



(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)



1-0025258

(51)⁷ C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/46; (13) B
C22C 38/06; C22C 38/42; C22C 38/44;
C21D 9/00; C22C 38/04

(21) 1-2015-03156

(22) 20/02/2014

(86) PCT/JP2014/053990 20/02/2014

(87) WO 2014/132868 A1 04/09/2014

(30) 2013-038272 28/02/2013 JP

(45) 25/08/2020 389

(43) 25/12/2015 333A

(73) HITACHI METALS, LTD. (JP)

2-1, Shibaura 1-chome, Minato-ku, Tokyo, Japan

(72) SUGANO Ryuichiroh (JP); SEKIYAMA Takaaki (JP); HOSODA Yasuhiro (JP);
KATAOKA Hitoshi (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) THÉP LÀM KHUÔN VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến thép làm khuôn thỏa mãn các đặc tính cơ bản của thép làm khuôn và ngoài ra còn có độ chịu gi rất tốt và độ dẫn nhiệt cao, và phương pháp sản xuất thép này. Thép làm khuôn chứa, tính theo % khối lượng, các nguyên tố sau: C: từ 0,07% đến 0,15%; Si: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; Mn: lớn hơn 0% và không lớn hơn 1,0%; P: nhỏ hơn 0,05%; S: nhỏ hơn 0,02%; Ni: lớn hơn 0% và không lớn hơn 0,5%; Mo và W: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%, kể cả riêng lẻ hoặc phức hợp (Mo + 1/2W); V: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,15%; và Cu: từ 0,25% đến 1,5%, phần còn lại là Fe, Cr và các tạp chất không tránh khỏi, trong đó hàm lượng của Cr là lớn hơn 4,9% và không lớn hơn 5,3% và độ cứng của thép làm khuôn nằm trong khoảng từ 30 đến 42 HRC. Tốt hơn là, trong các tạp chất không tránh khỏi, các hàm lượng của Al, N và O được điều chỉnh lần lượt nhỏ hơn 0,1%, nhỏ hơn 0,06% và nhỏ hơn 0,0055%. Độ cứng nêu trên có thể đạt được bằng cách tôi thép làm khuôn và sau đó ram thép này ở nhiệt độ 530°C hoặc cao hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép làm khuôn, chủ yếu thích hợp sử dụng trong việc đúc nhựa và phương pháp sản xuất thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thép làm khuôn, cụ thể là dùng để đúc nhựa, thường phải đáp ứng các yêu cầu sau đây:

(1) độ bóng như gương tốt, và các lỗ đinh ghim hoặc các lỗ nhỏ khác ít có khả năng được tạo ra;

(2) độ kết cấu cao;

(3) độ bền, độ chịu ăn mòn và độ dai cao;

(4) khả năng gia công bằng máy cao;

(5) độ chịu ăn mòn và độ chịu gỉ cao;

(6) độ dẫn nhiệt cao;

và các tính chất tương tự.

Trong số các yêu cầu này, độ chịu gỉ và độ dẫn nhiệt là các đặc tính quan trọng cần được cải thiện đối với các thép làm khuôn gần đây. Nghĩa là, có vấn đề là gỉ xuất hiện trên bề mặt khuôn do sự ngưng sương trong khi không sử dụng khuôn, chẳng hạn, giữa các quy trình sản xuất hoặc trong khi bảo dưỡng. Nếu gỉ sinh ra trên bề mặt khuôn, thì bước loại bỏ gỉ, chẳng hạn như đánh bóng, trở nên không thể thiếu được để sử dụng khuôn, điều này làm giảm năng suất. Do đó, độ chịu gỉ cần được cải thiện mạnh mẽ đối với các thép làm khuôn. Ngoài ra, độ dẫn nhiệt cao của các thép làm khuôn là đặc tính quan trọng đặc biệt là để đúc nhựa mà cần phải lặp lại việc gia nhiệt và làm nguội để rút ngắn chu trình nhiệt nhằm cải thiện năng suất.

Người nộp đơn đề xuất thép làm khuôn có độ chịu gi và độ dẫn nhiệt rất tốt, thép làm khuôn này chứa, tính theo % khối lượng (sau đây, đơn giản được gọi là “%”), các nguyên tố sau: C: từ 0,07% đến 0,15%; Si: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; Mn: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 1,5%; P: nhỏ hơn 0,05%; S: nhỏ hơn 0,06%; Ni: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,9%; Cr: từ 2,9% đến 4,9%; một hoặc cả hai nguyên tố Mo và W, trong đó lượng $(Mo + 1/2W)$ nằm trong khoảng lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; V: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,15%; Cu: từ 0,25% đến 1,8%, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và thép làm khuôn này có độ cứng nằm trong khoảng từ 30 đến 42HRC (tài liệu sáng chế 1).

Ngoài ra cũng đề xuất thép làm khuôn để đúc nhựa có các nguyên tố sau: C: từ 0,03% đến 0,25%; Si: từ 0,01% đến 0,40%; Mn: từ 0,10% đến 1,50%; P: 0,30% hoặc nhỏ hơn; S: 0,050% hoặc nhỏ hơn; Cu: từ 0,05% đến 0,20%; Ni: từ 0,05% đến 1,50%; Cr: từ 5,0% đến 10,0%; Mo: từ 0,10% đến 2,00%; V: từ 0,01% đến 0,10%; N: 0,10% hoặc nhỏ hơn; O: 0,01% hoặc nhỏ hơn; và Al: 0,05% hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi và thỏa mãn các biểu thức sau: $(Cr + Mo) \leq 10\%$ và $7 \leq (Cr + 3,3Mo)$ (tài liệu sáng chế 2).

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: WO2012/090562

Tài liệu sáng chế 2: JP-A-2010-024510

Vấn đề kỹ thuật

Thép làm khuôn theo tài liệu sáng chế 1 có độ chịu gi và độ dẫn nhiệt rất tốt. Đối với độ chịu gi, mặc dù lượng tuyệt đối của gi là nhỏ sau khi thép được để lộ ra môi trường có độ ẩm cao trong thời gian dài, nhưng sự tạo gi có nhiều khả năng bắt đầu xảy ra sớm trong khoảng thời gian để lộ trong quá trình đạt được lượng gi. Về độ chịu gi, thép làm khuôn theo tài liệu sáng chế 2 cũng có nhiều khả năng bắt đầu sự tạo gi sớm trong khoảng thời gian để lộ. Trong thời

gian các khuôn này được bảo quản, trên thực tế, đôi khi chúng bắt đầu tạo gỉ trong một vài chục phút khi nhiệt độ và độ ẩm của môi trường bảo quản cao. Do đó, trong trường hợp mà sự tạo gỉ được đánh giá trong thời gian tương đối ngắn, lượng tuyệt đối của gỉ tạo ra có thể là nhỏ, nhưng lượng gỉ có thể trở nên nhiều hơn so với các thép làm khuôn khác. Do đó, việc cải tiến vẫn cần được thực hiện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thép làm khuôn có cả độ dẫn nhiệt và độ chịu gỉ rất tốt. Đối với độ chịu gỉ, sáng chế đề xuất thép làm khuôn có thể ngăn chặn sự tạo gỉ sớm trong khoảng thời gian để lộ và làm chậm sự bắt đầu tạo gỉ, ngoài lượng nhỏ gỉ được tạo ra khi để lộ trong thời gian dài. Sáng chế cũng đề xuất phương pháp thích hợp để sản xuất thép làm khuôn này.

Giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã kiểm tra lại thành phần của thép làm khuôn của tài liệu sáng chế 1. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng, có thành phần, mà ngoài phạm vi thành phần nêu trên, có khả năng cải thiện thêm độ chịu gỉ trong khi duy trì được độ dẫn nhiệt rất tốt, và qua đó đã hoàn thành sáng chế.

Nghĩa là, sáng chế đề xuất thép làm khuôn chứa, tính theo % khối lượng, các nguyên tố sau: C: từ 0,07% đến 0,15%; Si: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; Mn: lớn hơn 0% đến 1,0%; P: nhỏ hơn 0,05%; S: nhỏ hơn 0,02%; Ni: lớn hơn 0% đến 0,5%; một hoặc cả hai nguyên tố Mo và W trong đó lượng $(Mo + 1/2W)$ nằm trong khoảng lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; V: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,15%; Cu: từ 0,25% đến 1,5%, và phần còn lại là Fe, Cr và các tạp chất không tránh khỏi, trong đó lượng Cr là lớn hơn 4,9% và không lớn hơn 5,3%, trong đó thép làm khuôn này có độ cứng nằm trong khoảng từ 30 đến 42 HRC. Al, N và O trong các tạp chất không tránh khỏi tốt hơn là được điều chỉnh để lần lượt nhỏ hơn 0,1%, nhỏ hơn 0,06% và nhỏ hơn 0,0055%.

Tốt hơn là, thép làm khuôn có các thành phần nêu trên và thỏa mãn rằng

giá trị của biểu thức 1 sau đây, tính theo % khối lượng, không lớn hơn 1,70, và giá trị của biểu thức 2, tính theo % khối lượng, không lớn hơn 6,90.

Biểu thức 1: $70 \times [C\%] + 6 \times [Si\%] - [Cr\%] - 3 \times [(Mo + 1/2W)\%] - 3 \times [V\%] - 0,5 \times [Cu\%]$

Biểu thức 2: $[Cr\%] + 3,3 \times [(Mo + 1/2W)\%]$

Ở đây, các ký tự trong các móc vuông [] biểu thị hàm lượng mỗi nguyên tố tính theo % khối lượng.

Ngoài ra, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất thép làm khuôn, bao gồm bước tôi và ram thép ở nhiệt độ không thấp hơn 530°C để điều chỉnh độ cứng của thép nằm trong khoảng từ 30 đến 42HRC, thép có các nguyên tố sau tính theo % khối lượng: C: từ 0,07 đến 0,15%; Si: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; Mn: lớn hơn 0% đến 1,0%; P: nhỏ hơn 0,05%; S: nhỏ hơn 0,02%; Ni: lớn hơn 0% đến 0,5%; một trong số hoặc cả Mo và W trong đó lượng $(Mo + 1/2W)$ nằm trong khoảng lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%; V: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,15%; Cu: từ 0,25% đến 1,5%, và phần còn lại là Fe, Cr và các tạp chất không tránh khỏi, trong đó lượng Cr là lớn hơn 4,9% và không lớn hơn 5,3%. Al, N và O trong các tạp chất không tránh khỏi tốt hơn là được điều chỉnh để lần lượt nhỏ hơn 0,1%, nhỏ hơn 0,06% và nhỏ hơn 0,0055%.

Tốt hơn là, phương pháp sản xuất thép làm khuôn có thành phần nêu trên và thỏa mãn rằng giá trị của biểu thức 1 sau đây, tính theo % khối lượng, không lớn hơn 1,70, và giá trị của biểu thức 2, tính theo % khối lượng, không lớn hơn 6,90,

Biểu thức 1: $70 \times [C\%] + 6 \times [Si\%] - [Cr\%] - 3 \times [(Mo + 1/2W)\%] - 3 \times [V\%] - 0,5 \times [Cu\%]$

Biểu thức 2: $[Cr\%] + 3,3 \times [(Mo + 1/2W)\%]$

Ở đây, các ký tự trong các móc vuông [] biểu thị hàm lượng của mỗi nguyên tố tính theo % khối lượng.

Hiệu quả của sáng chế

Sáng chế có thể tạo ra thép làm khuôn có độ dẫn nhiệt rất tốt. Về độ chịu gỏi, khi thép được để lộ trong khoảng thời gian dài, thép này, với độ lặp lại cao, có thể làm chậm sự bắt đầu tạo gỏi sớm trong khoảng thời gian để lộ, trong khi lượng gỏi tạo ra trong khoảng thời gian dài để lộ là nhỏ. Do đó, sáng chế trở nên hiệu quả trong việc cải thiện công nghệ đúc.

Mô tả chi tiết sáng chế

Điểm quan trọng của sáng chế nằm ở chỗ chỉ rõ các nguyên tố có ảnh hưởng lớn đến sự tạo gỏi sớm trong khoảng thời gian để lộ trong số các nguyên tố có trong thép làm khuôn của tài liệu sáng chế 1. Nghĩa là, đã phát hiện ra rằng S và Cr có ảnh hưởng lớn đến thời điểm bắt đầu tạo gỏi (cụ thể là khi sự tạo gỏi bắt đầu sau khi để lộ), cũng như lượng tuyệt đối cuối cùng của gỏi. Cũng đã phát hiện ra rằng Mn là nguyên tố ảnh hưởng lớn đến thời điểm bắt đầu tạo gỏi. Bằng việc chỉ rõ các nguyên tố này, có thể xem xét lại thành phần của thép làm khuôn của tài liệu sáng chế 1, và có thể đạt được độ chịu gỏi cao hơn nêu trên trong khi vẫn duy trì được độ dẫn nhiệt rất tốt. Sau đây, các thành phần theo sáng chế sẽ được mô tả.

Cacbon (C): từ 0,07 đến 0,15%

C là nguyên tố giúp tăng cường khả năng tôi và tăng bền kết cấu nhờ sự kết tủa các cacbua của Cr, Mo (W) và V trong khi ram. Vì vậy, C là nguyên tố cơ bản cần để giữ độ cứng tôi và ram nằm trong khoảng từ 30 đến 42HRC được mô tả sau đây. Để ngăn chặn sự biến dạng gia công phát sinh trong gia công cơ khí hoặc tương tự, mong muốn là ứng suất dư trong thép được giảm đi, và do đó việc ram cần thực hiện ở nhiệt độ cao hơn. Vì vậy, điều quan trọng đối với thép theo sáng chế là bổ sung C với lượng đủ để đạt được độ cứng ổn định không thấp hơn 30HRC ngay cả trong khi ram, ví dụ, ở 530°C hoặc lớn hơn.

Tuy nhiên, theo sáng chế, lượng C được thiết lập không lớn hơn 0,15% do sự tăng bổ sung C làm giảm chất tan rắn chứa Cr trong hỗn hợp do sự tạo thành

cacbua Cr và dẫn tới làm giảm độ chịu gỏi. Ngược lại, do Cr hòa tan chủ yếu làm giảm độ dẫn nhiệt của thép làm khuôn, nên lượng C quá nhỏ tạo thành cacbua Cr làm giảm độ dẫn nhiệt của thép làm khuôn. Ngoài ra, có thể không đạt được độ cứng cần thiết. Do đó, lượng C được thiết lập không nhỏ hơn 0,07%. Giới hạn dưới tốt hơn là 0,08% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,10% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 0,13% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,12% hoặc nhỏ hơn.

Si: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%

Si là nguyên tố giúp tăng cường độ chịu ăn mòn chống lại khí quyển của khuôn khi sử dụng, ví dụ, các khí được sinh ra từ vật liệu đúc trong khi đúc nhựa. Tuy nhiên, khi lượng Si quá lớn, thì độ dẫn nhiệt của thép làm khuôn giảm đáng kể và độ dẫn nhiệt bị suy giảm. Ngoài ra, khi lượng Si giảm đi, thì tính không đẳng hướng của các tính chất cơ học giảm đi và sự phân tách mỗi đám giảm đi, và do đó tạo ra độ bóng như gương rất tốt. Vì vậy, theo sáng chế, lượng Si được thiết lập nhỏ hơn 0,8%. Giới hạn dưới tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,15% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,20% hoặc lớn hơn, tốt nhất là 0,25% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 0,6% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,5% hoặc nhỏ hơn.

Mn: lớn hơn 0% đến 1,0%

Mn là nguyên tố giúp tăng cường khả năng tôi, ngăn chặn sự tạo thành ferit, và cho độ cứng tôi và ram thích hợp. Tuy nhiên, Mn có mức độ ảnh hưởng lớn đến độ dẫn nhiệt trong số các nguyên tố tạo thành thép làm khuôn theo sáng chế. Khi lượng Mn quá lớn, thì độ dẫn nhiệt của thép làm khuôn bị giảm đi đáng kể. Trong thép làm khuôn theo sáng chế, lượng Cr tăng làm giảm độ dẫn nhiệt như được mô tả sau đây. Do đó, sự kiểm soát giới hạn trên của Mn là đặc biệt quan trọng. Hơn nữa, khi lượng Mn quá cao, thì không chỉ độ dẫn nhiệt bị suy yếu đáng kể, mà Mn liên kết với S như được mô tả sau đây để tạo thành chất lẫn phi kim loại MnS mà góp phần tạo ra gỏi và các lỗ đinh ghim. MnS trở thành các

điểm bắt đầu tạo gỉ và là nguyên nhân chính thúc đẩy sự bắt đầu tạo gỉ. Vì vậy, việc kiểm soát giới hạn trên của Mn là đặc biệt quan trọng cũng ở điểm này. Do Mn làm tăng độ nhớt của hỗn hợp và làm giảm khả năng gia công bằng máy, nên giới hạn trên Mn được thiết lập là 1,0% hoặc lớn hơn. Giới hạn dưới tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,2% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,3% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 0,9% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,8% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,6% hoặc nhỏ hơn.

Phospho (P): nhỏ hơn 0,05%

P là nguyên tố không thể tránh được có trong thép. Khi lượng P quá lớn, thì nó làm giảm khả năng gia công nóng và độ dai. Do đó, lượng P được thiết lập là nhỏ hơn 0,05%, tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn theo sáng chế.

Lưu huỳnh (S): nhỏ hơn 0,02%

S là nguyên tố không thể tránh được có trong thép ngay cả khi không được thêm vào. S có ảnh hưởng lớn đến việc cải thiện khả năng có thể gia công bằng máy khi nó có mặt ở dạng chất lẫn phi kim loại MnS. Tuy nhiên, sự có mặt lượng lớn MnS làm giảm các tính năng của khuôn, chẳng hạn như đẩy mạnh tính không đẳng hướng của các tính chất cơ học, đặc biệt là độ dai. MnS trở thành các điểm bắt đầu tạo gỉ và các lỗ đinh ghim, và làm xúc tiến sự bắt đầu tạo gỉ. Do đó, độ chịu gỉ và độ đánh bóng, mà là các tính chất quan trọng của thép theo sáng chế, bị giảm mạnh. Trong sáng chế, để làm giảm lượng MnS tạo ra, giới hạn trên của Mn được kiểm soát một cách đặc biệt. Ngay cả trong trường hợp mà S được bổ sung, lượng Mn cần được giới hạn ở mức nhỏ hơn 0,02%. Tốt hơn là 0,01% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn giới hạn dưới là 0,005%.

Ni: lớn hơn 0% đến 0,5%

Ni cũng làm tăng cường khả năng tôi của thép theo sáng chế, và ngăn chặn sự tạo thành ferit. Ni là nguyên tố cải thiện độ chịu gỉ của thép theo sáng chế. Tuy nhiên, Ni cũng có mức độ ảnh hưởng lớn đến độ dẫn nhiệt giống như Mn. Khi lượng Ni quá lớn, thì độ dẫn nhiệt giảm mạnh. Do đó, sự kiểm soát giới hạn

trên của Ni cũng quan trọng đối với thép làm khuôn theo sáng chế mà thép này chứa lượng Cr cao. Ngoài ra, Mn làm tăng độ nhót của hỗn hợp và vì vậy làm giảm khả năng gia công bằng máy. Do đó, lượng Ni được thiết lập không lớn hơn 0,5%. Giới hạn dưới tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,15% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 0,3% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,2% hoặc nhỏ hơn.

Một hoặc cả hai nguyên tố Mo và W, trong đó $(Mo + 1/2W)$ nằm trong khoảng lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,8%

Mo và W làm cho cacbua mịn được lắng và kết tụ trong khi ram để cải thiện độ bền của thép theo sáng chế. Hơn nữa, Mo và W tăng độ chịu hóa mềm trong khi ram. Mo và W hòa tan trong hỗn hợp như Cr, và tăng cường độ chịu gỉ của thép theo sáng chế. Do đó, các nguyên tố này được bao gồm ở dạng đơn chất hoặc hỗn hợp. Ngoài ra, một phần Mo và W hòa tan trong màng oxit trên bề mặt khuôn thể hiện hiệu quả tăng cường độ chịu ăn mòn, ví dụ, chống lại các khí ăn mòn được tạo ra từ nhựa trong khi sử dụng khuôn. Tuy nhiên, lượng Mo và W quá lớn làm giảm khả năng gia công bằng máy. Khi lượng chất tan rắn Mo và W tăng lên, thì độ dẫn nhiệt giảm đi đáng kể. Mặc dù W có các hiệu quả tương tự như Mo, nhưng các hiệu quả của W bằng một nửa hiệu quả của Mo nếu hiệu quả của chúng được so sánh với cùng một lượng. Vì vậy, lượng của một hoặc cả hai nguyên tố Mo và W được thiết lập ở giá trị của biểu thức $(Mo + 1/2W)$ là nhỏ hơn 0,8% theo sáng chế. Giới hạn dưới tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,3% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 0,6% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,5% hoặc nhỏ hơn.

Vanadi (V): lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,15%

V làm tăng độ chịu hóa mềm khi ram, và ngăn chặn sự thô hóa của các hạt tinh thể để góp phần cải thiện độ cứng. V còn có tác dụng tạo thành các cacbua cứng mịn giúp cải thiện độ chịu ăn mòn. Tuy nhiên, vì lượng V quá lớn làm giảm khả năng gia công bằng máy, nên lượng V được thiết lập nhỏ hơn 0,15%.

Giới hạn dưới tốt hơn là 0,03% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,05% hoặc lớn hơn, còn tốt hơn nữa là 0,07% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 0,13% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Cu: từ 0,25% đến 1,5%

Cu là nguyên tố lỏng và kết tụ dưới dạng các dung dịch rắn Fe-Cu trong khi ram và cải thiện độ bền của thép theo sáng chế. Tuy nhiên, lượng Cu quá lớn làm giảm đáng kể khả năng gia công nóng. Ngoài ra, Cu thực hiện một cách hiệu quả chức năng làm chậm sự bắt đầu tạo gỉ. Tuy nhiên, Cu có tác động lớn đến độ dẫn nhiệt giống như Mn và N. Khi lượng Cu quá lớn, thì hệ số dẫn nhiệt giảm mạnh làm giảm độ dẫn nhiệt của thép theo sáng chế. Do đó, sự kiểm soát giới hạn trên của Cu cũng quan trọng. Lượng Cu theo sáng chế được thiết lập là nằm trong khoảng từ 0,25% đến 1,5%. Giới hạn dưới tốt hơn là 0,40% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,70% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 1,2% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1,0% hoặc nhỏ hơn.

Cr: lớn hơn 4,9% đến 5,3%

Trong sáng chế, quan trọng là điều chỉnh lượng Cr dùng cho thép làm khuôn có thành phần bao gồm các nguyên tố nêu trên và phần còn lại là Fe, Cr và các tạp chất không tránh khỏi. Cr là nguyên tố quan trọng để làm giảm lượng tuyệt đối của gỉ tạo thành và làm chậm thêm sự bắt đầu tạo thành gỉ. Cr là nguyên tố lỏng và kết tụ dưới dạng cacbua mịn trong khi ram và tăng cường độ bền của thép theo sáng chế. Mặt khác, Cr hòa tan trong hỗn hợp với lượng đủ, và có thể làm giảm lượng cuối cùng của gỉ tạo thành cũng như làm chậm sự bắt đầu tạo thành gỉ, nhờ đó, tăng cường độ chịu gỉ của thép theo sáng chế. Trong tài liệu sáng chế 1, Cr được hiểu đơn giản là nguyên tố làm giảm lượng cuối cùng của gỉ. Tuy nhiên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng việc tăng lượng Cr còn có thể làm chậm sự bắt đầu tạo gỉ và ngăn chặn sự tạo gỉ ban đầu. Khi thực hiện thêm việc xử lý nitrit hóa, Cr còn có tác dụng tăng cường độ cứng của lớp nitrit hóa. Tuy nhiên, nếu lượng Cr quá lớn, thì lượng Cr hòa tan tăng lên, khiến

cho độ dẫn nhiệt giảm đáng kể và độ chịu hóa mềm cũng bị giảm đi. Do đó, lượng Cr theo sáng chế được thiết lập là lớn hơn 4,9% đến 5,3%. Giới hạn dưới tốt hơn là 5,0% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 5,2% hoặc nhỏ hơn.

Al: tốt hơn là nhỏ hơn 0,1%

Al là tạp chất không tránh khỏi thường được sử dụng làm nguyên tố khử oxi trong khi nấu chảy. Nếu lượng lớn Al_2O_3 có mặt trong thép theo sáng chế sau khi độ cứng được điều chỉnh, độ bóng như gương bị giảm đi. Hơn nữa, khi lượng các chất lẫn không tránh khỏi (lượng của các tạp chất không tránh khỏi) trong kết cấu của thép làm khuôn tăng lên, thì gỉ có khả năng được hình thành tại thời điểm mới bắt đầu. Do đó, lượng Al theo sáng chế tốt hơn được điều chỉnh ở mức nhỏ hơn 0,1%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,05%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,01%.

Nitơ (N): tốt hơn là nhỏ hơn 0,06%

N là tạp chất không tránh khỏi là nguyên tố tạo thành các nitrit trong thép. Lượng nitrit quá lớn làm giảm đáng kể độ dai, khả năng gia công bằng máy và độ đánh bóng của khuôn. Hơn nữa, khi lượng các chất lẫn không tránh khỏi (lượng các tạp chất không tránh khỏi) trong kết cấu của thép làm khuôn tăng lên, thì gỉ có khả năng được hình thành tại thời điểm ban đầu. Do đó, lượng N trong thép tốt hơn được điều chỉnh ở giá trị thấp. Vì vậy, lượng N theo sáng chế tốt hơn được quy định là nhỏ hơn 0,06%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,03%, và còn tốt hơn nữa là 0,01% hoặc nhỏ hơn.

Oxy (O): tốt hơn là nhỏ hơn 0,0055%

O là tạp chất không tránh khỏi là nguyên tố tạo thành oxit trong thép. Lượng oxit quá lớn làm giảm đáng kể khả năng gia công nhựa nguội và độ đánh bóng. Hơn nữa, khi lượng các chất lẫn không tránh khỏi (lượng các tạp chất không tránh khỏi) trong kết cấu của thép làm khuôn tăng lên, thì gỉ có khả năng được hình thành trong thời điểm mới bắt đầu. Theo sáng chế, điều quan trọng là ngăn chặn một cách đặc biệt sự tạo thành Al_2O_3 . Vì vậy, O theo sáng chế tốt hơn

được điều chỉnh ở mức nhỏ hơn 0,0055%, và tốt hơn nữa nhỏ hơn 0,0030%.

Tốt hơn là, giá trị của biểu thức 1 sau đây không lớn hơn 1,70, và giá trị của biểu thức 2 không lớn hơn 6,90 (các ký tự trong các móc vuông [] biểu thị hàm lượng của mỗi nguyên tố tính theo % khối lượng).

Biểu thức 1: $70 \times [C\%] + 6 \times [Si\%] - [Cr\%] - 3 \times [(Mo + 1/2W)\%] - 3 \times [V\%] - 0,5 \times [Cu\%]$

Biểu thức 2: $[Cr\%] + 3,3 \times [(Mo + 1/2W)\%]$

Cần điều chỉnh lượng các nguyên tố tạo thành thép theo sáng chế trong các khoảng thành phần nêu trên để đạt được độ chịu gỏi và độ dẫn nhiệt rất tốt, mà là các tính chất đặc trưng của sáng chế, ngoài ra, thỏa mãn các tính chất cơ bản, chẳng hạn, độ bền, độ chịu hóa mềm và khả năng gia công bằng máy. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng đến độ chịu gỏi và độ dẫn nhiệt là khác nhau giữa các nguyên tố. Do đó, hiệu quả là kiểm soát các lượng chung của các nguyên tố để thỏa mãn độ chịu gỏi và độ dẫn nhiệt rất tốt trong khi duy trì được các tính chất cơ bản. Trong tài liệu sáng chế 1, mức độ ảnh hưởng của các nguyên tố cấu thành riêng lẻ của thép đến độ chịu gỏi và độ dẫn nhiệt được nghiên cứu và mức độ ảnh hưởng của mỗi nguyên tố cấu thành được thể hiện dưới dạng hệ số chung nhờ phép phân tích hồi quy đa biến. Theo kết quả nghiên cứu sâu hơn tại thời điểm này, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng vẫn cần tối ưu hóa hơn nữa tỷ lệ của các nguyên tố cấu thành để làm chậm sự bắt đầu tạo gỏi mà không làm giảm độ dẫn nhiệt.

Đây là các chỉ số của sự cân bằng hợp lý giữa tác dụng làm chậm bắt đầu tạo gỏi của thép và độ dẫn nhiệt rất tốt, và là thông số phù hợp đánh giá chung mức độ ảnh hưởng của mỗi nguyên tố cấu thành đến sự cân bằng của cả hai tính chất. Các thông số này có thể được thể hiện chung bằng biểu thức 1 và biểu thức 2 mới sau đây,

Biểu thức 1: $70 \times [C\%] + 6 \times [Si\%] - [Cr\%] - 3 \times [(Mo + 1/2W)\%] - 3 \times [V\%] - 0,5 \times [Cu\%]$

Biểu thức 2: $[Cr\%] + 3,3 \times [(Mo + 1/2W)\%]$

Trong biểu thức 1 và biểu thức 2, hệ số của nguyên tố có chức năng cải thiện sự cân bằng của cả hai đặc tính được thể hiện dưới dạng trừ, trong khi hệ số của yếu tố có chức năng làm giảm sự cân bằng được thể hiện dưới dạng cộng. Khi giá trị tuyệt đối của mỗi hệ số càng cao thì mức độ ảnh hưởng càng lớn. Trong trường hợp thép theo sáng chế, tốt hơn là giá trị của biểu thức 1 là 1,70 hoặc nhỏ hơn để duy trì sự cân bằng giữa hai đặc tính. Giá trị này tốt hơn nữa là 1,65 hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 1,60 hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, tốt hơn là giá trị của biểu thức 2 là 6,90 hoặc nhỏ hơn để duy trì sự cân bằng. Giá trị này tốt hơn nữa là 6,80 hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 6,70 hoặc nhỏ hơn. Khi một trong hai giá trị của biểu thức 1 và biểu thức 2 thỏa mãn điều kiện trên, thì đạt được hiệu quả duy trì sự cân bằng. Ngoài ra, khi các giá trị của cả hai biểu thức thỏa mãn các điều kiện trên, thì đạt được hiệu quả một cách tốt hơn thực sự.

Độ cứng của thép làm khuôn nằm trong khoảng từ 30 đến 42 HRC.

Khi độ cứng của thép làm khuôn quá thấp, thì độ bóng như gương giảm đi trong quá trình gia công đúc. Độ chịu ăn mòn của sản phẩm đúc cũng giảm đi. Ngược lại, khi độ cứng của thép làm khuôn quá cao, thì khả năng gia công bằng máy giảm đi trong quy trình gia công đúc. Độ dai của sản phẩm đúc cũng vì thế cũng giảm đi. Do đó, độ cứng của thép làm khuôn theo sáng chế được sản xuất nằm trong khoảng từ 30 đến 42 HRC. Giới hạn dưới tốt hơn là 35HRC hoặc lớn hơn. Giới hạn trên tốt hơn là 40HRC hoặc nhỏ hơn. Thép làm khuôn theo sáng chế có thể được sử dụng ở dạng được gọi là thép hóa cứng sơ bộ, thép này được điều chỉnh độ cứng bằng cách xử lý nhiệt bằng cách tôi và ram và sau đó được gia công thành dạng khuôn.

Thép làm khuôn theo sáng chế có thể đạt được độ cứng không thấp hơn 30 HRC, hơn nữa, không thấp hơn 35HRC, ổn định thậm chí bằng cách ram ở nhiệt độ cao không thấp hơn 530°C. Điều này có thể đạt được ngay cả khi ram ở nhiệt

độ không thấp hơn 540°C. Như nêu trên, có lợi là ram ở nhiệt độ cao sao cho ứng suất dư trong thép có thể được giảm, để ngăn chặn ứng suất gia công sinh ra trong khi gia công cơ khí hoặc tương tự. Thép làm khuôn theo sáng chế được điều chỉnh để có thành phần tối ưu hóa có cả độ chịu gi và độ dẫn nhiệt rất tốt cũng như đặc tính ram nêu trên. Nhiệt độ tôi tại thời điểm này không bị giới hạn. Ví dụ, có thể tôi ở nhiệt độ là 900°C hoặc lớn hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Thép nóng chảy được điều chỉnh để chứa các thành phần định trước được đúc để tạo ra 10 tấn thỏi. Các thành phần được thể hiện trong bảng 1. Thép so sánh B tương ứng với thép làm khuôn theo tài liệu sáng chế 1 chứa Cr với lượng không lớn hơn 4,9%.

Bảng 1

Số	Thành phần (tính theo % khối lượng)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
Thép A theo sáng chế	0,120	0,29	0,32	0,025	0,0073	0,20	5,05	0,33
Thép so sánh B	0,120	0,33	0,31	0,021	0,0139	0,20	4,57	0,24

Số	Thành phần (tính theo % khối lượng)						Giá trị của biểu thức 1 ^{*3}	Giá trị của biểu thức 2 ^{*4}
	V	Cu	Al	N	O	Fe ^{*2}		
Thép A theo sáng chế	0,09	0,83	0,002	0,0114	0,0023	Phần còn lại	3,42	6,14
Thép so sánh B	0,08	0,86	0,001	0,0086	0,0021	Phần còn lại	4,42	5,36

*1: không được bổ sung

*2: các tạp chất được chứa

*3: $70 \times [\text{C}\%] + 6 \times [\text{Si}\%] - [\text{Cr}\%] - 3 \times [(\text{Mo} + 1/2\text{W})\%] - 3 \times [\text{V}\%] - 0,5 \times [\text{Cu}\%]$

*4: $[\text{Cr}\%] + 3,3 \times [(\text{Mo} + 1/2\text{W})\%]$

Các thỏi thép được nung nóng ở nhiệt độ 1100°C, và sau đó được rèn để tạo ra vật liệu thép có độ dày là 650mm và độ rộng là 1000mm. Các thỏi thép được xử lý tôi bằng cách làm nguội bằng không khí từ nhiệt độ 950°C và xử lý

ram để điều chỉnh độ cứng của chúng. Kết quả là, thép A theo sáng chế và thép so sánh B có độ cứng 37 HRC bằng cách ram ở nhiệt độ cao ở 560°C, điều này là có lợi để làm giảm ứng suất dư trong vật liệu thép. Sau đó, mỗi vật liệu thép hóa cứng được xử lý để lấy các mẫu thử có hai hình dạng, một trong hai mẫu có kích thước 5mm × 10mm × 15mm để đánh giá độ chịu gi, và mẫu kia có đường kính 10mm và chiều dày 1mm để đánh giá độ dẫn nhiệt. Các thử nghiệm sau đây được tiến hành với các mẫu thử nghiệm.

Đánh giá độ chịu gi

Các mẫu thử nghiệm để đánh giá độ chịu gi được tiến hành thử nghiệm để lộ trong khí quyển trong môi trường tạo gi ở nhiệt độ 40°C và độ ẩm 87%. Các điều kiện này được giả định là môi trường trong đó khuôn thực tế được lưu trữ. Sau đó, mức độ tạo gi trên bề mặt của các mẫu thử nghiệm được kiểm tra ở các thời điểm khi 10, 20, 30, 60 và 120 phút trôi qua kể từ khi bắt đầu để lộ, và các trạng thái gi được đánh giá trong khoảng thời gian để lộ. Mức độ tạo gi được kiểm tra như sau. Tỷ lệ diện tích của gi trong vùng 265μm × 350μm ở phần tâm của bề mặt 10mm × 15mm của mẫu thử nghiệm ($[\text{diện tích gi} / \text{diện tích của phần tâm}] \times 100$) được tính toán. Phần tâm được lấy làm vùng đo bởi vì các phần mép của mẫu thử nghiệm chứa các vết rạn gia công hoặc tương tự dẫn đến sự hình thành gi và nguyên nhân của sự tạo gi không phải do thành phần có thể được loại trừ đến mức tối đa ở phần tâm.

Đánh giá độ dẫn nhiệt

Độ dẫn nhiệt của mẫu thử nghiệm được đo bằng phương pháp chiếu laze. Trong phương pháp này, ánh sáng laze được chiếu lên bề mặt của mẫu thử nghiệm và độ khuếch tán nhiệt và độ dẫn nhiệt của mẫu thử nghiệm được xác định từ sự tăng nhiệt độ. Các kết quả của các độ dẫn nhiệt được thể hiện trong bảng 2 cùng với các kết quả tính toán tỷ lệ diện tích của gi.

Bảng 2

Số	Tỷ lệ diện tích tạo gỉ (%)					Độ dẫn nhiệt (W/m/K)
	Sau 10 phút	Sau 20 phút	Sau 30 phút	Sau 60 phút	Sau 120 phút	
Thép A theo sáng chế	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	33,9
Thép so sánh B	0,10	0,10	0,13	0,13	0,15	30,6

Theo các kết quả trong bảng 2, thép A có thành phần được điều chỉnh tốt nhất có độ dẫn nhiệt vượt quá 30 W/m/K như thép so sánh B, và đạt được độ dẫn nhiệt rất tốt. Về độ chịu gỉ, thép A chỉ có một lượng gỉ nhỏ khi thời gian để lộ dài kết thúc, và ngoài ra, không có gỉ được tạo ra tại thời điểm mới bắt đầu kể từ khi bắt đầu thử nghiệm. Ngược lại, thép so sánh B bắt đầu tạo gỉ tại thời điểm mới bắt đầu kể từ khi bắt đầu thử nghiệm, mặc dù độ dẫn nhiệt là rất tốt và lượng gỉ tạo thành cuối cùng là đủ để chấp nhận được.

Ví dụ 2

Thép nóng chảy được điều chỉnh để có thành phần xác định trước được đúc để tạo ra 10 kg thỏi. Trọng lượng của thỏi (lượng thép nóng chảy) được tạo ra thấp hơn trọng lượng của thỏi ở ví dụ 1 để loại trừ các nguyên nhân tạo gỉ không phải do các thành phần đến mức tối đa. Gỉ có khả năng được tạo ra do sự gia tăng các chất lẫn không tránh khỏi (các tạp chất không tránh khỏi) trong kết cấu và tương tự khi thỏi lớn. Các thành phần được thể hiện trong bảng 3. Thép so sánh 1 tương ứng với thép làm khuôn theo tài liệu sáng chế 1, và các thép so sánh từ 2 đến 4 tương ứng với các thép làm khuôn theo tài liệu sáng chế 2.

Bảng 3

Số	Thành phần (tính theo % khối lượng)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	W ^{*1}
Thép 1 theo sáng chế	0,089	0,29	0,78	0,006	0,0052	0,20	4,93	0,45	<0,01
Thép 2 theo sáng chế	0,100	0,24	0,76	0,006	0,0049	0,20	4,96	0,45	<0,01
Thép 3 theo sáng chế	0,103	0,25	0,79	0,006	0,0052	0,20	5,02	0,46	<0,01
Thép 4 theo sáng chế	0,099	0,24	0,82	0,006	0,0047	0,20	5,09	0,45	<0,01
Thép so sánh 1	0,122	0,25	0,34	0,006	0,0049	0,20	4,65	0,31	<0,01
Thép so sánh 2	0,124	0,31	0,79	0,007	0,0055	0,40	5,11	1,20	<0,01
Thép so sánh 3	0,125	0,30	0,78	0,007	0,0060	0,20	5,35	0,46	<0,01
Thép so sánh 4	0,103	0,30	0,77	0,006	0,0051	0,20	5,00	0,49	<0,01
Thép so sánh 5	0,100	0,29	0,97	0,006	0,0046	1,19	4,89	0,49	<0,01
Thép so sánh 6	0,103	0,30	0,49	0,006	0,0048	0,20	6,00	0,32	<0,01
Thép so sánh 7	0,103	0,25	0,72	0,006	0,0047	0,20	6,08	0,31	<0,01
Thép so sánh 8	0,099	0,30	0,50	0,006	0,0043	0,21	5,97	0,31	<0,01

Số	Thành phần (tính theo % khối lượng)						Giá trị của biểu thức 1 ^{*3}	Giá trị của biểu thức 2 ^{*4}
	V	Cu	Al	N	O	Fe ^{*2}		
Thép 1 theo sáng chế	0,07	0,29	0,003	0,0009	0,0046	Phần còn lại	1,34	6,42
Thép 2 theo sáng chế	0,11	0,29	0,003	0,0008	0,0035	Phần còn lại	1,66	6,45
Thép 3 theo sáng chế	0,12	0,58	0,003	0,0009	0,0036	Phần còn lại	1,66	6,54
Thép 4 theo sáng chế	0,12	1,47	0,002	0,0009	0,0054	Phần còn lại	0,84	6,58
Thép so sánh 1	0,07	0,83	0,002	0,0008	0,0025	Phần còn lại	3,84	5,67
Thép so sánh 2	0,06	0,10	0,002	0,0009	0,0038	Phần còn lại	1,60	9,07
Thép so sánh 3	0,08	0,15	0,002	0,0008	0,0037	Phần còn lại	3,51	6,87
Thép so sánh 4	0,10	0,20	0,002	0,0010	0,0032	Phần còn lại	2,14	6,62
Thép so sánh 5	0,01	0,01	0,002	0,0012	0,0054	Phần còn lại	2,35	6,51
Thép so sánh 6	0,01	0,25	0,002	0,0009	0,0046	Phần còn lại	1,90	7,06
Thép so sánh 7	0,01	1,46	0,002	0,0008	0,0038	Phần còn lại	0,94	7,10
Thép so sánh 8	0,01	0,20	0,003	0,0010	0,0059	Phần còn lại	1,72	6,99

*1: không bổ sung

*2: các tạp chất được chứa

*3: $70 \times [\text{C}\%] + 6 \times [\text{Si}\%] - [\text{Cr}\%] - 3 \times [(\text{Mo} + 1/2\text{W})\%] - 3 \times [\text{V}\%] - 0,5 \times [\text{Cu}\%]$

*4: $[\text{Cr}\%] + 3,3 \times [(\text{Mo} + 1/2\text{W})\%]$

Sau đó, các thỏi này được nung ở nhiệt độ 1150°C, và sau đó được rèn để sản xuất các nguyên liệu thép có mặt cắt ngang 30mm × 30mm. Sau đó, các thỏi này được ủ ở nhiệt độ 860°C. Mỗi vật liệu ủ được tiến hành lấy mẫu ở ba dạng: 10mm × 10mm × 10mm để đánh giá độ cứng; 5mm × 8mm × 15mm để đánh giá độ chịu gi; và 10mm đường kính × 2mm chiều dày để đánh giá độ dẫn nhiệt. Các mẫu thử nghiệm được thử nghiệm như sau.

Đánh giá độ cứng

Các mẫu thử nghiệm để đánh giá độ cứng được xử lý tôi bằng cách làm nguội bằng không khí từ 950°C, và sau đó được xử lý ram. Việc xử lý ram được tiến hành ở nhiệt độ 550°C trong thời gian 2 giờ để ram ở nhiệt độ cao, điều này có lợi để làm giảm ứng suất dư trong mẫu thử nghiệm. Các mẫu thử nghiệm được tôi của các thép từ 1 đến 4 theo sáng chế có độ cứng không thấp hơn 35 HRC.

Đánh giá độ chịu gỉ

Các mẫu thử nghiệm để đánh giá độ chịu gỉ được xử lý tôi và ram ở cùng điều kiện như trong đánh giá độ cứng nêu trên. Sau đó, các mẫu thử nghiệm được thử nghiệm để lộ trong khí quyển của môi trường tạo gỉ ở nhiệt độ 40°C và độ ẩm 87% như trong ví dụ 1. Sau đó, mức độ tạo gỉ trên bề mặt của các mẫu thử nghiệm được kiểm tra ở các thời điểm 10, 20, 30, 60, 120 và 240 phút trôi qua kể từ khi bắt đầu để lộ, và các trạng thái gỉ được đánh giá từ khoảng thời gian để lộ ban đầu. Mức độ gỉ được kiểm tra như sau. Tỷ lệ diện tích gỉ trong vùng $265\mu\text{m} \times 350\mu\text{m}$ ở phần tâm của bề mặt $8\text{mm} \times 15\text{mm}$ của mẫu thử nghiệm được tính. Phần tâm được lấy làm vùng đo bởi vì các phần mép của mẫu thử nghiệm chứa các vết rạn gia công hoặc tương tự dẫn đến việc tạo gỉ và các nguyên nhân của sự tạo gỉ không phải do thành phần có thể được loại trừ một cách tối đa ở phần tâm.

Đánh giá độ dẫn nhiệt

Các mẫu thử nghiệm để đánh giá độ dẫn nhiệt được đưa đi xử lý tôi và ram ở điều kiện giống với đánh giá độ cứng nêu trên. Sau đó, độ dẫn nhiệt của các mẫu thử nghiệm sau khi xử lý tôi và ram được xác định bằng phương pháp chiếu laze như trong ví dụ 1. Các kết quả của các độ dẫn nhiệt được thể hiện trong bảng 4 cùng với các kết quả của độ cứng khi ram ở nhiệt độ 550°C và tính toán tỷ lệ diện tích gỉ.

Bảng 4

Số	Tỷ lệ diện tích tạo gỉ (%)						Độ dẫn nhiệt (W/m/K)	Độ cứng (HRC)
	Sau 10 phút	Sau 20 phút	Sau 30 phút	Sau 60 phút	Sau 120 phút	Sau 240 phút		
Thép 1 theo sáng chế	0,00	0,00	0,00	<0,01	<0,01	0,8	30,6	36,2
Thép 2 theo sáng chế	0,00	0,00	0,00	<0,01	<0,01	1,0	31,2	37,7
Thép 3 theo sáng chế	0,00	0,00	0,00	<0,01	<0,01	0,9	30,2	37,4
Thép 4 theo sáng chế	0,00	0,00	0,00	<0,01	<0,01	0,4	30,6	37,0
Thép so sánh 1	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	3,0	30,2	38,4
Thép so sánh 2	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	1,3	27,7	40,6
Thép so sánh 3	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	3,1	30,0	37,8
Thép so sánh 4	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	1,2	30,0	37,3
Thép so sánh 5	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	3,1	29,1	31,9
Thép so sánh 6	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	1,4	28,7	30,3
Thép so sánh 7	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	0,4	29,5	28,3
Thép so sánh 8	0,00	0,00	<0,01	<0,01	<0,01	1,3	29,6	28,6

So sánh các kết quả trong bảng 4 với các kết quả của ví dụ 1 (bảng 2), thấy rằng toàn bộ quá trình tạo gỉ là chậm hơn. Sở dĩ như vậy là do các giá trị của biểu thức 1 thỏa mãn 1,70 hoặc nhỏ hơn và các giá trị của biểu thức 2 thỏa mãn 6,90 hoặc nhỏ hơn trong các thành phần của các thép từ 1 đến 4 theo sáng chế. Người ta cho rằng kích thước nhỏ của thỏi thép ngăn chặn sự tạo thành gỉ mà không phải do thành phần cấu thành. Trong bảng 4, phần ghi "< 0,01%" ở cột tỷ lệ diện tích tạo gỉ (%) biểu thị rằng có gỉ nhưng mức độ gỉ là quá thấp để tính tỷ lệ diện tích.

Từ các kết quả trong bảng 4, các thép từ 1 đến 4 có thành phần được điều chỉnh tốt nhất có độ dẫn nhiệt vượt quá 30W/m/K và đạt được độ chịu gỉ rất tốt đến mức mà sự tạo gỉ được ngăn chặn từ thời điểm mới bắt đầu kể từ khi bắt đầu thử nghiệm. Hơn nữa, các thép 1 và 4 theo sáng chế, mà được điều chỉnh để có các giá trị thấp của biểu thức 1 và biểu thức 2, có sự cân bằng rất tốt giữa độ dẫn nhiệt và độ chịu gỉ.

Ngược lại, thép so sánh 1 là thép làm khuôn có lượng Cr thấp. Thép so sánh 1 có độ dẫn nhiệt lớn hơn 30W/m/K. Tuy nhiên, so với các thép theo sáng

chế, thì sự tạo gỉ được khẳng định tại thời điểm 30 phút sau khi để lộ với môi trường tạo gỉ.

Các thép so sánh 2, 3 và 4 là các thép làm khuôn có lượng Cu thấp. Trong số các thép này, các thép so sánh 3 và 4 có độ dẫn nhiệt tốt, nhưng sự tạo gỉ được khẳng định tại thời điểm 30 phút sau khi để lộ, và nó diễn ra tới mức mà có thể định lượng được gỉ tại thời điểm 120 phút sau khi để lộ. Thép so sánh 2 chứa lượng lớn Mo và có độ dẫn nhiệt dưới 30W/m/K.

Thép so sánh 5 là một thép làm khuôn có lượng Cu thấp hơn so với các thép so sánh 2, 3 và 4. Do lượng Ni cao và lượng Cr thấp, nên độ chịu gỉ giảm đi và gỉ định lượng được được tạo ra tại thời điểm 60 phút sau khi để lộ. Ngoài ra, độ dẫn nhiệt là thấp hơn 30W/m/K.

Các thép so sánh 6, 7 và 8 là các thép làm khuôn có lượng Cr cao. Mặc dù có độ chịu gỉ tốt, nhưng độ dẫn nhiệt là dưới 30W/m/K. Các thép so sánh 7 và 8 không thể đạt được độ cứng 30HRC bằng cách ram ở nhiệt độ 550°C (độ chịu hóa mềm bị giảm đi).

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Thép theo sáng chế cũng thỏa mãn các đặc tính cần thiết được yêu cầu đối với khuôn, và do đó, nó có thể được sử dụng làm khuôn đúc cao su, các khuôn gia công nóng được sử dụng trong sản xuất hàng loạt nhỏ, và đúc khuôn dập, cũng như khuôn để đúc nhựa.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép làm khuôn chứa, tính theo % khối lượng, các nguyên tố sau:

C: từ 0,07% đến 0,15%;

Cr: lớn hơn 4,9% và không lớn hơn 5,3%;

Si: không nhỏ hơn 0,1% và nhỏ hơn 0,8%;

Mn: từ 0,1% đến 1,0%;

P: nhỏ hơn 0,05%;

S: nhỏ hơn 0,02%;

Ni: từ 0,1% đến 0,5%;

một hoặc cả hai nguyên tố Mo và W, trong đó lượng $(Mo + 1/2W)$ nằm trong khoảng không nhỏ hơn 0,1% và nhỏ hơn 0,8%;

V: không nhỏ hơn 0,03% và nhỏ hơn 0,15%;

Cu: từ 0,25% đến 1,2%, và

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

trong đó thép làm khuôn này có độ cứng nằm trong khoảng từ 30 đến 42 HRC, và trong đó giá trị của biểu thức 1 sau đây thỏa mãn không lớn hơn 1,70, tính theo % khối lượng, và giá trị của biểu thức 2 sau đây thỏa mãn không lớn hơn 6,90, tính theo % khối lượng:

Biểu thức 1: $70 \times [C\%] + 6 \times [Si\%] - [Cr\%] - 3 \times [(Mo + 1/2W)\%] - 3 \times [V\%] - 0,5 \times [Cu\%]$; và

Biểu thức 2: $[Cr\%] + 3,3 \times [(Mo + 1/2W)\%]$,

trong đó các ký tự trong các móc vuông [] biểu thị hàm lượng của mỗi nguyên tố tính theo % khối lượng.

2. Thép làm khuôn theo điểm 1, trong đó Al, N và O trong các tạp chất không tránh khỏi được điều chỉnh lần lượt nhỏ hơn 0,1%, nhỏ hơn 0,06% và nhỏ hơn 0,0055%, tính theo % khối lượng.

3. Phương pháp sản xuất thép làm khuôn theo điểm 1 hoặc 2, phương pháp này bao gồm bước tôi thép từ nhiệt độ không thấp hơn 900°C, và bước ram thép ở nhiệt độ không thấp hơn 530°C để điều chỉnh độ cứng của thép nằm trong khoảng từ 30 đến 42 HRC.