



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0052799

(51)^{2020.01} G09B 23/00

(13) B

(21) 1-2020-06922

(22) 30/11/2020

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/03/2021 396A

(73) TẬP ĐOÀN CÔNG NGHIỆP - VIỆN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)

Lô D26 Khu đô thị mới Cầu Giấy, phường Yên Hoà, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

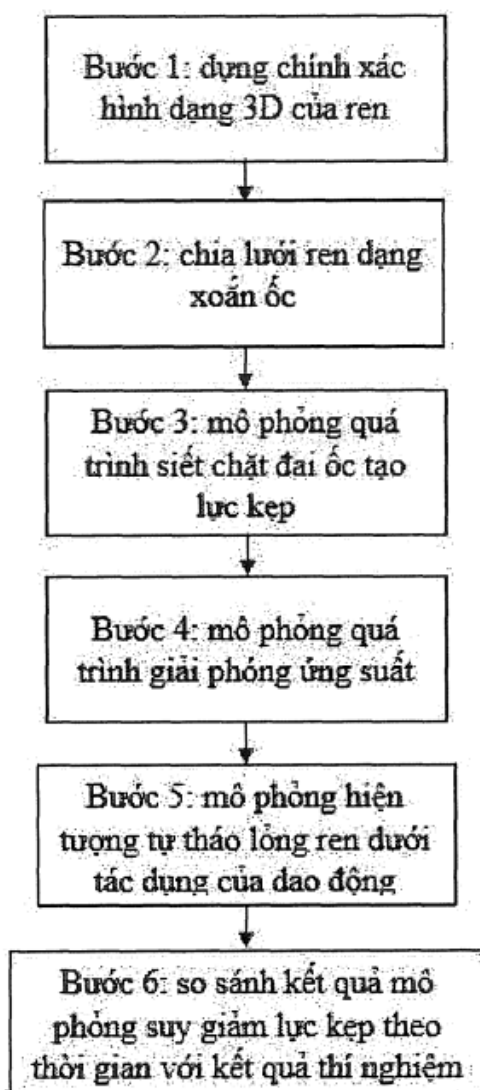
(72) Vũ Kim Long (VN); Nguyễn Đăng Bản (VN).

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACILAW)

(54) PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG HIỆN TƯỢNG TỰ THÁO LỎNG REN VÍT DƯỚI
ĐIỀU KIỆN DAO ĐỘNG NGANG

(21) 1-2020-06922

(57) Phương pháp mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren vít dưới điều kiện dao động ngang bao gồm: bước 1: dựng chính xác hình dạng 3D của ren; bước 2: chia lưới ren dạng xoắn ốc; bước 3: mô phỏng quá trình siết chặt đai ốc tạo lực kẹp; bước 4: mô phỏng quá trình giải phóng ứng suất; bước 5: mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren dưới tác dụng của dao động; bước 6: so sánh kết quả mô phỏng suy giảm lực kẹp theo thời gian với kết quả thí nghiệm. Phương pháp được đề xuất giúp khảo sát với các tham số tần số và biên độ của dao động ngang kích động tới hiện tượng tự tháo lỏng ren. Ngoài ra quá trình hậu xử lý kết quả mô phỏng cho phép theo dõi diễn biến của hiện tượng cùng với sự biến thiên các giá trị ứng suất, lực, từ đó làm sáng tỏ cơ chế hiện tượng tháo lỏng ren.



Hình 7

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren vít dưới điều kiện dao động ngang (transverse vibration). Cụ thể, phương pháp mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren vít dưới điều kiện dao động ngang được đề cập trong sáng chế ứng dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp, quân sự, giao thông vận tải nơi mà thiết bị làm việc dưới điều kiện dao động phức tạp, khắc nghiệt gây tháo lỏng ren.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Liên kết ren bởi bulông và đai ốc được sử dụng rộng rãi trong kỹ thuật bởi sự đơn giản, dễ thiết lập và chi phí rẻ. Tuy nhiên hiện tượng tự tháo lỏng ren dưới các điều kiện dao động gây ra hỏng hóc cho thiết bị máy móc, thậm chí gây ra những tai nạn nghiêm trọng. Hướng nghiên cứu về hiện tượng này thu hút nhiều nhà khoa học từ những năm 1960. Trong đó các nhà khoa học dùng thực nghiệm để khảo sát hiện tượng tháo lỏng, và vào năm 1969 Junker bằng thực nghiệm đã chỉ ra dạng dao động ngang là dạng dao động nguy hiểm nhất gây ra hiện tượng tháo lỏng ren. Tuy nhiên phương pháp thực nghiệm có những hạn chế nhất định khi không đưa ra diễn biến bên trong của hiện tượng tháo lỏng và việc khảo sát mức độ tháo lỏng với các tần số biên độ khác nhau khó thực hiện và tốn nhiều thời gian, từ đó khó có thể hiểu được cơ chế hiện tượng. Với việc phát triển không ngừng của cấu hình máy tính, kết hợp với sự hoàn thiện của các phần mềm mô phỏng số cho phép các nhà khoa học tiếp cận theo hướng mô phỏng số trong việc khảo sát hiện tượng tháo lỏng ren. Phương pháp mô phỏng số khắc phục các nhược điểm truyền thống của phương pháp thực nghiệm và thể hiện diễn biến bên trong hiện tượng như sự thay đổi ứng suất, lực và biến dạng. Tuy nhiên, để thực hiện thành công phương pháp mô phỏng cần vượt qua hàng loạt các thử thách như dựng chính xác biên độ ren, chia lưới hoàn chỉnh và đồng nhất ren dạng lập phương (hexahedral), xử lý tiếp xúc phi tuyến giữa chân ren và đặc biệt cần một quy trình mô tả đúng hiện tượng thực nghiệm. Tác giả Toshimichi Foukuka đã thành công trong việc dựng biên dạng chính xác ren xoắn ốc và chia lưới dạng lập phương đồng nhất, nhà khoa học Yan Chen có đưa ra nghiên cứu mô phỏng

hiện tượng tháo lỏng ren dưới điều kiện dao động ngang, nhưng cả hai nghiên cứu đều chưa trình bày được quy trình đầy đủ và sự đúng đắn của quy trình chưa được kiểm chứng bằng thực nghiệm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế đề xuất phương pháp mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren vít dưới điều kiện dao động ngang giải quyết các hạn chế nêu ra ở trên. Cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren vít dưới điều kiện dao động ngang bao gồm:

- Bước 1: dựng chính xác hình dạng 3D của ren; tại bước này từ công thức giải tích mô tả kích thước ren trên một vòng tròn cơ sở, tạo vectơ tập hợp điểm trên vòng tròn đó bằng phần mềm Matlab, tiếp theo nhập vectơ tọa độ tập hợp điểm trên đường tròn cơ sở vào phần mềm thiết kế 3D Solidworks, dựng một mặt phẳng có biên dạng là đường tròn cơ sở đó;
- Bước 2: chia lưới ren dạng xoắn ốc; tại bước này lưới ren dạng xoắn ốc (helical thread meshing) được chia bằng phần mềm chuyên chia lưới Hypermesh với toàn bộ phần tử là dạng lập phương; các phần rời như chân ren, thân bulông, mũ bulông đã được chia lưới được nhập vào phần mềm Abaqus để hàn các phần tử chung lại thành một chi tiết hoàn chỉnh;
- Bước 3: mô phỏng quá trình siết chặt đai ốc tạo lực kẹp; tại bước này, tiến hành gán điều kiện tiếp xúc giữa các bề mặt, tiếp theo đặt một giá trị mômen xoắn vào đai ốc để đai ốc chuyển động ép vào vật cần kẹp tạo ra lực kẹp; quá trình này được thực hiện trong phần mềm Abaqus;
- Bước 4: mô phỏng quá trình giải phóng ứng suất bằng cách ngừng tác động mômen xoắn vào đai ốc để kết thúc quá trình siết đai ốc tạo lực ép, khi đó hệ được giải phóng ứng suất, đồng thời ứng suất trượt giữa đai ốc và vật bị kẹp thay đổi cả độ lớn và chiều; ứng suất được giải phóng là điều kiện đầu vào của hệ trước khi tác động dao động ngang;
- Bước 5: mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren dưới tác dụng của dao động; tại bước này tác động dao động ngang vào hai vật bị kẹp với tần số và biên độ theo thí nghiệm của Junker; tiếp theo xuất kết quả mức độ suy giảm lực kẹp theo thời gian;
- Bước 6: so sánh kết quả mô phỏng suy giảm lực kẹp theo thời gian với kết quả thí nghiệm; mục đích bước này để kiểm chứng tính tin cậy của phương pháp mô phỏng, trong đó độ tin

cây của phương pháp mô phỏng được thể hiện qua độ trùng khớp tốt giữa hai giá trị cả về độ lớn và hình thái.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình thể hiện biên dạng mặt cắt ren xử lý trong phần mềm Matlab để lấy tọa độ điểm trên biên dạng vòng tròn cơ sở

Hình 2 là hình minh họa các mặt cơ sở và chia lưới 3D một bước ren.

Hình 3 là hình minh họa chia lưới ren dạng lập phương hoàn chỉnh và đồng nhất

Hình 4 là hình so sánh kết quả mô phỏng với thí nghiệm mối quan hệ mômen xoắn – lực kẹp.

Hình 5 là hình minh họa biến thiên lực siết chặt trong quá trình ba bước hoàn chỉnh.

Hình 6 là hình thể hiện tương quan giữa kết quả mô phỏng với thực nghiệm hiện tượng tháo lỏng ren.

Hình 7 là hình minh họa các bước thực hiện sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, các hình vẽ này nhằm mục đích minh họa các phương án của sáng chế mà không làm giới hạn phạm vi bảo hộ sáng chế. Cụ thể phương pháp bao gồm các bước như thể hiện trên Hình 7 với nội dung chi tiết như sau:

Bước 1: dựng chính xác hình dạng 3D của ren; từ công thức giải tích mô tả kích thước ren trên một vòng tròn cơ sở, tạo vectơ tọa độ tập hợp điểm trên vòng tròn đó bằng phần mềm Matlab, tiếp theo nhập vectơ tọa độ tập hợp điểm trên đường tròn biên dạng vào phần mềm thiết kế 3D Solidworks, dựng một mặt phẳng có biên dạng là đường tròn cơ sở đó. Bước 1 gồm hai bước nhỏ sau đây:

Bước 1.1: tạo vectơ tọa độ điểm trên vòng tròn cơ sở bằng Matlab, xuất phát từ công thức giải tích mô tả kích thước ren;

Bước 1.2: nhập vectơ tọa độ điểm đó vào phần mềm thiết kế 3D Solidworks để tạo mặt phẳng với đường bao là vòng tròn cơ sở đó.

Kết quả thu được của bước thứ nhất là một mặt phẳng với biên dạng là đường tròn cơ sở mặt cắt của thân ren (tham chiếu Hình 1). Mặt phẳng này làm đầu vào chia lưới 2D và sau đó nhân lên thành mô hình 3D.

Bước 2: chia lưới ren dạng xoắn ốc: bước này được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm chuyên chia lưới Hypermesh với toàn bộ phần tử là dạng lập phương. Bước 2 bao gồm các bước nhỏ sau đây:

Bước 2.1: mặt phẳng với biên dạng là đường tròn cơ sở ở bước 1 được chia lưới với các phần tử dạng 2D hình tứ diện, đây được coi là mặt phẳng cơ sở với vị trí tham chiếu $z=0$,

Bước 2.2: xoay mặt cơ sở theo hướng ngược chiều kim đồng hồ với góc $2P/n$, sau đó tịnh tiến mặt đó lên vị trí $z=P/n$ với P là bước ren, n là số chẵn và lớn hơn hoặc bằng 16. Số chẵn là để một bước ren có tính đối xứng và tối thiểu là 16 để đảm bảo độ mịn lưới cần thiết.

Bước 2.3: nối các nút tương ứng của 2 mặt cơ sở tại $z=0$ và $z=P/n$ ta được mô hình 3D với độ dày P/n .

Bước 2.4: lặp lại lần lượt bước 2.3 và bước 2.4 để hoàn tất ren một bước (tham chiếu Hình 2).

Bước 2.5: liên tiếp chồng lên nhau các ren một bước được thân ren hoàn chỉnh.

Bước 2.6: xuất các phần riêng rẽ được chia lưới trong phần mềm Hypermesh vào phần mềm Abaqus để nối các nút chung lại thành các bộ phận hoàn chỉnh (tham chiếu Hình 3).

Bước 3: mô phỏng quá trình siết chặt đai ốc tạo lực kẹp. Bước này được thực hiện bằng phần mềm Abaqus. Tại bước này, tiến hành gán điều kiện tiếp xúc giữa các bề mặt, sau đó đặt một giá trị mômen vào đai ốc để đai ốc chuyển động ép vào vật cần kẹp tạo ra lực kẹp. Bước 3 bao gồm:

Bước 3.1: gán điều kiện ràng buộc chuyển động của các thành phần: điều kiện ở đây bao gồm điều kiện cố định mũ bulông, cố định năm bậc tự do trừ bậc tự do tịnh tiến dọc của hai vật bị kẹp.

Bước 3.2: định nghĩa điều kiện tiếp xúc chân ren bao gồm thuật toán tiếp xúc Augmented Lagrange, hệ số ma sát 0,1, 0,12, 0,14, 0,16.

Bước 3.3: đặt mômen xoắn vào đai ốc và bắt đầu mô phỏng quá trình siết chặt.

Bước 3.4: so sánh mối tương quan mô men xoắn và lực kẹp giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm để lựa chọn giá trị hệ số ma sát trong mô phỏng phù hợp với thực tế (tham chiếu Hình 4).

Bước 4: mô phỏng quá trình giải phóng ứng suất. Tại bước này, ngừng tác động mômen xoắn vào đai ốc để kết thúc quá trình siết đai ốc tạo lực ép, khi đó hệ được giải phóng ứng suất, đồng thời ứng suất trượt giữa đai ốc và vật bị kẹp thay đổi cả độ lớn và chiều; ứng suất được giải phóng là điều kiện đầu vào của hệ trước khi tác động dao động ngang. Khi ngừng tác động mômen xoắn vào đai ốc để kết thúc quá trình siết đai ốc tạo lực ép hệ bulông, đai ốc và vật bị kẹp được cố định bởi một bậc tự do. Khi ngừng tác động ngoại lực, hệ được giải phóng ứng suất. Biến dạng vật liệu của bulông đai ốc là biến dạng đàn hồi, đồng thời ứng suất trượt bề mặt giữa chân ren và giữa đai ốc và vật bị kẹp thay đổi cả độ lớn và chiều.

Bước 5: mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren dưới tác dụng của dao động (tham chiếu Hình 5). Tại bước này, tác động dao động ngang vào hai vật bị kẹp với tần số và biên độ theo thí nghiệm của Junker. Thay đổi điều kiện biên bằng cách chỉ ràng buộc một bậc tự do xoay quanh trục của mũ bulông và cố định sáu bậc tự do của vật kẹp dưới. Tiếp theo xuất kết quả mức độ suy giảm lực kẹp theo thời gian. Thí nghiệm Junker là bài kiểm tra cơ khí để xác định ngưỡng tại đó liên kết bulông, đai ốc bị tháo lỏng khi chịu tải trọng bề mặt gây ra bởi dao động ngang. Dạng dao động ngang có phương vuông góc với trục của bulông.

Bước 6: so sánh kết quả mô phỏng suy giảm lực kẹp theo thời gian với kết quả thí nghiệm; mục đích của bước này là để kiểm chứng độ tin cậy của quy trình mô phỏng, theo đó độ tin cậy của phương pháp mô phỏng được thể hiện qua độ trùng khớp tốt giữa hai giá trị cả về độ lớn và hình thái. Mức độ suy giảm lực kẹp tại giai đoạn đầu là lớn nhất ứng với giai đoạn nguy hiểm nhất cho thiết bị do tháo lỏng, sau đó mức độ suy giảm chậm dần. Độ tin cậy của quy trình được đánh giá bằng độ trùng khớp đặc biệt tốt tại giai đoạn đầu (tham chiếu Hình 6).

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp mô phỏng giúp cho có thể khảo sát với các tham số tần số và biên độ của dao động ngang kích động tới hiện tượng tự tháo lỏng ren. Ngoài ra quá trình hậu xử lý kết quả mô phỏng cho phép theo dõi diễn biến của hiện tượng cùng với sự biến thiên các giá trị ứng suất, lực, từ đó làm sáng tỏ cơ chế hiện tượng tháo lỏng ren.

Mặc dù các mô tả nêu trên chứa nhiều chi tiết cụ thể, chúng không được coi là giới hạn về phương án thực thi sáng chế, mà chỉ nhằm mục đích minh họa một số phương án thực thi được ưu tiên.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren vít dưới điều kiện dao động ngang bao gồm:

bước 1: dựng chính xác hình dạng 3D của ren; từ công thức giải tích mô tả kích thước ren trên một vòng tròn cơ sở, tạo vectơ tọa độ tập hợp điểm trên vòng tròn đó bằng phần mềm matlab, tiếp theo nhập vectơ tọa độ tập hợp điểm trên đường tròn biên dạng vào phần mềm thiết kế 3D solidworks, dựng một mặt phẳng có biên dạng là đường tròn cơ sở đó; bước 1 gồm hai bước nhỏ sau đây:

bước 1.1: tạo vectơ tọa độ điểm trên vòng tròn cơ sở bằng matlab, xuất phát từ công thức giải tích mô tả kích thước ren;

bước 1.2: nhập vectơ tọa độ điểm đó vào phần mềm thiết kế 3D solidworks để tạo mặt phẳng với đường bao là vòng tròn cơ sở đó;

kết quả thu được của bước thứ nhất là một mặt phẳng với biên dạng là đường tròn cơ sở mặt cắt của thân ren; mặt phẳng này làm đầu vào chia lưới 2D và sau đó nhân lên thành mô hình 3D;

bước 2: chia lưới ren dạng xoắn ốc; bước này được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm chuyên chia lưới hypermesh với toàn bộ phần tử là dạng lập phương; bước 2 bao gồm các bước nhỏ sau đây:

bước 2.1: mặt phẳng với biên dạng là đường tròn cơ sở ở bước 1 được chia lưới với các phần tử dạng 2D hình tứ diện, đây được coi là mặt phẳng cơ sở với vị trí tham chiếu $z=0$,

bước 2.2: xoay mặt cơ sở theo hướng ngược chiều kim đồng hồ với góc $2P/n$, sau đó tịnh tiến mặt đó lên vị trí $z=P/n$ với P là bước ren, n là số chẵn và lớn hơn hoặc bằng 16; số chẵn là để một bước ren có tính đối xứng và tối thiểu là 16 để đảm bảo độ mịn lưới cần thiết;

bước 2.3: nối các nút tương ứng của 2 mặt cơ sở tại $z=0$ và $z=P/n$ ta được mô hình 3D với độ dày P/n ;

bước 2.4: lặp lại lần lượt bước 2.3 và bước 2.4 để hoàn tất ren một bước;

bước 2.5: liên tiếp chồng lên nhau các ren một bước được thân ren hoàn chỉnh;

bước 2.6: xuất các phần riêng rẽ được chia lưới trong phần mềm hypermesh vào phần mềm abaqus để nối các nút chung lại thành các bộ phận hoàn chỉnh;

bước 3: mô phỏng quá trình siết chặt đai ốc tạo lực kẹp; bước này được thực hiện bằng phần mềm abaqus; tại bước này, tiến hành gán điều kiện tiếp xúc giữa các bề mặt, sau đó đặt một giá trị mômen vào đai ốc để đai ốc chuyển động ép vào vật cần kẹp tạo ra lực kẹp; bước 3 bao gồm:

bước 3.1: gán điều kiện ràng buộc chuyển động của các thành phần: điều kiện ở đây bao gồm điều kiện cố định mũ bulông, cố định năm bậc tự do trừ bậc tự do tịnh tiến dọc của hai vật bị kẹp;

bước 3.2: định nghĩa điều kiện tiếp xúc chân ren bao gồm thuật toán tiếp xúc augmented lagrange, hệ số ma sát 0,1, 0,12, 0,14, 0,16;

bước 3.3: đặt mômen xoắn vào đai ốc và bắt đầu mô phỏng quá trình siết chặt;

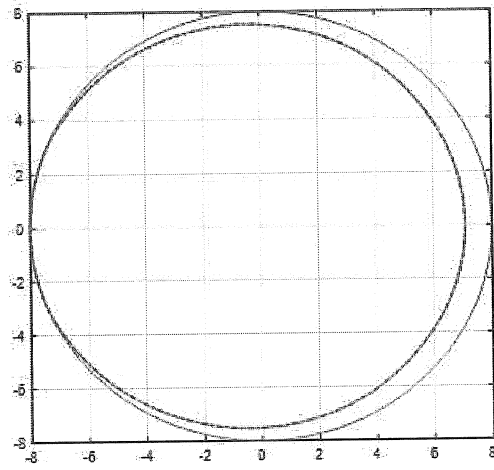
bước 3.4: so sánh mối tương quan mô men xoắn và lực kẹp giữa kết quả mô phỏng và thực nghiệm để lựa chọn giá trị hệ số ma sát trong mô phỏng phù hợp với thực tế;

bước 4: mô phỏng quá trình giải phóng ứng suất; tại bước này, ngừng tác động mômen xoắn vào đai ốc để kết thúc quá trình siết đai ốc tạo lực ép, khi đó hệ được giải phóng ứng suất, đồng thời ứng suất trượt giữa đai ốc và vật bị kẹp thay đổi cả độ lớn và chiều; ứng suất được giải phóng là điều kiện đầu vào của hệ trước khi tác động dao động ngang; khi ngừng tác động mômen xoắn vào đai ốc để kết thúc quá trình siết đai ốc tạo lực ép hệ bulông, đai ốc và vật bị kẹp được cố định bởi một bậc tự do; khi ngừng tác động ngoại lực, hệ được giải phóng ứng suất. biến dạng vật liệu của bulông đai ốc là biến dạng đàn hồi, đồng thời ứng suất trượt bề mặt giữa chân ren và giữa đai ốc và vật bị kẹp thay đổi cả độ lớn và chiều;

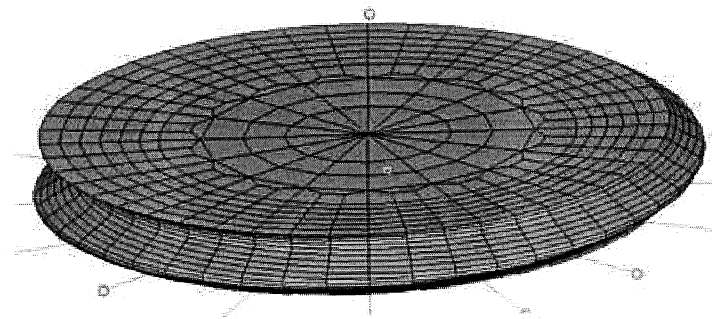
bước 5: mô phỏng hiện tượng tự tháo lỏng ren dưới tác dụng của dao động; tại bước này, tác động dao động ngang vào hai vật bị kẹp với tần số và biên độ theo thí nghiệm của junker; thay đổi điều kiện biên bằng cách chỉ ràng buộc một bậc tự do xoay quanh trục của mũ bulông và cố định sáu bậc tự do của vật kẹp dưới; tiếp theo xuất kết quả mức độ suy giảm lực kẹp theo thời gian; thí nghiệm junker là bài kiểm tra cơ khí để xác định ngưỡng tại đó liên kết

bulông, đai ốc bị tháo lỏng khi chịu tải trọng bề mặt gây ra bởi dao động ngang; dạng dao động ngang có phương vuông góc với trục của bulông;

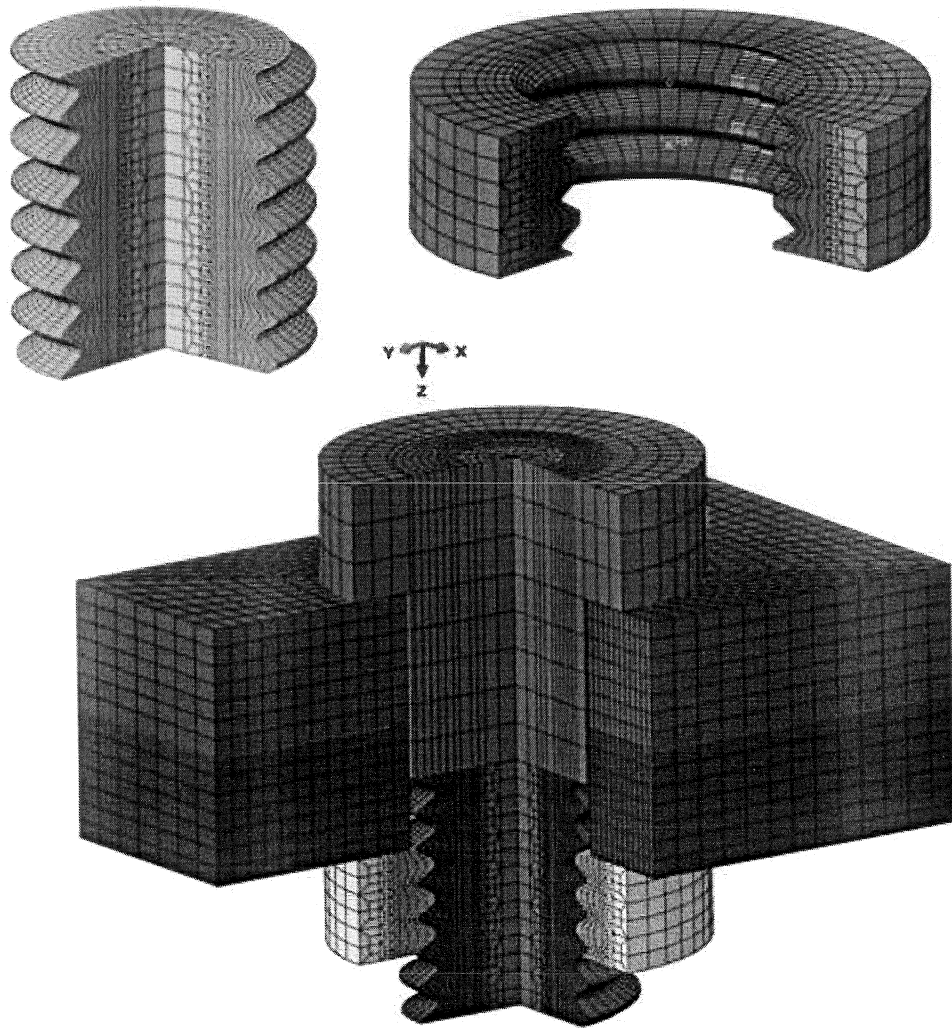
bước 6: so sánh kết quả mô phỏng suy giảm lực kẹp theo thời gian với kết quả thí nghiệm; mục đích của bước này là để kiểm chứng độ tin cậy của quy trình mô phỏng, theo đó độ tin cậy của phương pháp mô phỏng được thể hiện qua độ trùng khớp tốt giữa hai giá trị cả về độ lớn và hình thái; mức độ suy giảm lực kẹp tại giai đoạn đầu là lớn nhất ứng với giai đoạn nguy hiểm nhất cho thiết bị do tháo lỏng, sau đó mức độ suy giảm chậm dần; độ tin cậy của quy trình được đánh giá bằng độ trùng khớp đặc biệt tốt tại giai đoạn đầu.



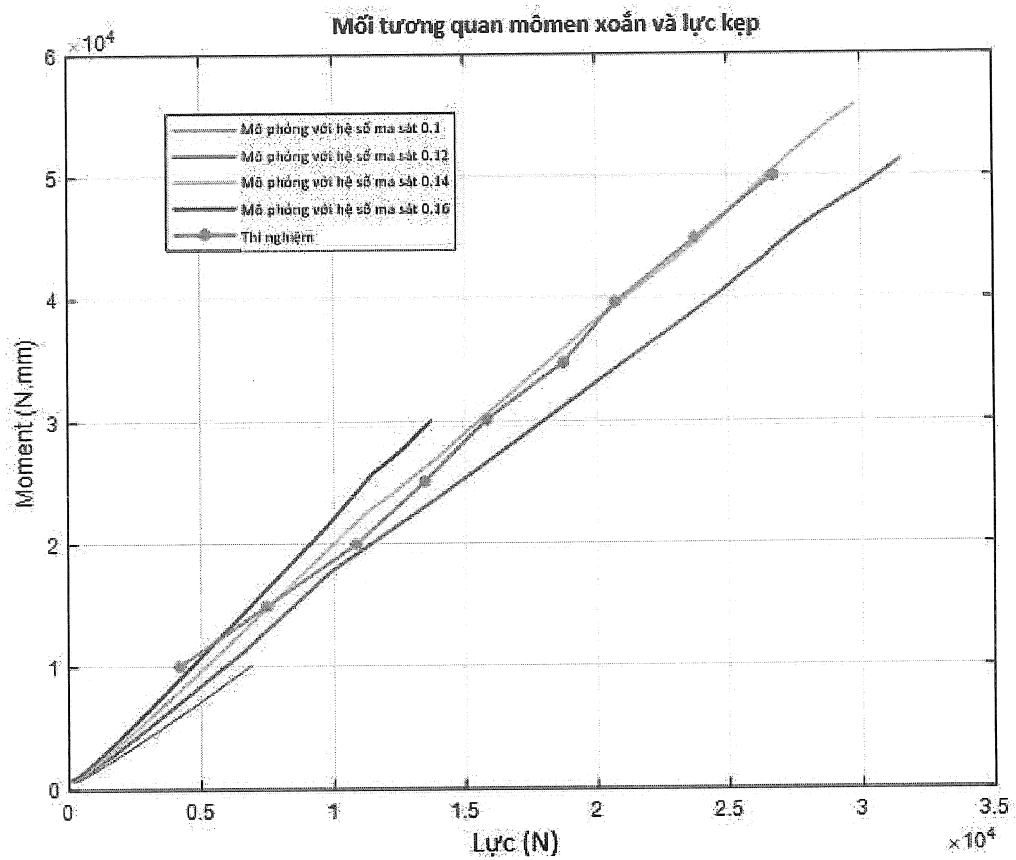
Hình 1



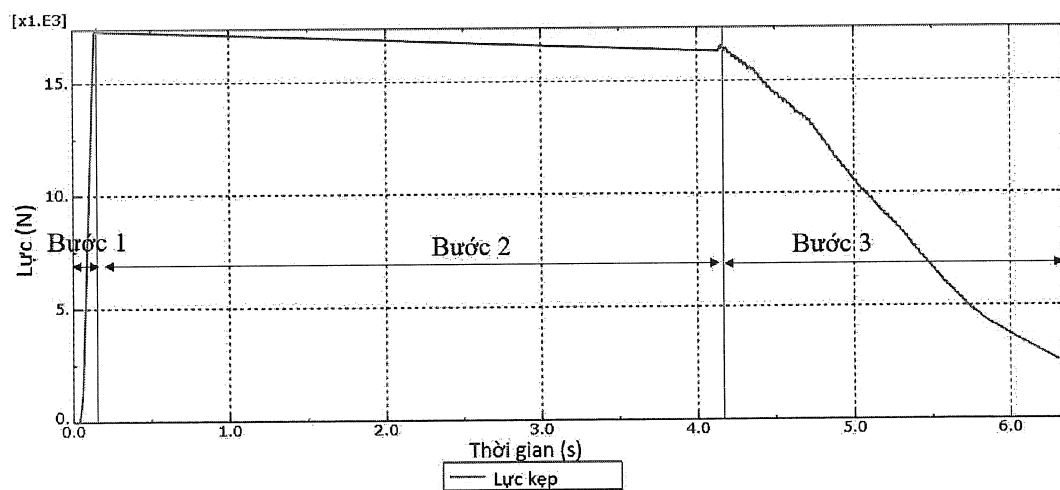
Hình 2



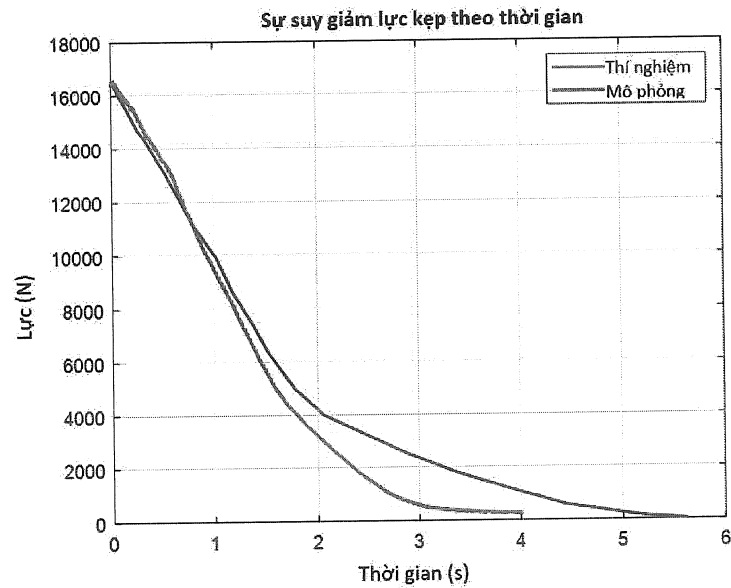
Hình 3



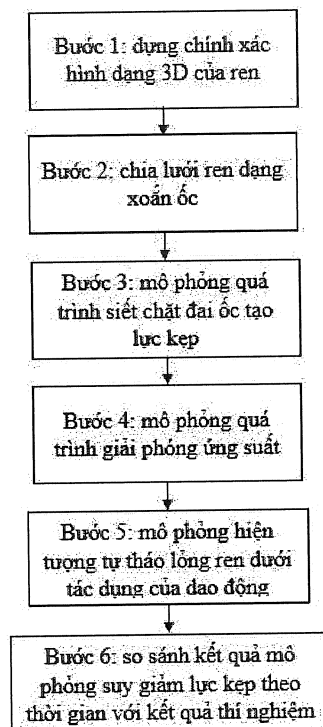
Hình 4



Hình 5



Hình 6



Hình 7