

PHÂN TÍCH BIẾN DẠNG KÉO VẬT LIỆU NHỰA HIGH-DENSITY POLYETHYLENE DẠNG ỐNG ĐƯỢC CHẾ TẠO BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỔI VÀ ĐÙN

ANALYSIS OF THE DEFORMATION OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE PLASTIC MATERIAL IN PIPE FORM MANUFACTURED BY BLOWING AND EXTRUSION METHOD

Bùi Chân Thanh, Dương Lê Hùng
Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

TÓM TẮT

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là nghiên cứu ứng xử kéo của nhựa high-density polyethylene (HDPE) ở dạng nguyên chất được chế tạo theo hai phương pháp thổi và đùn. HDPE là loại nhựa được sử dụng phổ biến trong nhiều ngành công nghiệp. Các mẫu thử nghiệm độ bền kéo đã được thực hiện trên máy kéo nhựa chuyên dùng (hình 4) và sử dụng mẫu kéo dạng ống trụ tròn có thông số kích thước (hình 3). Một số yếu tố có thể ảnh hưởng đến ứng xử kéo, chẳng hạn như độ dày, phương pháp sản xuất, nhiệt độ và tốc độ biến dạng. Nhiệt độ thử nghiệm là nhiệt độ phòng (chọn ở nhiệt độ 23°C) để nghiên cứu ảnh hưởng cơ tính của mẫu nhựa HDPE được tạo ra bằng hai quy trình khác nhau. Độ bền kéo đã đo được các đặc tính như mô-đun đàn hồi, cường độ chảy và độ bền kéo của sản phẩm. Đặc tính kéo của mẫu chế tạo bằng phương pháp đùn giảm cơ tính đáng kể so với phương pháp thổi, khi lực kéo tăng thì độ biến dạng dẻo của mẫu kéo cho kết quả khác nhau rất lớn trên hai phương pháp chế tạo. Điều này đã được phân tích và thảo luận về ảnh hưởng của chúng đến tính chất kéo được trình bày trong bài báo này. Những mối quan hệ như vậy có thể được sử dụng phân tích biến dạng kéo của HDPE theo hai phương pháp thổi và đùn để ứng dụng lựa chọn vật liệu phù hợp khi sử dụng.

Từ khóa: Tính chất cơ học HDPE; Thử kéo nhựa HDPE; Đường cong kéo-nén.

ABSTRACT

The main objective of this study is to investigate the tensile behavior of high-density polyethylene (HDPE) in its pure form, manufactured using two methods: extrusion and blow molding. HDPE is a commonly used plastic in various industries. Tensile strength tests were conducted using a specialized plastic tensile testing machine (Figure 4), with cylindrical tube-shaped samples (Figure 3). Several factors can influence the tensile behavior, such as thickness, production method, temperature, and deformation rate. The test temperature was room temperature (specifically 23°C) to study the mechanical properties of HDPE samples produced by the two different processes. Tensile strength measurements included properties such as elastic modulus, yield strength, and ultimate tensile strength. The tensile properties of samples manufactured by the extrusion method exhibited significantly different mechanical behavior compared to the blow molding method. This has been analyzed and discussed in terms of their impact on tensile characteristics, as presented in this research article. Such relationships can be useful for analyzing the tensile deformation of HDPE using both extrusion and blow molding methods for material selection purposes.

Keywords: Mechanical properties; Tensile test HDPE; Stress-strain curve.



1. GIỚI THIỆU

Ứng dụng của vật liệu polyme và vật liệu tổng hợp của polyme đang tăng lên nhanh chóng ở các nước khác nhau. Trong các ngành công nghiệp, chẳng hạn như ngành công nghiệp ô tô, do những ưu điểm của chúng như trọng lượng nhẹ hơn và khả năng chống chịu với môi trường ăn mòn so với kim loại. Polyethylene được sử dụng rộng rãi nhất trên thế giới và chiếm tỉ lệ lớn lượng polyme đã sử dụng. So với các loại polyme khác, polyetylen có những đặc tính vượt trội chẳng hạn như độ dẻo dai, khả năng chống mài mòn, chống va đập, độ hấp thụ nước thấp (gần bằng 0), chi phí thấp, và khả năng tái chế. Có ba loại polyetylen chính: mật độ thấp, mật độ trung bình và mật độ cao polyetylen (LDPE, MDPE và HDPE), tùy thuộc vào mật độ phân tử và độ kết tinh của cấu trúc polyetylen. Polyethylene mật độ cao (HDPE) có độ cứng, độ bền cao và độ lão hóa tốt hơn. Nhu cầu toàn cầu về nhựa Polyethylene mật độ cao (HDPE) ngày càng tăng từ 11,9 triệu tấn năm 1990 lên 43,9 triệu tấn năm 2017 với mức tăng trưởng hàng năm là 3,3% [1].

Cấu tạo phân tử và các khía cạnh vi cấu trúc như mức độ kết tinh, kích thước tinh thể, độ dày tinh thể và hướng tinh thể có thể ảnh hưởng đến tính chất vật lý và cơ học của polyetylen. Nó là một loại polyme kết tinh nhanh ở nhiệt độ cao, nơi nhiệt sự kết tinh được kích hoạt trở nên đáng kể [2]. Lượng kết tinh ảnh hưởng đến tính chất cơ học của các polyme bán tinh thể như HDPE. Tính chất cơ học và hình thái những thay đổi trong HDPE cũng phụ thuộc đáng kể vào hướng của các biến dạng đối với sự sắp xếp phân tử và tinh thể [3]. Ứng suất chảy và độ dày mẫu tỷ lệ thuận với độ kết tinh và tăng tuyến tính với chỉ số kết tinh [4].

Các kỹ thuật xử lý phổ biến nhất để sản

xuất HDPE là ép đùn, ép phun, đúc thổi và đúc nén. Kỹ thuật sản xuất có thể ảnh hưởng đến các ứng xử cơ học của HDPE, chẳng hạn như mô-đun đàn hồi và độ bền kéo, có thể là do sự khác nhau hình thái và cấu trúc phân tử trong sản phẩm cuối cùng [5]. Nó đã được chứng minh rằng tối ưu hóa các thông số sản xuất trong quá trình ép phun giúp cải thiện đáng kể đặc tính kéo [6].

Kiểm tra độ bền kéo là thử nghiệm cơ học phổ biến nhất được thực hiện trên các vật liệu khác nhau do quá trình thực hiện đơn giản và chi phí thấp và do đặc tính kéo vẫn được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp. Ngoài ra, các đặc tính kéo có thể được sử dụng trong các mô hình bán thực nghiệm để phân tích biến dạng và độ mỏi. Độ cứng, cường độ năng suất, độ bền kéo cuối cùng và độ dẻo dai là các đặc tính kéo cơ bản có thể được đặc trưng bằng các thử nghiệm kéo nén.

Hầu hết các loại nhựa nhiệt dẻo (nóng chảy và rắn) thể hiện đặc tính đàn hồi nhớt và phi Newton. Ứng xử này không theo quy luật Newton (tức là ứng suất và biến dạng không liên quan tuyến tính đối với hầu hết các phần của đường cong ứng suất-biến dạng). Tính chất đàn hồi nhớt có nghĩa là khi có một lực bên ngoài tác dụng lên polyme nhiệt dẻo, cả biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo đều xảy ra. Ứng xử cơ học và biến dạng có liên quan chặt chẽ đến cách các chuỗi polyme chuyển động tương đối với nhau dưới tác dụng của tải trọng (ứng suất). Thử nghiệm cơ bản nhất để xác định tính chất cơ học của vật liệu là thử độ bền kéo. Trong thử nghiệm độ bền kéo, vật liệu được kéo căng đồng đều. Vì lực tác dụng lên một diện tích mặt cắt ngang nên ứng suất được định nghĩa là lực trên một đơn vị diện tích.

$$\sigma = F/A$$

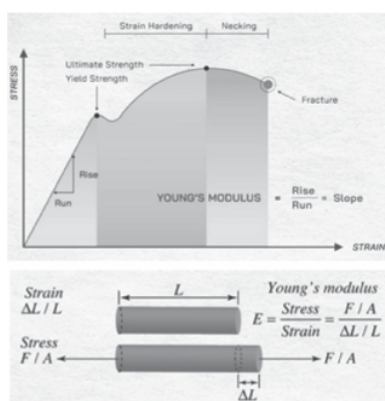
Trong đó: - σ là ứng suất;
- F là lực tác dụng;
- A là diện tích mặt cắt ngang.

Biến dạng được định nghĩa là phần trăm thay đổi về chiều dài. Tổng độ dịch chuyển là sự thay đổi chiều dài, do đó biến dạng là sự thay đổi chiều dài chia cho chiều dài ban đầu.

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

Trong đó: - ε là biến dạng;
- ΔL là sự thay đổi chiều dài;
- L là chiều dài.

Mối quan hệ ứng suất-biến dạng (hình 1) bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi nhiệt độ hoặc thời gian, và nếu hiện tượng biến dạng kéo lặp lại nhiều lần (mỏi). Đặc tính kéo được đánh giá bằng cách đặt một mẫu thử (hình 3) vào giữa hai bộ kẹp (hình 4) của thiết bị kéo di chuyển ra xa nhau với tốc độ không đổi bằng lực thủy lực hoặc lực cơ học cho đến khi mẫu bị đứt. Trong trường hợp này, lực tác dụng (ứng suất) cũng như độ giãn dài (biến dạng) xảy ra trong mẫu được đo và do diện tích mặt cắt ngang của mẫu polymer được coi là không đổi nên có thể vẽ đường cong ứng suất-biến dạng (hình 1). Đường cong ứng suất-biến dạng có thể cung cấp thông tin về độ bền, độ dẻo dai, độ cứng, độ dẻo của vật liệu, v.v.



Hình 1. Biểu đồ kéo-nén

Độ bền kéo tối ưu là ứng suất kỹ thuật cao nhất mà vật liệu có thể chịu được. Trong đường cong ứng suất-biến dạng kỹ thuật, đây là điểm tối đa. Nó đánh dấu điểm mà sự thất cổ vượt qua sự cứng lại của sức căng. Biểu đồ ứng suất-biến dạng của vật liệu polyme phụ thuộc vào đặc tính phân tử và cấu trúc vi mô của polyme. Các polyme có thể có nhiều biểu đồ ứng suất-biến dạng khác nhau, đặc biệt là do các tương tác polyme nhất định có thể thay đổi ở các mức ứng suất khác nhau. Hình 2, thể hiện các loại mối quan hệ ứng suất/biến dạng thu được đối với các nhóm polyme khác nhau.

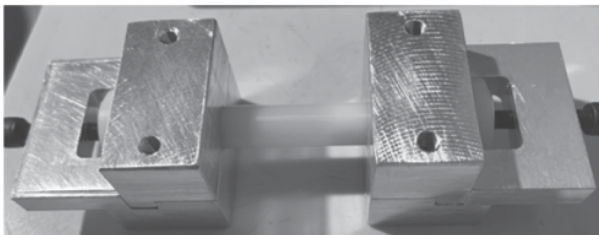
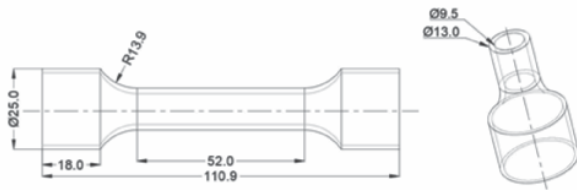


Hình 2. Đồ thị ứng suất-biến dạng các loại polyme

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

HDPE PE 4710 một loại vật liệu nhựa nhiệt dẻo có mật độ cao với tỷ lệ sức bền trên mật độ lớn (sức bền/mật độ $\sim 0,95 \text{ g/cm}^3$), mật độ HDPE có thể nằm trong khoảng $0,93-0,97 \text{ g/cm}^3$ hoặc 970 kg/m^3 . HDPE được sử dụng khá phổ biến do có nhiều ưu điểm vượt trội như không bị ăn mòn hay rò rỉ khi dẫn truyền các hóa chất mạnh. Các mối hàn rất bền chặt, không bị nứt vỡ khi di chuyển hay lắp đặt nên được coi là vật liệu lý tưởng cho các ngành công nghiệp. Độ bền cao và an toàn khi sử dụng, thời gian sử dụng dài hơn các loại nhựa thông thường. Các mối hàn của nhựa HDPE bền và kín, chịu được tác động cao và khả năng chống vỡ nứt tốt.

Các mẫu HDPE nguyên chất có mô-đun Young's (Min 0.5 GPa, Max 1.1 GPa), hệ số Poisson's là 0.45 được gia công từ khuôn thổi và ép đùn như hình trụ tròn có kích thước phi 25 (mm), dài 110 (mm) và độ dày 1,75 (mm). Các mẫu thử chế tạo bằng phương pháp thổi được định hình bằng khuôn nhôm và áp suất khí để tạo ra mẫu theo hình dáng và kích thước như hình 2. Cuối cùng, các mẫu thử chế tạo bằng phương pháp đùn thành lớp phi 25 (mm), sau đó gia công tiện CNC đạt hình dáng và kích thước như mẫu chế tạo bằng phương pháp thổi như hình minh họa.



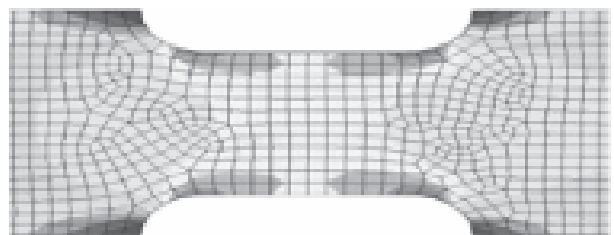
Hình 3. Thông số kích thước mẫu kéo nhựa HDPE



Hình 4. Máy kéo nhựa HDPE

Các thử nghiệm kéo được tiến hành ở hai mẫu giống nhau về thông số hình đối với HDPE nguyên sinh thổi và HDPE nguyên sinh đùn các mẫu thử để nghiên cứu ảnh hưởng của tốc độ biến dạng lên đặc tính kéo.

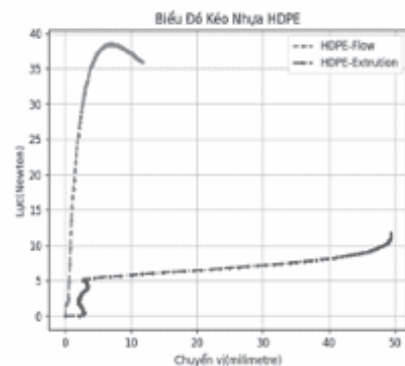
Để phân tích biến dạng kéo mẫu HDPE phù hợp với cơ sở lý thuyết được thực hiện kiểm nghiệm, dự đoán kết quả bằng phần mềm Marc Mentat 2020 thu được kết quả mô phỏng như hình 5.



Hình 5. Mô phỏng mẫu bằng MSC Mentat

Mẫu HDPE nguyên chất được thực hiện với kỹ thuật xử lý đúc thổi và đùn đã được thử nghiệm kéo trên máy kéo như hình 4 và cho kết quả được biểu diễn trên đồ thị mối quan hệ lực và chuyển vị như hình 6.

Theo lý thuyết độ bền kéo lớn nhất của polyme cho thấy hai phương pháp chế tạo mẫu cho kết quả khác nhau rất lớn ở khả năng chịu lực và độ biến dạng của vật liệu.



Hình 6. Đồ thị kết quả kéo nhựa HDPE

3. KẾT LUẬN

Tính chất kéo là một trong những tính chất cơ học quan trọng nhất của polyme. Nghiên cứu các tính chất cơ học là một trong những phần quan trọng nhất của quá trình sản xuất các sản phẩm polymer và trước các tính chất khác như tính chất nhiệt, quang học và lưu biến, nó cung cấp cho nhà sản xuất khả năng so sánh vật liệu và kiểm soát chất lượng của chúng để cải thiện các tính chất của sản phẩm được sản xuất. Các thử nghiệm độ bền kéo được sử dụng để xác định tính chất cơ học của vật liệu polyme.

Những đặc điểm này cho thấy hoạt động của polyme dưới sức căng. Thử nghiệm độ bền kéo là một trong những thử nghiệm phá hủy mà mẫu thử phải chịu lực kéo cho đến điểm đứt, đồng thời sự tăng chiều dài được ghi nhận đồng thời với lực tác dụng. Kết quả của thử nghiệm này được sử dụng để kiểm soát chất lượng và dự đoán mức độ vật liệu sẽ phản ứng dưới tác dụng của lực. Các kết quả ở dạng đường cong ứng suất-biến dạng, đặc trưng cho hoạt động của vật liệu dưới sức căng. ❖

Ngày nhận bài: **16/02/2024**

Ngày phản biện: **15/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

[1]. Tavazzi, L. “*The Excellence of the Plastics Supply Chain in Relaunching Manufacturing in Italy and Europe*”. Available online: <https://www.ambrosetti.eu/en/research-and-presentations/plastic-supply-chain/> (accessed on 18 August 2020).

- [2]. Ulcer, Y.; Cakmak, M.; Miao, J.; Hsiung, C.M. “*Structural gradients developed in injection-molded syndiotactic polystyrene (sPS)*”. J. Appl. Polym. Sci. 1996, 60, 669-691 [CrossRef].
- [3]. Zhou, H.; Wilkes, G.L. “*Orientation-dependent mechanical properties and deformation morphologies for uniaxially melt-extruded high-density polyethylene films having an initial stacked lamellar texture*”. J. Mater. Sci. 1998, 33, 287-303 [CrossRef].
- [4]. Addiego, F.; Dahoun, A.; G’Sell, C.; Hiver, J.-M.; Godard, O. “*Effect of microstructure on crazing onset in polyethylene under tension*”. Polym. Eng. Sci. 2009, 49, 1198-1205 [CrossRef].
- [5]. Dusunceli, N.; Aydemir, B. “*The effects of loading history and manufacturing methods on the mechanical behavior of high-density polyethylene*”. J. Elastomers Plast. 2011, 43, 451-468 [CrossRef].
- [6]. Kalay, G.; Sousa, R.A.; Reis, R.L.; Cunha, A.M.; Bevis, M.J. “*The enhancement of the mechanical properties of a high-density polyethylene*”. J. Appl. Polym. Sci. 1999, 73, 2473-2483 [CrossRef].
- [7]. <https://insights.globalspec.com/article/7810/how-to-perform-tensile-testing-on-polymers>
- [8]. <https://mstudent.com/stress-strain-and-the-stress-strain-curve/>