

KHẢO SÁT CÁC ẢNH HƯỞNG ĐẾN ĐỘ NHỚT CẮT CỦA DUNG DỊCH HOẠT CHẤT BỀ MẶT

Nguyễn Anh Tuấn

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

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nhiều nghiên cứu đã được dành cho tính lưu biến của dung dịch chất hoạt động bề mặt. Các ứng xử của dung dịch chất hoạt động bề mặt (dung dịch surfactant) thay đổi do ứng suất cắt. Sự thay đổi về đặc tính lưu biến này được giải thích bằng sự hình thành cấu trúc mixen trong dung dịch chất hoạt động bề mặt. Các thí nghiệm quan sát thấy rằng ở nồng độ cao, các mixen có thể hình thành cấu trúc phức tạp với hình dạng ba chiều. Những siêu cấu trúc này được hình thành dưới tác động của ứng suất cắt, và do đó, chúng tôi gọi đây là cấu trúc được hình thành do ứng suất cắt (SIS) có pha “gel”.

Theo một số nghiên cứu, cấu trúc SIS của chất hoạt động bề mặt có thể liên quan đến hiện tượng giảm lực cản trong dòng chảy rối. Họ kết luận rằng SIS không phải là một quá trình chuyển pha gây ra bởi sự liên kết hoặc độ giãn dài của mixen, mà đúng hơn là sự không đồng nhất và tách pha do ứng suất cắt gây ra. Mặc dù có nhiều nghiên cứu nhưng bản chất phức tạp của SIS vẫn chưa được hiểu rõ ràng. Mối quan hệ giữa SIS và việc giảm lực cản vẫn tiếp tục gây tranh cãi và cần phải tiếp tục được nghiên cứu.

Các quan sát trực tiếp cho thấy rằng kích thước của các cấu trúc này có thể gần gấp đôi kích thước của một phân tử chất hoạt động bề mặt và chiều dài có thể gấp hàng nghìn lần kích thước phân tử dẫn đến độ nhớt tăng lên đáng kể. Khi tốc độ cắt tiếp tục tăng, cấu trúc hình thành do ứng suất cắt trở nên không ổn định và độ nhớt bắt đầu giảm cùng với tốc độ

cắt. Hu và cộng sự [1] quan sát thấy các mixen được sắp xếp hoàn toàn theo hướng dòng chảy khi độ nhớt đạt giá trị cực đại bằng phương pháp lưỡng chiết và các phương pháp tán xạ, chẳng hạn như tán xạ ánh sáng hoặc tán xạ neutron góc nhỏ.

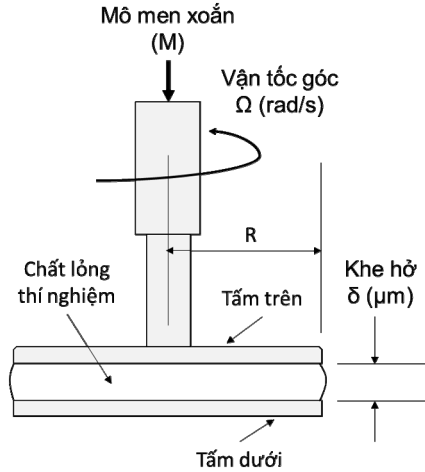
Bản chất chính xác của cấu trúc được hình thành do ứng suất cắt chưa được hiểu đầy đủ. Sự xuất hiện của cấu trúc SIS được quy cho việc tăng độ nhớt của các dung dịch hoạt chất bề mặt dưới ảnh hưởng của ứng suất cắt. Các khảo sát cho rằng các đặc tính lưu biến của loại dung dịch này có tầm quan trọng to lớn trong các ứng dụng công nghiệp.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát thực nghiệm sự thay đổi độ nhớt của các chất lỏng hoạt chất bề mặt surfactant dưới ảnh hưởng của ứng suất cắt. Cụ thể các ảnh hưởng của các thông số hình học của dòng, nồng độ counterion và thời gian tác động của ứng suất cắt đến độ nhớt của dung dịch hoạt chất bề mặt đã được xem xét.

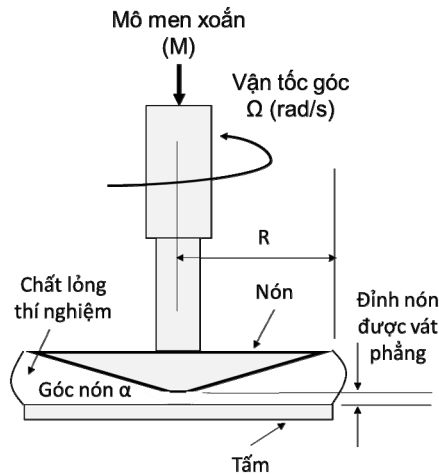
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Kiến thức về độ nhớt là yếu tố then chốt để hiểu được đặc tính lưu biến của các chất lỏng surfactant giảm lực cản. Phương pháp thực nghiệm được sử dụng trong nghiên cứu này. Độ nhớt được đo bằng máy đo lưu biến Discovery Hybrid HR-3 (TA Instruments, USA) đã được sử dụng để đo độ nhớt biểu kiến của dung dịch chất hoạt động bề mặt. Trong quá trình đo độ nhớt, nhiệt độ dung dịch chất hoạt động bề mặt được thử nghiệm được duy trì ở $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Thiết bị đo lưu biến

này được trang bị nhiều lựa chọn modul cấu hình hình học đo gồm cấu hình hai tấm song song (hình 1a), bộ cấu hình nón với tấm (hình 1b), cấu hình cốc hình trụ đồng trục,... Các cấu hình hình học khác nhau có thể được sử dụng tùy thuộc vào chất lỏng được thử nghiệm. Trong nghiên cứu này chúng tôi sử dụng hai bộ cấu hình như trong hình 1 để đo độ nhớt của các dung dịch surfactant với các nồng độ khác nhau.



(a) Cấu hình hai tấm song song

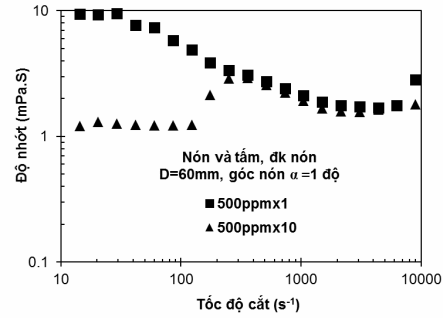


(b) Cấu hình nón với tấm

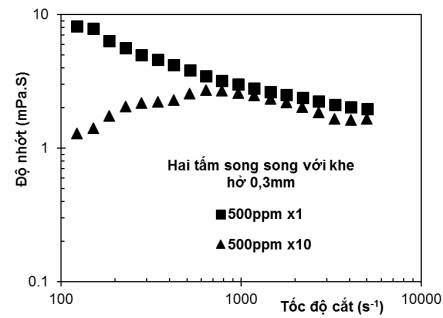
Hình 1. Hai cấu hình khác nhau trong thí nghiệm đo độ nhớt

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ counterion



(a) Nón và tấm với đường kính nón 60mm, góc nón 1 độ



(b) Hai tấm song song với khe hở 0,3mm

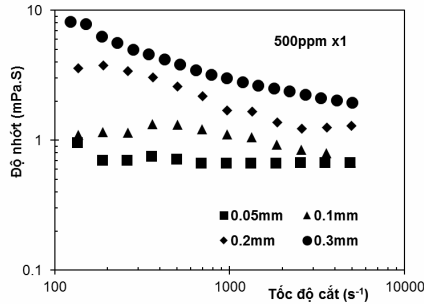
Hình 2. Ảnh hưởng của nồng độ counterion đến độ nhớt

Kết quả đo với hai dung dịch surfactant có nồng độ counterion khác nhau 500ppm ×1 và 500ppm ×10 cho thấy độ nhớt khác nhau (hình 2). Với cả hai cấu hình của thiết bị thì dung dịch 500ppm ×1 cho độ nhớt giảm dần khi tốc độ cắt tăng lên. Tuy nhiên dung dịch 500ppm ×10 có độ nhớt nhỏ khi tốc độ cắt thấp và tăng khá nhanh ở tốc độ cắt khoảng 100 đến 1000 s⁻¹. Khi ứng suất cắt lớn hơn 1000 s⁻¹, độ nhớt của dung dịch 500ppm ×10 giảm giống như dung dịch 500ppm ×1.

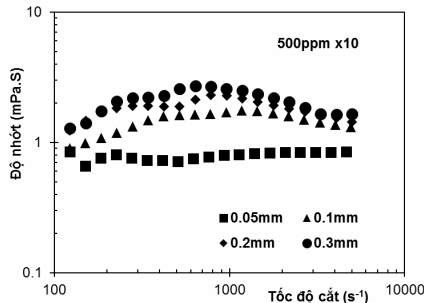
3.2. Ảnh hưởng của khe hở giữa hai tấm

Hình 3 cho thấy sự khác nhau về độ nhớt với khe hở khác nhau khi sử dụng cấu hình thiết bị đo độ nhớt là hai tấm song song. Với khe hở 0,05mm cả hai dung dịch đều cho độ

nhớt thấp nhất và ứng xử độ nhớt giống chất lỏng Niu-ton. Tuy nhiên khi tăng khe hở thì độ nhớt của cả hai dung dịch đều tăng. Dung dịch 500ppm $\times 1$ có ứng xử shear thinning (độ nhớt giảm khi ứng suất cắt tăng) trên toàn bộ dải giá trị của tốc độ cắt. Trong khi đó dung dịch 500ppm $\times 10$ có ứng xử shear thickening (độ nhớt tăng cùng với ứng suất cắt tăng) trong dải giá trị của tốc độ cắt từ 100 đến 1000 s^{-1} .



(a) Dung dịch surfactant 500ppm $\times 1$

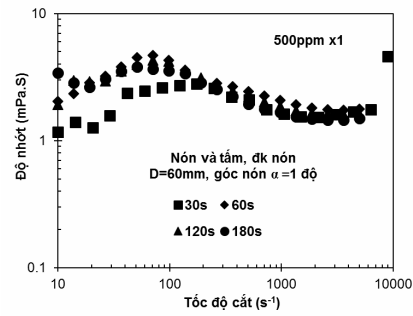


(b) Dung dịch surfactant 500ppm $\times 10$

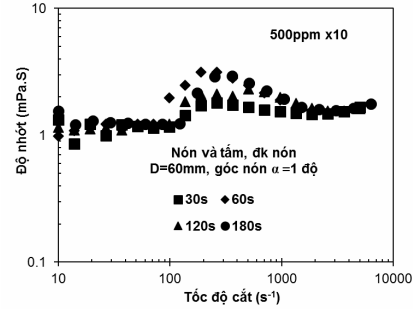
Hình 3. Ảnh hưởng của khe hở giữa hai tấm song song đến độ nhớt cắt của các dung dịch surfactant

3.3. Ảnh hưởng của thời gian tác động của ứng suất cắt

Hình 4 cho thấy sự thay đổi độ nhớt của hai dung dịch surfactant khác nhau khi thời gian cắt khác nhau. Với dung dịch surfactant 500ppm $\times 1$ thì độ nhớt tăng lên trong khoảng tốc độ cắt từ 10 đến 100 s^{-1} . Tuy nhiên dung dịch surfactant 500ppm $\times 10$ thì cho thấy độ nhớt tăng trong khoảng tốc độ cắt từ 100 đến 1000 s^{-1} khi thời gian cắt tăng lên.



(a) Dung dịch surfactant 500ppm $\times 1$



(b) Dung dịch surfactant 500ppm $\times 10$

Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian cắt đến độ nhớt của các dung dịch surfactant

4. KẾT LUẬN

Các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhớt của các dung dịch giảm lực cản surfactant đã được khảo sát thực nghiệm trên thiết bị đo lưu biến. Sự tăng độ nhớt của các dung dịch surfactant thường được gắn với sự hình thành cấu trúc SIS dưới ảnh hưởng của ứng suất cắt. Quá trình này cũng gây ra ứng xử lưu biến bất thường trong các loại dung dịch mixen này. Không dễ để quan sát trực tiếp cấu trúc SIS trong dòng chảy rối. Nên việc hiểu rõ ảnh hưởng của cấu trúc SIS cần phải tiếp tục nghiên cứu.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. T. Hu and Philippe Boltenhagen, D. J. Pine, Shear thickening in low-concentration solutions of wormlike micelles. I. Direct visualization of transient behavior and phase transitions, J. Rheol. 42, 1185-1208 (1998).