



(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)



1-0041134

(51)^{2020.01} C21D 8/02; C23C 2/12; C22C 38/06;
C22C 38/02; C22C 38/04

(13) B

(21) 1-2021-03668

(22) 18/12/2018

(86) PCT/IB2018/060219 18/12/2018

(87) WO 2020/128571 25/06/2020

(45) 25/09/2024 438

(43) 25/10/2021 403

(73) ARCELORMITTAL (LU)

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg, Luxembourg

(72) REMY, Blandine (FR); STUREL, Thierry (FR); LUCAS, Emmanuel (FR); BOI, Gianni (FR).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) CHI TIẾT THÉP ĐÃ PHỦ ĐƯỢC HÓA CỨNG BẰNG CÁCH ÉP CÓ KHẢ NĂNG CHỐNG ĐÚT GẦY CHẠM CAO VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT CHI TIẾT NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có khả năng chống đứt gãy chậm cao, lớp phủ chứa (Fe_x-Al_y) các hợp chất liên kim loại do sự khuếch tán của sắt vào nhôm hoặc hợp kim nhôm, hoặc hợp kim nhôm của lớp phủ sơ bộ, trong đó thành phần hoá học của thép, tính theo khối lượng, bao gồm: $0,16\% \leq C \leq 0,42\%$, $0,1\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,07\% \leq Si \leq 1,60\%$, $0,002\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq Cr \leq 1,0\%$, $0,0005 \leq B \leq 0,005\%$, $0,002\% \leq Mg \leq 0,007\%$, $0,002\% \leq Ti \leq 0,11\%$, $0,0008\% \leq O \leq 0,005\%$, trong đó $(Ti) \times (O)^2 \times 10^7 \leq 2$, $0,001\% \leq N \leq 0,007\%$, $0,001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,025\%$ và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ danh sách sau: $0,005\% \leq Ni \leq 0,23\%$, $0,005\% \leq Nb \leq 0,060\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và trong đó vi cấu trúc này chứa ít nhất là 95% mactensit.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến chi tiết thép được hóa cứng bằng cách ép được tạo ra từ tấm thép mà được nung nóng, được định hình bằng cách ép và được làm nguội nhanh, giúp cho thép có được đặc tính cơ học kéo cao với khả năng chống đứt gãy chậm cao. Các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép như vậy có thể có hình dạng phức tạp và đảm bảo chức năng chống xâm nhập hoặc hấp thụ năng lượng trong các xe ô tô hoặc xe tải.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đối với việc sản xuất thân gần đây trong cấu trúc trống trong ngành công nghiệp ô tô, quy trình hóa cứng bằng cách ép, còn được gọi là quy trình định hình bằng cách dập nóng hoặc ép nóng, là một công nghệ phát triển nhanh chóng để sản xuất các bộ phận bằng thép có độ bền cao cơ học, mà cho phép có thể giảm được trọng lượng của xe cùng với độ bền cao trong trường hợp va chạm xe. Ví dụ, các bộ phận của xe như đệm giảm va, cửa ra vào hoặc đường ray, cột chống... có thể được chế tạo bằng quy trình này.

Cụ thể, việc thực hiện quá trình hóa cứng bằng cách ép với việc sử dụng các tấm hoặc phôi đã được phủ sơ bộ bằng nhôm là đã biết qua các công bố đơn FR2780984 và WO2008053273: tấm thép đã được phủ nhôm có thể xử lý nhiệt được cắt để thu được phôi, được nung nóng trong lò và nhanh chóng được định hình bằng cách ép nóng và được làm nguội trong các khuôn ép. Trong quá trình nung nóng trong lò, lớp phủ sơ bộ nhôm được hợp kim hóa với nền thép, do vậy tạo ra các hợp chất đảm bảo bảo vệ cho bề mặt thép chống lại sự khử cacbon và tạo vảy. Quá trình nung nóng được thực hiện trong khoảng nhiệt độ có thể cho phép biến đổi một phần hoặc toàn bộ nền thép thành austenit. Sau đó, austenit biến đổi ở bước làm nguội thu được từ việc trích xuất nhiệt ra khỏi khuôn ép, thành thành phần vi cấu trúc như mactensit và/hoặc bainit, do vậy đạt được việc làm hóa cứng cấu trúc của thép. Sau đó, thu được độ cứng và độ bền cơ học cao sau khi hóa cứng bằng cách ép.

Với thành phần thép 22MnB5, tốc độ làm nguội phải cao hơn 50°C/giây nếu cấu trúc hoàn toàn mactensit là mong muốn thậm chí trong các vùng biến dạng của chi tiết.

Bắt đầu từ độ bền kéo khoảng 500MPa, chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép cuối có vi cấu trúc hoàn toàn mactensit và giá trị độ bền kéo khoảng 1500 MPa.

Mức độ bền như vậy là thích hợp đối với nhiều ứng dụng. Tuy nhiên, nhu cầu giảm tiêu thụ năng lượng của các phương tiện giao thông thúc đẩy việc tìm kiếm các loại xe có trọng lượng nhẹ hơn thông qua việc sử dụng sử dụng các chi tiết có độ bền cơ học thậm chí cao hơn, có nghĩa là chúng có độ bền kéo có thể đạt 1800 hoặc thậm chí 2000 MPa. Mức độ bền cao thường liên quan đến vi cấu trúc hoàn toàn hoặc chủ yếu là mactensit trong chi tiết được hóa cứng bằng cách ép. Đã ghi nhận rằng loại vi cấu trúc này có khả năng chống đứt gãy chậm: sau khi hóa cứng bằng cách ép, các chi tiết được chế tạo có thể dễ bị xuất hiện vết nứt hoặc gãy sau một thời gian, dưới sự kết hợp của ba yếu tố:

- vi cấu trúc chủ yếu là mactensit;
- có ứng suất tác động hoặc ứng suất dư với mức độ đủ;
- lượng đủ hydro có thể khuếch tán. Nguyên tố này có thể được đưa vào

trong quá trình nung nóng các phôi trước bước dập nóng và hóa cứng bằng cách ép: hơi nước có mặt trong lò có thể được phân ly và được hấp phụ trên bề mặt phôi. Cụ thể là, điều này xảy ra khi nung nóng phôi thép đã được phủ sơ bộ bằng nhôm do hơi nước trong môi trường lò phản ứng với lớp phủ sơ bộ Al, tạo ra hydro khuếch tán trong nền thép do độ tan cao của nguyên tố này ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên, khi chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng, lớp phủ Al có tác dụng như một hàng rào cản, do đó, hydro hầu như bị ngăn cản không cho đi ra khỏi chi tiết này. Do vậy, cuối cùng có thể có được sự nứt vỡ chậm nếu các điều kiện nêu trên được đáp ứng một cách đồng thời.

Để giải quyết vấn đề về gãy chậm của các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép được phủ sơ bộ Al, đã có đề xuất kiểm soát một cách chặt chẽ môi trường của lò nung và các điều kiện cắt phôi để giảm thiểu mức ứng suất và các yếu tố cường độ ứng suất. Việc thực hiện các xử lý nhiệt thêm đối với các chi tiết được dập nóng cũng được đề xuất để cho phép khử khí hydro. Việc lắng phủ các lớp phủ cụ thể trên bề mặt của tấm thép mà làm giảm mức độ hấp phụ hydro cũng được đề xuất. Tuy nhiên, một quy trình đơn giản hơn được tìm kiếm bởi ngành công nghiệp mong muốn vật liệu tránh được nguy cơ gãy

chậm, điều này sẽ tránh được các điều kiện và chi phí bổ sung và sẽ không cần phải thay đổi trong việc kiểm soát quá trình hóa cứng bằng cách ép.

Do đó, người ta đang tìm kiếm phương pháp chế tạo các chi tiết tráng nhôm được hóa cứng bằng cách ép cung cấp đồng thời cả độ bền kéo TS nằm trong khoảng từ 1400 đến 2000MPa lẫn khả năng chống đứt gãy chậm ở ngưỡng σ_{DF} với giá trị cao đối với giá trị TS, tức là như $\sigma_{DF} \geq 3 \times 10^{16} \times TS^{-4,345} + 100$, σ_{DF} và TS được biểu thị bằng MPa. Việc thu được đồng thời cả TS cao lẫn σ_{DF} cao là điều đặc biệt mong muốn nhưng khó có thể đạt được.

Khả năng chống đứt gãy chậm được đo theo hướng dẫn trong tiêu chuẩn SEP1970 : “*Test of the resistance of Advanced High Strength Steels (AHSS) for automotive applications against production related hydrogen induced brittle đứt gãy*”. Để đánh giá σ_{DF} , mẫu bao gồm lỗ đục có bán kính 10mm được chịu ứng suất kéo không đổi. Lỗ tạo ra sự tập trung ứng suất vĩ mô và biến dạng dẻo cục bộ gây ra hư hỏng có thể thúc đẩy quá trình bắt đầu đứt gãy chậm. σ_{DF} được xác định dưới dạng tỷ lệ giữa tải trọng thử nghiệm danh nghĩa trên diện tích tiết diện của mẫu chịu tải trọng này. σ_{DF} được đo từ các thử nghiệm được thực hiện dưới các lực tác dụng khác nhau: nếu xảy ra đứt gãy trước khi thử nghiệm 96 giờ, các thử nghiệm tiếp theo được thực hiện dưới giá trị ứng suất kéo thấp hơn. Do vậy, mức ứng suất được giảm cho đến khi không xảy ra đứt gãy. Cần ba mẫu thử không có vết gãy để xác định ngưỡng σ_{DF} , là giá trị tới hạn mà không xảy ra sự đứt gãy chậm. Do vậy, thí nghiệm này được coi là khắc nghiệt và phân biệt đối với các vật liệu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, sáng chế đề cập đến chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có khả năng chống đứt gãy chậm cao, lớp phủ chứa (Fe_x-Al_y) các hợp chất liên kim loại do sự khuếch tán của sắt vào nhôm hoặc hợp kim nhôm, hoặc hợp kim nhôm của lớp phủ sơ bộ, trong đó thành phần hoá học của thép, tính theo khối lượng, bao gồm: $0,16\% \leq C \leq 0,42\%$, $0,1\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,07\% \leq Si \leq 1,60\%$, $0,002\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq Cr \leq 1,0\%$, $0,0005 \leq B \leq 0,005\%$, $0,002\% \leq Mg \leq 0,007\%$, $0,002\% \leq Ti \leq 0,11\%$, $0,0008\% \leq O \leq 0,005\%$, trong đó $(Ti) \times (O)^2 \times 10^7 \leq 2$, $0,001\% \leq N \leq 0,007\%$, $0,001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,025\%$ và tùy ý một hoặc nhiều nguyên

tổ được chọn từ danh sách sau: $0,005\% \leq \text{Ni} \leq 0,23\%$, $0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và trong đó vi cấu trúc này chứa ít nhất là 95% mactensit.

Theo phương án thứ nhất, thép đã được phủ được hóa cứng bằng cách ép bao gồm: $0,18\% \leq \text{C} \leq 0,35\%$.

Theo phương án thứ hai, thép đã được phủ được hóa cứng bằng cách ép bao gồm: $0,55\% \leq \text{Mn} \leq 1,40\%$.

Theo phương án thứ ba, thép đã được phủ được hóa cứng bằng cách ép bao gồm $\text{Si} \leq 0,30\%$.

Theo một phương án, kích thước trung bình d_{av} của oxit, cacbonitrua, sulfua và oxisulfua nhỏ hơn $1,7\mu\text{m}$ và ít nhất là một trong số các điều kiện (C1) hoặc (C2) được thỏa mãn:

- (C1): tổng $N_{(\text{MgO}+\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3)}$ của số các hạt MgO và MgO-Al₂O₃ trên mỗi đơn vị diện tích lớn hơn 90 cho mỗi mm²,

- (C2) : số $N_{(\text{MgO}-\text{Ti}_x\text{O}_y)}$ của các hạt MgO-Ti_xO_y trên mỗi đơn vị diện tích lớn hơn 100 trên mỗi mm², kích thước trung bình của các hạt này nhỏ hơn $1\mu\text{m}$.

Tốt hơn là, vi cấu trúc này chứa bainit và/hoặc ferit.

Theo phương án khác, độ dày của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm.

Theo một phương án, độ bền kéo của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép nằm trong khoảng từ 1400 đến 2000MPa.

Tốt hơn là, giới hạn chảy của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép cao hơn 1000MPa.

Sáng chế cũng đề cập đến quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có khả năng chống đứt gãy chậm cao, bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra thép lỏng chứa $0,16\% \leq \text{C} \leq 0,42\%$, $0,1\% \leq \text{Mn} \leq 3\%$, $0,07\% \leq \text{Si} \leq 1,60\%$, $0,002\% \leq \text{Al} \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq \text{Cr} \leq 1,0\%$, $0,0005 \leq \text{B} \leq 0,005\%$, $0,002\% \leq \text{Ti} \leq 0,11\%$, $0,001\% \leq \text{O} \leq 0,008\%$ trong đó $(\text{Ti}) \times (\text{O})^2 \times 10^7 \leq 2$, $0,001\% \leq \text{N} \leq 0,007\%$, và tùy ý: $0,005\% \leq \text{Ni} \leq 0,23\%$, $0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$, $0,001\% \leq \text{S} \leq 0,005\%$, $0,001\% \leq \text{P} \leq 0,025\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, sau đó

- bổ sung Mg hoặc hợp kim Mg để thu được thép lỏng có thành phần hoá học như được nêu trên, nhiệt độ $T_{\text{bổ sung}}$ nằm trong khoảng từ $T_{\text{hóa lỏng}}$ và $(T_{\text{hóa lỏng}} + 70^\circ\text{C})$, sau đó

- đúc thép lỏng này dưới dạng bán sản phẩm, khoảng thời gian t_D kể từ lúc bổ sung Mg hoặc hợp kim Mg đến khi bắt đầu hóa cứng thép lỏng là dưới 30 phút, sau đó

- nung nóng bán sản phẩm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250 đến 1300°C để thu được bán sản phẩm đã được nung nóng, sau đó

- cán bán sản phẩm này để thu được tấm thép đã được cán, sau đó

- phủ sơ bộ tấm thép đã được cán bằng nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm, để thu được tấm thép đã được phủ sơ bộ, sau đó

- cắt tấm thép đã được phủ sơ bộ để thu được phôi thép được phủ sơ bộ, sau đó

- nung nóng phôi thép được phủ sơ bộ để thu được phôi thép đã được nung nóng có cấu trúc hoàn toàn austenit, sau đó

- định hình bằng cách ép nóng phôi thép đã được nung nóng để thu được chi tiết đã được định hình bằng cách ép nóng, sau đó

- làm nguội chi tiết đã được định hình bằng cách ép nóng này trong khi duy trì nó trong dụng cụ ép để thu được chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có vi cấu trúc bao gồm ít nhất là 95% mactensit.

Theo một phương án, khoảng thời gian t_D nhỏ hơn 1 phút.

Theo phương án khác, khoảng thời gian t_D nhỏ hơn 10 giây.

Tốt hơn là, việc nung nóng phôi đã được phủ sơ bộ được thực hiện đến nhiệt độ θ_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C và tổng thời gian lưu giữ t_m nằm trong khoảng từ 1 đến 10 phút.

Tốt hơn nữa là, việc nung nóng phôi thép được phủ sơ bộ được thực hiện trong lò với môi trường có điểm sương nằm trong khoảng từ +10 đến +25°C.

Theo phương án được ưu tiên, quá trình sản xuất được thực hiện từ tấm thép đã được phủ sơ bộ có độ dày nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm.

Tốt hơn là, quá trình sản xuất này được thực hiện sao cho độ bền kéo của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép nằm trong khoảng từ 1400 đến 2000MPa.

Tốt hơn là, quá trình sản xuất được thực hiện sao cho giới hạn chảy của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép cao hơn 1000MPa.

Sáng chế cũng đề cập đến việc sử dụng chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép như được nêu trên, hoặc được sản xuất theo quy trình nêu trên, để chế tạo bộ phận kết cấu hoặc an toàn của các xe có động cơ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết và được minh họa qua các ví dụ mà không làm giới hạn phạm vi của sáng chế, có viện dẫn đến các hình vẽ kèm theo, trong đó:

- Fig.1 minh họa kích thước phân bố của tập hợp các hạt trong chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo sáng chế.
- Fig.2 minh họa kích thước phân bố của tập hợp các hạt trong chi tiết được hóa cứng bằng cách ép so sánh.
- Fig.3 minh họa ngưỡng đứt gãy chậm phụ thuộc vào độ bền kéo, đối với các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo sáng chế và đối với các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép so sánh.
- Fig.4 minh họa đặc tính trong thử nghiệm giãn nở của chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo một phương án của sáng chế, và chi tiết được hóa cứng bằng cách ép so sánh.
- theo phương án khác của sáng chế, Fig.5 minh họa quá trình tạo ra bainit mà xuất hiện trong khi làm nguội, với sự có mặt của các hạt chứa Mg trong chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thành phần và đặc điểm vi cấu trúc của chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo sáng chế sẽ được giải thích dưới đây. Thành phần của thép bao gồm, hoặc cụ thể là bao gồm các nguyên tố sau, được tính theo khối lượng:

- hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,16% đến 0,42%. Nguyên tố này đóng vai trò chủ yếu về khả năng tôi và độ bền kéo thu được sau khi hóa cứng bằng cách ép. Với hàm lượng dưới 0,16% khối lượng, không thể đạt được độ bền kéo TS bằng 1400 MPa sau khi hóa cứng bằng cách ép. Trên hàm lượng 0,42% khối lượng, thì nguy cơ gãy

chậm sẽ tăng lên khiến cho sẽ cần phải thực hiện việc bổ sung lớp phủ hoặc nguyên tố đắt tiền, việc kiểm soát điểm sưng.

Với hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,18% đến 0,35% khối lượng, the các đặc tính đích có thể thu được một cách ổn định trong khi giữ khả năng hàn ở mức thỏa đáng và hạn chế chi phí sản xuất.

- Ngoài vai trò làm chất khử oxy, còn mangan có tác dụng làm tăng khả năng tôi: hàm lượng của nó phải lớn hơn 0,1% khối lượng để thu được nhiệt độ bắt đầu biến đổi đủ thấp M_s (austenit $\rightarrow$ mactensit) trong khi làm nguội trong máy ép, điều này cho phép làm tăng độ bền kéo của chi tiết được hóa cứng bằng cách ép. Khả năng chống đứt gãy chậm tăng có thể thu được bằng cách giới hạn hàm lượng mangan ở mức 3%. Mangan làm phân tách các biên hạt austenit và làm tăng nguy cơ vỡ giữa các hạt khi có hydro. Cụ thể hơn, hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,55% đến 1,40% là thích hợp để thu được ứng suất khả năng chịu ăn mòn cao hơn.

- hàm lượng silic trong thép nằm trong khoảng từ 0,07% đến 1,60% khối lượng: với hàm lượng silic trên 0,07%, quá trình hóa cứng bổ sung có thể thu được và silic góp phần vào quá trình khử oxy trong thép lỏng. Tuy nhiên, hàm lượng của nó được giới hạn ở mức 1,60% để tránh việc tạo ra quá mức oxit ở bề mặt mà sẽ làm giảm khả năng sơn phủ trong quy trình nhúng nóng. Về mặt này, tốt hơn là hàm lượng silic thấp hơn 0,30%.

- với lượng cao hơn hoặc bằng 0,002%, nhôm là nguyên tố cho phép khử oxy trong kim loại lỏng trong khi gia công, và góp phần vào việc làm kết tủa nitơ. Khi hàm lượng của nó cao hơn 0,070%, nó có thể tạo ra các aluminat thô trong quá trình luyện thép mà thường làm giảm độ dẻo.

- crom làm tăng khả năng tôi và góp phần để đạt được mức độ bền kéo mong muốn sau khi hóa cứng bằng cách ép. Cao hơn hàm lượng 1,0% khối lượng, tác dụng của crom đến tính đồng nhất của các đặc tính cơ học ở chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép là bão hoà. Với hàm lượng cao hơn 0,02%, nguyên tố này góp phần làm tăng độ bền kéo.

- với hàm lượng cao hơn 0,0005% khối lượng, bo làm tăng đáng kể khả năng tôi. Bằng cách khuếch tán vào các biên hạt austenit, nó mang lại tác dụng có lợi bằng cách ngăn ngừa quá trình phân tách giữa các hạt phospho. Trên 0,005%, tác động của B trở

nên bão hoà.

- Magie là một nguyên tố đặc biệt quan trọng trong sáng chế: cần có hàm lượng không thấp hơn 0,002% khối lượng để tạo ra đủ số lượng các hạt như MgO, MgO-Al₂O₃ hoặc MgO-Ti_xO_y mịn trên mỗi đơn vị diện tích, để kích hoạt một cách hiệu quả việc tạo ra bainit và/hoặc ferit, và/hoặc để tinh chỉnh cấu trúc mạng mactensit, ở bước làm nguội chi tiết đang được định hình bằng cách ép nóng. Để được giải thích thêm, tác giả sáng chế đã đưa ra bằng chứng rằng sự có mặt của bainit và/hoặc ferit với sự có mặt của các hạt này, trong nền mactensit, thậm chí với lượng nhỏ hơn 5% trong phần diện tích, làm tăng đáng kể khả năng chống đứt gãy chậm mà không làm giảm đáng kể kéo ứng suất. Hàm lượng magie cao hơn 0,007% dẫn đến mức độ khử oxy quá cao, do đó hàm lượng oxy có thể là quá thấp để tạo ra đủ số lượng các hạt mà có hoạt động liên quan đến sự tạo ra bainit và/hoặc ferit, và/hoặc tinh chỉnh mactensit.

- hàm lượng titan không thấp hơn 0,002% khối lượng là cần thiết để kết hợp với nitơ. Do đó, titan bảo vệ bo không cho liên kết với nitơ, và bo tự do là có sẵn để làm tăng khả năng tôi. hàm lượng titan không cao hơn 0,011% khối lượng cho phép tránh được kết tủa titan cacbonitrua thô ở giai đoạn lỏng, điều này sẽ làm giảm đáng kể độ dai của chi tiết được hóa cứng bằng cách ép.

- hàm lượng oxy không thấp hơn 0,0008% cho phép có thể tạo ra số lượng đủ oxit trên mỗi đơn vị diện tích, điều này kích hoạt một cách hiệu quả việc tạo ra bainit và/hoặc ferit, và/hoặc tinh chỉnh mactensit. Tuy nhiên, khi hàm lượng oxy cao hơn 0,005%, các oxit thường trở nên thô và số các hạt có hoạt tính trên mỗi đơn vị diện tích bị giảm.

- Hàm lượng titan và oxy cần phải được chọn không chỉ riêng lẻ, mà còn cần phải cân nhắc với nhau: cụ thể hơn, $(Ti) \times (O)^2 \times 10^7$ không được cao hơn 2, hàm lượng Ti và O được biểu thị bằng phần trăm khối lượng.

Khi $(Ti) \times (O)^2 \times 10^7$ cao hơn 2, thô các oxit kết tủa, và việc tạo ra bainit và/hoặc ferit, và/hoặc tinh chỉnh mactensit, thường ít xảy ra hơn.

Các tác giả sáng chế cũng đã chứng minh rằng khả năng chống đứt gãy chậm cao đạt được khi các hạt có một số các đặc điểm:

- kích thước trung bình của oxit, cacbonitrua, sulfua và oxisulfua nhỏ hơn 1,7µm. Kích thước trung bình d_{av} của các hạt được đo bằng cách quan sát trên các mẫu đã được đánh bóng bằng kính hiển vi điện tử quét. Ít nhất 2000 hạt được xem xét để

có được dữ liệu đại diện về mặt thống kê. Khi sự có mặt của hạt được xác định, bản chất của nó được xác định thông qua phương pháp đo phổ phân tán năng lượng bằng cách quét toàn bộ hạt. Kích thước lớn nhất ($d_{\max}(i)$) và nhỏ nhất ($d_{\min}(i)$) của mỗi hạt (i) được xác định thông qua phân tích hình ảnh, sau đó kích thước trung bình $d_{av}(i)$ của mỗi hạt được tính bằng: $((d_{\max}(i)) + (d_{\min}(i)))/2$, sau đó d_{av} thu được là giá trị trung bình của $d_{av}(i)$ đối với (i) các hạt, bất kể bản chất của chúng (các oxit, cacbonitrua, sulfua hoặc oxisulfua).

- Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, tin rằng kích thước trung bình của các hạt nhỏ hơn $1,7\mu\text{m}$ làm tăng khả năng chống đứt gãy chậm do tỷ lệ của các hạt cao hơn (bề mặt/thể tích) dẫn đến tăng cường việc tạo ra bainit và/hoặc ferit, và/hoặc tinh chỉnh mactensit. Hơn nữa, giới hạn của d_{av} dưới $1,7\mu\text{m}$ góp phần làm giảm nguy cơ bắt đầu đứt gãy dưới ứng suất bên ngoài.

Các tác giả sáng chế cũng đã chứng minh rằng khả năng chống đứt gãy chậm cao hơn được được khi ít nhất một trong hai điều kiện, được gọi là (C1) và (C2) liên quan đến các tính năng của một số các hạt nhất định, được đáp ứng:

- (C1): tổng $N_{(\text{MgO}+\text{MgO-Al}_2\text{O}_3)}$ của các hạt MgO và MgO-Al₂O₃ trên mỗi đơn vị diện tích lớn hơn 90 cho mỗi mm²,

- (C2): số các hạt $N_{(\text{MgO-Ti}_x\text{O}_y)}$ of MgO- Ti_xO_y trên mỗi đơn vị diện tích lớn hơn 100 trên mỗi mm², kích thước trung bình của các hạt này nhỏ hơn $1\mu\text{m}$.

Các tác giả sáng chế đã đưa ra bằng chứng rằng các hạt này ổn định với quá trình xử lý cơ nhiệt đối với các phôi trong khi định hình bằng cách ép nóng, tức là đối với việc nung nóng trong miền austenit lên đến 950°C và sự biến dạng trong quá trình định hình bằng cách ép, do đã quan sát thấy rằng các hạt này không bị đứt gãy ngay cả ở những vùng bị biến dạng nhất của các chi tiết. Do vậy, các tính năng của các hạt (bản chất, kích thước, số lượng) trong các phôi trước khi hóa cứng bằng cách ép là tương tự với các tính năng của các hạt trên các chi tiết sau khi hóa cứng bằng cách ép.

Dù không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết, tin rằng các oxit chứa Mg (tức là, MgO, MgO-Al₂O₃, MgO-Ti_xO_y) là đặc biệt có hiệu quả để tăng cường việc tạo ra bainit và/hoặc ferit, và/hoặc tinh chỉnh mactensit ở bước làm nguội trong quá trình định hình bằng cách ép nóng, điều này dẫn đến làm tăng khả năng chống đứt gãy chậm, và số lượng của các oxit này phải đủ cao để có được tác dụng có lợi.

- hàm lượng nitơ cao hơn 0,001% cho phép thu được kết tủa (Ti (CN), hoặc Ti-Nb(VN) hoặc Nb(CN) nếu Nb có mặt, điều này hạn chế sự phát triển của hạt austenit. Tuy nhiên, hàm lượng phải được giới hạn ở 0,007% để tránh tạo ra kết tủa nitrua/cacbonitrua thô.

Với lượng dư, lưu huỳnh và phospho thường làm tăng độ giòn. Đây là lý do tại sao hàm lượng lưu huỳnh phải được giới hạn ở 0,005% khối lượng để tránh tạo ra sulfua và oxisulfua với mức quá cao. Tuy nhiên, hàm lượng lưu huỳnh rất thấp, tức là dưới 0,001%, là tốn kém một cách không cần thiết để đạt được do nó không mang lại lợi ích bổ sung đáng kể nào.

Vì các lý do tương tự, hàm lượng phospho nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,025% khối lượng. Với hàm lượng dư, nguyên tố này phân tách thành các điểm nổi của các hạt austenit và làm tăng nguy cơ gây chậm bởi việc vỡ giữa các hạt.

Tùy ý, thành phần của thép cũng có thể bao gồm niken với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,23% khối lượng. Khi nằm trên bề mặt của nền thép đã được hóa cứng bằng cách ép, Ni làm giảm đáng kể độ nhạy đối với gãy chậm, chủ yếu bằng cách tạo ra hàng rào cản chống lại sự xâm nhập của hydro vào phôi ở nhiệt độ cao. Có thể không có sự cải thiện khi hàm lượng Ni nhỏ hơn 0,005%. Tuy nhiên, vì việc bổ sung niken rất tốn kém, nên việc bổ sung tùy chọn của nó được giới hạn ở 0,23%.

- thành phần của thép cũng có thể tùy ý bao gồm niobi: khi có mặt với lượng cao hơn 0,005% khối lượng, Nb tạo ra cacbonitrua mà có thể góp phần làm hạn chế sự phát triển của hạt austenit trong khi nung nóng các phôi. Tuy nhiên, hàm lượng của nó phải không được cao hơn 0,060% vì nó có khả năng hạn chế việc tái kết tinh trong khi cán nóng, điều này làm tăng lực cán và khó chế tạo.

Phần còn lại của thành phần của thép là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình gia công.

Quy trình chế tạo chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo sáng chế sẽ được giải thích dưới đây:

Thép lỏng được tạo ra bao gồm : $0,16\% \leq C \leq 0,42\%$, $0,1\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,07\% \leq Si \leq 1,60\%$, $0,002\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq Cr \leq 1,0\%$, $0,0005 \leq B \leq 0,005\%$, $0,002\% \leq Ti \leq 0,11\%$, $0,001\% \leq O \leq 0,008\%$, trong đó $0,05 \leq (Ti) \times (O)^2 \times 10^7 \leq 2$, $0,001\% \leq N \leq$

0,007%, và tùy ý: $0,005\% \leq \text{Ni} \leq 0,23\%$, $0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$, $0,001\% \leq \text{S} \leq 0,005\%$, $0,001\% \leq \text{P} \leq 0,025\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Ở giai đoạn này, có thể tính đến hàm lượng oxy trong thép lỏng có thể bị giảm không đáng kể do magie được khử oxy nhiều hơn.

Việc bổ sung Mg được thực hiện tại xưởng thép, trong khi thép lỏng trong gầu rót, máng phân phối được đặt giữa gầu rót và dụng cụ đúc liên tục, hoặc trong thiết bị được đặt ở phần trên của dụng cụ đúc liên tục trong khi thép đã hoàn toàn lỏng và bắt đầu hóa rắn ngay sau đó.

Do nhiệt độ sôi thấp của Mg, tốt hơn là việc bổ sung này được thực hiện thông qua một dây dẫn được cung cấp ở tốc độ cấp liệu cao trong thép lỏng. Do đó, độ dài đủ của dây dẫn được ngâm trong thép lỏng và có thể chống lại sự làm bay hơi của Mg nhờ áp suất sắt tĩnh. Do việc bổ sung Mg trong thép lỏng và phản ứng của nó với oxy hoà tan và sự khử cuối cùng của một số oxit có trước, các oxit MgO và/hoặc MgO-Al₂O₃ và/hoặc MgO-Ti_xO_y, kết tủa. Ti_xO_y là các hợp chất như Ti₂O₃, Ti₃O₅...

Nhiệt độ $T_{\text{bổ sung}}$ mà tại đó Mg được bổ sung trong thép lỏng nằm trong khoảng từ $T_{\text{hóa lỏng}}$ (nhiệt độ hóa lỏng của thép) và $(T_{\text{hóa lỏng}} + 70^\circ\text{C})$. Nếu $T_{\text{bổ sung}}$ là cao hơn $(T_{\text{hóa lỏng}} + 70^\circ\text{C})$, các kết tủa thô có kích thước trung bình lớn hơn $1,7\mu\text{m}$ có thể được tạo ra, điều này làm giảm khả năng chống đứt gãy chậm.

Bất kể vị trí bổ sung Mg (gầu rót, máng phân phối hoặc khu vực ban đầu của dụng cụ đúc liên tục), thì khoảng thời gian t_D kể từ khi bổ sung Mg đến khi bắt đầu hóa cứng thép lỏng phải không lớn hơn 30 phút. Nếu không, việc lắng gạn Mg hoặc các oxit chứa Mg có thể quá quan trọng và số lượng các hạt này khi thép đã được hóa rắn có thể là không đủ.

Để giảm thiểu việc lắng gạn, việc bổ sung được thực hiện trong máng phân phối, do vậy t_D có thể là nhỏ hơn 1 phút.

Để giảm thiểu hơn nữa, việc bổ sung được thực hiện với t_D thấp hơn 10 giây. Điều này có thể đạt được thông qua việc bổ sung trong vòi phun được ngâm ở phần trên của dụng cụ đúc liên tục, như vòi phun tia rộng là thiết bị đã biết trong lĩnh vực này.

Khi thép được đúc dưới dạng bán sản phẩm, như dạng tấm hoặc ở dạng thỏi, thì việc hóa cứng bán sản phẩm bắt đầu. Việc hóa cứng được tiến hành theo cách sao cho tốc độ làm nguội V_s ở bề mặt của bán sản phẩm là cao hơn $30^\circ\text{C}/\text{giây}$. Điều này góp phần để tránh các kết tủa thô có kích thước trung bình lớn hơn $1,7\mu\text{m}$.

Sau đó, việc cán bán sản phẩm nêu trên được thực hiện để thu được tấm thép đã được cán. Nó có thể dưới dạng tấm thép đã được cán nóng hoặc còn được cán nguội, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm. Phạm vi độ dày này phù hợp với các công cụ hóa cứng bằng cách ép dẹt trong công nghiệp, cụ thể máy ép dập nóng.

Tấm thép đã được cán có thể có độ dày đồng đều hoặc không đồng đều trong khoảng nêu trên. Trong trường hợp sau, nó có thể thu được bằng quy trình đã biết trong lĩnh vực này, như cán.

Sau đó, tấm thép đã được cán được phủ sơ bộ. Trong phạm vi của sáng chế, lớp phủ sơ bộ là lớp phủ được phủ lên bề mặt của tấm thép phẳng, mà chưa được xử lý nhiệt ngay trước khi định hình bằng cách ép nóng và gây ra sự khuếch tán của thép vào lớp phủ sơ bộ này.

Lớp phủ sơ bộ có thể là nhôm hoặc hợp kim nhôm (tức là, nhôm là nguyên tố chính tính theo phần trăm khối lượng của lớp phủ sơ bộ) hoặc hợp kim nhôm (tức là, nhôm lớn hơn 50% khối lượng trong lớp phủ sơ bộ).

Tấm thép đã được phủ sơ bộ có thể thu được bằng cách nhúng nóng trong bể ở nhiệt độ nằm trong khoảng $670-680^\circ\text{C}$, nhiệt độ chính xác tùy thuộc vào thành phần của hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm. Lớp phủ sơ bộ được ưu tiên là Al-Si mà thu được bằng cách nhúng nóng tấm trong bể bao gồm, từ 5% đến 11% khối lượng Si, từ 2% đến 4% khối lượng Fe, tùy ý từ 0,0015 đến 0,0030% khối lượng Ca, phần còn lại là Al và các tạp chất thu được từ quá trình nấu chảy. Các đặc điểm của lớp phủ sơ bộ này được làm thích ứng đặc biệt với chu trình nhiệt của quá trình hóa cứng bằng cách ép.

Độ dày của lớp phủ sơ bộ trên mỗi mặt của tấm thép nằm trong khoảng từ 10 đến $35\mu\text{m}$. đối với độ dày lớp phủ sơ bộ nhỏ hơn $10\mu\text{m}$, thì khả năng chịu ăn mòn sau khi hóa cứng bằng cách ép bị giảm. Nếu độ dày lớp phủ sơ bộ là lớn hơn $35\mu\text{m}$, thì việc tạo hợp kim bằng sắt từ nền thép là khó hơn so với ở phần bên ngoài của lớp phủ sơ bộ, điều này làm tăng nguy cơ có mặt của pha lỏng ở bước nung nóng ngay trước khi hóa cứng

bằng cách ép, do đó có nguy cơ làm biến các dụng cụ cán trong lò.

Tấm thép đã được phủ sơ bộ phẳng, mà ở giai đoạn này thường có vi cấu trúc ferit-peclit, sau đó được cắt để thu được phôi thép được phủ sơ bộ, có hình dạng đường bao có thể ít nhiều phức tạp trong mối liên quan với hình dạng của chi tiết được hóa cứng bằng cách ép cuối.

Sau đó, phôi thép đã được phủ sơ bộ được nung nóng đến nhiệt độ θ_m . Có lợi nếu, việc nung nóng được thực hiện trong lò có một vùng hoặc nhiều vùng, tức là trong trường hợp sau, có các vùng khác nhau có các phương tiện nung nóng và các thông số thiết lập riêng. Việc nung nóng có thể được thực hiện bởi các phương tiện như đầu đốt, ống bức xạ, điện trở bức xạ hoặc bằng cảm ứng, các phương tiện này được cung cấp một cách độc lập hoặc dưới dạng kết hợp. Do thành phần và đặc điểm vi cấu trúc của phôi thép, nên không cần đến việc kiểm soát tổn kém điểm sương của môi trường lò. Do vậy, có lợi nếu điểm sương có thể nằm trong khoảng từ +10 đến +25°C.

Phôi thép được phủ sơ bộ được nung nóng đến nhiệt độ tối đa θ_m mà cho phép có thể biến đổi vi cấu trúc ban đầu của thép thành austenit.

Theo thành phần của thép, đặc điểm của lớp phủ và khoảng độ dày của phôi, có lợi nếu nhiệt độ θ_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C, tổng thời gian lưu giữ t_m trong lò nằm trong khoảng từ 1 đến 10 phút. Trong quá trình lý nhiệt này, lớp phủ sơ bộ biến đổi, bởi sự khuếch tán từ các nguyên tố ở nền thép, vào lớp phủ trên bề mặt của chi tiết được hóa cứng bằng cách ép. Lớp phủ này chứa (Fe_x-Al_y) các hợp chất liên kim loại do sự khuếch tán của sắt vào lớp phủ sơ bộ.

Sau khi duy trì ở nhiệt độ θ_m , phôi thép đã được nung nóng được chuyển một cách nhanh chóng vào khuôn ép định hình và được định hình nóng để thu được chi tiết. Sau đó, chi tiết này được giữ trong dụng cụ ép để đảm bảo tốc độ làm nguội thích hợp và để tránh biến dạng do sự không đồng nhất về độ co ngót và biến đổi pha. Chi tiết này chủ yếu được làm nguội bằng cách truyền nhiệt qua các dụng cụ. Theo vi cấu trúc đích, dụng cụ có thể bao gồm việc tuần hoàn chất làm nguội để làm tăng tốc độ làm nguội, hoặc có thể bao gồm các hộp gia nhiệt để làm giảm tốc độ làm nguội. Do vậy, tốc độ làm nguội có thể được điều chỉnh một cách chính xác bằng cách tính đến độ cứng của thành phần nền thông qua việc thực hiện các phương tiện như vậy. Do đó, tốc độ làm nguội có thể là đồng đều trong chi tiết này hoặc có thể thay đổi từ vùng này sang vùng khác theo phương

tiện làm nguội, do vậy cho phép có thể dễ đạt được các tính chất độ bền hoặc độ dẻo tăng cục bộ.

Để đạt được độ bền cao kéo, vi cấu trúc trong chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép chứa hơn 95% mactensit. Tốc độ làm nguội được chọn theo thành phần của thép, để sao cho cao hơn mactensit tốc độ làm nguội tới hạn. Theo phương án được ưu tiên đối với thép bo chứa 0,18-0,24% C, thì tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 750 đến 400°C là lớn hơn 40°C/giây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép có thành phần được nêu trong bảng 1 được tạo ra. Thành phần này được biểu thị bằng phần trăm khối lượng, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Việc đúc được thực hiện bằng cách bổ sung hợp kim Mg ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_{\text{Hóa lỏng}}$ đến $T_{\text{Hóa lỏng}} + 70^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ hóa lỏng đối với các thành phần của thép vào khoảng 1490°C. Khoảng thời gian t_D kể từ lúc bổ sung hợp kim Mg đến khi bắt đầu hóa cứng thép lỏng là nhỏ hơn 30 phút, chỉ khác là thép RB, trong đó t_D là 45 phút.

Quá trình hóa rắn được thực hiện để thu được tốc độ làm nguội V_s lớn hơn 30°C/giây đối với toàn bộ vật đúc, chỉ khác là thép RF, trong đó tốc độ làm nguội là thấp hơn 30°C/giây.

Bán sản phẩm thu được được nung nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1255°C trong thời gian hai giờ và còn được cán nóng với nhiệt độ kết thúc 900°C, để giảm xuống độ dày 2,4 mm. Các tấm đã được cán nóng này được cán nguội để giảm xuống độ dày 1,2 mm, sau đó được phủ sơ bộ bằng Al-Si. Các tấm thép được phủ sơ bộ này sau đó được cắt để thu được phôi thép được phủ sơ bộ.

Các đặc điểm của tập hợp bao gồm oxit, cacbonitrua, sulfua và oxisulfua được xác định bằng cách phương pháp nêu trên, trên các mẫu đã được đánh bóng được quan sát dọc theo hướng cán của tấm, bằng cách phân tích ít nhất 2000 hạt.

Thép so sánh	C	Mn	Si	Al	Cr	B	Mg	Ti	O	Ti x (O) ² x 10 ⁷	N	Ni	S	P
IA	0,225	1,12	0,078	0,002	0,206	0,004	0,0048	0,002	0,0036	0,3	0,0058	0,169	0,001	0,024

IB	0,216	1,13	0,077	0,002	0,171	0,0034	0,0035	0,002	0,0043	0,4	0,0017	0,137	0,0021	0,022
IC	0,212	1,12	0,083	0,014	0,198	0,004	0,0025	0,002	0,0023	0,1	0,0027	0,143	0,001	0,023
ID	0,198	1,12	0,124	0,011	0,197	0,0023	0,0048	0,10	0,0011	1,2	0,003	0,221	0,001	0,022
RA	0,218	1,13	0,077	0,002	0,17	0,0036	0,0036	0,077	0,0049	<u>18,5</u>	0,001	0,164	0,0016	0,022
RB	0,205	1,12	0,078	<u>0,001</u>	0,198	0,0039	<u>0,0011</u>	0,002	0,0039	0,3	0,002	0,052	0,001	0,022
RC	0,220	1,12	0,077	0,040	0,208	0,0034	0,0048	0,059	0,0024	<u>3,4</u>	0,0061	0,169	0,0025	0,025
RD	0,215	1,20	<u>0,036</u>	0,002	0,171	0,0025	<u>0</u>	0,002	0,0046	0,4	0,0025	0,002	0,001	0,022
RE	0,216	1,12	0,075	0,034	0,207	0,0031	<u>0</u>	0,059	0,0025	<u>3,7</u>	0,0065	0,002	0,001	0,024
RF	0,221	1,12	0,077	0,002	0,171	0,0034	<u>0,0015</u>	0,002	<u>0,0068</u>	0,9	0,0014	0,065	0,0017	0,021
RG	0,233	1,18	0,255	0,029	0,180	0,0016	<u>0</u>	0,034	0,001	0,3	0,0043	0,017	0,0016	0,010
RH	0,216	1,11	0,076	0,002	0,207	0,0039	<u>0</u>	0,033	<u>0,007</u>	<u>16,2</u>	0,0058	0,002	0,001	0,023
RI	0,204	1,11	0,080	0,013	0,200	0,0033	<u>0</u>	0,002	0,0025	0,1	0,0026	0,002	0,0011	0,023

Bảng 1- Thành phần của thép (% khối lượng)

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế

Các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép được tạo ra theo các điều kiện được nêu trong bảng 2. Ở nhiệt độ $\theta_m = 900^\circ\text{C}$, cấu trúc của thép là austenit. Điểm sương được kiểm soát bằng cách trộn dòng khí khô thứ nhất với dòng khí thứ hai chứa cả hơi ẩm, lượng tương đối của dòng khí thứ hai cho phép có thể đạt được các giá trị điểm sương khác nhau. Các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép được so sánh theo thành phần của chúng và quy trình sản xuất hóa cứng bằng cách ép: ví dụ, IA2 là nói đến thép IA được cắt dưới dạng phôi và sau đó được hóa cứng bằng cách ép theo điều kiện 2.

Điều kiện	Nhiệt độ θ_m ($^\circ\text{C}$)	Tổng thời gian lưu giữ t_m (mn)	Điểm sương ($^\circ\text{C}$)	Tốc độ làm nguội từ 750 đến 400 $^\circ\text{C}$ ($^\circ\text{C}/\text{giây}$)
1	900	5	15	300
2	900	6	20	300

Bảng 2

Các điều kiện sản xuất của các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép

Trong mọi trường hợp, vi cấu trúc bao gồm ít nhất 95% mactensit, đại lượng này được biểu thị bằng phần diện tích hoặc thể tích. Lớp phủ chứa các hợp chất liên kim loại ($\text{Fe}_x\text{-Al}_y$) do sự khuếch tán của sắt vào lớp phủ sơ bộ Al-Si. Các đặc điểm liên quan đến các hạt trong các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép được thể hiện trong bảng 3.

	Kích thước trung bình của oxit, cacbonitrua sulfua và (oxisulfua d_{av} (μm))	(C1): $N_{(MgO+MgO-Al_2O_3)}$ (N/ mm ²)	(C2) ₁ : $N_{(MgO-Ti_xO_y)}$ (N/ mm ²)	(C2) ₂ : kích thước trung bình of (MgO-Ti _x O _y) các hạt (μm)	Liệu ít nhất một trong (C1) hoặc (C2) ₁ -(C2) ₂ đã đáp ứng
IA2	1,1	355	0	n.a.	Có
IB2	1,6	98	8	<u>2,8</u>	Có
IC1	1,3	143	0	n.a.	Có
ID2	1,2	<u>18</u>	140	0,9	Có
RA2	1,3	<u>0</u>	169	<u>1,3</u>	<u>Không</u>
RB1	<u>4,6</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	n.a.	<u>Không</u>
RC2	<u>1,7</u>	<u>0</u>	<u>100</u>	<u>1,5</u>	<u>Không</u>
RD1	1,5	<u>0</u>	<u>0</u>	n.a.	<u>Không</u>
RE2	<u>2,2</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	n.a.	<u>Không</u>
RF1	<u>3,4</u>	<u>0</u>	<u>5</u>	<u>4,5</u>	<u>Không</u>
RG2	<u>2,1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	n.a.	<u>Không</u>
RH2	<u>2,3</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	n.a.	<u>Không</u>
RI2	<u>2,2</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	n.a.	<u>Không</u>

Bảng 3

Các đặc điểm của hạt trong các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế

n.a. : không áp dụng

Các đặc tính kéo (Giới hạn chảy YS, Độ bền kéo TS) được đo trên các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép theo tiêu chuẩn ISO 6892-1 và được báo cáo trong bảng 4.

Như nêu trên, khả năng chống đứt gãy chậm σ_{DF} của các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép được đo theo hướng dẫn nêu trong tiêu chuẩn SEP1970. Các mẫu có lỗ đục bán kính 10mm được chịu ứng suất kéo không đổi trong 96 giờ đến khi bị đứt gãy cuối cùng. Các giá trị σ_{DF} cũng được báo cáo trong bảng 4.

	Giới hạn chảy YS (MPa)	độ bền kéo TS (MPa)	Ngưỡng đứt gãy chậm σ_{DF} (MPa)	$(3 \times 10^{16} \times TS^{4,345} + 100)$ (MPa)	Is σ_{DF} $> 3 \times 10^{16} \times TS^{4,345} + 100$ MPa?
--	------------------------	---------------------	---	--	--

IA2	1085	1490	950	589	Có
IB2	1060	1430	925	685	Có
IC1	1080	1475	850	611	Có
ID2	1150	1515	750	555	Có
RA2	1110	1475	575	611	<u>Không</u>
RB1	1100	1480	550	604	<u>Không</u>
RC2	1150	1545	450	518	<u>Không</u>
RD1	1090	1470	475	619	<u>Không</u>
RE2	1110	1490	450	589	<u>Không</u>
RF1	1055	1430	475	685	<u>Không</u>
RG2	1150	1545	350	518	<u>Không</u>
RH2	1090	1480	350	604	<u>Không</u>
RI2	1065	1445	350	659	<u>Không</u>

Bảng 4

Các đặc điểm cơ học của các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép

Các giá trị gạch chân: không theo sáng chế

Như được thể hiện trong Fig.3, các chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép từ IA2 đến ID2 theo sáng chế có khả năng chống đứt gãy chậm cao do σ_{DF} vượt quá nhiều so với giá trị $3 \times 10^{16} \times TS^{-4,345} + 100$ MPa.

Fig.1 minh họa mức phân bố cỡ hạt của các hạt trong chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép IA2. Phần lớn các hạt này đều rất mịn, kích thước trung bình d_{av} là 1,1 μ m.

Ngay cả khi chứa Mg với hàm lượng thích hợp, thì chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RA2 có hàm lượng Ti x (O)² quá cao, nó không chứa các hạt MgO và MgO-Al₂O₃ và kích thước hạt (MgO-Ti_xO_y) trung bình của nó vượt quá 1 μ m.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RB1 có hàm lượng Mg và Al quá thấp, khoảng thời gian t_D là lớn hơn 30 phút. Các oxit phức (Mn-Mg) có mặt thay vì MgO, MgO-Al₂O₃, MgO-Ti_xO_y, nên cả điều kiện (C1) lẫn (C2) đều không được thỏa mãn.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RC2 có hàm lượng Ti x (O)² quá cao và kích thước hạt trung bình của nó là quá lớn, nên cả điều kiện (C1) lẫn (C2) đều không được thỏa mãn.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RD1 không có Mg và có hàm lượng Si quá thấp, do vậy khả năng chống đứt gãy chậm của nó là không đủ.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RE2 không có Mg và có hàm lượng Ti x (O)² quá cao, nên kích thước hạt trung bình của nó là quá lớn, do vậy khả năng chống đứt gãy chậm của nó cũng là không đủ.

Do nó có hàm lượng Mg quá thấp, hàm lượng O quá cao và tốc độ làm nguội quá thấp khi hóa cứng, nên kích thước trung bình của các hạt trong RF1 là quá cao như có thể thấy trên Fig.2, nên cả điều kiện (C1) lẫn (C2) đều không được thỏa mãn.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RG2 không chứa Mg, có kích thước hạt trung bình là quá quan trọng, nên cả điều kiện (C1) lẫn (C2) đều không được thỏa mãn.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RH2 không chứa Mg và có hàm lượng O và Ti x (O)² quá cao, nên có kích thước hạt trung bình quá cao, do vậy khả năng chống đứt gãy chậm của nó là không đủ.

Chi tiết đã được hóa cứng bằng cách ép RI2 không chứa Mg, có kích thước hạt trung bình là quá cao, do vậy khả năng chống đứt gãy chậm của nó cũng không đủ.

Ngoài ra, Fig. 4 so sánh các đường cong biến đổi thu được bằng cách làm giãn nở IA2 (theo sáng chế) và RI2 (so sánh). Các đường cong này thu được bằng cách nung nóng các mẫu ở nhiệt độ 900°C và được làm nguội với tốc độ làm nguội 80°C/giây nằm trong khoảng từ 750 đến 400°C.

Ở bước nung nóng, hai mẫu có đặc tính tương tự nhau và trải qua quá trình biến đổi hoàn toàn thành austenit. ở bước làm nguội, động học biến đổi của chúng khác nhau: RI2 không thể hiện sự biến đổi thù hình trước khoảng 400°C, nhiệt độ từ mà ở đó bắt đầu biến đổi mactensit. Do đó, vi cấu trúc của RI2 hoàn toàn là mactensit. Trái lại, IA2 cho thấy sự chuyển đổi lần thứ nhất bắt đầu ở nhiệt độ khoảng 650°C, tiếp đó là biến đổi lần thứ hai ở nhiệt độ khoảng 400°C cho thấy sự bắt đầu mactensit. Các quan sát kim loại học cho thấy rằng sự biến đổi bainit đã xảy ra, ngay cả đối với tốc độ làm nguội cao tới 150°C/giây, với sự có mặt của các hạt MgO và MgO-Al₂O₃. Fig.5, thu được bằng kính hiển vi điện tử quét, minh họa các đặc điểm vi cấu trúc này. Mặc dù phần bainit nhỏ hơn 5% trong IA2, nhưng đặc điểm này góp phần thu được các giá trị σ_{DF} cao.

Do đó, bất ngờ là đã chứng minh được rằng có thể để đạt được giá trị kéo cao ngay cả khi không có biến đổi mactensit hoàn toàn, một lượng nhỏ bainit với sự có mặt của các hạt cụ thể góp phần đáng kể để đạt được khả năng chống đứt gãy chậm cao.

Do vậy, các chi tiết thép đã được phủ được hóa cứng bằng cách ép được sản xuất theo sáng chế có thể được sử dụng có lợi để chế tạo các bộ phận kết cấu hoặc an toàn cho các phương tiện giao thông.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có khả năng chống đứt gãy chậm cao, lớp phủ chứa các hợp chất liên kim loại ($\text{Fe}_x\text{-Al}_y$) do sự khuếch tán của sắt vào nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm của lớp phủ sơ bộ,

trong đó thành phần hoá học của thép, tính theo khối lượng, bao gồm:

$$0,16\% \leq C \leq 0,42\%$$

$$0,1\% \leq \text{Mn} \leq 3\%$$

$$0,07\% \leq \text{Si} \leq 1,60\%$$

$$0,002\% \leq \text{Al} \leq 0,070\%$$

$$0,02\% \leq \text{Cr} \leq 1,0\%,$$

$$0,0005 \leq \text{B} \leq 0,005\%$$

$$0,002\% \leq \text{Mg} \leq 0,007\%$$

$$0,002\% \leq \text{Ti} \leq 0,11\%$$

$$0,0008\% \leq \text{O} \leq 0,005\%$$

$$\text{trong đó } (\text{Ti}) \times (\text{O})^2 \times 10^7 \leq 2$$

$$0,001\% \leq \text{N} \leq 0,007\%$$

$$0,001\% \leq \text{S} \leq 0,005\%$$

$$0,001\% \leq \text{P} \leq 0,025\%$$

và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ danh sách sau:

$$0,005\% \leq \text{Ni} \leq 0,23\%,$$

$$0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%,$$

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

và trong đó vi cấu trúc này chứa ít nhất là 95% mactensit.

2. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm 1, trong đó:

$$0,18\% \leq C \leq 0,35\%$$

3. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

$$0,55\% \leq \text{Mn} \leq 1,40\%$$

4. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó:

$$\text{Si} \leq 0,30\%$$

5. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó kích thước trung bình d_{av} của oxit, cacbonitrua, sulfua và oxisulfua nhỏ hơn $1,7\mu\text{m}$ và trong đó ít nhất là một trong số các điều kiện (C1) hoặc (C2) được thỏa mãn:

- (C1): tổng $N_{(\text{MgO}+\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3)}$ của số các hạt MgO và MgO-Al₂O₃ trên mỗi đơn vị diện tích lớn hơn 90 cho mỗi mm²,
- (C2) : số $N_{(\text{MgO}-\text{TiO}_2)}$ các hạt MgO-TiO₂ trên mỗi đơn vị diện tích lớn hơn 100 trên mỗi mm², kích thước trung bình của các hạt này nhỏ hơn $1\mu\text{m}$.

6. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó vi cấu trúc chứa bainit và/hoặc ferit.

7. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó chi tiết này có độ dày nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm.

8. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó chi tiết này có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400 đến 2000MPa.

9. Chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó chi tiết này có giới hạn chảy lớn hơn 1000MPa.

10. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có khả năng chống đứt gãy chậm cao, bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra thép lỏng chứa $0,16\% \leq C \leq 0,42\%$, $0,1\% \leq \text{Mn} \leq 3\%$, $0,07\% \leq \text{Si} \leq 1,60\%$, $0,002\% \leq \text{Al} \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq \text{Cr} \leq 1,0\%$, $0,0005 \leq \text{B} \leq 0,005\%$, $0,002\% \leq \text{Ti} \leq 0,11\%$, $0,001\% \leq \text{O} \leq 0,008\%$ trong đó $(\text{Ti}) \times (\text{O})^2 \times 10^7 \leq 2$, $0,001\% \leq \text{N} \leq 0,007\%$, và tùy ý: $0,005\% \leq \text{Ni} \leq 0,23\%$, $0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$, $0,001\% \leq \text{S} \leq 0,005\%$, $0,001\% \leq \text{P} \leq 0,025\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, sau đó

- bổ sung Mg hoặc hợp kim Mg để thu được thép lỏng có thành phần hoá học theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, nhiệt độ $T_{\text{bổ sung}}$ nằm trong khoảng từ $T_{\text{hóa lỏng}}$ đến $(T_{\text{hóa lỏng}} + 70^\circ\text{C})$, sau đó
- đúc thép lỏng nêu trên dưới dạng bán sản phẩm, khoảng thời gian t_D kể từ lúc bổ sung Mg hoặc hợp kim Mg đến khi bắt đầu hóa cứng thép lỏng là dưới 30 phút, sau đó
- nung nóng bán sản phẩm nêu trên ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250 đến 1300°C để thu được bán sản phẩm đã được nung nóng, sau đó
- cán bán sản phẩm nêu trên để thu được tấm thép đã được cán, sau đó
- phủ sơ bộ tấm thép đã được cán này bằng nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm để thu được tấm thép đã được phủ sơ bộ, sau đó
- cắt tấm thép đã được phủ sơ bộ này để thu được phôi thép được phủ sơ bộ, sau đó
- nung nóng phôi thép được phủ sơ bộ này để thu được phôi thép đã được nung nóng có cấu trúc hoàn toàn là austenit, sau đó
- định hình bằng cách ép nóng phôi thép đã được nung nóng nêu trên để thu được chi tiết đã được định hình bằng cách ép nóng, sau đó
- làm nguội chi tiết đã được định hình bằng cách ép nóng nêu trên trong khi duy trì nó trong dụng cụ ép để thu được chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép có vi cấu trúc bao gồm ít nhất là 95% mactensit.

11. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm 10, trong đó khoảng thời gian t_D nêu trên nhỏ hơn 1 phút.

12. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm 10, trong đó khoảng thời gian t_D nêu trên nhỏ hơn 10 giây.

13. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 12, trong đó tốc độ làm nguội V_s ở bề mặt của bán sản phẩm nêu trên là cao hơn 30°C/giây.

14. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 13, trong đó việc nung nóng nêu trên được thực hiện đến nhiệt độ θ_m nằm trong khoảng từ 890 và 950°C và tổng thời gian lưu giữ t_m nằm trong khoảng từ 1 đến 10 phút.

15. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép, theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 14, trong đó việc nung nóng phôi thép được phủ sơ bộ nêu trên được thực hiện trong lò với môi trường có điểm sương nằm trong khoảng từ +10 đến +25°C.

16. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép, theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 15, trong đó độ dày của tấm thép đã được phủ sơ bộ này nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm.

17. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép, theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 16, trong đó độ bền kéo của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép nêu trên nằm trong khoảng từ 1400 đến 2000MPa.

18. Quy trình sản xuất chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 đến 17, trong đó giới hạn chảy của chi tiết thép đã phủ được hóa cứng bằng cách ép nêu trên cao hơn 1000MPa.

1/3

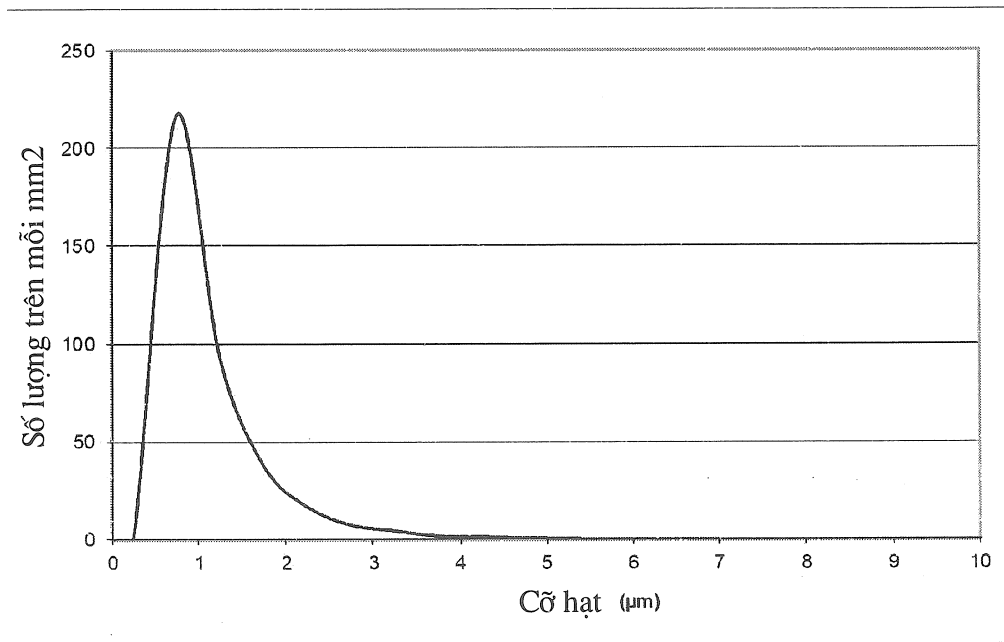


FIG. 1

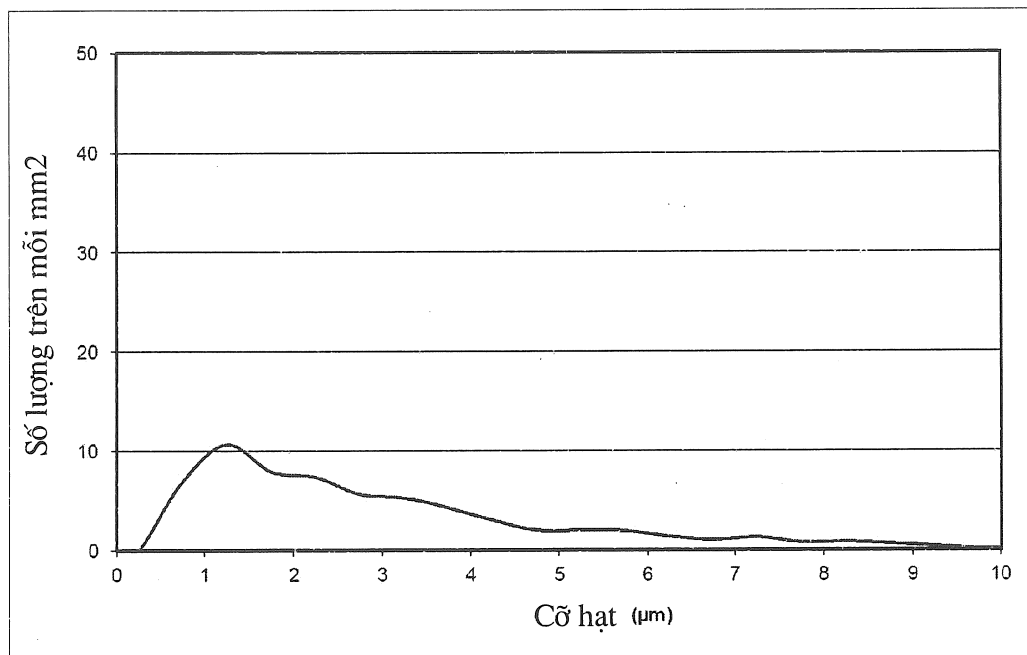


FIG. 2

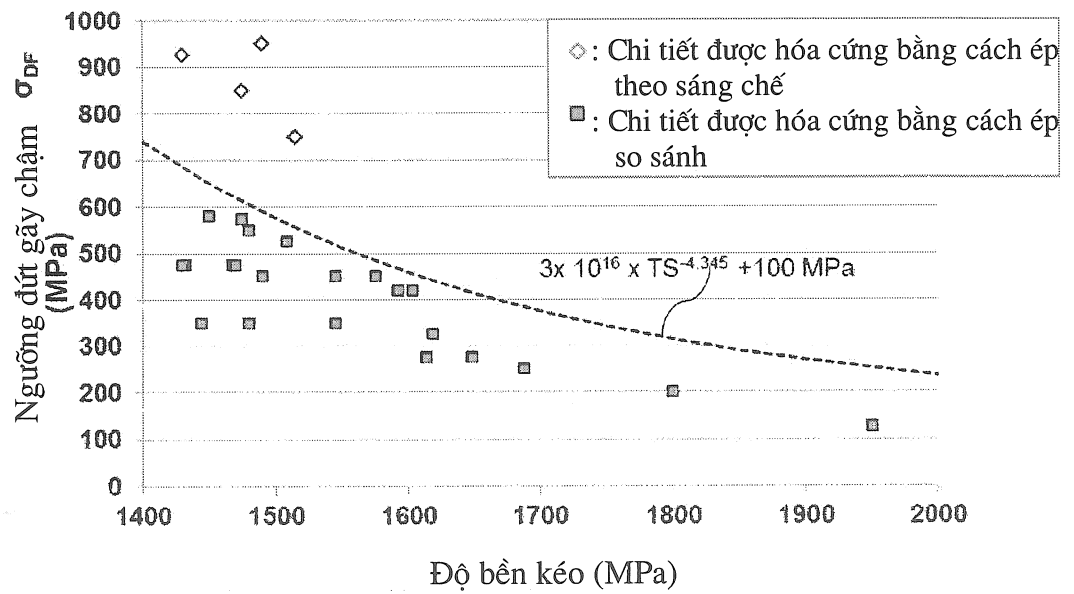


FIG. 3

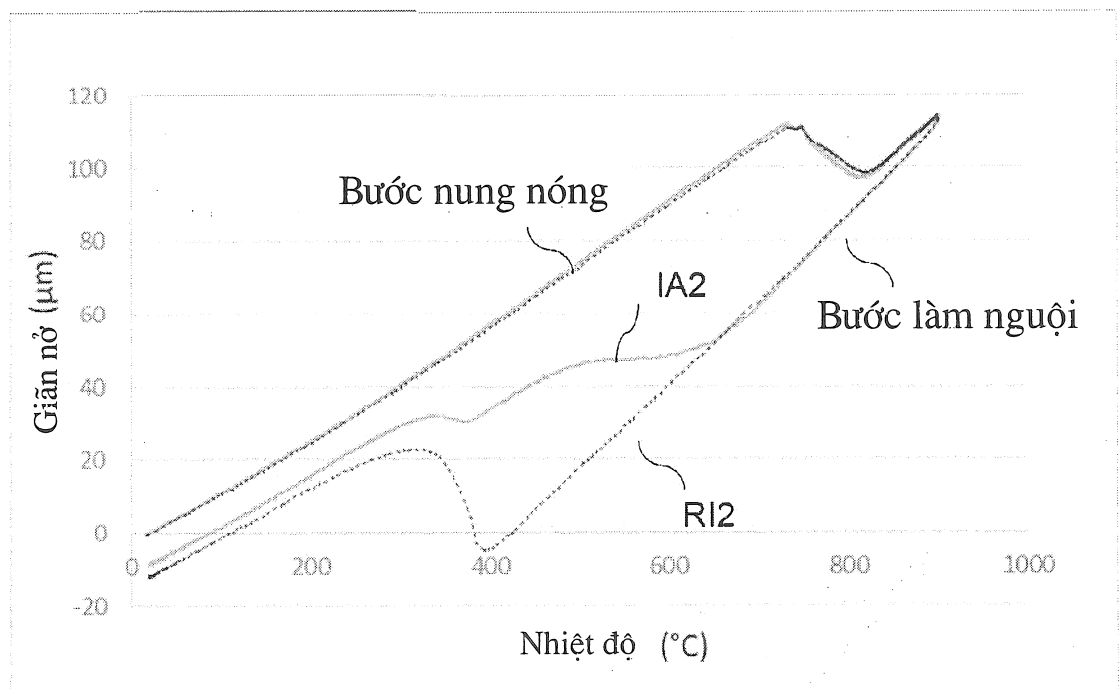
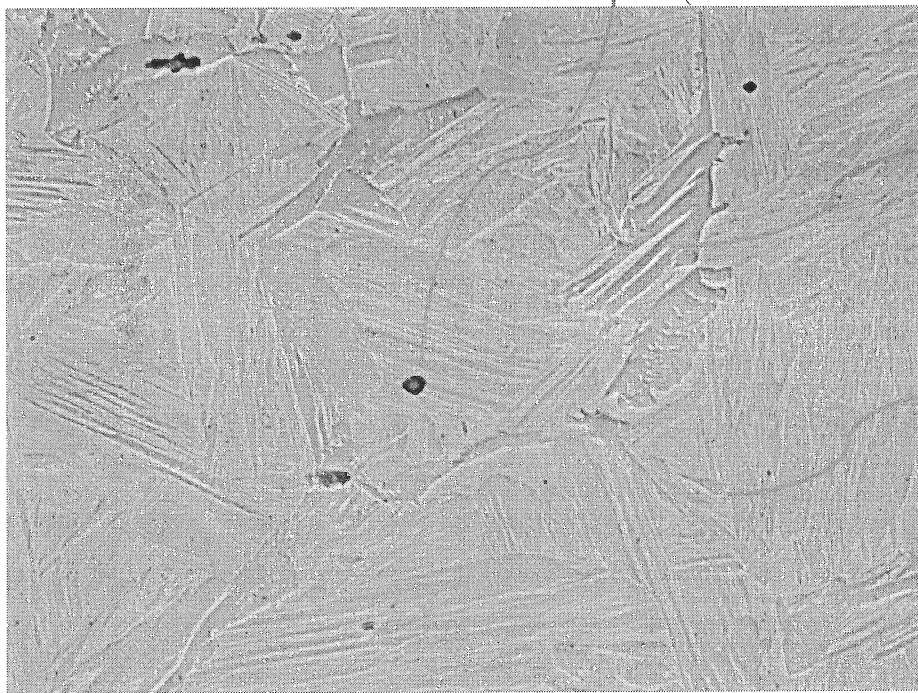


FIG. 4

3/3

Oxit Mg



Bainit

Martensit

5μm

FIG. 5