

# THIẾT KẾ CƠ CẤU CAM CHO MÁY ÉP NGÓI ĐẤT SÉT NUNG

Lê Hồng Chương<sup>a,\*</sup>, Tống Đức Năng<sup>a</sup>, Ngô Thanh Long<sup>b</sup>, Nguyễn Quốc Dũng<sup>a</sup>,  
Đỗ Văn Nhất<sup>a</sup>, Nguyễn Hoàng Giang<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam  
<sup>b</sup>Phòng Tổ chức cán bộ, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 12/12/2022, Sửa xong 02/3/2023, Chấp nhận đăng 10/3/2023

## Tóm tắt

Nhu cầu sử dụng ngói đất sét nung trong xây dựng và trang trí mỹ thuật ở Việt Nam hàng năm rất cao. Trong sản xuất loại ngói này ở Việt Nam thì máy ép sử dụng cơ cấu cam được dùng phổ biến nhất do ưu điểm tạo lực ép lớn, làm việc êm và đặc biệt là các giai đoạn trong chu kỳ ép được thiết kế phù hợp với tính chất của vật liệu làm ngói. Tuy nhiên, trong nước chưa có nghiên cứu tính toán cơ cấu cam cho loại máy ép ngói này. Bài báo giới thiệu một phương pháp tính toán thiết kế cơ cấu cam dựa theo đặc tính của vật liệu làm ngói cho máy ép ngói tự động hai khuôn năng suất 32 viên/phút. Với sự hỗ trợ của phần mềm Inventor, cơ cấu cam được thiết kế thỏa mãn các yêu cầu đặt ra về chuyển vị, động học và động lực học. Kết quả thử nghiệm ép thực tế cho thấy máy hoạt động hiệu quả, quá trình ép êm, chất lượng sản phẩm đáp ứng các chỉ tiêu kỹ thuật.

*Từ khoá:* cơ cấu cam; máy ép ngói; biên dạng cam; ngói đất sét nung; trục cam.

## DESIGNING CAM MECHANISM FOR CLAY ROOFING TILE PRESS MACHINE

### Abstract

The demand for using baked clay tiles in construction and art decoration in Vietnam is very high every year. In our country, the roof tiles production press machine using a cam mechanism is most commonly used. Because they have the advantages of a high pressing force, quiet working. Especially, the stages in the pressing cycle are designed in accordance with the properties of tile materials. However, in Vietnam, there is no research to calculate the cam mechanism for this type of tile press machine. This paper introduced a method to calculate the cam mechanism based on the characteristics of clay roofing tile materials using a two-frame automatic tile press with a capacity of 32 tablets/min. Inventor software was used for designing the cam structure to meet the requirement of movements, kinematics, and dynamics. The actual pressing test results improved that the machine works effectively, smooth pressing process, the product quality meets the unique technical standards.

*Keywords:* cam mechanism; tile press machine; cam profile; clay roofing tiles; camshaft.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2023-17\(3V\)-06](https://doi.org/10.31814/stce.huce2023-17(3V)-06) © 2023 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

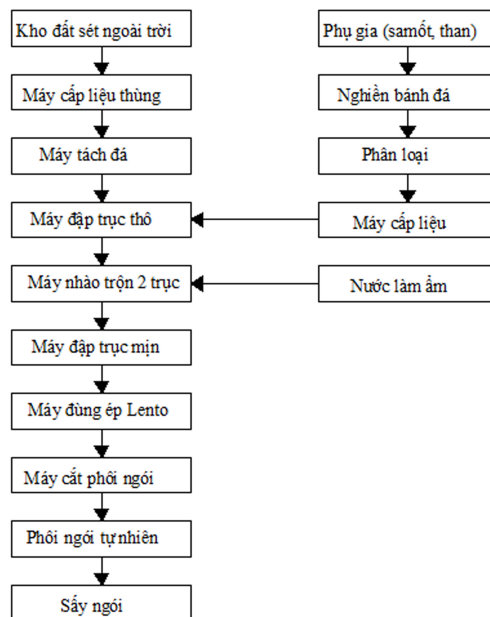
## 1. Giới thiệu

Với tốc độ xây dựng tăng cao, nhu cầu về ngói lợp ở thị trường trong nước là rất lớn. Hiện nay trên thị trường có 3 loại ngói lợp thông dụng: ngói nung từ đất sét, ngói tráng men sản xuất từ vật liệu bán khô và ngói xi măng. Trong đó, thị trường về ngói nung từ đất sét (ngói cotto) và ngói tráng men ngày một lớn do có nhiều ưu việt như độ hút nước thấp, tải trọng nhẹ và màu sắc không phai theo thời gian. Theo Hiệp hội gốm sứ xây dựng Việt Nam, mỗi năm Việt Nam cần đến hơn 20 tỷ viên gạch, ngói đất sét nung do nhu cầu xây dựng của người dân và tốc độ đô thị hóa ngày càng cao [1]. Vật liệu sản xuất loại ngói này là đất sét sẵn có trong nước (với tổng tài nguyên khoảng 3,61 tỷ m<sup>3</sup>, phân bố hầu hết ở các vùng cho phép khai thác khoảng 72 triệu m<sup>3</sup>/năm để sản xuất gạch ngói) [2]. Với nhu

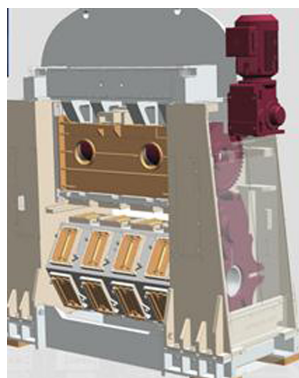
\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [chuonglh@huce.edu.vn](mailto:chuonglh@huce.edu.vn) (Chương, L. H.)

cầu sử dụng ngày càng tăng thì nguồn nguyên liệu đất sét và nguồn than ngày càng khan hiếm, do đó việc ứng dụng kỹ thuật công nghệ mới để tiết kiệm tài nguyên, nâng cao năng suất, chất lượng và hiệu quả thu hồi sản phẩm cũng như giảm thiểu nhân công, giảm thiểu tác động đến môi trường là vấn đề lớn đặt ra cho ngành sản xuất gạch ngói đất sét nung nói riêng và các ngành sản xuất công nghiệp khác nói chung ở Việt Nam [3].

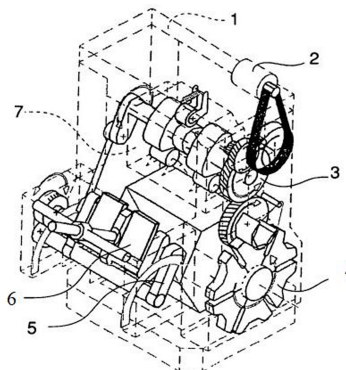
Công nghệ sản xuất ngói đất sét:



Hình 1. Sơ đồ công nghệ sản xuất ngói đất sét [4]



(a) Máy ép 4 khuôn



(b) Sơ đồ máy ép 2 khuôn

(1- Thân máy; 2- Động cơ; 3- Bộ truyền bánh răng dẫn động trục cam; 4- Bánh gạt sao (cơ cấu man); 5- Tay biên gấp sản phẩm; 6- Dao gấp sản phẩm; 7- Cụm ụ động chứa trục cam).

Hình 2. Máy ép ngói sử dụng cam [5]

Đất sét sau khi được tách đá được đưa vào máy đập trục thô cùng với phụ gia nghiền thô. Tiếp đó, hỗn hợp thô được chuyển đến máy trộn dạng 2 trục nhằm làm đồng đều phối liệu với độ ẩm  $18 \div 22\%$  rồi được đưa sang máy đập mịn (nhằm tạo hỗn hợp với độ hạt khoảng  $0,8 \div 1 \text{ mm}$ ). Hỗn hợp này được đưa sang máy đùn ép Lento có hệ thống hút chân không (để loại bỏ bọt khí, nén chặt và làm đồng nhất

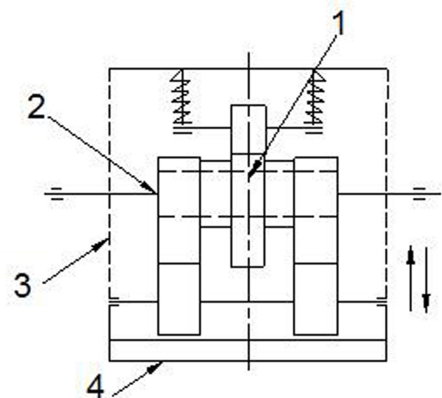
phôi liệu) sau đó chuyển sang máy cắt phôi ngói để cắt thành từng tấm hình chữ nhật. Phôi ngói được chuyển đến máy ép ngói tự động để ép tạo hình, sau đó được phơi tự nhiên trước khi cho vào lò để sấy với nhiệt độ  $120 \div 180^{\circ}\text{C}$  trong  $30 \div 60$  giờ.

Máy ép ngói sử dụng cơ cấu cam (Hình 2(a)) là máy ép có năng suất cao nhất và được sử dụng phổ biến hiện nay ở Việt Nam. Máy ép dạng cam có lực ép lớn (có thể lên đến  $400 - 500$  kN), làm việc êm, có thể tăng năng suất bằng cách lắp nhiều khuôn làm việc cùng một lúc, làm việc với độ tin cậy cao. Nhược điểm của máy là có khối lượng lớn (do yêu cầu độ cứng vững cao), chế tạo cam phức tạp và tốn kém, cơ cấu ép khi hoạt động chuyển động có gia tốc.

Trong nghiên cứu, tác giả lựa chọn máy ép trục cam dạng tang trống sáu mặt, mỗi mặt ép hai khuôn (Hình 2(b)) để tăng năng suất so với các máy hiện có trên thị trường trong nước. Máy có cấu tạo như Hình 2(b) với nguyên lý làm việc cơ bản như sau, động cơ (2) truyền chuyển động thông qua bộ truyền đai xuống các bộ truyền bánh răng (3), bộ truyền bánh răng làm nhiệm vụ dẫn động trục cam chuyển động đi xuống ép vào các bánh tỷ trên cụm ụ động làm cho ụ động (7) đi xuống tạo ra lực ép, sau khi kết thúc 1 chu trình ép, trục cam tác động vào bánh tỷ trên cụm gối lò xo nhấc cụm ụ động lên hoàn thành 1 chu kỳ ép sản phẩm. Lúc này cụm trục khuỷu dẫn động cụm tay cần gấp sản phẩm (5) sẽ hút và đưa sản phẩm hoàn thiện của chu kỳ ép trước đó sang phía băng truyền đặt ngay bên cạnh máy, đồng thời cụm cơ cấu man (4) hoạt động sẽ xoay cụm tang trống hình lục giác mang sản phẩm đi một góc để khuôn lắp trên cụm tang trống vào vị trí làm việc cho một chu kỳ ép mới.

Quá trình hoạt động sẽ bao gồm quá trình ép, quá trình gấp sản phẩm và quá trình đảo khuôn được dẫn động chung bằng một hệ dẫn động như trên Hình 2 trong đó cụm dẫn động trục cam sẽ hoạt động liên tục tạo chuyển động đi lên và đi xuống cho cụm ụ động mang nửa khuôn ép phía bên trên. Cụm dẫn động trục khuỷu sẽ hoạt động theo chu kỳ nhằm điều khiển tay cần gấp sản phẩm sau khi sản phẩm đã hình thành, kết thúc quá trình ép, cụm cơ cấu man làm nhiệm vụ quay cụm tang trống trên đó có gắn các nửa khuôn dưới sang một vị trí để mặt tiếp theo của tang trống mang khuôn ép phía dưới đi vào vị trí làm việc và bắt đầu cho chu trình ép mới.

Trên cụm ụ động trục cam được thiết kế hai loại cam lắp lên trục có đường tâm cố định, loại cam ép (2) có tác dụng tạo lực khi chuyển động đi xuống tỳ vào bánh tỷ của cụm ụ động, làm cho cụm ụ động đi xuống. Khi kết thúc quá trình ép, cam nâng (1) tác động vào bánh tỷ phía trên của gối lò xo nhấc cụm ụ động đi lên để lấy sản phẩm (hình 3). Cụm con lăn ép và con lăn nâng được gắn lên khung mang ụ động.



1- Cam nâng; 2- Cam ép; 3- Cụm ụ động;  
4- Khuôn ép trên

Hình 3. Cụm ụ động

## 2. Lựa chọn cơ cấu cam

### 2.1. Khái niệm cơ cấu cam và đặc điểm lưu ý khi thiết kế

Cơ cấu cam gồm hai bộ phận chính là cam và cần, để giảm mài mòn giữa cam và cần trên khuôn ép, sử dụng thêm con lăn ép. Cơ cấu cam được sử dụng để thực hiện một quy luật chuyển động nhất định nào đó, biên dạng của cam được thiết kế để thỏa mãn yêu cầu về quy luật chuyển động đó. Trong các loại máy móc điều khiển tự động và yêu cầu độ chính xác cao thì cơ cấu cam là một phần không thể thiếu. Trong cơ cấu cam, cam thường quay, lắc hoặc chuyển động qua lại và thông qua cần

sẽ tạo chuyển động mong muốn như tịnh tiến, lắc hoặc theo một quy luật nào đó [6]. Có rất nhiều loại cơ cấu cam, trong nghiên cứu, các tác giả lựa chọn loại cam quay cần tịnh tiến. Trong đó quy luật chuyển động của cần được chúng tôi thiết kế theo vào trạng thái ứng xử của vật liệu làm ngói như độ ẩm, độ lún, các quá trình ép được nêu ở phần sau bài báo.

Khi thiết kế cơ cấu cam, tùy theo yêu cầu cụ thể mà chọn loại cơ cấu cam, xác định bán kính của đường tròn cơ sở, xác lập quy luật chuyển động của cần và cuối cùng là xác định biên dạng của cam. Để thiết lập quy luật chuyển động của cần, các yêu cầu về động học, động lực học và công nghệ phải được tính đến. Đối với cam quay và cần chuyển động tịnh tiến, để xác định hiệu quả biên dạng cam thì quy luật chuyển vị của cần phải được biết trước, bên cạnh đó các yêu cầu về động học và động lực học của cơ cấu phải được tính đến [6].

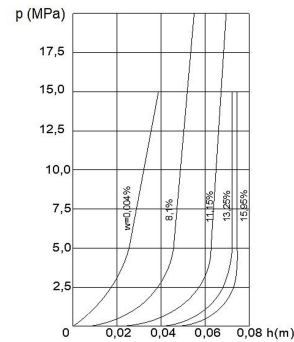
## 2.2. Mối quan hệ giữa độ lún và áp lực ép đối với cấp phối sản xuất ngói

Độ ẩm là một trong các yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến công nghệ, đến lực ép và chất lượng sản phẩm. Khi độ ẩm tăng độ chặt của bột ép trong khuôn giảm vì khi tăng độ ẩm lực dính kết ở các bề mặt tiếp xúc tăng. Đồ thị nêu ở Hình 4 biểu thị quan hệ giữa độ lún  $h$  và áp lực ép  $p$  phụ thuộc vào độ ẩm [7].

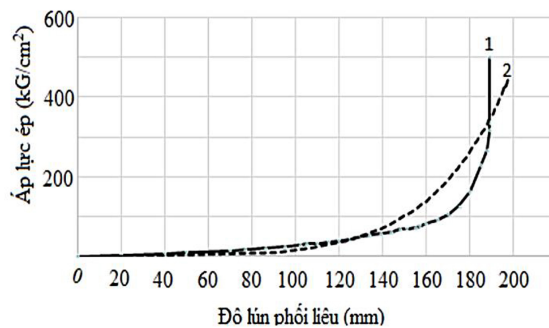
Từ đồ thị có thể thấy khi cùng một áp lực ép  $p$  độ lún của bột ép tăng khi độ ẩm tăng, nói khác đi khi cùng một độ lún như nhau, lực ép tăng khi độ ẩm giảm. Điều này có thể giải thích bằng việc giảm ma sát giữa các hạt vật liệu và tăng sự trượt giữa các hạt khi độ ẩm tăng.

Theo [7], tốc độ ép cũng ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Khi tốc độ ép quá lớn sẽ làm cho không khí không kịp thoát ra ngoài. Thí dụ khi sản xuất ngói từ bột sét nếu tốc độ ép vượt quá 9 mm/s và áp lực ép khoảng  $10 \div 11$  MPa sẽ gây ra các vết nứt, chất lượng sản phẩm giảm. Do vậy khi chọn tốc độ ép ứng với mỗi loại sản phẩm khác nhau phải đủ nhỏ để vừa đảm bảo chất lượng sản phẩm và vừa đảm bảo năng suất yêu cầu.

Do chưa có nghiên cứu chính thức nào nghiên cứu quan hệ lực ép với thời gian ép với hai mức độ ẩm của vật liệu dùng làm ngói là 22% và 18%, nên nhóm nghiên cứu lấy kết quả trong [8] với độ ẩm 12% làm cơ sở để tính toán lực ép. Từ đó nội suy ra các thông số độ ẩm tính toán.



Hình 4. Đồ thị quan hệ giữa độ lún  $h$  và áp lực ép  $p$  phụ thuộc vào độ ẩm [7]



(1- Đồ thị theo công thức lý thuyết; 2- Đồ thị theo thực nghiệm)

Hình 5. Đồ thị mối quan hệ thực nghiệm giữa độ lún phôi và áp lực ép với phôi có độ ẩm 12% [8]

Từ Hình 5, nhận thấy:

- Ở giai đoạn đầu độ lún tăng nhanh nhưng áp lực ép tăng không đáng kể. Từ miền 5 – 100 mm của độ lún, giá trị áp lực ép mới xuất hiện và tăng gần tuyến tính.
  - Từ miền độ lún 100 mm trở lên, áp lực ép tăng theo hàm số mũ
- Đối với phôi ngói có độ lún 10 mm (với phôi có độ ẩm 18%) và 11 mm (đối với phôi có độ ẩm 22%), tra đồ thị 6 có áp lực ép khoảng  $p = 7,5 \text{ kG/cm}^2 = 0,75 \text{ MPa}$ .

### 2.3. Xác định lực ép cần thiết

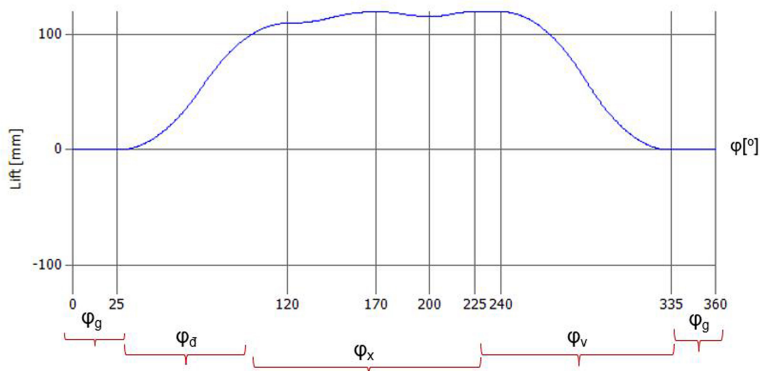
Ta có các thông số cơ bản của khuôn ép:  $l = 304 \text{ mm}$ ,  $b = 205 \text{ mm}$ ,  $h = 13 \text{ mm}$ ,  $p = 0,75 \text{ MPa}$  cho hỗn hợp 22%; Mặt khác, lực ma sát giữa thành khuôn và vật liệu không đáng kể, nên có thể bỏ qua. Do đó, lực ép cần tác động lên cơ cấu ép khuôn:

$$P_{tk} = 2kpS \quad (1)$$

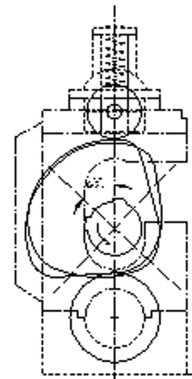
trong đó  $k$  là hệ số kể đến sự phân bố lực ép không đều trên hai khuôn ép;  $p$  là áp lực ép,  $p = 0,75 \text{ MPa}$ ;  $S$  là diện tích viên ngói ép.

Từ (1) tính và chọn lực ép cho máy 2 khuôn là  $120000 \text{ N} = 120 \text{ kN}$ .

### 2.4. Lựa chọn quy luật ép của cơ cấu Cam



Hình 6. Biểu đồ chuyển vị của con lăn



Hình 7. Cơ cấu cam thiết kế

Từ các đặc điểm ép của vật liệu làm ngói được phân tích trên, để đảm bảo chất lượng của viên ngói, trong nghiên cứu lựa chọn quy luật ép của cơ cấu Cam (Hình 6) gồm bốn bước dưới đây trong đó hành trình di chuyển cần thiết của khuôn ép trên được lựa chọn là 120 mm để đảm bảo cho việc lấy sản phẩm hoặc tháo khuôn trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa:

- Bước 1: Ép lần 1. Giai đoạn này là quá trình ép từ khi vật liệu cho vào khuôn đến khi lún được 110 mm [8]. Giai đoạn này không khí và nước thoát ra nhiều nhất nên cần thời gian dài vì vậy sẽ tương ứng với góc quay của cam  $\varphi_d = 65^\circ$ .
- Bước 2: Ép, đàn hồi. Vật liệu trong khuôn tiếp tục được ép chậm thêm 6 mm tương ứng góc quay cam thêm 550. Sau đó cần đẩy (ở đây thiết kế dạng con lăn để giảm ma sát trượt) được nhấc lên lại 6mm để vật liệu đàn hồi lại cho thoát không khí bên trong, tương ứng với góc quay của cam thêm  $\varphi = 15^\circ$ .
- Bước 3: Ép lần 2. Giai đoạn này hành trình con lăn tăng đến giá trị  $\text{max} = 120 \text{ mm}$  để ép vật liệu trong khuôn đến kích thước cần thiết của viên ngói [8], tương ứng với góc quay của cam thêm  $\varphi = 35^\circ$ .

- Bước 4: Ép duy trì. Giai đoạn này hành trình con lăn giữ nguyên ở giá trị 120 mm để giữ đúng hình dạng của sản phẩm ngói, tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = 15^\circ$ .

Vậy trong toàn bộ quá trình ép từ khi vật liệu đầy khuôn đến khi tạo hình xong sản phẩm ngói thì cam cần phải quay một góc bằng  $185^\circ$ . Sau quá trình ép, cam sẽ quay thêm  $105^\circ$  để cần đẩy (con lăn) trở về vị trí ban đầu  $\min = 0$  mm, sau đó duy trì ở vị trí này thêm góc quay cam  $70^\circ$ . Sau quá trình ép, thời gian quay của cam tương ứng với thời gian dỡ khuôn và nạp đầy liệu vào khuôn chuẩn bị cho quá trình ép tiếp theo.

Để làm được điều này, cần thiết phải phối hợp chặt chẽ biên dạng của cam ép và cam nâng để đảm bảo được chuyển vị của con lăn khi ép (hình 7). Để hiểu rõ hơn, xét vị trí của cam ở các góc độ khác nhau trong bốn giai đoạn của cam trong quá trình làm việc của máy ép:

- Giai đoạn đi xa: tương ứng với Bước 1 ở trên, góc quay của cam  $\varphi = (25 \div 120^\circ)$ . Con lăn dịch chuyển từ  $s = 0$  đến  $s = 100$  mm. Lúc này cụm ụ động đi xuống để chuẩn bị ép, quá trình này thời gian xuống càng nhanh càng tốt.

- Giai đoạn ở xa: tương ứng Bước 2 đến 4 như trên:

+ Phần đầu của giai đoạn ở xa, hành trình của con lăn vẫn tiếp tục tăng từ  $s = 100$  mm đến  $s = 120$  mm), tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = (120^\circ \div 165^\circ)$ . Giai đoạn này hai khuôn bắt đầu vào ép, nên biên dạng cam ở giai đoạn này được thiết kế sao cho cần đẩy (con lăn) vẫn dịch chuyển xuống một cách từ từ để phù hợp với ứng xử của vật liệu.

+ Phần thứ 2, hành trình cần đẩy (con lăn) giảm 4mm, tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = (165^\circ \div 180^\circ)$ , cụm ụ động được nhắc lên bởi cam nâng, hành trình con lăn giảm (vị trí của cần là 116 mm tại  $\varphi = 180^\circ$ ). Khi khuôn được nhắc lên, vật liệu ngói do tác dụng của lực đàn hồi sẽ làm tăng thể tích của phôi ngói, mật độ giảm, lúc này không khí và nước bên trong thoát ra mạnh để tránh nứt sản phẩm.

+ Phần thứ 3, hành trình con lăn tăng đến giá trị  $\max = 120$  mm để ép lần hai, tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = (180^\circ \div 215^\circ)$ . Lăn ép này nhằm tăng mật độ của phôi.

+ Phần thứ 4, hành trình con lăn giữ nguyên để giữ đúng hình dạng của sản phẩm ngói, tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = (215^\circ \div 230^\circ)$ .

Trong toàn bộ giai đoạn ở xa, đồng thời với việc diễn ra ép ngói, thì ở mặt trước phôi ngói được cấp tự động ở mặt chờ, còn ở mặt sau, cơ cấu gấp phôi tự động lấy phôi ra khỏi khuôn đã ép.

- Giai đoạn về gần, tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = (230^\circ \div 335^\circ)$ : Cam nâng đưa cụm ụ động đi lên, chuẩn bị cho một chu trình ép mới.

- Giai đoạn ở gần tương ứng với góc quay của cam  $\varphi = (335 \div 25^\circ)$ , bán kính cung tròn của biên dạng cam tương ứng với giai đoạn ở gần. Lúc này, cụm ụ động đứng yên, cần gạt mâm sao làm đĩa mâm sao quay một góc  $60^\circ$ . Khi đó mặt tang trống có phôi đã được ép quay hướng ra phía sau để chuẩn bị được gấp ra, bề mặt đã được nạp phôi quay đến vị trí chuẩn bị ép, bề mặt trống được đưa vào vị trí chuẩn bị nạp phôi.

## 2.5. Lựa chọn quy luật chuyển động của cần đẩy (con lăn)

Quy luật chuyển động của cần sẽ ảnh hưởng đến các vấn đề về động học, động lực học của cơ cấu cam nói riêng và của cả máy nói chung. Đặc biệt với cam quay và cần tịnh tiến thì trong giai đoạn tăng dần (giai đoạn đi xa) và giảm dần (giai đoạn về gần) của chuyển vị cần việc thay đổi các giá trị về vận tốc và gia tốc lớn ở các thời điểm chuyển tiếp có thể gây nên lực quán tính lớn làm máy bị dao động, ồn và mài mòn lớn. Chính vì vậy, máy làm việc êm không ồn cũng là yếu tố quan trọng phải xét đến, điều đó có nghĩa gia tốc chuyển động có giá trị không quá lớn. Quy luật chuyển động của cần sẽ quyết định hình dạng của biên dạng cam.



Có nhiều dạng quy luật chuyển động của cần (con lăn), mỗi quy luật có những ưu – nhược điểm và phạm vi ứng dụng khác nhau [9, 10]. Sau đây là một số quy luật điển hình [6, 11]:

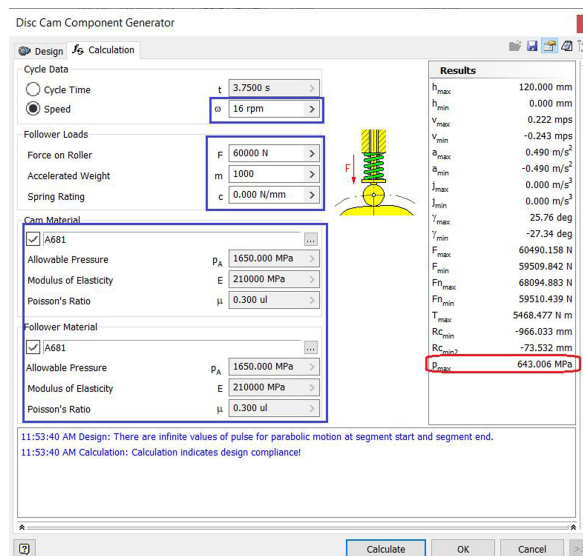
- Quy luật tuyến tính: với quy luật tuyến tính chuyển động của cần (con lăn) thì tại các điểm vận tốc cần giảm thay đổi có bước nhảy hữu hạn làm cho gia tốc giảm có bước nhảy vô hạn. Bước nhảy vô hạn đối với gia tốc dẫn đến bước nhảy vô hạn đối với lực, do đó cơ cấu cam sẽ bị ảnh hưởng bởi những chấn động lớn có thể gây biến dạng đàn hồi (hoặc thậm chí dẻo) của các phần tử, tăng mài mòn hoặc giảm độ chính xác của quy luật chuyển động của cơ cấu.

- Quy luật Parabol: với quy luật này ở giai đoạn đi xa và về gần làm vận tốc cần thay đổi liên tục trong các giai đoạn này, trong khi gia tốc thể hiện sự không liên tục tại từng giai đoạn. Gia tốc có bước nhảy đột ngột ở thời điểm vận tốc đạt giá trị lớn nhất.

- Quy luật điều hoà: Trong trường hợp cần chuyển động theo quy luật điều hoà này, quy luật vận tốc và gia tốc thay đổi liên tục.

Ngoài ra còn nhiều dạng quy luật chuyển động bậc cao hơn như bậc 3, 4 hay điều hoà đôi hoặc không đối xứng, ... Trong nghiên cứu của bài báo, chúng tôi nhận thấy do trọng lượng của cụm vận động lớn (khoảng 2000 kg), nên ưu tiên chuyển động ép có gia tốc nhỏ nhất có thể để giảm lực và mô men quán tính. Đồng thời để phù hợp với công nghệ chế tạo trong nước nghiên cứu sử dụng biên dạng cam kiểu parapol đa thức bậc 2 do biên dạng parabol cho chuyển động có gia tốc nhỏ nhất [11]. Mặt khác, giai đoạn ở xa của cam được thiết kế gồm bốn giai đoạn nhỏ, giúp chất lượng ép phôi được tối ưu.

### 3. Thiết kế cam



Hình 8. Kết quả tính toán

Trong nghiên cứu sử dụng phần mềm Inventor để tính toán, thiết kế biên dạng cam. Với các thông số đầu vào:

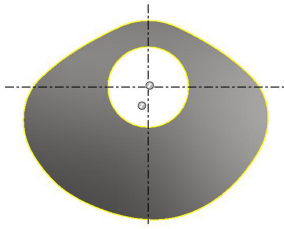
- Basic radius (Đường kính cơ bản):  $r_o = 120$  mm; Cam width (bề rộng cam):  $b_c = 140$  mm; Roller radius (bán kính con lăn):  $r_r = 100$  mm; Roller width (bề rộng cam):  $b_r = 140$  mm; Eccentricity (độ lệch tâm):  $e = 0$ ;

- Chọn biên dạng parabolic, nhập các giá trị của chuyển vị đầu cần tương ứng với 4 giai đoạn: Ở gần, đi xa, ở xa, về gần;

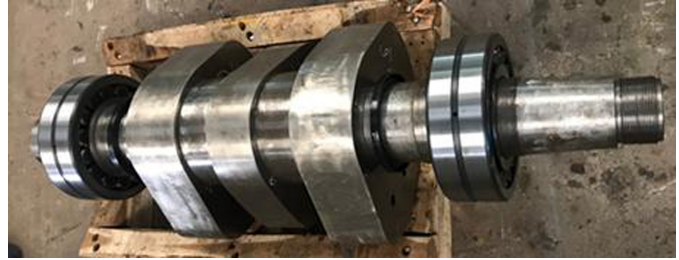
- Speed (Tốc độ quay của cam): 16 rpm (v/ph); Force on Roller (lực lớn nhất tác dụng lên con lăn, tính cho 1 con lăn): 60000 N; Accelerated Weight (khối lượng chuyển động có gia tốc - ụ động tính cho 1 cam):  $m = 1000$  kg; Spring rating (độ cứng lò xo):  $c = 0$  (không dùng lò xo).

- Vật liệu cho cam và con lăn: Vật liệu của cam và con lăn là SKD11 (tiêu chuẩn JIS), tương đương với mác thép A681 (Tiêu chuẩn ANSI) [12].

Các thông số khác để mặc định. Kết quả tính toán trên phần mềm inventor được thể hiện ở Hình 8, 9(a), và 10. Từ kết quả Hình 8 cho thấy ứng suất nén lớn nhất trên bề mặt cam  $p_{\max} = 643$  MPa. Giá trị này nhỏ hơn nhiều so với ứng suất nén cho phép của thép SKD11 đã nhiệt luyện (với độ cứng 50 HRC thì  $[p] = 1650$  MPa [6], gấp hơn 2,5 lần so với  $p_{\max}$ ).

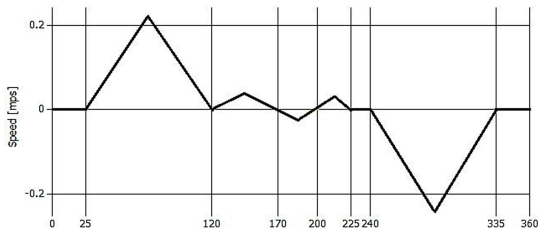


(a) Biên dạng cam thiết kế

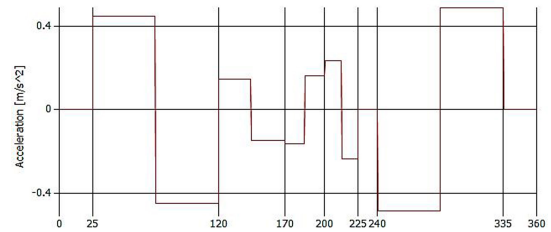


(b) Trục cam sau chế tạo

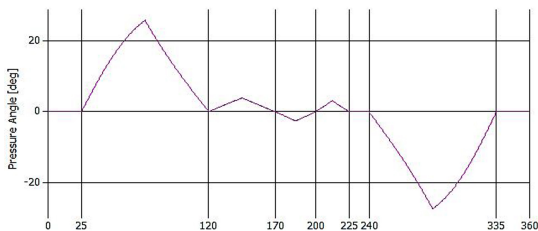
Hình 9. Biên dạng cam



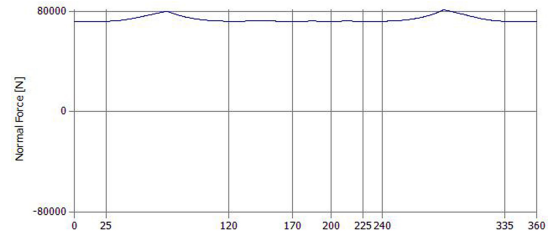
(a) Biểu đồ vận tốc



(b) Biểu đồ gia tốc



(c) Biểu đồ góc áp lực  $\delta$



(d) Biểu đồ áp lực pháp tuyến trên mặt cam

Hình 10. Một số thông số tính toán

Từ biểu đồ Hình 10 ta thấy, cam được thiết kế phù hợp với mục tiêu đặt ra về chuyển vị, động học và động lực học. Như, góc áp lực cam nhỏ hơn góc áp lực cho phép  $[\delta] = 300 \div 350$ , áp lực pháp tuyến trên mặt cam tại các vị trí thay đổi không nhiều, vận tốc và gia tốc thay đổi nhỏ. Sản phẩm (Hình 9(b)) làm ra đã được ứng dụng cho kết quả thử nghiệm ép ban đầu cho thấy máy hoạt động hiệu quả, quá trình ép êm, chất lượng ngói ép ra tốt.



#### 4. Kết luận

Bài báo trình bày các bước phân tích, tính toán để thiết kế cơ cấu Cam quay, cần đẩy dạng con lăn dùng trong máy ép gạch 32 viên/phút. Trong quá trình thiết kế quan hệ của lực ép với đặc tính của vật liệu làm ngói nung đất sét được xem xét, vật liệu được sử dụng có độ ẩm 22%, từ đó đưa ra được yêu cầu chuyển vị của cần tương ứng với các góc quay của cam để đảm bảo năng suất và chất lượng theo yêu cầu. Để tránh rung động và ồn cho máy trong quá trình làm việc cũng như phù hợp với công nghệ sản xuất ở Việt Nam, quy luật chuyển động của cần con lăn cũng được xem xét lựa chọn là dạng parabol (đa thức bậc 2). Vật liệu của cam và con lăn là SKD11 (tiêu chuẩn JIS), tương đương với mác thép A681 (Tiêu chuẩn ANSI).

Kết quả tính toán bằng phần mềm Inventer cho thấy các thông số động học và động lực học hoàn toàn phù hợp với tiêu chuẩn thiết kế cơ cấu cam cần đẩy. Cụ thể như góc áp lực tính toán nhỏ hơn góc áp lực cho phép, việc thay đổi vận tốc – gia tốc nhỏ, áp lực pháp tuyến trên mặt cam thay đổi không nhiều trong 1 chu kỳ. Kết quả nghiên cứu của bài báo hoàn toàn có thể làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế và chế tạo cơ cấu cam cho máy ép ngói đất sét nung ở Việt Nam. Phương pháp nghiên cứu này cũng có thể áp dụng cho các loại vật liệu khác dùng làm ngói lợp ở nước ta.

#### Lời cảm ơn

Tác giả chân thành cảm ơn công ty Tiến Mạnh đã hỗ trợ thiết bị cho chúng tôi trong quá trình làm thí nghiệm và thử nghiệm kết quả nghiên cứu.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Hiệp hội gốm sứ xây dựng Việt Nam. *Tạp chí Gốm sứ xây dựng số 114 quý I năm 2022*. Truy cập ngày 08/10/2022.
- [2] Công thông tin điện tử Bộ xây dựng, Bộ Xây dựng. *Tiềm năng của ngành vật liệu xây dựng phục vụ xây dựng biển đảo*. Truy cập ngày 08/10/2022.
- [3] Bộ Xây dựng. *Ngành sản xuất vật liệu xây dựng: Phát triển mạnh về số lượng, chất lượng*. Truy cập ngày 08/10/2022.
- [4] Lự, P. V. (2006). *Giáo trình vật liệu xây dựng*. Nhà Xuất Bản Giáo Dục.
- [5] Moranto, R. *Die Dachziegelpresse DR6 (The DR6 roof tile press)*. Truy cập ngày 10/10/2022.
- [6] Hren, I., Hejma, P., Svijsantek, H., Soukup, J. (2019). *Design of cam driving test equipment*. *MATEC Web of Conferences*, 254:02030.
- [7] Long, N. T., và cs. (2022). *Nghiên cứu tính toán, thiết kế và cài tạo máy ép ngói 22 viên/m<sup>2</sup> tự động dạng hai khuôn sử dụng cơ cấu cam ép với năng suất 32 viên/phút*. Bộ Xây dựng, Mã số: RD22-20.
- [8] Dũng, N. T. (2018). *Nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực ép trong quá trình tạo hình gạch đất không nung theo phương pháp ép bán khô*. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXD*, 12(7):89–97.
- [9] Ch�t, T. (2005). *Cơ sở thiết kế máy và chi tiết máy*. Nhà xuất bản Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội.
- [10] Gôn, B. L., Sùng, P. Đ., Chương, L. H., Dũng, N. Q. (2017). *Chi tiết máy*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [11] Autodesk Inventor 2021. *Engineer's Handbook*. Truy cập ngày 10/10/2022.
- [12] Địch, T. V., Phúc, N. T. (2006). *Sổ tay thép thế giới*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.