

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6013169号  
(P6013169)

(45) 発行日 平成28年10月25日 (2016. 10. 25)

(24) 登録日 平成28年9月30日 (2016. 9. 30)

(51) Int. Cl.	F 1	
<b>C 2 3 C</b> 8/32 (2006. 01)	C 2 3 C	8/32
<b>C 2 1 D</b> 1/06 (2006. 01)	C 2 1 D	1/06 A
<b>C 2 1 D</b> 9/00 (2006. 01)	C 2 1 D	9/00 A
<b>F 1 6 D</b> 65/12 (2006. 01)	F 1 6 D	65/12 E
<b>C 2 3 C</b> 8/14 (2006. 01)	F 1 6 D	65/12 M
請求項の数 5 (全 17 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2012-272755 (P2012-272755)	(73) 特許権者	000000516
(22) 出願日	平成24年12月13日 (2012. 12. 13)		曙ブレーキ工業株式会社
(65) 公開番号	特開2014-118583 (P2014-118583A)		東京都中央区日本橋小網町 1 9 番 5 号
(43) 公開日	平成26年6月30日 (2014. 6. 30)	(74) 代理人	110000811
審査請求日	平成27年9月9日 (2015. 9. 9)		特許業務法人貴和特許事務所
		(72) 発明者	須貝 幸廉
			東京都中央区日本橋小網町 1 9 番 5 号 曙
			ブレーキ工業株式会社内
		(72) 発明者	関 克司
			東京都中央区日本橋小網町 1 9 番 5 号 曙
			ブレーキ工業株式会社内
		(72) 発明者	高田 卓弥
			東京都中央区日本橋小網町 1 9 番 5 号 曙
			ブレーキ工業株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 車両用ディスクブレーキロータとその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋳鉄素地と、該鋳鉄素地上に形成された窒素拡散層と、該窒素拡散層上に形成された窒素化合物層と、該窒素化合物層上に形成された  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層からなり、前記  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層が摩擦面を形成する車両用ディスクブレーキロータであって、

乗用車 ブレーキ装置 ダイナモメータ試験方法 (J A S O C 4 0 6 : 2 0 0 0 準拠) の摺合せおよび第 1 再摺合せにおいて、前記摺合せと第 1 再摺合せの間の摩擦係数の変化率が 1 0 % 以内であり、

前記窒素拡散層の厚さが  $2.5 \mu\text{m} \sim 4.50 \mu\text{m}$ 、前記窒素化合物層の厚さが  $5 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 、前記酸化鉄層の厚さが  $2 \mu\text{m} \sim 7 \mu\text{m}$  であり、その表面の全面積に対する空孔部の面積の比率が 1 5 % 以下である、車両用ディスクブレーキロータ。

【請求項 2】

前記摺合せおよび第 1 再摺合せのいずれにおいても、絶対湿度を  $3 \text{ g} / \text{m}^3 \sim 3.5 \text{ g} / \text{m}^3$ 、温度を  $10 \sim 40$  の範囲で変化させた複数の環境条件における摩擦係数の標準偏差が 0.011 以下である、請求項 1 に記載の車両用ディスクブレーキロータ。

【請求項 3】

前記空孔部の孔径が最頻値で  $2 \mu\text{m}$  以下である、請求項 1 または 2 に記載の車両用ディスクブレーキロータ。

【請求項 4】

10

20

前記窒素化合物層、および、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層のいずれにも亀裂が存在しない、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の車両用ディスクブレーキロータ。

【請求項 5】

鑄造法により、鑄鉄素地からなる成形体を得た後、処理温度を 500 ~ 590 として、該成形体の表面をガス軟窒化処理することにより、窒素拡散層および窒素化合物層を形成する工程と、該ガス軟窒化処理後、雰囲気温度が 400 ~ 480 になった時点で大気中に暴露し、室温まで冷却することにより、該窒素化合物層の表面に  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層を形成する工程と、を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載の車両用ディスクブレーキロータの製造方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鑄鉄製の車両用ディスクブレーキロータに関する。

【背景技術】

【0002】

車両用ディスクブレーキロータ、ブレーキドラム、工作機械などの摺動部に使用される鑄鉄製摩擦部材の摩擦面には、高い耐食性と高い耐摩耗性が要求される。このため、鑄鉄製摩擦部材の表面に、塗膜やリン酸亜鉛被膜を形成することが行われている。しかしながら、このような塗膜や被膜では、長期間の使用によって摩耗あるいは剥離が生ずるという問題があり、十分な耐食性および耐摩耗性を確保することが困難である。

20

【0003】

これに対して、鑄鉄製摩擦部材の摩擦面を軟窒化処理する技術が検討され、すでに実用化されている。軟窒化処理は、処理温度を A1 変態点 (727 ) 以下、通常は 550 ~ 590 として、窒素と同時に炭素を侵入拡散させる表面処理方法である。このような軟窒化処理では、最表面に窒素化合物の硬い層が形成されるため、鑄鉄製摩擦部材の耐食性および耐摩耗性を向上させることができる。また、軟窒化処理では相変態を伴わないため、浸炭処理などに比べて、ひずみが少ないという特徴もある。このような軟窒化処理としては、塩浴軟窒化処理法、ガス軟窒化処理法、プラズマ軟窒化処理法などが挙げられる。

30

【0004】

たとえば、特開平 6 - 307471 号公報および特開 2010 - 53926 号公報には、塩浴軟窒化処理法により、鑄鉄製のディスクブレーキロータの表面に軟窒化処理を施し、その表面部に  $\text{Fe}-\text{C}-\text{N}$  系を主体とする化合物層を形成することにより、耐食性および耐摩耗性を向上させる技術が開示されている。しかしながら、塩浴軟窒化処理法は、有害なシアン化物を使用するため、安全性や環境負荷などの面において問題がある。また、塩浴軟窒化処理法により形成される化合物層の最表面部に多孔質のポーラス層が形成されやすいといった問題もある。

【0005】

一方、特許 3303741 号公報には、処理温度を 450 ~ 560 とし、アンモニアガスを含む圧力 200 Torr 以下の窒化雰囲気中で、拡散処理工程を挟んで、2 段階に分けて軟窒化処理工程を行うガス軟窒化処理方法が開示されている。この方法では、有害なシアン化物を使用する必要がなく、また、鑄鉄製摩擦部材の表面に形成される化合物層を緻密なものとすることができる。さらに、化合物層の厚みの過剰化を抑制することもできるため、面圧強度の向上を図ることもできる。

40

【0006】

しかしながら、このような方法により表面に窒素化合物層が形成された鑄鉄製摩擦部材であっても、車両用ディスクブレーキロータなどの用途において、長期間にわたって屋外環境に晒された場合には、温度や湿度の影響を受け、その表面に赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が発生することがある。車両用ディスクブレーキロータの場合、表面に軟窒化処理を施した場合で

50

も、その表面が赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) により浸食されると、ブレーキ時に振動が発生したり、制動力が低下するなどの問題が生じる。また、近年、デザイン性の高いアルミホイールの使用が増加しており、ロータの表面に赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が存在すると外部からもはっきりと視認できるため、車両の外観を損ねるといった問題も生じる。

#### 【0007】

このような問題に対しては、軟窒化処理により得られる窒素化合物層の表面に、黒錆と呼ばれる  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層をさらに形成することが有効である。この酸化鉄層は、均一で緻密であるため、鋳鉄製摩擦部材の表面に赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が発生することを効果的に防止することができる。

#### 【0008】

このような酸化鉄層の形成は、特開平3-285058号公報などに記載されているように、対象製品を、400～500の水蒸気中に1時間～1.5時間晒す、ホモ処理と呼ばれる方法によって行われている。しかしながら、ホモ処理は、その条件設定が難しく、温度が高すぎたり、あるいは、処理時間が長すぎたりすると、赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が発生するため、鋳鉄製摩擦部材の摩擦面全面にわたって、均一で緻密な黒色酸化鉄層を形成することはきわめて困難である。

#### 【0009】

このようなホモ処理に代わる方法として、たとえば、特公昭53-371号公報には、鋼材を窒化性ガスと浸炭性ガスとの混合気中で500～600で、0.5時間～3時間、処理した後、この処理温度で炉から取り出し、空気中に60秒～120秒保持して、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 被膜を形成させ、その後、油中で常温まで冷却する方法が記載されている。この方法によれば、軟窒化処理、酸化鉄層形成処理および冷却処理を連続して行うことができ、鋼材の表面に良質の酸化鉄層を形成することができる。

#### 【0010】

しかしながら、特公昭53-371号公報に記載の方法では、軟窒化処理後、加熱状態のまま対象製品を炉から取り出し、酸化鉄層を形成し、その後、対象製品を急冷（油冷）しているため、窒素化合物層または  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とした酸化鉄層に亀裂が生じる可能性がある。また、対象製品の冷却を油冷によって行っているため、酸化鉄層表面に生じた複数の孔内に油分が残留する可能性がある。

#### 【0011】

このため、上記方法により得られた車両用ディスクブレーキロータを長期間にわたり使用した場合には、前述の亀裂を起点とした  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とした酸化鉄層の剥離や、孔内に残留した油分の影響により、その摩擦特性が大きく変動するといった問題がある。

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

#### 【0012】

【特許文献1】特開平6-307471号公報

【特許文献2】特開2010-53926号公報

【特許文献3】特許3303741号公報

【特許文献4】特開平3-285058号公報

【特許文献5】特公昭53-371号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0013】

本発明は、このような問題に鑑みて、車両用ディスクブレーキロータを構成する軟窒化処理された鋳鉄製摩擦部材の表面に、簡便な方法で、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とした酸化鉄層を均一かつ緻密に形成することにより、耐食性および耐摩耗性が改善され、湿度や温度の変化の影響による摩擦特性の変動が少ない、車両用ディスクブレーキロータを提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 4 】

本発明の車両用ディスクブレーキロータは、鑄鉄素地と、該鑄鉄素地上に形成された窒素拡散層と、該窒素拡散層上に形成された窒素化合物層と、該窒素化合物層上に形成された  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層からなり、前記  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層が摩擦面を形成する車両用ディスクブレーキロータであって、乗用車\_\_ブレーキ装置 ダイナモメータ試験方法 ( J A S O C 4 0 6 : 2 0 0 0 準拠 ) の摺合せおよび第 1 再摺合せにおいて、前記摺合せと第 1 再摺合せの間の摩擦係数の変化率が 1 0 % 以内であることを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

また、前記摺合せおよび第 1 再摺合せのいずれにおいても、絶対湿度を  $3 \text{ g} / \text{m}^3 \sim 35 \text{ g} / \text{m}^3$ 、温度を  $10 \sim 40$  の範囲で変化させた環境条件の間での摩擦係数の標準偏差が  $0.011$  以下であることが好ましい。

## 【 0 0 1 6 】

前記窒素拡散層の厚さが  $25 \mu\text{m} \sim 450 \mu\text{m}$ 、前記窒素化合物層の厚さが  $5 \mu\text{m} \sim 25 \mu\text{m}$ 、前記酸化鉄層の厚さが  $2 \mu\text{m} \sim 7 \mu\text{m}$  であって、その表面の全面積に対する空孔部の面積の比率が 1 5 % 以下であることが好ましい。

## 【 0 0 1 7 】

この場合、特に、前記空孔部の孔径は、最頻値で  $2 \mu\text{m}$  以下であることが好ましい。

## 【 0 0 1 8 】

前記窒素化合物層、および、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層のいずれにも亀裂が存在しないことが好ましい。

## 【 0 0 1 9 】

また、本発明の車両用ディスクブレーキロータの製造方法は、鑄造法により、鑄鉄素地からなる成形体を得た後、処理温度を  $500 \sim 590$  として、該成形体の表面をガス軟窒化処理することにより、窒素拡散層および窒素化合物層を形成する工程と、該ガス軟窒化処理後、雰囲気温度が  $400 \sim 480$  になった時点で大気中に暴露し、室温まで冷却することにより、該窒素化合物層の表面に  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層を形成する工程と、を含むことを特徴とする。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 0 】

本発明によれば、耐食性および耐摩耗性に優れ、かつ、温度や湿度の変化による摩擦特性の変動が少なく、長期間にわたり安定したブレーキ性能を維持することができるばかりでなく、その外観を損ねるような錆の発生を防止可能な車両用ディスクブレーキロータを提供することができるため、その工業的意義は極めて大きい。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 1 】

【 図 1 】 図 1 は、実施例 1 により得られた車両用ディスクブレーキロータの、( a ) 表面近傍の断面の S E M 写真と、( b ) X 線回折の分析結果を示す図である。

【 図 2 】 図 2 は、実施例 2 により得られた車両用ディスクブレーキロータの、( a ) 表面近傍の断面の S E M 写真と、( b ) X 線回折の分析結果を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、実施例 3 により得られた車両用ディスクブレーキロータの、( a ) 表面近傍の断面の S E M 写真と、( b ) X 線回折の分析結果を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、比較例 2 により得られた車両用ディスクブレーキロータの、( a ) 表面近傍の断面の S E M 写真と、( b ) X 線回折の分析結果を示す図である。

【 図 5 】 図 5 は、比較例 3 により得られた車両用ディスクブレーキロータの、( a ) 表面近傍の断面の S E M 写真と、( b ) X 線回折の分析結果を示す図である。

【 図 6 】 図 6 は、( a ) 実施例 1 により得られた車両用ディスクブレーキロータの表面の S E M 写真と、( b ) その二値化処理画像である。

【 図 7 】 図 7 は、( a ) 比較例 3 により得られた車両用ディスクブレーキロータの表面の S E M 写真と、( b ) その二値化処理画像である。

10

20

30

40

50

## 【発明を実施するための形態】

## 【0022】

## 1. 車両用ディスクブレーキロータ

本発明の車両用ディスクブレーキロータは、鑄鉄素地の上に窒素拡散層と、該窒素拡散層の上に窒素化合物層と、該窒素化合物の上に  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層が形成された構造となっており、この  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層が摩擦面を形成している。

## 【0023】

なお、本発明の車両用ディスクブレーキロータは、その大きさを特に制限されるものではないが、以下では、直径  $200\text{ mm} \sim 420\text{ mm}$ 、厚さ  $10\text{ mm} \sim 40\text{ mm}$  の大きさの車両用ディスクブレーキロータを例に挙げて説明する。

## 【0024】

## (1) 鑄鉄素地

本発明の車両用ディスクブレーキロータは、砂型鑄造などの鑄造法により成形されるものであり、その鑄鉄素地としては、たとえば、 $\text{FC200}$ 、 $\text{FC250}$ 、 $\text{FCD450}$  などのねずみ鑄鉄またはダクタイル鑄鉄などを使用することができる。

## 【0025】

## (2) 窒素拡散層

本発明の車両用ディスクブレーキロータを構成する層のうち、窒素拡散層は、後述するガス軟窒化処理の際に、鑄鉄素地中に窒素が過飽和に固溶することにより形成される層である。この窒素拡散層の厚さは、好ましくは  $25\text{ }\mu\text{m} \sim 450\text{ }\mu\text{m}$ 、より好ましくは  $50\text{ }\mu\text{m} \sim 430\text{ }\mu\text{m}$  となるように調整される。窒素拡散層の厚さが  $25\text{ }\mu\text{m}$  未満では、窒素化合物層を十分な厚さとすることができない場合がある。一方、 $450\text{ }\mu\text{m}$  を超えるような窒素拡散層の形成には、ガス軟窒化処理に要する時間が長時間となり、生産性が悪化するため好ましくない。

## 【0026】

## (3) 窒素化合物層

本発明の車両用ディスクブレーキロータを構成する層のうち、窒素化合物層は、 $\text{Fe}_3\text{N}$  などから構成される層であり、極めて硬質であるため、該摩擦面に高い耐摩耗性および耐食性を付与することができる。特に、本発明の窒素化合物層は、後述するようにガス軟窒化処理により形成されることを前提とするものであるため、その表面性状を平滑なものとすることができる。

## 【0027】

これに対して、窒素化合物層を塩浴軟窒化処理により形成した場合には、その表面近傍に多孔質のポーラス層が形成される。このようなポーラス層が存在する場合には、車両用ディスクブレーキロータの初期摩耗量が増加し、また、外部環境の変化に伴って、摩擦係数が大きく変化するため、安定した制動特性を得ることができない。さらに、制動時に異音が発生するといった問題が生じる場合もある。

## 【0028】

窒素化合物層の厚さは、車両用ディスクブレーキロータの寸法や使用条件などにより適宜選択されるものであるが、たとえば、上記寸法のものであれば、 $5\text{ }\mu\text{m} \sim 25\text{ }\mu\text{m}$  程度とすることが好ましく  $10\text{ }\mu\text{m} \sim 20\text{ }\mu\text{m}$  程度とすることがより好ましい。 $5\text{ }\mu\text{m}$  未満では、十分な耐食性および耐摩耗性を得ることができない。一方、 $25\text{ }\mu\text{m}$  を超えても、それ以上の効果を得ることはできないばかりか、ガス軟窒化処理に要する時間が長時間となり、生産性が悪化してしまう。

## 【0029】

(4)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層

前記窒素化合物層の表面には、均一で緻密な  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層が形成されている。このような酸化鉄層が形成された車両用ディスクブレーキロータでは、窒素化合物層により付与された高い耐摩耗性および耐食性を、さらに向上させることができる。このため、車両用ディスクブレーキロータが長期間にわたり外部環境に晒された場合であ

10

20

30

40

50

っても、その表面に赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) が発生することを効果的に防止することができるため、制動特性を安定的に維持することができ、かつ、車両の外観が損なわれることを防止することができる。

#### 【0030】

この酸化鉄層の膜厚は、好ましくは  $2\text{ }\mu\text{m} \sim 7\text{ }\mu\text{m}$ 、より好ましくは  $3\text{ }\mu\text{m} \sim 6\text{ }\mu\text{m}$  とする。酸化鉄層の膜厚が  $2\text{ }\mu\text{m}$  未満では、十分な耐食性および耐摩耗性を得ることができない。一方、 $7\text{ }\mu\text{m}$  を超えても、それ以上の効果を得ることはできない。

#### 【0031】

また、本発明では、後述するように軟窒化処理後に所定温度まで炉冷した後に、大気に暴露し、かつ、大気中の冷却速度も所定の範囲内となるように規制した上で、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層を形成しているため、この酸化鉄層および前述の窒素化合物層に、冷却に伴う熱衝撃による亀裂が存在しない点に特徴を有する。

10

#### 【0032】

特公昭53-371号公報などの従来技術では、このような亀裂が僅かながらも存在していたため、温度や湿度の変化などの影響により、この亀裂を起点として酸化鉄層の剥離や欠損が生じたり、あるいは、この亀裂を介して、窒素拡散層、さらには鑄鉄素地にまで雨水などが侵入するといった問題が生じていた。このため、長期間にわたり車両用ディスクブレーキロータの摩擦特性や外観特性を維持することが困難であった。これに対して、本発明の車両用ディスクブレーキロータは、酸化鉄層および窒素化合物層に亀裂が存在することがないので、従来技術と比較して、温度や湿度変化に対する耐性が飛躍的に向上したものとなっている。

20

#### 【0033】

##### (5) 表面の空孔面積率

本発明の車両用ディスクブレーキロータは、その表面の全面積に対する空孔部の面積の比率（以下、「空孔面積率」という）が15%以下であることが好ましく、10%以下であることがより好ましい。ここで、空孔面積率は、以下のようにして求められる値をいう。すなわち、初めに、車両用ディスクブレーキロータの表面を撮影した画像を、画像解析ソフトを用いて、空孔部が黒色、その他の部分が白色となるように二値化処理する。これにより得られた画像（以下、「二値化処理画像」という）の空孔部（黒色部）を、空孔部の面積と同じ面積を持つ円の直径（円相当径）として計測し、これを空孔部の孔径とする。この孔径より、空孔部の面積を求め、二値化処理画像内の空孔部の面積率を算出する。この面積率を、1サンプル当たり25視野分（SEM写真で25枚分）算出し、これらの面積率の平均をとることにより得られる値を、空孔面積率としている。

30

#### 【0034】

本発明では、車両用ディスクブレーキロータに対して、後述するガス軟窒化処理を適正な条件で行うことにより、前記空孔面積率を所定の範囲に制御することを可能としている。一方、表面の空孔面積率が15%を超える場合、すなわち、車両用ディスクブレーキロータに対して、塩浴軟窒化処理を行うことにより、表面近傍の鑄鉄素地が浸食され、多孔質のポーラス層が形成された場合には、車両用ディスクブレーキロータの初期摩耗量が大きく、また、赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) や制動時の異音の発生の原因となる。

40

#### 【0035】

また、前記空孔部の孔径は、統計学における最頻値（モード）で  $2\text{ }\mu\text{m}$  以下であることが好ましく、 $0.7\text{ }\mu\text{m}$  以下であることがより好ましく、 $0.5\text{ }\mu\text{m}$  以下であることがさらに好ましい。空孔部の孔径が  $2\text{ }\mu\text{m}$  を超えると、前記空孔面積率が15%以内であっても、この空孔部を起点として、窒素拡散層に水分が侵入し、赤錆 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 発生の原因となる場合がある。ここで、統計学における最頻値とは、25視野分の二値化処理画像から計測される空孔部の孔径のうち、もっとも頻繁に出現する値を意味する。

#### 【0036】

##### (5) 摩擦係数およびその変化率

本発明の車両用ディスクブレーキロータは、上述のように、鑄鉄素地上に窒素拡散層と

50

、窒素化合物層と、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層が積層した構造を備え、かつ、その表面性状を制御しているため、乗用車 ブレーキ装置 ダイナモメータ試験方法（JASO C 406：2000 準拠、以下、「摩擦試験」という）の摺合せ（第1効力試験後の摺合せ）および第1再摺合せ（第2効力試験後の摺合せ）において、前記摺合せと第1再摺合せの間の摩擦係数の変化率（ ）が10%以内、好ましくは9%以内、より好ましくは8%以内となる点に特徴を有する。前記変化率（ ）が10%を超える場合には、外部環境の変化に対して、安定した制動特性を維持することが困難となる。

【0037】

なお、前記変化率（ ）とは、各環境条件下における摩擦試験において、前記摺合せにより求められる摩擦係数を $\mu_0$ 、第1再摺合せにより求められる摩擦係数を $\mu_1$ とした場合に、式：（%）=（ $\mu_1 - \mu_0$ ）/ $\mu_0 \times 100$ により求められる値をいう。

10

【0038】

また、本発明の車両用ディスクブレーキロータは、前記摺合せおよび第1再摺合せにおいて、絶対湿度および/または温度といった環境条件が変化した場合であっても、摩擦係数のばらつきがきわめて小さい点にも特徴がある。より具体的には、前記摺合せおよび第1再摺合せのいずれにおいても、絶対湿度を $3\text{ g/m}^3 \sim 35\text{ g/m}^3$ 、温度を $10 \sim 40$  の範囲で変化させた複数の環境条件における摩擦係数の標準偏差（ ）が0.011以下であり、製品としての車両用ディスクブレーキロータが保管されている状況に左右されずに、その表面性状が高い性能のまま維持できる。この標準偏差（ ）の値が0.011を超える場合、車両用ディスクブレーキロータが保管されている状況または使用時の環境条件により、表面性状が変化し、安定した制動特性を維持することができない可能性がある。

20

【0039】

ここで、本発明における摩擦試験とは、制動初速度を $50\text{ km/h}$ および $100\text{ km/h}$ 、制動減速度を $2.94\text{ m/s}^2 \sim 7.35\text{ m/s}^2$ の範囲で第1効力試験を行った後、車両用ディスクブレーキロータの表面を馴染ませるため、制動初速度を $65\text{ km/h}$ 、制動減速度を $3.5\text{ m/s}^2$ として摺合せを行い、その後、制動初速度を $50\text{ km/h}$ 、 $100\text{ km/h}$ および $130\text{ km/h}$ とし、それぞれの制動初速度に対して制動減速度を $2.94\text{ m/s}^2 \sim 7.35\text{ m/s}^2$ の範囲で第2効力試験を行い、さらに、制動初速度を $65\text{ km/h}$ 、制動減速度を $3.5\text{ m/s}^2$ として第1再摺合せ行う試験をいう。

30

【0040】

前記摩擦試験のうち、前記摺合せは、車両用ディスクブレーキロータと、その相手方部材となるブレーキパッドを十分に接触させるために、両者の表面形状を馴染ませるために行う試験である。また、第1再摺合せは、前記摺合せおよび第2効力試験を経た、車両用ブレーキパッドの表面には、これらの試験により熱履歴を受け、その表面には微細なクラックが生じていたり、微粉末が付着していたりするため、これらを除去した上で、再度、車両用ディスクブレーキロータと、ブレーキパッドを馴染ませるために行う試験である。

【0041】

（6）摩耗量

本発明の車両用ディスクブレーキロータは、前記摩擦試験における前記摺合せおよび第1再摺合せにおいて、その相手材として非アスベスト系の一般的なブレーキパッドを使用することができる。この場合において、絶対湿度および/または温度といった環境条件が変化した場合であっても、該車両用ディスクブレーキロータの摩耗量を一定値以下とすることができる。特に、絶対湿度を $3\text{ g/m}^3 \sim 35\text{ g/m}^3$ 、温度を $10 \sim 40$  の範囲で変化させた場合の該車両用ディスクブレーキロータの摩耗量の平均値を、好ましくは $2.35\text{ }\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $2.30\text{ }\mu\text{m}$ 以下とすることができる。

40

【0042】

2. 車両用ディスクブレーキロータの製造方法

本発明の鑄鉄製摩擦部材の製造方法は、鑄造法によって得られた鑄鉄素地からなる成形体を、処理温度を $500 \sim 590$  としてガス軟室化処理することにより、鑄鉄素地の

50

表面に窒素拡散層および窒素化合物層を形成する工程（以下、ガス軟窒化処理工程という）と、該ガス軟窒化処理後、雰囲気温度が400～480になった時点で、該成形体を大気中に暴露し、酸素存在下で、室温まで冷却することにより、該窒素化合物層の表面に $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層を形成する工程（以下、酸化鉄層形成工程）とを含むことを特徴とする。

【0043】

なお、本発明において、鑄造法により成形体を得る工程は従来技術と同様の方法により行うことができるため、以下では、本発明の特徴的部分である、ガス軟窒化処理工程および酸化鉄層形成工程を中心に説明をする。

【0044】

（1）成形工程

成形工程は、鑄造法により成形体を得た後、残留応力を除去することを目的として、加熱温度を600～700として、熱処理を行い、さらに、表面などに切削加工を行う工程である。このような成形工程における各条件は、基本的には従来技術と同様である。

【0045】

なお、鑄造法により成形体を得た後、直ぐに熱処理をするのではなく、成形体を1週間～2週間ほど放置してから熱処理を行うことが好ましい。このように一定期間放置した後に、熱処理を行い、さらに切削加工を行うことにより、切削工程における負荷が軽減されることとなる。この点についての詳細は不明であるが、成形体の極表層部分が、空気中の窒素により窒化されることが影響していると考えられている。

【0046】

（2）ガス軟窒化処理工程

軟窒化処理法としては、塩浴軟窒化処理法、ガス軟窒化処理法、プラズマ軟窒化処理法などが挙げられるが、本発明では、均一な窒素拡散層および窒素化合物層を得る観点から、ガス軟窒化処理法により軟窒化処理を行うことが必要となる。

【0047】

塩浴軟窒化処理法は、前述したように安全性や環境負荷などの面において問題があるほか、車両用ディスクブレーキロータの表面が浸食され、形成される化合物層の表面近傍が、多孔質のポーラス層になりやすい。このため、塩浴軟窒化処理により表面処理が施された車両用ディスクブレーキロータを実際の車両に使用した場合には、初期摩耗量が大きく、また、制動時に異音が発生するといった問題が生じる。また、プラズマ軟窒化処理法は、減圧下（真空中）での処理を必要とするため大型の設備を必要とし、また、多大な電力を必要とするため設備の稼働コストが高くなるという問題がある。

【0048】

本発明におけるガス軟窒化処理法では、従来と同様のガス窒化炉を使用することができる。また、ガス軟窒化処理の条件としては、使用するガス窒化炉の出力などによって適宜調整されるべきものであるが、窒素拡散層および窒素化合物層の厚さを上述の範囲に制御する観点から、以下のような条件下で行うことが好ましい。

【0049】

処理温度は、500～590とすることが好ましく、530～590とすることがより好ましい。処理温度が500未満の場合には、十分な厚さを有する窒素拡散層および窒素化合物を形成することができない。一方、590を超える場合には、鑄鉄素地中に硬くて脆いオーステナイトが現出してしまい、窒素拡散層および窒素化合物層が安定して形成されなくなる可能性がある。

【0050】

また、上記処理温度での保持時間は、好ましくは0.5時間～4時間、より好ましくは1時間～3時間とする。処理時間が0.5時間未満では、十分な厚さを有する窒素拡散層および窒素化合物層を形成することができない。一方、処理時間が4時間を超えても、窒素拡散層および窒素化合物層はそれ以上ほとんど成長しないため、生産性が悪化する。

【0051】



窒素供給源としては、窒化性ガスである $\text{NH}_3$ を使用することができる。一方、炭素供給源としては、浸炭性ガスであれば特に限定されることはなく、たとえば、 $\text{CH}_3\text{OH}$ などアルコールを含む炭化水素、あるいは、 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ などを使用することができる。特に、低コストで、効率的に、窒素拡散層および窒素化合物層を形成する観点から、 $\text{NH}_3$ と $\text{CH}_3\text{OH}$ の混合ガスにより、窒素および炭素を供給することが好ましい。この場合、 $\text{NH}_3$ の流量を $4.5\text{ m}^3/\text{h} \sim 5.5\text{ m}^3/\text{h}$ とし、 $\text{CH}_3\text{OH}$ の流量を $3.0 \times 10^{-5}\text{ m}^3/\text{h} \sim 1.0 \times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{h}$ とすることが好ましい。

#### 【0052】

ガス窒化炉内の圧力は、一般的なガス軟窒化処理と同様に、大気圧よりも $0.2\text{ kPa} \sim 1.0\text{ kPa}$ 、通常は $0.5\text{ kPa} \sim 0.7\text{ kPa}$ 程度大きくなるように調整することが好ましい。

#### 【0053】

##### (2) 酸化鉄層形成工程

酸化鉄層形成工程は、前記軟窒化処理工程後、得られた窒素化合物層の表面に $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層を形成する工程である。この酸化鉄層は、非常に均一で緻密であるため、軟窒化処理のみを施したものと比べて、湿度や温度の影響を低減することができる。また、車両用ディスクブレーキロータの耐食性および耐摩耗性を長期間にわたって、高いレベルで維持することができる。特に、本発明では、特殊な装置を使用することなく、また、複雑な工程を経ることなく、この酸化鉄層を形成することを可能としているため、酸化鉄層の形成に伴う生産性の悪化やコストの上昇を最小限に抑えることができ、その工業的意義はきわめて大きい。

#### 【0054】

具体的には、軟窒化処理後、雰囲気温度が $400 \sim 480$ 、好ましくは、 $410 \sim 470$ 、より好ましくは $420 \sim 460$ となった時点で、車両用ディスクブレーキロータをガス軟窒化炉から取り出し、大気中に暴露し、大気中で酸素に接触させた状態を維持しつつ、室温( $20 \sim 25$ )まで冷却する。上記の温度範囲で車両用ディスクブレーキロータをガス軟窒化炉から取り出すことにより、窒素化合物層の表面に $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする均一で緻密な酸化鉄層を形成することができる。また、上記温度範囲で車両用ディスクブレーキロータを取り出した場合には、その表面の色合いを青みがかったものとすることができ、その外観特性を、装飾性に優れたものとすることができる。

#### 【0055】

車両用ディスクブレーキロータを取り出す温度が $400$ 未満では、窒素化合物層の酸化進度が小さくなるため、均一で緻密な $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層を得ることができず、また、表面の色合いにムラができてしまう。一方、 $480$ を超えると、酸化鉄層における $\text{Fe}_2\text{O}_3$ の割合が増加するばかりでなく、急激な酸化と温度差による熱衝撃により、窒素化合物層に亀裂の発生などの不具合が生じる。

#### 【0056】

また、本発明では、車両用ディスクブレーキロータをガス軟窒化炉から取り出した後、室温まで冷却されるまでの間、大気中に暴露し続ける点に特徴を有する。特公昭53-371号公報のように所定時間、空気中に保持した後、酸素との接触を遮断して油冷を行った場合には、酸化鉄層表面に形成された複数の孔内に油分が残留することがあり、摩擦特性に影響を及ぼすため、車両用ディスクブレーキロータなどの摺動部に使用される铸铁製摩擦部材としては適さない。これに対して、本発明では、酸素と接触したまま、室温までゆっくりと冷却するため、このような不具合が生じることはない。

#### 【0057】

なお、車両用ディスクブレーキロータを大気中に暴露してから室温まで冷却するまでの冷却速度は $1/\text{min} \sim 10/\text{min}$ とすることが好ましく、 $2/\text{min} \sim 8/\text{min}$ とすることがより好ましい。冷却速度が $1/\text{min}$ 未満では生産性が悪化し、 $10/\text{min}$ を超える場合には、窒素化合物層または酸化鉄層に亀裂が生じる場合がある。なお、通常は車両用ディスクブレーキを大気中に暴露することを維持すれば、上記の冷

10

20

30

40

50

却速度で冷却されることとなる。

【実施例】

【 0 0 5 8 】

以下、実施例により、本発明をさらに詳細に説明する。なお、実施例および比較例により得られる車両用ディスクブレーキロータの摩擦特性（摩擦係数、摩耗量）は、下記の摩擦試験を行うことにより評価した。

【 0 0 5 9 】

〔摩擦試験〕

表 1 に示す組成を有するブレーキパッドを使用し、表 2 に示す各環境条件の下で、フルサイズ ブレーキダイナモ摩擦試験機により、摩擦試験をそれぞれ行った。具体的には、上述したように、第 1 効力試験後に、摺合せ、第 2 効力試験、第 1 再摺合せを行った。この結果、摺合せおよび第 1 再摺合せにおいて、各環境条件の下での摩擦係数を得た。また、摺合せおよび第 1 再摺合せにおいて、各環境条件の下で、ブレーキパッドおよび車両用ディスクブレーキロータの摩耗量を、それぞれ測定した。このとき、ブレーキパッドの摩耗量はマイクロメータ（株式会社ミットヨ製、OMV - 25M）により、車両用ディスクブレーキロータの摩耗量はコントレーサ（株式会社小坂研究所製、DR - 200X63）により、測定した。

【 0 0 6 0 】

なお、表 2 に示す各環境条件は、一般的に自動車が使用される環境条件のうち、実験的に再現可能な環境条件の中から任意に選択したものである。したがって、本発明の車両用ディスクブレーキロータの有する特性は、表 2 に示す環境条件下に限定して解釈されるべきものではない。

【 0 0 6 1 】

【表 1】

材料名称	配合（質量％）
フェノール樹脂	8.1
レジンダスト	4.8
硫酸バリウム	19.4
水酸化カルシウム	4.8
雲母	8.1
チタン酸カリウム	16.1
ケイ酸ジルコニウム	8.1
四三酸化鉄	16.1
黒鉛	4.8
アラミド繊維	4.8
無機繊維	4.9
合計	100.0

【 0 0 6 2 】

【表 2】

環境条件	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
絶対湿度 (g/m <sup>3</sup> )	3	5	7	10	15	20	35
温度 (°C)	10	10	10	20	25	30	40

【 0 0 6 3 】

（実施例 1）

材料として鋳鉄材（FC200 相当）を使用し、直径 35.5 mm、厚さ 3.2 mm の車両

用ディスクブレーキロータを鋳造し、不要部分（湯口、バリなど）を除去した後、680で加熱処理を行った。次に、車両用ディスクブレーキロータの表面を切削加工した後、アルコール系洗浄剤により脱脂を行った。

#### 【0064】

その後、車両用ディスクブレーキロータをガス軟室化炉（株式会社不二越製、EQ-6S形）に投入し、処理温度を570（管理範囲：565～575）とし、この処理温度における保持時間を100分（管理範囲：95分～105分）として軟室化処理を行った。このとき、窒素供給源として $5.0\text{ m}^3/\text{h}$ （管理範囲： $4.5\text{ m}^3/\text{h} \sim 5.5\text{ m}^3/\text{h}$ ）のアンモニアを、炭素供給源として $0.05\text{ L}/\text{h}$ （管理範囲： $0.03\text{ L}/\text{h} \sim 0.10\text{ L}/\text{h}$ ）のメタノールを使用した。

10

#### 【0065】

軟室化処理終了後、ガス軟室化炉内で冷却し、雰囲気温度が440になった時点で、炉内から取り出し、大気中に暴露した。その後、この車両用ディスクブレーキロータを、大気中で2時間かけて室温（25）まで冷却した（冷却速度： $3.45/\text{min}$ ）。

#### 【0066】

得られた車両用ディスクブレーキロータの表面近傍の断面のSEM（日本電子株式会社製、JSM-5800LV）により観察した。このSEM写真を図1（a）に示す。また、この表面の組成を、X線回折装置（株式会社島津製作所製、XRD6100）を使用して、X線回折により分析した結果を図1（b）に示す。さらに、鉄鋼の窒化層深さ測定方法（JIS G 0562準拠）により、各層の厚さを測定したところ、実施例1では、厚さ $150\text{ }\mu\text{m}$ の窒素拡散層（3）上に、厚さ $15\text{ }\mu\text{m}$ の窒素化合物層（2）が形成され、この窒素化合物層（2）の上に、厚さ $4\text{ }\mu\text{m}$ の均一で緻密な $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層（1）が形成されていることが確認された。

20

#### 【0067】

その後、得られた車両用ディスクブレーキロータの表面25視野分を、SEM（日本電子株式会社製、JSM-5800LV）により撮影することにより、25視野分の表面画像（SEM写真）を得て、これを画像処理装置（カールツァイス株式会社製、KS400）により二値化処理をすることで、25視野分の二値化処理画像を得た。これらの二値化処理画像より求められる表面の空孔面積率（25視野分の平均値）は4%であり、空孔部の孔径（最頻値）は $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 程度であった。このとき得られた車両用ディスクブレーキロータの（a）表面画像および（b）二値化処理画像を図6に示す。

30

#### 【0068】

さらに、この車両用ディスクブレーキロータに対して、摩擦試験を行った。この結果、摺合せにより求められる摩擦係数 $\mu_0$ 、および、第1再摺合せにより求められる摩擦係数 $\mu_1$ から求められる変化率は、いずれの環境条件下においても10%以内であった。また、この車両用ディスクブレーキロータの摩耗量は、平均で $2.28\text{ }\mu\text{m}$ であった。さらに、それぞれの環境条件における摺合せの摩擦係数 $\mu_0$ 、および、第1再摺合せの摩擦係数 $\mu_1$ の標準偏差（ ）は、それぞれ0.011、0.010であった。これらの結果を表4および5に示す。

#### 【0069】

40

##### （実施例2）

軟室化処理後、雰囲気温度が400となった時点で炉内から取り出し、大気中に暴露したこと以外は、実施例1と同様にして車両用ディスクブレーキロータを得た。この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例1と同様に、SEM観察、X線回折分析および各層の厚さの測定を行った結果、厚さ $150\text{ }\mu\text{m}$ の窒素拡散層（3）上に、厚さ $15\text{ }\mu\text{m}$ の窒素化合物層（2）が形成され、この窒素化合物層（2）の上に、厚さ $4\text{ }\mu\text{m}$ の均一で緻密な $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層（1）が形成されていることが確認された。これらの結果を図2（a）および（b）に示す。

#### 【0070】

その後、実施例1と同様にして、車両用ディスクブレーキロータの表面画像および二値

50

化処理画像を得て、表面の空孔面積率（25視野分の平均値）および空孔部の孔径（最頻値）を算出した。この結果を表3に示す。

【0071】

さらに、この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例1と同様の摩擦試験を行い、これにより得られた摩擦係数 $\mu_0$ 、 $\mu_1$ から変化率を求めた結果、いずれの環境条件下においても10%以内であった。また、この車両用ディスクブレーキロータの摩耗量は、平均で2.23 $\mu\text{m}$ であった。さらに、それぞれの環境条件における摺合せの摩擦係数 $\mu_0$ 、および、第1再摺合せの摩擦係数 $\mu_1$ の標準偏差（ ）は、それぞれ0.011、0.010であった。これらの結果を表4および5に示す。

【0072】

10

（実施例3）

軟窒化処理後、雰囲気温度が480 となった時点で炉内から取り出し、大気中に暴露したこと以外は、実施例1と同様にして車両用ディスクブレーキロータを得た。この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例1と同様に、SEM観察、X線回折分析および各層の厚さの測定を行った結果、厚さ150 $\mu\text{m}$ の窒素拡散層（3）上に、厚さ15 $\mu\text{m}$ の窒素化合物層（2）が形成され、この窒素化合物層（2）の上に、厚さ4 $\mu\text{m}$ の均一で緻密な $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層（1）が形成されていることが確認された。これらの結果を図3（a）および（b）に示す。

【0073】

その後、実施例1と同様にして、車両用ディスクブレーキロータの表面画像および二値化処理画像を得て、表面の空孔面積率（25視野分の平均値）および空孔部の孔径（最頻値）を算出した。この結果を表3に示す。

20

【0074】

さらに、この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例1と同様の摩擦試験を行い、これにより得られた摩擦係数 $\mu_0$ 、 $\mu_1$ から変化率を求めた結果、いずれの環境条件下においても10%以内であった。また、この車両用ディスクブレーキロータの摩耗量は、平均で2.32 $\mu\text{m}$ であった。さらに、それぞれの環境条件における摺合せの摩擦係数 $\mu_0$ 、および、第1再摺合せの摩擦係数 $\mu_1$ の標準偏差（ ）は、それぞれ0.010、0.010であった。これらの結果を表4および5に示す。

【0075】

30

（比較例1）

ガス軟窒化処理などの表面処理を施さなかったこと以外は、実施例1と同様にして車両用ディスクブレーキロータを得た。

【0076】

次に、実施例1と同様にして、得られた車両用ディスクブレーキロータに対して、摩擦試験を行い、得られた摩擦係数 $\mu_0$ および $\mu_1$ から変化率を求めた結果、一部の環境条件では、変化率が10%を超えていることが確認された。また、この車両用ディスクブレーキロータの摩耗量は、平均で2.49 $\mu\text{m}$ であった。さらに、それぞれの環境条件における摺合せの摩擦係数 $\mu_0$ 、および、第1再摺合せの摩擦係数 $\mu_1$ の標準偏差（ ）は、それぞれ0.060、0.050であった。これらの結果を表4および5に示す。

40

【0077】

（比較例2）

軟窒化処理後、雰囲気温度が500 となった時点で炉内から取り出し、大気中に暴露したこと以外は、実施例1と同様にして車両用ディスクブレーキロータを得た。この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例1と同様に、SEM観察、X線回折分析および各層の厚さの測定を行った結果、厚さ150 $\mu\text{m}$ の窒素拡散層（3）上に、厚さ11 $\mu\text{m}$ の窒素化合物層（2）が形成され、この窒素化合物層（2）の上に、厚さ4 $\mu\text{m}$ の均一で緻密な $\text{Fe}_3\text{O}_4$ を主成分とする酸化鉄層（1）が形成されていることが確認された。また、比較例2では、窒素化合物層（2）に、複数の微細な亀裂が生じていることが確認された。これらの結果を図4（a）および（b）に示す。

50

## 【 0 0 7 8 】

その後、実施例 1 と同様にして、車両用ディスクブレーキロータの表面画像および二値化処理画像を得て、表面の空孔面積率（25 視野分の平均値）および空孔部の孔径（最頻値）を算出した。この結果を表 3 に示す。

## 【 0 0 7 9 】

さらに、この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例 1 と同様の摩擦試験を行い、これにより得られた摩擦係数  $\mu_0$ 、 $\mu_1$  から変化率 を求めた結果、一部の環境条件では、変化率 が 10 % を超えていることが確認された。また、この車両用ディスクブレーキロータの摩耗量は、平均で 2.91  $\mu\text{m}$  であった。さらに、それぞれの環境条件における摺合せの摩擦係数  $\mu_0$ 、および、第 1 再摺合せの摩擦係数  $\mu_1$  の標準偏差（ ）は、それぞれ 0.019、0.017 であった。これらの結果を表 4 および 5 に示す。

## 【 0 0 8 0 】

（比較例 3）

実施例 1 と同様にして得られた車両用ディスクブレーキロータを、アルカリ系洗浄剤により脱脂を行った後、シアン濃度約 20 質量%の塩浴中で、580 で 90 分間浸漬することにより、塩浴軟窒化処理を行った。その後、車両用ディスクブレーキロータを冷却および水洗し、乾燥を行った。

## 【 0 0 8 1 】

この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例 1 と同様に、SEM 観察、X 線回折分析および各層の厚さの測定を行った結果、厚さ 150  $\mu\text{m}$  の窒素拡散層（3）上に、厚さ 12  $\mu\text{m}$  の窒素化合物層（2）が形成されているが、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする酸化鉄層は形成されていないことが確認された。また、比較例 3 では、窒素化合物層に、多孔質のポーラス層が形成されていることが確認された。これらの結果を図 5（a）および（b）に示す。

## 【 0 0 8 2 】

その後、実施例 1 と同様にして、車両用ディスクブレーキロータの表面画像および二値化処理画像を得て、表面の空孔面積率（25 視野分の平均値）および空孔部の孔径（最頻値）を算出した。この結果を表 3 に示す。また、このとき得られた車両用ディスクブレーキロータの（a）表面画像および（b）二値化処理画像を図 7 に示す。

## 【 0 0 8 3 】

さらに、この車両用ディスクブレーキロータに対して、実施例 1 と同様の摩擦試験を行い、これにより得られた摩擦係数  $\mu_0$ 、 $\mu_1$  から変化率 を求めた結果、全ての環境条件で、変化率 が 10 % を超えていることが確認された。また、この車両用ディスクブレーキロータの摩耗量は、平均で 2.40  $\mu\text{m}$  であった。さらに、それぞれの環境条件における摺合せの摩擦係数  $\mu_0$ 、および、第 1 再摺合せの摩擦係数  $\mu_1$  の標準偏差（ ）は、それぞれ 0.013、0.011 であった。これらの結果を表 4 および 5 に示す。

## 【 0 0 8 4 】

【表 3】

	処理方法	取出 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ ピーク	窒素 拡散層 ( $\mu\text{m}$ )	窒素 化合物層 ( $\mu\text{m}$ )	$\text{Fe}_3\text{O}_4$ 層 ( $\mu\text{m}$ )	亀裂の 有無	空孔 面積率 (%)	空孔部 の孔径 ( $\mu\text{m}$ )
実施例 1	軟窒化+大気中暴露	440	あり	150	15	4	なし	4.0	0.5
実施例 2	軟窒化+大気中暴露	400	あり	150	15	4	なし	4.0	0.5
実施例 3	軟窒化+大気中暴露	480	あり	150	15	4	なし	4.0	0.5
比較例 1	無処理	—	なし	—	—	—	なし	—	—
比較例 2	軟窒化+大気中暴露	500	あり	150	11	4	あり	4.5	1.5
比較例 3	塩浴処理	—	なし	150	12	—	なし	17.0	2.2

## 【 0 0 8 5 】

【表 4】

環境条件	絶対湿度 (g/m <sup>3</sup> )	3	5	7	10	15	20	35	平均	$\sigma$
	温度 (°C)	10	10	10	20	25	30	40		
実施例 1	摺合せ	0.353	0.351	0.353	0.344	0.332	0.330	0.329	0.342	0.011
	第 1 再摺合せ	0.378	0.375	0.380	0.370	0.357	0.360	0.359	0.368	0.010
	変化率 (%)	7.3	6.9	7.5	7.5	7.4	9.1	9.1	7.8	—
実施例 2	摺合せ	0.350	0.350	0.349	0.341	0.330	0.327	0.328	0.339	0.011
	第 1 再摺合せ	0.375	0.373	0.377	0.367	0.355	0.358	0.352	0.365	0.010
	変化率 (%)	7.1	6.6	8.0	7.6	7.6	9.5	7.3	7.7	—
実施例 3	摺合せ	0.356	0.349	0.344	0.349	0.338	0.327	0.332	0.342	0.010
	第 1 再摺合せ	0.381	0.382	0.372	0.368	0.366	0.357	0.359	0.369	0.010
	変化率 (%)	7.0	9.5	8.1	5.4	8.3	9.2	8.1	8.0	—
比較例 1	摺合せ	0.500	0.437	0.443	0.420	0.403	0.351	0.320	0.411	0.060
	第 1 再摺合せ	0.518	0.489	0.477	0.453	0.434	0.404	0.375	0.450	0.050
	変化率 (%)	3.5	11.8	7.7	7.7	7.8	15.1	17.2	10.0	—
比較例 2	摺合せ	0.343	0.343	0.332	0.317	0.302	0.317	0.294	0.321	0.019
	第 1 再摺合せ	0.385	0.361	0.366	0.358	0.339	0.357	0.336	0.357	0.017
	変化率 (%)	12.2	5.2	10.2	12.9	12.3	12.6	14.3	11.4	—
比較例 3	摺合せ	0.295	0.288	0.288	0.278	0.280	0.265	0.260	0.279	0.013
	第 1 再摺合せ	0.384	0.378	0.370	0.368	0.365	0.355	0.354	0.368	0.011
	変化率 (%)	30.2	31.3	28.5	32.4	30.4	34.0	36.2	31.8	—

【 0 0 8 6 】

【表 5】

環境条件	絶対湿度 (g/m <sup>3</sup> )	3	5	7	10	15	20	35	平均	$\sigma$
	温度 (°C)	10	10	10	20	25	30	40		
実施例 1	パッド (mm)	0.330	0.324	0.316	0.313	0.318	0.324	0.322	0.321	0.006
	ディスク ( $\mu$ m)	2.35	2.35	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.28	0.05
実施例 2	パッド (mm)	0.328	0.322	0.315	0.310	0.314	0.320	0.318	0.318	0.006
	ディスク ( $\mu$ m)	2.33	2.30	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.23	0.06
実施例 3	パッド (mm)	0.330	0.331	0.328	0.326	0.321	0.327	0.325	0.327	0.003
	ディスク ( $\mu$ m)	2.40	2.33	2.31	2.34	2.32	2.31	2.26	2.32	0.04
比較例 1	パッド (mm)	0.374	0.335	0.295	0.280	0.266	0.248	0.230	0.290	0.050
	ディスク ( $\mu$ m)	3.75	3.50	3.25	2.90	1.75	1.25	1.00	2.49	1.13
比較例 2	パッド (mm)	0.418	0.401	0.409	0.402	0.394	0.407	0.393	0.403	0.009
	ディスク ( $\mu$ m)	3.09	2.86	2.99	2.86	2.87	2.99	2.71	2.91	0.12
比較例 3	パッド (mm)	0.367	0.365	0.360	0.358	0.352	0.354	0.355	0.359	0.006
	ディスク ( $\mu$ m)	2.48	2.45	2.40	2.40	2.35	2.40	2.35	2.40	0.05

【符号の説明】

【 0 0 8 7 】

- 1 酸化鉄 (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) 層
- 2 ガス軟室化処理による窒素化合物層
- 3 ガス軟室化処理による窒素拡散層
- 4 塩浴軟室化処理による窒素化合物層
- 5 塩浴軟室化処理による窒素拡散層

10

20

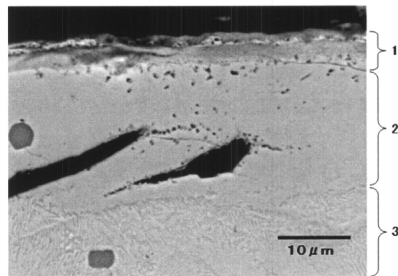
30

40

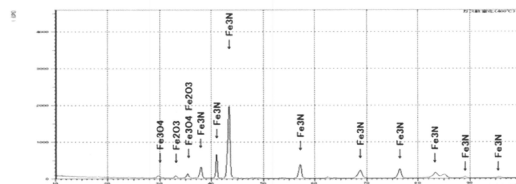
50

【圖 2】

(a)

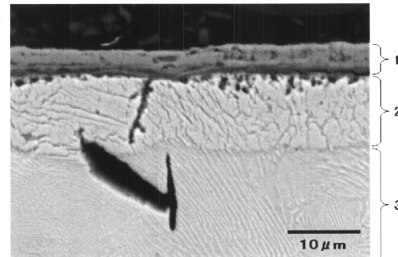


(b)

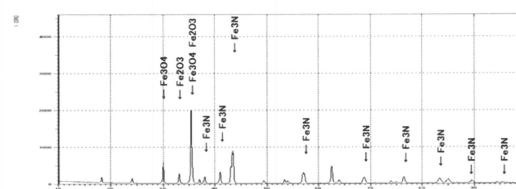


【 図 4 】

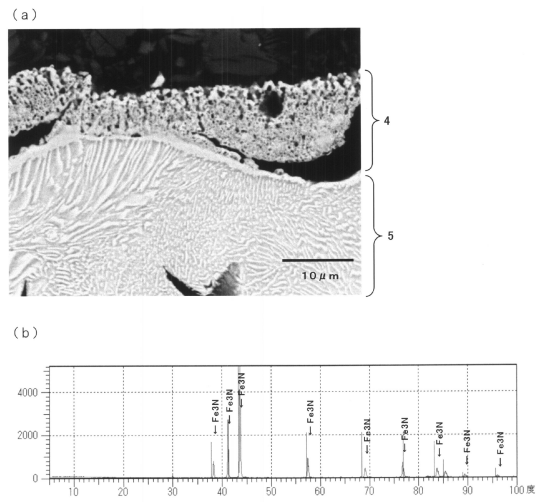
(a)



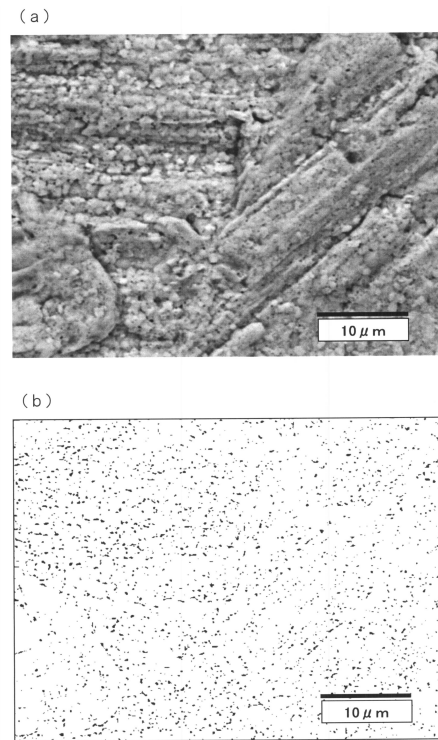
(b)



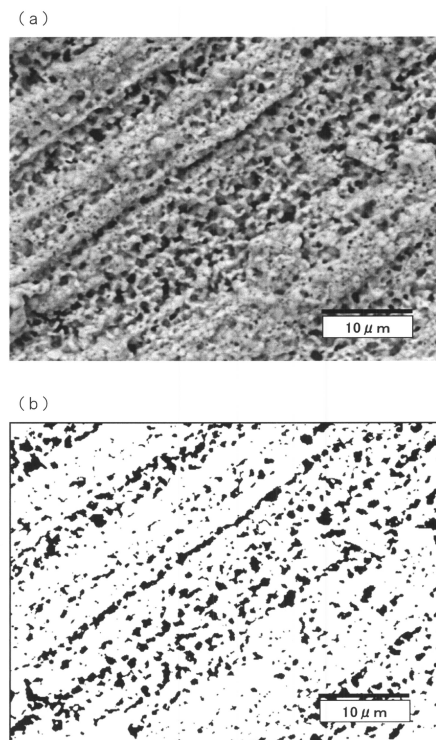
【図 5】



【図 6】



【図 7】





---

 フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
 C 2 3 C 8/34 (2006.01) C 2 3 C 8/14  
 C 2 3 C 8/34

審査官 宮本 靖史

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 6 9 6 3 1 ( J P , A )  
 特開昭 5 8 - 0 7 1 3 7 7 ( J P , A )  
 特開平 0 4 - 1 9 3 9 6 3 ( J P , A )  
 特開 2 0 0 9 - 0 5 2 7 4 5 ( J P , A )  
 特開平 0 3 - 2 8 5 0 5 8 ( J P , A )  
 佐々木要助, ブレーキ用摩擦材の開発, まてりあ, 日本, 公益社団法人日本金属学会, 2 0 0 5  
 年 1 0 月 1 日, 第 4 4 巻, 第 1 0 号, 8 3 2 - 8 4 0 頁

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)  
 C 2 3 C 8 / 0 0 - 1 2 / 0 2  
 C 2 1 D 1 / 0 2 - 1 / 8 4  
 C 2 1 D 9 / 0 4 - 9 / 4 4  
 C 2 1 D 9 / 5 0  
 F 1 6 D 4 9 / 0 0 - 7 1 / 0 4  
 J S T P l u s / J S T 7 5 8 0 ( J D r e a m I I I )