

KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM GIẢM LỰC CẢN BẰNG CÁC CHẤT PHỤ GIA CỦA DÒNG CHẢY RỐI TRONG ỐNG MAO DẪN (CAPILLARY)

Nguyễn Anh Tuấn¹

Tóm tắt: *Giảm lực cản dòng chảy rối của các dung dịch surfactant đã được khảo sát bằng thực nghiệm trong ống mao dẫn (capillary) với đường kính trong 0,9mm. Kết quả thực nghiệm đã cho thấy sự xuất hiện giảm lực cản trong các tổ hợp surfactant với counterion được khảo sát. Nồng độ counterion cũng ảnh hưởng đến mức độ giảm lực cản của các dung dịch surfactant. Tổ hợp surfactant 500ppm x20 cho sự giảm lực cản lên đến gần 40% tại ứng suất trượt lớn hơn 300 N/m². Dung dịch với chất phụ gia ống nano các-bon cũng được dùng trong nghiên cứu giảm lực cản này. Kết quả cho thấy ống nano các-bon cũng gây ra hiện tượng giảm lực cản trong dòng tốc độ cao trong ống mao dẫn (capillary). Tuy nhiên kết quả vẫn còn nhiều hạn chế cần được khắc phục trong các nghiên cứu tiếp theo.*

Từ khóa: Ống mao dẫn, lực cản dòng chảy rối, surfactant, Nano carbon.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Giảm lực cản dòng chảy rối bằng chất phụ gia đã nhận được sự quan tâm rất lớn của nhiều nhà khoa học trong hơn nửa thế kỷ qua vì nó giúp tiết kiệm năng lượng của bơm trong quá trình vận chuyển dòng chất lỏng. Hiện tượng giảm ma sát đã xuất hiện khi thêm một lượng nhỏ nhất định chất phụ gia vào trong dòng chất lỏng chảy rối. Có ba loại chất phụ gia giảm lực cản chủ yếu là polymer, surfactant và sợi. Hầu hết các nhà nghiên cứu đã khẳng định chất phụ gia polymer không gây ra sự giảm lực cản dòng chảy rối trong vùng ứng suất trượt lớn bởi vì polymer bị thoái biến khi chịu ứng suất trượt cao. Do đó các chất phụ gia polymer không được dùng để nghiên cứu giảm lực cản trong khu vực có ứng suất trượt cao. Các chất phụ gia surfactant có ưu điểm hơn polymer bởi vì các cấu trúc nano của chúng có thể tự sửa chữa sau khi bị phá vỡ dưới ứng suất trượt cao. Ưu điểm này của các chất phụ gia surfactant có thể rất hứa hẹn cho các dòng có ứng suất cao như dòng trong các ống có đường kính nhỏ như ống capillary hay trong các công nghệ bôi trơn. Một loại chất phụ gia khác cũng được quan tâm trong nghiên cứu này ống nano các-bon (carbon

nanotube) bởi vì ống nano các-bon có thể dập các xoáy rối trong dòng chảy.

Dòng trong ống mao dẫn (capillary) được sử dụng rất thông dụng trong các máy móc và hệ thống cơ khí như trong bộ tích năng của hệ thống điều khiển thủy lực, hay ứng dụng trong việc bôi trơn các bộ phận chi tiết máy trong công nghiệp, máy móc thiết bị xây dựng. Trong những ứng dụng này thì điều kiện làm việc luôn ở điều kiện ứng suất trượt cao. Những lợi thế của chất giảm lực cản surfactant sẽ có nhiều hữu ích với các ứng dụng ở các khu vực ứng suất trượt cao như dòng capillary.

Mục đích của nghiên cứu này là khảo sát thực nghiệm hiện tượng giảm lực cản của các chất surfactant và ống nano các-bon trong ống capillary có đường kính trong xấp xỉ 0,9 mm. Chúng tôi cũng đã khảo sát hệ số ma sát dòng trong ống với chất lỏng là nước và so sánh với các loại dung dịch giảm lực cản được nghiên cứu.

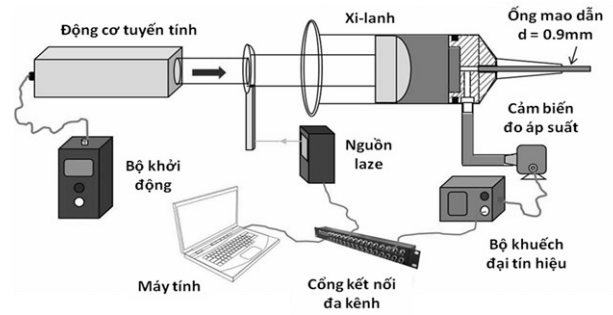
2. MÔ TẢ MẠCH THÍ NGHIỆM VÀ VẬT LIỆU THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng hai loại chất phụ gia để thí nghiệm giảm lực cản trong ống capillary. Chất phụ gia thứ nhất là hoạt chất bề mặt surfactant loại Ethoquad 0/12 kết hợp với muối sodium salicylate sử dụng như

¹ Khoa Kỹ thuật Cơ khí, Trường Đại học Thủy lợi.

là đối ion (counterion). Tổ hợp surfactant và counterion được pha với nước để có hai tổ hợp dung dịch thí nghiệm cùng có nồng độ surfactant là 500 ppm, và nồng độ counterion tương ứng gấp mười lần và hai mươi lần nồng độ phân tử surfactant. Sau đây ký hiệu là 500ppm x10 và 500ppm x20. Chất phụ gia thứ hai là ống nano các-bon (carbon nanotube) được pha với nước với nồng độ 0,5%, sau đây ký hiệu là VGCFX-0,5%.

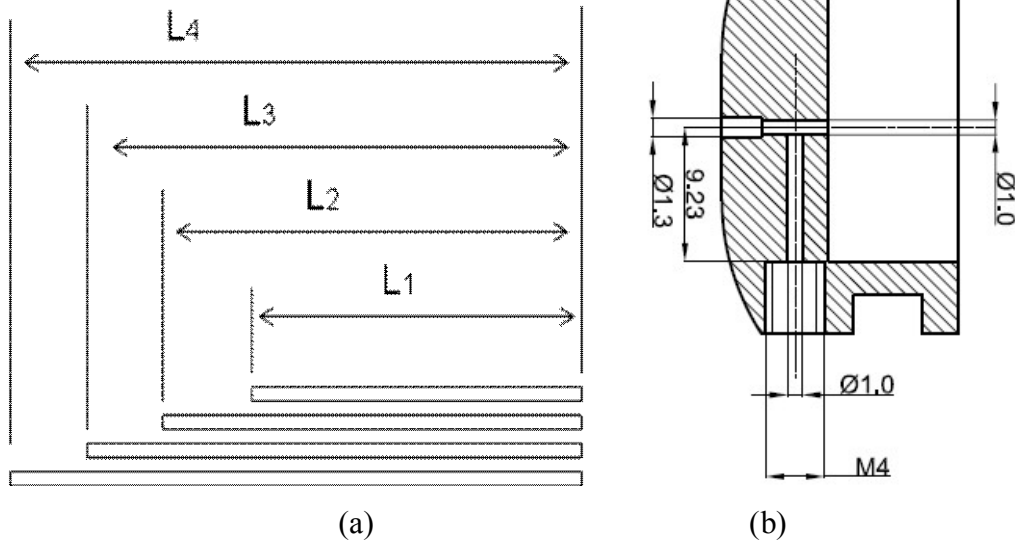


Hình 1. Sơ đồ mạch thí nghiệm

2.2. Mạch thí nghiệm

Sơ đồ mạch thí nghiệm được bố trí như trong Hình 1 bao gồm một pittong dịch chuyển tịnh tiến ở bên trong xi lanh. Tốc độ chuyển động của pittong được ghi lại thông qua một nguồn laser kết nối đồng bộ với máy tính.

dụng tác động vào cán pittong làm cho pittong dịch chuyển tịnh tiến trong xi lanh. Tốc độ chuyển động của pittong được ghi lại thông qua một nguồn laser kết nối đồng bộ với máy tính.



Hình 2. Đầu lắp ống capillary

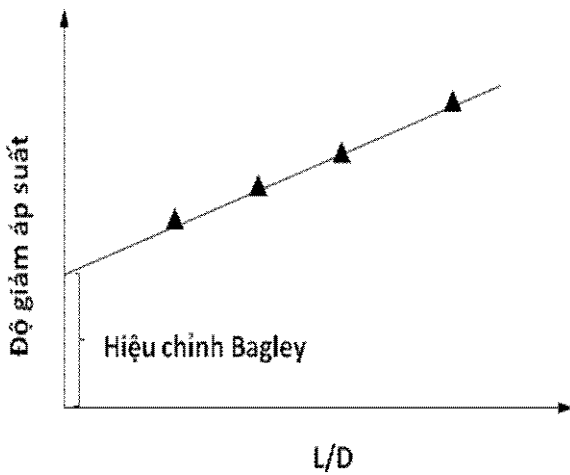
Hình 2(a) là bốn đoạn ống capillary bằng thép không gỉ đường kính trong 0,9 mm với các chiều dài tương ứng $L_1 = 39,45$ mm, $L_2 = 54,25$ mm, $L_3 = 62,25$ mm và $L_4 = 75,35$ mm. Keo được sử dụng để gắn bốn đoạn ống capillary với bốn đầu lắp ống capillary đảm bảo không bị rò rỉ khi chịu áp suất cao. Chúng tôi chế tạo các đầu lắp ống capillary bằng vật liệu bằng đồng như hình 2(b). Để dẫn dung dịch ra sensor đo áp suất, chúng tôi tạo một đường thông với khoang chứa dung dịch phía trước ống capillary như

trong hình vẽ. Các giá trị áp suất được đo tại lõi vào ống capillary sẽ được ghi lại khi kết nối với đồng bộ với máy tính. Toàn bộ mạch thí nghiệm được thực hiện trong phòng có nhiệt độ được duy trì ở nhiệt độ 20 ± 2 độ C.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Với thiết kế thí nghiệm này, chúng tôi sẽ đo áp suất tại lõi vào của mỗi ống capillary. Do bốn ống capillary có chiều dài khác nhau nên áp suất tại cửa vào tại từng ống sẽ khác nhau. Để xác định sự chênh lệch áp suất (P) giữa các chiều

dài ống khác nhau, chúng tôi sử dụng phương pháp vẽ biểu đồ Bagley (Bagley plot) [1].

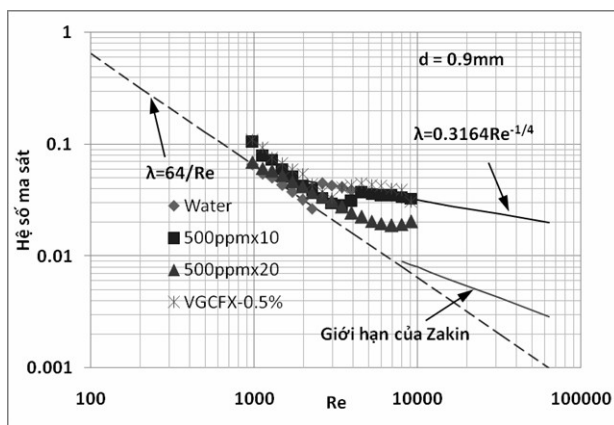


Hình 3. Hệ số hiệu chỉnh Begley

Sau khi đã xác định được chênh lệch áp suất với các chiều dài ống khác nhau, hệ số ma sát (λ) thành ống sẽ được xác định theo công thức

$$\lambda = \frac{2 * \Delta P * d}{\rho * L * V^2}$$

- Trong đó: λ : Hệ số ma sát thành ống
 ΔP : Chênh lệch (giảm) áp suất do khác nhau về chiều dài ống
 d : Đường kính ống
 L : Chiều dài ống
 V : Vận tốc dòng trong ống
 ρ : Khối lượng riêng dung dịch thí nghiệm

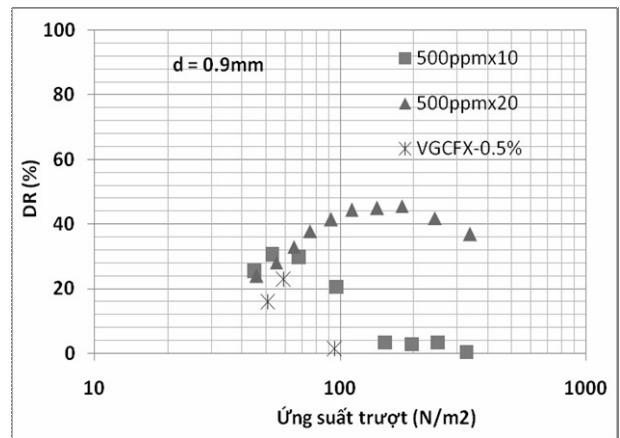


Hình 4. Mối quan hệ giữa hệ số ma sát thành ống và số Reynolds

Hình 4 thể hiện mối quan hệ giữa hệ số ma

sát thành ống và số Reynolds (ở đây số Reynolds được xác định dựa trên độ nhớt của nước). Cả ba dung dịch đều thể hiện hệ số ma sát thành ống giảm khi số Reynolds khoảng 3000. Tuy nhiên sự giảm ma sát thành ống trong dung dịch ống nano cacbon không nhiều. Dung dịch surfactant 500 ppm x20 cho thấy hệ số ma sát thành ống tiếp tục giảm khi số Reynolds lên đến 10000.

Hình 5 biểu diễn mối quan hệ giữa phần trăm giảm lực cản với ứng suất trượt. Rõ ràng dung dịch surfactant 500 ppm x20 cho khả năng giảm lực cản lớn ở ứng suất trượt lên đến 300 (N/m²). Hai dung dịch còn lại không thể hiện giảm lực cản ở tại giá trị ứng suất trượt này. Nồng độ counterion cũng ảnh hưởng đến phần trăm giảm lực cản của dung dịch surfactant.



Hình 5. Phần trăm giảm lực cản của các dung dịch trong ống capillary

4. KẾT LUẬN

Trong thí nghiệm khảo sát giảm lực cản trong ống capillary, các dung dịch thí nghiệm đều cho kết quả giảm lực cản. Dung dịch surfactant 500 ppm x20 có khả năng giảm lực cản ở ứng suất trượt lên đến 300 N/m². Ảnh hưởng của counterion lên khả năng giảm lực cản của các dung dịch surfactant đã được quan sát. Giảm lực cản của dung dịch ống nano cacbon 5% với nước (VGCFX--0,5%) không thể hiện sự giảm lực cản ở khu vực ứng suất trượt lớn. Các điều kiện thí nghiệm và nồng độ của dung dịch ống nano cacbon với nước cần phải được tiếp tục

cải thiện trong các nghiên cứu tiếp theo để đạt triển khoa học và công nghệ Quốc gia
được khả năng giảm lực cản tốt hơn. (NAFOSTED) trong đề tài mã số 107.03-
* Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát 2018.21

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- E. B. Bagley, "End Corrections in the Capillary Flow of Polyethylene*" Journal of Applied Physics, Volume 8, Number 5, May 1957
- J.L. Zakin and J. Myska, "New Limiting Drag Reduction and Velocity Profile Asymptotes for non-Polymeric Additives Systems", AIChE J., 42, 3544-3546 (1996).

Abstract:

INVESTIGATING AN ADDITIVE DRAG REDUCTION OF TURBULENT FLOW IN CAPILLARY TUBE

Turbulent drag reduction of surfactant counterion combinations was experimentally investigated in a capillary tube with diameter of 0.9 mm. The results showed that the drag reduction was existed in the surfactant counterion combinations. The counterion concentration was influenced in the drag reduction ability of the combinations. The surfactant counterion combination 500ppm x20 showed the drag reduction of 40% at the shear stress of 300 N/m². In the experiment of capillary tube, the drag reduction of water-nanotube solution (VGCFX-0.5%) was not achieved in the high shear flow. Its concentration and experimental conditions should be improved to get better in drag reduction.

Keywords: Drag reduction, Surfactant, Nano carbon, Energy saving

Ngày nhận bài: 15/5/2019

Ngày chấp nhận đăng: 23/5/2019