

XÁC ĐỊNH THÔNG SỐ CƠ BẢN THIẾT BỊ PHÂN LY KIỂU ROTOR

PGS.TS Vũ Liêm Chính¹; KS. Nguyễn Tiến Dũng¹; KS. Vũ Văn Hậu²

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu, thuật toán và chương trình tính toán, lựa chọn thông số cơ bản các thiết bị phân ly kiểu rotor, đồng thời bước đầu đã xây dựng được mối liên hệ giữa chương trình 2D đã thiết lập với chương trình 3D có sẵn phục vụ việc thiết kế thiết bị này. Kết quả thu được từ chương trình cho sai số chấp nhận được so với thiết bị thực tế tại nhà máy xi măng Sông Thao.

Summary: The paper presents some research results, calculation program and algorithm, selection of basic specification of rotor cage separators and development of a connection between the previously developed 2D program and the existing 3D program used for the design of these equipments. The obtained results from the program showed an acceptable deviation compared with actual equipments used at the Song Thao cement plant.

Nhận ngày 17/8/2011; chỉnh sửa 14/9/2011; chấp nhận đăng 30/9/2011

1. Đặt vấn đề

Thiết bị phân ly đóng vai trò quan trọng trong nghiền mịn, có ảnh hưởng quyết định đến năng suất và chất lượng sản phẩm, do vậy có nhiều nghiên cứu đã được công bố [1,2,3,4]. Tuy nhiên, do tính đa dạng của sản phẩm cần phân ly, đặc điểm cấu tạo của tổ hợp máy, yêu cầu về năng suất, độ mịn của sản phẩm, v.v... Nên các thiết bị phân ly hoạt động theo các nguyên lý khác nhau và do đó cấu tạo cũng khác nhau. Mặc dù vậy, do đặc điểm làm việc dòng khí trong thiết bị phân ly là dòng hai pha nên việc tính toán thiết bị cơ bản là tính toán gần đúng, dựa chủ yếu vào kinh nghiệm và thử nghiệm trên cơ sở dòng một pha và tính lặp để xác định gần đúng thông số thiết bị phân ly.

Trong nhà máy xi măng ở nước ta thiết bị phân ly hoặc được lắp đặt cùng với máy nghiền tạo thành tổ hợp nghiền - phân ly. Dạng thiết bị phân ly chủ yếu là phân ly động lực kiểu rotor. Vì lý do nêu trên bài báo chỉ nêu phương pháp xác định thông số cơ bản mang tính kỹ thuật với giả thiết vận tốc quay của trục rotor là tham số.

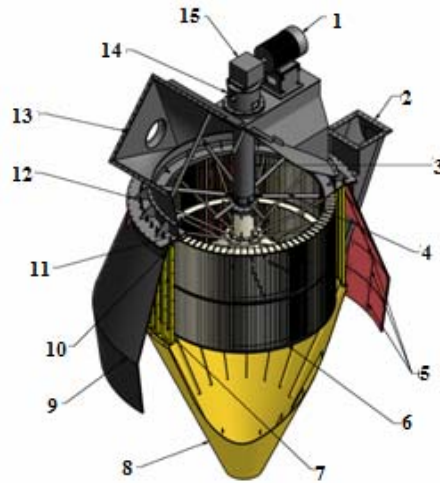
2. Nguyên lý hoạt động của thiết bị phân ly kiểu rotor (Hình 1)

Vật liệu cần nghiền được cấp qua phễu nạp liệu (2) vào máy nghiền ở phía dưới. Sản phẩm sau khi nghiền được thổi từ dưới lên qua các cánh hướng dòng của stator (7) đến vùng phân ly ly tâm, nhờ rotor (6) khi quay vật liệu được phân loại. Những hạt có kích thước đạt yêu cầu theo dòng khí qua các cánh của rotor và được thổi ra ngoài qua cửa ra (13) đến thiết bị thu gom sản phẩm, các hạt có kích thước lớn hơn bị văng ra đập vào cánh stator và rơi xuống phễu thu (8) trở lại máy nghiền để nghiền lại.

¹ Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng.

E-mail: nguyentientrung.uce@gmail.com

² Công ty cổ phần Lilama 69-3



Hình 1. Kết cấu chung bộ phân ly kiểu rotor

1. Động cơ; 2. Phễu nạp liệu; 3. Trục rotor; 4. Thanh giăng; 5. Các tấm lót; 6. Rotor; 7. Stator; 8. Phễu thu; 9. Vỏ máy; 10. Vành chặn khí; 11. Bích nối rotor; 12. Bích nối; 13. Cửa ra; 14. Gối đỡ rotor; 15. Hộp giảm tốc.

Như vậy, xét về nguyên lý thiết bị phân ly kiểu rotor thực hiện phân ly theo cả hai trường: trường trọng lực và trường ly tâm, trong đó quá trình phân ly chủ yếu ở trường ly tâm. Ưu điểm cơ bản của thiết bị phân ly dạng này là có khả năng điều chỉnh số vòng quay của rotor để đảm bảo độ mịn của sản phẩm theo yêu cầu kỹ thuật đặt ra. Chính vì lý do này mà khi tính toán nó thông số chủ yếu được xác định là thông số của thiết bị phân ly trong trường ly tâm dựa trên giả thiết được nêu trong [3,4,5,6].

3. Thông số cơ bản của thiết bị phân ly

Giống như các máy và thiết bị khác các thông số cơ bản của thiết bị phân ly gồm các thông số hình học, thông số động học và các thông số về động lực, tuy nhiên do đặc điểm làm việc, các thông số này tùy theo tính chất của dòng khí thường được tính gần đúng theo phương pháp lặp [7,8]. Bài báo này chỉ giới thiệu phương pháp kỹ thuật xác định gần đúng thông số hình học, động học cơ bản (Hình 2) của thiết bị phân ly khi coi vận tốc rotor là tham số điều chỉnh.

Lưu lượng khí V (m^3/h) phụ thuộc vào tính chất cơ lý của hạt liệu, năng suất của máy nghiền, vv... và được tính toán gần đúng ở nhiệt độ ban đầu 40°C và nhiệt độ khi làm việc 90°C theo [5] đối với máy nghiền đứng giá trị của V có thể tính toán gần đúng như sau:

Khi năng suất tiêu hao năng lượng riêng cho nghiền $q \leq 4,5$ (kW.h/t) thì giá trị khí tiêu hao cho 1kg sản phẩm $V_s = 1,6$ (m^3/kg). Khi suất tiêu hao năng lượng riêng cho nghiền $q \geq 4,5$ (kW.h/t) có thể chọn V_s theo [9]:

$$V_s = 0,15q + 0,75 \text{ (m}^3/\text{kg)} \quad (1)$$

Vận tốc góc của rotor n_R (v/ph) là thông số động học rất quan trọng của thiết bị phân ly và có tính chất quyết định đến kích thước hạt sản phẩm cũng như năng suất của thiết bị. Tuy nhiên, việc xác định giá trị n_R chính xác ngay từ ban đầu là rất khó khăn vì vậy khi tính toán ban đầu thường chọn một giá trị nào đó nằm trong miền vận tốc thường gặp (từ $40 \div 120$ v/ph đối với thiết bị phân ly có năng suất lớn) sau đó có thể tính lặp để tìm được giá trị n_R hợp lý.

Đường kính trong rotor D_R^t (m) được xác định như sau:

$$D_R^t = C \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{yc}^{90}}{\omega_R}} \text{ (mm)} \quad (2)$$

trong đó: C là hệ số vận tốc, $C = 0,97 \div 1,3$; V_{yc}^{90} là lưu lượng khí của rotor ở nhiệt độ làm việc 90°C (m^3/s); ω_R là vận tốc quay của rotor (rad/s).

Để nhận thấy rằng giá trị D_R^t ngoài việc phụ thuộc vào thông số rotor còn phụ thuộc vào hệ số kinh nghiệm C , nói khác đi phụ thuộc nhiều vào kinh nghiệm của người thiết kế cũng như các yếu tố điều chỉnh sau này qua giá trị vận tốc góc ω_R .

Chiều cao rotor H_R (m) được chọn theo đường kính trong rotor.

Cường độ lắng CL (m^2/s) là thông số đặc trưng cho thiết bị phân ly kiểu rotor (hay còn gọi là bánh chặn) và được tính như sau:

$$C_L = \frac{V_{yc}^{90}}{2\pi \cdot H_R} \text{ (m}^2/\text{s)} \quad (3)$$

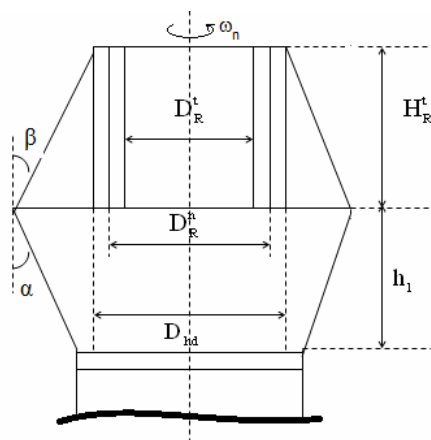
Vận tốc vòng dòng khí v_φ (m/s) được xác định theo công thức:

$$v_\varphi = \omega_R \cdot \frac{D_R^t}{2} \text{ (m/s)} \quad (4)$$

Vận tốc hướng tâm v_{ht} (m/s) được xác định theo công thức:

$$v_{ht} = \frac{V_{yc}^{90}}{\pi \cdot H_R \cdot D_R^t} \text{ (m/s)} \quad (5)$$

Để đảm bảo thành bộ phân ly làm việc hợp lý giá trị v_{ht} phải nằm trong miền: $4,5(\text{m/s}) \leq v_{ht} \leq 6,0(\text{m/s})$.



Hình 2. Các thông số hình học của thiết bị phân ly kiểu rotor

Kích thước giới hạn của hạt phân ly ứng với đường kính trong rotor d_{gh}^t (m) đối với thiết bị phân ly kiểu rotor kích thước (đường kính) giới hạn của hạt phân ly không chỉ phụ thuộc vào đặc tính kỹ thuật của thiết bị mà còn phụ thuộc rất nhiều vào đặc điểm chuyển động của dòng khí, nói khác đi phụ thuộc vào giá trị của hệ số Reynold Re . Như vậy, để xác định đúng d_{gh}^t phải xác định được giá trị của Re bằng phép tính lập theo giá trị vận tốc treo lựa chọn sơ bộ ban

đầu. Tuy nhiên, giá trị thu được về thực chất cũng chỉ là gần đúng, chính vì vậy để đơn giản hoá quá trình tính toán có thể xem dòng khí chuyển động trong vùng Stok. Việc đạt được giá trị mong muốn của d_{gh} có thể được điều chỉnh sau này qua vận tốc quay của rotor ω_R . Với giả thiết nêu trên ta có:

$$d_{gh}^t = \sqrt{\frac{18\eta C_L}{\rho_v - \rho_k^{90}} \cdot \frac{2}{\omega_R \cdot D_R^t}} \quad (m) \quad (6)$$

Đường kính ngoài rotor D_R^n (m) xác định theo công thức:

$$D_R^n = \frac{d_{gh}^t}{d_{gh}} \cdot D_R^t \quad (m) \quad (7)$$

trong đó: d_{gh} là kích thước giới hạn của sản phẩm theo yêu cầu (m); D_R^n là đường kính ngoài rotor (m).

Đường kính ngoài của vành hướng dòng D_{hd} (m) được xác định theo công thức kinh nghiệm:

$$D_{hd} = \frac{D_R^n}{0,7} \quad (m) \quad (8)$$

Số cánh rotor Z_R được xác định một cách gần đúng dựa theo tính toán số cánh quạt ly tâm. Tuy nhiên cho đến nay chưa có chỉ dẫn đầy đủ. Việc chọn số cánh phụ thuộc vào bước cánh t , giá trị t thường được chọn từ (40÷60) mm. Như vậy, số cánh của rotor được xác định như sau:

$$Z_R = \frac{\pi \cdot D_R^t}{t} \quad (\text{cánh}) \quad (9)$$

4. Chương trình tính toán thông số thiết bị phân ly kết hợp phần mềm 3D

4.1 Giới thiệu chung

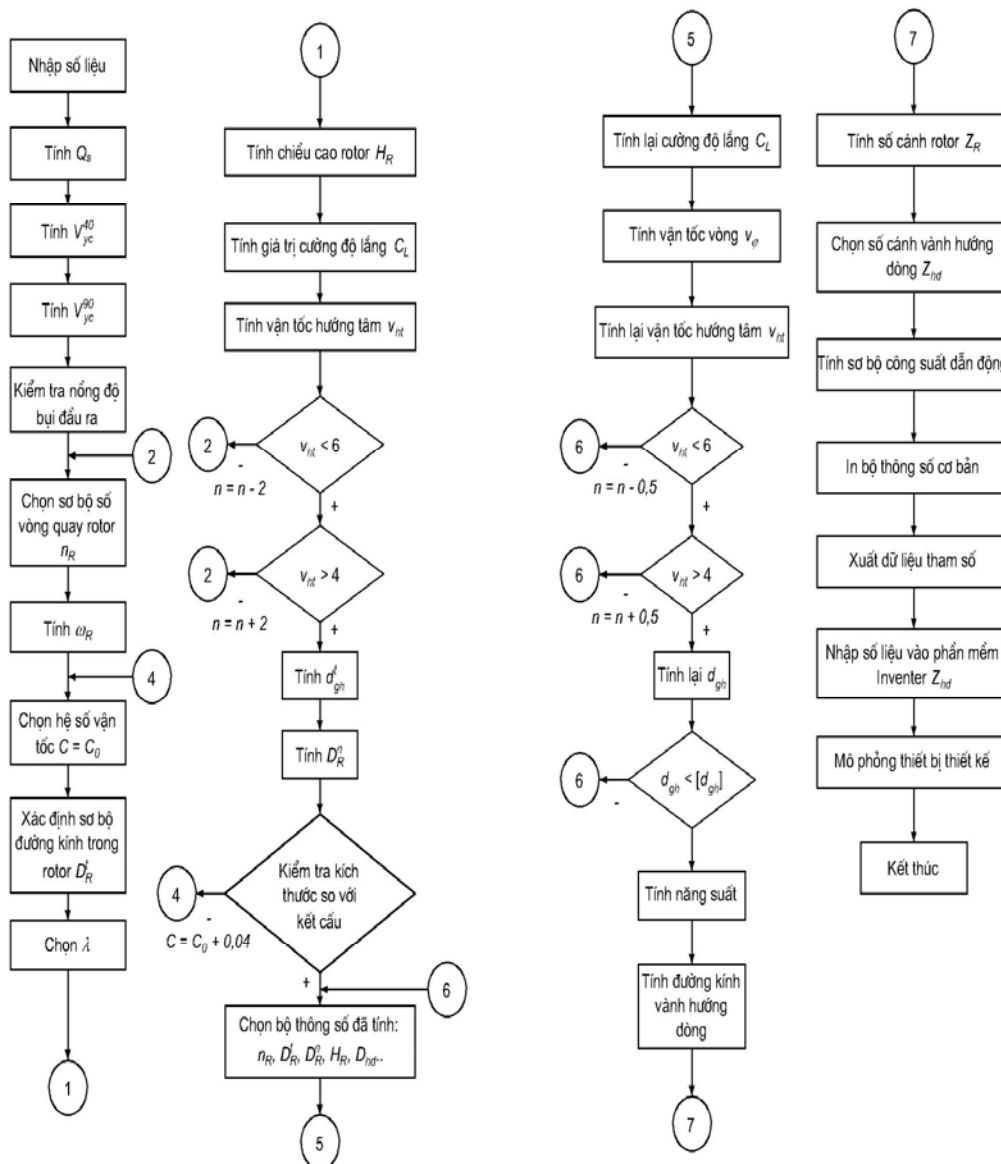
Như trên đã nêu thiết bị phân ly kiểu rotor rất đa dạng, tuy nhiên khi tính toán cần xác định được các thông số về hình học (đường kính, chiều cao rotor, stator, số cánh, kích thước cánh...), về động học (số vòng quay rotor ứng với độ mịn), về năng suất, về công suất dẫn động, vv... trong đó thông số điều khiển là số vòng quay của rotor. Về nguyên tắc việc tính toán thiết kế thiết bị phân ly dựa trên cơ sở tính quạt ly tâm và có thể thực hiện theo phương pháp tính toán bằng tay thông thường và sử dụng phương pháp lập theo số vòng quay của rotor để có được thông số hợp lý của thiết bị, tuy nhiên hao phí nhiều công sức và không tạo được sự liên hệ giữa tính toán và thiết kế theo phần mềm 3D. Để khắc phục nhược điểm này tốt nhất là tận dụng các phần mềm sẵn có như Inventer kết hợp với chương trình con được thiết lập để tính toán các thông số cơ bản cho thiết bị phân ly. Phần mềm Inventer là phần mềm thiết kế 3D chuyên dụng hiện nay đang được sử dụng rất phổ biến trên thế giới. Để xây dựng cụm phân ly có các kích thước thay đổi theo kết quả tính toán, ta sử dụng khả năng thiết kế thích nghi, thiết kế theo tham số của Inventer. Cụ thể, toàn bộ kích thước các chi tiết trong cụm được tham số hoá và các kích thước này được tham chiếu tới 1 file excel bên ngoài. Các cụm lắp xây dựng trên cơ sở đặc điểm hình học của các chi tiết, các kích thước tự do cũng tham chiếu theo dữ liệu của file excel đó. File excel chứa các số liệu tham chiếu đó được xuất ra từ phần mềm tính toán. Như vậy, với mỗi bộ số liệu tính được, sau khi người dùng update thì Inventer sẽ tự động thay đổi kích thước của các chi tiết và của cả cụm lắp theo các số liệu mới.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

Có nhiều phương pháp chọn bước thay đổi n_R , bước càng nhỏ giá trị thu được có độ chính xác càng cao. Song như đã nêu trên, về phương diện lý thuyết việc xác định chính xác thông số cơ bản của thiết bị phân ly là khó thực hiện và không tránh được thực nghiệm và quá trình hiệu chỉnh sau khi lắp đặt. Vì lý do đó bước tham số n_R trong chương trình được chọn $(0,5 \div 2)$ v/ph.

4.2 Thuật toán chương trình

Trên cơ sở công thức xác định các thông số cơ bản của thiết bị phân ly kết hợp sử dụng phương pháp tính lặp để tìm ra thông số hợp lý nhất ta có sơ đồ thuật toán của chương trình như sau (Hình 3):



Hình 3. Sơ đồ khối tính chọn thông số của thiết bị phân ly

Chương trình được xây dựng trên ngôn ngữ lập trình Visual Basic. Phần mềm có giao diện như hình 4 dưới đây:

Hình 4. Giao diện chương trình tính toán thông số thiết bị phân ly kiểu rotor

5. So sánh kết quả

Để kiểm chứng độ tin cậy của chương trình tính đã thiết lập người viết đã tính toán thiết bị phân ly cho máy nghiền liệu năng suất $Q = 200$ t/h với kích thước giới hạn $[d_{gh}] = 90$ m. Kết quả tính toán được nêu trong Bảng 1 và so sánh kết quả với thiết bị phân ly đang áp dụng tại Nhà máy Xi măng Sông Thao với cùng năng suất máy.

Bảng 1. So sánh kết quả tính toán bằng chương trình và thiết bị phân ly đã có

Thông số TBPL	D_R^t (m)	D_R^n (m)	H_R (m)	C_L (m ² /s)	V_ϕ (m/s)	V_{ht} (m/s)	d_{gh}^t (m)	d_{gh} (m)	n (v/p)
Theo chương trình	3	3,4	2,1	8,04	11,25	5,36	99,2	87,5	70
Thiết bị phân ly đang áp dụng tại nhà máy xi măng Sông Thao	3,1	3,4	2,2	7,694	-	-	-	90	-
% khác nhau	3,2	0	4,5	4,7	-	-	-	2,7	-

6. Một số nhận xét

So với thiết bị phân ly đang được ứng dụng, thông số các thiết bị phân ly được tính toán có sai số có thể chấp nhận được và chứng tỏ bước chọn n_R là hợp lý. Sai số này khó tránh khỏi vì quá trình tính toán là gần đúng và phụ thuộc vào kinh nghiệm của người tính.

Để phù hợp với yêu cầu kỹ thuật đặt ra, sau tính toán cần phải được thử nghiệm hoặc hiệu chỉnh sau lắp đặt bằng cách thay đổi số vòng quay của thiết bị để đảm bảo độ mịn và năng suất yêu cầu.

Chương trình được thiết lập đã giúp cho người thiết kế có được quá trình tính toán nhanh hơn cũng như tạo được sự liên kết giữa chương trình tính toán 2D với chương trình tính toán 3D có sẵn, tuy nhiên chỉ có thể xem đây là bước đầu do vậy việc nghiên cứu kỹ và sâu hơn, trong đó có việc xây dựng thư viện về vật liệu, về hệ truyền động, về các chi tiết và cụm chi tiết tiêu chuẩn là rất cần thiết.

Hy vọng các nội dung nêu trên có thể giải quyết ở mức độ nhất định một số vấn đề trong tính toán thiết kế thiết bị phân ly kiểu rôto trong nghiền mịn.

Tài liệu tham khảo

1. Vũ Văn Hậu (2010), *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy nghiền đứng (nghiền than, nghiền liệu, nghiền clinke) cho dây chuyền ximăng lò quay công suất 2500T clinke/ngày*, Đề tài KH&CN cấp Nhà nước thuộc dự án thiết bị xi măng.
2. Ngô Quốc Hưng, *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy nghiền bột siêu mịn hiệu suất cao ứng dụng trong công nghiệp*, Báo cáo tổng kết đề tài KH&CN, mã số KC 05-22.
3. Mathias.Stiess. *Mechanische. Verfahrenstechnik*, tom 1 & 2. Springer Verlag, 1995.
4. Katalog của các hãng: Loesche, Pfeiffer.
5. Mafned H.Pahl. *Zerkleinerung stechnik*. Verlag Tuv Rheinland.
6. М.Я Сапожников (1997), *Спраочник по оборудованию заводов строительных материалов*, Москва.
7. Vũ Liêm Chính, Đỗ Quốc Quang, Cao Văn Mô (2008), *Máy - Thiết bị và hệ thống làm nghiền mịn*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
8. Walter.H.Duda (1977), *Cement-Data-Book*, Bauverlag, GmBH-Wissbaden und Berlin.
9. PGS.TS Vũ Liêm Chính (2008), *Nghiên cứu, thiết kế thiết bị phân ly dạng bánh chặn (rotor) với sự trợ giúp của máy tính*, Đề tài khoa học & công nghệ cấp Bộ, Mã số B 2008-03-34.
10. PGS.TS Vũ Liêm Chính (2004), *Nghiên cứu các cơ sở tính toán và lựa chọn hợp lý các thông số của máy nghiền trục đứng bánh lăn*, Đề tài khoa học & công nghệ cấp Bộ, Mã số B 2004-34-53.
11. Holbank, *Grinding manual*, Holbank management and consulting Ltd, Technical center-process-Technologie, Divison.