

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ ĐĨA KHUÔN TẠO HÌNH SẢN PHẨM TỪ MÁY ÉP ĐÙN (EXTRUDER)

LÊ ĐỨC TRUNG*

Tóm tắt

Công nghệ ép đùn được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như sản xuất nhựa, công nghiệp thực phẩm (bánh kẹo) và thức ăn chăn nuôi, đặc biệt là thức ăn nuôi cá. Ở Việt Nam hiện có khoảng trên 200 nhà máy sản xuất thức ăn nuôi cá sử dụng công nghệ ép đùn để tạo viên thức ăn nổi, với tổng sản lượng thức ăn nuôi cá trên triệu tấn/năm. Đa số các máy ép đùn được nhập ngoại từ các nước phát triển như EU, Mỹ, Đài Loan... Một số được sản xuất trong nước theo mẫu máy của nước ngoài. Đĩa khuôn của máy ép đùn là bộ phận quyết định kích thước hình dạng của sản phẩm tạo ra, khi thay đổi hình dạng và kích thước sản phẩm cần phải thay đổi đĩa khuôn tương ứng. Các đĩa khuôn thường được nhập theo máy hoặc chế tạo bằng cách copy theo đĩa khuôn gốc. Khi muốn sản xuất sản phẩm mới, các nhà máy phải đặt hàng khuôn mới từ công ty nước ngoài hoặc phải tự mày mò chế tạo thử nghiệm nhiều lần, dẫn đến tốn nhiều kinh phí, công sức và thời gian. Vì vậy, bài viết này đề xuất một phương pháp mới để tính toán thiết kế đĩa khuôn máy ép đùn khi cần phát triển sản phẩm mới. Phương pháp đã được kiểm chứng thành công tại Xưởng sản xuất thức ăn thủy sản của Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản II (RIA2) tại Cái Bè - Tiền Giang.

Abstract

Extrusion technology is applied in many manufacturing sectors including plastics, food and feed industries. In Vietnam there are over 200 aqua-feed mills using extrusion for floating aqua-feed production of total output more than million tones/year. Most extruders have been imported from developed countries such as EU, USA, Taiwan ..., although some have been locally made following the imported models. A crucial important part of the machines for sizing and forming the products is die plates each of which is only suitable for one specific product. Whenever a new product need to be developed the feed mills have to order a new die plate from the original supplier that takes long time and high costs. This article aims to inform a new method to calculate and design die plates for new products development using extruders. The method has been successfully applied for improving the floating feeds of Cai-be aqua-feed factory which belongs to the Research Institute for Aquaculture No.2 (RIA2) and is located in Tien-Giang province.

* Tiến sĩ, Trường Đại học Cửu Long

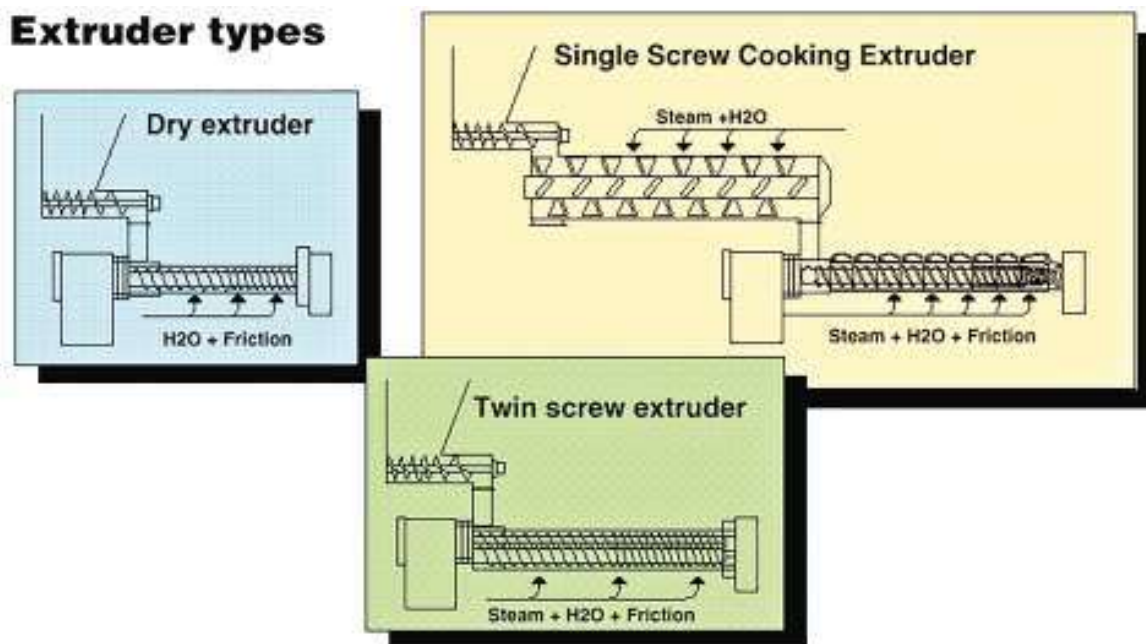
I. GIỚI THIỆU VỀ CÔNG NGHỆ ÉP ĐÙN

Ép đùn (extrusion) là quá trình tạo hình dạng sản phẩm từ vật liệu dẻo (dạng bột nhào) bằng cách ép vật liệu đi qua một số lỗ khuôn có hình dạng thích hợp.

Công nghệ ép đùn có lịch sử phát triển khoảng hơn 200 năm. Theo Mian N. R. (2000), người đầu tiên áp dụng kỹ thuật này là Joseph Bramah (người Anh), vào năm 1797 ông đã sử dụng cơ cấu piston để ép đùn trong sản xuất ống dẫn (kim loại chì). Gần 3/4 thế kỷ sau, vào những năm 1870, ép đùn bằng trục vít lần đầu được ứng dụng trong sản xuất cao su và xúc xích. Từ những năm 1930 trở đi công nghệ ép đùn bằng trục vít đã được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất thực phẩm. Các phát minh về cấu hình trục vít ép (screw), buồng ép (barrel), buồng gia nhiệt hồ hóa nguyên liệu (pre-conditioner) lần lượt ra đời. Dao cắt (cutter), đĩa khuôn (die plate), điều khiển tự

động cũng được cải tiến liên tục. Các thể hệ máy ép đùn hiện đại được thiết kế tối ưu kết hợp tự động hóa kiểm soát và điều chỉnh thông số vận hành, cho phép sản xuất với năng suất cao, chi phí năng lượng thấp, giảm thiểu phụ phế liệu, dẫn đến giảm giá thành và nâng cao chất lượng sản phẩm. Nhờ đó phương pháp ép đùn ngày nay được ưa chuộng để gia công chế biến các sản phẩm trong nhiều lĩnh vực khác nhau, đặc biệt trong công nghiệp nhựa (plastics), chế biến thực phẩm và thức ăn chăn nuôi.

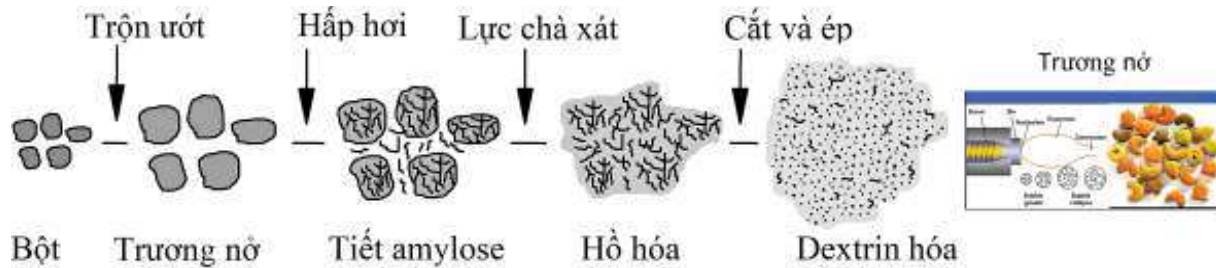
Trong công nghiệp hiện nay tồn tại nhiều loại máy ép đùn khác nhau được mô tả trên hình 1. Máy ép đùn có thể có hoặc không có bộ phận hấp chín (cooking/pre-conditioner), sử dụng trục vít đơn (single screw) hoặc trục vít đôi (tween screw). Máy trục vít đôi cấu tạo phức tạp, giá thành chế tạo cao nhưng có thể tạo lực ép lớn, hoạt động ổn định, sản phẩm đồng đều hơn trục vít đơn. Hình 2 thể hiện một số loại máy ép đùn thường được sử dụng.



Hình 1. Sơ đồ cấu tạo một số loại máy ép đùn (theo Mian, 2000)

Công nghệ ép đùn có nhiều ưu điểm so với các công nghệ tạo hình khác; Có thể thực hiện nhiều chức năng khác nhau trong cùng một cỗ máy: định lượng, phối trộn, nấu chín, tạo hình ..., vì vậy hệ thống sản xuất khá gọn nhẹ. Trong máy ép đùn hiện đại, nguyên liệu

được hấp chín bằng hơi nước kết hợp với năng lượng ma sát khi trục vít quay, kết quả là thực phẩm bị biến đổi cả về tính chất vật lý, hóa học cũng như cảm quan. Hình 2 mô tả sự biến đổi tinh bột khi qua máy ép đùn.



Hình 2. Quá trình biến đổi tinh bột khi chế biến thực phẩm bằng công nghệ ép đùn.

Sử dụng công nghệ ép đùn có thể tạo được nhiều hình dạng sản phẩm với các đặc tính khác nhau về cấu trúc, độ xốp, màu sắc,

mùi vị. Hình 3 thể hiện khả năng tạo hình đa dạng trong sản xuất bánh kẹo, mì ống, snack, thức ăn chăn nuôi... bằng công nghệ ép đùn.



Hình 3. Sản phẩm đa dạng từ công nghệ ép đùn (Mian, 2012)

Bộ phận quyết định hình dạng, kích thước của sản phẩm là đĩa khuôn. Cấu tạo đĩa khuôn của một số sản phẩm được mô tả trên hình 4. Khi thay đổi cấu hình lỗ khuôn, hình dạng sản phẩm cũng thay đổi theo. Ngoài vai

trò quyết định trong tạo hình, đĩa khuôn còn có ảnh hưởng quan trọng tới cấu trúc của sản phẩm (độ xốp) và độ ổn định máy ép khi vận hành. Vì vậy mỗi loại sản phẩm cần có nghiên cứu thiết kế một loại đĩa khuôn thích hợp.



Hình 4. Một số kiểu đĩa khuôn và hình dạng sản phẩm từ máy ép đùn (Kearns, 2012)

Kích thước và hình dạng sản phẩm phụ thuộc kích thước và hình dạng lỗ khuôn. Tùy loại nguyên liệu và độ trương nở của bột nhào (phụ thuộc nhiệt độ và áp suất buồng ép) mà kích thước lỗ khuôn thường chọn nhỏ hơn kích thước sản phẩm (khoảng 5% tới 30%).

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Xưởng sản xuất thức ăn nuôi thủy sản thuộc Trung tâm Công nghệ thức ăn và Sau thu hoạch (trực thuộc Viện nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản II) tại huyện Cái Bè - tỉnh Tiền Giang được trang bị một dây chuyền sử dụng công nghệ ép đùn để sản xuất thức ăn nuôi cá. Trong dây chuyền này, máy ép đùn (hình 5) được nhập từ Hungary, vốn là loại máy trục vít đơn được thiết kế để sản xuất một số loại thức ăn viên hình trụ với cỡ viên từ $\phi = 4$ mm tới $\phi = 10$ mm, chủ yếu cho vật nuôi như chó, mèo và các loại cá lớn. Tuy nhiên, nhu cầu thực tế tại cơ sở Cái Bè lại cần sản xuất loại thức ăn có cỡ viên bé hơn (từ 1.5 - 3 mm) phục vụ cho các trại cá giống.

Nhiệm vụ đặt ra là cần nghiên cứu cải tạo máy ép đùn hiện có để có thể sản xuất được

viên thức ăn cỡ nhỏ. Trong đó tính toán thiết kế và chế tạo đĩa khuôn mới sao cho phù hợp với cỡ viên thức ăn nhỏ là một trong những nội dung chính.

Như vậy, mục đích của nghiên cứu là xác định cấu hình và kích thước của lỗ khuôn phù hợp cho sản xuất các loại viên thức ăn mới.

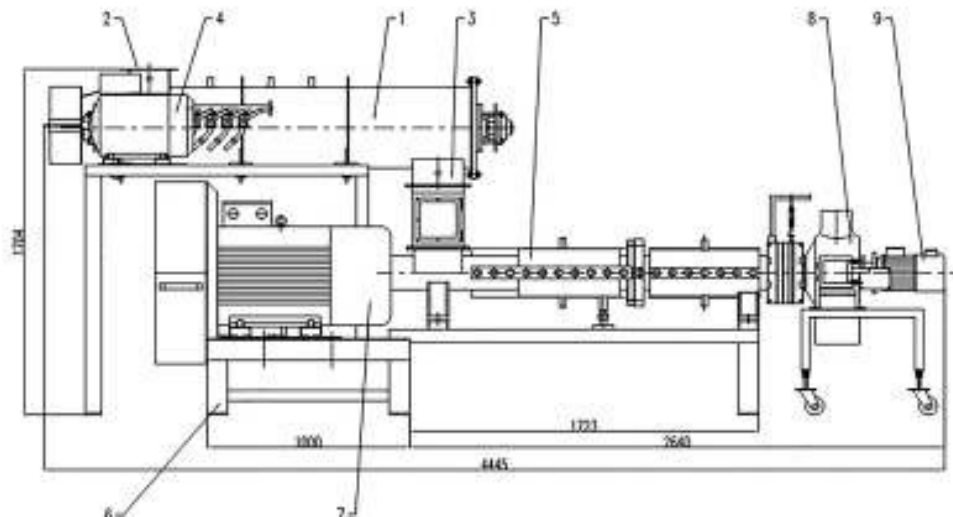
Để thực hiện được mục tiêu này, nhóm nghiên cứu đã:

- Sử dụng phương pháp đồng dạng để thiết kế khuôn ép với lỗ khuôn mới, trên cơ sở kế thừa các thông số của khuôn ép sẵn có (hình 6).

- Áp dụng lý thuyết cơ học chất lỏng về tính toán trở lực dòng chảy chất lỏng qua lỗ (Trần Văn Đắc, 2003; Phùng Văn Khương & Phạm Văn Vĩnh, 2009), từ đó xác định chiều dài lỗ và số lỗ thích hợp trên đĩa khuôn.

- Thử nghiệm khuôn trên máy ép đùn hiện có của Xưởng sản xuất thức ăn Cái Bè.

- Hoàn thiện thiết kế khuôn cho máy ép đùn để sản xuất thức ăn viên cỡ nhỏ.



Hình 5: Sơ đồ cấu tạo máy ép đùn (extruder) tại Xưởng thức ăn Cái Bè.

(1: buồng hấp; 2&3: cửa cấp liệu và tháo liệu của buồng hấp; 4: Động cơ buồng hấp; 5: Vít ép đùn; 6: Giá đỡ; 7: Động cơ chính; 8: Đầu dao cắt; 9: Động cơ quay dao cắt).



a)



b)

Hình 6. Đĩa khuôn cũ của xưởng Cái Bè: a) lỗ khuôn $\phi 8$ mm; b) lỗ $\phi 5$ mm

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ứng dụng thuật toán để xác định kích thước lỗ khuôn mới

Khi được đun chín và nhào trộn mạnh trong buồng ép, vật liệu dạng bột nhào có trạng

thái gần giống chất lỏng nhớt (fluidized). Dưới tác động của áp suất ép, chuyển động của vật liệu qua lỗ khuôn tuân theo quy luật của cơ học lưu chất. Vì vậy, lưu lượng vật liệu bột nhào qua lỗ khuôn (Q) có thể được tính theo công thức (Brett Glencross, 2011):

$$Q = K \cdot n \cdot \Delta p / \mu$$

Trong đó: K = Hệ số dẫn của lỗ khuôn, $K = \pi d^4 / (128L)$ (1)

n = số lỗ trên khuôn;

Δp = Chênh lệch áp suất trước và sau lỗ khuôn (N/mm^2);

μ = Độ nhớt biểu kiến của lưu chất (Ns/mm^2);

L = chiều dài lỗ khuôn (mm).

Theo lý thuyết dòng dạng (Nguyễn Bin, 2008), trên cùng máy ép, cùng loại vật liệu thì giá trị của Δp và μ không thay đổi với các lỗ khuôn có kích thước khác nhau. Như vậy, với hai đĩa khuôn có kích thước lỗ d_1 và d_2 khác nhau, ta có quan hệ tỷ lệ:

$$Q_2/Q_1 = n_2 K_2 / (n_1 K_1)$$

$$\text{Hay: } n_2 = n_1 K_1 Q_2 / (K_2 Q_1) \quad (2)$$

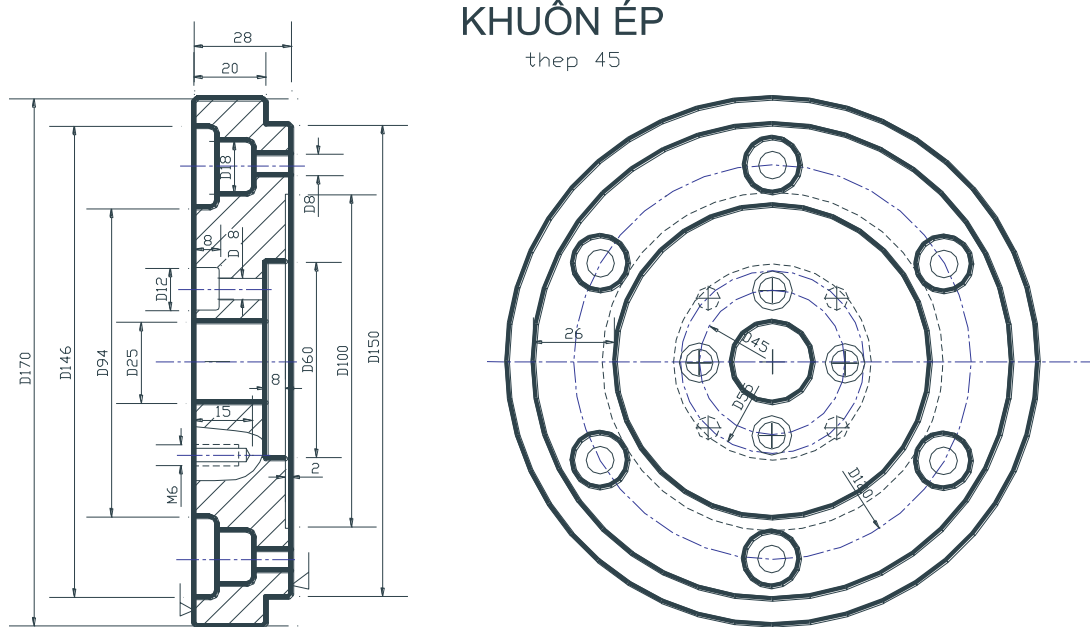
Đặc biệt, khi năng suất máy không đổi ($Q_1 = Q_2$) ta có: $n_2/n_1 = K_1/K_2$

Nói cách khác, với cùng năng suất máy ép, khi thiết kế khuôn mới cần có số lỗ tỷ lệ

ngược với hệ số dẫn của lỗ khuôn.

Từ các quan hệ (1) và (2), với chiều dài của lỗ khuôn L_2 thích hợp ta có thể tính được số lỗ khuôn n_2 của khuôn mới (có đường kính lỗ d_2) từ các thông số của đĩa khuôn cũ (hình 7).

Khi kích thước lỗ khuôn (d) càng giảm, để duy trì áp suất ép không đổi thì số lỗ (n) trên khuôn càng phải tăng lên. Tuy nhiên, do diện tích bề mặt khuôn hạn chế nên không thể bố trí quá nhiều lỗ trên khuôn. Trong trường hợp đó cần phải giảm chiều dài lỗ (L) và giảm năng suất máy (Q).



Hình 7. Cấu tạo và kích thước chi tiết của đĩa khuôn cũ (lỗ khuôn $\Phi 8$)

3.2. Kết quả tính toán và thiết kế đĩa khuôn mới

Khảo sát đĩa khuôn cũ, ta xác định được kích thước lỗ khuôn và các thông số dẫn xuất liên quan được ghi lại trong bảng 1.

Bảng 1. Các thông số của các đĩa khuôn cũ (1a và 1b)

STT	Đường kính lỗ d1 (mm)	Chiều dài lỗ L1 (mm)	Số lỗ (n1)	Hệ số dẫn (K1)	Năng suất (Q1)
Đĩa 1a	8	10	6	10,048	500
Đĩa 1b	5	4	10	3,833	320

Lấy đĩa khuôn cũ (1a) làm chuẩn đồng dạng, thiết kế khuôn mới có đường kính lỗ $d = 2$ mm với ba mức năng suất khác nhau ($Q_2 = Q_1$; $Q_2 = 0,7Q_1$; $Q_2 = 0,5Q_1$). Để xác định

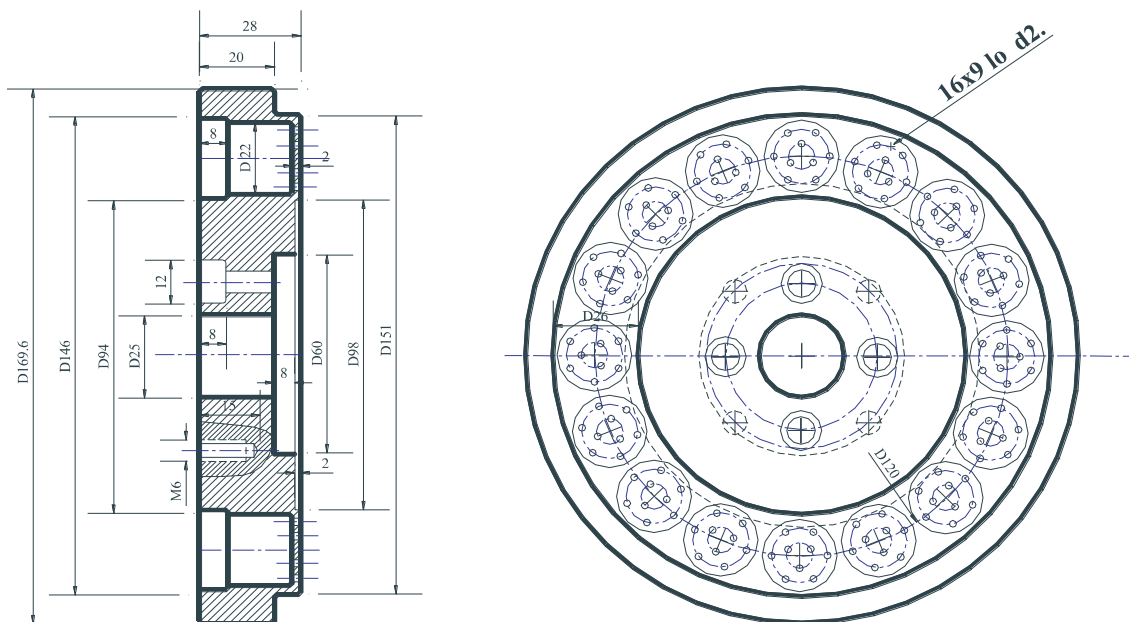
được số lỗ khuôn thích hợp cho mỗi giá trị năng suất, ta chọn 5 cỡ chiều dài lỗ L2 từ 1 mm tới 5 mm. Bảng 2 ghi lại kết quả tính K2 (theo công thức 1) và n2 (công thức 2).

Bảng 2. Kết quả tính hệ số dẫn (K2) và số lỗ (n2) khuôn mới với năng suất Q2 khác nhau

Năng suất	L2 (mm)	1	2	3	4	5
	K2	0.3925	0.1962	0.1308	0.0981	0.0785
$Q_2 = Q_1$	n2a	154	307	461	614	768
$Q_2 = 0,7Q_1$	n2b	108	215	323	430	538
$Q_2 = 0,5Q_1$	n2c	77	154	230	307	384

Kết quả tính toán cho thấy, với kích thước lỗ $\Phi 2$, tùy năng suất yêu cầu và chiều dài lỗ mà số lượng lỗ trên khuôn tính được từ 77 lỗ tới 768 lỗ, số lượng này gấp nhiều lần so với 6 lỗ trên khuôn mẫu. Do diện tích đĩa khuôn hạn chế (đường kính ngoài của đĩa khuôn là D

= 150 mm) chỉ có thể bố trí số lỗ trên đĩa tối đa là 200 lỗ. Mặt khác, nếu chọn chiều dài lỗ $L_2 = 1$ mm thì thành lỗ quá mỏng ảnh hưởng tới độ bền của khuôn. Vì vậy lựa chọn hợp lý là chiều dài lỗ 2 mm, số lỗ 154 cho năng suất máy $Q_2 = 0,5Q_1 = 250$ kg/h.

**Hình 8. Cấu tạo và kích thước chi tiết của đĩa khuôn mới (lỗ khuôn $\Phi 2$)**

Từ kết quả tính toán ở trên, đĩa khuôn mới với đường kính lỗ $\Phi 2$ đã được thiết kế chi tiết thể hiện trên hình 8. Khuôn có 144 lỗ, chiều dài lỗ 2 mm, cho năng suất thực tế trong khoảng 230 - 260 kg/h. Tương tự, có thể thiết kế đĩa khuôn cho sản phẩm kích thước khác. Các đĩa khuôn theo bản thiết kế đã được chế



Hình 9. Đo cỡ viên thức ăn

KẾT LUẬN

Trên cơ sở lý thuyết cơ học lưu chất kết hợp với nghiên cứu trực tiếp trên dây chuyền sản xuất tại Xưởng thức ăn Cái Bè - Tiền Giang, phương pháp tính toán thiết kế đĩa khuôn cho máy ép đùn đã được đề xuất và ứng dụng có hiệu quả vào thực tế sản xuất, tạo ra các loại viên thức ăn phù hợp cho nuôi cá ở các kích cỡ khác nhau. Phương pháp này cho phép cơ sở sản xuất thức ăn và cơ khí địa phương có thể tự thiết kế chế tạo các đĩa khuôn cho sản phẩm mới mà không phải nhập ngoại hoặc tốn nhiều công sức, kinh phí chế tạo thử nghiệm nhiều lần. Phương pháp này cũng có thể tham khảo áp dụng cho việc thiết kế các đĩa khuôn máy ép đùn sản xuất các loại sản phẩm trong các lĩnh vực khác như công nghiệp thực phẩm (bánh kẹo) và chế biến vật liệu dẻo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1) Nguyễn Bin (2008); Các quá trình và thiết bị trong công nghiệp hóa chất và thực phẩm, Tập 1; Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

tạo và sử dụng để sản xuất thức ăn nuôi cá giống ở Trung tâm Giống cá nước ngọt Nam Bộ và một số cơ sở nuôi cá khác ở đồng bằng Sông Cửu Long. Hình 9 và 10 thể hiện kích thước và độ nổi của viên thức ăn nuôi cá sau khi qua lỗ khuôn $\Phi 2$ của máy ép đùn.



Hình 10. Thử độ nổi của viên thức ăn

- 2) Phùng Văn Khương & Phạm Văn Vĩnh (2009); Thủy lực và Máy thủy lực, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- 3) Trần Văn Đắc (2003); Thủy lực đại cương; Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.
- 4) Brett Glencross (2011); 2nd Aqua-feed Extrusion Masters class, Sustainable Aqua-feed Project in Vietnam; Australia Center for Aquaculture Research (ACIAR).
- 5) Kearns Joe (2012); Single and Twin Extruders and Application in Aqua-feed; 2nd ASIAM SE ASIA Conference Proceeding; Wenger Mfg. Inc.; USA.
- 6) Mian N. Riaz (2000); Extruders in food applications, Texas A & M University, USA.
- 7) Mian N. Riaz (2012); Introduction to Extrusion, 2nd ASIAM SE ASIA Conference Proceeding; Texas A & M University, USA.

Ngày nhận bài: 9/1/2020

Ngày gửi phản biện: 30/1/2020