

CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN MÁY ĐÙN ÉP ỐNG BÊ TÔNG CỐT SỢI ECC

THEORETICAL BASIS TO DETERMINE BASIC PARAMETERS OF ECC FIBER REINFORCED CONCRETE EXTRUDER

ThS. Phùng Công Dũng¹, TS. Cao Thành Dũng²

¹Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

²Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Xu thế sử dụng phương pháp đùn ép để tạo hình sản phẩm cốt sợi chất lượng cao đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Bài báo đã xây dựng được mô hình cơ học và toán học tổng quát xác định mối liên hệ giữa áp lực trong các quá trình làm việc và thông số hình học của bộ phận đùn ép; phân tích ảnh hưởng của các thông số hình học trong quá trình làm việc của bộ phận đùn ép, từ đó lựa chọn các điều kiện biên để khảo sát thông số cơ bản máy đùn ép ống bê tông cốt sợi ECC chất lượng cao sử dụng trong lĩnh vực sản xuất ống cấp nước, thoát nước và các cấu kiện bê tông đúc sẵn.

Từ khóa: Đùn ép ống; Bê tông cốt sợi ECC; Máy đùn ép.

ABSTRACT

The trend of using extrusion method to shape high quality fiber reinforced products is being widely used in many fields. The article has built the general mechanical and mathematical models to determine the relationship between pressure in working processes and geometrical parameters of extrusion parts; analyzed the influence of geometrical parameters in the working process of the extrusion unit, thereby selected boundary conditions to investigate the basic parameters of the high quality ECC fiber reinforced concrete pipe extrusion machine used in the field of manufacturing the water supply and drainage pipes and prefabricated concrete structures.

Keywords: Pipe extrusion; ECC fiber reinforced concrete; Extrusion machine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ống bê tông được sản xuất theo phương pháp đúc truyền thống sử dụng hỗn hợp bê tông cốt thép có ưu điểm là đơn giản, dễ tạo hình... Tuy nhiên, nhược điểm của những phương pháp này là có thành ống dày (từ 70÷150 mm) tốn nhiều vật liệu và có trọng lượng ống lớn, khả năng chịu uốn kém, thời gian đông kết của bê tông dài dẫn đến năng suất không cao. Bê tông cốt sợi composite (ECC) sử dụng xi măng, cát mịn, tro bay, sợi composite, phụ gia để tạo ống bê tông có chiều dày nhỏ (từ 10÷30 mm) tiết kiệm vật liệu nhưng vẫn có khả năng chịu uốn tốt hơn so với ống bê tông thông thường.

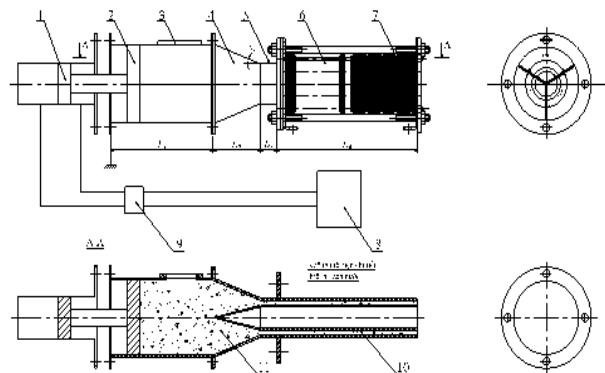
Công nghệ sản xuất ống bê tông cốt sợi thành mỏng chất lượng cao ECC khác hẳn các công nghệ sản xuất ống bê tông thông thường nên cần được nghiên cứu cụ thể. Phương pháp đúc ống bê tông này đã được nghiên cứu tại một số quốc gia trên thế giới như Mỹ, Nhật Bản, Úc,... và họ đã áp dụng vào sản xuất các loại ống thoát nước [1-6]. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu mới chỉ dừng lại ở việc sản xuất thử nghiệm và còn rất khó áp dụng vào sản xuất do các nghiên cứu chưa đi vào phân tích cụ thể mối quan hệ giữa áp lực trong các vùng làm việc với các thông số hình học của bộ phận đùn ép trong máy ép.

Tại Việt Nam, hiện nay chưa có một nghiên cứu nào về máy đùn ép ống bê tông cốt sợi thành mỏng chất lượng cao ECC. Do đó, việc nghiên cứu lý thuyết xác định các thông số cơ bản của máy đùn ép ống bê tông cốt sợi là hết sức cần thiết, góp phần cho việc thiết kế và chế tạo thử nghiệm máy trong nước.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN MÁY ĐÙN ÉP

2.1. Cấu tạo, nguyên lý làm việc máy đùn ép ống bê tông thành mỏng chất lượng cao ECC

Sơ đồ cấu tạo của máy đùn ép ống bê tông thành mỏng ECC chất lượng cao được mô tả ở (Hình 1). Kết cấu của máy bao gồm 4 vùng làm việc: Vùng nạp liệu L_1 ; vùng tạo áp L_2 ; vùng tạo hình L_3 và vùng tách nước L_4 .



Hình 1. Sơ đồ cấu tạo của máy đùn ép:

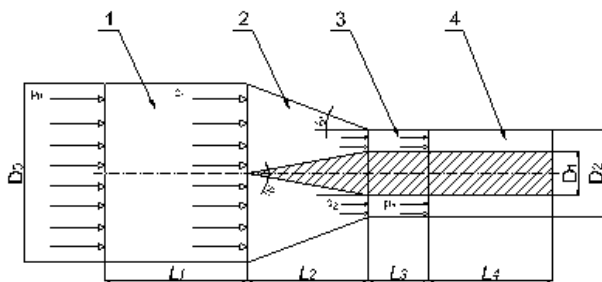
1. Piston dẫn động xy lanh đùn; 2. Piston xy lanh đùn; 3. Cửa nạp liệu; 4. Vùng tăng áp;
5. Khuôn tạo hình; 6. Vùng tách nước; 7. Thiết bị tách nước; 8. Bộ nguồn thủy lực;
9. Van điều khiển; 10. Lõi khuôn; 11. Hỗn hợp bê tông cốt sợi.

Hỗn hợp bê tông được nạp qua cửa 3 vào khoang nạp liệu 2, khi đầy hỗn hợp thì đóng khoang nạp liệu. Piston 1 được van điều khiển 9 cung cấp dầu có áp từ bộ nguồn 8 tịnh tiến về phía trước đẩy hỗn hợp bê tông 11 vào vùng tăng áp 4 và tiếp tục đi vào khuôn tạo hình 5. Bê tông sau khi tạo hình được đẩy qua vùng tách nước 6. Lượng nước dư được phun ra ngoài (các kích thước của khe phun cỡ 1÷10 μm) thông qua thiết bị tách nước 7. Sau khi ra khỏi vùng tách nước, ống bê tông được đỡ trên máng đỡ. Khi đủ chiều dài yêu cầu, sử dụng thiết bị để cắt ống bê tông thành phẩm.

2.2. Xác định các thông số cơ bản của bộ phận đùn ép

2.2.1. Các thông số chính và một số giả thiết tính toán

Các thông số cơ bản của bộ phận đùn ép (Hình 2), bao gồm: áp lực, đường kính ống, chiều dài trong vùng nạp liệu; áp lực, góc nghiêng tạo bởi mặt côn và chiều dài của vùng tăng áp; đường kính, chiều dài của vùng tạo hình... Các thông số này được chỉ ra trong Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ khuôn đùn.

Trong đó : D_0 là đường kính vùng nạp liệu, (mm); D_1 là đường kính trong của ống đùn, (mm); D_2 là đường kính ngoài của ống đùn, (mm); p_0 là áp lực vùng nạp liệu, (MPa); p_1, p_2, p_3 lần lượt là áp lực qua các vùng nạp liệu 1, vùng tăng áp 2 và vùng tạo hình 3, (MPa); L_1, L_2, L_3, L_4 lần lượt là chiều dài của vùng nạp liệu 1, vùng tăng áp 2, vùng tạo hình 3 và vùng tách nước 4, (mm); θ_1, θ_2 lần lượt là góc nghiêng tạo bởi mặt côn của khuôn ngoài và khuôn trong.

Để xác định các thông số cơ bản của máy đùn ép cần thiết lập phương trình cân bằng áp suất của hỗn hợp bê tông trong quá trình đùn ép. Do đối tượng làm việc là bê tông cốt sợi ECC được xem như hỗn hợp bê tông dẻo [7] không thể xác định chính xác một số thông số yêu cầu, nên quá trình tính toán các thông số cơ bản của bộ phận đùn ép và thiết lập phương trình cân bằng áp suất cần một số giả thiết khi

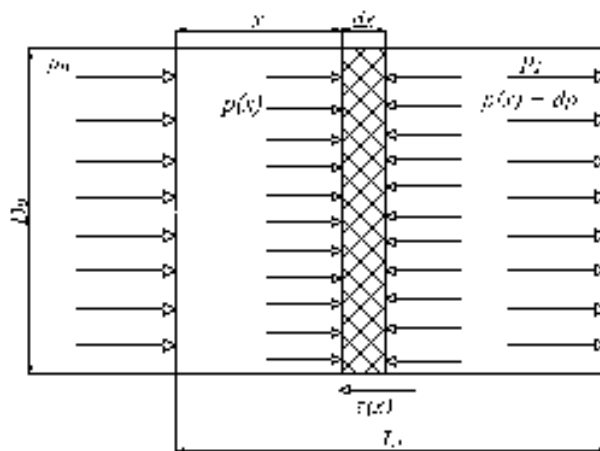
xây dựng mô hình tính toán: Áp lực của hỗn hợp bê tông được phân bố đều theo mọi hướng; Chuyển động của một điểm trong vùng đùn ép là giống nhau theo mọi hướng; Các phân lực được phân bố đều trên mặt cắt ngang.

2.2.2. Xác định áp lực trong vùng nạp liệu

Xét vùng nạp liệu L_1 : Ta lấy phân tố dx có khoảng cách đến điểm đầu của piston ép là x như Hình 3. Trên hình này, sơ đồ các thành phần lực tác dụng lên phân tố dx được chỉ ra. Phương trình cân bằng tất cả các lực nằm ngang tác dụng lên phân tố dx được xác định theo phương trình (1):

$$\frac{\pi D_0^2}{4} p(x) = \frac{\pi D_0^2}{4} [p(x) + dp] + \pi D_0 dx \tau(x) \quad (1)$$

$\tau(x)$: Lực ma sát sinh ra giữa vật liệu và khuôn đùn (MPa).



Hình 3. Sơ đồ tính lực tác dụng lên phân tố dx ở vùng L_1

Trong phương trình (1), D_0 là đường kính ống nạp liệu không đổi cho các phần chuyển tiếp tương ứng. Ứng suất tiếp sinh ra trên bề mặt ống đùn, $\tau(x)$, có thể được biểu thị dưới dạng áp lực dọc tác động lên bề mặt của máy đùn và hệ số ma sát. Theo giả thiết của

dòng chất lỏng, áp lực dọc tại một điểm bằng với áp lực ngang tại điểm đó. Do đó, $\tau(x)$ được biểu thị theo phương trình (2):

$$\tau(x) = \frac{1}{2}(p(x) + (p(x) + dp)) \cdot \mu \quad (2)$$

Với μ : hệ số ma sát giữa vật liệu và khuôn đùn.

Để đơn giản hóa quá trình tích phân và không ảnh hưởng đến quá trình tính toán, có thể bỏ qua giá trị rất nhỏ dp [8]. Như vậy, phương trình (2) được rút gọn thành phương trình (3).

$$\tau(x) = p(x) \cdot \mu \quad (3)$$

Thay phương trình (3) vào phương trình (1), ta được phương trình:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dx} &= -\frac{4\mu \cdot p(x)}{D_0} \Rightarrow \int_{p_0}^p \frac{dp}{p(x)} = -\frac{4\mu}{D_0} \int_0^x dx \\ \Rightarrow \ln p - \ln p_0 &= \frac{-4\mu}{D_0} \cdot x \end{aligned} \quad (4)$$

Giải phương trình (4), ta được áp lực tại một vị trí bất kỳ trong vùng nạp liệu là:

$$p = p_0 e^{\left\{ \frac{-4\mu}{D_0} \cdot x \right\}}$$

Trong đó: $0 \leq x \leq L_1$

Do vậy, áp lực tại đầu ra của vùng nạp

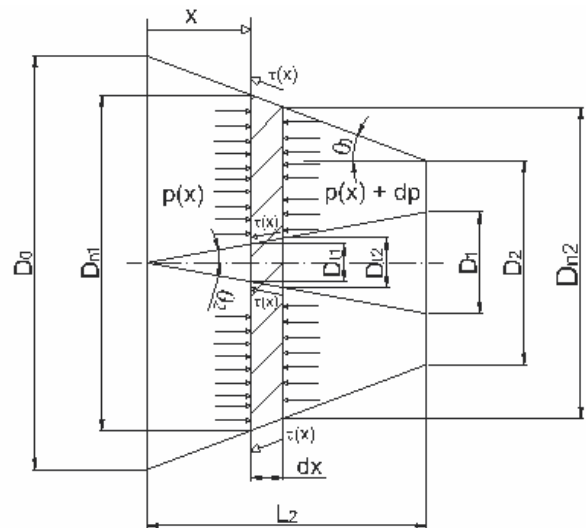
$$\text{liệu } L_1 \text{ là: } p_1 = p_0 e^{\left\{ \frac{-4\mu}{D_0} \cdot L_1 \right\}} \quad (5)$$

Giá trị p_1 ở đầu ra của vùng nạp liệu chính là giá trị đầu vào của vùng tăng áp L_2 .

2.2.3. Xác định áp lực trong vùng tăng áp

Tại vùng tăng áp L_2 , xét phân tố dx có

khoảng cách đến điểm đầu của vùng tăng áp là x . Sơ đồ các thành phần lực tác dụng lên phân tố dx được chỉ ra trong vùng tăng áp theo Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ tính lực tác dụng lên phân tố dx ở vùng L_2

- Gọi A_1, A_2 là diện tích do lực $p(x)$ và $p(x) + dp$ tác dụng:

$$A_1 = \frac{\pi}{4}(D_{n1}^2 - D_{t1}^2); A_2 = \frac{\pi}{4}(D_{n2}^2 - D_{t2}^2) \quad (6)$$

- Gọi S_1, S_2 là diện tích xung quanh của góc côn θ_1, θ_2 :

$$S_1 = \pi \cdot \left(\frac{D_{n1} + D_{n2}}{2} \right) \frac{dx}{\cos \theta_1}; S_2 = \pi \cdot \left(\frac{D_{t1} + D_{t2}}{2} \right) \frac{dx}{\cos \theta_2} \quad (7)$$

- Lực do $p(x)$ gây ra chiếu lên trục x :

$$F_1 = p(x) \cdot A_1 \quad (8)$$

- Lực do $p(x) + dp$ gây ra chiếu lên trục x :

$$F_2 = (p(x) + dp) \cdot A_2 \quad (9)$$

- Lực do ứng suất tiếp $\tau(x)$ sinh ra trên diện tích xung quanh nón cắt góc θ_1 chiếu lên trục x :

$$F_3 = \tau(x).S_1.\cos\theta_1 \quad (10)$$

Trong đó: S_1 là diện tích xung quanh hình nón cụt góc θ_1 ,

$$S_1 = \pi \cdot \left(\frac{D_{n1} + D_{n2}}{2} \right) \cdot \frac{dx}{\cos\theta_1} \quad (11)$$

- Lực do $\tau(x)$ sinh ra trên diện tích xung quanh nón cụt góc θ_2 chiếu lên trục x, ta được:

$$F_4 = \tau(x).S_2.\cos\theta_2 \quad (12)$$

Trong đó: S_2 là diện tích xung quanh hình nón cụt góc θ_2 ,

$$S_2 = \pi \cdot \left(\frac{D_{t1} + D_{t2}}{2} \right) \cdot \frac{dx}{\cos\theta_2} \quad (13)$$

- Lực do ứng suất pháp $\sigma(x) = p(x)$ sinh ra trên diện tích xung quanh nón cụt góc θ_1 chiếu lên trục x:

$$F_5 = p(x).S_1.\sin\theta_1 \quad (14)$$

- Lực do ứng suất pháp $\sigma(x) = p(x)$ sinh ra trên diện tích xung quanh nón cụt góc θ_2 chiếu lên trục x:

$$F_6 = p(x).S_2.\sin\theta_2 \quad (15)$$

$$\text{Với: } \begin{cases} D_{t1} = 2x.\tan\theta_2 \\ D_{n1} = D_0 - 2x.\tan\theta_1 \end{cases}$$

$$\text{và } \begin{cases} D_{t2} = 2(x+dx).\tan\theta_2 \\ D_{n2} = D_2 + 2.(L_2 - x - dx).\tan\theta_1 \end{cases}$$

Bên cạnh đó:

$$D_0 = D_2 + 2.L_2.\tan\theta_1 \quad (16)$$

Phương trình cân bằng tất cả các lực theo phương x tác dụng lên dx được xác định:

$$F_1 - F_2 - F_3 - F_4 + F_5 + F_6 = 0 \quad (17)$$

Suy ra:

$$p(x).A_1 - (p(x)+dp).A_2 - \mu.p(x).S_1.\cos\theta_1 - \mu.p(x).S_2.\cos\theta_2 + p(x).S_1.\sin\theta_1 + p(x).S_2.\sin\theta_2 = 0 \quad (18)$$

$$F_1 - F_2 = p(x) \cdot \left[-\pi.x^2 (\tan^2\theta_1 - \tan^2\theta_2) + 4D_{n1}.\tan\theta_1 - \pi.\tan^2\theta_1 - \frac{\pi}{2}x.dx.\tan^2\theta_2 \right] - \frac{\pi}{4}(D_{n1}^2 - D_{t1}^2).dp \quad (19)$$

$$F_3 + F_4 = \mu.p(x) \cdot \left[\frac{\pi}{2}(D_{n1} + D_{n2}) + \frac{\pi}{2}(D_{t1} + D_{t2}) \right] \quad (20)$$

$$F_5 + F_6 = p(x) \cdot \left[\frac{\pi}{2}(D_{n1} + D_{n2}).\tan\theta_1 + \frac{\pi}{2}(D_{t1} + D_{t2}).\tan\theta_2 \right] \quad (21)$$

Do vậy, phương trình tổng hợp các lực (17), ta được:

$$2p(x).\pi.dx.(D_{n1}.\tan\theta_1 + D_{t1}.\tan\theta_2) - \frac{\pi}{4}(D_{n1}^2 - D_{t1}^2).dp - \mu.p(x).dx.\pi.(D_{n1} + D_{t1}) = 0 \quad (22)$$

Suy ra:

$$\frac{dp}{p(x)} = \left[\frac{8(D_{n1}.\tan\theta_1 + D_{t1}.\tan\theta_2)}{D_{n1}^2 - D_{t1}^2} \right] dx - \left(\frac{4\mu.dx}{D_{n1} - D_{t1}} \right) \quad (23)$$

$$\text{Đặt: } I_1 = \int_0^x \frac{8.(D_{n1}.\tan\theta_1 + D_{t1}.\tan\theta_2)}{D_{n1}^2 - D_{t1}^2} dx$$

$$\text{và } I_2 = - \int_0^x \frac{4\mu.dx}{D_{n1} - D_{t1}} \quad (24)$$

Sử dụng phần mềm toán học Maple, ta thu được tích phân I_1 và I_2 là:

$$I_1 = \frac{8}{4(\tan(\theta_2))^2 + 4(\tan(\theta_1))^2} \left(4\tan(\theta_2).\arctan\left(\frac{2(\tan(\theta_2))^2 x + 2(\tan(\theta_1))^2 x - D_0.\tan(\theta_1)}{\tan(\theta_2).D_0} \right) \tan(\theta_1) + \left((\tan(\theta_2))^2 - (\tan(\theta_1))^2 \right) \ln \left(\frac{4(\tan(\theta_1))^2 x^2 + 4(\tan(\theta_2))^2 x^2 - 4D_0.\tan(\theta_1).x}{+D_0^2} \right) \right) \quad (25)$$

$$I_2 = \frac{\ln(D_0 - 2x \tan(\theta_1) - 2x \tan(\theta_2))}{2 \tan(\theta_1) + 2 \tan(\theta_2)} \quad (26)$$

Suy ra:

$$\int_0^p \frac{dp}{p(x)} = I_1 + I_2 \Rightarrow p = p_1 \cdot e^{\{I_1 + I_2\}}, \quad 0 \leq x \leq L_2 \quad (27)$$

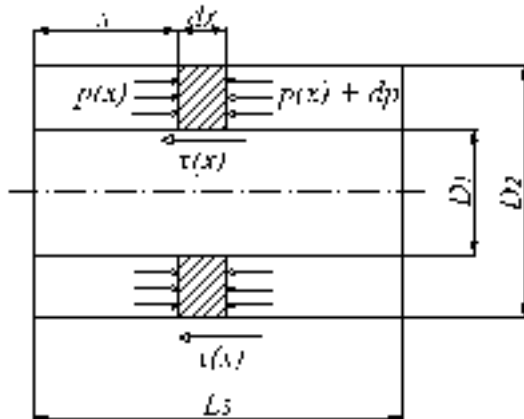
Do đó, áp lực đầu ra của vùng tăng áp:

$$p_2 = p_1 \cdot e^{\{I_1 + I_2\}} \quad (28)$$

Giá trị p_2 ở đầu ra của vùng tăng áp chính là giá trị đầu vào của vùng tạo hình L_3 .

2.2.4. Xác định áp lực trong vùng tạo hình

Tại vùng tạo hình L_3 , ta lấy một phân tố dx có khoảng cách đến điểm đầu của vùng tạo hình là x như Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ tính lực tác dụng lên phân tố dx ở vùng L_3

Trên Hình 5, sơ đồ các thành phần lực tác dụng lên phân tố dx được chỉ ra. Phương trình cân bằng tất cả các lực nằm ngang tác dụng lên phân tố dx được xác định như sau:

$$\sum F_x = 0 \quad (29)$$

Ta có:

$$\frac{(D_2^2 - D_1^2)\pi}{4} \cdot p(x) = \frac{(D_2^2 - D_1^2)\pi}{4} \cdot (p(x) + dp) + \mu \cdot p(x) \cdot \pi \cdot (D_1 + D_2) dx \quad (30)$$

Suy ra:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{-4\mu \cdot p(x)}{D_2 - D_1} \Rightarrow \ln p - \ln p_2 = \frac{-4\mu}{D_2 - D_1} \cdot x \quad (31)$$

$$\text{Ta được: } p = p_2 \cdot e^{\left\{\frac{-4\mu}{D_2 - D_1} \cdot x\right\}}$$

$$\text{Trong đó: } 0 \leq x \leq L_3 \quad (32)$$

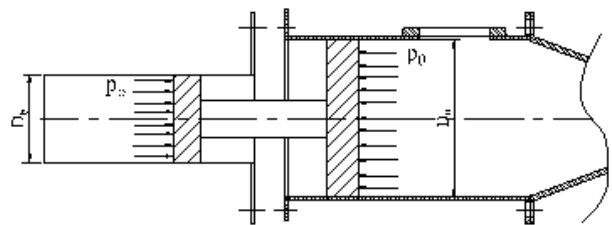
Do vậy, áp lực p_3 tại đầu ra của vùng tạo hình L_3 là:

$$p_3 = p_2 \cdot e^{\left\{\frac{-4\mu}{D_2 - D_1} \cdot L_3\right\}} \quad (33)$$

Giá trị p_3 ở đầu ra của vùng tạo hình chính là giá trị đầu vào của vùng tách nước L_4 .

2.2.5. Tính toán áp lực cần thiết trong xy lanh bơm

Giá trị áp lực p_0 được xác định thông qua áp lực trong xy lanh bơm. Để xác định mối liên hệ giữa hai áp lực này (Hình 6), sử dụng công thức cân bằng lực đối với chất lỏng thủy tĩnh theo phương trình (46).



Hình 6. Sơ đồ tính toán áp lực cần thiết trong xy lanh bơm

$$p_b \cdot \frac{\pi \cdot D_b^2}{4} = p_0 \cdot \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} \Rightarrow p_b = \frac{p_0 \cdot D_0^2}{D_b^2} \quad (34)$$

Trong đó: p_b , p_0 là áp lực của bơm đầu vào và tại vùng nạp liệu, Mpa; D_b , D_0 là đường kính của piston bơm đầu vào và vùng nạp liệu, mm.

3. XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CƠ BẢN CỦA BỘ PHẬN ĐÙN ÉP BẰNG PHẦN MỀM TÍNH TOÁN

3.1. Đặt bài toán

a. Các thông số đầu vào

Trong phần này, bài báo đề cập đến khảo sát các thông số cơ bản của bộ phận đùn ép để tạo ra sản phẩm ống công thông dụng có kích thước đường kính trong là $D_1 = 80$ mm và kích thước đường kính ngoài là $D_2 = 100$ mm. Áp lực tại đầu ra vùng tạo hình (đầu vào vùng tách nước) theo tài liệu [6] là 10 MPa. Ta chọn sơ bộ một số kích thước và thông số theo kinh nghiệm của máy đùn ép mà không ảnh hưởng nhiều tới quá trình khảo sát theo Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số ban đầu của bộ phận đùn ép đưa vào khảo sát.

STT	Tên gọi	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Đường kính trong của ống đùn	D_1	mm	80
2	Đường kính ngoài ống đùn	D_2	mm	100
3	Đường kính piston bơm	D_b	mm	140
4	Chiều dài vùng nạp liệu	L_1	mm	310
5	Chiều dài vùng tạo hình	L_3	mm	100
6	Hệ số ma sát giữa vật liệu làm ống đùn và vật liệu đùn	μ		0.1
7	Áp lực tại đầu ra vùng tạo hình	p_3	MPa	10

b. Các thông số điều khiển

Sau khi đã xác định các thông số đầu vào, các thông số còn lại cần xem xét là chiều dài vùng tăng áp L_2 , góc tạo bởi mặt côn trong

và ngoài với phương ngang θ_1 và θ_2 , áp lực trong xy lanh bơm p_b và đường kính vùng nạp liệu D_0 . Các thông số áp lực tại các vùng đùn ép là các giá trị trung gian để khảo sát các giá trị khác, do đó không cần kể ra trong quá trình khảo sát. Mặt côn trong ít ảnh hưởng đến việc khảo sát các thông số khác nên để quá trình khảo sát dễ dàng hơn thì góc nghiêng mặt côn trong được lấy bằng góc nghiêng mặt côn ngoài là θ_1 .

Trong bốn thông số cần xem xét L_2 , θ_1 , p_b và D_0 thì các thông số của vùng côn (vùng tăng áp) sẽ gây ảnh hưởng đến hai thông số còn lại. Do đó, các thông số điều khiển được xác định trong bài toán này bao gồm chiều dài vùng tăng áp L_2 và góc tạo bởi các mặt côn với phương ngang θ_1 . Theo kinh nghiệm, sơ bộ chọn giá trị của L_2 biến thiên từ 120÷200 mm và giá trị của θ_1 biến thiên từ 0,5÷1,1 rad.

c. Các thông số đầu ra

Sau khi cho các thông số L_2 và θ_1 biến thiên thì các thông số đầu ra được xem xét là áp lực trong xy lanh bơm p_b và đường kính vùng nạp liệu D_0 . Sử dụng phần mềm Matlab để khảo sát sự thay đổi của áp lực bơm p_b và đường kính vùng nạp liệu D_0 khi chiều dài vùng tăng áp L_2 và góc tạo bởi mặt côn với phương ngang θ_1 biến thiên.

3.2. Quy trình khảo sát các thông số của bộ phận đùn ép

Từ Mục 3.1 xác định các thông số đầu vào, thông số điều khiển và thông số đầu ra và các công thức ở Mục 2, ta tiến hành khảo sát lựa chọn các thông số của bộ phận đùn ép.

Trình tự các bước khảo sát các thông số của bộ phận đùn ép được xác định như sau:

Bước 1: Xác định các thông số đầu vào cần thiết D_1 , D_2 , D_b , L_1 , L_3 , μ và p_3 theo Bảng 1.

Bước 2: Xây dựng các phương trình tổng quát về mối liên hệ giữa các thông số trong từng vùng đùn ép. Từ đó, mối liên hệ giữa các thông số trong các vùng khác nhau được xác định thông qua áp lực các vùng. Trình tự tính toán các giá trị tại các vùng đùn ép bao gồm:

- Xác định áp lực p_2 ở đầu vùng tạo hình (cuối vùng tăng áp) theo áp lực p_3 yêu cầu ở cuối vùng tạo hình và các thông số đầu vào

khác theo công thức (33): $p_2 = p_3 \cdot e^{\left\{ \frac{4\mu}{D_2 - D_1} \cdot L_3 \right\}}$;

- Xác định áp lực p_1 ở đầu vùng tăng áp (cuối vùng nạp liệu) theo áp lực p_2 yêu cầu ở cuối vùng tăng áp và các thông số đầu vào khác

theo công thức (28): $p_1 = p_2 \cdot e^{-\{I_1 + I_2\}}$;

- Xác định áp lực p_0 ở đầu vùng nạp liệu theo áp lực p_1 yêu cầu ở cuối vùng nạp liệu và các thông số đầu vào khác theo công thức (5):

$$p_1 = p_0 \cdot e^{\left\{ \frac{-4\mu}{D_0} \cdot L_1 \right\}} \Rightarrow p_0 = p_1 \cdot e^{\left\{ \frac{4\mu}{D_0} \cdot L_1 \right\}};$$

- Xác định áp lực p_b ở xy lanh bơm theo áp lực p_0 yêu cầu ở đầu vùng nạp liệu và các thông số đầu vào khác theo công thức (34):

$$p_b = \frac{p_0 \cdot D_0^2}{D_b^2}.$$

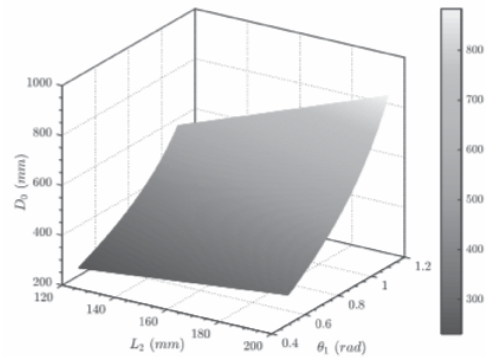
Bước 3: Khảo sát các thông số là áp lực trong xy lanh bơm p_b và đường kính vùng nạp liệu D_0 theo chiều dài vùng tăng áp L_2 và góc tạo bởi các mặt côn với phương ngang θ_1 . Sử dụng phần mềm Matlab để khảo sát với các giá trị biến thiên $L_2 = 120 \div 200$ mm và $\theta_1 = 0,5 \div 1,1$ rad.

3.3. Kết quả khảo sát

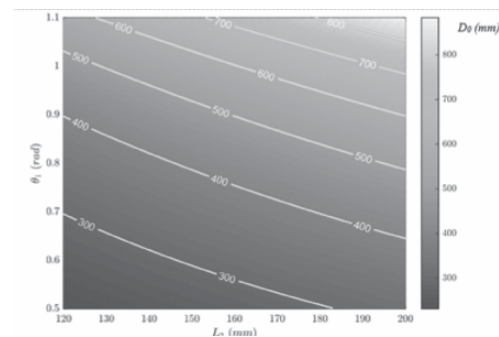
Từ các công thức xác định trong Mục 2.2 và quy trình khảo sát xác định các thông số của bộ phận đùn ép, một chương trình mô phỏng toán học được xây dựng trên phần mềm Matlab để mô phỏng các thông số p_b và D_0 theo sự biến thiên của L_2 và θ_1 . Nhập các thông số đầu vào cho ở Bảng 1 và cho các giá trị biến thiên $L_2 = 120 \div 200$ mm và $\theta_1 = 0,5 \div 1,1$ rad, ta thu được các số liệu và đồ thị cần khảo sát.

a. Khảo sát sự thay đổi của đường kính vùng nạp liệu:

Từ các số liệu thu được khi chạy chương trình mô phỏng toán học, giá trị D_0 được xác định theo đồ thị mô phỏng dạng 3D (Hình 7) hay đồ thị mô phỏng dạng 2D (Hình 8).



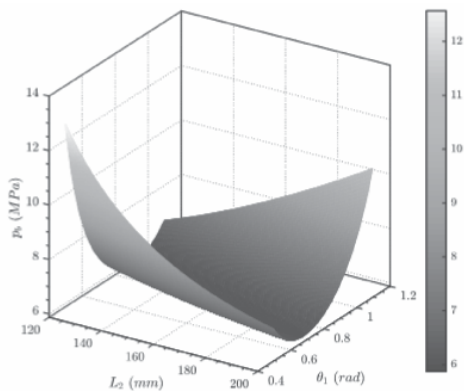
Hình 7. Đồ thị dạng 3D thể hiện giá trị D_0 theo L_2 và θ_1



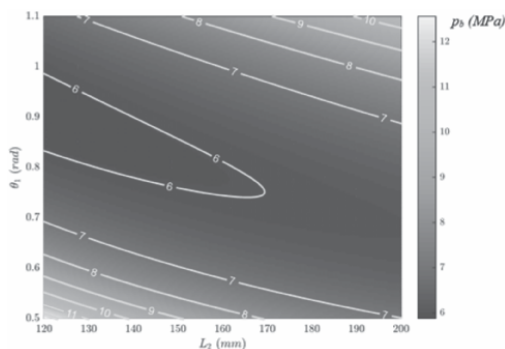
Hình 8. Đồ thị dạng 2D thể hiện giá trị D_0 theo L_2 và θ_1

b. Khảo sát sự thay đổi áp lực dầu trong xy lanh bơm

Kết quả thu được của giá trị p_b theo L_2 và θ_1 thông qua chạy chương trình mô phỏng toán học được xác định theo đồ thị mô phỏng dạng 3D (Hình 9) hay đồ thị mô phỏng dạng 2D (Hình 10).



Hình 9. Đồ thị dạng 3D thể hiện giá trị p_b theo L_2 và θ_1



Hình 10. Đồ thị dạng 2D thể hiện giá trị p_b theo L_2 và θ_1

c. Tổng hợp khảo sát chung sự thay đổi đường kính vùng nạp liệu và áp lực dầu trong xy lanh bơm

Để xác định được các thông số hợp lý của áp lực dầu trong xy lanh bơm p_b và đường kính vùng nạp liệu D_0 , các giá trị của p_b và D_0 trên hai đồ thị Hình 8 và Hình 10 phải cùng

được xem xét khi L_2 và θ_1 thay đổi. Các giá trị lựa chọn phải phù hợp với thực tế là cả p_b và D_0 đều không được quá lớn. Ta có một số nhận xét sau:

- Khi θ_1 lớn hơn 0,8 rad thì đường kính vùng nạp liệu D_0 lớn hơn 400 mm là không phù hợp thực tế để lựa chọn.

- Khi θ_1 nhỏ hơn 0,7 rad thì dầu trong xy lanh bơm p_b lớn (dẫn tới phải lựa chọn nguồn động lực lớn hơn) hoặc một số trường hợp p_b nhỏ thì đường kính vùng nạp liệu D_0 lại lớn (cồng kềnh do kích thước máy lớn), đây cũng là vùng không phải đối tượng lựa chọn của nghiên cứu.

- Khi L_2 lớn hơn 160 mm và θ_1 lớn hơn hoặc bằng 0,7 rad thì D_0 là lớn, do đó vùng này cũng không được lựa chọn.

Như vậy, việc lựa chọn giá trị phù hợp của 4 thông số L_2 , θ_1 , D_0 và p_b còn trong phạm vi hẹp (θ_1 trong khoảng $0,7 \div 0,8$ rad và $L_2 \leq 160$ mm). Dựa vào các đồ thị trên đây, lựa chọn giá trị hợp lý của áp lực dầu trong xy lanh bơm là $p_b = 6,2$ Mpa và đường kính vùng nạp liệu $D_0 = 350$ mm khi các giá trị biến thiên là $L_2 = 150$ mm và $\theta_1 = 0,7$ rad $\cong 40$ độ.

4. KẾT LUẬN

Thông qua kết quả nghiên cứu được trình bày ở trên, bài báo đã xây dựng được mô hình cơ học và toán học tổng quát xác định mối liên hệ giữa áp lực trong các quá trình làm việc và thông số hình học của bộ phận đùn ép. Bên cạnh đó, nghiên cứu đã phân tích được ảnh hưởng của các thông số hình học trong quá trình làm việc của bộ phận đùn ép. Từ đó, các thông số cần khảo sát được giảm đi còn 4 thông số là L_2 , θ_1 , p_b và D_0 . Trong 4 thông số này, lựa

chọn hai thông số thích hợp làm biến số là L_2 , θ_1 và hai thông số đầu ra là p_b và D_0 để khảo sát và phân tích. Sau đó, dựa vào khảo sát các thông số bằng phần mềm Matlab và kết hợp với phân tích đánh giá mối liên hệ giữa chúng để đưa ra bộ thông số hợp lý của bộ phận đùn ép. Các kết quả này làm cơ sở để phục vụ việc chế tạo, thử nghiệm máy đùn ép ống bê tông thành mỏng ECC tại Việt Nam. ♦

Ngày nhận bài: **03/5/2023**

Ngày phản biện: **06/5/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Arnaud Perrota, Damien Rangeard, Venkatesh Naidu Nerella, Viktor Mechtcherine (2019); *Extrusion of cement – based materials – an overview*. RILEM Technical Letters (2018) 3: pp. 91 ÷ 97.
- [2]. H. Stang, H. Fredslund-Hansen, T. Puclin and B. Harrington (2008); *Extrusion of ECC recent developments and applications*. 7th International RILEM Symposium on Fibre Reinforced Concrete: Design and Applications - Chennai, India, pp. 461- 470.
- [3]. R. Alfani and G. L. Guerrini (2005); *Rheological test methods for the characterization of extrudable cement-based materials – A review*. Materials and Structures 38 (March 2005), pp. 239 - 247.
- [4]. Arnaud Perrot, Christophe Lanos, Patrice Estellé, Y. Mélinge (2006); *Ram extrusion force for a frictional plastic material: model prediction and application to cement paste*. Rheologica Acta, Springer Verlag, pp. 457 - 467.
- [5]. Keith E. Kesner , Sarah L. Billington (2003); *“Experimental Response of Precast Infill Panel Connections and Panels Made with DFRCC”*. Article in Journal of Advanced Concrete Technology 1(3) pp. 327-333.
- [6]. Henrik Stang, Victor Li, (1999); *Extrusion Of ECC-Material*. Proc. of High Performance Fiber, pdfs.semanticscholar.org.
- [7]. Ramesh Srinivasan, Dale DeFord and Surendra P.Shah (1999); *The use of extrusion rheometry in the development of extruded fiber-reinforced cement composites*, Concrete Science and Engineering, Vol. 1: pp. 26 - 36.
- [8]. Christo Riaan Visser (2007); *Mechanical and structural characterisation of extrusion moulded SHCC*. Doctoral Thesis, University of Stellenbosch.