

KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHẢ NĂNG GIẢM LỰC CẢN CỦA DUNG DỊCH SURFACTANT

Nguyễn Anh Tuấn¹, Nguyễn Trọng Dũng¹

Tóm tắt: Hiện tượng giảm lực cản của dung dịch surfactant trong dòng chảy rối bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như nhiệt độ, đường kính ống, nồng độ counter-ion, lõi vào. Trong nghiên cứu này tập trung vào việc khảo sát các ảnh hưởng của đường kính ống và nồng độ surfactant, counter-ion đến khả năng giảm lực cản của dòng dung dịch surfactant trong đường ống có mặt cắt hình tròn. Kết quả thực nghiệm dùng thảo luận về khả năng ứng dụng hiện tượng giảm lực cản của các dung dịch surfactant trong các điều kiện khác nhau.

Từ khóa: giảm lực cản, surfactant, dòng chảy rối, đường kính ống, counter-ion.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

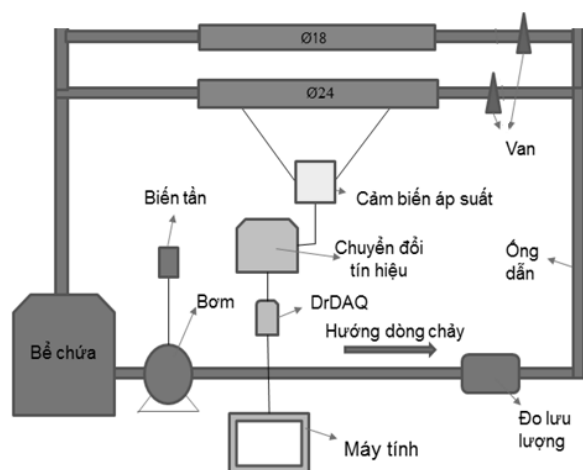
Giảm lực cản là hiện tượng ma sát của dòng chất lỏng chảy rối trong đường ống giảm khi thêm một lượng nhỏ chất phụ gia trong dòng chảy. Khi đó, tổn thất áp suất trên đường ống vận chuyển giảm, điều này đồng nghĩa với năng lượng yêu cầu để vận chuyển chất lỏng cũng giảm, hay nói cách khác là công suất của bơm giảm. Hai loại phụ gia giảm lực cản thường được sử dụng là các chất polymer và các chất có hoạt tính bề mặt surfactant. Hầu hết các nghiên cứu đã công bố đều cho rằng với dòng chảy rối khi sử dụng phụ gia polymer đều không có hiện tượng giảm lực cản trong khu vực dòng có ứng suất trượt cao do các phân tử polymer đã bị thoái biến khi chịu ứng suất trượt cao. Các chất surfactant lại có cấu trúc nano có khả năng tự sửa chữa sau khi chịu ứng suất trượt cao của dòng chảy rối nên duy trì được khả năng giảm lực cản. Vì vậy, dung dịch surfactant thường được sử dụng làm phụ gia giảm lực cản trong các hệ thống tuần hoàn kín. Tuy nhiên, khả năng giảm lực cản của dung dịch surfactant chịu ảnh hưởng của rất nhiều yếu tố như: nồng độ dung dịch surfactant, counter-ion, mặt cắt hay đường kính ống,... Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát thực nghiệm ảnh hưởng của đường kính

ống và nồng độ surfactant, counter-ion đến hiện tượng giảm lực cản của chất có hoạt tính bề mặt surfactant đối với dòng chất lỏng chảy rối trong ống tròn kín.

2. THIẾT LẬP THÍ NGHIỆM

2.1. Mô hình thí nghiệm

Nguyên lý vận hành của hệ thống: dung dịch trong bể chứa được bơm (sử dụng biến tần điều chỉnh vận tốc bơm) qua ống dẫn (bộ đo lưu lượng) tới các ống cần đo (ống Ø18, Ø24). Tại đây, cảm biến áp suất đo độ chênh áp giữa 2 điểm nhất định trên ống, khoảng cách $L = 0.5m$, và truyền dữ liệu về thiết bị chuyển đổi, thiết bị xử lý dữ liệu kết nối với máy tính và sử dụng phần mềm Picolog6



Hình 2.1. Mạch thí nghiệm

¹ Khoa Cơ khí, Đại học Thủy lợi



Hình 2.2. Hình ảnh thực tế của thí nghiệm

2.2. Dung dịch sử dụng trong thí nghiệm

Dung dịch thí nghiệm đã được chuẩn bị là hoạt chất bề mặt Surfactant, surfactant ion dương oleyl-bis hydroxyethyl-methyl-ammonium chloride (Ethoquad O/12) được sản xuất bởi công ty Lion (Japan), hàm lượng 75%. Counter-ion (NaSal) là sản phẩm của công ty Sigma Aldrich (Germany), hàm lượng 99.5%. Sự kết hợp giữa surfactant và counter-ion được mô tả nồng độ surfactant x số Mol phân tử. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng một tổ hợp surfactant với nồng độ 500 ppm kết hợp với counter-ion có nồng độ lần lượt gấp gấp 0.5, 1 và 10 lần theo phân tử Mol. Ký hiệu của tổ hợp dung dịch thí nghiệm là 500ppm x 0.5, 500ppm x 1 và 500ppm x 10, và còn sử dụng dung dịch nồng độ 800ppm x 10. Tổ hợp dung dịch surfactant được pha bằng nước máy từ nguồn cung cấp của thành phố đã được lọc sạch. Sau khi pha chế xong, dung dịch thí nghiệm được giữ trong thời gian 24 giờ để đảm bảo cân bằng lí hóa trước khi sử dụng.

2.3. Reynolds và hệ số ma sát

Từ cơ sở lý thuyết, có thể nhận ra rằng giảm lực cản phụ thuộc vào 2 yếu tố: Số Reynolds và hệ số ma sát. Số Reynolds được định nghĩa theo công thức:

$$Re_w = \frac{V \cdot D}{\nu_w} \quad (1)$$

Trong đó: ν_w - độ nhớt động học của nước, (m^2/s); D - đường kính ống, (m); V - vận tốc trung bình, (m/s).

Hệ số ma sát λ được tính theo công thức:

$$\lambda = \frac{D}{L} \cdot \frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot V^2} \quad (2)$$

Trong đó Δp là độ chênh áp giữa hai điểm đo có khoảng cách L.

Ở vùng chảy tầng, dung dịch surfactant chưa cho thấy sự giảm hệ số ma sát, tại đây hệ số ma sát được xác định theo công thức:

$$\lambda = \frac{64}{Re_w} \quad (3)$$

Tỉ lệ giảm lực cản với dòng trong ống chảy rối được tính theo phần trăm (%) như sau:

$$DR(\%) = \frac{\lambda_s - \lambda}{\lambda_s} \cdot 100 \quad (4)$$

Trong đó λ_s và λ tương ứng là hệ số ma sát của nước và của dung dịch giảm lực cản.

Trong vùng chảy rối, hệ số ma sát của nước xác định theo công thức Blasius:

$$\lambda = 0,3164 Re^{-1/4} \quad (5)$$

Zakin đã xây dựng đường tiệm cận giảm lực cản lớn nhất đối với dung dịch giảm lực cản surfactant (J. L. Zakin, 1996):

$$\lambda = 1,26 Re^{-0,55} \quad (6)$$

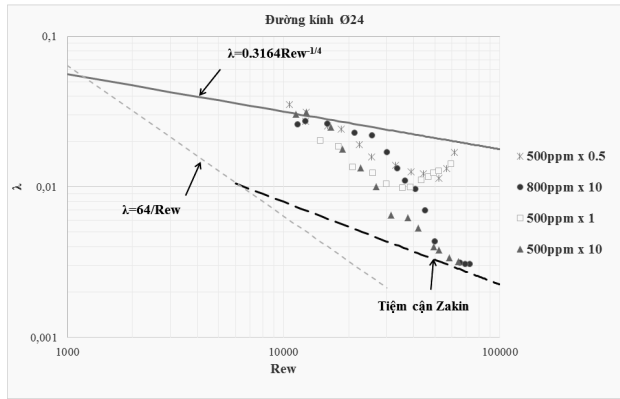
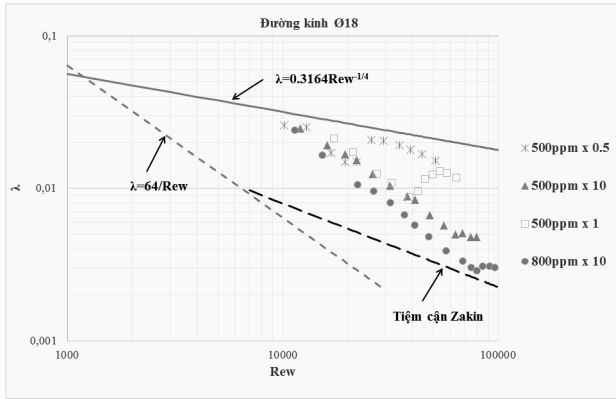
Nhiệt độ thiết lập cho nước là 31°C, độ nhớt tương ứng là : $0,7672 \times 10^{-6}$ (m^2/s)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tiến hành thí nghiệm ta đo được các đại lượng lưu lượng Q, độ chênh áp Δp , tính được các giá trị λ và Re theo công thức (1) và (2), đồng thời chọn các giá trị Re và tính λ theo các công thức (3,5,6), sử dụng excel vẽ các đồ thị ở dạng đường logarit (đường thẳng) nhằm thuận tiện cho quá trình nhận xét kết quả khảo sát, cụ thể từng trường hợp như sau:

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch

Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của nồng độ dung dịch đến khả năng giảm lực cản của dung dịch surfactant được mô tả trên các hình sau:



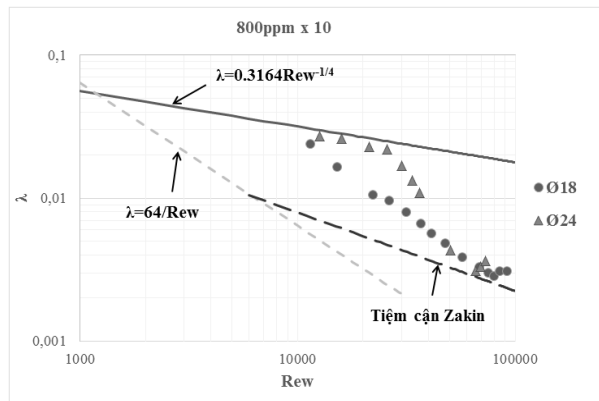
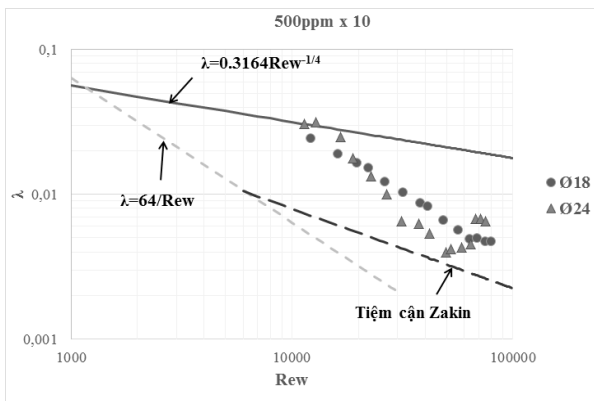
Hình 3.1. Ảnh hưởng của nồng độ Surfactant và Counterion

Khi tăng nồng độ Surfactant hay Counterion thì hệ số ma sát giảm hay giảm lực cản tăng. Hình 3.1 cho thấy dung dịch 500ppm x 0,5 làm xuất hiện giảm lực cản trong ống Ø18 từ Re khoảng 14000 và tăng lên tới giá trị Re khoảng 28000 thì không còn hiện tượng giảm lực cản (trở về với đường blasius), trong đó giảm hiệu quả nhất với Re khoảng 20000; Với dung dịch 500ppm x 10, ta thấy giảm lực cản tốt hơn rất nhiều, tuy nhiên chưa đạt tới đường Zakin. Dung dịch 800ppm x 10 từ Re khoảng 11000 và tăng

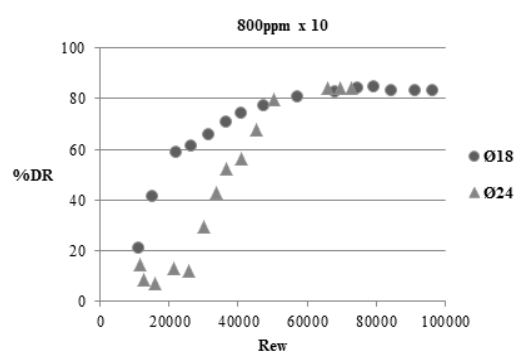
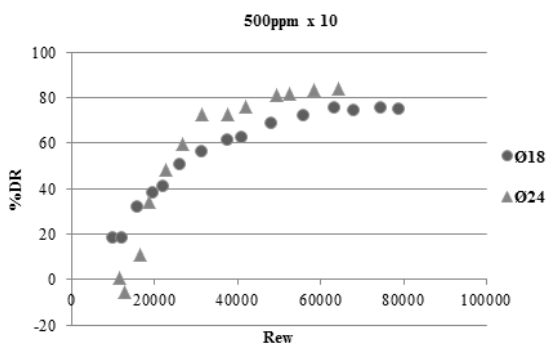
lên vượt quá ngưỡng đo của thí nghiệm, hiệu quả nhất với Re khoảng 80000, dung dịch này cho kết quả giảm lực cản gần tới tiệm cận Zakin. Nhận xét tương tự với ống Ø24mm đến khả năng giảm lực cản của dung dịch surfactant.

3.2. Ảnh hưởng của đường kính ống

Kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của đường kính ống đến khả năng giảm lực cản của dung dịch surfactant được mô tả trên các hình sau:



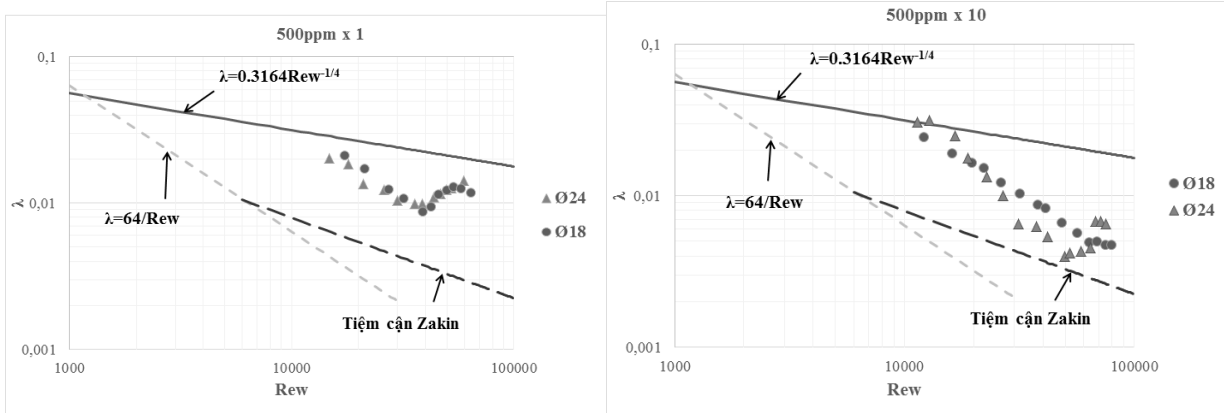
Hình 3.3. Ảnh hưởng của đường kính ống



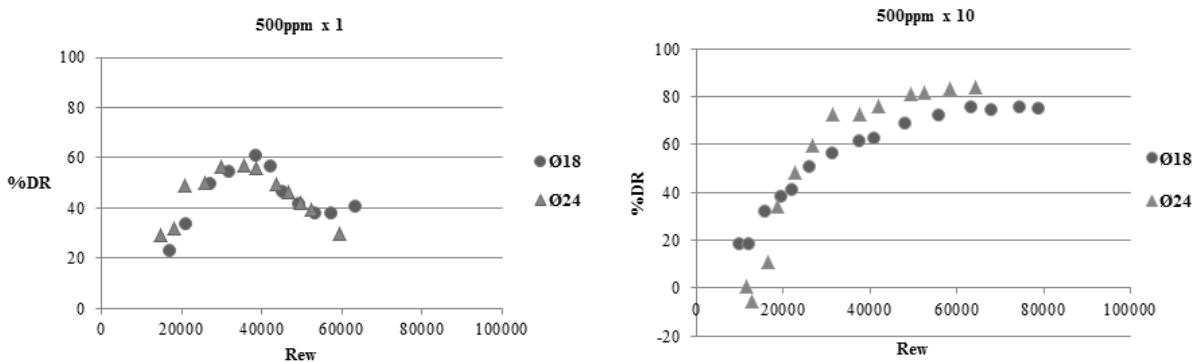
Hình 3.4. So sánh giá trị giảm lực cản theo % của các đường kính ống

Biểu đồ dung dịch 500ppm x 10 hình 3.3 cho thấy với dung dịch có cùng nồng độ 500ppm x 10, ống có đường kính lớn hơn (24mm) giảm lực cản từ giá trị Rew khoảng 16000 nhưng ống nhỏ 18mm bắt đầu giảm từ giá trị Rew nhỏ hơn, khoảng 11000, tuy nhiên ống 24mm lại cho kết quả giảm lực cản sâu hơn (tại Re khoảng 32000)

so với ống 18mm. Nhìn vào biểu đồ %DR cho thấy ống 24mm giảm lực cản hiệu quả hơn với số Rew lớn và ngược lại kém hơn với số Rew nhỏ. Với dung dịch có cùng nồng độ Counterion là 800ppmx10, kết quả về ảnh hưởng của đường kính ống đến giảm lực cản cũng tương tự.



Hình 3.5. Ảnh hưởng của đường kính ống



Hình 3.6. So sánh giá trị giảm lực cản theo % của các đường kính ống

Các biểu đồ hình 3.5 cho thấy kết quả tương tự trên, với dung dịch cùng nồng độ Surfactant, ống có đường kính lớn giảm lực cản ít hơn ống có đường kính nhỏ với các giá trị Rew nhỏ, khi Rew tăng đến miền giá trị nhất định, ống lớn lại giảm lực cản hiệu quả hơn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy rằng khi sử dụng dung dịch giảm lực cản surfactant và counterion làm xuất hiện sự giảm hệ số ma sát λ trong dòng chảy rối. Mức độ giảm ma sát thay đổi khi số Reynolds tăng và khi thay đổi nồng độ surfactant,

counterion, đường kính ống. Dung dịch có nồng độ surfactant hoặc counterion cao sẽ giảm lực cản tốt hơn dung dịch nồng độ thấp. Dung dịch 800ppmx10 cho kết quả giảm lực cản sát với đường Zakin. Ống có đường kính lớn hơn cho hiệu quả giảm lực cản nhỏ hơn ống có đường kính nhỏ với cùng một miền giá trị Rew thấp, khi Rew tăng đến giá trị lớn hơn thì ống có đường kính lớn lại cho khả năng giảm lực cản hiệu quả hơn ống nhỏ. Những kết quả này góp phần vào việc ứng dụng công nghệ giảm lực cản khi vận chuyển chất lỏng trong ống kín hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

(J.L.Zakin, J.Myska, and Z.Chara), *New limiting drag reduction and velocity profile asymptotes for nonpolymeric additives systems*, AIChE J., vol. 42, no. 12, pp. 3544–3546, 1996.

Abstract:

EXPERIMENTAL SURVEY OF INFLUENCE FACTORS TO THE POSSIBLE POSSIBILITY OF SURFACTANT SOLUTION

The decrease in drag of surfactant solution in turbulent flow is affected by many factors such as temperature, pipe diameter, counter-ion concentration, entrance. In this study, the focus was on investigating the effects of tube diameter and surfactant and counter-ion concentrations on the ability to reduce the resistance of surfactant solution in a circular cross-section. Experimental results are used to discuss the applicability of the reduction of drag resistance of surfactant solutions under different conditions.

Keywords: The decrease in drag, surfactant, turbulent flow, pipe diameter, counter-ion.

Ngày nhận bài: 09/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 23/8/2019