

CHƯƠNG 8

CÁC PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ CHẤT THẢI NGUY HẠI

8.1 PHƯƠNG PHÁP HÓA HỌC VÀ HÓA LÝ

Trong phần này sẽ trình bày các kỹ thuật sử dụng để tái sinh, cô đặc và xử lý chất thải nguy hại đồng cũng được dùng để xử lý nước ngầm hay đất bị ô nhiễm bởi chất thải nguy hại.

Các kỹ thuật bao gồm:

- Hấp thu khí
- chưng cất
- Xử lý đất bằng trích ly bay hơi
- Hấp phụ
- Oxy hóa hóa học
- Dòng tới hạn
- Màng

1. Hấp Thu Khí

Là kỹ thuật hay được dùng để xử lý nước ngầm bị ô nhiễm bởi chất hữu cơ bay hơi với nồng độ thấp < 200 mg/l. không thích hợp với chất ô nhiễm kém bay hơi H' (0,01). Các thiết bị sử dụng: tháp đệm, tháp mâm, hệ thống phun, khuếch tán khí hay thông khí cơ học. Trong các thiết bị này thì tháp đệm là thiết bị hay được sử dụng nhất.

Cân bằng vật chất:

$$Q_K (C_K^V - C_K^R) = Q_N (C_N^R - C_N^V) \quad (8-1)$$

Trong đó

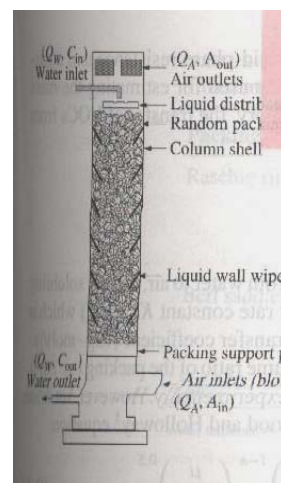
QK = lưu lượng khí (m³/s)

QN = lưu lượng nước xử lý (m³/s)

CKV = nồng độ chất ô nhiễm trong dòng khí vào (kmol/m³)

CKR = nồng độ chất ô nhiễm trong dòng khí ra (kmol/m³)

CNV = nồng độ chất ô nhiễm trong dòng nước vào (kmol/m³)



Hình 8.1. Sơ đồ tháp hấp thụ

Với giả thiết hiệu quả quá trình là 100% nồng độ chất ô nhiễm trong dòng khí vào và trong dòng nước ra không đáng kể có thể xem như bằng không, phương trình 8-1 trở thành

$$Q_K C_K^R = Q_N C_N^V \quad (8-2)$$

Áp dụng định luật Henry, nồng độ chất ô nhiễm trong dòng khí ra khỏi tháp được tính theo cân bằng sau

$$C_K^R = H' C_N^V \quad (8-3)$$

Kết hợp phương trình 8-2 và 8-3 ta nhận được hệ số hấp thu R như sau

$$R = \frac{H' Q_K}{Q_N} = 1$$

Gía trị hệ số hấp thu $R=1$ được tính toán dựa trên cân bằng lý tưởng và quá trình hấp thu là tối ưu. Để quá trình hấp thu khí xảy ra $R>1$.

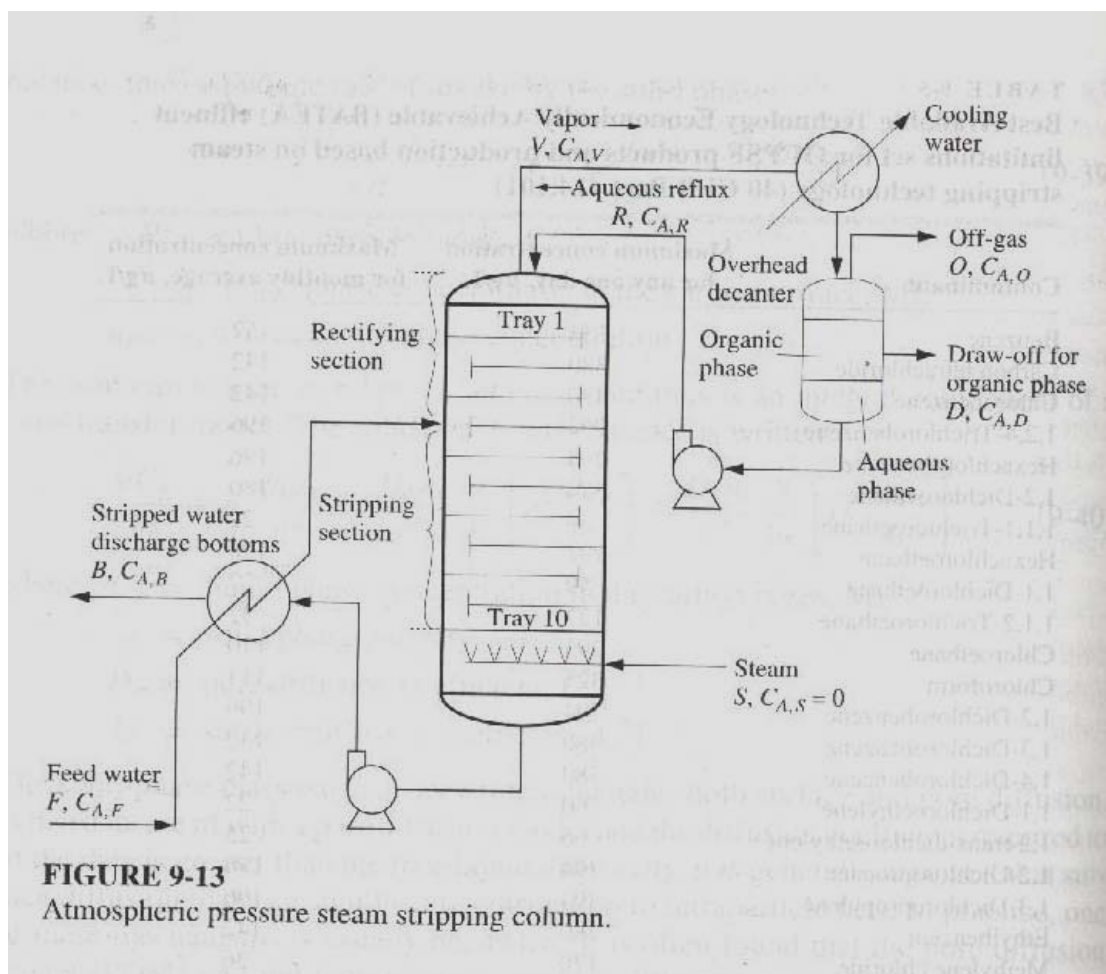
Xem xét thiết kế

- Tính bay hơi của chất hữu cơ
- Tỷ lệ Q_K/Q_N , Trên thực tế tỷ lệ này thay đổi rất lớn từ 5 đến hàng trăm lần. Và tỷ lệ này được kiểm soát nhằm kiểm soát quá trình lút của tháp.
- Tổn thất cột áp
 - Kiểm soát quá trình lút tháp tổn thất nên nằm trong khoảng 200-400N/m². m chiều cao tháp. Trên thực tế chiều cao của tháp từ 1-15m
 - Tổn thất sẽ ảnh hưởng đến chi phí vận hành
- Khả năng xuất hiện dòng, kênh chảy trong tháp do sự phân bố khí không đều, dòng nước chủ yếu chảy sát thành của tháp. Để giải quyết vấn đề này, giải pháp thường được sử dụng là
 - Đĩa phân phối khí sẽ được đặt trong thiết bị với khoảng cách cứ 5D một đĩa phân phối khí. Đường kính thiết bị D thường nằm trong khoảng từ 0,5 – 3m
 - Thay đổi vật liệu đệm sử dụng bằng cách sử dụng vật liệu đệm có kích thước nhỏ hơn
- Khí ra có cần xử lý hay không (căn cứ vào tiêu chuẩn xả) quyết định có thể xử lý bằng hấp thụ.

2. Chưng Cất (Hấp Thụ Hơi)

Kỹ thuật được dùng để loại chất hữu cơ bay hơi và bán bay hơi trong nước thải và nước ngầm. Quá trình này được áp dụng khi nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải hay nước ngầm cao và có khả năng giảm nồng độ xuống rất thấp. Thiết bị sử dụng: tháp mâm chóp, tháp mâm xuyên lỗ, tháp đệm. Quá trình này và quá trình hấp thụ khí đều dựa trên cơ sở sự truyền khối giữa hai pha. Tuy nhiên có một số khác biệt như sau:

Hấp thụ khí	Hấp thụ hơi
Dung môi hấp thụ là khí	Dung môi hấp thụ là hơi
Dung môi hấp thụ ít hoà tan trong nước	Dung môi hấp thụ hòa tan nhiều trong nước
Vận hành ở nhiệt độ thấp (thường vận hành ở nhiệt độ môi trường)	Vận hành ở nhiệt độ cao
Chất hữu cơ theo pha khí	Chất hữu cơ được tách thành pha lỏng riêng



Hình 8.2. Sơ đồ hệ thống chưng cất

F = Lưu lượng vào (kg/h)

$CA_{,-}$ = nồng độ của thành phần A trong ác dòng khác nhau (% khối lượng)

B = lượng ra (đáy) (kg/h)

O = lưu lượng khí thải từ thiết bị tách ở đỉnh (kg/h)

Phương trình cân bằng vật chất

$$S.C_{A,S} + F.C_{A,F} = B.C_{A,B} + D.C_{A,D} + O.C_{A,O}$$

Nếu giả thiết dòng hơi vào $CA,S = 0$; giả định CA,B và CA,O là không đáng kể phương trình --- trở thành

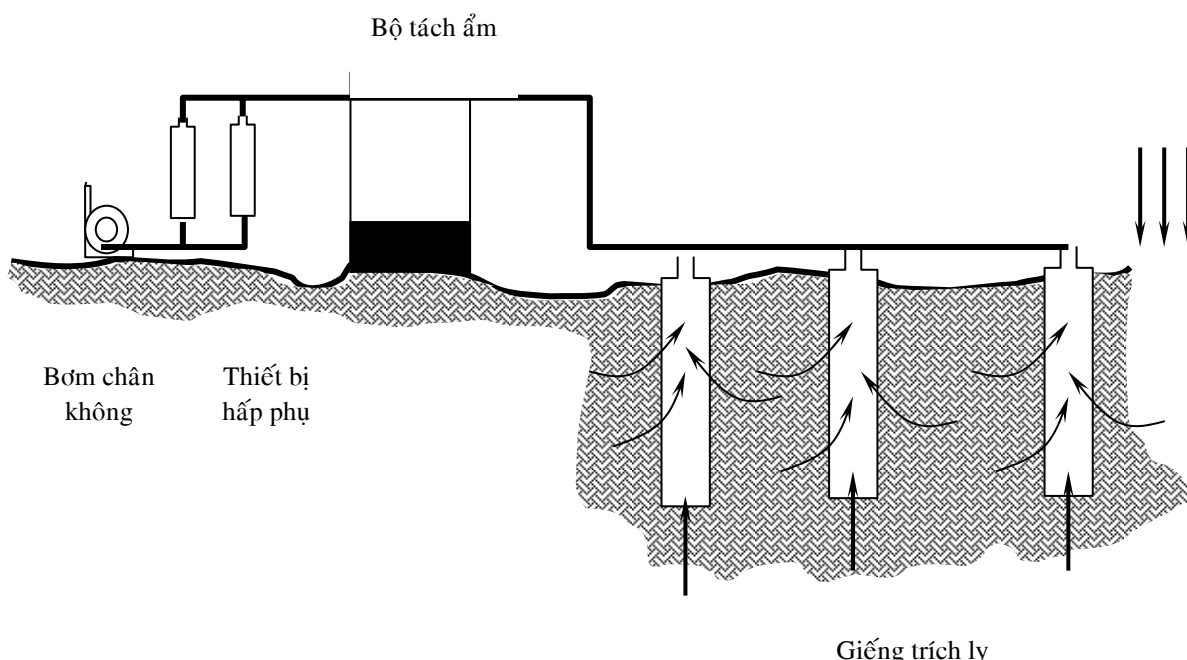
$$F.C_{A,F} = D.C_{A,D}$$

Xem xét thiết kế

- Tính khả thi
 - Khả năng hấp thu của chất hữu cơ
 - Chất ô nhiễm có thể tách pha không
- Tỷ lệ dòng đi xuống (lục và sụt áp)
- Sự kết tủa của thành phần trong nước [ví dụ Fe^{2+} (Fe^{3+} ($Fe(OH)_3$ (]
- Vật liệu thiết kế

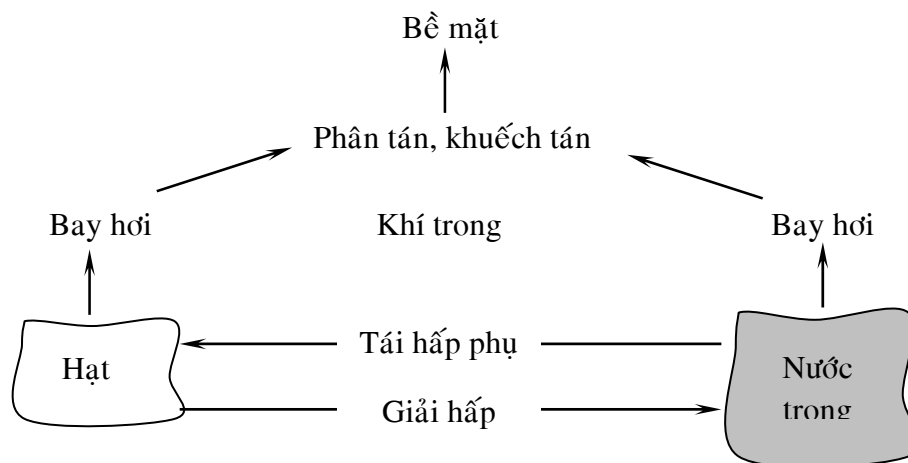
3. Xử Lý Đất Bằng Trích Ly Bay Hơi (Soil Vapor Extraction)

Xử lý đất bằng trích ly bay hơi (soil vapor extraction –SVE) kỹ thuật dùng để xử lý đất bị ô nhiễm chất hữu cơ bay hơi (VOC). Kỹ thuật được áp dụng đối với tầng đất chưa bão hòa (nằm trên tầng nước ngầm) hoặc đối với đất bị ô nhiễm đã được đào lên.



Hình 8.3. Sơ đồ hệ thống xử lý đất bằng trích ly bay hơi

Mô hình cân bằng



Một hệ thống SVE bao gồm các phần

Hạ tầng:

- Giếng trích ly (có thể một hay nhiều giếng)
- Hệ thống đường ống từ giếng đến trạm bơm (quạt) hút
- Các giếng giám sát
- Hệ thống van áp lực và van điều khiển dòng tại mỗi giếng trích ly và giám sát (tùy theo hệ thống có thể có hoặc không)
- Hệ thống che phủ bề mặt để giám sát khí hoặc nước đi vào [tùy thuộc địa tầng khu vực và mục đích xử lý]

- Giếng thông gió (có thể nhiều giếng) nhằm gia tăng quá trình chuyển động của khí [tùy thuộc địa tầng khu vực]

Thiết bị

- Bơm chân không (máy thổi khí) [thường sử dụng áp suất âm 0,2-1 atm)
- Thùng tách ẩm (lựa chọn không bắt buộc)
- Hệ thống xử lý khí ra

Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình xử lý được cho trong bảng

Bảng 8.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình xử lý đất bằng trích ly bay hơi

Tính chất của đất	Tính chất của chất ô nhiễm	Tính chất của môi trường
Độ thấm	Hằng số Henry	Nhiệt độ
Độ xốp	Độ tan	Độ ẩm
Phân bố kích thước hạt	Hệ số hấp phụ	Tốc độ gió
Độ ẩm	Nồng độ VOC trong đất	Bức xạ mặt trời

Bảng 8.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình xử lý đất bằng trích ly bay hơi (tiếp theo)

Tính chất của đất	Tính chất của chất ô nhiễm	Tính chất của môi trường
PH	Tính phân cực	Lượng mưa
Hàm lượng chất hữu cơ	Áp suất hơi	Địa hình
Tỷ trọng	Hệ số khuếch tán	Hệ thực vật

Các thông số cần xem xét khi thiết kế hệ thống

- Khoảng cách giếng trích ly (ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình xử lý, nó phụ thuộc vào bán kính hiệu quả của giếng[điều này phụ thuộc vào tính chất của đất trong khu vực xử lý]) theo thực nghiệm bán kính hiệu quả 6-45 – 90m chiều sâu của giếng tùy theo tính chất của đất, trong trường hợp đất có độ thấm trung bình 10-4 cm/s, chiều sâu của giếng là 7m
- Tốc độ dòng khí đi vào
- Áp suất dưới bề mặt

Ngoài ra khi đánh giá thiết kế hệ thống cần xem xét các yếu tố sau

- Chênh lệch áp suất (gradient áp suất)
- Tính đồng nhất và nồng độ của VOC trong đất

- Nhiệt độ không khí được trích ly
- Độ ẩm, không khí được trích ly
- Năng lượng sử dụng

Một số ưu nhược điểm của phương pháp

Ưu điểm

- Giảm được chi phí đào đất và thải bỏ
- Giảm được các nguồn thải do công tác đào xới
- Giảm sự khuếch tán của VOC vào môi trường
- Có thể áp dụng để xử lý đất có cấu trúc kém (dùng các thiết bị thông thường, không sử dụng chất phản ứng, tiết kiệm nhân công và vật liệu)

Nhược

- Không thích hợp xử lý vùng đất có độ thấm thấp. Do đất có độ thấm thấp, hiệu quả xử lý thấp
- Hiệu quả kém khi chất ô nhiễm có áp suất bay hơi thấp và trong vùng có tầng nước ngầm cao
- Không dự đoán được thời gian xử lý (trong trường hợp xử lý tại nguồn)

4. Hấp Phụ

Là quá trình tách chất ô nhiễm trong khí, nước bằng chất hấp phụ. Trong kỹ thuật xử lý chất thải nguy hại, chất hấp phụ thường được dùng là than hoạt tính để loại bỏ các thành phần chất hữu cơ độc hại trong nước ngầm và nước thải công nghiệp. Nó có thể được dùng một mình hoặc kết hợp với quá trình xử lý sinh học (than bột trong dewatering)

Phương trình Freundlich

$$\frac{X}{M} = k.C_c^{1/n}$$

X = khối lượng chất ô nhiễm bị hấp phụ
= (Cđ - Cc) V

Cđ = nồng độ ban đầu của chất ô nhiễm

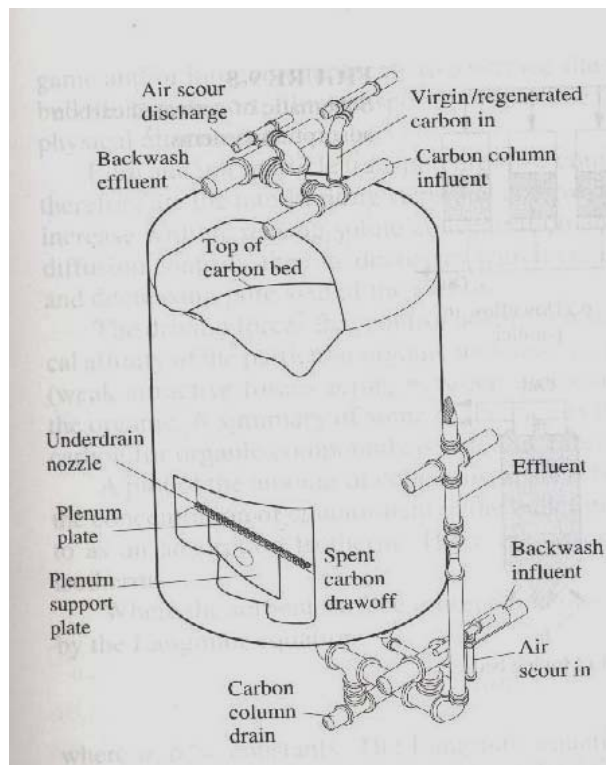
Cc = nồng độ tại điểm cân bằng của chất ô nhiễm

M = khối lượng than

Phương trình Langmuir

$$q = \frac{a.b.c}{1 + b.c}$$

$$q = \frac{\text{lượng chất ô nhiễm được hấp phụ}}{\text{lượng than hấp phụ}} = \frac{(C_d - C_c)V}{M}$$



Hình 8.4. Sơ đồ tháp hấp phụ

Quá trình dịch chuyển của chất ô nhiễm đến bề mặt của chất hấp phụ bao gồm 4 giai đoạn: di chuyển trong khối chất lỏng, di chuyển qua màng, khuếch tán trong lỗ xốp và liên kết vật lý. Trong 4 quá trình này thì quá trình di chuyển qua màng và khuếch tán trong lỗ xốp ảnh hưởng đến tốc độ của quá trình. Khuếch tán qua màng ảnh hưởng bởi nồng độ và nhiệt độ. Khuếch tán trong nội bộ hạt ảnh hưởng bởi kích thước lỗ xốp, tốc độ giảm khi kích thước phân tử tăng.

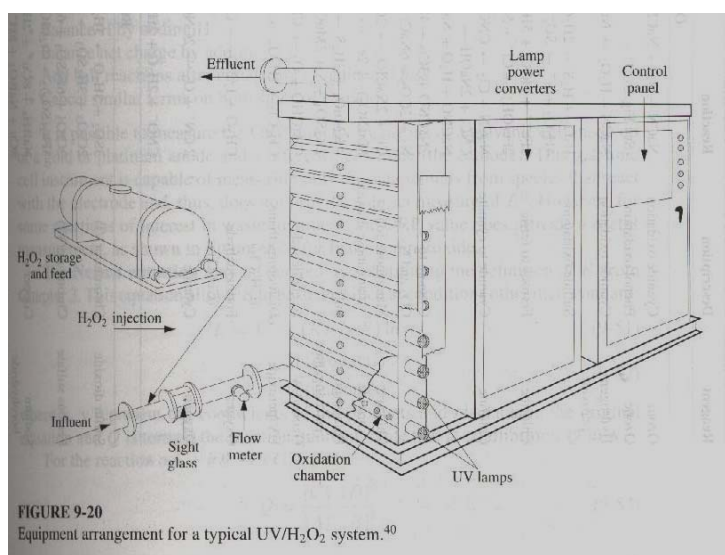
Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả quá trình

- Độ hòa tan: những chất ít hoà tan dễ hấp phụ hơn chất hòa tan
- Cấu trúc phân tử: chất hữu cơ mạch nhánh dễ hấp phụ hơn chất hữu cơ mạch thẳng
- Khối lượng phân tử: nhìn chung phân tử lớn dễ được hấp phụ hơn. Nhưng khi mà hấp phụ chủ yếu vào khuếch tán lỗ xốp thì tốc độ hấp phụ giảm so với khối lượng phân tử.
- Độ phân cực: chất hữu cơ ít phân cực được hấp phụ dễ hơn chất hữu cơ no (liên kết đơn C-C)

5. Oxy Hóa Hóa Học

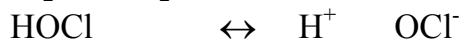
Đây là phương pháp sử dụng tác nhân oxy hóa để oxy hóa chất hữu cơ trong chất thải với mục đích chuyển đổi dạng hoặc thành phần chất thải là mất đi hoặc giảm độc tính của nó.

Là quá trình được sử dụng rộng rãi trong xử lý nước sinh hoạt, nước thải nguy hại và nước thải công nghiệp không độc hại hay nước thải sinh hoạt. Được dùng để oxy hóa – khử các thành phần hữu cơ có độc tính trong nước thải, chẳng hạn như phenol, chất bảo vệ thực vật, dung môi hữu cơ chứa clo, hợp chất đa vòng, benzen, toluen.. hay các thành phần vô cơ như sunfit, am mô nhac, xyanua và kim loại nặng. Các hoá chất được dùng trong quá trình có thể là clo và hợp chất của clo [Cl_2 , NaOCl , Ca(OCl)_2], oxy già (H_2O_2), thuốc tím (KMnO_4), ô zôn (O_3). Ngày nay có xu hướng sử dụng oxy già và ô zôn nhiều hơn là clo và hợp chất của clo. Vì khi sử dụng clo, nếu trong nước thải có chứa các chất vòng thơm, thì trong quá trình oxy hóa- khử có thể hình thành các sản phẩm phụ là các vòng thơm chứa clo có tính độc rất cao đối với môi trường và con người. Bên cạnh đó, việc sử dụng oxy già và ô zôn còn được kết hợp với nhau và kết hợp với các yếu tố xúc tác khác (xúc tác sử dụng là đèn tia cực tím UV, Fe^{2+}) nhằm tăng hiệu quả của quá trình oxy hóa chẳng hạn như quá trình sử dụng kết hợp ôzôn/ H_2O_2 , UV/ H_2O_2 ; ôzôn/UV, ôzôn/UV/ H_2O_2 ; $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$. Sơ đồ một hệ thống oxy hóa sử dụng UV/ H_2O_2 được minh họa trong hình 8.5

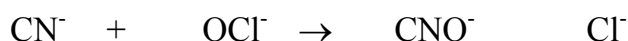


Hình 8.5. Sơ đồ hệ thống oxy hóa sử dụng UV/ H_2O_2

Một ví dụ cổ điển về oxy hóa sử dụng Clo như sau



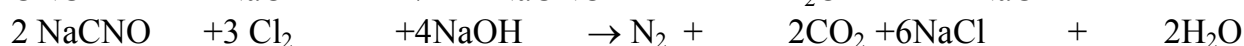
OCl^- là dạng có tính oxy hóa mạnh, tùy thuộc rất nhiều vào pH; khi pH > 7,5 chủ yếu tồn tại dạng OCl^- . một trong những ứng dụng cổ điển nhất của OCl^- là oxy hóa CN-



Do phản ứng phụ thuộc rất nhiều vào dạng OCl^- hiện diện, thường pH được điều chỉnh đến pH cao để tránh sự hình thành khí độc cyanogen chloride như phản ứng sau

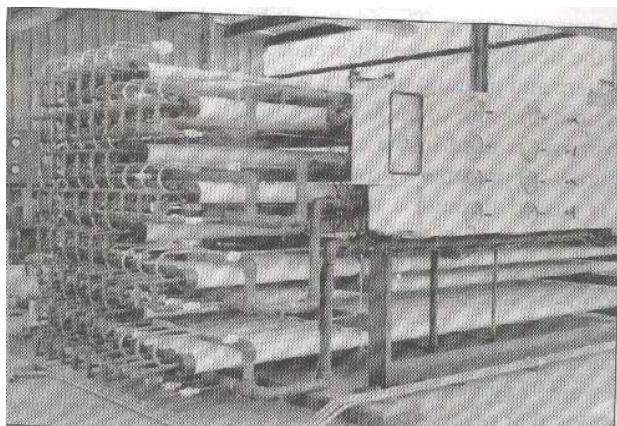


Trong điều kiện kiềm



6. Quá Trình Màng

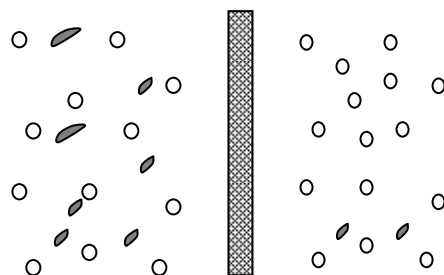
Là quá trình được dùng để tách nước từ dòng ô nhiễm. Có các loại như: vilọc, siêu lọc, thẩm thấu ngược, màng điện tích (microfiltration, ultrafiltration, reverse osmosis, & electrodialysis). Trong kỹ thuật xử lý chất thải nguy hại thường sử dụng ultrafiltration, reverse osmosis và electrodialysis.



Hình 8.7. Hệ thống RO

Cơ sở lý thuyết

Cơ chế của quá trình màng có thể biểu diễn theo sơ đồ sau



Động lực của quá trình chủ yếu là sự chênh lệch giữa hai pha áp suất ((P); chênh lệch nồng độ ((C) chênh lệch nhiệt độ ((T), chênh lệch về điện tích ((E); chênh lệch áp suất thẩm thấu ((Π)).

Trong 3 quá trình nêu trên thì quá trình electrodialysis dựa trên sự chênh lệch về điện tích. Quá trình màng mang tính chọn lọc cao. Tính lựa chọn sẽ phụ thuộc vào loại màng sử dụng; ví dụ: với màng cation sẽ cho cation đi qua còn màng anion sẽ chỉ cho anion đi qua. Cơ chế của quá trình là trao đổi ion. Quá trình RO thì dựa trên cơ sở lý thuyết thẩm thấu. Để có thể tách dung môi ra khỏi dòng ô nhiễm thì áp suất vận hành sẽ yêu cầu một áp suất lớn hơn áp suất thẩm thấu. Trong quá trình này cơ bản là dựa

trên cơ chế khuếch tán phân tử. Loại thứ ba (UF) cơ bản dựa vào kích thước và hình dạng phân tử. Về cơ bản quá trình dựa trên cơ chế của quá trình lọc.

Các công thức liên quan đến quá trình như sau:

+ *Electrodialysis*

Dòng điện cần thiết được xác định bởi công thức

$$I = \frac{F \cdot Q \cdot N}{n} \frac{E_1}{E_2}$$

Với I = cường độ dòng điện (A)

F = hằng số Faraday = 96,487 Coulomb/g đương lượng

Q = lưu lượng (l/s)

N = nồng độ mol của dung dịch (g đương lượng/l)

n = số ô giữa hai điện cực

E1 = hiệu quả xử lý

E2 = hiệu quả dòng điện

Điện tích (hiệu điện thế) được xác định theo định luật Ohm

$$E = I \cdot R$$

E = điện thế cần thiết (V)

R = điện trở (Ω)

Công suất cần thiết

$$P = I^2 \cdot R \text{ (W)}$$

+ *Reverse osmosis*

Áp suất thẩm thấu theo phương trình Van't Hoff được tính như sau:

$$\pi = \Phi_c \cdot n \cdot C_s \cdot R \cdot T$$

(= áp suất thẩm thấu (atm))

(C = hệ số thẩm thấu

N = số ion của mỗi phân tử

CS = nồng độ (gmol/L)

R = hằng số khí = 0,082 atm.L/gmol OK

T = nhiệt độ tuyệt đối (oK)

Thông lượng nước qua màng

$$J_w = \frac{D_w \cdot C_w \cdot V_w}{RT \Delta Z} (\Delta P - \Delta \pi)$$

JW = lượng nước qua màng (gmol/cm².s)

DW = hệ số khuếch tán của nước qua màng (cm²/s)
CW = nồng độ nước (gmol/cm³)
VM = thể tích molar của nước = 0,018 L/gmol = 18 cm³/gmol
R = hằng số khí = 81,057 9atm cm³/gmol. oK
T = nhiệt độ tuyệt đối (oK)
(Z = độ dày của màng (cm)
(p = chênh lệch áp suất qua màng = P_{vào} – P_{ra} (atm)
((= chênh lệch áp suất thẩm thấu qua màng 9atm)

Hiệu quả màng

$$R = 100 \frac{C_{vao} - C_{ra}}{C_{vao}}$$

C_{vào} = nồng độ trong dòng vào (mg/L)

C_{ra} = nồng độ trong dòng lọc ra (mg/L)

Ultrafiltration

Thông lượng dòng qua màng được tính theo công thức sau

$$J_w = \frac{\Delta P - \Delta \pi}{R_g + R_m}$$

JW = lượng nước qua màng (gmol/cm².s)

(P, ((đơn vị dynes/cm²

R_g = trở lực do sự hình thành lớp gel (g.cm/gmol.s)

R_m = trở lực của màng (g.cm/gmol.s)

Ứng dụng

Ngày nay do kỹ thuật sản xuất màng phát triển dẫn đến giá thành của màng giảm đáng kể. Vì vậy kỹ thuật màng ngày càng được sử dụng rộng rãi hơn trong xử lý nước thải công nghiệp. Một số ứng dụng hiện nay:

- Xử lý nước thải dệt nhuộm
- Xử lý nước thải giấy
- Xử lý nước rò rỉ
- Xử lý nước thải kim loại...

Một số yếu tố cần quan tâm khi thiết kế

Electrodialysis

- Tỷ lệ nồng độ ion nên nhỏ hơn 150
- Điện thế sử dụng (80% điện thế giới hạn
- Mật độ dòng điện khoảng 70% mật độ dòng giới hạn
- Đổi chiều dòng điện theo chu kỳ

RO

- Loại màng
- Nồng độ
- Nhiệt độ và pH dòng vào
- Áp suất sử dụng
- Áp suất thẩm thấu

UF

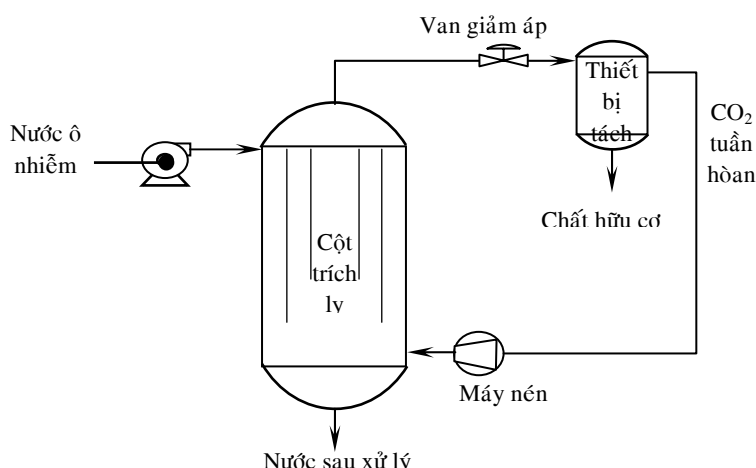
- Kích thước các phân tử thành phần
- Kích thước lỗ lọc
- Loại màng và đặc tính của màng
- Áp suất

7. Dòng Tới Hạn (Supercritical Fluid)

Dòng tới hạn là dòng vật chất được gia tăng nhiệt độ và áp suất để có tính chất giữa lỏng và khí. Có hai kỹ thuật được ứng dụng trong xử lý chất thải nguy hại hiện nay là:

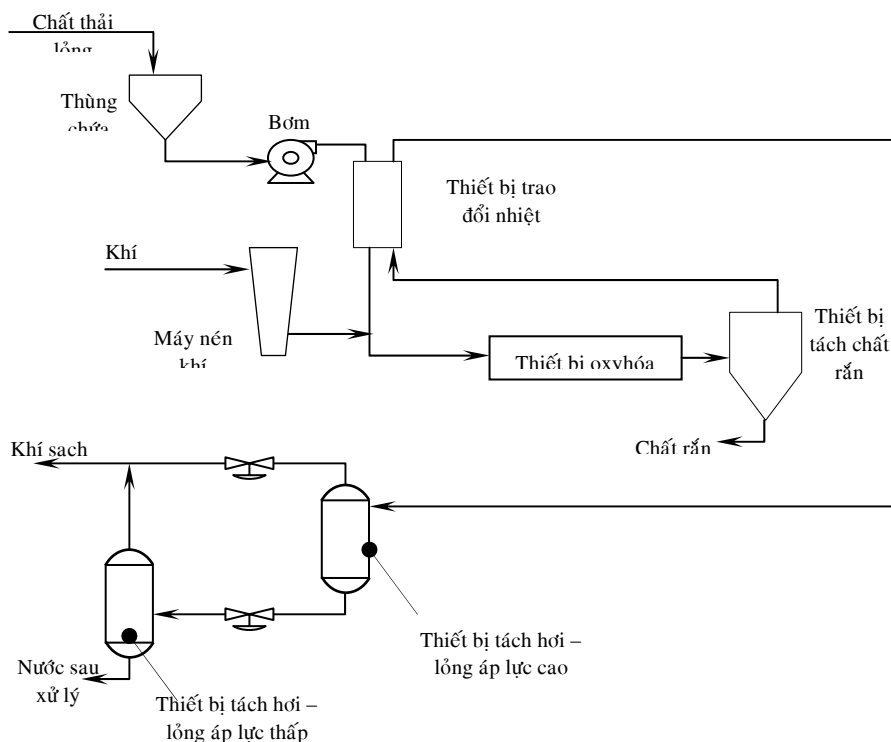
- Trích ly sử dụng dòng giới hạn
- Oxy hóa dùng dòng tới hạn

Trong trích ly dòng tới hạn: các chất hữu cơ trong đất, cặn lắng hay nước trong điều kiện áp suất và nhiệt độ cao sẽ hòa tan vào dòng tới hạn sau đó sẽ được tách ra khỏi dòng ở điều kiện áp suất và nhiệt độ thấp.



Hình 8.8. Sơ đồ hệ thống trích ly dùng dòng tới hạn

Trong oxy hóa dùng dòng tới hạn: khí và nước ô nhiễm sẽ được đưa đến trên điểm tới hạn của nước. Trong điều kiện này các thành phần hữu cơ ô nhiễm được oxy hóa nhanh chóng.



Hình 8.9. Sơ đồ hệ thống oxy hóa dùng dòng tới hạn

Cơ sở lý thuyết

Dòng lưu chất thường được chia thành hai pha: pha lỏng và pha khí. Khi gia tăng nhiệt độ và áp suất, dòng lưu chất sẽ đạt đến điểm tới hạn của nó. Lúc này dòng thể hiện cả hai tính chất của pha lỏng và pha khí: tỷ trọng tương đương với tỷ trọng trong pha lỏng, trong khi tính khuếch tán (phân tán) và độ nhớt thì tương đương với các tính chất của pha khí. Một số hằng số tới hạn của một số chất được cho trong bảng

Bảng 8.2 Thông số tới hạn của các chất vô cơ và hữu cơ

Chất	Nhiệt độ (oC)	P (atm)	Tỷ trọng (g/cm ³)
CO ₂	31,1	73,0	0,46
H ₂ O	374,15	218,4	0,323
NH ₃	132,4	111,5	0,235
C ₆ H ₆	288,5	47,7	0,304
C ₆ H ₅ CH ₃	320,6	41,6	0,292
C ₆ H ₁₂	281,0	40,4	0,27

Một số xem xét thiết kế

- Trích ly dùng dòng tới hạn

Trong trích ly dùng dòng tới hạn vấn đề thiết kế chủ yếu liên quan đến dung môi sử dụng. Các yếu tố lựa chọn dung môi bao gồm:

- Hệ số phân bố
- Tỷ trọng
- Tính độc hại
- Sức căng bề mặt
- Tính nguy hại (ăn mòn, cháy nổ)
- Tính tái sử dụng và khả năng thu hồi
- Àu suất và nhiệt độ tới hạn
- Hoạt tính hoá học (không phản ứng với chất ô nhiễm)
- Chi phí

Vật liệu thường được dùng để thiết kế bể trích ly thường dùng là thép không rỉ hoặc thủy tinh.

- Oxy hóa dùng dòng tới hạn

Trong oxy hóa dùng dòng tới hạn chất hữu cơ sẽ bị phân hủy trong phản ứng đồng thể, với các đặc tính của dòng tới hạn và sản phẩm cuối của quá trình thường là như sau

Chất hữu cơ	(	CO ₂
Chlorine	→	chloride
Hợp chất chứa nito	(	nitrate
Sulfur	→	sulfate
Phosphorous	→	phosphate

Quá trình này có hiệu quả về mặt kinh tế khi xử lý chất thải lỏng với hàm lượng chất hữu cơ chiếm 1-20% theo khối lượng

Một số xem xét thiết kế khác bao gồm

- Khả năng chịu nén của chất thải
- Khả năng hình thành than
- Khả năng loại chất rắn được tạo ra
- Nếu chất thải là chất thải rắn, bùn hay cặn lơ lửng thì cặn phải có kích thước < 100(μm)

Vật liệu thiết kế là các hợp kim nickel

8.2 PHƯƠNG PHÁP SINH HỌC

Xử lý chất thải bằng phương pháp sinh học là sử dụng vi sinh vật để phân hủy và biến đổi chất hữu cơ trong chất thải nhằm giảm các nguy cơ của nó đối với môi trường. Trong quản lý chất thải nguy hại, việc xử lý chất hữu cơ nguy hại có thể thực hiện được nếu sử dụng đúng loài vi sinh vật và kiểm soát quá trình hợp lý.

Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sinh học bao gồm:

- Nguồn năng lượng và nguồn cơ chất: nguồn năng lượng có thể là ánh sáng, phản ứng oxy hóa khử của chất vô cơ và chất hữu cơ. Còn nguồn carbon (cơ chất) có thể là CO₂ và chất hữu cơ.
- Quá trình enzyme
- Tính có thể phân hủy sinh học của cơ chất
- Tính ức chế và độc tính của cơ chất đối với vi sinh vật
- Cộng đồng vi sinh vật

Trong xử lý sinh học, việc kiểm soát và duy trì lượng vi sinh vật là rất quan trọng, có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả xử lý. Các yếu tố kỹ thuật ảnh hưởng đến quá trình cần phải kiểm soát bao gồm:

- Chất nhận điện tử
- Độ ẩm
- Nhiệt độ
- pH
- Tổng chất rắn hòa tan (< 40.000 mg/L)
- Chất dinh dưỡng
- Loại bề
- Nguồn carbon

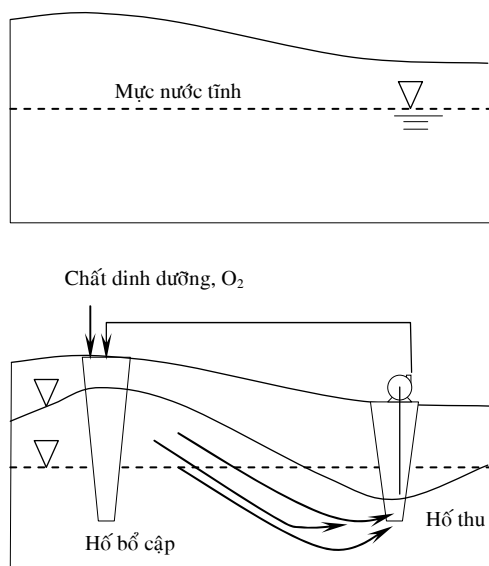
Các loại hệ thống xử lý

Các hệ thống xử lý chất thải nguy hại bằng phương pháp sinh học có thể chia thành các loại sau

- Các hệ thống thông thường: bùn lơ lửng, hiếu khí, kỵ khí
- Xử lý tại nguồn: dùng xử lý nước ngầm và đất ô nhiễm
- Xử lý bùn lỏng: dùng xử lý bùn với hàm lượng cặn từ 5-50%
- Xử lý dạng rắn: xử lý bùn và chất rắn có độ ẩm thấp.

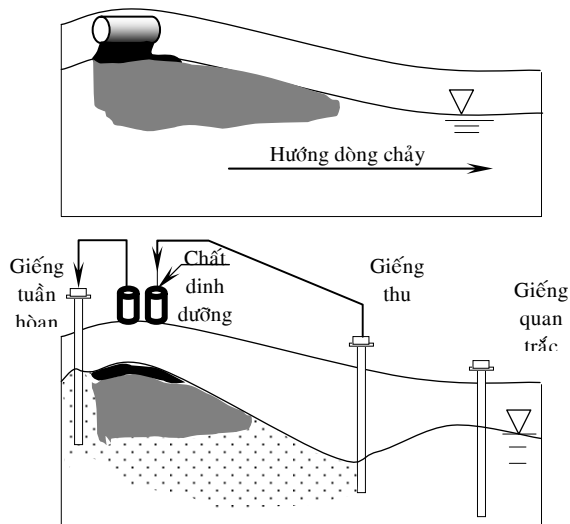
Các hệ thống thông thường: tương tự như lý thuyết đã đề cập trong giáo trình xử lý nước thải. Tuy nhiên cần chú ý trong hệ thống này, việc tiền xử lý bằng các phương pháp hóa học và hóa lý chiếm vai trò hết sức quan trọng trong việc khử độc tính của chất thải. Và lượng bùn dư sinh ra từ quá trình cần phải kiểm soát và xử lý chặt chẽ.

Xử lý tại nguồn:



Hình 8.10. sơ đồ xử lý tại nguồn sử dụng giếng đào

Như đã đề cập trong Chương 5, chất ô nhiễm trong môi trường đất tồn tại ở ba dạng: tự do, hấp phụ hay liên kết với đất và hòa tan. Trong kỹ thuật này về cơ bản cũng dựa trên khả năng phân hủy chất hữu cơ của vi sinh vật, tuy nhiên có một số thay đổi trong kỹ thuật. Sơ đồ hệ thống xử lý tại nguồn như sau



Hình8.11 Sơ đồ hệ thống xử lý tại nguồn

Trong kỹ thuật này, yếu tố giới hạn của quá trình là vấn đề cung cấp oxy. Nếu sử dụng oxy sẵn có (bằng các con đường khuếch tán) thì thời gian cần xử lý có thể kéo dài đến hàng trăm năm vì vậy trong các hệ thống này, oxygen thường được cung cấp thêm vào. Trong các hệ thống này, hydrogen peroxide cũng được đưa vào với hai mục đích

- Cung cấp oxy cho vi sinh vật qua phản ứng phân hủy $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- Oxy hóa chất hữu cơ khó phân hủy

Hàm lượng H_2O_2 trong nước bơm vào đất khoảng 100 – 500 mg/L để tránh ảnh hưởng độc tính của hydrogen peroxide lên vi sinh vật (hydrogen peroxide có nồng độ trong nước vào > 1000 mg/L sẽ gây độc với vi sinh vật). Để vi sinh vật có thể thích nghi dần với hydrogen peroxide, tại thời điểm ban đầu nồng độ hydrogen peroxide trong nước bơm vào là 50 mg/L, sau đó nồng độ sẽ được tăng dần đến mức giá trị như trên.

Trong xử lý tại nguồn, việc nghiên cứu kỹ lưỡng các đặc tính vùng ô nhiễm, tính chất của chất ô nhiễm, vi sinh vật của vùng đất ô nhiễm có tính quyết định rất nhiều đến thành công của quá trình. Nhìn chung khi quyết định việc xử lý tại nguồn cần tuân thủ năm bước phân tích như sau

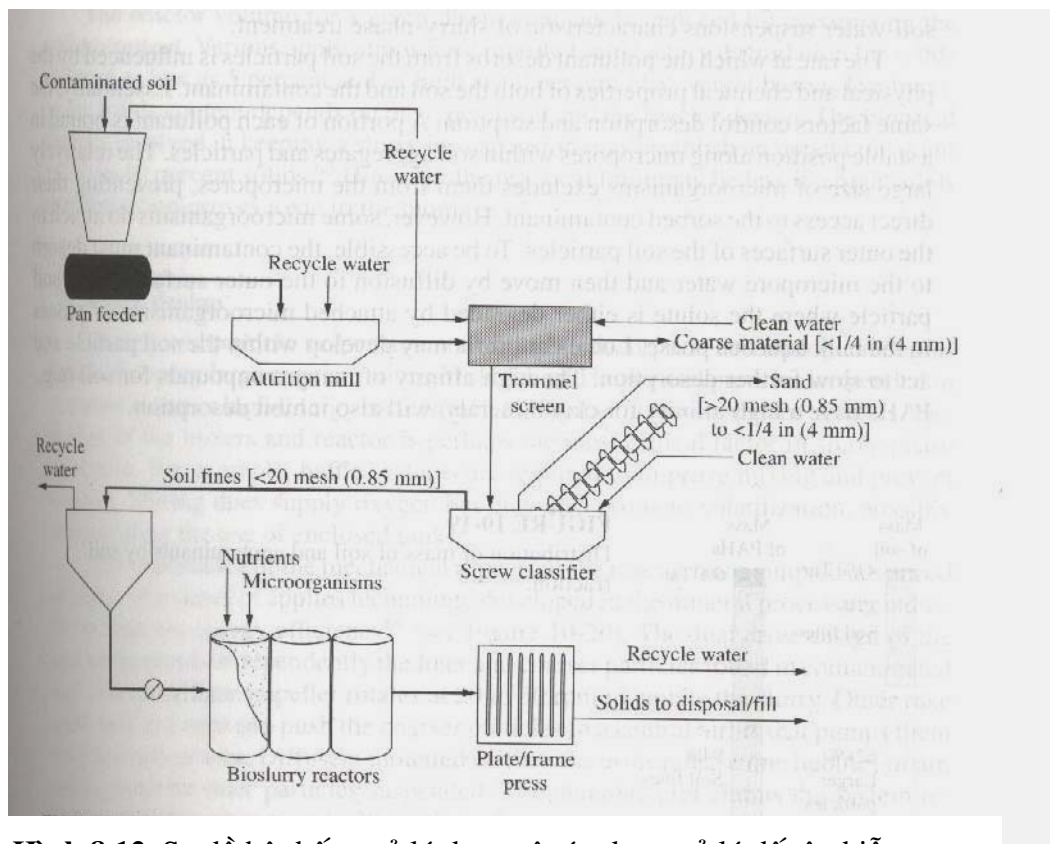
1. Nghiên cứu mức độ ô nhiễm và chế độ dòng chảy của tầng nước ngầm tại khu vực ô nhiễm
2. Đánh giá tính khả thi
3. Nghiên cứu chi tiết các đặc tính của vùng đất bị ô nhiễm (độ xốp, độ ẩm, độ thông thoáng của đất..)
4. Phân tích các thông số lý-hóa để phân biệt quá trình sinh học là vô tính hay hữu tính
5. Đánh giá sinh học để xác định hiệu quả của quá trình.

Xử lý bùn lỏng

Phương pháp này chất thải (bùn, chất thải rắn, đất ô nhiễm) được đảo trộn với nước trong thiết bị trộn để tạo dạng sệt. Trong phương pháp này, việc khuấy trộn không những làm đồng nhất khối chất thải mà còn có các tác dụng đẩy nhanh một số quá trình như sau

- Phá vỡ các hạt (giảm kích thước của khối chất rắn)
- Góp phần làm tăng quá trình giải hấp
- Tăng cường khả năng tiếp xúc giữa vi sinh vật và chất ô nhiễm
- Tăng cường thông khí
- Giúp cho quá trình bay hơi của chất ô nhiễm nhanh hơn

Sơ đồ một hệ thống xử lý được minh họa Hình 8.12



Hình 8.12. Sơ đồ hệ thống xử lý dạng sệt áp dụng xử lý đất ô nhiễm

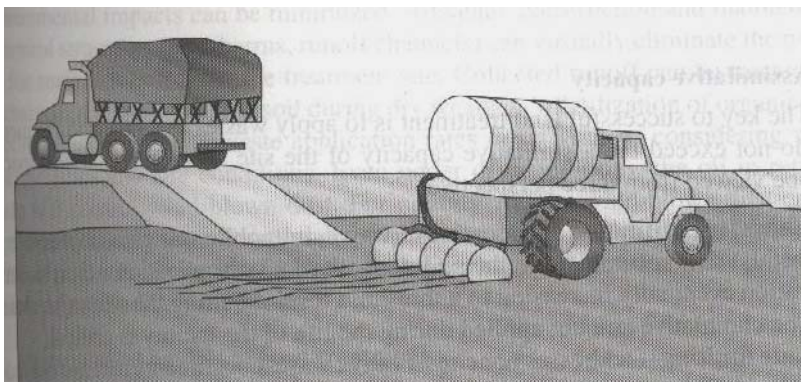
Hiệu quả của quá trình phụ thuộc vào các yếu tố sau

- Quá trình xử lý sơ bộ: quá trình với mục đích làm gia tăng hiệu quả giải hấp và giảm năng lượng sử dụng
- Quá trình giải hấp
- Nồng độ của chất rắn trong bể phản ứng: hàm lượng chất rắn có thể thay đổi 5-50% (theo trọng lượng khô), để duy trì hàm lượng lơ lửng 30-40%.
- Thiết kế thiết bị khuấy trộn
- Thời gian lưu.

Xử lý dạng rắn:

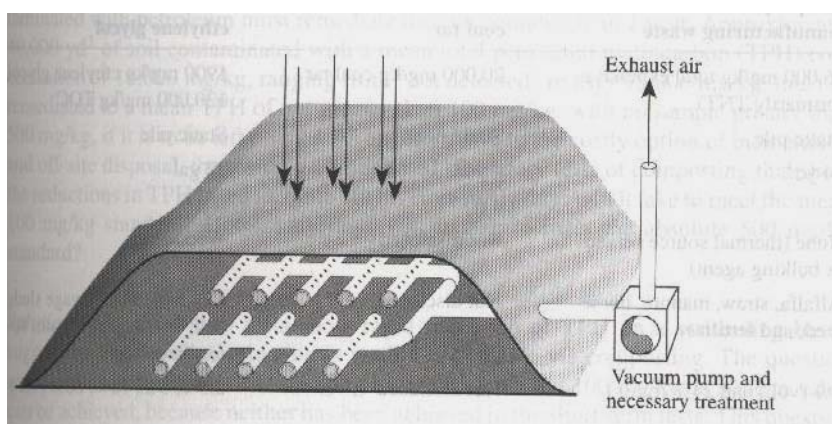
Là kỹ thuật được dùng để xử lý bùn thải, chất thải rắn, hay đất ô nhiễm có hàm lượng ẩm thấp hay khô hoàn toàn bằng phương pháp sinh học. Kỹ thuật xử lý bằng phương pháp này được chia thành 3 loại chính như sau

- Sử dụng đất như là một bể phản ứng: kỹ thuật này lợi dụng bản chất lý-hóa và các hệ vi sinh vật trong đất để xử lý chất thải. Trong kỹ thuật này, chất thải sẽ được trộn với đất bề mặt theo lượng được kiểm soát chặt chẽ.

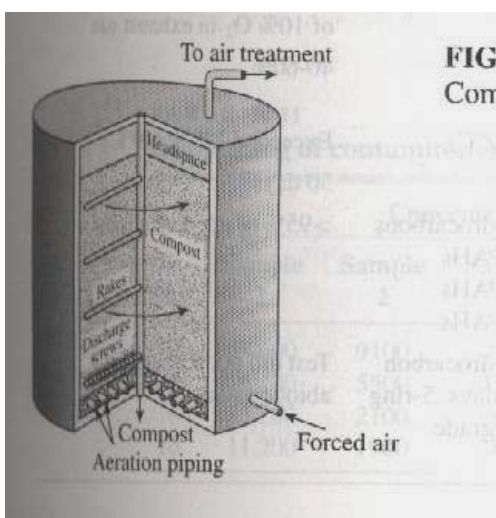


Hình 8.13. Hình ảnh một khu vực xử lý chất rắn

- Composting: phương pháp này sử dụng vi sinh vật phân hủy chất thải hữu cơ thành mùn hữu cơ



Hình 8.14. Quá trình composting chất thải dạng chất đông



Hình 8.15. Quá trình composting chất thải trong bể phản ứng kín

- Heaping: là quá trình áp dụng kết hợp cả hai quá trình trên để xử lý chất thải.

8.3 PHƯƠNG PHÁP NHIỆT

Đây là kỹ thuật xử lý chất thải nguy hại có nhiều ưu điểm hơn các kỹ thuật xử lý khác được sử dụng để xử lý chất thải nguy hại không thể chôn lấp mà có khả năng cháy. Phương pháp này được áp dụng cho tất cả các dạng chất thải rắn, lỏng, khí. Trong phương pháp này, nhờ sự oxy hóa và phân hủy nhiệt, các chất hữu cơ sẽ được khử độc tính và phá vỡ cấu trúc. Tùy theo thành phần của chất thải mà khí sinh ra từ quá trình đốt có thành phần khác nhau. Nhìn chung, thành phần khí thải cũng có các thành phần như sản phẩm cháy thông thường (bụi, CO₂, CO, SOX, NOX). Tuy nhiên trong thành phần khí thải còn có các thành phần khác như HCl, HF, P₂O₅, Cl₂... Bên cạnh các ưu điểm là phân hủy gần như hoàn toàn chất hữu cơ (hiệu quả đến 99,9999%), thời gian xử lý nhanh, diện tích công trình nhỏ gọn, xử lý chất thải nguy hại bằng phương pháp nhiệt cũng có một nhược điểm là có thể sinh ra khí độc hại (dioxin và furan) khi đốt chất hữu cơ chứa clo trong điều kiện sử dụng lò đốt không đảm bảo về mặt kỹ thuật hay chế độ vận hành không được kiểm soát chặt chẽ. Để giảm khả năng hình thành dioxin (hay furan), người ta thường kiểm soát nhiệt độ của khí sau đốt một cách chặt chẽ. Thông thường, để hạn chế sự hình thành dioxin (furan), người ta khống chế nhiệt độ trong lò đốt hai cấp. Nhiệt độ trong buồng thứ cấp được duy trì trên 1200°C, sau đó khí thải lò đốt (sản phẩm cháy) sẽ được giảm nhiệt độ ngay lập tức xuống dưới 200°C trước khi đưa qua hệ thống xử lý khí thải. Hiện nay các thiết bị lò đốt sau thường được sử dụng:

- Lò đốt chất lỏng
- Lò đốt thùng quay
- Lò đốt gi cốc định
- Lò đốt tầng sôi
- Lò xi măng
- Lò hơi

Lò đốt chất lỏng: được sử dụng để đốt các chất thải nguy hại hữu cơ có thể bơm được, ngoài ra còn kết hợp để đốt chất thải nguy hại dạng khí. Chất lỏng sẽ được phun vào lò đốt dưới dạng sương bụi với kích thước giọt lỏng từ 1(m trở lên. Loại thiết bị này thường có dạng hình trụ nằm ngang, tuy nhiên trong trường hợp chất thải lỏng có hàm lượng chất vô cơ cao thì thiết bị có dạng thẳng đứng. Sơ đồ một thiết bị đốt chất lỏng được minh họa trong hình sau.

Thiết bị này có những ưu và nhược điểm sau

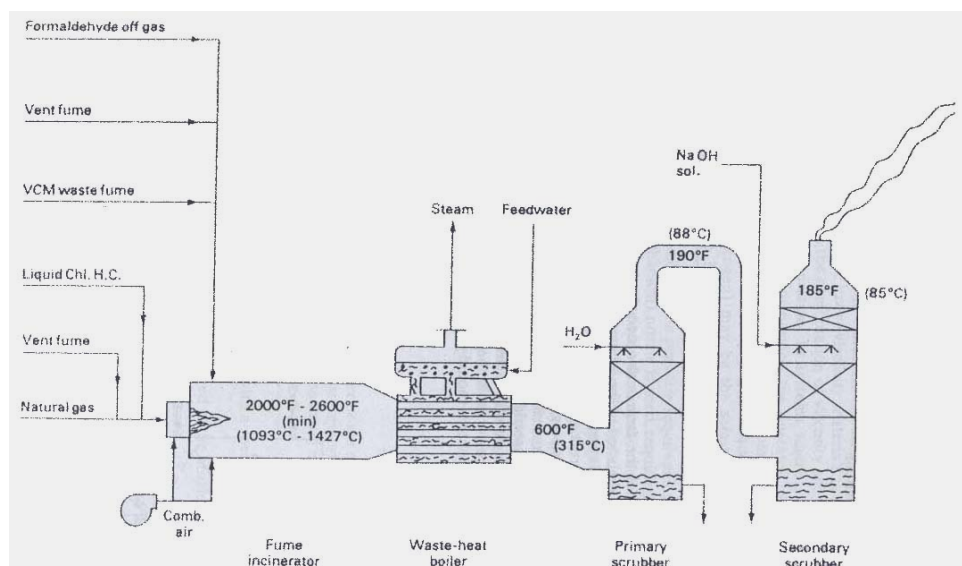
Ưu điểm:

- Đốt được nhiều loại chất thải lỏng nguy hại
- Không yêu cầu lấy tro thường xuyên
- Thay đổi nhiệt độ nhanh chóng theo tốc độ nhập liệu
- Chi phí bảo trì thấp

Nhược điểm

- Chỉ áp dụng được đối với các chất lỏng có thể nguyên tử hóa

- Cần cung cấp đủ quá trình cháy được hoàn tất và tránh ngọn lửa tác động lên gạch chịu lửa
- Dễ bị nghẹt béc phun khi chất thải lỏng có cặn



Hình 8.16. Sơ đồ lò đốt chất lỏng

Lò đốt thùng quay: thường được sử dụng để đốt chất thải rắn, bùn, khí và chất lỏng. Thiết bị thường có dạng hình trụ có thể đặt nằm ngang, hay nghiêng một góc so với mặt ngang hoặc thẳng đứng. Thùng thường quay với vận tốc 0,5-1 vòng/phút, thời gian lưu của chất thải rắn trong lò từ 0,5-1,5 giờ với lượng chất thải rắn nạp vào lò chiếm khoảng 20% thể tích lò. Thiết bị lò đốt dạng này có nhiệt độ trong lò có thể lên đến trên 1400°C, vì vậy có thể phân hủy được các chất hữu cơ khó phân hủy nhiệt. Lò đốt thùng quay thường có kích thước cơ bản như sau đường kính trong khoảng 1,5 – 3,6 m với chiều dài từ 3 đến 9m. Tỷ lệ đường kính theo chiều dài nên theo tỷ lệ 4:1. Sơ đồ lò đốt thùng quay được minh họa trong hình ..sau.

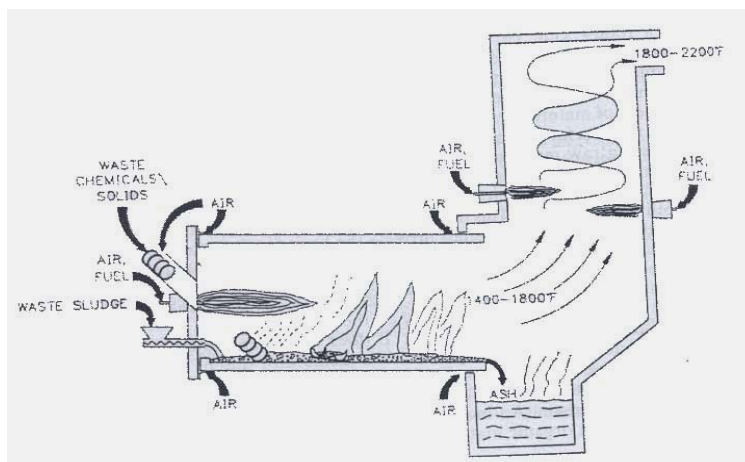
Một số ưu và nhược điểm của lò đốt thùng quay như sau

Ưu điểm

- Áp dụng cho cả chất thải rắn và lỏng
- Có thể đốt riêng chất lỏng và chất rắn hoặc kết hợp đốt cả chất rắn và chất lỏng
- Không bị nghẹt gi(vì lò) do có quá trình nấu chảy
- Có thể nạp chất thải ở dạng thùng hoặc khối
- Linh động trong cơ cấu nạp liệu
- Cung cấp khả năng xáo trộn chất thải và không khí cao
- Quá trình lấy tro liên tục mà không ảnh hưởng đến quá trình cháy
- Kiểm soát được thời gian lưu của chất thải trong thiết bị
- Có thể nạp chất thải trực tiếp mà không cần phải xử lý sơ bộ gia nhiệt chất thải
- Có thể vận hành ở nhiệt độ trên 1400°C

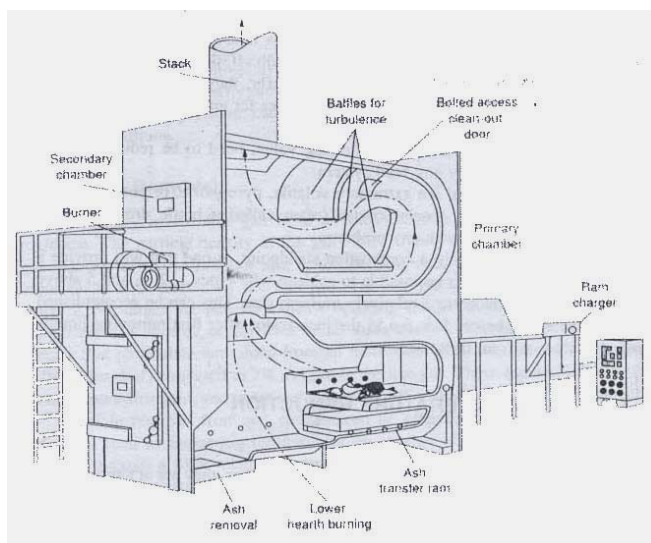
Nhược điểm

- Chi phí đầu tư cao
- Vận hành phức tạp
- Yêu cầu lượng khí dư lớn do thất thoát qua các khớp nối
- Thành phần tro trong khí thải ra cao



Hình 8.17. Sơ đồ lò đốt thùng quay

Lò đốt gi/vĩ cố định: lò này về cơ chế giống như lò đốt thùng quay nhưng không có phần di động. Trong buồng thứ cấp, lượng khí cung cấp thường khoảng 50-80% lượng khí yêu cầu với mục đích để cho hai quá trình nhiệt phân và cháy xảy ra đồng thời. Trong buồng thứ cấp, sản phẩm của quá trình nhiệt phân và chất hữu cơ bay hơi được tiếp tục đốt. Lượng khí cần thiết ở buồng thứ cấp đạt từ 100 đến 200 % lượng khí yêu cầu theo lý thuyết.

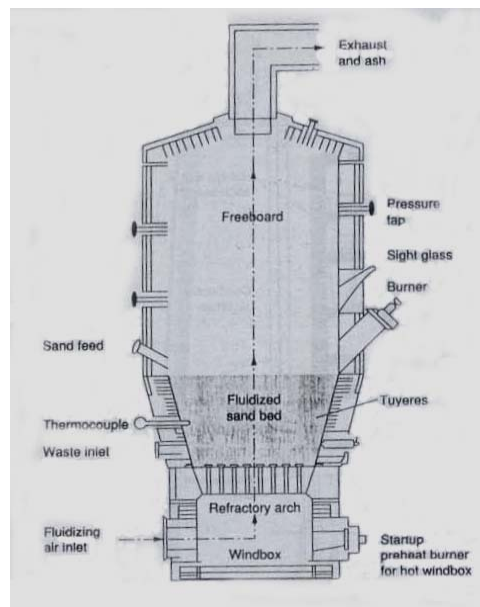


Hình 8.18. Lò đốt ghi cố định

Lò đốt tầng sôi: được sử dụng để xử lý cả chất thải lỏng, bùn và chất thải khí nguy hại, trong đó chất thải được đưa vào lớp vật liệu là cát, hạt nhôm, cacbonát canxi. Quá trình oxy hóa nhiệt phân xảy ra trong lớp vật liệu này. Nhiệt độ vận hành của thiết bị khoảng 760-870°C và lượng khí cấp sẽ được cấp dư so với lý thuyết khoảng 25-150%. Ưu điểm của lò đốt tầng sôi là khả năng cấp nhiệt cho chất thải đến nhiệt độ cháy rất cao, ít sinh ra bụi, nhiệt độ ổn định. Sơ đồ lò đốt tầng sôi được trình bày trong hình 8.20. Lò đốt tầng sôi có ưu và nhược điểm như sau

Ưu điểm

- Có thể đốt được cả ba dạng chất thải rắn, lỏng và khí
- Thiết kế đơn giản và hiệu quả nhiệt cao
- Nhiệt độ khí thải thấp và lượng khí dư yêu cầu nhỏ
- Hiệu quả đốt cao do diện tích bề mặt tiếp xúc lớn
- Lượng nhập liệu không cần cố định

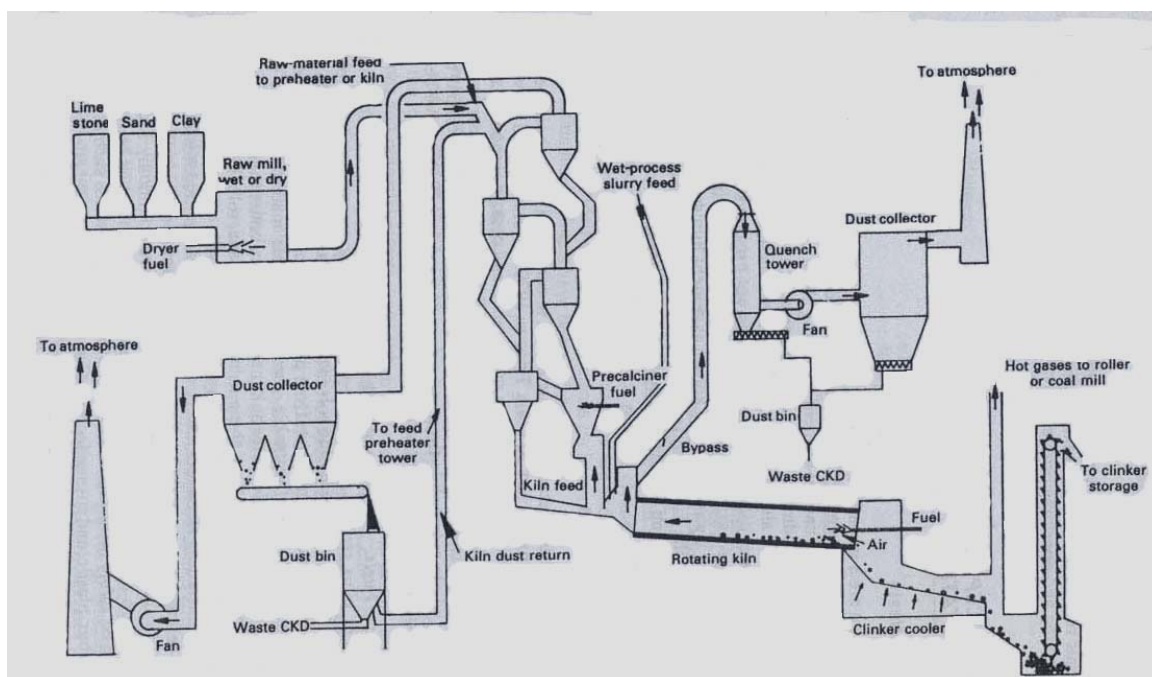


Hình 8.19 Sơ đồ lò đốt tầng sôi

Nhược điểm

- Khó tách phần không cháy được
- Lớp dịch chuyển phải được tu sửa và bảo trì
- Có khả năng phá vỡ lớp đệm
- Nhiệt độ đốt bị khống chế do nếu cao hơn 815°C có khả năng phá vỡ lớp đệm
- Chưa được sử dụng nhiều trong xử lý chất thải nguy hại

Lò xi măng: về thực chất đây là dạng lò đốt thùng quay. Tuy nhiên trong lò này chất thải được sử dụng như là nguyên liệu cho quá trình nung Lin-ke. Về mặt xử lý chất thải nguy hại, lò này cũng có các ưu điểm tương tự như lò đốt thùng quay, tuy nhiên nó có lợi hơn là tận dụng được nhiệt lượng phát sinh do quá trình đốt chất thải. Hình 5 trình bày sơ đồ nguyên lý một lò đốt xi măng



Hình 8.20. Sơ đồ nguyên lý lò xi măng

Nhìn chung tùy theo bản chất chất thải và loại chất thải mà các quá trình nêu trên được chọn lựa, tuy nhiên có thể lựa chọn dựa theo bảng sau

Lò hơi: đối với các chất thải có nhiệt trị cao được sử dụng như là nhiên liệu cho lò hơi. Tuy nhiên cần lưu ý đến vấn đề xử lý khí thải của quá trình đốt để tránh việc hình thành các sản phẩm phụ là các khí độc hại.

8.4 PHƯƠNG PHÁP ỔN ĐỊNH HÓA RẮN

Oản định và hóa rắn là quá trình làm tăng các tính chất vật lý của chất thải, giảm khả năng phát tán vào môi trường hay làm giảm tính độc hại của chất ô nhiễm. Phương pháp này được sử dụng rộng rãi trong quản lý chất thải nguy hại. Phương pháp này thường được áp dụng trong các trường hợp sau:

- Xử lý chất thải nguy hại
- Xử lý chất thải từ quá trình khác (ví dụ tro của quá trình nhiệt)
- Xử lý đất bị ô nhiễm khi hàm lượng chất ô nhiễm cao trong đất cao

Làm ổn định là một quá trình mà chất thêm vào được trộn với chất thải để giảm tới mức tối thiểu khả năng phát tán của chất nguy hại ra khỏi khối chất thải và giảm tính độc hại của chất thải. như vậy quá trình làm ổn định có thể được mô tả như một quá trình nhằm làm cho các chất gây ô nhiễm bị gắn từng phần hoặc hoàn toàn bởi các chất kết dính hoặc các chất biến đổi khác. Cũng tương tự như vậy, quá trình đóng rắn là một quá trình sử dụng các chất phụ gia làm thay đổi bản chất vật lý của chất thải (thay đổi tính kéo, nén hay độ thấm).

Như vậy mục tiêu của quá trình làm ổn định và hóa rắn là làm giảm tính độc hại và tính di động của chất thải cũng như làm tăng các tính chất của vật liệu đã được xử lý

8.4.1 Cơ Chế Của Quá Trình

Có rất nhiều cơ chế khác nhau xảy ra trong quá trình ổn định chất thải, tuy nhiên quá trình ổn định chất thải đạt kết quả tốt khi thực hiện được một trong các cơ chế sau:

- Bao viên ở mức kích thước lớn (macroencapsulation)
- Bao viên ở mức kích thước nhỏ (microencapsulation)
- Hấp thụ
- Hấp phụ
- Kết tủa
- Khử độc

Bao viên ở mức kích thước lớn: là cơ chế trong đó các thành phần nguy hại bị bao bọc vật lý trong một khuôn có kích thước nhất định, và thành phần nguy hại nằm trong vật liệu đóng rắn ở dạng không liên tục. Hỗn hợp rắn này về sau có thể bị vỡ ra thành các mảnh khá lớn và các chất nguy hại có thể phân tán ra ngoài. Cả khối chất đã được đóng rắn có thể bị vỡ theo thời gian do các áp lực môi trường tác dụng lên. Các áp lực này bao gồm các chu kỳ khô và ẩm hay lạnh, nóng và lạnh, do các chất lỏng thấm qua và các áp lực vật lý khác. Như vậy, các thành phần đã bị đóng rắn theo cơ chế bao viên ở mức có kích thước lớn có thể bị phân tán ra ngoài nếu như tính toàn thể của nó bị phá vỡ. Mức độ bao viên ở mức kích thước lớn này được tăng lên theo loại và năng lượng tiêu tốn để trộn đóng viên nó.

Bao viên cỡ mức kích thước nhỏ: các thành phần nguy hại được bao ở cấu trúc tinh thể của khuôn đóng rắn ở qui mô rất nhỏ. Kết quả là, nếu như chất đã được đóng rắn bị vỡ ở dạng các hạt tương đối nhỏ thì đa số các chất nguy hại đó vẫn giữ nguyên ở thể bị bao bọc. Như vậy, tuy các chất nguy hại được bao viên ở mức kích thước nhỏ, nhưng chất thải nguy hại không biến đổi tính chất vật lý nên tốc độ phân tán của nó ra môi trường vẫn phụ thuộc vào kích thước bị vỡ ra theo thời gian của viên bao và tốc độ phân tán tăng khi kích thước hạt giảm. Cũng như bao viên ở mức kích thước lớn, ở mức kích thước nhỏ, các chất nguy hại được bao vật lý bằng các chất kết dính khác nhau như xi măng, xỉ than, vôi, và độ bền của nó tăng khi tăng chi phí năng lượng cho việc trộn và đóng viên nó.

Hấp thụ: là quá trình đưa chất thải nguy hại ở dạng lỏng vào bên trong chất hấp thụ. Các chất hấp thụ hay được sử dụng là: đất, xỉ than, bụi lò nung xi măng, bụi lò nung vôi, các khoáng (bentonite, cao lanh, vermiculite và zeolite), mùn cưa, cỏ khô và rơm khô.

Hấp phụ: là quá trình giữ chất nguy hại trên bề mặt của chất hấp phụ để chúng không phát tán vào môi trường. Không giống như quá trình phủ đóng viên ở trên, khi thực hiện cơ chế này, khối chất rắn khi bị vỡ ra chất nguy hại có thể thoát ra ngoài. Để đóng rắn các

chất thải hữu cơ đất sét biến tính thường được sử dụng. Đất sét loại này là đất sét được biến đổi bằng cách thay các cation vô cơ được hấp phụ trên bề mặt đất sét bằng cation hữu cơ mạch dài để tạo đất sét organophilic. Các phân tử nguy hại sẽ bị hấp phụ vào thạch cao và chúng không thể thoát ra môi trường.

Kết tủa: quá trình hóa rắn nói chung sẽ làm kết tủa các thành phần nguy hại trong chất thải thành dạng ổn định hơn rất nhiều. Các chất kết tủa là các thành phần của chất dùng để hóa rắn như hydroxit, sulfua, silica, carbonate và phosphate. Quá trình này được sử dụng để đóng rắn các chất thải nguy hại vô cơ như bùn hydroxit kim loại. Ví dụ carbonate kim loại thường ít tan hơn hydroxit kim loại. Với pH cao, phản ứng hóa học sẽ xảy ra và tạo thành carbonate kim loại từ hydroxit kim loại theo phản ứng như sau:



Tính vĩnh cửu của carbonate kim loại phụ thuộc vào một số yếu tố trong đó có pH. Ở môi trường pH thấp, kim loại vẫn có thể bị hòa tan lại và nó có thể thoát tự do ra ngoài môi trường.

Khử độc: là các chuyển hóa hóa học xảy ra trong quá trình ổn định hóa rắn. quá trình này sẽ giúp chuyển chất độc hại thành chất không độc hại. Quá trình khử độc xảy ra là do kết quả của các phản ứng hóa học với các thành phần của chất kết dính, trường hợp điển hình về khử độc là chuyển crôm từ hoá trị VI thành crôm hóa trị III khi hóa rắn chất thải nguy hại chứa crôm bằng xi măng hay chất kết dính có nguồn gốc từ xi măng.

8.4.2 Công nghệ ổn định hóa rắn

Trong xử lý chất thải nguy hại, đây là quá trình được sử dụng rộng rãi để xử lý chất thải nguy hại vô cơ. Trước khi thực hiện quá trình hóa rắn/ổn định, bùn thải cần phải được tách nước, điều chỉnh pH cho đạt yêu cầu và chuyển kim loại sang dạng không hòa tan để giảm khả năng dịch chuyển của chất nguy hại. hiệu quả của quá trình phụ thuộc rất nhiều vào chất sử dụng để ổn định hóa rắn. Một số chất phụ gia thường được sử dụng để ổn định hóa rắn chất thải nguy hại được trình bày trong bảng

Bảng 8.3 Ví dụ về một số loại chất thải và tính tương thích của phụ gia hóa rắn sử dụng

Thành phần chất thải	Xi măng	pozzolan	Nhiệt dẻo	Polymert hữu cơ
Các chất hữu cơ không phân cực: dầu mỡ, hydrocarbon thơm, hydrocarbon chứa Clo, PCB	Có thể ngăn cản quá trình lắng. Độ cứng bị giảm theo thời gian. Chất dễ bay hơi có thể thoát ra ngoài khi khuấy trộn. Có hiệu quả khi được thực hiện trong điều kiện thích hợp	Có thể ngăn cản quá trình lắng. Độ cứng bị giảm theo thời gian. Chất dễ bay hơi có thể thoát ra ngoài khi khuấy trộn. Có hiệu quả khi được thực hiện trong điều kiện thích hợp	Các chất hữu cơ có thể bị bay hơi khi bị nung nóng. Có hiệu quả khi được thực hiện trong điều kiện thích hợp.	Có thể ngăn cản quá trình lắng. Có hiệu quả khi được thực hiện trong điều kiện thích hợp.

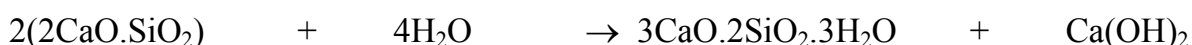
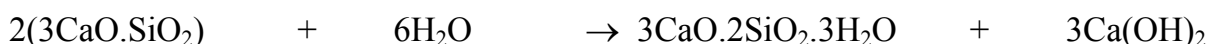
Bảng 8.3 Ví dụ về một số loại chất thải và tính tương thích của phụ gia hóa rắn sử dụng (tiếp theo)

Thành phần chất thải	Ximăng	pozzolan	Nhiệt dẻo	Polymert hữu cơ
Các chất hữu cơ phân cực: cồn, phenol, axit hữu cơ, glycol	Phenol làm chậm một cách đáng kể quá trình lắng và sẽ làm giảm độ bền trong một thời gian ngắn.	Phenol làm chậm một cách đáng kể quá trình lắng và sẽ làm giảm độ bền trong một thời gian ngắn. Cồn có thể làm chậm quá trình lắng. Độ bền bị giảm trong một thời gian dài.	Các chất hữu cơ có thể bị bay hơi khi bị nung nóng	Không ảnh hưởng đến quá trình lắng
Các axit như axit clohydric, axit flohydric	Không ảnh hưởng tới quá trình lắng. Xi măng sẽ làm trung hòa axit có hiệu quả cao.	Không ảnh hưởng tới quá trình lắng. Tương thích sẽ trung hòa axit. Có hiệu quả tốt.	Cần phải trung hoà trước khi phối trộn.	Cần phải trung hoà trước khi phối trộn. Ureformaldehyde thích hợp trong trường hợp này.
Các chất oxy hóa: natri hypochlorate, kali permanganate, nitric acid, kali dichromate	Tương thích	Tương thích	Có thể gây vỡ khuôn, cháy	Có thể gây vỡ khuôn, cháy
Các muối vô cơ: sunphat, nitrate, nhóm halogen, xyanua	Làm tăng thời gian lắng. Giảm độ bền. Sunphate có thể làm chậm quá trình lắng và gây ra sự vỡ vụn trừ khi sử dụng loại xi măng đặc biệt. Sulfate làm tăng nhanh các phản ứng khác	Muối halogen rất dễ bị chiết ra và làm chậm quá trình lắng. Các muối sulfat có thể làm chậm hoặc tăng nhanh các phản ứng	Các muối sulfat và halogen có thể làm mất nước hoặc hydrate hóa lại, có thể gây vỡ vụn	Tương thích
Các kim loại nặng như chì, crôm, cadmi, asen, thủy ngân	Tương thích. Có hiệu quả cao ở điều kiện thích hợp	Tương thích. Có hiệu quả rõ rệt đối với chì, cadmi, crôm	Tương thích. Có hiệu quả rõ rệt đối với chì, cadmi, crôm	Tương thích. Có hiệu quả rõ rệt với asen
Các chất phóng xạ	Tương thích	Tương thích	Tương thích	Tương thích

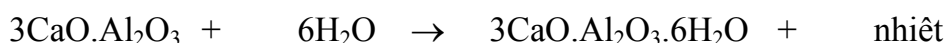
8.4.3 Các chất phụ gia thường dùng để ổn định hóa rắn chất thải nguy hại

Xi măng : là chất hay được sử dụng nhất để đóng rắn chất thải nguy hại. loại xi măng thông dụng nhất là xi măng portland được sản xuất bằng cách nung hỗn hợp đá vôi với thạch cao (hoặc chất silicat khác) trong lò nung nhiệt độ cao. Lò nung tạo ra Lin-ke, đó là hỗn hợp của canxi, silic, nhôm và oxit sắt. Thành phần chính là các silicat canxi ($3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ và $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$). Quá trình hóa rắn chất thải nguy hại bằng xi măng được thực hiện bằng cách trộn thẳng chất thải vào xi măng, sau đó cho nước vào để thực hiện quá trình hydrate hóa trong trường hợp chất thải không đủ nước. Quá trình hydrate hóa xi măng tạo thành một cấu trúc tinh thể được tạo thành từ canxi-nhôm-silicat, kết quả là nó tạo thành khối giống như quặng và cứng.

Dưới dạng đơn giản, phản ứng của $3\text{CaO}.\text{SiO}_2$ và $2\text{CaO}.\text{SiO}_2$ được biểu diễn bằng phương trình sau:



các phản ứng phụ khác xảy ra trong quá trình hydrate hóa của xi măng portland còn tạo ra các gel silicat. Các phản ứng này xảy ra rất chậm. Phản ứng xảy ra nhanh nhất trong xi măng portland là:



Quá trình đóng rắn trên cơ sở xi măng được xem như là thích hợp nhất với các chất thải vô cơ, đặc biệt là các chất thải có chứa kim loại nặng. Vì xi măng có độ pH cao nên các kim loại nặng được giữ dưới dạng các hydroxít hoặc muối carbonate. Một số nghiên cứu đã chỉ ra nhiều kim loại như chì, đồng, kẽm, thiếc, cadmi, crôm khi trộn với vữa xi măng đã bị cố định hóa học tạo thành hợp chất không thể hòa tan. Xi măng có thể sử dụng tốt để đóng rắn các chất thải vô cơ như bùn hydroxít kim loại từ ngành công nghiệp mạ.

Đối với chất thải hữu cơ, chất hữu cơ can thiệp vào quá trình thủy phân xi măng dẫn tới độ bền của hỗn hợp giảm và khó đóng rắn. nếu sử dụng xi măng để ổn định chất thải nguy hại hữu cơ cần phải thêm chất phụ trợ để giảm sự can thiệp của chất hữu cơ vào quá trình thủy phân xi măng và làm tăng tính ổn định của hỗn hợp. Các chất phụ gia này có thể là đất sét tự nhiên, thủy tinh lỏng,...

Việc sử dụng xi măng để hóa rắn chất thải nguy hại có nhiều ưu điểm vì giá rẻ, thiết bị nhào trộn đơn giản, thiết bị khuôn đúc đơn giản và có thể trung hòa các chất có tính axit do đặc tính kiềm cao của xi măng. Tuy nhiên khi sử dụng xi măng để hóa rắn, một số thành phần trong chất thải có thể gây ảnh hưởng đến quá trình hydrate hóa và quá trình lắng đọng và đông cứng của xi măng làm cho cấu trúc kém bền.

Pozzolan: là một chất mà có thể phản ứng với vôi có trong nước để tạo thành vật liệu có tính chất như xi măng. Phản ứng giữa nhôm-silic, vôi và nước sẽ tạo thành một loại sản phẩm như vữa và được gọi là vữa pozzolan. Các vật liệu pozzolan bao gồm xỉ than, xỉ lò và bụi lò xi măng.

Xỉ than là loại pozzolan hay được dùng nhất, thành phần phổ biến của nó là 45% SiO₂, 25% Al₂O₃, 15% Fe₂O₃, 10% CaO, 1% MgO, 1% K₂O, 1% Na₂O và 1% SO₃. Ngoài ra còn có carbon chưa cháy hết, hàm lượng của nó phụ thuộc vào lò đốt. Trong quá trình hóa rắn bằng pozzolan, chất thải nguy hại sẽ thực hiện phản ứng với vôi và hợp chất silic để tạo thành thể rắn. Giống như quá trình hóa rắn dùng xi măng, pozzolan được dùng để hóa rắn các chất vô cơ. Môi trường pH cao rất thích hợp cho các chất thải chứa kim loại nặng. Các kết quả nghiên cứu cho thấy xỉ than và sữa vôi có thể sử dụng tốt để làm ổn định asen, cadmi, crôm, đồng, sắt, chì magiê, selen, bạc và kẽm trong bùn thải. khi sử dụng xỉ than để đóng rắn chất thải, thành phần carbon không cháy trong xỉ có thể hấp thụ các chất hữu cơ trong chất thải, do vậy xỉ than còn có tác dụng tốt để đóng rắn cả chất thải hữu cơ.

Silicat dễ tan: Các vật liệu silicat từ lâu đã được sử dụng để đóng rắn chất thải nguy hại. trong quá trình này, các thành phần silicat bị axit hóa thành các dung dịch monosilic và nó mang các thành phần kim loại trong chất thải vào dung dịch. Thủy tinh lỏng cùng với xi măng tạo thành thành phần cơ bản để đóng rắn chất thải nguy hại. các kết quả thực tế đã chỉ ra rằng hỗn hợp này rất có hiệu quả để đóng rắn bùn thải chứa chì, đồng, kẽm nồng độ cao.

Đất sét hữu cơ biến tính: là đất sét tự nhiên đã được biến tính hữu cơ để trở thành đất sét organophilic. Đặc tính này khác biệt hẳn với đất sét tự nhiên có đặc tính organophobic.

Quá trình làm biến tính được thực hiện qua việc thay thế cat cation bên trong tinh thể đất sét bằng các cation hữu cơ, hay dùng nhất là các ion NH₄⁺. Sau quá trình thay thế này, các phân tử hữu cơ bị hấp phụ vào bên trong cấu trúc của đất sét. Trong quá trình sản xuất đất sét hữu cơ biến tính, các cation vô cơ nằm trong vùng giữa các tinh thể bị thay bằng các cation hữu cơ. Các ion hữu cơ sẽ tiếp xúc với đất sét và ngay lập tức bị hấp phụ bằng thành phần hữu cơ khác. Hiệu quả của các loại đất sét biến tính hữu cơ trong quá trình làm ổn định các chất thải nguy hại là do khả năng hấp phụ các thành phần hữu cơ vào đất sét sau đó nó bị bao phủ bằng xi măng hoặc các chất kết dính khác.

Các loại đất sét hữu cơ biến tính được đưa vào chất thải trước để nó tác dụng với các thành phần hữu cơ. Các chất kết dính được đưa vào sau để làm cứng và đóng rắn chất thải. đất sét hữu cơ biến tính được sử dụng để đóng rắn bùn có tính axit và sử dụng xi măng mác 500 làm chất đóng rắn, tỷ lệ khối lượng dùng có thể là 1,0/0,4/0,25 cho bùn/chất hấp phụ/chất kết dính. Bùn thải có chứa phenol cũng có thể được làm ổn định hóa rắn bằng đất sét hữu cơ biến tính với chất phụ thêm là clo.

Các polymer hữu cơ Các chất thải nguy hại có thể được làm ổn định bằng quá trình polymer hữu cơ bao gồm quá trình khuấy trộn monomer. Ví dụ như ure formaldehyde là

tác nhân tạo vật liệu polymer. Các chất rắn của chất thải nguy hại được bao bọc lại. Ưu điểm chính của quá trình này là nó tạo ra một vật liệu mới có khối lượng riêng thấp hơn so với vật liệu được tạo ra từ quá trình đóng rắn bằng vật liệu khác.

Nhiệt dẻo. Các chất thải nguy hại có thể được làm ổn định bằng cách trộn các vật liệu nhiệt dẻo đã được nấu chảy với chất thải ở nhiệt độ cao. Các chất nhiệt dẻo chảy bao gồm nhựa đường, paraffin, polyetylen, polypropylen hoặc lưu huỳnh. Khi bị làm lạnh, chất đóng rắn sẽ phủ trên chất thải một lớp nhiệt dẻo. Nếu sử dụng nhựa đường thì có thể sử dụng tỉ lệ chất thải:nhựa đường trong khoảng 1:1 đến 1:2. kỹ thuật này hay được sử dụng để hóa rắn chất thải phóng xạ do giá rẻ. Cũng có thể áp dụng hóa rắn các chất hữu cơ dễ bay hơi khác nhưng phải kiểm soát được sự phát tán khí ra môi trường xung quanh trong quá trình đóng rắn. sử dụng kỹ thuật hóa rắn chất thải bằng nhựa dẻo có thể áp dụng cho cả chất thải nguy hại và chất thải phóng xạ. Chất thải sau khi đóng rắn vẫn được xem là chất thải nguy hại và phải tuân thủ đúng các yêu cầu đối với chất thải nguy hại hoặc phóng xạ.

8.4.5 Các yêu cầu kỹ thuật

a. Sử dụng xỉ than

Các chỉ số yêu cầu đối với quá trình đóng rắn bằng xỉ than như sau

Chất lượng xỉ than:

- Silic: 60-65% khối lượng
- Nhôm: 25-30% khối lượng
- Canxi, natri khoảng 5% khối lượng, trong trường hợp can xi bị thiếu thì phải bổ sung CaO để tăng hoạt tính của xỉ than.

Các chỉ số yêu cầu đối với quá trình đóng rắn như sau

- pH bùn: trong khoảng 10
- Tỷ lệ khối lượng giữa chất thải/xỉ than trong khoảng 1/6 đến 1/8
- Áp lực nén đóng viên: trong khoảng 50kG/cm²

b. Xi măng

Các chỉ số yêu cầu đối với quá trình đóng rắn như sau: tỷ lệ hỗn hợp chất thải + xi măng /nước đối với xi măng portland là 0,3; đối với xi măng pozzolan là 0,5.

8.4.6 Các thử nghiệm đánh giá chất lượng

Để đánh giá hiệu quả của quá trình đóng rắn cần phải xác định các tính chất vật lý, kỹ thuật và hóa học của vật liệu đã đóng rắn. Tuy nhiên tùy thuộc vào kỹ thuật đo và phương pháp đo được áp dụng mà cho kết quả khác nhau và rất khó đánh giá. Và kết quả này đôi khi không dự báo được những gì thực sự xảy ra trong môi trường trong thời gian dài do

các tác động của môi trường đến vật liệu như sự thay đổi nhiệt độ, độ ẩm, mưa và áp lực đè nén quá mức. Hiện nay có một số phương pháp được ứng dụng để đánh giá hiệu quả của quá trình hóa rắn, tuy nhiên không có phương pháp chung nào được dùng để đánh giá chung mà tùy thuộc vào phương pháp hóa rắn và thời gian đánh giá. Trong phần này chủ yếu tập trung vào các cơ sở cơ bản của quá trình.

a. Đánh giá khả năng rò rỉ của chất nguy hại vào môi trường sau khi hóa rắn bằng phương pháp TCLP

Phương pháp này được sử dụng rộng rãi để đánh giá hiệu quả của quá trình hóa rắn. Trong phương pháp này khối rắn được nghiền và sau đó sàng qua qua sàng có kích thước lỗ 9,5 mm. Sau đó phần lọt sàng sẽ được trộn với dung dịch axit acêtic theo tỷ lệ khối lượng chất lỏng:rắn bằng 20:1. sau khi được đảo trộn trong thiết bị trích ly quy với số vòng 30 vòng phút ở nhiệt độ 22oC trong thời gian 18h. Dung dịch trích được lọc qua giấy lọc thủy tinh 0,6-0,8 (m, nước lọc sẽ được mang đi phân tích các chất ô nhiễm quan tâm và so sánh với giá trị nồng độ tối đa của chất ô nhiễm đã được trình bày trong bảng 2 chương 3. nếu nồng độ vượt quá giá trị tối đa, quá trình hóa rắn không có hiệu quả.

b. Thử bằng giấy lọc son

Phương pháp này được sử dụng để đánh giá lượng nước tự do có trong chất thải nguy hại. Trong quá trình thử, chất thải được đưa vào thiết bị lọc son tiêu chuẩn, nếu chất lỏng đi qua giấy lọc trong vòng 5 phút thì chất thải còn chứa chất lỏng tự do và cần phải xử lý trước khi chôn lấp.

c. Thử bằng các tính chất vật lý

Một số thử nghiệm vật lý và cơ học đã được đưa ra sử dụng để đánh giá các tính chất vật lý và cơ học (độ kéo, độ nén và độ dẻo) của vật liệu đã được đóng rắn. các phương pháp và mục đích thử được trình bày trong bảng 8.4.

Bảng 8.4 Mục đích của các phương pháp thử nghiệm

Tính chất vật lý	Mục đích
Độ ẩm	Tính toán pha
Khối lượng riêng của khối khô và khối ướt	Tính sức căng và thể tích
Khối lượng riêng	Tính độ rỗng và độ bão hòa
Sự phân bố kích thước hạt	Tính kết tinh
Sức căng	Phân tích sự ổn định
Độ nén	Phân tích tính lắng
Độ bền dẻo	Tính toán dòng và vận chuyển

8.5 KHẢ NĂNG ÁP DỤNG KỸ THUẬT XỬ LÝ

Để xử lý hiệu quả chất thải nguy hại, việc chọn đúng phương pháp xử lý có tầm quan trọng quyết định sự thành công của kỹ thuật xử lý đồng thời giảm thiểu tối đa các sự cố có thể xảy ra trong quá trình xử lý gây ảnh hưởng bất lợi đến con người và môi trường. Theo Harry khả năng áp dụng phương pháp xử lý chất thải nguy hại theo loại chất thải có thể tham khảo theo bảng 8.5.

Bảng 8.5 Khả năng ứng dụng của các phương pháp xử lý chất thải nguy hại

Quá trình xử lý	Loại chất thải												Dạng chất thải		
	Chất ăn mòn	Hợp chất xyanua	Dung môi hữu cơ có halogen	Dung môi hữu cơ không chứa	Chất hữu cơ chứa clo	Chất hữu cơ khác	Chất thải nhiễm dầu	PCB	Chất thải lỏng chứa kim loại	Chất thải lỏng chứa chất hữu	Chất có hoạt tính hóa học cao	Đất ô nhiễm	Chất lỏng	Chất rắn/bùn	Chất khí
Lọc		X	X	X	X	X			X	X			X		X
Kết tủa hóa học	X								X				X		
Oản định hóa rắn	X	X										X	X	X	
Oxy hóa-khử		X									X		X		
Bay hơi			X	X	X	X							X	X	
Ozone hóa		X		X		X					X		X		X
Lò đốt chất lỏng			X	X	X	X	X						X		X
Lò đốt thùng quay			X	X	X	X	X	X				X	X	X	X
Lò đốt tầng sôi			X	X	X	X	X	X					X	X	
Lò hơi			X	X	X	X							X		X
Lò xi măng			X	X	X	X	X	X					X	X	
Nhiệt phân			X	X	X	X						X	X	X	

Nguồn: Harry M. Freeman “ Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal

8.6 CHÔN LẤP

Chôn lấp là công đoạn cuối cùng không thể thiếu trong hệ thống quản lý chất thải nguy hại. Chôn lấp là biện pháp nhằm cô lập chất thải làm giảm thiểu khả năng phát tán chất thải vào môi trường. Các chất thải nguy hại được chôn trong bãi chôn lấp cần đáp ứng các tiêu chuẩn sau:

- Chỉ có chất thải vô cơ (ít hữu cơ)
- Tiềm năng nước rỉ rác thấp
- Không có chất lỏng
- Không có chất nổ
- Không có chất phóng xạ
- Không có lớp xe
- Không có chất thải lây nhiễm

Thông thường các chất thải nguy hại thường được chôn lấp bao gồm:

- Chất thải kim loại có chứa chì
- Chất thải có thành phần thủy ngân
- Bùn xi mạ và bùn kim loại
- Chất thải amiăng
- Chất thải rắn có xyanua
- Bao bì nhiễm bẩn và thùng chứa bằng kim loại
- Cặn từ quá trình thiêu đốt chất thải

Trong quá trình chôn lấp, cần kiểm soát được các khả năng xảy ra phản ứng do sự tương thích của chất thải khi hai chất thải rò rỉ tiếp xúc với nhau. Ví dụ như khi chất thải chứa axit kết hợp với chất thải chứa dầu mỡ sẽ gây hỏa hoạn, kết hợp với chất ăn da tỏa nhiệt và làm bắn tung tóe chất thải, chất thải chứa bột nhôm kết hợp với amoni nitrate sẽ gây nổ, chất thải chứa xyanua gặp axit sẽ hình thành khí HCN rất độc... kiểm soát các chất khí sinh ra cũng như nước rò rỉ từ khu chôn lấp ra môi trường xung quanh.

Trong quá trình vận hành bãi chôn lấp chất thải nguy hại, phải thực hiện các biện pháp quan trắc môi trường, công việc này cũng phải thực hiện sau khi đã đóng bãi. Sau khi đóng bãi, việc bảo trì bãi cũng rất quan trọng nhằm đảm bảo không có sự tiếp xúc của chất thải nguy hại đối với con người và môi trường. Các công tác quan trắc trong thời gian hoạt động và sau khi đóng bãi cũng như công tác bảo trì góp phần phát hiện sự rò rỉ và lan truyền của chất thải nguy hại từ đó kịp thời ngăn chặn sự lan truyền của chất thải nguy hại trong môi trường. Để đảm bảo công tác này cần phải tuân thủ một số nguyên tắc khi lựa chọn, thiết kế và vận hành bãi chôn lấp chất thải nguy hại như sau:

- Lựa chọn vị trí bãi chôn lấp: phải phù hợp với qui hoạch xây dựng đã được cơ quan Nhà nước có thẩm quyền phê duyệt. Cần xem xét đến công suất dự kiến cho hiện tại và tương lai, xem xét các vấn đề địa hình, thổ nhưỡng, thủy văn... các điều kiện khí hậu, môi trường địa phương, bố trí mặt bằng của khu vực, đảm bảo các khoảng cách đến các công trình liên quan, khoảng cách vận chuyển. Hạn chế đặt gần các khu dân cư, sân bay, di tích lịch sử, cảnh quan, du lịch, khu canh tác cây lương thực, đất ướt, đất nứt, vùng có nguy cơ động đất và khu vực không ổn định gần sông suối, ao hồ và các nguồn nước sử dụng trong sinh hoạt. Bên cạnh đó cũng phải quan tâm đến ý kiến của cơ quan địa phương và cộng đồng dân cư trong khu vực.*

- b. *Nguyên tắc thiết kế bãi chôn lấp: các chất thải nguy hại khi tiếp xúc với nhau có thể sinh ra các chất có tính độc hại cao hơn hay có thể xảy ra phản ứng tạo thành các chất ô nhiễm và gây cháy nổ. Vì vậy, khi thiết kế cần thiết kế các ngăn chôn lấp riêng hay các đê ngăn nhằm tránh sự kết hợp của các chất khi có rò rỉ xảy ra. Cấu tạo lớp lót đáy và lớp che phủ bề mặt sẽ được lựa chọn tùy thuộc vào điều kiện địa hình, địa chất của khu vực đặt bãi chôn lấp.*
- c. *Quy tắc vận hành bãi chôn lấp:*

1. Xử lý chất thải trước khi chôn lấp: chất thải cần phải đóng gói theo đúng tiêu chuẩn quy định về an toàn trước khi chôn lấp. Đối với một số chất có thể không cần đóng gói mà có thể hóa rắn trước khi chôn lấp.
2. Trong khi bãi đang hoạt động cần phải có biện pháp kiểm soát các tác nhân gây bệnh, các khí sinh ra, nước rò rỉ, nước chảy qua, nước chảy tràn, nước thấm. Thực hiện các chương trình quan trắc môi trường: chất lượng nước ngầm xung quanh bãi chôn lấp, các loại khí độc và dễ cháy.. khi vận hành cũng như khi đóng bãi.
3. Xây dựng và thực hiện các chương trình tu bổ, nâng cấp bãi chôn lấp và các chương trình ứng cứu khi có các sự cố cháy, nổ, rò rỉ, lũ lụt, ô nhiễm nước ngầm xảy ra tại bãi chôn lấp. Thực hiện các chế độ bảo trì bảo dưỡng và kiểm soát bãi chôn lấp định kỳ sau khi đóng bãi.

Việc lựa chọn, thiết kế, xây dựng, vận hành và đóng bãi chôn lấp chất thải nguy hại có thể tham khảo chi tiết trong tài liệu” Hướng Dẫn Kỹ Thuật Chôn Lấp Chất Thải Nguy Hại” do Bộ Khoa Học Công Nghệ và Môi Trường quy định năm 2002.

Câu hỏi

1. Sơ đồ và các xem xét thiết kế khi sử dụng phương pháp hấp thụ khí, chưng cất?
2. Vẽ sơ đồ hệ thống trích ly bay hơi và nêu các phần của hệ thống?
3. Các xem xét và đánh giá khi sử dụng phương pháp trích ly bay hơi? Ưu và nhược điểm của phương pháp?
4. Nêu các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của quá trình hấp phụ?
5. Viết các phương trình oxy hóa cyanide bằng clo.
6. Hãy nêu các yếu tố cần quan tâm khi thiết kế thiết bị màng? Áp dụng của quá trình màng trong xử lý chất thải nguy hại?
7. liệt kê các yếu tố lựa chọn dung môi khi trích ly dùng dòng tới hạn và các xem xét thiết kế đối với quá trình oxy hóa dòng tới hạn?
8. Liệt kê các bước phân tích cần thực hiện khi quyết định việc xử lý tại nguồn?
9. Tác động của khuấy trộn trong xử lý bùn lỏng và các yếu tố ảnh hưởng?
10. Nêu các ưu nhược điểm của các loại lò đốt?
11. Liệt kê các cơ chế của quá trình ổn định hóa rắn?
12. Liệt kê các loại chất phụ gia thường được dùng trong ổn định hóa rắn? các yêu cầu kỹ thuật khi ổn định hóa rắn?

13. Các tiêu chuẩn của chất thải nguy hại cần đáp ứng khi được chôn trong bãi chôn lấp?
và các loại chất thải thường được chôn lấp?
14. Các nguyên tắc cần tuân thủ khi lựa chọn, thiết kế và vận hành bãi chôn lấp?