiết theo lý thuyết (được tính theo định luật Faraday) và lượng điện chi phí thực tế được biểu thị bằng phần của đơn vị hay %.

2.5.6.1. Oxy hóa của anot và khử của catot

Xét một sơ đồ bể điện phân như trên hình 2.46 :

- Trên cực dương (anot): các ion cho điện tử nghĩa là phản ứng oxy hóa điện hóa xảy ra, còn trên cực âm (catot) xảy ra quá trình nhận điện tử, nghĩa là ở đây phản ứng khử xảy ra.

- Các quá trình này đã được nghiên cứu để làm sạch nước thải khỏi các tạp chất xyanua, sunfoxyanua, các amin, alcol, các aldehyt, hợp chất nitơ, thuốc nhuộm azo, sunfit, mecaptan... Trong quá trình oxy hóa điện hóa, các chất trong nước thải bị phân rã hoàn

toàn tạo thành CO_2 , NH_3 và nước hay tạo thành các chất không độc và đơn giản hơn để có thể tách ra bằng các phương pháp khác.

- Anot thường được làm từ các vật liệu không hòa tan khác nhau có tính chất điện phân, như: graphit, macnetit (Fe_3O_4), dioxyt chì, dioxyt mangan và dioxyt ruteni (Ru)... phủ lên nền titan.

- Catot được làm bằng molipden, hợp kim của vonfram với sắt hay niken; từ than chì (graphit), thép không gỉ và các kim loại khác được phủ lớp molipden, vonfram hay hợp chất của chúng.

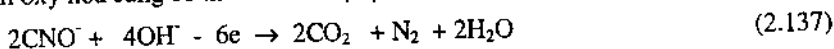
- Quá trình được tiến hành trong bể điện phân với màng hoặc không có màng. Ngoài các quá trình chính là oxy hóa điện hóa và khử, đồng thời trong bể điện phân còn xảy ra các quá trình khác như tuyển nổi bằng điện, hiện tượng điện di và đông tụ bằng điện;

- Nước thải của các nhà máy chế tạo máy, chế tạo các dụng cụ, luyện kim đen và luyện kim màu, công nghiệp hóa chất... ngoài chứa các xyanua đơn giản (KCN , NaCN) còn có các xyanua phức của kẽm, đồng, sắt và các kim loại khác. Nồng độ của chúng thường từ 10 đến 600 mg/l, còn pH của nước thải thường nằm trong khoảng 8 đến 12.

Oxy hóa anot của xyanua xảy ra theo phản ứng sau :

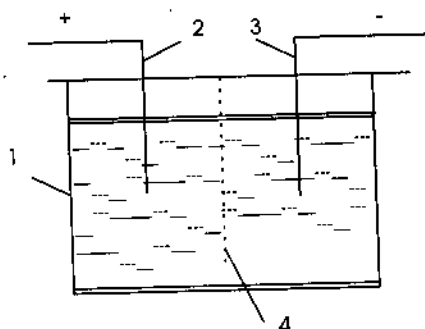
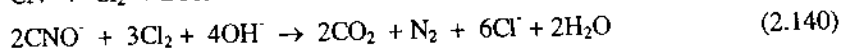
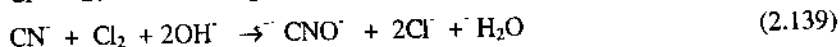


Quá trình oxy hóa cũng có thể dẫn đến sự tạo thành nitơ:



- Để tăng độ dẫn điện của nước thải và giảm năng lượng tiêu tốn, người ta có thể cho thêm NaCl vào nước. Khi nồng độ $\text{CN}^- = 1 \text{ g/l}$ người ta bổ sung 20 đến 30 g/l NaCl . Trong quá trình này người ta sử dụng anot graphit và catot thép. Điều kiện tối ưu của oxy hóa như sau mật độ dòng điện của anot khoảng $3 \div 4 \text{ A/dm}^2$, khoảng cách giữa các cực là 3 cm, tốc độ nước là $30 \text{ dm}^3/\text{h}$, pH = 8 ÷ 9. Hiệu suất làm sạch gần đạt 100%.

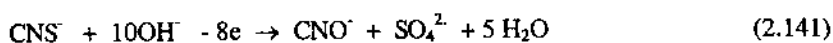
- Quá trình phá hủy các xyanua xảy ra là do sự oxy hóa điện hóa ở anot và oxy hóa bằng clo được giải phóng ở anot từ quá trình phân tách NaCl . Quá trình này được mô tả bởi các phương trình sau:



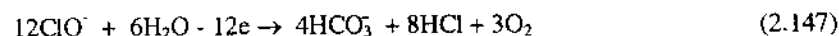
Hình 2.46. Sơ đồ bể điện phân

1. Thân bể; 2. Anốt; 3. Catot; 4. Màng

- Các sunfoxyanua được phân hủy theo sơ đồ sau :



- Các ion sunfit ở pH = 7 bị oxy hóa tới sunfat. Khi pH nhỏ hơn lưu huỳnh có thể được tạo thành. Oxy hóa phenol khi có clorua trong nước thải chỉ có hiệu quả khi hàm lượng phenol trong nước không lớn và theo các phương trình phản ứng sau :



Người ta ứng dụng quá trình khử của catot để loại các ion kim loại ra khỏi nước thải với sự tạo thành cặn, nhằm chuyển các cấu tử gây ô nhiễm thành các hợp chất ít độc hơn hoặc về dạng dễ tách ra khỏi nước như cặn, khí. Quá trình này có thể được sử dụng để làm sạch nước thải ra khỏi các ion kim loại nặng như Pb^{2+} , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , As^{3+} và Cr^{6+} . Quá trình khử của catot đối với các kim loại xảy ra như sau:



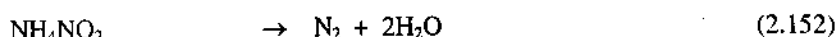
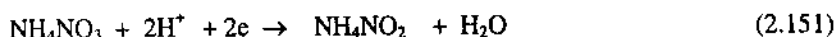
Ở đây các kim loại lắng lên catot và có thể thu hồi chúng.

Ví dụ, quá trình khử hợp chất crom đã đạt mức độ làm sạch cao : nồng độ chúng giảm từ 1000 tới còn 1 mg/l. Năng lượng tiêu tốn cho làm sạch vào khoảng 0,12 kWh/m³. Trong điện phân nước thải chứa $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, giá trị tối ưu của pH vào khoảng 2 còn mật độ dòng điện 0,2 đến 2 A/dm². Phản ứng khử xảy ra theo phương trình sau:



- Để xử lý nước thải chứa một số kim loại nặng, người ta tiến hành quá trình làm sạch nước thải khỏi các ion Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} bằng quá trình khử trên catot được làm từ hỗn hợp bột cacbon và lưu huỳnh theo tỷ lệ C : S từ (80 : 20) đến (20 : 80), ở pH < 7 và mật độ dòng điện 2,5 A/dm². Các ion này lắng trên cực ở dạng sunfua hoặc bisunfua và có thể tách chúng ra bằng phương pháp cơ học.

- Cũng có thể sử dụng các phản ứng khử tách chất gây ô nhiễm bằng chuyển chúng sang pha khí. Ví dụ khử NH_4NO_3 trên điện cực than chì, quá trình xảy ra như sau :



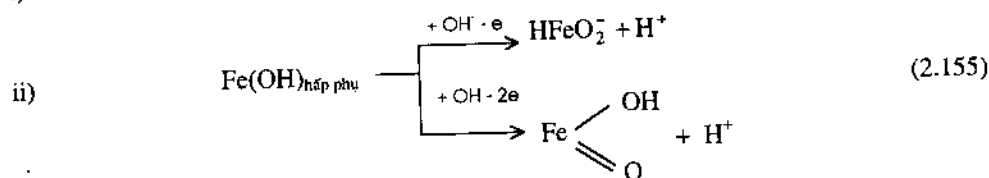
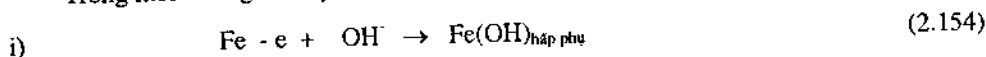
Chú ý :

Tính độc hại của các chất hữu cơ tăng lên khi phân tử của chúng có chứa các nguyên tử halogen, aldehyt, amin, nitơ hay nhóm nitro. Như vậy sản phẩm của quá trình khử, ví dụ các aldehyt, các xeton (ROH) - các alcol, các hydro cacbon sẽ trở nên ít độc hại hơn. Phản ứng xảy ra theo phương trình sau :



- Chúng ta xem xét quá trình hòa tan của anot, ví dụ điện cực sắt :

Trong môi trường kiềm phản ứng xảy ra theo hai giai đoạn:

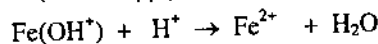
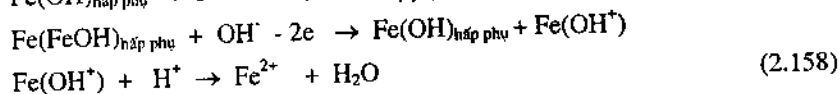


Ở giai đoạn một gồm quá trình hấp phụ nhóm OH^- trên điện cực sắt, mất điện tử và tạo thành hợp chất trung gian chứa oxy của sắt hóa trị 1.

Ở giai đoạn hai phản ứng xảy ra theo hai hướng và kết thúc bằng việc tạo thành sắt hóa trị hai hay ba.

Tốc độ chung của quá trình hòa tan của anot được hạn định bởi giai đoạn hai.

Trong môi trường axit xảy ra các phản ứng sau :



Phản ứng trước phản ứng (2.158) là giai đoạn quyết định tốc độ quá trình.

Tốc độ quá trình hòa tan điện hóa của kim loại được xác định bởi đại lượng dòng điện, là đại lượng phụ thuộc điện áp đặt (điện thế của anot) :

$$i = k[OH^-] \exp \left\{ \left[\frac{2\beta + 1}{R.T} \right] \phi . n . F \right\} \quad (2.159)$$

trong đó:

k, β - hằng số quá trình;

R - hằng số khí;

- T - nhiệt độ tuyệt đối;
 n - số điện tử tham gia quá trình;
 F - số Faraday.

Các quá trình oxy hóa ở anốt cũng được sử dụng để khử màu của một số thuốc nhuộm ra khỏi nước thải, cũng như làm sạch nước thải của các nhà máy giấy, chế biến dầu mỏ ...

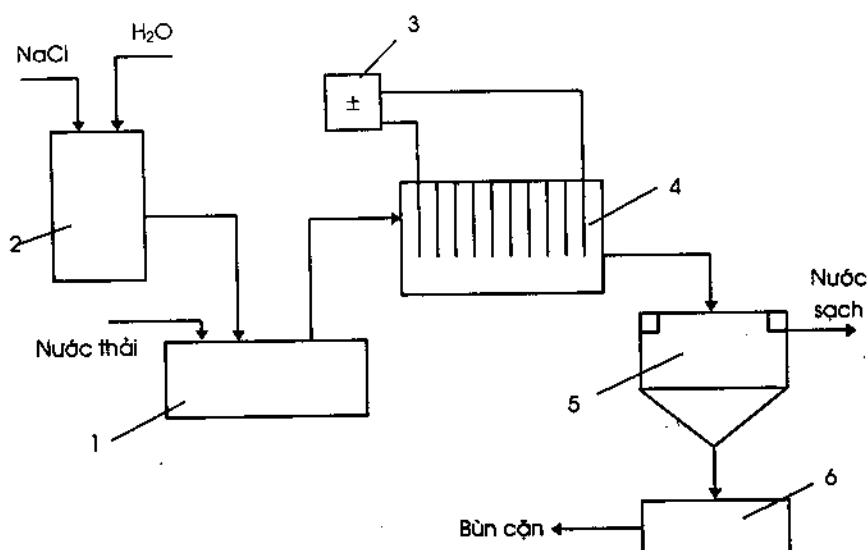
2.5.6.2. Đông tụ điện

Khi sử dụng các điện cực không tan có thể xảy ra quá trình đông tụ do hiện tượng sinh điện và phóng điện của các hạt mang điện trên các điện cực, tạo thành trong dung dịch các chất có tác dụng phá vỡ các muối của solvat (clo, oxy) trên bề mặt hạt.

Quá trình như vậy có thể sử dụng để làm sạch nước chứa hàm lượng các hạt keo không cao và độ bền vững thấp của các chất gây ô nhiễm.

Để làm sạch nước thải công nghiệp chứa các tạp chất gây ô nhiễm có độ bền cao, người ta tiến hành quá trình điện phân với việc sử dụng các anốt hòa tan bằng nhôm và thép. Dưới tác dụng của dòng điện xảy ra quá trình hòa tan của các kim loại, dẫn đến các cation sắt hoặc nhôm chuyển vào nước gặp nhóm hydroxyl tạo thành hydroxyt của các kim loại đó ở dạng bông và quá trình đông tụ xảy ra mãnh liệt.

Sơ đồ hệ thống thiết bị đông tụ điện được trình bày trên hình 2.47.



Hình 2.47. Sơ đồ hệ thống thiết bị đông tụ bằng điện

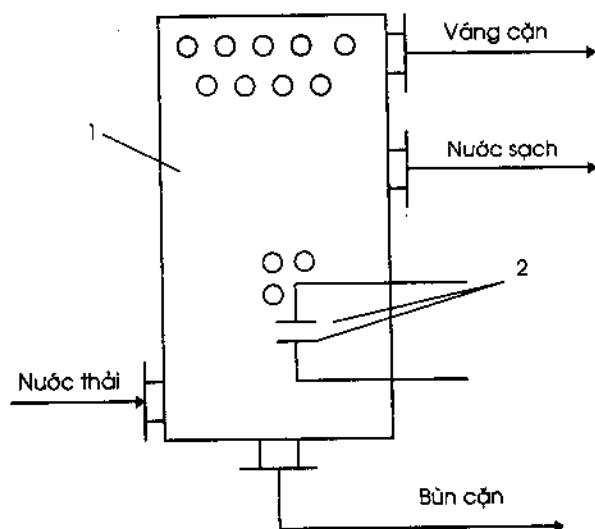
1. Bể điều hòa; 2. Thùng chuẩn bị dung dịch; 3. Nguồn điện một chiều;
4. Bể đông tụ bằng điện; 5. Bể lắng; 6. Thiết bị tách nước.

Ưu điểm của phương pháp đông tụ bằng điện là thiết bị gọn và điều khiển đơn giản, không sử dụng tác nhân hóa học, ít nhạy cảm với sự thay đổi điều kiện tiến hành quá trình làm sạch (t° , pH), không có các chất độc, bùn cặn có tính chất cơ học và cấu trúc tốt. Nhưng phương pháp này cũng có nhược điểm là tiêu tốn kim loại và chi phí điện năng cao.

Phương pháp đông tụ bằng điện được ứng dụng nhiều trong công nghiệp thực phẩm, hóa chất, giấy và bột giấy.

2.5.6.3. Tuyến nổi bằng điện

Trong quá trình làm sạch nước thải bằng phương pháp này, việc tách các hạt lơ lửng là nhờ các bọt khí được tạo thành trong điện phân nước. Ở cực anot là các bóng khí oxy còn trên cực catot là hydro. Khi các bóng khí này nổi lên gặp và kéo theo các hạt lơ lửng cùng nổi lên bề mặt nước. Khi sử dụng các điện cực hòa tan, xảy ra đồng thời việc tạo thành các bông đông tụ và các bọt xảy ra mãnh liệt hơn. Sơ đồ thiết bị tuyến nổi điện một ngăn được trình bày trên hình 2.48.



Hình 2.48. Sơ đồ hệ thống thiết bị tuyến nổi điện một ngăn

1. Thân thiết bị; 2. Điện cực

Đường kính bóng khí trong tuyến nổi điện vào khoảng 20 đến 100 μm . Để nhận được các bóng khí có đường kính đúng với yêu cầu, công nghệ cần thiết phải chọn đúng chủng loại vật liệu, đường kính sợi catot và mật độ dòng điện. Mật độ dòng điện tối ưu nằm trong khoảng 200 đến 260 A/m^2 .

2.6. CÁC PHƯƠNG PHÁP HÓA HỌC

Các phương pháp hóa học dùng trong xử lý nước thải gồm có: trung hòa, oxy hóa và khử. Tất cả các phương pháp này đều dùng các tác nhân hóa học nên là phương pháp đắt tiền. Người ta sử dụng các phương pháp hóa học để khử các chất hòa tan và trong các hệ thống cấp nước khép kín. Đôi khi các phương pháp này được dùng để xử lý sơ bộ trước xử lý sinh học hay sau công đoạn này như là một phương pháp xử lý nước thải lần cuối để thải vào nguồn nước.

2.6.1. Phương pháp trung hòa

Nước thải chứa các axit vô cơ hoặc kiềm cần được trung hòa đưa pH về khoảng 6,5 đến 8,5 trước khi thải vào nguồn nước hoặc sử dụng cho công nghệ xử lý tiếp theo.

Trung hòa nước thải có thể thực hiện bằng nhiều cách khác nhau:

- Trộn lẫn nước thải axit với nước thải kiềm;
- Bổ sung các tác nhân hóa học;
- Lọc nước axit qua vật liệu có tác dụng trung hòa;
- Hấp thụ khí axit bằng nước kiềm hoặc hấp thụ amoniac bằng nước axit...

Việc lựa chọn phương pháp trung hòa là tùy thuộc vào thể tích và nồng độ của nước thải, chế độ thải nước thải, khả năng sẵn có và giá thành của tác nhân hóa học.

Trong quá trình trung hòa, một lượng bùn cặn được tạo thành. Lượng bùn này phụ thuộc vào nồng độ và thành phần của nước thải cũng như loại và lượng các tác nhân sử dụng cho quá trình.

2.6.1.1. Trung hòa bằng trộn lẫn chất thải

Phương pháp này được sử dụng khi nước thải của xí nghiệp là axit còn xí nghiệp gần đó có nước thải kiềm. Cả hai loại nước thải này đều không chứa các cấu tử gây ô nhiễm khác.

Trong trường hợp này người ta trộn nước axit và nước kiềm trong thùng chứa có cánh khuấy hoặc khuấy trộn bằng không khí với vận tốc ở đường ống cấp vào bằng 20 đến 40 m/s.

2.6.1.2. Trung hòa bằng bổ sung các tác nhân hóa học

Để trung hòa nước axit, có thể sử dụng các tác nhân hóa học như NaOH, KOH, Na_2CO_3 , nước amoniac NH_4OH , CaCO_3 , MgCO_3 , dolômit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) và xi măng. Song tác nhân rẻ nhất là sữa vôi 5 đến 10% Ca(OH)_2 , tiếp đó là soda và NaOH ở dạng phế thải. Đôi khi người ta sử dụng các chất thải khác nhau của sản xuất để trung hòa nước thải.

Việc lựa chọn các tác nhân để trung hòa phụ thuộc vào thành phần và nồng độ axit của nước thải. Ở đây cần tính đến quá trình có tạo ra cặn bã hay không.

Người ta phân nước thải axit thành các loại sau:

1. Nước chứa axit yếu (H_2CO_3 , CH_3COOH);
2. Nước chứa axit mạnh (HCl , HNO_3). Trong trường hợp này, để trung hoà chúng có thể sử dụng bất kỳ tác nhân nào kể ở trên. Muối của các axit này hòa tan tốt trong nước.
3. Nước chứa axit sunfuric (H_2SO_4) và axit sunfurơ (H_2SO_3). Muối canxi của các axit này ít hòa tan trong nước và tách ra thành cặn. Để trung hòa nước thải axit người ta thường dùng đá vôi ở dạng hydroxyt canxi (sữa vôi) hoặc dạng bột khô.

Trong trung hòa nước thải chứa axit sunfuric bằng sữa vôi sẽ thải ra bã cặn là thạch cao $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Độ hòa tan của thạch cao ít thay đổi theo nhiệt độ. Khi khuấy trộn dung dịch sẽ xảy ra sự lắng đọng thạch cao trên thành ống dẫn và làm kín các ống dẫn. Để phá vỡ sự vít kín đó cần rửa ống dẫn bằng nước sạch hoặc cho thêm chất làm mềm đặc biệt, ví dụ hexametaphotphat. Tăng tốc độ dòng nước được trung hòa sẽ giảm sự đóng cặn của thạch cao lên thành ống dẫn.

Lượng tác nhân cần thiết theo lý thuyết để trung hòa axit có cho trong bảng 2.16.

Bảng 2.16. Lượng tác nhân tiêu tốn theo lý thuyết để trung hòa các axit (6)

Các tác nhân	Lượng tiêu tốn riêng của kiềm để trung hòa axit, kg/kg					
	H_2SO_4	HCl	HNO_3	H_3PO_4	CH_3COOH	HF
Canxi oxyt (CaO)	0,57	0,77	0,44	0,86	0,47	1,7
Các hydroxyt:						
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,75	1,01	0,59	1,13	0,62	1,85
NaOH	0,82	1,09	0,63	1,22	0,67	2
KOH	1,14	1,53	0,89	1,71	0,94	2,8
Các cacbonat:						
CaCO_3	1,02	1,37	0,8	1,53	0,83	2,5
MgCO_3	0,86	1,15	0,67	1,21	0,7	2,1
Na_2CO_3	1,09	1,45	0,84	1,62	0,89	2,63

Trong thực tế, lượng tác nhân đưa vào thực hiện quá trình thường lấy dư khoảng 10% lượng tính toán.

Trong nước thải axit và kiềm thường có chứa các ion kim loại, vì vậy liều lượng tác nhân tham gia phản ứng trung hòa cần tính đến cả yếu tố tạo thành cặn muối các kim loại nặng. Lượng tác nhân lý thuyết để tách các kim loại có cho trong bảng 2.17.

Bảng 2.17. Lượng tác nhân tiêu tốn riêng cần thiết để tách kim loại, kg/kg (ó)

Kim loại	Tác nhân			
	CaO	Ca(OH) ₂	Na ₂ CO ₃	NaOH
Kẽm	0,85	1,13	1,6	1,22
Niken	0,95	1,26	1,8	1,36
Đồng	0,88	1,16	1,66	1,26
Sắt	1,0	1,32	1,9	1,43
Chì	0,27	0,36	0,51	0,38

Lượng tác nhân để trung hòa lượng nước thải Q (m³/h) được tính theo công thức sau:

$$G = k_3 \frac{100}{B} Q \cdot a \cdot C \quad (2.160)$$

còn lượng tác nhân để trung hòa nước axit có chứa các muối kim loại nặng được xác định theo công thức 2.161:

$$G = k_3 \frac{100}{B} Q (aC_1 + b_1C_1 + b_2C_2 + \dots + b_nC_n) \quad (2.161)$$

trong đó :

k_3 - hệ số dự trữ;

B - lượng chất hoạt hóa trong thương phẩm, %;

a - lượng tác nhân tiêu tốn riêng, kg/kg;

C - nồng độ axit hoặc kiềm, kg/m³;

$C_1, C_2, \dots, C_n$ - nồng độ kim loại, kg/m³;

$b_1, b_2, \dots, b_n$ - lượng tác nhân tiêu tốn riêng tương ứng để tách các kim loại, kg/kg.

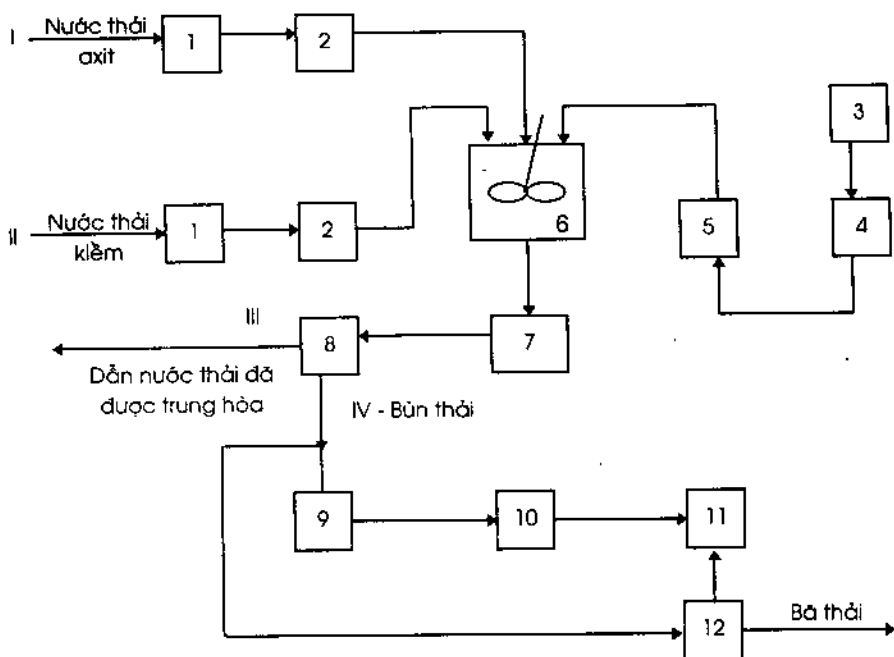
Sơ đồ nguyên lý của trạm trung hòa bằng bổ sung tác nhân hóa học được minh họa trên hình 2.49.

Các yêu cầu công nghệ

Thời gian tiếp xúc của nước thải và các tác nhân hóa học trong thiết bị phản ứng không được dưới 5 phút; đối với nước thải axit chứa các muối kim loại nặng cần không được nhỏ hơn 30 phút. Thời gian lưu của nước thải trong bể lắng khoảng 2 h.

Vôi để trung hòa thường được sử dụng ở dạng sữa vôi 5% hoặc dạng bột. Theo tiêu chuẩn của Liên xô cũ (ГОСТ 179-77), vôi loại I thường chứa 67% (CaO + MgO) hoạt hóa, loại II chứa 55%. Tốt nhất là nghiền nhỏ vôi tới thành phần: 60 đến 70% các hạt 5 đến 10 μ m; và 30 đến 40% các hạt 10 đến 100 μ m.

Để trung hòa nước thải kiềm người ta sử dụng các axit khác nhau hoặc khí thải mang tính axit.



Hình 2.49. Sơ đồ nguyên lý trạm trung hòa nước thải bằng sơ đồ bổ sung tác nhân

1. Bể lắng thô; 2. Bể điều hòa; 3. Kho tác nhân; 4. Bể dung dịch tác nhân;
5. Bộ phận định lượng; 6. Thùng khuấy trộn; 7. Thiết bị trung hòa; 8. Bể lắng;
9. Bể lắng đặc bùn; 10. Thiết bị lọc chân không; 11. Kho chứa bã cặn đã tách nước;
12. Sân chứa bã thải.

2.6.1.3. Trung hòa nước thải axit bằng cách lọc qua vật liệu có tác dụng trung hòa

Trong trường hợp này người ta thường dùng các vật liệu như manhêtit ($MgCO_3$), đolômit, đá vôi, đá phấn, đá hoa và các chất thải rắn như xỉ và xỉ tro làm lớp vật liệu lọc. Các vật liệu trên được sử dụng ở dạng cục với kích thước 30 đến 80 mm. Quá trình có thể được tiến hành trong thiết bị lọc - trung hòa đặt nằm ngang hoặc đứng.

Người ta dùng các thiết bị lọc này để trung hòa nước axit có nồng độ axit không vượt quá 1,5 mg/l và không chứa muối kim loại nặng.

Chiều cao H lớp vật liệu lọc để trung hòa nước thải chứa HNO_3 và HCl thường chọn vào khoảng 1 đến 1,5 m, còn trong trường hợp chứa H_2SO_4 chọn từ 1,5 đến 2 m. Có thể cho nước thải đi từ trên xuống hoặc từ dưới đi lên.

Khi lọc nước thải chứa HCl và HNO_3 qua lớp đá vôi, thường chọn tốc độ lọc (v) từ 0,5 đến 1 m/h. Trong trường hợp lọc nước thải chứa tới 0,5% H_2SO_4 qua lớp đolômit, tốc độ lọc lấy từ 0,6 đến 0,9 m/h, còn tới 2% H_2SO_4 , thì tốc độ lọc lấy bằng 0,35 m/h.

Tính toán thiết kế

Diện tích lọc của thiết bị lọc đứng (m^2) được xác định theo biểu thức sau:

$$F = \frac{Q}{v} \quad (2.162)$$

Thời gian làm việc của thiết bị lọc khi không quá tải được xác định theo công thức (2.163):

$$\tau = \frac{H \cdot F \cdot \rho}{M \cdot k} \quad (2.163)$$

trong đó:

Q - lưu lượng nước thải cần trung hòa, m^3/s ;

ρ - khối lượng riêng của vật liệu trung hòa. Đối với dolômit, đá vôi và đá hoa: $\rho = 2\,800\,kg/m^3$; manhêtit: $\rho = 3\,000\,kg/m^3$ và đá phấn $\rho = 2\,700\,kg/m^3$;

M - lượng tác nhân tiêu tốn, $kg/ngày$;

k - hệ số tính tới sử dụng không hoàn toàn vật liệu lọc trong thiết bị.

Chiều dài của thiết bị lọc (m) được tính theo công thức (2.164) :

$$L = v \cdot \tau \quad (2.164)$$

Thời gian tiếp xúc giữa nước thải và vật liệu lọc tính theo công thức:

$$\tau = \frac{6k_1 \cdot d^{1.5}}{\sqrt{v}} (3 + \lg C) \quad (2.165)$$

Góc nghiêng cần thiết của thiết bị lọc khi đặt nằm ngang được xác định theo công thức sau :

$$i = \frac{v^2}{d \cdot s^2 \cdot \varepsilon_o^2} \quad (2.166)$$

Tổng trở lực trong thiết bị lọc bằng:

$$h = i \cdot L \quad (2.167)$$

trong đó:

k_1 - hệ số đặc trưng độ hoạt hóa của vật liệu lọc (đối với dolômit vùng Matscova

$k_1 = 1,87$; vùng uran $k_1 = 3,96$);

d - đường kính trung bình của vật liệu lọc, cm ;

C - nồng độ axit trong nước thải, g/dl ;

S - hệ số phụ thuộc vào d :

$$S = (20 + 14) d$$

ε_o - độ xốp của lớp vật liệu lọc, thường lấy trong khoảng 0,35 đến 0,45.

Thiết bị và ống dẫn của hệ thống trung hòa cần được chế tạo bằng vật liệu chịu axit.

Chú ý:

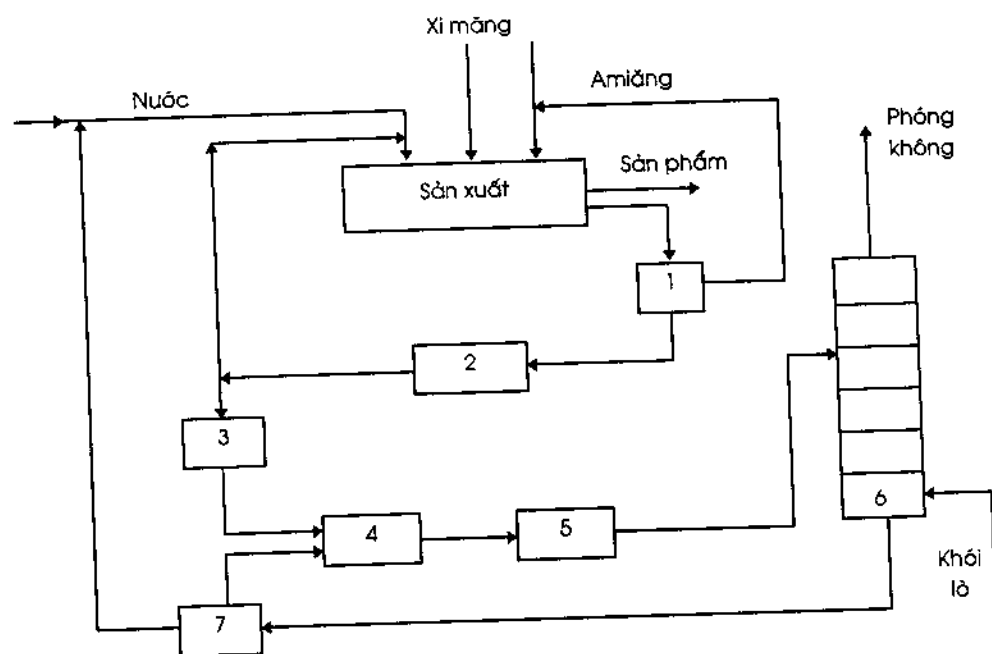
Khi chiều cao của lớp vật liệu lọc bằng 0,85 đến 1,2 m thì vận tốc không được vượt quá 5 m/s, còn thời gian tiếp xúc không dưới 10 phút. Đối với thiết bị lọc ngang, vận tốc nước thải qua thiết bị lấy từ 1 đến 3 m/s.

2.6.1.4. Trung hòa bằng các khí axit

Để trung hòa nước thải kiềm, trong những năm gần đây người ta đã sử dụng khí thải chứa CO_2 , SO_2 , NO_2 , N_2O_3 ... Việc sử dụng khí axit không những cho phép trung hòa nước thải mà đồng thời tăng hiệu suất làm sạch chính khí thải khỏi các cấu tử độc hại.

Việc sử dụng CO_2 để trung hòa nước thải kiềm có nhiều ưu điểm so với việc dùng H_2SO_4 hay HCl và cho phép giảm rất đáng kể chi phí cho quá trình trung hòa.

Do độ hòa tan của CO_2 kém nên mức nguy hiểm do oxy hóa quá mức các dung dịch được trung hòa cũng giảm xuống, các cacbonat được tạo thành có nhiều ứng dụng hơn so với sunfat và clorua. Ngoài ra tác động ăn mòn và độc hại của các ion CO_3^{2-} trong nước nhỏ hơn các ion SO_4^{2-} và Cl^- .



Hình 2.50. Sơ đồ sử dụng nước không có nước thải của nhà máy sản xuất xi măng amian

1. Thiết bị lọc; 2.5. Bể lắng; 3. Bể điều hòa; 4. Bể trộn; 6. Tháp rửa.

Ví dụ, trung hòa nước thải kiềm bằng khối lò trong sản xuất xi măng amian đã tạo nên công nghệ không nước thải như trên hình 2.50.

Trong sơ đồ này đã tạo ra chu trình sử dụng nước khép kín không có nước thải, giảm lượng nước mới cần cấp cho sản xuất, tiết kiệm năng lượng để đun nóng nước, đồng thời cũng làm sạch khối lò khỏi các cấu tử axit (CO_2 , SO_2 ...) và bụi.

2.6.2. Phương pháp oxy hóa và khử

Để làm sạch nước thải người ta có thể sử dụng các chất oxy hóa như clo ở dạng khí và hóa lỏng, dioxyt clo, clorat canxi, hypoclorit canxi và natri, pemanganat kali, bicromat kali, peoxythydro (H_2O_2), oxy của không khí, ozon, pyroluzit (MnO_2) ...

Trong quá trình oxy hóa, các chất độc hại trong nước thải được chuyển thành các chất ít độc hơn và tách ra khỏi nước. Quá trình này tiêu tốn một lượng lớn các tác nhân hóa học, do đó quá trình oxy hóa hóa học chỉ được dùng trong những trường hợp khi các tạp chất gây nhiễm bẩn trong nước thải không thể tách bằng những phương pháp khác. Ví dụ khử xyanua hay hợp chất hòa tan của asen.

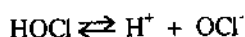
Hoạt độ của các chất oxy hóa được xác định bởi đại lượng thế oxy hóa. Trong các chất được biết trong tự nhiên, flour là chất oxy hóa mạnh nhất, nhưng cũng chính vì vậy mà nó không được ứng dụng trong thực tế. Thế oxy hóa của một số chất hóa học như sau :

Chất oxy hóa	O_3	Cl_2	H_2O_2	KMnO_4
Thế oxy hóa	2,07	0,94	0,68	0,59

2.6.2.1. Oxy hóa bằng clo

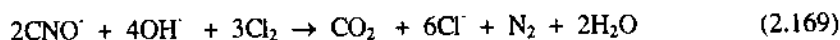
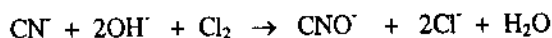
Clo và các chất có chứa clo hoạt tính là chất oxy hóa thông dụng nhất. Người ta sử dụng chúng để tách H_2S , hydrosunfit, các hợp chất chứa metylsunfit, phenol, xyanua ra khỏi nước thải.

Khi cho clo tác dụng với nước, xảy ra các phản ứng sau:

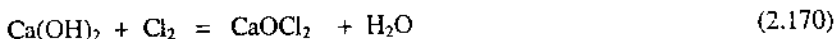


Tổng clo, HOCl và OCl^- được gọi là clo tự do hay clo hoạt tính.

Quá trình tách xyanua ra khỏi nước được tiến hành ở môi trường kiềm ($\text{pH} = 9$). Xyanua có thể bị oxy hóa tới nitơ và CO_2 theo phương trình sau :



Các nguồn cung cấp clo có hoạt tính còn có thể là clorat canxi (CaOCl_2), hypoclorit, clorat, dioxyt clo, clorat canxi được nhận theo phản ứng sau :



Natri hypoclorit được tạo thành khi sục khí clo qua dung dịch kiềm:



còn hypoclorit canxi được điều chế bằng clo hóa hydroxyt canxi ở nhiệt độ $25 - 30^\circ\text{C}$:

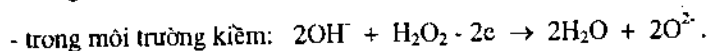
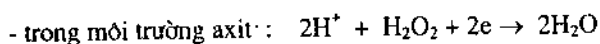


Trong đó natri clorat (NaClO_3) là chất oxy hóa mạnh bị phân tách thành ClO_2 . Dioxyt clo là khí độc có màu vàng xanh, có mùi mạnh hơn clo.

2.6.2.2. Oxy hóa bằng peoxyt hydro (H_2O_2)

Peroxyt hydro H_2O_2 là một chất lỏng không màu và có thể trộn lẫn với nước ở bất kỳ tỷ lệ nào. H_2O_2 được dùng để oxy hóa các nitrit, các aldehyt, phenol, xyanua, các chất thải chứa lưu huỳnh và chất nhuộm mạnh.

Trong công nghiệp người ta sản xuất H_2O_2 từ 85 đến 95% và pergidrol chứa 30% H_2O_2 . H_2O_2 có tính độc và nồng độ giới hạn cho phép trong nước là 0,1 mg/l. Nó có thể phân hủy trong môi trường axit và môi trường kiềm theo các phản ứng sau:

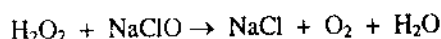


Trong môi trường axit, H_2O_2 thể hiện rõ chức năng oxy hóa còn trong môi trường kiềm là chức năng khử. Trong môi trường axit, H_2O_2 chuyển muối Fe^{2+} thành muối Fe^{3+} , HNO_2 thành HNO_3 và SO_3^{2-} thành SO_4^{2-} .

Xyanua (CN^-) bị oxy hóa ở môi trường kiềm ($\text{pH} = 9 - 12$) thành xianat (CNO^-)

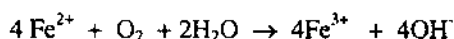
Trong các dung dịch loãng quá trình oxy hóa các chất hữu cơ xảy ra chậm, do đó người ta sử dụng chất xúc tác là các ion kim loại có hóa trị thay đổi như Fe^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Cr^{2+} , Ag^+ .

Trong quá trình xử lý nước người ta không chỉ sử dụng tính chất oxy hóa của H_2O_2 mà còn sử dụng cả tính chất khử của nó. Ví dụ trong quá trình loại bỏ clo trong nước :



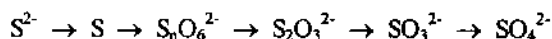
2.6.2.3. Oxy hóa bằng oxy trong không khí

Oxy trong không khí được sử dụng để tách sắt ra khỏi nước theo phản ứng sau:



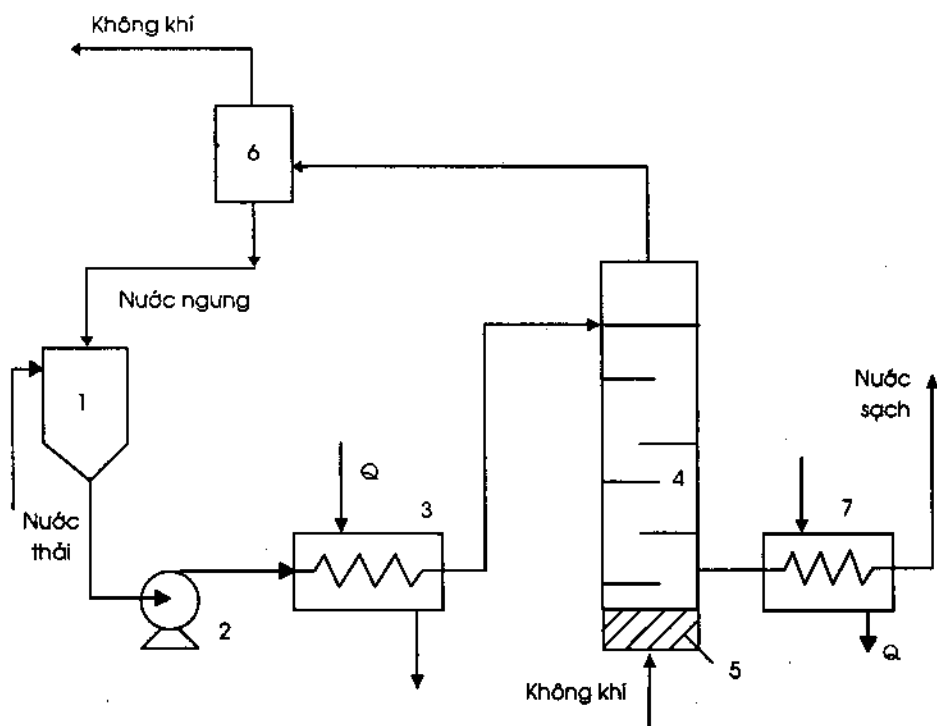
Quá trình oxy hóa được tiến hành bằng sự thông gió qua nước trong các tháp phun mưa.

Oxy của không khí còn được sử dụng để oxy hóa sunfua trong nước thải của các nhà máy giấy, chế biến dầu mỏ. Quá trình oxy hóa hydrosunfua thành sunfua lưu huỳnh diễn ra qua các giai đoạn thay đổi hóa trị của lưu huỳnh từ -2 đến +6 :



Khi tăng nhiệt độ, tốc độ phản ứng và mức độ oxy hóa sunfua và hydrosunfua tăng. Theo lý thuyết để oxy hóa 1 g sunfua lưu huỳnh tiêu tốn 1 g oxy.

Sơ đồ nguyên lý công nghệ oxy hóa sunfua được mô tả trên hình 2.51:

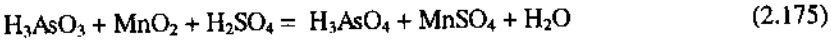


Hình 2.51. Sơ đồ nguyên lý công nghệ oxy hóa sunfua

1. Thùng chứa nước thải; 2. Bơm; 3. Thiết bị trao đổi nhiệt; 4. Tháp oxy hóa;
5. Bộ phận phân phối không khí; 6. Thiết bị tách không khí; 7. Thiết bị làm sạch.

2.6.2.4. Oxy hóa bằng pyroluzit

Pyroluzit thường được dùng để oxy hóa As^{3+} đến As^{5+} theo phản ứng sau:



Khi tăng nhiệt độ sẽ làm tăng mức độ oxy hóa. Chế độ oxy hóa tối ưu như sau:

Lượng MnO_2 tiêu tốn : $MnO_2 = 4$ lần so với lượng tính lý thuyết; độ axit của nước: $30 + 40$ g/l; nhiệt độ của nước $70 - 80^{\circ}C$.

Quá trình oxy hóa này thường được tiến hành bằng cách lọc nước thải qua lớp vật liệu MnO_2 hoặc trong thiết bị khuấy trộn với vật liệu đó.

Ozon hóa

Oxy hóa bằng ozon cho phép đồng thời khử tạp chất nhiễm bẩn, khử màu, khử các vị lạ và mùi đối với nước.

Quá trình ozon hóa có thể làm sạch nước thải khỏi phenol, sản phẩm đầu mỏ, hydrosulfua (H_2S), các hợp chất arsen, chất hoạt động bề mặt, xyanua, chất nhuộm...

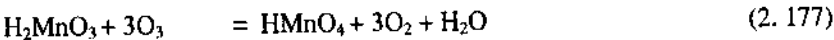
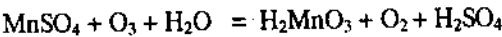
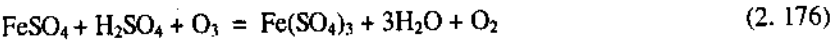
Trong xử lý nước bằng ozon, các hợp chất hữu cơ bị phân hủy và xảy ra sự khử trùng đối với nước. Các vi khuẩn bị chết nhanh hơn so với xử lý nước bằng clo vài nghìn lần.

Độ hòa tan của ozon trong nước phụ thuộc vào pH và hàm lượng của chất hòa tan trong nước. Một hàm lượng không lớn axit và muối trung tính sẽ làm tăng độ hòa tan của ozon và sự có mặt của kiềm sẽ làm giảm độ hòa tan của ozon.

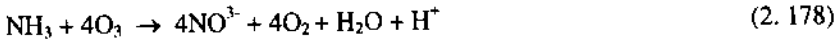
Tác động của ozon trong quá trình oxy hóa có thể diễn ra theo ba hướng :

- 1. Oxy hóa trực tiếp với sự tham gia của một nguyên tử oxy,
- 2. Kết hợp toàn bộ phân tử ozon với chất bị oxy hóa tạo thành ozonua,
- 3. Tăng cường xúc tác của tác động oxy hóa của oxy trong không khí bị ozon hóa.

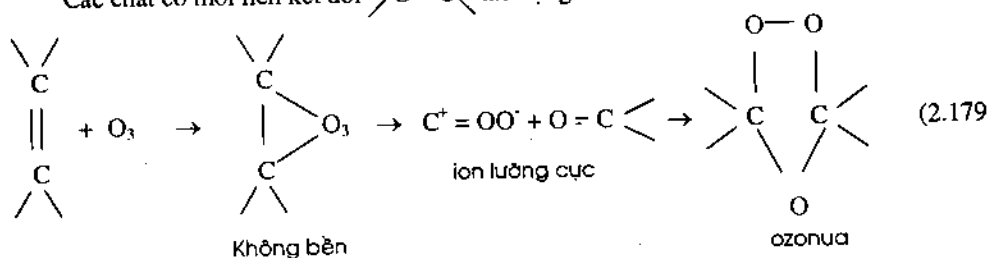
Ozon có thể oxy hóa cả các chất vô cơ và hữu cơ tan trong nước thải. Ví dụ, phản ứng oxy hóa một loạt các chất hữu cơ và khoáng chất (Fe^{2+} , Mn^{2+}) tạo thành kết tủa của các hidroxyt hay dioxyt permanganat không tan :



Còn amoniac bị oxy hóa bằng ozon trong môi trường kiềm theo phản ứng sau:

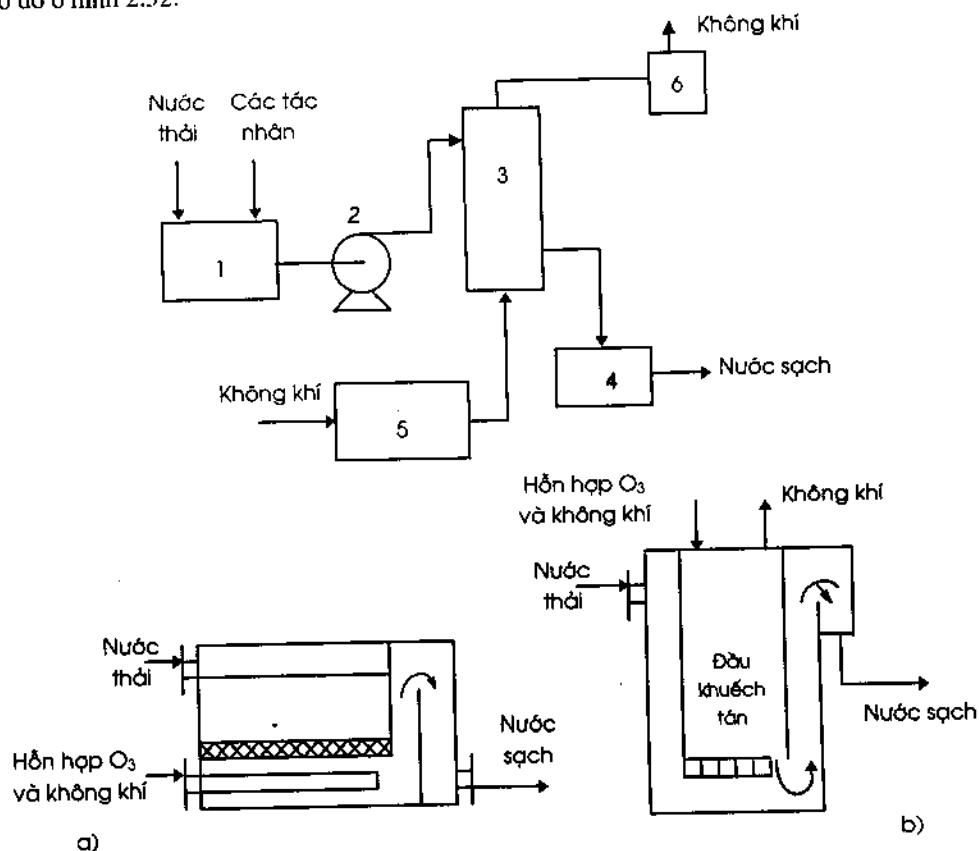


Các chất có mối liên kết đôi $>C=C<$ tác dụng với ozon như sau:



Ozon có khả năng phản ứng cao khi tác dụng với các phenol trong khoảng nồng độ rất rộng (từ 0 đến 1000 mg/l).

Quá trình làm sạch nước thải bằng ozon có thể tiến hành theo một hoặc nhiều bậc như sơ đồ ở hình 2.52.



Hình 2.52. Các sơ đồ thiết bị lọc sạch nước thải bằng ozon theo một bậc

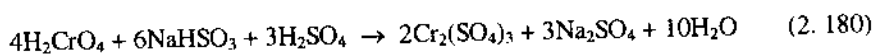
1. Thiết bị khuấy trộn; 2. Bơm; 3. Thiết bị phản ứng (có thể loại đệm a) hay sục khí qua đĩa b));
4. Thùng chứa; 5. Thiết bị ion hóa không khí; 6. Thiết bị lọc sạch khí thải.

2.6.2.5. Làm sạch bằng khử

Phương pháp làm sạch nước thải bằng quá trình khử được ứng dụng trong các trường hợp khi nước thải chứa các chất dễ bị khử. Phương pháp này được dùng rộng rãi để tách các hợp chất thủy ngân, crom, asen ... ra khỏi nước thải.

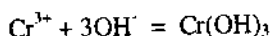
Trong xử lý nước thải chứa hợp chất thủy ngân ở dạng vô cơ, người ta khử thành thủy ngân kim loại và tách ra khỏi nước bằng quá trình lắng, lọc hoặc tuyển nổi. Còn các hợp chất thủy ngân hữu cơ thì trước tiên chúng bị oxy hóa để phá vỡ hợp chất, sau đó khử cation Hg thành Hg kim loại.

Khử Cr ra khỏi nước thải bằng quá trình khử với chất khử NaHSO_3 xảy ra theo phản ứng sau:



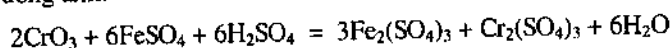
Phản ứng xảy ra nhanh trong khoảng $\text{pH} = 3 + 4$ và có dư H_2SO_4 .

Để lắng Cr^{3+} người ta dùng tác nhân kiềm $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH ... và pH tối ưu cho quá trình lắng trong khoảng 8 đến 9,5 theo phản ứng sau:

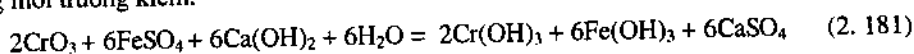


Một chất khử có hiệu quả nữa là FeSO_4 , nó có thể được sử dụng trong cả môi trường axit cũng như môi trường kiềm:

- trong môi trường axit:

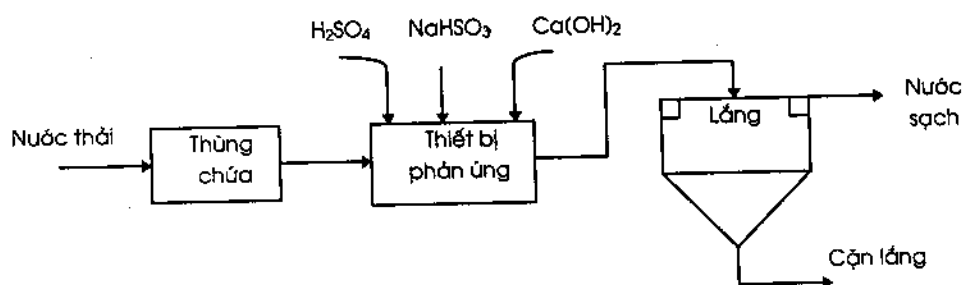


- trong môi trường kiềm:



Lượng FeSO_4 tiêu tốn phụ thuộc vào pH và nồng độ crom. Ở điều kiện thuận lợi nhất khi nhiệt độ bằng 20°C và pH gần bằng 7, lượng FeSO_4 tiêu tốn lớn hơn 1,3 lần giá trị tính theo lý thuyết.

Sơ đồ quá trình khử được mô tả trên hình 2.53.



Hình 2.53. Sơ đồ quá trình khử

2.7. XỬ LÝ NƯỚC THẢI BẰNG CÁC PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC

Người ta sử dụng các phương pháp sinh học để làm sạch nước thải sinh hoạt cũng như nước thải sản xuất khỏi nhiều chất hữu cơ hòa tan và một số chất vô cơ như H_2S , các sunfit, amoniac, nitơ...

Phương pháp này dựa trên cơ sở sử dụng hoạt động của vi sinh vật để phân hủy các chất hữu cơ gây nhiễm bẩn trong nước thải. Các vi sinh vật sử dụng các chất hữu cơ và một số chất khoáng làm nguồn dinh dưỡng và tạo năng lượng. Trong quá trình dinh dưỡng, chúng nhận các chất dinh dưỡng để xây dựng tế bào, sinh trưởng và sinh sản nên sinh khối của chúng được tăng lên. Quá trình phân hủy các chất hữu cơ nhờ vi sinh vật gọi là quá trình oxy hóa sinh hóa.

Như vậy, nước thải có thể được xử lý bằng phương pháp sinh học sẽ được đặc trưng bởi chỉ tiêu BOD hoặc COD. Để có thể xử lý bằng phương pháp này nước thải sản xuất cần không chứa các chất độc và tạp chất, các muối kim loại nặng hoặc nồng độ của chúng không được vượt quá nồng độ cực đại cho phép và có tỷ số $BOD/COD \geq 0,5$.

Người ta có thể phân loại các phương pháp sinh học dựa trên các cơ sở khác nhau. Song nhìn chung có thể chia chúng thành hai loại chính sau:

1. Phương pháp hiếu khí là phương pháp xử lý sử dụng các nhóm vi sinh vật hiếu khí. Để đảm bảo hoạt động sống của chúng cần cung cấp oxy liên tục và duy trì nhiệt độ trong khoảng 20 đến 40°C.

2. Phương pháp yếm khí là phương pháp sử dụng các vi sinh vật yếm khí.

Trong xử lý nước thải công nghiệp, các phương pháp hiếu khí được ứng dụng rộng rãi hơn cả.

2.7.1. Nguyên lý chung của quá trình oxy hóa sinh hóa

Để thực hiện quá trình oxy hoá sinh hoá, các chất hữu cơ hoà tan, cả các chất keo và phân tán nhỏ trong nước thải cần được di chuyển vào bên trong tế bào của vi sinh vật. Theo quan điểm hiện đại nhất, quá trình xử lý nước thải hay nói đúng hơn là việc thu hồi các chất bẩn từ nước thải và việc vi sinh vật hấp thụ các chất bẩn đó là một quá trình gồm ba giai đoạn:

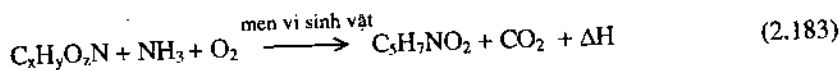
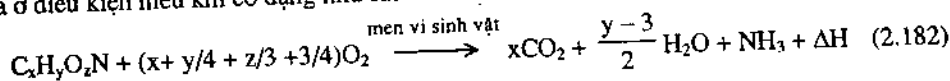
1. Di chuyển các chất gây ô nhiễm từ pha lỏng tới bề mặt của tế bào vi sinh vật do khuếch tán đối lưu và phân tử;

2. Di chuyển chất từ bề mặt ngoài tế bào qua màng bán thấm bằng khuếch tán do sự chênh lệch nồng độ các chất ở trong và ngoài tế bào;

3. Quá trình chuyển hóa các chất ở trong tế bào vi sinh vật với sự sản sinh năng lượng và quá trình tổng hợp các chất mới của tế bào với sự hấp thụ năng lượng.

Các giai đoạn trên có quan hệ rất chặt chẽ với nhau và quá trình chuyển hóa các chất đóng vai trò chính trong quá trình xử lý nước thải.

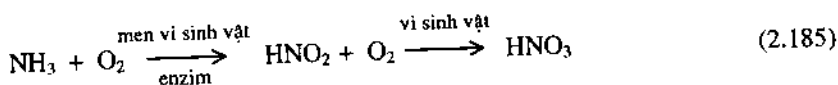
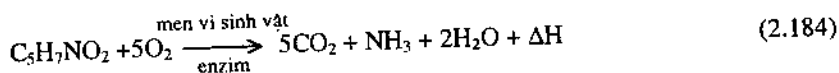
Các hợp chất hóa học trải qua nhiều phản ứng chuyển hóa khác nhau trong nguyên sinh chất của tế bào. Phương trình tổng quát các phản ứng tổng của quá trình oxy hóa sinh hóa ở điều kiện hiếu khí có dạng như sau:



Trong phản ứng trên, $C_xH_yO_zN$ là tất cả các chất hữu cơ của nước thải, còn $C_5H_7NO_2$ là công thức theo tỷ lệ trung bình các nguyên tố chính trong tế bào vi sinh vật, ΔH là năng lượng.

Phản ứng (2.182) là phản ứng oxy hóa các chất hữu cơ để đáp ứng nhu cầu năng lượng của tế bào, còn phản ứng (2.183) là phản ứng tổng hợp để xây dựng tế bào. Lượng oxy tiêu tốn cho các phản ứng này là tổng BOD của nước thải.

Nếu tiếp tục tiến hành quá trình oxy hóa thì khi không đủ chất dinh dưỡng, quá trình chuyển hóa các chất của tế bào bắt đầu xảy ra bằng oxy hóa chất liệu tế bào (tự oxy hóa):



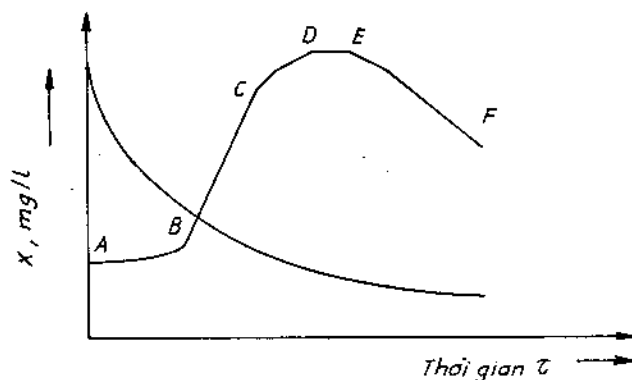
Tổng lượng oxy tiêu tốn cho bốn phản ứng trên gần gấp hai lần lượng oxy tiêu tốn của hai phản ứng đầu. Từ các phản ứng trên thấy rõ sự chuyển hóa hóa học là nguồn năng lượng cần thiết cho các vi sinh vật.

2.7.2. Sự phát triển của tế bào và động học của phản ứng lên men

Dựa trên đặc tính sinh lý và tốc độ sinh sản của vi sinh vật, quá trình phát triển của chúng được chia thành nhiều giai đoạn như minh họa trên hình 2.54.

Trong giai đoạn tiềm phát, vi sinh vật chưa thích nghi với môi trường hoặc đang biến đổi để thích nghi. Đến cuối giai đoạn này tế bào vi sinh vật mới bắt đầu sinh trưởng. Các tế bào mới tăng về kích thước nhưng chưa tăng về số lượng.

Trong giai đoạn lũy tiến, vi sinh vật phát triển với tốc độ riêng không đổi. Sau một thời gian nhất định, tổng số tế bào cũng như trọng lượng tế bào tăng lên gấp đôi. Khi dùng đồ thị $\ln X - t$ thì tốc độ sinh trưởng $\mu = \lg \alpha$.



Hình 2.54. Đường cong sinh trưởng của tế bào và việc sử dụng dinh dưỡng

AB - giai đoạn tiềm phát; BC - giai đoạn phát triển lũy tiến bằng pha logarit hay pha chỉ số;
CD - giai đoạn tốc độ chậm; DE - giai đoạn cân bằng hoặc giai đoạn dừng;
EF - giai đoạn suy tàn.

Trong giai đoạn tốc độ chậm, tốc độ phát triển giảm dần tới mức cân bằng ở cuối pha. Ở các vi sinh vật cho sản phẩm trao đổi chất thì giai đoạn này chính là giai đoạn hình thành sản phẩm như các enzym, alcol, axit hữu cơ, vitamin...

Trong giai đoạn cân bằng, số lượng tế bào sống được giữ ở mức không đổi, nghĩa là số lượng tế bào chết đi tương đương với số lượng tế bào mới sinh ra. Tính chất sinh lý của tế bào vi sinh vật bắt đầu thay đổi, cụ thể là cường độ trao đổi chất giảm đi rõ rệt.

Trong giai đoạn suy tàn, tốc độ sinh sản giảm đi rõ rệt và dần dần ngừng hẳn, dẫn đến số lượng tế bào sống giảm đi rất nhanh và bắt đầu có hiện tượng tự hủy. Nguyên nhân suy tàn chủ yếu là do nguồn thức ăn trong môi trường đã cạn, sự tích lũy sản phẩm trao đổi chất có tác động ức chế và đôi khi tiêu diệt cả vi sinh vật.

Trong pha logarit, sinh khối tăng theo biểu thức (2.186) :

$$\frac{dX}{d\tau} = \mu \cdot X \quad (2.186 a)$$

trong đó:

$\frac{dX}{d\tau}$ - tốc độ tăng trưởng của sinh khối, mg/l.τ;

X - nồng độ của sinh khối, mg/l;

μ - hằng số tốc độ sinh trưởng, 1/τ;

τ - thời gian.

Đã có khá nhiều các mô hình toán được xây dựng để xác định μ nhưng thông dụng hơn cả là phương trình Monod. Phương trình này đã chấp nhận giả thiết: tốc độ sử dụng dinh dưỡng và tốc độ sinh trưởng bị giới hạn bởi tốc độ các phản ứng enzym, bao gồm cả sự thiếu các chất cần thiết. Phương trình này có dạng sau:

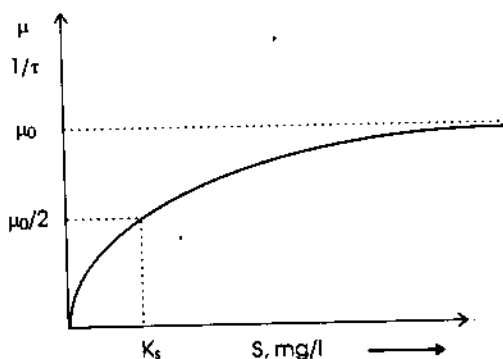
$$\mu = \mu_0 \cdot \frac{S}{S + K_s} \quad (2.186 \text{ b})$$

trong đó:

S - nồng độ cơ chất BOD, COD/TOC hạn định sinh trưởng trong dung dịch, mg/l;

K_s - hằng số bán bão hòa, nghĩa là nồng độ cơ chất khi $\mu = \mu_0/2$, mg/l.

Quan hệ $\mu = f(S)$ được minh họa trên hình 2.55.



Hình 2.55. Ảnh hưởng của yếu tố dinh dưỡng chính lên tốc độ sinh trưởng

Phương trình (2.186b) cho thấy :

- Khi dư thừa dinh dưỡng hạn định, nghĩa là $S \gg K_s$ thì hằng số tốc độ sinh trưởng là cực đại, $\mu = \mu_0$ và hệ thống này chủ yếu bị giới hạn bởi sinh khối. Phương trình tốc độ sinh trưởng (r_x) có dạng như sau :

$$r_x = \frac{dX}{dt} \mu_0 \cdot X \quad (2.187)$$

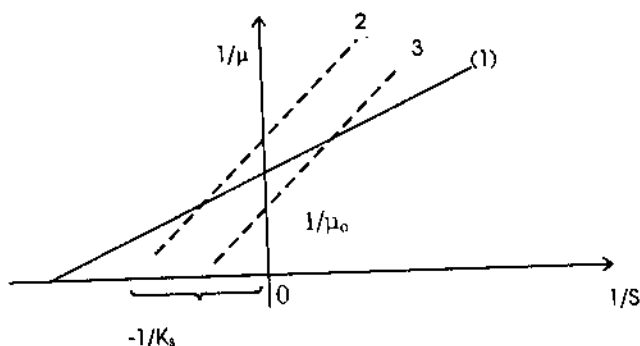
Phương trình này bậc một với sinh khối. Điều đó có nghĩa là r_x tỷ lệ bậc một với sinh khối hiện có.

- Khi $S \ll K_s$, hệ thống bị giới hạn bởi dinh dưỡng, $r_x = \text{const}$ và tốc độ sinh trưởng là bậc 0 với sinh khối, nghĩa là tốc độ sinh trưởng độc lập với sinh khối hiện có.

- Khi $S = K_s$, hằng số tốc độ sinh trưởng bằng $\mu_0/2$ như đã định nghĩa K_s .

Để xác định K_s , người ta tiến hành khảo sát quan hệ phụ thuộc $\mu = f(S)$ trên đồ thị $1/\mu - 1/S$ bằng phương trình tuyến tính (2.188):

$$\frac{1}{\mu} = \frac{K_s}{\mu_0} \cdot \frac{1}{S} + \frac{1}{\mu_0} \quad (2.188)$$



Hình 2.56. Đồ thị thực nghiệm xác định hệ số K_s và μ_0

1. Đường của Lineweaver - Burk; 2. Khi có hợp chất độc; 3. Khi có ức chế xảy ra.

Thay phương trình (2.186a) vào (2.186b), tốc độ sản xuất sinh khối sẽ bằng :

$$r_x = \frac{dX}{dt} = \frac{\mu_0 \cdot S \cdot X}{K_s + S} \quad (2.189b)$$

Nếu như tất cả dinh dưỡng được chuyển hóa thành sinh khối thì tốc độ sử dụng dinh dưỡng sẽ bằng tốc độ sản sinh sinh khối. Nhưng vì sự dị hóa còn chuyển hóa một phần dinh dưỡng thành các sản phẩm phụ nào đó nên tốc độ sử dụng dinh dưỡng sẽ lớn hơn tốc độ tạo sinh khối và ta có:

$$r_x = -Y \frac{dS}{dt} = -Y \cdot r_s \quad (2.189)$$

hay :

$$r_s = \frac{r_x}{Y} = -\frac{\mu_0 \cdot S \cdot X}{Y(K_s + S)} \quad (2.189)$$

trong đó :

Y - phần thập phân của dinh dưỡng được chuyển hóa thành sinh khối, mg/l;

$\frac{\text{mg MLVSS/l}}{\text{mg BOD}_5 \text{ đã sử dụng / l}}$ hay còn gọi là hệ số đồng hóa.

$r_s = \frac{dS}{dt}$ - tốc độ sử dụng dinh dưỡng, mg/l.τ.

Yếu tố Y biến động tùy thuộc vào cách trao đổi chất trong quá trình chuyển hóa. Các quá trình hiếu khí có hiệu suất cao hơn quá trình yếm khí về khía cạnh chuyển hóa sinh khối và như vậy có giá trị của yếu tố Y lớn hơn. Các giá trị điển hình của Y trong các phản ứng hiếu khí bằng khoảng 0,4 đến 0,8 kg sinh khối/kg BOD₅, trong khi đó với các phản ứng yếm khí giá trị của Y nằm trong khoảng 0,08 đến 0,2 kg sinh khối/kg BOD₅.

Phương trình (2.186b) sẽ chưa đầy đủ nếu không tính đến việc biểu thị sự giảm sinh khối do hô hấp nội sinh. Sự phân rã nội sinh cũng được xếp là phản ứng bậc 1 theo nồng độ sinh khối:

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_{ns} = -k_d \cdot X \quad (2.186c)$$

trong đó k_d là hằng số tốc độ phân rã nội sinh, $1/\tau$.

Kết hợp phương trình (2.186c) với phương trình (2.186b) ta có :

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_0 \cdot S \cdot X}{K_s + S} - k_d \cdot X \quad (2.186d)$$

Sự phân rã nội sinh có ảnh hưởng rất nhỏ đến tốc độ sinh trưởng trong các pha đầu của đường cong sinh trưởng trên hình 2.54. Tuy nhiên, trong pha dừng, sự phân rã nội sinh bằng tốc độ sinh trưởng và trở nên trội hơn trong pha suy tàn.

2.7.3. Ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau lên tốc độ oxy hóa sinh hóa

Tốc độ oxy hóa sinh hóa phụ thuộc vào nồng độ các chất hữu cơ, hàm lượng các tạp chất và mức độ ổn định của dòng nước thải vào hệ thống xử lý.

Ở một mức độ làm sạch nhất định, các yếu tố chính ảnh hưởng lên tốc độ phản ứng sinh hóa là chế độ thủy động, hàm lượng oxy trong nước thải, nhiệt độ, pH, các nguyên tố chính cũng như các kim loại nặng và các muối khoáng.

Việc khuấy trộn nước thải trong các công trình xử lý sẽ làm tăng cường sự phân chia bông bùn hoạt tính thành các hạt nhỏ hơn, tăng tốc độ hấp phụ các chất dinh dưỡng và oxy lên các vi sinh vật. Điều đó dẫn đến làm tăng tốc độ làm sạch. Cường độ khuấy trộn phụ thuộc vào lượng không khí cấp vào chất lỏng. Chuyển động rối của dòng đạt được nhờ sự khuấy trộn mãnh liệt, khi đó bùn hoạt tính nằm ở trạng thái lơ lửng đảm bảo phân bố đồng đều trong nước thải.

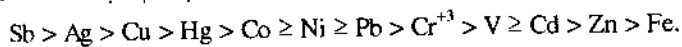
2.7.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Tốc độ phản ứng oxy hóa sinh hóa tăng khi tăng nhiệt độ. Song trong thực tế nhiệt độ nước thải trong hệ thống xử lý được duy trì trong khoảng 20 đến 30°C. Khi nhiệt độ tăng quá ngưỡng trên có thể làm cho các vi khuẩn bị chết, còn ở nhiệt độ quá thấp tốc độ làm sạch sẽ bị giảm và quá trình thích nghi của vi sinh vật với môi trường mới bị chậm lại, các

quá trình nitrat hóa hoạt tính keo tụ và lắng bùn bị giảm hiệu suất. Còn trong phạm vi tối ưu trên, khi nhiệt độ tăng tốc độ quá trình phân hủy các chất hữu cơ tăng gấp 2 đến 3 lần. Tuy nhiên khi nhiệt độ nước thải tăng thì độ hòa tan của oxy trong nước bị giảm. Do đó để duy trì nồng độ oxy hòa tan trong nước người ta tiến hành sục khí mạnh liệt và liên tục.

2.7.3.1. Ảnh hưởng của kim loại nặng

Bùn hoạt tính có khả năng hấp thụ các muối kim loại nặng. Khi đó hoạt động sinh hóa của chúng bị giảm do sự phát triển mạnh của vi khuẩn dạng sợi làm cho bùn hoạt tính bị phồng lên. Theo mức độ độc hại, các kim loại nặng có thể sắp xếp theo thứ tự sau:



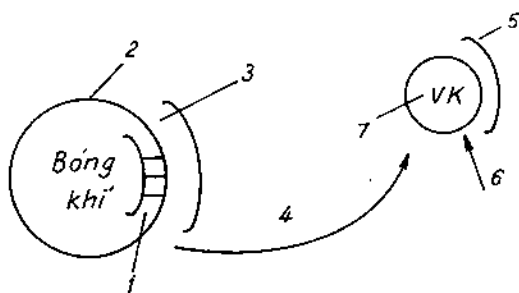
Muối của các kim loại này làm giảm tốc độ làm sạch. Nồng độ cho phép của các chất độc để quá trình oxy hóa sinh hóa có thể xảy ra phụ thuộc vào bản chất của các chất đó. Trong những trường hợp khi nước thải chứa một số loại chất độc thì trong tính toán các công trình xử lý sẽ tính theo chất độc nhất.

Hàm lượng của các chất khoáng khi cao hơn nồng độ cho phép cực đại cũng có thể ảnh hưởng xấu tới tốc độ làm sạch nước thải.

2.7.3.1. Hấp thụ và nhu cầu oxy

Để oxy hóa các chất hữu cơ, các vi sinh vật cần có oxy và nó chỉ có thể sử dụng oxy hòa tan. Để cung cấp oxy cho nước thải người ta tiến hành quá trình thông khí, khuếch tán dòng không khí thành các bóng nhỏ phân bố đều trong khối chất lỏng.

Vì oxy ít hòa tan trong nước nên có thể bỏ qua trở lực khuếch tán của pha khí và tốc độ hấp thụ oxy do trở lực của pha lỏng quyết định. Sơ đồ của sự chuyển oxy từ bóng khí tới các vi sinh vật được minh họa trên hình 2.57.



Hình 2.57. Sơ đồ di chuyển oxy tới vi sinh vật

1. Lớp khuếch tán biên ở phía pha khí ($1/\beta_k$); 2. Bề mặt phân pha; 3. Lớp khuếch tán biên ở phía pha lỏng ($1/\beta_l$); 4. Quá trình chuyển oxy từ bóng khí tới vi sinh vật; 5. Lớp khuếch tán biên ở pha lỏng bao quanh vi sinh vật; 6. Quá trình chuyển oxy vào trong tế bào; 7. Vùng phản ứng giữa phân tử oxy với các men (enzym).

Chiều dày của lớp khuếch tán biên δ , khi chất lỏng vòng bao quanh vật thể có kích thước là L phụ thuộc vào hệ số khuếch tán D , độ nhớt μ_n , khối lượng riêng ρ_n và vận tốc của chất lỏng v_n theo phương trình sau :

$$\delta = D^{1/3} \left(\frac{\mu_n}{\rho_n} \right)^{1/6} \sqrt{\frac{L}{v_n}} \quad (2.190)$$

Vì các vi sinh vật có kích thước rất nhỏ và chúng chuyển động trong các hệ thống xử lý với vận tốc bằng vận tốc của nước thải nên chiều dày lớp biên khuếch tán của chất lỏng ở thành các tế bào nhỏ hơn rất nhiều so với xung quanh bọt khí, vì vậy trở lực của nó không đáng kể đối với sự di chuyển của oxy. Mặt khác, cũng cần tính đến điều là bề mặt riêng của các vi sinh vật lớn hơn nhiều so với bề mặt riêng của các bóng khí. Do đó có thể kết luận quá trình di chuyển oxy từ các bóng khí tới các vi sinh vật được hạn định chủ yếu bởi trở lực khuếch tán của chất lỏng xung quanh bóng khí.

Đối với các khí hòa tan kém, hệ số chuyển khối được lấy bằng hệ số cấp khối ($K_L \approx \beta_v$).

Do bề mặt tiếp xúc pha giữa không khí và nước thải trong các hệ thống xử lý là không xác định được, vì vậy trong tính toán người ta sử dụng hệ số cấp khối thể tích β_v .

Lượng oxy được hấp thụ có thể tính theo phương trình cấp khối sau:

$$M = \beta_v \cdot V (C^* - C) \quad (2.191)$$

trong đó:

M - lượng oxy được hấp thụ, kg/s;

β_v - hệ số cấp khối thể tích, 1/S;

V - thể tích nước thải trong hệ thống xử lý, m^3 ;

C^* , C - nồng độ cân bằng và nồng độ oxy ở trong khối chất lỏng, kg/m^3 .

Từ biểu thức trên cho thấy, có thể tăng lượng oxy được hấp thụ bằng cách tăng β_v hoặc động lực của quá trình. Việc thay đổi động lực của quá trình có thể thực hiện bằng tăng hàm lượng oxy trong không khí, giảm nồng độ làm việc hoặc tăng áp suất của quá trình hấp thụ. Song tất cả các giải pháp trên đều không kinh tế hoặc không làm tăng cường độ quá trình một cách đáng kể. Cách tốt nhất tăng lượng oxy cấp vào trong nước thải là tăng hệ số cấp khối thể tích β_v vì:

$$\beta_v = \beta_L \cdot a \quad (2.192)$$

trong đó :

$$a = \frac{6\varphi_K}{d_{bot}}$$

ở đây :

φ_K - hàm lượng khí trong dòng nước thải;

d_{bot} - đường kính của bọt khí.

Như vậy bằng cách tăng hàm lượng khí trong dòng thải và giảm đường kính bóng khí có thể tăng bề mặt riêng tiếp xúc pha một cách đáng kể.

2.7.3.4. Các nguyên tố dinh dưỡng và vi lượng

Để có phản ứng sinh hóa, nước thải cần chứa hợp chất của các nguyên tố dinh dưỡng và vi lượng. Đó là các nguyên tố N, S, P, K, Mg, Ca, Na, Cl, Fe, Mn, Mo, Ni, Co, Zn, Cu ... trong đó N, P và K là các nguyên tố chủ yếu, cần được đảm bảo một lượng cần thiết trong xử lý sinh hóa. Hàm lượng các nguyên tố khác không cần phải định mức vì chúng có trong nước thải ở mức đủ cho nhu cầu của các vi sinh vật.

Khi thiếu nitơ lâu dài, ngoài việc cản trở quá trình sinh hóa các chất hữu cơ còn tạo ra bùn hoạt tính khó lắng.

Khi thiếu photpho dẫn đến sự phát triển vi khuẩn dạng sợi, là nguyên nhân chính làm cho bùn hoạt tính bị phồng lên, khó lắng và bị cuốn ra khỏi hệ thống xử lý, làm giảm sinh trưởng của bùn hoạt tính và giảm cường độ quá trình oxy hóa.

Các nguyên tố dinh dưỡng tốt nhất ở dạng các hợp chất tương tự như trong các tế bào vi sinh vật. Ví dụ, nitơ ở dạng nhóm amon (NH_4^+) còn photpho ở dạng muối của axit photphoric.

Hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng phụ thuộc vào thành phần của nước thải và tỷ lệ giữa chúng được xác định bằng thực nghiệm. Để tính toán sơ bộ người ta thường lấy tỷ lệ BOD : N : P = 100:5:1. Tỷ lệ này chỉ đúng cho 3 ngày đầu, còn khi quá trình xử lý kéo dài để tránh giảm hiệu suất của bùn hoạt tính cần giảm lượng nitơ và photpho trong nước thải. Khi quá trình xử lý kéo dài 20 ngày thì tỷ lệ BOD : N : P cần giữ ở mức 200 : 5 : 1.

Khi trong nước thải không có đủ nitơ và photpho người ta bổ sung chúng bằng cách đưa thêm phân nitơ, photpho và kali vào. Mặt khác, thường nước thải sinh hoạt có chứa các chất dinh dưỡng này, do đó khi kết hợp xử lý nước thải sản xuất và loại nước thải này thì không cần phải bổ sung các nguyên tố dinh dưỡng.

Ngoài ra giá trị pH cũng ảnh hưởng rất lớn đến quá trình tạo men trong tế bào và quá trình hấp thụ các chất dinh dưỡng vào tế bào. Đối với đa số vi sinh vật khoảng giá trị pH tối ưu là 6,8 đến 8,5.

2.7.4. Cấu trúc của các chất ô nhiễm và bùn hoạt tính

2.7.4.1. Quá trình oxy hóa sinh hóa và cấu trúc của một số hợp chất hữu cơ trong nước thải công nghiệp

Tác nhân tham gia vào quá trình phân hủy các chất hữu cơ là vi khuẩn, xạ khuẩn, nấm và một số sinh vật bậc thấp.

Quá trình oxy hóa sinh hóa các hợp chất hữu cơ phụ thuộc vào cấu trúc hóa học của các chất đó và vào nhiều yếu tố khác.

Bên cạnh các chất dễ bị oxy hóa như hydratecacbon còn rất nhiều chất chỉ bị oxy hóa một phần hoặc thậm chí hoàn toàn không bị phân hủy, dù có những vi khuẩn thích nghi tham gia vào quá trình. Đó là các chất hữu cơ tổng hợp - hydrocacbon, alcol, aldehyt, este.

Người ta nghiên cứu và phân chia vi sinh vật phân hủy các chất bền vững ra thành 3 nhóm:

Nhóm vi sinh vật phân hủy các hợp chất mạch hở như : alcol mạch thẳng, aldehyt và axít.

Nhóm vi sinh vật phân hủy các hợp chất thơm như : benzen, phenol, toluen, xylen v.v...

Nhóm vi sinh vật oxy hóa hydrocacbon dãy polymetyl (hydrocacbon của dầu lửa), hydrocacbon no mạch hở - parafin ...

Khi nghiên cứu khả năng oxy hóa sinh hóa của các chất hữu cơ có cấu trúc khác nhau, nhiều tác giả đã đi đến kết luận sau:

1. Những hợp chất có khối lượng phân tử lớn, với cấu trúc nhiều mạch nhánh bên là những chất không bị oxy hóa sinh hóa.

2. Các chất không bị oxy hóa sinh hóa là những chất mà men (enzym) của vi sinh vật rất khó thâm nhập vào cũng là những chất khó thẩm thấu khuếch tán qua màng tế bào.

3. Đối với những chất có nguyên tử cacbon ở trung tâm, dù chỉ còn một liên kết H - C thì mức độ ảnh hưởng của cấu trúc nhánh phân tử đối với quá trình oxy hóa sinh hóa sẽ giảm đi.

4. Trong liên kết H - C, nếu thay nguyên tử hydro bằng các nhóm alkyl hoặc các nhóm aryl thì sẽ khó bị oxy hóa sinh hóa hơn.

5. Ngoài cacbon, nếu trong mạch có các nguyên tử khác nhau thì sẽ làm cho chất hữu cơ bền vững hơn đối với quá trình oxy hóa sinh hóa. Ảnh hưởng nhiều nhất là mạch có oxy rồi đến lưu huỳnh và nitơ.

2.7.4.2. Các dạng và cấu trúc của các loại vi sinh vật tham gia xử lý nước thải

Bùn hoạt tính và màng sinh vật là tập hợp các loại vi sinh vật khác nhau. Bùn hoạt tính có dạng bông màu vàng nâu dễ lắng, có kích thước từ 3 đến 5 μm . Những bông này gồm các vi sinh vật sống và chất rắn (40%). Những sinh vật sống là vi sinh vật (vi khuẩn), động vật bậc thấp, đùn, giun, nấm men, nấm mốc, xạ khuẩn ...

Màng vi sinh vật phát triển ở bề mặt các hạt vật liệu lọc có dạng nhầy, dày 1 đến 3 mm và hơn nữa. Màu của nó thay đổi theo thành phần nước thải, từ vàng xám đến màu nâu tối.

Màng sinh học cũng gồm vi khuẩn, nấm mốc và các vi sinh vật khác. Trong quá trình xử lý, nước thải sau khi qua bể lọc sinh học có mang theo các hạt (phần tử) của màng sinh học hình dạng khác nhau, kích thước từ 5 đến 30 μm , với màu vàng sáng và nâu.

Những loài vi khuẩn tham gia vào quá trình xử lý thường là các loại trực khuẩn không tạo nha bào gam âm. Sự có mặt của các loại vi khuẩn dị dưỡng, với nhiều kiểu trao đổi chất sẽ làm cho bùn hoạt tính nhanh chóng thích nghi với nhiều loại nước thải khác nhau. Ngoài ra, chúng còn có khả năng sử dụng nitơ hữu cơ, nhiều loại còn có khả năng khử nitrat.

2.7.5. Các phương pháp hiếu khí

Các quá trình của phương pháp hiếu khí có thể xảy ra ở điều kiện tự nhiên hoặc trong các điều kiện xử lý nhân tạo. Trong các công trình xử lý nhân tạo người ta tạo ra các điều kiện tối ưu cho quá trình oxy hóa sinh hóa nên quá trình xử lý có tốc độ và hiệu suất cao hơn rất nhiều.

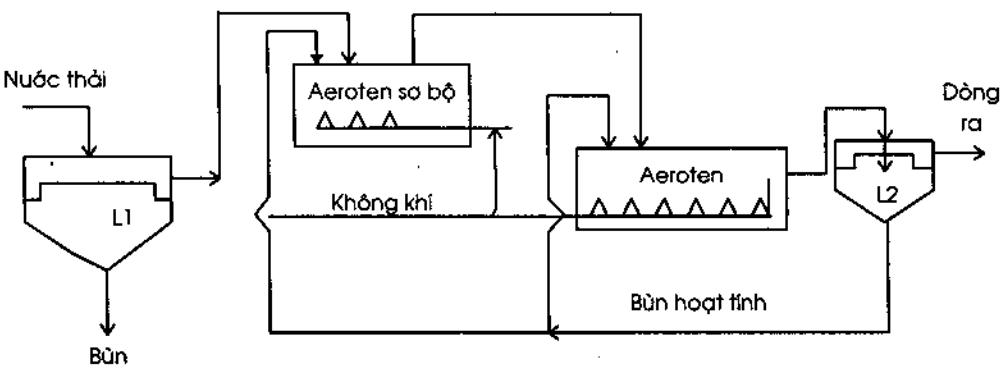
2.7.5.1. Xử lý nước thải trong các công trình nhân tạo

Xử lý nước thải bằng phương pháp hiếu khí thường bao gồm : bể thông khí sinh học (bể aeroten); lọc sinh học hoặc đĩa sinh học. Sau đây chúng ta lần lượt nghiên cứu chúng.

2.7.5.1.a. Xử lý trong các bể aeroten

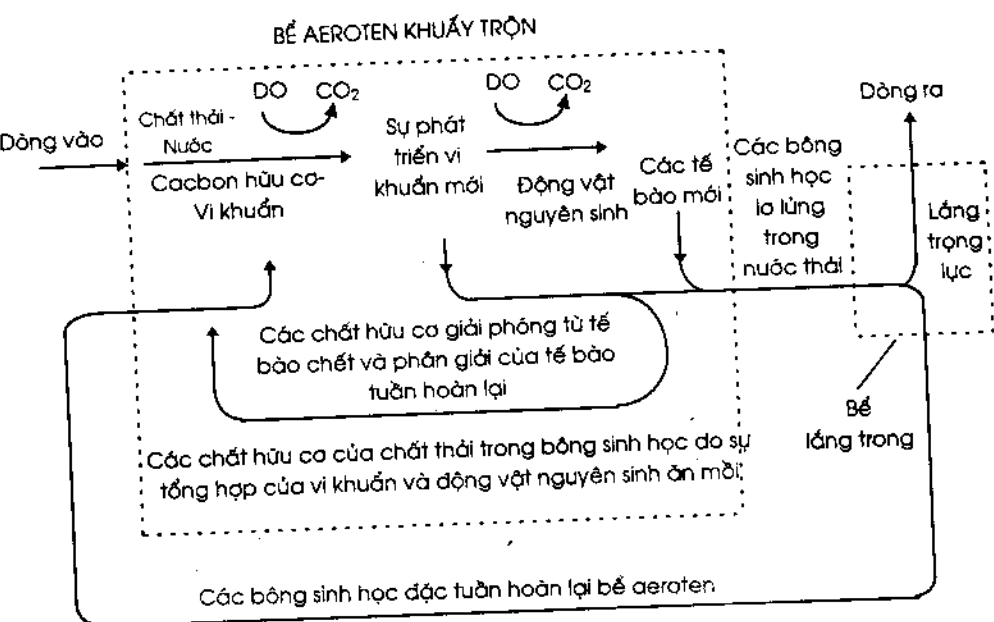
a1. Mô tả quá trình

Trong quá trình xử lý hiếu khí, các vi sinh vật sinh trưởng ở trạng thái huyền phù. Quá trình làm sạch trong aeroten diễn ra theo mức dòng chảy qua của hỗn hợp nước thải và bùn hoạt tính được sục khí. Việc sục khí ở đây đảm bảo các yêu cầu của quá trình: làm nước được bão hòa oxy và duy trì bùn hoạt tính ở trạng thái lơ lửng. Sơ đồ hệ thống thiết bị được trình bày trên hình 2.58.



Hình 2.58. Sơ đồ hệ thống thông khí sinh học

Quá trình sinh học diễn ra trong hệ thống thông khí được khái quát hóa trên hình 2.59.



Hình 2.59. Khái quát quá trình sinh học trong xử lý bằng hoạt hóa bùn

Huyền phù lỏng của các vi sinh vật trong bể thông khí được gọi chung là chất lỏng hỗn hợp và sinh khối được gọi là chất rắn huyền phù của chất lỏng hỗn hợp (= MLSS).

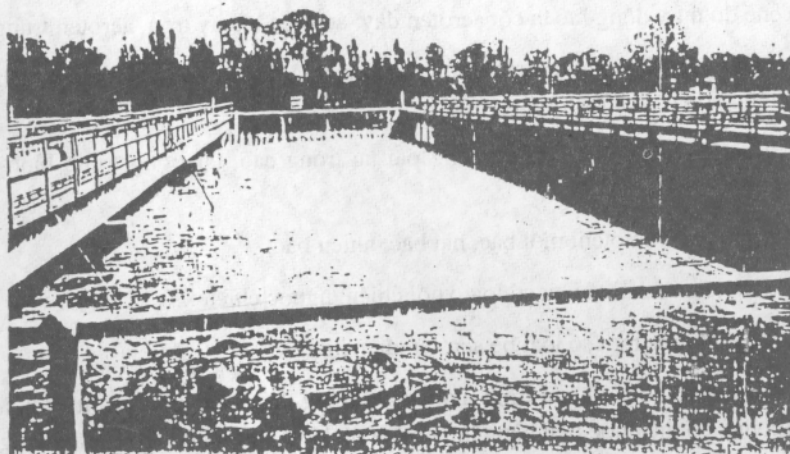
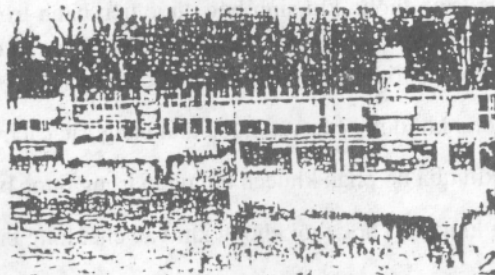
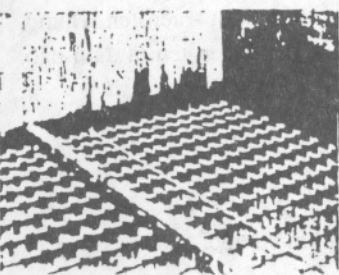
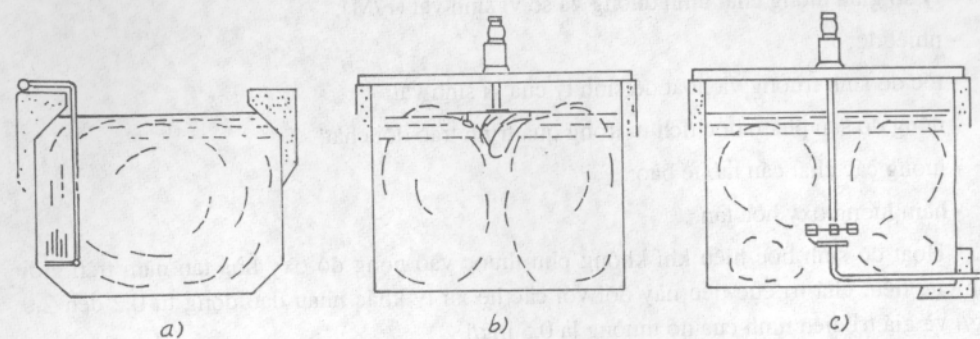
Thuật ngữ "bùn hoạt tính" được bắt nguồn do khối vi sinh vật trong huyền phù sinh học có hoạt độ rất cao trong việc khử các chất hữu cơ hòa tan ra khỏi dung dịch.

Lượng oxy được hấp thụ có thể tính theo phương trình cấp khối (2.191). Khi tính đến đặc điểm của các thiết bị sục khí phương trình này có thể chuyển thành dạng sau:

$$R = K(\beta \cdot C^* - C) \quad (2.193)$$

trong đó :

- R - tốc độ chuyển oxy từ không khí thành oxy hòa tan (= tốc độ hấp thụ), mg/l/h;
- K - hệ số chuyển oxy phụ thuộc vào loại thiết bị sục khí và kết cấu bể aeroten và đặc tính của nước thải, 1/h;
- β - hệ số bão hòa oxy của nước thải, thường bằng 0,8 ÷ 0,9;
- C^* - nồng độ oxy hòa tan của nước sạch ở trạng thái bão hòa, mg/l (cho trong các bảng tra cứu);
- C - nồng độ oxy trong hỗn hợp lỏng, mg/l;
- $(\beta \cdot C^* - C)$ - sự thiếu hụt oxy hòa tan, mg/l.



Hình 2.60. Các hệ thống thông khí sinh học

- a. Thông khí bằng sức dầu khuếch tán; b. Thổi không khí và chất lỏng bằng khuấy cơ học;
c. Thông khí bằng kết hợp khuấy bằng cánh khuấy tuabin và hệ thống khuếch tán.

Tốc độ sử dụng oxy hòa tan phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- tỷ số giữa lượng chất dinh dưỡng và số vi sinh vật (F/M);
- nhiệt độ;
- tốc độ sinh trưởng và hoạt độ sinh lý của vi sinh vật;
- nồng độ sản phẩm độc tích tụ trong quá trình trao đổi chất;
- lượng các chất cấu tạo tế bào;
- hàm lượng oxy hòa tan.

Hoạt độ sinh học hiếu khí không phụ thuộc vào nồng độ oxy hòa tan nằm trên giới hạn cực tiểu. Giá trị cực tiểu này đối với các hệ xử lý khác nhau dao động từ 0,2 đến 2,0 mg/l và giá trị điển hình của nó thường là 0,5 mg/l.

a2. Phân loại bể aeroten

Quá trình thông khí sinh học được tiến hành trong các bể thông khí - aeroten, chúng thường được chế tạo bằng bê tông cốt thép. Yêu cầu chung của các bể aeroten là đảm bảo bề mặt tiếp xúc lớn giữa không khí, nước thải và bùn.

Không khí được cấp vào nước thải bằng các cách sau :

- Nén khí qua bộ phận khuếch tán ngập trong nước bằng sức khí;
- Dùng khuấy cơ học thổi không khí vào chất lỏng bằng thông khí cơ học.

Có nhiều cách phân loại các aeroten :

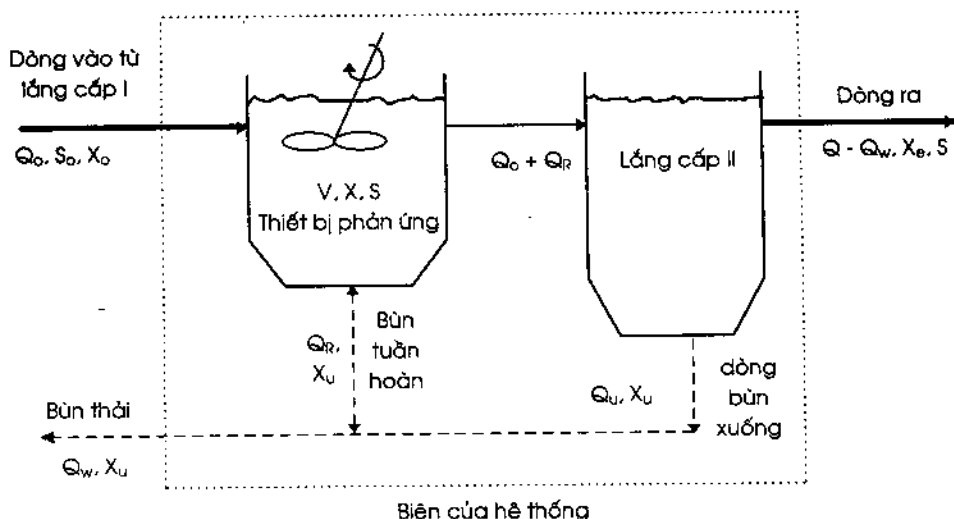
- Dựa vào chế độ thủy động lực ta có: aeroten đẩy; aeroten khuấy trộn, aeroten trung gian;
- Theo phương pháp tái sinh bùn hoạt tính người ta chia thành: loại có tái sinh tách riêng và loại không có tái sinh tách riêng;
- Theo tải lượng bùn người ta chia thành: loại tải trọng cao, tải trọng trung bình và tải trọng thấp;
- Theo số bậc ta có bể aeroten: một bậc, hai bậc, nhiều bậc;
- Theo chiều dẫn nước thải vào ta có loại xuôi chiều, ngược chiều ...

Hình 2.60 minh họa một số loại bể aeroten điển hình.

Quá trình hoạt hóa bùn là quá trình nuôi cấy ở trạng thái lơ lửng với sự tuần hoàn của bùn. Quá trình này có thể được tiến hành theo mô hình khuấy trộn hoàn toàn hay dòng chảy.

a3. Hoạt hóa bùn với thiết bị khuấy trộn hoàn toàn

Hệ thống hoạt hóa bùn với thiết bị phản ứng khuấy trộn hoàn toàn được mô tả như hình dưới đây :



Để phân tích quá trình hoạt hóa bùn trong hệ thống khuấy trộn hoàn toàn ta sử dụng phương trình (2.189) và (2.186d). Phương trình cân bằng theo sinh khối và dinh dưỡng ở trạng thái ổn định cho hệ thống như đã được giới hạn ở trên sẽ có dạng:

- đối với sinh khối :

Sinh khối đi vào + Sinh khối tăng trưởng = Sinh khối trong dòng ra + Sinh khối thải

$$Q \cdot X_0 + V \left(\frac{\mu_0 \cdot X \cdot S}{Y(K_s + S)} - k_d X \right) = (Q - Q_w) X_e + Q_w X_u$$

- đối với dinh dưỡng :

Dinh dưỡng đi vào ÷ Dinh dưỡng đã bị sử dụng = Dinh dưỡng ra

$$Q \cdot S_0 - V \left(\frac{\mu_0 \cdot S \cdot X}{Y(K_s + S)} \right) = (Q - Q_w) S + Q_w S$$

trong đó :

Q, Q_w - lưu lượng dòng vào và dòng bùn thải, $m^3/\text{ngày}$;

X_0, X, X_e, X_u - nồng độ sinh khối trong dòng vào, trong thiết bị phản ứng, trong dòng ra, trong dòng bùn đi xuống của bể lắng trong, kg/m^3 ;

S_0, S - nồng độ dinh dưỡng hòa tan trong dòng vào và trong thiết bị phản ứng, kg/m^3 ;

V - thể tích, m^3 ;

K_s, μ_s, k_d, Y - như đã định nghĩa ở trên.

Có thể đơn giản hóa hai phương trình trên khi chấp nhận một số giả thiết sau :

- Nồng độ sinh khối trong dòng vào và dòng ra quá nhỏ so với các điểm khác trong hệ thống và có thể bỏ ra.
- Nồng độ dinh dưỡng ở dòng vào S_0 được hòa loãng ngay tới nồng độ dinh dưỡng trong thiết bị phản ứng S do thiết bị ở chế độ khuấy trộn hoàn toàn.
- Tất cả các phản ứng xảy ra trong thiết bị phản ứng, nghĩa là không có sự tạo thành sinh khối và sử dụng dinh dưỡng trong thiết bị lắng trong. Từ giả thiết này, thể tích V ở đây chỉ biểu thị thể tích của thiết bị phản ứng. Khi đó, hai phương trình trên có thể được viết lại như sau :

$$\frac{\mu_0 S}{K_s + S} = \frac{Q_w X_u}{V \cdot X} + k_d \quad (*)$$

$$\text{và} \quad \frac{\mu_0 S}{K_s + S} = \frac{Q \cdot Y}{V \cdot X} (S_0 - S) \quad (**)$$

Kết hợp hai phương trình (*) và (**) với nhau ta có :

$$\frac{Q_w X_u}{V \cdot X} = \frac{Q \cdot Y}{V \cdot X} (S_0 - S) - k_d \quad (***)$$

Ngịch đảo của hai đại lượng $\frac{Q_w X_u}{V \cdot X}$ và $\frac{Q}{V}$ có ý nghĩa vật lý như sau:

$\frac{V}{Q} = \tau$ là thời gian lưu thủy lực trong thiết bị phản ứng dựa trên cơ sở lưu lượng dòng

vào.

Còn tỷ số giữa tổng sinh khối trong hệ thống với sinh khối thải ra trong khoảng thời gian nhất định $\frac{V \cdot X}{Q_w X_u} = \tau_c$ biểu thị thời gian trung bình của tế bào trong thiết bị phản ứng

hay tuổi của bùn và thông số τ_c này được gọi là thời gian lưu của tế bào. τ_c có giá trị lớn hơn τ vì hầu hết bùn từ bể lắng trong được tuần hoàn trở lại thiết bị phản ứng. Thay τ và τ_c vào phương trình (***) ta có:

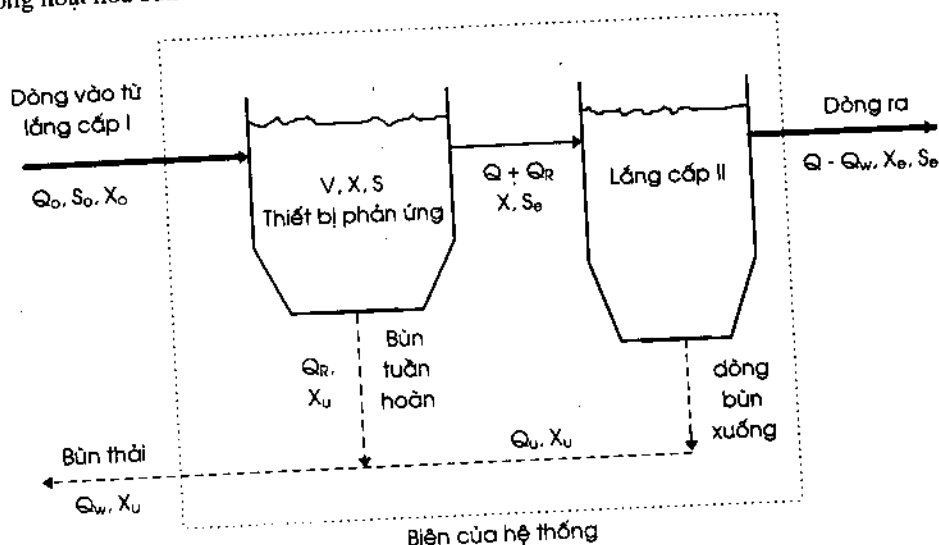
$$\frac{1}{\tau_c} = \frac{Y(S_0 - S)}{\tau \cdot X} - k_d$$

Từ đây có thể biểu thị nồng độ sinh khối hay thường còn được gọi là hỗn hợp lỏng-chất rắn hữu cơ lơ lửng (MLVSS) qua thời gian lưu như sau:

$$X = \frac{\tau_c Y(S_0 - S)}{\tau(1 + k_d \tau_c)}$$

t. Hoạt hóa bùn trong thiết bị phản ứng dòng chảy.

Sau đây ta xét tới hệ thống hoạt hóa bùn với thiết bị phản ứng dòng chảy lý tưởng. Hệ thống hoạt hóa bùn với thiết bị phản ứng dòng chảy được mô tả như ở hình dưới đây.



Ở đây chấp nhận giả thiết chỉ có khuấy trộn hoàn toàn trong tiết diện ngang còn ở mức thấp nhất theo hướng dòng chảy. Khi đó hỗn hợp của nước thải và bùn tuần hoàn sẽ chuyển động qua thiết bị phản ứng như là một nguyên tố đơn vị. Động lực phản ứng tạo sinh khối tương tự như là quá trình gián đoạn, trừ lúc đầu có nồng độ sinh khối cao hơn vì sự tuần hoàn của bùn. Lawrence và McCarty đã rút ra biểu thức biểu thị nồng độ trung bình của sinh khối và tốc độ sử dụng dinh dưỡng như sau:

$$\bar{X} = \frac{\tau_c \cdot Y(S_0 - S)}{\tau(1 + k_d \tau_c)}$$

(****)

và

$$r_s = -\frac{\mu_0}{Y} \frac{S\bar{X}}{K_s + S}$$

trong đó $\bar{X}$ là nồng độ sinh khối trung bình trong thiết bị phản ứng, mg/l.

Biểu thức này chỉ đúng khi $\tau_c / \tau \geq 5$.

Tổ hợp phương trình (****) qua thời gian lưu trong thiết bị phản ứng và các điều kiện biến động thích hợp với yếu tố tuần hoàn sẽ cho biểu thức sau:

$$\frac{1}{\tau_c} = \frac{\mu_0(S_0 - S)}{(S_0 - S) + (1 - \alpha)(K_s \ln \frac{S_0}{S})} - k_d$$

trong đó:

$$\alpha - \text{yếu tố tuần hoàn} : \alpha = \frac{Q}{Q_R};$$

S_1 - nồng độ cơ chất sau khuấy trộn với bùn tuần hoàn, mg/l :

$$S_1 = \frac{S_0 + \alpha S}{1 + \alpha}$$

a5. Các vấn đề xem xét trong thiết kế và vận hành

Trong thực tế thường sử dụng nhiều phương án khác nhau trong việc ứng dụng các mô hình hệ thống khuấy trộn hoàn toàn và dòng chảy. Hình 2.61 minh họa các phương án thông dụng nhất.

Có thể chia các phương án tiến hành quá trình thông khí sinh học thành các loại chính sau:

- thông khí thông thường và theo bậc;
- ổn định tiếp xúc;
- thông khí với tốc độ cao.

Thông khí thông thường : Trong hệ thống thông khí thông thường, việc sục khí và khuấy trộn đạt được khá đều dọc theo chiều dài của bể aeroten. Nhược điểm của phương án này là nồng độ oxy thấp chiếm ưu thế ở đầu vào có thể gây bất lợi cho các vi sinh vật ở khu vực này. Trong khi đó ở khu vực đầu ra lượng oxy được cấp có thể dư thừa so với nhu cầu của quá trình.

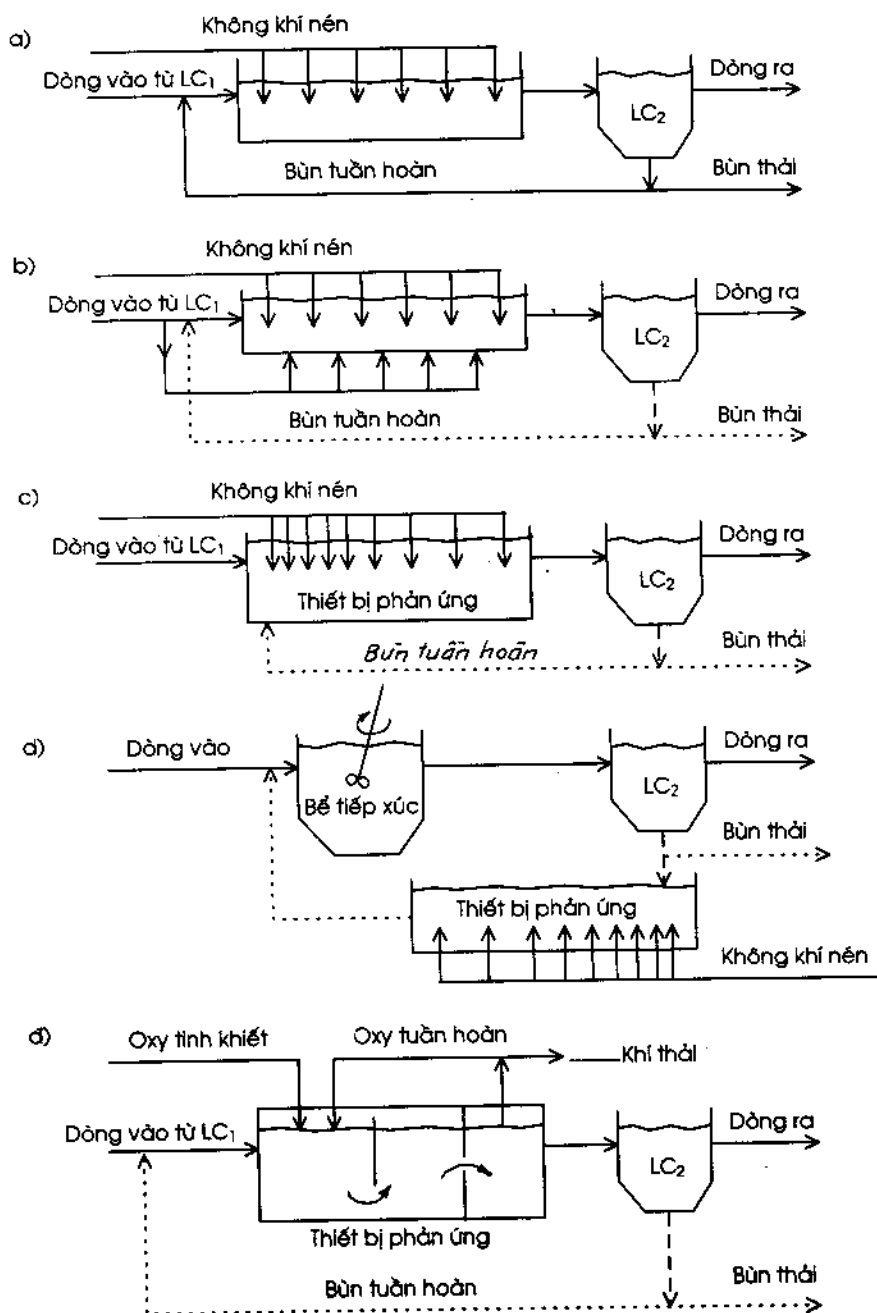
Ở đây các đầu khuếch tán không khí được bố trí dọc theo một phía của bể ở độ sâu 2,5 m để cấp oxy và tạo cho chất lỏng chuyển động theo hình xoắn vít.

Thông khí theo bậc : Thông khí theo bậc có thể thực hiện theo hai phương án sau :

a. Cấp không khí đều dọc theo chiều dài bể, còn nước thải cũng được đưa vào cách đoạn hay theo bậc dọc theo chiều dài ở đoạn đầu của bể như trên hình 2.61b. Cấp không khí theo phương án này đạt được cấp dư oxy một chút dọc theo suốt cả aeroten. Để thực hiện phương án trên một cách dễ dàng, có thể chia aeroten thành nhiều kênh và mỗi một kênh sẽ là một bậc.

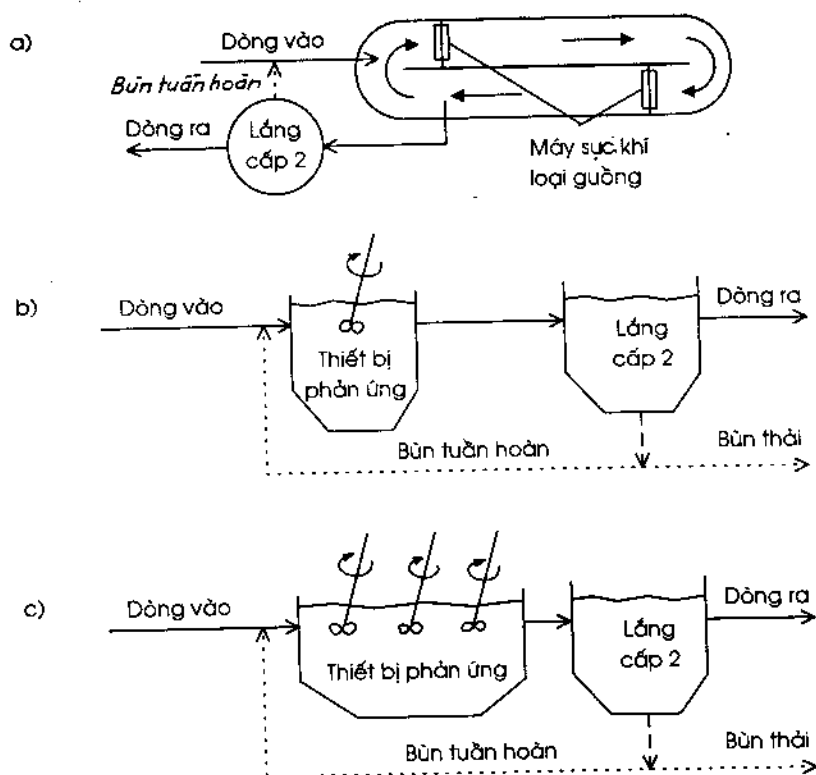
b. Cấp khí giảm dần dọc theo chiều dài bể, đảm bảo cho nước thải thô và bùn hoạt tính tuần hoàn ở đầu vào được thông khí mạnh nhất, vì ở đây hàm lượng chất hữu cơ lớn nhất (hình 2.61c). Thời gian cả nước thải thô và bùn hoạt tính tuần hoàn được sục khí trong aeroten từ 6 đến 8 giờ. Lượng hỗn hợp lỏng huyền phù tuần hoàn lại thường bằng 25% đến 50% lưu lượng dòng vào.

Ổn định tiếp xúc : Trong phương án này, quá trình phân hủy các chất hữu cơ được tách riêng thành hai công đoạn như minh họa trên hình 2.61d.



Hình 2.61. Các phương án thực hiện quá trình hoạt hóa bùn

- a. Thông khí theo phương thức thông thường; b. Thông khí theo bậc; c. Thông khí giảm dần theo chiều dài aeroten; d. Ổn định tiếp xúc; e. Hoạt hóa bùn với tốc độ cao



Hình 2.62. Một số hệ thống hoạt hóa bùn

a. Muơng oxy hóa; b. Hoạt hóa bùn với thời gian lưu ngắn và tỷ số F/M cao để duy trì quá trình sinh trưởng ở pha lôgarit; c. Thông khí kéo dài (hệ thống hoạt động với thời gian lưu dài và tỷ số giữa F/M thấp để duy trì quá trình hoạt hóa ở pha nội sinh).

Ở đây nước thải thô vào tiếp xúc với bùn hoạt tính trong thời gian ngắn (từ 0,5 đến 1 giờ), chỉ đủ cho vi sinh vật hấp thụ các chất hữu cơ hòa tan, chứ không đủ để chúng phân hủy. Bùn hoạt tính lắng xuống được đưa trở về bể ổn định. Ở đây hỗn hợp lỏng huyền phù được thông khí từ 2 đến 3 giờ cho phép các vi sinh vật phân hủy các chất hữu cơ đã bị hấp thụ. Như vậy chỉ cần thông khí lượng bùn lắng nhỏ hơn rất nhiều so với tổng thể tích dòng nước thải, do vậy giảm được tổng kích thước thiết bị chỉ bằng 50% thể tích bể aeroten trong phương án thông khí thông thường và theo bậc.

Quá trình này được ứng dụng và làm việc có hiệu suất cao trong xử lý nước thải sinh hoạt. Tuy nhiên, để áp dụng vào xử lý nước thải công nghiệp hoặc hỗn hợp nước thải công nghiệp và sinh hoạt, cần tiến hành thử nghiệm trong phòng thí nghiệm.

Thông khí tốc độ cao : Để giảm chi phí xây dựng thiết bị xử lý, người ta đã phát triển một hệ thống có tải trọng xử lý BOD cao và thời gian thông khí ngắn bằng vận hành hệ

thống ở tỷ số F/M cao, giảm tuổi của bùn, trong khi đó tăng hàm lượng hỗn hợp lỏng và chất rắn lơ lửng trong bể lên tới $4000 \div 5000 \text{ mg/l}$.

Cũng có thể đạt được mục đích trên bằng cách thay không khí bằng oxy tinh khiết. Hệ thống thông khí bằng oxy tinh khiết (UNOX) có nguyên lý làm việc như trên hình 2.61d.

So với thông khí thường, thông khí bằng oxy tinh khiết có những ưu điểm sau:

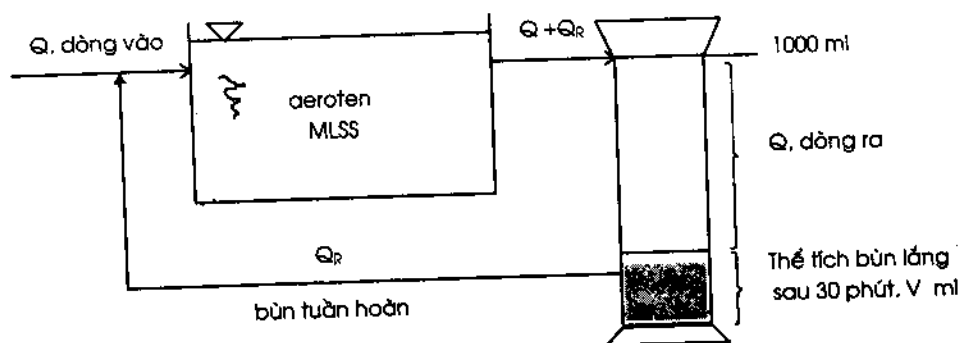
- Hiệu suất cao nên tăng được tải trọng theo BOD' và giảm được theo thời gian sục khí;
- Thải bùn dễ dàng vì nồng độ chất rắn cao song tổng lượng lại nhỏ vì bùn lắng thường chứa 2 đến 3% chất rắn;
- Kiểm soát vấn đề mùi một cách dễ dàng.

a6. Vận hành và kiểm soát hệ thống thông khí sinh học

Yêu cầu chung của vận hành đối với hệ thống thông khí sinh học là nước thải đưa vào aeroten cần có hàm lượng SS không vượt quá 150 mg/l , hàm lượng sản phẩm dầu mỡ không quá 25 mg/l , pH = $6,5 \div 9$, nhiệt độ không nhỏ hơn 6°C và không lớn hơn 30°C .

Trong vận hành các quá trình hoạt hóa bùn, người ta thường điều chỉnh các tham số sau : lượng oxy cần cung cấp, tốc độ tuần hoàn bùn hoạt tính, lượng bùn dư thải, kiểm soát MLSS và F/M. Hàm lượng MLSS trong aeroten thường dao động từ giá trị cực tiểu 1000 mg/l đến giá trị cực đại 10.000 mg/l . Trong xử lý nước thải sinh hoạt ở tải trọng trung bình, tốc độ tăng nồng độ MLSS thường bằng khoảng 50 mg/l.ngày .

Các phản tính trong phòng thí nghiệm để giám sát quá trình xử lý bằng hoạt hóa bùn bao gồm nồng độ oxy hòa tan, nồng độ hỗn hợp lỏng và chất rắn lơ lửng (MLSS), chỉ số thể tích bùn SVI, nồng độ BOD và chất rắn huyền phù ở dòng ra.



Hình 2.63. Quan hệ giả thiết giữa thể tích bùn lắng trong thí nghiệm SVI và lưu lượng tuần hoàn cần thiết của bùn hoạt tính

- Tỷ số F/M được tính như sau :

$$\frac{F}{M} = \frac{Q_0 S_0}{V \cdot X} = \frac{\text{g BOD}_5 / \text{ngày}}{\text{g MLVSS}} \quad (2.194)$$

trong đó:

F/M - tỷ số giữa chất dinh dưỡng chính với số vi sinh vật;

Q_0 - lưu lượng nước thải thô, m^3 /ngày;

S_0 - nhu cầu oxy sinh hóa của nước thải ở dòng vào, BOD_5 mg/l;

V - thể tích chất lỏng trong aeroten, m^3 ;

X - hàm lượng chất rắn hữu cơ huyền phù trong hỗn hợp lỏng ở bể aeroten, mg/l.

Cần lưu ý F/M là tỷ số biểu hiện mối quan hệ của tải trọng với trạng thái trao đổi chất của hệ thống.

Chỉ số thể tích bùn SVI được định nghĩa là thể tích tính bằng ml của 1 g khô bùn hoạt tính lắng trong 30 phút và được tính như sau :

$$SVI = \frac{V \cdot 1000}{MLSS} \quad (2.195)$$

trong đó:

SVI - chỉ số thể tích bùn, ml/g;

V - thể tích chất rắn lắng sau 30 phút trong ống đong 1 lít, ml;

MLSS - hàm lượng chất rắn của hỗn hợp lỏng - chất rắn huyền phù trong aeroten, mg/l;

1000 - hệ số quy đổi miligam ra gam.

Giá trị điển hình ra của SVI đối với hệ thống bùn hoạt tính làm việc với nồng độ MLSS từ 2000 đến 3500 mg/l, thường nằm trong khoảng 80 đến 150 ml/g. Đây là yếu tố cơ bản trong thiết kế. Khi SVI lớn hơn 200 ml/g, bùn hoạt tính thường ở dạng sợi rất khó lắng (hình 2.64).

Trong vận hành, SVI được sử dụng làm chỉ thị về đặc tính lắng của bùn do đó ảnh hưởng tới tốc độ tuần hoàn MLSS. Từ cân bằng vật liệu có nồng độ bùn cực đại tuần hoàn:

$$X_R = \frac{10^6}{SVI}, \text{ mg/l}$$

Có lẽ những vấn đề chung thường gặp trong xử lý nước thải sinh hoạt là thông khí quá mức dẫn đến hệ quả là bùn hoạt tính bị vón cục vào với nhau. Còn khi hệ thống xử lý làm việc dưới tải trọng BOD thiết kế một cách đáng kể thì các vi khuẩn nitrat hóa có thể chuyển NH_3 thành NO_3^- trong aeroten. Trong trường hợp này giải pháp tốt nhất là tăng lượng bùn thải để giảm lượng vi khuẩn nitrat hóa trong bể aeroten và giảm lượng không khí cấp vào chất lỏng để giảm lượng nồng độ oxy hòa tan.

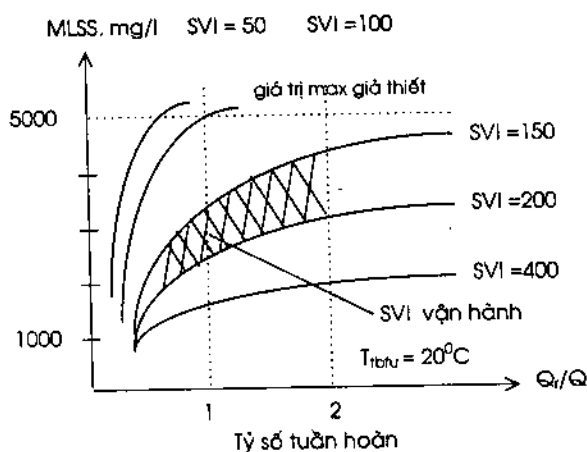
Còn nước thải công nghiệp thường là nguyên nhân của sự làm mất tính ổn định của quá trình thông khí, vì hệ thống bị sốc do chất thải có độ ô nhiễm cao có thể làm kiệt oxy hòa tan. Mặt khác, các chất độc cũng là một nguyên nhân gây cho hệ thống sinh học này bị mất cân bằng do tác động cản trở của chúng đối với quá trình trao đổi chất của vi sinh vật.

Các thông số vận hành quá trình thông khí được tóm tắt trong bảng 2.18.

Bảng 2.18. Các thông số thiết kế và vận hành hệ thống hoạt hóa bùn xử lý nước thải đô thị (2.5)

Quá trình	Thời gian lưu trung bình của tế bào τ_c , ngày	Tỷ số F/M $\text{kgBOD}_5/\text{kg MLSS}$	Tải lượng thể tích $\text{kgBOD}_5/\text{m}^3$	Thời gian lưu thủy lực lấy bằng thời gian thông khí τ_h	Nồng độ MLSS, mg/l	Tỷ số tuần hoàn Q_R/Q	Chế độ dòng chảy	Hiệu suất khử BOD %	Luồng không khí cần cấp $\text{m}^3/\text{kg BOD}_5$
Thông khí giảm dần	5 - 15	0,2 - 0,4	0,3 - 0,6	4 - 8	1500 - 3000	0,25 - 0,5	PF	85 - 95	45 - 90
Thông khí thông thường	4 - 15	0,2 - 0,4	0,6 - 0,6	4 - 8	1500 - 3000	0,25 - 0,5	PF	85 - 95	45 - 90
Thông khí theo bậc	4 - 15	0,2 - 0,4	0,6 - 1,0	3 - 5	2000 - 3500	0,25 - 0,75	PF	85 - 95	45 - 90
Khuấy trộn hoàn toàn	4 - 15	0,2 - 0,4	0,8 - 2,0	3 - 5	3000 - 6000	0,25 - 1,0	CM	85 - 90	45 - 90
Ồn định tiếp xúc	4 - 15	0,2 - 0,6	1,0 - 1,2			0,25 - 1			45 - 90
Bé tiếp xúc				0,5 - 1,0	1000 - 3000		PF	80 - 90	
Bé ổn định				4 - 6	4000 - 10000		PF		
Thông khí cao tốc	4 - 15	0,4 - 1,5	1,6 - 16	0,5 - 2,0	4000 - 10000	1,0 - 5,0	CM	75 - 90	25 - 45
Thông khí bằng oxy tinh khiết	8 - 20	0,2 - 1,0	1,6 - 4	1 - 3	6000 - 8000	0,25 - 0,5	CM	85 - 90	
Thông khí kéo dài	20 - 30	0,05 - 0,15	0,16 - 0,40	18 - 24	3000 - 6000	0,75 - 1,50	CM	75 - 90	90 - 125

PF - dòng chảy; CM - khuấy trộn hoàn toàn.



Hình 2.64. Xác định quan hệ giữa MLSS, SVI và tỷ số tuần hoàn bùn

a7. Tính toán thiết kế bể aeroten

Trong tính toán công nghệ cho bể aeroten, cần tính các thông số sau:

1. Thời gian cần thiết để oxy hóa chất hữu cơ trong aeroten từ nồng độ đầu S_o đến nồng độ cuối S_c tính bằng BOD, g O_2/m^3 :

$$\bar{\tau} = \frac{S_o - S_c}{\rho \cdot \bar{X} \cdot (1 - s)} \quad (2.196)$$

trong đó:

$\bar{\tau}$ - thời gian, h;

ρ - tốc độ oxy hóa riêng từ 12 đến 30 g O_2 /kg bùn hoạt tính, h;

$\bar{X}$ - liều lượng bùn hoạt tính trong aeroten từ 2 đến 5 kg/ m^3 ;

s - độ tro của bùn hoạt tính từ 0,1 đến 0,3 %.

2. Thể tích làm việc của bể aeroten :

$$V_{lv} = Q_{TK} \cdot \tau \quad (2.197)$$

trong đó Q_{TK} là năng suất thiết kế tính theo lưu lượng nước thải, m^3/h ;

3. Lượng không khí cần cấp (Q_{KK}) được tính theo công thức sau:

$$Q_{KK} = \frac{S_o}{K \cdot H \cdot d}, m^3/m^3 \text{ nước} \quad (2.198)$$

trong đó:

H - chiều sâu của bể aeroten, khoảng $(2 + 5)$ m;

d - mức độ sai khác với độ bão hòa $(0,2 + 0,8)$

K - hệ số phụ thuộc vào thủy động học của ống sục khí và dạng aeroten. K có giá trị từ 6 đến 7 gO_2/m^4 đối với đầu sục khí loại ống và từ 15 đến 18 gO_2/m^4 đối với đầu sục khí loại tấm.

Cũng có thể chọn Q_{KK} theo tiêu chuẩn của Glumrb về lượng oxy tối thiểu cho hệ thống dùng khí nén như sau:

- đối với loại thông khí thông thường, theo bậc, hoặc loại tiếp xúc:

$$Q_{KK} = 0,5 \frac{\text{m}^3 \text{ không khí}}{\text{kg BOD (tải lượng của bể)}}$$

- đối với loại tốc độ cao, chọn Q_{KK} trong khoảng :

$$25 \div 95 \frac{\text{m}^3}{\text{kgBOD tải lượng}}$$

- đối với loại thông khí kéo dài, lấy $Q_{KK} = 125 \frac{\text{m}^3}{\text{kgBOD tải lượng}}$

Đối với hệ thống thông khí bằng cơ học, thiết bị khuấy cần đảm bảo mức tối thiểu là chuyển vào hỗn hợp lỏng và chất rắn lơ lửng $1,0 \text{ kg O}_2/1 \text{ kg BOD}$ tải lượng của bể.

Trong thiết kế cũng có thể ước tính thể tích của bể aeroten theo tải lượng bể sau khi chọn thời gian sục khí và hiệu suất.

Tải lượng của bể aeroten là lượng BOD được khử trong một đơn vị thể tích và trong một đơn vị thời gian, tính theo $\text{g BOD}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày}$.

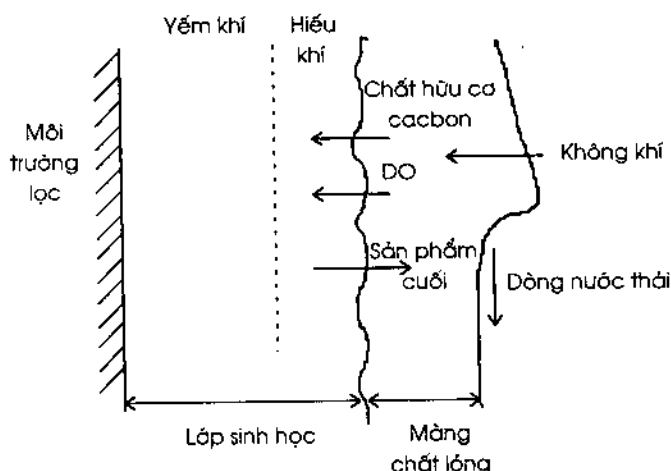
Tải lượng theo BOD và thời gian thông khí là các thông số có liên quan với nhau và phụ thuộc vào nồng độ BOD trong dòng vào.

2.7.5.1b. Lọc sinh học

Bể lọc sinh học là một thiết bị phản ứng sinh học trong đó các vi sinh vật sinh trưởng cố định trên lớp màng bám trên lớp vật liệu lọc (môi trường lọc). Thường nước thải được tưới từ trên xuống qua lớp vật liệu lọc bằng đá hoặc các vật liệu khác nhau, vì vậy người ta còn gọi hệ thống này là bể lọc nhỏ giọt (trickling filter). Tuy nhiên, gọi như vậy không thật chính xác vì đây thực chất là một quá trình chiết sinh học hơn là một quá trình lọc. Với sự phát triển của vật liệu làm môi trường lọc, các vật liệu tổng hợp thay thế cho vật liệu lọc bằng đá thì thuật ngữ tháp sinh học được dùng rộng rãi hơn và tháp thường cao tới 6 m chứ không phải là 1,8 m như bể lọc với vật liệu lọc bằng đá.

Cơ chế quá trình lọc sinh học được minh họa trên hình 2.65.

Màng sinh học gồm các vi khuẩn, nấm và động vật bậc thấp được nạp vào hệ thống cùng với nước thải. Mặc dù lớp màng này rất mỏng song cũng có hai lớp: lớp yếm khí ở sát bề mặt đệm và lớp hiếu khí ở ngoài. Do đó quá trình lọc sinh học thường được xem như là quá trình hiếu khí nhưng thực chất là hệ thống vi sinh vật hiếu - yếm khí.



Hình 2.65. Các quá trình trong bể lọc sinh học

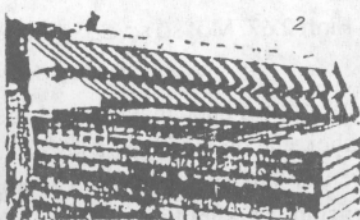
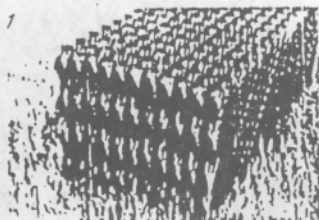
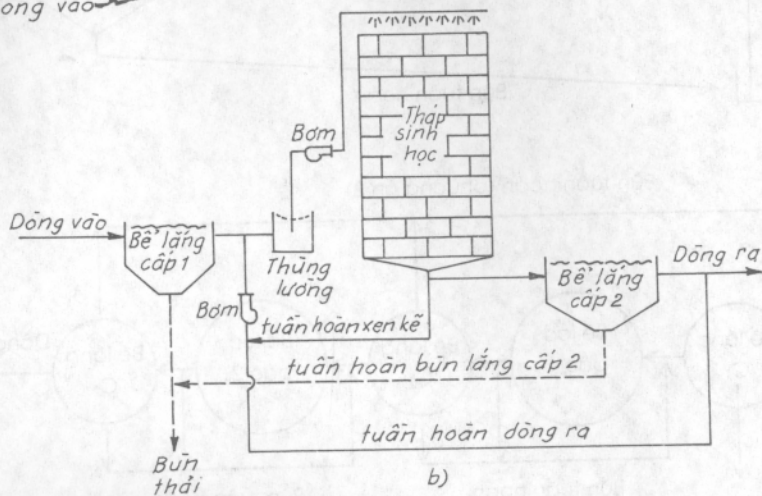
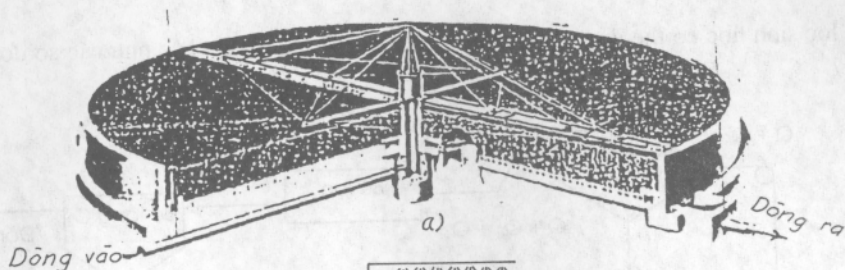
Khi dòng nước thải chảy trườn lên lớp màng nhớt này, các chất hữu cơ được vi sinh vật chiết ra còn sản phẩm của quá trình trao đổi chất (CO_2) sẽ được thải ra qua màng chất lỏng. Oxy hòa tan được bổ sung bằng hấp thụ từ không khí.

Theo chiều sâu từ mặt xuống đáy bể lọc, nồng độ chất hữu cơ trong nước thải giảm dần và tại một vùng nào đó các vi sinh vật ở trạng thái đói thức ăn. Thường BOD được chiết ra chủ yếu ở 1,8 m phần trên của lớp đệm. Phần sinh khối vi sinh vật thừa sẽ bị tróc ra, theo nước ra ngoài bể lọc.

Hình 2.66a trình bày cấu tạo và nguyên lý làm việc của một bể lọc sinh học.

Nước thải được phun đều lên lớp đệm tạo ra lớp màng nhớt gọi là màng sinh học, phủ trên các đệm. Quá trình oxy hóa xảy ra như cơ chế nói trên. Sinh khối vi sinh vật tách ra khỏi nước trong thiết bị lắng thư cấp.

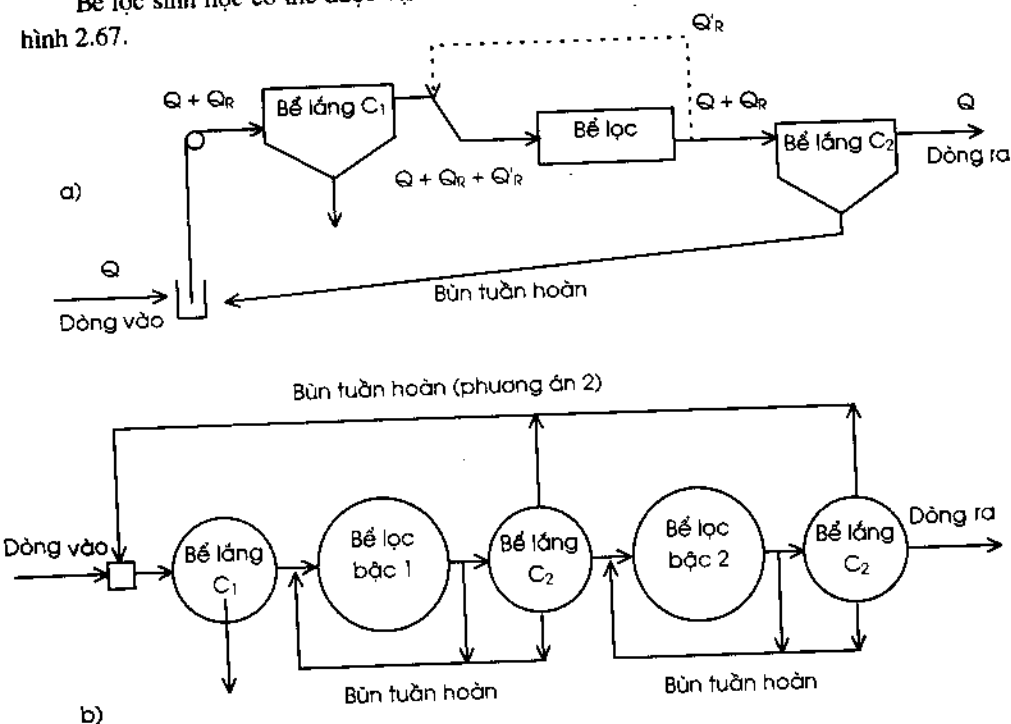
Lọc sinh học được ứng dụng để làm sạch một phần hay toàn bộ chất hữu cơ phân hủy sinh học trong nước thải và có thể đạt chất lượng dòng ra với nồng độ BOD tới 15 mg/l.



Hình 2.66. Bể lọc và tháp lọc sinh học

- a. Bể lọc bằng đá; b. Sơ đồ hệ thống tháp lọc sinh học;
c. Một số loại đệm và bộ phận thoát nước trong bể lọc;
1. Đệm lọc bằng nhựa; 2. Đệm lọc bằng gỗ;
3. Các bộ phận thoát nước bằng bê tông.

Bể lọc sinh học có thể được vận hành theo một bậc hay nhiều bậc như các sơ đồ trên hình 2.67.



Hình 2.67. Một số sơ đồ điển hình của hệ thống lọc sinh học

a. Lọc bậc tốc độ cao; b. Lọc bậc hai

Hiệu suất làm sạch nước thải trong các bể lọc sinh học phụ thuộc vào các chỉ tiêu sinh hóa, trao đổi khối, chế độ thủy lực và kết cấu thiết bị. Trong đó cần chú ý các chỉ tiêu sau: BOD của nước cần làm sạch, bản chất các hợp chất hữu cơ, tốc độ oxy hóa, cường độ hô hấp của các vi sinh vật, khối lượng các chất được màng sinh học hấp thụ, chiều dày màng sinh học, thành phần các vi sinh vật sống trong màng, cường độ sục khí, diện tích và chiều cao bể lọc, các đặc tính của bể lọc (kích thước đệm, độ xốp và bề mặt riêng), các tính chất vật lý của nước thải, nhiệt độ quá trình và tải lượng thủy lực, cường độ tuần hoàn, mức độ phân bố đều nước thải theo diện tích tiết diện, độ thấm ướt của màng sinh học.

Phân loại theo đặc điểm kết cấu các bể lọc sinh học được chia thành : thiết bị lọc với đệm hình khối; thiết bị lọc với đệm hình tấm.

Người ta còn phân bể lọc thành các loại : lọc loại giọt (thông khí tự nhiên); lọc tải lượng cao (thông khí nhân tạo) và tháp lọc.

Trong thiết kế có thể sử dụng các thông số ở bảng 2.19 làm cơ sở tính toán.

Bảng 2.19. Các thông số thiết kế

Loại thiết bị	Chiều cao làm việc H _{lv} , m	Tải lượng thủy lực q, m ³ /m ² .ngày		Tuần hoàn		
Loại giọt	1,5 - 2	1 - 3		khi BOD ₅ < 220 : không khi BOD ₅ < 300 : có		
Tải lượng cao	2 - 4	10 - 30		khi BOD ₅ < 300 : không khi BOD ₅ > 300 : có		
Thấp	Khi BOD ₅ , mg/l	250	300	350	450	500
	Chiều cao thiết bị H _{lv} , m	8	10	12	14	16

-Tải lượng BOD đối với loại lọc giọt được tính như sau :

$$L_{BOD} = \frac{Q \cdot BOD_{SL1}}{V_{mtr}} \quad (2.199)$$

trong đó :

- L_{BOD} - tải lượng, gBOD/m³.ngày;
- Q - lưu lượng nước thải thô, m³/ngày;
- BOD_{SL1} - hàm lượng BOD còn lại sau lắng sơ cấp, mg/l;
- V_{mtr} - thể tích môi trường lọc, m³.

Tải lượng thủy lực được tính theo công thức sau:

$$L_q = \frac{Q + Q_{t.h}}{A} \quad (2.200)$$

trong đó :

- L_q - tải lượng thủy lực, m³/m².ngày;
- Q - lưu lượng nước thải thô, m³/ngày;
- Q_{t.h} - lưu lượng tuần hoàn, m³/ngày;
- A - diện tích bề mặt lọc, m².

Tỷ số tuần hoàn :

$$R = \frac{Q_{t.h}}{Q} \quad (2.201)$$

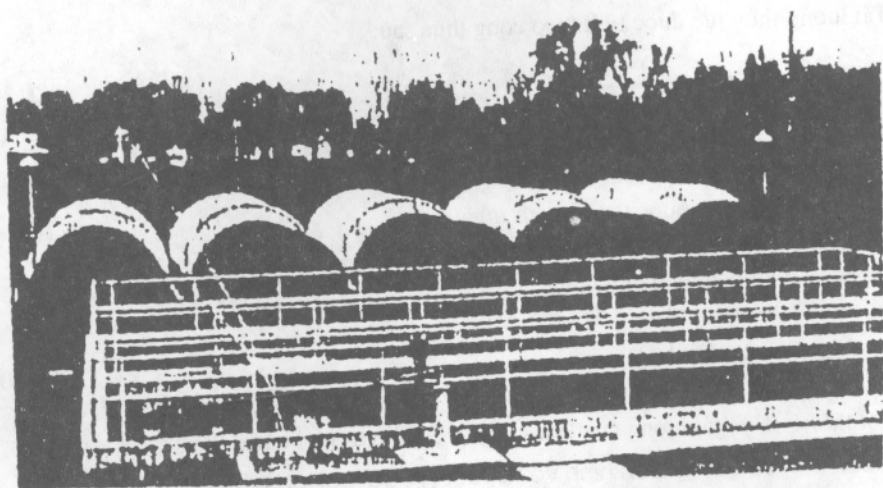
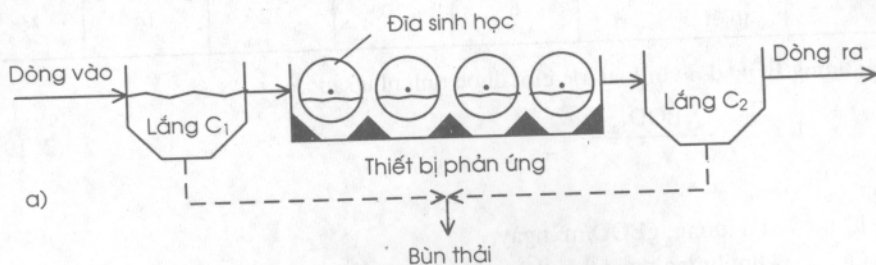
Một thông số về tải lượng của loại lọc giọt có cho trong bảng 2.20.

Bảng 2.20. Một số giá trị điển hình về tải lượng của loại lọc giọt với chiều cao môi trường lọc 1,5 ÷ 2,1 m, vật liệu đá

Thông số	Lọc chậm	Lọc nhanh	Lọc 2 bậc
Tải lượng BOD, g/m ³ .ngày	100 - 400	500 - 1500	700 - 1100
Tải lượng thủy lực, m ³ /m ² .ngày	2 - 5	10 - 30	10 - 30
Tỷ số tuần hoàn	0	0,5 - 3,0	0,5 - 4,0

Phương pháp lọc sinh học có được các ưu điểm là đơn giản, tải lượng theo chất gây ô nhiễm thay đổi trong giới hạn rộng trong ngày; thiết bị cơ khí đơn giản và tiêu hao ít năng lượng, nhưng nó cũng có nhược điểm là hiệu suất quá trình phụ thuộc rõ rệt vào nhiệt độ không khí.

Một loại hệ thống sinh học sinh trưởng cố định trong màng sinh học khác là đĩa sinh học (hình 2.68). Hệ thống này gồm một loạt các đĩa tròn lắp trên cùng một trục cách nhau một khoảng nhỏ. Khi trục quay, một phần đĩa ngập trong máng chứa nước thải còn phần còn lại tiếp xúc với không khí. Các vi khuẩn bám trên các đĩa chiết các chất hữu cơ của nước thải.



Hình 2.68. Hệ thống đĩa sinh học
a. Sơ đồ hệ thống; b. Hệ thống thiết bị

2.7.5.2. Làm sạch nước thải trong điều kiện tự nhiên

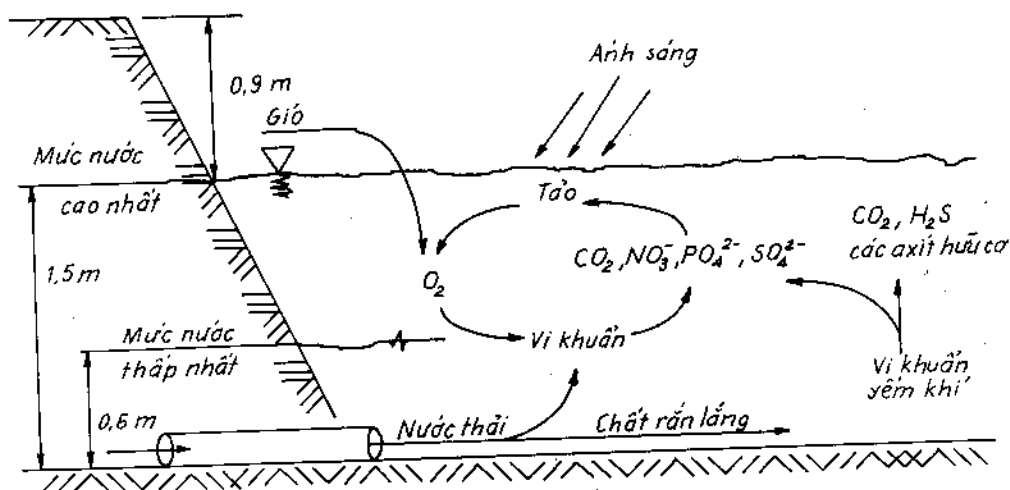
Các quá trình hiếu khí trong xử lý sinh học có thể xảy ra ở điều kiện tự nhiên và trong các công trình nhân tạo. Quá trình làm sạch nước thải ở điều kiện tự nhiên được tiến hành bằng cách tưới nước thải ở dạng phun mưa trên các cánh đồng được chuẩn bị riêng cho mục đích này đồng thời cho cả canh tác, hay lọc nước thải qua cánh đồng lọc và trong các hồ sinh học.

2.7.5.2a. Hồ sinh học

Hồ sinh học hay còn được gọi là hồ oxy hóa hoặc hồ ổn định. Đó là một chuỗi gồm từ 3 đến 5 hồ. Nước thải chảy qua hệ thống hồ trên với một vận tốc không lớn. Trong hồ nước thải được làm sạch bằng các quá trình tự nhiên bao gồm cả tảo và các vi khuẩn nên tốc độ oxy hóa chậm, đòi hỏi thời gian lưu thủy học lớn (30 đến 50 ngày). Các vi sinh vật sử dụng oxy sinh ra trong quá trình quang hợp của tảo và oxy được hấp thụ từ không khí để phân hủy các chất thải hữu cơ. Còn tảo đến lượt mình sử dụng CO_2 , NH_4^+ , photphat được giải phóng ra trong quá trình phân hủy các chất hữu cơ để thực hiện quá trình quang hợp. Để hồ sinh học làm việc bình thường cần duy trì pH và nhiệt độ ở giá trị tối ưu.

Hồ sinh học được phân thành các loại sau :

- Hồ oxy hóa cấp ba hoặc hồ làm sạch lần cuối (Polishing pond);
 - Hồ thông khí nhân tạo hay còn gọi là hồ được sục khí.
 - Hồ oxy hóa hiếu - yếm khí (Facultative pond) hay còn gọi là hồ oxy hóa tùy tiện.
- Nguyên lý kết cấu và làm việc của loại hồ hiếu - yếm khí được minh họa trên hình 2.69.



Hình 2.69. Sơ đồ các quá trình sinh học chính trong hồ hiếu - yếm khí

Trong hồ xảy ra các quá trình sau:

- Oxy hóa các chất hữu cơ bởi các vi sinh vật hiếu khí ở lớp nước phía trên của hồ.
- Quang hợp của tảo ở lớp nước phía trên.
- Phân hủy chất hữu cơ của các vi khuẩn yếm khí ở đáy hồ.

Trong điều kiện tự nhiên, gió và nhiệt độ là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới mức độ khuấy trộn nước trong hồ. Ở đây khuấy trộn có hai chức năng: giảm tới mức tối thiểu, rút ngắn thời gian lưu và các vùng chết trong hồ; phân bố đều các chất dinh dưỡng cho tảo, O_2 và vi sinh vật. Vì quá trình quang hợp chỉ xảy ra ở độ sâu từ 150 đến 300 mm dưới bề mặt thoáng của nước, do đó nếu không có khuấy trộn phần lớn nước trong hồ nằm trong vùng tối. Chiều sâu tối thiểu của nước trong hồ cần bằng 0,6 m để phòng ngừa sự phát triển của các loài thực vật có rễ. Còn chiều sâu tối đa của nước trong hồ cần khống chế ở mức 1,5 m để phòng ngừa vấn đề mùi do quá trình yếm khí gây ra, vì khi chiều sâu lớn hơn 1,5 m quá trình yếm khí sẽ chiếm ưu thế.

Tính toán thiết kế

Trong tính toán các hồ, cần xác định kích thước của chúng sao cho đảm bảo thời gian lưu cần thiết của nước thải. Diện tích bề mặt hồ được tính theo công thức sau :

$$F = \frac{Q \cdot \tau}{H}, m^2 \quad (2.202)$$

trong đó:

Q - lưu lượng nước thải, $m^3/ngày$;

τ - thời gian lưu thủy học, ngày;

H - chiều sâu của hồ, m.

Thời gian lưu thủy học có thể tính được dựa vào cơ sở quá trình khử BOD_5 . Để đơn giản ta giả thiết hồ được khuấy trộn hoàn toàn và quá trình khử BOD_5 theo động học bậc 1:

$$\frac{S_r}{S_v} = \frac{1}{1 + k_1 \tau}$$

trong đó:

S_r - BOD ở dòng ra, mg/l

S_v - BOD ở dòng vào, mg/l

k_1 - hằng số tốc độ phản ứng bậc 1, $l/ngày$.

Do vậy thời gian lưu thủy học sẽ bằng :

$$\tau = \left(\frac{S_v}{S_r} - 1 \right) \frac{1}{k_1} \quad (2.203)$$

Thay biểu thức (2.203) vào (2.202) ta có:

$$F = \frac{Q}{H \cdot k_1} \left(\frac{S_v}{S_r} - 1 \right), m^2 \quad (2.204)$$

trong đó :

$$k_1 = f(t^\circ C) = 0,3 (1,05)^{(t-20)} \quad (2.205)$$

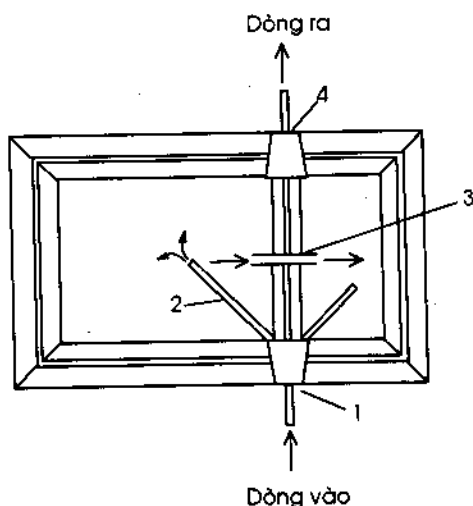
Kết quả nghiên cứu của Mara (1975), Marais G.V.R (1966) ở Nam Phi đã đề xuất, để duy trì sự trôi của điều kiện hiếu khí trong hồ, S_r cần nằm trong khoảng 50 đến 70 mg/l đối với các hồ có độ sâu từ 1 đến 1.5 m.

Đặt biểu thức (2.205) vào (2.204) và chọn $S_r = 60$ mg/l, ta có:

$$F = \frac{Q(S_v - 60)}{18H \cdot (1,05)^{t-20}} \quad (2.206)$$

Cũng có thể tính F theo công thức thực nghiệm của McGarry và Perscod hoặc theo tải lượng bề mặt riêng. Ở điều kiện khí hậu Nam và Tây nam Mỹ, tải lượng bề mặt nằm trong khoảng 2,2 đến 5,6 g BOD/m².ngày.

Hồ sinh học có kết cấu điển hình như trình bày trên hình 2.70.



Hình 2.70. Mặt chiếu từ trên xuống của hồ sinh học

1. Hộp phân phối dòng vào; 2. Ống dẫn nước thải vào; 3. Ống và van nối hai hồ;
4. Cửa xả nước ra có bộ phận kiểm soát dòng tràn

Thường mặt trong của hồ được lát đá để tránh tác động của sóng làm lở bờ. Nếu đáy hồ là loại đất dễ thấm thì cần được gia cố chống thấm bằng lớp đất sét hoặc bằng rải lớp vải nhựa để phòng ngừa ô nhiễm cho nước ngầm. Khu vực hồ cần được bảo vệ tránh không cho các vật nuôi xâm nhập.

Hồ sinh học có những ưu điểm là chi phí xây lắp và bảo dưỡng thiết bị thấp; hiệu suất khử fecal coliform cao và là phương pháp rất thích hợp với các vùng khí hậu nóng.

Hồ sinh học thường được sử dụng để xử lý thứ cấp trong xử lý nước thải ở những thị trấn nhỏ khoảng 10.000 dân hoặc khu vực nông thôn.

2.7.5.2b. Hồ xử lý cấp 3

Hồ xử lý cấp 3 là các hồ dùng để xử lý dòng thải từ xử lý thứ cấp như các bể hoạt hóa bùn, lọc sinh học v.v... Trong hồ này diễn ra quá trình xử lý để tiếp tục khử các chất hữu cơ, giảm SS, N và fecal coliforms. Để đạt được tiêu chuẩn dòng thải có hàm lượng BOD nhỏ hơn 25 mg/l, cần hai hồ nối tiếp nhau với thời gian lưu ở mỗi hồ bằng 7 ngày khi BOD₅ bằng 75 mg/l (Mara, D 1978).

Cũng như trong hồ oxy hóa hiếu - yếm khí, việc giảm số vi khuẩn trong hồ cũng có thể chấp nhận theo phản ứng bậc 1:

$$N_r = \frac{N_v}{1 + k_b \tau} \quad (2. 207)$$

trong đó:

N_r - số coliform ở dòng ra;

N_v - số coliform ở dòng vào;

k_b - hằng số tốc độ khử coliform 1/ngày.

Đối với hệ thống có n hồ thì biểu thức trên có dạng :

$$N_r = \frac{N_v}{(1 + k_b \tau_1)(1 + k_b \tau_2) \dots (1 + k_b \tau_n)} \quad (2. 208)$$

trong đó τ_n - thời gian lưu ở hồ thứ n

$$k_b(T) = f(T) = 2,6 \cdot 1,9^{(T-20)} \quad (2. 209)$$

2.7.6. Phương pháp yếm khí

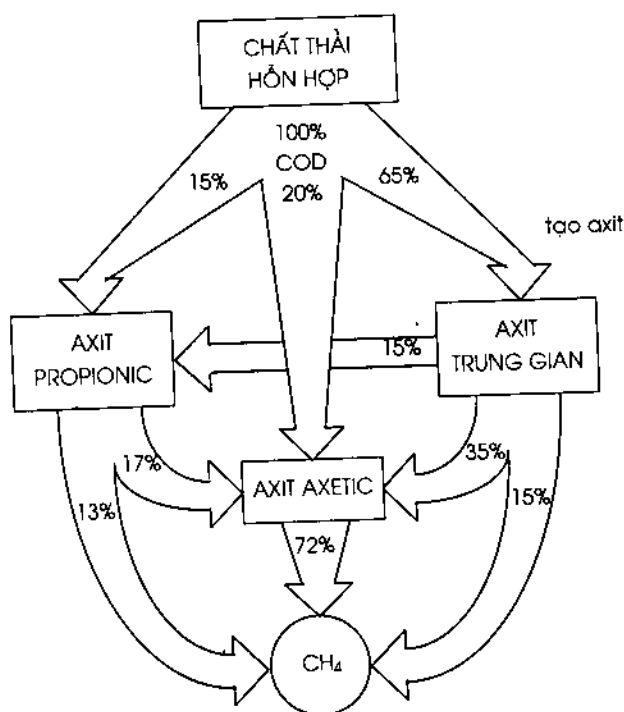
Các phương pháp yếm khí được dùng để lên men bùn cặn sinh ra trong quá trình xử lý bằng phương pháp sinh học, cũng như nước thải công nghiệp chứa hàm lượng các chất hữu cơ cao (BOD = 4 ÷ 5 g/l). Đây là phương pháp cổ điển nhất dùng để ổn định bùn cặn, trong đó các vi khuẩn yếm khí phân hủy các chất hữu cơ.

Tùy thuộc vào loại sản phẩm cuối cùng, người ta phân loại quá trình này thành: lên men rượu, lên men axit lactic, lên men metan.v.v... Những sản phẩm cuối của quá trình lên men là: cồn, các axit, axeton, khí CO_2 , H_2 , CH_4 .

Để xử lý nước thải người ta sử dụng quá trình lên men khí metan. Đó là quá trình phức tạp, diễn ra theo nhiều giai đoạn. Cơ chế của quá trình này chưa được biết đến một cách đầy đủ và chính xác. Nhưng người ta giải thích quá trình lên men khí metan gồm hai pha: pha axit và pha kiềm (hay pha metan).

- Trong pha axit, các vi khuẩn tạo axit (bao gồm các vi khuẩn tùy tiện, vi khuẩn yếm khí) hóa lỏng các chất rắn hữu cơ sau đó lên men các chất hữu cơ phức tạp đó tạo thành các axit bậc thấp như axit béo, cồn, axit amin, amoniac, glycerin, axeton, dihydrosulfua, CO_2 , H_2 .
- Trong pha kiềm, các vi khuẩn tạo metan chỉ gồm các vi khuẩn yếm khí chuyển hóa các sản phẩm trung gian trên tạo thành CH_4 và CO_2 .

Quá trình trao đổi chất trên được mô tả trên hình 2.71.



Hình 2.71. Sơ đồ phân hủy yếm khí bùn nước thải

Phản ứng chính tạo thành metan có thể xảy ra như sau:



trong đó H_2A là chất hữu cơ chứa hydro.

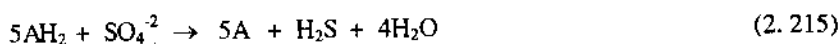
Cũng có thể xảy ra các phản ứng khác (khi có và khi không có hydro) :



Metan có thể được tạo thành do phân rã axit axetic :



Trong quá trình xử lý nước thải công nghiệp chứa SO_4^{2-} , ở điều kiện yếm khí, vi khuẩn khử sunfat sẽ khử SO_4^{2-} thành H_2S như sau:



Ngoài ra còn có cả quá trình nitrat hóa :

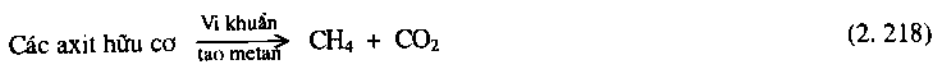


Quá trình công nghệ gồm ba giai đoạn :

1. Giai đoạn lỏng hóa nguyên liệu đầu để vi khuẩn dễ sử dụng các chất dinh dưỡng.
2. Giai đoạn tạo thành axit:



3. Giai đoạn tạo thành metan:



Các yếu tố chính ảnh hưởng tới hiệu suất quá trình phân hủy yếm khí tạo khí metan bao gồm:

a. Nhiệt độ : Nhiệt độ là yếu tố điều tiết cường độ của quá trình. Nhiệt độ tối ưu cho quá trình này là 35°C . Như vậy quá trình có thể thực hiện ở điều kiện ấm ($30 + 35^\circ\text{C}$) hoặc nóng ($50 + 55^\circ\text{C}$). Khi nhiệt độ dưới 10°C vi khuẩn tạo metan hầu như không hoạt động.

b. Liều lượng nạp nguyên liệu (bùn) và mức độ khuấy trộn : Nguyên liệu nạp cho quá trình cần có hàm lượng chất rắn bằng 7 + 9%. Tác dụng của khuấy trộn là phân bố đều dinh dưỡng và tạo điều kiện tiếp xúc tốt với các vi sinh vật và giải phóng khí sản phẩm ra khỏi hỗn hợp lỏng- rắn.

c. Tỷ số C/N : Tỷ số C/N tối ưu cho quá trình là $(25 \div 30) / 1$.

d. pH : pH tối ưu cho quá trình dao động trong phạm vi rất hẹp, từ 6,5 đến 7,5. Do lượng vi khuẩn tạo ra bao giờ cũng bị giảm trước khi quan sát thấy pH thay đổi, nên nếu pH giảm thì cần ngừng nạp nguyên liệu, vì nếu tiếp tục nạp nguyên liệu thì hàm lượng axit tăng lên dẫn đến kết quả là làm chết các vi khuẩn tạo CH_4 .

Ngoài ra phải kể đến ảnh hưởng của dòng vi khuẩn, thời gian lưu cần đủ để đảm bảo hiệu suất khử các chất gây ô nhiễm và điều kiện không chứa các hóa chất độc, đặc biệt là kim loại nặng (Cu, Ni, Zn...), hàm lượng NH_3 và sunfua quá dư cùng một số hợp chất hữu cơ khác (bảng 2.21).

Bảng 2.21. Một số nồng độ giới hạn cho phép của các chất độc đối với quá trình lên men CH_4

Các chất	Toluen	Axeton	Benzen	Crom ($\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{6+}$)	Đồng
Nồng độ giới hạn cho phép, mg/l	200	200	200	25/3	25

Khí sản phẩm của quá trình lên men metan thường có hàm lượng CH_4 vào khoảng 65 đến 70%, CO_2 vào khoảng $25 \div 30\%$ và lượng nhỏ các khí khác. Ước tính cứ 1 kg chất rắn phân hủy có thể cho 1 m^3 khí. Khả năng sinh nhiệt của CH_4 là 25 MJ/kg. Khí sinh học này có thể được sử dụng trong nhiều mục đích khác nhau.

Do bùn cặn của nước thải công nghiệp thường có hàm lượng ẩm, các muối kim loại và các chất khử bản cao nên cần thiết phải tiến hành quá trình lên men ở tải lượng thấp hơn bình thường $25 \div 50\%$.

Quá trình tạo khí metan được tiến hành trong các bể lên men metan có nguyên lý cấu tạo như trên hình 2.72. Bùn thô nạp vào bể theo phương thức gián đoạn, vào vùng phân hủy mạnh và nước phân trên được rút ra đi xử lý tiếp.

Bùn đã phân hủy tích tụ ở đáy bể có thể rút ra một cách dễ dàng. Sản phẩm khí của quá trình được tích giữ ở kết khí là nắp nổi của bể.

Thể tích bể tiêu hủy yếm khí được tính theo tải lượng riêng, thời gian tiêu hủy, sự giảm chất rắn và thời gian lưu trữ bùn. Các thông số này được liên hệ với nhau bằng công thức sau:

$$V = \frac{V_1 + V_2}{2} t_1 + V_2 t_2 \quad (2.219)$$

trong đó:

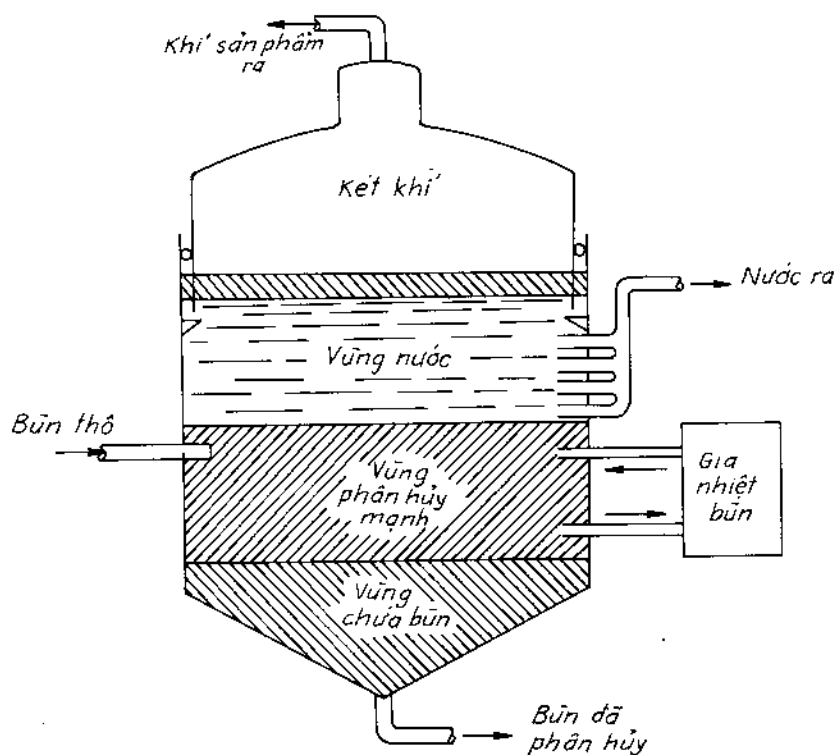
V - thể tích bể tiêu hủy, m^3 ;

V_1 - lưu lượng bùn thô nạp vào bể, $\text{m}^3/\text{ngày}$;

V_2 - lưu lượng bùn lưu giữ trong bể, $\text{m}^3/\text{ngày}$;

t_1 - thời gian tiêu hủy, ngày;

t_2 - thời gian bùn lưu giữ lại trong bể, ngày.

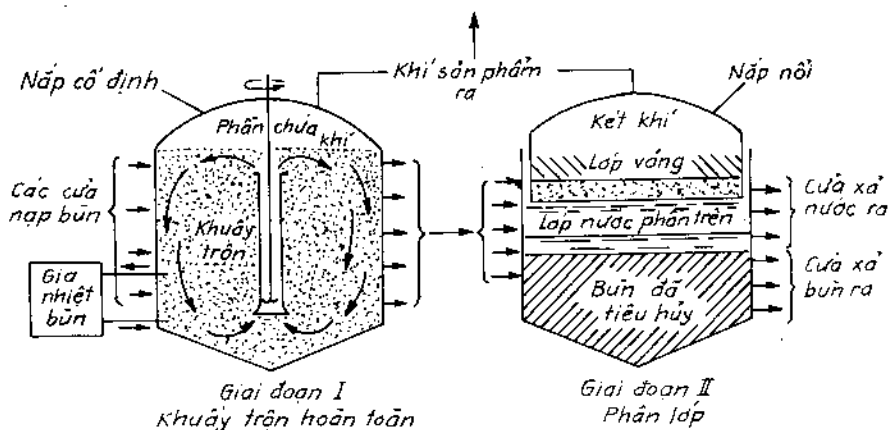


Hình 2.72. Sơ đồ bể tiêu hủy yếm khí

Bảng 2.22. Một số thông số dùng trong thiết kế bể tiêu hủy yếm khí

Thông số	Bể tốc độ chuẩn	Bể tốc độ cao
Thời gian lưu của chất rắn, ngày	30 - 90	10 - 20
Tải lượng chất rắn bay hơi, $\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày}$	0,5 - 1,6	1,6 - 6,4
Nồng độ chất rắn tiêu hủy được, %	4 - 6	4 - 6
Hiệu suất giảm chất rắn bay hơi, %	35 - 50	45 - 55
Năng suất khí, m^3/kg VSS nạp vào bể	0,5 - 0,55	0,6 - 0,65
Hàm lượng khí CH_4 , %	65	65

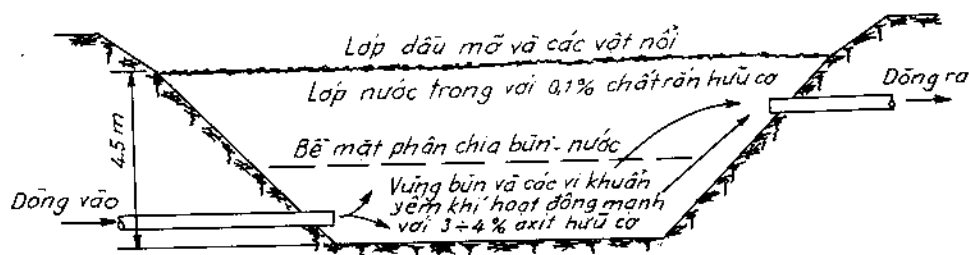
Cũng có thể tiến hành quá trình theo hai giai đoạn, mỗi giai đoạn ở một thiết bị riêng biệt (hình 2.73). Giai đoạn 1 ứng với pha tạo axit còn giai đoạn 2 tiến hành pha tạo khí CH_4 . Bằng cách này cho phép tăng tốc độ quá trình và giảm thể tích thiết bị so với tiến hành quá trình theo một giai đoạn.



Hình 2.73. Sơ đồ bể tiêu hủy yếm khí bùn theo hai giai đoạn

2.7.5.2c. Hồ yếm khí

Nguyên tắc tạo nên điều kiện yếm khí và làm việc của hồ được minh họa trên hình 2.74. Ở đây các vi khuẩn yếm khí phân hủy các chất hữu cơ thành các sản phẩm cuối ở dạng khí là CO_2 và CH_4 , thêm vào đó là hợp chất trung gian phát sinh mùi như các axit hữu cơ, H_2S ...



Hình 2.74. Sơ đồ một hồ yếm khí xử lý nước thải chế biến thịt

Đặc tính của nước thải có thể được xử lý bằng phương pháp yếm khí là có hàm lượng chất hữu cơ cao, cụ thể là protein, mỡ, có nhiệt độ tương đối cao, không chứa các chất độc và đủ các chất dinh dưỡng.

Các tiêu chuẩn vận hành bình thường đối với hồ yếm khí để có thể đạt hiệu suất khử BOD bằng 75% là tải trọng BOD bằng $320 \text{ gBOD/m}^3 \cdot \text{ngày}$, thời gian lưu tối thiểu là 4 ngày, hồ làm việc ở nhiệt độ tối thiểu 25°C .

Vấn đề vận hành thường gặp đối với loại hồ này là sự giảm nhiệt độ do mặt hồ không được lớp dầu mỡ phủ kín để cách nhiệt và tránh tác động khuấy trộn của gió. Nếu hồ yếm khí được vận hành đúng sẽ không phát sinh mùi làm ô nhiễm môi trường xung quanh.

Các nhà nghiên cứu của Israel, Châu Phi và Châu Úc đã đưa ra số liệu thiết kế hồ ở điều kiện nhiệt độ lớn hơn 20°C như ở bảng dưới đây :

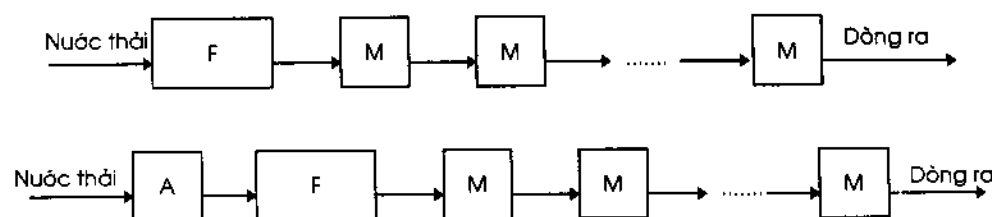
Thời gian lưu, ngày	Hiệu suất giảm BOD, %
1	50
2.5	60
5	70

Thời gian tối ưu thường chọn là 5 ngày.

Ưu điểm của xử lý yếm khí so với quá trình hiếu khí là sinh ra ít bùn hơn và không cần thiết bị thông khí, nhưng nhược điểm của nó là phân hủy không triệt để nên chất thải cần được xử lý tiếp bằng quá trình thứ cấp là quá trình hiếu khí. Mặt khác quá trình phân hủy yếm khí cần nhiệt độ khá cao.

Hồ yếm khí đã được ứng dụng thành công trong xử lý nước thải ở các lò mổ chế biến thịt, một loại nước thải có hàm lượng BOD đến 1400 mg/l , hàm lượng dầu mỡ đến 500 mg/l và pH trung tính.

Tùy theo nồng độ BOD của nước thải mà chọn phương pháp xử lý cho thích hợp và có thể kết hợp phương án xử lý yếm khí với quá trình hiếu khí. Sau đây là một vài phương án kết hợp các loại hồ để xử lý nước thải ở các khu vực nhiệt đới:



A. Hồ yếm khí; F. Hồ oxy hóa tùy tiện; M. Hồ xử lý cấp 3.

Các hồ xử lý cấp 3 đóng vai trò quan trọng rất lớn trong việc khử các vi khuẩn gây bệnh. Vì vậy các sơ đồ hệ thống hồ trên với thời gian lưu ở mỗi hồ 5 ngày có thể cho dòng thải cuối cùng đáp ứng tiêu chuẩn nước dùng trong nông nghiệp.

2.8. XỬ LÝ HỖN HỢP NƯỚC THẢI SINH HOẠT VÀ NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP

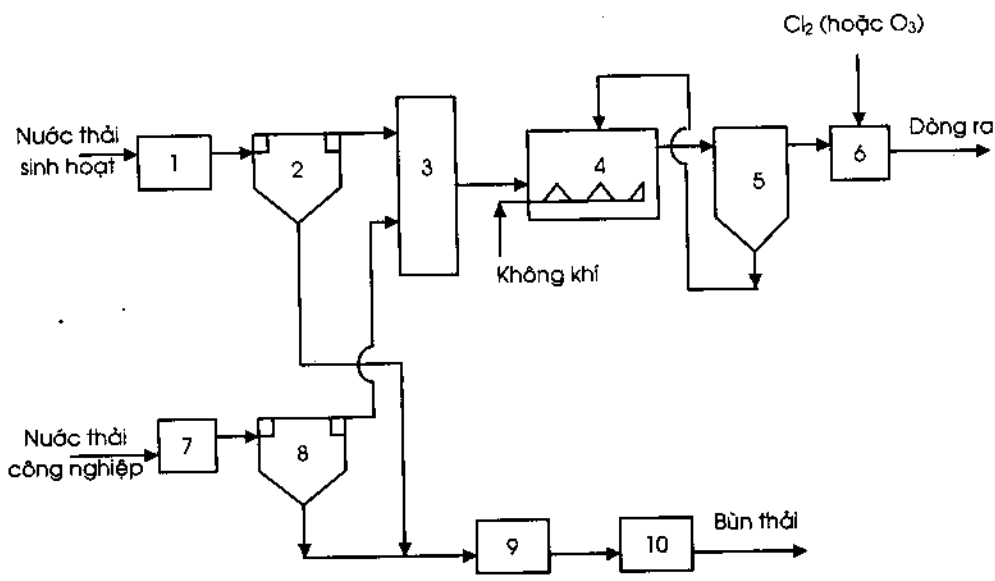
Khi thực hiện xử lý sinh hóa nước thải công nghiệp chung với nước thải sinh hoạt, quá trình làm sạch ổn định và có hiệu suất cao hơn khi xử lý riêng nước thải công nghiệp. Do nước thải sinh hoạt chứa các nguyên tố dinh dưỡng sẽ làm loãng nước thải sản xuất. Mức độ pha loãng cần thiết có thể xác định theo công thức :

$$m = \frac{L_{sx} - L_{hh}}{L_{hh} - L_{sh}} \tag{2.220}$$

trong đó:

- m - tỷ lệ giữa lượng nước thải sinh hoạt và nước thải sản xuất;
- L_{sx} - BOD toàn phần của nước thải sản xuất, mg/l;
- L_{hh} - BOD toàn phần của hỗn hợp nước thải sinh hoạt và nước thải sản xuất, mg/l;
- L_{sh} - BOD toàn phần của nước thải sinh hoạt, mg/l.

Quá trình xử lý hỗn hợp nước thải công nghiệp với nước thải sinh hoạt có thể thực hiện theo sơ đồ như ở hình 2.75.



Hình 2.75. Sơ đồ kết hợp xử lý nước thải sản xuất với nước thải sinh hoạt

- 1 và 7. Bể điều hòa; 2 và 8. Bể lắng sơ cấp; 3. Bể trộn nước thải; 4. Aeroten;
- 5. Bể lắng thứ cấp; 6. Bể khử trùng; 9. Bể xử lý bùn bằng yếm khí tạo CH₄;
- 10. Máy tách (lọc) nước ra khỏi bùn.

2.9. XỬ LÝ Bùn Cặn

Khi xử lý nước thải sẽ tạo ra nhiều bùn cặn, chúng cần được giảm khối lượng để giảm sự nhiễm bẩn môi trường. Số lượng, thành phần, tính chất hóa lý của cặn bùn phụ thuộc vào loại nước thải ban đầu và phương pháp xử lý. Nguồn phát sinh ra bùn cặn trong xử lý nước thải ở các công đoạn sau:

1. Lọc qua lưới làm cho các chất rắn có kích thước lớn bị giữ lại;
2. Lắng thô (lắng cát) để tách các hạt rắn thô (cát, gạch đá...) và váng bọt;
3. Lắng sơ cấp (L1) để tách cặn hữu cơ và váng bọt;
4. Aeroten tạo ra chất rắn huyền phù - sản phẩm của quá trình chuyển hóa chất hữu cơ của vi sinh vật.
5. Lắng thứ cấp (L2) để tách bùn hoạt tính.

Các bùn cặn trên được chia thành ba nhóm : bùn cặn vô cơ, bùn cặn hữu cơ, bùn cặn hỗn hợp chứa cả các chất vô cơ và hữu cơ.

Bùn cặn được đặc trưng bởi hàm lượng chất khô tính theo g/l hoặc %, hàm lượng chất hữu cơ / hoặc chất tro tính theo % khối lượng chất khô, thành phần các nguyên tố, độ nhớt, thành phần kích thước hạt...

Bùn cặn thường là hỗn hợp huyền phù khó lọc. Trở lực lọc riêng của bùn cặn nước thải biến động trong giới hạn rất rộng. Bùn hoạt tính tươi có trở lực lọc riêng nằm trong khoảng 72.10^{10} đến 7860.10^{10} cm/g. Đây là một chỉ số quyết định cho việc lựa chọn phương pháp xử lý bùn.

Trong bùn cặn, nước tự do chiếm tới 60 đến 65%, còn nước liên kết nằm trong khoảng 30 đến 35%, trong đó nước tự do có thể được tách ra khỏi bùn cặn một cách dễ dàng còn nước liên kết - ẩm, nước liên kết keo và hút nước, khó tách hơn nhiều.

Để xử lý và khử độc bùn cặn có thể sử dụng các quá trình công nghệ khác nhau như trình bày trên hình 2.76.

Quá trình nén chặt làm đặc bùn có thể thực hiện bằng lắng trọng lực, thiết bị có tên là thiết bị nén đặc bùn (thickener), tuyển nổi hoặc ly tâm.

Quá trình ổn định bùn nhằm phân hủy phần các chất hữu cơ có thể phân hủy bằng con đường sinh học thành CO_2 , CH_4 và H_2O , giảm vấn đề mùi hoặc loại trừ sự thối rữa của bùn cặn. Quá trình này cũng có tác dụng giảm số lượng vi khuẩn gây bệnh và giảm thể tích bùn cặn. Quá trình ổn định bùn có thể thực hiện bằng phương pháp hóa học, nhiệt hoặc sinh học.

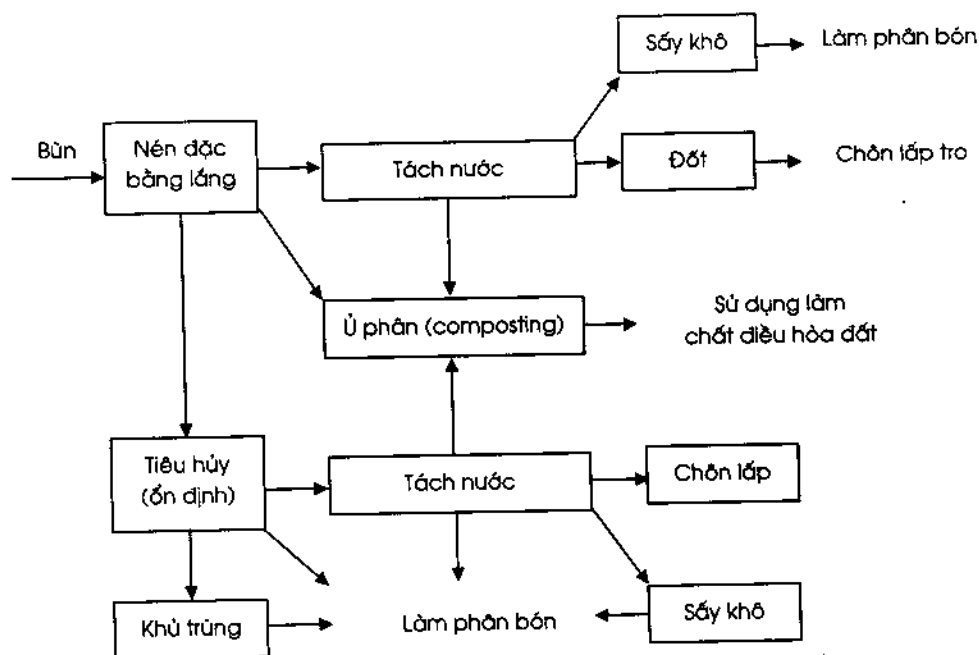
Quá trình tách nước nhằm giảm độ ẩm của bùn cặn và thường sử dụng phương pháp lọc chân không, sân phơi bằng cát. Để chuẩn bị cho quá trình này thường người ta tiến hành điều hòa bùn trước khi lọc.

Quá trình điều hòa bùn nhằm giảm trở lực lọc riêng, cải thiện tính chất của mối liên kết nước (dạng và cấu trúc liên kết của nước với bùn). Thường bùn được xử lý bằng các tác nhân đông tụ như các muối sắt, nhôm (FeSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) và vôi. Các chất đông tụ này được đưa vào bùn cặn ở dạng dung dịch 10%. Cũng có thể sử dụng các chất thải chứa FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Trong thực tế dùng FeCl_3 cùng với vôi cho hiệu quả cao nhất. Liều lượng FeCl_3 vào khoảng 8%, vôi vào khoảng 15 đến 30% theo rắn khô của bùn cặn.

Nhược điểm của phương pháp dùng tác nhân hóa học là chi phí cao, khả năng ăn mòn vật liệu tăng, thiết bị vận hành phức tạp, thêm phần lưu giữ và thiết bị định lượng.

Người ta cũng có thể dùng các chất keo tụ thay cho các chất đông tụ như polyacrylamit.

Cuối cùng là công việc xử lý và thải bã cặn bùn. Công việc này có thể được thực hiện bằng cách xử lý nhiệt: sấy khô sau đó bùn được chế biến thành phân bón NPK, thiêu đốt để lấy nhiệt hoặc chôn lấp các vùng trũng tạo mặt bằng xây dựng các công trình mới.



Hình 2.76. Sơ đồ các phương án xử lý bùn

2.10. CÁC VẤN ĐỀ CƠ BẢN TRONG PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ CÔNG TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Thiết kế công trình xử lý nước thải là một công việc khó khăn trong lĩnh vực công nghệ môi trường. Ở đây cần có những kiến thức lý thuyết cũng như kinh nghiệm thực tế trong lựa chọn và phân tích sơ đồ công nghệ. Các công việc chính trong thiết kế một công trình xử lý nước thải bao gồm:

- Xây dựng sơ đồ quá trình công nghệ xử lý ;
- Thiết lập các tiêu chuẩn thiết kế;
- Tính cân bằng chất rắn ;
- Dựng mô hình thủy lực;
- Thiết kế tổng mặt bằng nhà máy .

Lựa chọn sơ đồ công nghệ xử lý thích hợp phụ thuộc vào nhiều yếu tố như loại chất thải, lưu lượng nước thải, tính thích hợp về kinh tế của phương pháp xử lý và yêu cầu về chất lượng dòng thải.

Ngoài việc phân tích tính phù hợp của các phương pháp xử lý, việc lựa chọn sơ đồ công nghệ một cách đúng đắn sẽ còn phụ thuộc vào các yếu tố sau:

1. Kinh nghiệm của người kỹ sư thiết kế;
2. Sách lược của cơ quan điều hành về áp dụng các phương pháp xử lý cụ thể;
3. Khả năng cung cấp thiết bị cho các phương pháp xử lý cụ thể;
4. Khả năng sử dụng tối đa các phương tiện hiện có của cơ sở;
5. Chi phí xây dựng ban đầu;
6. Chi phí vận hành và bảo dưỡng trong tương lai.

Tiêu chuẩn thiết kế quá trình

Khi thiết kế các phương tiện xử lý nước thải, cần dựa trên cơ sở lượng nước thải, hàm lượng các chất gây ô nhiễm và mức độ cần làm sạch theo các tiêu chuẩn dòng thải, bao gồm nồng độ BOD (hoặc COD), SS, pH và vi khuẩn fecal coliform.

Các tiêu chuẩn thiết kế cần đáp ứng các yêu cầu sau:

Tải lượng thiết kế

Kích thước của thiết bị được tính theo lượng nước thải trung bình ngày thường trong tuần, vào thời gian có lượng nước thải lớn nhất. Cần chú ý lưu lượng thiết kế phải kể đến cả lượng nước thấm qua và lượng nước mưa (đối với hệ thống cống hỗn hợp) để hệ thống xử lý có thể làm việc được cả khi có lưu lượng lớn nhất. Trong trường hợp thiếu số liệu có thể lấy lưu lượng của hệ thống thoát cũ rồi tăng lên 25% làm số liệu thiết kế (Hammer, M.J., 1977). Tải lượng thiết kế theo các chất hữu cơ của nhà máy xử lý được tính theo $\text{kgBOD}_5/\text{ngày}$.

Chất lượng dòng thải

Nguyên tắc và các qui định do các cơ quan bảo vệ môi trường ban hành thường là mức thấp nhất về chất lượng dòng ra mà xử lý thứ cấp cần đạt. Tiêu chuẩn dòng thải thứ cấp được biểu thị bằng các thông số BOD, SS, vi khuẩn fecal coliform và pH.

- Tiêu chuẩn BOD₅ :

Là giá trị trung bình số học các mẫu dòng ra được đo liên tục trong 30 ngày không được vượt quá 30 mg/l.

Là giá trị trung bình số học của các mẫu dòng ra được đo liên tục trong 7 ngày không được vượt quá 45 mg/l.

Là giá trị trung bình số học các mẫu dòng ra đo liên tục trong 30 ngày không được vượt quá 15% giá trị trung bình số học của các mẫu dòng vào đo cùng thời điểm và cùng khoảng thời gian (nghĩa là hiệu suất khử BOD₅ = 85%).

- Tiêu chuẩn SS :

= Giá trị trung bình số học các dòng ra đo liên tục trong 30 ngày không được vượt quá 30 mg/l.

= Giá trị trung bình số học các mẫu dòng ra đo liên tục trong 7 ngày không được vượt quá 45 mg/l.

= Giá trị trung bình số học các mẫu dòng ra đo liên tục trong 30 ngày không được vượt quá 15% giá trị trung bình số học của các mẫu dòng vào đo ở cùng thời điểm và trong cùng khoảng thời gian (nghĩa là hiệu suất khử SS > 85%).

- Tiêu chuẩn vi khuẩn fecal coliform :

= Trung bình hình học của giá trị mẫu dòng ra đo liên tục trong 30 ngày không vượt quá 200/100ml.

= Trung bình hình học của giá trị mẫu dòng vào đo liên tục trong 7 ngày không vượt quá 400/100ml.

- Tiêu chuẩn pH = pH của dòng ra duy trì trong phạm vi 6,0 đến 9,0.

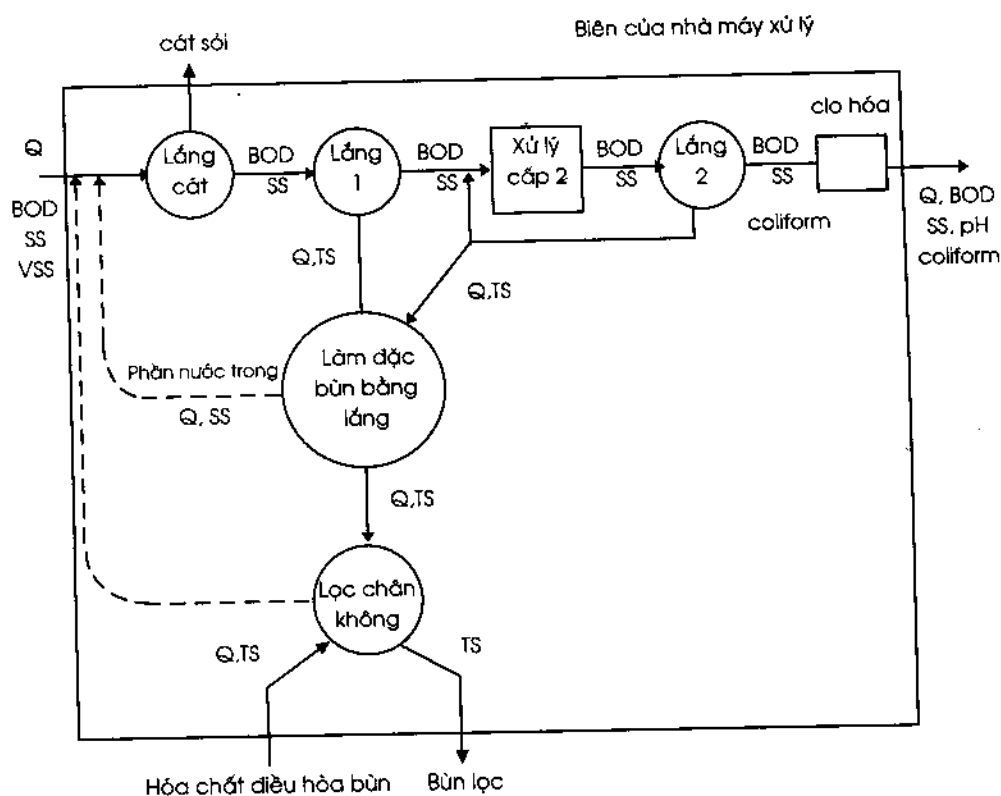
Để đánh giá hiệu suất làm sạch của hệ thống xử lý cần phải phân tích các thông số sau: TS, SS, BOD, pH, fecal coliforms và clo dư. Đối với nhà máy xử lý tập trung của thành phố lớn cần phân tích thêm COD, dầu mỡ, độ kiềm, photphat, các dạng nitơ, S²⁻, axit bay hơi, phân tích khí và tính lọc được của bùn. Đôi khi cần phải phân tích cả kim loại nặng và tổng cacbon.

Yêu cầu tối thiểu các thông số cần phân tích để theo dõi sự hoạt động của hệ thống xử lý tóm tắt như ở hình 2.77.

Cân bằng chất rắn

Cần tính cân bằng cho từng phương án sơ đồ công nghệ. Tốt nhất là tính cả lượng lớn nhất của một ngày và tải lượng trung bình các chất hữu cơ. Tính cân bằng chất rắn cho

thông tin về thể tích bùn cần để chuẩn bị phương tiện chứa tạm thời, mặt khác nó giúp cho việc xác định chính xác kích thước ống và bơm bùn.



Hình 2.77. Sơ đồ điển hình của hệ thống xử lý thu cấp nước thải

Mô hình thủy lực

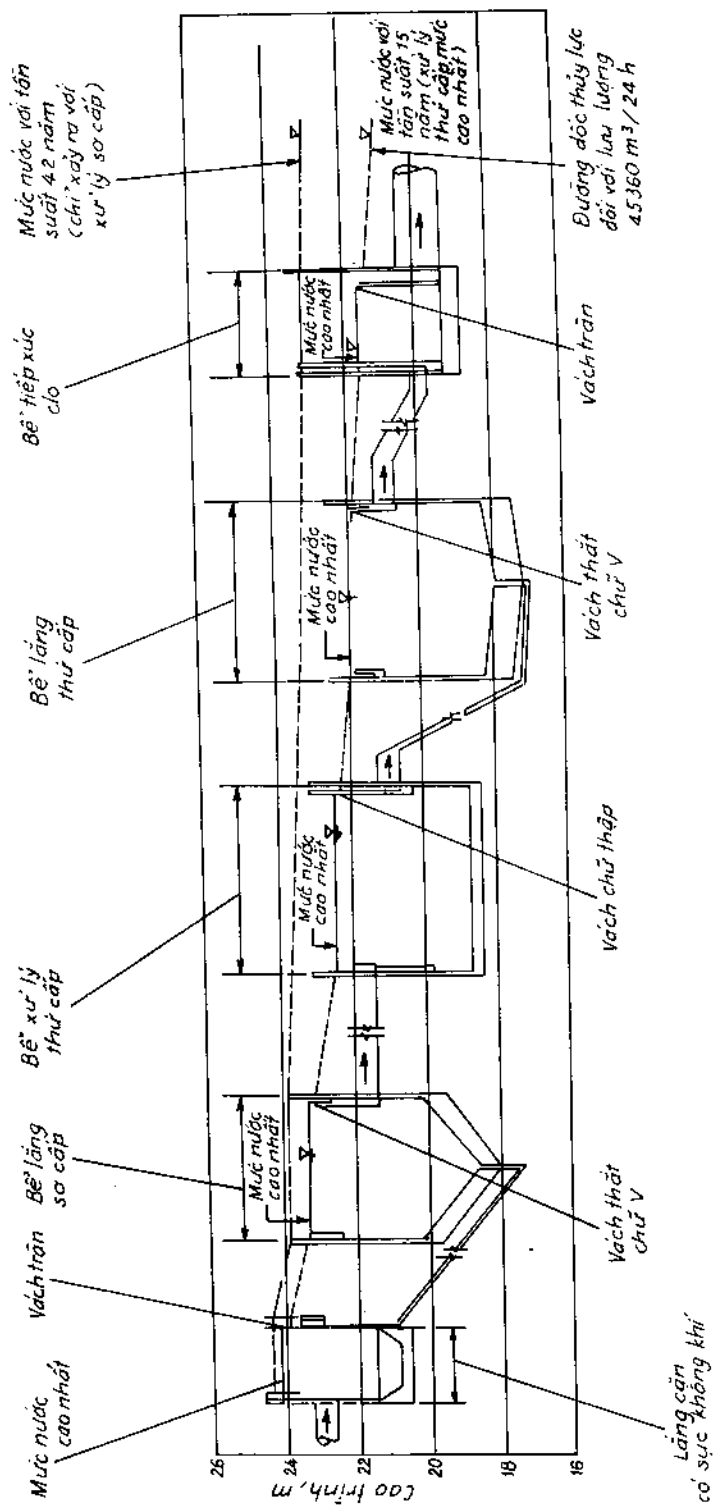
Sau khi đã chọn được sơ đồ công nghệ và kích thước của các thiết bị xử lý cùng các chi tiết phụ trợ, cần xác định mô hình thủy lực cho cả điều kiện Q_{lb} và Q_{max} . Việc xác định mô hình thủy lực nhằm các mục đích sau :

- Đảm bảo đủ gradient thủy lực để nước thải có thể chảy qua các phương tiện xử lý.
- Biết trở lực để đặt bơm thích hợp.
- Đảm bảo các công trình xử lý không bị ngập trong giai đoạn có lưu lượng lớn nhất.

Hình 2.78 cho ví dụ về mô hình thủy lực của một nhà máy xử lý nước thải.

Mặt bằng tổng thể

Bố trí hợp lý các công trình xử lý để đạt mục tiêu xử lý. Tổng mặt bằng bao gồm cả công trình chính lẫn các công trình phụ trợ khác.



Hình 2.78. Mô hình thủy lực của một nhà máy xử lý nước thải

Những yếu tố cần xem xét khi bố trí tổng mặt bằng :

- Mặt bằng vị trí có thể đặt nhà máy;
- Địa hình;
- Vị trí cổng vào;
- Vị trí điểm thải;
- Đánh giá về giao thông;
- Các quá trình trong hệ thống;
- Ảnh hưởng chiều dài của ống dẫn;
- Hiệu suất làm việc;
- Tính khả thi và tiết kiệm khi vận hành;
- Tính thẩm mỹ;
- Kiểm soát môi trường;
- Diện tích dự trữ cho mở rộng trong tương lai ...

BÀI TẬP

1. Một nhà máy hàng ngày thải ra 2500 m³ nước thải với các thông số sau : BOD₅ = 200 mg/l, TSS = 280 mg/l, tổng nitơ N = 35 mg/l và tổng photpho P = 10 mg/l.

Tính số dân tương đương theo BOD₅, TSS, tổng nitơ N, tổng photpho P ứng với lượng chất thải của nhà máy. Biết tải lượng riêng của chất thải như sau :

95 g BOD₅/người.ngày, 180 g COD/người.ngày, 104 g TSS/người.ngày, 18 g tổng nitơ N/người.ngày, 9 g N-hữu cơ/người.ngày, 9 g N-NH₃/người.ngày, 4 g tổng photpho P/người.ngày.

2. Tính thể tích cần thiết của bể điều hòa và xác định hiệu quả điều hòa đối với tải lượng BOD trên cơ sở những số liệu ở bảng dưới đây :

Thời gian	Q_{TB} , m ³ /s	BOD _{TB} , mg/l
0 - 1	0,275	150
1 - 2	0,220	115
2 - 3	0,165	75
3 - 4	0,130	50
4 - 5	0,105	45
5 - 6	0,100	60
6 - 7	0,120	90
7 - 8	0,205	130
8 - 9	0,355	175
9 - 10	0,410	200
10 - 11	0,425	215
11 - 12	0,430	220
12 - 13	0,425	220
13 - 14	0,405	210
14 - 15	0,385	200
15 - 16	0,350	190
16 - 17	0,325	180
17 - 18	0,325	170
18 - 19	0,330	175
19 - 20	0,365	210
20 - 21	0,400	280
21 - 22	0,400	305
22 - 23	0,380	245
23 - 24	0,345	180

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Fresenius W., Schneider W., Böhnke B. and Pöppinghans K.* Waste water Technology Original Collection Treatment and Analysis of Waste Water, GZT Springer - Verlag Berlin Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, 1989.
2. *Hammer M.J.*, Water and Wastewater Technology, John Wiley & Sons, New York 1977.
3. *Jorgensen S.E.*, Industrial Waste water Management, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1979.
4. *Mara D.D.* Sewage Treatment in Hot Climate, ELBS and John Wiley & Sons Chichester the Pitman Press, 1978.
5. *Metcalf & Eddy*, Waste water Engineering Treatment, Disposal, Reuse. McGraw Hill, New York, 1991.
6. *Radionov A.I., Klusin V.N., Torotreshnicov H.X* Environmental Protection Technology, Chemistry Publishing, Moscow, 1989.
7. *Ramalho R.S.*, Introduction to Wastewater treatment process, Laval University, Quebec, Canada, 1977.
8. *Trần Hiếu Nhuệ*, Thoát nước và xử lý nước thải công nghiệp, tập I và II. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1992.
9. *Vesilind P. A, Peirce J.J., Weiner R.F.* Environmental Engineering, Butterworths, Boston, 1988.

3. Thiết kế hệ thống chắn rác loại thanh đứng để lọc nước thải chảy vào hệ thống xử lý có hình tròn có đường kính $D = 1,25 \text{ m}$, hệ số độ nhám n bằng $0,013$, và góc nghiêng s bằng $0,00064$. Biết $Q_{\max} = 4Q_{TB}$ và khe hở giữa các thanh chắn chọn bằng 25 mm .

4. Tính chiều sâu và vận tốc dòng chảy trước, sau và qua tấm chắn loại thanh, trở lực khi sạch và khi bị tắc 50% . Biết rằng:

- Cống có đường kính 91 cm dẫn nước thải vào khoang chắn rác;
- Vận tốc thiết kế khi lưu lượng cực đại $v = 1 \text{ m/s}$;
- Lưu lượng thiết kế cực đại $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Tổng số thanh chắn 47 cái;
- Chiều rộng thanh chắn bằng $6,4 \text{ mm}$;
- Khoảng cách giữa các thanh bằng 25 mm ;
- Đáy khoang đặt thanh chắn phẳng ngang và thấp hơn vòm đáy cống $7,6 \text{ cm}$.

5. Thiết kế bể lắng cát theo các số liệu sau:

- Lưu lượng nước thải $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Thời gian lưu của bể lắng cát có sục khí bằng 4 phút;
- Tỷ lệ chiều dài / chiều rộng bằng $5 / 1$ và chiều sâu bằng 3 m ;
- Tốc độ sục khí 12 l/s.m chiều dài bể;
- Lượng cặn cát $30 \text{ m}^3/10^6 \text{ m}^3$.

6. Thiết kế bể lắng cát có sục khí làm việc ở điều kiện sau:

- Lưu lượng trung bình của nước thải $16\,000 \text{ m}^3/\text{ngày}$;
- Lưu lượng cực đại $40\,000 \text{ m}^3/\text{ngày}$;
- Hiệu suất máy thổi khí 60% ;
- Hiệu suất động cơ 90% ;
- Giá điện 500 đồng /kW.h

Xác định :

- Lượng không khí cần thiết và áp suất tại cửa ống xả của máy thổi khí;
- Năng lượng cần thiết;
- Chi phí về năng lượng hàng tháng.

7. Thiết kế thiết bị tuyển nổi làm việc không có tuần hoàn và có tuần hoàn để làm đặc bùn hoạt tính có nồng độ $0,3\%$ lên 4% . Hàm lượng chất rắn trong hỗn hợp lỏng - rắn bằng 3000 mg/l . Hệ thống sẽ làm việc ở điều kiện như sau:

- Tỷ số G_{KK}/G_R tối ưu là $0,008 \text{ ml/mg}$;
- Nhiệt độ nước 20° C ;

- Độ hoàn tan không khí 18,7 ml/l;
- Chỉ số áp kế của hệ thống có tuần hoàn 275 kPa;
- Độ bão hòa 0,5;
- Tải trọng bề mặt bằng 8 l/m².phút;
- Lưu lượng bùn bằng 400 m³/ngày.

8. Xác định nhu cầu năng lượng lý thuyết và diện tích cần thiết của cánh khuấy để đạt gradient vận tốc 50 s⁻¹ trong một bể khuấy trộn có thể tích $V = 3000 \text{ m}^3$. Giả thiết, nhiệt độ của nước là 15°C, hệ số ma sát của cánh khuấy hình chữ nhật là 1,8, vận tốc đỉnh cánh khuấy $v_p = 0,6 \text{ m/s}$ và vận tốc tương đối của cánh khuấy trong chất lỏng bằng $0,75 v_p$.

9. Người ta tiến hành quá trình keo tụ trong một hệ thống gián đoạn và đạt được hiệu suất khử hạt rắn huyền phù 99% bằng khuấy trộn ở gradient vận tốc 20 s⁻¹. Hãy xác định:

a. Tích số η_R

b. Thời gian lưu cần thiết để đạt cùng độ làm sạch như trên trong các trường hợp sau :

- khi hệ thống gồm một thùng được khuấy trộn hoàn toàn;
- khi hệ thống gồm ba thùng có thể tích bằng nhau nối tiếp nhau và được khuấy trộn hoàn toàn.

10. Một hệ thống thiết bị keo tụ gồm một bể khuấy trộn có thể tích bằng 5,7 m³, một bể keo tụ có chiều rộng 4,6 m, chiều dài 21 m, chiều sâu mức nước trong bể 2,5 m và một bể lắng hình vuông có cạnh bằng 23 m, chiều sâu mức chất lỏng 3,6 m. Hãy tính các thông số quan trọng trong thiết kế các thiết bị này căn cứ vào lưu lượng nước thải bằng 11400 m³/ngày.

11. Hai bể lắng cấp 1 có đường kính bằng 26 m và chiều sâu mức nước trong bể 2,1 m. Ở rãnh thu gom nước trong người ta lắp vách chảy tràn loại đơn theo chu vi bể. Tính tốc độ chảy tràn, thời gian lưu và tải trọng thủy lực của vách tràn khi lưu lượng dòng vào của nước thải bằng 26000 m³/ngày.

12. Thiết kế một bể lắng thứ cấp để làm trong một dòng vào có hàm lượng chất rắn lơ lửng bằng 2510 mg/l và lưu lượng Q bằng 1,2 triệu gallon/ngày (1 gallon = 3,7854.10⁻³ m³). Hàm lượng chất rắn lơ lửng cần đạt trong dòng bùn ra ở đáy bể là 10900 mg/l.

a. Tính diện tích cần thiết của bể lắng biết kết quả thí nghiệm lắng của bùn ở bể đó như sau:

τ , phút	0	1	2	3	5	8	12	16	20	25
Chiều cao phân cách lớp lắng, m	1000	850	725	600	450	350	280	240	220	210

và $H_0 = 1,12 \text{ ft}$ (1 ft = 0,3048 m).

b. Tính diện tích tối thiểu cần thiết của bể lắng đặc bùn.

13. Xác định thể tích lý thuyết và thiết kế thể tích chất trao đổi (resin) để xử lý nước thải có chứa nitơ - NO_3^- . Biết :

- Lưu lượng nước thải $1000 \text{ m}^3/\text{ngày}$;
- Nồng độ nitơ - NO_3^- trong nước thải 20 mg/l ;
- Người ta sử dụng chất trao đổi anion để khử ion NO_3^- bằng trao đổi ion;
- Năng suất trao đổi của chất trao đổi là 50 kg tương đương CaCO_3/m^3 ;
- Giả thiết hệ số rò rỉ bằng $1,3$.

14. Tính lượng chất trao đổi ion, lượng dung dịch $10\% \text{ NaOH}$ và $10\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ đã sử dụng trong một tuần để xử lý nước thải từ xưởng mạ kim loại. Biết:

- Lưu lượng nước thải $114 \text{ m}^3/\text{ngày}$;
- Nước thải chứa $\text{Ni}^{2+} = 25 \text{ mg/l}$, $\text{Zn}^{2+} = 20 \text{ mg/l}$, $\text{Cd}^{2+} = 35 \text{ mg/l}$, $\text{CrO}_4^{2-} = 150 \text{ mg/l}$.

Người ta sử dụng cả cationit và anionit để xử lý nước thải trên. Năng suất trao đổi của cationit = 2650 mdl/l chất trao đổi và của anionit = 1240 mdl/l chất trao đổi.

15. Thiết kế một thiết bị thẩm thấu ngược để sản xuất nước uống còn chứa hàm lượng muối tan bằng 500 mg/l từ nước có chứa 3000 mg/l muối hòa tan với năng suất $1000 \text{ m}^3/24 \text{ h}$. Màng bán thấm có độ thấm qua bằng $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ g/cm}^2/\text{s/atm}$ và khả năng thải bỏ NaCl bằng $0,95$ ở áp suất 45 atm .

16. Người ta dùng hệ thống hoạt hóa bùn để xử lý nước thải của một nhà máy thực phẩm có lưu lượng Q bằng $2000 \text{ m}^3/\text{ngày}$. Hàm lượng BOD_5 bằng 300 mg/l và hầu hết ở dạng hòa tan. Tính thể tích của bể hoạt hóa, thời gian sục khí, lượng bùn tuần hoàn, lượng bùn thải, tỷ số F/M và nhu cầu oxy. Hãy sử dụng các dữ liệu sau để tính:

- $\text{BOD}_5 = 0,7 \text{BOD}_\infty$; $\text{BOD}_{\text{đồng m}} = 30 \text{ mg/l}$; $\text{TSS}_{\text{đồng m}} = 30 \text{ mg/l}$;
- 72% lượng chất rắn sinh học là có thể phân hủy bằng con đường sinh học; 1 g chất rắn phân hủy sinh học = $1,42 \text{ g BOD}_5$;
- Hàm lượng MLVSS được duy trì = 2800 mg/l ; $\text{MLVSS}/\text{MLSS} = 0,68$;
- Bùn tuần hoàn có 12.000 mg/l TSS ;
- Thời gian lưu của tế bào dựa trên lượng chất rắn trong bể thông khí $\tau_c = 10 \text{ ngày}$;
- Hệ số năng suất (cuối giai đoạn sinh trưởng logarit) $Y = 0,55$;
- Hệ số phân rã nội sinh $K_d = 0,04 \text{ ngày}$;
- Nồng độ cơ chất tại $1/2$ tốc độ sinh trưởng cực đại $K_s = 95 \text{ mg/l}$;
- Tốc độ sử dụng cơ chất/đơn vị khối lượng vi sinh vật $k = 4 \text{ l/ngày}$.

17. Thiết kế một hệ thống hoạt hóa bùn để xử lý một loại nước thải biết rằng:

- Lưu lượng nước thải $25.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$;
- Hàm lượng BOD_5 của nước thải 140 mg/l ;

- Tải lượng theo BOD₅ bằng 1,0 kg/m³ bể thông khí/ngày;
- Hiệu suất khử BOD₅ bằng 90%.

18. Thiết kế một bể lọc sinh học để xử lý nước thải từ bể lắng sơ cấp có lưu lượng 500 m³/ngày và hàm lượng BOD₅ bằng 150 mg/l. Tải lượng tính theo BOD₅ của bể lọc bằng 0,5 kg/m³.ngày. Tính diện tích và chiều sâu của bể, tỷ số tuần hoàn. Biết:

- Tổng BOD₅ ở dòng ra là 20 mg/l; tổng SS ở dòng ra là 20 mg/l;
- TSS trong dòng ra có 60% có thể phân hủy bằng sinh học và bằng 1,42 BOD_c và BOD₅/BOD_L là 0,68;
- L_D/L_0 là 10^{-KD} , trong đó L_D là hàm lượng BOD₅ hòa tan ở độ sâu D m tính theo mg/l; L_0 là hàm lượng BOD hòa tan sau khi trộn lẫn với nước tuần hoàn đưa vào bể lọc, mg/l; K - tốc độ khử BOD (K - 0,49 1/m);

Hiệu suất khử của bể lọc bằng 68%.

19. Thiết kế một hồ hiếu - yếm khí để xử lý một nguồn nước thải có lưu lượng bằng 3 800 m³/ngày. Do hồ này nằm gần khu vực dân cư nên một số thiết bị thông khí bề mặt đã được sử dụng để duy trì hàm lượng oxy cần thiết ở lớp nước trên mặt của hồ. Giả thiết hồ làm việc ở điều kiện như sau:

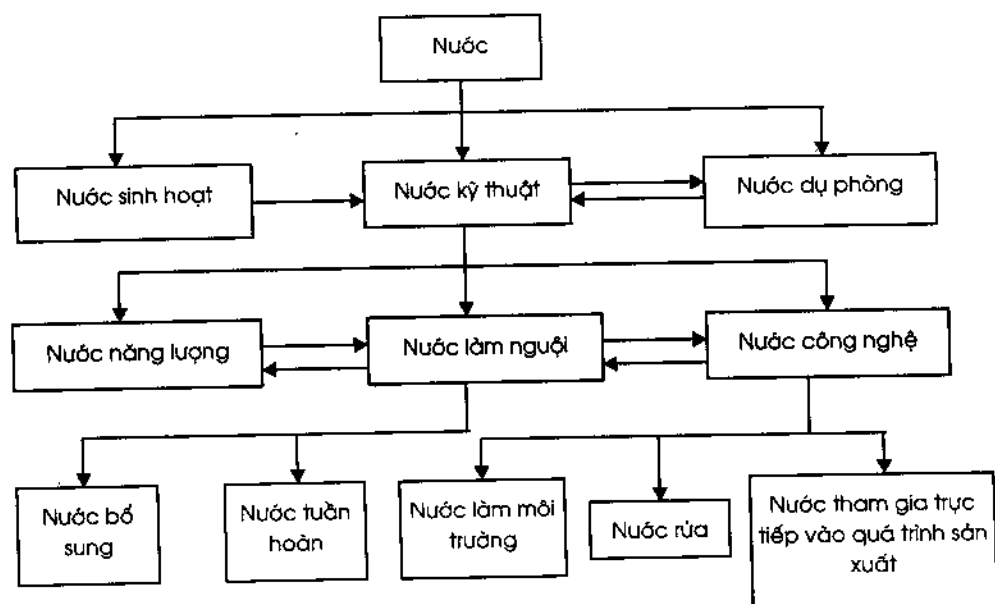
- Hàm lượng SS ở dòng vào 200 mg/l;
- Hàm lượng BOD₅ ở dòng vào 200 mg/l;
- Nhiệt độ nước về mùa hè 25°C; nhiệt độ nước về mùa đông 15°C;
- Tổng hằng số tốc độ phân hủy bậc 1 của BOD ở 20°C bằng 0,25 1/ngày;
- Hệ số nhiệt độ 1,06; chiều sâu hồ được chọn 1,2 m;
- Tổng hiệu suất khử BOD₅ bằng 80%.

Chương 3

XỬ LÝ NƯỚC THẢI CỦA MỘT SỐ NGÀNH CÔNG NGHIỆP

3.1. SỬ DỤNG NƯỚC TRONG SẢN XUẤT VÀ NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP (1, 2, 3, 4, 6, 8)

Nước sử dụng trong công nghiệp cho nhiều mục đích khác nhau: nước tham gia trực tiếp hay gián tiếp vào quá trình sản xuất chính gọi là nước kỹ thuật, nước phục vụ sinh hoạt cho con người làm việc trong xí nghiệp và nước dự phòng hỏa hoạn, sự cố. Phân loại theo mục đích sử dụng nước trong các cơ sở công nghiệp được thể hiện trên hình 3.1.



Hình 3.1. Phân loại nước theo mục đích sử dụng

Nước sinh hoạt trong các khu công nghiệp thường phụ thuộc vào số lượng công nhân và số ca sản xuất, bao gồm nước phục vụ cho bữa ăn ca và vệ sinh trong thời gian làm việc của công nhân.

Tùy theo mức độ và điều kiện sản xuất của từng xí nghiệp mà mức nước thải sinh hoạt của công nhân rất khác nhau. Lượng nước thải sinh hoạt của 1 công nhân làm việc trong 1 ca (8 giờ) từ 50 đến 150 lít/ca/người. Trung bình nước thải sinh hoạt ở các xí nghiệp Việt Nam hiện nay vào khoảng 100 lít/ca/người.

Nước dự phòng là lượng nước dự trữ dùng khi có sự cố như hỏa hoạn, mất nước, v.v... Đây là lượng nước không sử dụng thường xuyên nên chỉ có dòng thải khi có sự cố.

Phần nước chủ yếu được sử dụng cho sản xuất là nước tham gia trực tiếp hay gián tiếp vào các công đoạn sản xuất. Nước tham gia gián tiếp như nước dùng để làm nguội ở các thiết bị trao đổi nhiệt gián tiếp.

Nước tham gia trực tiếp như nước dùng làm dung môi, làm chất lỏng hòa tan hay như một tác nhân hóa học, nước để sản xuất hơi ... Ngoài ra nước còn được sử dụng vào các quá trình làm sạch sản phẩm, làm sạch thiết bị và khu vực làm việc.

Trong quá trình sản xuất có thể một phần nước nằm lại trong sản phẩm, một phần bay hơi. Phần còn lại thải ra từ các công đoạn sản xuất được gọi là nước thải công nghiệp. Tùy theo từng loại hình công nghiệp mà lượng nước thải có thể nhỏ hơn hay xấp xỉ lượng nước cấp. Thông thường, lượng nước thải có thể vào khoảng 70 đến 95% lượng nước cấp.

Nước thường được dùng để làm nguội các sản phẩm ở dạng lỏng và khí trong các thiết bị trao đổi nhiệt. Trong trường hợp này nước không tiếp xúc với dòng nguyên liệu nên không bị nhiễm bẩn mà chỉ bị làm nóng lên. Trong một số ngành công nghiệp như công nghiệp nhựa, công nghiệp cán luyện thép, nước phục vụ cho làm mát chiếm khoảng 65 đến 80% tổng lượng nước sử dụng.

Nước năng lượng là nước dùng tạo ra hơi và đun nóng thiết bị, trộn sản phẩm,...

Nước công nghệ cần có chất lượng cao hơn so với nước dùng làm nguội. Chất lượng nước dùng trong sản xuất được thiết lập cho từng trường hợp cụ thể tùy thuộc vào mục đích, yêu cầu của quá trình công nghệ, có tính tới thành phần của nguyên liệu, loại thiết bị sử dụng và những tính chất đặc biệt của sản phẩm. Một số yêu cầu chính đối với nước dùng trong một số ngành công nghiệp có thể tham khảo bảng 1.14 (Chương 1).

Để đánh giá nhu cầu cấp nước và lượng nước thải của từng ngành công nghiệp, người ta thường sử dụng khái niệm định mức nước cấp và định mức nước thải :

Định mức nước cấp là lượng nước cấp tính cho 1 đơn vị sản phẩm;

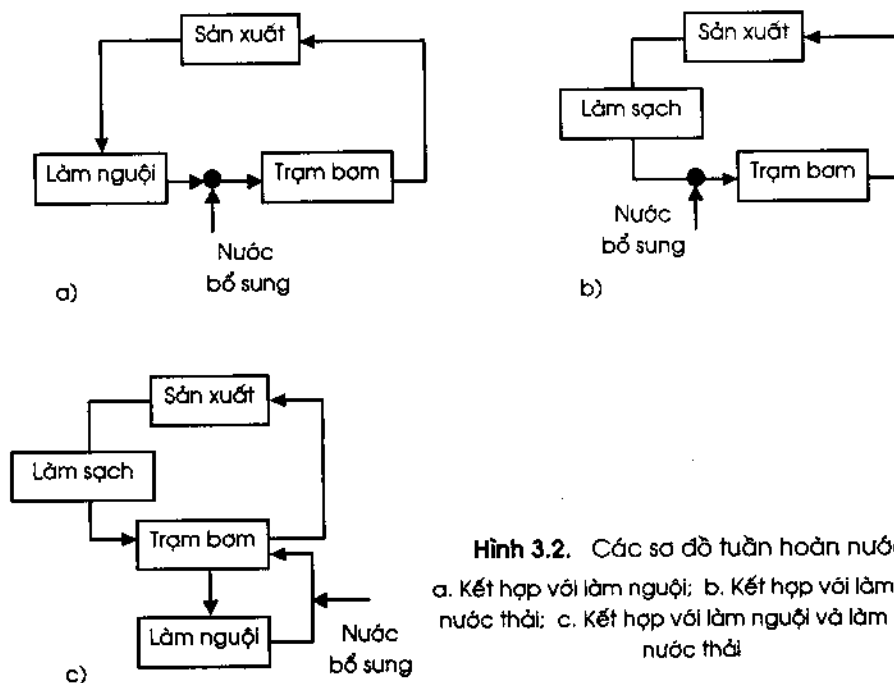
Định mức nước thải là lượng nước thải tính cho 1 đơn vị sản phẩm, đơn vị là lít nước/kg sản phẩm hay m^3 /tấn sản phẩm.

Bảng 3.1 cho một số thí dụ về nhu cầu nước cấp và lượng nước thải tính cho 1 đơn vị sản phẩm của một số ngành công nghiệp.

Bảng 3.1. Nhu cầu nước cấp và lượng nước thải của một số ngành công nghiệp

Loại hình công nghiệp	Đơn vị sản phẩm	Nhu cầu nước cấp, m ³	Lượng nước thải, m ³
Công nghiệp bia	1 m ³ bia	24	20
Công nghiệp chế biến thực phẩm	1 tấn khoai tây	20	15
Sản xuất đường từ mía	1 tấn đường	1,7 - 2,4	1,7 - 2,4
Công nghiệp chế biến sữa	1 m ³ sữa	5 - 6	5 - 6
Công nghiệp chế biến bột cá	1 tấn cá	50	30
Khai thác than	1 tấn than	10	10

Cách tốt nhất để giảm lượng nước cần cấp là xây dựng hệ thống cấp nước tuần hoàn khép kín. Hình 3.2 trình bày các phương án tạo thành chu trình khép kín trong cấp nước có tuần hoàn.



Hình 3.2. Các sơ đồ tuần hoàn nước
a. Kết hợp với làm nguội; b. Kết hợp với làm sạch nước thải; c. Kết hợp với làm nguội và làm sạch nước thải

Việc áp dụng cấp nước tuần hoàn cho phép giảm nhu cầu cấp nước sạch xuống 10 đến 50 lần. Ví dụ để sản xuất 1 tấn cao su trong nghệ sản xuất không có tuần hoàn nước cần tới 2100 m³ nước mới, nhưng trong công nghệ sử dụng tuần hoàn nước chỉ cần 165 m³.

Hiệu quả sử dụng nước trong sản xuất được đánh giá bằng các chỉ số sau:

Phần trăm nước tuần hoàn P_{th} :

$$P_{th} = \frac{Q_{th}}{Q_{th} + Q_m} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

Hệ số sử dụng nước K_m :

$$K_m = \frac{Q_m - Q_i}{Q_m} \leq 1 \quad (3.2)$$

Độ bội sử dụng nước n :

$$n = \frac{Q_i + Q_m + Q_{nl}}{Q_m + Q_{nl}} > 1 \quad (3.3)$$

Nhu cầu nước không thu hồi và tổn thất nước trong sản xuất K_{qt} :

$$K_{qt} = \frac{Q_m - Q_i}{Q_{th} + Q_m} \cdot 100 \quad (3.4)$$

trong đó:

Q_{th} - lượng nước tuần hoàn, m³/h;

Q_m - lượng nước lấy từ nguồn cấp nước, m³/h;

Q_i - lượng nước do nhà máy thải đi, m³/h;

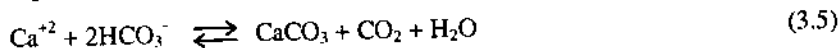
Q_{nl} - lượng nước từ nguyên liệu, m³/h.

Nước tuần hoàn cần thỏa mãn yêu cầu nhất định về chất lượng theo các thông số: độ cứng cacbonat, pH, hàm lượng chất rắn lơ lửng và các nguyên tố dinh dưỡng, COD,... là những yếu tố ổn định nhiệt và cường độ phát triển lớp phủ sinh học trong hệ thống tuần hoàn.

Nước tuần hoàn chủ yếu là nước sử dụng trong các thiết bị trao đổi nhiệt để lấy nhiệt, vì vậy thường được làm nóng nhiều lần tới 40 đến 45°C và làm nguội bằng thông gió trong các tháp làm nguội hay các bể phun mưa. Như vậy, lượng nước mất mát lớn nhất là do sự cuốn theo của các nước phun và sự bay hơi.

Để ngăn chặn sự ăn mòn và sự phát triển sinh học, người ta thường thải một phần nước tuần hoàn và bổ sung nước mới hay nước thải đã được làm sạch vào hệ thống.

Khi nước chuyển động, trên bề mặt các ống trao đổi nhiệt của thiết bị truyền nhiệt được phủ một lớp CaCO₃ tạo thành theo phản ứng :



Độ hòa tan của CaCO_3 giảm khi nhiệt độ của nước tăng. Tốc độ phủ cặn CaCO_3 và các muối khác không được vượt quá $0,25 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$. Như vậy yêu cầu chủ yếu đối với nước bổ sung vào hệ thống tuần hoàn nước là giới hạn độ cứng cacbonat, độ cứng sunfat và hàm lượng chất rắn lơ lửng.

Khi nước chứa các muối của kim loại kiềm và magie hòa tan sẽ gây ra ăn mòn vật liệu của hệ thống trao đổi nhiệt và sự ăn mòn tăng khi nhiệt độ tăng. Trong trường hợp không có chất hãm, hàm lượng muối trong hệ thống tuần hoàn không được vượt quá 2 kg/m^3 .

Để ngăn chặn sự phát triển lớp phủ sinh học trong các thiết bị và công trình tuần hoàn nước, cần giới hạn hàm lượng các chất hữu cơ và các hợp chất của các nguyên tố dinh dưỡng (N, P) trong nước tuần hoàn. Tốc độ tạo lớp phủ sinh học trong các thiết bị trao đổi nhiệt không được vượt quá $0,07 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ và tốc độ tăng độ dày của nó không được vượt quá $0,05 \text{ mm/tháng}$.

Yêu cầu chất lượng nước trong hệ thống tuần hoàn với làm nguội được trình bày trong bảng 3.2.

Bảng 3.2. Yêu cầu chất lượng nước trong hệ thống cấp nước tuần hoàn và làm nguội (3)

Các thông số	Định mức cho các ngành công nghiệp		
	Sản xuất nito	Sản xuất clo	Hóa dầu
Nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$	28 - 30	25 - 30	tối 28
Độ cứng, dg/m^3			
- tổng	1,5 - 2,5	5,5	tối 15
- cacbonat	1,5 - 2,5	3	tối 2,5
Độ kiềm, dg/m^3	-	2 - 4	3,5 - 4
Tổng hàm lượng muối, g/m^3	1200	800 - 1200	
GOD, $\text{g O}_2/\text{m}^3$	-	70	
Hàm lượng, g/m^3			
- hạt rắn lơ lửng	20 - 30	10 - 20	tối 30
- dầu mỡ và các chất tạo thành nhựa	0,3	0	-
- chất hoạt động bề mặt	0	0	-
- Cl^-	tối 350	150 - 300	350
- SO_4^{2-}	500	350 - 500	500
- PO_4^{3-}	6	1,5 - 9	-
- nito - NH_3	2 - 4	0,12 - 2,4	-
- kim loại nặng	-	0	0,5
- oxy hòa tan, tính bằng O_2	-	6 - 8	-
- clo dư	-	tối 1,0	-
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	7 - 8,5

Lượng nước cần thiết bổ sung được tính từ phương trình cân bằng vật liệu của hệ thống tuần hoàn :

$$Q_{bs} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \quad (3.6)$$

trong đó:

Q_1 - lượng nước tổn thất do bị cuốn trong các tháp thông gió;

Q_2 - lượng nước thải từ hệ thống tuần hoàn;

Q_3 - tổn thất cùng cạn trong lọc;

Q_4 - lượng nước tổn thất trong sản xuất;

Q_5 - lượng nước bay hơi trong tháp thông gió;

Q_{bs} - lưu lượng nước bổ sung để bù các tổn thất trong hệ thống.

Mức nước tổn thất trung bình do bay hơi bằng khoảng 2,5%; tổn thất ở dạng giọt do gió cuốn theo trong tháp thông gió bằng 0,3 đến 0,5%; mức thải bằng 6 đến 10% và trung bình bằng 8%, tổng các tổn thất còn lại lấy bằng 1% tổng thể tích nước tuần hoàn.

Các chỉ tiêu về chất lượng nước bổ sung cho hệ thống tuần hoàn có cho trong bảng 3.3.

Bảng 3.3. Yêu cầu chất lượng nước bổ sung cho hệ thống trao đổi nhiệt cấp nước tuần hoàn trong công nghiệp hóa chất (3)

Các thông số	Nước tuần hoàn	Nước bổ sung	
		Khí làm việc có thời 8% lượng nước	Khí làm việc không thời (hệ thống khép kín)
Độ cứng, dl/g/m ³			
- cacbonat	2,5	2	0,9
- vôi cừu	5	4	1,9
Tổng hàm lượng muối, g/m ³	120	900	445
COD, g O ₂ /m ³	70	55	26
Hàm lượng, g/m ³			
- Cl ⁻	300	237	112
- SO ₄ ²⁻	350 - 500	277 - 395	119 - 187
- photpho và nito (tổng)	3	2,4	1,1
- hạt rắn lơ lửng	30	23,6	11,2
- dầu mỡ và các chất tạo thành nhũ	0,3	0,25	0,10

Lượng nước tiêu tốn và lượng nước thải của một số ngành công nghiệp được giới thiệu trong bảng 3.4.

Bảng 3.4. Lượng nước tiêu tốn và thể tích nước thải riêng trong một số ngành công nghiệp (tính bằng m³/tấn sản phẩm) (3)

Loại sản phẩm	Nước tuần hoàn và được sử dụng liên tục	Nước mới từ nguồn	Tổng	Phần không thu hồi và tổn thất nước	Nước thải
Phân phức hợp	47	5	52	2,1	2,9
Phân nitơ	57,3	4,3	61,6	3,4	0,9
Các loại hóa chất bảo vệ thực vật	290	2	292	125	0,75
Soda:					
- nung	120	5	125	3	15,2
- kiềm hóa (phương pháp vôi)	122	1,5	123,5	1,5	0
Axit sunfuric	72	5	77	2	3
Sợi tổng hợp	2300	290	2590	95	195
Các nhựa polycacbonat và polyformandehit	1028	5	1078	39	11
Sản xuất hóa dầu (tính trên 1 tấn dầu mỏ)	51	1,4	52,4	1,1	0,3

Số lượng và thành phần của nước thải sẽ phụ thuộc vào loại hình sản xuất. Nguyên nhân của sự khác nhau đó là:

- Công nghệ sản xuất khác nhau, từ các công đoạn chế biến gia công nguyên liệu đến các công đoạn hoàn thiện sản phẩm.
- Tính chất nguyên liệu đầu và sản phẩm khác nhau, điều này dẫn đến sự khác nhau về các chất gây ô nhiễm nước thải của các loại hình công nghiệp.
- Phương thức hoạt động của từng cơ sở công nghiệp như làm việc theo chu kỳ hay số ca làm việc trong ngày.
- Giá thành nước cấp và giá thành xử lý nước ở địa phương. Những nơi giá thành nước cao đòi hỏi sử dụng nước tiết kiệm và dẫn đến lượng nước thải giảm.

Có nhiều cách phân loại nước thải công nghiệp:

a. Phân loại theo loại hình công nghiệp như :

- Nước thải công nghiệp phân bón.
- Nước thải của công nghiệp chế biến thực phẩm

- Nước thải của công nghiệp luyện kim, ...

b. Phân loại theo các chất gây ô nhiễm chính:

- Nước thải công nghiệp chứa các chất vô cơ.

- Nước thải công nghiệp chứa các chất hữu cơ.

- Nước thải công nghiệp chứa kim loại nặng, v.v...

c. Phân loại theo sự ảnh hưởng tới khả năng tự làm sạch của nguồn tiếp nhận, có thể theo các bậc:

- Nước thải gây ô nhiễm mạnh như nước thải chứa phenol, dầu mỡ, hắc ín, kim loại nặng. Nước thải của các ngành công nghiệp như công nghiệp giấy, công nghiệp dệt, nước thải của các lò mổ, v.v...

- Nước thải ô nhiễm vừa như nước thải của các nhà máy xi măng, nước thải ngành khai thác mỏ, nước thải của các nhà máy chế biến rau, hoa quả.

- Nước thải ít ô nhiễm như nước thải trung tính, nước thải có đủ điều kiện cho xử lý cơ học và sinh học, ít gây ảnh hưởng tới hàm lượng oxy hòa tan trong nguồn nước.

Đặc tính nước thải công nghiệp

Do nước được sử dụng vào nhiều mục đích khác nhau trong quá trình sản xuất như làm nguội sản phẩm, làm mát máy, vận chuyển nguyên liệu, làm dung môi các quá trình giặt, làm sạch khí, v.v... nên nước thải công nghiệp bị ô nhiễm bởi nguyên liệu rơi vãi, các hóa chất tham gia sản xuất. Nước thải công nghiệp có thể chứa các chất tan, các chất không tan, các chất vô cơ, hoặc các chất hữu cơ. Nước thải công nghiệp có thể mang tính kiềm hoặc axit, không màu hoặc có màu và có thể chứa dầu mỡ cũng như các chất độc.

Các thông số đặc trưng cho nước thải công nghiệp bao gồm nhiệt độ, mùi vị, màu sắc, độ đục; các chất ô nhiễm không tan như các chất có khả năng lắng được, chất rắn lơ lửng và các chất nổi như dầu, mỡ; các chất tan như các muối vô cơ, các hợp chất hữu cơ tan trong nước, axit, kiềm. Có những loại muối tan như muối sunphat, muối clorua không có khả năng phân hủy sinh học.

- Các chất hữu cơ: đặc trưng bởi các thông số BOD và COD.

- Tổng cacbon hữu cơ TOC: tổng các hợp chất hữu cơ có chứa cacbon.

- Cacbon hữu cơ hòa tan DOC.

- Các độc tố: nước thải chứa các kim loại nặng như thủy ngân, đồng, cadmi.

Đặc tính nước thải được xác định qua đo đạc, lấy mẫu phân tích. Đặc tính nước thải cho phép đánh giá mức độ ô nhiễm của nước thải và là những thông số cần thiết để lựa chọn phương pháp xử lý và thiết kế tính toán các thiết bị xử lý.

Bảng 3.5 cung cấp các số liệu định mức và đặc tính nước thải của một số ngành công nghiệp.

Bảng 3.5. Lượng và đặc tính của nước thải của một số ngành sản xuất (3)

Ngành sản xuất	Lượng nước thải, m ³ /tấn sản phẩm	Các chất gây ô nhiễm	Nồng độ, kg/m ³
<u>Amoniac:</u>			
- sau làm sạch bằng đồng -amoniac	0,17	Amoniac	0,5
		Đồng	1,0
		Natri bicacbonat	tối 1,0
- với hơi ngưng tụ	1,17	Amoniac	0,8
		Metanol và formandehit	0,10
		Cacbon dioxit	0,16
<u>Axit nitric</u> (sau lò thổi - tận dụng phế liệu)	0,06	Canxi sunfat	3,0
<u>Nitrat amon</u> (NH ₄ NO ₃) (sau loại muối của nước bằng trao đổi ion)	0,08	Canxi clorua	2,62
		Magie clorua	1,56
		Natri clorua	5,46
<u>Cacbamit</u> (với hơi bốc ngưng tụ)	0,45	Amoniac	0,1
		Cacbamit	1,0
<u>Metanol</u> (sản phẩm dây hệ thống chung luyện)	1,0	Metanol	2,0
<u>Sôđa nung</u>	8,0 - 10	Hạt rắn lơ lửng	20 - 24
		Canxi clorua	110 - 120
		Canxi sunfat	0,70 - 0,80
		Natri clorua	50 - 60
		Amoni hydroxit	0,10 - 0,12
<u>Suphephotphat kép:</u>			
sau sấy axit photphoric	0,06 - 0,08	Axit fluorisic H ₂ (SiF ₆)	0,10
		Axit photphoric	0,5 - 0,6
		Canxi sunfat	60 - 70
sau tạo hạt	0,08 - 0,12	Các hạt lơ lửng	35 - 40
		Axit photphoric	3 - 4
		Axit fluorisic	25 - 25
<u>Axit clohydric</u>	12 - 13	Axit clohydric	đến 0,01
<u>Nitrobenzen</u>	50 - 60	Axit sunfuric, axit nitric và nitrobenzen	1,0 - 2,0
<u>Axit adipic</u> HOOC - (CH ₂) ₄ - COOH	8,0	Natri nitrat	5,0
		Natri oxalat	1,5

Số dân tương đương

Nước thải công nghiệp của các xí nghiệp có mức độ gây ô nhiễm bởi các chất hữu cơ khác nhau. Trong nhiều cơ sở công nghiệp, mức độ gây ô nhiễm nước thải bởi các chất hữu cơ gấp nhiều lần nước thải sinh hoạt. Để dễ dàng so sánh và đánh giá mức độ gây ô nhiễm bởi các chất hữu cơ của nước thải công nghiệp với nước thải sinh hoạt, người ta thường dùng khái niệm số dân tương đương (SDTD).

SDTD là đại lượng chỉ ra số dân có tải lượng ô nhiễm BOD₅ trong nước thải sinh hoạt (bao gồm tắm, vệ sinh, phục vụ nấu nướng, ...) tương đương với tải lượng ô nhiễm BOD₅ của cơ sở công nghiệp đó gây nên. Như vậy số dân tương đương có thể tính như sau:

$$SDTD = \frac{B_{BOD_5}}{BOD_{5(SH)}} \quad (3.7)$$

[SDTD] = người

B_{BOD_5} - tải lượng BOD₅ của cơ sở công nghiệp, có thể tính (B_{BOD_5}):

$$B_{BOD_5} = BOD_5 \cdot Q$$

BOD₅ - nhu cầu oxy sinh hóa, g/l;

Q - lưu lượng thải của cơ sở công nghiệp, l/ngày;

B_{BOD_5} - tải lượng ô nhiễm BOD₅, tính bằng g/ngày;

BOD_{5(SH)} - tải lượng ô nhiễm BOD₅ do sinh hoạt của 1 người dân trong 1 ngày, thường lấy BOD_{5(SH)} = 60 g/l người.1 ngày.

Thí dụ : Một cơ sở sản xuất bia, hàng ngày sản xuất khoảng 2000 lít/bia. Nước thải của cơ sở này có tải lượng $B_{BOD_5} = 30 \text{ kg/ngày}$. Như vậy số dân tương đương của cơ sở này là:

$$SDTD = \frac{30.000}{60} = 500 \text{ (người)}$$

Điều này chỉ ra rằng cơ sở đó có mức độ gây ô nhiễm bởi các chất hữu cơ tương đương với khu dân cư gồm 500 người.

SDTD có ý nghĩa lớn trong công tác lập kế hoạch, thiết kế hệ thống xử lý nước thải đô thị (bao gồm nước thải sinh hoạt, nước thải công nghiệp) và đặc biệt đối với những nơi các cơ sở công nghiệp còn nằm lẫn trong khu dân cư.

Tải lượng ô nhiễm tính bình quân 1 người dân như sau :

BOD₅ = 60 g/l người.1 ngày;

COD = 120 g/l người.1 ngày;

TS = 70 g/l người.1 ngày;

Nitơ = 11 g/l người.1 ngày;

Photpho = 25 g/l người.1 ngày.

Bảng 3.6. Số dân tương đương của một số ngành công nghiệp

Ngành công nghiệp	Đơn vị tính	Số dân tương đương
Chế biến sữa không sản xuất pho mát	1000 lít sữa	25 - 70
Chế biến sữa có sản xuất pho mát	1000 lít sữa	45 - 230
Cơ sở giết mổ	1 con bò $\approx$ 2,5 con lợn	20 - 200
	1 tấn thịt	130 - 400
Sản xuất bia	1000 lít bia	150 - 350
Thuộc da	1 tấn da	1000 - 3500
Sản xuất men	1 tấn men	5000 - 7000
Sản xuất tinh bột	1 tấn bột ngô, bột mỳ	500 - 900
Nhuộm vải thuốc nhuộm lưu huỳnh	1 tấn hàng	2000 - 3000
Sản xuất bột giấy bằng phương pháp sunfit	1 tấn bột	3500 - 5500

3.2. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP

Hướng chính để giảm lượng nước thải và sự ô nhiễm đối với các nguồn nước là thiết lập các hệ thống khép kín trong quản lý nước. Ở đây hệ thống khép kín cần hiểu đó là hệ thống cho một nhà máy hay cho cả khu vực. Có như vậy mới đảm bảo việc sử dụng hợp lý nước trong các quá trình công nghệ, thu hồi tới mức tối đa các phần tử có giá trị trong nước thải, giảm chi phí đầu tư xây dựng và vận hành, cải thiện điều kiện vệ sinh và tránh sự ô nhiễm môi trường.

Một hướng tích cực khác để giảm lượng nước thải và ô nhiễm môi trường nước là thiết lập sản xuất không nước thải với các nội dung chính sau:

1. Chế biến liên hợp nguyên liệu và vật liệu ban đầu.
2. Thiết lập các quá trình công nghệ mới để sản xuất và chế biến các sản phẩm không có sự tham gia của nước.
3. Giảm lượng nước thải và mức ô nhiễm bằng hoàn thiện các quá trình công nghệ và thiết bị, sử dụng nguyên liệu không có nước.
4. Ứng dụng các máy làm sạch bằng không khí.
5. Làm sạch toàn diện nước thải của các cơ sở công nghiệp cũng như nước thải sinh hoạt ở các trạm xử lý cục bộ hay của thành phố để thu được nước có thể sử dụng trong các quá trình công nghệ và trong các hệ thống cấp nước tuần hoàn.

6. Ứng dụng các phương pháp và thiết bị tiến tiến để làm sạch nước thải.
7. Sử dụng tất cả nước thải sau khi đã làm sạch và làm nguội trong các quá trình công nghệ trong các hệ thống tuần hoàn nước.
8. Duy trì thành phần muối cố định của nước trong hệ thống cấp nước tuần hoàn bằng cách lấy ra một phần nước với mục đích loại muối một phần hay hoàn toàn phần nước đó và tuần hoàn nước không có muối vào hệ thống cấp nước tuần hoàn.

Phương pháp tiếp cận để phòng ngừa, giảm lượng nước thải và các chất gây ô nhiễm nước là phương pháp tích cực và mang tính chủ động. Phương pháp này đi vào bản chất của quá trình công nghệ, kiểm tra quá trình sản xuất, nguồn nguyên liệu, tìm nguyên nhân, nguồn phát sinh ra nước thải, từ đó có các biện pháp giải quyết tận gốc như thay đổi công nghệ, tuần hoàn sử dụng lại nước, tái sử dụng lại các chất gây ô nhiễm nước, phân luồng các dòng thải gây ô nhiễm và khi cần thiết xử lý cục bộ các dòng này với một lượng nhỏ.

Phương pháp này có ưu điểm:

- Giảm lượng nước sử dụng.
- Giảm lượng nước thải cần xử lý.
- Giảm tải lượng các chất gây ô nhiễm.
- Hiệu quả kinh tế cao do giảm chi phí xử lý nước thải.

Phương pháp giảm lượng nước thải và các chất gây ô nhiễm nước có thể thực hiện bằng các biện pháp sau:

1. Thay thế các công đoạn ướt (có sử dụng nước và hóa chất) bằng các công đoạn khô (không dùng nước).

Biện pháp này đòi hỏi phải có sự cải tiến, thay đổi công nghệ, đặc biệt đối với những dây chuyền sản xuất liên tục. Do đó đối với những cơ sở mới xây dựng hoặc có kế hoạch mở rộng, người ta cần quan tâm lưu ý xem có những công đoạn ướt nào có thể thay thế bằng công đoạn khô.

Thí dụ trong công đoạn xử lý bề mặt kim loại của công cụ, tẩy hay ống bằng kim loại có thể thay thế biện pháp xử lý ướt với axit bằng phương pháp cơ học, quang học như đánh gi bằng bàn chải hay chiếu sáng. Hoặc trong công nghiệp chế biến rau, hoa quả người ta có thể thay thế phương pháp ướt để tách vỏ bằng máy tách vỏ khô sẽ giảm được 1/3 lượng nước thải.

2. Tiết kiệm sử dụng nước, phân dòng nước thải sạch để tuần hoàn sử dụng lại, thường xuyên kiểm tra đường ống dẫn nước để tránh thất thoát nước.

3. Phân luồng các dòng thải có nồng độ các chất ô nhiễm cao để xử lý riêng, hạn chế pha loãng những dòng thải này để giảm tải lượng ô nhiễm cho hệ thống xử lý chung. Thí dụ dịch thuốc nhuộm trong công nghiệp dệt, sau định kỳ thải nên thu hồi xử lý riêng. Vì trong

dịch này còn chứa lượng thuốc nhuộm không bám vào vải và một lượng lớn các hóa chất phụ trợ cho quá trình nhuộm. Một thí dụ khác như trong công nghiệp chế biến thực phẩm, ở các cơ sở giết mổ nên thu hồi các dịch, máu, mỡ riêng, hạn chế thải pha loãng vào nước rửa để khỏi dẫn đến phải xử lý một lượng nước thải lớn với nồng độ các chất ô nhiễm hữu cơ do các thành phần đó gây nên.

Theo kinh nghiệm thực tế của nhiều nước, một nhà máy sử dụng càng nhiều nước thì lượng nước thải và độ pha loãng các chất gây ô nhiễm càng lớn, dẫn đến khó khăn trong việc xử lý (thiết bị lớn, nồng độ các chất ô nhiễm loãng) và chi phí cho xử lý sẽ cao.

Để làm sạch nước thải công nghiệp có thể sử dụng một trong các loại công trình xử lý sau : xử lý cục bộ (xử lý tại xưởng); xử lý chung (xử lý tại trạm xử lý chung của nhà máy) và xử lý tập trung cho cả thành phố hay khu vực. Trong công nghiệp hóa chất thường dùng các công trình xử lý cục bộ và xử lý chung, rất ít khi sử dụng hình thức xử lý tập trung tại các nhà máy xử lý nước thải của thành phố.

1. Xử lý cục bộ : Xử lý cục bộ được dùng để làm sạch nước thải từ các thiết bị hay phân xưởng. Ở đây có thể thu hồi được những chất có giá trị nên người ta thường sử dụng các phương pháp làm sạch tái sinh như lắng, tuyển nổi, trích ly, chưng luyện, hấp phụ, trao đổi ion, thẩm thấu ngược v.v... Trong nhiều trường hợp còn sử dụng cả phương pháp nhiệt để xử lý cục bộ. Để xử lý cục bộ cần có hệ thống phân luồng dòng thải tốt. Xử lý cục bộ chỉ cần xử lý một lượng nước thải nhỏ với hàm lượng chất ô nhiễm cao, tránh được hiện tượng làm loãng với các dòng thải khác trước khi đưa vào xử lý tập trung.
2. Xử lý chung : Xử lý chung dùng để xử lý nước thải của toàn nhà máy. Những cơ sở sản xuất hóa chất, hóa dầu thường được trang bị các công trình xử lý loại này. Trong các công trình xử lý nước thải của các nhà máy hóa dầu có thể có cả xử lý sơ cấp, xử lý thứ cấp và xử lý cấp ba. Ở nhiều cơ sở, các công trình xử lý chung này còn có thêm nhiệm vụ làm sạch nước thải sinh hoạt và nước mưa. Cần chú ý rằng, tùy thuộc vào mức độ ô nhiễm của nước thải mà có thể dẫn chúng thẳng vào xử lý sơ cấp hay xử lý thứ cấp hoặc cấp ba và các dòng ô nhiễm nặng cần được xử lý cục bộ trước khi đưa vào trạm xử lý tập trung.
3. Xử lý tập trung của thành phố : Các công trình xử lý nước thải của thành phố có nhiệm vụ chính là làm sạch cơ học và làm sạch sinh học đối với nước thải. Nước sau xử lý thứ cấp được khử trùng bằng clo hoặc ozon trước khi thải vào nguồn nước tự nhiên. Bùn cặn lắng từ bể lắng sơ cấp và thứ cấp sau khi tách nước bằng lọc chân không hoặc sân phơi bằng cát và sấy khô có thể dùng làm phân bón (nếu giàu N, K và P) hoặc dùng để chôn lấp các vùng trũng hay đem tiêu hủy. Trạm xử lý tập trung của thành phố dùng để xử lý nước thải đô thị bao gồm nước thải sinh hoạt và nước thải công nghiệp sau khi đã được xử lý cục bộ.

Nước thải sản xuất muốn được làm sạch ở các nhà máy xử lý nước thải tập trung của thành phố cần thỏa mãn các điều kiện sau :

- a. Hàm lượng các chất rắn lơ lửng không được vượt quá 500 mg/l.
- b. Không chứa các chất dễ làm tắc ống dẫn trong hệ thống thải nước.
- c. Không chứa các chất có tính chất phá hủy ống dẫn và các công trình thoát nước.
- d. Không chứa các chất dễ cháy và tạo khí dễ tạo thành hỗn hợp gây nổ.
- đ. Không chứa các chất độc có nồng độ cản trở quá trình phân hủy sinh học.
- e. Nhiệt độ của nước không được vượt quá 40⁰C.

Đối với những loại nước thải sản xuất có chứa các chất phóng xạ, các chất độc và nhiễm bẩn do các vi khuẩn, cần khử chúng trước khi thải vào hệ thống cống chung của thành phố.

Tóm lại, vấn đề nước thải công nghiệp cần được giải quyết bằng sử dụng kỹ thuật hệ thống kết hợp chặt chẽ các yếu tố kỹ thuật và khoa học để đạt được phương án tối ưu cho xử lý.

Thông thường xử lý nước thải tập trung thường giảm được chi phí cho vận hành và diện tích xây dựng. Tuy nhiên, tùy theo từng trường hợp cụ thể của các loại hình công nghiệp có thể chọn xử lý cục bộ hay tập trung.

Các phương án xử lý khác nhau được trình bày trên hình 3.3.

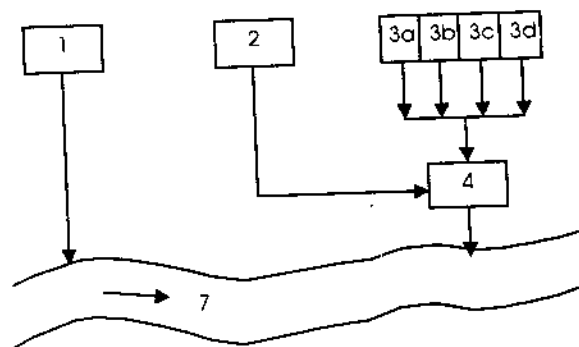
3.3. NGHIÊN CỨU TÍNH KHẢ THI VỀ XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Khi xem xét việc xử lý nước thải, người kỹ sư công nghệ môi trường cần tiến hành nghiên cứu tính khả thi giải quyết vấn đề nước thải. Nghiên cứu này bao gồm: đánh giá và thu thập cơ sở dữ liệu về nước thải của nhà máy, gồm lưu lượng và thành phần của nước thải. Trên cơ sở kết quả phân tích các đặc tính của nước thải sẽ nghiên cứu so sánh các phương án xử lý khác nhau. Các thông số phải đo và cần phân tích là pH, nhu cầu oxy hóa học COD, nhu cầu oxy sinh học BOD, hàm lượng chất rắn TS, SS, các hóa chất độc và kim loại, nhiệt độ, hàm lượng dầu mỡ, hàm lượng photphat, nitrat,... Đó là những đặc tính chính của nước thải công nghiệp.

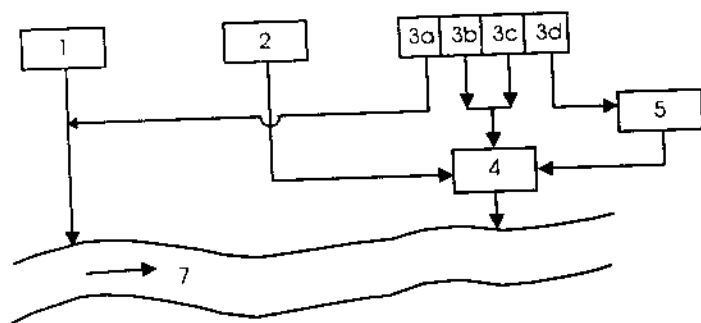
3.3.1. Xác định lưu lượng nước thải

Lưu lượng nước thải trong các xí nghiệp thường dao động lớn trong một ngày sản xuất. Mức dao động từ khoảng giá trị nhỏ nhất đến lớn nhất cần được quan sát và ghi chép để theo dõi.

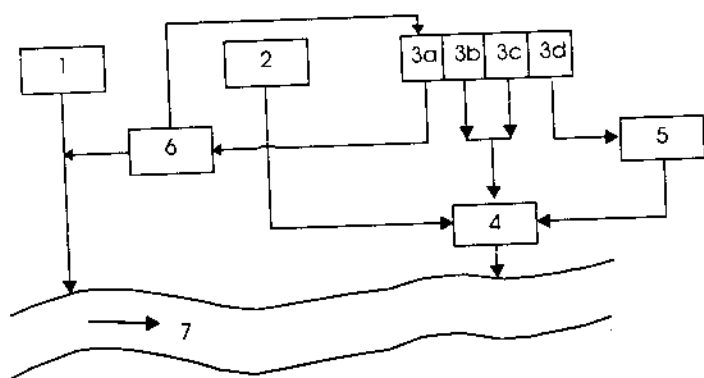
- Lưu lượng trung bình hàng ngày được sử dụng làm cơ sở cho thiết kế quá trình xử lý.
- Lưu lượng cực đại dùng để thiết kế sức chứa thủy lực của công trình xử lý.
- Hầu hết các quá trình xử lý sinh học được thiết kế trên cơ sở lưu lượng trung bình hoặc 120% lưu lượng trung bình. Nhà máy xử lý nước thải cần được thiết kế để có thể làm việc ở điều kiện lưu lượng ở cả mức nhỏ nhất và lớn nhất.



a. Xử lý nước thải sinh hoạt và nước thải ở trạm xử lý chung, nước mưa thải thẳng



b. Hệ thống có trạm xử lý cục bộ dòng nước thải ô nhiễm nặng



c. Hệ thống có trạm xử lý nước tuần hoàn

Hình 3.3. Các phương án quản lý nước thải công nghiệp

1. Nước mưa; 2. Nước thải sinh hoạt; 3. Nước thải sản xuất; 4. Trạm xử lý nước thải tập trung;
5. Trạm xử lý nước thải cục bộ; 6. Trạm xử lý nước thải ô nhiễm để tuần hoàn lại;
7. Nguồn tiếp nhận;

Thông thường có thể xác định lưu lượng nước thải trên cơ sở số liệu ghi chép theo dõi sử dụng nước của từng thiết bị, từng công đoạn và của cả nhà máy. Qua bài toán tính cân bằng về nước có thể tính được lượng nước thải đối với từng thiết bị, từng công đoạn và của toàn nhà máy.

Về nguyên tắc, để xác định lưu lượng nước thải cần lắp các dụng cụ đo lưu lượng trên đường ống thải hay mương thải bằng đồng hồ đo nước, ống venturi, thùng lường, màng chắn, ...

Dụng cụ đo lưu lượng dòng theo nguyên lý cảm ứng từ của Faraday

Nguyên lý của dụng cụ là dựa trên định luật cảm ứng từ của Faraday, khi có dòng chất lỏng chảy qua các đường sức của từ trường giữa hai cuộn nam châm thì điện thế sẽ thay đổi. Mức thay đổi điện thế tỷ lệ thuận với vận tốc dòng chảy lỏng :

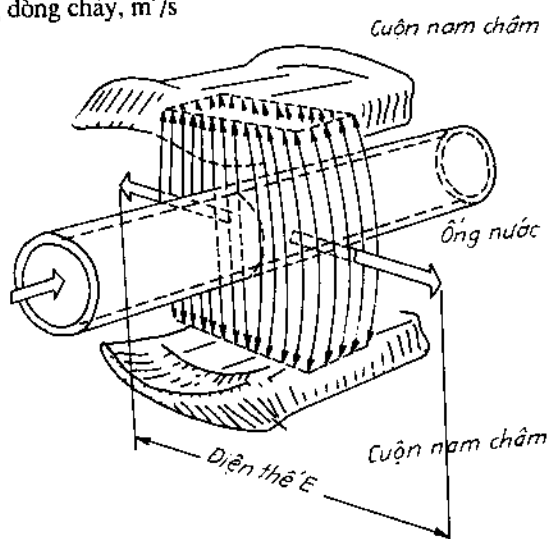
$$E = B.D.W \quad (3.9)$$

$$E \sim W$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} . W \quad (3.10)$$

trong đó:

- E - điện thế được đo, V;
- D - đường kính ống dẫn, m,
- B - hằng số cảm ứng từ, Vs/m².
- W - vận tốc dòng chảy, m/s;
- Q - lưu lượng dòng chảy, m³/s



Hình 3.4. Dụng cụ đo lưu lượng theo nguyên lý cảm ứng từ

Dụng cụ này sử dụng đối với ống thải tròn kín, choán đầy nước và lưu lượng dòng chảy lớn.

Kênh venturi

Kênh venturi dùng để đo lưu lượng nước thải ở các kênh hở. Cũng tương tự như ống venturi, khi trên dòng chảy của chất lỏng có tiết diện đột thu thì vận tốc dòng chảy tăng và áp suất thủy tĩnh giảm. Sự thay đổi đó có thể đo bằng chiều cao cột nước và gián tiếp bằng vật nổi gắn với dụng cụ đo (hình 3.5).

Lưu lượng dòng chảy được tính như sau :

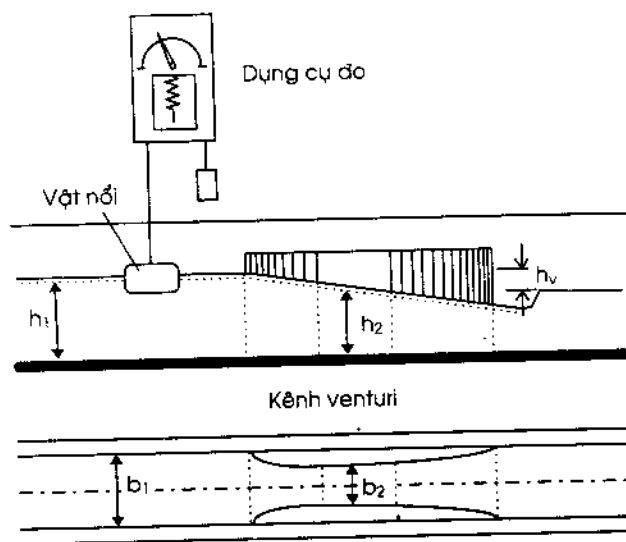
$$Q = c \cdot b_2 \cdot \sqrt{g \cdot h}^{3/2} \quad (3.11)$$

$c = 0,55 \div 0,6$ là hệ số thủy lực, phụ thuộc vào b_2/b_1 ;

b_1 - chiều rộng của kênh, m;

b_2 - chiều rộng của đoạn kênh thắt, m; thường chọn $b_1/b_2 = 0,4 \div 0,7$;

h_1 - chiều cao cột nước trước đoạn thắt, m.



Hình 3.5. Dụng cụ đo lưu lượng theo nguyên lý venturi

Đo lưu lượng bằng tấm chắn

Dùng tấm chắn có khe chảy hình chữ V hay hình chữ nhật. Các tấm chắn này được lắp vuông góc với dòng chảy và phải đảm bảo kín đáy và thành mương. Nước chỉ chảy qua khe của tấm chắn (hình 3.6 và 3.7).

Lưu lượng nước thải phụ thuộc vào độ cao h , hình dạng, kích thước khe chảy và có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

a. Đối với tấm chắn có khe hình chữ V :

$$Q = \frac{8}{15} \mu \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} \cdot h^{5/2} \quad (3.12)$$

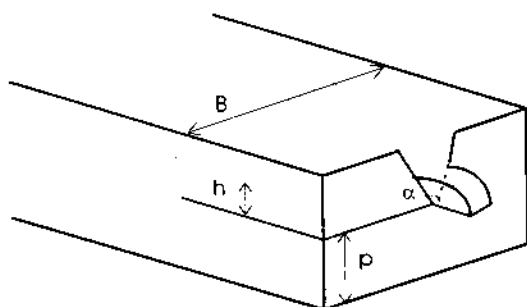
với : $\mu = 0,565 + 0,0087 \cdot h^{1/2} \quad (3.13)$

Nếu $\alpha = 90^\circ$ thì :

$$Q = \frac{8}{15} \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{5/2}$$

h - chiều cao mực nước qua khe chảy, m;

Q - lưu lượng dòng chảy, m^3/s .



$h/p < 3,5$ khi $\alpha < 90^\circ$
 $p/B = 0,1 + 1,5$ khi $\alpha < 90^\circ$
 $h > 0,06 \text{ m}$
 $p > 0,09 \text{ m}$

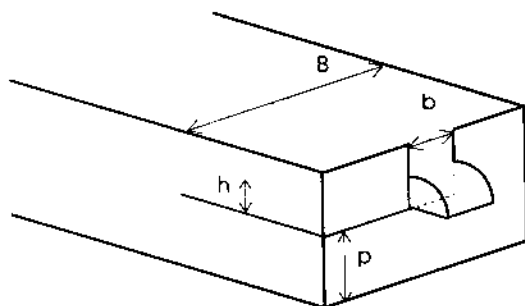
Hình 3.6. Tấm chắn có khe chảy hình chữ V

b. Đối với tấm chắn có khe chảy hình chữ nhật :

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot h_c \sqrt{2g \cdot h_c} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.15)$$

với $h_c = h + 0,0011 [\text{m}] \quad (3.16)$

$$\mu = 0,6035 + 0,813 \cdot \frac{h_c}{p} \quad (3.17)$$



với điều kiện
 $h/p < 2,5$
 $h > 0,03 \text{ m}$
 $b > 0,15 \text{ m}$
 $p > 0,1 \text{ m}$

Hình 3.7. Tấm chắn có khe chảy hình chữ nhật

Đo lưu lượng bằng thùng lường

Dùng thùng lường khi lưu lượng nước thải nhỏ, có thể dùng các loại thùng, bình lường để xác định lượng nước thải ứng với khoảng thời gian nhất định.

Ngoài ra, lưu lượng nước thải có thể xác định trên cơ sở năng suất của bơm ở các trạm bơm nước thải, hoặc dùng vật nổi thả trên mương thải để xác định vận tốc bề mặt của vật nổi W_{bm} .

Biết vận tốc trung bình của dòng :

$$W_{th} = 0,8 \cdot W_{bm} \tag{3.18}$$

Khi đó ta có lưu lượng nước thải :

$$Q = A \cdot W_{th} \tag{3.19}$$

A - tiết diện của dòng chảy.

Phương pháp này thường dùng để xác định sơ bộ lưu lượng nước thải đối với những mương hở, chưa có khả năng lắp dụng cụ đo và trên đoạn mương thoát đó cho phép xác định tiết diện chảy cũng như không có lướng cản ở đáy.

3.3.2. Lấy mẫu và phân tích mẫu

Lưu lượng và đặc tính của nước thải biến động theo thời gian, vì vậy kỹ thuật lấy mẫu đúng có tầm quan trọng rất lớn trong việc cung cấp những số liệu cơ bản chính xác cho thiết kế các công trình xử lý. Mẫu cần mang tính đại diện cho toàn dòng và được lấy ở nơi nước được trộn đều. Thường lấy mẫu để phân tích các đặc tính của nước thải tại cùng vị trí đo lưu lượng.

Người ta phân biệt hai loại mẫu: mẫu tức thời, hay mẫu riêng (Grab sample) và mẫu trung bình tỷ lệ (Composite sample).

- Mẫu tức thời là mẫu được lấy rời rạc ở một thời điểm nhất định và phân tích một cách riêng biệt. Loại mẫu này chỉ phản ánh đặc tính của nước và nước thải ở thời điểm lấy mẫu. Vấn đề chính đặt ra cho người kỹ sư là quyết định tần số lấy mẫu. Do vậy người kỹ sư cần cân đối số mẫu đủ để đạt độ tin cậy với tổng chi phí thấp nhất. Mẫu tức thời thường được sử dụng khi lưu lượng và thành phần nước hoặc nước thải tương đối ổn định hay dòng gián đoạn. Thể tích tối thiểu của một mẫu lấy từ 1 đến 2 lít.

Ta xét một vài thí dụ sau:

- Trường hợp lấy nước gián đoạn từ một giếng sâu và chất lượng nước khá đồng đều, khi đó mẫu tức thời cũng đủ cho một bức tranh thực về các điều kiện của giếng đó.
- Trường hợp sự biến đổi về lượng và chất xảy ra chậm, khi đó mẫu tức thời hàng ngày cũng đủ để phản ánh hiện trạng.

c. Trong trường hợp đặc tính của chất thải thay đổi đáng kể trong 24 giờ trong ngày, việc sử dụng mẫu tức thời sau những khoảng thời gian ngắn là bắt buộc. Việc lấy mẫu nước thải công nghiệp cần thiết tiến hành sau khoảng thời gian từ 10 đến 15 phút. Sau đó có thể tiến hành phân tích một số đặc tính nhất định của từng mẫu như pH, độ axit, độ kiềm rồi gộp chung thành mẫu trung bình tỷ lệ để phân tích toàn diện.

• Mẫu trung bình tỷ lệ là hỗn hợp của các mẫu tức thời, đại diện cho một khoảng thời gian nhất định. Thể tích của mẫu tức thời cần thiết để trộn vào hỗn hợp tỷ lệ với lưu lượng của nó tại thời điểm lấy mẫu.

$$\frac{\text{Phần của mẫu tức thời cần thiết để trộn tính trên một đơn vị lưu lượng}}{\text{Tổng thể tích yêu cầu của mẫu trung bình tỷ lệ}} = \frac{1}{(L\text{ưu lượng } Q_{TB}) \times (\text{Số mẫu tức thời cần trộn})} \quad (3.20)$$

Thường thể tích yêu cầu của một mẫu trung bình tỷ lệ bằng 2 đến 4 lít. Tần số lấy mẫu tức thời phụ thuộc vào sự biến động của lưu lượng và nồng độ. Nếu lưu lượng và nồng độ ít thay đổi thì mỗi mẫu tức thời có thể lấy sau khoảng thời gian 2 đến 24 giờ, còn nếu chúng thay đổi nhiều thì cứ sau 15 phút lấy mẫu 1 lần. Mẫu trung bình tỷ lệ thường được dùng để đánh giá hiệu suất của các phương tiện xử lý.

Ví dụ :

Kết quả đo lưu lượng nước thải từ một cống chảy vào nhà máy xử lý nước thải được ghi lại trong bảng ở trang sau. Tính thể tích cần thiết của các mẫu tức thời để có mẫu trung bình tỷ lệ cho 24 giờ và cho 8 giờ cao điểm từ 9 h 00 đến 17 h 00. Thể tích cần thiết của mẫu trung bình tỷ lệ để phân tích bằng 2500 ml.

Giải

a. Xác định phần của mẫu trung bình cần thiết để trộn tính trên một đơn vị lưu lượng.

$$\frac{\text{Phần mẫu tức thời}}{1 \text{ đ/v } Q_{TB}^{24}} = \frac{2500 \text{ ml}}{72 \text{ l/s} \times 24} = 1,5 \text{ ml/l.s}$$

$$\frac{\text{Phần mẫu tức thời}}{1 \text{ đ/v } Q_{TB}^8} = \frac{2500 \text{ ml}}{100 \text{ l/s} \times 8} = 3 \text{ ml/l.s}$$

Mẫu lấy về được phân tích trong phòng thí nghiệm để xác định các chỉ tiêu đặc trưng cho tính chất của nước thải theo phương pháp chuẩn.

Mục đích của việc lập chương trình lấy mẫu là nhằm đạt đủ số liệu về thành phần và lưu lượng nước thải làm cơ sở cho thiết kế. Số liệu phân bố ngẫu nhiên có thể lệch với phân bố chuẩn.

Thường sử dụng phương pháp đồ thị xác suất để xác định mô hình phân bố chuẩn hoặc log-phan bố chuẩn của một tập hợp số liệu. Phương pháp này được sử dụng để xác định trung bình điểm giữa và phương sai của số liệu.

Thời gian	Q, l/s	Thể tích cần thiết (ml) của mẫu tức thời cho	
		Mẫu trung bình tỷ lệ 24 h	Mẫu trung bình tỷ lệ 8 h
24h00	49	$1,5 \times 49 = 74$	
01:00	42	$1,5 \times 42 = 63$	
02:00	36	$1,5 \times 36 = 54$	
03:00	31	$1,5 \times 31 = 47$	
04:00	29	$1,5 \times 29 = 43$	
05:00	31	$1,5 \times 31 = 46$	
06:00	39	$1,5 \times 39 = 58$	
07:00	56	$1,5 \times 56 = 84$	
08:00	62	$1,5 \times 62 = 93$	
09:00	90	$1,5 \times 90 = 135$	$3,0 \times 90 = 270$
10:00	104	$1,5 \times 104 = 156$	$3,0 \times 104 = 310$
11:00	113	$1,5 \times 113 = 170$	$3,0 \times 113 = 340$
12:00	116	$1,5 \times 116 = 174$	$3,0 \times 116 = 350$
13:00	112	$1,5 \times 112 = 168$	$3,0 \times 112 = 340$
14:00	106	$1,5 \times 106 = 159$	$3,0 \times 106 = 320$
15:00	100	$1,5 \times 100 = 150$	$3,0 \times 100 = 300$
16:00	95	$1,5 \times 95 = 143$	$3,0 \times 95 = 290$
17:00	91	$1,5 \times 91 = 136$	
18:00	87	$1,5 \times 87 = 130$	
19:00	81	$1,5 \times 81 = 121$	
20:00	76	$1,5 \times 76 = 114$	
21:00	69	$1,5 \times 69 = 103$	
22:00	63	$1,5 \times 63 = 94$	
23:00	54	$1,5 \times 54 = 81$	
Lưu lượng TB Q_{TB}^{24}	72	$Q_{TB}^8 = 100$ 2596 ml	2520 ml

Quá trình dựng đồ thị xác suất gồm các bước:

i) Chọn loại giấy xác suất: hoặc số học, hoặc logarit, hoặc cả hai;

ii) Sắp xếp số liệu theo giá trị tăng dần;

iii) Xác định vị trí đồ thị của từng giá trị theo biểu thức sau :

$$\text{Vị trí đồ thị} = \frac{M - 0,5}{N} \times 100 \quad (3.21)$$

trong đó :

M - hạng của giá trị;

N - số quan sát.

Nếu số quan sát rất lớn (nghĩa là từ 50 đến 100 hay lớn hơn), có thể nhóm số liệu thành từng nhóm tăng dần và vị trí trên đồ thị được tính theo công thức sau:

$$\text{Vị trí đồ thị} = \frac{M}{N+1} \times 100 \quad (3.22)$$

Ví dụ đối với BOD có thể nhóm số liệu tăng 50 mg/l với điểm giữa của số tăng đó được sử dụng vào việc dựng đồ thị.

Khoảng giá trị	Số mẫu trong khoảng giá trị	M	Vị trí đồ thị, %
200 - 249	5	5	$\frac{5}{97} \times 100 = 5,2$
250 - 299	4	9	$\frac{9}{97} \times 100 = 9,3$
.....			
1150 - 1199	9	96	$\frac{96}{97} \times 100 = 99,0$

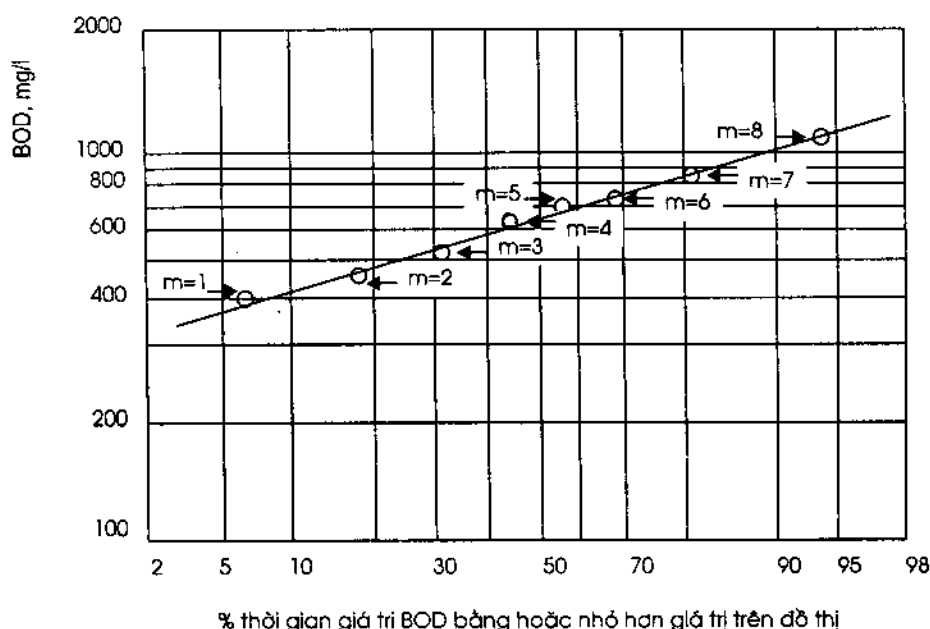
iv) Kẻ đường phù hợp nhất, các giá trị cần tụ tập quanh đường này (hình 3.8). Trục hoành biểu thị xác suất (tính bằng phần trăm) của giá trị biểu thị ở trục tung xảy ra, nghĩa là phần trăm thời gian giá trị của thông số bằng hay nhỏ hơn các giá trị đọc trên trục tung.

v) Đối với phân bố chuẩn, 50 phân vị bằng trung bình và trung tuyến. Đó là trường hợp điển hình. Tuy nhiên vẽ đồ thị xác suất là để xác định trung tuyến thực, đó là giá trị 50 phân vị đối với đường phù hợp nhất.

vi) Đối với phân bố chuẩn, phương sai bằng 2/5 (sự khác nhau giữa 90 và 10 các giá trị phân vị). Điều này có nghĩa là 68,26% tất cả các giá trị nằm trong khoảng ± 1 phương sai từ giá trị trung bình.

Việc phân tích lưu lượng và các đặc tính nước thải chỉ ra một giải pháp kinh tế cho vấn đề xử lý nước thải bằng cách khử hoặc giảm lượng các chất thải hoặc nước thải thông qua các biện pháp sau :

1. Thu hồi hoặc tận dụng những phế thải;
2. Khử các chất thải ở trạng thái khô;
3. Phân tách riêng nước thải không chứa các chất gây ô nhiễm, như nước làm nguội có thể thải trực tiếp vào nguồn nước;
4. Tuần hoàn nước thải giảm tải trọng thủy lực;
5. Thông thường, các tiêu chuẩn thiết kế quá trình dựa trên 50% các giá trị. Còn các tiêu chuẩn thiết kế thủy lực dựa trên 90 đến 99% các giá trị.



Hình 3.8. Đồ thị xác suất giá trị của thông số khảo sát

3.3.3. Bảo quản mẫu

Để tránh quá trình phân hủy và thay đổi đặc tính, gây sai lệch trong kết quả phân tích, mẫu lấy về cần được phân tích ngay hoặc bảo quản nghiêm ngặt đảm bảo đặc tính của chúng không thay đổi. Phương thức và thời gian bảo quản đối với từng thông số của nước thải được tóm tắt trong bảng 3.6.

Bảng 3.6. Bảo quản mẫu nước thải cho phân tích

Thông số	Phương thức bảo quản	Thời gian bảo quản cho phép
Độ kiềm - độ axit	lạnh 4°C	24 h
BOD	lạnh 4°C	6 h
COD	+ 2 ml H ₂ SO ₄ / l	7 ngày
Canxi	không	7 ngày
Clorua	không	7 ngày
Màu	lạnh 4°C	24 h
Xyanua	+ NaOH đến pH = 10	24 h
Florua	không	7 ngày
Kim loại tan	+ 5 ml HNO ₃ / l	6 tháng
Nitơ dạng NO ₃ và NH ₃	+ 40 mg HgCl ₂ / l, lạnh 4°C	7 ngày
Nitơ hữu cơ	+ 40 mg HgCl ₂ / l, lạnh 4°C	không
Dầu, mỡ	+ 2 ml H ₂ SO ₄ / l, 4°C	24 ngày
Cacbon hữu cơ	+ 2 ml H ₂ SO ₄ / l, pH = 2	7 ngày
Phenol	+ 1 mg CuSO ₄ / l, + H ₂ SO ₄ đến pH = 4; 4°C	24 h
Photpho	+40 mg HgCl ₂ / l; 4°C	7 ngày

3.4. NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP PHÂN BÓN HÓA HỌC (5,6,7,8)

Trong công nghiệp phân bón hóa học có các loại chủ yếu sau : phân đạm, photphat và phân kali, trong đó nhu cầu về phân đạm lớn hơn cả. Hiện nay người ta còn sản xuất phân hỗn hợp từ các loại phân trên.

Các hóa chất dùng để sản xuất các loại phân bón hóa học thường là NH₃, CO₂, các axit HNO₃, H₂SO₄, H₃PO₄ và các loại quặng đối với sản xuất phân lân.

3.4.1. Công nghệ sản xuất phân đạm và nguồn gốc nước thải

Trong sản xuất các loại phân đạm, amoniac NH₃ đóng vai trò nguyên liệu đầu, như sản xuất amon nitrat :



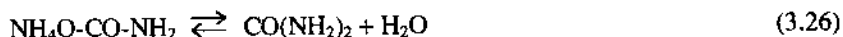
amon sunfat :



hoặc phân đạm ure (cacbamit) :



phân giải cacbamit :



Phân đạm ure

Các khí NH_3 , CO_2 cho tổng hợp ure có thể đi từ khí hóa than, khí thiên nhiên, khí đồng hành, đầu mỏ với sự tham gia của hơi nước và không khí. Các công đoạn chính trong qui trình sản xuất phân đạm ure gồm : sản xuất khí nguyên liệu; tinh chế làm giàu khí nguyên liệu; tổng hợp amoniac; tổng hợp ure.

Sơ đồ công nghệ và các dòng nước thải của quá trình sản xuất phân đạm đi từ khí hóa than được thể hiện trên hình 3.9.

Nguồn nước thải sinh ra từ các công đoạn:

- Công đoạn làm lạnh và rửa khí than bằng nước làm lạnh trực tiếp.

Nước rửa điện cực của thiết bị lọc điện để tách bụi có kích thước nhỏ. Nước thải này chứa hàm lượng bụi than ngoài ra còn chứa các chất độc hại như xyanua CN, phenol, H_2S .

- Công đoạn tinh chế khí: bao gồm khử H_2S thành lưu huỳnh nguyên tố (S) bằng dung dịch ADA (antraquinondisulfonic axit $\text{C}_{14}\text{H}_8\text{O}_8\text{S}_2$ hay dung dịch tanin), chuyển hóa $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ và hấp thụ CO_2 bằng dung dịch MEA (monoethanolamin $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$).

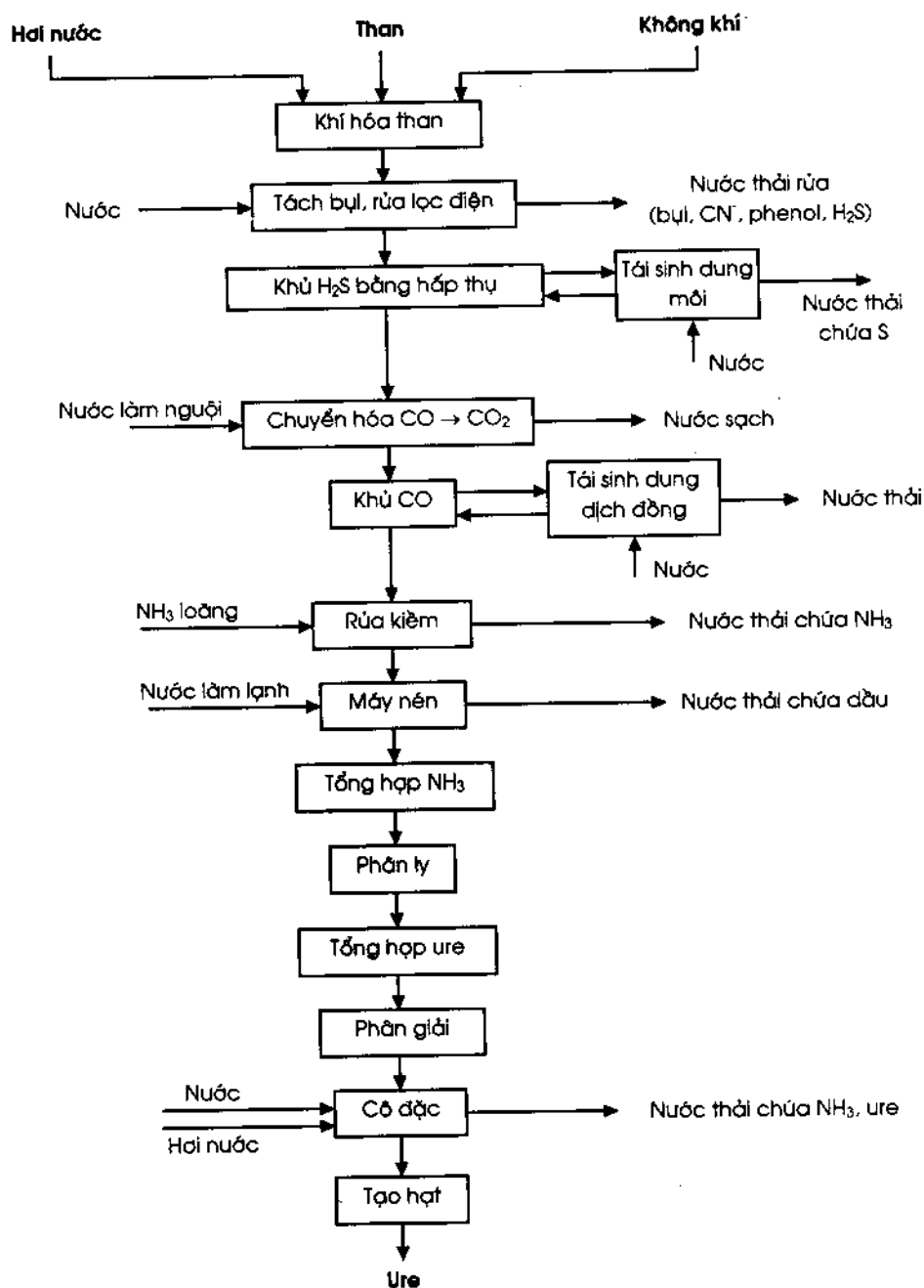
Trong các tháp hấp thụ, dung môi được sử dụng và tái sinh tuần hoàn trong chu trình kín. Dung môi bẩn được thải theo định kỳ. Nước tham gia chủ yếu ở trong các thiết bị trao đổi nhiệt gián tiếp nên nước thải là nước sạch.

Trong công đoạn tinh chế khí nước thải nhiễm bẩn là nước rửa lưu huỳnh thường chứa lưu huỳnh và nước rửa thiết bị.

- Công đoạn tổng hợp amoniac, nước thải chủ yếu là nước làm lạnh gián tiếp nên ít ô nhiễm. Nước thải chứa chất ô nhiễm là nước thải từ khâu rửa khí bằng dung dịch NH_3 loãng (rửa kiềm). Nước thải ở đây chứa amoniac.

- Ở hệ thống máy nén khí, sau mỗi cấp hỗn hợp khí được làm lạnh bằng nước để hạ nhiệt độ và phân ly dầu... Nước thải từ hệ thống máy nén khí thường chứa dầu.

- Ở công đoạn tổng hợp ure, nguồn nước thải chính là nước ngưng hơi thứ cấp của quá trình cô đặc chứa NH_3 và ure.



Hình 3.9. Sơ đồ công nghệ với các dòng nước thải quá trình sản xuất phân ure từ khí hóa than đá

Phân đạm amon sunfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ và amon nitrat NH_4NO_3

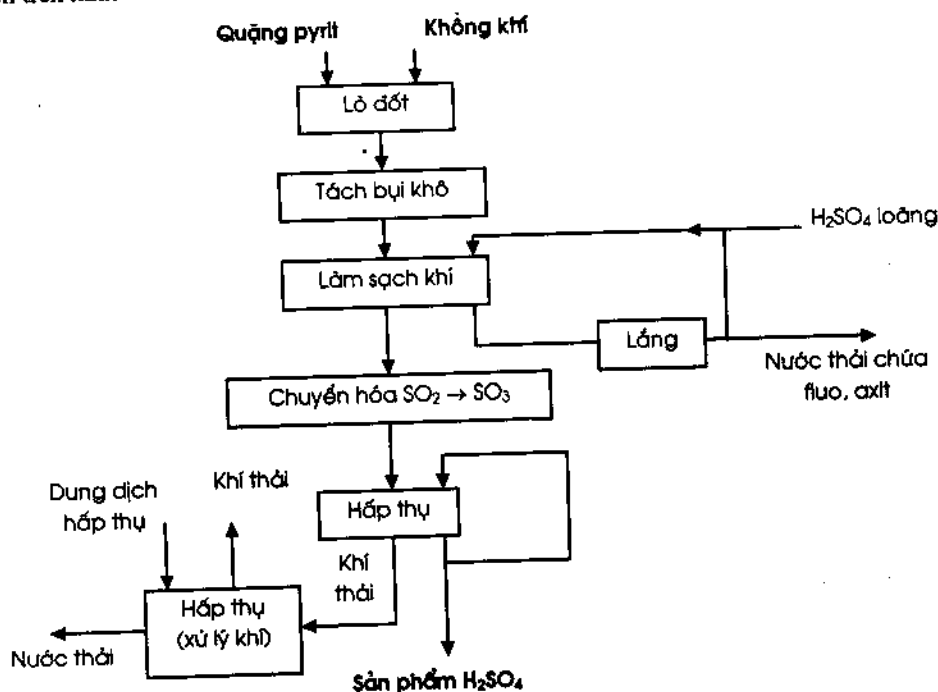
Công nghệ sản xuất các loại phân này đều gắn liền với công nghệ sản xuất axit sunfuric và axit nitric. Nước thải của những nhà máy sản xuất các loại phân đạm này đều chứa amoniac, các muối amon và các loại axit tham gia vào quá trình.

Theo Meinck [8], sản xuất 1 tấn phân amon nitrat NH_4NO_3 thì thải $5 \div 15 \text{ m}^3$ nước ngưng từ công đoạn cô đặc NH_4NO_3 với hàm lượng các chất trong nước ngưng gồm $\text{NH}_4\text{NO}_3 : 200 \div 250 \text{ mg/l}$ và $\text{NH}_3 : 10 \div 20 \text{ mg/l}$.

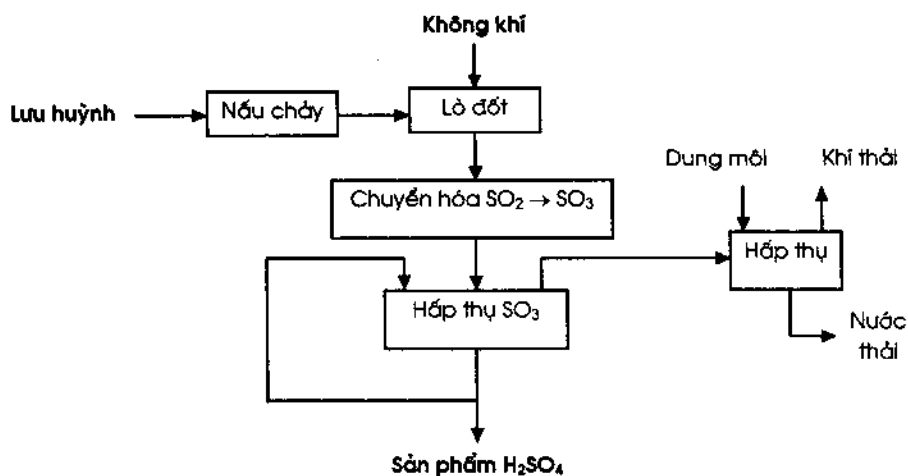
3.4.2. Công nghệ sản xuất phân photphat (phân lân) và nguồn phát sinh nước thải

Phân photphat thường gặp là supephotphat với công thức $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, phân lân nung chảy, và amonphotphat với công thức $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$.

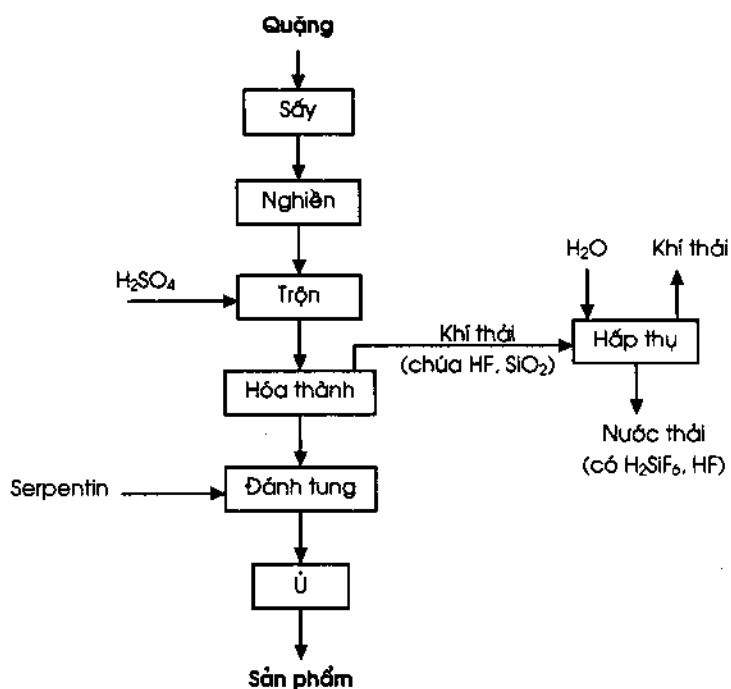
Nguyên liệu để sản xuất phân supephotphat là quặng photphoric $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ hay quặng apatit $3\text{Ca}(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})_2$ và axit sunfuric H_2SO_4 . Các cơ sở sản xuất phân supephotphat thường có công nghệ sản xuất axit sunfuric kèm theo. Axit sunfuric được sản xuất từ quặng pyrit FeS_2 hay lưu huỳnh. Công nghệ sản xuất axit sunfuric có kèm theo dòng thải được thể hiện trên hình 3.10 và 3.11.



Hình 3.10. Sơ đồ nguyên lý công nghệ sản xuất axit H_2SO_4 từ pyrit và các nguồn nước thải



Hình 3.11. Sơ đồ nguyên lý công nghệ sản xuất H_2SO_4 từ lưu huỳnh và các nguồn nước thải

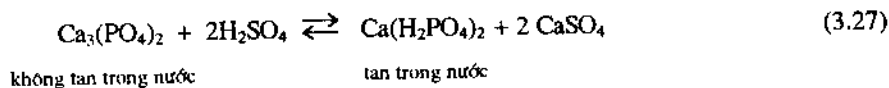


Hình 3.12. Sơ đồ nguyên lý công nghệ sản xuất supephotphat và các nguồn nước thải

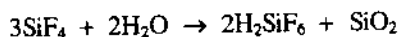
Trong công nghệ sản xuất H_2SO_4 , nước hầu như không tham gia trực tiếp vào quá trình sản xuất mà chỉ tham gia dưới dạng nước làm mát thiết bị (gián tiếp) và dung môi hấp thụ trong công đoạn xử lý khí thải. Nước thải từ công đoạn xử lý khí thải là dung môi đã hấp thụ chứa SO_2 và F , As_2O_3 , TeO_2 , SeO_2 đối với sản xuất H_2SO_4 từ pyrit và chứa S , SO_2 đối với sản xuất H_2SO_4 từ lưu huỳnh. Nước thải mang tính axit mạnh vì có chứa H_2SO_4 .

Công nghệ sản xuất supephotphat và các nguồn nước thải được thể hiện trên hình 3.12.

Bản chất phản ứng xảy ra trong công đoạn hóa thành là quặng không tan trong nước tác dụng với axit sunfuric tạo thành supephotphat dễ tan trong nước.



Nguồn sinh ra nước thải của công nghệ sản xuất phân supe là do dùng nước hấp thụ khí thải sinh ra từ công đoạn hóa thành. Khí thải có chứa HF được hấp thụ bằng H_2O và khi có mặt của oxyt silic SiO_2 sẽ tạo thành H_2SiF_6 :



nếu H_2SiF_6 không được xử lý thu hồi thì đây là vấn đề ô nhiễm lớn nằm trong nước thải.

3.4.3. Công nghệ sản xuất phân kali

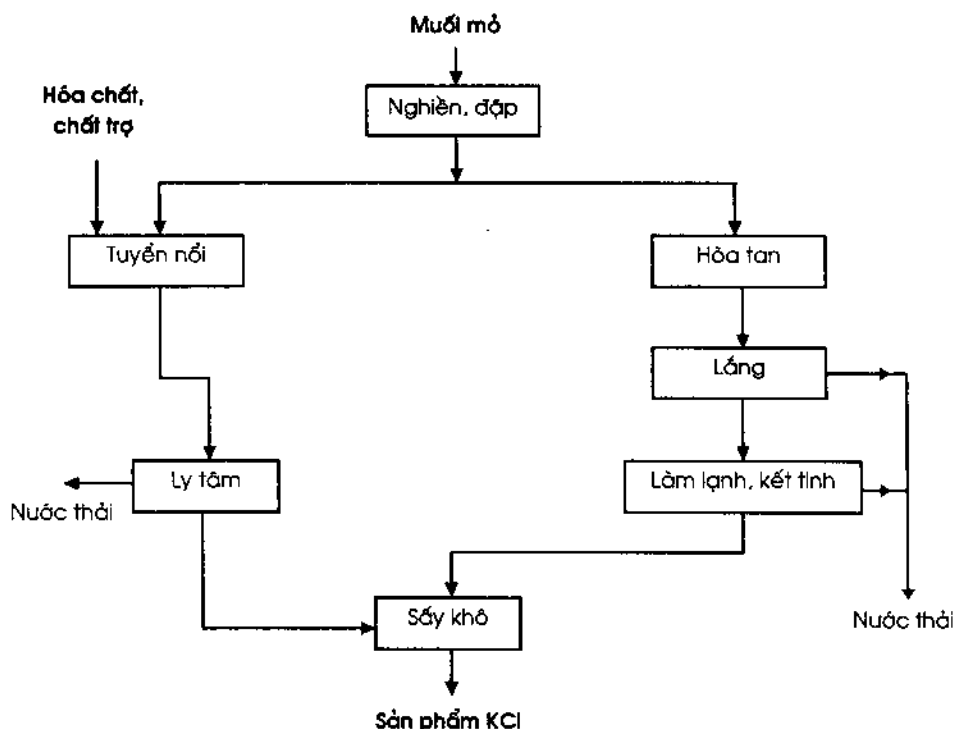
Phân kali được sản xuất từ các loại muối mỏ kali. Muối mỏ kali thông thường chứa muối $NaCl$, sylvin KCl , carnallit $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$, kieserit $MgSO_4 \cdot H_2O$ và rất ít $CaSO_4$, trong đó hàm lượng muối clorua kali chiếm 15 đến 30%.

Phụ thuộc vào hàm lượng của muối mỏ mà phương pháp sản xuất phân kali rất khác nhau, có thể hòa tan ở nhiệt độ cao, rửa lọc loại $MgSO_4$, tuyển nổi và gia công tinh diện.

Vì các thành phần trong muối mỏ ít hay nhiều hòa tan trong nước, do đó nước thải ở đây là dịch chứa các loại muối, tuy không độc nhưng rất khó xử lý. Bằng phương pháp tuyển nổi và ly tâm để thu được muối KCl hay phương pháp hòa tan trong nước nóng sau đó lọc gạn - làm lạnh - kết tinh thì đều sinh ra nước thải ngoài các muối hòa tan, còn chứa cát, vôi và hàm lượng chất rắn lơ lửng cao.

Theo Meinck [8], lượng dịch thải phụ thuộc vào hàm lượng của muối KCl và $MgCl_2$ trong quặng. Cho 10 tấn muối mỏ nguyên liệu lượng dịch thải là từ 32,7 đến 87,9 m^3 . Cụ thể như sau :

- muối mỏ chứa 10% KCl tương ứng với 12,8% $MgCl_2$ thì dịch thải là 32,7 m^3 ;
- muối mỏ chứa 16% KCl tương ứng với 20,4% $MgCl_2$ thì dịch thải là 52,3 m^3 ;
- muối mỏ chứa 20% KCl tương ứng với 25,5% $MgCl_2$ thì dịch thải là 65,4 m^3 ;
- muối mỏ chứa 26,9% KCl tương ứng với 34,3% $MgCl_2$ thì dịch thải là 87,9 m^3 .



Nước thải (chứa đất, đá, vôi, NaCl, SS, TDS)

Hình 3.13. Sơ đồ công nghệ sản xuất phân kali và nguồn nước thải

3.4.4. Đặc tính nước thải của ngành công nghiệp phân bón và tác động của chúng tới môi trường

Từ mô tả công nghệ sản xuất các loại phân bón và nguồn sinh ra nước thải cho thấy, vấn đề nước thải của ngành này là một vấn đề cần được quan tâm. Lượng nước thải phụ thuộc vào từng loại hình sản xuất và cũng để sản xuất một loại phân, lượng nước thải tính cho một đơn vị sản phẩm cũng khác nhau, do công nghệ sản xuất khác nhau và mức độ sử dụng nước trong các công đoạn làm sạch khí, thiết bị cũng khác nhau.

Các chất gây ô nhiễm nước trong sản xuất phân đạm bao gồm: các chất trung gian và sản phẩm như NH_3 , ure, các loại phân đạm khác, đầu công nghiệp từ máy nén, các tạp chất như xyanua, sunfua, asenic, phenol, bụi than từ công đoạn khí hóa than.

Các chất gây ô nhiễm nước trong sản xuất phân lân là những axit vô cơ H_2SO_4 , H_3PO_4 và sản phẩm, ngoài ra còn từ nguồn nước thải làm sạch khí chứa fluor, As_2O_3 , TeO_2 , SeO_2 ,

SO₂, ... Trong sản xuất phân kali thì vấn đề ô nhiễm nước là do các muối tan và các chất cặn bẩn (đá, cát, vôi) ở dạng lơ lửng trong quá trình gia công muối mỏ.

Bảng 3.8. Đặc điểm dòng thải từ sản xuất đạm ure

Thông số	Nồng độ, mg/l
TS	5400
TDS	1435
NH ₃ (tính theo N)	700
Ure (tính theo N)	600
Fluor	15
Dầu	50 - 500
Asenic	1,5
pH	7,5 + 9,5

Theo kết quả đánh giá chất lượng nước thải của ngành phân bón hóa học ở Ấn Độ [7] đưa ra một số đặc tính nước thải trung bình :

Hàm lượng xyanua, phenol trong nước rửa khí than phụ thuộc vào công nghệ khí hóa và nhiên liệu sử dụng. Số liệu ở nhiều trạm khí hóa than cho thấy, trong nước thải rửa có thể có tới 50 mg/l xyanua và 30 mg/l phenol. Khi hòa loãng với nước thải của nhà máy hàm lượng sẽ giảm đi nhiều lần, song đây là dòng thải chứa các độc tố.

Bảng 3.9. Đặc điểm dòng thải từ sản xuất canxi amoni nitrat

Thông số	Giá trị (trừ pH các đại lượng khác có đơn vị mg/l)
Giá trị pH	8,5
Chất rắn lơ lửng SS	325
Chất rắn hòa tan TDS	2090
BOD ₅	280
COD	535
Nitơ amoniac (NH ₃)	720
Nitơ hữu cơ (N)	102
Nitrat (NO ₃ ⁻)	65
Sunfat (SO ₄ ²⁻)	980
Photphat (PO ₄ ³⁻)	4,2

Bảng 3.10. Đặc điểm đồng thời của nhà máy supephotphat

Thông số	Nồng độ, mg/l
Chất rắn lơ lửng	150 - 600
Chất rắn hòa tan	644 - 980
COD	35 - 175
Florua (F)	1920 - 2163
Clorua (Cl)	42 - 234
Sunfat (SO_4^{2-})	40 - 336
Canxi	32 - 86
Photphat (PO_4^{3-})	0,4 - 1

Hầu hết các chất có mặt trong nước thải của các nhà máy phân bón đều có ảnh hưởng đến nguồn tiếp nhận, mức độ tác động của chúng là khác nhau.

Dòng thải mang tính axit hay kiềm cao gây ức chế hoặc ngăn ngừa quá trình tự làm sạch của dòng tiếp nhận, gây tác hại đến sự sống và phát triển của các loài thủy sinh sống trong đó.

Amoniac và muối amon là độc tố đối với cá, với nồng độ rất nhỏ $1,2 \div 3$ mg/l cũng có thể làm chết cá. Nồng độ NH_3 trong nước nuôi cá $\leq 1,2$ mg/l. Cá có thể chịu được với nồng độ ure cao 1600 mg/l. Nhưng trong điều kiện kỵ khí với nồng độ ure nhỏ lại độc với cá và vi sinh vật vì ở điều kiện đó ure phân hủy thành NH_3 và CO_2 tự do. Các amin cũng gây độc với các loài thủy sinh và còn làm tăng nhu cầu oxy và clo. Vì thế đối với nước nguồn có nồng độ amin hoặc nitơ dạng amon cao thì trong xử lý nước cần lượng clo lớn và thời gian lâu để khử trùng. Nồng độ của MEA > 10 mg/l sẽ làm chết cá.

Nước có chứa H_2S sẽ gây mùi khó chịu và gây độc với các thủy sinh. Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, nồng độ giới hạn của độc tố này trong khoảng 0,5 đến 1,0 mg/l. Tất cả những hợp chất của xyanua (CN^-) đều là độc tố cho các loài thủy sinh, đặc biệt là ở dạng hydrogen xyanua (HCN). Arsenic (muối arsen) cực kỳ độc đối với cá và các loài thủy sinh. Nồng độ arsenic 1 mg/l ở trong nước uống sẽ gây bệnh chàm đen cho người sử dụng. Arsenic là độc tố tích tụ, nếu như hàng ngày hấp thụ một lượng rất nhỏ thì sau một khoảng thời gian nhất định có thể dẫn đến tử vong. Arsenic là độc tố có khả năng gây ung thư.

Nước thải chứa dầu khi đổ xuống nguồn nước làm giảm lượng oxy hòa tan trong nước. Người ta đã nhận thấy mặt nước có ánh dầu rõ rệt với lớp dầu loang dày 0,3 μm (tương ứng đổ 10 lít dầu trên diện tích 1,5 hecta mặt nước). Nước thải bản chứa bùn than làm cho nước có màu tối, ngăn chặn sự quang hợp nhờ ánh sáng mặt trời và ngăn chặn sự tạo thành oxy, gián tiếp ảnh hưởng tới các loài thủy sinh.

Fluor có trong nước thải của sản xuất phân lân khi thải vào nguồn nước là chất độc đối với các loài thủy sinh, mặc dù nó là cần thiết để phòng ngừa bệnh sâu răng và loãng xương cho con người.

Các hợp chất photphat và nitơ có trong nước với nồng độ cao gây nên hiện tượng phì dưỡng trong các sông, hồ. Nước thải sản xuất phân kali có hàm lượng muối vô cơ dạng tan cao, tuy không độc nhưng làm tăng áp suất thẩm thấu, dẫn đến ảnh hưởng tới quá trình trao đổi chất của tế bào. Khi nồng độ muối quá cao cũng có thể gây tử vong cho cá nước ngọt và động thực vật sống trong nước. Xử lý nước thải chứa hàm lượng muối vô cơ tan rất phức tạp, đòi hỏi chi phí cao như phương pháp cô đặc, phương pháp màng. Hiện nay một số nước có sản xuất loại phân kali, nước thải của những dòng ô nhiễm muối tan cao thường được vận chuyển đổ ra biển hoặc nhà máy cần được xây dựng gần bờ biển.

3.4.5. Xử lý nước thải ngành phân bón hóa học

Nước thải của ngành công nghiệp phân bón hóa học bị ô nhiễm bởi các nguồn khác nhau và có đặc tính khác nhau. Để đảm bảo tính kinh tế cho việc xử lý nước thải, cần phân luồng dòng thải và xử lý riêng, đặc biệt đối với những dòng có hàm lượng chất gây ô nhiễm cao với mục đích ưu tiên là thu hồi và tuần hoàn sử dụng lại cho sản xuất và sau đó là giảm lưu lượng nước thải cần xử lý. Dòng thải cần xử lý riêng bao gồm:

- Dòng thải mang tính axit hay kiềm cao.
- Dòng thải chứa NH_3 và ure nồng độ cao.
- Dòng thải chứa fluor và photphat.
- Dòng thải chứa dầu, chất rắn lơ lửng cao.
- Dòng thải của khí hóa than chứa xyanua, H_2S , phenol.

Các phương pháp xử lý :

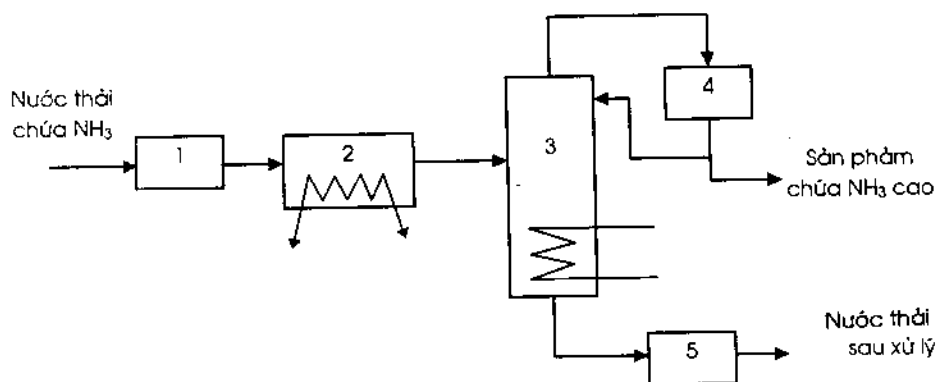
1. Đối với nước thải mang tính axit hay kiềm cao được xử lý bằng phương pháp trung hòa, có thể trung hòa hai dòng nước thải mang tính axit và kiềm với nhau hay dùng tác nhân trung hòa, (xem chương II, phần 2.6).

2. Dòng thải chứa hàm lượng NH_3 cao có thể xử lý bằng phương pháp trao đổi ion. Phương pháp này có ưu điểm thực hiện ở nhiệt độ thấp, nồng độ NH_3 bất kỳ và NH_3 thu hồi được tuần hoàn sử dụng cho sản xuất. Ở đây thường dùng nhựa hữu cơ có khả năng trao đổi cation với NH_4^+ .



Sau đó NH_3 được nhà qua tái sinh bằng dung dịch H_2SO_4 .

- Khử NH_3 trong nước thải bằng phương pháp chưng phân ly dựa vào độ bay hơi khác nhau của NH_3 và H_2O . Nguyên lý xử lý được thể hiện trên hình 3.14. Phương pháp này có ưu điểm thu hồi được NH_3 có nồng độ cao, có thể sử dụng lại cho sản xuất, song tiêu tốn lượng nhiệt lớn.



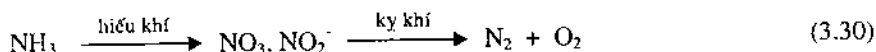
Hình 3.14. Sơ đồ nguyên lý xử lý nước thải chứa NH_3 bằng phương pháp chưng phân ly

1. Thùng chứa; 2. Thiết bị gia nhiệt hỗn hợp dầu; 3. Tháp chưng luyện;

4. Thiết bị ngưng tụ làm lạnh sản phẩm chứa NH_3 cao; 5. Thiết bị làm nguội nước thải

- Phương pháp nuôi tảo để xử lý nước thải chứa NH_3 dựa trên cơ sở một số loài tảo như *Spirulina*, *Clorella*, *Scenedesmus* có thể phát triển trong môi trường nước thải của nhà máy phân đạm. Tảo sử dụng NH_3 và ure như chất dinh dưỡng trong quá trình phát triển ở nồng độ thích hợp, như nồng độ NH_3 là 75 mg/l. Nếu nồng độ cao quá sẽ làm tảo bị chết.

- Phương pháp sinh học để xử lý nước thải chứa NH_3 sử dụng các vi khuẩn hiếu khí và kỵ khí để thực hiện các quá trình nitrat, nitrit hóa và khử nitrat thành N_2 :



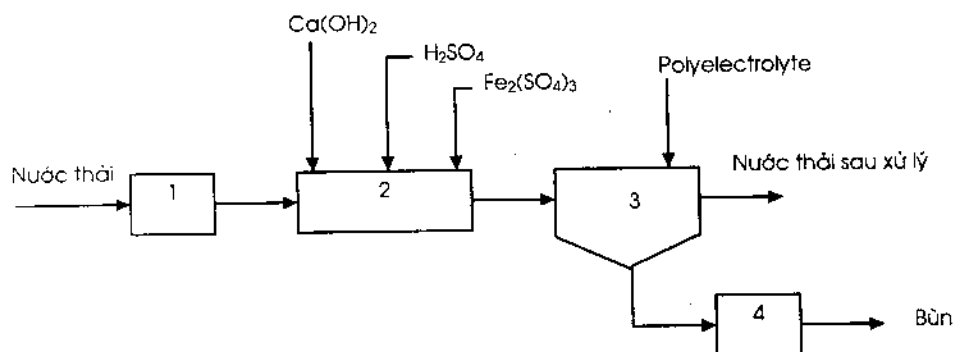
Phương pháp này đòi hỏi công nghệ và khống chế quá trình phức tạp.

- Phương pháp thông khí để xử lý nước thải chứa NH_3 dựa trên cơ sở cân bằng hoá học:



Khi tăng độ pH của nước thải và quạt gió trên bề mặt thoáng, NH_3 sẽ thoát ra khỏi nước thải làm giảm nồng độ trong nước thải. Phương pháp cần phải tiêu tốn năng lượng cho quạt thổi gió. Theo một số nghiên cứu cho thấy, ở pH = 11,5 nếu thực hiện ở nhiệt độ 15°C thì tốn 3000 m^3 không khí, còn nếu thực hiện ở nhiệt độ 4°C thì phải dùng 5980 m^3 không khí.

3. *Dòng thải chứa fluor và photphat*: Trong sản xuất phân lân và phân hỗn hợp NPK thì nước thải thường chứa fluor và photphat. Xử lý nước thải loại này bằng phương pháp hóa học với sữa vôi hoặc vôi để tạo thành kết tủa CaF_2 , CaHPO_4 hay $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ và kết hợp với đông keo tụ bằng cách bổ sung chất keo tụ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ để tăng hiệu quả khử photphat và dễ lắng. Sơ đồ xử lý được trình bày trên hình 3.15.



Hình 3.15. Sơ đồ nguyên lý xử lý nước thải chứa fluor và photphat

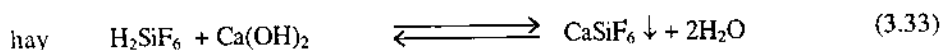
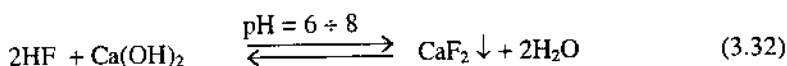
1. Bể chứa và điều hòa nước thải; 2. Bể phản ứng (bể trung hòa);
3. Bể lắng; 4. Thiết bị lọc ép, xử lý bùn

Bể phản ứng có thể là một hay nhiều bậc, dùng Ca(OH)_2 hay H_2SO_4 để điều chỉnh pH trong khoảng 6 đến 8. Phản ứng sẽ tạo thành các chất khó tan CaF_2 và hợp chất canxi kết tủa như ở bảng 3.11.

Bảng 3.11. Độ hòa tan của một số hợp chất canxi ở nhiệt độ 20°C

Hợp chất	Độ hòa tan
Sunfat canxi CaSO_4	1990mg/l tương đương 1404 mg/l SO_4^{2-}
Flour canxi CaF_2	15 mg/l tương đương 7.3 mg/l F
Photphat canxi CaHPO_4	100 mg/l tương đương 70 mg/l PO_4^{3-}
Hydroxyapatit canxi $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$	(ở pH = 10) 3 mg/l

Thí dụ nước thải chứa hàm lượng $\text{F} \geq 7,3 \text{ mg/l}$ có thể dùng Ca(OH)_2 để tạo kết tủa CaF_2 theo phản ứng :



4. *Dòng thải chứa dầu, chất rắn lơ lửng cao*: Dầu mỡ ở trạng thái tự do, nổi lên mặt nước và được tách bằng các phương pháp cơ học, tuyển nổi, sục khí với các cơ cấu bố trí trên bể điều hòa hay bể lắng. Các chất rắn lơ lửng có trong nước thải ngành phân bón thường là các hạt sản phẩm hay nguyên liệu được xử lý bằng phương pháp đông keo tụ và thường kết hợp xử lý với phương pháp hóa học tạo kết tủa ở trên và sau đó là lắng.

5. *Dòng thải của nước rửa khí hóa than:* Dòng thải này sinh ra trong công nghiệp sản xuất phân đạm, đáng chú ý là trong sản xuất phân ure gắn liền với công nghệ khí hóa than. Ngoài công nghiệp phân bón, một số ngành công nghiệp khác như gốm sứ, thủy tinh, dệt,... có trạm khí hóa than để sản xuất khí nhiên liệu cho quá trình đốt, nung. Nước thải của trạm xử lý khí than đều chứa H_2S và xyanua có nồng độ cao.

Xyanua tồn tại dưới dạng muối tan xyanua sẽ bị thủy phân trong nước theo phản ứng:



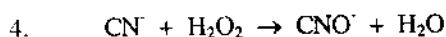
Axit xyanhydric là chất rất độc, thuộc nhóm I.

Để xử lý nước thải có chứa xyanua và hydrosulfua, phương pháp oxy hóa là phương pháp ưu thế hơn cả. Mục đích của phương pháp này là dùng các chất oxy hóa mạnh như clo, natrihypoclorit, hydroperoxit, ... để oxy hóa muối xyanua thành muối cyanua có độ độc bằng 1/1000 của muối xyanua. Các chất oxy hóa thường được dùng là $NaOCl$ và H_2O_2 .

Phản ứng oxy hóa bằng $NaClO$ xảy ra như sau :

1. $CN^- + OCl^- + H_2O \rightarrow CNCl + 2OH^-$
2. $CNCl + 2OH^- \rightarrow CNO^- + Cl^- + H_2O$
3. $CN^- + OCl^- \rightarrow CNO^- + Cl^-$

hay phản ứng oxy hóa bằng H_2O_2 xảy ra như sau :

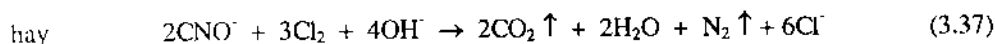
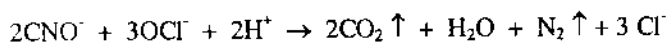


Phản ứng oxy hóa xảy ra trong môi trường kiềm $pH \geq 10$. Ở môi trường này phản ứng 1 xảy ra rất nhanh và tiếp tục phản ứng 2 tạo cyanat, sao cho tránh hiện tượng tạo axit xyanhydric.

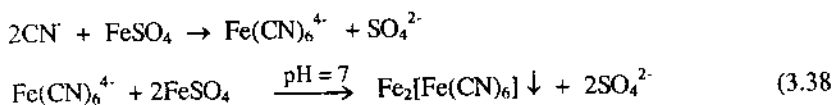
Để đạt hiệu suất quá trình oxy hóa cao, trong thực tế người ta thực hiện phản ứng 3 với thời gian lưu từ 20 đến 30 phút và phản ứng 4 với thời gian 60 phút, cho dù phản ứng xảy ra nhanh.

Xử lý dòng thải liên tục thường dùng $NaOCl$ và dòng thải gián đoạn dùng H_2O_2 để giảm chi phí về chất oxy hóa. Nhưng về mặt môi trường khi dùng H_2O_2 sẽ hạn chế được hàm lượng clo trong nước.

Xyanat tạo thành ở phản ứng 3 và 4 bị oxy hóa tiếp ở điều kiện dư chất oxy hóa và giảm $pH = 5-7$ tạo thành CO_2 và N_2 :



Phương pháp khác để khử độc xyanua bằng sunfat sắt dựa trên cơ sở phản ứng sau :



Hợp chất $\text{Fe}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ kết tủa, có thể tách ra khỏi nước thải bằng phương pháp lắng.

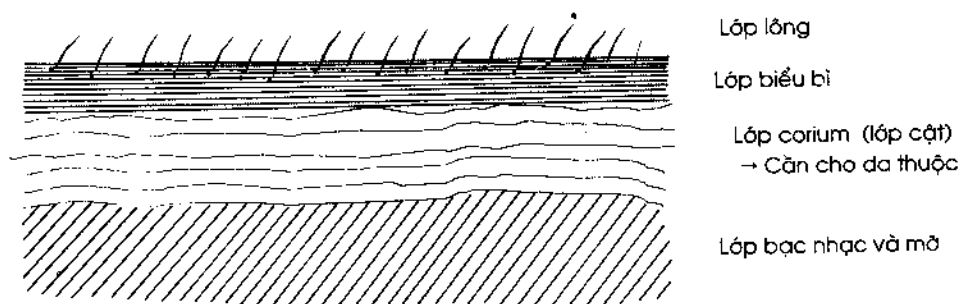
3.5. NƯỚC THẢI TRONG CÔNG NGHIỆP THUỘC DA (6, 8, 9, 10, 11)

3.5.1. Công nghệ thuộc da

Thuộc da là ngành sản xuất lâu đời trên thế giới và luôn gắn bó với ngành chăn nuôi gia súc và chế biến thịt. Nguyên liệu chính sử dụng cho công nghiệp thuộc da là da động vật như da bò, da thỏ, da cừu, da lợn, v.v... Với khái niệm thuộc da, có nghĩa làm thay đổi da động vật sao cho bền nhiệt, không cứng giòn khi lạnh, không bị nhăn và thối rữa khi ẩm và nóng. Tùy theo mục đích sử dụng mà da được thuộc ở các điều kiện môi trường, công nghệ và hóa chất, chất thuộc khác nhau.

Cấu trúc của da động vật

Da động vật gồm 4 lớp : lớp ngoài cùng là lớp lông, lớp kế theo là biểu bì (epidermis), tiếp đó là lớp bì cật (corium) có cấu tạo từ các protein dạng sợi như sợi collagen, elastin và lớp cuối cùng là lớp bạc nhac, mỡ. Cấu trúc của da được mô tả trên hình 3.16.

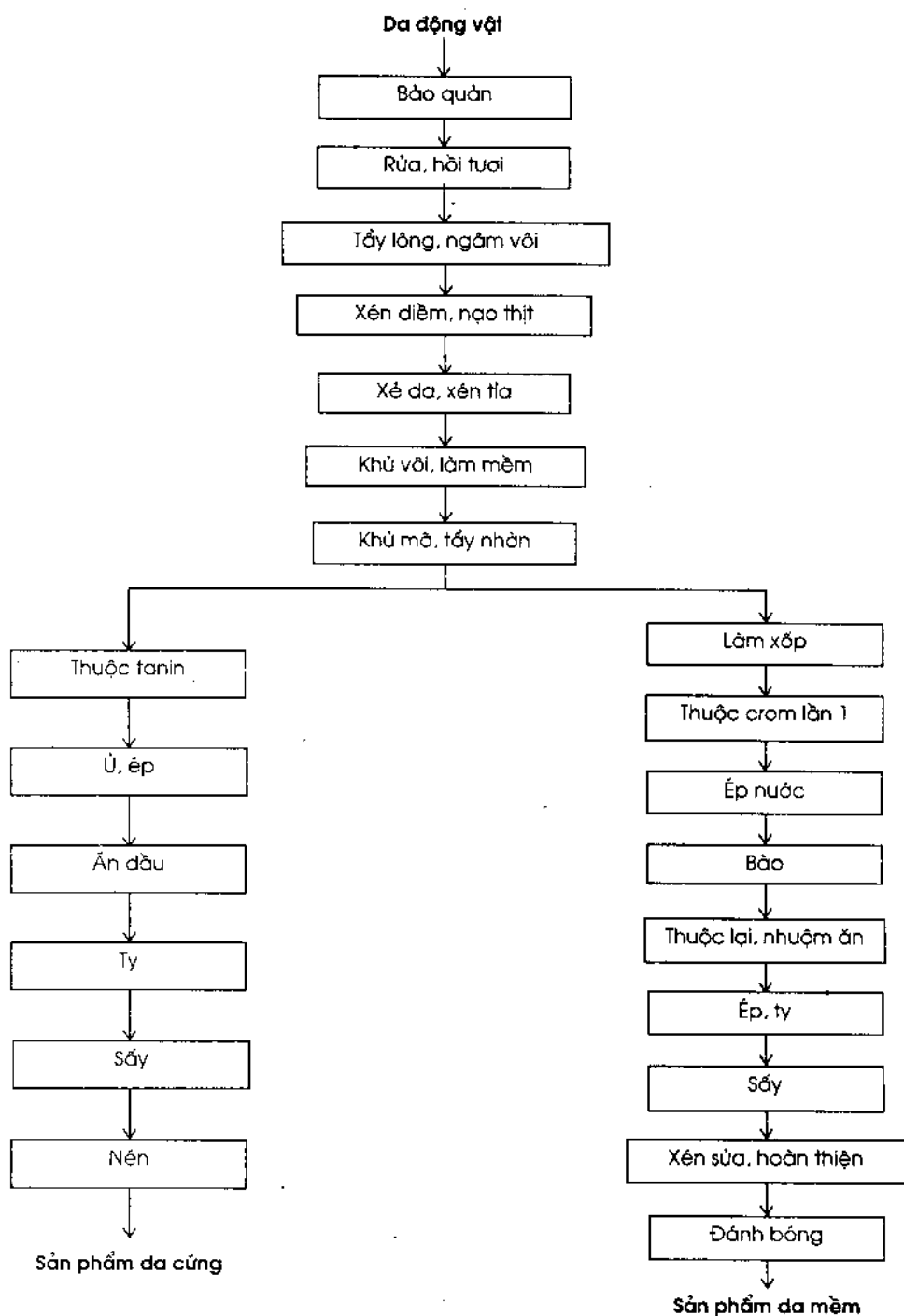


Hình 3.16. Cấu trúc của da động vật

Trong 4 lớp trên chỉ có lớp thứ 3 là lớp cật được sử dụng cho thuộc da. Các lớp khác được tách ra khỏi lớp cật bằng các quá trình cơ học, hóa học, đó là giai đoạn tiền xử lý da.

Lớp da cật được thuộc bằng các chất thuộc như tanin, crom để chuyển hóa da sống thành da thành phẩm có độ bền, không bị phân hủy trong điều kiện bình thường.

Công nghệ thuộc da được thể hiện trên hình 3.17.



Hình 3.17. Sơ đồ công nghệ thuộc da

Công nghệ thuộc da gồm các bước sau :

- Bảo quản bằng cách ướp muối hay sấy khô, thông thường dùng phương pháp ướp.
- Hồi tươi để lấy lại lượng nước đã mất trong quá trình bảo quản, thường sau hồi tươi lượng nước trong da chiếm từ 70 đến 80%.
- Ngâm vôi, tẩy lông dùng vôi và natrisunfit Na_2S với mục đích thủy phân các protein xung quanh chân lông làm cho chân lông lỏng ra, mềm đi và dễ tách ra khỏi da.
- Xén diêm, nạo thịt bằng phương pháp cơ học để tách phần lông còn lại, diêm và thịt bạc nhac, sau đó xẻ da và xén tỉa.
- Khử vôi, làm mềm da với mục đích tách lượng vôi dư còn lại trong da để tránh hiện tượng làm cứng da và cho da dễ xâm nhập hóa chất thuộc.
- Làm xốp là tạo môi trường pH thích hợp để các chất thuộc dễ khuếch tán vào da và liên kết với các phân tử collagen.
- Thuộc da là dùng hóa chất thuộc như tanin (tanin nhân tạo hay tanin tự nhiên) và hợp chất crom đưa vào da, cố định trong cấu trúc của collagen làm cho da không bị thối rữa và có những tính chất cần thiết phù hợp với mục tiêu sử dụng.

Thuộc crom đòi hỏi quá trình ngâm vôi lâu hơn và quá trình làm mềm da ngắn hơn là thuộc tanin. Hóa chất thuộc là các muối crom III như $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$, $\text{Cr}(\text{OH})\text{Cl}_2$. Nồng độ muối crom trong dung dịch thuộc thường là 8%, tương ứng $25 \div 26\% \text{Cr}_2\text{O}_3$.

Môi trường thuộc có pH = $2,5 \div 3$; thời gian thuộc 4 đến 24 h. Thuộc crom thường để sản xuất da mềm. Thuộc tanin thường để sản xuất da cứng. Tanin thảo mộc được tách chiết từ các nguồn thực vật như thông, tùng, sồi, ... Tanin nhân tạo hay syntan là phức chất của phenolsunphonicaxit formaldehit. Thời gian thuộc tanin thường kéo dài vài tuần (3 đến 6 tuần, có khi vài tháng) tùy theo yêu cầu chất lượng da.

Da sau khi thuộc được ủ để cố định chất thuộc vào da và ép để tách nước. Sau đó được làm mềm bằng dầu thực vật hay dầu động vật, ty để làm mất nếp nhăn, nén cho da phẳng và sấy cho da khô, tiếp theo da được đánh bóng và nhuộm bằng thuốc nhuộm để tạo màu theo yêu cầu sử dụng da.

3.5.2. Nguồn phát sinh nước thải, đặc tính nước thải của công nghệ thuộc da và tác động của chúng tới môi trường

Hầu hết các công đoạn trong công nghệ thuộc da là quá trình ướt, có nghĩa là có sử dụng nước (hình 3.18). Định mức tiêu thụ nước khoảng 30 đến 70 m^3 cho 1 tấn da nguyên liệu. Lượng nước thải thường xấp xỉ lượng nước tiêu thụ. Tải lượng, thành phần của các chất gây ô nhiễm nước phụ thuộc vào lượng hóa chất sử dụng và lượng chất được tách ra từ da.

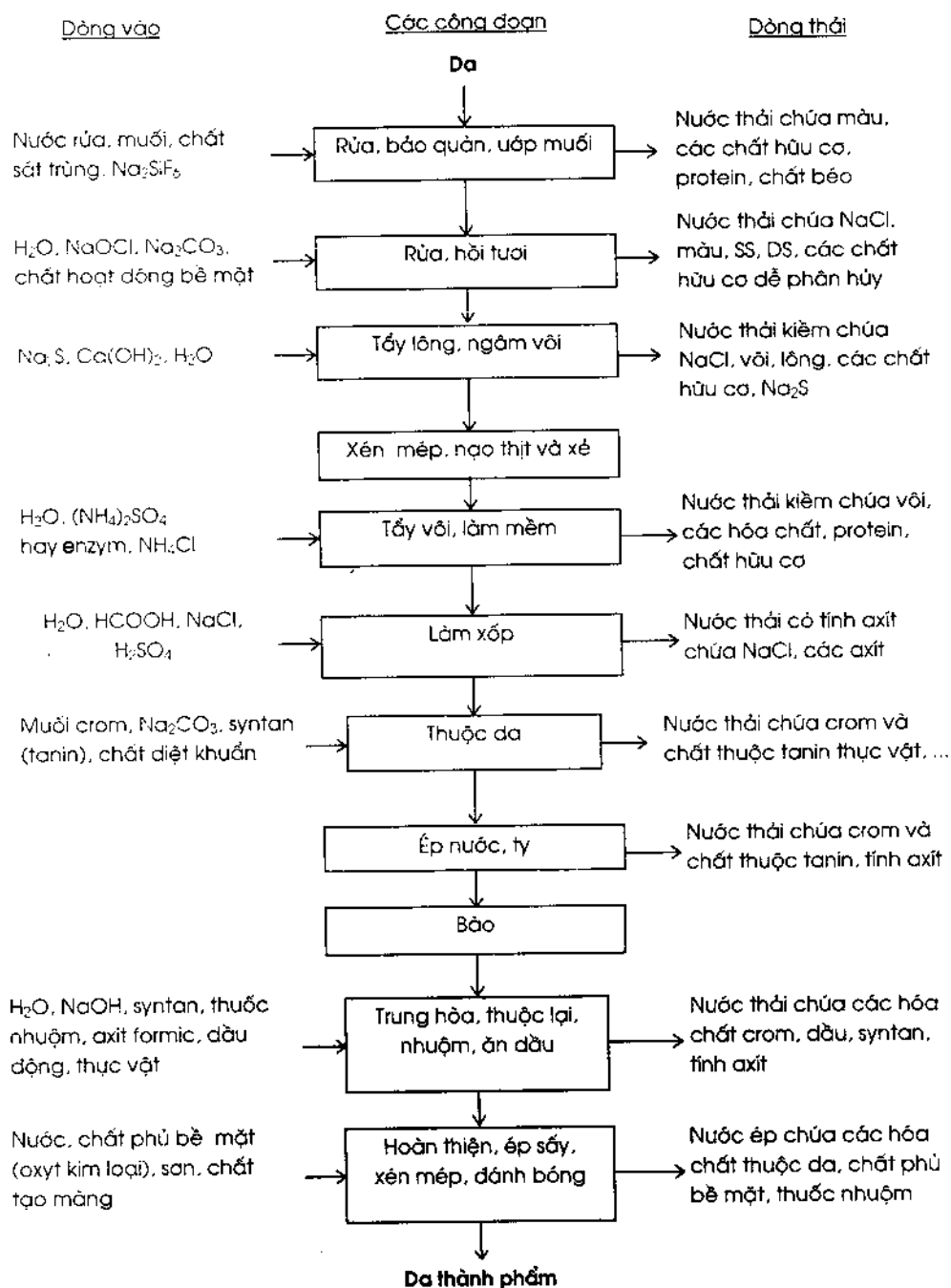
Định mức hóa chất và tiêu thụ nước trong công nghệ thuộc da được tóm tắt trong bảng 3.12.

Bảng 3.12. Định mức hóa chất sử dụng trong công nghệ thuộc da (9, 10)
(kg/100 kg da muối)

Hóa chất	Cho sản xuất da cứng	Cho sản xuất da mềm
NaCl	10 - 30	10 - 30
Na ₂ S	3,0	3,0
Ca(OH) ₂	4,5	4,5
Na ₂ CO ₃	5,0	5,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	2,0	2,0
HCl	0,3	0,3
NaHSO ₃	1,5	1,5
H ₂ SO ₄	4,0	4,0
Na ₂ SO ₃		2,0
Tanin	12,0	1,0
Crom Cr ₂ (SO ₄) ₃		10,0
Dầu thực vật		4,0
Syntan		3,0
Chất trợ nhuộm		3,8
Thuốc nhuộm		0,6
Chất hoàn thiện dung môi hữu cơ		4,0
Nước	30 - 35 m ³ /1 tấn da	30-60 m ³ /1 tấn da

Trong công đoạn bảo quản, muối ăn NaCl được sử dụng để ướp da sống, lượng muối sử dụng từ 100 đến 300 kg cho 1 tấn da sống. Khi thời tiết nóng ẩm có thể dùng muối Na₂SiF₆ để sát trùng. Nước thải của công đoạn này là nước rửa da trước khi ướp muối (nếu có), nước loại này chứa tạp chất bẩn, máu mỡ, phân động vật.

Trước khi đưa vào các công đoạn tiền xử lý, da muối được rửa để loại bỏ muối, các tạp chất bám vào da, sau đó ngâm trong nước từ 8 đến 12 h để hồi tươi da. Trong quá trình hồi tươi có thể bổ sung các chất tẩy NaOCl, Na₂CO₃ để tẩy mỡ và duy trì pH = 7,5 + 8,0 cho môi trường ngâm da. Nước thải của công đoạn hồi tươi có màu vàng lục chứa các protein tan như albumin, các chất bẩn bám vào da và có hàm lượng muối NaCl cao. Do có chứa lượng lớn các chất hữu cơ ở dạng tan và lơ lửng, độ pH thích hợp cho sự phát triển của vi khuẩn nên nước thải của công đoạn này rất nhanh bị thối rửa.



Hình 3.18. Sơ đồ công nghệ và các dòng nước thải trong sản xuất thuộc da

Nước thải của công đoạn ngâm vôi và khử lông mang tính kiềm cao do môi trường ngâm da trong vôi để khử lông có độ pH thích hợp từ 11 đến 12,5. Nếu pH < 11 lớp keratin trong biểu bì và collagen bị thủy phân, còn nếu pH > 13 da bị rộp, lông giòn sẽ khó tách chân lông. Nước thải của công đoạn này chứa muối NaCl, vôi, chất rắn lơ lửng do lông vụn và vôi, chất hữu cơ, sunfua S²⁻.

Công đoạn khử vôi và làm mềm da có sử dụng lượng nước lớn kết hợp với muối (NH₄)₂SO₄ hay NH₄Cl để tách lượng vôi còn bám trong da và làm mềm da bằng men tổng hợp hay men vi sinh. Các men này tác động đến cấu trúc da, tạo độ mềm mại của da. Nước thải của công đoạn này mang tính kiềm, có chứa hàm lượng các chất hữu cơ cao do protein của da tan vào nước và hàm lượng nitơ ở dạng amon hay amoniac.

Trong công đoạn làm xộp, các hóa chất sử dụng là axit như axit axetic, axit sunfuric và axit formic. Các axit này có tác dụng chấm dứt hoạt động của enzym, tạo môi trường pH = 2,8 ÷ 3,5 thích hợp cho quá trình khuếch tán chất thuốc vào trong da. Quá trình làm xộp thường gắn liền với công đoạn thuộc crom. Nước thải của công đoạn này mang tính axit cao.

Nước thải của công đoạn thuộc mang tính axit và có hàm lượng Cr³⁺ cao (khoảng 100 đến 200 mg/l) nếu thuộc crom và BOD₅ rất cao nếu như thuộc tanin (khoảng 6000 đến 2000 mg/l). Nước thải thuộc crom có màu xanh, còn nước thải thuộc tanin có màu tối, mùi khó chịu.

Nước thải của các công đoạn ép nước, nhuộm, trung hòa, ăn dầu, hoàn thiện thường là nhỏ và gián đoạn. Nước thải chứa các chất thuốc, thuốc nhuộm và lượng dầu mỡ dư.

Nước thải của cơ sở thuộc da nói chung có độ màu, chứa hàm lượng rắn TS, chất rắn lơ lửng SS, hàm lượng ô nhiễm các chất hữu cơ BOD cao. Các dòng thải mang tính kiềm là nước thải của công đoạn hồi tươi, ngâm vôi, khử lông. Nước thải của các công đoạn làm xộp, thuộc mang tính axit. Ngoài ra nước thải thuộc da còn chứa sunfua, crom và dầu mỡ. Đặc tính nước thải thuộc da của từng công đoạn và của dòng thải chung có thể tham khảo trong bảng 3.13.

Bảng 3.13. Đặc tính nước thải thuộc da (9, 10)

Công đoạn	Lượng nước thải m ³ /tấn da muối	pH	TS, mg/l	SS, mg/l	BOD ₅ , mg/l
Hồi tươi	2,5 - 4,0	7,5 - 8,0	8000 - 28000	2500 - 4000	1100 - 2500
Ngâm vôi	6,5 - 10	10,0 - 12,5	16000 - 45000	4500 - 6500	6000 - 9000
Khử vôi	7,0 - 8,0	3,0 - 9,0	1200 - 12000	200 - 1200	1000 - 2000
Thuộc tanin	2,0 - 4,0	5,0 - 6,8	8000 - 50000	5000 - 20000	6000 - 12000
Làm xộp	2,0 - 3,0	2,9 - 4,0	16000 - 45000	600 - 6000	600 - 2200
Thuộc crom	4,0 - 5,0	2,6 - 3,2	2400 - 12000	300 - 1000	800 - 1200
Dòng tổng	30 - 35	7,5 - 10	10000 - 25000	1200 - 6000	2000 - 3000

Ngoài ra trong dòng nước thải chung còn chứa sunfua, crom và dầu mỡ với hàm lượng sunfua : $120 \div 170$ mg/l; Cr^{3+} : $70 \div 100$ mg/l; dầu mỡ : $100 \div 500$ mg/l.

So sánh đặc tính nước thải công nghệ thuộc da với nước thải đô thị và nước tự nhiên được chỉ ra trong bảng 3.14.

Bảng 3.14. So sánh đặc tính nước thải thuộc da với nước thải đô thị, nước tự nhiên và hiệu quả xử lý cần thiết

Các thông số	Nước thải thuộc da	Nước thải đô thị	Hiệu quả xử lý cần thiết, %	Nước tự nhiên	Hiệu quả xử lý cần thiết, %
Nhiệt độ, °C	20 - 60	< 40	-	< 30	-
pH	3 - 12	6 - 10		6.5 - 9.0	
Chất rắn lơ lửng SS, mg/l	1250 - 6000	300 - 1000	76 - 83	20 - 60	99
BOD ₅ , mg/l	2000 - 3000	350 - 1000	67 - 83	20 - 40	99
COD, mg/l	2500 - 3000	1000 - 2000	33 - 60	60 - 250	92 - 98
S ²⁻ , mg/l	120 - 170	1 - 5	97 - 99	1 - 2	99
Cr ³⁺ , mg/l	70 - 100	2 - 5	95 - 97	1 - 4	98
Dầu mỡ, mg/l	100 - 500	50 - 100	50 - 80	5 - 20	96

Tác động của nước thải thuộc da tới môi trường

Nước thải thuộc da nếu không được xử lý sẽ gây tác động lớn tới nguồn tiếp nhận. Nước chứa hàm lượng chất hữu cơ cao làm giảm hàm lượng oxy hòa tan trong nước, gián tiếp ảnh hưởng tới đời sống của các loài thủy sinh sống trong nước. Nước thải chứa hàm lượng chất rắn lơ lửng dạng vô cơ và hữu cơ cao gồm các thành phần vôi, lông, thịt làm dòng tiếp nhận bị vẩn đục và sa lắng ảnh hưởng đến các loài động vật sống như cá, các loài phù du đang tồn tại ở dòng sông. Các muối vô cơ tan làm tăng độ mặn của nước, tăng áp suất thẩm thấu và độ cứng của nước. Màu tối của nước thải làm cho nguồn tiếp nhận có màu, làm giảm quá trình quang hợp của các loại rong tảo. Nước thải chứa crom dư ở dạng Cr^{3+} thường ít độc so với Cr^{6+} (độ độc của Cr^{3+} bằng 1/100 độ độc của Cr^{6+}). Tuy nhiên Cr^{3+} có thể gây dị ứng ngoài da, làm xơ cứng động mạch. Sự có mặt của crom trong nước thải sẽ làm giảm hoạt động phân hủy chất hữu cơ của vi sinh vật. Nước chứa sunfua gây mùi, vị khó chịu và ngộ độc cho cá.

Nếu nước thải thuộc da ngấm vào đất sẽ làm đất trở nên cần cỗi, kém màu mỡ do trong nước có chứa hàm lượng muối NaCl cao, mặt khác có ảnh hưởng xấu đến chất lượng nước ngầm.

3.5.3. Các phương pháp giảm thiểu ô nhiễm và xử lý nước thải ngành thuộc da

Nước thải của công nghiệp thuộc da là loại nước thải công nghiệp chứa nhiều chất ô nhiễm nguồn nước, đó là:

- Các chất hữu cơ bao gồm protein tan, lỏng, thịt, mỡ tách ra từ thành phần cấu trúc của da.
- Các hóa chất sử dụng trong tiền xử lý da, thuộc da và hoàn thiện da.

Để giảm chi phí cho quá trình xử lý nước thải và tiến hành xử lý đạt hiệu quả cao, cần thực hiện các biện pháp giảm ô nhiễm tại nguồn. Đối với công nghệ thuộc da có thể sử dụng các biện pháp sau:

- Nước rửa thiết bị có thể tuần hoàn sử dụng cho công đoạn rửa da, hồi tươi.
- Nước ngâm vôi có thể tuần hoàn sử dụng cho công đoạn hồi tươi hay ngâm vôi. Những loại nước tuần hoàn này cần qua hệ thống lưới chắn và lắng cặn để loại cặn bẩn và lông vụn.

Nếu sử dụng lại nước ngâm vôi thì những lần sau cần bổ sung thêm vôi và natri sunfit Na_2S . Nhiều tài liệu [9, 10] đã chỉ ra kinh nghiệm rằng dung dịch vôi có thể tuần hoàn nhiều lần (10 đến 20 lần) và qua đó có thể tiết kiệm được 26% Na_2S và 40% vôi cũng như 50% nước.

Tuần hoàn sử dụng lại crom : Khả năng thu hồi crom từ dung dịch thuộc crom có thể bằng nhiều cách khác nhau. Tận dụng dịch thuộc của mẻ trước cho mẻ sau có bổ sung thêm hóa chất và chất thuộc. Phương án thứ 2 là bổ sung các chất có tính kiềm như Na_2CO_3 , NaOH , MgO , v.v... vào dịch thuộc dư để tạo kết tủa $\text{Cr}(\text{OH})_3$, sau đó qua lắng gạn và thu được cặn $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Cặn này được bổ sung vào bể ở cuối giai đoạn làm xốp. Các axit trong dung dịch làm xốp sẽ hòa tan hydroxyt crom. Như vậy sẽ làm giảm lượng crom cần thiết cho công đoạn thuộc. Phương án thứ 3 là dịch thuộc crom dư cùng với nước rửa được bổ sung các chất kiềm để tạo kết tủa và lắng cặn, sau đó bùn lắng đem lọc ép. Bã lọc được hòa tan trong axit sunfuric H_2SO_4 ở nhiệt độ sôi và tạo thành muối Cr^{3+} . Muối này được sử dụng như chất thuộc mới cho công đoạn thuộc. Cần chú ý rằng trong các phương pháp thu hồi, tận dụng lại chất thuộc ở trên thì nước gạn lắng hay nước lọc là loại nước thải có tính kiềm yếu.

Do đặc tính nước thải của công nghệ thuộc da là hợp bởi các dòng thải có tính chất khác nhau (dòng mang tính axit, dòng mang tính kiềm) nên các chất ô nhiễm trong dòng thải có thể phản ứng với nhau, do đó khi lấy mẫu, đo đặc phân tích dòng thải tổng cần phải có nhận xét, phán đoán để tránh có những số liệu sai.

Để quá trình xử lý sinh học đạt hiệu quả cao, cần phân luồng dòng thải chứa Cr^{3+} (dạng tan) và sunfua S^{2-} để tiến hành xử lý cục bộ những dòng thải này.

a. Khử sunfua S^{2-}

Phương pháp khử sunfua S^{2-} đơn giản nhất là phương pháp oxy hóa. Các chất oxy hóa thường được sử dụng là H_2O_2 , $NaOCl$, v.v... Nhưng thông dụng là dùng O_2 của không khí và có muối mangan II làm xúc tác (như $MnSO_4$). Phản ứng xảy ra như sau :



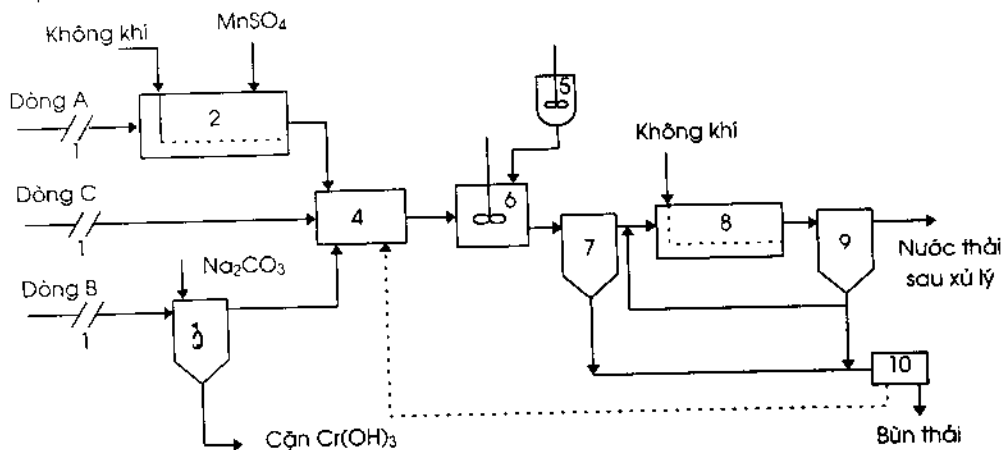
Thời gian thổi khí (hay thời gian phản ứng) để khử sunfua thường từ 4 đến 6 giờ.

b. Khử crom

Phương pháp khử Cr^{3+} thường được dùng trong xử lý nước thải thuộc da là phương pháp kết tủa. Hóa chất dùng là Na_2CO_3 hay MgO , mục đích làm tăng độ pH lên tới 9 để xảy ra phản ứng kết tủa:



Người ra cũng có thể dùng sữa vôi hay vôi làm chất trợ kết tủa, như vậy trong cặn ngoài $Cr(OH)_3$ còn chứa cặn vôi. Với mục đích sử dụng lại $Cr(OH)_3$ thì nên dùng kiềm natri hoặc soda.



Hình 3.19. Sơ đồ nguyên lý hệ thống xử lý nước thải công nghiệp thuộc da

Dòng A: dòng thải chứa sunfua; Dòng B: dòng thải chứa crom III ; Dòng C: Các dòng thải khác
 1. Sàng chắn, lưới lọc; 2. Thiết bị oxy hóa; 3. Thiết bị kết tủa $Cr(OH)_3$; 4. Thiết bị điều hòa;
 5. Thiết bị pha hóa chất; 6. Thiết bị đồng keo tụ; 7, 9. Thiết bị lắng; 8. Thiết bị bùn hoạt hóa;
 10. Hệ thống xử lý bùn thải

Sau khi xử lý cục bộ các dòng thải này, nước thải tiếp tục được đưa vào hệ thống xử lý tập trung tại xí nghiệp hay ở trạm xử lý tập trung của thành phố với mục đích khử các chất ô nhiễm ở dạng lơ lửng và các chất hữu cơ.

Nguyên lý hệ thống xử lý nước thải ngành thuộc da được miêu tả trên hình 3.19.

Hệ thống bao gồm song chắn rác để tách các tạp chất thô như lông, bạc nhạc, v.v... Dòng thải chứa Cr^{3+} và sunfua S^{2-} sau khi xử lý cục bộ được đưa vào thiết bị điều hòa cùng các dòng thải khác. Sau đó được qua bể tạo bông keo tụ và xử lý sinh học. Bùn lắng của hệ thống được xử lý bằng phương pháp tách nước, lọc ép rồi đem chôn lấp cùng rác thải sinh hoạt.

3.6. NƯỚC THẢI CỦA CÔNG NGHIỆP DỆT NHUỘM (6, 8, 12, 13, 14, 15, 16)

Ngành dệt nhuộm là một trong những ngành quan trọng và có từ lâu đời vì nó gắn liền với nhu cầu cơ bản của loài người là may mặc. Sản lượng dệt thế giới ngày càng tăng cùng với gia tăng về chất lượng sản phẩm, đa dạng về mẫu mã, màu sắc của sản phẩm. Chẳng hạn như Ấn Độ, hàng năm sản xuất khoảng 4000 triệu mét vải với lực lượng lao động của ngành xấp xỉ 95 vạn người trong 670 xí nghiệp. Ở Việt Nam, ngành công nghiệp dệt may đang trở thành một trong những ngành mũi nhọn trong các ngành công nghiệp. Năm 1996, toàn ngành có 210 xí nghiệp với sản lượng 450 triệu mét vải/năm và trong tương lai đến năm 2000 sẽ sản xuất 2000 triệu mét vải.

3.6.1. Công nghệ sản xuất và nguồn phát sinh nước thải

Ngành dệt là ngành công nghiệp có dây chuyền công nghệ phức tạp, áp dụng nhiều loại hình công nghệ khác nhau. Đồng thời trong quá trình sản xuất sử dụng các nguồn nguyên liệu, hóa chất khác nhau và cũng sản xuất ra nhiều mặt hàng có mẫu mã, màu sắc, chủng loại khác nhau.

Nguyên liệu chủ yếu là xơ bông, xơ nhân tạo để sản xuất các loại vải cotton và vải pha. Ngoài ra còn sử dụng các nguyên liệu như lông thú, da gai, tơ tằm để sản xuất các mặt hàng tương ứng.

Thông thường công nghệ dệt - nhuộm gồm ba quá trình cơ bản : kéo sợi, dệt vải và xử lý (nấu tẩy), nhuộm và hoàn thiện vải. Trong đó được chia thành các công đoạn sau :

Làm sạch nguyên liệu: Nguyên liệu thường được đóng dưới dạng các kiện bông thô chứa các sợi bông có kích thước khác nhau cùng với các tạp chất tự nhiên như bụi, đất, hạt, cỏ rác, ... Nguyên liệu bông thô được đánh tung, làm sạch và trộn đều. Sau quá trình làm sạch bông thu dưới dạng các tấm bông phẳng đều.

Chải: Các sợi bông được chải song song và tạo thành các sợi thô.

Kéo sợi, đánh ống, mắc sợi: Tiếp tục kéo sợi thô tại các máy sợi con để giảm kích thước sợi, tăng độ bền và quấn sợi vào các ống sợi thích hợp cho việc dệt vải. Sợi con trong các ống nhỏ được đánh ống thành các quả to để chuẩn bị dệt vải. Tiếp tục mắc sợi là đồn các quả ống để chuẩn bị cho công đoạn hồ sợi.

Hồ sợi dọc: Hồ sợi bằng hồ tinh bột và tinh bột biến tính để tạo màng hồ bao quanh sợi, tăng độ bền, độ trơn và độ bóng của sợi để có thể tiến hành dệt vải. Ngoài ra còn dùng các loại hồ nhân tạo như polyvinylalcol PVA, polyacrylat, v.v...

Dệt vải: Kết hợp sợi ngang với sợi dọc đã mắc để hình thành tấm vải mộc.

Giũ hồ: Tách các thành phần của hồ bám trên vải mộc bằng phương pháp enzym (1% enzym, muối và các chất ngấm) hoặc axit (dung dịch axit sunfuric 0,5%). Vải sau khi giũ hồ được giặt bằng nước, xà phòng, xút, chất ngấm rồi đưa sang nấu tẩy.

Nấu vải: Loại trừ phần hồ còn lại và các tạp chất thiên nhiên của xơ sợi như dầu mỡ, sáp,... Sau khi nấu vải có độ mao dẫn và khả năng thấm ướt cao, hấp thụ hóa chất, thuốc nhuộm cao hơn, vải mềm mại và đẹp hơn. Vải được nấu trong dung dịch kiềm và các chất tẩy giặt ở áp suất cao ($2 \div 3$ at) và ở nhiệt độ cao ($120 \div 130^{\circ}\text{C}$). Sau đó vải được giặt nhiều lần.

Làm bóng vải: Mục đích làm cho sợi cotton trương nở, làm tăng kích thước các mao quản giữa các mạch phân tử làm cho xơ sợi trở nên xốp hơn, dễ thấm nước, sợi bóng hơn, tăng khả năng bắt màu thuốc nhuộm. Làm bóng vải bông thường bằng dung dịch kiềm NaOH có nồng độ từ 280 đến 300 g/l, ở nhiệt độ thấp $10 \div 20^{\circ}\text{C}$. Sau đó vải được giặt nhiều lần. Đối với vải nhân tạo không cần làm bóng.

Tẩy trắng: Mục đích tẩy màu tự nhiên của vải, làm sạch các vết bẩn, làm cho vải có độ trắng đúng yêu cầu chất lượng. Các chất tẩy thường dùng là natri clorit NaClO_2 , natri hypoclorit NaOCl , hoặc hydro peroxyte H_2O_2 cùng với các chất phụ trợ. Trong đó đối với vải bông có thể dùng các loại chất tẩy H_2O_2 , NaClO_2 hay NaOCl và tác dụng tẩy tốt.

Đối với vải tổng hợp như viskose, axetat, polyeste, polyacrylonitril thì natriclorit NaClO_2 có tác dụng tẩy tốt hơn và chỉ dùng H_2O_2 hay NaOCl khi cần thiết vì tác dụng của nó đối với các loại vải tổng hợp yếu.

Riêng đối với những mặt hàng len, tơ lụa và các loại vải có nguồn gốc từ thực vật thì sử dụng H_2O_2 là hiệu quả nhất và tránh dùng NaOCl .

H_2O_2 ở dạng không phân ly sẽ có tác dụng tẩy tốt nhất trong môi trường kiềm tính.

NaClO có tác dụng tẩy tốt ở điều kiện $\text{pH} = 9 \div 11,5$ và NaClO_2 có tác dụng tẩy trong môi trường axit $\text{pH} = 3,5 \div 4$.

Tẩy vải bằng H_2O_2 sẽ giảm được ô nhiễm môi trường nước. Còn dùng các chất tẩy là hợp chất chứa clo sẽ làm tăng hàm lượng AOX (hợp chất halogen hữu cơ dễ hấp phụ) của nước thải và thực chất đó là những hợp chất clo hữu cơ sinh ra từ các phản ứng phụ trong quá trình tẩy. Các chất này có khả năng gây ung thư (như triclometan).

Nhuộm vải và hoàn thiện: Mục đích tạo màu sắc khác nhau của vải. Để nhuộm vải người ta thường sử dụng chủ yếu các loại thuốc nhuộm tổng hợp cùng với các hóa chất trợ

nhuộm để tạo sự gắn màu của vải. Phần thuốc nhuộm dư không gắn vào vải, đi vào nước thải phụ thuộc vào nhiều yếu tố như công nghệ nhuộm, loại vải cần nhuộm, độ màu yêu cầu, ...

Thuốc nhuộm trong dịch nhuộm có thể ở dạng tan hay dạng phân tán. Quá trình nhuộm xảy ra theo 4 bước :

- di chuyển các phân tử thuốc nhuộm đến bề mặt sợi;
- gắn màu vào bề mặt sợi;
- khuếch tán màu vào trong sợi, quá trình xảy ra chậm hơn so với quá trình trên;
- cố định màu vào sợi.

Phạm vi sử dụng các loại thuốc nhuộm cho các loại sợi khác nhau được thể hiện trong bảng 3.15.

Bảng 3.15. Phạm vi sử dụng các loại thuốc nhuộm trong công nghiệp dệt

Loại sợi Thuốc nhuộm	Sợi bông	Sợi từ xelulo thực vật	Len	Tơ lụa	Polyeste	Polyamit	Polyacrylonitril
Trực tiếp	x	x		x			
Hoàn nguyên	x	x					
Hoàn nguyên (Indigozol)	x						
Lưu huỳnh	x	x					
Hoạt tính	x	x	x				
Naphthol	x						
Phân tán					x	x	
Pigment	x						
Axit			x	x		x	
Phức kim loại			x			x	
Cation (kiềm)							x
Crom			x				

Độ gắn màu của các loại thuốc nhuộm vào sợi rất khác nhau. Tỷ lệ màu gắn vào sợi nằm trong khoảng 50 đến 98%. Phần còn lại sẽ đi vào nước thải. Tỷ lệ màu không gắn vào sợi được tóm tắt trong bảng 3.16.

Bảng 3.16. Phần màu không gắn vào sợi (6).

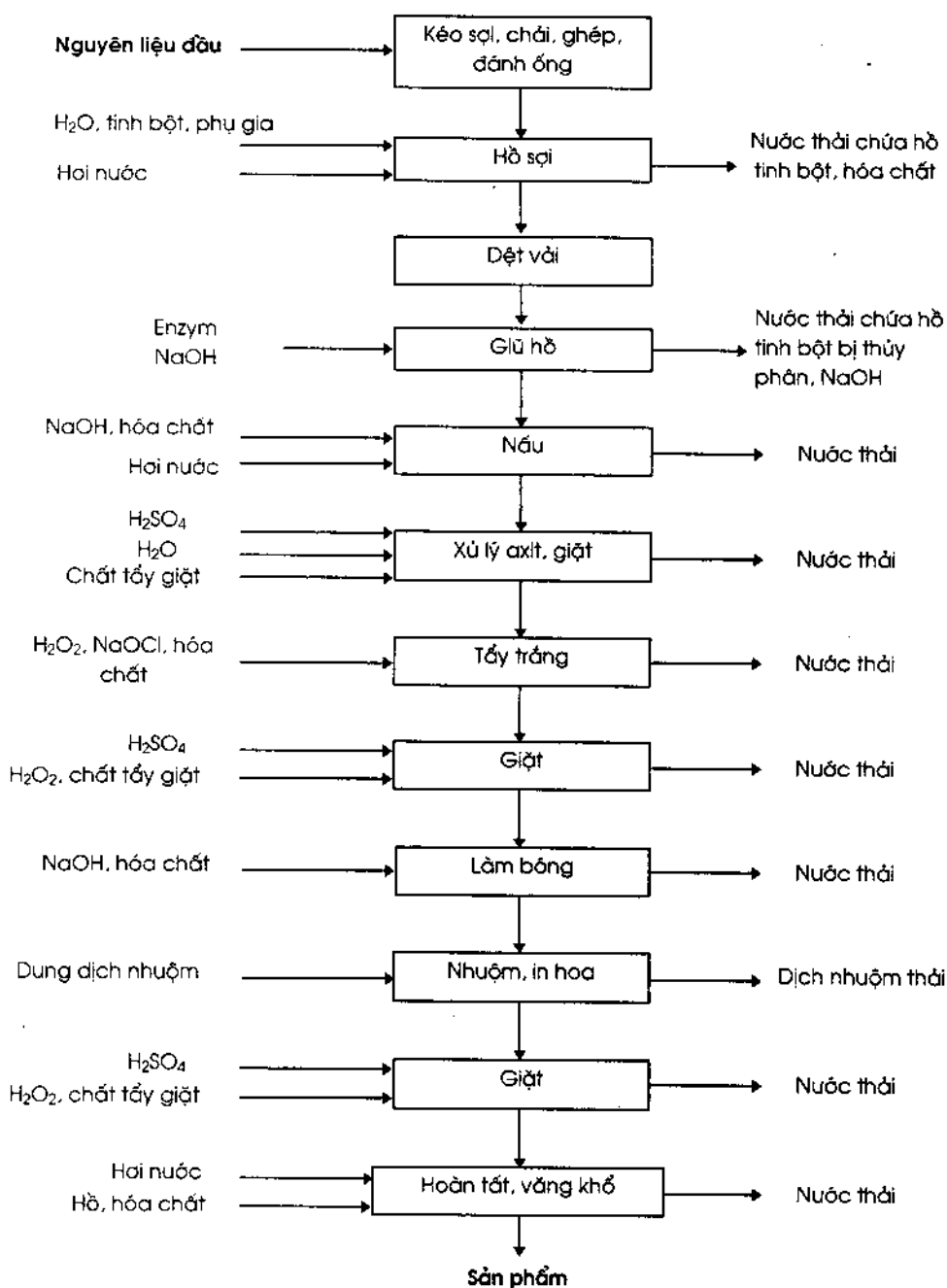
Thuốc nhuộm	Phần màu không gắn vào sợi, %
Trực tiếp	5 - 30
Hoàn nguyên	5 - 20
Hoàn nguyên (Indigozol)	5 - 15
Lưu huỳnh	30 - 40
Hoạt tính	5 - 50
Naphthol	5 - 10
Phân tán	8 - 20
Pigment	1
Axit	7 - 20
Phức kim loại	2 - 5
Cation (kiềm)	2 - 3
Crom	1 - 2

Để tăng hiệu quả quá trình nhuộm, các hóa chất được sử dụng như các loại axit H_2SO_4 , CH_3COOH , các muối sunfat natri, muối amon, các chất cầm màu như syntephix, tinofix.

In hoa là tạo ra các vân hoa có một hoặc nhiều màu trên nền vải trắng hoặc vải màu. Hồ in là một hỗn hợp gồm các loại thuốc nhuộm ở dạng hòa tan hay pigment dung môi. Các lớp thuốc nhuộm dùng cho in như pigment, hoạt tính, hoàn nguyên, azo không tan và indigozol. Hồ in có nhiều loại như hồ tinh bột, dextrin, hồ alginat natri, hồ nhũ tương hay hồ nhũ hóa tổng hợp. Sau nhuộm và in, vải được giặt nóng, giặt lạnh nhiều lần. Phần thuốc nhuộm không gắn vào vải và các hóa chất sẽ đi vào nước thải. Vang khô, hoàn tất vải với mục đích ổn định kích thước vải, chống nhăn và ổn định nhiệt, trong đó sử dụng một số hóa chất chống màu, chất làm mềm và hóa chất như metyllic, axit axetic, formaldehit.

Sơ đồ nguyên lý công nghệ dệt nhuộm hàng sợi bông và các dòng nước thải được thể hiện trên hình 3.20.

Nguồn nước thải phát sinh trong công nghệ dệt nhuộm là từ các công đoạn hồ sợi, giũ hồ, nấu, tẩy, nhuộm và hoàn tất, trong đó lượng nước thải chủ yếu do quá trình giặt sau mỗi công đoạn. Nhu cầu sử dụng nước trong nhà máy dệt nhuộm rất lớn và thay đổi theo các mặt hàng khác nhau. Nhu cầu sử dụng nước cho 1 mét vải nằm trong phạm vi từ 12 đến 65 lít và thải ra từ 10 đến 40 lít. Nhìn chung sự phân phối nước trong nhà máy dệt như sau:



Hình 3.20. Sơ đồ nguyên lý công nghệ dệt-nhuộm hàng sợi bông và các nguồn nước thải

1. Sản xuất hơi :	53%
2. Nước làm lạnh thiết bị :	6,4%
3. Nước làm mát và xử lý bụi trong xí nghiệp sợi, dệt :	7,8%
4. Nước cho các quá trình chính trong xí nghiệp dệt - nhuộm :	72,3%
5. Nước vệ sinh :	7,6%
6. Nước cho việc chống cháy và các vấn đề khác :	0,6%
Tổng :	100%

Theo H. Rüffer [6], lượng nước thải tính cho 1 đơn vị sản phẩm của một số mặt hàng như sau:

- Hàng len nhuộm, dệt thoi (bao gồm xử lý sơ bộ và nhuộm) là 100 đến 250 m³/1 tấn vải.
- Hàng vải bông, nhuộm, dệt thoi là 80 đến 240 m³/1 tấn vải, bao gồm:

Hồ sợi :	0,02 m ³ /1 tấn
Nấu, giữ hồ, tẩy :	30 đến 120 m ³ /1 tấn
Nhuộm:	50 đến 120 m ³ /1 tấn

- Hàng vải bông nhuộm, dệt kim là 70 đến 180 m³/1 tấn vải
- Hàng vải bông in hoa, dệt thoi là 65 đến 280 m³/1 tấn vải, bao gồm:

Hồ sợi :	0,02 m ³ /1 tấn
Giữ hồ, nấu, tẩy:	30 đến 120 m ³ /1 tấn
In, sấy :	5 đến 20 m ³ /1 tấn
Giặt:	30 đến 140 m ³ /1 tấn

Chăn len màu từ sợi polyacrylonitril là 40 đến 140 m³/1 tấn, bao gồm:

- nhuộm sợi : 30 đến 80 m³/1 tấn
- giặt sau dệt : 10 đến 70 m³/1 tấn

Vải trắng từ polyacrylonitril là 20 đến 60 m³/1 tấn (cho tẩy giặt).

3.6.2. Các nguồn gây ô nhiễm, đặc tính nước thải ngành dệt nhuộm và các tác động tới môi trường

Các chất gây ô nhiễm chính trong nước thải của công nghiệp dệt nhuộm bao gồm:

- Các tạp chất tách ra từ vải sợi như dầu mỡ, các hợp chất chứa nitơ, pectin, các chất bụi bẩn dính vào sợi (trung bình chiếm 6% khối lượng xơ sợi).

- Các hóa chất sử dụng trong quy trình công nghệ như hồ tinh bột, H₂SO₄, CH₃COOH, NaOH, NaOCl, H₂O₂, Na₂CO₃, Na₂SO₃, ... các loại thuốc nhuộm, các chất trợ, chất ngấm, chất cầm màu, chất tẩy giặt. Lượng hóa chất sử dụng đối với từng loại vải, từng loại màu thường khác nhau và chủ yếu đi vào nước thải của từng công đoạn tương ứng.

Đặc trưng quan trọng nhất của nước thải từ các cơ sở dệt - nhuộm là sự dao động rất lớn cả về lưu lượng và tải lượng các chất ô nhiễm, nó thay đổi theo mùa, theo mật hàng sản xuất và chất lượng của sản phẩm. Nhìn chung nước thải từ các cơ sở dệt - nhuộm có độ kiềm khá cao, có độ màu và hàm lượng các chất hữu cơ, tổng chất rắn cao. Đặc tính nước thải và các chất gây ô nhiễm trong nước thải ngành dệt - nhuộm được thể hiện trong bảng 3.17.

Bảng 3.17. Các chất gây ô nhiễm và đặc tính của nước thải ngành dệt - nhuộm

Công đoạn	Chất ô nhiễm trong nước thải	Đặc tính của nước thải
Hồ sợi, giữ hồ	Tinh bột, glucose, carboxy methyl xelulo, polyvinyl alcol, nhựa, chất béo và sáp	BOD cao (34 đến 50% tổng sản lượng BOD)
Nâu tẩy	NaOH, chất sáp và dầu mỡ, tro, soda, silicat natri và xơ sợi vụn	Độ kiềm cao, màu tối, BOD cao (30% tổng BOD)
Tẩy trắng	Hypoclorit, hợp chất chứa clo, NaOH, AOX, axit, ...	Độ kiềm cao, chiếm 5% BOD
Làm bóng	NaOH, tạp chất	Độ kiềm cao, BOD thấp (dưới 1% tổng BOD)
Nhuộm	Các loại thuốc nhuộm, axit axetic và các muối kim loại	Độ màu rất cao, BOD khá cao (6% tổng BOD), TS cao
In	Chất màu, tinh bột, dầu, đất sét, muối kim loại, axit, ...	Độ màu cao, BOD cao và dầu mỡ
Hoàn thiện	Vết tinh bột, mỡ động vật, muối	Kiểm nhẹ, BOD thấp, lượng nhỏ

Bảng 3.18. Đặc tính nước thải sản xuất của xí nghiệp dệt - nhuộm hàng bông dệt kim (6)

Các thông số	Đơn vị	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị trung bình	Giá trị cực đại
pH	-	8,5	-	10,3
Nhiệt độ	°C	25	27	38
COD	mg O ₂ /l	420	650	1400
BOD ₅	mg O ₂ /l	80	180	500
TOC	mg/l	100	202	350
Tổng photpho	mg/l	26	50	80
SO ₄ ²⁻	mg/l	750	810	1050
S ²⁻	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,18
Cl ⁻	mg/l	400	800	1650
AOX	mg/l	0,5	0,8	1,2
Crom	mg/l	< 0,01	0,015	0,034
Nikel	mg/l	< 0,1	< 0,1	0,4

Chú ý: Mẫu hỗn hợp 2 giờ 1 lần.

Hàm lượng các chất gây ô nhiễm trong nước thải của từng loại hình công nghệ và từng loại sản phẩm thường khác nhau và thay đổi từ cơ sở này sang cơ sở khác, cũng như thay đổi lớn trong ngày tại một cơ sở sản xuất. Các giá trị này phải được đo và lấy mẫu phân tích cho từng cơ sở cũng như ở các thời điểm khác nhau đối với một cơ sở. Thí dụ về đặc tính nước thải của một xí nghiệp dệt nhuộm mặt hàng bông dệt kim với lượng nước thải 70 - 180 m³/l tấn sản phẩm như ở bảng 3.18.

Khảo sát một số xí nghiệp dệt nhuộm hàng bông ở Ấn Độ cho thấy các kết quả về lượng nước thải và đặc tính nước thải khác nhau (bảng 3.19).

Nghiên cứu tại một số xí nghiệp dệt nhuộm ở Việt Nam chỉ ra kết quả trong bảng 3.20.

Bảng 3.19. Đặc tính nước thải của một số xí nghiệp dệt nhuộm ở Ấn Độ (14)
(Mẫu hỗn hợp các dòng thải mới)

Xí nghiệp Các thông số	Đơn vị	1	2	3
Nước thải	m ³ /tấn vải	240	210	135
pH	-	6,7 - 6,8	7,2	9,1
Độ kiềm	mg/l	796	500	975
TS	mg/l	2180	3600	2750
BOD ₅	mg/l	218	296	260
COD	mg/l	592	800	415
Cl	mg/l	488	1390	735
SO ₄ ²⁻	mg/l	284	320	735

Bảng 3.20. Đặc tính nước thải của một số xí nghiệp dệt nhuộm ở Việt Nam (16)
(Mẫu hỗn hợp các dòng thải)

Xí nghiệp Các thông số	Đơn vị	1	2	3	4	5
Đặc tính sản phẩm		Hàng bông dệt thời	Hàng pha dệt kim	Hàng pha dệt kim	Dệt len	Sợi
Nước thải	m ³ /l tấn vải	394	264	280	114	236
pH	-	8 - 11	9 - 10	9 - 10	9	9 - 11
TS	mg/l	400 - 1000	950 - 1380	800 - 1100	420	800 - 1300
BOD ₅	mg/l	70 - 135	90 - 220	120 - 400	120 - 130	90 - 130
COD	mg/l	150 - 380	230 - 500	570 - 1200	400 - 450	210 - 230
Độ màu	Pt - Co	350 - 600	250 - 500	1000 - 1600	260 - 300	

Thành phần nước thải công nghiệp dệt rất đa dạng, bao gồm các chất ô nhiễm dạng hữu cơ (thuốc nhuộm, tinh bột, tạp chất) và dạng vô cơ (các muối trung tính, các chất trợ nhuộm), v.v...

Ảnh hưởng của các chất gây ô nhiễm trong nước thải ngành dệt nhuộm tới nguồn tiếp nhận có thể tóm tắt như sau:

- Độ kiềm cao làm tăng độ pH của nước. Nếu $\text{pH} > 9$ sẽ gây độc hại với các loài thủy sinh, gây ăn mòn các công trình thoát nước và hệ thống xử lý nước thải.
- Muối trung tính làm tăng hàm lượng tổng chất rắn TS. Lượng thải lớn gây tác hại đối với các loài thủy sinh do làm tăng áp suất thẩm thấu, ảnh hưởng tới quá trình trao đổi chất của tế bào.
- Hồ tinh bột biến tính làm tăng BOD, COD của nguồn nước, gây tác hại đối với đời sống thủy sinh do làm giảm oxy hòa tan trong nguồn nước.
- Độ màu cao do lượng thuốc nhuộm dư đi vào nước thải gây màu cho dòng tiếp nhận, ảnh hưởng tới quá trình quang hợp của các loài thủy sinh, ảnh hưởng xấu tới cảnh quan. Các chất độc như sunfit, kim loại nặng, hợp chất halogen hữu cơ (AOX) có khả năng tích tụ trong cơ thể sinh vật với hàm lượng tăng dần theo chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái nguồn nước, gây ra một số bệnh mãn tính hay ung thư đối với người và động vật.
- Hàm lượng ô nhiễm các chất hữu cơ cao sẽ làm giảm oxy hòa tan trong nước, ảnh hưởng tới sự sống của các loài thủy sinh.

3.6.3. Các phương pháp ngăn ngừa, giảm thiểu ô nhiễm và xử lý nước thải ngành dệt nhuộm

3.6.3.1. Các phương pháp ngăn ngừa, giảm thiểu

Nước thải là loại chất thải gây ô nhiễm môi trường đáng được quan tâm hàng đầu trong các loại chất thải của ngành dệt nhuộm.

Vì không có số liệu về tải lượng ô nhiễm cũng như đặc tính ô nhiễm nước thải mang tính tổng quan cho ngành nên khi lựa chọn phương án ngăn ngừa giảm thiểu và xử lý nước thải cần có khảo sát nghiên cứu cụ thể cho từng trường hợp.

Các phương pháp ngăn ngừa, giảm thiểu ô nhiễm nước thải ngành dệt nhuộm có thể được thực hiện trong quá trình sản xuất như:

- Giảm nhu cầu sử dụng nước bằng thường xuyên kiểm tra hệ thống nước cấp, tránh rò rỉ nước. Sử dụng modul tẩy, nhuộm, giặt hợp lý. Tự động và tối ưu hóa quá trình giặt như giặt ngược chiều. Tuần hoàn, sử dụng lại các dòng nước giặt ít ô nhiễm và nước làm nguội.
- Hạn chế sử dụng các hóa chất trợ, thuốc nhuộm ở dạng độc hay khó phân hủy sinh học. Nên sử dụng các hóa chất, thuốc nhuộm ít ảnh hưởng với môi trường, có độ tận trích

cao và thành phần kim loại trong thuốc nhuộm nằm trong giới hạn tiêu chuẩn cho phép, không gây độc hại cho môi trường.

- Sử dụng nhiều lần dịch nhuộm vừa tiết kiệm hóa chất, thuốc nhuộm và giảm được ô nhiễm môi trường. Ở đây có thể ứng dụng với một số trường hợp, cụ thể như:

- + Thuốc nhuộm axit đối với mặt hàng len và polyamid;
- + Thuốc nhuộm bazơ đối với mặt hàng polyacrylonitril;
- + Thuốc nhuộm trực tiếp đối với mặt hàng bông;
- + Thuốc nhuộm phân tán cho sợi tổng hợp như polyeste.

Một số nhóm thuốc nhuộm do tính chất bị thủy phân như thuốc nhuộm hoạt tính hay bị oxy hóa khử như thuốc nhuộm lưu huỳnh, thuốc nhuộm hoàn nguyên trong quá trình nhuộm nên không cho phép hoặc hạn chế sử dụng lại nhiều lần.

Vấn đề thu hồi thuốc nhuộm từ dịch nhuộm hoặc từ nước giặt thường phức tạp. Cho đến nay có một số nước đã thành công trong việc thu hồi thuốc nhuộm indigo từ quá trình nhuộm sợi bông bằng phương pháp siêu lọc. Sau khi nhuộm thì phần thuốc nhuộm không gắn vào sợi sẽ đi vào nước giặt với nồng độ 0,1 g/l. Bình thường nước giặt này là nước thải. Để thu hồi thuốc nhuộm, người ta dùng phương pháp siêu lọc nâng nồng độ thuốc nhuộm sau lọc lên 60 đến 80 g/l và có thể đưa vào bể nhuộm để sử dụng lại.

- Giảm các chất gây ô nhiễm nước thải trong quá trình tẩy. Trong các tác nhân tẩy thông dụng trừ hydroperoxyt thì các chất tẩy còn lại đều chứa clo (NaOCl và NaClO_2). Các phản ứng phụ trong quá trình tẩy tạo các hợp chất hữu cơ chứa clo làm tăng hàm lượng AOX trong nước thải. Để giảm lượng chất tẩy dạng chất clo mà vẫn đảm bảo độ trắng của vải bông (độ trắng lớn hơn 80 theo Berger), có thể kết hợp tẩy hai cấp. Cấp 1 tẩy bằng NaOCl có bổ sung NaOH , sau 10 đến 15 phút bổ sung H_2O_2 và đun nóng để thực hiện tẩy cấp 2. Bằng phương pháp này có thể giảm AOX được 80%.

Người ta có thể thay thế NaOCl và NaClO_2 bằng peraxitacetic $\text{CH}_3\text{-C}\begin{matrix} \text{O} \\ \text{//} \\ \text{O-OH} \end{matrix}$, tẩy ở điều kiện pH trong khoảng 7 đến 8 và dùng cho tẩy các loại hàng bông, đảm bảo độ trắng như các chất tẩy chứa clo.

- Giảm ô nhiễm kiềm trong nước thải từ công đoạn làm bóng. Thông thường làm bóng vải thực hiện ở nhiệt độ thấp 10 đến 20°C với dung dịch kiềm có nồng độ NaOH từ 280 đến 300 mg/l (tương ứng 28⁰Be) và thời gian lưu của vải trong bể làm bóng là 50 giây. Người ta có thể thay phương pháp làm bóng lạnh bằng phương pháp làm bóng nóng với nhiệt độ 60 đến 70°C, thời gian lưu giảm còn 20 giây và lượng kiềm tiết kiệm được 7 đến 10%. Hiện nay phương pháp kết hợp giữa làm bóng nóng và tận thu xút bằng phương pháp cô đặc đang được ứng dụng ở một số nước như Áo, Đức, Thụy Sĩ. Bằng phương pháp này có thể thu hồi xút để sử dụng lại. Hơi thứ của quá trình cô đặc được quay lại sử dụng cho làm

nóng dung dịch kiềm (thực hiện làm bóng nóng). Sau quá trình làm bóng, dung dịch kiềm thường chứa các tạp chất bẩn tách ra từ xơ sợi, hồ tinh bột, nên trước khi cô đặc để thu hồi xút thì phải tiến hành làm sạch bằng lắng, lọc và tuyển nổi bằng cách thổi khí có bổ sung H_2O_2 .

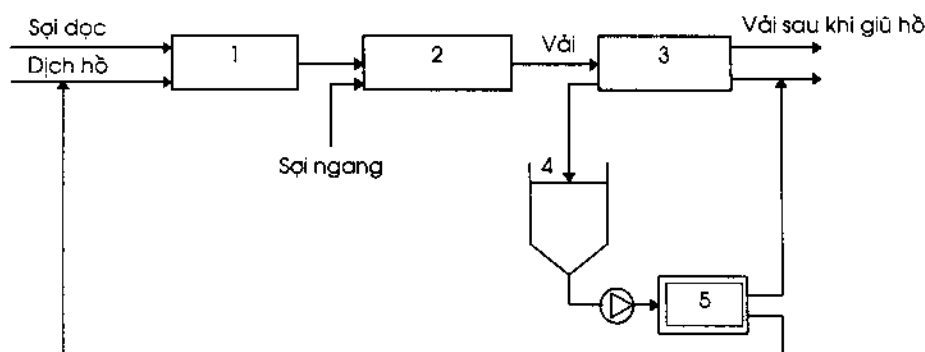
Bằng phương pháp này có thể tiết kiệm được 15% lượng nước, 15% lượng hơi và 25% lượng xút so với phương pháp làm bóng lạnh. Ngoài ra phương pháp này còn có các ưu điểm khác như tiết kiệm hóa chất để trung hòa khi giặt, giảm ô nhiễm nước, tốc độ làm bóng cao và thực hiện ở nồng độ xút thấp hơn 226 g/l ($\approx 25^{\circ}\text{Be}$).

- Thu hồi và sử dụng lại dung dịch hồ từ công đoạn hồ sợi và giữ hồ.

Trong quá trình hồ sợi, các loại hồ được dùng thường là tinh bột và tinh bột biến tính, carboxymetyl xelulo (CMC), polyvinylalcol (PVA), polyacrylat và galactomannan. Các loại hồ này làm tăng COD của nước thải, trong đó có các loại như CMC, PVA, polyacrylat là những chất khó phân hủy sinh học.

Thu hồi và sử dụng lại các loại hồ trong công nghiệp dệt nhuộm rất phức tạp và nhiều khi không kinh tế. Từ khi kỹ thuật màng phát triển và đòi hỏi giảm ô nhiễm môi trường trong công nghiệp được đề cao thì có nhiều nghiên cứu để thu hồi và sử dụng lại các loại hồ, đặc biệt là các loại hồ tổng hợp. Phương pháp siêu lọc để thu hồi hồ PVA đầu tiên của Mỹ, được ứng dụng từ năm 1974. Sau đó được nghiên cứu và ứng dụng ở nhiều nước châu Âu.

Nguyên lý của phương pháp siêu lọc để thu hồi hồ được mô tả trên hình 3.21.



Hình 3.21. Nguyên lý phương pháp siêu lọc thu hồi hồ

1. Thiết bị hồ sợi dệt; 2. Thiết bị dệt; 3. Thiết bị giữ hồ, giặt;
4. Bể chứa nước thải giữ hồ; 5. Thiết bị siêu lọc

Nguyên lý của phương pháp là nước thải sau giữ hồ và giặt có nồng độ hồ khoảng 12 - 15 g/l được lọc cơ học để tách tạp chất, sau đó qua màng siêu lọc. Sau siêu lọc nồng độ dịch hồ đạt được từ 80 đến 150 g/l (trung bình 110 - 120 g/l) được tuần hoàn sử dụng lại và phần

nước trong cho quay lại làm nước giặt. Hệ thống này cho đến nay được sử dụng để thu hồi các loại hồ tổng hợp PVA, CMC hay hỗn hợp của hai loại hồ trên.

3.6.3.2. Các phương pháp xử lý nước thải dệt nhuộm

Do đặc thù của công nghệ, nước thải ngành dệt nhuộm chứa tổng hàm lượng chất rắn TS, chất rắn lơ lửng, độ màu, BOD, COD cao. Chọn phương án xử lý thích hợp phải dựa vào nhiều yếu tố như lượng nước thải, đặc tính nước thải, tiêu chuẩn thải, xử lý tập trung hay cục bộ. Để đạt hiệu quả kinh tế cũng như hiệu suất xử lý, cần có hệ thống phân luồng dòng thải, đặc biệt đối với những cơ sở có năng suất sản xuất hàng dệt nhuộm lớn. Cần phân luồng các dòng thải theo các loại:

- Dòng ô nhiễm nặng như dịch nhuộm thải, dịch hồ, nước giặt đầu của mỗi công đoạn.
- Dòng ô nhiễm vừa như nước giặt ở các giai đoạn trung gian.
- Dòng ô nhiễm nhẹ như nước làm nguội, nước giặt cuối. Dòng thải ô nhiễm nhẹ có thể xử lý sơ bộ hay trực tiếp tuần hoàn sử dụng lại cho sản xuất.

Về nguyên lý xử lý, nước thải loại này có thể ứng dụng các phương pháp:

- Cơ học như sàng, lọc, lắng để tách các tạp chất thô như cặn bẩn, xơ sợi, rác, v.v...
- Hóa lý như trung hòa các dòng thải có tính kiềm, axit cao; đông keo tụ để khử màu, các tạp chất lơ lửng và các chất khó phân hủy sinh học; phương pháp oxy hóa, hấp phụ, điện hóa để khử màu thuốc nhuộm.
- Sinh học để xử lý các chất ô nhiễm hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học như một số loại thuốc nhuộm, một phần hồ tinh bột hay các tạp chất tách từ sợi.
- Phương pháp màng có thể dùng để thu hồi các loại hồ tổng hợp, khử màu, tách muối vô cơ,...

Phương pháp trung hòa, điều chỉnh pH

Giá trị pH của các dòng thải từ công đoạn nhuộm, tẩy, làm bóng có thể dao động trong khoảng rộng, mặt khác các quá trình xử lý hóa lý và sinh học đều đòi hỏi một giá trị pH nhất định để đạt được hiệu suất xử lý tối ưu. Do đó trước khi đưa sang thiết bị xử lý, dòng thải cần được điều chỉnh pH tới giá trị thích hợp. Trung hòa có thể thực hiện bằng trộn dòng thải có tính axit với dòng thải có tính kiềm hoặc sử dụng các hóa chất như H_2SO_4 , HCl , $NaOH$, CO_2 . Điều chỉnh pH thường kết hợp thực hiện ở bể điều hòa hay bể chứa nước thải.

Phương pháp đông keo tụ

Đây là phương pháp thông dụng để xử lý nước dệt nhuộm. Trong phương pháp này người ta dùng các loại phèn nhôm hay phèn sắt cùng với sữa vôi như sunfat sắt, sunfat nhôm hay hỗn hợp của hai loại phèn này và hydroxyt canxi $Ca(OH)_2$ với mục đích khử màu và một phần COD. Nếu dùng sunfat sắt II thì hiệu quả đạt tốt nhất ở độ pH = 10, người ta có thể dùng $Ca(OH)_2$ để điều chỉnh pH. Hàm lượng muối sunfat sắt II đưa vào từ 50 đến

100 g/l m³ nước và 250 g Ca(OH)₂ cho 1 m³ nước thải cần xử lý. Còn nếu dùng sunfat nhôm thì không chế môi trường có tính axit yếu ở pH = 5 ÷ 6. Về nguyên lý, khi dùng phen nhôm hay sắt sẽ tạo thành các bông hydroxyt nhôm hay hydroxyt sắt III. Các chất màu và các chất khó phân hủy sinh học bị hấp phụ vào các bông cặn này và lắng xuống tạo bùn của quá trình đông keo tụ. Phương pháp này được ứng dụng để khử màu của nước thải và hiệu suất khử màu cao đối với thuốc nhuộm phân tán. Để tăng quá trình tạo bông và trợ lắng, người ta thường bổ sung chất trợ tạo bông như polyme hữu cơ. Phương pháp này sinh ra lượng bùn lớn từ 0,5 đến 2,5 kgTS/l m³ nước thải xử lý. Bùn này cần được tách nước và chôn lấp đặc biệt. Ngoài khử màu, phương pháp này còn làm giảm COD đáng kể (60 ÷ 70%).

Bên cạnh phương pháp keo tụ hóa học, phương pháp keo tụ điện hóa đã được ứng dụng để khử màu ở quy mô công nghiệp. Nguyên lý của phương pháp này là trong thiết bị keo tụ có các điện cực, giữa các điện cực có dòng điện một chiều để làm tăng quá trình kết bám tạo các bông cặn để lắng. Một số nghiên cứu đã chỉ ra điều kiện làm việc tối ưu của hệ thống này như sau [15] : cường độ dòng điện 1800 mA; điện thế 8 V; pH 5,5 đến 6,5.

Đối với phương pháp này, người ta có thể sử dụng kết hợp cả phen nhôm và phen sắt để khử màu của thuốc nhuộm hoàn nguyên, hoạt tính, phân tán.

Hấp phụ

Phương pháp hấp phụ có khả năng dùng để xử lý các chất không có khả năng phân hủy sinh học và các chất hữu cơ không hoặc khó xử lý bằng phương pháp sinh học. Phương pháp này được dùng để khử màu nước thải chứa thuốc nhuộm hòa tan và thuốc nhuộm hoạt tính. Cơ sở của quá trình là hấp phụ chất tan lên bề mặt chất rắn (chất hấp phụ). Các chất hấp phụ thường dùng là than hoạt tính, than nâu, đất sét, cacbonat, magie, trong đó than hoạt tính là chất hấp phụ có bề mặt riêng lớn 400 đến 1500 m²/g. Nhu cầu lượng than hoạt tính để xử lý nước thải có màu rất khác nhau, cần phải kiểm tra lượng sử dụng sao cho kinh tế nhất, trong đó cần phải tính đến sự tổn thất cho quá trình hoạt hóa nhiệt cho than từ 5 đến 10%. Chẳng hạn khi thí nghiệm cho nhu cầu than là 0,5 kg/l m³ nước thải, như vậy phải tính thêm sự tổn thất là 0,025 đến 0,05 kg/l m³ nước thải.

Phương pháp oxy hóa

Do cấu trúc hóa học của thuốc nhuộm bền trong không khí nên trong khử màu nước thải của dệt nhuộm bằng phương pháp oxy hóa phải dùng các chất oxy hóa mạnh. Có nhiều kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, khi dùng ozon hoặc không khí có chứa hàm lượng ozon nhất định có khả năng khử màu rất tốt, đặc biệt cho nước thải chứa màu thuốc nhuộm hoạt tính. Theo tài liệu [15] cho thấy, để khử màu của 1 g thuốc nhuộm hoạt tính cần 0,5 g O₃. Như vậy để khử màu của nước thải có hàm lượng thuốc nhuộm hoạt tính 100 g/l thì cần sử dụng 50 g O₃/l m³ nước thải. Chi phí để sản xuất 1 kg O₃ là 2,4 DM (tiền Đức) và như vậy chi phí cho xử lý nước thải này tốn 0,12 DM/l m³. Do đó khi chọn phương pháp này để khử màu thuốc nhuộm cần phải xét đến giá thành sản xuất ozon.

Phương pháp màng

Phương pháp màng được ứng dụng trong xử lý nước thải ngành dệt nhuộm với mục đích thu hồi hóa chất để tái sử dụng lại như thu hồi tinh bột PVA, thuốc nhuộm indigo bằng siêu lọc hoặc đồng thời thu hồi muối và thuốc nhuộm bằng kết hợp giữa thẩm thấu ngược và màng bán thấm. Động lực quá trình lọc màng là sự chênh lệch áp suất giữa hai phía của màng.

Sự chênh lệch áp suất đối với các phương pháp màng rất khác nhau, chẳng hạn đối với vi lọc là từ 1 đến 4 bar, đối với siêu lọc là từ 2 đến 10 bar, màng bán thấm từ 10 đến 40 bar và thẩm thấu ngược từ 10 đến 80 bar, có khi tới 160 bar. Ngoài ra kết cấu màng trong các loại cũng khác nhau. Đối với vi lọc và siêu lọc là màng mao quản còn đối với thẩm thấu ngược và màng bán thấm là màng không mao quản hay còn gọi là màng khuếch tán dung dịch. Nếu xét về khối lượng phân tử của các chất cần tách thì thẩm thấu ngược ứng dụng với các chất có khối lượng phân tử từ 100 đến 200 g/mol, màng bán thấm từ 200 đến 20.000 g/mol, siêu lọc từ 20.000 đến 100.000 g/mol và vi lọc từ 100.000 đến 500.000 g/mol. Phương pháp màng có ưu điểm tách được các chất có độ tinh khiết cao, tuy nhiên do giá thành thiết bị, chi phí vận hành cao nên phạm vi ứng dụng chưa được rộng rãi.

Phương pháp sinh học

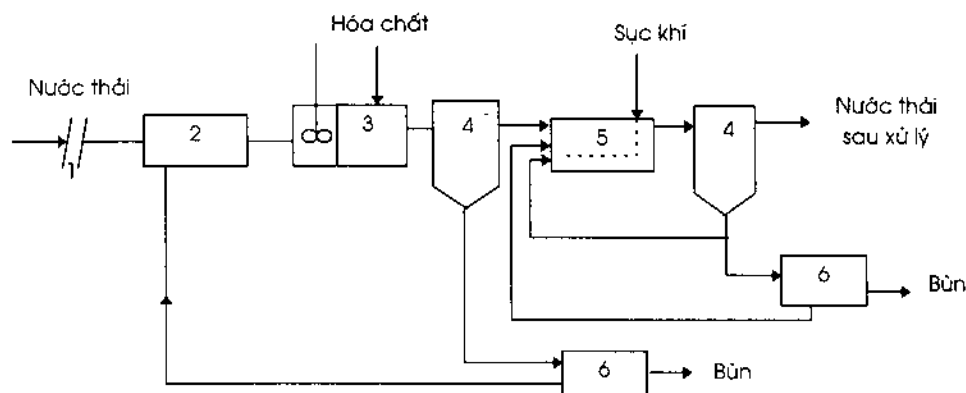
Phần lớn các chất có trong nước thải dệt nhuộm là những chất có khả năng phân hủy sinh học. Trong một số trường hợp nước thải dệt nhuộm có thể chứa các chất có tính độc đối với vi sinh vật như các chất khử vô cơ, formaldehit, kim loại nặng, clo, v.v... và các chất khó phân hủy sinh học như các chất tẩy, giặt, hồ PVA, các loại dầu khoáng, ... Do đó trước khi đưa vào xử lý sinh học, nước thải cần được khử các chất gây độc và giảm tỷ lệ các chất khó phân hủy sinh học bằng phương pháp xử lý cục bộ.

Trong xử lý nước thải bằng phương pháp hiếu khí, cần kiểm tra tỷ lệ chất dinh dưỡng cho quá trình phân hủy, cụ thể tỷ lệ $BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1$. Thường trong nước thải dệt nhuộm thiếu hàm lượng nitơ và photpho, do đó biện pháp hiệu quả nhất là trộn với nước thải sinh hoạt để đưa vào xử lý sinh học. Các phương pháp sinh học thông dụng được sử dụng cho xử lý nước thải công nghiệp dệt là phương pháp bùn hoạt tính, lọc sinh học, hồ oxy hóa, hoặc kết hợp xử lý sinh học nhiều bậc. Một số sơ đồ nguyên lý hệ thống xử lý nước thải dệt nhuộm được thể hiện trên hình 3.22, 3.23 và 3.24.

Hệ thống xử lý ở hình 3.22 được thiết kế để xử lý nước thải của nhà máy dệt nhuộm sản xuất vải sợi bông với lưu lượng nước thải 3000 đến 4000 m³/ngày, COD = 400 ÷ 1000 mg/l và BOD₅ = 200 ÷ 400 mg/l. Nước sau xử lý có thể đạt BOD₅ < 50 mg/l, COD < 100 mg/l.

Hệ thống xử lý ở hình 3.23 được ứng dụng để xử lý nước thải của xí nghiệp tẩy nhuộm Niederfrohna hãng Schiesser với lưu lượng nước thải 2500 m³/ngày. Xí nghiệp tẩy nhuộm hàng bông và thuốc nhuộm sử dụng chủ yếu là thuốc nhuộm hoạt tính. Nguyên lý cơ bản của hệ thống bao gồm: xử lý sinh học, hấp phụ và keo tụ. Trong xử lý sinh học có dùng

chất mang là bột than nâu và trong hấp phụ cũng dùng bột than nâu. Đặc tính của than như sau : kích thước hạt < 5 mm, bề mặt riêng 300 m²/g và khối lượng riêng 460 kg/m³.

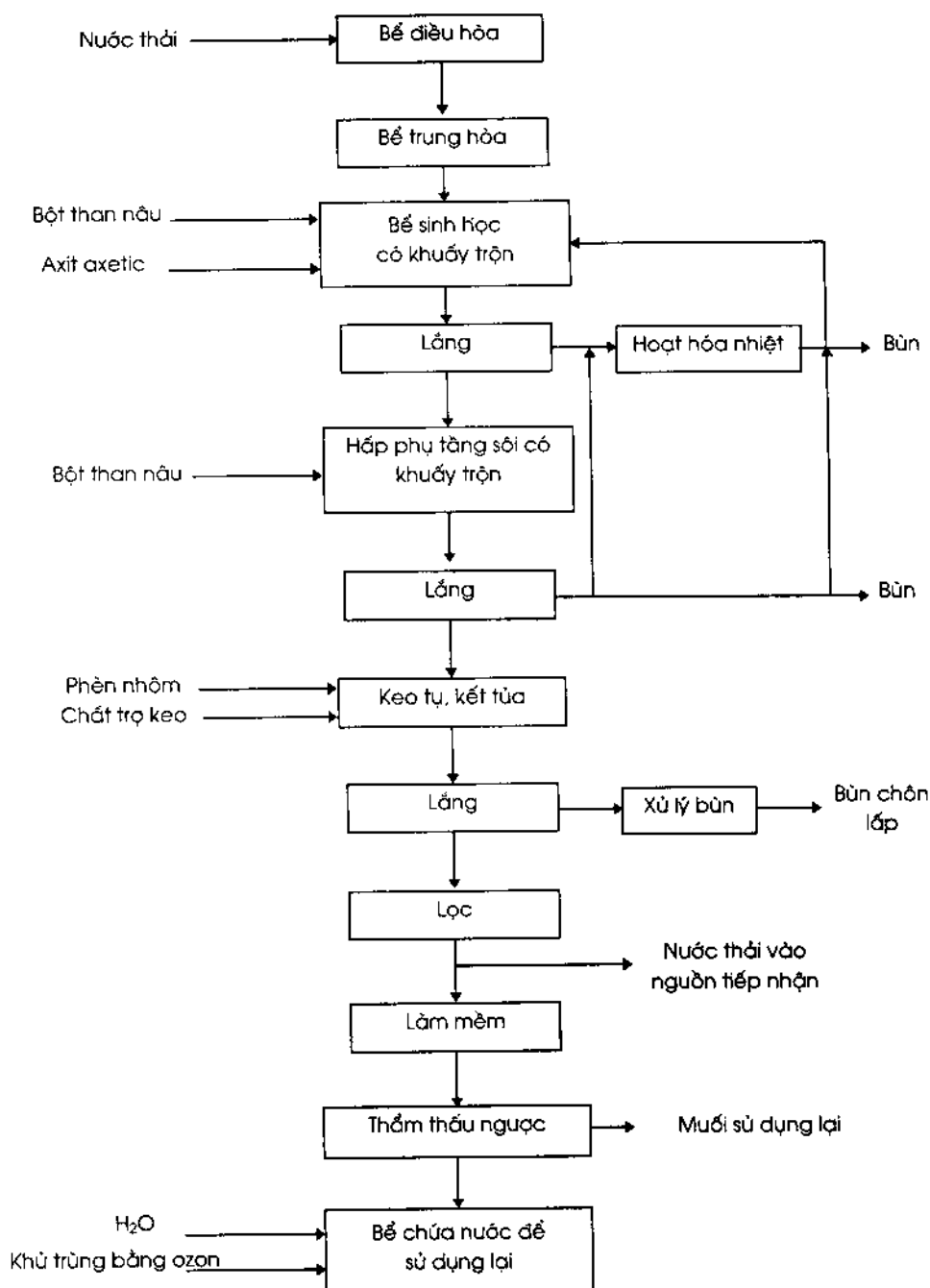


Hình 3.22. Sơ đồ nguyên lý hệ thống xử lý nước thải của công ty Stork Aqua (Hà Lan)

1. Sàng chắn rác; 2. Bể điều hòa; 3. Bể keo tụ; 4. Thiết bị lắng bùn;
5. Bể sinh học; 6. Thiết bị xử lý bùn

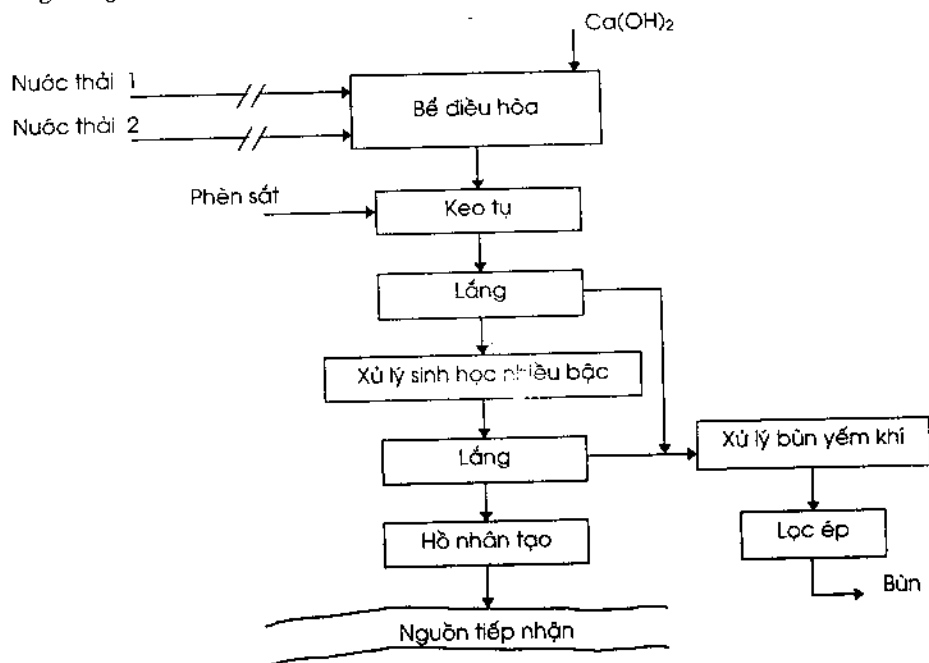
Sinh khối và bột than từ bể sinh học, tháp hấp phụ được hoạt hóa bằng phương pháp nhiệt để tuần hoàn sử dụng lại một phần và thải một phần. Nước thải được xử lý bằng phương pháp keo tụ với phèn nhôm và chất trợ keo là polyelectrolyt, tiếp theo là quá trình lắng lọc. Sau đó 40% được thải thẳng vào nguồn tiếp nhận và 60% được xử lý tiếp bằng làm mềm, thẩm thấu ngược để tách muối vô cơ và đưa vào bể chứa, trộn với nước sạch rồi khử trùng và tuần hoàn sử dụng lại cho xí nghiệp tẩy nhuộm. Bằng hệ thống này có thể xử lý nước thải có COD ban đầu là 516 mg/l, BOD₅ = 140 mg/l và ở dòng ra có COD = 20,3 mg/l, BOD₅ < 0,1 mg/l. Nước không màu và hàm lượng chất rắn rất nhỏ, song lượng bùn sinh khối lẫn bột than tạo ra tương đối lớn. Với hàm lượng bùn là 50% thì người ta tính lượng bùn sinh ra từ 1,6 đến 2 kg cho 1 m³ nước thải xử lý, có nghĩa tính theo chất khô là từ 0,8 đến 1 kg cho 1 m³ nước thải. Giá thành xử lý bằng phương pháp này khá cao, 5 DM/l m³ nước thải.

Hệ thống xử lý ở hình 3.24 có thể sử dụng để xử lý lượng nước từ 6000 đến 7000 m³/ngày, trong đó nước thải dệt nhuộm chiếm từ 15 đến 20% (1100 đến 1300 m³/ngày). Về nguyên lý, nước thải được qua sàng chắn để tách các tạp chất thô, sau qua bể điều hòa và điều chỉnh pH bằng sữa vôi Ca(OH)₂ đạt giá trị pH là 9,5. Phèn sắt đưa vào với hàm lượng 170 g/m³ để thực hiện quá trình keo tụ. Bùn của công đoạn keo tụ và bùn sinh học được xử lý bằng ổn định bùn yếm khí, sau đó lọc ép và đưa đi chôn lấp. Lượng bùn tạo thành tương đối nhỏ, chừng 0,6 kg/l m³ nước thải xử lý tính theo bùn khô tuyệt đối. Giá thành cho việc xử lý nước thải của xí nghiệp là 1,8 DM/l m³, trong đó người dân trả 3,8 DM/l m³ nước thải sinh hoạt.



Hình 3.23. Sơ đồ nguyên lý hệ thống xử lý nước thải ngành dệt của công ty Schiessen Sachen (CHLB Đức)

Xử lý nước thải ngành dệt là cần thiết, việc lựa chọn phương án xử lý cục bộ hay tập trung phụ thuộc vào nhiều yếu tố như kinh phí, đất đai, vận hành và lượng nước thải, đặc tính nước thải của các cơ sở. Tuy nhiên, để chọn được phương án xử lý thích hợp cần có phương án nghiên cứu thăm dò và triển khai.



Hình 3.24. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt lẫn nước thải dệt nhuộm (nước thải dệt nhuộm chiếm 15 đến 20%) ở Greven (CHLB Đức)

3.7. NƯỚC THẢI CỦA CÔNG NGHIỆP GIẤY (6,8,17,18,19,20,21,22)

Công nghiệp sản xuất giấy đã có từ hàng nghìn năm. Giấy là nhu cầu cần thiết trong cuộc sống con người để phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau : giấy viết, giấy gói, trong thông tin, sinh hoạt, ... Ở những nước công nghiệp phát triển, mức sử dụng giấy tính bình quân cho một đầu người trong 1 năm khoảng 300 kg, trong khi ở các nước đang phát triển chỉ ở mức 10 kg hoặc thấp hơn. Giấy được sản xuất chủ yếu từ nguồn thực vật, đặc biệt là gỗ, bằng nhiều phương pháp khác nhau. Đồng thời cũng là ngành công nghiệp gây ra nhiều vấn đề tác động tới môi trường.

3.7.1. Công nghệ sản xuất giấy

Công nghệ sản xuất giấy bao gồm hai quá trình cơ bản : sản xuất bột giấy từ nguyên liệu thô và sản xuất giấy từ bột giấy (xơ giấy).

Nguyên liệu chủ yếu để sản xuất bột giấy là xơ sợi thực vật, chủ yếu từ gỗ, các cây ngoài gỗ như đay, gai, tre nứa và các phụ phẩm nông nghiệp như rơm, bã mía hoặc các loại sợi tái sinh. Để sản xuất 1 tấn bột giấy trung bình cần từ 1,5 đến 3 tấn nguyên liệu khô tuyệt đối hay từ 3 đến 6 tấn nguyên liệu có độ ẩm 50%.

Tiêu chuẩn kỹ thuật về thành phần hóa học của nguyên liệu để sản xuất bột giấy bao gồm:

- Hàm lượng xenlulo phải lớn hơn 35% khối lượng trong nguyên liệu khô tuyệt đối để đạt được hiệu suất thu hồi bột cao và hạ giá thành sản phẩm.
- Hàm lượng lignin, hemixenlulo và các tạp chất khác thấp để giảm hóa chất nấu, tẩy, giảm thời gian nấu và qua đó tránh được ảnh hưởng xấu tới chất lượng của xenlulo. Thành phần hóa học của một số loại gỗ dùng trong công nghiệp giấy được thể hiện trong bảng 3.21.

Bảng 3.21. Thành phần hóa học của một số loại gỗ (6)

Tính theo % khối lượng khô tuyệt đối

Loại gỗ		Gỗ bạch dương	Gỗ bạch đàn	Gỗ trầm
Thành phần				
Xenlulo	%	43	38	43
Lignin	%	29	25	23
Hemixenlulo	%	26	34	31
Chất chiết	%	1,7	2,3	1,5
Tro	%	0,3	0,4	0,7

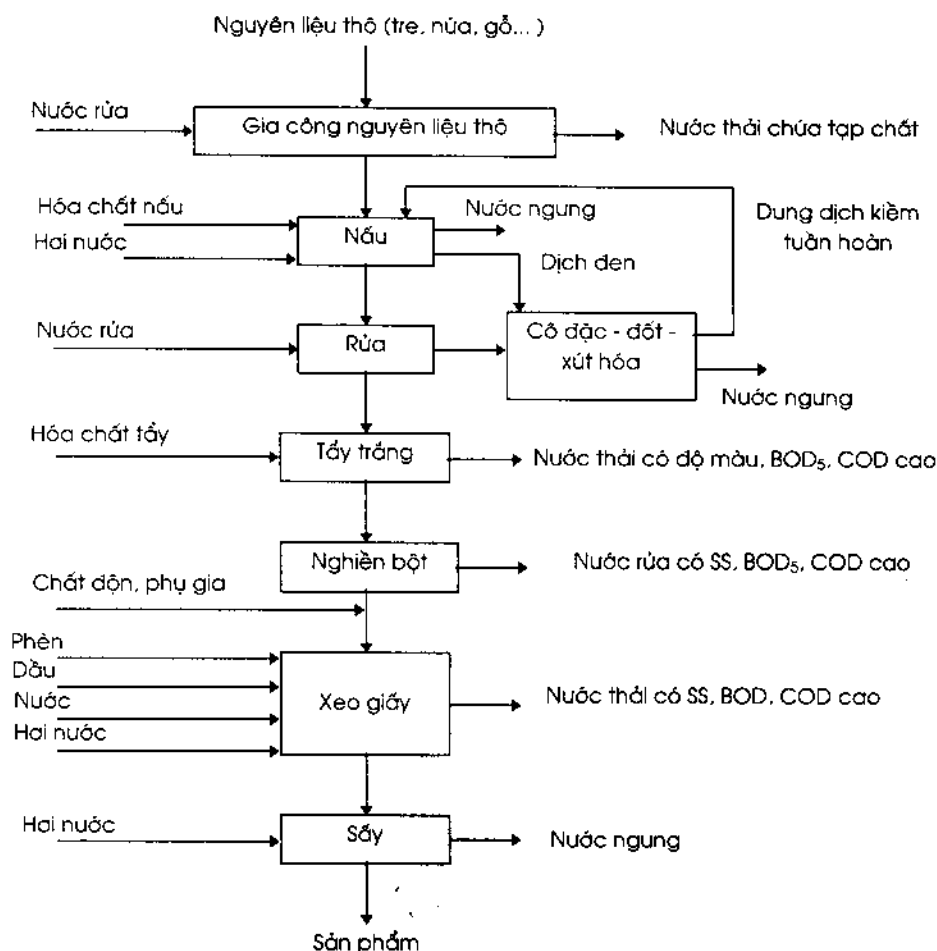
Lignin là chất có độ trùng hợp cao, ở dạng vô định hình, thành phần chủ yếu là các đơn vị phenylpropan nối kết với nhau thành khối không gian ba chiều. Lignin dễ bị oxy hóa, hòa tan trong kiềm, trong dung dịch sunfit hay muối của axit H_2SO_3 , như $Ca(HSO_3)_2$ khi đun nóng.

Hemixenlulo là chất tổng hợp cacbonhydrat với cấu trúc thành phần của nó chỉ có gluco (nhóm đường hexo và nhóm đường pento). Hemixenlulo không tan trong nước nhưng tan trong dung môi hữu cơ và bị thủy phân trong dung dịch kiềm hay axit loãng khi đun sôi.

Các chất chiết bao gồm axit béo, nhựa axit, các hợp chất thơm và các loại alcol. Hầu hết các chất này đều hòa tan trong dung môi hữu cơ.

Ngoài nguyên liệu xơ sợi, công nghiệp giấy còn sử dụng một lượng lớn các hóa chất ở các công đoạn nấu, tẩy, xeo giấy như đá vôi, xút, cao lanh, nhựa thông, các chất kết dính tự nhiên và tổng hợp, các chất oxy hóa để khử lignin như clo, hypoclorit, peroxit, ...

Sơ đồ quy trình công nghệ sản xuất giấy và bột giấy có kèm theo các nguồn phát sinh ra nước thải được thể hiện trên hình 3.25.



Hình 3.25. Sơ đồ công nghệ sản xuất giấy và các nguồn nước thải

Gia công nguyên liệu thô bao gồm rửa sạch nguyên liệu, loại bỏ tạp chất và cắt mảnh theo kích cỡ thích hợp đáp ứng yêu cầu của phương pháp sản xuất bột giấy.

Sản xuất bột giấy là quá trình gia công xử lý nguyên liệu để tách các thành phần không phải là xenlulo sao cho thu được bột giấy có hàm lượng xenlulo càng cao càng tốt.

Về nguyên lý cơ bản, các phương pháp để sản xuất bột giấy bao gồm: cơ học, nhiệt học và hóa học. Trong thực tế sản xuất thường kết hợp những phương pháp trên, đó là: phương pháp bán hóa, phương pháp hóa nhiệt cơ (CTMP) và phương pháp hóa học. Phương

pháp cơ học thuần túy cho hiệu suất bột cao (85% đến 95%) nhưng tiêu tốn nhiều năng lượng và bột này tạo ra giấy có độ bền không cao, giấy dễ bị biến vàng. Trong các phương pháp kết hợp đều có dùng hóa chất để nấu, mục đích là tách lignin và các tạp chất khác ra khỏi xenlulo.

Hiệu suất sản xuất bột giấy của các phương pháp được trình bày trong bảng 3.22. Ở đây cho thấy hiệu suất bột của phương pháp bán hóa là cao hơn cả (60 đến 90%).

Bảng 3.22. Các phương pháp sản xuất và hiệu suất bột giấy (ó)

Phương pháp	Xử lý hóa học (hóa chất nấu)	Hiệu suất (%) (không tẩy)
1. Bán hóa		
- sunfit trung tính	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na HCO}_3$	65 - 90
- sunfat	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$	75 - 85
- soda	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$	65 - 85
- bisunfit	Mg-sunfit	60 - 90
2. Hóa - nhiệt - cơ (CTMP)		
- sunfat	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$	55 + 60
- bisunfit	Mg-sunfit	55 + 70
- sunfit	Sunfit axit	55 + 70
3. Hóa		
- sunfat	$\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{SO}_3$	40 + 55
- soda	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$	40 + 55
- sunfit	Sunfit axit	40 + 60
- bisunfit	Mg-sunfit	45 + 60

Trong công nghệ sản xuất bột giấy bằng phương pháp sunfat và sunfit thường gắn liền với công đoạn tẩy bột. Hiện nay trên thế giới 75% công nghệ sản xuất bột giấy là công nghệ sunfat và sunfit. Bột giấy sản xuất bằng hai công nghệ này có độ bền, độ trắng cao (bằng phương pháp sunfit bột có thể tẩy đạt độ trắng cao nhất). Hai công nghệ này có thể sử dụng cho nhiều loại nguyên liệu dạng gỗ, tre, nứa và có khả năng thu hồi hóa chất nấu bằng phương pháp cô đặc-đốt-xút hóa dịch đen để tái sinh sử dụng lại dung dịch kiềm cho công đoạn nấu.

Tính chất của bột giấy ngoài phụ thuộc vào đặc tính nguyên liệu đầu còn phụ thuộc vào công nghệ nấu và xử lý bột. Với các công nghệ khác nhau, tính chất bột cũng khác nhau.

Rửa bột : Mục đích tách bột xenlulo ra khỏi dịch nâu (còn gọi là dịch đen). Dịch đen bao gồm các hợp chất chứa Na, chủ yếu là natrisunfat Na_2SO_4 , ngoài ra còn chứa NaOH , Na_2S , Na_2CO_3 và lignin cùng các sản phẩm phân hủy hydratcacbon - axit hữu cơ. Quá trình rửa bột thường sử dụng nước sạch, lượng nước sử dụng cần hạn chế tới mức tối thiểu nhưng vẫn đảm bảo sao cho tách bột xenlulo đạt hiệu quả cao và nồng độ kiềm trong dịch đen là cao nhất, độ pha loãng là nhỏ nhất để giảm chi phí cho quá trình xử lý tái sinh thu hồi kiềm.

Tẩy trắng : Với yêu cầu sản xuất các loại giấy cao cấp, có độ trắng cao, bột giấy cần phải được tẩy trắng. Mục đích của tẩy trắng là tách phần lignin còn lại và một số thành phần khác không phải xenlulo như hemixelulo. Các tác nhân tẩy thường dùng để tẩy trắng bột giấy là clo, hypoclorit natri NaOCl , hypoclorit canxi $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, dioxit clo ClO_2 , hydropeoxit H_2O_2 và ozon O_3 . Chức năng của các hóa chất dùng để tẩy bột giấy được trình bày trong bảng 3.23.

Bảng 3.23. Chức năng của một số chất dùng trong tẩy bột giấy

Hóa chất	Chức năng	Ưu điểm	Nhược điểm
Cl_2	Oxy hóa và clo hóa lignin	Khử lignin tốt, rẻ tiền	Nếu sử dụng không hợp lý có thể làm mất độ dai của bột, tạo AOX
NaOCl	Oxy hóa, hòa tan lignin, làm sáng màu	Dễ làm và dễ sử dụng	Nếu sử dụng không hợp lý có thể làm mất độ dai của bột, tạo ra cloroform
ClO_2	Oxy hóa, hòa tan lignin	Đạt độ trắng cao, không phân hủy bột	Tạo ra clo hữu cơ (AOX)
O_3 sử dụng cùng với NaOH	Oxy hóa, hòa tan lignin	Đồng thời không chứa clo, không gây độc hại	Phải có thiết bị chuyên dùng để sản xuất ozon, có thể làm mất độ dai của bột
H_2O_2 (2 ÷ 5%)	Oxy hóa và làm sáng màu	Dễ sử dụng, không gây độc hại	Giá thành cao

Nghiền bột giấy : Mục đích là làm cho các xơ sợi được hydrat hóa, dẻo, dai, tăng bề mặt hoạt tính, giải phóng gốc hydroxyl làm tăng diện tích bề mặt, tăng độ mềm mại, hình thành độ bền của tờ giấy. Sau công đoạn nghiền bột, bột giấy được trộn với chất độn và các chất phụ gia để đưa đến bộ phận xeo giấy.

Xeo giấy : Là quá trình tạo hình sản phẩm trên lưới và thoát nước để giảm độ ẩm của giấy. Sau đó giấy được qua sấy để có sản phẩm khô.

Thu hồi hóa chất : Mục đích là để đạt được hiệu quả kinh tế cao, đối với quy trình công nghệ sản xuất bột giấy bằng phương pháp hóa học cần có bộ phận thu hồi hóa chất. Chẳng hạn việc tái sinh kiềm từ dịch đen của phương pháp sunfat bao gồm các giai đoạn :

- Cô đặc để giảm lượng nước;

- Đốt dịch đã qua cô đặc ở nhiệt độ cao $T > 500^{\circ}\text{C}$ với mục đích cho các chất hữu cơ cháy hoàn toàn tạo thành CO_2 và H_2O , còn thành phần vô cơ của kiềm đen sẽ tạo cặn tro hoặc cặn nóng chảy gọi là kiềm đỏ;

- Xút hóa kiềm đỏ bằng dung dịch kiềm loãng và sữa vôi $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Sau đó tách bùn vôi và dung dịch trắng gồm NaOH , Na_2S , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 được thu hồi và tuần hoàn sử dụng lại cho công đoạn nấu.

3.7.2. Các nguồn phát sinh nước thải và đặc tính nước thải trong ngành giấy

Công nghệ sản xuất bột giấy và giấy là một trong những công nghệ sử dụng nhiều nước. Tùy theo từng công nghệ và sản phẩm, lượng nước cần thiết để sản xuất 1 tấn giấy dao động từ 200 đến 500 m^3 . Nước được dùng cho các công đoạn rửa nguyên liệu, nấu, tẩy, xeo giấy và sản xuất hơi nước. Trong các nhà máy giấy, hầu như tất cả lượng nước đưa vào sử dụng sẽ là lượng nước thải và mang theo tạp chất, hóa chất, bột giấy, các chất ô nhiễm dạng hữu cơ và vô cơ nếu như không có hệ thống xử lý tuần hoàn lại nước và hóa chất.

Các dòng thải chính của các nhà máy sản xuất bột giấy và giấy bao gồm:

- Dòng thải rửa nguyên liệu bao gồm chất hữu cơ hòa tan, đất đá, thuốc bảo vệ thực vật, vỏ cây, ...

- Dòng thải của quá trình nấu và rửa sau nấu chứa phần lớn các chất hữu cơ hòa tan, các hóa chất nấu và một phần xơ sợi. Dòng thải có màu tối nên thường được gọi là dịch đen. Dịch đen có nồng độ chất khô khoảng 25 đến 35%, tỷ lệ giữa chất hữu cơ và vô cơ là 70:30.

Thành phần hữu cơ chủ yếu là trong dịch đen lignin hòa tan vào dịch kiềm (30 đến 35% khối lượng chất khô), ngoài ra là những sản phẩm phân hủy hydratcacbon, axit hữu cơ. Thành phần vô cơ bao gồm những hóa chất nấu, một phần nhỏ là NaOH , Na_2S tự do, Na_2SO_4 , Na_2CO_3 còn phần nhiều là kiềm natrisulfat liên kết với các chất hữu cơ trong kiềm. Ở những nhà máy lớn, dòng thải này được xử lý để thu hồi tái sinh sử dụng lại kiềm bằng phương pháp cô đặc - đốt cháy các chất hữu cơ - xút hóa. Đối với những nhà máy nhỏ thường không có hệ thống thu hồi dịch đen, dòng thải này được thải thẳng cùng các dòng thải khác của nhà máy, gây tác động xấu tới môi trường

- Dòng thải từ công đoạn tẩy của các nhà máy sản xuất bột giấy bằng phương pháp hóa học và bán hóa chứa các hợp chất hữu cơ, lignin hòa tan và hợp chất tạo thành của những chất đó với chất tẩy ở dạng độc hại, có khả năng tích tụ sinh học trong cơ thể sống như các hợp chất clo hữu cơ, làm tăng AOX trong nước thải. Dòng thải này có độ màu, giá trị BOD_5 và COD cao. Đặc trưng của dòng thải từ công đoạn tẩy bằng các hợp chất chứa clo được chỉ ra trong bảng 3.24.

Bảng 3.24. Tải lượng ô nhiễm trong dòng nước thải của công đoạn tẩy (17)

Phương pháp sản xuất bột giấy	Nguyên liệu đầu	Thông số ô nhiễm (kg/tấn bột giấy)	
		BOD	COD
Soda	rom	16	60
Sunfat	tre, nứa	17	90
Sunfit	gỗ mềm	15	60
Sunfat	gỗ cứng	16	60

Dòng thải còn chứa hỗn hợp các chất clo hữu cơ đặc trưng qua tải lượng AOX từ 4 đến 10 kg/l tấn bột. Đây là dòng thải có chứa các chất có tính độc và khó phân hủy sinh học. Nhưng nếu cũng tẩy bột giấy theo phương pháp sunfat từ gỗ cứng bằng oxy thì tải lượng COD giảm còn 35 kg/l tấn bột và AOX là 0,7 kg/l tấn bột.

- Dòng thải từ quá trình nghiền bột và xeo giấy chủ yếu chứa xơ sợi mịn, bột giấy ở dạng lơ lửng và các chất phụ gia như nhựa thông, phẩm màu, cao lanh.

- Dòng thải từ các khâu rửa thiết bị, rửa sàn, dòng chảy tràn có hàm lượng các chất lơ lửng và các hóa chất rơi vãi. Dòng thải này không liên tục.

- Nước ngưng của quá trình cô đặc trong hệ thống xử lý thu hồi hóa chất từ dịch đen. Mức độ ô nhiễm của nước ngưng phụ thuộc vào loại gỗ, công nghệ sản xuất.

Trong các dòng thải thì nước thải từ công nghệ sản xuất bột giấy gây ra nhiều vấn đề ô nhiễm đáng quan tâm. Trong công nghiệp giấy trên thế giới có những xí nghiệp hoạt động dưới dạng liên hợp sản xuất cả bột giấy và giấy, nhưng cũng có nhiều cơ sở chỉ sản xuất bột giấy và cơ sở khác sản xuất giấy.

Như bảng 3.22 cho thấy, nếu sản xuất bột giấy từ gỗ bằng phương pháp hóa học thì trên dưới 50% các tạp chất của gỗ được tách ra khỏi thành phần xenlulo. Trong thành phần tạp chất thì lignin chiếm xấp xỉ 50%. Lignin là chất bị phân hủy rất chậm dưới tác dụng của vi sinh vật, do đó nước thải loại này rất khó xử lý bằng phương pháp sinh học.

Kết quả nghiên cứu ở các nhà máy sản xuất bột giấy bằng phương pháp sunfit ở CHLB Đức [18] chỉ ra lượng nước thải cho 1 tấn bột đối với các loại bột khác nhau được tóm tắt trong bảng 3.25.

Bảng 3.25. Lượng nước thải tính cho 1 tấn bột giấy, sản xuất theo phương pháp sunfit (18)

Loại bột	Bột sợi nhân tạo	Bột giấy	
		có tẩy	không tẩy
Lượng nước thải m ³ / 1 tấn bột			
Giá trị nhỏ nhất	105	185	46
Giá trị lớn nhất	351	348	309
Giá trị trung bình	220	255	99

Ví dụ về thành phần dịch đen của phương pháp sunfit được chỉ ra trong bảng 3.26. Dịch đen có hàm lượng chất rắn tổng từ 12 đến 16% khối lượng, trong đó thành phần chính là hợp chất của lignin (52%).

Bảng 3.26. Thành phần dịch đen trong phương pháp Ca-sunfit (6)

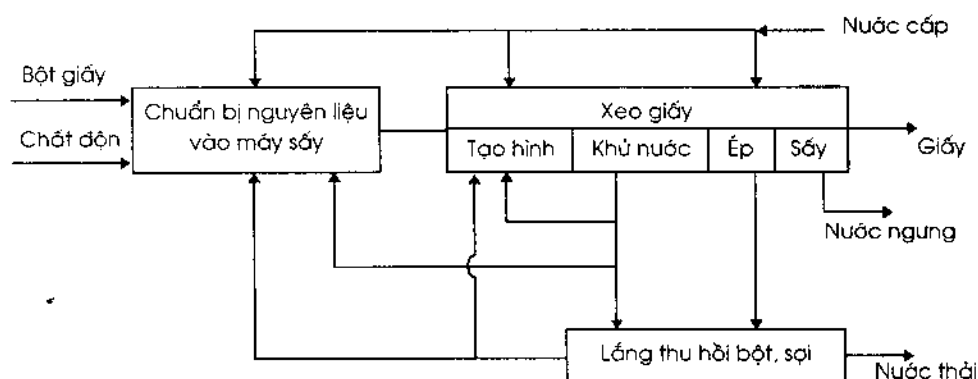
Hợp chất	% khối lượng trong hàm lượng chất rắn tổng của dịch đen từ 12 đến 16%
Lignin sunfonat	52
Các chất chiết	3
Poly- và oligosaccharit	6
Monosaccharit	23
Axit glukuron	1
Axit aldôn	4
Đường sunfonat	3
Axit axetic	2
Metylic	1
Canxi	5

Ở các cơ sở có hệ thống xử lý dịch đen bằng phương pháp cô đặc-đốt-xút hóa để thu hồi hóa chất thì tải lượng ô nhiễm trong nước ngưng của các phương pháp sản xuất bột giấy từ các nguồn nguyên liệu khác nhau rất khác nhau. Bảng 3.27 chỉ ra hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước ngưng của phương pháp bisunfit-Mg đối với hai loại gỗ. Hàm lượng và tỷ lệ giữa BOD₅ : COD chỉ ra nước thải loại này có khả năng xử lý bằng phương pháp sinh học, đặc biệt là phương pháp yếm khí.

Bảng 3.27. Hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước ngưng từ công đoạn cô đặc dịch đen của phương pháp sản xuất bột giấy sunfit-Mg (6)

Loại nguyên liệu Hàm lượng	Đơn vị	Gỗ bạch dương	Gỗ bạch đàn
Dioxyt lưu huỳnh SO ₂	g/l	3 ÷ 4	0,4 ÷ 0,6
Axit axetic CH ₃ COOH	g/l	3,0 ÷ 3,5	10 ÷ 11
Axit formic H-COOH	g/l	0,4 ÷ 0,6	3,5 ÷ 4,0
Metylic CH ₃ OH	g/l	0,2 ÷ 0,3	0,3 ÷ 0,4
Furfurol	g/l	0,2 ÷ 0,3	0,7 ÷ 0,9
COD	mg/l	6750	20 ÷ 500
BOD ₅	mg/l	3200	8 ÷ 800
BOD ₅ : COD	-	0,47	0,43

- Dòng thải từ công nghệ xeo giấy chứa chủ yếu bột giấy và các chất phụ gia. Nước này được tách ra từ các bộ phận của máy xeo giấy như khử nước, ép giấy. Phần lớn dòng thải này được tuần hoàn sử dụng trực tiếp cho giai đoạn tạo hình giấy hay cho công đoạn chuẩn bị nguyên liệu vào máy xeo hoặc có thể gián tiếp sau khi nước thải được qua bể lắng để thu hồi giấy và xơ sợi. Hình 3.26 minh họa một ví dụ đơn giản hệ thống tuần hoàn nước trong xeo giấy.



Hình 3.26. Sơ đồ hệ thống tuần hoàn nước trong quá trình xeo giấy (6)

Khảo sát 3050 nhà máy xeo giấy trên thế giới cho thấy, định mức nước cấp trung bình là 80 m³ cho 1 tấn giấy. Ở CHLB Đức nước thải từ các nhà máy giấy đã giảm đi rất nhiều do có sử dụng các dòng tuần hoàn từ bể lắng thu hồi bột, sợi. Tải lượng nước thải và COD trong nước thải của một số loại giấy được Möbius [19] liệt kê trong bảng 3.28.

Bảng 3.28. Tải lượng nước thải và COD của một số loại giấy (19)

Giấy sản phẩm	Nước thải (m ³ /1 tấn sản phẩm)	COD (kg/1 tấn sản phẩm)
Giấy không gỗ		
- loại thường	10 ÷ 80	3 ÷ 9
- loại đặc biệt	50 ÷ 350	
Giấy từ gỗ	5 ÷ 40	15 ÷ 25
Giấy từ giấy phế liệu	5 ÷ 30	20 ÷ 30

Nước tuần hoàn nhiều lần thì hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước càng tăng. Kết quả khảo sát ở 7 đến 9 nhà máy sản xuất giấy bao bì đi từ nguyên liệu đầu là giấy phế liệu cho thấy đặc tính của nước tuần hoàn trong một hệ kín có hàm lượng canxi, sunfat, clorit cao (bảng 3.29). Đây cũng là vấn đề lớn khi thải loại nước này.

Bảng 3.29. Đặc tính nước tuần hoàn của các nhà máy giấy (19)

Thông số	Đơn vị	Giá trị	Số nhà máy khảo sát
COD	mg/l	4500 - 22000	8
BOD ₅	mg/l	2000 - 8100	8
TS	mg/l	4500 - 23000	7
pH	-	4,9 - 7,3	9
SO ₄ ²⁻	mg/l	240 - 2350	7
Cl ⁻	mg/l	130 - 2950	7
Ca ²⁺	mg/l	360 - 2040	7
Mg ²⁺	mg/l	30 - 110	7
Sắt	mg/l	0,5 - 47	7
Nhôm	mg/l	0,5 - 53	7

Kết quả khảo sát ở một số Công ty Giấy Việt Nam cho thấy, tải lượng nước thải tính cho 1 tấn giấy sản phẩm từ 200 đến 600 m³ [20]. Các công ty này sản xuất cả bột giấy và giấy, trong đó chỉ có Công ty Giấy Bãi Bằng có hệ thống thu hồi kiềm và hầu như các công ty khác đều không có tuần hoàn sử dụng nước trong công nghệ sản xuất giấy.

Bảng 3.30. Công nghệ sản xuất và tải lượng nước thải của một số công ty giấy ở Việt Nam

Cơ sở	Công nghệ sản xuất	Tải lượng nước thải m ³ /1 tấn giấy	Đặc tính nước thải, mg/l		
			BOD ₅	COD	SS
1	Sunfat có thu hồi kiềm	400 ÷ 500	85	500	63
2	Hóa nhiệt cơ CTMP không thu hồi kiềm	200	80 ÷ 160	400 ÷ 800	150 ÷ 200
3	Xút không thu hồi kiềm	500	650	1050	172
4	Xút không thu hồi kiềm	500 ÷ 600	125	253	150

3.7.3. Các biện pháp giảm thiểu nước thải trong công nghiệp giấy

Giảm lượng nước thải trong sản xuất bột giấy và giấy có thể đạt được nhờ các biện pháp :

- Bảo quản và làm sạch nguyên liệu đầu bằng phương pháp khô sẽ giảm được lượng nước rửa.

- Dùng súng phun tia để rửa máy móc, thiết bị, sàn ... sẽ giảm được lượng nước đáng kể so với rửa bằng vòi.

- Thay đổi công nghệ tách dịch đen ra khỏi bột ở thiết bị hình trống thông thường bằng ép vít tải, ép hai dây hay lọc chân không để giảm thể tích dòng thải.

- Bảo toàn hơi và nước, tránh thất thoát hơi, chảy tràn nước.

- Phân luồng các dòng thải để tuần hoàn sử dụng lại các nguồn nước ít ô nhiễm.

Giảm tải lượng các chất ô nhiễm trong nước thải có thể thực hiện bằng các biện pháp:

- Có giải pháp xử lý dịch đen để giảm được ô nhiễm của các chất hữu cơ khó phân hủy sinh học như lignin, giảm được độ màu của nước thải, giảm được hóa chất cho công đoạn nấu và giảm ô nhiễm các chất hữu cơ, vô cơ trong dòng thải. Các phương án xử lý dịch đen bao gồm:

a. Tách dịch đen đậm đặc ban đầu từ lưới gạn bột giấy và tuần hoàn chúng lại nồi nấu đến khả năng có thể sẽ giảm tải lượng kiềm trong dòng thải.

b. Thu hồi hóa chất từ dịch đen bằng công nghệ cô đặc - đổi - xút hóa sẽ giảm tải lượng ô nhiễm COD tới 85%.

c. Xử lý dịch đen bằng phương pháp yếm khí sẽ làm giảm tải lượng ô nhiễm hữu cơ từ 30 đến 40%.

- Thay thế hóa chất tẩy thông thường là clo và hợp chất của clo bằng H_2O_2 hay O_3 để hạn chế clo tự do không tạo ra AOX trong dòng thải.

- Thu hồi bột giấy và xơ từ các dòng nước thải để sử dụng lại như nguồn nguyên liệu đầu, đặc biệt đối với dòng thải từ công đoạn nghiền và xeo giấy. Các phương án có thể là lắng, lọc, tuyển nổi. Biện pháp này có các lợi ích là tiết kiệm được nguyên liệu đầu, mặt khác giảm được tải lượng chất rắn tổng và chất rắn lơ lửng trong nước thải.

- Tránh rơi vãi, tổn thất hóa chất trong khi pha trộn và sử dụng.

3.7.4. Các biện pháp xử lý nước thải trong công nghiệp giấy

Nước thải ngành giấy chứa một lượng lớn các chất rắn lơ lửng và xơ sợi, các hợp chất hữu cơ hòa tan ở dạng khó và dễ phân hủy sinh học, các chất tẩy và hợp chất hữu cơ của chúng. Các phương pháp xử lý loại bỏ các chất ô nhiễm nước của ngành giấy bao gồm lắng, đông keo tụ hóa học và phương pháp sinh học.

Phương pháp lắng dùng để tách các chất rắn dạng bột hay xơ sợi, trước hết đối với dòng thải từ công đoạn nghiền và xeo giấy. Với mục đích thu hồi lại xơ sợi, bột giấy thì thường dùng thiết bị lắng hình phễu. Trong quá trình lắng cần phải tính toán thời gian lưu thích hợp vì với thời gian lưu dài dễ có hiện tượng phân hủy yếm khí, khi bùn lắng không được lấy ra thường xuyên. Để nước thải loại này lắng được tốt và tạo điều kiện các hạt liên

kết với nhau tạo thành bông cặn dễ lắng, người ta thường tính toán với tải trọng bề mặt từ 1 đến $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (lưu lượng dòng thải tính cho 1 đơn vị bề mặt lắng của bể trong 1 đơn vị thời gian). Để giảm thời gian lưu trong bể lắng, nâng cao hiệu suất lắng người ta có thể thổi khí nén (áp suất 4 đến 6 bar) vào bể lắng. Loại bể lắng - tuyển nổi này thường có tải trọng bề mặt 5 đến $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Phương pháp đông keo tụ hóa học dùng để xử lý các hạt rắn ở dạng lơ lửng, một phần chất hữu cơ hòa tan, hợp chất photpho, một số chất độc và khử màu. Phương pháp đông keo tụ có thể xử lý trước hoặc sau xử lý sinh học. Các chất keo tụ thông thường là phèn sắt, phèn nhôm và vôi. Các chất polyme dùng để trợ keo và tăng tốc độ quá trình lắng. Đối với mỗi loại phèn cần điều chỉnh pH của nước thải ở giá trị thích hợp, chẳng hạn như phèn nhôm pH từ 5 đến 7, phèn sắt pH từ 5 đến 11 và dùng vôi thì pH > 11.

Phương pháp sinh học dùng để xử lý các hợp chất hữu cơ ở dạng tan. Nước thải của công nghiệp giấy và bột giấy có tải lượng ô nhiễm chất hữu cơ cao, đặc biệt có chứa hàm lượng các hợp chất lignin cao ở dòng thải của xí nghiệp. Các hợp chất của lignin là những chất không có khả năng phân hủy hiếu khí và phân hủy yếm khí rất chậm. Do đó trước khi đưa nước thải vào xử lý sinh học thì dịch đen của quá trình sản xuất bột giấy cần được xử lý cục bộ để tách lignin.

Trong nước thải của sản xuất giấy và bột giấy có hàm lượng các hợp chất cacbonhydrat cao, là những chất dễ phân hủy sinh học nhưng lại thiếu nitơ và photpho là những chất dinh dưỡng cần thiết cho vi sinh vật phát triển. Do đó trong quá trình xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học cần bổ sung các chất dinh dưỡng, đảm bảo tỉ lệ cho quá trình hiếu khí $\text{BOD}_5 : \text{N} : \text{P} = 100:5:1$; đối với quá trình yếm khí $\text{BOD}_5 : \text{N} : \text{P} = 100 : 3 : 0,5$.

Đặc tính nước thải ngành giấy thường có tỷ lệ $\text{BOD}_5 : \text{COD} \leq 0,55$ và hàm lượng COD cao (> 1000 mg/l) nên trong xử lý thường kết hợp giữa phương pháp yếm khí và hiếu khí. Một ví dụ điển hình về phương pháp xử lý kết hợp là hệ thống xử lý nước thải Roemond, Hà Lan [21], hệ thống này được miêu tả trên hình 3.27.

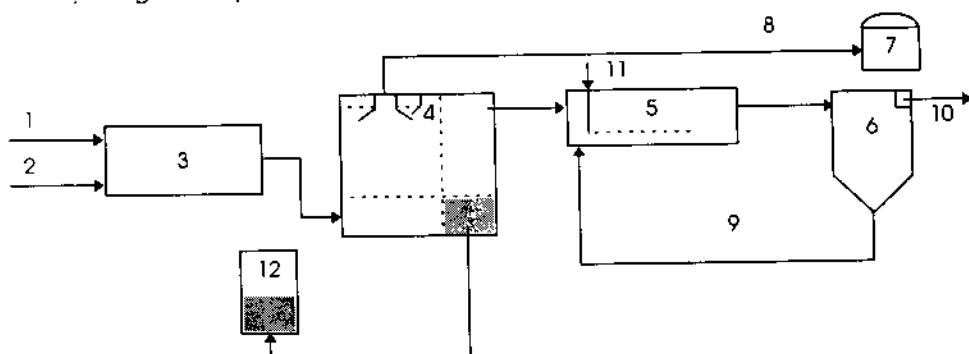
Công ty Roemond sản xuất hàng ngày 500 tấn giấy báo và bìa, nguyên liệu đầu là giấy loại, 70% nước trong nhà máy được tuần hoàn sử dụng lại sau khi xử lý qua lắng - tuyển nổi để thu hồi xơ sợi. Lượng nước thải hàng ngày 2400 đến 3400 m^3 với hàm lượng các chất ô nhiễm như sau: $\text{COD} = 3500 \text{ mg/l}$; $\text{BOD}_5 = 2000 \text{ mg/l}$; $\text{SO}_4^{2-} = 170 + 190 \text{ mg/l}$; $\text{Ca}^{2+} = 190 + 300 \text{ mg/l}$

Nước thải trước khi đưa vào bể sinh học UASB được bổ sung chất dinh dưỡng $\text{N} = 120 \text{ mg/l}$; $\text{P} = 60 \text{ mg/l}$. Nước thải sau xử lý đảm bảo tiêu chuẩn của Hà Lan cho phép thải vào nguồn tiếp nhận.

Một ví dụ nữa đáng quan tâm là hệ thống xử lý nước thải công nghiệp giấy Eerbeek B.V. Hà Lan [22]. Hệ thống này xử lý nước thải của ba nhà máy giấy. Hệ thống xử lý cũ chỉ

có bể lắng sơ cấp và bể bùn hoạt tính. Do ô nhiễm nước thải ngày càng tăng nên hệ thống cũ không đáp ứng được, hệ thống mới được mở rộng và bổ sung bể xử lý yếm khí UASB.

Hệ thống mới được miêu tả trên hình 3.28.



Hình 3.27. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải của công ty Roemond Hà Lan(21)

1. Nước thải vào; 2. Bổ sung chất dinh dưỡng N và P; 3. Bể chứa hay bể axit hóa;
4. Bể UASB; 5. Bể hiếu khí - bùn hoạt tính; 6. Bể lắng; 7. Kết khí; 8. Khí biogas;
9. Bùn hoạt tính tuần hoàn (100%); 10. Nước thải sau xử lý; 11. Sục khí; 12. Bể chứa bùn

Thông tin về ba nhà máy đó như sau :

- De Hoop, hàng năm sản xuất 2000 tấn bìa sóng từ giấy loại.
- KNP Vouwkarton hàng năm sản xuất 75.000 tấn bìa cactông từ bột giấy.
- Coldenhove hàng năm sản xuất 12.000 tấn giấy phong bì thư.

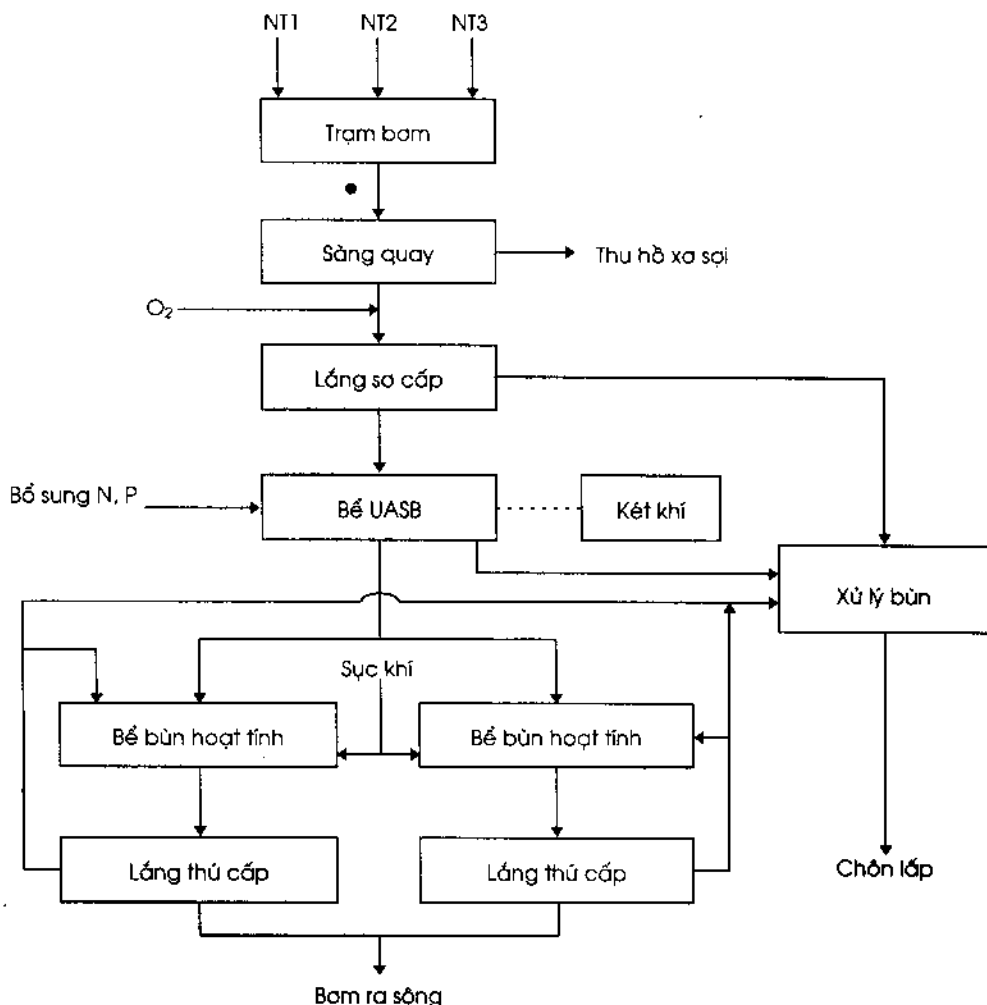
Lượng nước thải và tải lượng ô nhiễm nước thải của ba nhà máy đó được tóm tắt trong bảng 3.31.

Bảng 3.31. Đặc trưng nước thải công nghiệp giấy Eerbeek.B.V (22)

Nhà máy \ Thông số	Lưu lượng nước thải, m ³ /ngày	COD		BOD ₅		SO ₄ ²⁻
		mg/l	t/ngày	mg/l	t/ngày	
De Hoop NT1	5.500	2.000	11,0	1.100	6,1	130
KNP NT2	5.000	480	2,4	200	1,0	525
Coldenhove NT3	1.500	200	0,3	90	0,14	160
Tổng	12.000	1.000	13,7	500	7,24	300

Thiết bị xử lý sinh học yếm khí có thể là hồ yếm khí (anaerobic lagoon) hay các loại thiết bị yếm khí cao tốc như UASB. Hiệu quả xử lý đối với các loại thiết bị yếm khí được tổng kết trong bảng 3.32.

Xử lý nước thải công nghiệp giấy bằng phương pháp hiếu khí thường gặp hiện tượng tạo bùn dạng sợi rất khó lắng. Nguyên nhân chủ yếu là do nước thải ngành này có hàm lượng các hợp chất cacbonhydrat cao, các hợp chất này là những chất dễ phân hủy sinh học, mặt khác nước thải có hàm lượng sunfit cao, kìm hãm sự phát triển của vi sinh vật. Ngoài ra còn do trong nước thải thiếu chất dinh dưỡng nitơ và photpho. Trong nhiều trường hợp, bể bùn hoạt tính trong xử lý nước thải ngành giấy vận hành với chỉ số thể tích bùn cao (≥ 300 ml/g). Để đạt được chỉ số bùn như vậy hàm lượng bùn trong bể hoạt hóa phải chọn từ 2 đến 4 g/l và tải trọng bề mặt của bể lắng thứ cấp là $0,3 \div 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ (không vượt quá $0,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$).



Hình 3.28. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải công nghiệp giấy Eerbeek (22)

Bảng 3.32. Hiệu quả xử lý của các bể yếm khí (17)

Thông số	Đơn vị	Hồ yếm khí	Bể tiếp xúc	UASB
Thời gian lưu	ngày	5 - 50	1 - 3	0,2 - 1
COD dòng vào	mg/l	-	tối thiểu 2000	tối thiểu 1000
BOD dòng vào	mg/l	-	tối thiểu 1000	tối thiểu 500
Tải trọng BOD ₅	g/m ³ .ngày	30 - 45		
Tải trọng COD	kg/m ³ .ngày	-	3 - 6	10 - 20
Hiệu suất khử BOD ₅	%	50 - 80	90	90
Hiệu suất khử COD	%	30 - 70	50 - 80	50 - 80
Tuổi bùn	ngày	-	30 - 100	≥ 100

Chọn phương án xử lý thích hợp cho từng cơ sở sản xuất cần phải có nghiên cứu khảo sát xem cơ sở đó có xử lý dịch đen hay không. Tỷ lệ nước tuần hoàn như thế nào và đặc tính của các dòng thải. Xử lý nước thải ngành giấy có thể thực hiện xử lý cục bộ từng dòng, sau đó xử lý tập trung với các dòng khác trong nội bộ cơ sở hay xử lý tập trung với nước thải sinh hoạt.

3.8. NƯỚC THẢI CỦA CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT BIA (6, 8, 22, 23)

3.8.1. Tổng quan

Bia được sản xuất lâu đời trên thế giới, là sản phẩm lên men có tác dụng giải khát, tạo sự thoải mái và tăng cường sức lực cho cơ thể. Các nước có sản lượng sản xuất bia cao là Mỹ, CHLB Đức với sản lượng trên 10 tỷ lít/năm, và còn rất nhiều nước với sản lượng trên 1 tỷ lít/năm.

Thành phần chính của bia bao gồm : 80 ÷ 90% nước; 3 ÷ 6% cồn; 0,3 ÷ 0,4 H₂CO₃ và 5 ÷ 10% là các chất tan, trong các chất tan thì 80% là glucit, 8 đến 10% là các hợp chất chứa nitơ, ngoài ra còn chứa các axit hữu cơ, chất khoáng, một số vitamin.

Nguyên liệu chính để sản xuất bia bao gồm : malt đại mạch; nguyên liệu thay thế như gạo, lúa mì, ngô, ...; hoa Houblon; men và nước.

Trong đó nước chiếm thành phần chủ yếu, nước dùng để sản xuất bia phải là nước mềm, hàm lượng sắt, mangan càng thấp càng tốt, nước phải được khử trùng trước khi đưa vào nấu, đường hóa.

3.8.2. Công nghệ sản xuất bia (6,8,23)

Các công đoạn chính của công nghệ sản xuất bia được miêu tả trên hình 3.29, bao gồm:

- *Chuẩn bị nguyên liệu* : Malt đại mạch và nguyên liệu thay thế (gạo, lúa mì, ngô) được làm sạch rồi đưa vào xay, nghiền ướt để tăng bề mặt hoạt động của enzym và giảm thời gian nấu.

- *Lọc dịch đường để thu nước nha trong và loại bỏ bã malt*. Quá trình gồm hai bước :

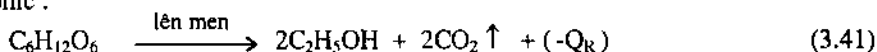
Bước 1: Lọc hỗn hợp dịch đường thu nước nha đầu;

Bước 2: Dùng nước nóng rửa bã thu nước nha cuối và tách bã malt.

- *Nấu với hoa houblon* để tạo ra hương vị cho bia, sau đó nước nha được qua thiết bị tách bã hoa.

- *Làm lạnh* : Nước nha từ nồi nấu có nhiệt độ xấp xỉ 100°C được làm lạnh tới nhiệt độ thích hợp của quá trình lên men, ở nhiệt độ vào khoảng 10 đến 16°C và qua hai giai đoạn. Giai đoạn 1 dùng nước lạnh hạ nhiệt độ xuống chừng 60°C và giai đoạn 2 dùng tác nhân lạnh glycol để hạ nhiệt độ xuống còn chừng 14°C .

- *Lên men chính và lên men phụ* : Đây là các quá trình quan trọng trong sản xuất bia. Quá trình lên men nhờ tác dụng của men giống để chuyển hóa đường thành alcol etylic và khí cacbonic :



Nhiệt độ duy trì trong giai đoạn lên men chính (6 đến 10 ngày) từ 8 đến 10°C . Sau đó tiếp tục thực hiện giai đoạn lên men phụ bằng cách hạ nhiệt độ của bia non xuống 1 đến 3°C và áp suất $0,5$ đến 1 at trong thời gian 14 ngày cho bia hơi và 21 ngày cho bia đóng chai, lon. Quá trình lên men phụ diễn ra chậm và thời gian dài giúp cho các cặn lắng, làm trong bia và bão hòa CO_2 , làm tăng chất lượng và độ bền của bia. Nấm men tách ra, một phần được phục hồi làm men giống, một phần thải có thể làm thức ăn gia súc. Hạ nhiệt độ của bia non để thực hiện giai đoạn lên men phụ có thể dùng tác nhân làm lạnh glycol.

- *Lọc bia* nhằm loại bỏ tạp chất không tan như nấm men, protein, houblon làm cho bia trong hơn trên máy lọc khung bản với chất trợ lọc là diatomit.

- *Bão hòa CO_2 và chiết chai*. Trước khi chiết chai, bia được bão hòa CO_2 bằng khí CO_2 thu được từ quá trình lên men chứa trong bình áp suất. Các dụng cụ chứa bia (chai, lon, két) phải được rửa, thanh trùng đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh, sau đó thực hiện quá trình chiết chai ở điều kiện chân không để hạn chế sự tiếp xúc của bia với không khí. Tiếp theo là đóng nắp và thanh trùng ở các chế độ nhiệt khác nhau để đảm bảo chất lượng trong thời gian bảo hành.

Trong công nghệ sản xuất bia, nước được dùng vào các mục đích:

- Làm nguyên liệu pha trộn theo tỷ lệ nhất định để nghiền ướt malt và gạo (hay lúa mì) và bổ sung tiếp trong quá trình nấu - đường hóa.

- Sản xuất hơi nước dùng cho quá trình nấu - đường hóa, nấu hoa, thanh trùng.

- Một lượng nước lớn dùng cho quá trình rửa chai, lon, thiết bị máy móc và sàn thao tác.

3.8.3. Các nguồn phát sinh nước thải và đặc tính nước thải công nghiệp sản xuất bia

Nước thải của công nghệ sản xuất bia (hình 3.29) bao gồm :

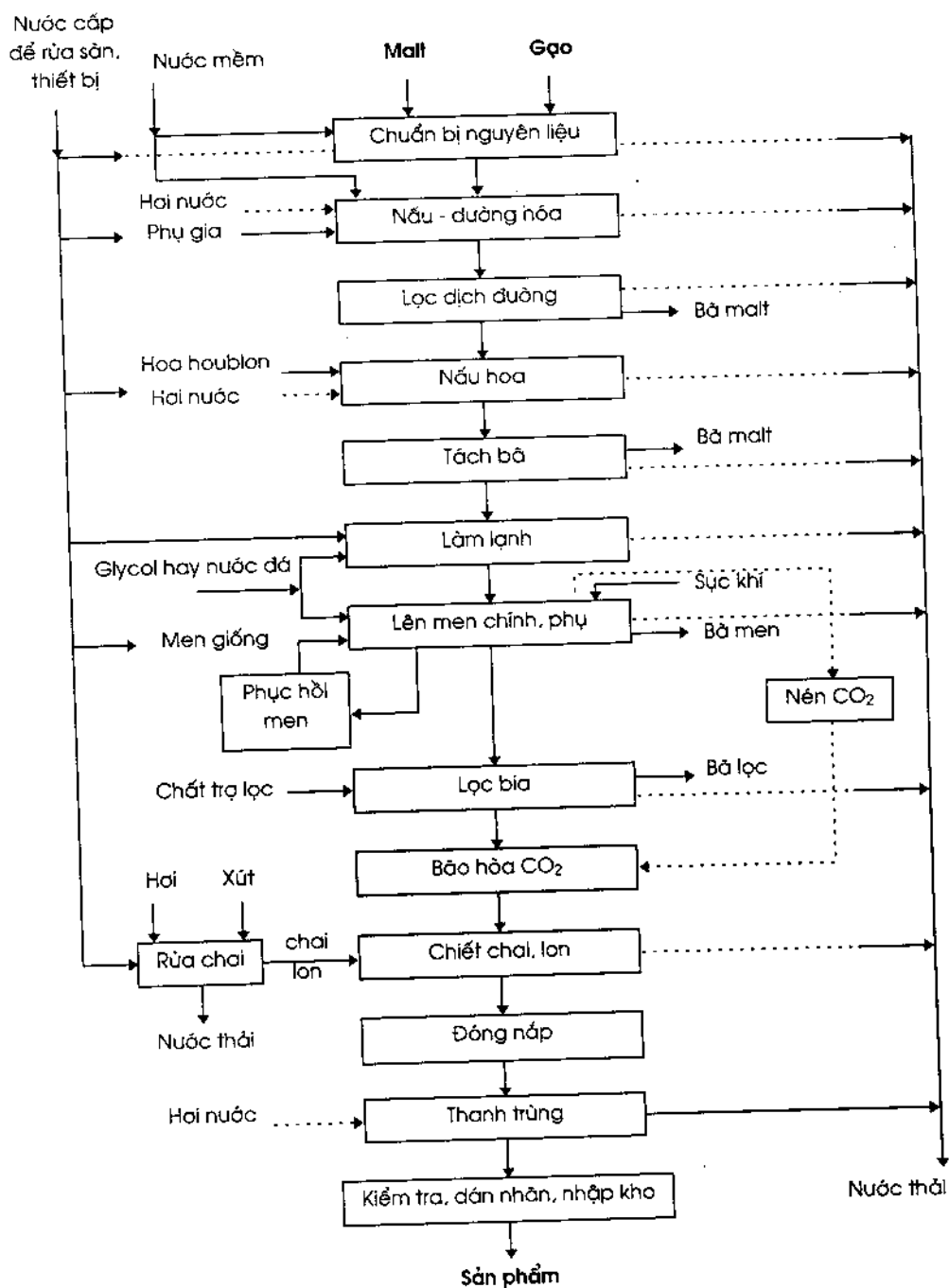
- Nước làm lạnh, nước ngưng, đây là nguồn nước thải ít hoặc gần như không bị ô nhiễm, có khả năng tuần hoàn sử dụng lại.
- Nước thải từ bộ phận nấu - đường hóa, chủ yếu là nước vệ sinh thùng nấu, bể chứa, sàn nhà, ... nên chứa bã malt, tinh bột, bã hoa, các chất hữu cơ, ...
- Nước thải từ hầm lên men là nước vệ sinh các thiết bị lên men, thùng chứa, đường ống, sàn nhà, xường, ... có chứa bã men và chất hữu cơ.
- Nước thải rửa chai, đây cũng là một trong những dòng thải có ô nhiễm lớn trong công nghệ sản xuất bia. Về nguyên lý chai để đóng bia được rửa qua các bước: rửa với nước nóng, rửa bằng dung dịch kiềm loãng nóng ($1 \div 3\%$ NaOH), tiếp đó là rửa sạch bản và nhãn bên ngoài chai và cuối cùng là phun kiềm nóng rửa bên trong và bên ngoài chai, sau đó rửa sạch bằng nước nóng và nước lạnh. Do đó dòng thải của quá trình rửa chai có độ pH cao và làm cho dòng thải chung có giá trị pH kiềm tính.

Kiểm tra nước thải từ các máy rửa chai đối với loại chai 0,5 l cho thấy mức độ ô nhiễm như trong bảng 3.33 [23].

Bảng 3.33. Ô nhiễm nước thải từ máy rửa chai bia (23)

Thông số	Hàm lượng, mg/l		
	thấp	cao	trung bình
COD	810	4480	2490
BOD ₅	330	3850	1723
Nitơ NH ₄ ⁺	2,05	6,15	4,0
P tổng	7,9	32,0	12,8
Cu	0,11	2,0	0,52
Zn	0,20	0,54	0,35
AOX	0,10	0,23	0,17
pH = 8,3 đến 11,2			
Nước tiêu thụ để rửa 1 chai = 0,3 đến 0,5 lít			

Trong nước thải rửa chai có hàm lượng đồng và kẽm là do sử dụng loại nhãn dán chai có in ấn bằng các loại thuốc in chứa kim loại. Hiện nay loại nhãn dán chai có chứa kim loại đã bị cấm sử dụng ở nhiều nước. Trong nước thải có tồn tạo AOX là do quá trình khử trùng có dùng chất khử là hợp chất của clo.



Hình 3.29. Công nghệ sản xuất bia và các dòng thời của nó

Trong sản xuất bia, công nghệ ít thay đổi từ nhà máy này sang nhà máy khác, sự khác nhau có thể chỉ là sử dụng phương pháp lên men nổi hay chìm. Nhưng sự khác nhau cơ bản là vấn đề sử dụng nước cho quá trình rửa chai, lon, máy móc thiết bị, sàn nhà, ... Điều đó dẫn đến tải lượng nước thải và hàm lượng các chất ô nhiễm của các nhà máy bia rất khác nhau. Ở các nhà máy bia có biện pháp tuần hoàn nước và công nghệ rửa tiết kiệm nước thì lượng nước thấp, như ở CHLB Đức [6], nước sử dụng và nước thải trong các nhà máy bia như sau :

- Định mức nước cấp : $4 \div 8 \text{ m}^3/1000 \text{ lít bia}$; tải lượng nước thải: $2,5 \div 6 \text{ m}^3/1000 \text{ lít bia}$;
- Tải trọng BOD_5 : $3 \div 6 \text{ kg}/1000 \text{ lít bia}$; tỷ lệ $\text{BOD}_5 : \text{COD} = 0,55 \div 0,7$,
- Hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước thải như sau :

$\text{BOD}_5 = 1100 \text{ đến } 1500 \text{ mg/l}$; $\text{COD} = 1800 \text{ đến } 3000 \text{ mg/l}$;

- Tổng nitơ : 30 đến 100 mg/l; tổng photpho : 10 đến 30 mg/l.

Với các biện pháp sử dụng nước hiệu quả nhất thì định mức nước thải của nhà máy bia không thể thấp hơn 2 đến 3 m^3 cho 1000 lít bia sản phẩm. Trung bình lượng nước thải ở nhiều nhà máy bia lớn gấp 10 đến 20 lần lượng bia sản phẩm.

Rosenwinkel đã đưa ra kết quả phân tích đặc tính nước thải của một số nhà máy bia như ở bảng 3.34.

Bảng 3.34. Đặc tính nước thải của một số nhà máy bia (6)

Thông số	Đơn vị	Nhà máy I		Nhà máy II	Nhà máy III
		từ... đến ...	trung bình		
pH	-	5,7 + 11,7		-	-
BOD_5	mg/l	185 + 2400	1220	775	1622
COD	mg/l	310 + 3500	1909	1220	2944
Nitơ tổng	mg/l	48 + 348	79,2	19,2	-
Photpho tổng	mg/l	1,4 + 9,09	4,3	7,6	-
Chất không tan	mg/l	158 + 1530	634	-	-
Tải lượng nước thải	$\text{m}^3/1000 \text{ lít bia}$	-	3,2	-	-
Tải trọng ô nhiễm	kg $\text{BOD}_5/1000 \text{ lít bia}$	-	3,5		

Lưu lượng dòng thải và đặc tính dòng thải trong công nghệ sản xuất bia, còn biến đổi theo chu kỳ và mùa sản xuất.

3.8.4. Các biện pháp ngăn ngừa, giảm thiểu và xử lý nước thải

Để giảm lượng nước thải và các chất gây ô nhiễm nước thải trong công nghệ sản xuất bia, cần nghiên cứu thâm dò các khả năng sau :

- Phân luồng các dòng thải để có thể tuần hoàn sử dụng các dòng ít chất ô nhiễm như nước làm lạnh, nước ngưng cho quá trình rửa thiết bị, sàn, chai.
- Sử dụng các thiết bị rửa cao áp như súng phun tia hoặc rửa khô để giảm lượng nước rửa.
- Hạn chế rơi vãi nguyên liệu, men, hoa houblon và thu gom kịp thời bã men, bã malt, bã hoa và bã lọc để hạn chế ô nhiễm trong dòng nước rửa sàn.

Do đặc tính nước thải của công nghệ sản xuất bia có chứa hàm lượng các chất hữu cơ cao ở trạng thái hòa tan và trạng thái lơ lửng, trong đó chủ yếu là hydratecarbon, protein và các axit hữu cơ, là các chất có khả năng phân hủy sinh học. Tỷ lệ giữa BOD_5 và COD nằm trong khoảng từ 0,50 đến 0,7, thích hợp với phương pháp xử lý sinh học. Tuy nhiên, trong những trường hợp thiếu các chất dinh dưỡng như nitơ và photpho cho quá trình phát triển của vi sinh vật, cần phải có bổ sung kịp thời.

Nước thải trước khi đưa vào xử lý sinh học cần qua sàng, lọc, để tách các tạp chất thô như giấy nhãn, nút bấc và các loại hạt rắn khác. Đối với dòng thải rửa chai có giá trị pH cao cần được trung hòa bằng khí CO_2 của quá trình lên men hay bằng khí thải nồi hơi.

Phương pháp sinh học

Việc lựa chọn phương pháp xử lý hiếu khí, yếm khí hay kết hợp và thiết bị sinh học để xử lý nước thải công nghiệp bia phụ thuộc vào đặc tính nước thải, lưu lượng nước thải, điều kiện kinh tế - kỹ thuật và diện tích xây dựng cho phép.

Trong hệ thống xử lý nước thải công nghiệp bia thường dùng các phương pháp sinh học sau :

- Phương pháp bùn hoạt tính (aeroten) với tải lượng bùn (hay tỷ lệ thức ăn/vi sinh vật F/M) $F/M = 0,05$ đến $0,1 \text{ kg } BOD_5/\text{kg}$ bùn/ngày và chỉ số bùn tới 270 ml/g . Do hàm lượng hữu cơ dạng hydratecarbon cao, nếu thiếu chất dinh dưỡng như nitơ và photpho thì quá trình sinh khối bùn dễ tạo ra bùn dạng sợi, khó lắng. Kinh nghiệm chỉ ra rằng, càng hạn chế bã men trong nước thải, vận hành thiết bị với tải trọng bùn không cao sẽ hạn chế được quá trình tạo bùn dạng sợi.
- Phương pháp màng sinh học hiếu khí với thiết bị dạng tháp, trong có lớp đệm bằng các hạt nhân tạo, gỗ, ...), loại này thường có tải trọng thể tích ($\text{kg } BOD_5$ trong 1 đơn vị thể tích làm việc của thiết bị trong 1 ngày) từ 1,0 đến $1,6 \text{ kg } BOD_5/\text{m}^3 \cdot \text{ngày}$ và tải lượng bùn $F/M = 0,4$ đến $0,64 \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{ngày}$.

- Hồ sinh học hiếu khí, có thể gồm một hoặc nhiều hồ nối tiếp hay song song được sục khí, vận hành với tải lượng thể tích tối đa từ 0,025 đến 0,03 kg BOD₅/m³.ngày và sau đó có bề lắng với thời gian lưu là 1 ngày. Đây hồ phải được chống thấm và đòi hỏi diện tích lớn (100 m² cho 1000 lít bia sản phẩm trong 1 ngày).

- Phương pháp yếm khí sử dụng để xử lý nước thải có lượng chất hữu cơ ô nhiễm cao (COD > 2000 mg/l), càng lớn càng tốt. Do phương pháp yếm khí có ưu điểm lượng bùn sinh ra ít, tiêu tốn ít năng lượng (không cần sục khí) và tạo ra khí metan có giá trị năng lượng nên nhiều nhà máy bia ở nước ngoài đã sử dụng phương pháp này để xử lý nước thải [22]. Hoặc là do yêu cầu của dòng thải ra, nước thải bia cần được xử lý yếm khí trước để giảm tải trọng ô nhiễm trước khi đưa vào xử lý hiếu khí, kết hợp giữa phương pháp yếm khí và hiếu khí. Thiết bị sinh học yếm khí UASB được sử dụng nhiều trong các nhà máy bia ở Brazil, Hà Lan và Tây Ban Nha.

COD ban đầu của dòng thải đưa vào thiết bị UASB có giá trị từ 1500 đến 4000 mg/l. Thời gian phản ứng từ 2 đến 10 h. Hiệu suất khử COD của thiết bị UASB nhìn chung đạt 75%.

Hình 3.30 mô tả một ví dụ về hệ thống xử lý nước thải bằng phương pháp kết hợp giữa yếm khí và hiếu khí của nhà máy sản xuất bia - nước giải khát Bavaria ở Lieshout, Hà Lan [24]. Nước thải đưa vào xử lý gồm 3 dòng :

- Dòng 1: Nước thải của xí nghiệp sản xuất bia; $Q_1 = 1.900 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (38%); COD = 1700 mg/l; pH = 10; T = 27°C.
- Dòng 2: Nước thải của xí nghiệp sản xuất malt; $Q_2 = 1600 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (32%); COD = 900 mg/l; pH = 6,5; T = 13°C.
- Dòng 3: Nước thải của xí nghiệp nước giải khát; $Q_3 = 1500 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (30%); COD = 1600 mg/l; pH = 10; T = 30°C.

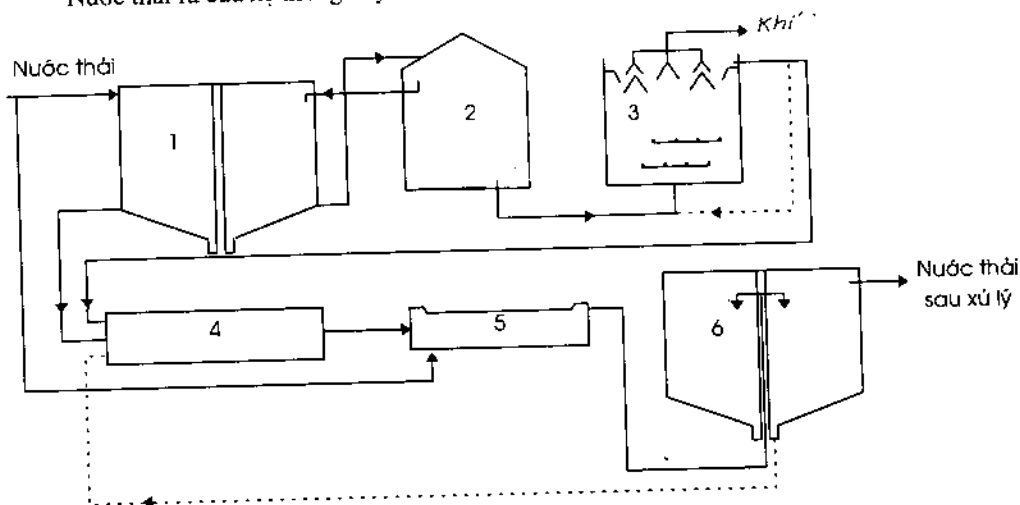
Dòng chung có đặc tính lưu lượng trong ngày dao động rất lớn, $Q_{\max} = 250 \text{ m}^3/\text{h}$; giá trị COD thay đổi rất mạnh COD_{max} = 1600 mg/l; N_{tổng, max} = 30 mg/l; BOD₅ : COD = 0,7; T = 20 ÷ 24°C; pH = 6 ÷ 10.

Hệ thống xử lý bao gồm :

- Bể chứa / dùng để điều hòa, điều chỉnh pH, có dung tích V = 3000 m³;
- Bể axit hóa 2 có dung tích 1500 m³;
- Bể yếm khí UASB 3 có dung tích 1400 m³, t_R = 5,6 h;
- Bể ổn định tiếp xúc 4 có dung tích 200 m³;
- Bể sục khí (aerotén) 5 có dung tích 10800 m³;
- Bể lắng thứ cấp 6 có dung tích 1400 m³.

Nước thải từ bể axit hóa được tuần hoàn một phần về bể chứa, một mặt có tác dụng tăng hiệu suất quá trình axit hóa, mặt khác ổn định độ pH của nước thải.

Nước thải ra của hệ thống này có COD bằng 50 mg/l; cao nhất là 60 mg/l.



Hình 3.30. Sơ đồ hệ thống xử lý yếm - hiếu khí của nhà máy bia Bavaria, Lieshout, Hà Lan

3.9. NƯỚC THẢI CỦA NGÀNH CÔNG NGHIỆP LUYỆN KIM, GIA CÔNG KIM LOẠI

Kim loại và hợp kim của chúng là vật liệu quan trọng trong các ngành công nghiệp như đóng tàu, cơ khí chính xác, quang học, điện tử, hàng không và gia công kim loại, sản xuất dụng cụ phục vụ cho công nghiệp và gia đình.

Công nghệ luyện kim bao gồm luyện kim đen và luyện kim màu để tạo ra hợp kim chứa sắt và không chứa sắt.

3.9.1. Công nghệ luyện gang và luyện thép

Gang và thép là hợp kim chứa sắt với thành phần cacbon khác nhau, trong gang thành phần cacbon lớn hơn 2% và trong thép thành phần cacbon nhỏ hơn 2%.

Nguyên liệu để luyện gang bao gồm :

- Than cốc hay than nhiệt luyện vừa đóng vai trò làm nhiệm vụ cung cấp nhiệt năng cho quá trình nung quặng vừa cung cấp thành phần cacbon cho gang. Than sau khi cốc hóa được đưa vào luyện gang thường có thành phần : chất bốc từ 0,9 đến 1,25%; lưu huỳnh từ 0,5 đến 2%; cacbon từ 82 đến 90%; tro từ 8 đến 14%; photpho dưới 0,1%; nhiệt trị từ 7800 đến 8000 kcal/kg.

- Quặng sắt có thành phần chủ yếu là oxýt sắt và cacbonat sắt, còn lại là các tạp chất ở dạng oxýt như Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , SiO_2 , các hợp chất của mangan, crom và các chất như lưu huỳnh, photpho, ...

- Chất trợ dung (hay chất chảy) thường dùng là đá vôi, hoàng thạch, dolomit với mục đích kết hợp với các tạp chất khó chảy ở dạng oxýt thành hợp chất dễ chảy để tách ra khỏi gang dưới dạng xỉ lỏng khi nung chảy quặng.

- Không khí nóng cung cấp oxy cho quá trình nung chảy quặng.

Sơ đồ công nghệ luyện gang và các nguồn chất thải được thể hiện trên hình 3.31. Quặng sắt được đưa qua các khâu sàng, tuyển để loại bỏ đất, đá, quặng kém chất lượng, sau đó được rửa sạch bằng nước với mục đích loại bỏ cát, đất, tạp chất còn bám vào quặng. Quặng được đưa vào nung ở lò cao cùng các nguyên liệu khác như chất trợ dung, than cốc với nhiệt độ từ 1350 đến 1600°C. Gang chảy được đổ khuôn, làm nguội để tạo ra sản phẩm gang thỏi.

Luyện thép

Nguyên liệu đưa vào luyện thép bao gồm thành phần chính để tạo hàm lượng sắt thích hợp cho thép là gang thỏi, sắt thép vụn, quặng sắt, ngoài ra còn dùng lượng đá vôi nhất định để tạo xỉ khử photpho và lưu huỳnh trong quặng (hình 3.31). Luyện thép được thực hiện trong lò cao, sau đó thép lỏng được đổ khuôn làm nguội để tạo thép thỏi.

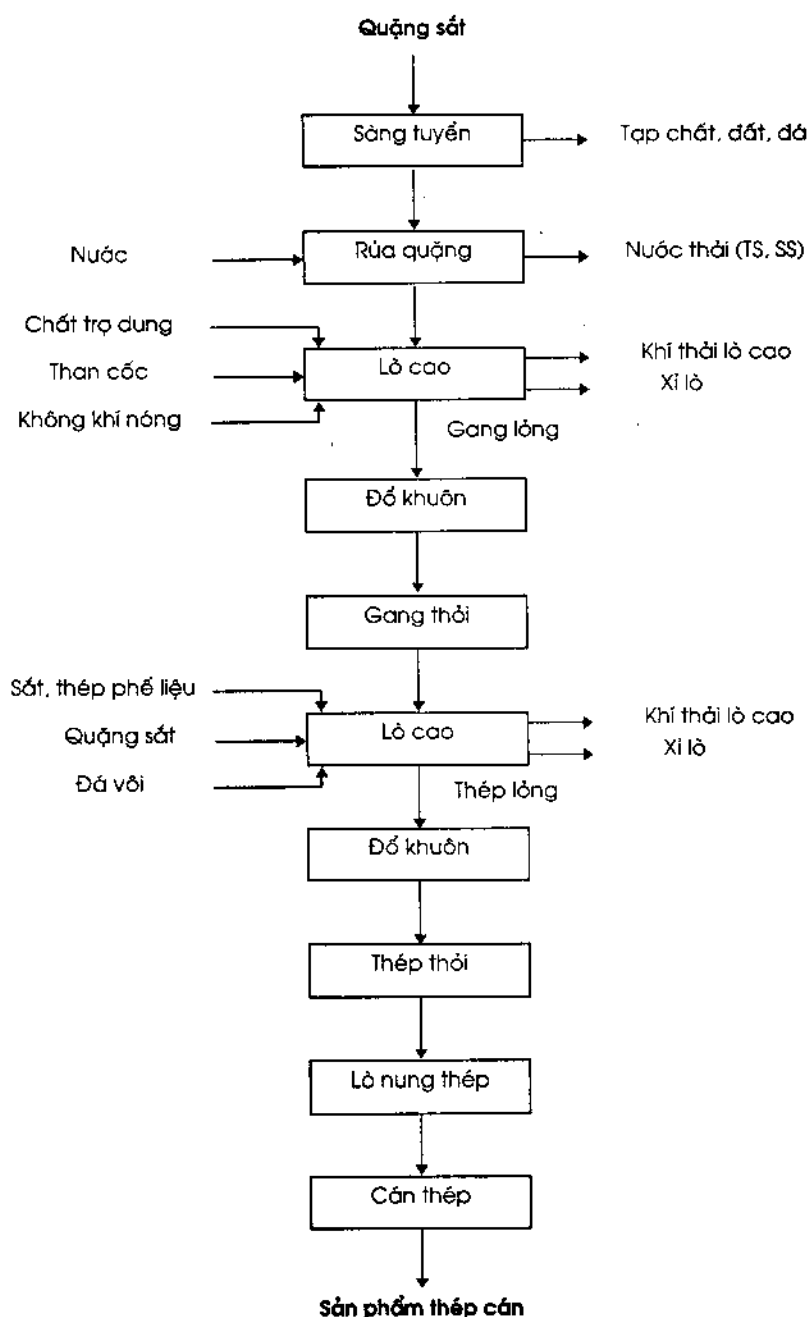
Cán thép

Cán thép là quá trình gia công thép thỏi để tạo ra sản phẩm ở dạng tấm, ống hay cây phục vụ cho các ngành công nghiệp.

3.9.2. Các nguồn nước thải và đặc tính nước thải của công nghệ luyện kim đen

Trong công nghệ luyện gang, thép và cán thép, nước không tham gia vào các quá trình chính mà được dùng vào các công đoạn làm sạch quặng, làm nguội khí lò và xỉ lò, làm mát trục cán của máy cán hay khuôn đổ gang, khuôn đổ thép. Đó là những nguồn sinh ra nước thải.

Khi sản xuất 1 tấn gang, trung bình sản ra 0,28 đến 0,35 tấn xỉ và 2000 đến 4000 Nm^3 khí lò cao [6, 25]. Xỉ lò chứa nhiều khoáng chất khác nhau, trong đó khoảng 50 đến 70% là oxýt silic SiO_2 , oxýt nhôm và các oxýt khác như oxýt canxi, oxýt magie, v.v... Trong quá trình nấu, luyện trong lò cao, xỉ có vai trò tạo môi trường tốt để thực hiện các phản ứng hoá học nhằm khử bỏ các tạp chất có hại và chuyển vào kim loại những nguyên tố có lợi như Cr, Ni, Ti, điều chỉnh quá trình vận chuyển oxy từ pha khí vào pha kim loại, bảo vệ bề mặt kim loại trước sự oxy hóa và xâm nhập của tạp chất khí.



Hình 3.31. Sơ đồ công nghệ luyện gang, thép và cán thép có kèm dòng thải

Do thành phần và tính chất của xỉ nên xỉ ra lò thường được đưa qua dòng nước chảy mạnh có áp lực để tạo thành các sản phẩm phục vụ cho các mục đích khác như bông xỉ làm chất cách nhiệt tốt, xỉ ở dạng hạt làm nguyên liệu sản xuất xỉ măng, vật liệu xây dựng, v.v... Do xỉ ra lò có nhiệt độ cao (1350 đến 1600°C) ở trạng thái nóng chảy nên lượng nước cho quá trình làm nguội, tạo những khối liên kết bởi những hạt xỉ cần rất lớn. Một phần nước sẽ mất mát do bốc hơi. Phần nước làm nguội xỉ và tạo hạt xỉ được cùng xỉ đi vào bể lắng để tách xỉ. Nước làm nguội xỉ có hàm lượng chất rắn lơ lửng cao, từ 700 đến 11.000 mg/l; xyanua 0 đến 1,6 mg/l; H_2S từ 18 - 1400 mg/l; và amon từ 3 đến 4,8 mg/l. Phần lớn các cơ sở luyện gang đều sử dụng tuần hoàn lại lượng nước này cho quá trình làm nguội khí, xỉ hay đập lửa của lò cốc hóa [8].

Khí thải lò cao có hàm lượng bụi từ 10 đến 60 g/Nm³, có nhiệt trị lớn (750 đến 900 kcal/Nm³). Người ta ước tính để sản xuất 1 tấn gang thì lượng bụi trong khí thải khoảng 45 đến 135 kg. Do có nhiệt trị lớn nên khí thải lò cao thường được dùng để sấy nóng không khí đưa vào lò hay trộn với khí khác làm nhiên liệu chạy động cơ hay phục vụ cho sinh hoạt. Trước khi sử dụng, khí thải cần được khử bụi bằng phương pháp khô hay phương pháp ướt. Nếu khử bụi khí thải lò cao bằng phương pháp ướt thì lượng nước tiêu tốn khoảng 20 m³ cho 1 tấn gang. Trong quá trình tách bụi, nước hấp thụ một số khí độc có trong khí thải nên ngoài bụi, còn chứa H_2S , xyanua ($1 + 4$ g CN/m³), phenol, naphthalen, amon và vết kim loại như kẽm, chì. Để có thể tuần hoàn sử dụng lại lượng nước này, người ta xử lý qua các bước: thổi khí liên tục để tách CO_2 , phá trạng thái ổn định của $Zn(HCO_3)_2$ ở dạng hòa tan, chuyển thành dạng kết tủa $ZnCO_3$, sau đó bổ sung vôi và chất trợ tạo bông để tách bùn, khử độc xyanua bằng các chất oxy hóa mạnh như H_2O_2 . Nước chỉ thải một phần, còn phần lớn được sử dụng lại như nước làm nguội xỉ lò luyện gang, đập lửa lò cốc hóa, v.v...

Lượng nước làm nguội tiêu tốn cho quá trình luyện gang thông thường từ 40 đến 50 m³ cho 1 tấn gang [8], trong đó 20 m³/1 tấn gang được dùng cho quá trình khử bụi và làm nguội khí lò cao bằng phương pháp ướt. Nếu nước làm nguội được tuần hoàn trong hệ thống khép kín thì lượng nước tiêu thụ có thể giảm còn từ 5 đến 6 m³/1 tấn gang.

Tương tự như trong công nghệ luyện gang, nước thải trong công nghệ luyện thép sinh ra từ hệ thống nước làm nguội và nước làm sạch khí lò. Quá trình luyện thép được thực hiện bằng các phương pháp khác nhau và trong các loại lò khác nhau với mục đích làm giảm hàm lượng cacbon, silic, photpho và lưu huỳnh trong gang. Các nguyên liệu ngoài gang còn sắt thép phế, quặng sắt để bổ sung hàm lượng oxyt sắt cho thép, vôi để khử photpho, lưu huỳnh, fluor và trong nhiều trường hợp bổ sung fluorcanxi CaF_2 làm tăng khả năng nóng chảy cho quặng. Chính vì vậy trong nước thải của công nghệ luyện thép thường chứa bụi, oxyt kim loại như oxyt sắt, oxyt mangan, hợp chất của photpho và lưu huỳnh cũng như fluor và fluorsilic SiF_4 . Lượng nước làm nguội tiêu thụ đối với luyện thép theo phương pháp Siemens-Martin từ 12 đến 18 m³/1 tấn thép và theo phương pháp Thomas từ 3 đến 4 m³/1 tấn thép. Hàm lượng bụi trong khí lò đối với phương pháp thổi oxy là 20 g/Nm³ và theo phương pháp Siemens-Martin là 0,6 đến 1,5 g bụi/Nm³. Hiện nay, trong công nghệ luyện

thép sử dụng lò điện hồ quang đã làm giảm được vấn đề ô nhiễm bụi và khí thải, qua đó cũng giảm được ô nhiễm nước thải.

Cán thép có thể qua hai hay nhiều cấp khác nhau: cán thô, cán trung, cán tinh với mục đích tạo ra các sản phẩm ở các dạng khác nhau. Cán thô, cán trung thường là cán nóng và cán tinh thường là cán nguội. Trong cán nóng nước được dùng để làm mát trực cán và sản phẩm bằng cách phun trực tiếp vào ổ trục và sản phẩm cán. Nước thải từ công đoạn này chứa vảy cán, bụi kim loại, dầu mỡ do bôi trơn trực cán. Vảy cán chiếm 3 đến 5% khối lượng sản phẩm [6]. Vảy cán thô có thể thu hồi ở kênh chứa thoát nước ngay dưới giá cán do chúng có khối lượng riêng lớn và lắng nhanh. Vảy cán mịn và các chất ô nhiễm khác cùng nước thải đi vào bể lắng có bộ phận tách dầu mỡ. Nước thải từ công đoạn này chứa 10 đến 1000 mg/l vảy cán và khoảng 39 mg/l dầu, mỡ.

Nguồn nước thải thứ hai trong các cơ sở cán thép là nước làm sạch khí thải lò cao, nước thải loại này có thành phần tương tự như nước thải lò cao luyện thép bao gồm bụi (1 đến 100 g/Nm³) chứa HF, FeO, CaO, ... ngoài ra còn chứa các khí CO, SO₂, F, NO₂, ... Đối với công nghệ cán nguội, thép thô phải được xử lý làm sạch vảy cán trước khi đưa vào cán. Phương pháp xử lý thường là dùng các loại axit như HCl, H₂SO₄ cho thép thường; hỗn hợp axit HF-HNO₃ cho thép inox để đánh sạch bề mặt, sau đó rửa bằng nước, do vậy nước thải mang tính axit mạnh. Ngoài ra trong cán nguội, trục cán được làm nguội bằng dung dịch nhũ tương bao gồm 10% dầu, tác nhân tạo hệ nhũ tương và tác nhân ổn định chống sự phá hủy của vi khuẩn. Về nguyên lý, dịch này được tuần hoàn sử dụng lại trong hệ kín, một phần thải theo định kỳ với mục đích bổ sung dịch nhũ tương sau cho đảm bảo được đặc tính bôi trơn và làm nguội trục cán.

Đối với những cơ sở luyện kim có công đoạn cốc hóa than thì nguồn nước thải gây ô nhiễm lớn, cần được quan tâm là nước thải do rửa khí thải của lò cốc hóa.

Quá trình luyện cốc là quá trình nung kết than trong lò ở nhiệt độ 900 đến 1100⁰C, cách ly với không khí trong khoảng thời gian 20 đến 30 giờ nhằm mục đích tăng hàm lượng cacbon trong than, tăng nhiệt trị của than và đồng thời giảm lượng tro, lưu huỳnh. Các chất tạo thành sau luyện cốc là cốc và các chất hữu cơ bay hơi cùng với khí thải. Qua làm lạnh nhiều lần bằng nước, thành phần hữu cơ bay hơi sẽ ngưng tụ dưới dạng dầu, nhựa hắc ín và nước thải chứa các chất ô nhiễm như amon, phenol, xyanua. Nếu luyện 1 tấn than đá sẽ thu được 780 kg cốc, 30 kg bao gồm naphtalen, hắc ín, dầu nặng, dầu nhẹ và 325 m³ khí (tương ứng với 190 kg).

Thông thường các loại dầu, hắc ín được thu hồi bằng phương pháp lắng hay tuyển nổi ở giai đoạn xử lý đầu và được sử dụng như nguyên liệu đầu cho quá trình sản xuất khác. Nước thải sau khi thu hồi dầu, hắc ín còn chứa các chất tan như phenol, CN⁻, NH₄⁺, ... Lượng, thành phần và hàm lượng các chất ô nhiễm nước thải phụ thuộc vào đặc tính loại than đưa vào luyện cốc, điều kiện làm việc của lò cốc như nhiệt độ, thời gian luyện cốc

cũng như phương pháp xử lý khí thải lò luyện cốc. Thành phần trong nước thải làm sạch khí lò luyện cốc cũng tương tự như trong nước thải lò khí hóa than (xem mục 3.4).

3.9.3. Công nghệ luyện kim màu và các nguồn thải

Trong công nghệ luyện kim màu thường tập trung vào các kim loại nhôm, đồng, kẽm, chì.

Luyện kim màu có thể thực hiện theo các phương pháp sau :

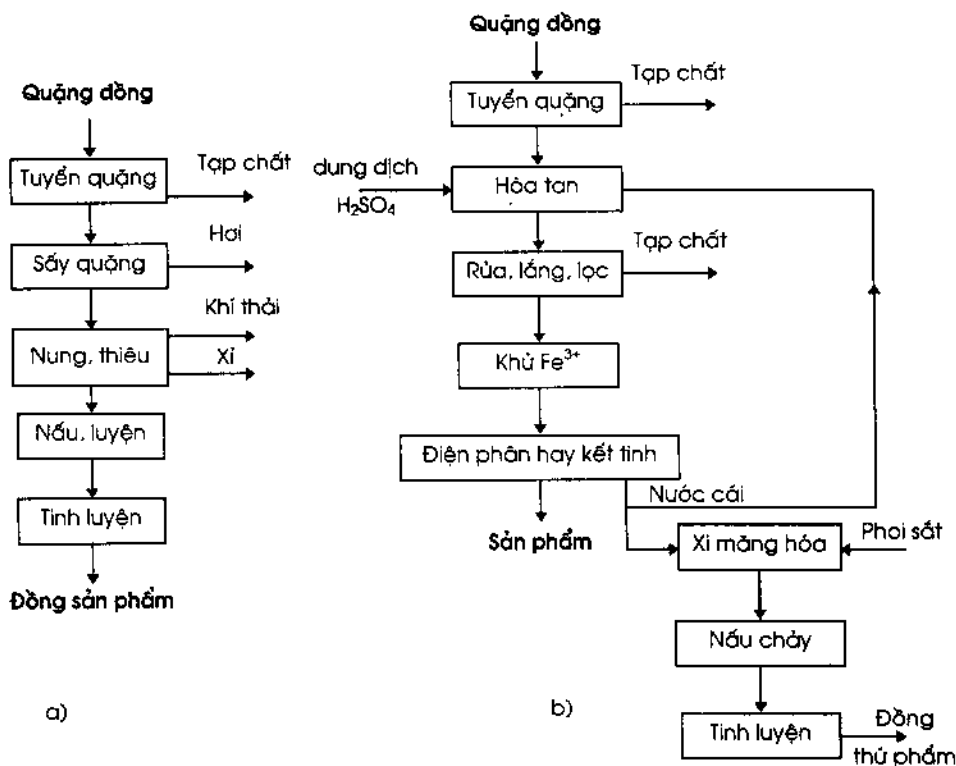
1. Hòa luyện là phương pháp dùng nhiệt để thu hồi kim loại từ quặng của nó. Hòa luyện gồm các bước: tuyển quặng; sấy để tách nước tự do; nung nhằm khử nước liên kết (ở nhiệt độ lớn hơn 200°C); thiêu kết, nấu luyện để tách xỉ và tạp chất trong quặng.
2. Thủy luyện là phương pháp dùng chất lỏng thích hợp để hòa tan kim loại cần tách nhằm tách chúng ra khỏi tạp chất. Công nghệ thường gồm: tuyển quặng; hòa tan trong dung môi; tách kim loại khỏi dung dịch (kết tủa, kết tinh, lắng, lọc, ...).
3. Phương pháp điện phân dựa trên nguyên tắc phân ly kim loại về điện cực trái dấu và tách ra khỏi tạp chất khi trong dung dịch có các điện cực. Phương pháp điện phân thường kết hợp với phương pháp thủy luyện.

Thông thường người ta dùng phương pháp hòa luyện và thủy luyện. Hình 3.32 trình bày ví dụ về công nghệ luyện đồng (hòa luyện và thủy luyện). Trong hòa luyện, nước chỉ tham gia vào quá trình làm nguội sản phẩm và khí thải lò nung. Nước thải chứa thành phần tạp chất của quặng và kim loại luyện. Trong thủy luyện, dung dịch hòa tan quặng thường là dung dịch axit HCl , H_2SO_4 , dung dịch kiềm NaOH hoặc dung dịch muối và nước. Nước thải ở đây mang đặc tính của dung dịch hòa tan có lẫn tạp chất ở dạng tan, lơ lửng và kim loại.

Trong thủy luyện, dung dịch (hay nước cái) sau quá trình điện phân hay kết tinh có hàm lượng kim loại thấp, có thể tuần hoàn làm dung dịch hòa tan hay được xi măng hóa để tạo đồng thứ phẩm. Xi măng hóa là quá trình thay thế kim loại đã hòa tan trong dung dịch bằng kim loại khác dưới dạng bột, phoi sắt hoặc tấm làm cho kim loại thứ nhất kết tủa với mục đích khử tạp chất trong dung dịch và thu hồi kim loại có ích từ dung dịch có nồng độ thấp. Nguồn nước thải sinh ra chủ yếu là do rửa sản phẩm và một phần dung dịch thải bỏ.

Nước thải trong luyện kim màu là nước rửa trong khâu tuyển quặng, chứa các tạp chất vô cơ có hàm lượng chất rắn và chất rắn lơ lửng cao. Nguồn thứ hai là nước rửa sản phẩm và lắng, gạn lọc sản phẩm, thường mang tính axit và có chứa thành phần kim loại cần luyện cũng như một số chất hòa tan do hòa tan quặng như arsen, fluor, v.v... Nước làm sạch khí và làm nguội xỉ của phương pháp hòa luyện chứa bụi kim loại và một số khí bị hấp thụ như trong khí lò cao của luyện kim đen.

Bằng phương pháp thủy luyện có tuần hoàn sử dụng lại dung dịch luyện, lượng nước thải có thể tính từ 3 đến 5 m^3 cho 1 tấn sản phẩm thô. Trong khai thác nhôm bằng phương pháp điện phân, nước thải tính trên 1 tấn oxyt nhôm là 3 m^3 và nếu tinh luyện để sản xuất 1 tấn nhôm thì lượng nước thải là 10 m^3 .



Hình 3.32. Sơ đồ công nghệ luyện đồng và các nguồn chất thải

a. Công nghệ hóa luyện; b. Công nghệ thủy luyện

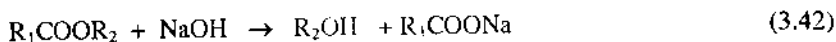
3.1.4. Công nghệ gia công kim loại và các nguồn nước thải

Quá trình gia công kim loại là quá trình gia công ở dạng tấm ống, thoi thành các sản phẩm thương mại dùng trong công nghiệp, sinh hoạt và các ngành kinh tế khác nhau. Quá trình gia công kim loại bao gồm:

- Gia công tạo hình sản phẩm bằng các phương pháp cơ học như tiện, cắt, hàn, ghép nối hay bằng phương pháp nhiệt như đúc, rèn,...
- Làm sạch bề mặt như cạo rỉ sắt, tẩy rửa các tạp chất bám trên bề mặt.
- Gia công bề mặt như sơn, mạ điện, ... để tạo lớp bảo vệ bề mặt kim loại chống sự ăn mòn, tăng độ cứng bề mặt, chống mài mòn, tăng độ dẫn nhiệt, dẫn điện, ...

Trừ quá trình gia công cơ khí tạo hình sản phẩm không sử dụng nước, các quá trình xử lý bề mặt kim loại khác đều có sử dụng nước để làm sạch bề mặt và sử dụng hóa chất ở dạng dung dịch để tẩy rửa, mạ bóng, sơn phủ, ... Từ những quá trình này, nước thải sinh ra

chứa nhiều các chất gây ô nhiễm nguồn nước như rỉ sắt, kim loại nặng, dầu mỡ, xút, axit, các chất tẩy rửa, v.v... Đặc tính nước thải của mỗi loại hình gia công kim loại thường khác nhau, nó phụ thuộc vào công nghệ gia công, vào loại hóa chất sử dụng và phương pháp làm sạch bề mặt. Chẳng hạn như trong công nghiệp mạ kim loại, sản phẩm thường được mạ đồng, kẽm, crom, niken, ... có nghĩa dung dịch mạ chứa thành phần chủ yếu là các hợp chất của các kim loại đó. Sơ đồ công nghệ với các dòng thải của quá trình mạ được miêu tả trên hình 3.33. Sản phẩm trước khi đưa vào mạ cần được xử lý sạch bề mặt để tạo điều kiện dễ bám và phủ đều dung dịch mạ. Cao rỉ, cao lớp sơn, mạ cũng có thể bằng phương pháp khô hay phương pháp ướt. Nếu dùng nước để rửa thì nước thải từ công đoạn này chứa rỉ sắt, các tạp chất, dầu, mỡ. Nếu làm sạch bằng phương pháp hóa học thì thường dùng xút (NaOH) và axit (H_2SO_4 , HCl), do vậy nước thải có thể mang tính kiềm hay axit. Trong bể ngâm với xút để tẩy dầu mỡ bám trên bề mặt kim loại thường xảy ra phản ứng xà phòng hóa, tạo bọt cho nước thải theo phản ứng sau:



và tiếp theo là ngâm trong bể axit để tẩy rỉ sắt.

Sau đó sản phẩm được nhúng vào bể mạ chứa dung dịch mạ và chất trợ dung như NH_4Cl , NaCN, ... Thông thường quá trình tẩy, rửa bề mặt kim loại và mạ phủ bề mặt thực hiện theo phương thức gián đoạn. Các dịch tẩy rửa, dung dịch mạ thải bỏ định kỳ khi chúng không còn đảm bảo yêu cầu kỹ thuật. Đây là nguồn gây ô nhiễm lớn với hàm lượng cao các kim loại nặng và các hóa chất. Còn các dòng thải khác là những dòng nước rửa sản phẩm sau mạ, rửa sàn, thiết bị đều có chứa xyanua, kim loại nặng, axit, ...

- Tóm lại, nước thải trong công nghệ luyện kim và gia công kim loại bao gồm các nguồn:

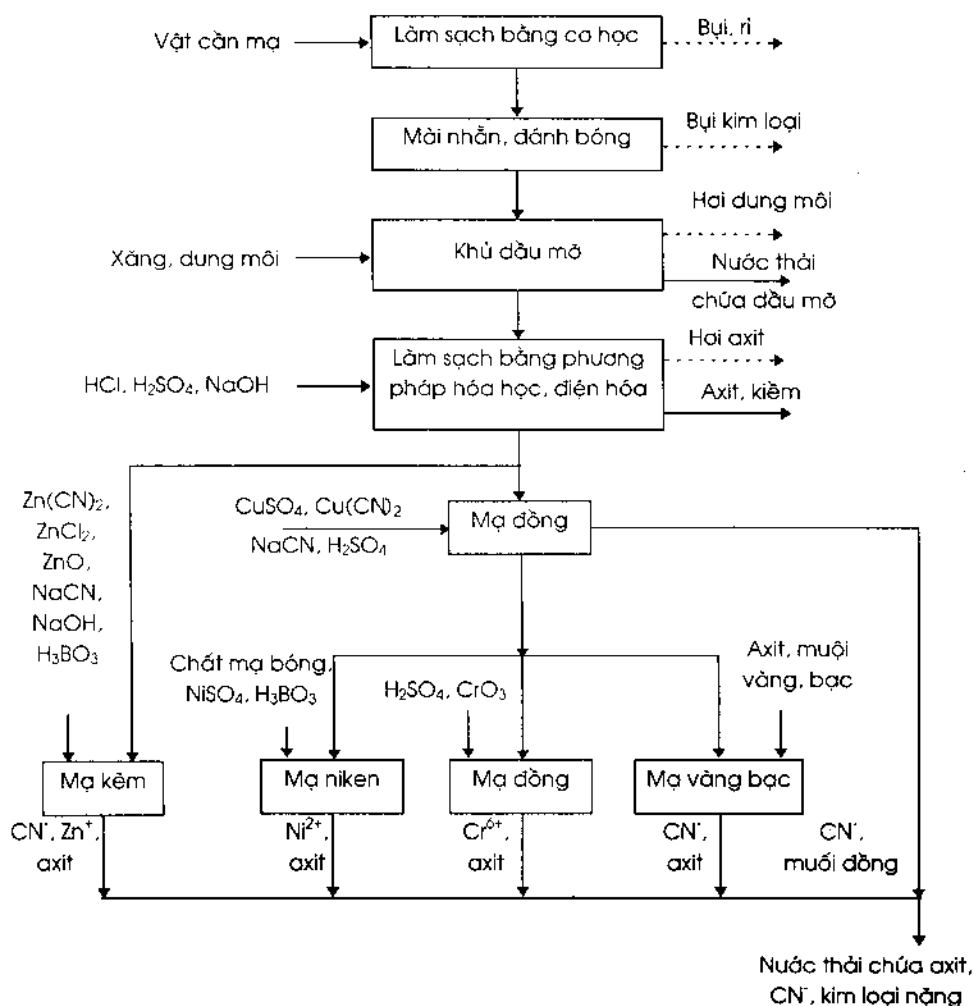
- Nước làm mát lò cao, khuôn đúc, máy nén, động cơ, máy cán, ... Nước này thường ít ô nhiễm, có thể tuần hoàn sử dụng lại cho các mục đích dập lửa ở lò cốc hóa, làm nguội xỉ, khí thải lò cao.

- Nước làm nguội xỉ, tạo hạt xỉ và làm nguội, làm sạch khí của lò cao thường có hàm lượng chất rắn lơ lửng cao, ngoài ra còn chứa amon, xyanua, hợp chất lưu huỳnh, phenol, kim loại nặng. Về nguyên lý xử lý nước thải chứa amon, xyanua, phenol tương tự như mục 3.4 đối với nước thải của công nghệ khí hóa than.

- Dòng thải của công đoạn sàng, tuyển quặng, đặc biệt đối với một số công nghệ luyện kim màu đều chứa các tạp chất đất, đá sỏi và các muối vô cơ tan.

- Nước thải của công nghệ luyện kim màu bằng phương pháp thủy luyện kết hợp với điện phân cũng như nước thải của công nghệ xử lý bề mặt đều mang tính axit và chứa kim loại nặng cũng như chất rắn lơ lửng.

- Nước thải công nghệ mạ, sơn, ... tạo bề mặt bảo vệ kim loại, có hàm lượng kim loại cao và các thành phần của chất trợ dung như CN^- , SO_4^{2-} , F^{2-} , ..., ngoài ra còn chứa dầu mỡ.



Hình 3.33. Sơ đồ công nghệ mạ với các dòng thải của quá trình

3.9.5. Phương pháp xử lý nước thải công nghệ luyện kim và gia công kim loại

Do đặc thù nước thải của ngành công nghệ luyện kim và gia công kim loại là có chứa các kim loại nặng như crom, chì, đồng, sắt, nhôm, niken, kẽm, ... Các kim loại này có trong nước sẽ trực tiếp ảnh hưởng đến sức khỏe con người như gây các bệnh viêm loét da, dạ dày, đường hô hấp, gây ung thư máu, ... Các kim loại nặng lại có khả năng tích tụ trong các loại động vật sống trong nước như cá, ốc, tôm, cua, ... gián tiếp tác động đến sức khỏe con người.

Các phương pháp xử lý nước thải chứa kim loại bao gồm:

- *Phương pháp kết tủa hóa học.* Phương pháp này dựa trên phản ứng hóa học giữa chất đưa vào nước thải với kim loại cần tách, ở độ pH thích hợp sẽ tạo thành hợp chất kết tủa và được tách ra khỏi nước thải bằng phương pháp lắng.

- *Phương pháp trao đổi ion.* Dựa trên nguyên tắc của phương pháp trao đổi ion dùng ionit là nhựa hữu cơ tổng hợp, các chất cao phân tử có gốc hydrocacbon và các nhóm chức trao đổi ion. Quá trình trao đổi ion được tiến hành trong các cột cationit và anionit.

- *Phương pháp điện hóa.* Dựa trên cơ sở của quá trình oxy hóa khử để tách kim loại trên các điện cực nhúng trong nước thải chứa kim loại nặng khi cho dòng điện một chiều chạy qua. Bằng phương pháp này cho phép tách các ion kim loại ra khỏi nước, không phải bổ sung hóa chất, song thích hợp với nước thải có nồng độ kim loại cao ($> 1 \text{ g/l}$), chi phí điện năng khá lớn.

- *Phương pháp sinh học.* Dựa trên nguyên tắc một số loài thực vật, vi sinh vật trong nước sử dụng kim loại như chất vi lượng trong quá trình phát triển sinh khối như bèo tây, bèo tổ ong, tảo, v.v... Với phương pháp này, nước thải phải có nồng độ kim loại nặng nhỏ hơn 60 mg/l và bổ sung đủ chất dinh dưỡng (nitơ, photpho) và các nguyên tố vi lượng cần thiết khác cho sự phát triển của các loài thực vật như rong tảo. Phương pháp này cần diện tích lớn và nước thải có lẫn nhiều kim loại thì hiệu quả xử lý kém.

Phương pháp thông dụng để xử lý nước thải chứa kim loại nặng là phương pháp kết tủa hóa học kết hợp với đông keo tụ.

Phương pháp kết tủa [8]

Phương pháp này dựa trên nguyên tắc là độ hòa tan của kim loại trong dung dịch phụ thuộc vào độ pH. Ở một giá trị pH nhất định của dung dịch, nồng độ kim loại vượt quá nồng độ bão hòa thì sẽ bị kết tủa. Rất ít kim loại kết tủa ở $\text{pH} = 7$ hay trong môi trường axit, mà phần lớn ở giá trị pH kiềm yếu hoặc kiềm. Để điều chỉnh pH, các hóa chất thường dùng là sữa vôi, soda và xút. Hình 3.34 biểu thị độ hòa tan của các hợp chất Fe^{3+} , Cr^{3+} và Cd^{2+} với NaOH , Ca(OH)_2 và Na_2CO_3 trong sự phụ thuộc vào giá trị pH của dung dịch.

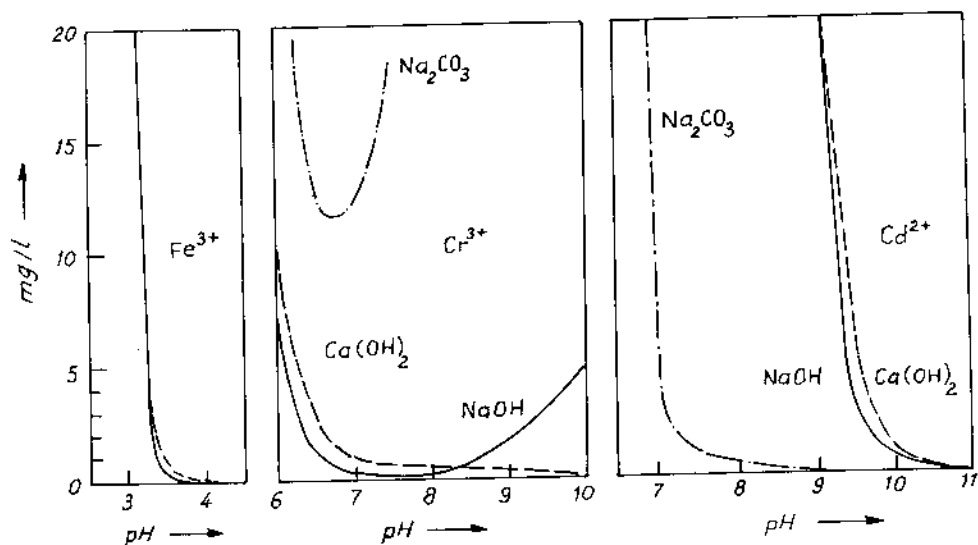
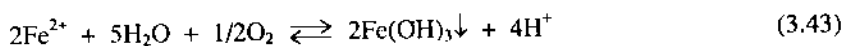
Hình 3.35 chỉ phạm vi pH cho quá trình kết tủa của một số kim loại thường gặp trong công nghiệp luyện kim và gia công kim loại. Đối với những kim loại tạo thành hydroxyt lưỡng tính như crom, nhôm, kẽm (những hydroxyt kim loại này hòa tan cả trong axit và trong kiềm) thì thực hiện quá trình kết tủa ở giá trị pH không cao.

Thông thường giá trị pH giảm sau khi kết tủa. Nguyên nhân có thể do:

- Trong quá trình kết tủa tạo thành các hydroxyt kim loại hay muối kiềm khó tan, hàm lượng ion hydroxyt (OH^-) giảm.

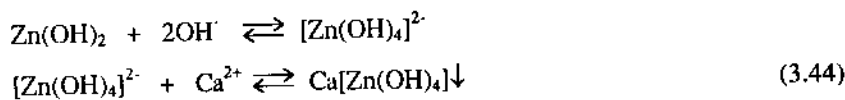
- Hấp phụ các chất trung hòa vào các bông cặn hydroxyt kim loại có bề mặt lớn.

- Nếu trong dung dịch có mặt hợp chất Fe^{2+} thì Fe^{2+} sẽ bị oxy hóa bởi O_2 tan trong nước tạo thành ion hydro H^+ theo phản ứng:



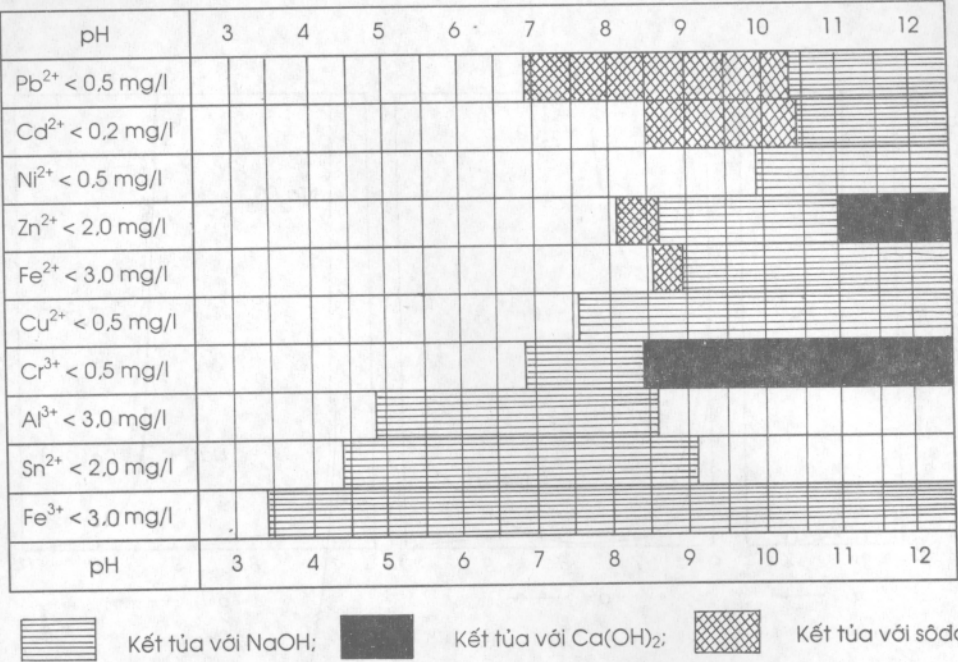
Hình 3.34. Độ hòa tan của các hợp chất Fe^{3+} , Cr^{3+} và Cd^{2+} với NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ và NaCO_3 trong sự phụ thuộc vào giá trị pH

Từ hình 3.34 và 3.35 cho thấy, phạm vi pH cho quá trình kết tủa của các hợp chất kim loại là khác nhau. Chẳng hạn đối với chì và cadmi, ở giá trị pH cao (10,5 đến 12) kết tủa dưới dạng hydroxyt và ở pH thấp hơn (7 đến 10) thì kết tủa dạng muối cacbonat. Còn đối với kim loại lưỡng tính như crom, kẽm thì kết tủa ở pH cao hơn (11 đến 12) nếu dùng sữa vôi thay thế xút NaOH để điều chỉnh pH, vì ở pH cao sẽ tạo phức hydroxyt dễ tan và khi phức đó kết hợp với canxi sẽ tạo thành muối canxi khó tan theo phản ứng:



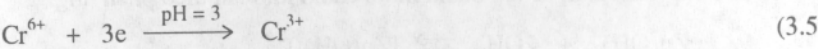
Nếu trong nước thải có mặt nhiều kim loại thì càng thuận lợi cho quá trình kết tủa vì ở giá trị pH nhất định độ hòa tan của kim loại trong dung dịch có mặt các kim loại khác sẽ giảm, cơ sở có thể dựa một hay đồng thời cả ba nguyên nhân sau:

- tạo hợp chất cùng kết tủa;
- hấp phụ các hydroxyt khó kết tủa vào bề mặt của các bông hydroxyt dễ kết tủa;
- tạo thành hệ nghèo năng lượng trong mạng hydroxyt do chúng bị phá hủy mạnh bằng các ion kim loại.



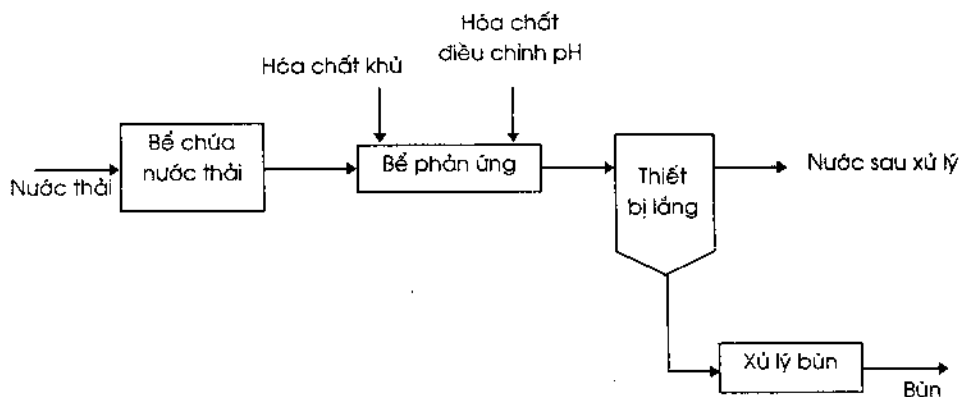
Hình 3.35. Phạm vi pH cho quá trình kết tủa một số kim loại

Như vậy đối với phương pháp kết tủa hóa học, độ pH của dung dịch đóng vai trò rất quan trọng. Khi xử lý nước thải chứa kim loại cần chọn tác nhân trung hòa và điều chỉnh ở pH thích hợp. Ở một số trường hợp cần dùng thêm chất khử để khử ion kim loại có hóa trị cao, độc thành ion hóa trị thấp, ít độc như trong trường hợp nước thải mạ có chứa hợp chất của Cr^{6+} . Người ta dùng các chất khử như Na_2S , $NaHSO_3$ hay $FeSO_4$ để chuyển hóa Cr^{6+} thành Cr^{3+} như sau :



Sau đó hợp chất của Cr^{3+} kết hợp với tác nhân trung hòa tạo kết tủa dạng hydroxyt.

Nước thải của những ngành công nghiệp như luyện kim, gia công kim loại có chứa hàm lượng kim loại nặng cao cần được xử lý tại nguồn để thu hồi kim loại, tạo cơ hội cho tuần hoàn lại nước và giảm hàm lượng kim loại trong dòng thải trước khi đưa vào trạm xử lý nước thải tập trung.



Hình 3.36. Sơ đồ nguyên lý hệ thống xử lý nước thải chứa kim loại

Do dòng thải chứa các chất độc như xyanua, fluor, phenol, sunfit, ... và kim loại nặng nên sự phân luồng dòng thải để xử lý từng dòng là rất cần thiết. Khử độc xyanua, fluor, phenol, sunfit đã được trình bày ở mục 3.4. Đối với dòng thải chứa kim loại nặng thông thường được xử lý bằng phương pháp kết tủa hóa học. Sơ đồ hệ thống xử lý nước thải chứa kim loại nặng bao gồm bể chứa nước thải với mục đích chứa và điều hòa lưu lượng, bể phản ứng là thiết bị chính của hệ, trong đó hóa chất trung hòa cũng như hóa chất khử tác dụng với hợp chất chứa kim loại có trong nước thải tạo ra hydroxit kim loại hay muối kim loại kết tủa. Sau phản ứng hỗn hợp nước và chất kết tủa được đưa qua bể lắng để tách chất kết tủa ở dạng bùn, khi cần thiết có thể bổ sung chất trợ lắng hay chất tạo keo. Bùn được xử lý tách nước và có thể dùng làm nguyên liệu đầu cho các công nghệ sản xuất khác hay chôn lấp đặc biệt, tùy thuộc vào đặc tính và thành phần của bùn. Sơ đồ hệ thống được mô tả trên hình 3.36.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Mahan S. P:* Pollution Control in Process Industries; Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Dehli, 1992.
2. *Nemerow N. I:* Industrial Water Pollution: Orgins, Characteristics and Treatment, 1985.
3. *Radianov A. I. Khusin V. N. Torotresnhirov N. X:* Technology of Environmental Protection, Pub. "Chemistry", 1989.
4. *Ramulho R. S:* Introduction for Wastewater Treatment Process, Laval University, Quebec, Canada, 1977.
5. *ATV - Merkblatt M756:* Abwasser bei der Herstellung von Düngemitteln, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, St. Augustin, 1986.
6. *H. Rüffer, K. H. Rosenwinkel:* Taschenbuch der Industrieabwasserreinigung, R. Oldenburg Verlag München Wien 1991.
7. *US EPA:* Inorganic Fertilizer and Phosphate Mining Industry Water Pollution and Control, Water Pollution Control Research Series N^o. 12020 FDP 09/71.
8. *Bölnke and K. Pöppinghaus, W. Fresenius and W. Schneider:* Wastewater Technology. Origin, Collection, Treatment and Analysis of Wastewater, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York - London - Paris - Tokyo, 1989.
9. *Taneries and the Environment: A technical guide to reducing the enviromental impacts of tannery operation, UNEP, 1991.*
10. *Escap United Nations : Industrial Pollution Guideline / VII: Tanning industry, 1982.*
11. *Feikes, L. Lederherstellung: Lehr-und Handbuch der Abwassertechnik / Band VI,* Springer Verlag, 1986.
12. *Ebner G. Schelz D:* Textilfärberei und Farbstoffe, Springer Verlag, Berlin, 1989.
13. *UNEP : The Textile Industry and the Enviromental Problem, United Nations Publication, First Edition 1994.*
14. *C. Visvanathan:* Waste Minimization Opportunities in Textile Dyeing Industry, AIT, Bangkok, Thailand, 1995.

15. Wirtschaftskammer Österreich: Branchenkonzept für den Textilbereich, Wien, 1995.
16. Kết quả nghiên cứu khảo sát thuộc chương trình điều tra cơ bản và môi trường, Trung tâm Khoa học và Công nghệ Môi trường, Đại học Bách khoa Hà nội, 1997.
17. Technical Report N^o34: Environmental Management in the Pulp and Paper Industry, UNEP/IE, 1996.
18. ATV - Arbeitsgruppe: Abwasser aus der Zellstoffherstellung, Korrespondenz Abwasser 38-1991.
19. Möbius, C. H: Gemeinsame Behandlung von Papierfabrikabwässer mit kommunalen Abwasser, 1989.
20. CEST: Kết quả khảo sát tại một số nhà máy ở Việt Nam. Chương trình sản xuất sạch trong công nghiệp giấy của NIE/M, 1995 - 1997.
21. Habets L., H. A. Knelissen, J. H: Application of UASB-reactor for Anaerobic Treatment of Paper and Boardmill Effluent, Proceeding of EWPCA, Amsterdam, 1996.
22. B. Böhnke, W. Bischofsberger, C. F. Seyfried: Anaerobtechnik Handbuch der Anaeroben Behandlung von Abwasser and Schlamm, Springer Verlag, 1993.
23. Korrespondenz Abwasser, Heft 6/1997 : Bericht 1.18 - Brauereien - ATV Fachausschuß, CHLB Đức.
24. Vereyken, Swinkels: Experience with the UASB-System on Brewery Wastewater, Proceedings "Anaerobic Treatment a Grown-up Technology", Amsterdam, 1986.
25. Hartinger L., Hitzeman G: Lehr-und Handbuch der Abwassertechnik, Band VII: Eisen- und Stahlindustrie Halbzeugwerke, Verlag Ernst-Sohn, Berlin, 1985.

GIÁO TRÌNH CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Tác giả : Trần Văn Nhân, Ngô Thị Nga
Chịu trách nhiệm xuất bản : PGS. TS. Tô Đăng Hải
Biên tập : Ngọc Khuê - Phạm Niên
Chế bản : Lê Tuấn
Vẽ bìa : Hương Lan

**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 - TRẦN HƯNG ĐẠO, HÀ NỘI**

In 1000 cuốn. Khổ 16x24 cm. Tại Công ty In Hàng không
Giấy phép số 978-29-16/11/2001
In xong và nộp lưu chiểu tháng 11 năm 2001.

