

(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7月5日(05.07.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/124101 A1

- (51) 国際特許分類:
B21B 27/00 (2006.01) *C22C 37/00* (2006.01)
B22D 13/02 (2006.01) *C22C 37/08* (2006.01)
B22D 19/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/046720
- (22) 国際出願日: 2017年12月26日(26.12.2017)
- (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 2016-254908 2016年12月28日(28.12.2016) 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1丁目2番47号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 木村 広之 (KIMURA Hiroyuki); 〒6600857 兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社クボタ阪神工場尼崎事業所内 Hyogo (JP). 辻本 豊(TSUJIMOTO Yutaka); 〒6600857 兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社クボタ阪神工場尼崎事業所内 Hyogo (JP). 山本 周平(YAMAMOTO Shuhei); 〒6600857 兵庫県尼崎市西向島町64番地 株式会社クボタ阪神工場尼崎事業所内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 丸山国際特許事務所 (MARUYAMA & CO.); 〒5400026 大阪府大阪市中央区内本町2丁目1番13号 P H O E N I X内本町ビル10階 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,

(54) Title: COMPOSITE ROLL FOR ROLLING

(54) 発明の名称: 圧延用複合ロール

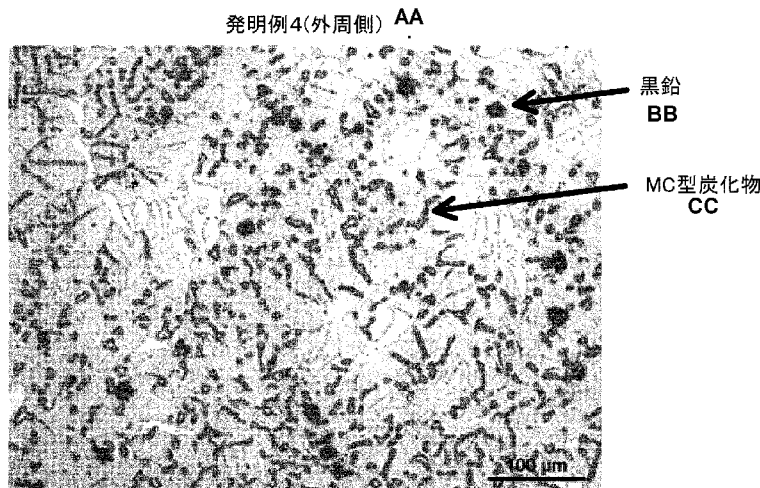
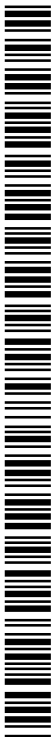


FIG. 3:
 AA Invention example 4 (outer circumference side)
 BB Graphite
 CC MC-type carbide

(57) **Abstract:** The present invention provides a composite roll for rolling which comprises an outer layer that exhibits superior resistance to wear, surface roughening, cracking, and accidents as a result of suppressing segregation of MC-type carbide and adjusting the amount of crystallized graphite. This composite roll for rolling is made through centrifugal casting and has an outer layer, wherein the outer layer is made up of 2.2-3.2 mass% of C, 1.0-3.0 mass% of Si, 0.3-2.0 mass% of Mn, 3.0-7.0 mass% of Ni, 0.5-2.5 mass% of Cr, 1.0-3.0 mass% of Mo, 2.5-5.0 mass% of V, more than 0 mass% to no more than 0.5 mass% of Nb, and the remainder is Fe and inevitable impurities, and a condition (a) in which $Nb\% / V\% < 0.1$ and a condition (b) in which $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times Mo\% + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$ are satisfied.



WO 2018/124101 A1

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,
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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(57) 要約: 本発明は、MC型炭化物の偏析を抑え、晶出する黒鉛量を調整することで、耐摩耗性、耐肌荒れ性、耐クラック性及び耐事故性にすぐれる外層を具えた圧延用複合ロールを提供する。本発明の圧延用複合ロールは、外層を有する遠心力鑄造製圧延用複合ロールであって、前記外層は、質量%にて、C: 2.2%~3.2%、Si: 1.0%~3.0%、Mn: 0.3%~2.0%、Ni: 3.0%~7.0%、Cr: 0.5%~2.5%、Mo: 1.0%~3.0%、V: 2.5%~5.0%、Nb: 0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避免的不純物であって、条件(a): $Nb\%/V\% < 0.1$ 、条件(b): $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times Mo\% + (V\% + Nb\%/2) \leq 13.0\%$ を満足する。

明 細 書

発明の名称： 圧延用複合ロール

技術分野

[0001] 本発明は、熱間圧延工程におけるホットストリップミルで用いられる圧延用複合ロールに関するものである。

背景技術

[0002] 熱間圧延のホットストリップミルに用いられる圧延用複合ロールは、鋼板と接する外層にすぐれた耐摩耗性、耐肌荒れ性、耐クラック性及び耐事故性が求められている。このため、外層材には、ハイス系鑄鉄材や高合金グレン鑄鉄材が用いられている。

[0003] たとえば、特許文献1では、化学組成がwt%で、C：1.8%～3.6%、Si：1.0%～3.5%、Mn：0.1%～2.0%、Ni：0.5%～10.0%、Cr：2.0%～10%、Mo：0.1%～10%、W：0.1%～10%、V、Nb：一種又は二種の総計で1.5%～10%、及び残部が実質的にFeからなるハイス系鑄鉄材が提案されている。

[0004] 圧延の絞り事故によるクラックは、ロール外層と圧延材が焼付き、外層が熱衝撃を受けることで発生する。このクラックは、金属組織内の黒鉛によってその進展が妨げられると考えられている。そのため、ホットストリップミルにおいて、絞り事故が発生しやすい仕上後段スタンドでは、金属組織内に黒鉛を晶出し耐焼付き性に優れた高合金グレン鑄鉄材が使用されており、MC型炭化物を形成して耐摩耗性に優れたハイス系鑄鉄材は一般的に使用されていない。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平06-256889号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 黒鉛は、合金中の炭素が凝固過程で晶出及び、析出することによって形成されるが、Cr、Mo、W、V、Nbは、何れも黒鉛化を阻害する元素である。とくに、この中でCrが最も強力な黒鉛化阻害元素であり、Crの添加量が多いと、黒鉛の形成が阻害されて、耐クラック性が低下してしまう虞がある。
- [0007] また、V、Nbは合金中の炭素と結合し、夫々MC型炭化物を形成するが、VCは、溶湯に比べて比重が小さいので、遠心力鋳造の際に外層の内周側に偏析する。この偏析したMC型炭化物は、外層の内側に軸芯材となる中間層や内層を鋳込んだときに再溶解し難いため、軸芯材との境界で溶着異常を起こす虞がある。外層と軸芯材との溶着異常は耐事故性の低下を招く。
- [0008] 一方、NbCは、溶湯に比べて比重が大きいため、遠心力鋳造の際に外層の外周側に移動し、製品の使用層内に残存する。これにより、外層表面に肌荒れが発生し、圧延された鋼板に外層の表面模様が転写してしまう。
- [0009] MC型炭化物は、高硬度であるため外層の耐摩耗性向上に寄与するが、上記のようにMC型炭化物が外層の外周側または内周側に偏析することでMC型炭化物が少なくなって耐摩耗性に劣る層が発生してしまう。
- [0010] 本発明の目的は、MC型炭化物の偏析を抑え、晶出する黒鉛量を調整することで、耐摩耗性、耐肌荒れ性、耐クラック性及び耐事故性にすぐれる外層を具えた圧延用複合ロールを提供することである。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明の圧延用複合ロールは、
外層を有する遠心力鋳造製圧延用複合ロールであって、
前記外層は、質量%にて、C：2.2%～3.2%、Si：1.0%～3.0%、Mn：0.3%～2.0%、Ni：3.0%～7.0%、Cr：0.5%～2.5%、Mo：1.0%～3.0%、V：2.5%～5.0%、Nb：0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避免的不純物であって、
条件（a）： $Nb\% / V\% < 0.1$ 、
条件（b）： $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times Mo\% +$

$$(V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$$

を満足する。

[0012] また、本発明の圧延用複合ロールは、
外層を有する遠心力鋳造製圧延用複合ロールであって、
前記外層は、質量%にて、C：2.2%～3.2%、Si：1.0%～3.0%、Mn：0.3%～2.0%、Ni：3.0%～7.0%、Cr：0.5%～2.5%、Mo：1.0%～3.0%、W：0%を越えて3.0%以下、V：2.5%～5.0%、Nb：0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避免的不純物であって、

$$\text{条件 (a) : } Nb\% / V\% < 0.1、$$

$$\text{条件 (b') : } 2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times (Mo\% + W\% / 2) + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$$

を満足する。

[0013] 外層は、さらに、質量%にて、B：0%を越えて0.1%以下を含有することができる。

[0014] 前記外層は、黒鉛面積率が0.5%～5.0%であることが好ましい。

[0015] また、前記外層は、MC型炭化物面積率が4.0%～11.0%であることが好ましい。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、遠心力鋳造の際に外層のMC型炭化物の偏析を抑え、外層の外周側から内周側まで略均等にMC型炭化物を分散でき、また、晶出する黒鉛量も調整することができる。従って、圧延用複合ロールの耐摩耗性、耐肌荒れ性、耐クラック性及び耐事故性を向上させることができる。本発明の圧延用複合ロールは、ホットストリップミルにおいて、とくに操業安定性が求められる熱間仕上げ圧延の後段スタンドへの適用に好適である。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、発明例9の供試材の長手方向断面におけるマクロ組織写真である。

[図2]図2は、比較例4の供試材の長手方向断面におけるマクロ組織写真である。

[図3]図3は、発明例4の供試材の外周側より20mm位置のミクロ組織写真である。

[図4]図4は、発明例9の供試材の外周側より20mm位置のミクロ組織写真である。

[図5]図5は、比較例4の供試材の外周側より20mm位置のミクロ組織写真である。

[図6]図6は、比較例4の供試材の内周側近傍のミクロ組織写真である。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明の圧延用複合ロールは、圧延に供される外層と、外層の内側に中間層及び内層、又は内層からなる軸芯材によって構成することができる。内層を構成する内層材として、高級鋳鉄、ダクタイル鋳鉄、黒鉛鋼等の強靱性を有する材料を例示でき、中間層を構成する中間層材としてアダマイト材を例示できる。

[0019] 外層は、たとえば遠心力鋳造によって製造することができる。遠心力鋳造は、縦型（回転軸が鉛直方向）、傾斜型（回転軸が斜め方向）や横型（回転軸が水平方向）の何れであってもよい。遠心力鋳造における金型回転数はGN_o.を100G以上とすることが好ましい。もちろん、外層は、静置鋳造等によって製造することもできるが、製造コスト低減のために遠心力鋳造が好ましい。

[0020] 本発明の外層の成分限定理由は、以下のとおりである。

[0021] <成分限定理由>

本発明の圧延用複合ロールの外層材の成分限定理由を説明する。なお、以下において、特に明示しない場合、「%」は、質量%である。

[0022] C : 2.2% ~ 3.2%

Cは、黒鉛を晶出させ、耐摩耗性や耐クラック性を改善させると共に、高硬度のMC型炭化物を晶出させて硬度を高めることができる。晶出する黒鉛

及び共晶炭化物であるセメンタイトを減少させ、後述するようにMC型炭化物の過剰な晶出を抑制して耐事故性を向上させるために、Cの含有量は3.2%以下とする。一方で、黒鉛の晶出量を確保するために、Cの含有量は2.2%以上とする。好ましくは、2.3%~3.0%である。

[0023] Si : 1.0%~3.0%

Siは、溶湯の脱酸剤として必要な元素である。とくに、遠心力 casting では、湯流れ性の確保のためにも必要である。また、高合金グレン鋳鉄材の場合、Siは、黒鉛晶出（一部は析出）の促進元素として必要である。従って、1.0%以上含有させる。しかし、3.0%を超えると機械的性質が劣化して耐クラック性低下の原因となるため、上限は3.0%とする。好ましくは、1.5%~2.5%である。

[0024] Mn : 0.3%~2.0%

Mnは、溶湯の脱硫剤としてあるいは脱酸剤として溶湯の健全性を向上させるため、および基地組織の強化に必要な元素である。従って、0.3%以上含有させる。しかし、2.0%を超えて含有すると、機械的性質が劣化して耐クラック性が低下するため、2.0%以下とする。

[0025] Ni : 3.0%~7.0%

Niは、黒鉛晶出の補助元素として、また基地の焼入れ性を改善してベイナイト化を促進し、基地強化を図るのに有効な元素である。3.0%未満ではこのような効果が十分ではなく、高硬度が得られず、耐摩耗性が不十分となる。このため、下限は3.0%とする。一方、7.0%を超えて含まれると残留オーステナイト量が多くなり、熱間圧延中に残留オーステナイトが分解して耐肌荒れ性が低下する。従って、上限は7.0%とする。好ましくは、4.0%~6.0%である。

[0026] Cr : 0.5%~2.5%

Crは、主としてCと結合して晶出セメンタイト中に固溶し、耐摩耗性の向上に寄与する。また、一部は析出炭化物を形成して、基地を強化する。このため、0.5%含有させる。なお、Crは、MC型炭化物にも含まれ、そ

の晶出温度を低下させる作用がある。MC型炭化物が晶出する温度が低下することで、MC型炭化物の晶出を遅らせることができ、MC型炭化物の晶出時に溶湯の温度低下によりその粘性が高まっているため、MC型炭化物の溶湯中での移動が抑制される。この点でMC型炭化物の偏析を抑制する効果がある。一方、Crは、非常に強い黒鉛化阻害元素であるため、黒鉛の晶出及び析出が阻害され、摩擦係数が増大し、耐焼付き性も低下する。これにより、圧延材の通板性が損なわれてロール表面に圧延材が焼付いたり、脆化して、耐クラック性低下の原因となる。従って、Crと同様に黒鉛化阻害元素であるVを所定量含有させても（V：2.5%～5.0%）、黒鉛を晶出させることができるように、Crの上限は2.5%とする。好ましくは、0.8%～1.5%である。

[0027] Mo：1.0%～3.0%

Moは、主としてCと結合して晶出セメント中中に固溶し、耐摩耗性の向上に寄与する。また、一部は析出炭化物を形成して、基地を強化する作用を有するため、1.0%以上含有させる。しかし、3.0%を越えると、黒鉛の晶出及び析出が阻害され、上記と同様、耐焼付き性低下や耐クラック性低下の原因となる。従って、上限は3.0%以下とする。好ましくは、1.2%～2.5%である。

[0028] V：2.5%～5.0%

Vは、基地に固溶して基地を強化する作用があり、さらに、主としてCと結合し、高硬度のMC型炭化物を形成し、外層の耐摩耗性を改善させる。このため、Vは2.5%以上添加する。一方で、Vの添加量が多くなると、溶湯に比べて比重の小さいVを主体とするMC型炭化物が形成されて、遠心力鋳造時に外層の内周面側に偏析し、外層の内側に設けられる内層や中間層との溶着性を低下させるから、上限を5.0%とする。好ましくは、3.0%～4.0%である。

[0029] Nb：0%を越えて0.5%以下

Nbは、Cと結合して極めて高硬度のMC型炭化物を晶出する元素である

ため、0%を越えて添加する。一方、Nbを主体とするMC型炭化物は、溶湯に比べて比重が大きいため、たとえば遠心力鑄造により外層を作製した場合、外周側に偏析してしまう。このため、本発明では、後述のとおり、 $Nb\%/V\% < 0.1$ に制限しているから、Nbの上限は、Vの1/10である0.5%以下とする。好ましくは、0.002%~0.3%である。

[0030] 残部Fe及び不可避免的不純物

本外層材は、残部実質的にFeであり、溶製時に不可避免的に混入する不純物は鑄鉄材の特性に影響を及ぼさない範囲でその含有は許容される。なお、P、Sはいずれも材質の靱性を低下させるため、少ない程好ましく、両者とも0.2%以下に抑えることがより好ましい。

[0031] 上記外層成分は、個々の成分範囲の他、以下の条件を満足する。

[0032] 条件(a) $Nb\%/V\% < 0.1$

本条件は、耐摩耗性を高めるためのMC型炭化物を形成するVとNbにおいて、溶湯よりも晶出温度が高く初晶として晶出しやすいNbを主体とするMC型炭化物の量を抑制するための条件である。初晶として晶出したNbを主体とするMC型炭化物は、凝固が進んでいない溶湯内で移動しやすい状態にあり、且つ溶湯に対して比重が大きいため、遠心力鑄造により偏析を起こしやすい。特に、炭化物形成元素の多い本外層材において、耐クラック性に必要な黒鉛を晶出させるためには、炭化物形成元素であるCr、Mo、Vの含有量の増加に伴って、Cを多く含有させる必要がある。しかし、遠心力鑄造により外層を形成する場合、C量が高いと溶湯との比重差のあるMC型炭化物が多量に晶出し、偏析を招きやすい。そこで本発明では、上記のように低Cr量にすると共に、条件(a) $Nb\%/V\% < 0.1$ に制限することで、Nbを主体とするMC型炭化物の初晶としての晶出を抑え、且つVを主体とするMC型炭化物中にNbを固溶させることで、溶湯に対して比重の小さいVを主体とするMC型炭化物の比重を溶湯に近づけることができ、MC型炭化物の偏析を防止することができる。

[0033] 条件(b) $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times Mo\% + (V$

$$\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$$

[0034] 従来、炭化物形成元素濃度を高めた高合金グレン鑄鉄材において、耐摩耗性を高めるためにMC型炭化物を多く晶出させ、同時に黒鉛を安定して晶出させるために、C及びSiを多く含有させていた。しかし、MC型炭化物を形成するVやNbの濃度を高くしても、C量を低くすることによって過剰にMC型炭化物が晶出することを抑制できることを見出した。本条件は、MC型炭化物の晶出量を制御し、偏析を抑えるための条件である。MC型炭化物が偏析しないためには、溶湯に対して比重の小さいVを主体とするMC型炭化物と、溶湯に対して比重の大きいNbを主体とするMC型炭化物を考慮し、MC型炭化物の比重を溶湯に近づける必要がある。Vの原子量は50.94、Nbの原子量はVの略2倍の92.91であり、また、MC型炭化物の形成効果に関し、同じ効果を得るには、NbはVの2倍必要となる。従って、本条件(b)では、上記条件(a)で調整されたVとNbについて、V当量($V\% + Nb\% / 2$)を基準(係数1.0)とし、これに対するC、Si、Cr、Mo量を夫々規定した。Cは、黒鉛の晶出、MC型炭化物の形成元素としてV当量に対して2.1倍としている。また、Siは黒鉛晶出促進元素として必要であることから黒鉛晶出量を確保するためにV当量に対して1.2としている。Cr(原子量:52.0)は、Vと原子量が近いことためV当量に対する係数を1.0とするが、Cを消費して炭化物を形成しても偏析形成を抑制する効果があるため、他の炭化物形成元素とは逆の効果として「-」の係数とした。Mo(原子量:95.94)は、原子量がVの約2倍であること、また、Vに比べてMC型炭化物を形成し難いことから、V当量に対する係数を0.5とした。MC型炭化物の偏析に対する作用、効果に基づいて種々の実験データを元に条件(b)式左辺の和の上限を13.0%と設定することでMC型炭化物の偏析を抑制できることを見出した。条件(b)の好ましい上限は12.5%である。

[0035] 上記条件(a)及び(b)を満たすことで、外層における高硬度なMC型炭化物の偏析を抑え、外層の外周側から内周側まで略均等にMC型炭化物を

分散できるから、耐摩耗性、耐肌荒れ性、耐事故性の向上を図ることができる。

[0036] 上記外層は、さらにWを含有させることができる。WはMoと同様の作用をするが、遠心力鑄造法の場合、ラミネーション偏析を形成する傾向があるため、W：0%を越えて3.0%以下とすることが好ましい。好ましくは、2.0%以下である。

[0037] そして、Wを含有する場合上記条件（b）は、以下の条件（b'）となる。

[0038] 条件（b'） $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times (Mo\% + W\% / 2) + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$

[0039] Moの原子量は95.94、Wの原子量はMoの略2倍の183.8であるから、Mo当量で換算すると、WはMoの2倍必要となる。従って、本条件（b'）では、上記条件（b）に対し、Mo当量（ $Mo\% + W\% / 2$ ）とした。なお、条件（b'）も好ましい上限は12.5%である。

[0040] なお、上記外層は、MC型炭化物面積率が4.0%～11.0%であることが好ましい。MC型炭化物の面積率が4.0%未満であると外層は耐摩耗性向上の効果が不十分になることがある。また、黒鉛との共存関係によりMC型炭化物の面積率を11.0%超にすることは困難だからである。

[0041] さらに、外層の黒鉛面積率を0.5%～5.0%に調整することが好ましい。黒鉛の面積率が0.5%未満では外層の耐焼付き性向上の効果が不十分であり、絞り事故の際に熱衝撃によるクラック、及び焼付きを発生させる。焼付きは荷重を集中させるため、クラックの進展を著しく早めてしまう。外層に黒鉛を晶出させることによって、絞り事故の際に熱衝撃を受けることで発生するクラックの進展を抑制することができ、外層の耐クラック性を高めることができる。たとえば、晶出する黒鉛量は、外層溶湯にFe-Si、Ca-Si等の接種剤を添加することにより調整することができる。一方、黒鉛の面積率が5.0%を越えると、外層の耐摩耗性及び、機械的性質は著しく低下する虞がある。

[0042] また、上記外層は、さらにBを含有させることができる。この場合、0.1%超含有すると機械的性質の低下が著しいため、その上限を0.1%とする。0.05%以下とすることが好ましい。

実施例

[0043] 高周波誘導溶解炉にて、表1に示す各種成分の合金溶湯を溶製し、遠心力鑄造を行なって外層材を作製した。表1中、発明例は、発明例1～発明例13、比較例は比較例1～比較例9であり、夫々溶湯成分組成を記載している。また、合わせて条件(a)、条件(b)（但し、Wを含有する場合には条件(b')）を計算した。

[0044] なお、表1中、各外層材について、含有しない成分又は含有する可能性はあるが検出不可の成分は「-」としている。また、表1及び測定、試験結果を示す表2において、本発明範囲を満たさない成分、条件、本発明の好ましい測定値、試験結果から外れる値又は発明例に対して大きく劣る値には、その理解を視覚的に高めるため星印を付加している。

[0045]

[表1]

供試材	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	B	条件(a)	条件(b)
発明例1	2.33	2.19	0.68	4.83	0.84	1.98	-	3.89	0.20	-	0.05	11.0
発明例2	3.00	2.08	0.70	4.50	1.09	3.00	-	3.04	0.21	-	0.07	12.4
発明例3	2.44	2.56	0.67	6.85	1.15	1.98	-	3.90	0.19	-	0.05	12.0
発明例4	2.53	2.26	0.66	4.47	0.96	1.88	-	3.99	0.20	-	0.05	12.1
発明例5	2.51	2.61	0.77	4.57	1.09	2.00	-	3.98	0.20	-	0.05	12.4
発明例6	2.79	1.80	0.81	4.56	0.79	1.55	-	4.62	0.16	-	0.03	12.7
発明例7	2.30	2.75	0.45	4.32	1.00	2.15	-	3.45	0.27	-	0.08	11.8
発明例8	2.58	1.98	0.66	5.11	1.33	2.16	-	3.68	0.12	-	0.03	11.3
発明例9	2.46	2.15	0.74	4.52	0.97	1.99	-	3.90	0.20	0.030	0.05	11.8
発明例10	2.90	1.50	0.66	5.12	0.99	2.09	-	2.92	0.20	0.049	0.07	11.0
発明例11	2.64	2.19	0.70	4.52	1.46	1.98	-	3.32	0.20	0.025	0.06	11.1
発明例12	3.01	2.65	0.73	4.50	1.98	2.08	-	3.20	0.10	-	0.03	11.8
発明例13	2.79	1.51	0.67	4.01	0.95	1.48	1.03	3.35	0.10	0.009	0.03	11.1
比較例1	★3.74	1.69	0.71	4.53	1.01	2.57	-	3.00	0.20	-	0.07	★13.3
比較例2	2.53	2.59	0.72	4.53	0.98	2.02	-	4.53	0.20	-	0.04	★13.1
比較例3	2.60	2.59	0.73	4.38	1.02	1.98	-	★5.6	0.21	-	0.04	★14.2
比較例4	★3.42	1.88	0.67	4.36	0.84	2.95	0.99	★2.56	★0.54	0.040	★0.21	★13.2
比較例5	2.71	1.96	0.81	4.42	0.95	2.09	-	4.71	0.48	-	0.10	★13.1
比較例6	★2.13	★0.71	0.73	★0.04	★6.58	2.35	★3.58	4.56	0.35	0.030	0.08	5.6
比較例7	★3.42	★0.85	0.69	4.43	1.80	★0.37	-	★0.3	0.48	0.030	★1.6	7.1
比較例8	3.01	2.54	0.73	3.59	★2.51	1.58	-	3.72	0.31	-	0.08	11.5
比較例9	★3.36	★0.85	0.69	3.12	1.75	★0.28	-	★0.51	0.20	0.030	★0.39	7.1

[0046] 外層材は、発明例、比較例共に、遠心力鑄造時の金型回転数GN_o.を100G~200Gとし、鑄込み温度を1250℃~1360℃とした。外層材は、外径300mmで長さ200mmのもの、外径570mm~800mmで長さ1100mm~2500mmのものである。そして、各外層材を400℃~600℃で焼戻しを数回繰り返した後、各外層材から200mm×

200mmの供試材を採取した。なお、850℃以上の γ 化熱処理及び、焼入れ、焼戻しを実施してもよい。

[0047] 得られた供試材について、以下に示すとおり、MC型炭化物の偏析の有無、黒鉛面積率、MC型炭化物面積率、焼付き荷重及び摩耗量を測定した。なお、次に説明するMC型炭化物の偏析が見られた比較例1乃至比較例5については、比較例3及び比較例4のみ黒鉛面積率等を測定した。

[0048] まず、MC型炭化物の偏析、黒鉛面積率及びMC型炭化物面積率を測定するために、各供試材を粒度240のサンドペーパーを用いて研磨し、長手方向断面における全長の範囲について、研磨後の供試材に硝酸水溶液のエッチング処理を施し、マクロ組織写真を撮影した。また、マクロ組織写真を撮影した後、供試材にアルミナバフ研磨を実施し、ミクロ組織写真を撮影した。参考のため、図1及び図2に発明例9と比較例4のマクロ組織写真、図3乃至図5に発明例4、発明例9及び比較例4の長手方向断面における外周側から20mm位置のミクロ組織写真、図6に比較例4の長手方向断面における内周側近傍のミクロ組織写真を示す。MC型炭化物は、硬質であるため、アルミナバフ研磨した際に他の炭化物よりも突出し、その組織写真では突出したMC型炭化物の影が撮影されている。また、ミクロ組織写真中、黒色の塊は黒鉛である。

[0049] <MC型炭化物の偏析>

MC型炭化物の偏析は、得られたマクロ組織写真に基づいて評価した。図1及び図2を参照すると、図1（発明例9）は、供試材の長手方向断面にMC型炭化物の偏析は認められない。一方、図2（比較例4）では、供試材の内周側、すなわち、図2の下側に濃く腐食された領域が認められる。これは、MC型炭化物が偏析したものである。比較例4の長手方向断面における外周側と内周側のミクロ組織写真（図5及び図6）を参照すると、図5の外周側はMC型炭化物が疎であるのに対し、図6の内周側はMC型炭化物が密であることから、比較例4にMC型炭化物が内周側に偏析していることがわかる。これは、溶湯比重に対して軽量のMC型炭化物が過剰に晶出し、遠心

力鑄造の際にその比重差によって内側に凝集したためである。比較例4のように、外層材の内周側にMC型炭化物が偏析すると、その内側に中間層や内層などの軸芯材を鑄込んだ場合でも偏析層は再溶解し難いから、境界に残存して溶着異常を起こし、耐事故性を低下させるため、圧延用複合ロールの外層として適さない。なお、図1に示す発明例9の供試材についても、内周側約20mmの範囲に内周側とは異なる組織が観察されるが、この層は比較的低融点の最終凝固層であるため、一部引け巣を伴うが、軸芯材を鑄込んだ際に再溶解して、健全に溶着するため問題はない。

[0050] 同様の要領で、各供試材のマクロ組織写真からMC型炭化物の偏析の有無を調べた。そして、得られた各組織写真を元に、MC型炭化物の偏析がないものを評価「1(なし)」、あるものを評価「2(あり)」とした。結果を表2「MC型炭化物の偏析」に示す。

[0051] [表2]

供試材	MC型炭化物の偏析	黒鉛面積率 (%)	MC型炭化物面積率 (%)	焼付き荷重 (N)	摩耗量 (μm)
発明例1	1(なし)	0.50	7.50	702	30
発明例2	1(なし)	2.80	5.30	1023	45
発明例3	1(なし)	1.48	7.08	835	34
発明例4	1(なし)	1.60	6.30	860	28
発明例5	1(なし)	1.91	6.41	858	39
発明例6	1(なし)	0.80	8.03	718	25
発明例7	1(なし)	0.9	7.10	718	42
発明例8	1(なし)	1.30	5.80	817	39
発明例9	1(なし)	0.60	7.35	705	31
発明例10	1(なし)	0.85	4.60	744	41
発明例11	1(なし)	0.90	7.10	735	43
発明例12	1(なし)	2.1	6.5	886	42
発明例13	1(なし)	1.11	4.85	765	-
比較例1	2(あり)	-	-	-	-
比較例2	2(あり)	-	-	-	-
比較例3	2(あり)	★0.2	8.8	486	28
比較例4	2(あり)	1.21	★3.95	★702	★49
比較例5	2(あり)	-	-	-	-
比較例6	1(なし)	★0	7.2	440	26
比較例7	1(なし)	2.02	★1.57	★896	★94
比較例8	1(なし)	★0	★3.84	472	★53
比較例9	1(なし)	2.36	★0.86	★946	★103

[0052] 表2を参照すると、発明例は何れも評価「1(なし)」であり、MC型炭

化物の偏析が認められないことがわかる。これは、発明例が何れも条件（a）と条件（b）又は（b'）を満足しているからである。とくに、条件（a）であるVとNbの含有量の質量比を満足することで、Vを主体とするMC型炭化物にNbが固溶することで、溶湯に比して比重の大きいNbを主体とするMC型炭化物の晶出を抑え、MC型炭化物の比重を溶湯の比重近くに調整できている。その上で、条件（b）の式を満たす合金組成とすることで、MC型炭化物の偏析を大きく低減できたものである。これにより、発明例の外層を有する圧延用複合ロールのMC型炭化物の偏析に起因する耐摩耗性、耐肌荒れ性及び耐事故性を向上できたことがわかる。

[0053] 一方、比較例は、比較例1乃至5は評価「2（あり）」であった。比較例1や比較例2、比較例5において、評価が「2（あり）」であったのは、MC型炭化物を形成するVとNb濃度が適切であっても、これら比較例は全体としてC濃度やCr濃度に対する量が条件（b）を満たしておらず、過剰に晶出したMC型炭化物が偏析したためである。とくに、比較例2と比較例5は、各元素の成分範囲は、本発明の範囲に含まれるが、条件（b）を満たしていないことでMC型炭化物の偏析を引き起こしたことがわかる。比較例3に関しては、V量が多く、溶湯比重に対して軽量のMC型炭化物が晶出して偏析を生じたためである。また、比較例4は、V量が少ない一方でNb量が多く、条件（b）のみならず、条件（a）も満たしておらず、その結果、溶湯比重に対して重いMC型炭化物が晶出し偏析を生じたためである。

[0054] <黒鉛面積率（％）>

次に、得られた供試材について、長手方向断面の外周側のミクロ組織を上記と同様の要領で写真撮影し、黒鉛量を黒鉛面積率として測定した。なお、以降の測定、試験から、MC型炭化物の偏析が確認された比較例1、比較例2及び比較例5は除外した。

[0055] 発明例4、発明例9及び比較例4の供試材について、外層材の内周側のミクロ組織写真を図3乃至図5に夫々示す。結果を表2「黒鉛面積率」に示す。表2を参照すると、発明例は何れも黒鉛面積率を0.5％～5.0％に調

整できている。また、比較例4、比較例7、比較例9も黒鉛面積率を0.5%から5.0%に調整できている。黒鉛面積率が上記のとおり調整されることで、熱衝撃により外層材に発生するクラックの進展を黒鉛によって妨げることができ、外層材の耐クラック性を高めることができる。

[0056] 比較例6と比較例8は何れも黒鉛の晶出は認められなかった。これは、比較例6、比較例8のCr%が高いためである。

[0057] <MC型炭化物面積率 (%)>

供試材の内周側のミクロ組織写真（たとえば図3乃至図5参照）から、MC型炭化物量をMC型炭化物面積率により測定した。結果を表2「MC型炭化物面積率」に示す。表2を参照すると、発明例は、何れもMC型炭化物量が4.0%~11.0%の範囲に調整できていることがわかる。一方、比較例4、比較例7乃至比較例9はMC型炭化物面積率が4.0%未満であることから、耐摩耗性の点で劣ることがわかる。

[0058] <焼付き荷重 (N)>

焼付き荷重は、高速ファレックス型摩耗試験機（神鋼造機製、製品名：高速ファレックス型摩擦試験機）にて測定した。試験は、各供試材から円柱状の試験片（直径10mm、長さ35mm）を採取し、供試片を200rpmで回転させながら、SUS430製の2個のVブロックで挟み、荷重を上昇速度100N/secで負荷しつつ、15N/9秒の速度で荷重が1500Nに達するまで上昇させる。この間におけるトルクの変曲点を焼付き荷重として評価した。焼付き荷重が高い程、耐焼付き性が良い。試験結果を表2「焼付き荷重」に示す。表2を参照すると、発明例は何れも焼付き荷重が高く、比較例に比して十分な耐焼付き性を具備していることがわかる。一方、比較例4、比較例7、比較例9は焼付き荷重が十分でなく、耐焼付き性に劣ることがわかる。

[0059] <摩耗量 (μm)>

摩耗量は、上記の高速ファレックス型摩耗試験機にて測定した。試験は、

各供試材から円柱状の試験片（直径10mm、長さ35mm）を採取し、供試片を200rpmで回転させながら、SS400製の2個のVブロックで挟み、荷重を上昇速度100N/secで負荷しつつ、荷重が1000Nに達した時点で30分間荷重を保持することにより行なった。試験後、試験片とVブロックの接触面の摩耗量を測定した。結果を表2「摩耗量」に示す。表2を参照すると、発明例は何れも摩耗量を小さく抑えられており、十分な耐摩耗性を具備していることがわかる。一方、比較例4、比較例7乃至比較例9は摩耗量が大きく、耐摩耗性に劣ることがわかる。これは、耐摩耗性の向上に必要なMC型炭化物量が面積率で4.0%未満であるためである。

[0060] <総合評価>

上記各測定、試験結果を参照すると、発明例は何れもMC型炭化物の偏析が見られないことで軸芯材との溶着異常を抑えることができ、圧延用複合ロールとして耐事故性を向上できることがわかる。また、黒鉛面積率及びMC型炭化物面積率が夫々所望の範囲に調整されていることから、焼付き荷重、摩耗量においても圧延用複合ロールの外層として極めて良好であることがわかる。

[0061] 以上のように、本発明の圧延用複合ロールは、外層が耐摩耗性、耐クラック性及び耐事故性に優れるから、ロールの耐用寿命を伸ばすことができ、これによりロールコストの低減を図れ、さらにはロール在庫管理の安定化に貢献する。本発明圧延用複合ロールは、とくに、操業安定性が求められる熱間仕上げ圧延の後段スタンドへの適用に好適である。

[0062] 上記説明は、本発明を説明するためのものであって、特許請求の範囲に記載の発明を限定し、或いは範囲を限縮するように解すべきではない。また、本発明の各部構成は、上記実施形態に限らず、特許請求の範囲に記載の技術的範囲内で種々の変形が可能であることは勿論である。

請求の範囲

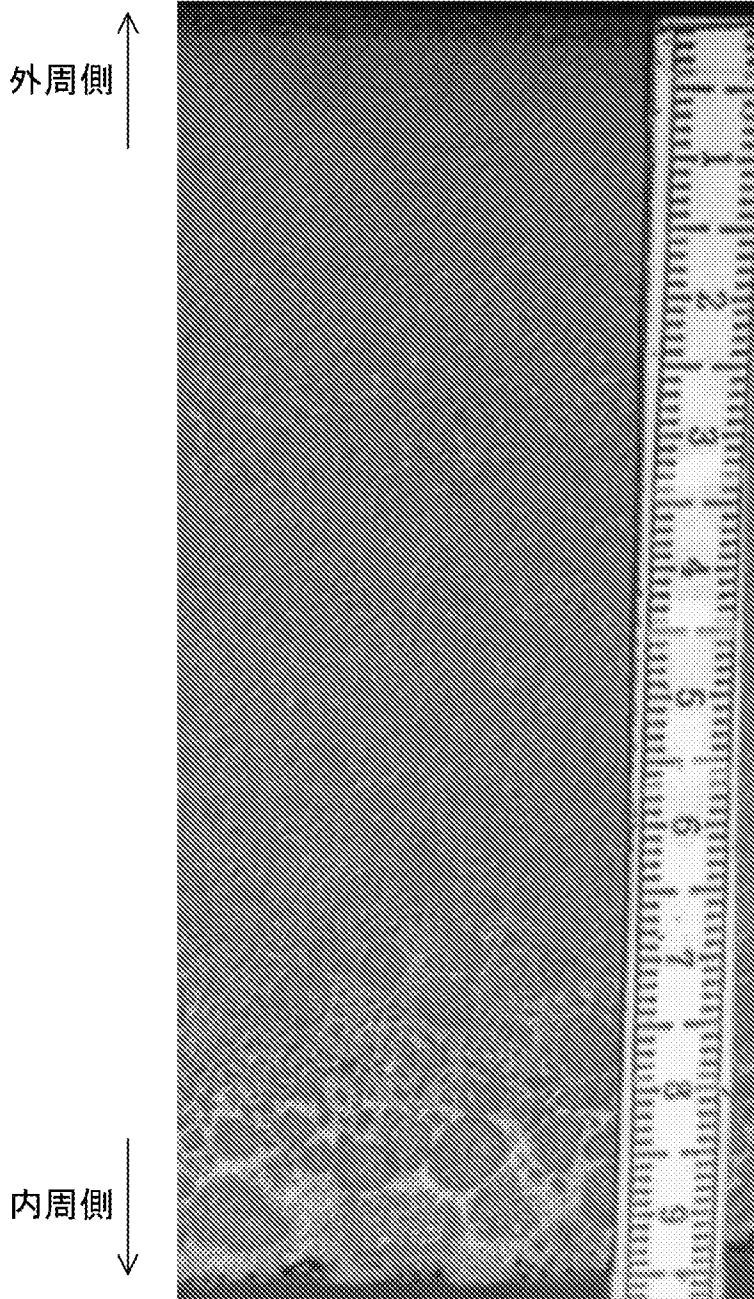
- [請求項1] 外層を有する遠心力鋳造製圧延用複合ロールであって、
前記外層は、質量%にて、C：2.2%～3.2%、Si：1.0%～3.0%、Mn：0.3%～2.0%、Ni：3.0%～7.0%、Cr：0.5%～2.5%、Mo：1.0%～3.0%、V：2.5%～5.0%、Nb：0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避免的不純物であって、
条件(a)： $Nb\% / V\% < 0.1$ 、
条件(b)： $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times Mo\% + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$
を満足する、ことを特徴とする圧延用複合ロール。
- [請求項2] 外層を有する遠心力鋳造製圧延用複合ロールであって、
前記外層は、質量%にて、C：2.2%～3.2%、Si：1.0%～3.0%、Mn：0.3%～2.0%、Ni：3.0%～7.0%、Cr：0.5%～2.5%、Mo：1.0%～3.0%、W：0%を越えて3.0%以下、V：2.5%～5.0%、Nb：0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避免的不純物であって、
条件(a)： $Nb\% / V\% < 0.1$ 、
条件(b')： $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times (Mo\% + W\% / 2) + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$
を満足する、ことを特徴とする圧延用複合ロール。
- [請求項3] 前記外層は、さらに、質量%にて、B：0%を越えて0.1%以下を含有する、
請求項1又は請求項2に記載の圧延用複合ロール。
- [請求項4] 前記外層は、黒鉛面積率が0.5%～5.0%である、
請求項1乃至請求項3の何れかに記載の圧延用複合ロール。
- [請求項5] 前記外層は、MC型炭化物面積率が4.0%～11.0%である、
請求項1乃至請求項4の何れかに記載の圧延用複合ロール。

補正された請求の範囲
[2018年4月25日(25.04.2018)国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 外層を有する遠心力鋳造製圧延用複合ロールであって、前記外層は、質量%にて、C : 2.2%~3.01%、Si : 1.0%~3.0%、Mn : 0.3%~2.0%、Ni : 3.0%~7.0%、Cr : 0.5%~2.5%、Mo : 1.0%~3.0%、V : 2.5%~5.0%、Nb : 0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避的不純物であって、
- 条件 (a) : $Nb\% / V\% < 0.1$ 、
- 条件 (b) : $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times Mo\% + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$
- を満足する、ことを特徴とする圧延用複合ロール。
- [請求項 2] (補正後) 外層を有する遠心力鋳造製圧延用複合ロールであって、前記外層は、質量%にて、C : 2.2%~3.01%、Si : 1.0%~3.0%、Mn : 0.3%~2.0%、Ni : 3.0%~7.0%、Cr : 0.5%~2.5%、Mo : 1.0%~3.0%、W : 0%を越えて3.0%以下、V : 2.5%~5.0%、Nb : 0%を越えて0.5%以下、残部Fe及び不可避的不純物であって、
- 条件 (a) : $Nb\% / V\% < 0.1$ 、
- 条件 (b') : $2.1 \times C\% + 1.2 \times Si\% - Cr\% + 0.5 \times (Mo\% + W\% / 2) + (V\% + Nb\% / 2) \leq 13.0\%$
- を満足する、ことを特徴とする圧延用複合ロール。
- [請求項 3] 前記外層は、さらに、質量%にて、B : 0%を越えて0.1%以下を含有する、
- 請求項 1 又は請求項 2 に記載の圧延用複合ロール。
- [請求項 4] 前記外層は、黒鉛面積率が0.5%~5.0%である、
- 請求項 1 乃至請求項 3 の何れかに記載の圧延用複合ロール。
- [請求項 5] 前記外層は、MC型炭化物面積率が4.0%~11.0%である、
- 請求項 1 乃至請求項 4 の何れかに記載の圧延用複合ロール。

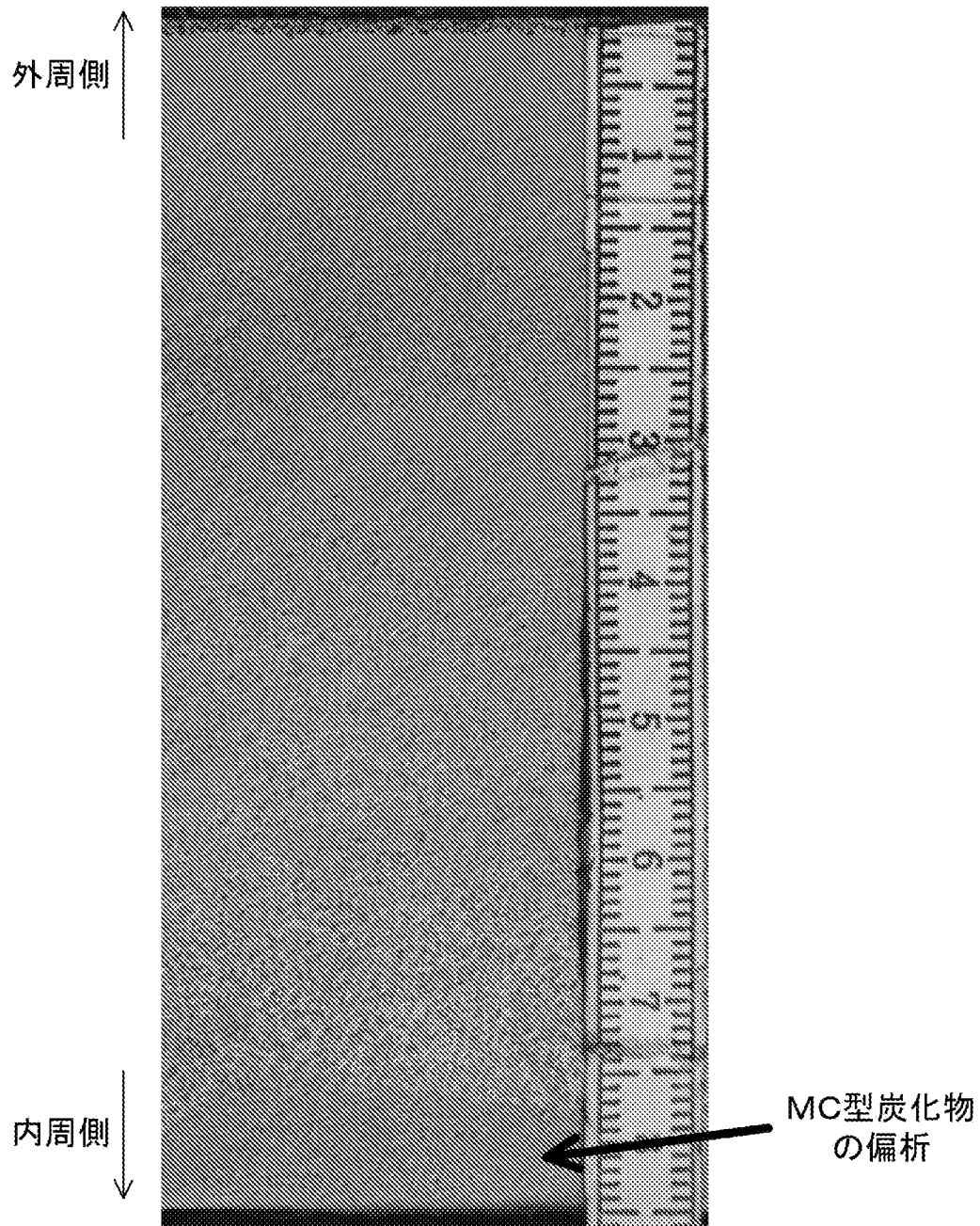
[図1]

発明例9



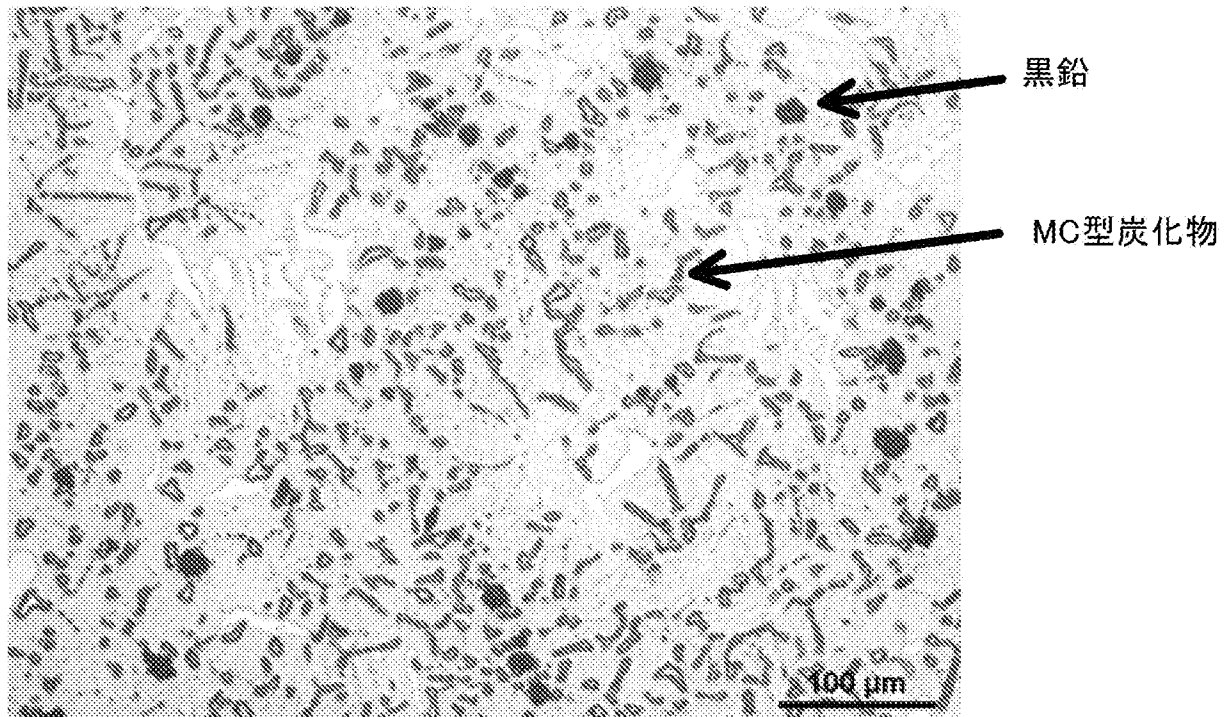
[図2]

比較例4



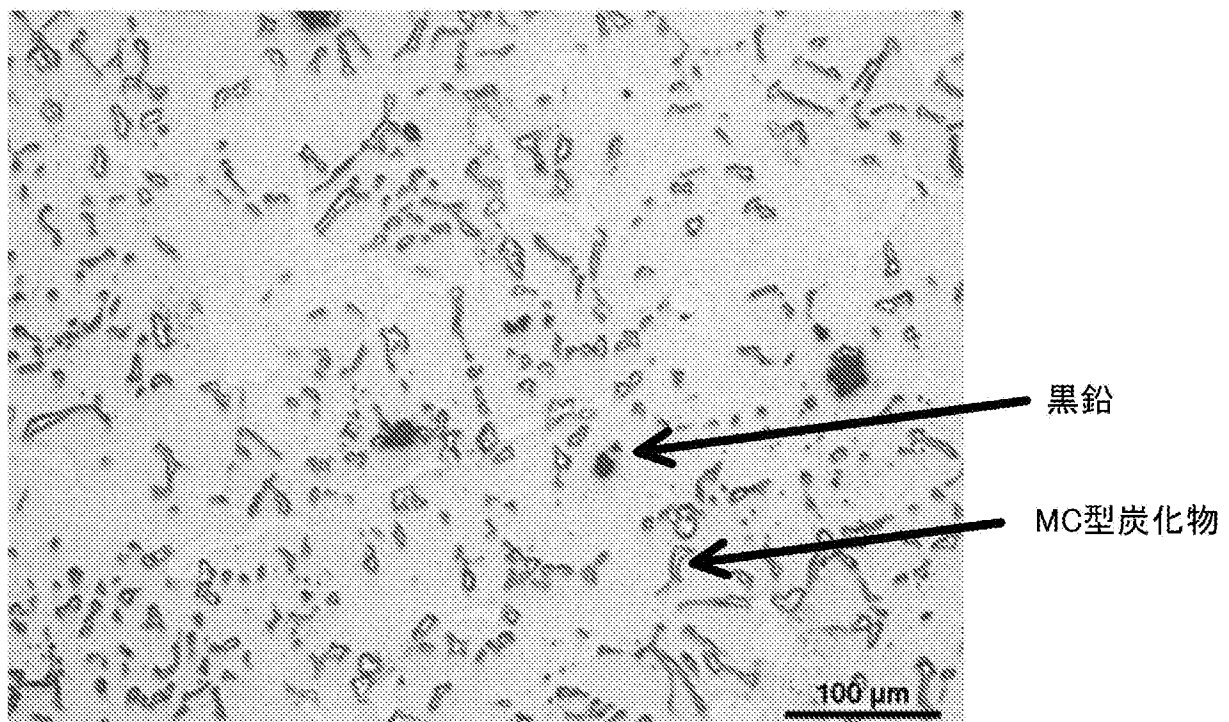
[図3]

発明例4(外周側)



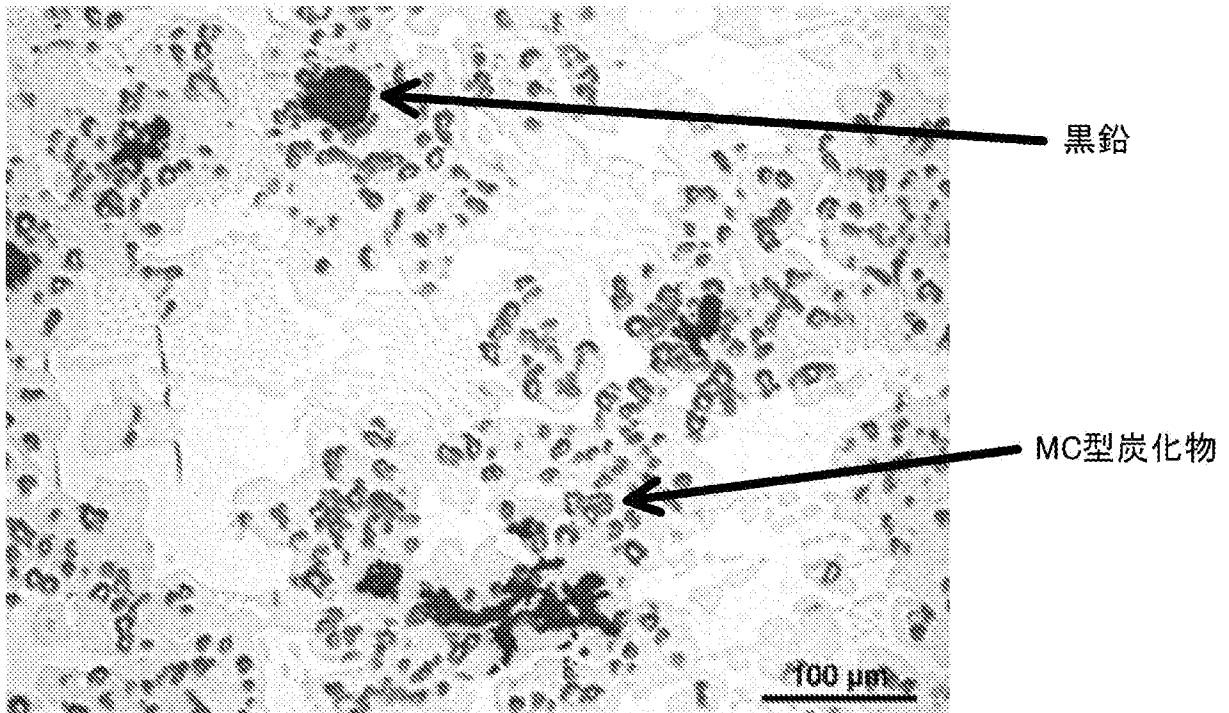
[図4]

発明例9(外周側)



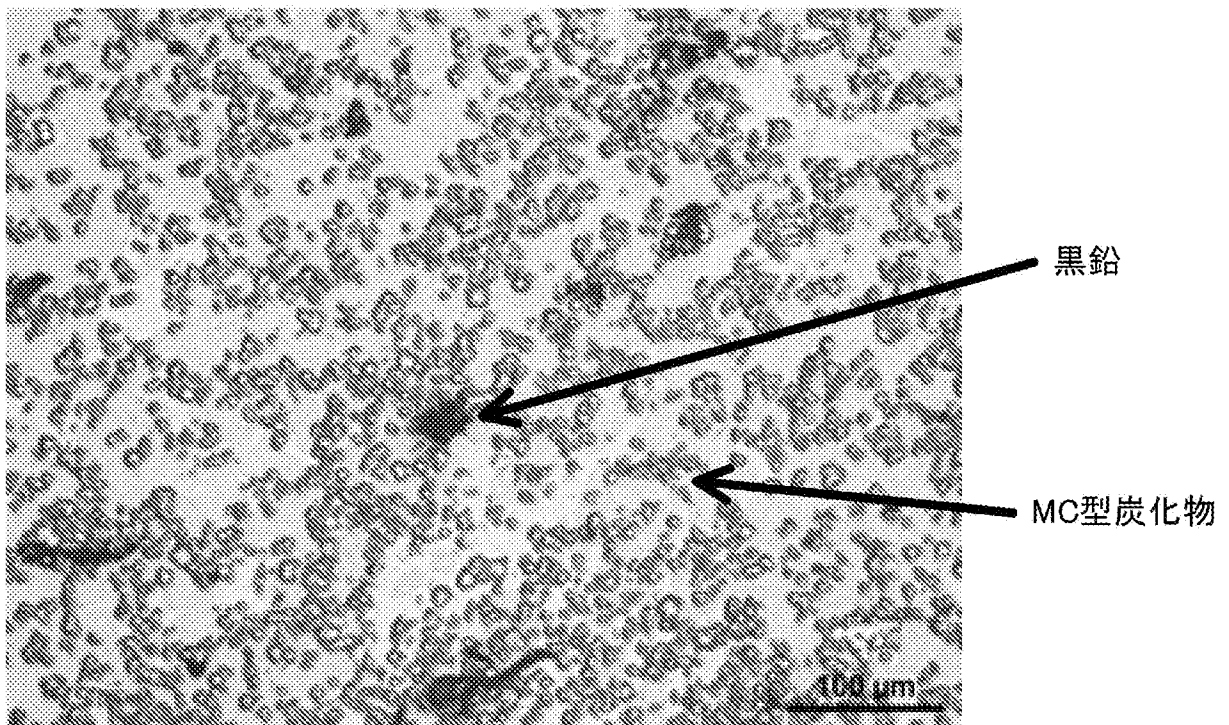
[図5]

比較例4(外周側)



[図6]

比較例4(内周側)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/046720

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B21B27/00 (2006.01) i, B22D13/02 (2006.01) i, B22D19/16 (2006.01) i, C22C37/00 (2006.01) i, C22C37/08 (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. B21B27/00, B22D13/00-B22D13/12, C22C37/00-C22C38/60

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	JP 2004-82209 A (NIPPON STEEL CORP.) 18 March 2004, paragraphs [0007]-[0028] (Family: none)	1-5
A	WO 2014/178437 A1 (HITACHI METALS, LTD.) 06 November 2014, entire text, fig. 1-7 & US 2015/0336353 A1, entire text, fig. 1-7 & EP 2902124 A1 & KR 10-2015-0052366 A & CN 105121044 A & TW 201505730 A	1-5
A	JP 5-311335 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 22 November 1993, entire text, fig. 1-5 (Family: none)	1-5

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.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B21B27/00(2006.01)i, B22D13/02(2006.01)i, B22D19/16(2006.01)i, C22C37/00(2006.01)i, C22C37/08(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. B21B27/00, B22D13/00-B22D13/12, C22C37/00-C22C38/60

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	JP 2004-82209 A (新日本製鐵株式会社) 2004.03.18, [0007]-[0028] (ファミリーなし)	1-5
A	WO 2014/178437 A1 (日立金属株式会社) 2014.11.06, 全文, 図 1-7 & US 2015/0336353 A1, 全文, Fig.1-7 & EP 2902124 A1 & KR 10-2015-0052366 A & CN 105121044 A & TW 201505730 A	1-5
A	JP 5-311335 A (川崎製鐵株式会社) 1993.11.22, 全文, 図 1-5 (ファミリーなし)	1-5

☐ 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

14.02.2018

国際調査報告の発送日

27.02.2018

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)

酒井 英夫

4E

9631

電話番号 03-3581-1101 内線 3425