

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年6月28日(28.06.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/116763 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 37/10 (2006.01) *F02F 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/042680
- (22) 国際出願日: 2017年11月28日(28.11.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-250219 2016年12月23日(23.12.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社クボタ (KUBOTA CORPORATION) [JP/JP]; 〒5568601 大阪府大阪市浪速区敷津東一丁目2番47号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 兼平 和貴 (KANEHIRA, Kazutaka); 〒5738573 大阪府枚方市中宮大池1丁目1番1

号 株式会社クボタ 枚方製造所内 Osaka (JP). 金谷 重宏 (KANATANI, Shigehiro); 〒5738573 大阪府枚方市中宮大池1丁目1番1号 株式会社クボタ 枚方製造所内 Osaka (JP).

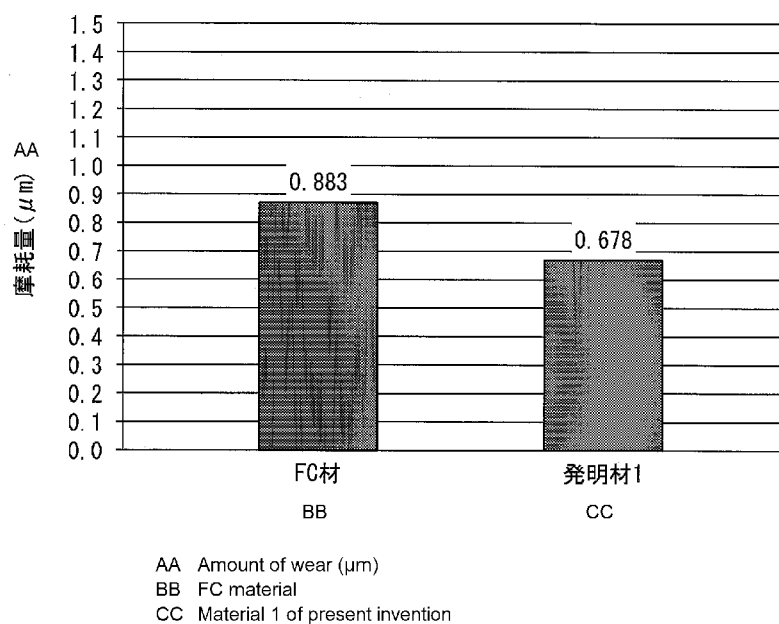
(74) 代理人: 特許業務法人 H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: CAST IRON, METHOD FOR PRODUCING CAST IRON AND CYLINDER BLOCK

(54) 発明の名称: 鋳鉄、鋳鉄の製造方法およびシリンダーブロック

図 4



(57) Abstract: Provided is a cast iron which achieves a good balance between high wear resistance and castability. A cast iron according to one embodiment of the present invention contains, in mass%, 3.0-3.8% of C, 1.0-3.0% of Si, 0.6-1.0% of Mn, more than 0% but 0.6% or less of Cr, 0.6-1.6% of Cu, 0.01-0.4% of Mo and/or 0.02-0.8% of W, with the balance made up of Fe and unavoidable impurities.

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：高い耐摩耗性および鋳造性を両立させた鋳鉄を提供する。本発明の一態様に係る鋳鉄は、質量％で、C：3.0～3.8％、Si：1.0～3.0％、Mn：0.6～1.0％、Cr：0を超えて0.6％以下、Cu：0.6～1.6％、Mo：0.01～0.4％、および／または、W：0.02～0.8％、残部：Feおよび不可避免的不純物からなる。

明 細 書

発明の名称： 鋳鉄、鋳鉄の製造方法およびシリンダーブロック 技術分野

[0001] 本発明は、高い耐摩耗性および鋳造性を両立させた鋳鉄およびその製造方法に関する。本発明はまた、上記鋳鉄を含むシリンダーブロックに関する。

背景技術

[0002] 内燃機関を構成する部材の一つであるシリンダーブロックには、燃料の爆発によりシリンダーを摺動させる機構が含まれており、当該機構を構成する材料には高い耐摩耗性が要求される。上記材料の耐摩耗性が低い場合、ピストンの焼付き、気密性の低下などが発生するおそれがあるためである。そして、内燃機関の出力をより高くするためには、上記材料の耐摩耗性をより高くする必要がある。

[0003] このため、高い耐摩耗性を有する材料である鋳鉄が、シリンダーブロックの材料として広く用いられている。そして、より高い耐摩耗性、および耐摩耗性の以外の有利な物性を有する鋳鉄が開発されている。

[0004] 例えば、特許文献1は、C：3.2～3.6重量%、Si：1.7～2.4重量%、Mn：0.45～0.9重量%、P：0.2重量%以下、S：0.2重量%以下、Cr：0.2～0.5重量%、Cu：0.3～0.5重量%、Mo：0.2～0.4重量%を含有し、CE値が3.8～3.95である鋳鉄を開示している。

[0005] 特許文献2は、C：2.9～3.6質量%、Si：2.0～2.5質量%、Mn：0.5～1.0質量%、P：0.03～0.3質量%、S：0.01～0.13質量%、Cu：0.03～0.6質量%、Cr：0.03～0.3質量%、Sn 0.001～0.3質量%および／またはSb：0.001～0.2質量%であり、残部が鉄および不可避免の不純物からなる、A型黒鉛を含む鋳鉄を開示している。

[0006] 特許文献3は、重量で、C：3.2～3.49%、Si：1.8～2.2

%、S : 0.15%未満、P : 0.15%未満、Mn : 0.3~0.8%、Cr : 0.2~0.4%、Mo : 0.1~0.4%、V : 0.03~0.3%、Cu : 0.3~1.0%、Nb : 0.15%未満、その他：鉄および不純物、を含む実質的にパーライトのねずみ鋳鉄合金を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2003-253375号公報（2003年9月10日公開）」

特許文献2：日本国公開特許公報「特開2008-106357号公報（2008年5月8日公開）」

特許文献3：日本国公表特許公報「特表2005-525468号公報（2005年8月25日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上述のような従来技術は、耐摩耗性と鋳造性とを両立させるという観点からは、改善の余地を残していた。

[0009] 本発明の一態様は、高い耐摩耗性および鋳造性を両立させた鋳鉄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

[0010] 本発明者らは、上記目的を達成するために鋭意検討を重ねた結果、通常よりもCuの含有率を高くすることにより、上記の課題を解決しうることを見出した。本発明者らは、上記知見に基づき、本発明を完成するに至った。すなわち、本発明は、以下の発明を包含する。

[0011] <1> 質量%で、C : 3.0~3.8%、Si : 1.0~3.0%、Mn : 0.6~1.0%、Cr : 0を超えて0.6%以下、Cu : 0.6~1.6%、Mo : 0.01~0.4%および／またはW : 0.02~0.8%、残部：Feおよび不可避免的不純物、からなることを特徴とする鋳鉄。

[0012] <2>質量%で、C : 3.3~3.5%、Si : 1.7~2.3%、Mn : 0.7~0.8%、Cr : 0.2~0.4%、Cu : 0.9~1.1%、Mo : 0.1~0.2%および／またはW : 0.2~0.4%、残部 : Fe および不可避免的不純物、からなることを特徴とする鑄鉄。

[0013] <3>下記式(1)で表されるΣ値が、2.45以下であることを特徴とする、<1>または<2>に記載の鑄鉄。

$$\Sigma \text{値} = [\text{Mn}] + [\text{Cr}] + [\text{Cu}] + [\text{Ni}] + [\text{Mo}] + [\text{W}] \cdots \quad (1)$$

(式中、[] は括弧内の元素の含有率(質量%)を表す)。

[0014] <4>下記式(2)で表される炭素当量が、3.8~4.15であることを特徴とする、<1>~<3>のいずれか1つに記載の鑄鉄。

$$\text{炭素当量} = [\text{C}] + 0.31 [\text{Si}] - 0.027 [\text{Mn}] + 0.33 [\text{P}] + 0.4 [\text{S}] - 0.063 [\text{Cr}] + 0.074 [\text{Cu}] - 0.015 [\text{Mo}] - 0.020 [\text{W}] \cdots (2)$$

(式中、[] は括弧内の元素の含有率(質量%)を表す)。

[0015] <5><1>~<4>のいずれか1つに記載の鑄鉄を含むことを特徴とする、シリンダーブロック。

[0016] <6>質量%で、C : 3.0~3.8%、Si : 1.0~3.0%、Mn : 0.6~1.0%、Cr : 0を超えて0.6%以下、Cu : 0.6~1.6%、Mo : 0.01~0.4%および／またはW : 0.02~0.8%、残部 : Fe および不可避免的不純物、からなる組成を有する溶湯を調製し、重力鑄造法または遠心鑄造法によって上記溶湯を鑄型内に鑄込むことを特徴とする、鑄鉄の製造方法。

発明の効果

[0017] 本発明の一態様によれば、耐摩耗性および鑄造性を両立させた鑄鉄が提供される。

図面の簡単な説明

[0018] [図1] (a) は、実施例1において行われた、湯流れ試験の方法を表す概略図

である（実施例の〔１－４〕節参照）。鑄鉄製の試験片１～３の一端に、溶湯が流れる湯道が備えられている。（ｂ）は、実施例２において行われた、摩耗試験の方法を表す概略図である。

〔図２〕（ａ）～（ｅ）は、実施例１において作製された試験片の、湯流れ性試験の結果である（実施例の〔１－４〕節参照）。

〔図３〕（ａ）～（ｃ）は、実施例１において作製された試験片の組織を観察した、金属顕微鏡像である（実施例の〔１－５〕節参照）。

〔図４〕実施例２において、発明材およびＦＣ材に対して行われた、耐摩耗性試験の結果を表すグラフである。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施の形態の一例について詳細に説明するが、本発明は、これに限定されない。また、本明細書において特記しない限り、数値範囲を表す「Ａ～Ｂ」は、「Ａ以上、Ｂ以下」を意味し、単に「％」と表記されている場合は、質量％を意味する。

[0020] 〔１．鑄鉄の物性〕

以下に、本発明の一実施形態に係る鑄鉄の特徴である物性、すなわち耐摩耗性および鑄造性について説明する。

[0021] 〔１－１．耐摩耗性〕

本発明の一実施形態に係る鑄鉄の耐摩耗性は、例えば、実施例２に記載の方法により評価できる。従来の材料よりも高い耐摩耗性を得るためには、上記方法で評価した際の上記鑄鉄の摩耗量が、 $0.80\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0022] この方法とは別に、材料の耐摩耗性を評価するより簡便な方法として、当該材料のブリネル硬さ、引張強さ、および弾性率を評価する方法がある。

[0023] 材料のブリネル硬さは、例えば、直径 10mm の超硬合金球を $29,400\text{N}$ の荷重にて上記材料に押し込み、その際に発生する窪みの表面積で上記荷重を除する方法により測定できる。上記方法により測定した場合、上述した程度の高い耐摩耗性が期待できるという観点からは、本発明の一実施形態

に係る鑄鉄のブリネル硬さは、205HB以上が好ましく、220HB以上がより好ましい。一方、上記鑄鉄の加工性を低下させないという観点からは、上記鑄鉄のブリネル硬さは、255HB以下が好ましく、250HB以下がより好ましい。

[0024] 材料の引張強さは、例えば、金属材料引張試験によって測定できる。上記方法によって測定した場合、本発明の一実施形態に係る鑄鉄を加工した製品の強度を確保するという観点からは、上記鑄鉄の引張強さは、240MPa以上が好ましい。

[0025] 材料の弾性率は、例えば、金属材料引張試験によって測定できる。上記方法によって測定した場合、本発明の一実施形態に係る鑄鉄を加工した製品の剛性を確保するという観点からは、本発明の一実施形態に係る鑄鉄の弾性率は、80GPa以上が好ましい。

[0026] [1-2. 鑄造性]

鑄造性の指標としては、例えば、湯流れ性を採用することができる。本明細書において「湯流れ性」とは、溶湯の流動性を意図する。湯流れ性は、例えば、実施例1に記載の方法により評価することができる（図1参照）。上記方法によれば、鑄鉄製の試験片1～3に発生する湯回り不良部が小さいこと、特に試験片3に発生する湯回り不良部が小さいことが、湯流れ性が高いことを意味する。

[0027] 本発明の一実施形態に係る鑄鉄は、以下に詳述する特定の組成を有することにより、上述した耐摩耗性および鑄造性を、共に好適な値とすることができる。このような物性を有する鑄鉄は、摺動による摩耗に耐えることができ、かつ複雑な形状に鑄造することができることから、例えばシリンダーブロックの材料として好適である。

[0028] [2. 鑄鉄]

[2-1. 鑄鉄の合金成分]

以下、本発明の一実施形態に係る鑄鉄の組成を、元素ごとに詳述する。

[0029] (炭素)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有する炭素は、3.8質量%以下が好ましく、3.5質量%以下がより好ましい。炭素含有率が3.8質量%を超える場合、黒鉛の晶出量の過剰、および晶出した黒鉛の成長の過剰が発生し、上記鋳鉄の強度が低下する。

[0030] 本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有する炭素は、3.0質量%以上が好ましく、3.1質量%以上がより好ましく、3.3質量%以上がさらに好ましい。炭素含有率が3.0質量%未満の場合、黒鉛の晶出量の減少の過剰、および晶出した黒鉛の微細化の過剰が発生し、上記鋳鉄の鋳造性が低下する。

[0031] (ケイ素)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するケイ素は、3.0質量%以下が好ましく、2.3質量%以下がより好ましい。ケイ素含有率が3.0質量%を超える場合、黒鉛の晶出量の過剰、および晶出した黒鉛の成長の過剰が発生し、上記鋳鉄の強度が低下する。

[0032] 本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するケイ素は、1.0質量%以上が好ましく、1.5質量%以上がより好ましく、1.7質量%以上がさらに好ましい。ケイ素含有率が1.0質量%未満の場合、黒鉛の晶出量の減少の過剰、および晶出した黒鉛の微細化の過剰が発生し、上記鋳鉄の鋳造性が低下する。

[0033] (マンガン)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するマンガンは、1.0質量%以下が好ましく、0.8質量%以下がより好ましい。マンガン含有率が1.0質量%を超える場合、基地組織のパーライトが過剰に緻密化する。そのため、鋳造品の肉厚が5 mm以下であるときに、上記基地組織がマルテンサイトまたはベーナイトに変態する場合がある。その結果、マルテンサイトおよびベーナイトは共に硬質の組織であるため、上記鋳鉄の加工性が低下する。

[0034] 本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するマンガンは、0.6質量%以上が好ましく、0.7質量%以上がより好ましい。マンガン含有率が0.6質

量%未満の場合、上記鑄鉄の基地組織のパーライトが粗大化し、硬さが低下する。

[0035] (クロム)

本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有するクロムは、0.6質量%以下が好ましく、0.4質量%以下がより好ましい。クロム含有率が0.6質量%を超える場合、クロムと炭素との間に炭化物が形成され、上記鑄鉄の加工性が低下する。

[0036] 本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有するクロムは、0質量%を超えることが好ましく、0.1質量%以上がより好ましく、0.2質量%以上がさらに好ましい。クロムが含有されない場合、上記鑄鉄の基地組織の硬さが低下する。

[0037] (銅)

本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有する銅は、1.6質量%以下が好ましく、1.1質量%以下がより好ましい。銅含有率が1.6質量%を超える場合、銅とモリブデンとの合計の含有率が高くなりすぎる蓋然性が高い。この場合、上記鑄鉄の基地組織がマルテンサイトまたはベーナイトに変態し、上記鑄鉄の加工性が低下する。

[0038] 本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有する銅は、0.6質量%以上が好ましく、0.7質量%以上がより好ましく、0.9質量%以上がさらに好ましい。銅含有率が0.6質量%未満の場合、(i) 上記鑄鉄の鑄造性が低下し、(ii) 基地組織のパーライトが粗大化し、さらに (iii) 基地組織の硬さが低下する。

[0039] (モリブデン)

本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有するモリブデンは、0.4質量%以下が好ましく、0.35質量%以下がより好ましく、0.2質量%以下がさらに好ましい。モリブデン含有率が0.4質量%を超える場合、基地組織の硬さが過剰となり、かつ、モリブデンと炭素との間に炭化物が形成される。その結果、上記鑄鉄の加工性が低下する。また、銅とモリブデンとの合計の

含有率が高くなりすぎると、基地組織がマルテンサイトまたはベーナイトに変態する。このことも、上記鑄鉄の加工性が低下する原因となる。

[0040] 本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有するモリブデンは、0.01質量%以上が好ましく、0.1質量%以上がより好ましい。モリブデン含有率が0.01質量%未満の場合、上記鑄鉄の基地組織の硬さが低下し、高温におけるパーライトが不安定になる。

[0041] (タングステン)

本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有するタングstenは、0.8質量%以下が好ましく、0.7質量%以下がより好ましく、0.4質量%以下がさらに好ましい。タングsten含有率が0.8質量%を超える場合、基地組織の硬さが過剰となり、かつ、タングstenと炭素との間に炭化物が形成される。その結果、上記鑄鉄の加工性が低下する。また、銅とタングstenとの合計の含有率が高くなりすぎると、基地組織がマルテンサイトまたはベーナイトに変態する。このことも、上記鑄鉄の加工性が低下する原因となる。

[0042] 本発明の一実施形態に係る鑄鉄が含有するタングstenは、0.02質量%以上が好ましく、0.2質量%以上がより好ましい。タングsten含有率が0.02質量%未満の場合、上記鑄鉄の基地組織の硬さが低下し、高温におけるパーライトが不安定になる。

[0043] (モリブデンとタングstenとの関係)

本発明の一実施形態に係る鑄鉄において、モリブデンとタングstenとは、上記鑄鉄を硬くするという共通の効果をもたらす。したがって、モリブデンとタングstenとは、相互に置き換え可能な成分である。上記鑄鉄は、(i) モリブデンを含有してタングstenを含有しなくてもよく、(ii) モリブデンを含有しないでタングstenを含有してもよく、(iii) モリブデンおよびタングstenを含有してもよい。

[0044] 所定量のモリブデンを含有することによる効果と同等の効果を、タングstenを含有させることによって得るためには、タングstenの含有率をモリブデンの含有率の2倍 ($[Mo] = 2 [W]$) とすればよい。この関係は、

モリブデンとタングステンとの原子量の違いなどに起因すると考えられる。

[0045] [2-2. 不可避的不純物]

本発明の一実施形態に係る鋳鉄は、不可避的不純物を含有している。上記不可避的不純物には、以下に説明する元素が含まれうる。ここで、不可避的不純物とは、鋳鉄の原料、鋳鉄を製造する設備などに由来する成分であって、意図的に添加されたものではなく、鋳鉄に不可避的に混入している構成成分を意味する。

[0046] (リン)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するリンは、0.08質量%以下が好ましく、0.05質量%以下がより好ましい。リンの含有率を0.08質量%以下とすることにより、上記鋳鉄の強度を好適な範囲に保つことができる。

[0047] (硫黄)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有する硫黄は、0.2質量%以下が好ましく、0.15質量%以下がより好ましい。硫黄の含有率を0.2質量%以下とすることにより、鋳造凝固過程において、上記鋳鉄の高温割れを防ぐことができる。

[0048] (ニッケル)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するニッケルは、0.05質量%以下が好ましく、0.02質量%以下がより好ましい。

[0049] (アルミニウム)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するアルミニウムは、0.05質量%以下が好ましく、0.01質量%以下がより好ましい。アルミニウムの含有率を0.05質量%以下とすることにより、鋳造欠陥であるピンホールの形成を抑制できる。

[0050] (チタン)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するチタンは、0.05質量%以下が好ましく、0.01質量%以下がより好ましい。チタンの含有率を0.0

5質量%以下とすることにより、チタン炭化物の発生による加工性の低下を抑制できる。

[0051] (バナジウム)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄が含有するバナジウムは、0.01質量%以下が好ましく、0.005質量%以下がより好ましい。バナジウムの含有率を0.01質量%以下とすることにより、バナジウム炭化物の発生による加工性の低下を抑制できる。

[0052] [2-3. 成分間のパラメーター]

(Σ値)

本発明の一実施形態に係る鋳鉄は、下記式(1)で表されるΣ値が、2.45以下であることが好ましい。Σ値が2.45以下であることにより、上記鋳鉄の基地組織がマルテンサイトまたはベーナイトに変態することによる、上記鋳鉄の過剰な硬化を防ぐことができる。すなわち、Σ値が2.45以下であることにより、上記鋳鉄は良好な加工性を有するようになる。

$$\Sigma \text{値} = [\text{Mn}] + [\text{Cr}] + [\text{Cu}] + [\text{Ni}] + [\text{Mo}] + [\text{W}] \cdots$$

(1)

(式中、[] は括弧内の元素の含有率(質量%)を表す)。

[0053] (炭素当量(CE値))

本発明の一実施形態に係る鋳鉄は、下記式(2)で表される炭素当量が、4.15以下であることが好ましく、4.1以下であることがより好ましい。また、本発明の一実施形態に係る鋳鉄は、下記式(2)で表される炭素当量が、3.8以上であることが好ましく、3.9以上であることがより好ましい。炭素当量が上述の範囲にあることにより、上記鋳鉄の耐摩耗性と流動性とを両立させることが可能となる。

$$\text{炭素当量} = [\text{C}] + 0.31[\text{Si}] - 0.027[\text{Mn}] + 0.33[\text{P}] + 0.4[\text{S}] - 0.063[\text{Cr}] + 0.074[\text{Cu}] - 0.015[\text{Mo}] - 0.020[\text{W}] \cdots (2)$$

(式中、[] は括弧内の元素の含有率(質量%)を表す)。

[0054] [2-4. 鋳鉄の組織]

本発明の一実施形態に係る鋳鉄の基地組織は、特に限定されない。上記鋳鉄をシリンダーブロックに加工する場合には、パーライトが主要な基地組織であることが好ましい。しかし、例えば、より硬度を必要とする部材（例えば、軸受など）に加工する場合には、上記鋳鉄を熱処理して、基地組織をマルテンサイトおよび／またはベーナイトに変態させても構わない。このような熱処理は、上記鋳鉄の一部にのみ施されていてもよい。つまり、上記鋳鉄は、部分によって主要な基地組織が異なってもよい。

[0055] 本発明の一実施形態に係る鋳鉄の組織における黒鉛の形状は、特に限定されない。上記鋳鉄をシリンダーブロックに加工する場合には、上記黒鉛の形状がA型黒鉛であることが好ましい。

[0056] [3. 鋳造方法]

本発明の一実施形態に係る鋳鉄の鋳造方法は、特に限定されない。以下に、上記鋳鉄の鋳造方法の一例を例示する。

[0057] まず、本発明の一実施形態に係る鋳鉄と同じ組成（すなわち、C：3.0～3.8質量%、Si：1.0～3.0質量%、Mn：0.6～1.0質量%、Cr：0を超えて0.6質量%以下、Mo：0.01～0.4質量%、Cu：0.6～1.6質量%、残部：Feおよび不可避免的不純物）の溶湯を調製する。上記溶湯の調製方法および各種成分の溶湯中への添加順序は特に限定されず、公知の手法を用いることができる。なお、上記溶湯の組成は、溶湯を調製する際の添加原料の割合から算出される。

[0058] 次に、調製された溶湯を鋳型へと鋳込む。この際、重力鋳造法または遠心鋳造法のいずれの方法を採用してもよい。鋳造によりシリンダーブロックを製造する場合には、重力鋳造法を採用することが好ましい。鋳造を終えた部品は、鋳型から取り出したままで用いてもよいし、上記部品の一部または全部を熱処理してから用いてもよい。

[0059] [4. 鋳鉄の用途]

本発明の一実施形態に係る鋳鉄の用途は、特に限定されない。上記鋳鉄が

、鑄造性と高い耐摩耗性とを両立させている点を考慮すると、上記鑄鉄をシリンダーブロックに用いることが好ましい。特に、上記鑄鉄を、シリンダーブロックの中でも高い燃焼圧に曝される部材（すなわち、シリンダーヘッドなど）に用いることが、より好ましい。

[0060] 本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能である。異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態も、本発明の技術的範囲に含まれる。

実施例

[0061] 〔実施例 1〕

組成を変化させた鑄鉄片を作製し、諸物性を調査した。

[0062] 表 1 に記載の成分組成である溶湯を調製し、重力鑄造法により、発明材 1 ～ 10、比較材 1 ～ 5、および F C 材からなる試験片（全て縦 4 c m × 横 20 c m × 厚さ 5 m m）を鑄造した。鑄型としてはフラン鑄型を用いた。なお、それぞれの材の成分組成は、鑄造後の上記材を、発光分光分析で分析して測定した値である。

[0063] 表中、耐摩耗性および鑄造性が一般的な水準にある片状黒鉛鑄鉄（F C）を、F C 材として示した。発明材 1 ～ 10 は、共通して、F C 材よりも C u 含有率が高いという特徴を有している。

[0064]

[表1]

実施例	C	Si	Mn	Cr	Cu	Mo	W	P	S	C.E 値	△ 値	ブリネル硬さ (HB)	引張り強さ (MPa)	弾性率 (GPa)
発明材 1	3.31	1.9	0.72	0.31	1	0.16		0.04	0.056	3.97	2.19	229	271	86.00
発明材 2	3.42	1.79	0.72	0.26	0.99	0.16		0.045	0.064	4.05	2.13	229	270	86.35
発明材 3	3.43	2.08	0.76	0.3	1.02	0.17		0.044	0.066	4.15	2.25	229	268	85.79
発明材 4	3.37	2.12	0.75	0.3	1.02	0.18		0.044	0.067	4.10	2.25	248	282	93.42
発明材 5	3.35	2.12	0.76	0.32	1.04	0.14		0.043	0.067	4.08	2.26	241	283	94.72
発明材 6	3.36	1.9	0.72	0.31	0.61	0.16		0.041	0.058	3.99	1.80	235	294	95.90
発明材 7	3.15	1.99	0.73	0.3	1.01		0.31	0.037	0.068	3.84	2.35	229	263	91.30
発明材 8	3.18	1.93	0.69	0.3	1	0.33		0.041	0.07	3.85	2.32	248	308	97.85
発明材 9	3.38	1.96	0.72	0.3	1.01	0.34		0.039	0.073	4.06	2.37	229	271	88.95
発明材 10	3.38	1.53	0.73	0.34	1	0.16		0.042	0.07	3.93	2.23	248	300	98.21
比較材 1	3.22	1.88	0.76	0.32	0.6	0.66		0.045	0.068	3.84	2.34	285	317	109.95
比較材 2	3.38	2.34	0.72	0.26	1	0.44		0.040	0.068	4.18	2.42	217	227	72.50
比較材 3	3.05	1.91	0.72	0.29	1	0.48		0.04	0.064	3.71	2.49	269	367	108.15
比較材 4	2.91	1.88	0.72	0.32	1	0.16		0.039	0.061	3.56	2.20	262	370	120.45
比較材 5	3.34	1.96	0.73	0.31	1			0.039	0.065	4.02	2.04	223	239	83.40
FC 材	3.35	2.12	0.59	0.26	0.45			0.038	0.061	4.05	1.30	212	253	84.65

表中、元素の含有率は全て質量%である。

[0065] [1-1. ブリネル硬さの測定]

作製した試験片のブリネル硬さを、以下の条件にて測定した。測定結果を表 1 に示す。

- ・使用球：超硬合金球
- ・球直径：10 mm
- ・荷重：29,400 N

[1-2. 引張強さの測定]

作製した試験片の引張強さを、油圧式万能試験機（島津製作所製）によって測定した。測定は2回行い、2回の測定値の相加平均を引張強さとした。測定結果を表 1 に示す。

[0066] [1-3. 弾性率の測定]

作製した試験片の弾性率を、油圧式万能試験機（島津製作所製）によって測定した。測定は2回行い、2回の測定値の相加平均を弾性率とした。測定結果を表 1 に示す。

[0067] （耐摩耗性に関わる物性値の測定結果）

発明材 1～5 は、質量%で、C：3.3～3.5%、Si：1.7～2.3%、Mn：0.7～0.8%、Cr：0.2～0.4%、Cu：0.9～1.1%、Mo：0.1～0.2%および／またはW：0.2～0.4%、残部：Fe および不可避免的不純物からなる鑄鉄である。すなわち、本発明の一態様に係る目的を達するために、特に好適である組成を有している。

[0068] 発明材 6～10 は、C：3.0～3.8%、Si：1.0～3.0%、Mn：0.6～1.0%、Cr：0を超えて0.6%以下、Cu：0.6～1.6%、Mo：0.01～0.4%および／またはW：0.02～0.8%、残部：Fe および不可避免的不純物からなる鑄鉄である。すなわち、本発明の一態様に係る目的を達するために、好適である組成を有している。

[0069] 表 1 に示されている発明材 1～10 の物性を概観すると、以下の通りである。全ての発明材において、ブリネル硬さは、特に好ましい範囲である 220～250 HB に収まった。全ての発明材において、引張強さは、好ましい範囲である 240 MPa 以上となった。全ての発明材において、弾性率は、

好ましい範囲である80GPa以上となった。

[0070] 一方、比較材1～5は、上記範囲から外れた組成をしている。具体的には、以下の点において発明材とは異っており、結果として物性上の欠点が生じた。

[0071] 比較材1は、モリブデン含有率が過剰なため、ブリネル硬さが大きくなりすぎ、加工性が低くなっている。

[0072] 比較材2は、モリブデン含有率が高いが炭素当量が大きすぎるため、引張強さと弾性率が低い値となっている。

[0073] 比較材3は、 Σ 値が大きく基地組織が変態しており、ブリネル硬さが大きくなりすぎている。

[0074] 比較材4は、炭素含有率が低く炭素当量が小さすぎるため、黒鉛晶出量が不足しており、ブリネル硬さが大きくなりすぎている。

[0075] 比較材5は、モリブデンを含有しておらず、引張強さが好ましい範囲を外れている。

[0076] [1-4. 湯流れ性]

発明材1、3および10、比較材5、並びにFC材の湯流れ性を測定した。以下、図1に基づいて測定方法を説明する。

[0077] 3枚の試験片1～3を、3cm間隔で並べ、試験片1～3の一端に溶湯を流せる溝を設けた。試験片1～3は、1-1～1-3で測定に用いた試験片と同様の手法により作製され、大きさは縦4cm×横20cm×厚み5mmであった。次に、上記溝に1400℃の溶湯を注湯した。

[0078] (結果)

上記試験の結果を、図2に示した。発明材1および3に発生した湯回り不良部は、FC材に発生した湯回り不良部と、ほぼ同程度の大きさであった(図2の(a)、(b))。このため、発明材1、3は、FC材と同等の湯流れ性を有しており、したがってFC材と同等の鑄造性を有していると言える。発明材10に発生した湯回り不良部は、FC材に発生した湯回り不良部よりも、やや大きかった(図2の(c))。このため、発明材10は、FC材

よりはやや劣る湯流れ性を有しており、したがってF C材よりはやや劣る鑄造性を有していると言える。

[0079] 一方、比較材5に発生した湯回り不良部は、F C材に発生した湯回り不良部よりも、遥かに大きかった（図2の（d））。このため、比較材5は、F C材より遥かに劣る湯流れ性を有しており、したがってF C材より遥かに劣る鑄造性を有していると言える。

[0080] [1-5. 組織構造]

発明材1および3、並びに比較材3の基地組織を、金属顕微鏡にて観察した。

[0081] （結果）

発明材1および3がパーライト基地を有しているのに対し、比較材3は Σ 値が高い（特に、Mo含有率が過剰である）ため、基地組織がベーナイトに変態している（図3の（c））。このため、材料としての硬度が過剰となり、加工性が低下していると言える。

[0082] [実施例2]

発明材1とF C材を用いて、摩耗試験を行った。

[0083] まず、発明材1とF C材とを、実施例1と同様の手法により鑄造して板状に加工した（シリンダーブロック材4）。さらに、相手材として、実際に使用されるピストンリング材から切り出した金属片（相手材5）を使用し、下記表2の条件により摩耗試験を課した。試験の概略図を図1の（b）に示す。

[0084]

[表2]

摺動形態	往復運動
相手材	ピストンリング (素材:SUS440B 相当材、表面:PVD 法によるCr-B-N被膜加工)
潤滑	オイル滴下
滴下量	20mg/ショット (30 秒ごと)
試験温度	100℃
荷重	200N
回転数	500rpm
摺動速度	0~0.79m/秒(平均 0.50m/秒)
ストローク	±15mm
試験時間	60 分間

[0085] 試験結果を図4に示した。発明材1の摩耗量は、F C材の摩耗量と比較して20%以上減少している。すなわち、発明材1の耐摩耗性は、F C材を大きく上回るものであった。

産業上の利用可能性

[0086] 本発明の一実施形態に係る鋳鉄は、摺動による摩耗に十分に耐えることができ、かつ複雑な形状に鋳造することができることから、例えばシリンダーブロックの材料として好適である。

符号の説明

- [0087]
- 1 試験片
 - 2 試験片
 - 3 試験片
 - 4 シリンダーブロック材
 - 5 相手材

請求の範囲

[請求項1]

質量%で、

C : 3.0 ~ 3.8 %、

Si : 1.0 ~ 3.0 %、

Mn : 0.6 ~ 1.0 %、

Cr : 0 を超えて 0.6 % 以下、

Cu : 0.6 ~ 1.6 %、

Mo : 0.01 ~ 0.4 %、および／または、W : 0.02 ~ 0.8 %、

残部 : Fe および不可避免的不純物、
からなることを特徴とする鋳鉄。

[請求項2]

質量%で、

C : 3.3 ~ 3.5 %、

Si : 1.7 ~ 2.3 %、

Mn : 0.7 ~ 0.8 %、

Cr : 0.2 ~ 0.4 %、

Cu : 0.9 ~ 1.1 %、

Mo : 0.1 ~ 0.2 %、および／または、W : 0.2 ~ 0.4 %

、

残部 : Fe および不可避免的不純物、
からなることを特徴とする鋳鉄。

[請求項3]

下記式 (1) で表される Σ 値が、2.45 以下であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の鋳鉄。

$$\Sigma \text{ 値} = [\text{Mn}] + [\text{Cr}] + [\text{Cu}] + [\text{Ni}] + [\text{Mo}] + [\text{W}] \\ \dots (1)$$

(式中、[] は括弧内の元素の含有率 (質量%) を表す)

[請求項4]

下記式 (2) で表される炭素当量が、3.8 ~ 4.15 であることを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の鋳鉄。

$$\begin{aligned} \text{炭素当量} = & [C] + 0.31 [Si] - 0.027 [Mn] + 0.3 \\ & 3 [P] + 0.4 [S] - 0.063 [Cr] + 0.074 [Cu] \\ & - 0.015 [Mo] - 0.020 [W] \cdots (2) \end{aligned}$$

(式中、[] は括弧内の元素の含有率(質量%)を表す)

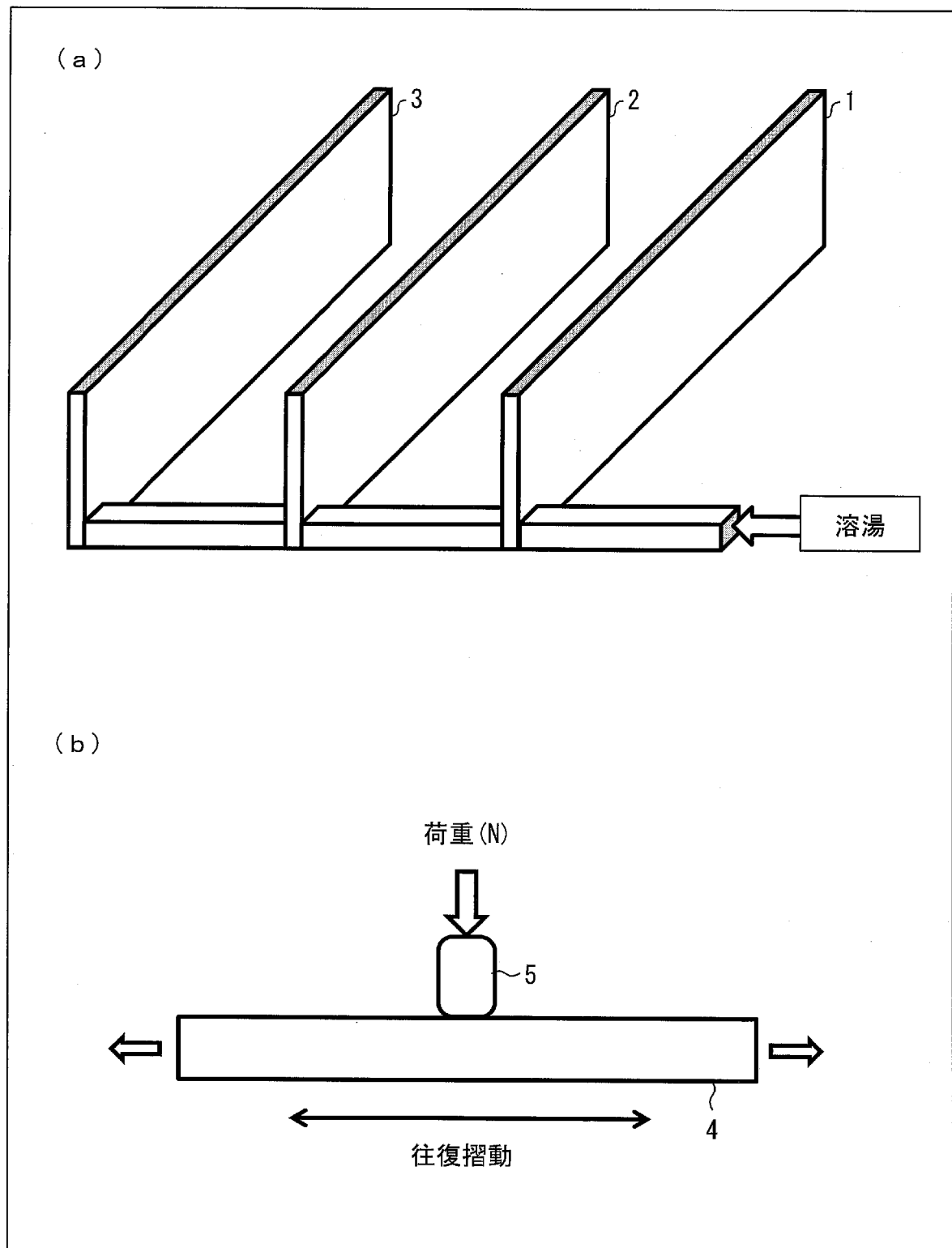
[請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の鋳鉄を含むことを特徴とする、シリンダーブロック。

[請求項6] 質量%で、
C : 3.0～3.8%、
Si : 1.0～3.0%、
Mn : 0.6～1.0%、
Cr : 0を超えて0.6%以下、
Cu : 0.6～1.6%、
Mo : 0.01～0.4%、および/または、W : 0.02～0.8%、

残部 : Fe および不可避免的不純物、
からなる組成を有する溶湯を調製し、重力鋳造法または遠心鋳造法によって上記溶湯を鋳型内に鋳込むことを特徴とする、鋳鉄の製造方法。

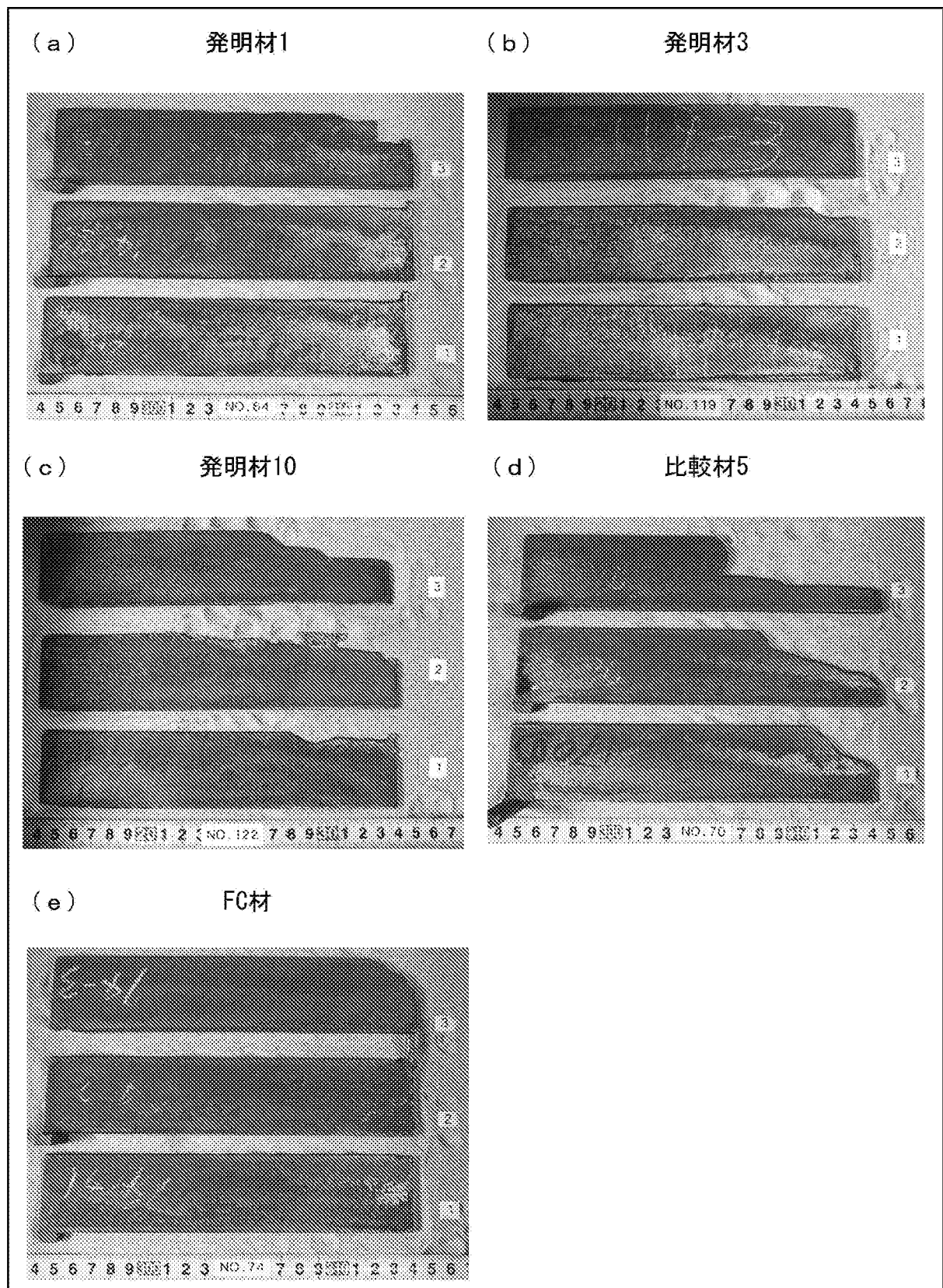
[図1]

図 1



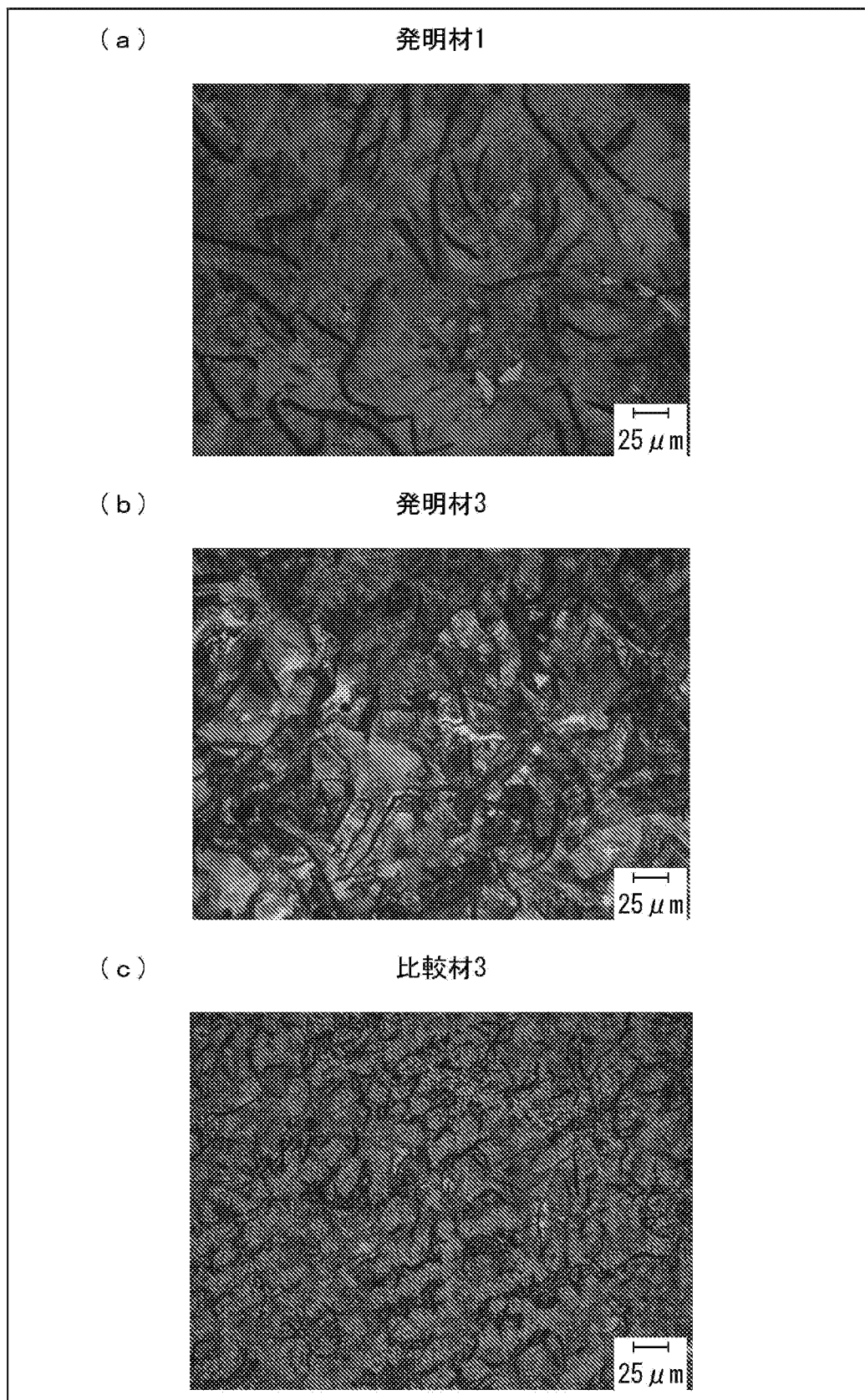
[図2]

図 2



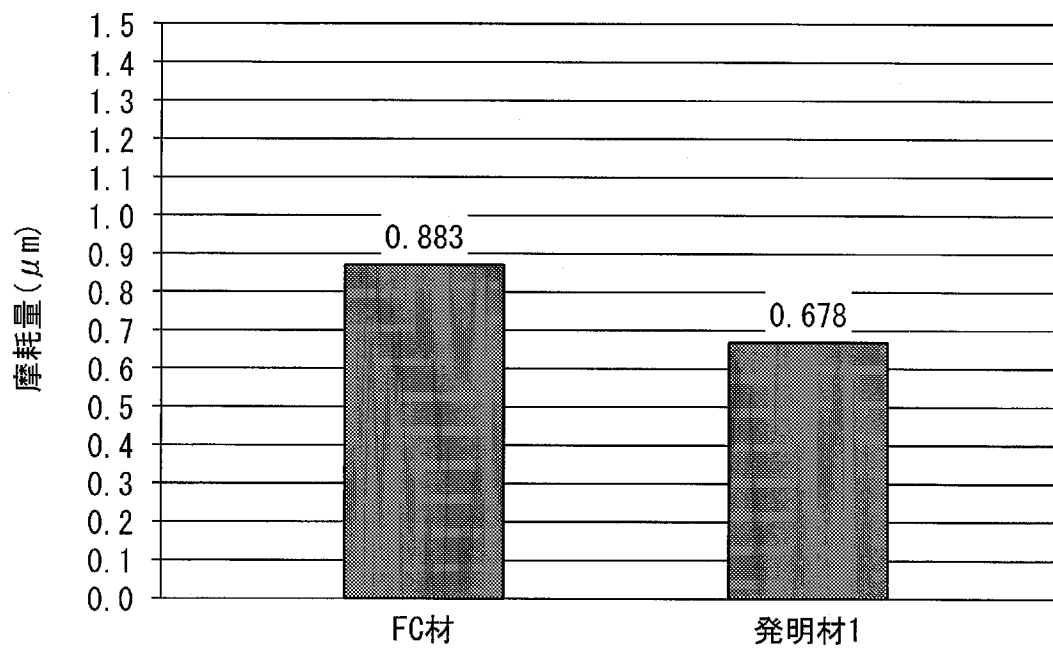
[図3]

図 3



[図4]

図 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/042680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C22C37/10 (2006.01) i, F02F1/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. C22C37/00-37/10, F02F1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2016-79498 A (HYUNDAI MOTOR CO.) 16 May 2016, claims, paragraphs [0002]-[0007], [0036], table 1 & US 2016/0108503 A1, claims, paragraphs [0003]-[0006], [0036], table 1 & CN 106032560 A & KR 10-2016-0045182 A	1, 3, 5-6 2, 4
X A	JP 7-216495 A (HITACHI METALS, LTD.) 15 August 1995, claims, paragraph [0030], table 1 (Family: none)	1, 6 2-5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/042680

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 64-28342 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 30 January 1989, claims, page 1, lower right column, lines 4-13 (Family: none)	1-6
A	JP 55-42140 B2 (YANMAR DIESEL ENGINE CO., LTD.) 29 October 1980, claims, page 1, column 1, line 33 to column 2, line 11, table 1 (Family: none)	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22C37/10(2006.01)i, F02F1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22C37/00-37/10, F02F1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2016-79498 A（現代自動車株式会社）2016.05.16, 特許請求の範囲, [0002] - [0007], [0036], 表1 & US 2016/0108503 A1, Claims, [0003]-[0006], [0036], Table1 & CN 106032560 A & KR 10-2016-0045182 A	1, 3, 5-6 2, 4
X A	JP 7-216495 A（日立金属株式会社）1995.08.15, 特許請求の範囲, [0030], 表1 (ファミリーなし)	1, 6 2-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21.02.2018

国際調査報告の発送日

06.03.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 毅

4 K

9154

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 64-28342 A (トヨタ自動車株式会社) 1989. 01. 30, 特許請求の範囲, 第 1 頁右下欄 4 - 1 3 行 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 55-42140 B2 (ヤンマーディーゼル株式会社) 1980. 10. 29, 特許請求の範囲, 第 1 頁第 1 欄 3 3 行 - 第 2 欄 1 1 行, 第 1 表 (ファミリーなし)	1-6