

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH MOMENT CỦA CƠ CẤU MỀM KHI PHUN ÉP VỚI CÁC THÀNH PHẦN VẬT LIỆU COMPOSITE KHÁC NHAU

MOMENT CHARACTERISTIC ANALYSIS OF SOFT MECHANISMS WITH DIFFERENT COMPOSITE MATERIAL CONSTITUENTS DURING INJECTION MOLDING

Trần Phước Trung*, Trần Thanh Danh, Tăng Thái Khang,
Phạm Công Thuận, Trần Minh Thế Uyên

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUTE)

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu đặc tính moment của cơ cấu mềm "Compliant" bằng vật liệu composite PA6 gia cố sợi thủy tinh theo tỷ lệ 0%, 5%, 15%, 20% và 30%. Thí nghiệm đo biến dạng đàn hồi và moment xoắn cho thấy: Mô hình có tính đàn hồi tốt, duy trì moment ổn định trong góc quay nhất định (40-120°); Moment duy trì dao động 0,8-1 N.m cho mọi tỷ lệ sợi thủy tinh; Moment tối đa giảm khi tỷ lệ sợi thủy tinh tăng, thể hiện độ cứng gia tăng và khả năng đàn hồi giảm. Mô phỏng moment bằng Matlab cho độ chính xác cao (tới 95%) so với kết quả thực tế. Kết quả cho thấy tỷ lệ sợi thủy tinh ảnh hưởng đến moment xoắn của cơ cấu mềm "Compliant". Mô hình mô phỏng moment bằng Matlab cho kết quả sát với thực tế, chứng tỏ độ tin cậy cao của thí nghiệm.

Từ khóa: Cơ cấu mềm; Cơ cấu đẳng moment (CTM); Vật liệu nhựa ABS, PP, PA6, HDPE.

ABSTRACT

This paper investigates the moment characteristics of "Compliant" soft mechanisms made of PA6 composite material reinforced with glass fibers at ratios of 0%, 5%, 15%, 20%, and 30%. Experiments measuring elastic deformation and torque showed that: The model has good elasticity, maintaining a stable moment within a certain rotation angle (40-120°); The maintained moment ranges from 0.8 to 1 N.m for all glass fiber ratios; The maximum moment decreases as the glass fiber ratio increases, indicating an increase in stiffness and a decrease in elasticity. Moment simulation using Matlab shows high accuracy (up to 95%) compared to experimental results. The results show that the glass fiber ratio affects the torque of the "Compliant" soft mechanism. The moment simulation model using Matlab provides results close to the experimental ones, demonstrating the high reliability of the experiment.

Keywords: Flexible moment mechanisms; Constant-torque mechanisms (CTM); ABS, PP, PA6, HDPE material.

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của ngành công nghiệp nhựa, rác thải ra môi trường ngày càng nhiều, ảnh hưởng lớn đến môi trường mà chúng ta đang sinh sống. Việc nghiên cứu vật liệu composite phù hợp nhất với cơ cấu loại cơ cấu mềm có thể giúp tiết kiệm vật liệu nhựa, giảm thiểu lượng vật liệu cần thiết trong quá trình phun ép nhựa tạo ra sản phẩm mà vẫn đảm bảo cơ tính và độ bền của cơ cấu. Hiểu rõ về các thành phần vật liệu composite tác động lên đặc tính moment có thể giúp tối ưu hóa thiết kế cơ cấu từ đó tăng cường độ bền,

độ cứng và hiệu suất chung của cơ cấu. Các kết quả nghiên cứu có thể ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực cơ khí, y tế,...

1.2. Cơ sở lý thuyết

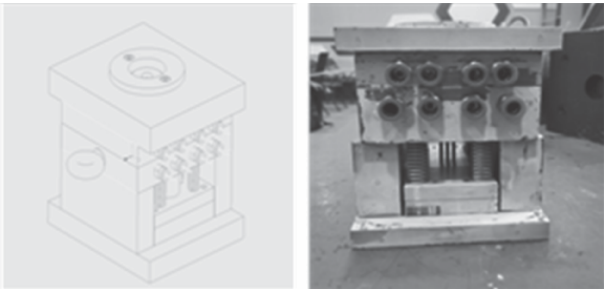
Đề tài sẽ nghiên cứu ảnh hưởng của loại vật liệu composite PA6 0%GF và PA6 30%GF (gia cố thêm 30% sợi thủy tinh) được trộn lẫn theo tỷ lệ với nhau tạo nên 5 loại vật liệu được thí nghiệm là PA 0%, 5%, 15%, 20%, 30%GF.

Những ưu điểm của loại vật liệu này là độ bền cao, cách điện, chịu nhiệt tốt, khả năng kháng hóa chất tốt và có độ ổn định về kích thước.

Bảng 1. Bảng thông số kỹ thuật của nhựa PA6 0%GF và PA6 30%GF

Tiêu chuẩn	PP đo lường	Đơn vị	ECP PA6 R0GF	EPC PA6 R30GF
Thành phần sợi thủy tinh	TGA	%	0	30
Mật độ	D792	g/cm ³	1.21	1.35
Độ bền kéo tại năng suất	D638	MPA	70	125-130
Độ giãn dài khi đứt	D638	%	> 5	3-5
Mô đun uốn	D790	MPA	3426	5218
Sức mạnh tác động của Izod	D256	J/m	52	70
Nhiệt độ lệch khi tải ở 1,8 MPa	D648	°C	165	190

Mẫu được phun ép thông qua bộ khuôn 2 tấm đã được thiết kế trước đó.



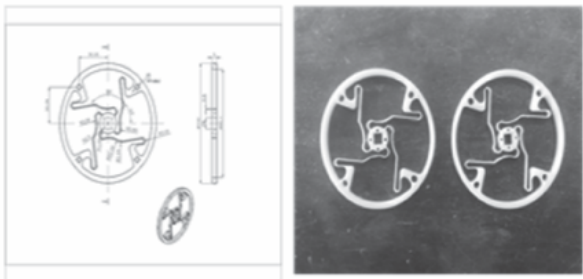
Hình 1. Bộ khuôn được sử dụng để phun ép



Bảng 2. Các thông số phun ép

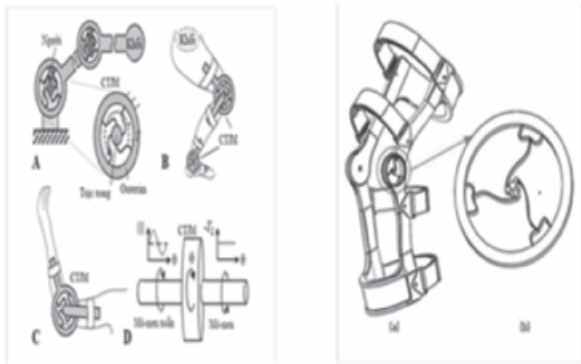
TH	Filling time (s)	Filling press (bar)	Packing time (s)	Packing press (bar)	Cooling time (s)	Melt temperature (độ C)
0%	2	80	1	75	25	250
5%	2	80	1	75	25	250
15%	2	85	1	80	25	260
20%	2	90	1	85	25	260
30%	2	95	1	87	25	280

Mô tả thông số hình học của mô hình cơ cấu mềm dạng “Compliant”. Cơ cấu có hình dáng là hình tròn với đường kính đường bao là Ø100x5mm và được gia công bằng phương pháp phun ép nhựa với vật liệu nhựa PA6 và PA6 30%GF được trộn với nhau với tỷ lệ trộn như đã nêu ở trên. Mô hình này có tổng cộng 4 dây có bề dày 0,9mm được nối từ hình trụ tròn ở tâm với đường bao hình tròn ở bên ngoài. Bốn dây này có thể giãn dài ra tùy theo góc xoắn.



Hình 2. Mô hình chi tiết Compliant và hình ảnh thực tế của cơ cấu

Không giống như lò xo xoắn, có mô-men xoắn tăng khi vòng quay tăng, cơ chế khớp mô-men xoắn không đổi (Compliant) cung cấp mô-men xoắn gần như không đổi trong một khoảng thời gian quay cụ thể. Thay vì sử dụng điều khiển cảm biến, cơ cấu Compliant thụ động duy trì một mô-men xoắn không đổi. Các ứng dụng tiềm năng bao gồm cân bằng động và tĩnh của máy móc, thiết bị phục hồi chức năng khớp của con người và thiết bị hỗ trợ di chuyển của con người.



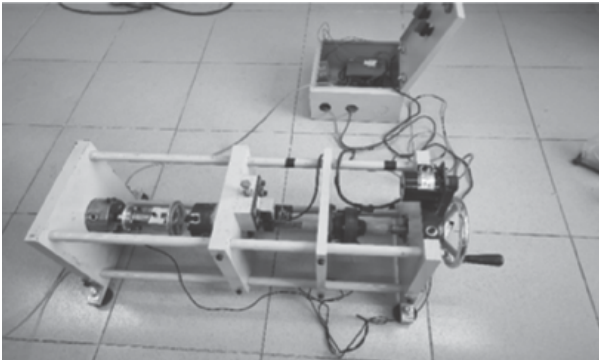
Hình 3. Ứng dụng của cơ cấu mềm Compliant

2. MÔ HÌNH THỬ XOẮN VÀ THIẾT KẾ BỘ ĐÒ GÁ ĐỂ ĐO MOMENT

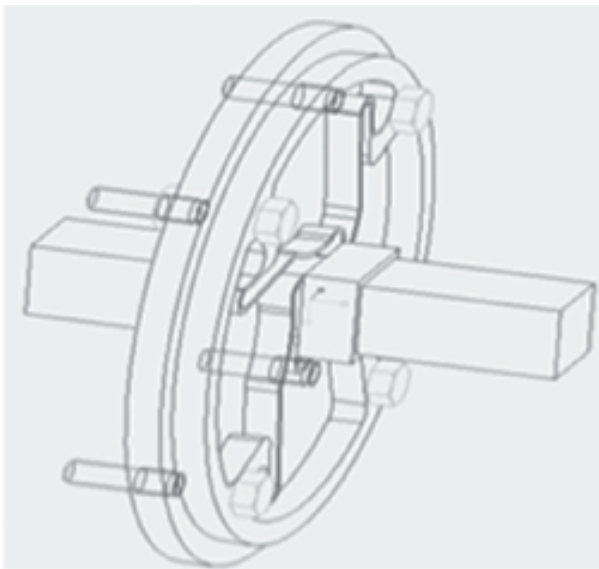
2.1. Mô hình máy thử xoắn

* Thông số máy:

- Công suất máy: 40W;
- Kích thước máy: 985 x 400 x 433;
- Khối lượng máy: 108kg;
- Nguồn điện: 220V AC;
- Phạm vi đo: 0-300 N.m;
- Độ chính xác: $\pm 0,1$ N.m, $\pm 0,001^\circ$;
- Độ phân giải: 0,1 N.m, $0,001^\circ$;
- Tốc độ quay: $45^\circ/p$.



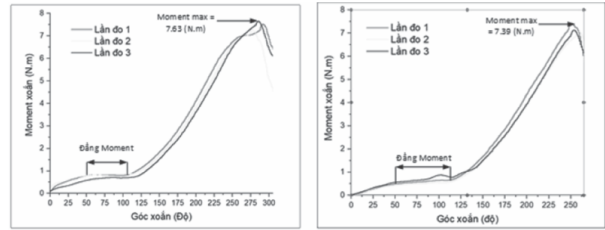
Hình 4. Mô hình máy thử xoắn hoàn chỉnh



Hình 5. Đồ gá sau khi lắp ghép hoàn chỉnh với chi tiết

2.2. Thiết kế đồ gá

Để tiến hành đo moment xoắn cần có bộ đồ gá để cố định chi tiết. Bộ đồ gá được thiết kế với các thông số sau. Phần đồ gá quay sẽ được lắp đặt vào phần mâm cặp quay. Phần đồ gá cố định sẽ được lắp đặt vào mâm cặp cố định. Khi vận hành máy thử xoắn, mâm cặp quay sẽ quay dẫn tới đồ gá phần quay sẽ quay mà chi tiết thì được gá cố định vào phần gá cố định thông qua bu-lông đai ốc, từ đó sẽ làm bốn dây của chi tiết giãn ra tạo ra moment xoắn.



Hình 6. Kết quả đạt được sau khi thí nghiệm

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Qua quá trình làm thực nghiệm đo biến dạng đàn hồi của mô hình cơ cấu mềm dạng “Compliant” với những vật liệu nhựa PA6 được gia cố thêm sợi thủy tinh tương ứng với những trường hợp: 0%, 5%, 15%, 20% và 30%, kết quả đo moment của những trường hợp được trình bày ở những bảng sau, với Input là giá trị góc độ quay trung bình cộng của 3 giá trị đầu vào, 3 giá trị Output 1, 2 và 3 là giá trị moment xoắn đo được của 3 mẫu của từng trường hợp và giá trị Avg. Out là giá trị trung bình Output của 3 mẫu được đo.

Qua quá trình thực nghiệm và kết quả thực nghiệm thu được từ những bảng thông số và biểu đồ, ta thấy rằng mô hình cơ cấu mềm Compliant có tính chất đàn hồi tốt, có thể duy trì một moment không đổi trong một góc độ quay nhất định. Từ các bảng thông số trên, các tác giả bài báo rút ra những kết luận như sau:

Mô hình cơ cấu mềm Compliant có thể duy trì một đẳng moment khoảng 0,8 tới 1 (N.m) trong góc độ quay từ 40 độ tới 120 độ trong tất cả 5 trường hợp được thí nghiệm.

→ Có thể duy trì một đẳng moment mà không phụ thuộc vào tỷ lệ phần trăm sợi thủy tinh được gia cố thêm vào vật liệu nhựa PA6.

Moment tối đa của trường hợp PA6 30%GF là khoảng từ 0,8 tới 1 (N.m), của

trường hợp PA6 20%GF là khoảng từ 4,8 tới 5,1 (N.m), của trường hợp PA6 15%GF là khoảng từ 5,9 tới 6,1 (N.m), của trường hợp PA6 5%GF là khoảng từ 6,9 tới 7,1 (N.m), của trường hợp PA6 0%GF là từ 7,1 tới 7,3 (N.m).

→ Moment xoắn lớn nhất của từng trường hợp sẽ giảm dần khi tăng tỷ lệ phần trăm sợi thủy tinh vào vật liệu PA6. Điều này cho thấy rằng phần trăm sợi thủy tinh càng cao thì sẽ làm gia tăng độ cứng và làm giảm khả năng đàn hồi của cơ cấu mềm Compliant.

Kết quả mô phỏng dự đoán moment ANN bằng Matlab cho thấy kết quả thực tế sát với kết quả mô phỏng lên tới 95%.

→ Có thể thấy rằng kết quả của bài thí nghiệm này có độ đáng tin cậy rất cao.

4. KẾT LUẬN

Thông qua quá trình thực nghiệm và phân tích kết quả thực nghiệm, việc tăng tỷ lệ sợi thủy tinh làm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng biến dạng đàn hồi, độ dẻo và độ cứng của mô hình cơ cấu mềm “Compliant”. Tùy thuộc vào yêu cầu khả năng ứng dụng của mô hình cơ cấu mềm mà ta sẽ sử dụng loại vật liệu phù hợp. Nếu cần nhiều về khả năng độ đàn hồi tốt cũng như độ dẻo cao của cơ cấu thì sẽ gia cố với tỷ lệ phần trăm sợi thủy tinh thấp hoặc không vào vật liệu nhựa. Nếu có nhiều yêu cầu về độ cứng cao thì ta sẽ xem xét gia cố thêm tỷ lệ phần trăm sợi thủy tinh phù hợp, từ đó giúp tiết kiệm vật liệu, tăng hiệu suất, tăng hiệu quả kinh tế.

(*) Lời cảm ơn:

Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh và các quý thầy cô đã tài trợ kinh phí cũng như hỗ trợ trong quá trình thực hiện nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **25/02/2024**

Ngày phản biện: **15/3/2024**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Piyu Wang, Sijie Yang and Qingsong Xu (2018). “*Design and optimization of a new compliant rotary positioning stage with constant output torque*”, Vol. 19, no. 12, pp. 1843-1850.
- [2]. Chia-Wen Hou, Chao-Chieh Lan (2012). “*Functional joint mechanisms with constant-torque outputs*”, pp. 166-181.
- [3]. Phan Thanh Vu, Pham Huy Tuan (2020). “*Design and Analysis of a Compliant Constant-Torque Mechanism for Rehabilitation Devices*”, chapter 44.
- [4]. TS. Phạm Sơn Minh, ThS. Trần Minh Thế Uyên (2014); “*Giáo trình Thiết kế và chế tạo khuôn phun ép nhựa*”, NXB. Đại học Quốc gia, TP. Hồ Chí Minh, 286 page.
- [5]. Nguyễn Phương Nam, Lê Hồng Phúc, Phạm Thế Sơn (2023); “*Chế tạo máy thử độ bền cho chi tiết nhựa*”, Đồ án tốt nghiệp, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, 107 page.
- [6]. What is the TIA Portal V17 for <https://www.siemens.com/vn/vi.html>.