

# HÀM LƯỢNG CAT-FINES TRONG NHIÊN LIỆU HFO, NHỮNG NGUY HIỂM CHO ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP HẠN CHẾ

The content of Cat- fines in HFO protential denger for Marine Diesel and the method of restriction

NCS. TRƯƠNG VĂN ĐẠO; ThS. MAI THẾ TRỌNG  
 Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH

## Tóm tắt

Bài báo giới thiệu về lý do tồn tại của các hạt Cat-fines (Catalytic-fines) trong nhiên liệu HFO, các qui định của quốc tế về hàm lượng cat-fines trong nhiên liệu. Phân tích ảnh hưởng của cat-fines tới sự hoạt động của động cơ diesel. Các biện pháp hạn chế cat-fines của các hãng nổi tiếng thế giới hiện nay như Man & BW, Warsilla, Alphalaval,..., đồng thời đưa ra một số khuyến cáo của tác giả trong quá trình khai thác hệ thống nhiên liệu trên tàu.

## Abstract

This article introduces the reason causing cat-fines mix in the HFO (Heavy Fuel Oil), international standard about the limitation of cat-fines in HFO. Analysis effect of cat-fines to the engine performance. Methods to reduce cat-fines of some famous makers such as MAN&BW, Warsilla, Alphalaval... together with recommend of author during operating fuel oil system onboard the ship.

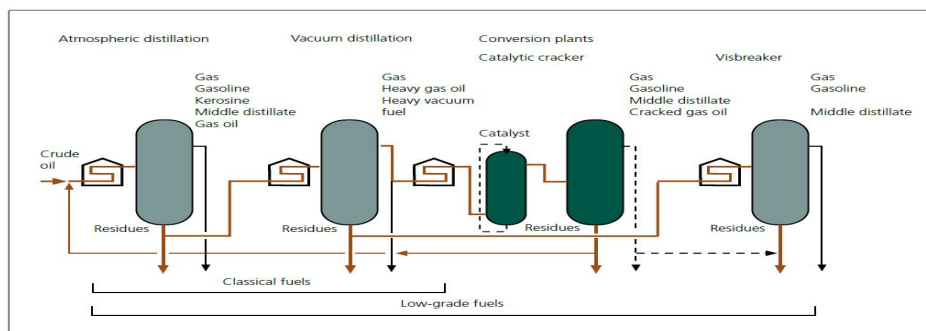
## 1. Đặt vấn đề

Trong thời gian gần đây, đã có rất nhiều các tàu biển của các công ty trong và ngoài nước liên tục bị sự cố liên quan đến hư hỏng cụm bơm cao áp - vòi phun và sơ mi xi lanh do quá mài mòn, gây ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả khai thác tàu. Thậm chí có những tàu vừa hạ thủy, máy chính mới chạy được hơn 200 giờ đã phải thay mới bơm cao áp, vòi phun đến 2 lần, sơ mi xi lanh cũng bị mòn 0,5 đến 1,5 mm. Một vài nguyên nhân được nhắc đến, tuy nhiên qua tìm hiểu, phân tích và thu thập thông tin từ các hãng chế tạo động cơ, các phản hồi của phòng kỹ thuật các công ty thì hầu hết các sự cố trên đều bắt nguồn từ nhiên liệu dầu nặng HFO (Heavy Fuel Oil). Trong đó, thủ phạm chính là hàm lượng các hạt Cat-fines (Catalytic Fines) trong nhiên liệu HFO.

Cat-fines thuộc loại các tạp chất phụ (sediment) có tỷ lệ rất thấp trong nhiên liệu HFO, trước đây người ta hầu như rất ít quan tâm. Thậm trí khi nhận nhiên liệu, người ta chỉ quan tâm đến các tiêu chí như tỷ trọng, độ nhớt, hàm lượng lưu huỳnh, trị số xê tan, CCAI,... chứ không hề cần đề ý chúng là gì? Những năm gần đây, vì lý do thương mại, ta thường cho thêm rất nhiều các thành phần phụ gia (trong đó có cat-fines) vào việc lấy chế biến dầu để lấy được thật nhiều thành phẩm từ dầu thô. Điều đó đồng nghĩa với việc chất phụ gia cũng sẽ lẫn vào HFO.

Cat-fines nguy hiểm thế nào cho động cơ diesel? Hiện nay có những biện pháp nào trong thiết kế và trong khai thác cần làm gì để hạn chế hàm lượng này là vấn đề bài báo đề cập.

## 2. Cat-fines trong nhiên liệu và đặc điểm hóa lý của nó



Hình 1. Quá trình cracking xúc tác dầu mỏ.

Theo [3], hiện nay để chưng cất các sản phẩm của dầu mỏ từ dầu thô có 3 phương pháp chính được sử dụng đó là: chưng cất trực tiếp, cracking nhiệt và cracking xúc tác. Trong đó cracking xúc tác là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất do ưu điểm nổi bật là sản phẩm có tính ổn định hóa học rất tốt, ít tạo keo, chất lượng tốt, trị số xetan cao, độ nhớt vừa phải, hiệu suất cao (80%)... Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là cat-fines (đóng vai trò là thành phần chính để *mang xúc tác*) sẽ bị cuốn theo cùng với sản phẩm có độ nhớt cao (thường là dầu HFO hoặc nhựa đường).

Cat-fines (catalytic-fines) là những hạt hoặc những sợi rất nhỏ, mịn, mắt thường không thể nhìn thấy, tỷ trọng nhỏ hơn 1, là hỗn hợp của nhôm - silic (aluminum - silicon), cat-fines rất cứng và có khả năng gây mài mòn kim loại rất mạnh [4].

### 3. Các tiêu chuẩn về Cat-fines trong nhiên liệu HFO cho động cơ diesel

Hiện nay, nhiên liệu HFO sử dụng cho động cơ diesel tàu thủy áp dụng tiêu chuẩn quốc tế ISO 8217 và chỉ tiêu CIMAC HFO 55 No.21 của Hội đồng quốc tế về động cơ (International Council Combustion Engine). Theo đó, mọi nhiên liệu sau khi sản xuất phải được làm sạch và đảm bảo trước khi cấp xuống tàu thì hàm lượng cat-fines không được vượt quá 80 ppm [2]. Hệ thống xử lý nhiên liệu dưới tàu nên đảm bảo sao cho trước khi cung cấp cho động cơ hàm lượng cat-fines không được lớn hơn 15 ppm [7].

### 4. Ảnh hưởng của Cat-fines đến động cơ diesel

Việc mài mòn, hỏng hóc đối với động cơ ngoài cat-fines có thể do nhiều nguyên nhân khác như: hàm lượng cát, bùn, rác rưởi... Tuy nhiên, những hàm lượng này hầu hết máy lọc và các phin lọc dưới tàu đều có thể loại bỏ được còn cat-fines thì máy lọc lại rất khó lọc. Cat-fines phân bố trong nhiên liệu như sau:

**Bảng 1. Sự phân bố của Cat-fines trong nhiên liệu.**

Kích thước hạt [ $\mu\text{m}$ ]	Hàm lượng phân bố [%]
5÷10	57
10÷15	27
15÷35	15
35÷100	1

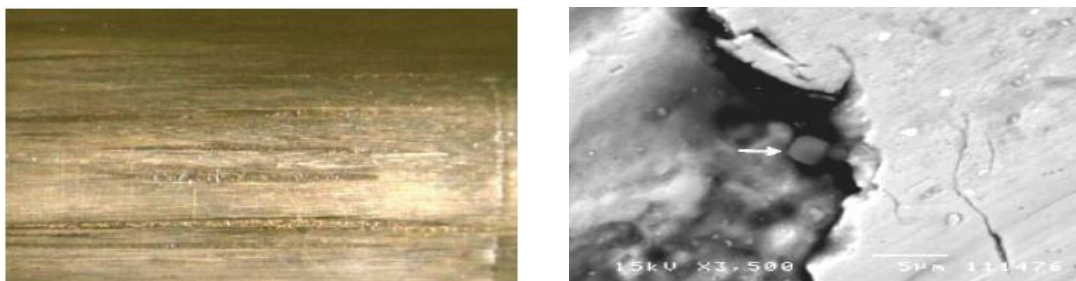
Cat-fines có kích thước nhỏ hơn 5  $\mu\text{m}$  được coi là không nguy hiểm gì cho động cơ. Cat-fines có kích thước 10÷20  $\mu\text{m}$  là nguy hiểm nhất cho động cơ. Các hạt có kích thước lớn gây mài mòn cho bơm cao áp - vòi phun và các thiết bị của hệ thống nhiên liệu. Cat-fines có kích thước nhỏ vào buồng đốt gây mài mòn cho séc măng, sơ mi xi lanh. Máy lọc ly tâm được xem là thiết bị hiệu quả nhất để loại bỏ cat-fines. Khi khai thác hiệu quả thì máy lọc ly tâm có thể loại bỏ gần như 100% các hạt cat-fines có kích thước lớn hơn 10  $\mu\text{m}$ , các hạt nhỏ hơn 10  $\mu\text{m}$  thì rất khó loại bỏ.

Đặc biệt theo [5], khi nhiên liệu HFO bị lẫn các hạt nước nhỏ, hoặc dầu nhờn đã qua sử dụng thì cat-fines kết hợp với các thành phần này để hình thành thể nhũ tương có tỷ trọng thấp, lơ lửng trong nhiên liệu và máy lọc ly tâm gần như không thể loại bỏ.

#### **Ảnh hưởng của Cat-fines tới cụm bơm cao áp-vòi phun**

Bơm cao áp là thiết bị đầu tiên của động cơ chịu ảnh hưởng của cat-fines. Bơm cao áp cung cấp nhiên liệu tới vòi phun với áp suất và lượng phù hợp ở các chế độ công tác khác nhau của động cơ. Bơm cao áp gồm plunger chuyển động lên xuống và xoay quay pump barrel. Khe hở giữa 2 chi tiết này là rất nhỏ. Nếu cat-fines có kích thước tương đương vào khe hở này sẽ làm mài mòn cặp plunger và barrel rất nhanh. Sự quá mòn của plunger và barrel sẽ làm giảm áp suất phun nhiên liệu, dẫn đến áp suất cháy giữa các xi lanh giảm, không đồng đều, thậm chí không thể khởi động được động cơ.

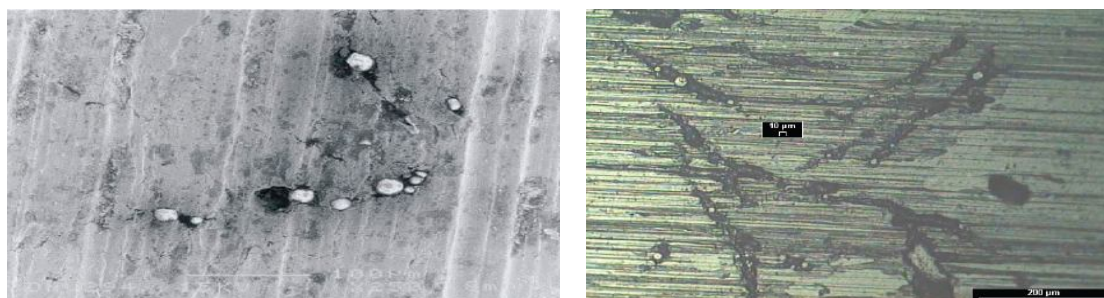
Cat-fines tiếp tục qua bơm cao áp vào vòi phun gây mài mòn thân kim phun, mòn không đều mặt côn của kim phun, làm thay đổi kích thước lỗ phun,... làm lượng nhiên liệu rò rỉ quá nhiều, không đủ lượng nhiên liệu cung cấp cho động cơ, chất lượng phun sương kém, lượng nhiên liệu phun vào các xi lanh không đồng đều...



**Hình 2 . Mài mòn cặp plunger và pump barrel của bơm cao áp tàu VietFrach 01.**

**Ảnh hưởng của cat-fines tới séc măng và sơ mi xi lanh**

Khi nhiên liệu cháy, cat-fine bắn vào các khe trong buồng đốt như khe hở giữa séc măng và gờ séc măng của piston, khe hở giữa séc măng và sơ mi xi lanh. Một phần cat-fines theo khí xả ra ngoài, một phần được séc măng gạt xuống dưới. Quá trình này làm mài mòn sơ mi và séc măng rất nhiều.



**Hình 3. Mài mòn của séc măng và sơ mi xi lanh tàu Đông Hoa.**

Trong thời gian từ đầu năm 2009 đến nay, đã có rất nhiều tàu biển của các công ty trong nước bị sự cố liên quan đến Cat-fines, hầu hết đều bị hỏng cụm bơm cao áp - vòi phun và sơ mi xi lanh. Đáng chú ý là nguồn nhận dầu đều ở Việt Nam.

**Bảng 2. Thống kê các sự cố của đội tàu trong nước liên quan đến Cat-fines.**

Công ty	Tên tàu	Sự cố	Cat-fines trong nhiên liệu		Nơi nhận dầu
			Kích thước (µm)	Hàm lượng (%)	
Vận tải Biển Đông	Vinashin Mariner	BCA+VF			Việt Nam
	Vinashin Nagivator	BCA+VF			Việt Nam
	Vạn Hưng	Sơ mi xi lanh			Việt Nam
	Vinashin Strainer	Sơ mi xi lanh			Việt Nam
	Biển Đông Star	BCA+VF			Việt Nam
Công ty Vosco	Vĩnh Thuận	BCA+VF			Việt Nam
	Lucky star	BCA+VF+Sơ mi xi lanh			Việt Nam
Công ty Vietfrach	Vietfrach 01	BCA+VF			Việt Nam
	Vạn Lý	BCA+VF			Việt Nam
Cty Đông Đô	Đông Hoa	BCA+VF			Việt Nam

Ngoài ra còn nhiều tàu khác cũng bị sự cố tương tự đang chờ kết quả phân tích mẫu dầu để khẳng định nguyên nhân.

## 5. Hệ thống xử lý nhiên liệu dưới tàu thủy và các đề xuất đi kèm để giảm cat-fines

Một hệ thống xử lý nhiên liệu cơ bản trên tàu thông thường gồm két lắng, các phin lọc, máy lọc ly tâm và một số thiết bị đặc biệt khác nếu có. Để hạn chế đến mức thấp nhất có thể, đối với người khai thác nên áp dụng các biện pháp như sau:

### **Lắng nhiên liệu ở két lắng**

Các thành phần có kích thước lớn, chẳng hạn như các hạt cat-fines có kích thước lớn trong nhiên liệu sẽ được lắng xuống nhờ lực trọng trường. Tuy nhiên, trong điều kiện sóng gió các thành phần này có thể bị lắc theo và vào máy lọc ly tâm và ảnh hưởng đến chất lượng làm sạch nhiên liệu của máy lọc và của cả hệ thống. Chính vì vậy điều quan trọng là phải thường xuyên xả đáy ở két lắng và két trực nhật, ngay cả khi không thấy có nước. Tốc độ lắng “settling velocity” tỷ lệ nghịch với độ nhớt của nhiên liệu, ví dụ độ nhớt càng cao thì thời gian để các hạt lắng xuống càng dài.

### **Lọc nhiên liệu ở máy lọc ly tâm**

Máy lọc ly tâm vẫn được xem là thiết bị hiệu quả nhất trên tàu để làm sạch nhiên liệu, với cat-fines cũng vậy. Nếu khai thác hợp lý, máy lọc ly tâm có khả năng loại bỏ gần như 100% tất cả các hạt cat-fines có kích thước lớn hơn 10  $\mu\text{m}$ . Tuy nhiên, có tới 57% các hạt cat-fines có kích thước từ 5÷10  $\mu\text{m}$  thì máy lọc gần như không lọc được vì kích thước và khối lượng của chúng rất thấp.

Tuy nhiên không phải lúc nào cũng có thể duy trì được khả năng loại bỏ hoàn toàn cat-fines có kích thước lớn hơn 10  $\mu\text{m}$ . Để kiểm tra hiệu quả của máy lọc nên lấy mẫu nhiên liệu trước và sau máy lọc ít nhất 4 tháng một lần và gửi đi phân tích. Thời gian lấy mẫu có thể ngắn hơn nếu nhận nhiên liệu có hàm lượng cat-fines lớn hơn 25 ppm.

Ngoài ra khi khai thác máy lọc cần chú ý những tiêu chuẩn sau:

- *Hâm nhiên liệu tới đúng nhiệt độ trước khi đưa vào máy lọc*

Nhiệt độ ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhớt và tỷ trọng trung bình của nhiên liệu. Để đảm bảo hiệu quả lọc tốt nhất nên duy trì nhiệt độ dầu ở 98°C. Nhiệt độ thấp hơn sẽ làm giảm hiệu quả lọc. Ví dụ nếu nhiệt độ là 90°C sẽ làm giảm sản lượng lọc ít nhất là 23% thì mới có thể duy trì được chất lượng lọc [3].

- *Lựa chọn, điều chỉnh sản lượng máy lọc phù hợp*

Hiệu quả lọc tỷ lệ nghịch với tốc độ chảy. Tốc độ chảy càng cao thì thời gian lọc hiệu quả càng thấp. Do đó, việc quan trọng là phải tìm được điểm hợp lý nhất giữa sản lượng của máy lọc ly tâm và tổng lượng tiêu hao nhiên liệu cho máy (máy chính, máy đèn, nồi hơi). Để làm được điều này cần tham khảo kỹ hướng dẫn của nhà chế tạo máy lọc và động cơ.

- *Khai thác và bảo dưỡng máy lọc đúng qui trình và đúng thời hạn*

Gia tốc ly tâm tỷ lệ với vị trí của các hạt được phân bố trên đĩa quay của máy lọc. Do đó các đĩa của máy lọc nên được vệ sinh thật tốt để tận dụng phần diện tích phía ngoài cùng của bề mặt đĩa tốt nhất. Cấu cận hình thành trên các đĩa có thể làm giảm khoảng cách giữa các đĩa dẫn đến tăng tốc chảy và kết quả là làm giảm thời gian lọc hiệu quả của máy lọc. Tăng thời gian làm việc hiệu quả máy lọc nghĩa là giảm được tối đa cat-fines tới động cơ. Muốn vậy cần giảm thời gian giữa các lần xả cặn, có kế hoạch bảo quản bảo dưỡng định kỳ, tăng cường vệ sinh đĩa lọc.

Theo truyền thống, việc lựa chọn máy lọc ly tâm lắp đặt dưới tàu dựa trên khuyến cáo sản lượng lớn nhất cho phép MRC “Maximum Recommended Capacity” của các hãng chế tạo máy lọc. Tuy nhiên, hiện nay ngoài các thành phần cơ bản, trong nhiên liệu còn có các thành phần phụ gia cứng (đặc biệt là cat-fines), do đó các thông số về việc điều chỉnh sản lượng không thể đưa ra các kết quả chính xác về chất lượng loại bỏ các hạt cứng nữa. Ủy ban Châu Âu về các tiêu chuẩn chất lượng (CEN) hiện nay đã đồng ý một tiêu chuẩn mới về việc chọn chỉ tiêu đánh giá chất lượng lọc dầu đó là tiêu chuẩn CFR

CFR là viết tắt của “Certified Flow Rate”, được định nghĩa là dòng chất lỏng được đo bằng lít chảy qua máy lọc trong thời gian là 1 giờ, tại đó 85% các hạt có đường kính tối thiểu là 5  $\mu\text{m}$  (thường là cat-fines) phải được loại bỏ từ dầu tự nhiên (có thể là các dầu có độ nhớt cao) ở điều kiện thí nghiệm [5].

Đến nay CFR đã được ghi nhận bởi các Đăng kiểm sau:

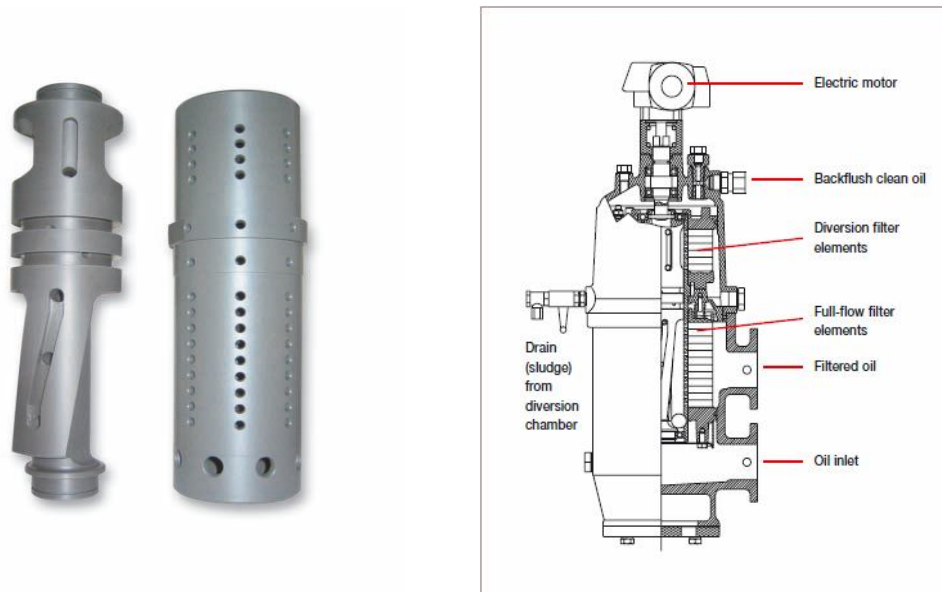
- Đăng kiểm Det Norske Veritas.
- American Bureau of Shipping.
- Đăng kiểm tàu biển Trung Quốc.
- Đăng kiểm Lloyd Đức.
- Đăng kiểm tàu biển Lloyd.
- Đăng kiểm hàng hải Nga.

Như vậy, trong thời gian tới, để đáp ứng tiêu chuẩn này, các hãng máy lọc sẽ có những thay đổi nhất định về kết cấu hoặc thay đổi về cách tra đồ thị điều chỉnh sản lượng... do đó các hướng dẫn sử dụng của máy lọc trên các tàu có thể sẽ thay đổi đòi hỏi người khai thác cũng phải cập nhật.

#### **Một số biện pháp hạn chế cat-fines được các hãng chế tạo sử dụng hiện nay**

*Sử dụng phin lọc tinh tự quay và xả liên tục (auto-filter)*

Các phin lọc auto-filter được đặt trực tiếp ngay sau máy lọc hoặc ngay trên đường cung cấp nhiên liệu tới động cơ. Chất lượng của các mắt lưới của phin lọc là rất mịn, có thể đạt đến 5  $\mu\text{m}$ , các phin lọc này được quay liên tục để tự làm sạch và tự động xả cặn khi chênh áp giữa đường dầu vào và ra phin lọc đến giá trị đặt trước. Alpha laval là hãng đi tiên phong trong việc chế tạo các dạng phin lọc mới để hạn chế cat-fines. Các dạng phin lọc này có thể được sử dụng lắp đặt cho tàu mới hoặc lắp thêm trên các tàu cũ.

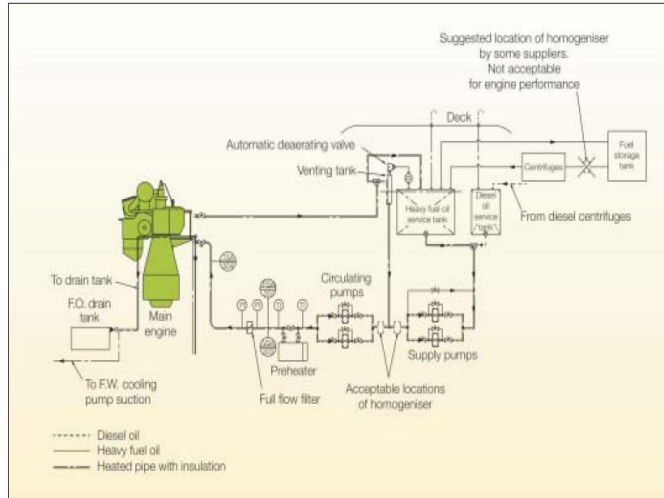


**Hình 4. Một loại phin lọc tự động của hãng Alpha laval.**

*Lắp thêm thiết bị đồng thể hóa (Homogenisers)*

Homogenisers được sử dụng để tán nhỏ các thành phần tạp chất trong nhiên liệu. Được thực hiện bằng cách nén nhiên liệu trong bình đến áp suất cao sau đó cho tiết lưu qua lỗ nhỏ hoặc nén cơ khí, cho nhiên liệu giãn nở để trộn và tán nhỏ đồng thời các tạp chất cùng với nhiên liệu. Việc làm này được xem là biện pháp tiết kiệm nhiên liệu với mong muốn sử dụng được cả thành phần nhựa đường trong nhiên liệu HFO.

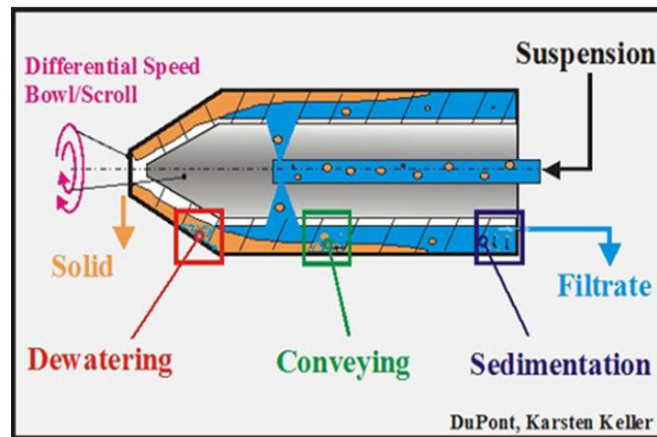
Trước đây thiết bị này thường được lắp trước máy lọc để tiết kiệm được nhiều. Tuy nhiên điều đó là không nên vì cat-fines có tính hút nước, khi phân chia nước thành các hạt nhỏ trước máy lọc sẽ làm cat-fines lẫn vào trong nước hình thành nên thể nhũ tương làm cho máy lọc cực kỳ khó khăn cho việc loại bỏ thành phần này. Hiện nay, homogenisers nếu có bố trí thêm, chỉ nên bố trí sau máy lọc ly tâm để giảm kích thước cho cat-fines còn lại sau máy lọc ly tâm để hạn chế nguy hiểm cho động cơ. Hình 5 là một ví dụ về khuyến cáo vị trí lắp đặt homogenisers của hãng MAN & BW.



**Hình 5. Khuyến cáo của hãng MAN & BW về vị trí lắp đặt homogenisers.**

**Sử dụng Decanter**

Bản chất của decanter là một máy lọc li tâm 2 pha, nằm ngang. Decanter thường xuyên được sử dụng cho việc làm sạch nhiên liệu trên các nhà máy lọc dầu vì khả năng loại bỏ cặn của nó là rất tốt. Decanter không có khả năng loại bỏ nước nên ít được sử dụng dưới tàu. Tuy nhiên, khi nhiên liệu quá bẩn, người ta có thể sử dụng loại máy lọc này để loại bỏ một phần các tạp chất trước khi xử lý tiếp theo ở máy lọc ly tâm. Một decanter cơ bản được mô tả như hình 6.



**Hình 6. Cấu tạo của một Decanter.**

**6. Kết luận**

Do tính thương mại, hiện nay người ta thường cho nhiều các phụ gia để tăng hiệu quả chưng cất ra các sản phẩm dầu mỏ. Hơn thế nữa, ở một số quốc gia mà các công ước, các qui định về vấn đề cung cấp nhiên liệu chưa được thực hiện chặt chẽ, còn nhiều kẻ hở để người ta lợi dụng như: trộn nước vào nhiên liệu sạch, trộn dầu bẩn vào nhiên liệu sạch,... làm cho chất lượng nhiên liệu sử dụng trên các tàu là rất thấp. Điều này gây ra những hậu quả nghiêm trọng đối với động cơ diesel gây tổn thất rất lớn cho các chủ tàu, các công ty và thậm chí cả nền kinh tế. Để hạn chế hậu quả này, theo tác giả:

- Đối với các cấp chính quyền: Nên có những biện pháp cứng rắn, kiểm tra, giám sát, xử lý nghiêm các hành vi gian lận thương mại liên quan đến nhiên liệu. Lập ra các phòng thí nghiệm đủ tiêu chuẩn quốc tế để phân tích các thành phần nhiên liệu một cách nhanh chóng, tin cậy.
- Đối với các chủ tàu, các công ty: Cần xem xét kỹ độ tin cậy của các nơi cung cấp dầu. Lấy mẫu đúng qui trình trong quá trình nhận dầu, mang đi phân tích ngay sau khi nhận để có kết quả càng sớm càng tốt. Chỉ đạo các tàu sử dụng nhiên liệu cũ cho đến khi có kết quả phân tích đủ độ tin cậy. Khi kết quả phân tích có bất cứ sự quá cho phép nào của các thành phần trong nhiên liệu (đặc biệt là cat-fines), nên thay dầu ngay. Cần

lấy cả mẫu dầu cả ở trước và sau máy lọc ly tâm để khẳng định độ tin cậy của máy lọc, thời gian lấy mẫu càng ngắn càng tốt (nên 3-4 tháng một lần). Cấp cho tàu một số hóa chất thêm vào để làm sạch nhiên liệu ngay tại két chứa. Nghiên cứu lắp đặt thêm một số thiết bị hỗ trợ làm sạch nhiên liệu mới của các hãng nếu thấy có thể.

- Đối với các nhà khai thác: Tìm hiểu kỹ các hướng dẫn của nhà chế tạo động cơ và nhà chế tạo máy lọc. Điều chỉnh sản lượng, nhiệt độ hợp lý, tăng cường xả cặn cho máy lọc ly tâm, định kỳ hoặc giảm thời gian định kỳ vệ sinh, bảo dưỡng máy lọc, tăng cường xả đáy cho két lắng, két trực nhật, chọn nhiệt độ hâm tại các két hợp lý, tăng cường vệ sinh các phin lọc. Không tận dụng nhiên liệu từ các két dầu thải để đi lọc lại. Một vấn đề tế nhị, không bán lại hoặc chuyển dầu bẩn đã qua sử dụng cho các địa chỉ không tin cậy.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1] Nguyễn Đài Lê, (2005), *Giáo trình nhiên liệu dầu - mỡ*, Nhà xuất bản Hà Nội, 142 tr.
- [2] IMO, Marpol 73-78, version 2007.
- [3] Nhiều tác giả - Bộ môn hóa, *Giáo trình hóa kỹ thuật cho ngành Máy tàu biển* (lưu hành nội bộ), ĐHHH.
- [4] [www.manb&w.com](http://www.manb&w.com).
- [5] [www.wartsilla.com](http://www.wartsilla.com).
- [6] [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com).
- [7] [www.cimax.com](http://www.cimax.com).

---

**Người phân biện: TS. Khiếu Hữu Triển**

-----