

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ TẠI VÙNG SONG PHA ĐẾN TỔ CHỨC VÀ CƠ TÍNH THÉP CB400

EFFECT OF TEMPERATURE AT DUAL PHASE REGION ON MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF CB400 STEEL

TRẦN THỊ THANH VÂN

Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

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

Tóm tắt

Trong công trình này trình bày những kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt ở vùng song pha của thép CB400. Các kết quả tính toán bằng nhiệt động học và phần mềm JmatPro đã xác định được nhiệt độ vùng chuyển biến song pha là từ 730°C - 823°C cho mác thép nghiên cứu. Phân tích tỷ phần pha cho thấy tăng nhiệt độ xử lý nhiệt song pha thì tỷ phần mactenxit tăng. Với nhiệt độ xử lý ở 790°C cho được kết quả độ cứng là 52.4HRC; độ bền là 960MPa và độ dẻo là 16%. Phân tích về tổ chức cho thấy tỷ phần mactenxit là 25%; độ hạt của mactenxit là 8 μ m; ferit là 12,5 μ m.

Từ khóa: Thép song pha, mactenxit, ferit, nhiệt động học.

Abstract

In this work, the influence of heat treatment process in the dual phase region of CB400 steel was explored. Calculation results by thermodynamics and JmatPro software determined that temperature of phase transformation is in the range of 730-823°C for this steel. Analysis of the phase fraction showed that increasing the temperature of the dual phase heat treatment increased the martensitic fraction. With the treatment temperature at 790°C, the hardness result is 52.4HRC; strength is 960MPa and ductility is 16%. The microstructure shows that the martensite percentage is 25%; the grain of martensite is 8 μ m; ferrite is 12.5 μ m.

Keywords: Dual phase, martensite, ferrite, thermodynamics.

1. Mở đầu

Thế giới đã và đang nghiên cứu, phát triển các nhóm thép tiên tiến (AHSS). Thép AHSS lấy đặc trưng tổ chức pha làm tiêu chí phân loại, không phân theo thành phần hay công dụng như các thép HSLA truyền

thống. Các đặc điểm của thép AHSS được mô tả bằng hiệu ứng tổ chức đa pha kết hợp với nguyên lý hóa bền truyền thống là hóa bền dung dịch rắn, tiết pha phân tán và làm nhỏ hạt. Với việc hợp kim hóa các nguyên tố C, Mn, Si thích hợp, bằng công nghệ tác động làm thay đổi tổ chức, tạo các pha rắn, độ bền cao bainit, mactenxit, austenit dư nằm phân tán trong nền ferit dẻo, được phối hợp theo tỷ lệ nhất định và độ lớn hạt nhỏ, trong đó, cỡ hạt ferit $\leq 20\mu$ m, các pha dạng đảo cô lập (mactenxit, austenit dư) $\leq 5\mu$ m [1]-[4].

Thép CP (Complex Phase Steel - thép đa pha) có tổ chức ít nhất bốn pha gồm tỷ lệ nhỏ các pha rắn mactenxit, austenit dư và peclit nằm trong nền ferit/bainit. Austenit dư trong thép có chứa các nguyên tố vi lượng Nb, Ti, V để tạo tổ chức hạt nhỏ và tiết pha phân tán [5]-[7].

Thép MS (Martensitic Steel -Thép Mactenxit) có tổ chức chủ yếu là mactenxit và một lượng nhỏ ferit và/hoặc bainit. Đến nay, thép MS còn mở rộng với tỷ lệ ferit đến 30% nhờ điều khiển chế độ làm nguội, được gọi là nhóm thép PM [7].

Thép DP (Dual Phase Steel - thép song pha) có tổ chức chủ yếu là hai pha gồm ferit và mactenxit, pha mactenxit ở dạng đám cô lập, chiếm tỷ lệ khoảng 10-40%, phân bố đều trên nền ferit. Các NTHK chính sử dụng trong thép DP là C, Mn, Si, Cr [2]. Các thép DP, TRIP (Transformation Induced Plasticity - Dẻo nhờ chuyển biến pha), CP có dải giới hạn bền từ 450-1200MPa, độ giãn dài từ 10-40%. Với tổ chức chủ yếu là ferit và mactenxit và điều khiển được tỷ phần pha sẽ nâng cao được tính chất của thép nghiên cứu [1], [3], [4], [7], [8].

Có một số công trình nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ ram đến cơ tính và tính chống ăn mòn hoặc phân tích về tổ chức của thép DP. Các công trình này đã phân tích được về ảnh hưởng của chế độ xử lý nhiệt, tổ chức đến tính chất của thép [9]-[12]. Tuy nhiên, với điều kiện trong nước, các công trình nghiên cứu dành cho thép CB400 có thành phần thép khá gần với thép DP đã được tiêu chuẩn hóa nhưng chưa được nghiên cứu nhiều. Đặc biệt nhiệt độ sau cán của thép này trong khoảng (700-800)°C khá gần với vùng nhiệt độ

xử lý của thép DP, nên khi đưa được chế độ xử lý nhiệt ở vùng hai pha hợp lý sẽ điều khiển quá trình hình thành tỷ lệ pha ferit, mactenxit trong thép. Trong công trình này, bằng việc tính toán nhiệt động học và thực nghiệm đã trình bày những kết quả nghiên cứu lựa chọn chế độ xử lý nhiệt vùng hai pha để điều khiển cơ tính của thép. Mục tiêu là lựa chọn được chế độ xử lý nhiệt trong vùng hai pha để đảm bảo độ bền và độ cứng cho thép nghiên cứu.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Thành phần vật liệu nghiên cứu được trình bày trong Bảng 1.

Thép sau cán sẽ được xử lý nhiệt ở các nhiệt độ 730°C; 760°C và 790°C. Căn cứ lựa chọn nhiệt độ nghiên cứu được thực hiện trên phần mềm JmatPro.

Thép sau xử lý nhiệt được tiến hành làm nguội nhanh trong môi trường nước có nhiệt độ là 32°C. Sau xử lý nhiệt thép được tiến hành phân tích tổ chức trên kính hiển vi quang học Axiovert 25A; phân tích tỷ phân pha và kích thước pha, độ hạt được tiến hành trên phần mềm ImagePlus.

Minh chứng cho sự hình thành matenxit mẫu sau tôi ở 790°C được tiến hành phân tích XRD trên thiết bị Smartlab của Rigaku.

Ngoài ra, bài báo còn thực hiện đánh giá về giá trị giới hạn bền, độ giãn dài tương đối và độ cứng.

3. Kết quả và bàn luận

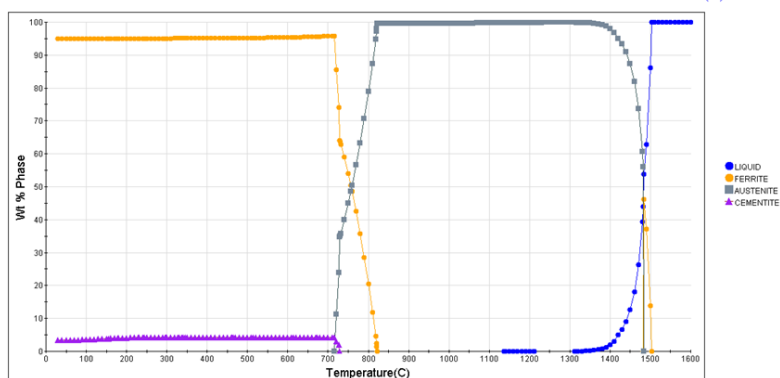
3.1. Tính toán nhiệt động học lựa chọn nhiệt độ xử lý nhiệt

Từ những tính toán về nhiệt động học xác định

Bảng 1. Thành phần thép CB400

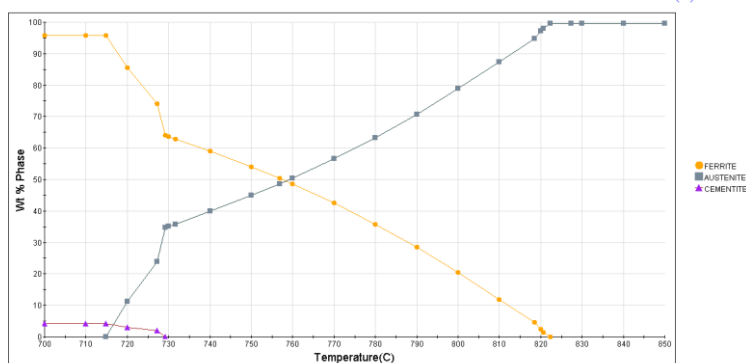
| C | Mn | Si | Cr | Cu | P | S | Fe |
|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 0.26 | 0.58 | 0.22 | 0.22 | 0.45 | 0.04 | 0.04 | Còn lại |

Fe-0.082Al-0.456Cu-0.569Mn-0.025Mo-0.007Nb-0.083Ni-0.225Si-0.0023Ti-0.056W-0.0183B-0.269C-0.039P-0.0374S wt(%)

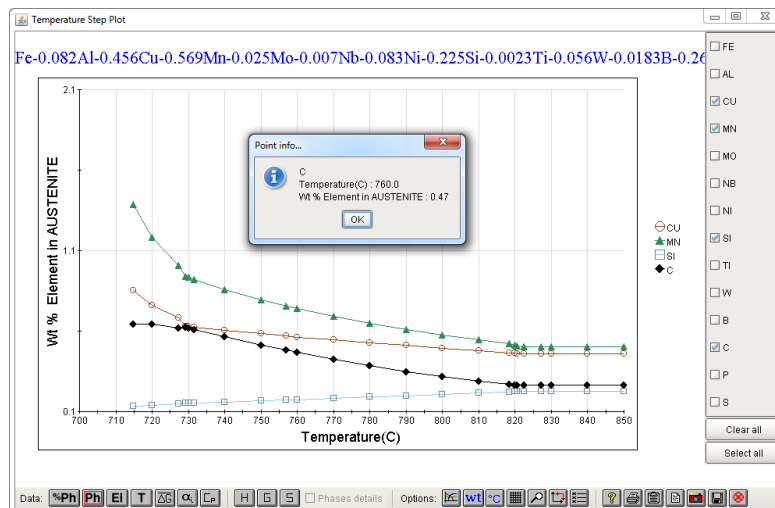


Hình 1. Quan hệ tỷ phần của các pha và nhiệt độ của thép CB400

Fe-0.082Al-0.456Cu-0.569Mn-0.025Mo-0.007Nb-0.083Ni-0.225Si-0.0023Ti-0.056W-0.0183B-0.269C-0.039P-0.0374S wt(%)



Hình 2. Quan hệ tỷ phần pha ferit và austenite với nhiệt độ vùng hai pha của thép CB400



Hình 3. Phân bố nguyên tố hợp kim chính (C, Mn, Si, Cu) trong austenite

Bảng 2. Phần trăm austenite trong thép và nguyên tố hợp kim trong austenite ở các nhiệt độ xử lý song pha khác nhau

| TT | Nhiệt độ, °C | % austenite theo nhiệt độ | % nguyên tố hợp kim trong austenite tương ứng | | | |
|----|--------------|---------------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|
| | | | C | Si | Mn | Cu |
| 1 | 730 | 35 | 0,62 | 0,15 | 0,93 | 0,63 |
| 2 | 760 | 50 | 0,47 | 0,17 | 0,74 | 0,56 |
| 3 | 790 | 70 | 0,35 | 0,2 | 0,61 | 0,51 |

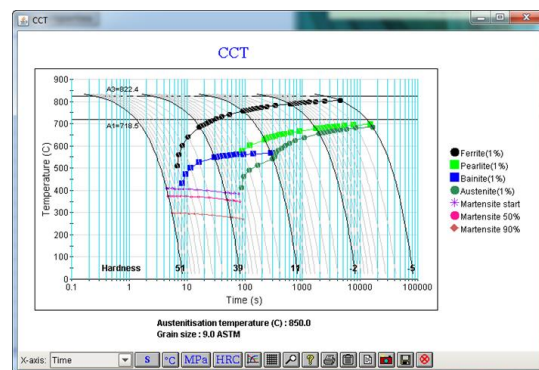
được nhiệt độ bắt đầu chuyển biến A_{c1} là 714,86°C; nhiệt độ bắt đầu chuyển biến hoàn toàn austenit (A_{c3}) là 822,39°C (Hình 1). Bảng phần mềm tính toán nhiệt động học xác định được mối quan hệ tỷ phần pha ferit và austenit với nhiệt độ vùng hai pha như sau:

Các kết quả nghiên cứu ở Hình 2 và Bảng 2 về phần trăm của austenit trong thép cho thấy khi tăng nhiệt độ xử lý nhiệt ở vùng song pha thì tỷ lệ austenit tăng lên. Những kết quả này phù hợp với tính toán về lý thuyết về giản đồ pha. Tỷ phần austenit tăng khi thép được nguội nhanh trong môi trường nước và tỷ lệ mactenxit cũng tăng lên. Tuy nhiên với lượng austenit tăng thì tỷ phần ferit giảm xuống ảnh hưởng đến độ dẻo của hợp kim nghiên cứu.

Phân tích về phần trăm các nguyên tố hợp kim trong austenit nhận thấy khi nhiệt độ xử lý vùng hai pha tăng lên thì phần trăm C; Mn; Cu trong austenit giảm xuống kết quả này được thể hiện trên Hình 3 và Bảng 2. Hàm lượng Mn trong austenit giảm xuống, độ ổn định của austenit giảm và tăng quá trình chuyển biến thành mactenxit khi nguội nhanh. Tuy nhiên phần trăm Si ở trong austenit tăng sẽ làm tăng độ bền cho pha.

Bảng giản đồ CCT ở Hình 4 cho thấy: Các kết quả

nghiên cứu về nhiệt động học xác định được tốc độ nguội tối hạn của hợp kim nghiên cứu là 50°C/s; nhiệt độ kết thúc chuyển biến mactenxit là 290°C.



Hình 4. Giản đồ CCT của thép nghiên cứu

Từ các kết quả nghiên cứu ở trên đã lựa chọn được nhiệt độ tối thích hợp ở vùng song pha là 730°C; 760°C và 790°C; giữ nhiệt trong thời gian 30 phút và làm nguội trong nước lạnh ở nhiệt độ duy trì dưới 32°C.

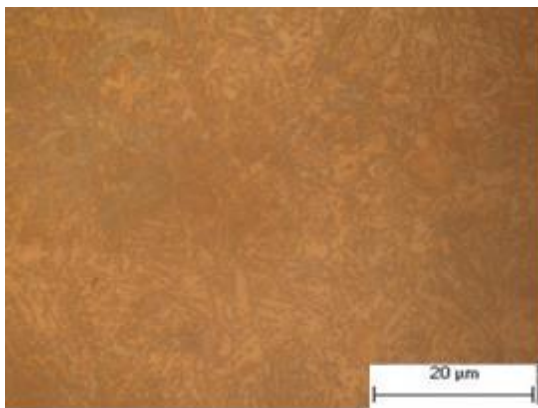
3.2. Phân tích tổ chức

Phân tích kết quả tổ chức tế vi cho thấy:

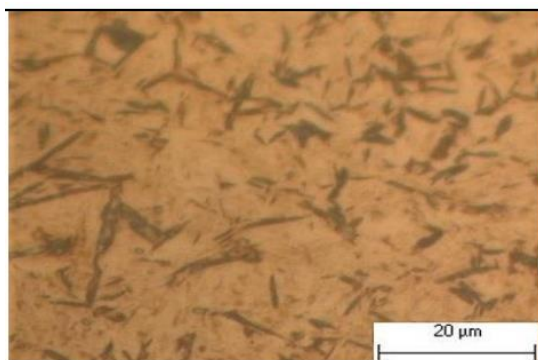
Đối với mẫu tôi ở 730°C (Hình 5a), tổ chức tế vi vẫn

còn xuất hiện nhiều ferit; mactenxit hình kim nhỏ và phân tán trong nền. Điều này được giải thích theo kết quả phân tích về nhiệt động học tỷ lệ austenit ở nhiệt độ này là 35% do vậy khả năng chuyển biến thành mactenxit là ít. Kết hợp với kết quả phân tích tỷ phần pha cho thấy tỷ phần pha mactenxit với mẫu này là 15%.

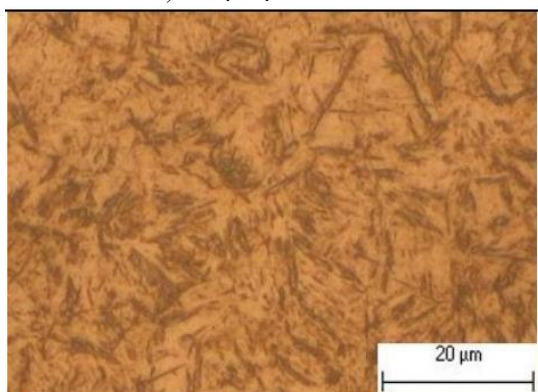
Đối với mẫu tôi ở 760°C (Hình 5b) tổ chức tế vi thấy xuất hiện mactenxit với hình kim đặc trưng; nền ferit. Phân tích tỷ phần pha cho thấy tỷ phần mactenxit là 20%.



a) Nhiệt độ tôi: 730°C



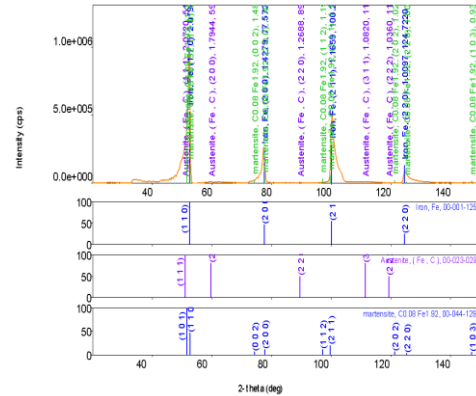
b) Nhiệt độ tôi: 760°C



c) Nhiệt độ tôi: 790°C

Hình 5. Phân tích tổ chức tế vi mẫu ở các nhiệt độ xử lý vùng song pha khác nhau

Đối với mẫu tôi ở 790°C (Hình 5c) tổ chức tế vi thấy xuất hiện mactenxit với hình kim đặc trưng; nền ferit. Phân tích tỷ phần pha cho thấy tỷ phần mactenxit là 25%. Kích thước trung bình của mactenxit là 8μm. Độ hạt của ferit là 12,5μm.



Hình 6. Phân tích XRD mẫu sau tôi ở 790°C

Việc tăng tỷ phần pha phụ thuộc vào nhiệt độ nung khi tôi. Điều này được giải thích là nhiệt độ càng cao thì lượng austenit lớn do vậy tỷ phần chuyển biến thành mactenxit sẽ lớn.

Phân tích XRD mẫu sau tôi cho thấy: Tổ chức sau tôi bao gồm mactenxit và ferit. Kết quả phân tích XRD là phù hợp với nghiên cứu về tính toán nhiệt động học cũng như phân tích về tổ chức quang học của thép nghiên cứu.

3.3. Phân tích kết quả cơ tính

Độ cứng mẫu sau đúc là 38.5HRC.

Bảng 3. Kết quả cơ tính của mẫu sau thử

| Mẫu | M0 | M1 | M2 | M3 |
|---------------------------|------|------|------|------|
| HRC | 47,3 | 45,5 | 48,5 | 52,4 |
| Giới hạn bền kéo (MPa) | 705 | 584 | 782 | 960 |
| Độ giãn dài tương đối (%) | 20 | 27 | 18 | 16 |

Phân tích kết quả cơ tính cho thấy với mẫu M3 khi tôi ở 790°C cho giá trị độ cứng và độ bền cao nhất. Điều này phù hợp với những kết quả phân tích về mặt tổ chức được trình bày ở trên. Tuy nhiên, về độ dẻo thì mẫu M1 với tỷ phần ferit cao làm tăng độ dẻo của hợp kim nghiên cứu.

4. Kết luận

Bằng các kết quả phân tích về tổ chức bài báo đã chỉ ra:

Nhiệt độ xử lý nhiệt ở vùng song pha là từ (730 - 790)°C.

Kết quả phân tích về tổ chức đã chỉ ra mactenxit và ferit trong thép nghiên cứu. Giá trị kích thước trung bình của mactenxit là 8 μ m.

Kết quả phân tích cơ tính cho thấy tăng nhiệt độ xử lý nhiệt ở vùng song pha thì giá trị độ bền; độ cứng tăng. Tuy nhiên, giá trị độ dẻo của thép nghiên cứu giảm. Như vậy, với mục tiêu tăng độ bền và độ cứng của hợp kim nghiên cứu thì nhiệt độ xử lý nhiệt của thép được xử lý ở nhiệt độ 790°C trong thời gian giữ nhiệt là 30 phút và làm nguội nhanh trong môi trường nước. Kết luận này, có ý nghĩa thực tiễn trong việc đưa ra chế độ xử lý nhiệt hợp lý sau cán nhằm điều chỉnh tổ chức pha thu được thép có độ bền và độ cứng cao phù hợp với điều kiện làm việc.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số: **DT21-22.30**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASM International Handbook Committee, *ASM Handbook, Volume 10: Materials Characterization*, 1998.
- [2] M. Shome and M. Tumuluru, *Welding and Joining of Advanced High Strength Steels (AHSS)*. 2015.
- [3] N. Fonstein, *Advanced High Strength Sheet Steels*. 2015.
- [4] S. Keeler and M. Kimchi, *Advanced High-Strength Steels Application Guidelines Version 5.0*, *World AutoSteel.org*, No. May, 2014.
- [5] L. Bo, D. Yuehong, and W. Yue, *Development of the third generation advanced high strength steel for automobile*, Vol.163, No.Iceesd, pp.1199-1202, 2018.
- [6] H. Halfa, *Recent Trends in Producing Ultrafine Grained Steels*, *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, Vol.02, No.05, 2014.
- [7] A. S. M. I. Handbook, *ASM handbook (Heat treating of Irons and Steels)*, ASM Int., 2005.
- [8] F. Hardesty, *Metals handbook, ninth edition. Volume 3, Properties and selection: Stainless steels, tool materials and special-purpose metals*, *J. Mech. Work. Technol.*, Vol.6, No.4, 1982.
- [9] M. Soleimani, H. Mirzadeh, and C. Dehghanian, "Effects of tempering on the mechanical and corrosion properties of dual phase steel," *Mater. Today Commun.*, Vol.22, 2020.
- [10] A. Ramazani, M. Abbasi, S. Kazemiabnavi, S. Schmauder, R. Larson, and U. Prahl, *Development and application of a microstructure-based approach to characterize and model failure initiation in DP steels using XFEM*, *Mater. Sci. Eng. A*, Vol.660, 2016.
- [11] S. Qin, Y. Lu, S. B. Sinnott, and A. M. Beese, *Influence of phase and interface properties on the stress state dependent fracture initiation behavior in DP steels through computational modeling*, *Mater. Sci. Eng. A*, Vol.776, 2020.
- [12] B. Sunil and S. Rajanna, *Evaluation of mechanical properties of ferrite-martensite DP steels produced through intermediate quenching technique*, *SN Appl. Sci.*, Vol.2, No.8, 2020.

| | |
|--------------------|------------|
| Ngày nhận bài: | 19/01/2022 |
| Ngày nhận bản sửa: | 21/02/2022 |
| Ngày duyệt đăng: | 28/02/2022 |