



(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)



1-0028477

(51)^{2020.01} **B32B 15/01**; B23K 35/26; H05K 3/34; (13) **B**
C22C 13/00; B23K 35/02

(21) 1-2010-01266

(22) 20/10/2008

(86) PCT/JP2008/068956 20/10/2008

(87) WO2009/051255 23/04/2009

(30) 2007-272810 19/10/2007 JP

(45) 25/06/2021 399

(43) 25/08/2010 269A

(73) NIHON SUPERIOR SHA CO., LTD. (JP)

16-15, Esakacho 1-chome, Suita-shi, Osaka 564-0063, Japan

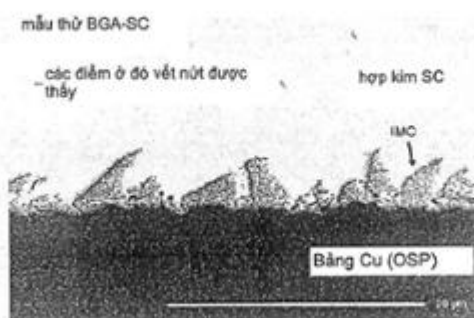
(72) NISHIMURA, Tetsuro (JP).

(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) MÔI NỐI HÀN

(57) Sáng chế đề cập đến môi nối hàn trong đó sự xuất hiện vết nứt được ngăn chặn. Môi nối hàn này được tạo ra bởi hợp kim chứa Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 7,6% khối lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 6% khối lượng, và phần còn lại là Sn. Môi trong số Cu và Ni có khoảng nồng độ tối đa. Giới hạn dưới của Ni là 0,01% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,03% khối lượng. Giới hạn trên của Ni là 0,3% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,1% khối lượng. Giới hạn dưới của Cu là 0,1% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,2% khối lượng. Giới hạn trên của Cu là 7% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,92% khối lượng. Sáng chế cũng đề cập đến môi nối hàn có các thành phần này.

Ví dụ đo vết nứt được tạo ra trong lớp IMC



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến mỗi nối hàn khó đứt hoặc nứt ở mặt phân cách mỗi nối khi mỗi nối hàn được tạo ra.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hợp kim hàn thường được sử dụng để gắn các linh kiện điện tử lên bảng mạch in. Vì xu hướng có thể nhận thấy hiện nay là tránh sử dụng Pb cho hợp kim hàn nên phương pháp hàn hiện nay đang thay đổi sang phương pháp hàn không Pb trong đó Pb không được sử dụng. Hiện nay, hợp kim hàn không chứa chì Pb dòng chính bao gồm hai loại thành phần, mà là hệ thiếc-bạc-đồng và hệ thiếc-đồng.

Khi xét đến khả năng sẵn có của các vật liệu, chi phí vật liệu, và độ tin cậy của sản phẩm, hợp kim hàn không chứa chì dòng chính là hợp kim được tạo ra bởi Sn dưới dạng thành phần chính với một kim loại bổ sung được chọn từ đó. Tác giả sáng chế đã phát triển cái gọi là hợp kim hàn thiếc đồng trên cơ sở Sn-Cu.

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp sáng chế Nhật Bản số 10-107420

Tài liệu sáng chế 2: WO99/48639.

Trong số các giải pháp kỹ thuật có liên quan nêu trên, tài liệu sáng chế 1 đề cập đến hợp kim hàn thiếc-đồng trên cơ sở hợp kim chứa Sn-0,7% Cu dùng làm vật liệu của mỗi nối hàn, và tài liệu sáng chế 2 đề cập đến hợp kim hàn thiếc-đồng trên cơ sở hợp kim chứa Sn-Cu-Ni được phát triển bởi tác giả sáng chế này.

Các tính chất khác nhau được yêu cầu của hợp kim hàn bao gồm khả năng thấm ướt trong thao tác hàn, tính chảy của hợp kim hàn nóng chảy, độ bền cơ học của hợp kim hàn hoá rắn dưới dạng mỗi nối hàn, và các tính chất điện. Hợp kim hàn, cho dù thoả mãn các tính chất đòi hỏi hiện nay, chịu sự nứt và gãy nhỏ được gọi là vết nứt ở mặt phân cách mỗi nối của mỗi nối hàn với bảng mạch in khi mỗi nối được tạo ra. Mỗi nối hàn có vết nứt trong đó dẫn đến các vấn đề nghiêm trọng. Ví dụ, mỗi nối hàn có vết nứt có thể là nguyên nhân làm giảm độ bền mỗi nối, và là nguyên nhân cho sự gia nhiệt và sau đó là cháy do điện trở lớn do diện tích mỗi nối giảm.

Biết rằng vết nứt dẫn đến khuyết điểm nghiêm trọng cho một trong số các thành phần liên kết hợp kim hàn và phần mỗi nối hàn, tác giả sáng chế lặp lại các thử nghiệm

trên cơ sở giả thiết rằng kỹ thuật thực hiện khi hoá rắn hợp kim hàn là một yếu tố trong sự phát triển vết nứt, và nghiên cứu đối với mối nối hàn mà ít dễ tạo ra vết nứt, và khắc phục vấn đề nêu trên bởi thành phần theo sáng chế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, sáng chế đề xuất mối nối hàn được tạo ra bởi hợp kim hàn không chứa chì chứa Cu với lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 7,6% khối lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 6% khối lượng, và phần còn lại là Sn. Theo thành phần này, mỗi trong số Cu và Ni có khoảng tối đa, sự tạo ra vết nứt được giảm trong các khoảng này khi so sánh với thành phần khác. Khi xét đến khả năng thực hiện thực tế, thành phần để làm giảm hiệu quả sự tạo ra vết nứt được xác định trong khoảng bậc thang. Cụ thể hơn, trong hợp kim hàn sử dụng để tạo ra mối nối hàn, giới hạn dưới của Ni là 0,01% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,03% khối lượng. Ngoài ra, giới hạn trên của Ni là 0,3% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,1% khối lượng.

Giới hạn dưới của Cu là 0,1% khối lượng và tốt hơn nếu là 0,2% khối lượng. Ngoài ra, tốt hơn nếu giới hạn trên của Cu là 7% khối lượng và tốt hơn nữa nếu là 0,92% khối lượng.

Theo một phương án khác của sáng chế, ít nhất một kim loại được chọn từ nhóm gồm Co, Mn, Zn, và Pt thay thế với Ni trong thành phần nêu trên. Kim loại gần như không ảnh hưởng đến hoạt động hoặc chức năng của Ni, Pd, Co, Mn, Zn, hoặc Pt đối với hợp kim Sn-Cu theo sáng chế, ví dụ, Ag, Sb, Bi, hoặc chất tương tự có thể được phép chứa dưới dạng tạp chất. Không nhất thiết rằng tạp chất ở đây phù hợp với nồng độ tạp chất xác định theo tiêu chuẩn ISO. Tạp chất này đơn giản nghĩa là nồng độ tương đương với hoặc cao hơn lượng bổ sung mà ảnh hưởng đến ưu điểm dự tính trong sáng chế.

Quy trình tạo ra mối nối hàn thường đề cập đến quy trình thực hiện bởi sắt hàn, quy trình hàn dòng ngược, quy trình hàn nhúng hoặc quy trình hàn dòng xuôi. Vì lượng kim loại hoà tan từ bề mặt mối nối như băng mạch in bị giới hạn đáng kể trong trường hợp quy trình hàn dòng ngược, bản thân thành phần hợp kim hàn có thể là thành phần của mối nối. Mặt khác, vì bề mặt mối nối tiếp xúc với hợp kim hàn nóng chảy trong trường hợp quy trình hàn dòng xuôi, nên sự ngấm chiết diễn ra và có thể là kim loại được ngấm chiết có thể giàu ở mức độ nào đó trong thành phần trong hợp kim hàn sử dụng và mối nối hàn dưới dạng sản phẩm. Tuy nhiên, miễn là hợp kim hàn nóng chảy được duy trì dưới dạng

khoảng thành phần ban đầu, sự chuyển tiếp trong thành phần là nhẹ và không khác biệt nhiều với thành phần hợp kim hàn ban đầu, và nằm trong giới hạn sai số. Trong sáng chế yêu cầu bảo hộ, không có khác biệt lớn về thành phần giữa mỗi nối hàn được tạo ra bằng cách sử dụng hợp kim hàn có thành phần yêu cầu bảo hộ và hợp kim hàn có thành phần yêu cầu bảo hộ. Việc tạo ra mỗi nối hàn theo sáng chế không chỉ giới hạn ở các quy trình nêu trên, và sáng chế có thể ứng dụng với tất cả các mối nối hàn thu được từ phương pháp tạo ra mỗi nối hàn thông thường.

Trong việc xử lý nhiệt độ để có được mỗi nối hàn thích hợp, tốt hơn nếu mỗi nối hàn được làm nguội dần theo một quá trình ngay sau khi thao tác hàn để hoá rắn ổn định. Nếu mỗi nối hàn được làm nguội nhanh ở tốc độ làm nguội cao, mỗi nối hàn chịu ảnh hưởng nhiều hơn bởi sự biến dạng do nhiệt trong cấu trúc của một thành phần được nối so với biến dạng bắt nguồn từ chính hợp kim hàn. Nếu sự biến dạng do nhiệt lớn hơn giới hạn ở một vị trí bất kỳ, vết nứt được tạo ra ở đó. Thông thường, các kim loại như mỗi nối hàn, lá kim loại trên bảng mạch in, và dây dẫn, nguội một cách nhanh chóng, nhưng bảng mạch được làm bằng nhựa nguội chậm do độ dẫn nhiệt thấp của nó. Vì nhựa tạo ra bảng mạch in có hệ số giãn nở cao, và có nhiệt độ chuyển hóa thủy tinh (TG) cao làm tăng khả năng chịu nhiệt, nên biến dạng do nhiệt thu được được xem là cao. Để tránh tạo ra vết nứt do khác biệt giữa các biến dạng do tính chịu nhiệt của kim loại và nhựa, tốt hơn nếu thao tác làm nguội dần được thực hiện theo cách sao cho ảnh hưởng của khác biệt này không tác động nhiều đến mỗi nối hàn. Tốt hơn nếu tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 2-5°C/giây mặc dù phương pháp như vậy khác với phương pháp của quy trình hàn dòng ngược hoặc quy trình hàn dòng xuôi.

Thao tác theo sáng chế được mô tả dưới đây đối với hợp kim Sn-Cu-Ni. Fig1 là đồ thị trạng thái hai nguyên tố Sn-Cu. Đã biết rằng trong Cu_6Sn_5 dưới dạng hợp chất liên kim loại của Sn và Cu, có đồng với lượng khoảng 39,1% khối lượng, tinh thể đơn tà $\eta\text{-Cu}_6\text{Sn}_5$ xuất hiện trong khoảng nhiệt độ thấp hơn so với nhiệt độ biến đổi 187°C thấp hơn so với nhiệt độ đường rắn 227°C, và tinh thể sáu cạnh $\eta\text{-Cu}_6\text{Sn}_5$ xuất hiện trong khoảng nhiệt độ lên đến nhiệt độ đường rắn 227°C. Trong trường hợp như vậy, sự biến đổi pha rắn diễn ra từ sáu cạnh sang đơn tà với nhiệt độ giảm trong quá trình hóa rắn. Fig.2 là hình vẽ phóng to phần chính của đồ thị trạng thái trên Fig.1. Cấu trúc tinh thể của tinh thể sáu cạnh được gọi là hộp đóng và thể tích của tinh thể là nhỏ nhất ở dạng đặc. Nếu pha rắn được biến đổi từ sáu cạnh sang đơn tà trong trường hợp này, diễn ra sự thay đổi thể tích. Khi hợp kim

hàn nóng chảy hóa rắn, sự biến đổi pha là không thể tránh khỏi trong hợp chất liên kim loại Cu_6Sn_5 được lắng nhờ nhiệt độ giảm. Có khả năng là vết nứt được tạo ra trong mỗi nôi hàn hóa rắn tương ứng với sự phát triển nêu trên khi hợp kim trên cơ sở Sn được sử dụng. Cho dù vết nứt không được nhìn thấy ở phần mỗi nôi, ứng suất biến dạng tạo ra trong quá trình biến đổi pha rắn được lưu giữ ở phần mỗi nôi. Sự giải phóng ứng suất biến dạng như vậy có thể được thực hiện bởi ứng suất bên ngoài như sự va đập nhẹ, và khi đó vết nứt có thể được tạo ra.

Mặt khác, đã biết rằng nếu Ni được bổ sung vào hợp chất Sn-Cu, Ni được thay thế một phần cho Cu của pha Cu_6Sn_5 , tạo ra $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$. Các thử nghiệm cho thấy rằng nếu hợp chất liên kim loại của $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ có Ni với lượng 9%, cấu trúc tinh thể của hợp chất liên kim loại là sáu cạnh, và sự có mặt của η - $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ của cấu trúc tinh thể sáu cạnh mà phát triển bên trên nhiệt độ biến đổi được xác nhận ngay cả ở nhiệt độ trong phòng. Điều này là do sự thay thế Ni cho phần Cu của Cu_6Sn_5 góp phần làm ổn định cấu trúc tinh thể dưới dạng tinh thể sáu cạnh. Fig.3 minh họa cấu trúc tinh thể của hợp chất liên kim loại với sự có mặt của Ni trong hợp kim. Mẫu thử được quan sát được tạo ra bằng cách làm nóng chảy đồng đều hợp kim Sn-0,7Cu- 0,05Ni ở khoảng 300°C và tiếp đó hóa rắn hợp kim này. Cấu trúc được quan sát là cấu trúc tinh thể của hợp chất liên kim loại $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$. Sự phân tích nguyên tố được thực hiện trên cấu trúc tinh thể trên cơ sở mẫu nhiễu xạ electron và giá trị trung bình của năm vị trí bất kỳ. Thiết bị sử dụng trong phân tích kính hiển vi điện tử truyền phát trường (the field emission transmission electron microscope FEG-TEM do Philips sản xuất), và việc đo được thực hiện ở điện áp gia tốc 200 kV. Các phương pháp đo được dựa trên cơ sở quan sát mạng tinh thể độ phóng đại cao (độ phóng đại: 640000 lần), mẫu nhiễu xạ electron có chiều dài camera 640 mm, và phương pháp đo phổ phân tán năng lượng (EDS) bằng đầu dò nano. Như được minh họa trên Fig.3, nếu Ni có mặt, cấu trúc tinh thể $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ được xác định là hình sáu cạnh, và nồng độ trung bình của Ni trong tinh thể là 9%. Bảng 1 liệt kê các kết quả phân tích nguyên tố của hợp chất liên kim loại ở năm vị trí lựa chọn.

Bảng 1

Các kết quả phân tích nguyên tố của Hợp chất liên kim loại của Mẫu thử 2 (Tinh thể sáu cạnh η - Cu_6Sn_5)

ở %	1	2	3	4	5	Av.	SD
Ni	8,30	8,96	9,05	8,86	6,29	8,79	1,6
Cu	43,90	52,31	42,27	46,05	45,1	46,3	3,2
Sn	47,79	38,72	48,54	45,9	48,2	45,3	3,7
Ni/Cu	0,19	0,17	0,21	0,19	0,4	0,19	0,03
(Cu,Ni)/Sn	1,09	1,58	1,0	1,2	1,8	1,2	20

Với các kết quả lưu ý này, tác giả sáng chế đã kiểm nghiệm rằng một lượng thích hợp của Ni với Sn-Cu làm cho cấu trúc tinh thể là sáu cạnh ổn định cho dù pha $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ dưới dạng hợp chất liên kim loại giảm nhiệt độ trong quá trình hóa rắn, và rằng sự biến đổi pha rắn của Cu_6Sn_5 từ sáu cạnh sang đơn tà không có sự bổ sung Ni được ngăn cản hoặc được tránh. Theo cách này, sự tạo ra vết nứt trong quá trình biến đổi pha rắn được khống chế và sự lưu giữ ứng suất ở phần mối nối được tránh.

Đối với lượng các thành phần bổ sung trong yêu cầu bảo hộ, giá trị tối đa của Cu tại đó sự biến đổi pha rắn diễn ra là khoảng 39,1% khối lượng theo đồ thị trạng thái, và ở 7,6% khối lượng hoặc cao hơn, phản ứng peritectic diễn ra trong đó hợp chất được thay đổi từ pha lỏng sang pha Cu_6Sn_5 qua pha Cu_3Sn . Khi xem xét ứng dụng hợp kim hàn, nồng độ Cu ở mức 7,6% khối lượng tại đó hợp kim hàn ở pha Cu_6Sn_5 hóa rắn trực tiếp từ pha lỏng mà không chuyển tiếp qua phản ứng peritectic được điều chỉnh để ở giới hạn trên của Cu. Giới hạn dưới được xác định là 0,01% khối lượng trên cơ sở đồ thị pha trên Fig.1, vì hiểu biết của tác giả sáng chế theo lý thuyết được áp dụng với giới hạn dưới của khoảng nhiệt độ biến đổi với nhiệt độ đường rắn cũng được tính đến.

Hơn nữa, tác giả sáng chế xác định giới hạn trên của Cu ở 7% khối lượng. Điều này là do điểm nóng chảy là một trong số các yếu tố quan trọng trong thao tác hàn, và hợp kim hàn nhiệt độ cao thường được gia nhiệt đến khoảng 400°C. Giới hạn trên của Cu tương ứng với nồng độ Cu tại đó Cu_6Sn_5 được làm cho lắng trong hệ Sn-Cu. Hơn nữa, tác giả sáng chế xác định giới hạn trên của Cu ở 0,92% khối lượng, và trong sự điều chỉnh này, điểm cùng tinh trong đồ thị ba nguyên tố Sn- Cu-Ni mà đã biết gần đây được tính đến.

Tác giả sáng chế xác định giới hạn dưới của Cu ở 0,1% khối lượng, và còn ở 0,2% khối lượng. Khoảng này được xác định khi tính đến ưu điểm thực tế của việc bổ sung Cu khi xét độ bền mối nối của hợp kim hàn không chứa chì của hệ Sn-Cu.

Lượng bổ sung của Ni được xác định là giá trị tối đa của giới hạn trên 6% khối lượng khi tính đến tỷ lệ thể giữa Cu và Ni là khoảng 5:1, và giới hạn tối đa của Cu tại đó sự biến đổi pha rắn diễn ra trong hệ Sn-Cu là khoảng 39,1% khối lượng như nêu trên. Ngoài ra, giá trị tối thiểu của giới hạn dưới Ni được xác định là 0,001% khối lượng, khi tính đến giới hạn dưới của Cu vì kết quả cho thấy rằng đạt được ưu điểm duy trì tính thể sáu cạnh với nồng độ Ni khoảng 9%. Giới hạn trên của Ni được xác định là 0,3% khối lượng hoặc 0,1% khối lượng. Điều kiện này được xác định tương ứng giới hạn trên dạng bậc của Cu khi tính đến nồng độ hiệu quả của Ni bằng 9%. Mặt khác, giới hạn dưới của Ni là 0,01% khối lượng hoặc 0,03% khối lượng tương ứng với giới hạn dưới dạng bậc của Cu.

Theo sáng chế, Pd, Co, Mn, Zn, và Pt được lựa chọn chọn lọc dưới dạng kim loại thay thế được với Ni trong hợp chất nêu trên. Điều này là do các kim loại này tạo ra hợp chất liên kim loại có cấu trúc trong đó giống như Ni, các kim loại này thay thế một phần với Cu của hợp chất liên kim loại Cu_6Sn_5 . Hơn nữa, Fe cũng là kim loại mà thay thế một phần với Cu của hợp chất liên kim loại Cu_6Sn_5 theo cách tương tự. Mặc dù theo lý thuyết có thể là Fe được bố trí theo cùng một cách như Pd, Co, Mn, Zn, và Pt, sự không chế phản ứng của Fe tương ứng với lượng bổ sung của nó là hơi khó. Từ quan điểm khả năng ứng dụng công nghiệp, Fe nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Mục đích chính của sáng chế là chọn kim loại bổ sung để được thay thế một phần với Cu trong hợp chất liên kim loại Cu_6Sn_5 . Sự tính đến kim loại dưới dạng tạp chất, như Ag, Sb, hoặc Bi, ngoại trừ kim loại được chọn theo điểm 10 yêu cầu bảo hộ, không bị loại bỏ.

Ưu điểm của sáng chế

Theo sáng chế, mỗi nối hàn có các thành phần nêu trên được tạo ra. Trong hợp kim Sn-Cu và hợp kim Sn-Cu chứa Ag, Sb, Bi, v.v. ở mức tạp chất, sự biến đổi pha rắn được ngăn cản hoặc được tránh khi hóa rắn hợp chất liên kim loại Cu_6Sn_5 , và sự thay đổi thể tích do biến đổi pha rắn không được tạo ra. Do vậy, cách này không chỉ tránh được vết nứt và gãy trong quá trình hóa rắn, mà còn không chế sự lưu giữ ứng suất ở phần mối nối mà vẫn không có vết nứt bất kỳ ở thời điểm hóa rắn. Hơn nữa, cách này ngăn ngừa sự tạo ra vết nứt đột ngột với sự già hóa và vết nứt tạo ra bởi biến dạng do va đập bất cẩn. Bởi vậy, mối nối hàn có độ tin cậy cao được tạo ra.

Hợp kim hàn không chứa chì theo sáng chế có thể được cung cấp cho thị trường ở dạng dự tính bất kỳ, kể cả hợp kim hàn dạng thanh, hợp kim hàn dạng viên, hợp kim hàn

dạng lá, và hợp kim hàn dạng dây. Ngoài ra, như nêu trên, sáng chế có thể ứng dụng với mỗi nối hàn bất kỳ thu được nhờ phương pháp hàn có thể thực hiện được bất kỳ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ pha hai nguyên tố Sn-Cu.

Fig.2 là hình vẽ phóng to sơ đồ pha hai nguyên tố trên Fig.1.

Fig.3 là ảnh chụp minh họa cấu trúc tinh thể của hợp chất liên kim loại (Cu,Ni)₆Sn₅.

Fig.4 là ảnh chụp gần mặt cắt ngang của mẫu thử cắt của mỗi nối được tạo ra bởi mỗi trong số hợp kim hàn Sn-Cu và hợp kim hàn Sn-Cu với Ni được bổ sung vào đó.

Fig.5 là ảnh chụp gần minh họa trạng thái phóng to của ảnh trên Fig.4.

Fig.6 là đồ thị thể hiện proffin nhiệt độ ở điều kiện dòng ngược theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.7 là ảnh chụp minh họa ví dụ đo vết nứt được tạo ra trong hợp chất liên kim loại theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.8 là ảnh chụp SEM minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại và mặt phân cách với Sn theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.9 là đồ thị thể hiện các kết quả của thử nghiệm va đập theo phương án thứ ba của sáng chế.

Fig. 10 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 11 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 12 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 13 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 14 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 15 là đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 16 là ảnh chụp minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại theo phương

án thứ tư của sáng chế.

Fig. 17 là ảnh chụp minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 18 là ảnh chụp minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig. 19 là ảnh chụp minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig.20 là ảnh chụp minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại theo phương án thứ tư của sáng chế.

Fig.21 là ảnh chụp minh họa mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại theo phương án thứ tư của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án 1

Tác giả sáng chế tạo ra hợp kim hàn dạng viên trên cơ sở hai loại hợp kim hàn, gồm Sn-0,7Cu (tất cả các giá trị dưới đây là theo % khối lượng) được biết rộng rãi dưới dạng hợp kim hàn không chứa chì trên cơ sở thiếc-đồng, và hợp kim hàn thu được bằng cách thêm Ni với lượng 0,05% khối lượng vào hợp kim Sn-0,7Cu, và thu được mỗi nối hàn bằng cách thực hiện quy trình dòng ngược theo phương pháp thông thường. Fig.4 minh họa mặt cắt ngang của mẫu thử cắt của phần nối liền (phần nối) của mỗi hợp kim hàn được quan sát bằng kính hiển vi điện tử ở mức 10 μ m. Trong các ảnh chụp ở đây, lớp dưới là lá Cu có mặt trên bảng mạch in, và lớp trên là lớp hợp kim hàn. Như được minh họa trên các ảnh chụp, hoàn toàn không nhận thấy vết nứt ở phần nối trên ảnh chụp bên trái minh họa mỗi nối hàn có bổ sung Ni. Trong mẫu thử nối liền bởi Sn-0,7Cu minh họa trên ảnh chụp bên phải, vết nứt được nhận thấy không chỉ ở mặt phân cách với lá Cu mà còn cả ở hợp chất liên kim loại cách xa khỏi phần nối. Vết nứt không được nhìn thấy từ bề mặt của phần nối, nhưng sự có mặt của vết nứt trong phần nối làm giảm độ bền chỗ nối.

Ngoài ra, tác giả sáng chế kiểm tra mẫu thử cắt trên Fig.4 ở mức 5 μ m để quan sát chính xác hơn, nhờ đó thu được các kết quả được thể hiện trên Fig.5. Trong sự quan sát ở độ phóng đại cao này, vết nứt rõ ràng chỉ được thấy ở phần nối hợp kim hàn Sn-Cu, và thậm chí một vết nứt nhỏ cũng không được thấy ở phần nối hợp kim hàn có bổ sung Ni.

Phương án 2

Tiếp theo, các thử nghiệm được tiến hành để kiểm nghiệm chi tiết các ưu điểm với hợp kim hàn dạng viên. Mẫu thử sử dụng ở đây là giống với các mẫu thử của phương án 1. Hợp kim hàn dạng viên được sản xuất dưới dạng viên có đường kính khoảng $500\mu\text{m}$ bằng cách sử dụng phương pháp sản xuất hợp kim hàn dạng viên đã biết. Hai loại mẫu thử hợp kim hàn dạng viên được bố trí trên một bảng OSP, và quy trình dòng ngược được thực hiện hai lần theo profin nhiệt độ được minh họa trên Fig.6. Bởi vậy thu được mẫu thử nối liền hợp kim hàn (mẫu thử mỗi nối hàn). Thao tác làm nguội dần, mặc dù không được thể hiện trên Fig.6, được thực hiện ở tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ $2-5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ sau khi kết thúc quy trình hàn. Lần lượt, số lượng và chiều dài vết nứt tạo ra trong hợp chất liên kim loại xuất hiện được đo. Cụ thể hơn, độ bền chỗ nối của các hợp kim hàn được so sánh bằng cách so sánh số lượng và chiều dài của vết nứt tạo ra trong phần nối hợp kim hàn (phần nối) và mặt phân cách liên kết hợp kim hàn. theo phương pháp đo, các mẫu thử được gắn vào trong nhựa silic để tạo ra mẫu thử cho sự quan sát mặt cắt ngang của hợp chất liên kim loại. Mặt cắt ngang được quan sát bằng cách sử dụng SEM, và sự phân tích nguyên tố được thực hiện bằng cách sử dụng EDS. Kính hiển vi điện tử quét (JSM 6460LA) do Japan Electron Optics Laboratory Co., Ltd. sản xuất được sử dụng làm dụng cụ thử nghiệm. Việc đo được tiến hành ở điện áp gia tốc 20 kV theo kiểu phân tán ngược. Việc đo vết nứt trong hợp chất liên kim loại và việc đo độ dày hợp chất liên kim loại được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm phân tích ảnh (tên thương mại AnalysisStation) do Japan Electron Optics Laboratory Co., Ltd. sản xuất như được minh họa trên Fig.7. Như được minh họa, hợp kim hàn SC đề cập đến hợp kim hàn Sn-Cu, và IMC đề cập đến hợp chất liên kim loại được tạo ra nhờ sự hóa rắn. Các đường màu trắng được vẽ trong hợp chất liên kim loại phát triển là vị trí xuất hiện và chiều dài của mỗi vết nứt. Hơn nữa, được minh họa trên Fig.8 là ảnh chụp SEM mặt cắt ngang của hai loại mẫu thử và ảnh chụp SEM bề mặt của hợp chất liên kim loại, trong đó xác định rằng mẫu thử có bổ sung Ni vào đó chứa hợp chất liên kim loại mịn hơn và đều hơn so với mẫu thử Sn-Cu. Hợp chất liên kim loại trong Sn-Cu là Cu_6Sn_5 , nhưng hợp chất liên kim loại trong mẫu thử có bổ sung Ni là $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ với Ni thay thế bằng Cu và các tinh thể riêng biệt trở nên nhỏ hơn.

Bảng 2

[số lượng vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/lớp IMC của mẫu thử nối liền hợp kim hàn bằng cách sử dụng hợp kim hàn dạng viên BGA]

1. Số lượng vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC

Mẫu thử số	Số vết nứt (đơn vị: vết nứt)	Chiều dài vết nứt (đơn vị: μm)	Số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	Chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC
SC	72,33	97,86	0,31	0,42
SCN	40,67	42,27	0,16	0,16

2. Các giá trị đo của [SN100C] với giá trị đo của [SC] là [100]

Mẫu thử số	Số vết nứt (đơn vị: vết nứt)	Chiều dài vết nứt (đơn vị: μm)	Số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	Chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC
SC	100,0	100,0	100,0	100,0
SCN	56,2	43,2	51,6	38,1

[Thành phần hợp kim] SC=Sn-0,7Cu (% khối lượng)

SCN=Sn-0,7Cu-0,05Ni (% khối lượng)

Bảng 2 liệt kê các kết quả của phương án 2, trong đó bảng trên liệt kê số lượng thực và chiều dài tổng thể của vết nứt trong hai loại mẫu thử, và bảng dưới liệt kê các kết quả với mẫu thử được bổ sung Ni theo tỷ lệ phần trăm với kết quả của mẫu thử Sn-Cu không bổ sung Ni vào đó là 100. Như được liệt kê, đã kiểm nghiệm rằng sự tạo ra và chiều dài của vết nứt trong các mẫu thử có bổ sung Ni với lượng 0,005% khối lượng được không chế với một nửa kết quả của các mẫu Sn-0,7Cu. Cơ sở cho các giá trị này được đề cập dưới đây.

Số vết nứt/chiều dài đơn vị của hợp chất liên kim loại = số vết nứt đo được/chiều dài của hợp chất liên kim loại

Chiều dài tổng thể của vết nứt/chiều dài đơn vị của hợp chất liên kim loại = chiều dài tổng thể của vết nứt đo được/chiều dài của hợp chất liên kim loại

Phương án 3

Tiếp theo, mẫu thử nối liền(mẫu thử nối) được tạo ra nhờ quy trình hàn dòng ngược bằng cách sử dụng các mẫu thử có thành phần giống như trong phương án 2, và thử nghiệm va đập được thực hiện trên các phần nối. Mục đích của thử nghiệm này là kiểm

nghiệm ảnh hưởng của va đập trên cơ sở kiến thức chấp nhận thông thường rằng phần nổi bị nhiều vết nứt có khả năng hấp thụ va đập thấp. Bảng mạch in sử dụng trong vật liệu FR-4 có độ dày 1,6 mm và mẫu thử thu được có đường kính 0,42 mm. Dụng cụ thử nghiệm được sử dụng trong thử nghiệm va đập là thiết bị thử nghiệm liên kết tốc độ cao (4000HS do Dage Corporation sản xuất), và các kết quả được kiểm tra ở bốn điều kiện tốc độ kéo 1, 10, 100, và 200 (mm/giây). Bảng 3 liệt kê các giá trị đo, và Fig.9 là đồ thị so sánh các kết quả thử nghiệm. Trên đồ thị, hình tam giác minh họa mẫu thử Sn-Cu, và hình vuông minh họa mẫu thử Sn-Cu có bổ sung Ni.

Bảng 3

[Các giá trị đo mức năng lượng hấp thụ trong thử nghiệm kéo của mẫu thử liên kết hợp kim hàn được thực hiện bằng cách sử dụng hợp kim hàn dạng viên BGA]

1. Các giá trị đo mức năng lượng hấp thụ trong thử nghiệm kéo hợp kim hàn BGA

Tốc độ kéo (mm/giây) Mẫu thử số	1	10	100	200
SC	1,19	1,92	0,89	1,17
SCN	1,06	1,70	2,11	1,96

(đơn vị: mJ)

Như thấy rõ từ thử nghiệm va đập nêu trên, mẫu thử có bổ sung Ni làm cho hầu như không có khác biệt so với mẫu thử Sn-Cu cho đến tốc độ kéo 10 mm/giây. Tuy nhiên, mẫu thử có bổ sung Ni tạo ra sức kháng cao hơn khi mức năng lượng cao hơn mức tốc độ kéo được áp dụng.

Phương án 4

Hơn nữa, để xác kiểm nghiệm rằng ưu điểm dự tính theo sáng chế đạt được không chỉ trong quy trình hàn dòng ngược mà còn trong quy trình hàn dòng xuôi, tác giả sáng chế tạo ra mẫu thử bằng cách nhúng, và tiến hành thử nghiệm xác định giống như được nêu trong phương án 2. Bảng 4 liệt kê các kết quả.

[Bảng 4]

[Thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của mẫu thử được hàn bằng cách nhúng]

[Thành phần hợp kim]

[Số vết nứt và chiều dài tổng thể vết
nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC]

Mẫu thử số	Lượng (% khối lượng)			Số vết nứt (đơn vị: vết nứt)	Chiều dài vết nứt (đơn vị: µm)	Số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	Chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC
	Sn	Cu	Ni				
1	99,99	0,01	0	17,5	18,64	0,03	0,04
2	99,98	0,01	0,01	8,5	13,78	0,02	0,03
3	99,96	0,01	0,03	1	1,21	0	0
4	99,89	0,01	0,1	4	5,1	0,01	0,01
5	99,69	0,01	0,3	1,5	4,09	0	0,01
6	93,99	0,01	6	2	4,24	0	0,01
7	99,9	0,1	0	28	33,49	0,05	0,06
8	99,89	0,1	0,01	12	23,88	0,02	0,05
9	99,87	0,1	0,03	3	5,68	0,01	0,01
10	99,8	0,2	0	5,5	10,12	0,01	0,02
11	99,799	0,2	0,001	1,5	1,65	0	0
12	99,79	0,2	0,01	2	2,92	0	0,01
13	99,77	0,2	0,03	1	2,96	0	0,01
14	99,7	0,2	0,1	0,5	1,39	0	0
15	99,08	0,92	0	26	36,89	0,05	0,07
16	99,079	0,92	0,001	17	32,37	0,03	0,06
17	99,07	0,92	0,01	1	1,29	0	0
18	99,05	0,92	0,03	4	8,48	0,01	0,02
19	98,98	0,92	0,1	6,5	9,78	0,01	0,02
20	97	3	0	130	202,21	0,58	0,91
21	96,95	3	0,05	60	59,56	0,29	0,29
22	96,9	3	0,1	75	98,92	0,35	0,46
23	96,7	3	0,3	87	111,98	0,42	0,54
24	93	7	0	87	136,26	0,42	0,67
25	92,95	7	0,05	23	55,87	0,12	0,28

26	92,9	7	0,1	49	79,86	0,22	0,37
27	92,7	7	0,3	58	98,77	0,27	0,46
28	92,4	7,6	0	25,5	48,78	0,05	0,09
29	92,39	7,6	0,01	13,5	19,61	0,03	0,04
30	92,38	7,6	0,02	0	0	0	0
31	92,37	7,6	0,03	0,5	2,29	0	0
32	92,3	7,6	0,1	0	0	0	0
33	92,1	7,6	0,3	0	0	0	0
34	86,4	7,6	6	0,5	12	0	0

Trong các mẫu thử liệt kê trong Bảng 4, Cu được điều chế để có bảy nồng độ đối với Sn, tức là 0,01% khối lượng, 0,1% khối lượng, 0,2% khối lượng, 0,92% khối lượng, 3% khối lượng, 7% khối lượng, và 7,6% khối lượng. Hơn nữa, Ni được bổ sung với Cu được điều chế để có tám mức để lựa chọn thích hợp tức là, Ni không được bổ sung, 0,001% khối lượng, 0,01% khối lượng, 0,03% khối lượng, 0,05% khối lượng, 0,1% khối lượng, 0,3% khối lượng, và 6% khối lượng. Theo cách này, 34 loại mẫu thử được điều chế. Lưu ý rằng phương pháp nhúng là phương pháp thông thường. 34 loại mẫu thử điều chế như vậy được gắn vào nhựa epoxy để tạo ra sự quan sát mẫu thử theo mặt cắt ngang. Bằng cách sử dụng dụng cụ thử nghiệm giống như dụng cụ được sử dụng trong phương án 2, số vết nứt thực và chiều dài vết nứt được đo.

Bảng 5 liệt kê số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt theo tỷ lệ phần trăm với sự xuất hiện vết nứt trong mẫu thử không được bổ sung Ni là 100, trong đó các giá trị đo thực liệt kê trong Bảng 4 được chia thành bảy loại nhóm theo lượng bổ sung của Cu. Sự so sánh này là giống với sự so sánh trên Bảng 2.

[Bảng 5]

[Thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của mẫu thử được hàn bằng cách nhúng]

[Thành phần hợp kim]

[Số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC]

Mẫu thử số	Lượng (% khối lượng)			Số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC (đơn vị: %)	Chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC (đơn vị: %)
	Sn	Cu	Ni		
1	99,99	0,01	0	100,0	100,0
2	99,98	0,01	0,01	66,7	75,0
3	99,96	0,01	0,03	0,0	0,0
4	99,89	0,01	0,1	33,3	25,0
5	99,69	0,01	0,3	0,0	25,0
6	93,99	0,01	6	0,0	25,0
7	99,9	0,1	0	100,0	100,0
8	99,89	0,1	0,01	40,0	83,3
9	99,87	0,1	0,03	20,0	16,7
10	99,8	0,2	0	100,0	100,0
11	99,799	0,2	0,001	0,0	0,0
12	99,79	0,2	0,01	0,0	50,0
13	99,77	0,2	0,03	0,0	50,0
14	99,7	0,2	0,1	0,0	0,0
15	99,08	0,92	0	100,0	100,0
16	99,079	0,92	0,001	60,0	85,7
17	99,07	0,92	0,01	0,0	0,0
18	99,05	0,92	0,03	0,0	0,0
19	98,98	0,92	0,1	20,0	28,6
20	97	3	0	100,0	100,0
21	96,95	3	0,05	50,0	31,9
22	96,9	3	0,1	60,3	50,5
23	96,7	3	0,3	72,4	59,3
24	93	7	0	100,0	100,0
25	92,95	7	0,05	28,6	41,8
26	92,9	7	0,1	52,4	55,2
27	92,7	7	0,3	64,3	68,7
28	92,4	7,6	0	100,0	100,0

29	92,39	7,6	0,01	60,0	44,4
30	92,38	7,6	0,02	0,0	0,0
31	92,37	7,6	0,03	0,0	0,0
32	92,3	7,6	0,1	0,0	0,0
33	92,1	7,6	0,3	0,0	0,0
34	86,4	7,6	6	0,0	0,0

Các hình vẽ từ Fig. 10 đến Fig. 15 là các đồ thị trong đó các kết quả đo của các mẫu thử ngoại trừ 7% khối lượng Cu của các kết quả trên Fig.5 được vẽ đồ thị theo cách dễ hiểu có thể nhìn được. Không có ý nghĩa kỹ thuật đặc biệt với việc loại trừ đồ thị có 7% khối lượng Cu. Như thấy rõ từ các đồ thị này, sự so sánh mẫu thử Sn-Cu cho thấy rằng số vết nứt thực và chiều dài tổng thể vết nứt bị giảm trong tất cả các mẫu thử có bổ sung Ni. Cụ thể, các mẫu thử có lượng bổ sung Cu bằng 0,2% khối lượng và 0,92% khối lượng và lượng bổ sung Ni bằng 0,001% khối lượng được thử nghiệm (Fig. 12 và Fig. 13), và số vết nứt và chiều dài tổng thể là nhỏ so với các mẫu thử không bổ sung Ni. Sự bổ sung Ni với lượng 0,001% khối lượng chứng tỏ hiệu quả một cách thích hợp. Mặt khác, vết nứt xuất hiện ở phần bên phải trên Fig. 10 và Fig. 15 trong các mẫu thử (mẫu thử số 6 và 30) có lượng bổ sung Ni bằng 6% khối lượng, nhưng không được minh họa dựa trên quan điểm đồ thị. Tuy nhiên, như thấy rõ từ Bảng 4 và Bảng 5, không nhận thấy vết nứt trong mẫu thử số 30, và chỉ vết nứt rất nhỏ được nhận thấy trong mẫu thử số 6. Bởi vậy xác định rằng thu được các kết quả tương tự trong các mẫu thử khác trong khoảng từ lượng bổ sung Ni bằng 0,3% khối lượng đến lượng bổ sung Ni bằng 6% khối lượng. Các hình vẽ từ Fig. 16 đến Fig.21 là ảnh chụp SEM mặt cắt ngang của các mẫu thử trong số 11 loại mẫu thử thu được trong phương án 4, và các mẫu thử có bổ sung Ni và các mẫu thử không bổ sung Ni được so sánh bằng mắt đối với năm loại có lượng bổ sung Cu. Như thấy rõ từ các ảnh chụp này, gần như không có sự phát triển các tinh thể hình kim như Cu_6Sn_5 được nhận thấy trong các mẫu thử có bổ sung Ni, và không thấy vết nứt. Hơn nữa, số mẫu thử trong mỗi hình vẽ tương ứng với số mẫu thử liệt kê trong Bảng 4.

Phương án 5

Tiếp theo, các thử nghiệm được thực hiện để kiểm nghiệm các ưu điểm của các thành phần với Pd, Co, Mn, Zn, và Pt được thế cho Ni. Việc tạo ra và đo các mẫu thử theo các mẫu thử của phương án 4. Bảng 6 liệt kê thành phần của mỗi mẫu thử, số vết nứt, và chiều dài tổng thể, và Bảng 7 liệt kê thành phần của mỗi mẫu thử, số vết nứt, và chiều dài

tổng thể theo tỷ lệ phần trăm với số vết nứt và chiều dài tổng thể của hỗn hợp hai nguyên tố Sn-Cu là 100.

[Bảng 6]

[Các thành phần hợp kim với các nguyên tố khác thay thế cho Ni và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử hợp kim hàn được liên kết bằng cách nhúng]

[Các giá trị đo các nguyên tố thay thế cho Ni]

Thay thế nguyên tố và thành phần hợp kim	(không bổ sung)	Mn	Zn	Pd	Pt	Co
Mục đánh giá	SnO,92Cu	SnO,92Cu 0,1Mn	SnO,92Cu 0,1 Zn	SnO,92Cu 0,1Pd	SnO,92Cu 0,1Pt	SnO,92Cu 0,1Co
Số vết nứt (đơn vị: vết nứt)	105	2	1	5	0	0
Chiều dài tổng thể vết nứt (đơn vị: μm)	22,4	2,49	0,57	9,93	0	0
Chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	0,04	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00
Số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00

[Bảng 7]

[Các thành phần hợp kim với các nguyên tố khác thay thế cho Ni và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử hợp kim hàn được liên kết bằng cách nhúng]

[Các giá trị đo các nguyên tố thay thế cho Ni với giá trị đo của SnO,92Cu là 100]

Thay thế thành phần nguyên tố và hợp kim	(không bổ sung)	Mn	Zn	Pd	Pt	Co
	SnO,92Cu	SnO,92Cu 0,1Mn	SnO,92Cu 0,1Zn	SnO,92Cu 0,1Pd	SnO,92Cu 0,1Pt	SnO,92Cu 0,1 Co
Mục đánh giá						
Số vết nứt (đơn vị: vết nứt)	100	19,0	9,5	47,6	0,0	0,0
Chiều dài tổng thể vết nứt (đơn vị: μm)	100	11,1	2,5	44,3	0,0	0,0
Chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	100	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0
Số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC	100	0,0	0,0	50,0	0,00	0,0

Theo phương án này, lượng bổ sung Cu là một mức 0,92% khối lượng và lượng bổ sung của mỗi trong số Pd, Co, Mn, Zn, và Pt cũng là một mức 0,1% khối lượng. Mặc dù số vết nứt cao hơn một chút trong mẫu thử được bổ sung Pd so với mẫu thử được bổ sung kim loại khác, nhưng số vết nứt của các mẫu thử này được giảm một nửa so với mẫu thử Sn-Cu không có bổ sung các kim loại như vậy. Ngoài ra, khi so sánh với phương án 4 trong đó sự bổ sung Ni được xác định, các ưu điểm tương tự như ưu điểm của Ni được dự tính theo lý thuyết cho dù lượng bổ sung Cu và lượng bổ sung của mỗi trong số Pd, Co, Mn, Zn, và Pt được thay đổi.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Mỗi nối hàn được hàn bằng hợp kim chứa Cu với lượng là 0,01% khối lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 6% khối lượng, và phần còn lại là Sn;
 trong đó mỗi nối hàn này chứa hợp chất liên kim loại có công thức $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ có tỷ lệ thay thế giữa Cu và Ni vào khoảng 5 Cu: 1 Ni;
 trong đó, hợp chất liên kim loại này chứa khoảng 9% nguyên tử Ni; và
 trong đó, hợp chất liên kim loại này khi được hóa rắn, có cấu trúc tinh thể sáu cạnh.
2. Mỗi nối hàn được hàn bằng hợp kim theo điểm 1, trong đó giới hạn dưới của Ni là 0,01% trọng lượng.
3. Mỗi nối hàn được hàn bằng hợp kim theo điểm 1, trong đó giới hạn dưới của Ni là 0,03% trọng lượng.
4. Mỗi nối hàn được hàn bằng hợp kim theo điểm 2, trong đó giới hạn trên của Ni là 0,3% trọng lượng.
5. Mỗi nối hàn được hàn bằng hợp kim theo điểm 3, trong đó giới hạn trên của Ni là 0,1% trọng lượng.
6. Mỗi nối hàn được hàn bằng hợp kim chứa Cu với lượng là 7,6% trọng lượng, Ni với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 6% trọng lượng Ni, và phần còn lại là Sn;
 trong đó mỗi nối hàn này chứa hợp chất liên kim loại có công thức $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ có tỷ lệ thay thế giữa Cu và Ni vào khoảng 5 Cu: 1 Ni;
 trong đó, hợp chất liên kim loại này chứa khoảng 9% nguyên tử Ni; và
 trong đó, hợp chất liên kim loại này khi được hóa rắn, có cấu trúc tinh thể sáu cạnh.
7. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó giới hạn dưới của Ni là 0,01% trọng lượng.
8. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó giới hạn dưới của Ni là 0,03% trọng lượng.
9. Mỗi nối hàn theo điểm 7, trong đó giới hạn trên của Ni là 0,3% trọng lượng.
10. Mỗi nối hàn theo điểm 8, trong đó giới hạn trên của Ni là 0,1% trọng lượng.
11. Mỗi nối hàn theo điểm 1, trong đó lượng Ni là 0,03% trọng lượng.
12. Mỗi nối hàn theo điểm 1, trong đó lượng Ni là 0,1% trọng lượng.
13. Mỗi nối hàn theo điểm 1, trong đó lượng Ni là 0,3% trọng lượng.
14. Mỗi nối hàn theo điểm 1, trong đó lượng Ni là 6% trọng lượng.
15. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó lượng Ni là 0,02% trọng lượng.
16. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó lượng Ni là 0,03% trọng lượng.
17. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó lượng Ni là 0,1% trọng lượng.

18. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó lượng Ni là 0,3% trọng lượng.

19. Mỗi nối hàn theo điểm 6, trong đó lượng Ni là 6% trọng lượng.

Fig.1

Sơ đồ pha hai nguyên tố Sn-Cu

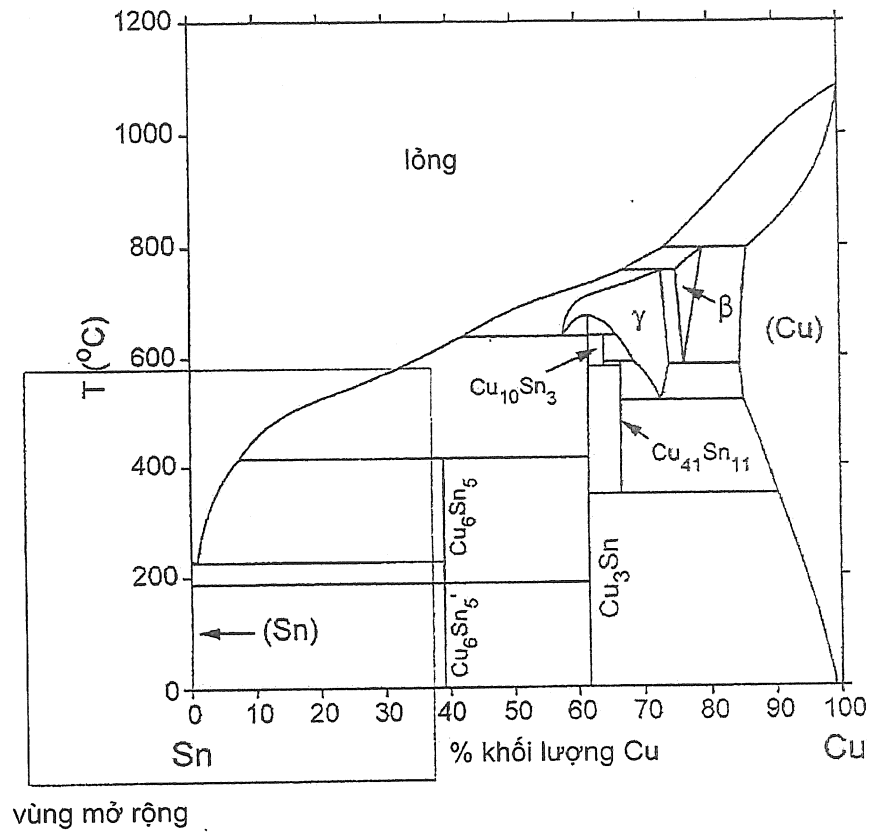


Fig.2

Sơ đồ pha hai nguyên tố Sn-Cu

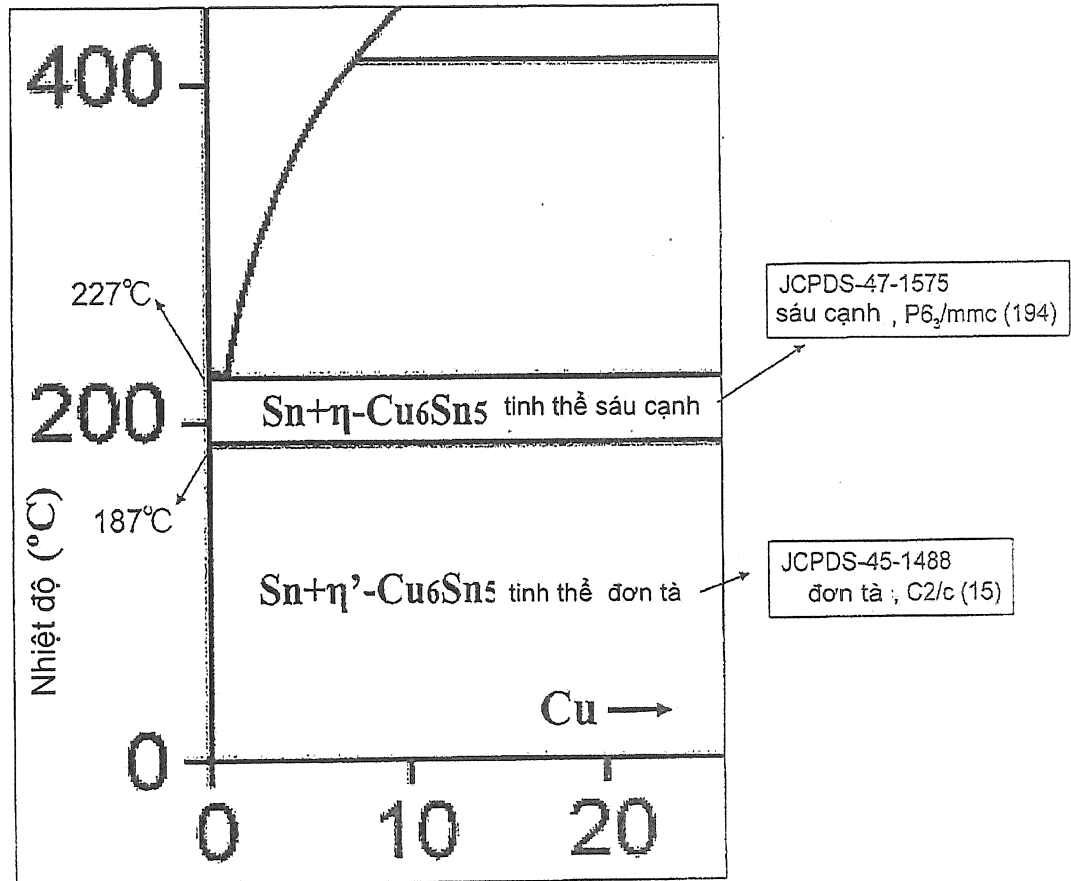
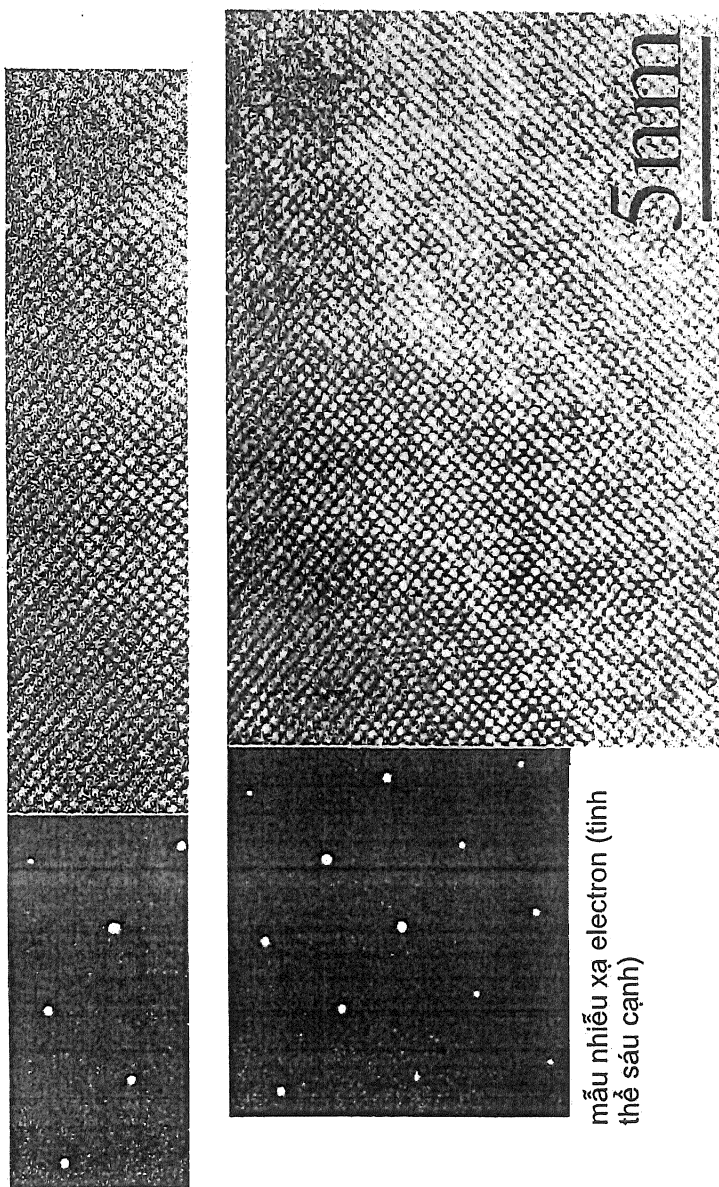


Fig.3

Ảnh chụp minh hoạ ảnh mạng tinh thể của hợp chất liên kim loại trong Sn-0,7Cu-0,05Ni và mẫu nhiễu xạ electron

(nồng độ của η - $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ Ni của tinh thể sáu cạnh là 9%)



cấu trúc tinh thể được quan sát bằng điện tử truyền

Fig.4

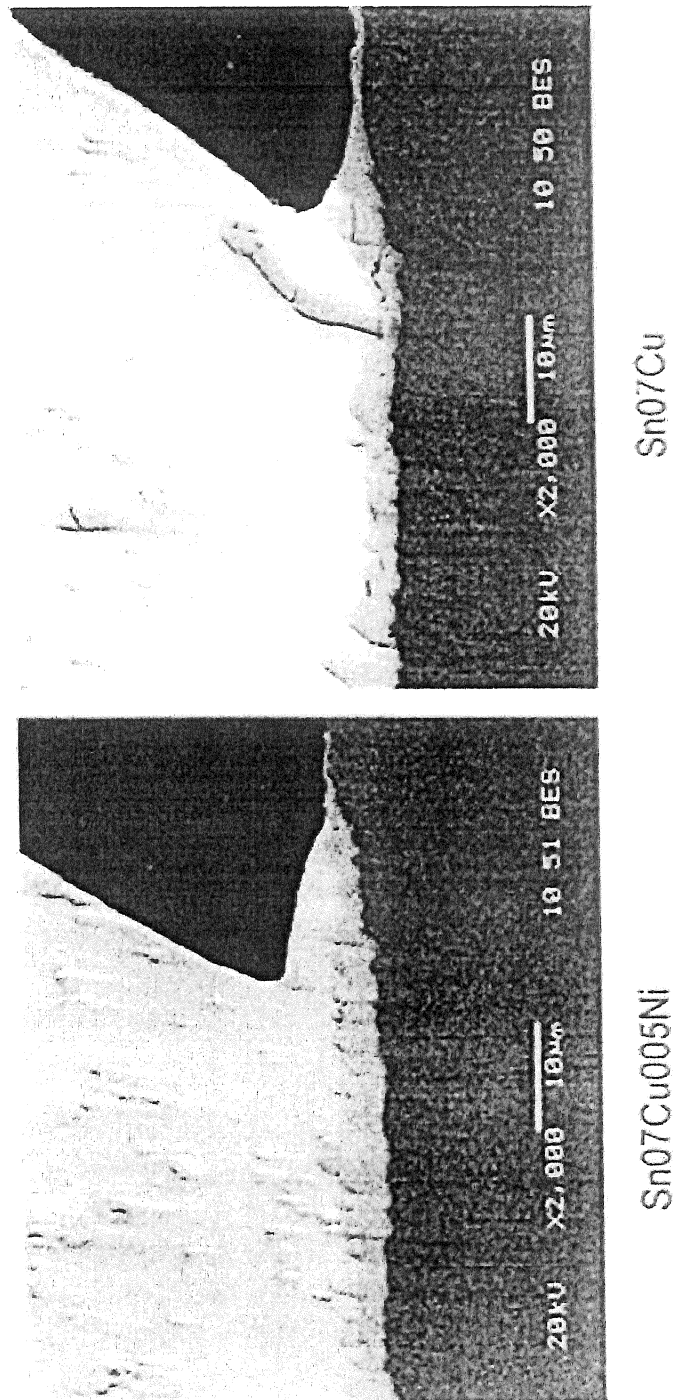
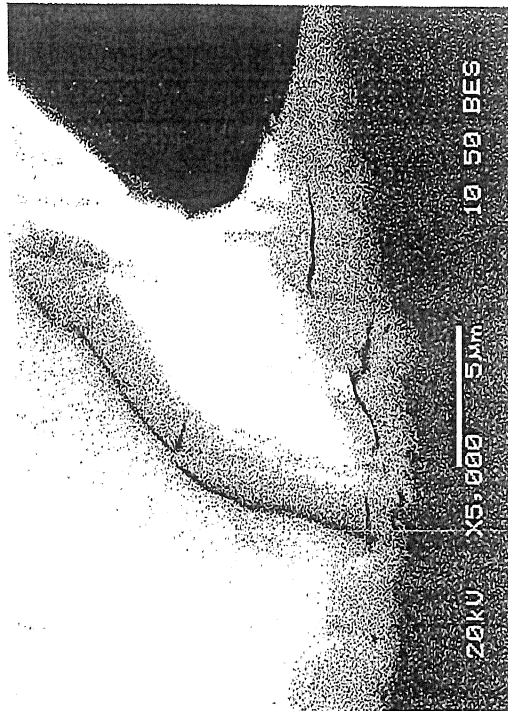
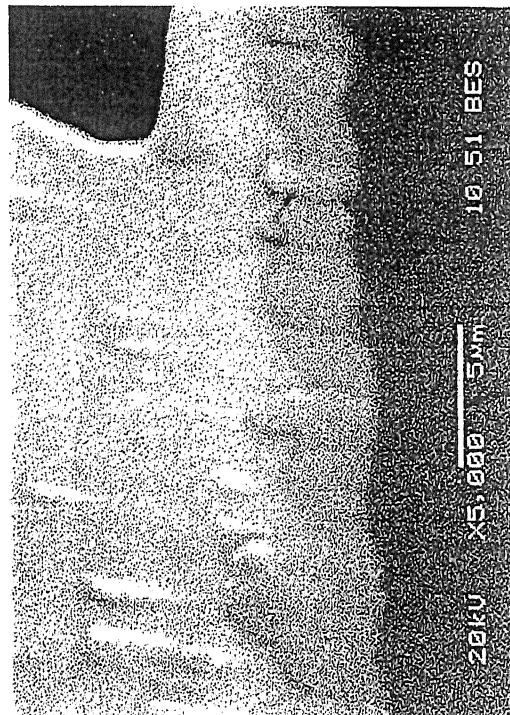


Fig.5



Sn07Cu



Sn07Cu005Ni

Fig.6

Profin nhiệt độ trong điều kiện dòng ngược

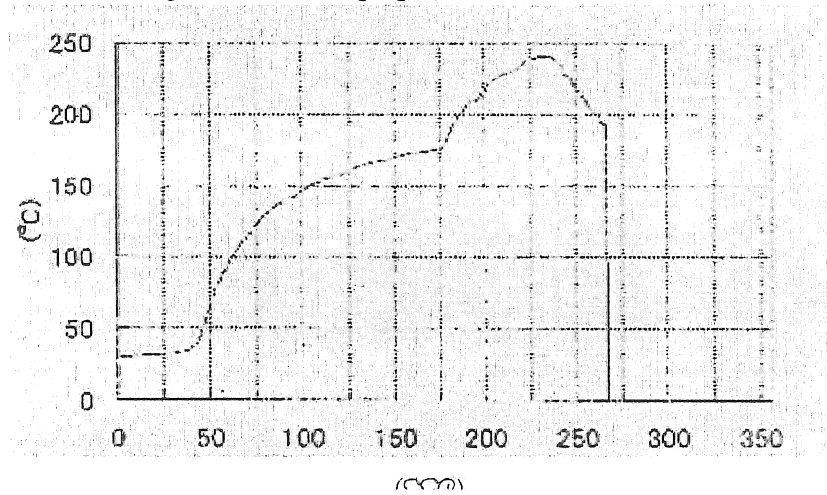


Fig.7

Ví dụ đo vết nứt được tạo ra trong lớp IMC

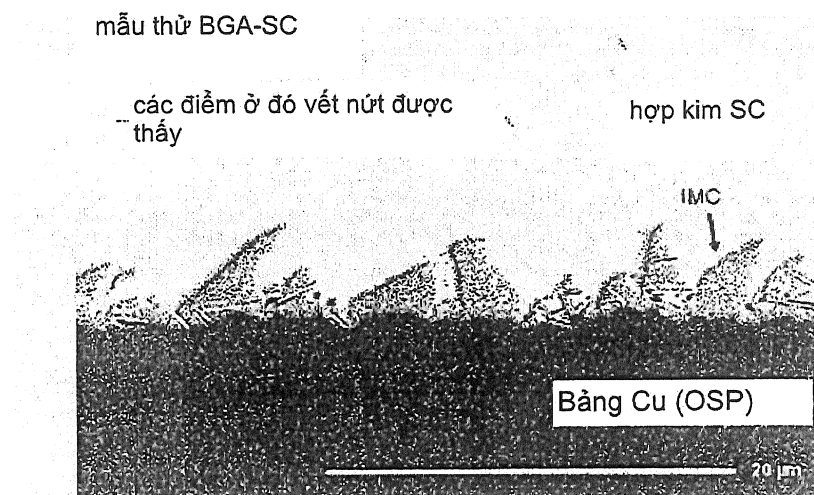


Fig.8

Ảnh chụp SEM của hai loại mẫu thử BGA minh họa mặt cắt ngang của IMC và mặt phân cách của Sn-IMC

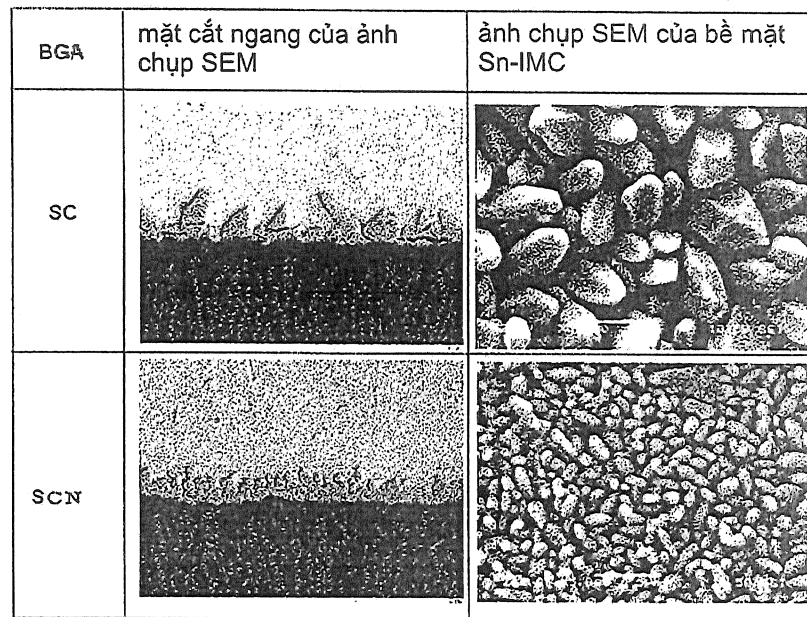


Fig.9

Đồ thị minh họa mức năng lượng hấp thụ trong thử nghiệm kéo của mẫu thử liên kết hợp kim hàn được thực hiện bằng cách sử dụng mẫu thử hợp kim hàn dạng viên BGA

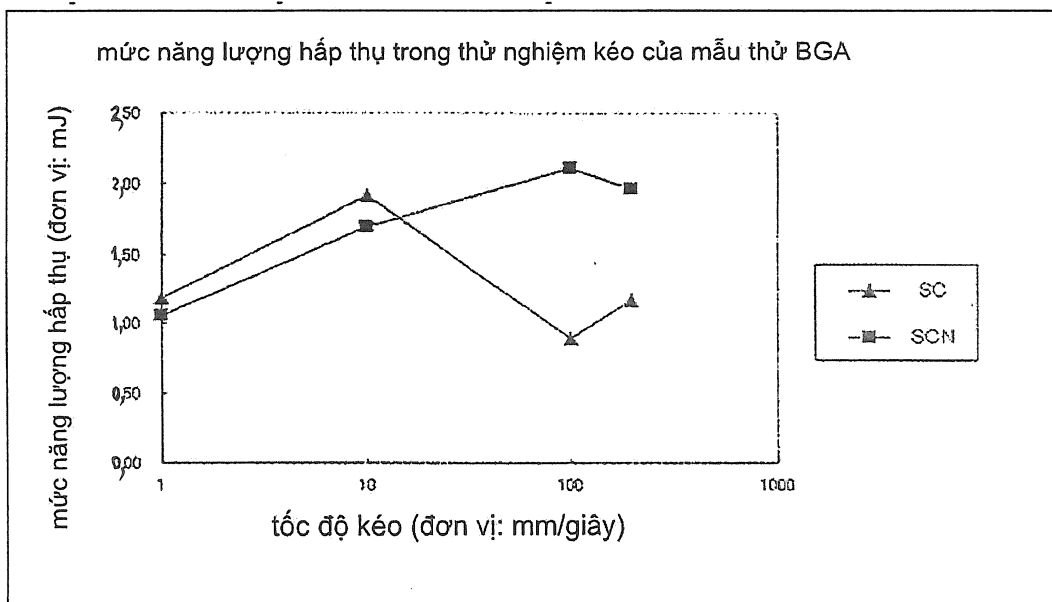
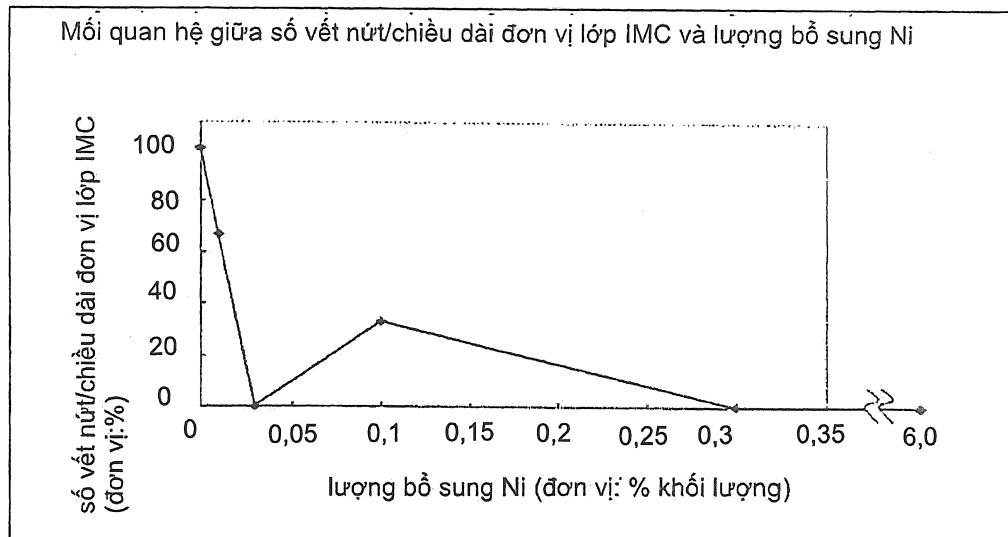


Fig.10

Đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm mối liên quan giữa các thành phần của hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử được hàn bằng cách nhúng

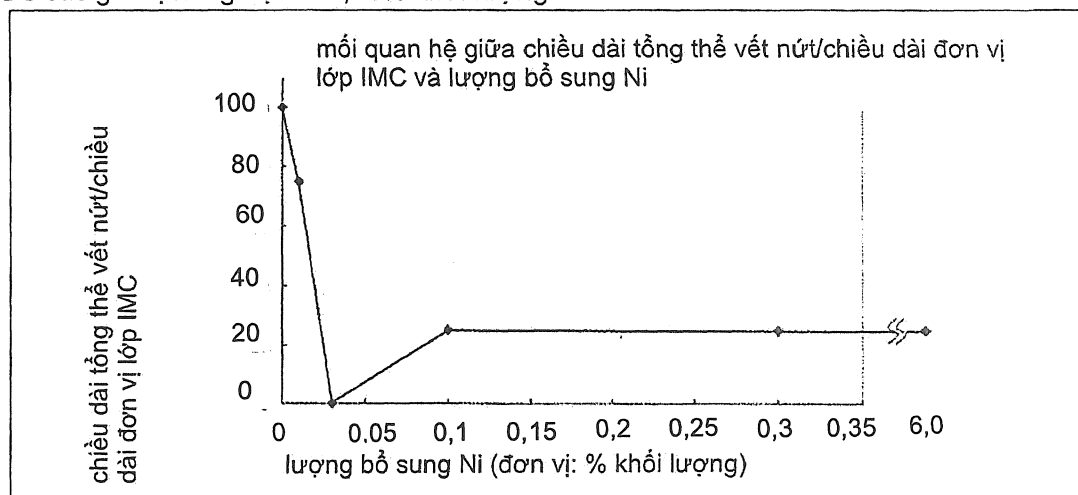
Mối quan hệ giữa số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

1. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,01% khối lượng



Mối quan hệ giữa chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

1. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,01% khối lượng



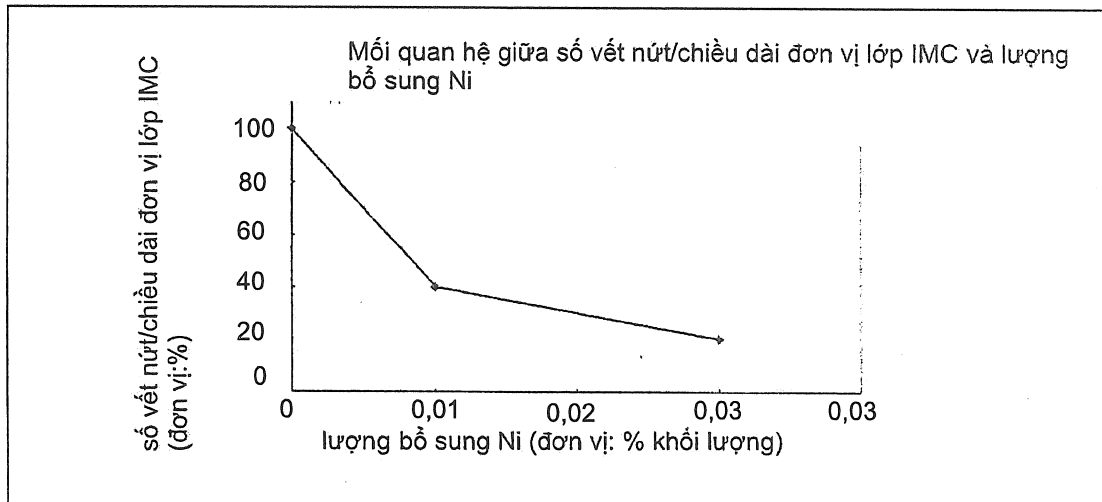
※ Mỗi giá trị đo của lượng bổ sung Ni được biểu thị theo %.
Giá trị đo bằng 100 khi lượng bổ sung Ni bằng 0.

Fig.11

Đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm mối liên quan giữa các thành phần của hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử được hàn bằng cách nhúng

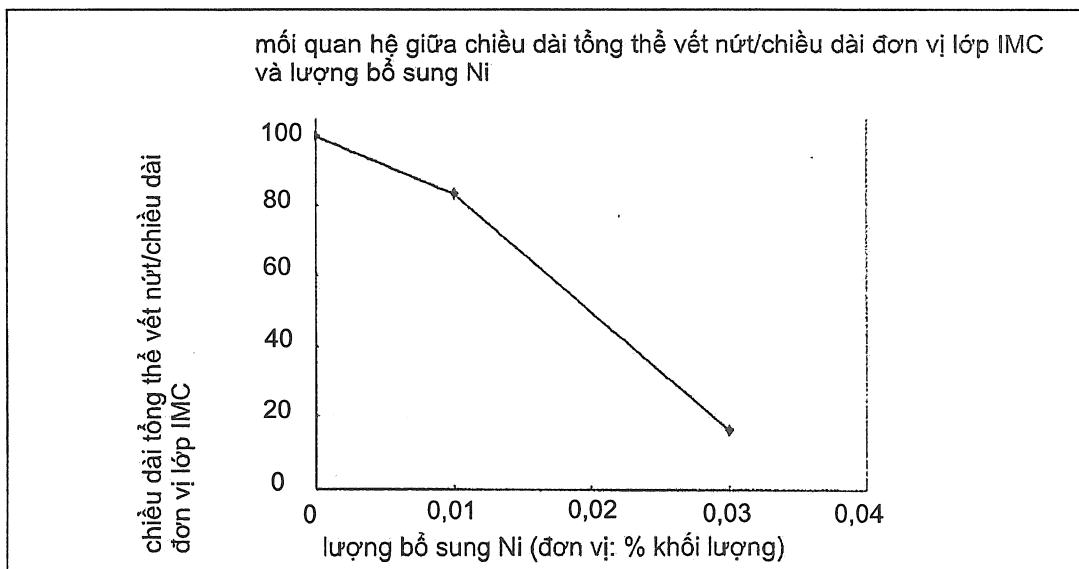
Mối quan hệ giữa số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

2. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,1% khối lượng



Mối quan hệ giữa chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

2. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,1% khối lượng



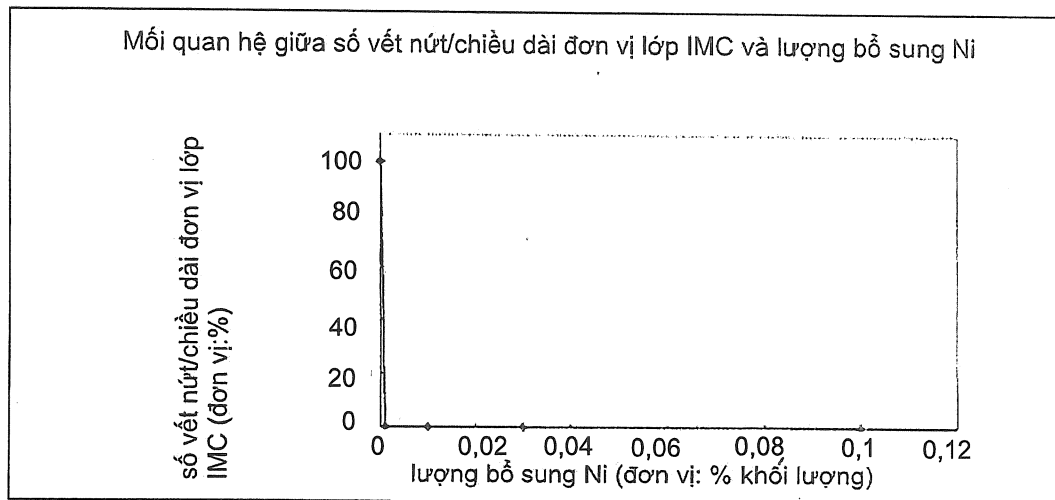
※ Mỗi giá trị đo của lượng bổ sung Ni được biểu thị theo %.
Giá trị đo bằng 100 khi lượng bổ sung Ni bằng 0.

Fig.12

Đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm mối liên quan giữa các thành phần của hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử được hàn bằng cách nhúng

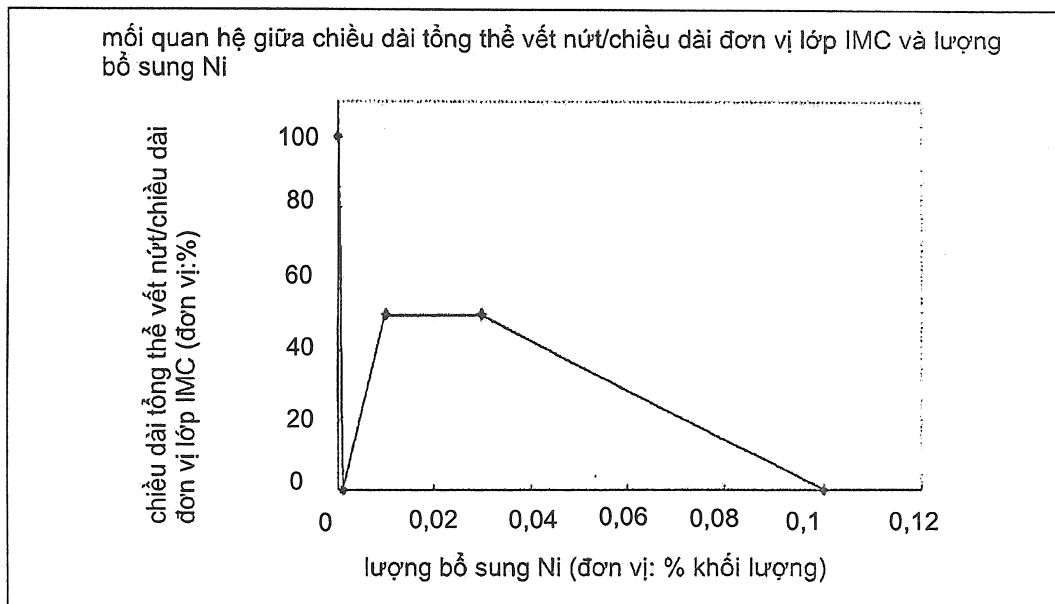
Mối quan hệ giữa số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

3. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,2% khối lượng



Mối quan hệ giữa chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

3. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,2% khối lượng



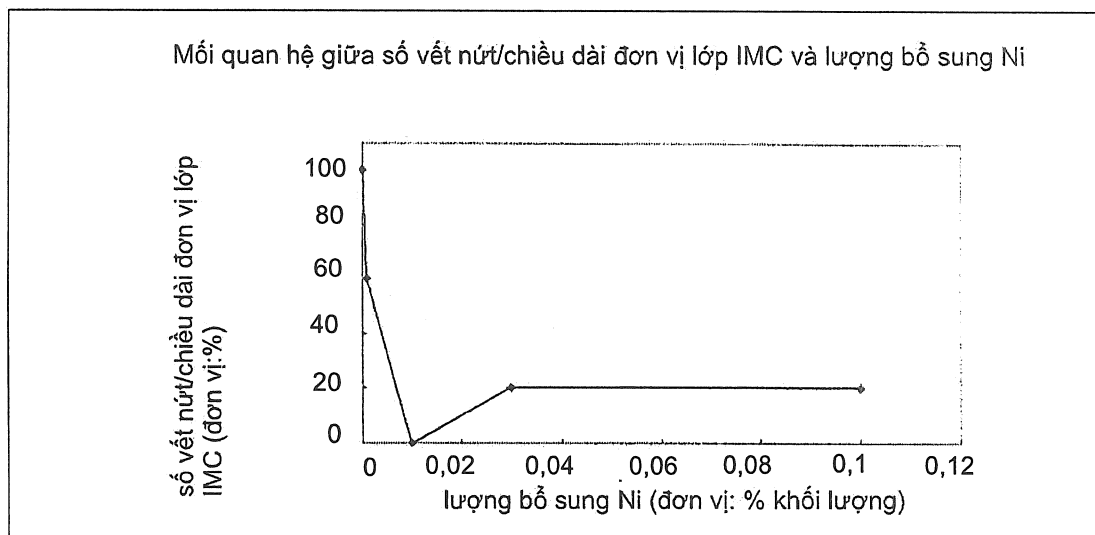
※ Mỗi giá trị đo của lượng bổ sung Ni được biểu thị theo %.
Giá trị đo bằng 100 khi lượng bổ sung Ni bằng 0.

Fig.13

Đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm mối liên quan giữa các thành phần của hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử được hàn bằng cách nhúng

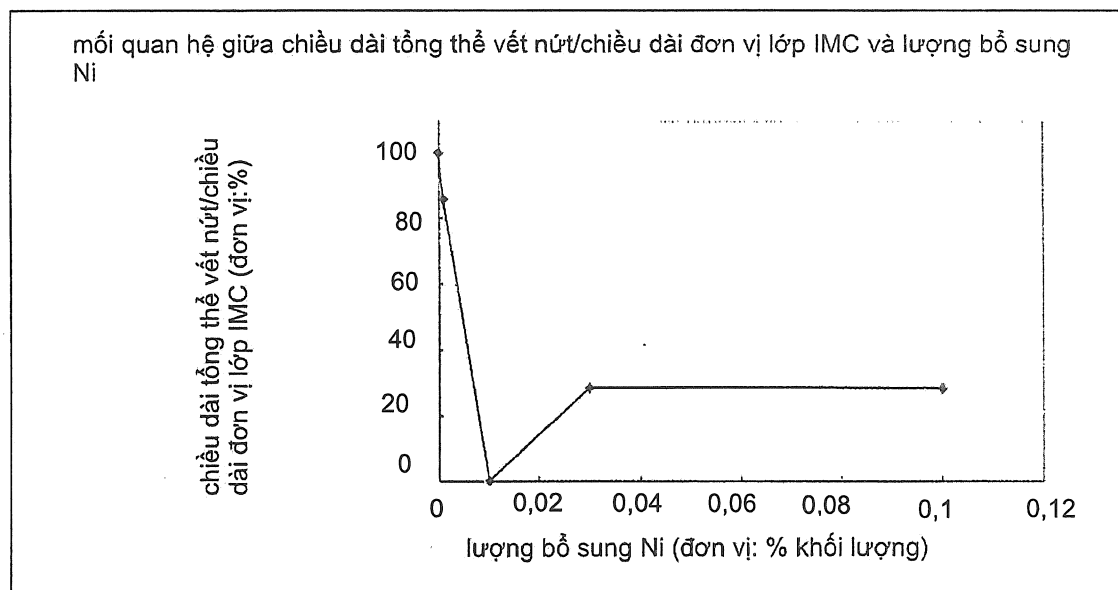
Mối quan hệ giữa số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

4. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,92% khối lượng



Mối quan hệ giữa chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

4. Đo các giá trị nồng độ Cu 0,92% khối lượng



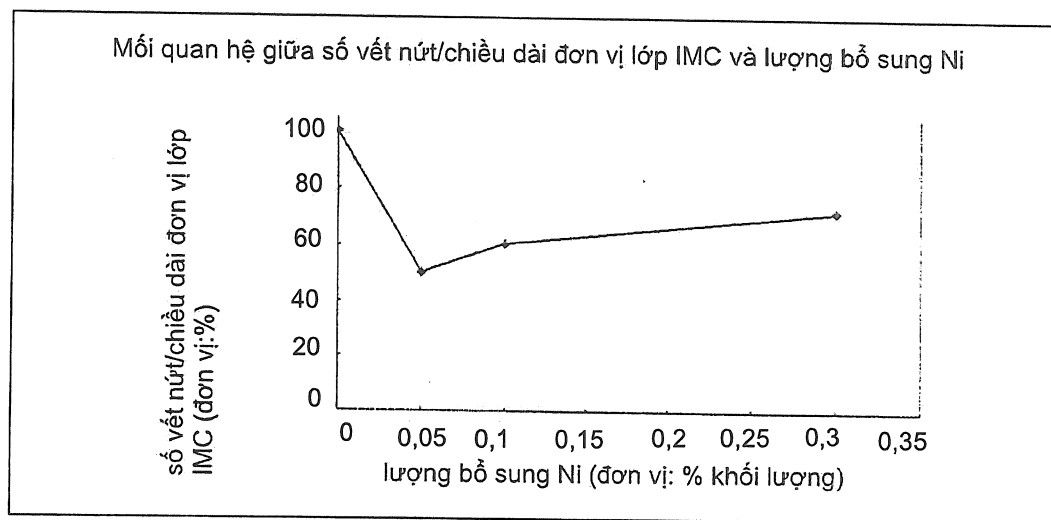
※ Mỗi giá trị đo của lượng bổ sung Ni được biểu thị theo %.
Giá trị đo bằng 100 khi lượng bổ sung Ni bằng 0.

Fig.14

Đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm mối liên quan giữa các thành phần của hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử được hàn bằng cách nhúng

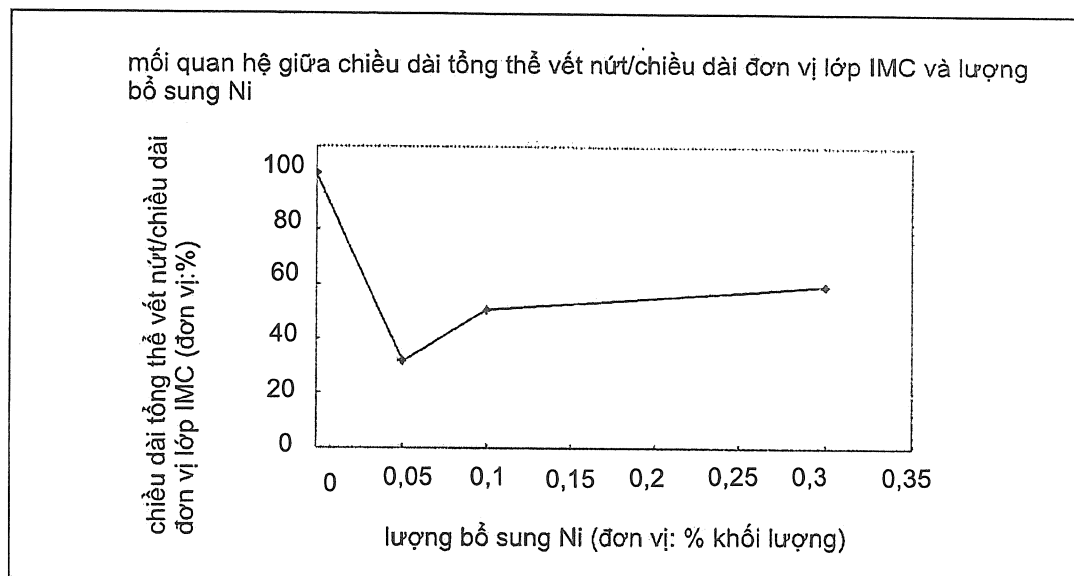
Mối quan hệ giữa số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

5. Đo các giá trị nồng độ Cu 3,0% khối lượng



Mối quan hệ giữa chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

5. Đo các giá trị nồng độ Cu 3,0% khối lượng



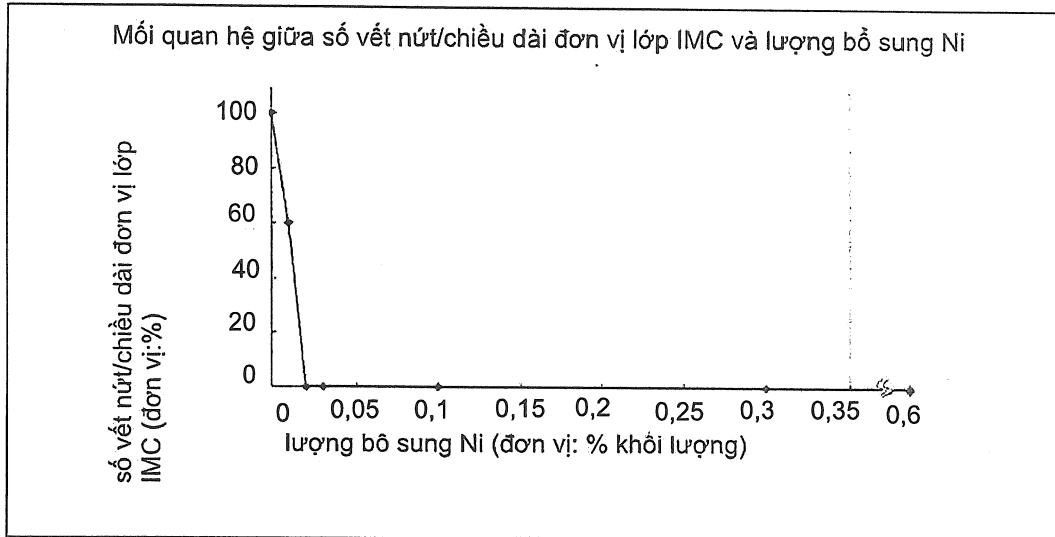
※ Mỗi giá trị đo của lượng bổ sung Ni được biểu thị theo %.
Giá trị đo bằng 100 khi lượng bổ sung Ni bằng 0.

Fig.15

Đồ thị thể hiện các kết quả thử nghiệm mối liên quan giữa các thành phần của hợp kim sử dụng trong thử nghiệm và các giá trị đo số vết nứt và chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC của các mẫu thử được hàn bằng cách nhúng

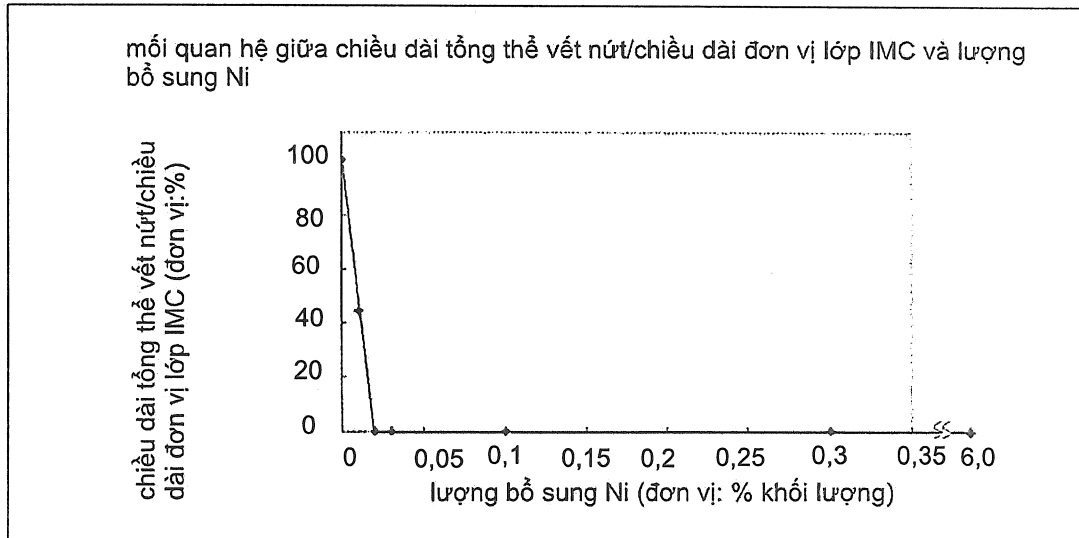
Mối quan hệ giữa số vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

6. Đo các giá trị nồng độ Cu 7,6% khối lượng



Mối quan hệ giữa chiều dài tổng thể vết nứt/chiều dài đơn vị lớp IMC và lượng bổ sung Ni

6. Đo các giá trị nồng độ Cu 7,6% khối lượng



※ Mỗi giá trị đo của lượng bổ sung Ni được biểu thị theo %.
Giá trị đo bằng 100 khi lượng bổ sung Ni bằng 0.

Fig.16

Ảnh chụp minh họa các vết nứt trong lớp IMC tùy thuộc vào sự có bổ sung hoặc không bổ sung Ni vào thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm

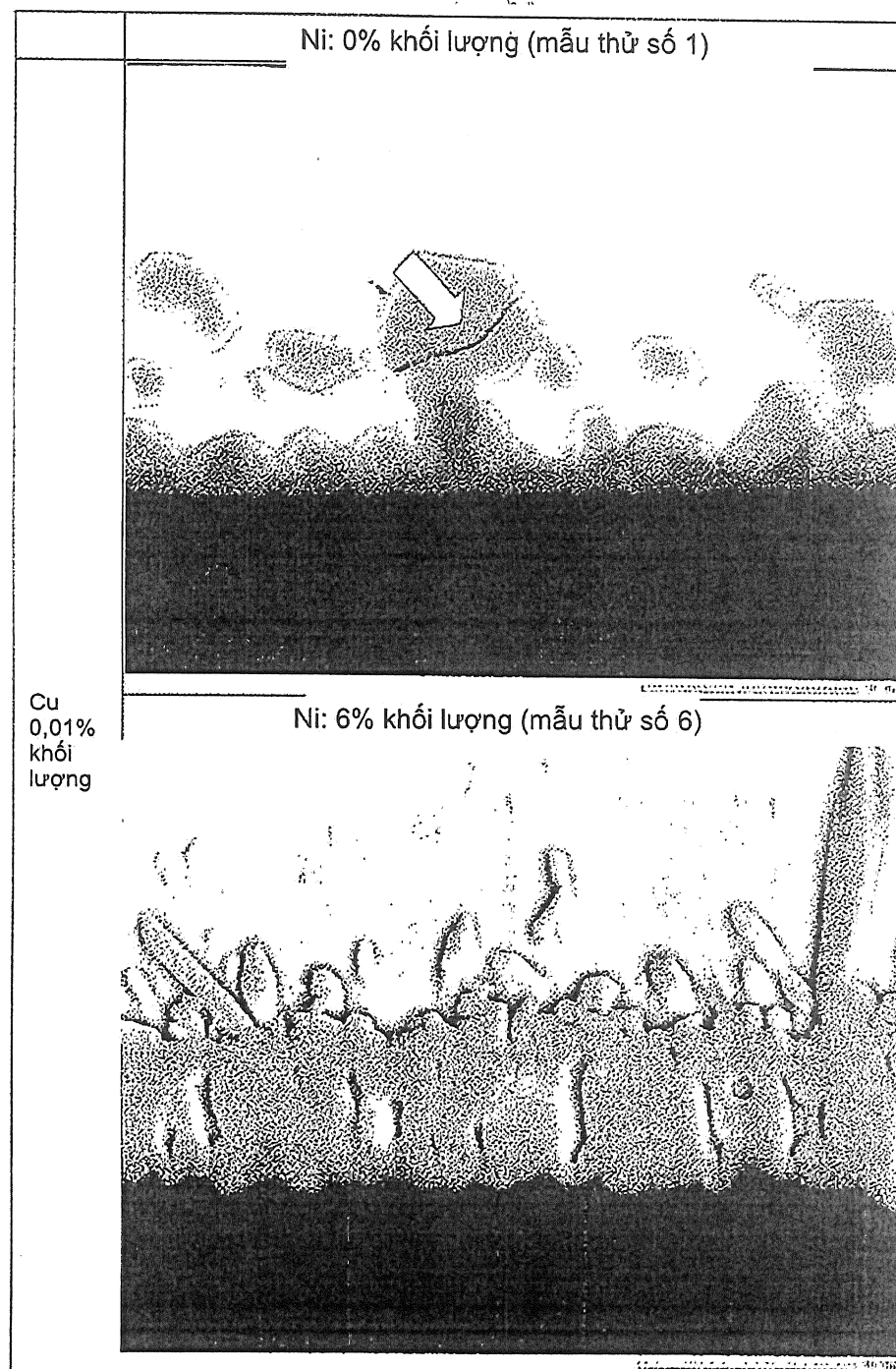


Fig.17

Ảnh chụp minh họa các vết nứt trong lớp IMC tùy thuộc vào sự có bổ sung hoặc không bổ sung Ni vào thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm

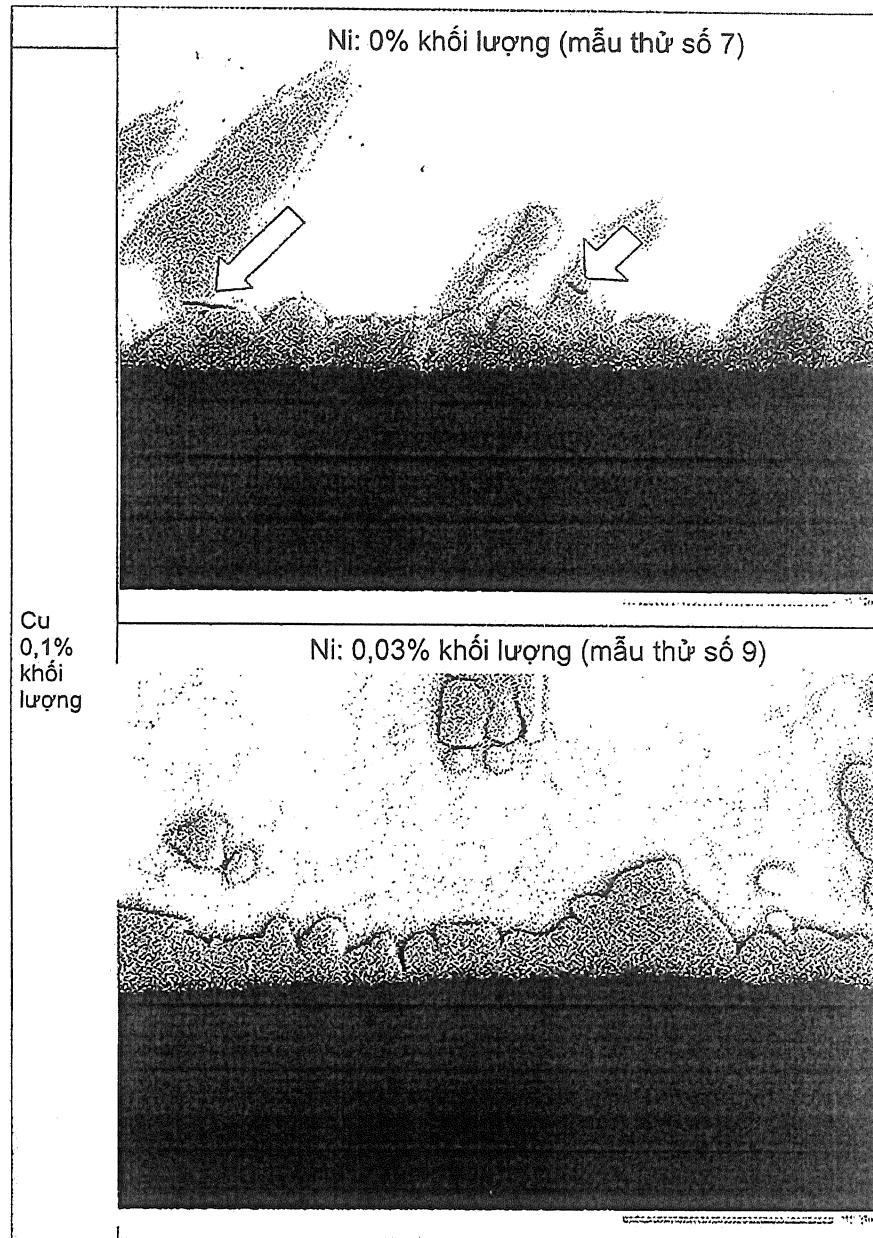


Fig.18

Ảnh chụp minh hoạ các vết nứt trong lớp IMC tùy thuộc vào sự có bổ sung hoặc không bổ sung Ni vào thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm

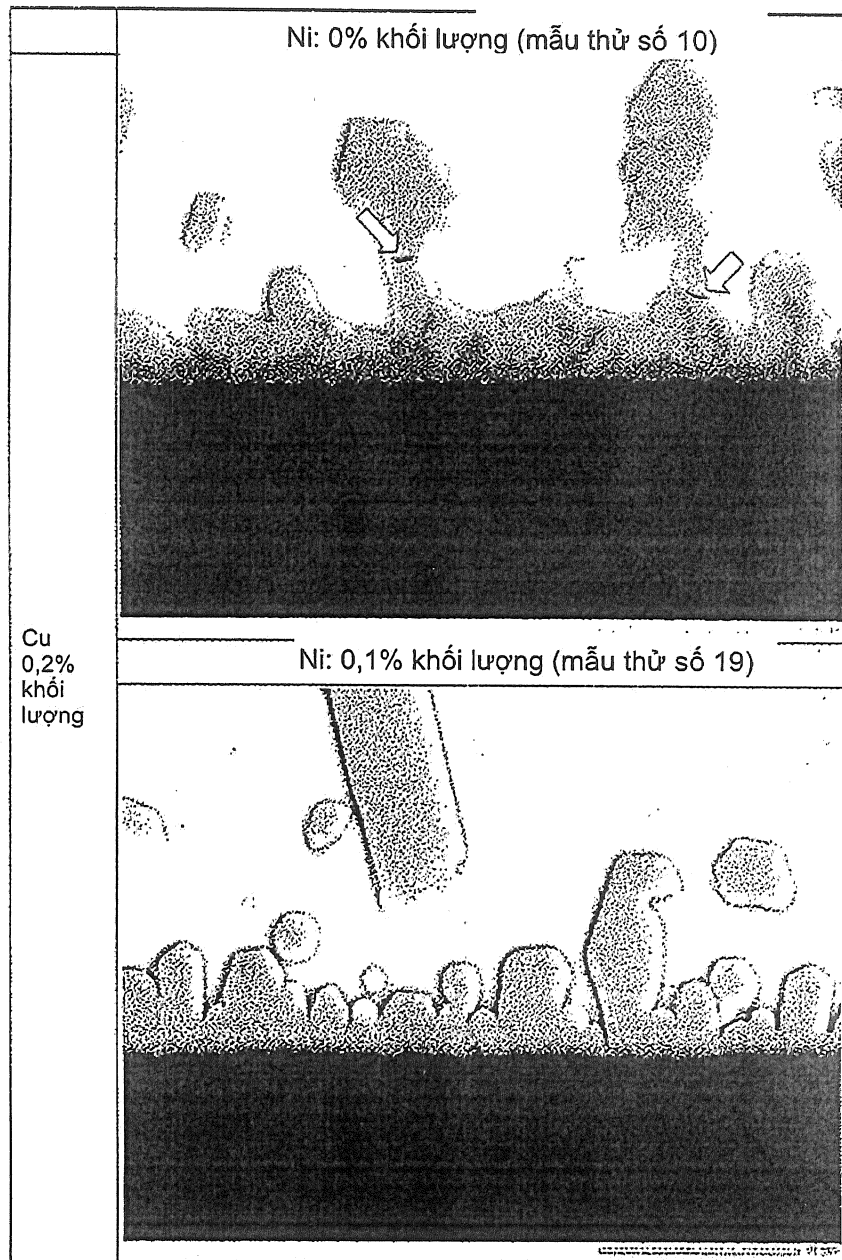


Fig.19

Ảnh chụp minh họa các vết nứt trong lớp IMC tùy thuộc vào sự có bổ sung hoặc không bổ sung Ni vào thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm

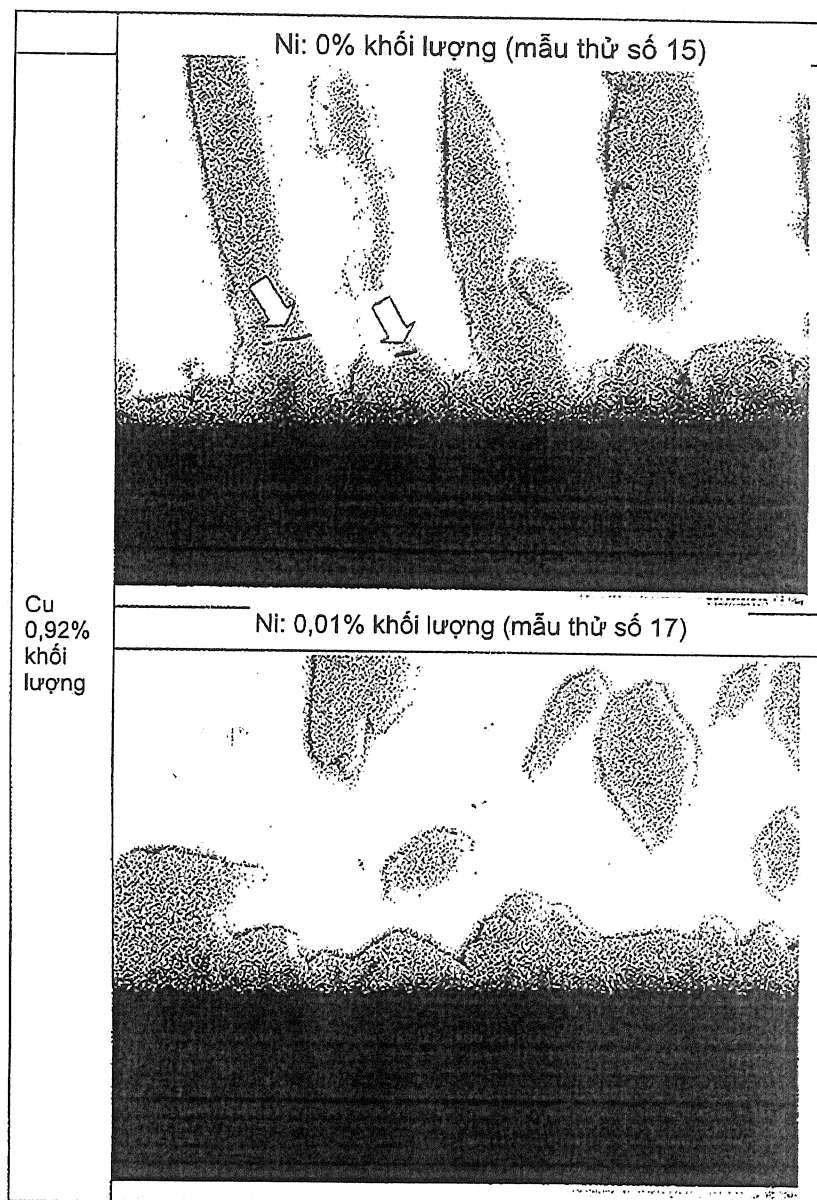


Fig.20

Ảnh chụp minh họa các vết nứt trong lớp IMC tùy thuộc vào sự có bổ sung hoặc không bổ sung Ni vào thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm

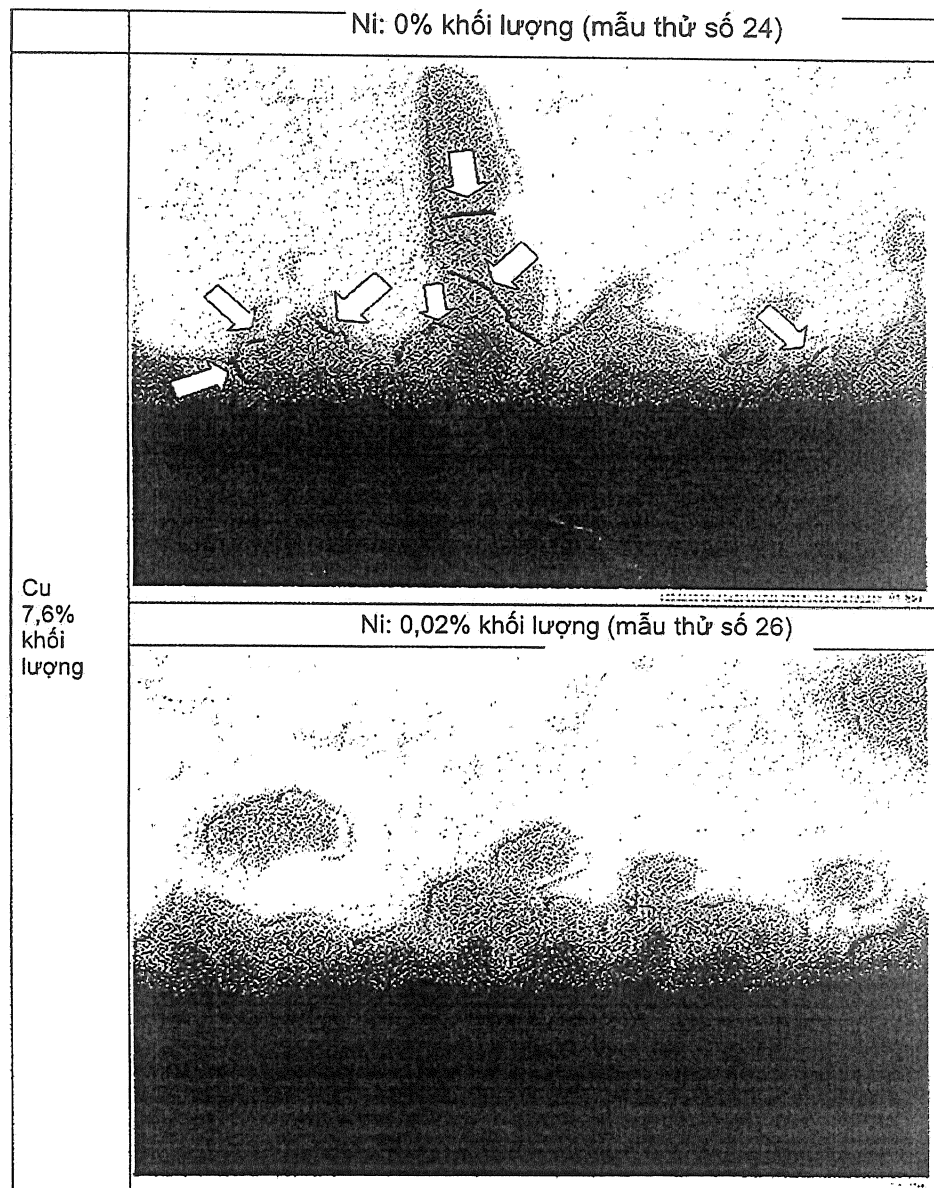


Fig.21

Ảnh chụp minh họa các vết nứt trong lớp IMC tùy thuộc vào sự có bổ sung hoặc không bổ sung Ni vào thành phần của các hợp kim sử dụng trong thử nghiệm

