

CHẾ TẠO VÀ THỬ NGHIỆM THỎI NHIÊN LIỆU TÊN LỬA RẮN SỬ DỤNG PHỤ GIA CHÁY DIETHYL FERROCEN DO VIỆT NAM SẢN XUẤT

NGUYỄN ĐỨC LONG ⁽¹⁾, PHẠM DUY NAM ⁽²⁾, VƯƠNG VĂN TRƯỜNG ⁽²⁾

1. MỞ ĐẦU

Công nghệ nhiên liệu tên lửa rắn hỗn hợp (NLTLRHH) đã ra đời từ những năm 50 của thế kỷ trước, do có nhiều đặc tính ưu việt như có năng lượng, xung đơn vị và tỷ trọng lớn, cháy ổn định ở áp suất thấp và khả năng điều chỉnh tốc độ trong phạm vi rộng... nên NLTLRHH đã nhanh chóng được các nước nghiên cứu, phát triển và ứng dụng rộng rãi [1÷5].

Dietyferrocen (DEF) là phụ gia quan trọng sử dụng trong NLTLRHH, có vai trò làm phụ gia tốc độ cháy. DEF có ưu điểm nổi bật hơn các xúc tác thường dùng là các oxit và muối của kim loại chuyển tiếp là vừa có khả năng làm xúc tác cháy tốt vừa giúp cải thiện cơ tính (đóng vai trò chất kết dính và hoá dẻo), đồng thời giúp cải thiện điều kiện công nghệ gia công.

Bài báo này trình bày các kết quả về việc chế thử và thử nghiệm thỏi NLTLRHH sử dụng phụ gia DEF do Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga chế tạo.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Các phương pháp chế tạo và đo đạc

- Chế tạo thỏi nhiên liệu 9X195VN theo QTCN được Thủ trưởng Tổng cục CNQP phê duyệt dấu T1.

- Đo tốc độ cháy của NLTLRHH trên thiết bị đo tốc độ cháy ở áp suất không đổi theo 06TCN 889-2001.

- Đo nhiệt lượng cháy của nhiên liệu trong bom nhiệt lượng theo 06TCN 889-2001.

- Xác định đặc tính cơ lý của thỏi nhiên liệu 9X195VN: Độ bền kéo đứt của nhiên liệu, độ bám dính của vỏ chống cháy trên máy đo lực kéo đứt mác D638 Tensile Properties of Plastic, COLE PARMER INSTRUMENT CO.

- Xác định các đặc tính thuật phóng trong của thỏi nhiên liệu 9X195VN trên hệ thiết bị đo DASIM IPC của Phòng TN đo lường động học bay/Viện Tên lửa theo TCQS 333:2014/VKHCNQS và TCQS 334:2014/VKHCNQS.

2.2. Vật tư, hóa chất

- Amoni peclorat tinh khiết mác PA-7, xuất xứ Nga.

- Amoni peclorat tinh khiết mác D, cỡ hạt 160-315, xuất xứ Nga.

- Bột nhũ nhôm mác ACD-4, xuất xứ Nga.

- Nhựa epoxy mác ED-20, xuất xứ Nga.
- Cao su lỏng mác CKH-10KTP, xuất xứ Nga.
- Dioctylxebaxinat (DOC) tinh khiết, xuất xứ Nga.
- Lexitin, xuất xứ Nga.
- Aeroxil mác A-380, xuất xứ Nga.
- PbO tinh khiết, xuất xứ Nga.
- 1,1 DEF-N tinh khiết, xuất xứ Nga.
- 1,1 DEF-VN tinh khiết, do đề tài sản xuất.

2.3. Thiết bị, dụng cụ

- Thiết bị trộn đúc NLTLHH mini trong PTN.
- Hệ thiết bị trộn đúc NLTLHH pilot.
- Thiết bị đo kiểm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chế tạo mẫu NLTLRHH

Để nghiên cứu khả năng xúc tác cháy của DEF do đề tài chế tạo (DEF-VN) trên NLTLRHH, đã chế tạo mẫu NLTLRHH theo thành phần trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần chế tạo mẫu NLTLRHH

Tên cấu tử	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 4-N
Amoni perclorat, %	54,25	54,25	54,25	54,25	54,25
Bột Al, %	12	12	12	12	12
RDX, %	20	20	20	20	20
Hỗn hợp cao su CKH-10 và epoxy ED-20, %	10,2	10,3	10,3	10,3	10,3
DOC, %	3,30	1,60	1,650	1,78	1,78
PbO, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
1,1-DEF- Nga, %	-	-	-	-	1,52
1,1-DEF-VN, %	-	1,70	1,55	1,52	-
Aeroxin, %	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Lexitin, %	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10

Trong bảng 1, thành phần mẫu 1 là mẫu nền - mẫu NLTLRHH không có xúc tác. Các mẫu còn lại lần lượt được bổ sung phụ gia DEF-VN tăng tốc độ cháy và thay thế một phần DOC. Mẫu 4-N được làm đối chứng sử dụng DEF-Nga (đã sử dụng để chế tạo thời nhiên liệu 9X195VN).

Các mẫu nhiên liệu sau khi trộn được kiểm tra độ xuyên kim đánh giá khả năng công nghệ trước khi tiến hành định hình vào khuôn. Kết quả đo độ xuyên kim của các mẫu hồ nhiên liệu được đều tương đương khi dùng DEF-Nga nằm trong khoảng $(290 \div 320) \cdot 10^{-1}$ mm. Với kết quả độ xuyên kim, có thể thấy DEF-VN đã được đánh giá đảm bảo khả năng công nghệ để đúc được thời nhiên liệu 9X195VN.

Sau khi trộn hồ nhiên liệu, tiến hành chế tạo mẫu NLTLRHH để đo tốc độ cháy. Các mẫu được đúc vào các khuôn nhỏ tương ứng để đo tốc độ cháy trong bom áp suất không đổi. Sau khi sấy theo quy trình, các mẫu hóa rắn tốt đảm bảo yêu cầu công nghệ phù hợp cho đúc thời 9X195VN.

Kết quả đo tốc độ cháy của các mẫu NLTLRHH tại áp suất 40at được ghi trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo tốc độ cháy của các mẫu NLTLRHH

Chỉ tiêu	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3	Mẫu 4	Mẫu 4-N
Hàm lượng DEF, %	0	1,7	1,55	1,52	1,52
Tốc độ cháy ở 40at, mm/s	6,7	15	13,8	13,4	13,4

Kết quả trên bảng 2 cho thấy, DEF-VN làm tăng đáng kể tốc độ cháy cho NLTLRHH ở 40 at. Với mẫu 1 không sử dụng phụ gia DEF tốc độ cháy của nhiên liệu chỉ đạt 6,7 mm/s. Căn cứ theo tài liệu chuyên gia, trong thời nhiên liệu hỗn hợp 9X195 có thể dùng DEF tới 1,7%, nhóm tác giả đã tạo mẫu và xác định tốc độ cháy trong khoảng cho phép. Khi hàm lượng DEF ở mức cao nhất 1,7%, tốc độ cháy của nhiên liệu đạt tới 15 mm/s, cho thấy ảnh hưởng của phụ gia tăng tốc độ cháy rõ rệt; Khi hạ hàm lượng DEF xuống 1,55% (mẫu 3) tốc độ cháy của nhiên liệu đạt 13,8mm/s, cao hơn tốc độ cháy quy định của nhiên liệu; Tiếp tục giảm hàm lượng DEF xuống tới 1,52%, tốc độ cháy đạt 13,4 mm/s phù hợp với yêu cầu của nhiên liệu 9X195 với $U_{40at} = 13 \pm 0,4$ mm/s. Với kết quả thử nghiệm tốc độ cháy khẳng định DEF-VN đảm bảo khả năng tăng tốc độ cháy cho NLRHH, tương đương DEF-Nga (mẫu 4-N).

Để khẳng định hơn nữa khả năng sử dụng DEF-VN, nhóm tác giả tiến hành chế tạo mẻ lớn đúc 03 thời nhiên liệu 9X195VN sử dụng phụ gia cháy DEF-VN (dùng vỏ chống cháy của Việt Nam chế tạo).

3.2. Chế thử thổi nhiên liệu 9X195VN

Trên cơ sở kết quả kiểm tra độ nhớt hồ nhiên liệu, khả năng hóa rắn của nhiên liệu, đạt về tính năng xạ thuật, nhiệt lượng và tốc độ cháy đều đạt yêu cầu. Nhóm tác giả tiến hành đúc 03 thổi nhiên liệu 9X195VN, dùng vỏ chống cháy do Viện Nam chế tạo. Các thổi được kiểm tra chiếu tia X cho thấy không có khuyết tật rỗ, xốp, vỏ chống cháy bám dính tốt. Sau khi gia công cơ khí các thổi được kiểm tra kích thước, khối lượng.



Hình 1. Thổi nhiên liệu 9X195VN dùng DEF-VN

Tiến hành cắt bỏ 01 thổi nhiên liệu để đo độ bền cơ lý của thổi nhiên liệu và độ bền bám dính giữa vỏ chống cháy với thổi nhiên liệu; tạo mẫu đo tốc độ cháy và đo nhiệt lượng của nhiên liệu. Kết quả kiểm tra trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả kiểm tra các yêu cầu kỹ thuật thổi nhiên liệu 9X195VN

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Cần đạt	Đề tài đạt được
1	Khối lượng	kg	$4,48^{+0,04}_{-0,03}$	$4,455 \div 4,458$
2	Chiều dài	mm	824 ± 1	$823 \div 824$
3	Độ bền kéo đứt	kG/cm^2	≥ 15	$20 \pm 0,5$
4	Độ bền bám dính lớp vỏ chống cháy với nhiên liệu	kG/cm^2	≥ 8	$16,5 \pm 0,5$
5	Nhiệt lượng cháy	kcal/kg	1450 ± 30	1427
6	Tốc độ cháy ở 40 at	mm/s	$13 \pm 0,4$	13,4

3.3. Thử nghiệm thổi nhiên liệu trong động cơ

Việc thử nghiệm các thổi nhiên liệu trong động cơ là để đánh giá tính năng của sản phẩm, đánh giá khả năng sử dụng DEF-VN. Việc thử nghiệm đốt thổi nhiên liệu 9X195VN sử dụng DEF-VN được tiến hành trong động cơ mẫu chế tạo theo tài liệu của Liên bang Nga. Việc thử nghiệm đánh giá tính năng thổi nhiên liệu 9X195 được thực hiện ở điều kiện $\pm 50^{\circ}\text{C}$.

3.3.1. Nội dung thử nghiệm

1. Động cơ thử nghiệm

- Động cơ thử nghiệm đã được kiểm tra độ bền bằng phương pháp thủy tĩnh chịu áp suất nén 30 MPa trong thời gian 30s.
- Bên trong động cơ thử nghiệm được bọc lớp vỏ bảo vệ nhiệt là sản phẩm của Nhà máy Z175, đã được kiểm tra tĩnh đạt các chỉ tiêu kỹ thuật.
- Cụm loa phụt: 02 cụm loa phụt là sản phẩm của Viện Công nghệ; 02 khối tới hạn là sản phẩm của Học viện KTQS, đã được kiểm tra tĩnh.



Hình 2. Động cơ thử nghiệm đã lắp thổi nhiên liệu 9X195VN dùng DEF-VN

2. Thổi nhiên liệu 9X195-VN

- Thổi nhiên liệu 9X195-VN chế tạo đạt các thông số kỹ thuật. Vật tư chế tạo các thổi nhiên liệu gồm: vỏ chống cháy do Viện Hóa học - Vật liệu chế tạo; DEF-VN do TTND Việt - Nga chế tạo; các vật tư khác xuất xứ Liên bang Nga đạt các yêu cầu kỹ thuật.

- Các thổi nhiên liệu đã được kiểm tra khuyết tật bằng phương pháp chụp X quang.

3. Cơ cấu môi

- Liều môi 9X269 dùng môi cháy cho thổi nhiên liệu do Nhà máy Z121 chế tạo đã được nghiệm thu tĩnh.
- Môi lửa điện do Viện Thuốc phóng Thuốc nổ chế tạo.

4. Lắp ráp

- Liều mồi 9X269, thời nhiên liệu và các chi tiết lắp ráp vào động cơ được thực hiện tại Viện Thuốc phóng Thuốc nổ.

- Mồi lửa điện được lắp vào động cơ trước khi tiến hành bảo ôn tại Trường bắn.

- 01 động cơ được bảo ôn ở nhiệt độ $+(50\pm 3)^{\circ}\text{C}$ và 01 động cơ được bảo ôn ở nhiệt độ $-(50\pm 3)^{\circ}\text{C}$ trong thời gian không nhỏ hơn 18h.

- Động cơ sau khi bảo ôn được vận chuyển và lắp lên giá thử. Thời gian thao tác từ khi lấy động cơ ra khỏi tủ sấy đến khi điểm hoả không lớn hơn 10 phút.

5. Thiết bị thử nghiệm

- Thiết bị đo: Hệ thiết bị đo của PTN Đo lường động học bay/Viện Tên lửa.

- Thiết bị điểm hỏa của Viện Thuốc phóng Thuốc nổ;

- Tủ bảo ôn nhiệt độ dương; tủ bảo ôn nhiệt độ âm của Z195.

- Bộ đồ gá thử nghiệm do Viện Thuốc phóng Thuốc nổ chế tạo.

- Giá đo loại đứng để thử đốt động cơ tên lửa của Nhà máy Z195;

3.3.2. Kết quả thử nghiệm

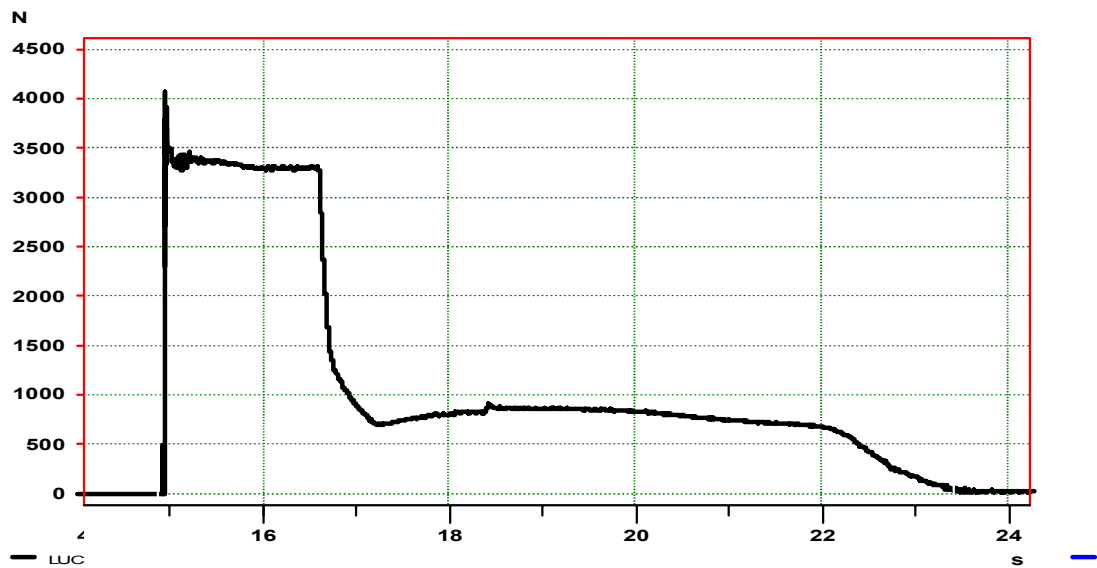
- Để đảm bảo an toàn trong quá trình thử nghiệm, tiến hành đo cả lực đẩy và áp suất đối với động cơ bảo ôn ở nhiệt độ $+(50\pm 3)^{\circ}\text{C}$, còn đối với động cơ được bảo ôn ở $-(50\pm 3)^{\circ}\text{C}$ chỉ tiến hành đo áp suất trong động cơ (do vỏ chống cháy chưa chịu được đến nhiệt độ -50°C).



Hình 3. Hình ảnh làm việc của thời nhiên liệu 9X195VN

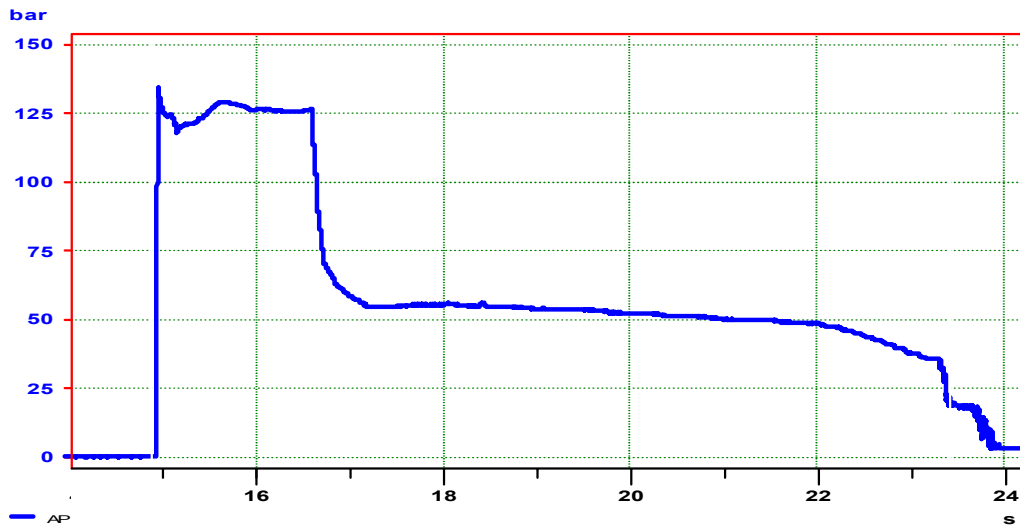
- Kết quả đo được trên hình 4, 5 và 6.

ĐỒ THỊ LỰC ĐẨY

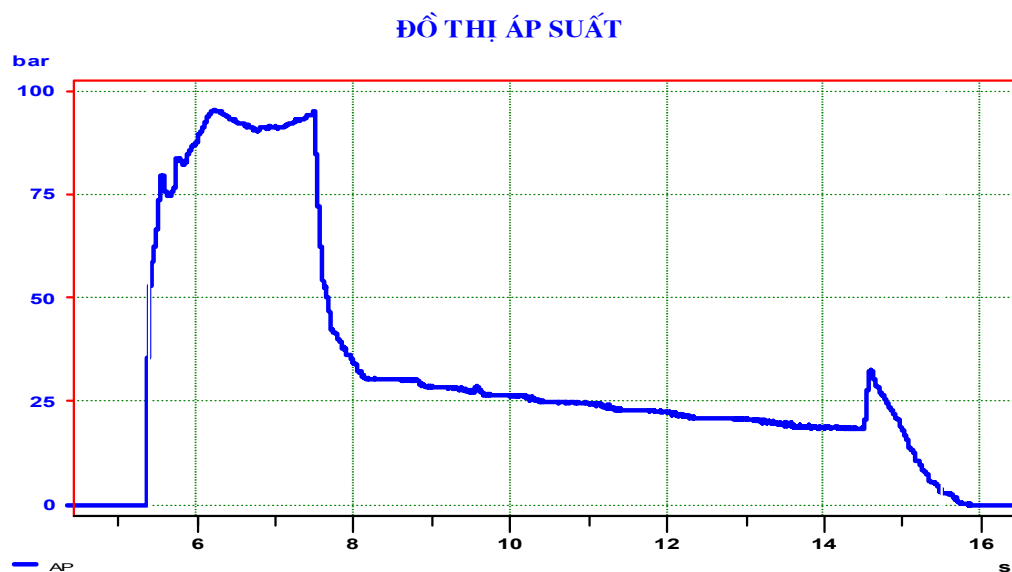


Hình 4. Đường cong lực đẩy - thời gian của thỏi nhiên liệu 9X195VN (nhiệt độ + 50°C)

ĐỒ THỊ ÁP SUẤT



Hình 5. Đường cong áp suất - thời gian của thỏi nhiên liệu 9X195VN (nhiệt độ +50°C)



Hình 6. Đường cong áp suất - thời gian của thời nhiên liệu 9X195VN (nhiệt độ -50°C)

Kết quả phân tích đồ thị và tính toán các thông số cần thiết so sánh đối chứng với kết quả đo thời nhiên liệu 9X195VN sử dụng DEF-N. Kết quả thu được từ đồ thị được nêu trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả phân tích đồ thị áp suất và lực đẩy

Chỉ tiêu	Đơn vị	Cần đạt	Nhiệt độ bảo ôn +50°C		Nhiệt độ bảo ôn -50°C	
			9X195VN DEF - VN	9X195VN DEF - N	9X195VN DEF - VN	9X195VN DEF - N
Thời gian làm việc ở chế độ 1	S	1,4÷2,6	1,74	1,68	2,17	2,43
Tổng thời gian làm việc	S	≤ 10,9	8,53	7,88	10,13	9,37
Xung toàn phần chế độ 1	N.s (kG.s)	5344,6÷5785,9 (545÷590)	5720,4 (583)	5755 (586,6)	-	5530,98 (563,8)
Lực đẩy trung bình chế độ 2	N (kG)	568,8÷1176,8 (58÷120)	746 (76)	820,75 (83,7)	-	569 (58)
Áp suất cực đại trong buồng đốt, P_{max}	bar (kG/cm ²)	158,86 (≤ 162)	134,15 (136,8)	141,24 (144)	95,31 (97,2)	101,8 (103,8)

Qua kết quả đo đạc bảng 4 cho thấy các thời nhiên liệu 9X195VN sử dụng DEF-VN có các thông số:

- Thời gian cháy ở chế độ 1 đạt 1,74s ở nhiệt độ +50°C và 2,17 s ở nhiệt độ - 50°C phù hợp chỉ tiêu quy định 1,4÷2,6s trong 9X195VN. ĐKKT.

- Tổng thời gian cháy đạt 8,53s và 10,13s đều nhỏ hơn 10,9s, đạt chỉ tiêu KT sản phẩm trong 9X195VN. ĐKKT.

- Xung toàn phần lực đẩy chế độ 1:

Đốt thời nhiên liệu ở +50°C cho kết quả xung toàn phần đạt 583 kG.s thỏa mãn chỉ tiêu đăng ký 545÷590 kG.s và trong 9X195VN. ĐKKT.

- Lực đẩy trung bình chế độ 2 khi đốt thời nhiên liệu ở +50°C đạt 76 kG năm trong khoảng 58÷120 kG và đạt chỉ tiêu KT sản phẩm trong 9X195VN. ĐKKT.

- Áp suất cực đại trong buồng đốt động cơ đạt 134,15 bar và 95,31 bar đạt chỉ tiêu KT sản phẩm trong 9X195VN. ĐKKT.

- Các thời nhiên liệu 9X195VN sử dụng DEF-VN chế thử không có các khuyết tật, các đường cong đều theo dạng chuẩn, các động cơ làm việc bình thường và cho các thông số tương đương sử dụng DEF-N.

4. KẾT LUẬN

Với khả năng tăng tốc độ cháy và ứng dụng chế tạo, thử nghiệm thời nhiên liệu 9X195VN khẳng định DEF-VN hoàn toàn sử dụng thay thế DEF-N trong chế tạo NLTLHH.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ngô Văn Giao, *Công nghệ sản xuất thuốc phóng và nhiên liệu tên lửa*, Tập 2. Học viện KTQS, Hà Nội, 1999.
2. Ngô Văn Giao, *Tính chất thuốc phóng và nhiên liệu tên lửa*, NXB Quân đội nhân dân, Hà Nội, 2005.
3. Nguyễn Công Hòe, Trần Ba, Dương Đức Thục, *Một số vấn đề cơ sở về Thuốc phóng và Nhiên liệu tên lửa rắn*, Viện Kỹ thuật Quân sự, 1982.
4. Nguyễn Hương Đoàn, *Nghiên cứu chế tạo thời nhiên liệu tên lửa hỗn hợp 9X195 cho động cơ hành trình tên lửa phòng không IGLA*, Báo cáo khoa học Đề tài cấp Nhà nước, Hà Nội, 2008.
5. *Tài liệu kỹ thuật sản phẩm 9X195*, Anbom N^o2.

SUMMARY

MANUFACTURING AND TESTING THE SOLID MISSILE FUEL USED DIETHYL FERROCENE MADE BY VIETNAM

Diethyl ferrocene is an important additive used in solid missile fuel. It plays role as a burn rate modifier in fuel component. It is not only an excellent catalyst, but also a good plasticizer in producing solid missile fuel. This article showed some results from using diethyl ferrocene Viet Nam in manufacture of solid missile fuel.

Keywords: Diethyl ferrocene, diacethyl ferrocene, ferrocene, solid missile fuel.

Nhận bài ngày 21 tháng 8 năm 2017

Hoàn thiện ngày 9 tháng 10 năm 2017

⁽¹⁾ *Viện Thuốc phóng Thuốc nổ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng*

⁽²⁾ *Viện Độ bền nhiệt đới, Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga*