

## CHƯƠNG I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH XỬ LÝ NƯỚC THẢI

### 1.1 TỔNG QUAN VỀ CÁC BIỆN PHÁP XỬ LÝ NƯỚC THẢI

Nước thải nói chung có chứa nhiều chất ô nhiễm khác nhau, đòi hỏi phải xử lý bằng những phương pháp thích hợp khác nhau. Một cách tổng quát, các phương pháp xử lý nước thải được chia thành các loại sau:

- Phương pháp xử lý lý học;
- Phương pháp xử lý hóa học và hóa lý;
- Phương pháp xử lý sinh học.

#### PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ LÝ HỌC

Trong phương pháp này, các lực vật lý, như trọng trường, ly tâm, được áp dụng để tách các chất không hòa tan ra khỏi nước thải. Phương pháp xử lý lý học thường đơn giản, rẻ tiền có hiệu quả xử lý chất lơ lửng cao. Các công trình xử lý cơ học được áp dụng rộng rãi trong xử lý nước thải là (1) song/lưới chắn rác, (2) thiết bị nghiền rác, (3) bể điều hòa, (4) khuấy trộn, (5) lắng, (6) lắng cao tốc, (7) tuyển nổi, (8) lọc, (9) hòa tan khí, (10) bay hơi và tách khí. Việc ứng dụng các công trình xử lý lý học được tóm tắt trong Bảng 3.1.

**Bảng 1.1** Áp dụng các công trình cơ học trong xử lý nước thải (Metcalf & Eddy, 1991)

| Công trình         | Áp dụng  |
|--------------------|--|
| Lưới chắn rác      | Tách các chất rắn thô và có thể lắng   |
| Nghiền rác         | Nghiền các chất rắn thô đến kích thước nhỏ hơn đồng nhất   |
| Bể điều hòa        | Điều hòa lưu lượng và tải trọng BOD và SS  |
| Khuấy trộn         | Khuấy trộn hóa chất và chất khí với nước thải, và giữ cặn ở trạng thái lơ lửng                                     |
| Tạo bông           | Giúp cho việc tập hợp của các hạt cặn nhỏ thành các hạt cặn lớn hơn để có thể tách ra bằng lắng trọng lực          |
| Lắng               | Tách các cặn lắng và nén bùn   |
| Tuyển nổi          | Tách các hạt cặn lơ lửng nhỏ và các hạt cặn có tỷ trọng xấp xỉ tỷ trọng của nước, hoặc sử dụng để nén bùn sinh học |
| Lọc                | Tách các hạt cặn lơ lửng còn lại sau xử lý sinh học hoặc hóa học   |
| Màng lọc           | Tương tự như quá trình lọc. Tách tảo từ nước thải sau hồ ổn định   |
| Vận chuyển khí     | Bổ sung và tách khí  |
| Bay hơi và bay khí | Bay hơi các hợp chất hữu cơ bay hơi từ nước thải   |

## PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ HÓA HỌC

Phương pháp hóa học sử dụng các phản ứng hóa học để xử lý nước thải. Các công trình xử lý hóa học thường kết hợp với các công trình xử lý lý học. Mặc dù có hiệu quả cao, nhưng phương pháp xử lý hóa học thường đắt tiền và đặc biệt thường tạo thành các sản phẩm phụ độc hại. Việc ứng dụng các quá trình xử lý hóa học được tóm tắt trong Bảng 3.2.

**Bảng 3.2** Áp dụng các quá trình hóa học trong xử lý nước thải (Metcalf & Eddy, 1991)

| Quá trình                        | Áp dụng   |
|----------------------------------|---|
| Kết tủa                          | Tách phospho và nâng cao hiệu quả của việc tách cặn lơ lửng ở bể lắng bậc 1   |
| Hấp phụ                          | Tách các chất hữu cơ không được xử lý bằng phương pháp hóa học thông thường hoặc bằng phương pháp sinh học. Nó cũng được sử dụng để tách kim loại nặng, khử chlorine của nước thải trước khi xả vào nguồn |
| Khử trùng                        | Phá hủy chọn lọc các vi sinh vật gây bệnh   |
| Khử trùng bằng chlorine          | Phá hủy chọn lọc các vi sinh vật gây bệnh. Chlorine là loại hóa chất được sử dụng rộng rãi nhất   |
| Khử chlorine                     | Tách lượng clo dư còn lại sau quá trình clo hóa   |
| Khử trùng bằng ClO <sub>2</sub>  | Phá hủy chọn lọc các vi sinh vật gây bệnh   |
| Khử trùng bằng BrCl <sub>2</sub> | Phá hủy chọn lọc các vi sinh vật gây bệnh   |
| Khử trùng bằng Ozone             | Phá hủy chọn lọc các vi sinh vật gây bệnh   |
| Khử trùng bằng tia UV            | Phá hủy chọn lọc các vi sinh vật gây bệnh   |

## PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC

Với việc phân tích và kiểm soát môi trường thích hợp, hầu hết các loại nước thải đều có thể được xử lý bằng phương pháp sinh học. Mục đích của xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học là keo tụ và tách các loại keo không lắng và ổn định (phân hủy) các chất hữu cơ nhờ sự hoạt động của vi sinh vật hiếu khí hoặc kỵ khí. Sản phẩm cuối cùng của quá trình phân hủy sinh học thường là các chất khí (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S), các chất vô cơ (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) và tế bào mới. Các quá trình sinh học chính sử dụng trong xử lý nước thải gồm năm nhóm chính: quá trình hiếu khí, quá trình thiếu khí, quá trình kỵ khí, thiếu khí và kỵ khí kết hợp, và quá trình hồ sinh vật. Mỗi quá trình riêng biệt còn có thể phân chia thành chi tiết hơn, phụ thuộc vào việc xử lý được thực hiện trong hệ thống tăng trưởng lơ lửng (suspended-growth system), hệ thống tăng trưởng dính bám

(attached-growth system), hoặc hệ thống kết hợp. Phương pháp sinh học có ưu điểm là rẻ tiền và có khả năng tận dụng các sản phẩm phụ làm phân bón (bùn hoạt tính) hoặc tái sinh năng lượng (khí methane).

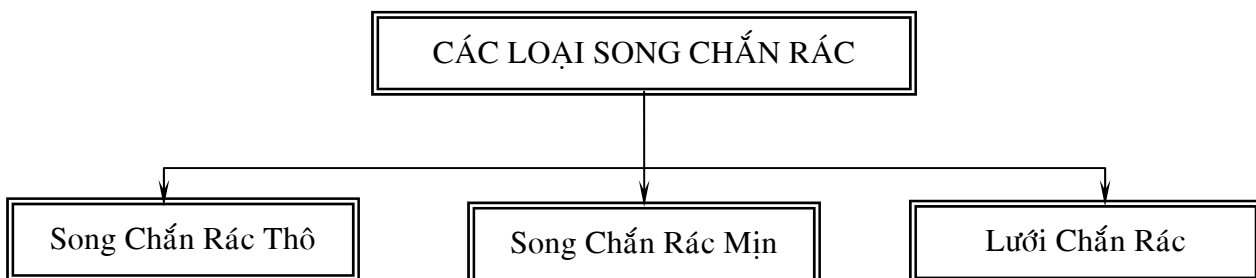
## 1.2 PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ LÝ HỌC

Trong nước thải thường chứa các chất không tan ở dạng lơ lửng. Để tách các chất này ra khỏi nước thải thường sử dụng các phương pháp cơ học như lọc qua song chắn rác hoặc lưới chắn rác, lắng dưới tác dụng của trọng lực hoặc lực ly tâm, và lọc. Tùy theo kích thước, tính chất lý hóa, nồng độ chất lơ lửng, lưu lượng nước thải và mức độ cần làm sạch mà lựa chọn công nghệ xử lý thích hợp.

### 1.2.1 SONG CHẮN RÁC

Nước thải dẫn vào hệ thống xử lý trước hết phải qua song chắn rác. Tại đây, các thành phần có kích thước lớn (rác) như giấy, rác, vỏ đồ hộp, lá cây, bao nylon,... được giữ lại. Nhờ đó tránh làm tắc bơm, đường ống hoặc kênh dẫn. Đây là bước quan trọng nhằm đảm bảo an toàn và điều kiện làm việc thuận lợi cho cả hệ thống xử lý nước thải.

Tùy theo kích thước khe hở, song chắn rác được phân thành loại thô, trung bình và mịn. Song chắn rác thô có khoảng cách giữa các thanh từ 60 – 100 mm và song chắn rác mịn có khoảng cách giữa các thanh từ 10 đến 25 mm. Theo hình dạng có thể phân thành song chắn rác và lưới chắn rác. Song chắn rác cũng có thể đặt cố định hoặc di động. Các loại song chắn rác được trình bày tóm tắt như sau:

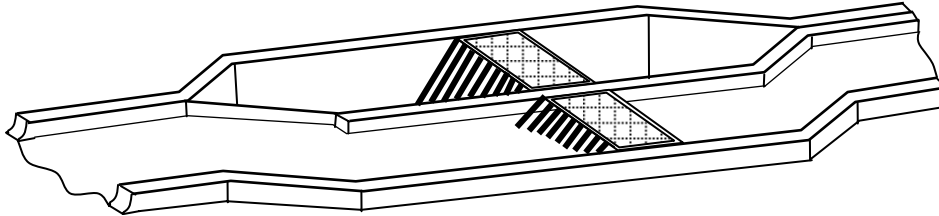


- Loại cố định
- Nhóm song chắn rác

- Loại cố định
- Loại di động
- Nhóm song chắn rác
- Dạng đĩa
- Dạng trống

Song chắn rác được làm bằng kim loại, đặt ở cửa vào kênh dẫn, nghiêng một góc 45-60<sup>0</sup> nếu làm sạch thủ công hoặc nghiêng một góc 75-85<sup>0</sup> nếu làm sạch bằng máy. Tiết diện của song chắn có thể tròn, vuông hoặc hỗn hợp. Song chắn tiết diện tròn có trở lực nhỏ nhất nhưng nhanh bị tắc bởi các vật giữ lại. Do đó thông dụng hơn cả là thanh có tiết diện hỗn hợp, cạnh vuông góc phía sau

và cạnh tròn phía trước hướng đối diện với dòng chảy. Vận tốc nước chảy qua song chắn giới hạn trong khoảng từ 0,6 – 1 m/s. Vận tốc cực đại dao động trong khoảng 0,75 m/s – 1 m/s nhằm tránh đẩy rác qua khe của song. Vận tốc cực tiểu là 0,4 m/s nhằm tránh phân hủy các chất thải rắn.



**Hình 1.1** Song chắn rác làm sạch thủ công.

### 1.2.2 LẮNG CÁT

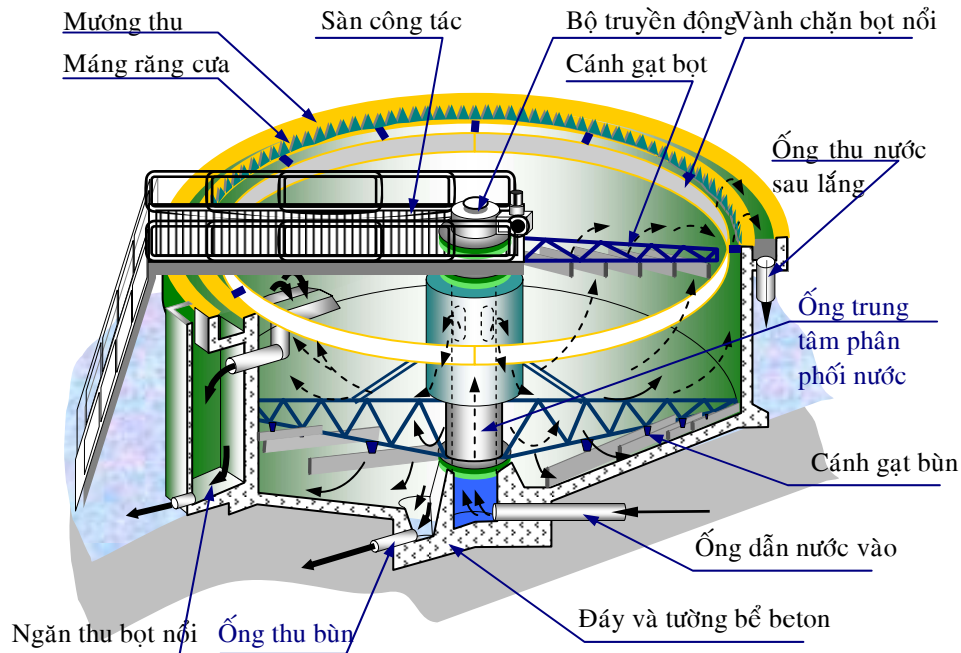
Bể lắng cát được thiết kế để tách các tạp chất vô cơ không tan có kích thước từ 0,2 mm đến 2 mm ra khỏi nước thải nhằm bảo đảm an toàn cho bơm khỏi bị cát, sỏi bào mòn, tránh tắc đường ống dẫn và tránh ảnh hưởng đến các công trình sinh học phía sau. Bể lắng cát có thể được phân thành 2 loại: (1) bể lắng ngang và (2) bể lắng đứng. Ngoài ra, để tăng hiệu quả lắng cát, bể lắng cát thổi khí cũng được sử dụng rộng rãi.

Vận tốc dòng chảy trong bể lắng ngang không được vượt quá 0,3 m/s. Vận tốc này cho phép các hạt cát, hạt sỏi và các hạt vô cơ khác lắng xuống đáy, còn hầu hết các hạt hữu cơ khác không lắng và được xử lý ở những công trình tiếp theo.

### 1.2.3 LẮNG

Bể lắng có nhiệm vụ lắng các hạt cặn lơ lửng có sẵn trong nước thải (bể lắng đợt 1) hoặc cặn được tạo ra từ quá trình keo tụ tạo bông hay quá trình xử lý sinh học (bể lắng đợt 2). Theo chiều dòng chảy, bể lắng được phân thành: bể lắng ngang và bể lắng đứng.

Trong bể lắng ngang, dòng nước thải chảy theo phương ngang qua bể với vận tốc không lớn hơn 0,01 m/s và thời gian lưu nước từ 1,5-2,5 giờ. Các bể lắng ngang thường được sử dụng khi lưu lượng nước thải lớn hơn 15000 m<sup>3</sup>/ngày. Đối với bể lắng đứng, nước thải chuyển động theo phương thẳng đứng từ dưới lên đến vách tràn với vận tốc 0,5-0,6 m/s và thời gian lưu nước trong bể dao động trong khoảng 45 phút – 120 phút. Hiệu suất lắng của bể lắng đứng thường thấp hơn bể lắng ngang từ 10 đến 20%.



**Hình 1.2** Cấu tạo bể lắng đứng.

### 1.2.4 TUYỂN NỔI

Phương pháp tuyển nổi thường được sử dụng để tách các tạp chất (ở dạng hạt rắn hoặc lỏng) phân tán không tan, tự lắng kém khỏi pha lỏng. Trong một số trường hợp, quá trình này còn được dùng để tách các chất hòa tan như các chất hoạt động bề mặt. Trong xử lý nước thải, quá trình tuyển nổi thường được sử dụng để khử các chất lơ lửng, làm đặc bùn sinh học. Ưu điểm cơ bản của phương pháp này là có thể khử hoàn toàn các hạt nhỏ, nhẹ, lắng chậm trong thời gian ngắn.

Quá trình tuyển nổi được thực hiện bằng cách sục các bọt khí nhỏ vào pha lỏng. Các bọt khí này sẽ kết dính với các hạt cặn. Khi khối lượng riêng của tập hợp bọt khí và cặn nhỏ hơn khối lượng riêng của nước, cặn sẽ theo bọt khí nổi lên bề mặt.

Hiệu suất quá trình tuyển nổi phụ thuộc vào số lượng, kích thước bọt khí, hàm lượng chất rắn. Kích thước tối ưu của bọt khí nằm trong khoảng 15 đến 30  $\mu\text{m}$  (bình thường từ 50-120  $\mu\text{m}$ ). Khi hàm lượng hạt rắn cao, xác suất va chạm và kết dính giữa các hạt sẽ tăng lên, do đó lượng khí tiêu tốn sẽ giảm. 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 cresol, natri alkylsilicat, phenol, ... Điều kiện tốt nhất để tách các hạt trong quá trình tuyển nổi là khi tỷ số giữa lượng pháp khí và pha rắn đạt 0,01 – 0,1. Tỷ số này được xác định như sau:

$$\frac{A}{S} = \frac{\text{Kg/ngày không khí cung cấp}}{\text{Kg/ngày lượng chất rắn trong nước thải}}$$

Tỷ lệ này thay đổi tùy theo loại chất lơ lửng có trong nước thải và thường được xác định bằng thực nghiệm.

$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 s_a(fP - 1)}{S_a}$$

Trong đó

- $s_a$  Độ hòa tan của không khí (mL/L)
- f Phần khí hòa tan ở áp suất P, thường  $f = 0,5$
- P Áp suất (atm)
- $S_a$  Nồng độ chất rắn (mg/L)
- 1,3 Khối lượng riêng của không khí (1,3 mg/mL)

Trong trường hợp có tuần hoàn dòng bão hòa khí:

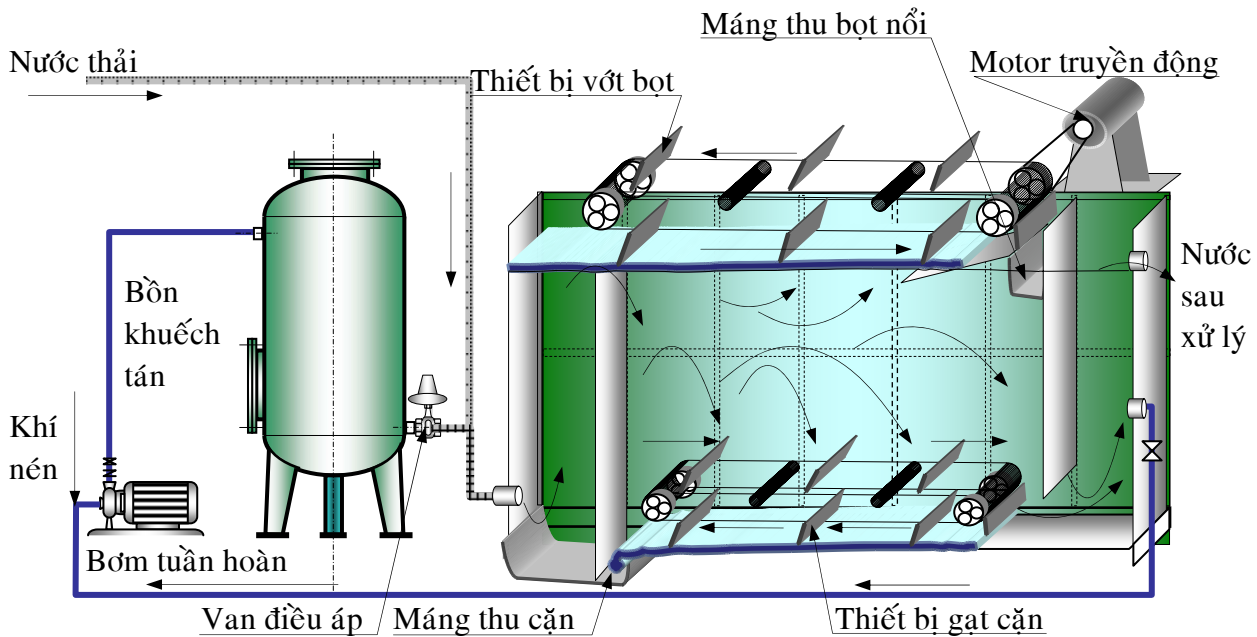
$$\frac{A}{S} = \frac{1,3 s_a(fP - 1)R}{S_a Q}$$

Trong đó

- R Lưu lượng dòng tuần hoàn ( $m^3/ngày$ )
- Q Lưu lượng nước thải ( $m^3/ngày$ )

Tùy theo phương thức cấp không khí vào nước, quá trình tuyển nổi được thực hiện theo các phương thức sau:

- *Tuyển nổi bằng khí phân tán (Dispersed Air Floation)*. Trong trường hợp này, thổi trực tiếp khí nén vào bể tuyển nổi để tạo thành bọt khí có kích thước từ 0,1 – 1 mm, gây xáo trộn hỗn hợp khí – nước chứa cặn. Cặn tiếp xúc với bọt khí, dính kết và nổi lên bề mặt.
- *Tuyển nổi chân không (Vacuum Flotation)*. Trong trường hợp này, bão hòa không khí ở áp suất khí quyển, sau đó, thoát khí ra khỏi nước ở áp suất chân không. Hệ thống này thường ít sử dụng trong thực tế vì khó vận hành và chi phí cao.
- *Tuyển nổi bằng khí hòa tan (Dissolved Air Flotation)*. Sục không khí vào nước ở áp suất cao (2-4 atm), sau đó giảm áp giải phóng khí. Không khí thoát ra sẽ tạo thành bọt khí có kích thước 20-100  $\mu m$  (Hình 3.4).



**Hình 1.3** Sơ đồ hệ thống tuyển nổi dạng ADF.

### 1.2.5 LỌC

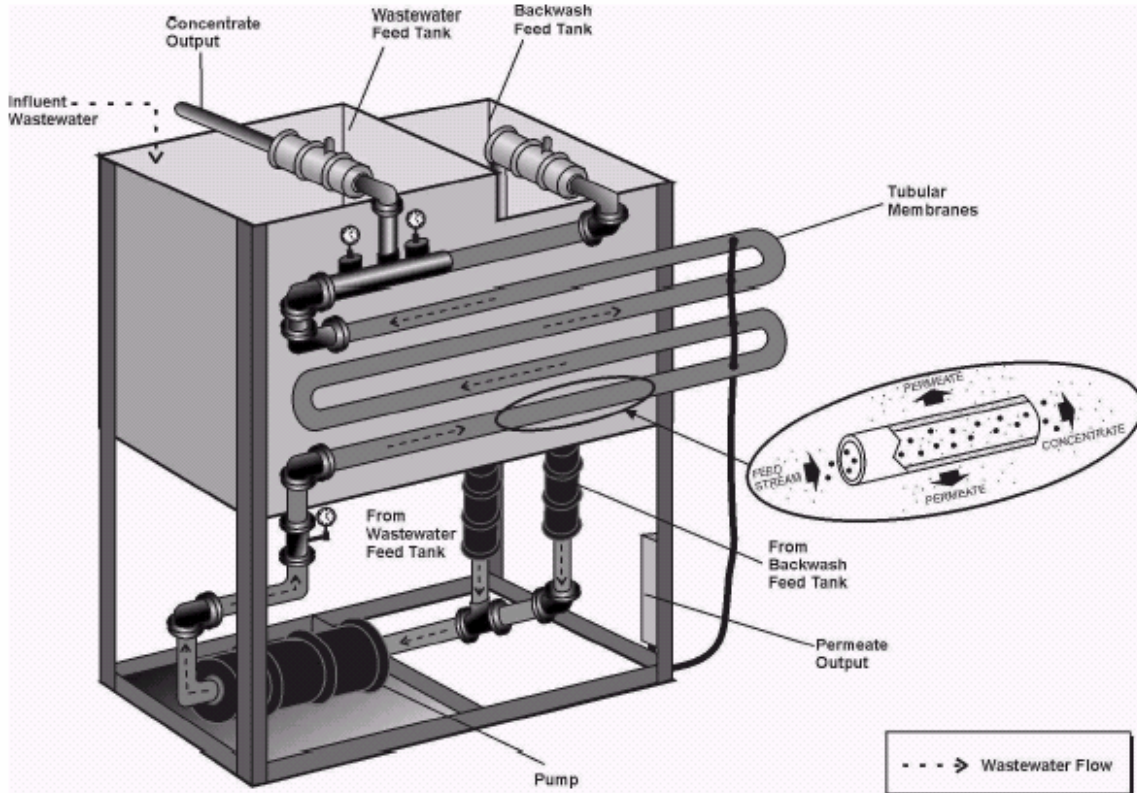
Lọc được ứng dụng để tách các tạp chất có kích thước nhỏ khi không thể loại được bằng phương pháp lắng. Quá trình lọc ít khi dùng trong xử lý nước thải, thường chỉ sử dụng trong trường hợp nước sau khi xử lý đòi hỏi có chất lượng cao.

Để lọc nước thải, người ta có thể sử dụng nhiều loại bể lọc khác nhau. Thiết bị lọc có thể được phân loại theo nhiều cách khác nhau: theo đặc tính 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 (áp suất 0,085 MPa), lọc áp lực (từ 0,3 đến 1,5 MPa) hay lọc dưới áp suất thủy tĩnh của cột chất lỏng;

Trong các hệ thống xử lý nước thải công suất lớn không cần sử dụng các thiết bị lọc áp suất cao mà dùng các bể lọc với 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 hoặc than gỗ. Việc lựa chọn vật liệu lọc tùy thuộc vào loại nước thải và điều kiện địa phương. Quá trình lọc xảy ra theo những cơ chế sau:

- Sàng lọc để tách các hạt rắn hoàn toàn bằng nguyên lý cơ học;
- Lắng trọng lực;
- Giữ hạt rắn theo quán tính;
- Hấp phụ hóa học;
- Hấp phụ vật lý;
- Quá trình dính bám;
- Quá trình lắng tạo bông.

Thiết bị lọc với lớp hạt có thể được phân loại thành thiết bị lọc chậm, thiết bị lọc nhanh, thiết bị lọc hở và thiết bị lọc kín. Chiều cao lớp vật liệu lọc trong thiết bị lọc hở dao động trong khoảng 1-2 m và trong thiết bị lọc kín từ 0,5 – 1 m.



Hình 1.4 Thiết bị siêu lọc sử dụng màng membrane

## 1.3 PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ HÓA HỌC VÀ HÓA LÝ

### 1.3.1 TRUNG HÒA

Nước thải chứa các acid vô cơ hoặc kiềm cần được trung hòa đưa pH về khoảng 6,5 đến 8,5 trước khi thải vào nguồn nhận hoặc sử dụng cho công nghệ xử lý tiếp theo. Trung hòa nước thải có thể thực hiện bằng nhiều cách nhau:

- Trộn lẫn nước thải acid với nước thải kiềm;
- Bổ sung các tác nhân hóa học;
- Lọc nước acid qua vật liệu có tác dụng trung hòa;
- Hấp thụ khí acid bằng nước kiềm hoặc hấp thụ ammoniac bằng nước acid.



Để trung hòa nước thải chứa acid có thể sử dụng các tác nhân hóa học như NaOH, KOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , nước ammoniac  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ , đolômít ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) và xi măng. Song tác nhân rẻ nhất là vôi sữa 5-10%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , tiếp đó là sôđa và NaOH ở dạng phế thải.

Trong trường hợp trung hòa nước thải acid bằng cách lọc qua vật liệu có tác dụng trung hòa, vật liệu lọc sử dụng có thể là manhêtit ( $\text{MgCO}_3$ ), đolômít, đá vôi, đá phấn, đá hoa và các chất thải rắn như xỉ và xỉ tro. Khi lọc nước thải chứa HCl và  $\text{HNO}_3$  qua lớp đá vôi, thường chọn tốc độ lọc từ 0,5 – 1 m/h. Trong trường hợp lọc nước thải chứa tới 0,5%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  qua lớp đolômít, tốc độ lọc lấy từ 0,6-0,9 m/h. Khi nồng độ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  lên đến 2% thì tốc độ lọc lấy bằng 0,35 m/h.

Để trung hòa nước thải kiềm có thể có thể dụng khí acid (chứa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,...). Việc sử dụng khí acid không những cho phép trung hòa nước thải mà đồng thời tăng hiệu quả làm sạch chính khí thải khỏi các cấu tử độc hại.

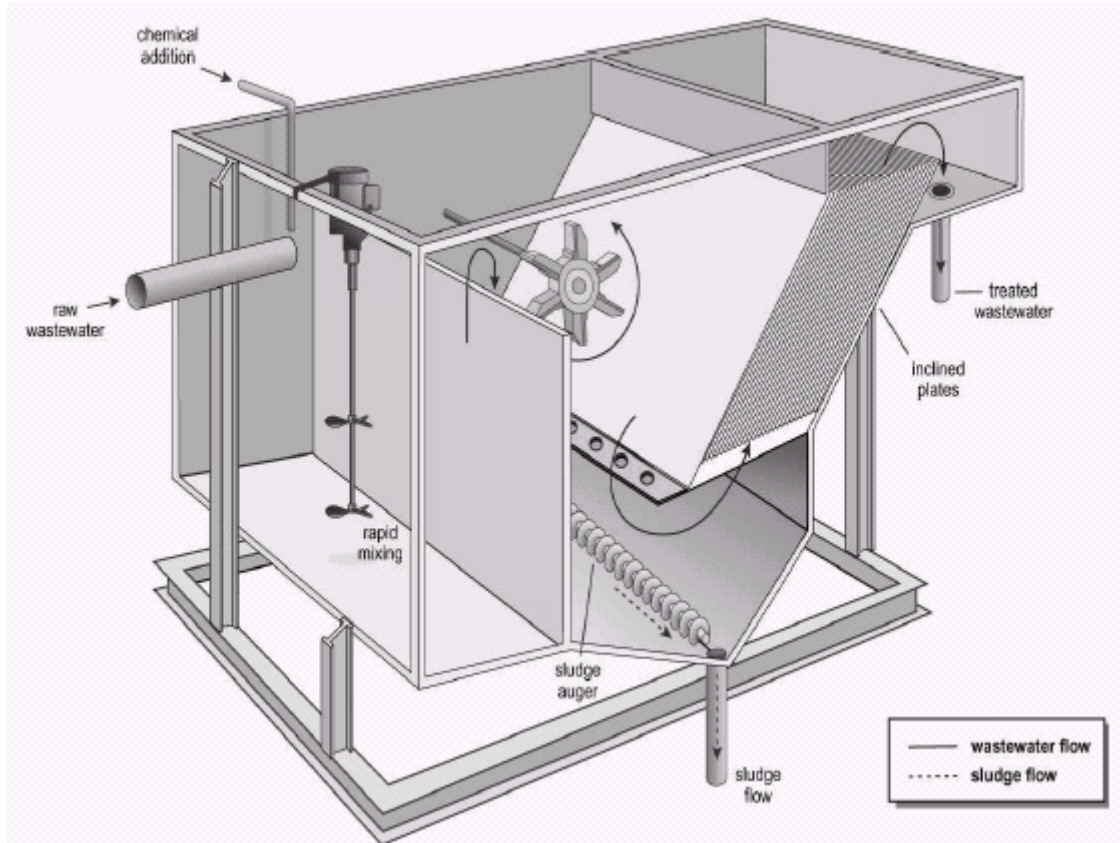
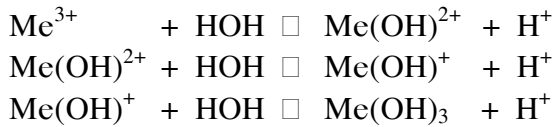
Việc lựa chọn phương pháp trung hòa là tùy thuộc vào thể tích và nồng độ của nước thải, chế độ thải nước và chi phí hóa chất sử dụng.

### 1.3.2 OXY HÓA KHỬ

Để làm sạch nước thải, có thể sử dụng các tác nhân oxy hóa như clo ở dạng khí và hóa lỏng, dioxyt clo, clorat canxi, hypoclorit canxi và natri, permanganat kali, bicromat kali, peroxy hydro ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), oxy của không khí, ozone, pyroluzit ( $\text{MnO}_2$ ). Quá trình oxy hóa sẽ chuyển các chất độc hại trong nước thải thành các chất ít độc hại hơn và tách khỏi nước. Quá trình này tiêu tốn nhiều hóa chất nên thường chỉ sử dụng khi không thể xử lý bằng những phương pháp khác.

### 1.3.3 KEO TỤ - TẠO BÔNG

Trong nguồn nước, một phần các hạt thường tồn tại ở dạng các hạt keo mịn phân tán, kích thước của hạt thường dao động trong khoảng 0,1 đến 10  $\mu\text{m}$ . Các hạt này không nổi cũng không lắng, và do đó tương đối khó tách loại. Vì kích thước hạt nhỏ, tỷ số diện tích bề mặt và thể tích của chúng rất lớn nên hiện tượng hóa học bề mặt trở nên rất quan trọng. Theo nguyên tắc, các hạt nhỏ trong nước có khuynh hướng keo tụ do lực hút VanderWaals giữa các hạt. Lực này có thể dẫn đến sự dính kết giữa các hạt ngay khi khoảng cách giữa chúng đủ nhỏ nhờ va chạm. Sự va chạm xảy ra do chuyển động Brown và do tác động của sự xáo trộn. Tuy nhiên, trong trường hợp phân tán keo, các hạt duy trì trạng thái phân tán nhờ lực đẩy tĩnh điện vì bề mặt các hạt mang tích điện, có thể là điện tích âm hoặc điện tích dương nhờ sự hấp thụ có chọn lọc các ion trong dung dịch hoặc sự ion hóa các nhóm hoạt hóa. Trạng thái lơ lửng của các hạt keo được bền hóa nhờ lực đẩy tĩnh điện. Do đó, để phá tính bền của hạt keo cần trung hòa điện tích bề mặt của chúng, quá trình này được gọi là quá trình *keo tụ*. Các hạt keo đã bị trung hòa điện tích có thể liên kết với những hạt keo khác tạo thành bông cặn có kích thước lớn hơn, nặng hơn và lắng xuống, quá trình này được gọi là quá trình *tạo bông*. Quá trình thủy phân các chất keo tụ và tạo thành bông cặn xảy ra theo các giai đoạn sau:



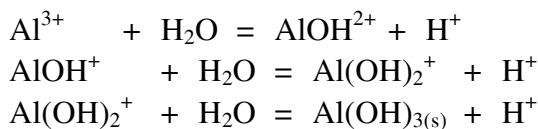
**Hình 1.5** Hệ thống keo tụ tạo bông kết hợp với bể lắng Lamella

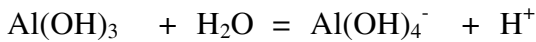
Những chất keo tụ thường dùng nhất là các muối sắt và muối nhôm như:

- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaAlO}_2$ ,  $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ ,  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

### **Muối Nhôm**

Trong các loại phèn nhôm,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  được dùng rộng rãi nhất do có tính hòa tan tốt trong nước, chi phí thấp và hoạt động có hiệu quả trong khoảng pH = 5,0 – 7,5. Quá trình điện ly và thủy phân  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  xảy ra như sau:

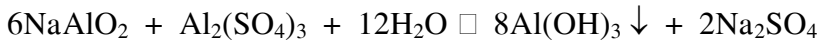




Ngoài ra,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  có thể tác dụng với  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  trong nước theo phương trình phản ứng sau:



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



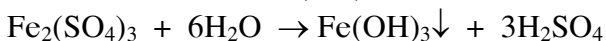
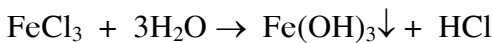
Việc sử dụng hỗn hợp muối trên cho phép mở rộng khoảng pH tối ưu của môi trường cũng như tăng hiệu quả quá trình keo tụ tạo bông.

### *Muối Sắt*

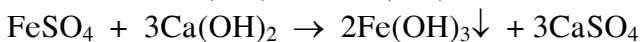
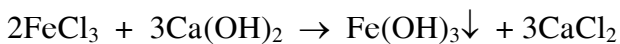
Các muối sắt được sử dụng làm chất keo tụ có nhiều ưu điểm hơn so với các muối nhôm do:

- Tác dụng tốt hơn ở nhiệt độ thấp;
- Có khoảng giá trị pH tối ưu của môi trường rộng hơn;
- Độ bền lớn;
- Có thể khử mùi  $\text{H}_2\text{S}$ .

Tuy nhiên, các muối sắt cũng có nhược điểm là tạo thành phức hòa tan có màu do phản ứng của ion sắt với các hợp chất hữu cơ. Quá trình keo tụ sử dụng muối sắt xảy ra do các phản ứng sau:



Trong điều kiện kiềm hóa:

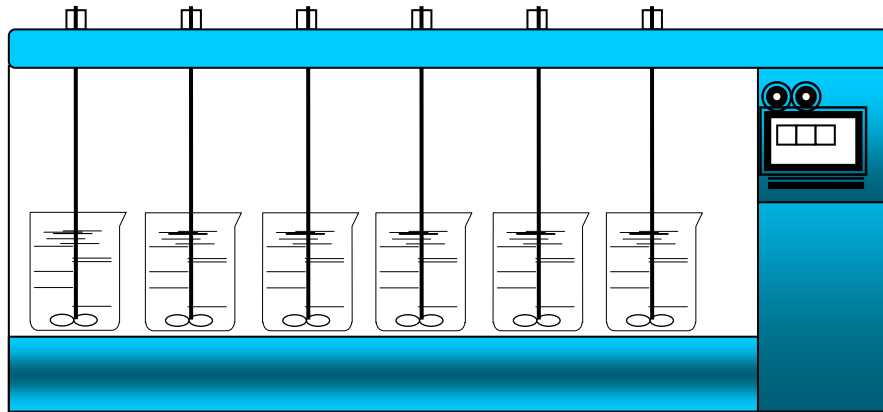


### *Chất Trợ Keo Tụ*

Để tăng hiệu quả quá trình keo tụ tạo bông, người ta thường sử dụng các chất trợ keo tụ (flucculant). Việc sử dụng chất trợ keo tụ cho phép giảm liều lượng chất keo tụ, giảm thời gian quá trình keo tụ và tăng tốc độ lắng của các bông keo. Các chất trợ keo tụ nguồn gốc thiên nhiên thường dùng là tinh bột, dextrin  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ , các ete, cellulose, dioxit silic hoạt tính  $(x\text{SiO}_2.y\text{H}_2\text{O})$ .

Các chất trợ keo tụ tổng hợp thường dùng 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 như polyacrylic acid  $(CH_2CHCOO)_n$  hoặc polydiallyldimetyl-amon.

Liều lượng chất keo tụ tối ưu sử dụng trong thực tế được xác định bằng thí nghiệm Jartest (Hình 3.5).

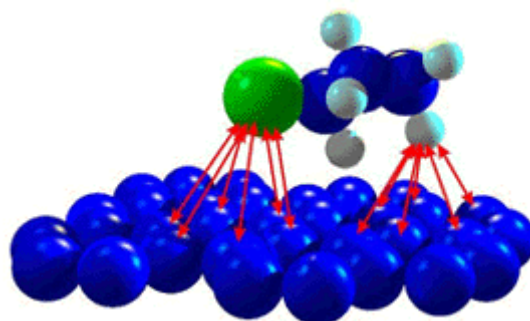


**Hình 1.6** Mô hình Jartest.

### 1.3.4 HẤP PHỤ

Phương pháp hấp phụ được dùng rộng rãi để làm sạch triệt để nước thải khỏi các chất hữu cơ hòa tan không xử lý được bằng các phương pháp khác. Tùy theo bản chất, quá trình hấp phụ được phân loại thành: hấp phụ lý học và hấp phụ hóa học.

- Hấp phụ lý học là quá trình hấp phụ xảy ra nhờ các lực liên kết vật lý giữa chất bị hấp phụ và bề mặt chất hấp phụ như lực liên kết VanderWaals. Các hạt bị hấp phụ vật lý chuyển động tự do trên bề mặt chất hấp phụ và đây là quá trình hấp phụ đa lớp (hình thành nhiều lớp phân tử trên bề mặt chất hấp phụ).



**Hình 1.7** Lực phân tán London (đóng vai trò chính trong quá trình hấp phụ)

- Hấp phụ hóa học là quá trình hấp phụ trong đó có xảy ra phản ứng hóa học giữa chất bị hấp phụ và chất hấp phụ. Trong xử lý nước thải, quá trình hấp phụ thường là sự kết hợp của cả hấp phụ vật lý và hấp phụ hóa học.

Khả năng hấp phụ của chất hấp phụ phụ thuộc vào:

- Diện tích bề mặt chất hấp phụ ( $m^2/g$ );
- Nồng độ của chất bị hấp phụ;
- Vận tốc tương đối giữa hai pha;
- Cơ chế hình thành liên kết: hóa học hoặc lý học.

### 1.3.5 TRAO ĐỔI ION

Phương pháp trao đổi ion được dùng để tách các kim loại như Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg, Cd, V, Mn,... cũng như các hợp chất Arsen, Phospho, cyanua, chất phóng xạ, ... khỏi nước và nước thải.

Phương pháp này cho phép thu hồi những chất có giá trị và đạt mức độ làm sạch cao. Đây còn là phương pháp được ứng dụng rộng rãi để tách muối trong xử lý nước và nước thải.

Trao đổi ion là một quá trình trong đó các ion trên bề mặt của chất rắn trao đổi với ion cùng điện tích trong dung dịch khi tiếp xúc với nhau. Trao đổi ion là cũng một quá trình hấp thụ, trong đó, các ion có trong dung dịch thay thế những ion của chất trao đổi không hòa tan (còn gọi mạng trao đổi ion). Chất trao đổi ion dùng trong công nghiệp hầu hết là những polyme không tan, được gọi là *nhựa trao đổi ion*. Mạng polyme chứa những nhóm có khả năng kết hợp với các ion dương (chất trao đổi cation - cationit) hoặc kết hợp với các ion âm (chất trao đổi anion - anionit). Chất trao đổi ion có khả năng trao đổi với cả cation và anion được gọi là chất trao đổi lưỡng tính.

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 các zeolit, kim loại khoáng chất, đất sét, fenspat,... Các chất có tính chất trao đổi cation là chất chứa nhôm silicat loại:  $Na_2O.Al_2O_3.nSiO_2.mH_2O$ . Các chất flour apatit  $[Ca_5(PO_4)_3]F$  và hydroxyt apatit  $[Ca_5(PO_4)_3]OH$  cũng có tính trao đổi ion. Chất trao đổi ion vô cơ tổng hợp gồm silicagen, các oxyt khó tan và hydroxyt của một số kim loại như nhôm, crom, ...

Các chất trao đổi ion hữu cơ có nguồn gốc tự nhiên gồm acid humic của đất và than đá, chúng mang tính acid yếu. Để tăng tính acid và dung lượng trao đổi người ta nghiền nhỏ than và lưu hóa ở điều kiện dư ôleum. Than sunfo là các chất điện ly cao phân tử, rẻ và chứa cả các nhóm acid mạnh và acid 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, là các hợp chất cao phân tử. Các gốc hydrocarbon của chúng tạo nên lưới không gian với các nhóm có chức năng trao đổi cố định.

Khả năng trao đổi ion của các chất trao đổi ion được đặc trưng bởi dung lượng trao đổi tính bằng số đương lượng ion được trao đổi trên một đơn vị khối lượng hay thể tích chất trao đổi ion. Hay nói cách khác, dung lượng trao đổi được xác định trên cơ sở số lượng nhóm hoạt động trên một đơn vị khối lượng chất trao đổi. Dung lượng trao đổi phụ thuộc vào đặc tính của những nhóm hoạt động. Đối với chất trao đổi ion axit yếu và bazơ yếu, dung lượng trao đổi sẽ phụ thuộc nhiều vào sự thay đổi pH của dung dịch. Như vậy, bên cạnh dung lượng trao đổi tổng cộng, còn phải tính đến dung lượng trao đổi hữu ích, là một phần dung lượng trao đổi tổng cộng được sử dụng dưới những điều kiện thí nghiệm hoặc áp dụng thực tế. Dung lượng trao đổi tổng cộng có thể được xác định trong phòng thí nghiệm bằng phương pháp chuẩn độ với axit (đối với cột trao đổi anion ở dạng  $\text{OH}^-$ ) hoặc với bazơ (đối với cột trao đổi cation ở dạng  $\text{H}^+$ ). Dung lượng trao đổi cũng được xác định bằng cách đường cong ngưỡng hấp thụ.

## 1.4 PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC

Phương pháp sinh học được ứng dụng để xử lý các chất hữu cơ hòa tan có trong nước thải cũng như một số chất vô cơ như  $\text{H}_2\text{S}$ , sunfit, ammonia, nitơ,... dựa trên cơ sở hoạt động của vi sinh vật để phân hủy các chất hữu cơ gây ô nhiễm. Vi sinh vật sử dụng chất hữu cơ và một số khoáng chất làm thức ăn để sinh trưởng và phát triển. Một cách tổng quát, phương pháp xử lý sinh học có thể phân chia thành 2 loại:

- Phương pháp kỵ khí sử dụng nhóm vi sinh vật kỵ khí, hoạt động trong điều kiện không có oxy;
- Phương pháp hiếu khí sử dụng nhóm vi sinh vật hiếu khí, hoạt động trong điều kiện cung cấp oxy liên tục.

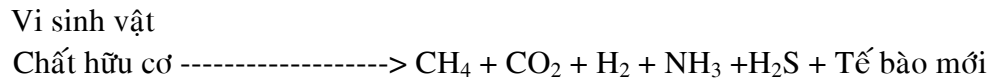
Quá trình phân hủy các chất hữu cơ nhờ vi sinh vật gọi là quá trình oxy hóa sinh hóa. Để thực hiện quá trình này, các chất hữu cơ hòa tan, cả chất keo và các chất phân tán nhỏ trong nước thải cần di chuyển vào bên trong tế bào vi sinh vật theo ba giai đoạn chính như sau:

- Chuyển các chất ô nhiễm từ pha lỏng tới bề mặt tế bào vi sinh vật;
- Khuếch tán từ bề mặt tế bào qua màng bán thấm do sự chênh lệch nồng độ bên trong và bên ngoài tế bào;
- Chuyển hóa các chất trong tế bào vi sinh vật, sản sinh năng lượng và tổng hợp tế bào mới.

Tốc độ quá trình oxy hóa sinh hóa phụ thuộc vào nồng độ chất hữu cơ, hàm lượng các tạp chất và mức độ ổn định của lưu lượng nước thải vào hệ thống xử lý. Ở mỗi điều kiện xử lý nhất định, các yếu tố chính ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng sinh hóa là chế độ thủy động, hàm lượng oxy trong nước thải, nhiệt độ, pH, dinh dưỡng và nguyên tố vi lượng.

### 1.4.1 PHƯƠNG PHÁP KỸ KHÍ

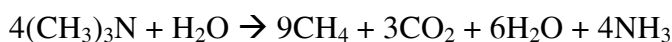
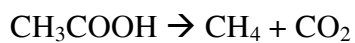
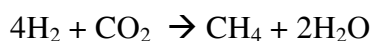
Quá trình phân hủy kỵ khí các chất hữu cơ là quá trình sinh hóa phức tạp tạo ra hàng trăm sản phẩm trung gian và phản ứng trung gian. Tuy nhiên, phương trình phản ứng sinh hóa trong điều kiện kỵ khí có thể biểu diễn đơn giản như sau:



Một cách tổng quát, quá trình phân hủy kỵ khí xảy ra theo 4 giai đoạn (Hình 1.8):

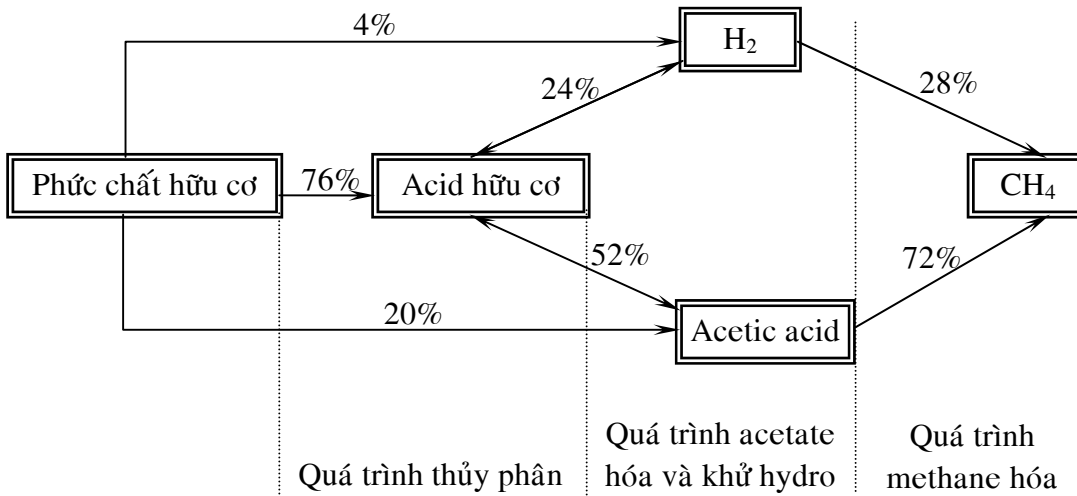
- Giai đoạn 1: Thủy phân, cắt mạch các hợp chất cao phân tử;
- Giai đoạn 2: Acid hóa;
- Giai đoạn 3: Acetate hóa;
- Giai đoạn 4: Methane hóa.

Các chất thải hữu cơ chứa các nhiều chất hữu cơ cao phân tử như proteins, chất béo, carbohydrates, celluloses, lignin,... trong giai đoạn thủy phân, sẽ được cắt mạch tạo thành những phân tử đơn giản hơn, dễ phân hủy hơn. Các phản ứng thủy phân sẽ chuyển hóa protein thành amino acids, carbohydrate thành đường đơn, và chất béo thành các acid béo. Trong giai đoạn acid hóa, các chất hữu cơ đơn giản lại được tiếp tục chuyển hóa thành acetic acid, H<sub>2</sub> và CO<sub>2</sub>. Các acid béo dễ bay hơi chủ yếu là acetic acid, propionic acid và lactic acid. Bên cạnh đó, CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>, methanol, các rượu đơn giản khác cũng được hình thành trong quá trình cắt mạch carbohydrate. Vi sinh vật chuyển hóa methane chỉ có thể phân hủy một số loại cơ chất nhất định như CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>, formate, acetate, methanol, methylamines và CO. Các phương trình phản ứng xảy ra như sau:



Tùy theo trạng thái của bùn, có thể chia quá trình xử lý kỵ khí thành:

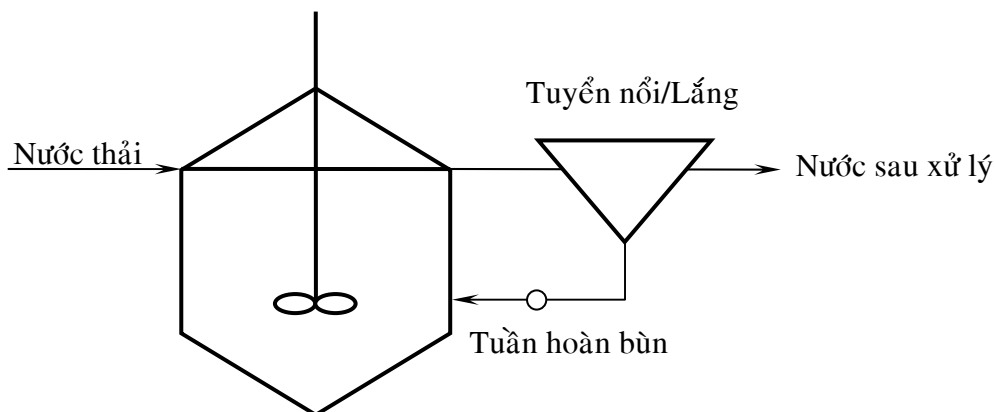
- Quá trình xử lý kỵ khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng như quá trình tiếp xúc kỵ khí (Anaerobic Contact Process), quá trình xử lý bằng lớp bùn kỵ khí với dòng nước đi từ dưới lên (Upflow Anaerobic Sludge Blanket - UASB);
- Quá trình xử lý kỵ khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám như quá trình lọc kỵ khí (Anaerobic Filter Process).



**Hình 1.8** Quá trình phân hủy kỵ khí.

### Quá Trình Tiếp Xúc Kỵ Khí (Anaerobic Contact Process)

Một số loại nước thải có hàm lượng chất hữu cơ cao có thể xử lý rất hiệu quả bằng quá trình tiếp xúc kỵ khí (Hình 1.9). Quá trình phân hủy xảy ra trong bể kín với bùn tuần hoàn. Hỗn hợp bùn và nước thải trong bể được khuấy trộn hoàn toàn. Sau khi phân hủy, hỗn hợp được đưa sang bể lắng hoặc bể tuyển nổi để tách riêng bùn và nước. Bùn được tuần hoàn trở lại bể kỵ khí. Lượng bùn dư thải bỏ thường rất ít do tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật khá chậm.



**Hình 1.9** Sơ đồ thiết bị xử lý sinh học tiếp xúc kỵ khí.

### UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

Đây là một trong những quá trình kỵ khí được ứng dụng rộng rãi nhất trên thế giới do hai đặc điểm chính sau:



- Cả ba quá trình, phân hủy - lắng bùn - tách khí, được lắp đặt trong cùng một công trình;
- Tạo thành các loại bùn hạt có mật độ vi sinh vật rất cao và tốc độ lắng vượt xa so với bùn hoạt tính hiếu khí dạng lơ lửng.

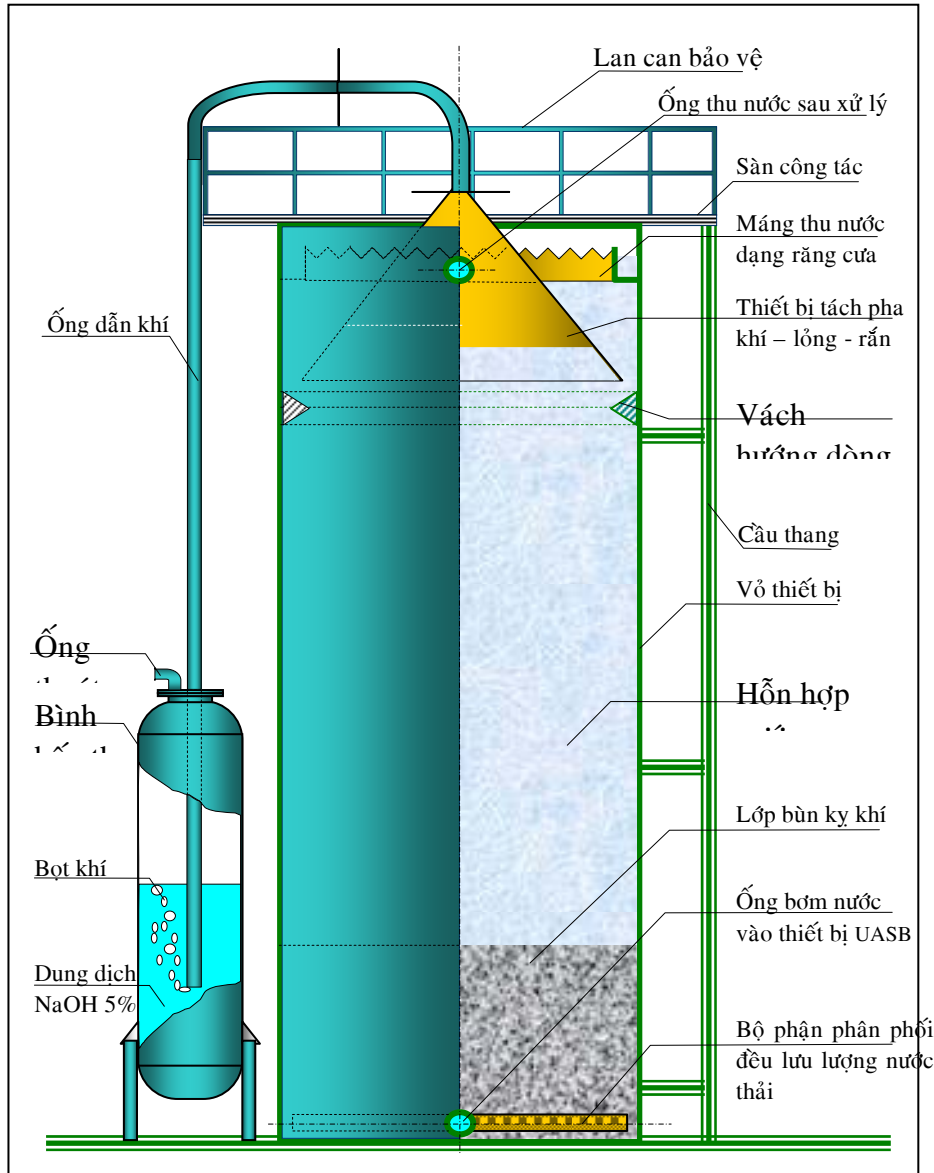
Bên cạnh đó, quá trình xử lý sinh học kỵ khí sử dụng UASB còn có những ưu điểm so với quá trình bùn hoạt tính hiếu khí như:

- Ít tiêu tốn năng lượng vận hành;
- Ít bùn dư, nên giảm chi phí xử lý bùn;
- Bùn sinh ra dễ tách nước;
- Nhu cầu dinh dưỡng thấp nên giảm được chi phí bổ sung dinh dưỡng;
- Có khả năng thu hồi năng lượng từ khí methane;
- Có khả năng hoạt động theo mùa vì bùn kỵ khí có thể hồi phục và hoạt động được sau một thời gian ngưng không nạp liệu.

Sơ đồ bể UASB được trình bày trong Hình 1.10. Nước thải được nạp liệu từ phía đáy bể, đi qua lớp bùn hạt, quá trình xử lý xảy ra khi các chất hữu cơ trong nước thải tiếp xúc với bùn hạt. Khí sinh ra trong điều kiện kỵ khí (chủ yếu là methane và CO<sub>2</sub>) sẽ tạo nên dòng tuần hoàn cục bộ giúp cho quá trình hình thành và duy trì bùn sinh học dạng hạt. Khí sinh ra từ lớp bùn sẽ dính bám vào các hạt bùn và cùng với khí tự do nổi lên phía mặt bể. Tại đây, quá trình tách pha khí-lỏng-rắn xảy ra nhờ bộ phận tách pha. Khí theo ống dẫn qua bồn hấp thu chứa dung dịch NaOH 5-10%. Bùn sau khi tách khỏi bọt khí lại lắng xuống. Nước thải theo màng tràn răng cửa dẫn đến công trình xử lý tiếp theo.

Vận tốc nước thải đưa vào bể UASB được duy trì trong khoảng 0,6-0,9 m/h. pH thích hợp cho quá trình phân hủy kỵ khí dao động trong khoảng 6,6-7,6. Do đó cần cung cấp đủ độ kiềm (1000 – 5000 mg/L) để bảo đảm pH của nước thải luôn luôn > 6,2 vì ở pH < 6,2, vi sinh vật chuyển hóa methane không hoạt động được. Cần lưu ý rằng chu trình sinh trưởng của vi sinh vật acid hóa ngắn hơn rất nhiều so với vi sinh vật acetate hóa (2-3 giờ ở 35<sup>0</sup>C so với 2-3 ngày, ở điều kiện tối ưu). Do đó, trong quá trình vận hành ban đầu, tải trọng chất hữu cơ không được quá cao vì vi sinh vật acid hóa sẽ tạo ra acid béo dễ bay hơi với tốc độ nhanh hơn rất nhiều lần so với tốc độ chuyển hóa các acid này thành acetate dưới tác dụng của vi sinh vật acetate hóa.

Do tại Việt Nam chưa có loại bùn hạt nên quá trình vận hành được thực hiện với tải trọng ban đầu khoảng 3 kg COD/m<sup>3</sup>.ngđ. Mỗi khi đạt đến trạng thái ổn định, tải trọng này sẽ được tăng lên gấp đôi cho đến khi đạt tải trọng 15 - 20 kg COD/m<sup>3</sup>.ngđ. Thời gian này kéo dài khoảng 3 -4 tháng. Sau đó, bể sẽ hoạt động ổn định và có khả năng chịu quá tải, cũng như nồng độ chất thải khá cao. Khí metan thu được có thể sử dụng cho việc đun nấu và cung cấp nhiệt. Lượng bùn sinh ra rất nhỏ nên không cần thiết phải đặt vấn đề xử lý bùn. Quá trình xử lý này chỉ tiêu tốn một lượng nhỏ năng lượng dùng để bơm nước.



**Hình 1.10** *Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB).*

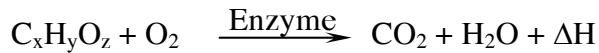
### *Quá Trình Lọc Kỵ Khí (Anaerobic Filter Process)*

Bể lọc kỵ khí là một cột chứa vật liệu tiếp xúc để xử lý chất hữu cơ chứa carbon trong nước thải. Nước thải được dẫn vào cột từ dưới lên, tiếp xúc với lớp vật liệu trên đó có vi sinh vật kỵ khí sinh trưởng và phát triển. Vì vi sinh vật được giữ trên bề mặt vật liệu tiếp xúc và không bị rửa trôi theo nước sau xử lý nên thời gian lưu của tế bào vi sinh vật (thời gian lưu bùn) rất cao (khoảng 100 ngày).

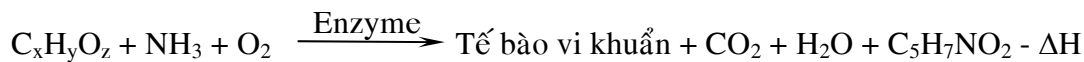
## 1.4.2 PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ SINH HỌC HIẾU KHÍ

Quá trình xử lý sinh học hiếu khí nước thải gồm ba giai đoạn sau:

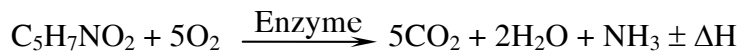
- Oxy hóa các chất hữu cơ:



- Tổng hợp tế bào mới:



- Phân hủy nội bào:



Các quá trình xử lý sinh học bằng phương pháp hiếu khí có thể xảy ra ở điều kiện tự nhiên hoặc nhân tạo. Trong các công trình xử lý nhân tạo, người ta tạo 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. Tùy theo trạng thái tồn tại của vi sinh vật, quá trình xử lý sinh học hiếu khí nhân tạo có thể chia thành:

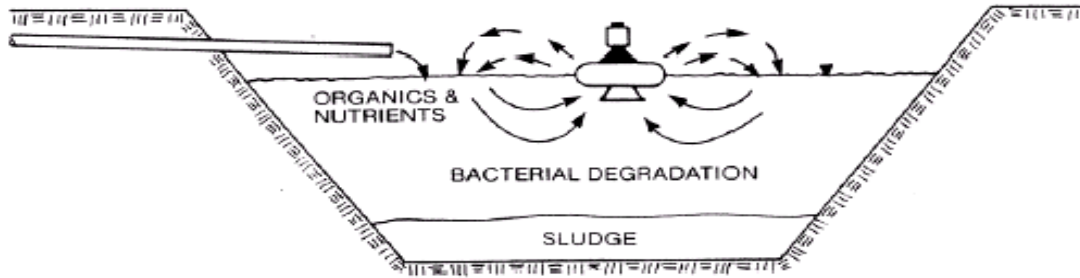
- Xử lý sinh học hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng chủ yếu được sử dụng để khử chất hữu cơ chứa carbon như quá trình bùn hoạt tính, hồ làm thoáng, bể phản ứng hoạt động gián đoạn, quá trình lên men phân hủy hiếu khí. Trong số những quá trình này, quá trình bùn hoạt tính là quá trình phổ biến nhất.
- Xử lý sinh học hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám như quá trình bùn hoạt tính dính bám, bể lọc nhỏ giọt, bể lọc cao tải, đĩa sinh học, bể phản ứng nitrate hóa với màng cố định.

### *Bể Bùn Hoạt Tính Với Vi Sinh Vật Sinh Trưởng Lơ Lửng*

Trong bể bùn hoạt tính hiếu khí với vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng, quá trình phân hủy xảy ra khi nước thải tiếp xúc với bùn trong điều kiện sục khí liên tục. Việc sục khí nhằm đảm bảo các yêu cầu cung cấp đủ lượng oxy một cách liên tục và duy trì bùn hoạt tính ở trạng thái lơ lửng. Nồng độ oxy hòa tan trong nước ra khỏi bể lắng đợt 2 không được nhỏ hơn 2 mg/L. Tốc độ sử dụng oxy hòa tan trong bể bùn hoạt tính phụ thuộc vào:

- Tỷ số giữa lượng thức ăn (chất hữu cơ có trong nước thải) và lượng vi sinh vật: tỷ lệ 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;

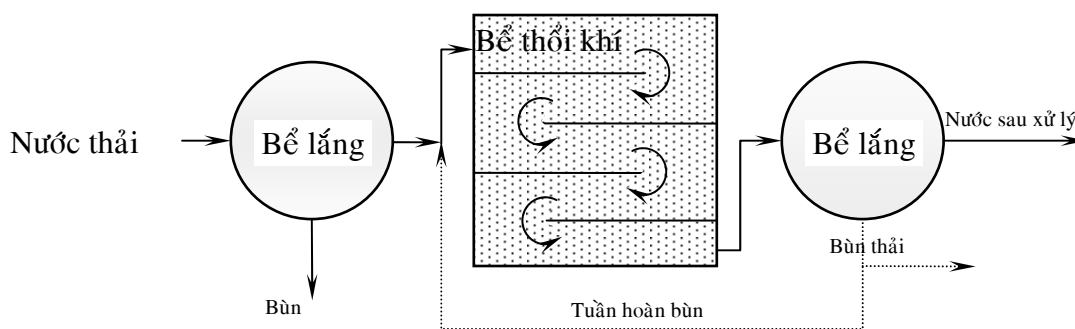
- Hàm lượng oxy hòa tan.



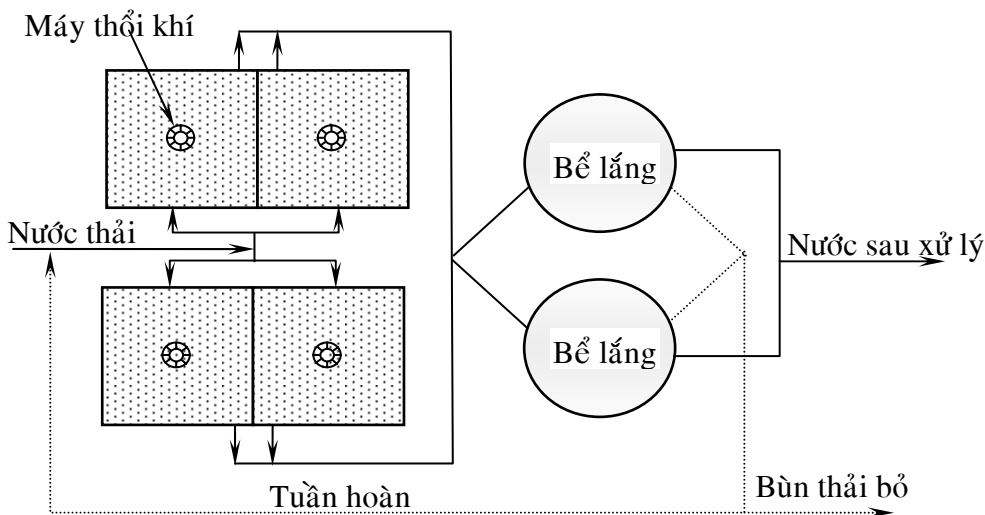
**Hình 1.11** Hình minh họa cơ chế xử lý của ao sục khí

Để thiết kế và vận hành hệ thống bùn hoạt tính hiếu khí một cách hiệu quả cần phải hiểu rõ vai trò quan trọng của quần thể vi sinh vật. Các vi sinh vật này sẽ phân hủy các chất hữu cơ có trong nước thải và thu năng lượng để chuyển hóa thành tế bào mới, chỉ một phần chất hữu cơ bị oxy hóa hoàn toàn thành  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,... Một cách tổng quát, vi sinh vật tồn tại trong hệ thống bùn hoạt tính bao gồm *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flacobacterium*, *Nocardia*, *Bdellovibrio*, *Mycobacterium*, và hai loại vi khuẩn nitrate hóa *Nitrosomonas* và *Nitrobacter*. Thêm vào đó, nhiều loại vi khuẩn dạng sợi như *Sphaerotilus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Lecicothrix*, và *Geotrichum* cũng tồn tại.

Yêu cầu chung khi vận hành hệ thống bùn hoạt tính hiếu khí là nước thải đưa vào hệ thống 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 – 8,5, nhiệt độ  $6^\circ\text{C} < t^\circ\text{C} < 37^\circ\text{C}$ . Một số sơ đồ hệ thống bùn hoạt tính sinh trưởng lơ lửng được trình bày trong hình dưới đây.



- Quá trình bùn hoạt tính hiếu khí cổ điển với dòng chảy nút.  
(Conventional plug-flow activated process)

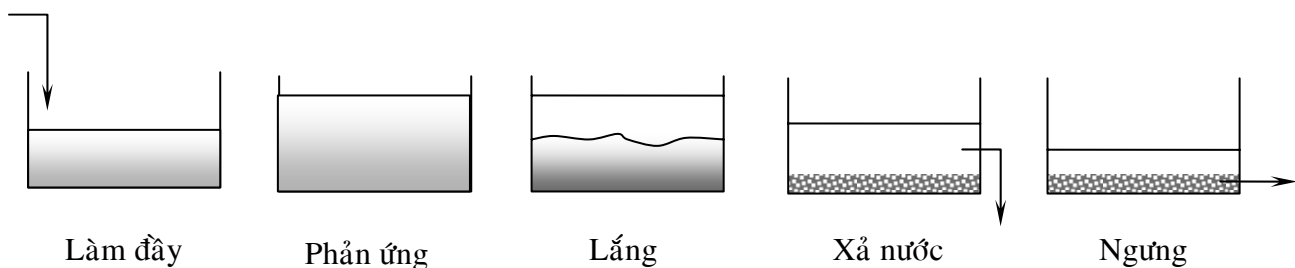


b. Quá trình bùn hoạt tính hiếu khí khuấy trộn hoàn toàn. (Complete-mix activated sludge process)

**Hình 1.12** Sơ đồ hệ thống bùn hoạt tính hiếu khí.

### ***Bể Hoạt Động Gián Đoạn (Sequencing Batch Reactor – SBR)***

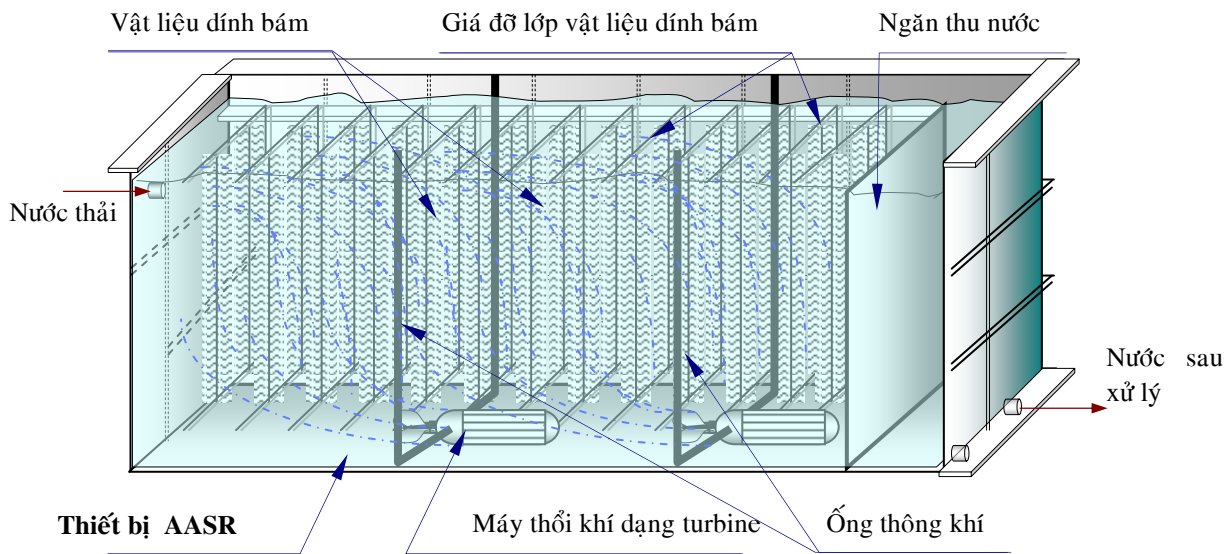
Bể hoạt động gián đoạn là hệ thống xử lý nước thải với bùn hoạt tính theo kiểu làm đầy và xả cạn. Quá trình xảy ra trong bể SBR tương tự như trong bể bùn hoạt tính hoạt động liên tục chỉ có điều tất cả xảy ra trong cùng một bể và được thực hiện lần lượt theo các bước: (1) -Làm đầy; (2)- Phản ứng; (3)-Lắng; (4)-Xả cạn; (5)-Ngưng. Sơ đồ hệ thống SBR được trình bày trong Hình 1.13.



**Hình 1.13** Sơ đồ hoạt động của hệ thống SBR.

### ***Bể Bùn Hoạt Tính Với Vi Sinh Vật Sinh Trưởng Dạng Dính Bám (Attached Growth Activated Sludge Reactor)***

Nguyên lý hoạt động của bể này tương tự như trường hợp vi sinh vật sinh trưởng dạng lơ lửng, chỉ khác là vi sinh vật phát triển dính bám trên vật liệu tiếp xúc đặt trong bể. Sơ đồ cấu tạo bể bùn hoạt tính với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám được trình bày trong Hình 1.14.



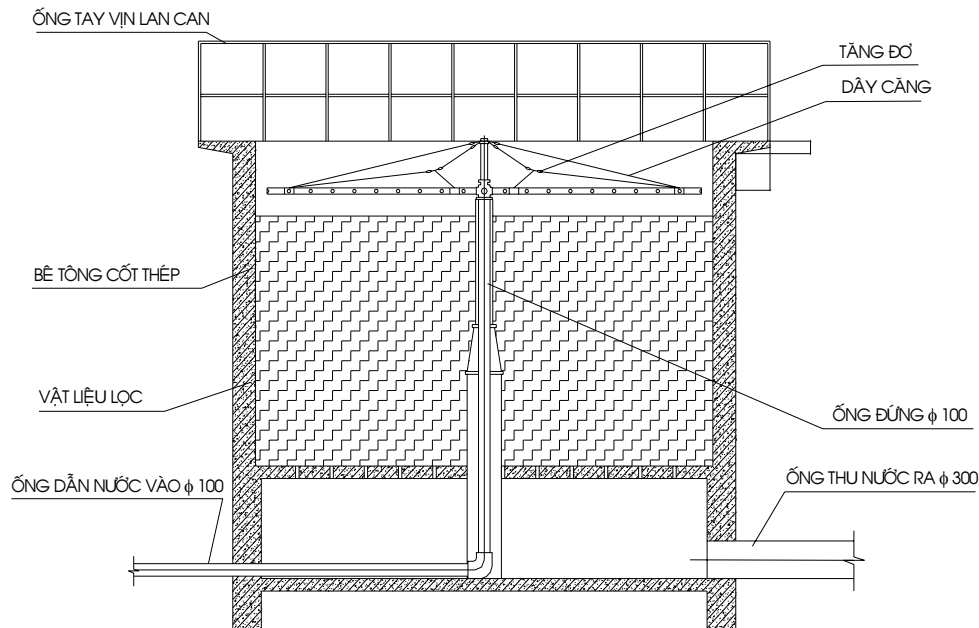
**Hình 1.14** Bể bùn hoạt tính với vi sinh vật sinh trưởng dạng dính bám.  
(Attached Growth Activated Sludge Reactor – AASR).

### ***Bể Lọc Sinh Học Nhỏ Giọt (Trickling Filter)***

Bể lọc sinh học là một thiết bị phản ứng sinh học trong đó các vi sinh vật sinh trưởng cố định trên lớp vật liệu lọc. Bể lọc hiện đại bao gồm một lớp vật liệu dễ thấm nước với vi sinh vật dính kết trên đó. Nước thải đi qua lớp vật liệu này sẽ thấm hoặc nhỏ giọt trên đó. Vật liệu lọc thường là đá dăm hoặc các khối vật liệu dẻo có hình thù khác nhau. Nếu vật liệu lọc là đá hoặc sỏi thì kích thước hạt dao động trong khoảng 25-100 mm, chiều sâu lớp vật liệu dao động trong khoảng 0,9-2,5 m, trung bình là 1,8 m. Bể lọc với vật liệu là đá dăm thường có dạng tròn. Nước thải được phân phối trên lớp vật liệu lọc nhờ bộ phận phân phối. Bể lọc với vật liệu lọc là chất dẻo có thể có dạng tròn, vuông, hoặc nhiều dạng khác với chiều cao biến đổi từ 4-12 m. Ba loại vật liệu bằng chất dẻo thường dùng là (1) vật liệu với dòng chảy thẳng đứng, (2) vật liệu với dòng chảy ngang, (3) vật liệu đa dạng.

Chất hữu cơ sẽ bị phân hủy bởi quần thể vi sinh vật dính kết trên lớp vật liệu lọc. Các chất hữu cơ có trong nước thải sẽ bị hấp phụ vào màng vi sinh vật dày 0,1 – 0,2 mm và bị phân hủy bởi vi sinh vật hiếu khí. Khi vi sinh vật sinh trưởng và phát triển, bề dày lớp màng tăng lên, do đó, oxy đã bị tiêu thụ trước khi khuếch tán hết chiều dày lớp màng sinh vật. Như vậy, môi trường kỵ khí được hình thành ngay sát bề mặt vật liệu lọc.

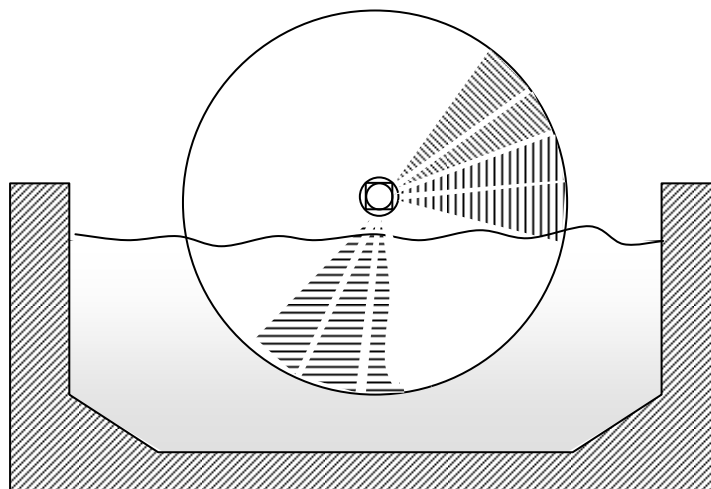
Khi chiều dày lớp màng tăng lên, quá trình đồng hóa chất hữu cơ xảy ra trước khi chúng tiếp xúc với vi sinh vật gần bề mặt vật liệu lọc. Kết quả là vi sinh vật ở đây bị phân hủy nội bào, không còn khả năng dính bám lên bề mặt vật liệu lọc, và bị rửa trôi.



**Hình 1.15** Cấu tạo bể lọc sinh học nhỏ giọt

### *Đĩa sinh học (Rotating Biological Contactor)*

Đĩa sinh học gồm hàng loạt đĩa tròn, phẳng, bằng polystyren hoặc polyvinylclorua (PVC) lắp trên một trục. Các đĩa được đặt ngập trong nước một phần và quay chậm. Trong quá trình vận hành, vi sinh vật sinh trưởng, phát triển trên bề mặt đĩa hình thành một lớp màng mỏng bám trên bề mặt đĩa. Khi đĩa quay, lớp màng sinh học sẽ tiếp xúc với chất hữu cơ trong nước thải và với khí quyển để hấp thụ oxy. Đĩa quay sẽ ảnh hưởng đến sự vận chuyển oxy và đảm bảo cho vi sinh vật tồn tại trong điều kiện hiếu khí.



**Hình 1.16** Đĩa sinh học (RBC).

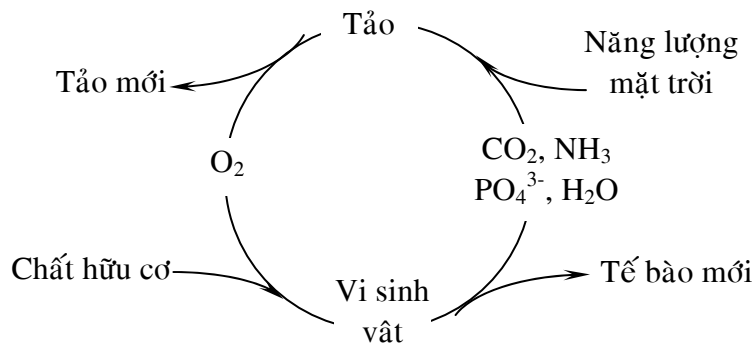
### 1.4.3 HỒ SINH VẬT

Tùy theo nồng độ oxy hòa tan có trong hồ, hệ thống hồ sinh vật được phân loại thành: (1) hồ hiếu khí, (2) hồ hiếu khí tùy tiện, và (3) hồ kỵ khí.

#### Hồ hiếu khí

Hồ sinh vật hiếu khí đơn giản nhất là các hồ bằng đất dùng để xử lý nước thải bằng các quá trình tự nhiên dưới tác dụng của cả vi sinh vật và tảo. Hồ hiếu khí chứa vi sinh vật và tảo ở dạng lơ lửng, và điều kiện hiếu khí chiếm ưu thế suốt độ sâu hồ. Có hai loại hồ hiếu khí cơ bản: (1) hồ nuôi tảo nhằm tạo điều kiện để tảo phát triển mạnh nhất, có độ sâu từ 150 – 450 mm; (2) hồ hiếu khí nhằm đạt được lượng oxy hòa tan trong hồ lớn nhất, có độ sâu  $\leq 1,5$  m.

Trong bể quang hợp hiếu khí, oxy được cung cấp bằng quá trình khuếch tán khí bề mặt tự nhiên và quá trình quang hợp của tảo. Ngoại trừ tảo, quần thể vi sinh vật tồn tại trong hồ tương tự quần thể vi sinh vật trong hệ thống bùn hoạt tính hiếu khí. Vi sinh vật sử dụng oxy sinh ra từ quá trình quang hợp của tảo để phân hủy hiếu khí các chất hữu cơ. Các chất dinh dưỡng và  $\text{CO}_2$  thải ra từ quá trình phân hủy này lại là nguồn thức ăn cho tảo. Mối quan hệ cộng sinh giữa tảo và vi sinh vật trong hồ hiếu khí được trình bày trong Hình 1.17.



**Hình 1.17** Mối quan hệ cộng sinh giữa tảo và vi sinh vật trong hồ hiếu khí.

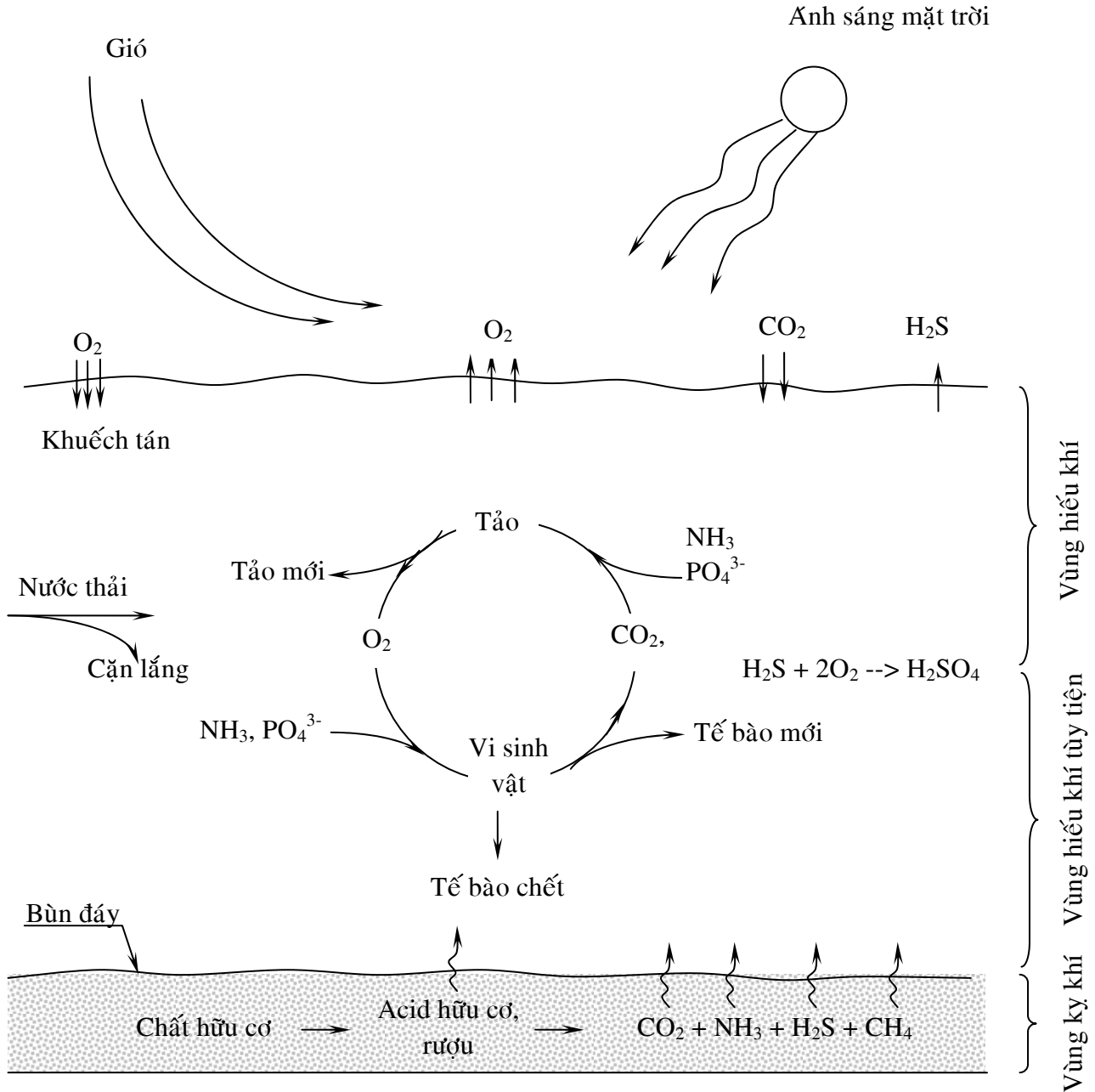
#### Hồ hiếu khí tùy tiện

Hồ ổn định chất lượng nước thải trong đó tồn tại cả ba loại vi sinh vật hiếu khí, kỵ khí và hiếu khí tùy tiện được gọi là hồ hiếu khí tùy tiện.

Trong hồ hiếu khí tùy tiện tồn tại 3 vùng: (1) vùng bề mặt nơi tảo và vi sinh vật tồn tại trong mối quan hệ cộng sinh như trình bày trên; (2) vùng đáy kỵ khí, ở đó chất rắn tích lũy được phân hủy



dưới tác dụng của vi sinh vật kỵ khí; và (3) vùng trung gian, một phần hiếu khí và một phần kỵ khí, ở đó chất hữu cơ được phân hủy dưới tác dụng của vi sinh vật hiếu khí tùy tiện. Sơ đồ hồ hiếu khí tùy tiện được trình bày trong Hình 1.18.



**Hình 1.18** Sơ đồ hồ hiếu khí tùy tiện.

Độ sâu của hồ hiếu khí tùy tiện giới hạn trong khoảng 1,2 – 2,4 m (4 - 8 ft) và thời gian lưu nước có thể kéo dài trong khoảng 5-30 ngày.

## **Hồ kỵ khí**

Hồ kỵ khí được sử dụng để xử lý nước thải có nồng độ chất hữu cơ và hàm lượng cặn cao. Độ sâu hồ kỵ khí phải lớn hơn 2,4 m (8 ft) và có thể đạt đến 9,1 m với thời gian lưu nước dao động trong khoảng 20-50 ngày. Quá trình ổn định nước thải trong hồ xảy ra dưới tác dụng kết hợp của quá trình kết tủa và quá trình chuyển hóa chất hữu cơ thành CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, các khí khác, các acid hữu cơ và tế bào mới. Hiệu suất chuyển hóa BOD<sub>5</sub> có thể đạt đến 70% - 85%.