

5.1.2.5. Hấp thụ bằng H_2SO_4 loãng (hấp thụ oxy hoá)

Axit H_2SO_4 loãng chứa chất xúc tác có tính oxy hoá như các ion Fe được sử dụng làm dung dịch hấp thụ, SO_2 được hấp thụ và chuyển thành H_2SO_3 . Ở nhiệt độ $\approx 55^\circ C$, H_2SO_3 oxy hoá 100% tạo ra H_2SO_4 ; $CaCO_3$ và $Ca(OH)_2$ được thêm vào dung dịch hấp thụ để kết tủa và tách thạch cao, còn dung dịch được tuần hoàn sử dụng lại. Khi nồng độ H_2SO_4 tăng thì độ hoà tan SO_2 giảm, hiệu quả hấp thụ không cao.

Do dung dịch hấp thụ được sử dụng trong phương pháp này có tính axit mạnh (độ pH ≈ 1) và khả năng hấp thụ giảm thì lượng dung dịch hấp thụ để tuần hoàn phải lớn, tỷ số lỏng/ khí lên đến 40 đến 50 l/Nm³.

5.1.3. Quá trình xử lý theo phương pháp khô

Phương pháp này đã được đề cập đến ở một vài nhà máy vào cuối những năm 1960 và đầu những năm 1970. Song thực tế bị trì hoãn do tốc độ khử lưu huỳnh không cao, chi phí tốn kém và gặp khó khăn trong xử lý chất rắn. Gần đây, nhờ ứng dụng hợp lý hơn thiết bị khử nitơ và lưu huỳnh loại khô nên phương pháp đang được xem xét lại.

Quá trình hấp thụ sử dụng than hoạt tính: Khí có chứa SO_2 , O_2 và nước hấp thụ trên than hoạt tính, SO_2 bị oxy hóa thành SO_3 trên bề mặt than và phản ứng với H_2O sinh ra axit H_2SO_4 là chất được hút bám.

Axit H_2SO_4 được hấp thụ trên than hoạt tính có thể được loại bỏ bằng nước rửa không hấp thụ, hơi nước không hấp thụ (ở nhiệt độ $\approx 300^\circ C$) hoặc bằng giảm nhiệt không hấp thụ (ở nhiệt độ $\geq 370^\circ C$).

Công nghệ kiểm soát khói trắng

Khí thải ở cửa thải của hệ thống khử lưu huỳnh ướt có chứa hơi nước bão hòa, vì vậy xảy ra hiện tượng mưa trong ống khói cao và khói trắng thoát ra thải trực tiếp qua ống khói. Những năm 1970, khi hệ thống khử lưu huỳnh phát triển nhanh người ta phải thực hiện việc chống ăn mòn các đường ống dẫn khói có khí ẩm. Song phương pháp này ngày nay hầu như chưa được sử dụng.

Với lượng khí thải lớn ở các nhà máy năng lượng, người ta thực hiện việc trao đổi khí/khí nóng (trao đổi nhiệt thay đổi) tại cửa vào và cửa thải ra của hệ thống khử lưu huỳnh. Nhiều hệ thống đất tiên với nồi hơi có kích thước từ nhỏ đến trung bình sử dụng vật liệu chống ăn mòn để chế tạo (ống lót FRP, ống thép không gỉ...) ống dẫn khói và ống khói. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp khói thoát ra đồng thời với thoát nhiệt được xả ra dưới dạng mù, có thể dẫn đến mưa lớn trong ống khói. Mù được thu hồi bằng các phương pháp như duy trì tốc độ dòng trong ống khói trong khoảng từ 7,5 đến 12 m/s hoặc nhỏ hơn, hoặc lắp đặt thiết bị chặn mù ở đầu ống khói.

Ngoài ra người ta còn dùng phương pháp khử ẩm trong không khí, đã phát triển và được ứng dụng vào thực tế, nhiều trường hợp người ta còn dùng phương pháp này để làm lạnh.

Phương pháp làm lạnh có liên quan với dung dịch hấp thụ trong tháp làm lạnh. Khí hút ra được tiếp xúc với dung dịch hấp thụ đã được làm lạnh, bằng cách này có thể khử được ẩm do đó làm giảm lượng hơi nước phát thải vào khí quyển nhằm kiểm soát khói trắng.

5.2. CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NO_x

5.2.1. Tổng quan

5.2.1.1. NO_x

Các hợp chất NO_x được tạo thành từ hai thành phần là N và O. Những chất này (NO và NO_2) phát sinh trong quá trình đốt nhiên liệu và đều được gọi là NO_x .

Trong hệ thống đốt đặc trưng như nồi hơi, tỷ lệ thể tích NO/NO_x ở cùng thời điểm đốt cháy trong khí thải ra vào khoảng 90 đến 95%, như vậy hầu hết NO_x thải ra dưới dạng NO . NO này bị oxy hóa từ từ trong không khí thành NO_2 . NO_2 được xem như là tác nhân oxy hóa quang hóa, vì vậy nồng độ trong không khí của NO được xem như là một tiêu chuẩn chất lượng môi trường (giá trị trung bình ngày phải nằm trong khoảng từ 0,04 đến 0,06 ppm hoặc nhỏ hơn).

5.2.1.2. Quá trình phát sinh NO_x

NO_x được tạo thành khi đốt cháy nhiên liệu, NO_x phát sinh ra theo hai cách cơ bản sau:

N_2 và O_2 có trong không khí được sử dụng trong phản ứng đốt cháy ở nhiệt độ cao sẽ hình thành NO_x . Loại NO_x này gọi là NO_x nhiệt.

Các hợp chất của N_2 khác nhau trong nhiên liệu bị oxy hóa trong quá trình đốt và hình thành NO_x . Loại NO_x này được gọi là NO_x nhiên liệu.

Do cơ chế phát sinh NO_x rất phức tạp, bởi có hai loại NO_x với các nguồn và cơ chế phát sinh khác nhau đáng kể, không giống như trường hợp SO_x , không phải tất cả N_2 đều tạo thành NO_x . Vì lẽ đó công nghệ khử NO_x sẽ có các mức hiệu quả khác nhau phụ thuộc vào việc phát sinh NO_x .

5.2.1.3. Các loại công nghệ khử NO_x

Như chỉ ra trong bảng 5.2, công nghệ khử NO_x được phân loại thành công nghệ triệt tiêu NO_x (công nghệ đốt NO_x thấp) và công nghệ khử chất thải nitơ.

Công nghệ cải thiện lò đốt là loại công nghệ triệt tiêu NO_x , thiết lập điều kiện đốt trong lò đốt sao cho có thể phát sinh ra lượng NO_x thấp nhất.

Khử nitơ nhiên liệu là loại bỏ lượng nitơ trong nhiên liệu. Đó là phương pháp cải thiện nhiên liệu được thiết kế để loại bỏ lượng N_2 có chứa trong nhiên liệu, nhưng nó vẫn chưa được thiết lập dưới dạng tương tự như khử lưu huỳnh trong nhiên liệu. Tuy nhiên, một lượng nhỏ N_2 bị loại bỏ trong quá trình khử lưu huỳnh của nhiên liệu, vì vậy sử dụng nhiên liệu có chứa lưu huỳnh thấp cũng có ảnh hưởng tốt đối với khử NO_x .

Bảng 5.2. Các loại công nghệ kiểm soát NO_x

Công nghệ kiểm soát NO_x	Công nghệ triệt tiêu NO_x	Cải thiện điều kiện đốt	Phương pháp dựa trên điều kiện vận hành thay đổi
			Phương pháp dựa trên việc cải tiến hệ thống đốt
	Cải thiện nhiên liệu	Chuyển hóa nhiên liệu	
		Khử nitơ nhiên liệu	
Công nghệ khử chất thải nitơ	Các phương pháp khô (khử có lựa chọn...)		
	Phương pháp ẩm (hấp thụ oxy hóa...)		

Công nghệ khử N_2 thải liên quan đến loại bỏ NO_x phát sinh từ khí thải. Trong tương lai công nghệ này sẽ có vai trò quan trọng trong việc làm giảm mức thải NO_x .

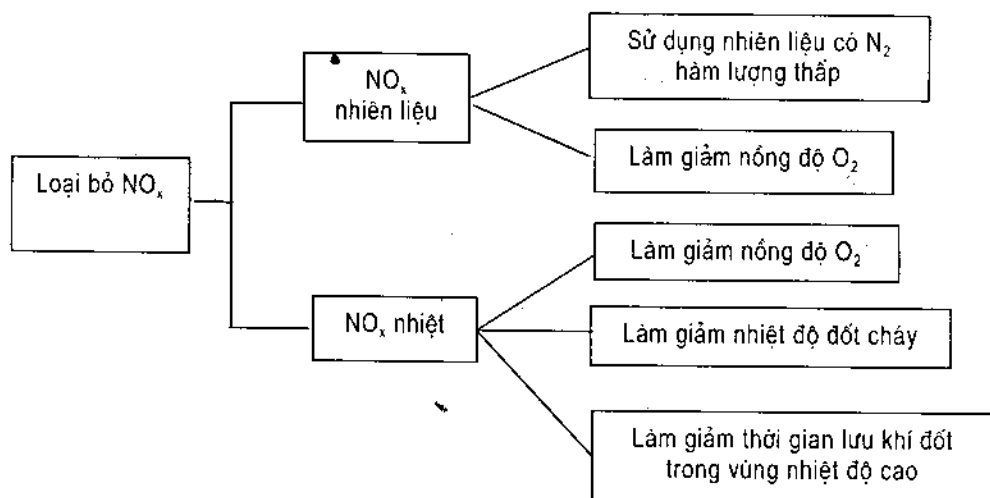
5.2.2. Công nghệ loại bỏ NO_x

5.2.2.1. Nguyên tắc cơ bản trong việc loại bỏ NO_x

Loại bỏ NO_x dựa theo các nguyên tắc cơ bản sau:

- Sử dụng nhiên liệu có hàm lượng N_2 thấp.
- Giảm nồng độ O_2 trong vùng đốt.
- Giảm thời gian lưu khí đốt trong vùng nhiệt độ cao.
- Giảm nhiệt độ đốt cháy. Đặc biệt, loại trừ những vùng nhiệt độ cao cục bộ.

NO_x có thể được khử bằng cách áp dụng một trong các nguyên tắc trên.



Hình 5.1. Sơ đồ loại bỏ kết hợp NO_x nhiệt và NO_x nhiên liệu

5.2.2.2. Chuyển hoá nhiên liệu

Nhìn chung, nồng độ NO_x nhiên liệu cao nhất trong nhiên liệu rắn, tiếp đến là trong nhiên liệu lỏng và thấp nhất trong nhiên liệu khí. Trong nhiên liệu lỏng, nhiên liệu càng nặng thì hàm lượng N_2 của nó càng cao và do vậy nồng độ NO_x càng cao. Vì vậy, dầu thô ở dạng lỏng có nồng độ NO_x cao nhất, sau đó đến dầu nhẹ, dầu lửa và dầu hoá. Chuyển hoá dầu thô thành nhiên liệu có chất lượng cao (nhẹ), ngoài việc giảm hàm lượng N_2 có trong nhiên liệu dầu thì còn có chất tăng cường tác dụng khử NO_x .

5.2.2.3. Thay đổi điều kiện vận hành

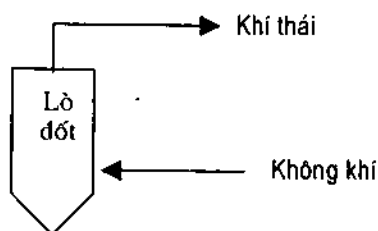
Phương pháp đốt NO_x thấp đôi khi có mâu thuẫn giữa việc thay đổi các điều kiện vận hành và việc cải tiến hệ thống đốt để giảm mức phát sinh NO_2 . Tất nhiên, cách tiếp cận truyền thống (thay đổi các điều kiện vận hành) không thể đáp ứng để có hiệu quả cao. Phương pháp này bao gồm các biện pháp sau: giảm nhiệt độ không khí đun nóng sơ bộ; giảm tải lượng trong khoang đốt bằng cách giảm thể tích lò đốt ở nhiệt độ cao và đốt với tỷ lệ không khí thấp nhằm mục đích giảm thiểu lượng không khí đốt. Tuy nhiên các biện pháp này đều đi ngược lại với các nguyên tắc chuyển hoá năng lượng, vì vậy chúng không được xem là phương pháp đạt yêu cầu.

Các phương pháp làm giảm hàm lượng NO_x bằng cách cải tiến hệ thống đốt được trình bày dưới đây.

5.2.2.4. Đốt cháy theo hai giai đoạn

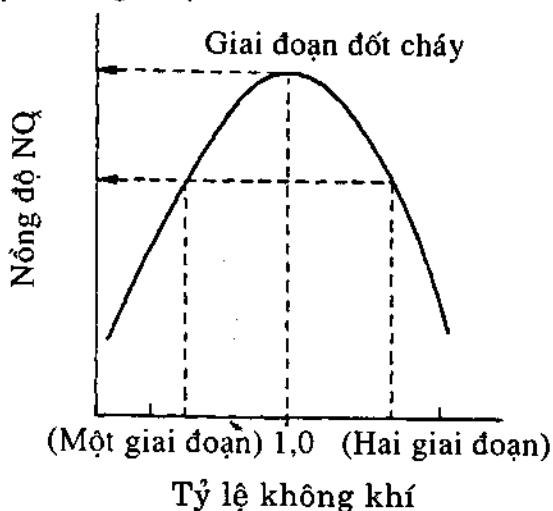
Phương pháp này có được hiệu quả giảm cả NO_x nhiệt và NO_x nhiên liệu. Phương pháp dựa trên việc chia quá trình cung cấp không khí đốt thành hai giai đoạn (hình 5.2). Trong giai đoạn I, không khí được cấp trong giới hạn tỷ lệ $\approx 0,8 \div 0,9$ (80 ÷ 90% thể tích không khí

theo lý thuyết). Trong giai đoạn thứ hai, không khí được cung cấp để bù sự thiếu hụt cho quá trình đốt cháy hoàn toàn.



Hình 5.2. Đốt cháy hai giai đoạn

Mối quan hệ giữa tỷ lệ không khí và nồng độ NO_x được chỉ ra ở hình 5.3. Như thấy trên hình, nồng độ NO_x đạt tới giá trị cao nhất khi tỷ lệ không khí là 1 (thể tích không khí theo lý thuyết). Trong vùng có tỷ số không khí nhỏ hơn 1, có lượng O_2 nhỏ, vì vậy nồng độ NO_x giảm; trong vùng có tỷ lệ không khí lớn hơn 1 nhiệt độ trong buồng đốt giảm do lượng không khí cung cấp theo nồng độ không khí thấp. Vì vậy, nguyên tắc đốt hai giai đoạn là tránh tỷ lệ không khí bằng 1, nơi mà hàm lượng NO_x đạt tới giá trị cao nhất.



Hình 5.3. Quan hệ giữa tỷ lệ không khí và nồng độ NO_x

5.2.2.5. Tuần hoàn khí thải

Trong biện pháp này, phân khí thải đốt được tuần hoàn về lò đốt để kiểm soát nhiệt độ của hơi nước sinh ra. Lối vào được thiết kế để đốt NO_x thấp. Phương pháp này hiệu quả trong việc làm giảm NO_x nhiệt nhưng hầu như không ảnh hưởng đến NO_x nhiên liệu.

Tốc độ khử NO_x có xu hướng tăng khi tốc độ tuần hoàn khí thải tăng. Để đảm bảo đốt ổn định, người ta khống chế tỷ lệ tuần hoàn khí thải trong khoảng $15 \div 20\%$. Tỷ lệ tuần hoàn khí thải được xác định theo phương trình:

$$\text{Tỷ lệ tuần hoàn khí thải (\%)} = \frac{\text{Khí thải được tuần hoàn } [\text{Nm}^3/\text{h}]}{\text{Khí nhiên liệu } [\text{Nm}^3/\text{h}]} 100$$

5.2.2.6. Đốt nhiều tầng

Phương pháp này không được sử dụng với lò đốt đơn. Trong thiết bị đốt đa hệ thì thiết bị đốt giàu nhiên liệu và thiết bị đốt giàu không khí được xem là thích hợp để làm giảm NO_x trong vùng không vượt giới hạn. Ngoài ra, NO_x nhiệt được triệt tiêu bằng cách giảm nhiệt độ trong vùng không khí dư. Vì vậy về nguyên tắc phương pháp này tương tự như đốt hai giai đoạn.

5.2.2.7. Phun hơi nước hoặc phun nước

Với phương pháp này, hơi nước hoặc nước được phun vào để thu lại nhiệt khí hoá do vậy giảm được nhiệt độ đốt dẫn đến làm giảm lượng NO_x . Phương pháp này không hiệu quả đối với NO_x nhiệt, vì vậy nó chủ yếu làm giảm NO_x nhiên liệu.

5.2.3. Thông tin về những công nghệ thu hồi khác

5.2.3.1. Tỷ lệ chuyển hoá khí NO

Không phải tất cả N_2 trong nhiên liệu được chuyển hoá thành NO_x . Phần trăm nitơ được chuyển hoá thành NO_x gọi là tỷ lệ chuyển hoá NO và được xác định theo phương trình dưới đây:

$$\text{Tỷ lệ chuyển hoá NO (\%)} = \frac{\text{Lượng } N_2 \text{ được chuyển hoá thành NO}}{\text{Tổng lượng } N_2 \text{ trong nhiên liệu}} \cdot 100$$

Thông thường, tỷ lệ chuyển hoá NO nằm trong khoảng 10 đến 30%.

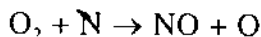
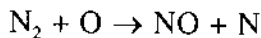
Tỷ lệ chuyển hoá NO có những đặc điểm riêng như sau:

- Tỷ lệ chuyển hoá NO tăng khi tỷ lệ không khí tăng (tăng nồng độ oxy).
- Tỷ lệ chuyển hoá tăng khi lượng nitơ trong nhiên liệu giảm.
- Tỷ lệ chuyển hoá không bị ảnh hưởng bởi loại N_2 trong nhiên liệu.

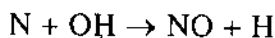
Dựa trên những đặc điểm này, muốn giảm NO_x nhiên liệu thì phải giảm nồng độ oxy.

5.2.3.2. Cơ chế Zeldovich

Cơ chế Zeldovich là nguyên lý áp dụng cho cơ chế phát sinh NO_x nhiệt. Phát sinh NO xảy ra theo các phản ứng dưới đây, giả sử nồng độ nguyên tử oxy ở trạng thái cân bằng:



Cơ chế phát sinh NO đôi khi cũng được giải thích bởi cơ chế mở rộng Zeldovich:

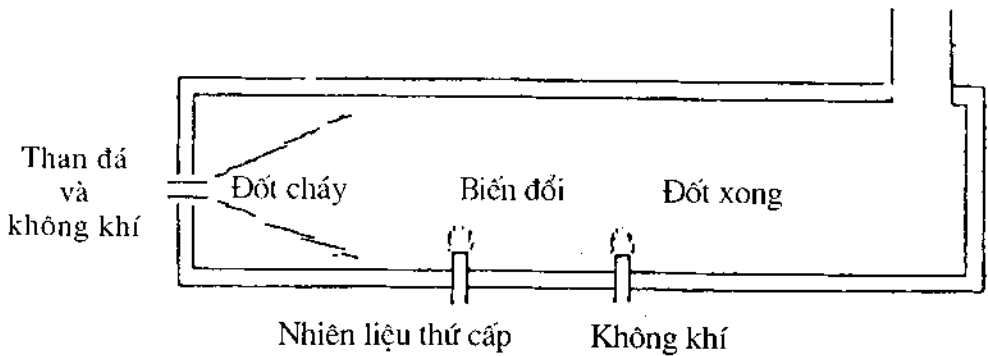


5.2.3.3. NO

NO_x nhiệt nói trên được tạo ra theo các cơ chế phát sinh khác nhau. Đặc điểm của nó là phát sinh tại chính thời điểm bắt đầu quá trình đốt cháy hydrocarbon. Các chất phát sinh qua sự giảm nhiệt của hydrocarbon làm tăng sự phát sinh NO. Trong quá trình đốt cháy H_2 hoặc CO thì đều không thúc đẩy phát sinh NO_x .

5.2.3.4. Kiểm soát N_2 trong lò nung

Phương pháp này phù hợp cho quá trình khử nitơ và quá trình đốt cháy ba giai đoạn. Theo hình 5.4, ban đầu cung cấp nhiên liệu, tiếp theo đốt cháy, giai đoạn hydrocarbon và NO_x giảm và giai đoạn cuối cùng cung cấp thêm không khí để quá trình cháy xảy ra hoàn toàn.



Hình 5.4. Sự khử nitơ trong lò đốt

5.2.4. Khử nitơ trong khí thải

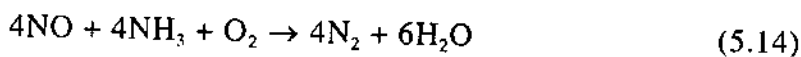
Phần lớn lượng NO_x phát sinh trong quá trình đốt cháy nhiên liệu là NO, do có độ phản ứng chậm nên về mặt công nghệ rất khó loại bỏ. Công nghệ khử nitơ trong khí thải tiến bộ nhất dựa trên phương pháp giảm khả năng tiếp xúc và phương pháp khô sử dụng NH_3 .

5.2.4.1. Phương pháp khử tiếp xúc chọn lọc

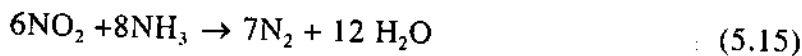
Phương pháp khử tiếp xúc chọn lọc là phương pháp sử dụng chất xúc tác để chuyển hoá NO_x thành N_2 . Chất xúc tác là chất tăng tốc độ phản ứng nhanh hơn mà không tham gia vào phản ứng hoá học. Hiệu quả của quá trình chuyển hoá NO_x thành N_2 phụ thuộc vào việc lựa chọn chất xúc tác kết hợp với tác nhân khử phù hợp.

Về tính chọn lọc, chất phản ứng cùng với chất khử trong khí thải bao gồm O_2 cũng như NO_x . O_2 trong khí thải vượt quá mức NO_x với hệ số phát thải 100 hoặc lớn hơn (thông thường O_2 tính từ 1 đến 10% của khí cháy). Vì vậy, nếu chất khử cũng được phản ứng với O_2 (Ví dụ CO , H_2 , CH_4), thì sẽ cần thiết phải sử dụng một lượng lớn chất khử. Hơn nữa, rất khó để kiểm soát lò phản ứng vì hơi nóng từ quá trình cháy. Nếu dùng NH_3 làm chất khử, trong điều kiện nhiệt độ nhất định, thì chất khử sẽ lựa chọn để phản ứng với NO_x và hầu như không phản ứng với oxy và các chất khác. Cách giảm tiếp xúc này được gọi là giảm tiếp xúc lựa chọn.

Phản ứng giảm NO_x sử dụng NH_3 xảy ra như sau:



1 mol : 1 mol



Từ phương trình phản ứng (5.14) ta thấy, về lý thuyết lượng tiêu thụ amoniac là 1 mol:1 mol NO . Lượng thực tế được thêm vào dựa trên tỷ lệ phân tử gam NH_3/NO , vào khoảng 0,8 đến 1,0. Lượng amoniac không phản ứng được thải ra xấp xỉ vài ppm.

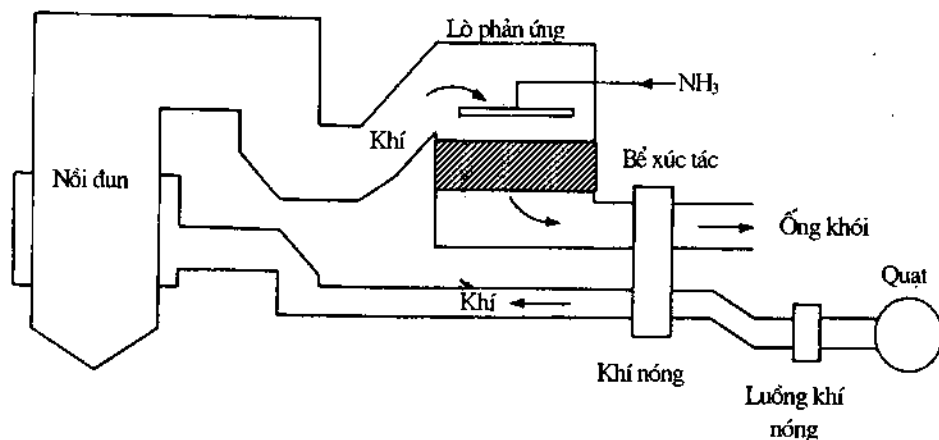
Với nhiệt độ phản ứng khoảng 300 đến 350°C và tốc độ không gian (TĐKG) khoảng 5000 /h, tốc độ khử nitơ đạt được 90% hoặc cao hơn.

Giá trị này liên quan đến lượng chất xúc tác sử dụng. Lượng chất xúc tác yêu cầu để thực hiện có thể nhỏ nếu xúc tác có chất lượng cao, do vậy TĐKG cao. Mặt khác, TĐKG biểu thị lượng khí có thể được xử lý trong một giờ trên một đơn vị chất xúc tác ($l\ m^3$).

TiO₂ (titan oxyt) được sử dụng phổ biến để thực hiện khử nito tiếp xúc với chất khử là NH₃. Nó chứa các chất như: vanadi oxyt (V₂O₅), vonfram oxyt (WO₃), hoặc molybden oxyt (MoO).

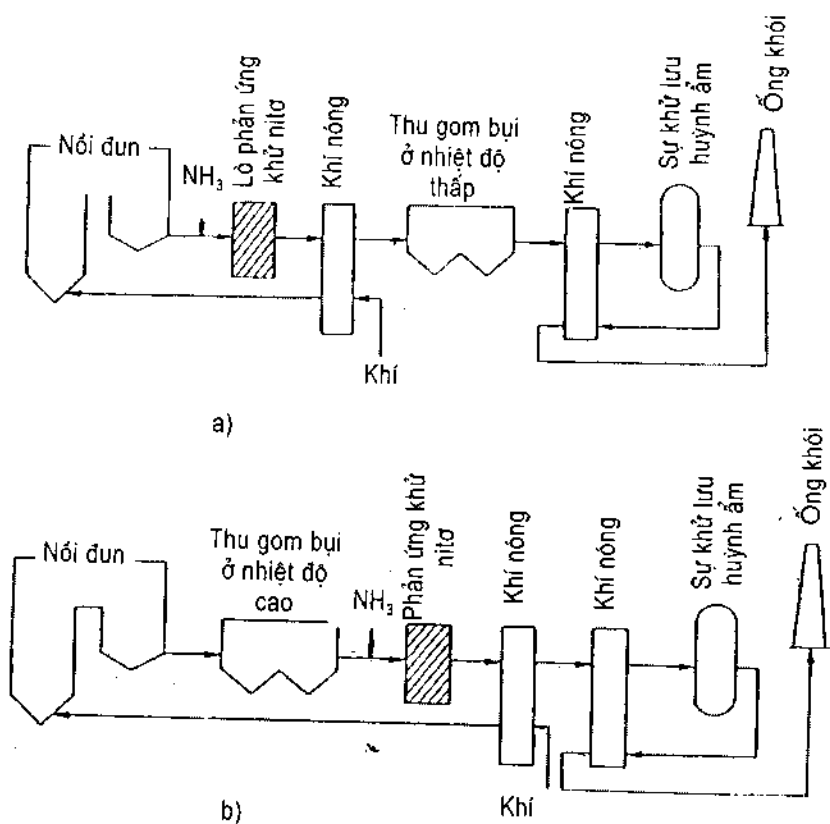
Bảng 5.3. Loại hệ thống xử lý khí và dạng chất xúc tác

Khí được xử lý	Loại hệ thống	Dạng chất xúc tác
Khí sạch (nồng độ hạt xấp xỉ 10 mg/Nm ³ hoặc nhỏ hơn)	Đáy cố định	Hình cầu, hình trụ, dạng hạt
Khí bẩn (nồng độ nằm trong khoảng 10 – 100 mg/Nm ³)	Đáy chuyển động gián đoạn	Hình cầu, dạng hạt
Khí bẩn (không có giới hạn về nồng độ hạt)	Đáy cố định (song song)	Hình tổ ong (lỗ vuông, lỗ sáu cạnh), hình đĩa, hình ống



Hình 5.5. Lò phản ứng dùng xúc tác xử lý khí

Chất xúc tác có thể ở dạng hạt, dạng tổ ong, dạng đĩa, hoặc dạng ống (bảng 5.3). Nói chung, các thiết bị phản ứng có đáy cố định, trong trường hợp lượng hạt đặc biệt lớn sẽ loại bỏ phía dưới đáy, chất xúc tác chuyển động xuống liên tục hoặc gián đoạn, nó được loại bỏ đi hoặc lại đưa trở lại lò phản ứng. Trong một số trường hợp, lượng bụi lớn khí thoát ra như ở nồi hơi đốt bằng thì bụi bám vào chất xúc tác rồi bị cuốn đi.



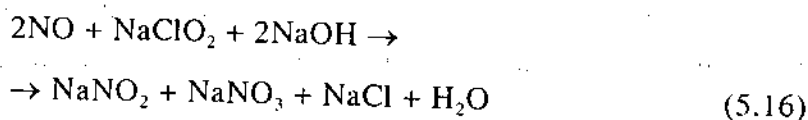
Hình 5.6. Các hệ thống kết hợp khử nitơ, lưu huỳnh và tập trung bụi:
 a) khử nitơ với nồng độ bụi cao; b) khử nitơ với nồng độ bụi thấp

5.2.4.2. Chất xúc tác – khử tự do

NH_3 được dùng trong phản ứng giảm NO_x , nó được xem như là chất khử có thể làm giảm NO_x kể cả khi không dùng chất xúc tác nếu nhiệt độ cao từ 900 đến 1000°C. Vì thế sử dụng những cấu trúc có thể bổ sung thêm NH_3 ở điều kiện nhiệt độ cao. Nhưng trong thực tế, tốc độ khử nitơ khi không dùng xúc tác chỉ trong khoảng từ 30 đến 50% có nghĩa là dùng 2 mol hoặc nhiều hơn nữa NH_3 cho một mol NO . Như vậy còn lại lượng lớn NH_3 sau phản ứng, đây là khó khăn cho phương pháp này. Vì vậy ít khi sử dụng chất xúc tác – khử tự do.

5.2.4.3. Oxy hoá pha lỏng

Không giống như phương pháp trên, oxy hoá pha lỏng thường sử dụng NaClO_2 hoặc KMnO_4 làm dung dịch hấp thụ mà không sử dụng oxy hóa hơi nước. NO được oxy hoá và được hấp thụ đồng thời trong pha lỏng. Quá trình khử NO bằng natri clorit xảy ra theo phản ứng sau:



Quá trình oxy hóa chất lỏng đã được sử dụng để thu khí trong các quá trình không đốt cháy, ví dụ như quá trình sản xuất thủy tinh.

5.3. THÔNG TIN CƠ BẢN VỀ THU GOM VÀ CÔNG NGHỆ TẬP TRUNG BỤI

5.3.1. Bụi là gì?

Bụi là các hạt rắn riêng biệt và những giọt nhỏ chất lỏng có trong chất khí tập hợp lại trong khí quyển.

Các phân tử có mặt trong không khí được nhắc đến như khói, sương mù, hạt bụi và các sản phẩm của khói, tuy nhiên giữa chúng không có một ranh giới xác định rõ ràng. Nhìn chung, khi nói đến phân tử chất rắn người ta thường nói đến bụi, trong khi các phân tử chất lỏng được nói đến chủ yếu là sương mù. Các phân tử chất rắn rất nhỏ (nhỏ hơn hoặc bằng $1\ \mu\text{m}$) ví dụ như các hạt bụi được phát ra do sự bốc hơi ngưng kết có thể tương tự như khói.

5.3.2. Kích thước của hạt và sự phân chia kích thước

Kích thước của các hạt trong khí được đặc trưng bởi đường kính của chúng (gọi là đường kính hạt). Bởi các hạt được tập hợp trên bề mặt Trái đất thường có kích thước rất nhỏ, chúng được đo bằng micromet (μm), $1\ \mu\text{m} = 10^{-3}\ \text{mm}$.

Ví dụ như các hạt bụi từ các nồi hơi đốt cháy bằng nhiên liệu dầu có đường kính trung bình khoảng $20\ \mu\text{m}$. Trong khi đó một sợi tóc dày vào khoảng 40 đến $50\ \mu\text{m}$, đường kính nhỏ nhất có thể thấy được bằng mắt thường như các phân tử đơn chất có kích thước khoảng $40\ \mu\text{m}$.

Đặc trưng cơ bản của bụi là bao gồm các phân tử có đường kính khác nhau. Nói cách khác, có sự phân loại đường kính các hạt bụi. Phân chia kích thước đường kính các hạt có thể được biểu diễn như tần số phát tán, tần số này dựa trên tần số tốc độ rơi của các hạt có kích thước khác nhau, hoặc lắng đọng xuống bề mặt đất, hoặc phát tán lơ lửng trong không trung tùy thuộc vào giá trị tích lũy riêng.

5.3.2.1. Tần số phát tán

Tần số phát tán được tính bằng tỷ số giữa trọng lượng các phân tử có đường kính quy định và trọng lượng của tất cả các phân tử:

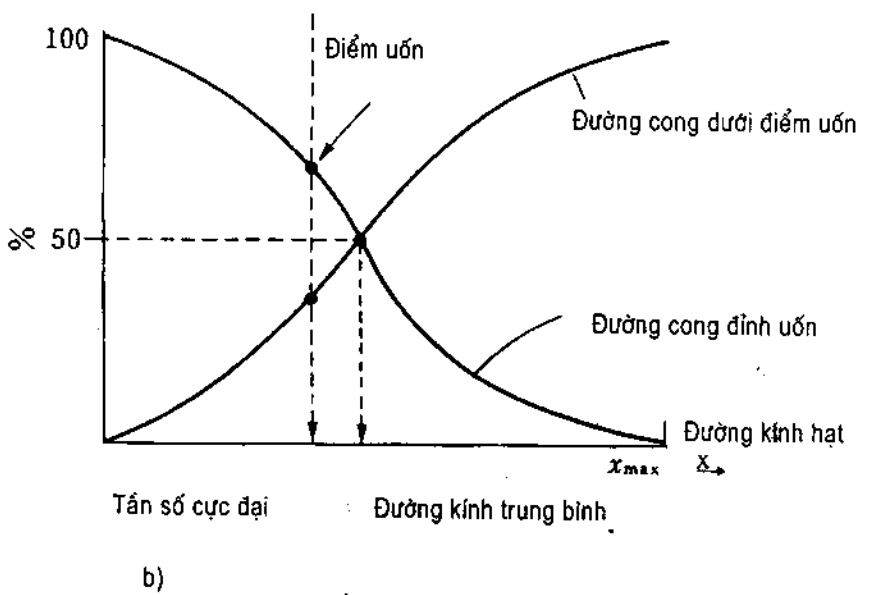
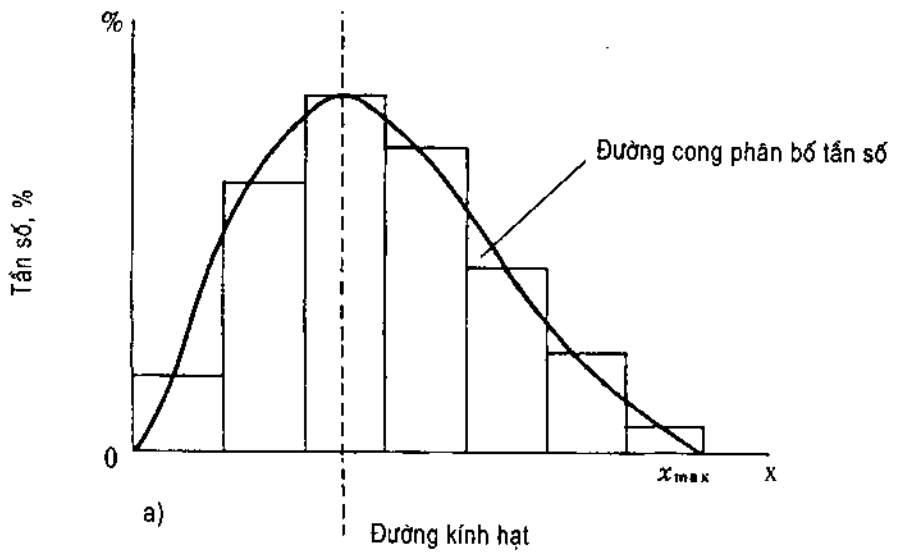
$$\text{Tần số} = \frac{\text{Trọng lượng các phần tử có các loại đường kính quy định}}{\text{Trọng lượng của tất cả các phần tử}}$$

Sự phân tán được biểu diễn trên hình 5.7a, hoặc có thể là đường cong liên tục nối với đường kính các phần tử tại các đỉnh răng cưa khác nhau trong đồ thị.

5.3.2.2. Phân bố điểm uốn

Giới hạn điểm uốn được thể hiện bằng phần trăm của các phần tử lớn hơn đường kính phần tử đối với tất cả các phần tử, điểm uốn được ký hiệu bằng R . Trong hình 5.7b đường biểu diễn chất rắn đi xuống dần về phía bên phải của hệ trục tọa độ là một điểm uốn. Trong đường cong tần số phát tán, đường kính phần tử tương ứng với đỉnh được gọi là đường kính tần số lớn nhất. Giá trị này tương ứng với điểm uốn trên đường cong. Đường kính các hạt ở chỗ R bằng 50% trên đường cong được gọi là đường kính trung bình.

Sự phát tán được sử dụng chung trong trường hợp nếu phân bố kích thước của các hạt được biểu diễn bằng một hàm đơn giản. Hàm số này được gọi là hàm phát tán. Nói chung, phân bố đường kính hạt bụi được tập trung phần lớn tại đỉnh đường cong tần số phát tán. Đường kính phần tử hạt bụi đi dần xuống về phía bên phải của đường kính (tức là càng đi xuống thì đường kính của hạt bụi càng lớn) và nó không đối xứng giữa trái và phải của đồ thị. Hàm phát tán Rosin Ramura và hàm phát tán logarit chuẩn tắc là các ví dụ điển hình của các hàm phát tán phù hợp với loại đường cong này.



Hình 5.7. Đường cong tần số phân tán và đường cong phát tán kết hợp

5.3.2.3. Hàm phát tán Rosin Ramura

Hàm phát tán Rosin Ramura được coi là có nhiều ưu điểm hơn cả, tiêu biểu cho sự phát tán kích thước các hạt bụi sinh ra trong các quá trình sản xuất công nghiệp. Trong hàm phát tán này, sự phân bố điểm uốn R được biểu diễn như sau:

$$R = 100 \exp(-\beta d_p^n) = 100 \cdot 10^{\beta' d_p^n} \quad (5.17)$$

trong đó: d_p – đường kính phần tử;

β , β' và n – các hệ số, hằng số được xác định tùy thuộc vào từng loại bụi.

Nếu logarit hai vế của hàm (5.17) lên hai lần ta được phương trình sau:

$$\log(2 - \log R) = \log \beta + n \log d_p \quad (5.18)$$

Nếu $\log d_p$ được vẽ trên trục x , $\log(2 - \log R)$ trên trục y thì phương trình (5.18) được biểu diễn là một đường thẳng. Đồ thị của đường thẳng này được gọi là đồ thị Rosin Ramura (gọi tắt là đồ thị $R-R$). Kích thước hạt bụi càng nhỏ thì hệ số β càng lớn. Giới hạn đường kính của các hạt càng nhỏ thì giá trị n càng lớn, điều đó có ý nghĩa là kích thước các hạt này có quan hệ mật thiết với nhau.

5.3.2.4. Hàm phát tán logarit chính tắc

Nhìn chung, nếu hàm phát tán đối xứng với nhau ở cả hai phía thì các phần tử sẽ phát tán một cách bình thường. Tuy nhiên, trên thực tế sự phân loại đường kính các hạt bụi được lựa chọn theo chiều tăng dần và ở những nơi hạt bụi có đường kính rất nhỏ thì $d_p = 0$. Bởi vậy, đường cong tần số phát tán trở nên đối xứng tại đỉnh xiên hướng các

hạt có đường kính nhỏ. Rất nhiều sự phát tán tuân theo hàm phát tán logarit chuẩn. Sự phát tán đó có thể được chuẩn hóa bằng thiết lập thang logarit trên trục x .

5.3.3. Thực hiện thu gom bụi

5.3.3.1. Tốc độ thu gom bụi

Tốc độ thu gom bụi η được xác định bởi phương trình sau:

$$\eta = \left(1 - \frac{S_o}{S_i}\right) = \left(1 - \frac{C_o Q_o}{C_i Q_i}\right) \quad (5.19)$$

trong đó: S_o – tổng lượng bụi đầu ra, g/h;

S_i – tổng lượng bụi đầu vào, g/h;

C_o – nồng độ bụi tập trung đầu ra, g/m³;

C_i – nồng độ bụi tập trung đầu vào, g/m³;

Q_i – tốc độ dòng khí vào, m³/h;

Q_o – tốc độ dòng khí ra, m³/h.

Nếu tính theo tỷ lệ phần trăm thu gom bụi thì các giá trị trong phương trình (5.19) được nhân với 100.

Trong các túi lọc bụi, tuyển lọc bụi bằng tĩnh điện hoặc bằng các thiết bị khác thì tỷ lệ thu gom bụi đạt được rất cao. Tỷ lệ chuyển tiếp bụi (trung chuyển bụi) p trong hàm dưới đây sẽ thay cho tỷ lệ thu gom bụi η . Quan hệ giữa η và p như sau:

$$p = 1 - \eta \quad (5.20)$$

5.3.3.2. Các bước thực hiện và tốc độ thu gom toàn bộ bụi

Khi hai thiết bị thu gom bụi được nối với nhau trong cùng một hệ thống, tốc độ thu gom bụi của toàn bộ hệ thống được miêu tả như sau:

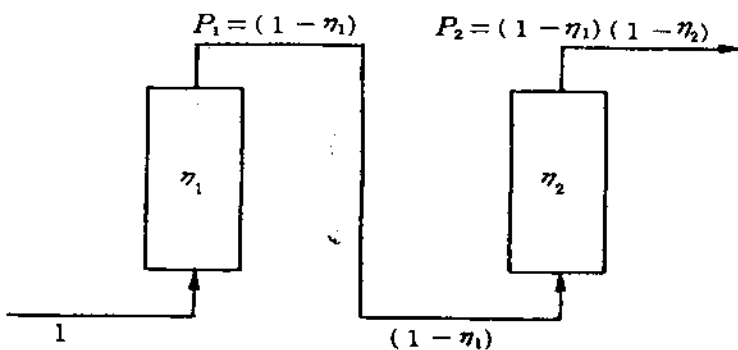
η_1 – tốc độ thu gom bụi ở buồng sơ cấp;

η_2 – tốc độ thu gom bụi ở buồng thứ cấp;

p_1 – tốc độ vận chuyển của bụi ở buồng sơ cấp: $p_1 = 1 - \eta_1$;

p_2 – tốc độ vận chuyển của bụi ở buồng thứ cấp.

Bụi đi qua thiết bị thu gom thứ nhất có tốc độ thu gom η_1 , sau đó đi vào ống thu gom bụi thứ cấp. Bụi được lắng phụ thuộc vào tốc độ thu gom bụi ở buồng thứ cấp η_2 . Do đó tổng lượng bụi đi qua buồng thứ cấp là: $1 - \eta_2$. Ngoài ra tổng lượng bụi đi vào buồng thứ cấp còn dựa vào hiệu số $1 - \eta_1$, cũng như tổng lượng bụi đi qua phụ thuộc vào hiệu số $1 - \eta_2$. Điều đó có nghĩa là tốc độ vận chuyển bụi ở buồng thứ cấp η_2 tiêu biểu cho tổng lượng bụi đi qua cả hai buồng sơ cấp và thứ cấp được biểu diễn như trên hình 5.8.



Hình 5.8. Hiệu quả các bước vận hành và tốc độ vận chuyển bụi

$$p_2 = (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \quad (5.21)$$

Vì tốc độ thu gom bụi = (1 - tốc độ vận chuyển bụi), nên tổng hệ số η_i là:

$$\eta_1 = 1 - p_2 \quad (5.22)$$

$$\eta_1 = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \quad (5.23)$$

Tương tự, khi có n buồng thu gom bụi thì hệ số η là:

$$\eta_i = 1 - (1 - \eta)^n \quad (5.24)$$

5.3.3.3. Tổn thất áp suất

Khi chất khí đi qua buồng thu gom bụi, nó phải vượt được sức cản bên trong của thiết bị. Vì vậy phải tiêu hao một lượng năng lượng tương đương với sức cản đó. Năng lượng tiêu hao này chính là tổn thất áp suất.

Tổn thất áp suất của thiết bị thu gom bụi được xác định dựa trên sự chênh lệch giữa áp suất đầu vào và áp suất đầu ra, tức là hiệu của áp suất tĩnh và áp suất động.

Khi không có sự khác nhau về nhiệt độ đầu vào và đầu ra, với đường kính của ống dẫn bụi không thay đổi và tốc độ dòng chảy đồng bộ thì áp suất động lực học của nó cân bằng. Do đó, trong nhiều trường hợp, sự chênh lệch áp suất tĩnh tương đương với tổn thất áp suất. Để đo tổn thất áp suất này người ta lắp đặt một cơ cấu thất dòng bên trong ống dẫn và nối vào đó một ống áp kế thuỷ tinh hình chữ U chứa nước. Sau đó xác định chênh lệch giữa hai cột nước bên trái và bên phải ống chữ U. Tổn thất áp suất ΔP được tính theo phương trình sau:

$$\Delta P = P_{si} - P_{so} \quad (5.25)$$

trong đó: P_{si} - áp suất cột nước đầu vào;

P_{so} - áp suất cột nước đầu ra.

Nếu độ chênh lệch giữa hai cột nước là $\Delta P = 10$ mm thì tổn thất áp suất là $10 \text{ mmH}_2\text{O}$.

Để hiệu chỉnh giá trị cột nước của $1 \text{ mmH}_2\text{O}$ với đơn vị áp suất ΔP (kg/m^2), ta áp dụng công thức sau:

$$\Delta P = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{g_c} \quad (5.26)$$

trong công thức trên nếu ρ - tỷ trọng của nước = 1000 kg/m^3 ;

h - chiều cao cột nước = 10^{-3} m ;

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

g_c - hệ số thay đổi trọng trường = $9,8 \text{ kg.m/kg.s}^2$;

thì $1 \text{ mmH}_2\text{O}$ được xác định như sau:

$$1 \text{ mmH}_2\text{O} = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 10^{-3}}{9,8} = 1 \text{ kg/m}^2$$

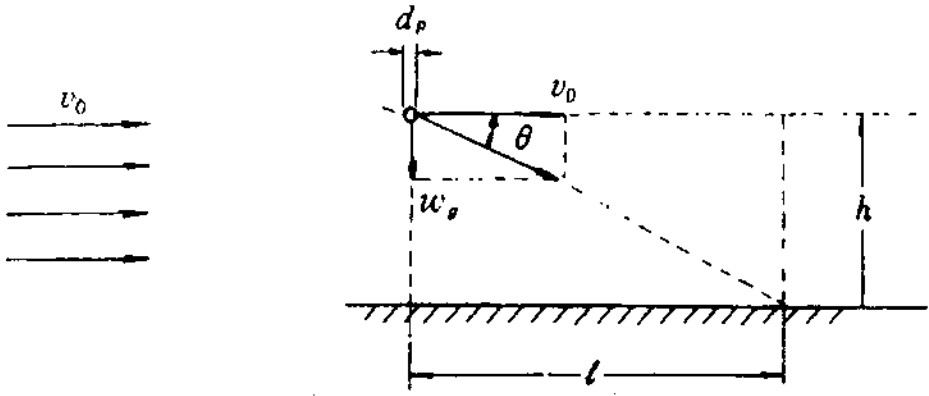
Trong trường hợp dùng các giá trị tương đương bằng mmH_2O và kg/m^2 áp suất tính toán khác nhau mà đạt được kết quả như nhau thì người ta dùng giá trị chiều cao của nước (mmH_2O) hoặc giá trị áp suất (kg/m^2). Giá trị cột nước $1 \text{ mmH}_2\text{O}$ được hiệu chỉnh theo đơn vị pascal (Pa) theo phương trình sau:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \rho \cdot g h \text{ [Pa]} = \\ &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 10^{-3} \text{ m} \\ &= 9,8 \text{ kg/ms}^2 = 9,8 \frac{\text{kg.m/s}^2}{\text{m}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 9,8 \text{ Pa}. \end{aligned}$$

5.3.4. Các thiết bị thu gom bụi trong công nghiệp

5.3.4.1. Thiết bị thu gom bụi dựa trên trọng lực

Thiết bị thu gom bụi dựa trên sự lắng tự nhiên do tác dụng của trọng lực để tách và thu gom bụi trong khí thải.



Hình 5.9. Lắng trọng lực của các hạt theo phương dòng chảy

Hình 5.9 minh họa hiện tượng lắng trọng lực của các hạt có đường kính d_p trong khí thải. Bụi được phân tán theo chiều ngang, áp lực lắng và áp lực đẩy tác động lên các phần tử. Áp lực lắng là trọng lực, còn áp lực đẩy là do lực đẩy Stokes. Trong quá trình lắng, tốc độ lắng tăng dần cho đến khi trọng lực và trở kháng bằng nhau. Các hạt được lắng xuống với tốc độ không đổi, ở điều kiện như vậy gọi là tốc độ lắng trọng lực. Tốc độ lắng trọng lực là tốc độ lắng tách mà ở đó các hạt trong khí thải được tách ra. Tốc độ lắng tách càng lớn thì hiệu suất thu gom bụi càng cao.

Tác động trọng lực vào các phần tử được biểu diễn theo phương trình sau:

Trọng lực = Khối lượng phần tử \times gia tốc trọng trường

Nếu đưa lực nổi do cảm ứng của các hạt vào tính toán thì trọng lực có thể biểu diễn theo phương trình sau:

Trọng lực = (Khối lượng hạt - khối lượng không khí có cùng thể tích hạt) \times gia tốc trọng trường.

$$F_g = \frac{\pi}{6} d_p^3 (\rho_p - \rho_g) \cdot g \quad (5.27)$$

trong đó: F_g - lực hút, kg.m/s²;

d_p - đường kính của hạt, m;

ρ_p - tỷ trọng hạt, kg/m³;

ρ_g - tỷ trọng của không khí, kg/m³;

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

Nếu đường kính các hạt trong khoảng từ 3 đến 100 μm thì lực cản sẽ là trở kháng nhớt bởi lực Stockes. Lực Stockes được biểu diễn theo phương trình sau:

$$F_s = 3\pi\mu d_p w_g \quad (5.28)$$

trong đó: F_s - lực đẩy, kg.m/s²;

μ - hệ số nhớt, kg/m.s;

w_g - tốc độ phân tách các phần tử, m/s.

Khi trọng lực và lực Stockes cân bằng với nhau (tức $F_g = F_s$), các phần tử sẽ lắng xuống. Lúc này ta có cân bằng:

$$\frac{\pi}{6} d_p^3 (\rho_p - \rho_g) g = 3\pi\mu d_p w_g \quad (5.29)$$

Do vậy tốc độ lắng tách của hạt được tính theo biểu thức sau:

$$w_g = \frac{d_p^2 (\rho_p - \rho_g) g}{18\mu} \quad (5.30)$$