THIẾT KẾ TÍNH TOÁN MÁY ĐÙN VÀ KHUÔN ĐÙN LÕI BỘ XÚC TÁC KHÍ THẢI BẰNG ĐẤT SÉT

DESIGN AND CALCULATION OF A EXTRUSSION MACHINE AND CATALYSST CORE EXTRUSSION MOLDING USING CLAY

Nguyễn Thiên Long, Phạm Tuấn Dũng, Nguyễn Thế Lương*
Khoa Cơ khí Động lực, Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Lõi xúc tác được sử dụng để chế tạo bộ xúc tác trên phương tiện giao thông nhằm giảm thành phần phát thải độc hại, phương pháp đùn được sử dụng phổ biến để chế tạo lõi xúc tác bằng đất sét. Bài báo này sử dụng phần mềm NX12 để thiết kế máy đùn và khuôn đùn lõi xúc tác có mật độ lỗ từ 200 lỗ/inch^2 đến 600 lỗ/inch^2, tiến hành chế tạo máy đùn và khuôn đùn có mật độ lỗ 600 lỗ/inch^2. Kết quả thử nghiệm chỉ ra quá trình lõi đùn 600 lỗ/inch^2 thành công, lõi sau khi đùn được làm khô ở môi trường và khô trong lò nung ở nhiệt độ 40^{o}C trong 48 giờ, sau đó được gia nhiệt lên 500^{o}C và 1250^{o}C lần lượt 2 giờ và 4 giờ. Lõi sau khi nung tạo thành gốm ceramic, không quan sát thấy vết nứt và vỡ cũng như biến dạng trong suốt quá trình nung, quá trình chế tạo lõi thành công.

Từ khóa: *Máy đùn; Khuôn đùn; Đất sét; Lõi xúc tác; Mật độ lỗ.*

ABSTRACT

The extrusion method is frequently used to create clay catalyst cores, which are utilized in automotive catalysts to reduce hazardous emissions. This study used NX12 software to design an extruder and catalytic core extrusion mold with hole densities ranging from 200 to 600 holes/inch^2 and then manufactures an extruder and extrusion mold with a hole density of 600 holes/inch^2. The test findings reveal that the core process of 600 holes/inch^2 is successful; the core is dried in the environment and dried in a furnace at 40^{o}C for 48 hours before being heated to 500^{o}C and 1250^{o}C in 2 and 4 hours respectively. The core forms a ceramic after firing; no cracks, breaks, or deformation are seen throughout the firing process; the core creation process is successful.

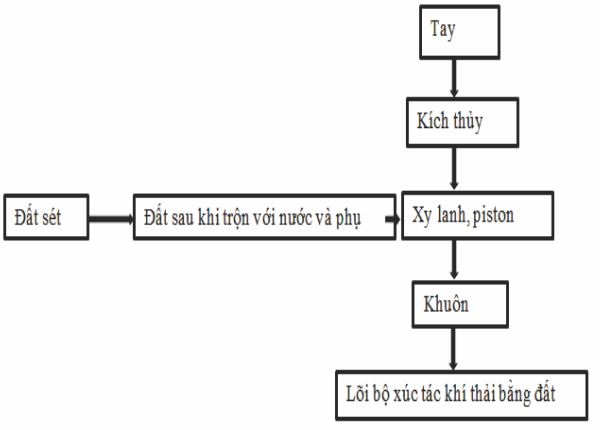
Keywords: *Extrussion machine; Extrussion mold; Clay; Catalysst core; Cell density.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, số lượng các phương tiện giao thông ở nước ta tăng rất nhanh. Kéo theo đó là sự ô nhiễm môi trường do khí thải từ động cơ ô tô và xe máy. Một yêu cầu cấp thiết lúc này là giảm lượng khí thải ô nhiễm do động cơ của các phương tiện thải ra ngoài môi trường. Một trong những giải pháp hiệu quả để giảm ô nhiễm là thắt chặt các tiêu chuẩn khí thải đối với các phương tiện và sử dụng bộ xúc tác. Việt Nam đã và đang áp dụng tiêu chuẩn khí thải EURO III cho xe máy và EURO IV cho ô tô vào năm 2018, các tiêu chuẩn này ngày càng thắt chặt, giải pháp xử lý sau cửa thải là giải pháp mang lại hiệu quả cao nhất. Bộ xúc tác ba thành phần (Three Way Catalysts – TWC) đang được sử dụng rộng rãi trên động cơ xăng để xử lý các thành phần khí thải CO, HC và NOx [1]. Trên động cơ diesel, bộ xúc tác DOC, DPF và SRC cũng được sử dụng để xử lý các thành phần khí thải CO, HC, NOx và PM [2]. Do ưu điểm về giá thành thấp, nhiệt độ chịu nhiệt cao [3], lõi xúc tác bằng gốm đã được sử dụng phổ biến hiện nay. Để nâng cao hiệu quả bộ xúc tác, các lõi xúc tác được chế tạo có mật độ lỗ ngày càng cao, trước đây phổ biến là 200 lỗ/inch^2, hiện nay đã tăng lên 400 lỗ/inch^2 và 600 lỗ/inch^2, các lõi xúc tác hiện nay phổ biến được làm từ đất sét bằng công nghệ đùn áp lực và nung ở nhiệt độ cao [4-5]. Để có thể tạo hình thành các lỗ có kích thước từ 1,5mm đến 2-3mm, cần phải có khuôn đùn, kích thước bộ xúc tác khác nhau cũng phải sử dụng các khuôn đùn kích thước khác nhau, khuôn sẽ quyết định hình dạng lõi xúc tác là tròn vuông hay chữ nhật, mật độ lỗ, chiều dày lớp thành của lỗ. Lõi xúc tác có mật độ lỗ càng cao thì kích thước lỗ sẽ càng nhỏ, chiều dày thành lỗ cũng mỏng hơn, kéo theo đó công nghệ chế tạo khuôn đùn cũng phức tạp hơn. Hiện nay, máy đùn và khuôn có giá thành khá cao, các doanh nghiệp sử dụng bộ xúc tác hiện nay chủ yếu nhập khẩu mà chưa quan tâm tới sản xuất chế tạo, chưa có doanh nghiệp Việt Nam nào chế tạo lõi xúc tác. Để đáp ứng nhu cầu trong nước, phù hợp với điều kiện kinh tế Việt Nam hiện nay, bài báo này sẽ đưa ra giải pháp thiết kế, chế tạo lõi bộ xúc tác có kết cấu phù hợp, có khả năng áp dụng trong điều kiện Việt Nam.

2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC

Hình 1 chỉ ra nguyên lý làm việc của máy đùn lõi xúc tác xử lý khí thải động cơ xăng bằng đất sét. Đất sét khô được đập nhỏ sàng qua sàng rây đạt kích thước hạt 150 µm, sau đó đất được trộn đều với 5% khối lượng phụ gia Poly Ethylene Glycol 6000 (PEG 6000) nhằm tăng tính bám dính và giảm ứng suất bề mặt của đất khi đùn. Hỗn hợp đất phụ gia sau đó được trộn với nước theo tỷ lệ nước/đất + phụ gia là 27,08/100. Đất và phụ gia sau khi được trộn kỹ với nước đạt độ dẻo cần thiết được đưa với xylanh và piston đùn, ấn tay kích thủy lực, xylanh thủy lực sẽ tác động lên piston đùn đất đến khuôn đùn, tại đây khuôn đùn sẽ làm nhiệm vụ tạo hình cho lõi xúc tác, sau khi tạo hình, lõi xúc tác được đùn ra ngoài kết thúc quá trình tạo lõi xúc tác.



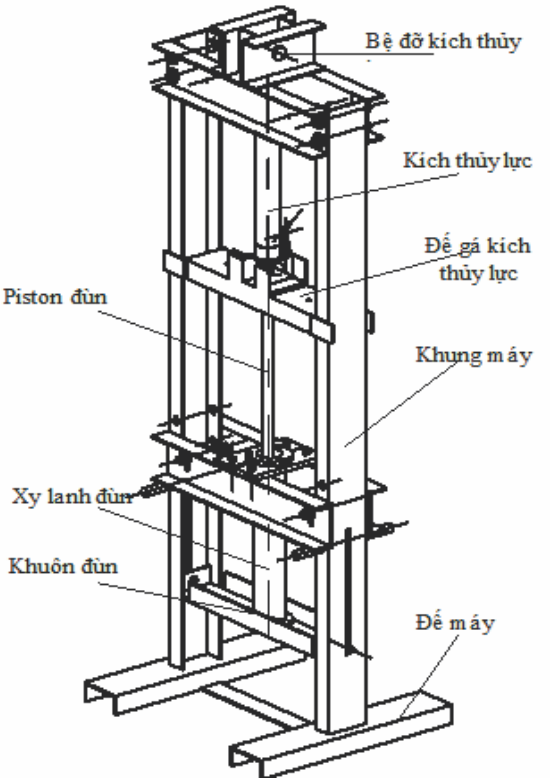
Hình 1. Nguyên lý máy đùn lõi bộ xúc tác xử lý khí thải động cơ xăng bằng đất sét

3. THIẾT KẾ MÁY VÀ KHUÔN ĐÙN

a) Máy đùn

Phần mềm thiết kế NX12 được sử dụng để thiết kế máy đùn và khuôn đùn. Nhóm tác giả sử dụng kích thủy lực 8 tấn, chiều dài kích thủy lực lấy theo tiêu chuẩn của nhà sản xuất là 660mm với mục đích có thể đùn được lõi xúc tác có kích thước từ 100 đến 300mm phù hợp với chiều dài hiện có của bộ xúc tác thương mại. Trên cơ sở thông số kỹ thuật của kích thủy lực và tải trọng cho phép, nhóm tác giả đi tính toán chọn khung của máy đùn đảm bảo độ bền, chịu được lực đùn khi đùn, xylanh và piston của ống chứa đất đùn phải đảm bảo độ kín khít tránh gây hở làm mất áp suất trong quá trình đùn, thành ống xylanh phải đủ dày để đảm bảo sự an toàn, không vỡ ống khi đùn. Liên kết giữa khuôn đùn và máy đùn phải đảm bảo chặt chẽ, kín khít và sự đồng tâm giữa khuôn và máy trong toàn bộ quá trình đùn. Khung phải đảm bảo tính thi công nhanh chóng, dễ gia công, kinh tế, dễ dàng tháo lắp, di chuyển khi cần thiết.

Hình 2 chỉ ra hình ảnh máy đùn sau khi thiết kế, kích thủy lực, piston và xylanh đùn được định vị chắc chắn trên khung máy, đảm bảo piston đùn có thể dịch chuyển lên xuống dễ dàng khi đùn, đế máy được thiết kế có thể đứng vững trên sàn, máy có thể tháo lắp dễ dàng thuận tiện cho việc di chuyển. Để có thể dùng kích tay thủy lực 8 tấn để đùn và với độ dài piston, xylanh, ta thiết kế khung máy đùn với thân cao 2000mm, rộng 600mm với các thành phần chính là đế máy, khung máy, kích thủy lực, xylanh đùn, piston đùn và khuôn đùn, để đảm bảo bền, đế máy và khung máy được làm từ thành thép U140, các chi tiết được của đế và khung được hàn cố định với nhau.



Hình 2. Máy đùn lõi bộ xúc tác khí thải bằng đất sét

b) Khuôn đùn

Hình 3. Mô phỏng các ô vuông và khe đùn

Khuôn đùn cũng được thiết kế trên phần mềm NX12, khuôn phải đảm bảo đất được đùn và dàn đều, tâm của các lỗ tròn phải trùng với giao điểm của các khe, tất cả các lỗ tròn phải được phân bố đều và bằng số giao điểm của các

khe cũng như các vị trí tạo thành của bộ xúc tác. Mặt bích của khuôn đùn phải đạt yêu cầu đủ bền, tạo thành đủ độ dày nhưng không được quá rộng tránh làm mất áp suất và độ kín khít trong suốt quá trình đùn. Khuôn đùn phải dễ dàng tháo lắp và vệ sinh trước và sau quá trình đùn (hình 3).

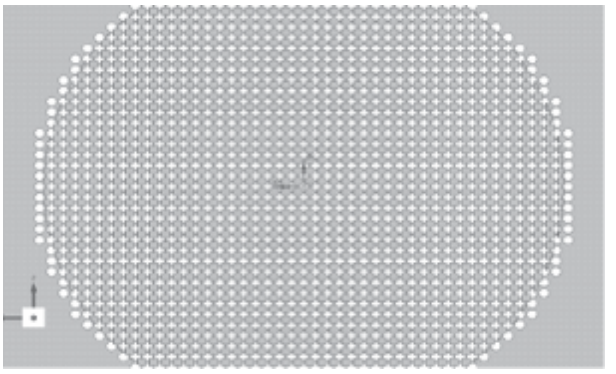
Khuôn đùn để đùn lõi bộ xúc tác khí thải có rất nhiều loại với các kích thước lỗ, mật độ lỗ khác nhau. Thông thường, lõi bộ xúc tác ta có ba loại mật độ lõi chính là 200, 400 và 600 cell/inch^2. Trong nghiên cứu này, chúng tôi thực hiện thiết kế ba loại lõi mật độ 200, 400 và 600 cell/inch^2.

• Với mật độ 200 cell/ inch^2, ta tính được kích thước lỗ tròn, ô vuông và rãnh để gia công như sau:

1 inch^2 = 645,16 mm^2

Kích thước 1 ô vuông và 4 nửa khe xung quanh lỗ sẽ là:

645,16/200 = 3,2258 mm^2 = 1,796mm x 1,796m



Hình 4. Mô phỏng hình dạng rãnh đùn và các ô vuông loại 200

Để đảm bảo độ xuyên của khí thải qua ô và độ bền của thành lỗ, ta chọn kích thước của một ô vuông là 1,2mm x 1,2mm và rãnh là 0,6mm. Trong trường hợp này, ta chọn lỗ tròn có bán kính 1,5mm hay lỗ tròn có kích thước Ø3mm, sau khi tính toán được kích thước lỗ và rãnh, tiến hành mô phỏng trên phần mềm NX12, kết quả mô phỏng rãnh đùn chỉ ra trên hình 4.

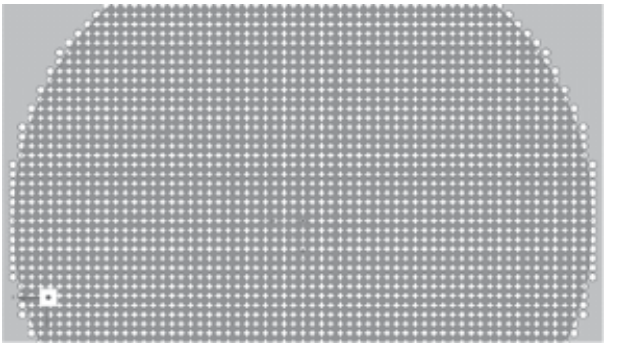
• Với mật độ 400 cell/inch^2, ta tính được kích thước lỗ tròn, ô vuông và rãnh để gia công như sau. Kích thước 1 ô vuông và 4 nửa khe xung quanh lỗ sẽ là:

645,16/400 = 1,6129 mm^2 = 1,27mm x 1,27mm

Để đảm bảo độ xuyên của khí thải qua ô và độ bền của thành lỗ, ta chọn kích thước của 1 ô vuông là 0,8mm x 0,8mm và khe là 0,5mm. Để có thể đùn được đất đều và tạo ra được hình dạng của lõi bộ xúc tác khí thải và đảm bảo yêu cầu kỹ thuật tâm các lỗ tròn phải nằm tại tâm của các điểm giao nhau của các khe, vì vậy kích thước của các lỗ được tính:

Khoảng cách giữa tâm hai khe liên tiếp là: 0,8 + 0,5 = 1,3mm

Vì tâm của lỗ tròn nằm là tâm giao điểm của hai khe lên bán kính của lỗ tròn sẽ nhỏ hơn 1,3mm.



Hình 5. Mô phỏng hình dạng rãnh đùn và các ô vuông loại 400

Trong trường hợp này, ta chọn lỗ tròn có kích thước ϕ2,5mm. Sau khi tính toán được ☞

kích thước lỗ và rãnh, tiến hành mô phỏng trên phần mềm NX12, kết quả mô phỏng rãnh đùn chỉ ra trên hình 5.

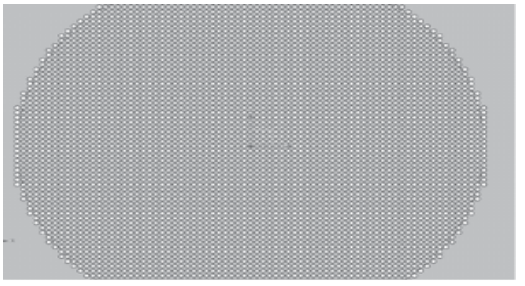
• Với mật độ 600 cell/inch^2, ta tính được kích thước lỗ tròn, ô vuông và rãnh để gia công như sau. Kích thước 1 ô vuông và 4 nửa khe xung quanh lỗ sẽ là:

645,16/600 = 1,0753 mm^2 = 1,037mm x 1,037mm

Để đảm bảo độ xuyên của khí thải qua ô và độ bền của thành lỗ, ta chọn kích thước của 1 ô vuông là 0,7mm x 0,7mm và khe là 0,35mm. Để có thể đùn được đất đều và tạo ra được hình dạng của lõi bộ xúc tác khí thải và đảm bảo yêu cầu kỹ thuật tâm các lỗ tròn phải nằm tại tâm của các điểm giao nhau của các khe, vì vậy kích thước của các lỗ được tính: Khoảng cách giữa tâm hai khe liên tiếp là:

0,7 + 0,35 = 1,05mm

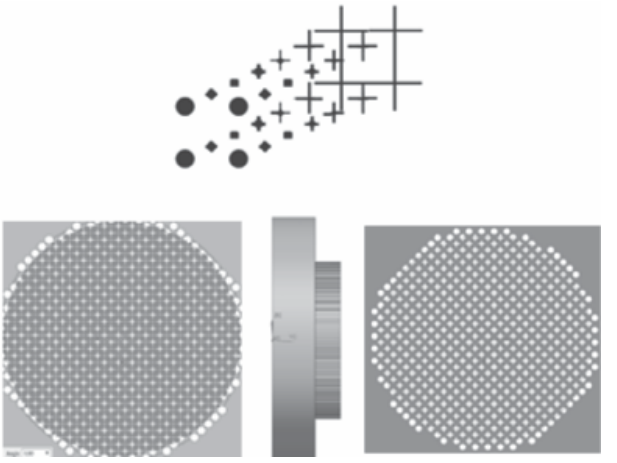
Vì tâm của lỗ tròn nằm là tâm giao điểm của hai khe lên bán kính của lỗ tròn sẽ nhỏ hơn 1,05mm. Trong trường hợp này, ta chọn lỗ tròn kích thước ϕ1,5mm. Sau khi tính toán được kích thước lỗ và rãnh, tiến hành mô phỏng trên phần mềm NX12, kết quả mô phỏng rãnh đùn chỉ ra trên hình 6.



Hình 6. Mô phỏng hình dạng rãnh đùn và các ô vuông loại 600 cell/inch^2

4. CHẾ TẠO MÁY ĐÙN VÀ KHUÔN ĐÙN

Trong nghiên cứu này, để kiểm tra độ chính xác của mô hình nghiên cứu, nhóm tác giả lựa chọn khuôn đùn có kích thước khó chế tạo nhất là 600 cell/inch^2 để mang đi chế tạo, để giảm chi phí nhóm lựa chọn lõi xúc tác có kích thước ϕ78mm đang được sử dụng phổ biến trên các động cơ cỡ nhỏ hiện nay làm mẫu để chế tạo thử. Trên cơ sở đó, khuôn đùn có kích thước ϕ78mm, chiều dày của khuôn 11mm [6]. Hình 7 chỉ ra hình ảnh khuôn đùn 600 cell/inch^2 và hình ảnh mô phỏng quá trình đùn đất từ khi đất chui qua các lỗ tròn sau đó phân chia vào các rãnh để đùn ra thành của lõi xúc tác.



Hình 7. Mặt trước, chiều dày và mặt sau của khuôn đùn ϕ78mm, quá trình biến đổi đất từ tròn thành các vách

a) Máy đùn

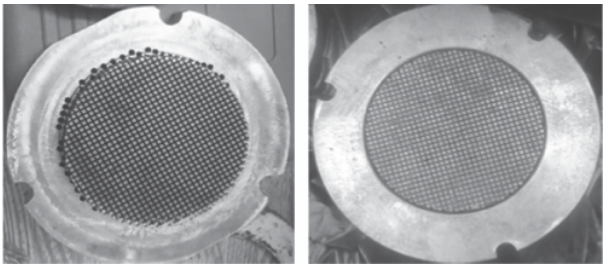
Hình 8 chỉ ra hình ảnh máy đùn sau khi chế tạo, quá trình chế tạo bao gồm các công đoạn, như: cắt, khoan, hàn, mài, sơn và lắp ghép, sản phẩm sau khi chế tạo có thể tháo lắp dễ dàng, đảm bảo tính cơ động trong các phòng thí nghiệm.

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 304 tháng 6 năm 2023
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

Hình 8. Máy đùn sau khi chế tạo thành công

b) Khuôn đùn

Hình 9 chỉ ra hình ảnh khuôn đùn sau khi chế tạo, quá trình chế tạo bao gồm cắt, tiện, khoan CNC và cắt dây CNC, khuôn có ba lỗ để bắt với xylanh đùn.

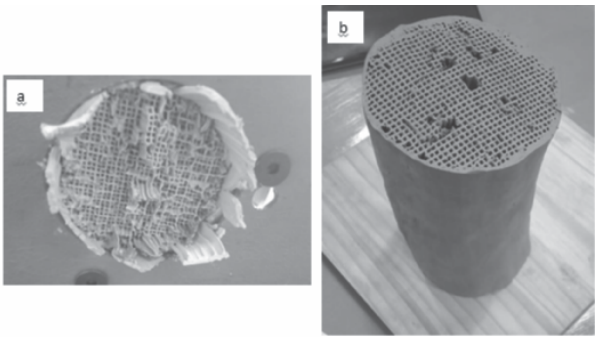


Hình 9. Khuôn đùn sau khi chế tạo

5. THỰC NGHIỆM ĐÙN LÕI XÚC TÁC

5.1. Kết quả đùn đất

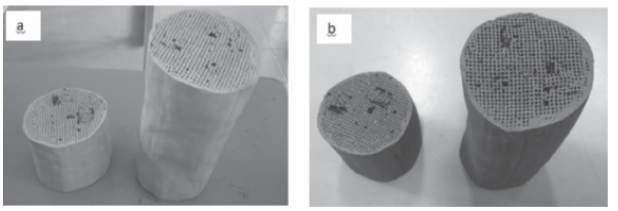
Đất sét và nước cộng với phụ gia được trộn theo tỷ lệ như đã miêu tả ở trên, đất được nghiền nhỏ sau đó trộn với nước và phụ gia, nhào đều cho đến khi đạt độ dẻo và độ dính kết, đất sau đó được nhồi vào trong xylanh đùn, tiến hành ấn tay kích thủy lực, đẩy pison đi xuống xylanh đùn, đẩy đất đi vào khuôn, dưới tác dụng của lực đùn, đất chui qua các lỗ khuôn sau đó điền đầy vào các rảnh và đẩy ra ngoài tạo thành các lỗ xúc tác như thể hiện trên hình 10a. Hình 10b chỉ ra sản phẩm lõi xúc tác sau khi đùn, điều này chứng tỏ quá trình đùn đã thành công, khẳng định tính đúng đắn của mô hình thiết kế.



Hình 10. Lõi xúc tác sau khi được đùn

5.2. Kết quả sau khi nung đất sét tạo thành ceramic

Lõi xúc tác sau khi đùn được làm khô ngoài môi trường trong 48 giờ, sau đó được làm khô trong lò nung ở nhiệt độ 40^{o}C trong 24 giờ, tiếp đó được gia nhiệt lên 500^{o}C trong 2 giờ để ổn định cấu trúc, cuối cùng được gia nhiệt lên 1250^{o}C trong 4 giờ để tạo vật liệu ceramic. Hình 11 chỉ ra hình ảnh lõi xúc tác sau khi được làm khô và được nung tạo thành gốm ceramic. Hình 11a chỉ ra hình ảnh mẫu lõi xúc tác sau khi đùn được làm khô, kết quả chỉ ra rằng sau khi được làm khô, lõi xúc tác chuyển sang màu trắng, quá trình làm khô được hoàn thành. Hình 11b chỉ ra hình ảnh hai mẫu lõi xúc tác sau khi nung ở 1250^{o}C, kết quả cho thấy sau quá trình nung ở nhiệt độ cao, gốm ceramic đã được hình thành, lõi xúc tác không bị nứt vỡ hay bị biến dạng, quá trình tạo gốm đã hoàn thành. ☞



Hình 11. Lõi xúc tác sau khi được làm khô và nung tạo thành gốm

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã thiết kế thành công máy đùn và khuôn đùn lõi bộ xúc tác khí thải có mật độ lỗ từ 200 lỗ/inch^2 đến 600 lỗ/inch^2. Chế tạo thành công máy đùn và lõi đùn có mật độ lỗ 600 lỗ/inch^2 có đường kính 78mm cho xe máy. Đưa ra quy trình làm khô và gia nhiệt để tạo lõi gốm ceramic. Thử nghiệm đùn và gia nhiệt thành công lõi bộ xúc tác. Lõi xúc tác sau khi chế tạo thành công đảm bảo hình dạng, không bị nứt vỡ và biến dạng.❖

Ngày nhận bài: **08/4/2023**
Ngày phản biện: **09/5/2023**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Jan Kašpar, Paolo Fornasiero, Neal Hickey; *Automotive catalytic converters: current status and some perspectives,* 2003.

[2]. Phạm Minh Tuấn; *Khí thải động cơ và Ô nhiễm môi trường*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2008.

[3]. Michael Scheffler, Paolo Colombo; Cellular Ceramics: *Structure, Manufacturing,* Properties and Applications, Book 5, 2006.

[4]. L.Y. Lee†, S.P. Perera, B.D. Crittenden and S.T. Kolaczkowski; *Manufacture and Characterisation of Silicalite Monoliths,* L.Y. Lee, S.P. Perera, B.D. Crittenden and S.T. Kolaczkowski, *Adsorption Science & Technology* Vol. 18 No. 2 2000.

[5]. Shenglei Feng, Fupo He, Jiandong Ye; *Fabrication and characterization of honeycomb β-tricalcium phosphate scaffolds through an extrusion technique*, Ceramics International 43 (2017) 6778–6785.