

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 11057:2015

ISO 6889:1986

Xuất bản lần 1

**CHẤT HOẠT ĐỘNG BỀ MẶT -
XÁC ĐỊNH SỨC CĂNG BỀ MẶT PHÂN CÁCH -
PHƯƠNG PHÁP KÉO MÀNG CHẤT LỎNG**

*Surface active agents -
Determination of interfacial tension by drawing up liquid films*

HÀ NỘI - 2015

Lời nói đầu

TCVN 11057:2015 hoàn toàn tương đương với ISO 6889:1986.

TCVN 11057:2015 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC91 *Chất hoạt động bề mặt* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

Sức căng bề mặt phân cách là một đặc tính cơ bản của hệ gồm hai pha. Tiêu chuẩn này áp dụng đối với hai pha chất lỏng không trộn lẫn có chứa một hoặc nhiều chất hoạt động bề mặt.

Tuy nhiên, phép đo đặc tính của dung dịch chất hoạt động bề mặt không cho phép đưa ra bất kỳ giả định nào về các hoạt tính tẩy rửa, nhũ hóa, v.v... Không có sự kết nối nào có thể được thiết lập giữa các đặc tính hoạt động của chất hoạt động bề mặt và sức căng bề mặt phân chia của hệ hai pha chất lỏng không trộn lẫn.

Chất hoạt động bề mặt - Xác định sức căng bề mặt phân cách - Phương pháp kéo màng chất lỏng

Surface active agents - Determination of interfacial tension by drawing up liquid films

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này quy định phương pháp kéo màng chất lỏng để xác định sức căng bề mặt phân cách giữa hai pha chất lỏng không trộn lẫn, một pha nước và một pha hữu cơ, tạo thành bề mặt phân cách. Hai pha này có thể chứa một hoặc nhiều chất hoạt động bề mặt anion hoặc không ion.

Tiêu chuẩn này cũng áp dụng để xác định sức căng bề mặt phân cách của hệ hai pha chất lỏng không trộn lẫn khác với những hệ đã được đề cập ở trên.

Tiêu chuẩn này không áp dụng để xác định sức căng bề mặt phân cách của hệ hai pha chất lỏng không trộn lẫn có chứa chất hoạt động bề mặt cation; sức căng bề mặt phân cách của những hệ như vậy chỉ có thể được xác định bằng phương pháp thể tích giọt [được quy định trong TCVN 11060 (ISO 9101)].

CHÚ THÍCH: Nhiều phương pháp đã được thiết lập để xác định sức căng bề mặt phân cách như:

- Phương pháp kéo màng chất lỏng bằng tấm, vòng kẹp hoặc vòng tròn;
- Phương pháp thể tích giọt;
- Phương pháp quả cầu không cuống rọi;
- Phương pháp thả lơ lửng;
- Phương pháp giọt quay;

Các phương pháp kéo màng chất lỏng có ưu điểm nổi trội do quy trình thực hiện đơn giản.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 11057:2015

TCVN 10816 (ISO 2456), *Chất hoạt động bề mặt – Nước được sử dụng làm dung môi cho thử nghiệm – Yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử.*

ISO 862, *Surface active agent – Vocabulary (Chất hoạt động bề mặt – Từ vựng).*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1

Sức căng bề mặt phân cách (interfacial tension)

Xem ISO 862.

CHÚ THÍCH: Đơn vị SI của sức căng bề mặt là newton trên mét (N/m). Trong thực tế, sử dụng ước số milinewton trên mét (mN/m)^{*}.

3.2

Thời gian sử dụng bề mặt phân cách lỏng – lỏng (age of the liquid – liquid interface)

Thời gian trôi qua giữa thời điểm hình thành bề mặt phân cách trong cốc đo và kéo lớp màng chất lỏng bề mặt phân cách.

4 Nguyên tắc

Xác định lực lớn nhất cần thiết để tác dụng thẳng đứng lên một quai treo hoặc vòng tròn, tiếp xúc với màng chất lỏng phân cách giữa hai pha chất lỏng không trộn lẫn đặt trong cốc đo, để tách nó khỏi bề mặt phân cách này.

Lực này phải đạt giá trị lớn nhất, nếu không phép đo không có hiệu lực.

5 Thiết bị, dụng cụ

Các thiết bị, dụng cụ thông thường trong phòng thí nghiệm và các thiết bị, dụng cụ sau

5.1 Thiết bị đo sức căng bề mặt, có thể lắp vừa với quai treo và vòng tròn, và bao gồm các phần sau:

- Bệ ngang**, có thể được dịch chuyển thẳng đứng theo cả hai hướng bằng cách quay trục vi kế. Bệ này phải được lắp thang chia milimet cho phép xác định chuyển động thẳng đứng 0,1 mm;
- Lực kế**, để đo liên tục lực được áp vào thiết bị đo với độ chính xác ít nhất 0,1 mN/m;

^{*} 1 mN/m = 1 dyn/cm

- c) **Miếng nối** giữa phần cuối của lực kế và phần trên của dụng cụ đo. Miếng này phải có điểm chỉ thị cho "vị trí zero" đối với dụng cụ đo, và cũng phải có dụng cụ để chèn.
- d) **Thiết bị biểu thị hoặc ghi giá trị đo** được bằng lực kế.

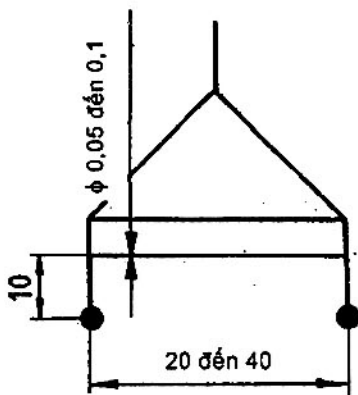
Việc lắp ráp thiết bị phải được bảo vệ để không bị rung và căng kéo.

5.2 Dụng cụ đo, bao gồm ít nhất một trong những bộ phận a), b) và c).

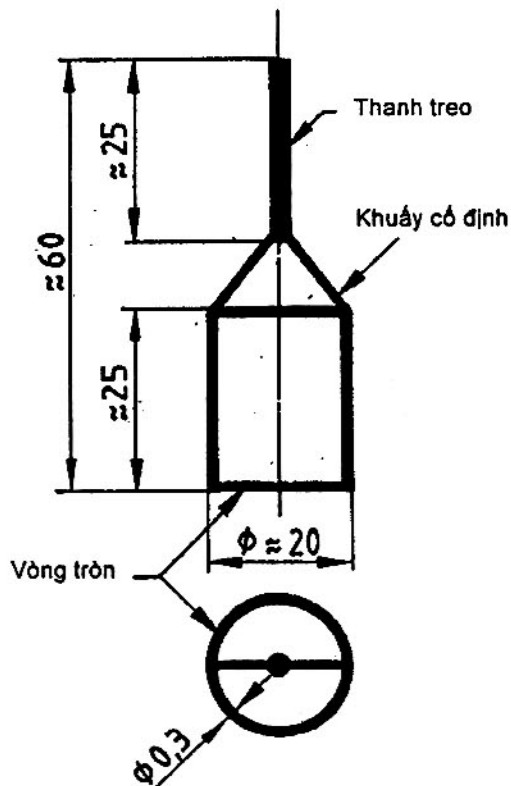
- a) Quai treo bằng platin – dây iridi có đường kính không quá 0,1 mm; chiều dài tay ngang là 20 mm đến 40 mm và chiều dài hai nhánh thẳng đứng là 10 mm. Đầu cuối của hai nhánh là hai quả cầu nhỏ bằng platin, có chức năng là các đối trọng (xem Hình 1).
- b) Vòng tròn platin – dây iridi có đường kính 0,3 mm. Chu vi vòng tròn trong khoảng 40 mm và 60 mm. Vòng tròn được cố định với thanh treo bằng quai treo dây platin (xem Hình 2).
- c) Cốc đo, để chứa phần mẫu thử là hệ hai pha chất lỏng thử nghiệm, bao gồm một cốc thủy tinh nhỏ hình trụ có đường kính ít nhất 8 cm và chiều cao ít nhất 4 cm.

Trong trường hợp sử dụng vòng, nếu sử dụng cốc đo nhỏ hơn thì vòng phải được dẫn hướng, vì hiệu ứng thành cốc có thể hút vòng vào thành của cốc đo và khi đó các lực đo được sẽ không vuông góc với bề mặt nằm ngang.

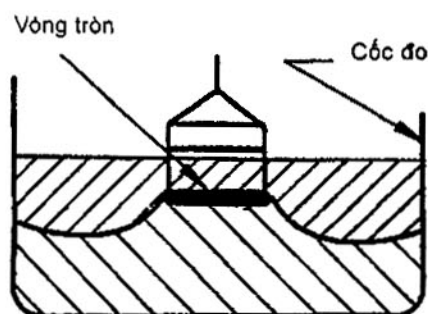
Kích thước tính bằng milimet



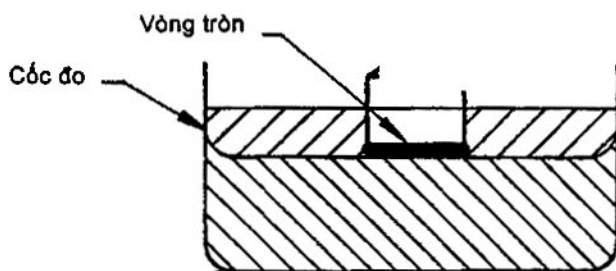
Hình 1 – Quai treo [5.2 b)]



Hình 2 – Vòng tròn [5.2 b)]



Hình 3 – Phép đo sử dụng vòng tròn



Hình 4 – Vòng tròn tại "vị trí zero"

6 Cách tiến hành

6.1 Chuẩn bị dung dịch chất hoạt động bề mặt

6.1.1 Dung dịch chất hoạt động bề mặt thử nghiệm phải được chuẩn bị rất cẩn thận. Nước sử dụng để chuẩn bị dung dịch phải là nước cất hai lần phù hợp với các yêu cầu của Điều 4 của TCVN 10816 (ISO 2456)], được kiểm tra bằng cách đo sức căng bề mặt. Không được sử dụng nút lie, đặc biệt là nút cao su trong thiết bị chưng cất hoặc để đậy kín bình chứa nước.

6.1.2 Nhiệt độ của dung dịch phải được duy trì dao động trong khoảng 0,5 °C.

CHÚ THÍCH: Phép xác định được thực hiện ở nhiệt độ gần với nhiệt độ của độ tan tới hạn, như nhiệt độ Krafft hoặc điểm vẫn đục của chất hoạt động bề mặt không ion, bị ảnh hưởng nghiêm trọng do sai số. Tốt hơn là nên tiến hành tại nhiệt độ cao hơn nhiệt độ như vậy, hoặc tại nhiệt độ thấp hơn điểm vẫn đục của chất hoạt động bề mặt không ion.

6.1.3 Do sức căng bề mặt phân cách của dung dịch biến đổi theo thời gian, vì sự bão hòa lẫn nhau của các pha chất lỏng và sự hấp phụ chất hoạt động bề mặt trên bề mặt phân cách không phải là hiện tượng xảy ra tức thời, nên khó khuyến nghị một khoảng thời gian chuẩn cho sự tạo thành bề mặt phân cách. Vì vậy, cần thực hiện một số phép đo trong một khoảng thời gian để nhận được đường cong sức căng bề mặt phân cách là hàm của thời gian và từ đường cong này xác định vị trí vùng bằng (plateau) cho thời gian tại đó bề mặt phân cách đạt đến trạng thái ổn định.

6.1.4 Bề mặt các chất lỏng rất nhạy cảm với nhiễm bẩn bởi bụi trong không khí hoặc hơi dung môi được xử lý ở gần. Vì vậy, không được xử lý các sản phẩm bay hơi trong cùng phòng mà phép xác định được thực hiện và các thiết bị phải được bảo vệ bằng loại vòm chụp như sử dụng cho cân. Việc phòng ngừa này cũng làm giảm sự biến đổi nhiệt độ.

6.1.5 Phương pháp được khuyến nghị để lấy phần mẫu thử của các pha chất lỏng kiểm tra là sử dụng pipet hút từ tâm của khối các pha này, do bề mặt có khả năng bị bụi và các hạt không tan gây bẩn.

6.2 Làm sạch dụng cụ đo

6.2.1 Làm sạch cốc đo

Trong trường hợp có tạp chất như các loại silicon, không thể bị loại bỏ bởi hỗn hợp axit sulfo-cromic, axit phosphoric hoặc dung dịch kali persulfat trong axit sulfuric, rửa cốc đo bằng sản phẩm đặc biệt (ví dụ toluen, perchloroetylen hoặc dung dịch kali hydroxit trong metanol).

Nếu không có những tạp chất này hoặc sau khi làm sạch bằng những sản phẩm này, rửa cốc đo cẩn thận bằng hỗn hợp axit sulfo-cromic nóng và sau đó bằng axit phosphoric đậm đặc [83 % đến 98 % theo khối lượng]. Cuối cùng, tráng nhiều lần bằng nước cất hai lần cho đến khi nước rửa thải trung tính. Nước cất hai lần phải được chuẩn bị mới theo Điều 5 của TCVN 10816 (ISO 2456).

Trước khi xác định, cốc đo phải được làm khô hoàn toàn.

6.2.2 Làm sạch quai treo hoặc vòng tròn

Nếu cần thiết, làm sạch quai treo hoặc vòng tròn (5.2) bằng sản phẩm đặc biệt như được quy định trong 6.2.1. Trong trường hợp không có tạp chất cần phải làm sạch hoặc sau khi làm sạch với những sản phẩm này, rửa dụng cụ đo platin bằng axit sulfuric đậm đặc nóng ($\rho_{20} = 1,839 \text{ g/mL}$) và sau đó tráng nước cất hai lần cho đến khi nước rửa thải trung tính.

Làm khô vòng tròn bằng cách hơi trên ngọn lửa metanol trong vài giây. Không dùng ngón tay chạm vào dụng cụ đo hoặc bề mặt trong của cốc đo.

6.3 Phép xác định (xem thêm Phụ lục B)

6.3.1 Cân chỉnh thiết bị đo sức căng bề mặt

Đặt chất lỏng cân bằng trên bề [5.1 a)] và điều chỉnh vít được cố định ở nền thiết bị cho đến khi bề nằm ngang.

6.3.2 Chuẩn bị phép đo

Gắn miếng nối [5.1 c)] với lực kế [5.1 b)]. Nối dụng cụ đo (5.2) vào miếng nối. Sử dụng lực kế, áp dụng lực cần thiết để đưa điểm chỉ thị về "vị trí zero". Nêm miếng nối.

6.3.2.1 Trường hợp pha nước có khối lượng riêng lớn hơn

Đặt cốc đo trên bề. Cho vào cốc đo một thể tích pha nước vừa đủ, được đo chính xác đến 0,05 mL, để đạt được chiều cao chất lỏng khoảng 15 mm. Tuyệt đối tránh làm sủi bọt, bằng cách đặt đầu cuối pipet dựa vào thành bên trong của cốc đo.

TCVN 11057:2015

Kiểm tra tay quai treo, hoặc chu vi vòng tròn, nằm theo phương ngang, bằng cách sử dụng bề mặt của pha nước làm gương và quan sát ảnh của dụng cụ đo tiếp xúc hầu hết với bề mặt của pha này.

CHÚ THÍCH: Nếu bề mặt pha nước không mang lại hình ảnh rõ ràng, lấy cốc đo ra. Đặt gương trên bề, kiểm tra gương nằm theo phương ngang bằng dụng cụ thẳng bằng chất lỏng. Kiểm tra tay quai treo, hoặc chu vi vòng tròn, theo phương ngang như đã được mô tả trước đó.

Nâng nhẹ bề với cốc đo cho đến khi tay quai treo hoặc vòng tròn chạm vào pha nước.

Sau đó cho vừa đủ thể tích pha không-nước, chính xác đến 0,05 mL, để đạt được chiều cao chất lỏng khoảng 15 mm.

Tuyệt đối tránh làm hình thành các giọt nhỏ hoặc bong bóng tại bề mặt phân cách.

6.3.2.2 Trường hợp pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn

Đặt cốc đo trên bề. Cần thận cho vào cốc đo một thể tích vừa đủ pha không-nước, chính xác đến 0,05 mL, để đạt được chiều cao chất lỏng khoảng 15 mm.

Sau đó cho rất cẩn thận thể tích vừa đủ pha nước, chính xác đến 0,05 mL, để đạt được chiều cao chất lỏng khoảng 15 mm.

Tuyệt đối tránh làm hình thành các giọt nhỏ hoặc bong bóng tại bề mặt phân cách và tạo bọt tại bề mặt của pha nước, bằng cách đặt đầu cuối pipet dựa vào thành bên trong của cốc đo, trên bề mặt của pha không-nước.

Kiểm tra tay quai treo, hoặc chu vi vòng tròn, nằm theo phương ngang như quy định trong 6.3.2.1.

Nâng bề với cốc đo và ngâm dụng cụ đo trong pha nước cho đến khi tay nằm ngang của quai treo hoặc vòng tròn chạm vào bề mặt phân cách lỏng – lỏng.

6.3.3 Xác định lực trước khi kéo màng chất lỏng

Không nếm miếng nối. Bằng cách điều chỉnh đồng thời lực áp đặt bởi lực kế và chiều cao của bề, đưa tay nằm ngang của quai treo hoặc chu vi của vòng tròn đến chiều cao của bề mặt phân cách lỏng – lỏng, và điểm chỉ thị của miếng nối đến "vị trí zero". Nếm miếng nối.

Đợi cho đến khi thời gian tương ứng với thời gian mong đợi cho bề mặt phân cách lỏng – lỏng (xem 3.3) trôi qua, khi đó bỏ nếm miếng nối. Nếu điểm chỉ thị bị di dời khỏi "vị trí zero", đưa trở lại vị trí ban đầu bằng cách điều chỉnh lực áp đặt bởi lực kế. Ghi chú cẩn thận lực duy trì "vị trí zero" (xem Hình 4). Giá trị của lực này, F_1 , là "lực trước khi kéo màng chất lỏng".

6.3.4 Xác định lực sau khi kéo màng chất lỏng

6.3.4.1 Trường hợp pha nước có khối lượng riêng lớn hơn

Nhẹ nhàng hạ thấp bề qua 0,1 mm bằng vít micrometer. Đưa điểm chỉ thị trở lại "vị trí zero", mà không đi qua nó, bằng cách tăng một cách phù hợp lực áp đặt bởi lực kế với dụng cụ đo. Ghi lại cẩn thận giá trị của lực này.

Lặp lại những thao tác được mô tả trong đoạn cuối cho đến khi lớp màng chất lỏng bề mặt phân cách bị vỡ.

Giá trị của lực được ghi chỉ trước khi màng vỡ, F_2 , là "lực sau khi kéo màng".

6.3.4.2 Trường hợp pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn

Đưa điểm chỉ thị trở lại "vị trí zero", mà không đi qua nó, bằng cách tăng một cách phù hợp lực áp đặt bởi lực kế với dụng cụ đo. Ghi lại cẩn thận giá trị của lực này.

Lặp lại những thao tác được mô tả trong đoạn cuối cho đến khi lớp màng chất lỏng bề mặt phân cách bị vỡ.

Giá trị của lực được ghi chỉ trước khi màng vỡ, F_3 , là "lực sau khi kéo màng".

6.3.5 Lặp lại phép xác định

Thực hiện phép xác định như được quy định trong 6.3.2 đến 6.3.4 một vài lần, sử dụng phần mẫu thử mới đối với hai pha chất lỏng mỗi lần. Dung tích của những pha này phải luôn luôn bằng nhau, chính xác đến 0,05 mL, như được sử dụng đối với phép xác định đầu tiên.

6.3.6 Lực kéo màng

6.3.6.1 Trường hợp pha nước có khối lượng riêng lớn hơn

"Lực kéo màng", được ký hiệu là ΔF , là giá trị trung bình của hiệu số $F_2 - F_1$ giữa các lực áp đặt bởi lực kế đối với dụng cụ đo sau khi và trước khi kéo màng bề mặt phân cách chất lỏng.

6.3.6.2 Trường hợp pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn

"Lực kéo màng", được ký hiệu là ΔF , là giá trị trung bình của hiệu số $F_1 - F_3$ giữa các lực áp đặt bởi lực kế đối với dụng cụ đo sau khi và trước khi kéo màng bề mặt phân cách chất lỏng.

6.4 Hiệu chuẩn thiết bị đo sức căng

CHÚ THÍCH: Nhìn chung, ngoại trừ trường hợp quai treo, áp dụng công thức lý thuyết cho ta giá trị sức căng bề mặt phân cách là hàm của lực tạo ra bởi lực kế trên dụng cụ đo và của dạng hình học của nó, không cho phép xác định giá trị chính xác của sức căng bề mặt phân cách. Đôi khi, với hệ hai pha chất lỏng tinh khiết bão hòa lẫn nhau, các giá trị đạt được khác nhiều so với giá trị được đưa ra trong tư liệu trích dẫn. Vì vậy cần phải hiệu chuẩn từng dụng cụ đo.

Đối với phép xác định không yêu cầu độ chụm cao, thiết bị đo sức căng khớp với quai treo hoặc vòng tròn có thể được hiệu chuẩn bằng cách sử dụng hệ thống hai pha bao gồm hai chất lỏng tinh khiết ở trên bề mặt, bão hòa lẫn nhau có sức căng bề mặt phân cách đã biết và khối lượng riêng tương tự với sức căng bề mặt phân cách và khối lượng riêng của hệ thống hai pha được kiểm tra. Trong những điều kiện này, mối quan hệ trực tiếp có thể được giả định giữa giá trị của sức căng bề mặt phân cách và lực tạo ra bởi lực kế đối với dụng cụ đo để kéo màng chất lỏng bề mặt phân cách sao cho lớp màng bề mặt phân cách không bị vỡ.

TCVN 11057:2015

Thực hiện hiệu chuẩn sử dụng quy trình được quy định trong 6.3 sử dụng hệ hai pha tiêu chuẩn bao gồm hai chất lỏng tinh khiết ở trên bề mặt bão hòa lẫn nhau có sức căng bề mặt phân cách đã biết và khối lượng riêng tương tự với sức căng bề mặt phân cách và khối lượng riêng của hệ thống hai pha được kiểm tra. Đảm bảo rằng dung tích của các pha hệ tiêu chuẩn giống nhau, chính xác đến 0,05 mL, như dung tích của hệ được kiểm tra.

Giá trị của sức căng bề mặt phân cách giữa nước và một số chất lỏng hữu cơ được đưa ra trong Phụ lục A.

7 Biểu thị kết quả

7.1 Phương pháp tính

Sức căng bề mặt phân cách, γ , được biểu thị bằng milinewton trên mét, tính theo công thức

$$\gamma_{ef} \times \frac{\Delta F}{\Delta F_{ef}}$$

trong đó

γ_{ef} là sức căng bề mặt phân cách của hệ hai pha tiêu chuẩn, tính bằng milinewton trên mét;

ΔF là "lực kéo màng chất lỏng" của hệ hai pha được thử nghiệm, tính bằng milinewton;

ΔF_{ef} là "lực kéo màng chất lỏng" của hệ hai pha tiêu chuẩn, tính bằng milinewton.

7.2 Độ chụm

7.2.1 Độ chụm của phép xác định sức căng bề mặt phân cách thay đổi đáng kể theo bản chất của hệ hai pha được thử nghiệm và khả năng thấm ướt của nó đối với platin.

7.2.2 Độ tái lập, nghĩa là sự chênh lệch giữa các kết quả nhận được trên cùng mẫu, trong hai phòng thử nghiệm khác nhau, phải không vượt quá 2 mN/m.

8 Báo cáo thử nghiệm

Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm các thông tin sau:

- Tất cả các thông tin cần thiết để nhận biết đầy đủ hệ được thử nghiệm, bao gồm các chi tiết lấy mẫu và, trong trường hợp dung dịch chất hoạt động bề mặt, nhiệt độ hòa tan tới hạn như nhiệt độ Krafft, nhiệt độ rắn đục của chất hoạt động bề mặt không ion, v.v...;
- Viện dẫn phương pháp được sử dụng (viện dẫn tiêu chuẩn này) cùng với dụng cụ đo được sử dụng (quai treo, vòng tròn) và đường kính của cốc đo;

- c) Bản chất của hai pha lỏng của hệ được thử nghiệm và nồng độ của các sản phẩm tan trong các pha này;
- d) Nhiệt độ của phép xác định;
- e) Tuổi của bề mặt phân cách của phép xác định;
- f) Kết quả thử nghiệm và đơn vị tính được sử dụng;
- g) Bất kỳ chi tiết thao tác nào không được quy định trong tiêu chuẩn này hoặc trong tiêu chuẩn viện dẫn, hoặc được coi là có lựa chọn cũng như bất kỳ sự cố nào có khả năng ảnh hưởng đến kết quả.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Giá trị sức căng bề mặt phân cách giữa nước và một số chất lỏng hữu cơ tinh khiết tại nhiệt độ 20 °C

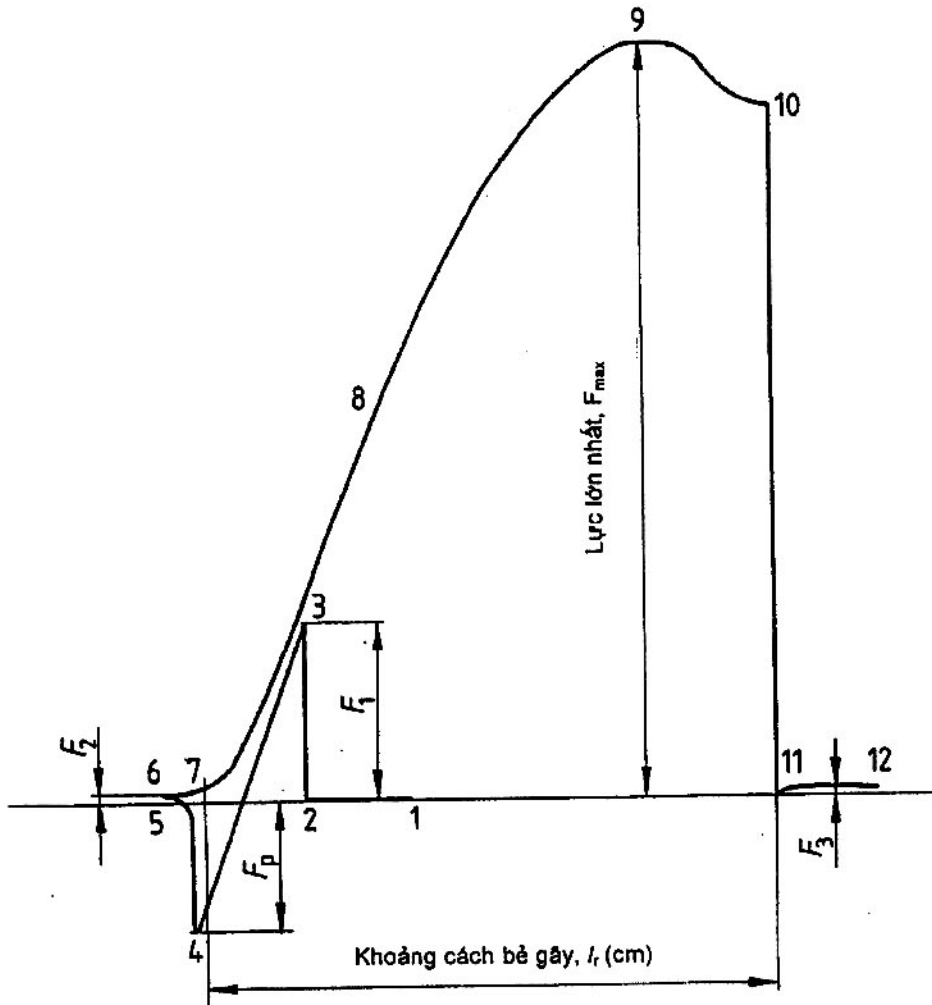
CHÚ THÍCH: Mỗi pha được bão hòa trước bởi pha khác trong hệ thống.

Chất lỏng hữu cơ	Sức căng bề mặt phân cách
	mN/m
Axit heptanoic	7,0
Benzaldehyt	15,5
Nitrobenzen	25,5
Benzen	35,0
Cacbon tetraclorea	45,0
Heptan	50,2

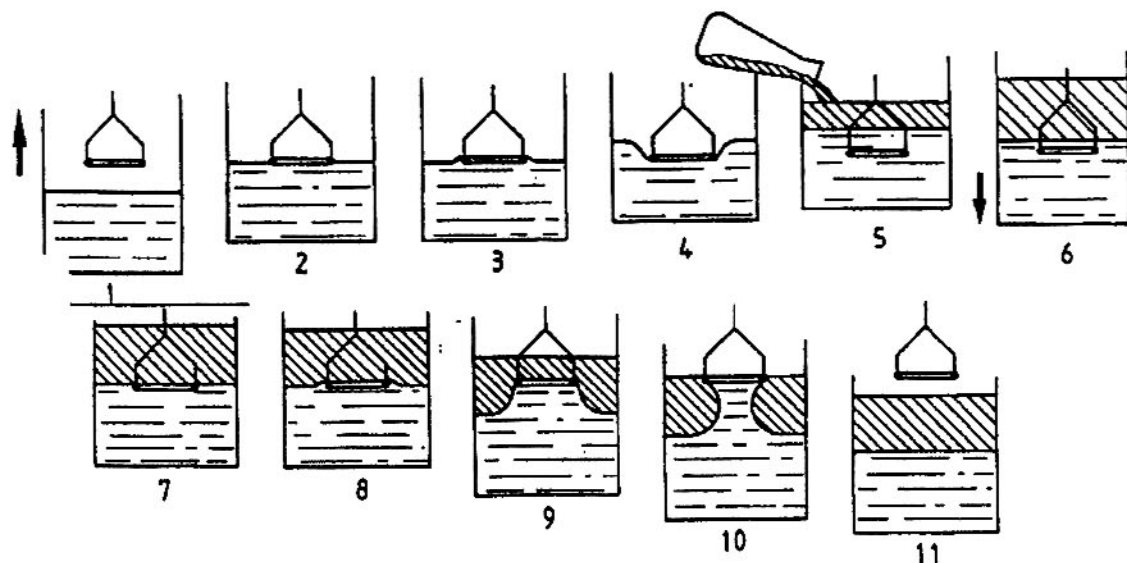
Phụ lục B

(Tham khảo)

Minh họa quy trình đo – Trường hợp vòng tròn



Hình B.1 – Biểu đồ lực F là hàm dịch chuyển l của dụng cụ đo – Trường hợp vòng tròn, pha nước có khối lượng riêng lớn hơn



Hình B.2 – Mô tả phép đo sức căng bề mặt phân cách – Trường hợp vòng tròn, pha nước có khối lượng riêng lớn hơn

Trường hợp pha nước có khối lượng riêng lớn hơn

Ở Hình B.1, giai đoạn 1 đến 5 tương ứng với dịch chuyển đi lên của cốc đo, có chứa pha nước, và tại thời điểm khi vòng tròn được ngâm trong chất lỏng.

Từ giai đoạn 1 đến giai đoạn 2, vòng tròn ở phía trên bề mặt nước (xem minh họa 1 của Hình B.2).

Tại giai đoạn 2, phần dưới của vòng tròn chạm bề mặt của pha nước (xem minh họa 2 của Hình B.2).

Từ giai đoạn 2 đến giai đoạn 3, pha nước làm ướt vòng tròn. Pha nước gây ra một lực thành phần F_1 trên vòng tròn (xem minh họa 3 của Hình B.2).

Từ giai đoạn 3 đến giai đoạn 4, vòng tròn nén bề mặt của pha nước, lực F_1 giảm, áp lực F_p tăng (xem minh họa 4 của Hình B.2).

Tại giai đoạn 4, vòng tròn đi xuyên qua bề mặt của pha nước.

Từ giai đoạn 4 đến giai đoạn 5, lực áp suất F_p giảm, lực kéo F_2 được gây ra là do ướt phần trên của vòng tròn.

Từ giai đoạn 5 đến giai đoạn 6, vòng tròn trong pha nước (xem minh họa 5 của Hình B.2) và pha không nước được thêm vào.

Ở Hình B.1, giai đoạn 6 đến 12 tương ứng dịch chuyển xuống của cốc đo có chứa chất lỏng thử nghiệm và tại thời điểm khi vòng tròn nổi lên trên chất lỏng.

Từ giai đoạn 6 đến giai đoạn 7, vòng tròn vẫn được ngâm trong pha nước (xem minh họa 6 của Hình B.2).

Tại giai đoạn 7, phần trên của vòng tròn chạm bề mặt phân cách của hai chất lỏng (xem minh họa 7 của Hình B.2).

Từ giai đoạn 7 đến giai đoạn 10, vòng tròn kéo một lớp màng phân cách ra khỏi pha nước. Pha này gây ra một lực kéo F trên lớp màng (xem minh họa 8 của Hình B.2).

Từ giai đoạn 7 đến giai đoạn 8, lực F biến đổi tuyến tính.

Từ giai đoạn 7 đến giai đoạn 10, hình dạng của lớp màng phân cách biến đổi liên tục.

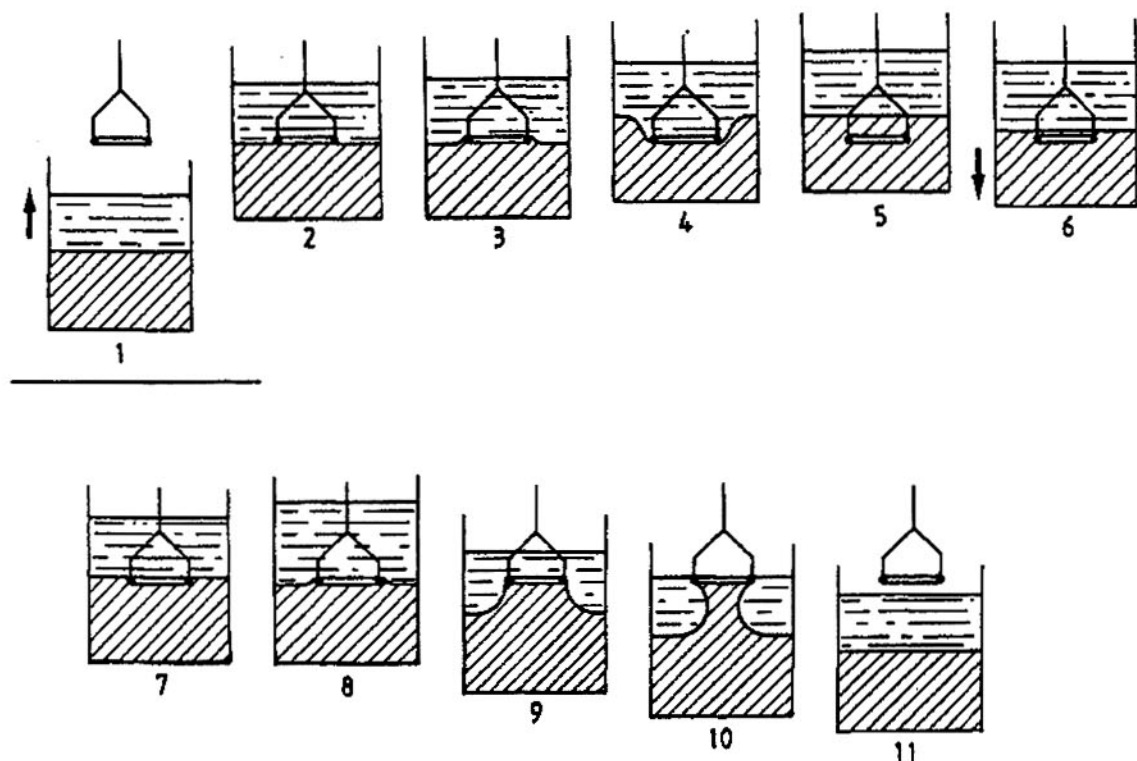
Tại giai đoạn 9, pha nước gây ra lực kéo tối đa F_{\max} trên vòng tròn (xem minh họa 9 của Hình B.2).

Tại giai đoạn 10, lớp màng phân cách tách khỏi vòng tròn (xem minh họa 10 của Hình B.2).

Từ giai đoạn 10 đến giai đoạn 11, lực kéo F giảm sau đứt vỡ của lớp màng.

Lực còn lại F_3 là do lớp màng pha nước vẫn bám vào vòng tròn (xem minh họa 11 của Hình B.2).

Từ giai đoạn 11 đến giai đoạn 12, vòng tròn nằm ngoài hai chất lỏng (xem minh họa 11 của Hình B.2).



Hình B.3 – Mô tả phép đo sức căng bề mặt phân cách – Trường hợp vòng tròn, pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn

Trường hợp pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn

CHÚ THÍCH: Biểu đồ được đưa ra trong Hình B.1 tương ứng với trường hợp pha nước có khối lượng riêng lớn hơn có thể đổi cho trường hợp pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn. Tuy nhiên, cần chú ý sức nổi đáng kể được tạo ra do ngâm vòng tròn trong pha nước có khối lượng riêng nhỏ hơn.

Ở Hình B.1, giai đoạn 1 đến 5 tương ứng với dịch chuyển đi lên của cốc đo, có chứa hai pha chất lỏng không trộn lẫn, và tại thời điểm khi vòng tròn được ngâm trong pha không-nước.

Tại giai đoạn 1, vòng tròn ở phía trên bề mặt chất lỏng (xem minh họa 1 của Hình B.3).

Tại giai đoạn 2, phần dưới của vòng tròn chạm vào pha không-nước (xem minh họa 2 của Hình B.3).

Từ giai đoạn 2 đến giai đoạn 3, pha không-nước làm ướt vòng tròn. Pha không-nước gây ra một lực thành phần F_1 trên vòng tròn (xem minh họa 3 của Hình B.3).

Từ giai đoạn 3 đến giai đoạn 4, vòng tròn nén bề mặt của pha không-nước, lực F_1 giảm, áp lực F_p tăng (xem minh họa 4 của Hình B.3).

Tại giai đoạn 4, vòng tròn đi xuyên qua bề mặt của pha không-nước.

Từ giai đoạn 4 đến giai đoạn 5, áp lực F_p giảm, lực kéo F_2 được gây ra là do ướt phần trên của vòng tròn.

Từ giai đoạn 5 đến giai đoạn 6, vòng tròn trong pha không-nước (xem minh họa 5 của Hình B.3).

Ở Hình B.1, giai đoạn 6 đến 12 tương ứng dịch chuyển xuống của cốc đo có chứa các chất lỏng thử nghiệm và tại thời điểm khi vòng tròn nổi lên trên các chất lỏng.

Từ giai đoạn 6 đến giai đoạn 7, vòng tròn vẫn được ngâm trong pha không-nước (xem minh họa 6 của Hình B.3).

Tại giai đoạn 7, phần trên của vòng tròn chạm bề mặt phân cách của hai chất lỏng (xem minh họa 7 của Hình B.3).

Từ giai đoạn 7 đến giai đoạn 10, vòng tròn kéo một lớp màng phân cách ra khỏi pha không-nước. Pha này gây ra một lực kéo F trên lớp màng (xem minh họa 8 của Hình B.3).

Từ giai đoạn 7 đến giai đoạn 8, lực F biến đổi tuyến tính.

Từ giai đoạn 7 đến giai đoạn 10, hình dạng của lớp màng phân cách thay đổi tuyến tính.

Tại giai đoạn 9, pha không-nước gây ra lực kéo tối đa F_{max} trên vòng tròn (xem minh họa 9 của Hình B.3).

Tại giai đoạn 10, lớp màng phân cách tách khỏi vòng tròn (xem minh họa 10 của Hình B.3).

Từ giai đoạn 10 đến giai đoạn 11, lực kéo F giảm sau đứt vỡ của lớp màng.

Lực còn lại F_3 là do lớp màng pha không-nước vẫn bám vào vòng tròn (xem minh họa 11 của Hình B.3).

Từ giai đoạn 11 đến giai đoạn 12, vòng tròn nằm ngoài hai chất lỏng (xem minh họa 11 của Hình B.3).