



(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)



1-0025246

(51)⁷

B22D 23/10; C22C 38/22; C22C 38/46; (13) **B**
C22C 38/00

(21) 1-2014-03084

(22) 01/02/2013

(86) PCT/JP2013/000567 01/02/2013

(87) WO 2013/125162 A1 29/08/2013

(30) 2012-035164 21/02/2012 JP

(45) 25/08/2020 389

(43) 25/11/2014 320A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

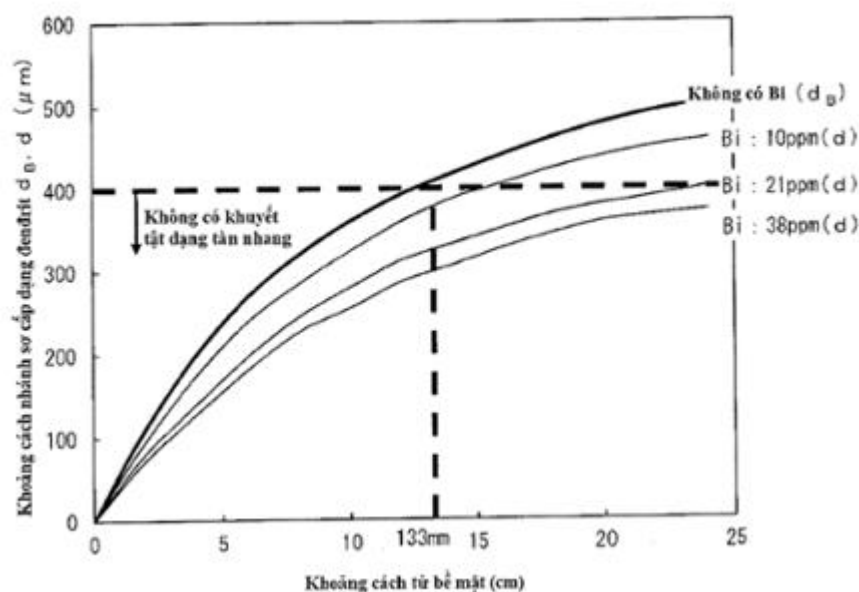
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, Japan

(72) ONISHI, Hirofumi (JP); YAMANAKA, Akihiro (JP); MIZUKAMI, Hideo (JP);
SERA, Tomoaki (JP); YAMAGUCHI, Hideyoshi (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CUỘN THÉP RÈN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất cuộn thép rèn bao gồm các bước: đúc, bằng phương pháp nấu chảy lại xỉ điện (ESR), thổi thép chứa, tính theo % khối lượng: C: 0,3% hoặc lớn hơn, Si: 0,2% hoặc lớn hơn, Cr: từ 2,0 đến 13,0% và Mo: 0,2% hoặc lớn hơn, và còn chứa Bi với lượng từ 10 đến 100 ppm, tính theo khối lượng; và rèn thổi thép để tạo ra cuộn thép. Theo phương pháp này, vì các khuyết tật có thể được bít kín gần phần giữa của thổi thép, nên cuộn thép có thể được sử dụng trong một thời gian dài.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất cuộn thép rèn để sử dụng nguội hoặc nóng, và cụ thể là sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất cuộn thép rèn mà có thể duy trì được các đặc tính bề mặt tốt ngay cả khi việc cắt bề mặt cuộn thép được lặp lại kết hợp với sử dụng trong một thời gian dài.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nói chung, các cuộn thép rèn được sản xuất, do đường kính lớn của chúng, bằng cách đúc các thỏi thép có vảy lớn (các thỏi thép) bằng phương pháp sản xuất thỏi thép và rèn các thỏi thép. Trong các thỏi thép có vảy lớn này, sự chia tách lớn được gọi là sự chia tách mờ có xu hướng xảy ra từ phần giữa đến vùng lân cận của bề mặt trong quá trình đúc, và sự chia tách mờ này còn lại phía trong các cuộn thép rèn đã được sản xuất dưới dạng sự chia tách ngay sau khi trải qua bước rèn và bước xử lý bằng nhiệt.

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt theo chiều dọc của thỏi thép thông thường thu được bằng phương pháp sản xuất thỏi thép. Như được thể hiện trên hình vẽ này, sự chia tách có dạng hình chữ V và sự chia tách mờ xuất hiện bên trong thỏi thép là sự chia tách lớn thông thường. Sự chia tách có dạng hình chữ V được tạo ra có dạng hình chữ V ở phần giữa của thỏi thép, và bao gồm sự chia tách hình chữ V đậm ở phần trên và sự chia tách có dạng hình chữ V nhạt ở phần dưới. Các tinh thể đã lắng có bên dưới chia tách có mặt dạng hình chữ V nhạt. Sự chia tách mờ, trong đó các thành phần C, P, Mn hoặc hợp kim khác được cô đặc, nằm ở vùng chạy dài từ phía ngoài của sự chia tách có dạng hình chữ V tới vị trí khoảng 1/2 bán kính của thỏi thép, và có hình dạng đường chia tách tuyến tính kéo dài theo chiều thẳng đứng của thỏi thép.

Vì vị trí tạo ra của sự chia tách mờ gần bề mặt thỏi thép hơn vị trí tạo ra của sự chia tách có dạng hình chữ V, các vết nứt bắt đầu từ sự chia tách mờ có thể bị gây ra, ở các bước rèn và xử lý bằng nhiệt sau đó đúc thỏi thép, bởi các ứng suất

trong khi xử lý biến dạng và các ứng suất nhiệt khi xử lý bằng nhiệt để làm nguội.

Hơn nữa, với các cuộn thép rèn, khi bề mặt của các cuộn thép rèn bị mài mòn hoặc bị trầy trong quá trình sử dụng, thì được phục hồi bằng cách cắt bề mặt cuộn thép để khôi phục độ nhẵn thành dải quy định. Nếu sự chia tách mờ còn lại ở vùng lân cận bề mặt của các cuộn thép rèn vì lý do đó, thì các đường chia tách có thể bị lộ với bề mặt của các cuộn thép nhờ khôi phục cắt này, ngay cả khi không có các khuyết tật như các vết nứt chẳng hạn gây ra trong quá trình sản xuất ban đầu. Khi cuộn thép với các đường chia tách đã lộ ra được sử dụng để xử lý như cán, thì chính cuộn thép này trở nên không thích hợp cho việc tái sử dụng vì các đường chia tách được di chuyển lên phôi gia công.

Do đó, đòi hỏi phải thiết lập kỹ thuật sản xuất cuộn thép rèn, mà có thể được sử dụng ổn định trong một thời gian dài mà không nứt ở các bước rèn và xử lý bằng nhiệt và không làm lộ các đường chia tách nhờ các phục hồi cắt lặp lại bề mặt của cuộn thép rèn.

Khi các thỏi thép thu được bằng phương pháp sản xuất thỏi thép được sử dụng làm vật liệu cho các cuộn thép rèn, thì chất lượng của các cuộn thép rèn thu được bị giảm đáng kể, cụ thể là, dẫn đến sự chia tách mờ. Về vấn đề này, các thỏi thép thu được bằng phương pháp nấu chảy lại xỉ điện (sau đây được gọi là “ESR”) thường được biết là có kết cấu hóa rắn với sự chia tách ít. Do đó, đối với vật liệu dùng làm các cuộn thép rèn, các thỏi thép thu được bằng phương pháp ESR thường được ứng dụng.

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt theo chiều dọc của thỏi thép thông thường thu được bằng phương pháp ESR. Bên trong thỏi thép, các khuyết tật dạng tàn nhang xuất hiện ở vùng lân cận của vùng khoảng $1/2$ bán kính của thỏi thép, mà ở đó bán kính cong của bể chứa thép nóng chảy được tăng lên, phụ thuộc vào độ sâu của bể chứa thép nóng chảy. Các khuyết tật dạng tàn nhang xuất hiện bên trong các thỏi thép bằng phương pháp ESR là nhỏ, so với sự chia tách có dạng hình chữ V

và sự chia tách ảo xuất hiện bên trong các thỏi thép bằng phương pháp sản xuất thỏi thép. Do đó, việc ứng dụng các thỏi thép thu được bằng phương pháp ESR làm vật liệu dùng làm các cuộn thép rèn hứa hẹn cải thiện chất lượng của các cuộn thép rèn.

Tuy nhiên, khuyết tật dạng tàn nhang là sự chia tách kiểu rãnh có cơ chế tạo ra giống với sự chia tách mờ. Do vậy, ngay cả khi các thỏi thép thu được bằng phương pháp ESR được sử dụng làm vật liệu dùng làm các cuộn thép rèn, thì sự giảm về chất lượng của các cuộn thép rèn do các khuyết tật dạng tàn nhang trở nên rõ ràng, tương tự với sự giảm về chất lượng của các cuộn thép rèn do sự chia tách mờ.

Cơ chế tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được giải thích như sau.

Trong quá trình rèn, các nguyên tố nhẹ như C, P, và Si trong thép chẳng hạn được chia tách nhỏ giữa các nhánh trong quá trình hóa rắn. Thép nóng chảy chia tách nhỏ này có mật độ thấp hơn thép nóng chảy theo khối (kim loại nền) vì các nguyên tố nhẹ này bị cô đặc, và nhận lực hướng lên theo chiều thẳng đứng ngược với trọng lực nhờ lực đẩy nổi.

Mặc dù thép nóng chảy chia tách nhỏ dừng lại giữa các cây dendrit giống nhánh ở giai đoạn tạo ra sớm, sau đó nó được dịch chuyển lên trên bởi lực đẩy nổi, được hợp nhất với thép nóng chảy chia tách nhỏ khác nằm hướng lên trên, và được phát triển thành chất kết tụ của thép nóng chảy chia tách nhỏ, nhờ đó thể tích của nó được tăng lên. Thép nóng chảy chia tách nhỏ này được tăng thêm về thể tích qua sự dịch chuyển lên trên và thúc đẩy quá trình hợp nhất, và được tăng bởi lực đẩy nổi lớn được tạo ra nhờ đó trong khi đi qua các nhánh thoát lên trên và làm vỡ các nhánh để tập hợp thêm thép nóng chảy chia tách nhỏ khác.

Thép nóng chảy chia tách nhỏ này đông lại theo tiến trình hóa rắn trong quá trình tăng giữa các nhánh, và duy trì đường chia tách bên trong thỏi thép, và điều này xuất hiện như khuyết tật dạng tàn nhang.

Không cần phải nói rằng khuyết tật dạng tàn nhang có nhiều khả năng xảy

ra khi lượng nguyên tố nhẹ trong thép nóng chảy lớn hơn, theo quan điểm về cơ chế tạo ra của nó.

Khi cấu trúc dạng dendrit mà là cấu trúc hóa rắn là thô, thì thể tích của thép nóng chảy chia tách nhỏ có xu hướng tăng lên, và các khuyết tật dạng tàn nhang có xu hướng bị tạo thành thô. Điều này là, khi cấu trúc dạng dendrit này thô, dòng hướng lên của thép nóng chảy dễ được sinh ra do thể tích thép nóng chảy chia tách nhỏ tăng được tạo ra giữa các nhánh và sức chịu kém khi thép nóng chảy chia tách nhỏ bắt đầu tăng bởi lực đẩy nổi.

Nói chung, khi bán kính của thỏi thép được biểu thị là R , các khuyết tật dạng tàn nhang có xu hướng xảy ra ở vùng lân cận của $R/2$ của thỏi thép trong đó bán kính cong của bề chứa thép nóng chảy được tăng lên để dễ dàng mở rộng đỉnh của khoảng cách nhánh dendrit. Tuy nhiên, khi thỏi thép có kích cỡ lớn và lượng nguyên tố nhẹ cao, thì các khuyết tật dạng tàn nhang có xu hướng được sinh ra gần bề mặt của thỏi thép, gây ra vấn đề như tạo ra các vết chẳng hạn ở bước xử lý bằng nhiệt, tương tự với trường hợp của sự chia tách mờ nêu trên.

Như được mô tả ở trên, đòi hỏi phải thiết lập kỹ thuật có khả năng ngăn ngừa các vết nứt ở các bước rèn và xử lý bằng nhiệt, trong việc sản xuất các cuộn thép rèn, và ngăn ngừa các đường chia tách bị lộ ra ngay cả khi bề mặt của các cuộn thép rèn được phục hồi lặp lại bằng cách cắt, sao cho các cuộn thép rèn có thể được sử dụng trong một thời gian dài. Để đáp ứng yêu cầu này, thì cần phải ngăn chặn hiệu quả các khuyết tật dạng tàn nhang ở giai đoạn đúc các thỏi thép hoặc hàn kín các khuyết tật dạng tàn nhang ít nhất là gần với phần giữa hơn liên quan đến bề mặt của các thỏi thép.

Người ta cho rằng, sự tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được ngăn chặn bằng cách thu nhỏ cấu trúc dạng dendrit, theo quan điểm về cơ chế tạo ra của nó. Mặc dù sự thu nhỏ cấu trúc dạng dendrit có thể đạt được bằng cách làm tăng tốc độ làm nguội khi đúc, ngay cả khi sản xuất các thỏi thép có đường kính nhỏ ở tốc độ làm nguội cao, ví dụ, kể cả các vấn đề như giới hạn về

đường kính cuộn của sản phẩm và tốc độ rèn không đủ khi rèn các thỏi thép.

Tài liệu sáng chế 1 mô tả phương pháp thu nhỏ cấu trúc dạng dendrit bằng cách thiết lập lượng P là từ 0,025 đến 0,0060% trọng lượng, như phương pháp nâng cao độ nhám bề mặt của cuộn thép đối với máy cán nguội vì độ nhám bề mặt của cuộn gây ra bởi cấu trúc nhánh được tạo ra trong quá trình đúc. Tuy nhiên, vì P thường là nguyên tố tạp chất, và gây giòn cho vật liệu sắt hoặc thép, tốt hơn là không tăng lượng P. Hơn nữa, P là nguyên tố nhẹ, gây ra các khuyết tật dạng tàn nhang như được mô tả ở trên, và lượng P tăng được coi là thúc đẩy việc tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang.

Tài liệu sáng chế 2 đề xuất phương pháp xác định trong vật mô phỏng đối với quy trình đúc, khác biệt ở chỗ, đánh giá đồng thời chỉ số đánh giá khuyết tật dạng tàn nhang (hệ số Ra (hệ số Rayleigh)) xét về dòng thép nóng chảy chia tách, hoặc chỉ số đánh giá khuyết tật tinh thể khác loại xét về cơ cấu tạo tinh thể khác loại từ nồng độ hoặc nhiệt độ được đánh giá trong mô phỏng quy trình đúc dựa vào phương án đúc tùy chọn để xác định chất lượng của phương án đúc. Như được mô tả trong đoạn [0057] của tài liệu này, mặc dù điều này có thể được đề xuất từ ví dụ đánh giá trên Fig.12 trong tài liệu này rằng các khuyết tật dạng tàn nhang có khả năng xảy ra ở vị trí, mà trong đó hệ số Ra là 0,07 hoặc lớn hơn, các trị số tham chiếu đánh giá khuyết tật phải được thiết lập mới khi nguyên liệu đúc bị thay đổi.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 61-009554

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2003-033864

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Như được mô tả ở trên, việc thu nhỏ cấu trúc dạng dendrit trong các thỏi

thép khi vật liệu dùng làm các cuộn thép rèn có các vấn đề như giới hạn về đường kính cuộn thép và xuất hiện độ giòn hoặc sự chia tách do các lượng nguyên tố nhẹ tăng. Sáng chế được tạo ra nhằm khắc phục các vấn đề này, và mục đích của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất cuộn thép rèn, có khả năng ngăn ngừa hiệu quả các khuyết tật dạng tàn nhang, trong quá trình đúc thổi thép khi vật liệu dùng làm các cuộn thép rèn bằng phương pháp ESR, hoặc hàn kín các khuyết tật dạng tàn nhang ít nhất là gần với phần giữa hơn liên quan đến vị trí, mà ở đó các khuyết tật dạng tàn nhang xuất hiện trong các thổi thép thông thường.

Giải pháp kỹ thuật

Kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu nhằm đạt được mục đích nêu trên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng cấu trúc dạng dendrit có thể được thu nhỏ trong khi ngăn ngừa hình thành các khuyết tật dạng tàn nhang bằng cách bổ sung Bi vào thép nóng chảy, trong quá trình đúc bằng phương pháp ESR, để đúc thổi thép chứa lượng Bi định trước. Nội dung của các nghiên cứu sẽ được mô tả sau.

Sáng chế đạt được dựa vào những phát hiện này, và sáng chế đều xuất phương pháp dưới đây để sản xuất cuộn thép rèn. Cụ thể là, phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế, khác biệt ở chỗ, bao gồm các bước đúc, bằng phương pháp ESR, thổi thép chứa, tính theo % khối lượng, C: 0,3% hoặc lớn hơn, Si: 0,2% hoặc lớn hơn, Cr: từ 2,0 đến 13,0% và Mo: 0,2% hoặc lớn hơn, và còn chứa Bi từ 10 đến 100 ppm, tính theo khối lượng; và rèn thổi thép để tạo ra cuộn thép.

Trong phần mô tả dưới đây, đối với thành phần của các thép, “%” có nghĩa là “% tính theo khối lượng (% khối lượng)”, và “ppm” có nghĩa là “ppm tính theo khối lượng”, trừ khi có ghi chú khác.

Hiệu quả của sáng chế

Theo phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế, các khuyết tật

dạng tàn nhang mà là sự chia tách nhỏ được tạo ra khi đúc thỏi thép bằng phương pháp ESR có thể được bít kín gần phần giữa liên quan đến bề mặt của thỏi thép. Vì các vết nứt bắt đầu từ sự chia tách có thể được ngăn chặn trong quá trình rèn và xử lý thỏi thép bằng nhiệt, và các đường chia tách của khuyết tật dạng tàn nhang là khó bị lộ ra ngay cả khi cuộn thép được phục hồi bằng cách cắt để tái sử dụng cuộn thép, thì cuộn thép có thể được sử dụng trong một thời gian dài.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt theo chiều dọc của thỏi thép thông thường thu được bằng phương pháp sản xuất thỏi thép.

Fig.2 là hình vẽ mặt cắt theo chiều dọc của thỏi thép thông thường thu được bằng phương pháp ESR.

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện, ở phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế, một ví dụ về đúc thỏi thép được sử dụng làm vật liệu bằng phương pháp ESR.

Fig.4 là hình vẽ thể hiện mối tương quan giữa lượng Bi và khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit.

Fig.5 là hình vẽ thể hiện mối tương quan giữa khoảng cách theo bán kính từ bề mặt thỏi thép và khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện mối tương quan giữa khoảng cách theo bán kính từ bề mặt thỏi thép và trị số của R_a/R_{a0} .

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế, khác biệt ở chỗ, bao gồm các bước: đúc, bằng phương pháp ESR, thỏi thép chứa C: 0,3% hoặc lớn hơn, Si: 0,2% hoặc lớn hơn, Cr: từ 2,0 đến 13,0% và Mo: 0,2% hoặc lớn hơn, và còn chứa Bi ở 10 đến 100 ppm; và rèn thỏi thép để tạo ra cuộn thép.

Các lý do để định rõ phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế như

được mô tả ở trên và sau đó các phương án ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả.

1. Đúc thép bằng phương pháp ESR

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện, trong phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế, một ví dụ về trạng thái đúc thổi thép được sử dụng làm vật liệu bằng phương pháp ESR.

Như được thể hiện trên hình vẽ này, trong phương pháp ESR, ống nối 4 được nối bằng cách hàn vào đầu trên của điện cực nóng chảy hình trụ 2 là kim loại nền của thổi thép 1, và điện cực được dịch chuyển xuống theo chiều hạ ống nối 4 bằng cơ cấu nâng và hạ không được thể hiện. Thanh kim loại nóng chảy 7 được giữ trong khuôn đúc (khuôn đúc bằng đồng được làm nguội bằng nước) 6 trong khoang 5, và việc cấp điện được thực hiện với điện cực nóng chảy 2 được ngâm trong thanh kim loại nóng chảy 7, nhờ đó điện được cấp tới thanh kim loại nóng chảy 7, và thanh kim loại nóng chảy 7 sinh ra nhiệt. điện cực nóng chảy 2 bị nóng chảy liên tục từ đầu dưới bởi nhiệt lượng Joule của thanh kim loại nóng chảy 7. Điện cực nóng chảy 2 lắng xuống qua thanh kim loại nóng chảy 7 dưới dạng các giọt, và hóa rắn ở các lớp trong khi được giữ lại như bể chứa thép nóng chảy 3 trong khuôn đúc 6. Điện cực nóng chảy 2 được nóng chảy liên tục lên tới đầu trên, và thép nóng chảy 3 được hóa rắn liên tục trong khuôn đúc 6, nhờ đó thu được thổi thép 1 cho cuộn thép rèn.

Theo sáng chế, vì thổi thép 1 thu được bằng phương pháp ESR chứa lượng Bi định trước, nên thép nóng chảy 3 phải được tạo ra để chứa Bi trong quá trình đúc bằng phương pháp ESR. Đối với phương pháp này, Bi có thể được bổ sung vào thép nóng chảy 3 ở giai đoạn đúc bằng phương pháp ESR, hoặc Bi có thể được bổ sung, ở giai đoạn trước khi đúc bằng phương pháp ESR hoặc ở giai đoạn sản xuất điện cực nóng chảy 2 là kim loại nền bằng phương pháp sản xuất thổi thép, cho thép nóng chảy của bản điện cực.

Khi Bi được bổ sung vào thép nóng chảy 3 ở giai đoạn đúc bằng phương pháp ESR như trước đây, việc bổ sung Bi có thể đạt được bằng cách cung cấp

dây Bi 8 chứa Bi cho thép nóng chảy 3 như được thể hiện trên Fig.3. Bên cạnh đó, cũng có thể đạt được bằng cách hàn sơ bộ dây Bi vào bề mặt bên của bản điện cực nóng chảy 2 dọc theo chiều trục.

Khi đúc bằng phương pháp ESR, nhiệt độ của thép nóng chảy vượt quá 1600°C . Mặt khác, điểm sôi thuần túy của Bi chỉ là 1564°C ở dưới nhiệt độ thép nóng chảy. Do đó, khi dây Bi bao gồm thân đơn Bi, Bi không thể được giữ lại một cách hiệu quả trong thép nóng chảy vì Bi bị bay hơi trong suốt quá trình đúc. Do vậy, dây Bi bao gồm hợp kim của Bi với Ni hoặc nguyên tố tương tự. Chất lẫn của Ni hoặc nguyên tố tương tự dẫn đến làm tăng rõ ràng điểm sôi của Bi. Khi chuỗi Ni-Bi được chọn làm hợp kim, hàm lượng Bi trong dây Bi tốt hơn là được thiết đặt tới từ 20 đến 70% khối lượng sao cho Bi có mặt ở trạng thái pha lỏng trong thép nóng chảy.

Khi Bi được bổ sung vào thép nóng chảy ở giai đoạn sản xuất bản điện cực nóng chảy 2 sau đó, Bi có thể được bổ sung trong hoàn cảnh lượng Bi bay hơi trong quá trình đúc bằng phương pháp ESR.

2. Hợp phần của cuộn thép rèn và lý do xác định hợp phần này

C: 0,3% hoặc lớn hơn

C làm tăng độ cứng của thép. C cũng làm tăng tính chịu mài mòn của thép bằng cách liên kết với Cr hoặc V để tạo ra cacbit. Do đó, hàm lượng C được thiết lập là 0,3% hoặc lớn hơn, tốt hơn là tới 0,5% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là tới 0,85% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của hàm lượng C không bị giới hạn một cách cụ thể, nhưng nếu C được chứa quá nhiều, độ cứng thích hợp đặc biệt là các cuộn thép rèn để cán nguội không thể được đảm bảo, và độ bền và khả năng gia công của thép bị giảm do sự phân bố cacbit không đồng đều. Do vậy, hàm lượng C tốt hơn là được thiết đặt tới 1,3% hoặc ít hơn, tốt hơn là tới 1,05% hoặc ít hơn.

Si: 0,2% hoặc lớn hơn

Si là nguyên tố để khử oxy thép. Si cũng làm tăng độ bền làm mềm khi ram

thép và làm tăng độ cứng của thép bằng cách được hòa tan rắn trong thép. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập là 0,2% hoặc lớn hơn, tốt hơn là tới 0,3% hoặc lớn hơn. Mặc dù giới hạn trên của hàm lượng Si không bị giới hạn một cách cụ thể, độ sạch của thép bị giảm khi Si quá nhiều. Do vậy, hàm lượng Si tốt hơn là được thiết đặt là 1,1% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,85% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 0,6% hoặc ít hơn.

Cr: từ 2,0 đến 13,0%

Cr làm tăng khả năng cứng rắn của thép. Cr cũng làm tăng tính chịu mài mòn của thép bằng cách tạo ra cacbit. Mặt khác, khi Cr quá nhiều, độ dẻo hoặc độ dai của thép bị giảm do sự phân bố không đồng đều của cacbit. Do vậy, hàm lượng Cr được thiết đặt từ 2,0 đến 13,0%, tốt hơn là từ 2,5 đến 10,0%.

Mo: 0,2% hoặc lớn hơn

Mo làm tăng độ cứng của thép. Mo cũng làm tăng độ bền chống làm mềm khi ram. Do đó, hàm lượng Mo được thiết lập là 0,2% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,3% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Mo không bị giới hạn một cách cụ thể. Tuy nhiên, nếu Mo quá nhiều, độ dẻo hoặc độ dai của thép bị giảm do tạo ra cacbit. Do vậy, hàm lượng Mo tốt hơn được thiết lập là 1,0% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,7% hoặc ít hơn.

Bi: từ 10 đến 100 ppm

Vì C và Si là các nguyên tố nhẹ, nên các khuyết tật dạng tàn nhang có xu hướng xảy ra khi chứa 0,2% hoặc lớn hơn Si trong thép nhiều cacbon có hàm lượng C là 0,3% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, Bi có trong thép nóng chảy trong quá trình đúc bằng phương pháp ESR để thiết đặt hàm lượng Bi là 10 ppm hoặc nhiều hơn, như sẽ được mô tả dưới đây, nhờ đó tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được ngăn chặn. Khi hàm lượng Bi vượt quá 100 ppm, tính giòn trở thành vấn đề, ngay cả khi nó là một lượng nhỏ, khi tạo ra cuộn thép bằng cách rèn. Do đó, hàm lượng Bi được thiết đặt là 100 ppm hoặc ít hơn.

Cuộn thép rèn có thể còn chứa các nguyên tố sau, ngoài các nguyên tố chủ

yếu nêu trên.

Mn: từ 0,4 đến 1,5%

Mn làm tăng độ cứng của thép. Hơn nữa, Mn là nguyên tố có hiệu quả khử oxy của thép. Nếu Mn quá nhiều, thì độ bền nứt của thép bị giảm. Do đó, nếu Mn được chứa linh hoạt, thì hàm lượng của nó được thiết lập từ 0,4 đến 1,5%.

Ni: 2,5% hoặc ít hơn

Ni làm tăng độ bền của thép. Ni cũng làm tăng độ cứng của thép. Mặt khác, nếu Ni quá nhiều, thì hiện tượng nứt do hydro có xu hướng xảy ra sau khi xử lý bằng nhiệt. Vì Ni là nguyên tố tạo nên auxtenit, độ cứng của thép bị giảm nếu Ni quá nhiều. Do đó, nếu Ni được chứa linh hoạt, thì hàm lượng Ni được thiết lập là 2,5% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,8% hoặc ít hơn.

V: 1,0% hoặc ít hơn

V làm tăng tính chịu mài mòn của thép bằng cách tạo ra cacbit. Tuy nhiên, nếu V quá nhiều, độ dẻo hoặc độ dai của thép bị giảm do tạo ra cacbit. Do đó, nếu V được chứa linh hoạt, thì hàm lượng của nó được thiết lập là 1,0% hoặc ít hơn, tốt hơn là 0,2% hoặc ít hơn.

Trong các thỏi thép có thành phần nêu trên, cấu trúc dạng dendrit trở nên mịn bằng cách đúc bằng phương pháp ESR. Do đó, trong các cuộn thép rèn được sản xuất bằng cách rèn các thỏi thép này làm vật liệu, các khuyết tật dạng tàn nhang được ngăn chặn hoàn hảo, hoặc các khuyết tật dạng tàn nhang được hàn kín gần phần giữa của các thỏi thép, so với trường hợp trong đó không chứa Bi, sao cho các đường chia tách không lộ ra ngay cả khi bề mặt của các cuộn thép rèn được phục hồi lặp lại bằng cách cắt, và do đó các cuộn thép rèn có thể được sử dụng ổn định làm các cuộn thép tái chế.

3. Hiệu quả của chất lẫn chứa Bi

Bằng thử nghiệm hóa rắn đơn hướng sau, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng cấu trúc dạng dendrit có thể được thu nhỏ để ngăn ngừa tạo ra các khuyết

tật dạng tàn nhang bằng cách khiến cho thép nóng chảy chứa Bi trong quá trình đúc bằng phương pháp ESR sao cho thép thu được chứa lượng nhỏ (10 ppm hoặc lớn hơn) Bi.

3-1. Điều kiện thử nghiệm

Thử nghiệm được thực hiện để đúc thép dạng cột có đường kính 15 mm và chiều cao 50 mm bằng phương pháp ESR. Về vấn đề đó, các thép lần lượt có các hàm lượng Bi 10 ppm, 21 ppm và 38 ppm được sản xuất bằng cách bổ sung Bi cho các thép nóng chảy, và thép không có Bi cũng được tạo ra mà không cần bổ sung Bi. Tốc độ làm nguội được thiết lập từ 5 đến 15°C/phút theo điều kiện hoạt động thực.

Đối với mỗi thép thu được, mỗi khoảng cách giữa khoảng 10 nhánh sơ cấp chạy dài cơ bản song song với chiều trục ở phần dọc đi qua tâm được đo, và trị số trung bình số học của chúng được lấy làm khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit của mỗi thép.

3-2. Kết quả thử nghiệm

Fig.4 là hình vẽ thể hiện mối tương quan giữa lượng Bi và khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit. Trên hình vẽ này, khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit (d) được thể hiện theo trục thẳng đứng dưới dạng hệ số (d/d_B) so với khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit (d_B) của thép không có Bi. Trên hình vẽ này, người ta phát hiện ra rằng hàm lượng Bi là cao hơn, khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit của thép cacbon là hẹp hơn, và cấu trúc dạng dendrit là mịn hơn. Điều này là do Bi là nguyên tố có hiệu quả làm giảm năng lượng mặt phân giới của mặt phân giới rắn lỏng của thép cacbon, và thể hiện hiệu quả đến việc thu nhỏ khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit ngay cả khi hàm lượng của nó là rất nhỏ. Nếu hàm lượng Bi là 10 ppm hoặc lớn hơn, thì việc tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được ngăn chặn một cách hiệu quả, như được thể hiện trong các ví dụ được mô tả sau.

4. Chỉ số tạo ra khuyết tật dạng tàn nhang

Các tác giả sáng chế đã tập trung chú ý về việc sử dụng hệ số Ra làm chỉ số tạo khuyết tật dạng tàn nhang. Hệ số Ra là trị số kích thước thể hiện dòng đối lưu ở phạm vi nhiệt độ, hoặc sản phẩm có số Pr (số Prandtl) và số Gr (số Grashof), và được biểu thị là phương trình (1) dưới đây.

$$Ra=Pr \cdot Gr=g\beta(T_s-T_\infty)L^3/\nu\alpha \quad \dots (1)$$

Trong phương trình này, g [m/s^2]: gia tốc trọng lực, β [$1/K$]: hệ số tăng thể tích, T_s [K]: nhiệt độ bề mặt đối tượng, T_∞ [K]: nhiệt độ của chất lỏng, ν [m^2/s]: hệ số độ nhớt động học, α [m^2/s]: hệ số khuếch tán nhiệt, và L [m]: chiều dài tiêu chuẩn.

Số Ra được coi là tỷ lệ của lực đẩy nổi là lực dẫn động dòng chảy đối với lực cản dòng chảy, và tỉ lệ với khối lập phương của chiều dài tiêu chuẩn như được thể hiện ở phương trình (1) nêu trên. Nếu tính tới hạn của sự tạo khuyết tật dạng tàn nhang được dự tính, thì chiều dài tiêu chuẩn trong hệ số Ra cần được thiết lập tới độ lớn của sự chia tách nhỏ giữa các cây dendrit. Vì thép nóng chảy chia tách nhỏ được nạp đầy giữa các nhánh ở trạng thái tạo ra sớm, nên độ lớn của sự chia tách nhỏ có thể được coi là khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit. Theo đó, chiều dài tiêu chuẩn về số Ra có thể được thiết lập tới khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit. Do vậy, số Ra có thể được cho là tỷ lệ với lập phương của khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit.

Như được mô tả ở trên, vì các khuyết tật dạng tàn nhang có nhiều khả năng được tạo thành hạt thô khi cấu trúc dạng dendrit này thô hơn, các khuyết tật dạng tàn nhang được coi là dễ xảy ra hơn khi số Ra lớn hơn. Nếu các kết quả tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang trong các thỏi thép thực tế so với số Ra, số Ra có thể được lấy làm chỉ số tính tới hạn của sự tạo khuyết tật dạng tàn nhang. Vì hệ số Ra tương xứng với lập phương của khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit ngay cả khi giảm khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit bằng cách chứa lượng nhỏ Bi trong các thỏi thép là tương đối nhỏ, việc có Bi trong các thỏi thép có hiệu quả làm giảm số Ra, và do đó cực kỳ hiệu quả để ngăn chặn tạo ra các

khuyết tật dạng tàn nhang.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các hiệu quả của sáng chế được đánh giá bằng thử nghiệm sơ bộ được thực hiện bằng cách sử dụng thực tế các thỏi thép và mô phỏng bằng phép tính bằng số.

1. Thử nghiệm sơ bộ

Thử nghiệm đúc thỏi thỏi thép có đường kính 800 mm bằng phương pháp ESR được thực hiện làm thử nghiệm sơ bộ. Đối với thép theo sáng chế, thép nhiều cacbon với lượng 0,87% C, 0,30% Si, 0,41% Mn, 0,10% Ni, 4,95% Cr, 0,41% Mo, 0,01% V (không có Bi) được chấp nhận. Nhiệt độ đường lỏng của thép này là 1460°C, và nhiệt độ đường rắn của nó là 1280°C. Đối với điều kiện đúc, phạm vi thép nóng chảy 9 t (tấn) và chiều dài thỏi thép 2,3 m được chấp nhận.

Kết quả là, không có khuyết tật dạng tàn nhang nào được tạo ra tới vị trí 133 mm hướng kính vào phía trong từ bề mặt thỏi thép, và các khuyết tật dạng tàn nhang được tạo ra ở phía bên trong của nó. Cụ thể là, điểm tới hạn của sự tạo khuyết tật dạng tàn nhang là vị trí 133 mm vào phía trong từ bề mặt thỏi thép. Khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit và số Ra tại điểm tới hạn tạo khuyết tật dạng tàn nhang này lần lượt được biểu thị là d_0 và Ra_0 , và được sử dụng làm các trị số tham chiếu của phần mô phỏng sau bằng phép tính bằng số.

2. Mô phỏng bằng phép tính bằng số

Các điều kiện đánh giá về mô phỏng phép tính bằng số được thiết lập như sau. Thép theo sáng chế có hợp phần giống với thử nghiệm sơ bộ nêu trên với lượng 0,87% C, 0,30% Si, 0,41% Mn, 0,10% Ni, 4,95% Cr, 0,41% Mo, 0,01% V, với hàm lượng Bi là 0 ppm (không có Bi), 10 ppm, 21 ppm, và 38 ppm. Đường kính của thỏi thép được thiết lập là 800 mm tương tự với thử nghiệm sơ bộ.

Trong các điều kiện đánh giá nêu trên, tốc độ hóa rắn và tốc độ làm mát của

mỗi phần của thỏi thép được tính toán bằng phân tích truyền nhiệt không ổn định một chiều của thỏi thép, và sự phân bố của khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit theo chiều hướng kính từ bề mặt của thỏi thép được tính toán bằng phương trình (2) dưới đây (“Sự hóa rắn của sắt và thép”, The Iron and Steel Institute of Japan-Iron and Steel Basic Joint Research, Division of Solidification, 1997, Appendix-4). Phương trình (2) là biểu thức thử nghiệm của khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit d (μm) sử dụng tốc độ hóa rắn V (cm/phút) và gradien nhiệt độ G ($^{\circ}\text{C}/\text{cm}$) như các thông số trong trường hợp mà thép Cr-Mo được chấp nhận.

$$d=1620V^{-0.2}G^{-0.4} \dots (2)$$

Fig.5 là hình vẽ thể hiện mối tương quan giữa khoảng cách theo bán kính từ bề mặt thỏi thép và khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit. Khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit (d_B) trong trường hợp không có Bi, được thể hiện trên hình vẽ này, được tính toán từ phương trình (2) nêu trên. Khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit (d) trong trường hợp chứa Bi được tính toán bằng cách nhân hệ số (d/d_B) của khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit đối với mỗi hàm lượng Bi (10 ppm, 21 ppm và 38 ppm) được thể hiện trên Fig.4 bằng trị số d_B mà được tính toán từ phương trình (2).

Fig.6 là hình vẽ thể hiện mối tương quan giữa khoảng cách theo bán kính từ bề mặt thỏi thép và trị số của Ra/Ra_0 . Đối với số Ra (Ra) trong mỗi hàm lượng Bi, Ra/Ra_0 có thể được gọi là lập phương của d/d_0 , như được thể hiện trong phương trình (3) dưới đây bắt nguồn từ phương trình (1) nêu trên. Ra/Ra_0 được thể hiện trên hình vẽ này được tính toán dựa vào phương trình (3) dưới đây.

$$Ra/Ra_0=(d/d_0)^3 \dots (3)$$

Trong phương trình này, Ra/Ra_0 là tỷ số của số Ra (Ra) trong mỗi hàm lượng Bi so với số Ra cơ bản (Ra_0 được xác định trong thử nghiệm sơ bộ nêu trên), và d/d_0 là tỷ lệ về khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit d của mỗi thỏi thép chứa Bi trên khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit d_0 tại điểm tới hạn tạo

khuyết tật dạng tàn nhang của thỏi thép không có Bi.

Dựa vào Fig.5, người ta phát hiện ra rằng khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit d_0 tại điểm tới hạn tạo khuyết tật dạng tàn nhang của thỏi thép không có Bi là khoảng 400 μm . Ở phía trong của thỏi thép mà trong đó khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit d lớn hơn d_0 , các khuyết tật dạng tàn nhang được tạo ra. Mặt khác, khi Bi được chứa theo các lượng nhỏ (10 ppm, 21 ppm, và 38 ppm), thì khoảng cách nhánh sơ cấp dạng dendrit d trở nên nhỏ hơn khoảng cách nhánh nêu trên tại điểm tới hạn d_0 hầu như trên toàn bộ diện tích kéo dài xuyên tâm từ bề mặt thỏi thép. Trong trường hợp này, hoặc khi $d/d_0 < 1$ được thỏa mãn, thì việc tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang được ngăn chặn. Vì $d/d_0 < 1$ tương ứng với $R_a/R_{a0} < 1$ từ phương trình nêu trên (3), khi được thể hiện lại bằng cách sử dụng hệ số R_a , có thể nói rằng, việc tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang được ngăn chặn trong trường hợp thỏa mãn $R_a/R_{a0} < 1$.

Theo Fig.6 nêu trên, vì $R_a/R_{a0} < 1$ được thỏa mãn đến một phần khá sâu (vùng lân cận của phần giữa của thỏi thép) từ bề mặt của thỏi thép trong trường hợp chứa Bi, có thể chỉ ra rằng các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được hàn kín không chỉ ở vùng lân cận của bề mặt của thỏi thép mà còn gần phần giữa, hoặc việc tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được ngăn chặn một cách hoàn hảo.

Từ các kết quả ở trên, nếu hàm lượng Bi bằng 10 ppm hoặc lớn hơn, thì sự tạo ra các khuyết tật dạng tàn nhang có thể được ngăn chặn một cách chắc chắn.

Hơn nữa, dựa vào Fig.6, người ta cho rằng diện tích mà ở đó R_a/R_{a0} nhỏ hơn 1 trong trường hợp chứa Bi được kéo dài gần hơn với phía phần giữa của thỏi thép trong trường hợp không chứa Bi. Do đó, có thể là mục đích để giữ vị trí tạo ra của các khuyết tật dạng tàn nhang cách xa bề mặt thỏi thép càng nhiều càng tốt có thể đạt được ở các kích cỡ tùy chọn của các thỏi thép. Tuy nhiên, vì việc làm nguội thực tế các thỏi thép không nhất thiết phải được thực hiện đồng đều, mà thường được thực hiện không đồng đều, có thể giả định rằng khoảng

cách nhánh sơ cấp dạng dendrit được kéo dài một phần. Từ đó, quan trọng là phải thiết lập hàm lượng Bi bằng 10 ppm hoặc lớn hơn.

Ngoài ra, khi thử nghiệm sơ bộ và mô phỏng giống nhau được thực hiện bằng cách chọn, đối với thép theo sáng chế, thép nhiều cacbon với lượng 1,30% C, 0,24% Si, 0,32% Mn, 0,51% Ni, 9,75% Cr, 0,50% Mo, 0,11% V, thì đạt được các kết quả giống nhau.

Như được nhìn thấy ở trên, hiệu quả có thể bằng cách bao gồm lượng nhỏ (10 ppm hoặc lớn hơn) của Bi trong các thỏi thép được xác định.

Như được nêu trên, vì tính giòn trở thành vấn đề khi tạo ra các cuộn thép bằng cách rèn nếu hàm lượng Bi vượt quá 100 ppm, hàm lượng Bi lên tới 100 ppm.

Mặc dù hình dạng của thỏi thép có dạng hình trụ trong các ví dụ nêu trên, rõ ràng là, có thể có được các hiệu quả tương tự ngay cả khi nó có dạng hình cột vuông.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo phương pháp sản xuất cuộn thép rèn của sáng chế, các khuyết tật dạng tàn nhang là sự chia tách nhỏ được sinh ra trong quá trình đúc các thỏi thép có thể được bít kín gần phần giữa hơn so với bề mặt của thỏi thép. Do đó, các vết nứt bắt đầu từ sự chia tách khi xử lý bằng nhiệt các thỏi thép có thể được ngăn chặn, và các cuộn thép có thể được sử dụng trong một thời gian dài vì các đường chia tách của các khuyết tật là khó bị lộ ra ngay cả khi bề mặt cuộn thép được phục hồi bằng cách cắt để tái sử dụng.

Danh sách các số chỉ dẫn

1. Thỏi thép
2. Bản điện cực nóng chảy
3. Thép nóng chảy
4. Ống nối
5. Ngăn
6. Khuôn đúc
7. Xi nóng chảy
8. Hai dây

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất cuộn thép rèn, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước:

đúc, bằng phương pháp nấu chảy lại xỉ điện (ESR), các thỏi thép chứa, tính theo % khối lượng: C: 0,3% hoặc lớn hơn, Si: 0,2% hoặc lớn hơn, Cr: từ 2,0 đến 13,0% và Mo: 0,2% hoặc lớn hơn, và còn chứa Bi với lượng từ 10 đến 38 ppm, tính theo khối lượng; và

rèn thỏi thép để tạo ra cuộn thép.

FIG.1

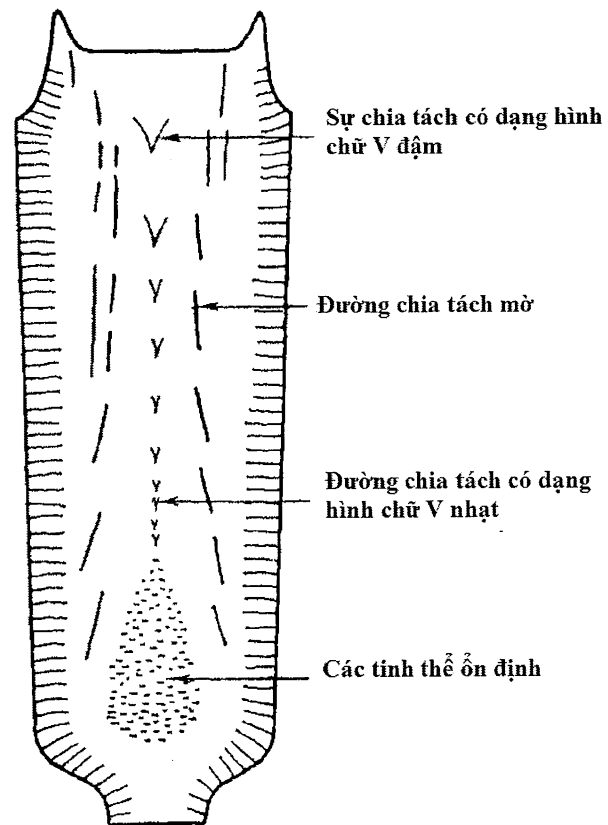


FIG.2

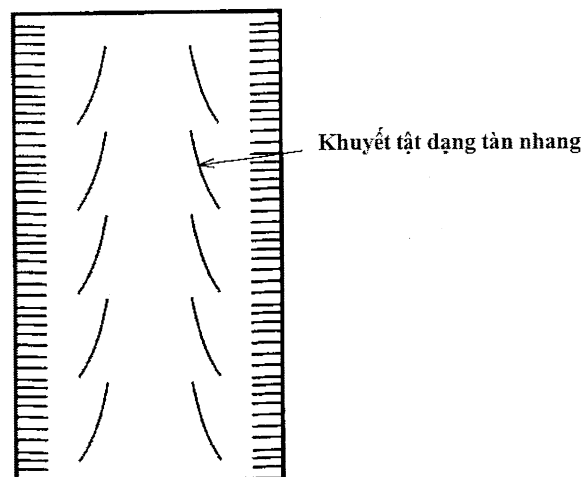


FIG.3

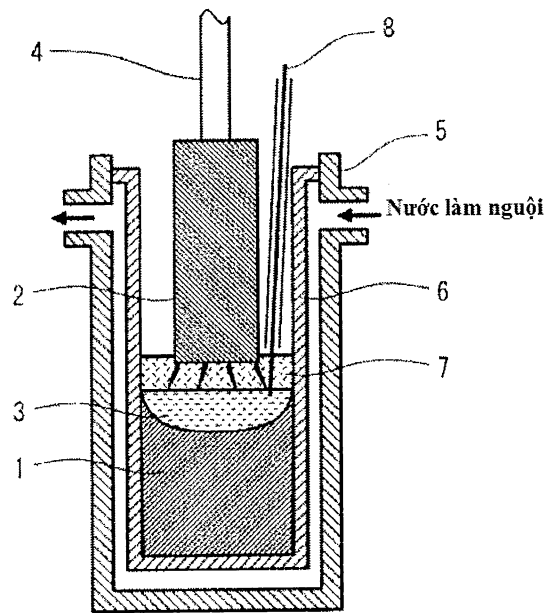
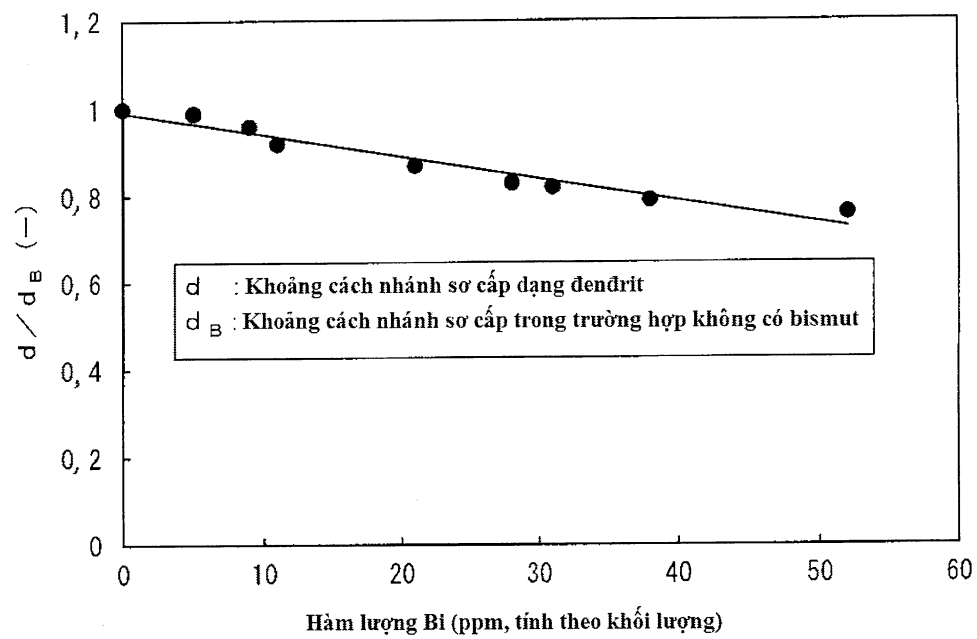


FIG.4



0,2

FIG.5

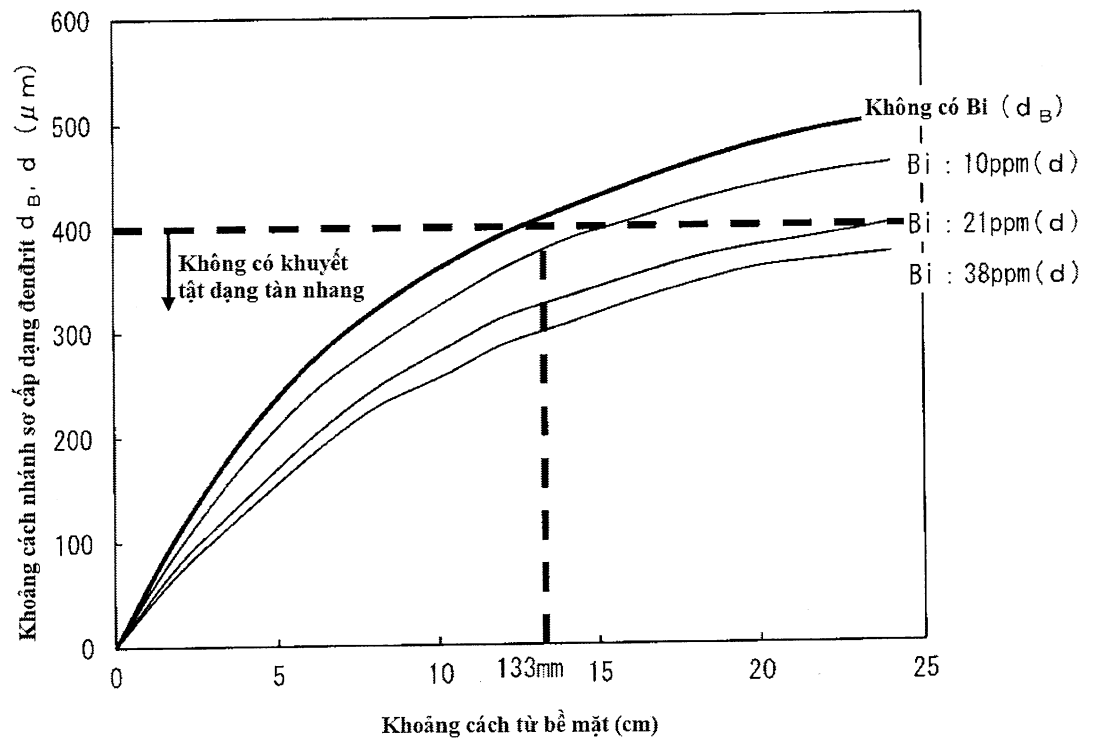


FIG.6

