

ĐÁNH GIÁ TÍNH CHẤT LƯU BIẾN CỦA CHẤT LƯU NEWTON THÔNG QUA THÍ NGHIỆM ÉP - KÉO

Nguyễn Đình Duy, Nguyễn Quốc Đạt, Võ Văn Bạc, Phan Văn Tiên*

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Vinh, Nghệ An, Việt Nam

ARTICLE INFORMATION TÓM TẮT

Journal: Vinh University

Journal of Science

p-ISSN: 3030-4563

Volume: 53

Issue: 1A

***Correspondence:**

vantien.phan1010@gmail.com

Received: 16 January 2024

Accepted: 28 February 2024

Published: 20 March 2024

Citation:

Nguyễn Đình Duy, Nguyễn Quốc Đạt, Võ Văn Bạc, Phan Văn Tiên (2024). Đánh giá tính

chất lưu biến của chất lưu

Newton thông qua thí nghiệm

ép - kéo. **Vinh Uni. J. Sci.**

Vol. 53 (1A), pp. 103-110

doi: 10.56824/vujs.2024a018

OPEN ACCESS

Copyright © 2024. This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#)

(CC BY NC), which permits

non-commercially to share

(copy and redistribute the

material in any medium) or

adapt (remix, transform, and

build upon the material),

provided the original work is

properly cited.

Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu chất lưu Newton bằng phương pháp thí nghiệm ép - kéo ở các tốc độ ép, tốc độ kéo, chiều dày mẫu khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của chiều dày mẫu, tốc độ ép tới tính chất lưu biến của chất lưu Newton. Kết quả cho thấy chiều dày ép càng lớn thì khả năng chống lại sự bóc tách của nó càng giảm đi. Tốc độ ép hầu như không ảnh hưởng đến ứng suất giới hạn chảy khi kéo trong đa số các trường hợp. Đối với vật liệu dạng keo thì chiều dày ép nên nghiên cứu ở dưới 2 mm, có thể phát triển nghiên cứu với các chiều dày ép 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm và 2 mm.

Từ khóa: Chất lưu Newton; thí nghiệm ép kéo; lưu biến học.

1. Giới thiệu chung

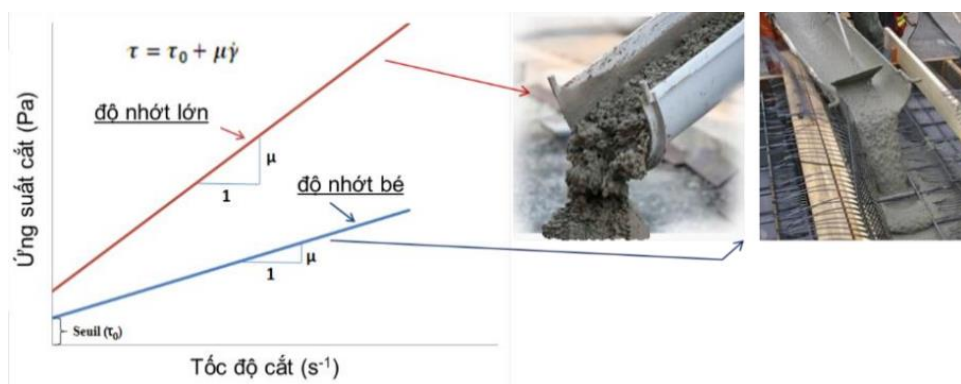
Lưu biến học - Rheology là một ngành khoa học chuyên nghiên cứu về dòng chảy và biến dạng của các loại vật liệu dạng chảy dưới các tác động lực khác nhau theo thời gian. Lưu biến học chủ yếu liên quan đến các dạng chất lỏng hữu hình, tuy nhiên qua quá trình phát triển với nhiều loại thiết bị thí nghiệm hiện đại, lĩnh vực nghiên cứu của lưu biến học có thể là các loại chất rắn có khả năng chảy được. Trong lĩnh vực xây dựng, có thể kể đến các loại polymer, bê tông tươi, vữa tươi và các loại vật liệu mới khác có nguồn gốc sinh học. Quá trình chảy của các loại vật liệu này phụ thuộc vào độ nhớt của bản thân vật liệu. Tuy vậy độ nhớt còn biến đổi theo thời gian hoặc theo các yếu tố khác như lực cắt. Ví dụ, tương cà có độ nhớt giảm khi bị lắc, nhưng với nước thì ngược lại. Độ nhớt của nước không đổi. Để đo được tính lưu biến trong phòng thí nghiệm, các thiết bị đo được gọi là lưu biến kế. Theo lưu biến học, chia các loại chất lỏng thành hai nhóm, gồm chất lỏng Newton và phi Newton.

Hầu hết chất lỏng mà ta biết là chất lỏng Newton (nước, rượu...) vì tuân theo định luật ma sát trong của Newton. Theo Newton, “độ nhớt” là thông số đại diện cho ma sát trong của dòng chảy. Ví dụ: quan sát hiện tượng gió thổi trên mặt nước. Gió tác động lên mặt nước một lực nhất định và làm bề mặt nước chuyển động với vật tốc v . Dưới tác động của độ nhớt (lực ma sát giữa các lớp của chất lỏng), lớp nước liền kề bên dưới sẽ bị kéo theo chuyển động của

lớp nước phía trên. Trong chất lỏng Newton, độ nhớt là một hằng số đối với lực tác động, chỉ thay đổi nếu có thay đổi nhiệt độ. Ví dụ, nước đông đá khi lạnh và tan chảy khi nóng, nhưng nếu lắc chai đựng nước (dùng lực) thì độ nhớt của nước không đổi hay dòng nước vẫn tiếp tục chảy bình thường bất kể lực tác động lên nó. Trong khi đó, độ nhớt của chất lỏng phi Newton không phải là hằng số, có thể thay đổi theo nhiều cách khác nhau dưới tác động của một hay nhiều yếu tố: lực, thời gian, nhiệt độ... Khi độ nhớt thay đổi, loại chất lỏng này phản ứng hoàn toàn khác chất lỏng thông thường: lỏng hóa rắn, rắn hóa lỏng, dày và xốp lên... Ví dụ: Oobleck rắn lại khi chịu lực. Có nhiều loại chất lỏng phi Newton khác nhau, nhưng đều có đặc điểm chung là hỗn hợp các hạt lơ lửng trong môi trường lỏng. Chất lỏng phi Newton thường gặp ở dạng nhũ tương (hỗ hợp hai chất lỏng không hòa tan được với nhau) như sốt mayonnaise là hỗn hợp trứng và dầu; hoặc dạng huyền phù (các hạt rắn trong một chất lỏng) như Oobleck.

Đối với ngành xây dựng, với sự phát triển mạnh hiện nay của kỹ thuật xây dựng, vật liệu xây dựng như bê tông và vữa cũng phát triển song hành cùng xu thế đó. Do đó việc kiểm soát tính chảy của bê tông, vữa để đáp ứng được công nghệ kỹ thuật bơm để xây các tòa nhà cao tầng hiện nay là rất quan trọng, giúp cho quá trình thi công được hiệu quả cao và thuận tiện cho các bên nhà thầu thi công.

Đồ thị biểu diễn trạng thái lưu biến của hai vật liệu được minh họa trong Hình 1. Việc làm chủ các thông số lưu biến có thể tối ưu hóa quá trình thi công bê tông trên công trường.



Hình 1: Các trạng thái lưu biến của vữa bê tông tươi [6]

2. Thiết kế thí nghiệm

Nhớt kế (Rheometer) là thiết bị dùng để đo, xác định thuộc tính lưu biến của vật liệu. Máy đo lưu biến (rheometer) trong phòng thí nghiệm là thiết bị dùng để nghiên cứu, lượng hóa, đánh giá ứng xử của chất lỏng, hỗn hợp, ... dưới tác dụng của áp lực tạo thành dòng chảy. Nó được sử dụng cho những chất lỏng không thể được xác định bởi một giá trị độ nhớt duy nhất và do đó đòi hỏi nhiều thông số được đặt và đo hơn so với trường hợp của nhớt kế. Nó đo lường lưu biến của chất lỏng.

Có hai loại máy đo lưu biến, cụ thể:

- Loại máy kiểm soát được ứng suất cắt / biến dạng cắt được tác động lên hỗn hợp, thường được gọi là máy đo lưu biến dạng xoay hoặc dạng cắt (Hình 2, 3). Ở các máy này, ứng suất cắt tác động lên hỗn hợp thí nghiệm được kiểm soát theo một mức độ tăng/giảm dần cho trước. Từ đó các thông số khác dùng để đánh giá dòng chảy của hỗn

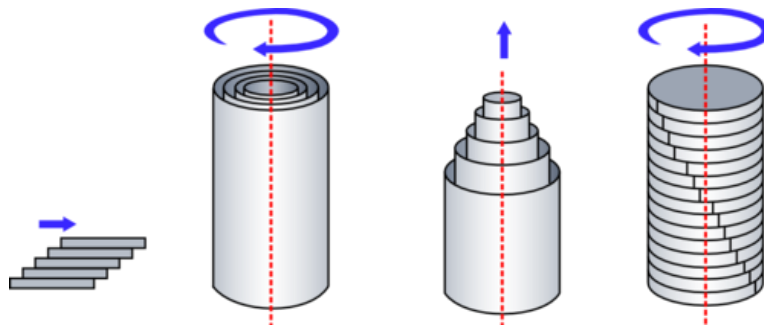
hợp thí nghiệm, đặc trưng cho tính lưu biến sẽ được ghi lại và sử dụng để phân tích kết quả thí nghiệm.

- Loại máy đo lưu biến mở rộng: tác động các ứng suất kéo dài hoặc biến dạng kéo dài lên hỗn hợp vật liệu thí nghiệm, có thể là chất lỏng, keo, hỗn hợp vữa tươi hoặc vữa bê tông, ...

Đối với máy đo lưu biến dạng xoay (rotational rheometer), người thí nghiệm có thể lựa chọn giữa 2 chế độ, bao gồm:

- Kiểm soát và thiết lập chế độ tác động biến dạng cắt lên vật liệu thí nghiệm, đo ứng suất cắt tương ứng trong quá trình thí nghiệm.

- Kiểm soát và thiết lập chế độ tác động ứng suất cắt lên vật liệu thí nghiệm, đo biến dạng cắt tương ứng trong quá trình thí nghiệm.



Hình 2: Các dạng mặt phẳng cắt có thể sử dụng để đo các thuộc tính lưu biến [6]



Hình 3: Máy đo lưu biến dạng xi lanh quay trong phòng thí nghiệm [6].

Trong nghiên cứu này, chất lưu dạng keo glucose trong phòng thí nghiệm được sử dụng để nghiên cứu các tính chất lưu biến của chất lưu Newton và làm cơ sở cho việc phát triển các nghiên cứu chuyên sâu, phức tạp hơn về các loại vật liệu xây dựng ở trạng thái tươi như hồ xi măng, vữa, bê tông, ... Đây là các loại chất lưu phi Newton trong xây dựng.

Trong nghiên cứu có sử dụng thiết bị mô phỏng quá trình thi công xây dựng của vật liệu vữa và bê tông tươi, bao gồm quá trình xây tường hoặc trát gạch, đó là thí nghiệm ép - kéo. Đây là một thí nghiệm mới được phát triển và bước đầu được sử dụng bởi một số nghiên cứu ở các nước phát triển như Pháp, Mỹ, Brazil. Trước khi phát triển các nghiên cứu cho vật liệu xây dựng như bê tông và vữa tươi, là những loại chất lưu phi Newton có ứng xử lưu biến phức tạp, cần phải triển khai thí nghiệm với các vật liệu đơn giản trước, trong đó có chất lưu Newton, có mối quan hệ giữa ứng suất và tốc độ cắt là tuyến tính [6].

Thiết kế thí nghiệm ép - kéo đã được mô tả trong tài liệu [7], trong đó trình bày ảnh hưởng của tốc độ ép tới đặc trưng lưu biến của dòng chảy chất lưu Newton. Trong bài viết này, tính chất lưu biến của chất lưu Newton được đánh giá thông qua thí nghiệm ép - kéo, trong đó các đặc trưng lưu biến gồm ứng suất ép và ứng suất kéo được xác định từ kết quả thí nghiệm ép - kéo, đã được trình bày trong [6-7]. Trong khi [7] phân tích về dòng chảy của chất lỏng khi bị ép ở các tốc độ thí nghiệm khác nhau, bài viết này tập trung vào ứng xử lưu biến ở giai đoạn kéo, khi đó các giá trị lực kéo lớn nhất, ứng suất kéo và tốc độ kéo sẽ được xem xét ở các chiều dày ép khác nhau, gồm 2 mm/s; 20 mm/s và 200 mm/s.

3. Phân tích kết quả

3.1. Xác định các đặc trưng lưu biến

Trong nghiên cứu này, sau khi tiến hành các thí nghiệm, dữ liệu thu được là các file dữ liệu, trong đó bao gồm các giá trị lực ép, lực kéo thu được theo thời gian tương ứng với từng trường hợp thí nghiệm. Từ đó các đặc trưng lưu biến của vật liệu sẽ được xác định, bao gồm lực tới hạn khi ép, ứng suất tới hạn khi ép, lực tới hạn khi kéo (ngưỡng kéo), ứng suất tới hạn khi kéo. Các đặc trưng này được tính toán bằng phương pháp số.

Từ kết quả thí nghiệm ép, giá trị lực ép cực đại thu được sẽ sử dụng để tính ứng suất giới hạn khi ép theo công thức $\sigma_s = \frac{F_s^{\max}}{A_s}$, trong đó A_s là diện tích ép, $A_s = \pi \cdot r^2$ với $r = 55$ mm là bán kính mẫu.

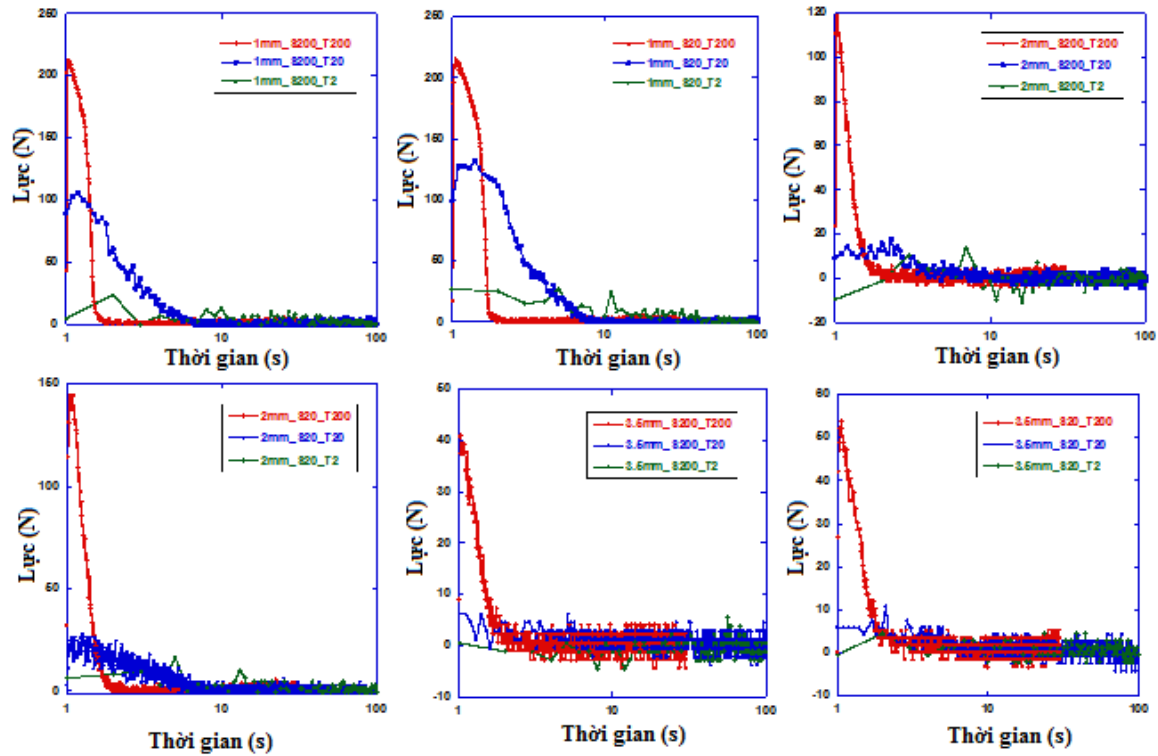
Ứng suất kéo của mẫu thí nghiệm được xác định tại thời điểm ghi nhận được giá trị lực kéo lớn nhất $F_{\max}$, tính theo công thức sau: $\sigma_t = \frac{F_t^{\max}}{A_t}$, trong đó A_t là diện tích tiết diện tại thời điểm lực kéo đạt $F_{\max}$, tính theo công thức: $A_t = \frac{V}{h'} = \frac{\pi R^2 h}{h'}$, với h là chiều dày mẫu, R là bán kính mẫu, h' là chiều dày mẫu tại thời điểm lực kéo đạt $F_{\max}$.

3.2. Kết quả thí nghiệm kéo

Mẫu thí nghiệm được kéo ở các tốc độ khác nhau, gồm 2 mm/s, 20 mm/s, 200 mm/s. Kết quả thu được thể hiện trên Hình 4.

Giá trị ứng suất lớn nhất ghi nhận được trong quá trình thí nghiệm chính là ứng suất tới hạn chảy của vật liệu. Từ các đồ thị Hình 4, giá trị $F_{\max}$ thu được được biểu thị trong mối quan hệ với chiều dày mẫu, cố định các tốc độ ép và tốc độ kéo, thể hiện trên Hình 5. Số liệu chi tiết thể hiện trong Bảng 1.

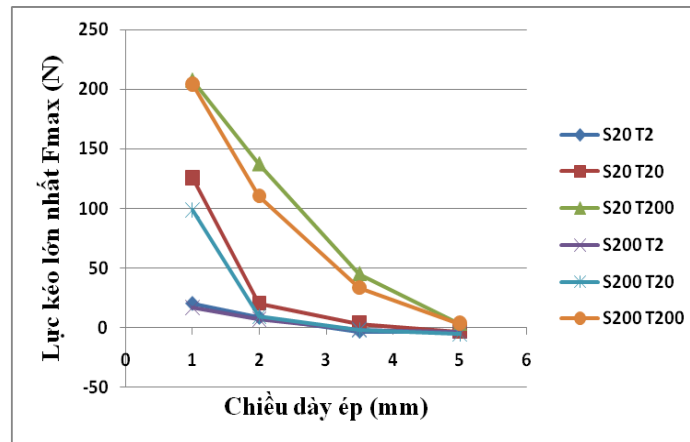
Từ đồ thị Hình 6 ta thấy, ở mỗi trường hợp tốc độ ép và tốc độ kéo như nhau, tương ứng với điều kiện thí công giống nhau, ứng suất giới hạn kéo của vật liệu giảm khi tăng chiều dày ép.



Hình 4: Đồ thị kết quả thí nghiệm kéo

Bảng 1: Giá trị tải trọng F_{max} (N) thu được khi kéo mẫu

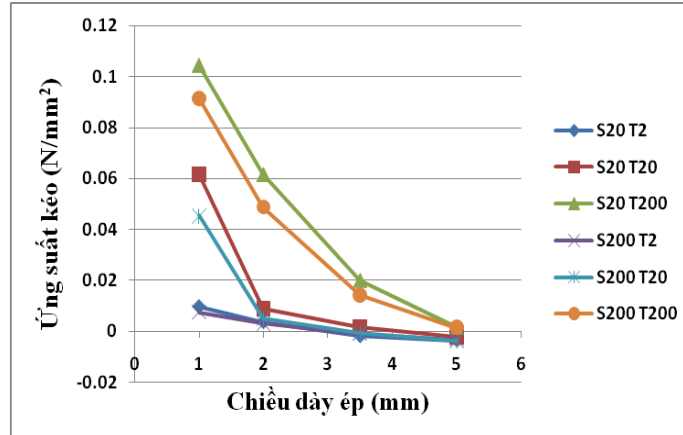
Chiều dày mẫu		Tốc độ kéo $V_t=2$ mm/s	Tốc độ kéo $V_t=20$ mm/s	Tốc độ kéo $V_t=200$ mm/s
h = 1 mm	Tốc độ ép $V_s=20$ mm/s	20,122072	125,76295	207,92808
	Tốc độ ép $V_s=200$ mm/s	16,768394	98,933518	204,57439
h = 2 mm	Tốc độ ép $V_s=20$ mm/s	8,384197	20,122072	137,50082
	Tốc độ ép $V_s=200$ mm/s	6,7073572	10,061036	110,67139
h = 3.5 mm	Tốc độ ép $V_s=20$ mm/s	-3,357036	3,3536786	45,27466
	Tốc độ ép $V_s=200$ mm/s	-1,678518	-1,678518	33,536788
h = 5 mm	Tốc độ ép $V_s=20$ mm/s	-3,357036	-3,357036	3,3536786
	Tốc độ ép $V_s=200$ mm/s	-3,357036	-5,0355541	3,3536786



Hình 5: Đồ thị mối quan hệ giữa F_{max} và chiều dày ép

Khi tăng chiều dày ép, lực lớn nhất thu được trong quá trình phá hủy mẫu giảm một cách trông thấy, đặc biệt khi quan sát ở $h = 1$ mm và $h = 2$ mm. Điều này cho thấy rằng khi chiều dày lớp vật liệu càng lớn thì khả năng chống lại sự bóc tách của nó càng giảm đi. Kết quả này phù hợp với các ghi nhận của thí nghiệm ép - kéo với vữa và hồ xi măng.

Kết quả tính toán các ứng suất kéo thu được trong quá trình thí nghiệm ép - kéo được thể hiện trong Bảng 2. Mối quan hệ giữa ứng suất kéo và chiều dày ép được biểu thị trên Hình 6. Tương tự như lực kéo lớn nhất, ứng suất kéo của vật liệu giảm rõ rệt khi tăng chiều dày ép.

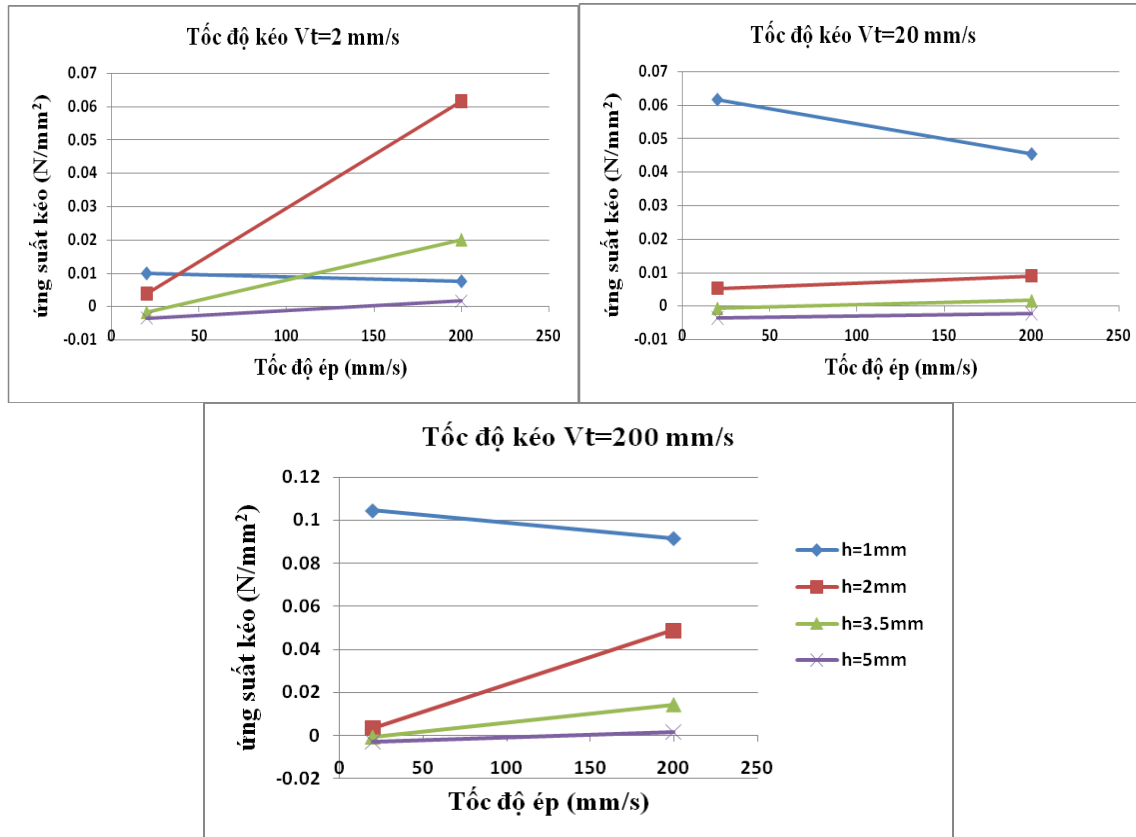


Hình 6: Đồ thị mối quan hệ giữa ứng suất kéo và chiều dày ép

Bảng 2: Giá trị ứng suất kéo (N/mm^2) thu được khi kéo mẫu

	h = 1 mm	h = 2mm	h = 3.5 mm	h = 5 mm
S20 T2	0.009858	0.003821	-0.00174	-0.00351
S20 T20	0.061614	0.008842	0.001573	-0.0022
S20 T200	0.10451	0.061589	0.020051	0.001563
S200 T2	0.007529	0.003151	-0.00074	-0.00319
S200 T20	0.045396	0.005217	-0.00074	-0.0036
S200 T200	0.09156	0.048868	0.01423	0.001421

3.3. Ảnh hưởng của tốc độ ép tới thông số lưu biến



Hình 7: Đồ thị mối quan hệ giữa ứng suất kéo và tốc độ ép

Mối quan hệ giữa ứng suất kéo và tốc độ ép được thể hiện trên Hình 7 ở các chiều dày mẫu khác nhau. Mỗi đồ thị tương ứng với tốc độ kéo mẫu lần lượt là 2 mm/s, 20 mm/s và 200 mm/s. Quan sát đồ thị Hình 7 ta thấy tốc độ ép chậm (2 mm/s) và tốc độ ép nhanh (200 mm/s) không có nhiều ảnh hưởng tới giai đoạn III của thí nghiệm. Ứng suất giới hạn chảy khi kéo, hầu như không chịu ảnh hưởng của lực ép ban đầu ở giai đoạn I.

4. Kết luận

Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu chất lưu Newton bằng phương pháp thí nghiệm ép - kéo ở các tốc độ ép, tốc độ kéo, chiều dày mẫu khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của chiều dày mẫu, tốc độ ép tới tính chất lưu biến của chất lưu Newton. Kết quả cho thấy chiều dày ép càng lớn thì khả năng chống lại sự bóc tách của nó càng giảm đi. Tốc độ ép hầu như không ảnh hưởng đến ứng suất giới hạn chảy khi kéo trong đa số các trường hợp. Đối với vật liệu dạng keo thì chiều dày ép nên nghiên cứu ở dưới 2 mm, có thể phát triển nghiên cứu với các chiều dày ép 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm và 2 mm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Fábio A. Cardoso, Franco A. Grandes, Victor K. Sakano, Andressa C. A. Rego, Fábio C. Lofrano, Vanderley M. John and Rafael G. Pileggi, “Experimental Developments of the Squeeze Flow Test for Mortars,” In *Rheology and Processing of Construction Materials*, RILEM Bookseries, 2019.
- [2] Fabio A. Cardoso, Vanderley M. John and Rafael G. Pileggi, “Rheological behavior of mortars under different squeezing rates,” *Cement and Concrete Research*, vol. 39, pp. 748-753, 2009.
- [3] O. H. Campanella and M. Peleg, “Squeezing flow viscometry of peanut butter,” *J. Food science*, 52 (1), 180-184, 1987.
- [4] J. D. Sherwood and D. Durban, “Squeeze-flow of a Herschel-Bulkley fluid,” *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, vol. 77, pp. 115-121, 1998.
- [5] N. Delhay, A. Poitou and M. Chaouche, “Squeeze flow of highly concentrated suspensions of spheres,” *Journal of Non - Newtonian Fluid Mech.*, vol. 94, pp. 67-74, 2000.
- [6] Nguyễn Đình Duy, *Nghiên cứu tính chất lưu biến của chất lưu Newton bằng thí nghiệm ép - kéo*, Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Vinh, 2020.
- [7] H. S. Pham, X. H. Vu and V. T. Phan, “Squeeze Flow of a Newtonian Fluid under Different Test Speeds,” *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 10(5), 6183-6186, 2020. DOI: 10.48084/etasr.3686

ABSTRACT

EVALUATE THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF NEWTONIAN FLUIDS THROUGH SQUEEZE - TACK EXPERIMENTS

Nguyen Dinh Duy, Nguyen Quoc Dat, Vo Van Bac, Phan Van Tien

Department of Civil Engineering, Vinh University, Nghe An, Vietnam

Received on 16/01/2024, accepted for publication on 28/02/2024

This article presents the results of studying Newtonian fluids using squeeze - tack testing methods at different speeds and sample thicknesses to evaluate the influence of sample thickness and tack speed on the rheological properties of Newtonian fluids. The results show that the greater the laminate thickness, the lower its resistance to peeling. Squeeze speed has virtually no effect on the tensile yield stress in most cases. For colloidal materials, the squeeze thickness should be studied at less than 2 mm. Research can be developed with squeeze thicknesses of 0.5 mm, 1 mm, 1.5 mm and 2 mm.

Keywords: Newtonian fluids; squeeze - tack testing methods; rheology.