

TÍNH TOÁN, KIỂM NGHIỆM ĐỘ BỀN MỖI KHỚP GIÃN NỖ HÌNH CHỮ NHẬT BIÊN DẠNG HÌNH CHỮ “U”, ỨNG DỤNG TRONG HỆ THỐNG ĐƯỜNG GIÓ NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN

CALCULATE AND FATIGUE TESTING OF “U” SHAPED RECTANGULAR EXPANSION JOINTS , APPLIED IN THE WIND SYSTEM OF THERMAL POWER PLANTS

Hoàng Trung Kiên, Đỗ Thành Trung, Nguyễn Anh Quân, Vũ Trung Tuyển, Nguyễn Thị Thu Thủy
Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương

TÓM TẮT

Khớp giãn nở kim loại được sử dụng rộng rãi trong ngành hàng không vũ trụ, nhà máy hóa chất, hệ thống nhà máy nhiệt điện, các bộ phận trao đổi nhiệt, phụ tùng xe ô tô, hệ thống nhà máy hóa dầu... Trong quá trình hoạt động, các đường ống phải chịu các ứng suất khác nhau và tiếp xúc với các môi trường, dẫn đến hỏng do sự bền mỏi của vật liệu. Do đó, cần thiết phải có thiết kế khớp giãn nở kim loại phù hợp với ứng dụng của hệ thống. Mục tiêu chính của bài báo là đánh giá ứng suất tạo ra trong lớp kim loại và chu kỳ làm việc của khớp giãn nở ở điều kiện làm việc áp suất, biên độ dao động và nhiệt độ khác nhau. Trong bài báo này, các ứng suất được tính toán theo tiêu chuẩn EJMA và so sánh kết quả thu được bằng phần mềm ANSYS cho vật liệu thép không gỉ SUS304, với điều kiện nhiệt độ thay đổi từ 180 – 300°C, áp suất làm việc trung bình 10 kPa, với biên độ dao động thay đổi $\pm 16,5$ mm.

Từ khóa: EJMA; Khớp giãn nở kim loại; Khớp giãn nở hình vuông; Độ bền mỏi.

ABSTRACT

Metal expansion joints are widely used in aerospace, chemical plants, thermal power plant systems, heat exchangers, auto parts, systems. petrochemical plants... During operation, pipes are subjected to various stresses and exposures to environments, leading to failure due to the fatigue strength of the material. It is therefore necessary to design a metal expansion joint suitable for the application of the system. The main objective of the paper is to evaluate the stress generated in the metal layer and the working cycle of the expansion joint at different working conditions of pressure, vibration amplitude and temperature. In this paper, the stresses are calculated according to the standards EJMA and compared with the results obtained by ANSYS software for the SUS304 stainless steel material with temperature conditions varying from 180 – 300°C, average working pressure 10 kPa, with variation amplitude ± 16.5 mm.

Keywords: EJMA; Metal expansion joint; Rectangular expansion joint; Fatigue strength. 

1. GIỚI THIỆU

Khớp giãn nở, hay còn gọi là khớp co giãn nhiệt là bộ phận được dùng trong công nghiệp dùng để kết nối các đường ống có sự rung lắc, co giãn vì nở vì nhiệt, nhằm tăng cường sự ổn định của toàn bộ hệ thống đường ống. Khớp giãn nở được cấu tạo gồm các múi sóng có khả năng bù một lượng lớn các chuyển động dọc trục, ngang và góc như một khối duy nhất. Nó phải đủ chắc chắn theo chu vi để chịu được áp lực và đủ mềm dẻo theo chiều dọc để chấp nhận các độ lệch mà nó được thiết kế. Điểm mạnh cùng với tính linh hoạt này là một vấn đề thiết kế đặc biệt không thường thấy ở các bộ phận chi tiết máy khác trong thiết bị công nghiệp. Không những vậy, hiện nay, trong các nhà máy nhiệt điện, các hệ thống khớp giãn nở được chế tạo bằng vật liệu vải, amiang có tuổi thọ không cao, bị hư hỏng do điều kiện làm việc khắc nghiệt [2], từ đó, việc thiết kế và chế tạo các khớp giãn nở có kích thước lớn, bằng vật liệu kim loại ngày càng được phổ biến.

Kondapalli Siva Prasad và các cộng sự đã kiểm tra ứng suất trong khớp giãn nở hình trụ có biên dạng hình chữ U bằng tiêu chuẩn EJMA [3]; Bài báo đã đánh giá ứng suất tạo ra trong lớp kim loại và độ bền mỏi ở các áp suất làm việc khác nhau. Trong bài báo này, các ứng suất được tính toán theo tiêu chuẩn của hiệp hội sản xuất mở rộng (EJMA) và so sánh kết quả thu được bằng phần mềm Ansys cho hai vật liệu khác nhau là Inconel 625 và Inconel 718. Kết quả thu được giá trị ứng suất lớn nhất là ứng suất uốn tương đương và giá trị này được kiểm tra với giá trị ứng suất cho phép để kiểm bền khớp giãn nở; E. Pavithraa, V.S. Senthil Kumar và các cộng sự đã kiểm tra thực nghiệm và phân tích độ bền mỏi của khớp giãn nở dạng ống [4]. Bài báo trình bày nghiên cứu hành vi mỏi của ống giãn nở thủy lực hình chữ U. Tác giả đã

phân tích khớp giãn nở hấp thụ các rung động cơ học, môi trường làm việc. Chuyển động của dòng khí và tải trọng của bản thân của khớp giãn nở dẫn đến hư hỏng sau một thời gian sử dụng. Một lần nữa, tác giả đã dùng phần mềm Ansys để tiến hành thử nghiệm với điều kiện làm việc của thiết bị, từ nhiệt độ phòng và nhiệt độ làm việc có thể lên đến 650°C. Kết quả so sánh giữa thử nghiệm của mô hình và thử nghiệm phần tử hữu hạn có phần tương đồng nhau. Kết quả phân tích phần tử hữu hạn cho thấy khoảng 1-10% sự thay đổi so với thí nghiệm thực tế, công cụ mô phỏng phần tử hữu hạn đã dự đoán rằng, sự cố có thể xảy ra tối thiểu trong phạm vi, làm cho ống giãn nở an toàn hơn trong phạm vi giới hạn. Tăng áp suất dẫn đến giảm đáng kể vòng đời của khớp giãn nở. Năm 2017, Giáo sư S. H. Gawande Khoa Cơ khí của Trường Pune, S. P. Pune University, Pune, India đã công bố một nghiên cứu giữ sự giãn nở của khớp bằng thực nghiệm và mô phỏng [5]. Tác giả đã đưa ra mối quan hệ trực tiếp giữa số khớp giãn nở có liên quan trực tiếp đến phạm vi điều chỉnh của áp suất, hệ thống trao đổi nhiệt của ống giãn nở. Khớp giãn nở kim loại được nén dưới áp suất và kéo dài trong khoảng trống. Mục đích của bài báo này là thiết kế và khảo sát hiệu suất bằng phương pháp thiết kế tối ưu được áp dụng để chọn vật liệu tối ưu với mục tiêu giảm thiểu trọng lượng và chi phí. Để chứng minh các phát hiện, phân tích số cũng được thực hiện bằng phần mềm ANSYS và thử nghiệm toàn diện bằng hệ thống thu thập dữ liệu. Sau khi so sánh các kết quả, có thể thấy rằng, tất cả các phát hiện đều thỏa mãn. Kết quả đánh giá chung có thể sử dụng phương pháp phân tích bằng phần mềm FEA để tính toán ứng suất, dự đoán tuổi thọ cho các sản phẩm cơ khí với các điều kiện biên phù hợp với thực tế.

Trong các bài báo trên, hầu hết các nghiên cứu đều được thực hiện trên khớp giãn

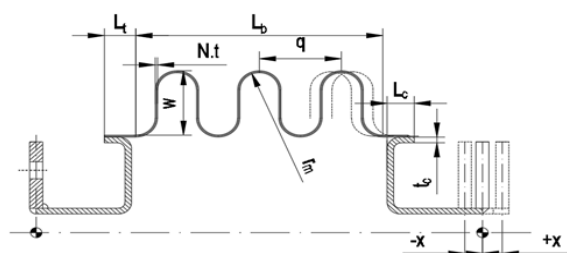
nở dạng ống, được làm bằng thép không gỉ và chịu các điều kiện áp suất, nhiệt độ khác nhau. Các nghiên cứu đều tập trung giải quyết bài toán mô phỏng và so sánh với thực nghiệm. Trong bài báo này, tác giả sẽ tập trung tính toán kiểm bền cho khớp giãn nở hình chữ nhật và mô phỏng kiểm tra ứng suất, độ bền mỏi của khớp giãn nở. Từ đó, làm căn cứ cho việc thiết kế chế tạo và ứng dụng các khớp giãn nở trong việc thay thế các khớp giãn nở bằng vải, ami đang được sử dụng trong các nhà máy nhiệt điện hiện nay.

2. TÍNH TOÁN KIỂM NGHIỆM ĐỘ BỀN KHỚP GIÃN NỖ

2.1. Thông số kỹ thuật khớp giãn nở

Thiết kế của khớp giãn nở rất phức tạp và nó liên quan đến việc đánh giá khả năng chịu áp lực, ứng suất do độ võng, tuổi thọ mỏi, dao động và tính không ổn định của toàn bộ hệ thống. Thiết kế khớp giãn nở kim loại dựa trên quá trình khảo sát hệ thống, điều kiện thực tế của hệ thống ống dẫn khí nóng của nhà máy nhiệt điện, với chiều dài hệ thống đường ống lắp khớp giãn nở $L = 9$ mét, vật liệu sử dụng để chế tạo khớp giãn nở yêu cầu là thép không gỉ SUS304, nhiệt độ trong đường ống thay đổi từ 170-300°C.

Biên dạng của khớp giãn nở được sử dụng trong hệ thống được thiết kế như hình 1 dưới đây.



Hình 1. Biên dạng hình học của khớp giãn nở

Thông số đầu vào thiết kế:

P = Áp suất làm việc lớn nhất = 10 kPa;

Nhiệt độ làm việc = 180°C - 300°C;

Kích thước lắp đặt của khớp giãn nở: L_t = Dài 4000 mm; rộng L_s = 1030 mm;

n = Số lớp kim loại = 2;

t = Độ dày vật liệu danh nghĩa của một lớp = 1 mm;

w = Chiều cao sóng trừ đi độ dày khớp giãn nở = 70 mm;

N = Số lượng múi sóng = 3;

L_b = Chiều dài làm việc của khớp giãn nở = 235 mm;

L_t = Chiều dài tiếp tuyến của ống giãn nở = 25 mm;

L_c = Ống giãn nở chiều dài cổ khớp tiếp tuyến = 25 mm;

t_c = Độ dày vật liệu gia cố cổ khớp tiếp tuyến = 6 mm;

q = Bước sóng của múi sóng = 80 mm.

Khớp giãn nở được thiết kế có biên độ dao động $X = \pm 16,5$ mm.

Vật liệu chế tạo: Thép không gỉ SUS304.

Giá trị ứng suất cho phép của vật liệu tại nhiệt độ làm việc: S_{ab} ;

Với S_u : Độ bền kéo tới hạn của thép không gỉ SUS304 (300°C), $S_u = 550$ Mpa;

S_a : Ứng suất của vật liệu tại nhiệt độ làm việc, $S_a = 220$ Mpa;

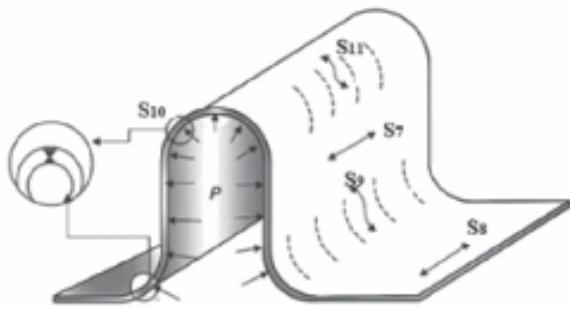
C_w : Hệ số tính toán cho hiệu quả của mối hàn, $C_w = 0.7$;

Do đó, giá trị ứng suất cho phép của khớp giãn nở: $S_{ab} = C_w \cdot S_a = 220 \cdot 0,7 = 154$ Mpa.

2.2. Tính toán kiểm nghiệm độ bền theo giá trị ứng suất

Nguyên nhân chính gây ra ứng suất trong khớp giãn nở là áp suất và độ võng ban đầu. Áp suất và độ võng gây ra ứng suất theo chu vi và ứng suất tiếp tuyến trong ống giãn

nở. Ứng suất do áp suất bên trong phần lớn vẫn không bị ảnh hưởng bởi số lượng lớp kim loại n ngoài trừ ứng suất uốn theo phương mũi sóng, được giảm khi tổng chiều dày vật liệu chế tạo khớp giãn nở tăng lên. Ứng suất lệch hướng giảm do vật liệu mỏng hơn trên mỗi lớp dẫn đến tăng tuổi thọ mỏi. Quy ước đặt tên các thành phần ứng suất tuân theo các hướng liên quan đến mũi sóng được mô tả trên hình 2. Các thành phần ứng suất do tải trọng phụ thuộc rất nhiều vào áp suất đầu vào P và dạng hình học, nhưng không phụ thuộc vào vật liệu. Ứng suất duy nhất được xem xét do tải trọng thay đổi phụ thuộc tuyến tính vào mô đun đàn hồi Eb và chuyển vị dọc trục tương đương $\pm 16,5$ mm.



Hình 2. Quy ước đặt tên của ứng suất trong ống giãn nở hình chữ nhật so với mũi sóng.

a. Ứng suất màng dọc trên bề mặt tấm: Các phương trình để tìm ứng suất màng dọc trong khớp giãn nở do áp suất gây ra:

Coi khớp giãn nở như một khung bốn mặt, ứng suất màng là kết quả của lực căng dọc có phương trình như sau:

$$\text{Chiều dài } S_{7l} = \frac{P \cdot L_s \cdot q}{2 \cdot A_c} \quad (1)$$

$$\text{Chiều ngắn } S_{7s} = \frac{P \cdot L_l \cdot q}{2 \cdot A_c} \quad (2)$$

Trong đó, A_c : Diện tích mặt cắt ngang của mũi sóng.

$$A_c = \left[2 \cdot \pi \cdot r_m + 2 \cdot \sqrt{\left[\frac{q}{2} - 2r_m \right]^2 + [w - 2r_m]^2} \right] \cdot t \cdot N \quad (3)$$

$$= \left[2 \cdot \pi \cdot 19 + 2 \cdot \sqrt{\left[\frac{80}{2} - 2.19 \right]^2 + [70 - 2.19]^2} \right] \cdot 1.3 = 550,5 \text{ mm}^2$$

Từ đó, suy ra:

Chiều dài

$$S_{7l} = \frac{P \cdot L_s \cdot q}{2 \cdot A_c} = \frac{10 \cdot (1030 + 70) \cdot 80}{2 \cdot 550,5} = 8792 \text{ kPa} = 8,792 \text{ MPa} \quad (1)$$

Chiều ngắn

$$S_{7s} = \frac{P \cdot L_l \cdot q}{2 \cdot A_c} = \frac{10 \cdot (4000 + 70) \cdot 80}{2 \cdot 550,5} = 32531 = 32,531 \text{ MPa} \quad (2)$$

Nhận xét $S_{7l} = 8,792 \text{ MPa}$ và $S_{7s} = 32,531 \text{ MPa} < S_{ab} = 154 \text{ MPa}$

Kết luận: Khớp giãn nở thiết kế đảm bảo ứng suất màng dọc trên bề mặt tấm.

b. Ứng suất uốn dọc từ áp suất: Các phương trình để tìm ứng suất uốn dọc trong khớp giãn nở do áp suất, ứng suất uốn này là kết quả của sự lệch hướng vào trong có phương trình như sau:

$$S_{8la} = \frac{P \cdot N \cdot q \cdot L_l^2 \cdot w}{24I} = \frac{10 \cdot 3.80 \cdot (4000 + 70)^2 \cdot 70}{24 \cdot 296320} = 114540 \text{ kPa} = 114,54 \text{ MPa} \quad (4)$$

$$S_{8lb} = \frac{P \cdot (Nq + 2L_l)}{2 \cdot t^2} = \frac{10 \cdot (3.80 + 2 \cdot (4000 + 70))}{2 \cdot 1^2} = 41900 \text{ kPa} = 41,9 \text{ MPa} \quad (5)$$

$$S_{8sa} = \frac{P \cdot N \cdot q \cdot L_s^2 \cdot w}{24I} = \frac{10 \cdot 3.80 \cdot (1030 + 70)^2 \cdot 70}{24 \cdot 296320} = 8367 \text{ kPa} = 8,367 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$S_{8sb} = \frac{P \cdot (Nq + 2L_s)}{2 \cdot t^2} = \frac{10 \cdot (3.80 + 2 \cdot (1030 + 70))}{2 \cdot 1^2} = 12200 \text{ kPa} = 12,2 \text{ MPa} \quad (7)$$

Trong đó, I: Mô men quán tính của KGN hình chữ nhật.

$$I = N \cdot \left[\frac{t \cdot (2w - q)^3}{48} + 0,4 \cdot q \cdot t \cdot (w - 0,2q)^2 \right] \quad (8)$$

$$= 3 \cdot \left[\frac{1 \cdot (2 \cdot 70 - 80)^3}{48} + 0,4 \cdot 80 \cdot 1 \cdot (70 - 0,2 \cdot 80)^2 \right] = 296320 \text{ Kgmm}^2$$

Hệ số

$$K_s = \frac{N \cdot w}{2 \cdot I} \left[\frac{t(w - 2r_m) \cdot \sqrt{4 \cdot (w - 2r_m)^2 + (q - 4r_m)^2}}{4} + 3,416 \cdot r_m \cdot t \cdot (w - 0,7268 \cdot r_m) \right] \quad (9)$$

$$= \frac{3 \cdot 70}{2 \cdot 290261} \left[\frac{1 \cdot (70 - 2 \cdot 19) \cdot \sqrt{4 \cdot (70 - 2 \cdot 19)^2 + (76 - 4 \cdot 19)^2}}{4} + 3,416 \cdot 19 \cdot 1 \cdot (70 - 0,7268 \cdot 19) \right] = 2,22$$

Kiểm tra điều kiện sau: $(1,33 \cdot K_s \cdot S_{ab} = 1,33 \cdot 2,2 \cdot 154 = 450 \text{ MPa})$.

Ta thấy:

$$S_{8La} \leq 1,33 \cdot K_s \cdot S_{ab}, \text{ thì } S_{8L} = S_{8La} = 114,54 \text{ MPa}$$

$$S_{8Sa} \leq 1,33 \cdot K_s \cdot S_{ab}, \text{ thì } S_{8S} = S_{8Sa} = 8,367 \text{ MPa}$$

Kết luận: Đủ điều kiện làm việc.

c. Ứng suất uốn ngang do áp suất: Phương trình để tìm ứng suất uốn theo phương kinh tuyến trong khớp giãn nở do áp lực, hướng của ứng suất kinh tuyến là trên các đường của mũi sóng tiếp tuyến này sang tiếp tuyến khác. Ứng suất uốn kinh tuyến quá mức có thể dẫn đến biến dạng dẻo tổng thể ở chân của mũi sóng và thành bên, phương trình:

$$S_9 = \frac{P}{2} \cdot \left(\frac{w}{t}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{1,3 \cdot r_m}{w}\right) = 3 \cdot \frac{10}{2} \cdot \left(\frac{70}{1}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{1,3 \cdot 19}{70}\right)$$

$$= 15855 \text{ kPa} = 15,855 \text{ MPa} \quad (10)$$

Ta thấy, $S_9 = 15,855 \text{ MPa} \leq 1,5 S_{ab} = 1,5 \cdot 154 = 231 \text{ MPa}$

Đủ điều kiện làm việc.

d. Ứng suất uốn kinh tuyến do mô men: Ứng suất uốn kinh tuyến được sử dụng để tính toán tuổi thọ bền mỏi của khớp giãn nở, có công thức như sau:

$$S_{10} = 3 \cdot \frac{5 \cdot E_b \cdot t_e}{3 \cdot w^2 \cdot (1 + 3 \cdot r_m / w)} = 3 \cdot \frac{5 \cdot 200 \cdot 1000000 \cdot 0,9}{3 \cdot 70^2 \cdot (1 + 3 \cdot 19 / 70)}$$

$$= 33746 \text{ kPa} = 33,746 \text{ MPa} \quad (11)$$

Với,

$$t_e = 0,778 \cdot t \cdot \left(\frac{N \cdot q + 2 \cdot L_t}{N \cdot w}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,778 \cdot 1 \cdot \left(\frac{3 \cdot 80 + 2 \cdot 25}{3 \cdot 70}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,9$$

Trong đó, E_b ở nhiệt độ môi trường; $E_{b20} = 200 \text{ GPa}$.

e. Ứng suất uốn kinh tuyến (tiếp tuyến):

$$S_{11} = 3 \cdot \frac{0,938 \cdot P \cdot L_t^2}{t^2} = 3 \cdot \frac{0,938 \cdot 10 \cdot 25^2}{1^2}$$

$$= 5863 \text{ kPa} = 5,863 \text{ MPa} \quad (12)$$

Từ công thức ở trên, rõ ràng rằng $S_{11} < S_{ab}$; Đủ điều kiện làm việc.

f. Độ lệch của khớp giãn nở bởi áp suất: Đây là biến dạng đàn hồi bởi áp suất, khiến khớp bị thay đổi kích thước nhưng không quá 16,5mm một bên.

Các phương trình để tìm độ lệch bên của các rãnh mũi sóng do áp lực gây ra:

$$Y_{bmla} = \frac{P \cdot N \cdot q \cdot L_s^4}{384 \cdot E_b \cdot I} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 80 \cdot (4000 + 70)^4}{384 \cdot 200 \cdot 1000000 \cdot 296320} = 28,9 \text{ mm.}$$

$$Y_{bmbsa} = \frac{P \cdot N \cdot q \cdot L_s^4}{384 \cdot E_b \cdot I} = \frac{10 \cdot 3 \cdot 80 \cdot (1030 + 70)^4}{384 \cdot 200 \cdot 1000000 \cdot 296320} = 0,154 \text{ mm.}$$

Ta có thể thấy, giá trị độ lệch Y_{bmla} và Y_{bmbsa} có giá trị nhỏ hơn biên độ của khớp giãn nở tại vị trí lớn nhất $A = 2|X| = 33 \text{ mm}$. Do đó, khớp giãn nở được thiết kế đảm bảo.

2.3. Tính toán kiểm nghiệm khớp nối theo độ bền mỏi

Độ bền mỏi của một khớp giãn nở là một hàm của tổng phạm vi ứng suất áp suất kinh tuyến và tổng phạm vi ứng suất làm lệch hướng kinh tuyến. Phương trình cho độ bền mỏi như sau.

$$N_c = \left(\frac{c}{S_t - b}\right)^a$$

Trong đó, a , b và c là các hằng số vật liệu và sản xuất – chế tạo. Các hằng số này được suy ra từ các nhà sản xuất đơn lẻ. Tra theo tiêu chuẩn EJMA [3], các giá trị của a , b và c là:

$a = 3,6; b = 54000, c = 1,86.10^6$

Ứng suất tổng $S_t = C_{sp}.S_9 + C_{sf}.S_{10}$ được tính cho độ bền mỏi của đường cong.

C_{sf} : Hệ số tập trung ứng suất có được từ kết quả kiểm tra mỏi của nhà sản xuất. $C_{sf} = 1,8$.

C_{sp} : Hệ số tập trung ứng suất có được từ kết quả kiểm tra mỏi của nhà sản xuất. Là ảnh hưởng của áp suất áp dụng $C_{sp} = 1,8$.

$$S_t = C_{sp}.S_9 + C_{sf}.S_{10} = 1,8.15855 + 1,8.33746 = 89281,8 \text{ kPa} = 89,282 \text{ MPa}.$$

Suy ra:

$$N_c \text{ (Tại nhiệt độ thiết kế)} = \left(\frac{1,86.10^6}{89281,8 - 54000} \right)^{3,6}$$

$$= 715602 \approx 0,715602 \times 10^6 \text{ chu kỳ}.$$

Kết luận: Dựa trên công thức tính toán độ bền mỏi của khớp giãn nở, chu kỳ mỏi của khớp có thể đạt xấp xỉ 1.10^6 chu kỳ.

Từ đó, ta có thể thấy là khớp giãn nở được thiết kế có thể đảm bảo chịu áp suất 10kPa, với chu kỳ làm việc lên đến 1.10^6 .

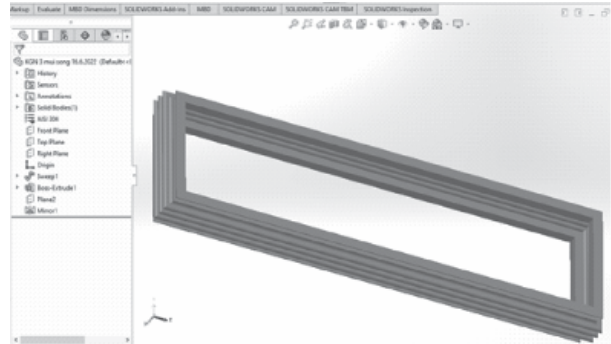
3. MÔ PHỎNG BIẾN DẠNG KHỚP GIÃN NỖ

3.1. Điều kiện ban đầu của bài toán mô phỏng

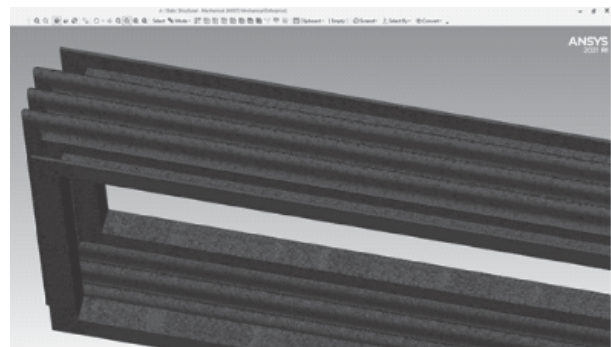
Ban đầu, mô hình bề mặt dưới được thiết kế với sự trợ giúp của phần mềm Solidwork, một trong những phần mềm thiết kế hàng đầu, sau đó mô hình bề mặt được lưu ở định dạng IGES và mô hình hình học được nhập vào phần mềm ANSYS. Sau khi nhập hình học, các đặc tính vật liệu được đưa vào trong quá trình mô phỏng.

Phần dưới đây được phân tích với sự trợ giúp của ANSYS WORKBENCH 21.0. Hình

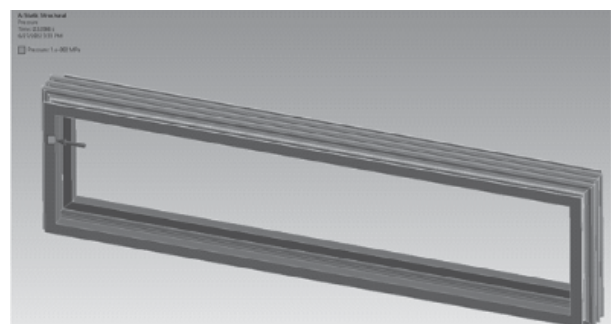
3, cho thấy, mô hình bề mặt và hình 4 cho thấy mô hình chia lưới của chi tiết. Tiến hành nhập các điều kiện làm việc của khớp giãn nở: Nhiệt độ làm việc 300 °C, áp suất làm việc 10 kPa để phần mềm thực hiện việc mô phỏng.



Hình 3. Mô hình hình học của khớp giãn nở



Hình 4. Mô hình chia lưới của khớp giãn nở

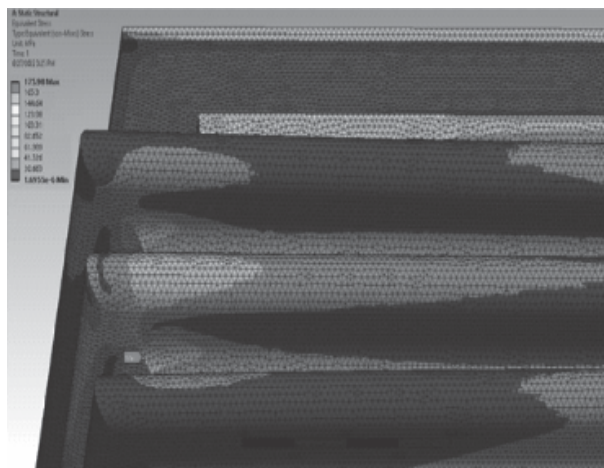


Hình 5. Mô hình đưa các điều kiện chịu tải

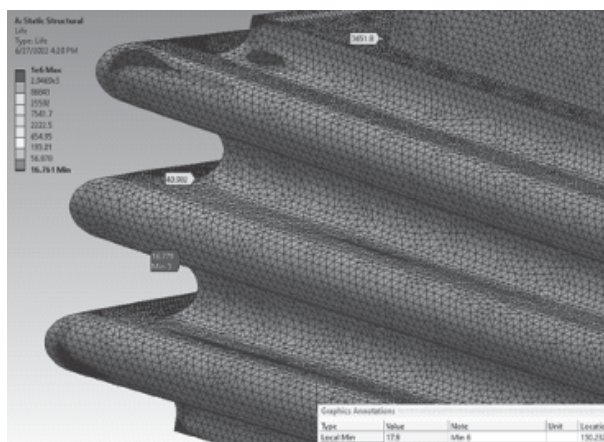
3.2. Kết quả và thảo luận

Các thông số được lấy ra từ quá trình mô phỏng gồm có ứng suất Von- mises, dùng

để đánh giá độ bền của kết cấu. Ứng suất tương đương lớn nhất ở thành bên của bích là 175,98 Mpa nhỏ hơn giá trị giới hạn chảy của vật liệu (220 MPa). Kết quả mô phỏng cho thấy, khi khớp giãn nở chịu tác dụng của lực bên, áp suất bên trong thành của khớp giãn nở thì khớp của chúng ta đảm bảo điều kiện bền.



Hình 6. Giá trị ứng suất Von - mises



Hình 7. Hình ảnh mô phỏng độ bền mỏi của khớp giãn nở

Giá trị mô phỏng chu kỳ làm việc của khớp giãn nở lớn nhất đạt xấp xỉ 1.10^6 tại các cạnh sườn của múi sóng và giá trị nhỏ nhất tại vị trí các mối hàn – nơi tập trung ứng suất. Kết quả mô phỏng và kết quả tính toán chu kỳ mỏi theo lý thuyết là tương đối giống nhau.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, việc thiết kế khớp giãn nở kim loại được đánh giá theo lý thuyết tính toán và việc đánh giá số được thực hiện bằng phần mềm mô phỏng. Các kết quả thu được được so sánh và có sự khác biệt nhỏ. Do đó, việc thiết kế khớp giãn nở theo tiêu chuẩn EJMA kết hợp mô phỏng kiểm bền sản phẩm bảo đảm độ tin cậy, giảm được chi phí chế thử và thử nghiệm.

Ngày nhận bài: 08/8/2020

Ngày phản biện: 22/10/2022

Tài liệu tham khảo:

- [1]. *The Expansion Joint Manufacturers Association (EJMA)*, ninth edition, (2008).
- [2]. Vaibhav Kumbhar¹, Prof. Santoshkumar Malipatil², Prof. A. C. Mattikalli; *Failure analysis of expansion joints (bellows)* International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395-0056; 2017.
- [3]. Kondapalli Siva Prasad, Gudla Pavani, *Investigation of Stresses in U-Shaped Metal Bellow Using EJMA Standards*, Advanced Design and Manufacturing Technology, Vol. 10, 2017 IAU, Majlesi Branch.
- [4]. E. Pavithraa, V.S. Senthil Kumar, *Experimental Investigation and Numerical Analysis on Fatigue Life of Bellows*, 2018 Elsevier Ltd.
- [5]. S. H. Gawande,¹ N. D. Pagar,² V. B. Wagh,³ and A. A. Keste, *Numerical Investigations on Characteristics of Stresses in U-Shaped Metal Expansion Bellows*, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Metals, Volume 2015.

