

CHƯƠNG 2

THIẾT BỊ ĐÙN

1. Giới thiệu

Nhiệm vụ chính của thiết bị đùn là tạo nên áp suất đủ lớn để đẩy vật liệu qua khuôn. Áp suất này phụ thuộc: cấu trúc hình học của khuôn, tính chất dòng chảy của vật liệu và tốc độ chảy.

Plastics extruder (thiết bị đùn nhựa): di chuyển, bơm nhựa.

Plasticating extruder (thiết bị đùn gia công): không chỉ vận chuyển nhựa mà còn làm nhuyễn hoặc nóng chảy vật liệu nhựa. Vật liệu dạng hạt rắn được cấp vào thiết bị và đưa nhựa đã nóng chảy đến khuôn.

Thiết bị đùn nhựa nóng chảy mà không làm chảy nhựa được gọi là melt-fed extruder.

2. Cấu trúc máy đùn

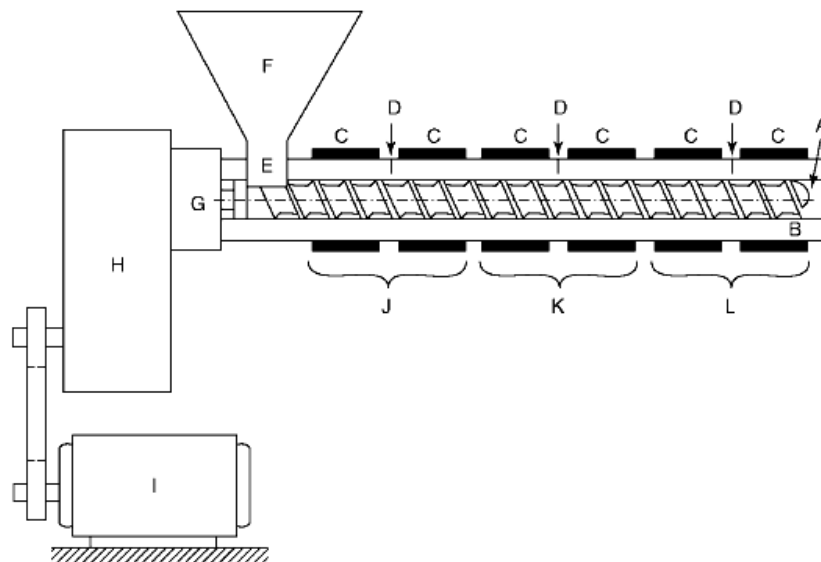


Fig. 1. Parts of an extruder: A, screw; B, barrel; C, heater; D, thermocouple; E, feed throat; F, hopper; G, thrust bearing; H, gear reducer; I, motor; J, deep-channel feed section; K, tapered channel transition section; and L, shallow channel metering section (20).

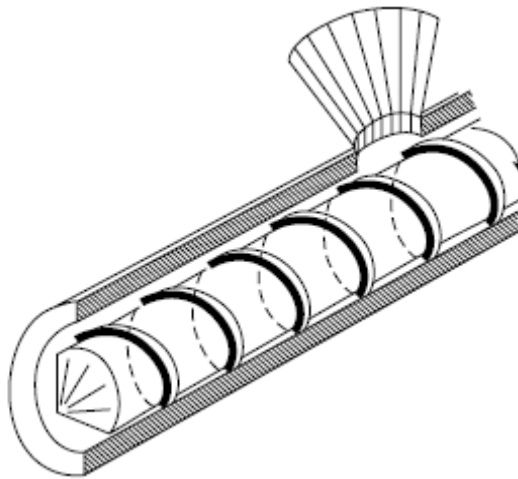
A: trục vít, B: thân máy đùn (xylanh), C: thiết bị gia nhiệt, D: đầu đo nhiệt

E: hòng cấp liệu, F: Phễu cấp liệu, G: giảm áp lực đẩy, H: giảm tốc bằng bánh răng, I: motor, J: vùng cấp liệu, K: vùng nén, L: vùng đẩy

3. Các loại thiết bị đùn

3.1. Loại đơn trục vít

Trong công nghiệp chất dẻo, có 3 loại máy đùn chính: đùn trục vít, đùn pittông, và đùn trống hay đĩa (ít sử dụng hơn).



3.2. Loại hai trục vít:

Loại 2 trục, cùng chiều: Hai trục đặt cạnh nhau, quay cùng chiều với nhau (Co-rotating twin screw extruder). Dùng ở tốc độ cao 200 – 500 vòng/phút (rpm). Các loại thiết bị mới có thể đạt tốc độ 1000 - 1600 rpm.

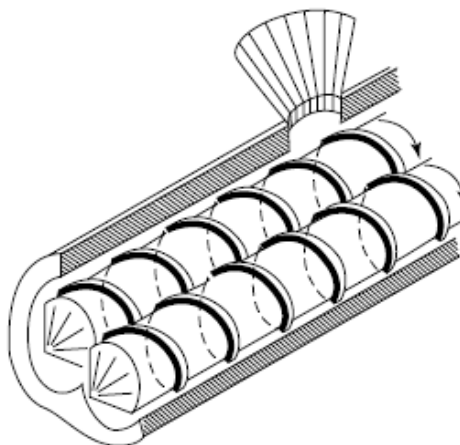


Fig. 2. A co-rotating twin screw extruder.

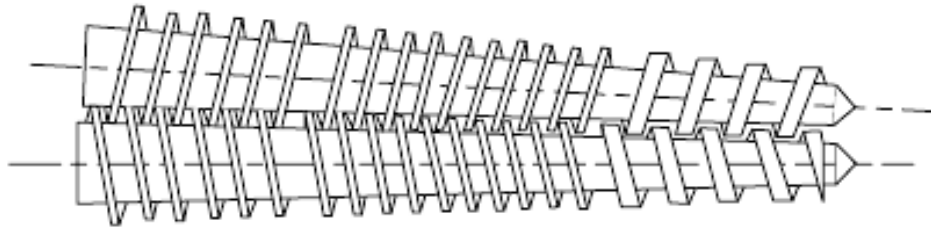


Fig. 3. Conical twin screw extruder.

Loại hai trục ngược chiều (counter-rotating twin screw extruder): tốc độ làm việc phụ thuộc vào ứng dụng. Sử dụng chủ yếu để phối trộn (compounding), chạy ở tốc độ 200-500 rpm. Loại tốc độ thấp hay sử dụng hơn, 10 – 40 rpm.

Loại ngược chiều có đặc tính vận chuyển tốt hơn so với loại cùng chiều. Một đặc tính khác để phân biệt máy đùn là mức độ ăn khớp vào nhau (screws intermeshing) của cánh trục vít.

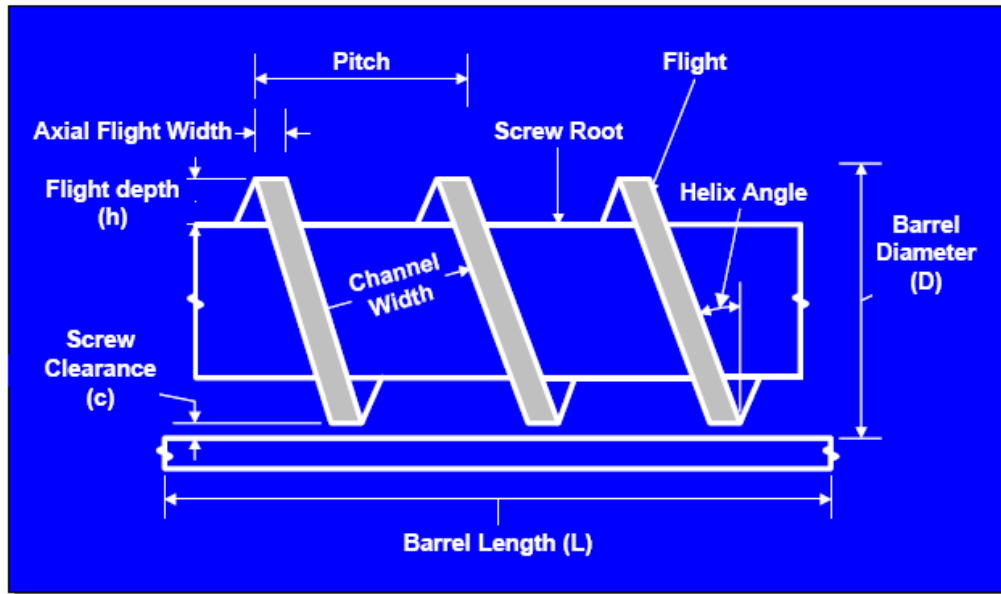
Thông thường, các trục vít xen vào nhau. Hai trục vít không xen kẽ nhau có ưu điểm là không có tiếp xúc giữa kim loại-kim loại. Tỷ số L/D đạt đến 100:1 hay cao hơn. L/D của trục vít xen kẽ nhau thường nhỏ hơn 60:1. Một nhược điểm của loại hai trục không ăn khớp nhau là khả năng trộn bị hạn chế.

Máy đùn kiểu pittông: nhờ pittông tạo một lực đẩy vật liệu đi qua khuôn (Fig.5). Loại này có vùng đẩy liệu tốt, tạo được áp suất cao. Nhược điểm là khả năng làm nóng chảy vật liệu thấp. Thiết bị có thể hoạt động liên tục, tốc độ dây chuyền rất thấp, từ 25-75 cm/h.

3.3. Các thành phần của thiết bị đùn

3.3.1. Trục vít

Hình trụ dài, có các cánh xoắn xung quanh. Các chức năng của trục vít - vận chuyển, gia nhiệt, nóng chảy và trộn vật liệu nhựa. Độ ổn định của quá trình làm việc, chất lượng sản phẩm phụ thuộc nhiều vào trục vít.



Các thông số quan trọng của trục vít

Chiều dài trục vít (L) khoảng $15D - 30D$; đường kính D ; chiều sâu rãnh vít (h); Bề dày của cánh vít (axial flight width); Bước vít (Pitch); Góc nghiêng của cánh vít (Helix angle)

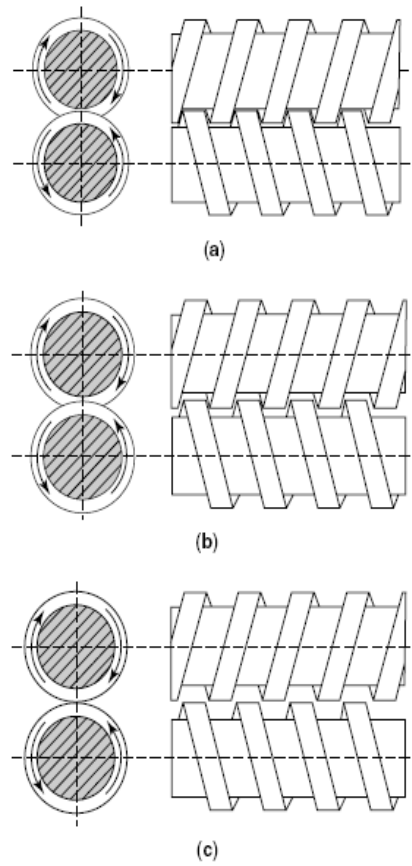


Fig. 4. Counter-rotating screws: (a) fully intermeshing; (b) partially intermeshing; and (c) nonintermeshing (tangential).

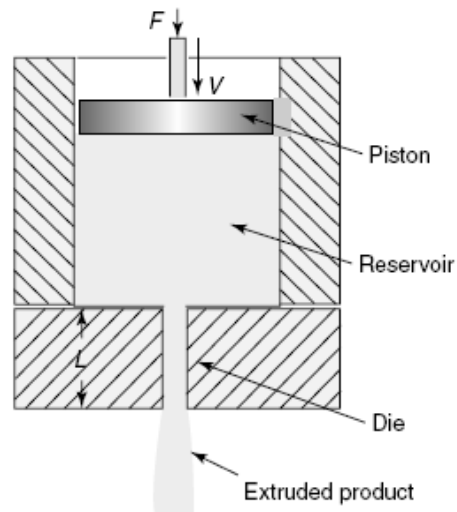


Fig. 5. Schematic of a ram extruder.

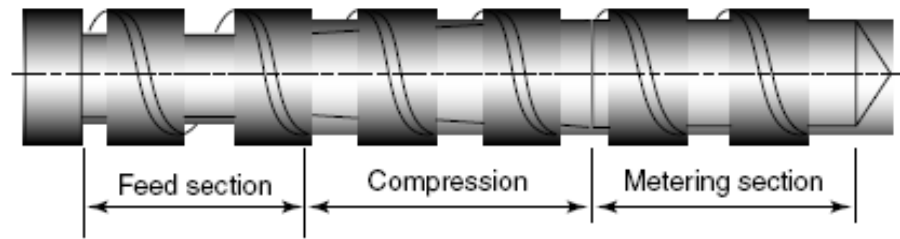


Fig. 6. A single flighted extruder screw.

3.3.2. Thân của máy đùn

Có dạng hình trụ. Bên trong được phủ vật liệu cứng, chống mài mòn. Trên thân máy, có các lỗ thông khí để thoát các chất bay hơi có trong nhựa - gọi là quá trình tách khí (devolatilization). Ví dụ như tách lượng ẩm trong nhựa hút ẩm.

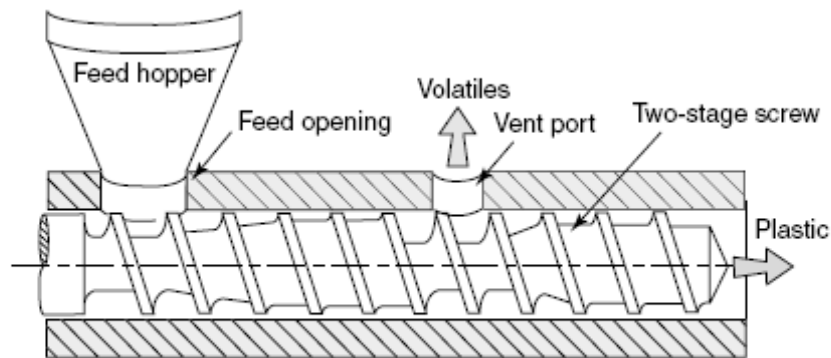


Fig. 7. A vented extruder barrel with a two-stage screw.

3.3.3. Cấp liệu

Bộ phận cấp liệu được nối vào thân máy đùn. Họng cấp liệu (feed throat) có hệ thống nước làm mát tránh hiện tượng nóng chảy vật liệu, dính vào thành thiết bị. Chiều dài của họng khoảng 1,5 lần , rộng khoảng $\frac{3}{4}$ đường kính của thân máy đùn.

Một số máy đùn không có họng cấp liệu, liệu được đưa trực tiếp vào thân máy đùn. Ưu điểm: chi phí thấp, ít chi tiết, không khó khăn để bố trí họng cấp liệu với thân máy đùn. Nhược điểm: rất khó tạo được cách nhiệt giữa vùng nhiệt độ cao thân máy với vùng nhiệt độ thấp họng cấp liệu, rất khó làm lạnh họng cấp liệu.

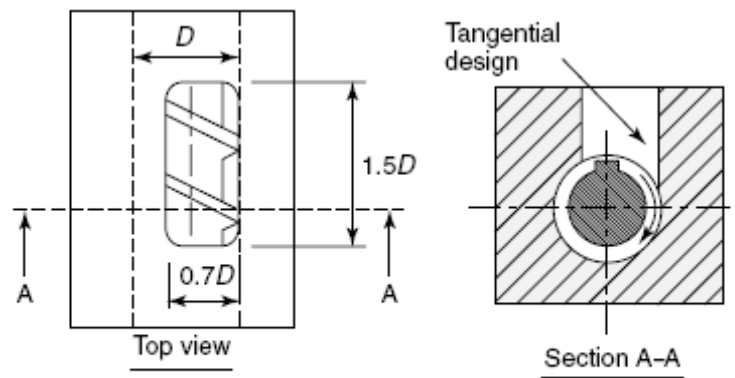


Fig. 8. Preferred geometry for feed opening in the feed throat.

Phễu nạp liệu được thiết kế sao cho đảm bảo dòng vật liệu chảy ổn định. Có các thiết bị hỗ trợ để giúp quá trình nạp liệu ổn định.

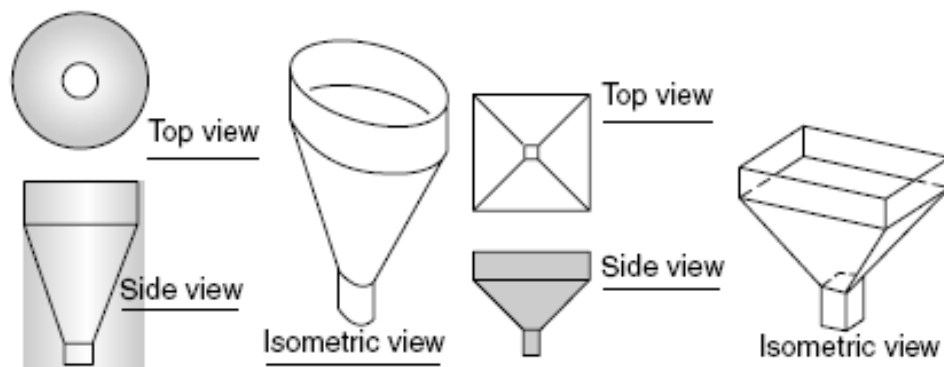


Fig. 9. Good hopper design (left) and poor hopper design (right).

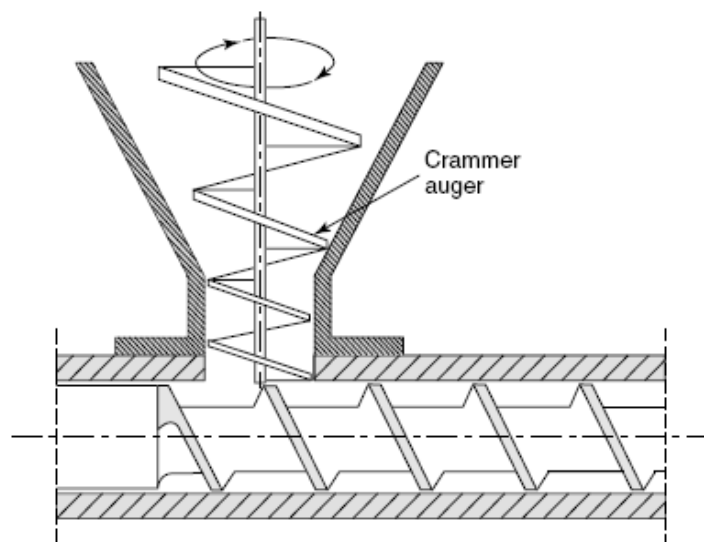


Fig. 10. Example of crammer feeder.

3.3.4. Gia nhiệt và làm lạnh

Các thiết bị gia nhiệt bằng điện được đặt dọc theo thân máy đùn. Các máy đùn thường có ít nhất 3 vùng nhiệt độ dọc theo chiều dài của thân máy đùn. Các máy đùn dài hơn, có trên 8 vùng nhiệt độ. Mỗi vùng có hệ thống gia nhiệt và làm lạnh riêng, có sensor đo nhiệt độ. Nhiệt độ thường đo bên trong thân máy. Khuôn có thể có một hay nhiều vùng nhiệt độ phụ thuộc vào độ phức tạp của nó. Khuôn thường được gia nhiệt, ít khi phải làm lạnh.

Thân máy đùn phải làm lạnh nếu nhiệt độ của nhựa tăng, tránh làm nhiệt độ của thân máy đùn tăng quá giới hạn cho phép. Điều này cũng xảy ra tương tự khi đùn nhựa có độ nhớt cao, tốc độ đùn lớn. Làm lạnh có thể bằng không khí. Quạt gió đặt ở phía dưới máy đùn, mỗi quạt làm lạnh cho mỗi vùng.

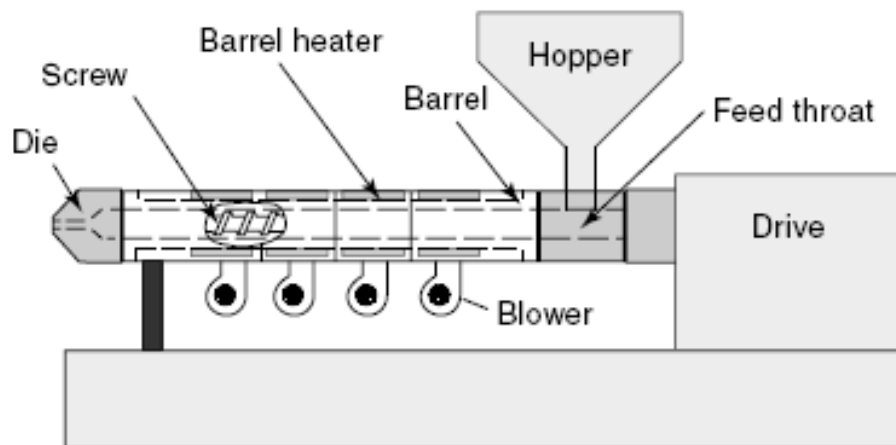


Fig. 11. Extruder with barrel heaters and blowers for cooling.

Khi cần lấy đi một lượng nhiệt lớn, có thể dùng nước. Máy đùn hoạt động tốt nhất khi trực vít cấp đủ năng lượng cho quá trình, gia nhiệt hoặc làm lạnh cũng sẽ ít đi. Do vậy, với máy đùn trực vít đơn, làm lạnh bằng không khí là đủ. Nước làm lạnh quá nhanh sẽ gây khó khăn cho việc khống chế đúng nhiệt độ.

3.3.5. Đùn nóng và làm lạnh trực vít

Trực vít được đun nóng hay làm lạnh phía bên trong trực vít, chất lỏng trao đổi nhiệt tuần hoàn bên trong.

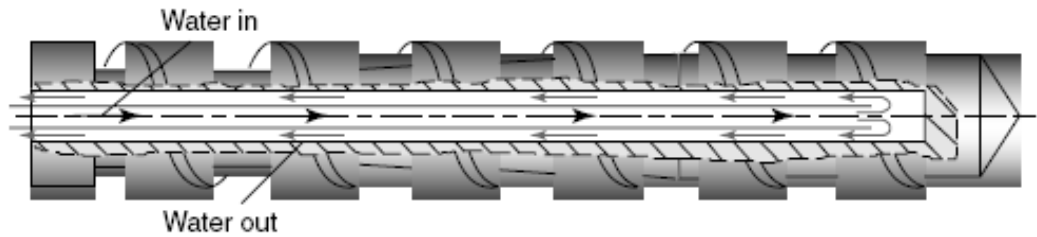


Fig. 12. Circulating a heat transfer fluid through the screw.

3.3.6. Tấm chắn (breaker plate)

Được đặt ở cuối thân máy đùn, là một tấm kim loại dày, dạng đĩa, có lỗ.

Mục đích chính: đỡ các lưới lọc, ngăn cản chuyển động xoáy của nhựa nóng chảy khi ra khỏi trục vít. Tấm chắn hướng nhựa chảy theo một đường thẳng vào khuôn. Có thể kết hợp bộ phận khuấy đảo vào tấm chắn này. Tấm chắn khuấy đảo này có nhiều rãnh nhỏ dần, sẽ chia nhỏ dòng chảy, kéo dài dòng chảy. Thiết bị này sẽ cải thiện khuấy đảo phân bố và phân tán.

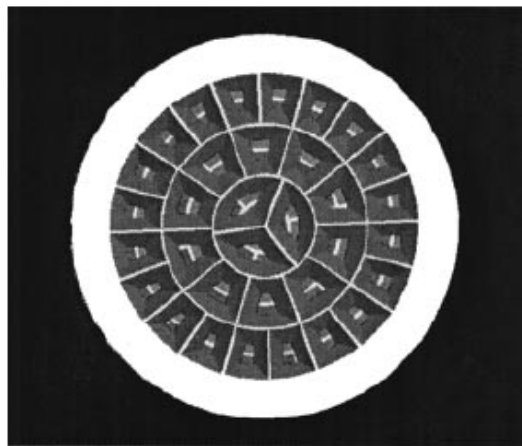


Fig. 13. Example of a mixing breaker plate.

Lưới lọc nhiệm vụ: giữ lại các tạp chất. Thông thường, nhiều tấm lọc được kết lại với nhau, bắt đầu là tấm lưới thô, tiếp đến là các tấm lưới có kích thước nhỏ dần, rồi một tấm lưới thô, áp sát vào tấm chắn. Tấm lưới thô sau cùng chỉ làm nhiệm vụ đỡ tấm lưới tinh. Sắp xếp các lưới lọc tạo nên hộp lọc (screen pack)

3.3.7. Hộp lọc (screen pack)

Ngoài chức năng lọc các tạp chất, hộp lọc còn làm tăng khuấy trộn trong máy đùn. Hộp lọc thường gồm: lưới lọc 20 mesh, tiếp đến là 40, 60, 80, lưới 20 mesh được áp sát vào tấm chắn. (mesh: số dây kim loại đan lưới trên 1 inch - 25mm, mesh càng cao, lỗ lưới càng nhỏ).

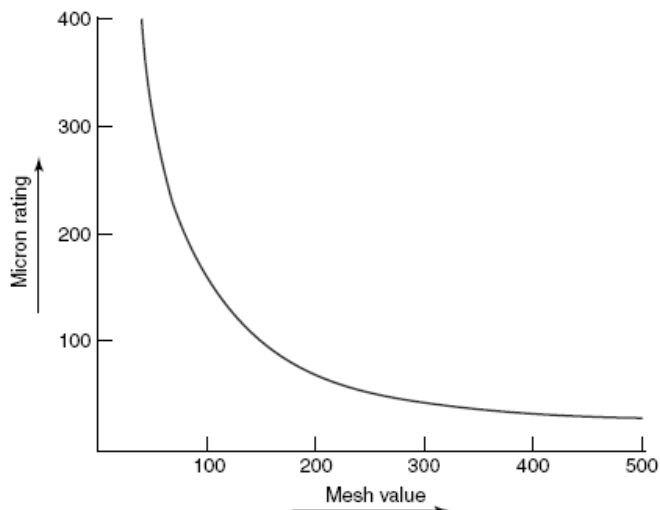


Fig. 14. The micron rating vs the mesh value for wire mesh screens.

Micron rate: kích thước hạt có thể đi qua lưới lọc.

So sánh các vật liệu làm lưới lọc

	Wire mesh square weave	Wire mesh Dutch twill	Sintered metal powder	Random metal fibers
Gel capture	Poor	Fair	Good	Very good
Contaminant capacity	Fair	Good	Fair	Very good
Permeability	Very good	Poor	Fair	Good
Price	Low	Fair	High	High

3.3.8. Đầu tạo hình (The Extrusion Die)

Đầu tạo hình đặt ở đầu ra của máy đùn. Tạo ra sản phẩm với hình dạng mong muốn. Đầu tạo hình dạng vành khuyên (annular die) dùng tạo ống, bọc dây điện. Đầu tạo hình có khe (slit die) dùng tạo màng mỏng, tấm. Đầu đùn circular die dùng để tạo sản phẩm dạng sợi, que. Đầu tạo hình profile để tạo các sản phẩm có các hình dạng khác. Đầu tạo hình được định danh theo loại sản phẩm nên ta có thể gọi: đầu tạo hình tấm, màng mỏng . . .

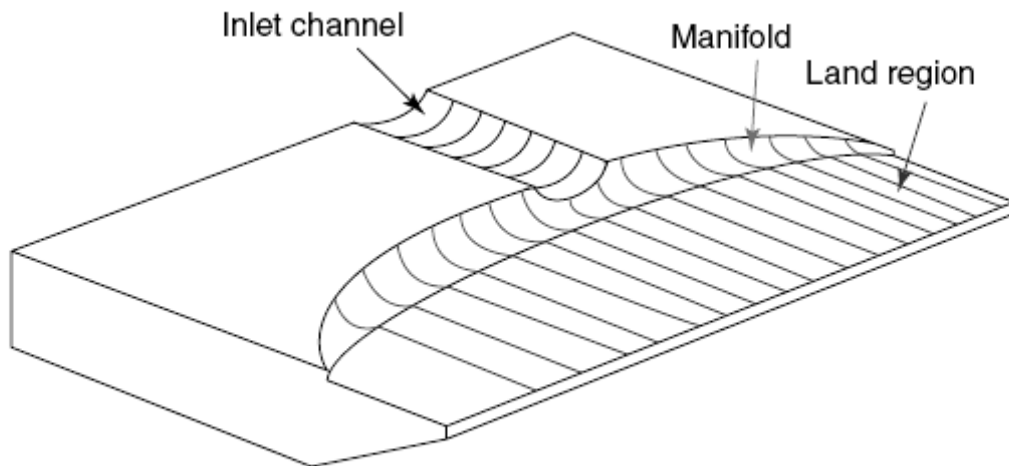


Fig. 16. The three main elements of an extrusion die.

Kênh dẫn vào của đầu tạo hình được thiết kế phù hợp với đầu ra của máy đùn. Có 3 thành phần chính của máy đùn: kênh dẫn vào (inlet channel), mặt đa diện (manifold) và vùng phẳng (land region). Kênh dẫn vào được thiết kế sao cho vận tốc dòng cắt ngang của nhựa nóng chảy là không đổi trong suốt quá trình di chuyển.

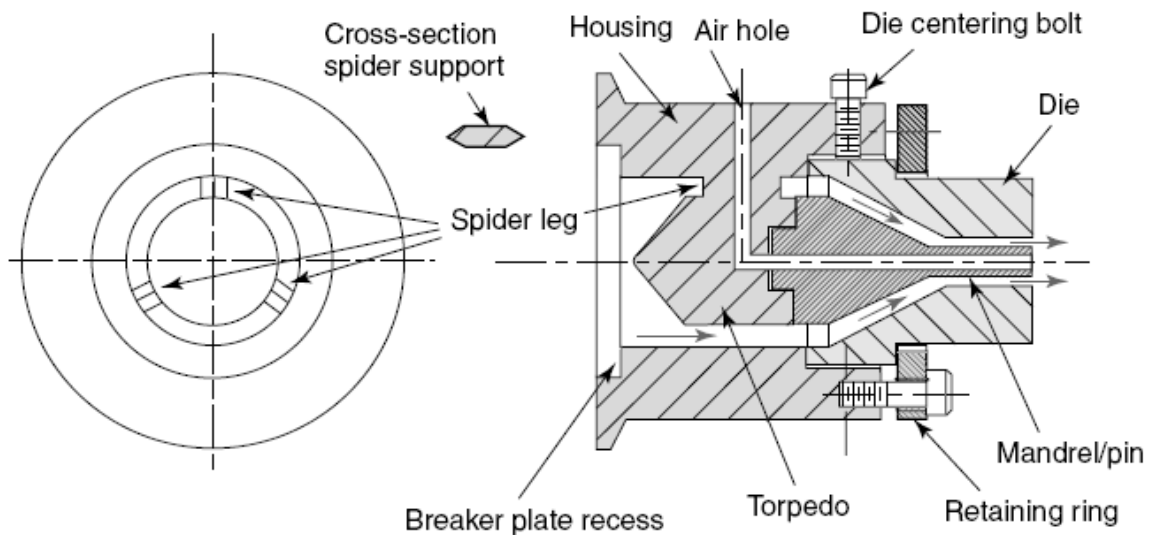


Fig. 17. Example of in-line tubing or pipe die.

Trên hình Fig.17, khi nhựa vào đầu tạo hình, chảy quanh torpedo. Qua các đầu vòng kiềng (spider legs), nhựa chảy thành dòng đều đặn. Chảy về đỉnh chóp, sản phẩm dạng ống được tạo ra.

Vì có rất nhiều biến ảnh hưởng đến kích thước và hình dạng của nhựa đùn nên rất khó dự đoán chính xác kích thước và hình dạng của nhựa khi ra khỏi đầu tạo hình. Chính vì điều này, sẽ rất khó khăn khi tính toán kênh dòng nhựa chảy trong đầu tạo hình để có được sản phẩm mong muốn. Thường thiết kế đầu tạo hình chủ yếu dựa vào kinh nghiệm!!

Trên Fig.18, là một dạng điển hình của đầu tạo hình của máy đùn đồng thời (coextrusion die) hay sử dụng trong công nghiệp. Đầu tạo hình này có thể tạo ra sản phẩm có nhiều lớp trong một công đoạn. Có hai hệ chính: hệ cấp (feed block system) và hệ nhiều lỗ (multimanifold system). Trong hệ cấp, các dòng nhựa khác nhau được kết hợp và đi vào đầu tạo hình của máy đùn đơn.

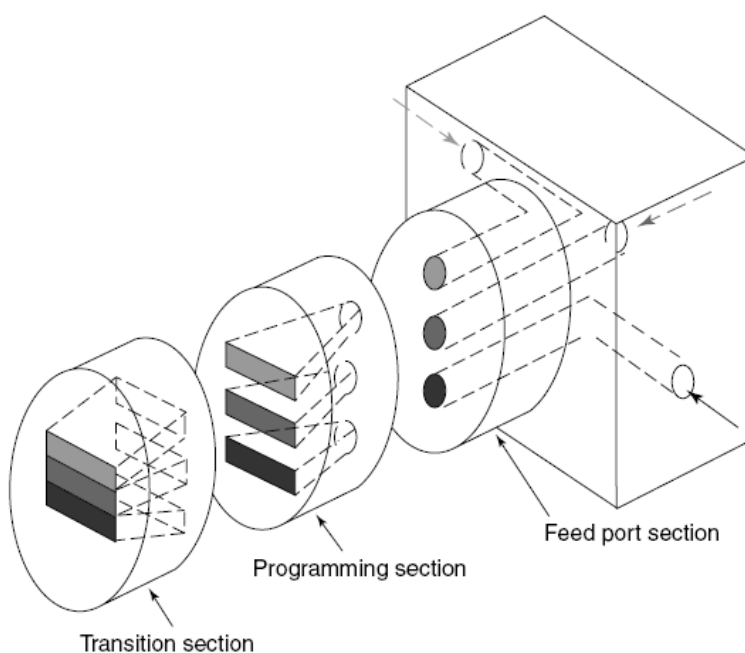


Fig. 18. Example of a feed block system.

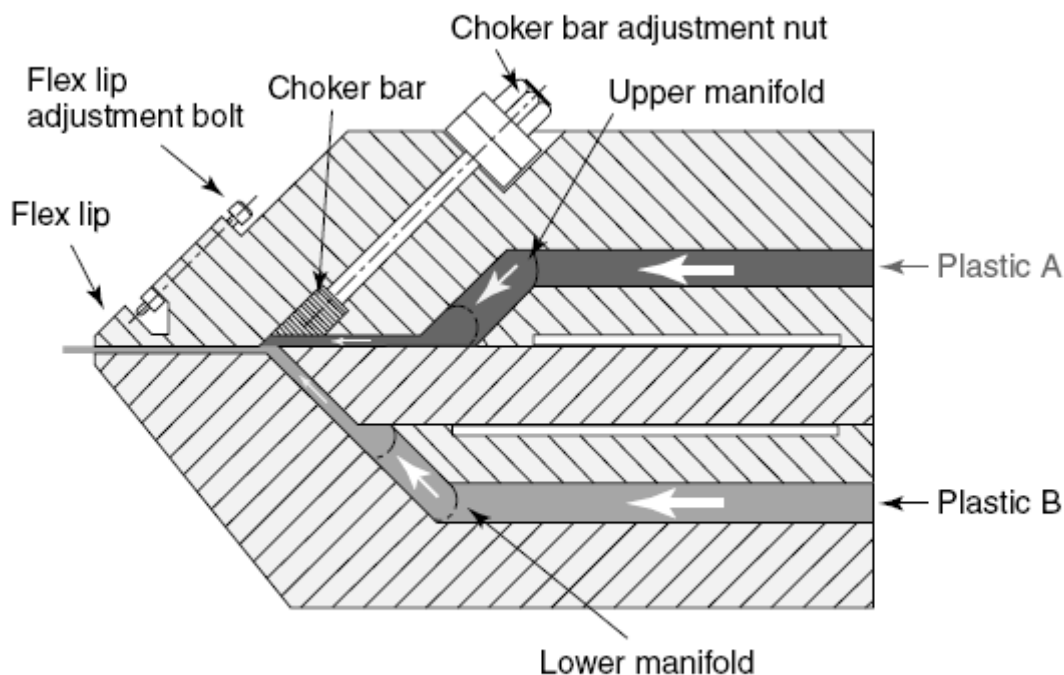


Fig. 25. Example of a multimanifold sheet die.

Loại nhiều lỗ, các dòng nhựa nóng chảy khác nhau đi vào đầu tạo hình riêng biệt, mỗi dòng nhựa có một lỗ vào riêng. Các dòng nhựa sẽ kết hợp với nhau ở gần đầu ra để tạo nên sản phẩm có nhiều lớp.

3.3.9. Động cơ

Động cơ điện dùng để kéo quay trục vít. Tốc độ quay của động cơ 1800 rpm. Tốc độ quay của trục vít thường 100 rpm. Do vậy cần có bộ phận giảm tốc. Khi gắn trực tiếp động cơ và hộp số - truyền động trực tiếp (direct drive). Nếu truyền động qua dây đai (cu-roa) giữa động cơ và hộp giảm tốc - truyền động gián tiếp (indirect drive).

Động cơ DC được sử dụng trong những năm 90, bây giờ thường sử dụng động cơ AC.

Screw Speed Variation at Different Screw Speeds

Screw speed, rpm	Screw speed variation, rpm	Screw speed variation, %
100	1	1
10	1	10

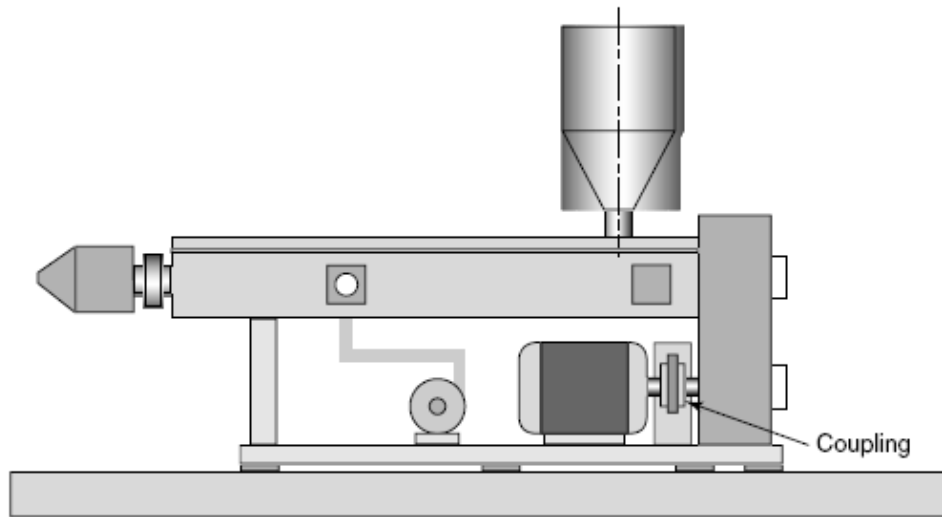


Fig. 19. Example of extruder with direct drive.

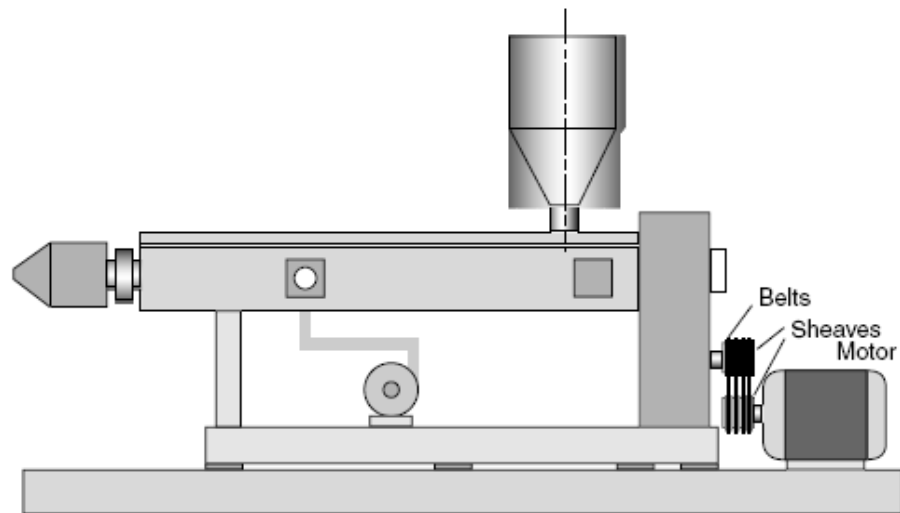


Fig. 20. Example of an extruder with indirect drive.

Cần phải sử dụng bộ giảm tốc, vì tốc độ của motor lớn hơn nhiều so với tốc độ của trục vít. Thường tỷ lệ này là 15:1 đến 20:1; có thể thấp nhất 5:1 và cao nhất là 40:1.

Để tạo ra độ ổn định của sản phẩm, bơm bánh răng (gear pump) được gắn thêm vào máy đùn, đặt giữa máy đùn và đầu tạo hình. Vật liệu đi vào vùng không gian giữa hai bánh răng và di chuyển lên phía trước. Khi hai bánh răng bắt đầu ăn khớp vào nhau, nhựa nóng chảy bị đẩy ra khỏi bánh răng và đi ra khỏi bơm.

Nhựa trong bánh răng được bơm bánh răng đẩy, tạo ra độ ổn định ở đầu ra tốt hơn là không có bơm bánh răng. Một thuận lợi khác là tạo ra một áp lực hiệu quả cho máy đùn. Bơm bánh răng được sử dụng trong trường hợp: i) đùn với độ chính xác cao, yêu cầu độ ổn định ở đầu ra nhỏ hơn 1%, ii) khi máy đùn không tạo ra đủ áp lực, ví dụ trong máy đùn có thoát khí cần hoạt động ở áp suất cao.

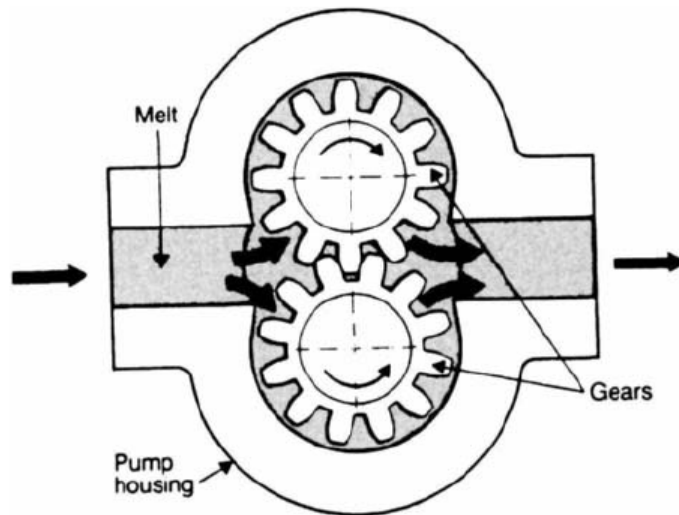


Figure 3.11 A gear pump used in a typical extrusion system.

Tuy nhiên, khi sử dụng bơm bánh răng cần chú ý i) khi trong nhựa có các hạt độn có tính mài mòn cao, bánh răng sẽ bị mài mòn, làm giảm độ chính xác của bơm. ii) nhựa nóng chảy sẽ hoạt động như là chất bôi trơn. Nếu nhựa lưu lại trong bơm lâu (15 phút hay lâu hơn), với nhiệt độ cao, nhựa sẽ phân huỷ.

4. Một vài dây chuyền sản xuất có sử dụng máy đùn

4.1. Dây chuyền tạo ống

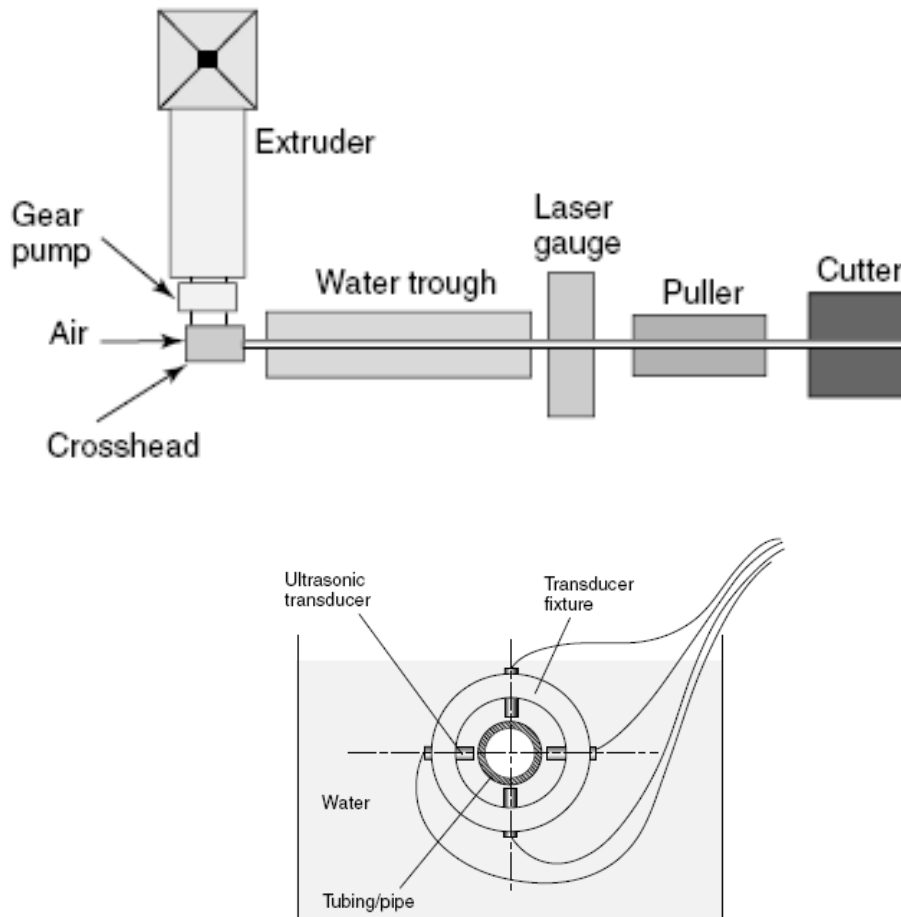


Fig. 22. Ultrasonic wall thickness gauge.

4.2. Dây chuyền tạo màng hay tấm phẳng

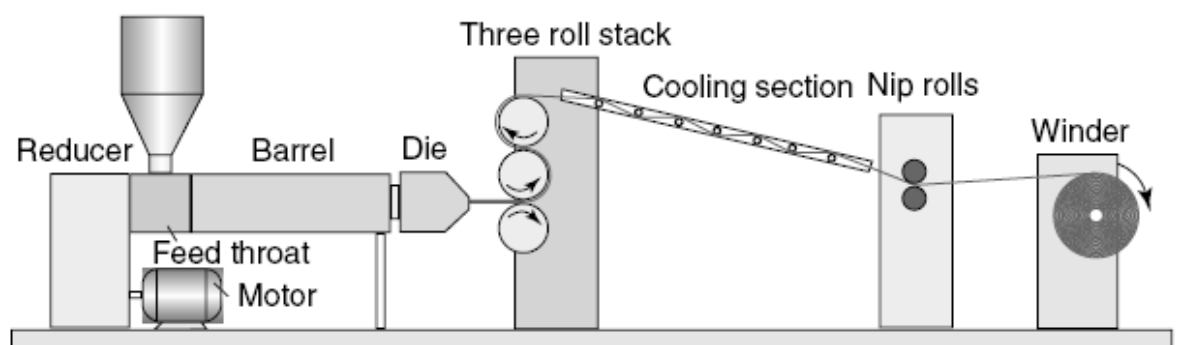


Fig. 23. Components of a sheet or flat film extrusion line.

4.3. Dây chuyền tạo màng bằng cách đúc (cast film)

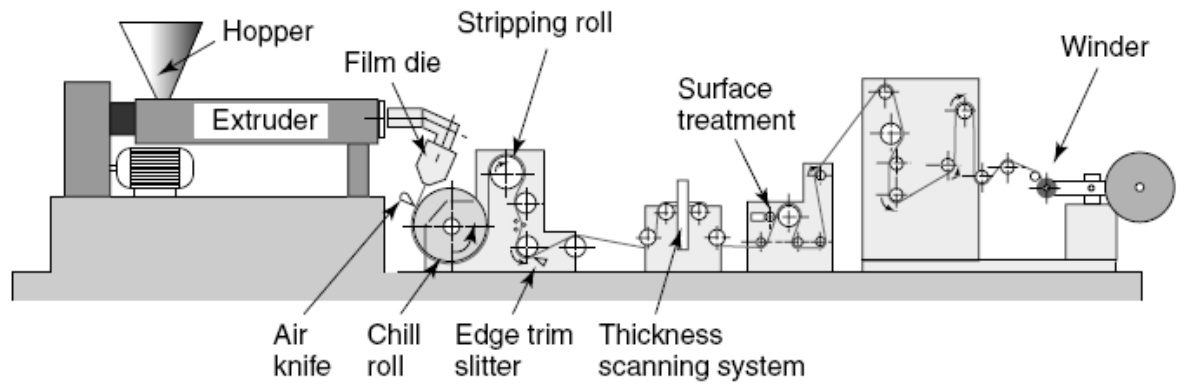


Fig. 24. Components of a cast film extrusion line

4.4. Phủ nhựa lên các vật liệu khác

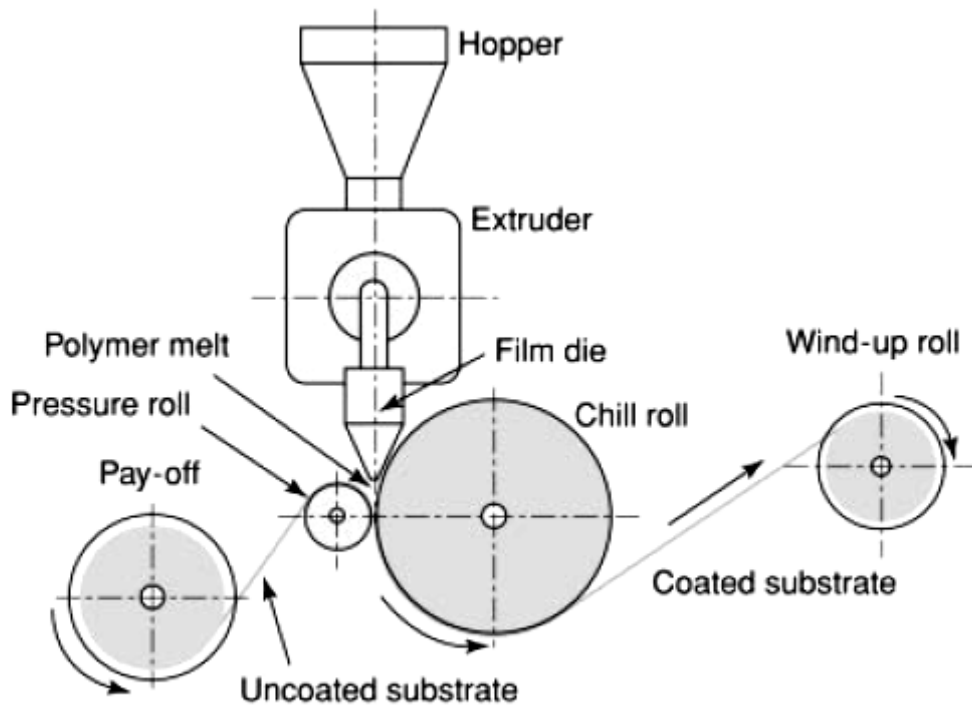


Fig. 26. Schematic of extrusion coating operation.

4.5. Tạo lớp

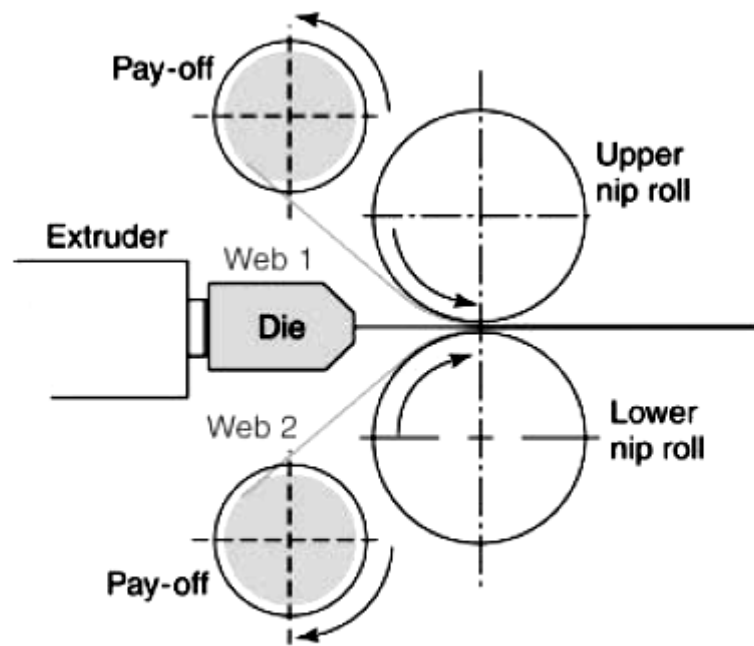


Fig. 27. Schematic of extrusion lamination.

4.6. Thổi màng

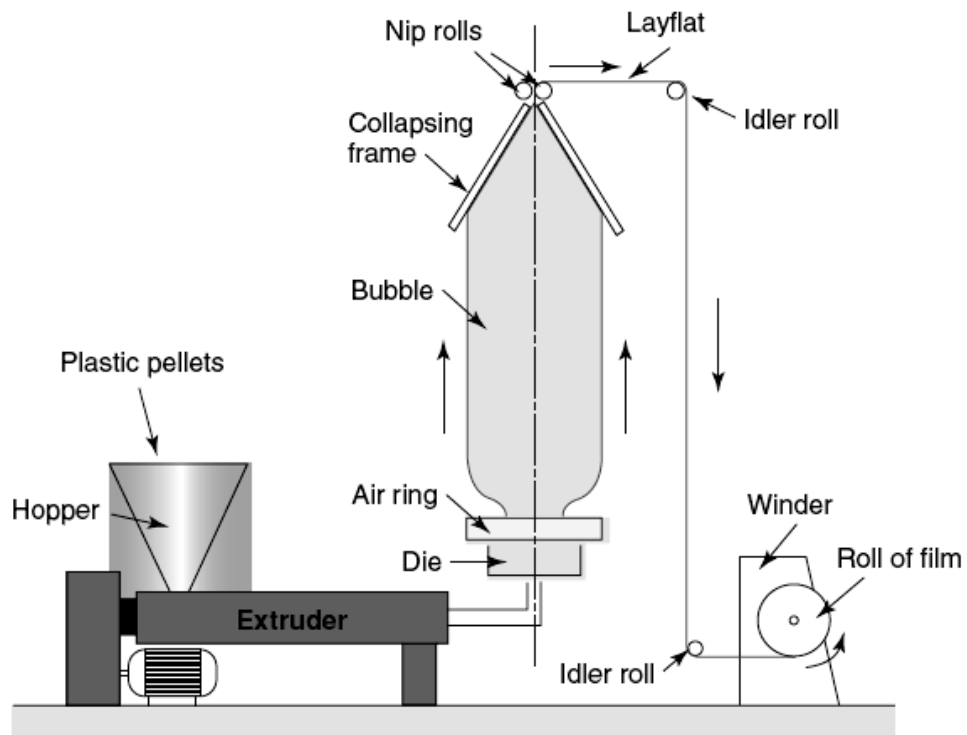


Fig. 28. Schematic of blown film line.

4.7. Trộn bằng máy đùn

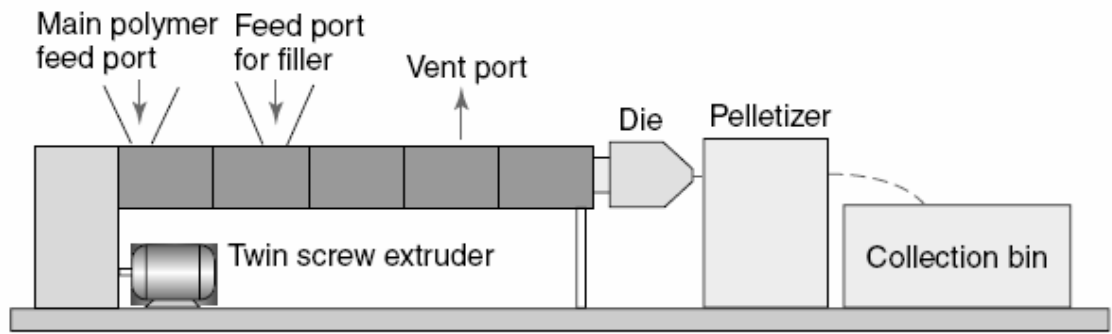


Fig. 29. Typical extrusion compounding line.

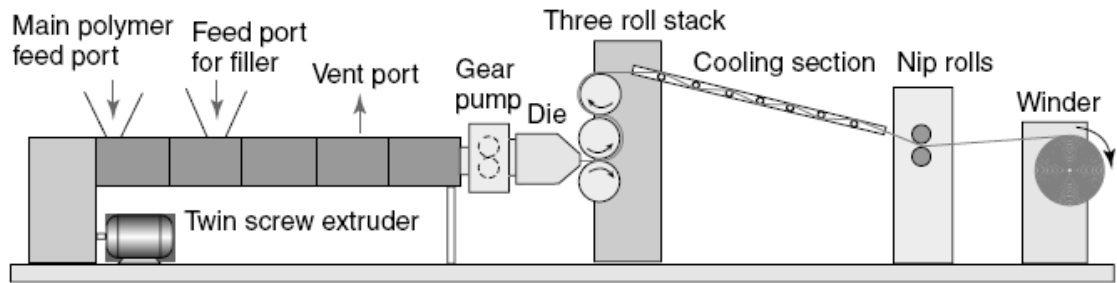


Fig. 30. Extrusion compounding line with in-line shaping.

4.8. Dây chuyền đùn profile

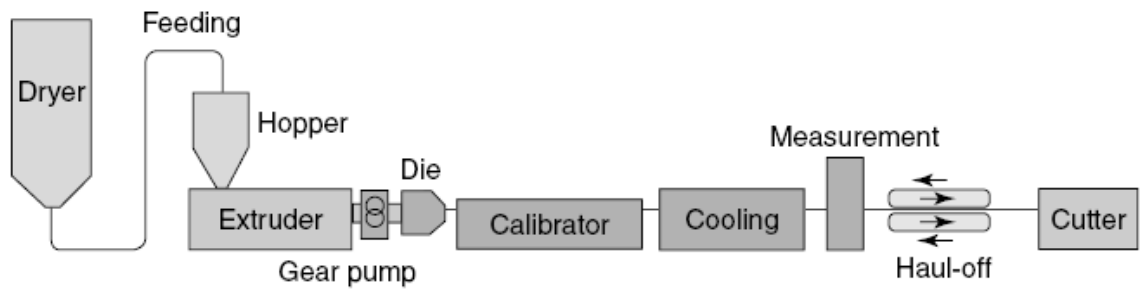


Fig. 31. Components of a profile extrusion line.

5. Các công đoạn của thiết bị đùn

Các chức năng của máy đùn: vận chuyển chất rắn, nóng chảy hoặc làm nhuyễn dẻo, trộn, vận chuyển vật liệu dạng nóng chảy, tách khí, định hình sản phẩm. Các chức năng này có quan hệ qua lại lẫn nhau.

Chức năng của mỗi vùng trong máy đùn phụ thuộc hình dạng máy đùn, đặc tính của nhựa, điều kiện hoạt động của máy. Ranh giới của các phần trên trục vít là cố định nhưng ranh giới của các vùng chức năng có thể thay đổi theo tính chất của nhựa và điều kiện hoạt động của máy đùn.

5.1. Vận chuyển vật liệu rắn

Vật liệu sẽ di chuyển trong phễu cấp liệu và dọc theo phương bán kính của trục vít. Trong phễu cấp liệu, vật liệu di chuyển do tác dụng của trọng lực (gravity induced conveying). Dọc theo trục vít, lực ma sát tác động lên nhựa, cách này được gọi là vận chuyển do lực kéo (drag induced conveying). Trong vùng vận chuyển vật liệu rắn, vùng nóng chảy, vùng vận chuyển vật liệu nóng chảy, vật liệu vận chuyển được cũng theo cơ chế này.

5.1.1. Cơ chế trọng lực

Dòng chảy khá phức tạp trong vùng này. Khi vật liệu gồm hạt có kích thước lớn, nhỏ, hạt nhỏ tách khỏi các hạt lớn, tạo nên dòng chảy không ổn định trong phễu. Điều này gây ra độ bất ổn định ở đầu ra của máy đùn.

Với các vật liệu khó thao tác: phân bố kích thước hạt trong một vùng rộng, mật độ khối thấp, máy đùn cần phải cải tiến để hoạt động có hiệu quả - đường kính vùng cấp liệu lớn hơn ở vùng xếp đặt (metering section, vùng đẩy); hoặc dùng phễu cấp liệu có vít tải. Trong một số trường hợp có thể dùng vùng cấp có rãnh xoắn. Các tính chất khối quan trọng: mật độ khối, độ nén, hệ số ma sát trong, hệ số ma sát ngoài, kích thước và phân bố kích thước, hình dạng và phân bố hình dạng hạt.

Mật độ khối là khối lượng riêng của vật liệu, kể cả thể tích khoảng trống giữa các hạt (khối lượng/thể tích). Mật độ khối của vật liệu sau khi tạo hạt

thường bằng 60% mật độ thông thường. Nếu vật liệu có mật độ khối nhỏ hơn 30% mật độ thực, việc vận chuyển sẽ gặp rắc rối, cần phải thay thiết bị. Vật liệu có độ nén cao sẽ khó thao tác, dễ gặp trở ngại trong phễu cấp liệu.

Hệ số ma sát trong là ma sát giữa các hạt nhựa với nhau. Hệ số ma sát ngoài là ma sát giữa các hạt nhựa và các bề mặt khác như bề mặt xy lanh máy đùn. Việc vận chuyển hiệu quả khi cả ma sát trong và ngoài đều nhỏ. Để vận chuyển dọc máy đùn hiệu quả, ma sát thành máy đùn phải cao, ma sát trục vít nhỏ.

Thiết kế phễu cấp liệu ảnh hưởng lớn đến dòng chảy trong phễu. Nên tránh việc đọng lại vật liệu trong phễu. Phễu có tiết diện hình tròn tốt hơn tiết diện vuông hoặc chữ nhật.

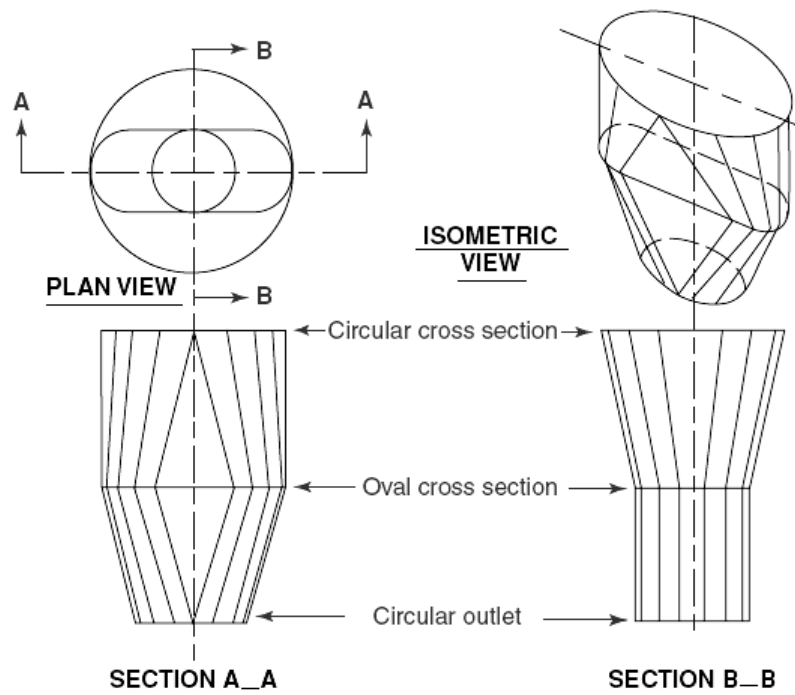


Fig. 32. The diamondback feed hopper (U.S. Pat. 4958741).

Để đảm bảo dòng chảy trong phễu ổn định, có thể: i) khuấy đảo nhẹ vật liệu, tách vật liệu ra khỏi thành phễu, có hiệu quả với các vật liệu có độ bám dính cao, ii) tạo rung động để tránh tắc phễu, phá liên kết cầu (bridge) giữa các vật liệu, iii) dùng vít xoắn trong phễu (crammer feeder) để cấp liệu.

Độ mở của hòng cấp liệu cũng ảnh hưởng đến sự vận chuyển của vật liệu trong máy đùn. Với loại vật liệu có độ chảy khối thấp, cần mở rộng hòng tiếp liệu theo chiều của di chuyển của cánh trục vít.

5.1.2. Vận chuyển do lực kéo

Do lực ma sát nhựa sẽ vận chuyển dọc theo chiều dài của trục vít. Khi trục vít quay, lực ma sát giữa nhựa và trục vít đẩy vật liệu lên phía trước. Lực ma sát nào làm cho vật liệu vận chuyển lên phía trước và lực nào giữ vật liệu lại.

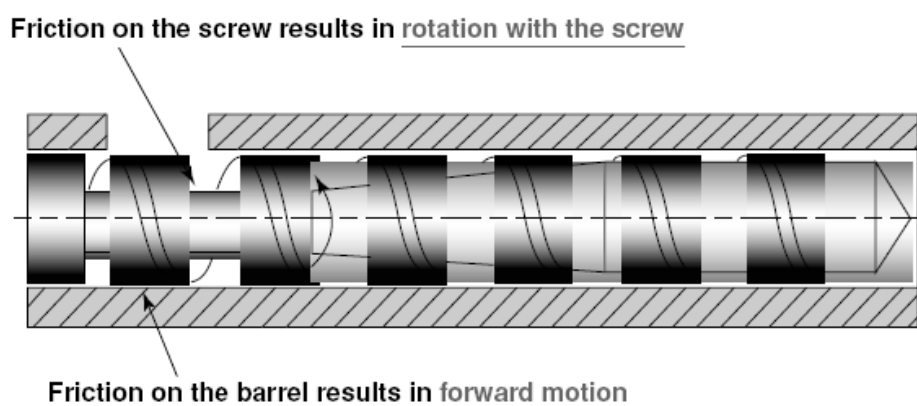


Fig. 33. Driving force and retarding force in conveying along the extruder screw.

Khi vật liệu chuyển lên phía trước do trục vít quay, dường như lực ma sát giữa nhựa và trục vít làm cho vật liệu tiến lên phía trước.

Nghe có vẻ hợp lý, nhưng thực ra không hoàn toàn diễn ra như vậy. Lực ma sát tại thành máy đùn đã đẩy vật liệu tiến lên phía trước. Nếu thành máy đùn không có ma sát, vật liệu sẽ rơi vào các rãnh của trục vít và chỉ có chuyển động tròn. Thực vậy, ma sát trên thành máy đùn là điều kiện cần để vận chuyển vật liệu lên phía trước. Không có ma sát sẽ không có vận chuyển.

5.1.3. Cấp nghèo vật liệu (*starve feeding*)

Vật liệu rơi trực tiếp vào trục vít, không lưu lại ở phễu cấp. Vật liệu phủ một lớp trên rãnh vít chỉ bằng vài lần đường kính trục. Khi rãnh trục vít không đầy hoàn toàn, áp suất trên vật liệu nhựa sẽ không tăng, ít nhiệt sinh ra do ma sát và khuấy trộn.

Cách cấp liệu này sẽ giảm chiều dài hiệu quả của máy đùn, có lợi nếu máy đùn dài hơn chiều dài cần thiết trong quá trình gia công. Tuy nhiên, khi chiều dài tới hạn, cách cấp liệu này sẽ dẫn đến hoạt động kém hiệu quả.

Với máy đùn hai trục vít tốc độ cao, cách cấp liệu này khá phổ biến. Với máy đùn đơn trục thì ít phổ biến hơn. Kiểu cấp liệu này còn giảm tải cho động cơ của máy đùn, giảm nhiệt độ tạo ra khi nhựa nóng chảy, có thể bổ sung nhiều thành phần phối trộn chỉ cần một cổng cấp liệu.

Trong công đoạn trộn, phối trộn cấp nghèo vật liệu hay được sử dụng vì có thể loại bỏ được sự vón cục của chất độn.

5.1.4. Cấp liệu có rãnh xoắn

Động lực để vận chuyển vật liệu là lực ma sát của bề mặt thành trong của máy đùn. Lực ma sát có thể bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ thành xy lanh. Tuy nhiên ảnh hưởng này không lớn. Một phương pháp để tăng ma sát thành xy lanh là gia công các rãnh ở bề mặt trong. Việc này sẽ ảnh hưởng khá lớn đến đặc tính cấp liệu của máy đùn. Rãnh thường chạy dọc theo thân máy, chiều dài khoảng vài lần đường kính. Phía ngoài các phần có rãnh, thường được làm lạnh để tránh nhựa nóng chảy tại các vị trí này.

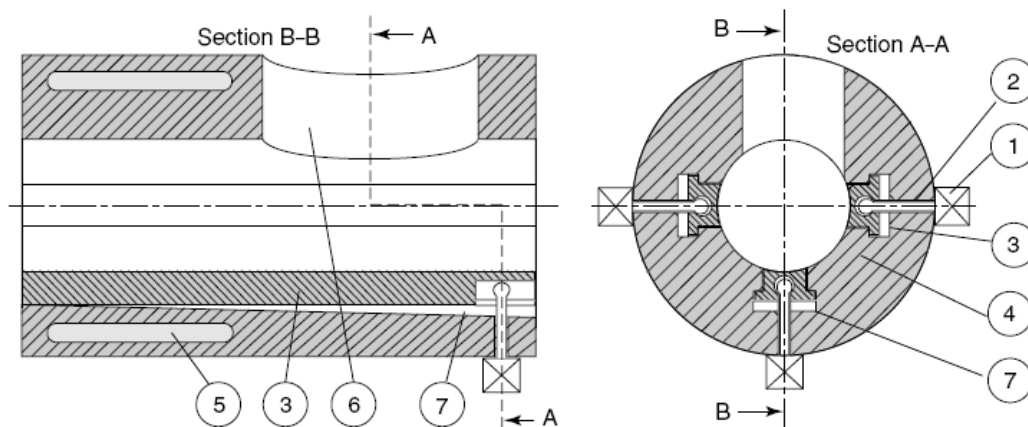


Fig. 34. Grooved feed section with adjustable groove depth.

Trên hình Fig.34, các rãnh ở phần cấp liệu của máy đùn có thể điều chỉnh được. Có thể thay đổi cách vận chuyển vật liệu phù hợp với đặc tính của nhựa và cấu trúc máy đùn. Có thể điều chỉnh trong lúc máy đang vận hành.

Như vậy, có thể đặt cố định độ sâu của rãnh để có được dao động áp lực là nhỏ nhất tại đầu ra của máy đùn.

Một vài ưu điểm: 1) năng suất ít phụ thuộc vào áp lực ra nên độ ổn định của quá trình đùn được cải thiện 2) năng suất cao hơn 3) có thể đùn loại nhựa có khối lượng phân tử cao

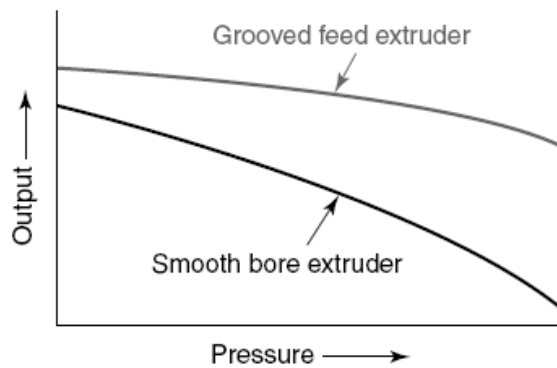


Fig. 35. Output vs discharge pressure for grooved feed vs smooth bore extruder.

Nhược điểm: 1) Phải làm lạnh phần có rãnh để tránh hiện tượng nóng chảy nhựa trong rãnh. Điều này làm giảm hiệu suất năng lượng và máy đùn hoạt động phức tạp, 2) Xuất hiện ứng lực (stress) cao trong rãnh, gây mài mòn. Cần quan tâm đến việc lựa chọn vật liệu, 3) Áp suất trong rãnh lớn, 70 – 140 Mpa. Thành máy đùn phải chịu được áp suất lớn. 4) Máy đùn loại này được thiết kế đặc biệt. Nếu thiết kế bình thường sẽ gặp khó khăn như quá nhiệt của nhựa, lớp kim loại chống mài mòn 5) Tải trọng lớn cho động cơ, lực xoắn cho trục vít lớn.

Để tăng hiệu quả vận chuyển, ngoài tăng ma sát của thành máy đùn, còn có thể giảm ma sát trên trục vít. Thực hiện bằng cách: thiết kế trục vít thích hợp, nhiệt độ trục vít, vật liệu làm trục vít.

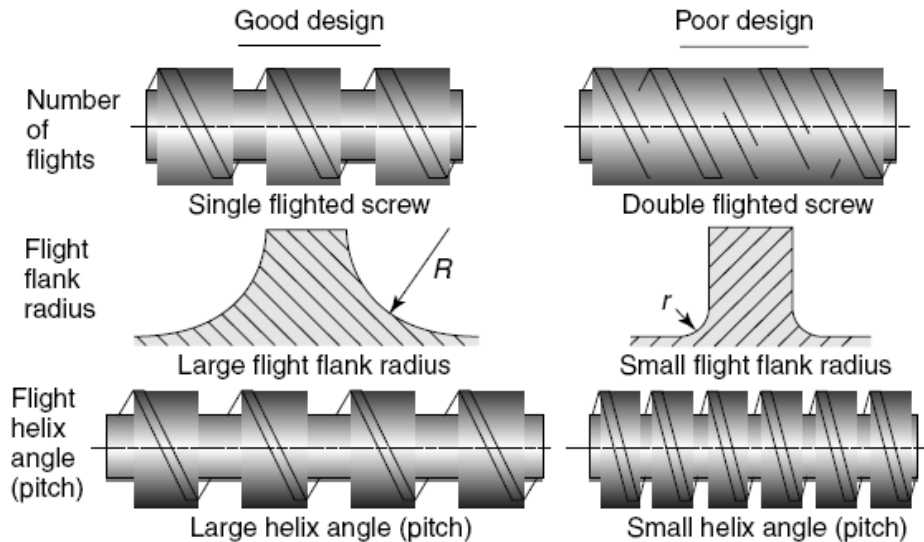


Fig. 36. Measures to reduce screw friction by screw design.

Giảm ma sát trục vít có thể thực hiện bằng việc đốt nóng bên trong trục vít (dùng dầu để trao đổi nhiệt). Một cách khác, đặt bộ phân gia nhiệt bên trong trục vít. Xử lý hoặc phủ một lớp kim loại khác lên bề mặt trục vít có thể giảm ma sát bề mặt.

5.2. Nóng chảy

Nóng chảy trong máy đùn xảy ra khi nhựa đạt đến nhiệt độ nóng chảy. Có hai dạng nóng chảy xảy ra trong máy đùn

5.2.1. Nóng chảy tiếp giáp (contiguous solid melting CSM)

Các hạt rắn bị nén chặt, quay dọc theo chiều dài của kênh trục vít. Một lớp nhựa nóng chảy mỏng hình thành giữa các hạt rắn và thân máy đùn. Nóng chảy thường xảy ra giữa bề mặt tiếp xúc pha giữa hạt rắn và màng nhựa nóng chảy.

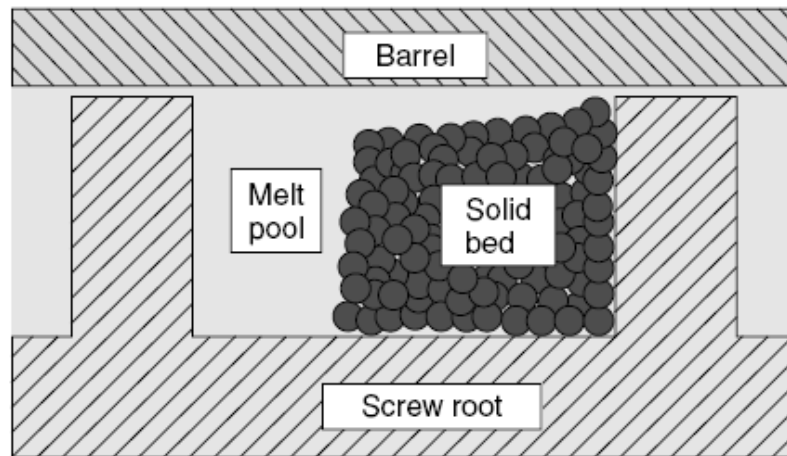


Fig. 37. Contiguous solids melting in single screw extruders.

Nhựa tiếp tục nóng chảy được thu vào trong màng nhựa, nhưng bị đẩy ra, ép vào cánh trục vít đang hoạt động. Kiểu này thường thấy với máy đùn đơn trục vít.

5.2.2. Nóng chảy phân tán (dispersed solid melting DSM)

Các hạt rắn phân tán trong một môi trường nóng chảy. Chúng giảm kích thước cho đến khi chảy hoàn toàn. Kiểu nóng chảy này thường thấy trong máy đùn hai trục vít, máy đùn đơn trục phối trộn. Theo chiều dài của trục, nóng chảy xảy ra ở điểm $1 - 2D$. Trong máy đùn đơn trục chiều dài này là $10-15D$

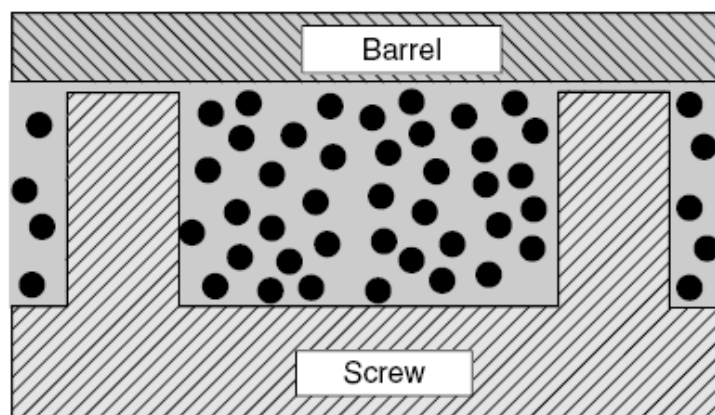


Fig. 38. Dispersed solids melting in single screw extruders.

Đây là điểm khác biệt quan trọng của máy đùn đơn trục và hai trục vít. Trong máy đùn đơn trục vít, vùng vận chuyển và nóng chảy của vật liệu khoảng 15-20D. Điều này có nghĩa trong máy đùn 25L/D, không nhiều khoảng trống cho việc vận chuyển nóng chảy, trộn và tách khí. Nếu tách khí, chiều dài của máy đùn phải 30-35D. Trong máy đùn hai trục vít, vùng vận chuyển và nóng chảy vật liệu chỉ có thể rộng đến 5-6D. Nếu máy đùn hai trục vít dài 30D, có nghĩa vẫn còn không gian cho trộn, tách khí, phản ứng hoá học. Do đó máy đùn hai trục sử dụng linh hoạt hơn máy đùn đơn trục.

Lý thuyết CSM do Tadmor phát triển những năm 60. Chúng ta có thể xác định sự ảnh hưởng của tính chất nhựa, điều kiện gia công, cấu trúc của trục vít đến nóng chảy của nhựa.

Có hai nguồn nhiệt cho nóng chảy. Nguồn nhiệt từ bên ngoài thân, qua màng nhựa nóng chảy rồi đến lớp vật liệu. Một nguồn khác là nhiệt nhót (viscous heating) trong màng nhựa nóng chảy. Lượng nhiệt nhót này xác định bằng độ nhót của vật liệu và tốc độ trượt trên màng nóng chảy.

Cơ chế nóng chảy này được gọi là *di chuyển nóng chảy do kéo* (drag induced melt removal). Vật liệu nóng chảy khi tạo ra thêm vào màng nóng chảy bị kéo ra khỏi vùng nóng chảy do trục vít quay. Do vậy, màng nóng chảy còn lại rất mỏng, giới hạn duy trì tốc độ nóng chảy cao. Nếu các chất vừa bị nóng chảy không được đẩy ra, chiều dày màng nóng chảy sẽ tăng dần, hiệu suất nóng chảy giảm nhanh chóng. Lý do này để giải thích trong máy đùn đơn trục, hiệu suất nóng chảy cao hơn nhiều so với máy đùn pittông và cũng là lý do trong các máy đùn thổi lớn, thường sử dụng máy đùn trục vít hơn là máy đùn pittông (ram extruder).

Chiều dày của màng nóng chảy rõ ràng là một thông số quan trọng trong quá trình nóng chảy. Màng nóng chảy mỏng là quan trọng để duy trì hiệu suất nóng chảy cao. Khi màng nóng chảy mỏng, sẽ tạo ra nhiệt nhót cao trong màng nóng chảy và nhiệt từ thành máy đùn truyền đến khối vật liệu rắn nhanh

chóng hơn. Chiều dày ban đầu của màng nóng chảy là khoảng hở của cánh trục vít (flight clearance). Khoảng hở càng lớn, màng nóng chảy càng dày. Trục vít hay thành máy đùn bị mòn sẽ làm tăng khoảng hở, sẽ ảnh hưởng không tốt đến quá trình nóng chảy của nhựa và hoạt động chung của máy đùn.

Khi tăng nhiệt độ thành xylanh, nhựa được cấp nhiều nhiệt để nóng chảy. Nhiệt độ cao, độ nhớt của màng nhựa nóng chảy, sinh nhiệt nhớt giảm. Nếu giảm sinh nhiệt nhớt nhiều hơn nhiệt thân máy đùn thì hiệu ứng tổng cộng là giảm tốc độ nóng chảy. Điều này nghe có vẻ không đúng. Tuy nhiên, khi tốc độ trục vít cao, nhiệt sinh ra chủ yếu là nhiệt nhớt.

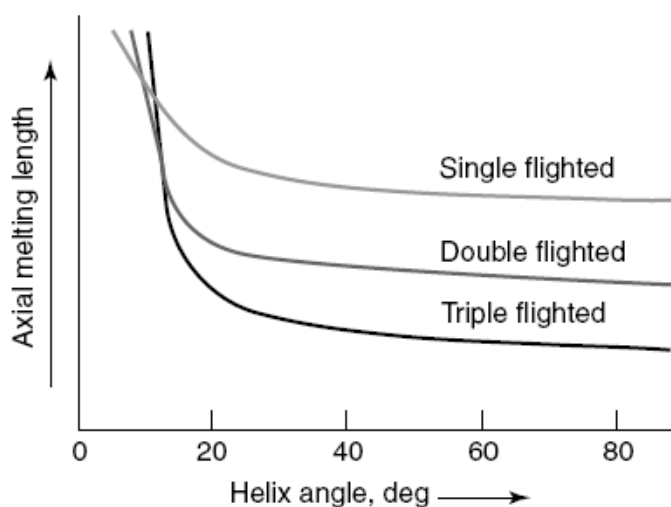


Fig. 39. The effect of the number of flights on the melting length.

Góc xoắn của cánh trục vít ảnh hưởng lớn đến hiệu quả nóng chảy. Khi góc tăng, để nóng chảy hoàn toàn, chiều dài nóng chảy trên trục giảm. Hiệu quả nóng chảy cao nhất khi góc nghiêng 90° . Góc nghiêng này tốt cho việc nóng chảy