



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)  
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0048558

(51)<sup>2020.01</sup> **B23K 35/26**; C22C 13/02; C22C 12/00 (13) **B**

(21) 1-2021-05933

(22) 02/08/2012

(62) 1-2014-00685

(86) PCT/GB2012/051874 02/08/2012

(87) WO2013/017883 07/02/2013

(30) 61/514,303 02/08/2011 US

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/04/2022 409A

(73) Alpha Assembly Solutions Inc. (US)

109 Corporate Boulevard, South Plainfield, New Jersey 07080-2409, United States of America

(72) PANDHER, Ranjit (IN); SINGH, Bawa (US); SARKAR, Siuli (IN); CHEGUDI, Sujatha (IN); KUMAR, Anil K. N. (IN); CHATTOPADHYAY, Kamanio (IN); LODGE, Dominic (GB); DE AVILA RIBAS, Morgana (BR).

(74) Công ty Luật TNHH T&G (TGVN)

(54) HỢP KIM HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ VÀ MỖI HÀN CHỨA HỢP KIM NÀY

(21) 1-2021-05933

(57) Sáng chế đề xuất hợp kim, tốt hơn là hợp kim hàn không chứa chì, chứa các nguyên tố sau: Bi với lượng từ 35 đến 59% khối lượng; Ag với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; Au với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; Cr với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; In với lượng từ 0 đến 2,0% khối lượng; P với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; Sb với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; Sc với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; Y với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; Zn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng; một hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố sau: Al với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng; Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; Co với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng; Cu với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng; Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng; Mg với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng; Mn với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng; Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và Ti với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng, và Sn với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ. Sáng chế cũng đề cập đến mỗi hàn chứa hợp kim này.

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến hợp kim, cụ thể là hợp kim hàn không chứa chì.

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

Đã biết đến một số hợp kim hàn không chứa chì, các hợp kim này là phương án thay thế không độc cho các hợp kim hàn đã được sử dụng rộng rãi nhất là hợp kim eutectic 37%Pb-63%Sn. Ví dụ về các hợp kim không chứa chì này bao gồm hợp kim eutectic hai thành phần 58%Bi-42%Sn (ví dụ, xem US 5,569,433 B) và hợp kim hai thành phần 40%Bi-60%Sn (ví dụ, xem US 6,574,411 A). Các hợp kim này có sự giảm khả năng dễ kéo sợi ở tốc độ biến dạng cao, điều này có thể được cải thiện bằng cách bổ sung tới 1% khối lượng Ag (bạc) (ví dụ, xem US 5,569,433 B). Tuy nhiên, năng lượng va đập của các hợp kim này, được xác định bằng cách sử dụng thử nghiệm độ bền va đập Charpy, là tương đối thấp. Do đó, cần phát triển hợp kim hàn không chứa chì có độ bền chống va đập được cải thiện.

Ngoài ra, để các hợp kim không chứa chì này được sử dụng trong các phương pháp hàn như hàn sóng và hàn chảy, hợp kim phải có khả năng thấm tốt với các vật liệu nền khác nhau như đồng, niken và niken phospho (“niken không điện phân”). Các nền này có thể được phủ để cải thiện tính thấm, ví dụ bằng cách sử dụng hợp kim thiếc, bạc, lớp phủ vàng hoặc lớp phủ hữu cơ (OSP). Tính thấm tốt còn làm tăng khả năng hàn nóng chảy để chảy vào khe hở dạng mao quản, và dâng lên thành của lỗ mạ xuyên trong bảng mạch in, để nhờ đó đạt được mức độ điền đầy lỗ tốt.

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

Mục đích của sáng chế nhằm là giải quyết ít nhất một số vấn đề liên quan đến giải pháp đã biết, hoặc đưa ra giải pháp thay thế chấp nhận được trong công nghiệp.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất hợp kim, tốt hơn là hợp kim hàn không chứa chì, chứa:

Bi với lượng từ 35 đến 59% khối lượng;

Ag với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Au với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Cr với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

In với lượng từ 0 đến 2,0% khối lượng;  
 P với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Sb với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Sc với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Y với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Zn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
 nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
 một hoặc nhiều thành phần sau:  
 Al với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng;  
 Co với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Cu với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng;  
 Mg với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Mn với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng;  
 Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và  
 Ti với lượng từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng,  
 và Sn với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

Bất ngờ là đã phát hiện được rằng việc sử dụng một hoặc nhiều nguyên tố Ce, Ni và Ge với lượng nhỏ sẽ tạo ra hợp kim có sự tăng năng lượng va đập so với hợp kim trên cơ sở Sn-Bi tương ứng hoặc hợp kim trên cơ sở Sn-Bi-Ag tương ứng nếu hợp kim này chứa Ag. Điều này cho thấy độ bền và tính dễ kéo sợi được cải thiện của hợp kim. Một ưu điểm nữa của hợp kim khi sử dụng các nguyên tố này bao gồm cải thiện khả năng thấm, tăng độ dẫn nhiệt, tăng giới hạn chảy và tăng độ bền kéo.

Ngoài ra, sự có mặt của Ni dẫn đến làm giảm tốc độ hòa tan Cu, cải thiện đặc tính mỏi do nhiệt, tăng độ bền chống lão hóa (cụ thể là khi kết hợp với Cu) và làm mịn vi cấu trúc của hợp kim. Sự có mặt của Ge làm giảm hiện tượng oxy hóa và tạo ra môi nổi bóng láng khi được sử dụng làm hợp kim hàn. Sự có mặt của Al và/hoặc Mg có thể làm tăng độ bền chống oxy hóa của hợp kim và cải thiện tính thấm. Sự có mặt của Co làm tăng độ bền, giảm hiện tượng hòa tan Cu, độ bền kéo cao hơn và vi cấu trúc mịn hơn (cụ thể là khi kết hợp với Cu). Khi được sử dụng làm hợp kim hàn, sự có mặt của Co dẫn đến môi nổi bóng láng và giảm lượng xỉ tạo ra trên mặt bề chứa hợp kim hàn để

hở. Sự có mặt của Cu trong hợp kim làm tăng tính dễ kéo sợi, làm giảm hiện tượng ngâm chiết đồng và tăng độ bền mỏi do nhiệt. Các đặc tính có được nhờ sự có mặt của Cu này là đặc biệt rõ ràng khi không có mặt Ag. Cụ thể, việc dùng Ag thay thế cho Cu trong hợp kim SnBiAg làm giảm hiện tượng hòa tan Cu, cụ thể là đặc tính cơ học được cải thiện (cụ thể là khi kết hợp với Co), cải thiện độ bền va đập khi thả rơi (cụ thể là khi kết hợp với Ni) và cải thiện độ bền chống đứt rão. Sự có mặt của Mn và/hoặc Ti làm cải thiện tính năng chống va đập khi thả rơi của hợp kim. Sự có mặt của Ti làm tăng độ dẫn nhiệt và tăng độ bền mỏi do nhiệt.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Sáng chế sẽ được mô tả chỉ bằng cách ví dụ dựa vào các hình vẽ kèm theo trong đó:

Fig.1 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền va đập Charpy của ba hợp kim theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế và ví dụ tham khảo;

Fig.2 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền va đập Charpy của ba hợp kim theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế và ba ví dụ tham khảo;

Fig.3 là biểu đồ thể hiện mức độ lan rộng tuyến tính tính theo mm của một số hợp kim theo sáng chế và ví dụ tham khảo trên đồng được phủ lớp bảo vệ hữu cơ có thể hàn (organic solderability preservative: OSP).

Fig.4 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền cắt khối của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.5 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm độ cứng của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.6 là biểu đồ thể hiện giới hạn chảy của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.7 là biểu đồ thể hiện độ bền kéo của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.8 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền cắt khối của một số hợp kim theo sáng chế khi được sử dụng trên linh kiện chip và một số ví dụ tham khảo.

Fig.9 là biểu đồ thể hiện kết quả thử nghiệm kéo đầu ra của một số hợp kim theo sáng chế khi được sử dụng trên linh kiện của gói phẳng bốn cạnh (Quad Flat Package: QFP) và một số ví dụ tham khảo.

Fig.10 là biểu đồ thể hiện độ dẫn nhiệt của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.11 đến Fig.13 thể hiện ảnh hiển vi điện tử vi cấu trúc của các hợp kim  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}$ ,  $\text{Sn}_{57,45}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ni}$  và  $\text{Sn}_{57,4}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,1}\text{Ce}$  tương ứng.

Fig.14 thể hiện thời gian hòa tan Cu của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.15 thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền va đập khi thả rơi của một số hợp kim theo sáng chế và ví dụ tham khảo.

Fig.16 thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền mỏi do nhiệt của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

Fig.17 thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền mỏi do nhiệt của một số hợp kim theo sáng chế và một số ví dụ tham khảo.

## Mô tả chi tiết sáng chế

### Các định nghĩa

Thuật ngữ “hợp kim hàn” được sử dụng ở đây để chỉ hợp kim kim loại dễ chảy có điểm nóng chảy nằm trong khoảng từ 90 đến 400°C.

“Thử nghiệm độ bền va đập Charpy” được nói tới ở đây còn được gọi là thử nghiệm vết khía hình chữ V Charpy, là thử nghiệm chuẩn ở tốc độ biến dạng cao để xác định năng lượng hấp thụ bởi vật liệu trong khi gãy. Năng lượng được hấp thụ này là thước đo độ bền của vật liệu cho trước và là công cụ để nghiên cứu trạng thái chuyển tiếp giòn- dẻo phụ thuộc nhiệt độ. Phần mô tả chi tiết hơn về thử nghiệm này có thể được tìm thấy trong tài liệu: Charpy impact test: Factors and Variables, J. M. Holt, ASTM STP 1072, nội dung của tài liệu này được viện dẫn ở đây.

Thuật ngữ “khả năng thấm” được sử dụng ở đây để chỉ mức độ lan rộng của hợp kim hàn trên bề mặt có thể thấm. Khả năng thấm được xác định bằng sức căng bề mặt của hợp kim hàn dạng lỏng và khả năng của nó phản ứng với bề mặt có thể thấm. Khả năng thấm cũng có thể được mô tả bằng góc tiếp xúc của hợp kim hàn nóng chảy, và sau đó làm đông cứng hợp kim hàn trên nền, với góc tiếp xúc nhỏ hơn là có lợi hơn góc tiếp xúc lớn.

Thuật ngữ “hàn sóng” được sử dụng ở đây để chỉ phương pháp hàn trên quy mô lớn nhờ đó các linh kiện điện tử được hàn với bảng mạch in (printed circuit board: PCB) để tạo thành thiết bị điện.

Thuật ngữ “hàn chảy” được sử dụng ở đây để chỉ phương pháp trong đó kem hàn được in hoặc phân tán, hoặc hợp kim hàn được gắn trên bề mặt của bảng mạch in, trong đó các linh kiện được bố trí trong hoặc gần hợp kim hàn đã gắn, và cụm lắp ráp này được gia nhiệt đến nhiệt độ cao hơn đường pha lỏng của hợp kim hàn.

Thuật ngữ “nguyên tố đất hiếm” được sử dụng ở đây để chỉ nguyên tố được chọn từ Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb và Lu.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả rõ hơn. Trong các đoạn sau đây, các khía cạnh khác nhau của sáng chế được xác định chi tiết hơn. Mỗi khía cạnh này cũng có thể được kết hợp với khía cạnh hoặc các khía cạnh bất kỳ khác nếu không chỉ rõ điều ngược lại. Cụ thể, dấu hiệu bất kỳ được cho là ưu tiên hoặc có lợi có thể được kết hợp với dấu hiệu hoặc các dấu hiệu bất kỳ khác được cho là ưu tiên hoặc có lợi.

Hợp kim theo sáng chế có thể chứa Bi với lượng từ 35 đến 55% khối lượng, tốt hơn là Bi với lượng từ 35 đến 50% khối lượng, tốt hơn nữa là Bi với lượng từ 35 đến 45% khối lượng và còn tốt hơn nữa là Bi với lượng khoảng 40% khối lượng. Có lợi nếu hàm lượng Bi này làm tăng tính dễ kéo sợi của hợp kim với hợp kim có hàm lượng Bi cao hơn. Theo cách khác, hợp kim này có thể chứa Bi với lượng từ 57 đến 59% khối lượng, tốt hơn là Bi với lượng khoảng 58% khối lượng. Có lợi nếu hàm lượng Bi này làm giảm điểm nóng chảy của hợp kim so với hợp kim chứa hàm lượng Bi thấp hơn.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa Ce với lượng từ 0,01 đến 0,5% khối lượng, tốt hơn nữa là Ce với lượng từ 0,05 đến 0,1% khối lượng.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa Ni với lượng từ 0,01 đến 0,5% khối lượng, tốt hơn nữa là Ni với lượng từ 0,025 đến 0,1% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Ni với lượng từ 0,025 đến 0,05% khối lượng, tốt nhất là Ni với lượng khoảng 0,03% khối lượng.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa Ge với lượng từ 0,001 đến 0,1% khối lượng, tốt hơn nữa là Ge với lượng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa Ag với lượng từ 0,01 đến 0,8% khối lượng, tốt hơn nữa là Ag với lượng từ 0,3 đến 0,7% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Ag với lượng từ 0,4 đến 0,6% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Ag với lượng khoảng 0,5% khối lượng. Sự có mặt của Ag làm tăng tính dễ kéo sợi của hợp kim và còn làm giảm hiện tượng oxy hóa bề mặt.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa một hoặc nhiều thành phần trong số:

Al với lượng từ 0 đến 0,7% khối lượng, tốt hơn nữa là Al với lượng từ 0,003 đến 0,6% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Al với lượng từ 0,003 đến 0,5% khối lượng;

Au với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là Au với lượng từ 0,003 đến 0,7, còn tốt hơn nữa là Au với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng;

Co với lượng từ 0 đến 0,5% khối lượng, tốt hơn nữa là Co với lượng từ 0,003 đến 0,5% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Co với lượng từ 0,01 đến 0,07% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Co với lượng từ 0,02 đến 0,04% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Co với lượng khoảng 0,03% khối lượng;

Cr với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là Cr với lượng từ 0,003 đến 0,7, còn tốt hơn nữa là Cr với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng;

Cu với lượng từ 0 đến 0,5% khối lượng, tốt hơn nữa là Cu với lượng từ 0,05 đến 0,4% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Cu với lượng từ 0,1 đến 0,3% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Cu với lượng khoảng 0,2% khối lượng;

In với lượng từ 0 đến 1,5% khối lượng, tốt hơn nữa là In với lượng từ 0,1 đến 1,0% khối lượng, còn tốt hơn nữa là In với lượng từ 0,2 đến 1,0% khối lượng, còn tốt hơn nữa là In với lượng khoảng 1,0% khối lượng;

Mg với lượng từ 0 đến 0,2% khối lượng, tốt hơn nữa là Mg với lượng từ 0,05 đến 0,18% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Mg với lượng từ 0,05 đến 0,1% khối lượng;

Mn với lượng từ 0 đến 0,2% khối lượng, tốt hơn nữa là Mn với lượng từ 0,05 đến 0,18% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Mn với lượng từ 0,05 đến 0,1% khối lượng;

P với lượng từ 0 đến 0,01% khối lượng, tốt hơn nữa là P với lượng từ 0,001 đến 0,01% khối lượng, còn tốt hơn nữa là P với lượng từ 0,005 đến 0,01% khối lượng;

Sb với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là Sb với lượng từ 0,003 đến 0,7% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Sb với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng;

Sc với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là Sc với lượng từ 0,003 đến 0,7% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Sc với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng;

Ti với lượng từ 0 đến 0,2% khối lượng, tốt hơn nữa là Ti với lượng từ 0,05 đến 0,18% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Ti với lượng từ 0,05 đến 0,1% khối lượng;

Y với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là Y với lượng từ 0,003 đến 0,7% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Y với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng;

Zn với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là Zn với lượng từ 0,003 đến 0,7% khối lượng, còn tốt hơn nữa là Zn với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng; và

các nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng, tốt hơn nữa là các nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0,003 đến 0,7% khối lượng, còn tốt hơn nữa là các nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0,005 đến 0,5% khối lượng.

Sự có mặt của In làm tăng tính dễ kéo sợi của hợp kim và làm giảm hiện tượng oxy hóa bề mặt. Sự có mặt của Au trong hợp kim làm tăng tính dễ kéo sợi của hợp kim. Sự có mặt của Zn trong hợp kim làm mịn cấu trúc và phân bố lại pha giàu Bi. Lớp hợp chất liên kim loại trên mặt phân cách tạo ra sẽ ngăn chặn sự hình thành lớp phân cách giàu Bi. Sự có mặt của P làm giảm hiện tượng oxy hóa hợp kim. Sự có mặt của Sb làm cải thiện tính dễ kéo sợi của hợp kim.

Tốt hơn nếu hợp kim chỉ chứa một nguyên tố trong số Al và Ni.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa Cu và một hoặc nhiều nguyên tố Co và Ni. Hợp kim được đặc biệt ưu tiên chứa các thành phần sau:

Bi với lượng từ 57 đến 59% khối lượng;

Cu với lượng từ 0,1 đến 0,3% khối lượng;

một hoặc nhiều thành phần sau:

Co với lượng từ 0,02 đến 0,04% khối lượng; và

Ni với lượng từ 0,02 đến 0,04% khối lượng,

và Sn với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

Tốt hơn nếu hợp kim chứa:

Bi với lượng khoảng 58% khối lượng;

Cu với lượng khoảng 0,2% khối lượng;

một hoặc nhiều thành phần sau:

Co với lượng khoảng 0,03% khối lượng; và

Ni với lượng khoảng 0,03% khối lượng,

và Sn với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ. Hợp kim chứa Cu và một hoặc nhiều nguyên tố Ni và Co được mô tả ở trên có thể tùy ý chứa một hoặc nhiều nguyên tố tùy ý được mô tả ở trên.

Có lợi là hợp kim chứa Cu và Ni và/hoặc Co được mô tả ở trên có đặc tính cơ học tốt hơn hợp kim trên cơ sở SnBi tương ứng. Ví dụ, các hợp kim này có độ bền kéo

cao hơn khoảng 9%, môđun đàn hồi cao hơn khoảng 11%, độ bền cao hơn khoảng 8,4% (theo thử nghiệm độ bền va đập Charpy), độ giãn dài do rão cao hơn khoảng 8% và thời gian đứt rão dài hơn khoảng 11% (80°C, tải 2,3kg) so với hợp kim trên cơ sở SnBi.

Có lợi là hợp kim chứa Cu và Ni và/hoặc Co được mô tả ở trên có độ bền mỏi do nhiệt cao hơn hợp kim trên cơ sở SnBi. Ví dụ, khi thực hiện thử nghiệm chu trình nhiệt gia tốc (điều kiện: TC3/NTC-C, -40°C đến 125°C, thời gian dừng 10 phút), không quan sát thấy vết nứt đối với các linh kiện của chip trong thời gian tới 1000 chu trình. Ngoài ra, không quan sát thấy vết nứt đối với các linh kiện của mảng lưới bi hàn (Ball Grid Array: BGA) trong thời gian tới 500-800 chu trình trong khi quan sát thấy các vết nứt trên hợp kim trên cơ sở SnBi chỉ sau 200 chu trình.

Hợp kim chứa Cu và Ni và/hoặc Co được mô tả ở trên có độ bền va đập khi thả rơi được cải thiện, cụ thể là tăng số lần thả rơi khoảng 40% trong thử nghiệm chuẩn về độ bền va đập khi thả rơi so với hợp kim trên cơ sở SnBi.

Hợp kim chứa Cu và Ni và/hoặc Co được mô tả ở trên có độ dẫn nhiệt và độ dẫn điện cao hơn khoảng 4% và tốc độ hòa tan Cu giảm khoảng 30 lần so với hợp kim trên cơ sở SnBi. Do đó, các hợp kim này là đặc biệt thích hợp đối với các ứng dụng làm dải quang điện. Các hợp kim này là hợp kim eutectic có điểm nóng chảy khoảng 138°C và khác với hợp kim trên cơ sở SnBi là không bị phân hủy do lão hóa. Các hợp kim này còn có vi cấu trúc được cải thiện mịn hơn, điều này có thể cải thiện đặc tính cơ học của chúng.

Các đặc tính được mô tả ở trên của hợp kim chứa Cu và Ni và/hoặc Co còn đạt được khi các hợp kim hoặc bột hợp kim này được sản xuất với quy mô 400kg và 50kg tương ứng, cho thấy khả năng sản xuất các hợp kim này trên quy mô công nghiệp.

Hợp kim này có thể là hợp kim hàn.

Tốt hơn nếu hợp kim này không chứa chì hoặc gần như không chứa chì. Hợp kim hàn không chứa chì là có lợi do bản chất độc hại của chì.

Hợp kim theo sáng chế có thể ở dạng thanh hàn, que hàn, dây hàn đặc hoặc dây hàn có lõi chất trợ dung, lá hàn hoặc dải hàn, màng mỏng, phôi tạo hình trước, hoặc bột hàn hoặc kem hàn (hỗn hợp bột hàn và chất trợ dung), hoặc bi hàn để sử dụng trong các mối hàn của mảng lưới bi hàn, hoặc miếng hàn được tạo hình trước hoặc mối hàn chảy ngược hoặc hóa rắn, hoặc được phủ trước trên vật liệu có thể hàn bất kỳ như dải đồng dùng trong các ứng dụng quang điện.

Tốt hơn nếu hợp kim theo sáng chế có năng lượng va đập được xác định bằng cách sử dụng thử nghiệm độ bền va đập Charpy cao hơn ít nhất 5% so với năng lượng va đập của hợp kim trên cơ sở Sn-Bi tương ứng hoặc hợp kim trên cơ sở Sn-Bi-Ag tương ứng, nếu hợp kim này chứa Ag. Tốt hơn nếu năng lượng va đập cao hơn ít nhất 8%, tốt hơn nữa là cao hơn ít nhất 10%, còn tốt hơn nữa là cao hơn ít nhất 12%.

Cần hiểu rằng hợp kim theo sáng chế có thể chứa các tạp chất không tránh khỏi, mặc dù tổng lượng các chất này không thể vượt quá 1% khối lượng hợp kim. Tốt hơn nếu, các hợp kim này chứa các tạp chất không tránh khỏi với lượng không lớn hơn 0,5% khối lượng hợp kim, tốt hơn nữa là không lớn hơn 0,3% khối lượng hợp kim, còn tốt hơn nữa là không lớn hơn 0,1% khối lượng hợp kim.

Hợp kim theo sáng chế có thể chủ yếu bao gồm các nguyên tố đã nêu. Do đó, cần hiểu rằng ngoài các nguyên tố bắt buộc (tức là Sn, Bi và ít nhất một trong số các nguyên tố Ce, Ni, Ge, Ti, Mn, Mg, Al, Cu và Co), các nguyên tố không được chỉ rõ khác có thể có mặt trong hợp kim miễn là các đặc tính cần thiết của hợp kim không bị ảnh hưởng cơ bản bởi sự có mặt của chúng.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất hợp kim chứa:

Sn với lượng từ 41 đến 43% khối lượng ;

một hoặc nhiều thành phần sau:

Ag với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Al với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Au với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Co với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Cr với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Cu với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

In với lượng từ 0 đến 2,0% khối lượng;

Mn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

P với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Sb với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Sc với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Ti với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Y với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Zn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng;

Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và

Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng;

và Bi với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề xuất hợp kim chứa:

Sn với lượng từ 41 đến 43% khối lượng;

Ag với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

một hoặc nhiều thành phần sau:

Al với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Au với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Co với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Cr với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Cu với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

In với lượng từ 0 đến 2,0% khối lượng;

Mn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

P với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Sb với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Sc với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Ti với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Y với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Zn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng;

Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và

Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng;

và Bi với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

Theo khía cạnh thứ tư, sáng chế đề xuất hợp kim chứa:

Sn với lượng từ 50 đến 65% khối lượng;

một hoặc nhiều thành phần sau:

Ag với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Al với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Au với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Co với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Cr với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Cu với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
In với lượng từ 0 đến 2,0% khối lượng;  
Mn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
P với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Sb với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Sc với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Ti với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Y với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Zn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng;  
Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và  
Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng;

và Bi với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

Theo khía cạnh thứ năm, sáng chế đề xuất hợp kim chứa:

Sn với lượng từ 50 đến 65% khối lượng;

Ag với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

một hoặc nhiều thành phần sau:

Al với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Au với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Co với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Cr với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Cu với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
In với lượng từ 0 đến 2,0% khối lượng;  
Mn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
P với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Sb với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Sc với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;  
Ti với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Y với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Zn với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

nguyên tố đất hiếm với lượng từ 0 đến 1,0% khối lượng;

Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng;

Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và

Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng;

và Bi với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

Theo khía cạnh thứ sáu, sáng chế đề xuất mỗi hàn chứa hợp kim được chọn từ hợp kim theo khía cạnh từ thứ nhất đến thứ năm.

Theo khía cạnh thứ bảy, sáng chế đề xuất việc sử dụng hợp kim theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ thứ nhất đến thứ năm trong phương pháp hàn. Các phương pháp hàn này bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở, hàn sóng, hàn theo công nghệ lắp ráp trên bề mặt (Surface Mount Technology: SMT), hàn trên đế, hàn nhiệt trên mặt phân cách, hàn bằng tay, hàn laze và hàn cảm ứng tần số radio, và hàn sửa.

Theo khía cạnh thứ tám, sáng chế đề xuất hợp kim chứa:

Ag với lượng từ 0 đến 10% khối lượng;

Bi với lượng từ 35 đến 59% khối lượng; và

một hoặc nhiều thành phần sau:

Ce với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng;

Ni với lượng từ 0,01 đến 1,0% khối lượng; và

Ge với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng;

Al với lượng từ 0,001 đến 1,0% khối lượng.

Theo Fig.1, thử nghiệm độ bền va đập Charpy được thực hiện (kích thước mẫu 55 x 10 x 15mm) đối với bốn hợp kim (từ trái sang phải): Sn57,5Bi0,5Ag, Sn57,4Bi0,5Ag0,1Ce, Sn57,495Bi0,5Ag0,005Ge và Sn57,45Bi0,5Ag0,05Ni. Kết quả thử nghiệm cho thấy rằng sự có mặt của Ce, Ge và Ni dẫn tới hợp kim có năng lượng va đập tăng từ 10 đến 12% so với hợp kim trên cơ sở Sn57,5Bi0,5Ag.

Theo Fig.2, thử nghiệm độ bền va đập Charpy được thực hiện (kích thước mẫu 55 x 10 x 10mm) đối với sáu hợp kim (từ trái sang phải): Sn58Bi, Sn57,5Bi0,5Ag, Sn45Bi, Sn57,4Bi0,5Ag0,1Ce, Sn57,455Bi0,5Ag0,005Ge và Sn57,45Bi0,5Ag0,05Ni. Kết quả thử nghiệm cho thấy rằng việc giảm lượng Bi và bổ sung thêm Ag, Ce, Ge và Ni có tác dụng cải thiện độ bền của hợp kim. Thử nghiệm độ bền va đập Charpy được

thực hiện đối với các hợp kim  $\text{Sn}_{57,54}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,03}\text{Ni}_{0,005}\text{Mn}$ ,  $\text{Sn}_{57,75}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,03}\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}_{57,7}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,03}\text{Co}$ ,  $\text{Sn}_{45}\text{Bi}_{0,03}\text{Ni}$  và  $\text{Sn}_{45}\text{Bi}_{0,1}\text{Cu}_{0,034}\text{Co}$  cho thấy rằng mỗi hợp kim này có năng lượng va đập cao hơn 225 kJ.  $\text{Sn}_{57,7}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,03}\text{Co}$  có năng lượng va đập cao hơn 230 kJ.

Theo Fig.3, mức độ lan rộng tuyến tính được xác định đối với các hợp kim sau đây (từ trái sang phải):  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,005}\text{Ge}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ni}$  và  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ce}$ . Kết quả thử nghiệm cho thấy rằng hợp kim theo sáng chế có cải thiện khả năng thấm so với hợp kim trên cơ sở Sn-Bi-Ag của chúng. Kết quả tương tự đã thu được đối với các hợp kim  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,03}\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,03}\text{Co}$  và  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,03}\text{Ni}$ , cả với mẫu được sản xuất trên quy mô phòng thí nghiệm và mẫu được sản xuất với lượng 400kg.

Theo Fig.4 đến Fig.7, đã thấy rằng hợp kim theo sáng chế có sự tăng độ bền cắt, độ cứng, giới hạn chảy và độ bền kéo so với hợp kim trên cơ sở Sn-Bi-Ag của chúng. Fig.4 thể hiện kết quả thử nghiệm độ bền cắt khối của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải):  $\text{Sn}_{45}\text{Bi}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}$ ,  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,5}\text{Ce}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,005}\text{Ge}$ ,  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,02}\text{Ti}$ ,  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,02}\text{Ti}_{0,05}\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}_{45}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,005}\text{Mn}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,005}\text{Al}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,005}\text{Mn}$  và  $\text{Sn}_{57,75}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,05}\text{Ni}$ . Fig.5 thể hiện độ cứng của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải):  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,02}\text{Ti}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,02}\text{Ti}_{0,05}\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,005}\text{Al}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,02}\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,2}\text{Cu}_{0,02}\text{Ni}_{0,005}\text{Ge}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,005}\text{Mn}$ ,  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,005}\text{Mn}$  và  $\text{Sn}_{58}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,05}\text{Ni}_{0,005}\text{Mn}$ . Fig.6 thể hiện giới hạn chảy của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải):  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}$ ,  $\text{Sn}_{45}\text{Bi}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ce}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,005}\text{Ge}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ni}$  và  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}(\text{Ce}, \text{Ni})_{0,005}\text{Ge}$ . Fig.7 thể hiện độ bền kéo của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải):  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}$ ,  $\text{Sn}_{45}\text{Bi}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ce}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,005}\text{Ge}$ ,  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}\text{Ni}$  và  $\text{Sn}_{57,5}\text{Bi}_{0,5}\text{Ag}_{0,05}(\text{Ce}, \text{Ni})_{0,005}\text{Ge}$ .

Theo Fig.8, đã thấy rằng các hợp kim này có độ bền cắt cải thiện khi được sử dụng trong linh kiện chip. Kết quả thử nghiệm của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải):  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}$ ,  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,05}\text{Ni}$ ,  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,005}\text{Ge}$  và  $\text{Sn}_{57,6}\text{Bi}_{0,4}\text{Ag}_{0,05}\text{Ce}$  được thể hiện.

Theo Fig.9, đã thấy rằng khi các hợp kim này được sử dụng trong các linh kiện của QFP, lực cần thiết để kéo đầu ra khỏi chip sau khi hàn tăng lên so với hợp kim trên cơ sở Sn-Bi-Ag của chúng. Fig.9 thể hiện kết quả thử nghiệm của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải): Sn57,6Bi0,4Ag, Sn57,6Bi0,4Ag0,05Ni, Sn57,6Bi0,4Ag0,005Ge và Sn57,6Bi0,4Ag0,05Ce.

Theo Fig.10, đã thấy rằng hợp kim theo sáng chế có độ dẫn nhiệt được cải thiện so với hợp kim trên cơ sở Sn-Bi / Sn-Bi-Ag của chúng. Kết quả thử nghiệm của các hợp kim sau đây được thể hiện: Sn58Bi (hình vuông nhỏ), Sn57,5Bi0,5Ag (hình tam giác), Sn57,5Bi0,5Ag0,05Ce (hình vuông lớn) và Sn57,5Bi0,5Ag0,05Ni (hình thoi).

Theo Fig.11 đến Fig.13, đã thấy rằng việc bổ sung một số nguyên tố với một lượng nhỏ có tác dụng có lợi là làm mịn vi cấu trúc, dẫn đến làm tăng các đặc tính cơ học chẳng hạn. Ảnh hiển vi điện tử của hợp kim Sn57,8Bi0,2Cu0,03Ni và Sn57,8Bi0,2Cu0,03Co cho thấy vi cấu trúc còn được làm mịn hơn.

Theo Fig.14, đã thấy rằng các hợp kim Sn58Bi0,2Cu0,06 và Sn58Bi0,2Cu0,03Co có tốc độ hòa tan Cu rất thấp. Do đó, do các hợp kim này còn có độ dẫn điện cao, chúng là đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng quang điện. Kết quả thử nghiệm của các hợp kim sau đây (từ trái sang phải): Sn58Bi0,4Ag, Sn58Bi0,4Ag0,03Ni, Sn58Bi0,4Ag0,03Ti, Sn58Bi0,4Ag0,007Mn, Sn58Bi0,2Cu0,06Ni, Sn58Bi0,2Cu0,03Co, Sn45Bi, Sn45Bi0,1Cu, Sn45Bi0,02Ni và Sn45Bi0,1Cu0,06Co được thể hiện trên Fig.14.

Theo Fig.15, kết quả thử nghiệm độ bền va đập khi thả rơi của các hợp kim sau đây được đưa ra: Sn58BiCu0,2Ni0,06 (hình tròn, số lần rơi trung bình cho đến khi bị hỏng: 324,5), Sn58BiCu0,2Co0,03 (hình vuông, số lần rơi trung bình cho đến khi bị hỏng 289,9), Sn58Bi0,04Ag (hình thoi, số lần rơi trung bình cho đến khi bị hỏng 174,7) và Sn58Bi0,4Ag0,05Ni (hình tam giác, số lần rơi trung bình cho đến khi bị hỏng 259,0). Thử nghiệm độ bền va đập khi thả rơi theo tiêu chuẩn JEDEC JESD22-B111 (điều kiện thử nghiệm: 1500 Gs, thời gian 0,5 miligiây, xung nửa hình sin). Bảng mạch được bố trí các linh kiện mảng lưới bi hàn (Ball Grid Array: BGA) trên toàn bộ 15 vị trí. Kết quả thử nghiệm cho thấy rằng hợp kim theo sáng chế có sự cải thiện độ bền va đập khi thả rơi so với hợp kim Sn58Bi0,4Ag.

Theo Fig.16, thử nghiệm độ bền mỏi do nhiệt được thực hiện đối với các hợp kim sau đây: Sn58Bi (hình thoi), Sn57,6Bi0,4Ag (hình tam giác đen), Sn57,6Bi0,4Ag0,03Ni (hình tròn rỗng), Sn57,6Bi0,4Ag0,0033Ge (hình tam giác rỗng),

Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,4</sub>Ag<sub>0,056</sub>Ce (hình vuông) và Sn<sub>45</sub>Bi (hình chữ thập). Điều kiện thử nghiệm chu trình nhiệt theo tiêu chuẩn TC3/NTC-C (-40 đến 125°C; thời gian dừng 10 phút). Hợp kim theo sáng chế có sự thay đổi độ bền cắt rất nhỏ sau 1500 chu trình so với độ bền cắt của các hợp kim Sn<sub>58</sub>Bi và Sn<sub>45</sub>Bi. Ngoài ra, không quan sát thấy vết nứt sau 1500 chu trình đối với hợp kim bất kỳ theo sáng chế.

Theo Fig.17, thử nghiệm độ bền mỏi do nhiệt được thực hiện đối với các hợp kim Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,4</sub>Ag (hình thoi, lực cắt cao thứ 3 sau 1000 chu trình), Sn<sub>58</sub>Bi (hình vuông, lực cắt cao thứ 5 sau 1000 chu trình), Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,2</sub>Cu<sub>0,03</sub>Ni (hình tam giác, lực cắt cao nhất sau 1000 chu trình), Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,2</sub>Cu<sub>0,03</sub>Co (hình tròn đậm, lực cắt cao thứ 2 sau 1000 chu trình), Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,4</sub>Ag<sub>0,03</sub>Ni (hình chữ thập, lực cắt thấp nhất sau 1000 chu trình) và Sn<sub>57,1</sub>Bi<sub>0,9</sub>Ag (hình tròn nhạt, lực cắt cao thứ 4 sau 1000 chu trình). Điều kiện thử nghiệm chu trình nhiệt là giống như điều kiện được sử dụng đối với thử nghiệm được thể hiện trên Fig.16. 36 bảng mạch BGA84 được sử dụng để thử nghiệm cho mỗi hợp kim. Chỉ có 26 bảng mạch sử dụng hợp kim SnBi<sub>0,4</sub>Ag và 24 bảng mạch sử dụng hợp kim Sn<sub>58</sub>Bi chịu được 1000 chu trình. Trong khi đó toàn bộ 36 bảng mạch sử dụng hợp kim Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,2</sub>Cu<sub>0,03</sub>Ni, Sn<sub>57,1</sub>Bi<sub>0,9</sub>Ag và Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,4</sub>Ag<sub>0,03</sub>Ni, và 35 bảng mạch sử dụng hợp kim Sn<sub>57,6</sub>Bi<sub>0,2</sub>Cu<sub>0,03</sub>Co chịu được 1000 chu trình.

Phần mô tả chi tiết trên đây được đưa ra để giải thích và minh họa sáng chế và không dự định làm giới hạn phạm vi của các yêu cầu bảo hộ kèm theo. Nhiều thay đổi trong các phương án được ưu tiên được thể hiện ở đây là rõ ràng đối với chuyên gia trong lĩnh vực này và vẫn thuộc phạm vi yêu cầu bảo hộ kèm theo và các phương án tương đương của chúng.

**YÊU CẦU BẢO HỘ**

1. Hợp kim hàn không chứa chì, bao gồm:

- từ 35 đến 59% khối lượng Bi;
- từ 0,4 đến 1,0% khối lượng Ag;
- từ 0,005 đến 1,0% khối lượng Sb;
- từ 0,01 đến 0,5% khối lượng Co;
- từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng Cu;
- tùy ý một hoặc nhiều trong số:
- từ 0,01 đến 1,0% khối lượng Ni;
- từ lớn hơn 0 đến 1,0% khối lượng Ti;
- từ 0,001 đến 1,0% khối lượng Ge;
- từ 0 đến 1,0% khối lượng P;

và Sn với lượng còn lại, cùng với các tạp chất không tránh khỏi bất kỳ.

2. Hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1, trong đó hợp kim này chứa từ 35 đến 55% khối lượng Bi.

3. Hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1, trong đó hợp kim này chứa từ 57 đến 59% khối lượng Bi.

4. Hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1, trong đó hợp kim này chứa từ 0,01 đến 0,5% khối lượng Ni.

5. Hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1, trong đó hợp kim này chứa từ 0,001 đến 0,1% khối lượng Ge.

6. Hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1, trong đó hợp kim này ở dạng thanh hàn, que hàn, dây hàn đặc hoặc dây hàn có lõi chất trợ dung, lá hàn hoặc dải hàn, màng mỏng, phôi tạo hình trước, hoặc bột hoặc kem hàn (loại hỗn hợp bột hàn và chất trợ dung) hoặc bi hàn để sử dụng trong các mối hàn của mạng lưới hàn bi, hoặc miếng hàn được tạo hình trước hoặc hợp kim hàn chảy hoặc hợp kim hàn hóa rắn, hoặc được đưa trước lên vật liệu có thể hàn được bất kỳ như dải đồng dùng cho các ứng dụng quang điện.

7. Hợp kim hàn không chứa chì theo điểm 1, trong đó hợp kim này có năng lượng va đập khi xác định bằng cách sử dụng thử nghiệm độ bền va đập Charpy lớn hơn ít nhất 5% so với năng lượng va đập của hợp kim trên cơ sở Sn-Bi-Ag tương ứng.
8. Mỗi hàn chứa hợp kim theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.

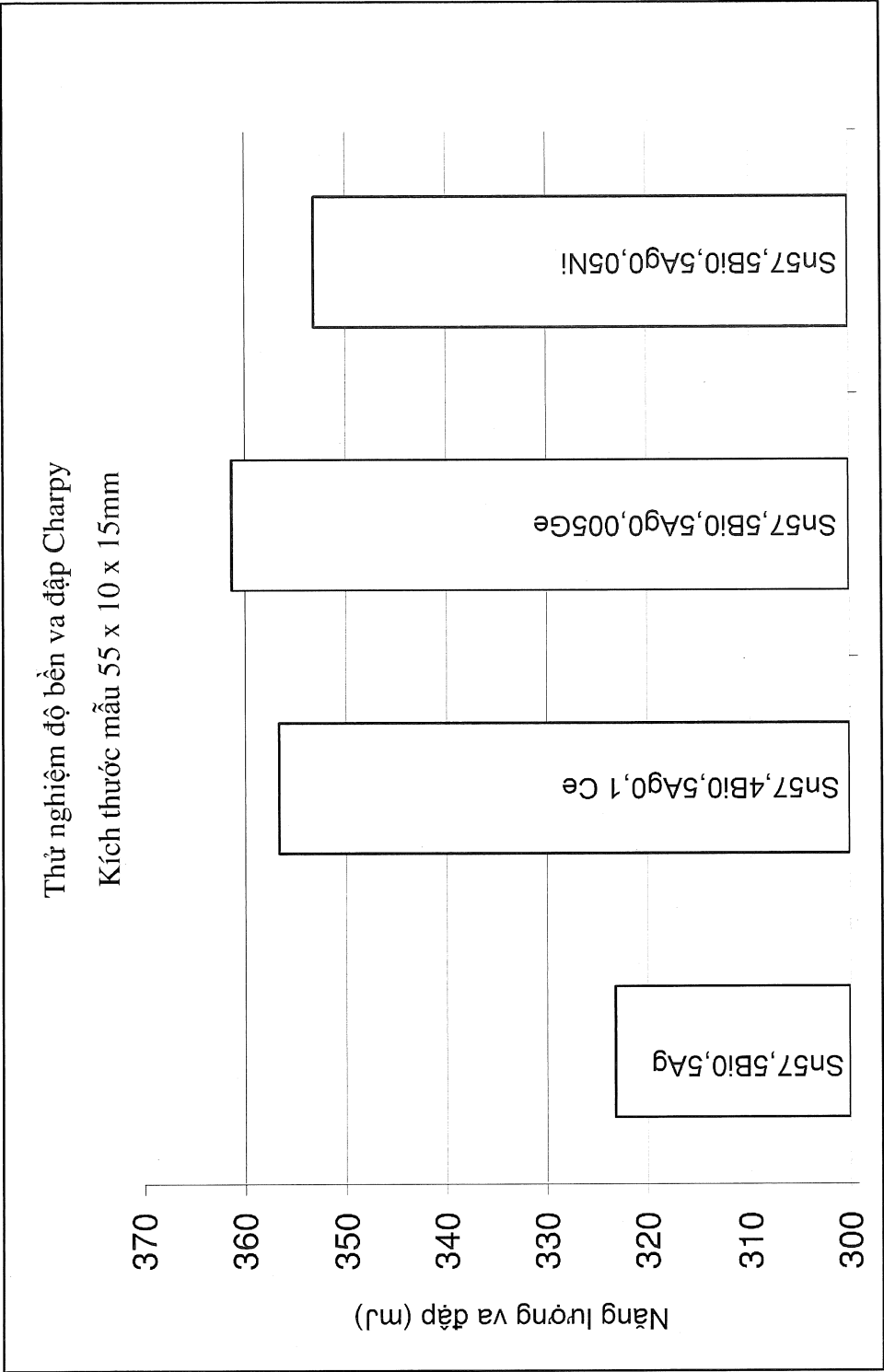


Fig.1

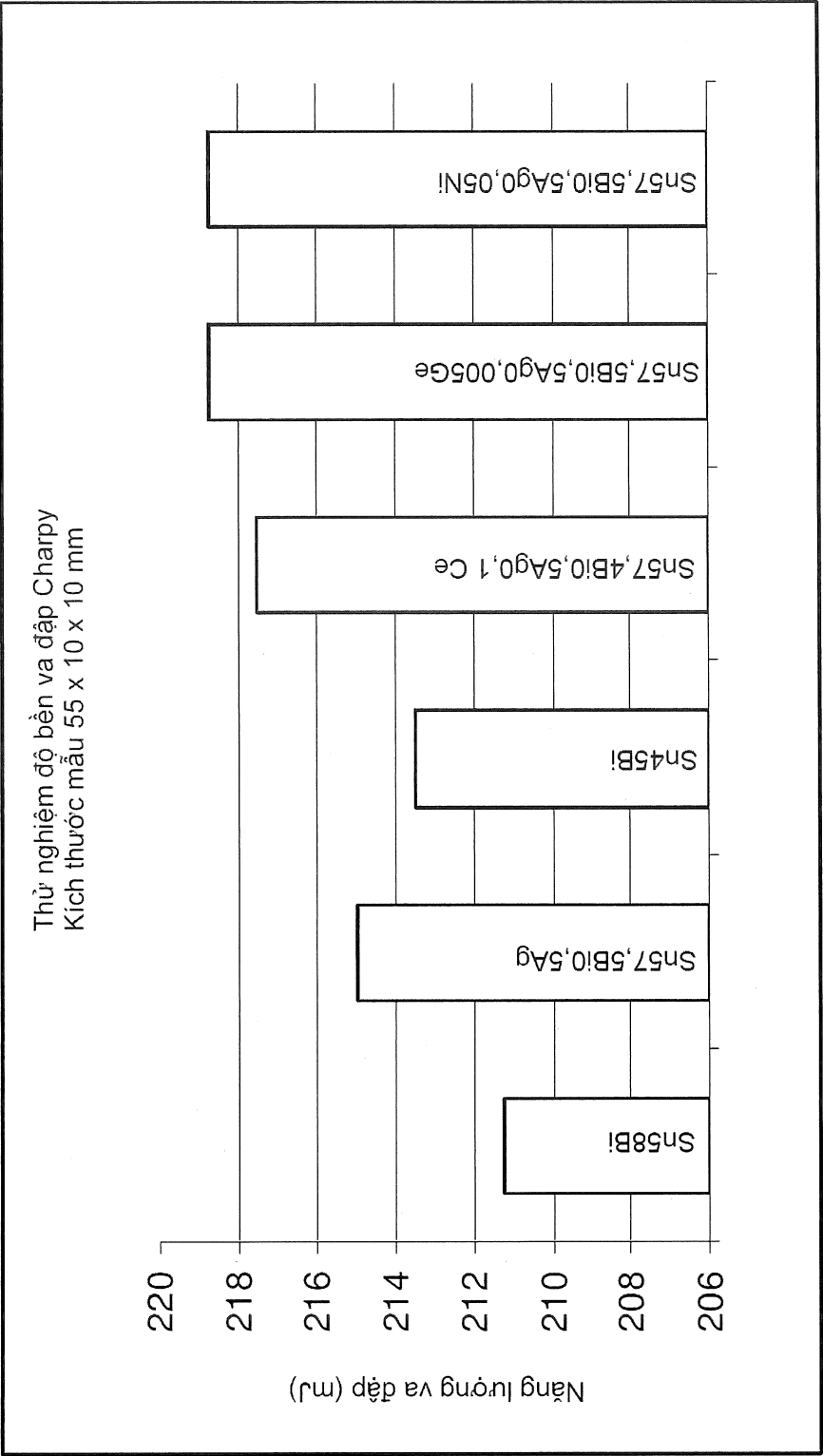


Fig.2

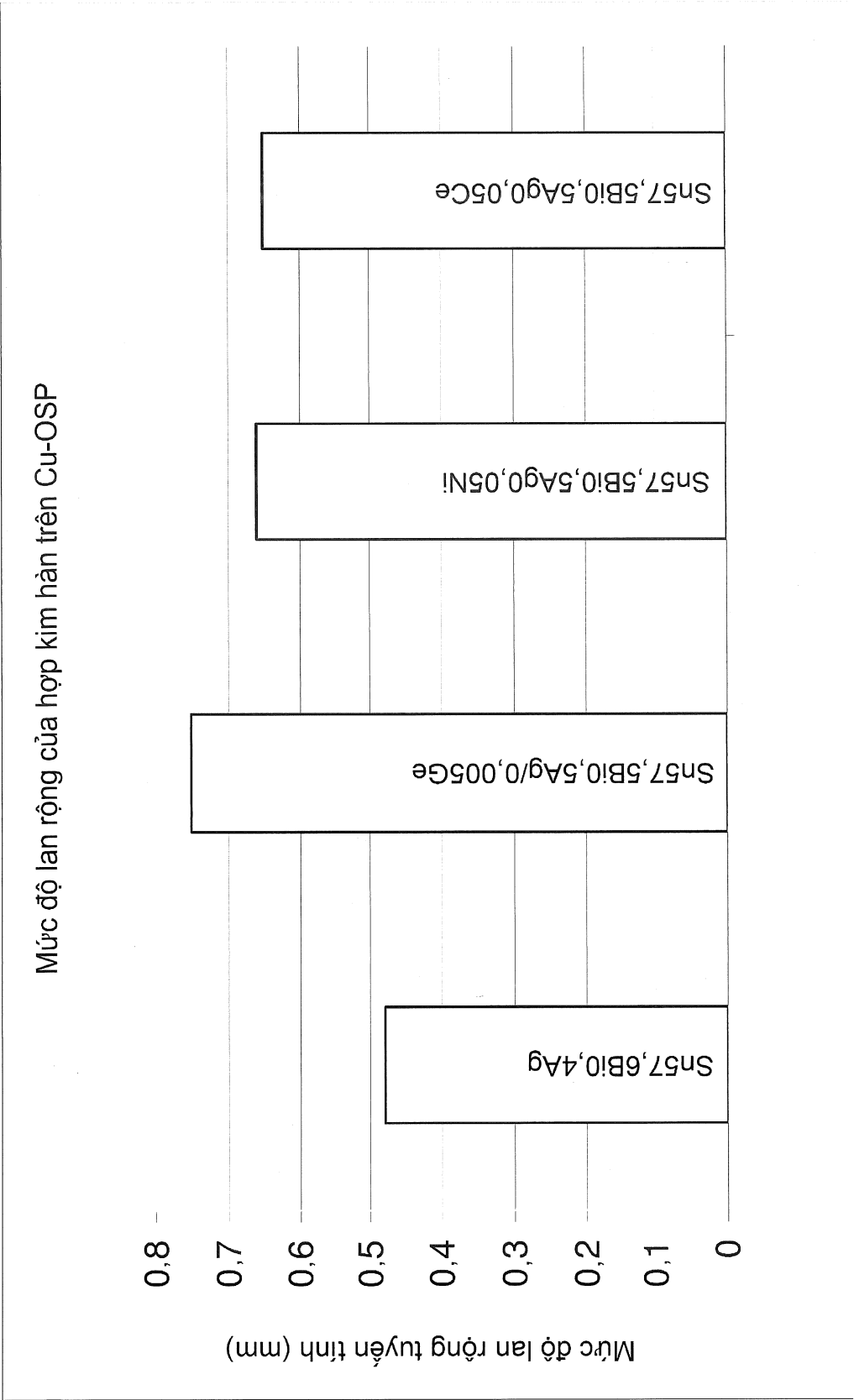
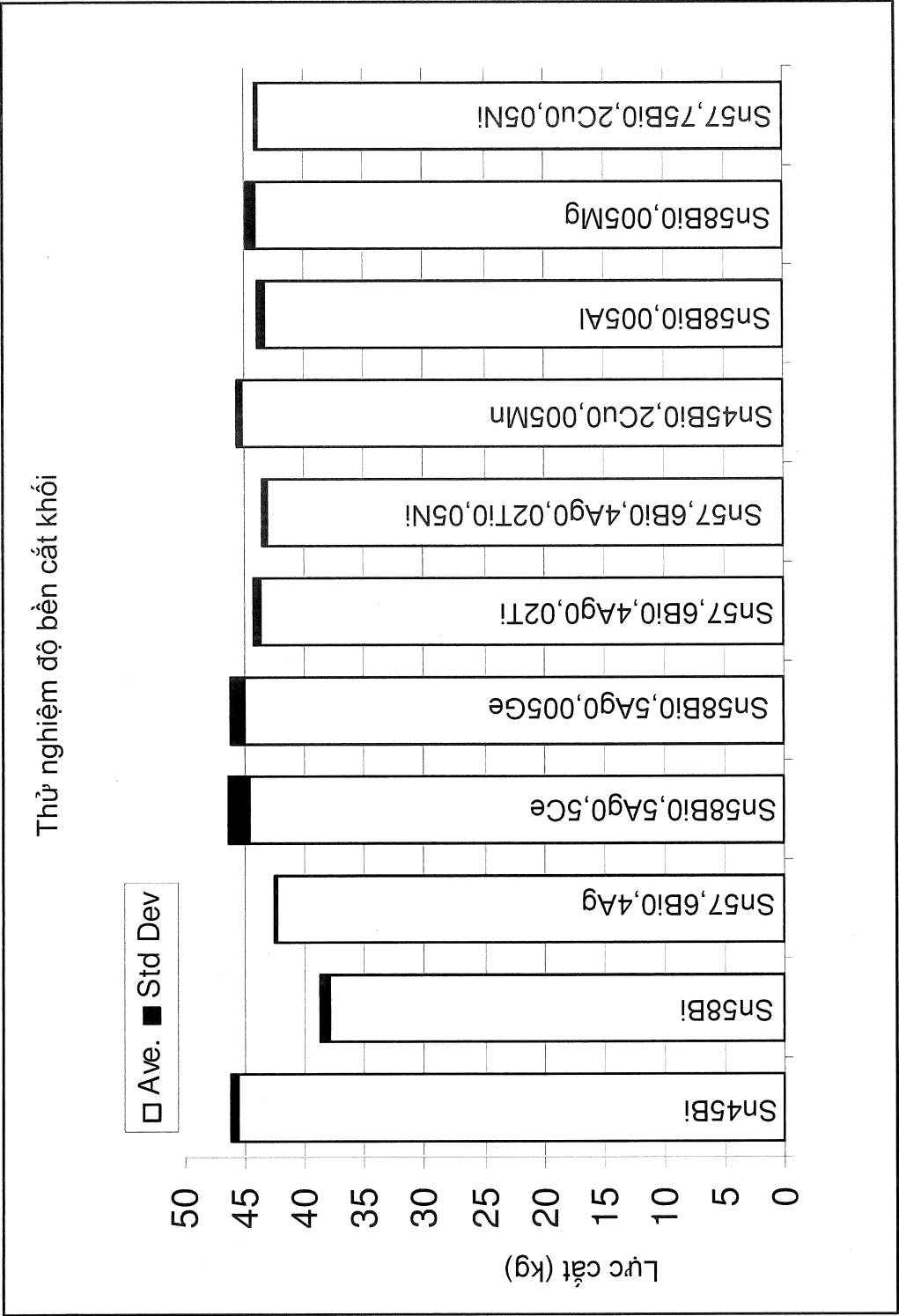


Fig.3

4/17



Ave= trung bình  
Std Dev= độ lệch chuẩn

Fig.4

5/17

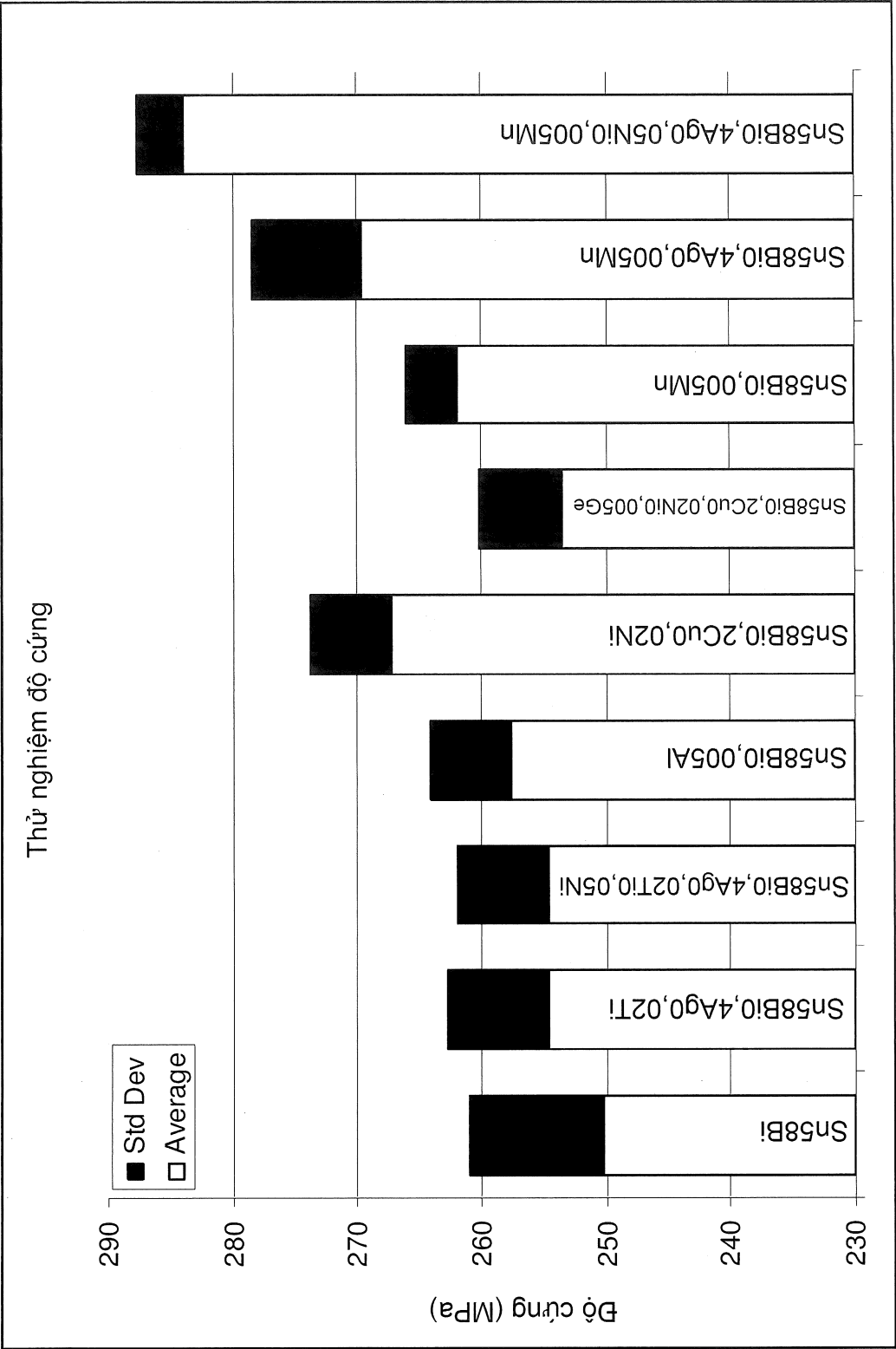


Fig.5

Ave= trung bình  
Std Dev= độ lệch chuẩn

6/17

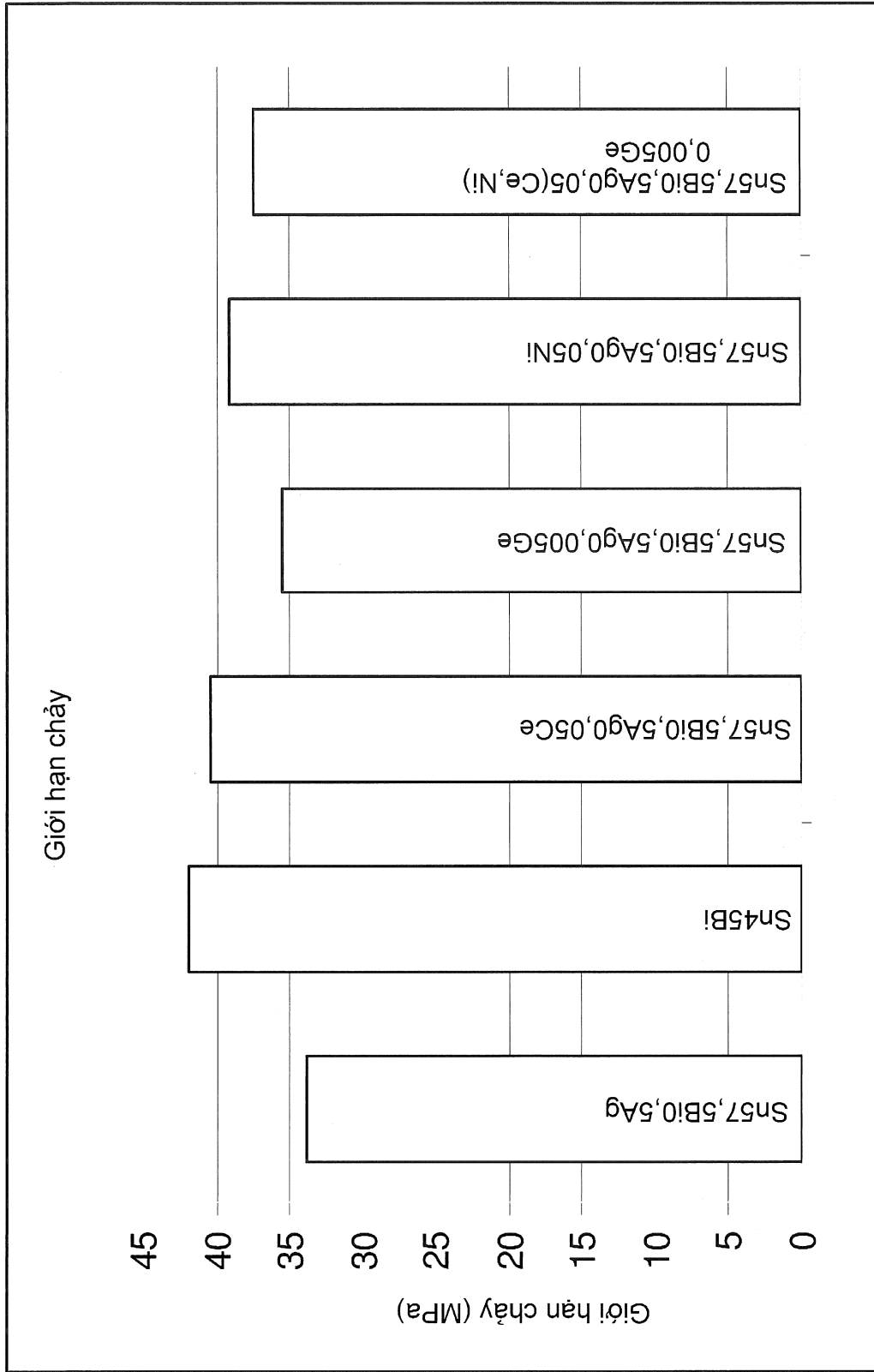


Fig.6

7/17

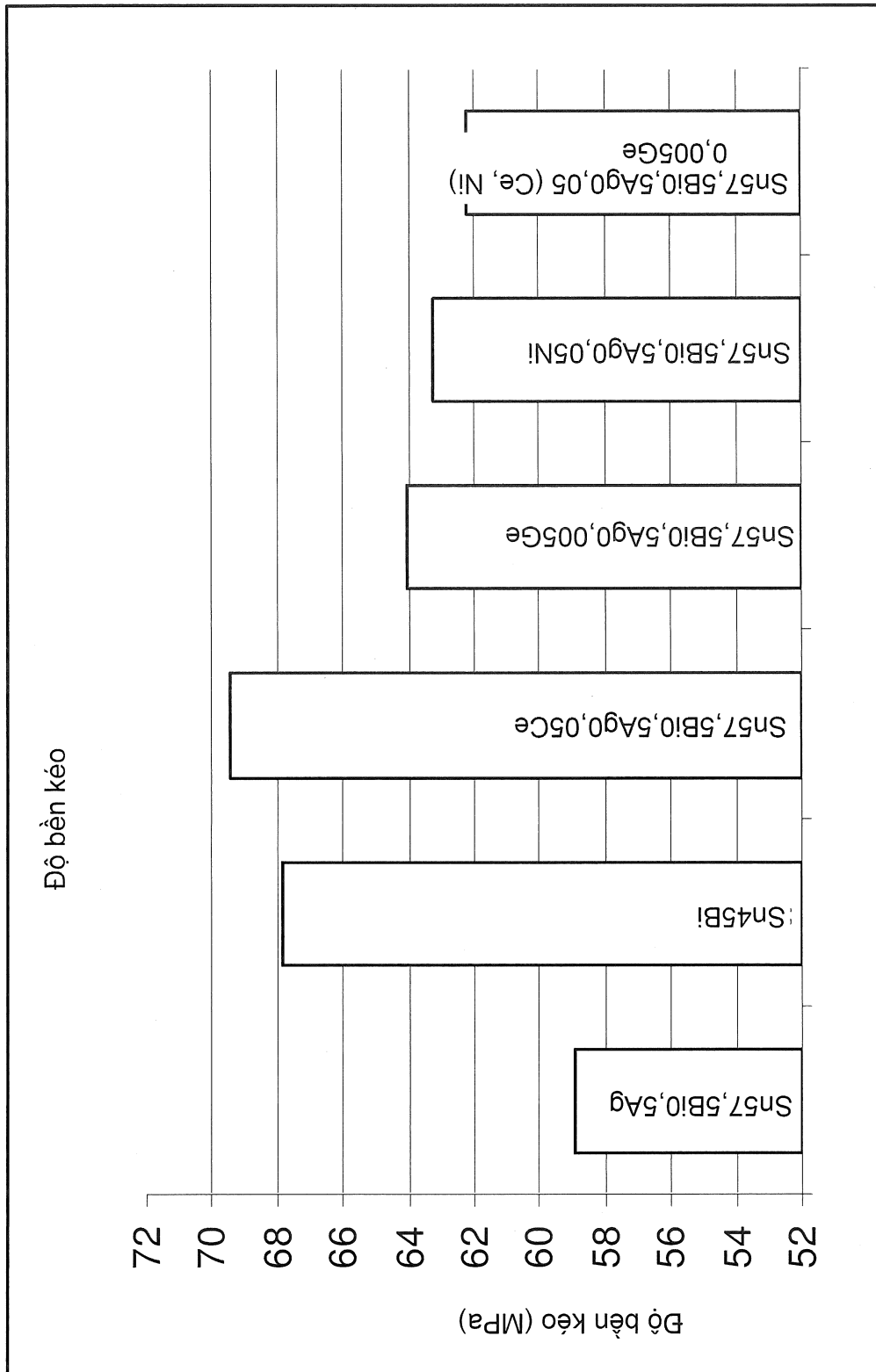


Fig.7

8/17

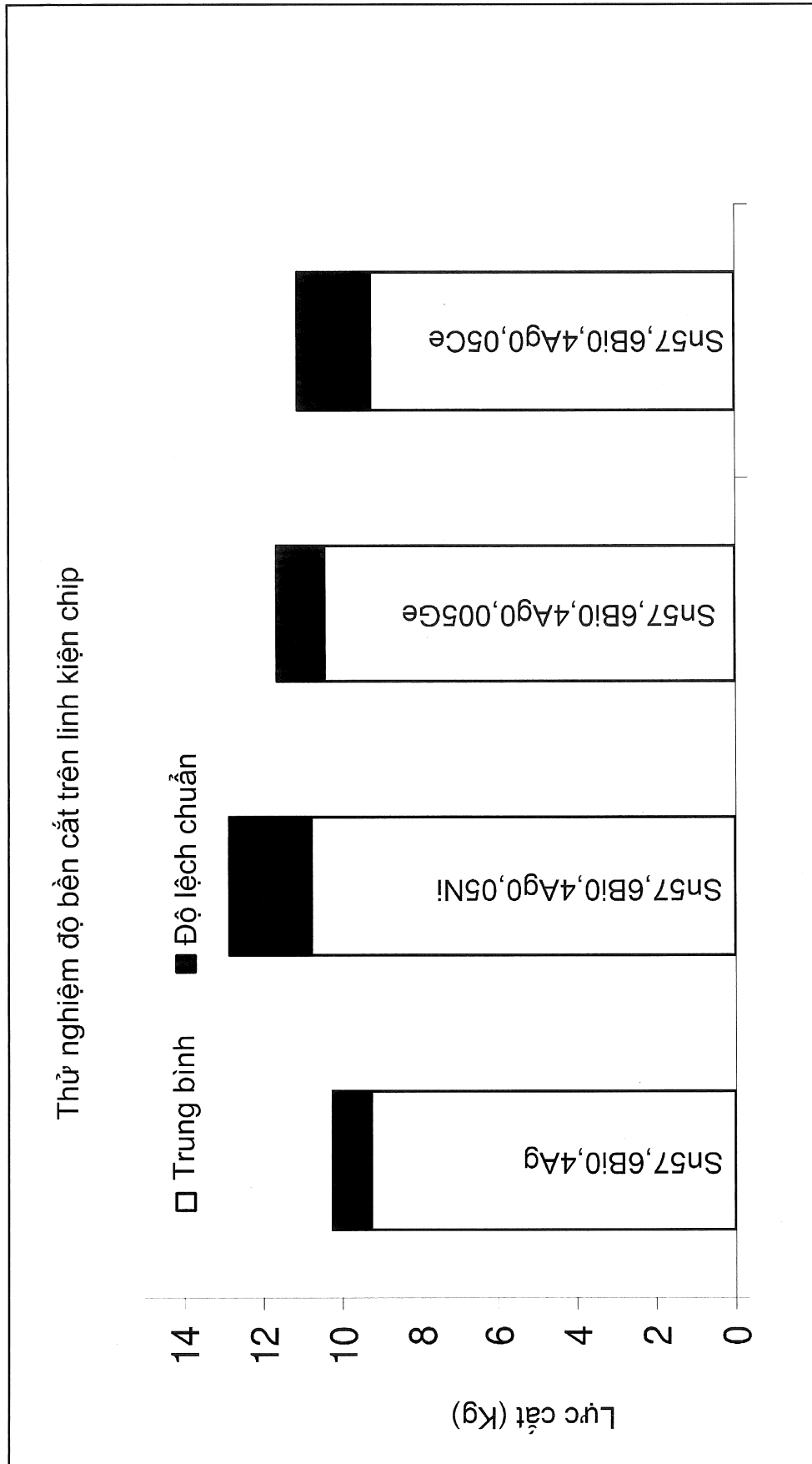


Fig.8

9/17

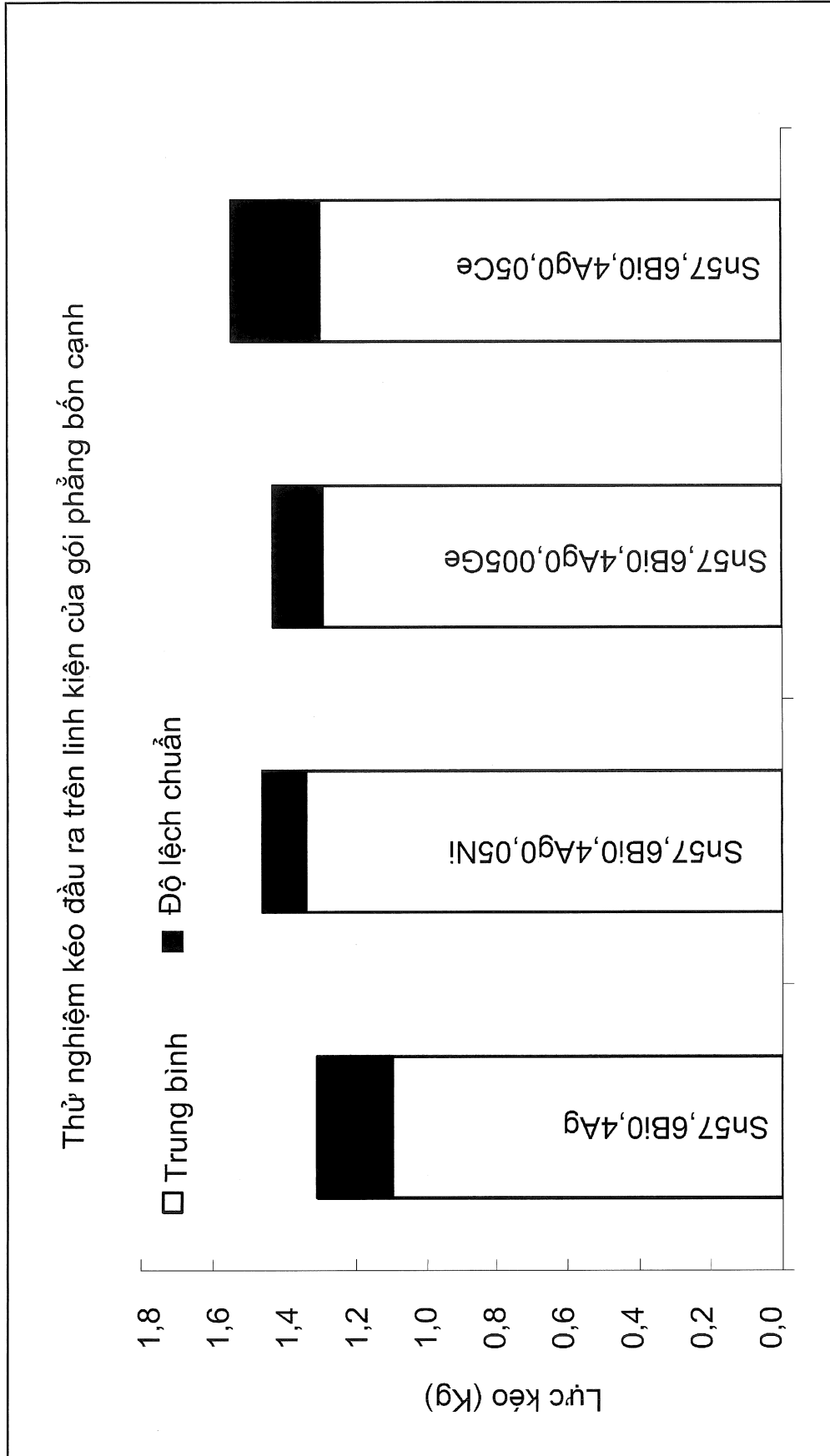


Fig.9

10/17

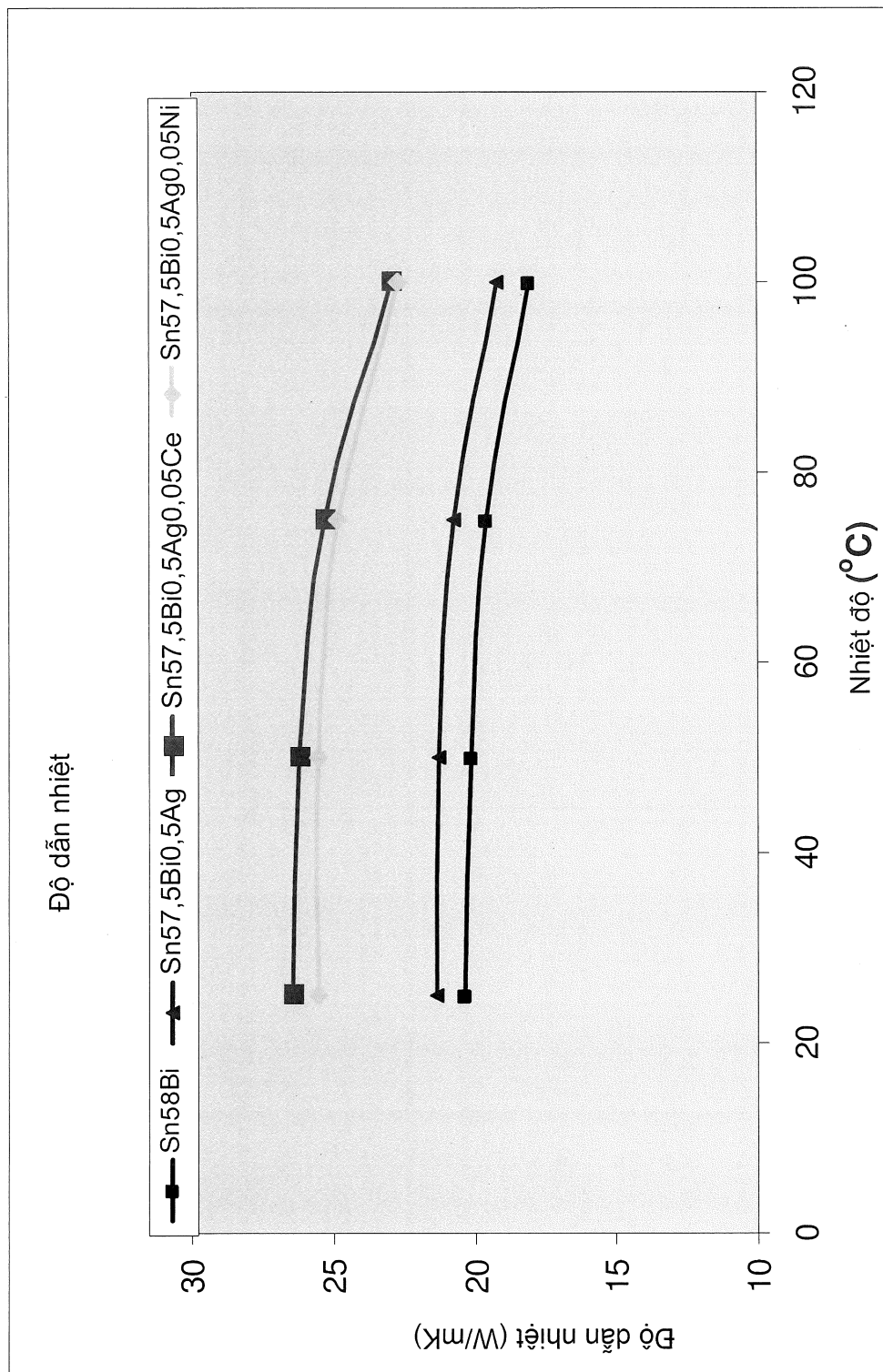


Fig.10

11/17

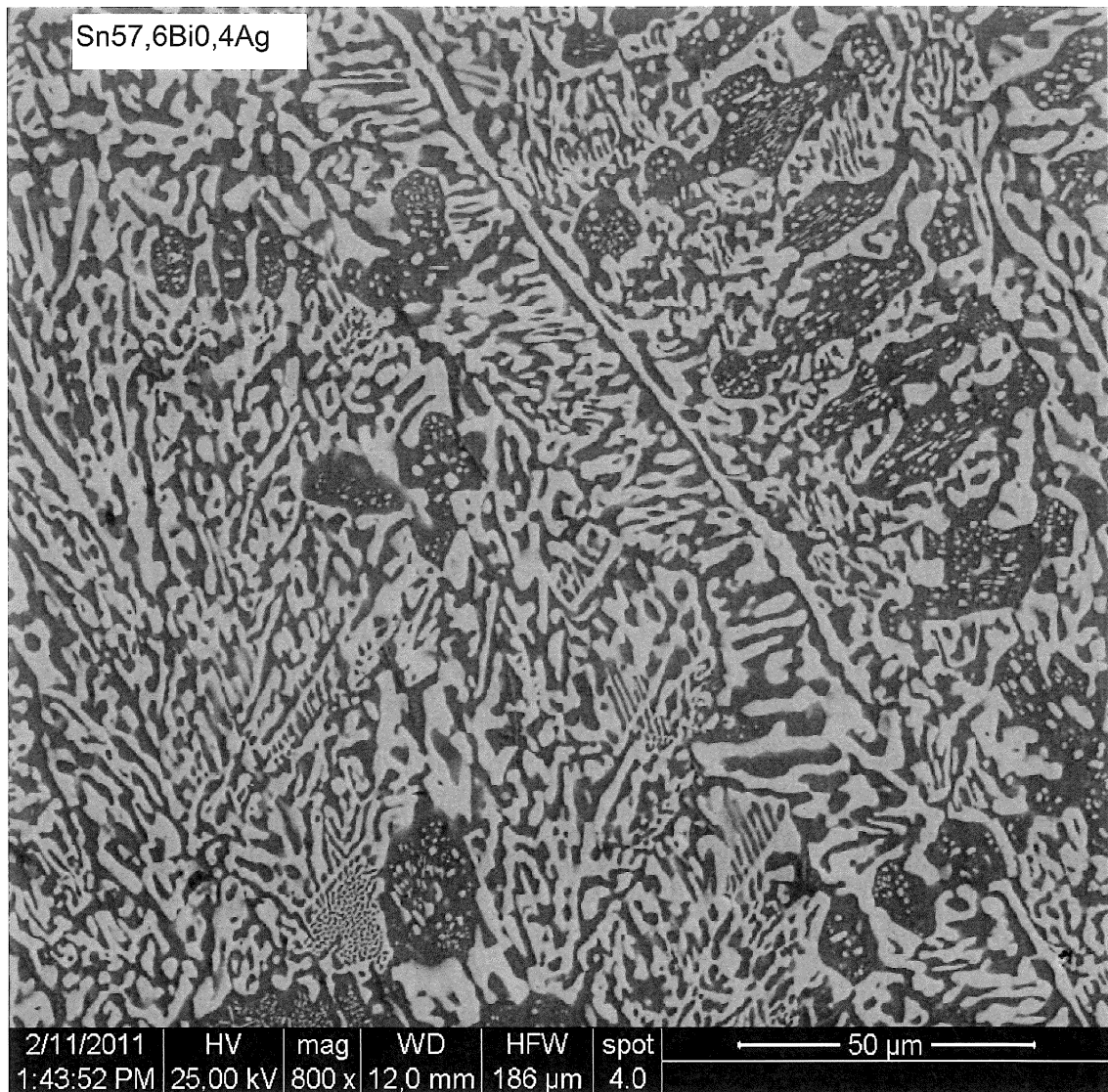


Fig.11

12/17

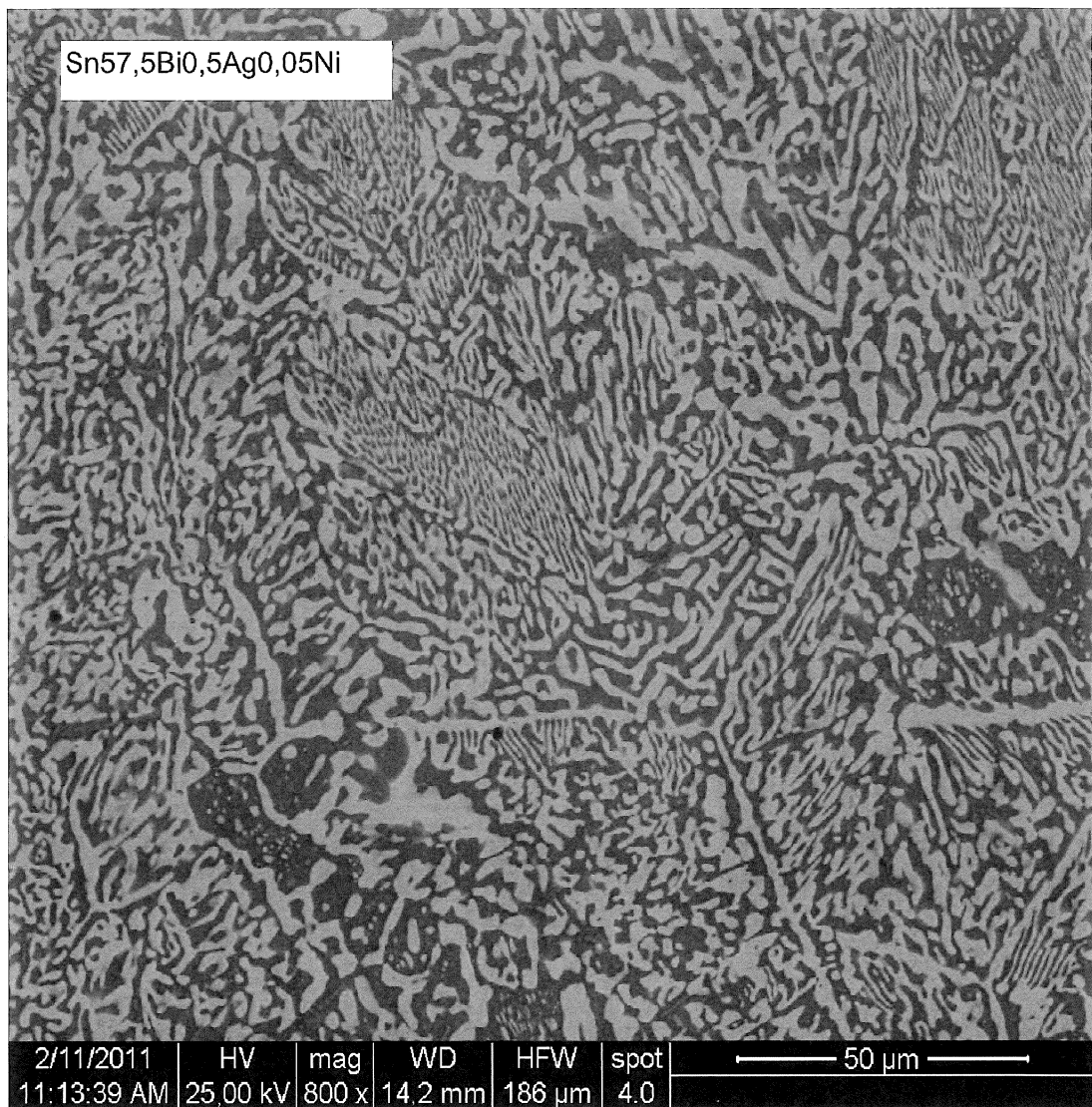


Fig.12

13/17

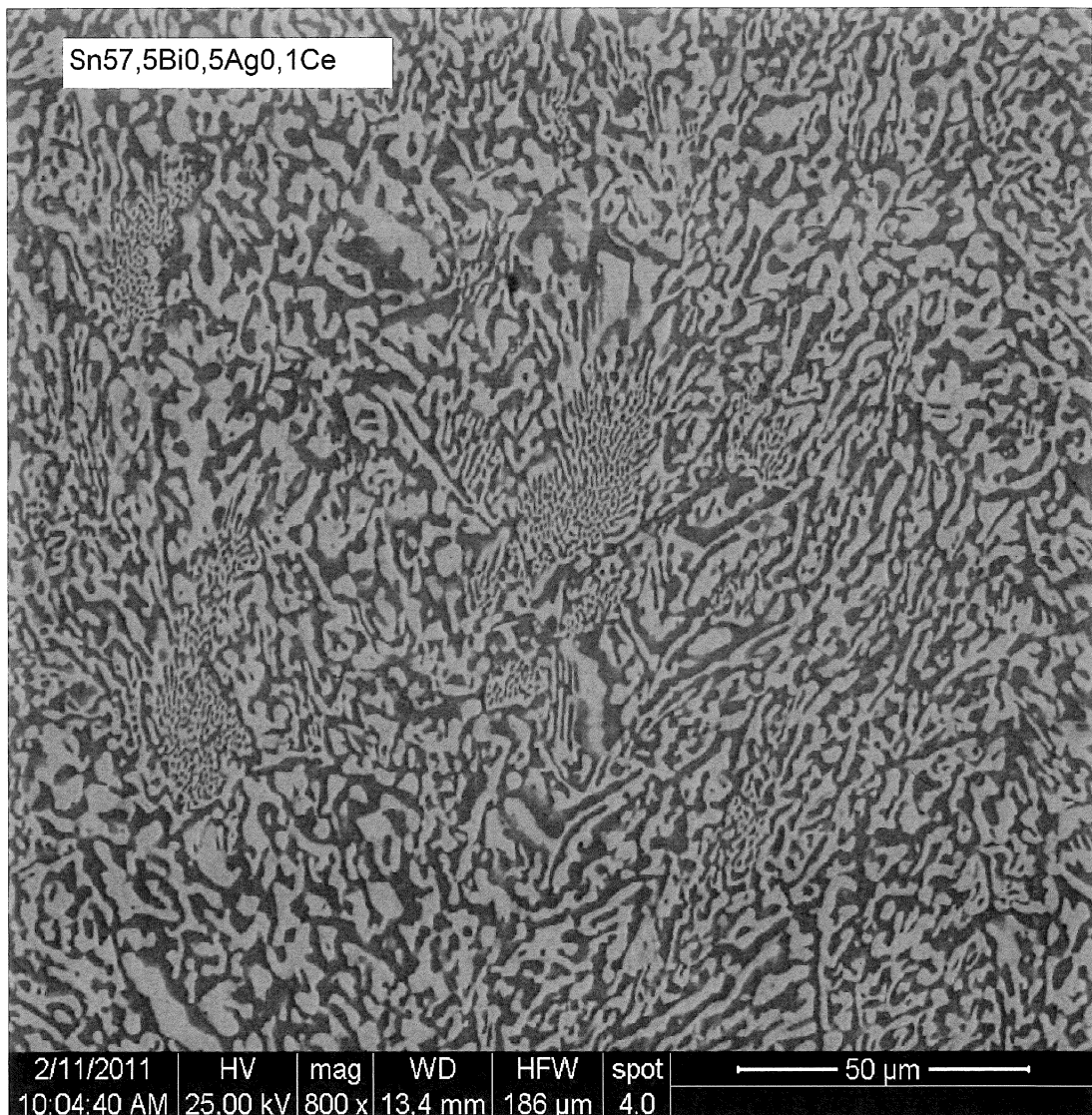


Fig.13

14/17

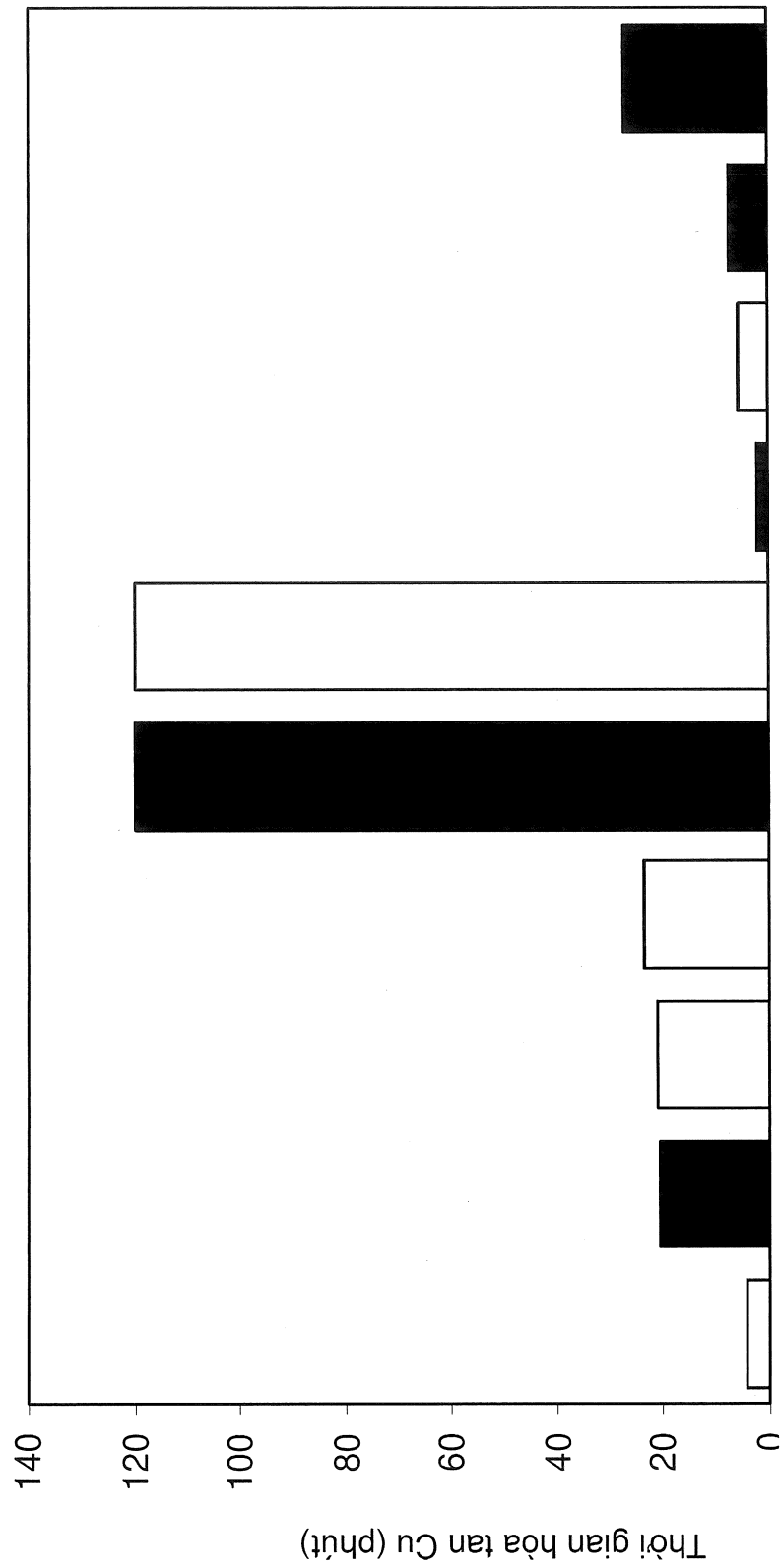


Fig.14

15/17

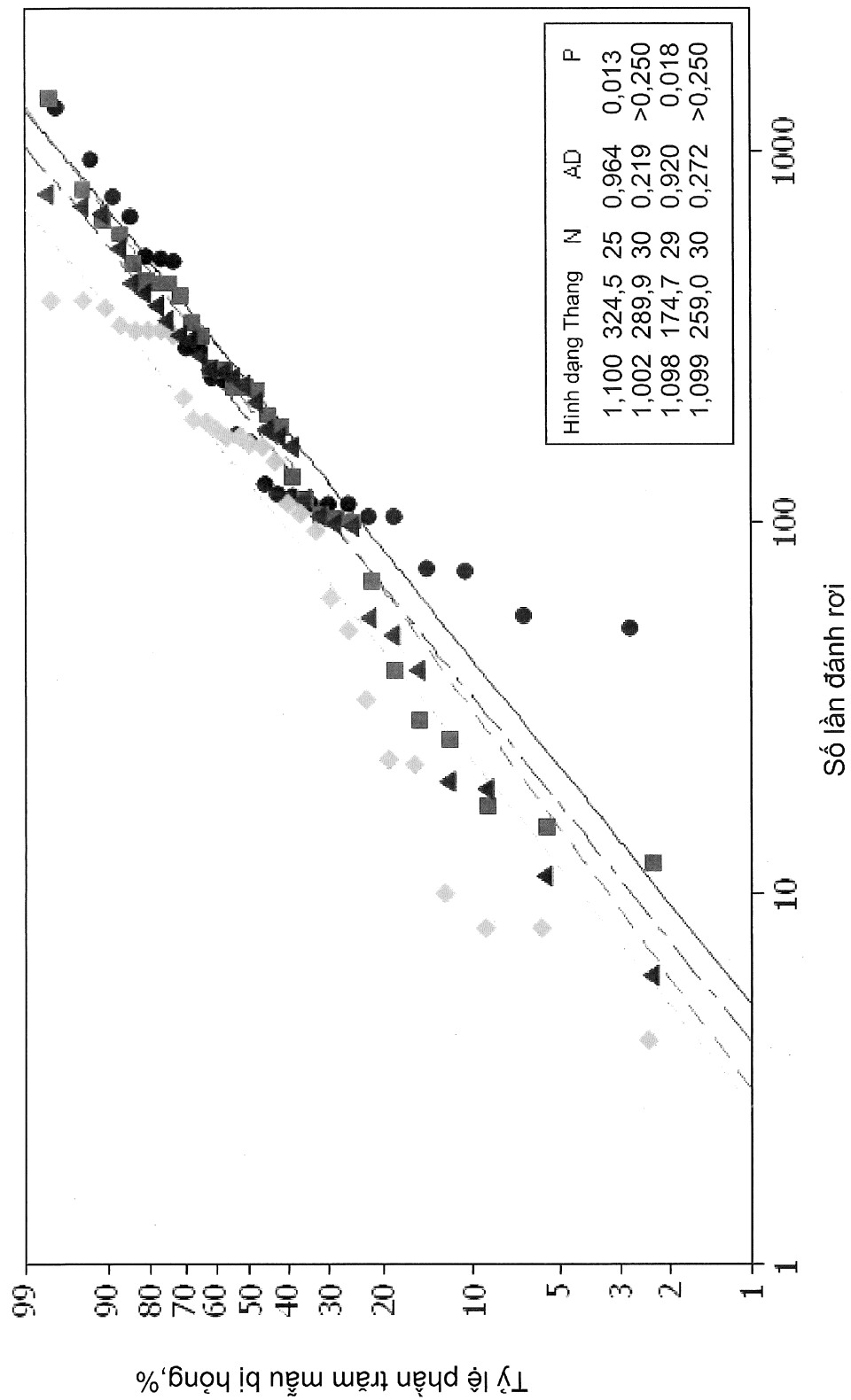


Fig.15

16/17

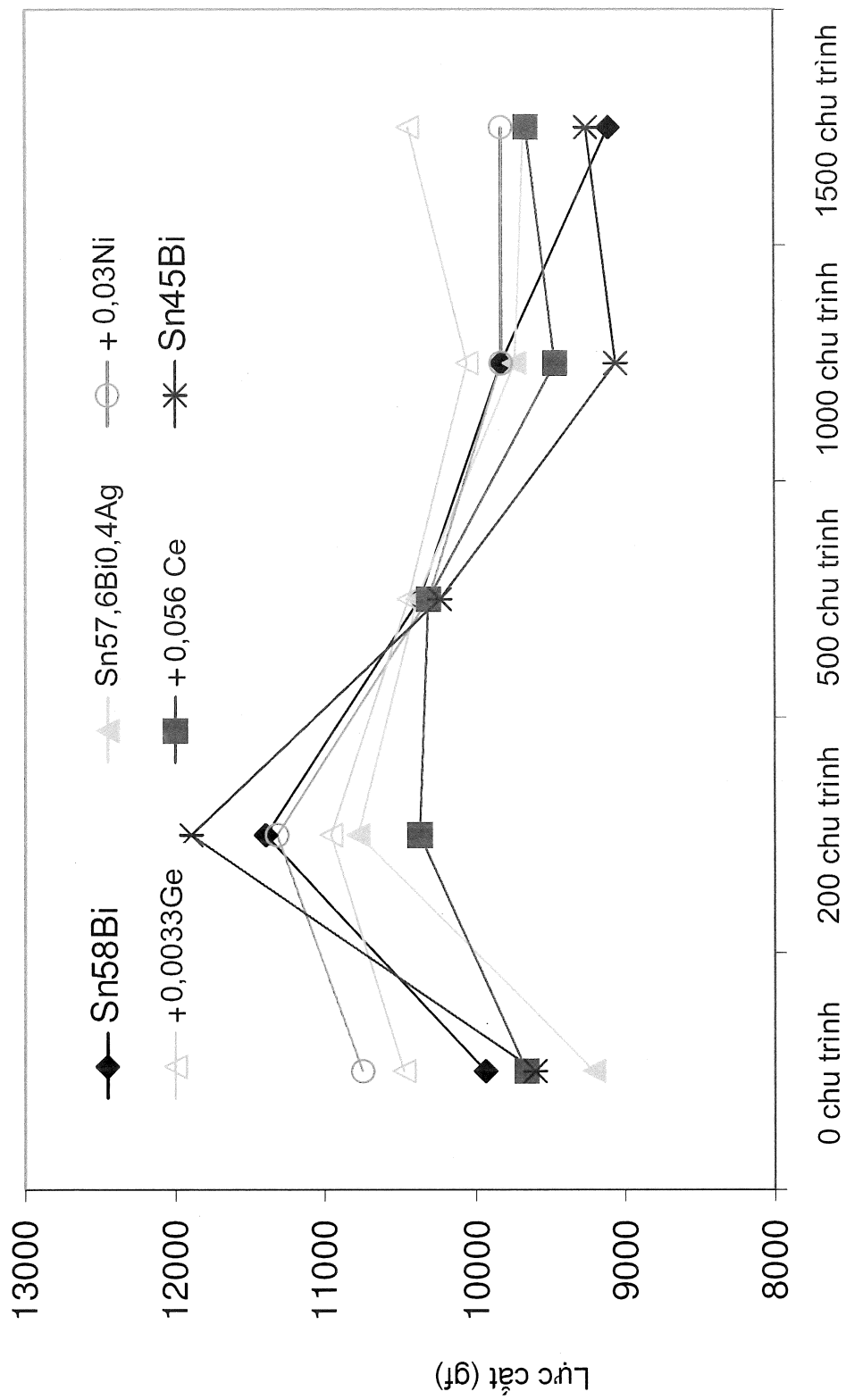


Fig.16

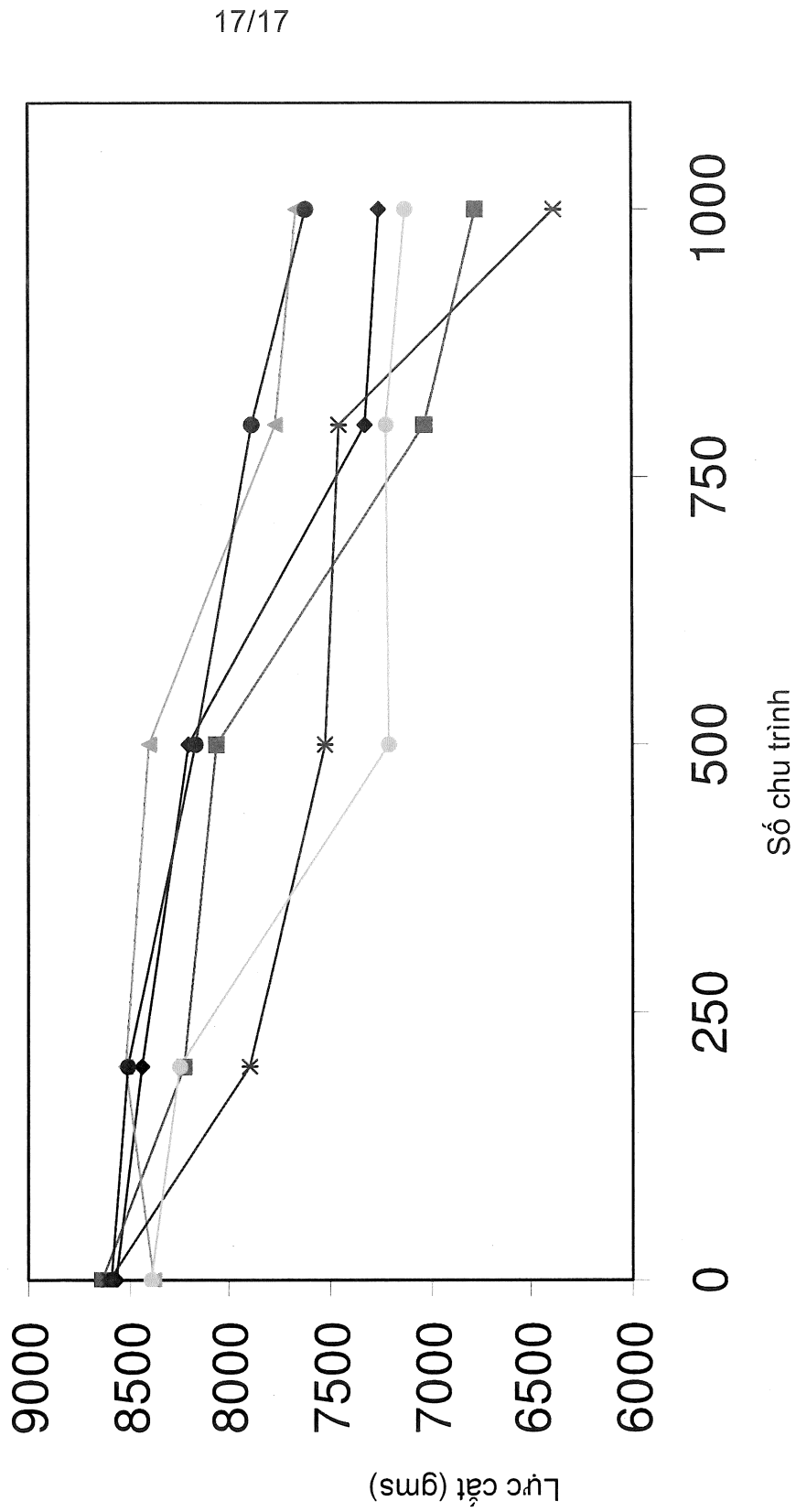


Fig.17