

# NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ ĐÚC VÀ XỬ LÝ NHIỆT NHẪM NÂNG CAO KHẢ NĂNG LÀM VIỆC CHO BÚA NGHIÊN TỪ THÉP MANGAN CAO RESEARCH IN FORMING TECHNOLOGY AND HEAT TREATMENT TO IMPROVE POSSIBILITIES TO WORK FOR HAMMER FROM HIGH MANGANESE STEEL

TRẦN THỊ THANH VÂN

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email liên hệ: vanttt.vck@vamaru.edu.vn

## Tóm tắt

Thép austenit mangan cao được dùng rộng rãi làm các chi tiết chịu tải mài mòn và đập trong công nghiệp khai thác đá, quặng,... Việc nghiên cứu nâng cao chất lượng, hạ giá thành nhờ ứng dụng các công nghệ đúc tiên tiến đang là hướng phát triển của dòng thép này. Việc cải thiện chất lượng thép đã được các nhà khoa học thế giới chứng minh, nhưng công nghệ đúc thép thì không dễ dàng và cần nghiên cứu. Bài báo giới thiệu một số kết quả nghiên cứu công nghệ đúc trong khuôn cát-nước thủy tinh cho chi tiết búa nghiền làm bằng thép. Kết quả cho thấy công nghệ đúc và chế độ xử lý nhiệt đưa ra đã cải thiện chất lượng thép Mn13 và đảm bảo được cơ tính cho chi tiết. Giá trị cơ tính đạt được sau khi áp dụng theo chế độ xử lý nhiệt là độ dai va đập đạt 121 J/cm<sup>2</sup>; giá trị độ cứng đạt được là 260HB; giới hạn bền 586Mpa và độ giãn dài là 24.5 %, đáp ứng tốt điều kiện làm việc.

**Từ khóa:** Thép mangan cao, búa nghiền, cacbit, đúc thép.

## Abstract

High manganese austenitic steel is widely used as parts to withstand impact and abrasion loads in the quarrying, ore industries, etc. The research to improve quality and reduce costs thanks to the application of advanced casting technologies is becoming increasingly important. development direction of this steel line. The improvement of steel quality has been proven by world scientists, but steel casting technology is not easy and needs researching. The article introduces some research results of casting technology in glass-sand-water mold for steel hammer details. The results show that the given casting technology and heat treatment regime have improved the quality of Mn13 steel and ensured the mechanical properties of the details. The mechanical property value obtained after applying the heat treatment regime

is the impact toughness reaching 121J/cm<sup>2</sup>; hardness value is 260HB; The strength limit is 586Mpa and the elongation is 24.5%, which is in the working condition well.

**Keywords:** High manganese steel, Sponge iron, Crush hammer, carbide, steel casting.

## 1. Đặt vấn đề

Thép austenit mangan cao Mn13 có thành phần chính là C từ 0,9-1,4%, Mn khoảng 13%, cùng một số nguyên tố khác; được dùng để đúc các chi tiết chịu tải mài mòn - va đập như búa nghiền, răng gầu xúc,... dùng trong các máy khai thác đá, quặng,... nhờ ưu điểm về khả năng biến cứng làm tăng bền lớp bề mặt khi chịu va đập nên nâng cao tính chống mài mòn.

Để đảm bảo chất lượng cho chi tiết búa nghiền, cần thiết kế công nghệ đúc hợp lý, đồng thời trong quá trình đúc phải khắc phục được các khuyết tật như rỗ xốp, lõm co,... Thêm vào đó, sau đúc thép cần phải xây dựng được chế độ xử lý nhiệt để cải thiện cơ tính.

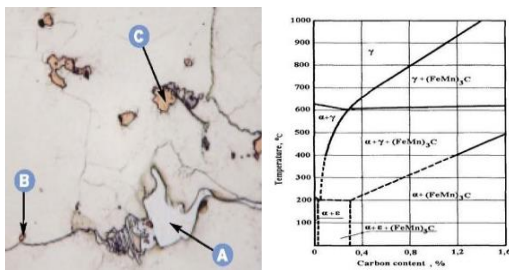
Từ phân tích trên, trọng tâm bài báo đưa ra công nghệ đúc búa nghiền thép Mn13 trong khuôn cát nước thủy tinh và quy trình nhiệt luyện cho thép này nhằm tối ưu được công nghệ chế tạo, nâng cao chất lượng và hạ giá thành sản phẩm.

## 2. Nội dung và phương pháp nghiên cứu

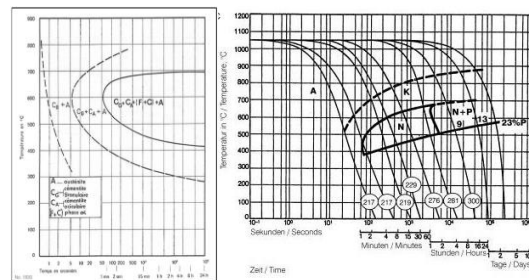
### 2.1. Đặc điểm tổ chức và tính chất thép Mangan cao

Tổ chức thép ở trạng thái sử dụng có tổ chức một pha austenit. Thực nghiệm cho thấy, dưới tác dụng của tải trọng va đập lớp bề mặt sẽ bị biến cứng mạnh (độ cứng từ ~200HB lên 500HB), trong khi đó lõi vẫn giữ tổ chức austenit dẻo, dai. Do cơ chế tự biến cứng khi chịu va đập nên lớp bề mặt cứng luôn tồn tại và không bao giờ bị mất đi khả năng làm việc [5].

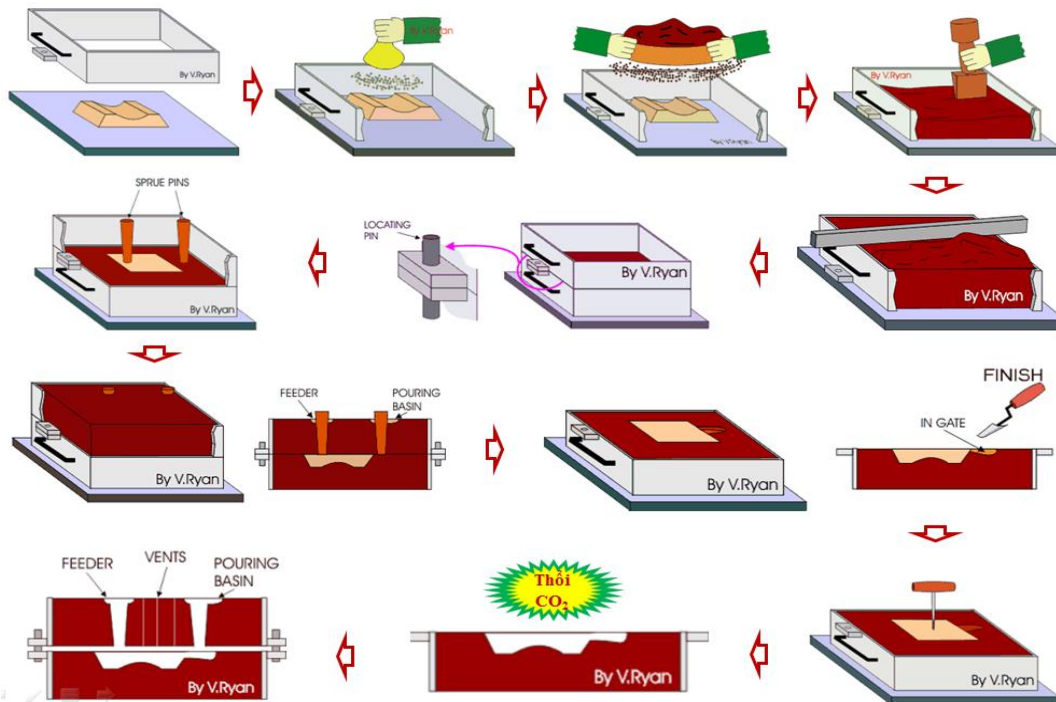
Để đạt được tính chống mài mòn tối đa thép Mangan cao thường được austenit hóa bằng cách nung nóng ở nhiệt độ thép có tổ chức một pha austenit (thường trên 1050°C) để cacbit mangan hòa tan hết vào austenit rồi sau đó làm nguội nhanh hơn tốc độ



Hình 1. Tổ chức và giản đồ trạng thái của thép Mn13 [1]



Hình 2. Giản đồ CCT và TTT của thép Mn13 [2], [4]



Hình 3. Các bước làm khuôn đúc bằng cát nước thủy tinh/CO<sub>2</sub> [6], [7]

ngươi tới hạn (xem Hình 1 và Hình 2) để cacbit trên không kịp tiết trở lại và giữ cho thép có tổ chức một pha austenit [1], [3].

Tổ chức của thép mangan cao chịu ảnh hưởng của chế độ nhiệt luyện. Chính vì vậy, cần xác định đúng chế độ nhiệt luyện thép để đưa ra một chế độ xử lý nhiệt đảm bảo yêu cầu.

### 2.2. Công nghệ đúc thép Mangan cao

Đúc búa nghiền bằng thép Mn cao sử dụng công nghệ khuôn khô CO<sub>2</sub>. Hai yếu tố quan trọng cần quan tâm khi thổi khí CO<sub>2</sub> là mật độ thổi và thời gian thổi, chúng ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền hỗn hợp khi đóng rắn. Nếu thổi khí CO<sub>2</sub> quá mạnh hoặc quá lâu thì lại có tác dụng ngược lại, khuôn kém bền và các liên kết giữa cát và nước thủy tinh bị phá vỡ.

Nói chung, công nghệ khuôn cát nước thủy tinh để

làm, dễ sử dụng, khuôn rắn chắc, độ bền khuôn cao, thời gian đóng rắn nhanh, sản phẩm có độ dôi gia công ít hơn. Do công nghệ làm khuôn khó tự động hóa, nên công nghệ khuôn cát nước thủy tinh phù hợp cho sản xuất nhỏ và vừa [4].

Hai vấn đề cần quan tâm đối với làm khuôn cát nước thủy tinh/CO<sub>2</sub> là:

- Tỷ lệ nước thủy tinh/khối lượng cát sử dụng trong chế tạo hỗn hợp; Cát trắng được sấy khô, độ ẩm < 1%. Nhiệt độ của cát khi đem trộn hỗn hợp phải nhỏ hơn 40°C. Sau đó tiến hành trộn với nước thủy tinh theo tỷ lệ 6%-8% nước thủy tinh trên tổng khối lượng cát.

- Kỹ thuật thổi khí CO<sub>2</sub> đảm bảo khuôn có độ bền tối ưu.

+ Áp suất thổi CO<sub>2</sub>:  $P = (1 \div 2) \text{at.}$

+ Thời gian thổi CO<sub>2</sub>:  $\tau = (35 \div 60) \text{s.}$

+ Lưu lượng thổi CO<sub>2</sub>:  $Q = 0,5\text{m}^3/\text{s}$ , tính theo phần trăm lượng hỗn hợp 0,5%.

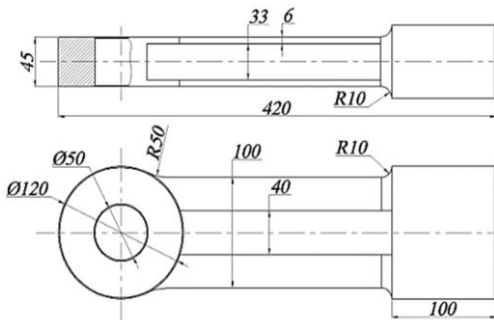
Để đảm bảo quy trình đúc cho chi tiết búa nghiền cần đưa ra quy trình chính xác và hợp lý để đảm bảo độ tin cậy và nâng cao khả năng làm việc cho chi tiết.

### 3. Kết quả nghiên cứu

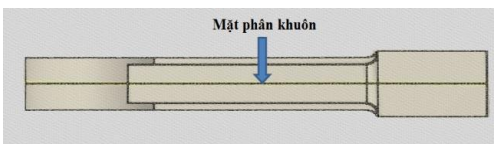
#### 3.1. Quy trình đúc búa nghiền bằng thép Mn13

Chi tiết có kích thước bao dài 420 x rộng 120 x dày 66 (mm), có một ngỗng lắp trục đường kính lớn  $\phi 50\text{mm}$ , chỗ mỏng nhất chi tiết dày 35mm nằm ở phần ngỗng trục.

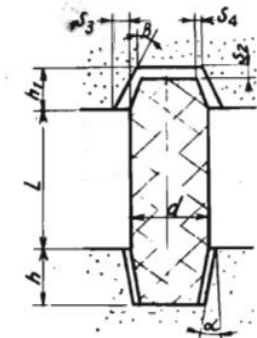
Khối lượng chi tiết bằng 15kg. Nếu cộng cả lượng dư gia công khoảng 10%-15% khối lượng chi tiết thì khối lượng chi tiết đúc khoảng 17kg. Mẫu sử dụng cho đúc là mẫu gỗ.



Hình 4. Bản vẽ búa nghiền



Hình 5. Mặt phân khuôn chi tiết đúc



Hình 6. Kích thước đầu góc lõi

- **Kích thước rãnh dẫn:** Chiều cao:  $h = 12\text{mm}$ ;  
 Chiều rộng:  $b = 25\text{mm}$ .

- **Kích thước rãnh lọc xỉ:** Chiều cao:  $h = 15\text{mm}$ ;  
 Chiều rộng:  $b = 30\text{mm}$ .

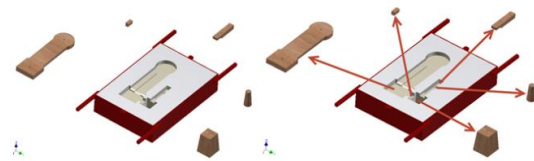
- **Đường kính ống rót:** Chọn ống rót hình côn,

diện tích tối thiểu của ống rót phải lớn hơn diện tích rãnh lọc xỉ.

#### - Thiết kế kích thước hòm khuôn

Chọn hòm khuôn làm bằng kim loại, có dạng hình hộp chữ nhật với các kích thước được xác định như sau:

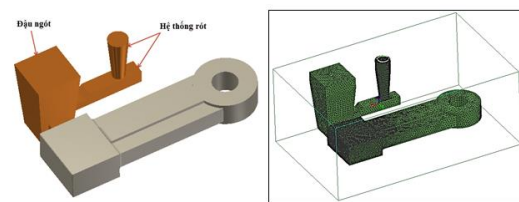
- Chiều dài hòm khuôn tối thiểu: 580mm;
- Chiều rộng hòm khuôn tối thiểu: 280mm;
- Chiều cao hòm khuôn trên: 100mm;
- Chiều cao hòm khuôn dưới: 105mm;



Hình 7. a) Hòm khuôn dưới và mẫu khuôn dưới.

b) Hòm khuôn trên và mẫu khuôn trên

Phân tích và thiết kế đúc búa nghiền bằng mô phỏng trên phần mềm ESI Procast xác định mô hình vật đúc trong khuôn như Hình 8. Đậu ngót được bố trí ở bên sườn tại phần dày nhất của vật đúc (phần đầu búa).

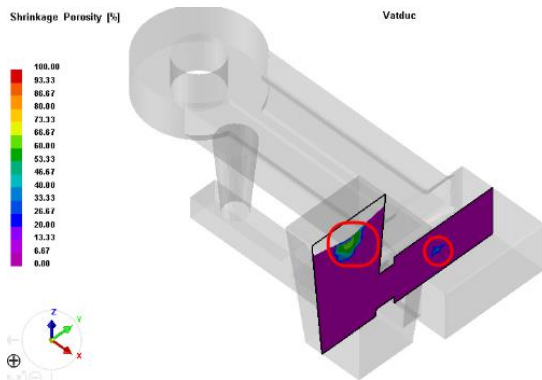


Hình 8. Bản vẽ vật đúc và mô hình búa nghiền

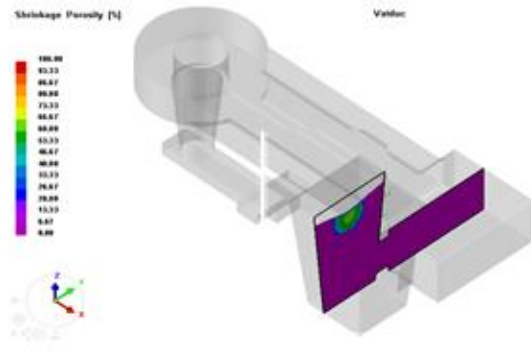
Sau khi tính toán các thông số cho quá trình đúc, tiến hành đúc chi tiết búa nghiền tại Công ty đúc Việt Âu với số liệu như sau:

- Nhiệt độ kim loại lỏng: 1580°C;
- Nhiệt độ khuôn: 20°C;
- Hệ số trao đổi nhiệt giữa vật đúc với khuôn và thanh gia cường tương ứng là 50W/m<sup>2</sup>.K và 100W/m<sup>2</sup>.K;

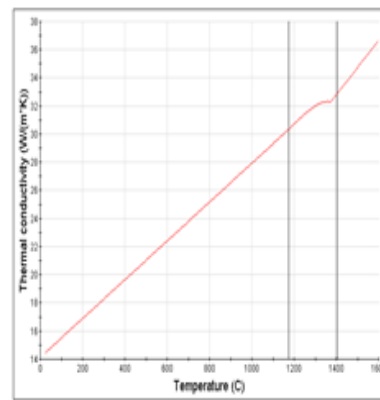
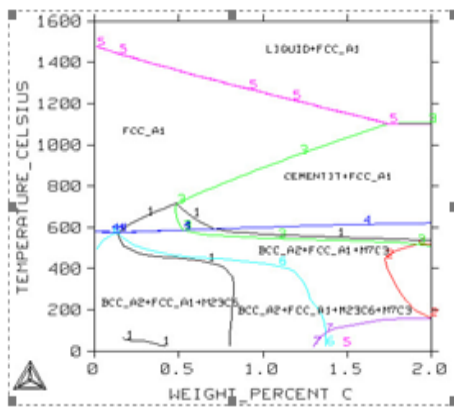
Kích thước đậu ngót được tính toán với kích thước đủ để bù ngót, đậu ngót được đặt bên sườn cách thành vật đúc 30mm, thể tích bằng 0,54dm<sup>3</sup>, chiều cao bằng chiều rộng và bằng 80mm, đậu ngót được đặt bên sườn cách thành vật đúc 35mm (chiều dài kênh dẫn đậu ngót), do kênh dẫn đậu ngót khá dài, trong khi kích thước đậu ngót và đầu búa lớn, nên trong vật đúc hình thành 2 nút nhiệt như Hình 9 cho thấy, rõ xốp xuất hiện trong vật đúc sau khi đông đặc tại đúng vị trí các nút nhiệt.



Hình 9. Hiện tượng lõm co trong vật đúc



Hình 10. Rỗ xốp được loại bỏ với chiều dài kênh dẫn ra đầu ngót 17mm



Hình 11. Giản đồ pha cân bằng và hệ số dẫn nhiệt thép xC-13Mn

Từ mô phỏng trên, tiến hành khắc phục hiện tượng khuyết tật này bằng cách điều chỉnh khoảng cách đầu ngót đến thành vật đúc còn 17mm, Kết quả cho thấy hiện tượng rỗ xốp biến mất như Hình 10.

### 3.2. Quy trình xử lý nhiệt

#### - Nhiệt độ nung tôi:

Nhiệt độ nung tôi thép Mn13 được xác định trên cơ sở giản đồ trạng thái C-13%Mn và phân tích nhiệt DSC.

Theo yêu cầu cần đạt tổ chức hoàn toàn austenit, căn cứ giản đồ trạng thái Hình 11 và chọn nhiệt độ nung từ 1050 °C. Phạm vi nhiệt độ phù hợp các nghiên cứu và khuyến cáo trong tiêu chuẩn GOST 2176-77.

#### - Xác định sơ đồ nhiệt nung thép Mn13

Do đặc điểm thép Mn13 có hệ số dẫn nhiệt thấp (xem Hình 11) khi nung dưới 700°C, nên ở cần nung thép chậm để tránh nứt nhiệt. Trên 700°C có thể tiến hành nung với tốc độ nhanh hơn đến nhiệt độ 1050°C. Để đảm bảo tốc độ nung thép chậm, đối với lò nung không có điều khiển tốc độ nung, thường tiến hành nung phân cấp. Sơ đồ nhiệt nung thép Mn13 như Hình 12. Giai đoạn nung ban đầu đến 700°C được phân đoạn

thành hai giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Nung từ nhiệt độ môi trường đến 400°C, giữ nhiệt trong 2 giờ;
- Giai đoạn 2: Nung từ 400°C đến 700°C, giữ nhiệt (3-4) giờ.

Tốc độ nung ở cả hai giai đoạn theo lò, nhưng phải đảm bảo tổng thời gian giữ nhiệt ở giai đoạn nung đến 700°C là 7giờ.

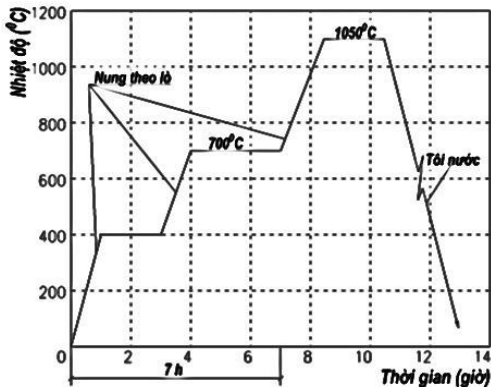
#### - Giữ nhiệt khi nung thép Mn13

Giữ nhiệt khi nung rất quan trọng, đảm bảo cho chi tiết đồng đều nhiệt trên toàn bộ thể tích, đảm bảo loại bỏ hoàn toàn tổ chức đúc và hòa tan hoàn toàn cacbit tiết ra ở phân giới hạt. Để có thể xác định được thời gian giữ nhiệt khi nung hợp lý, tiến hành các thí nghiệm như sau:

- Thí nghiệm xác định thời gian giữ nhiệt tiến hành trên mẫu thép Mn13 có đường kính  $\phi 40mm$  theo sơ đồ như Hình 12.

- Thí nghiệm xác định tổ chức tế vi của thép được thực hiện trên kính hiển vi quang học AXIO-A2M với độ khuếch đại X200 và X500. Sử dụng chất tẩm thực

gồm hỗn hợp dung dịch 2% HNO<sub>3</sub> trong cồn Êtylic và 5% axit Piric.



Hình 12. Sơ đồ nhiệt luyện Mn13

- Các mẫu thép được giữ nhiệt 1 - 2 (giờ) tại 1050°C. Sau đó làm nguội nhanh trong nước. Mỗi chế độ tiến hành cho 2 mẫu.

Khảo sát tổ chức và cơ tính các mẫu thép sau nhiệt luyện.

**- Làm nguội thép Mn13**

Để giữ được tổ chức thép đúng một pha austenit sau khi nung thép cần làm nguội nhanh để tránh tiết ra cacbit và ferit. Căn cứ theo giản đồ nguội CCT thép Mn13 chọn môi trường làm nguội là nước có tốc độ

nguội khoảng 100-150°C/s đảm bảo tốc độ nguội lớn hơn tốc độ nguội tới hạn để nhận được thép đúng tổ chức một pha.

**3.3. Kết quả thực nghiệm đúc, tổ chức và cơ tính búa nghiền thép Mn13 sau xử lý nhiệt**

Nhóm tác giả đã áp dụng kết quả vào đúc sản phẩm búa nghiền (Hình 13). Khi quan sát bằng mắt thường không thấy xuất hiện rỗ xốp và lõm co tại mặt cắt phần đầu búa và phần chân đầu ngót tiếp giáp với đầu búa.

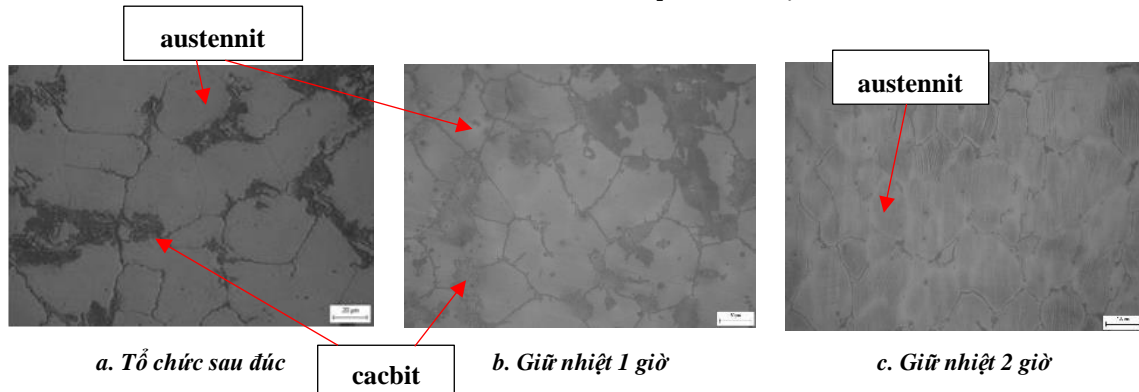
Hình 14a phân tích tổ chức mẫu thép sau đúc cho thấy: Sau khi đúc thành phần tổ chức bao gồm austenit do vùng austenit được mở rộng đến nhiệt độ thường và cacbit được tiết ra từ trạng thái nóng chảy cùng với cacbit tiết ra khi nguội chậm trong khuôn. Cacbit ở trạng thái đúc thường có kích thước lớn. Trong tổ chức sau đúc có mặt rất nhiều hạt cacbit, phân bố xung quanh biên giới hạt với kích thước khá lớn. Tổ chức như vậy sẽ có khả năng chống va đập kém vì chính những cacbit này sẽ làm giảm độ dai va đập và đây sẽ là nguyên nhân gây nên hiện tượng nứt vỡ và phá hủy chi tiết khi làm việc.

Phân tích tổ chức tế vi của thép Mn13 sau khi xử lý theo quy trình ở Hình 14b và Hình 14c nhận thấy:

Đối với mẫu được giữ nhiệt ở 1050°C trong thời gian 01 giờ (Hình 14b) để thực hiện austenit hóa cho thấy: Tổ chức của thép Mn13 vẫn còn cacbit tập trung



Hình 13. Khuôn thiết kế và đúc sản phẩm búa thực tế



Hình 14. Tổ chức tế vi của mẫu thép Mn13

Bảng 1. Kết quả cơ tính thép ở các chế độ xử lý nhiệt khác nhau

Chế độ	R <sub>m</sub> , MPa	Z, %	a <sub>k</sub> , J/cm <sup>2</sup>	HB
NL1	540	13,3	17	313
NL2	586	24,5	121	260

ở biên giới hạt; tổ chức của thép ở trạng thái đúc chưa được khử bỏ. Bằng kết quả hiển vi quang học cho thấy lượng cacbit trong mẫu giảm nhưng tổ chức không khác nhiều so với sau khi đúc, vẫn còn một số cacbit chưa hòa tan và đặc biệt có một số phân bố dọc theo biên giới hạt austenit. Để những cacbit này hòa tan hết vào austenit thì cần phải tăng nhiệt độ hoặc kéo dài thời gian giữ nhiệt hơn nữa. Như vậy có thể thấy rằng với quy trình nhiệt luyện tổ chức đạt được chưa phải thuần austenit.

Đối với mẫu được giữ nhiệt ở 1050°C trong thời gian 02 giờ (Hình 14c) cho thấy: Tổ chức thu được là tổ chức thuần nhất austenit; không thấy có cacbit tập trung ở biên giới hạt. Điều này cho thấy khi tăng thời gian giữ nhiệt dạng tổ chức hình thành sau đúc đã được khử bỏ. Với tổ chức thuần nhất austenit sẽ tăng cơ tính của thép đặc biệt là độ dai va đập.

Kết quả phân tích cơ tính của thép sau khi xử lý nhiệt được thể hiện ở Bảng 1.

Phân tích kết quả cơ tính nhận thấy:

Đối với mẫu được thực hiện theo chế độ nhiệt luyện 1 mặc dù giá trị độ cứng cao 313HB cao hơn so với chế độ nhiệt luyện 2 (260HB) nhưng các giá trị cơ tính khác đều thấp hơn đặc biệt là giá trị độ dai va đập. Giá trị độ cứng có thể giải thích do khi thực hiện nhiệt luyện ở chế độ 1 các cacbit có độ cứng cao tập trung ở biên giới hạt, khi đo độ cứng thô đại kết quả đo được xác định do giá trị độ cứng của cacbit và nền. Trong khi mẫu nhiệt luyện 2 các cacbit đã tan hết vào trong nền nên giá trị độ cứng là của nền austenit.

Đối với mẫu nhiệt luyện theo chế độ 1 giá trị độ dai va đập chỉ đạt 17J/cm<sup>2</sup> trong khi nhiệt luyện theo chế độ 2 đạt được 121J/cm<sup>2</sup>. Đối với thép Mn13 giá trị độ dai va đập có ý nghĩa quan trọng khi chế tạo các chi tiết làm việc trong điều kiện chịu mài mòn và va đập.

Về kết quả độ bền và độ giãn dài mẫu nhiệt luyện theo chế độ nhiệt luyện 2 đều cao hơn so với chế độ nhiệt luyện 1. Những kết quả cơ tính này phù hợp với kết quả phân tích về mặt tổ chức được trình bày ở trên

#### 4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu của bài báo đã xác định được phương án thiết kế cho hệ thống rót và bù ngót của búa nghiền bằng thép Mn13 nhằm hạn chế được

các khuyết tật trong sản phẩm đúc.

Thép sau đúc được tiến hành xử lý nhiệt theo quy trình nung phân cấp ở 400°C và 700°C giữ nhiệt trong 02 giờ sau đó thực hiện austenit hóa ở nhiệt độ 1050°C giữ nhiệt trong 02 giờ và nguội nhanh trong nước. Kết quả phân tích tổ chức cho thấy tổ chức của thép là austenit. Các giá trị cơ tính đáp ứng tốt yêu cầu của chi tiết làm việc trong điều kiện chịu mài mòn và va đập.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: DT22-23.36.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C.S Mahlami, X.Pan (2014), *An Overview on high manganese steel casting*, University of Johannesburg, Johannesburg, South Africa.
- [2] Wear and materials - Wear parts application guide, *Metso's Mining and Construction Technology*, Lokomonkatu 3, PO Box 306, FI-33101 Tampere, Finland.
- [3] E.S. Kiasaraei, Decarburization and Melting Behavior of Direct-reduced Iron Pellets in Steelmaking Slag (2010), *A thesis of Master of Applied Science*, University of Toronto, Ontario Canada.
- [4] Hồ Quang Phúc (2010), Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ Công thương, *Nghiên cứu đúc thép theo mác Γ13 bằng phương pháp mẫu hoá khí cho những sản phẩm đúc cỡ trung bình*, Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Luyện kim, Hà Nội.
- [5] Lê Thị Chiêu (2012), Báo cáo tổng kết đề tài cấp Sở Khoa học và Công nghệ - Thành phố Hà Nội, *Nghiên cứu quy trình đúc kết hợp với nhiệt luyện để tăng tính mài mòn và giảm hàm lượng crom cho gang hợp kim cao làm bi nghiền và tấm lót xi măng*, Trung tâm Nghiên cứu vật liệu - Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội.
- [6] Đinh Quảng Năng (2003), *Vật liệu làm khuôn cát*, NXB Khoa học & Kỹ thuật.
- [7] Dương Trọng Hải (chủ biên) (2003), *Cơ sở lý thuyết các quá trình đúc*, NXB Khoa Học & Kỹ Thuật.

Ngày nhận bài:	29/12/2022
Ngày nhận bản sửa:	10/01/2023
Ngày duyệt đăng:	14/01/2023