

Sản xuất thép S10C-M từ sắt xốp MIREX

Manufacturing the S10C-M steel from MIREX sponge iron

Đình Bá Trụ^{1,*}, Lê Văn Long²

¹Học viện kỹ thuật quân sự

²Viện Công nghệ, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

*Email: dinhbatru39@gmail.com

Mobile: 01632375110

Tóm tắt

Từ khóa:

Thép độ bền cao tiên tiến; thép AHSS; thép TRIP; thép độ bền cao và tính dẻo tốt.

Thép S10C- M là mác thép đặc biệt, được hợp kim hóa bằng các nguyên tố vi lượng. Mács thép này, với hàm lượng cacbon thấp, hàm lượng P, S và các tạp chất phi kim khác rất thấp, được dùng dập vỏ liều đạn pháo bắn nhanh. Báo cáo trình bày kết quả nghiên cứu luyện mács thép từ sắt xốp MIREX, được tinh luyện trong lò chân không, được rèn và xử lý nhiệt đặc biệt. Thép có độ bền và độ dẻo cao, đã được ứng dụng trong tạo hình vỏ liều đạn pháo, đáp ứng yêu cầu của công nghệ dập vuốt sâu, tương đương mács thép chất lượng cao nhập ngoại. Kết quả thu được nhờ sử dụng công nghệ luyện thép có chất biến tính, được bổ sung nguyên tố vi lượng, khử tạp chất P, S, tạo thép có độ bền cao và tính dẻo tốt.

Abstract

Keywords:

Advanced High Strength Steels; AHSS; DP steels, TRIP steels; High strength and good ductility steels.

S10C-M steel is a special steel, which is alloyed by micro-alloying elements. This steel, having low content of carbon and very low content of phosphorus, sulfur and others non-metallic impurities, is used for cartridge cases of fast shot ammunition forming instead of copper alloys. This paper deals with research on the manufacturing of this steels from MIREX sponge iron and on the refining it in a vacuum induction furnace, followed by forging and special heat treatment. The heat treated-steel, having high strength and ductility and being used for cartridge cases forming, satisfies requirements of deep stamping and is equivalent to imported steel. The results are obtained thanks to steelmaking process with denaturing elements, adding of micro-alloying elements and reducing phosphorus, sulfur to generate a high strength and good ductility

Ngày nhận bài: 01/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 14/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Mács thép cacbon thấp đặc biệt, vừa có tính dẻo tốt vừa có độ bền cao, cỡ hạt ferrite mịn đều đồng thời có khả năng biến cứng khi chịu tải xung, đã đáp ứng được yêu cầu đối với vật liệu chế tạo vỏ đạn bắn nhanh. Những năm gần đây, công nghệ luyện kim đã đổi mới, sử dụng sắt hoàn nguyên trực tiếp (còn gọi là sắt xốp) để luyện thép. Nhờ sắt xốp có độ sạch cao phối liệu trong quá

trình nấu luyện để tạo thép nền có hàm lượng Carbon rất thấp, khử sâu được các tạp chất có hại P%, S%, làm cơ sở cho quá trình tinh luyện, hợp kim hóa và khử khí trong chân không. Do đó đã tạo ra các mác thép Carbon thấp có chất lượng tốt, khử được khí Oxi, Nito, Hidro trong thép. Bên cạnh đó quá trình hợp kim hóa trong chân không cũng giảm đáng kể việc cháy hao các nguyên tố vi hợp kim có lợi trong thép, vì vậy kết hợp với quá trình biến dạng tạo hạt nhỏ có thể tạo ra các phi thép chất lượng cao có cơ tính tổng hợp rất tốt phù hợp cho các ứng dụng trong Quốc phòng như phi thép các bon thấp dung để chế tạo vỏ liều đạn pháo hải quân.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Yêu cầu về vật liệu

Trên cơ sở khảo sát và phân tích mẫu vật liệu chế tạo sản phẩm của nước ngoài (phân tích thành phần của 20 mẫu ở các lô khác nhau), vật liệu nhập khẩu của Hàn Quốc đang được sử dụng, tham khảo tiêu chuẩn TY 14-3P-1128-2007 của Nga về thép dập nguội đặc biệt và tiêu chuẩn MIL-S-1459, 21952D về vật liệu thép trong quân sự [2]. Nhận thấy thép này có hàm lượng C% từ 0,08 đến 0,12%, đủ thấp để bảo đảm độ dẻo, đủ cao để bảo đảm có một lượng C% tạo tổ chức mactenxit và hóa bền pha ferit. Hàm lượng Mn và Si nằm trong giới hạn chung của thép cacbon, nhưng có một số nguyên tố vi lượng làm nhỏ hạt, tăng bền và tăng tính chống ăn mòn khí quyển; hàm lượng P và S% phải nhỏ hơn 0,015%, tạp chất phi kim và khí phải rất thấp. Tổ chức hạt ferit của thép phải nhỏ mịn, tạo điều kiện nhiều hạt cùng tham gia biến dạng, hạt peclit hay mactenxit siêu mịn, làm chức năng cản trở lệch, phân giới hạt không có các tạp chất phi kim. Các chỉ tiêu kỹ thuật của thép được cho dưới đây (đã được hội thảo chuyên ngành):

Thành phần hóa học

Bảng 2. Thành phần và cơ tính thép dập nguội sâu dùng chế tạo vỏ đạn bán nhanh

Ký hiệu	Thành phần hóa học (%)										
		C	Si	Mn	Mo	P	S	Cu	Ni	Cr	Ni+Cr
Thép S10C-M	Min	0,08	0,2	0,4	0,015						
	Max	0,13	0,35	0,55	0,03	0,015	0,015	0,3	0,2	0,2	0,35

Hàm lượng khí: N ≤ 8ppm [2]

Dung sai các thành phần hóa học của thép %, C±0,01, S ±0,02, Mn±0,03, P±0,005.

Bảng 2. Tính chất mác thép S10C-M

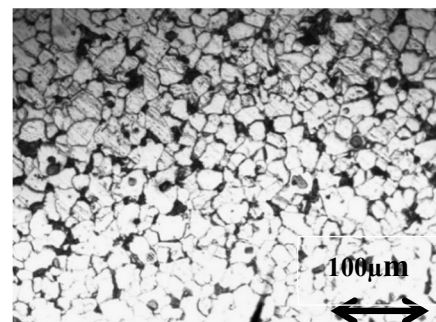
Mác thép		Giới hạn chảy (Mpa)	Độ bền kéo (Mpa)	Độ giãn dài (%)
S10C-M	Phi thép sau thường hóa	≥216	≥350	≥ 33%

Tổ chức:

- Tổ chức thép chỉ có Ferrite-pearlite
- Cỡ hạt ≤20 μm, mịn và đồng đều

Đặc tính công nghệ:

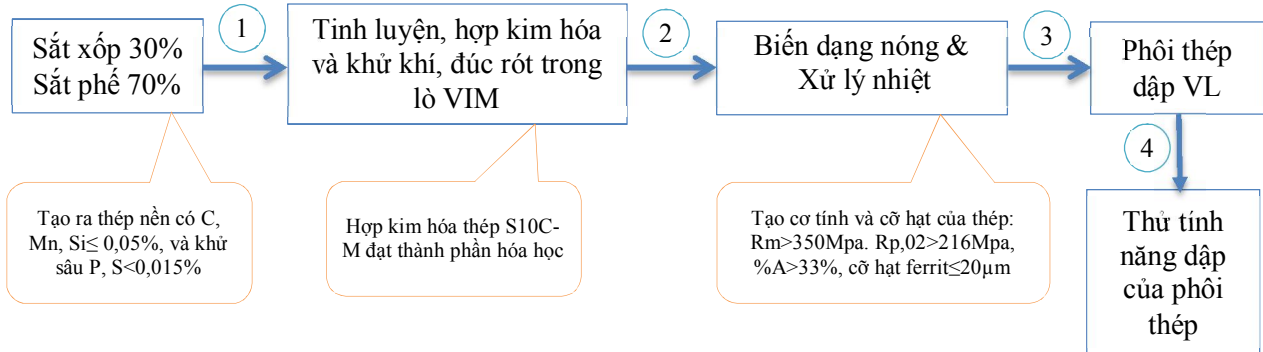
- Thép cán hoặc rèn dùng cho dập nguội



Hình 1. Tổ chức tế vi của thép mẫu dung chế tạo vỏ liều (theo mẫu thép nhập ngoại của Hàn quốc)

2.2. Công nghệ sản xuất thép S10C-M từ sắt xấp

Công nghệ sản xuất thép S10C-M từ sắt xấp được sử dụng theo hình 1 dưới đây:



Hình 2. Công nghệ sản xuất phôi thép S10C-M từ sắt xấp

Nấu luyện thép nền:

Sắt xấp là nguyên liệu sạch, thành phần ổn định, thành phần cacbon thấp tạo điều kiện thuận lợi cho luyện các mức thép cacbon thấp, hợp kim thấp, đồng thời, hàm lượng tạp chất (P, S) thấp có tác dụng cải thiện chất lượng thép, nâng cao tính dẻo. Ngoài ra, do hoàn nguyên nhiệt độ thấp, nên các nguyên tố quý (vi lượng) không bị mất đi, chúng tiếp tục có thể tồn tại trong thép nấu từ sắt xấp. Hiện nay, tồn tại các nguyên tố vi lượng nào có tác dụng làm thay đổi chất lượng thép còn chưa rõ, song có thể thấy, thép luyện từ sắt xấp luôn chứa một hàm lượng nhất định Bo~0,002%, Cu~0,03%. [1]

Thiết bị nấu luyện: Lò trung tần 300kg; Máy phân tích thành phần: Q4 TASMAN

Nguyên liệu: Sắt xấp chất lượng cao của công Mirex

Bảng 3. Thành phần phân thép nền nấu bằng sắt xấp

Mức thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al
Thép nền	0,046	0,052	0,036	0,012	0,010	0,18	0,06	0,02	0,019	0,01

Tinh luyện thép S10C-M trong lò VIM 300Kg.

Quá trình sản xuất thí nghiệm được thực hiện 2 mẻ nấu với lò tinh luyện chân không bán công nghiệp:

Lò cảm ứng chân không - VIM 300kg của công ty Mirex Cao bằng.

Khuôn đúc thổi: 02 khuôn

Máy phân tích thành phần kim loại: Q4 TASMAN

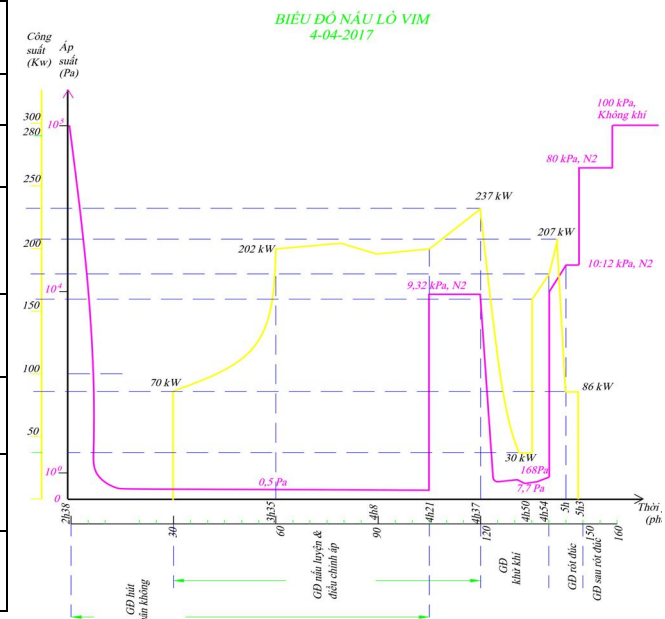
Thao tác rót đúc phôi với áp suất 12kPa, nhỏ hơn áp suất khí quyển 100kPa

Vị trí thực hiện: Xưởng chế tạo thép của Mirex tại Cao Bằng



Hình 3. Lò VIM 300kg của công ty Mirex và phôi thép đúc chân không trong lò

Giai đoạn	Công suất kW	Áp suất	Nhiệt độ thép, °C
Nấu luyện và điều chỉnh áp	70 ÷ 220	0,5 ÷ 0,8 Pa	
	203 ÷ 237	9,32 Pa	733 ÷ 1443
Hút chân không khử khí	30 ÷ 237	Min 7,7 Max 237	1442 ÷ 1660
Rót đúc trong chân không (Nạp khí N2 vào lò)	176 ÷ 207	10 kPa	1455
	86	12 kPa	
Giai đoạn sau rót đúc	0	80 kPa	
Mở cửa và tháo khuôn		100 kPa	



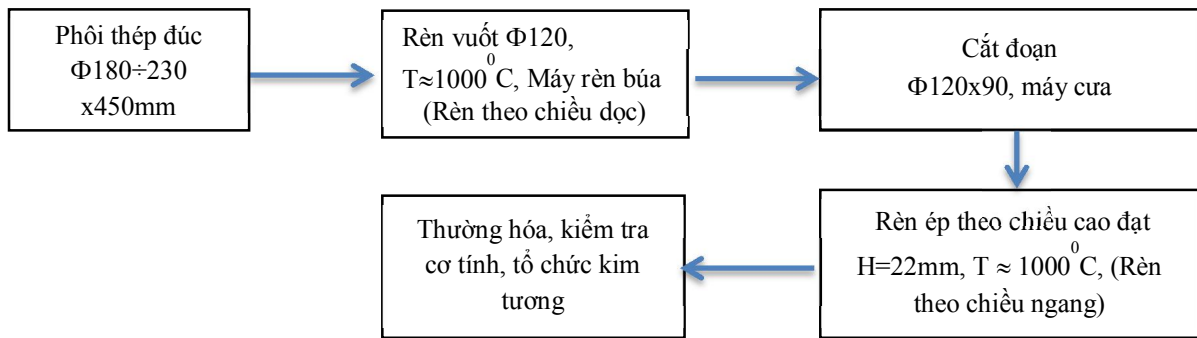
Hình 4. Các giai đoạn của tinh luyện trong lò VIM 300 Kg

Bảng 4. Thành phần hóa học của 02 mẻ thép sau khi tinh luyện và đúc rót trong lò VIM

Mác thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)									
	C	Si	Mn	Mo	P	S	Cu	Ni	Cr	Ni+Cr
S10C-M Tiêu chuẩn	0,08-0,13	0,20-0,35	0,40-0,55	0,015-0,03	≤ 0,015	≤ 0,015	≤ 0,3	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,35
S10C-M-1	0,112	0,266	0,487	0,018	0,012	0,011	0,119	0,159	0,219	
S10C-M-2	0,108	0,31	0,46	0,017	0,014	0,014	0,108	0,201	0,23	As<0,009

Biến dạng nóng và ủ phôi

Thép sau khi đúc thổi sẽ chuyển sang chặng rèn để tạo ra phôi thép có tổ chức và cơ tính phù hợp với phôi thép đầu vào dùng cho dập vỏ liềm. Thép đúc thổi hình côn có kích thước $\Phi 180 \div 230 \times 450$ mm có thành phần hóa học như bảng 4.



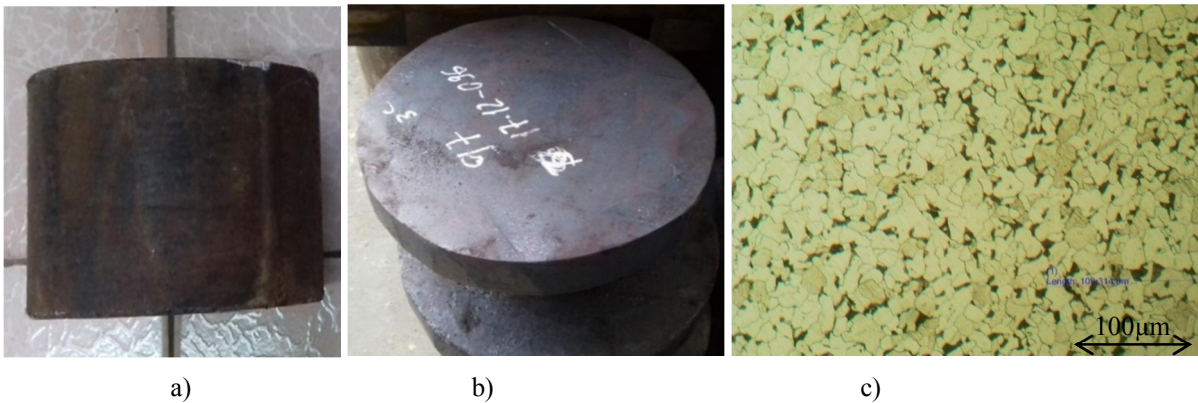
Hình 5. Quy trình công nghệ

Thỏi thép $\Phi 230 \div 180 \times 450$ được rèn vuốt theo đường kính thành thỏi thép $\Phi 120$, nhiệt độ rèn ở $1000 \pm 50^\circ\text{C}$, làm nguội tự nhiên sau khi rèn. Sau đó tiến hành kiểm tra tổ chức kim tương và cơ tính của thép.

Quá trình này là quá trình rèn sơ bộ để phá hủy tổ chức đúc của thép, tỷ số biến dạng

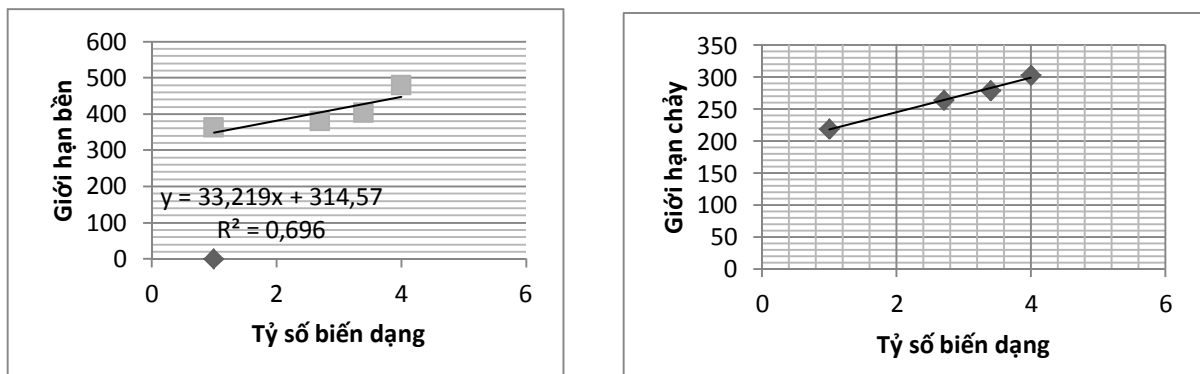
$$\varepsilon = \frac{D_1}{D_0} = \frac{230 \div 180}{120} \approx 1,9 \div 1,5 \text{ lần}$$

Phôi có chiều cao 90mm được rèn ép xuống chiều dày 22 ± 2 mm, tỷ số rèn 4 ($90/22 \approx 4$), tiến hành kiểm tra tổ chức kim tương và cơ tính của mẫu sau quá trình biến dạng.



Hình 6. Phôi và tổ chức của thép sau biến dạng và xử lý nhiệt

a) Phôi thép kích thước $\Phi 120 \times 90$; b) Đĩa thép rèn dày 22mm; c) Tổ chức kim tương của thép



Hình 7. Giới hạn bền và giới hạn chảy quan hệ với tỷ số biến dạng

Bảng 5. Cơ tính của thép S10C-M sau thường hóa

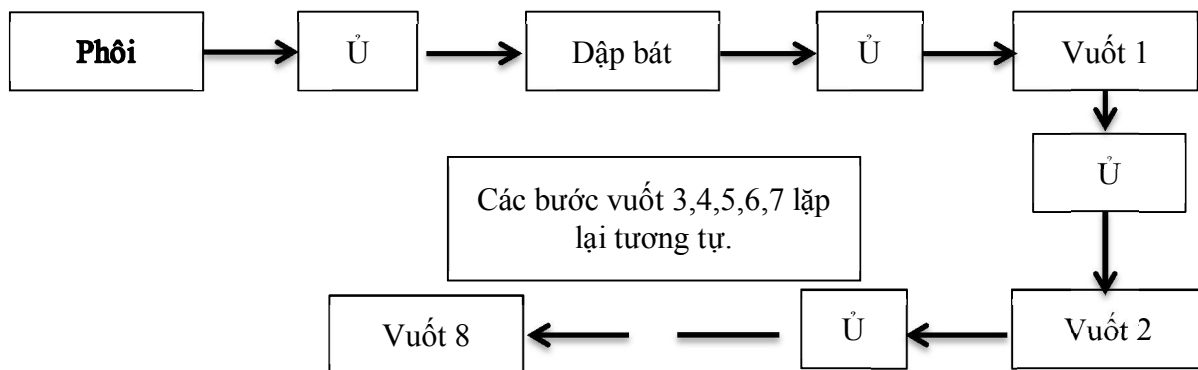
TT	Mẫu thép	Tỷ số rèn	Giới hạn chảy R_p Mpa	Giới hạn bền R_m Mpa	Độ giãn dài A, %	Tỷ số R_p/R_m , %
1	Mẫu sau khi rèn vuốt đến $\Phi 120\text{mm}$	1	219	303	32	72,3%
2	M-1	4,0	296	468	40,0	63,2%
	M-2	4,0	303	480	38,5	63,1%
	M-3	4,0	294	472	39,3	62,3%
	M-4	4,0	299	480	38,6	62,3%

Từ kết quả trên nhận thấy: Tổ chức tế vi của thép sau rèn gồm ferit và peclit, độ lớn hạt ferit < 20 μm . Tổ chức thép sau ủ là các hạt peclit nhỏ mịn phân bố xen kẽ giữa các hạt ferit. Phôi trước khi dập được thường hóa, cơ tính thép sau thường hóa đạt yêu cầu về cơ tính và tổ chức cho phôi đầu vào mác thép S10C-M dung cho sản xuất vỏ liều (xem bảng 5).

2.3. Thực nghiệm thử tính năng dập của thép (Hình 8)

Phôi thép kiểm tra đạt yêu cầu kỹ thuật, được đưa vào dây chuyền dập với 1 nguyên công dập bát, 8 nguyên công dập vuốt mỏng thành, 1 nguyên công dập tóp miệng, giữa các nguyên công là nguyên công ủ và xử lý bề mặt. Các nguyên công vuốt từ N1 đến N6 sử dụng hệ số biến dạng từ 32% giảm dần 27%, ủ ở 650 $^{\circ}\text{C}$, giới hạn bền sau ủ từ 320 lên đến 380MPa; sau biến dạng từ 450 đến 550MPa.

Từ 2 đến 3 nguyên công cuối, N6, N7 và N8 nhiệt độ ủ giảm xuống đến 380 - 400 $^{\circ}\text{C}$, giới hạn bền sau dập vuốt N7 tăng đến 700 - 760MPa; sau nguyên công N8, giới hạn bền đạt 800 - 900MPa, theo yêu cầu thiết kế.



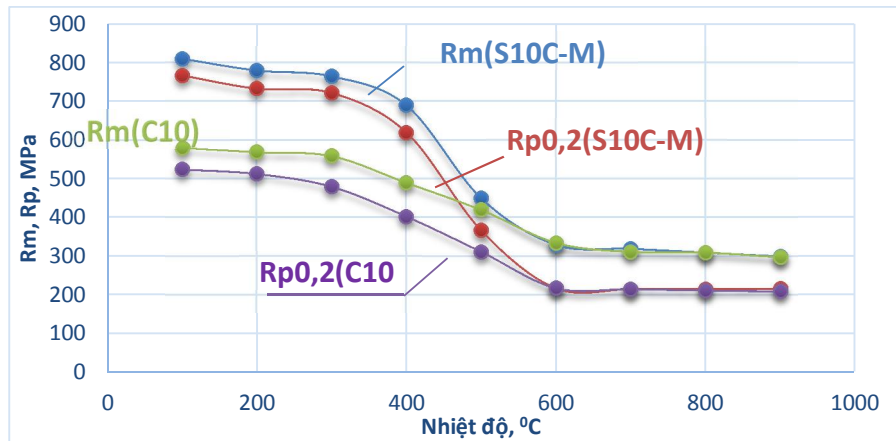
Hình 8. Sơ đồ lưu trình công nghệ dập vuốt vỏ liều [3]



Hình 9. Ảnh phôi sau các bước công nghệ dập thử

2.4. Nghiên cứu xác định nhiệt độ ủ trung gian

Trước các bước công dập, phôi trung gian đều được ủ để khử biến cứng nguội ở các nguyên công đầu và khử ứng suất ở các nguyên công tiếp theo. Nhiệt độ ủ trung gian có ảnh hưởng quyết định đến cơ tính cũng như chất lượng của bán thành phẩm ở nguyên công tiếp theo. Mục đích của việc xây dựng mối quan hệ giữa cơ tính của thép S10C-M và nhiệt độ để đảm bảo cho việc xác định được nhiệt độ ủ phù hợp trong từng chặng công nghệ. Trong bài này tác giả mới dừng lại ở việc khảo sát nhiệt độ ủ đến cơ tính của thép, thời gian ủ chưa có điều kiện khảo sát nên thời gian giữ nhiệt được chọn là 1 giờ.



Hình 10. Quan hệ giữa nhiệt độ ủ với cơ tính của thép; đường Rm(S10C-M), Rp(S10C-M) -giới hạn bền và giới hạn chảy mẫu thép S10C-M; đường Rm(C10), Rp(C10) -giới hạn bền và giới hạn chảy mẫu C10

Dùng hai mẫu thép S10C-M và C10 để so sánh. Chế độ ủ ở các nhiệt độ: 200⁰C, 300⁰C, 400⁰C, 500⁰C, 600⁰C, 700⁰C, 800⁰C, 900⁰C. Thời gian giữ nhiệt 60 phút. Kết quả xác định quan hệ của giới hạn bền, giới hạn chảy với nhiệt độ được trình bày ở hình 10.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả

Thành phần hóa học: Phôi thép S10C-M sau khi nấu và tinh luyện trong chân không có thành phần hóa học tương đương thép nhập khẩu của Hàn quốc đang được sử dụng tại nhà máy; Thành phần vi lượng Mo, Cr, Cu đều nằm trong phạm vi cho phép.

Tổ chức và cơ tính đầu vào đáp ứng chỉ tiêu kỹ thuật của vật liệu chế tạo sản phẩm;

Chế tạo thử 10 phôi thép, qua 8 bước dập và xử lý nhiệt không bị hỏng, 100% phôi đạt yêu cầu về hình dáng và kích thước.

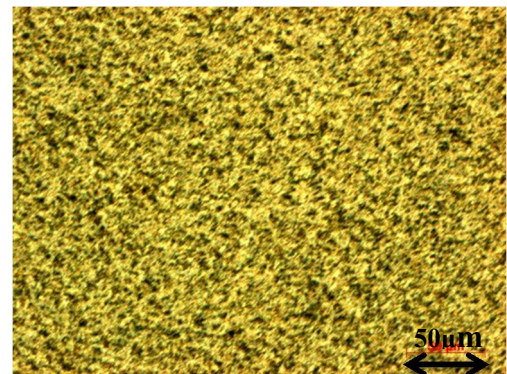
Cơ tính của sản phẩm sau khi tiến hành dập thử tại vị trí lấy mẫu kiểm tra tính từ mặt cắt miệng xuống (mm):

Giới hạn bền Rm, N/mm² = 872

Giới hạn chảy Rp, N/mm² = 765

Độ dẫn dài: A = 7,3

Cơ tính sau khi dập đạt chỉ tiêu kỹ thuật của sản phẩm.



Hình 11. Tổ chức thép ở bước dập cuối

3.2. Nguyên nhân kết quả

Mác thép được luyện và tinh luyện theo quy trình công nghệ tiên tiến (*Sử dụng công nghệ tinh luyện và đúc rót trong lò cảm ứng chân không*), các thành phần hóa học được khống chế chặt chẽ về trị số và sai số; tạp chất phi kim rất thấp, được khử khí trong lò chân không; do độ sạch tạp chất phi kim nên phân giới hạt sạch, tạo tiền đề cho biến dạng lan truyền từ hạt này sang hạt khác, làm tăng tính dẻo.

Phôi thép S10C-M được rèn và xử lý nhiệt tạo phôi đĩa dùng dập vỏ liều đạt tổ chức pha ferit có kích thước mịn làm độ bền tăng và tính dẻo cũng tăng, trên nền ferit, peclit nhỏ mịn và phân bố đều, làm được tác nhân cản trở chuyển động của lệch và tích tụ lệch, từ đó làm tăng bền và tăng dẻo.

Qua nghiên cứu xây dựng được mối quan hệ giữa cơ tính và nhiệt độ của thép, từ đó xác định được chế độ công nghệ phù hợp để đạt cơ tính mong muốn của sản phẩm; khi dập vượt các bước đầu, đã xử lý để có độ dẻo cao, đến các bước cuối, ủ ở nhiệt độ thấp hơn, giới hạn chảy cao hơn, giảm lượng biến dạng, như vậy sau vượt biến dạng, hóa bền tốt hơn và đạt được cơ tính theo yêu cầu thiết kế của sản phẩm.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh khả năng tạo được phôi thép đặc biệt, chất lượng cao theo tiêu chuẩn chuyên ngành, có thể tiếp cận được công nghệ tiên tiến và áp dụng vào trong điều kiện Việt Nam, tiến hành thử nghiệm được một sản phẩm đạt các chỉ tiêu kỹ thuật.

Đưa mác thép vào sản xuất loạt phôi dập vỏ liều đạn pháo và thử nghiệm khả năng đáp ứng yêu cầu chiến đấu của vỏ liều được nghiên cứu.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả cảm ơn sự giúp đỡ của Công ty Mirex Cao Bằng trong việc thực hiện các công đoạn nấu luyện, tinh luyện chân không, rèn phôi; Viện Công nghệ - Tổng cục CNQP trong thực việc kiểm tra tổ chức, cơ tính của thép; Nhà máy Z183 - Tổng cục CNQP trong việc thử nghiệm và đánh giá tính năng dập của thép trên các khuôn mẫu và trang bị công nghệ của nhà máy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Ngọc Linh, Phan Thanh Bình, Trần Văn Đoàn, Đinh Bá Trụ, “*Các kết quả nghiên cứu ứng dụng về sản xuất sắt xộp mirex và thép hợp kim*”, Hội nghị khoa học công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ 3, Đại học Công nghiệp Hà Nội, Hà Nội, 4/2013.
- [2]. Các tiêu chuẩn: *TCVN 197-85; GOCT 19281-73; GOCT 19282-73; GOCT 19282-73; GOCT 17066-80; TY 302.02.009-89; TY 14-1-2376-78.*
- [3]. *Development of 30mm thinwall steel cartridge case*, Contractor Report ARCCD-CR-93005, AD-A273 235.
- [4]. M. F. Shi, J. C. Gerdeen, *A Theoretical study of the ironing process in sheet metal*
- [5]. *Military Standards. MIL-STD-129. MIL-STD-163. MIL-STD-129 ...E290 Test Methods for Bend Testing of Material for Ductility.*
- [6]. *Military handbook manufacture of projectiles, projectiles components, and cartridge case for Artillery, Tank main armament, and Mortars, MIL-HDBK-756(AR)*, April 1991.
- [7]. M. F. Shi, J. C. Gerdeen, *A Theoretical study of the ironing process in sheet metal forming*, Journal of Materials Shaping Technology, 1989, Volume 7, Issue 4, pp 203–211.
- [8]. Patent US5130207 Thin wall steel cartridge cases, 1992.
- [9]. William R. Hammer, “*Evaluation of steel cartridge case for use with 76mm/62 caliber ammunition*”, October 1975.