

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH ĐỒNG CHÁY CỦA HỖN HỢP THAN VÀ SINH KHỐI VỚI CÁC TỶ LỆ TRỘN KHÁC NHAU

A STUDY OF CO-COMBUSTION CHARACTERISTICS OF BIOMASS AND COAL IN DIFFERENT RATIOS

Nguyễn Tiến Quang^{1,*}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.042>

TÓM TẮT

Công nghệ đồng đốt sinh khối với than ứng dụng cho các nhà máy nhiệt điện đốt than đang được quan tâm như do tiềm năng giảm thiểu phát thải khí ra môi trường. Đặc tính đồng cháy của hỗn hợp hai loại nhiên liệu than/sinh khối gồm các giai đoạn suy giảm, điểm bắt cháy và nhiệt độ cháy hoàn toàn khác biệt so với trường hợp cháy riêng rẽ. Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá đặc tính đồng cháy này khi trộn sinh khối gỗ keo với than anthaxite với các tỷ lệ từ 5 - 25%. Đây là mức tỷ lệ thường được xem xét lựa chọn khi áp dụng đồng đốt trực tiếp cho lò hơi than phun. Kết quả cho thấy có sự cải thiện về đặc tính cháy của than khi được trộn với nhiên liệu sinh khối thì hỗn hợp có điểm bắt cháy sớm và độ suy giảm khối lượng của hỗn hợp mẫu cũng giảm đi. Với mức tỷ lệ dưới 15% nhiên liệu sinh khối thì đặc tính đồng cháy của hỗn hợp không khác biệt nhiều so với cháy than, nhưng nhiệt độ bắt cháy chung của hỗn hợp sớm hơn.

Từ khóa: Đặc tính đồng cháy; viên nén gỗ keo; công nghệ đồng đốt; phân tích nhiệt trọng trường.

ABSTRACT

Co-burning biomass with coal technology for coal-fired thermal power plants is of interest due to its potential to reduce gas emissions to the environment. The co-combustion characteristics of the mixture of two types of coal/biomass fuels including the degradation stages, flash point and combustion temperature are completely different from separate combustion cases. The study was conducted to evaluate this co-combustion property when mixing acacia wood pellet with anthracite coal with ratio 5, 10, 15, 25%. This is the usually considered ratio for applying direct co-firing in pulverized coal-fired boilers. The result shows that there is an improvement in the combustion characteristics of coal is improved in mixing with biomass. The mixture has an early flash point and the sample weight reduction as well. Regarding a ratio of less than 15% of biomass, the co-combustibility of the mixture is not much different from that of coal, but the general ignition temperature of the mixture is earlier.

Keywords: Co-combustion; acacia wood pellet; co-firing technology; thermogravimetric analysis.

¹Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: quang.nguyentien@hust.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/6/2023

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 17/9/2023

Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2024

1. GIỚI THIỆU

Nhiệt điện than ở Việt nam đang đối mặt với các vấn đề về khủng hoảng nhiên liệu và hiệu ứng khí nhà kính. Đặc biệt

hiện nay khi Việt Nam đã cam kết trước thế giới về lượng phát thải ròng "Net-zero" tới 2050. Sự phát thải chính hình thành trong quá trình đốt nhiên liệu rắn được quan tâm gồm CO_2 , SO_x , NO_x , một số trường hợp có phát thải HCl. Công nghệ đốt than phun tại Việt Nam vẫn là công nghệ chủ đạo trong các nhà máy điện hiện nay. Theo qui hoạch điện VIII thì các nhà máy nhiệt điện sẽ phải chuyển đổi sang các công nghệ giảm phát thải tới năm 2035 để tiếp tục vận hành.

Công nghệ đồng đốt sử dụng nhiên liệu sinh khối đốt kèm với than đã được nhiều nước tiên tiến trên thế giới thử nghiệm và sử dụng do khả năng giảm thiểu phát thải của nhiệt điện than và khắc phục một phần khủng hoảng về nhiên liệu [1, 2]. Quá trình cháy hỗn hợp của hai loại nhiên liệu sinh khối và than trong công nghệ đồng đốt có nhiều điểm khác biệt liên quan đến đặc tính của mỗi loại nhiên liệu [3, 4]. Do sự tương đồng về thông số nhiên liệu thiết kế, sự cháy của hỗn hợp hai loại nhiên liệu sẽ khác so với trường hợp cháy các nhiên liệu đơn lẻ. Sự tương tác có thể xảy ra giữa các nhiên liệu thành phần. Wang và cộng sự [5] cũng đã nghiên cứu đặc tính cháy và động học của hỗn hợp than và một số loại sinh khối (rơm và trấu lúa mì) với các tỷ lệ 50/50. Kết quả chỉ ra khi hỗn hợp có đặc tính cháy được cải thiện, tốc độ cháy chậm và tăng tốc độ phản ứng. Tác giả Moon và cộng sự [6] cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ trộn đối với đặc tính cháy của sinh khối trong các loại than khác nhau. Kết quả chỉ ra rằng khả năng cháy được cải thiện khi bổ sung khoảng 10% lượng sinh khối đốt cùng các loại than xấu về nhiệt độ bắt cháy và vùng phản ứng chất bốc.

Các nhà máy nhiệt điện than phun ở Việt Nam sử dụng nguồn than nội địa chủ yếu là than anthaxite có hàm lượng chất bốc thấp (từ 6 - 8%) nên khả năng bắt cháy khó. Sử dụng đốt kèm sinh khối rất đáng được quan tâm về đặc tính cháy của hỗn hợp khi thực hiện đồng đốt tại các nhà máy này. Viên nén sinh khối gỗ keo đang là loại nhiên liệu phổ biến được Việt Nam xuất khẩu với sản lượng tới 4,9 triệu tấn năm 2022 [7]. Các nghiên cứu về sinh khối gỗ keo trong công nghệ đồng đốt với than cũng cho thấy keo là loại nhiên liệu rất phù hợp để thực hiện đồng đốt với than do hàm lượng tro thấp, chất bốc và carbon cao và nhiệt trị thấp hơn than không nhiều [8]. Tuy nhiên, đặc tính đồng cháy của hai loại nhiên liệu này vẫn chưa được tiến hành xem xét từ mức độ

phân tích nhiệt như đặc điểm các giai đoạn cháy, nhiệt độ bắt cháy và cháy kiệt, tốc độ bắt cháy,...

Nghiên cứu này sẽ tập trung đánh giá các đặc tính cháy và nhiệt phân của hỗn hợp nhiên liệu than và viên nén gỗ keo. Các tỷ lệ trộn sinh khối được lựa chọn từ 5 - 25% để đánh giá đặc tính đồng cháy của hỗn hợp. Ngoài ra, đặc tính nhiệt phân hỗn hợp cũng được nghiên cứu để đánh giá thêm các yếu tố nhiệt hóa của mỗi giai đoạn khi thay đổi tỷ lệ sinh khối trong than.

2. CHUẨN BỊ NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và đặc tính nhiên liệu

Mẫu than anthracite sử dụng trong nghiên cứu là mẫu than 5a đã được nghiền mịn tại nhà máy nhiệt điện trước khi đưa vào vòi phun. Mẫu viên nén sinh khối là loại gỗ keo tại khu vực huyện Nghi Xuân, tỉnh Thanh Hóa. Sau đó, mẫu viên nén được đem nghiền mịn và tiến hành rây với kích thước hạt < 0,3mm thì tiến hành trộn với than mịn theo các mức tỷ lệ về khối lượng của sinh khối là 0, 5, 10, 15 và 25%. Sau khi than và bột gỗ keo được trộn đều thì tiến hành chia mẫu để tiến hành đo trong thiết bị TGA.

Mẫu nguyên liệu than và bột sinh khối gỗ keo được tiến hành xác định các đặc tính công nghệ, hóa học và nhiệt trị. Thành phần công nghệ gồm độ ẩm, chất bốc, độ tro và carbon cố được xác định theo các tiêu chuẩn tương ứng TCVN 172, ASTM D3174 và TCVN 173. Các thành phần hóa học trong than gồm C, H, O, N, S được phân tích theo các tiêu chuẩn gồm TCVN 255 (C, H), tiêu chuẩn 6014 (N) và tiêu chuẩn 175(S), trong khi hàm lượng oxy được tính toán theo số phần trăm còn lại. Kết quả phân tích đặc tính của hai mẫu nhiên liệu được liệt kê trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần công nghệ, hóa học và nhiệt trị của than và viên nén gỗ keo

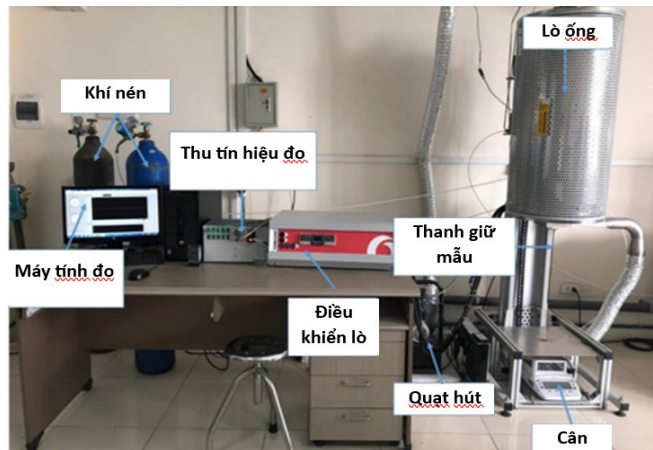
Loại mẫu	Thành phần công nghệ, %				Thành phần hóa học, %					Nhiệt trị [kcal/kg]
	Độ ẩm	Chất bốc	Tro	Carbon cố định	C	H	N	S	O	
Than	3,86	4,62	28,07	63,45	63,10	2,34	1,59	0,65	2,77	5245,9
Keo	10,76	71,08	2,81	15,34	49,92	6,51	0,72	0,09	40,32	4505,8

2.2. Thí nghiệm phân tích nhiệt trọng trường cho đặc tính đồng cháy

Đặc tính cháy và nhiệt phân của hỗn hợp than/gỗ keo được tiến hành phân tích trên thiết bị Macro-TGA tại Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội (hình 1). Hệ thống bao gồm 01 lò ống được cấp nhiệt bằng điện trở, bên trong chứa khay để mẫu và 03 cặp nhiệt kế tại đầu vào, vị trí mẫu và khói ra. Ngoài ra, hệ thống được kết nối với các khí cung cấp gồm không khí, nito với khả năng cung cấp từ 0 - 10L/phút được kiểm soát bằng lưu lượng kế. Các khí này cũng được gia nhiệt bằng dây điện trở kgi vào trong lò ống. Khay mẫu được kết nối với cân.

Nhiệt độ thí nghiệm của các mẫu này từ nhiệt độ phòng tới 800°C cho tới khi đạt điều kiện ổn định. Tốc độ gia nhiệt

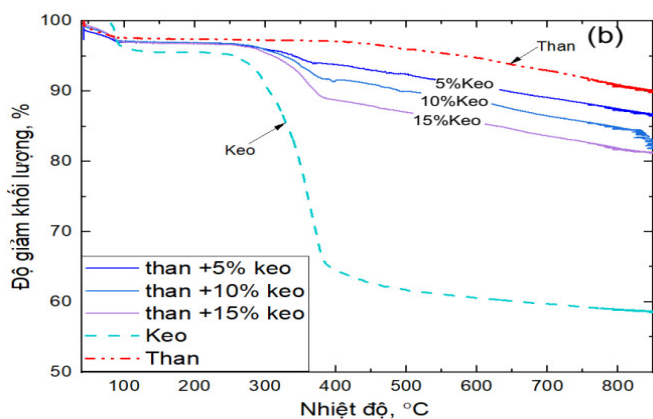
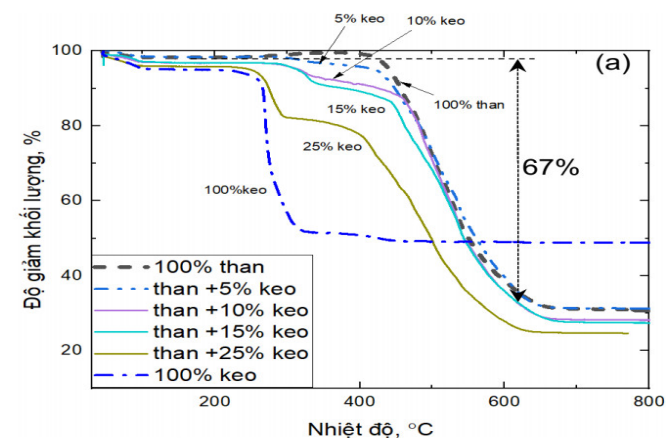
của các mẫu là 5K/phút. Trong quá trình thí nghiệm sử dụng dòng không khí chứa O₂/N₂ (20:80) trong trường hợp nghiên cứu quá trình cháy và trong N₂ tinh khiết trường hợp nghiên cứu quá trình nhiệt phân với lưu lượng 5 lít khí tiêu chuẩn/phút và sử dụng phương pháp nhiệt trọng trường không đẳng nhiệt. Khối lượng mỗi mẫu nằm trong khoảng 2 ± 0,1g cho mỗi lần thí nghiệm. Dữ liệu được ghi lại theo thời gian với đường cong nhiệt trọng trường (TGA) và đường cong vi phân nhiệt trọng trường trong quá trình thí nghiệm.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống thí nghiệm Macro-TGA

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích độ giảm khối lượng các giai đoạn



Hình 2. Kết quả độ giảm khối lượng của than, sinh khối và hỗn hợp than/sinh khối; (a) trong không khí và (b) trong N₂

Từ bảng 1 về đặc tính của hai loại nhiên liệu cho thấy, than có hàm lượng carbon cố định và độ tro cao hơn nhiều của sinh khối. Trong khi sinh khối có hàm lượng chất bốc tới 71,08% cao hơn rất nhiều của than là 4,62% và độ tro là 2,81%. Các đặc điểm này có thể cho nhận xét rằng viên nén gỗ keo khá phù hợp để đốt với nhiên liệu than anthaxite khó cháy. Hơn nữa sự khác biệt không quá lớn về giá trị nhiệt trị của sinh khối gỗ keo và than càng cho thấy sự phù hợp về đặc tính nhiệt khi đồng cháy.

Đánh giá đặc tính đồng cháy thông qua độ giảm khối lượng trong điều kiện không khí và khí N₂ được thể hiện trên hình 2. Đối với sinh khối, các giai đoạn bao gồm giảm ẩm, thoát chất bốc hay giai đoạn suy giảm và giai đoạn cháy char được thể hiện khá rõ trong cả môi trường không khí và N₂. Nghiên cứu của Moon và cộng sự [6] đã giải thích giai đoạn thoát chất bốc của sinh khối từ 200 - 400°C là giai đoạn suy giảm của hemi-cellulose, cellulose và một phần lignin; ở giai đoạn trên 400°C là giai đoạn cháy char và phần lignin. Trường hợp đối với than, các giai đoạn giảm khối lượng cũng tương tự. Tuy nhiên, trong môi trường N₂ thì giai đoạn suy giảm của than rất nhỏ bắt đầu từ 400°C và độ giảm khối lượng ở giai đoạn cuối cùng chỉ đạt 6% là do hàm lượng chất bốc trong than anthaxite thấp.

Trong trường hợp là dòng không khí quá trình suy giảm diễn ra mạnh tới 67% từ khoảng 420 - 620°C (hình 2a). Đối với hỗn hợp 5% sinh khối sự thay đổi không rõ rệt của của các giai đoạn giảm ẩm so với trường hợp 100% than. Khi tăng các tỷ lệ sinh khối từ 10 - 15%, các giai đoạn giảm khối lượng trong hai mẫu này khá giống nhau, giai đoạn suy giảm bắt đầu từ 320 - 445°C và giai đoạn suy giảm thứ 2 từ 445 - 620°C. Khi tỷ lệ là 25% sinh khối, các giai đoạn giảm khối lượng này rõ rệt hơn, nhiệt độ bắt đầu giai đoạn suy giảm thứ nhất giống với mẫu sinh khối ở nhiệt độ 247°C và kết thúc rất nhanh tại nhiệt độ 292°C.

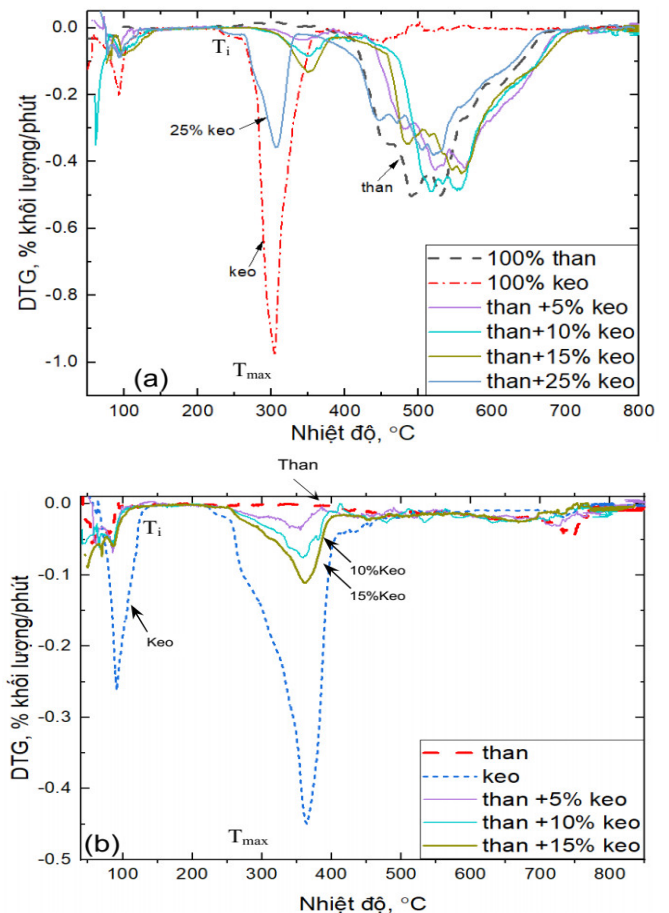
Trong trường hợp dòng N₂ (hình 2b), khi hỗn hợp với sinh khối từ 5% mức độ suy giảm khối lượng của hỗn hợp bắt đầu được cải thiện, tuy nhiên các giai đoạn giảm khối lượng giống như của than. Khi tỷ lệ tăng từ 10 - 15% sinh khối, tương tự trong trường hợp của dòng không khí, vùng suy giảm cũng đã chia rõ rệt cho giai đoạn đầu là của sinh khối và giai đoạn sau của than. Độ giảm khối lượng của hỗn hợp nhiên liệu than/sinh khối cuối cùng gia tăng khi tăng lượng sinh khối trong hỗn hợp.

3.2. Phân tích đặc tính đồng cháy của hỗn hợp

Để làm rõ các đặc tính đồng cháy tiến hành phân tích đồ thị DTG về tốc độ giảm trọng lượng của hỗn hợp được trộn với 4 mức tỷ lệ sinh khối như trên hình 3. Các đặc tính cháy được quan tâm bao gồm nhiệt độ điểm bắt cháy (T_i), nhiệt độ cháy kiệt (T_b) và nhiệt độ lớn nhất (T_{max}) vùng suy giảm tại vị trí mà độ giảm khối lượng trong giai đoạn suy giảm lớn nhất. Kết quả phân tích nhiệt độ các điểm này được thể hiện trên bảng 2.

Trong môi trường không khí, đối với sinh khối diễn ra chủ yếu tại vùng suy giảm có nhiệt độ thấp dưới 400°C. Nhiệt độ bắt cháy, nhiệt độ cháy kiệt và nhiệt độ suy giảm lớn nhất là

272, 360 và 302°C tương ứng. Trong khi than thì vùng suy giảm chính ở vùng nhiệt độ cao trên 400°C. Đặc điểm này cho thấy than có điểm bắt cháy cao hơn nhiều so với sinh khối. Do đó, để cháy than đòi hỏi cấp một mức năng lượng ban đầu khá lớn. Khi lượng sinh khối được trộn tới tỷ lệ 25% thì điểm bắt cháy của hỗn hợp than/sinh khối giống như nhiệt độ điểm bắt cháy của sinh khối ở nhiệt độ 272°C. Các tỷ lệ trộn dưới 15% sinh khối nhiệt độ điểm bắt cháy của hỗn hợp ở mức 302°C giảm khá lớn so với trường hợp 100% than với điểm bắt cháy là 405°C. Ngoài ra, với mức năng lượng yêu cầu cho bắt cháy than là cao thì khi có trộn thêm sinh khối độ chênh lệch nhiệt độ cuối vùng cháy của sinh khối với điểm nhiệt độ bắt cháy của than là khoảng 80°C. Mức chênh lệch nhiệt độ này so với trường hợp không trộn sinh khối là khoảng 400°C cho thấy rằng sinh khối đã hỗ trợ để than có thể dễ dàng bắt cháy trong hỗn hợp nhiên liệu.



Hình 3. DTG đặc tính đồng cháy của hỗn hợp than/sinh khối với các tỷ lệ trộn khác nhau (a) trong không khí và (b) trong N₂

Bảng 2. Nhiệt độ bắt cháy T_i, cháy kiệt T_b và T_{max} của các mẫu

Loại mẫu	Trong không khí, %						Trong N ₂ , %		
	T _i ¹ [°C]	T _b ¹ [°C]	T _{max} ¹ [°C]	T _i ² [°C]	T _b ² [°C]	T _{max} ² [°C]	T _i ¹ [°C]	T _b ¹ [°C]	T _{max} ¹ [°C]
Than	-	-	-	405	680	540			
Keo	272	360	302	-	-	-	260	420	365
Keo 5%	302	375	350	440	680	550	260	420	365

Keo 10%	302	375	360	450	680	550	260	420	365
Keo 15%	302	375	360	450	680	550	260	420	365
Keo 25%	272	335	302	405	680	540	260	420	365

Trong trường hợp nhiệt phân hỗn hợp nhiên liệu trong N₂, vùng suy giảm của than hầu như không rõ rệt so với sinh khối, mức độ suy giảm rất thấp. Khi mẫu nhiên liệu được hòa trộn thêm sinh khối thì vùng suy giảm ở nhiệt độ thấp đều đã xuất hiện kể cả khi lượng hòa trộn chỉ 5% khối lượng. Nhiệt độ bắt cháy của mẫu hỗn hợp ở 260°C, mức rất thấp so với trường hợp 100% than là trên 400°C. Nhiệt độ bắt cháy của hỗn hợp trong môi trường N₂ cũng thấp hơn so với môi trường không khí có thể là do khí N₂ đã tạo ra môi trường cho quá trình nhiệt phân của nhiên liệu diễn ra nhanh quá trình thoát chất bốc trong nhiên liệu ra so với trong môi trường không khí. Mức độ suy giảm khối lượng mẫu đã gia tăng khi tăng khối lượng sinh khối hòa trộn. Tuy nhiên, điểm bắt cháy, điểm cháy kiệt và điểm nhiệt độ suy giảm lớn nhất không thay đổi khi có trộn thêm một lượng sinh khối. Điều này cho thấy ảnh hưởng rất lớn của sinh khối gỗ keo khi trộn với loại than khó cháy như than anthaxite. Sinh khối sẽ thực hiện cháy trước và có thể thấy rõ là nhiệt độ cháy kiệt của giai đoạn suy giảm ở vùng nhiệt độ thấp đạt gần tới nhiệt độ bắt cháy của than. Do đó có thể nói rằng nhiên liệu sinh khối gỗ keo có sự tương thích rất lớn về sự đồng cháy với than anthaxite.

4. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo đã nghiên cứu quá trình đồng cháy của hỗn hợp than và sinh khối với các tỷ lệ từ 5 - 25% đáp ứng trong điều kiện thực hiện quá trình đồng đốt trong lò hơi đốt than phun. Quá trình đánh giá đặc tính đồng cháy được thực hiện trong môi trường không khí và N₂. Nhìn chung đặc tính cháy của than anthaxite được cải thiện khi trộn với bột gỗ viên nén gỗ keo có tỷ lệ > 5%. Với mức tỷ lệ trộn dưới 15% sinh khối thì các giai đoạn suy giảm của mẫu nhiên liệu hỗn hợp không có quá nhiều thay đổi so với trường hợp đốt 100% than. Tuy nhiên, khả năng giúp hỗn hợp nhiên liệu bắt cháy sớm hơn được cải thiện đáng kể. Khi tỷ lệ sinh khối gia tăng thì tốc độ thoát chất bốc và tốc độ cháy cũng được gia tăng tỷ lệ. Khi tăng tỷ lệ sinh khối gỗ keo lên 25%, các giai đoạn suy giảm của mẫu hỗn hợp giống với đặc tính cháy của sinh khối với giai đoạn suy giảm của sinh khối đã bắt đầu từ 272°C khối lượng suy giảm mạnh. Liền sau đó là quá trình cháy char và sự bắt cháy của hạt than. Kết quả nghiên cứu này mới chỉ là theo mẻ và hỗn hợp không có sự chuyển động của dòng như trong trường hợp than lò than phun. Tuy nhiên, việc nghiên cứu trong các điều kiện thực là điều không dễ dàng.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo được sự tài trợ từ đề tài mã số 29/HĐ-GENCO1-ĐHBK. Tác giả cảm ơn tới sự hỗ trợ thực hiện thí nghiệm của sinh viên Lê Xuân Trường K64, Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Truong An Ha, Tran Hoang Anh, Ha Duong Minh, *Bao cao phan tich chi phi - loi ich cua dong dot sinh khoi voi than: Truong hop dong nha may nhiet dien Ninh Binh*. Report on research topic, 2016.
- [2]. Huang Y., McIveen-Wright D., Rezvani S., Wang Y. D., Hewitt N., Williams B. C., "Biomass co-firing in a pressurized fluidized bed combustion (PFBC) combined cycle power plant: a techno-environmental assessment based on computational simulations," *Fuel Processing Technology*, 87(10), 927-934, 2006.
- [3]. Gil M. V., Casal D., Pevida C., Pis J. J., Rubiera F., "Thermal behaviour and kinetics of coal/biomass blends during co-combustion," *Bioresource Technology*, 101(14), 5601-5608, 2010.
- [4]. Nguyen Hong Nam, Vu Ngoc Linh, Le Duc Dung, Vu Thi Thu Ha, "Physicochemical characterization of forest and agricultural residues for energy conversion processes," *Vietnam J. Chem.*, 58(6), 735-741, 2020.
- [5] Wang Y., Yan B., Wang Y., Zhang J., Chen X., Bastiaans R. J., "A comparison of combustion properties in biomass-coal blends using characteristic and kinetic analyses," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 12980, 2021.
- [6]. Moon C., Sung Y., Ahn S., Kim T., Choi G., Kim D., "Effect of blending ratio on combustion performance in blends of biomass and coals of different ranks," *Experimental Thermal and Fluid Science*, 47, 232-240, 2013.
- [7]. Vietnam Customs, Du bao xuất khẩu viên nén gỗ giảm suc hạp đản trong nam 2023. <https://mekongasean.vn/>
- [8]. Nguyen Tien Quang, "Analyze the thermal properties of biomass in accordance with co-firing technology in thermal power plants," *Vietnam Mechanical Engineering Journal*, 12, 231-239, 2021.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen Tien Quang

Hanoi University of Science and Technology, Vietnam