

# PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THIẾT KẾ KẾT CẤU HỆ THỐNG KHUÔN CỦA MÁY ÉP GẠCH KHÔNG NUNG

NGUYỄN NHÂN SÂM<sup>1</sup>, CHÂU MINH QUANG<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> Trung tâm Đổi mới sáng tạo Khởi nghiệp và Chuyển giao công nghệ - Trường Đại học Công nghiệp  
Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Viện Đào tạo quốc tế và Sau đại học - Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: chauminhquang@iuh.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v74i2.5027>

**Tóm tắt.** Hiện nay gạch không nung được sản xuất và ứng dụng trong thực tế xây dựng các công trình tại Việt Nam, nhưng chưa có công trình nghiên cứu nào phân tích thiết kế và kiểm nghiệm kết cấu hệ thống khuôn của máy ép gạch không nung một cách đầy đủ. Bài báo này nghiên cứu phân tích thiết kế hệ thống khuôn, hệ thống rung, bàn rung, thanh đỡ palet và kiểm nghiệm các thông số kỹ thuật sản phẩm gạch. Thiết kế được mô phỏng bằng phân tích tính toán phần tử hữu hạn (FEM), chế tạo máy ép và khuôn ép, sản xuất và kiểm nghiệm sản phẩm viên gạch không nung. Kiểm nghiệm ứng suất cực đại hệ thống khuôn, chuyển vị lớn nhất hệ thống khuôn, sức căng bề mặt của thép SKD11, ứng suất cực đại hệ thống bàn rung, chuyển vị lớn nhất bàn rung, ứng suất cực đại thanh đỡ palet. Kiểm nghiệm Khối lượng viên gạch, cường độ chịu nén, độ thấm nước, độ ngậm nước bão hòa, hệ số dẫn nhiệt, hệ số cách âm, độ rỗng tương đương.

**Từ khóa.** Gạch không nung, Máy ép gạch không nung, Khuôn ép gạch không nung

## 1 GIỚI THIỆU

Gạch không nung là loại gạch xây, sau khi được tạo hình thì tự đóng rắn đạt các chỉ số về cơ học: Cường độ nén, uốn, độ hút nước... mà không cần qua nhiệt độ. Độ bền của viên gạch không nung được gia tăng nhờ lực ép hoặc rung hoặc cả ép lẫn rung lên viên gạch và thành phần kết dính của chúng.

Shivasheesh Kaushik và Dr. Anirudh Gupta [1] đã nghiên cứu máy làm gạch tro bay, giải pháp tận dụng hiệu quả tro bay phát sinh hàng ngày trong nhà máy điện. Đồng thời phân tích các thông số như kích thước viên gạch, vật liệu làm gạch, kích thước khuôn. Kích thước khuôn đóng vai trò quan trọng như một yếu tố quyết định cho việc chế tạo máy làm gạch tro bay. Máy làm gạch tro bay nén tro thông thường thành các khối xây chắc chắn. Máy làm gạch tro bay là loại máy vận hành tự động độc đáo, khai thác công nghệ nén để tạo ra gạch chắc chắn và bền bỉ khi thi công. Máy gạch tro là thiết bị lý tưởng để sản xuất gạch tại chỗ. Gạch được làm từ tro bay, vôi, thạch cao, xi măng và cát.

Ngo Si Huy và các cộng sự [2] đã nghiên cứu hỗn hợp hai nhóm được thiết kế với tỷ lệ nước trên chất kết dính (W/B) là 0,30 và 0,35. Trấu được sử dụng để thay thế 0%, 3%, 6% và 9% hàm lượng tro đáy theo khối lượng. Một chương trình thử nghiệm đã được thực hiện trên các mẫu gạch ở các độ tuổi khác nhau từ 3 ngày đến 28 ngày để xác định các tính chất cơ lý chính của gạch như trọng lượng đơn vị, cường độ nén, độ hấp thụ nước, tốc độ xung siêu âm và độ dẫn nhiệt. Cấu trúc vi mô của vật liệu gạch được chụp bằng kỹ thuật kính hiển vi điện tử quét. Kết quả thực nghiệm cho phép xác định ảnh hưởng của trấu, hàm lượng tro đáy cũng như tỷ lệ W/B đến tính chất của gạch. Các mẫu gạch sản xuất trong nghiên cứu này có cường độ chịu nén phù hợp, đáp ứng yêu cầu thực tế và được phân loại là loại M3.5 và 5.0 theo tiêu chuẩn ISO 6477:2016. Khi sử dụng 9% trấu, trọng lượng đơn vị và độ dẫn nhiệt của gạch rất thấp (1,06-1,08 T/m<sup>3</sup> và 0,201-0,216 W/m.K), phù hợp để sử dụng trong các công trình xây dựng tạm thời và kết cấu cách nhiệt. Trong nghiên cứu này, trấu thô và tro đáy được sử dụng làm cốt liệu mịn trong sản xuất gạch không nung thân thiện với môi trường. Trong đó trấu được sử dụng thay thế 0%, 3%, 6%, 9% hàm lượng tro đáy theo trọng lượng. Các kết luận ngắn gọn có thể được rút ra dựa trên kết quả thực nghiệm như sau: Khi hàm lượng trấu tăng, khối lượng đơn vị, cường độ nén, UPV, độ dẫn nhiệt của gạch giảm, trong khi độ hút nước của

gạch tăng. Tuy nhiên, tất cả gạch được sản xuất trong nghiên cứu này có thể được phân loại là Loại M3.5 hoặc M5.0; Khối lượng đơn vị và độ dẫn nhiệt của gạch giảm đáng kể ( $1,06-1,08 \text{ T/m}^3$  và  $0,201-0,216 \text{ W/m.K}$ ) khi hàm lượng trấu tăng lên 9%.

Si-Huy Ngo, Thi-Hong Mai, and Xuan-Viet Le [3] đã nghiên cứu hỗn hợp gạch được thiết kế với tỷ lệ nước-chất kết dính là 0,30 và 0,35. Tro bay được sử dụng để thay thế 70% trọng lượng xi măng trong tổng trọng lượng chất kết dính, trong khi bã mía được sử dụng để thay thế 0,3, 6 và 9% trọng lượng tro đáy. Các đặc tính kỹ thuật của gạch như trọng lượng đơn vị, cường độ nén, tốc độ xung siêu âm, độ hấp thụ nước, độ dẫn nhiệt và cấu trúc vi mô đã được thử nghiệm. Kết quả thử nghiệm chỉ ra rằng trọng lượng đơn vị, cường độ nén, tốc độ xung siêu âm và độ dẫn nhiệt của gạch giảm khi tăng bã mía hoặc tỷ lệ chất kết dính nước, trong khi khả năng hấp thụ nước của gạch tăng. Nhiều lỗ rỗng và độ xốp cao của mẫu gạch chứa bã mía đã được phát hiện khi quét ảnh kính hiển vi điện tử, khẳng định những phát hiện liên quan đến đặc tính của những viên gạch này. Ưu điểm của gạch không nung kết hợp bã mía là nhẹ, dẫn nhiệt thấp, cường độ nén phù hợp trên  $3,2 \text{ MPa}$ .

J.E. Oti, J.M. Kinuthia, J. Bai [4] đã nghiên cứu hỗn hợp được điều chế bằng cách sử dụng phụ phẩm công nghiệp sẵn có tại địa phương (xi lò cao dạng hạt nghiền) được hoạt hóa bằng chất kiềm (vôi hoặc xi măng) kết hợp với đất sét. Xi măng không được sử dụng trong công thức gạch xây ổn định không nung, ngoại trừ vai trò kiểm soát, đây là một bước đột phá khoa học quan trọng cho ngành xây dựng. Một bước đột phá khác là chỉ có khoảng 1,5% vôi được sử dụng để kích hoạt xi lò cao. Mức vôi này không đủ cho hầu hết các ứng dụng xây dựng đường, nơi cần ít giá trị cường độ hơn và cần 3–8% vôi để ổn định đất hiệu quả.

Joygopal Jena, Chinmayanada Sahoo, Kalyani S. Singh [5] đã nghiên cứu tro bay, sản phẩm phụ của quá trình đốt than có sẵn trong các nhà máy điện là một trong những vật liệu có sẵn rất nhiều ở môi trường xung quanh chúng ta và đang gây ra vấn đề cho môi trường. Chúng được sử dụng bằng cách trộn các vật liệu xi măng khác nhau trong sản xuất gạch, thay thế cho gạch thông thường, vì hiệu quả chi phí. Một sản phẩm mới ‘Gạch không nung giàu tro bay’ đã được đề xuất. Các thử nghiệm cần thiết trong phòng thí nghiệm cho sản phẩm được đề xuất đã được thực hiện và tính phù hợp của chúng được trình bày.

Balaji Govindan, Mukesh P và các cộng sự [6] trình bày các loại gạch không nung thân thiện với môi trường được làm từ tro bay, bột nhựa phế thải, bột thủy tinh thải, vôi, thạch cao và cát nghiền như những giải pháp thay thế cho gạch đất sét nung thông thường nhằm phát triển bền vững. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng bột thủy tinh thải đã nghiền có kích thước nhỏ hơn  $600 \mu\text{m}$  và bột nhựa thu được từ rác thải nhựa có kích thước nhỏ hơn  $600 \mu\text{m}$  được thêm vào cùng với cát nghiền, thạch cao, vôi và tro bay với các tỷ lệ trộn khác nhau. Tất cả các tỷ lệ được thực hiện trên cơ sở trọng lượng. Cường độ nén, độ hấp thụ nước và độ sụt bọt là những thông số chính được chọn để so sánh gạch cải tiến với gạch tro bay thông thường. Có năm loại hỗn hợp khác nhau (Loại A, B, C, D & E) được thực hiện trong nghiên cứu này. Bột nhựa và thủy tinh được thay thế bằng cát nghiền với tỷ lệ tăng 2% trong mỗi hỗn hợp và 2%, 4%, 6%, 8% và 10%. Người ta nhận thấy gạch loại B có cường độ tăng 17,63% so với hỗn hợp nền. Từ kết quả thử nghiệm, gạch loại B đã được nâng cao tính năng cơ học khi so với tất cả các hỗn hợp khác. Loại B thu được  $13,34 \text{ N/mm}^2$ , loại B có tính năng cơ học được nâng cao và cường độ tăng thêm 17,63% so với hỗn hợp nền và cao hơn ở tất cả các loại gạch khác. Loại B cũng có giá trị hút nước thấp so với các mẫu gạch khác, loại B còn có hình dáng, kích thước tốt và vượt qua các bài kiểm tra về độ bền, độ cứng so với các mẫu khác.

Venkatesh, C và các cộng sự [7] phát triển các máy móc nội địa hóa để sản xuất gạch chất lượng và cũng để hoàn thiện công nghệ tự động hóa sản xuất gạch. Dựa trên kết quả mô phỏng của ANSYS, nhận được ứng suất tương đương tối đa là  $176,76 \text{ MPa}$  và độ lệch tổng cộng là  $0,778 \text{ mm}$  đối với cạnh dọc của hộp đúc. Do đó, nó nằm dưới cường độ chảy của vật liệu thép được sử dụng để chế tạo khuôn, để nó có thể chịu được lực tác dụng. Ứng suất tương đương tối đa ở mặt bên của khuôn là  $76,12 \text{ MPa}$  và tổng độ dịch

chuyển là 0,69mm, nằm trong ứng suất cho phép, đảm bảo rằng bộ phận sẽ không bị hỏng trong quá trình vận hành. Phân tích kết cấu trục dài và trục nhỏ lần lượt có đường kính 50mm và chiều dài 600mm và 400mm. Các giá trị nhận được cho ứng suất tương đương tối đa của trục dài là 48,12MPa và tổng chuyển vị là 0,12mm. Đối với ứng suất chính lớn nhất của trục nhỏ, nhận được giá trị là 4,24MPa và tổng chuyển vị là 0,05mm. Các giá trị này nhỏ hơn độ bền kéo cuối cùng của thép không gỉ là 505MPa và cường độ chảy là 215MPa và do đó nó có thể chịu được tải trọng kéo tác dụng lên nó. Từ phân tích phễu, ta thu được giá trị ứng suất chính cực đại là 0,000172MPa và 0,1209MPa cho ứng suất tương đương lớn nhất. Tổng biến dạng là 0,000903mm phù hợp với giới hạn chảy 300MPa và độ bền kéo giới hạn 400 MPa của phễu được làm bằng thép mạ kẽm. Vì vậy, nó có thể duy trì tải trọng được áp dụng mà không bị hỏng. Từ phân tích kết cấu của khung, nhận được giá trị ứng suất tương đương cực đại là 104MPa và biến dạng tổng cộng là 2,7mm.

Từ các phân tích tổng quan ở trên, chúng tôi thấy chưa có công trình nào phân tích về độ tin cậy của kết cấu hệ thống khuôn để đảm bảo độ bền và tính hiệu quả của máy sản xuất gạch không nung đảm bảo chất lượng và năng suất viên gạch. Do đó chúng tôi tiến hành nghiên cứu phân tích độ tin cậy của khuôn đực, khuôn cái, hệ thống bàn rung, hệ thống palet của máy ép gạch không nung 4 lỗ.

## 2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### 2.1 Phương án thiết kế khuôn ép gạch

Phương án thiết kế khuôn, thông thường khuôn ép gạch được phân làm hai loại khuôn ghép và khuôn nguyên khối, chúng tôi chọn loại khuôn ghép phù hợp với mô hình thiết kế. Khuôn ghép là loại khuôn được ghép từ nhiều chi tiết với nhau đây là loại khuôn phổ biến trên thị trường hiện nay, khuôn ghép dễ chế tạo gia công, dễ sửa chữa và thay thế, giá thành sản xuất thấp. Do khuôn được lắp ghép nên sẽ tạo ra sai lệch. Vì vậy độ chính xác không cao và tuổi thọ của khuôn thấp khoảng 100.000 chu kỳ ép, chỉ phổ biến cho các loại gạch có biên dạng đơn giản như gạch block, gạch lát vỉa hè.

Từ những ưu nhược điểm như trên của loại khuôn ghép, quyết định chọn khuôn ghép cho máy ép gạch không nung, dễ chế tạo và tiết kiệm chi phí, hoàn toàn phù hợp với mô hình. Tính được năng suất máy:  $N=7680$  viên/ca/8h và tổng chu trình làm việc  $T=15s$ . Số viên gạch 1 lần ép:  $n = \frac{N \cdot T}{8h} = \frac{7680 \cdot 15}{3600 \cdot 8} = 4$  (viên).

Chế tạo khuôn sản xuất 4 viên gạch trong 1 lần ép để phù hợp với điều kiện ban đầu đặt ra. Chúng ta tiến hành thiết kế khuôn theo mẫu gạch đã chọn đó là gạch block 4 lỗ, khuôn 4 viên với kích thước  $80 \times 80 \times 180mm$  lỗ rỗng  $\varnothing 24mm$ .

### 2.2. Cơ sở tính toán và thiết kế khuôn

Ta tiến hành nội suy ra kích thước lòng khuôn từ kích thước của viên gạch do đó ta có được kích thước lòng khuôn của khuôn. Số lượng viên gạch được ép ra mỗi lần là 4 viên. Kích thước lõi ta lấy từ kích thước phần lỗ trống của viên gạch  $\varnothing 24mm$ . Chiều cao khuôn  $H = L + S = 180 + 20 = 200mm$ , với: L: chiều dài viên gạch  $L = 180$  mm; S: hành trình ép  $S = 20$  mm.

Kiểm nghiệm độ bền khuôn cái: Để đảm bảo thiết kế này đáng tin cậy trong quá trình làm việc sau thiết kế, những cụm chi tiết nguy hiểm cao nhất được đưa vào phân tích đánh giá. Theo lý thuyết về sự đàn hồi biến dạng dẻo, phá hủy xảy ra khi năng lượng biến dạng trong trường hợp thực tế lớn hơn năng lượng phá hủy của mẫu thử cùng loại tại thời điểm bị phá hủy. Năng lượng biến dạng đàn hồi lớn nhất

## PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THIẾT KẾ KẾT CẤU

(còn gọi là ứng suất VonMises) theo lý thuyết sẽ dự đoán rằng một vật liệu sẽ bị phá hủy nếu ứng suất Von-Mises đạt tới giới hạn đàn hồi của vật liệu (yield strength,  $S_y$ ).

Dựa vào các kết quả nguyên cứu từ tài liệu [8]. Ta có: Ứng suất này được tính toán theo công thức:

$$\sigma_{vm} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Trong đó:  $\sigma_{vm}$ ,  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ , và  $\sigma_z$  tương ứng là ứng suất pháp tương đương và cục bộ theo các phương x, y và z. Và  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yz}$ ,  $\tau_{zx}$  là ứng suất tiếp trên các mặt phẳng tương ứng xy, yz và zx.

Do đó, để sự biến dạng không xảy ra, ứng suất tương đương von Mises stress sẽ phải nhỏ hơn ứng suất phá hủy của vật liệu:

$$\sigma_{vm} < S_y \quad (2)$$

Bên cạnh đó, sức căng và chuyển vị của các chi tiết cũng là yếu tố khá quan trọng trong thiết kế cơ khí cần phải quan tâm. Ứng dụng lý thuyết về phần tử hữu hạn, sức căng tại một nút bất kỳ được tính theo công thức:

$$\{\epsilon\} = [B] \cdot \{d\} \quad (3)$$

Và quan hệ giữa ứng suất và sức căng:

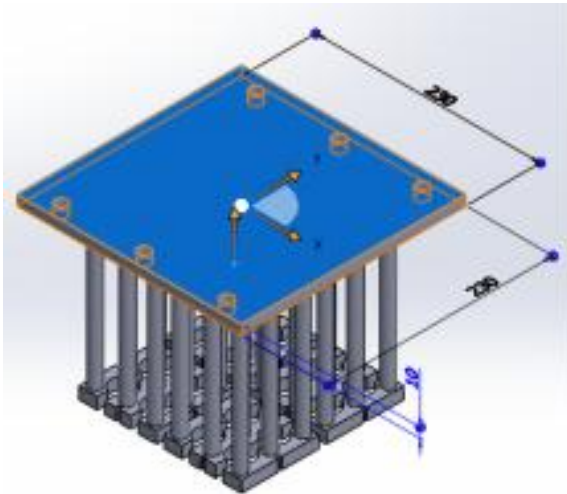
$$\{\sigma\} = [D] \cdot \{\epsilon\} \quad (4)$$

Trong đó, [B] và [D] là các ma trận gradient ứng suất và chuyển vị.

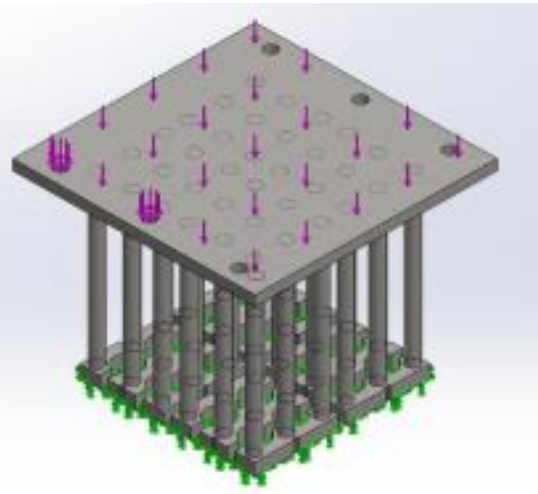
Trong nghiên cứu này, công cụ tĩnh học Static Structure được chọn để phân tích kết cấu và kiểm bền của chi tiết gồm: Bước 1: Gán vật liệu cho chi tiết; Bước 2: Gán các ràng buộc cho chi tiết; Bước 3: Đặt các lực tương ứng lên chi tiết; Bước 4: Chia lưới cho chi tiết.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Phân tích tính toán thiết kế khuôn đực



Hình 1: Thiết kế khuôn đực

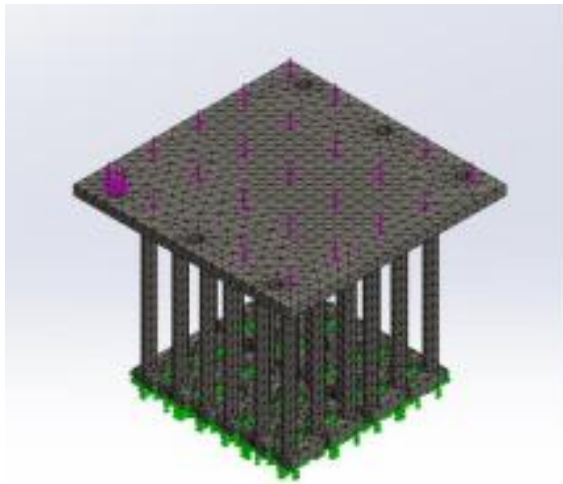


Hình 2: Gán vật liệu, các ràng buộc và lực

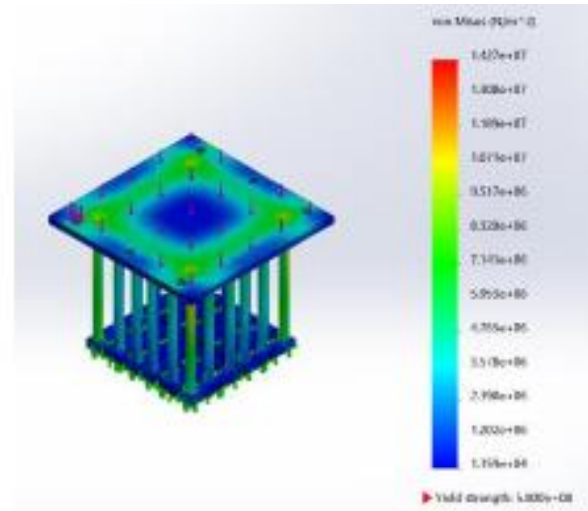
Từ khuôn cái ta tiến hành thiết kế khuôn đực, khuôn đực phải đảm bảo đủ độ cứng vững để truyền lực ép từ xylanh để ép xuống khuôn cái. Từ bản thiết kế phát thảo ta dùng phần mềm để hoàn thành bản thiết kế được thể hiện trên (Hình 1), kiểm nghiệm độ bền khuôn đực dựa vào các trình tự như: Gán vật liệu, đặt các ràng buộc và lực (Hình 2).

Kiểm nghiệm độ bền khuôn đực, với nhiệm vụ làm chày ép, trong quá trình làm việc khuôn đực nhận hoàn toàn lực từ xy lanh tạo áp lực ép lên vật liệu trong khuôn cái, giá trị lực ép là 10.000(N). Phương và

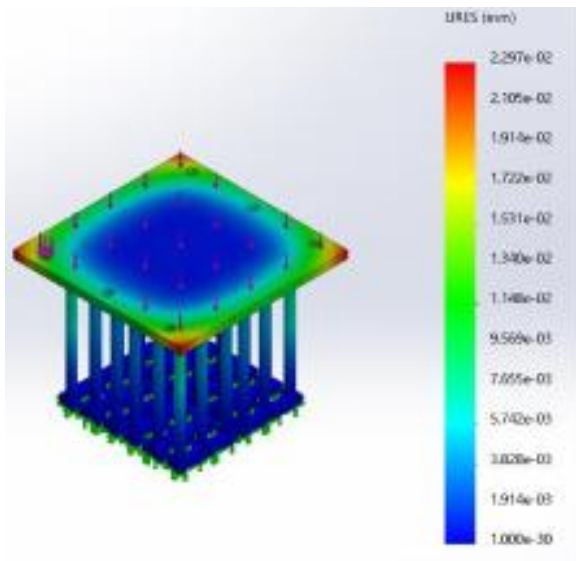
áp lực ép được thể hiện như (Hình 2). Chia lưới của khuôn đực (Hình 3), mô phỏng ứng suất Von mises của khuôn đực (Hình 4), mô phỏng chuyển vị khi làm việc của khuôn đực (Hình 5), mô phỏng sức căng bề mặt khi làm việc của khuôn đực (Hình 6).



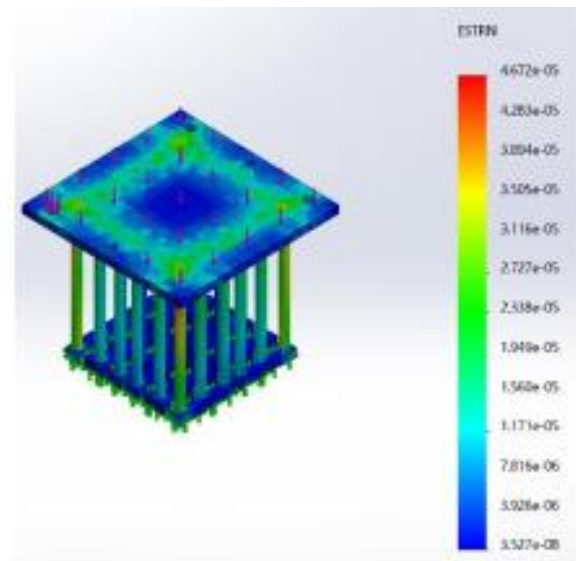
Hình 3: Chia lưới của khuôn đực



Hình 4: Mô phỏng ứng suất của khuôn đực.



Hình 5: Mô phỏng chuyển vị của khuôn đực



Hình 6: Sức căng bề mặt của khuôn đực

Sau khi chạy chương trình mô phỏng tĩnh học cho khuôn đực, ta được các kết quả (Hình 4, 5, 6 và Bảng 1). Giá trị ứng suất cực đại  $1,879 \cdot 10^8$  (Pa) và ứng suất nhỏ nhất  $1,024 \cdot 10^{-6}$  (Pa); Giá trị lớn nhất của chuyển vị chỉ là  $2,724 \cdot 10^{-1}$  (mm); Sức căng bề mặt lớn nhất là  $1,607 \cdot 10^{-4}$  (Pa).

Bảng 1: Kết quả ứng suất, chuyển vị và sức căng bề mặt khuôn đực

| Thông số kỹ thuật        | Thiết kế                   | Tiêu chuẩn SKD11      |
|--------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Ứng suất cực đại         | $1,879 \cdot 10^8$ (Pa)    | $6,5 \cdot 10^8$ (Pa) |
| Chuyển vị                | $2,724 \cdot 10^{-1}$ (mm) | 20% (mm)              |
| Sức căng bề mặt lớn nhất | $1,607 \cdot 10^{-4}$ (Pa) | $8,5 \cdot 10^8$ (Pa) |

Đánh giá chung cho chi tiết thì giá trị ứng suất cực đại von Mises stress đều thỏa mãn phương trình (1), tất cả đều nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép SKD11 là  $6,5 \cdot 10^8$  Pa. Ứng suất cao nhất đạt giá trị  $1,879 \cdot 10^8$  (Pa), tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất với giá trị là  $2,724 \cdot 10^{-1}$

## PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THIẾT KẾ KẾT CẤU

(mm). Giá trị này rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 20\%$  trên tổng kích thước hệ thống khuôn cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn so với sức căng bề mặt cho phép của thép SKD11 là  $8,5 \times 10^8$  Pa. Với các thông số như trên, ta có thể kết luận rằng kết cấu sẽ đảm bảo độ cứng vững và an toàn trong quá trình làm việc.

### 3.2. Phân tích thiết kế hệ thống rung

Tính toán chọn động cơ rung, hệ thống rung được thiết kế dựa trên nguyên lý của hệ thống rung bàn, và có một số thay đổi để phù hợp với thiết kế. Trong hệ thống rung bàn, bộ phận gây ra rung động là các trục lệch tâm được dẫn động bằng động cơ điện. Tuy nhiên quy trình và chi phí để gia công, chế tạo hệ thống này rất tốn kém. Để giảm chi phí chúng tôi quyết định thay hệ thống rung với trục lệch tâm bằng động cơ rung. Với các thông số phù hợp với kích thước và kết cấu khuôn gạch 4 viên. Với máy ép gạch không nung theo công nghệ rung – ép thì hai yếu tố rung và ép đóng vai trò quan trọng. Nó quyết định tới chất lượng viên gạch. Do đó việc chọn được động cơ rung có các thông số kỹ thuật phù hợp là cực kỳ quan trọng.

Rung cấp liệu, giai đoạn này động cơ rung cần cung cấp lực rung đủ lớn để thắng được trọng lực của palet, khuôn cái, bàn rung và khối lượng vật liệu. Trong đó trọng lượng viên gạch khoảng 1,6kg, do đó:

$$\begin{aligned} F_{\text{rung}} > F_{\text{khuôn-palet}} &= G_{\text{khuôn}} + G_{\text{palet}} + G_{\text{bàn rung}} + G_{\text{gạch}} \\ &= 25 \times 10 + 6 \times 10 + 9 \times 10 + 1,6 \times 4 \times 10 = 464(\text{N}) \end{aligned} \quad (5)$$

Ngoài ra tần số rung cũng phải phù hợp để đảm bảo vật liệu đan xen vào nhau. Để nguyên liệu rải xuống đều thì tần số rung nằm trong khoảng 2850–4000 lần/phút. Do đó động cơ rung có số vòng quay nằm trong khoảng 2850–4000 (v/p).

Rung kết hợp ép để tạo hình viên gạch ban đầu, giai đoạn này lực kích rung của động cơ phải đủ mạnh mẽ, làm cho viên gạch được tác động lực liên tục từ phía dưới và lực ép từ phía trên nhằm tạo ra áp lực cần thiết cho phản ứng hóa đá của vật liệu trong khuôn. Chọn áp lực nén tác động vào vật liệu trong khuôn từ hệ thống rung là 2500(N). Do đó, lực kích rung từ động cơ rung phải có giá trị (6):

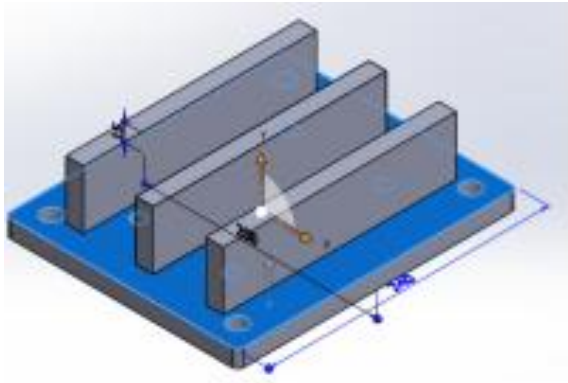
$$F_{\text{rung}} \geq 446 + 2500 = 2946(\text{N}) \quad (6)$$

Như vậy, Số vòng quay 3000 vòng/phút; Lực kích rung 3210N; Công suất 0,27kw; Khối lượng 9,8kg; Tần số 50Hz.

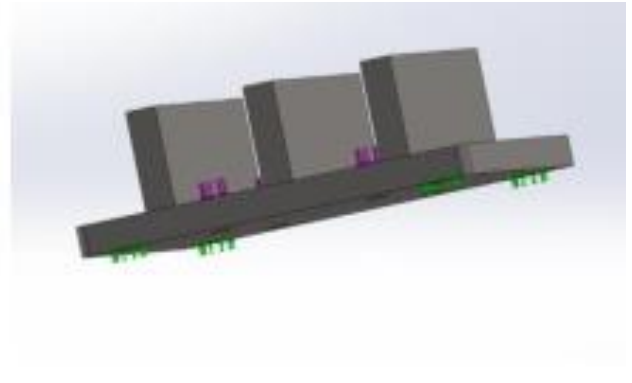
### 3.3. Phân tích tính toán thiết kế bàn rung

Bàn rung là bộ phận khá quan trọng trong kết cấu máy ép gạch (Hình 7 và 8). Đây là bộ phận trung gian, kết cấu này nhận lực rung từ động cơ rung và tác động lực trực tiếp lên palet, khuôn cái. Do đó kết cấu của bàn rung phải phù hợp để đặt palet và khuôn cái, mặt khác phải đảm bảo độ bền trong quá trình làm việc. Dựa vào kích thước và kết cấu của palet và khuôn cái, ta phác thảo được kết cấu của bàn rung.





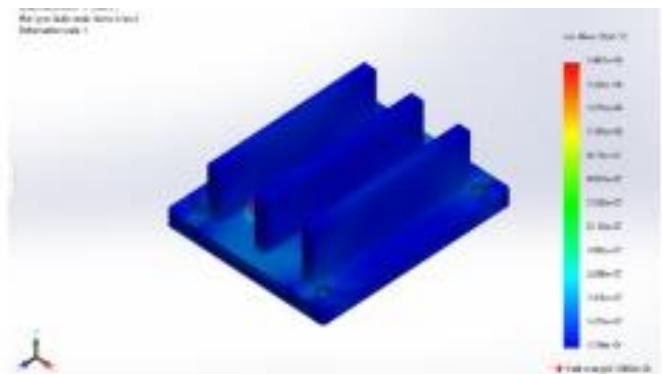
Hình 7: Thiết kế bản rung



Hình 8: Gán vật liệu, đặt các ràng buộc và lực



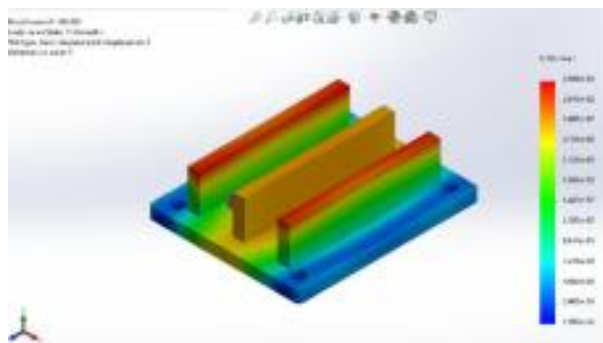
Hình 9: Chia lưới chi tiết của bản rung



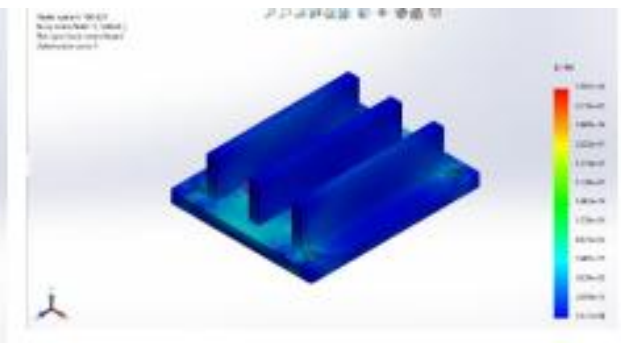
Hình 10: Mô phỏng ứng suất bản rung

Kiểm nghiệm kết cấu bản rung, trong quá trình làm việc, bản rung chịu áp lực lớn nhất từ động cơ rung, trọng lực của bản rung và động cơ rung. Với các thông số của động cơ rung, ta có được giá trị: Lực kích rung 3210(N); Khối lượng động cơ rung 9,8(kg); Khối lượng bản rung 9(kg). Tổng áp lực tác dụng lên bản rung:

$$F_{br} = G_{\text{bản rung}} + G_{\text{động cơ rung}} + F_{\text{rung}} = 9 \cdot 10 + 9,8 \cdot 10 + 3210 = 3398(\text{N}) \quad (7)$$



Hình 11: Tổng chuyển vị



Hình 12: Sức căng bề mặt

Sau khi chạy chương trình mô phỏng tĩnh học cho chi tiết bản rung, ta được các kết quả (Hình 9, 10, 11, 12 và Bảng 2): Giá trị ứng suất cực đại  $1,467 \times 10^8 (\text{Pa})$  và ứng suất nhỏ nhất  $1,194 \times 10^4 (\text{Pa})$ ; Giá trị lớn nhất của chuyển vị chỉ là  $2,886 \times 10^{-2} (\text{mm})$ ; Sức căng bề mặt lớn nhất là  $2,963 \times 10^{-4} (\text{Pa})$ .

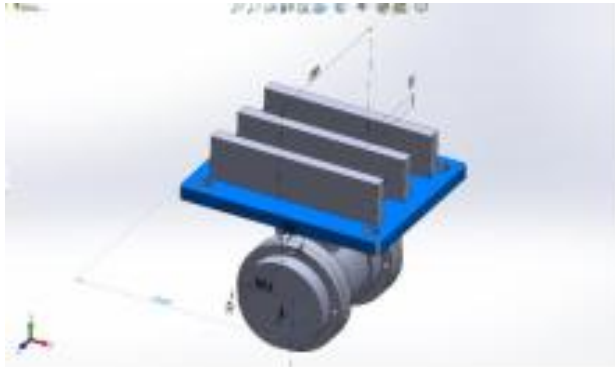
## PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THIẾT KẾ KẾT CẤU

Bảng 2: Kết quả ứng suất, chuyển vị và sức căng bề mặt hệ thống bàn rung

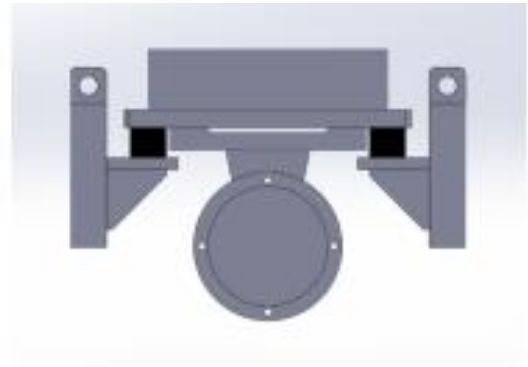
| Thông số kỹ thuật        | Thiết kế                    | Tiêu chuẩn C45         |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Ứng suất cực đại         | $1,467 \times 10^8$ (Pa)    | $5,8 \times 10^8$ (Pa) |
| Chuyển vị                | $2,886 \times 10^{-2}$ (mm) | 16% (mm)               |
| Sức căng bề mặt lớn nhất | $2,963 \times 10^{-4}$ (Pa) | $7,5 \times 10^8$ (Pa) |

Đánh giá chung cho chi tiết thì giá trị ứng suất cực đại von Mises stress đều thỏa mãn phương trình (1), tất cả đều nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép C45 là  $5,8 \times 10^8$  Pa. Ứng suất cao nhất đạt giá trị  $1,467 \times 10^8$  Pa, tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất với giá trị là  $2,886 \times 10^{-2}$  mm. Giá trị này rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 16\%$  trên tổng kích thước bàn rung cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn so với sức căng bề mặt cho phép của thép C45 là  $7,5 \times 10^8$  Pa, độ bền của các chi tiết vẫn đảm bảo an toàn trong quá trình làm việc.

Tính toán thiết kế kết cấu đặt hệ thống rung, kết cấu này có nhiệm vụ đỡ toàn bộ hệ thống rung trong quá trình làm việc và chịu lực tác dụng hoàn toàn từ động cơ rung. Do đó kết cấu này cần thiết kế có độ cứng vững phù hợp để máy hoạt động an toàn trong quá trình làm việc. Từ hình dạng và kích thước của cụm cơ cấu bàn rung và động cơ rung đã được thiết kế phần trên.

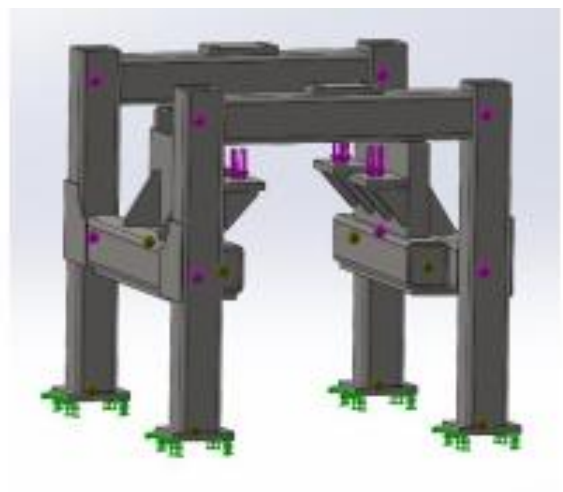
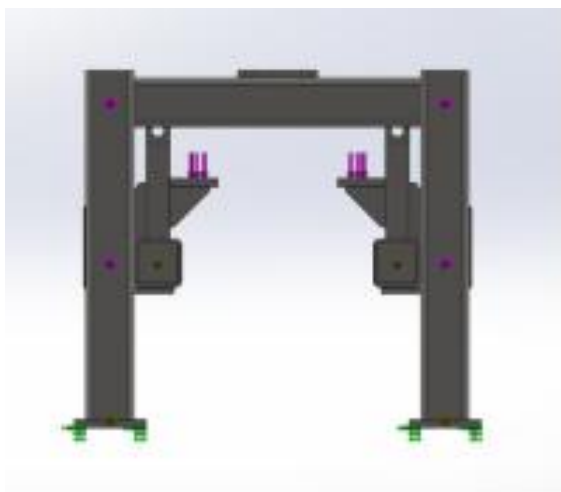


Hình 13: Kết cấu đặt hệ thống rung



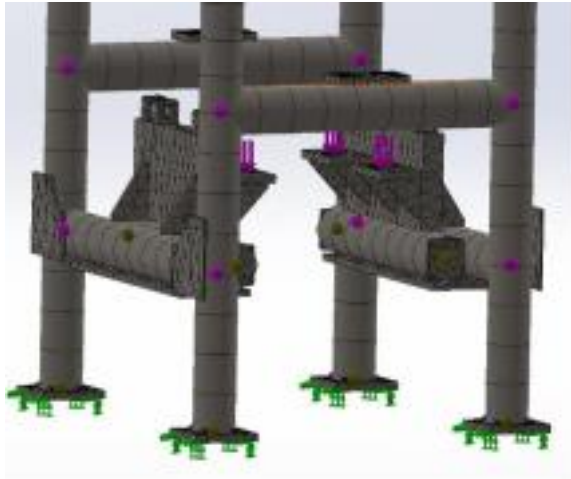
Hình 14: Cụm bàn rung và động cơ rung

Ta thiết kế được kết cấu đặt cơ cấu rung gồm (bàn rung và động cơ rung) như sau (Hình 13 và 14): Kiểm nghiệm kết cấu đặt hệ thống rung trong quá trình làm việc, kết cấu cũng chịu áp lực từ lực kích rung, trọng lực của bàn rung và động cơ rung. Do đó giá trị áp lực tác động lên kết cấu sẽ là 3398(N).

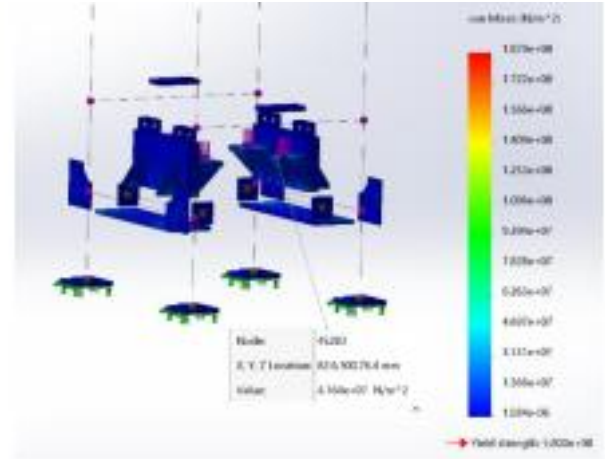


Hình 15: Gán vật liệu, đặt các ràng buộc và lực.

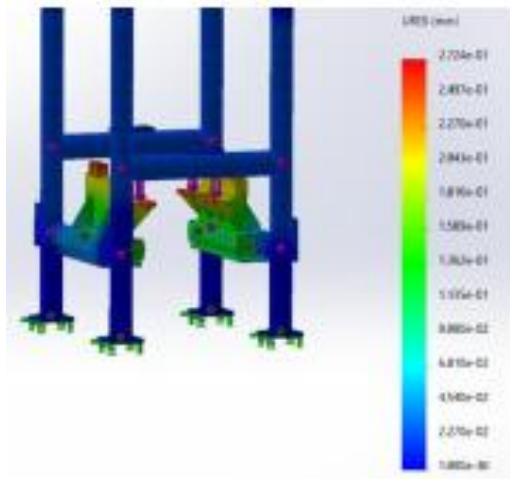




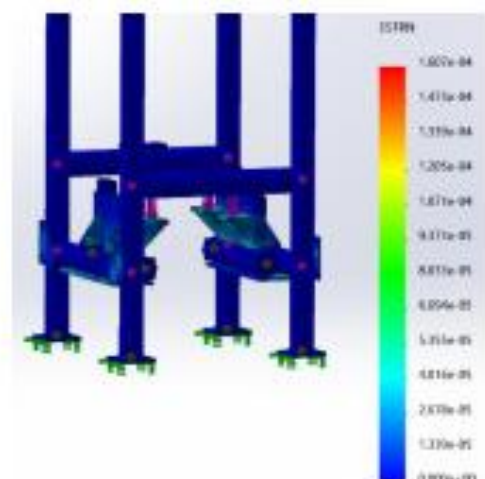
Hình 16: Chia lưới chi tiết của kết cấu



Hình 17: Mô phỏng ứng suất của kết cấu



Hình 18: Tổng chuyển vị của kết cấu.



Hình 19: Sức căng bề mặt của kết cấu.

Sau khi chạy chương trình mô phỏng tĩnh học cho kết cấu, ta được các kết quả (Hình 15, 16, 17, 18, 19 và Bảng 3): Giá trị ứng suất cực đại  $1,879 \times 10^8$  (Pa) và ứng suất nhỏ nhất  $1,024 \times 10^{-6}$  (Pa); Giá trị lớn nhất của chuyển vị chỉ là  $2,724 \times 10^{-1}$  (mm); Sức căng bề mặt lớn nhất là  $1,607 \times 10^{-4}$  (Pa).

Bảng 3: Kết quả ứng suất, chuyển vị và sức căng bề mặt kết cấu khung

| Thông số kỹ thuật        | Thiết kế                    | Tiêu chuẩn C45         |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Ứng suất cực đại         | $1,879 \times 10^8$ (Pa)    | $5,8 \times 10^8$ (Pa) |
| Chuyển vị                | $2,724 \times 10^{-1}$ (mm) | 16% (mm)               |
| Sức căng bề mặt lớn nhất | $1,607 \times 10^{-4}$ (Pa) | $7,5 \times 10^8$ (Pa) |

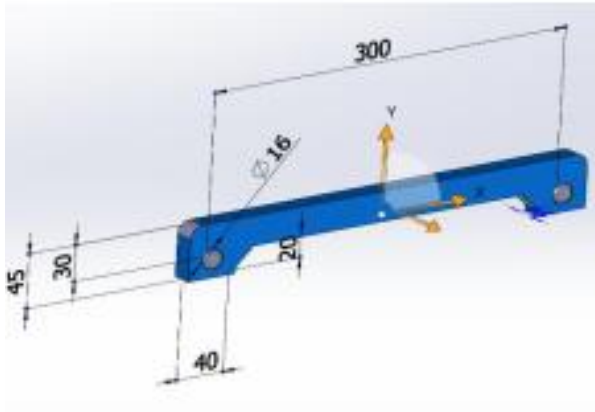
Đánh giá chung cho kết cấu thì giá trị ứng suất cực đại von Mises stress đều thỏa mãn phương trình (1), tất cả đều nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép C45 là  $5,8 \times 10^8$  Pa. Ứng suất cao nhất đạt giá trị  $1,879 \times 10^8$  (Pa), tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất với giá trị là  $2,724 \times 10^{-1}$  (mm). Giá trị này rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 16\%$  trên tổng kích thước bàn rung cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn so với sức căng bề mặt cho phép

## PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THIẾT KẾ KẾT CẤU

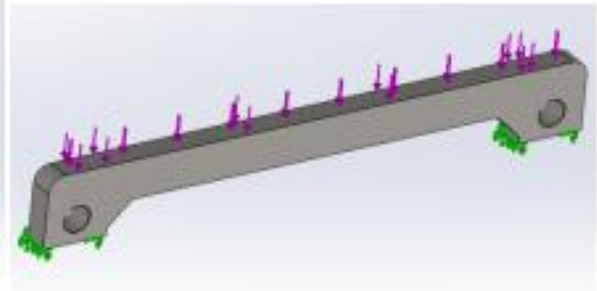
của thép C45 là  $7,5 \times 10^8 \text{Pa}$ . Với các thông số như trên, ta có thể kết luận rằng kết cấu sẽ đảm bảo độ cứng vững và an toàn trong quá trình làm việc.

### 3.4. Phân tích tính toán thiết kế thanh đỡ palet

Thanh đỡ có vai trò đỡ palet và khuôn cái (Hình 20 và Hình 21) trong quá trình làm việc. Trong quá trình làm việc thì lực ép sẽ tác dụng trực tiếp vào thanh đỡ này, vì vậy ta cần thiết kế thanh với kết cấu hợp lý và độ dày phù hợp nhằm tránh ứng suất tập trung gây phá hủy kết cấu.



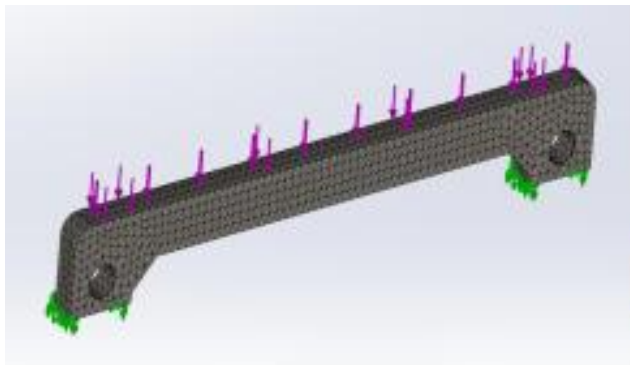
Hình 20: Thiết kế thanh đỡ



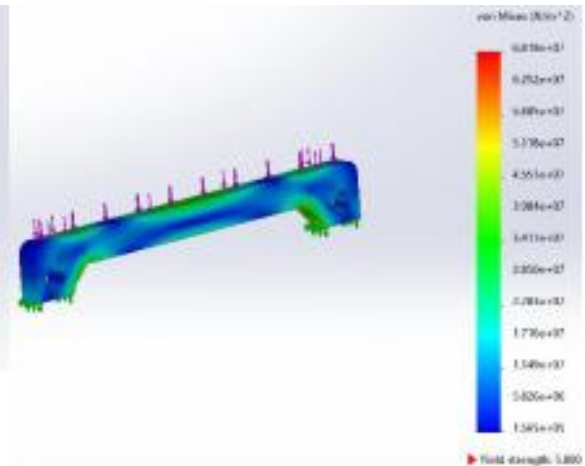
Hình 21: Gán vật liệu, các ràng buộc và lực

Trong quá trình làm việc điều kiện làm việc khó khăn nhất của thanh đỡ là khi máy thực hiện giai đoạn ép. Khi đó thanh đỡ sẽ chịu hoàn toàn lực ép, trọng lực khuôn và palet. Từ các kết quả tính toán, thiết kế ta có các giá trị sau: Lực ép lớn nhất: 10.000(N); Khối lượng khuôn: 25(kg); Khối lượng palet: 6(kg). Tổng áp lực tác dụng lên thanh đỡ:

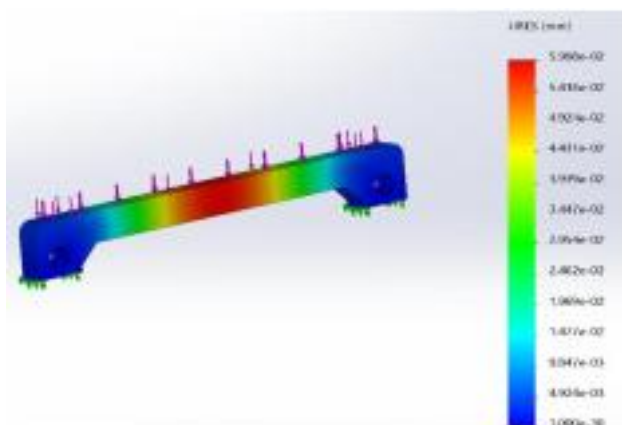
$$F_{\text{thanh đỡ}} = G_{\text{khuôn cái}} + G_{\text{palet}} + F_{\text{ép}} = 25 \times 10 + 6 \times 10 + 10.000 = 10.310 \text{ (N)} \quad (8)$$



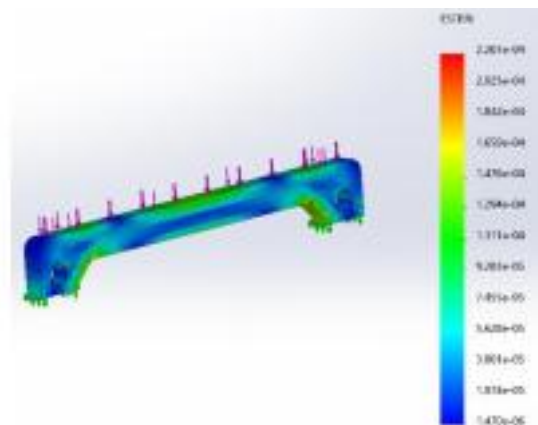
Hình 22: Chia lưới chi tiết của thanh đỡ



Hình 23: Ứng suất Von mises của thanh đỡ



Hình 24: Tổng chuyển vị của thanh đỡ



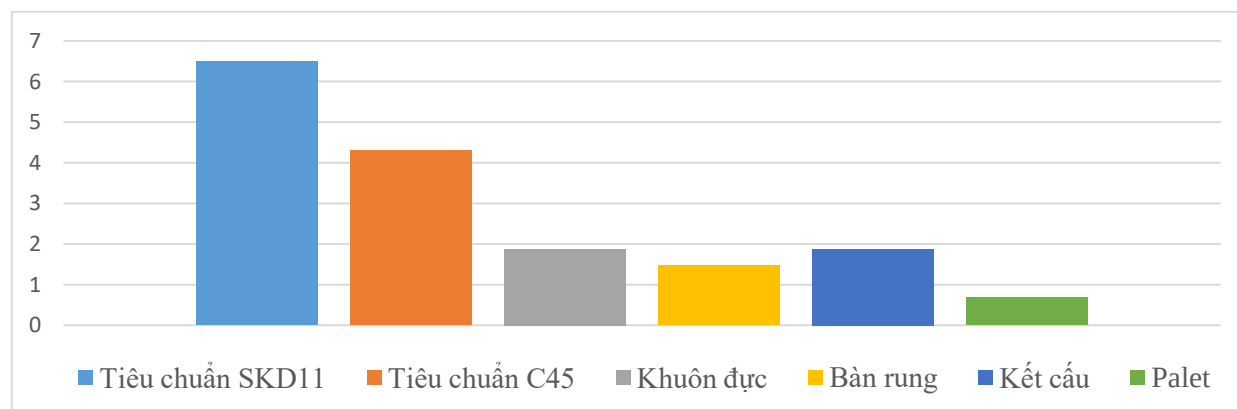
Hình 25: sức căng bề mặt của thanh đỡ

Sau khi chạy chương trình mô phỏng tĩnh học cho chi tiết thanh đỡ, ta được các kết quả (Hình 22, 23, 24, 25 và Bảng 4): Giá trị ứng suất cực đại  $6,819 \times 10^7$  (Pa) và ứng suất nhỏ nhất  $1,565 \times 10^{-5}$  (Pa); Giá trị lớn nhất của chuyển vị chỉ là  $1,565 \times 10^{-5}$  (Pa); Sức căng bề mặt lớn nhất là  $2,207 \times 10^{-4}$  (Pa).

Bảng 4: Kết quả ứng suất, chuyển vị và sức căng bề mặt hệ thống palet

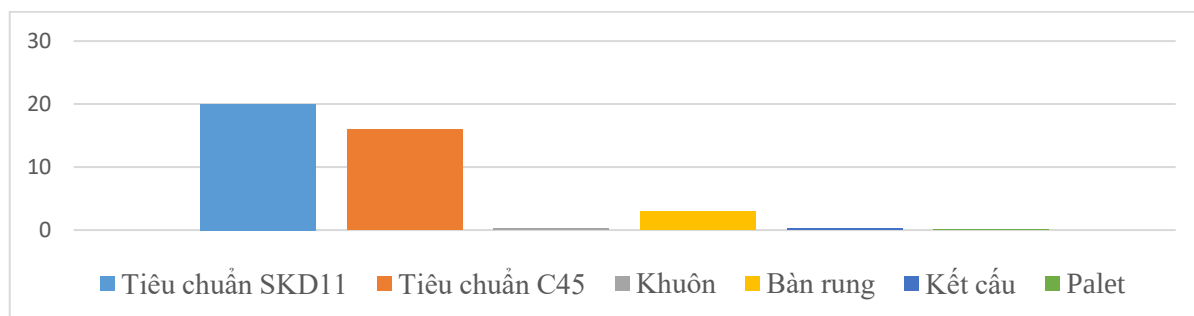
| Thông số kỹ thuật        | Thiết kế                    | Tiêu chuẩn C45         |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Ứng suất cực đại         | $6,819 \times 10^7$ (Pa)    | $5,8 \times 10^8$ (Pa) |
| Chuyển vị                | $1,565 \times 10^{-5}$ mm   | 16% (mm)               |
| Sức căng bề mặt lớn nhất | $2,207 \times 10^{-4}$ (Pa) | $7,5 \times 10^8$ (Pa) |

Đánh giá chung cho chi tiết thì giá trị ứng suất cực đại von Mises stress đều thỏa mãn phương trình (1), tất cả đều nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép C45 là  $5,8 \times 10^8$  Pa. Ứng suất cao nhất đạt giá trị  $6,819 \times 10^7$  (Pa), tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất với giá trị là  $5,908 \times 10^{-2}$  (mm). Giá trị này rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 16\%$  trên tổng kích thước bàn rung cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn so với sức căng bề mặt cho phép của thép C45 là  $7,5 \times 10^8$  Pa. Với các thông số như trên, ta có thể kết luận rằng chi tiết sẽ đảm bảo độ cứng vững và an toàn trong quá trình làm việc.

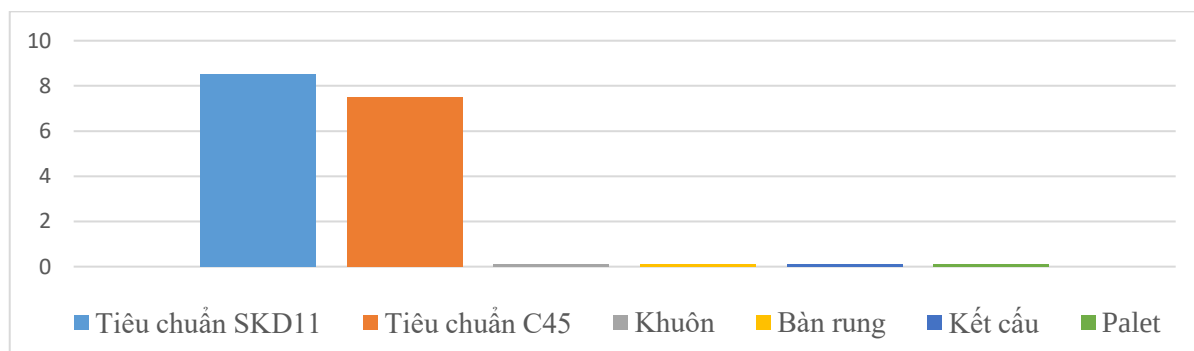


Hình 26: So sánh ứng suất thiết kế và tiêu chuẩn

## PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY THIẾT KẾ KẾT CẤU



Hình 27: So sánh chuyển vị thiết kế và tiêu chuẩn



Hình 28: So sánh sức căng bề mặt và tiêu chuẩn

### 3.5. Kết quả sau khi thử nghiệm quá trình ép và rung

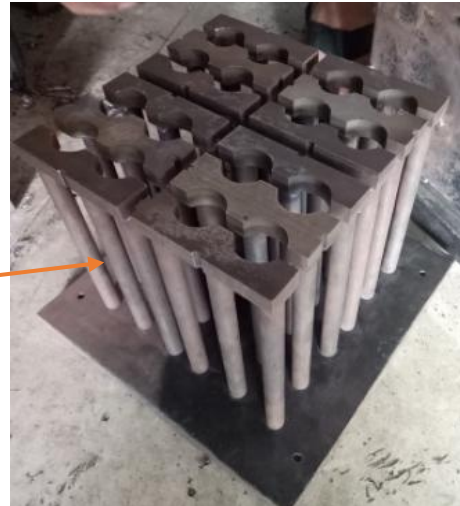
Bảng 5: Kết quả thử nghiệm sản phẩm gạch không nung

| Thông số kỹ thuật    | Kết quả sản phẩm gạch không nung | Tiêu chuẩn TCVN6477:2011   |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| Khối lượng viên gạch | 1.4kg                            | 1.4kg                      |
| Cường độ chịu nén    | 78km/cm <sup>2</sup>             | ≥75km/cm <sup>2</sup>      |
| Độ thấm nước         | 1.6ml/cm <sup>2</sup> /h         | < 1.8ml/cm <sup>2</sup> /h |
| độ ngấm nước bão hòa | 9%                               | < 10%                      |
| Hệ số dẫn nhiệt      | 0.65w/m <sup>o</sup> k           | 0.65w/m <sup>o</sup> k     |
| Hệ số cách âm        | 37dB                             | ≥35dB                      |
| Độ rỗng tương đương  | 45%                              | <46%                       |





Hình 29: Lắp đặt khuôn đực và cái lên máy ép gạch block 4 lỗ



Hình 30: Khuôn đực



Hình 31: Khuôn cái



Hình 32: Kết quả sản phẩm gạch

Sau khi thử nghiệm trên hệ thống khuôn (Hình 29, 30, 31) của máy ép gạch, kết quả sản phẩm gạch đạt yêu cầu về các thông số tiêu chuẩn kỹ thuật (Hình 32 và Bảng 5). Khối lượng viên gạch 1.4kg, cường độ chịu nén 78kN/cm<sup>2</sup>, độ thấm nước 1.6ml/cm<sup>2</sup>/h, độ ngậm nước bão hòa 9%, hệ số dẫn nhiệt 0.65W/m<sup>2</sup>·K, hệ số cách âm 39dB, độ rỗng tương đương 45%, chất lượng bề mặt đạt yêu cầu. Với các thông số như trên, ta có thể kết luận rằng chi tiết sẽ đảm bảo độ cứng vững và an toàn trong quá trình làm việc (Hình 26, 27 và 28). Viên gạch đã đạt được các yêu cầu về kích thước và hình dạng, kiểm nghiệm cơ tính của viên gạch đảm bảo chất lượng của viên gạch và đưa vào sử dụng tại các công trình và nhà ở.

#### 4. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã chế tạo và thử nghiệm ổn định khuôn đực và khuôn cái của máy ép gạch không nung. Giá trị ứng suất cực đại hệ thống khuôn đều thỏa mãn, nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép SKD11 là  $6,5 \times 10^8 \text{ Pa}$ , nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất hệ thống khuôn với giá trị là  $2,724 \times 10^{-1} (\text{mm})$  rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 20\%$  trên tổng kích thước bàn rung cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn rất nhiều so với sức căng bề mặt của thép SKD11 là  $8,5 \times 10^8 \text{ Pa}$ . Giá trị ứng suất cực đại hệ thống bàn rung đều thỏa mãn, tất cả đều nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép C45 là  $5,8 \times 10^8 \text{ Pa}$  nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất với giá trị là  $2,886 \times 10^{-2} \text{ mm}$  rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 16\%$  trên tổng kích thước bàn rung cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn so với sức căng bề mặt cho phép của thép C45 là  $7,5 \times 10^8 \text{ Pa}$ , độ bền của các chi tiết vẫn đảm bảo an toàn trong quá trình làm việc. Giá trị ứng suất cực đại thanh đỡ palet đều thỏa mãn, tất cả đều nhỏ hơn ứng suất phá hủy của thép C45 là  $5,8 \times 10^8 \text{ Pa}$ , ứng suất cao nhất đạt giá trị  $6,819 \times 10^7 (\text{Pa})$  vẫn nằm trong giới hạn an toàn. Chuyển vị lớn nhất với giá trị là  $5,908 \times 10^{-2} (\text{mm})$  rất nhỏ và chấp nhận được nếu so với độ dẫn dài tương đối  $\delta = 16\%$  trên tổng kích thước bàn rung cũng như yêu cầu kỹ thuật khi lắp ráp và vận hành. Sức căng bề mặt nhỏ hơn so với sức căng bề mặt cho phép của thép C45 là  $7,5 \times 10^8 \text{ Pa}$ . Khối lượng viên gạch 1.4kg, cường độ chịu nén  $78 \text{ km/cm}^2$ , độ thấm nước  $1.6 \text{ ml/cm}^2/\text{h}$ , độ ngậm nước bão hòa 9%, hệ số dẫn nhiệt  $0.65 \text{ w/m}^\circ\text{k}$ , hệ số cách âm 39dB, độ rỗng tương đương 45%. Thiết kế hệ thống khuôn đạt yêu cầu kỹ thuật, sản phẩm gạch đạt theo tiêu chuẩn TCVN6477:2011, có thể chuyển giao công nghệ và áp dụng vào thực tế sản xuất.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Shivasheesh Kaushik, Dr. Anirudh Gupta, Design and Fabrication of Ash Brick Machine, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 7, Issue 3, March-2016.
- [2] Ngo Si Huy, Nguyen Ngoc Tan, Mai Thi Ngoc Hang, Le Ngoc Quang, Environmentally friendly unburnt bricks using raw rice husk and bottom ash as fine aggregates: physical and mechanical properties, Journal of Science and Technology in Civil Engineering, vol 15, no. 1, pp. 110–120, NUCE 2021.
- [3] Si-Huy Ngo, Thi-Hong Mai, and Xuan-Viet Le, Engineering Properties of Unburnt Bricks Produced from Sugarcane Bagasse and Thermal Power Plant Ashes, International Journal on Emerging Technologies 11 no. 3, pp. 1065-1071, 2020.
- [4] J.E. Oti, J.M. Kinuthia, J. Bai, Engineering properties of unfired clay masonry bricks, Engineering Geology 107, pp. 130–139, 2009.
- [5] Joygopal Jena, Chinmayanada Sahoo, Kalyani S. Singh, Fly-ash Enriched Earthen Un-Burnt Bricks for Low-cost Housing, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 970, 2020.
- [6] Balaji Govindan, Mukesh P, Nitheesh R S, Aravinth S, Sarathkumar S, Kumaravel S, Dhinesh Kumar R V, and Tharunkrishna K K, Performance assessment on manufacturing of unfired bricks using industrial wastes, E3S Web of Conferences 399, 03001, 2023.
- [7] C. Venkatesh, Gosula Suresh, M. Sai Vivek, K. Abhinav Reddy, Y. Srinivas Reddy, N. Dineshwar Reddy, Design and Analysis of Brick Making Machine, International Journal of Research Publication and Reviews, Vol 3, Issue 7, pp. 571-594, July 2022.
- [8] TS. Nguyễn Anh Ngọc, PGS.TS Lê Hồng Quân và TS. Nguyễn Tiến Hán. Mô phỏng và phân tích kết cấu của cơ cấu phanh dầu từ trường simulation and structure analysis of a magnetorheological brak. Tạp chí Cơ Khí Việt Nam, số đặc biệt, 2–7, 2017.



## **DESIGN AND TESTING OF THE MOLD SYSTEM STRUCTURE OF UNBURNT BRICK PRESS MACHINE**

NGUYEN NHAN SAM<sup>1</sup>, CHAU MINH QUANG\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Center for Innovation, Entrepreneurship and Technology Transfer, Industrial University of Ho Chi Minh City*

<sup>2</sup> *Institute of International and Postgraduate Education, Industrial University of Ho Chi Minh City*

*Corresponding author: chauminhquang@iuh.edu.vn*

### **ABSTRACT**

Currently, unburnt bricks are produced and applied in actual construction works in Vietnam, but there has not been any research project that fully analyzes the design and tests the structure of the mold system of the unburnt brick press. This paper studies and analyzes the design of the mold system, vibration system, vibration table, pallet support bar and tests the technical parameters of the brick products. The design is simulated by finite element analysis (FEM), manufacturing the press and mold, producing and testing the unburnt brick products. Testing the maximum stress of the mold system, the maximum displacement of the mold system, the surface tension of SKD11 steel, the maximum stress of the vibration table system, the maximum displacement of the vibration table, the maximum stress of the pallet support bar. Testing the mass of the brick, compressive strength, water permeability, saturated water absorption, thermal conductivity, sound insulation coefficient, equivalent porosity.

*Ngày nhận bài: 10/4/2024*

*Ngày nhận đăng: 17/3/2025*