

TỔ CHỨC VÀ TÍNH CHẤT CỦA HỢP KIM Cu-2,8Ni-1,0Si
DẠNG TẤM MỎNG SAU HÓA GIÀ
MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF Cu-2,8Ni-1,0Si
ALLOY SHEET AFTER AGING TREATMENT

PHÙNG TUẤN ANH¹, NGUYỄN NHẬT HUY²

¹ Khoa Cơ khí - Học viện Kỹ thuật Quân sự/Bộ Quốc Phòng
² Viện Hóa học và vật liệu - Viện KHCN Quân sự/Bộ Quốc Phòng

Tóm tắt

Bài báo này nghiên cứu đánh giá sự thay đổi độ cứng, độ dẫn điện và tổ chức của hợp kim Cu-2,8Ni-1,0Si dạng tấm mỏng sau tôi ở 850 °C và hóa già ở các nhiệt độ (425-525) °C. Kết quả thực nghiệm cho thấy, sau khi tôi ở 850 °C, các tấm hợp kim đạt độ cứng cực đại 255 HV5 khi hóa già tiếp theo ở 425 °C sau 4,5 h và độ dẫn điện cực đại 38 % IACS khi hóa già ở 475 °C sau 5 h. Khi hóa già ở nhiệt độ 450 °C, các tấm hợp kim sẽ kết hợp được độ cứng cao và độ dẫn điện đủ cao sau 4 h hóa già, tương ứng khoảng 240 HV5 và 36,5 % IACS. Tổ chức tế vi của hợp kim chỉ tồn tại pha hóa bền δ -Ni₂Si trong quá trình hóa già, không thấy sự có mặt của các pha ϵ -Ni₃Si₂ và γ -Ni₅Si₂.

Từ khóa: Hợp kim Cu-2,8Ni-1,0Si, nhiệt luyện, hóa già, độ cứng Vickers, độ dẫn điện.

Abstract

In this paper the changes in hardness, electrical conductivity and microstructure of Cu-2.8Ni-1.0Si alloy sheet after solution treatment at 850 °C and age treatment from 425 to 525 °C were studied. The results showed that, after solution treatment and quenching at 850 °C, alloy sheets are reached the maximum hardness of 255 HV5 when aging at 425 °C for 4.5 hours and the maximum electrical conductivity of 38 % IACS when aging at 475 °C for 5 hours. The alloy sheet combines high hardness and sufficient electrical conductivity when aging at 450 °C for 4 hours, which are reached about 240 HV5 and 36.5 % IACS, respectively. There is only δ -Ni₂Si phase in the Cu matrix, do not appear ϵ -Ni₃Si₂ and γ -Ni₅Si₂ phases during aging.

Key words: CuNi3Si alloy sheet, heat treatment, artificial aging, hardness, electrical conductivity.

1. Đặt vấn đề

Hệ hợp kim trên cơ sở Cu-Ni-Si còn gọi là hợp kim hóa bền bằng tiết pha kiểu Corson (do Michael George Corson nghiên cứu ra năm 1927) được ứng dụng trong chế tạo máy và kỹ thuật điện do có cơ tính và tính dẫn điện cao [1,2]. Các hợp kim Cu-Ni-Si được nghiên cứu khá đa dạng về thành phần, có thể kể đến một số hợp kim như Cu-5,2Ni-1,2Si, Cu-7,5Ni-1,4Si, Cu-8Ni-1,8Si, Cu-6Ni-1,0Si... Các nghiên cứu ngày càng trở nên phong phú với nhiều hướng khác nhau từ công nghệ xử lý nhiệt, hợp kim hóa vi lượng các nguyên tố kim loại chuyển tiếp, nguyên tố đất hiếm (như Al, Mn, Cr, Cu, Mg, Zr, Ti, V, W, Nb, Ta...), hoặc kết hợp hợp kim hóa và xử lý cơ nhiệt hợp lý nhằm mục đích tăng bền nhưng vẫn đảm bảo tính dẫn điện, dẫn nhiệt cao cho hợp kim [3-5].

Một trong những hợp kim hệ Cu-Ni-Si được quan tâm nghiên cứu rộng rãi là hợp kim trên cơ sở CuNi3Si với pha hóa bền chủ yếu là δ -Ni₂Si. Theo [6], với thành phần hợp kim nằm trong vùng lân cận CuNi3Si, khi hóa già ở nhiệt độ dưới 400 °C, ngoài tiết pha δ -Ni₂Si hóa bền còn có một ít pha ϵ -Ni₃Si₂. Khi hóa già trong khoảng nhiệt độ (400-500) °C pha tiết ra chủ yếu là δ -Ni₂Si. Khi nhiệt độ hóa già trên 500 °C, ngoài pha tiết ra chủ yếu là δ -Ni₂Si còn có một ít pha γ -Ni₅Si₂. Độ dẫn điện của hợp kim chủ yếu phụ thuộc vào sự hình thành và tiết pha hóa bền δ -Ni₂Si nên thông thường, nhiệt độ hóa già lựa chọn đối với hợp kim CuNi3Si nằm trong khoảng (400-550) °C để đảm bảo pha δ -Ni₂Si tiết ra là chủ yếu, tránh sự tiết pha ϵ -Ni₃Si₂ và γ -Ni₅Si₂ làm giảm độ dẫn điện của hợp kim. Bài báo này tiến hành nghiên cứu thực, đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian hóa già đến độ cứng, độ dẫn điện và tổ chức của hợp kim Cu-2,8Ni-1,0Si dạng tấm mỏng, đồng thời xác định nhiệt độ và thời gian hóa già để đảm bảo vừa đạt độ cứng cao, vừa đạt độ dẫn điện đủ cao cho hợp kim.

2. Thực nghiệm

Hợp kim đồng Cu-2,8Ni-1,0Si (% khối lượng) được tính toán phối liệu và nấu luyện trong lò cảm ứng rót chân không Vacuumcast Tronic 3/300 (Italia). Các vật tư được sử dụng để nấu luyện là các vật liệu sẵn có là Cu nguyên chất M1, hợp kim trung gian AlNi15 và AlSi10. Hợp kim nghiên cứu sau nấu luyện được phân tích trên máy quang phổ phát xạ Spectro Maxx (Đức) có thành phần hóa học như trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học hợp kim nghiên cứu

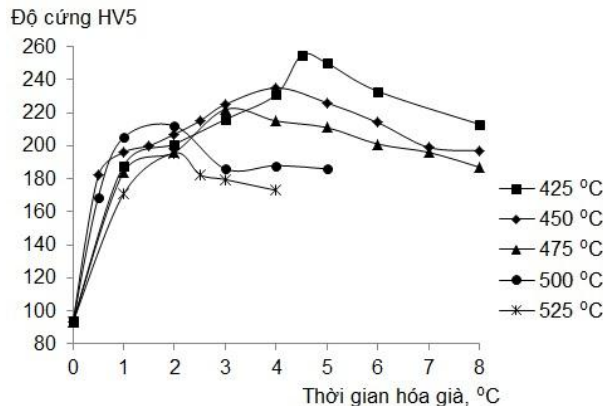
Hàm lượng các nguyên tố hóa học, %									
Ni	Si	Zn	Pb	Sn	Fe	Cr	Al	Ti	Cu
2,77	1,04	0,033	0,011	0,0041	0,063	0,0006	0,0022	0,0017	96,07

Sau đúc, thỏi đúc kích thước $\Phi 50 \times 100$ mm được ủ đồng đều hóa nhiệt độ 925°C trong thời gian 4 h và làm nguội cùng lò. Cắt thỏi đúc đã ủ đồng đều hóa thành các mẫu có kích thước $\Phi 50 \times 85$ mm, sau đó tiến hành biến dạng nóng ở 900°C với mức độ biến dạng 60 % và ủ kết tinh lại ở 600°C để chuẩn bị tổ chức cho các nghiên cứu tiếp theo.

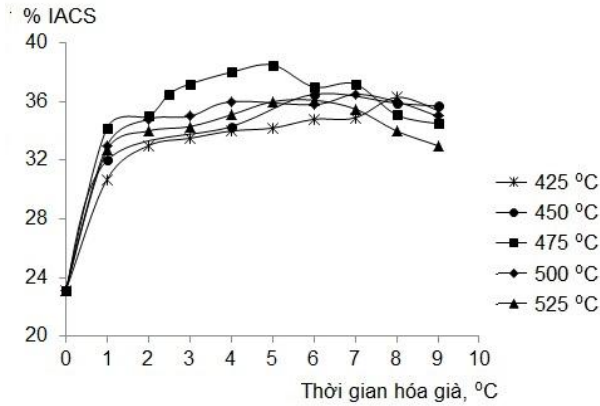
Mẫu được nung nóng trở lại ở nhiệt độ 850°C , giữ nhiệt trong 1 h, sau đó tôi trong nước. Các mẫu đã tôi được cắt thành các tấm phẳng có kích thước (dài x rộng x dày) $60 \times 5 \times 2$ mm và tiến hành hóa già ở các nhiệt độ 425, 450, 475, 500 và 525°C . Phương pháp nghiên cứu chủ yếu là xác định độ cứng (HV5) trên máy đo độ cứng Vickers Wilson Wolpert (Trung Quốc) và độ dẫn điện (% IACS) thông qua đo điện trở R của mẫu trên thiết bị đo điện trở Megger Digital Microhmmeter DLRO-10 (Anh).

3. Kết quả và thảo luận

Các tấm mẫu sau hóa già được tiến hành xác định độ cứng (HV5) và độ dẫn điện (% IACS). Sự phụ thuộc độ cứng và độ dẫn điện của hợp kim vào thời gian hóa già được thể hiện trên các hình 1 và 2. Với mỗi nhiệt độ hóa già khác nhau, độ cứng và độ dẫn điện đều đạt một giá trị cực đại. Khi nhiệt độ hóa già tăng, cực đại độ cứng đạt sớm hơn nhưng giá trị nhận được nhỏ hơn. Độ cứng đạt giá trị cực đại 255 HV5 khi hóa già ở nhiệt độ 425°C sau khoảng 4,5 h. Ở nhiệt độ hóa già ($500-525^\circ\text{C}$), độ cứng của hợp kim đạt cực đại khá nhanh chỉ sau khoảng 1h hóa già nhưng giá trị cực đại chỉ đạt (196-212) HV5 (hình 1), tương ứng độ dẫn điện (32,7-33) % IACS (hình 2). Ngược lại, ban đầu khi nhiệt độ tăng từ ($425-475^\circ\text{C}$), cực đại độ dẫn điện của hợp kim lại tăng lên theo sự tăng nhiệt độ hóa già và thời gian đạt giá trị cực đại giảm xuống. Ở 425°C , độ dẫn điện đạt cực đại 36,3 % IACS sau 8 h hóa già. Ở nhiệt độ 475°C , độ dẫn điện đạt giá trị cực đại 38 % IACS sau khoảng 5 h hóa già. Tiếp tục tăng nhiệt độ hóa già lên ($500-525^\circ\text{C}$), cực đại độ dẫn điện lại giảm xuống và thời gian đạt cực đại cũng giảm (hình 2).

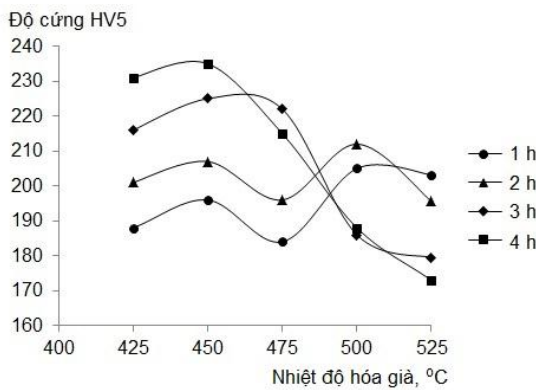


Hình 1. Sự thay đổi độ cứng của hợp kim sau hóa già với thời gian khác nhau

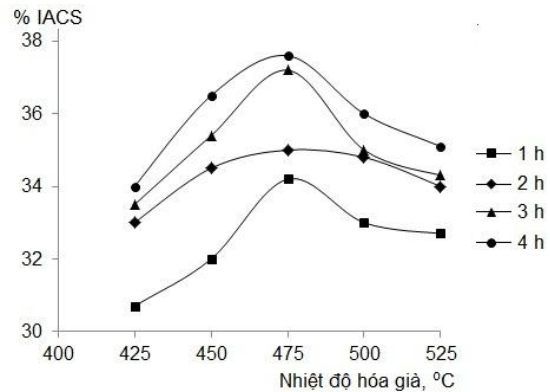


Hình 2. Sự thay đổi độ dẫn điện của hợp kim sau hóa già với thời gian khác nhau

Khi khảo sát với thời gian hóa già không đổi, sự phụ thuộc độ cứng và độ dẫn điện của hợp kim vào nhiệt độ hóa già được thể hiện trên các hình 3 và 4. Hợp kim sẽ kết hợp được độ cứng cao và độ dẫn điện đủ cao khi hóa già ở nhiệt độ 450 °C sau 4 h. Khi đó, độ cứng và độ dẫn điện đạt giá trị 240 HV5 và 36,5 % IACS.

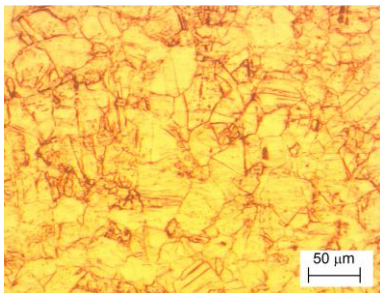


Hình 3. Sự thay đổi độ cứng của hợp kim sau hóa già ở các nhiệt độ khác nhau

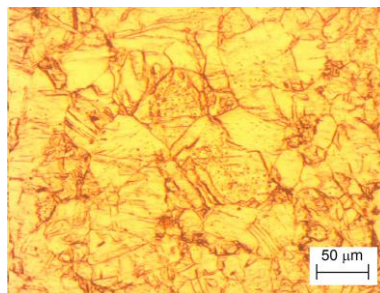


Hình 4. Sự thay đổi độ dẫn điện của hợp kim sau hóa già ở các nhiệt độ khác nhau

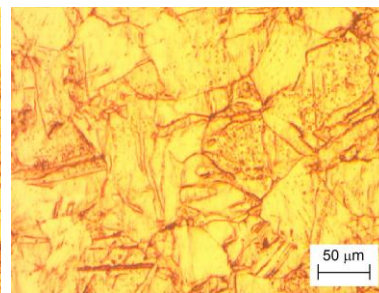
Tổ chức tế vi của các tấm mẫu hợp kim Cu-2,8Ni-1,0Si sau tôi ở 850 °C và hóa già ở các nhiệt độ 425, 450 và 475 °C được chỉ ra trên các hình 5, 6 và 7. Khi nhiệt độ hóa già càng tăng, mức độ kết tinh lại của các hạt pha càng tăng lên và xuất hiện ứ, tổ chức đặc trưng của các hợp kim đồng sau biến dạng và xử lý nhiệt.



Hình 5. Tổ chức tế vi mẫu hóa già ở 425 °C sau 4 h

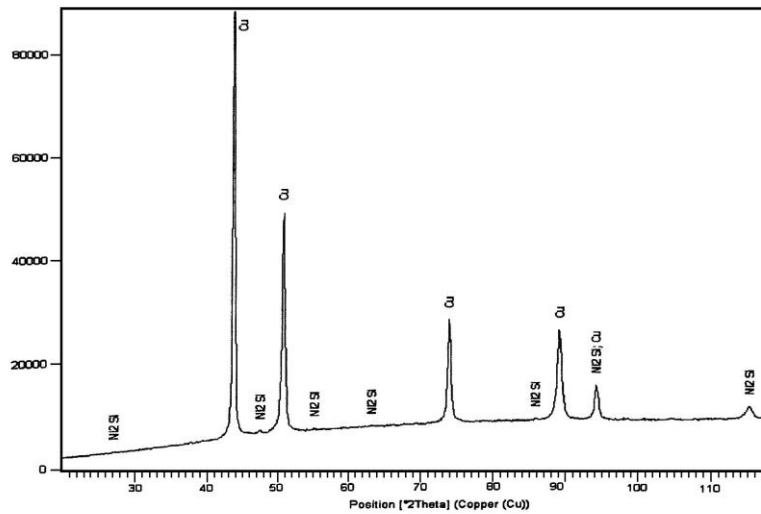


Hình 6. Tổ chức tế vi mẫu hóa già ở 450 °C sau 4 h

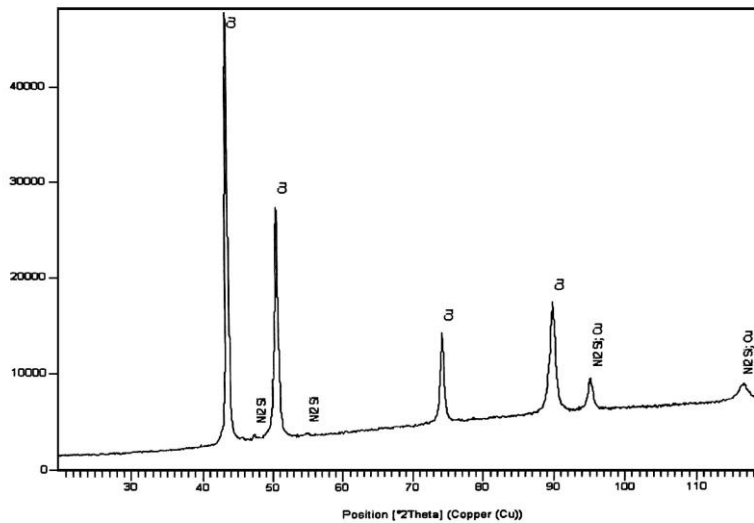


Hình 7. Tổ chức tế vi mẫu hóa già ở 475 °C sau 4 h

Giản đồ nhiễu xạ Ronghen của mẫu hợp kim hóa già ở 450 °C sau 1 h và 4 h được chỉ ra trên hình 8 và 9. Phân tích nhiễu xạ Ronghen cho thấy, trong tổ chức của hợp kim chỉ thấy xuất hiện pha δ -Ni₂Si, không thấy sự có mặt của các pha ϵ -Ni₃Si₂ và γ -Ni₅Si₂. Điều này hoàn toàn phù hợp với các công trình đã công bố [1,6].



Hình 8. Giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu hợp kim hóa già ở 450 °C sau 1 h



Hình 9. Giản đồ nhiễu xạ tia X của mẫu hợp kim hóa già ở 450 °C sau 4 h

4. Kết luận

Nghiên cứu xử lý nhiệt cho thấy, nhiệt độ và thời gian hóa già ảnh hưởng rất lớn đến tổ chức và tính chất của hợp kim Cu-2,8Si-1,0Si dạng tấm mỏng. Sau khi tôi ở 850 °C, hợp kim đạt độ cứng cực đại 255 HV5 khi hóa già tiếp theo ở 425 °C sau 4,5 h và độ dẫn điện cực đại 38 % IACS khi hóa già ở 475 °C sau 5 h. Khi hóa già ở nhiệt độ 450 °C, các tấm hợp kim sẽ kết hợp được độ cứng cao và độ dẫn điện đủ cao sau 4 h hóa già, đạt khoảng 240 HV5 và 36,5 % IACS. Tổ chức tế vi của hợp kim chỉ tồn tại pha hóa bền δ -Ni₂Si, không thấy sự có mặt của các pha ϵ -Ni₃Si₂ và γ -Ni₅Si₂.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Corson M. G. *Electrical conductor alloys [J]*. Electrical World, 1927 (89), pp. 137-139.
- [2] Luca Collini. *Copper Alloys – Early Applications and Current Performance*. Enhancing Processes. InTech, 2012, p. 58.
- [3] Hongyan Zhang , Jacek Senkara. *Resistance Welding: Fundamentals and Applications*. CRC Press, Second Edition, 2011.
- [4] ASM Specialty Handbook: *Copper and Copper Alloys*, ASM International, 2001.
- [5] Орлов Б.Д. *Технология и оборудование контактной сварки. Учебник для машиностроительных вузов*. М.: Машиностроение, 1986.
- [6] Lu, De-ping, Wang, Jun, Atrens, A., Zou, Xing-quan, Lu, Lei and Sun, Bao-de. *Calculation of Cu-rich part of Cu-Ni-Si phase diagram (J)*. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 17 (2007), pp. 12-15.

Ngày nhận bài: 29/7/2016

Ngày phản biện: 11/8/2016

Ngày chỉnh sửa: 15/8/2016

Ngày duyệt đăng: 17/8/2016