



(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)



1-0048897

(51)^{2022.01} C22C 38/24; C22C 38/04; C22C 38/38; (13) B
C22C 38/18; C22C 38/02; C22C 38/12

(21) 1-2023-00018

(22) 11/06/2021

(86) PCT/SE2021/050562 11/06/2021

(87) WO2021/251892 16/12/2021

(30) 2050705-9 12/06/2020 SE

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/04/2023 421A

(73) UDDEHOLMS AB (SE)
683 85 HAGFORS, Sweden

(72) EJNERMARK, Sebastian (SE); KVARNED, Anders (SE); OLIVER, Richard (SE).

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

(54) THÉP DỤNG CỤ GIA CÔNG NÓNG VÀ DỤNG CỤ LÀM TỪ THÉP NÀY

(21) 1-2023-00018

(57) Sáng chế đề cập đến thép dụng cụ gia công nóng dạng cấu trúc nền để sử dụng trong các ứng dụng đòi hỏi khả năng chống mài mòn cao. Thép này đặc biệt thích hợp cho các ứng dụng rèn nóng, đúc khuôn hoặc ép đùn nóng. Nó cũng thích hợp cho ứng dụng dập nóng, cụ thể để dập nóng thép có độ bền cao tiên tiến (AHSS) và có khả năng chống mài mòn nóng. Thép dụng cụ gia công nóng theo sáng chế có thành phần như được xác định cụ thể trong bản mô tả. Sáng chế cũng đề cập đến dụng cụ để rèn nóng, dập nóng, đúc khuôn, đúc áp lực cao hoặc ép đùn nóng, làm từ thép này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới thép dụng cụ gia công nóng dạng cấu trúc nền và dụng cụ làm từ thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các loại thép dụng cụ có cấu trúc nền (matrix tool steel) được hợp kim hóa bằng vanadi đã có mặt trên thị trường trong nhiều thập kỷ qua và thu hút được sự quan tâm đáng kể do chúng kết hợp được khả năng chống mài mòn cao với độ ổn định kích thước vượt trội cũng như độ dẻo tốt. Thép dụng cụ có cấu trúc nền là thép mà không chứa bất kỳ carbua sơ cấp nào hoặc chỉ chứa một lượng cực kỳ nhỏ carbua sơ cấp và có cấu trúc nền chỉ bao gồm mactensit ram.

US 3117863 có thể là patent đầu tiên liên quan tới thép có cấu trúc nền. Ý tưởng chính trong US 3117863 là tạo ra thép có cấu tạo như phần nền của thép gió (high speed steel, HSS) đã biết. Cấu trúc của của loại thép này được phát triển để cải thiện độ dẻo và độ bền mỏi của thép bằng cách làm mịn cấu trúc tế vi.

WO03/106727A1 của cùng người nộp đơn này bộc lộ thép có cấu trúc nền gia công nóng có độ dẻo và độ dai vượt trội cũng như độ bền nóng và khả năng chống mài mòn tốt. Vật liệu này trên thị trường có tên là UNIMAX[®].

EP1300482A1 bộc lộ một loại thép có cấu trúc nền khác có độ cứng và khả năng chống mài mòn cao kết hợp với độ dẻo rất cao và do đó đặc biệt phù hợp để làm các công cụ chịu ứng suất ở nhiệt độ cao như các công cụ tạo hình nóng và ấm. Loại thép trên thị trường có tên là W360 ISOBLOC[®] và có thành phần danh định bao gồm 0,50% C, 0,20% Si, 0,25% Mn, 4,5% Cr, 3,00% Mo và 0,60% V.

Thép có cấu trúc nền thường được sản xuất bằng cách nấu chảy lại bằng hồ quang trong chân không (vacuum arc re-melting, VAR) hoặc nấu chảy lại trong lò điện xỉ (electro slag re-melting, ESR) để cải thiện độ đồng đều hóa học và độ sạch vi mô.

Nhiều ví dụ khác về thép dụng cụ có cấu trúc nền gia công nóng có thể được tìm thấy trong các tài liệu sáng chế như JP2003226939A, EP3050986A1, US2004/0187972 A1 và US2005/0161125A1.

Thép có cấu trúc nền hiện đại được phát triển với sự trợ giúp của phần mềm để tính toán sơ đồ pha và cân bằng pha dưới dạng hàm số của nhiệt độ. Thermo-Calc® (TC) là một phần mềm thân thiện với người dùng và thường được sử dụng cho mục đích này để tìm ra các thành phần tạo ra vùng pha austenit đơn lớn ở nhiệt độ ngâm nhiệt, vì thực tế là sự phân rã của carbua MC hiện có được tạo thành bởi sự thiên tích trong công đoạn đúc có tầm quan trọng hàng đầu.

Thép có cấu trúc nền gia công nóng có rất nhiều ứng dụng như đúc khuôn và rèn. Loại thép này thường được sản xuất bằng phương pháp luyện kim thông thường, tiếp đó là nung chảy lại trong lò điện xi (ESR). Tuy nhiên, một nhược điểm của loại thép đã biết này là khả năng chống mài mòn hạn chế. Cụ thể, khả năng chống mài mòn này có thể hạn chế tuổi thọ của các loại thép đã biết trong các công đoạn phải gia công nóng như rèn nóng, ép đùn và dập nóng (press hardening). Những công cụ này đắt tiền và thường phải hàn để sửa chữa. Do đó, khả năng chịu hàn có ý nghĩa quan trọng. Tuy nhiên, khả năng chịu hàn của thép dụng cụ có hàm lượng cacbon cao thường được coi là kém và đòi hỏi các biện pháp đặc biệt như nhiệt độ gia nhiệt trước cao. Do đó, sẽ rất hữu ích nếu thép này có thể được hàn bằng vật liệu hàn tiêu chuẩn, tốt hơn nếu không cần gia nhiệt trước.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thép dụng cụ gia công nóng dạng cấu trúc nền, để sử dụng trong các ứng dụng đòi hỏi khả năng chống mài mòn cao. Cụ thể, thép này phải thích hợp cho các ứng dụng như rèn nóng, đúc khuôn hoặc ép đùn nóng. Nó cũng phải thích hợp để dập nóng, đặc biệt là để dập nóng thép có độ bền cao tiên tiến (Advanced High Strength Steel, AHSS). Đối với những ứng dụng này, khả năng chống mài mòn nóng cần phải cao.

Độ bền ram là một đặc tính quan trọng, vì khi sử dụng thép có thể phải chịu nhiệt độ cao trong thời gian dài. Do đó, sẽ tốt hơn nếu thép không những có độ cứng cao sau khi hóa cứng mà mức độ giảm độ cứng cũng cần phải thấp. Các đặc tính quan trọng khác bao gồm độ dai và độ dẻo cao, có nghĩa là thép phải có độ sạch cao đối với vi xỉ, hoàn toàn không có carbua trên đường biên hạt cũng như độ cứng đồng đều trong chiều dày lên đến 300 mm.

Có thể cần điều chỉnh độ cứng trong khoảng rộng để tối ưu hóa thép cho mục đích sử dụng dự định. Cũng có thể cần đạt được độ bền kéo và giới hạn chảy cao kết hợp với độ dai vừa đủ.

Các mục đích nêu trên, cũng như các ưu điểm khác có thể đạt được ở mức độ đáng kể bằng cách tạo ra thép dụng cụ gia công nóng có thành phần như được xác định trong phần Yêu cầu bảo hộ.

Sáng chế được xác định trong phần Yêu cầu bảo hộ.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Tầm quan trọng của các nguyên tố riêng biệt và sự tương tác của chúng với nhau cũng như các giới hạn đối với các hợp phần hóa học của các hợp kim theo sáng chế được giải thích vắn tắt dưới đây. Tất cả các tỷ lệ phần trăm trong thành phần hóa học của thép được tính theo % khối lượng (% khối lượng) trong toàn bản mô tả. Lượng các pha cứng được tính theo % thể tích (% tt). Các giới hạn trên và dưới của các nguyên tố riêng lẻ có thể được kết hợp tự do trong phạm vi giới hạn được nêu trong phần Yêu cầu bảo hộ. Độ chính xác số học của các giá trị số có thể được tăng lên một hoặc hai chữ số. Do đó, một giá trị ví dụ như 0,1% cũng có thể được biểu thị như 0,10% hoặc 0,100%.

Cacbon (0,5 – 0,9%)

Cacbon cần có mặt với hàm lượng ít nhất bằng 0,5%, tốt hơn nếu ít nhất bằng 0,55, 0,60, 0,66, 0,67, hoặc 0,68%. Giới hạn trên của cacbon bằng 0,9% và có thể được chọn bằng 0,85, 0,80, 0,75, 0,74, 0,73 hoặc 0,72%. Khoảng giá trị được ưu tiên là 0,6 – 0,8% và 0,65 – 0,75%. Trong mọi trường hợp, lượng cacbon cần được kiểm soát sao cho hạn chế được lượng các carbua sơ cấp kiểu $M_{23}C_6$, M_7C_3 và M_6C trong tấm thép, tốt hơn nếu thép này không chứa các carbua sơ cấp như vậy.

Silic (0,03 – 0,8%)

Silic được sử dụng để khử oxy. Si có mặt trong tấm thép dưới dạng hòa tan. Si là nguyên tố tạo ferit mạnh và làm tăng hoạt tính cacbon và do đó làm tăng nguy cơ tạo thành carbua không mong muốn, có tác động tiêu cực đến độ bền chống va đập. Silic cũng dễ tạo thiên tích giữa các mặt ranh giới, điều có thể dẫn đến làm giảm độ dẻo và khả năng chống môi nhiệt. Do đó, Si được giới hạn ở mức 0,8%. Giới hạn trên này có thể

là 0,7, 0,6, 0,5, 0,40, 0,35, 0,30, 0,28, 0,27, 0,26, 0,25, 0,24, 0,23 và 0,22%. Giới hạn dưới có thể là 0,05, 0,10, 0,11, 0,12, 0,13, 0,14 hoặc 0,15%.

Mangan (0,1 – 1,8%)

Mangan góp phần cải thiện khả năng cứng hóa của thép và cùng với lưu huỳnh mangan góp phần cải thiện khả năng gia công bằng máy bằng cách tạo ra sulfua mangan. Do đó, mangan cần có mặt với hàm lượng ít nhất bằng 0,1%, tốt hơn nếu ít nhất bằng 0,2, 0,3, 0,35 hoặc 0,4%. Ở các hàm lượng lưu huỳnh cao hơn, mangan ngăn ngừa hiện tượng giòn nóng trong tấm thép. Mn cũng có thể gây ra sự thiên tích vi mô không mong muốn dẫn đến cấu trúc dạng dải. Thép cần phải chứa nhiều nhất 1,8%, tốt hơn nếu nhiều nhất 0,8, 0,75, 0,7, 0,6, 0,55 hoặc 0,5% Mn.

Crom (4,0 – 6,6%)

Crom cần có mặt với hàm lượng ít nhất bằng 4% để tạo ra khả năng cứng hóa tốt của các tiết diện rộng trong quá trình xử lý nhiệt. Nếu hàm lượng crom quá cao, thì có thể dẫn đến sự tạo thành ferit nhiệt độ cao, điều làm giảm khả năng dễ xử lý nhiệt. Giới hạn dưới của Cr có thể là 4,5, 4,6, 4,7, 4,8 hoặc 4,9%. Giới hạn trên của Cr có thể là 6,0, 5,9, 5,8, 5,7, 5,6, 5,5, 5,4, 5,3, 5,2 hoặc 5,1%.

Molypđen (1,8 – 3,5%)

Mo được biết là có ảnh hưởng rất thuận lợi đến khả năng cứng hóa. Molypđen là nguyên tố thiết yếu để có được đáp ứng tăng độ cứng thứ cấp tốt. Hàm lượng Mo ít nhất bằng 1,8%, và có thể được chọn bằng 1,9, 2,0, 2,1, 2,15 hoặc 2,2%. Molypđen là nguyên tố tạo cacbua mạnh và cũng là nguyên tố tạo ferit mạnh. Do đó, hàm lượng molypđen lớn nhất bằng 3,5%. Mo có thể được hạn chế ở mức 2,9, 2,7, 2,6, 2,5, 2,4 hoặc 2,3%.

Vonfram ($W \leq 0,5\%$)

Vonfram không phải là nguyên tố thiết yếu trong sáng chế. Giới hạn trên của Vonfram bằng 0,5% và có thể được chọn bằng 0,4, 0,3, 0,2 hoặc 0,1%.

Niken ($\leq 1\%$)

Niken không phải là nguyên tố thiết yếu trong sáng chế. Giới hạn trên có thể được chọn bằng 0,5, 0,4, 0,3 hoặc 0,25%.

Vanadi ($1,3 - 2,3\%$)

Vanadi tạo thành carbua kết tụ sơ cấp phân bố đều và cacbonitrua có dạng VC và V(C,N) trong nền thép. Các carbua và cacbonitrua này cũng có thể được biểu thị bằng MX, trong đó M chủ yếu là V nhưng cũng có thể là Cr và Mo và X là một hoặc nhiều nguyên tố trong số C, N và B. Tuy nhiên, trong phần sau đây chỉ VC sẽ được dùng với cùng nghĩa như MX. Vanadi được sử dụng để tạo thành lượng tương đối lớn VC được kiểm soát và do đó cần có mặt với lượng trong khoảng $1,3 - 2,3\%$. Giới hạn dưới của vanadi có thể được chọn bằng 1,35, 1,4, 1,45, 1,5 hoặc 1,55%. Giới hạn trên có thể được chọn bằng 2,2, 2,1, 2,0, 1,9, 1,8, 1,7 hoặc 1,65%.

Nhôm ($\leq 0,1\%$)

Nhôm có thể được sử dụng để khử oxy kết hợp với Si và Mn. Giới hạn dưới được chọn bằng 0,001, 0,003, 0,005 hoặc 0,007% để đảm bảo cho việc khử oxy tốt. Giới hạn trên được giới hạn ở mức 0,1% để tránh kết tụ của các pha không mong muốn như AlN. Giới hạn trên của nhôm có thể là 0,05, 0,04 hoặc 0,3%.

Nitơ ($\leq 0,12\%$)

Nitơ là nguyên tố tùy ý. N được giới hạn ở mức 0,12% để tránh tạo ra quá nhiều lượng pha cứng, như V(C,N). Tuy nhiên, hàm lượng nitơ có thể được cân bằng với hàm lượng vanadi để tạo thành cacbonitrua giàu vanadi kết tủa sơ cấp. Thành phần này sẽ được hòa tan một phần trong bước austenit hóa và sau đó được kết tủa trong bước ram thành các hạt có kích thước nanomet. Độ bền nhiệt của vanadi cacbonitrua được coi là tốt hơn so với vanadi carbua, do đó độ bền ram của thép dụng cụ có thể được cải thiện và khả năng chống lại sự phát triển của hạt ở nhiệt độ austenit hóa cao có thể được tăng cường. Nếu hàm lượng nitơ được kiểm soát một cách có chủ ý vì những lý do nêu trên, thì giới hạn dưới có thể được chọn bằng 0,006, 0,007, 0,08, 0,09, 0,01, 0,012, 0,013, 0,014 hoặc 0,015%. Giới hạn trên có thể là 0,11, 0,10, 0,09, 0,08, 0,07, 0,06, 0,05, 0,04 hoặc 0,03%.

Đồng ($\leq 1\%$)

Cu là nguyên tố tùy ý, có thể góp phần làm tăng độ cứng và độ bền ăn mòn của thép. Tuy nhiên, không thể chiết được đồng ra khỏi thép một khi nó được bổ sung. Điều này làm cho việc xử lý phế liệu trở nên khó khăn hơn. Vì lý do này, đồng thường không

được bổ sung một cách có chủ ý. Giới hạn trên của Cu có thể được giới hạn ở mức 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 hoặc 0,15%.

Coban ($\leq 5\%$)

Co là nguyên tố tùy ý. Co làm tăng nhiệt độ đường rắn và do đó tạo cơ hội cho việc tăng nhiệt độ hóa cứng. Do đó, trong quá trình austenit hóa, có thể hòa tan được một phần lớn hơn carbua và nhờ đó tăng cường được khả năng cứng hóa. Tuy nhiên, Co đắt tiền và lượng lớn Co cũng có thể dẫn đến làm giảm độ dẻo và khả năng chống mài mòn. Do đó, lượng Co lớn nhất nên là 5%. Tuy nhiên, việc bổ sung có chủ ý Co nói chung không được thực hiện. Hàm lượng Co lớn nhất có thể được chọn bằng 2, 1, 0,5 hoặc 0,2%.

Niobi ($\leq 0,1\%$)

Niobi có vai trò tương tự như vanadi ở chỗ nó tạo thành cacbonitrua có dạng $M(N,C)$. Tuy nhiên, Nb tạo ra hình dạng góc cạnh hơn của $M(N,C)$ và có thể làm giảm khả năng cứng hóa ở các hàm lượng cao. Do đó, hàm lượng Nb lớn nhất bằng 0,1%, tốt hơn nếu bằng 0,05%. Kết tủa Nb ổn định hơn so với kết tủa V và do đó có thể được sử dụng để làm mịn hạt, do sự phân tán mịn của NbC có tác dụng ghim đường biên hạt dẫn đến việc làm mịn hạt và cải thiện độ dẻo cũng như cải thiện độ bền hóa mềm ở các nhiệt độ cao. Vì lý do này, Nb là nguyên tố tùy ý và có thể có mặt với hàm lượng $\leq 0,1\%$. Giới hạn trên của Nb có thể được chọn bằng 0,06, 0,05, 0,04, 0,03 0,01 hoặc 0,005%. Giới hạn dưới của Nb có thể được chọn bằng 0,005, 0,006, 0,007, 0,008, 0,009 hoặc 0,01%.

Ti, Zr và Ta

Các nguyên tố này là các chất tạo carbua và có thể có mặt trong hợp kim với khoảng hàm lượng được nêu trong phần Yêu cầu bảo hộ để thay đổi thành phần của các pha cứng. Tuy nhiên, thông thường không nguyên tố nào trong số các nguyên tố này được bổ sung. Tốt hơn nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố này ở mức $\leq 0,5\%$, 0,1% hoặc $\leq 0,05\%$, tốt hơn nữa nếu bằng 0,01% hoặc 0,005%.

Bo ($\leq 0,01\%$)

B có thể được sử dụng để làm tăng thêm độ cứng của thép. Lượng được giới hạn ở mức 0,01%, tốt hơn nếu $\leq 0,006\%$ tốt hơn nữa nếu bằng 0,005%..

Ca, Mg và Các kim loại đất hiếm (Rare Earth Metals, REM)

Các nguyên tố này có thể được bổ sung vào thép với hàm lượng được nêu trong phần Yêu cầu bảo hộ để biến đổi thể vùi phi kim và/hoặc để cải thiện hơn nữa khả năng gia công bằng máy, khả năng gia công nóng và/hoặc khả năng chịu hàn. Tốt hơn nếu hàm lượng Ca và Mg ở mức $\leq 0,01\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,005\%$. Tốt hơn nếu hàm lượng REM ở mức $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$ hoặc thậm chí bằng $0,05\%$.

Các nguyên tố tạp chất

Các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi trong quá trình sản xuất của thép. Do đó, các nguyên tố tạp chất là phần còn lại trong thành phần thép và lượng các nguyên tố này không có vai trò thiết yếu trong sáng chế.

P, S và O là các tạp chất chính, thường có ảnh hưởng xấu đến các đặc tính cơ học của thép. Các nguyên tố này là không thể tránh khỏi và có thể có mặt trong thép ở mức hàm lượng tạp chất phổ biến. Tuy nhiên, do các nguyên tố này có thể có ảnh hưởng xấu đến các đặc tính của thép, nên hàm lượng của chúng có thể bị hạn chế hơn nữa. Các giới hạn ưu tiên là như sau. P có thể được giới hạn ở mức 0,1, 0,05 hoặc 0,03%. S có thể được giới hạn ở mức 0,5, 0,1, 0,05, 0,0015, 0,0010, 0,0008, 0,0005 hoặc thậm chí là 0,0001%. O có thể được giới hạn ở mức 0,01, 0,003, 0,0015, 0,0012, 0,0010, 0,0008, 0,0006 hoặc 0,0005%.

Sản xuất thép

Thép dụng cụ có thành phần hóa học theo sáng chế có thể được sản xuất bằng công nghệ luyện kim thông thường bao gồm nấu chảy lại trong lò hồ quang điện (Electro Slag Remelting, EAF) và tiếp theo tinh chế trong gàu rót, tiếp đó tùy ý là xử lý trong chân không trước khi đúc. Các thỏi đúc cũng có thể được nấu chảy lại trong lò điện xỉ (ESR) để cải thiện hơn nữa độ sạch và độ đồng đều vi cấu trúc của các thỏi đúc. Ngoài ra, thép cũng có thể được nấu chảy trong lò cảm ứng chân không (Vacuum Induction Melting, VIM) và/hoặc nấu chảy lại trong lò hồ quang chân không (Vacuum Arc Remelting, VAR). Một cách khác để xử lý thép theo sáng chế là dùng khí phun kim loại thành bột tiếp đó là ép nóng đẳng nhiệt (hot isostatic pressing, HIP) để tạo ra sản phẩm HIP ở dạng thỏi, mà cũng có thể được sử dụng trong điều kiện như HIP. Các thỏi này có thể được gia công nóng tiếp tới kích thước cuối cùng như được ủ mềm tới độ cứng Brinell ≤ 360 HBW, tốt hơn nếu ≤ 300 HBW. Độ cứng Brinell được đo bằng viên bi

vonfram carbua đường kính 10 mm và tải trọng 3000 kgf (29400N) và cũng có thể được biểu thị bằng HBW_{10/3000}. Thép cũng có thể được làm cứng và ram trước khi sử dụng.

Thép thường được phân phối tới khách hàng ở trạng thái ủ mềm có nền ferit với carbua được phân bố đều trong đó. Thép ủ mềm này có các đặc tính đồng đều ở các kích thước lớn và theo một phương án ưu tiên thì độ đồng đều về độ cứng phải có độ cứng trung bình ≤ 360 HBW và đối với độ dày bằng ít nhất 100 mm và độ lệch lớn nhất so với giá trị độ cứng Brinell trung bình theo chiều dày được đo theo ASTM E10-01 nhỏ hơn 10%, tốt hơn nếu nhỏ hơn 5%, và trong đó khoảng cách nhỏ nhất từ tâm của vết lõm tới mép của mẫu thử hoặc mép của vết lõm khác phải bằng ít nhất 2,5 lần đường kính của vết lõm và khoảng cách lớn nhất không vượt quá 4 lần đường kính của vết lõm.

Bột thu được bằng cách phun khí cũng có thể được sử dụng để sản xuất phụ phẩm.

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn.

Thép gia công nóng theo sáng chế có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

C	0,5 - 0,9
Si	0,03 - 0,8
Mn	0,1 - 1,8
Cr	4,0 – 6,6
Mo	1,8 – 3,5
V	1,3 - 2,3
Al	$\leq 0,1$
N	$\leq 0,12$
Ni	≤ 1
W	≤ 1
Co	≤ 5
Cu	≤ 1
Nb	$\leq 0,1$
Ti	$\leq 0,05$
Zr	$\leq 0,05$
Ta	$\leq 0,05$

$$B \leq 0,01$$

$$Ca \leq 0,01$$

$$Mg \leq 0,01$$

$$REM \leq 0,2$$

phần còn lại là Fe và các tạp chất.

Tốt hơn nếu thép dụng cụ gia công nóng này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây:

$$C \quad 0,6 - 0,8$$

$$Si \quad 0,05 - 0,6$$

$$Mn \quad 0,2 - 0,8$$

$$Cr \quad 4,4 - 5,6$$

$$Mo \quad 2,0 - 2,5$$

$$V \quad 1,5 - 1,9$$

$$Al \leq 0,05$$

$$N \leq 0,08$$

$$Ni \leq 0,5$$

$$W \leq 0,5$$

$$Co \leq 2$$

$$Cu \leq 0,5$$

$$Nb \leq 0,05$$

$$Ti \leq 0,01$$

$$Zr \leq 0,01$$

$$Ta \leq 0,01$$

$$B \leq 0,006$$

$$Ca \leq 0,005$$

$$Mg \leq 0,005$$

$$REM \leq 0,1$$

Tốt hơn nữa nếu thành phần của thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây:

C 0,65 - 0,75

Si 0,15 - 0,5

Mn 0,4 - 0,5

Cr 4,9 – 5,1

Mo 2,2 – 2,3

V 1,5 - 1,7

Al $\leq 0,03$

N $\leq 0,05$

Ni 0,25

W $\leq 0,2$

Co ≤ 1

Cu $\leq 0,2$

Nb $\leq 0,005$

Ti $\leq 0,005$

Zr $\leq 0,005$

Ta $\leq 0,005$

REM $\leq 0,05$

Tốt hơn nếu thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây:

C 0,66 - 0,75

Si 0,15 - 0,25

V 1,52 - 1,68

Al 0,001 - 0,03

N $\leq 0,05$

W $\leq 0,1$

Cu $\leq 0,15$

Theo phương án được đặc biệt ưu tiên, tất cả các yêu cầu này được đáp ứng.

Để tăng cường độ bền chống mài mòn, thành phần nêu trên có thể được điều chỉnh sao cho thép ở trạng thái đã được hóa cứng và ram chứa một lượng nhỏ và được kiểm soát các hạt vanadi carbua có kích thước lớn hơn hoặc bằng 1 μm . Kích thước vừa nêu là đường kính đường tròn tương đương (Equivalent Circular Diameter, ECD), được tính toán từ diện tích trên ảnh (A) thu được trong phương pháp phân tích hình ảnh. ECD có cùng diện tích hình chiếu với hạt và bằng $2\sqrt{(A/\pi)}$.

Tốt hơn nếu thép theo sáng chế chứa 0,2 – 4% thể tích VC, tốt hơn nếu 0,5 – 3% thể tích và tốt hơn nữa là 1,5 – 2,3% thể tích.

Lượng mỗi M_6C và M_7C_3 cần được giới hạn ở mức 2% thể tích, tốt hơn nếu ở mức 0,5% thể tích, và tốt hơn nữa nếu ở mức 0,1 % thể tích.

Độ cứng của thép có thể được điều chỉnh bằng cách lựa chọn tổ hợp thích hợp của thời gian và nhiệt độ austenit hóa, tốc độ làm nguội được biểu thị dưới dạng thời gian làm nguội từ nhiệt độ 800°C xuống đến 500°C ($t_{5/8}$) cũng như nhiệt độ ram. Nói chung, thép này được ram hai lần trong hai giờ (2x2 giờ) để làm giảm lượng austenit dư xuống tới mức nhỏ hơn 2% thể tích.

Tốt hơn nếu các đặc tính cơ học của thép sau khi hóa cứng và ram tới độ cứng 55-57 HRC đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây:

Giới hạn chảy ($R_{p0,2}$): $\geq 1700 \text{ MPa}$, tốt hơn nếu $\geq 1725 \text{ MPa}$, tốt hơn nữa nếu $\geq 1750 \text{ MPa}$.

Độ bền kéo (R_m): $\geq 1950 \text{ MPa}$, tốt hơn nếu $\geq 2050 \text{ MPa}$, tốt hơn nữa nếu $\geq 2050 \text{ MPa}$, tốt nhất nếu $\geq 2100 \text{ MPa}$.

Độ giãn (A_5): $\geq 3\%$, tốt hơn nếu ≥ 4 , tốt hơn nữa nếu $\geq 5\%$, tốt nhất nếu $\geq 6\%$.

Mức giảm diện tích (Z): $\geq 5\%$, tốt hơn nếu ≥ 10 , tốt hơn nữa nếu $\geq 15\%$, tốt nhất nếu $\geq 20\%$.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1:

Bảng 1 trình bày sự biến thiên độ cứng Rockwell C (HRC) dưới dạng hàm số của các thông số hóa cứng là thời gian và nhiệt độ austenit hóa. Có thể thấy rằng độ cứng có thể dễ dàng được điều chỉnh trong khoảng từ 49 đến 61 HRC. Thành phần của thỏi mẫu được nấu chảy lại trong lò điện xỉ ESR là như sau: C 0,71%, Si 0,22%, Mn 0,46%, Cr 5,01%, Mo, 2,24%, V 1,62%, Al 0,007%.

Bảng 1: Độ cứng (HRC) trong điều kiện hóa cứng và ram. Đối với tất cả các mẫu thử là làm nguội trong chân không với $t_{8/5} = 300$ giây và ram 2x2 giờ.

Nhiệt độ austenit hóa (°C)	Thời gian austenit hóa (phút)	540°C	560°C	580°C	600°C	610°C
1050	30	57,3	56,2	54,9	52,4	48,9
1100	30	59,1	58,1	57,5	54,5	52,0
1130	10	60,4	59,1	58,4	55,9	53,7
1150	10	61,2	61,0	59,6	56,7	54,8

Độ bền ram được kiểm tra đối với thép đã được austenit hóa ở 1130°C và được ram lần lượt ở 580 °C và 600°C. Các mẫu thép này được nung nóng ở 600°C trong 10 giờ. Trong trường hợp thứ nhất độ cứng giảm từ 58,4 HRC xuống còn 53,6 HRC và trong trường hợp thứ hai độ cứng giảm từ 55,9 HRC xuống còn 52,8 HRC. Do đó, mức giảm độ cứng lần lượt bằng 4,8 HRC và 3,1 HRC.

Các giá trị này có thể được so sánh với các giá trị tương ứng của thép UNIMAX[®] đã nêu ở phần đầu bản mô tả này. Chuẩn bị mẫu thép có thành phần danh định gồm C 0,5%, Si 0,2%, Mn 0,5%, Cr 5,0%, Mo 2,3% và V 0,5%. Mẫu thép được hóa cứng đến 57,8 HRC bằng cách austenit hóa ở 1050°C trong 30 phút, với $t_{8/5} = 300$ giây và ram 2x2 giờ ở 540°C. Độ cứng ban đầu bằng 57,8 HRC và độ cứng sau 10 giờ ở 600°C bằng 49,4 HRC. Do đó, mức giảm độ cứng của thép đã biết này bằng 8,4 HRC. Do vậy, có thể kết luận rằng thép theo sáng chế có độ bền ram vượt trội so với thép đã biết.

Độ sạch của thép theo sáng chế được kiểm tra đối với vi xỉ theo ASTM E45-97, Phương pháp A, Đĩa I-r và kết quả được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Độ sạch theo ASTM E45-97, Phương pháp A, Đĩa I-r.

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
0,5	0	0,5	1,0	0	0	0,5	1,0

Ví dụ 2:

Thời mẫu thu được bằng cách nấu chảy lại trong lò điện xỉ ESR như trong Ví dụ 1 được cán nóng tới đường kính 196 mm, từ đó lấy ba mẫu thử theo hướng LC2 và để thử nghiệm các đặc tính cơ học. Mẫu thép này được hóa cứng tới độ cứng 56 HRC bằng cách austenit hóa ở 1050°C trong 30 phút và làm nguội trong chân không với $t_{8/5} = 300$ giây tiếp đó là ram hai lần ở 560°C trong 2 giờ. Các giá trị trung bình thu được từ thử nghiệm này là như sau:

Giới hạn chảy ($R_{p0,2}$) : 1761 MPa

Độ bền kéo (R_m) : 2117 MPa

Độ giãn (A5) : 7%

Mức giảm diện tích (Z): 26%

Ví dụ 3:

Trong ví dụ này, thép theo sáng chế được so sánh với thép tiêu chuẩn có cấu trúc nền hoặc dụng cụ rèn.

Các hợp kim này có thành phần như sau (theo % khối lượng):

Thép theo sáng chế	So sánh thép
C 0,7	0,5
Si 0,2	0,2
Mn 0,5	0,5
Cr 5,0	4,2

Mo	2,3	2,0
V	1,6	1,2
W	0,01	1,6

phần còn lại là Fe và các tạp chất.

Các hợp kim này được xử lý nhiệt tiêu chuẩn, rèn và ủ mềm tới độ cứng khoảng 300 HBW. Cả hai loại thép được hóa cứng và ram bằng cách gia nhiệt đến 1100°C trong 30 phút, tôi và ram hai lần ở 540°C during hai giờ (2x2 giờ). Độ cứng của thép theo sáng chế bằng 57 HRC và độ cứng của so sánh thép bằng 56 HRC. Khả năng chống mài mòn của thép được kiểm tra bằng phương pháp chốt trên đĩa (Pin on Disk) sử dụng giấy Al-oxid lưới 800 từ cùng một mẻ. Mức hao mòn của thép theo sáng chế được xác định bằng 178 mg/phút và của thép so sánh bằng 219 mg/phút

Một mẫu khác của thép theo sáng chế được chuẩn bị để thu được độ cứng giống như thép so sánh. Điều này đạt được bằng cách gia nhiệt đến 1100°C trong 30 phút và ram 2x2 giờ ở 540°C. Độ cứng thu được bằng 56 HRC. Như mong đợi, mức hao mòn của mẫu này cao hơn một chút (189 mg/phút) so với thép có độ cứng 57 HRC nhưng thấp hơn đáng kể so với thép so sánh có cùng độ cứng.

Ví dụ 4:

Các mẫu thử của thép có thành phần giống như trong Ví dụ 1 được điều chế để thử nghiệm hàn. Các khối thép rắn được phay để có góc trong 90°, các mẫu thử này được xử lý theo hai cách hóa cứng khác nhau. Cách xử lý nhiệt thứ nhất bao gồm austenit hóa ở 1050°C trong 30 phút và làm nguội trong chân không với $t_{8/5} = 300$ giây tiếp đó là ram hai lần ở 560°C trong 2 giờ. Cách xử lý nhiệt thứ hai khác với cách trên ở chỗ việc austenit hóa được thực hiện ở 1130°C trong 10 phút.

Các mẫu thử này sau đó được hàn bằng phương pháp hàn với điện cực Vonfram trong môi trường khí trơ (Tungsten Inert Gas, TIG) ở nhiệt độ phòng (RT), 80°C, 225°C và 325°C sử dụng que hàn có đường kính 1,6 mm là ba điện cực hàn tiêu chuẩn khác nhau. Người nộp đơn dùng điện cực hàn Caldie TIG và QRO 90 TIG cũng như UTP A 696 TIG từ UTP Schweissmaterial GmbH.

Vết nứt thấy ở tất cả các nhiệt độ với điện cực hàn Caldie TIG. Tuy nhiên, bắt ngờ đã thấy rằng hai điện cực hàn còn lại có thể được sử dụng để tạo ra mối hàn không vết nứt ở nhiệt độ phòng. Do đó, thép theo sáng chế có khả năng chịu hàn tốt một cách đáng ngạc nhiên.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Thép theo sáng chế có thể được sử dụng cho các ứng dụng gia công nóng trong đó dụng cụ dễ bị mài mòn. Cụ thể, thép này là vật liệu thích hợp để chế tạo dụng cụ dùng cho rèn nóng, dập nóng, đúc khuôn, đúc áp lực cao hoặc ép đùn nóng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép dụng cụ gia công nóng để rèn nóng, dập nóng, đúc khuôn hoặc ép đùn nóng có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

C **0,65 - 0,85**

Si 0,03 - 0,8

Mn 0,1 - 1,8

Cr **4,5 – 6,6**

Mo 1,8 – 3,5

V 1,3 - 2,3

Al $\leq 0,1$

N $\leq 0,12$

Ni ≤ 1

W **$\leq 0,5$**

Co ≤ 2

Cu ≤ 1

Nb $\leq 0,1$

Ti $\leq 0,05$

Zr $\leq 0,05$

Ta $\leq 0,05$

B $\leq 0,01$

Ca $\leq 0,01$

Mg $\leq 0,01$

REM $\leq 0,2$

phần còn lại là Fe và các tạp chất.

2. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm 1, trong đó thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

C 0,65 - 0,8

Si 0,05 - 0,6

Mn 0,2 - 0,8

Cr 4,5 - 5,6

Mo 2,0 - 2,5

V 1,5 - 1,9

Al $\leq 0,05$

N $\leq 0,08$

Ni $\leq 0,5$

W $\leq 0,5$

Co ≤ 2

Cu $\leq 0,5$

Nb $\leq 0,05$

Ti $\leq 0,01$

Zr $\leq 0,01$

Ta $\leq 0,01$

B $\leq 0,006$

Ca $\leq 0,005$

Mg $\leq 0,005$

REM $\leq 0,1$

3. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

C 0,65 - 0,75

Si 0,15 - 0,5

Mn 0,4 - 0,5

Cr 4,9 – 5,1

Mo 2,2 – 2,3

V 1,5 - 1,7

Al $\leq 0,03$

N $\leq 0,05$

Ni 0,25

W $\leq 0,2$

Co ≤ 1

Cu $\leq 0,2$

Nb $\leq 0,005$

Ti $\leq 0,005$

Zr $\leq 0,005$

Ta $\leq 0,005$

REM $\leq 0,05$

4. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này bao gồm các carbua có kích thước $\geq 1 \mu\text{m}$ và đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây với lượng carbua được tính theo % thể tích:

VC 0,2 – 4

M_6C ≤ 2

M_7C_3 ≤ 2

5. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm 4, trong đó thép này bao gồm các carbua có kích thước $\geq 1 \mu\text{m}$ và đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây với lượng carbua được tính theo % thể tích:

VC 0,5 – 3

M_6C $\leq 0,5$

M_7C_3 $\leq 0,5$

6. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm 5, trong đó thép này bao gồm các carbua có kích thước $\geq 1 \mu\text{m}$ và đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau đây với lượng carbua được tính theo % thể tích:

$$\text{VC} \quad 1,5 - 2,3$$

$$\text{M}_6\text{C} \quad \leq 0,1$$

$$\text{M}_7\text{C}_3 \quad \leq 0,1$$

7. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này có độ cứng 55-57 HRC sau khi hóa cứng và ram và trong đó thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

$$\text{Rp}0,2 \quad \geq 1750 \text{ MPa}$$

$$\text{Rm} \quad \geq 2100 \text{ MPa}$$

$$\text{A5} \quad \geq 6\%$$

$$\text{Z} \quad \geq 20\%$$

và độ sạch thép này đáp ứng được các yêu cầu tối đa sau đây đối với vi xỉ theo ASTM E45-97, Phương pháp A, Đĩa I-r:

A	A	B	B	C	C	D	D
T	H	T	H	T	H	T	H
1,0	0	1,5	1,0	0	0	1,5	1,0

8. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

$$\text{C} \quad 0,66 - 0,75$$

$$\text{Si} \quad 0,15 - 0,25$$

$$\text{Mo} \quad 2,2 - 2,3$$

$$\text{V} \quad 1,52 - 1,68$$

$$\text{Al} \quad 0,001 - 0,03$$

$$\text{N} \quad \leq 0,05$$

$$\text{W} \quad \leq 0,1$$

$$\text{Co} \leq 1$$

$$\text{Cu} \leq 0,15$$

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

$$\text{Ti} \leq 0,005$$

$$\text{Zr} \leq 0,005$$

9. Thép dụng cụ gia công nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thép này đáp ứng được ít nhất một trong số các yêu cầu sau:

$$\text{C} \quad 0,66 - 0,75$$

$$\text{Si} \quad 0,15 - 0,25$$

$$\text{Mo} \quad 2,2 - 2,3$$

$$\text{V} \quad 1,52 - 1,68$$

$$\text{Al} \quad 0,005 - 0,03$$

$$\text{N} \leq 0,05$$

$$\text{W} \leq 0,1$$

$$\text{Co} \leq 0,5$$

$$\text{Cu} \leq 0,15$$

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

$$\text{Ti} \leq 0,005$$

$$\text{Zr} \leq 0,005$$

10. Thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1-6, trong đó thép này được ủ mềm và có độ cứng trung bình $\leq 360 \text{ HBW}$, và trong đó thép này có độ dày bằng ít nhất 100 mm và độ lệch lớn nhất so với giá trị độ cứng Brinell trung bình theo chiều dày được đo theo ASTM E10-01 nhỏ hơn 10%, tốt hơn nếu nhỏ hơn 5%, và trong đó khoảng cách nhỏ nhất từ tâm của vết lõm tới mép của mẫu thử hoặc mép của vết lõm khác phải bằng ít nhất 2,5 lần đường kính của vết lõm và khoảng cách lớn nhất không được vượt quá 4 lần đường kính của vết lõm.

11. Dụng cụ để rèn nóng, dập nóng, đúc khuôn, đúc áp lực cao hoặc ép đùn nóng, làm từ thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên.