

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ - CHẾ TẠO MÁY VO VIÊN PHÂN VI SINH HAI CẤP VÀ XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ TỐI ƯU HOÁ BẰNG PHƯƠNG PHÁP QUI HOẠCH THỰC NGHIỆM CỰC TRỊ
STUDYING, DESIGNING, MANUFACTURING BACTERIAL FERTILIZER PELLETER AND DETERMINING OPTIMUM PARAMETERS BY THE METHOD OF EXTREMALLY EXPERIMENTAL PLAN

TS. Trần Thị Thanh - Bộ môn Kỹ thuật cơ sở

TS. Nguyễn Như Nam - Bộ môn Máy Sau thu hoạch và chế biến

SUMMARY

Making pellet is the procedure of producing granular products. In manufacturing technology of bacterial fertilizer, this procedure is implemented on rotating discoid equipments to roll into balls with diameter from 3-5 mm. In one layer-cylindrical rotating discoid equipment, the making pellet have to go through three different stages so the equipment works discontinuously. With the designing two layer-cylindrical disk pelleter, the pelleting process is continuous and thus the manufacturing process is industrialized and more effective. The work is carried out by the following contents: designing, manufacturing two layer-bacterial fertilizer pelleter and determining optimum parameters by the method of extremally experimental plan in order to promote it in production with highest effectiveness.

TÓM TẮT

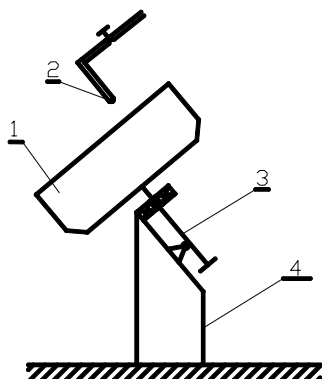
Tạo viên là công đoạn sản xuất các loại sản phẩm dạng hạt. Trong công nghệ sản xuất phân vi sinh, công đoạn này được thực hiện trên các thiết bị dạng chảo quay để tạo viên có dạng hình cầu với đường kính từ 3 ÷ 5 mm. Ở dạng chảo quay hình trụ một tầng thì công đoạn tạo viên phải trải qua ba giai đoạn khác nhau, nên thiết bị làm việc gián đoạn. Với việc thiết kế máy vo viên có chảo hình trụ hai tầng, quá trình tạo viên trong thiết bị được liên tục, nên quá trình sản xuất mang tính công nghiệp và hiệu quả hơn. Công trình tiến hành các nội dung thiết kế - chế tạo máy vo viên phân vi sinh hai cấp và xác định các thông số tối ưu cơ bản bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm cực trị để đưa máy vào phục vụ sản xuất có hiệu quả cao nhất.

1. MỞ ĐẦU

Công nghệ vo viên được ứng dụng trong các ngành công nghiệp hoá chất, thực phẩm, dược phẩm,...và sản xuất phân vi sinh dạng viên. Cơ chế của sự tạo thành viên từ các cấu tử dạng bột là tạo sự chuyển động lăn cho các hạt mà bề mặt đã được phủ chất kết dính ở dạng nước. Quá trình lăn, bề mặt các hạt sẽ dính dần các phần tử đủ nhỏ làm gia tăng kích thước. Kích thước của viên không tăng khi quá trình bám các phần tử nhỏ vào các hạt không xuất hiện, nghĩa là với khối lượng và kích thước đủ lớn, ma sát của chảo với viên không đủ sức đưa nó lên cao. Do quá trình chuyển động lăn mang tính ngẫu nhiên theo mọi phương, nên hạt có hình cầu. Như vậy sự tạo viên trải qua ba giai đoạn: cấp liệu, sinh trưởng – phát triển và tháo liệu. Ở máy vo viên một tầng, các giai đoạn này kế tiếp nhau xuất hiện và có sự chồng chéo lên nhau, nên quá trình làm việc của máy có tính gián đoạn. Việc cấp liệu, phun ẩm để tạo sự dính kết, tháo sản phẩm sẽ riêng biệt. Vì vậy, năng suất ở các máy vo viên 1 tầng thấp hơn nhiều so với máy vo viên 2 tầng, người lao động thao tác phức tạp, hiệu quả sản xuất thấp. Để khắc phục, cần thiết cải tiến quá trình làm việc của máy vo viên là liên tục và máy làm việc với các thông số tối ưu về kết cấu, động học, động lực học.

2. TỔNG QUAN VỀ MÁY VO VIÊN VÀ CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT PHÂN VI SINH DẠNG VIÊN

2.1. Cấu tạo máy vo viên



Hình 1: Cấu tạo máy vo viên 1 tầng chảo.

1. Chảo vo;
2. Vòi phun;
3. Trục chảo;
4. Khung máy.

Bộ phận làm việc chính là chảo vo có dạng hình tròn xoay dạng cầu hoặc trụ. Với dạng hình trụ, để khắc phục hiện tượng dính chảo, đáy có dạng hình côn. Với máy vo viên có năng suất và kích thước nhỏ thì toàn bộ trọng lượng chảo và hỗn hợp vo viên được đỡ trên trục. Với chảo có kích thước và năng suất lớn, chảo được đỡ trên các con lăn. Chảo hay trục chảo được truyền động qua các bộ truyền giảm tốc. Cấp liệu vào máy bằng thủ công hoặc băng tải.

Khi chảo quay, hỗn hợp tạo viên chuyển động cùng với thùng lên đến độ cao nhất định thì lăn xuống. Các phần tử vật liệu nhờ được phủ một lớp chất lỏng bề mặt, nên có khả năng liên kết với các phần tử khác mà chủ yếu là với các phần tử dạng bột khi chuyển động lăn xuống. Vì chuyển động lăn của các phần tử mang tính ngẫu nhiên theo mặt phẳng đã định nên chúng có dạng hình cầu. Việc gia tăng kích thước các phần tử cầu này chỉ kết thúc khi chúng đủ lớn, không còn phần tử bột, chấm dứt phun chất lỏng tạo kết dính và hỗn hợp vo viên vượt thành chảo ra ngoài. Vì vậy, quá trình làm việc ở chảo vo viên 1 tầng mang tính gián đoạn theo các bước như sau: cấp liệu dạng bột, phun ẩm để hình thành viên, kết thúc phun ẩm và cấp liệu thêm, thu hồi sản phẩm.

2.2. Công nghệ sản xuất phân vi sinh dạng viên

Phân vi sinh dạng viên là loại phân tổng hợp nhằm cung cấp các dưỡng chất, nguồn vi sinh giúp cho sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Nhờ phân ở dạng viên, nên cây trồng sử dụng các dưỡng chất hợp lý hơn, hạn chế sự thất thoát và ô nhiễm cho con người trong quá trình sử dụng.

Phân vi sinh là hỗn hợp các thành phần đã được ủ lên men kỵ khí như than bùn, phân rác, bùn trong các nhà máy sản xuất đường mía, chất thải chăn nuôi và một số thành phần vô cơ cần thiết cho sự sinh trưởng và phát triển của cây trồng. Các nguyên liệu sau khi ủ, và các thành phần không qua ủ được nghiền nhỏ, trộn với nhau theo một tỷ lệ nhất định được đem đi tạo viên và tiến hành làm khô bằng thiết bị sấy hay phơi trong bóng râm. Phân khô được đóng thành bao gói để lưu kho hay xuất xưởng. Sơ đồ công nghệ được trình bày như hình 2.

Nguyên liệu → Ủ (lên men) → Nghiền nhỏ → Định lượng → Trộn đều → tạo viên → Đóng bao → Lưu kho hoặc xuất xưởng.

Hình 2: Sơ đồ công nghệ sản xuất phân vi sinh dạng viên.

Ở phía Nam, có nhiều đơn vị sản xuất phân vi sinh có truyền thống như: Công ty Thiên Sinh (Thành phố Hồ Chí Minh), Công ty Viễn Khang (Đồng nai),...

3. Phương pháp và phương tiện

3.1. Phương pháp thiết kế

Xuất phát từ sơ đồ kết cấu máy vo viên với các bộ phận: chảo (thùng) vo viên, hệ thống phun sương, bộ phận truyền động, khung máy để áp dụng các lý thuyết tính toán như sau:

- Căn cứ lý thuyết tính toán chảo vo viên để xác định các thông số hình học, động học và động lực học của chảo kể cả vị trí lắp vòi phun, lưu lượng nước dịch phun.
- Căn cứ vào lý thuyết tính toán vòi phun chất lỏng để tính toán thiết kế vòi phun, đường ống và lựa chọn bơm.
- Dựa vào phương pháp tính toán thiết kế chi tiết máy và truyền động cơ khí để tính toán các trục đỡ, ổ lăn, các bộ truyền động cơ khí như khớp nối trục, truyền động bánh răng côn, truyền động xích, truyền động đai và lựa chọn động cơ.
- Khung máy được tính toán thiết kế nhằm đảm bảo chịu được khối lượng toàn máy, lực dao động phát sinh trong quá trình làm việc và đảm bảo máy làm việc ổn định không bị lật khi đứng yên hay làm việc.

3.2. Phương pháp chế tạo

- Các chi tiết tiêu chuẩn như bu lon – đai ốc, ổ bi, các bộ truyền động cơ khí, động cơ điện được chọn mua trên thị trường.

Các chi tiết máy và bộ phận còn lại được tiến hành chế tạo theo các họ công nghệ chế tạo điển hình như sau: Chi tiết họ cang; chi tiết họ moay ơ; chi tiết họ trục; chi tiết vỏ hộp.

3.3. Phương pháp thực nghiệm

3.3.1. Phương pháp đo đạc xác định các thông số nghiên cứu

Sử dụng các dụng cụ đo đạc định chuẩn để xác định các thông số hình học, động học, động lực học và công suất tiêu thụ.

3.3.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thực nghiệm được tiến hành tại các điểm xác định thông số thiết kế ban đầu làm thí nghiệm sơ bộ. Các thí nghiệm tiếp theo được thực hiện dạng phân tích phương sai mang tính chất định tính. Sau đó tiến hành thực hiện qui hoạch thực nghiệm tối ưu để xác định chế độ cùng các thông số tối ưu hoá.

3.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

Nội dung xử lý số liệu dạng xử lý thống kê để đánh giá độ tin cậy các kết quả quan trắc kể cả phân tích phương sai lẫn phân tích hồi qui. Việc xử lý số liệu hoàn toàn bằng chương trình Statgraphic Vers 7.0.

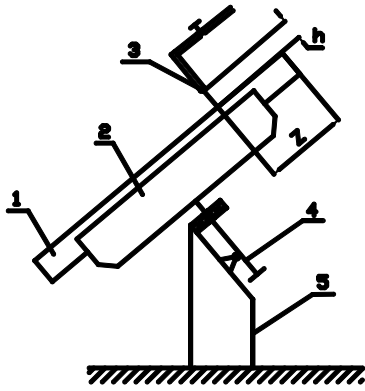
3.4. Phương pháp tính toán các thông số tối ưu

Bài toán tối ưu được lập dựa trên hai hàm hồi qui được xác định bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm là hàm mô tả mức chi phí điện năng riêng và độ đồng nhất các viên trong quá trình vo viên. Điều kiện ràng buộc là giới hạn vùng nghiên cứu. Thuật toán tìm tối ưu theo phương pháp ngẫu nhiên. Lời giải tối ưu được thực hiện trên máy vi tính.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Mô tả mô hình máy thiết kế

Máy vo viên hai tầng được thiết kế theo mô hình mô tả như hình 3. Khác với máy vo viên một tầng (hình 1), máy còn có chảo thu sản phẩm để quá trình nạp liệu, vo viên, thu hồi sản phẩm là liên tục.



Hình 3: Sơ đồ nguyên lý cấu tạo máy vo viên hai tầng.

1. Chảo thu sản phẩm;
2. Chảo vo;
3. Vòi phun;
4. Trục chảo;
5. Khung máy.

Nguyên lý hoạt động: hỗn hợp phân vi sinh trước khi vo được nghiền đạt kích thước yêu cầu và trộn đều. Hỗn hợp được cung cấp tự động liên tục vào máy bằng băng tải hay bằng thủ công. Khi chảo quay, nhờ ma sát mà hỗn hợp được nâng lên theo chiều quay chảo tới độ cao nhất định, rồi chuyển động lăn xuống phía dưới. Trong quá trình này, các phần tử được làm ẩm bằng phun nước, khi chuyển động lăn xuống dưới sẽ liên kết với nhau như lăn bột, làm cho các phần tử có dạng hình cầu và tăng dần kích thước. Khi đạt tới kích thước nhất định, quá trình chảo quay sẽ giúp cho các phần tử có đủ động năng vượt qua thành chảo để rơi ra ngoài nếu là chảo vo viên 1 tầng hoặc sang tầng khác của chảo vo viên. Nhờ thiết kế thêm tầng ngoài, nên quá trình vo viên được liên tục hơn.

4.2. Thiết kế – chế tạo máy vo viên phân vi sinh năng suất 5 tấn/h

- Tính toán các thông số hình học: Kích thước hình học của chảo được xác định từ năng suất. Với năng suất 5 tấn/h, chảo vo viên được xác định có đường kính 2 m, chiều cao thành chảo 0,4 m. Góc nghiêng chảo phải lớn hơn góc ma sát giữa vật liệu vo viên và vật liệu chế tạo chảo. Kết quả tính toán, góc nghiêng chảo nằm trong khoảng $35^{\circ} - 60^{\circ}$, chọn bằng 45° .
- Tính toán các thông số động học: Số vòng quay của chảo được xác định theo đường kính của chảo tạo viên. Với đường kính 2 m, tốc độ quay của chảo vo viên được xác định là 16 vg/ph.
- Tính toán động lực học:
 - Tính toán công suất chi phí cho quá trình vo viên bao gồm:
 - + Công suất chi phí cho khắc phục ma sát giữa vật liệu tạo viên và bề mặt chảo, ma sát giữa các hạt và khối nguyên liệu tạo viên.
 - + Công suất chi phí để nâng vật liệu tạo viên lên độ cao xác định so với điểm thấp nhất của chảo vo viên.

Kết quả tính toán công suất chi phí cho quá trình vo viên là 2.745 W.

- Thiết kế truyền động:

Truyền động cho máy vo viên được phân phối thành 3 bộ truyền động. Tính từ động cơ điện gồm bộ truyền động đai ($i_d = 3,2$), truyền động vít ($i_v = 20$), truyền động bánh răng côn truyền động tới trục chảo vo viên bằng khớp nối trục.

Từ công suất chi phí cho quá trình vo viên và chi phí mất mát ở các bộ truyền, xác định được công suất động cơ $N = 4 \text{ kW}$.

- Chế tạo: Máy được chế tạo như hình 4.



Hình 4: Máy vo viên hai tầng.

4.3. Nghiên cứu máy vo viên phân vi sinh bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm tối ưu

Bài toán hộp đen mô tả quá trình nghiên cứu với các thông số đầu ra là chất lượng viên (Y_1 %), chi phí điện năng riêng để vo viên (Y_2 kWh/t) và các thông số đầu vào vào được lựa chọn thông qua lý thuyết và thực nghiệm là số vòng quay của chảo ($x_1 - n$ vg/ph), vị trí bố trí vòi phun theo chiều trục đứng của chảo ($x_2 - z$ mm), vị trí bố trí vòi phun theo chiều vuông góc với mặt phẳng chảo vo viên ($x_3 - h$ mm). Mức và khoảng biến thiên cho thực nghiệm phương án bậc nhất được chọn theo thiết kế với các mức ở tâm và vùng lân cận thiết kế. Thực nghiệm phương án bậc II bất biến quay được tiến hành sau khi tiến hành thực nghiệm với phương án bậc nhất không phù hợp. Mức và khoảng biến thiên khi thực nghiệm phương án bậc II trình bày như bảng 1.

Số thí nghiệm được xác định theo công thức: $N = 2^3 + 2.3 + n_0 = 20$

Tiến hành thực nghiệm theo phương án thực nghiệm đã thiết kế. Sau khi xử lý kết quả bằng phân tích phương sai và phân tích hồi qui theo chương trình Statgraphic Vers 7.0, mô hình toán học mô tả quá trình nghiên cứu như sau:

- Ở dạng mã hoá:
 - Hàm mô tả chất lượng vo viên :

$$Y_1 = 98,5705 + 0,9764.x_1 + 0,6787.x_2 + 0,3798.x_3 + 0,9775.x_1.x_3 - 0,4825.x_2.x_3 - 4,0146.x_1^2 - 3,0193.x_2^2 - 2,5137.x_3^2$$
 - Hàm mô tả mức tiêu thụ điện năng riêng:

$$Y_2 = 0.6039 - 0,0190.x_1 - 0,0103.x_2 - 0,0109.x_3 - 0,0119.x_1.x_2 + 0,0134.x_1.x_3 - 0,0164.x_2.x_3 + 0,0433.x_1^2 + 0,0338.x_2^2 + 0,253.x_3^2$$

Bảng 1: *Mức và khoảng biến thiên các yếu tố.*

TT	Giá trị mã hoá	n (vg/ph)	z (mm)	H (mm)
1	Mức điểm sao trên, $\alpha = + 1,682$	19,3	1.236	134
2	Mức trên, +1	18	1.100	120
3	Mức cơ sở, 0	16	900	100
4	Mức dưới, - 1	14	700	80
5	Mức điểm sao dưới, $\alpha = - 1,682$	12,7	564	66
6	Khoảng biến thiên, Δ	2	200	20

- Ở dạng thực:
 - Hàm mô tả chất lượng vo viên :

$$Y_1 = 281,5650 + 30,9146.n + 0,1698.z + 1,0188.h - 8,4820E-4.nz + 0,0222.n.h - 1,4275E-4.z.h - 0,9985.n^2 - 7,7359E-5.z^2 - 6,1478E-3.h^2$$
 - Hàm mô tả mức tiêu thụ điện năng riêng:

$$Y_2 = 4.7373 - 0.3641.n - 7.8679E-4.z - 0,0149.h - 2,5821E-5.n.z + 3,4751E-4.n.h - 3,9624E-6.z.h + 0,0107.n^2 + 8,6061E-7.z^2 + 6,2036E-5.h^2$$
- Phân tích kết quả:
 - Từ hàm mô tả chất lượng viên mô tả dưới dạng mã hoá cho thấy sự ảnh hưởng của các yếu tố đến độ đồng đều của viên sắp theo thứ tự là: số vòng quay của chảo vo viên, vị trí tương đối giữa vòi phun theo chiều trục đứng của chảo và khoảng cách vòi phun đến bề mặt chảo. Các yếu tố này ảnh hưởng theo tỷ lệ thuận (dấu +).

- Từ hàm mô tả chi phí điện năng riêng dưới dạng mã hoá cho thấy sự ảnh hưởng của các yếu tố đến mức tiêu thụ điện năng riêng để tạo viên sấp theo thứ tự là: số vòng quay của chảo vo viên, vị trí tương đối giữa vòi phun theo chiều trục đứng của chảo và khoảng cách vòi phun đến bề mặt chảo. Các yếu tố này ảnh hưởng theo tỷ lệ nghịch (dấu -).

- Biểu diễn đồ thị từng cặp các yếu tố vào ở cả hai hàm số Y_1, Y_2 , cho thấy đó là các mặt bậc II dạng Paraboloid elliptic và Paraboloid elliptic tròn xoay.

- Bài toán tối ưu một mục tiêu được giải quyết như sau:

+ Xác định độ đồng đều lớn nhất đạt được trong quá trình vo viên: Độ đồng đều lớn nhất là nghiệm của bài toán tối ưu hoá sau:

$Y_1 \rightarrow \max$ thoả mãn điều kiện: $-1,682 \leq x_i \leq +1,682, (i = \overline{1-3})$. Kết quả giải bài toán tối ưu hoá này cho $Y_{1\max} = 98,6883 \%$ tại $x_1 = 0,1327$ hay $n = 16,3$ vg/ph, $x_2 = 0,1051$ hay $z = 921$ mm, $x_3 = 0,0913$ hay $h = 102$ mm. Tại giá trị $Y_{1\max}$ thì chi phí điện năng để vo viên là $Y_2 = 0,6005$ kWh/t.

+ Xác định mức chi phí điện năng riêng thấp nhất trong quá trình vo viên $Y_{2\min}$: là nghiệm của bài toán tối ưu hoá sau:

$Y_2 \rightarrow \min$ thoả mãn điều kiện: $-1,682 \leq x_i \leq +1,682, (i = \overline{1-3})$. Kết quả giải bài toán tối ưu hoá này cho $Y_{2\min} = 0,599$ kWh/tấn tại $x_1 = 0,2166$ hay $n = 16,4$ vg/ph, $x_2 = 0,2483$ hay $z = 950$ mm, $x_3 = 0,2386$ hay $h = 105$ mm. Tại giá trị $Y_{2\min}$ thì độ đồng đều viên trong quá trình vo $Y_1 = 98,5449 \%$.

5. KẾT LUẬN - ĐỀ NGHỊ

5.1. Kết luận:

Chế độ động học, vị trí bố trí vòi phun có ảnh hưởng thực sự đến chất lượng viên và mức tiêu thụ điện năng vo viên. Bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm cực trị đã xác định chế độ làm việc tối ưu theo các chỉ tiêu về chất lượng thể hiện bằng mức độ đồng nhất viên được vo và về kinh tế thể hiện bằng mức tiêu thụ điện năng riêng của quá trình vo viên. Các giá trị tối ưu các thông số nghiên cứu nằm gần với tâm phương án cho thấy có sự tương hợp giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm.

Quá trình khảo nghiệm và đưa máy vào ứng dụng trong sản xuất cho thấy máy vo viên hai tầng làm việc có hiệu quả và chất lượng cao hơn máy vo viên một tầng.

5.2. Đề nghị:

Tiếp tục nghiên cứu để xác định các thông số tối ưu cho máy thiết kế theo cả hai mục tiêu và trên cơ sở đó xây dựng họ các máy vo viên hai tầng theo cỡ năng suất nhằm đáp ứng nhu cầu sản xuất hiện tại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Như Nam, Trần Thị Thanh. “Máy gia công cơ học nông sản – thực phẩm”. Nhà xuất bản Giáo dục. 2.000.
2. S.S.Rao. “Optimization – Theory and applications”. New age international (P) Limited, Publishers.1995.