



(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)



1-0032228

(51)⁸ C22C 38/00; C21D 1/28; C22C 38/60; (13) B
C21D 1/06; C21D 9/32

(21) 1-2017-03147

(22) 25/01/2016

(86) PCT/JP2016/000359 25/01/2016

(87) WO 2016/121371 A8 04/08/2016

(30) 2015-013686 27/01/2015 JP

(45) 25/06/2022 411

(43) 27/11/2017 356A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) ANDO, Keisuke (JP); FUKUOKA, Kazuaki (JP); TOMITA, Kunikazu (JP).

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

(54) THÉP VỎ CỨNG

(57) Sáng chế đề cập đến thép vỏ cứng có độ bền mỏi cao được tạo ra với chi phí sản xuất tương đối thấp. Thép vỏ cứng có hợp phần hóa học chứa C; từ 0,10% đến 0,30%, Si; từ 0,10% đến 1,20%, Mn: từ 0,30% đến 1,50%, S: từ 0,010% đến 0,030%, Cr: từ 0,10% đến 1,00%, B: từ 0,0005% đến 0,0050%, Sb: từ 0,005% đến 0,020%, và N: 0,0150% hoặc nhỏ hơn trong khoảng định trước, và còn chứa Al: $0,010\% \leq Al \leq 0,120\%$ trong trường hợp mà $B - (10,8/14)N \geq 0,0003\%$, và $27/14[(N - (14/10,8)B + 0,030) \leq Al \leq 0,120\%$ trong trường hợp mà $B - (10,8/14)N < 0,0003\%$.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép vỏ cứng được sử dụng sau khi cacbon hóa-tôi, và cụ thể là đề cập đến thép vỏ cứng chứa bo mà có độ bền mỏi và độ bền va đập ưu việt và có thể được sử dụng cho các chi tiết truyền động của các phương tiện và các loại tương tự.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong số các chi tiết máy được sử dụng trong các phương tiện, các máy xây dựng, và các loại máy công nghiệp khác, các chi tiết cần phải có độ bền mỏi và độ chịu mòn cao thường được đưa vào xử lý nhiệt làm cứng bề mặt như cacbon hóa, nitơ hóa, hoặc thấm cacbon nitơ. Thép vỏ cứng như SCr, SCM, hoặc SNCM theo JIS thường được sử dụng cho các chi tiết này. Thép vỏ cứng được tạo thành hình dạng chi tiết mong muốn bằng cách gia công như rèn hoặc cắt, và sau đó được đưa vào xử lý nhiệt làm cứng bề mặt nêu trên. Sau việc này, thép vỏ cứng trải qua quá trình hoàn thiện như đánh bóng, được chế tạo thành chi tiết. Với nhu cầu mạnh mẽ về chi phí sản xuất thấp của các chi tiết được sử dụng trong các phương tiện, các máy xây dựng, và các máy công nghiệp khác trong những năm gần đây, sự giảm về chi phí vật liệu thép và làm tinh giản và đơn giản hóa các bước sản xuất được thúc đẩy. Về việc giảm chi phí vật liệu thép, thì các loại thép chứa bo với hàm lượng Cr hoặc Mo được giảm xuống trong thép vỏ cứng được đề xuất.

Ví dụ, JP S57-070261 A (Tài liệu Sáng chế 1) bộc lộ thép chứa bo vỏ cứng mà có thể kìm hãm sự làm thành hạt thô của các hạt tinh thể bởi TiN trong khi vẫn đảm bảo chất tan B, bằng cách bổ sung Ti và cố định N ở dạng TiN.

JP S58-120719 A (Tài liệu Sáng chế 2) đề xuất sự cải thiện về độ dẻo dai trong thép chứa bo có cùng loại Ti được bổ sung, bằng cách điều

chỉnh các lượng bổ sung gồm Si, Mn, và Cr để làm giảm độ sâu lớp được cacbon hóa dị thường.

JP 2003-342635 A (Tài liệu Sáng chế 3) bộc lộ phương pháp sản xuất thép chứa bo vỏ cứng mà ngăn chặn sự tạo ra BN bằng cách bổ sung lượng lớn Al và tránh sự tăng trưởng hạt dị thường của các hạt tinh thể nhờ carbonitrua mịn thu được là kết quả của việc xử lý nhiệt trước khi cacbon hóa.

JP 2012-62536 A (Tài liệu Sáng chế 4) bộc lộ thép vỏ cứng có tính chịu rèn nguội ưu việt mà ngăn chặn sự tạo thành của các lớp cacbon hóa dị thường bằng cách bổ sung Sb và kìm hãm hiệu quả sự làm thành hạt thô của các hạt tinh thể bởi cacbua trên cơ sở Ti-Mo.

JP 2004-250767 A (Tài liệu Sáng chế 5) bộc lộ thép dùng cho các kết cấu máy mà làm giảm độ dày lớp được khử cacbon bằng cách bổ sung Sb và có khả năng gia công nguội giống như các vật liệu thép ủ mềm thông thường, và phương pháp sản xuất thép này.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu Sáng chế

Tài liệu Sáng chế 1: JP S57-070261 A

Tài liệu Sáng chế 2: JP S58-120719 A

Tài liệu Sáng chế 3: JP 2003-342635 A

Tài liệu Sáng chế 4: JP 2012-62536 A

Tài liệu Sáng chế 5: JP 2004-250767 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu từ Tài liệu Sáng chế 1 đến Tài liệu Sáng chế 5 có các vấn đề sau đây.

Với các kỹ thuật được mô tả trong các Tài liệu Sáng chế 1 và Tài liệu Sáng chế 2, N được cố định ở dạng TiN để ngăn sự liên kết giữa B và N. Tuy nhiên, TiN tồn tại trong thép ở dạng thể vùi hình vuông tương đối

lớn, và do đó gây ra sự mỏi, dẫn đến sự mỏi bề mặt như ăn mòn điểm trong bánh răng và độ bền mỏi do uốn cong thấp hơn của chân răng bánh răng của nó. TiN hình vuông cũng làm giảm độ bền va đập của bánh răng, do đó bánh răng có thể vỡ khi chịu tải va đập.

Với kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu Sáng chế 3, AlN hoặc Nb(C, N) mịn kim hãm sự tăng trưởng dị thường của các hạt tinh thể, do đó cải thiện độ bền va đập. Tuy nhiên, sự khử bo xảy ra phụ thuộc vào điều kiện cacbon hóa, do đó phần lớp bề mặt trở nên mềm. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho sự ăn mòn điểm trên bề mặt răng bánh răng.

Với kỹ thuật được bộc lộ trong Tài liệu Sáng chế 4, sự bổ sung Sb làm giảm độ sâu lớp cacbon hóa dị thường, do đó cải thiện độ bền mỏi do uốn quay. Tuy nhiên, hiệu quả này của Sb có thể không đạt được trong trường hợp mà Si, Mn, và Cr có xu hướng tạo ra lớp cacbon hóa dị thường là cao, dẫn đến độ bền mỏi thấp hơn.

Với kỹ thuật được mô tả trong Tài liệu Sáng chế 5, việc tránh chắc chắn sự giảm cacbon ở lớp bề mặt là khó khăn phụ thuộc vào sự cân bằng giữa Sb có hiệu quả ngăn khử cacbon và Si có hiệu quả thúc đẩy khử cacbon, và các đặc tính mong muốn không thể thu được.

Do đó, việc tạo ra thép vỏ cứng có độ bền mỏi ưu việt được tạo ra với chi phí sản xuất tương đối thấp là rất hữu ích.

Giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã tiến hành nhiều nghiên cứu chuyên sâu để phát triển thép vỏ cứng có độ bền mỏi ưu việt và phương pháp sản xuất thép này, theo quan điểm nêu trên. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra những điều sau đây:

(a) AlN được tạo ra khi Al gần N là kết tủa mịn, không giống các thể vùi TiN tương đối lớn được tạo ra khi Ti gần N. Theo đó, AlN không làm giảm độ bền mỏi và độ dẻo dai, và có hiệu quả cải thiện độ bền mỏi và độ dẻo dai bằng cách tinh luyện các hạt tinh thể.

(b) Để đảm bảo hàm lượng chất tan B là 3ppm hoặc lớn hơn có hiệu

quả về khả năng tôi cứng mà không cần bổ sung Ti, hàm lượng Al cần được kiểm soát chính xác dựa trên sự cân bằng hóa học của Al-B-N trong thép.

(c) B trải qua các thay đổi như sự oxy hóa, khử bo, và nitơ hóa ở bề mặt vật liệu thép trong quá trình cacbon hóa, do khả năng phản ứng của nó. Điều này làm cho khó đảm bảo khả năng tôi cứng của phần lớp bề mặt. Tuy nhiên, các phản ứng này, có thể được ngăn chặn bằng cách bổ sung Sb.

(d) Si, Mn, và Cr có hiệu quả trong việc cải thiện khả năng chống hóa mềm khi ram nhưng, khi được bổ sung quá mức, thì thúc đẩy sự oxy hóa biên hạt mà gây ra sự mỏi do uốn và nứt do mỏi. Tuy nhiên, các phản ứng này, có thể được ngăn chặn bằng cách bổ sung Sb phụ thuộc vào các hàm lượng Si, Mn, và Cr.

Sáng chế được thực hiện dựa trên các phát hiện nêu trên.

Cụ thể là, các tác giả sáng chế đề xuất như sau:

1. Thép vỏ cứng bao gồm, theo % khối lượng, C: từ 0,10% đến 0,30%, Si: từ 0,10% đến 1,20%, Mn: từ 0,30% đến 1,50%, S: từ 0,010% đến 0,030%, Cr: từ 0,10% đến 1,00%, B: từ 0,0005% đến 0,0050%, Sb: từ 0,005% đến 0,020%, N: từ 0,0150% hoặc nhỏ hơn, và Al: $0,010\% \leq Al \leq 0,120\%$ trong trường hợp mà $B - (10,8/14)N \geq 0,0003\%$, và $27/14[(N - (14/10,8)B + 0,030) \leq Al \leq 0,120\%$ trong trường hợp mà $B - (10,8/14)N < 0,0003\%$, với phần còn lại là sắt và các tạp chất ngẫu nhiên, trong đó mối quan hệ sau đây được thỏa mãn: $Sb \geq \{Si/2 + (Mn + Cr)/5\}/70$, và Ti trong các tạp chất ngẫu nhiên là 0,005% hoặc nhỏ hơn.

2. Thép vỏ cứng theo mục 1, trong đó thép này còn bao gồm, theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố trong số Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn và V: 0,200% hoặc nhỏ hơn.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Do đó, có thể tạo ra thép vỏ cứng mà có độ bền mỏi ưu việt và thích hợp để sử dụng trong các phương tiện, các máy công nghiệp, và các loại tương tự, trong sản xuất hàng loạt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ kèm theo:

Fig.1 là biểu đồ minh họa các điều kiện cacbon hóa-tôi-ram; và

Fig.2 là biểu đồ minh họa hình dạng của mảnh thử nghiệm mẫu do uốn quay kiểu Ono.

Mô tả chi tiết sáng chế

Một trong các phương án bộc lộ được mô tả chi tiết dưới đây.

Các lý do để giới hạn hợp phần hóa học của thép ở khoảng nêu trên theo phương án này được mô tả đầu tiên. Trong phần mô tả sau đây, "%" liên quan đến các thành phần biểu thị % khối lượng trừ khi có quy định khác.

C: từ 0,10% đến 0,30%

Hàm lượng C cần phải là 0,10% hoặc lớn hơn, để tăng cường độ cứng của phần trung tâm (sau đây được gọi là "lõi") của vật liệu được tôi bằng cách tôi sau khi xử lý cacbon hóa. Nếu hàm lượng C lớn hơn 0,30%, độ dẻo dai của lõi giảm xuống. Do đó, hàm lượng C được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,10% đến 0,30%. Tốt hơn là, hàm lượng C nằm trong khoảng từ 0,15% đến 0,25%.

Si: từ 0,10% đến 1,20%

Si là nguyên tố có hiệu quả trong việc làm tăng khả năng chống hóa mềm trong khoảng nhiệt độ từ 200°C đến 300°C mà bánh răng hoặc các loại tương tự được mong đợi đạt được trong quá trình cán. Si cũng có hiệu quả ngăn chặn sự tạo ra cacbua thô trong quá trình cacbon hóa. Hàm lượng Si cần phải là ít nhất 0,10%. Trong khi đó, Si là nguyên tố ổn định ferit, và việc bổ sung quá mức Si làm tăng điểm chuyển đổi A_{c3} và tạo điều kiện thuận lợi cho sự xuất hiện của ferit trong lõi có hàm lượng cacbon thấp trong khoảng nhiệt độ tôi thông thường, gây ra độ bền mỏi do uốn thấp hơn trong chân răng bánh răng. Do đó, giới hạn trên của Si là 1,20%. Tốt hơn

là, hàm lượng Si nằm trong khoảng từ 0,20% đến 0,60%.

Mn: từ 0,30% đến 1,50%

Mn là nguyên tố có hiệu quả trong việc cải thiện khả năng tôi cứng. Hàm lượng Mn cần phải là ít nhất 0,30%. Trong khi đó, Mn có xu hướng dễ tạo ra lớp cacbon dị thường. Ngoài ra, sự bổ sung Mn quá mức làm cho lượng quá mức của austenit bị giữ lại, mà dẫn đến độ cứng thấp hơn. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Mn là 1,50%. Tốt hơn là, hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ 0,50% đến 1,20%.

S: từ 0,010% đến 0,030%

S có chức năng tạo ra sulfit Mn để cải thiện khả năng gia công bằng cách cắt, và vì vậy hàm lượng S là 0,010% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, sự bổ sung S quá mức gây ra độ bền mỏi thấp hơn và độ dẻo dai của chi tiết. Do đó, giới hạn trên của S là 0,030%.

Cr: từ 0,10% đến 1,00%

Cr là nguyên tố có hiệu quả trong việc cải thiện không chỉ về khả năng tôi cứng mà còn về khả năng chống hóa mềm khi ram. Nếu hàm lượng Cr nhỏ hơn 0,10%, thì hiệu quả bổ sung Cr là kém. Nếu hàm lượng Cr lớn hơn 1,00%, thì có xu hướng tạo ra lớp cacbon hóa dị thường. Ngoài ra, khả năng tôi cứng trở nên quá cao, và do đó độ dẻo dai bên trong của bánh răng giảm xuống và độ bền mỏi do uốn giảm xuống. Do đó, hàm lượng Cr được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%. Tốt hơn là, hàm lượng Cr nằm trong khoảng từ 0,10% đến 0,60%.

B: từ 0,0005% đến 0,0050%

B là nguyên tố có hiệu quả trong việc đảm bảo khả năng tôi cứng khi được bổ sung theo lượng nhỏ, và hàm lượng B cần phải là 0,0005%. Nếu hàm lượng B lớn hơn 0,0050%, thì lượng BN tăng lên, gây ra độ bền mỏi thấp hơn và độ dẻo dai của chi tiết. Do đó, hàm lượng B được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0050%. Tốt hơn là, hàm lượng B nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0040%.

Sb: từ 0,005% đến 0,020%

Sb có xu hướng mạnh mẽ tách biệt với các biên hạt, và vì vậy là nguyên tố quan trọng để ngăn chặn các phản ứng lớp bề mặt như khử bo và nitơ hóa (sự tạo ra BN) trong quá trình xử lý cacbon hóa và đảm bảo khả năng tôi cứng. Để đạt được hiệu quả này, hàm lượng Sb cần phải ít nhất là 0,005%. Tuy nhiên, sự bổ sung Sb quá mức, không chỉ làm tăng chi phí mà còn làm giảm độ dẻo dai. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Sb là 0,020%. Tốt hơn là, hàm lượng Sb nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,015%.

Về Sb, điều cũng quan trọng là thỏa mãn mối quan hệ giữa biểu thức sau đây liên quan đến hàm lượng của Si, Mn, và Cr được đề cập ở trên:

$$Sb \geq \{Si/2 + (Mn + Cr)/5\}/70.$$

Biểu thức này thể hiện yếu tố ảnh hưởng đến độ sâu lớp oxy hóa biên hạt. Trong trường hợp mà Sb không thỏa mãn trị số quy định liên quan đến các hàm lượng của Si, Mn, và Cr, hiệu quả ngăn oxy hóa biên hạt là kém, dẫn đến làm giảm độ bền mỏi.

Sự oxy hóa biên hạt là hiện tượng trong đó các biên hạt tinh thể của phần lớp bề mặt của vật liệu thép bị oxy hóa bên trong khi xử lý nhiệt như xử lý cacbon hóa. Nếu Si, Cr, hoặc nguyên tố tương tự mà được oxy hóa dễ dàng có chọn lọc có mặt trong thép, thì sự tạo ra các oxit của nó được tạo điều kiện thuận lợi. Do nguyên tố nêu trên được tiêu dùng bởi sự oxy hóa ở phần oxy hóa biên hạt, độ cứng giảm xuống với sự giảm xuống về khả năng tôi cứng ở phần ngoại vi, mà có xu hướng gây ra đứt gãy mỏi. Theo phương án này, bằng cách định rõ giới hạn dưới của lượng bổ sung của Sb có chức năng ngăn chặn sự oxy hóa biên hạt phụ thuộc vào các hàm lượng của Si, Mn, và Cr như được thể hiện trong vế bên phải của biểu thức, khả năng tôi cứng ở lớp bề mặt được đảm bảo, và sự giảm về độ bền mỏi được tránh.

N: 0,0150% hoặc nhỏ hơn.

N là nguyên tố mà liên kết với Al để tạo ra AlN và góp phần làm mịn hơn hạt tinh thể austenit. Để đạt được hiệu quả này, tốt hơn là hàm lượng N là 0,0030% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, sự bổ sung N quá mức, không chỉ khó đảm bảo chất tan B, mà còn gây ra các lỗ rỗ khí trong thép trong quá trình hóa cứng và làm giảm tính rèn được. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng N là 0,0150%.

Hàm lượng Al được quy định như sau, phụ thuộc vào lượng B.

$$0,010\% \leq Al \leq 0,120\% \text{ trong trường hợp mà } B - (10,8/14)N \geq 0,0003\%$$

Al là nguyên tố cần thiết làm chất khử oxit, và cũng là nguyên tố cần thiết để đảm bảo chất tan B theo phương án này. Ở đây, “ $B - (10,8/14)N$ ” thể hiện lượng B (sau đây còn được gọi là “lượng của chất tan B”) của phần còn lại thu được bằng cách trừ, từ hàm lượng B, lượng B mà liên kết theo hệ số tỷ lượng với N.

Trong trường hợp mà lượng chất tan B là 0,0003% hoặc lớn hơn, chất tan B cần thiết để cải thiện khả năng tôi cứng được đảm bảo. Trong trường hợp này, nếu hàm lượng Al nhỏ hơn 0,010%, sự khử oxy là không đủ, và sự giảm về sức bền mỗi được gây ra bởi thể vùi dựa trên oxit. Nếu hàm lượng Al lớn hơn 0,120%, thì độ dẻo dai giảm xuống do sự tắc vùi phun trong quá trình đúc liên tục hoặc sự tạo thành của thể vùi cụm chứa nhôm oxit. Theo đó, trong trường hợp mà lượng chất tan B là 0,0003% hoặc lớn hơn, hàm lượng Al được thiết lập là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,120% hoặc nhỏ hơn.

$$27/14[(N - (14/10,8)B + 0,030) \leq Al \leq 0,120\%$$

$$\text{trong trường hợp: } B - (10,8/14)N < 0,0003\%$$

Trong trường hợp mà lượng chất tan B nhỏ hơn 0,0003%, toàn bộ lượng N liên kết với B trừ khi có nguyên tố hợp kim khác bất kỳ mà dễ dàng liên kết với N. Điều này làm cho khó đảm bảo chất tan B.

Trong trường hợp này, lượng Al mà liên kết với N tương đối dễ dàng cần được tăng lên để đảm bảo lượng chất tan B góp phần vào khả

năng tôi cứng được cải thiện. Để làm như vậy, hàm lượng Al được thiết lập là $27/14[(N - (14/10,8)B + 0,030)]\%$ hoặc lớn hơn, để đảm bảo lượng chất tan B là 0,0003% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Al là 0,120%, như ở trong trường hợp nêu trên.

Phần còn lại khác với các thành phần được mô tả ở trên là sắt và các tạp chất ngẫu nhiên. Trong số các tạp chất, Ti cần được giới hạn bởi giới hạn trên sau đây.

Ti: 0,005% hoặc nhỏ hơn.

Ti có độ bền liên kết cao với N, và tạo ra TiN. TiN tồn tại trong thép ở dạng thể vùi hình vuông tương đối lớn, và do đó gây ra sự mỏi, dẫn đến sự mỏi bề mặt như ăn mòn điểm trong bánh răng và độ bền mỏi do uốn cong thấp hơn của chân răng bánh răng của nó. Do đó, theo phương án này, Ti là tạp chất, và hàm lượng Ti mong muốn càng thấp càng tốt. Chi tiết, nếu hàm lượng Ti lớn hơn 0,005%, thì các ảnh hưởng xấu xảy ra. Do đó, hàm lượng Ti được giới hạn ở 0,005% hoặc nhỏ hơn.

Các tạp chất ngẫu nhiên khác bao gồm P và O.

P tách khỏi các biên hạt, và gây ra sự giảm về độ dẻo dai của lớp cacbon hóa và bên trong. Do đó, hàm lượng P mong muốn càng thấp càng tốt. Chi tiết, nếu hàm lượng P lớn hơn 0,020%, thì các ảnh hưởng xấu xảy ra. Do đó, hàm lượng P tốt hơn là 0,020% hoặc nhỏ hơn.

O là nguyên tố mà tồn tại ở dạng thể vùi trên cơ sở oxit trong thép và truyền độ bền mỏi. O gây ra sự giảm về độ bền mỏi và độ dẻo dai, như với thể vùi TiN. Do đó, hàm lượng O mong muốn càng thấp càng tốt. Cụ thể là, nếu hàm lượng O lớn hơn 0,0020%, thì các ảnh hưởng xấu xảy ra. Do đó, hàm lượng O tốt hơn là 0,0020% hoặc nhỏ hơn.

Hợp phần hóa học cơ bản theo phương án này đã được mô tả ở trên. Để cải thiện hơn nữa các đặc tính, một hoặc cả hai trong số Nb và V có thể được bổ sung.

Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn

Nb có thể được bổ sung khi tinh luyện các hạt tinh thể để tăng

cường các biên hạt và do đó góp phần vào độ bền mỏi được cải thiện. Trong trường hợp bổ sung Nb, tốt hơn là hàm lượng Nb là 0,010% hoặc lớn hơn. Hiệu quả bão hòa ở 0,050%. Ngoài ra, việc bổ sung lượng lớn Nb gây ra sự tăng lên về chi phí. Do đó, tốt hơn là giới hạn trên của hàm lượng Nb là 0,050%.

V: 0,200% hoặc nhỏ hơn

V là nguyên tố mà cải thiện khả năng tôi cứng và, như với Si và Cr, làm tăng khả năng chống hóa mềm khi ram. V cũng có hiệu quả kìm hãm sự làm thành hạt thô của các hạt tinh thể bằng cách tạo ra carbonitrua. Để đạt được hiệu quả này, tốt hơn là hàm lượng V là 0,030% hoặc lớn hơn. Hiệu quả bão hòa ở 0,200%. Ngoài ra, việc bổ sung lượng lớn V gây ra sự tăng lên về chi phí. Theo đó, trong trường hợp bổ sung V, tốt hơn là hàm lượng V là 0,200% hoặc nhỏ hơn.

Để cải thiện khả năng gia công bằng cách cắt, nguyên tố dễ cắt như Pb, Se, hoặc Ca có thể được bổ sung tùy ý.

Các điều kiện sản xuất khi chế tạo một chi tiết cho kết cấu máy từ thép vô cứng theo phương án này không bị giới hạn cụ thể, nhưng ưu tiên là các điều kiện sản xuất như sau.

Vật liệu thép có hợp phần hóa học được mô tả ở trên được nung chảy và được đúc thành phôi. Phôi được cán nóng, và sau đó được đưa vào tạo hình trước cho bánh răng. Sau bước này, phôi được gia công hoặc được rèn và sau đó được gia công ở dạng bánh răng, và sau đó được đưa vào xử lý cacbon hóa-tôi. Hơn nữa, bề mặt răng bánh răng được đánh bóng tùy ý, để thu được sản phẩm cuối cùng. Phun bi làm bền bề mặt và các loại tương tự có thể được thực hiện thêm nữa. Việc xử lý cacbon hóa-tôi được thực hiện ở nhiệt độ cacbon hóa nằm trong khoảng từ 900°C đến 1050°C và nhiệt độ tôi nằm trong khoảng từ 800°C đến 900°C. Việc ram tốt hơn là được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 120°C đến 250°C.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Mỗi thép có hợp phần hóa học được thể hiện trong Bảng 1 thu được bằng cách luyện thép, và đúc thành phôi. Phôi được cán nóng để tạo thành các thanh thép 20mmφ, 32 mφ, và 70mmφ. Mỗi thanh thép tròn thu được được chuẩn hóa ở 925°C. Trong Bảng 1, các số từ 1 đến 15 là các thép theo sáng chế có hợp phần hóa học theo sáng chế, các số từ 16 đến 33 là các thép so sánh chứa ít nhất một thành phần có hàm lượng mà lệch khỏi trị số quy định theo sáng chế, và số 34 là vật liệu JIS SCr420. Mẫu thử nghiệm mỗi do uốn quay kiểu Ono và mẫu thử nghiệm mỗi bánh răng được thu thập từ thanh tròn được chuẩn hóa. Mỗi mẫu thử nghiệm có hợp phần hóa học được thể hiện trong Bảng 1 được đưa vào cacbon hóa-tôi-ram theo điều kiện được minh họa trong Fig.1, và sau đó mỗi độ sâu lớp oxy hóa biên hạt, độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả, độ cứng bề mặt, và độ cứng bên trong được nghiên cứu và thử nghiệm mỗi do uốn quay và thử nghiệm mỗi bánh răng được tiến hành. Phần sau đây mô tả chi tiết của mỗi nghiên cứu.

Độ sâu lớp oxy hóa biên hạt, độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả, độ cứng bề mặt, độ cứng bên trong

Thanh tròn 20mmφ của mỗi thép theo sáng chế, thép so sánh, và SCr420 được đưa vào xử lý cacbon hóa-tôi-ram, và sau đó được cắt. Độ sâu lớp oxy hóa biên hạt tối đa ở phần cắt được đo bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học ở độ phóng đại 400 lần mà không cần khắc mòn.

Sự phân bố độ cứng của các đoạn giống nhau cũng được đo, và độ sâu với độ cứng Vickers là 550 HV từ bề mặt được thiết lập làm độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả. Độ cứng bề mặt được định nghĩa là trị số trung bình của 10 điểm độ cứng Vickers (HV 10 kgf) của bề mặt thanh tròn. Độ cứng bên trong được định nghĩa là trị số trung bình của 5 điểm độ cứng Vickers (HV 10 kgf) ở vị trí độ sâu là 5mm từ lớp bề mặt.

Độ bền mỗi do uốn quay

Mẫu thử nghiệm với các kích thước và hình dạng được minh họa trong Fig.2 và có đường kính phân song song là 8mm thu được từ mỗi

thanh thép tròn có đường kính là 32mm để phần song song trùng với hướng cán, và mẫu thử nghiệm mỗi do uốn quay được thực hiện bằng cách tạo ra, trên toàn bộ chu vi của phần song song, vết khía (yếu tố vết khía: 1,56) có độ sâu 2mm theo hướng trục giao với phần song song. Mẫu thử nghiệm thu được được đưa vào xử lý cacbon hóa-tôi-ram. Sau đó, thử nghiệm mỗi do uốn quay được tiến hành bằng cách sử dụng máy đo độ mỗi do uốn quay kiểu Ono ở tốc độ quay 3000rpm, và độ bền mỗi do uốn quay được đo với giới hạn mỗi được thiết lập là 10^7 lần.

Độ bền mỗi bánh răng

Mỗi thanh tròn có đường kính 70mm được rèn và sau đó được gia công để thu được bánh răng xoắn với môđun 2,5 và đường kính bước răng là 80mm. Mẫu thử nghiệm thu được được thử nghiệm bằng máy đo độ mỗi bánh răng kiểu tuần hoàn công suất ở tốc độ quay là 3000rpm bằng cách áp dụng mômen xoắn định trước, bằng cách sử dụng dầu hộp số 80°C để bôi trơn. Độ bền mỗi bánh răng được đo với giới hạn mỗi được thiết lập ở 10^7 lần.

Các kết quả nghiên cứu

Bảng 2 thể hiện các kết quả nghiên cứu của mỗi mục nghiên cứu này. Ở cả hai độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng, các thép theo sáng chế (các số từ 1 đến 15) ít nhất có các mức độ giống như SCr420 (số 34) và tốt hơn các thép so sánh (các số từ 16 đến 33), như được thể hiện trong Bảng 2.

Thép so sánh số 16 có hàm lượng C thấp hơn khoảng theo sáng chế. Điều này gây ra độ cứng bên trong quá thấp, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 17 có hàm lượng C cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này gây ra độ dẻo dai thấp hơn của lõi, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 18 có hàm lượng Si thấp hơn khoảng theo sáng chế. Điều này gây ra khả năng chống hóa mềm khi ram thấp hơn, và dẫn đến sự

giảm về độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 19 có hàm lượng Si thấp hơn khoảng theo sáng chế và hàm lượng Cr cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã làm giảm điểm Ms của phần lớp bề mặt cacbon hóa, và làm tăng lượng austenit được giữ lại. Do đó, độ cứng lớp bề mặt bị suy giảm, dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 20 có hàm lượng Si cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã gây ra sự tạo ra ferit bên trong và tạo điều kiện thuận lợi cho đứt gãy mỗi do uốn cong ở chân răng bánh răng, dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 21 có hàm lượng Mn thấp hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã gây ra khả năng tôi cứng thấp hơn và độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả nhỏ hơn, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 22 có hàm lượng Mn cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã làm giảm điểm Ms của phần lớp bề mặt cacbon hóa, và làm tăng lượng austenit được giữ lại. Do đó, độ cứng bề mặt bị suy giảm, dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 23 có hàm lượng S cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã làm tăng sự tạo ra MnS gây đứt gãy mỗi, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 24 có hàm lượng Cr thấp hơn khoảng theo sáng chế. Điều này gây ra độ cứng lõi thấp hơn và khả năng chống hóa mềm khi ram thấp hơn, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 25 và 26 có hàm lượng Cr cao hơn khoảng thép sáng chế. Điều này đã làm giảm điểm Ms của phần lớp bề mặt cacbon hóa, và làm tăng lượng austenit được giữ lại. Do đó, độ cứng lớp bề mặt bị suy giảm, dẫn đến sự giảm về độ bền mỗi do uốn quay và độ bền mỗi bánh răng.

Thép so sánh số 27 có hàm lượng B thấp hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã gây ra khả năng tôi cứng thấp hơn và độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả nhỏ hơn, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Thép so sánh số 28 có hàm lượng B cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này gây ra sự tạo ra BN làm cho độ dẻo dai thấp hơn, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Thép so sánh số 29 có hàm lượng Al thấp hơn trị số giới hạn dưới được tính từ biểu thức $(27/14[(N - (14/10,8)B + 0,030] \leq Al \leq 0,120\%)$ được quy định theo sáng chế. Điều này làm cho không thể đảm bảo lượng chất tan B góp phần vào khả năng tôi cứng được cải thiện, và đã gây ra độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả nhỏ hơn và độ cứng bên trong thấp hơn, dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Thép so sánh số 30 có hàm lượng Sb thấp hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã gây ra sự khử bo trong quá trình cacbon hóa và đã làm giảm độ cứng lớp bề mặt, dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Thép so sánh số 31 có hàm lượng N cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này làm cho không thể đảm bảo lượng chất tan B góp phần vào khả năng tôi cứng được cải thiện, và đã gây ra độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả nhỏ hơn và độ cứng bên trong thấp hơn, dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Thép so sánh số 32 có hàm lượng Ti cao hơn khoảng theo sáng chế. Điều này đã tạo điều kiện thuận lợi cho sự đứt gãy mỏi bởi TiN, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Thép so sánh số 33 có các thành phần trong khoảng theo sáng chế, nhưng lớp oxy hóa biên hạt của nó là sâu bởi vì lượng Sb không thỏa mãn biểu thức quy định $(Sb \geq \{Si/2 + (Mn + Cr)/5\}/70)$. Điều này đã gây ra độ cứng lớp bề mặt thấp, và dẫn đến sự giảm về độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi bánh răng.

Bảng 1																		
Hợp phần hóa học (% khối lượng)																		
Số thứ tự	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Chất tan B*4	Giới hạn dưới Al*2	Al	Sb	Biểu thức quy định*3	N	Ti	O	Nb	V	Các ghi chú
1	0,18	0,56	0,84	0,013	0,024	0,33	0,0038	0,0003	0,010	0,013	0,010	0,007	0,0046	0,002	0,0013	-	-	
2	0,22	0,25	0,57	0,011	0,015	0,55	0,0029	<0,0003	0,063	0,075	0,012	0,005	0,0062	0,003	0,0012	-	-	
3	0,21	0,36	0,31	0,015	0,014	0,98	0,0016	<0,0003	0,068	0,088	0,007	0,006	0,0075	0,002	0,0008	-	-	
4	0,19	0,12	0,75	0,014	0,020	0,59	0,0036	0,0005	0,010	0,029	0,008	0,005	0,0040	0,004	0,0011	-	-	
5	0,26	0,50	0,90	0,012	0,025	0,70	0,0045	<0,0003	0,062	0,065	0,018	0,008	0,0080	0,001	0,0014	-	-	
6	0,25	0,31	0,60	0,020	0,014	0,35	0,0020	<0,0003	0,070	0,090	0,011	0,005	0,0091	0,003	0,0010	-	-	
7	0,20	0,20	0,55	0,014	0,010	0,50	0,0025	<0,0003	0,063	0,070	0,008	0,004	0,0060	0,002	0,0009	-	-	
8	0,20	0,40	0,58	0,011	0,012	0,51	0,0007	<0,0003	0,069	0,086	0,010	0,006	0,0068	0,002	0,002	-	-	
9	0,22	0,59	0,65	0,010	0,018	0,40	0,0042	<0,0003	0,069	0,081	0,016	0,007	0,0113	0,001	0,0013	-	-	
10	0,24	0,30	0,65	0,013	0,020	0,60	0,0035	<0,0003	0,064	0,080	0,015	0,006	0,0075	0,003	0,0011	-	-	
11	0,16	0,20	1,49	0,014	0,018	0,24	0,0049	0,0007	0,010	0,030	0,006	0,006	0,0055	0,003	0,0008	-	-	
12	0,16	0,15	0,40	0,014	0,010	0,30	0,0010	<0,0003	0,063	0,090	0,005	0,003	0,0039	0,002	0,0011	-	-	
13	0,24	0,45	0,82	0,015	0,016	0,30	0,0040	0,0005	0,010	0,021	0,015	0,006	0,0046	0,003	0,0011	-	-	
14	0,22	0,98	1,07	0,010	0,021	0,12	0,0031	<0,0003	0,064	0,073	0,019	0,010	0,0070	0,002	0,0015	0,027	-	
15	0,21	1,16	0,62	0,012	0,015	0,46	0,0025	<0,0003	0,069	0,118	0,013	0,011	0,0089	0,003	0,0012	-	0,058	

*1 Nằm ngoài khoảng áp dụng được gạch chân,

*2 0,010% trong trường hợp mà B-(10,8/14)N^{0,0003%}

27/14[(N-(14 /10,8)B+0,030] trong trường hợp mà B-(10,8/14)B<0,0003%

*3 {Si/2+(Mn+Cr)/5}/70

*4 B-(10,8/14)N

Bảng 1 (tiếp theo)

Bảng 1 (tiếp theo)																	
Hợp phần hóa học (% khối lượng)																	
Số thứ tự	C	Si	Mn	P	S	Cr	B	Chất tan B*4	Giới hạn dưới Al*2	Al	Sb	Biểu thức quy định*3	N	Ti	O	Nb	V
16	0,08	0,24	0,53	0,013	0,028	0,55	0,0018	<0,0003	0,063	0,082	0,010	0,005	0,0050	0,004	0,0013	-	-
17	0,31	0,73	0,82	0,013	0,016	0,68	0,0045	0,0010	0,010	0,025	0,012	0,010	0,0045	0,001	0,0014	-	-
18	0,26	0,09	1,15	0,014	0,013	0,28	0,0026	<0,0003	0,071	0,100	0,006	0,005	0,0102	0,003	0,0015	-	-
19	0,17	0,03	0,85	0,009	0,008	1,18	0,0016	<0,0003	0,067	0,072	0,012	0,006	0,0066	0,002	0,001	-	-
20	0,20	1,22	0,91	0,011	0,019	0,46	0,0034	<0,0003	0,064	0,079	0,018	0,013	0,0077	0,003	0,0012	-	-
21	0,19	0,54	0,29	0,014	0,022	0,73	0,0039	0,0007	0,010	0,034	0,014	0,007	0,0041	0,002	0,0010	-	-
22	0,12	0,19	1,53	0,012	0,020	0,85	0,0020	<0,0003	0,065	0,085	0,018	0,008	0,0064	0,003	0,0011	-	-
23	0,21	0,20	1,02	0,011	0,034	0,40	0,0025	<0,0003	0,066	0,090	0,007	0,005	0,0073	0,001	0,0012	-	-
24	0,20	0,91	0,75	0,010	0,016	0,07	0,0014	<0,0003	0,066	0,071	0,009	0,009	0,0060	0,004	0,0015	-	-
25	0,24	1,01	0,48	0,014	0,017	1,01	0,0047	0,0009	0,010	0,029	0,012	0,011	0,0049	0,005	0,0008	-	-
26	0,21	0,18	0,69	0,011	0,016	1,22	0,0023	<0,0003	0,010	0,062	0,012	0,007	0,0039	0,003	0,0009	-	-
27	0,18	0,36	0,51	0,012	0,020	0,64	0,0002	<0,0003	0,069	0,086	0,015	0,006	0,0058	0,002	0,0012	-	-
28	0,21	0,40	0,69	0,013	0,014	0,61	0,0052	<0,0003	0,061	0,072	0,010	0,007	0,0082	0,002	0,0015	-	-
29	0,15	0,22	1,28	0,019	0,012	0,42	0,0026	<0,0003	0,064	0,048	0,011	0,006	0,0066	0,003	0,0019	-	-
30	0,20	0,46	0,73	0,015	0,015	0,51	0,0029	<0,0003	0,067	0,099	0,002	0,007	0,0087	0,002	0,0013	-	-
31	0,19	0,68	0,55	0,013	0,024	0,60	0,0007	<0,0003	0,089	0,090	0,010	0,008	0,0172	0,003	0,0013	-	-
32	0,23	0,15	0,98	0,012	0,016	0,48	0,0021	<0,0003	0,068	0,070	0,019	0,005	0,0079	0,007	0,0011	-	-
33	0,18	0,49	0,62	0,012	0,011	0,50	0,0031	<0,0003	0,061	0,084	0,005	0,007	0,0055	0,003	0,0010	-	-
34	0,20	0,28	0,85	0,015	0,021	1,15	-	-	-	0,032	-	-	0,0128	0,001	0,0009	-	-
Thép thông thường																	
Thép so sánh																	
Các ghi chú																	

*1 Năm ngoài khoảng áp dụng được gạch chân.

*2 0,010% trong trường hợp mã B-(10,8/14)N³0,0003%

27/14[(N-(14 /10,8)B+0,030] trong trường hợp mã B-(10,8/14)B<0,0003%

*3 { Si/2+(Mn+Cr)/5 }/70

*4 B-(10,8/14)N

Bảng 2

Số thứ tự	Độ sâu lớp oxy hóa biên hạt (μm)	Độ sâu vỏ được làm cứng hiệu quả (mm)	Độ cứng bề mặt (HV10kgf)	Độ cứng bên trong (HV10kgf)	Độ bền mỏi do uốn quay (MPa)	Độ bền mỏi bánh răng (N.m)	Các ghi chú
1	16	0,86	709	435	565	370	Thép theo sáng chế
2	14	0,88	720	428	553	340	
3	15	0,90	725	431	555	360	
4	13	0,92	710	440	572	340	
5	17	0,96	709	460	575	380	
6	15	0,87	731	425	548	330	
7	14	0,85	725	428	561	340	
8	17	0,90	718	430	560	350	
9	15	0,88	715	439	564	360	
10	15	0,91	717	450	559	350	
11	16	0,93	702	453	568	370	
12	13	0,85	735	422	549	330	
13	14	0,91	707	438	552	350	
14	16	0,95	713	442	575	350	
15	13	0,96	722	449	581	380	
16	15	0,77	720	321	488	280	Thép so sánh
17	16	0,95	705	486	524	300	
18	13	0,88	722	439	549	290	
19	15	0,92	675	462	491	280	
20	14	0,94	708	401	540	300	
21	17	0,81	711	375	500	290	
22	15	0,93	677	469	493	270	
23	15	0,89	703	440	502	300	
24	13	0,80	720	384	487	280	
25	14	0,94	681	465	499	270	
26	16	0,91	670	460	485	270	
27	17	0,78	712	369	505	270	
28	17	0,86	708	421	509	290	
29	15	0,75	689	372	493	260	
30	18	0,81	603	398	485	270	
31	17	0,83	705	387	508	290	
32	15	0,90	710	449	511	310	
33	28	0,83	620	438	480	270	Thép thông thường
34	14	0,87	701	431	547	330	

YÊU CẦU BẢO HỘ**1. Thép vỏ cứng bao gồm, theo % khối lượng:**

C: từ 0,10% đến 0,30%,

Si: từ 0,10% đến 1,20%,

Mn: từ 0,30% đến 1,50%,

S: từ 0,010% đến 0,030%,

Cr: từ 0,10% đến 1,00%,

B: từ 0,0005% đến 0,0050%,

Sb: từ 0,005% đến 0,020%,

N: 0,0150% hoặc nhỏ hơn, và

Al: $0,010\% \leq Al \leq 0,120\%$ trong trường hợp mà $B - (10,8/14)N \geq$

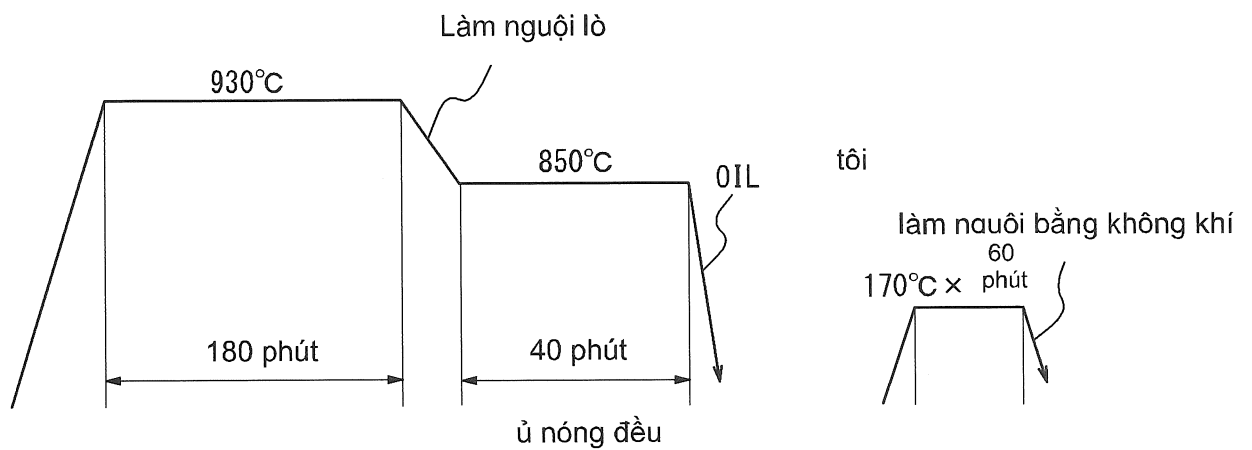
$0,0003\%$, và $27/14[N - (14/10,8)B + 0,030] \leq Al \leq 0,120\%$ trong trường hợp mà $B - (10,8/14)N < 0,0003\%$,

với phần còn lại là sắt và các tạp chất ngẫu nhiên,

trong đó mỗi quan hệ sau đây được thỏa mãn: $Sb \geq \{Si/2 + (Mn +$ $Cr)/5\}/70$, và

Ti trong các tạp chất ngẫu nhiên là 0,005% hoặc nhỏ hơn.

2. Thép vỏ cứng theo điểm 1, trong đó thép này còn bao gồm, theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố trong số Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn và V: 0,200% hoặc nhỏ hơn.

FIG. 1

giai đoạn cacbon hóa : Nồng độ C = 1,1%
giai đoạn phân tán : Nồng độ C = 0,8%

FIG. 2