



(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)



1-0052861

(51)^{2021.01} C22C 38/60; C21D 6/02; C21D 9/30; (13) B
C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/06;
C22C 38/44; C22C 38/46; C22C 38/48;
C22C 38/50; C21D 6/00; C22C 38/04

(21) 1-2022-03055

(22) 18/11/2019

(86) PCT/IB2019/059868 18/11/2019

(87) WO2021/099815 27/05/2021

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/11/2022 416A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) BORDEREAU, Victor (FR); PERSEM, Caroline (FR); LHUILLERY, Mathieu (FR).

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

(54) THÉP ĐỂ RÈN CÁC CHI TIẾT CƠ KHÍ, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CÁC CHI TIẾT CƠ KHÍ NÀY, CHI TIẾT KẾT CẤU HOẶC AN TOÀN CỦA XE HOẶC ĐỘNG CƠ ĐƯỢC LÀM TỪ THÉP NÀY

(21) 1-2022-03055

(57) Sáng chế đề cập đến thép để rèn các chi tiết cơ khí chứa, tính theo tỷ lệ phần trăm theo khối lượng, các nguyên tố sau đây: $0,2\% \leq C \leq 0,5\%$; $0,8\% \leq Mn \leq 1,5\%$; $0,4\% \leq Si \leq 1\%$; $0,15\% \leq V \leq 0,6\%$; $0,01\% \leq Nb \leq 0,15\%$; $0,01\% \leq Cr \leq 0,5\%$; $0,01\% \leq P \leq 0,05\%$; $0,04\% \leq S \leq 0,09\%$; $0,01\% \leq N \leq 0,025\%$; và có thể chứa một hoặc nhiều các nguyên tố tùy ý sau đây: $0\% \leq Al \leq 0,05\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0,01\% \leq Ni \leq 0,5\%$; $0\% \leq Ti \leq 0,2\%$; $0\% \leq B \leq 0,008\%$; $0\% \leq Cu \leq 0,5\%$; phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình xử lý, cấu trúc tế vi của thép này bao gồm từ 50% tới 90% là peclit, từ 10% tới 40% là ferit, tùy ý từ 0% tới 2% là ferit hình kim, với đương lượng niobi bằng 80% hoặc cao hơn.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất các chi tiết cơ khí này, chi tiết kết cấu hoặc an toàn của xe hoặc động cơ được làm từ thép này và xe bao gồm chi tiết kết cấu này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép ferit-peclit thích hợp để rèn các chi tiết cơ khí bằng thép của ô tô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các chi tiết cơ khí của ô tô, đặc biệt là của động cơ đốt trong, thường được sản xuất bằng cách rèn. Vật liệu để rèn vốn đã khó đáp ứng được yêu cầu kép về độ dai và đập thỏa đáng đồng thời với giới hạn chảy ở mức cao để đáp ứng nhu cầu của ngành công nghiệp ô tô đối với động cơ. Yêu cầu bổ sung và bắt buộc đối với các vật liệu này là chúng phải có khả năng gia công tốt bằng máy, cụ thể là khả năng tách theo vết nứt (fracture splitting), để chúng có thể được sử dụng trong sản xuất các chi tiết cơ khí của động cơ đốt trong như trục khuỷu, trục cam, thanh truyền v.v..

Do đó, đã có nhiều nỗ lực nghiên cứu nhằm phát triển vật liệu có khả năng gia công tốt bằng máy đồng thời có giới hạn chảy cao hơn 750MPa với độ dai và đập thỏa đáng.

Các nghiên cứu và phát triển trước đây trong lĩnh vực thép để rèn các chi tiết cơ khí của động cơ đốt trong đã tìm ra được nhiều phương pháp sản xuất thép có độ bền cao và khả năng gia công tốt bằng máy, một vài phương pháp trong số đó được liệt kê dưới đây để đánh giá sáng chế:

Công bố đơn sáng chế US20100186855 đề cập tới thép và phương pháp gia công các bộ phận máy có thể tách theo vết nứt có độ bền cao bao gồm ít nhất hai chi tiết có thể tách theo vết nứt. Thép và phương pháp này đặc trưng ở chỗ có thành phần hóa học của thép (được biểu thị theo phần trăm khối lượng) như sau:

$$0,40\% \leq C \leq 0,60\%; \quad 0,20\% \leq Si \leq 1,00\%; \quad 0,50\% \leq Mn \leq 1,50\%; \quad 0\% \leq Cr \leq 1,00\%;$$
$$0\% \leq Ni \leq 0,50\%; \quad 0\% \leq Mo \leq 0,20\%; \quad 0\% \leq Nb \leq 0,050\%; \quad 0\% \leq V \leq 0,30\%;$$

$0\% \leq Al \leq 0,05\%$; $0,005\% \leq N \leq 0,020\%$, phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất liên quan đến quá trình nấu chảy và chất dư. Thép theo US20100186855 có thể đạt tới giới hạn chảy bằng 750MPa nhưng không có đủ độ dai va đập.

Patent EP2246451 đề cập tới thép vi hợp kim rèn nóng và thép cán nóng có khả năng tách theo vết nứt và khả năng gia công bằng máy tuyệt vời và có thể sử dụng được cho các bộ phận bằng thép được tách ra để dùng bằng cách tách theo vết nứt, và cho các bộ phận bằng thép vi hợp kim rèn nóng. Nhưng thép theo EP2246451 không có được độ dai va đập thỏa đáng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, nhằm khắc phục nhược điểm của các giải pháp đã biết nêu trên, sáng chế nhằm mục đích tạo ra được thép để rèn nóng các chi tiết cơ khí, như thanh truyền, có thể đạt được giới hạn chảy bằng ít nhất 750MPa, độ bền kéo bằng ít nhất 1030MPa và độ dai va đập thấp hơn hoặc bằng 5J ở nhiệt độ trong phòng theo kết quả thử nghiệm trên các mẫu thử có khía chữ V.

Do đó, mục đích của sáng chế đạt được bằng cách đề xuất thép ferit-peclit thích hợp để rèn nóng có đồng thời:

- giới hạn chảy lớn hơn hoặc bằng 750MPa và tốt hơn nếu lớn hơn 770MPa,
- độ bền kéo tới hạn lớn hơn hoặc bằng 1030MPa và tốt hơn nếu lớn hơn 1040MPa,
- độ dai va đập thấp hơn hoặc bằng 5J và tốt hơn nếu thấp hơn 4,5J ở nhiệt độ trong phòng.
- độ dẫn dài tổng lớn hơn hoặc bằng 12,0%.

Tốt hơn nếu thép như vậy là thích hợp để sản xuất các chi tiết thép rèn có tiết diện lên tới 50mm theo đường kính như trục khuỷu, thanh truyền, cam và trục cam mà không có biến thiên độ cứng đáng kể giữa phần vỏ và phần thân.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất các chi tiết cơ khí tương hợp với các ứng dụng công nghiệp thông thường, đồng thời dễ dàng đáp ứng được sự thay đổi các thông số của quy trình sản xuất.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Cacbon có mặt trong tấm thép theo sáng chế với hàm lượng từ 0,2% tới 0,5%. Cacbon mang lại độ bền cho thép bằng cách tạo ra peclit và cũng hạn chế sự tạo thành ferit để đạt được độ dai thỏa đáng. Cacbon cũng tạo ra kết tụ với Vanadi và Niobi dưới dạng các carbua hoặc cacbo-nitrua. Hàm lượng tối thiểu 0,2% cacbon là cần thiết để đạt được độ bền kéo 1030MPa bằng cách tạo ra ít nhất 50% peclit, nhưng nếu cacbon có mặt với hàm lượng lớn hơn 0,5% thì độ bền kéo sau khi rèn nóng sẽ tăng quá 1200MPa với nguy cơ tạo thành các pha thứ cấp cứng như ferit, bainit và mactensit hình kim, gây bất lợi cho khả năng gia công bằng máy của chi tiết rèn thu được. Tốt hơn nếu hàm lượng cacbon này nằm trong khoảng từ 0,3% tới 0,5% và tốt hơn nữa nếu từ 0,35% tới 0,45%.

Mangan được bổ sung vào thép theo sáng chế với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,8% tới 1,5%. Mangan mang lại khả năng cứng hóa cho thép. Nó được bổ sung vào thép để làm giảm nhiệt độ chuyển pha giữa ferit và peclit, dẫn đến cấu trúc tế vi mịn hơn, cụ thể là làm giảm khoảng cách giữa các lớp xementit trong peclit và làm giảm kích thước cụm peclit. Tốt hơn nếu hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,9% tới 1,3 và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0,95% tới 1,15%.

Silic có mặt trong tấm thép theo sáng chế với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,4% tới 1%. Silic mang lại độ bền cho thép thông qua tác dụng gia cường dung dịch rắn. Silic cũng hoạt động như chất khử oxy. Hàm lượng ưu tiên của nó nằm trong khoảng từ 0,5% tới 0,9% và cụ thể là từ 0,6% tới 0,75% trong thép theo sáng chế.

Vanadi là nguyên tố có vai trò quan trọng đối với sáng chế và có mặt với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,15% tới 0,6%. Vanadi có hiệu quả trong việc tăng cường độ bền của thép bằng cách gia cường kết tụ, đặc biệt là bằng cách tạo ra các carbua hoặc cacbo-nitrua. Giới hạn dưới 0,15% là bắt buộc để đảm bảo giới hạn chảy bằng 750MPa. Giới hạn trên được giữ ở mức 0,6% vì ở mức cao hơn 0,6% thì tác dụng của vanadi không có lợi đặc biệt cho việc tăng cường độ bền kéo và giới hạn chảy. Ngoài ra, kết tụ vanadi với lượng dư sẽ làm giảm độ dẫn. Giới hạn ưu

tiên cho vanadi nằm trong khoảng từ 0,2% tới 0,5% và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0,25% tới 0,45%.

Niobi có mặt trong tấm thép theo sáng chế với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% tới 0,15%. Trong sáng chế, niobi bắt đầu hình thành kết tụ ở nhiệt độ cao hơn 900°C trong vùng austenit, hạn chế động học tăng cỡ hạt austenit và cũng tạo thành nitrua và cacbo-nitrua giống như vanadi ở nhiệt độ thấp hơn 900°C, làm tăng giới hạn chảy của thép theo sáng chế. Nó không thể được bổ sung tới hàm lượng cao hơn 0,15% khối lượng để ngăn ngừa sự làm thô các kết tụ niobi mà có thể có tác dụng như trung tâm của quá trình chuyển pha ferit dẫn đến sự xuất hiện của ferit với lượng dư trong cấu trúc tế vi của thép rèn và do đó làm giảm độ bền kéo và giới hạn chảy quá mức giới hạn. Ngoài ra, hàm lượng niobi bằng 0,15% hoặc nhiều hơn cũng gây bất lợi cho độ dai nóng của thép, dẫn đến nhiều khó khăn trong quá trình đúc và cán thép. Giới hạn ưu tiên của niobi nằm trong khoảng từ 0,02% tới 0,12%, tốt hơn nữa nếu từ 0,02% tới 0,1%.

Crom có mặt với hàm lượng từ 0,01% tới 0,5% trong tấm thép theo sáng chế. Việc bổ sung crom có thể làm mịn khoảng cách giữa các lớp peclit vì crom làm giảm hệ số khuếch tán của cacbon trong austenit. Nhưng sự có mặt của crom với hàm lượng cao hơn 0,5% sẽ dẫn đến nguy cơ tạo thành các pha cứng và thiên tích. Ngoài ra, hàm lượng crom cao hơn 0,5% cũng có thể làm tăng khả năng cứng hóa quá giới hạn có thể chấp nhận được. Giới hạn ưu tiên của crom nằm trong khoảng từ 0,05% tới 0,3%, và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0,05% tới 0,2%.

Hàm lượng phospho của thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,01% tới 0,05%. Hàm lượng phospho tối thiểu 0,01% khối lượng là cần thiết để đảm bảo đặc tính tách theo vết nứt tốt. Tuy nhiên, không nên sử dụng hàm lượng phospho cao hơn 0,05% khối lượng vì nó sẽ gây bất lợi cho giới hạn mỏi và có thể gây đứt gãy do mất lực kết dính bề mặt chung giữa các hạt. Giới hạn ưu tiên của hàm lượng phospho nằm trong khoảng từ 0,01% tới 0,025%.

Lưu huỳnh có mặt với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,04% tới 0,09%. Lưu huỳnh tạo thành các kết tụ MnS giúp cải thiện khả năng gia công bằng máy và

giúp đạt được khả năng gia công bằng máy đầy đủ. Trong quá trình tạo hình kim loại như cán và rèn, các thể vùi mangan sulfua (MnS) dễ biến dạng được kéo dài. Các thể vùi MnS kéo dài như vậy có thể có tác dụng bất lợi đến các đặc tính cơ học như độ dẫn và độ dai va đập nếu các thể vùi này không nằm thẳng hàng với hướng tải. Do đó, hàm lượng lưu huỳnh được hạn chế ở mức 0,09%. Khoảng ưu tiên của hàm lượng lưu huỳnh là từ 0,060% tới 0,085% để thu được sự cân bằng tốt nhất giữa khả năng gia công bằng máy và giới hạn mỏi.

Nitơ có mặt với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% tới 0,025% trong thép theo sáng chế. Nitơ được bổ sung để tăng cường sự kết tụ của vanadi và niobi dưới dạng nitrua hoặc cacbo-nitrua. Trong quá trình làm nguội sau khi rèn, nitơ bẫy vanadi và niobi để tạo ra nitrua và cacbonitrua. Lượng tối thiểu nitơ bằng 0,01% là cần thiết để tạo ra nitrua hoặc cacbonitrua, nhờ đó cải thiện đáng kể việc gia cường kết tụ của thép, và do đó, giới hạn chảy. Nhưng lượng nitơ cao hơn 0,025% dẫn đến nguy cơ tạo thành độ xốp khí bên trong vật liệu trong quá trình hóa rắn thép. Nitơ cũng có thể tạo thành nitrua với nhôm gây hạn chế động học phát triển của hạt austenit. Cỡ hạt austenit nhỏ dẫn đến cỡ hạt hiệu quả nhỏ của ferit và peclit và giới hạn chảy cao hơn trong khi vẫn giữ độ dai va đập thấp hơn 5 KV(J) ở nhiệt độ trong phòng do hàm lượng peclit.

Nhôm là nguyên tố dư của thép theo sáng chế và được bổ sung để khử oxy cho thép và cũng tạo thành các kết tụ phân tán trong thép dưới dạng nitrua giúp ngăn ngừa sự phát triển hạt austenit. Nhưng tác dụng khử oxy sẽ bão hòa khi hàm lượng nhôm vượt quá 0,05%. Hàm lượng cao hơn 0,05% có thể dẫn đến sự xuất hiện các oxit giàu nhôm thô làm giảm giới hạn mỏi và khả năng gia công bằng máy. Đối với sáng chế, sẽ thích hợp nếu giới hạn hàm lượng Al ở mức 0,05% và tốt hơn là ở mức 0,03%.

Molypden là nguyên tố tùy ý và có thể có mặt với hàm lượng từ 0% tới 0,5% trong sáng chế. Molypden được bổ sung để mang lại khả năng cứng hóa. Giới hạn ưu tiên của hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 0% tới 0,2% và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0% tới 0,1%.

Niken là nguyên tố tùy ý đối với sáng chế và có mặt với hàm lượng từ 0,01% tới 0,5%. Niken được bổ sung vào thành phần thép để làm mịn khoảng cách giữa các lớp peclit vì niken làm giảm hệ số khuếch tán của cacbon trong austenit giống như crom. Tốt hơn nếu giới hạn sự có mặt của niken ở mức 0,2% cho khả thi về mặt kinh tế, do đó giới hạn ưu tiên nằm trong khoảng từ 0,01% tới 0,2%.

Titan là nguyên tố tùy ý và có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 0% tới 0,2%. Titan cần phải được bổ sung với lượng nhỏ nhất có thể vì lý do là lượng tối thiểu này sẽ giữ cho nitơ ở dạng dung dịch rắn, do đó có thể tạo kết tủa với niobi và vanadi để mang lại độ bền cho thép theo sáng chế. Titan tạo thành titan nitrua mang lại độ bền cho thép, nhưng nitrua này có thể hình thành trong quá trình hóa rắn, do đó có tác động bất lợi đến khả năng gia công bằng máy và giới hạn môi. Vì vậy, giới hạn ưu tiên của titan nằm trong khoảng từ 0% tới 0,1% và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0% tới 0,05%.

Bo là nguyên tố tùy ý và có thể có mặt với hàm lượng từ 0 tới 0,008%. Bo không có vai trò gì trong thép làm các chi tiết cơ khí mục tiêu. Bo có ảnh hưởng rõ ràng đến khả năng cứng hóa và có thể dẫn đến cấu trúc tế vi hoàn toàn ferit hoặc peclit ở cuối quá trình rèn.

Đồng là nguyên tố dư và có thể có mặt với hàm lượng lên tới 0,5% do quá trình xử lý thép. Ở hàm lượng lên tới 0,5% đồng không ảnh hưởng tới bất kỳ đặc tính nào của thép, nhưng với hàm lượng cao hơn 0,5% thì khả năng gia công nóng sẽ bị giảm đáng kể.

Các nguyên tố khác như thiếc, xeri, magie hoặc zirconi có thể được bổ sung một cách riêng rẽ hoặc kết hợp theo tỷ lệ khối lượng sau đây: Thiếc $\leq 0,1\%$, Xeri $\leq 0,1\%$, Magie $\leq 0,010\%$ và Zirconi $\leq 0,010\%$. Ở hàm lượng lên tới mức lớn nhất nêu trên, các nguyên tố này có thể giúp làm mịn hạt trong quá trình hóa rắn. Phần còn lại của thành phần thép gồm có sắt và các tạp chất không tránh khỏi từ quá trình xử lý.

Cấu trúc tế vi của thép bao gồm:

Ferit là hợp phần vi cấu trúc chủ yếu của thép theo sáng chế. Ferit có mặt với tỷ phần diện tích từ 10% tới 40% trong tấm thép theo sáng chế. Ferit của thép theo sáng chế chứa cả các kết tụ liên hạt lẫn các kết tụ nội hạt của niobi và vanadi dưới dạng các carbua, nitrua và /hoặc cacbo-nitrua giúp mang lại độ bền cho thép theo sáng chế. Ferit cũng mang lại độ dẫn cho thép theo sáng chế. Hàm lượng ferit tối thiểu 10% là cần thiết để đảm bảo độ dẫn bằng ít nhất 12,0% đồng thời đạt được độ bền bằng 1030Mpa, nhưng khi hàm lượng ferit lớn hơn 40% thì độ bền mục tiêu không còn đạt được và độ dai va đập tăng ngoài giới hạn dẫn đến khả năng tách theo vết nứt kém. Ferit được tạo ra trong quá trình làm nguội sau khi rèn nóng. Giới hạn ưu tiên của ferit nằm trong khoảng từ 15% tới 40%. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên theo sáng chế, tốt hơn nếu hàm lượng ferit nằm trong khoảng từ 25% tới 40% và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 25% tới 35% khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,2 tới 0,4%. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên khác, tốt hơn nếu hàm lượng ferit nằm trong khoảng từ 15% tới 35% khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,4% tới 0,5%.

Peclit có mặt trong tấm thép với tỷ phần diện tích nằm trong khoảng từ 50% tới 90%. Peclit là pha rắn so với ferit và mang lại độ bền cho thép theo sáng chế. Peclit của thép theo sáng chế có cấu trúc lớp hai pha bao gồm các lớp ferit và xementit xen kẽ trong đó lớp ferit của peclit được gia cường bởi các kết tụ liên hạt cũng như nội hạt của niobi và vanadi dưới dạng các carbua, nitrua và/hoặc cacbo-nitrua. Peclit được tạo ra trong quá trình làm nguội sau khi rèn. Tuy nhiên, khi peclit có mặt với lượng lớn hơn 90% thì sẽ tác động bất lợi đến khả năng gia công bằng máy của thép. Tốt hơn nếu lượng peclit nằm trong khoảng từ 60% tới 90% và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 60% và 85%. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên theo sáng chế, tốt hơn nếu lượng peclit nằm trong khoảng từ 50% tới 75% và tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 60% tới 75% khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,2 tới 0,4%. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên khác, tốt hơn nếu hàm lượng peclit nằm trong khoảng từ 75% tới 90% và tốt hơn

nữa nếu nằm trong khoảng từ 75% tới 85% khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,4% tới 0,5%.

Thép theo sáng chế có thể tùy ý chứa ferit hình kim với lượng nằm trong khoảng từ 0% tới 2%. Ferit hình kim không được dự định là một phần của sáng chế, nhưng tạo thành cấu trúc tế vi dư do quá trình xử lý thép. Lượng ferit hình kim cần phải được giữ ở mức thấp nhất có thể và không được vượt quá 2%.

Để thu được các đặc tính cơ học mục tiêu, đặc biệt là giới hạn chảy và độ bền kéo, đương lượng niobi cần phải bằng 80% hoặc cao hơn, có nghĩa là lượng niobi có mặt dưới dạng các carbua, nitrua và/hoặc cacbo-nitrua phải tương đương với ít nhất 90% lượng niobi danh định có mặt trong thép. Tốt hơn nếu đương lượng niobi cao hơn 90% và tốt hơn nữa nếu cao hơn 95%.

Ngoài ra, theo các phương án ưu tiên, thép theo sáng chế có thể có đương lượng vanadi ít nhất bằng 60% có nghĩa là lượng vanadi có mặt dưới dạng các carbua, nitrua và/hoặc cacbo-nitrua phải tương đương với ít nhất 60% lượng vanadi danh định có mặt trong thép. Khi đạt được đương lượng vanadi như vậy, thì các đặc tính cơ học, cụ thể là độ bền kéo và giới hạn chảy, được cải thiện.

Ngoài các cấu trúc tế vi nêu trên, cấu trúc tế vi của chi tiết cơ khí được tạo ra bằng cách rèn không chứa các vi cấu trúc như bainit, mactensit và mactensit ram.

Chi tiết cơ khí theo sáng chế có thể được sản xuất bởi quy trình rèn nóng thích hợp bất kỳ, ví dụ như rèn thả, rèn ép, rèn đảo chiều và rèn cuộn, phù hợp với các thông số quy trình được giải thích dưới đây.

Phương pháp ưu tiên được lấy làm ví dụ sẽ được mô tả dưới đây, nhưng ví dụ này không giới hạn phạm vi của sáng chế và các khía cạnh mà các ví dụ này dựa trên. Ngoài ra, mọi ví dụ nêu trong bản mô tả này không được dự định để hạn chế mà chỉ là một vài trong nhiều cách khả thi để áp dụng trên thực tế các khía cạnh khác nhau của sáng chế này.

Phương pháp ưu tiên bao gồm bước chuẩn bị thép đúc dạng bán sản phẩm có thành phần hóa học theo sáng chế. Thép đúc này có thể có dạng bất kỳ như súc

hoặc thổi hoặc thổi có khả năng được rèn thành các chi tiết có tiết diện lên tới 50mm theo đường kính.

Ví dụ, thép có thành phần hóa học nêu trên được đúc hành thổi và sau đó được cán thành dạng thanh. Thanh này có thể được coi là bán sản phẩm để rèn. Nhiều bước cán có thể được thực hiện để thu được bán sản phẩm mong muốn.

Để chuẩn bị cho bước rèn, bán sản phẩm này có thể được sử dụng trực tiếp ở nhiệt độ cao sau khi cán hoặc có thể trước tiên được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và sau đó được nung nóng lại để rèn nóng.

Bán sản phẩm này được nung nóng lại ở nhiệt độ từ 1150°C tới 1300°C. Sau đó, nó được đưa tới bước rèn nóng ở nhiệt độ cao hơn 950°C và tốt hơn nếu thấp hơn 1280°C, tốt hơn là từ 1000°C tới 1280°C và nhiệt độ được ưu tiên hơn để rèn là từ 1050°C tới 1280°C.

Nếu nhiệt độ nung nóng lại bán sản phẩm thấp hơn 1150°C, thì cần có tải trọng quá mức tác động lên khuôn rèn trong công đoạn rèn tiếp theo và, ngoài ra, nhiệt độ của thép có thể giảm xuống thấp hơn nhiệt độ bắt đầu quá trình chuyển pha ferit. Quá trình chuyển pha luyện kim dưới ứng suất có thể dẫn đến sự thay đổi đáng kể trong cấu trúc tế vi thu được ở tốc độ làm nguội nhất định hoặc thành phần hóa học nhất định. Do đó, cấu trúc tế vi thu được sẽ hoàn toàn khác với cấu trúc mục tiêu và các đặc tính cơ học cũng vậy. Do đó, nhiệt độ của bán sản phẩm tốt hơn là đủ cao để bước rèn nóng có thể được hoàn thành trong khoảng nhiệt độ austenit. Phải tránh nung nóng lại ở các nhiệt độ cao hơn 1300°C vì chúng tốn kém về mặt công nghiệp và có thể dẫn đến sự xuất hiện các vùng lỏng mà sẽ ảnh hưởng đến khả năng rèn của thép.

Nhiệt độ rèn hoàn thiện (finishing forging temperature, FFT) cuối cùng phải được giữ cao hơn 950°C để thu được cấu trúc thuận lợi cho quá trình tái kết tinh và rèn. Bước rèn cuối cùng cần phải được tiến hành ở nhiệt độ lớn hơn 950°C, vì thấp hơn nhiệt độ này thì tấm thép bị sụt giảm đáng kể đặc tính khi bước rèn được tiến hành ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ không tái kết tinh của thép. Độ dai của thép dưới nhiệt độ không tái kết tinh sẽ bị suy giảm mạnh. Điều này có thể dẫn đến các vấn

đề liên quan đến kích thước cuối cùng của chi tiết rèn cũng như sự phá hủy bề mặt. Nó thậm chí có thể gây ra các vết nứt hoặc làm hỏng hoàn toàn các chi tiết rèn.

Sau bước rèn nóng, thu được chi tiết thép rèn nóng và tiếp đó chi tiết thép rèn nóng này được làm nguội theo quy trình làm nguội ba bước.

Ở bước làm nguội thứ nhất, chi tiết rèn nóng được làm nguội từ nhiệt độ rèn hoàn thiện tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 775°C tới 875°C , dưới đây được gọi là nhiệt độ T1 với tốc độ làm nguội trung bình bằng 3°C/s hoặc thấp hơn và tốt hơn nếu với tốc độ bằng $2,5^{\circ}\text{C/s}$ hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa nếu với tốc độ bằng $2,0^{\circ}\text{C/s}$ hoặc thấp hơn. Khoảng nhiệt độ T1 được ưu tiên là từ 775°C tới 825°C . Trong quá trình thực hiện bước này, cũng xảy ra hiện tượng gia cường kết tụ và các kết tụ của niobi và vanadi tạo thành các nitrua, các carbua và/hoặc cacbo-nitrua. Chi tiết thép rèn nóng có thể tùy ý được giữ ở khoảng nhiệt độ T1 trong 600 giây hoặc ít hơn.

Sau đó, bước làm nguội thứ hai được bắt đầu từ nhiệt độ T1, trong đó chi tiết rèn nóng được làm nguội từ T1 tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 430°C tới 530°C , dưới đây được gọi là nhiệt độ T2, với tốc độ làm nguội trung bình từ $0,5^{\circ}\text{C/s}$ tới $2,1^{\circ}\text{C/s}$, và tốt hơn nữa nếu từ $0,6^{\circ}\text{C/s}$ tới $2,0^{\circ}\text{C/s}$. Khoảng nhiệt độ T2 được ưu tiên là từ 475°C tới 525°C . Trong quá trình thực hiện bước này, austenit sẽ chuyển hóa thành ferit và peclit, còn vanadi tạo thành các kết tụ dưới dạng các carbua, nitrua hoặc cacbonitrua.

Trong bước làm nguội thứ ba, chi tiết rèn nóng được làm nguội từ T2 xuống đến nhiệt độ trong phòng, trong đó tốc độ làm nguội trung bình trong bước thứ ba này được giữ ở 5°C/s hoặc thấp hơn và tốt hơn nếu thấp hơn 4°C/s và tốt hơn nữa nếu thấp hơn 2°C/s . Các tốc độ làm nguội trung bình này được chọn để thực hiện việc làm mát đồng nhất trên tiết diện của chi tiết rèn nóng.

Sau khi kết thúc bước làm nguội thứ ba, thu được chi tiết cơ khí dạng rèn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm, ví dụ, hình vẽ minh họa và bảng được trình bày dưới đây về bản chất không hạn chế phạm vi sáng chế và chỉ được coi là nhằm mục đích minh họa và mô tả các dấu hiệu có lợi của sáng chế.

Chi tiết cơ khí dạng rèn được làm bằng thép với các thành phần khác nhau được trình bày trong Bảng 1, trong đó chi tiết cơ khí dạng rèn được tạo ra theo các thông số quy trình được nêu trong Bảng 2. Tiếp theo đó, Bảng 3 trình bày cấu trúc tế vi của chi tiết cơ khí dạng rèn thu được trong quá trình thử nghiệm và Bảng 4 trình bày kết quả đánh giá các đặc tính thu được.

Bảng 1

Thép	C	Mn	Si	V	Nb	Cr	P	S	N	Al	Mo	Ni	Ti
A	0,39	1,07	0,70	0,327	0,084	0,145	0,015	0,067	0,0175	0,004	0,018	0,078	0,002
B	0,45	1,10	0,68	0,278	0,029	0,149	0,014	0,064	0,0180	0,007	0,036	0,069	0,002
C	0,43	1,09	0,67	0,276	0,080	0,148	0,015	0,064	0,0192	0,007	0,037	0,069	0,002
D	0,41	1,07	0,70	0,330	0,029	0,145	0,014	0,070	0,0161	0,005	0,017	0,075	0,002
<u>E</u>	<u>0,71</u>	<u>0,55</u>	<u>0,16</u>	<u>0,040</u>	<u>0,002</u>	0,136	0,010	0,059	0,0121	0,003	0,022	0,081	0,002
<u>F</u>	0,46	1,20	0,58	<u>0,140</u>	<u>0,002</u>	0,226	0,009	0,047	0,0121	0,007	0,010	0,173	0,002

Các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế

Bảng 2 trình bày các thông số quy trình áp dụng trên các bán sản phẩm được làm bằng thép theo Bảng 1. Các mẫu thử nghiệm từ I1 tới I5 là các mẫu dùng để sản xuất chi tiết cơ khí dạng rèn theo sáng chế. Bảng này cũng trình bày các chi tiết cơ khí dạng rèn tham chiếu được ký hiệu từ R1 tới R3 trong Bảng này.

Bảng 2:

Mẫu thử nghiệm	Mẫu thép	Nhiệt độ nung nóng lại, °C	FFT, °C	CR1, °C/s	T1, °C	CR2, °C/s	T2, °C	CR3, °C/s	T3, °C
I1	A	1280	1150	2	800	1,0	500	2	20
I2	A	1280	1200	2	800	0,6	500	2	20
I3	B	1280	1150	2	800	0,6	500	2	20
I4	C	1280	1200	2	800	0,6	500	2	20
I5	D	1280	1150	2	800	1,9	500	2	20
R1	<u>E</u>	1280	1150	2	800	0,9	500	2	20
R2	<u>F</u>	1280	1100	2	800	0,9	500	2	20
R3	B	1280	1150	2	800	<u>2,3</u>	500	2	20

I = mẫu theo sáng chế;

R = mẫu tham chiếu;

Các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế.

Bảng 3 minh họa kết quả của các thử nghiệm được tiến hành theo các tiêu chuẩn trên các kính hiển vi khác nhau như kính hiển vi điện tử quét để xác định cấu trúc tế vi của cả thép theo sáng chế và thép tham chiếu về tỷ phần diện tích. Việc xác định đương lượng vanadi và niobi được thực hiện bằng cách chiết xuất điện phân, tiếp đó là phân tích quang phổ phát xạ quang học. Việc chiết xuất chọn lọc các kết tụ được thực hiện bằng chất điện phân điều chế từ lithi clorua và muối của salixylic axit được pha loãng trong metanol. Metanol được ưu tiên sử dụng để ngăn ngừa oxy hóa và đảm bảo quá trình lọc hiệu quả. Các mẫu thép được áp mật độ dòng điện chỉ cho phép hòa tan chất nền. Sau khi công đoạn điện phân, dung dịch

thu được được lọc trên màng polycarbonat 200 nm. Sau đó, việc khoáng hóa các axit được thực hiện trên thiết bị lọc và dung dịch sau đó được phân tích bằng hệ thống quang phổ phát xạ plasma kết hợp hệ thống cảm ứng ICP-OES. Các kết quả thu được được trình bày dưới đây:

Bảng 3

Mẫu thử nghiệm	Peclit, %	Ferit, %	Ferit hình kim, %	Đương lượng niobi, %
I1	69	31	0	100
I2	67	33	0	100
I3	83	17	0	100
I4	80	20	0	99,2
I5	79	19	2	95,5
R1	<u>97</u>	<u>3</u>	0	<u>0</u>
R2	<u>92</u>	<u>8</u>	0	<u>0</u>
R3	88	<u>7</u>	<u>5</u>	92,4

I = mẫu theo sáng chế;

R = mẫu tham chiếu;

Các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế.

Bảng 4 trình bày các đặc tính cơ học của thép theo sáng chế và thép tham chiếu. Để xác định độ bền kéo, giới hạn chảy, tiến hành các thử nghiệm độ bền theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6892-1. Các thử nghiệm xác định độ dai va đập của thép

theo sáng chế và thép tham chiếu được tiến hành theo tiêu chuẩn EN ISO 148-1 trên mẫu thử DVM có khía chữ V ở nhiệt độ phòng.

Kết quả của các thử nghiệm cơ học được tiến hành theo các tiêu chuẩn nêu trên được trình bày trong Bảng sau.

Bảng 4

Mẫu thử thử nghiệm	YS, MPa	UTS, MPa	Độ dai va đập, J	T E1, %
I1	832	1075	3,1	13,6
I2	806	1067	2,3	14,1
I3	786	1076	4,7	15,1
I4	777	1048	3,3	14,7
I5	924	1155	2,6	12,5
R1	<u>696</u>	<u>1016</u>	<u>5,9</u>	14,2
R2	<u>706</u>	<u>1017</u>	<u>9,3</u>	15,9
R3	906	1172	4,1	<u>11,6</u>

I = theo sáng chế;

R = mẫu tham chiếu;

các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép để rèn các chi tiết cơ khí, chứa các nguyên tố sau đây, biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng:

$$0,2\% \leq C \leq 0,5\%;$$

$$0,8\% \leq Mn \leq 1,5\%;$$

$$0,4\% \leq Si \leq 1\%;$$

$$0,15\% \leq V \leq 0,6\%;$$

$$0,01\% \leq Nb \leq 0,15\%;$$

$$0,01\% \leq Cr \leq 0,5\%;$$

$$0,01\% \leq P \leq 0,05\%;$$

$$0,04\% \leq S \leq 0,09\%;$$

$$0,01\% \leq N \leq 0,025\%;$$

và có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố tùy ý sau đây

$$0\% \leq Al \leq 0,05\%;$$

$$0\% \leq Mo \leq 0,5\%;$$

$$0,01\% \leq Ni \leq 0,5\%;$$

$$0\% \leq Ti \leq 0,2\%;$$

$$0\% \leq B \leq 0,008\%;$$

$$0\% \leq Cu \leq 0,5\%;$$

$$0\% \leq Ce \leq 0,1\%;$$

$$0\% \leq Sn \leq 0,1\%;$$

$$0\% \leq Mg \leq 0,010\%;$$

$$0\% \leq Zr \leq 0,010\%;$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình xử lý, cấu trúc tế vi của thép này bao gồm từ 50% tới 90% là peclit, từ 10% tới 40% là ferit, tùy ý với sự có mặt của hình kim ferit với hàm lượng từ 0% tới 2%, đương lượng niobi bằng 80% hoặc cao hơn, trong đó đương lượng niobi là lượng niobi có mặt dưới các dạng carbua, nitrua và/hoặc cacbo-nitrua tương đương với ít nhất 80%

lượng niobi danh định có mặt trong thép, thép này có độ dẫn dài tổng bằng ít nhất 12,0%, độ bền kéo tới hạn bằng 1030MPa hoặc cao hơn, và giới hạn chảy bằng 750MPa hoặc cao hơn, trong đó độ bền kéo và giới hạn chảy được đo theo tiêu chuẩn NF EN ISO 6892-1, và độ dai va đập bằng hoặc nhỏ hơn 5J khi được đo ở nhiệt độ phòng theo tiêu chuẩn EN ISO 148-1 trên mẫu thử DVM có khía chữ V.

2. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm 1, trong đó hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,5% tới 0,9%.
3. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,3% tới 0,5%.
4. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,9% tới 1,3%.
5. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó hàm lượng crom nằm trong khoảng từ 0,05% tới 0,3%.
6. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó hàm lượng vanadi nằm trong khoảng từ 0,2% tới 0,5%.
7. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó hàm lượng niobi nằm trong khoảng từ 0,02% tới 0,12%.
8. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó đương lượng niobi nằm trong khoảng từ 90% tới 100%.

9. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó, đương lượng vanadi nằm trong khoảng từ 60% tới 100%, trong đó đương lượng vanadi là lượng vanadi có mặt dưới các dạng carbua, nitrua và/hoặc cacbo-nitrua tương đương với ít nhất 60% lượng vanadi danh định có mặt trong thép.
10. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó tỷ phần peclit nằm trong khoảng từ 60% tới 90%.
11. Thép để rèn các chi tiết cơ khí theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó tỷ phần ferit nằm trong khoảng từ 10% tới 40%.
12. Phương pháp sản xuất các chi tiết cơ khí dạng rèn từ thép, bao gồm các bước kế tiếp sau đây:
- chuẩn bị thép có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7 dưới dạng bán sản phẩm;
 - nung nóng lại bán sản phẩm này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1150°C tới 1300°C;
 - rèn nóng bán sản phẩm thu được trong vùng austenit trong đó nhiệt độ rèn nóng hoàn thiện phải cao hơn 950°C để thu được chi tiết rèn nóng;
 - làm nguội chi tiết rèn nóng thu được theo quy trình làm nguội ba bước, trong đó
 - o ở bước thứ nhất, chi tiết rèn nóng được làm nguội với tốc độ làm nguội trung bình CR1 bằng 3°C/s hoặc thấp hơn từ nhiệt độ rèn nóng hoàn thiện tới nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ 775 tới 875°C,

- o ở bước thứ hai, chi tiết rèn nóng được làm nguội với tốc độ làm nguội trung bình CR2 nằm trong khoảng từ $0,5^{\circ}\text{C/s}$ tới $2,1^{\circ}\text{C/s}$ từ nhiệt độ T1 tới nhiệt độ T2 nằm trong khoảng từ 430 tới 530°C ,
- o ở bước thứ ba, chi tiết rèn nóng được làm nguội với tốc độ làm nguội trung bình CR3 bằng 5°C/s hoặc thấp hơn từ nhiệt độ T2 tới nhiệt độ trong phòng để thu được chi tiết cơ khí dạng rèn.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó ở bước làm nguội thứ nhất, chi tiết rèn nóng thu được làm nguội với tốc độ làm nguội trung bình thấp hơn $2,5^{\circ}\text{C/s}$ từ nhiệt độ rèn nóng hoàn thiện tới nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ 775°C tới 825°C .
14. Phương pháp theo điểm 12 hoặc 13, trong đó ở bước làm nguội thứ hai, chi tiết rèn nóng thu được làm nguội với tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ $0,6^{\circ}\text{C/s}$ tới $2,0^{\circ}\text{C/s}$ từ nhiệt độ T1 tới nhiệt độ T2 nằm trong khoảng từ 475°C tới 525°C .
15. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 14, trong đó ở bước thứ ba, chi tiết rèn nóng được làm nguội với tốc độ làm nguội bằng 4°C/s hoặc thấp hơn từ nhiệt độ T2 xuống tới nhiệt độ trong phòng.
16. Chi tiết kết cấu hoặc an toàn của xe hoặc động cơ, được làm bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11.