

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ NHIỆT LUYỆN TỚI CƠ TÍNH CỦA THÉP KHÔNG GỈ SS304L

Trần Xuân Vịnh, Hoàng Xuân Thi

Trung tâm Công nghệ Vật liệu, Viện Công nghệ xạ hiếm

Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam

Tóm tắt: Thép không gỉ Austenite 304 có sự nhạy cảm nhiệt trong khoảng nhiệt độ 470-750⁰ C nguyên nhân do sự tiết pha Cacbit ở biên hạt. Sự tiết pha Cacbit này giảm khả năng chống ăn mòn biên hạt, giảm cơ tính của thép. Để khắc phục tình trạng trên, người ta giảm lượng Cacbon xuống dưới 0.03%, tạo ra thép không gỉ Austenite 304L. Bài viết này đánh giá về sự thay đổi về cơ tính của thép không gỉ SS 304L dưới các cách xử lý nhiệt khác nhau. Các mẫu được dùng để thử nghiệm được cắt ra từ tấm phôi cán, và được xử lý nhiệt trong dải nhiệt độ 300-900⁰ C sau đó làm nguội cùng lò. Tiếp đó các mẫu sẽ được đem đi đo độ cứng, thử độ bền kéo. Với mỗi chế độ nhiệt luyện khác nhau sẽ cho ta một tổ chức tế vi riêng biệt và ảnh hưởng rõ rệt đến tính chất của thép không gỉ SS 304L

Từ khóa: SS 304L, nhạy cảm nhiệt, cơ tính, và chế độ nhiệt luyện.

1. LỜI GIỚI THIỆU

Thép không gỉ, hay còn gọi là inox là một loại thép hợp kim có chứa Cr (với hàm lượng Cr tối thiểu là 10.5% về khối lượng). Nếu các loại thép thông thường khi tiếp xúc với các tác nhân oxy hóa (như không khí, độ ẩm ...) sẽ tạo thành gỉ sắt và ăn mòn vào lớp vật liệu bên trong, thì trong thép không gỉ, khi hàm lượng Cr đủ cao, trên bề mặt nó sẽ hình thành một lớp màng thụ động là oxit crom có tác dụng ngăn cản quá trình tạo gỉ và ăn mòn vào lớp vật liệu bên trong khiến cho bề mặt nó luôn tạo cảm giác sáng bóng. Nhờ những đặc tính nổi bật về các đặc tính cơ học và tính chống chịu ăn mòn, ngày nay, thép không gỉ được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp như quốc phòng, hạt nhân, ... cũng như trong y tế và đời sống ... [1]. Thép không gỉ austenitic thường bị nhạy hóa ở nhiệt độ 470-750⁰C do sự tiết pha cacbit ở biên hạt. Sự tiết pha cacbit có thể ảnh hưởng đến khả năng chống chịu hiện tượng ăn mòn biên hạt (IGC) và làm giảm cơ tính của thép không gỉ, đặc biệt là độ bền và độ dai [2]. Các đặc tính cơ học của thép không gỉ austenitic phụ thuộc mạnh vào các yếu tố là thành phần hóa học, xử lý nhiệt và mức độ gia công nguội. Tuy nhiên, giòn hóa bởi hydro, nhạy hóa và sự hình thành các cacbit kim loại và pha sigma cũng có ảnh hưởng lên đặc tính cơ học [3,4]. Thép SS304L với hàm lượng C thấp (dưới 0,03% về khối lượng) còn giúp cải thiện các đặc

tính ma sát, tăng khả năng chịu mài mòn và giảm tính nhạy với hiện tượng ăn mòn biên hạt [5].

Trong phạm vi nghiên cứu này, một số đặc tính cơ học của vật liệu thép SS304L như độ cứng, độ bền kéo, giới hạn chảy, độ dẫn dài tương đối đã được nghiên cứu sơ bộ để thấy được sự thay đổi của các đặc tính cơ học này khi nung và ủ mẫu ở các nhiệt độ khác nhau.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

Vật liệu thép được sử dụng trong nghiên cứu này là phôi thép không gỉ SS 304L được lấy từ dự án xây dựng Nhà máy Nhiệt điện Thái Bình 2 đã được phê chuẩn. Hàm lượng các nguyên tố trong thép không gỉ SS 304L theo tiêu chuẩn ASTM và trên thực tế được đưa ra trong bảng 1-2.

Bảng 1: Thành phần hóa học thép SS 304L theo chuẩn AMS, ASTM, ASME...

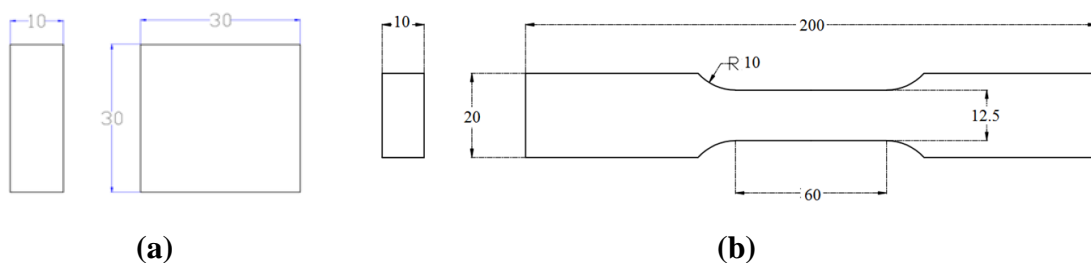
Nguyên tố	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	N
Hàm lượng %	≤0,03	≤2,00	≤0,045	≤0,030	≤0,75	18,0-20,0	8,0-12,0	≤0,10

Bảng 2: Thành phần hóa học thép SS 304L đo tại trung tâm NDE.

Nguyên tố	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	V
Hàm lượng %	0,0235	1,69	0,0311	-	0,368	19,0	8,78	0,128	0,154	0,0628

2.2. Tiến trình thí nghiệm

a. Tạo mẫu



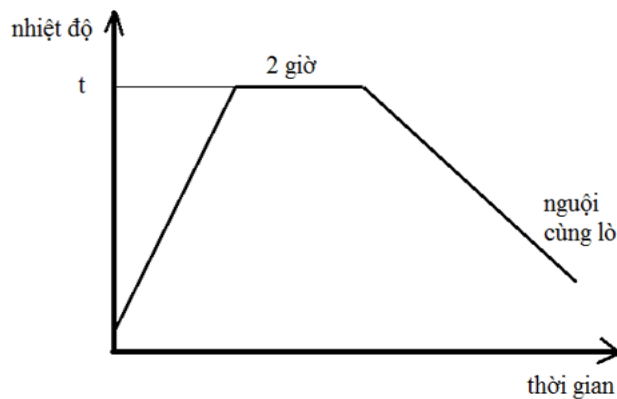
Hình 1: Hình dạng và kích thước của mẫu đo độ cứng (a) và đo độ bền kéo (b)

Mẫu thép tấm được cắt dây thành các mẫu tiêu chuẩn sử dụng trong phép đo độ cứng và đo độ bền kéo với kích thước như được minh họa trong hình dưới (Hình 1).

Mục đích lựa chọn phương pháp cắt dây là giảm thiểu tối đa sự thay đổi của tổ chức thép dẫn đến sự thay đổi cơ tính vật liệu.

b. Xử lý nhiệt mẫu thép

Sau quá trình tạo mẫu, các mẫu thép lần lượt được xử lý nhiệt ở các dải nhiệt độ khác nhau trong lò nung. Điều kiện xử lý nhiệt các mẫu được đưa ra ở Hình 2. Mẫu được nung và giữ ở 4 điểm nhiệt độ là 300, 700, 850 và 900 °C trong khoảng thời gian 2 giờ. Mẫu được kí hiệu mẫu M1, M2, M3, M4, M5 tương ứng lần lượt với mẫu không nung và các mẫu nung ở 300, 700, 850 và 900 °C. Các thông số kỹ thuật khác như tốc độ nâng nhiệt ~250 °C /1h; thời gian giữ nhiệt: 2h. Mẫu sau đó được để nguội cùng lò cho tới nhiệt độ phòng.



Hình 2: Quy trình xử lý nhiệt các mẫu thép

c. Đo tính chất cơ lý các mẫu thép

Đo độ cứng:

Các mẫu thép được đo độ cứng Rockwell trên thiết bị đo độ cứng tại phòng 101, nhà TC Đại học Bách Khoa Hà Nội. Độ cứng phản ánh một phần cơ tính vật liệu, nó đặc trưng cho sự kháng lại sự thay đổi về bề mặt của vật liệu khi có ngoại lực tác động vào. Giá trị độ cứng thô đại HRB thu được tương ứng với từng mẫu vật liệu.

Đo độ bền kéo:

Các mẫu thép được đo độ bền kéo trên thiết bị thử kéo nén vạn năng MTS-198 với tải trọng lớn nhất 200kN được đặt tại nhà C8 trường Đại học Bách Khoa Hà Nội nhằm xác định các thông số đặc trưng về cơ tính của vật liệu như giới hạn chảy, độ bền kéo và độ giãn dài tương đối.

Công thức tính các thông số đặc trưng:

Giới hạn chảy: $\sigma_c = \frac{P_c}{F_0}$ (N/mm²)

(P_c (kN) là thời điểm kim trên đồng hồ lực dao động, lúc này mẫu thép bắt đầu chuyển sang trạng thái biến dạng dẻo)

Độ bền kéo: $\sigma_b = \frac{P_b}{F_0}$ (N/mm²)

(P_b (kN) là lực tại thời điểm mẫu đứt)

Độ dẫn dài tương đối: $\delta_s = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100\%$

(l_0 là chiều dài đoạn làm việc ban đầu của mẫu, l_1 là chiều dài làm việc sau thí nghiệm kéo)

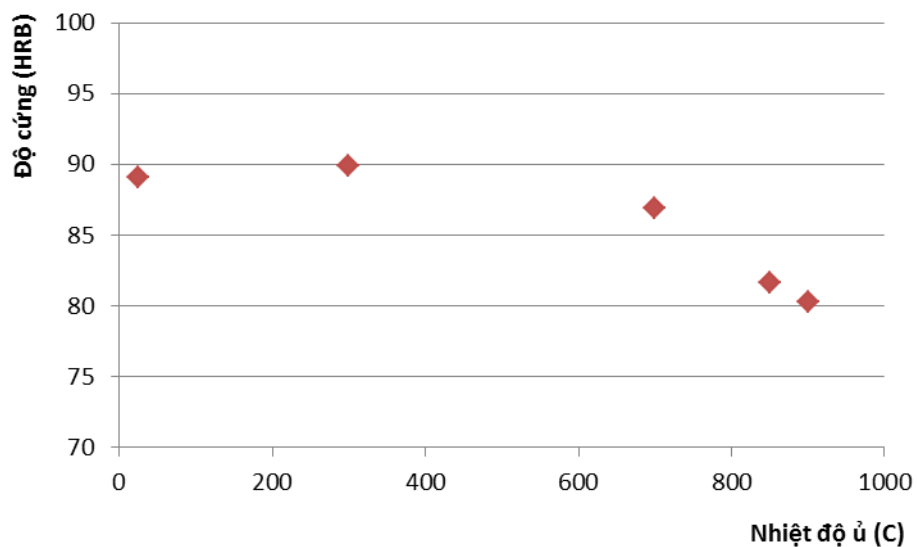
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả và thảo luận: kiểm tra độ cứng

Kết quả kiểm tra độ cứng các mẫu vật liệu M1-M5 được thể hiện trong Bảng 3 và Hình 3.

Mẫu	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Giá trị trung bình	Quy đổi HV
M1	89.4	88.9	89.0	89.1	188
M2	90.7	89.1	89.9	89.9	193
M3	86.2	86.6	87.9	86.9	178
M4	81.7	81.3	81.7	81.6	160
M5	80.6	80.4	79.8	80.3	155

Bảng 3: Kết quả kiểm tra độ cứng Rockwell các mẫu thép M1-M5 (đơn vị HRB)



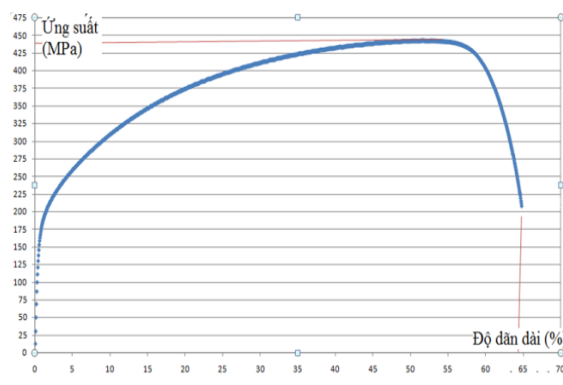
Hình 3: So sánh độ cứng HRB của các mẫu tại các nhiệt độ ủ khác nhau

Qua đồ thị tương quan về độ cứng của các mẫu đối với từng nhiệt độ ủ, ta có nhận xét như sau: khi tăng nhiệt độ ủ mẫu ở 300⁰C (mẫu M2), độ cứng của mẫu gần như không thay đổi.

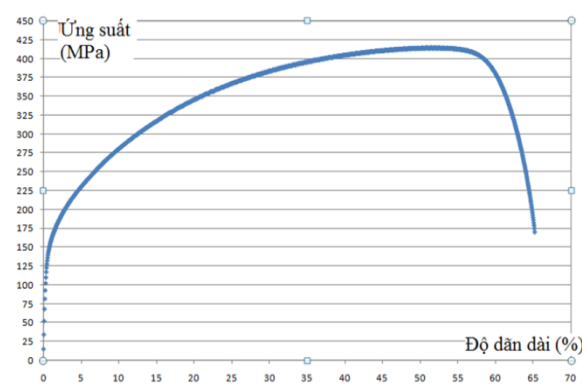
Khi tiếp tục tăng nhiệt độ nung mẫu, ta thấy rằng độ cứng của các mẫu giảm dần, độ cứng của mẫu M3 đã bắt đầu giảm xuống còn 86.9 HRB và giảm mạnh ở mẫu M4 và M5 (81.6 và 80.3 HRB).

3.2. Kết quả và thảo luận: kiểm tra độ bền kéo

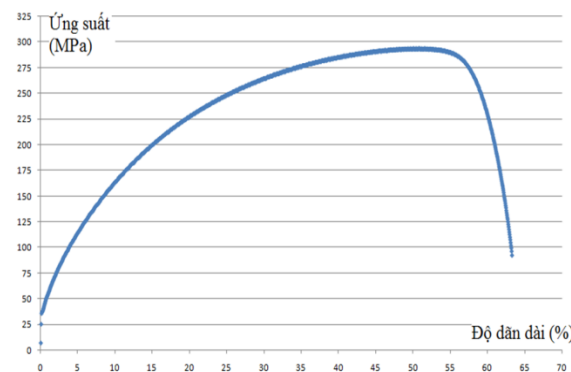
Độ bền dẻo của các mẫu vật liệu được kiểm tra trên máy thử kéo nén vạn năng MTS-198 với tải trọng lớn nhất 200kN, kết quả thu được được thể hiện trên Hình 4 và Bảng 4.



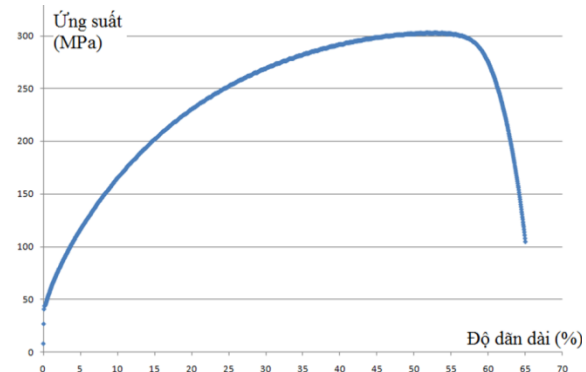
(a) Mẫu 1: $\sigma = 175$ MPa; $\sigma_{UTS} = 440$ MPa; $\epsilon = 64\%$



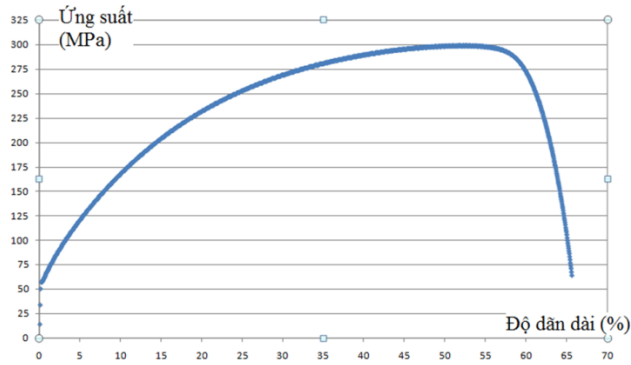
(b) Mẫu 2: $\sigma = 150$ MPa; $\sigma_{UTS} = 295$ MPa; $\epsilon = 64\%$



(c) Mẫu 3: $\sigma = 40$ MPa; $\sigma_{UTS} = 295$ MPa; $\epsilon = 63\%$



(d) Mẫu 4: $\sigma = 45$ MPa; $\sigma_{UTS} = 3100$ MPa; $\epsilon = 65\%$



(e) Mẫu 5: $\sigma = 60$ MPa; $\sigma_{UTS} = 300$ MPa; $\epsilon = 65\%$

Hình 4: Kết quả đo độ bền kéo của các mẫu M1, M2, M3, M4, M5.

Từ kết quả trên ta có bảng tổng hợp:

Mẫu	Giới hạn chảy (Mpa)	Độ bền kéo (Mpa)	Độ giãn dài (%)
1	175	440	64
2	150	295	64
3	40	295	63
4	45	310	65
5	60	300	65

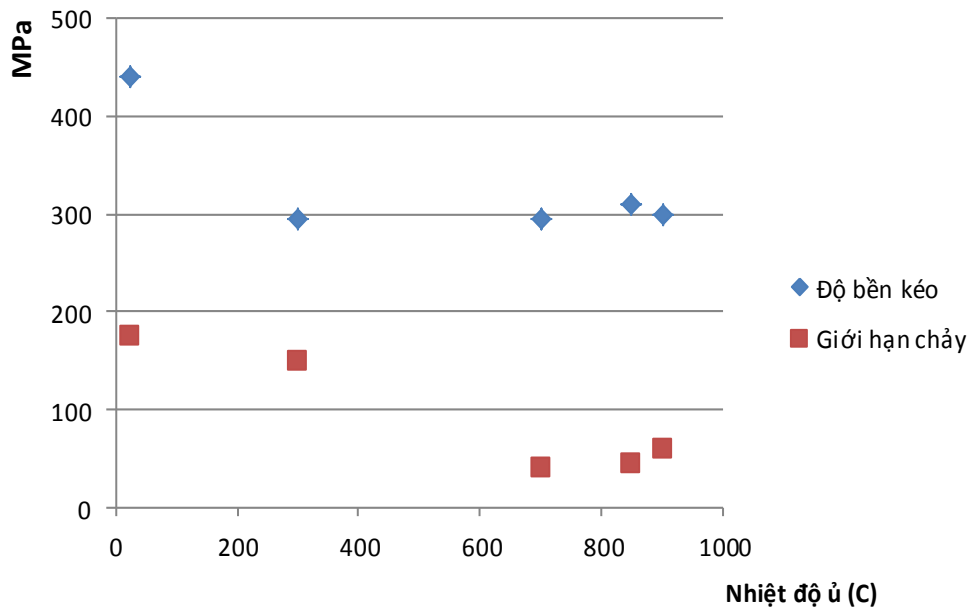
Bảng 4: Kết quả giới hạn chảy, độ bền kéo và độ giãn dài tương đối của các mẫu M1-M5

Từ bảng kết quả trên có thể thấy, cho dù chế độ ủ ở 300° (mẫu M2), 700° (mẫu M3), 850° (mẫu M4) hay 900° C (mẫu M5), thì độ giãn dài của thép SUS 304L cũng không thay đổi (xấp xỉ 64%) và bằng với giá trị của mẫu thép không được nhiệt luyện.

Cùng một loại thép với chế độ nhiệt luyện khác nhau thì hai giá trị độ giãn dài và độ bền (hoặc giới hạn chảy) tỉ lệ nghịch với nhau. Thế nhưng trong trường hợp này độ giãn dài hầu như không thay đổi thì giá trị của độ bền và giới hạn chảy lại thay đổi đáng kể.

Đối với độ bền kéo (đường màu đỏ trên Hình 5): giá trị của độ bền kéo của mẫu nguyên bản (M1) là 440 MPa, và sau khi ủ ở 300° , 700° , 850° hay 900° thì giá trị này giảm mạnh còn xấp xỉ 300 Mpa.

Với giá trị giới hạn chảy (đường màu xanh trên Hình 5): giá trị này giảm nhẹ từ 175 MPa (mẫu M1) xuống còn 150 MPa (mẫu M2). Nhưng khi tăng nhiệt độ ủ lên $700-900^{\circ}$ C thì giá trị này lại giảm mạnh xuống còn 40 MPa (mẫu M3), 45 MPa (mẫu M4), 60 MPa (mẫu M5).



Hình 5: Giá trị độ bền kéo và giới hạn chảy của các mẫu được xử lý nhiệt ở các nhiệt độ khác nhau

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã khảo sát sơ bộ tính chất cơ lý của mẫu vật liệu thép không gỉ SS304L dưới các điều kiện xử lý nhiệt khác nhau và đã thu được các kết quả như sau:

Khi tăng nhiệt độ nung mẫu từ mẫu ban đầu lên 300⁰C, độ cứng của mẫu gần như không thay đổi với mẫu M2. Ở nhiệt độ nung và giữ nhiệt cao hơn 700, 850 và 900 ⁰C giá trị độ cứng HRB của mẫu giảm dần

Khi tăng nhiệt độ nung, giá trị giới hạn chảy, độ bền kéo của các mẫu về cơ bản là giảm trong khi giá trị độ dẫn dài tương đối hầu như không thay đổi.

Nguyên nhân của điều này chưa được giải thích rõ ràng do thiếu các dữ liệu về phân tích cấu trúc tế vi của vật liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- [1] Gupta AK, Krishnamurthy HN, Singh Y, Prasad KM, Singh SK. Development of constitutive models for dynamic strainaging regime in Austenitic stainless steel 304. Mater Des 2013;45:616–27.
- [2] S.A. Tukur, M.S Dambatta, A. Ahmed, N.M. Mu'az. Effect of Heat Treatment Temperature on Mechanical Properties of the AISI 304 Stainless Steel. IJIRSET 2014;
- [3] Honeycombe, R. Bhadeshia, H. “Steels: Microstructure and Properties”. 2nd edition. London: Edward Arnold. 1995

[4] Llewellyn, D. Hudd, R. "Steels: Metallurgy and Applications". 3rd edition. Boston: Butterworth Heinemann, 1998

[5] Wang XY, Li DY. Mechanical, electrochemical and tribological properties of nano-crystalline surface of 304 stainless steel. *Wear* 2003;255:836–45

Effect of heat treatment on microstructures and properties of SS 304L Austenitic Stainless steel

Abstract: SS 304 Austenitic Stainless steels are sensitized when the temperature is in range of 470-750⁰ C, causes carbide precipitations at the grain boundaries. Carbide precipitation decreases effects on the resistance to intergranular corrosion and reduces the mechanical properties of stainless steels. To improve this problem, we decrease Carbon content to 0.03% (SS 304L Austenite Stainless steel). This paper evaluates the change on mechanical properties of SS 304L after heat treatment. These samples were cut from roll-plate and heat treated with temperatures in range 300-900⁰ C, followed by furnace. These samples were tested in: hardness, tensile test. Due to heat treatment process, each sample has its specific microstructure and effect to mechanical properties of SS 304L stainless steel

Key words: *SS 304L, sensitization, mechanical properties, and heat treatment*