

KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM ĐỘ NHỚT CỦA CHẤT LỎNG GIẢM LỰC CẢN SURFACTANT

Nguyễn Anh Tuấn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi, email: tuan_na_mxd@tlu.edu.vn

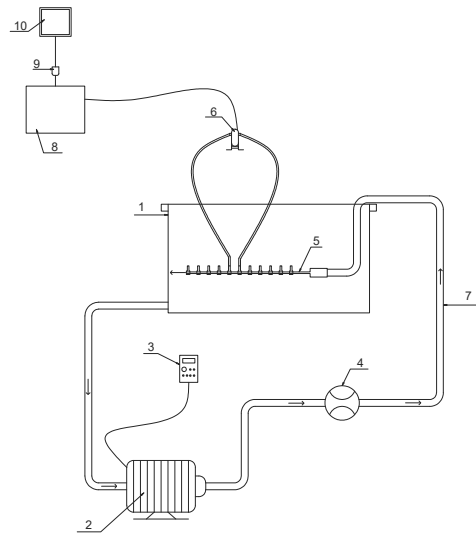
1. GIỚI THIỆU CHUNG:

Tổ hợp dung dịch surfactant - counterion được nhiều các công trình nghiên cứu công nhận là chất giảm lực cản hữu hiệu trong các dòng chảy rối [1]. Tuy nhiên các cơ chế về hiện tượng giảm lực cản của tổ hợp dung dịch surfactant này vẫn chưa được hiểu đầy đủ. Độ nhớt trượt của dung dịch là một yếu tố liên quan đến sự giảm lực cản này. Việc xác định độ nhớt trượt chất lỏng giảm lực cản surfactant là cần thiết. Loại chất lỏng này là chất lỏng phi Niu-ton, nên độ nhớt của nó thay đổi khi ứng suất trượt tác dụng lên dòng chất lỏng thay đổi. Ngoài ra độ nhớt tổ hợp dung dịch surfactant cũng thay đổi với các hình dạng, cấu hình dòng khác nhau, nhiệt độ khác nhau...

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU:

Trong nghiên cứu này, độ nhớt của một số tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant sẽ được khảo sát bằng phương pháp thực nghiệm sử dụng dòng trong ống tròn đường kính nhỏ. Mạch thí nghiệm được mô tả như (hình 1). Ống thí nghiệm 5 có mặt cắt hình tròn, với đường kính 3,3mm được đặt ngập trong bể chứa dung dịch thí nghiệm 1. Trên thân đường ống thí nghiệm được khoan các lỗ đường kính 0,2mm, cách đều nhau một đoạn 0,02m. Sensor cảm biến áp suất Validyne (Mỹ) 6 được lắp với hai lỗ khoan liên tiếp để đo chênh lệch áp suất giữa hai điểm đo. Số liệu đo được lưu vào máy tính thông qua mạch thu thập dữ liệu Aduino DrDaQ (Anh). Một bơm cánh dẫn bằng thép không gỉ được sử dụng để tuần hoàn

dung dịch trong mạch thí nghiệm. Do dòng chảy qua ống nhỏ, một sensor đo lưu lượng theo phương pháp Coriolis được sử dụng để xác định lưu lượng của dòng chảy trong mạch thí nghiệm. Để thay đổi lưu lượng dòng chảy trong hệ thống, biến tần 3 được sử dụng để điều chỉnh tần số của bơm.

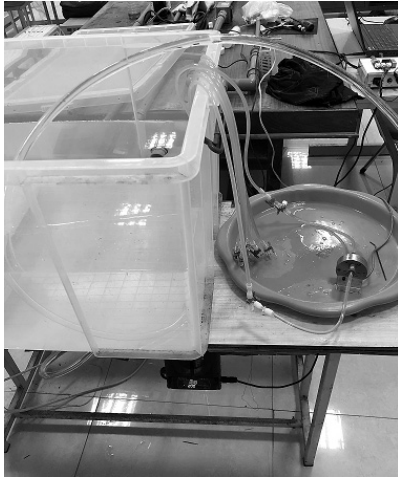


Hình 1. Sơ đồ mạch thí nghiệm

- 1- bể chứa dung dịch; 2- bơm; 3- biến tần;
- 4- sensor lưu lượng; 5- ống thí nghiệm;
- 6- sensor áp suất; 7- đường ống dẫn;
- 8- bộ chuyển đổi tín hiệu; 9- bo mạch Aduino;
- 10- máy tính

Hai tổ hợp dung dịch surfactant-counterion thí nghiệm được sử dụng là 500 ppm x1 và 800ppm x10. Chất surfactant được sử dụng là loại cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) surfactant. Counterion được sử dụng là sodium salicylate (NaSal). Các tổ hợp dung dịch thí

nghiệm được duy trì ở nhiệt độ $20^{\circ}\text{C} \pm 1$ trong suốt quá trình đo. Toàn bộ thí nghiệm được thực hiện với các thiết bị sẵn có tại phòng thí nghiệm kỹ thuật hệ thống công nghiệp, thuộc bộ môn kỹ thuật hệ thống công nghiệp, Trường đại học Thủy lợi (hình 2).



Hình 2. Hệ thống thí nghiệm

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU:

Kiểm tra hệ thống thí nghiệm với nước sạch.

Trước khi tiến hành đo độ nhớt các tổ hợp dung dịch surfactant, hệ thống thí nghiệm sẽ được kiểm tra bằng cách đo hệ số ma sát của nước sạch chảy trong thành ống và so sánh với lý thuyết. Theo lý thuyết, hệ số ma sát của dòng chảy tầng trong ống tròn của nước (chất lỏng Niu-ton) được tuân theo quan hệ $64/Re$, với Re là số Reynolds được xác định theo độ nhớt của nước $Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\eta} = \frac{v \cdot D}{\nu}$. Để xác định hệ số ma sát của dòng chất lỏng trong ống,

sử dụng công thức sau: $\lambda = \frac{2 \cdot \Delta p \cdot D}{v^2 \cdot \rho \cdot L}$

Trong đó :

v - Vận tốc dòng trong ống (m/s)

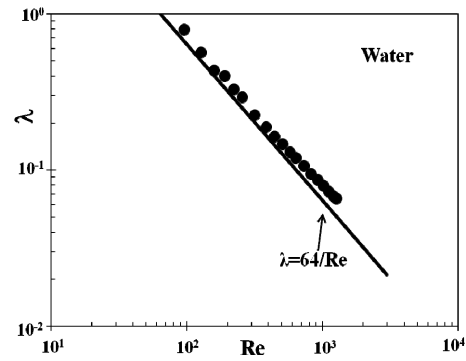
ρ - Khối lượng riêng nước,

L - Khoảng cách 2 điểm đo (m)

η - Độ nhớt động lực học (mPa.s)

D - Đường kính ống thí nghiệm

Kết quả đo được thể hiện trong đồ thị dưới đây.



Hình 3. Mối quan hệ giữa hệ số ma sát của nước với số Reynolds được xác định trong ống đường kính 3,3mm

Từ đồ thị ở (hình 3) cho thấy hệ số ma sát của nước khi đo trong đường ống 3,3mm, gần như sát với đường laminar theo lý thuyết. Như vậy hệ thống thí nghiệm có thể dùng để đo độ nhớt tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant.

Kết quả thí nghiệm đo độ nhớt các tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant.

Sử dụng phương trình Hagen-Poiseuille, độ nhớt của dòng chất lỏng thí nghiệm được rút ra như sau

$$\mu = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8QL}$$

Trong đó:

μ - Độ nhớt dung dịch (mPa.s);

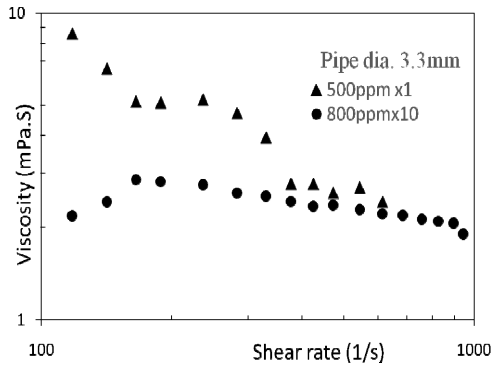
R - Bán kính ống thí nghiệm (m);

ΔP - Chênh lệch áp suất giữa hai điểm đo;

Q - Lưu lượng dòng trong ống thí nghiệm

L - Khoảng cách 2 điểm đo ($L = 0,02\text{m}$)

Như đã được biết rất rõ, nước là một chất lỏng Niu-ton, độ nhớt của nó không thay đổi dưới tác dụng của ứng suất trượt thường xuất hiện khi xảy ra sự chảy. Độ nhớt của nước có thể tìm thấy ở nhiều tài liệu đã công bố. Ví dụ độ nhớt động lực học (độ nhớt trượt) của nước ở nhiệt độ 20°C là $1,0016\text{mPa.s}$ [2]. Tuy nhiên với chất lỏng giảm lực cản surfactant là loại chất lỏng phi Niu-ton mà tốc độ trượt phụ thuộc ứng suất trượt, thời gian trượt... Do đó độ nhớt của các loại dung dịch này không phải là hằng số khi các tốc độ trượt khác nhau.



Hình 4. Mối quan hệ giữa độ nhớt và tốc độ trượt của các tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant

Kết quả thí nghiệm đã cho mối quan hệ độ nhớt trượt của hai tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant với vận tốc trượt được thể hiện trong đồ thị ở hình 4. Đối với tổ hợp dung dịch surfactant 500ppm \times 1, khi tốc độ trượt (shear rate) tăng, thì độ nhớt (viscosity) trượt của nó giảm. Trong khi đó, tổ hợp dung dịch surfactant 800ppm \times 10, cho thấy sự thay đổi độ nhớt bất thường khi thay đổi tốc độ trượt. Với tốc độ trượt dưới 200 (1/s), độ nhớt của tổ hợp 800ppm \times 10 tăng. Nhưng độ nhớt trượt này lại giảm dần khi tăng tốc độ trượt lên từ trên 200 (1/s).

4. KẾT LUẬN:

Sử dụng ống capillary để đo độ nhớt trượt của các tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant đã được thực hiện tại phòng thí nghiệm kỹ thuật hệ thống công nghiệp, trường đại học Thủy lợi. Kết quả thí nghiệm cho thấy sự thay đổi độ nhớt trượt khác nhau giữa hai tổ hợp dung dịch. Kết quả này chứng tỏ đặc tính rheology (lưu biến) của hai tổ hợp dung dịch không giống nhau. Tổ hợp dung dịch 800ppm \times 10 cho sự thay đổi đặc tính rheology bất thường dưới ảnh hưởng của ứng suất trượt. Kết quả vẫn cần phải tiếp tục được nghiên cứu để hiểu rõ hơn ảnh hưởng của trượt lên các tổ hợp dung dịch giảm lực cản surfactant.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Nguyen Anh Tuan, Hiroshi Mizunuma, "High shear drag reduction of surfactant solutions", Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, Volume 198, August 2013, Pages 71-77.
- [2] <https://en.wikipedia.org/wiki/Viscosity>

6. LỜI CẢM ƠN

"Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 107.03-2018.21".