



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0049177
(51)^{2020.01} C21D 8/06; C22C 38/48; C22C 38/44; (13) B
C22C 38/46; B21K 1/44; C22C 38/04
-

- (21) 1-2022-00162 (22) 16/07/2020
(86) PCT/IB2020/056695 16/07/2020 (87) WO2021/009705 21/01/2021
(30) PCT/IB2019/056061 16/07/2019 IB
(45) 25/07/2025 448 (43) 25/04/2022 409A
(73) ARCELORMITTAL (LU)
24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg, LUXEMBOURG
(72) RESIAK Bernard (FR); FROTEY Marion (FR).
(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)
-

- (54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHI TIẾT THÉP VÀ CHI TIẾT THÉP

(21) 1-2022-00162

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất chi tiết thép bao gồm các bước: tạo ra bán thành phẩm làm bằng thép bao gồm, theo trọng lượng: $0,35\% \leq C \leq 0,60\%$; $0,15\% \leq Si \leq 0,5\%$; $0,8\% \leq Mn \leq 2,0\%$; $0,0003\% \leq B \leq 0,01\%$; $0,003\% \leq Mo \leq 1,0\%$; $1,0\% \leq Cr \leq 2,0\%$; $0,01\% \leq Ti \leq 0,04\%$; $0,003\% \leq N \leq 0,01\%$; $S \leq 0,015\%$ $P \leq 0,015\%$; $0,01\% \leq Ni \leq 1,0\%$; $0,01\% \leq Nb \leq 0,1\%$; tùy ý; $0 \leq Al \leq 0,1\%$; $0 \leq V \leq 0,5\%$; phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi, ủ bán thành phẩm này ở nhiệt độ hoàn toàn thấp hơn nhiệt độ Ac_1 của thép; tạo hình nguội bán thành phẩm thành sản phẩm đã được tạo hình nguội; đưa sản phẩm đã được tạo hình nguội vào quá trình xử lý nhiệt này bao gồm các bước: làm nóng sản phẩm đã được tạo hình nguội đến nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ Ac_3 của thép; và giữ sản phẩm ở nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ $300^\circ C$ đến $400^\circ C$ trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 15 phút đến 2 giờ.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thông qua quá trình tạo hình nguội, cụ thể là thông qua quá trình chèn đầu nguội, các chi tiết lắp ráp, như các vít, bu lông, v.v., mà ngành công nghiệp ô tô thường dùng để lắp ráp các bộ phận tiếp xúc với mặt đất hoặc động cơ của xe.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Như đã biết, ngành công nghiệp ô tô không ngừng đặt mục tiêu tăng sức mạnh của các động cơ, và, đồng thời, tìm cách giảm trọng lượng của động cơ. Việc giảm trọng lượng đòi hỏi kích thước của các chi tiết ngày càng giảm. Tuy nhiên, các chi tiết này vẫn phải chịu các ứng suất cơ học như nhau, và do đó phải có các tính chất cơ học ngày càng cao, cụ thể là độ bền kéo.

Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế đã biết US 2010/0135745 bộc lộ bộ phương pháp sản xuất các chi tiết lắp ráp, như các vít và bu lông, dùng cho các xe có động cơ, bao gồm bước tôi tiếp sau là bước ram để thu được các chi tiết có vi cấu trúc về cơ bản chỉ bao gồm mactensit được ram. Các chi tiết như vậy có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1200MPa đến hơn 1500MPa, đáp ứng yêu cầu cho các ứng dụng nêu trên.

Tuy nhiên, mong muốn cải thiện hơn nữa khả năng chịu giòn do hydro của các chi tiết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất chi tiết thép có thể được dùng làm chi tiết lắp ráp dùng cho xe có động cơ, và có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 1400MPa, cũng như cải thiện khả năng chịu giòn do hydro.

Vì mục đích này, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất chi tiết thép bao gồm các bước:

tạo ra bán thành phẩm làm bằng thép bao gồm, theo trọng lượng:

$$0,35\% \leq C \leq 0,60\%$$

$$0,15\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,01\%$$

$$0,003\% \leq Mo \leq 1,0\%$$

$$1,0\% \leq \text{Cr} \leq 2,0\%$$

$$0,01\% \leq \text{Ti} \leq 0,04\%$$

$$0,003\% \leq \text{N} \leq 0,01\%$$

$$\text{S} \leq 0,015\%$$

$$\text{P} \leq 0,015\%$$

$$0,01\% \leq \text{Ni} \leq 1,0\%$$

$$0,01\% \leq \text{Nb} \leq 0,1\%$$

tùy ý

$$0 \leq \text{Al} \leq 0,1\%$$

$$0 \leq \text{V} \leq 0,5\%$$

phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi,

ủ bán thành phẩm này ở nhiệt độ ủ hoàn toàn thấp hơn nhiệt độ Ac1 của thép;

tạo hình nguội bán thành phẩm thành sản phẩm đã được tạo hình nguội;

đưa sản phẩm đã được tạo hình nguội vào quá trình xử lý nhiệt để thu được chi tiết thép, quá trình xử lý nhiệt này bao gồm các bước:

làm nóng sản phẩm đã được tạo hình nguội đến nhiệt độ xử lý nhiệt lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn Ac3 của thép; và

giữ sản phẩm ở nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ 300°C đến 400°C trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 15 phút đến 2 giờ.

Theo các phương án cụ thể, phương pháp này có thể còn bao gồm một hoặc nhiều dấu hiệu sau, được thực hiện riêng biệt hoặc theo sự kết hợp bất kỳ có thể có về mặt kỹ thuật:

Trong bước làm nóng của quá trình xử lý nhiệt, sản phẩm đã được tạo hình nguội được làm nóng đến nhiệt độ xử lý nhiệt lớn hơn nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn Ac3 của thép ít nhất là 50°C.

Nhiệt độ ủ lớn hơn hoặc bằng Ac1 trừ 20°C.

Bán thành phẩm là dây.

Phương pháp này còn bao gồm bước chuẩn bị bề mặt của bán thành phẩm, bao gồm các bước làm sạch bề mặt của bán thành phẩm và tạo ra lớp phủ bôi trơn trên bề mặt của nó.

Bước tạo ra lớp phủ bôi trơn trên bề mặt của bán thành phẩm bao gồm bước thực hiện việc xử lý photphat và xà phòng hóa.

Hàm lượng cacbon của thép nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,50% trọng lượng.

Hàm lượng mangan của thép nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,4% trọng lượng.

Hàm lượng crom của thép nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,6% trọng lượng.

Bước tạo hình nguội là bước chôn đầu nguội.

Trong bước giữ, sản phẩm được giữ ở nhiệt độ giữ trong môi trường xử lý nhiệt, cụ thể là trong bể muối.

Sáng chế còn đề cập đến chi tiết thép làm bằng hợp kim bao gồm, theo trọng lượng:

$$0,35\% \leq C \leq 0,60\%$$

$$0,15\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,01\%$$

$$0,003\% \leq Mo \leq 1,0\%$$

$$1,0\% \leq Cr \leq 2,0\%$$

$$0,01\% \leq Ti \leq 0,04\%$$

$$0,003\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,015\%$$

$$P \leq 0,015\%$$

$$0,01\% \leq Ni \leq 1,0\%$$

$$0,01\% \leq Nb \leq 0,1\%$$

tùy ý

$$0 \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0 \leq V \leq 0,5\%$$

phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi,

chi tiết thép này có vi cấu trúc bao gồm, nằm trong khoảng từ 90% diện tích đến 98% diện tích bainit, và nằm trong khoảng từ 2% diện tích đến 10% diện tích các đảo mactensit-austenit, các đảo mactensit-austenit có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 50μm, trong đó chi tiết thép có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400MPa đến 1800MPa, và trong đó kích thước hạt austenit trung bình trước đó nhỏ hơn hoặc bằng 20μm.

Theo các phương án cụ thể, chi tiết thép này có thể còn bao gồm một hoặc nhiều dấu hiệu sau, được thực hiện riêng biệt hoặc theo sự kết hợp bất kỳ có thể có về mặt kỹ thuật:

Hàm lượng cacbon trong các đảo mactensit-austenit lớn hơn hoặc bằng 1% trọng lượng.

Chi tiết thép có độ cứng lớn hơn hoặc bằng 400HV.

Chi tiết thép là chi tiết thép đã được tạo hình nguội, và cụ thể hơn là chi tiết thép được tạo hình nguội và xử lý nhiệt.

Chi tiết thép là chi tiết thép đã được chôn đầu nguội, và cụ thể hơn là chi tiết thép đã được chôn đầu nguội và xử lý nhiệt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn khi đọc phần mô tả dưới đây, chỉ được đưa ra làm ví dụ.

Trong toàn bộ bản mô tả sáng chế, các hàm lượng được biểu thị theo % trọng lượng (% trọng lượng).

Chi tiết thép theo sáng chế có hợp phần bao gồm, theo trọng lượng:

$$0,35\% \leq C \leq 0,60\%$$

$$0,15\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,01\%$$

$$0,003\% \leq Mo \leq 1,0\%$$

$$1,0\% \leq Cr \leq 2,0\%$$

$$0,01\% \leq Ti \leq 0,04\%$$

$$0,003\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,015\%$$

$$P \leq 0,015\%$$

$$0,01\% \leq Ni \leq 1,0\%$$

$$0,01\% \leq Nb \leq 0,1\%$$

tùy ý

$$0 \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0 \leq V \leq 0,5\%$$

phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Đối với các hàm lượng cacbon dưới 0,35% trọng lượng, độ bền cao mong muốn có thể không đạt được vì hàm lượng của các thành phần khác có trong loại, đặc biệt là ở các nhiệt độ giữ cao trong quá trình xử lý nhiệt. Đối với các hàm lượng lớn hơn 0,60% trọng lượng, nguy cơ giòn tăng do việc tạo ra sắt cacbua và tăng độ cứng. Ví dụ, hàm lượng cacbon nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% trọng lượng.

Silic có tác dụng như chất khử oxy của thép trong quá trình nấu chảy nó, ở trạng thái lỏng. Có trong dung dịch rắn trong kim loại đông đặc, nó cũng góp phần

làm tăng độ bền của thép. Cụ thể là, ở các hàm lượng nêu trên, silic có tác dụng làm cứng vi cấu trúc bainit thông qua việc làm cứng dung dịch rắn. Tuy nhiên, nó có thể có tác dụng gây hại nếu có các hàm lượng quá cao. Thực vậy, trong các quá trình xử lý nhiệt, như các quá trình xử lý tạo thành hạt tròn, silic có xu hướng tạo ra các oxit giữa các hạt và do vậy làm giảm sự kết dính của các ranh giới hạt austenit trước đó. Hàm lượng silic quá cao cũng làm giảm khả năng biến dạng nguội của thép bằng cách làm cứng quá mức mạng. Vì lý do này, hàm lượng silic được giới hạn ở 0,5% trọng lượng theo sáng chế.

Với các hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,8 đến 2,0% trọng lượng, mangan làm giảm nhiệt độ bắt đầu bainit của thép, và do đó dẫn đến việc tinh luyện cấu trúc bainit và do vậy làm tăng các tính chất cơ học của chi tiết. Mangan cũng có tác dụng có lợi đến khả năng tôi cứng của thép và do đó thu được các tính chất cơ học cuối cùng mong muốn trong các chi tiết được tạo ra. Với các hàm lượng lớn hơn 2,0%, mangan có xu hướng đẩy nhanh quá trình phân tách lưu huỳnh và photpho ở các ranh giới hạt austenit trước đó và do đó làm tăng nguy cơ giòn do hydro của thép. Tốt hơn là, hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,4% trọng lượng.

Bo có trong hợp kim với các hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,01% trọng lượng. Bằng cách phân tách ở các ranh giới hạt austenit trước đó, bo, ngay cả ở các hàm lượng rất thấp, vẫn làm tăng bền các ranh giới hạt, và khiến cho có thể tăng khả năng chống mặt gãy trễ do hydro gây ra. Bo làm tăng sự kết dính của ranh giới hạt thông qua hiệu ứng nội tại của nó, nhưng cũng làm cho việc phân tách photpho khó hơn ở các ranh giới hạt này. Bo còn làm tăng mạnh khả năng tôi cứng của thép và do vậy khiến cho có thể giới hạn hàm lượng cacbon cần thiết để thu được vi cấu trúc bainit mong muốn. Cuối cùng, bo có tác dụng tổng hợp với molypden và niobi, do vậy làm tăng hiệu quả của các thành phần này và ảnh hưởng của chính chúng, mà các hàm lượng tương ứng của chúng cho phép. Tuy nhiên, việc dư thừa bo (trên 0,01% trọng lượng) sẽ dẫn đến việc tạo ra các cacbua boro rất giòn.

Hàm lượng molypden của hợp kim nằm trong khoảng từ 0,003 đến 1,0% trọng lượng. Molypden tương tác mạnh với photpho, và hạn chế tác dụng gây hại của photpho bằng cách hạn chế sự phân tách của nó ở các ranh giới hạt austenit trước đó. Hơn nữa, nó hiển thị hoạt động tạo ra cacbua rõ rệt. Đối với các tính chất cơ học nhất định, cho phép các nhiệt độ ram giữ cao hơn trong quá trình xử lý nhiệt, kết quả là, điều đó tạo thuận lợi cho sự phát triển của các cacbua, là các bẫy hydro. Do đó, nó là thành phần làm tăng khả năng chống mặt gãy trễ.

Crom, với các hàm lượng nằm trong khoảng từ 1,0 và 2,0% trọng lượng, làm giảm nhiệt độ bắt đầu bainit của thép, và do đó dẫn đến việc tinh luyện cấu trúc bainit và do vậy làm tăng các tính chất cơ học của chi tiết. Hơn nữa, crom có tác dụng làm cứng, và góp phần thu được độ bền cơ học cao. Giống như molypden, nó làm chậm quá trình làm mềm trong quá trình giữ trong quá trình xử lý nhiệt, cho phép các nhiệt độ giữ cao hơn nhằm tạo thuận lợi cho việc khử khí nhưng cũng tạo ra các cacbua để bẫy hydro. Với các hàm lượng lớn hơn 2,0% trọng lượng, bằng cách tăng quá mức độ cứng của thép, khiến cho khó tạo ra nó bằng cách tạo hình nguội, và cụ thể là chôn đầu nguội. Tốt hơn là, hàm lượng crom nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,6% trọng lượng.

Titani có trong hợp kim với các hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,04% trọng lượng. Titani được bổ sung vào thép lỏng để làm tăng độ cứng của vật liệu. Ở đây, trong các khoảng được biểu thị, nó cũng làm tăng khả năng chống mất gãy trễ theo một số cách. Nó góp phần vào việc tinh luyện hạt austenit và tạo ra các chất kết tủa để bẫy hydro. Cuối cùng, tác dụng làm cứng của titani khiến cho có thể thực hiện các hoạt động xử lý nhiệt ở các nhiệt độ giữ cao hơn. Hàm lượng titani tối đa được đặt ở đây để tránh thu được các chất kết tủa có kích thước quá lớn, mà sau đó sẽ làm giảm khả năng chống mất gãy trễ của thép.

Thép còn có niobi với các hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,1% trọng lượng. Niobi cải thiện khả năng chống hydro, vì nó có thể hạn chế việc tạo ra các cacbua boro $\text{Fe}_3(\text{C},\text{B})$; $\text{Fe}_{23}(\text{C},\text{B})_{26}$, mà tiêu thụ, và do đó, làm giảm hàm lượng bo “tự do” có sẵn để phân tách ở các ranh giới hạt, và, mặt khác, hạn chế sự phát triển của hạt austenit bằng cách tạo ra các cacbonitrit. Việc tinh luyện các hạt dẫn đến tổng chiều dài ranh giới hạt cao hơn, và do đó phân bố tốt hơn các thành phần có hại, như photpho và lưu huỳnh, ở nồng độ thấp hơn. Hơn nữa, việc giảm kích thước hạt austenit dẫn đến gia tốc động học của quá trình biến đổi bainit. Hàm lượng niobi tối đa được đặt để tránh thu được các chất kết tủa có kích thước quá lớn, mà sau đó sẽ làm giảm khả năng chống mất gãy trễ của thép. Hơn nữa, khi nó được bổ sung với một lượng quá lớn, niobi dẫn đến việc tăng nguy cơ xuất hiện các khuyết tật “nứt” ở bề mặt của các phôi và khối thép khi đúc liên tục. Các khuyết tật này, nếu chúng không thể được loại bỏ hoàn toàn, có thể gây hại rất lớn đến tính nhất quán của các tính chất của chi tiết cuối cùng, đặc biệt là liên quan đến độ bền mỏi và khả năng chống hydro. Đó là lý do tại sao hàm lượng niobi được giữ dưới 0,1% trọng lượng.

Trong thép theo sáng chế, hàm lượng nitơ nằm trong khoảng từ 0,003 đến 0,01% trọng lượng. Nitơ gây ra thông qua việc tạo ra các bo nitrua, đóng vai trò của thành phần này làm mất tác dụng khả năng tôi cứng của thép. Do đó, trong thép theo sáng chế, hàm lượng nitơ được giới hạn ở 0,01% trọng lượng. Tuy nhiên, được bổ sung với một lượng nhỏ, khiến cho có thể, cụ thể là thông qua việc tạo ra các titani nitrua (TiN) và nhôm nitrua (AlN), để tránh sự tăng trưởng hạt austenit quá mức trong các quá trình xử lý nhiệt đối với thép. Tương tự, nó cũng cho phép, trong trường hợp này, việc tạo ra các chất kết tủa cacbonitrua sẽ góp phần vào việc tẩy hydro. Do đó, trong thép theo sáng chế, hàm lượng nitơ lớn hơn hoặc bằng 0,003% trọng lượng.

Thép theo sáng chế chứa tối đa 0,015% trọng lượng photpho và tối đa 0,015% trọng lượng lưu huỳnh. Tác dụng của photpho và lưu huỳnh đặc biệt có hại trong các thép theo sáng chế, vì một số lý do. Thực vậy, vì các thành phần này là chất độc để tái kết hợp hydro, chúng góp phần làm cho nồng độ hydro nguyên tử cao hơn có khả năng thâm nhập vào vật liệu, do đó làm tăng nguy cơ mặt gãy nứt của chi tiết khi sử dụng. Hơn nữa, bằng cách phân tách ở các ranh giới hạt, photpho và lưu huỳnh làm giảm sự kết dính của nó. Do đó, hàm lượng của chúng phải được giữ ở mức rất thấp. Vì mục đích này, các biện pháp phải được thực hiện để đảm bảo rằng thép được khử photpho và khử lưu huỳnh trong quá trình nấu chảy nó ở trạng thái lỏng.

Thép chứa trong khoảng từ 0,01 đến 1,0% trọng lượng niken. Thành phần này góp phần làm tăng độ bền của thép và có các tác dụng có lợi đối với khả năng chịu mài mòn. Nó cũng cải thiện, theo cách đã biết, độ bền chịu mài mòn của thép.

Thép tùy ý chứa nhôm với hàm lượng tối đa bằng 0,1% trọng lượng. Nhôm là chất khử oxy của thép ở trạng thái lỏng. Sau đó, nó góp phần, dưới dạng các nitrua, vào việc kiểm soát sự tăng trưởng hạt austenit trong quá trình cán nóng. Mặt khác, với một lượng quá lớn, nó có thể dẫn đến sự tăng trưởng của các tạp chất dạng aluminat trong thép, điều đó có thể gây hại cho các tính chất của thép, đặc biệt là độ dai của nó. Cụ thể là, hàm lượng nhôm có thể được bao gồm với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,1% trọng lượng.

Hơn nữa, tùy ý, thép có thể bao gồm vanadi với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% trọng lượng. Khi có vanadi, do tác dụng làm cứng của nó, vanadi khiến cho có thể thực hiện các hoạt động xử lý nhiệt ở các nhiệt độ cao hơn. Hàm lượng vanadi tối đa được đặt để tránh thu được các chất kết tủa có kích thước quá lớn, mà có thể làm

giảm khả năng chống mặt gãy trễ do hydro của thép. Cụ thể là, hàm lượng vanadi có thể được bao gồm với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,5% trọng lượng.

Phần còn lại của hợp phần là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi, cụ thể là do quá trình chế tạo.

Cụ thể hơn là, hợp phần của chi tiết thép chỉ bao gồm các thành phần nêu trên.

Cụ thể hơn, chi tiết thép theo sáng chế là chi tiết thép đã được tạo hình nguội, và cụ thể hơn là chi tiết thép đã được chôn đầu nguội.

Cụ thể hơn là, chi tiết thép có kích thước hạt austenit trung bình trước đó nhỏ hơn hoặc bằng $20\mu\text{m}$, và ví dụ kích thước hạt austenit trung bình trước đó nằm trong khoảng từ $8\mu\text{m}$ đến $15\mu\text{m}$. Các kích thước hạt austenit trung bình trước đó thấp như vậy là điển hình của quá trình tạo hình nguội, và cụ thể hơn là chôn đầu nguội.

Kích thước hạt austenit trung bình trước đó là kích thước trung bình của austenit ngay trước khi biến đổi nó khi làm nguội. Các hạt austenit trước đó có thể bị lộ ra trên chi tiết cuối cùng, tức là, sau khi làm nguội, bằng phương pháp thích hợp, đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, ví dụ bằng cách khắc ăn mòn bằng thuốc thử khắc ăn mòn axit picric. Các hạt austenit trước đó được quan sát dưới kính hiển vi quang hoặc kính hiển vi điện tử quét. Sau đó, kích thước hạt của các hạt austenit trước đó được xác định bằng phân tích ảnh với phần mềm thông thường đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Chi tiết thép có vi cấu trúc bao gồm, trong các phần bề mặt hoặc % diện tích, nằm trong khoảng từ 90% đến 98% bainit và nằm trong khoảng từ 2% đến 10% các đảo mactensit-austenit (M/A).

Các đảo M/A chỉ bao gồm austenit được giữ lại ở chu vi của đảo M/A và của austenit được biến đổi một phần thành mactensit ở tâm của đảo M/A.

Phần còn lại của vi cấu trúc bao gồm, trong phần bề mặt, lên đến 5% mactensit mới. Theo ngữ cảnh này, “mactensit mới” dùng để chỉ mactensit không được ram hoặc mactensit không được ram tự động.

Các đảo M/A có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$, cụ thể hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $20\mu\text{m}$, và thậm chí cụ thể hơn là nằm trong khoảng từ 8 đến $15\mu\text{m}$. Theo ngữ cảnh này, “đường kính” dùng để chỉ kích thước lớn nhất của đảo M/A. Cụ thể là, đường kính của các đảo M/A được đo với độ phóng đại 500:1.

Ví dụ, hàm lượng cacbon trong các đảo M/A lớn hơn hoặc bằng 1% trọng lượng. Hàm lượng cacbon cụ thể này có lợi, vì nó tạo ổn định cho austenit được giữ lại trong các đảo M/A chống lại sự biến đổi thành mactensit.

Chi tiết thép có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400MPa đến 1800MPa, và cụ thể hơn là nằm trong khoảng từ 1500MPa và 1800MPa. Theo ngữ cảnh này, độ bền kéo được xác định theo cách thông thường, cụ thể là theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6892-1.

Chi tiết thép hơn nữa có độ cứng lớn hơn hoặc bằng 400HV. Theo ngữ cảnh này, độ cứng được xác định theo cách thông thường, cụ thể là theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6507-1.

Hợp phần và vi cấu trúc tối ưu hóa của chi tiết thép theo sáng chế cho phép thu được khả năng chịu giòn do hydro rất tốt, kết hợp với độ bền cơ học lớn hơn 1400MPa, cụ thể hơn là nằm trong khoảng từ 1400 đến 1800MPa.

Việc tạo ra vi cấu trúc nằm trong khoảng từ 90 đến 98% diện tích bainit có lợi. Thực vậy, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng vi cấu trúc dẫn đến sự dung hòa tốt giữa khả năng chịu giòn do hydro và độ bền cơ học, và cụ thể là độ bền kéo. Cụ thể là, bainit ít nhạy với sự giòn do hydro hơn so với mactensit. Hơn nữa, độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 1400MPa có thể thu được với vi cấu trúc nêu trên.

Cụ thể là, việc có các đảo M/A ở các phần bề mặt nêu trên có lợi cho khả năng chịu giòn do hydro. Thực vậy, các đảo M/A dẹt hơn so với các vùng bainit của vi cấu trúc, và còn tạo thành các bẫy hydro rất tốt. Do đó, do việc có các đảo M/A, hydro được bẫy trong các vùng tương đối dẹt của chi tiết. Điều đó làm giảm lượng hydro phân tán khắp vi cấu trúc, mà có khả năng khuếch tán vào các vùng dễ vỡ nhất của chi tiết do ứng suất, mà chi tiết phải chịu khi sử dụng, và do đó thậm chí có thể giảm hơn nữa khả năng chống mặt gãy của các vùng dễ vỡ như vậy.

Không mong muốn phần bề mặt đảo M/A hoàn toàn lớn hơn 10%, vì austenit được giữ lại trong các đảo M/A biến đổi, khi tác dụng ứng suất, thành mactensit giòn hơn. Vì các đảo M/A trước đó đã được bẫy hydro, mactensit này chứa lượng hydro tương đối cao và do đó có thể tạo thành vùng ưu tiên cho mặt gãy giòn của chi tiết.

Kích thước của các đảo M/A nêu trên cải thiện khả năng chống hydro nhiều hơn, vì sau đó hydro sau đó được bẫy trong các vùng nhỏ hơn. Hơn nữa, quá trình biến đổi austenit được giữ lại của các đảo M/A thành mactensit ít có vấn đề hơn đối với khả năng chống mặt gãy, vì quá trình biến đổi như vậy sẽ chỉ tạo ra các vùng tương đối nhỏ của mactensit.

Kích thước tương đối nhỏ của các hạt austenit trước đó cải thiện khả năng chịu mặt gãy giòn hơn nữa. Thực vậy, kích thước của các bó của các dải bainit không thể lớn hơn kích thước của austenit trước đó. Do đó, các hạt austenit nhỏ trước đó tạo ra các bó tương đối nhỏ của các dải bainit, mà lại cho phép phân bố hydro tốt hơn, điều đó có xu hướng phân tách ở các liên kết hạt. Do đó, sự phân bố hydro được cải thiện như vậy có thể có trong các vùng bainit của vi cấu trúc sẽ làm tăng khả năng chống mặt gãy giòn của chi tiết.

Ví dụ, chi tiết thép có giới hạn chảy lớn hơn hoặc bằng 1080MPa.

Tốt hơn là, chi tiết thép có độ giãn dài lớn hơn hoặc bằng 8% và/hoặc mức giảm diện tích lớn hơn hoặc bằng 44%. Độ giãn dài và mức giảm diện tích được đo theo các phương pháp thông thường, và cụ thể là theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6892-1.

Các chi tiết thép theo sáng chế có thể được dùng một cách thuận lợi làm các chi tiết dùng cho động cơ, bộ truyền động và các trục dùng cho các xe có động cơ. Cụ thể là, các chi tiết thép này có thể được dùng làm các bu lông và vít dùng cho các ứng dụng đó, và ví dụ các bu lông đầu xi lanh, các bu lông nắp ổ trục chính và các bu lông thanh truyền.

Ví dụ, đường kính của chi tiết thép nhỏ hơn hoặc bằng 20mm, và cụ thể hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 16mm, và thậm chí cụ thể hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 12mm. Cụ thể hơn là, đường kính của chi tiết thép lớn hơn hoặc bằng 5,5mm chẳng hạn.

Ví dụ, chi tiết thép nêu trên có thể thu được nhờ dùng phương pháp bao gồm các bước:

tạo ra bán thành phẩm làm bằng thép;

ủ bán thành phẩm này ở nhiệt độ ủ hoàn toàn thấp hơn nhiệt độ A_{c1} của thép;

tạo hình nguội bán thành phẩm thành sản phẩm đã được tạo hình nguội;

đưa sản phẩm đã được tạo hình nguội vào quá trình xử lý nhiệt để thu được chi tiết thép đã được tạo hình nguội, quá trình xử lý nhiệt này bao gồm các bước:

làm nóng sản phẩm đã được tạo hình nguội đến nhiệt độ xử lý nhiệt lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn (A_{c3}) của thép; và sau đó

giữ sản phẩm ở nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ 300°C đến 400°C trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 15 phút đến 2 giờ.

Cụ thể là, phương pháp sản xuất chi tiết thép không bao gồm các bước tôi trung gian bất kỳ.

Bán thành phẩm được tạo ra trong bước chuẩn bị có hợp phần sau, theo trọng lượng:

$$0,35\% \leq C \leq 0,60\%$$

$$0,15\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,01\%$$

$$0,003\% \leq Mo \leq 1,0\%$$

$$1,0\% \leq Cr \leq 2,0\%$$

$$0,01\% \leq Ti \leq 0,04\%$$

$$0,003\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,015\%$$

$$P \leq 0,015\%$$

$$0,01\% \leq Ni \leq 1,0\%$$

$$0,01\% \leq Nb \leq 0,1\%$$

tùy ý

$$0 \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0 \leq V \leq 0,5\%$$

phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Hợp phần này tương ứng với hợp phần đã được mô tả trước đây đối với chi tiết thép.

Cụ thể, bán thành phẩm là dây có đường kính nằm trong khoảng từ 5mm đến 25mm chẳng hạn.

Như đã nêu trên, bước ủ được thực hiện ở nhiệt độ ủ hoàn toàn thấp hơn nhiệt độ A_{c1} của thép. Như thường lệ, nhiệt độ A_{c1} là nhiệt độ mà tại đó austenit bắt đầu tạo ra trong quá trình làm nóng.

Bước ủ nhằm mục đích làm giảm tạm thời độ bền kéo của thép để chuẩn bị cho quá trình tạo hình nguội nó. Ví dụ, khi kết thúc bước ủ, thép có độ bền kéo nhỏ hơn hoặc bằng 600MPa. Quá trình ủ như vậy được gọi là quá trình ủ tạo thành hạt hình cầu hoặc tạo thành hạt tròn.

Cụ thể hơn là, trong bước ủ, bán thành phẩm được làm nóng đến nhiệt độ ủ lớn hơn hoặc bằng $A_{c1}-20^{\circ}\text{C}$.

Trong bước ủ, tốt hơn là bán thành phẩm được giữ ở nhiệt độ ủ trong khoảng thời gian, mà được chọn, như một hàm của nhiệt độ ủ, sao cho độ bền kéo của thép

sau khi ủ nhỏ hơn hoặc bằng 600MPa. Ví dụ, thời gian giữ ở nhiệt độ ủ nằm trong khoảng từ 5 đến 9 giờ.

Theo ví dụ cụ thể, bước ủ được thực hiện ở nhiệt độ ủ bằng 730°C, và thời gian giữ ở nhiệt độ ủ bằng 7 giờ.

Tốt hơn là, bước ủ được thực hiện trong môi trường trung tính, ví dụ trong môi trường chỉ bao gồm khí nito.

Sau khi giữ ở nhiệt độ ủ, bán thành phẩm được làm nguội xuống đến nhiệt độ phòng.

Tốt hơn là, việc làm nguội được thực hiện với tốc độ được chọn để tránh sự kết tủa peclit và tạo ra bainit, và do vậy để duy trì độ bền kéo, nhiệt độ cần nhỏ hơn hoặc bằng 600°C sau khi làm nguội. Tốc độ làm nguội này có thể được xác định mà không gặp khó khăn bằng cách dùng các biểu đồ CCT của thép.

Theo ví dụ cụ thể, việc làm nguội từ nhiệt độ ủ được thực hiện theo ba giai đoạn: giai đoạn làm nguội thứ nhất từ nhiệt độ ủ đến khoảng 670°C, trong đó thép được làm nguội với tốc độ làm nguội nhỏ hơn hoặc bằng 25°C/giờ, giai đoạn làm nguội thứ hai từ khoảng 670°C đến khoảng 150°C với tốc độ làm nguội nhỏ hơn hoặc bằng 250°C/giây và giai đoạn làm nguội thứ ba, từ khoảng 150°C xuống đến nhiệt độ môi trường với tốc độ làm nguội tương ứng với việc làm nguội trong môi trường hoặc không khí tự nhiên. Việc làm nguội ba bước và các nhiệt độ và tốc độ tương ứng chỉ được đưa ra chỉ làm ví dụ, và các nhiệt độ và tốc độ khác có thể được dùng tùy thuộc cụ thể vào hợp phần của thép và độ bền kéo cuối cùng mong muốn.

Ví dụ, bước tạo hình nguội là bước chồn đầu nguội, sao cho thu được sản phẩm được chồn đầu nguội khi kết thúc bước tạo hình nguội, và thu được chi tiết thép đã được chồn đầu nguội khi kết thúc quá trình xử lý nhiệt.

Phương pháp tùy ý bao gồm, giữa bước ủ và bước chồn đầu nguội, bước kéo nguội bán thành phẩm đã được ủ để giảm đường kính của nó. Bước kéo nguội này cụ thể là bước kéo dây. Trong bước kéo dây này, việc giảm đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 5% chẳng hạn.

Tốt hơn là, trước bước kéo nguội thực hiện việc chuẩn bị bề mặt bao gồm bước làm sạch bề mặt của chi tiết bán thành phẩm, tiếp sau là bước tạo ra lớp phủ bôi trơn trên bề mặt của chi tiết bán thành phẩm.

Ví dụ, bước làm sạch bao gồm bước tẩy dầu mỡ và/hoặc tẩy cặn hoặc tẩy gỉ bằng cơ học hoặc hóa học, tùy ý tiếp sau là bước trung hòa. Theo ngữ cảnh này,

bước trung hòa là quá trình làm sạch được dùng để làm sạch tất cả các hạt hoặc chất lạ khỏi bề mặt của thép để giảm nguy cơ ăn mòn.

Ví dụ, bước tạo ra lớp phủ bôi trơn bao gồm việc xử lý photphat và xà phòng hóa.

Sau khi tạo hình nguội, sản phẩm đã được tạo hình nguội phải chịu quá trình xử lý nhiệt để thu được chi tiết thép đã được tạo hình nguội, quá trình xử lý nhiệt này bao gồm các bước:

làm nóng sản phẩm đã được tạo hình nguội đến nhiệt độ xử lý nhiệt lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn Ac_3 của thép; và sau đó

giữ sản phẩm ở nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ $300^{\circ}C$ đến $400^{\circ}C$ trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 15 phút đến 2 giờ.

Quá trình xử lý nhiệt này là quá trình xử lý nhiệt.

Theo một ví dụ, trong bước giữ, sản phẩm được giữ ở nhiệt độ giữ trong môi trường xử lý nhiệt. Ví dụ, môi trường xử lý nhiệt là bể muối.

Cụ thể là, trong quá trình xử lý nhiệt, sản phẩm đã được tạo hình nguội được làm nguội từ nhiệt độ xử lý nhiệt xuống nhiệt độ giữ, tốt hơn là trong môi trường xử lý nhiệt. Cụ thể là, sản phẩm được làm nguội từ nhiệt độ xử lý nhiệt xuống nhiệt độ giữ trong bể muối.

Sau khi kết thúc bước giữ, các sản phẩm được phép làm nguội xuống đến nhiệt độ môi trường trong môi trường hoặc không khí tự nhiên.

Bước làm nóng được thực hiện theo cách sao cho chi tiết thép có vi cấu trúc hoàn toàn bằng austenit khi kết thúc bước làm nóng.

Kích thước trung bình của các hạt austenit được tạo ra trong bước làm nóng này nhỏ hơn hoặc bằng $20\mu m$, và cụ thể là nằm trong khoảng từ 8 đến $15\mu m$. Ví dụ, kích thước này được đo với độ phóng đại 500:1.

Kích thước hạt nhỏ này là do dùng phương pháp tạo hình nguội, và cụ thể hơn là chôn đầu nguội, để sản xuất chi tiết thép. Kích thước hạt austenit này là kích thước hạt austenit trước đó của chi tiết thép được tạo hình nguội và xử lý nhiệt theo sáng chế.

Ví dụ, nhiệt độ xử lý nhiệt cao hơn ít nhất $50^{\circ}C$ so với nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn Ac_3 của thép.

Cụ thể hơn là, trong bước làm nóng, chi tiết thép được giữ ở nhiệt độ xử lý nhiệt trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 5 phút đến 120 phút.

Tốt hơn là, nhiệt độ giữ trong bước giữ nằm trong khoảng từ 300 đến $380^{\circ}C$.

Khi kết thúc bước giữ, chi tiết thép nguội được tạo ra, và cụ thể hơn là thu được chi tiết thép đã được chôn đầu nguội, và xử lý nhiệt.

Chi tiết thép thu được như vậy có vi cấu trúc nêu trên đối với chi tiết thép.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm được thực hiện trên các vật đúc có các hợp phần hóa học từ C1 đến C3, Ref1 và Ref 2 được nêu trong bảng 1 dưới đây.

N°	C	Si	Mn	B	Mo	Cr	Ti	N	S	P	Ni	Nb	Al
C1	0,38	0,35	1,1	0,0025	0,1	1,5	0,025	0,005	0,005	0,005	0,5	0,05	0,025
C2	0,38	0,25	1,3	0,0025	0,1	1,5	0,025	0,005	0,005	0,005	0,1	0,05	0,025
C3	0,42	0,15	0,9	0,0008	0,2	1,5	0,020	0,005	0,005	0,005	0,15	0,05	0,025
Ref1	0,46	0,17	0,82	0	0,2	1,0	0	0,01	0,011	0,01	0,08	0	0,018
Ref2	0,36	0,04	0,09	0	0,005	1,0	0	0,006	0,006	0,01	0,017	0	0,033

Bảng 1: Các hợp phần hóa học của các vật đúc

Trong bảng 1 nêu trên, các hợp phần được biểu thị theo % trọng lượng.

Trong tất cả các hợp phần nêu trên, phần còn lại của hợp phần chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi. Cụ thể là, tùy thuộc vào quy trình sản xuất nó, và đặc biệt là khi nó được nấu chảy từ sắt vụn, thép có thể chứa lên đến 0,15% đồng như tạp chất không thể tránh khỏi.

Các hợp phần Ref1 và Ref2 là các hợp phần tham khảo.

Trong loạt thí nghiệm thứ nhất, tất cả các vật đúc nêu trên đều được ủ bao gồm bước giữ vật đúc ở nhiệt độ 730°C vopúi thời gian giữ khoảng 7 giờ, tiếp sau là bước làm nguội. Bước làm nguội được thực hiện theo ba giai đoạn bao gồm bước làm nguội với tốc độ làm nguội khoảng 25°C/giờ xuống đến 670°C, tiếp sau là bước làm nguội ở nhiệt độ 250°C/giờ cho đến 150°C, và cuối cùng làm nguội không khí tự nhiên hoặc môi trường xung quanh xuống đến nhiệt độ phòng. Các tốc độ làm nguội này thu được bằng cách điều chỉnh các điều kiện làm nóng trong lò ủ cho phù hợp, việc làm nóng được giảm hoặc tắt tùy thuộc vào nhu cầu, theo cách đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Sau khi ủ, các vật đúc được tạo hình nguội thành sản phẩm đã được tạo hình nguội.

Theo các thí nghiệm từ E1 đến E4 và E6 (xem bảng 2 dưới đây), sau đó các sản phẩm đã được tạo hình nguội phải chịu quá trình xử lý nhiệt bao gồm các bước:

làm nóng sản phẩm đã được tạo hình nguội đến nhiệt độ xử lý nhiệt T_t và giữ nó ở nhiệt độ này trong khoảng thời gian giữ t_t ; và sau đó

giữ sản phẩm ở nhiệt độ giữ T_h trong khoảng thời gian giữ t_h trong bể muối.

Dau đó, các sản phẩm được phép làm nguội xuống đến nhiệt độ phòng trong không khí tự nhiên hoặc môi trường xung quanh.

Theo thí nghiệm E5, sản phẩm đã được tạo hình nguội làm bằng hợp kim có hợp phần Ref2, phải chịu quá trình xử lý nhiệt chỉ bao gồm bước tôi, tiếp sau là bước ram sau khi chôn đầu nguội, thay cho quá trình xử lý nhiệt nêu trên. Cụ thể hơn là, theo thí nghiệm này, quá trình xử lý nhiệt chỉ bao gồm bước làm nóng đến nhiệt độ khoảng 890°C và giữ trong khoảng thời gian 30 phút ở nhiệt độ này, tiếp sau là bước tôi với tốc độ làm nguội lớn hơn tốc độ làm nguội mactensit tới hạn, và sau đó ram ở nhiệt độ khoảng 450°C trong khoảng thời gian 60 phút.

Bảng 2 dưới đây biểu thị, đối với các thí nghiệm khác nhau từ E1 đến E6, các hợp phần của các sản phẩm thép, các đường kính của các sản phẩm được tạo hình nguội, cũng như, khi áp dụng được, các điều kiện xử lý nhiệt.

Thí nghiệm	Hợp kim	Đường kính (mm)	T_t (°C)	t_t (phút)	T_h (°C)	t_h (phút)	Ac1	Ac3
E1	C1	12	890	30	325	45	732	791
E2	C2	12	890	30	325	45	738	793
E3	C3	12	890	30	325	45	749	786
E4	Ref1	12,5	890	30	325	45	734	782
E5	Ref2	11	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	750	795
E6	Ref1	12,5	890	30	300	45	734	782

Bảng 2 : Các điều kiện xử lý nhiệt

Trong bảng 2 trên đây, n.a. có nghĩa là “không áp dụng được”.

Trong bảng 2 trên đây, các thí nghiệm tham chiếu được gạch chân (các thí nghiệm từ E4 đến E6).

Các thử nghiệm kéo được thực hiện nhờ dùng loại mẫu thử nghiệm TR03 ($\varnothing=5\text{mm}$, $L=75\text{mm}$). Việc thử nghiệm kéo được thực hiện theo tiêu chuẩn NF EN

ISO 6892-1, tức là, với tốc độ biến dạng khoảng 8mm/mn. Mỗi trị số là giá trị trung bình của ba phép đo.

Biên dạng độ cứng dọc theo mặt cắt ngang của các mẫu được thực hiện. Các thử nghiệm độ cứng Vickers được thực hiện dưới tải trọng 30kg trong khoảng thời gian 15 giây. Độ cứng được đo theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6507-1. Mỗi trị số là giá trị trung bình của ba phép đo.

Các kết quả của các thử nghiệm này được tóm tắt trong bảng 3 dưới đây.

Hơn nữa, vi cấu trúc của các sản phẩm thu được như vậy được phân tích dựa vào các mặt cắt ngang của các sản phẩm này. Cụ thể hơn là, các cấu trúc có trong các mặt cắt ngang được khác biệt bởi kính hiển vi quang ánh sáng (LOM - light optical microscopy) và bởi kính hiển vi điện tử quét (SEM - scanning electron microscopy). Các quan sát LOM và SEM được thực hiện sau khi khắc ăn mòn nhờ dùng dung dịch chứa Nital.

Các vi cấu trúc của các thép được khác biệt nhờ dùng phương pháp khắc ăn mòn màu để phân biệt các pha mactensit, bainit và ferit bằng cách dùng chất khắc ăn mòn LePera (LePera 1980). Chất khắc ăn mòn là hỗn hợp của 1% dung dịch nước của natri metabisunfit (1g Na₂S₂O₅ trong 100ml nước cất) và 4% picral (4g axit picric khô trong 100ml etanol), mà được trộn theo tỷ lệ 1:1 ngay trước khi dùng.

Việc khắc ăn mòn LePera làm lộ ra các pha sơ cấp và pha thứ hai như loại bainit (trên, dưới), mactensit, các đảo và màng của austenit hoặc các đảo M/A. Sau khi khắc ăn mòn LePera, ferit xuất hiện màu xanh lam nhạt, bainit từ màu xanh lam đến màu nâu (bainit trên có màu xanh lam, bainit dưới có màu nâu), mactensit từ màu nâu đến màu vàng nhạt và các đảo M/A có màu trắng, dưới kính hiển vi quang ánh sáng và với độ phóng đại 500:1.

Lượng các đảo M/A theo tỷ lệ phần trăm cho diện tích nhất định, cũng như đường kính của các đảo trong các ảnh được đo nhờ dùng phần mềm xử lý ảnh thích ứng, cụ thể là phần mềm ImageJ xử lý và phân tích ảnh cho phép định lượng.

Kích thước hạt austenit trước đó được xác định sau khi khắc ăn mòn Béchet-Beaujard bằng cách so sánh kiểu ảnh theo tiêu chuẩn NF EN ISO 643. Mỗi trị số là giá trị trung bình của ba phép đo.

Các kết quả của các phân tích này được tóm tắt trong bảng 4 dưới đây.

Trong các bảng 3 và 4, các chữ viết tắt sau được dùng:

TS (MPa) dùng để chỉ độ bền kéo được đo bằng thử nghiệm kéo theo hướng dọc so với hướng cán,

YS (MPa) dùng để chỉ giới hạn chảy được đo bằng thử nghiệm kéo theo hướng dọc so với hướng cán,

Ra (%) dùng để chỉ phần trăm giảm diện tích được đo bằng thử nghiệm kéo theo hướng dọc so với hướng cán,

El (%) dùng để chỉ độ giãn dài được đo bằng thử nghiệm kéo theo hướng dọc so với hướng cán,

HV30 dùng để chỉ kết quả của phép đo độ cứng,

M/A = Các đảo mactensit/austenit được giữ lại

	Ys (MPa)	Ts (MPa)
E1	1177	1531
E2	1194	1520
E3	1234	1520
<u>E4</u>	1035	1331
<u>E5</u>	1163	1247
<u>E6</u>	1250	1562

Bảng 3: Các tính chất cơ học của các mẫu

N°	Bainit (% diện tích)	Các đảo M/A (% diện tích)	Mactensit (% diện tích)	Đường kính của các đảo M/A (μm)	Kích thước hạt austenit trước đó (μm)
E1	93	7	0	6	10,6
E2	95	5	0	10	12,1
E3	97	3	0	8	9,6
<u>E4</u>	99	0	1	n.a.	11,3
<u>E5</u>	0	0	100	n.a.	n.a.
<u>E6</u>	99	0	1	n.a.	11,3

Bảng 4: Vi cấu trúc của các mẫu

Trong bảng 4 trên đây, n.a. có nghĩa là “không áp dụng được”.

Cuối cùng, đối với mỗi thí nghiệm từ E1 đến E6, khả năng chống hydro của các mẫu tương ứng được xác định bằng cách so sánh các kết quả của thử nghiệm kéo tốc độ biến dạng chậm (tốc độ biến dạng khoảng 10^{-5} giây⁻¹) trên mẫu không được nạp và trên mẫu được nạp hydro (Tiêu chuẩn NF A-05-304).

Cụ thể hơn là, các tác giả sáng chế được xác định độ dẻo (thông qua phần trăm giảm diện tích R_a) trên các mẫu được nạp và không được nạp, và so sánh các kết quả thông qua chỉ số giòn.

Tổng hàm lượng H_2 bên trong các mẫu trước khi nạp bằng khoảng 0,3 ppm.

Quá trình nạp hydro được thực hiện thông qua việc nạp catốt nhờ dùng dung dịch điện phân gồm H_2SO_4 1N có bổ sung chất xúc tác hydro Thiourea 2,5mg/L, với cường độ dòng điện $I = 0,8mA/cm^2$ trogn khoảng thời gian 5 giờ.

Đối với mỗi cặp mẫu (được nạp và không được nạp), chỉ số giòn I_{Ra} liên quan đến phần trăm giảm diện tích được tính theo công thức sau:

$I_{Ra} = 1 - [Ra(H_2) / Ra(H_2=0)]$, trong đó $Ra(H_2)$ tương ứng với trị số của phần trăm giảm diện tích được đo trên mẫu được nạp hydro, và $Ra(H_2=0)$ tương ứng với trị số của phần trăm giảm diện tích được đo trên mẫu không được nạp.

Chỉ số giòn I_{Ra} gần bằng 1 có nghĩa là loại này rất nhạy với sự giòn do hydro. Chỉ số giòn I_{Ra} nhỏ hơn hoặc bằng 0,35 được coi là đạt yêu cầu đối với các ứng dụng mong muốn.

Các tác giả sáng chế đã quan sát hơn nữa chế độ bề mặt gãy trong mỗi trường hợp.

Các kết quả của các thử nghiệm này được tóm tắt trong Bảng 5.

	Không có H_2	có H_2			
Thí nghiệm	R_a (%)	R_a (%)	tổng H_2 (ppm)	Chỉ số giòn I_{Ra}	Chế độ bề mặt gãy
E1	52,4	46,9	1,10	0,10	Dẻo
E2	55,4	44,6	1,23	0,19	Dẻo
E3	60,5	53,9	1,09	0,11	Dẻo
<u>E4</u>	60,3	28,1	2,56	0,53	Giữa các hạt+ mặt gãy giòn chính
<u>E5</u>	51,8	13,2	1,02	0,75	Giữa các hạt+ dẻo mặt gãy
<u>E6</u>	55,45	1,2	3,90	0,98	Mặt gãy trước khi Ts

Bảng 5: Các kết quả của các thử nghiệm khả năng chống hydro

Như có thể thấy được trong bảng 5 trên đây, độ dẻo bị ảnh hưởng đáng kể bởi hydro.

Các thép có các hợp phần từ C1 đến C3 (xem các thí nghiệm từ E1 đến E3) có khả năng chống hydro cao hơn so với loại chuẩn Ref2 sau khi tôi và ram (xem thí nghiệm E5) và loại chuẩn Ref1 sau khi xử lý nhiệt (xem các thí nghiệm E4 và E6).

Hơn nữa, chế độ mặt gãy dẻo được quan sát trong trường hợp các thí nghiệm từ E1 đến E3, trong khi chế độ mặt gãy giữa các hạt hoặc sự xuất hiện của mặt gãy trước khi Ts được quan sát đối với các thí nghiệm so sánh từ E4 đến E6.

So sánh giữa các mẫu có hàm lượng bainit lớn hơn hoặc bằng 90% (các thí nghiệm từ E1 đến E3) với mẫu có vi cấu trúc mactensit (thí nghiệm E5) cho thấy rằng cấu trúc bainit ít nhạy với sự giòn do hydro hơn so với cấu trúc mactensit.

Cuối cùng, có thể quan sát thấy rằng các mẫu theo sáng chế (các thí nghiệm từ E1 đến E3) hấp thụ ít hydro hơn trong cùng điều kiện nạp so với các mẫu so sánh theo các thí nghiệm E4 và E6.

Do đó, các thí nghiệm này cho thấy rằng các chi tiết thép theo sáng chế đặc biệt thích nghi tốt cho các ứng dụng như đã nêu trên, như cho các chi tiết lắp ráp dùng cho các xe có động cơ. Thực vậy, chúng có các tính chất cơ học rất tốt, và cụ thể là độ bền kéo tốt, kết hợp với khả năng chịu giòn do hydro được cải thiện so với các chi tiết thép đã biết.

Phương pháp theo sáng chế còn có ưu điểm là nó cho phép thu được, sau khi ủ, độ bền kéo đủ thấp để có thể dùng các dụng cụ tạo hình nguội thông thường, và giảm sự mài mòn của chúng, trong khi đồng thời tạo ra các chi tiết cuối cùng có độ bền kéo cao (lớn hơn hoặc bằng 1400MPa).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất chi tiết thép bao gồm các bước:

tạo ra bán thành phẩm làm bằng thép bao gồm, theo trọng lượng:

$$0,35\% \leq C \leq 0,60\%$$

$$0,15\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 2,0\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,01\%$$

$$0,003\% \leq Mo \leq 1,0\%$$

$$1,0\% \leq Cr \leq 2,0\%$$

$$0,01\% \leq Ti \leq 0,04\%$$

$$0,003\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,015\%$$

$$P \leq 0,015\%$$

$$0,01\% \leq Ni \leq 1,0\%$$

$$0,01\% \leq Nb \leq 0,1\%$$

tùy ý

$$0 \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0 \leq V \leq 0,5\%$$

phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi,

ủ bán thành phẩm này ở nhiệt độ ủ hoàn toàn thấp hơn nhiệt độ Ac1 của thép;

tạo hình nguội bán thành phẩm thành sản phẩm đã được tạo hình nguội;

đưa sản phẩm đã được tạo hình nguội vào quá trình xử lý nhiệt để thu được chi tiết thép, quá trình xử lý nhiệt này bao gồm các bước:

làm nóng sản phẩm đã được tạo hình nguội đến nhiệt độ xử lý nhiệt lớn hơn hoặc bằng nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn Ac3 của thép; và

giữ sản phẩm ở nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ 300°C đến 400°C trong khoảng thời gian nằm trong khoảng từ 15 phút đến 2 giờ.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó, trong bước làm nóng của quá trình xử lý nhiệt, sản phẩm đã được tạo hình nguội được làm nóng đến nhiệt độ xử lý nhiệt lớn hơn nhiệt độ austenit hóa hoàn toàn Ac3 của thép ít nhất là 50°C.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó nhiệt độ ủ lớn hơn hoặc bằng A_{c1} trừ 20°C .
4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó bán thành phẩm là dây.
5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chuẩn bị bề mặt của bán thành phẩm, bao gồm các bước làm sạch bề mặt của bán thành phẩm và tạo ra lớp phủ bôi trơn trên bề mặt của nó.
6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó bước tạo ra lớp phủ bôi trơn trên bề mặt của bán thành phẩm bao gồm bước thực hiện việc xử lý photphat và xà phòng hóa.
7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng cacbon của thép nằm trong khoảng từ 0,35 đến 0,50% trọng lượng.
8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng mangan của thép nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,4% trọng lượng.
9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm lượng crom của thép nằm trong khoảng từ 1,0 đến 1,6% trọng lượng.
10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bước tạo hình nguội là bước chồn đầu nguội.
11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, trong bước giữ, sản phẩm được giữ ở nhiệt độ giữ trong bể muối.
12. Chi tiết thép làm bằng hợp kim bao gồm, theo trọng lượng:
 $0,35\% \leq C \leq 0,60\%$
 $0,15\% \leq \text{Si} \leq 0,5\%$
 $0,8\% \leq \text{Mn} \leq 2,0\%$
 $0,0003\% \leq \text{B} \leq 0,01\%$
 $0,003\% \leq \text{Mo} \leq 1,0\%$

$$1,0\% \leq \text{Cr} \leq 2,0\%$$

$$0,01\% \leq \text{Ti} \leq 0,04\%$$

$$0,003\% \leq \text{N} \leq 0,01\%$$

$$\text{S} \leq 0,015\%$$

$$\text{P} \leq 0,015\%$$

$$0,01\% \leq \text{Ni} \leq 1,0\%$$

$$0,01\% \leq \text{Nb} \leq 0,1\%$$

tùy ý

$$0 \leq \text{Al} \leq 0,1\%$$

$$0 \leq \text{V} \leq 0,5\%$$

phần còn lại chỉ bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó chi tiết thép này có vi cấu trúc bao gồm, nằm trong khoảng từ 90% diện tích đến 98% diện tích bainit, và nằm trong khoảng từ 2% diện tích đến 10% diện tích các đảo mactensit-austenit, các đảo mactensit-austenit có đường kính nhỏ hơn hoặc bằng 50μm, trong đó chi tiết thép có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1400MPa đến 1800MPa, và trong đó kích thước hạt austenit trung bình trước đó nhỏ hơn hoặc bằng 20μm.

13. Chi tiết thép theo điểm 12, trong đó hàm lượng cacbon trong các đảo mactensit-austenit lớn hơn hoặc bằng 1% trọng lượng.

14. Chi tiết thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 hoặc 13, trong đó chi tiết thép có độ cứng lớn hơn hoặc bằng 400HV.

15. Chi tiết thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 14, trong đó chi tiết thép là chi tiết thép đã được tạo hình nguội, và cụ thể hơn là chi tiết thép được tạo hình nguội và xử lý nhiệt.

16. Chi tiết thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 15, trong đó chi tiết thép là chi tiết thép đã được chôn đầu nguội, và cụ thể hơn là chi tiết thép đã được chôn đầu nguội và xử lý nhiệt.