NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY ĐO ĐỘ BỀN UỐN CỦA MẪU GẠCH

RESEARCH, DESIGN AND MANUFACTURE OF THE FLEXURAL STRENGTH TESTING MACHINE FOR BRICK SAMPLE

Trần Xuân Bộ[1,*], Nguyễn Ngọc Hải[1]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.2024.009

TÓM TẮT

Máy đo độ bền uốn của mẫu gạch là thiết bị quan trọng sử dụng trong phương pháp thử xác định độ bền uốn và lực uốn gãy của gạch gốm ốp, lát theo TCVN 6415-4:2016. Bài báo này tập trung vào việc nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy đo độ bền uốn của mẫu gạch. Phương pháp gia tải lên mẫu gạch được thực hiện bằng hệ truyền động khí nén. Vi điều khiển Arduino Uno được dùng để điều khiển máy và thu thập, xử lý dữ liệu. Thiết bị cho phép điều chỉnh tốc độ gia tải vô cấp và hiển thị kết quả trực quan theo thời gian thực. Thiết bị có khả năng ứng dụng tại Việt Nam thay thế cho các máy nhập khẩu giá thành cao.

Từ khóa: *Máy đo độ bền uốn; truyền động khí nén; vi điều khiển.*

ABSTRACT

The flexural strength testing machine for brick sample is an important device used in the test method to determine the flexural strength and fracture force of ceramic tiles according to TCVN 6415-4:2016. This paper focuses on design and manufacturing research of the flexural strength testing machine for brick sample. The loading method for brick sample is carried out by a pneumatic transmission system. Arduino Uno microcontroller is used to control the machine, and to collect, process data. The device allows stepless adjustment of the load speed and displays the visual results in real time. The equipment can be applied in Vietnam to replace high-cost imported machines.

Keywords: *Flexural strength testing machine; pneumatic transmission; microcontroller.*

[1]Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội
[*]Email: bo.tranxuan@hust.edu.vn
Ngày nhận bài:12/6/2023
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/9/2023
Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Gạch là một loại vật liệu xây dựng quen thuộc, là một phần thiết yếu ảnh hưởng tới chất lượng của các công trình. Trong đó, gạch ốp lát có nhiều công dụng như: đem đến tính thẩm mỹ cho không gian, ưu điểm trong việc vệ sinh, chống ẩm,… Hiện nay, các loại gạch ốp, lát sau khi sản xuất đều cần trải qua quá trình lấy mẫu, kiểm tra và nghiệm thu chất lượng theo "Bộ tiêu chuẩn quốc gia TCVN 6415-1÷18:2016 Gạch gốm ốp, lát - Phương pháp thử [1]". Trong đó, theo "TCVN 6415-4:2016 Phần 4: Xác định độ bền uốn và lực uốn gãy" các loại gạch ốp, lát cần trải qua quy trình kiểm định để xác định độ bền uốn và lực uốn gãy. Do đó, các phòng thí nghiệm, nghiên cứu, các nhà máy sản xuất gạch có nhu cầu lớn trong việc sử dụng thiết bị đo độ bền uốn, lực uốn gãy của mẫu gạch.

Nguyên tắc của việc xác định tải trọng phá hủy, lực uốn gãy và độ bền uốn của viên gạch là truyền tải trọng với một tốc độ xác định lên đường tâm của viên gạch, điểm truyền lực nằm trên bề mặt viên gạch cho đến khi mẫu gạch bị phá hủy. Dựa trên nguyên tắc đó, máy đo độ bền uốn của mẫu gạch đã được nghiên cứu và ứng dụng tại nhiều nước trên thế giới. Cách đơn giản nhất được ứng dụng tại Phòng thí nghiệm vật liệu Silicat - Đại học Bách khoa Hà Nội là máy gia tải lên mẫu gạch bằng cách tăng khối lượng cát rót vào phễu đè nén xuống mẫu gạch để gia tải bằng trọng lượng của cát. Cách này đòi hỏi quá trình đo đạc thực hiện thủ công bằng cách cân khối lượng của cát để tính lực nén tác dụng lên mẫu gạch do đó thời gian thực hiện một thí nghiệm tương đối dài, giảm năng suất tiến hành thí nghiệm. Ngoài ra, các máy nước ngoài sản xuất [2-5] gia tải lên vật mẫu bằng nguyên lý nén thủy lực, cách này đòi hỏi chi phí đầu tư cao, thường áp dụng cho các mẫu thử có độ bền uốn lớn. Các loại máy này có ưu điểm là tính được lực uốn gãy của mẫu gạch một cách tự động.

Ở Việt Nam, nhu cầu sử dụng máy đo độ bền uốn của mẫu gạch là lớn, dù vậy hiện chưa có một nhóm nghiên cứu sáng chế trong nước chế tạo loại máy đạt thành công về: độ chính xác, tiện lợi, gọn nhẹ, giá thành phải chăng. Do đó, nghiên cứu này tập trung vào việc thiết kế máy đo độ bền uốn của mẫu gạch nhằm đáp ứng các yêu cầu trên.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

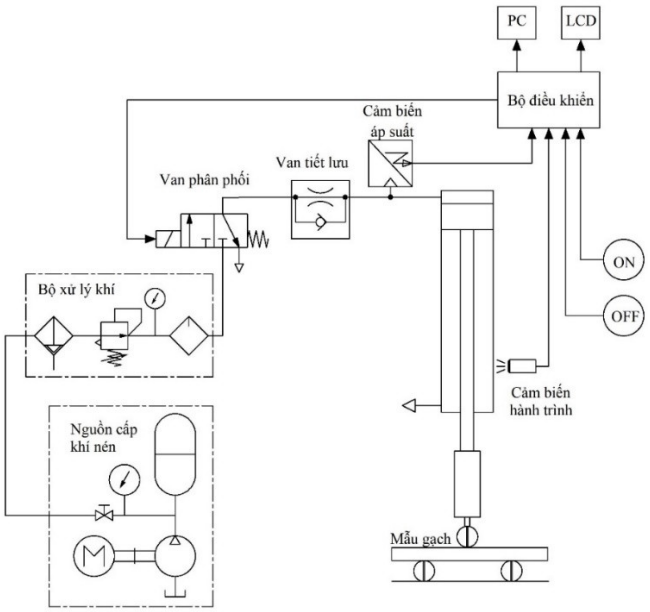
2.1. Xác định tính năng sản phẩm

Qua nghiên cứu và rà soát các thông số của thiết bị đo độ bền uốn của mẫu gạch trong thực tế, nghiên cứu xác định được các đặc tính của máy như sau: Sản phẩm đo độ bền uốn của mẫu gạch thông qua việc đo lực nén lớn nhất tác dụng vào mẫu gạch với dải lực 0 - 500N, độ chính xác ±5%, hiển

thị trực tiếp lực ép theo thời gian thực bằng màn hình LCD. Thiết bị có thể điều chỉnh tốc độ gia tải lên mẫu gạch một cách vô cấp. Thiết bị có thể giao tiếp với máy tính, cho phép phân tích, hiển thị, lưu trữ dữ liệu theo thời gian thực trực tiếp từ thiết bị đo. Các dữ liệu sau khi được lưu vào máy tính có thể được phân tích và xử lý, in ấn bằng phần mềm mô phỏng phân tích dữ liệu trên máy tính.

2.2. Xây dựng hệ thống truyền động và điều khiển

Từ các yêu cầu của máy đề cập ở trên cùng quá trình nghiên cứu phương pháp truyền tải trọng lên mẫu gạch, phương án được lựa chọn để gia tải cho mẫu gạch là sử dụng hệ truyền động khí nén. Việc gia tải cho mẫu gạch bằng xy lanh khí nén có ưu điểm là tiện lợi, kết cấu máy gọn nhẹ nhưng vẫn đáp ứng được mức tải trọng nén xuống mẫu gạch. Hệ truyền động khí nén còn có giá thành phải chăng, dễ dàng ứng dụng trong phòng thí nghiệm và cơ sở sản xuất. Ngoài hệ truyền động khí nén để gia tải cho mẫu gạch, máy cần các thành phần điều khiển, xử lý, hiển thị và lưu trữ thông tin. Các thành phần này bao gồm nút ấn, cảm biến áp suất, cảm biến hành trình, bộ điều khiển, màn hình LCD và máy tính. Bộ điều khiển được sử dụng là Arduino Uno với ưu điểm nhỏ gọn, giá thành rẻ, dễ dàng sử dụng. Sơ đồ các thành phần của hệ thống truyền động và điều khiển được trình bày trong hình 1.



Hình 1. Sơ đồ máy đo độ bền uốn của mẫu gạch

Nguyên lý hoạt động của hệ thống như sau: Khí nén từ nguồn cấp khí qua bộ xử lý khí đến chờ trước van phân phối. Khi nhấn nút "ON", bộ điều khiển tác động làm van phân phối bật, khí qua van tiết lưu, đến cảm biến áp suất đồng thời đi vào khoang trên của xy lanh đẩy pít tông đi xuống gia tải cho mẫu gạch. Khí trong khoang trên của xy lanh bị nén và tăng áp suất tới mức đủ để tạo ra lực phá hủy mẫu gạch. Trong khi đó, khí trong khoang dưới xy lanh được xả ra ngoài khí quyển. Ngay sau khi mẫu gạch bị gãy, cảm biến hành trình bật, tín hiệu được gửi đến bộ điều khiển để tắt van phân phối, thí nghiệm kết thúc. Ngoài ra, trong quá trình hoạt động, thiết bị có thể được tắt bằng cách nhấn nút "OFF".

Trong quá trình tiến hành thí nghiệm, tốc độ gia tải lên mẫu gạch có thể được điều chỉnh một cách vô cấp thông qua van tiết lưu hoặc van giảm áp trong bộ xử lý khí nén. Khoảng lực gia tải lớn nhất cũng có thể được điều chỉnh thông qua thay đổi áp suất nguồn cấp khí nén bằng bộ xử lý khí hoặc nguồn khí nén. Trong suốt quá trình gia tải cho mẫu gạch, độ dịch chuyển của pít tông là rất nhỏ, vận tốc và gia tốc gần như bằng không. Cảm biến áp suất thu nhận tín hiệu áp suất trong khoang trên của xy lanh để bộ điều khiển tính ra lực nén F tác động lên mẫu gạch theo công thức:

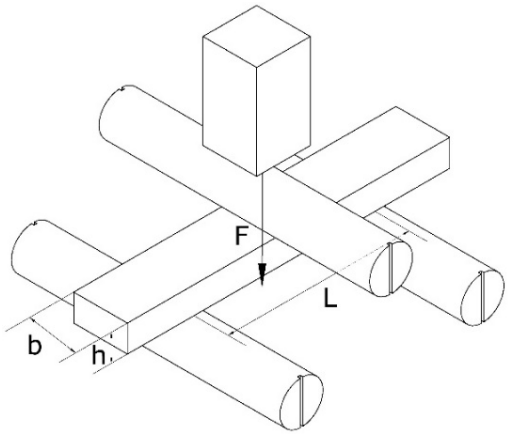
$$F = pA + mg - F_r \quad (1)$$

Trong đó: p (N/m^2) là áp suất khí khoang trên xy lanh, được đo bởi cảm biến áp suất, A (m^2) là diện tích pít tông của xy lanh, m (kg) là tổng khối lượng của pít tông và thanh dẫn hướng gắn với pít tông, g (N/m^2) là gia tốc trọng trường, F_r (N) là lực ma sát của xy lanh và của thanh dẫn hướng. Lực ma sát được xác định trước khi làm thí nghiệm bằng cách sau: đặt một cảm biến lực vào vị trí mẫu gạch. Khi máy chưa hoạt động, lực nén mà cảm biến đo được là: $F_{cb} = mg - F_r$. Khi đó, với lực đo được từ cảm biến và khối lượng m ta có thể tính được lực ma sát $F_r = mg - F_{cb}$.

Lực nén F tác động lên mẫu gạch được tính và hiển thị liên tục trên màn hình LCD cũng như thu thập vào máy tính. Sau khi mẫu gãy, lực nén lớn nhất được hiển thị cuối cùng trên màn hình nhằm phục vụ cho việc tính toán độ bền uốn của mẫu. Độ bền uốn của mẫu gạch được tính theo công thức [1]:

$$R_u = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (2)$$

Trong đó: R_u (N/mm^2) là độ bền uốn của mẫu, F (N) là tải trọng phá hủy hay lực nén lớn nhất hiển thị trên màn hình LCD, b (mm) là chiều rộng mẫu thử, h là chiều dày nhỏ nhất của viên gạch được đo theo mép gẫy, L (mm) là khoảng cách giữa hai thanh đỡ. Các kích thước được mô tả như hình 2.

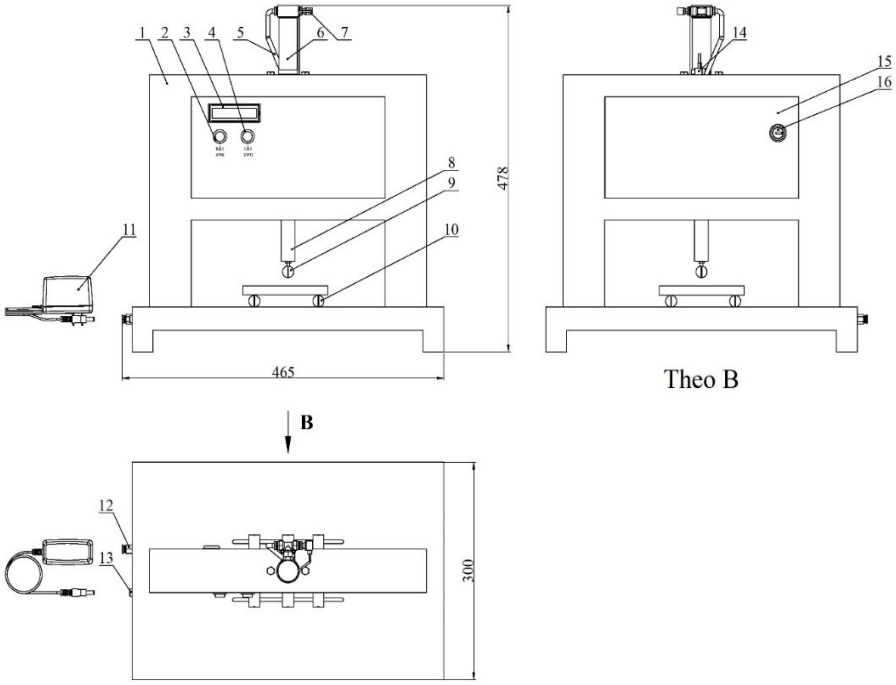


Hình 2. Kích thước tính toán độ bền uốn mẫu gạch

2.3. Thiết kế cơ khí

Với việc thiết kế sơ đồ hệ thống và lựa chọn thiết bị như trên, bản vẽ cơ khí máy đo độ bền uốn của mẫu gạch được

thiết kế và thể hiện trên hình 3. Toàn bộ máy được chế tạo bằng vật liệu inox 304 đảm bảo độ cứng vững, tính mỹ thuật và dễ dàng vệ sinh. Theo hình 3, khi tiến hành thí nghiệm, mẫu gạch sẽ được đặt lên trên thanh ép dưới (10). Tùy theo kích thước của vật mẫu, thanh ép dưới (10) có thể điều chỉnh vị trí sao cho phù hợp. Kích thước gá lắp tối đa mẫu gạch mà máy có thể tiến hành thí nghiệm là b = 100 mm, L = 150 mm.



Hình 3. Bản vẽ khung máy

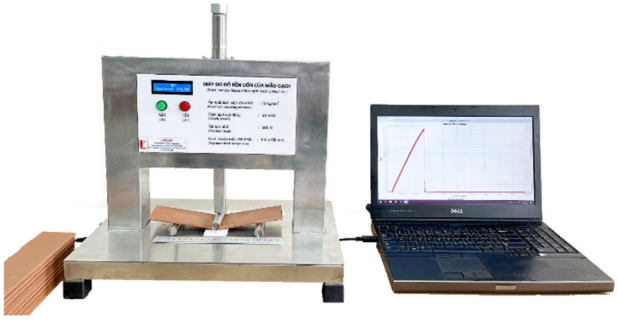
1. Khung máy; 2. Nút "ON"; 3. Màn hình LCD; 4. Nút "OFF"; 5. Ống khí nén; 6. Xy lanh; 7. Cảm biến áp suất; 8. Thanh dẫn hướng; 9. Thanh ép trên; 10. Thanh đỡ dưới; 11. Nguồn điện; 12. Đầu nối nguồn khí; 13. Đầu nối nguồn điện; 14. Cảm biến hành trình; 15. Hộp đựng linh kiện; 16. Khóa

2.4. Lập trình trên bộ điều khiển và phân tích dữ liệu trên máy tính

Lập trình bộ điều khiển Arduino UNO bằng phần mềm Arduino IDE. Lập trình hiển thị đồ thị lực gia tải theo thời gian thực trên máy tính dựa trên ngôn ngữ Java bằng phần mềm Eclipse. Thu thập dữ liệu thí nghiệm về máy tính phục vụ phân tích chuyên sâu bằng phần mềm Microsoft Excel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Máy đo độ bền uốn của mẫu gạch sau chế tạo



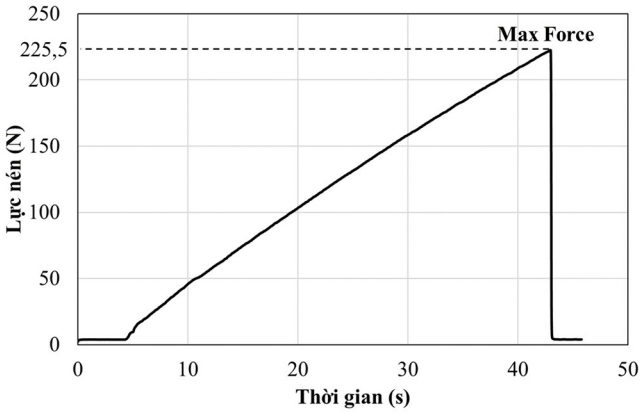
Hình 4. Máy đo độ bền uốn của mẫu gạch sau chế tạo

Trên cơ sở tính toán và thiết kế ở phần 2, máy đo độ bền uốn của mẫu gạch được chế tạo. Hình 4 thể hiện máy trong thực tế khi tiến hành thí nghiệm: bên trái là máy, bên phải là máy tính hiển thị đồ thị lực gia tải theo thời gian thực.

3.2. Thử nghiệm, đánh giá khả năng hoạt động của thiết bị

Thiết bị được thử nghiệm để đo cường độ uốn của mẫu "Gạch thẻ Viglacera Hạ Long A1" kích thước 60×240×9mm. Thiết bị được điều chỉnh tốc độ gia tải sao cho thời từ lúc bắt đầu gia tải đến lúc mẫu gạch bị phá hủy là 40 đến 60 giây. Sau khi tiến hành thí nghệm, kết quả tải trọng phá hủy mẫu (MaxForce) được hiển thị trên màn hình LCD như hình 5. Theo kết quả hiển thị trên màn hình LCD, tải trọng phá hủy mẫu là 225,5 (N). Áp dụng công thức (2) tính được độ bền uốn của mẫu gạch là 10,44 (N/mm^2). Trong quá trình thí nghiệm, máy tính hiển thị đồ thị lực gia tải theo thời gian thực như hình 4 đồng thời thu thập dữ liệu vào tệp Excel. Dữ liệu lực gia tải theo thời gian được lưu trong tệp Excel và vẽ đồ thị như hình 6. Các kết quả này có thể lưu trữ phục vụ việc phân tích, báo cáo trong tương lai.

Hình 5. Kết quả tải trọng phá hủy mẫu



Hình 6. Đồ thị kết quả lực gia tải theo thời gian

Thiết bị được thử nghiệm, so sánh với thiết bị chuẩn đang sử dụng tại phòng thí nghiệm vật liệu Silicat - Đại học Bách khoa Hà Nội để đánh giá. Thử nghiệm thiết bị với 10 mẫu "Gạch thẻ Viglacera Hạ Long A1" kích thước 60×240×9mm

và so sánh với thiết bị chuẩn thu được kết quả như sau: sai số đo tải trọng phá hủy mẫu của thiết bị mới nằm trong khoảng từ 1,5% đến 4,2% và nằm trong dải thấp hơn sai số yêu cầu (±5%).

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, một máy đo độ bền uốn của mẫu gạch được thiết kế và chế tạo. Thiết bị sử dụng hệ truyền động khí nén để gia tải cho mẫu gạch. Thiết bị sử dụng bộ điều khiển Arduino Uno để thu thập dữ liệu, truyền thông với máy tính theo thời gian thực. Thiết bị và máy tính được lập trình cho phép hiển thị lực gia tải theo thời gian thực và lưu dữ liệu phục vụ việc phân tích về sau. Đặc điểm nổi bật của thiết bị này là kích thước nhỏ gọn, dễ dàng vận hành, có thể điều chỉnh vô cấp tốc độ gia tải, khoảng lực gia tải lớn nhất. Thiết bị này có giá thành phải chăng, áp dụng tốt với các phòng thí nghiệm và cơ sở sản xuất nhỏ thay thế cho các loại máy đắt đỏ được nhập khẩu từ nước ngoài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 6415-1÷18:2016 Ceramic floor and wall tiles - Test method.

[2]. "Flexural Strength Test Plant ToniZEM" [Online]. Availabe: https://tonitechnik.com/product/flexural-strength-test-plant-tonizem-model-1548/. [Accessed 16/7/2023].

[3]. "Load Frame for Flexural Strength Tests" [Online]. Availabe: https://www.acmel-labo.com/en/product/load-frame-for-flexural-strength-tests-model-1544-1543. [Accessed 16/7/2023].

[4]. "ISO10545-4 Strength Testers" [Online]. Availabe: https://www.ceramictestingequipment.co.uk/ product.php?product=117. [Accessed 16/7/2023].

[5]. "SKZ-10000A Ceramics brick crack modulus measure instrument" [Online]. Availabe: http://www.xtxyyq.com/english/productshow_18.html. [Accessed 16/7/2023].

AUTHORS INFORMATION

Tran Xuan Bo, Nguyen Ngoc Hai

School of Mechanical Engineering, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam