

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA HOẠT CHẤT BỀ MẶT SURFACTANT ĐẾN ĐẶC TÍNH CỦA MÁY BƠM LY TÂM

Nguyễn Ngọc Minh¹, Bùi Văn Hiệu¹, Nguyễn Ngọc Huyền¹, Nguyễn Anh Tuấn¹
¹Trường Đại học Thủy lợi, email: ngminh@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Các hoạt chất bề mặt Surfactant đã được chứng minh có khả năng giảm lực cản dòng chảy rối. Tuy nhiên ảnh hưởng của nó đến đặc tính của máy bơm vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Trong nghiên cứu này, đường đặc tính của máy bơm ly tâm được xác định bằng thực nghiệm khi hoạt động với nước máy và với dung dịch chứa các hoạt chất bề mặt với các nồng độ khác nhau. Thử nghiệm đã được thực hiện trên các dung dịch có chứa các hoạt chất bề mặt Surfactant với các nồng độ khác nhau là 200 ppm ×1; 400 ppm ×1. Kết quả thí nghiệm cho thấy cột áp tổng của bơm cho các trường hợp dung dịch chất hoạt động bề mặt cao hơn so với khi làm việc với nước máy và công suất trục đối với các trường hợp dung dịch chất hoạt động bề mặt giảm so với nước máy. Điểm làm việc của bơm cũng dịch chuyển theo hướng tăng cột áp và lưu lượng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thiết lập hệ thống thí nghiệm để khảo sát các thông số cột áp, lưu lượng và công suất của máy bơm ly tâm khi hoạt động với chất lỏng có hoạt tính bề mặt surfactant và nước máy. Từ các kết quả đo chúng tôi sẽ tiến hành đánh giá về ảnh hưởng của surfactant đến đặc tính máy bơm.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Giới thiệu

Giảm lực cản là sự tăng khả năng bơm của chất lỏng khi thêm một lượng nhỏ

polymer vào dòng chất lỏng chảy rối [1]. Khả năng giảm lực cản có thể đạt tới 80% khi thêm chất phụ gia có hoạt tính bề mặt surfactant vào dòng chảy rối [2]. Cho đến nay, đã có một số nghiên cứu về ảnh hưởng của surfactant đến hiệu suất của bơm. Gasljevic và Matthys [3] đã thực hiện các thí nghiệm sử dụng một máy bơm ly tâm với các bánh công tác có đường kính khác nhau làm việc ở cùng tốc độ 3450 vòng/phút và phụ gia giảm lực cản là dung dịch surfactant ion dương (Ethoquad T13-50 của Akzo Chemical) với NaSal là đối ion (nồng độ từ 2000 ppm đến 4500 ppm). Kết quả cho thấy rằng, công suất yêu cầu của máy bơm giảm đến 10% và hiện tượng xâm thực đã bị trì hoãn. Tuy nhiên, họ không đo công suất trục bơm và điều tra ảnh hưởng của dung dịch chất hoạt động bề mặt đến hiệu suất của máy bơm. Ogata và Watanabe [4,5] đã đề xuất rằng giảm lực cản có thể ước lượng được bằng cách đo mô men xoắn tác động lên bánh công tác với các dung dịch chất hoạt động bề mặt (Ethoquad O/12 bởi Lion) với NaSal là đối ion. Phần trăm giảm lực cản tối đa là khoảng 30% khi số Reynold lớn hơn 3×10^5 . Điều này đủ chỉ ra rằng việc bổ sung chất hoạt động bề mặt có thể cải thiện các đặc tính của máy bơm bằng cách giảm tiêu thụ năng lượng.

Trong nghiên cứu này, mục tiêu của chúng tôi là nghiên cứu cột áp và công suất trên trục của máy bơm ly tâm khi chạy thử nghiệm với các dung dịch chất hoạt động bề mặt (CTAB). Ảnh hưởng của nồng độ các dung dịch chất

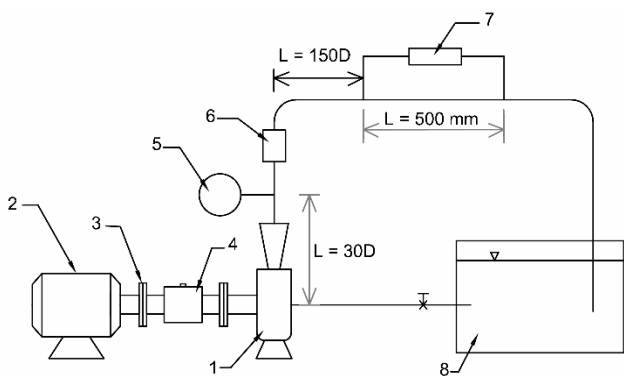
hoạt động bề mặt tới các đặc tính của bơm như cột áp, công suất đã được khảo sát.

3.2. Vật liệu và thiết lập thí nghiệm

3.2.1. Vật liệu

Dung dịch có hoạt tính bề mặt cetyltrimethyl-amonium bromide (CTAB) (Glentham Life Sciences (England)) được trộn với chất chỉ thị couterion (NaSal, Sigma-Aldrich). Surfactant dùng để thí nghiệm có nồng độ là 200 ppm, 400 ppm. Sự kết hợp giữa surfactant và counter-ion được mô tả như sau: nồng độ surfactant \times số Mol phân tử (ví dụ 200ppm \times 1; 400ppm \times 1). Hỗn hợp được hòa trong nước máy và chứa trong thùng 24 giờ để đảm bảo cân bằng lý hóa.

3.2.2. Thiết lập thí nghiệm



Hình 1. Mạch thí nghiệm

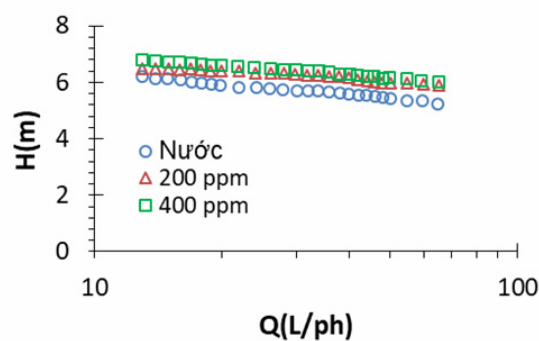
Các đặc tính hiệu suất của bơm ly tâm (2) được đo bằng thực nghiệm khi chạy với nước máy và chất hoạt động bề mặt CTAB. Mạch thí nghiệm được thiết lập như trong hình 1. Bể chứa (8) có thể tích 150 L được sử dụng để chứa các dung dịch chất hoạt động bề mặt. Bơm kiểm tra là bơm ly tâm một tầng 25SCD 6.25 (Obara Pump, Nhật Bản) với các thông số lưu lượng, cột áp và số vòng quay định mức tốc độ của máy bơm thử nghiệm là 13 L/ph, 14,5 m và 3600 vòng/phút.

Cột áp của máy bơm được đo bằng đồng hồ đo áp (5), lưu lượng dòng chảy đo bằng cảm biến lưu lượng (6), mô-men xoắn được đo bằng bộ cảm biến mô men (4). Một bộ biến tần được sử dụng để điều khiển tốc độ quay của bánh công tác.

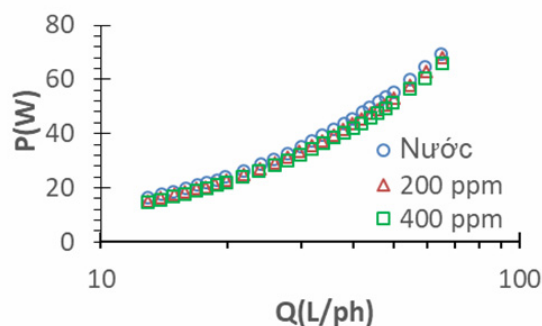
3.3. Kết quả và thảo luận

3.3.1. Ảnh hưởng của Surfactant đến cột áp và công suất trên trục của máy bơm:

Trong các thí nghiệm, các dung dịch hoạt động bề mặt với nồng độ khác nhau là 200 ppm, 400 ppm được luân chuyển trong hệ thống với tốc độ quay của máy bơm được điều chỉnh bằng biến tần. Các thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ ở $25 \pm 2^\circ\text{C}$ để nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ (hình 2 và 3).



Hình 2. Cột áp của máy bơm



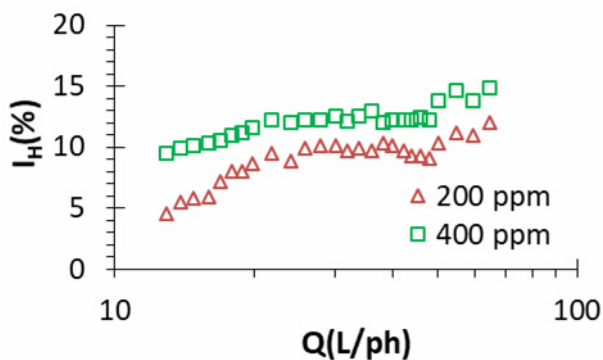
Hình 3. Công suất trục của máy bơm

Hình 2 cho thấy tổng cột áp máy bơm đổi với các trường hợp dung dịch chứa phụ gia surfactant cao hơn so với trường hợp nước máy ở cùng lưu lượng và khi nồng độ chất hoạt động bề mặt tăng lên thì cột áp cũng tăng. Đối với máy bơm, công suất trên trục cũng là một thông số quan trọng. Kết quả thực nghiệm ở trên cho thấy rằng công suất trên trục cho các dung dịch 200 ppm và 400 ppm giảm đáng kể ở cùng lưu lượng trong toàn bộ phạm vi lưu lượng làm việc (Hình 3). Để thấy rõ ảnh hưởng của nồng độ đến tổng cột áp của bơm, chúng tôi đã khảo sát hệ số không thứ nguyên của cột áp:

$$I_H = \frac{H_S - H_N}{H_N} 100\% \quad (1)$$

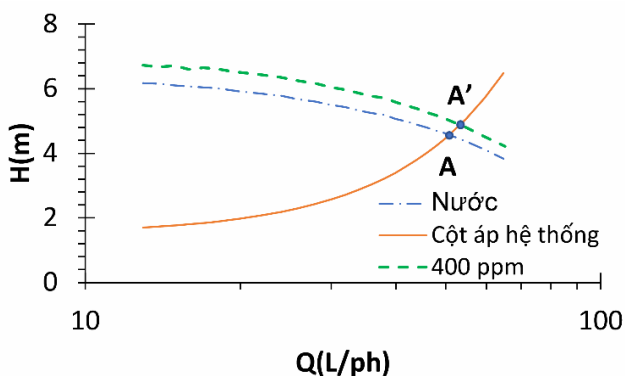
Trong đó H_S và H_N là tổng cột áp của máy bơm với dung dịch nước máy và dung dịch có surfactant.

Trong hình 4 cho thấy I_H tăng lên khi nồng độ dung dịch hoạt động bề mặt tăng lên. Điều này cho thấy rằng tổng cột áp của máy bơm tăng khi nồng độ dung dịch hoạt động bề mặt tăng ở cùng tốc độ dòng chảy.



Hình 4. Hệ số cột áp của máy bơm

3.3.2. Sự thay đổi điểm làm việc của máy bơm



Hình 5. Sự thay đổi điểm làm việc của bơm

Như đã biết, có một mối quan hệ giữa tổng cột áp và đường cong cột áp hệ thống của máy bơm dựa vào mối quan hệ đó có thể xác định trạng thái hoạt động của máy bơm. Hình 5 cho thấy mối quan hệ này đối với cả nước máy và dung dịch hoạt động bề mặt 400 ppm ở $T = 25 \pm 2^\circ\text{C}$. Chúng ta thấy rõ rằng tổng cột áp bơm tăng lên cho dung dịch hoạt động bề mặt 400 ppm. Và trạng thái chạy (A) cho trường hợp nước máy chuyển sang trạng thái chạy mới (A') cho trường hợp dung dịch hoạt động

bề mặt. Tỷ lệ giảm tổn thất áp suất ΔH và tốc độ tăng tốc độ dòng chảy ΔQ lần lượt là 6.9% và 9.3%.

4. KẾT LUẬN

Các đặc tính hoạt động của máy bơm ly tâm được đo bằng thực nghiệm khi chạy với nước máy và dung dịch chất hoạt động bề mặt với nồng độ 200 và 400 ppm. Thông qua việc phân tích ảnh hưởng của dung dịch chất hoạt động bề mặt đối với cột áp, công suất và sự thay đổi trạng thái làm việc của máy bơm, chúng tôi rút ra một số kết luận sau. Tổng cột áp bơm tăng và công suất trục giảm khi nồng độ dung dịch chất hoạt động bề mặt tăng. Bên cạnh đó, hiệu suất cột áp của máy bơm khi hoạt động với dung dịch hoạt chất bề mặt cũng cao hơn so với trường hợp nước máy và điểm làm việc của máy bơm dịch chuyển theo hướng tăng cột áp và lưu lượng. Như vậy bằng việc sử dụng surfactant chúng ta có thể giảm được công suất dẫn động máy bơm từ đó giảm chi phí đầu tư ban đầu của hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Savins JG. Drag Reduction Characteristics of Solutions of Macromolecules In Turbulent Pipe Flow. Soc Pet Eng J 1964;4:203-14. <https://doi.org/10.2118/867-PA>.
- [2] Mysels KJ. Early Experiences with Viscous Drag Reduction. Chem Eng Prog Symp Ser 1971;67:45-9.
- [3] Gasljevic K, Matthys EF. Effect of drag-reducing surfactant solutions on centrifugal pumps performance. Am Soc Mech Eng Appl Mech Div AMD 1992;153:49-56.
- [4] Ogata S, Watanabe K, Kimura A. Effect of surfactant additives on centrifugal pump performance. ASME Int. Mech. Eng. Congr. Washington, D.C., Novemb. 16-21, 200, 2019, p. 1-6.
- [5] Ogata S, Watanabe K. Flow characteristics of a rotating disk in surfactant solutions. ASME Int Mech Eng Congr Expo Proc 2000;2000-AP:41-7. <https://doi.org/10.1115/IMECE2000-2706>.