



(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)



1-0048033

(51)^{2021.01} C22C 38/00; C22C 38/60; C21D 8/06

(13) B

(21) 1-2022-04131

(22) 23/12/2020

(86) PCT/JP2020/048236 23/12/2020

(87) WO 2021/132371 01/07/2021

(30) 2019-231913 23/12/2019 JP; PCT/JP2020/004002 04/02/2020 JP

(45) 25/06/2025 447

(43) 26/09/2022 414A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) KASAI Masayuki (JP); FUKUOKA Kazuaki (JP); NISHIMURA Kimihiro (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) THÉP CẮT TỰ DO VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP NÀY

(21) 1-2022-04131

(57) Sáng chế đề cập đến thép cắt tự do mà khả năng gia công máy của nó bằng hoặc tốt hơn so với khả năng gia công máy của thép cắt tự do chứa phức hợp lưu huỳnh-chì có hàm lượng cacbon thấp, bằng cách bổ sung lượng Pb đã được giảm đi đáng kể so với lượng phụ gia thông thường. Thép cắt tự do bao gồm hợp phần chứa, theo % khối lượng, 0,15% hoặc nhỏ hơn là C, 0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn là Mn, 0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn là S, lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn là O, 0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn là Cr, 0,02% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,10% là P, 0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn là N, với giá trị A được xác định theo biểu thức (1) sau đây thỏa mãn 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được; và kết cấu với 1000 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm trên một mm^2 , 500 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc lớn hơn và 5 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , và 1000 hạt Pb trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , trong đó

$$\text{giá trị } A = (\text{Mn} + 5\text{Cr}) / \text{S} \quad (1)$$

ở đây, các ký hiệu của các nguyên tố trong biểu thức biểu thị các hàm lượng (% khối lượng) của các nguyên tố.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép cắt tự do, cụ thể, đề cập đến thép cắt tự do chứa lưu huỳnh và một lượng nhỏ chì, đây là các nguyên tố cải thiện khả năng gia công máy, như một sự thay thế cho thép cắt tự do thông thường, và phương pháp sản xuất thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thép cắt tự do phức hợp lưu huỳnh-chì chứa lưu huỳnh và chì với hàm lượng cacbon thấp, như được quy định theo tiêu chuẩn JIS4804 SUM24L, đảm bảo khả năng gia công máy ưu việt bằng cách bổ sung lượng lớn chì (Pb) và lưu huỳnh (S) làm các nguyên tố cải thiện khả năng gia công máy. Trong số này, chì là nguyên tố vô cùng quan trọng và hữu ích đối với các sản phẩm công nghiệp. Nói cách khác, chì được sử dụng nhiều như nguyên tố giúp cải thiện đáng kể khả năng gia công máy của các vật liệu thép, nghĩa là, giảm sự mài mòn dụng cụ, cải thiện khả năng xử lý phoi, và tương tự trong việc gia công cắt các vật liệu thép.

Tuy nhiên, với nhận thức ngày càng cao về bảo tồn môi trường trong những năm gần đây, phong trào bãi bỏ hoặc hạn chế sử dụng các chất độc hại cho môi trường đang lan rộng trên toàn thế giới. Chì (Pb) là một trong những chất như vậy cần hạn chế sử dụng.

Ví dụ, tài liệu sáng chế (PTL) 1 bộc lộ thép không ram cắt tự do không chứa Pb. Tương tự, tài liệu sáng chế 2 cũng bộc lộ thép cắt tự do không chứa Pb. Ngoài ra, tài liệu sáng chế 3 bộc lộ thép cắt tự do mà trong đó Cr, mà dễ dàng tạo thành hợp chất với S hơn so với Mn, được bổ sung để được biến đổi thành các bao thể Mn-Cr-S, để góp phần vào việc cải thiện khả năng gia công máy.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JPH09-25539A

Tài liệu sáng chế 2: JP2000-160284A

Tài liệu sáng chế 3: JPH02-6824B

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

(Vấn đề kỹ thuật)

Công nghệ được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 có các vấn đề về độ cứng bởi vì mác thép mục tiêu là thép không ram có chứa 0,2% C hoặc lớn hơn, và chi phí sản xuất cao do việc sử dụng Nd, vốn là một nguyên tố đặc biệt. Công nghệ được mô tả trong tài liệu sáng chế 2 có độ dẻo nóng thấp do bổ sung lượng lớn S, và dễ bị nứt trong quá trình đúc liên tục và cán nóng, điều này có vấn đề từ quan điểm các tính chất bề mặt. Mặt khác, trong công nghệ được mô tả trong tài liệu sáng chế 3, Cr và S được bổ sung vào làm các thành phần, trong khi lượng phụ gia Mn được giảm xuống, nhưng lượng phụ gia Cr lại cao bằng 3,5% hoặc lớn hơn, điều này gây khó khăn cho việc hạ thấp chi phí, và lượng lớn CrS được tạo ra, điều này gây ra vấn đề sản xuất là khó làm nóng chảy vật liệu trong quá trình sản xuất thép. Ngoài ra, không có tài liệu nào mô tả thép cắt tự do phức hợp lưu huỳnh-chì để cắt mạnh (đòi hỏi đáng kể việc gia công cắt), như được quy định theo tiêu chuẩn JIS SUM24L, như ví dụ so sánh trong phần ví dụ. Các tài liệu chỉ mô tả thép với yêu cầu tương đối ít về khả năng gia công máy, và khả năng gia công máy rõ ràng là không đủ ở bất kỳ loại thép nào.

Sẽ có lợi khi đề xuất thép cắt tự do mà khả năng gia công máy của nó bằng hoặc tốt hơn so với khả năng gia công máy của thép cắt tự do chứa phức hợp lưu huỳnh-chì có hàm lượng cacbon thấp, bằng cách bổ sung lượng Pb đã được giảm đi đáng kể so với lượng phụ gia thông thường.

(Giải quyết vấn đề)

Nhờ quá trình nghiên cứu chuyên sâu để giải quyết các vấn đề trên, các tác giả sáng chế đã có được những phát hiện sau đây.

(1) Các tác giả đã phát hiện ra rằng bằng cách bổ sung các lượng Cr, Mn, và S thích hợp và tối ưu hóa tỷ lệ $(Mn+5Cr)/S$, hợp phần của lượng sulfua thích hợp ở trong hệ phức hợp của Mn-Cr-S, và sulfua với hợp phần trong hệ phức hợp được tinh luyện trong quá trình gia công nóng. Sulfua phức hợp mịn này cho phép thép cắt tự do có độ bôi trơn ưu việt trong quá trình gia công cắt.

(2) Sulfua được mô tả ở trên càng mịn, tác dụng bôi trơn càng lớn, điều này cải thiện đáng kể tuổi thọ công cụ và các tính chất bề mặt sau khi cắt.

(3) Mặt khác, việc chỉ sử dụng sulfua mịn gây ra các phoi liên tục trong quá trình cắt, điều này làm suy giảm khả năng xử lý. Tuy nhiên, bằng cách phân tán sulfua mịn và, đồng thời, cho phép tồn tại sunfua tương đối lớn trong một phạm vi nhất định, có thể cải thiện đáng kể khả năng xử lý phoi trong quá trình cắt.

(4) Khi lượng Pb nhất định được bổ sung đồng thời, Pb có thể được phân tán mịn cũng như sulfua, và do đó khả năng gia công máy có thể được cải thiện so với các vật liệu thông thường với lượng Pb nhỏ hơn trước đó.

Sáng chế này được thực hiện dựa trên những phát hiện trên, và sáng chế đề xuất:

1. Thép cắt tự do bao gồm:

hợp phần gồm, theo % khối lượng,

0,15% hoặc nhỏ hơn là C,

0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn là Mn,

0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn là S,

lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn là O,

0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn là Cr,

0,02% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,10% là Pb,

0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn là N,

với giá trị A được xác định theo biểu thức (1) sau đây thỏa mãn 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn, và

phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được; và

kết cấu với 1000 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm trên một mm^2 , 500 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc lớn hơn và 5 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , và 1000 hạt Pb trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 ,

trong đó

$$\text{giá trị } A = (Mn + 5Cr) / S \dots (1)$$

ở đây, các ký hiệu của các nguyên tố trong biểu thức biểu thị các hàm lượng (% khối lượng) của các nguyên tố.

2. Thép cắt tự do theo mục 1 nêu trên, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,10% hoặc nhỏ hơn là Si;

0,01% hoặc lớn hơn và 0,15% hoặc nhỏ hơn là P; và

0,010% hoặc nhỏ hơn là Al.

3. Thép cắt tự do theo mục 1 hoặc 2 nêu trên, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,0010% hoặc nhỏ hơn là Ca;

0,30% hoặc nhỏ hơn là Se;

0,15% hoặc nhỏ hơn là Te;

0,20% hoặc nhỏ hơn là Bi;

0,020% hoặc nhỏ hơn là Sn;

0,025% hoặc nhỏ hơn là Sb;

0,010% hoặc nhỏ hơn là B;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Cu;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Ni;

0,100% hoặc nhỏ hơn là Ti;

0,20% hoặc nhỏ hơn là V;

0,050% hoặc nhỏ hơn là Zr; và

0,0050% hoặc nhỏ hơn là Mg.

4. Phương pháp sản xuất thép cắt tự do, bao gồm:

tạo ra thép đúc hình chữ nhật mà mặt cắt ngang của nó vuông góc với

hướng dọc có chiều dài cạnh là 200 mm hoặc lớn hơn, thép đúc có hợp phần gồm, theo % khối lượng,

0,15% hoặc nhỏ hơn là C,

0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn là Mn,

0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn là S,

lớn hơn 0,0100% và 0,0500% hoặc nhỏ hơn là O,

0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn là Cr,

0,02% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,10% là Pb,

0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn là N,

với giá trị A được xác định theo biểu thức (1) sau đây thỏa mãn 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn, và

phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được;

cán nóng thép đúc thành phôi dạng thanh với tỷ lệ giảm bề mặt là 60% hoặc lớn hơn; và

gia công nóng phôi dạng thanh thành thanh thép ở nhiệt độ gia nhiệt là 1050°C hoặc lớn hơn và tỷ lệ giảm bề mặt là 65% hoặc lớn hơn.

5. Phương pháp sản xuất thép cắt tự do theo mục 4 nêu trên, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,10% hoặc nhỏ hơn là Si;

0,01% hoặc lớn hơn và 0,15% hoặc nhỏ hơn là P; và

0,010% hoặc nhỏ hơn là Al.

6. Phương pháp sản xuất thép cắt tự do theo mục 4 hoặc 5 nêu trên, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,0010% hoặc nhỏ hơn là Ca;

0,30% hoặc nhỏ hơn là Se;

0,15% hoặc nhỏ hơn là Te;

0,20% hoặc nhỏ hơn là Bi;
0,020% hoặc nhỏ hơn là Sn;
0,025% hoặc nhỏ hơn là Sb;
0,010% hoặc nhỏ hơn là B;
0,50% hoặc nhỏ hơn là Cu;
0,50% hoặc nhỏ hơn là Ni;
0,100% hoặc nhỏ hơn là Ti;
0,20% hoặc nhỏ hơn là V;
0,050% hoặc nhỏ hơn là Zr; và
0,0050% hoặc nhỏ hơn là Mg.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Có thể thu được thép cắt tự do có hàm lượng cacbon thấp với khả năng gia công máy ưu việt, ngay cả khi có hàm lượng chì thấp.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tiếp theo, thép cắt tự do theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Trước tiên, các lý do giới hạn hàm lượng của mỗi thành phần trong hợp phần của thép cắt tự do sẽ được mô tả theo trình tự. Lưu ý rằng, cách thể hiện % đối với các thành phần có nghĩa là % khối lượng trừ khi có quy định khác.

C: 0,15% hoặc nhỏ hơn

C là nguyên tố quan trọng mà có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền và khả năng gia công máy của thép. Tuy nhiên, khi hàm lượng vượt quá 0,15%, thép trở nên quá cứng và rắn, và khả năng gia công máy kém đi. Do đó, hàm lượng C phải nằm trong phạm vi 0,15% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn là 0,10% hoặc nhỏ hơn. Từ quan điểm đảm bảo độ bền, hàm lượng C phải là 0,02% hoặc lớn hơn, và tốt hơn là 0,04% hoặc lớn hơn.

Mn: 0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn

Mn là nguyên tố tạo sulfua quan trọng đối với khả năng gia công máy. Tuy nhiên, khi hàm lượng nhỏ hơn 0,5%, lượng sulfua nhỏ và không thể thu được đủ khả năng gia công máy, vì vậy giới hạn dưới phải là 0,5%. Mặt khác,

khi hàm lượng vượt quá 2,0%, sulfua sẽ thô và kéo dài, do đó làm giảm khả năng gia công máy. Ngoài ra, các tính chất cơ học bị giảm xuống, vì vậy giới hạn trên của hàm lượng Mn phải là 2,0%. Hàm lượng Mn tốt hơn là 0,6% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,8%.

S: 0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn

S là nguyên tố mà góp phần vào sự hình thành sulfua, mà có hiệu quả đối với khả năng gia công máy. Khi hàm lượng S nhỏ hơn 0,200%, lượng sulfua nhỏ, do đó dẫn đến hiệu quả nhỏ trong việc cải thiện khả năng gia công máy. Mặt khác, khi hàm lượng S vượt quá 0,650%, sulfua trở nên quá thô và số lượng của nó bị giảm xuống, do đó làm giảm khả năng gia công máy. Ngoài ra, độ dẻo và khả năng gia công nóng, mà là một trong số các tính chất cơ học quan trọng, bị giảm xuống. Do đó, hàm lượng S phải nằm trong phạm vi 0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,250% hoặc lớn hơn. Hàm lượng S cũng tốt hơn là 0,500% hoặc nhỏ hơn.

O: lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn

Ngoài việc tạo thành oxit và đóng vai trò là hạt nhân cho sự kết tủa sulfua, O là nguyên tố hiệu quả cho việc hạn chế sự kéo dài của sulfua trong quá trình gia công nóng chẳng hạn như cán, và khả năng gia công máy có thể được cải thiện bởi tác dụng này. Tuy nhiên, khi hàm lượng là 0,01% hoặc nhỏ hơn, hiệu quả hạn chế sự kéo dài của sulfua là không đủ, và sulfua bị kéo dài vẫn còn và không thể mong đợi hiệu ứng ban đầu. Mặt khác, khi bổ sung lớn hơn 0,05% O, hiệu quả hạn chế sự kéo dài của sulfua bị bão hòa và lượng bao thể oxit cứng tăng lên, và hơn nữa, việc bổ sung quá nhiều O sẽ gây bất lợi về mặt kinh tế. Do đó, hàm lượng O phải lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng O tốt hơn là 0,012% hoặc lớn hơn. Hàm lượng O cũng tốt hơn là 0,030% hoặc nhỏ hơn.

Cr: 0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn

Cr tạo thành sulfua, và có tác dụng cải thiện khả năng gia công máy nhờ tác dụng bôi trơn trong quá trình cắt. Ngoài ra, Cr hạn chế sự kéo dài của sulfua trong quá trình gia công nóng chẳng hạn như cán, vì vậy khả năng gia công máy có thể được cải thiện. Khi hàm lượng Cr nhỏ hơn 0,05%, sự tạo ra của sulfua không đủ và sulfua bị kéo dài có xu hướng duy trì, vì vậy không thể

mong đợi hiệu ứng đầy đủ ban đầu. Mặt khác, khi bổ sung lớn hơn 2,00% Cr, ngoài việc tăng cứng, sulfua trở nên thô và hiệu quả hạn chế sự kéo dài của sulfua bị bão hòa, điều này thậm chí dẫn đến giảm khả năng gia công máy. Hơn nữa, việc bổ sung nguyên tố hợp kim với lượng dư là bất lợi về mặt kinh tế. Do đó, hàm lượng Cr phải là 0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn là 0,06% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Cr cũng tốt hơn là 1,80% hoặc nhỏ hơn.

Pb: 0,02% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,10%

Khi Pb được phân tán mịn, Pb góp phần vào làm tăng hiệu quả bôi trơn trong quá trình cắt, và có ảnh hưởng đáng kể đến việc cải thiện khả năng gia công máy. Tuy nhiên, khi bổ sung 0,10% Pb hoặc lớn hơn, Pb trở nên bị kết tụ và thô, và hiệu quả này bị mất tác dụng. Khi nhỏ hơn 0,02% Pb được phân tán mịn, lượng phân tán quá nhỏ sẽ không hiệu quả.

N: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn

N tạo thành các nitrua với Cr và các nguyên tố tương tự, và sự phân hủy của các nitrua, do sự gia tăng về nhiệt độ trong quá trình gia công cắt, tạo thành màng oxit được gọi là Belag ở trên bề mặt của công cụ. Vì Belag có tác dụng bảo vệ bề mặt của công cụ và làm tăng tuổi thọ công cụ, nên N phải được chứa từ 0,005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi bổ sung lớn hơn 0,015% N, hiệu quả của Belag bị bão hòa và vật liệu trở nên cứng hơn, do đó dẫn đến rút ngắn tuổi thọ công cụ. Do đó, hàm lượng N phải là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,006% hoặc lớn hơn. Hàm lượng N cũng tốt hơn là 0,012% hoặc nhỏ hơn.

Cũng như các thành phần nêu trên, phần còn lại chứa Fe và các tạp chất không thể tránh được. Ngoài ra, các thành phần tùy chọn như được mô tả bên dưới được chứa thêm. Ở đây, cũng như các thành phần nêu trên, các thành phần tùy chọn sẽ được mô tả sau, và tốt hơn là chứa phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được.

Trong hợp phần nêu trên, điều cần thiết là giá trị A được xác định theo biểu thức (1) sau đây phải thỏa mãn 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn.

$$\text{giá trị A} = (\text{Mn} + 5\text{Cr}) / \text{S} \dots (1)$$

Ở đây, các ký hiệu của các nguyên tố trong biểu thức biểu thị các hàm lượng (% khối lượng) của các nguyên tố.

Cụ thể, giá trị A là chỉ số quan trọng để xác định sự tinh luyện sulfua trong quá trình gia công nóng chẳng hạn như cán và sự tinh luyện sulfua và Pb, và việc giới hạn tỷ lệ này cho phép cải thiện khả năng gia công máy. Khi giá trị A nhỏ hơn 4,0, chỉ có sulfua của Mn-S được tạo ra và sulfua thô trở nên nhiều, do đó dẫn đến sự suy giảm về khả năng gia công máy. Vì sulfua cũng đóng vai trò là hạt nhân kết tủa cho Pb, nên sulfua thô làm cho Pb khó phân tán mịn. Mặt khác, khi giá trị A vượt quá 20,0, hiệu quả phân tán mịn sulfua và Pb trở nên bị bão hòa. Ngoài ra, các nguyên tố tạo sulfua trở nên quá nhiều so với lưu huỳnh, và sulfua trở nên thô. Do đó, giá trị A phải ở trong phạm vi 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn. Giá trị A tốt hơn là 4,5 hoặc lớn hơn. Giá trị A cũng tốt hơn là 18,0 hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo, các thành phần tùy chọn sẽ được mô tả. Ngoài các thành phần cơ bản nêu trên, các thành phần sau có thể được chứa khi cần thiết:

bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,10% hoặc nhỏ hơn là Si;

0,01% hoặc lớn hơn và 0,15% hoặc nhỏ hơn là P; và

0,010% hoặc nhỏ hơn là Al.

Si: 0,10% hoặc nhỏ hơn

Si là nguyên tố được sử dụng để khử oxy trước khi tinh luyện. Tuy nhiên, Si được bổ sung quá nhiều, nhiều oxit cứng xuất hiện sau khi khử oxy, điều này làm suy giảm tuổi thọ công cụ do mài mòn. Do đó, hàm lượng Si phải là 0,10% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn

P: 0,01% hoặc lớn hơn và 0,15% hoặc nhỏ hơn

P là nguyên tố có hiệu quả trong việc giảm độ nhám bề mặt hoàn thiện bằng cách hạn chế tạo ra các mép cuộn trong quá trình gia công cắt. Vì lý do này, tốt hơn là P phải được chứa từ 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng P vượt quá 0,10%, thép trở nên cứng hơn và độ dẻo và khả năng gia công nóng của nó giảm đáng kể. Do đó, hàm lượng P nằm trong phạm vi 0,15% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Al: 0,010% hoặc nhỏ hơn

Cũng như Si, Al là nguyên tố khử oxy và tạo ra Al_2O_3 . Vì oxit này cứng và làm giảm tuổi thọ công cụ cắt do hiện tượng được gọi là mài mòn, nên lượng phụ gia của nó phải được giảm xuống 0,010% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là to 0,005% hoặc nhỏ hơn.

Ngoài ra, các thành phần sau đây có thể được chứa khi cần thiết:

bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,0010% hoặc nhỏ hơn là Ca;

0,30% hoặc nhỏ hơn là Se;

0,15% hoặc nhỏ hơn là Te;

0,20% hoặc nhỏ hơn là Bi;

0,020% hoặc nhỏ hơn là Sn;

0,025% hoặc nhỏ hơn là Sb;

0,010% hoặc nhỏ hơn là B;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Cu;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Ni;

0,100% hoặc nhỏ hơn là Ti;

0,20% hoặc nhỏ hơn là V;

0,050% hoặc nhỏ hơn là Zr; và

0,0050% hoặc nhỏ hơn là Mg.

Cụ thể, tốt hơn là Ca, Se, Te, Bi, Sn, Sb, B, Cu, Ni, Ti, V, Zr, và Mg đều được chứa khi có tầm quan trọng đối với khả năng gia công máy. Khi chứa bất kỳ nguyên tố nào được chọn từ các nguyên tố này, tốt hơn là các hàm lượng tương ứng là như sau, từ quan điểm thể hiện tác dụng cải thiện khả năng gia công máy: Ca: 0,0001% hoặc lớn hơn; Se: 0,02% hoặc lớn hơn; Te: 0,10% hoặc lớn hơn; Bi: 0,02% hoặc lớn hơn; Sn: 0,003% hoặc lớn hơn; Sb: 0,003% hoặc lớn hơn; B: 0,004% hoặc lớn hơn; Cu: 0,05% hoặc lớn hơn; Ni: 0,05% hoặc lớn hơn; Ti: 0,003% hoặc lớn hơn; V: 0,005% hoặc lớn hơn; Zr: 0,005% hoặc lớn hơn; và Mg: 0,0005% hoặc lớn hơn.

Mặt khác, lớn hơn 0,0010% Ca, lớn hơn 0,30% Se, lớn hơn 0,15% Te, lớn hơn 0,20% Bi, lớn hơn 0,020% Sn, lớn hơn 0,025% Sb, lớn hơn 0,010% B, lớn hơn 0,50% Cu, lớn hơn 0,50% Ni, lớn hơn 0,100% Ti, lớn hơn 0,20% V, lớn hơn 0,050% Zr, hoặc lớn hơn 0,0050% Mg gây ra bão hòa của hiệu ứng này và bất lợi kinh tế.

Do đó, phạm vi hàm lượng của mỗi nguyên tố là như sau: Ca: 0,0010% hoặc nhỏ hơn; Se: 0,30% hoặc nhỏ hơn; Te: 0,15% hoặc nhỏ hơn; Bi: 0,20% hoặc nhỏ hơn; Sn: 0,020% hoặc nhỏ hơn; Sb: 0,025% hoặc nhỏ hơn; B: 0,010% hoặc nhỏ hơn; Cu: 0,50% hoặc nhỏ hơn; Ni: 0,50% hoặc nhỏ hơn; Ti: 0,100% hoặc nhỏ hơn; V: 0,20% hoặc nhỏ hơn; Zr: 0,050% hoặc nhỏ hơn; và Mg: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

(Kết cấu)

Kết cấu với 1000 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm trên một mm^2 , 500 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc lớn hơn và 5 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , và 1000 hạt Pb trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2

Đối với kết cấu của thép cắt tự do, sự phân tán mịn của các hạt sulfua và các hạt Pb có lợi trong việc thúc đẩy tác dụng bôi trơn giữa công cụ và vật liệu gia công trong quá trình gia công cắt. Các hạt sunfua phân tán càng mịn, thì tác dụng bôi trơn càng lớn, và tuổi thọ công cụ và các tính chất bề mặt sau khi cắt càng tốt. Trong thép chứa Pb trong phạm vi nêu trên, khi một số lượng lớn các hạt sulfua mịn được phân tán, các hạt Pb cũng được phân tán mịn như các hạt sulfua. Khi các hạt Pb được phân tán mịn, hiệu quả cải thiện khả năng gia công máy trên hàm lượng Pb trong thép tăng lên. Để đạt được điều này, cần phải phân tán một số lượng nhất định hoặc nhiều hơn các hạt sulfua với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm và một số lượng nhất định hoặc nhiều hơn các hạt Pb với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn. Cụ thể, 1000 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm trên một mm^2 và 1000 hạt Pb trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 cần phải có mặt trong thép. Đối với phoi trong quá trình cắt, việc chỉ sử dụng các hạt sulfua với đường kính tròn tương

đương nhỏ hơn 1 μm sẽ tạo ra phôi liên tục, điều này làm suy giảm khả năng xử lý. Tuy nhiên, trong khi các hạt sulfua mịn với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm được phân tán, thì các hạt sulfua tương đối lớn ở trong phạm vi nhất định, cụ thể hơn, 500 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc lớn hơn và 5 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 có mặt, vì vậy việc xử lý phôi trong quá trình cũng có thể được cải thiện đáng kể.

Phần sau đây mô tả các điều kiện để sản xuất thép cắt tự do.

Thép đúc hình chữ nhật có hợp phần nêu trên, mà mặt cắt ngang của nó vuông góc với hướng dọc có chiều dài cạnh là 200 mm hoặc lớn hơn, được tạo ra. Thép đúc được cán nóng thành phôi dạng thanh với tỷ lệ giảm bề mặt là 60% hoặc lớn hơn, và phôi dạng thanh được gia công nóng thành thanh thép ở nhiệt độ gia nhiệt là 1050°C hoặc lớn hơn và tỷ lệ giảm bề mặt là 65% hoặc lớn hơn.

Trước tiên, hợp phần thép nóng chảy gồm mà được điều chỉnh như được mô tả ở trên được đúc để tạo ra thép đúc. Tốt hơn là sử dụng thép đúc hình chữ nhật mà mặt cắt ngang của nó vuông góc với hướng dọc có chiều dài cạnh là 200 mm hoặc lớn hơn.

Thép đúc được sản xuất, là thép đúc với mặt cắt ngang hình chữ nhật, bằng cách đúc liên tục hoặc tạo phôi. Khi chiều dài cạnh của mặt cắt ngang hình chữ nhật nhỏ hơn 200 mm, kích cỡ của các hạt sulfua và các hạt Pb tăng lên trong quá trình đông đặc của thép đúc. Do đó, các hạt Pb và các hạt sulfua thô vẫn còn lại ngay cả sau khi quá trình cán được thực hiện liên tục thành phôi dạng thanh, điều này bất lợi cho sự tinh luyện sau khi cán của thanh thép. Do đó, chiều dài cạnh của mặt cắt ngang của thép đúc phải là 200 mm hoặc lớn hơn. Chiều dài cạnh tốt hơn là 250 mm hoặc lớn hơn.

Tỷ lệ giảm bề mặt trong quá trình cán nóng của thép đúc thành phôi dạng thanh: 60% hoặc lớn hơn

Vì các kích cỡ của các hạt sulfua và các hạt Pb kết tinh trong quá trình đông đặc đúc là tương đối lớn, do đó cần phải giảm các kích cỡ này đến một mức độ nào đó trong quá trình cán nóng. Khi tỷ lệ giảm bề mặt trong quá trình cán nóng (sau đây còn gọi là cán) nhỏ, phôi dạng thanh được tạo ra với các hạt sulfua và các hạt Pb lớn. Do đó, rất khó để tinh luyện các hạt sulfua và các hạt

Pb trong quá trình gia nhiệt và gia công chẳng hạn như cán khi phôi dạng thanh sau đó được cán nóng thành thanh thép. Do đó, tỷ lệ giảm bề mặt trong quá trình cán phải là 60% hoặc lớn hơn. Tỷ lệ giảm bề mặt tốt hơn là 70% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên không cần phải được quy định, nhưng từ quan điểm các tính chất bề mặt của sản phẩm cuối cùng, tỷ lệ giảm bề mặt tốt hơn là 90% hoặc nhỏ hơn.

Thép đúc được cán thành phôi dạng thanh bằng quá trình cán được mô tả ở trên. Kích cỡ của phôi dạng thanh không cần phải được giới hạn, miễn là tỷ lệ giảm bề mặt trong sản phẩm cuối cùng có thể được đảm bảo. Tuy nhiên, tốt hơn là tạo ra phôi dạng thanh mà mặt cắt ngang của nó vuông góc với hướng dọc có kích cỡ (120 mm × 120 mm) hoặc lớn hơn.

Nói cách khác, phôi dạng thanh mà tiết diện của nó nhỏ hơn (120 mm × 120 mm) là bất lợi cho quá trình tinh luyện Pb, vì tỷ lệ giảm mặt cắt ngang trở nên nhỏ khi phôi dạng thanh sau đó được gia công nóng thành thanh thép. Do đó, tiết diện của phôi dạng thanh tốt hơn là (120 mm × 120 mm) hoặc lớn hơn. Tiết diện của phôi dạng thanh tốt hơn nữa là (150 mm × 150 mm) hoặc lớn hơn.

Nhiệt độ gia nhiệt phôi dạng thanh: 1050°C hoặc lớn hơn

Nhiệt độ gia nhiệt khi phôi dạng thanh được tạo thành thanh thép là yếu tố quan trọng. Khi nhiệt độ gia nhiệt nhỏ hơn 1050°C, các hạt sulfua và các hạt Pb không được phân tán mịn, điều này gây ra tác dụng bôi trơn kém trong quá trình gia công cắt. Kết quả là tuổi thọ của dụng cụ bị rút ngắn do độ mài mòn của dụng cụ tăng lên. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt phôi dạng thanh phải là 1050°C hoặc lớn hơn. Nhiệt độ gia nhiệt phôi dạng thanh tốt hơn nữa là 1080°C hoặc lớn hơn. Mặc dù không cần phải có quy định về giới hạn trên, nhiệt độ gia nhiệt phôi dạng thanh tốt hơn là 1250°C hoặc nhỏ hơn từ quan điểm hạn chế tổn hao năng suất do tổn hao vảy thép.

Tỷ lệ giảm bề mặt trong quá trình gia công nóng phôi dạng thanh thành thanh thép: 65% hoặc lớn hơn

Tỷ lệ giảm bề mặt trong quá trình gia công nóng phôi dạng thanh thành thanh thép cũng là yếu tố quan trọng cho sự tinh luyện của các hạt sulfua và các hạt Pb. Khi tỷ lệ giảm bề mặt nhỏ hơn 65%, sự tinh luyện của các hạt

sulfua và các hạt Pb là không đủ, vì vậy giới hạn dưới của tỷ lệ giảm bề mặt phải là 65%. Tỷ lệ giảm bề mặt tốt hơn nữa là 70% hoặc lớn hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, thép cắt tự do của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết theo các ví dụ.

Thép có các hợp phần được minh họa trong bảng 1 được đúc trong máy đúc liên tục thành thép đúc hình chữ nhật mà các mặt cắt ngang của chúng vuông góc với hướng dọc có các kích thước được minh họa trong bảng 2. Các thép đúc thu được được cán thành các thanh thép dưới các điều kiện sản xuất được minh họa trong bảng 2. Cụ thể, thép đúc được cán nóng ở nhiệt độ gia nhiệt và tỷ lệ giảm bề mặt được minh họa trong bảng 2 thành phôi dạng thanh hình chữ nhật với kích thước cạnh dài và kích thước cạnh ngắn được minh họa trong bảng 2. Các phôi dạng thanh thu được được gia nhiệt ở nhiệt độ gia nhiệt được minh họa trong bảng 2 và được cán nóng thành thanh thép với đường kính được minh họa trong bảng 2. Các thanh thép thu được (thép trong các ví dụ và các ví dụ so sánh) được đưa vào các thử nghiệm sau đây.

(% khối lượng)

Bảng 1

Số thứ tự	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N	Pb	O	Các nguyên tố khác	Giá trị A*	Loại
1	0,05	0,01	1,18	0,081	0,333	0,08	0,002	0,0079	0,08	0,0129	-	4,7	Ví dụ
2	0,09	0,08	0,81	0,036	0,595	1,77	0,003	0,0055	0,09	0,0210	-	16,2	Ví dụ
3	0,14	0,07	0,93	0,054	0,435	1,52	0,001	0,0095	0,05	0,0222	-	19,6	Ví dụ
4	0,03	0,02	0,50	0,063	0,231	0,55	0,002	0,0102	0,03	0,0169	-	14,1	Ví dụ
5	0,07	0,01	0,99	0,049	0,523	0,95	0,001	0,0088	0,02	0,0204	-	11,0	Ví dụ
6	0,08	0,02	1,85	0,008	0,401	1,03	0,002	0,0077	0,07	0,0133	Ca: 0,0002	17,5	Ví dụ
7	0,04	-	1,12	0,007	0,640	0,87	0,001	0,0054	0,04	0,0145	Se: 0,15	8,5	Ví dụ
8	0,08	0,01	1,77	0,082	0,312	0,81	0,001	0,0103	0,09	0,0132	Te: 0,12	18,7	Ví dụ
9	0,06	0,06	1,45	0,091	0,554	1,16	0,002	0,0099	0,08	0,0254	Bi: 0,08	13,1	Ví dụ
10	0,10	0,05	0,82	0,080	0,556	1,12	0,003	0,0065	0,05	0,0165	Sn: 0,008, Sb: 0,053	11,5	Ví dụ
11	0,09	0,03	0,95	0,036	0,357	1,05	0,001	0,0045	0,07	0,0231	B: 0,004	17,4	Ví dụ
12	0,10	0,01	0,75	0,011	0,420	0,84	0,002	0,0078	0,09	0,0199	Cu: 0,23, Ni: 0,35	11,8	Ví dụ
13	0,08	0,05	1,86	0,023	0,345	1,01	0,001	0,0123	0,09	0,0222	Ti: 0,082	20,0	Ví dụ
14	0,07	-	0,76	0,068	0,364	0,55	0,002	0,0089	0,07	0,0163	V: 0,010, Zr: 0,05	9,6	Ví dụ
15	0,06	0,01	1,23	0,084	0,395	1,22	0,001	0,0123	0,08	0,0234	Mg: 0,0010	18,6	Ví dụ
16	0,16	0,03	0,75	0,008	0,382	0,23	0,001	0,0078	0,06	0,0198	-	5,0	Ví dụ so sánh
17	0,09	0,15	1,78	0,013	0,435	0,78	0,005	0,0076	0,07	0,0231	-	13,1	Ví dụ so sánh
18	0,15	0,01	0,44	0,071	0,348	0,48	0,005	0,0075	0,08	0,0256	-	8,2	Ví dụ so sánh
19	0,12	-	2,13	0,008	0,412	0,98	0,001	0,0025	0,06	0,0156	-	17,1	Ví dụ so sánh
20	0,09	-	0,84	0,120	0,406	0,25	0,003	0,0063	0,06	0,0146	-	5,1	Ví dụ so sánh
21	0,07	-	0,65	0,009	0,196	0,65	0,001	0,0105	0,04	0,0131	-	19,9	Ví dụ so sánh
22	0,07	0,01	0,55	0,008	0,685	1,13	0,005	0,0090	0,06	0,0126	-	9,1	Ví dụ so sánh
23	0,14	0,01	1,46	0,002	0,352	0,04	0,003	0,0023	0,09	0,0162	-	4,7	Ví dụ so sánh
24	0,08	0,01	0,65	0,005	0,567	2,09	0,004	0,0069	0,08	0,0175	-	19,6	Ví dụ so sánh
25	0,12	0,03	0,98	0,004	0,423	1,34	0,001	0,0065	0,01	0,0269	-	18,2	Ví dụ so sánh
26	0,05	0,01	1,05	0,001	0,349	1,06	0,015	0,0069	0,03	0,0213	-	18,2	Ví dụ so sánh
27	0,13	0,01	0,86	0,006	0,399	0,99	0,005	0,004	0,06	0,0145	-	14,6	Ví dụ so sánh
28	0,07	0,02	1,15	0,005	0,391	1,31	0,002	0,018	0,08	0,0171	-	19,7	Ví dụ so sánh
29	0,07	-	0,64	0,015	0,406	0,95	0,003	0,0145	0,05	0,0089	-	13,3	Ví dụ so sánh
30	0,09	-	1,25	0,010	0,388	1,05	0,006	0,0065	0,03	0,0513	-	16,8	Ví dụ so sánh
31	0,07	0,01	0,55	0,013	0,523	0,30	0,001	0,0098	0,04	0,0147	-	3,9	Ví dụ so sánh
32	0,08	0,08	1,68	0,016	0,349	1,23	0,002	0,0111	0,06	0,0123	-	22,4	Ví dụ so sánh

* Giá trị A = (Mn+5Cr)/S: phạm vi áp dụng từ 4,0 đến 20,0

"- " trong bảng biểu thị nhỏ hơn 0,01.

Các mẫu vật được lấy từ mặt cắt ngang của các thanh thép thu được song song với hướng cán, và quá trình quan sát được thực hiện bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM-scanning electron microscope) tại vị trí 1/4 tâm trục của đường kính tính từ ngoại vi của mặt cắt ngang theo hướng bán kính để xác định các đường kính tròn tương đương và các mật độ số lượng của các hạt sulfua và các hạt Pb trong thép. Các hợp phần của các hạt sulfua và các hạt Pb được phân tích bằng phép đo phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX-energy dispersive X-ray spectrometry). Sau khi các hạt sulfua và các hạt Pb được xác định bởi EDX, quá trình nhị phân hóa được thực hiện bằng phân tích hình ảnh trên các hình ảnh SEM đã thu được, để thu được các đường kính tròn tương đương và các mật độ số lượng.

Khả năng gia công máy được đánh giá bằng thử nghiệm tiện bên ngoài (thử nghiệm cắt). Cụ thể, thiết bị BNC-34C5 được sản xuất bởi Citizen Machinery Co., Ltd. được sử dụng làm máy cắt, và thiết bị Carbide EX35 Bites TNGG160404R-N được sản xuất bởi Hitachi Tool Engineering, Ltd. và thiết bị DTG NR2020 được sản xuất bởi Kyocera Corporation được sử dụng làm đầu quay và bộ phận giữ, một cách tương ứng. Dung dịch nhũ tương pha loãng gấp 15 lần Yushiroken FGE283PR được sản xuất bởi Yushiro Chemical Industry Co., Ltd. được sử dụng làm chất bôi trơn. Các điều kiện cắt là như sau: tốc độ cắt là 100 m/phút, tốc độ cấp là 0,05 mm/vòng, độ sâu cắt là 2,0mm, và chiều dài gia công là 10 m.

Khả năng gia công máy được đánh giá độ mài mòn sườn của dụng cụ Vb sau thử nghiệm cắt nêu trên ở trên chiều dài 10 m. Như được minh họa trong bảng 2, khả năng gia công máy được đánh giá là “tốt” khi độ mài mòn sườn Vb sau thử nghiệm cắt là 200 μm hoặc nhỏ hơn, và “kém” khi độ mài mòn sườn vượt quá 200 μm .

Số thứ tự		Cán nóng				Gia công nóng					Các tính chất cơ học của thanh thép (sự phân bố của các bao thể, kết quả thử nghiệm về khả năng gia công máy)				Loại	
		Cạnh dài của các kích thước mặt cắt ngang của thép đúc (mm)	Cạnh ngắn của các kích thước mặt cắt ngang của thép đúc (mm)	Tiết diện (mm ²)	Tỷ lệ giảm bề mặt (%)	Cạnh dài của các kích thước mặt cắt ngang của thép (mm)	Cạnh ngắn của các kích thước mặt cắt ngang của thép (mm)	Tiết diện (mm ²)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Đường kính của thanh thép (mm)	Tỷ lệ giảm bề mặt (%)	Mật độ số lượng của các hạt sulfua với đường kính tròn tương đương từ 1 đến 5 μm (số lượng/mm ²)	Mật độ số lượng của các hạt Pb với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn (số lượng/mm ²)	Khả năng gia công máy		
1	1	400	300	120000	79	160	160	25600	1120	30	97	1562	869	3321	Tốt	Vi dụ
2	2	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	7059	1869	4026	Tốt	Vi dụ
3	3	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	4044	1650	1532	Tốt	Vi dụ
4	4	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	1294	562	1205	Tốt	Vi dụ
5	5	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	4621	2694	1469	Tốt	Vi dụ
6	6	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	4488	2236	3016	Tốt	Vi dụ
7	7	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	5402	2887	4652	Tốt	Vi dụ
8	8	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	3702	1647	4412	Tốt	Vi dụ
9	9	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	6214	2659	2369	Tốt	Vi dụ
10	10	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	5955	2478	1423	Tốt	Vi dụ
11	11	400	300	120000	86	130	130	16900	1100	30	96	3811	1845	4036	Tốt	Vi dụ
12	12	400	300	120000	81	150	150	22500	1100	60	87	3572	2552	4860	Tốt	Vi dụ
13	13	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	70	85	4685	2014	4215	Tốt	Vi dụ
14	14	400	300	120000	86	130	130	16900	1100	65	80	2370	1263	4189	Tốt	Vi dụ
15	15	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	5074	2547	3888	Tốt	Vi dụ
16	3	200	200	40000	61	125	125	15625	1050	83	65	1184	573	1627	Tốt	Vi dụ
17	5	200	200	40000	61	125	125	15625	1050	83	65	1347	637	1187	Tốt	Vi dụ
18	1	350	190	66500	62	160	160	25600	1100	30	97	569	759	756	Kém	Vi dụ so sánh
19	1	250	240	60000	57	160	160	25600	1100	30	97	874	814	834	Kém	Vi dụ so sánh
20	1	400	300	120000	67	200	200	40000	1100	135	64	842	746	966	Kém	Vi dụ so sánh
21	1	400	300	120000	79	160	160	25600	1000	30	97	768	559	645	Kém	Vi dụ so sánh
22	1	400	300	120000	84	140	140	19600	1100	95	64	964	852	926	Kém	Vi dụ so sánh
23	16	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	2567	1004	1269	Kém	Vi dụ so sánh
24	17	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	865	743	847	Kém	Vi dụ so sánh
25	18	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	786	695	1679	Kém	Vi dụ so sánh
26	19	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	946	510	760	Kém	Vi dụ so sánh
27	20	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	1554	334	1003	Kém	Vi dụ so sánh
28	21	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	1124	246	1114	Kém	Vi dụ so sánh
29	22	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	456	756	1879	Kém	Vi dụ so sánh
30	23	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	896	501	2214	Kém	Vi dụ so sánh
31	24	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	887	678	1864	Kém	Vi dụ so sánh
32	25	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	3156	786	142	Kém	Vi dụ so sánh
33	26	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	2019	846	1006	Kém	Vi dụ so sánh
34	27	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	1823	842	1326	Kém	Vi dụ so sánh
35	28	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	1753	703	1897	Kém	Vi dụ so sánh
36	29	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	956	659	2423	Kém	Vi dụ so sánh
37	30	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	1468	1118	1265	Kém	Vi dụ so sánh
38	31	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	914	664	987	Kém	Vi dụ so sánh
39	32	400	300	120000	79	160	160	25600	1100	30	97	714	895	856	Kém	Vi dụ so sánh

*1 Các đường gạch chân biểu thị việc nằm ngoài phạm vi

*2 Mật độ số lượng của các hạt sulfua với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm: 1000 hạt trở lên/mm²

*3 Mật độ số lượng của các hạt sulfua với đường kính tròn tương đương từ 1 đến 5 μm: 500 hạt trở lên/mm²

*4 Mật độ số lượng của các hạt Pb với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn: 1000 hạt trở lên/mm²

Bảng 2 minh họa các kết quả thử nghiệm đối với thép của các ví dụ và các ví dụ so sánh. Như thấy rõ từ bảng 2, thép của các ví dụ có khả năng gia công máy tốt so với thép của các ví dụ so sánh.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép cắt tự do bao gồm:

hợp phần gồm, theo % khối lượng,

0,15% hoặc nhỏ hơn là C,

0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn là Mn,

0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn là S,

lớn hơn 0,01% và 0,05% hoặc nhỏ hơn là O,

0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn là Cr,

0,02% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,10% là Pb,

0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn là N,

với giá trị A được xác định theo biểu thức (1) sau đây thỏa mãn 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn, và

phần còn lại chỉ bao gồm Fe và tạp chất không thể tránh được; và

kết cấu với 1000 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm trên một mm^2 , 500 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc lớn hơn và 5 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , và 1000 hạt Pb trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 ,

trong đó

$$\text{giá trị } A = (\text{Mn} + 5\text{Cr}) / \text{S} \quad (1)$$

ở đây, các ký hiệu của các nguyên tố trong biểu thức (1) biểu thị các hàm lượng (% khối lượng) của các nguyên tố.

2. Thép cắt tự do theo điểm 1, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,10% hoặc nhỏ hơn là Si;

0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn là P; và

0,010% hoặc nhỏ hơn là Al.

3. Thép cắt tự do theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo

% khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,0010% hoặc nhỏ hơn là Ca;

0,30% hoặc nhỏ hơn là Se;

0,15% hoặc nhỏ hơn là Te;

0,20% hoặc nhỏ hơn là Bi;

0,020% hoặc nhỏ hơn là Sn;

0,025% hoặc nhỏ hơn là Sb;

0,010% hoặc nhỏ hơn là B;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Cu;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Ni;

0,100% hoặc nhỏ hơn là Ti;

0,20% hoặc nhỏ hơn là V;

0,050% hoặc nhỏ hơn là Zr; và

0,0050% hoặc nhỏ hơn là Mg.

4. Phương pháp sản xuất thép cắt tự do, bao gồm:

tạo ra thép đúc hình chữ nhật mà mặt cắt ngang của nó vuông góc với hướng dọc có chiều dài cạnh là 200 mm hoặc lớn hơn, thép đúc có hợp phần gồm, theo % khối lượng,

0,15% hoặc nhỏ hơn là C,

0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn là Mn,

0,200% hoặc lớn hơn và 0,650% hoặc nhỏ hơn là S,

lớn hơn 0,0100% và 0,05% hoặc nhỏ hơn là O,

0,05% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn là Cr,

0,02% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,10% là Pb,

0,005% hoặc lớn hơn và 0,015% hoặc nhỏ hơn là N,

với giá trị A được xác định theo biểu thức (1) sau đây thỏa mãn 4,0 hoặc lớn hơn và 20,0 hoặc nhỏ hơn, và

phần còn lại chỉ bao gồm Fe và tạp chất không thể tránh được;

cán nóng thép đúc thành phôi dạng thanh với tỷ lệ giảm bề mặt là 60% hoặc lớn hơn; và

gia công nóng phôi dạng thanh thành thanh thép ở nhiệt độ gia nhiệt là 1050°C hoặc lớn hơn và tỷ lệ giảm bề mặt là 65% hoặc lớn hơn,

trong đó thép cắt tự do bao gồm kết cấu với 1000 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương nhỏ hơn 1 μm trên một mm^2 , 500 hạt sulfua trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc lớn hơn và 5 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , và 1000 hạt Pb trở lên với đường kính tròn tương đương là 1 μm hoặc nhỏ hơn trên một mm^2 , và trong đó

$$\text{giá trị } A = (\text{Mn} + 5\text{Cr}) / \text{S} \quad (1)$$

ở đây, các ký hiệu của các nguyên tố trong biểu thức (1) biểu thị các hàm lượng (% khối lượng) của các nguyên tố.

5. Phương pháp sản xuất thép cắt tự do theo điểm 4, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,10% hoặc nhỏ hơn là Si;

0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn là P; và

0,010% hoặc nhỏ hơn là Al.

6. Phương pháp sản xuất thép cắt tự do theo điểm 4 hoặc 5, trong đó hợp phần còn chứa thêm, theo % khối lượng, bất kỳ một hoặc nhiều thành phần trong số các thành phần sau:

0,0010% hoặc nhỏ hơn là Ca;

0,30% hoặc nhỏ hơn là Se;

0,15% hoặc nhỏ hơn là Te;

0,20% hoặc nhỏ hơn là Bi;

0,020% hoặc nhỏ hơn là Sn;

0,025% hoặc nhỏ hơn là Sb;

0,010% hoặc nhỏ hơn là B;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Cu;

0,50% hoặc nhỏ hơn là Ni;

0,100% hoặc nhỏ hơn là Ti;

0,20% hoặc nhỏ hơn là V;

0,050% hoặc nhỏ hơn là Zr; và

0,0050% hoặc nhỏ hơn là Mg.