



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0032506

(51)<sup>7</sup> B21B 3/00; C22F 1/08; C22C 9/06;  
B21B 1/46; B21B 37/16

(13) B

(21) 1-2018-02857

(22) 22/07/2016

(86) PCT/KR2016/008028 22/07/2016

(87) WO2017/115963 06/07/2017

(30) 10-2015-0187790 28/12/2015 KR

(45) 25/07/2022 412

(43) 26/11/2018 368A

(73) POONGSAN CORPORATION (KR)

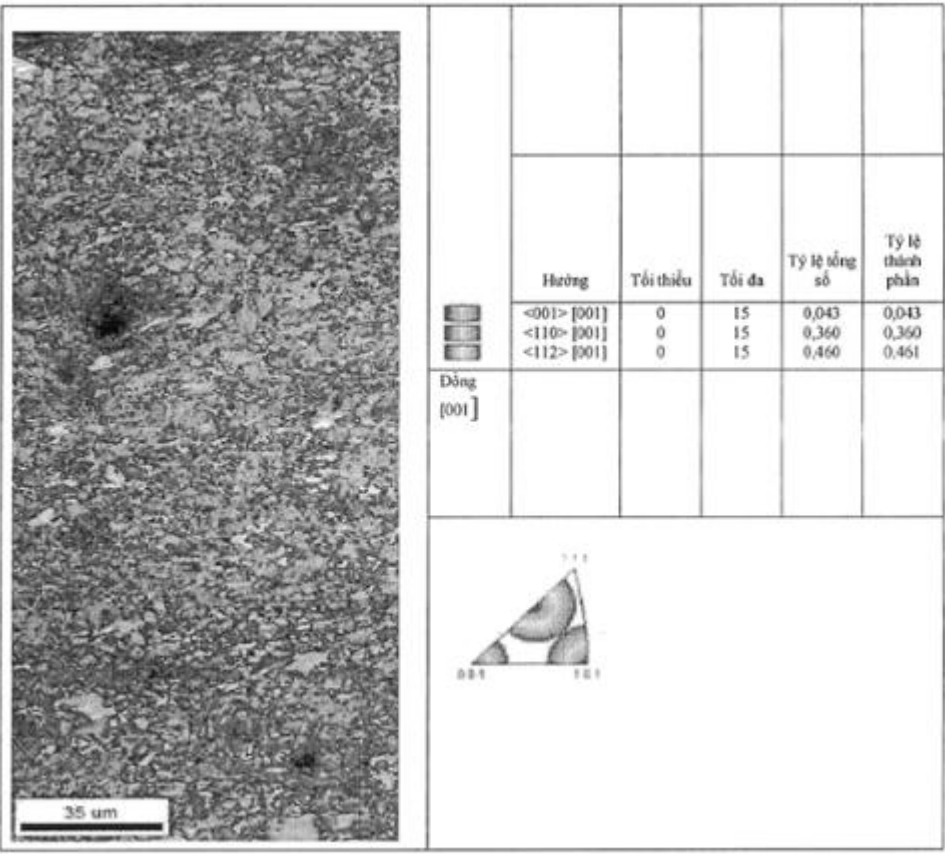
134, Pyeongtaekhang-ro, 156beon-gil, Poseung-eup, Pyeongtaek-si Gyeonggi-do  
17960 Republic of Korea

(72) PARK, Cheol Min (KR); NAM, Hyo Moon (KR); KIM, Jun Hyung (KR).

(74) Công ty TNHH Đại Tín và Liên Danh (DAITIN AND ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT VẬT LIỆU HỢP KIM ĐỒNG DÙNG LÀM CHI TIẾT Ô TÔ, CHI TIẾT ĐIỆN, ĐIỆN TỬ VÀ VẬT LIỆU HỢP KIM ĐỒNG ĐƯỢC SẢN XUẤT THEO PHƯƠNG PHÁP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng và hợp kim đồng dùng làm chi tiết ô tô và điện và điện tử. Vật liệu hợp kim đồng được sản xuất theo phương pháp của sáng chế thể hiện độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, độ dẫn điện và khả năng uốn cao. Trong đó, phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng bao gồm: (a) nấu chảy các phối liệu và đúc thành thỏi từ các phối liệu, trong đó các phối liệu bao gồm niken (Ni) 1-4,0% trọng lượng, silic (Si) 0,1-1,0% trọng lượng, thiếc (Sn) 0,1-1,0% trọng lượng, lượng còn lại là đồng và tạp chất thường thấy, trong đó tạp chất thường thấy bao gồm một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp được lựa chọn từ nhóm bao gồm Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr và Hf và chiếm không quá 1% trọng lượng tổng số; (b) đưa thỏi đúc thu được vào cán nóng ở nhiệt độ 750-1000°C trong 1-5 giờ; (c) đưa sản phẩm thu được vào cán nguội trung gian với mức độ cán lớn hơn 50%; (d) đưa sản phẩm thu được nhiệt luyện hóa lỏng tốc độ cao nhiệt độ cao ở nhiệt độ 780-1000°C trong 1-300 giây; (e) đưa sản phẩm thu được vào cán nguội lần cuối với mức độ cán 10-60% 10 lần hoặc ít hơn; (f) đưa sản phẩm thu được của bước trước hóa bền tiết pha ở 400-600°C trong 1-20 giờ; và (g) đưa sản phẩm được hóa bền tiết pha xử lý khử ứng suất ở 300-700°C trong 10-3000 giây.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng dùng làm chi tiết ô tô, chi tiết điện, điện tử và phương pháp sản xuất vật liệu này, và cụ thể hơn là đề cập đến vật liệu hợp kim đồng có độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, độ dẫn điện và độ uốn cao, dùng cho giắc nối nhỏ và chính xác, vật liệu đàn hồi, khung dẫn bán dẫn, ô tô và giắc nối điện và điện tử, và bộ truyền dẫn thông tin hoặc vật liệu điện một chiều như vật liệu làm rơ le, và phương pháp sản xuất vật liệu này.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Nhiều vật liệu hợp kim đồng dùng làm chi tiết ô tô và chi tiết điện, điện tử thích hợp cho các nhu cầu ứng dụng khác nhau được sử dụng như giắc nối, thiết bị đầu cực, công tắc, rơ le và khung dẫn. Tuy nhiên, cùng với sự đa dạng hóa chức năng của các chi tiết ô tô, điện, điện tử và cấu hình phức tạp của mạch điện, thì các chi tiết tương ứng cần có kích thước nhỏ và nhẹ. Để đáp ứng nhu cầu này, cần cải thiện các đặc tính vật liệu hợp kim đồng được sử dụng để làm vật liệu cho các chi tiết này.

Cụ thể như, giắc nối dùng cho ô tô được phân loại thành giắc nối cỡ 0,635 mm (0,025 inch), 1,27 mm (0,050 inch), 1,778 mm (0,070 inch), 2,286 mm (0,090 inch) và 6,35 mm (0,250 inch) tùy thuộc vào độ dày của nó, và được gọi là "giắc nối 025, 050, 070, 090 và 250" tùy thuộc vào độ dày của nó. Kích thước của giắc nối đang ngày càng giảm dần. Ngoài ra, số lượng chân của giắc nối đầu kẹp được tăng lên đến 100 hoặc nhiều hơn, so với 50-70 chân của các chi tiết cùng loại trước đây.

Cùng với việc giảm kích cỡ và tăng mật độ của các giắc nối, thì độ dày của vật liệu hợp kim đồng đang ngày càng giảm xuống 0,30 mm, 0,25 mm và 0,15 mm so với độ dày 0,4 mm ở các chi tiết cùng loại trước đây. Sự giảm độ dày của vật liệu hợp kim đồng gây ra hiện tượng uốn cong của các phần chân trong lúc đầu kẹp làm

việc với độ dày 0,15 mm ở mức độ tiêu chuẩn cho độ bền kéo và giới hạn đàn hồi của vật liệu hợp kim đồng (độ bền kéo khoảng 610 MPa và giới hạn đàn hồi khoảng 450 MPa). Theo đó, để ngăn ngừa hiện tượng uốn cong, vật liệu hợp kim đồng được sử dụng cho các chi tiết điện, điện tử và ô tô cần phải được cải thiện độ bền, cụ thể hơn, độ bền kéo là 620 MPa hoặc cao hơn, và giới hạn đàn hồi là 460 MPa hoặc cao hơn.

Cùng với đó, trong quá trình làm giắc nối cho chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử thì cần uốn theo hướng cán (hoặc song song với hướng cán) cũng như hướng ngang với hướng cán. Theo đó, cần thiết phải cải thiện khả năng uốn theo cả hướng cán và hướng ngang với hướng cán.

Vật liệu hợp kim đồng như đồng thiếc hoặc đồng thau phốt pho được sản xuất ở dạng dung dịch rắn gia cường bằng việc bổ sung thêm các phần tử hợp kim được sử dụng phổ biến làm chi tiết cho ô tô hoặc chi tiết điện, điện tử, tuy vật liệu hợp kim đồng ở dạng dung dịch rắn gia cường thể hiện độ bền tốt hơn so với đồng nguyên chất thông thường, nhưng có một nhược điểm là độ dẫn điện kém hơn so với đồng nguyên chất. Ngoài ra, đồng thiếc phốt pho có độ bền uốn tốt theo hướng ngang với hướng cán, nhưng ngược lại nó lại bị nứt gãy khi được uốn theo hướng cán. Ngoài ra, đồng thau và đồng thiếc phốt pho có thể làm chi tiết bị gỉ, cụ thể là gỉ tiếp xúc do sự làm mềm vật liệu thậm chí cả việc sử dụng cho các bộ phận được nung nóng như đầu gầu động cơ ô tô, và do đó, việc sử dụng chúng bị hạn chế.

Ngoài ra, hợp kim đồng thông thường được sử dụng làm chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử là hợp kim đồng hóa bền bằng tiết pha kiểu corson (hợp kim đồng trên cơ sở Cu-Ni-Si) và thể hiện sự khác nhau giữa việc gia công uốn theo hướng cán và gia công uốn theo hướng ngang với hướng cán bởi kết cấu gia công được tạo thành trong bước cán sau bước hóa bền tiết pha để cải thiện độ bền. Ngoài ra, như mô tả ở trên, mức độ về độ bền kéo và giới hạn đàn hồi được đòi hỏi được tăng theo sự giảm kích cỡ và tăng mật độ của vật liệu hợp kim đồng dùng cho chi tiết ô tô và chi tiết điện, điện tử, tuy nhiên độ bền kéo và giới hạn đàn hồi của hợp kim đồng hóa bền bằng tiết pha kiểu corson thông thường (hợp kim đồng trên cơ sở

Cu-Ni-Si) không thỏa mãn các mức độ về độ bền kéo và giới hạn đàn hồi này, và do đó nảy sinh nhược điểm khi bị uốn cong.

Tóm lại, vật liệu hợp kim đồng thông thường được sử dụng làm chi tiết ô tô hoặc điện và điện tử cần uốn theo hướng cán và hướng ngang với hướng cán, cũng như cần độ bền kéo, giới hạn đàn hồi và độ dẫn điện cao để phù hợp theo sự giảm kích cỡ và tăng mật độ của các chi tiết. Tuy nhiên, do thông thường độ bền kéo và giới hạn đàn hồi tỷ lệ nghịch với khả năng uốn, nên cần phải phát triển vật liệu hợp kim đồng có đầy đủ tất cả các đặc tính đề cập ở trên. Cụ thể là, các nghiên cứu được thực hiện trên các hợp kim Cu-Ni-Si để đạt được khả năng uốn theo hướng cán và hướng ngang với hướng cán mà vẫn giữ được độ bền kéo và giới hạn đàn hồi cao.

Tài liệu sáng chế Nhật Bản có số công bố 2006-283059 bộc lộ sự cải thiện khả năng uốn bằng cách kiểm soát sự định hướng tinh thể sao cho tỷ lệ diện tích của mặt phẳng có định hướng tinh thể lập phương  $\{001\}<100>$  chiếm lớn hơn 50% và tài liệu sáng chế Nhật Bản có số công bố 2011-017072 bộc lộ sự cải thiện khả năng uốn bằng cách điều chỉnh tỷ lệ diện tích định hướng tinh thể đồng thối  $\{110\}<112>$ , tỷ lệ diện tích định hướng tinh thể đồng  $\{121\}<111>$  và tỷ lệ diện tích định hướng tinh thể lập phương  $\{001\}<100>$  tương ứng là nhỏ hơn 20%, nhỏ hơn 20% và 5-60%.

Cụ thể là, theo mô tả ở trên, trong kỹ thuật hiện nay, tỷ lệ diện tích định hướng tinh thể lập phương  $\{001\}<100>$  được tăng lên bằng cách kiểm soát sự định hướng hình thành tinh thể thông thường để cải thiện khả năng uốn của vật liệu. Tuy nhiên, vì sự định hướng tinh thể lập phương của hợp kim đồng trên cơ sở Cu-Ni-Si được tăng lên trong quá trình xử lý nhiệt để tỷ lệ diện tích định hướng tinh thể lập phương  $\{001\}<100>$  tăng lên, nên độ bền kéo và giới hạn đàn hồi của hợp kim đồng trên cơ sở Cu-Ni-Si bị làm giảm đi.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Để khắc phục hạn chế nêu trên, mục tiêu của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng sử dụng trong chi tiết ô tô, điện, điện tử mà có độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, độ dẫn điện và độ bền uốn tốt.

Để đạt được mục tiêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng dùng cho chi tiết ô tô và chi tiết điện, điện tử bao gồm (a) nấu chảy các phối liệu và đúc thành thỏi từ các phối liệu, trong đó các phối liệu bao gồm niken (Ni) 1-4,0% trọng lượng, silic (Si) 0,1-1,0% trọng lượng, thiếc (Sn) 0,1-1,0% trọng lượng, sự cân bằng giữa đồng và tạp chất thường thấy, trong đó tạp chất thường thấy bao gồm một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp được lựa chọn từ nhóm bao gồm Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr và Hf và chiếm ít hơn 1% trọng lượng tổng số, (b) đưa thỏi đúc thu được vào cán nóng ở nhiệt độ 750-1000°C trong 1-5 giờ, (c) đưa sản phẩm thu được vào cán nguội trung gian với mức độ cán lớn hơn 50%, (d) đưa sản phẩm thu được vào nhiệt luyện hóa lỏng tốc độ cao nhiệt độ cao ở nhiệt độ 780-1000°C trong 1-300 giây, (e) đưa sản phẩm thu được vào cán nguội lần cuối với mức độ cán 10-60% trong 10 lần hoặc ít hơn, (f) đưa sản phẩm thu được của bước trước vào hóa bền tiết pha ở 400-600°C trong 1-20 giờ, và (g) đưa sản phẩm được hóa bền vào xử lý khử ứng suất ở 300-700°C trong 10-3000 giây, trong đó, theo kết quả phân tích bằng kỹ thuật nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược (EBSD), vật liệu hợp kim đồng thu được có tỷ lệ mặt tinh thể {001} chiếm ít hơn 10%, tỷ lệ mặt tinh thể {110} chiếm 30-60%, tỷ lệ mặt tinh thể {112} chiếm 30-60%, tỷ lệ biên hạt góc nhỏ chiếm 50-70%, độ bền kéo đạt 620-1.000 MPa, giới hạn đàn hồi đạt 460-750 MPa, độ dẫn điện đạt 35-50% IACS, và khả năng uốn tốt theo hướng cán và hướng ngang với hướng cán.

Nếu cần thiết, (c) cán trung gian và (d) xử lý nhiệt hóa lỏng có thể được tiến hành lặp lại nhiều lần.

Ngoài ra, phương pháp có thể bao gồm thêm bước điều chỉnh hình dạng tấm trước hoặc sau bước (f) hóa bền tiết pha.

Ngoài ra, phương pháp có thể bao gồm thêm bước mạ thiếc (Sn), bạc (Ag), hoặc niken (Ni) sau bước (g) xử lý khử ứng suất. Ngoài ra, phương pháp có thể bao gồm thêm bước sản xuất vật liệu hợp kim đồng thu được sau bước (g) xử lý khử ứng suất thành dạng tấm, thanh hoặc ống.

Phốt pho (P) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng có thể được cho thêm vào. Kẽm (Zn) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng có thể được cho thêm vào. Phốt pho (P) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng và kẽm (Zn) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng được cho thêm vào.

Theo khía cạnh khác của sáng chế, sản phẩm được tạo ra là vật liệu hợp kim đồng dùng làm chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử được sản xuất bằng phương pháp được mô tả ở trên.

#### Hiệu quả của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng dùng cho chi tiết ô tô, điện, điện tử thể hiện độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, độ dẫn điện và độ bền uốn tốt.

#### Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, các phương án thực hiện minh họa của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết cùng với các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1A minh họa tỷ lệ mặt tinh thể của mẫu (Cu-1,8Ni-0,3Si-0,3Sn-0,01P) theo Ví dụ 1;

Fig.1B minh họa phần biên hạt của mẫu (Cu-1,8Ni-0,3Si-0,3Sn-0,01P) theo Ví dụ 1;

Fig.2A minh họa tỷ lệ mặt tinh thể của mẫu (Cu-2,2Ni-0,5Si-0,3Sn-0,01P-0,1Zn) theo Ví dụ 4; và

Fig.2B minh họa phần biên hạt của mẫu (Cu-2,2Ni-0,5Si-0,3Sn-0,01P-0,1Zn) theo Ví dụ 4.

#### Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế được mô tả chi tiết thông qua các ví dụ minh họa và các hình vẽ kèm theo.

Thành phần hóa học của vật liệu hợp kim đồng dùng làm chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế bao gồm 1,0-4,0% trọng lượng niken (Ni), 0,1-1,0% trọng lượng silic (Si), 0,1-1,0% trọng lượng thiếc (Sn), sự cân bằng giữa đồng (Cu) và tạp chất thường thấy, trong đó tạp chất thường thấy bao gồm một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr và Hf.

Vật liệu hợp kim đồng có thể bao gồm thêm photpho (P) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng và kẽm (Zn) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng nếu cần thiết. Tổng lượng của (P) và (Zn) không quá 2% trọng lượng.

Chức năng và hàm lượng của các yếu tố hợp thành có trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây.

#### (1) Ni và Si

Trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế, hàm lượng của Ni chiếm 1,0-4,0% trọng lượng và Si chiếm 0,1-1,0% trọng lượng. Khi trọng lượng Ni nhỏ hơn 1,0% và trọng lượng Si nhỏ hơn 0,1% thì không thể thu được độ bền tốt sau bước hóa bền tiết pha và vật liệu hợp kim đồng không thích hợp để sử dụng làm giắc nối ô tô, điện, và điện tử, thiết bị bán dẫn và khung dẫn. Ngoài ra, nếu lượng Ni vượt quá 4% trọng lượng và lượng Si vượt quá 1,0% trọng lượng thì tinh thể Ni-Si được tạo ra trong khi đúc sẽ được làm tăng lên nhanh chóng thành hợp chất thô trong khi nhiệt luyện trước khi được cán nóng, do đó gây ra vết nứt bên trong khi cán nóng.

#### (2) Sn

Thiếc là yếu tố khuếch tán chậm trong mạng tinh thể đồng, và ức chế sự phát triển của pha hóa bền Ni-Si trong quá trình hóa bền tiết pha và sự phân tán tốt của pha hóa bền Ni-Si làm tăng độ bền. Trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế, lượng thiếc (Sn) chiếm 0,1-1,0% trọng lượng. Nếu lượng Sn nhỏ hơn 0,1% trọng lượng thì Sn sẽ không đem lại hiệu quả trong việc phân tán pha hóa bền Ni-Si, và do đó làm giảm độ bền kéo và giới hạn đàn hồi, và nếu lượng Sn vượt quá 1,0%

trọng lượng thì Sn có mặt trong mạng tinh thể đồng ngay cả sau khi tiết pha, do đó ngay lập tức làm giảm độ dẫn điện.

### (3) P

Vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế có thể bao gồm thêm photpho (P) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng. Nếu lượng photpho (P) tăng lên thì lượng đồng sẽ giảm tương ứng với lượng photpho (P) thêm vào. Photpho (P) là chất khử oxit trong quá trình hòa tan kim loại nóng chảy để sản xuất vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế và tạo ra nhiều dạng pha tiết bền như  $\text{Ni}_3\text{P}$ ,  $\text{Ni}_5\text{P}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{P}$ ,  $\text{Mg}_3\text{P}_2$ , và  $\text{MgP}_4$  trong quá trình hóa bền tiết pha. Đặc biệt là, photpho (P) là chất trung gian để kết hợp một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp như Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr và Hf có mặt trong vật liệu hợp kim đồng với pha hóa bền Ni-Si. Theo đó, photpho (P) phân tách các tạp chất khác trong cấu trúc mạng tinh thể đồng thành dạng pha hóa bền như Cu-Ni-Si-P-X (trong đó X bao gồm một hoặc các kim loại chuyển tiếp gồm Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr, và Hf), qua đó cải thiện tốt độ bền kéo và độ dẫn điện. Nếu lượng photpho có trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế lớn hơn 1,0% trọng lượng thì độ dẫn điện của vật liệu hợp kim đồng giảm đi đáng kể.

### (4) Zn

Vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế có thể bao gồm thêm kẽm (Zn) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng. Lượng của đồng trong hợp kim bị giảm tương ứng với lượng Zn được thêm vào. Trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế, Zn có tác dụng cải thiện sự chịu nhiệt của lớp mạ Sn hoặc hàn Sn trong quá trình mạ tấm hợp kim đồng và ức chế hiện tượng bong do nhiệt của lớp mạ. Khi Zn có mặt trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế thì nó có lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng. Nếu lượng Zn vượt quá 1,0% trọng lượng thì độ dẫn điện của vật liệu hợp kim đồng bị giảm đi đáng kể.

### (5) Tạp chất (Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr, Hf)

Tạp chất theo sáng chế là một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr, và Hf. Tạp chất tạo thành hợp chất

liên kim loại với Ni-Si sử dụng P làm chất trung gian trong quá trình hóa bền tiết pha và hợp chất liên kim loại được kết tinh trong mạng, do đó làm tăng độ bền. Tuy nhiên, khi hàm lượng tổng số của tạp chất vượt quá 1,0% trọng lượng thì tạp chất vẫn duy trì trong mạng tinh thể đồng ngay cả sau quá trình hóa bền tiết pha, và do đó gây ra suy giảm đáng kể độ dẫn điện.

Phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây.

#### (a) Đúc thổi

Thỏi được đúc từ các phối liệu của vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế được dùng làm chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử. Thỏi đúc bao gồm 1,0-4,0% trọng lượng niken (Ni), 0,1-1,0% trọng lượng silic (Si), 0,1-1,0% trọng lượng thiếc (Sn), còn lại là đồng và tạp chất thường thấy. Thỏi đúc có thể bao gồm thêm không quá 1,0% trọng lượng photpho (P) và kẽm (Zn) tùy trường hợp. Khi bổ sung các phối liệu có mặt trong hợp kim, thì lượng đồng được điều chỉnh phụ thuộc vào lượng các phối liệu được bổ sung vào. Ngoài ra, các tạp chất khác, là một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr và Hf có thể có trong hợp kim với hàm lượng tổng số không quá 1,0% trọng lượng và tạp chất thông thường khác có trong các phế liệu, đồng dẫn điện, phế liệu đồng.

#### (b) Cán nóng

Thỏi đúc thu được từ bước trước tốt hơn là được cán nóng ở nhiệt độ 750-1000°C trong 1-5 giờ, và tốt hơn nữa là ở 900-1000°C trong 2-4 giờ. Nếu việc cán được thực hiện ở nhiệt độ thấp hơn 750°C trong thời gian ít hơn 1 giờ thì cấu trúc thỏi vẫn còn được duy trì trong sản phẩm thu được, và do đó làm giảm độ bền và khả năng uốn. Ngoài ra, nếu việc cán nóng được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn 1000°C trong thời gian lâu hơn 5 giờ thì các hạt tinh thể trong hợp kim đồng thu được sẽ có kích thước lớn, và do đó gây giảm khả năng uốn của các chi tiết được sản xuất với độ dày mong muốn.

#### (c) Cán nguội trung gian

Sản phẩm thu được từ bước cán nóng được đưa vào cán nguội trung gian ở nhiệt độ phòng. Độ giảm cán trong bước cán nguội trung gian tốt hơn là cao hơn 50%, và tốt hơn nữa là trên 80%. Nếu độ giảm cán trong bước cán nguội trung gian thấp hơn 50% thì sự sai lệch mạng đủ không được phát sinh trong mạng tinh thể Cu, sự tái tinh thể hóa bị trì hoãn trong quá trình nhiệt luyện hóa lỏng tiếp theo, trạng thái quá bão hòa không được tạo ra và do đó độ bền kéo tốt có thể không thu được.

(d) Nhiệt luyện hóa lỏng tốc độ cao ở nhiệt độ cao

Nhiệt luyện hóa lỏng là bước cần thiết nhất để bảo đảm cho vật liệu hợp kim đồng thu được cuối cùng có độ bền kéo cao, giới hạn đàn hồi cao và khả năng uốn tốt. Nhiệt luyện hóa lỏng tốt hơn là được thực hiện ở 780-1000°C trong 1-300 giây, và tốt hơn nữa là ở 950-1000°C trong 60 giây. Vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế thu được sau bước nhiệt hóa lỏng có độ bền kéo và giới hạn đàn hồi được cải thiện trong khi vẫn duy trì khả năng uốn.

Khi nhiệt độ nhiệt luyện hóa lỏng thấp hơn 780°C hoặc thời gian nhiệt luyện hóa lỏng ngắn hơn 1 giây, thì trạng thái quá bão hòa không được tạo thành, không thu được pha hóa bền Ni-Si sau quá trình hóa bền tiết pha, và do đó độ bền kéo và giới hạn đàn hồi bị giảm, và nếu nhiệt độ nhiệt luyện hóa lỏng cao hơn 1,000°C, hoặc thời gian nhiệt luyện hóa lỏng lâu hơn 300 giây thì pha hóa bền Ni-Si được tạo thành quá mức và do đó làm giảm khả năng uốn.

Trong khi đó, nhiều tính chất vật lý (lý tính) của sản phẩm thu được liên quan đến điều kiện của quá trình nhiệt luyện hóa lỏng có thể được phân tích bằng cách đo độ cứng Vicker và kích thước hạt tinh thể của mẫu sản phẩm cuối cùng. Theo điều kiện của quá trình nhiệt luyện hóa lỏng, độ cứng (độ cứng Vickers, 1-5 kgf) của vật liệu hợp kim đồng thu được nằm trong khoảng 75-95 Hv, và tốt hơn là 80-90 Hv, và kích thước hạt của hạt tinh thể của vật liệu hợp kim đồng nằm trong khoảng 3-20  $\mu\text{m}$ , tốt hơn là 5-15  $\mu\text{m}$ .

Ngoài ra, theo như mô tả, nếu quá trình nhiệt luyện hóa lỏng tốc độ cao được tiến hành ở nhiệt độ cao, sự phát triển của mặt tinh thể {001} được tạo thành trong quá trình nhiệt luyện hóa lỏng bị ức chế và, đối với tỷ lệ biên hạt góc nhỏ được tạo

thành trong quá trình cán nguội trung gian trước quá trình nhiệt luyện hóa lỏng, do hạt tinh thể được tái sắp xếp lại bởi quá trình nhiệt luyện hóa lỏng, vì vậy kết quả phân tích EBSD cho thấy mặt tinh thể  $\{001\}$  trong vật liệu hợp kim đồng được điều chỉnh ở mức dưới 5% và phần hạt tinh thể góc nhỏ được điều chỉnh dưới 10%. Tức là, nếu nhiệt độ quá trình nhiệt luyện hóa lỏng thấp hơn 780°C hoặc thời gian nhiệt luyện hóa lỏng ngắn hơn 1 giây thì độ cứng của vật liệu hợp kim đồng thu được sau cùng sẽ lớn hơn 95 Hv, kích thước hạt của hạt tinh thể sẽ nhỏ hơn 3  $\mu\text{m}$ , và độ bền kéo và giới hạn đàn hồi bị giảm, và nếu nhiệt độ quá trình nhiệt luyện hóa lỏng cao hơn 1,000°C hoặc thời gian nhiệt luyện hóa lỏng lâu hơn 300 giây thì độ cứng của vật liệu hợp kim đồng thu được cuối cùng sẽ giảm xuống dưới 75 Hv, hạt tinh thể sẽ phát triển tới kích thước trên 20  $\mu\text{m}$ , và khả năng uốn sẽ bị giảm xuống. Cụ thể là khả năng uốn theo hướng cán (hoặc song song hướng cán) sẽ bị giảm ngay lập tức.

#### (e) Cán nguội lần cuối

Sản phẩm thu được sau quá trình nhiệt luyện hóa lỏng được đưa vào cán nguội lần cuối. Độ giảm cán của quá trình cán nguội lần cuối nằm trong khoảng 10-60%, tốt hơn là 20-40%. Kết quả phân tích EBSD của sản phẩm được cán nguội lần cuối cho thấy với độ giảm cán được mô tả như trên thì biên hạt góc nhỏ được tạo thành đạt 50-80%. Nếu độ giảm cán của quá trình cán nguội lần cuối nhỏ hơn 10% thì mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  sẽ không được tạo thành đủ và độ bền kéo sẽ bị giảm đáng kể. Nếu độ giảm cán lớn hơn 60% thì mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  được hình thành nhanh chóng, tỷ lệ biên hạt góc nhỏ bị làm giảm và khả năng uốn của sản phẩm thu được sẽ bị giảm. Ngoài ra, số lần cán nguội (cũng gọi là số lần vượt qua) tốt hơn là dưới 7, và tốt hơn nữa là dưới 4. Nếu số lần cán vượt quá 10 thì sự lệch mạng ban đầu bị triệt tiêu do khả năng hóa rắn bị giảm, và độ bền kéo và giới hạn đàn hồi bị giảm sau bước hóa già cuối cùng.

#### (f) Hóa bền tiết pha

Sản phẩm thu được từ bước trước tốt hơn là được đưa vào quá trình hóa bền tiết pha ở 400-600°C trong 1-20 giờ, và tốt hơn nữa là ở 450-550°C trong 5-15 giờ. Hạt nhân được hình thành và phát triển từ pha hóa bền Ni-Si nhỏ mịn có trong sản

phẩm thu được từ bước trước trong quá trình hóa bền tiết pha và pha hóa bền hiện diện trên biên hạt bởi bước cán lần cuối trước khi hóa bền tiết pha ở vị trí lệch mạng trong mạng tinh thể đồng. Trong quá trình này, tốc độ khuếch tán thấp của Sn ức chế sự phát triển của pha hóa bền Ni-Si và phân tán đồng đều pha hóa bền Ni-Si trong mạng tinh thể đồng và trên biên hạt. Từ đó, độ bền kéo, độ dẫn điện, giới hạn đàn hồi và khả năng uốn của vật liệu hợp kim đồng thu được cuối cùng được cải thiện.

Nếu nhiệt độ hóa bền tiết pha thấp hơn  $400^{\circ}\text{C}$  hoặc thời gian hóa bền tiết pha ngắn hơn 1 giờ thì lượng nhiệt cần thiết cho quá trình hóa bền tiết pha không đủ nên hạt nhân không thể được tạo thành và phát triển tốt từ pha pha hóa bền Ni-Si thành hợp chất pha hóa bền Ni-Si trong mạng tinh thể đồng, và do đó độ bền kéo, độ dẫn điện và giới hạn đàn hồi bị làm giảm. Ngoài ra, sự lệch mạng được tạo ra trong quá trình cán lần cuối được tập trung theo hướng cán, khả năng uốn theo hướng không thuận lợi (hướng song song với hướng cán hoặc hướng cán) trong suốt bước uốn bị giảm và tính dị hướng được tạo ra trong suốt bước uốn. Mặt khác, nếu nhiệt độ hóa bền tiết pha vượt quá  $600^{\circ}\text{C}$  hoặc thời gian hóa bền tiết pha lâu hơn 20 giờ thì sự hóa già quá mức sẽ xảy ra và độ dẫn điện của vật liệu hợp kim đồng thu được sẽ đạt tối đa nhưng độ bền kéo và giới hạn đàn hồi sẽ bị giảm.

#### (g) Xử lý khử ứng suất

Sản phẩm thu được từ bước trên đây tốt hơn là được đưa vào quá trình xử lý khử ứng suất ở  $300\text{-}700^{\circ}\text{C}$  trong 10-3000 giây, và tốt hơn nữa là ở  $500\text{-}600^{\circ}\text{C}$  trong 15-300 giây. Nhiệt luyện khử ứng suất là quá trình sử dụng nhiệt làm giảm ứng suất được tạo ra do sự thay đổi tính dẻo của sản phẩm thu được và đặc biệt, nó là quá trình quan trọng để khôi phục giới hạn đàn hồi sau khi biến đổi vật liệu thành dạng tấm.

Nếu nhiệt luyện khử ứng suất được thực hiện ở nhiệt độ thấp hơn  $300^{\circ}\text{C}$  trong thời gian ngắn hơn 10 giây thì giới hạn đàn hồi bị suy giảm bởi sự biến đổi hình dạng tấm có thể không được khôi phục, và nếu nhiệt luyện khử ứng suất được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn  $700^{\circ}\text{C}$  trong thời gian lâu hơn 3000 giây thì cơ tính của

vật liệu như độ bền kéo, giới hạn đàn hồi có thể bị làm giảm bởi khoảng lý tưởng cho việc khôi phục giới hạn đàn hồi tối đa không được thỏa mãn.

Cùng với đó, trong phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế, để đạt được độ dày mong muốn của sản phẩm cuối cùng thì bước (c) cán nguội trung gian và (d) nhiệt luyện hóa lỏng có thể được lặp lại nếu cần thiết.

Ngoài ra, trước hoặc sau bước (f) hóa bền tiết pha, việc điều chỉnh hình dạng tấm có thể được thực hiện theo hình dạng tấm của vật liệu.

Ngoài ra, sau bước (g) khử ứng suất, việc mạ thiếc (Sn), bạc (Ag) hoặc niken (Ni) có thể được thực hiện tùy theo mục đích sử dụng. Ngoài ra, vật liệu hợp kim đồng thu được sau bước (g) khử ứng suất có thể được sản xuất dưới dạng tấm, thanh hoặc ống. Trong suốt quá trình, việc mạ có thể là bước sản xuất sau cùng và do đó có thể được thực hiện như là bước cuối cùng của quá trình.

Cùng với đó, tỷ lệ mặt tinh thể và biên hạt góc nhỏ của vật liệu hợp kim đồng được sản xuất bằng phương pháp sản xuất hợp kim đồng theo sáng chế có các đặc điểm sau đây.

Đánh giá về mặt tinh thể và biên hạt góc nhỏ

Đối với sự nứt gãy của hợp kim Cu-Ni-Si alloy trong suốt bước uốn, sự sai lệch mạng được tạo ra bởi sự biến dạng trong từng bước sản xuất theo sáng chế, do đó gây ra sự suy giảm khả năng uốn. Sự hình thành các đứt gãy tập trung ở biên hạt góc lớn trong các đường biên hạt. Theo sáng chế, phần đường biên hạt được phân tích theo phương pháp dưới đây và tỷ lệ biên hạt góc nhỏ đạt tối đa để đảm bảo khả năng uốn.

Chỉ số Miller và góc Euler của các định hướng lý tưởng trong hợp kim Cu-Ni-Si được thể hiện trên bảng 1 dưới đây (Tài liệu: tổ chức tinh thể cơ bản của vật liệu thép, Heu Moo Young, 2014).

Bảng 1:

| Chỉ số Miller | Góc Euler  | Định hướng tinh thể |
|---------------|------------|---------------------|
| (001)[0-10]   | (45,0,45)  | Lập phương          |
| (001)[1-10]   | (0,0,45)   | Lập phương xoay     |
| (112)[1-10]   | (0,35,45)  | -                   |
| (111)[1-10]   | (60,55,45) | {111} // ND         |
| (111)[1-21]   | (30,55,45) | {111} // ND         |
| (110)[1-12]   | (55,90,45) | Đồng thau           |
| (112)[-1-11]  | (90,35,45) | Đồng                |
| (110)[001]    | (90,90,45) | Goss                |

Theo thể hiện trên bảng 1, mặt tinh thể {001} trong vật liệu hợp kim đồng bao gồm định hướng tinh thể lập phương và định hướng tinh thể lập phương được xoay, và mặt tinh thể {110} bao gồm định hướng tinh thể đồng thau và định hướng tinh thể Goss, và mặt tinh thể {112} bao gồm định hướng tinh thể đồng.

Thông thường, định hướng tinh thể lập phương được tạo ra bởi mặt tinh thể {001} có liên quan đến khả năng uốn và được tạo ra trong suốt quá trình nhiệt luyện của phương pháp sản xuất theo sáng chế, và định hướng tinh thể đồng thau và định hướng tinh thể Goss được tạo ra bởi mặt tinh thể {110}, và định hướng tinh thể đồng được tạo ra bởi mặt tinh thể {112} có chức năng lớn trong việc cải thiện độ bền kéo và giới hạn đàn hồi trong phương pháp sản xuất theo sáng chế và được tạo ra trong suốt quá trình cán.

Mẫu được đo bằng thiết bị phân tích EBSD (nhiều xạ điện tử tán xạ ngược), góc Euler và chỉ số tương tự của định hướng hạt g của trục tọa độ (x, y) tại các điểm đo được ghi lại bằng giản đồ định hướng EBSD được vẽ sử dụng phần mềm phân tích EBSD. Tỷ lệ các mặt tinh thể {001}, {110} và {112} được tính toán từ dữ liệu do sự định hướng EBSD. Trong trường hợp này, góc tán xạ giản đồ định hướng EBSD được cài đặt là  $\psi=15^\circ$ .

Khả năng uốn liên quan mật thiết với kết cấu mịn, biên hạt và mật độ đứt gãy của mạng tinh thể đồng. Cụ thể, sự kéo căng trong bước uốn được tạo ra mạnh mẽ ở vị trí biên hạt yếu, do đó mật độ đứt gãy ở vị trí tương ứng tăng lên và sự nứt gãy xảy ra trong suốt quá trình biến dạng liên tục.

Mối quan hệ giữa định hướng hạt  $g_1$  với định hướng hạt khác  $g_2$  nằm liền kề nhau trong giản đồ biên hạt EBSD được thể hiện bằng phương trình 1 dưới đây.

Phương trình 1:

$$g_1 = R * g_2$$

(trong đó  $R$  là ma trận xoay được tạo ra bởi phép quay của định hướng  $g_2$  theo định hướng  $g_1$ ).

Ma trận quay  $R$  được thể hiện bằng hệ trục quay  $[r_1, r_2, r_3]$  và góc quay  $\omega$ , và sự chênh lệch trong định hướng giữa định hướng  $g_1$  và định hướng  $g_2$  được thể hiện bằng mỗi giá trị  $g$ . Ngoài ra, sự chênh lệch trong định hướng của biên hạt cũng được thể hiện. Thông thường, biên hạt có giá trị  $g$  lớn hơn hoặc bằng 15 độ tương ứng với biên hạt góc lớn và biên hạt có giá trị  $g$  nhỏ hơn 15 độ tương ứng với biên hạt góc nhỏ. Tỷ lệ diện tích giữa giá trị  $g$  lớn hơn hoặc bằng 15 độ và giá trị  $g$  nhỏ hơn 15 độ được đo từ kết quả đo của EBSD.

Để cải thiện toàn bộ độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, khả năng uốn và độ dẫn điện của vật liệu hợp kim đồng, cần tạo ra dạng cân bằng đồng đều giữa các mặt tinh thể  $\{001\}$ ,  $\{110\}$  và  $\{112\}$  trong vật liệu hợp kim đồng cũng như sự cân bằng giữa biên hạt góc lớn và biên hạt góc nhỏ trong đường biên hạt.

Để đảm bảo khả năng uốn, vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế có tỷ lệ mặt tinh thể  $\{001\}$  nhỏ hơn 10%, và tốt hơn là 2-7%. Nếu tỷ lệ mặt tinh thể  $\{001\}$  cao hơn 10% thì mặt tinh thể  $\{001\}$  được tạo ra trong suốt quá trình nhiệt luyện như nhiệt luyện hóa lỏng hoặc hóa bền tiết pha thì khả năng uốn được tăng lên, nhưng tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  sẽ giảm xuống tương ứng, do đó gây ra sự giảm độ bền kéo và giới hạn đàn hồi.

Ngoài ra, để cải thiện độ bền kéo và giới hạn đàn hồi của vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế, tốt hơn là tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  là 30-60% và tỷ lệ mặt tinh thể  $\{112\}$  là 30-60%, và tốt hơn nữa là tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  là 35-50% và tỷ lệ mặt tinh thể  $\{112\}$  là 35-50%. Nếu tỷ lệ các mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  cao hơn 60% thì độ bền kéo và giới hạn đàn hồi vẫn tốt, nhưng sự nứt gãy sẽ xảy ra trong bước uốn do sự hình thành nhanh chóng của mật độ sai lệch mạng, và nếu tỷ lệ các mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  nhỏ hơn 30% thì khả năng uốn vẫn tốt nhưng sự tiết pha sẽ không được tạo thành tốt do tỷ lệ thấp của mật độ sai lệch mạng, và do đó độ bền kéo và giới hạn đàn hồi bị giảm.

Ngoài ra, tỷ lệ của biên hạt góc nhỏ tốt hơn là 50-70%, và tốt hơn nữa là 60-70%. Nếu tỷ lệ biên hạt góc nhỏ thấp hơn 50% thì mật độ sai lệch mạng ở đường biên hạt được tăng lên do tỷ lệ cao của biên hạt góc lớn và khả năng uốn sẽ bị giảm nhanh chóng. Nếu tỷ lệ biên hạt góc nhỏ cao hơn 70% thì khả năng uốn vẫn tốt, nhưng độ bền kéo và giới hạn đàn hồi có thể không được đảm bảo tốt.

Theo đó, như mô tả ở trên, trong vật liệu hợp kim đồng theo sáng chế, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{001\}$  được điều chỉnh nhỏ hơn 10%, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  được điều chỉnh chiếm 30-60%, và tỷ lệ mặt tinh thể  $\{112\}$  được điều chỉnh chiếm 30-60%, bằng cách này tạo ra sự cân bằng giữa các mặt tinh thể  $\{001\}$ ,  $\{110\}$  và  $\{112\}$ , và tỷ lệ biên hạt góc nhỏ được điều chỉnh chiếm 50-70% sao cho tỷ lệ biên hạt góc nhỏ và biên hạt góc lớn được giữ cân bằng, và do đó vật liệu hợp kim đồng thu được có khả năng uốn, độ bền kéo và giới hạn đàn hồi tốt.

#### Ví dụ 1

Sản xuất mẫu vật liệu hợp kim đồng (Ví dụ và ví dụ so sánh)

Các phối liệu được phối trộn với nhau dựa theo thành phần được trình bày trên bảng 2 và được đưa vào hòa tan trong lò cảm ứng cao tần và được đúc thổi. Thỏi đúc có khối lượng 5 kg, độ dày 30 mm, bề rộng 100 mm, và chiều dài 150 mm. Thỏi đúc vật liệu hợp kim đồng được cán nóng ở 980°C để tạo thành tấm và được làm nguội trong nước và các mặt đối diện nhau của nó được cắt với độ dày 0,5 mm để loại bỏ lớp vỏ oxit. Sau đó, thỏi đúc được đưa vào gia công nguội bằng cách

cán nguội đến độ dày 0,4 mm và được đưa lần lượt vào nhiệt luyện hóa lỏng, cán nguội, hóa bền tiết pha và xử lý khử ứng suất theo điều kiện được thiết lập như trên bảng 3. Các mẫu thu được được đánh số theo ví dụ và ví dụ so sánh, như thiết lập trên bảng 2.

Bảng 2

| STT              | Thành phần hóa học |     |     |     |             |
|------------------|--------------------|-----|-----|-----|-------------|
|                  | Cu                 | Ni  | Si  | Sn  | Khác        |
| Ví dụ 1          | Phần còn lại       | 1,8 | 0,3 | 0,3 | 0,01P       |
| Ví dụ 2          | Phần còn lại       | 1,8 | 0,3 | 0,3 |             |
| Ví dụ 3          | Phần còn lại       | 2,0 | 0,5 | 0,3 | 0,1Ti+0,1Co |
| Ví dụ 4          | Phần còn lại       | 2,2 | 0,5 | 0,3 | 0,01P+0,1Zn |
| Ví dụ 5          | Phần còn lại       | 2,2 | 0,5 | 0,2 | 0,1Mn+0,1Cr |
| Ví dụ 6          | Phần còn lại       | 2,2 | 0,5 | 0,2 |             |
| Ví dụ 7          | Phần còn lại       | 2,2 | 0,5 | 0,3 |             |
| Ví dụ 8          | Phần còn lại       | 2,9 | 0,7 | 0,3 | 0,01P       |
| Ví dụ 9          | Phần còn lại       | 2,9 | 0,7 | 0,3 |             |
| Ví dụ 10         | Phần còn lại       | 2,9 | 0,7 | 0,3 |             |
| Ví dụ 11         | Phần còn lại       | 3,5 | 0,8 | 0,3 | 0,01P       |
| Ví dụ 12         | Phần còn lại       | 3,5 | 0,8 | 0,3 | 0,01Ti      |
| Ví dụ 13         | Phần còn lại       | 3,4 | 0,8 | 0,2 |             |
| Ví dụ so sánh 1  | Phần còn lại       | 0,7 | 0,2 | 0,4 |             |
| Ví dụ so sánh 2  | Phần còn lại       | 1,8 | 0,3 | 0,3 | 0,01P       |
| Ví dụ so sánh 3  | Phần còn lại       | 2,2 | 0,3 | 0,3 | 0,01P+0,1Zn |
| Ví dụ so sánh 4  | Phần còn lại       | 2,9 | 0,6 | 0,3 |             |
| Ví dụ so sánh 5  | Phần còn lại       | 1,8 | 0,3 | 0,3 | 0,01P       |
| Ví dụ so sánh 6  | Phần còn lại       | 4,5 | 0,8 | 0,3 |             |
| Ví dụ so sánh 7  | Phần còn lại       | 1,8 | 0,3 | 0,3 |             |
| Ví dụ so sánh 8  | Phần còn lại       | 2,9 | 0,7 | 0,3 |             |
| Ví dụ so sánh 9  | Phần còn lại       | 1,8 | 0,4 | 0,3 | 0,01P+0,1Zn |
| Ví dụ so sánh 10 | Phần còn lại       | 2,2 | 0,5 | 0,3 | 0,01P+0,1Zn |

Bảng 3

| STT             | Quá trình            |                 |              |                     |                 |                         |                     |                 |               |              |
|-----------------|----------------------|-----------------|--------------|---------------------|-----------------|-------------------------|---------------------|-----------------|---------------|--------------|
|                 | Nhiệt luyện hóa lỏng |                 |              |                     | Cán lần cuối    |                         | Hóa bền<br>tiết pha |                 | Khử ứng suất  |              |
|                 | Điều kiện (°C)       | Thời gian (giờ) | Độ cứng (Hv) | Kích thước hạt (μm) | Độ giảm cán (%) | Số lần cán (số lần qua) | Nhiệt độ (°C)       | Thời gian (giờ) | Nhiệt độ (°C) | Tốc độ (giờ) |
| Ví dụ 1         | 950                  | 25              | 79           | 8                   | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 2         | 950                  | 25              | 85           | 5                   | 20              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 3         | 950                  | 25              | 86           | 4                   | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 4         | 950                  | 25              | 85           | 12                  | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 5         | 950                  | 25              | 83           | 15                  | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 6         | 950                  | 25              | 82           | 12                  | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 7         | 950                  | 25              | 85           | 13                  | 20              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 8         | 950                  | 25              | 87           | 11                  | 20              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 9         | 950                  | 25              | 89           | 13                  | 15              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 10        | 950                  | 25              | 85           | 7                   | 20              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 11        | 950                  | 25              | 92           | 11                  | 20              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 12        | 950                  | 25              | 91           | 12                  | 20              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ 13        | 950                  | 25              | 95           | 10                  | 15              | 3                       | 460                 | 4               | 600           | 20           |
| Ví dụ so sánh 1 | 950                  | 25              | 92           | 12                  | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 550           | 20           |
| Ví dụ so sánh 2 | 700                  | 0,5             | 130          | 1                   | 40              | 3                       | 460                 | 4               | 550           | 20           |
| Ví dụ so sánh 3 | 1050                 | 400             | 62           | 50                  | 40              | 3                       | 440                 | 4               | 550           | 20           |

|                     |                                 |    |    |    |    |   |     |    |     |      |
|---------------------|---------------------------------|----|----|----|----|---|-----|----|-----|------|
| Ví dụ<br>so sánh 4  | 950                             | 25 | 91 | 9  | 80 | 3 | 480 | 4  | 550 | 20   |
| Ví dụ<br>so sánh 5  | 950                             | 25 | 85 | 10 | 5  | 3 | 440 | 4  | 550 | 20   |
| Ví dụ<br>so sánh 6  | Bị nứt trong quá trình cán nóng |    |    |    |    |   |     |    |     |      |
| Ví dụ<br>so sánh 7  | 950                             | 25 | 82 | 11 | 40 | 3 | 700 | 25 | 600 | 20   |
| Ví dụ<br>so sánh 8  | 950                             | 25 | 81 | 12 | 20 | 3 | 300 | 1  | 600 | 20   |
| Ví dụ<br>so sánh 9  | 950                             | 25 | 82 | 9  | 40 | 3 | 460 | 4  | 800 | 4000 |
| Ví dụ<br>so sánh 10 | 950                             | 25 | 85 | 4  | 40 | 3 | 460 | 4  | 200 | 5    |

Hợp kim đồng của ví dụ và ví dụ so sánh thu được theo bảng 2 và 3 được sản xuất dưới dạng mẫu hợp kim đồng dạng tấm 0,25 mm, và độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, độ dẫn điện, mặt tinh thể, và phân biên hạt góc nhỏ trong số các biên hạt của mẫu được đánh giá theo phương pháp dưới đây.

Ví dụ kiểm tra: Đánh giá về mặt tinh thể và biên hạt

Các mẫu thu được được đưa vào mài nhẵn bóng bằng cách mài cơ học và mài điện cực tới kích thước dày 0,5  $\mu\text{m}$  và được đưa vào đo EBSD bằng FE-SEM và việc phân tích mẫu sử dụng phần mềm phân tích TSL OIM. Tỷ lệ diện tích hạt được thu từ tỷ lệ các mặt tinh thể  $\{001\}$ ,  $\{110\}$  và  $\{112\}$  được thu bằng cách tính toán sự định hướng của trục tọa độ (x, y) từ kết quả đo EBSD. Ngoài ra, tỷ lệ biên hạt góc nhỏ và biên hạt góc lớn cũng được tính toán từ giá trị g của đường biên hạt.

Theo mô tả ở trên, các kết quả đo của các tỷ lệ mặt tinh thể và đường biên hạt của mẫu vật liệu hợp kim đồng được sản xuất theo ví dụ 1 và 4 được thể hiện trên Fig.1 và 2. Cụ thể là, Fig.1A thể hiện tỷ lệ mặt tinh thể của mẫu (Cu-2,2Ni-

0,5Si-0,3Sn-0,01P-0,1Zn) theo Ví dụ 1; và Fig.1B thể hiện tỷ lệ đường biên hạt của vật liệu hợp kim đồng. Ngoài ra, Fig.2A thể hiện tỷ lệ mặt tinh thể của mẫu (Cu-2,2Ni-0,5Si-0,3Sn-0,01P-0,1Zn) theo Ví dụ 4; và Fig.2B thể hiện tỷ lệ đường biên hạt của vật liệu hợp kim đồng. Trên các Fig.1A và 1B, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{001\}$  là 4,3%, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  là 36,0%, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{112\}$  là 45,0%, tỷ lệ biên hạt góc nhỏ là 65,4% và tỷ lệ biên hạt góc lớn là 35,7%. Cùng với đó, theo thể hiện trên bảng 5, vật liệu hợp kim đồng theo ví dụ 1 có độ bền kéo là 654 MPa, độ dẫn điện là 44% IACS, giới hạn đàn hồi là 502 MPa, và khả năng uốn tốt theo hướng cán và theo hướng ngang với hướng cán.

Trên các Fig.2A và 2B, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{001\}$  là 3,5%, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  là 40,4%, và tỷ lệ mặt tinh thể  $\{112\}$  là 41,2%, tỷ lệ biên hạt góc nhỏ là 64,3% và tỷ lệ biên hạt góc lớn là 35,7%. Ngoài ra, theo thể hiện trên bảng 5, vật liệu hợp kim đồng theo ví dụ 4 có độ bền kéo là 742 MPa, độ dẫn điện là 41% IACS, giới hạn đàn hồi là 547 MPa, và khả năng uốn tốt theo cả hướng cán và theo hướng ngang với hướng cán.

Bảng 4

| STT      | Mặt tinh thể |           |           | Biên hạt                |                           |
|----------|--------------|-----------|-----------|-------------------------|---------------------------|
|          | $\{001\}$    | $\{110\}$ | $\{112\}$ | Biên hạt góc nhỏ (2-15) | Biên hạt góc lớn (15-180) |
| Ví dụ 1  | 4,3          | 36,0      | 45,0      | 65,4                    | 34,6                      |
| Ví dụ 2  | 4,4          | 37,8      | 44,9      | 64,9                    | 35,1                      |
| Ví dụ 3  | 3,9          | 40,3      | 42,8      | 62,8                    | 37,2                      |
| Ví dụ 4  | 3,5          | 40,4      | 41,2      | 64,3                    | 35,7                      |
| Ví dụ 5  | 3,8          | 42,3      | 43,1      | 65,9                    | 34,1                      |
| Ví dụ 6  | 3,9          | 39,8      | 42,1      | 62,8                    | 37,2                      |
| Ví dụ 7  | 4,2          | 42,5      | 43,1      | 66,8                    | 33,2                      |
| Ví dụ 8  | 3,6          | 35,4      | 44,3      | 68,3                    | 31,7                      |
| Ví dụ 9  | 3,8          | 38,2      | 45,2      | 69,5                    | 30,5                      |
| Ví dụ 10 | 3,2          | 39,4      | 44,2      | 67,8                    | 32,2                      |

|                  |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|
| Ví dụ 11         | 3,1  | 32,5 | 47,1 | 67,1 | 32,9 |
| Ví dụ 12         | 3,5  | 33,5 | 48,1 | 69,0 | 31,0 |
| Ví dụ 13         | 3,0  | 32,5 | 48,5 | 68,5 | 31,5 |
| Ví dụ so sánh 1  | 6,5  | 42,5 | 43,2 | 67,5 | 32,5 |
| Ví dụ so sánh 2  | 1,3  | 33,1 | 37,5 | 63,4 | 36,6 |
| Ví dụ so sánh 3  | 8,3  | 38,5 | 44,2 | 57,9 | 42,1 |
| Ví dụ so sánh 4  | 2,5  | 52,9 | 53,2 | 45,8 | 54,2 |
| Ví dụ so sánh 5  | 14,3 | 25,9 | 22,3 | 75,5 | 24,5 |
| Ví dụ so sánh 6  | -    | -    | -    | -    | -    |
| Ví dụ so sánh 7  | 15,3 | 35,2 | 37,6 | 68,9 | 31,1 |
| Ví dụ so sánh 8  | 2,5  | 45,2 | 49,2 | 50,2 | 49,8 |
| Ví dụ so sánh 9  | 6,1  | 38,1 | 44,6 | 68,1 | 31,9 |
| Ví dụ so sánh 10 | 3,8  | 39,5 | 43,6 | 64,3 | 35,7 |

Độ bền kéo: Độ bền kéo được đo theo hướng cán sử dụng thiết bị kiểm tra độ bền kéo theo tiêu chuẩn JIS Z 2241. Đơn vị của độ bền kéo là MPa.

Độ dẫn điện: Điện trở được đo ở 240Hz sử dụng phương pháp 4 đầu dò, và điện trở và độ dẫn điện được thể hiện bằng phần trăm (%IACS) dựa trên mẫu đồng tinh khiết tiêu chuẩn.

Giới hạn đàn hồi: Giới hạn đàn hồi được đo theo tiêu chuẩn JIS H3130. Trong phương pháp đo kiểu cán lò xo lá theo chỉ dẫn kỹ thuật, sự sai lệch mạng không đổi được đo bằng cách cố định một đầu của tấm trong khi từng bước tăng sự thay đổi độ uốn ở đầu còn lại của nó. Giới hạn đàn hồi được tính toán sử dụng lực của sự sai lệch mạng không đổi đo được. Đơn vị là MPa.

Khả năng uốn: Thử nghiệm độ uốn được tiến hành theo hướng có lợi (uốn theo hướng ngang với hướng cán) và theo hướng không có lợi (uốn theo hướng song song với hướng cán) dưới điều kiện bán kính uốn trong là R và độ dày vật liệu là t. Sau khi uốn tiếp xúc hoàn toàn dưới điều kiện  $R/t=0$  (trong đó R = bán kính uốn, t = độ dày vật liệu) thì sự nứt gãy được quan sát bằng kính hiển vi huỳnh

quang. Trường hợp nứt gãy nhỏ không xảy ra được kí hiệu là "O" và trường hợp nứt gãy nhỏ xảy ra được kí hiệu là "X".

Các giá trị đo được thể hiện trên bảng 5 dưới đây.

Bảng 5

| STT             | Các đặc tính vật lý của thành phẩm |                     |                        |                                 |                                        |
|-----------------|------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|
|                 | Độ bền kéo (MPa)                   | Độ dẫn điện (%IACS) | Giới hạn đàn hồi (MPa) | Khả năng uốn                    |                                        |
|                 |                                    |                     |                        | Hướng có lợi (hướng dọc để cán) | Hướng bất lợi (hướng song song để cán) |
| Ví dụ 1         | 654                                | 44                  | 502                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 2         | 645                                | 43                  | 498                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 3         | 693                                | 41                  | 512                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 4         | 742                                | 41                  | 547                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 5         | 745                                | 42                  | 557                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 6         | 738                                | 43                  | 543                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 7         | 748                                | 39                  | 549                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 8         | 794                                | 37                  | 665                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 9         | 782                                | 39                  | 656                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 10        | 789                                | 38                  | 652                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 11        | 958                                | 36                  | 727                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 12        | 953                                | 35                  | 712                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ 13        | 942                                | 35                  | 723                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ so sánh 1 | 558                                | 52                  | 406                    | o                               | o                                      |
| Ví dụ so sánh 2 | 562                                | 42                  | 443                    | o                               | x                                      |
| Ví dụ so sánh 3 | 752                                | 40                  | 453                    | o                               | x                                      |
| Ví dụ so sánh 4 | 823                                | 39                  | 616                    | x                               | x                                      |
| Ví dụ so sánh 5 | 598                                | 42                  | 433                    | o                               | o                                      |

|                  |     |    |     |   |   |
|------------------|-----|----|-----|---|---|
| Ví dụ so sánh 6  | -   | -  | -   | - | - |
| Ví dụ so sánh 7  | 521 | 48 | 370 | o | o |
| Ví dụ so sánh 8  | 432 | 28 | 432 | x | x |
| Ví dụ so sánh 9  | 592 | 44 | 405 | o | o |
| Ví dụ so sánh 10 | 741 | 41 | 378 | o | o |

Theo kết quả của các ví dụ được thiết lập như trên bảng 4 và 5, kết quả của quá trình nhiệt luyện hóa lỏng sử dụng thành phần hóa học, cán cuối cùng, xử lý hóa già và xử lý khử ứng suất là tỷ lệ mặt tinh thể  $\{001\}$  nhỏ hơn 10%, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  là 30-60%, tỷ lệ mặt tinh thể  $\{112\}$  là 30-60%, tỷ lệ biên góc nhỏ là 50-70%, độ bền kéo là 620-1.000 MPa, giới hạn đàn hồi là 460-750 MPa và sự nứt gãy không xảy ra trong suốt bước uốn theo hướng cán (cũng như hướng song song với hướng cán) và hướng ngang với hướng cán.

Ví dụ so sánh 1 bao gồm Ni với lượng nhỏ hơn 1% trọng lượng có khả năng uốn tốt do lượng không đủ pha hóa bền Ni-Si, nhưng có độ bền kéo và giới hạn đàn hồi kém. Sản phẩm của ví dụ so sánh 2 được đưa vào nhiệt luyện hóa lỏng ở nhiệt độ 700°C trong 0,5 giây không tạo thành được trạng thái quá bão hòa do lượng nhiệt cung cấp không đủ. Theo kết quả thu được, mẫu của ví dụ so sánh 2 không đảm bảo đủ độ bền kéo và giới hạn đàn hồi ngay cả dưới điều kiện nhiệt luyện hóa lỏng thường thấy. Mẫu thu được của sản phẩm của ví dụ so sánh 3 sau khi được đưa vào nhiệt luyện hóa lỏng ở nhiệt độ 1.050°C trong 400 giây có khả năng uốn kém theo hướng cán do sự phát triển nhanh chóng của các hạt trong lõi đồng trong suốt quá trình nhiệt luyện hóa lỏng. Sản phẩm của ví dụ so sánh 4 được đưa vào cán lần cuối 80% thể hiện sự tăng nhanh chóng tỷ lệ mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  trong mẫu thu được, sự giảm tỷ lệ biên hạt góc nhỏ, sự tăng tỷ lệ biên hạt góc lớn và sự giảm khả năng uốn cả theo hướng cán và hướng ngang với hướng cán. Sản phẩm của ví dụ so sánh 5 được đưa vào cán nguội lần cuối với tỷ lệ cán 5% không thể đảm bảo độ bền kéo và giới hạn đàn hồi tốt do tỷ lệ quá thấp mặt tinh thể  $\{110\}$  và  $\{112\}$  trong mẫu thu được. Sản phẩm của ví dụ so sánh 6 có chứa Ni với lượng 4,5% bị nứt bên trong quá trình cán nóng khi sản xuất vật liệu hợp kim đồng. Điều này được cho là do sự phát triển quá mức của tinh thể Ni-Si trong suốt bước làm nóng và đúc. Sản phẩm

của ví dụ so sánh 7 được đưa vào hóa bền tiết pha ở 700°C trong 25 giờ có khả năng uốn tốt ở khu vực hóa già quá mức nhưng có độ bền kéo và giới hạn đàn hồi giảm đáng kể. Sản phẩm của ví dụ so sánh 8 được đưa vào hóa bền tiết pha ở 300°C trong 1 giờ có độ dẫn điện, độ bền kéo và giới hạn đàn hồi kém do sự phát triển không hoàn toàn của pha hóa bền Ni-Si trong mẫu hợp kim đồng. Sản phẩm của ví dụ so sánh 9 được đưa vào xử lý khử ứng suất ở 800°C trong 4.000 giây thu được vật liệu hợp kim đồng có độ bền kéo và giới hạn đàn hồi kém. Điều này được cho là do lý tính bị giảm sau khi độ bền kéo và giới hạn đàn hồi đạt tới khoảng lớn nhất. Sản phẩm của ví dụ so sánh 10 được đưa vào xử lý khử ứng suất ở 200°C trong 5 giây không thể giảm đủ ứng suất có trong vật liệu hợp kim đồng cuối cùng khi nhiệt độ xử lý thấp hơn so với phương pháp sản xuất của sáng chế, và giới hạn đàn hồi đã không được phục hồi tốt.

Dựa trên quá trình nhiệt luyện hóa lỏng, vật liệu hợp kim đồng được sản xuất theo phương pháp của sáng chế có tỷ lệ mặt tinh thể {001} nhỏ hơn 10%, tỷ lệ mặt tinh thể {110} và {112} tương ứng là 30-60%, và tỷ lệ biên góc nhỏ là 50-70% và được cải thiện độ bền kéo, giới hạn đàn hồi, khả năng uốn và độ dẫn điện. Vật liệu này thích hợp dùng làm giắc nối và chi tiết điện và điện tử có xu hướng có khối lượng thấp, kích thước nhỏ và mật độ cao.

Cần hiểu rằng người có trình độ trung bình trong cùng lĩnh vực kỹ thuật có thể thực hiện được các sửa đổi và cải biến nhưng chúng không nằm ngoài phạm vi và tinh thần của sáng chế. Do đó, bất kỳ cải biến hoặc sửa đổi nào trên cơ sở sáng chế đều nằm trong phạm vi yêu cầu bảo hộ của sáng chế.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim đồng dùng cho chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử bao gồm: (a) nấu chảy các phối liệu và đúc thành thỏi từ các phối liệu, trong đó các phối liệu bao gồm niken (Ni) 1-4,0% trọng lượng, silic (Si) 0,1-1,0% trọng lượng, thiếc (Sn) 0,1-1,0% trọng lượng, lượng còn lại là đồng và tạp chất thường thấy, trong đó tạp chất thường thấy bao gồm một hoặc nhiều kim loại chuyển tiếp được lựa chọn từ nhóm bao gồm Ti, Co, Fe, Mn, Cr, Nb, V, Zr và Hf và chiếm không quá 1% trọng lượng tổng số; (b) đưa thỏi đúc thu được vào cán nóng ở nhiệt độ 750-1000°C trong 1-5 giờ; (c) đưa sản phẩm thu được vào cán nguội trung gian với mức độ cán lớn hơn 50%; (d) đưa sản phẩm thu được nhiệt luyện hóa lỏng tốc độ cao nhiệt độ cao ở nhiệt độ 780-1000°C trong 1-300 giây; (e) đưa sản phẩm thu được vào cán nguội lần cuối với mức độ cán 10-60% 10 lần hoặc ít hơn; (f) đưa sản phẩm thu được của bước trước hóa bền tiết pha ở 400-600°C trong 1-20 giờ; và (g) đưa sản phẩm được hóa bền tiết pha xử lý khử ứng suất ở 300-700°C trong 10-3000 giây, trong đó, theo kết quả phân tích bằng kỹ thuật nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược (EBSD), vật liệu hợp kim đồng thu được tỷ lệ mặt tinh thể {001} chiếm không quá 10%, tỷ lệ mặt tinh thể {110} chiếm 30-60%, tỷ lệ mặt tinh thể {112} chiếm 30-60%, tỷ lệ biên hạt góc nhỏ chiếm 50-70%, độ bền kéo đạt 620-1000 MPa, giới hạn đàn hồi đạt 460-750 MPa, độ dẫn điện đạt 35-50% IACS, và khả năng uốn tốt theo hướng cán và hướng ngang với hướng cán.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước (c) cán trung gian và (d) nhiệt luyện hóa lỏng được tiến hành lặp lại nhiều lần trong trường hợp cần thiết.
3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm thêm bước điều chỉnh hình dạng tấm trước hoặc sau bước (f) hóa bền tiết pha.
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm thêm bước mạ thiếc (Sn), bạc (Ag), hoặc niken (Ni) sau bước (g) xử lý khử ứng suất.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm thêm bước sản xuất vật liệu hợp kim đồng thu được sau bước (g) khử ứng suất thành dạng tấm, thanh hoặc ống.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phốt pho (P) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng được thêm vào.
7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó kẽm (Zn) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng được thêm vào.
8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phốt pho (P) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng và kẽm (Zn) với lượng nhỏ hơn 1,0% trọng lượng được thêm vào.
9. Vật liệu hợp kim đồng dùng làm chi tiết ô tô và chi tiết điện và điện tử được sản xuất bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8.

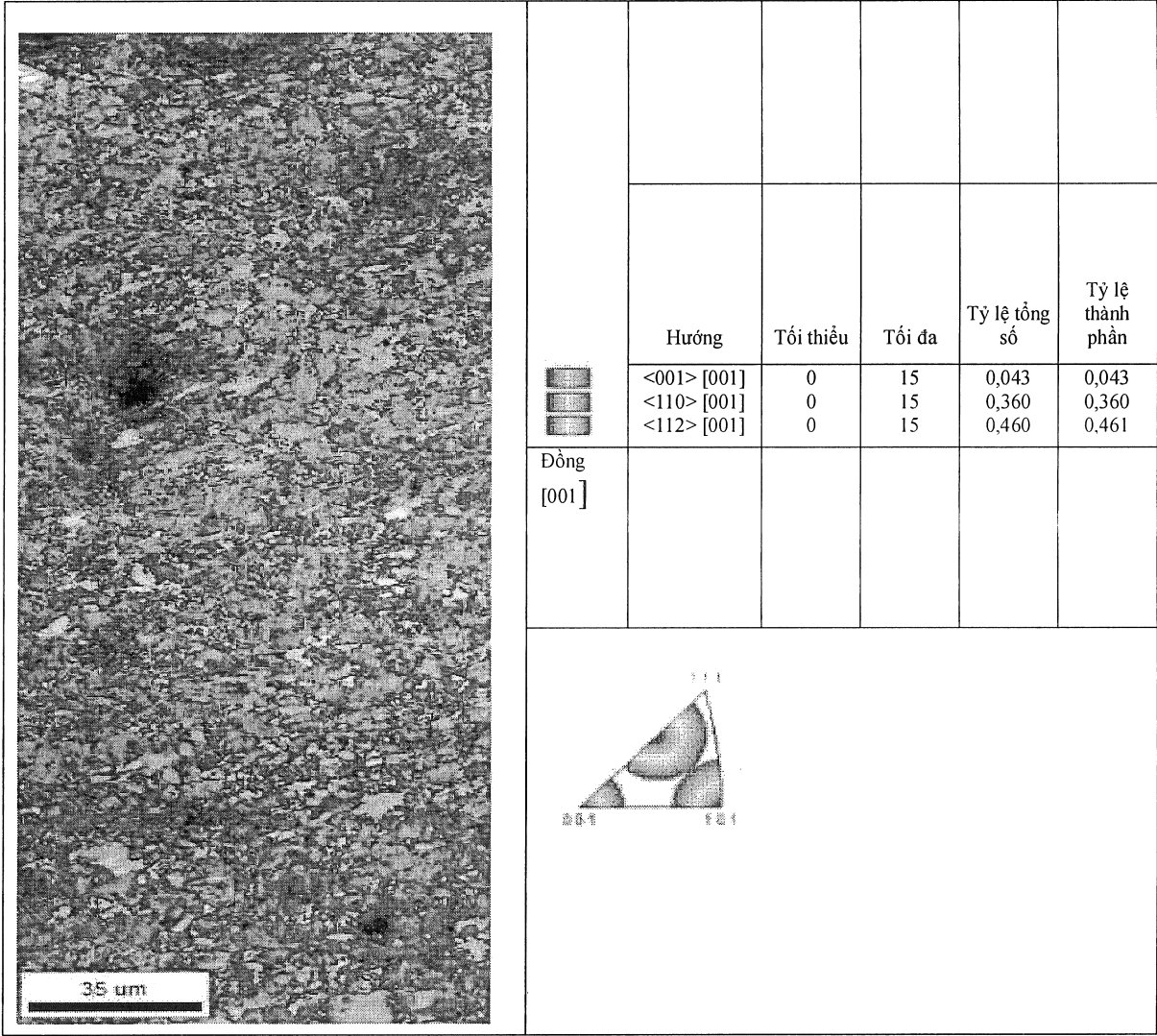
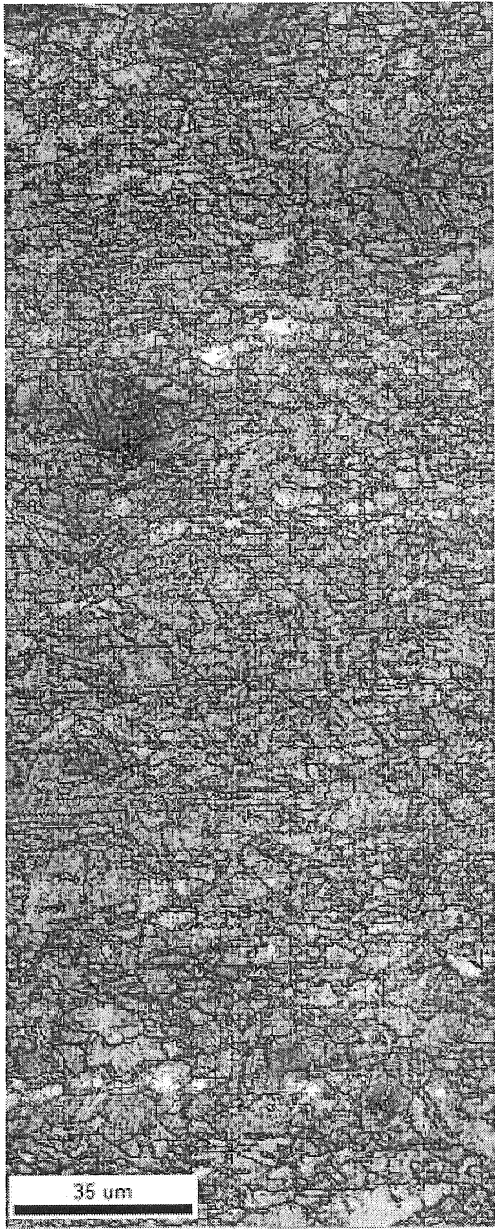


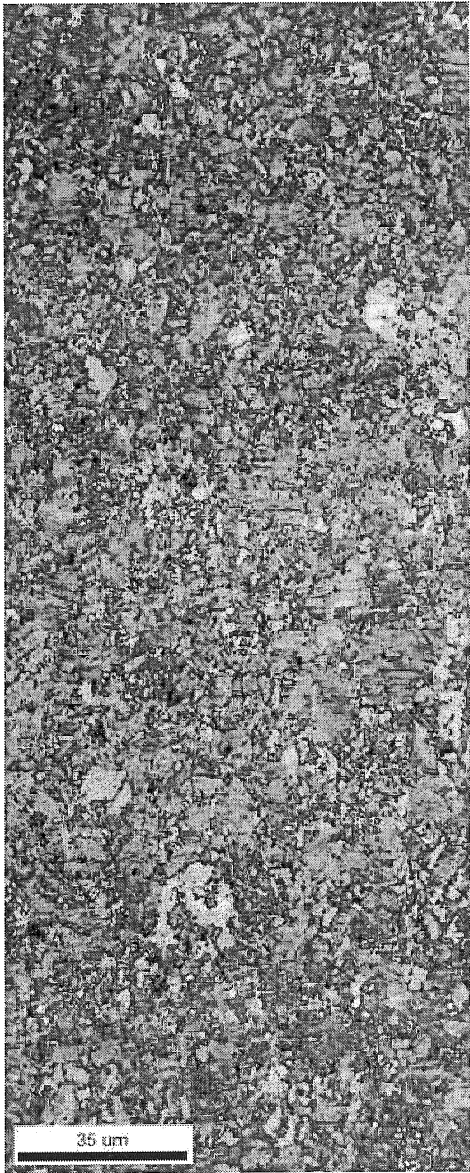
Fig.1A



Biên: Góc quay

|  | Tối thiểu | Tối đa | Tỷ lệ | Số     | Chiều dài |
|--|-----------|--------|-------|--------|-----------|
|  | 2         | 5      | 0,542 | 125080 | 3,61 cm   |
|  | 5         | 15     | 0,112 | 25747  | 7,43 mm   |
|  | 15        | 180    | 0,347 | 80075  | 2,31 cm   |

Fig.1B



|                                                                                   | Hướng       | Tối thiểu | Tối đa | Tỷ lệ tổng số | Tỷ lệ thành phần |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------|--------|---------------|------------------|
|  | <001> [001] | 0         | 15     | 0,035         | 0,035            |
|                                                                                   | <110> [001] | 0         | 15     | 0,404         | 0,405            |
|                                                                                   | <112> [001] | 0         | 15     | 0,412         | 0,413            |
| Đồng [001]                                                                        |             |           |        |               |                  |

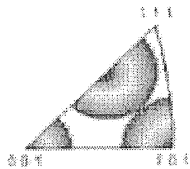
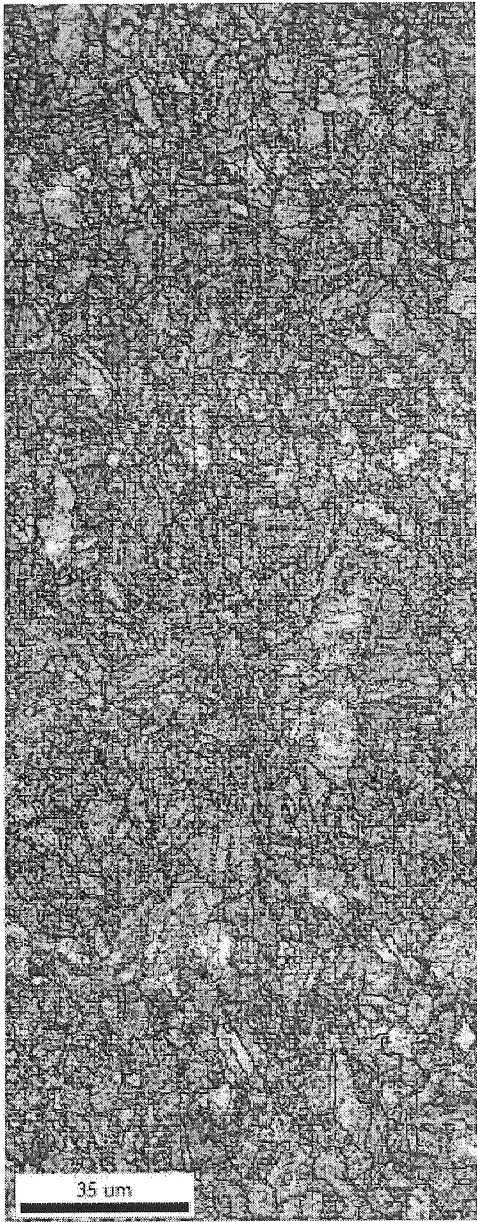


Fig.2A



Biên: Góc quay

|                                                                                   | Tối thiểu | Tối đa | Tỷ lệ | Số     | Chiều dài |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------|-------|--------|-----------|
|  | 2         | 5      | 0,531 | 115813 | 3,34 cm   |
|  | 5         | 15     | 0,112 | 24378  | 7,04 mm   |
|  | 15        | 180    | 0,357 | 77971  | 2,25 cm   |

Fig.2B