

## INVESTIGATION OF GAS EMISSION FROM COMBUSTION OF FUEL PELLET OF REFUSE PLASTIC AND RICE-HUSK

Truong Thanh Phuc<sup>1</sup>, Hoang Duc Tin<sup>1</sup>, Truong My Hanh<sup>2</sup>,  
Nguyen Danh Ngon<sup>1</sup>, Nguyen Duc Van<sup>2</sup>, Ho Truong Giang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Huynh Man Dat Gifted High School, <sup>2</sup> Institute of Materials Science - Vietnam Academy of Science and Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<b>Received:</b> 23/12/2023	Refuse-derived fuels (RDFs) from waste plastic are significant for environmental pollution treatment and an alternative to fossil fuels. However, the pollutants emission from the burning processes of RDFs is a major issue. In this work, analyzing exhaust gases (including O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, HC, NO <sub>2</sub> , NO, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> ) from the combustion of fuel pellets derived from waste plastic and rice-husk were investigated. Waste plastics (typical components including PET, PA, PE, PS, PVC) were combined with rice-husk to create fuel pellets with rice-husk contents of 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100 %wt. A combustion system was set up with a horizontal combustion tube that controlled air input flow and operating temperature to evaluate gases emissions. The behaviour of gases emissions presented a relation with the combustion process in accordance with the ratios of plastic and rice-husk in the fuel pellets. The fuel samples with high rice-husk content exhibited a long burnout time while one with high plastic content had a short burnout time. The fuel samples with high plastic content (>70%) showed a high HC emission. The fuel pellet samples with the rice-husk content in a range of 60 - 80% could be considered to have a good combustion through the measured amounts of CO <sub>2</sub> and O <sub>2</sub> in exhaust gases.
<b>Revised:</b> 29/01/2024	
<b>Published:</b> 30/01/2024	
<b>KEYWORDS</b>	
Waste plastic	
Municipal solid waste	
Rice-husk	
Fuel pellet	
Exhaust gases	

## NGHIÊN CỨU THÀNH PHẦN KHÍ PHÁT SINH TỪ ĐỐT VIÊN NÉN NHIÊN LIỆU RÁC THẢI NHỰA VÀ TRÁU

Trương Thành Phúc<sup>1</sup>, Hoàng Đức Tín<sup>1</sup>, Trương Mỹ Hạnh<sup>2</sup>,  
Nguyễn Danh Ngôn<sup>1</sup>, Nguyễn Đức Văn<sup>2</sup>, Hồ Trường Giang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Trường THPT Chuyên Huỳnh Mãn Đạt, <sup>2</sup>Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
<b>Ngày nhận bài:</b> 23/12/2023	Rác thải nhựa được xử lý thành nhiên liệu không chỉ giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường mà còn có thể thay thế cho nhiên liệu hóa thạch. Tuy vậy, vấn đề lớn khi sử dụng nhiên liệu từ rác thải nhựa là các chất phát thải độc hại từ quá trình đốt. Bài báo này thực hiện đo và đánh giá về các khí (gồm O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, HC, NO <sub>2</sub> , NO, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> ) phát sinh từ quá trình đốt viên nén nhiên liệu nhựa thải và vỏ trấu. Rác thải nhựa (điển hình gồm PET, PA, PE, PS, PVC) được kết hợp trấu theo các tỉ lệ trấu là 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 và 100% để tạo ra các viên nén nhiên liệu. Hệ thống lò đốt được xây dựng với buồng đốt nằm ngang có kiểm soát khí cấp đầu vào và nhiệt độ lò để đo khí phát sinh. Đặc trưng các khí đo được đã phản ánh quá trình cháy nhiên liệu theo các tỉ lệ nhựa trấu. Mẫu nhiên liệu hàm lượng trấu lớn có thời gian cháy diễn ra chậm, và nó có xu hướng giảm khí hàm lượng nhựa tăng. Các mẫu với hàm lượng nhựa lớn (>70%) phát thải nhiều khí HC. Mẫu viên nén nhiên liệu với hàm lượng trấu trong vùng 60 - 80% được xem có hiệu quả cháy tốt thể hiện qua lượng khí CO <sub>2</sub> sinh ra và khí O <sub>2</sub> tham gia trong quá trình cháy.
<b>Ngày hoàn thiện:</b> 29/01/2024	
<b>Ngày đăng:</b> 30/01/2024	
<b>TỪ KHÓA</b>	
Rác thải nhựa	
Rác thải rắn đô thị	
Vỏ trấu	
Viên nén nhiên liệu	
Khí thải	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.9473>

\* Corresponding author. Email: gianght@ims.vast.ac.vn

## 1. Giới thiệu

Hiện nay, rác thải rắn đô thị (municipal solid waste - MSW) là vấn đề lớn cần giải quyết ở quy mô toàn cầu [1], [2]. Rác thải MSW gây ô nhiễm nặng nề đến môi trường đất, nước và không khí. Một vấn đề lớn trong đó là rác nhựa theo thời gian và dưới tác động của tia UV từ mặt trời sẽ phân rã thành những mảnh vi nhựa và phát tán ra môi trường nước làm cho các loài thủy sinh vật có nguy cơ bị nhiễm vi nhựa vào cơ thể của chúng. Sinh vật biển nhiễm vi nhựa và ô nhiễm rác thải nhựa đại dương là nguyên nhân lớn gây suy giảm đa dạng sinh học và làm thay đổi cấu trúc và thành phần của hệ sinh thái biển [3]. Một số công nghệ được áp dụng phổ biến cho xử lý rác thải MSW là chôn lấp, tạo phân bón cây trồng, đốt bỏ, đốt có thu hồi năng lượng, tạo ra khí nhiên liệu,... [2], [4]. Xét theo khía cạnh năng lượng, rác thải MSW nói chung và rác thải nhựa nói riêng hiện được xem là nhiên liệu có thể thay thế cho nhiên liệu hóa thạch (than, xăng dầu, và khí đốt), thậm chí rác thải nhựa hiện là mặt hàng xuất nhập khẩu [5]. Đốt rác thải MSW theo cách thức kiểm soát và có thu hồi năng lượng đạt được cả mục đích về xử lý ô nhiễm môi trường và tạo ra nguồn năng lượng tuần hoàn [2]. Chavando và các cộng sự [6] đã tổng quan về nhiên liệu từ MSW và cho rằng đây hướng phát triển mang ý nghĩa kinh tế tuần hoàn, phát triển bền vững và giảm phát thải CO<sub>2</sub> (khi có thể hạn chế việc sử dụng nhiên liệu hóa thạch). Guoqiang và các cộng sự [4] mới đây có tổng quan thú vị về vật liệu năng lượng bắt nguồn từ rác thải nhựa (như dùng cho tích trữ điện năng, tạo năng lượng hydro, nhiên liệu phân tử nhỏ,...). Hamid và các cộng sự [1] thực hiện khảo sát về điều kiện và kỹ thuật ép nén rác thải đô thị (nhựa, giấy, thành phần hữu cơ và gỗ) để tạo thành các viên nén nhiên liệu. Spyridoula và các đồng nghiệp [7] đã có nghiên cứu phân tích nhiệt nhằm đánh giá cho quá trình đốt rác thải rắn đô thị với thành phần là hữu cơ (cellulose, hemicellulose, lignin) và rác thải nhựa (polyethylene - PE, polypropylene - PP, và polyethylene terephthalate - PET).

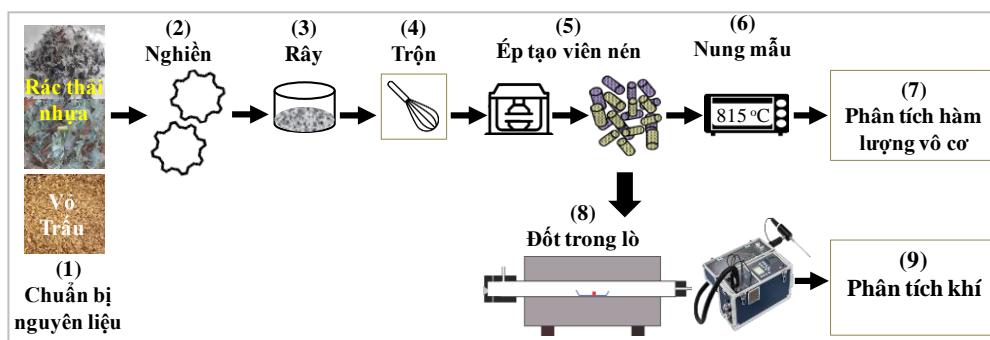
Việt Nam mỗi năm thải ra cỡ 1,8 triệu tấn rác nhựa, trong đó khoảng 11 - 12% được xử lý và tái chế, còn lại chủ yếu là chôn lấp, đốt hoặc thải tự do ra ngoài môi trường, theo ước tính, nước ta có khoảng 0,28 - 0,73 triệu tấn rác nhựa thải ra biển [8]. Tuy vậy, nghiên cứu hoặc phát triển công nghệ liên quan đến nhiên liệu từ rác thải vẫn còn khiêm tốn. Một số ví dụ điển hình như Nhà máy đốt rác phát điện Sóc Sơn đã đi vào hoạt động với giai đoạn 1 phát điện 15 MW. Công ty môi trường đô thị Hà Nội (URENCO) và Công ty TNHH Kim Trường Phúc, Đồng Nai gần đây đã đưa ra thị trường sản phẩm về nhiên liệu từ rác thải nhựa (RPF và RDF) được công bố có thể thay thế cho than. Tuy rác thải nhựa có nhiệt trị cao (khoảng 10000 kcal/kg) nhưng do tính chất phức tạp về thành phần và nguồn gốc nên sẽ phát sinh vấn đề lớn cần giải quyết khi đốt đó là các chất phát thải độc hại ra môi trường (điển hình là khí độc NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO,...), tro-xỉ thải và hiện tượng đóng cặn-xỉ hệ thống buồng đốt [9]. Áp dụng việc đốt đồng xử lý khi kết hợp rác thải nhựa với các vật liệu sinh khối (như bã mía, mùn cưa, vỏ trấu) có thể đem lại ưu thế. Điển hình như vỏ trấu khi đốt kết hợp sẽ có thêm năng lượng nhiệt khoảng 3300 kcal/kg và có thể giảm được ô nhiễm môi trường do sự phân hủy vật liệu sinh khối này [1], [10], [11].

Trong bài báo này, chúng tôi đã thực hiện khảo sát đặc trưng về các khí phát sinh từ quá trình đốt viên nén nhiên liệu rác thải nhựa kết hợp với trấu. Hệ lò đốt được xây dựng theo kiểu nằm ngang với kiểm soát nhiệt độ và khí oxy cấp đầu vào để đảm bảo cho phân tích khí thải lối ra của toàn bộ quá trình đốt viên nén trong lò. Các viên nén nhiên liệu được tạo ra từ rác thải nhựa và trấu theo các hàm lượng khác nhau. Viên nén nhiên liệu tạo ra từ rác thải nhựa và trấu có thuận lợi lớn trong điều kiện Việt Nam là nước có ngành nông nghiệp phát triển. Theo số liệu thống kê năm 2023, diện tích trồng lúa là 7,5 triệu ha, tổng lượng trấu khoảng 5,6 triệu tấn với khoảng 3 triệu tấn được sử dụng sản xuất phân bón và củi trấu, lượng còn lại đốt bỏ hoặc thải ra ngoài môi trường gây ô nhiễm môi trường [8]. Xét về góc độ khoa học, việc kết hợp giữa rác thải nhựa và trấu có thể giúp tăng hiệu suất cháy (do tạo ra hiệu ứng kết hợp - hiệp đồng) và góp phần hạn chế tro bay và chất thải độc hại (do trong vỏ trấu có lượng lớn Si có thể tạo hiệu ứng hấp phụ - hấp thụ các khí độc, kim loại nặng). Năm 2009, một nhóm nghiên cứu tại Trường Đại học Bách khoa

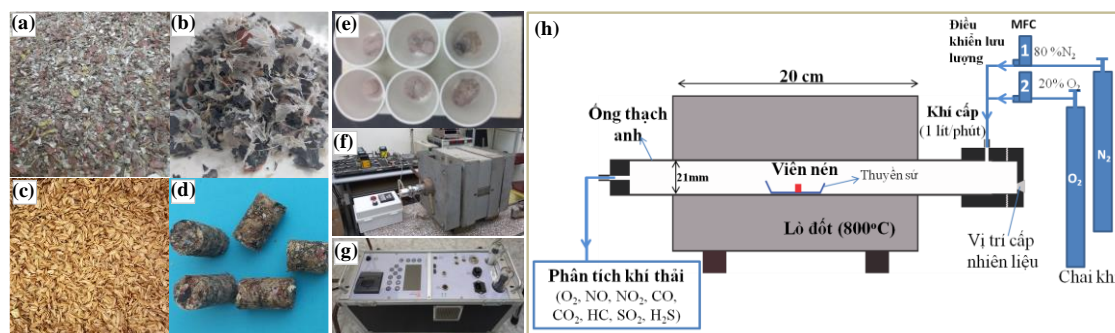
thuộc Đại học Quốc gia Tp. HCM đã thực hiện chế tạo viên nén từ nhựa thải kết hợp vỏ trấu [11]. Nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào kỹ thuật đùn-ép để tạo ra viên nén nhiên liệu nhựa trấu và đã công bố tỉ lệ trấu khoảng 60 - 80% thì viên nén có khối lượng riêng cao, nhiệt trị cao và độ bền cơ học tốt. Tuy vậy, nhóm nghiên cứu này chưa thực hiện việc đánh giá chuyên sâu về phân tích khí thải từ đốt viên nén nhiên liệu nhựa trấu đã tạo ra.

## 2. Thực nghiệm

Các bước thực nghiệm như thể hiện trên Hình 1, gồm: (1) chuẩn bị nguyên liệu đầu vào từ rác thải nhựa và vỏ trấu; (2) nghiền nhỏ các nguyên liệu; (3) rây lấy kích thước mong muốn; (4) trộn nguyên liệu ở dạng vật liệu bột, hạt nhỏ theo các tỉ phần mong muốn; (5) ép thủy lực thành viên nén nhiên liệu; (6) nung 815°C; (7) phân tích hàm lượng vô cơ; (8) đốt viên nén; và (9) phân tích khí sinh ra từ quá trình đốt. Mẫu rác thải nhựa được thu gom tại bờ biển Rạch Giá - Kiên Giang. Sau đó, rác nhựa được phân loại và chọn theo tỉ lệ phổ biến của các loại rác thải nhựa thông thường trong thực tế (với 40% PE, 20% PET, 10% PVC, 10% PP, 10% PS, 20% là các loại khác) và qua bước tiền xử lý (để khô ráo, và cắt nhỏ bằng kéo). Sau đó, mẫu rác thải nhựa được nghiền nhỏ bằng cối xay dùng lưới dao để đạt kích thước <3 mm. Mẫu vỏ trấu là của giống lúa Nhật DS1 (giống lúa phổ biến) tại Kiên Giang. Vỏ trấu được thu thập, nghiền nhỏ và sàng qua rây 0,5 mm để thu dạng bột trấu. Các mẫu nhựa và trấu sau khi nghiền được cân và trộn thành các hỗn hợp theo tỉ lệ trấu là 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 và 100% khối lượng. Các hỗn hợp nhựa trấu và cối ép được đặt trong tủ sấy ở 150 °C trong 3 phút sau đó được ép thủy lực (cối ép hình trụ có đường kính trong là 13 mm, lực ép 3000 psi) để tạo ra các mẫu viên nén nhiên liệu nhựa trấu. Hình 2a-d tương ứng là ảnh chụp các mẫu rác thải nhựa, vỏ trấu và viên nén đã tạo ra.



Hình 1. Minh họa sơ đồ các bước thực nghiệm



Hình 2. Ảnh chụp các mẫu rác nhựa cứng (a) nhựa mềm (b), vỏ trấu (c), viên nén (d), cốc sau nung với tro-xi (e), lò đốt (f), thiết bị phân tích khí E9000 (g), và nguyên lý hệ lò đốt (h)

Lò nung (Muffle Advantec FUW210PA, Nhật) được sử dụng để nung các mẫu viên nén cho đánh giá hàm lượng chất vô cơ (tro-xi), theo chuẩn ISO 1171:2010. Các cốc sứ không chứa mẫu vật liệu được nung ở nhiệt độ 815°C trong ít nhất 15 phút để ổn định khối lượng cốc; cân khối

lượng nhiên liệu (khoảng 1 g) lần lượt từ các mẫu viên nén riêng rẽ và cho vào các cốc sứ; nung mẫu nhiên liệu trong các cốc theo chương trình nhiệt độ: tăng đều nhiệt độ lên 500°C trong 60 phút và duy trì trong 30 phút, tiếp tục tăng đều lên 815°C và duy trì nhiệt độ này trong 60 phút, và để nguội tự nhiên về nhiệt độ phòng; cân khối lượng các cốc chứa tro xỉ sau quá trình nung để tính hàm lượng vô cơ. Hình 2e là ảnh minh họa cốc sứ chứa tro xỉ sau quá trình nung ở 815°C.

Phân tích khí thải cho quá trình đốt viên nén nhiên liệu được thực hiện theo không chế nhiệt độ và khí với hệ thống lò ống nằm ngang (như thể hiện trên Hình 2f). Hệ gồm ống thạch anh làm buồng đốt có đường kính trong 21 mm, ống được đặt nằm ngang, phần ống nằm trong lò được cấp nhiệt có chiều dài 20 cm, một đầu ống dùng để cấp khí và nhiên liệu vào buồng đốt, đầu ống còn lại để khí thải thoát ra và khí thải được dẫn đến thiết bị phân tích khí (Hình 2h). Hai đầu ống thạch anh được gắn các bộ phận với gioăng kín khí để tránh không khí bên ngoài lọt vào trong buồng đốt làm sai kết quả phân tích. Các mẫu viên nén dùng để đốt trong buồng lò có khối lượng 0,15 g được đặt vào thuyền sứ và đưa vào chính giữa tâm của ống thạch anh bằng cần đẩy. Nguồn khí O<sub>2</sub> và N<sub>2</sub> được không chế lưu lượng chính xác qua hệ van điều khiển lưu lượng (MFC-Aalborg, Mỹ) để tạo ra hỗn hợp khí (20% O<sub>2</sub> + 80% N<sub>2</sub>) và cấp liên tục vào buồng đốt (ống thạch anh) với lưu lượng giữ cố định là 1000 ml/phút trong suốt quá trình đốt. Khí lỏi ra được dẫn trực tiếp đến thiết bị phân tích khí cho ghi nhận số liệu nồng độ các khí biến đổi liên tục theo thời gian. Thiết bị phân tích khí (E-Instruments E9000, Mỹ) được sử dụng cho đo nồng độ các khí gồm O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> và HC (Hình 2g).

Từ số liệu đo nồng độ các khí, lượng thể tích khí O<sub>2</sub> tham gia trong quá trình cháy (tham các phản ứng cháy) và lượng thể tích các khí sinh ra từ quá trình đốt (gồm NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, CO và HC) tính trên một đơn vị khối lượng nhiên liệu (sau khi được bù trừ phần vô cơ trong mẫu viên nén nhiên liệu) cho toàn bộ quá trình đốt được theo các công thức (1), như sau:

$$V_g = \frac{1}{m} \times (Q \times \tau) \times (10^{-6} \times \frac{1}{\tau} \times \int_0^{\tau} C_i dt) = 10^{-6} \times \frac{1}{m} \times Q \times \int_0^{\tau} C_i dt \quad (1)$$

trong đó,  $V_g$  là tổng lượng thể tích khí (đơn vị ml/g),  $m$  là khối lượng nhiên liệu cháy (đơn vị g),  $Q$  là lưu lượng khí cấp vào hệ thống buồng đốt (đơn vị ml/giây),  $\tau$  là khoảng thời gian (đơn vị giây) từ thời điểm nồng độ khí bắt đầu thay đổi đến khi kết thúc quá trình cháy, và  $C_i$  nồng độ khí tại thời điểm đo được (tính theo đơn vị ppm).

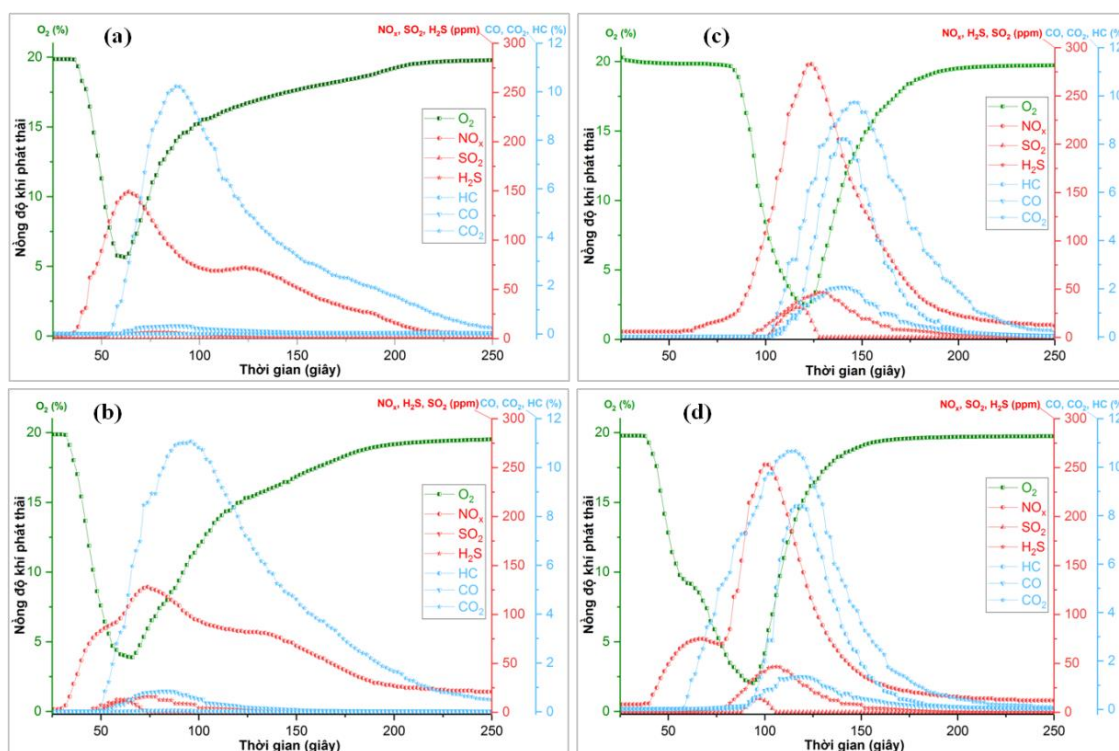
### 3. Kết quả và thảo luận

**Bảng 1.** Hàm lượng chất vô cơ còn lại sau khi đốt các mẫu viên nén M1 - M12

Ký hiệu mẫu	Tỉ lệ vật liệu	Hàm lượng vô cơ (%)
M1	0% nhựa + 100% trấu	11,476
M2	5% nhựa + 95% trấu	11,622
M3	10% nhựa + 90% trấu	10,962
M4	20% nhựa + 80% trấu	9,682
M5	30% nhựa + 70% trấu	9,770
M6	40% nhựa + 60% trấu	8,204
M7	50% nhựa + 50% trấu	6,697
M8	60% nhựa + 40% trấu	7,339
M9	70% nhựa + 30% trấu	8,078
M10	80% nhựa + 20% trấu	5,537
M11	90% nhựa + 10% trấu	5,239
M12	100% nhựa + 0% trấu	3,713

Trong công trình này, hàm lượng vô cơ trong mẫu viên nén được xác định nhằm tìm ra phần nhiên liệu có thể tham gia vào phản ứng cháy (hàm lượng ẩm có thể bỏ qua do mẫu viên nén được sấy khi ép). Bảng 1 thể hiện kết quả xác định hàm lượng chất vô cơ (tro-xỉ còn lại sau quá trình cháy) còn lại sau quá trình nung ở 815°C của các mẫu tương ứng cho các mẫu viên nén từ M1 đến M12 (theo hàm lượng nhựa tăng dần).

Kết quả cho thấy lượng vô cơ của mẫu M1 (100% trấu) và mẫu M12 (100% nhựa) tương ứng là các giá trị lớn nhất 11,476% và giá trị nhỏ nhất là 3,713%. Hàm lượng vô cơ của các mẫu thể hiện xu hướng giảm dần khi hàm lượng nhựa tăng. Đặc trưng về hàm lượng vô cơ trong các mẫu là phù hợp vì trong vỏ trấu thường có hàm lượng Silic >10% [12]. Tuy vậy, có sự thể hiện sự bất thường khi nhận thấy hàm lượng chất vô cơ trong mẫu viên nén M6 đến M11 (mẫu có hàm lượng nhựa lớn) có giá trị lớn hơn khá nhiều khi so sánh với trường hợp tính toán danh định theo tỉ lệ vật liệu trộn ban đầu. Tính chất này có thể là do khi trấu và nhựa ở dạng viên nén có hỗn hợp vật liệu ở mật độ cao khi cháy các kim loại kiềm (như là K, Na có khả năng bay hơi khi ở nhiệt độ cao) đã được giữ lại trong tro-xi. Điều này có thể đem lợi thế khi giảm hiệu ứng đóng cặn-xi cho hệ thống buồng đốt sử dụng trong thực tế. Quá trình đốt các mẫu viên nén (khối lượng cỡ 0,15 g) trong hệ thống lò (Hình 2f) được thử nghiệm và lựa chọn thực hiện ở điều kiện nhiệt độ 800°C (để thành phần hữu cơ được cháy hết), lưu lượng khí cấp đầu vào buồng đốt 1000 ml/phút và nồng độ khí O<sub>2</sub> ở nguồn khí cấp vào lò là 20% (để nồng độ khí O<sub>2</sub> còn lại trong khí thải đầu ra ở trong vùng 1 - 6%, tương ứng với điều kiện thông thường đốt nhiên liệu trong các hệ thống lò thực tế).

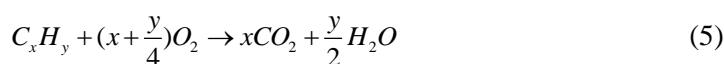


**Hình 3.** Kết quả diễn hình nồng độ các khí biến đổi theo thời gian đo khi đốt các mẫu nhiên liệu với M1 (a), M5 (b), M10 (c) và M12 (d)

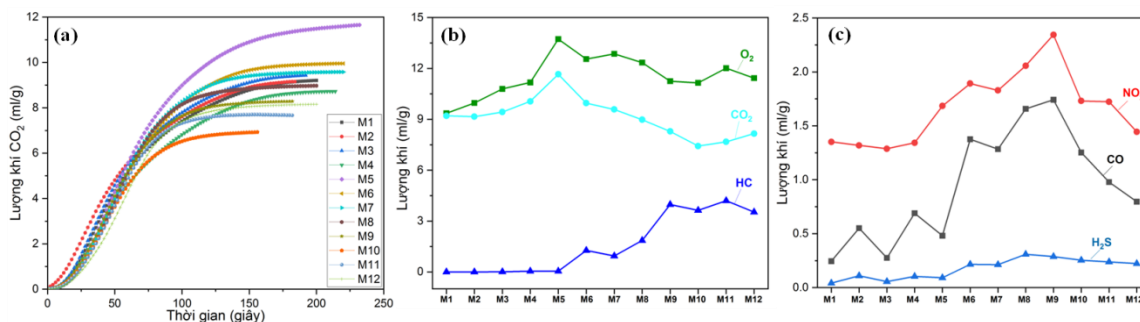
Hình 3 thể hiện kết quả đo nồng độ các khí (gồm O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HC, CO và CO<sub>2</sub>) biến thiên theo thời gian khi đốt các mẫu nhiên liệu điển hình (với các viên nén là M1, M5, M10 và M12). Đường biến thiên nồng độ các khí đo được thể hiện khá giống cho tất cả các mẫu nhiên liệu đó là khí O<sub>2</sub> biến đổi từ nồng độ 20% giảm dần đến một giá trị cực tiểu (trong khoảng 1 - 6%) sau đó hồi phục dần về giá trị ban đầu 20%, trong khi các khí khác (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HC, CO và CO<sub>2</sub>) thì thể hiện nồng độ khí biến thiên từ giá trị 0 tăng dần đến giá trị cực đại và sau đó giảm về giá trị 0. Đặc trưng nồng độ các khí biến thiên theo thời gian đã thể hiện tương ứng nhiên liệu được đốt trong buồng lò, ở đó phản ứng cháy của nhiên liệu với khí O<sub>2</sub> xảy ra (nồng độ O<sub>2</sub> giảm dần trong khi nồng độ các khí khác tăng dần) khi nhiên liệu dần cháy hết (nồng độ O<sub>2</sub>



tăng dần và nồng độ các khí khác giảm dần). Các phản ứng cháy nhiên liệu và sinh ra các loại khí có thể minh họa theo các phản ứng (2-7), như sau:



Điểm đáng chú ý đã được nhận thấy là mẫu nhiên liệu có hàm lượng trấu lớn có thời gian cháy dài (tương ứng với nhiên liệu khó cháy) và khi hàm lượng nhựa trong mẫu nhiên liệu tăng thì thời gian cháy giảm dần và giảm nhiều nhất ở các mẫu M8, M9 và M10 (ví dụ như quan sát thấy rõ thông qua tính chất biến thiên nồng độ khí CO<sub>2</sub> theo thời gian của các mẫu M1, M5, M10 trên Hình 3a-c). Hình 4a thể hiện điển hình về giá trị lượng khí thay đổi theo thời gian được tính toán cho các mẫu M1 - M12 đối với khí đại diện CO<sub>2</sub>. Kết quả cho thấy lượng khí CO<sub>2</sub> tăng dần và đạt đến giá trị bão hòa (tương ứng với thời điểm không có khí được sinh ra), quá trình cháy kết thúc. Để so sánh, tổng lượng khí (gồm: O<sub>2</sub> - tham gia cháy, các khí sinh ra CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>, CO, và H<sub>2</sub>S) cho các mẫu nhiên liệu từ M1 đến M12 được thể hiện Hình 4b-c (khí SO<sub>2</sub> đo được rất nhỏ do đó đã không thể hiện trên hình).



**Hình 4.** Lượng khí CO<sub>2</sub> phụ thuộc vào thời gian quá trình đốt (a); tổng lượng thể tích các khí O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub>, CO và H<sub>2</sub>S khi đốt các mẫu nhiên liệu từ M1 đến M12 (c-d)

Đặc trưng các khí O<sub>2</sub> và CO<sub>2</sub> (Hình 4b) có biểu hiện khá giống nhau khi tăng từ mẫu M1 đến M5 sau đó có xu hướng giảm theo các mẫu còn lại. Như vậy, nhiên liệu với hàm lượng trấu trong vùng 60 - 80% (tương đương các mẫu M4, M5 và M6) thể hiện nhiên liệu đã tham gia phản ứng cháy nhiều nhất. Điểm chú ý cho kết quả này là các mẫu nhiều nhựa (M8 - M12) nhiên liệu tham gia phản ứng cháy giảm khá mạnh thể hiện lượng khí CO<sub>2</sub> phát thải ít hơn cả với mẫu 100% trấu (M1). Ngoài ra, điều này còn thể hiện qua lượng phát thải của khí HC (Hình 4b) rất nhỏ đối với mẫu từ M1 đến M5 sau đó thì tăng mạnh từ M5 đến M9 và đạt bão hòa ở các mẫu M9 đến M12. Lượng HC phát thải mạnh ở các mẫu nhiên liệu nhiều nhựa có thể do sự phân hủy nhiệt của thành phần hữu cơ thành khí HC mà không tham gia vào phản ứng với oxy. Đối với các khí NO<sub>x</sub>, CO và H<sub>2</sub>S (Hình 4c), lượng phát thải có biểu hiện tương đối giống nhau khi có xu hướng tăng ở các mẫu nhiên liệu từ M1 đến M9 sau đó giảm dần đến mẫu M12. Hiệu ứng này là phù hợp khi có thể lý giải là do tỉ lệ trấu nhựa trong viên nén đã qua vùng tối ưu (lân cận 70% trấu) cho phản ứng cháy thì sự phân hủy nhiệt các thành phần hữu cơ của nhựa lại thể hiện rõ. Sự phát thải các khí này bắt nguồn từ bản thân các thành phần nguyên tố có trong nhiên liệu, điển hình như phát

thải  $\text{NO}_x$  ở trường hợp này là ít có nguồn gốc từ  $\text{N}_2$  trong khí cấp đầu vào lò tác dụng với  $\text{O}_2$  ở nhiệt độ cao [13]. Như vậy, quá trình phân tích khí cho thấy có sự tương hỗ, hiệp đồng giữa trấu và nhựa trong quá trình cháy được thể hiện thông qua các đặc trưng của các khí đã đo được như trên các Hình 3 và Hình 4.

#### 4. Kết luận

Bài báo này đã đo các khí sinh ra từ quá trình đốt viên nén nhiên liệu được tạo từ rác thải nhựa và vỏ trấu. Đặc trưng khí đo được theo thời gian đã thể hiện có mối liên quan đến tương hỗ giữa nhựa và trấu trong quá trình cháy khi phản ánh một cách hệ thống tương ứng với sự khác nhau giữa các tỉ phần nhựa/trấu trong viên nén. Mẫu viên nén với hàm lượng trấu nhiều thì có thời gian cháy dài, phản ứng cháy hoàn toàn xảy ra chậm, trong khi mẫu viên nén với hàm lượng nhựa lớn xuất hiện nhiều khí HC phát thải là do nhiệt phân nhiệt hủy đã minh chứng nhiên liệu khó tham gia trong phản ứng cháy. Các mẫu viên nén nhiên liệu nhiều nhựa (tương ứng với hàm lượng trấu lân cận 30%) cho thấy khi đốt phát thải nhiều khí độc  $\text{NO}_x$  và  $\text{H}_2\text{S}$ . Mẫu viên nén với hàm lượng trấu trong vùng 60 - 80% có thể được xem tối ưu cho phản ứng cháy nhiên liệu khi thể hiện lượng  $\text{CO}_2$  phát thải cực đại và thời gian để nhiên liệu cháy hoàn toàn xảy ra ngắn.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số: 17/2022/TN.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] H. Rezaei, F. Y. Panah, C.J. Lim, and S. Sokhansanj, "Pelletization of Refuse-Derived Fuel with Varying Compositions of Plastic, Paper, Organic and Wood," *Sustainability*, vol. 12, 2020, Art. no. 4645.
- [2] C. Ram, A. Kumar, and P. Rani, "Municipal solid waste management: A review of waste to energy (WtE) approaches," *Bioresources*, vol. 16, pp. 4275-4320, 2021.
- [3] S. Chatterjee and S. Sharma, "Microplastics in our oceans and marine health," *Field Actions Science Reports*, vol. 19, pp. 54-61, 2019.
- [4] G. Tang, W. Qiao, Z. Wang, F. Liu, L. He, M. Liu, W. Huang, H. Wu, and C. Liu, "Waste plastic to energy storage materials: A State-of-the-art review," *Green Chemistry*, vol. 25, pp. 3738-3766, 2023.
- [5] M. Sangaralingam, "Malaysia: Repackaged Waste Imports," 2022. [Online]. Available: <https://ipenorg/>. [Accessed Mar. 01, 2022].
- [6] J. A. M. Chavando, V. B. Silva, L. A. C. Tarelho, J. S. Cardoso, and D. Eusebio, "Snapshot review of refuse-derived fuels," *Utilities Policy*, vol. 74, 2022, Art. no. 101316.
- [7] S. Gerassimidou, C. A. Velis, P. T. Williams, and D. Komilis, "Characterisation and composition identification of waste-derived fuels obtained from municipal solid waste using thermogravimetry: A review," *Waste Management & Research*, vol. 38, pp. 942-965, 2020.
- [8] Organ of Political Theory of Vietnam Communist Party's Central Committee, "Plastic waste in Vietnam: Current situation and solutions," (in Vietnamese), 2022. [Online]. Available: <https://www.tapchiconsan.org.vn>. [Accessed Sept. 29, 2022].
- [9] J. Gao, C. Dong, X. Wang, Y. Zhu, Y. Zhao, Y. Lin, and X. Hu, "Effect of additives on melting temperature and energy consumption of municipal solid waste incineration fly ash," *Waste Management & Research*, vol. 39, pp. 1-8, 2021.
- [10] F. Ahmmad, M. Sohel, M. Islam, F.N. Ani, and Tahzinul, "Development of a Pelletizing Process to Improve the Properties of Biomass Pellets," *Advances in Engineering Research*, vol. 198, pp. 337-343, 2020.
- [11] N.V. Khanh, "Manufacturing process of solid fuel from plastic wastes and rice husk," Project Report, Department of Science and Technology of Ho Chi Minh City, 2009.
- [12] F. Li, H. Fan, M. Guo, Q. Guo, and Y. Fang, "Influencing Mechanism of Additives on Ash Fusion Behaviors of Straw," *Energy & Fuels*, vol. 32, pp. 3272-3280, 2018.
- [13] G. Xu, J. Ou, B. Fang, H. Wei, T. Hu, and H. Wang, " $\text{NO}_x$  emission from the combustion of mixed fuel pellets of Fenton/CaO-conditioned municipal sludge and rice husk," *Environmental Pollution*, vol. 281, 2021, Art. no. 117018.