Nghiên cứu xử lý nhiệt đệm khí cao áp được chế tạo từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn

Lê Viết Bình*

Viện Hóa học - Vật liệu, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự.
*Email: binhleviet83@gmail.com.
Nhận bài ngày 23/02/2022; Hoàn thiện ngày 24/3/2022; Chấp nhận đăng ngày 29/3/2022.
DOI: https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.78.2022.119-125

TÓM TẮT

Đệm khí cao áp cho đồng hồ và cảm biến dùng cho thiết bị đo lường trên tàu chiến đấu Hải quân được xử lý nhiệt sau khi gia công chế tạo từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian xử lý nhiệt đến cơ tính, tổ chức tế vi, độ bền phá hủy và độ kín khít của sản phẩm đã được khảo sát. Kết quả cho thấy, sau khi ủ tại nhiệt độ 600 °C trong 60 phút, tốc độ nâng nhiệt 5 °C/phút, nguội cùng lò, quá trình kết tinh lại xảy ra hoàn toàn, các hạt tinh thể đồng có cấu trúc song tinh; vật liệu ở trạng thái mềm với độ cứng 42,38 HB. Đệm khí cao áp có độ bền phá hủy và độ kín khít tốt.

Từ khoá: Đệm khí cao áp; Xử lý nhiệt; Đồng sạch kỹ thuật; Ủ; Cơ tính.

1. MỞ ĐẦU

Gioăng, đệm là chi tiết được thiết kế để tạo ra con dấu tĩnh (static seal) giữa hai bề mặt mặt bích. Một gioăng, đệm sẽ lấp đầy những khoảng hở li ti bất thường trên bề mặt của mặt bích, sau đó nó tạo ra một con dấu làm kín để ngăn chất lỏng hoặc chất khí rò rỉ ra bên ngoài [1].

Trên tàu chiến đấu Hải quân, ngoài các loại vũ khí khí tài đảm bảo sẵn sàng chiến đấu, còn được lắp đặt rất nhiều hệ thống thiết bị đo lường để đo đạc các thông số kỹ thuật trên tàu. Đồng bộ với các thiết bị đo lường này là các loại gioăng, đệm có nhiệm vụ làm kín khí nén, kín nước, kín nhiên liệu, cách ly môi trường cần đo với thiết bị đo [1].

Đối với các loại gioăng, đệm sử dụng cho các thiết bị chịu áp suất cao như cảm biến khí cao áp, yêu cầu đặt ra đối với vật liệu chế tạo phải có độ dẻo cao - có khả năng biến dạng bù cho độ nhám giữa hai bề mặt lắp ghép; có độ bền cao - làm kín không cho môi chất lọt ra ngoài mối nối. Một trong những vật liệu đáp ứng được cả hai yêu cầu về độ dẻo cao và độ bền cao trong chế tạo đệm khí cao áp là đồng sạch kỹ thuật [1]. Qua đo đạc, khảo sát, đệm khí cao áp cho đồng hồ và cảm biến dùng cho thiết bị đo lường trên tàu chiến đấu Hải quân được chế tạo từ đồng sạch kỹ thuật mác M1 theo GOST 859-2001 của Nga [1].

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu xử lý nhiệt đệm khí cao áp cho đồng hồ và cảm biến dùng cho thiết bị đo lường trên tàu chiến đấu Hải quân được chế tạo từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn.

2. NỘI DUNG CẦN GIẢI QUYẾT

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Sản phẩm đệm khí cao áp cho đồng hồ và cảm biến dùng cho thiết bị đo lường trên tàu chiến đấu Hải quân được chế tạo từ phôi dạng thanh tròn đặc "Пруток ДКРНТ 20 НД М1 ГОСТ 1535-2016" của Nga. Phôi có đường kính 20 mm, được chế tạo bằng phương pháp biến dạng nguội, phôi ở trạng thái cứng, vật liệu mác M1 theo GOST 859-2001 [3, 4].

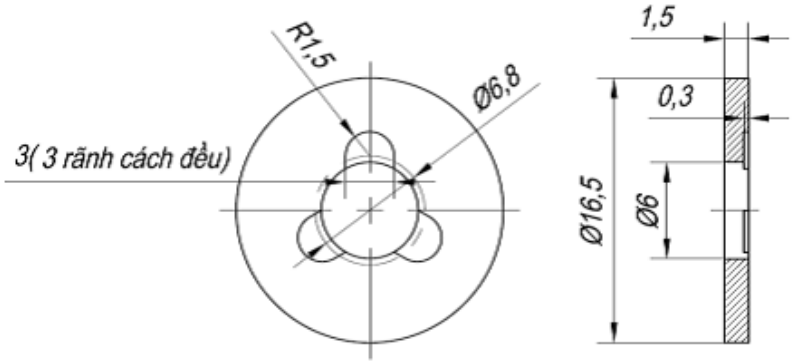
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Độ cứng Brinell của đệm khí cao áp được đo trên thiết bị Mitutoyo AVK-CO tại Trung tâm đánh giá hư hỏng vật liệu/Viện Hàn lâm KHCNVN theo tiêu chuẩn TCVN 256:2006 [5].

Giới hạn bền, giới hạn chảy của các phôi vật liệu được đo trên thiết bị kéo nén vạn năng: Kiểu

Super L120; Hãng: Tinius Olsen tại Trung tâm đánh giá hư hỏng vật liệu/Viện Hàn lâm KHCNVN theo tiêu chuẩn TCVN 197-1:2014 [2].

a) *b)*



c)

Hình 1. *Phôi "Пруток ДКРНТ 20 НД М1 ГОСТ 1535-2016" của Nga (a); Sản phẩm đệm khí cao áp sau khi chế tạo (b); Bản vẽ sản phẩm (c).*

Tổ chức tế vi của đệm khí cao áp được khảo sát trên thiết bị kính hiển vi quang học tại Trung tâm đánh giá hư hỏng vật liệu/Viện Hàn lâm KHCNVN. Mẫu được đánh bóng cơ học và tẩm thực theo ASTM E407-07 [6].

Độ bền phá hủy và độ kín khít của đệm khí cao áp được đo đạc tại Trung tâm đo lường/Cục Tiêu chuẩn - Đo lường - Chất lượng/ Bộ Quốc phòng. Thiết bị bao gồm bàn tạo áp TBTA-600 và cảm biến áp suất 700P08 (đã được liên kết chuẩn) [7]. Phương pháp kiểm tra độ bền phá hủy: Nén đệm đồng dưới áp suất 400 bar trên bàn tạo áp trong thời gian 5 phút; kiểm tra tình trạng của đệm đồng bằng mắt thường. Yêu cầu đệm đồng không bị phá hủy (nứt, vỡ,...) dưới tác dụng của áp lực. Phương pháp kiểm tra độ kín khít: Nén đệm đồng dưới áp suất 250 bar trên bàn tạo và kiểm tra độ tụt áp của hệ thống sau thời gian 5 phút. Yêu cầu độ tụt áp của hệ thống không lớn hơn 5% (tương ứng 12,5 bar).

2.3. Thực nghiệm

Gia công chế tạo phôi sản phẩm đệm khí cao áp từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn: Phôi thanh tròn kích thước Φ20 mm x 200 mm được tiện ngoài đạt Φ16,5 mm, khoan lỗ Φ6, sau đó được cắt dây Molipden thành các chi tiết dày 1,5 mm. Phôi sau đó được đặt lên đồ gá chuyên dụng để phay chế tạo 3 rãnh sâu 0,3 mm.

Phôi đệm khí cao áp sau khi được gia công chế tạo được tiến hành xử lý nhiệt để đạt cơ tính cần thiết. Nhiệt độ và thời gian xử lý nhiệt được khảo sát. Thiết bị: Lò nung nhiệt độ cao Nabertherm (nhiệt độ tối đa 1800 °C) tại Viện Hóa học-Vật liệu/Viện KH-CN quân sự.

Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ xử lý nhiệt: Sản phẩm đệm khí cao áp sau khi gia công cơ khí được tiến hành ủ tại các nhiệt độ khác nhau từ 300 °C đến 750 °C trong môi trường không khí, thời gian cố định 90 phút, tốc độ nâng nhiệt 5 °C/phút, nguội cùng lò.

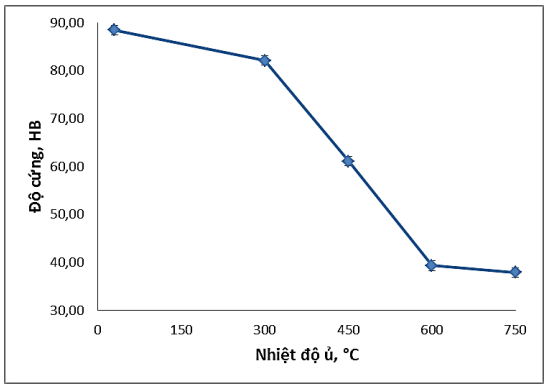
Khảo sát ảnh hưởng của thời gian xử lý nhiệt: Sản phẩm đệm khí cao áp sau khi gia công cơ khí được tiến hành ủ tại cùng nhiệt độ 600 °C trong môi trường không khí, thời gian ủ thay đổi từ 30 phút đến 150 phút, tốc độ nâng nhiệt 5 °C/phút, nguội cùng lò.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

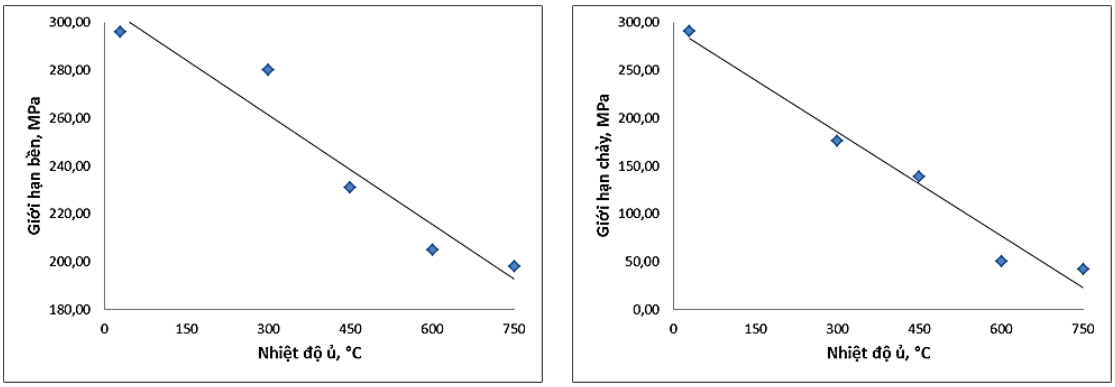
3.1. Nghiên cứu lựa chọn nhiệt độ xử lý nhiệt

Để lựa chọn nhiệt độ xử lý nhiệt, sản phẩm đệm khí cao áp sau khi gia công cơ khí được tiến hành ủ theo các bước nêu tại mục 2.3 với nhiệt độ khác nhau từ 300 °C đến 750 °C với thời gian 90 phút.

Kết quả xác định độ cứng Brinell của các mẫu được trình bày trên hình 2. Kết quả cho thấy, sau khi ủ ở nhiệt độ 300 °C trong 90 phút, độ cứng của sản phẩm có giảm nhưng không đáng kể (từ 88,40 HB xuống 82,06 HB). Với nhiệt độ ủ cao hơn (từ 450 °C), độ cứng của sản phẩm bắt đầu giảm mạnh. Tuy nhiên, để đạt được trạng thái mềm theo yêu cầu của sản phẩm đệm khí cao áp (độ cứng ≤ 45 HB) [8], nhiệt độ ủ phải từ 600 °C.



Hình 2. *Ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến độ cứng của sản phẩm đệm khí cao áp.*



a) *b)*

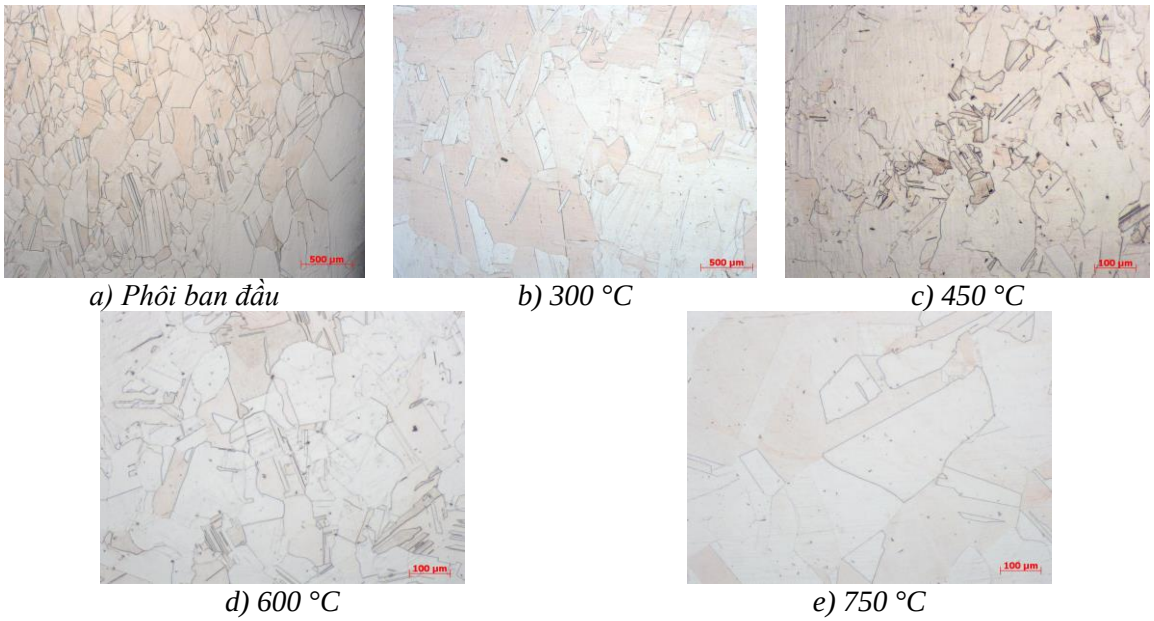
Hình 3. *Ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến giới hạn bền (a) và giới hạn chảy (b) của mẫu phôi đồng M1 dạng thanh tròn.*

Ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến các chỉ số độ bền của sản phẩm đệm khí cao áp được xác định gián tiếp thông qua các phôi thử kéo được xử lý nhiệt ở cùng chế độ. Kết quả phép thử kéo của các phôi sau khi được xử lý ở các nhiệt độ khác nhau được thể hiện trên hình 3.

Kết quả cho thấy, khi tăng nhiệt độ ủ, giới hạn bền và giới hạn chảy của các mẫu thử kéo có

xu hướng giảm. Sau khi ủ ở nhiệt độ 300 °C trong 90 phút, giới hạn bền và giới hạn chảy của mẫu có giảm nhưng không đáng kể (giới hạn bền giảm từ 296 MPa xuống 280 MPa, giới hạn chảy giảm từ 291MPa xuống 176 MPa). Với nhiệt độ ủ cao hơn, các chỉ số bền của mẫu bắt đầu giảm mạnh. Kết quả này phù hợp với kết quả khảo sát độ cứng trước đó.

Tiến hành khảo sát tổ chức tế vi của các mẫu với nhiệt độ ủ khác nhau trên thiết bị kính hiển vi quang học. Kết quả được thể hiện trên hình 4.



a) Phôi ban đầu *b) 300 °C* *c) 450 °C*

d) 600 °C *e) 750 °C*

Hình 4. *Tổ chức tế vi của các sản phẩm đệm khí cao áp với nhiệt độ ủ khác nhau.*

Kết quả cho thấy, đồng M1 có tổ chức là 1 pha. Với nhiệt độ ủ 300 °C, quá trình kết tinh lại xảy ra không hoàn toàn, tổ chức tế vi của mẫu được ủ ở 300 °C vẫn quan sát thấy các vùng có cấu trúc bị biến dạng, không khác biệt so với mẫu sản phẩm ban đầu. Với nhiệt độ ủ 450 °C, quá trình kết tinh lại diễn ra mạnh, các hạt tinh thể có cấu trúc song tinh. Với nhiệt độ ủ 600 °C, kết tinh lại xảy ra hoàn toàn. Với nhiệt độ ủ 750 °C, quan sát thấy sự phát triển hạt do quá trình tích tụ diễn ra mạnh, các hạt tinh thể đồng có kích thước rất lớn (trên 100 µm). Kết quả này phù hợp với kết quả khảo sát cơ tính trước đó.

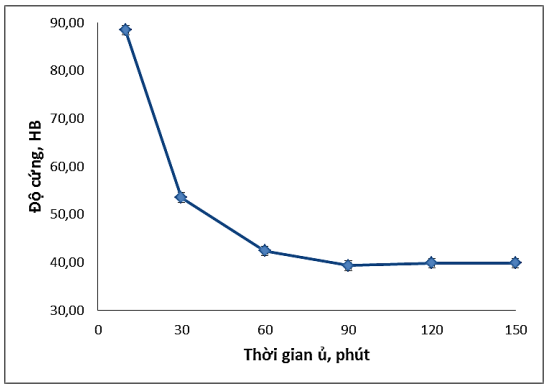
Qua khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến tính chất và tổ chức của sản phẩm đệm khí cao áp được chế tạo từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn, lựa chọn được nhiệt độ ủ phù hợp là 600 °C để tiến hành các khảo sát tiếp theo.

3.2. Nghiên cứu lựa chọn thời gian xử lý nhiệt

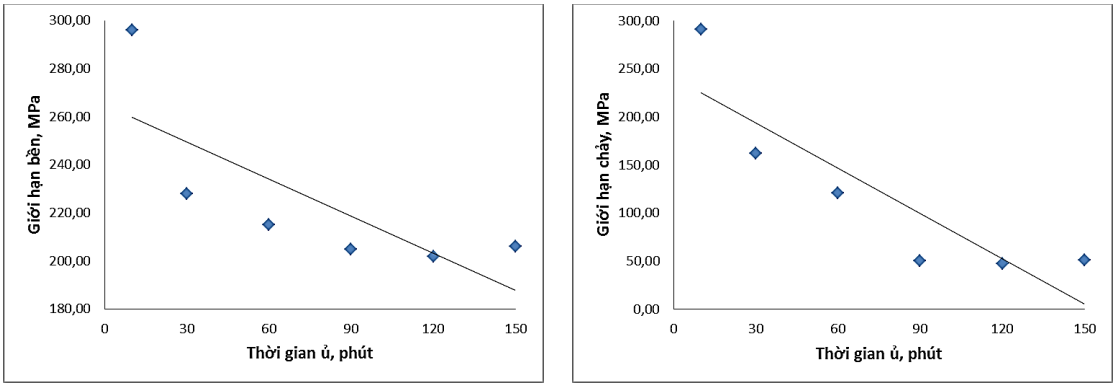
Để lựa chọn thời gian xử lý nhiệt, sản phẩm đệm khí cao áp sau khi gia công cơ khí được tiến hành ủ theo các bước nêu tại mục 2.3 với thời gian ủ thay đổi từ 30 phút đến 150 phút ở nhiệt độ 600 °C.

Kết quả xác định độ cứng Brinell của các mẫu được trình bày trên hình 5. Kết quả cho thấy, khi tiến hành ủ tại cùng nhiệt độ 600 °C, thời gian ủ tăng dẫn đến độ cứng của mẫu giảm. Với thời gian ủ trong khoảng 30÷60 phút, độ cứng của mẫu giảm mạnh (đạt giá trị 42,38 HB với thời gian ủ 60 phút). Tiếp tục tăng thời gian ủ lên 90 phút, độ cứng của mẫu tiếp tục giảm chậm xuống 39,32 HB. Với khoảng thời gian ủ 90÷150 phút, độ cứng của mẫu gần như không thay đổi.

Ảnh hưởng của thời gian ủ đến các chỉ số độ bền của sản phẩm đệm khí cao áp được xác định gián tiếp thông qua các phôi thử kéo được xử lý nhiệt ở cùng chế độ. Kết quả phép thử kéo của các phôi sau khi được xử lý nhiệt với thời gian khác nhau được thể hiện trên hình 6.



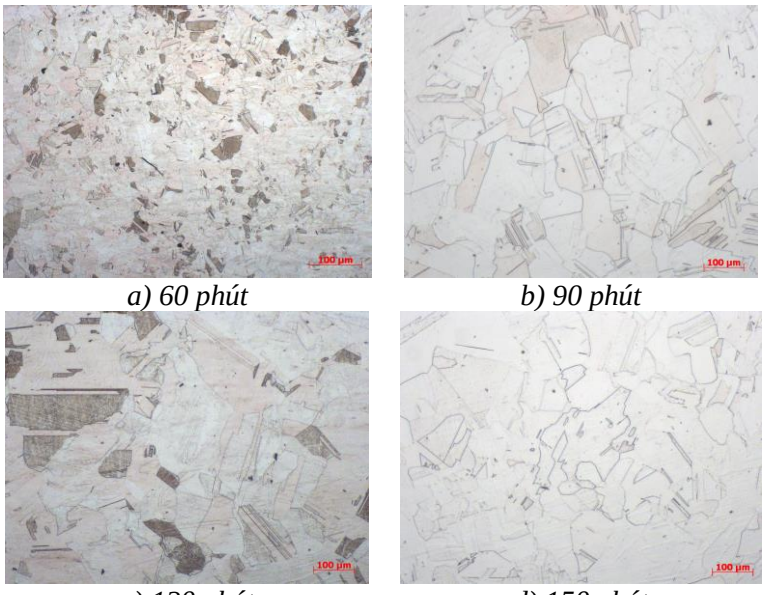
Hình 5. *Ảnh hưởng của thời gian ủ đến đến độ cứng của sản phẩm đệm khí cao áp.*



a) *b)*

Hình 6. *Ảnh hưởng của thời gian ủ đến giới hạn bền (a) và giới hạn chảy (b) của mẫu phôi đồng M1 dạng thanh tròn.*

Kết quả cho thấy, khi tăng thời gian ủ, giới hạn bền và giới hạn chảy của các mẫu thử kéo có xu hướng giảm, phù hợp với kết quả khảo sát độ cứng trước đó.



a) 60 phút *b) 90 phút*

c) 120 phút *d) 150 phút*

Hình 7. *Tổ chức tế vi của các sản phẩm đệm khí cao áp với thời gian ủ khác nhau.*

Kết quả khảo sát tổ chức tế vi của các mẫu với thời gian ủ khác nhau trên thiết bị kính hiển vi quang học được thể hiện trên hình 7. Kết quả cho thấy, với thời gian ủ 60 phút, quan sát thấy các hạt tinh thể đồng rất đồng đều, với kích thước trong khoảng 20 ÷ 50 µm. Với thời gian ủ lên 90 phút, quan sát thấy sự phát triển hạt tinh thể đồng do quá trình tích tụ, giải thích lý do độ cứng của vật liệu giảm. Khi tiếp tục tăng thời gian ủ, kích thước của các hạt tinh thể đồng có tăng nhưng không đáng kể. Kết quả này phù hợp với kết quả khảo sát cơ tính của vật liệu trước đó. Thời gian ủ 60 phút ở nhiệt độ 600 °C được lựa chọn để xử lý nhiệt sản phẩm đệm khí cao áp chế tạo từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn.

3.3. Thử nghiệm độ bền phá hủy và độ kín khít của đệm khí cao áp sau khi xử lý nhiệt

Sản phẩm đệm khí cao áp sau khi được gia công chế tạo từ phôi đồng M1 dạng thanh tròn bằng phương pháp gia công cắt gọt và xử lý nhiệt được khảo sát độ bền phá hủy và độ kín khít theo phương pháp thực hiện trình bày trong mục 2.2. Số lần thực hiện: 03 cho mỗi phép đo.

Kết quả khảo sát được trình bày trong bảng 1. Kết quả cho thấy, sản phẩm đệm khí cao áp được chế tạo từ phôi dạng thanh tròn có độ bền phá hủy và độ kín khít tốt. Đệm không bị nứt vỡ khi nén dưới áp suất 400 bar trên bàn tạo áp trong 5 phút. Khi nén dưới áp suất 250 bar trên bàn tạo áp trong 5 phút độ tụt áp <5 %.

Bảng 1. *Kết quả khảo sát độ bền phá hủy và độ kín khít của đệm khí cao áp.*

TT	Nội dung khảo sát	Yêu cầu cần đạt	Kết quả khảo sát		
			Lần 1	Lần 2	Lần3
1	Độ bền phá hủy	Đệm không bị phá hủy (nứt, vỡ...)	Đệm không bị nứt vỡ	Đệm không bị nứt vỡ	Đệm không bị nứt vỡ
2	Độ kín khít	Độ tụt áp: <5% (tương ứng 12,5 bar)	Độ tụt áp: 0,20% (tương ứng 0,5 bar)	Độ tụt áp: 0,16% (tương ứng 0,4 bar)	Độ tụt áp: 0,08% (tương ứng 0,2 bar)

4. KẾT LUẬN

Đã khảo sát được ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến tính chất của sản phẩm đệm khí cao áp. Kết quả cho thấy, sau quá trình xử lý nhiệt quan sát thấy sự phát triển hạt tinh thể đồng do quá trình tích tụ, giải thích lý do độ cứng của vật liệu giảm. Khi tăng nhiệt độ và thời gian ủ độ cứng, giới hạn bền, giới hạn chảy của vật liệu giảm, kích thước các hạt tinh thể đồng tăng. Qua khảo sát đã lựa chọn được chế độ ủ phù hợp để xử lý nhiệt đệm khí cao áp: nhiệt độ ủ 600 °C, thời gian ủ 60 phút, tốc độ nâng nhiệt 5 °C/phút, nguội cùng lò. Khi đó quá trình kết tinh lại xảy ra hoàn toàn, vật liệu của sản phẩm ở trạng thái mềm với độ cứng 42,38 HB, các hạt tinh thể đồng có cấu trúc song tinh với kích thước khoảng 20÷50 µm.

Đã thử nghiệm độ bền phá hủy và độ kín khít của đệm khí cao áp sau xử lý nhiệt: đệm khí cao áp có độ bền phá hủy và độ kín khít tốt. Đệm không bị nứt vỡ khi nén dưới áp suất 400 bar trên bàn tạo áp trong 5 phút. Khi nén dưới áp suất 250 bar trên bàn tạo áp trong 5 phút độ tụt áp < 5%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phạm Tuấn Anh, "*Khảo sát, đánh giá một số chỉ tiêu kỹ thuật của đệm khí cao áp cho đồng hồ và cảm biến dùng cho thiết bị đo lường trên tàu chiến đấu Hải quân*", Tạp chí Nghiên cứu KHC-NQS, Số Đặc san HH-VL (2020), tr. 77-81.

[2]. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 197-1:2014 (ISO 6892-1:2009), *"Vật liệu kim loại - Thử kéo - Phần 1: Phương pháp thử ở nhiệt độ phòng"*.

[3]. ГОСТ 1535-2016, *"Прутки медные. Технические условия"*.

[4]. ГОСТ 859-2001, *"Медь. Марки"*.

[5]. TCVN 256:2006, *"Vật liệu kim loại - Thử độ cứng Brinell"*.

[6]. ASTM E407-07(2015)e1, *"Standard Practice for Microetching Metals and Alloys"*.
[7]. ĐLVN 08:2011, *"Áp kế kiểu lò xo. Quy trình kiểm định"*.
[8]. DIN 7603. *"Ring seals and gaskets"*.

ABSTRACT

Study on the heat treatment of the high-pressure gaskets fabricated from round-shape M1 copper ingot

High-pressure gaskets were fabricated from round bar M1 copper ingot and heat-treated before utilizing for gauges and sensors of measuring devices on Navy warships. The effects of temperature and heat treatment time on the mechanical properties, microstructure, fracture toughness, and tightness of the products were investigated. The results showed that, after annealing at 600 °C for 60 minutes with a heating rate of 5 °C/min, cooled down with the furnace, the recrystallization process of copper occurred completely with parallel crystals structure, and copper material was in the soft state with a hardness of 42.38 HB. The high-pressure gasket has good fracture toughness and tightness.

Keywords: High-pressure gaskets; Heat treatment; Pure copper; Annealing; Mechanical properties.