



(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)



1-0036669

(51)<sup>7</sup> C22C 21/02; H01B 1/02; C22F 1/05; (13) B  
C22C 21/06; C22F 1/00

(21) 1-2018-05720

(22) 11/07/2017

(86) PCT/JP2017/025211 11/07/2017

(87) WO2018/012481 18/01/2018

(30) 2016-138841 13/07/2016 JP

(45) 25/08/2023 425

(43) 25/07/2019 376A

(73) Furukawa Electric Co., Ltd. (JP)

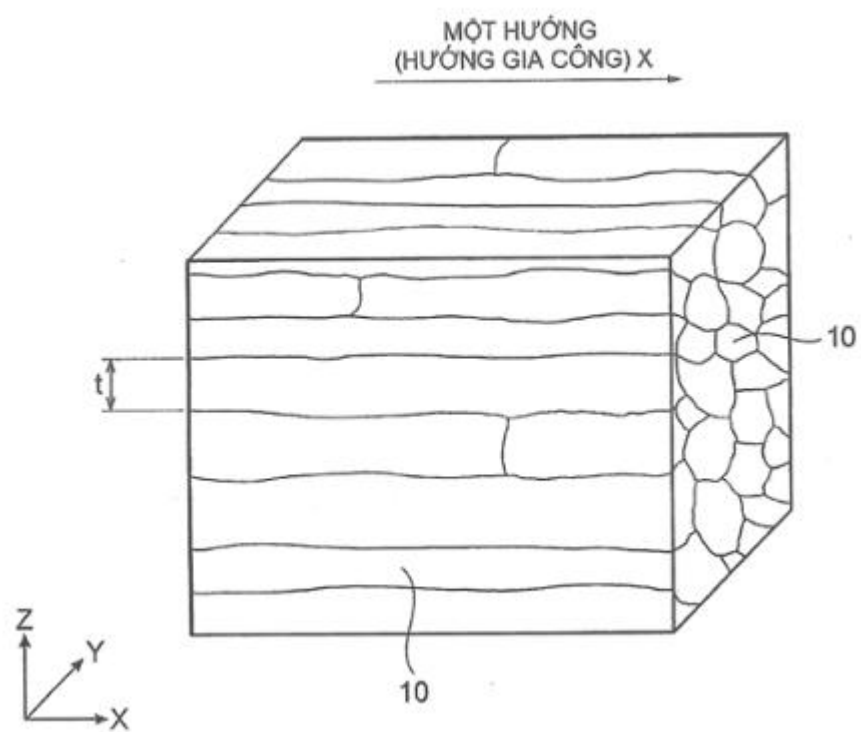
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008322, Japan

(72) KANEKO Hiroshi (JP); ARAKI Akiyoshi (JP); SUSAI Kyota (JP).

(74) Công ty TNHH Trà và cộng sự (TRA & ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) VẬT LIỆU HỢP KIM NHÔM VÀ BỘ PHẬN DẪN ĐIỆN, BỘ PHẬN ẮC QUY, THÀNH PHẦN KÉP, THÀNH PHẦN LÒ XO, VÀ THÀNH PHẦN KẾT CẤU CHỨA VẬT LIỆU HỢP KIM NHÔM

(57) Sáng chế đề cập đến vật liệu hợp kim nhôm có thể đóng vai trò làm chất thay thế cho vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng, và có độ bền cao; và bộ phận dẫn điện, bộ phận ắc quy, thành phần kẹp, thành phần lò xo, và thành phần kết cấu chứa vật liệu hợp kim nhôm. Vật liệu hợp kim nhôm có thành phần hợp kim chứa từ 0,2 đến 1,8% khối lượng Mg, từ 0,2 đến 2,0% khối lượng Si, từ 0,01 đến 1,50% khối lượng Fe, với sự cân bằng chứa Al và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó vật liệu hợp kim nhôm có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và trong mặt cắt song song với một hướng, giá trị trung bình của một chiều song song với chiều dọc của hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến vật liệu hợp kim nhôm có độ bền cao. Vật liệu hợp kim nhôm này được dùng cho nhiều ứng dụng (ví dụ, bộ phận dẫn điện, bộ phận ác quy, thành phần kẹp, thành phần lò xo, và thành phần kết cấu).

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

Trong những năm gần đây, với sự đa dạng hóa về hình dạng các bộ phận kim loại, một kỹ thuật đang được nghiên cứu rộng rãi làm cho bột kim loại được thiêu kết dùng chùm tia điện tử hoặc laze hoặc tương tự, theo cách đó đúc một kết cấu ba chiều có hình dạng mong muốn. Tuy nhiên, kỹ thuật như vậy dùng bột kim loại và ví dụ có nhược điểm sau: bột kim loại quá mịn dễ phát nổ.

Do vậy, ngày nay, một kỹ thuật đang được phát triển để đúc kết cấu ba chiều theo một phương pháp để đan, dệt, liên kết, nối, hoặc kết nối các dây kim loại nhỏ. Xem xét phương pháp như vậy là tiên tiến, ví dụ, các Vật liệu Tế bào Dây-Dệt, và việc áp dụng của phương pháp vào bộ phận ác quy, tản nhiệt và bộ phận hấp thụ tác động hoặc tương tự được mong đợi.

Thanh dây gốc sắt hoặc gốc đồng đã được dùng rộng rãi làm dây kim loại nhỏ. Ngày nay, có một sự thay thế vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng sang vật liệu gốc nhôm có trọng lượng riêng nhỏ, hệ số giãn nở nhiệt lớn, độ dẫn nhiệt và dẫn điện tương đối tốt, khả năng chống ăn mòn tuyệt vời, đặc biệt là có hệ số đàn hồi nhỏ, và sự biến dạng đàn hồi linh hoạt so với vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng.

Tuy nhiên, vật liệu nhôm nguyên chất có nhược điểm sau: nhôm nguyên chất có độ bền thấp hơn so với vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng. Vật liệu hợp kim nhôm series 2000 hoặc 7000 đây là vật liệu hợp kim gốc nhôm có độ bền tương đối cao có nhược điểm sau: khả năng chống ăn mòn và khả năng chịu rạn nứt ăn mòn do ứng suất kém.

Do vậy, ngày nay, vật liệu hợp kim nhôm series 6000 chứa Mg và Si và có độ dẫn nhiệt và dẫn điện tuyệt vời, và khả năng chống ăn mòn tuyệt vời được dùng rộng rãi. Vật liệu nhôm series 6000 có độ bền cao hơn trong vật liệu hợp kim gốc nhôm, nhưng vật liệu nhôm không có đủ độ bền, theo cách đó mong muốn cải thiện thêm về độ bền.

Mặt khác, phương pháp theo sự kết tinh vật liệu hợp kim nhôm chứa một pha vô định hình (Tư liệu Sáng chế 1), phương pháp tạo ra các hạt tinh thể nhỏ theo phương pháp ECAP (Tư liệu sáng chế 2), phương pháp tạo ra các hạt tinh thể nhỏ theo việc gia công nguội ở nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ phòng (Tư liệu sáng chế 03), và phương pháp phân tán các sợi nano cacbon (Tư liệu Sáng chế 4) hoặc tương tự được biết đến như một phương pháp cải thiện độ bền của vật liệu hợp kim nhôm. Tuy nhiên, các phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim nhôm có kích thước nhỏ, điều này làm cho việc đưa vật liệu hợp kim nhôm vào sử dụng thực tế trong công nghiệp gặp khó khăn.

Một phương pháp kiểm soát nhiệt độ cuộn để thu được hợp kim gốc Al-Mg có kết cấu nhỏ được bộc lộ trong Tư liệu Sáng chế 5. Phương pháp có năng suất công nghiệp tuyệt vời nhưng cần cải thiện thêm độ bền.

#### Danh sách tài liệu

##### Tư liệu sáng chế

Tư liệu sáng chế 1: Công bố Đơn Sáng chế Nhật Bản số 5-331585

Tư liệu sáng chế 2: Công bố Đơn Sáng chế Nhật Bản số 9-137244

Tư liệu sáng chế 3: Công bố Đơn Sáng chế Nhật Bản số 2001-131721

Tư liệu sáng chế 4: Công bố Đơn Sáng chế Nhật Bản số 2010-159445

Tư liệu sáng chế 5: Công bố Đơn Sáng chế Nhật Bản số 2003-027172

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

Mục đích của sáng chế là đề xuất một vật liệu hợp kim nhôm có thể đóng vai trò làm chất thay thế cho vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng và có độ bền cao; và

một bộ phận dẫn điện, bộ phận ắc quy, thành phần kẹp, thành phần lò xo, và một bộ phận kết cấu chứa vật liệu hợp kim nhôm.

Các tác giả sáng chế thực hiện lặp lại các nghiên cứu chuyên sâu đã phát hiện ra rằng vật liệu hợp kim nhôm có thành phần hợp kim xác định trước, trong đó: vật liệu hợp kim nhôm có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và trong một mặt cắt song song với một hướng, một giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn, nhờ đó thu được vật liệu hợp kim nhôm, vật liệu này có độ bền cao có thể so sánh được với độ bền của vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng. Sáng chế đã được hoàn thành dựa trên các kiến thức trên đây.

Cụ thể, tóm tắt cấu hình của sáng chế như sau.

Một vật liệu hợp kim nhôm có thành phần hợp kim bao gồm trong khoảng từ 0,2 đến 1,8% khối lượng Mg, trong khoảng từ 0,2 đến 2,0% khối lượng Si, trong khoảng từ 0,01 đến 1,50% khối lượng Fe, với sự cân bằng chứa Al và các tạp chất không thể tránh được, trong đó vật liệu hợp kim nhôm có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và một mặt cắt song song với một hướng, một giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn.

Vật liệu hợp kim nhôm theo [1], trong đó vật liệu hợp kim nhôm có độ cứng Vickers (HV) nằm trong khoảng từ 125 đến 250.

Bộ phận dẫn điện chứa vật liệu hợp kim nhôm theo [1] hoặc [2].

Bộ phận ắc quy chứa vật liệu hợp kim nhôm theo [1] hoặc [2].

Thành phần kẹp chứa vật liệu hợp kim nhôm theo [1] hoặc [2].

Thành phần lò xo chứa vật liệu hợp kim nhôm theo [1] hoặc [2].

Bộ phận kết cấu chứa vật liệu hợp kim nhôm theo [1] hoặc [2].

Ưu điểm của sáng chế

Sáng chế có thể tạo ra vật liệu hợp kim nhôm có thành phần hợp kim xác định trước, trong đó vật liệu hợp kim nhôm có một kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt

tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và trong một mặt cắt song song với một hướng, giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn, theo cách đó vật liệu hợp kim nhôm có độ bền cao có thể so sánh được với độ bền của vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng. Hơn nữa, sáng chế có thể tạo ra bộ phận dẫn điện, bộ phận ắc quy, thành phần kẹp, thành phần lò xo, và thành phần kết cấu chứa vật liệu hợp kim nhôm.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là hình vẽ phối cảnh dưới dạng giản đồ minh họa trạng thái kết cấu kim tương của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế.

Fig.2 là đồ thị minh họa mối tương quan giữa mức độ gia công và độ bền kéo của mỗi một trong số nhôm nguyên chất, đồng nguyên chất, và vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế.

Fig.3 là hình ảnh STEM minh họa trạng thái kết cấu kim tương trong mặt cắt song song với hướng gia công X của vật liệu hợp kim nhôm theo các Ví dụ của sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Dưới đây, các phương án thực hiện của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế được mô tả chi tiết.

Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có thành phần hợp kim gồm có trong khoảng từ 0,2 đến 1,8% khối lượng Mg, trong khoảng từ 0,2 đến 2,0% khối lượng Si, trong khoảng từ 0,01 đến 1,50% khối lượng Fe, với sự cân bằng chứa Al và các tạp chất không thể tránh được, trong đó: vật liệu hợp kim nhôm có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và một mặt cắt song song với một hướng; và giá trị trung bình của một kích thước vuông góc một hướng của các hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn.

Trong tài liệu này, “các hạt tinh thể” đề cập đến các phần được bao quanh bởi các biên chên lệch hướng. Ở đây, “biên chên lệch hướng” đề cập đến một biên ở đó sự tương phản thay đổi một cách không liên tục trong trường hợp một kết cấu kim tương được quan sát bởi kính hiển vi điện tử truyền qua quét (STEM). Kích thước

vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể tương ứng với khoảng cách đều của các biên chênh lệch hướng.

Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng. Ở đây, Fig.1 minh họa hình vẽ phối cảnh dưới dạng giản đồ trạng thái kết cấu kim tương của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế. Như thể hiện trên Fig.1, vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có một kết cấu dạng sợi ở đó các hạt tinh thể 10 có dạng dài được sắp xếp theo một hướng X. Các hạt tinh thể có dạng dài là khác hoàn toàn với các hạt tinh thể nhỏ truyền thống và các hạt tinh thể phẳng có tỷ lệ phương diện lớn. Cụ thể, các hạt tinh thể theo sáng chế có dạng dài như một sợi, và giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dọc X của nó là 270nm hoặc nhỏ hơn. Kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng có thể được nói là một kết cấu kim tương mới mà không có trong hợp kim nhôm truyền thống.

Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng, và trong mặt cắt song song với một hướng, giá trị trung bình của kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể được kiểm soát là 270nm hoặc nhỏ hơn, theo cách đó có thể đạt được độ bền cao (ví dụ, độ bền kéo là 480MPa hoặc cao hơn và độ cứng Vickers (HV) là 125 hoặc cao hơn) có thể so sánh được với độ bền của vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng.

Kích thước hạt tinh thể nhỏ trực tiếp dẫn đến hiệu quả cải thiện độ ăn mòn biên hạt, hiệu quả cải thiện các đặc tính độ mỏi, hiệu quả giảm độ nhám của bề mặt sau khi gia công dẻo, và hiệu quả giảm độ võng và gờ sắc trong khi gia công cắt, hoặc tương tự ngoài việc cải thiện độ bền, tạo các các hiệu quả cải thiện các chức năng của vật liệu.

Vật liệu hợp kim nhôm như vậy theo sáng chế có thể đạt được độ bền cao ngay cả khi trong vật liệu hợp kim gốc Al-Mg-Si-Fe có thành phần hợp kim chứa ít hơn các yếu tố hợp thành, và các yếu tố hợp thành ít hơn cũng có thể cải thiện nhiều khả năng tái chế.

#### (1) Thành phần hợp kim

Thành phần hợp kim của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế và các tác dụng của thành phần hợp kim được mô tả.

<Mg nằm trong khoảng từ 0,2 đến 1,8% khối lượng>

Mg (magiê) có tác dụng tăng độ bền bằng cách tạo ra một dung dịch rắn trong một chất nền nhôm, và có tác dụng cải thiện độ bền kéo nhờ hiệu ứng đồng vận với Si. Trong trường hợp Mg tạo ra một cụm Mg-Si làm cụm nguyên tử chất hòa tan, nó là một nguyên tố có tác dụng cải thiện độ bền kéo và độ giãn dài. Tuy nhiên, trong trường hợp khi hàm lượng Mg nhỏ hơn 0,2% khối lượng thì các tác dụng chức năng trên đây là không đủ. Trong trường hợp hàm lượng Mg vượt quá 1,8% khối lượng, một vật liệu kết tinh được tạo ra, điều này làm giảm khả năng gia công (khả năng gia công kéo dây và khả năng gia công uốn cong hoặc tương tự). Do vậy, hàm lượng Mg là nằm trong khoảng từ 0,2 đến 1,8% khối lượng, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,4 đến 1,0% khối lượng.

<Si: nằm trong khoảng từ 0,2 đến 2,0% khối lượng>

Si (silic) có tác dụng tăng độ bền bằng cách tạo ra một dung dịch rắn trong một chất nền nhôm, và có tác dụng cải thiện độ bền kéo và độ bền uốn cong bởi hiệu ứng đồng vận với Mg. Trong trường hợp khi Si tạo ra một cụm Mg-Si hoặc cụm Si-Si làm cụm nguyên tử chất hòa tan, nó là một thành phần có tác dụng cải thiện độ bền kéo và độ giãn dài. Tuy nhiên, trong trường hợp hàm lượng Si nhỏ hơn 0,2% khối lượng thì tác dụng chức năng trên đây là không đủ. Trong trường hợp khi hàm lượng Si vượt quá 2,0% khối lượng, một vật liệu kết tinh được tạo ra, điều này làm giảm khả năng gia công. Do vậy, hàm lượng Si là nằm trong khoảng từ 0,2 đến 2,0% khối lượng, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,4 đến 1,0% khối lượng.

<Fe: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,50% khối lượng>

Fe (sắt) là một nguyên tố góp phần vào việc tinh chế các hạt tinh thể bằng cách tạo ra một hợp chất liên kim loại gốc Al-Fe và tạo ra độ bền kéo được cải thiện. Ở đây, hợp chất liên kim loại là hợp chất chứa hai hoặc nhiều loại kim loại. Fe tan trong Al chỉ 0,05% khối lượng ở nhiệt độ 655°C, và thậm chí nhỏ hơn ở nhiệt độ phòng. Theo đó, Fe còn lại không thể tan trong Al được kết tinh hoặc kết tủa làm hợp chất liên kim

loại như Al-Fe, Al-Fe-Si, hoặc Al-Fe-Si-Mg. Trong tài liệu này, hợp chất liên kim loại chủ yếu chứa Fe và Al như được minh họa bằng ví dụ của hợp chất liên kim loại đã mô tả trên đây được gọi là hợp chất gốc Fe. Hợp chất liên kim loại này góp phần vào việc tinh chế các hạt tinh thể và tạo ra một độ bền kéo được cải thiện. Fe có, cũng như bởi Fe đã tan trong Al, tác dụng tạo ra độ bền kéo được cải thiện. Trong trường hợp khi hàm lượng Fe nhỏ hơn 0,01% khối lượng, các tác dụng chức năng này là không đủ. Trong trường hợp khi hàm lượng Fe vượt quá 1,50% khối lượng, vật liệu đã kết tinh tăng, điều này làm giảm khả năng gia công. Ở đây, vật liệu đã kết tinh đề cập đến hợp chất liên kim loại xảy ra trong khi đúc đông cứng hợp kim. Do vậy, hàm lượng Fe là nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,50% khối lượng, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,80% khối lượng. Trong trường hợp khi tốc độ làm mát trong khi đúc là chậm, sự phân tán hợp chất gốc Fe là thừa thớt, điều này làm tăng mức độ tác động tiêu cực. Do vậy, tốt hơn hàm lượng Fe là nhỏ hơn 1,00% khối lượng, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,60% khối lượng.

<Sự cân bằng: Al và các tạp chất không thể tránh được>

Sự cân bằng, tức là các thành phần khác với các thành phần đã mô tả trên đây, bao gồm Al (nhôm) và các tạp chất không thể tránh được. Trong tài liệu này, các tạp chất không thể tránh được nghĩa là các tạp chất có chứa một lượng không thể tránh khỏi trong quá trình sản xuất. Vì các tạp chất không thể tránh được có thể làm giảm khả năng dẫn điện tùy thuộc vào hàm lượng của nó nên tốt hơn là loại bỏ hàm lượng các tạp chất không thể tránh được xuống mức nào đó xem xét đến việc giảm khả năng dẫn điện. Các ví dụ về các thành phần là tạp chất không thể tránh được bao gồm B (boron), Ti (titan), Cr (crôm), Mn (mangan), Cu (đồng), Ni (niken), Zn (kẽm), Zr (ziriconi), Bi (bitmut), Pb (chì), Ga (gali), Sn (thiếc), và Sr (stronti). Giới hạn trên về hàm lượng của mỗi thành phần có thể là 0,05% khối lượng hoặc thấp hơn, và tổng lượng các thành phần có thể là 0,15% khối lượng hoặc thấp hơn.

Vật liệu hợp kim nhôm đó có thể được thu bằng cách kết hợp và kiểm soát các thành phần hợp kim và các quy trình sản xuất. Dưới đây, phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim nhôm thích hợp theo sáng chế sẽ được mô tả.

(2) Phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim nhôm theo một ví dụ của sáng chế.

Vật liệu hợp kim nhôm như vậy theo một ví dụ của sáng chế đạt được một cách đặc biệt sự cải thiện về độ bền bằng cách đưa một biên hạt tinh thể vào hợp kim gốc Al-Mg-Si-Fe ở mật độ cao. Do vậy, một cách tiếp cận với việc cải thiện độ bền là khác đáng kể so với phương pháp kết tủa-cứng hợp chất Mg-Si thường được thực hiện trong vật liệu hợp kim nhôm truyền thống.

Trong một phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế, vật liệu hợp kim nhôm có một thành phần hợp kim xác định trước được đưa vào gia công nguội [1] ở mức độ gia công 4 hoặc cao hơn làm gia công cuối cùng mà không đưa vật liệu hợp kim nhôm vào xử lý nhiệt kết tủa hóa già [0]. Việc ủ tinh chế [2] có thể được thực hiện sau khi gia công nguội [1] nếu cần. Sau đây, phương pháp sản xuất được mô tả chi tiết.

Thông thường, trong trường hợp ứng suất biến dạng được áp vào vật liệu kim loại, việc trượt tinh thể xảy ra như bước cơ bản của sự biến dạng tinh thể kim loại. Vật liệu kim loại trong đó trượt tinh thể dễ xảy ra có ứng suất nhỏ cần cho sự biến dạng, theo cách đó nó có thể được nói là có độ bền thấp. Do vậy, điều quan trọng là ngăn trượt tinh thể xảy ra trong kết cấu kim tương để tạo ra sự cải thiện về độ bền của vật liệu kim loại. Các ví dụ về yếu tố ngăn trượt tinh thể bao gồm sự tồn tại của biên hạt tinh thể trong kết cấu kim tương. Biên hạt tinh thể đó có thể ngăn trượt tinh thể lan rộng trong kết cấu kim tương trong trường hợp ở đó ứng suất biến dạng được áp vật liệu kim loại. Bởi vì vậy, độ bền của vật liệu kim loại được cải thiện.

Do vậy, được xem rằng, để cải thiện độ bền của vật liệu kim loại, biên hạt tinh thể được đưa theo mong muốn ở mật độ cao vào kết cấu kim tương. Ở đây, ví dụ, cơ chế hình thành biên hạt tinh thể được xem là sự phân chia tinh thể kim loại liên quan đến sự biến dạng sau đây của kết cấu kim tương.

Thông thường, trong vật liệu đa tinh thể, sự khác nhau giữa các hướng của các hạt tinh thể liền kề, và sự phân bố không gian biến dạng giữa vùng lân cận của một lớp bề mặt được đưa ra tiếp xúc với một dụng cụ gia công và bên trong khối gây ra một trạng thái ứng suất ở trạng thái ứng suất nhiều trục phức tạp. Dưới những ảnh hưởng này, một hạt tinh thể ở hướng đơn trước khi biến dạng được chia thành nhiều hướng với sự biến dạng, và một biên hạt tinh thể được tạo ra giữa các tinh thể đã chia.

Tuy nhiên, biên hạt tinh thể tạo ra có năng lượng bề mặt trong một kết cấu lệch khỏi sự sắp xếp nguyên tử mười hai phối trí gần nhất thông thường. Do vậy, được xem xét rằng, trong kết cấu kim tương thông thường, trong trường hợp ở đó biên hạt tinh thể có một mật độ nhất định hoặc cao hơn, năng lượng bên trong đã tăng đóng vai trò làm lực dẫn động, theo cách đó việc phục hồi động hoặc tĩnh và tái kết tinh xảy ra. Do vậy, thông thường, được xem xét rằng việc tăng và giảm biên hạt tinh thể diễn ra một cách đồng thời ngay cả khi lượng biến dạng tăng lên, theo cách đó mật độ biên hạt được bảo hòa.

Hiện tượng như vậy cũng trùng với mối tương quan giữa một mức độ gia công và một độ bền kéo trong nhôm nguyên chất hoặc đồng nguyên chất đó là là một kết cấu kim tương truyền thống. Fig.2 minh họa đồ thị của mối tương quan giữa mức độ gia công và độ bền kéo của mỗi một trong số nhôm nguyên chất, đồng nguyên chất và vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế.

Như được thể hiện trên Fig.2, nhôm nguyên chất hoặc đồng nguyên chất là một kết cấu kim tương thông thường có độ bền kéo (độ cứng) đã cải thiện ở một mức độ gia công tương đối thấp, nhưng vì mức độ gia công tăng nên lượng chất làm cứng có xu hướng bão hòa. Ở đây, được xem xét rằng mức độ gia công tương ứng với lượng biến dạng áp vào kết cấu kim tương, và sự bão hòa của lượng chất làm cứng tương ứng với sự bão hòa của mật độ biên hạt.

Mặt khác, người ta đã phát hiện ra rằng vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế được đông cứng một cách liên tục ngay cả khi mức độ gia công tăng, và độ bền của vật liệu hợp kim nhôm tăng liên tục với việc gia công. Điều này được xem là vì vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có thành phần hợp kim trên đây, và cụ thể, lượng Mg và Si xác định trước được thêm một cách phức hợp vào vật liệu hợp kim nhôm, theo cách đó việc tăng năng lượng bên trong có thể được ngăn ngay cả khi biên hạt tinh thể có mật độ nhất định hoặc cao hơn trong kết cấu kim tương. Điều này được xem là có thể ngăn sự phục hồi và tái kết tinh trong kết cấu kim tương, và tăng một cách hiệu quả biên hạt tinh thể trong kết cấu kim tương.

Cơ chế cải thiện độ bền tạo ra bởi việc bổ sung hợp chất Mg và Si không rõ ràng một cách cần thiết. Tuy nhiên, cơ chế được coi là dựa vào (i) và (ii) dưới đây:

(i) bằng cách kết hợp và sử dụng một nguyên tử Mg có bán kính nguyên tử lớn hơn bán kính nguyên tử Al và nguyên tử Si có bán kính nguyên tử nhỏ hơn bán kính nguyên tử Al, các nguyên tử luôn được (bố trí) đầy dày đặc trong vật liệu hợp kim nhôm; và (ii) bằng cách làm cho Mg có hóa trị hai và Si có hóa trị bốn cùng tồn tại với một nguyên tử Al có hóa trị ba, một trạng thái hóa trị ba có thể được tạo ra trong toàn bộ vật liệu hợp kim nhôm, điều này đạt được sự ổn định hóa trị, theo cách đó việc tăng năng lượng bên trong liên quan đến việc gia công có thể được ngăn một cách hiệu quả.

Trong sáng chế, mức độ gia công trong gia công nguội [1] được thiết lập là 4 hoặc cao hơn. Đặc biệt, gia công ở mức độ gia công lớn có thể thúc đẩy sự phân chia tinh thể kim loại liên quan đến sự biến dạng của kết cấu kim tương, và để đưa biên hạt tinh thể vào vật liệu hợp kim nhôm ở mật độ cao. Bởi vì vậy, biên hạt của vật liệu hợp kim nhôm được tăng cường để cải thiện độ bền ở mức độ lớn. Mức độ gia công như vậy tốt hơn được thiết lập là 5 hoặc cao hơn, tốt hơn là 6 hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là 7 hoặc cao hơn. Giới hạn trên của mức độ gia công không được quy định cụ thể và thường là 15 hoặc thấp hơn.

Mức độ gia công  $\eta$  được thể hiện bởi công thức (1) sau đây trong trường hợp diện tích mặt cắt trước khi gia công được lấy là  $s_1$ , và diện tích mặt cắt sau khi gia công được lấy là  $s_2$  ( $s_1 > s_2$ ).

$$\text{Mức độ gia công (không kích thước): } \eta = \ln(s_1/s_2) \dots (1)$$

Tốt hơn tỷ lệ gia công được thiết lập là 98,2% hoặc cao hơn, và tốt hơn là 99,8% hoặc cao hơn. Tỷ lệ gia công  $R$  được trình bày bởi công thức (2) sau đây sử dụng  $s_1$  và  $s_2$  trên đây.

$$\text{Tỷ lệ gia công (\%): } R = \{(s_1 - s_2)/s_1\} \times 100 \dots (2)$$

Phương pháp gia công có thể được chọn một cách thích hợp theo hình dạng dự định (thanh dây, tấm, dải, lá, hoặc tương tự) của vật liệu hợp kim nhôm, và các ví dụ của nó bao gồm cuộn lăn hộp băng từ, cán lăn có rãnh, cán dây tròn, gia công kéo dùng khuôn hoặc tương tự và dập nóng. Các điều kiện khác nhau (loại dầu bôi trơn, tốc độ gia công, và việc tạo ra nhiệt gia công hoặc tương tự) trong việc gia công trên đây có thể được điều chỉnh thích hợp trong phạm vi đã biết.

Vật liệu hợp kim nhôm không giới hạn cụ thể miễn là có thành phần hợp kim trên đây. Ví dụ, có thể chọn và sử dụng một cách thích hợp vật liệu ép đùn, vật liệu thổi, vật liệu cán nóng, và vật liệu cán nguội hoặc tương tự theo mục đích sử dụng.

Trong sáng chế, việc xử lý nhiệt kết tủa hóa già [0] đã được thực hiện theo cách truyền thống trước khi gia công nguội [1] không được thực hiện. Việc xử lý nhiệt kết tủa hóa già [0] như vậy thường giữ lại vật liệu hợp kim nhôm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 160 đến 240°C từ 1 phút đến 20 giờ, để thúc đẩy sự kết tủa hợp chất Mg-Si. Tuy nhiên, trong trường hợp ở đó vật liệu hợp kim nhôm được đưa vào xử lý nhiệt kết tủa hóa già [0], việc gia công nguội [1] trên đây ở mức độ gia công cao có thể không được thực hiện vì xuất hiện các vết nứt gia công trong vật liệu. Vì nhiệt độ hóa già cao dẫn đến trạng thái hóa già quá mức, các vết nứt gia công có thể không xảy ra ngay cả khi gia công nguội [1] trên đây ở mức độ gia công cao. Tuy nhiên, trong trường hợp này, Mg và Si được đẩy ra từ pha chất nền Al làm hợp chất Mg-Si, theo cách đó giảm đáng kể sự ổn định của biên hạt.

Trong sáng chế, quá trình ủ tinh chế [2] có thể được thực hiện sau khi gia công nguội [1] nhằm mục đích giải phóng ứng suất dư và cải thiện độ giãn dài. Trong trường hợp ở đó quá trình ủ tinh chế [2] được thực hiện, nhiệt độ xử lý được thiết lập nằm trong khoảng từ 50 đến 160°C. Trong trường hợp nhiệt độ xử lý của quá trình ủ tinh chế [2] là thấp hơn 50°C thì các hiệu quả trên đây ít có khả năng đạt được. Trong trường hợp nhiệt độ xử lý là vượt quá 160°C, sự phục hồi hoặc tái kết tinh làm tăng các hạt tinh thể diễn ra, điều này làm giảm độ cứng. Tốt hơn là, thời gian giữ lại quá trình ủ tinh thể [2] nằm trong khoảng từ 1 đến 48 giờ. Các điều kiện khác nhau của việc xử lý nhiệt như vậy có thể được điều chỉnh một cách thích hợp theo loại và số lượng tạp chất không thể tránh khỏi, và dung dịch chất rắn/trạng thái kết tủa của vật liệu hợp kim nhôm.

Trong sáng chế, như đã mô tả trên đây, vật liệu hợp kim nhôm được đưa vào để gia công ở mức độ gia công cao theo một phương pháp như kéo sử dụng một khuôn hoặc con lăn. Do vậy, thu được vật liệu hợp kim kéo dài. Mặt khác, một phương pháp sản xuất vật liệu hợp kim nhôm truyền thống như thiêu kết bột, gia công xoắn nén, xoắn áp lực cao (HPT), gia công rèn, hoặc ép góc kênh không đối (ECAP) làm khó để

tạo ra vật liệu hợp kim nhôm kéo dài. Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế tốt hơn được sản xuất có độ dài là 10m hoặc dài hơn. Giới hạn trên của độ dài vật liệu hợp kim nhôm trong khi sản xuất không được đưa ra một cách cụ thể nhưng tốt hơn là 6000m hoặc ngắn hơn tính đến khả năng gia công hoặc tương tự.

Vì có hiệu quả để tăng mức độ gia công để tạo ra các hạt tinh thể nhỏ như đã mô tả trên đây, cấu hình của sáng chế có thể đạt được vì đường kính của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế là nhỏ hơn, cụ thể, trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm được tạo ra làm thanh dây, hoặc vì độ dày của vật liệu hợp kim nhôm là nhỏ hơn trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm được tạo ra làm tấm hoặc lá.

Đặc biệt, trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế là thanh dây, tốt hơn, thanh dây có đường kính dây là 1mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,5mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,1mm hoặc nhỏ hơn, và đặc biệt tốt là 0,07mm hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên không được đưa ra cụ thể nhưng tốt hơn là 30mm hoặc nhỏ hơn. Thanh dây hợp kim nhôm theo sáng chế có ưu điểm là có thể được dùng làm dây dẫn đơn mỏng.

Như được mô tả trên đây, vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế được gia công mảnh hoặc mỏng. Nhiều vật liệu hợp kim nhôm được chuẩn bị và ghép để tạo ra một sản phẩm lớn và dày, sản phẩm này cũng có thể được dùng cho ứng dụng có ý định. Phương pháp đã biết có thể được dùng cho phương pháp nối, và các ví dụ của nó bao gồm hàn áp lực, hàn, nối sử dụng chất dính, và nối khuấy ma sát. Trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm là thanh dây, nhiều thanh dây được bó lại, và xoắn để tạo ra một sản phẩm xoắn, sản phẩm này cũng có thể được dùng cho ứng dụng có ý định làm dây xoắn hợp kim nhôm. Vật liệu hợp kim nhôm đã trải qua gia công nguội [1] có thể được đưa vào gia công theo việc nối hoặc xoắn, và sau đó được đưa vào bước ủ tinh chế [2].

### (3) Đặc tính cấu tạo của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế.

Vật liệu hợp kim nhôm của sáng chế sản xuất theo phương pháp sản xuất trên đây được thu bằng cách đưa biên độ hạt tinh thể ở mật độ cao vào kết cấu kim tương. Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế đặc trưng ở chỗ có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng, và trong mặt cắt song song với một

hướng, giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dài của hạt tinh thể là 270nm hoặc thấp hơn. Vật liệu hợp kim nhôm có kết cấu kim tương cụ thể không thông thường, theo cách đó, vật liệu hợp kim nhôm có thể thể hiện độ bền đặc biệt tuyệt vời.

Kết cấu kim tương của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế là kết cấu dạng sợi, và các hạt tinh thể có dạng kéo dài ở các dạng sợi được sắp xếp theo một hướng. Ở đây, “một hướng” tương ứng với hướng gia công vật liệu hợp kim nhôm. Ví dụ, trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm là thanh dây, “một hướng” tương ứng với hướng kéo dây. Ví dụ trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm là một tấm hoặc một lá, “một hướng” tương ứng với hướng cuộn. Đặc biệt, vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế thể hiện độ bền đặc biệt tuyệt vời đối với ứng suất kéo song song với hướng gia công.

Tốt hơn một hướng tương ứng với chiều dọc của vật liệu hợp kim nhôm. Đặc biệt, miễn là vật liệu hợp kim nhôm không bị chia thành nhiều phần có kích thước ngắn hơn kích thước vuông góc với hướng gia công, hướng gia công của vật liệu hợp kim nhôm thường tương ứng với chiều dọc.

Trong mặt cắt song song với một hướng, giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dài của hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 220nm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 170nm hoặc nhỏ hơn và đặc biệt tốt là 120nm hoặc nhỏ hơn. Trong kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể có đường kính nhỏ (kích thước vuông góc với chiều dọc của hạt tinh thể) được sắp xếp theo một hướng, biên hạt tinh thể được tạo ra ở mật độ cao. Kết cấu kim tương như vậy có thể ức chế trượt tinh thể một cách hiệu quả liên quan đến biến dạng, điều này giúp có thể đạt được độ bền cao không thông thường. Giới hạn dưới của giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể tốt hơn là 50nm hoặc cao hơn từ quan điểm ngăn giảm độ dẻo.

Kích thước chiều dài của các hạt tinh thể không nhất thiết phải cụ thể và tốt hơn là 1200nm hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 1700nm hoặc cao hơn và tốt hơn nữa là 2200nm hoặc cao hơn. Tốt hơn là tỷ lệ phương diện của các hạt tinh thể là vượt quá 10, và tốt hơn là 20 hoặc cao hơn. Giới hạn trên của tỷ lệ phương diện của các hạt tinh thể tốt hơn là 2 triệu hoặc nhỏ hơn từ quan điểm ngăn giảm độ dẻo.

(4) Các đặc tính của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế.

[Độ bền kéo]

Độ bền kéo được đo theo JIS Z2241: 2011. Các điều kiện đo chi tiết được mô tả trong cột của các Ví dụ mô tả dưới đây.

Trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế là thanh dây, tốt hơn vật liệu hợp kim nhôm có độ bền kéo là 480MPa hoặc cao hơn. Đây là độ bền tương đương với độ bền của dây đồng được đưa vào gia công kéo dây ở mức độ gia công cao thông thường. Tốt hơn vật liệu hợp kim nhôm có độ bền kéo 520MPa hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 560MPa hoặc cao hơn, đặc biệt tốt hơn là 600MPa hoặc cao hơn và tốt hơn nữa là 640MPa hoặc cao hơn. Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có độ bền cao như vậy có thể được dùng thay thế cho vật liệu đã gia công kéo dây mạnh làm từ hợp kim đồng mỏng như hợp kim Cu-Sn và Cu-Cr. Vật liệu hợp kim nhôm như vậy cũng có thể được dùng thay thế cho vật liệu gốc thép hoặc vật liệu gốc không gỉ. Giới hạn trên của độ bền kéo của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế không giới hạn cụ thể, và ví dụ là 1000MPa hoặc thấp hơn.

[Độ cứng Vickers (HV)]

Độ cứng Vickers (HV) là một giá trị được đo theo JIS Z 2244: 2009. Các điều kiện đo chi tiết được mô tả trong cột các Ví dụ được mô tả dưới đây. Độ cứng Vickers (HV) của một sản phẩm đã gia công đã được chuyển thành một bộ phận có thể được đo như sau: sản phẩm đã gia công được tháo rời; mặt cắt của nó được đưa vào đánh bóng gương; và độ cứng Vickers của mặt cắt được đo.

Trong trường hợp vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế là thanh dây, tốt hơn độ cứng Vickers (HV) là 125 hoặc cao hơn. Đây là một độ bền tương đương với độ bền của một dây đồng được đưa vào gia công kéo dây mạnh thông thường. Tốt hơn độ cứng Vickers (HV) của vật liệu hợp kim nhôm là 140 hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 150 hoặc cao hơn, đặc biệt tốt hơn là 160 hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là 170 hoặc cao hơn. Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có độ bền cao như vậy có thể được dùng thay thế vật liệu đã gia công kéo dây mạnh làm bằng hợp kim đồng mỏng như hợp kim Cu-Sn hoặc Cu-Cr. Vật liệu hợp kim nhôm như vậy cũng có thể được dùng thay thế

vật liệu gốc thép hoặc vật liệu gốc không gỉ. Giới hạn trên của độ cứng Vickers (HV) của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế không giới hạn cụ thể, ví dụ 300 hoặc thấp hơn, tốt hơn là 250 hoặc thấp hơn.

(5) Ứng dụng của vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế.

Vật liệu hợp kim nhôm theo sáng chế có thể được hướng đến tất cả các ứng dụng trong đó vật liệu gốc sắt, vật liệu gốc đồng, và vật liệu gốc nhôm được dùng. Cụ thể, vật liệu hợp kim nhôm có thể được sử dụng một cách phù hợp làm bộ phận dẫn điện như dây dẫn điện hoặc dây cáp, bộ phận ắc quy như lưới thu điện hoặc mạng thu điện, thành phần kẹp như vít, bu lông hoặc đinh tán, thành phần lò xo như lò xo cuộn, thành phần lò xo tiếp xúc điện như thiết bị nối hoặc thiết bị đầu cuối, bộ phận kết cấu như trục hoặc khung, dây dẫn, dây liên kết bán dẫn, và dây cuộn được dùng cho máy phát điện hoặc động cơ, hoặc tương tự.

Các ví dụ ứng dụng cụ thể hơn của bộ phận dẫn điện bao gồm dây dẫn điện như dây dẫn điện trên cao, OPGW, dây dẫn điện ngầm, hoặc dây cáp dưới nước, dây dẫn điện truyền thông như dây cáp điện thoại hoặc dây cáp đồng trục, dây dẫn điện ứng dụng như dây cáp tự động có dây, dây cáp lốp xe, dây cáp sạc EV/HEV, dây cáp xoắn cho năng lượng gió trên biển, dây cáp thang máy, dây cáp trung tâm, dây cáp rô rô, dây dẫn trên cao của tàu, hoặc dây xe đẩy, dây dẫn điện vận chuyển như bộ dây dẫn điện cho ô tô, dây dẫn điện cho tàu thủy, và dây dẫn điện cho máy bay, cầu nối mạch, khung dây dẫn, dây cáp phẳng linh hoạt, thanh chống sét, ăng ten, thiết bị nối, thiết bị đầu cuối và dải dây cáp.

Các ví dụ về bộ phận ắc quy bao gồm điện cực ắc quy mặt trời

Các ví dụ ứng dụng cụ thể của thành phần kết cấu bao gồm giàn giáo trong công trường xây dựng, đai lưới của băng tải, sợi kim loại quần áo, áo giáp, hàng rào, lưới chống côn trùng, khóa kéo, cái móc, cái kẹp, len nhôm, bộ phận xe đạp như dây phanh hoặc nan hoa, dây dẫn gia cường làm bằng kính cường lực, bộ phận bịt kín ống, bao gói kim loại, vật liệu gia cường bảo vệ cho dây cáp, thanh rỗng của đai quạt, dây dẫn để dẫn động bộ khởi động, xích, móc treo, lưới cách âm và tấm kệ.

Các ví dụ ứng dụng cụ thể hơn của thành phần kẹp bao gồm vít, đinh móc và chốt kéo.

Các ví dụ ứng dụng cụ thể hơn của thành phần lò xo bao gồm điện cực lò xo, thiết bị đầu cuối, thiết bị nối, lò xo dò bán dẫn, lò xo lá và lò xo xoắn phẳng.

Vật liệu hợp kim nhôm cũng phù hợp làm sợi kim loại được thêm vào để áp khả năng dẫn điện vào vật liệu gốc nhựa, vật liệu chất dẻo và vải hoặc tương tự, và để kiểm soát độ bền và mô đun đàn hồi của nó.

Vật liệu hợp kim nhôm cũng phù hợp làm bộ phận tiêu thụ và bộ phận y tế như khung kính, dây đồng hồ, ngòi bút của bút máy, nĩa, mũ bảo hiểm hoặc kim tiêm.

Ngoài ra, hợp kim nhôm có độ bền cao theo sáng chế được đặc biệt dùng thích hợp làm dây dẫn kim loại tạo thành một thiết bị chăm sóc sức khỏe đeo được đòi hỏi khả năng đàn hồi cao. Độ bền vật liệu cao không dễ gây biến dạng dẻo, và các đặc tính mỏi tốt không gây gãy nứt ngay cả khi biến dạng lặp lại là cần cho dây dẫn kim loại. Đặc biệt, trong trường hợp dây dẫn kết hợp chức năng của một điện cực đặt trực tiếp trên cơ thể người, tốt hơn hợp kim nhôm được dùng ưu tiên hơn so với một kim loại có thể gây ra dị ứng như đồng. Đồng phản ứng với mồ hôi hoặc tương tự phát ra từ cơ thể người, điều này gây bất lợi như đổi màu hoặc rỉ sét. Tuy nhiên, hợp kim nhôm ít có khả năng gây ra nhược điểm này.

Trên đây, các phương án thực hiện của sáng chế đã được mô tả. Tuy nhiên sáng chế không giới hạn ở các phương án thực hiện trên đây, và bao gồm tất cả các khía cạnh thuộc khái niệm của sáng chế và các yêu cầu bảo hộ kèm theo, và các thay đổi khác nhau có thể được thực hiện thuộc phạm vi của sáng chế.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Tiếp theo, các Ví dụ và các Ví dụ So sánh được mô tả để làm rõ thêm hiệu quả của sáng chế. Tuy nhiên, sáng chế không giới hạn ở các ví dụ này.

(Các ví dụ 1 đến 13)

Đầu tiên, chuẩn bị các thanh có các thành phần hợp kim thể hiện trong Bảng 1 và có đường kính là 10mm. Tiếp theo, thanh dây hợp kim nhôm (đường kính trong

khoảng từ 0,07 đến 2,0mm) được tạo ra ở các điều kiện sản xuất như được thể hiện trong Bảng 1 sử dụng các thanh.

(Ví dụ So sánh 1)

Trong Ví dụ So sánh 1, thanh dây nhôm (đường kính 0,24mm) được tạo ra ở điều kiện sản xuất như được thể hiện trong Bảng 1 sử dụng một thanh làm bằng Al với 99,99% khối lượng và có đường kính là 10mm.

(Các Ví dụ So sánh 2 đến 7).

Trong các Ví dụ So sánh 2 đến 7, thanh dây hợp kim nhôm (đường kính: trong khoảng từ 0,07 đến 2,0mm) được tạo ra ở các điều kiện sản xuất được thể hiện trên Bảng 1 sử dụng các thanh có thành phần hợp kim như được thể hiện trong Bảng 1 và mỗi thanh có đường kính là 10mm.

Các điều kiện sản xuất A đến K thể hiện trong Bảng 1 cụ thể như sau.

<Điều kiện sản xuất A>

Thanh chuẩn bị sẵn được đưa vào gia công nguội [1] ở mức độ gia công nguội 5,5. Thanh không được đưa vào ủ tinh chế [2].

< Điều kiện sản xuất B>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất A ngoại trừ ở mức độ gia công nguội [1] được thiết lập là 6,5.

<Điều kiện sản xuất C>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất A ngoại trừ mức độ gia công của gia công nguội [1] được thiết lập là 7,5.

<Điều kiện sản xuất D>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất A ngoại trừ mức độ gia công của gia công nguội [1] được thiết lập là 10,0.

<Điều kiện sản xuất E>

Thanh chuẩn bị sẵn được đưa vào gia công nguội [1] ở mức độ gia công 4,5 và sau đó được đưa vào ủ tinh chế [2] ở nhiệt độ xử lý là 60°C trong thời gian giữ lại là 1 giờ.

<Điều kiện sản xuất F>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] và ủ tinh chế [2] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất E ngoại trừ mức độ gia công của gia công nguội [1] được thiết lập là 5,5.

<Điều kiện sản xuất G>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] và ủ tinh chế [2] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất E ngoại trừ mức độ gia công của gia công nguội [1] được thiết lập là 6,5.

< Điều kiện sản xuất H>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] và ủ tinh chế [2] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất E ngoại trừ mức độ gia công của gia công nguội [1] được thiết lập là 10,0.

<Điều kiện sản xuất I>

Thanh được đưa vào gia công nguội [1] ở cùng điều kiện như điều kiện sản xuất A ngoại trừ mức độ gia công của gia công nguội [1] được thiết lập là 3,5.

<Điều kiện sản xuất J>

Thanh chuẩn bị sẵn được đưa vào xử lý nhiệt kết tủa hóa già [0] ở nhiệt độ xử lý là 180°C trong thời gian giữ lại là 10 giờ, và sau đó được đưa vào gia công nguội [1]. Tuy nhiên, vì thường xảy ra đứt dây nên ngừng gia công.

< Điều kiện sản xuất K>

Thanh chuẩn bị sẵn được đưa vào gia công nguội [1]. Tuy nhiên, vì thường xảy ra đứt dây nên ngừng gia công.

(Ví dụ So sánh 8): Điều kiện sản xuất P ở Bảng 1.

Thỏi Al thô cho các mục đích điện (JIS H 2110), hợp kim gốc Al-Mg, và hợp kim gốc Al-Si được làm tan, để sản xuất kim loại nóng chảy có thành phần hợp kim Al-0,7% khối lượng Mg-0,7% khối lượng Si. Thỏi này được đúc, và một phôi có đường kính 60mm và độ dài 240mm được đưa vào để ép nóng ở nhiệt độ 470°C, để thu được nguyên liệu kéo. Nguyên liệu kéo đã thu được đưa vào gia công kéo dây thứ nhất ở tỷ lệ gia công là 70% (mức độ gia công là: 1,20), xử lý nhiệt chính ở 130°C trong 5 giờ, gia công kéo dây thứ hai ở tỷ lệ gia công là 60% (mức độ gia công là 0,92) và sau đó xử lý nhiệt thứ cấp ở nhiệt độ 160°C trong 4 giờ, để thu được thanh dây hợp kim nhôm (đường kính: 2mm).

(Ví dụ So sánh 9): Điều kiện sản xuất Q của Bảng 1

Từ một kim loại nóng chảy có thành phần hợp kim Al-0,5% khối lượng Mg-0,58% khối lượng Si-0,79% khối lượng Fe, thanh có đường kính 10mm được thu bởi một máy cuộn đúc liên tục loại Properzi. Thanh đã thu được bào để có đường kính 9,5mm. Thanh được đưa vào gia công kéo dây thứ nhất ở mức độ gia công 2,5, xử lý nhiệt sơ cấp ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 300 đến 450°C trong khoảng từ 0,5 đến 4 giờ, gia công kéo dây thứ hai ở mức độ gia công 4,3, xử lý nhiệt thứ cấp ở nhiệt độ 612°C trong 0,03 giây trong xử lý nhiệt dòng điện liên tục (tương ứng với ủ mềm [2] và sau đó xử lý nhiệt hóa già ở nhiệt độ 150°C trong 10 giờ, để thu được thanh dây hợp kim nhôm (đường kính 0,31mm).

(Ví dụ so sánh 10): Điều kiện sản xuất R của Bảng 1

Trong nồi nung than chì, nhôm có độ tinh khiết 99,95% khối lượng, magie có độ tinh khiết 99,95% khối lượng, silic có độ tinh khiết 99,99% khối lượng và sắt có độ tinh khiết 99,95% khối lượng được nạp theo lượng xác định trước, và được khuấy và làm tan chảy ở nhiệt độ 720°C bằng cách đốt cảm ứng tần số cao, để sản xuất kim loại nóng chảy có thành phần hợp kim Al-0,6% khối lượng Mg-0,3% khối lượng Si-0,05% khối lượng Fe. Kim loại nóng chảy này được chuyển đến thùng chứa đã cung cấp khuôn than chì và được đưa vào đúc liên tục ở tốc độ đúc khoảng 300mm/phút qua khuôn than chì làm mát bằng băng nước, để thu được dây dẫn có đường kính 10mm và chiều dài 100mm.

Biến dạng tương đương lũy tích 4,0 được đưa vào theo phương pháp ECAP. Nhiệt độ tái kết tinh thu được ở giai đoạn này là 300°C. Dây dẫn được đưa vào trước khi nung trong môi trường khí trơ ở nhiệt độ 250°C trong 2 giờ.

Tiếp theo, dây dẫn được đưa vào xử lý kéo dây dẫn thứ nhất ở tỷ lệ gia công 29% (mức độ gia công là 0,34). Nhiệt độ tái kết tinh thu được ở giai đoạn này là 300°C. Dây dẫn được đưa vào xử lý nhiệt sơ cấp ở môi trường khí trơ ở nhiệt độ 260°C trong 2 giờ.

Sau đó, dây dẫn được đưa qua ở tốc độ kéo 500mm/phút trong khuôn kéo dây dẫn đã làm mát bằng nước, được đưa vào xử lý kéo dây dẫn thứ hai ở mức độ gia công 9,3. Nhiệt độ tái kết tinh thu được ở giai đoạn này là 280°C. Dây dẫn được đưa vào xử lý nhiệt thứ cấp trong môi trường khí trơ ở nhiệt độ 220°C trong 1 giờ, để thu được thanh dây hợp kim nhôm (đường kính 0,08 mm).

#### [Đánh giá]

Thanh dây hợp kim nhôm theo các Ví dụ và các Ví dụ So sánh được đưa vào đánh giá các đặc tính thể hiện dưới đây. Các điều kiện đánh giá các đặc tính như sau. Các kết quả được thể hiện trong Bảng 1.

#### [1] Thành phần hợp kim

Việc đo được thực hiện bằng phương pháp phân tích hóa quang phổ phát theo JIS H1305: 2005. Việc đo được thực hiện sử dụng quang phổ kế phát xạ (được sản xuất bởi Hitachi High-Tech Science Corporation).

#### [2] Quan sát cấu trúc.

Kết cấu kim tương được quan sát bằng kính hiển vi điện tử truyền qua quét (STEM) sử dụng kính hiển vi điện tử truyền qua JEM-3100FEF (Được sản xuất bởi JEOL Co., Ltd.).

Một mẫu quan sát để dùng được cắt ở mặt cắt song song với chiều dọc (hướng kéo dây dẫn X) của thanh dây bởi chùm ion tập trung (FIB) để có độ dày 100 nm  $\pm$  20 nm và được hoàn thành nhờ tán nhỏ bằng ion.

Trong quan sát STEM, một biên trong đó các sự tương phản khác nhau không liên tục được thừa nhận như một biên hạt tinh thể với sự khác nhau giữa các tương phản với hướng của một tinh thể dùng độ tương phản màu xám. Có thể không có sự khác nhau giữa sự tương phản màu xám ngay cả khi các hướng tinh thể là khác nhau phụ thuộc vào điều kiện nhiễu xạ của chùm điện tử. Trong trường hợp đó, trong khi một góc giữa chùm điện tử và mẫu được thay đổi bằng cách nghiêng  $\pm 3$  độ bởi hai trục xoay mẫu trục giao với nhau trong một pha mẫu của kính hiển vi điện tử, bề mặt quan sát được chụp ảnh ở nhiều kiểu điều kiện nhiễu xạ, để nhận ra biên hạt. Trường nhìn quan sát được thiết lập là  $(15 \text{ đến } 40) \mu\text{m} \times (15 \text{ đến } 40) \mu\text{m}$ , và tâm và một vị trí gần giữa lớp bề mặt (vị trí mặt bên giữa được tách bởi khoảng  $\frac{1}{4}$  đường kính dây dẫn từ bên lớp bề mặt) trên một đường tương ứng với hướng đường kính dây dẫn (hướng vuông góc với chiều dọc) trong mặt cắt được quan sát. Trường nhìn quan sát được điều chỉnh thích hợp theo kích thước của hạt tinh thể.

Trong mặt cắt song song với chiều dọc (hướng kéo dây dẫn X) của thanh dây, việc có mặt hoặc không có mặt kết cấu kim tương dạng sợi được xác định từ một hình ảnh chụp trong khi quan sát STEM. Fig.3 thể hiện một phần hình ảnh STEM của mặt cắt song song với chiều dọc (hướng kéo dây dẫn X) của thanh dây của Ví dụ 4 được chụp trong khi quan sát STEM. Trong các Ví dụ hiện tại, kết cấu kim tương dạng sợi được ước tính là “có mặt” trong trường hợp quan sát được kết cấu kim tương thể hiện trên Fig.3.

Hơn nữa, trong mỗi trường nhìn quan sát, chọn 100 hạt tinh thể tùy ý. Kích thước vuông góc với chiều dọc của mỗi hạt tinh thể và chiều song song với chiều dọc của hạt tinh thể được đo, để tính tỷ lệ phương diện của hạt tinh thể. Ngoài ra, các giá trị trung bình của kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể và tỷ lệ phương diện được tính từ tổng các hạt tinh thể đã quan sát. Trong trường hợp các hạt tinh thể đã quan sát rõ ràng là lớn hơn 400nm, số lượng các hạt tinh thể được chọn để đo kích thước bị giảm, và giá trị trung bình của nó được tính. Trong trường hợp chiều song song với chiều dọc của các hạt tinh thể rõ ràng là gấp 10 lần hoặc nhiều lần hơn kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể, các hạt tinh thể được xác định để có tỷ lệ phương diện đều là 10 hoặc cao hơn.

## [3] Độ bền kéo

Theo JIS Z2241: 2001, thí nghiệm kéo được thực hiện sử dụng thiết bị thí nghiệm phổ quát chính xác (được sản xuất bởi Shimadzu Corporation), để đo độ bền kéo (MPa). Thí nghiệm được thực hiện ở các điều kiện một khoảng cách giữa các dấu hiệu là 10cm và tốc độ biến dạng là 10mm/phút. Ba trong số các thanh dây được đưa vào thí nghiệm kéo, và giá trị trung bình ( $N=3$ ) của nó được xác định làm độ bền kéo của thanh dây. Tốt hơn độ bền kéo là lớn hơn, và độ bền kéo là 480MPa hoặc cao hơn được xem là mức đạt trong các Ví dụ hiện tại.

## [4] Độ cứng Vickers (HV)

Theo JIS Z 2244: 2009, độ cứng Vickers (HV) được đo sử dụng thiết bị kiểm tra độ cứng tế vi HM-125 (được sản xuất bởi Akashi Corporation (hiện nay là Mitutoyo Corporation)). Tại thời điểm này, lực thí nghiệm được thiết lập là 0,1kgf, và thời gian giữ lại được thiết lập là 15 giây. Các vị trí đo là ở tâm và một vị trí gần giữa lớp bề mặt (vị trí mặt giữa được tách bởi khoảng  $\frac{1}{4}$  đường kính dây dẫn từ bên lớp bề mặt) trên một đường tương ứng với hướng đường kính dây dẫn (hướng vuông với với chiều dọc) trong mặt cắt song song với chiều dọc của thanh dây. Giá trị trung bình ( $N=5$ ) của các giá trị đã đo được xác định làm độ cứng Vickers (HV) của thanh dây. Trong trường hợp độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của các giá trị đã đo là 10 hoặc cao hơn, số lần đo được tăng thêm, và giá trị trung bình ( $N=10$ ) được xác định làm độ cứng Vickers (HV) của thanh dây. Tốt hơn, độ cứng Vickers (HV) là lớn hơn và độ cứng Vickers là 125 hoặc cao hơn được xem là mức đạt trong các Ví dụ hiện tại.

[Bảng 1]

|                                                    |    | Thành phần hợp kim [% khối lượng] |             |             |             |                                 | Điều kiện sản xuất | Đánh giá cấu trúc          |                                                                            |                   | Đánh giá đặc tính |                       |
|----------------------------------------------------|----|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|
|                                                    |    | Mg                                | Si          | Fe          | Sc          | Al và tạp chất không tránh khỏi |                    | Kết cấu kim tương dạng sợi | Giá trị trung bình của kích thước vuông góc với chiều dọc của hạt tinh thể | Tỷ lệ phương diện | Độ bền kéo<br>MPa | Độ cứng Vickers<br>HV |
| V<br>í<br>d<br>ụ                                   | 1  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | A                  | Có mặt                     | 240nm                                                                      | >10               | 490               | 130                   |
|                                                    | 2  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | B                  | Có mặt                     | 190nm                                                                      | >10               | 530               | 143                   |
|                                                    | 3  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | C                  | Có mặt                     | 150nm                                                                      | >10               | 570               | 153                   |
|                                                    | 4  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | D                  | Có mặt                     | 120nm                                                                      | >10               | 670               | 180                   |
|                                                    | 5  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | E                  | Có mặt                     | 250nm                                                                      | >10               | 490               | 128                   |
|                                                    | 6  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | F                  | Có mặt                     | 210nm                                                                      | >10               | 520               | 141                   |
|                                                    | 7  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | G                  | Có mặt                     | 170nm                                                                      | >10               | 540               | 148                   |
|                                                    | 8  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | H                  | Có mặt                     | 140nm                                                                      | >10               | 620               | 162                   |
|                                                    | 9  | 0,18                              | 1,95        | 0,11        | -           | Cân bằng                        | G                  | Có mặt                     | 130nm                                                                      | >10               | 620               | 165                   |
|                                                    | 10 | 0,22                              | 0,22        | 0,15        | -           | Cân bằng                        | C                  | Có mặt                     | 180nm                                                                      | >10               | 540               | 144                   |
|                                                    | 11 | 0,63                              | 0,61        | 1,42        | -           | Cân bằng                        | C                  | Có mặt                     | 130nm                                                                      | >10               | 590               | 151                   |
|                                                    | 12 | 0,91                              | 0,88        | 0,15        | -           | Cân bằng                        | D                  | Có mặt                     | 90nm                                                                       | >10               | 680               | 181                   |
|                                                    | 13 | 1,76                              | 0,31        | 0,11        | -           | Cân bằng                        | H                  | Có mặt                     | 80nm                                                                       | >10               | 660               | 174                   |
| V<br>í<br>d<br>ụ<br><br>S<br>o<br>s<br>á<br>n<br>h | 1  | =                                 | =           | =           | -           | Cân bằng                        | C                  | Không có mặt               | <u>0.8<math>\mu</math>m</u>                                                | 5                 | <u>150</u>        | <u>43</u>             |
|                                                    | 2  | <u>0,17</u>                       | <u>0,17</u> | 0,21        | -           | Cân bằng                        | A                  | Không có mặt               | <u>340nm</u>                                                               | >10               | <u>380</u>        | <u>103</u>            |
|                                                    | 3  | =                                 | <u>0,02</u> | 0,03        | <u>0,31</u> | Cân bằng                        | C                  | Không có mặt               | <u>0.4<math>\mu</math>m</u>                                                | >10               | <u>58</u>         | 210                   |
|                                                    | 4  | <u>1,82</u>                       | <u>2,11</u> | 0,21        | -           | Cân bằng                        | K                  | =                          | =                                                                          | =                 | =                 | =                     |
|                                                    | 5  | 0,91                              | 0,88        | <u>1,62</u> | -           | Cân bằng                        | K                  | =                          | =                                                                          | =                 | =                 | =                     |
|                                                    | 6  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | J                  | =                          | =                                                                          | =                 | =                 | =                     |
|                                                    | 7  | 0,63                              | 0,61        | 0,21        | -           | Cân bằng                        | I                  | Không có mặt               | <u>0.5<math>\mu</math>m</u>                                                | >10               | <u>410</u>        | <u>114</u>            |
|                                                    | 8  | 0,70                              | 0,70        | 0,03        | -           | Cân bằng                        | P                  | Không có mặt               | <u>0.5<math>\mu</math>m</u>                                                | >10               | <u>440</u>        | <u>119</u>            |
|                                                    | 9  | 0,51                              | 0,58        | 0,79        | -           | Cân bằng                        | Q                  | Không có mặt               | <u>5<math>\mu</math>m</u>                                                  | 2                 | <u>280</u>        | <u>85</u>             |
|                                                    | 10 | 0,60                              | 0,30        | 0,05        | -           | Cân bằng                        | R                  | Không có mặt               | <u>0.5<math>\mu</math>m</u>                                                | >10               | <u>260</u>        | <u>75</u>             |

(Lưu ý) Các ký tự gạch chân và in đậm trong Bảng thể hiện các thanh dây bên ngoài phạm vi phù hợp của sáng chế và thanh dây mà kết quả đánh giá không tới mức đạt trong các Ví dụ.

Từ các kết quả của Bảng 1, đã xác nhận được rằng thanh dây hợp kim nhôm theo mỗi một trong số Ví dụ 1 đến Ví dụ 13 theo sáng chế có thành phần hợp kim cụ thể, và thanh dây hợp kim nhôm có một kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và trong một mặt cắt song song với một hướng, một kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn. Fig.3 thể hiện hình ảnh STEM của một mặt cắt song song với chiều kéo dây dẫn của thanh dây hợp kim nhôm theo Ví dụ 4. Kết cấu kim tương giống với kết cấu kim tương trên

Fig.3 cũng được xác nhận trong mặt cắt song song với chiều dọc của thanh dây hợp kim nhôm theo mỗi một trong số các Ví dụ 1 đến 13 và 15-17.

Đã xác nhận được rằng thanh dây kim loại nhôm theo mỗi một trong số các Ví dụ từ 1 đến 17 của sáng chế có kết cấu kim tương cụ thể thể hiện độ bền cao có thể so sánh được với độ bền của vật liệu kim loại gốc sắt hoặc gốc đồng (ví dụ, độ bền kéo là 480MPa hoặc cao hơn, độ cứng Vickers (HV) là 125 hoặc cao hơn). Vì thanh dây hợp kim nhôm chọn từ Cu, Ag, Zn, Ni, Co, Au, Mn, Cr, V, Zr và Sn trong các khối lượng xác định trước, thanh dây hợp kim nhôm được xác nhận có độ bền kéo cao được duy trì ngay cả sau khi nung nóng và độ chịu nhiệt tốt.

Mặt khác, thanh dây kim loại nhôm trong Ví dụ So sánh 4 không chứa Cu, Ag, Zn, Ni, Co, Au, Mn, Cr, V, Zr và Sn đã được xác nhận là có độ bền kéo giảm mạnh sau khi nung nóng, và độ chịu nhiệt kém hơn so với độ chịu nhiệt của thanh dây hợp kim nhôm của mỗi một trong số các Ví dụ 1 đến 17 theo sáng chế.

Đã xác nhận được rằng thành phần hợp kim của thanh dây hợp kim nhôm của mỗi một trong số các Ví dụ So sánh từ 1 đến 3 và từ 9 đến 13 không đáp ứng phạm vi thích hợp của sáng chế, hoặc không có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và một kích thước vuông góc với với chiều dọc của hạt tinh thể cũng là 500nm hoặc cao hơn. Đã xác nhận được rằng thanh dây hợp kim nhôm của mỗi một trong số các Ví dụ So sánh từ 1 đến 3 và từ 7 đến 10 có độ bền kéo và độ cứng Vickers (HV) kém hơn đáng kể so với độ bền kéo và độ cứng Vickers của thanh dây hợp kim nhôm của mỗi một trong số các Ví dụ từ 1 đến 13 theo sáng chế.

Vì thành phần hợp kim của thanh dây trong mỗi một trong số các Ví dụ So sánh 4 và 5 không đáp ứng phạm vi thích hợp của sáng chế, các vết nứt gia công được xác nhận xảy ra trong khi gia công kéo dây [1]. Vì việc xử lý nhiệt kết tụ hóa già [0] được thực hiện trước khi gia công kéo dây [1] trong Ví dụ So sánh 6, các vết nứt gia công được xác nhận xảy ra trong gia công kéo dây [1] được thực hiện ở mức độ gia công cao để tăng biên hạt tinh thể.

**YÊU CẦU BẢO HỘ**

1. Vật liệu hợp kim nhôm có thành phần hợp kim chứa từ 0,2 đến 1,8% khối lượng Mg, từ 0,2 đến 2,0% khối lượng Si, từ 0,01 đến 1,50% khối lượng Fe, với sự cân bằng chứa Al và các tạp chất không thể tránh được, trong đó

vật liệu hợp kim nhôm có kết cấu kim tương dạng sợi ở đó các hạt tinh thể được sắp xếp theo một hướng; và

trong một mặt cắt song song với một hướng, giá trị trung bình của một kích thước vuông góc với chiều dọc của các hạt tinh thể là 270nm hoặc nhỏ hơn.

2. Vật liệu hợp kim nhôm theo điểm 1, trong đó vật liệu hợp kim nhôm có độ cứng Vickers (HV) nằm trong khoảng từ 125 đến 250.

3. Bộ phận dẫn điện chứa vật liệu hợp kim nhôm theo điểm 1 hoặc điểm 2.

4. Bộ phận ắc quy chứa vật liệu hợp kim nhôm theo điểm 1 hoặc điểm 2.

5. Thành phần kẹp chứa vật liệu hợp kim nhôm theo điểm 1 hoặc điểm 2.

6. Thành phần lò xo chứa vật liệu hợp kim nhôm theo điểm 1 hoặc điểm 2.

7. Thành phần kết cấu chứa vật liệu hợp kim nhôm theo điểm 1 hoặc điểm 2.

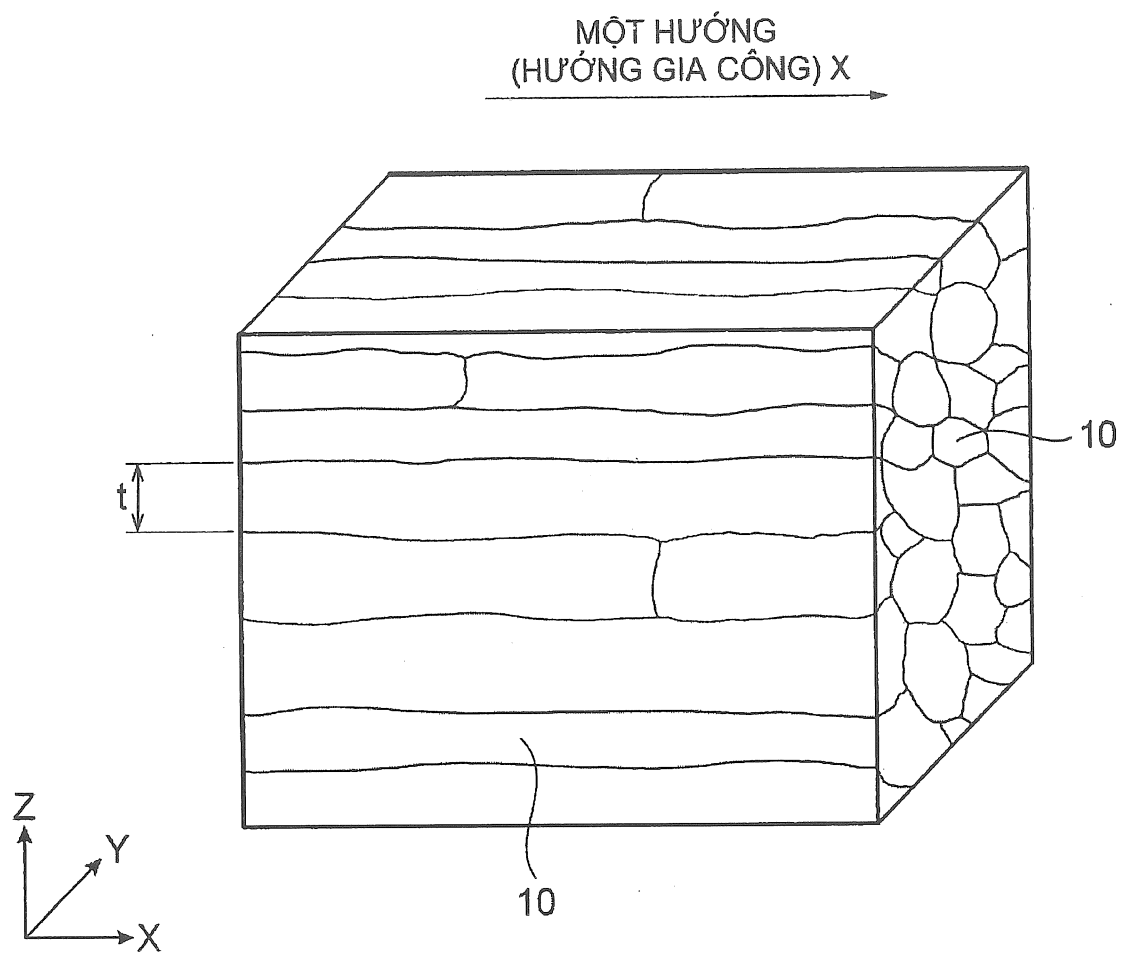


FIG.1

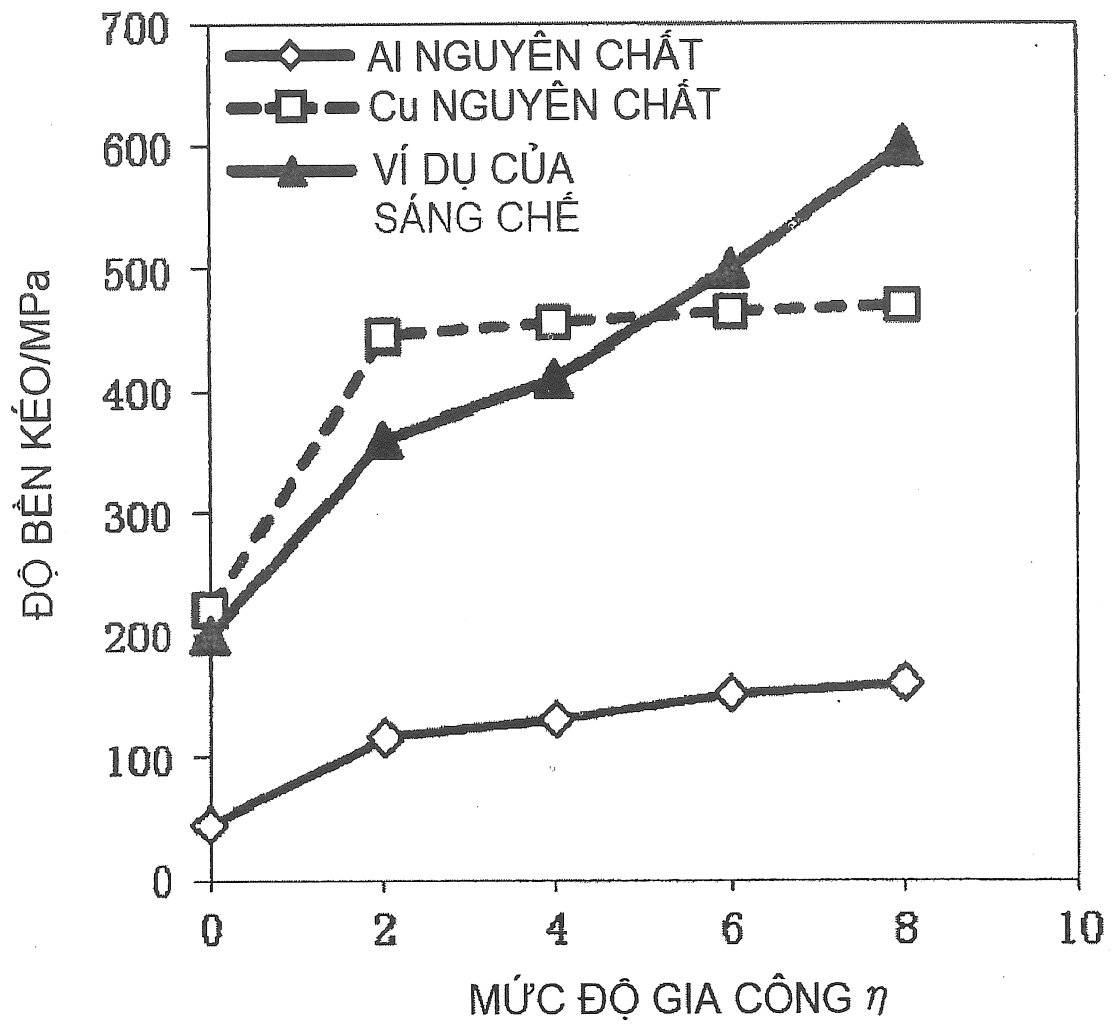


FIG.2

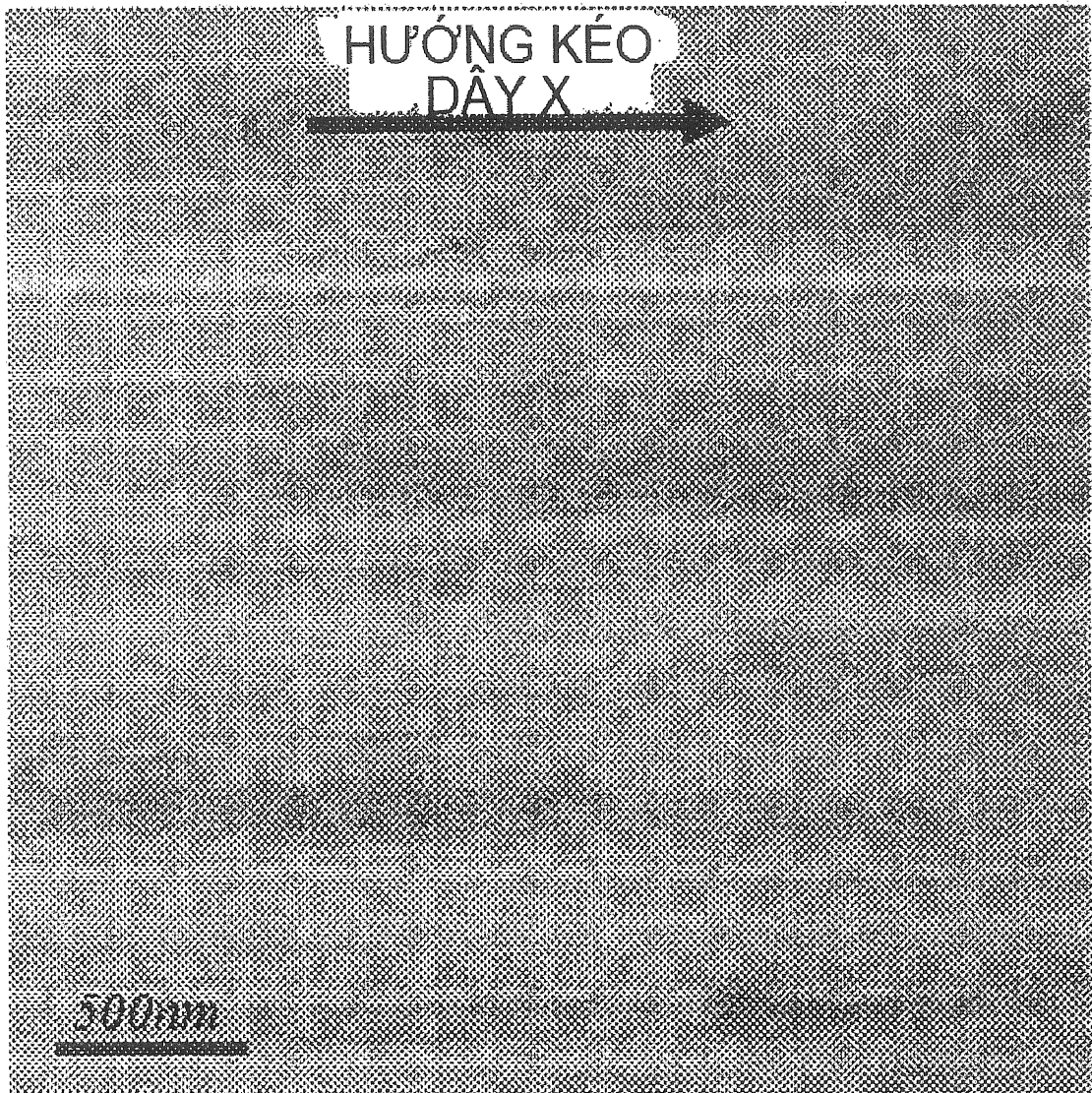


FIG.3