

Nghiên cứu đánh giá khả năng khí hóa chất thải rắn sinh hoạt làm nhiên liệu thay thế

Lê Cao Chiến^{1*}, Nguyễn Thị Tâm¹, Trần Quốc Huy², Nguyễn Hồng Quang¹, Nguyễn Đức Thịnh¹,
Trần Thị Phương Thúy¹

¹Trung tâm Thiết bị, Môi trường và An toàn lao động, Viện Vật liệu xây dựng

²Trung tâm Vật liệu xây dựng miền Nam, Viện Vật liệu xây dựng

Ngày nhận bài 2/2/2018; ngày chuyển phản biện 9/2/2018; ngày nhận phản biện 22/3/2018; ngày chấp nhận đăng 29/3/2018

Tóm tắt:

Hiện nay, lượng chất thải rắn (CTR) sinh hoạt phát sinh ngày càng lớn, tính chất ngày càng phức tạp, đặt ra yêu cầu phải phát triển năng lực xử lý/tái chế đủ sức giải quyết các vấn đề về môi trường. Tại nhiều quốc gia trên thế giới, công nghệ khí hóa CTR đô thị đang được áp dụng rộng rãi. Công nghệ này vừa tạo ra sản phẩm giàu khí nhiên liệu, vừa hạn chế sự hình thành các hợp chất dioxin và một lượng lớn SO_x và NO_x , giúp giảm chi phí làm sạch sau khi đốt. Bài viết đánh giá tiềm năng ứng dụng công nghệ khí hóa phục vụ công tác xử lý CTR, giúp tạo ra năng lượng và các sản phẩm cần thiết, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế.

Từ khóa: Chất thải, chất thải rắn, công nghệ khí hóa, nhiên liệu thay thế, xử lý.

Chỉ số phân loại: 1.7

Giới thiệu

Theo số liệu thống kê, năm 2007 tổng lượng CTR sinh hoạt phát sinh ở các đô thị trên toàn quốc là 17,682 tấn/ngày, đến năm 2010 là 26,224 tấn/ngày, tăng trung bình 10% mỗi năm. Đến năm 2014, khối lượng CTR sinh hoạt đô thị phát sinh khoảng 32 tấn/ngày; chỉ riêng tại Hà Nội và TP Hồ Chí Minh khối lượng phát sinh là 6,420 tấn/ngày và 6,739 tấn/ngày; tăng trung bình 12% mỗi năm [1].

Từ khi Luật Bảo vệ môi trường ra đời, Chính phủ đã ban hành nhiều quy định nhằm quản lý CTR sinh hoạt trong các đô thị. Trong đó có những chính sách ưu tiên phát triển các hệ thống thu hồi năng lượng từ CTR như Đề án “Phát triển ngành công nghiệp môi trường Việt Nam đến năm 2015, tầm nhìn năm 2025” (Quyết định số 1030/QĐ-TTg ngày 20/7/2009) nhằm phát triển các nhà máy sản xuất điện từ CTR sinh hoạt, tuy nhiên vẫn chưa thể triển khai do hiệu quả về kinh tế không cao. Những dự án xây dựng nhà máy điện từ CTR sử dụng công nghệ của nước ngoài đòi hỏi vốn đầu tư rất lớn, không mang lại lợi nhuận ngay, khả năng thu hồi vốn thường kéo dài từ 10 đến 20 năm và sinh lợi thấp. Nguyên nhân là do các công nghệ xử lý CTR này không phù hợp với đặc điểm và tính chất CTR sinh hoạt của nước ta. Do đó, việc nghiên cứu phát triển công nghệ khí hóa CTR phù hợp với điều kiện, hoàn cảnh ở Việt Nam là vấn đề cấp thiết [2]. Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sẽ xác định các đặc tính đặc trưng của CTR sinh hoạt ở Việt Nam, đồng thời đánh giá các thông số ảnh hưởng đến việc khí hóa

CTR nhằm thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao, giúp tăng hiệu quả xử lý CTR sinh hoạt và tận thu năng lượng làm nhiên liệu thay thế.

Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Thành phần và tính chất CTR

Thành phần CTR: Nghiên cứu sử dụng số liệu về thành phần CTR của một số khu chôn lấp CTR lớn tại Hà Nội, Hải Phòng, Huế, Đà Nẵng, TP Hồ Chí Minh và Bắc Ninh (được tổng hợp trong Báo cáo môi trường quốc gia 2011 - CTR [3]).

Tính chất của CTR: Các tính chất đặc trưng của CTR như khối lượng riêng, độ ẩm, thành phần nguyên tố, nhiệt trị của CTR đô thị được tính toán trên cơ sở các tính chất đặc trưng của từng thành phần trong hỗn hợp CTR phát sinh ở các bãi rác nêu trên [3-5].

Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá ảnh hưởng của các thông số khả năng sinh khí của CTR, nhóm nghiên cứu đã xây dựng hệ thống thiết bị khí hóa theo nguyên lý tầng cố định - khí đi từ dưới lên (*Updraft Gasifier*) và thiết bị khí hóa liên tục với tốc độ khí hóa CTR khoảng 13 kg/h; thể tích buồng nạp chứa 40-50 kg, do đó hệ thống khí hóa có thể hoạt động liên tục trong vòng 4-5 h (hình 1).

*Tác giả liên hệ: Email: lecaochien@gmail.com

A study into the possibility of gasifying domestic waste to produce alternative fuels

Cao Chien Le^{1*}, Thi Tam Nguyen¹, Quoc Huy Tran²,
Hong Quang Nguyen¹, Duc Thinh Nguyen¹,
Thi Phuong Thuy Tran¹

¹Centre for Equipment, Environment and Labour Safety, Vietnam
Institute for Building Materials

²South Centre for Building Materials, Vietnam Institute for Building
Materials

Received 2 February 2018; accepted 29 March 2018

Abstract:

At present, the amount of waste generated is increasing, and its nature is more and more complex, which arises the need to develop the capacity of waste processing/recycling to solve environmental problems. In many countries around the world, urban solid waste gasification technologies are being used extensively. These technologies have both created gas-rich products and limited the formation of dioxin compounds and a large amount of SO_x and NO_x, which reduces the cost of cleaning after burning. This paper assesses the application potential of a gasification technology for waste treatment, which helps generate energy and essential products, contributing to the economic growth.

Keywords: Alternative fuel, gasification technology, solid waste, treatment, waste.

Classification number: 1.7

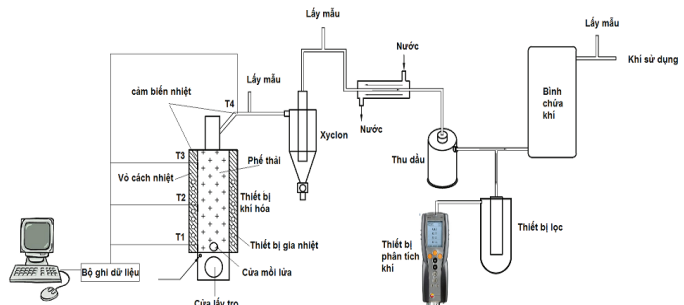


A) Thiết bị khí hóa thí nghiệm. B) Mô hình thiết bị khí hóa liên tục.

Hình 1. Thiết bị khí hóa trong phòng thí nghiệm.

Mô hình khí hóa quy mô pilot được xây dựng trên cơ sở nghiên cứu các thiết bị khí hóa phổ biến thế giới (lò khí hóa

tầng cố định dòng khí đi lên - *updraft fixed-bed gasifier*, lò khí hóa tầng cố định dòng khí đi xuống - *downdraft fixed-bed gasifier*, lò khí hóa tầng sôi - *Fluidized bed gasifiers*, khí hóa plasma - *Plasma gasifiers* [6-11]). Với mô hình này, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố (nhiệt độ khí hóa, tỷ lệ đương lượng không khí, hàm ẩm đến thành phần khí tổng hợp, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp, độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của khí tổng hợp), từ đó đánh giá các thông số liên quan đến khả năng sinh khí của CTR nhằm tăng hiệu quả xử lý và thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao nhất.



Hình 2. Sơ đồ hệ thống phân tích khí trong phòng thí nghiệm.

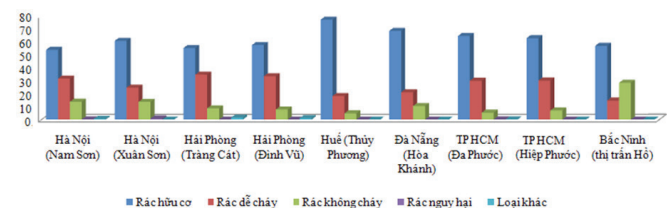
Trong sơ đồ hình 2, khí tạo ra từ thiết bị khí hóa được chuyển qua xyclon tách bụi, rồi qua thiết bị trao đổi nhiệt để ngưng tụ hơi nước và khí không cháy. Tiếp đến, được dẫn tới bình chứa khí để tích trữ và một đầu dẫn sang thiết bị lọc trước khi hút vào thiết bị phân tích khí để xác định thành phần khí. Khí tổng hợp chủ yếu bao gồm CO, CO₂, CH₄ và H₂, nên các tác giả sử dụng thiết bị đo khí đa năng GAS-3100P-SYNGAS-NDIR để xác định thành phần.

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Thành phần của CTR sinh hoạt

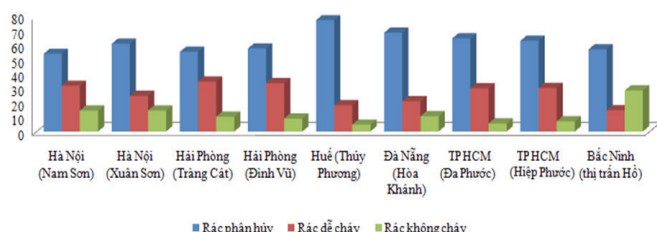
Trên cơ sở dữ liệu thu thập được từ Báo cáo môi trường quốc gia về CTR [3], tiến hành tổng hợp, phân tích dữ liệu và phân loại thành phần CTR tại các bãi rác lớn trong phạm vi cả nước. Kết quả phân tích được thể hiện trên hình 3 và 4.

Từ hình 3 có thể thấy, CTR hữu cơ là thành phần phổ biến nhất ở tất cả các bãi rác, chiếm khoảng 55-77% tổng lượng phế thải, tiếp đến là các loại phế thải dễ cháy như giấy, gỗ, nhựa, cao su chiếm khoảng 15-30%. Thành phần kim loại chỉ chiếm một lượng rất nhỏ 0,25-1,5% do hầu hết các chất thải tái chế được thu thập trước khi tập kết tại các khu vực chôn lấp này.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn thành phần CTR.

Thành phần thể hiện trong hình 4 cho thấy, CTR có khả năng phân hủy sinh học chiếm phần lớn nhất, tiếp theo là chất dễ cháy và không cháy. Như vậy, tỷ lệ CTR chứa năng lượng cao tại Hà Nội là trên 85% và tại TP Hồ Chí Minh là trên 94%, cho thấy việc ứng dụng công nghệ khí hóa vào tận thu năng lượng để xử lý CTR là rất khả thi.



Hình 4. Tỷ lệ CTR cháy và không cháy tại Việt Nam.

Tính chất của CTR sinh hoạt tại Việt Nam

Khối lượng riêng của CTR có thể xác định từ thành phần CTR, khối lượng riêng, hàm ẩm đặc trưng trong các thành phần (khối lượng riêng trung bình của CTR bằng tổng của tích số giữa phần trăm khối lượng thành phần nhân với tỷ trọng đặc trưng của từng thành phần [4, 5]). Kết quả phân tích trong bảng 1 cho thấy, tỷ trọng khối và khối lượng riêng của CTR đô thị Việt Nam khá lớn do chứa lượng CTR hữu cơ lớn, nên việc khí hóa các thành phần dễ cháy để tận thu năng lượng sẽ làm giảm đáng kể không gian cho bãi chôn lấp.

Bảng 1. Khối lượng riêng và tỷ trọng khối của CTR.

Bãi rác	Hà Nội (Nam Sơn)	Hà Nội (Xuân Sơn)	Hải Phòng (Trảng Cát)	Hải Phòng (Đỉnh Vũ)	Huế (Thủy Phương)	Đà Nẵng (Hòa Khánh)	TP HCM (Đa Phước)	TP HCM (Hiệp Phước)	Bắc Ninh (thị trấn Hồ)
Khối lượng riêng (kg/m ³)	419,1	428,8	410,6	429,3	456,3	442,0	419,3	408,7	452,6
Tỷ trọng khối (kg/m ³)	193,2	246,0	199,1	211,3	240,2	238,4	202,5	197,4	267,7

Độ ẩm của CTR là thông số hữu ích để tính toán hàm lượng năng lượng trong chất thải, kích cỡ bãi chôn lấp và các yêu cầu liên quan tới quá trình thu gom, vận chuyển chất thải. Độ ẩm được thể hiện dưới dạng phần trăm khối lượng ướt hoặc phần trăm khối lượng vật liệu khô. Độ ẩm của CTR đại diện cho thành phần không cháy được của CTR và là thành phần không mong muốn trong CTR, nó làm tăng khối lượng nhiên liệu mà không làm tăng nhiệt trị của nhiên liệu [4, 5]. Độ ẩm trung bình tại một số bãi rác lớn ở nước ta được thể hiện trong bảng 2, có giá trị từ 42-56% do sự có mặt của chất thải hữu cơ và chất dẻo hoặc bao bì ẩm bên trong.

Bảng 2. Độ ẩm của CTR tại các bãi rác lớn.

Bãi rác	Hà Nội (Nam Sơn)	Hà Nội (Xuân Sơn)	Hải Phòng (Trảng Cát)	Hải Phòng (Đỉnh Vũ)	Huế (Thủy Phương)	Đà Nẵng (Hòa Khánh)	TP HCM (Đa Phước)	TP HCM (Hiệp Phước)	Bắc Ninh (thị trấn Hồ)
Độ ẩm (%)	43,66	46,58	43,14	45,13	56,11	50,88	49,74	47,76	42,61

Từ thành phần nguyên tố đặc trưng, kết hợp với tỷ lệ khô của từng loại CTR [4, 5], ta tính được tỷ lệ các nguyên tố trong CTR (bảng 3). Từ hàm lượng cacbon và nitơ có thể xác định được hiệu suất của quá trình ủ kỵ khí. Trong đó nguồn cacbon là nguồn năng lượng cung cấp cho vi sinh vật và nitơ làm tăng sự phát triển của vi sinh vật. Tỷ lệ C/N (Cacbon/nitơ) tối ưu cho quá trình xử lý kỵ khí CTR hữu cơ là từ 20-30. Nếu tỷ lệ C/N cao thì quá trình tiêu thụ nitơ của vi khuẩn sinh methane làm giảm khả năng sinh khí. Tỷ lệ C/N thấp gây ra sự tích tụ ammoniac, dẫn đến tăng pH, khi giá trị pH vượt quá 8,5 sẽ làm ngộ độc vi khuẩn, sinh khí metan. Ngoài ra, tỷ lệ C/N vượt ra ngoài giới hạn từ 8-30 sẽ sinh ra nhiều khí CO₂. Tỷ lệ C/N tại các bãi rác lớn trong cả nước nhìn chung đều >30, khi tiến hành chôn lấp sẽ phát thải nhiều khí CO₂ hơn so với việc sử dụng các công nghệ khác [8].

Bảng 3. Tỷ lệ C/N tại các bãi rác lớn trong cả nước.

Nguyên tố	Hà Nội (Nam Sơn)	Hà Nội (Xuân Sơn)	Hải Phòng (Trảng Cát)	Hải Phòng (Đỉnh Vũ)	Huế (Thủy Phương)	Đà Nẵng (Hòa Khánh)	TP HCM (Đa Phước)	TP HCM (Hiệp Phước)	Bắc Ninh (thị trấn Hồ)
C	31,2	28,2	31,8	31,4	31,8	30,5	32,8	33,0	27,8
H	7,3	7,1	7,3	7,4	8,1	7,6	7,9	7,8	6,8
O	45,0	46,1	44,8	45,7	51,6	48,9	51,1	48,9	39,9
N	0,9	0,8	1,0	1,1	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8
S	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Tro	15,5	17,7	15,0	14,3	7,5	12,0	7,2	9,4	24,5
Tỷ lệ C/N	33,5	36,0	32,4	28,2	36,4	38,3	36,9	38,7	34,6

Nhiệt trị của CTR là thông số quan trọng nhất thể hiện khả năng thu hồi nhiệt của chất thải. Chất thải có nhiệt lượng thấp hơn 800 kcal/kg (3349,4 kJ/kg) thì cần phải bổ sung thêm nhiên liệu để đốt cháy. Năng lượng của phế thải phụ thuộc vào thành phần hỗn hợp và độ ẩm. Do đó, CTR có nhiệt trị cao và độ ẩm thấp có khả năng thu hồi nhiệt cao. Nếu CTR có nhiệt trị từ 11-17 MJ/kg thì được sử dụng làm nhiên liệu tái tạo gọi là RDF (refuse derived fuel). Giá trị nhiệt trị của CTR trong nghiên cứu này được tính toán và thể hiện trong bảng 4 cho thấy, giá trị nhiệt trị từ 13,9-15,8 MJ/kg tính theo khối lượng khô và từ 2,5-5,2 MJ/kg tính theo khối lượng ướt [4, 5, 12].

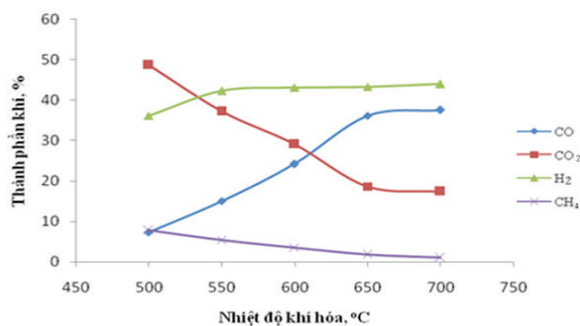
Bảng 4. Nhiệt trị của CTR trên cơ sở khối lượng ướt.

Nhiệt trị	Hà Nội (Nam Sơn)	Hà Nội (Xuân Sơn)	Hải Phòng (Trảng Cát)	Hải Phòng (Đỉnh Vũ)	Huế (Thủy Phương)	Đà Nẵng (Hòa Khánh)	TP HCM (Đa Phước)	TP HCM (Hiệp Phước)	Bắc Ninh (thị trấn Hồ)
HHV (kJ/kg) (dry basic)	15,248	13,888	15,552	15,176	14,088	14,177	14,216	14,880	15,822
LHV (kJ/kg) (dry basic)	12,294	10,860	12,610	12,182	10,810	11,035	11,142	11,837	12,815
HHV (MJ/kg) (wet basic)	6,451	5,263	6,706	6,178	3,968	4,780	4,988	5,618	6,902
LHV (kJ/kg) (wet basic)	4,787	3,645	5,034	4,535	2,529	3,236	3,443	4,028	5,176

LHV : Nhiệt trị thấp; HHV: Nhiệt trị cao.

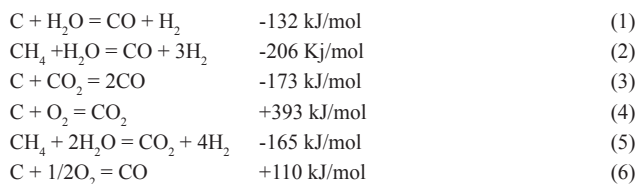
Các yếu tố ảnh hưởng tới khả năng sinh khí

Ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa tới khả năng sinh khí: Nhiệt độ khí hóa là thông số quan trọng nhất đối với khả năng sinh khí tổng hợp từ quá trình khí hoá CTR, ảnh hưởng đến sự cân bằng của các phản ứng hóa học. Trong nghiên cứu này, nhiệt độ khí hóa được khảo sát từ 500 đến 700°C. Tỷ lệ đương lượng không khí là 0,4. Thành phần sản phẩm khí theo nhiệt độ được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Đồ thị ảnh hưởng nhiệt độ khí hóa đến thành phần khí.

Các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa:

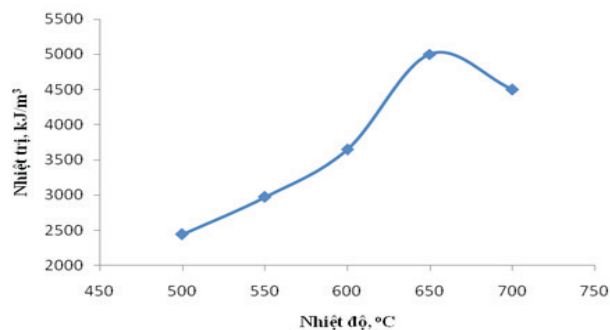


Nồng độ khí H₂ sinh ra trong khoảng từ 35-44%, tăng nhẹ khi nhiệt độ khí hóa từ 500 đến 550°C, và tăng rất ít trong khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C, nồng độ CH₄ giảm khi tăng nhiệt độ. Nồng độ CO tăng lên đáng kể khi nhiệt độ khí hóa tăng, trong khi nồng độ CO₂ giảm. Những thay đổi này là do sự chuyển dịch cân bằng hóa học của các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa: Nhiệt độ cao sẽ ưu tiên tạo thành các sản phẩm trong các phản ứng tỏa nhiệt và phân hủy các chất phản ứng trong các phản ứng thu nhiệt. Khí tổng hợp sinh ra là kết quả của một loạt các phản ứng hóa học xảy ra trong quá trình khí hóa (phản ứng (1) đến (6)) [13, 14]. Do đó, mối quan hệ giữa nhiệt độ và hàm lượng khí trong hỗn hợp khí hóa có thể được giải thích như sau: Khi tăng nhiệt độ, hàm lượng CH₄ giảm do các phản ứng thu nhiệt (2) và (5) ưu tiên làm giảm hàm lượng chất phản ứng. Nồng độ H₂ sẽ tăng lên do các phản ứng thu nhiệt (2); (3); (5). Nồng độ CO sẽ tăng lên do các phản ứng thu nhiệt (2); (3) và (4) chiếm ưu thế hơn phản ứng tỏa nhiệt (6). Mặc dù phản ứng thu nhiệt (5) giải phóng CO₂, nhưng nồng độ CO₂ lại giảm xuống khi nhiệt độ tăng lên. Điều này là do phản ứng thu nhiệt (3) chiếm ưu thế hơn, phản ứng chuyển dịch về phía bên phải khi tăng nhiệt độ phản ứng cho nên nồng độ CO tăng và nồng độ CO₂ giảm.

Ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa tới nhiệt trị của hỗn hợp khí: Nhiệt trị của hỗn hợp khí có thể được xác định thông qua thành phần khí theo công thức sau [4, 13, 14]:

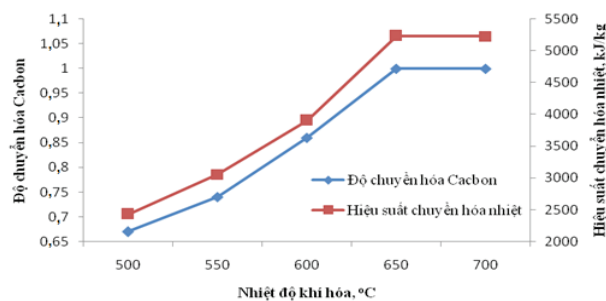
$$\text{LHV} = (119950,4 \times n_{\text{H}_2} + 10103,9 \times n_{\text{CO}} + 50009,3 \times n_{\text{CH}_4}) \times V \text{ (kJ/Nm}^3\text{)}$$

Trong đó, n_{H_2} , n_{CO} , n_{CH_4} là số mol của các loại khí trong khí tổng hợp, V là thể tích khí tổng hợp (m³). Ta có thể thấy, nhiệt trị LHV phụ thuộc vào nồng độ khí có khả năng cháy. Nhiệt trị của hỗn hợp khí tăng theo nhiệt độ từ 500-650°C (đạt giá trị cực đại khoảng 5000 kJ/m³) và sau đó gần như không đổi từ 650-700°C (hình 6).



Hình 6. Đồ thị ảnh hưởng nhiệt độ khí hóa tới nhiệt trị hỗn hợp khí.

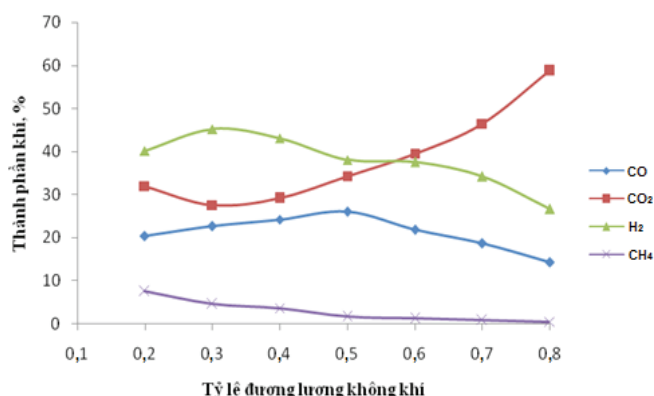
Ảnh hưởng nhiệt độ tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và chuyển hóa cacbon: Độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của CTR có xu hướng biến thiên gần giống nhau khi thay đổi điều kiện nhiệt độ khí hóa [4, 13, 14]. Đồ thị hình 7 cho thấy, có sự gia tăng rõ rệt trong hiệu suất chuyển hóa nhiệt của hỗn hợp khí tổng hợp, từ 2431 đến 5234 kJ/kg CTR tại nhiệt độ trong khoảng từ 500 đến 650°C. Hiệu suất chuyển hóa nhiệt cực đại là 5234 kJ/kg tại nhiệt độ 650°C, và sau đó hầu như không đổi. Khi tăng nhiệt độ, càng nhiều carbon trong CTR tham gia phản ứng, làm tăng lượng carbon chuyển vào trong khí tổng hợp. Tại nhiệt độ 650°C không còn cacbon trong CTR chuyển hóa vào khí, nên hiệu suất chuyển hóa gần như không đổi tại nhiệt độ 650-700°C. Có thể thấy rằng nhiệt độ phù hợp cho quá trình khí hóa với đương lượng không khí là 0,4 là 650°C.



Hình 7. Ảnh hưởng nhiệt độ tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và độ chuyển hóa cacbon.

Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến khả năng sinh khí: Tỷ lệ đương lượng không khí là tỷ số giữa lượng không khí đưa vào với lượng không khí cần thiết để đốt cháy hoàn toàn [4, 9, 11, 14]. Có thể xác định được 3 điều kiện khác nhau: Đốt cháy hoàn toàn tạo thành CO₂, khí hóa

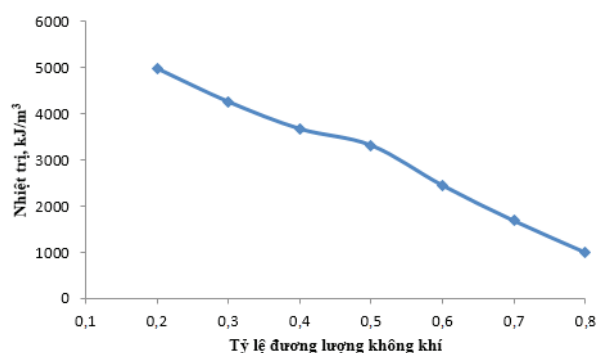
hoàn toàn tạo thành CO và đốt cháy một phần tạo ra CO₂ và CO. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ đương lượng không khí dao động từ 0,2 đến 0,8, nhiệt độ khí hóa 600°C.



Hình 8. Đồ thị ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng đến thành phần khí.

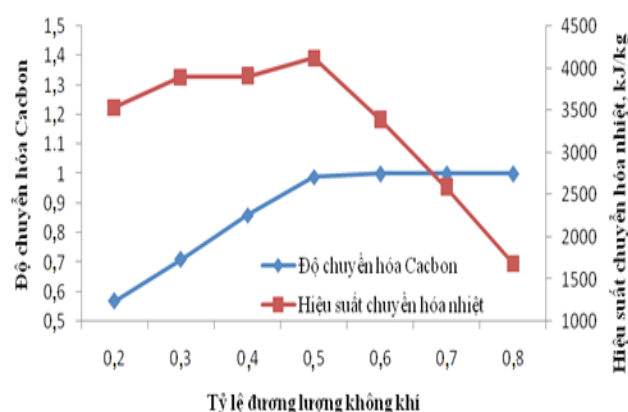
Đồ thị hình 8 cho thấy, khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí thì hàm lượng khí H₂ giảm xuống. Hàm lượng CO₂ và CO tăng nhẹ khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng từ 0,2 đến 0,5 và sau đó hàm lượng CO giảm trong khi hàm lượng CO₂ lại tăng lên. Hàm lượng CO đạt cực đại là 26% với tỷ lệ đương lượng là 0,5. Điều này có thể giải thích bởi phản ứng (4) và phản ứng (6) của cacbon với oxy: Hàm lượng CO₂ và CO tăng khi tỷ lệ đương lượng còn thấp, khi tỷ lệ đương lượng đủ cao phản ứng (4) sẽ chiếm ưu thế hơn phản ứng (6) (vì khi tỷ lệ đương lượng cao sẽ có nhiều oxy trong lò phản ứng, có lợi cho phản ứng oxy hóa), điều này sẽ làm giảm hàm lượng CO, tăng hàm lượng CO₂. Nồng độ CH₄ cũng giảm thấp dần khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí.

Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến nhiệt trị hỗn hợp khí: Theo đồ thị hình 9, nhiệt trị LHV giảm đáng kể khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí. LHV lớn nhất là 4974 kJ/Nm³ với tỷ lệ đương lượng không khí là 0,2. Nhiệt trị LHV của hỗn hợp khí tổng hợp sẽ giảm khi tăng tỷ lệ đương lượng không khí, điều này có thể giải thích bằng phản ứng oxy hóa (4) và (6) làm giảm nồng độ khí cháy, đặc biệt là sự gia tăng nồng độ N₂ trong không khí đưa vào sẽ càng làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí.



Hình 9. Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng tới nhiệt trị hỗn hợp khí.

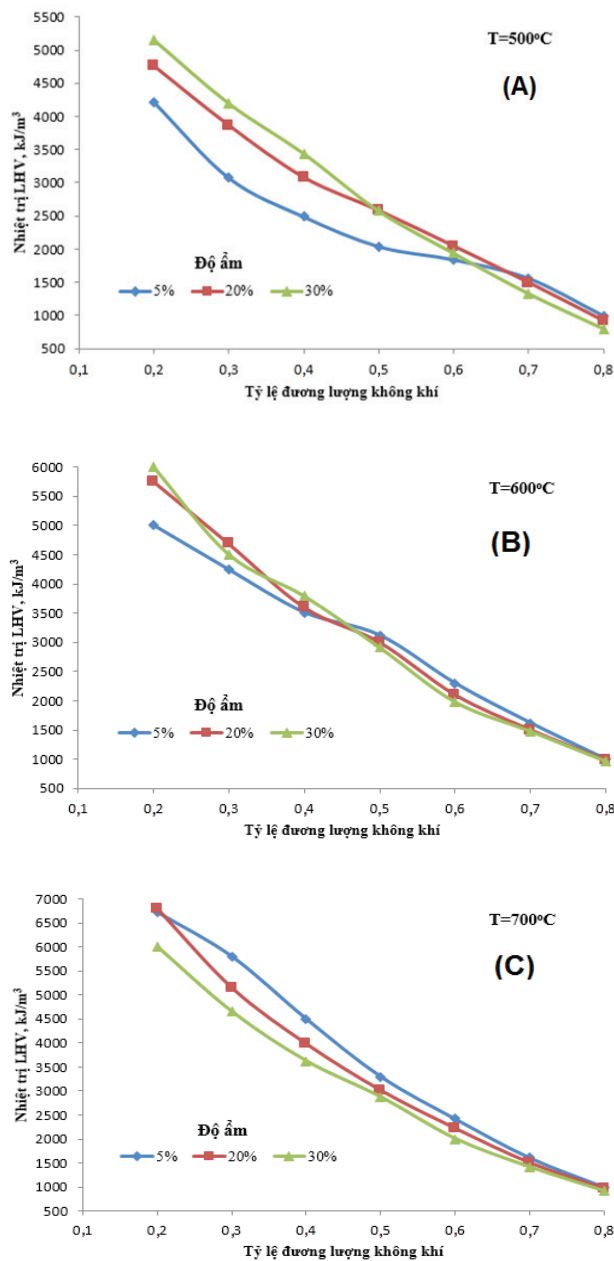
Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng không khí đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt và cacbon: Theo đồ thị hình 10, hiệu suất chuyển hóa nhiệt của CTR tăng lên khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng, đạt hiệu suất chuyển hóa nhiệt lớn nhất là 4124 kJ/kg tại tỷ lệ đương lượng không khí khoảng 0,5 và nhiệt độ 600°C, sau đó có xu hướng giảm khi tiếp tục tăng tỷ lệ đương lượng không khí. Điều này là do khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng, phản ứng tỏa nhiệt (4) và (6) được ưu tiên hơn, sẽ cung cấp thêm nhiệt cho vùng phân hủy và khí hóa. Tuy nhiên, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp sẽ thấp hơn do phản ứng oxy hóa (phản ứng 4) sinh ra CO₂ nhiều làm giảm nồng độ khí cháy.



Hình 10. Ảnh hưởng tỷ lệ đương lượng tới hiệu suất chuyển hóa nhiệt và cacbon.

Ảnh hưởng của hàm ẩm đến khả năng sinh khí: Độ ẩm của CTR sinh hoạt tại Việt Nam rất cao (khoảng 43-56%) [4, 5], do đó cần phải nghiên cứu ảnh hưởng của độ ẩm CTR đến nồng độ khí tổng hợp từ quá trình khí hóa CTR. Độ ẩm thay đổi bằng cách thay đổi hàm lượng khô. Tỷ lệ đương lượng không khí thay đổi từ 0,2-0,8 ở nhiệt độ khí hóa lần lượt là 500, 600 và 700°C. Độ ẩm của CTR đưa vào thiết bị khí hóa lần lượt là 5%, 20% và 30%.

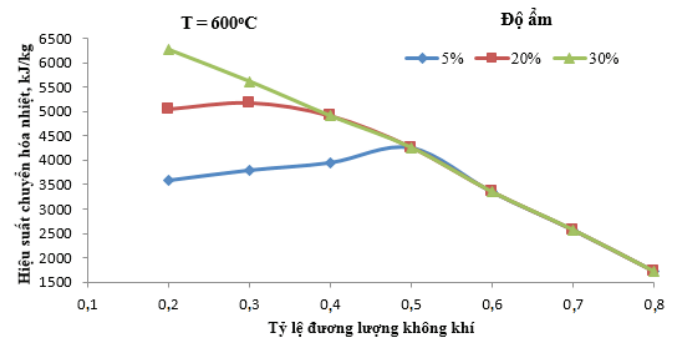
Theo đồ thị hình 11a, độ ẩm cao dẫn đến nhiệt trị LHV của khí tổng hợp cao hơn tại tỷ lệ đương lượng không khí thấp (dưới 0,5) với nhiệt độ khí hóa là 500°C. Điều này có thể giải thích bằng phản ứng (1) và (2); khi tăng lượng H₂O sẽ thúc đẩy phản ứng theo chiều thuận. Kết quả làm tăng CO và H₂ và cải thiện LHV của khí tổng hợp. Khi tỷ lệ này tiếp tục tăng, tác động của độ ẩm theo hướng ngược lại, tức là độ ẩm cao hơn, dẫn đến LHV giảm. Điều này chủ yếu là do sự gia tăng hơi nước làm pha loãng hỗn hợp khí tổng hợp và sự gia tăng CO₂ (phản ứng (4) và (5)). Xu hướng tương tự ở hình 11b và hình 11c, nhiệt độ khí hóa càng cao thì ảnh hưởng của độ ẩm tới cải thiện khí tổng hợp càng thấp.



Hình 11. Đồ thị ảnh hưởng độ ẩm đến nhiệt trị hỗn hợp khí tại: 500°C (A), 600°C (B) và 700°C (C).

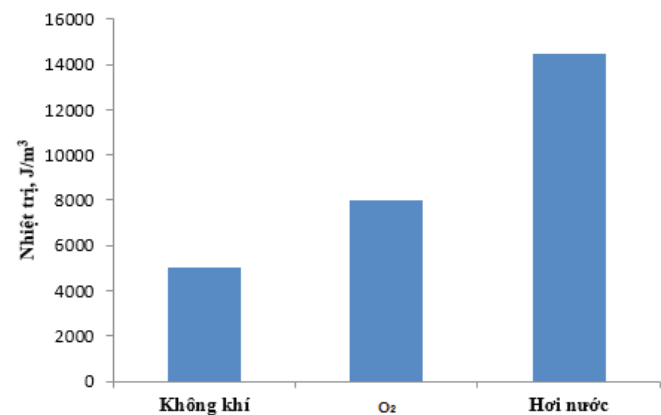
Trên đồ thị hình 12, khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng lên 0,5, nhiệt độ 600°C, hiệu suất chuyển hóa nhiệt gần như tương tự nhau ở các độ ẩm khác nhau. Khi nhiệt độ khí hóa tăng lên 700°C, nhiệt trị LHV của khí tổng hợp tại độ ẩm 30% thấp hơn so với độ ẩm 5%. Nhiệt trị lớn nhất là 6800 kJ/Nm³ tại độ ẩm 20% (700°C, 0,2). Độ ẩm cao thì cần nhiều nhiệt hơn để bốc hơi, do đó độ ẩm thấp hơn thì thuận lợi hơn. Điều kiện nhiệt độ cao và tỷ lệ đương lượng không khí thấp sẽ làm tăng nhiệt trị LHV của khí tổng hợp tại độ ẩm nhất định. Tuy nhiên, sự gia tăng độ ẩm sẽ làm LHV cao ở nhiệt độ thấp (dưới 700°C). Mặt khác, nó làm tăng nhu cầu

nhiệt của quá trình khí hóa do sự bốc hơi nước.



Hình 12. Đồ thị ảnh hưởng độ ẩm đến hiệu suất chuyển hóa nhiệt.

Ảnh hưởng của tác nhân khí hóa đến khả năng sinh khí:
Tác nhân khí hóa có tác động đáng kể đến hiệu quả của hệ thống khí hóa và thành phần khí tổng hợp. Trong công nghệ khí hóa thường sử dụng một trong các tác nhân khí hóa là: Không khí, oxy, hơi nước và CO₂ có thể thúc đẩy quá trình khí hóa [11, 15].



Hình 13. Nhiệt trị của hỗn hợp khí khi thay đổi tác nhân khí hóa.

Khi sử dụng không khí làm tác nhân khí hóa, do tỷ lệ nitơ trong không khí cao nên tỷ lệ khí N₂ trong hỗn hợp khí tổng hợp khá cao, chiếm khoảng 32% khối lượng hỗn hợp khí khô, làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp nên nhiệt trị hỗn hợp khí thấp (5 MJ/Nm³). Trong trường hợp sử dụng tác nhân khí hóa là oxy được làm giàu (O₂ chiếm khoảng 80%), tỷ lệ khí N₂ trong hỗn hợp khí tổng hợp giảm xuống còn khoảng 20%, làm nhiệt trị của hỗn hợp khí tăng lên 8 MJ/Nm³. Tuy nhiên, việc tách và làm giàu khí O₂ trong không khí đòi hỏi nhu cầu năng lượng cao, tăng chi phí. Tác nhân khí hóa là hơi nước sẽ thu được hỗn hợp nhiệt trị cao nhất khoảng 14,5 MJ/Nm³, điều này là do sự gia tăng đáng kể hàm lượng khí cháy H₂, CO, CH₄ (hình 13).

Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra các phương pháp xác định, tính toán đặc tính đặc trưng cho CTR sinh hoạt. Từ đó, tính toán được các thông số cơ bản của CTR tại các bãi rác lớn ở Việt Nam. Các tác giả cũng đã khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ khí hóa, tỷ lệ đương lượng không khí, hàm ẩm đến thành phần khí tổng hợp, nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp, độ chuyển hóa cacbon và hiệu suất chuyển hóa nhiệt của khí tổng hợp. Kết quả nghiên cứu có thể tóm tắt như sau:

- Nhiệt độ cao sẽ làm tăng nhiệt trị của hỗn hợp khí, cũng như hiệu suất chuyển hóa nhiệt và độ chuyển hóa cacbon. Nhiệt độ khí hóa phù hợp trong hệ thống khí hóa là 650°C với tỷ lệ đương lượng không khí là 0,4.

- Tỷ lệ đương lượng không khí cao làm tăng độ chuyển hóa cacbon, nhưng lại làm giảm nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp. Hiệu suất chuyển hóa nhiệt tăng lên và đạt cực đại, sau đó giảm xuống khi tỷ lệ đương lượng không khí tăng. Tỷ lệ đương lượng không khí phù hợp cho phản ứng khí hóa CTR là 0,5 với nhiệt độ 600°C.

- Độ ẩm cao không cải thiện quá trình khí hóa, cũng như không làm tăng nhiệt trị của hỗn hợp khí tổng hợp từ quá trình khí hóa CTR.

- Tác nhân khí hóa làm thay đổi thành phần hỗn hợp khí cháy, dẫn đến làm thay đổi nhiệt trị hỗn hợp khí. Trong công nghệ khí hóa, tác nhân khí hóa là hơi nước sẽ thu được hỗn hợp khí hóa có nhiệt trị cao nhất do làm tăng nồng độ khí cháy H_2 và giảm được nồng độ khí trơ N_2 trong hỗn hợp khí.

Kết quả nghiên cứu có thể đưa ra hướng dẫn tính toán khí hóa CTR đô thị để có thể thu được hỗn hợp khí có nhiệt trị cao nhất, tăng hiệu quả quá trình xử lý CTR và tận thu năng lượng làm nhiên liệu thay thế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2011-2015*, tr.49-63.

[2] Nguyễn Văn Lâm (2015), “Tình hình quản lý CTR tại Việt Nam, đề xuất các giải pháp tăng cường hiệu quả công tác quản lý CTR”, *Hội nghị môi trường toàn quốc lần thứ IV*, Bộ tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.

[3] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2011), *Báo cáo môi trường*

quốc gia 2011 - CTR.

[4] John Pichtel (2014), “Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial”, *CRC Press*, **2**, pp.63-100.

[5] Clifford Jones (2010), “Thermal Processing of waste”, *Professor N.N. Greenwood FRS*, **1**, pp.68-75.

[6] Alexander Klein (2002), *Gasification: An Alternative Process for Energy Recovery and Disposal of Municipal Solid Wastes*, Columbia University.

[7] Umberto Arena (2012), “Process and technological aspects of municipal solid waste gasification”, *A review Waste Management*, **32(4)**, pp.625-639.

[8] S. Verma (2002), *Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes*, Columbia University.

[9] Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, Thomas Gross (2017), *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

[10] Stantec Consulting (2014), *Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices*, <http://www.env.gov.bc.ca/epd/mun-waste/reports/pdf/bcmoe-wte-emissions-rev-mar2011.pdf>.

[11] J.A. Ruiz, M.C. Juarez, M.P. Morales, P. Munoz, M.A. Mendivil (2013), “Biomass Gasification for Electricity Generation: Review of Current”, *Technology Barriers Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **18**, pp.174-183.

[12] Dieter Mutz, Dirk Hengevoss, Christoph Hugi, Thomas Gross (2017), *Waste-to-Energy Options in Municipal Solid Waste Management*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

[13] Luis Puigjaner (2011), “Syngas from Waste”, *Green Energy and Technology*, Springer-Verlag London Limited.

[14] V. Skoulou, A. Zabaniotou, G. Stavropoulos, G. Sakelaropoulos (2008), “Syngas production from olive tree cuttings and olive kernels in a downdraft fixed bed gasifier”, *International Journal of Hydrogen Energy*, **33(4)**, pp.1185-1194.

[15] P. Quaak (1999), *Energy from biomass a review of combustion and gasification technologies*, World Bank.