

MÔ PHỎNG QUÁ TRÌNH CUNG CẤP NHIÊN LIỆU VÀ QUÁ TRÌNH CHÁY ĐỘNG CƠ HONDA GX160 SỬ DỤNG SYNGAS TỪ KHÍ HÓA VIÊN NÉN NHIÊN LIỆU GỖ

SIMULATION OF THE FUEL SUPPLY AND COMBUSTION PROCESS OF HONDA GX160 ENGINE USING SYNGAS FROM RDF GASIFICATION

Bùi Văn Hùng*, Hồ Trần Anh Ngọc, Nguyễn Minh Tiến, Nguyễn Lê Châu Thành, Trần Phước Dinh, Tổng Duy Quốc, Lê Anh Văn

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: bvhung@ute.udn.vn

(Nhận bài / Received: 10/9/2023; Sửa bài / Revised: 11/10/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 13/10/2023)

Tóm tắt - Khi sử dụng không khí được làm giàu oxygen làm chất oxy hóa thì tổng thành phần khối lượng các khí cháy được trong syngas lần lượt là 35%, 41%, 54% và 66% khi bổ sung 0%, 10%, 30% và 50% oxygen vào không khí. Khi tăng hàm lượng O₂ trong không khí làm chất oxy hóa RDF thì nhiệt trị nhiên liệu tăng, tốc độ cháy và tốc độ tỏa nhiệt tăng giúp cải thiện chất lượng quá trình cháy. Thành phần syngas ảnh hưởng đến tính năng, quá trình cháy và phát thải ô nhiễm của động cơ. Tỷ lệ A/F của syngas đối với hỗn hợp cháy hoàn toàn lý thuyết dao động từ 1-1,2 thấp hơn rất nhiều đối với methane (A/F=17). Tỷ lệ A/F thấp làm kéo dài thời gian phun khiến cho nhiên liệu không được hút hoàn toàn vào xi lanh ở cuối kỳ nạp. Sự tích lũy của nhiên liệu trên đường nạp ở chu kỳ trước làm mất kiểm soát hệ số tương đương của hỗn hợp ở các chu kỳ tiếp theo và gây ra hiện tượng nổ ngược.

Từ khóa - Nhiên liệu tái tạo; Khí tổng hợp; Khí hóa RDF; Động cơ nhiên liệu khí; Net Zero.

1. Giới thiệu

Tại Hội nghị Thượng đỉnh về biến đổi khí hậu COP26 diễn ra ở Glasgow, Việt Nam đã cam kết thực hiện các cơ chế theo Thỏa thuận Paris, để đạt mức phát thải ròng bằng 0 (Net Zero) vào năm 2050 [1]. Đến nay đã có 74 quốc gia và vùng lãnh thổ cam kết thực hiện lộ trình Net Zero tương tự. Có khoảng 10 quốc gia cam kết thực hiện lộ trình Net Zero trước ngưỡng thời gian đó. Sử dụng năng lượng tái tạo đóng vai trò then chốt trong các chiến lược Net Zero.

Việc chuyển đổi viên nén nhiên liệu gỗ thành syngas thường được thực hiện thông qua một quá trình gọi là khí hóa (gasification). Khí hóa là một phản ứng hóa học trong đó nguyên liệu hữu cơ, như than hoặc gỗ, được biến đổi thành một hỗn hợp khí gồm các thành phần chính là hydrogen, khí CO (carbon monoxide), và CO₂ (carbon dioxide), CH₄ (methane), còn lại là các tạp chất chính như N₂, H₂O, CO₂ và các chất vi lượng như H₂S, NH₃, HCN (xyanua), HCL, thủy ngân, arsen và các kim loại nặng. Thường syngas chứa khoảng 50% các khí trơ, chất lượng syngas phụ thuộc vào nguyên liệu đầu vào và điều kiện khí hóa. Nguyên liệu đầu vào của quá trình khí hóa rất đa dạng với tính chất khác biệt, ngay cùng một loại sinh khối cũng có thể có các thành phần và đặc điểm khác nhau. Trên thực tế, tính không đồng nhất của sinh khối là một trong những

Abstract - When using air enriched with oxygen as the oxidizing agent, the overall mass composition of combustion gasses in syngas is 35%, 41%, 54%, and 66% when supplementing 0%, 10%, 30%, and 50% oxygen into the air as the oxidizing agent. Increasing the oxygen content in the air as an oxidizing agent for RDF leads to an increased heat of combustion, combustion rate, and heat release rate, thereby improving the quality of the combustion process. AFR of syngas for theoretical complete combustion ranges from 1 to 1.2, significantly lower than that of methane (AFR =17). The low AFR prolongs the injection time, preventing the complete intake of fuel into the cylinder during the intake stroke. The accumulation of fuel in the intake manifold during the previous cycle disrupts the control of the equivalence ratio of the mixture in subsequent cycles and leads to the occurrence of knockback phenomenon.

Key words - Renewable fuels; Syngas; RDF gasification; Gas engine; Net Zero

nhược điểm của quá trình khí hóa vì rất khó xác định các điều kiện vận hành tối ưu và các đặc tính của sản phẩm cuối cùng [2]. Sự thay đổi thành phần nhiên liệu sẽ ảnh hưởng đến quá trình cung cấp nhiên liệu, tính năng quá trình cháy và phát thải ô nhiễm của động cơ. Khi sử dụng hơi nước hoặc oxygen làm chất oxy hóa thì nhiệt trị thấp trung bình của syngas khoảng 10-28 MJ/Nm³. Trong khi đó, nếu sử dụng không khí làm chất oxy hóa nhiệt trị thấp của nhiên liệu khoảng 4-7 MJ/Nm³ [3]. Vì vậy khi sử dụng syngas làm nhiên liệu thì công suất động cơ giảm một mặt là do nhiệt trị nhiên liệu thấp và một phần khác là do giảm hệ số nạp của động cơ [4]. Khi sử dụng syngas trên động cơ đánh lửa cưỡng bức, mức độ giảm công suất có thể lên đến 40-50%, trong đó 30% là do giảm nhiệt trị nhiên liệu [4]. Để khắc phục nhược điểm này, người ta có thể làm giàu nhiên liệu bằng các loại nhiên liệu nhiệt trị cao hơn như hydrogen hay biogas [5]. Một đặc tính quan trọng của syngas là phạm vi cháy rộng do sự hiện diện của hydrogen. Điều này đặc biệt hữu ích cho các ứng dụng động cơ vì nó cho phép sử dụng hỗn hợp khí nghèo. Động cơ SI sử dụng syngas sẽ làm giảm giảm thời gian phát triển ngọn lửa và lan truyền ngọn lửa, từ đó cải thiện khả năng cháy nghèo của động cơ so với xăng thông thường. Tuy nhiên, khí tổng hợp cũng ảnh hưởng đến hiệu suất thể tích của động cơ do nó ở trạng

¹ The University of Danang - University of Technology and Education, Danang, Vietnam (Bui Van Hung, Ho Tran Anh Ngọc, Nguyen Minh Tien, Nguyen Le Chau Thanh, Tran Phuoc Dinh, Tong Duy Quoc, Le Anh Van)

thái khí và thường có nhiệt trị thấp hơn so với nhiên liệu lỏng [6]. Ngoài ra, bằng cách cho phép đốt cháy nghèo, nhiệt độ khí đốt có thể được giữ ở dưới ngưỡng hình thành NO_x . Bụi và cặn sự khi nghiên cứu động cơ biogas được làm giàu bởi hydrogen thấy rằng khi tăng hàm lượng hydrogen thì góc đánh lửa sớm giảm và phạm vi cháy mở rộng [7-8].

Đối với syngas, khi hàm lượng CH_4 hay hàm lượng các chất khí tro tăng thì tốc độ ngọn lửa cháy tăng giảm. Do thành phần syngas thay đổi trong phạm vi rộng nên tốc độ ngọn lửa cháy tăng cũng biến thiên lớn. Góc đánh lửa sớm cũng như các thông số công tác tối ưu của động cơ chạy bằng syngas hay các loại nhiên liệu tái tạo nói chung cần được điều chỉnh một cách linh hoạt [7-8].

Việc chuyển đổi động cơ truyền thống sang sử dụng syngas không phức tạp về mặt nguyên lý nhưng phức tạp về mặt công nghệ cung cấp nhiên liệu do tỉ số không khí/nhiên liệu (A/F) của nhiên liệu rất thấp. Tỉ lệ A/F của syngas đối với hỗn hợp cháy hoàn toàn lý thuyết dao động từ 1-1,2 thấp hơn rất nhiều đối với methane (A/F=17). Tỉ lệ A/F thấp dẫn đến thời gian phun kéo dài khiến cho nhiên liệu cung cấp cho chu trình không được hút hoàn toàn vào xi lanh vào cuối kỳ nạp. Điều này khiến cho hệ số tương đương của động cơ không thể đạt được giá trị cháy hoàn toàn lý thuyết, đặc biệt khi động cơ chạy ở tốc độ cao. Sự tích lũy của nhiên liệu trên đường nạp ở chu kỳ trước làm mất kiểm soát hệ số tương đương của hỗn hợp ở các chu kỳ tiếp theo và gây ra hiện tượng nổ ngược. Do đó, đối với nhiên liệu có tỉ lệ A/F thấp thì thiết bị hòa trộn ngoài khả năng tạo hỗn hợp nhiên liệu-không khí đồng nhất còn phải đảm bảo rằng tất cả nhiên liệu được cung cấp cho chu trình phải được hút vào xi lanh ở cuối quá trình nạp. Cùng với đó góc đánh lửa sớm tối ưu của động cơ chạy bằng syngas lớn hơn các loại nhiên liệu truyền thống. Thường góc đánh lửa sớm tối ưu của động cơ nằm trong khoảng 30 - 40 độ [9]. Điều này là do tốc độ ngọn lửa cháy tăng của syngas thấp do nhiên liệu chứa nhiều tạp chất.

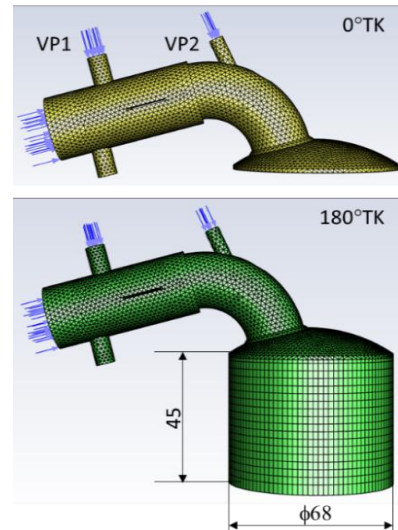
Trong công trình này, nhóm tác giả trình bày kết quả nghiên cứu mô phỏng quá trình cung cấp nhiên liệu syngas và ảnh hưởng của thành phần syngas đến quá trình cháy động cơ Honda GX160 sử dụng syngas từ khí hóa viên nén nhiên liệu gỗ để cải tạo động cơ đánh lửa cưỡng bức tĩnh tại truyền thống thành động cơ sử dụng nhiên liệu khí tái tạo linh hoạt.

2. Nghiên cứu mô phỏng

Nghiên cứu được tiến hành trên động cơ Honda GX160 có đường kính xi lanh 68mm, hành trình piston 45mm, tỉ số nén 9,0. Động cơ nguyên thủy chạy bằng xăng, cấp nhiên liệu bằng bộ chế hòa khí, đạt công suất 4,1 kW ở tốc độ 3600 v/ph.

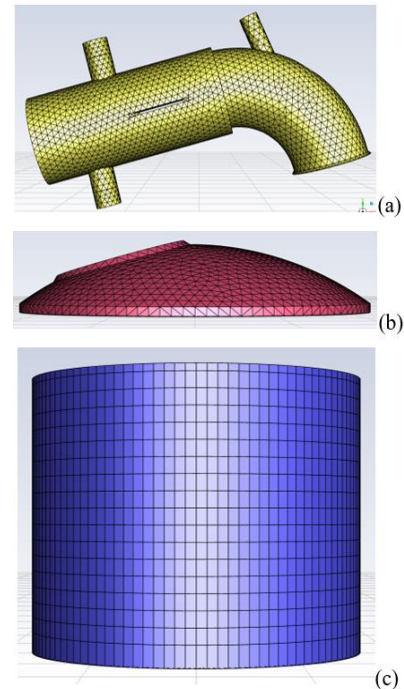
Tính toán mô phỏng được thực hiện nhờ phần mềm Ansys Fluent 2021R1. Trong nghiên cứu này giới hạn ở nội dung tạo hỗn hợp và quá trình cháy nên không gian tính toán gồm đường nạp, xi lanh và buồng cháy động cơ. Thiết kế các không gian trên được thực hiện trong GAMBIT. Chia lưới được thực hiện tự động. Do thể tích xi lanh thay đổi trong quá trình piston chuyển động nên các phần tử trong xi lanh bị biến dạng. Để đảm bảo thể tích các phần tử

không quá bé dẫn đến dừng chương trình trong quá trình tính toán, không gian xi lanh được chia lưới rộng hơn các không gian còn lại. Không gian tính toán gồm buồng cháy, xi lanh và đường nạp được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Chia lưới không gian tính toán

Khu vực đường nạp bao gồm 48.866 phần tử hình tứ diện (Hình 2a), khu vực buồng cháy gồm 20.333 phần tử hình tứ diện (Hình 2b), khu vực xi lanh gồm 38.196 phần tử hình chêm (Hình 2c). Thể tích xi lanh thay đổi theo góc quay trục khuỷu. Khi quá trình nạp kết thúc thì đường nạp được tách rời khỏi xi lanh để giảm thời gian tính toán.



Hình 2. Chia lưới đường nạp: 48.866 phần tử tứ diện (a); Chia lưới buồng cháy: 20.333 phần tử tứ diện (b); Chia lưới xi lanh: 38.196 phần tử hình chêm (c)

Bài toán không gian biến dạng trong xi lanh của động cơ đặt ra hai yêu cầu khi lựa chọn lưới: (1) đảm bảo không xảy ra phần tử có thể tích âm khi biến dạng và (2) đảm bảo độ tin cậy của kết quả mô phỏng. Để không xảy ra phần tử trong xi lanh có thể tích âm khi piston dịch chuyển thì

chúng ta không chia phần tử quá bé và hình dạng phức tạp. Đồng thời khi chia lưới chúng ta phải kiểm tra chất lượng lưới nhờ công cụ đánh giá chất lượng lưới trong Fluent. Sau mỗi lần chia lưới, phải chạy thử “Mesh Motion” để đảm bảo không có phần tử thể tích âm trước khi thực hiện tính toán mô phỏng. Để đảm bảo độ tin cậy của kết quả mô phỏng, ta phải nghiên cứu tính độc lập của lưới (Grid independency study) bằng cách thay đổi số lượng phần tử trong không gian tính toán theo phương pháp được trình bày trong [10].

Hệ phương trình đối lưu-khuếch tán được khép kín nhờ mô hình rối $k-\epsilon$. Các thông số nhiệt động học của hỗn hợp được tính toán qua mô hình Partially Premixed. Mỗi khi thay đổi nhiên liệu, chúng ta tính toán lại bảng pdf thông số nhiệt động học. Nhờ vậy điều kiện biên tính toán sẽ được đơn giản hóa. Ở đầu vào đường nạp thì chỉ có không khí nên thành phần hỗn hợp f (fraction volumic) bằng 0. Ở đầu vào các vòi phun chỉ có nhiên liệu nên $f=1$. Hệ số tương đương cục bộ của hỗn hợp được tính qua thành phần nhiên liệu, oxygen hay tính qua f . Quá trình thiết lập mô hình cụ thể được trình bày trong [8].

Thời gian phun cực đại của mỗi chu trình phụ thuộc vào tốc độ động cơ và khả năng hút toàn bộ nhiên liệu đã phun vào xi lanh. Đối với các loại nhiên liệu có tỉ lệ A/F bé thì đây là một thách thức. Phần sau đây sẽ trình bày kết quả mô phỏng sự hình thành hỗn hợp khí phun hỗn hợp nhiên liệu khí và đề xuất phương án phù hợp cho động cơ sử dụng nhiên liệu linh hoạt syngas.

3. Kết quả và bình luận

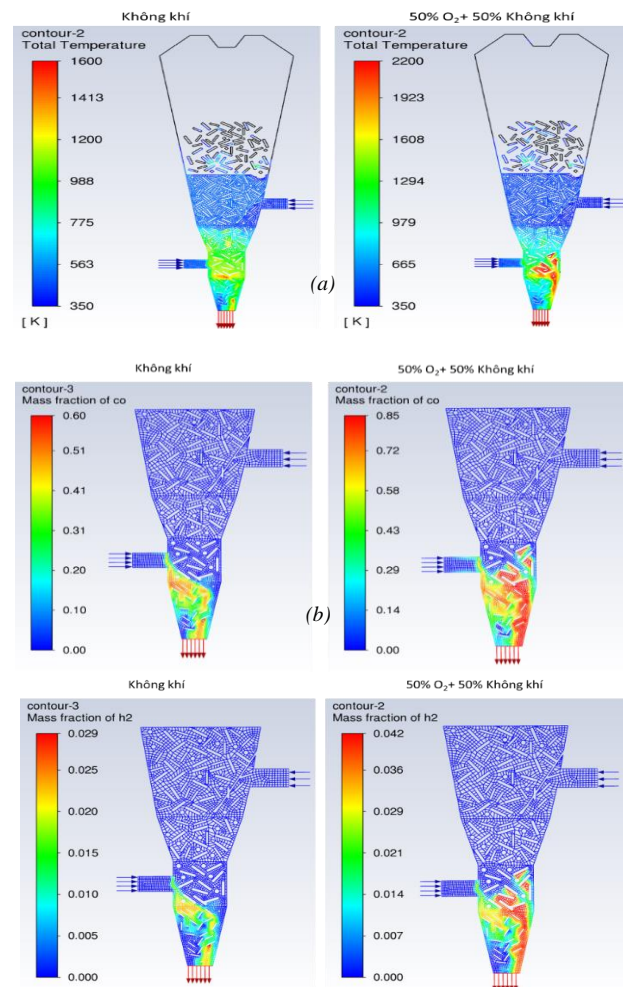
3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng oxygen làm giàu không khí để làm chất oxy hóa đến chất lượng syngas trong quá trình khí hóa

Khi pha oxygen vào không khí làm chất oxy hóa của lò khí hóa thì nồng độ ni tơ giảm, nhiệt độ cháy tăng dẫn đến tăng nhiệt độ của khu vực hoàn nguyên, do đó nồng độ các chất khí cháy được trong syngas tăng dẫn đến tăng nhiệt trị của nhiên liệu.

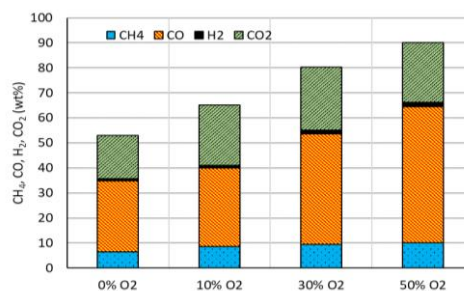
Hình 3a so sánh phân bố nhiệt độ khu vực cháy và khu vực hoàn nguyên khi lò khí hóa được cung cấp không khí và 50% O₂+50% không khí. Chúng ta thấy khi không khí được làm giàu oxygen thì nhiệt độ cực đại của khu vực cháy tăng và khu vực cháy chính dịch về phía đối diện với cửa cấp khí. Nhiệt độ cháy cực đại đạt 2200K ứng với chất oxy hóa 50% O₂+50% không khí. Trong trường hợp sử dụng không khí làm chất oxy hóa thì nhiệt độ cháy cực đại đạt 1600K. Nhiệt độ cháy cao làm tăng nhiệt độ khu vực hoàn nguyên do đó thúc đẩy các phản ứng chuyển hóa giữa CO₂, CO, CH₄, H₂, H₂O để đạt trạng thái cân bằng nhiệt động học. Hình 3b cho thấy nồng độ cực đại của CO ở khu vực hoàn nguyên lên đến 85% khi làm giàu không khí bằng 50% oxygen và đạt 60% khi sử dụng chất oxy hóa là không khí. Nồng độ H₂ cũng tăng từ 2,9% khi sử dụng không khí làm chất oxy hóa lên 4,2% khi sử dụng không khí được làm giàu bởi 50% oxygen làm chất oxy hóa Hình 3c.

Khi sử dụng không khí được làm giàu oxygen làm chất oxy hóa trong điều kiện giữ ổn định nhiệt độ khu vực khí hóa thì thành phần CO₂ trong syngas không thay đổi nhiều nhưng thành phần ni tơ giảm do đó thành phần các chất khí

cháy được trong syngas tăng. Hình 4 cho thấy, tổng thành phần khối lượng các chất khí cháy được trong syngas lần lượt là 35%, 41%, 54% và 66% khi chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 0%, 10%, 30% và 50% oxygen.



Hình 3. Phân bố nhiệt độ (a), nồng độ CO (b) và nồng độ H₂ trong khu vực cháy và hoàn nguyên khi sử dụng không khí và 50% O₂+50% không khí làm chất oxy hóa (ER=0,35)

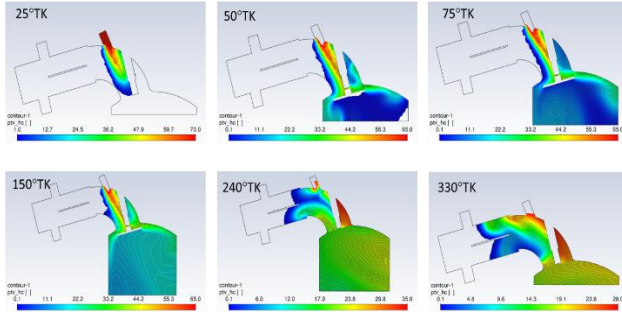


Hình 4. Ảnh hưởng của thành phần oxygen làm giàu không khí đến thành phần những chất khí trong syngas (ER=0,35, T_{gasi}=800K)

3.2. Mô phỏng ảnh hưởng của quá trình cung cấp nhiên liệu syngas đến tính năng động cơ GX160

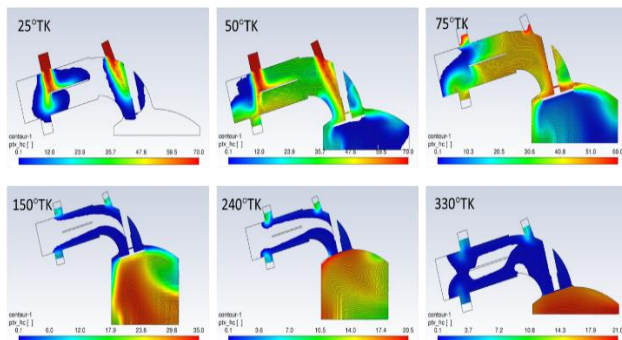
Hình 5 biểu diễn đường đồng mức của nồng độ nhiên liệu HC (gồm CO, CH₄ và H₂) trong xi lanh động cơ theo diễn biến của piston khi phun syngas qua một vòi phun ở áp suất 1 bar. Nhiên liệu sử dụng là syngas từ khí hóa RDF gổ với chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 30%

oxygen. Thời điểm bắt đầu và kết thúc phun ở 20°TK và 130°TK . Trong điều kiện cung cấp nhiên liệu này thì hệ số tương đương của hỗn hợp trong xi lanh đạt giá trị $\phi=1$. Tuy nhiên, sau khi xupap nạp đóng, trên đường nạp vẫn còn một lượng đáng kể nhiên liệu chưa được hút vào xi lanh. Điều này gây trở ngại trong việc điều chỉnh thành phần hỗn hợp ở chu kỳ tiếp theo và có thể gây ra hiện tượng nổ ngược vì syngas có chứa H_2 , thành phần rất dễ bén lửa.



Hình 5. Phun syngas trên đường nạp qua 1 vòi phun ($n=3600\text{v/ph}$, $p_p=1\text{ bar}$, $ER=0,35$, chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 30% oxygen)

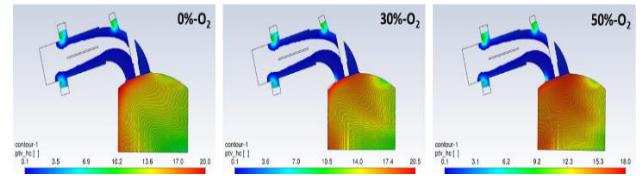
Để hạn chế lượng nhiên liệu thừa trên đường nạp thì quá trình phun syngas cần phải được kết thúc sớm. Điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng hệ thống vòi phun kép bao gồm 2 vòi phun. Hệ thống này phù hợp với động cơ chạy bằng syngas cũng như hỗn hợp syngas và các loại nhiên liệu khí tái tạo khác có thành phần thay đổi linh hoạt. Hình 6 biểu diễn quá trình phun syngas qua 2 vòi phun trong cùng điều kiện vận hành của động cơ và thành phần nhiên liệu. Trong điều kiện phun này thì để đạt được hệ số tương đương $\phi=1$, góc bắt đầu và kết thúc phun lần lượt là 20°TK và 75°TK . Kết quả cho thấy sau khi xupap nạp đóng thì trên đường nạp hầu như không còn sót nhiên liệu. Nồng độ nhiên liệu trung bình còn sót lại trên đường nạp chỉ khoảng 0,1% trong trường hợp phun nhiên liệu qua 2 vòi phun so với khoảng 30% trong trường hợp phun nhiên liệu qua 1 vòi phun.



Hình 6. Phun syngas trên đường nạp qua 2 vòi phun ($n=3600\text{v/ph}$, $p_p=1\text{ bar}$, $ER=0,35$, chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 30% oxygen)

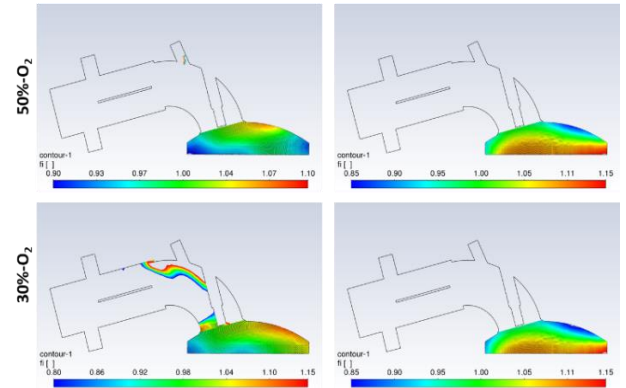
Khi phun syngas nhận được từ khí hóa RDF gỗ với chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi oxygen với hàm lượng khác nhau bằng hệ thống 2 vòi phun chúng ta thấy khi bắt đầu quá trình nén, toàn bộ nhiên liệu hầu như được hút hết vào xi lanh. Kết quả Hình 7 cho thấy, nồng độ nhiên liệu còn sót lại trên đường nạp nhỏ hơn 0,1%. Khi piston ở vị trí 240°TK , hỗn hợp hơi giàu nằm ở phía nửa xi lanh có chứa cửa nạp. Khi nhiên liệu càng giàu thì hỗn hợp trong

xi lanh càng đồng nhất.



Hình 7. Đường đồng mức nồng độ nhiên liệu tại vị trí 240°TK khi phun syngas trên đường nạp qua 2 vòi phun ($n=3600\text{v/ph}$, $p_p=1\text{ bar}$, $\phi=1$, $ER=0,35$, chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 0%, 30% và 50% oxygen)

Khi phun syngas qua 2 vòi phun thì nhiên liệu được nạp vào xi lanh sớm. Khi kết thúc phun nhiên liệu, không khí tiếp tục được hút vào buồng cháy nên bộ phận hỗn hợp nạp vào sau nghèo hơn bộ phận hỗn hợp nạp trước. Điều này dẫn đến hỗn hợp trên đỉnh buồng cháy nghèo hơn hỗn hợp trên đỉnh piston. Ngược lại, khi phun syngas qua 1 vòi phun thì quá trình phun kết thúc muộn, bộ phận nhiên liệu phun vào sau không kịp khuếch tán đồng đều trong không khí nên hình thành khu vực hỗn hợp hơi giàu trên đỉnh buồng cháy (Hình 8).



Hình 8. Phân bố hệ số tương đương của hỗn hợp trong buồng cháy khi phun syngas S30 và S50 qua 1 vòi phun và qua 2 vòi phun với cùng áp suất phun $p_p=1\text{ bar}$

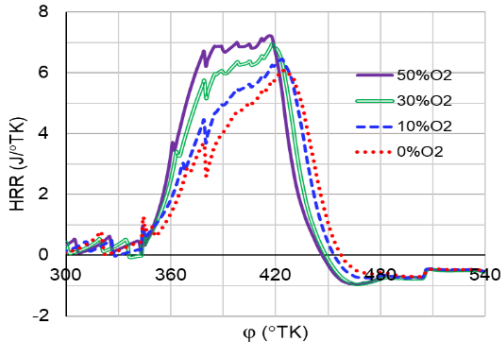
Do đó, nếu xét về mặt đánh lửa thuận lợi thì phun syngas qua một vòi phun có ưu thế hơn. Hỗn hợp hơi giàu giúp cho hỗn hợp dễ cháy khi bugi đánh lửa. Tuy nhiên nếu xét về khía cạnh cháy hoàn toàn thì phun syngas qua 2 vòi phun có lợi thế hơn. Hỗn hợp hơi giàu ở khu vực xa buồng cháy giúp cho chúng cháy nhanh hơn vào cuối quá trình cháy làm giảm phát thải HC và CO. Do trong syngas có thành phần H_2 rất dễ bén lửa và có thể cháy với hỗn hợp rất nghèo nên sự phân lớp hệ số tương đương trong buồng cháy không ảnh hưởng gì nhiều đến độ tin cậy của quá trình đánh lửa.

3.3. Mô phỏng ảnh hưởng của thành phần syngas đến quá trình cháy động cơ GX160

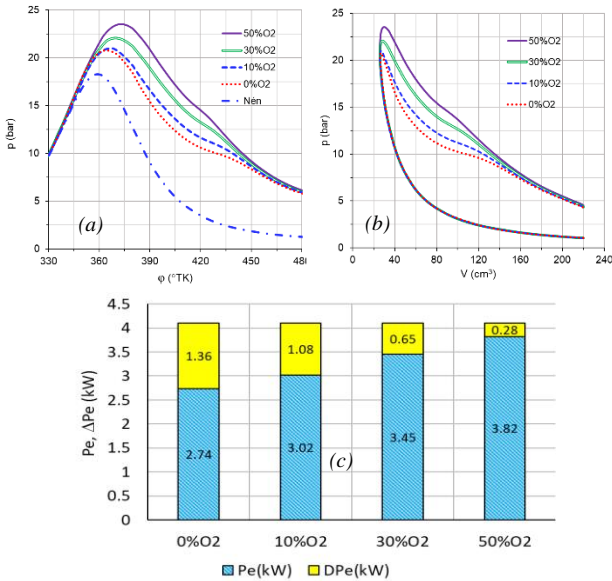
Khi tăng hàm lượng O_2 trong không khí làm chất oxy hóa lò khí hóa thì nhiệt trị của nhiên liệu tăng, tốc độ cháy cũng được cải thiện do đó tốc độ tỏa nhiệt gia tăng. Hình 9 cho thấy, giá trị cực đại của đường cong tỏa nhiệt tăng theo hàm lượng O_2 làm giàu không khí khi khí hóa RDF. Tốc độ tỏa nhiệt cực đại tăng từ $6\text{ J}^{\circ}\text{TK}$ lên $7,1\text{ J}^{\circ}\text{TK}$ khi hàm lượng O_2 làm giàu không khí tăng từ 0% lên 50%.

Do tốc độ tỏa nhiệt tăng nên áp suất cực đại tăng theo hàm lượng O_2 pha vào không khí để làm chất oxy hóa (Hình 10a). Mặt khác, do nhiệt trị của hỗn hợp tăng khi

tăng hàm lượng O₂ nên nhiệt lượng tỏa ra trong kỳ giãn nở tăng dần đến tăng diện tích đô thị công, tức tăng công chi thị chu trình (Hình 10b).



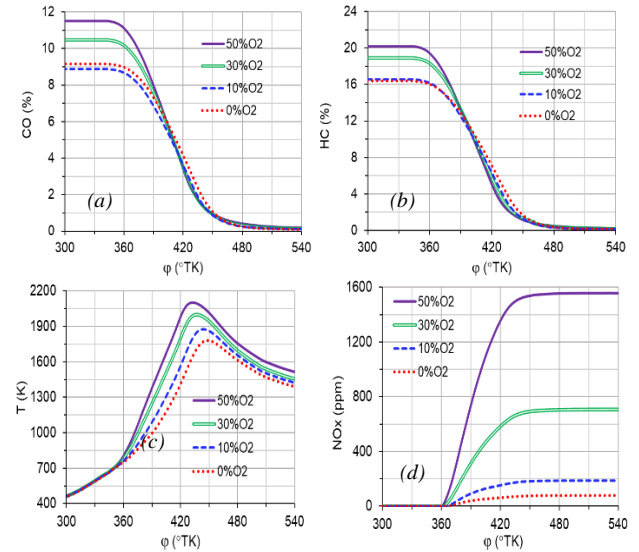
Hình 9. Ảnh hưởng của hàm lượng oxygen pha vào không khí làm chất oxy hóa quá trình khí hóa RDF đến tốc độ tỏa nhiệt của động cơ GX160 (ER=0,35, phi=1, n=3600 v/ph)



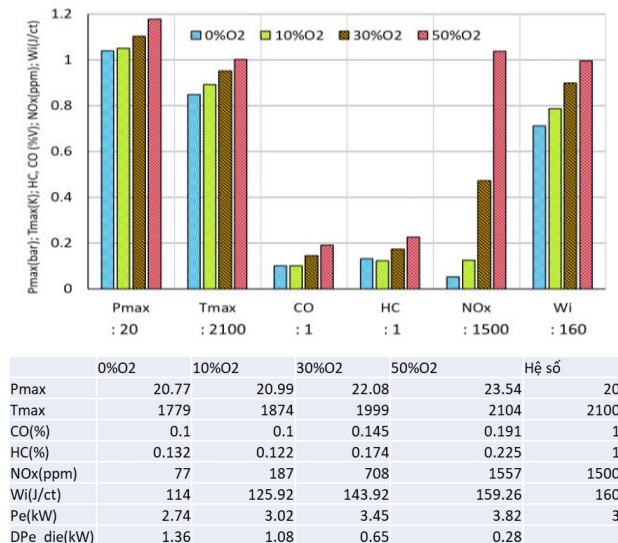
Hình 10. Ảnh hưởng của hàm lượng O₂ làm giàu không khí khi khí hóa RDF đến biến thiên áp suất theo góc quay trục khuỷ (a) đồ thị công (b) và công suất động cơ GX160 (c) ở 3600 v/ph

Hình 10c cho thấy công suất của động cơ lần lượt là 2,74kW, 3,02kW, 3,45kW và 3,82kW tương ứng với hàm lượng O₂ pha vào không khí làm chất oxy hóa là 0%, 10%, 30% và 50%. So với công suất động cơ xăng trước khi cải tạo (4,1kW ở 3600 v/ph) thì công suất động cơ sử dụng syngas giảm lần lượt là 33%, 26%, 16% và 7% tương ứng với hàm lượng O₂ pha vào không khí làm chất oxy hóa như trên. Như vậy khi oxy hóa RDF với chất oxy hóa là không khí ròng thì công suất động cơ giảm khoảng 1/3, phù hợp với số liệu công bố trong các tài liệu tham khảo. Mức giảm công suất này khiến cho động cơ syngas không đảm bảo cung cấp đủ năng lượng cho các mục đích sử dụng mà động cơ xăng thực hiện. Để đảm bảo công suất động cơ syngas giảm dưới 10% so với động cơ xăng nguyên thủy thì chúng ta có thể sử dụng giải pháp khí hóa RDF với chất oxy hóa là không khí được làm giàu 50% oxygen. Đây là điều kiện lý tưởng để duy trì công suất động cơ xăng khi chuyển đổi thành động cơ syngas đánh lửa cưỡng bức.

Hình 11a và Hình 11b cho thấy, trong trường hợp phi=1 thì nồng độ CO và HC trong khí thải rất thấp, có thể bỏ qua. Do nhiệt trị của hỗn hợp tăng làm tăng nhiệt độ cực đại của quá trình cháy (Hình 11c). Nhiệt độ cực đại của quá trình cháy đạt lần lượt là 1779K, 1874K, 1999K và 2104K tương ứng với hàm lượng O₂ pha và không khí làm chất oxy hóa là 0%, 10%, 30% và 50%. Theo cơ chế Zeldovich, tốc độ hình thành NO_x phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ. Do đó khi nhiệt độ cháy tăng thì nồng độ NO_x trong khí thải động cơ cũng tăng theo. Trên Hình 11d, nồng độ NO_x tăng từ 77ppm ứng với chất oxy hóa là không khí lên đến 1557ppm ứng với chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 50% oxygen.



Hình 11. Ảnh hưởng của hàm lượng O₂ pha vào không khí làm chất oxy hóa RDF đến nhiệt độ và nồng độ các chất ô nhiễm trong khí thải động cơ GX160



Hình 12. Ảnh hưởng của hàm lượng O₂ pha vào không khí làm chất oxy hóa RDF đến các thông số đặc trưng quá trình cháy động cơ

Hình 12 so sánh tổng hợp ảnh hưởng của hàm lượng O₂ pha vào không khí làm chất oxy hóa RDF đến các thông số đặc trưng của quá trình cháy. Chúng ta thấy rõ quy luật biến thiên của các thông số quá trình cháy khi

động cơ sử dụng syngas từ RDF với chất oxy hóa là không khí được làm giàu bằng oxygen với hàm lượng khác nhau. Kết quả tổng hợp này cho thấy có thể xem gần đúng P_{max} , T_{max} , W_i và nồng độ CO, HC và NO_x đều tăng theo quy luật tuyến tính với hàm lượng O_2 làm giàu không khí. Điều này là do khi tăng hàm lượng O_2 trong không khí làm chất oxy hóa RDF thì nhiệt trị nhiên liệu tăng, tốc độ cháy và tốc độ tỏa nhiệt tăng giúp cải thiện chất lượng quá trình cháy.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra được những kết luận sau:

Khi sử dụng không khí được làm giàu oxygen làm chất oxy hóa thì tổng thành phần khối lượng các chất khí cháy được trong syngas lần lượt là 35%, 41%, 54% và 66% khi chất oxy hóa là không khí được làm giàu bởi 0%, 10%, 30% và 50% oxygen.

Khi tăng hàm lượng O_2 trong không khí làm chất oxy hóa lò khí hóa thì nhiệt trị của nhiên liệu tăng, tốc độ cháy cũng được cải thiện do đó tốc độ tỏa nhiệt gia tăng.

Khi phun syngas qua 1 vòi phun thì khu vực hỗn hợp hơi giàu nhiên liệu tập trung trên đỉnh buồng cháy, có lợi cho quá trình đánh lửa. Khi phun syngas qua 2 vòi phun thì bộ phận hỗn hợp giàu tập trung trên đỉnh piston, có lợi cho quá trình cháy hoàn toàn.

Công suất của động cơ Honda GX160 lần lượt là 2,74kW, 3,02kW, 3,45kW và 3,82kW tương ứng với hàm lượng O_2 pha vào không khí làm chất oxy hóa là 0%, 10%, 30% và 50%. So với công suất động cơ xăng trước khi cải tạo (4,1kW ở 3600 v/ph) thì công suất động cơ sử dụng syngas giảm lần lượt là 33%, 26%, 16% và 7% tương ứng với hàm lượng O_2 pha vào không khí làm chất oxy hóa.

Các thông số của động cơ khi sử dụng syngas từ RDF như là P_{max} , T_{max} , W_i , nồng độ CO, HC và NO_x đều tăng theo quy luật tuyến tính với hàm lượng O_2 làm giàu không khí làm chất oxy hóa. Vì khi tăng hàm lượng O_2 trong không khí làm chất oxy hóa RDF thì nhiệt trị nhiên liệu tăng, tốc độ cháy và tốc độ tỏa nhiệt tăng giúp cải thiện chất lượng quá trình cháy.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật – Đại học Đà Nẵng trong đề tài “Nghiên cứu tự động điều chỉnh góc đánh lửa sớm động cơ sử dụng năng lượng tái tạo hybrid: sinh khối-năng lượng mặt trời” có mã số T2022-06-18.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] VNA/VNS, “Viet Nam strives to achieve ‘net zero’ by 2050, with international support: PM”, *Viet Nam News*, November 02/2021. [Online]. Available: <https://vietnamnews.vn/environment/1071075/viet-nam-strives-to-achieve-net-zero-by-2050-with-international-support-pm.html> [Accessed 05/9/2023].
- [2] Y. A. Situmorang, Z. Zhao, A. Yoshida, A. Abudula, and G. Guan, “Small-scale biomass gasification systems for power generation (<200 kW lass): A review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 117, 109486, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109486>
- [3] F. Mariantonietta, V. Magi, and A. Viggiano, “Internal combustion engines powered by syngas: A review”, *Applied Energy*, vol. 276 115415, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115415>
- [4] A. Pradhan, P. Baredar, and A. Kumar, “Syngas as an alternative fuel used in internal combustion engines: A review”, *Journal of Pure and Applied Science & Technology*, vol. 5, No. 2, pp. 51–66, 2015.
- [5] V. G. Bui, T. H. Vo, T. M. T. Bui, L. B. T. Truong, and T. T. X. Nguyen, “Characteristics of Biogas-Hydrogen Engines in a Hybrid Renewable Energy System”, *International Energy Journal*, vol. 21, No. 4, pp. 467-480, 2021.
- [6] Z. Ran, D. Hariharan, B. Lawler, and S. Mamalis, “Experimental study of lean spark ignition combustion using gasoline, ethanol, natural gas, and syngas”, *Fuel*, vol. 235, pp. 530-537, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.08.054>
- [7] B. V. Ga, B. T. M. Tu, L. M. Tien, B. V. Hung, and N. L. C. Thành, “Advance Ignition Angle Adjustment for Engine Fueled With Biogas-Syngas-Hydrogen in Hybrid Renewable Energy System”. *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 20, no. 3, pp. 1-6, 2022.
- [8] V. G. Bui *et al.*, “Optimizing operation parameters of a spark-ignition engine fueled with biogas-hydrogen blend integrated into biomass-solar hybrid renewable energy system”, *Energy*, vol. 252, 124052, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124052>
- [9] S. Li, Y. Zhang, X. Qiu, B. Li, and H. Zhang, “Effects of inert dilution and preheating temperature on lean flammability limit of syngas”, *Energy & Fuels*, vol. 28, pp. 3442–3452, 2014. <https://doi.org/10.1021/ef500187s>
- [10] V. G. Bui, V. N. Tran, V. D. Nguyen, Q. T. Nguyen, and T. T. Huynh, “Octane number stratified mixture preparation by gasoline-ethanol dual injection in SI engines”, *International journal of environmental science and technology*, vol. 16, pp. 3021-3034, 2019. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1942-1>