

# Ảnh hưởng của độ ẩm và nhiệt độ tới quá trình kết tụ rơm ở Việt Nam

Effect of moisture content and temperature on agglomeration of rice straw in Vietnam

Trịnh Văn Quyên<sup>a</sup>, Mai Đức Thuận<sup>b</sup>, Đinh Phi Trường<sup>c</sup>  
Trinh Van Quyen, Mai Duc Thuan, Dinh Phi Truong

<sup>a</sup>*Viện Nghiên cứu Lý thuyết và Ứng dụng, Trường Đại học Duy Tân, Hà Nội, Việt Nam*  
*Institute of Theoretical and Applied Research, Duy Tan University, Ha Noi, Vietnam*

<sup>b</sup>*Khoa Công nghệ năng lượng, Trường Đại học Điện lực, Hà Nội, Việt Nam*  
*Energy Technology Faculty, Electric Power University, Ha Noi, Vietnam*

<sup>c</sup>*Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải, Hải Phòng, Việt Nam*  
*School of Mechanical Engineering, Vietnam Maritime University, Hai Phong, Vietnam*

(Ngày nhận bài: 30/10/2019, ngày phản biện xong: 02/12/2019, ngày chấp nhận đăng: 30/12/2019)

## Tóm tắt

Sử dụng sinh khối là lựa chọn hấp dẫn để giảm sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch. Sinh khối được sử dụng làm chất đốt trong hộ gia đình, hệ thống nước nóng công nghiệp và nhà máy nhiệt điện để giảm sử dụng than nhập khẩu và giảm khí thải CO<sub>2</sub>. Kết tụ vật liệu, chẳng hạn như ép viên, đóng viên, vê viên, có thể tăng khối lượng nở rời của vật liệu, cải thiện kho chứa, giảm chi phí vận tải và tăng chất lượng sản phẩm. Mục đích bài báo này là phân tích ảnh hưởng của độ ẩm và nhiệt độ đến quá trình kết tụ áp lực và độ bền cơ học của viên nhiên liệu sinh khối, với nguyên liệu đầu vào là rơm ở Việt Nam. Rơm được nén bằng máy nén thủy lực, đường kính piston 25 mm, độ ẩm vật liệu 5,5; 9; 13 và 18%, nhiệt độ khi nén của vật liệu được thực hiện ở 25°C và 100°C. Kết quả nghiên cứu đã xác định được thông số tối ưu trong quá trình kết tụ rơm là ở độ ẩm 13% và nhiệt độ 100°C.

*Từ khóa:* Kết tụ, sinh khối, viên nén, độ bền cơ học.

## Abstract

Biomass is a good option for reducing fossil fuels consumption. Biomass has been used in domestic heating system, industrial boilers and power plants to decrease the use of imported coal and reduce net CO<sub>2</sub> emissions. Agglomeration of raw materials, such as tableting, briquetting, pelletizing, can increase bulk density, improve storability, reduce transportation costs and increase the quality of products. The aim of this study is to analyze the effects of moisture content and temperature of rice straw during agglomeration. The materials were compressed in a load cell by a hydraulic piston press with 25 mm diameter. Effects of the independent variables, including moisture contents (5.5, 9, 13 and 18 wt.% in the case of rice straw), and different temperatures (25 and 100°C) were investigated. Results showed that the optimal production parameters during agglomeration were 13 wt.% moisture content and temperature of 100°C.

*Keywords:* Agglomeration, biomass, tableting, compressive strength.

## 1. Giới thiệu

Hiện nay tại Việt Nam, nhà máy nhiệt điện đốt than đóng vai trò rất quan trọng trong quá

trình sản xuất điện năng. Theo Quy hoạch điện VII điều chỉnh do Thủ tướng Chính phủ ký ngày 18/3/2016 [1], cơ cấu nguồn điện vào năm 2020

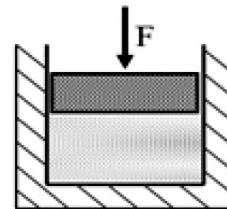
tổng công suất các nhà máy nhiệt điện đốt than sẽ đạt khoảng 26.000 MW, chiếm khoảng 49,3% tổng điện năng sản xuất. Tầm nhìn năm 2025 và năm 2030, con số này lần lượt là 47.600 MW và 55.300 MW, tương đương 55% và 53,2% điện sản xuất. Trong nội dung Quy hoạch điện VII điều chỉnh, tỷ trọng điện năng từ nguồn sinh khối dự kiến khoảng 2,1% vào năm 2030, bằng việc đồng phát điện tại các nhà máy đường, lương thực, thực phẩm, và đốt kèm nhiên liệu sinh khối cùng than tại các nhà máy nhiệt điện dùng than hiện tại. Điều này không những giảm sự phụ thuộc của nền năng lượng vào nguồn nhiên liệu hóa thạch mà còn giúp giảm phát thải khí nhà kính, giảm chi phí xây dựng các nhà máy mới dùng để thiêu đốt rác thải và sinh khối.

Năm 2010, tiềm năng nhiên liệu sinh khối tại Việt Nam ước tính vào khoảng 104,4 triệu tấn [2], tương đương khoảng 374 TWh, con số này tương ứng khoảng 50% tổng điện năng tiêu thụ trong năm 2009. Một trong những nhiên liệu sinh khối phổ biến nhất của Việt Nam là sản phẩm phụ trong quá trình sản xuất lúa gạo, bao gồm rơm rạ và trấu. Theo thống kê hàng năm có khoảng 50 triệu tấn rơm rạ được tạo ra trong quá trình sản xuất gạo thương phẩm [3]. Hiện tại, sử dụng nhiên liệu sinh khối để phát điện chủ yếu với công suất nhỏ tại một số nhà máy mía đường, ngoài ra việc đốt kèm với than trong nhà máy nhiệt điện thương mại cũng chưa thực sự áp dụng tại Việt Nam do rào cản từ những yếu tố kỹ thuật và phi kỹ thuật, yếu tố kỹ thuật như: nguồn nhiên liệu không ổn định, thành phần nhiên liệu, cách phối trộn; yếu tố phi kỹ thuật như: chính sách và sự cạnh tranh của các nguồn nguyên liệu hóa thạch [4].

Một trong những rào cản lớn nhất của việc đốt trộn sinh khối, than đó là việc sơ chế, lưu trữ, và vận chuyển nhiên liệu sinh khối [5]. So với than đá, nhiên liệu sinh khối có mật độ khối thấp, độ ẩm cao, dễ hút ẩm, khó nghiền nhỏ và nhiệt trị thấp. Vì thế, chi phí vận chuyển và lưu trữ của nhiên liệu sinh khối cao hơn nhiều so với sự đóng

góp của chính nó về mặt năng lượng. Để cải thiện đặc tính vật lý và năng lượng cho nhiên liệu sinh khối thì một trong những phương pháp chính là tạo ra viên nhiên liệu sinh khối bằng áp lực, hay còn gọi là ngưng kết sinh khối áp lực [6].

Quá trình kết tụ sinh khối là quá trình cơ học khi các hạt sinh khối rã rời rạc (vật liệu khối, hạt mịn) được liên kết lại bằng lực liên kết giữa các hạt nhằm tạo ra hạt có kích thước lớn hơn [7]. Kết tụ sinh khối áp lực, là quá trình sử dụng ngoại lực tác dụng vào nhiên liệu sinh khối trong khuôn kín để tạo ra những viên nhiên liệu với kích thước và hình dạng mong muốn, được mô tả trong **Error! Reference source not found.** [8].



Hình 1. Nguyên lý kết tụ áp lực

Theo nghiên cứu trước đây của nhóm tác giả, một phương trình mới chứa độ ẩm như một thông số được giới thiệu trên cơ sở chỉnh sửa phương trình Johanson [9].

Độ bền cơ học của viên nhiên liệu sau khi kết tụ là một trong số những nhân tố quan trọng tác động đến quá trình sản xuất cũng như khả năng ứng dụng của viên nhiên liệu. Có nhiều phương pháp để đánh giá độ bền của viên nhiên liệu như là phép thử rơi tự do, thí nghiệm mài mòn, thí nghiệm sức bền nén, thí nghiệm sức bền uốn, thí nghiệm độ bền kéo [10].

Hiện tại, các nghiên cứu ở Việt Nam về kết tụ nhiên liệu sinh khối chưa được quan tâm nhiều. Với mong muốn đưa ra bộ thông số tối ưu cho từng loại nhiên liệu sinh khối phổ biến để sử dụng trong sản xuất viên nhiên liệu cũng như trong các quá trình biến đổi năng lượng cho viên nhiên liệu, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu quá trình kết tụ sinh khối áp lực được thực hiện với nhiên liệu là rơm ở Việt Nam, được nén với

áp lực khác nhau. Cùng với đó là nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số như độ ẩm, áp suất nén và nhiệt độ đến độ bền kéo của viên nhiên liệu.

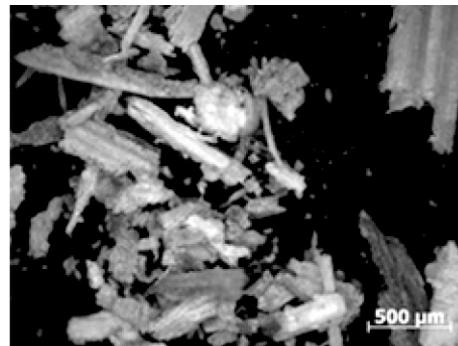
## 2. Vật liệu, mô hình thí nghiệm, và phương pháp thí nghiệm

### 2.1. Vật liệu

Vật liệu sử dụng trong quá trình thí nghiệm là rom, phụ phẩm từ quá trình sản xuất gạo tại tỉnh Nam Định, Việt Nam. Trước khi đóng gói và vận chuyển đến nơi thí nghiệm, rom được phơi khô

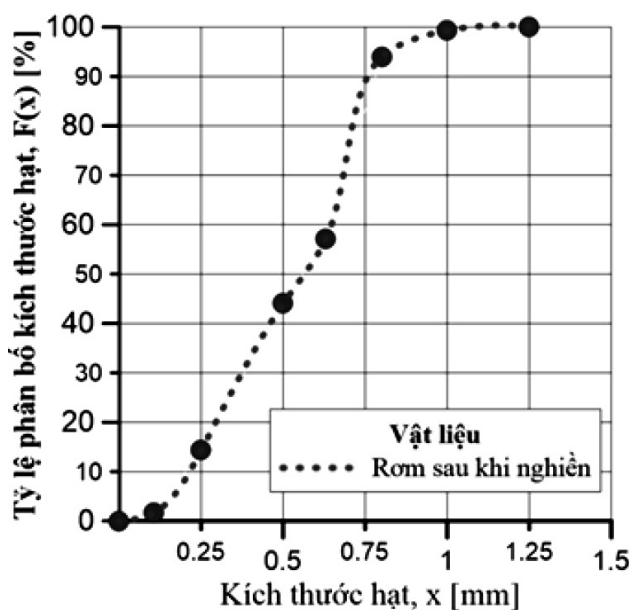


dưới ánh nắng tự nhiên trong vòng 3 ngày để giảm bớt độ ẩm. Sau đó, rom được nghiền nhỏ với kích thước sàng nghiền là 2mm, bằng máy nghiền Retsch SM2000. Hình dạng của hạt sau khi nghiền được thể hiện trong Hình 2. Thông số ban đầu của hạt rom được xác định như sau: độ ẩm 13% (theo khối lượng), khối lượng riêng 224kg/m<sup>3</sup>, và kích thước hạt  $x < 1,25\text{mm}$ . Sử dụng kính hiển vi quang học để quan sát hình dạng hạt rom, ta thấy rằng sau khi nghiền về cơ bản các hạt không đồng nhất và có hình dạng thon dài.



Hình 2. Hạt rom sau khi nghiền (ảnh chụp bằng máy ảnh (trái) và bằng kính hiển vi quang học (phải))

Phân tích kích thước hạt rom sau khi được nghiền với kích thước lưới sàng nghiền 2 mm được thực hiện bằng phương pháp rây, sự phân bố kích thước hạt được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Phân bố kích thước hạt

### 2.2. Thiết bị thí nghiệm

#### Máy nén thủy lực

Để tạo ra viên nhiên liệu từ hạt rom, ta cần sử dụng ngoại lực để nén nhiên liệu đặt trong khuôn định hình. Ngoại lực sử dụng trong thí nghiệm được tạo ra từ máy nén thủy lực, đường kính piston (tương tác trực tiếp với nhiên liệu) là 25 mm, thiết bị nén này được thiết kế và lắp đặt tại Đại học Miskolc, Hung-ga-ri. Để tạo ra lực nén, máy nén sử dụng bơm được truyền động bằng động cơ điện, tạo ra lực tác động tối đa là 200 kN và vận tốc nén tối đa là 30 mm/s.



Hình 4. Máy nén thủy lực

Trong quá trình nén, khuôn nén có thể được cấp nhiệt với dải nhiệt độ từ 20 đến 140°C, cùng với đó vị trí piston trong quá trình nén được xác định thông qua cảm biến đặt trên máy nén. Máy nén được thể hiện trong Hình 4 phía trên.

### Thiết bị kiểm tra độ bền kéo

Trong thí nghiệm này, thiết bị Instron 3365 được sử dụng để kiểm tra độ bền kéo của từng mẫu viên nhiên liệu sau khi được nén. Thiết bị Instron 3365, được vận hành bằng điện tử, để điều chỉnh sự lên xuống của con trượt, con trượt này sẽ tác động một lực lên mẫu vật. Thiết bị này tạo ra lực tối đa là 5 kN và áp suất nén tối đa là 6,2 bar. Thiết bị được thể hiện trên Hình 5.



Hình 5. Thiết bị kiểm tra độ bền

### 2.3. Quá trình thí nghiệm

Trước mỗi thí nghiệm, khuôn mẫu được làm sạch để loại bỏ các tạp chất từ thí nghiệm trước, nhằm đảm bảo sự đồng nhất giữa các thí nghiệm. Trong mỗi thí nghiệm, 5 g hạt rơm được đổ vào khuôn của máy nén, sau đó khuôn được làm nóng, khi nhiệt độ khuôn mẫu đạt tới nhiệt độ yêu cầu thì tiến hành nén vật liệu. Hệ thống nén hoạt động tới khi lực tác động đạt tới giá trị cho trước. Áp lực nén được thay đổi trong quá trình thí nghiệm với các giá trị cụ thể như sau: 50; 100; 150; 200; 250 và 300 MPa. Đồng thời ứng với mỗi lực nén, độ ẩm của nhiên liệu được thay đổi như sau: 5,5; 9; 13 và 18% tại 25°C. Ngoài ra, với

độ ẩm 13% thì nhiệt độ trong quá trình nén được nghiên cứu thêm với giá trị là 100°C.

Sau khi nén, kích thước viên nén (đường kính, độ dày) được xác định thông qua thước cặp Valiper (sau khi nén viên nén có thể bị dãn nở). Với khối lượng đầu vào mỗi viên nén cho trước, chúng ta sẽ tính được mật độ nhiên liệu trong từng viên nén cho từng thí nghiệm khác nhau. Mối quan hệ giữa mật độ nhiên liệu sau khi nén với áp suất nén được thể hiện qua phương trình Johanson [11]:

$$\frac{\rho}{\rho^*} = \left(\frac{p}{p^*}\right)^{1/k}; \quad \frac{F}{F_0} = \left(\frac{V_0}{V}\right)^k$$

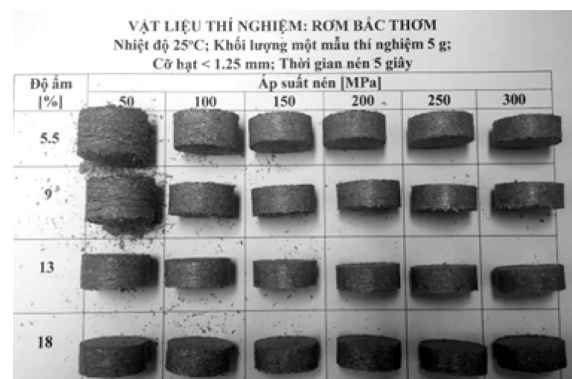
trong đó:  $k$ : hệ số nén,  $\rho$  là khối lượng riêng của viên nhiên liệu sau khi nén [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $F$ : lực nén [N],  $V$ : thể tích viên nén [ $\text{m}^3$ ],  $\rho^*$ ,  $p^*$ ,  $F_0$ ,  $V_0$ : các giá trị tham chiếu.

Độ bền cơ học của viên nhiên liệu sau khi nén, được xác định gián tiếp thông qua độ bền kéo. Độ bền kéo của mỗi viên nhiên liệu sau khi nén được tính bằng biểu thức sau [12]:  $\sigma = \frac{2 \cdot F_{\max}}{\pi \cdot h \cdot D}$  [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ]

trong đó  $\sigma$  là độ bền kéo [ $\text{N}/\text{mm}^2$ ],  $F_{\max}$  là lực nén lớn nhất tác dụng lên bề mặt viên nén trong quá trình thí nghiệm [N],  $h$  là chiều cao của viên nén [mm],  $D$  là đường kính của viên nén [mm].

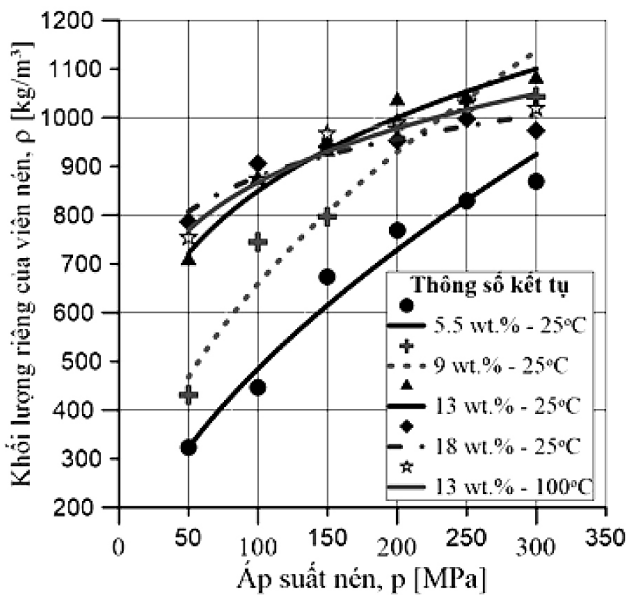
### 3. Kết quả và thảo luận

Viên nhiên liệu nén từ rơm dưới áp suất và độ ẩm khác nhau được thể hiện trong Hình 6. Khối lượng riêng của viên nén được xác định thông qua giá trị của ba phép đo (đường kính, chiều cao và khối lượng) với kích thước hạt < 1,25 mm ở nhiệt độ là 25°C.



Hình 6. Viên nhiên liệu sau khi nén

Với cùng một giá trị độ ẩm ban đầu, dễ dàng nhận thấy rằng chiều cao của mỗi viên nén sẽ giảm đi khi áp suất nén tăng lên. Với cùng áp suất nén 50 MPa hoặc 150 MPa, khi độ ẩm tăng lên giúp cho thể tích viên nén giảm xuống. Tuy nhiên thay đổi về mặt kích thước ở áp suất nén cao hơn, khi thay đổi độ ẩm khó so sánh bằng mắt thường. Tuy nhiên điều này được thể hiện rõ hơn trong mối quan hệ giữa áp suất nén và khối lượng riêng của viên nhiên liệu sau khi nén, thể hiện trong Hình 7. Mối liên hệ của áp suất nén và khối lượng riêng của viên nhiên liệu thông qua phương trình Johanson được thể hiện trong Bảng 1.



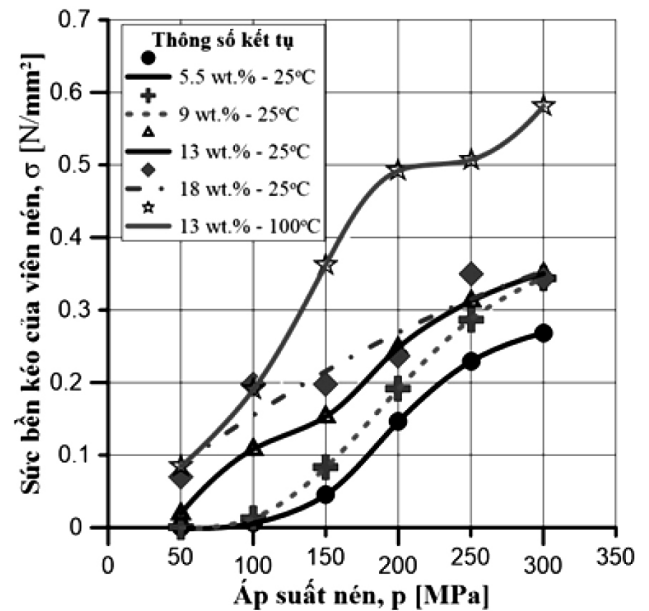
Hình 7. Thông số của viên nhiên liệu sau khi nén (áp suất nén-khối lượng riêng)

Ở cùng một áp suất nén và nhiệt độ nén là 25°C, xu thế chung là khối lượng riêng của viên nhiên liệu sau khi nén sẽ tăng lên khi tăng áp suất nén, tuy nhiên tốc độ tăng của khối lượng riêng đối với mỗi giá trị độ ẩm là khác nhau. Tốc độ tăng khối lượng riêng khi áp suất tăng là lớn nhất khi độ ẩm ở 5,5% và 9%. Đặc biệt, khi áp suất lớn hơn 200 MPa, xu hướng tăng khối lượng riêng của viên nhiên liệu sau nén với độ ẩm 9% vượt qua xu hướng tăng khối lượng riêng ứng với độ ẩm cao hơn (13% và 18%). Cùng độ ẩm là 13%, thí nghiệm khi tăng nhiệt độ trong quá trình nén, với áp suất nhỏ hơn 150 MPa thì khối lượng

riêng của viên nhiên liệu khi nén với 25°C sẽ nhỏ hơn khi nén với nhiệt độ 100°C. Tuy nhiên với miền áp suất nén lớn hơn 150 MPa, khối lượng riêng của viên nhiên liệu sau nén ở nhiệt độ thấp hơn sẽ vượt lên so với nén ở nhiệt độ cao hơn.

Bảng 1. Hệ số trong phương trình Johanson ( $\rho = ap^{1/\kappa}$ ) với độ ẩm và nhiệt độ khác nhau

Độ ẩm - nhiệt độ	Hệ số a [kg <sup>1-1/κ</sup> m <sup>(1/κ)-3s/2/κ</sup> ]	Hệ số κ [-]	Độ lệch phân tán: V <sub>s</sub> [%] Hệ số xác định: R <sup>2</sup> [-] Hệ số dư: σ [kg/m <sup>3</sup> ]
5,5% - 25°C	32,3443	1,70	R <sup>2</sup> = 0,9717; σ = 0,0055; V <sub>s</sub> = 6,7
9% - 25°C	67,2206	2,01	R <sup>2</sup> = 0,9424; σ = 0,0082; V <sub>s</sub> = 7,6
13% - 25°C	287,2344	4,24	R <sup>2</sup> = 0,9771; σ = 0,0007; V <sub>s</sub> = 2,4
18% - 25°C	500,1211	8,17	R <sup>2</sup> = 0,9152; σ = 0,0007; V <sub>s</sub> = 2,4
13% - 100°C	390,2004	5,76	R <sup>2</sup> = 0,9589; σ = 0,0007; V <sub>s</sub> = 2,4



Hình 8. Độ bền kéo của viên nhiên liệu sau nén

Hình 8 mô tả mối quan hệ giữa các thông số nén (áp suất nén, độ ẩm nhiên liệu, và nhiệt độ) đến độ bền kéo của viên nhiên liệu sau khi nén. Rõ ràng rằng, độ bền kéo của viên nhiên liệu tăng lên khi tăng áp suất nén. Ở áp suất nén 300 MPa, độ bền kéo của viên nhiên liệu sau khi nén ứng với độ ẩm nhiên liệu ban đầu 9%, 13%, và 18% gần như là bằng nhau, xấp xỉ 0.35 N/mm<sup>2</sup>. Tuy nhiên khi thay đổi nhiệt độ với cùng độ ẩm là 13%, thì tốc độ tăng độ bền kéo của viên nhiên

liệu khi nén ở 100°C nhanh hơn so với ở 25°C. Và độ bền ứng với mỗi áp suất nén ở 100°C cũng vượt trội so với nén ở 25°C. Tại áp suất nén là 300 MPa và nhiệt độ là 100°C, độ bền kéo của viên nhiên liệu xấp xỉ 0.6 N/mm<sup>2</sup>, con số này lớn hơn 1,7 lần so với nén ở 25°C cùng áp suất nén. Điều này có thể giải thích là khi tăng nhiệt độ thì sự ma sát trong quá trình nén sẽ giảm đi, dẫn tới quá trình kết tụ nhiên liệu sẽ tốt hơn [13]. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ, thì tổng năng lượng tiêu thụ cho quá trình nén sẽ tăng lên.

#### 4. Kết luận

Khi thực hiện nén hạt rơm với các điều kiện khác nhau, trường hợp độ ẩm 5,5% và 9%, áp suất nén 50 MPa kết quả là không hình thành được viên nén. Nếu ta tiến hành thí nghiệm ở điều kiện áp suất nén và nhiệt độ là không đổi 25°C, khi đó có thể thấy rằng khối lượng riêng của viên nén và độ bền kéo của chúng đạt giá trị lớn nhất ở độ ẩm 13% trong phạm vi tiến hành thí nghiệm với các độ ẩm khác nhau (5,5; 9; 13 và 18%). Nếu thí nghiệm ở cùng độ ẩm 13% và điều kiện nhiệt độ khác nhau, kết quả cho thấy khối lượng riêng và độ bền kéo của viên nén ở nhiệt độ 100°C cao hơn khối lượng riêng và độ bền kéo của viên nén ở 25°C.

Phương pháp thí nghiệm đã thực hiện cũng có thể áp dụng cho các vật liệu khác để tìm được điều kiện nén tối ưu (áp suất, độ ẩm, nhiệt độ tối ưu trong quá trình kết tụ), để từ đó có được khối lượng riêng, độ bền của viên nén thích hợp cũng như có được viên nén tốt nhất. Xác định các thành phần các chất của nhiên liệu sinh khối (ví dụ: lignin, cellulose, hemicellulose, protein, lipid và chất béo) và ảnh hưởng của nhiệt độ tới quá trình nén nhiên liệu sinh khối cũng nên được tiến hành nghiên cứu trong tương lai.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] MOIT (2016), “Power Development Plan 7 Revise”, Vietnamese Government.
- [2] A. Leinonen and N. D. Cuong (2013), “Development of biomass fuel chains in Vietnam”, VTT Technology 134.
- [3] L. Q. Dien, D. T. Hoa, N. Thi, and M. Phuong (2011), “Rice straw and corn stalk in the northern Vietnam as potential lignocellulose sources”, 8th Biomass Asia Work, vol. 32.
- [4] T. A. Hà, H. Anh, and H. Dương (2016), “Phân tích chi phí-lợi ích của đồng đốt sinh khối với than : Trường hợp nhà máy nhiệt điện Ninh Bình”, pp.3-10.
- [5] L. Baxter (2005), “Biomass-coal co-combustion: Opportunity for affordable renewable energy”, Fuel, vol. 84, no. 10, pp. 1295-1302.
- [6] A. Lisowski (2013), “Pressure agglomeration of biomass with additive of rapeseed oil cake or calcium carbonate”, vol. 13, no. 1, pp. 95-102.
- [7] W. Pietsch (1991), “Size Enlargement by Agglomeration”, John Wiley & Sons Ltd, p115.
- [8] W. Pietsch (2005), “Agglomeration in Industry : Occurrence and Applications”, WILEY- VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim p 47.
- [9] T.V. Quyen, S. Nagy S, B. Csöke (2017), “Effect of Moisture Content and Particle Size on Beech Biomass Agglomeration”, Advances in Agriculture & Botany- International Journal of the Bioflux Society. Vol 9, issue 2.
- [10] H. Schubert (1975), “Tensile strength of agglomerates”, Powder Technol., vol. 11, no. 2, pp. 107-119.
- [11] J. R. Jahanson (1965), “A Rolling Theory for Granular Solids”, J. Appl. Mech, vol. 32, no. 4, pp. 842-848.
- [12] J. T. Fell and J. M. Newton (1970), “Determination of Tablet Strength by the Diametral-Compression Test”, J. Pharm. Sci., vol. 59, no. 5, pp. 688-691.
- [13] W. Stelte, J. K. Holm, A. R. Sanadi, S. Barsberg, J. Ahrenfeldt, and U. B. Henriksen (2011), “Fuel pellets from biomass: The importance of the pelletizing pressure and its dependency on the processing conditions”, Fuel, vol. 90.