



(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)



1-0033097

(51)^{2016.01} F02F 1/00; F16J 10/00; F02F 5/00

(13) B

(21) 1-2020-01932

(22) 05/07/2019

(86) PCT/JP2019/026763 05/07/2019

(87) WO2020/022032 30/01/2020

(30) JP2018-139942 26/07/2018 JP

(45) 25/09/2022 414

(43) 25/12/2020 393

(73) 1. TPR CO., LTD. (JP)

6-2, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0005, Japan

2. TPR INDUSTRY CO., LTD. (JP)

1, Central Industrial Park, Sagae-shi, Yamagata 990-0561, Japan

(72) Kiyoyuki KAWAI (JP); Shinji AMAIKE (JP); Tetsuya NANGO (JP); Seiji TAMAKI (JP); Seeroku HOSHINO (JP); Wataru SUZUKI (JP); Takashi OIZUMI (JP); Hiroshi YAGUCHI (JP); Takashi SUZUKI (JP).

(74) Văn phòng Luật sư Ân Nam (ANNAM IP & LAW)

(54) ỐNG LÓT XI LẠNH BẰNG GANG VÀ ĐỘNG CƠ ĐÓT TRONG

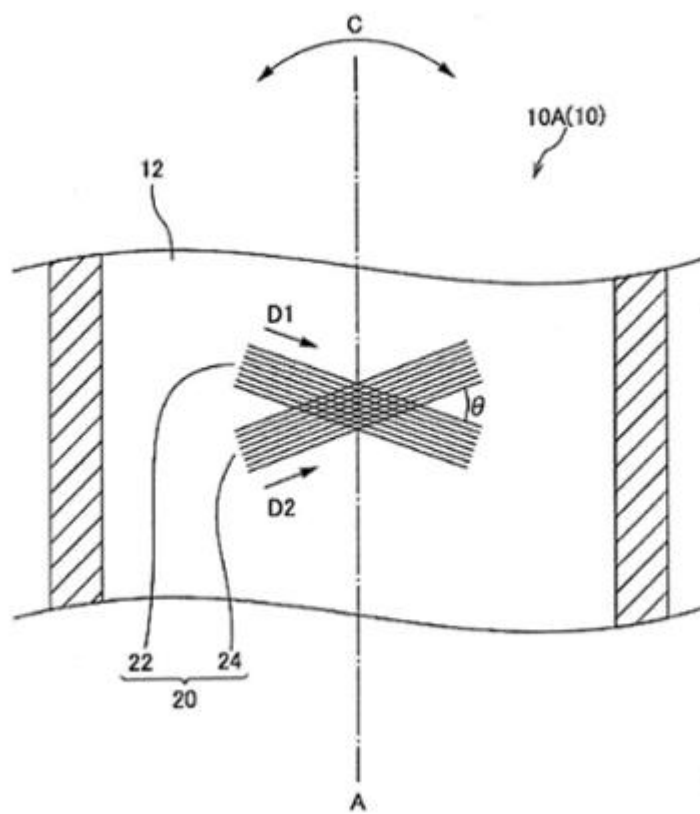
(57) Để giảm ma sát, và để cung cấp khả năng chống kẹt tuyệt vời. Sáng chế đã đề xuất ống lót xi lanh bằng gang, bao gồm bề mặt trượt chu vi bên trong bằng gang, và động cơ đốt trong có lỗ xi lanh bao gồm một bề mặt trượt chu vi bên trong làm bằng gang, trong đó bề mặt trượt chu vi bên trong bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

•Biểu thức (1) $Rvk/Rk \geq 1,0$

•Biểu thức (2) $0,08 \mu m \leq Rk \leq 0,3 \mu m$

•Biểu thức (3) $Rk - Rpk > 0$

Rk là độ dày nhám lõi dựa trên JIS B0671-2:2002, Rpk là độ cao đỉnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002 và Rvk là độ sâu rãnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002] trong biểu thức (1) đến biểu thức (3)].



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ống lót xi lanh bằng gang và động cơ đốt trong.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục tiêu liên quan đến động cơ đốt trong trong những năm gần đây là giảm tiêu thụ nhiên liệu. Giảm tổn thất do ma sát của hệ thống pittông có hiệu quả như một biện pháp để giảm tiêu thụ nhiên liệu của động cơ đốt trong. Để giảm tổn thất do ma sát của hệ thống pittông, các nghiên cứu sau đây được tiến hành. a) Ví dụ, đối với phần pittông, các nghiên cứu liên quan đến việc giảm lực căng của vòng pittông, hình dạng chu vi bên ngoài của bề mặt trượt và giảm hệ số ma sát của quá trình xử lý bề mặt được tiến hành. b) Ví dụ, liên quan đến xi lanh hoặc ống lót xi lanh, các nghiên cứu liên quan đến độ nhám bề mặt, vật liệu và giảm hệ số ma sát của quá trình xử lý bề mặt đối với bề mặt trượt chu vi bên trong đang được tiến hành (ví dụ, tài liệu sáng chế từ 1 đến 5).

Trong tài liệu sáng chế 1, đã đề xuất bộ phận trượt kết hợp bao gồm một vòng pittông bao gồm một bề mặt trượt có độ nhám bề mặt Rz (độ nhám trung bình mười điểm, JIS B 0601:1994) từ 0,5 μm đến 1,0 μm và ống lót xi lanh bao gồm một bề mặt trượt có độ nhám bề mặt Rz (độ nhám trung bình mười điểm, JIS B 0601:1994) từ 0,5 μm đến 1,5 μm , độ cao độ mòn ban đầu Rpk từ 0,05 μm đến 0,2 μm dựa trên tiêu chuẩn DIN4776, độ nhám tải hiệu quả Rk từ 0,2 μm đến 0,6 μm , và độ sâu chứa dầu Rvk từ 0,10 μm đến 0,35 μm . Hơn nữa, trong tài liệu sáng chế 1, đã bộc lộ bề mặt trượt của ống lót xi lanh được làm bằng vật liệu bất kỳ trong số gang, gang đúc với bo và thép. Với công nghệ được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, bộ phận trượt có khả năng đáp ứng yêu cầu giảm ma sát và rất tốt trong việc chống cọ mòn (chống kẹt) có thể được đề xuất.

Ngoài ra, trong tài liệu sáng chế 2, đã đề xuất màng phủ phun nền sắt đối với hộp xi lanh được tạo thành trên một bề mặt chu vi bên trong lỗ xi lanh của vật liệu làm hộp xi lanh. Bề mặt tương ứng với bề mặt chu vi bên trong xi lanh của màng phủ phun nền sắt cho hộp xi lanh có các lỗ có độ nhám trung bình Ra nhỏ hơn hoặc bằng 0,4 μm , và độ sâu chứa dầu Rvk từ 0,2 μm đến 2,0 μm . Trong hộp xi lanh như được dùng cho động cơ có công suất cao, trong đó áp suất bên trong xi lanh cao đáng kể, tải trọng cao được đặt lặp đi lặp lại lên màng phủ phun bởi áp suất đốt cháy cao, do đó xảy ra nứt và bong tróc bên trong màng phủ phun. Để giải quyết vấn đề này, kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 đề xuất màng phủ phun nền sắt cho hộp xi lanh, có khả năng chống bong

tróc tốt dưới áp suất bề mặt cao.

Ngoài ra, trong tài liệu sáng chế 3, đã đề xuất tổ hợp của ống lót xi lanh hợp kim nhôm và vòng pittông, bao gồm một bề mặt trượt chu vi bên ngoài có lớp được nitrat hóa hình thành trên đó và có độ nhám bề mặt định trước, trượt trên bề mặt còn lại với áp suất bề mặt từ 0,03 MPa đến 0,2 MPa. Trong kết cấu này, độ nhám bề mặt của bề mặt chu vi bên trong của ống lót xi lanh hợp kim nhôm được thiết lập để có độ nhám trung bình mười điểm Rz dựa trên JIS B 0601: 1994 từ 0,5 μm đến 1,0 μm , độ nhám tải hiệu quả Rk từ 0,2 μm đến 0,4 μm , độ cao độ mòn ban đầu Rpk từ 0,05 μm đến 0,1 μm , và độ sâu chứa dầu Rvk từ 0,08 μm đến 0,2 μm . Kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 3 có mục đích là giải quyết yêu cầu giảm trọng lượng của động cơ và giảm ma sát giữa ống lót xi lanh và vòng pittông, giảm lượng mài mòn tương hỗ và cải thiện khả năng chống cọ mòn.

Ngoài ra, trong tài liệu sáng chế 4, đã đề cập đến hộp xi lanh hợp kim nhôm được tạo ra sao cho bề mặt của lỗ xi lanh thỏa mãn $Rk + Ppk < 1,0 \mu\text{m}$ và $Rk + Rvk < 2,0 \mu\text{m}$. Trong các mối quan hệ này, Rk là độ nhám tải hiệu quả, Rpk là độ cao độ mòn ban đầu và Rvk là độ sâu chứa dầu. Kỹ thuật được mô tả trong tài liệu sáng chế 4 có mục đích là đề xuất hộp xi lanh hợp kim nhôm có thể được sản xuất với chi phí thấp trong khi vẫn đảm bảo các đặc tính cần thiết của bề mặt lỗ xi lanh. Ngoài ra, trong tài liệu sáng chế 4, đã bộc lộ rằng khả năng chống cọ mòn lớn hơn hoặc bằng so với ống lót xi lanh bằng gang có thể được đảm bảo trên bề mặt lỗ xi lanh bằng cách thiết lập chiều rộng của vùng lỗ trống, mà có Rk cao hơn 0,65 μm và có chênh lệch độ cao nhỏ hơn 2 μm giữa phần lõm và phần nhô được tạo ra theo hình xoắn ốc trên bề mặt lỗ xi lanh, nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 μm .

Ngoài ra, trong tài liệu sáng chế 5, đã đề xuất bộ phận tiếp xúc trượt có bề mặt tiếp xúc trượt, được tạo ra bằng cách mài và có độ nhám trung bình mười điểm (Rz) lớn hơn hoặc bằng 1 μm và nhỏ hơn hoặc bằng 5 μm , tỷ lệ chiều dài ổ bi (tp) lớn hơn hoặc bằng 55% và nhỏ hơn hoặc bằng 98% và độ nhám tải hiệu quả (Rk) nhỏ hơn hoặc bằng 1 μm . Kỹ thuật được mô tả trong tài liệu sáng chế 5 có mục đích là đề xuất bộ phận tiếp xúc trượt có bề mặt tiếp xúc trượt, rất tuyệt vời trong chức năng giữ dầu bôi trơn và đủ khả năng chống ma sát khi tiếp xúc trượt của bộ phận được xác định trước.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu bằng sáng chế

Tài liệu 1 JP 2004-116707 A

Tài liệu 2 JP 4984214 B2

Tài liệu 3 JP 4954644 B2

Tài liệu 4 JP 2012-12957 A

Tài liệu 5 JP 4678802 B2

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Như đã mô tả ở trên, trong những năm gần đây, từ góc độ giảm trọng lượng và chi phí của động cơ đốt trong, ống lót xi lanh hoặc hộp xi lanh làm bằng hợp kim nhôm như được minh họa trong tài liệu sáng chế 3 và tài liệu sáng chế 4 đang được nghiên cứu. Tuy nhiên, khi một vật liệu tạo thành bề mặt trượt chu vi bên trong của xi lanh là hợp kim nhôm, hợp kim nhôm kém hơn về độ cứng và khả năng chịu nhiệt so với vật liệu nền sắt và dễ gây ra các vấn đề trong việc chống mài mòn và chống cọ mòn (ví dụ, xem đoạn 0002 đến 0003 của tài liệu sáng chế 2). Ngoài ra, như được minh họa trong tài liệu sáng chế 2, khi vật liệu tạo thành bề mặt trượt chu vi bên trong của lỗ xi lanh là màng phủ phun, mặt phân cách có mặt giữa màng phủ phun và hộp xi lanh, và các lỗ rỗng cũng xuất hiện trong màng phủ phun, kết quả là xuất hiện bong tróc tại mặt phân cách và hình thành vết nứt bắt đầu từ lỗ rỗng gần như là không thể tránh khỏi. Dựa trên những quan điểm này, từ góc độ vật liệu làm bề mặt trượt chu vi bên trong, các đặc tính ma sát tuyệt vời hơn có thể được đảm bảo thông qua việc sử dụng ống lót xi lanh bằng gang, và do đó người ta cho rằng ống lót xi lanh bằng gang có lợi thế hơn.

Trong khi đó, để giải quyết nhu cầu giảm tiêu thụ nhiên liệu của động cơ đốt trong, dầu bôi trơn có độ nhớt thấp hơn đã được sử dụng để giảm ma sát trong những năm gần đây. Tuy nhiên, khi độ nhớt của dầu bôi trơn bị giảm, thì khả năng bề mặt trượt chu vi bên ngoài của vòng pittông và bề mặt trượt chu vi bên trong của lỗ xi lanh tiếp xúc trực tiếp với nhau tăng lên, dẫn đến kẹt dễ xảy ra hơn. Do đó, ngay cả với lớp lót xi lanh bằng gang của lĩnh vực kỹ thuật liên quan, rất khó để đồng thời đảm bảo giảm ma sát và khả năng chống kẹt tuyệt vời.

Sáng chế đã được thực hiện theo quan điểm của các trường hợp nêu trên, và có mục đích là đề xuất ống lót xi lanh bằng gang làm giảm ma sát và có khả năng chống kẹt tuyệt vời, và động cơ đốt trong.

Giải quyết vấn đề

Mục đích được đề cập ở trên đạt được bằng các phương án của sáng chế được mô tả dưới đây.

Theo sáng chế, được đề xuất là ống lót xi lanh bằng gang, bao gồm bề mặt trượt chu vi bên trong bằng gang, trong đó bề mặt trượt chu vi bên trong bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

· Biểu thức (1) $Rvk/Rk \geq 1,0$

· Biểu thức (2) $0,08 \mu m \leq Rk \leq 0,3 \mu m$

· Biểu thức (3) $Rk - Rpk > 0$

[trong biểu thức (1) đến biểu thức (3), Rk là độ dày nhám lõi dựa trên JIS B0671-2:2002, Rpk là độ cao đỉnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002 và Rvk là độ sâu rãnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002].

Theo một phương án của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là Rvk/Rk của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng 1,5.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là độ dày nhám lõi Rk của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng $0,2 \mu m$ và Rvk/Rk của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng 3,0.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là độ nhám trung bình cộng dựa trên JIS B0601: 2013 của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) nhỏ hơn hoặc bằng $0,5 \mu m$.

Trong một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là dấu gia công được cấu tạo bởi họa tiết đường chéo bao gồm nhóm đường thẳng song song thứ nhất và nhóm đường thẳng song song thứ hai đi qua nhóm đường thẳng song song thứ nhất được hình thành trong khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là góc đường chéo được tạo thành theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ nhất kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của ống lót xi lanh và theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ hai kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của ống lót xi lanh lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 38 độ.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là gang là gang graphit tấm.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là độ cứng của gang dựa trên JIS Z 2245: 2011 lớn hơn hoặc bằng 90 HRB và nhỏ hơn hoặc bằng 115 HRB.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong có cùng đặc tính bề mặt.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là độ sâu rãnh giảm Rvk nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\text{ }\mu\text{m}$.

Theo một phương án khác của ống lót xi lanh bằng gang theo sáng chế, tốt hơn là độ dày nhám lõi Rk lớn hơn hoặc bằng $0,08\text{ }\mu\text{m}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,25\text{ }\mu\text{m}$.

Theo sáng chế, được đề xuất động là cơ đốt trong, bao gồm: lỗ xi lanh bao gồm bề mặt trượt chu vi bên trong làm bằng gang; pittông được bố trí ở phía chu vi bên trong của lỗ xi lanh; và vòng pittông được lắp vào rãnh hình khuyên được đặt dọc theo hướng chu vi của pittông trên bề mặt chu vi bên ngoài của pittông, trong đó bề mặt trượt chu vi bên trong bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

·Biểu thức (1) $Rvk/Rk \geq 1,0$

·Biểu thức (2) $0,08\text{ }\mu\text{m} \leq Rk \leq 0,3\text{ }\mu\text{m}$

·Biểu thức (3) $Rk - Rpk > 0$

[trong biểu thức (1) đến biểu thức (3), Rk là độ dày nhám lõi dựa trên JIS B0671-2:2002, Rpk là độ cao đỉnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002 và Rvk là độ sâu rãnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002].

Theo một phương án của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là động cơ đốt trong bao gồm thêm ống lót bằng gang bao gồm bề mặt trượt chu vi bên trong có khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là động cơ đốt trong bao gồm thêm hộp xi lanh bằng gang chứa lỗ xi lanh.

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là vòng pittông bao gồm vật liệu nền hình vòng và màng phủ cứng được tạo cấu hình để phủ bề mặt chu vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng, và được tiếp xúc và có thể trượt trên bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh làm bằng gang graphit tấm, và màng phủ cứng là loại màng phủ được chọn từ nhóm bao gồm màng phủ nền CrN và màng

phủ carbon vô định hình.

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là độ cứng bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên ngoài của màng phủ nền CrN dựa trên JIS Z 2244: 2009 lớn hơn hoặc bằng 800 HV0.1, và độ nhám trung bình số học Ra dựa trên JIS B0601:2013 của bề mặt trượt chu vi bên ngoài nhỏ hơn hoặc bằng 0,10 μm .

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là độ cứng bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên ngoài của màng phủ carbon vô định hình dựa trên JIS Z 2244:2009 lớn hơn hoặc bằng 1.200 HV0.1 và độ nhám trung bình số học Ra dựa trên JIS B0601:2013 của bề mặt trượt chu vi bên ngoài nhỏ hơn hoặc bằng 0,10 μm , và màng phủ cacbon vô định hình không chứa hydro.

Trong một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là đầu gia công được tạo thành bởi họa tiết đường chéo bao gồm nhóm đường thẳng song song thứ nhất và nhóm đường thẳng song song thứ hai đi qua nhóm đường thẳng song song thứ nhất được hình thành trong khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là góc đường chéo được tạo thành theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ nhất kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của lỗ xi lanh và theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ hai kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của lỗ xi lanh lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ.

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 38 độ.

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong có cùng đặc tính bề mặt.

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là độ sâu rãnh giảm Rvk nhỏ hơn hoặc bằng 1,0 μm .

Theo một phương án khác của động cơ đốt trong theo sáng chế, tốt hơn là độ dày nhám lõi Rk lớn hơn hoặc bằng 0,08 μ và nhỏ hơn hoặc bằng 0,25 μm .

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, ống lót xi lanh bằng gang giúp giảm ma sát và có khả năng chống kẹt tuyệt vời, và động cơ đốt trong có thể được đề xuất.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các Fig. 1 là sơ đồ minh họa tổng quan về độ dày nhám lõi Rk, độ cao đỉnh giảm

Rpk và độ sâu của rãnh giảm Rvk. Fig. 1(A) là hình chiếu mặt cắt phối cảnh để minh họa ví dụ về bề mặt đối tượng (đường cong độ nhám) dưới phép đo Rk, Rpk và Rvk. Fig. 1 (B) là biểu đồ biểu diễn đường cong tải có được bằng cách đo bề mặt đối tượng (đường cong độ nhám) được minh họa trong Fig. 1(A).

Fig. 2 là hình chiếu phối cảnh để minh họa ví dụ về ống lót xi lanh theo phương án này.

Fig. 3 là hình ảnh hiển vi luyện kim (độ phóng đại: 400x) trình bày ví dụ về cấu trúc mặt cắt liền kề với bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh theo phương án này.

Fig. 4 là hình chiếu phối cảnh để minh họa một ví dụ khác về ống lót xi lanh theo phương án này.

Các Fig. 5 là hình ảnh kính hiển vi luyện kim thể hiện các dấu gia công được cấu thành bởi các đường chéo được hình thành trên bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh được minh họa trong Fig. 4. Fig. 5(A) là ví dụ về hình ảnh hiển vi luyện kim ở vùng Tu được minh họa trong Fig. 4. Fig. 5(B) là ví dụ về hình ảnh hiển vi luyện kim ở vùng Td được minh họa trong Fig. 4.

Các Fig. 6 là biểu đồ thể hiện hình dạng của đường cong độ nhám khi độ nhám bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh được minh họa trong Fig. 4 được đo. Fig. 6(A) là biểu đồ thể hiện một ví dụ về cấu hình của đường cong độ nhám trong vùng Tu được minh họa trong Fig. 4. Fig. 6(B) là biểu đồ thể hiện một ví dụ về cấu hình của đường cong độ nhám trong vùng Td được minh họa trong Fig. 4.

Fig. 7 là hình chiếu phối cảnh để minh họa ví dụ về động cơ đốt trong theo phương án này.

Các Fig. 8 là biểu đồ thể hiện hình dạng của đường cong độ nhám khi độ nhám bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh theo phương án này được đo. Fig. 8(A) là biểu đồ thể hiện ví dụ về hình dạng đường cong độ nhám của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh trong ví dụ A1 (CHA30). Fig. 8(B) là biểu đồ thể hiện ví dụ về hình dạng đường cong độ nhám của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh trong ví dụ A14 (CHA30). Fig. 8(C) là biểu đồ thể hiện ví dụ về hình dạng đường cong độ nhám của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh trong ví dụ A18 (CHA30).

Fig. 9 là hình chiếu phối cảnh minh họa máy thử ma sát đối ứng được sử dụng để

đo hệ số ma sát và đánh giá điện trở kẹt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Theo phương án này, sáng chế đề cập đến ống lót xi lanh bằng gang (sau đây gọi đơn giản là "ống lót xi lanh" ở một số phần), bao gồm một mặt trượt chu vi bên trong làm bằng gang, trong đó bề mặt trượt chu vi bên trong bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

·Biểu thức (1) $Rvk/Rk \geq 1,0$

·Biểu thức (2) $0,08 \mu m \leq Rk \leq 0,3 \mu m$

·Biểu thức (3) $Rk - Rpk > 0$

Trong biểu thức (1) đến biểu thức (3), Rk là độ dày nhám lõi dựa trên JIS B0671-2:2002, Rpk là độ cao đỉnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002 và Rvk là độ sâu rãnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002.

Lớp lót xi lanh bằng gang theo phương án này bao gồm bề mặt trượt chu vi bên trong được làm bằng gang. Hơn nữa, gang chứa graphit kết tủa có đặc tính tự bôi trơn, và do đó được ưu tiên làm bộ phận trượt. Ngoài ra, khi vật liệu làm bề mặt trượt chu vi bên trong là gang, dễ dàng bảo đảm các đặc tính ma sát tuyệt vời hơn so với trường hợp vật liệu làm bề mặt trượt chu vi bên trong là hợp kim nhôm hoặc trường hợp bề mặt trượt chu vi bên trong được làm bằng màng phủ phun.

Độ sâu nhám lõi Rk, độ cao đỉnh giảm Rpk và độ sâu rãnh giảm Rvk được đưa ra trong biểu thức (1) đến biểu thức (3) là các tham số độ nhám dựa trên JIS B0671-2:2002. Các Fig. 1 là sơ đồ minh họa tổng quan về độ dày nhám lõi Rk, độ cao đỉnh giảm Rpk và độ sâu của rãnh giảm Rvk. Fig. 1A là hình chiếu mặt cắt phối cảnh để minh họa ví dụ về bề mặt đối tượng (đường cong độ nhám) dưới phép đo Rk, Rpk và Rvk. Fig. 1 (B) là biểu đồ biểu diễn đường cong tải có được bằng cách đo bề mặt đối tượng (đường cong độ nhám) được minh họa trong Fig. 1(A). Trục tung của Fig. 1(A) và Fig. 1 (B) thể hiện hướng độ cao của bề mặt đối tượng (đường cong độ nhám). Trục hoành của Fig. 1 (A) thể hiện hướng trục giao với hướng độ cao. Trục hoành của Fig. 1 (B) thể hiện cho hình dạng tỷ lệ chiều dài ổ bi (%).

Khi độ nhám của bề mặt đối tượng được đo trong phạm vi độ dài đánh giá ln (l là chữ thường của L) như được minh họa trong Fig. 1(A), đường cong tải hình chữ S có một điểm uốn có thể thu được như minh họa trong Fig. 1(B). Rk, Rpk và Rvk có thể thu được từ một đường tương đương (đường có độ dốc thấp nhất) thu được tại một

phần trung tâm của đường cong tải chứa 40% các điểm đo của đường cong độ nhám, vị trí mà tỷ lệ chiều dài ổ bi là 0% và vị trí mà tỷ lệ chiều dài ổ bi là 100%. Độ dày nhám lõi R_k là độ chênh lệch giữa mức trên và mức dưới của lõi của đường cong độ nhám. Độ cao đỉnh giảm R_{pk} là độ cao trung bình của đỉnh so với lõi của đường cong độ nhám. Độ sâu rãnh giảm R_{vk} là độ sâu trung bình của rãnh dưới lõi của đường cong độ nhám. Trong các hình vẽ từ Fig. 1(B), Mr_1 là hình dạng tỷ lệ chiều dài mang tính bằng phần trăm tại điểm mà tại đó đường thẳng tạo thành một ranh giới giữa đỉnh và lõi khi đường cong độ nhám giao với đường cong tải. Hơn nữa, Mr_2 là hình dạng chiều dài mang tính bằng phần trăm tại một điểm mà tại đó một đường tạo thành ranh giới giữa rãnh và lõi khi đường cong độ nhám giao với đường cong tải.

Như thể hiện từ các Fig. 1, R_k là tham số độ nhám tương ứng với phần trung tâm (lõi) theo hướng độ cao của đường cong độ nhám. R_{pk} là tham số độ nhám tương ứng với đỉnh nhô ra về phía trên của lõi của đường cong độ nhám. R_{vk} là tham số độ nhám tương ứng với rãnh lõm sâu về phía dưới của lõi của đường cong độ nhám. Mô tả sau đó đưa ra các điều kiện đo chi tiết đối với R_k , R_{pk} và R_{vk} .

Thiết lập R_{vk}/R_k sao cho lớn hơn hoặc bằng 1,0 tương ứng với việc hình thành độ sâu rãnh giảm R_{vk} sao cho lớn hơn hoặc bằng độ dày nhám lõi R_k như được đưa ra bởi biểu thức (1), và do đó có nghĩa là rãnh (hốc) tương đối sâu đối với lõi được hình thành. Đó là, khi độ dày nhám lõi R_k không đổi, thể tích rãnh (phần lõm) trong đó dầu bôi trơn có thể dễ dàng được giữ lại có thể được tăng lên bằng cách thiết lập R_{vk}/R_k sao cho lớn hơn hoặc bằng 1,0. Do đó, khi trạng thái ma sát là trạng thái bôi trơn biên hoặc trạng thái bôi trơn hỗn hợp, dầu bôi trơn được giữ lại trong rãnh (phần lõm) tạo ra hoạt động cung cấp dầu bôi trơn cho vùng lân cận bề mặt của lõi, và do đó khả năng chống kẹt tăng lên. Hơn nữa, hoạt động và hiệu quả như vậy được phát huy rõ hơn đối với đặc tính bề mặt có khả năng đưa trạng thái ma sát vào trạng thái bôi trơn biên hoặc trạng thái bôi trơn hỗn hợp (ví dụ, độ dày nhám lõi R_k thấp hơn $0,2\ \mu\text{m}$).

Để tăng thể tích của rãnh (hốc) trong đó dầu bôi trơn dễ dàng được giữ lại, nên tốt hơn là R_{vk}/R_k lớn hơn hoặc bằng 1,5, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 2,0, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 3,0. Ngoài ra, để tăng khả năng chống kẹt, tốt hơn là R_k lớn hơn hoặc bằng $0,2\ \mu\text{m}$ và R_{vk}/R_k lớn hơn hoặc bằng 3,0, và tốt hơn nữa là R_k lớn hơn hoặc bằng $0,2\ \mu\text{m}$ và R_{vk}/R_k lớn hơn hoặc bằng 4,0.

Trong khi đó, giá trị giới hạn trên của R_{vk}/R_k không bị giới hạn cụ thể, nhưng

khi giá trị của RvK/Rk quá lớn, độ chính xác gia công khi bề mặt trượt chu vi bên trong không ổn định. Do đó, tốt hơn là RvK/Rk nhỏ hơn hoặc bằng 10,0, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 8,0.

Ngoài ra, như được đưa ra bởi biểu thức (2), ma sát có thể được giảm bằng cách thiết lập độ dày nhám lõi Rk nhỏ hơn hoặc bằng $0,3\text{ }\mu\text{m}$ để giảm hệ số ma sát. Hơn nữa, điện trở kết có thể được tăng lên bằng cách thiết lập độ dày nhám lõi Rk lớn hơn hoặc bằng $0,08\text{ }\mu\text{m}$. Từ góc độ giảm hệ số ma sát để giảm thêm ma sát, tốt hơn là độ dày nhám lõi Rk phải nhỏ hơn hoặc bằng $0,25\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,20\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,18\text{ }\mu\text{m}$, đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,16\text{ }\mu\text{m}$. Ngoài ra, từ góc độ tăng khả năng chống kết, tốt hơn là độ dày nhám lõi Rk cao hơn $0,10\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn là bằng cao hơn $0,12\text{ }\mu\text{m}$.

Hơn nữa, như được đưa ra bởi biểu thức (3), hệ số ma sát giảm, do đó có khả năng giảm ma sát, bằng cách thiết lập độ dày nhám lõi Rk cao hơn Độ cao đỉnh giảm Rpk . Mô tả bây giờ được đưa ra lý do cho điều này. Thứ nhất, khi độ dày nhám lõi Rk tương đương với độ cao đỉnh giảm Rpk hoặc thấp hơn độ cao đỉnh giảm Rpk , đầu đỉnh của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh có thể tiếp xúc chủ yếu với bề mặt trượt chu vi bên ngoài của vòng pittông ở áp suất bề mặt tiếp xúc cao. Do đó, ngay cả khi trạng thái ma sát là trạng thái bôi trơn thủy động lực, tiếp xúc không qua trung gian của dầu bôi trơn xảy ra ở đầu đỉnh, và cơ hội xuất hiện của sự cọ mòn vi mô gia tăng. Do đó, hệ số ma sát do đó tăng lên trong trạng thái như vậy, và ma sát tăng. Tốt hơn là giá trị của $Rk-Rpk$ phải lớn hơn hoặc bằng $0,02\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng $0,05\text{ }\mu\text{m}$.

Ngoài ra, giá trị giới hạn trên của giá trị của $Rk-Rpk$ không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là giá trị của $Rk-Rpk$ phải nhỏ hơn hoặc bằng $0,27\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,23\text{ }\mu\text{m}$ trong thực tế.

Như đã mô tả ở trên, trong ống lót xi lanh gang theo phương án này, hệ số ma sát có thể nhỏ, do đó có khả năng giảm ma sát, và khả năng chống giữ tuyệt vời có thể được bảo đảm bằng cách sử dụng gang cho vật liệu tạo thành bề mặt trượt chu vi bên trong và làm cho bề mặt trượt chu vi bên trong chứa điện tích thỏa mãn từ biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Theo như Fig. 1(A), đỉnh và lõi có thể được coi là các phần chủ yếu gây ra sự xuất hiện của lực ma sát do tiếp xúc với chi tiết nối tiếp. Nghĩa là, tổng ($Rk + Rpk$) của

độ dày nhám lõi R_k và độ cao đỉnh giảm R_{pk} tương quan chặt chẽ với hệ số ma sát trong tiếp xúc với chi tiết nối tiếp và là thông số độ nhám liên quan chặt chẽ với cường độ của lực ma sát. Do đó, từ góc độ giảm hệ số ma sát, để giảm ma sát, nên tốt hơn là $R_k + R_{pk}$ của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) thấp hơn $0,6 \mu\text{m}$, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,45 \mu\text{m}$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,38 \mu\text{m}$, đặc biệt tốt hơn nhỏ hơn hoặc bằng $0,31 \mu\text{m}$, tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng $0,26 \mu\text{m}$. Giá trị giới hạn thấp hơn của $R_k + R_{pk}$ không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là giá trị giới hạn thấp hơn của $R_k + R_{pk}$ phải lớn hơn hoặc bằng $0,11 \mu\text{m}$, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng $0,15 \mu\text{m}$ trong thực tế.

Độ sâu rãnh giảm R_{vk} trong khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) không bị giới hạn miễn là độ sâu rãnh giảm R_{vk} thỏa mãn biểu thức (1) và có thể được chọn trong phạm vi, ví dụ, từ khoảng $0,04 \mu\text{m}$ đến khoảng $2,5 \mu\text{m}$. Khi giá trị của độ sâu rãnh giảm R_{vk} tăng lên, dầu bôi trơn có nhiều khả năng được giữ lại trong các rãnh hình thành trên bề mặt trượt chu vi bên trong, thuận lợi cho việc tăng khả năng chống kẹt, nhưng lượng dầu bôi trơn tiêu thụ có khả năng tăng. Do đó, từ góc độ đảm bảo đủ khả năng chống kẹt trong khi lượng dầu bôi trơn bị tiêu hao được giảm càng nhiều càng tốt, nên tốt hơn là giá trị của độ sâu rãnh giảm R_{vk} nhỏ hơn hoặc bằng $1,4 \mu\text{m}$, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $1,1 \mu\text{m}$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $1,0 \mu\text{m}$, đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,8 \mu\text{m}$. Ngoài ra, từ góc độ tăng thêm khả năng chống kẹt, tốt hơn là giá trị độ sâu rãnh giảm R_{vk} lớn hơn hoặc bằng $0,32 \mu\text{m}$, tốt hơn là bằng cao hơn $0,40 \mu\text{m}$, tốt hơn nữa là cao hơn $0,45 \mu\text{m}$.

Ngoài ra, từ góc độ đồng thời đạt được sự giảm ma sát, độ chống kẹt và giảm lượng dầu bôi trơn đã tiêu thụ, như sự kết hợp được ưu tiên của khoảng giá trị số của độ dày nhám lõi R_k và khoảng giá trị số của độ sâu rãnh giảm R_{vk} , ví dụ, $(R_k, R_{vk}) = (0,08 \mu\text{m}$ đến $0,25 \mu\text{m}$, nhỏ hơn hoặc bằng $1,0 \mu\text{m}$), $(0,10 \mu\text{m}$ đến $0,18 \mu\text{m}$, $0,32 \mu\text{m}$ đến $1,1 \mu\text{m}$), như được đưa ra.

Ngoài ra, từ góc độ giảm hệ số ma sát, tốt hơn là độ nhám trung bình cộng R_a của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) nhỏ hơn hoặc bằng $0,5 \mu\text{m}$, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,41 \mu\text{m}$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $0,32 \mu\text{m}$, đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $0,28 \mu\text{m}$. Ngoài ra, giá trị giới hạn thấp hơn của độ nhám trung bình cộng R_a không bị giới hạn cụ thể và tốt hơn là giá trị giới hạn dưới của độ nhám trung bình cộng R_a lớn hơn hoặc bằng $0,03 \mu\text{m}$ trong thực tế. Theo bản mô tả này,

độ nhám trung bình cộng Ra là tham số độ nhám dựa trên JIS B0601: 2013. Độ nhám trung bình cộng Ra là giá trị thu được từ đường cong độ nhám trong khi chiều dài tham chiếu l (l là chữ thường của L) là 0,8 mm. Chi tiết về các điều kiện đo của Ra được mô tả sau đây.

Miễn là bề mặt trượt chu vi bên trong chứa khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), các đặc tính bề mặt như giá trị của các tham số độ nhám khác với R_k , R_{pk} , R_{vk} và Ra được mô tả ở trên và mô hình các dấu gia công được tạo thành bởi gia công bề mặt không được hạn chế cụ thể. Tuy nhiên, đặc biệt tốt hơn là dấu gia công được cấu tạo bởi họa tiết đường chéo bao gồm nhóm đường thẳng song song thứ nhất và nhóm đường thẳng song song thứ hai đi qua nhóm đường thẳng song song thứ nhất được hình thành trong khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Fig. 2 là hình chiếu phối cảnh để minh họa một ví dụ về ống lót xi lanh theo phương án này, và cụ thể là hình chiếu để minh họa bề mặt trượt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ thu được bằng cách chia đôi ống lót hình trụ. Trong Fig. 2, ký hiệu tham chiếu A biểu thị trục tâm của ống lót xi lanh và ký hiệu tham chiếu C biểu thị hướng chu vi của ống lót xi lanh. Theo ví dụ minh họa trong Fig. 2, dấu gia công được tạo thành bởi họa tiết đường chéo được hình thành trên toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong, nhưng chỉ một phần của dấu gia công được tạo thành bởi họa tiết đường chéo với mục đích để mô tả dễ dàng họa tiết đường chéo và góc đường chéo.

Dấu gia công 20 được tạo thành bởi họa tiết đường chéo bao gồm nhóm đường thẳng song song thứ nhất 22 và nhóm đường thẳng song song thứ hai 24 đi qua nhóm đường thẳng song song thứ nhất 22 được hình thành trên bề mặt trượt chu vi 12 của ống lót 10A (10) được minh họa trong Fig. 2. Một góc θ (một góc mở rộng của một khoảng cách giữa hai nhóm đường thẳng song song 22 và 24 từ một phía về phía khác của hướng chu vi C) giữa một hướng D1 trong đó nhóm đường thẳng song song thứ nhất 22 kéo dài về một phía sang phía bên kia của chu vi ống lót hướng C và hướng D2 trong đó nhóm đường thẳng song song thứ hai 24 kéo dài từ một phía sang phía bên kia của đường tròn chu vi C trong hướng kết cấu này được gọi là góc đường chéo (sau đây gọi đơn giản là "CHA" trong một số phần).

Khi dấu gia công 20 được tạo thành bởi họa tiết đường chéo được hình thành trong vùng của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), góc đường chéo không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, tốt hơn là giá trị giới hạn dưới

lớn hơn hoặc bằng 3 độ, và đó là một giá trị giới hạn trên nhỏ hơn hoặc bằng 60 độ, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 55 độ, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ, đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 40 độ, và tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng 38 độ. Tốt hơn là sự kết hợp giữa giá trị giới hạn trên và giá trị giới hạn dưới lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 60 độ, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ. Hệ số ma sát dễ dàng giảm hơn, do đó làm giảm ma sát, bằng cách thiết lập góc đường chéo nhỏ hơn hoặc bằng 60 độ (tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ). Từ góc độ cải thiện khả năng chống kẹt, hầu như không có sự khác biệt giữa trường hợp trong đó góc đường chéo là 50 độ và trường hợp góc đường chéo là 60 độ. Do đó, từ góc độ giảm ma sát hơn nữa trong khi khả năng chống kẹt nhất định được bảo đảm, điều đặc biệt ưu tiên là góc đường chéo nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ. Khả năng chống kẹt dễ dàng tăng lên bằng cách thiết lập góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ. Ngoài ra, khi góc đường chéo nhỏ hơn 3 độ, khoảng thời gian cần thiết để mài giữa kéo dài đáng kể, khả năng làm việc giảm đáng kể và việc mài giữa là vô cùng khó khăn trong thực tế. Do đó, cũng từ góc độ khả năng gia công, đặc biệt tốt hơn là góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ.

Hơn nữa, ống lót xi lanh tốt hơn trong thực tế có thể thu được bằng cách thiết lập góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ, để đồng thời đạt được sự giảm ma sát và tăng độ chống kẹt trong sự cân bằng. Để giảm hệ số ma sát, để đồng thời đạt được sự giảm ma sát và tăng độ chống kẹt ở trạng thái cân bằng hơn, tốt hơn là góc đường chéo θ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 20 độ và nhỏ hơn hoặc bằng hơn 40 độ, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 25 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 35 độ. Ngoài ra, khi việc cải thiện sự giảm ma sát ra khỏi việc giảm ma sát và tăng khả năng chống kẹt được nhấn mạnh hơn, nên tốt hơn là góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 40 độ, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 38 độ, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 35 độ, đặc biệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 30 độ.

Ngoài ra, góc đường chéo có thể giống nhau ở bất kỳ vị trí nào trên bề mặt trượt chu vi bên trong 12, nhưng có thể khác nhau giữa một vùng và vùng khác của mặt trượt chu vi 12. Góc đường chéo θ có thể được đo bằng máy nội soi tổng quát hoặc kính hiển vi luyện kim. Là vị trí đo của góc đường chéo, vị trí trung tâm theo hướng dọc trục A của ống lót xi lanh 10 được chọn trong khu vực trong đó góc đường chéo là như nhau.

Người ta nhận thấy rằng, khi vật liệu hình thành bề mặt trượt chu vi bên trong là gang, các đặc tính bề mặt thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), cụ thể là các đặc tính bề mặt là có bề mặt nhẵn trong đó phần bản để tạo thành độ cao của bề mặt trượt chu vi bên trong xấp xỉ không đổi trong khi khả năng giữ lại dầu bôi trơn trong các rãnh (phần lõm) hình thành giữa các phần bản để được tăng lên như được minh họa trong các Fig. 6 và các Fig. 8 mô tả sau đây không thể đạt được bằng phương pháp mài giữa của lĩnh vực kỹ thuật liên quan được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 và tương tự như kết quả nghiên cứu của các tác giả sáng chế. Các điều kiện mài giữa trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan với đối tượng mài giữa là vật liệu (hợp kim nhôm, màng phủ phun và các loại tương tự) khác với gang được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 3 và những vật liệu tương tự không thể được sử dụng làm tài liệu tham khảo khi gang có đặc tính vật liệu khác nhau hoàn toàn được mài giữa. Do đó, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu và tìm ra các điều kiện mài giữa mới cung cấp các đặc tính bề mặt thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) khi vật liệu tạo thành bề mặt chu vi bên trong là gang. Mô tả chi tiết được đưa ra về phương pháp gia công được ưu tiên cho bề mặt trượt chu vi bên trong khi ống lót xi lanh theo phương án này được sản xuất.

Thứ nhất, bộ phận hình trụ (ống lót xi lanh ở trạng thái chưa hoàn thành) làm bằng gang được chuẩn bị bằng cách đúc. Sau đó, kích thước của đường kính bên trong được điều chỉnh bằng cách khoan bề mặt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ sao cho gần với kích thước của đường kính bên trong (kích thước cuối cùng) của bộ phận đã hoàn thành. Tốt nhất là bước khoan này được thực hiện theo hai bước, đó là một bước khoan thô để thực hiện khoan sao cho kích thước đường kính bên trong gần với kích thước cuối cùng và bước khoan mịn để thực hiện khoan chính xác hơn để đường kính bên trong sau bước nhám chán thô ráp gần với kích thước cuối cùng.

Sau đó, việc mài giữa được thực hiện cho bộ phận hình trụ sau bước khoan để kích thước đường kính bên trong gần với kích thước cuối cùng và bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có các đặc tính bề mặt thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) được tạo thành. Trong bước mài giữa này, một bước mài giữa thô, bước mài giữa thứ nhất và bước mài giữa thứ hai được thực hiện theo thứ tự này. Trong quá trình này, bước mài giữa thô là bước có mục đích chính là kích thước đường kính trong gần với kích thước cuối cùng. Bước mài giữa mịn thứ nhất và bước mài giữa mịn thứ hai là các bước có mục đích chính là bề mặt trượt chu vi bên trong thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) được tạo thành.

Bước xử lý chuyển đổi hóa học khi áp dụng xử lý chuyển đổi hóa học như quá trình phosphat hóa lên bề mặt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ có thể được thực hiện giữa bước mài giữa mịn thứ nhất và bước mài giữa mịn thứ hai nếu cần. Khi quá trình phosphat hóa được áp dụng cho bề mặt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ, các lỗ mịn được tạo thành bằng cách khắc trên bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh thành phẩm, và có thể tăng tính chất giữ dầu bôi trơn bằng các lỗ mịn.

Đá mài kim cương đối với liên kết kim loại được sử dụng làm vật liệu liên kết được sử dụng trong bước mài giữa thô. Việc mài giữa được thực hiện trong khi chất lỏng nghiền tan trong nước được sử dụng cho đến khi đường kính bên trong đạt đến kích thước cuối cùng trong trạng thái đá mài được ép vào bề mặt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ bằng phương pháp giãn nở thủy lực.

Ngoài ra, đá mài kim cương được sử dụng để thực hiện mài trong khi chất lỏng mài tan trong nước được sử dụng ở trạng thái mà đá mài được ép vào bề mặt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ bằng phương pháp giãn nở thủy lực trong bước mài giữa thứ nhất. Các hạt mài kim cương được sử dụng trong mài giữa mịn thứ nhất có đường kính hạt trung bình lớn gấp khoảng $1/3$ lần đường kính hạt trung bình của các hạt mài kim cương được sử dụng trong mài giữa thô, và được liên kết và cố định thông qua việc sử dụng liên kết kim loại ở mức độ liên kết thấp hơn vật liệu liên kết cho các hạt mài kim cương được sử dụng trong bước mài thô. Bước mài giữa thứ nhất được thực hiện chủ yếu để có được giá trị R_{vk} mong muốn sau khi bước mài giữa thứ hai hoàn thành.

Ngoài ra, đá mài kim cương được sử dụng để thực hiện mài trong khi chất lỏng mài tan trong nước được sử dụng ở trạng thái mà đá mài được ép vào bề mặt chu vi bên trong của bộ phận hình trụ bằng phương pháp giãn nở thủy lực trong bước mài thứ hai. Các hạt mài kim cương được sử dụng trong bước mài giữa mịn thứ hai có đường kính hạt trung bình lớn gấp khoảng $1/3$ lần đường kính hạt trung bình của các hạt mài kim cương được sử dụng trong mài mịn thứ nhất, và được liên kết và cố định thông qua việc sử dụng liên kết kim loại ở mức độ liên kết thấp hơn vật liệu liên kết cho các hạt mài kim cương được sử dụng trong bước mài mịn thứ nhất.

Khi vật liệu hình thành bề mặt trượt chu vi bên trong là gang, các đặc tính bề mặt thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) có thể đạt được bằng cách thực hiện quy trình mài giữa đã đề cập ở trên. Các điều kiện mài giữa khác như áp suất bề mặt mài giữa (áp suất bề mặt được xác định bằng sự kết hợp giữa áp suất giãn nở của đá mài và diện tích

bề mặt gia công của đá mài), số vòng quay của đầu mài và giá trị tương tự có thể thích hợp để điều chỉnh để có được các thuộc tính bề mặt mong muốn trong phạm vi thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3). Ví dụ, khi kích thước thành phẩm xấp xỉ 80 mm, tốt hơn là số lượng đá mài được gắn vào đầu mài là 4 đến 6, chiều dài của đá mài là 40 mm đến 100 mm, chiều rộng của đá mài là 1 mm đến 4 mm và số vòng quay của đầu mài là 160 vòng/phút đến 240 vòng/phút. Ngoài ra, góc đường chéo của bề mặt chu vi bên trong có thể được thiết lập trong bước mài thứ nhất và các góc đường chéo trong các bước mài giữa khác có thể được tự do lựa chọn.

Khi cần tạo ra hai hoặc nhiều vùng khác nhau về tính chất bề mặt đối với chiều hướng tâm A của bề mặt trượt chu vi bên trong 12, chuyển động lên/xuống của đầu mài theo hướng trục A, số vòng quay của đầu mài hoặc áp lực mở rộng của đá mài chỉ cần thay đổi một cách thích hợp. Kết quả là, ví dụ, có thể được cung cấp một ống lót hình trụ 10 trong đó một vùng ở một bên và một vùng trên một bên khác theo chiều hướng tâm A của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 khác nhau về các giá trị của các tham số độ nhám như R_k , R_{pk} và R_{vk} và/hoặc các họa tiết của dấu gia công, chẳng hạn như góc đường chéo θ .

Giá trị của độ sâu rãnh giảm R_{vk} của bề mặt trượt chu vi 12 không được giới hạn cụ thể trong ống lót xi lanh 10 theo phương án này. Tuy nhiên, khi độ sâu rãnh giảm R_{vk} của bề mặt trượt chu vi 12 vượt quá $1,8 \mu\text{m}$, đặc tính mài giữa giảm sút, sự thay đổi độ nhám của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có xu hướng tăng hoặc biểu thức bất kỳ trong số các biểu thức từ biểu thức (1) đến biểu hiện (3) có xu hướng khó được thỏa mãn. Do đó, tốt hơn là độ sâu rãnh giảm R_{vk} của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 nhỏ hơn hoặc bằng $1,8 \mu\text{m}$.

Ngoài ra, vì chất lỏng mài được sử dụng để mài, khi sử dụng chất lỏng nghiền gốc dầu, chất lượng cắt của đá mài là tốt, và dấu gia công sạch không có vết gờ có thể thu được trên bề mặt chu vi bên trong sau khi mài giữa so với chất lỏng mài hòa tan trong nước. Nói cách khác, biểu thức (2) và biểu thức (3) dễ dàng được thỏa mãn hơn bằng cách sử dụng chất lỏng nghiền gốc dầu hơn là sử dụng chất lỏng nghiền tan trong nước. Tuy nhiên, chất lỏng nghiền hòa tan trong nước là tốt hơn so với chất lỏng nghiền gốc dầu liên quan đến xử lý chất thải lỏng. Tuy nhiên, do kết quả nghiên cứu của các tác giả sáng chế, đã thấy rằng sự xuất hiện của các vết gờ cũng dễ dàng bị triệt tiêu, do đó có khả năng đáp ứng cả biểu thức (2) và biểu thức (3) trong phương pháp mài giữa sử

dụng chất lỏng nghiền hòa tan trong nước ngay cả khi đã sử dụng chất lỏng nghiền hòa tan trong nước.

Tốt hơn là lớp lót xi lanh theo phương án này được sản xuất thông qua việc sử dụng các điều kiện mài giữa đã nêu. Tuy nhiên, phương pháp sản xuất ống lót xi lanh theo phương án này không giới hạn ở phương pháp sản xuất sử dụng các điều kiện mài giữa đã nêu ở trên và ống lót xi lanh có thể được sản xuất thông qua việc sử dụng các phương pháp/điều kiện để gia công chu vi bên trong khác với điều kiện mài giữa đã nêu trên.

Phương pháp đúc cho ống lót xi lanh 10 theo phương án này không bị giới hạn cụ thể, và phương pháp đúc được biết đến rộng rãi như đúc cát và đúc ly tâm có thể được sử dụng. Ngoài ra, vật liệu tạo thành ống lót xi lanh theo phương án này là gang, vật liệu bất kỳ được biết đến rộng rãi như tấm gang graphit và gang graphit dạng vân đều có thể được sử dụng miễn là vật liệu đó là gang, nhưng đặc biệt tốt hơn là tấm gang graphit. Như tấm gang graphit phù hợp, ví dụ, FC250 hoặc FC300 là vật liệu gang dựa trên JIS G5501 hoặc vật liệu tương đương với các vật liệu gang này (một vật liệu tương đương FC250 và vật liệu tương đương FC300 được mô tả bên dưới). Hơn nữa, độ cứng của gang không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là độ cứng dựa trên JIS Z 2245: 2011 lớn hơn hoặc bằng 90 HRB. Việc giảm hệ số ma sát (giảm ma sát) và tăng khả năng chống kẹt được thực hiện dễ dàng hơn bằng cách thiết lập độ cứng lớn hơn hoặc bằng 90 HRB. Trong khi đó, giới hạn trên của độ cứng không hạn chế cụ thể, nhưng, từ góc độ thực tiễn như khả năng làm việc, nên tốt hơn là độ cứng nhỏ hơn hoặc bằng 115 HRB. Ngoài ra, khi việc giảm hệ số ma sát (giảm ma sát) và tăng khả năng chống kẹt được nhấn mạnh hơn, nên tốt hơn là độ cứng lớn hơn hoặc bằng 100 HRB và nhỏ hơn hoặc bằng 115 HRB. Khi khả năng làm việc được nhấn mạnh hơn, nên tốt hơn là độ cứng lớn hơn hoặc bằng 90 HRB và nhỏ hơn hoặc bằng 105 HRB. Việc đo độ cứng được thực hiện tại vị trí cách biệt với bề mặt trượt chu vi bên trong từ 1 mm trở lên trong mặt cắt ngang được chọn tự do theo chiều hướng tâm tại vị trí trung tâm theo chiều hướng tâm của ống lót xi lanh. Phương pháp đo tương tự được thực hiện đối với độ cứng vật liệu của ống lót xi lanh có bề mặt trượt chu vi bên trong trải qua xử lý chuyển hóa hóa học như quá trình phosphat hóa.

(1) FC250 Vật liệu tương đương

<Thành phần> Thành phần có chứa C: lớn hơn hoặc bằng 3,0% và nhỏ hơn hoặc bằng

3,7%, Si: lớn hơn hoặc bằng 2,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,8%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,5% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,15% và Cr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% về khối lượng%, Fe còn lại và tạp chất thường có. Hơn nữa, chế phẩm này có thể bao gồm ít nhất một yếu tố B, Cu, Nb, W và tương tự.

<Kích thước của graphit và tương tự> Kích thước của graphit không bị giới hạn cụ thể, và có thể, ví dụ, từ 4 đến 6 (ISO 945-1: 2008). Hơn nữa, pha vật liệu được lưu hóa có thể được bao gồm trong nền của tấm gang graphit.

<Độ cứng> Bằng hoặc cao hơn 90 HRB và nhỏ hơn hoặc bằng 105 HRB.

(1) FC300 Vật liệu tương đương

<Thành phần> Thành phần có chứa C: lớn hơn hoặc bằng 2,85% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,35%, Si: lớn hơn hoặc bằng 1,95% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,55%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,45% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,8%, P: bằng hoặc hơn 0,03% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,25%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%, Cr: lớn hơn hoặc bằng 0,15% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,55%, Mo: lớn hơn hoặc bằng 0,15% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,65% và Ni: lớn hơn hoặc bằng 0,15% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,65% khối lượng, Fe còn lại và tạp chất thường có. Hơn nữa, chế phẩm này có thể bao gồm ít nhất một yếu tố B, Cu, Nb, W và tương tự.

<Kích thước của graphit và tương tự> Kích thước của graphit không bị giới hạn cụ thể, và có thể, ví dụ, từ 4 đến 8 (ISO 945-1: 2008). Hơn nữa, pha vật liệu được lưu hóa có thể được bao gồm trong nền của tấm gang graphit.

<Độ cứng> Bằng hoặc cao hơn 100 HRB và nhỏ hơn hoặc bằng 115 HRB.

Một dạng kết tủa của graphit dạng tấm trong ma trận không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, như trong ảnh hiển vi luyện kim như được minh họa trong Fig. 3, tốt hơn là biến dạng hoặc đường cong về hướng A bởi một lực từ bên ngoài như cắt và mài (bao gồm mài giữa) không được quan sát thấy trong một hình dạng graphit của graphit lắng 14 hướng từ đầu khác đến một đầu trong bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 theo hướng R trong một phần ở một đầu của bề mặt trượt chu vi bên trong 12, nên tốt hơn là graphit lắng 14 được tiếp xúc trên bề mặt trượt chu vi 12, và tốt hơn là có nhiều graphit lắng 14 được tiếp xúc với bề mặt trượt chu vi bên trong 12. Fig. 3 là ảnh hiển vi luyện kim (độ phóng đại: 400x) cho thấy một ví dụ về cấu trúc mặt cắt liên kề với bề mặt trượt chu vi bên trong 12 của ống lót xi lanh 10 theo phương án này. Trong ảnh này,

A thể hiện chiều hướng tâm của ống lót xi lanh 10 và R thể hiện chiều hướng tâm của ống lót xi lanh 10 ở trạng thái này.

Ngoài ra, vật liệu hình thành bề mặt trượt chu vi bên trong 12 cũng là gang (bao gồm cả gang được áp dụng xử lý chuyển hóa hóa học) trong ống lót xi lanh 10 theo phương án này. Đó là, khi ống lót xi lanh 10 theo phương án này được sử dụng cho động cơ đốt trong, bề mặt chu vi bên ngoài của pittông và bề mặt trượt chu vi bên ngoài của vòng pittông đến tiếp xúc và trượt trên gang tạo thành bề mặt trượt chu vi bên trong 12. Do đó, độ cứng cao hơn trong trường hợp vật liệu tạo thành bề mặt trượt chu vi 12 là gang so với trường hợp vật liệu tạo thành bề mặt trượt chu vi 12 bên trong là hợp kim nhôm, và do đó có lợi thế đáng kể liên quan đến việc giảm hệ số ma sát (giảm ma sát) và khả năng chống dính kết. Hơn nữa, lỗ rỗng không có ở một vùng lân cận của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 trong trường hợp vật liệu tạo thành bề mặt trượt chu vi bên trong 12 là gang so với trường hợp bề mặt trượt chu vi 12 được tạo thành từ màng phủ phun, và do đó, vấn đề bong tróc và nứt không xảy ra.

Trong ống lót xi lanh 10 theo phương án này, (i) toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có thể có cùng tính chất bề mặt, nhưng (ii) khi bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có thể được phân chia thành hai hoặc nhiều vùng, các thuộc tính bề mặt của các vùng tương ứng có thể khác nhau. (i) Trong trường hợp thứ nhất, toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3). Trong khi đó, (ii) trong trường hợp thứ hai, ít nhất một trong các vùng chỉ cần thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) và tốt hơn là tất cả các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3). Những điểm này cũng áp dụng cho các phạm vi tham số độ nhám phù hợp khác với Rvk/Rk , Rk , $(Rk-Rpk)$, là các tham số được đưa ra bởi biểu thức (1) đến biểu thức (3) và phạm vi phù hợp của góc đường chéo. Ngoài ra, khi bề mặt trượt chu vi bên trong 12 được phân chia thành hai hoặc nhiều vùng, bề mặt trượt chu vi bên trong 12 thường được phân chia thành hai hoặc nhiều vùng theo hướng trục A. Xét về năng suất của ống lót xi lanh 10, tốt hơn là (i) toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có cùng đặc tính bề mặt. Hơn nữa, (ii) khi bề mặt chu vi bên trong 12 được phân chia thành hai hoặc nhiều vùng, tốt hơn là bề mặt trượt chu vi 12 bên trong được phân chia thành hai vùng. Khi bề mặt trượt chu vi bên trong 12 được phân chia thành ba vùng trở lên, năng suất của ống lót xi lanh 10 có thể giảm đáng kể trong một số trường hợp.

Trong bản mô tả này, trạng thái mà trong đó "toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt

chu vi 12 có cùng thuộc tính bề mặt" có nghĩa là các giá trị của (i) R_{vk}/R_k , (ii) R_k và (iii) $R_k - R_{pk}$ là giống nhau trên toàn bộ bề mặt trượt chu vi bên trong 12. Ngoài ra, một trường hợp trong đó dấu gia công được tạo thành họa tiết đường chéo được hình thành trên bề mặt trượt chu vi bên trong 12 và "toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có cùng đặc tính bề mặt" có nghĩa là (iv) giá trị của góc đường cũng giống nhau trên toàn bộ bề mặt của mặt trượt chu vi bên trong 12 ngoài mục (i) đến (iii) được mô tả ở trên. Ở trạng thái này, "giá trị là như nhau" có nghĩa là không chỉ một trường hợp trong đó (a) các giá trị đo tương ứng được đo ở phần lớn các vị trí được chọn tự do trên toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 giống nhau, mà còn là một trường hợp trong đó (b): khi các giá trị đo tương ứng được đo ở số lượng lớn các vị trí được chọn tự do trên toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 khác nhau, các giá trị đo tương ứng này nằm trong một phạm vi biến động đo lường.

Ngoài ra, khi chỉ một phần các vùng của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), thì tỷ lệ của các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng 33,3%, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 66,7%, tốt hơn nữa lớn hơn hoặc bằng 80% khi toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 bằng 100%.

Hơn nữa, khi chỉ một phần của các vùng của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), bề mặt trượt chu vi bên trong 12 được phân chia thành hai hoặc nhiều vùng đối với chiều hướng tâm A và chiều dài của ống lót xi lanh 10 theo chiều hướng tâm A là L, nên tốt hơn là vùng tương ứng với chiều dài bằng hoặc dài hơn $L/3$ thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), tốt hơn là vùng tương ứng với độ dài bằng hoặc dài hơn $2L/3$ thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) và tốt hơn nữa là vùng tương ứng với độ dài bằng hoặc dài hơn $4L/5$ thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3). Ngoài ra, trong trường hợp này, tốt hơn là khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) ở vị trí lân cận của phần trung tâm theo hướng dọc trục A. Ví dụ, khi vùng tương ứng với độ dài bằng hoặc dài hơn $L/3$ thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3), vị trí ở một bên của một đầu của ống lót xi lanh 10 theo chiều hướng tâm A là 0 và vị trí ở một bên của đầu kia là L, tốt hơn là biểu thức (1) đến biểu thức (3) trong vùng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $L/3$ và nhỏ hơn hoặc bằng $2L/3$ hoặc vùng hơi dịch về một mặt đầu hoặc mặt đầu khác của vùng nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng $L/3$ và nhỏ hơn hoặc bằng $2L/3$.

(i) Khi toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 có cùng tính chất bề mặt, độ nhám bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 là giá trị trung bình thu được thông qua các phép đo tại bốn vị trí trên mỗi mẫu. Trong trường hợp này, các vị trí đo cụ thể đối với độ nhám bề mặt được mô tả sau trong phần "2. Đo độ nhám bề mặt (R_k , R_{vk} , R_{pk} và R_a) ". Trong khi đó, khi (ii) bề mặt trượt chu vi bên trong 12 được phân chia thành hai hoặc nhiều vùng và tính chất bề mặt của các vùng tương ứng khác nhau, độ nhám bề mặt là giá trị trung bình của các phép đo tại bốn vị trí ở mỗi vị trí của các vùng. Trong trường hợp này, giá trị trung bình của độ nhám bề mặt thu được ở mỗi vùng. Trong trường hợp này, các vị trí đo được chọn phù hợp theo hình dạng đường bao của từng vùng và khoảng cách giữa hai vị trí đo liền kề nhau và khoảng cách giữa các vị trí đo tương ứng và đường đồng mức của vùng được thiết lập sao cho càng xấp xỉ giống nhau càng nhiều càng tốt. Ví dụ, khi hình dạng đường viền của vùng này là hình chữ nhật, bốn giao điểm giữa hai đường thẳng chia vùng này theo chiều dọc thành ba phần tương đương và hai đường thẳng chia vùng này theo chiều ngang thành ba phần tương đương được thiết lập cho các vị trí đo.

Fig. 4 là hình chiếu phối cảnh để minh họa một ví dụ khác về ống lót xi lanh theo phương án này, và là hình chiếu bằng được xây dựng thu được bằng cách cắt ống lót xi lanh 10 dọc theo hướng trục A tại một điểm theo hướng chu vi C của ống lót xi lanh 10, để từ đó xây dựng bề mặt trượt chu vi bên trong 12 theo hình trụ trên mặt phẳng. Ký hiệu Y trong Fig. 4 là hướng song song với trục tâm A của ống lót xi lanh 10. Ký hiệu X là hướng song song với hướng chu vi C của ống lót xi lanh 10. Hơn nữa, khi ống lót xi lanh 10 được bố trí trong động cơ đốt trong, phía hướng Y1 có nghĩa là phía buồng đốt và phía hướng Y2 có nghĩa là phía buồng quay. Những điểm này cũng áp dụng cho các Fig. 5 mô tả sau đây. Theo ví dụ minh họa trong Fig. 4, dầu gia công được tạo thành bởi họa tiết đường chéo được hình thành trên toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong, nhưng chỉ một phần của dầu gia công được tạo thành bởi họa tiết đường chéo để mô tả dễ dàng họa tiết đường chéo và góc đường chéo.

Bề mặt trượt chu vi bên trong 12 của ống lót xi lanh 10B (10) được minh họa trong Fig. 4 được phân chia thành ba vùng theo chiều hướng tâm A (hướng Y). Một vùng Tu, một vùng Tm và một vùng Td được cung cấp từ phía buồng đốt (phía hướng Y1) đến phía buồng quay (phía hướng Y2). Theo ví dụ minh họa trong Fig. 4, vùng bất kỳ trong số các vùng Tu, Tm và Td đều có thể thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Khi chiều dài của ống lót xi lanh 10B theo hướng trục A là L ở trạng thái này, chiều dài của vùng Tu là L1 và chiều dài của vùng Td là L2. Ngoài ra, đường chấm chấm PSb biểu thị vị trí đầu đáy của pittông khi pittông (không thể hiện) đạt đến vị trí điểm chết trên trong Fig. 4. Khoảng cách từ một đầu trên phía buồng đốt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 đến đường chấm chấm PSb là Lp theo hướng Y ở trạng thái này. Mặc dù $L1 = Lp$ trong Fig. 4, L1 có thể không bằng Lp.

Ngoài ra, dấu gia công 20A (20) được tạo thành bởi họa tiết đường chéo thứ nhất có góc đường chéo θu được hình thành trong vùng Tu. Dấu gia công 20B (20) được tạo thành bởi họa tiết đường chéo thứ hai có góc đường chéo θd được hình thành trong vùng Td. Hơn nữa, vùng Tm là vùng trung gian nằm giữa vùng Tu và vùng Td và dấu gia công 20A được tạo bởi họa tiết đường chéo thứ nhất và dấu gia công thứ hai 20B được tạo bởi họa tiết đường chéo thứ hai được tạo thành chồng lên nhau.

Các đặc tính bề mặt và độ dài L, L1, L2 và Lp của các vùng Tu, Td và Tm có thể được chọn một cách thích hợp theo mô tả thiết kế của động cơ đốt trong sử dụng ống lót xi lanh 10B. Ví dụ, khi ba vòng pittông (vòng trên cùng, vòng thứ hai và vòng dầu) được gắn vào một pittông, như vậy thiết lập là $L1 = 0,2L$ đến $0,4L$, $Lp \leq L1$ và $L2 \geq 0,55L$ được cung cấp dựa trên giả định rằng mối tương quan $L > L1 + L2$ được thỏa mãn. Mối tương quan $L2 \geq 0,55L$ được thiết lập khi xét L2 ở vị trí tương ứng với tâm gần đúng trong phạm vi trượt của vòng trên theo hướng Y. Hơn nữa, trạng thái ma sát ở các vùng tương ứng trong quá trình vận hành động cơ đốt trong sao cho trạng thái ma sát ở vùng Tu có xu hướng tương đối ở trạng thái bôi trơn biên hoặc trạng thái bôi trơn hỗn hợp và trạng thái ma sát ở vùng Td có xu hướng tương đối ở trạng thái bôi trơn hỗn hợp hoặc trạng thái bôi trơn thủy động lực.

Như một ví dụ cụ thể của ống lót xi lanh 10B minh họa trong Fig. 4, ví dụ, một ví dụ được mô tả dưới đây có thể được đưa ra. Đặc tính bề mặt của vùng Tm là đặc tính bề mặt trung gian giữa vùng Tu và vùng Td.

<Đặc tính bề mặt của vùng Tu>

$Ra=0,11 \mu m$

$Rk=0,21 \mu m$

$Rpk=0,09 \mu m$

$Rvk=0,29 \mu m$

$Rvk/Rk=1,38$

$$R_k - R_{pk} = 0,12 \mu\text{m}$$

$$\theta_u = 20^\circ$$

<Đặc tính bề mặt của vùng Td>

$$R_a = 0,19 \mu\text{m}$$

$$R_k = 0,28 \mu\text{m}$$

$$R_{pk} = 0,10 \mu\text{m}$$

$$R_{vk} = 0,56 \mu\text{m}$$

$$R_{vk}/R_k = 2,00$$

$$R_k - R_{pk} = 0,18 \mu\text{m}$$

$$\theta_d = 10^\circ$$

Liên quan đến một ví dụ cụ thể được mô tả ở trên để tham khảo, các Fig. 5 là các ảnh hiển vi luyện kim (độ phóng đại: 100x) đơn vị sao chép của các dấu gia công được cấu thành bởi các họa tiết đường chéo được hình thành trên bề mặt trượt ngoại vi bên trong 12 bằng phương pháp tổng hợp và các Fig. 6 là biểu đồ thể hiện hình dạng của đường cong độ nhám khi độ nhám bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong 12 được đo. Fig. 5(A) là ảnh hiển vi luyện kim của vùng Tu. Fig. 5(b) là ảnh hiển vi luyện kim của vùng Td. Fig. 6(A) là biểu đồ thể hiện một ví dụ về cấu hình của đường cong độ nhám trong vùng Tu. Fig. 6(B) là biểu đồ thể hiện một ví dụ về cấu hình của đường cong độ nhám trong vùng Td.

Khi ống lót xi lanh 10B có các đặc tính bề mặt khác nhau trong các vùng Tu, Td và Tm tương ứng như được minh họa trong Fig. 4 đến các Fig. 6 được sản xuất, chỉ cần thực hiện bước mài giữa thứ nhất trong điều kiện mài giữa thứ nhất trong vùng Tu và thực hiện bước mài giữa thứ hai trong điều kiện mài giữa thứ hai trong vùng Td. Trong trường hợp này, vùng Tm là vùng để chuyển từ điều kiện mài thứ nhất sang điều kiện mài thứ hai. Trong bước mài giữa thứ hai, điều kiện mài giữa tương tự chỉ cần sử dụng ở vùng Tu và vùng Td.

Động cơ đốt trong theo phương án này bao gồm các lỗ xi lanh, pittông và vòng pittông. Lỗ xi lanh bao gồm bề mặt trượt ngoại vi bên trong làm bằng gang. Pittông được bố trí ở phía ngoại vi bên trong của xi lanh. Vòng pittông được gắn vào rãnh hình khuyên dọc theo hướng chu vi của pittông trên bề mặt ngoại vi bên ngoài của pittông. Bề mặt trượt ngoại vi bên trong của lỗ xi lanh được đặc trưng bởi việc bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3). Theo phương án này cũng trong động cơ đốt

trong, bề mặt trượt ngoại vi bên trong của lỗ xi lanh và phương pháp tạo hình chúng có thể tương tự như đối với ống lót xi lanh của phương án này được mô tả ở trên.

Hơn nữa, cấu trúc của động cơ đốt trong theo phương án này không bị giới hạn cụ thể miễn là động cơ đốt trong bao gồm các lỗ xi lanh, pittông và vòng pittông được mô tả ở trên. Ví dụ, động cơ đốt trong theo phương án này có thể là động cơ đốt trong bao gồm các ống lót xi lanh làm bằng gang (ống lót xi lanh theo phương án này) và có bề mặt trượt bên trong chứa các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu hiện (3) hoặc động cơ đốt trong (động cơ đốt trong loại không có ống lót xi lanh) bao gồm hộp xi lanh bằng gang bao gồm các lỗ xi lanh có bề mặt trượt ngoại vi bên trong có chứa các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

Góc đường chéo được định nghĩa như mô tả dưới đây trong ống lót xi lanh theo phương án này. Định nghĩa này cũng được áp dụng cơ bản cho động cơ đốt trong theo phương án này. Tuy nhiên, "hướng chu vi của ống lót xi lanh" được thay thế bằng "hướng chu vi của lỗ xi lanh" theo nghĩa chặt chẽ hơn trong định nghĩa sau đây của động cơ đốt trong theo phương án này. "Hướng chu vi của lỗ xi lanh" có cùng ý nghĩa với "hướng chu vi của ống lót xi lanh" trong động cơ đốt trong bao gồm cả ống lót xi lanh trong kết cấu này, và có nghĩa thực chất là trong động cơ đốt trong của loại không có ống lót xi lanh bao gồm các lỗ xi lanh.

"Định nghĩa góc đường chéo": một góc được tạo bởi hướng mà nhóm đường thẳng song song thứ nhất kéo dài từ hướng bên này sang hướng khác theo hướng chu vi của ống lót xi lanh và hướng mà nhóm đường song song thứ hai kéo dài từ hướng bên này sang bên kia trong hướng chu vi của ống lót xi lanh.

Động cơ đốt trong bao gồm các ống lót xi lanh theo phương án này bao gồm ít nhất là pittông, vòng pittông, ống lót xi lanh theo phương án này và các bộ phận giữ/cố định. Bộ phận giữ/cố định được tạo kết cấu để giữ và cố định trực tiếp ống lót xi lanh. Trong trường hợp này, lỗ xi lanh có bề mặt trượt ngoại vi bên trong làm bằng gang được hình thành từ ống lót xi lanh theo phương án này. Ngoài ra, như một ví dụ điển hình của bộ phận giữ/cố định, khối trụ trong đó các ống lót xi lanh được chèn vào có thể được đưa ra trong ví dụ. Theo một loạt quy trình sản xuất động cơ đốt trong bao gồm ống lót xi lanh theo phương án này, thời gian hình thành bề mặt trượt ngoại vi bên trong có chứa các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) trong bước mài giữa không bị giới hạn cụ thể và có thể được lựa chọn một cách thích hợp. Trong động cơ đốt trong điển

hình bao gồm hộp xi lanh mà các ống lót xi lanh được chèn vào, việc hình thành bề mặt trượt ngoại vi bên trong ở bước mài giữa thường được thực hiện sau bước đúc chèn của để đúc chèn lớp lót xi lanh (đối với ví dụ, JP 2860537 B2 và JP 4954644 B2). Do đó, khi động cơ đốt trong bao gồm ống lót xi lanh theo phương án này bao gồm thêm hộp xi lanh mà có ống lót xi lanh được chèn vào, nên tốt hơn là bề mặt trượt ngoại vi bên trong có chứa các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) cho biểu thức (3) được hình thành tại thời điểm tương tự.

Trong khi đó, động cơ đốt trong của loại không có ống lót xi lanh là động cơ đốt trong mà trong đó các bề mặt trượt ngoại vi bên trong có chứa các khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) được hình thành bằng cách mài trực tiếp bề mặt ngoại vi bên trong (bề mặt ngoại vi bên trong được làm bằng vật liệu gang, là vật liệu gang giống như của hộp xi lanh gang) của lỗ xi lanh được cung cấp cho hộp xi lanh bằng gang mà không sử dụng ống lót xi lanh. Khi gang tạo thành hộp xi lanh gang được sử dụng cho động cơ đốt trong của loại không có ống lót xi lanh theo phương án này, bất kỳ loại gang nào được biết đến công khai như tấm gang graphit và gang graphit dạng vụn có thể được sử dụng.

Mô tả được đưa ra đối với động cơ đốt trong bao gồm ống lót xi lanh theo phương án này như một ví dụ cụ thể của động cơ đốt trong theo phương án này với tham chiếu đến hình vẽ. Fig. 7 là hình chiếu phối cảnh để minh họa ví dụ về động cơ đốt trong 100 theo phương án này. Ống lót xi lanh 10, hộp xi lanh 110 và buồng đốt 140 được minh họa trong hình chiếu mặt cắt. Pít-tông 120 và vòng pittông 130 được bố trí ở mặt ngoại vi bên trong của ống lót xi-lanh được minh họa trong hình chiếu bên. Ngoài ra, ký hiệu tham chiếu A biểu thị trục tâm của ống lót xi lanh và ký hiệu tham chiếu C biểu thị hướng chu vi của ống lót xi lanh 10. Trong Fig. 7, bỏ qua mô tả đối với dấu gia công được như là các đường chéo được hình thành trên bề mặt trượt chu vi bên trong 12 của ống lót xi lanh 10.

Động cơ đốt trong 100 được minh họa trong Fig. 7 bao gồm hộp xi lanh 110, ống lót xi lanh 10, pittông 120 và ba vòng pittông 130. Ống lót xi lanh 10 được đúc vào hộp xi lanh 110. Pít-tông 120 được bố trí ở mặt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh 10. Các vòng pittông 130 được gắn vào các rãnh hình khuyên được cung cấp dọc theo hướng chu vi của pittông trên bề mặt ngoại vi bên ngoài của pittông 120. Ba vòng pittông 130 được sắp xếp theo thứ tự vòng trên 130A, vòng thứ hai 130B và vòng đầu 130C từ phía

buồng đốt 140. Theo ví dụ minh họa trong Fig. 7, mặt đầu trên của ống lót xi lanh 10 cũng được bao phủ bởi hộp xi lanh 110, nhưng vùng lân cận của phần đầu trên hoặc vùng lân cận của phần đầu dưới của ống lót xi lanh 10 có thể không được bao phủ bởi hộp xi lanh 110. Hơn nữa, động cơ đốt trong 100 có thể có cấu trúc sao cho bề mặt ngoại vi bên ngoài của ống lót xi lanh 10 không được bao phủ bởi hộp xi lanh 110 và có thể tiếp xúc trực tiếp với chất làm mát, thường được sử dụng trong động cơ diesel.

Hơn nữa, theo ví dụ được minh họa trong FIG. 7, vòng trên 130A, vòng thứ hai 130B và vòng dầu 130C được sử dụng làm vòng pittông 130, nhưng ít nhất chỉ một loại trong số này được yêu cầu sử dụng. Như hình dạng mặt cắt của vòng pittông 130, trong ví dụ minh họa trong Fig. 7, vòng trên 130A có thể có hình dạng hình chữ nhật bất kỳ, hình dạng mặt cắt của vòng đệm vát bên trong và hình dạng mặt cắt của vòng đá đỉnh vòm đầy đủ. Theo ví dụ minh họa trong Fig. 7, vòng thứ hai 130B có thể có hình dạng hình chữ nhật bất kỳ, hình dạng mặt cắt như vậy mà bề mặt ngoại vi bên ngoài có bề mặt hình nón mở về phía mặt của buồng đốt 140, và hình dạng mặt cắt như vậy có một đường cắt ở bên ngoài bề mặt ngoại vi ở một mặt cách xa phía buồng đốt 140. Ngoài ra, như vòng dầu 130C, ví dụ, vòng dầu thép kết hợp, vòng kiểm soát dầu có rãnh và vòng kiểm soát dầu hình nón có thể được sử dụng, và vòng dầu có bộ mở rộng cuộn khác với các vòng dầu này cũng có thể được sử dụng.

Vòng pittông 130 chỉ có thể được tạo thành từ vật liệu nền hình vòng, nhưng tốt hơn là bao gồm vật liệu nền hình vòng và màng phủ cứng bao phủ bề mặt ngoại vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng, và tiếp xúc và có thể trượt trên bề mặt trượt ngoại vi bên trong 12 của ống lót xi lanh 10. Màng phủ cứng này có thể ví dụ là màng phủ nền CrN, màng phủ cacbon vô định hình và tương tự, và màng phủ cacbon vô định hình có thể không chứa hydro. Những màng phủ này có thể được hình thành bằng phương pháp lắng đọng hơi vật lý (PVD) như phương pháp phún xạ và phương pháp mạ ion hồ quang.

Màng phủ nền CrN có thể chứa thêm các nguyên tố kim loại khác ngoài Cr theo yêu cầu. Ngoài ra, là nguyên tố phi kim loại, một hoặc nhiều loại nguyên tố phi kim loại khác có thể được chứa ngoài N. Các nguyên tố phi kim loại khác như là oxy O hoặc cacbon C là phù hợp. Hơn nữa, màng phủ cacbon vô định hình không chứa hydro là màng phủ không chứa hydro. Tuy nhiên, cho phép màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro chắc chắn có chứa hydro tạp chất gây ra bởi đích carbon được sử dụng cho việc hình thành màng phủ và hydro tạp chất gây ra bởi thành phần khí (phân tử nước)

chứa hydro bám vào thành bên trong của buồng tạo màng phủ. Hơn nữa, màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro có thể là màng phủ DLC (lớp a-C) có cấu trúc carbon vô định hình, màng phủ DLC (lớp ta-C) có cấu trúc carbon dạng tứ diện hoặc cấu trúc nhiều lớp thu được bằng cách cán mỏng lần lượt cả hai màng. Khi màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro có cấu trúc nhiều lớp, tốt hơn là độ dày màng phủ bằng hoặc dày hơn 2 μm . Ngoài ra, lớp kết dính như màng phủ Ti có thể được cung cấp giữa bề mặt ngoại vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng và màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro.

Tốt hơn là độ nhám trung bình số học Ra của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của các màng phủ cứng này nhỏ hơn hoặc bằng 0,10 μm , tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,06 μm . Có thể ngăn ngừa các vết trầy xước xảy ra với bề mặt trượt ngoại vi bên trong 12 của ống lót xi lanh 10 bằng cách thiết lập độ nhám trung bình số học Ra nhỏ hơn hoặc bằng 0,10 μm . Giá trị giới hạn dưới của độ nhám trung bình số học Ra của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của màng phủ cứng không bị giới hạn cụ thể, và tốt hơn là giá trị giới hạn dưới của độ nhám trung bình số Ra của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của màng phủ cứng lớn hơn hoặc bằng 0,01 μm trong thực tế. Có thể sử dụng lớp phủ hoặc đệm ngoại vi bằng cách sử dụng hạt mài mịn như một phương tiện để bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông 130 có độ nhám bề mặt mong muốn.

Khi bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông 130 được hình thành từ màng phủ nền CrN, tốt hơn là độ cứng bề mặt ở bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài dựa trên JIS Z 2244: 2009 lớn hơn hoặc bằng 800 HV0.1. Khi bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông 130 được hình thành từ màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro, tốt hơn là độ cứng bề mặt ở bề mặt trượt ngoại vi dựa trên JIS Z 2244: 2009 lớn hơn hoặc bằng 1200 HV0.1. Có thể triệt giảm quá trình mài mòn bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông 130 bằng cách thiết lập độ cứng bề mặt lớn hơn hoặc bằng giá trị nêu trên trong màng phủ cứng. Do đó, có thể ngăn chặn sự xuất hiện của việc tăng chiều dài tiếp xúc giữa bề mặt trượt ngoại vi bên trong 12 của ống lót xi lanh 10 và bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông 130 theo chiều hướng tâm A của ống lót xi lanh 10 trong thời gian dài. Lực bôi trơn thủy lực giữa ống lót xi lanh 10 và vòng pittông 130 có khả năng được tạo ra, và do đó có thể tránh được sự tiếp xúc kim loại, do đó cũng ngăn chặn sự gia tăng hệ số ma sát. Giới hạn trên của độ cứng bề mặt không giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là độ cứng bề mặt nhỏ hơn hoặc bằng 2.000 HV0.1 đối

với màng phủ nền CrN và nhỏ hơn hoặc bằng 2.500 HV0.1 đối với màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro trong thực tế.

Ngoài ra, từ góc độ giảm hệ số ma sát, trong động cơ đốt trong 100 theo phương án này, nên sử dụng kết hợp ống lót xi lanh 10 làm bằng tấm gang graphit có thành phần và độ cứng của vật liệu tương đương FC300 và vòng pittông 130, được phủ bằng màng phủ carbon vô định hình không chứa hydro ở bề mặt ngoại vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng.

Ngoài ra, trong động cơ đốt trong 100 theo phương án này, áp suất bề mặt khi pittông 130 và ống lót xi lanh 10 tiếp xúc với nhau có thể được giảm để tăng thêm khả năng chống kẹt. Áp suất bề mặt có thể được kiểm soát bởi lực căng của vòng pittông 130. Ví dụ, khi động cơ đốt trong 100 là động cơ xăng, tổng lực căng (lực căng tiếp tuyến) trên mỗi xi lanh của vòng pittông 130 là F_t (đơn vị: N (newton)) và đường kính bên trong (đường kính lỗ khoan) của ống lót xi lanh 10 là D (đơn vị: mm), tốt hơn là F_t/D phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,5, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,4, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,3. Giới hạn dưới của F_t/D không bị giới hạn cụ thể và tốt hơn là giới hạn dưới của F_t/D lớn hơn hoặc bằng 0,25 trong thực tế.

Cần hiểu rằng vòng pittông 130 đã nêu và giá trị của F_t/D có thể được áp dụng cho động cơ đốt trong của loại không có ống lót xi lanh.

Các ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn ở dưới đây qua các ví dụ thực hiện sáng chế; tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

1. Sản xuất ống lót xi lanh

Ống lót xi lanh trong các ví dụ tương ứng và ví dụ so sánh được sản xuất theo quy trình sau đây. Thứ nhất, bộ phận hình trụ làm bằng gang được sản xuất bằng phương pháp đúc ly tâm. Cùng với đó, bộ phận hình trụ được làm bằng hai loại vật liệu gang (tấm gang graphit) LA và LB đã được sản xuất. Các điều kiện đúc ly tâm tương tự được sử dụng độc lập với loại vật liệu gang.

[LA]

Thành phần chứa C: 3,66%, Si: 2,41%, Mn: 0,54%, P: 0,12%, S: 0,0042%, và Cr: 0,08% khối lượng, lượng Fe còn lại, và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Độ cứng: 90 HRB

[LB]

Thành phần chứa C: 2,87%, Si: 2,01%, Mn: 0,74%, P: 0,24%, S: 0,041%, Cr: 0,52%, Mo: 0,64%, và Ni: 0,63% khối lượng, lượng Fe còn lại, và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Độ cứng: 115 HRB

Bước khoan thô và bước khoan mịn đã được áp dụng theo thứ tự này cho các chi tiết hình trụ thu được từ quá trình đúc ly tâm. Sau đó, áp dụng mài giữa.

Bước mài giữa thô, bước mài giữa mịn thứ nhất và bước mài giữa mịn thứ hai được áp dụng theo thứ tự này cho các bộ phận hình trụ được sử dụng để sản xuất ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh ở phần này. Các điều kiện mài giữa chính đối với các bước tương ứng được mô tả dưới đây.

Ba loại đá mài bằng kim cương đã được chuẩn bị trong bước mài giữa thứ nhất. Ở trạng thái này, để sản xuất các ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh, độ sâu rãnh giảm Rvk của bề mặt trượt ngoại vi bên trong đã hoàn thiện của mỗi bề mặt trong số đó thỏa mãn bất kỳ một trong các mức sau (1) đến (3), các loại đá mài bằng kim cương khác nhau đã được chỉ định và sử dụng cho các mức tương ứng.

(1) $Rvk \leq 0,5 \mu m$

(2) $0,5 \mu m < Rvk \leq 1,2 \mu m$

(3) $1,2 \mu m < Rvk \leq 2,0 \mu m$

Bốn loại đá mài bằng kim cương đã được chuẩn bị trong bước mài giữa thứ hai. Ở trạng thái này, để sản xuất các ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh, độ sâu nhám lỗi Rk của bề mặt trượt ngoại vi bên trong đã hoàn thiện của mỗi bề mặt trong số đó thỏa mãn bất kỳ một trong các mức sau (1) đến (4), các loại đá mài bằng kim cương khác nhau đã được chỉ định và sử dụng cho các mức tương ứng.

(1) Ví dụ A1 đến A10 và B1 đến B10 và các ví dụ so sánh A3, A4, B3 và B4 trong đó độ sâu nhám lỗi Rk nhỏ hơn hoặc bằng $0,12 \mu m$

(2) Ví dụ A11 đến A19 và B11 đến B19 trong đó độ sâu nhám lỗi Rk lớn hơn hoặc bằng $0,16 \mu m$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,20 \mu m$

(3) Ví dụ A20 đến A31 và B20 đến B31 và các ví dụ so sánh A1, A2, B1 và B2 trong đó độ sâu nhám lỗi Rk lớn hơn hoặc bằng $0,25 \mu m$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,33 \mu m$

(4) Ví dụ so sánh A5 và B5 trong đó độ sâu nhám lỗi Rk bằng hoặc hơn $0,4 \mu m$

Sau đó, các đặc tính bề mặt mong muốn (giá trị của Rk, Rvk và Rpk) đã đạt được

bằng cách trước tiên thiết lập vòng quay trục và tốc độ dọc trục chính để đạt được từng góc nghiêng 3° , 30° và 50° tương ứng trong bước mài giữa mịn thứ nhất và bước mài giữa mịn thứ hai, và sau đó chọn một cách thích hợp áp lực mở rộng đối với đá mài bằng kim cương tương ứng trong bước mài giữa mịn thứ nhất và bước mài giữa thứ hai. Các góc đường chéo trong bước mài giữa thứ nhất và bước mài giữa mịn thứ hai là như nhau. Toàn bộ bề mặt ngoại vi bên trong của các bộ phận hình trụ được mài giữa trong cùng điều kiện mài giữa.

Hơn nữa, các điều kiện cho vòng quay trục chính, tốc độ dọc của trục chính và chất lỏng nghiền (chất lỏng nghiền tan trong nước) là như nhau trong tất cả các ví dụ và ví dụ so sánh trong các bước được mô tả trong (a), (b), (c1), và (c2) được mô tả dưới đây.

(a) Bước mài giữa thô (tất cả các ví dụ và ví dụ so sánh)

- Đá mài: Một loại đá mài bằng kim cương R (vật liệu liên kết là liên kết kim loại)

Đường kính hạt trung bình R của đá mài bằng kim cương R là $125\ \mu\text{m}$

- Góc đường chéo: 3° , 30° , và 50° (giống như góc đường chéo của bề mặt trượt ngoại vi bên trong hoàn thiện)

(b) Bước mài giữa mịn thứ nhất (tất cả các ví dụ và ví dụ so sánh)

- Đá mài: Ba loại đá mài bằng kim cương A1, A2 và A3 (vật liệu liên kết là liên kết kim loại)

Đường kính hạt trung bình A2 của đá mài bằng kim cương A2 xấp xỉ $1/3$ đường kính hạt trung bình R của đá mài kim cương được sử dụng trong bước mài giữa thô, đường kính hạt trung bình A1 của đá mài kim cương A1 có giá trị nhỏ hơn đường kính hạt trung bình A2 khoảng $10\ \mu\text{m}$ và đường kính hạt trung bình A3 của đá mài kim cương A3 là một giá trị lớn hơn đường kính hạt trung bình A2 khoảng $10\ \mu\text{m}$. Hơn nữa, mức độ liên kết của liên kết kim loại đối với đá mài kim cương A1, A2 và A3 thấp hơn so với liên kết kim loại đối với đá mài kim cương R được sử dụng trong bước mài giữa thô.

- Góc đường chéo: 3° , 30° , và 50° (giống như góc đường chéo của bề mặt trượt ngoại vi bên trong hoàn thiện)

(c1) Bước mài giữa mịn thứ hai (chỉ áp dụng cho tất cả các ví dụ và ví dụ so sánh A1 đến A4, B1 đến B4)

- Đá mài: Ba loại đá mài bằng kim cương B1, B2 và B3 (vật liệu liên kết là liên

kết kim loại)

Đường kính hạt trung bình B2 của đá mài kim cương B2 xấp xỉ 1/3 đường kính hạt trung bình A2 của đá mài kim cương A2 được sử dụng trong bước mài giữa thứ nhất, đường kính hạt trung bình B1 của đá mài kim cương B1 có giá trị nhỏ hơn so với đường kính hạt trung bình B2 khoảng 5 μm và đường kính hạt trung bình B3 của đá mài kim cương B3 là một giá trị lớn hơn đường kính hạt trung bình B2 khoảng 5 μm . Ngoài ra, mức độ liên kết của liên kết kim loại đối với đá mài kim cương B1, B2 và B3 thấp hơn so với liên kết kim loại đối với đá mài kim cương A1, A2 và A3 được sử dụng trong bước mài giữa thứ nhất.

- Góc đường chéo: 3°, 30°, và 50° (giống như góc đường chéo của bề mặt trượt ngoại vi bên trong hoàn thiện)

(c2) Bước mài giữa mịn thứ hai (chỉ áp dụng cho ví dụ so sánh A5 và B5)

- Đá mài: Một loại đá mài bằng kim cương C (vật liệu liên kết là liên kết kim loại)

Đường kính hạt trung bình C của đá mài kim cương C có giá trị lớn hơn khoảng 1/3 đường kính hạt trung bình A2 của đá mài kim cương A2 được sử dụng trong bước mài mịn thứ nhất khoảng 10 μm . Hơn nữa, mức độ liên kết của liên kết kim loại đối với đá mài kim cương C thấp hơn so với liên kết kim loại đối với đá mài kim cương A2 được sử dụng trong bước mài giữa mịn thứ nhất.

- Góc đường chéo: 3°, 30°, và 50° (giống như góc đường chéo của bề mặt trượt ngoại vi bên trong hoàn thiện)

(c3) Bước mài giữa mịn thứ hai (chỉ áp dụng cho ví dụ so sánh A6)

Bước mài giữa thứ hai được thực hiện như trong ví dụ A21 ngoại trừ đá mài kim cương B3 đã được sử dụng và áp suất giãn nở của đá mài kim cương B3 thấp hơn một chút so với ví dụ A21.

(c4) Bước mài giữa mịn thứ hai (chỉ áp dụng cho ví dụ so sánh B6)

Bước mài giữa thứ hai được thực hiện như trong ví dụ B21 ngoại trừ đá mài kim cương B3 đã được sử dụng và áp suất giãn nở của đá mài kim cương B3 thấp hơn một chút so với ví dụ B21.

(c5) Bước mài giữa mịn thứ hai (chỉ áp dụng cho ví dụ so sánh A7)

Bước mài giữa thứ hai được thực hiện như trong ví dụ A3 ngoại trừ việc sử dụng đá mài kim cương B1 và áp suất giãn nở của đá mài kim cương B1 cao hơn một chút so

với ví dụ A3.

(c6) Bước mài giữa mịn thứ hai (chỉ áp dụng cho ví dụ so sánh B7)

Bước mài giữa thứ hai được thực hiện như trong ví dụ B3 ngoại trừ việc sử dụng đá mài kim cương B1 và áp suất giãn nở của đá mài kim cương B1 cao hơn một chút so với ví dụ B3.

Một bộ gồm ba loại ống lót xi lanh, các giá trị của Rk, Rvk và Rpk giống nhau, và chỉ khác nhau ở góc đường chéo, được chuẩn bị trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng. Ba loại ống lót xi lanh, giống nhau về các giá trị của Rk, Rvk và Rpk, và chỉ khác nhau ở góc đường chéo, được mài giữa trong cùng điều kiện mài giữa ngoại trừ một điểm mài giữa mà có điều kiện xác định các góc đường chéo khác nhau và áp lực giãn nở của đá mài được điều chỉnh.

Theo một mô tả được đưa ra dưới đây, một chữ số thể hiện ví dụ thử nghiệm (chẳng hạn như "Ví dụ A1") được gán cho các mẫu khác nhau ở góc đường chéo với nhau, nhưng giống nhau về các giá trị của Rk, Rvk và Rpk để thuận tiện hơn. Ngoài ra, khi mô tả được đưa ra về một trường hợp trong đó các mẫu có một số ví dụ thử nghiệm và các góc đường chéo khác nhau được phân biệt với nhau, một ký hiệu có nghĩa là góc đường chéo và tương tự được thêm vào sau số thể hiện ví dụ thử nghiệm. Ví dụ, khi mẫu có góc đường chéo 3 độ trong ví dụ A1, mẫu được ký hiệu là "Ví dụ A1 (CHA3)".

Các ống lót xi lanh trong các ví dụ từ A1 đến A31 và các ví dụ so sánh A1 đến A7 và trong các ví dụ B1 đến B31 và các ví dụ so sánh B1 đến B7 đã thu được thông qua quy trình được mô tả ở trên. Kích thước đường kính bên trong và chiều dài theo chiều hướng tâm của ống lót xi lanh trong các ví dụ tương ứng và ví dụ so sánh tương ứng là 86 mm và 86 mm. Vật liệu tạo thành bề mặt trượt ngoại vi bên trong là gang. Ống lót xi lanh trong các ví dụ và các ví dụ so sánh tương ứng được gia công thành các mẫu thử nghiệm có hình dạng và kích thước phù hợp như được yêu cầu đối các phép đo và thử nghiệm khác nhau được mô tả sau đây.

Ống lót xi lanh tương ứng trong các ví dụ từ A1 đến A31 và các ống lót xi lanh tương ứng trong các ví dụ B1 đến B31 chỉ khác nhau về loại vật liệu gang được sử dụng để đúc và giống nhau về đặc tính bề mặt. Tương tự, các ống lót xi lanh tương ứng trong các ví dụ so sánh A1 đến A7 và các ống lót xi lanh tương ứng trong các ví dụ so sánh B1 đến B7 chỉ khác nhau về loại vật liệu gang được sử dụng để đúc và giống nhau về đặc tính bề mặt.

2. Đo độ nhám bề mặt (R_k , R_{vk} , R_{pk} và R_a)

Dụng cụ đo độ nhám bề mặt loại kim đo (SURFCORDER SE-3500) của Kosaka Laboratory Ltd. được sử dụng để đo độ nhám bề mặt (R_k , R_{vk} , R_{pk} và R_a) và PU-DJ2S (bán kính đỉnh là 2 μm , và góc độ nhọn của hình nón là 60 độ) được sử dụng làm điểm đón (kim đo). Độ dài tham chiếu l (l là chữ thường của L) để đo R_a là 0,8 mm. Độ dài ước lượng ln (l là chữ thường của L) để đo R_k , R_{vk} và R_{pk} là 4,0 mm. Bút stylus được quét theo chiều hướng tâm của ống lót xi lanh để đo độ nhám bề mặt.

Các vị trí đo để đo độ nhám bề mặt của từng bề mặt trượt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng là bốn vị trí được mô tả tổng thể theo (a) và (b) trong khi vị trí được chọn tự do của ống lót xi lanh theo hướng chu vi là 0 độ. Sau đó, các giá trị trung bình của độ nhám bề mặt của các vị trí đo tại bốn vị trí này đã thu được. Các giá trị trung bình này được coi là độ nhám bề mặt của bề mặt trượt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng được thể hiện trong bảng 1 đến bảng 4.

(a) Vị trí ở 0 độ và 180 độ dịch chuyển 15 mm từ một đầu của ống lót xi lanh theo chiều hướng tâm.

(b) Vị trí ở 90 độ và 270 độ ở phần trung tâm của ống lót xi lanh theo chiều hướng tâm.

Đối với R_k , R_{vk} và R_{pk} , các giá trị trung bình của các phép đo tại bốn vị trí được chỉ định bởi (a) và (b) đối với từng mẫu khác nhau trong góc đường chéo trong một ví dụ thử nghiệm. Được xác nhận rằng các giá trị trung bình của từng R_k , R_{vk} và R_{pk} khớp với nhau giữa các mẫu khác nhau ở các góc đường chéo. Để đo các hệ số ma sát (hệ số ma sát A và hệ số ma sát B) và ước lượng khả năng chống kẹt của một loại góc đường chéo trong một ví dụ thử nghiệm, được mô tả chi tiết sau, ba trong số chín mẫu thử nghiệm được cắt ra từ ống lót xi lanh được sử dụng cho mỗi phép đo và đánh giá.

Để tham khảo, Fig. 8(A) là biểu đồ thể hiện ví dụ về hình dạng đường cong độ nhám của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh trong ví dụ A1 (CHA30) được thể hiện, Fig. 8(B) là biểu đồ thể hiện ví dụ về hình dạng đường cong độ nhám của bề mặt trượt chu vi bên trong của ống lót xi lanh trong ví dụ A14 (CHA30) được thể hiện, Fig. 8(C) là biểu đồ thể hiện ví dụ về hình dạng đường cong độ nhám của bề mặt trượt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh trong ví dụ A18 (CHA30) được thể hiện. Độ phóng đại theo chiều dọc và chiều ngang của các đường cong được thể hiện trong Fig. 8 lần lượt là 10.000x và 50x trong Fig. 8(A), và 5.000x và 50x trong Fig. 8(B) và 8(C).

Hơn nữa, đơn vị tỷ lệ của trục hoành và trục tung là mm.

Ngoài ra, các vị trí đo độ nhám bề mặt của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông để sản xuất các mẫu thử trên được sử dụng để đo hệ số ma sát bằng máy kiểm tra ma sát đối ứng là ba vị trí tổng cộng ở 90 độ, 180 độ và 270 độ trong khi vị trí của một khoảng cách là 0 độ. Giá trị trung bình của độ nhám bề mặt tại ba vị trí đo đã thu được, và giá trị trung bình này được coi là độ nhám bề mặt của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông.

Trong khi đó, liên quan đến các vị trí đo độ nhám bề mặt của mẫu thử phía trên có đầu xa hình bán cầu được sử dụng để đo khả năng chống kẹt bằng máy thử ma sát đối ứng, trong vùng lân cận của đầu xa của mẫu thử phía trên được phủ với lớp mạ crôm cứng, trong khi vị trí được chọn tự do theo hướng chu vi được thiết lập là 0 độ, giá trị trung bình của hai vị trí tổng cộng theo hướng từ 0 độ đến 180 độ thông qua đỉnh của đầu xa và theo hướng từ 90 độ đến 270 độ thông qua đỉnh của đầu xa được sử dụng.

3. Đo hệ số ma sát

Hệ số ma sát khi bề mặt trượt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh trong mỗi ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng và bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông được đưa tiếp xúc với nhau và được trượt trên bề mặt còn lại được đo thông qua việc sử dụng máy kiểm tra ma sát đối ứng được minh họa trong Fig. 9. Máy kiểm tra ma sát đối ứng 200 được minh họa trong Fig. 9 được tạo kết cấu sao cho mẫu thử trên 210 được ấn vào mẫu thử dưới 220 trong việc ứng dụng hoàn toàn hình dạng tấm của tải P bằng tải lò xo và cả hai mẫu thử trượt lên nhau bằng chuyển động tịnh tiến của mẫu thử dưới 220. Ngoài ra, mẫu thử dưới 220 được cố định vào bề mặt trên của đế giữ 230. Mẫu thử trên 210 và mẫu thử dưới 220 được sử dụng để đo hệ số ma sát được chuẩn bị thông qua quy trình sau.

Sản xuất mẫu thử nghiệm trên

IVòng pittông được sử dụng để sản xuất mẫu thử trên 210 bao gồm vật liệu cơ bản hình vòng và màng phủ cứng bao phủ bề mặt ngoại vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng. Đường kính quy định của vòng pittông là 72,5 mm. Chiều rộng (chiều dài theo hướng chuyển động tịnh tiến của pittông khi vòng pittông được gắn trên pittông) là 1,2 mm. Hình dạng chu vi bên ngoài của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài là mặt tròn. Vật liệu hình thành vật liệu nền hình vòng là vật liệu tương đương JIS SUS440B. Khi mẫu thử nghiệm trên 210, bộ phận được cắt ra theo hướng chu vi với chiều dài 20 mm

đã được sử dụng. Ba mẫu thử nghiệm trên 210 được cắt ra từ cùng một vòng pittông đã được chuẩn bị để đo các hệ số ma sát cho từng loại góc đường chéo trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng.

Ngoài ra, vì màng phủ cứng (tương ứng với màng phủ tạo thành bề mặt trượt của mẫu thử nghiệm trên 210) của vòng pittông, hai loại màng phủ cứng RA và RB sau đây đã được sử dụng. Do đó, khi hệ số ma sát được đo, mẫu thử nghiệm trên 210 sử dụng màng phủ cứng RA và mẫu thử nghiệm trên 210 sử dụng màng phủ cứng RB là hai loại đã được sử dụng.

[RA]

Màng phủ cứng RA là màng phủ CrN. Đối với 72 vòng pittông được sử dụng để thử nghiệm, độ cứng bề mặt của màng phủ cứng RA là 800 HV0.1 đến 850 HV0.1, độ nhám trung bình số học Ra của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài là 0,04 μm đến 0,06 μm và độ dày màng phủ là 17 μm đến 20 μm . Màng phủ RA được hình thành trên bề mặt ngoại vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng bằng thiết bị mạ ion hồ quang sử dụng mục tiêu Cr bằng phương pháp mạ ion hồ quang, mà là một loại của phương pháp PVD. Khi khí xử lý để tạo màng, chỉ có khí N₂ được sử dụng. Màng phủ cứng RA cho 72 vòng pittông được sử dụng cho thử nghiệm có cùng cách xử lý.

[RB]

Màng phủ cứng RB là màng phủ cacbon vô định hình không chứa hydro. Đối với 70 vòng pittông được sử dụng để thử nghiệm, độ cứng bề mặt của màng phủ cứng RB là 1.200 HV0.1 đến 1.250 HV0.1, độ nhám trung bình số học Ra của bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài là 0,03 μm đến 0,06 μm và độ dày màng phủ của màng phủ cứng RB không bao gồm một lớp kết dính từ 5 μm đến 6 μm . Màng phủ RB được hình thành trên bề mặt ngoại vi bên ngoài của vật liệu nền hình vòng thông qua quy trình sau đây. Thứ nhất, màng phủ Ti được hình thành dưới dạng lớp kết dính bằng phương pháp PVD. Sau đó, màng phủ DLC (lớp a-C) có cấu trúc cacbon vô định hình được hình thành trên màng phủ Ti bằng cách phún xạ trong môi trường ion argon bằng cách sử dụng mục tiêu C. Ngoài ra, màng phủ DLC (lớp ta-C) có cấu trúc cacbon dạng tứ diện được tạo thành trên lớp a-C bằng việc mạ ion hồ quang được lọc. Hai lớp này được tạo lớp xen kẽ và liên tục. Bề mặt vỏ ngoài cùng là màng phủ DLC (lớp ta-C) có cấu trúc cacbon tứ diện. Màng phủ cứng RB cho 70 vòng pittông được sử dụng cho thử nghiệm có cùng cách xử lý.

Sản xuất mẫu thử nghiệm dưới

Một bộ gồm ba loại ống lót xi lanh, giống nhau về các giá trị R_k , R_{vk} và R_{pk} của độ nhám bề mặt, và chỉ khác nhau ở góc đường chéo, được chuẩn bị trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng cho mỗi loại trong số hai loại LA và LB của vật liệu gang. Sáu trong số chín bộ phận cắt ra từ ống lót xi lanh có chiều dài 20 mm dọc theo hướng chu vi và chiều dài 60 mm dọc theo chiều hướng tâm trong khi bề mặt trượt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh được coi là tham chiếu được thiết lập như mẫu thử nghiệm dưới 220 để đo hệ số ma sát. Ba trong số sáu mẫu thử nghiệm dưới 220 thứ nhất được kết hợp với ba mẫu thử nghiệm trên 210 có màng phủ cứng RA để ước tính hệ số ma sát. Ba trong số sáu mẫu thử nghiệm dưới 220 còn lại được kết hợp với ba mẫu thử nghiệm trên 210 có màng phủ cứng RB để ước tính hệ số ma sát. Ba mẫu thử nghiệm dưới 220 còn lại không được sử dụng để đo hệ số ma sát đã được sử dụng để ước lượng khả năng chống kẹt được mô tả sau đây.

<Điều kiện trượt>

Hệ số ma sát được đo thông qua phát hiện lực ma sát của mẫu thử nghiệm trên 210 trong quá trình trượt của mỗi đơn vị tải. Điều kiện trượt chi tiết được mô tả dưới đây.

- Khoảng cách của một chuyển động qua lại: 100 mm (hướng trượt là chiều hướng tâm của ống lót xi lanh như của động cơ đốt trong thực tế)
- Tốc độ: 300 chu kỳ/phút (tốc độ trượt trung bình: 0,5 m/giây)
- Tải P: 30 N
- Dầu bôi trơn được sử dụng: GF-5, 0W-20 (phân loại: ILSAC tiêu chuẩn, phân loại độ nhớt: SAE J300)
- Phương pháp cung cấp dầu bôi trơn: 0,025 ml dầu bôi trơn được nhỏ giọt mỗi năm phút để cung cấp cho bề mặt trượt của mẫu thử nghiệm dưới 220
- Nhiệt độ của mẫu thử nghiệm dưới 220: Nhiệt độ phòng

Dầu bôi trơn được sử dụng là dầu bôi trơn thuộc loại tiêu thụ nhiên liệu thấp có sẵn trên thị trường. Các điều kiện cung cấp được đề cập ở trên của dầu bôi trơn đã được thiết lập sao cho trạng thái ma sát giữa mẫu thử nghiệm trên 210 và mẫu thử nghiệm dưới 220 được đưa vào trạng thái bôi trơn thủy động lực. Thử nghiệm này được tiến hành ba lần đối với sự kết hợp của mẫu thử nghiệm trên 210 và mẫu thử nghiệm dưới 220 cùng loại. Giá trị trung bình của các hệ số ma sát thu được từ các phép đo tương ứng thu được là hệ số ma sát của ống lót xi lanh của mỗi ví dụ và ví dụ so sánh tương

ứng.

4. Ước lượng khả năng chống kẹt

Hệ số ma sát khi bề mặt trượt ngoại vi bên trong của ống lót xi lanh và bề mặt trượt ngoại vi bên ngoài của vòng pittông trong mỗi ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng được đưa tiếp xúc với nhau và được trượt trên bề mặt còn lại được đo thông qua việc sử dụng máy kiểm tra ma sát đối ứng được minh họa trong Fig. 9. Mẫu thử trên 210 và mẫu thử dưới 220 được sử dụng để đo khả năng chống kẹt được chuẩn bị thông qua quy trình sau.

Sản xuất mẫu thử nghiệm trên

Mẫu thử nghiệm trên 210 là bộ phận được mạ crom cứng ở đầu xa của chốt có đường kính 8 mm được làm bằng vật liệu tương đương với JIS SK5 được sử dụng. Đầu xa của mẫu thử nghiệm trên 210 là hình bán nguyệt có bán kính cong 18 mmR ở đầu xa. Ba mẫu thử nghiệm trên 210 được chuẩn bị cho mỗi ống lót xi lanh khác nhau ở góc đường chéo trong mỗi ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng. Màng RC cứng sau đây đã được sử dụng làm màng phủ cứng tạo thành bề mặt trượt của mẫu thử nghiệm trên 210.

[RC]

Màng phủ cứng RC là màng phủ crom cứng (lớp phủ mạ điện JIS H8615: 1999 của crom cho mục đích kỹ thuật). Đối với 72 mẫu thử nghiệm trên 210 được sử dụng cho thử nghiệm, độ cứng bề mặt của màng phủ cứng RC là từ 800 HV0.1 đến 840 HV0.1. Bề mặt của màng phủ cứng RC được tráng gương bằng cách đánh bóng, và độ dày lớp mạ là từ 50 μm đến 54 μm . Màng phủ RC được hình thành bằng cách mạ điện. Màng phủ cứng RC cho 72 mẫu thử nghiệm trên 210 được sử dụng cho thử nghiệm có cùng cách xử lý.

Sản xuất mẫu thử nghiệm dưới

Các mẫu thử nghiệm dưới 220 còn lại không được sử dụng để đo hệ số ma sát trong số các mẫu thử nghiệm dưới 220 được tạo ra để đo hệ số ma sát đã được sử dụng.

<Điều kiện trượt>

Khả năng chống kẹt được ước lượng là khoảng thời gian cho đến khi lực ma sát của mẫu thử nghiệm trên 210 được phát hiện bởi một đơn vị tải trong khi trượt đạt tới 0,75 N (lực ma sát tương ứng với hệ số ma sát 0,3). Điều kiện trượt chi tiết được mô tả dưới đây.

· Khoảng cách của một chuyển động qua lại: 100 mm (hướng trượt là chiều hướng

tâm của ống lót xi lanh như của động cơ đốt trong thực tế)

- Tốc độ: 200 chu kỳ/phút (tốc độ trượt trung bình: 0,3 m/giây)

- Tải P: 2,5 N

- Dầu bôi trơn được sử dụng: dầu mang

· Phương pháp cung cấp dầu bôi trơn: dầu bôi trơn được áp dụng cho bề mặt trượt của mẫu thử nghiệm dưới 220, và sau đó được lau sạch trước khi thử nghiệm bắt đầu, và dầu bôi trơn bám vào bề mặt trượt sau khi được lau sạch được sử dụng để kiểm tra.

· Khoảng thời gian thử nghiệm tối đa: 45 phút (khi lực ma sát đạt 0,75 N trước khi qua 45 phút, thử nghiệm đã kết thúc ngay lập tức)

- Nhiệt độ của mẫu thử nghiệm dưới 220: Nhiệt độ phòng

Dầu bôi trơn đã sử dụng (dầu chịu lực) có độ nhớt thấp hơn dầu bôi trơn thông thường cho động cơ. Hơn nữa, các điều kiện cung cấp được đề cập ở trên của dầu bôi trơn đã được thiết lập sao cho trạng thái ma sát giữa mẫu thử nghiệm trên 210 và mẫu thử nghiệm dưới 220 được đưa vào trạng thái bôi trơn biên. Thử nghiệm này được tiến hành ba lần đối với sự kết hợp của mẫu thử nghiệm trên 210 và mẫu thử nghiệm dưới 220 cùng loại. Ở trạng thái này, khi lực ma sát nhỏ hơn 0,75 N lúc 45 phút, đó là khoảng thời gian thử nghiệm tối đa, đã trôi qua trong bất kỳ tree test, nó đã được xác định là "không cọ mòn". Ngoài ra, khi lực ma sát đạt 0,75 N trước 45 phút, đó là khoảng thời gian thử nghiệm tối đa, đã qua trong ít nhất một tree test, giá trị trung bình của các khoảng thời gian khi thử nghiệm kết thúc trong thời gian tương ứng được coi là kết quả ước tính khả năng chống kẹt. Trong trường hợp này, giá trị được ước tính là giá trị tương đối (tỷ lệ thời gian cọ mòn) với giá trị tham chiếu (100), là kết quả ước tính khả năng chống kẹt ở góc đường chéo 50 độ trong ví dụ so sánh A5.

Tốt hơn là tỷ lệ thời gian cọ mòn lớn hơn hoặc bằng 85 trong kết quả ước tính khả năng chống kẹt ở góc đường chéo bất kỳ trong số các góc là 3 độ, 30 độ và 50 độ.

5. Kết quả ước tính hệ số ma sát và khả năng chống kẹt

Vật liệu, độ nhám bề mặt (R_k , R_{vk} , R_{pk} và R_a) và giá trị đặc trưng ($R_k + R_{pk}$, R_{vk}/R_k và $R_k - R_{pk}$) của ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng được trình bày trong bảng 1 đến bảng 4 và bảng 14. Trong bảng 1 đến bảng 4 và bảng 14, R_a (CHA3) có nghĩa là giá trị trung bình của độ nhám trung bình cộng R_a được đo tại bốn vị trí cho một mẫu có góc đường chéo là 3 độ. R_a (CHA30) có nghĩa là giá trị trung bình của độ nhám trung bình cộng R_a được đo tại bốn vị trí đối với một mẫu có góc đường

chéo là 30 độ. Ra (CHA50) có nghĩa là giá trị trung bình của độ nhám trung bình cộng Ra được đo tại bốn vị trí đối với một mẫu có góc đường chéo là 50 độ. Ra (CHA60) có nghĩa là giá trị trung bình của độ nhám trung bình cộng Ra được đo tại bốn vị trí đối với một mẫu có góc đường chéo là 60 độ. Ngay cả khi các tham số Rk, Rvk và Rpk của độ nhám bề mặt là như nhau, nhưng góc đường chéo thay đổi, độ nhám trung bình cộng Ra thay đổi.

Hơn nữa, kết quả đo và kết quả đánh giá hệ số ma sát của ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng được trình bày trong bảng 5 đến bảng 8 và bảng 15. Các kết quả đo và kết quả đánh giá khả năng chống kẹt của ống lót xi lanh trong các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng được trình bày trong bảng 9 đến bảng 12 và bảng 16. Tiêu chí đánh giá kết quả đánh giá trong phạm vi "Đánh giá hệ số ma sát" được thể hiện trong bảng 5 đến bảng 8 và bảng 15 và trong phạm vi "Đánh giá khả năng chống kẹt" được trình bày trong bảng 9 đến bảng 12 và bảng 16 được mô tả bên dưới. "Ước tính hệ số ma sát A" có nghĩa là trường hợp trong đó màng phủ của mẫu thử nghiệm trên 210 là RA. "Ước tính hệ số ma sát B" có nghĩa là trường hợp trong đó màng phủ của mẫu thử nghiệm trên 210 là RB.

Ngoài ra, để tham khảo, bảng 13 cho thấy kết quả đánh giá hệ số ma sát A (màng phủ thử nghiệm trên RA) và hệ số ma sát B (màng phủ thử nghiệm trên RB) trong ví dụ A13 (CHA30) và kết quả đánh giá của hệ số ma sát A (màng phủ thử nghiệm trên RA) và hệ số ma sát B (màng phủ thử nghiệm trên RB) trong ví dụ B13 (CHA 30), chỉ khác nhau về loại vật liệu ống lót xi lanh và được sắp xếp lại trong các loại vật liệu ống lót xi lanh và loại màng phủ thử nghiệm trên.

- Tiêu chí ước tính đối với "Ước tính hệ số ma sát" -

A: Hệ số ma sát nhỏ hơn hoặc bằng 0,09 ở góc đường chéo là 50 độ.

B: Hệ số ma sát cao hơn 0,09 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,10 ở góc đường chéo là 50 độ.

C: Hệ số ma sát cao hơn 0,10 và nhỏ hơn hoặc bằng 0,11 ở góc đường chéo là 50 độ.

D: Hệ số ma sát cao hơn 0,11 ở góc đường chéo là 50 độ.

- Tiêu chí ước tính đối với "Ước tính khả năng chống kẹt" -

A: Tất cả các kết quả đánh giá là "không cọ mòn" trong đánh giá khả năng chống kẹt ở các góc đường chéo là 3 độ, 30 độ và 50 độ.

B: Kết quả đánh giá không tốt nhất lớn hơn hoặc bằng 90 trong tỷ lệ thời gian cọ mòn trong đánh giá khả năng chống kẹt ở các góc đường chéo là 3 độ, 30 độ và 50 độ.

C: Kết quả đánh giá không tốt nhất lớn hơn hoặc bằng 85 trong tỷ lệ thời gian cọ mòn trong đánh giá khả năng chống kẹt ở các góc đường chéo là 3 độ, 30 độ và 50 độ.

D: Kết quả đánh giá không tốt nhất nhỏ hơn 85 trong tỷ lệ thời gian cọ mòn trong đánh giá khả năng chống kẹt ở các góc đường chéo là 3 độ, 30 độ và 50 độ.

Các kết quả đo lường/đánh giá khác nhau của ống lót xi lanh trong các ví dụ phổ biến trong vật liệu ống lót xi lanh và mức độ tương đồng cao nhất về độ nhám so với các ví dụ so sánh A6, A7, B6 và B7 cũng được trích xuất từ bảng 1 đến bảng 12, và được thể hiện trong bảng 14 đến bảng 16 bên cạnh các kết quả đo lường/đánh giá khác nhau của ống lót xi lanh trong các ví dụ so sánh tương ứng này. Mà là, ví dụ A22 và A21 cũng được liệt kê là đối tượng so sánh của ví dụ so sánh A6, ví dụ A3 và A4 cũng được liệt kê là đối tượng so sánh của ví dụ so sánh A7, ví dụ B22 và B21 cũng được liệt kê là đối tượng so sánh của ví dụ so sánh B6 và ví dụ B3 và B4 cũng được liệt kê là đối tượng so sánh của ví dụ so sánh B7. Ngoài ra, từ góc độ mức độ tương đồng về độ nhám bề mặt, các ví dụ và ví dụ so sánh tương ứng được thể hiện trong bảng 14 đến bảng 16 được phân thành bốn nhóm.

<Nhóm A1> Ví dụ so sánh A6 và ví dụ A22 và A21 là đối tượng để so sánh

<Nhóm 2A> Ví dụ so sánh A7 và Ví dụ A3 và A4 là đối tượng để so sánh

<Nhóm 1B> Ví dụ so sánh B6 và ví dụ B22 và B21 là đối tượng để so sánh

<Nhóm 2B> Ví dụ so sánh B7 và ví dụ B3 và B4 là đối tượng để so sánh

Bảng 1

	Vật liệu ống lót xi lanh	Độ nhám bề mặt						Giá trị đặc trưng				
		Rk	Rvk	Rpk	Ra(CHA3)	Ra(CHA30)	Ra(CHA50)	Ra(CHA60)	Rk+Rpk		Rvk/Rk	Rk-Rpk
		[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]			
Ví dụ A1	LA	0,08	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,11	1,00	0,05	
Ví dụ A2	LA	0,08	0,16	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,11	2,00	0,05	
Ví dụ A3	LA	0,08	0,32	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	4,00	0,04	
Ví dụ A4	LA	0,08	0,56	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	7,00	0,03	
Ví dụ A5	LA	0,08	0,80	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,14	10,00	0,02	
Ví dụ A6	LA	0,12	0,12	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,15	1,00	0,09	
Ví dụ A7	LA	0,12	0,24	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,16	2,00	0,08	
Ví dụ A8	LA	0,12	0,48	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17	4,00	0,07	
Ví dụ A9	LA	0,12	0,84	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10	0,18	7,00	0,06	
Ví dụ A10	LA	0,12	1,20	0,07	0,10	0,11	0,12	0,12	0,19	10,00	0,05	
Ví dụ A11	LA	0,16	0,16	0,04	0,12	0,12	0,12	0,12	0,20	1,00	0,12	
Ví dụ A12	LA	0,16	0,32	0,05	0,16	0,16	0,16	0,16	0,21	2,00	0,11	
Ví dụ A13	LA	0,16	0,64	0,07	0,19	0,19	0,20	0,20	0,23	4,00	0,09	
Ví dụ A14	LA	0,16	1,28	0,10	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26	8,00	0,06	
Ví dụ A15	LA	0,20	0,20	0,05	0,17	0,17	0,17	0,17	0,25	1,00	0,15	
Ví dụ A16	LA	0,20	0,40	0,06	0,19	0,19	0,19	0,19	0,26	2,00	0,14	
Ví dụ A17	LA	0,20	0,60	0,07	0,21	0,21	0,22	0,23	0,27	3,00	0,13	
Ví dụ A18	LA	0,20	0,80	0,09	0,23	0,23	0,24	0,24	0,29	4,00	0,11	
Ví dụ A19	LA	0,20	1,40	0,11	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	7,00	0,09	

Bảng 2

	Vật liệu ống lót xi lanh	Độ nhám bề mặt						Giá trị đặc trưng			
		Rk	Rvk	Rpk	Ra(CHA3)	Ra(CHA30)	Ra(CHA50)	Ra(CHA60)	Rk+Rpk	Rvk/Rk	Rk-Rpk
		[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]		
Ví dụ A20	LA	0,25	0,25	0,06	0,20	0,20	0,20	0,20	0,31	1,00	0,19
Ví dụ A22	LA	0,25	0,50	0,08	0,22	0,23	0,23	0,23	0,33	2,00	0,17
Ví dụ A21	LA	0,25	0,75	0,09	0,25	0,26	0,26	0,27	0,34	3,00	0,16
Ví dụ A23	LA	0,25	1,00	0,12	0,28	0,28	0,29	0,29	0,37	4,00	0,13
Ví dụ A24	LA	0,25	1,50	0,13	0,29	0,31	0,32	0,33	0,38	6,00	0,12
Ví dụ A25	LA	0,30	0,30	0,07	0,30	0,31	0,31	0,31	0,37	1,00	0,23
Ví dụ A26	LA	0,30	0,60	0,09	0,31	0,32	0,33	0,33	0,39	2,00	0,21
Ví dụ A27	LA	0,30	0,90	0,11	0,33	0,33	0,34	0,34	0,41	3,00	0,19
Ví dụ A28	LA	0,30	1,20	0,13	0,34	0,35	0,37	0,38	0,43	4,00	0,17
Ví dụ A29	LA	0,30	1,80	0,15	0,36	0,38	0,41	0,42	0,45	6,00	0,15
Ví dụ A30	LA	0,30	1,80	0,20	0,38	0,41	0,45	0,47	0,50	6,00	0,10
Ví dụ A31	LA	0,30	1,80	0,25	0,40	0,43	0,50	0,52	0,55	6,00	0,05
Ví dụ so sánh A1	LA	0,33	1,98	0,25	0,42	0,45	0,52	0,57	0,58	6,00	0,08

Ví dụ so sánh A2	LA	0,30	1,80	0,30	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55	0,60	6,00	0,00
Ví dụ so sánh A3	LA	0,08	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,11	0,80	0,05
Ví dụ so sánh A4	LA	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,09	1,00	0,03
Ví dụ so sánh A5	LA	0,40	0,22	0,25	0,48	0,52	0,55	0,56	0,65	0,55	0,15	

Bảng 3

Bảng 3

	Vật liệu ống lót xi lanh	Độ nhám bề mặt						Giá trị đặc trưng			
		Rk [μm]	Rvk [μm]	Rpk [μm]	Ra(CHA3) [μm]	Ra(CHA30) [μm]	Ra(CHA50) [μm]	Ra(CHA60) [μm]	Rk+Rpk [μm]	Rvk/Rk	Rk-Rpk [μm]
Ví dụ B1	LB	0,08	0,08	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,11	1,00	0,05
Ví dụ B2	LB	0,08	0,16	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,11	2,00	0,05
Ví dụ B3	LB	0,08	0,32	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	4,00	0,04
Ví dụ B4	LB	0,08	0,56	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,13	7,00	0,03
Ví dụ B5	LB	0,08	0,80	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,14	10,00	0,02
Ví dụ B6	LB	0,12	0,12	0,03	0,06	0,06	0,06	0,06	0,15	1,00	0,09
Ví dụ B7	LB	0,12	0,24	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,16	2,00	0,08
Ví dụ B8	LB	0,12	0,48	0,05	0,08	0,08	0,08	0,08	0,17	4,00	0,07
Ví dụ B9	LB	0,12	0,84	0,06	0,09	0,09	0,10	0,10	0,18	7,00	0,06
Ví dụ B10	LB	0,12	1,20	0,07	0,10	0,11	0,12	0,12	0,19	10,00	0,05
Ví dụ B11	LB	0,16	0,16	0,04	0,12	0,12	0,12	0,12	0,20	1,00	0,12
Ví dụ B12	LB	0,16	0,32	0,05	0,16	0,16	0,16	0,16	0,21	2,00	0,11
Ví dụ B13	LB	0,16	0,64	0,07	0,19	0,19	0,20	0,20	0,23	4,00	0,09
Ví dụ B14	LB	0,16	1,28	0,10	0,23	0,24	0,25	0,25	0,26	8,00	0,06
Ví dụ B15	LB	0,20	0,20	0,05	0,17	0,17	0,17	0,17	0,25	1,00	0,15
Ví dụ B16	LB	0,20	0,40	0,06	0,19	0,19	0,19	0,19	0,26	2,00	0,14

Ví dụ B17	LB	0,20	0,60	0,07	0,21	0,21	0,22	0,23	0,27	3,00	0,13
Ví dụ B18	LB	0,20	0,80	0,09	0,23	0,23	0,24	0,24	0,29	4,00	0,11
Ví dụ B19	LB	0,20	1,40	0,11	0,26	0,27	0,28	0,29	0,31	7,00	0,09

Bảng 4

	Vật liệu ống lót xi lanh	Độ nhám bề mặt						Giá trị đặc trưng			
		Rk	Rvk	Rpk	Ra(CHA3)	Ra(CHA30)	Ra(CHA50)	Ra(CHA60)	Rk+Rpk	Rvk/Rk	Rk-Rpk
		[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]			
Ví dụ B20	LB	0,25	0,25	0,06	0,20	0,20	0,20	0,20	0,31	1,00	0,19
Ví dụ B22	LB	0,25	0,50	0,08	0,22	0,23	0,23	0,23	0,33	2,00	0,17
Ví dụ B21	LB	0,25	0,75	0,09	0,24	0,25	0,25	0,27	0,34	3,00	0,16
Ví dụ B23	LB	0,25	1,00	0,12	0,26	0,27	0,28	0,29	0,37	4,00	0,13
Ví dụ B24	LB	0,25	1,50	0,13	0,29	0,30	0,31	0,32	0,38	6,00	0,12
Ví dụ B25	LB	0,30	0,30	0,07	0,29	0,30	0,30	0,31	0,37	1,00	0,23
Ví dụ B26	LB	0,30	0,60	0,09	0,30	0,31	0,31	0,33	0,39	2,00	0,21
Ví dụ B27	LB	0,30	0,90	0,11	0,31	0,32	0,33	0,34	0,41	3,00	0,19
Ví dụ B28	LB	0,30	1,20	0,13	0,32	0,34	0,36	0,38	0,43	4,00	0,17
Ví dụ B29	LB	0,30	1,80	0,15	0,34	0,37	0,39	0,41	0,45	6,00	0,15
Ví dụ B30	LB	0,30	1,80	0,20	0,36	0,39	0,41	0,43	0,50	6,00	0,10
Ví dụ B31	LB	0,30	1,80	0,25	0,38	0,41	0,43	0,45	0,55	6,00	0,05
Ví dụ so sánh B1	LB	0,33	1,98	0,25	0,40	0,43	0,50	0,55	0,58	6,00	0,08
Ví dụ so sánh B2	LB	0,30	1,80	0,30	0,51	0,52	0,52	0,54	0,60	6,00	0,00
Ví dụ so sánh B3	LB	0,08	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,11	0,80	0,05

Ví dụ so sánh B4	LB	0,06	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,09	1,00	0,03
Ví dụ so sánh B5	LB	0,40	0,22	0,25	0,48	0,52	0,55	0,56	0,65	0,55	0,15	

Bảng 5

	Hệ số ma sát A				Hệ số ma sát B				Đánh giá hệ số ma sát A	Đánh giá hệ số ma sát B		
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)				Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)					
		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ		3 độ	30 độ			50 độ	60 độ
Ví dụ A1	RA	0,075	0,077	0,081	0,082	RB	0,065	0,067	0,070	0,071	A	A
Ví dụ A2	RA	0,075	0,077	0,081	0,082	RB	0,065	0,067	0,070	0,071	A	A
Ví dụ A3	RA	0,076	0,078	0,082	0,083	RB	0,066	0,068	0,071	0,072	A	A
Ví dụ A4	RA	0,077	0,079	0,083	0,084	RB	0,067	0,069	0,072	0,073	A	A
Ví dụ A5	RA	0,077	0,078	0,083	0,083	RB	0,067	0,068	0,072	0,073	A	A
Ví dụ A6	RA	0,078	0,081	0,084	0,084	RB	0,068	0,070	0,073	0,073	A	A
Ví dụ A7	RA	0,078	0,081	0,085	0,085	RB	0,068	0,070	0,074	0,075	A	A
Ví dụ A8	RA	0,080	0,083	0,087	0,088	RB	0,070	0,072	0,076	0,077	A	A
Ví dụ A9	RA	0,081	0,084	0,088	0,090	RB	0,070	0,073	0,077	0,078	A	A
Ví dụ A10	RA	0,081	0,084	0,087	0,090	RB	0,070	0,073	0,076	0,078	A	A
Ví dụ A11	RA	0,082	0,085	0,089	0,091	RB	0,071	0,074	0,077	0,079	A	A
Ví dụ A12	RA	0,082	0,086	0,091	0,093	RB	0,071	0,075	0,079	0,081	B	A

Ví dụ A13	RA	0,084	0,087	0,092	0,093	RB	0,073	0,076	0,080	0,081	B	A
Ví dụ A14	RA	0,085	0,088	0,092	0,093	RB	0,074	0,077	0,080	0,082	B	A
Ví dụ A15	RA	0,085	0,088	0,093	0,095	RB	0,074	0,077	0,081	0,083	B	A
Ví dụ A16	RA	0,086	0,091	0,096	0,099	RB	0,075	0,079	0,084	0,086	B	A
Ví dụ A17	RA	0,087	0,092	0,097	0,100	RB	0,076	0,080	0,084	0,087	B	A
Ví dụ A18	RA	0,087	0,093	0,098	0,101	RB	0,076	0,081	0,085	0,089	B	A
Ví dụ A19	RA	0,088	0,093	0,098	0,101	RB	0,077	0,081	0,085	0,090	B	A

Bảng 6

	Hệ số ma sát A					Hệ số ma sát B					Đánh giá hệ số ma sát A	Đánh giá hệ số ma sát B
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)				Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)					
		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ		
Ví dụ A20	RA	0,088	0,092	0,098	0,100	RB	0,077	0,080	0,085	0,087	A	
Ví dụ A22	RA	0,089	0,093	0,100	0,101	RB	0,077	0,081	0,087	0,089	A	
Ví dụ A21	RA	0,090	0,093	0,101	0,102	RB	0,078	0,081	0,088	0,089	A	
Ví dụ A23	RA	0,091	0,095	0,101	0,103	RB	0,079	0,083	0,088	0,090	A	
Ví dụ A24	RA	0,092	0,096	0,101	0,103	RB	0,080	0,084	0,088	0,090	A	
Ví dụ A25	RA	0,090	0,094	0,101	0,102	RB	0,078	0,082	0,088	0,090	A	
Ví dụ A26	RA	0,094	0,098	0,103	0,105	RB	0,082	0,085	0,090	0,091	A	
Ví dụ A27	RA	0,094	0,099	0,104	0,106	RB	0,082	0,086	0,090	0,092	A	
Ví dụ A28	RA	0,095	0,099	0,104	0,106	RB	0,083	0,086	0,090	0,092	A	
Ví dụ A29	RA	0,096	0,099	0,107	0,109	RB	0,084	0,086	0,093	0,094	B	
Ví dụ A30	RA	0,096	0,100	0,108	0,110	RB	0,084	0,087	0,094	0,095	B	
Ví dụ A31	RA	0,097	0,101	0,110	0,115	RB	0,084	0,088	0,096	0,097	B	
Ví dụ so sánh A1	RA	0,101	0,107	0,114	0,117	RB	0,088	0,093	0,099	0,101	B	
Ví dụ so sánh A2	RA	0,104	0,111	0,118	0,121	RB	0,090	0,097	0,103	0,105	C	
Ví dụ so sánh A3	RA	0,074	0,076	0,080	0,081	RB	0,064	0,066	0,070	0,071	A	
Ví dụ so sánh A4	RA	0,073	0,075	0,079	0,080	RB	0,064	0,065	0,069	0,071	A	
Ví dụ so sánh A5	RA	0,111	0,118	0,126	0,131	Không được đo					D	-

Bảng 7

	Hệ số ma sát A					Hệ số ma sát B					Đánh giá hệ số ma sát A	Đánh giá hệ số ma sát B
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)				Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)					
		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ		
Ví dụ B1	RA	0,070	0,072	0,075	0,076	RB	0,059	0,060	0,063	0,064	A	A
Ví dụ B2	RA	0,070	0,072	0,075	0,076	RB	0,059	0,060	0,063	0,064	A	A
Ví dụ B3	RA	0,071	0,073	0,076	0,077	RB	0,059	0,061	0,064	0,064	A	A
Ví dụ B4	RA	0,072	0,073	0,077	0,078	RB	0,060	0,062	0,065	0,066	A	A
Ví dụ B5	RA	0,072	0,073	0,077	0,078	RB	0,060	0,061	0,065	0,065	A	A
Ví dụ B6	RA	0,073	0,075	0,078	0,079	RB	0,061	0,063	0,066	0,067	A	A
Ví dụ B7	RA	0,073	0,075	0,079	0,080	RB	0,061	0,063	0,066	0,067	A	A
Ví dụ B8	RA	0,074	0,077	0,081	0,083	RB	0,062	0,065	0,068	0,069	A	A
Ví dụ B9	RA	0,075	0,078	0,082	0,083	RB	0,063	0,066	0,069	0,070	A	A
Ví dụ B10	RA	0,075	0,078	0,081	0,083	RB	0,063	0,066	0,068	0,070	A	A
Ví dụ B11	RA	0,076	0,079	0,083	0,085	RB	0,064	0,066	0,069	0,071	A	A
Ví dụ B12	RA	0,076	0,080	0,085	0,086	RB	0,064	0,067	0,071	0,072	A	A
Ví dụ B13	RA	0,078	0,081	0,086	0,087	RB	0,066	0,068	0,072	0,072	A	A
Ví dụ B14	RA	0,079	0,082	0,086	0,088	RB	0,066	0,069	0,072	0,073	A	A
Ví dụ B15	RA	0,079	0,082	0,086	0,087	RB	0,066	0,069	0,073	0,074	A	A
Ví dụ B16	RA	0,080	0,085	0,089	0,090	RB	0,067	0,071	0,075	0,076	A	A
Ví dụ B17	RA	0,081	0,086	0,090	0,091	RB	0,068	0,072	0,076	0,077	A	A
Ví dụ B18	RA	0,081	0,086	0,091	0,093	RB	0,068	0,073	0,076	0,078	B	A
Ví dụ B19	RA	0,082	0,086	0,091	0,093	RB	0,069	0,073	0,076	0,078	B	A

Bảng 8

	Hệ số ma sát A					Hệ số ma sát B					Đánh giá hệ số ma sát A		Đánh giá hệ số ma sát B
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên					Màng phủ mẫu thử nghiệm trên					Góc đường chéo (CHA)		
												Góc đường chéo (CHA)	

Ví dụ B20	RA	0,082	0,086	0,091	0,092	RB	0,069	0,072	0,076	0,077	B	A
Ví dụ B22	RA	0,083	0,086	0,093	0,093	RB	0,069	0,073	0,078	0,079	B	A
Ví dụ B21	RA	0,084	0,086	0,094	0,094	RB	0,070	0,073	0,079	0,079	B	A
Ví dụ B23	RA	0,085	0,088	0,094	0,095	RB	0,071	0,074	0,079	0,080	B	A
Ví dụ B24	RA	0,086	0,089	0,094	0,095	RB	0,072	0,075	0,079	0,081	B	A
Ví dụ B25	RA	0,084	0,087	0,094	0,095	RB	0,070	0,073	0,079	0,080	B	A
Ví dụ B26	RA	0,087	0,091	0,096	0,097	RB	0,073	0,076	0,080	0,081	B	A
Ví dụ B27	RA	0,087	0,092	0,097	0,098	RB	0,073	0,077	0,081	0,082	B	A
Ví dụ B28	RA	0,088	0,092	0,097	0,098	RB	0,074	0,077	0,081	0,082	B	A
Ví dụ B29	RA	0,089	0,092	0,100	0,101	RB	0,075	0,077	0,083	0,084	B	A
Ví dụ B30	RA	0,089	0,093	0,100	0,101	RB	0,075	0,078	0,084	0,086	B	A
Ví dụ B31	RA	0,090	0,094	0,102	0,104	RB	0,076	0,079	0,086	0,087	C	A
Ví dụ so sánh B1	RA	0,094	0,100	0,106	0,107	RB	0,079	0,083	0,089	0,090	C	A
Ví dụ so sánh B2	RA	0,097	0,103	0,110	0,110	RB	0,081	0,087	0,092	0,094	C	B
Ví dụ so sánh B3	RA	0,069	0,071	0,074	0,075	RB	0,058	0,059	0,062	0,064	A	A
Ví dụ so sánh B4	RA	0,068	0,070	0,073	0,074	RB	0,057	0,059	0,062	0,064	A	A
Ví dụ so sánh B5	RA	0,103	0,110	0,117	0,119	Không được đo						-

Bảng 9

	Khả năng chống kẹt							Đánh giá khả năng chống kẹt
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)						
		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ			
Ví dụ A1	RC		85		Không cọ mòn	Không cọ mòn	C	
Ví dụ A2	RC		88	95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	C	
Ví dụ A3	RC		90	97	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
Ví dụ A4	RC		92		Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
Ví dụ A5	RC		96		Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
Ví dụ A6	RC		86	93	Không cọ mòn	Không cọ mòn	C	
Ví dụ A7	RC		88	98	Không cọ mòn	Không cọ mòn	C	

Ví dụ A8	RC	90	98	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	B
Ví dụ A9	RC	94	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	B
Ví dụ A10	RC	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	A
Ví dụ A11	RC	87	94	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	C
Ví dụ A12	RC	89	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	C
Ví dụ A13	RC	96	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	B
Ví dụ A14	RC	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	A
Ví dụ A15	RC	88	95	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	C
Ví dụ A16	RC	90	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	B
Ví dụ A17	RC	93	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	B
Ví dụ A18	RC	95	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	B
Ví dụ A19	RC	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	Không cộ mòn	A

Bảng 10

	Khả năng chống kết		Góc đường chéo (CHA)				Đánh giá khả năng chống kết
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ	
Ví dụ A20	RC		88	97	Không cọ mòn	Không cọ mòn	C
Ví dụ A22	RC		90	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A21	RC		92	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A23	RC		93	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A24	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ A25	RC		88	98	Không cọ mòn	Không cọ mòn	C
Ví dụ A26	RC		90	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A27	RC		93	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A28	RC		95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A29	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ A30	RC		97	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ A31	RC		95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ so sánh A1	RC		96	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ so sánh A2	RC		94	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ so sánh A3	RC		75	85	91	95	D
Ví dụ so sánh A4	RC		80	89	94	97	D
Ví dụ so sánh A5	RC		84	92	100	102	D

Bảng 11

	Khả năng chống kẹt		Góc đường chéo (CHA)				Đánh giá khả năng chống kẹt
	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên		3 độ	30 độ	50 độ	60 độ	
Ví dụ B1	RC		91	99	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B2	RC		94	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B3	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B4	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B5	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B6	RC		93	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B7	RC		95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B8	RC		98	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B9	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B10	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B11	RC		95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B12	RC		98	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B13	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B14	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B15	RC		95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B16	RC		98	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B
Ví dụ B17	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B18	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A
Ví dụ B19	RC		Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A

Bảng 12

	Vật liệu ống lót xi lanh	Hệ số ma sát*		
		Màng phủ mẫu thử nghiệm trên: RB	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên: RA	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên: RA
Ví dụ B13 (CHA30)	LB	0,068 [78]	0,081 [93]	
Ví dụ A13 (CHA30)	LA	0,076 [87]	0,087 [100]	

Bảng 13

	Vật liệu ống lót xi lanh	Hệ số ma sát*	
		Màng phủ mẫu thử nghiệm trên: RB	Màng phủ mẫu thử nghiệm trên: RA
Ví dụ B13 (CHA30)	LB	0,068 [78]	0,081 [93]
Ví dụ A13 (CHA30)	LA	0,076 [87]	0,087 [100]

Bảng 14

Số nhóm	Số ví dụ thử nghiệm	Vật liệu ống lót xi lanh	Độ nhám bề mặt				Giá trị đặc trưng				
			Rk [μm]	Rvk [μm]	Rpk [μm]	Ra(CHA3) [μm]	Ra(CHA30) [μm]	Ra(CHA50) [μm]	Rk+Rpk [μm]	Rvk/Rk	Rk-Rpk [μm]
1A.	Ví dụ A22	LA	0,25	0,50	0,08	0,22	0,23	0,23	0,33	2,00	0,17
	Ví dụ A21	LA	0,25	0,75	0,09	0,25	0,26	0,26	0,34	3,00	0,16
	Ví dụ so sánh A6	LA	0,38	0,92	0,20	0,32	0,33	0,32	0,58	2,42	0,18
2A.	Ví dụ A3	LA	0,08	0,32	0,04	0,05	0,05	0,05	0,12	4,00	0,04
	Ví dụ A4	LA	0,08	0,56	0,05	0,06	0,06	0,06	0,13	7,00	0,03
	Ví dụ so sánh A7	LA	0,06	0,30	0,03	0,04	0,04	0,04	0,09	5,00	0,03
1B	Ví dụ B22	LB	0,25	0,50	0,08	0,22	0,23	0,23	0,33	2,00	0,17
	Ví dụ B21	LB	0,25	0,75	0,09	0,24	0,25	0,25	0,34	3,00	0,16
	Ví dụ so sánh B6	LB	0,38	0,92	0,20	0,32	0,33	0,32	0,58	2,42	0,18
2B	Ví dụ B3	LB	0,08	0,32	0,04	0,05	0,05	0,05	0,12	4,00	0,04
	Ví dụ B4	LB	0,08	0,56	0,05	0,06	0,06	0,06	0,13	7,00	0,03
	Ví dụ so sánh B7	LB	0,06	0,30	0,03	0,04	0,04	0,04	0,09	5,00	0,03

Bảng 15

Số nhóm	Số ví dụ thử nghiệm	Hệ số ma sát A			Hệ số ma sát B				Đánh giá hệ số ma sát A	Đánh giá hệ số ma sát B	
		Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)		Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHIA)					
			3 độ	30 độ		50 độ	3 độ	30 độ			50 độ
1A.	Ví dụ A22	RA	0,089	0,093	0,100	RB	0,077	0,081	0,087	A	
	Ví dụ A21	RA	0,090	0,093	0,101	RB	0,078	0,081	0,088	A	
	Ví dụ so sánh A6	RA	0,102	0,108	0,115	RB	0,089	0,095	0,099	B	
2A.	Ví dụ A3	RA	0,076	0,078	0,082	RB	0,066	0,068	0,071	A	
	Ví dụ A4	RA	0,077	0,079	0,083	RB	0,067	0,069	0,072	A	
	Ví dụ so sánh A7	RA	0,070	0,072	0,074	RB	0,061	0,063	0,064	A	
1B	Ví dụ B22	RA	0,083	0,086	0,093	RB	0,069	0,073	0,078	B	
	Ví dụ B21	RA	0,084	0,086	0,094	RB	0,070	0,073	0,079	B	
	Ví dụ so sánh B6	RA	0,095	0,100	0,107	RB	0,080	0,085	0,089	C	
2B	Ví dụ B3	RA	0,071	0,073	0,076	RB	0,059	0,061	0,064	A	
	Ví dụ B4	RA	0,072	0,073	0,077	RB	0,060	0,062	0,065	A	
	Ví dụ so sánh B7	RA	0,065	0,067	0,069	RB	0,055	0,056	0,058	A	

Bảng 16

Số nhóm	Số ví dụ thử nghiệm	Khả năng chống kẹt			Đánh giá khả năng chống kẹt		
		Màng phủ mẫu thử nghiệm trên	Góc đường chéo (CHA)		50 độ		
			3 độ	30 độ			
1A.	Ví dụ A22	RC	90	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
	Ví dụ A21	RC	92	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
	Ví dụ so sánh A6	RC	95	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
2A.	Ví dụ A3	RC	90	97	Không cọ mòn	B	
	Ví dụ A4	RC	92	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	
	Ví dụ so sánh A7	RC	82	88	94	D	
1B	Ví dụ B22	RC	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A	
	Ví dụ B21	RC	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A	
	Ví dụ so sánh B6	RC	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A	
2B	Ví dụ B3	RC	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A	
	Ví dụ B4	RC	Không cọ mòn	Không cọ mòn	Không cọ mòn	A	
	Ví dụ so sánh B7	RC	98	Không cọ mòn	Không cọ mòn	B	

Danh sách các ký hiệu chỉ dẫn

10, 10A, 10B: ống lót xi lanh

12: bề mặt trượt ngoài vi bên trong

14: kết tủa graphit

20, 20A, 20B: dầu gia công

22: nhóm đường song song thứ nhất

24: nhóm đường song song thứ hai

100: động cơ đốt trong

110: hộp xi lanh

120: pittông

130: vòng pittông

130A: vòng trên

130B: vòng thứ hai

130C: vòng dầu

140: buồng đốt

200: máy kiểm tra ma sát đối ứng

210: mẫu thử nghiệm trên

220: mẫu thử nghiệm dưới

230: đế giữ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Ống lót xi lanh bằng gang, bao gồm bề mặt trượt ngoại vi bên trong làm bằng gang, trong đó bề mặt trượt ngoại vi bên trong bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

trong đó đầu gia công được cấu tạo bởi họa tiết đường chéo bao gồm nhóm đường thẳng song song thứ nhất và nhóm đường thẳng song song thứ hai đi qua nhóm đường thẳng song song thứ nhất được hình thành trong khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

trong đó góc đường chéo được tạo thành theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ nhất kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của ống lót xi lanh và theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ hai kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của ống lót xi lanh lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ,

·Biểu thức (1) $Rvk/Rk \geq 1,0$

·Biểu thức (2) $0,08 \mu m \leq Rk \leq 0,3 \mu m$

·Biểu thức (3) $Rk - Rpk > 0$

[trong biểu thức (1) đến biểu thức (3), Rk là độ dày nhám lõi được dựa trên JIS B0671-2:2002, Rpk là độ cao đỉnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002 và Rvk là độ sâu rãnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002].

2. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm 1, trong đó Rvk/Rk của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng 1,5.

3. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm 1 hoặc 2, trong đó độ dày nhám lõi Rk của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng $0,2 \mu m$ và Rvk/Rk của khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3) lớn hơn hoặc bằng 3,0.

4. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó độ nhám trung bình cộng Ra dựa trên JIS B0601: 2013 của khoảng nhỏ hơn hoặc bằng $0,5 \mu m$.

5. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó

gang là gang graphit dạng tấm.

6. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó độ cứng của gang dựa trên JIS Z 2245: 2011 lớn hơn hoặc bằng 90 HRB và nhỏ hơn hoặc bằng 115 HRB.

7. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong có cùng đặc tính bề mặt.

8. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó độ sâu rãnh giảm Rvk nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\text{ }\mu\text{m}$.

9. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm 8, trong đó độ dày nhám lõi Rk lớn hơn hoặc bằng $0,08\text{ }\mu\text{m}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,25\text{ }\mu\text{m}$.

10. Ống lót xi lanh bằng gang theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó góc đường chéo là lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 38 độ.

11. Động cơ đốt trong, bao gồm:

lỗ xi lanh bao gồm bề mặt trượt ngoại vi bên trong làm bằng gang;

pittông được bố trí ở mặt ngoại vi bên trong của lỗ xi lanh; và

vòng pittông được gắn vào rãnh hình khuyên dọc theo hướng chu vi của pittông trên bề mặt ngoại vi bên ngoài của pittông,

trong đó bề mặt trượt ngoại vi bên trong bao gồm khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

trong đó dấu gia công được cấu tạo bởi họa tiết đường chéo bao gồm nhóm đường thẳng song song thứ nhất và nhóm đường thẳng song song thứ hai đi qua nhóm đường thẳng song song thứ nhất được hình thành trong khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3),

trong đó góc đường chéo được tạo thành theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ nhất kéo dài từ bên này sang bên kia theo hướng chu vi của ống lót xi lanh và theo hướng trong đó nhóm đường thẳng song song thứ hai kéo dài từ bên này

sang bên kia theo hướng chu vi của ống lót xi lanh lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 50 độ,

·Biểu thức (1) $Rvk/Rk \geq 1,0$

·Biểu thức (2) $0,08 \mu m \leq Rk \leq 0,3 \mu m$

·Biểu thức (3) $Rk - Rpk > 0$

[trong biểu thức (1) đến biểu thức (3), Rk là độ dày nhám lõi dựa trên JIS B0671-2:2002, Rpk là độ cao đỉnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002 và Rvk là độ sâu rãnh giảm dựa trên JIS B0671-2:2002].

12. Động cơ đốt trong theo điểm 11, còn bao gồm ống lót bằng gang bao gồm bề mặt trượt chu vi bên trong có khoảng thỏa mãn biểu thức (1) đến biểu thức (3).

13. Động cơ đốt trong theo điểm 11, còn bao gồm hộp xi lanh bằng gang bao gồm cả lỗ xi lanh.

14. Động cơ đốt trong theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 13, trong đó toàn bộ bề mặt của bề mặt trượt chu vi bên trong có cùng đặc tính bề mặt.

15. Động cơ đốt trong theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 14, trong đó độ sâu rãnh giảm Rvk nhỏ hơn hoặc bằng $1,0 \mu m$.

16. Động cơ đốt trong theo điểm 15, trong đó độ dày nhám lõi Rk lớn hơn hoặc bằng $0,08 \mu m$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,25 \mu m$.

17. Động cơ đốt trong theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 16, trong đó góc đường chéo lớn hơn hoặc bằng 3 độ và nhỏ hơn hoặc bằng 38 độ.

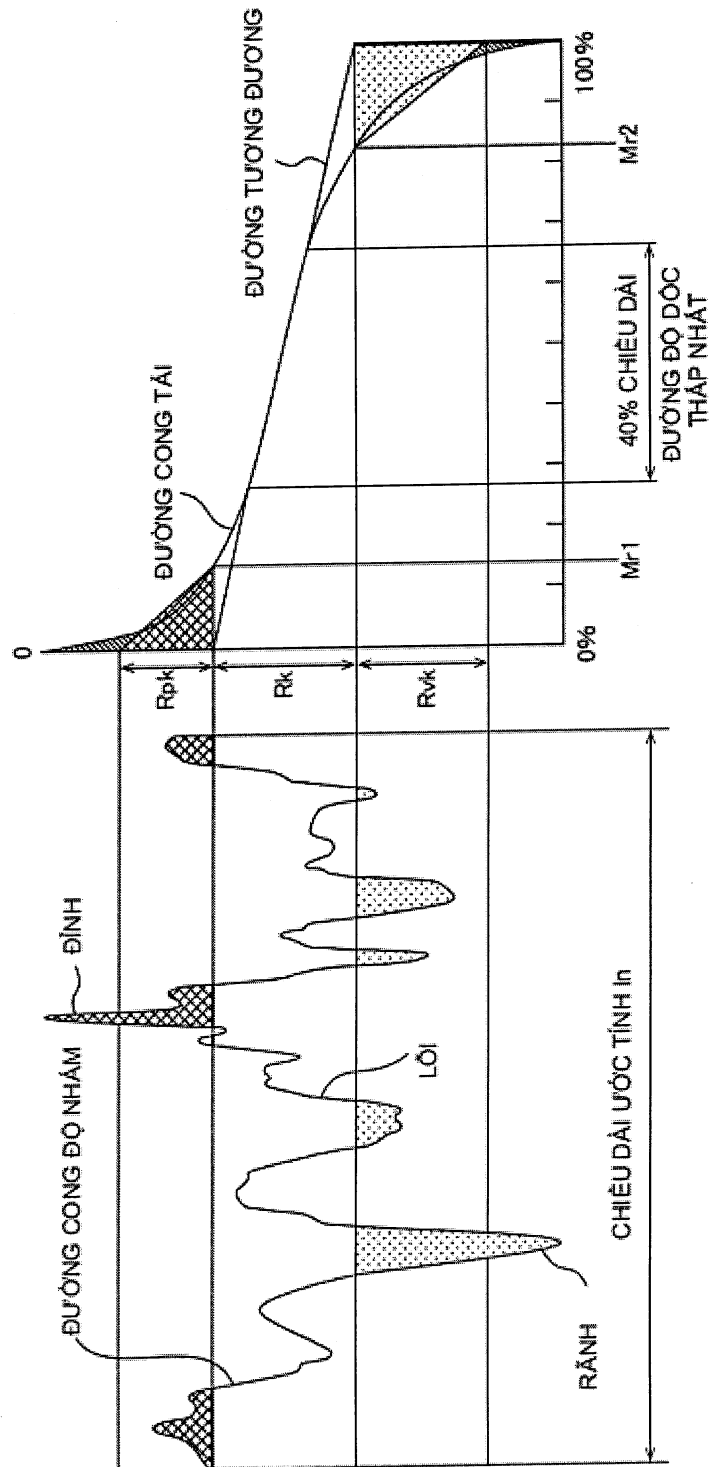


FIG. 1A

FIG. 1B

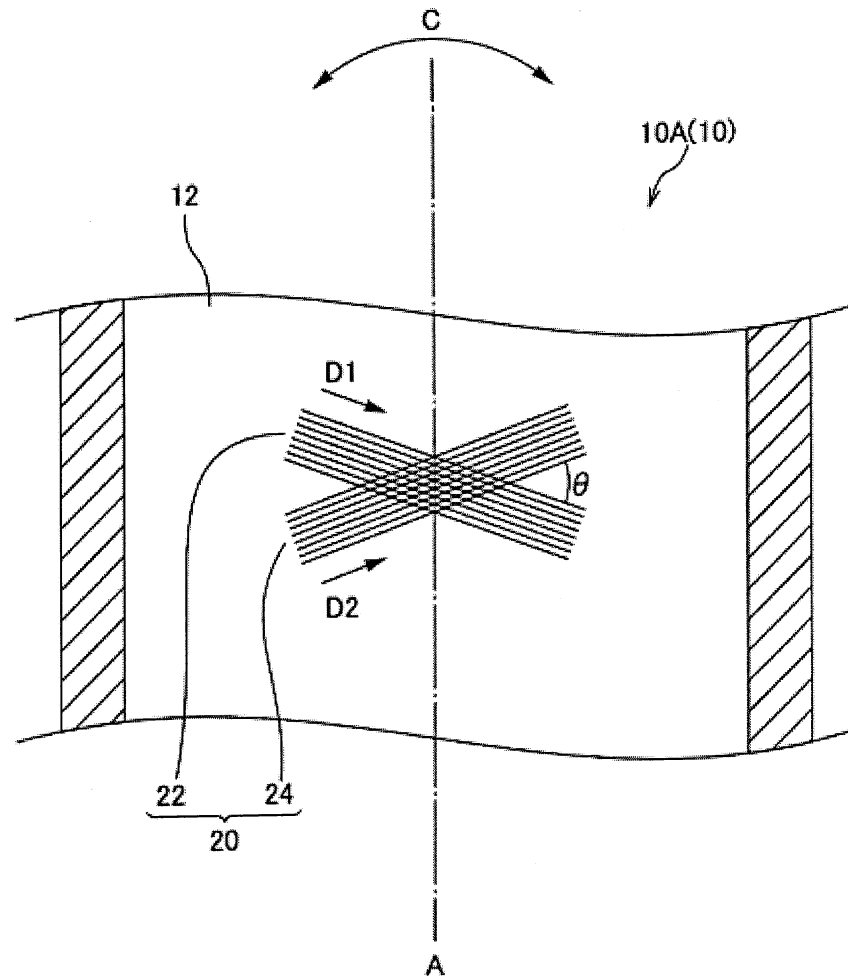
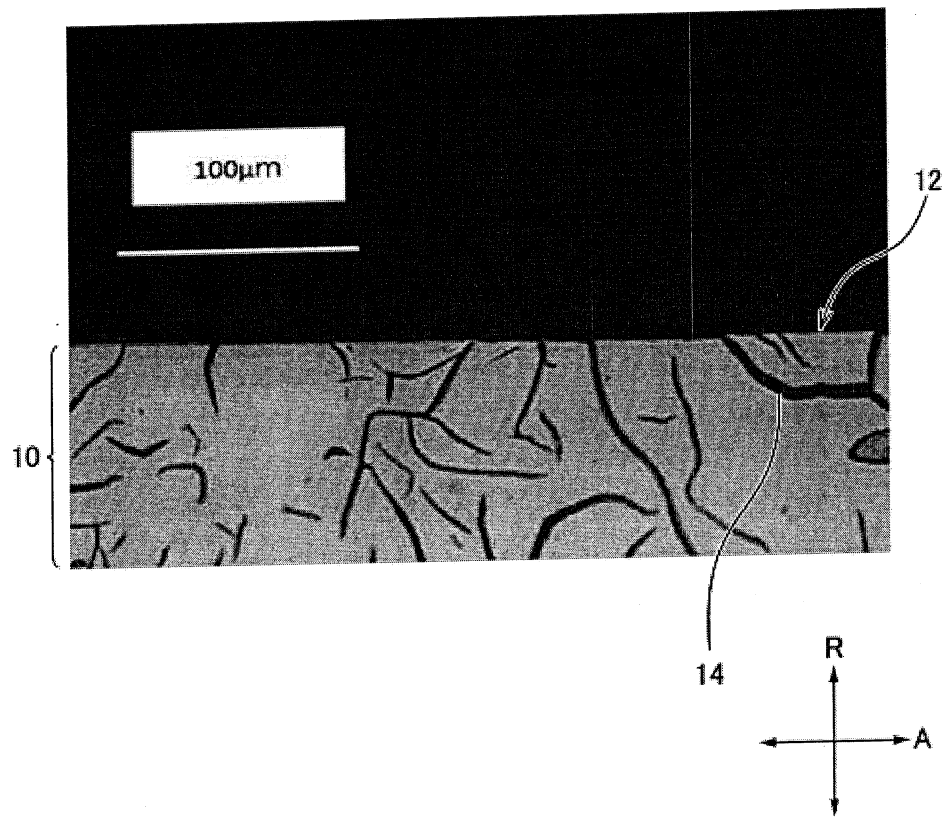


FIG. 2

**FIG. 3**

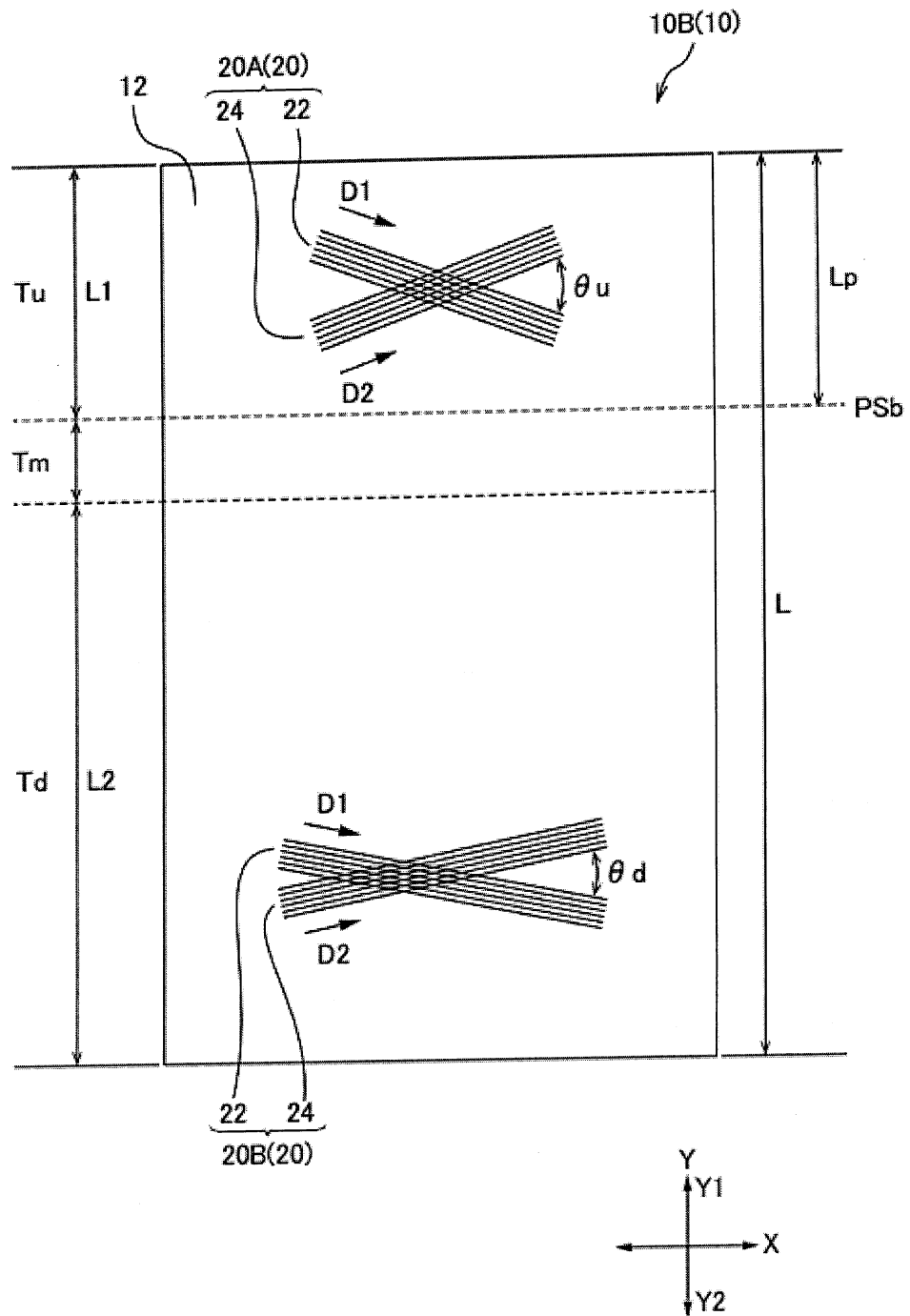


FIG. 4

FIG. 5A

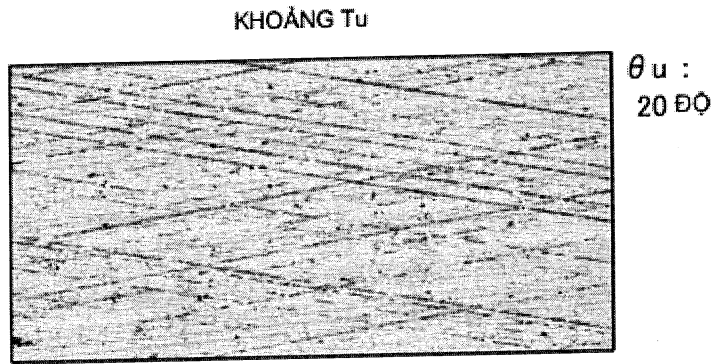
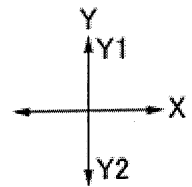
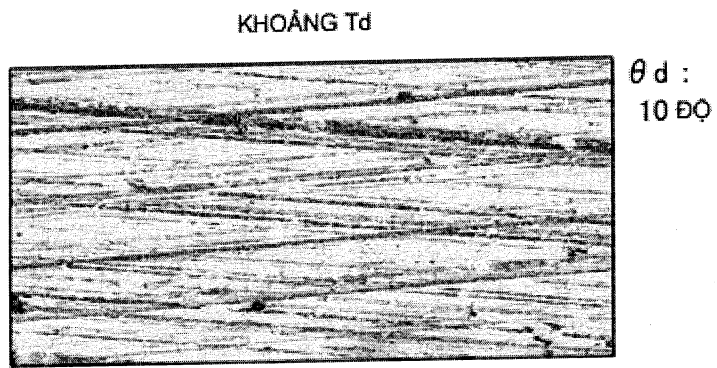


FIG. 5B



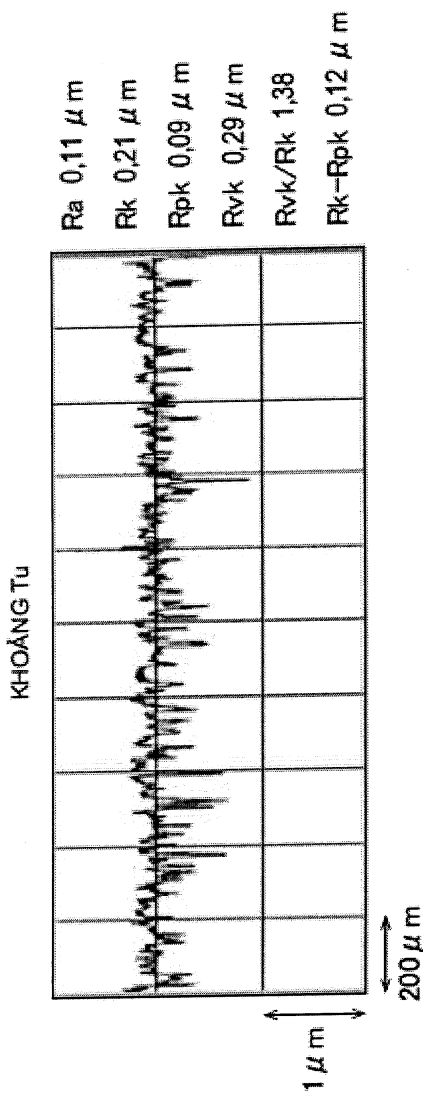


FIG. 6A

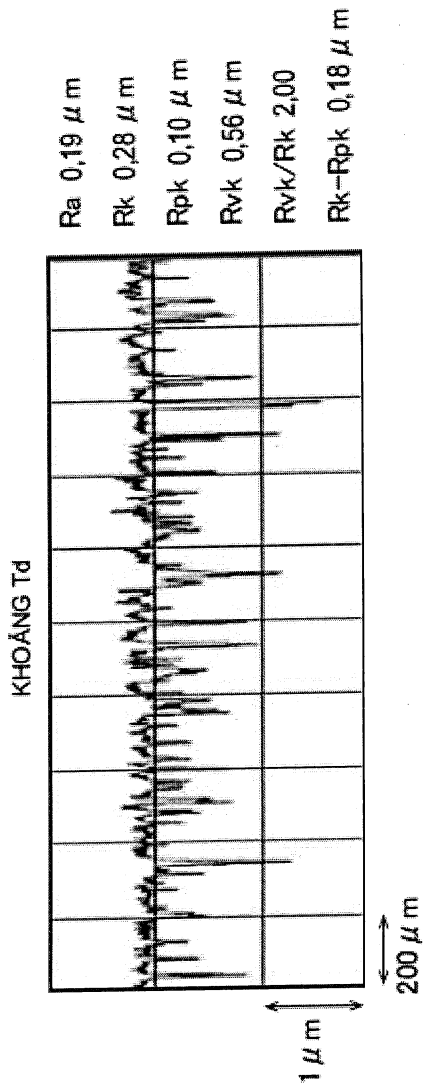


FIG. 6B

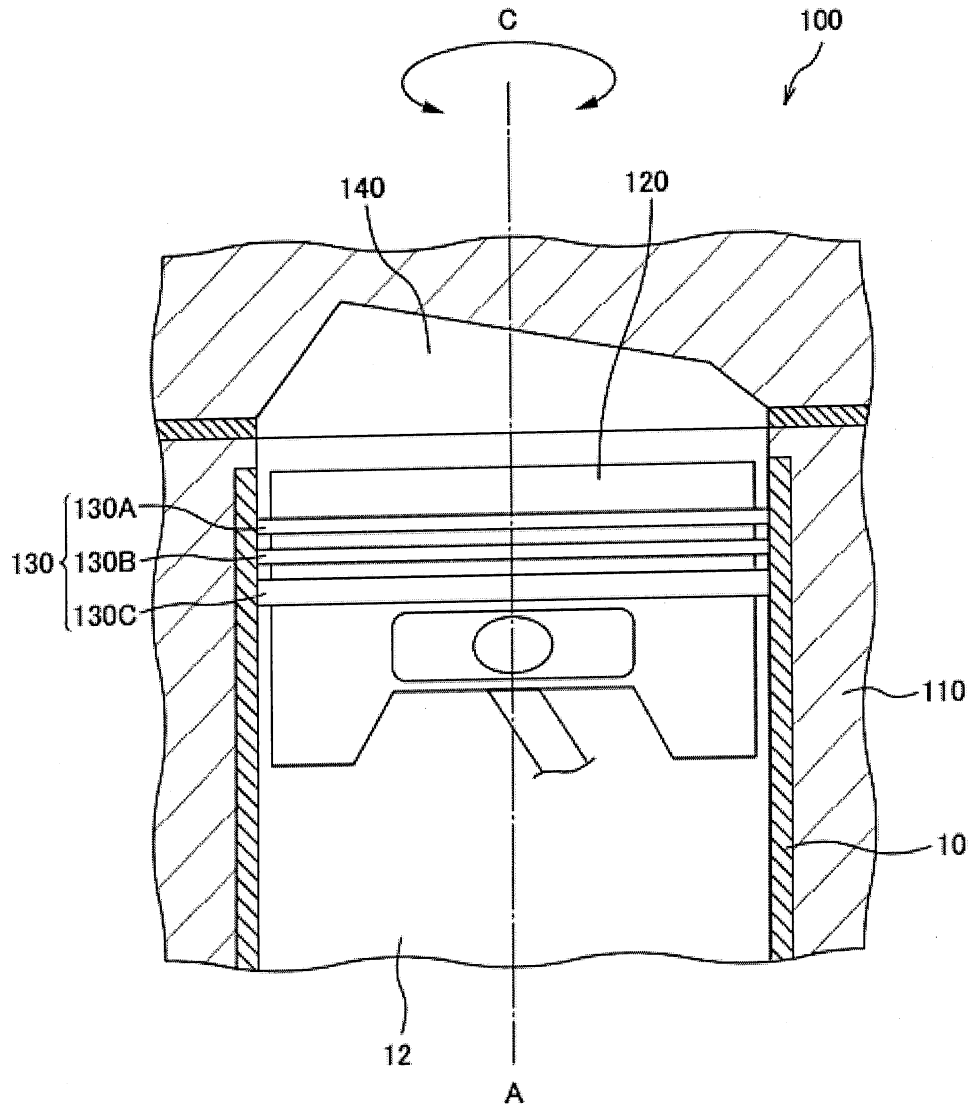
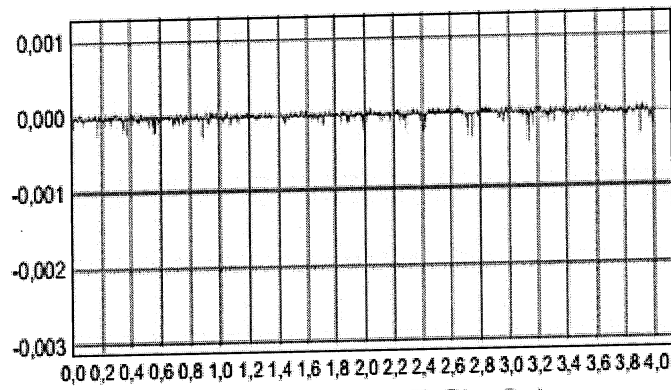


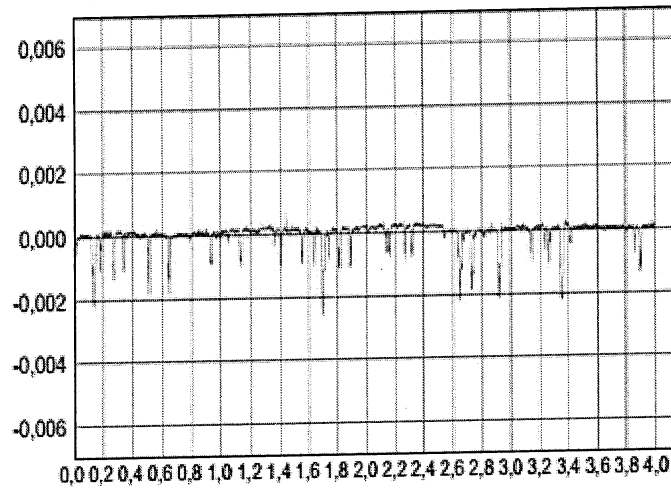
FIG. 7



PHÔNG ĐẠI TRỰC
DỌC: 10.000X

PHÔNG ĐẠI TRỰC
NGANG:
TRỤC NGANG 50X

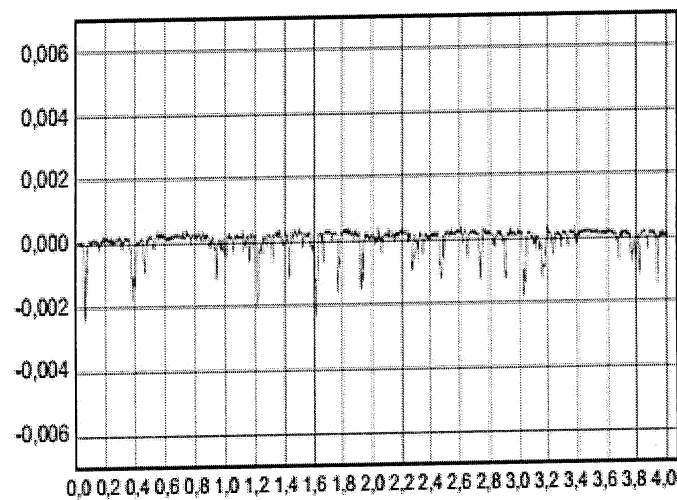
FIG. 8A



PHÔNG ĐẠI TRỰC
DỌC: 10.000X

PHÔNG ĐẠI TRỰC
NGANG:
TRỤC NGANG 50X

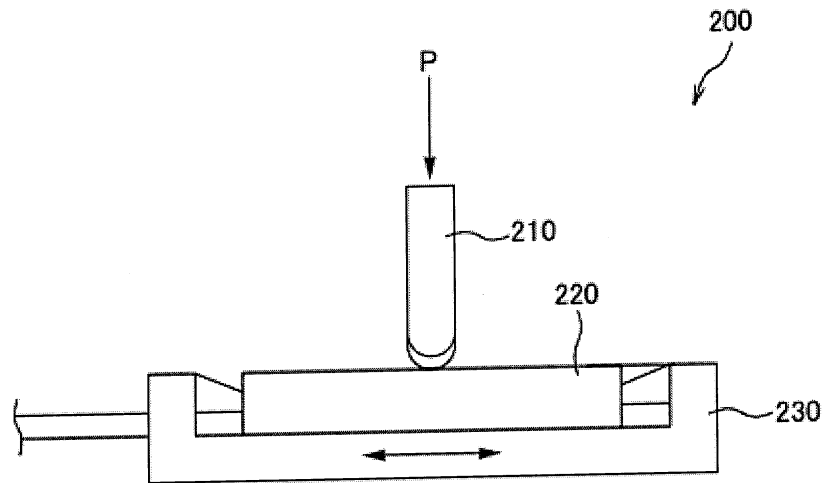
FIG. 8B



PHÔNG ĐẠI TRỰC
DỌC: 10.000X

PHÔNG ĐẠI TRỰC
NGANG:
TRỤC NGANG 50X

FIG. 8C

**FIG. 9**