

thành tựu của thép AHSS mà trong nước chưa được nghiên cứu, dùng để chế tạo các chi tiết dạng ống thành mỏng cần độ bền cao trong quân sự bằng cách kết hợp giữa hàn hòa giữa biến dạng và xử lý nhiệt. Các quy luật cũng như các bộ TSCN tìm được cùng các kiểm chứng thực tế tại nhà máy Z183 cho thấy kết quả nghiên cứu đã đáp ứng được mục tiêu của Luận án đề ra.

II. Những đóng góp mới của luận án

1. Đã nấu luyện được mác chế tạo vỏ liều đạn pháo bằng công nghệ và vật tư trong nước.

2. Đã xây dựng được các quy luật quan hệ giữa biến dạng và xử lý nhiệt của mác thép song pha các bon thấp với các thuộc tính bền và dẻo của thép.

3. Trên cơ sở thực nghiệm khoa học, đã tìm được các bộ TSCN biến dạng và xử lý nhiệt phù hợp đến các chỉ tiêu cơ tính của thép, được kiểm chứng tin cậy. Kết quả nghiên cứu mở ra hướng công nghệ mới bằng kết hợp giữa biến dạng và xử lý nhiệt song pha (xử lý nhiệt tiên tiến) trong việc chế tạo một số sản phẩm có độ bền cao trong quốc phòng bằng công nghệ dập vuốt có biến mỏng thành hoặc các bằng công nghệ biến dạng tương tự khác.

III. Những vấn đề cần nghiên cứu tiếp

Bên cạnh nhóm thép dập sâu hợp kim thấp được dùng phổ biến trong quân sự còn có nhóm thép dập sâu có hàm lượng hợp kim cao (Cr và Ni cao) đặc biệt, cũng được dùng và sử dụng công nghệ biến dạng để chế tạo các loại thân vỏ động cơ, vỏ đạn phản lực tăng tầm, vỏ tên lửa tầm xa... Vì vậy cần nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của biến dạng và xử lý nhiệt trên các mác này để ứng dụng trong quân sự cũng như mở ứng dụng trong dân dụng.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Các chi tiết dạng ống thành mỏng như vỏ liều đạn pháo, vỏ đạn phản lực, vỏ động cơ tên lửa tầm gần... là những chi tiết cần độ bền cao có sự ảnh hưởng rất lớn đến sức mạnh chiến đấu của Quân đội. Thép chế tạo chúng là các mác thép dập sâu đặc biệt, việc nhập khẩu chúng chịu nhiều rào cản. Công nghệ chế tạo trong nước còn nhiều hạn chế, chưa đạt được độ bền cũng như độ dẻo, nhiều chủng loại chưa được nghiên cứu vì thiếu cả nguồn nguyên vật liệu cũng như định hướng công nghệ.

Từ cuối thế kỷ 20, do công nghệ luyện kim phát triển dẫn đến sự ra đời nhóm thép độ bền cao tiên tiến - AHSS trong đó có thép song pha. Các phối thép song pha đã bước đầu được nghiên cứu trong nước, bằng cách nấu luyện từ sắt xốp và tinh luyện trong lò chân không, có khả năng ứng dụng trong chế tạo một số chi tiết trong quân sự như vỏ liều đạn pháo, vỏ đạn phản lực... Do ảnh hưởng của thông số công nghệ (TSCN) **biến dạng** và **xử lý nhiệt** trong công nghệ có tính quyết định đến tổ chức và cơ tính của thép, nên việc xác lập các quy luật ảnh hưởng của chúng đối với thép trong nước là thực sự cấp thiết, qua đó giúp giải quyết được vấn đề công nghệ hiện nay; đưa vật liệu này vào trong sản xuất Quốc phòng, đảm bảo tự chủ một phần vật tư thiết yếu cho Quân đội.

2. Mục tiêu của luận án

Xác lập một số quy luật quan hệ giữa chỉ tiêu cơ tính, trọng tâm là tính bền và tính dẻo của thép song pha các bon thấp với TSCN **biến dạng** và **xử lý nhiệt** thông qua các đặc trưng tổ chức tế vi của thép, làm cơ sở cho việc xây dựng và làm chủ công nghệ chế tạo các ống thành mỏng bằng dập vuốt biến mỏng thành hoặc bằng công nghệ biến dạng tương tự khác.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Các quy luật và các TSCN ảnh hưởng của mức độ biến dạng với xử lý nhiệt, dùng để chế tạo các chi tiết dạng ống dài có thành mỏng chịu áp lực cao trong quân sự (lấy vỏ liều đạn pháo làm đại diện) với mác thép khảo sát là mác thép song pha các bon thấp.

Phạm vi nghiên cứu chính: Nghiên cứu quá trình biến dạng và xử lý nhiệt trong giai đoạn dập vuốt mỏng thành, từ sau nguyên công dập bát đến hết nguyên công dập vuốt tạo đủ chiều dài (cao) của ống, có khả năng chịu áp lực bền trong cao với giới hạn bền từ 800 ÷ 1000 MPa.

4. Phương pháp nghiên cứu

Kết hợp nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm (QHTN) để thiết kế thí nghiệm và thực nghiệm xác định được các bộ số liệu cần thiết, đủ để xây dựng các quy luật, các hàm hồi quy được đánh giá theo chuẩn thống kê, đảm bảo chính xác và tin cậy về mối quan hệ giữa mức độ biến dạng và xử lý nhiệt với tổ chức và cơ tính của thép.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Các quy luật quan hệ giữa TSCN với các thuộc tính cơ học được rút ra từ nghiên cứu đóng góp một phần vào thành tựu nghiên cứu về thép AHSS - song pha. Phương pháp và kết quả nghiên cứu góp phần làm rõ các cơ sở khoa học về hóa bền và tăng dẻo bằng công nghệ tiên tiến - biến dạng và xử lý thép song pha, để thu được thép vừa bền vừa dẻo.

Kết quả nghiên cứu làm nền tảng khoa học cho việc thiết lập các quy trình công nghệ chế tạo các loại vỏ liều đạn pháo hoặc chế tạo các ống thành mỏng vừa có độ bền cao, vừa có độ dẻo tốt trong quân sự.

Chương 1. TỔNG QUAN CÔNG NGHỆ VÀ THÉP DẬP SÂU CHẾ TẠO CHI TIẾT DẠNG ỐNG THÀNH MỎNG CÓ ĐỘ BỀN CAO TRONG QUÂN SỰ

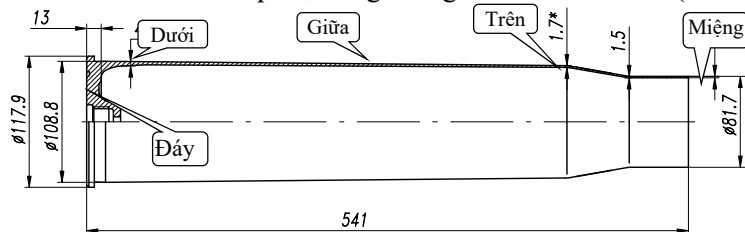
1.1. Tổng quan về công nghệ chế tạo các chi tiết dạng ống thành mỏng có độ bền cao trong quân sự

1.1.1. Các đặc điểm của sản phẩm

Thép dập sâu được dùng để chế tạo vỏ liều đạn pháo, ống phóng, vỏ đạn phản lực, các bình cao áp...

a) Vỏ liều đạn pháo và ống phóng

Vỏ liều đạn pháo khi làm việc phải chịu tải trọng xung của áp lực khí thuốc ở nhiệt độ cao với áp suất lớn ($P_{max} \geq 300$ MPa). Độ bền vỏ liều thường từ 800 ÷ 900 MPa, song phải đảm bảo có độ dẻo nhất định (độ giãn dài trên 6% để đảm bảo cho chỉ số hấp thụ năng lượng $PSE \geq 5000$ MPa (Hình 1.1).



Hình 1.1. Vỏ liều đạn pháo

KẾT LUẬN CHUNG

I. Những kết quả chính của Luận án

1. Đã tổng quan về công nghệ và thép dập sâu đặc biệt chế tạo các chi tiết có độ bền cao trong quân sự. Trên cơ sở phân tích các đặc điểm về thành phần, tổ chức và cơ tính thép song pha cho thấy có thể sử dụng thép song pha các bon thấp chế tạo các sản phẩm quân sự, trong đó có vỏ liều đạn pháo.

2. Từ nghiên cứu các thành tựu KHCN thế giới và trong nước, Luận án đã xác định phạm vi mác thép song pha các bon thấp dùng dập vỏ liều đạn pháo và luyện được mác thép từ sắt xốp và tinh luyện chân không (0,11C-0,3Si-0,45Mn-0,2Mo-0,04Al-0,15Cu-0,2Ni-0,2Cr-0,013P-013S) đạt yêu cầu tiêu chuẩn thép quân sự.

3. Trên cơ sở bộ số liệu thực nghiệm đã xác định đủ tin cậy, Luận án đã xây dựng được các hàm hồi quy biểu diễn quy luật quan hệ giữa cơ tính (R_p , R_m , A_{50} , R_p/R_m , PSE) với hai TSCN “biến dạng - xử lý nhiệt” và ba TSCN “biến dạng - xử lý nhiệt - biến dạng” của thép nghiên cứu và biểu diễn chúng dưới dạng các biểu đồ, các đồ thị để làm cơ sở kiểm soát và điều khiển cơ tính thép. Từ đó, đã tìm được các bộ TSCN cần thiết cho từng ứng dụng cụ thể:

- Với quan hệ giữa 2 TSCN:

+ Vùng tối ưu độ bền có TSCN: ($\Delta S_T = 65 \div 70$ %, $T = 820 \div 830$ °C). $R_m \geq 700 \div 750$ MPa, $A_{50} = (16 \div 18)$ %, $R_m/R_p \leq 0,7$, $PSE = 11.200 \div 14.250$ MPa%, dùng chế tạo các chi tiết vừa bền vừa dẻo cao;

+ Vùng tối ưu độ dẻo có TSCN: ($\Delta S_T = 65 \div 70$ %, $T = 740 \div 760$ °C). $A_{50} \geq 20$ %, $R_m \geq 528$ MPa, $R_p/R_m \approx 0,66$, có thể dùng xử lý nhiệt trung gian.

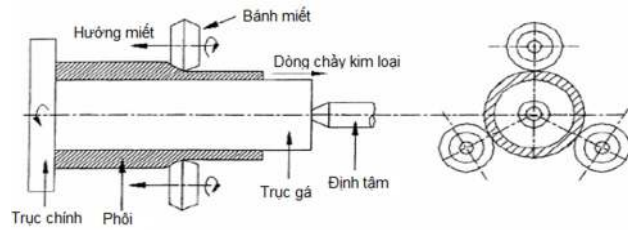
- Với quan hệ giữa 3 TSCN:

+ Vùng 1: TSCN ($\Delta S_T \geq 60$ %; $T \geq 780$ °C; $\Delta S_S \geq 20$ %), $R_p \geq 740$ MPa và $R_m \geq 860 \div 950$ MPa, $A_{50} = (6 \div 8)$ %, $R_m/R_p = (0,87 \div 0,9)$, $PSE = 5.100 \div 6.200$ MPa%, dùng chế tạo các chi tiết ưu tiên cao nhất về độ bền cao;

- Vùng 2: TSCN ($\Delta S_T \geq 60$ %; $T = 760 \div 780$ °C; $\Delta S_S \geq 15$ %), $R_p \geq 700 \div 740$ MPa, $R_m \geq 800 \div 860$ MPa; $A_{50} = 7,5 \div 10$ %, $R_m/R_p = 0,80 \div 0,86$, $PSE = 6.200 \div 7.200$ MPa% dùng chế tạo các chi tiết có độ bền cao và đảm bảo độ dẻo tốt.

Các kết quả nghiên cứu đã làm rõ hơn cơ sở khoa học của công nghệ chế tạo vỏ liều đạn cỡ bé hiện tại cũng như là cơ sở để xây dựng QTCN mới chế tạo vỏ liều đạn pháo 76 mm.

4. Kết quả nghiên cứu đã tìm ra công nghệ mới theo hướng ứng dụng các



Hình 4.19. Sơ đồ công nghệ miết vỏ động cơ tên lửa nhiên liệu rắn

Ngoài các ứng dụng trong chế tạo các chi tiết dạng ống có thành mỏng, kết quả nghiên cứu có thể được ứng dụng trong sản xuất các phôi tâm có độ bền cao phục vụ cho ngành đóng tàu Quân sự, trong sản xuất các vỏ xe bọc thép và thiết giáp... mà hiện tại chúng ta đang phải nhập khẩu.

4.7. Kết luận chương 4

1. Kết quả nghiên cứu khẳng định thép có chất lượng thành phần đủ đáp ứng thép dập vỏ liều. Nếu chỉ qua hóa bền biến cứng nguội chỉ phù hợp yêu cầu cơ tính vỏ liều đạn cỡ bé, nếu áp dụng thêm hiệu ứng hóa già biến dạng có thể cải thiện thêm độ bền trung bình khoảng 30 MPa

2. Thép sau khi biến dạng và được xử lý nhiệt song pha có tổ chức hạt nhỏ mịn, các chỉ tiêu về độ bền và độ dẻo đều đạt khá cao, đủ để thép có thể biến dạng tạo hình tiếp theo để đạt độ bền trên 900 MPa.

3. Các vùng TSCN tìm được cho phép dùng trong: xử lý nhiệt trung gian; chế tạo các chi tiết vừa bền vừa dẻo (R_m 700 ÷ 750 MPa và A_{50} 16 ÷ 19 %); chế tạo chi tiết có độ bền cao (R_m từ 800 ÷ 860 MPa) với độ dẻo khá cao (A_{50} 8 ÷ 10 %); hoặc chế tạo các chi tiết có độ bền (860 ÷ 950) MPa nhưng vẫn đảm bảo độ dẻo nhất định cho kết cấu chịu lực.

4. Các kiểm chứng trên mác thép chế tạo vỏ thân R122 của Việt Nam và của Nhật cho kết quả phù hợp với quy luật tìm được.

5. Kết quả có thể đưa ra dự đoán công nghệ cho các loại sản phẩm khác nhau. Kết quả cũng được dùng để tối ưu QTCN chế tạo vỏ liều đạn 76 mm đang triển khai nghiên cứu trong CNQP.

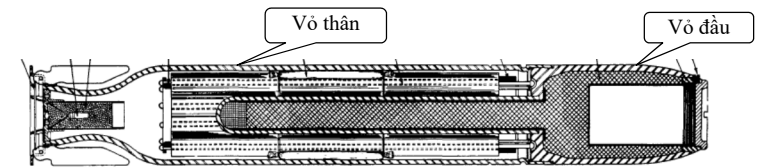
Bảng 1.1. Giới hạn bền và độ giãn dài tại các vị trí trên vỏ đạn 76 mm

TT	Vị trí mẫu cắt mẫu	R_m , MPa	A, %	Chiều dày mẫu (mm)	PSE (MPa%)
1	Giữa	687 ÷ 785	≥ 6,5	2,12 ± 0,10	≥ 5000
2	Dưới	765 ÷ 834	≥ 6,0	2,50 ± 0,10	≥ 5000
3	Đáy	550 ÷ 650	10-12	Φ5	≥ 6000

Các ống phóng hoạt động tương tự như vỏ liều đạn pháo, chúng cũng chịu áp lực khí thuốc dạng xung áp để dẫn đầu đạn hoặc tên lửa bay ra khỏi nòng.

b) Vỏ đạn phản lực, vỏ động cơ tên lửa tầm gần

Vỏ thường có độ dày thành mỏng để bay xa nhưng vẫn phải đảm bảo bền để ổn định thân vỏ khi bay với tốc độ cao và gia tốc lớn.



Hình 1.2. Kết cấu đạn phản lực 4.5'' M9 có vỏ thân liền động cơ của Mỹ

Một số vỏ động cơ tên lửa tầm gần cũng có kết cấu ống mỏng với độ bền cao (>1000 MPa) và độ dẻo lớn (độ giãn dài thường trên 10 %) (Bảng 1.3).

Bảng 1.2. Cơ tính của vỏ động cơ tên lửa chế tạo từ thép các bon thấp

STT	Theo chiều dọc thân vỏ	Theo chiều ngang thân vỏ
R_m , MPa	≥ 1080	≥ 1020
R_p , MPa	≥ 930	≥ 850
A_{50} , %	10	10
Độ cứng, HB	290 ÷ 360	290 ÷ 360

Lựa chọn vật liệu để có hệ số K_{IC} (độ dai phá hủy) cao là một trong những ưu tiên để đảm bảo bền kết cấu các dạng chi tiết làm việc trong điều kiện tải trọng lớn, đột ngột.

K_{IC} được tính theo công thức:

$$K_{IC} = 1.1 R_m \sqrt{\frac{\pi a}{\left(\varphi^2 - 0.212 \left(\frac{R_m}{R_p}\right)^2\right)}} \quad (1.1)$$

Trong đó: a và φ là các hệ số thể hiện đặc trưng hình học của mẫu thử và kích thước vết nứt (vết lõm).

Để có hệ số K_{IC} cao, vật liệu phải có giới hạn bền - R_m cao và tỷ số R_p/R_m thấp, hay nói cách khác, ngoài yêu cầu về độ bền cao, vật liệu chế tạo chúng cũng phải đảm bảo có độ dẻo tốt.

1.1.2. Tổng quan về công nghệ chế tạo

Dập vuốt là công nghệ trung tâm chủ yếu được dùng để chế tạo, các công nghệ khác như miết ống hoặc kéo ống có biến mỏng thành cũng được sử dụng song không phổ biến bằng dập vuốt.

a) Công nghệ chế tạo vỏ liều đạn pháo

Vỏ liều đạn pháo là chi tiết được sản xuất với số lượng lớn và thường chỉ dùng một lần. Nhiều nước trên thế giới đã sử dụng thép chế tạo thành công các loại vỏ liều đạn pháo, song các công bố về công nghệ rất ít. Do kết cấu dạng ống, một đầu kín với đáy dày hơn thành (Hình 1.1) nên dập vuốt là công nghệ chủ đạo và gần như duy nhất dùng trong chế tạo vỏ liều.

b) Công nghệ chế tạo vỏ đạn phản lực

Hiện nay, việc nghiên cứu chế tạo các loại đạn phản lực trong quân đội còn hạn chế, đặc biệt là các loại đạn phản lực tăng tầm thế hệ mới, chưa được triển khai.

Công nghệ chế tạo trong nước:

- Mới sản xuất ổn định đối với các vỏ liều cỡ nhỏ bằng thép (≤ 23 mm).
- Chưa tích hợp sử dụng đa cơ chế hóa bền như kết hợp giữa hóa bền chuyển biến pha, hóa bền hạt nhỏ và biến cứng nguội, mới chủ yếu sử dụng hóa bền biến cứng nguội.
- Chưa chế tạo được ổn định được các vỏ liều đạn pháo cỡ lớn đạt $R_m \geq 900$ MPa, $A \geq 6\%$ và $PSE \geq 5000$ MPa%.

1.2. Tổng quan thép dập sâu chế tạo chi tiết có độ bền cao trong quân sự

1.2.1. Thép dập sâu

Thép dập sâu dùng cho để dập vuốt, yêu cầu độ giãn dài tương đối $A \geq 18\%$ và tỷ số $R_p/R_m \leq 0,65$.

1.2.2. Thép các bon thấp và thép hợp kim thấp độ bền cao

1.2.3. Một số thép các bon thấp dùng trong quân sự

Là các mác thép đặc biệt (10ГNA, 10B22, 15CD6, HP9-4-20....)

1.2.4. Đặc điểm của thép chế tạo các chi tiết có độ bền cao trong quân sự

- Thuộc họ thép CMnSi với thành phần 3 nguyên tố này thường có phạm vi hẹp hơn so với mác thép thông thường, luôn tồn tại các nguyên tố vi lượng (Al, B, Mo, Nb, Ti, V...) với hàm lượng rất nhỏ nhưng lại có ý nghĩa đảm bảo cho tính ứng dụng cụ thể và có độ sạch tạp chất cao ($P, S \leq 0,015\%$).

1.2.5. Nghiên cứu trong nước về thép dập sâu trong quốc phòng

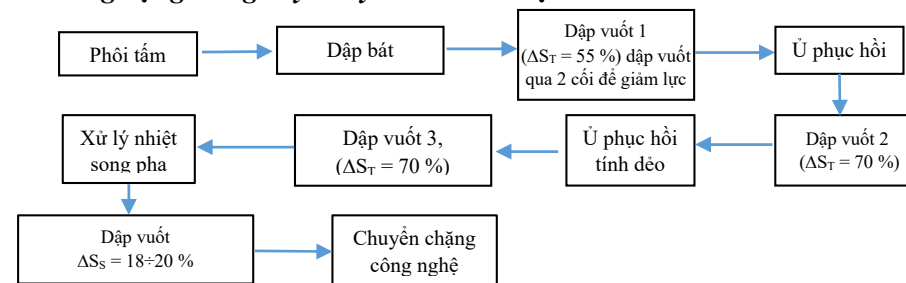
4.5. Kiểm tra tính phổ quát của quy luật

Bảng 4.2. Cơ tính thép ở các vùng TSCN và cơ tính vỏ động cơ nhiên liệu rắn tầm gần của Mỹ và cơ tính của một số thép hợp kim cao

STT	Thép	TSCN dùng để kiểm chứng	Cơ tính				
			R_m (MPa)	R_m (MPa)	A (%)	R_m / R_p	PSE (MPa%)
1	10ГHA	$\Delta S_T = 70\%$; $T = 820^\circ C$; $\Delta S_S = 20\%$	1037	945	6,1	0,91	6.326
2		$\Delta S_T = 70\%$; $T = 760^\circ C$; $\Delta S_S = 20\%$	981	830	9,8	0,85	9.613
3	SCM 415	$\Delta S_T = 70\%$; $T = 760^\circ C$; $\Delta S_S = 20\%$	1023	829	12,8	0,81	13.094
4	Vỏ động tên lửa nhiên liệu rắn tầm gần		≥ 1080	≥ 930	10	0,86	≥ 10.080
5	30XГCA-ГОСТ 11269-76 (tôi $880^\circ C$, ram $500^\circ C$)		1100	850	10	0,78	11.000

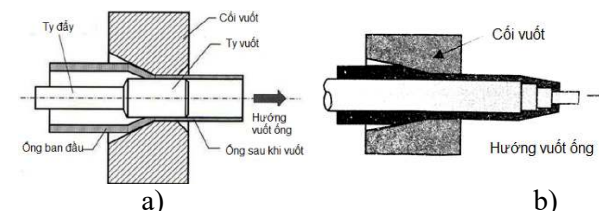
4.6. Ứng dụng trong sản xuất quốc phòng

4.6.1. Ứng dụng trong dây chuyền sản xuất đạn cỡ lớn

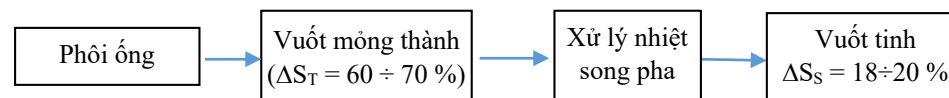


Hình 4.16. Sơ đồ công nghệ mới chế tạo vỏ liều đạn pháo cỡ lớn

4.6.2. Ứng dụng trong vỏ đạn phản lực R122 hoặc các chi tiết dạng ống có độ bền cao khác trong quân sự

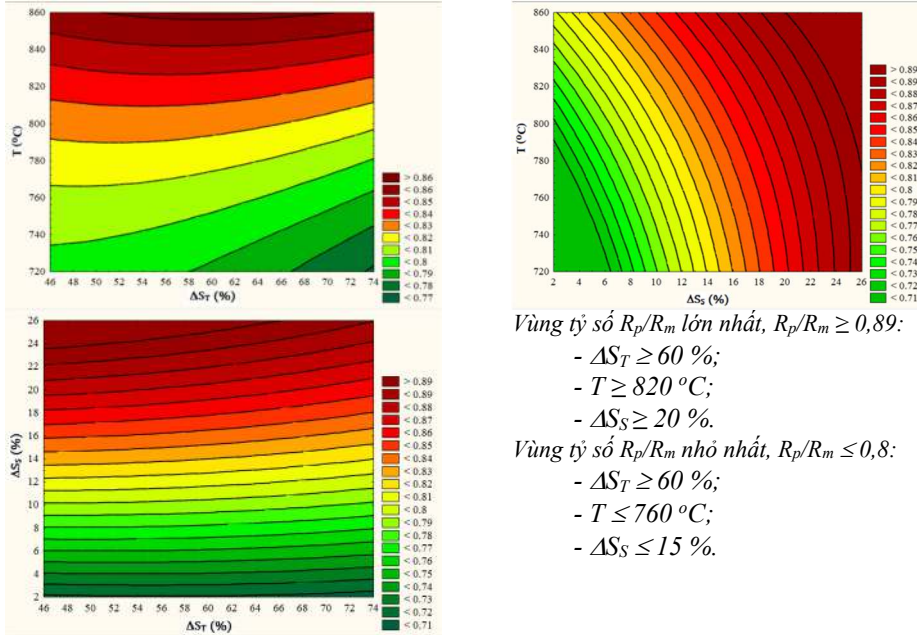


Hình 4.17. Công nghệ vuốt có biến mỏng thành ống: a) có thu nhỏ đường kính trong; b) không thay đổi đường kính trong



Hình 4.18. Sơ đồ công nghệ vuốt ống có biến mỏng thành từ phôi ống

$(PSE)_{\max} = 9.398 \text{ MPa}\%$, $(\Delta S_T = 65\%; T = 740,088 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta S_S = 6 \text{ } \%)$;
 $(PSE)_{\min} = 5.304 \text{ MPa}\%$, $(\Delta S_T = 52,7\%; T = 830 \text{ }^\circ\text{C}; \Delta S_S = 22 \text{ } \%)$.



Vùng tỷ số R_p/R_m lớn nhất, $R_p/R_m \geq 0,89$:

- $\Delta S_T \geq 60 \text{ } \%$;
- $T \geq 820 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\Delta S_S \geq 20 \text{ } \%$.

Vùng tỷ số R_p/R_m nhỏ nhất, $R_p/R_m \leq 0,8$:

- $\Delta S_T \geq 60 \text{ } \%$;
- $T \leq 760 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\Delta S_S \leq 15 \text{ } \%$.

Hình 4.15. Quan hệ giữa tỷ số R_p/R_m với TSCN.

- Chỉ tiêu bền tỉ lệ thuận với các TSCN. Độ giãn dài luôn tỉ lệ nghịch với

ΔS_S và T và tỉ lệ thuận với ΔS_T .

- ΔS_T có giá trị càng cao (50 -70%), độ bền và độ dẻo càng cao.

- Chỉ tiêu dẻo luôn tỉ lệ nghịch với ΔS_S và T và tỉ lệ thuận với ΔS_T .

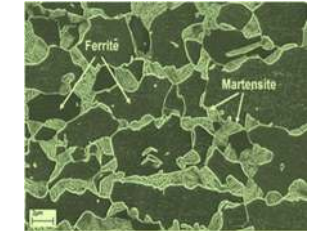
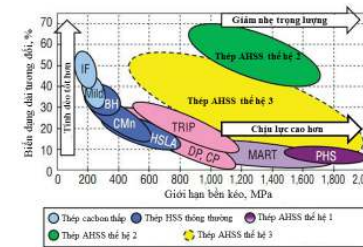
Bảng 4.1. Cơ tính của thép ở các vùng TSCN với cơ tính các sản phẩm hiện có

STT	TSCN		R_m (MPa)	R_p (MPa)	A (%)	R_m/R_p	PSE (MPa%)
1	Vùng 1	$\Delta S_T \geq 60 \text{ } \%$; $T \geq 780^\circ\text{C}$; $\Delta S_S \geq 20 \text{ } \%$.	860 ÷ 950	740 ÷ 880	6 ÷ 8	0,87 ÷ 0,9	5.100 ÷ 6.200
2	Vùng 2	$\Delta S_T \geq 60 \text{ } \%$; $T \geq 760 \div$ $780 \text{ }^\circ\text{C}$; $\Delta S_S \geq 15 \text{ } \%$.	800 ÷ 860	700 ÷ 740	7,5 ÷ 10	0,80 ÷ 0,86	6.200 ÷ 7.200
3	Vỏ liêu đạn Nga		836	747	6	0,89	≥ 5.000
4	Vỏ liêu chế tạo trong nước từ thép Hàn Quốc (2017)		812	758	4.8	0,93	≈ 4.000
5	Vỏ đầu đạn phản lực R122 được chế tạo từ thép trong nước		780	726	5	0,93	≈ 4.000

Các nghiên cứu chế tạo phôi thép dùng cho chế tạo vỏ liêu và các chi tiết chịu áp lực khí thuốc mới được quan tâm trong những năm gần đây.

1.3. Thép dập sâu AHSS và thép song pha

Từ cuối thế kỷ 20, do công nghệ hoàn nguyên trực tiếp sắt DRI phát triển đã tạo ra nhóm thép độ bền cao tiên tiến AHSS trong đó có thép song pha.



Hình 1.3. Quan hệ giữa giới hạn bền và độ giãn dài của thép AHSS 3 thế hệ

Hình 1.4. Tổ chức tế vi của thép song pha

1.3.1. Thành phần hóa học và tổ chức tế vi của thép song pha

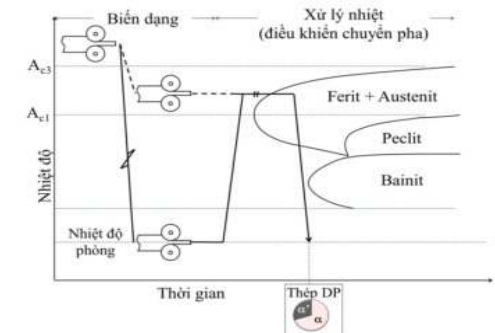
Thép song pha thuộc họ thép CMnSi, C từ 0,06 ÷ 0,2 %, Mn < 2 %, 0,25 ÷ 1,0 %Si, thành phần hóa học của thép có sự giao thoa với thép dập sâu trong quân sự như thép dập vỏ liêu, thép dập vỏ đạn phản lực... Thép song pha có tổ chức hai pha gồm pha nền α và pha rắn α' (Hình 1.4)

1.3.2. Các ưu điểm của thép song pha

- Thay đổi độ bền và độ dẻo bằng điều khiển tỷ phần pha và độ hạt các pha, giới hạn bền có thể điều khiển được từ 600 ÷ 1200 MPa
- Tỷ số R_p/R_m thấp vì vậy thuận lợi cho quá trình tạo hình cũng như dập sâu.
- Hệ số biến cứng n lớn nên có ý nghĩa quan trọng đối với tính công nghệ của dập vuốt nguội.

1.3.3. Công nghệ sản xuất thép song pha

Cán nguội → Nung lên vùng 2 pha → làm nguội nhanh. Công nghệ này tương tự như công nghệ dập vuốt biến mỏng thành (biến dạng + xử lý nhiệt).



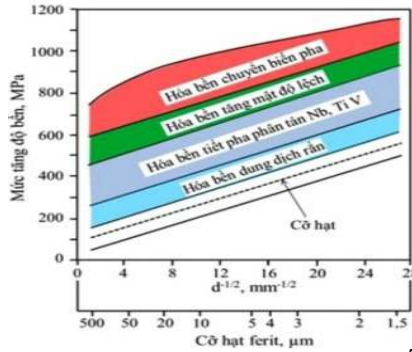
Hình 1.5: Sơ đồ sản xuất thép DP

1.4. Kết luận chương 1

1. Trong quân sự có rất nhiều chi tiết dạng ống thành mỏng được chế tạo từ thép dập sâu như vỏ liều đạn pháo vỏ đạn phản lực..., nhưng lại chịu tải rất cao nên yêu cầu cao về độ bền cũng như đảm bảo về độ dẻo. Dập vuốt là công nghệ trung tâm được sử dụng nhiều nhất trong quá trình chế tạo, trong đó ảnh hưởng của **mức độ biến dạng** và **xử lý nhiệt** có tính quyết định đến cơ tính của sản phẩm.

Chương 2. LÝ THUYẾT ĐỘ BỀN VÀ BIẾN DẠNG THÉP SONG PHA

Cơ tính đặc thù của thép song pha có được do trong quá trình chế tạo thép đã vận dụng tích hợp một số lý thuyết độ bền, độ dẻo (hóa bền hạt nhỏ, chuyển biến pha, ...) vào trong sản phẩm. Việc vận dụng được các lý thuyết này vào thép song pha là do đổi mới công nghệ luyện kim

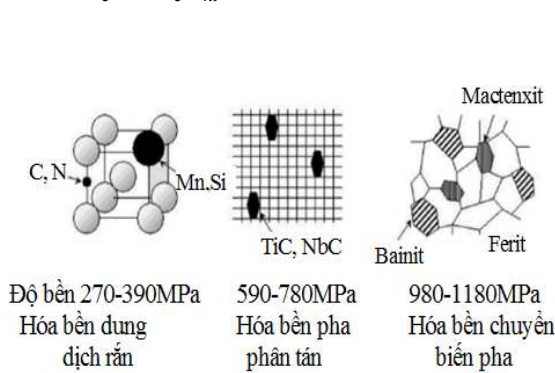


Hình 2.1. Đóng góp của các cơ chế hóa bền đến độ bền của thép

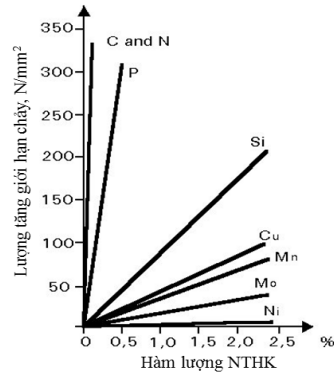
2.1. Nguyên lý hóa bền nhờ TPHH trong thép song pha

2.1.1. Hóa bền pha α bằng các nguyên tố hợp kim C, Mn, Si

Giới hạn chảy (σ_c) của vật liệu tinh thể quan hệ với nồng độ nguyên tử hòa tan (c): $\sigma_c = K_c \cdot c_{nt}$ (2.1)



Hình 2.2. Một số cơ chế hóa bền sử dụng trong thép song pha



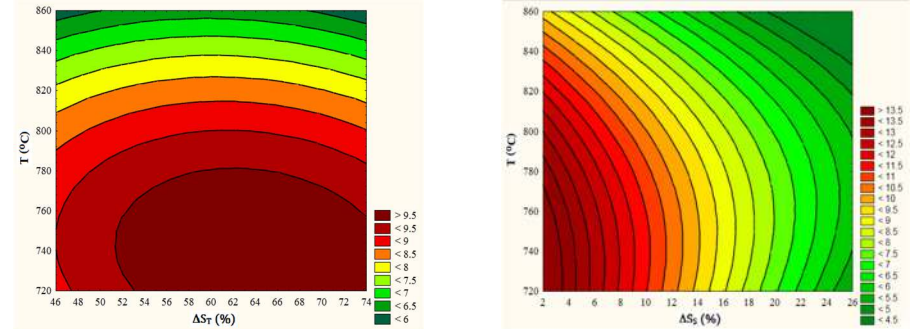
Hình 2.3. Ảnh hưởng của nguyên tố hợp kim đến ứng suất chảy của ferit

- Vùng 1, có TSCN: ($\Delta S_T \geq 60\%$; $T \geq 780^\circ C$; $\Delta S_S \geq 20\%$), khi đó $R_p \geq 740$ MPa và $R_m \geq 860 \div 950$ MPa, đây là vùng với chỉ tiêu bền cao nhất.

- Vùng 2, có TSCN ($\Delta S_T \geq 60\%$; $T = 760 \div 780^\circ C$; $\Delta S_S \geq 15\%$), khi đó $R_p \geq 700 \div 740$ MPa và $R_m \geq 800 \div 860$ MPa, đây là vùng với chỉ tiêu bền cao đồng thời có chỉ tiêu dẻo tốt. Khi lựa chọn các TSCN trong vùng 1 và vùng 2 phải đảm bảo, nếu thông số này ở cận dưới thì các thông số còn lại phải nằm ở cận trên và ngược lại.

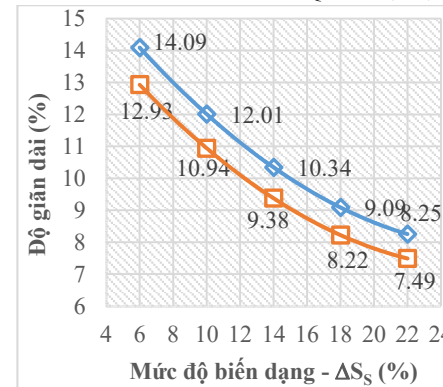
4.4.2. Ảnh hưởng của TSCN đến chỉ tiêu dẻo

a) Ảnh hưởng đến độ giãn dài tương đối

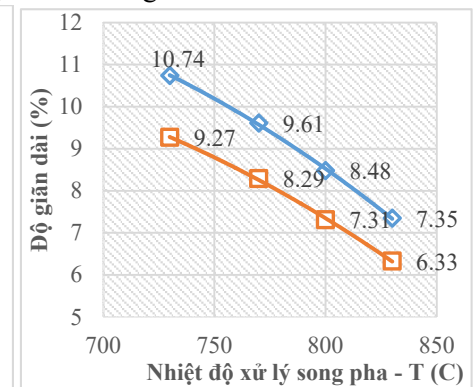


Vùng độ giãn dài tối ưu, $A_{50} \geq 9,5\%$: $\Delta S_T \geq 60\%$; $T \leq 780^\circ C$; $\Delta S_S \leq 15\%$.

Hình 4.12. Quan hệ độ giãn dài tương đối với TSCN.



Hình 4.13. Ảnh hưởng của ΔS_S đến độ giãn dài

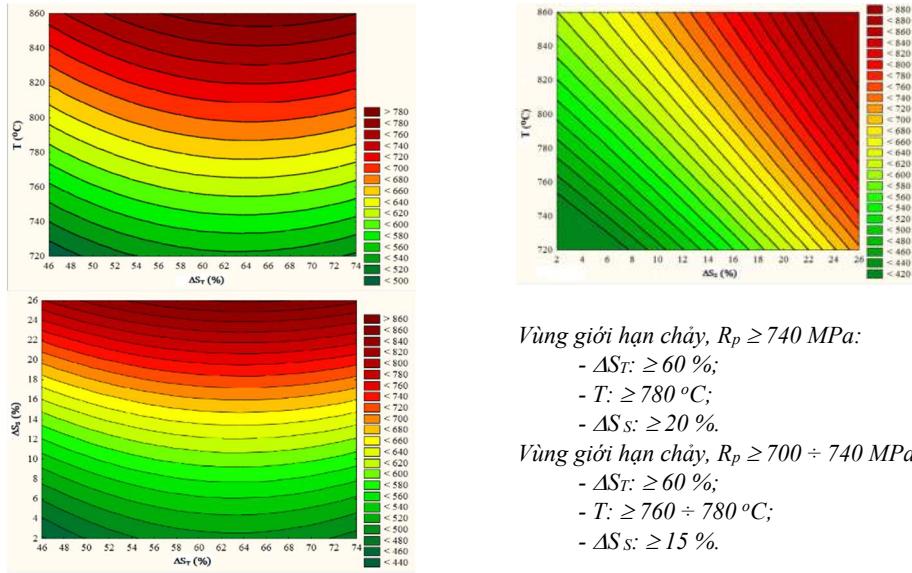


Hình 4.14. Ảnh hưởng của T đến độ giãn dài

b) Ảnh hưởng đến tỷ số R_p/R_m và chỉ số hấp thụ năng lượng PSE

$(R_p/R_m)_{max} = 0,912\%$, ($\Delta S_T = 50\%$; $T = 830^\circ C$; $\Delta S_S = 22\%$);
 $(R_p/R_m)_{min} = 0,716\%$, ($\Delta S_T = 65\%$; $T = 740^\circ C$; $\Delta S_S = 6\%$);

- $(R_m)_{max} = 966,42 \text{ MPa}$, $(\Delta S_T = 67,65 \text{ \%}; T = 830; \Delta S_S = 22 \text{ \%})$;
- $(R_m)_{min} = 586,40 \text{ MPa}$, $(\Delta S_T = 50\%; T = 740; \Delta S_S = 6 \text{ \%})$.



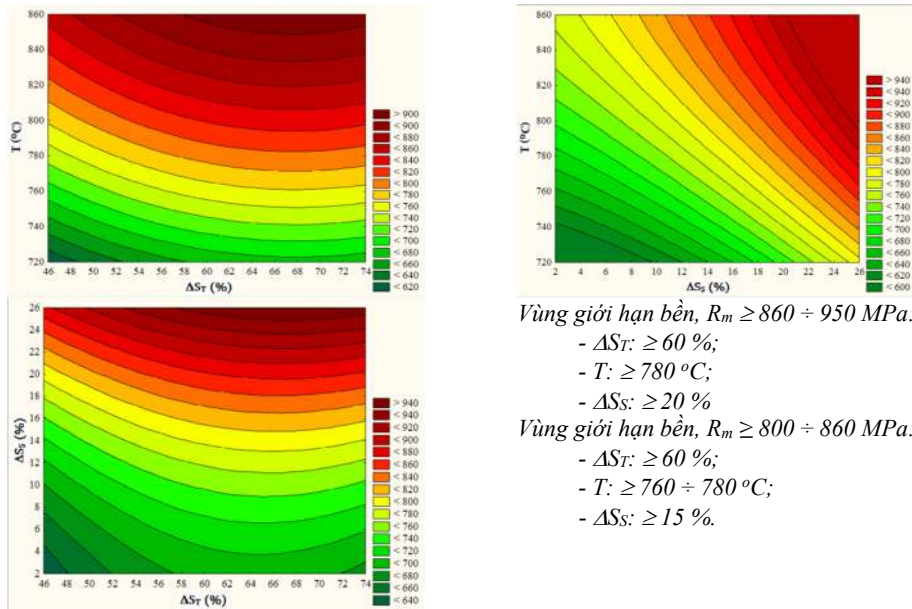
Vùng giới hạn chảy, $R_p \geq 740 \text{ MPa}$:

- $\Delta S_T: \geq 60 \text{ \%}$;
- $T: \geq 780 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\Delta S_S: \geq 20 \text{ \%}$.

Vùng giới hạn chảy, $R_p \geq 700 \div 740 \text{ MPa}$:

- $\Delta S_T: \geq 60 \text{ \%}$;
- $T: \geq 760 \div 780 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\Delta S_S: \geq 15 \text{ \%}$.

Hình 4.10. Quan hệ giữa giới hạn chảy với TSCN



Vùng giới hạn bền, $R_m \geq 860 \div 950 \text{ MPa}$:

- $\Delta S_T: \geq 60 \text{ \%}$;
- $T: \geq 780 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\Delta S_S: \geq 20 \text{ \%}$.

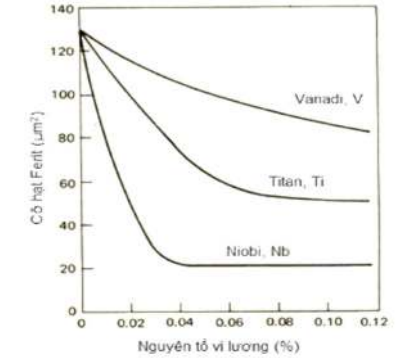
Vùng giới hạn bền, $R_m \geq 800 \div 860 \text{ MPa}$:

- $\Delta S_T: \geq 60 \text{ \%}$;
- $T: \geq 760 \div 780 \text{ }^\circ\text{C}$;
- $\Delta S_S: \geq 15 \text{ \%}$.

Hình 4.11. Quan hệ giữa giới hạn bền với TSCN

2.1.2. Hóa bền pha α bằng các nguyên tố biến tính tạo pha phân tán và hạt nhỏ

Các nguyên tố vi lượng Ti, Nb, V khi đưa vào thép, chúng đóng vai trò là chất biến tính làm nhỏ hạt α (Hình 2.4), do kết hợp với các nguyên tử C, N tạo thành các hạt rắn cacbit, nitorit (TiC, NbC, VC, TiN ...) nhỏ mịn phân tán trong nền α có tác dụng cản trở sự lớn lên của hạt nên độ bền thép tăng lên đáng kể. Thành phần các thép dập sâu quân sự luôn có các nguyên tố vi lượng.



Hình 2.4. Ảnh hưởng của Nb, Ti, V lên cỡ hạt α trong thép các bon

2.2. Nguyên lý hóa bền bằng pha rắn α' trong thép song pha

2.2.1. Cơ sở hóa bền bằng pha rắn xen kẽ (P hoặc α')

Bảng 2.1. Cơ tính các pha α , α' và tổ chức P

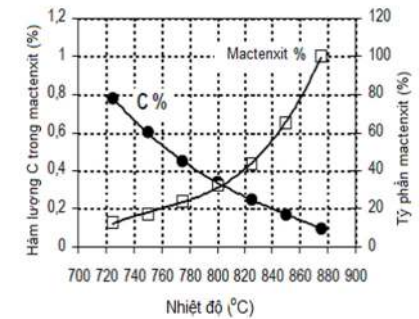
Loại pha và tổ chức	Giới hạn bền, MPa	Độ giãn dài, %
α	300	30
P	900÷1000	10÷12
α'	2000	5

Trong công nghệ chế tạo vỏ liều đạn cỡ lớn hiện tại, tổ chức tế vi của vỏ liều đạn ở trạng thái ($\alpha + P$), nên độ bền của sản phẩm chưa cao

2.2.2. Độ bền và vai trò hóa bền của pha rắn α'

Pha α' thường có dạng đảo nhỏ, phân bố trên nền pha α dẻo. Nếu các đảo α' nối liền nhau thành chuỗi hay thành nhóm lớn sẽ dễ hình thành vết nứt, làm giảm độ bền và độ dẻo.

Trong một mác thép, hàm lượng các bon trong α' (C_M) và tỷ phần α' (f_M) quan hệ phụ thuộc lẫn nhau, tăng hàm lượng C_M , tỷ phần f_M giảm và ngược lại.



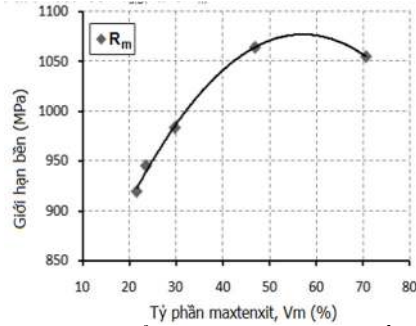
Hình 2.5. Quan hệ giữa nhiệt độ nung và hàm lượng carbon trong mactensit và tỷ phần pha

2.2.3. Vai trò của tỷ phần pha rắn α'

- Tỷ phần pha rắn α' ảnh hưởng rất lớn đến độ bền thép song pha, tăng tỷ phần pha rắn α' , giới hạn bền và giới hạn chảy của thép song pha đều tăng.

- Trong phạm vi tỷ phần α' dưới 60 %, tăng nó sẽ làm độ bền thép tăng, thép có khả năng biến cứng nguội lớn. Khi tỷ phần α' trên 60 %, quy luật tác động của tỷ phần α' đến độ bền không rõ rệt.

- Độ giãn dài giảm khi tăng tỷ phần α' .



Hình 2.6. Ảnh hưởng của tỷ phần α' lên độ bền thép song pha

2.3. Nguyên lý hóa bền hạt nhỏ sử dụng cho thép song pha

Sự phụ thuộc của ứng suất chảy vào cỡ hạt được biểu diễn bằng quan hệ Hall-Petch:

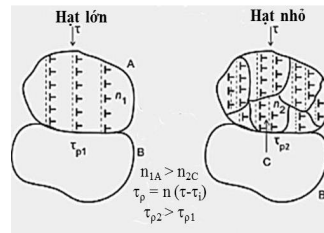
$$\sigma_y = \sigma_i + k_y \cdot d^{-1/2} \quad (2.4)$$

trong đó: σ_y là ứng suất chảy của vật đa tinh thể;

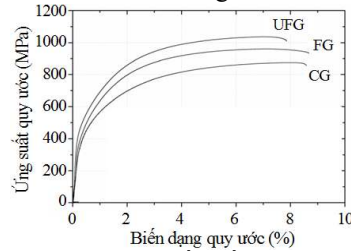
σ_i và k_y là các hằng số phụ thuộc từng vật liệu cụ thể;

d là cỡ hạt trung bình.

Hình 2.7 biểu diễn quan hệ ứng suất và biến dạng của thép song pha với 3 cỡ hạt CG (thô), FG (mịn) và UFG (siêu mịn), thấy rằng, hạt có kích thước càng nhỏ, thép sẽ có độ bền càng cao..



Hình 2.7. Mật độ lệch trong hạt lớn và hạt nhỏ



Hình 2.8. Quan hệ ứng suất-biến dạng và các cỡ hạt

2.4. Hóa bền biến cứng nguội và hóa già biến dạng

2.4.1. Biến cứng nguội thép song pha

Khi biến dạng dẻo, mật độ lệch quan hệ với mức độ biến dạng theo phương trình:

$$\rho = \rho_0 + K \cdot \epsilon^m \quad (2.6)$$

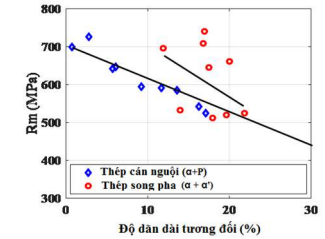
trong đó:

- Tỷ số R_p/R_m luôn ở mức (thấp) khoảng $0,68 \pm 0,03$, không phụ thuộc vào TSCN ΔS_T và T.

Vì vậy muốn tăng độ bền cần chọn ΔS_T lớn ($65 \div 70 \%$) và nhiệt độ xử lý gần A_{c3} ($830 \text{ }^\circ\text{C}$), muốn tăng độ dẻo cũng cần chọn ΔS_T lớn ($65 \div 70 \%$) nhưng xử lý nhiệt gần A_{c1} ($740 \div 760 \text{ }^\circ\text{C}$). Hay nói cách khác khi cần dẻo có dẻo, khi cần bền có bền, bằng việc thay đổi các TSCN cần thiết.

So sánh thép song pha ($\alpha + \alpha'$) và thép thông thường ($\alpha + P$) khi cùng mức độ biến dạng:

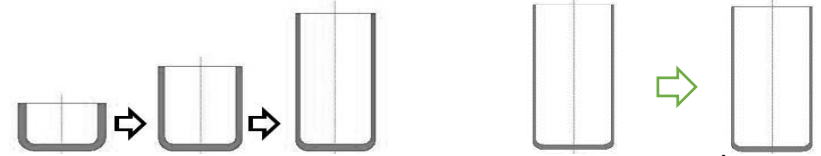
Thép qua xử lý song pha có nhiều ưu điểm vượt trội hơn so với thép có tổ chức ($\alpha + P$) khi cùng mức độ biến dạng, ở độ bền cao ($R_m \approx 700 \text{ MPa}$) nó vẫn có độ dẻo cao (A_{50} gần $\approx 20 \%$) để tiếp tục biến dạng tăng bền, trong khi thép thông thường ($\alpha + P$) nếu tiếp tục biến dạng sẽ xuất hiện hiện tượng giòn nguội, bất lợi cho tạo kết cấu chịu lực.



Hình 4.8. Biểu đồ quan hệ độ bền và độ dẻo (độ giãn dài tương đối) của thép được xử lý song pha.

Một số các khuyến cáo trong công nghệ cũng như tạo phôi dập sâu có tổ chức song pha

Vùng TSCN tối ưu về độ bền hay vùng tối ưu cho khả năng vừa bền vừa dẻo, có thể dùng chế tạo các chi tiết cần cả độ bền và độ dẻo tương đối cao với yêu cầu độ chính xác hình học không đòi hỏi quá cao, như một số bình tích áp trong tên lửa tầm gần hoặc các bình tích áp trong dân dụng...



Xử lý nhiệt trung gian

$(A_{50}) \approx 20 - 22 \%$

$R_p/R_m \approx 0,66 \%$

Xử lý nhiệt kết thúc

$(A_{50})_{max} \geq 16 - 19 \%$; $R_m \approx 750 \text{ MPa}$

$PSE \approx 11.200 \div 14.250 \text{ MPa}\%$

Hình 4.9. Một số khuyến cáo công nghệ có thể dùng trong dập vuốt: a – xử lý nhiệt trung gian; b- xử lý nhiệt kết thúc

4.4. Phân tích ảnh hưởng TSCN đến cơ tính của thép

4.4.1. Ảnh hưởng của TSCN đến các chỉ tiêu bền

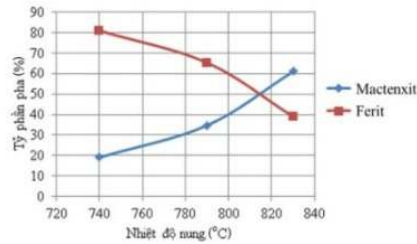
- $(R_p)_{max} = 863,75 \text{ MPa}$, ($\Delta S_T = 64\%$, $T=830 \text{ }^\circ\text{C}$ và $\Delta S_s = 22 \%$);

- $(R_p)_{min} = 416,35 \text{ MPa}$, ($\Delta S_T = 50\%$; $T=740 \text{ }^\circ\text{C}$ và $\Delta S_s = 6 \%$);

Vùng tối ưu với cỡ hạt nhỏ nhất là vùng có TSCN là: mức độ biến dạng trước (ΔS_T) = (65 ÷ 70) %, nhiệt độ xử lý (T) = (740 ÷ 760) °C.

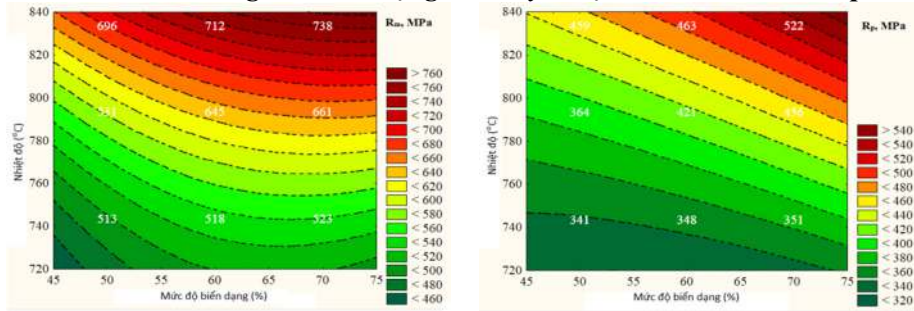
b) Ảnh hưởng của biến dạng và xử lý nhiệt đến tỷ phần pha

Tỷ phần pha α và α' phụ thuộc nhiệt độ nung, tăng nhiệt độ nung làm tăng tỷ phần pha rắn α' . Khi xử lý nhiệt ở nhiệt độ 830 °C, tỷ phần α' đạt đến 60 %.



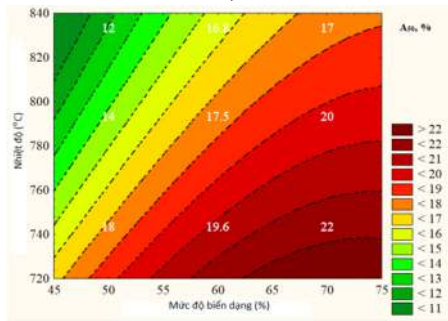
Hình 4.6. Ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến tỷ phần pha α và α'

4.3.2. Ảnh hưởng của biến dạng và xử lý nhiệt đến cơ tính của thép



a)

b)



c)

- **Vùng tối ưu cho độ bền cao:**
 $T = (820 \div 830) \text{ }^\circ\text{C}; \Delta S_T = (65 \div 70) \%$
 $(R_m)_{max} = 729,55 \text{ MPa}; A_{50} \leq 17 \%$
- **Vùng tối ưu cho độ dẻo cao:**
 $T = (740 \div 760) \text{ }^\circ\text{C}; \Delta S_T = (65 \div 70) \%$
 $(A_{50})_{max} = 22,23\%$

Hình 4.7. Ảnh hưởng của ΔS_T và T đến cơ tính của thép: a) R_m ; b) R_p ;

c) A_{50}

- Tăng ΔS_T sẽ có tác dụng làm cỡ hạt thép song pha giảm (cả cỡ hạt α và α'), tăng cả độ bền và độ dẻo.

- Tăng T sẽ giúp giới hạn bền và giới hạn chảy của thép tăng và giới hạn bền của thép tăng lên đến gần 750 Mpa.

ρ_0 – mật độ lệch ban đầu của vật liệu (mm^{-2});

K – hằng số vật liệu;

ε - mức độ biến dạng;

m – chỉ số mũ, $m = 0,9 \div 1$;

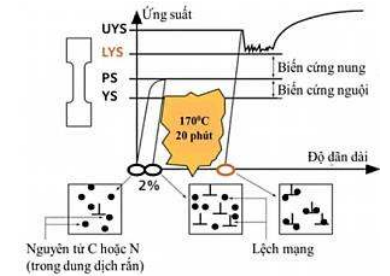
Giới hạn chảy có thể liên quan đến mật độ lệch ρ như sau [12]:

$$\sigma_y = \sigma_i + \alpha \cdot G \cdot b \cdot \sqrt{\rho_0 + K \cdot \varepsilon^m} \tag{2.7}$$

Từ 2.7 cho thấy, để tăng ứng suất chảy, tức là tăng độ bền cần tăng mức độ biến dạng ε .

2.4.2. Hóa già biến dạng

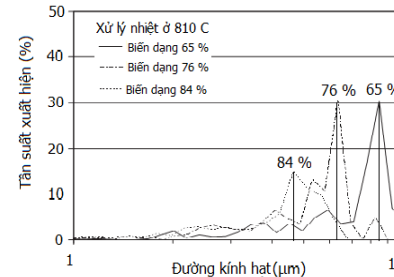
Hiện tượng hóa già biến dạng xảy ra khi nung thép đã biến dạng ở nhiệt độ khoảng (150÷200) °C, do điều kiện nhiệt động và điều kiện hình học của tinh thể tại vùng lệch mạng cho phép, các nguyên tử xen kẽ C, N có thể khuếch tán vào lỗ hổng mạng tinh thể và nằm bao quanh đường lệch hình thành khí quyền Cottrell, gây cản trở lệch. Hóa già biến dạng có thể giúp giới hạn chảy thép có thể tăng (30÷ 60) MPa.



Hình 2.9. Sơ đồ hóa già biến dạng làm tăng giới hạn chảy của thép

2.5. Tác dụng của các thông số xử lý nhiệt đến tổ chức song pha

2.5.1. Ảnh hưởng của mức độ biến dạng và xử lý nhiệt

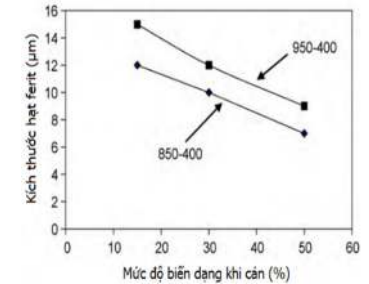


Hình 2.10 Ảnh hưởng của mức độ biến dạng đến kích thước hạt của thép CMnSi khi xử lý nhiệt ở 810 °C

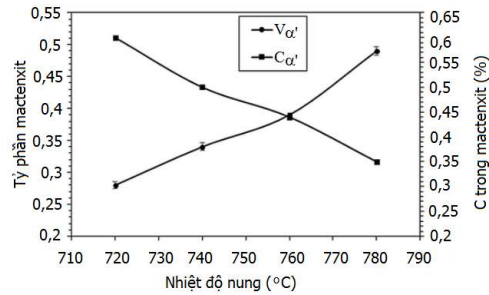
Biến dạng càng tăng cỡ hạt thu được sau xử lý nhiệt càng nhỏ, muốn tăng cả cả độ bền và độ dẻo, cần phải biến dạng với mức độ biến dạng lớn (trên 50 %) trước khi xử lý nhiệt song pha.

2.5.2. Ảnh hưởng của các thông số xử lý nhiệt

Nhiệt độ có tác dụng điều khiển tỷ phần và độ hòa tan C trong α và α' . Tăng nhiệt độ sẽ làm tăng tỷ phần pha α' và giảm hàm lượng C trong nó



Hình 2.11. Ảnh hưởng của mức độ biến dạng



Hình 2.12. Quan hệ giữa nhiệt độ nung với tỷ phần α' và hàm lượng C trong α'
b. Thời gian giữ nhiệt trong vùng hai pha

Trong khoảng thời gian giữ nhiệt từ (6-20) phút, thời gian giữ nhiệt ảnh hưởng đến tổ chức và cơ tính của thép song pha là không nhiều

c. Tốc độ làm nguội

Để đảm bảo đúng tổ chức α , α' , không sinh sản phẩm phụ, sau khi nung thép song pha ở vùng nhiệt độ hai pha cần nguội nhanh hơn tốc độ nguội tới hạn.

2.5. Kết luận chương 2

1. Các phôi thép các bon thấp dùng trong quân sự phải có độ sạch cao, có nguyên tố vi lượng để phát huy các tác dụng hóa bền.

2. Tỷ phần pha α' quyết định đến độ bền và độ dẻo của thép song pha; việc điều khiển tỷ phần α' không nên vượt quá 60% để thép có độ bền đủ cao, độ dẻo tốt.

3. Biến dạng - xử lý nhiệt song pha: vừa hóa bền hạt nhỏ vừa hóa bền chuyển biến pha; hóa già có thể được kết hợp với biến dạng, để tăng bền từ 30 ÷ 60 MPa.

Chương 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

3.1. Phương pháp nấu luyện và xác định các thuộc tính nhiệt động học

3.1.1. Nấu luyện mác thép nghiên cứu và xác định thành phần hóa học

Sử dụng phương pháp nấu luyện thép từ sắt xốp kết hợp với tinh luyện trong lò chân không, để đạt TPHH, đảm bảo độ sạch tạp chất cũng như tạp chất khí.

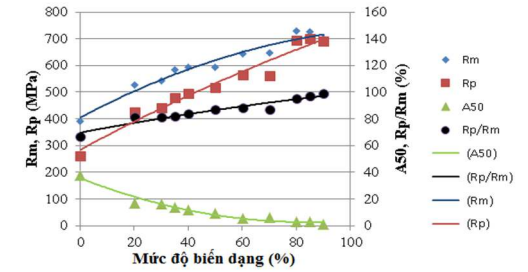
Bảng 3.1. Thành phần hóa học của thép nghiên cứu

Mác thép NC	Thành phần hóa học (% khối lượng)									
	C	Si	Mn	Mo	Al	P	S	Cu	Ni	Cr
	0,112	0,266	0,487	0,018	0,045	0,012	0,011	0,119	0,159	0,219

3.1.2. Phương pháp xác định các thuộc tính nhiệt động học

Sử dụng phương pháp đo giãn nở nhiệt kết hợp với phần mềm JmatPro xác định được A_{c1} và A_{c3} và các giản đồ pha của thép. Phạm vi A_{c1} - A_{c3} : 720-876 °C.

- Ở mức độ biến dạng trên 80 % thép có xu hướng giòn nguội.
 - Giá trị tối ưu của mức độ giảm chiều dày thành khoảng (65 ÷ 75) %.



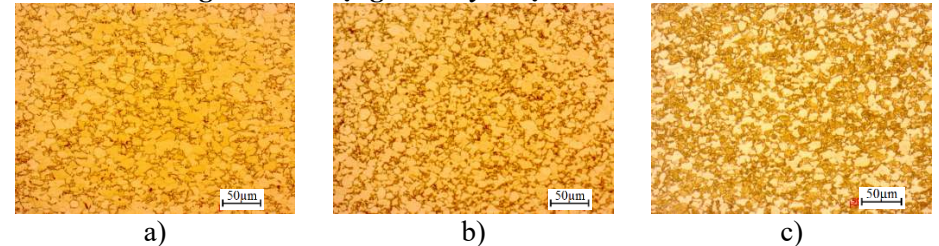
Hình 4.2. Ảnh hưởng của biến dạng cán (%) đến thuộc tính cơ học của thép ở trạng thái tổ chức ($\alpha + P$)

4.2.2. Ảnh hưởng của hóa già biến dạng

Hóa già biến dạng đã làm tăng R_m , R_p từ 30 ÷ 50 MPa và độ cứng HB từ 10 ÷ 15 HB, A_{50} và tỷ số R_p/R_m hầu như không thay đổi.

4.3. Phân tích ảnh hưởng của mức độ biến dạng và xử lý nhiệt đến tổ chức tế vi và cơ tính của thép song pha

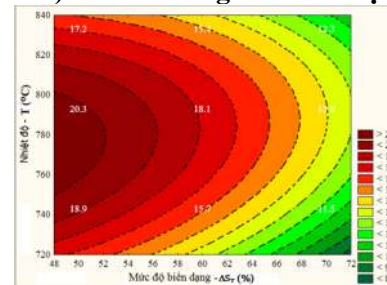
4.3.1. Ảnh hưởng của biến dạng và xử lý nhiệt đến tổ chức tế vi



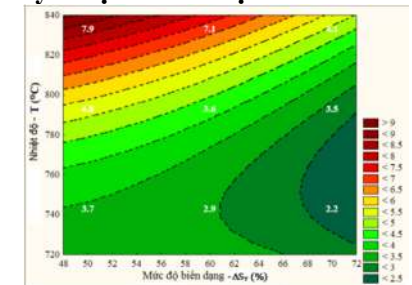
Hình 4.3. Tổ chức tế vi thép được biến dạng 60 % và xử lý song pha ở các nhiệt độ: a) 740 °C; b) 785 °C; c) 830 °C

Các cấp độ hạt thu được sau khi xử lý song pha đều là các cấp độ hạt mịn, khi mức độ biến dạng ở 70%, cỡ hạt α và α' tiếp cận đến mức siêu mịn.

a) Ảnh hưởng của biến dạng và xử lý nhiệt đến cỡ hạt



Hình 4.4. Ảnh hưởng của ΔS_T và T đến cỡ hạt α



Hình 4.5. Ảnh hưởng của ΔS_T và T đến cỡ hạt α' .

2. Đã xác định được các phương pháp nhận diện tổ chức tế vi, phương pháp đo cỡ hạt.

3. Sử dụng mô hình cán nguội tương đương với dập vuốt có biến mỏng thành về trạng thái biến dạng để nghiên cứu ảnh hưởng của mức độ biến dạng, làm cơ sở cho quá trình thực nghiệm sau.

a) Xác định ảnh hưởng biến dạng và hóa già biến dạng đến cơ tính của thép.

b) Xác định ảnh hưởng của mức độ biến dạng và xử lý nhiệt song pha đến cơ tính và tổ chức tế vi của thép, cùng với ảnh hưởng kết hợp của mức độ biến dạng trước và sau khi xử lý nhiệt đến cơ tính của thép song pha.

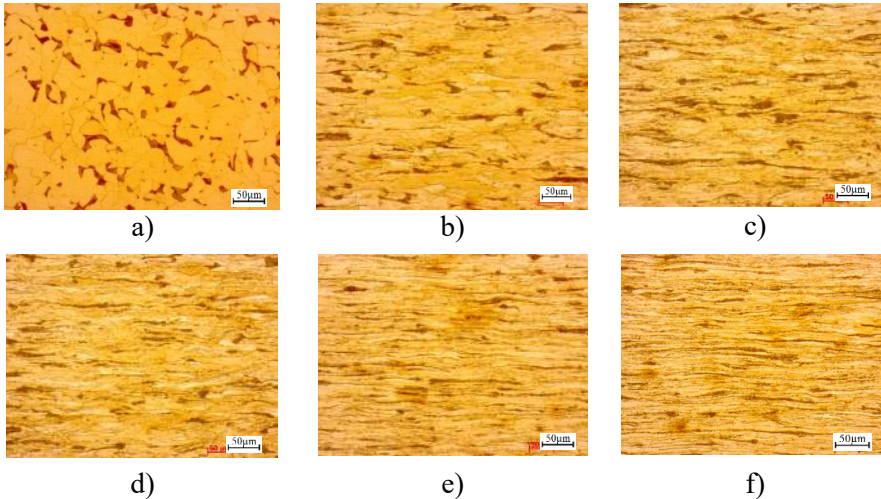
Chương 4. PHÂN TÍCH VÀ THẢO LUẬN

4.1. Thép dập vỏ liều đạn pháo được luyện từ sắt xốp

Thép luyện từ sắt xốp có TPHH tương đương với một số mác thép chế tạo các loại vỏ liều của Nga và Trung Quốc đang có trong trang bị.

4.2. Phân tích ảnh hưởng của biến cứng nguội và hiệu ứng BH đến cơ tính thép ở trạng thái tổ chức α và P

4.2.1. Ảnh hưởng của biến cứng nguội



Hình 4.1. Tổ chức tế vi thép được biến dạng:

(a) 0% (tổ chức thép sau ủ); (b) 50%; (d) 70%; (e) 80%; (f) 90%.

- Có thể biến dạng thép ($\alpha + P$) với cỡ hạt nhỏ mịn (cỡ hạt $\alpha \approx 20\mu\text{m}$) với mức độ biến dạng từ 0 đến 80 %, Giá trị giới hạn bền có thể đạt khoảng 700 – 750 MPa.

3.2. Phương pháp chuẩn bị tổ chức cỡ hạt nhỏ mịn và mẫu thí nghiệm

3.2.1. Chuẩn bị cỡ hạt nhỏ mịn

Sử dụng phương pháp gia công biến dạng nóng theo 2 phương vuông góc và kết hợp với xử lý nhiệt tạo ra các phiến thép có hạt α nhỏ mịn cỡ 20 μm .

3.2.1. Chuẩn bị cỡ hạt nhỏ mịn

Cán nguội 40 %, ủ kết tinh lại ở nhiệt độ 680 °C sau đó làm nguội tự nhiên trong không khí để hồi phục tính dẻo sau biến dạng.

3.3. Phương pháp xác định tổ chức pha, thành phần pha

3.3.1. Nhận diện tổ chức tế vi của thép

Nhận diện tổ chức tế vi bằng bằng phương pháp tẩm thực màu

3.3.2. Xác định tỷ phần pha α và α'

Bằng kỹ thuật phân tích ảnh trên phần mềm ImageJ.

3.3.3. Xác định cỡ hạt α và α'

3.4. Phương pháp xác định các đặc trưng cơ tính

3.5. Lựa chọn mô hình thí nghiệm

Sử dụng mô hình cán nguội có trạng thái ứng suất tương đương dập vuốt biến mỏng thành.

3.6. Phương pháp nghiên cứu xác định ảnh hưởng của mức độ biến dạng đến tổ chức tế vi và cơ tính của thép

3.6.1. Xác định ảnh hưởng biến dạng và hóa già biến dạng đến cơ tính của thép

Bảng 3.2. Bảng kết quả thử kéo cơ tính của thép khi biến dạng và hóa già biến dạng ở mức độ biến dạng khác nhau

STT	ΔS_c , %	Cơ tính thép sau cán nguội					Cơ tính sau hóa già biến dạng				
		HB	R_m , MPa	R_p , MPa	A, %	Tỷ số R_p/R_m	HB	R_m , MPa	R_p , MPa	A, %	Tỷ số R_p/R_m
1	0	119	390	260	38,0	0,67	119	390	260	38,0	0,67
2	20	159	527	427	17,0	0,81	167	559	456	16,5	0,82
3	30	163	543	441	16,2	0,81	171	571	468	15,8	0,82
4	35	175	584	478	13,6	0,82	183	618	496	14,0	0,81
5	40	177	592	496	11,6	0,84	188	630	536	11,3	0,85
6	50	177	594	516	9,2	0,87	191	642	566	8,7	0,88
7	60	190	642	563	5,6	0,88	202	683	605	6,0	0,89
8	70	188	646	562	6,0	0,87	202	675	605	5,4	0,88
9	80	210	728	694	2,8	0,95	221	763	725	3,2	0,95

Sử dụng phương pháp phân tích hồi đa thức có các hàm hồi quy như sau:

$$R_m = -0,0212\Delta S_c^2 + 5,3563\Delta S_c + 404,66; \quad R^2 = 0,957 \quad (3.2)$$

$$R_p = -0,0096\Delta S_c^2 + 5,4521\Delta S_c + 284,39; \quad R^2 = 0,9567 \quad (3.3)$$

$$A_{50} = 0,0047\Delta S_C^2 - 0,7876\Delta S_C + 35,518; \quad R^2 = 0,962 \quad (3.4)$$

$$R_p/R_m = (-1E-05)\Delta S_C^2 + 0,0039\Delta S_C + 0,6939; \quad R^2 = 0,927 \quad (3.5)$$

$$\Delta H_{BH} = -0,0027\Delta S_C^2 + 0,3725\Delta S_C + 0,1695; \quad R^2 = 0,905 \quad (3.6)$$

3.6.2. Xác định ảnh hưởng của biến dạng và xử lý nhiệt song pha đến cơ tính và tổ chức tế vi của thép

Bảng 3.3. Kết quả đo tỷ phần pha và cỡ hạt của thép song pha

STT	T (°C)	ΔS_C (%)	$f_{\alpha'}$ (%)	f_{α} (%)	d_{α} (μm)	$d_{\alpha'}$ (μm)
1	740	50	19,1 ± 2	80,9 ± 2	18,9	3,7
2	740	60	19,0 ± 2	81 ± 2	15,7	2,9
3	740	70	19,5 ± 2	80,5 ± 2	11,5	2,2
4	785	50	34,5 ± 2	65,5 ± 2	20,3	4,8
5	785	60	35,0 ± 2	65,0 ± 2	18,1	3,6
6	785	70	35,0 ± 2	65,0 ± 2	13,8	3,5
7	830	50	61,0 ± 2	39,0 ± 2	17,2	7,9
8	830	60	60,0 ± 2	40,0 ± 2	15,4	7,1
9	830	70	61,0 ± 2	39,0 ± 2	12,3	4,1

Bảng 3.4. Bảng kết quả thử kéo cơ tính của thép xử lý song pha

STT	T (°C)	ΔS_T (%)	R_m (MPa)	R_p (MPa)	A_{50} (%)	PSE (MPa%)	R_m/R_p
1	740	50	513	341	18,0	9234	0,66
2	740	60	518	348	19,6	10153	0,67
3	740	70	523	351	22,0	11506	0,67
4	785	50	531	364	14,0	7434	0,69
5	785	60	645	421	17,5	11288	0,66
6	785	70	661	436	20,0	13220	0,65
7	830	50	696	459	12,0	8352	0,66
8	830	60	712	463	16,8	11962	0,65
9	830	70	738	522	17,0	12546	0,71

Hàm hồi quy theo biến mã hóa:

$$Y_{(R_p)} = 411,67 + 67,3x_1 + 24,17x_2 + 13,25x_1x_2 \quad (3.9)$$

$$Y_{(R_m)} = 615,22 + 98,67x_1 + 30,33x_2 - 14,67x_2^2 \quad (3.10)$$

$$Y_{(A_{50})} = 17,43 - 2,3x_1 + 2,5x_2 \quad (3.11)$$

$$Y_{(PSE)} = 10633 + 2042x_2 + 480,5x_1x_2 - 752x_2^2 \quad (3.12)$$

$$Y_{(R_p/R_m)} = 0,68 \pm 0,03 \quad (3.13)$$

Các hàm hồi quy theo biến thực:

$$R_p = 479,5 - 0,27T - 20,7\Delta S_T + 0,0294T\Delta S_T \quad (3.14)$$

$$R_m = -1816,123 + 2,193T + 20,637\Delta S_T - 0,1467\Delta S_T^2 \quad (3.15)$$

$$A_{50} = 42,552 - 0,051T + 0,25\Delta S_T \quad (3.16)$$

$$PSE = 21601 + 268,39\Delta S_T + 1106,67T\Delta S_T - 7,52\Delta S_T^2 \quad (3.17)$$

$$R_p/R_m = 0,68 \pm 0,03 \quad (3.18)$$

Các hàm hồi quy cho thấy: R_p , R_m , A_{50} , PSE phụ thuộc vào cả ΔS_T và T , trong khi R_p/R_m gần như ít phụ thuộc vào ΔS_T và T .

3.6.3. Ảnh hưởng kết hợp của mức độ biến dạng và xử lý nhiệt đến cơ tính của thép song pha.

Bảng 3.5. Kết quả thí nghiệm.

STT	ΔS_T , %	T, °C	ΔS_S , %	R_p , MPa	R_m , MPa	A_{50} , %	PSE	R_p/R_m
1	50	740	6	456	621	13,6	8.445,6	0,734
2	70	740	6	466	636	14,5	9.222,0	0,733
3	50	830	6	579	752	10	7.520,0	0,770
4	70	830	6	602	782	10,2	7.976,4	0,770
5	50	740	22	676	762	8,2	6.248,4	0,887
6	70	740	22	697	808	8,5	6.868,0	0,863
7	50	830	22	808	927	5,6	5.191,2	0,872
8	70	830	22	832	954	6,1	5.819,4	0,872
9	60	785	14	648	795	9,23	7.337,9	0,814
10	72	785	14	652	808	8,6	6.948,8	0,807
11	48	785	14	588	706	8,8	6.212,8	0,833
12	60	840	14	799	882	5,8	5.115,6	0,906
13	60	730	14	488	650	10,9	7.085,0	0,751
14	60	785	24	849	932	5,7	5.312,4	0,911
15	60	785	4	487	681	13,8	9.397,8	0,715

Các hàm hồi quy tìm được theo biến mã hóa:

$$Y_{(R_p)} = 641,80 + 14,22x_1 + 82,53x_2 + 123,24x_3 - 18,98x_1^2 + 13,52x_3^2 \quad (3.20)$$

$$Y_{(R_m)} = 779,73 + 22,09x_1 + 79,42x_2 + 88,10x_3 - 14,44x_1^2 - 8,35x_2^2 + 19,07x_3^2 \quad (3.21)$$

$$Y_{(A_{50})} = 9,30 + 0,15x_1 - 1,74x_2 - 2,72x_3 + 0,36x_2x_3 + 0,83x_3^2 \quad (3.22)$$

$$Y_{(PSE)} = 6980 + 308,1x_1 - 609x_2 - 1278,3x_3 + 212,5x_1^2 - 263,0x_2^2 + 586,4x_3^2 \quad (3.23)$$

$$Y_{(R_p/R_m)} = 0,816 + 0,024x_2 + 0,067x_3 - 0,009x_2x_3 + 0,014x_1^2 \quad (3.24)$$

Các hàm hồi quy theo biến thực:

$$R_p = -1740,76 + 24,2\Delta S_T + 1,834T + 9,49\Delta S_S - 0,1898\Delta S_T^2 + 0,211\Delta S_S^2 \quad (3.25)$$

$$R_m = -3894,84 + 19,54\Delta S_T + 1,76T + 2,67\Delta S_S - 0,144\Delta S_T^2 - 0,004T^2 + 0,298\Delta S_S^2 \quad (3.26)$$

$$A_{50} = 57,05 + 0,15\Delta S_T - 0,0527T - 1,49\Delta S_S + 0,013\Delta S_S^2 + 0,001T\Delta S_S \quad (3.27)$$

$$PSE = -52595 - 224,2\Delta S_T + 190,4T - 416,3\Delta S_S + 2,1\Delta S_T^2 - 0,13T^2 + 9,16\Delta S_S^2 \quad (3.28)$$

$$R_p/R_m = 0,509 - 0,017\Delta S_T + 8,833 \cdot 10^{-4}T + 0,028\Delta S_S - 1,4 \cdot 10^{-4}\Delta S_T^2 - 0,25 \cdot 10^{-4}T\Delta S_S \quad (3.29)$$

3.5. Kết luận chương 3

1. Đã chế tạo được mác thép song pha các bon thấp dùng chế tạo vỏ liều đạn pháo từ sắt xốp.