

Đánh giá khả năng ứng dụng butanol trong động cơ xăng để thay thế một phần nhiên liệu truyền thống tại Việt Nam

KS. Nguyễn Huỳnh Hưng Mỹ, TS. Nguyễn Hữu Lương
TS. Nguyễn Đình Việt, KS. Cấn Đình Hùng
Viện Dầu khí Việt Nam

Tóm tắt

Trong pha chế xăng nhiên liệu, một số hợp chất chứa oxy thường được thêm vào xăng thành phẩm để sản phẩm đáp ứng các yêu cầu về kỹ thuật, môi trường và thương mại. Các hợp chất chứa oxy được xem xét ở đây là ete và cồn. Hợp chất ete như MTBE, ETBE, TAME, DIPE... được tổng hợp từ nguồn nguyên liệu hóa dầu nên khi xem xét về ý nghĩa “nhiên liệu xanh” thì công trình này chỉ đề cập đến cồn được sản xuất bằng phương pháp lên men sinh học. Trên thế giới, ngoài etanol sinh học được sử dụng phổ biến để pha chế xăng sinh học thì n-butanol sinh học đã được nghiên cứu thử nghiệm trong lĩnh vực giao thông từ rất sớm. N-butanol có một số ưu điểm vượt trội như: tính hút ẩm thấp, ít gây ăn mòn thiết bị, nhiệt cháy cao hơn, không làm tăng áp suất hơi bão hòa khi pha trộn với xăng... Nhiều tổ chức lớn (như BP, Dupont, Gevo, Arbor, Cobalt...) đã và đang triển khai các dự án sản xuất butanol sinh học và ứng dụng pha trộn với xăng thông dụng làm nhiên liệu cho lĩnh vực giao thông vận tải.

Trong bài báo này, nhóm tác giả (Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển Chế biến Dầu khí - Viện Dầu khí Việt Nam) sẽ trình bày kết quả các thử nghiệm đối với xăng pha n-butanol trên các khía cạnh gồm: đánh giá độ ổn định chất lượng của nhiên liệu khi tồn trữ bằng bốn chứa ngầm, tác động gây trướng nở, ăn mòn vật liệu tiếp xúc; các thử nghiệm chạy ô tô trên băng thử, chạy đội ô tô hiện trường (on-road) và đánh giá độ bền động cơ sử dụng xăng pha n-butanol trong thời gian dài (tương đương chu kỳ trung tu động cơ) so với xăng thông dụng. Các kết quả thử nghiệm cho thấy xăng pha n-butanol có quy cách phẩm chất, thông số vận hành và tính năng làm việc của nhiên liệu trên xe ô tô là tương đương so với xăng thông dụng A95, đồng thời sử dụng xăng pha n-butanol góp phần làm giảm thiểu khí độc hại phát thải ra môi trường. Tuy nhiên, việc ứng dụng n-butanol làm nhiên liệu ở điều kiện Việt Nam còn gặp nhiều thách thức do các yếu tố khách quan và chủ quan.

1. Mở đầu

Xu hướng sử dụng các loại nhiên liệu thay thế đã và đang trở thành vấn đề cấp bách đối với nhiều quốc gia trên toàn cầu nhằm đối phó với tình trạng khan hiếm nguồn nhiên liệu hóa thạch và các thảm họa, thiên tai xâm hại đến môi trường sinh quyển. Tại Việt Nam, việc sử dụng nhiên liệu thay thế đã có những bước tiến rất khả quan từ nhiều nguồn năng lượng khác nhau như phong điện, sinh khối... và nhất là từ khi sản phẩm xăng sinh học E5 chính thức có mặt trên thị trường.

Nhiên liệu xăng pha n-butanol sinh học đã được nghiên cứu từ rất lâu (trước chiến tranh thế giới thứ I [6]), sau đó do n-butanol được sản xuất từ công nghệ sinh học

không cạnh tranh được với nguồn n-butanol sản xuất từ công nghiệp hóa dầu nên bị ngưng trệ trong thời gian dài. Tuy nhiên, gần đây nhiều nước trên thế giới bắt đầu quan tâm trở lại sản xuất n-butanol sinh học do nguồn năng lượng gốc khoáng được dự báo ngày càng cạn kiệt dần. N-butanol có nhiều ưu điểm vượt trội so với etanol [8]:

- + Nhiệt trị cao hơn 25 - 30% so với etanol.
- + Có thể pha trộn với xăng thông dụng với tỷ lệ cao hơn (có thể sử dụng nhiên liệu 100% n-butanol mà không cần phải can thiệp tới động cơ, trong khi đó etanol pha trộn vào xăng tối đa là E85 và phải hoán cải động cơ).
- + Tính hút ẩm, tách pha và ăn mòn rất thấp do đó có thể tồn trữ, vận chuyển và phân phối xăng pha n-butanol

bằng hệ thống cơ sở hạ tầng xăng dầu hiện hữu.

+ Áp suất hơi bão hòa thấp nên có thể pha trộn n-butanol với xăng dễ dàng và an toàn. Mặt khác, khi pha n-butanol vào xăng không làm tăng áp suất hơi bão hòa của hỗn hợp pha chế.

+ Nguồn nguyên liệu để sản xuất n-butanol sinh học cũng tương tự như đối với sản xuất etanol sinh học: nguyên liệu thế hệ I (sắn, ngô, mía đường...), thế hệ II (rơm rạ, trấu, bã mía...).

Để có cơ sở đánh giá khách quan những nhận định trên, đồng thời đưa ra kết luận về sự phù hợp của nhiên liệu xăng pha n-butanol theo các tiêu chuẩn kỹ thuật, môi trường cũng như thông số hoạt động của động cơ, tính năng làm việc của nhiên liệu trên các phương tiện vận tải ở Việt Nam, nhóm tác giả đã tiến hành thử nghiệm xăng pha n-butanol với các nội dung như sau:

+ Trong phòng thí nghiệm: đánh giá tác động gây trương nở ống nối mềm trụ bơm cây xăng và ăn mòn vật liệu thép tiếp xúc trong thời gian 2.000 giờ.

+ Tồn trữ hiện trường: đánh giá độ ổn định chất lượng của xăng pha n-butanol được tồn trữ bằng bồn chứa ngầm mô hình cây xăng trong thời gian 90 ngày.

+ Chạy ô tô trên băng thử CD-48 inch (autotest): đánh giá các thông số hoạt động của động cơ và thành phần khí thải của xăng pha n-butanol so với xăng thông dụng A95.

+ Chạy đội ô tô hiện trường (on-road): đánh giá tính năng làm việc của nhiên liệu, độ phát thải

gây ô nhiễm môi trường và ý kiến nhận xét của các tài xế giữa 2 loại nhiên liệu thử nghiệm.

+ Thử nghiệm đánh giá độ bền (hao mòn) của động cơ chạy xăng thông dụng và động cơ cùng loại chạy xăng pha n-butanol trong thời gian dài (tương đương với chu kỳ trung tu của động cơ).

Kết quả các thử nghiệm này sẽ là cơ sở kỹ thuật để đánh giá khả năng ứng dụng nhiên liệu xăng pha n-butanol ở Việt Nam.

2. Kết quả nghiên cứu thử nghiệm

2.1. Thành phần xăng pha n-butanol

Quy cách phẩm chất của nhiên liệu xăng pha n-butanol

Bảng 1. Quy cách phẩm chất của xăng pha n-butanol

TT	Chỉ tiêu	TCVN 6776:2005	Xăng A95 (xăng NMLD Dung Quất)	Xăng pha n-butanol
1	Trị số octane (RON)	min 95	95,6	95
2	Hàm lượng chì, g/l	max 0,013	< 0,004	< 0,0025
3	Thành phần cất, °C			
	Điểm sôi đầu	Báo cáo	38,6	37,1
	10% thể tích	max 70	58,1	63,5
	50% thể tích	max 120	112,6	103,4
	90% thể tích	max 190	160,5	157,4
	Nhiệt độ sôi cuối	max 215	185,5	184,2
	Cặn, % thể tích	max 2,0	1	1,1
4	Độ ăn mòn mảnh đồng,	max loại 1	1a	1a
5	Hàm lượng nhựa thực tế, mg/100ml	max 5	< 0,4	1,5
6	Độ ổn định oxy hóa ở 100°C	min 480	> 480	> 480
7	Hàm lượng lưu huỳnh	max 500	109	90
8	Áp suất hơi bão hòa, kPa	43 - 75	57,5	51,7
9	Hàm lượng benzene, %tt	max 2,5	1,38	1,3
10	Hydrocacbon thơm, %tt	max 40	38,3	33,6
11	Hàm lượng olefin, %tt	max 38	30,3	30,1
12	Hàm lượng etanol, %tt	-	-	-
	Hàm lượng n-butanol, %tt	-	-	10,5
13	Hàm lượng oxy, %kl	max 2,7	< 0,2	2,5
14	Khối lượng riêng ở 15°C	Báo cáo	755,5	765,2
15	Hàm lượng kim loại:			
	Fe, mg/l	max 5	< 1	< 1
	Mn, mg/l	max 5	< 1	< 0,25
16	Hàm lượng nước, mg/kg	-	-	515
17	Ngoại quan	Sạch, trong	Sạch, trong	Sạch, trong

đáp ứng theo tiêu chuẩn xăng không chì RON 95 (TCVN 6776:2005), nhóm tác giả đã tính toán pha chế thành phần công thức xăng pha n-butanol (*không sử dụng phụ gia*) bao gồm: 89,5%tt xăng A95 (mẻ xăng của NMLD Dung Quất, RON = 95,6) và 10,5%tt n-butanol (RON = 94).

Nhận xét:

+ Kết quả phân tích trong Bảng 1 cho thấy các chỉ tiêu kỹ thuật của mẫu xăng pha n-butanol đáp ứng theo TCVN 6776:2005. Trị số octane RON của mẫu xăng pha 10,5%tt n-butanol đạt 95 và áp suất hơi RVP giảm gần 6 đơn vị so với xăng A95 sử dụng pha chế.

+ Kết quả tính toán cho thấy, khi pha 1%tt n-butanol vào xăng A95 thì hàm lượng oxy trong sản phẩm tăng lên 0,24%kl. Do đó, khi sử dụng nguồn xăng nhập khẩu (đã có sẵn hợp chất chứa oxy) để pha chế xăng pha n-butanol thì cần giới hạn tỷ lệ n-butanol phù hợp để đáp ứng theo tiêu chuẩn xăng Việt Nam.

2.2. Thử nghiệm đánh giá độ ổn định chất lượng khi tồn trữ hiện trường và tác động đến vật liệu tiếp xúc (kim loại, phi kim loại) của xăng pha n-butanol

2.2.1. Thử nghiệm tồn trữ hiện trường xăng pha n-butanol bằng bồn chứa ngầm mô hình cây xăng

Mục đích của thử nghiệm này nhằm đánh giá độ ổn định chất lượng của nhiên liệu xăng pha n-butanol theo thời gian tồn trữ là 90 ngày (gấp hơn 10 lần vòng quay trung bình tại cửa hàng xăng dầu) bằng bồn chứa ngầm 2.000 lít. Mô hình này được thiết kế theo tiêu chuẩn bồn chứa ngầm (TCVN 4162-85) của cửa hàng xăng dầu hiện hữu.

+ Bồn chứa được thiết kế theo quy cách 1.250 x 1.800 x 5mm, bằng thép CT3.



Hình 1. Bồn chứa 2.000 lít thử nghiệm

+ Bồn ngầm có lắp đặt van thở, ống xuất nhập, nắp lấy mẫu, lỗ đo bồn, tấm chắn miệng bồn.

Nội dung thử nghiệm: pha trộn 2.000 lít xăng pha n-butanol có công thức như trên (không sử dụng phụ gia) tồn trữ trong bồn ngầm, định kỳ lấy mẫu tuần/lần (phương pháp lấy mẫu điểm và mẫu chạy) để phân tích các chỉ tiêu kỹ thuật của mẫu xăng pha n-butanol. Trong Bảng 2, nhóm tác giả trình bày kết quả phân tích mẫu nhiên liệu tồn trữ tại thời điểm các tuần thứ 1, 5, 9 và 13.

Nhận xét:

- Từ tuần 1 đến tuần thứ 9:

+ Không xảy ra hiện tượng tách lớp, biến chất, tạp chất lơ lửng hay thay đổi màu sắc.

+ Các chỉ tiêu hóa lý của xăng pha n-butanol đáp ứng TCVN 6776:2005.

- Từ tuần thứ 10 đến tuần thứ 13:

+ Không xảy ra hiện tượng tách lớp, biến chất, thay đổi màu sắc hay cặn lắng. Hàm lượng nước không tăng sau 3 tháng tồn trữ.

+ Hàm lượng oxy vượt giới hạn cho phép (> 2,7%kl) ở tuần thứ 10 và tăng dần đến tuần thứ 13 (đạt 2,93%kl). Nguyên nhân là do n-butanol có khối lượng riêng lớn hơn xăng nên có xu hướng lắng dần xuống đáy bồn chứa. Kết quả kiểm tra hàm lượng n-butanol (lấy mẫu điểm) ở đáy bồn là 11,2%tt (tại tuần thứ 13) cao hơn so với lúc ban đầu pha chế.

+ Hàm lượng nước của mẫu nhiên liệu tồn trữ không tăng sau 13 tuần thử nghiệm. Hàm lượng nước của mẫu xăng pha n-butanol tồn trữ hiện trường (Bảng 3) cao hơn so với mẫu nhiên liệu pha chế trong phòng thí nghiệm (Bảng 2), điều này là do sử dụng mẫu xăng A95 (Dung Quất) pha chế đợt sau khác lò so với đợt đầu.

+ Các chỉ tiêu còn lại thay đổi không đáng kể và nằm trong giới hạn của tiêu chuẩn TCVN 6776:2005.

2.2.2. Thử nghiệm tác động gây ăn mòn, trương nở của xăng pha n-butanol đến vật liệu tiếp xúc (kim loại và phi kim loại) so với xăng thông dụng

Thực hiện thử nghiệm này, nhóm tác giả đã ngâm thử các chi tiết phi kim loại của động cơ xe gắn máy, mẫu thép CT3 và ống nối mềm trụ bơm cây xăng như sau:

+ Các gioăng phớt, bông-tu, ống dẫn, phao xăng, lọc nhiên liệu của động cơ xe gắn máy.

Bảng 2. Kết quả phân tích mẫu xăng pha n-butanol tồn trữ trong bốn năm

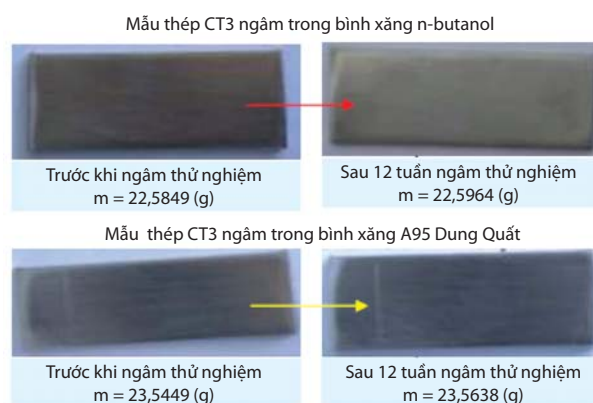
TT	Chỉ tiêu	Kết quả phân tích theo thời gian tồn trữ, tuần			
		Tuần thứ 1	Tuần thứ 5	Tuần thứ 9	Tuần thứ 13
1	Nhiệt độ lấy mẫu, °C	24	20	22	25
2	Trị số octane (RON)	95	95	94,8	95
3	Hàm lượng chì, g/l	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025
4	Thành phần cất phân đoạn, °C				
	Điểm sôi đầu	37,8	39,5	38,4	38,7
	10% thể tích	63,2	58,3	57	57,2
	50% thể tích	101,5	99,1	98,8	98,1
	90% thể tích	155,6	154	152,6	150,4
	Điểm sôi cuối, °C	178,3	181,6	180,8	181,2
	Cặn cuối, % thể tích	1,0	1,1	1,1	1,1
5	Độ ăn mòn mảnh đồng	1 a	1 a	1 a	1 a
6	Hàm lượng nhựa, mg/100ml	0,8	0,8	1,1	1,2
7	Độ ổn định oxy hóa ở 100°C	830	899	875	902
8	Áp suất hơi bão hòa, kPa	62,4	65,1	64,2	62,5
9	Hàm lượng benzen, % thể tích	1,89	1,85	1,92	1,89
10	Hydrocacbon thơm, % thể tích	32	32,1	32,6	32,2
11	Hàm lượng olefin, % thể tích	28,1	29,0	30,1	29,8
12	Hàm lượng oxy, % khối lượng	2,37	2,45	2,56	2,93
13	Khối lượng riêng 15°C, kg/m ³	750,1	750,5	751,1	751,2
14	Hàm lượng (Fe, Mn), mg/l	< 1	< 1	< 1	< 1
15	Hàm lượng nước, mg/kg	1.460	1.110	1.140	1.080
16	Ngoại quan	Sạch, trong	Sạch, trong	Sạch, trong	Sạch, trong

+ Mẫu thép CT3.

+ Ống nối mềm Yokohama và Hipress.

Các cồng nối chung do hoạt tính dung môi có khả năng gây trương nở vật liệu phi kim loại tiếp xúc (chi tiết động cơ, ống nối mềm trụ bơm cây xăng) và trong điều kiện nhiễm nước gây ăn mòn các vật liệu kim loại tiếp xúc. Tác động của xăng pha n-butanol đến hệ thống cơ sở hạ tầng sử dụng để tồn trữ, vận chuyển và phân phối xăng dầu hiện hữu được khảo sát trong 3 thử nghiệm sau đây.

Thử nghiệm thứ nhất: ngâm chìm các chi tiết phi kim loại của động cơ xe gắn máy (gioăng phớt, bông-tu, ống dẫn, phao xăng, lọc nhiên liệu) trong 2 bình chứa 2 loại nhiên liệu và quan sát định kỳ 3 ngày/lần. Sau thời gian 3 tháng thử nghiệm, kết quả cho thấy hình dạng, màu sắc của các vật mẫu không bị thay đổi. Như vậy, 10,5%tt n-butanol pha vào xăng thông dụng không có dấu hiệu gây trương nở đối với các chi tiết phi kim loại của động cơ xe gắn máy.


Hình 2. Thử nghiệm đánh giá tác động gây ăn mòn thép CT3 của xăng pha n-butanol

Thử nghiệm thứ hai: sử dụng mẫu thép CT3 - loại thép phổ biến được chế tạo các loại bồn chứa, đường ống dẫn, xe bồn, tàu, sà lan - được ngâm chìm trong 2 bình chứa 2 loại nhiên liệu thử nghiệm trong thời gian 2.000 giờ.

Các mẫu kim loại thép CT3 được xử lý làm sạch bề mặt trước khi đem ngâm trong các bình thủy tinh kín, một

bình chứa xăng A95 thông dụng và bình chứa xăng pha n-butanol để theo dõi. Định kỳ 3 ngày/lần, các mẫu kim loại được quan sát và so sánh hiện tượng tạo rỉ sét trên bề mặt vật mẫu giữa 2 bình nhiên liệu. Và định kỳ 4 tuần/lần, các mẫu kim loại được đem sấy khô cân khối lượng để so sánh với lúc ban đầu. Kết quả thử nghiệm cho thấy trong thời gian ngâm hơn 2.000 giờ các mẫu thép CT3 không bị biến đổi màu sắc và hiện tượng tạo rỉ sét trên bề mặt không rõ ràng, kết quả cân khối lượng mẫu thép CT3 thay đổi không đáng kể ($D = 0,0115 \div 0,0189g$) so với trước khi thử nghiệm.

Thử nghiệm thứ ba: thực hiện thử nghiệm tương tự như trên đối với các ống nối mềm Yokohama và Hipress - hai loại ống được sử dụng phổ biến tại các cửa hàng bán xăng dầu. Kết quả quan sát cho thấy thành trong (mặt tiếp xúc với nhiên liệu) của cả hai loại ống mềm không có hiện tượng trương nở hay biến dạng sau hơn 2.000 giờ ngâm trong 2 bình thủy tinh chứa 2 loại nhiên liệu. Kết quả đo kiểm đường kính trong của các ống nối mềm thay đổi không đáng kể ($D = 0,05 - 0,10mm$) so với trước khi thử nghiệm. Tuy nhiên, độ cứng của ống nối mềm Hipress thì tốt hơn so với loại ống Yokohama đối với bình chứa xăng pha n-butanol.



Hình 3. Thử nghiệm đánh giá tác động gây trương nở ống nối mềm Yokohama và Hipress của xăng pha n-butanol

Qua các thử nghiệm trên cho thấy, chất lượng nhiên liệu xăng pha n-butanol đáp ứng theo tiêu chuẩn TCVN 6776:2005 trong thời gian lưu kho bảo quản là 60 ngày (khi không có pha phụ gia). Xăng pha n-butanol có khả năng tương thích với vật liệu phi kim loại chế tạo động cơ xe gắn máy, bồn chứa và phụ trợ kèm theo của cửa hàng xăng dầu hiện hữu.

2.3. Thử nghiệm xăng pha butanol trên băng thử CD-48 inch (autotest)

Mục đích thử nghiệm: đánh giá so sánh các thông số kinh tế kỹ thuật và môi trường của phương tiện sử dụng xăng pha n-butanol so với xăng thông dụng có cùng trị số octane. Nội dung thử nghiệm: đo kiểm và so sánh các thông số kinh tế kỹ thuật và thành phần khí phát thải của động cơ trên băng thử hiện đại CD-48 inch (của hãng AVL, Cộng hòa Áo) giữa 2 loại nhiên liệu thử nghiệm.

- + Độ tăng/giảm áp suất nén xy-lanh.
- + Độ lọt khí cac-ter.
- + Khả năng tăng tốc.
- + Khả năng vượt dốc.
- + Thành phần khí thải (CO_x , NO_x , HC).
- + Tiêu hao nhiên liệu.

Xe thử nghiệm: sử dụng 2 xe ô tô có hệ thống cung cấp nhiên liệu phun xăng điện tử: xe khách Mercedes Benz (sản xuất năm 1993) và xe tải nhẹ Suzuki Carry Truck (sản xuất năm 2008).

Đơn vị hợp tác thử nghiệm: Phòng Thí nghiệm động cơ đốt trong, Khoa Cơ khí Giao thông, Đại học Bách khoa Đà Nẵng.

Kết quả thử nghiệm xem Bảng 3.

2.4. Thử nghiệm chạy đội ô tô ngoài hiện trường

Mục đích thử nghiệm: thử nghiệm này nhằm đánh giá tính năng làm việc của xăng pha n-butanol trên các phương tiện giao thông vận tải thông dụng trên địa hình đường sá thực tế (đường bằng, đèo dốc) so với xăng thông dụng A95.

Nội dung thử nghiệm: nhóm chuyên gia về động cơ sẽ theo dõi các tiêu chí (thao tác sang số, khả năng khởi động, khả năng tăng tốc) và đo đạc các thông số hoạt động của động cơ (áp suất dầu bôi trơn, áp suất nén xy-lanh, nhiệt độ máy, tiêu hao nhiên liệu) đối với từng loại xe ô tô sử dụng 2 loại nhiên liệu trên.

Bảng 3. Kết quả thử nghiệm ô tô trên băng thử CD-48 inch khi sử dụng xăng pha n-butanol so với xăng A95

Thông số		Xe Mercedes Benz	Xe Suzuki Carry Truck	Nhận xét
Áp suất nén xy-lanh, bar		Không thay đổi ở trạng thái nguội Tăng 0,38% khi hoạt động ở trạng thái nóng	Không thay đổi ở trạng thái nguội. Tăng 9,7% khi hoạt động ở trạng thái nóng	Nhiên liệu xăng pha n-butanol có tính bít kín buồng cháy tốt hơn (do n-butanol có độ nhớt cao hơn) xăng A95 nên làm tăng áp suất nén và giảm độ lọt khí xuống cac-ter
Độ lọt khí cac-ter, lít/phút		Giảm từ 5 - 22%	Giảm từ 5 - 32%	
Khả năng tăng tốc		Giảm 29,4% khi gia tốc tự do trên đường bằng phẳng (độ dốc 0%) Khả năng tăng tốc đáp ứng theo chu trình ECE 15/04 (không vi phạm chu trình)	Giảm 4% khi gia tốc tự do trên đường bằng phẳng (độ dốc 0%) Khả năng tăng tốc đáp ứng theo chu trình ECE 15/04 (không vi phạm chu trình)	Hiệu ứng nhiệt ẩn hóa hơi của n-butanol lớn hơn xăng 1,9 lần, nên làm giảm nhiệt độ môi chất nạp trong buồng đốt, quá trình đốt cháy xăng pha n-butanol không thuận lợi như xăng thông dụng Nhiệt trị của n-butanol thấp hơn xăng, do đó tổng nhiệt trị sinh ra trong buồng đốt tính trên đơn vị thời gian của xăng pha n-butanol thấp hơn xăng thông dụng (tỷ số A/F không đổi) Hiện trạng của xe Suzuki tốt hơn nên mức giảm thấp hơn so với xe Mercedes
Khả năng vượt dốc		Giảm từ 25 - 35%	Giảm từ 5 - 20%	
Thành phần khí xả (CO _x , NO _x , HC)	Chế độ duy trì tốc độ	CO ₂ : giảm 11,4% CO: giảm 96,8% HC: giảm 83% NO _x : giảm 76,7%	CO ₂ : giảm 2,7% CO: giảm 4,7% HC: giảm 14,6% NO _x : giảm 20,8%	Hầu hết các khí thải đều giảm mạnh
	Theo chu trình ECE 15/04	CO ₂ : giảm 5,3% CO: giảm 18,9% HC: giảm 58,5% NO _x : tăng 11,1%	CO ₂ : tăng 3,2% CO: tăng 32% HC: giảm 38,9% NO _x : tăng 31,8%	Khí CO _x tăng do động cơ xe Suzuki hoạt động ở chế độ hỗn hợp giàu nhiên liệu khi tài xế điều khiển cố gắng đáp ứng theo chu trình thử nghiệm do công suất xe Suzuki (31kW) < công suất xe Mercedes (90kW) Khí HC giảm mạnh ở mọi chế độ chạy
Tiêu hao nhiên liệu theo chu trình ECE 15/04, lít/100km		Tăng 0,3%	Giảm 1,8%	Tiêu hao nhiên liệu thay đổi không đáng kể và phụ thuộc vào thao tác xử lý của tài xế

Riêng đối với thành phần khí thải sẽ được kiểm tra tại Trạm Đăng kiểm Ô tô Đà Nẵng sau mỗi ngày chạy thử nghiệm. Đồng thời, nhóm chuyên gia ghi nhận các ý kiến đánh giá của lái xe trong suốt thời gian chạy thử nghiệm. Lộ trình chạy hiện trường: từ quận Liên Chiểu đi đèo Hải Vân và quay về (đường thành phố và đèo dốc) khoảng 2.400km/xe (trong 10 ngày chạy thử nghiệm hiện trường). Đội xe thử nghiệm: xe ô tô Mercedes Benz, Suzuki Carry Truck, Toyota Hiace (sản xuất năm 2003, sử dụng bộ chế hòa khí).

Đơn vị hợp tác thử nghiệm: Phòng Thí nghiệm Động cơ đốt trong, Đại học Bách khoa Đà Nẵng và Trung tâm Đăng kiểm Ô tô Đà Nẵng.

Kết quả thử nghiệm xem Bảng 4.

Kết luận về thử nghiệm đội ô tô hiện trường:

+ Tính năng làm việc của xăng pha n-butanol trên động cơ trong thử nghiệm chạy đội ô tô hiện trường thay đổi không đáng kể so với xăng A95 thông dụng.

+ Khả năng tăng tốc của ô tô khi sử dụng xăng pha n-butanol tốt hơn so với khi sử dụng xăng A95 thông dụng, tuy nhiên khả năng khởi động kém hơn đôi chút.

+ Mức độ phát thải khí gây ô nhiễm thay đổi tùy thuộc vào hiện trạng của từng loại xe. Khí HC giảm ở cả 3 xe ô tô. Khí CO giảm đối với xe Mercedes nhưng lại tăng đối với xe Toyota Hiace và Suzuki. Tuy nhiên, mức tăng vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo TCVN 6438:2005 (xe Toyota Hiace phát khí thải CO cao nhất chỉ đạt 1,099%tt so với TCVN cho phép thấp nhất là 4,5%tt).

+ Kết quả chạy ô tô thử nghiệm trên đường cho thấy gần như 100% ý kiến của lái xe đều nhận định rằng tính

Bảng 4. Kết quả thử nghiệm chạy đội ô tô hiện trường sử dụng xăng pha n-butanol so với xăng A95

Thông số	Mercedes Benz (phun xăng điện tử)	Suzuki Carry Truck (phun xăng điện tử)	Toyota Hiace (bộ chế hòa khí)
Áp suất dầu bôi trơn	Thay đổi không đáng kể		
Áp suất nén xylanh, bar	Thay đổi không đáng kể		
Khả năng tăng tốc	Tăng 8,3%	Tăng 10,09%	Tăng 15,8%
Khả năng khởi động nóng/nguội, giây	Giảm 17 - 17,1%	Giảm 8,8 - 10,5%	Giảm 6,4 - 14,8%
Tiêu hao nhiên liệu	Tăng 0,67%	Tăng 4,71%	Tăng 0,72%
Thành phần khí xả (CO, HC)	CO: giảm 85,71% HC: giảm 8,33%	CO: tăng 42,86% HC: giảm 50,58%	CO: tăng 40,84% HC: giảm 26,57%

năng làm việc của xăng pha n-butanol là tương đương so với xăng thông dụng A95.

2.5. Thử nghiệm đánh giá độ bền động cơ

Chu trình thử nghiệm dựa theo chu trình chung được đề xuất bởi Hiệp hội các nhà sản xuất ô tô của Mỹ, có tổng thời lượng chạy máy là 272 giờ được căn cứ trên các tiêu chí kinh tế, kỹ thuật và hiện trạng các xe thử nghiệm. Thử nghiệm được thực hiện trên các thiết bị hiện đại của hãng AVL được trang bị tại Phòng Thí nghiệm Động cơ đốt trong - Đại học Bách khoa Đà Nẵng. Chu trình thử nghiệm 272 giờ có lộ trình quy đổi tương ứng ngoài đường sá thực tế là khoảng 22.000km (tương đương với chu kỳ trung tu của động cơ).

Chu trình thử nghiệm gồm 2 chế độ chạy máy: chế độ chạy để đo đặc tính tổng hợp (*Short Term Performance Test*) vận hành theo chu trình tổng hợp Engine Map; và chế độ chạy máy mang tải trong thời gian lâu dài (*Long Term Performance Test*), chế độ này động cơ mang tải từ trung bình đến nặng và vận hành ở tất cả các chế độ tốc độ từ số vòng quay không tải đến số vòng quay cực đại.

Hai động cơ thử nghiệm được tháo ra từ 2 xe tải nhẹ Suzuki (*cùng đời, cùng kiểu*) và lắp đặt trên hệ thống thử nghiệm hiện đại của châu Âu (APA 204/E8). Nhóm chuyên gia tiến hành đo các chỉ tiêu kỹ thuật tổng hợp của động cơ, đo kích thước 3D của các chi tiết truyền động (xy-lanh, piston, xupap, bạc đỡ, trục khuỷu, thanh truyền), đo độ nhớt và hàm lượng hạt mài mòn kim loại trong dầu bôi trơn động cơ trước, trong và sau quá trình thử nghiệm. Các số liệu, giá trị đo các thông số hoạt động của động cơ thứ 1 chạy xăng A95 trong suốt quá trình chạy thử nghiệm được lấy làm dữ liệu chuẩn để so sánh với động cơ thứ 2 chạy xăng pha n-butanol trên cùng băng thử và điều kiện thử nghiệm.

Phương pháp lấy mẫu dầu nhờn để xác định hàm lượng hạt mòn kim loại (Cr, Mo, Al, Cu, Fe) hình thành trong

dầu để đánh giá độ hao mòn các chi tiết của cụm truyền động động cơ như sau: sau mỗi 16 giờ chạy máy, lấy 1 lít dầu nhờn tại vị trí các-ter để phân tích một số chỉ tiêu kỹ thuật, đồng thời bổ sung 1 lít dầu nhờn mới vào động cơ.

2.5.1. Đo đặc tính kỹ thuật tổng hợp của động cơ: công suất động cơ và tiêu hao nhiên liệu.

Bảng 5. So sánh công suất động cơ chạy xăng pha n-butanol và xăng A95

Công suất động cơ (ở tốc độ 4.500 vòng/phút)	$P_{\text{trước}}/P_{\text{sau}}$ (KW)	Mức tăng/giảm (± %)
Chạy xăng A95	33,519/32,490	-3,072
Chạy xăng pha n-butanol	34,117/32,987	-3,327

Sau 272 giờ chạy động cơ thử nghiệm hao mòn, công suất của hai động cơ chạy xăng A95 và xăng pha n-butanol đều giảm, mức giảm công suất của động cơ chạy xăng pha n-butanol cao hơn đôi chút (0,25%).

Bảng 6. So sánh tiêu hao nhiên liệu của động cơ chạy xăng pha n-butanol và xăng A95

Tiêu hao nhiên liệu (ở tốc độ 4.500 vòng/phút)	Tiêu hao nhiên liệu trước/sau (kg/h)	Mức tăng/giảm (± %)
Chạy xăng A95	10,040/9,802	-2,367
Chạy xăng pha n-butanol	9,788/9,656	-1,349

Sau 272 giờ thử nghiệm, mức tiêu hao nhiên liệu của động cơ chạy xăng pha n-butanol cao hơn so với khi chạy xăng A95 thông dụng. Tuy nhiên, suất tiêu hao nhiên liệu trung bình của động cơ chạy xăng pha n-butanol trong 272 giờ lại thấp hơn so với xăng A95. Điều này là do quá trình cháy của nhiên liệu xăng pha n-butanol tốt hơn so với xăng thông dụng A95 (lượng khí thải HC của động cơ chạy xăng pha n-butanol ít hơn so với xăng A95 thông dụng).

Bảng 7. So sánh mức độ kín khí buồng cháy động cơ giữa 2 loại nhiên liệu

Thông số	Động cơ chạy nhiên liệu xăng pha n-butanol/ xăng A95	Mức tăng/giảm, (±%) (sau khi thử nghiệm)
Kích thước 3D chi tiết động cơ	Xy-lanh: tăng 0,0328/0,0323 mm Xu-pap, đế xu-pap (hút, xả), chốt piston, bạc thanh truyền có kích thước chênh lệch không đáng kể	Thay đổi không đáng kể
Độ lọt khí cac-ter, %	Tăng 22,9%/30,65%	Tăng 16,23%/20,45%
Áp suất nén xy-lanh	Gần như không thay đổi	Gần như không thay đổi

2.5.2. Đo độ kín khí buồng cháy động cơ

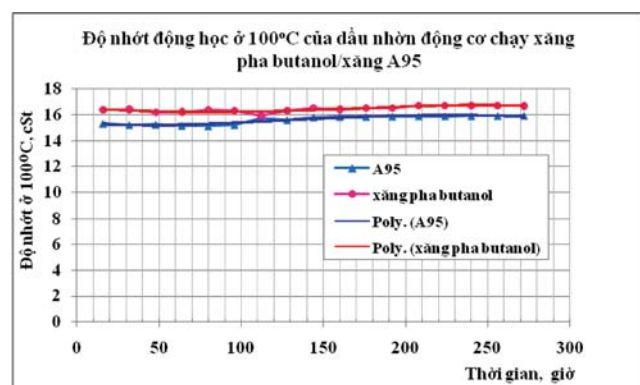
Kết quả độ mài mòn xy-lanh của động cơ chạy xăng pha n-butanol so với xăng A95 thông dụng là tương đương. Lượng mài mòn xy-lanh của động cơ chạy xăng A95 là 0,0323mm so với động cơ chạy xăng pha n-butanol là 0,0328mm. Mức sai lệch này (0,0005mm) là vô cùng bé so với đường kính 65,5mm của xy-lanh. Kết quả thử nghiệm sau 272 giờ chạy máy, độ mài mòn lớn nhất của các chi tiết chốt piston, bạc thanh truyền, xu-pap và đế xu-pap của 2 động cơ đều rất nhỏ.

Độ lọt khí xuống cac-ter của ở động cơ chạy xăng pha n-butanol thấp hơn so với ở động cơ chạy xăng A95. Điều này là do xăng pha n-butanol có độ nhớt cao hơn so với xăng A95 thông dụng nên có tính bít kín buồng đốt tốt hơn, giảm được khí lọt xuống cac-ter. Tính chất này mang lại lợi ích về giảm tiêu hao nhiên liệu và duy trì chất lượng dầu bôi trơn của động cơ.

- Đo chất lượng dầu bôi trơn:

Các đánh giá hao mòn động cơ trên đây được phản ánh qua kết quả phân tích chất lượng dầu bôi trơn (độ nhớt) và sự hình thành các hạt mài mòn kim loại trong dầu nhờn bôi trơn động cơ.

Từ đồ thị Hình 5 cho thấy, độ nhớt của dầu nhờn trong từng động cơ thay đổi rất ít trong quá trình thử nghiệm.


Hình 4. Đồ thị biểu diễn độ nhớt dầu bôi trơn động cơ

Độ nhớt dầu nhờn ở động cơ chạy xăng pha n-butanol cao hơn chút ít so với ở động cơ chạy xăng A95. Độ hao mòn các chi tiết động cơ cũng được thể hiện qua hàm lượng hạt mòn kim loại trong dầu nhờn động cơ. Cụ thể như sau:

+ Hao mòn sec-măng: do sự mài mòn các kim loại Mo và Cr. Lúc đầu các thành phần kim loại Cr và Mo trong dầu nhờn của động cơ chạy xăng A95 có nồng độ hình thành chênh lệch nhau đôi chút so với động cơ chạy xăng pha n-butanol là do có sự mài mòn nhanh của sec-măng (vì động cơ trước khi thử nghiệm được tháo bung ra để đo đặc kích thước của các chi tiết nên khi ráp lại sẽ có độ côn và ô-van nhất định giữa các chi tiết tiếp xúc). Sau khi bề mặt của sec-măng được san phẳng và kín khí thì thành phần Cr và Mo hình thành của 2 động cơ chạy 2 loại nhiên liệu thử nghiệm có giá trị tiệm cận nhau.

+ Hao mòn xy-lanh: do sự mài mòn kim loại Fe. Lúc đầu do chưa có sự kín khí giữa piston và xy-lanh của động cơ nên có sự chênh lệch đôi chút về nồng độ Fe trong mẫu dầu nhờn của cả 2 động cơ. Sau khi đã san phẳng và rà khí thì nồng độ hạt mòn Fe hình thành có giá trị tiệm cận giữa 2 loại nhiên liệu thử nghiệm.

+ Hao mòn bạc đỡ, trục khuỷu, trục cam: do sự mài mòn các kim loại Al, Cu và Pb. Hàm lượng kim loại Pb của các mẫu dầu nhờn là rất nhỏ và có thể coi là không đổi (< 0,05ppm). Hàm lượng Al và Cu lúc đầu cũng có sự chênh lệch đôi chút khi động cơ mới lắp ráp, sau đó thành phần của các kim loại hình thành có giá trị tiệm cận nhau.

3. Đánh giá khả năng ứng dụng n-butanol làm nhiên liệu ở Việt Nam

3.1. Về yếu tố thách thức chủ quan và khách quan

- Trên thế giới, số lượng nhà máy sản xuất butanol sinh học bằng phương pháp lên men ABE chỉ chiếm một phần nhỏ so với số lượng nhà máy sản xuất bằng nguyên liệu từ hóa dầu (propylen và khí tổng hợp). Các nhà máy sản xuất butanol sinh học chủ yếu được chuyển đổi hoặc

tích hợp vào các nhà máy sản xuất etanol sinh học hiện hữu. Nhiều nhất là Trung Quốc với 6 nhà máy lên men ABE sản xuất butanol sinh học có tổng công suất 30.000 tấn/năm (nguyên liệu là ngô). Brazil và Ấn Độ cũng có một vài nhà máy sản xuất butanol sinh học từ nguyên liệu mía đường với công suất khoảng 8.000 tấn/năm. Vì nguyên liệu và công nghệ lên men sản xuất etanol và butanol sinh học khá tương đồng nên khi tích hợp phân xưởng công nghệ sản xuất butanol sinh học cho nhà máy etanol có nhiều khả năng thực hiện, chỉ cần bổ sung chủng loại vi khuẩn tiên tiến và thay đổi nhỏ thiết kế ở phân xưởng chung tách sản phẩm cuối cùng.

- Nhiều công ty, tổ chức lớn trên thế giới (như BP, Gevo, Dupont, Arbor...) đã thử nghiệm xăng pha n-butanol trên các động cơ ô tô và đánh giá nhiên liệu này hoàn toàn có thể sử dụng đối với các động cơ hiện hành mà không gây hỏng hóc và ăn mòn động cơ. Hàm lượng khí thải ra môi trường giảm và tương đương so với khi sử dụng xăng pha etanol. Tuy nhiên, vẫn chưa có quốc gia nào trên thế giới chính thức sử dụng n-butanol làm nhiên liệu sử dụng đại trà trong giao thông vận tải. Các thực nghiệm mới chỉ dừng lại ở mức nghiên cứu hoặc thử nghiệm trên quy mô nhỏ. Theo nhận định, cuối năm 2012 sẽ có sản phẩm nhiên liệu xăng pha n-butanol đầu tiên trên thị trường ở một số nước châu Âu.

- Chủng vi khuẩn truyền thống (*clostridium acetobutylicum*) để sản xuất n-butanol cho hiệu suất chưa cao đồng thời tạo ra nhiều sản phẩm phụ khác như acetone, etanol (tỷ lệ sản phẩm chính là n-butanol so với các sản phẩm phụ có tỷ lệ như sau acetone: butanol: etanol = 3:6:1). Do đó, cần nghiên cứu tìm ra chủng loại vi khuẩn mới tiên tiến cho hiệu suất chuyển hóa cao hơn.

- Thị trường butanol hiện nay phần lớn là phục vụ cho ngành công nghiệp hóa chất và dung môi sơn. Thị trường thế giới có nhu cầu butanol ước tính khoảng 1,32 tỷ lít/năm, trong đó nhu cầu của thị trường Mỹ khoảng 831,6 triệu lít/năm. Các nước khác như Ấn Độ, Trung Quốc, Nhật Bản... đang có nhu cầu cao về butanol cho sự phát triển công nghiệp.

3.2. Về mặt kỹ thuật

- Sự phù hợp của n-butanol khi pha chế nhiên liệu cho động cơ xăng:

- + Xăng thông dụng A95 (xăng của NMLD Dung Quất) pha 10,5% n-butanol hoàn toàn đáp ứng các chỉ

tiêu kỹ thuật của nhiên liệu sử dụng cho ô tô theo tiêu chuẩn TCVN 6776:2005.

- + Quy chuẩn QCVN 01:2009/BKHCN không quy định áp dụng cho n-butanol nhiên liệu hay xăng pha n-butanol nên loại nhiên liệu sinh học này chưa được phép lưu thông và phân phối trên thị trường. Việc sử dụng n-butanol hiện nay như là một phụ gia không thông dụng cho xăng không chì nên phải thực hiện theo các thủ tục được quy định của Thông tư 15/2009/TT-BKHCN ngày 2/6/2009.

- + Các thông số kinh tế kỹ thuật như công suất động cơ, tiêu hao nhiên liệu khi sử dụng xăng pha n-butanol là tương đương so với xăng thông dụng. Ngoài ra, sử dụng xăng pha n-butanol trên ô tô có ưu điểm là tăng công suất kéo có ích, tăng áp suất nén xy-lanh, giảm lọt khí xuống cac-ter, mức giảm độ nhớt trong dầu bôi trơn thấp hơn so với xăng thông dụng.

- + Xăng pha n-butanol hoạt động bình thường đối với các loại xe ô tô được sản xuất từ năm 1993 (cả động cơ có kiểu cấp nhiên liệu chế hòa khí và phun xăng điện tử).

- + Phần lớn ý kiến đánh giá của các lái xe cho rằng tính năng làm việc của nhiên liệu xăng pha n-butanol là tương đương với xăng thông dụng.

- Sự phù hợp của xăng pha n-butanol đối với điều kiện cơ sở hạ tầng xăng dầu hiện hữu (tồn trữ, vận chuyển, và phân phối):

- + Xăng pha n-butanol ít hao nước, không xảy ra hiện tượng tách lớp trong thời gian dài 90 ngày tồn trữ bảo quản bằng bể chứa ngầm. Hàm lượng oxy của xăng pha n-butanol tăng vượt > 2,7%kl sau 60 ngày tồn trữ, do sự chênh lệch về tỷ trọng của n-butanol với xăng thông dụng. Do đó, giải pháp khả dụng được đề xuất để khắc phục hiện tượng này là phải bổ sung phụ gia phân tán cho xăng pha n-butanol để tăng độ đồng nhất và ổn định cho nhiên liệu.

- + Xăng pha n-butanol không gây ăn mòn đối với bề mặt thép CT3, không làm trương nở ống nối mềm của trụ bơm cây xăng.

3.3. Về mặt kinh tế - môi trường

- Ở Việt Nam chưa có nhà máy sản xuất n-butanol, toàn bộ lượng n-butanol sử dụng trong nước được nhập khẩu từ một số nước trong khu vực (Malaysia, Indonesia, Trung Quốc...) với giá dao động từ 35.000 - 41.000 đồng/kg. Do đó, giá xăng pha n-butanol chỉ có thể cạnh

tranh với xăng pha etanol khi mà giá n-butanol được giảm xuống ngang bằng với giá etanol sinh học sản xuất trong nước.

- Sử dụng xăng pha n-butanol góp phần giảm đáng kể lượng khí thải độc hại ra môi trường, đặc biệt khi điều khiển xe chạy trên đường trường hay đường cao tốc với tốc độ ổn định thì thành phần các khí phát thải gây ô nhiễm (CO, CO₂, NO_x, HC) đều giảm mạnh.

- N-butanol có độc tính nhẹ và mùi khó chịu nên có thể khiến người sử dụng quan ngại.

4. Kết luận

Nhiên liệu xăng pha n-butanol đáp ứng đầy đủ các đặc tính, thông số hoạt động của phương tiện vận tải tại Việt Nam dưới góc độ kinh tế kỹ thuật và môi trường. Tính khả dụng của nhiên liệu này vào thực tế còn phụ thuộc rất nhiều vào nguồn cung n-butanol sinh học cũng như xu hướng phát triển và sử dụng xăng pha n-butanol đại trà trên thế giới. Khi đảm bảo được nguồn cung n-butanol (sản xuất trong nước hoặc nhập khẩu với giá cạnh tranh) có thể tính đến việc triển khai phân phối thí điểm xăng pha n-butanol trên thị trường.

Nhóm tác giả đề xuất cần đưa hướng nghiên cứu nhiên liệu xăng pha n-butanol vào Kế hoạch và Chương trình phát triển nhiên liệu sinh học của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam và Bộ Công Thương vì loại nhiên liệu này cũng giống như xăng pha etanol mang lại lợi ích cho khu vực nông thôn, phát triển nông nghiệp, bảo vệ môi trường và đảm bảo an ninh năng lượng.

Tài liệu tham khảo

1. Viện Dầu khí Việt Nam. Đề tài "Nghiên cứu dùng cồn etylic sản xuất trong nước pha chế xăng thượng phẩm có trị số octane cao" giai đoạn 1, 2, 3.

2. Viện Dầu khí Việt Nam. Nhiệm vụ "Đánh giá thực trạng hệ thống tồn trữ, vận chuyển, phân phối xăng dầu của Việt Nam, đề xuất giải pháp và lộ trình hiệu chỉnh đáp ứng yêu cầu tiêu thụ sản phẩm xăng sinh học của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam".

3. TCVN 6776:2005. Tiêu chuẩn Quốc gia về chỉ tiêu chất lượng xăng không chì.

4. TCVN 6438:2005. Phương tiện giao thông đường bộ - giới hạn lớn nhất cho phép của khí thải.

5. Agricultural Biofuels. Technology, Sustainability and Profitability.

6. Ye Ni, Zhihao Sun. Recent progress on industrial fermentative production of acetone-butanol-ethanol by *Clostridium acetobutylicum* in China.

7. Dupont & BP. Biobutanol Performance Similar to Unleaded Gasoline, According to New Fuel Testing.

8. Ron Cascone - Nexant, Inc. Biobutanol - A replacement for bioethanol?

9. Shelley Minteer. CRC Press - Taylor & Francis Group, LLC. Alcoholic Fuels. 2006.

10. Willey - VCH. Ullman's Enc. Of Industrial Chemistry. 2007

11. Herbert Braun. 1-butanol as a 2nd generation biofuel for compression ignition - and spark ignition engine application. 2008.



Brazil và Ấn Độ có các nhà máy sản xuất butanol sinh học từ nguyên liệu mía đường. Ảnh: CTV