

(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
2017年10月5日(05.10.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/170570 A1

- (51) 国際特許分類:

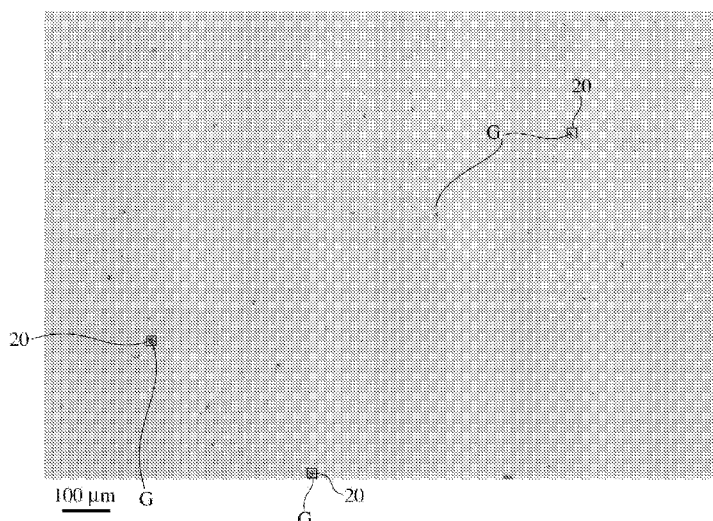
<i>B21B 27/00</i> (2006.01)	<i>C22C 37/08</i> (2006.01)
<i>B22D 13/02</i> (2006.01)	<i>C22C 38/00</i> (2006.01)
<i>B22D 19/16</i> (2006.01)	<i>C22C 38/58</i> (2006.01)
<i>C22C 37/00</i> (2006.01)	<i>C21D 9/38</i> (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/012682
- (22) 国際出願日: 2017年3月28日(28.03.2017)
- (25) 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 2016-073228 2016年3月31日(31.03.2016) JP
- (71) 出願人: 日立金属株式会社(HITACHI METALS, LTD.) [JP/JP]; 〒1088224 東京都港区港南一丁目2番70号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野崎 泰則(NOZAKI Yasunori); 〒8080023 福岡県北九州市若松区北浜一丁目9番1号 株式会社日立金属若松内 Fukuoka (JP). 小田 望(ODA Nozomu); 〒8080023 福岡県北九州市若松区北浜一丁目9番1号 株式会社日立金属若松内 Fukuoka (JP). 福元 志保(FUKUMOTO Shiho); 〒6920011 島根県安来市安来町2107番地2 日立金属株式会社 冶金研究所内 Shimane (JP).
- (74) 代理人: 高石 橘馬(TAKAISHI Kitsuma); 〒1620825 東京都新宿区神楽坂6丁目67神楽坂FNビル5階 Tokyo (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, JP, 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),

[続葉有]

(54) Title: ROLLING ROD OUTER LAYER AND COMPOSITE ROLLING ROD

(54) 発明の名称: 圧延ロール用外層及び圧延用複合ロール

[図2]



(57) Abstract: Provided is a rolling rod outer layer that contains, on the basis of mass, 1.3-2.8% C, 0.3-1.8% Si, 0.3-2.5% Mn, 0-6.5% Ni, 1-10% Cr, 0.9-6% Mo, 0-8% W, 0.5-6% V, 0-3% Nb, and 0% or greater and less than 0.01% B, wherein the balance is formed of Fe and inevitable impurities; that has a chemical composition that satisfies formula (1) $1000 \leq 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V + 15Nb \leq 1115$, and formula (2) $5 \leq Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb \leq 15$ (where C, Si, Mn, Cr, W, Mo, V, and Nb indicate the respective elements in % by mass); and that has a structure that contains eutectic carbides and that does not contain graphite.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/170570 A1



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))

質量基準で C : 1.3~2.8%、Si : 0.3~1.8%、Mn : 0.3~2.5%、Ni : 0~6.5%、Cr : 1~10%、Mo : 0.9~6%、W : 0~8%、V : 0.5~6%、Nb : 0~3%、及び B : 0%以上 0.01%未満を含有し、残部が Fe 及び不可避免の不純物からなるとともに、式(1) : $1000 \leq 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V + 15Nb \leq 1115$ 、及び(2) : $5 \leq Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb \leq 15$ (ただし、C、Si、Mn、Cr、W、Mo、V 及び Nb はそれぞれの元素の質量%を示す。) を満足する化学組成を有し、かつ共晶炭化物を含有し、黒鉛を含有しない組織を有する圧延ロール用外層。

明 細 書

発明の名称： 圧延ロール用外層及び圧延用複合ロール

技術分野

[0001] 本発明は、耐摩耗性、耐焼付き性及び耐肌荒れ性に優れ、焼付きが発生しやすい熱間薄板圧延仕上げ後段スタンドや異周速圧延形鋼スタンドなどに使用するのに好適な圧延ロール用外層、及びかかる外層が強靱な内層と溶着一体化した複合構造を有する圧延用複合ロールに関する。

背景技術

[0002] 連続鋳造等で製造した厚さ数百mmの加熱スラブは、粗圧延機及び仕上げ圧延機を有するホットストリップミルで数～数十mmの厚さの鋼板に圧延される。仕上げ圧延機は通常、5～7スタンドの四重式圧延機を直列に配置したものである。7スタンドの仕上げ圧延機の場合、第一スタンドから第三スタンドまでを前段スタンドと呼び、第四スタンドから第七スタンドまでを後段スタンドと呼ぶ。このようなホットストリップミルに用いられるワークロールは、熱間薄板と接する外層と、外層の内面に溶着一体化した内層とからなる。

[0003] 近年熱間圧延鋼板の板厚精度向上や表面品質向上の要求が高まっており、高い耐摩耗性を有する圧延用ロールが求められ、薄鋼板を製造する熱間仕上げ圧延機の前段ではハイスロールが使用されるようになった。しかし、圧延材がスタンド間を移動するときに重なって上下ロール間に噛みこむいわゆる絞り込み事故に遭遇する確率が高い熱間仕上げ圧延機の後段では、従来から高合金グレン鋳鉄ロールが主に使用されている。

[0004] このような絞り込み事故では圧延材がロール外層の表面に焼付くため、過大な熱的、機械的負荷が作用し、ロール外層表面にクラックが発生することがある。クラックを放置したままロールを使用し続けるとクラックが進展し、ロール折損やスポーリングと呼ばれるロール破損を起こすことがある。絞り込み（噛み止め）事故が発生した場合ロール表面を切削してクラックを除去しなければならないので、クラックが深いとロールの損失も大きくなり、

ロールコストが増大する。従って、圧延事故が起きてもクラックによるダメージが少ない耐事故性に優れた圧延ロール用外層、及びかかる外層を有する圧延用複合ロールが望まれている。

[0005] 高合金グレン鑄鉄ロールは黒鉛、炭化物及び基地からなる組織を有し、特に耐焼付き性に優れているため、絞り事故に遭遇した際もクラックの発生・進展が極めて少ない。つまり、高合金グレン鑄鉄ロールは耐事故性に優れている。しかし、構成要素中の炭化物が M_3C 系（セメントライト）であるので、ハイス材などに比較すると耐摩耗性が劣る。そのため、種々の改善が行われている。例えば、高合金グレン鑄鉄の外層を有する複合ロールの耐摩耗性を改善する技術として、本出願人は先に、特開2005-169426号で、外層にMgまたはCaを含有させることにより、MC系炭化物の形状を微細な粒状にするとともに、金属組織中に均一に分散できることを見だし、耐摩耗性、耐肌荒れ性および耐事故性を向上させた圧延用複合ロールを提案した。しかし、この複合ロールの外層は黒鉛を含んでいるので、一般的なハイスロールに比べて、耐焼付き性に優れているものの耐摩耗性及び耐肌荒れ性劣るという問題があった。

[0006] 高い耐摩耗性を有する高速度鋼からなる外層を有する熱間圧延仕上げ前段用の複合ロールの外層として、例えば、特開平08-020837号は、重量比でC : 1.50~3.50%、Si : 1.50%以下、Mn : 1.20%以下、Cr : 5.50~12.00%、Mo : 2.00~8.00%、V : 3.00~10.00%、Nb : 0.60~7.00%、B : 0.01超~0.200%以下、及びN : 0.08超~0.300%以下を含有し、かつ $V+1.8Nb \leq 7.5C-6.0$ 、及び $0.20 \leq Nb/V \leq 0.80$ を満足し、残部Fe及び不可避免的不純物からなる摩擦係数の小さい高速度鋼系圧延用ロール外層を開示している。特開平08-020837号は、ロール外層の組織中に共晶炭化物を増加させることで粒状炭化物とそれ以外の部分の段差を少なくし、摩擦係数を低下できると記載している。B及びNの添加により、ロール接触面での摩擦係数は低下している。しかし、圧延用複合ロールの外層の耐焼付き性をさらに改善することが要求されている。

[0007] 特開2002-47529号は、質量基準でC : 1.2~2.2%、Si : 0.1~0.6%、Mn : 0.

1~0.6%、Cr : 6~12%、Mo : 3~6%、Ni : 0.3~1.5%、V : 3~8%、及びCo : 1.0~8.00%を含み、さらに $0 \leq [C - 0.236V - 0.129Nb] \leq 0.4$ 、及び $0.27 \leq Mo / Cr \leq 0.80$ を満足し、残部Fe及び不可避的不純物からなる組成を有する熱間圧延ロール用外層を開示している。特開2002-47529号は、絞り事故発生時のクラック進展を防止するために、ロール外層にネット状に生成する共晶炭化物を低減し、クラックの伝播経路を少なくすると、耐事故性に優れた熱間圧延用ロール外層が得られると記載している。しかし、特開2002-47529号の外層では、十分な耐摩耗性及び耐焼付き性が得られない。

[0008] WO 2016/031519 A1は、質量基準でC : 1.8~2.5%、Si : 0%超1.0%以下、Mn : 0%超1.0%以下、Ni : 0%超0.5%以下、Cr : 3.0%超8.0%以下、Mo : 2.0%超10.0%以下、W : 0%超10.0%以下、V : 0%超10.0%以下、B : 0%超0.01%未満、残部Fe及び不可避的不純物を含む圧延用複合ロールの外層材を開示している。WO 2016/031519 A1は、B量を調整して二次共晶炭化物に含まれるB量を低減することにより、二次共晶炭化物の強度の向上を図ることができるから、凝固後に1100°C程度の高温に晒されても二次共晶炭化物が溶損することを防止でき、外層は優れた耐肌荒れ性を発揮すると記載している。しかし、この外層では十分な耐摩耗性及び耐焼付き性を発揮できない。

[0009] 熱間圧延分野において近年要求されている鋼板の板厚精度向上や表面品質向上に答えるために、本出願人はWO 2015/045984 A1で、質量基準でC : 1~3%、Si : 0.4~3%、Mn : 0.3~3%、Ni : 1~5%、Cr : 2~7%、Mo : 3~8%、V : 3~7%、及びB : 0.01~0.12%を含有し、残部がFe及び不可避的不純物からなる化学組成を有し、かつ式(1) : $Cr / (Mo + 0.5W) < -2/3[C - 0.2(V + 1.19Nb)] + 11/6$ (ただし、任意成分であるW及びNbを含有しない場合、 $W = 0$ 及び $Nb = 0$ である。)により表される関係を満足し、面積率で1~15%のMC炭化物、0.5~20%の炭ホウ化物、及び0.5~20%のMo系炭化物を含有する外層を有する熱間圧延用遠心鋳造複合ロールを提案した。この複合ロールの外層は、組織中の炭ホウ化物により優れた耐焼付き性を示し、十分な耐摩耗性及び耐焼付き性を発揮する。しかし、外層がダクタイル鋳鉄からなる内層と溶着一体化す

る際に、外層中のBが内層に拡散すると、内層中の黒鉛の周囲がフェライトになりやすくなる。内層中のフェライト面積率が増えると、内層の耐摩耗性は低下する。内層は、圧延する薄板と直接接触しないが、軸受で支持されるため、内層の摩耗が進むと、圧延作業中に振動が発生して鋼板品質に悪影響がでるおそれがある。

[0010] 従って、内層の耐摩耗性を維持するために、Bの含有量が0.01%未満であっても高い板厚精度及び表面品質の熱間圧延鋼板を得ることができる圧延ロール用外層が望まれている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 従って、本発明の目的は、耐摩耗性、耐焼付き性及び耐肌荒れ性に優れた圧延ロール用外層、特に内層の耐摩耗性を維持するためにBの含有量が0.01%未満の圧延ロール用外層を提供することである。

[0012] 本発明のもう一つの目的は、かかる外層を有する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

[0013] 上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、B含有量を0.01%未満に抑えた高速度鋼製の圧延ロール用外層において、黒鉛と同様の機能（耐焼付き性）を発揮する相を晶出させれば、優れた耐摩耗性、耐焼付き性及び耐肌荒れ性を発揮させることができることを発見し、本発明に想到した。

[0014] すなわち、本発明の圧延ロール用外層は、

質量基準でC : 1.3~2.8%、Si : 0.3~1.8%、Mn : 0.3~2.5%、Ni : 0~6.5%、Cr : 1~10%、Mo : 0.9~6%、W : 0~8%、V : 0.5~6%、Nb : 0~3%、及びB : 0%以上0.01%未満を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物からなるとともに、下記式(1) 及び(2) :

$$(1) : 1000 \leq 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V + 15Nb \leq 1115$$

$$(2) : 5 \leq Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb \leq 15$$

(ただし、C、Si、Mn、Cr、W、Mo、V及びNbはそれぞれの元素の質量%を示す

。)

を満足する化学組成を有し、かつ

共晶炭化物を含有し、黒鉛を含有しない組織を有することを特徴とする。

[0015] 本発明の圧延ロール用外層において、示差熱分析により求めた複数の凝固発熱開始温度のうち、最も低い凝固発熱開始温度は1100℃以下であるのが好ましい。

[0016] 本発明の圧延ロール用外層は、さらに質量基準でCo：5%以下、Zr：0.5%以下、Ti：0.5%以下、及びAl：0.5%以下からなる群から選ばれた少なくとも1種を含有するのが好ましい。

[0017] 本発明の圧延用複合ロールは、上記外層が内層に溶着一体化した構造を有することを特徴とする。前記内層がダクタイル鋳鉄からなるのが好ましい。

発明の効果

[0018] 本発明の圧延ロール用外層は、共晶炭化物により高い耐摩耗性を有するだけでなく、耐焼付き性も向上しており、圧延負荷に対する表面損傷が少なく、優れた耐肌荒れ性を有する。そのため、圧延後でもなめらかなロール肌を維持することができ、もって圧延製品の品質向上に寄与する。また、本発明の圧延ロール用外層は0.01%未満のBしか含有しないので、内層の耐摩耗性の低下を防ぐことができる。このような特徴を有する外層を内層に溶着一体化してなる圧延用複合ロールは、熱間圧延分野において近年要求される鋼板の板厚精度向上や表面品質向上にこたえることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]圧延用複合ロールを示す概略断面図である。

[図2]実施例1の試験材の無腐食の組織を示す光学顕微鏡写真（倍率：100倍）である。

[図3]実施例1の試験片の過硫酸アンモニウムでエッチングした後の光学顕微鏡写真である。

[図4]実施例1の圧延ロール用外層の示差熱分析結果を示すグラフである。

[図5(a)]本発明の圧延用複合ロールの製造に用いる鋳型の一例を示す分解断

面図である。

[図5(b)]本発明の圧延用複合ロールの製造に用いる鑄型の一例を示す断面図である。

[図6]圧延摩耗試験機を示す概略図である。

[図7]摩擦熱衝撃試験機を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明の実施形態を以下詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲内で種々の変更をしても良い。特に断りがなければ、単に「%」と記載しているときは「質量%」を意味する。

[0021] [1] 圧延ロール用外層

(A) 組成

本発明の圧延ロール用外層は、質量基準で1.3~2.8%のC、0.3~1.8%のSi、0.3~2.5%のMn、0~6.5%のNi、1~10%のCr、0.9~6%のMo、0~8%のW、0.5~6%のV、0~3%のNb、及び0%以上0.01%未満のBを含有し、残部が実質的にFe及び不可避免的不純物からなるFe基合金により形成されている。

[0022] (1) 主要元素

(a) C : 1.3~2.8質量%

CはV、Nb、Cr、Mo及びWと結合して硬質炭化物を生成し、外層の耐摩耗性の向上に寄与する。Cが1.3質量%未満では硬質炭化物の晶出量が少なすぎて外層に十分な耐摩耗性を付与することができない。一方、Cが2.8質量%を超えると過剰な炭化物の晶出により外層の靱性が低下し、耐クラック性が低下するため、圧延によるクラックが深くなり、ロール損失が増加する。Cの含有量の下限は好ましくは1.5質量%であり、より好ましくは1.8質量%である。またCの含有量の上限は好ましくは2.6質量%である。

[0023] (b) Si : 0.3~1.8質量%

Siは溶湯の脱酸により酸化物の欠陥を減少させるとともに、基地に固溶して耐焼付き性を向上させ、さらに溶湯の流動性を向上させて鑄造欠陥を防止

する作用を有する。Siが0.3質量%未満では溶湯の脱酸作用が不十分であり、溶湯の流動性も不足し、欠陥発生率が高い。一方、Siが1.8質量%を超えると合金基地が脆化し、外層の靱性は低下する。Si含有量の下限は好ましくは0.5質量%である。Si含有量の上限は好ましくは1.5質量%であり、より好ましくは1.2質量%であり、最も好ましくは1.0質量%である。

[0024] (c) Mn : 0.3~2.5質量%

Mnは溶湯の脱酸作用の他に、不純物であるSをMnSとして固定する作用を有する。MnSは潤滑作用を有し、圧延材の焼き付き防止に効果があるので、所望量のMnSを含有するのが好ましい。Mnが0.3質量%未満ではその添加効果は不十分である。一方、Mnが2.5質量%を超えてもさらなる効果は得られない。Mnの含有量の下限は好ましくは0.5質量%である。Mnの含有量の上限は好ましくは2.0質量%であり、より好ましくは1.5質量%である。

[0025] (d) Ni : 0~6.5質量%

Niは基地の焼き入れ性を向上させる作用を有するので、大型の複合ロールの場合にNiを添加すると、冷却中のパーライトの発生を防止し、外層の硬さを向上させることができる。またNiの添加量は多すぎるとオーステナイトが安定化しすぎ、硬さが向上しにくくなるため、6.5%以下とする。焼き入れ性を向上させる観点から、Ni含有量は0.1質量%以上が好ましく、0.3質量%以上がより好ましく、0.5質量%以上がさらに好ましく、0.6質量%以上がさらに好ましく、0.8質量%以上がさらに好ましく、1.0質量%以上が最も好ましい。また、硬さを向上させる観点から、Ni含有量は5.5質量%以下が好ましく、4.5質量%以下がより好ましい。

[0026] (e) Cr : 1~10質量%

Crは基地をベイナイト又はマルテンサイトにして硬さを保持し、また添加量が多いと炭化物を形成して耐摩耗性を維持するのに有効な元素である。Crが1質量%未満ではその効果が不十分である。一方、Crが10質量%を超えると、基地組織の靱性が低下する。Crの含有量の下限は好ましくは1.5質量%であり、より好ましくは2質量%である。Cr含有量の上限は好ましくは9質量%で

あり、より好ましくは8.5質量%である。

[0027] (f) Mo : 0.9~6質量%

MoはCと結合して硬質炭化物 (M_6C 、 M_2C) を形成し、外層の硬さを増加させるとともに、基地の焼入れ性を向上させる。また、MoはV及びNbとともに強靱かつ硬質なMC炭化物を生成し、耐摩耗性を向上させる。Moが0.9質量%未満ではそれらの効果は不十分である。一方、Moが6質量%を超えると、外層の靱性が低下する。Mo含有量の下限は好ましくは1.5質量%である。また、Mo含有量の上限は好ましくは5質量%である。

[0028] (g) W : 0~8質量%

WはCと結合して硬質の M_6C 等の硬質炭化物を生成し、外層の耐摩耗性向上に寄与する。またMC炭化物にも固溶してその比重を増加させ、偏析を軽減させる作用を有する。しかし、Wが8質量%を超えると、 M_6C 炭化物が多くなり、組織が不均質となり、肌荒れの原因となる。従って、Wを添加する場合、8質量%以下とする。一方、Wが0.5質量%未満ではその添加効果は不十分となることもあるため、0.5質量%以上が好ましい。Wの含有量の上限は好ましくは6質量%であり、より好ましくは4質量%であり、さらに好ましくは2質量%である。

[0029] (h) V : 0.5~6質量%

VはCと結合して硬質のMC炭化物を生成する元素である。MC炭化物は2500~3000のビッカース硬さHvを有し、炭化物の中で最も硬い。Vが0.5質量%未満では、MC炭化物の晶出量や析出量が不十分である。一方、Vが6質量%を超えると、比重の軽いMC炭化物が遠心鑄造中の遠心力により外層の内側に濃化し、MC炭化物の半径方向偏析が著しくなるだけでなく、MC炭化物が粗大化して合金組織が粗くなり、圧延時に肌荒れしやすくなる。V含有量の下限は好ましくは0.8質量%であり、より好ましくは1.2質量%である。V含有量の上限は好ましくは5質量%であり、より好ましくは4質量%であり、さらに好ましくは3質量%である。

[0030] (i) Nb : 0~3質量%

Vと同様に、NbもCと結合して硬質MC炭化物を生成する。NbはV及びMoとの複合添加により、MC炭化物に固溶してMC炭化物を強化し、外層の耐摩耗性を向上させる。NbC系のMC炭化物は、VC系のMC炭化物より溶湯密度との差が小さいので、MC炭化物の偏析を軽減させる。Nb含有量の下限は好ましくは0.2質量%である。Nb含有量の上限は好ましくは2質量%であり、より好ましくは1.5質量%であり、さらに好ましくは1質量%である。

[0031] (j) B : 0質量%以上0.01質量%未満

Bが0.01質量%以上になると、ダクタイル鋳鉄からなる内層と一体化する際に、許容量以上のBが内層に拡散するおそれがある。Bが過剰に内層に拡散すると、内層中の黒鉛の周囲がフェライトになりやすく、内層のフェライト面積率が増えるため、内層の耐摩耗性は低下する。内層は熱間薄板と直接接触しないが、軸受で支持されるので、内層の摩耗が進むと、圧延作業中に振動が発生し、鋼板品質に悪影響がでるおそれがある。そのため、Bを0.01質量%未満にする。Bの上限は好ましくは0.008質量%であり、より好ましくは0.007質量%である。なお、B含有量を低減するためには、B含有量が極力少ないスクラップ等を原材料として使用するのが好ましい。

[0032] (2) 追加元素

(a) Co : 5質量%以下

Coは基地組織の強化に有効な元素であるが、5質量%を超えると外層の靱性を低下させる。十分な基地組織強化効果を得るには、Co含有量の下限は0.5質量%が好ましく、1質量%がより好ましい。Co含有量の上限はより好ましくは3質量%である。

[0033] (b) Zr : 0.5質量%以下

ZrはCと結合してMC炭化物を生成し、耐摩耗性を向上させる。また、Zrは溶湯中で酸化物を生成し、この酸化物が結晶核として作用するために、凝固組織が微細になる。さらに、ZrはMC炭化物の比重を増加させ、偏析防止に効果がある。しかし、Zrが0.5質量%を超えると、介在物となるので好ましくない。Zr含有量の上限はより好ましくは0.3質量%である。また、十分な添加効果

を得るためには、Zrの含有量の下限はより好ましくは0.01質量%である。

[0034] (c) Ti : 0.5質量%以下

Tiは溶湯中のNと結合して窒化物を形成する。窒化物は溶湯中に懸濁されて核となり、MC炭化物を微細化及び均質化する。しかし、Tiが0.5質量%を超えると、溶湯の粘性が増加し、鑄造欠陥が発生しやすくなる。十分な添加効果を得るには、Ti含有量の下限は0.005質量%が好ましく、0.01質量%がより好ましい。またTi含有量の上限はより好ましくは0.3質量%であり、さらに好ましくは0.2質量%である。

[0035] (d) Al : 0.5質量%以下

Alは溶湯中のOと結合して酸化物を形成する。溶湯中のOを減少させることにより、耐摩耗性に効果があるV、Cr等の炭化物形成元素の酸化を防ぐことができる。しかし、Alが0.5質量%を超えると、外層が脆くなり機械的性質の劣化を招く。十分な添加効果を得るには、Al含有量の下限は好ましくは0.001質量%であり、より好ましくは0.01質量%である。また、Al含有量の上限はより好ましくは0.3質量%であり、さらに好ましくは0.2質量%である。

[0036] (3) 不可避的不純物

外層組成の残部は実質的にFe及び不可避的不純物からなる。不可避的不純物は、P、S、N、Cu、希土類元素 (REM) 等であるが、それぞれ、 $P < 0.1$ 質量%、 $S < 0.1$ 質量%、 $N < 0.1$ 質量%、 $Cu < 0.1$ 質量%、及び $REM < 0.1$ 質量%であれば良い。

[0037] (4) 関係式

本発明の圧延ロール用外層は、下記式(1)及び(2)：

$$(1) \quad 1000 \leq 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V + 15Nb \leq 1115$$

$$(2) \quad 5 \leq Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb \leq 15$$

(ただし、C、Si、Mn、Cr、W、Mo、V及びNbはそれぞれの元素の質量%を示す。)により表される関係を満足することを特徴とする。

[0038] (a) 式(1) について

式(1)のパラメータ $P1 = 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V$

+15Nbは、外層中に存在する共晶炭化物のうちの最も融点の低い共晶炭化物の融点に関連する指標である。P1を1115以下とすることにより、外層の耐焼付き性が改善される。この理由は、圧延ロールが絞り事故に遭遇した際に、圧延材と外層表面との摩擦熱で、融点の低い共晶炭化物が融解して、圧延材とロール外層の潤滑性を改善するためであると考えられる。P1の上限は1110が好ましく、1105がより好ましく、1100がさらに好ましい。一方、P1が1000未満になると、共晶炭化物の融点が低くなりすぎて、内層と溶着一体化させて圧延用複合ロールとする際に、境界に引け巣が発生するおそれがあるためである。引け巣があると、そこを起点としてクラックが発生する。P1の下限は1010が好ましく、1020がより好ましく、1030がさらに好ましく、1040が最も好ましい。

[0039] (b) 式(2) について

式(2) のパラメータ $P2 = Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb$ は、比較的軟らかい炭化物であるセメントイトより硬質な炭化物を形成する元素の総和を表す指標である。Cr、Mo、W、V及びNbは炭化物形成元素と呼ぶことができる。これらの元素の炭化物は、基地の耐摩耗性を向上させるだけでなく、融点の低い共晶炭化物を形成する。P2が5未満であると、セメントイトより硬質な炭化物の割合が低く、外層の耐摩耗性が低下する。一方、P2が15を超えると最も低融点の共晶炭化物の融点が高くなるため、圧延材とロール外層との潤滑性を改善する効果が得られなくなる。P2の下限は好ましくは7であり、より好ましくは8であり、さらに好ましくは9である。P2の上限は好ましくは14であり、より好ましくは13であり、さらに好ましくは12である。

[0040] (B) 組織

本発明の圧延ロール用外層の組織は共晶炭化物を含有し、黒鉛を含有しないことを特徴とする。その他に、外層組織は基地、MC炭化物等を含有する。耐摩耗性を確保する観点から、組織の基地はマルテンサイト及び／又はベイナイトからなるのが好ましい。

[0041] 共晶炭化物は、常温で鉄基地となるオーステナイトと炭化物（M₂C系、M₆C

系、M7C3系、M23C6系等)との共晶であり、外層の耐摩耗性と耐焼付き性の両方に寄与する。実施例1の外層から採取した試験片を鏡面研磨した後、過硫酸アンモニウムでエッチングした後の光学顕微鏡写真(倍率:400倍)を示す図3から明らかなように、炭化物の間隔が広い共晶炭化物Aと炭化物の間隔の狭い共晶炭化物Bの二種類が存在する。

[0042] 外層組織は黒鉛を含有しない。外層中に黒鉛が存在すると、鋼板を圧延する際に黒鉛が欠落することによってロール表面の凹凸が大きくなりやすいので、耐摩耗性及び耐肌荒れ性に劣る。外層組織が黒鉛を含有するか否かは、外層から採取した試験片を鏡面研磨した後、腐食せずに撮影した光学顕微鏡写真(倍率:100倍)により判定する。光学顕微鏡写真での黒色粒子はキャビティー及び黒鉛粒子のいずれかであるので、上記光学顕微鏡写真に長径 $20\mu\text{m}$ 以上の黒色粒子が存在しない場合、長径 $20\mu\text{m}$ 以上の黒鉛粒子も存在しないことになる。従って、本明細書では、腐食せずに撮影した光学顕微鏡写真(倍率:100倍)において長径 $20\mu\text{m}$ 以上の黒色粒子が存在しない場合に、外層組織が黒鉛を含有しないと判定する。本発明の圧延ロール用外層は、式(2)で示すように高合金組成としているために組織中に黒鉛が出にくいだけでなく、黒鉛を析出させるためのSi接種等を行っていない。

[0043] (C) 凝固発熱開始温度

本発明の圧延ロール用外層において、示差熱分析により求めた複数の凝固発熱開始温度のうち最も低い凝固発熱開始温度は 1100°C 以下であるのが好ましい。示差熱分析による凝固発熱とは、液相から固相に変化する(溶湯が凝固する)際の発熱を意味する。実施例1の実測値を示す図4から明らかなように、本発明の圧延ロール用外層の組成範囲の場合、主に3種類の凝固発熱がある。図4において、 1305°C (高温側)の発熱は基地の凝固により、 1165°C (中央)の発熱は図3に示す炭化物の間隔が広い共晶炭化物Aの凝固により、 1090°C (低温側)の発熱は図3に示す炭化物の間隔が狭い共晶炭化物Bの凝固による。

[0044] 外層の凝固発熱は以下のように測定する。外層から5 gの試料を採取し、示

差熱分析装置を用い、1500℃まで昇温して試料を溶解させた後、10℃／分の冷却速度で冷却した際の示差熱を計測する。図4に示すように、凝固発熱温度は、発熱ピークの右側（高温側）の屈曲点と定義する。具体的には、凝固発熱ピークの高温側屈曲点前後の接線の交点とする。

[0045] 本発明の圧延ロール用外層において、複数の凝固発熱開始温度のうち最も低い凝固発熱開始温度は1100℃以下が好ましい。その理由は、最も融点の低い共晶炭化物の凝固温度が1100℃以下であると、外層の耐焼付き性が改善されるからである。例えば、絞り込み事故で圧延材がロール外層の表面に焼付くと、熱的及び機械的負荷によりロール外層表面にクラックが発生するおそれがある。クラックを放置したままロールを使用し続けると、クラックが進展し、ロール折損やスポーリングと呼ばれるロール破損を引き起こすことがある。ロール表面の焼き付きが発生すると、その部分に圧延の応力が集中しやすく、この応力により焼き付き部のクラックの進展が加速される。共晶炭化物の溶融により、絞り込み事故の際のロール外層表面の焼き付きを防止でき、もって焼き付き部の応力集中がなく、クラック進展も防止できるため、クラックを研削除去するためのロール外層表面の「改削」を少なくすることもでき、さらにはスポーリングやロール折損と言った圧延操業に大きな損失をもたらす操業事故を防止することもできる。

[0046] 一方、最も低い凝固発熱開始温度は1000℃以上であるのが好ましい。その理由は、1000℃未満になると、共晶炭化物の融点が低くなりすぎて、内層と溶着一体化させて圧延用複合ロールとする際に境界に引け巣が発生し、圧延用ロールとして使用できなくなるおそれがあるからである。最も低い凝固発熱開始温度の上限は1095℃がより好ましく、1090℃がさらに好ましい。また、最も低い凝固発熱開始温度の下限は1010℃が好ましく、1020℃がより好ましく、1030℃がさらに好ましく、1040℃が最も好ましい。

[0047] なお、WO 2016/031519 A1は、優れた耐肌荒れ性を発揮するために1100℃程度の高温に晒されても二次共晶炭化物の溶損を防止すると記載しているが、通常の圧延ではロール表面温度は800℃程度以下で、低融点共晶炭化物が溶融

することなく、肌荒れの問題は起こらない。ロール表面が1000℃以上のような高温にさらされるのは、絞り込み事故でロール表面に過大な強圧や摩擦熱が発生したり、圧延材がロールに噛みこんだ状態で圧延操業が異常停止する噛み止め事故で高温の圧延材が冷却されずに長時間ロールに接触したりする異常圧延の時のみであり、正常圧延時にロール表面温度が1000℃以上の高温まで到達することはない。これに対して、本発明は、通常の圧延時の肌荒れを防止しつつ、絞り込み事故等では低融点共晶炭化物の溶融によりクラックを防止するという技術的思想に基づいており、WO 2016/031519 A1の思想と正反対である。

[0048] [2] 圧延用複合ロール

本発明の圧延ロール用外層は、内層と溶着一体化することにより圧延用複合ロールとして使用することができる。図1は、遠心鑄造法により形成された外層1と、外層1に溶着一体化した内層2とからなる熱間圧延用複合ロール10を示す。内層2は、外層1に溶着した胴芯部21と、胴芯部21の両端から一体的に延出する軸部22、23とを有する。外層1は耐摩耗性を確保するために炭化物形成元素を多く含有しているので、内層2は強靱性に優れるFe基合金からなるのが好ましい。強靱性及び鑄造性の観点から、内層2に鑄造性の良い鑄鉄、特にダクタイル鑄鉄を使用するのが好ましい。

[0049] ダクタイル鑄鉄の組成は、質量基準でC：2.3～4.0%、Si：1.5～3.5%、Mn：0.2～2.0%、P：0.1%以下、S：0.1%以下、Ni：0.3～5.0%、Cr：0.01～1.0%、Mo：0.01～1.0%、Mg：0.01～0.08%を含有し、残部が実質的にFe及び不可避的不純物からなるのが好ましい。上記元素の他に、V：1%以下、Nb：0.7%以下、及びW：0.7%以下を含有しても良い。ダクタイル鑄鉄は、鉄基地がフェライト及びパーライトを主体とし、その他に黒鉛及び微量のセメンタイトを含む。外層と内層との間に、成分混入の抑制や緩衝などの目的で、中間層を介在させても良い。

[0050] [3] 圧延用複合ロールの製造方法

図5(a)及び図5(b)は、遠心鑄造用円筒状鑄型30で外層1を遠心鑄造した後

に内層2を鑄造するのに用いる静置鑄造用鑄型の一例を示す。この静置鑄造用鑄型100は、円筒状鑄型30と、その上下端に設けられた上型40及び下型50とからなる。静置鑄造用鑄型100に組み立てる円筒状鑄型30の内面には、塗型32を介して外層1が形成されており、外層1の内側に胴芯部21を形成するためのキャビティ60aが形成されている。上型40は、上型本体41の内面に砂型42を有し、砂型42の内側にキャビティ60bを有する。下型50は、下型本体51の内面に砂型52を有し、砂型52の内側にキャビティ60cを有する。下型50には、内層用溶湯を保持するための底板53が設けられている。円筒状鑄型30を用いる遠心鑄造法は水平型、傾斜型又は垂直型のいずれでも良い。

[0051] 図5(b) に示すように、円筒状鑄型30の上下に上型40及び下型50を組み立てると、外層1内のキャビティ60aは上型40のキャビティ60b及び下型50のキャビティ60cと連通し、内層1全体を一体的に形成するキャビティ60を構成する。軸部22形成用の下型50の上に、外層1を遠心鑄造した円筒状鑄型30を起立させて設置し、円筒状鑄型30の上に軸部23形成用の上型40を設置して、内層2形成用の静置鑄造用鑄型100を構成する。

[0052] 静置鑄造用鑄型100において、遠心鑄造法により形成した外層1の凝固後に、内層2用のダクタイル鑄鉄溶湯が上型40の上方開口部43からキャビティ60内に注入されるに従い、キャビティ60内の溶湯の湯面は下型50から上型40まで次第に上昇し、軸部22、胴芯部21及び軸部23からなる内層2が一体的に鑄造される。

[0053] 上記方法により製造された圧延用複合ロールに対して、残留オーステナイトの分解及び歪取りのため、400～580℃の焼き戻し処理を行うのが好ましい。また、基地をオーステナイト化させるために例えば850～1060℃かつP1（又はTs）-50℃以下に加熱した後に焼入れを行って、基地組織をマルテンサイト及び／又はベイナイトとした場合、400～580℃の焼き戻し処理を行うのが好ましい。

[0054] 本発明の圧延用複合ロールを遠心鑄造法により製造する場合を説明したが、本発明の圧延用複合ロールは、鋼製芯材の周囲に外層用溶湯を注入し、高

周波コイルを用いて連続的に外層を形成する、いわゆる連続鋳掛け肉盛法でも製造することができる。

[0055] 本発明を以下の実施例により詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

[0056] 実施例1～5、及び比較例1～4

(1) 鋳造

実験用鋳型（内径90 mm、深さ95 mm）を用いて、下記の表1に示す組成及び表2に示すP1及びP2の値を有する各溶湯から試験材を鋳造した。

[0057] (2) 黒鉛及び共晶炭化物の有無の評価

各試験材を480℃で焼き戻した後、試験片を切り出し、試験片を鏡面研磨し、無腐食のままの組織を光学顕微鏡（倍率：100倍）で撮影した。実施例1の試験材の光学顕微鏡写真（倍率：100倍）を図2に示す。図2において、Gは黒色粒子を示し、20は黒色粒子Gを包囲する一辺20 μmの正方形を示す。図2から明らかのように、実施例1の試験片には長径20 μm以上の黒色粒子Gが存在しない。黒色粒子は微細なキャビティー又は黒鉛粒子であるので、仮に黒鉛粒子であったとしても、一辺20 μm未満の極めて微細なものである。そのため、実施例及び比較例の光学顕微鏡写真において、長径20 μm以上の黒色粒子が存在しない場合を外層組織が黒鉛を含有しないと判定した。さらに、各試験片の鏡面研磨面を過硫酸アンモニウムでエッチングした後、光学顕微鏡写真（倍率：400倍）を撮影し、共晶炭化物の有無を判定した。実施例1の光学顕微鏡写真（倍率：400倍）を図3に示す。各試験片の組織における黒鉛の有無及び共晶炭化物の有無を表2に示す。

[0058] (3) 凝固発熱開始温度の測定

各試験材から切り出した試験片（5 g）に対して示差熱分析を行い、複数の凝固開始温度のうち最も低い凝固発熱開始温度Tsを求めた。各試験材の最も低い凝固発熱開始温度Tsを表2に示す。また、実施例1の試験片の示差熱分析結果を図4に示す。

[0059] (4) 摩耗試験

各溶湯から、外径60 mm、内径40 mm及び幅40 mmのスリーブ構造の試験用ロールを作製した。耐摩耗性を評価するため、図6に示す圧延摩耗試験機を用いて、各試験用ロールに対して摩耗試験を行った。圧延摩耗試験機は、圧延機11と、圧延機11に組み込まれた試験用ロール12, 13と、圧延材18を予熱する加熱炉14と、圧延材18を冷却する冷却水槽15と、圧延中に一定の張力を与える巻取機16と、張力を調節するコントローラ17とを具備する。圧延摩耗条件は以下の通りであった。圧延後、各試験用ロールの表面に生じた摩耗の深さを触針式表面粗さ計により測定した。摩耗深さの測定結果を表2に示す。

圧延材の材質：SUS304

圧延材の幅：20 mm

圧延材の厚さ：1 mm

圧下率：25%

圧延速度：150 m/分

圧延材の温度：900℃

圧延距離：300 m/回

ロール冷却：水冷

ロール数：4重式

[0060] (5) 耐事故性（耐焼付き性）の評価

耐事故性を評価するため、図7に示す摩擦熱衝撃試験機を用いて、各試験用ロールに対して焼付試験を行った。摩擦熱衝撃試験機は、ラック71に重り72を落下させることによりピニオン73を回動させ、試験材74に噛み込み材75を強く接触させるものである。この試験により試験材74に圧痕がつき、圧痕の一部又は全体に噛み込み材75が焼付き付着した。各供試材につき2回焼付き面積を測定し、平均することにより焼付き付着面積を求め、焼付き付着面積を圧痕面積で割ることにより焼付き面積率（%）とした。焼付きの程度を焼付き面積率により以下の通り評価した。結果を表2に示す。焼付きが少ないほど耐事故性が良い。

○：焼付き面積率が40%未満。

△：焼付き面積率が40%以上60%未満。

×：焼付き面積率が60%以上。

[0061] [表1]

例 No.	外層組成 ⁽¹⁾ (質量%)									
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	W	V	Nb	B
比較例 1	1.93	0.78	0.72	1.25	5.24	3.39	0.19	1.70	0.49	0.002
比較例 2	2.25	0.72	0.98	1.36	8.94	3.31	0	1.09	0.20	0.007
実施例 1	2.70	0.67	0.99	1.33	6.74	3.22	0	1.05	0.20	0.004
実施例 2	2.54	0.57	1.02	1.23	5.02	3.19	0.19	1.43	0.24	0.002
実施例 3	2.25	0.42	1.96	4.14	1.03	3.46	0.52	2.81	0.62	0.004
実施例 4 ⁽²⁾	2.74	0.41	2.43	1.07	1.02	2.84	0	1.41	0	0.005
比較例 3	1.94	0.55	1.38	0.86	1.04	1.71	0.50	1.26	0.17	0.004
実施例 5	2.72	0.65	1.02	1.30	6.71	3.12	0	1.10	0.12	0.007
比較例 4 ⁽³⁾	1.63	0.79	0.61	1.92	4.53	4.34	0.44	4.27	0.52	0.052

注：(1) 残部：Fe及び不可避免の不純物。

(2) 0.021質量%のTiを含有。

(3) 0.18質量%のS、0.02質量%のAl、及び0.029質量%のNを含有。

[0062] [表2]

例 No.	P1 ⁽¹⁾	P2 ⁽²⁾	共晶炭化物	黒鉛	Ts ⁽³⁾ (°C)	摩耗深さ (μm)	焼付き
比較例 1	1145	11.0	有り	無し	1111	15.6	×
比較例 2	1138	13.6	有り	無し	1116	14.2	×
実施例 1	1099	11.3	有り	無し	1090	14.8	○
実施例 2	1099	10.0	有り	無し	1088	16.7	○
実施例 3	1097	8.3	有り	無し	1064	24.0	○
実施例 4	1039	5.3	有り	無し	1045	38.8	○
比較例 3	1095	4.5	有り	無し	— ⁽⁴⁾	51.3	○
実施例 5	1096	11.1	有り	無し	1081	14.3	○
比較例 4	1190	14.0	有り	無し	— ⁽⁴⁾	13.6	△

注：(1) $P1 = 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V + 15Nb$ 。

- (2) $P2 = Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb$ 。
- (3) T_s は最も低い凝固発熱開始温度。
- (4) 測定せず。

[0063] 実施例6及び比較例5

図5(a) に示す構造の円筒状鋳型30 (内径800 mm、及び長さ2500 mm) を水平型の遠心鋳造機に設置し、実施例1及び比較例4と同じ組成の各溶湯を用いてそれぞれ実施例6及び比較例5の外層1を遠心鋳造した。外層1が凝固した後、内面に外層1 (厚さ: 90 mm) が形成された円筒状鋳型30を起立させ、軸部22形成用の中空状下型50 (内径600 mm、及び長さ1500 mm) の上に円筒状鋳型30を立設し、円筒状鋳型30の上に軸部23形成用の中空状上型40 (内径600 mm、及び長さ2000 mm) を立設し、

1490682096780_0

に示す静置鋳造用鋳型100を構成した。

[0064] 静置鋳造用鋳型100のキャビティ60に、質量基準でC: 3.0%、Si: 2.6%、Mn: 0.3%、Ni: 1.4%、Cr: 0.1%、Mo: 0.2%、Mg: 0.05%、P: 0.03%、及びS: 0.03%を含有し、残部が実質的にFe及び不可避不純物である化学組成を有するダクタイル鋳鉄溶湯を上方開口部43から注湯し、途中でSiを含む黒鉛化接種材を接種して、外層1の内面に内層2が一体的に溶着した複合ロールを製造した。その後500℃で焼き戻し処理を行った。

[0065] 実施例6及び比較例5の外層1から切出した試験片について、実施例1と同様にして、黒鉛及び共晶炭化物の有無を判定するとともに、示差熱分析を行った。その結果、実施例6の外層1は共晶炭化物を含有するが黒鉛を含有せず、また最も低い凝固発熱開始温度 T_s も実施例1と同程度であった。また、比較例5の外層1は共晶炭化物を含有するが黒鉛を含有せず、また最も低い凝固発熱開始温度 T_s も比較例4と同程度であった。

[0066] また、実施例6及び比較例5の内層2の軸部22, 23から試験片を切出し、組織観察した。その結果、実施例1と同じ外層1を用いた実施例6の内層2の軸部22, 23では、組織中のフェライト面積率は15~25%程度と少なかった。従って

、実施例6の複合ロールは耐摩耗性及び耐焼付き性に優れた外層とともに、耐摩耗性に優れた内層を有することが確認された。これに対して、比較例4と同じ外層1を用いた比較例5の内層2の軸部22, 23では、組織中のほとんどの黒鉛の周囲に幅 $50\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$ のフェライトが存在し、フェライト面積率は30~40%程度と多かった。これは、外層が0.052質量% (0.01質量%以上) のBを含有しているため、それが内層2に拡散したためであると考えられる。

符号の説明

- [0067] 1 . . . 外層
2 . . . 内層
21 . . . 胴芯部
22, 23 . . . 軸部
10 . . . 熱間圧延用複合ロール
11 . . . 圧延機
12, 13 . . . 試験用ロール
14 . . . 加熱炉
15 . . . 冷却水槽
16 . . . 巻取機
17 . . . コントローラ
18 . . . 圧延材
20 . . . 光学顕微鏡写真において黒色粒子を包囲する一辺 $20\mu\text{m}$ の正方形
30 . . . 遠心鑄造用円筒状鑄型
31 . . . 円筒状鑄型本体
32 . . . 塗型
42, 52 . . . 砂型
40 . . . 上型
41 . . . 上型本体
43 . . . 上方開口部
50 . . . 下型

51 . . . 下型本体

53 . . . 底板

60, 60a, 60b, 60c . . . キャビティ

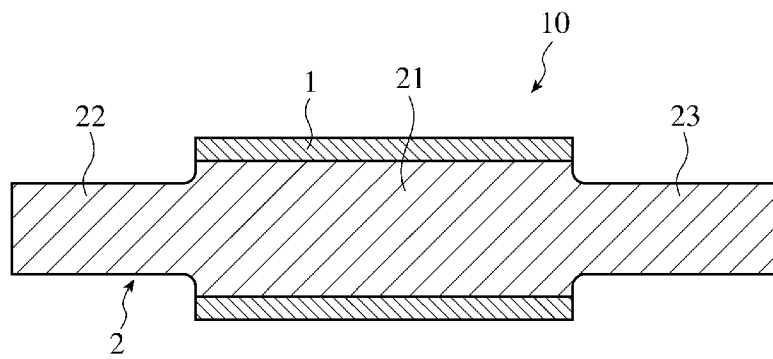
100 . . . 静置鋳造用鋳型

G . . . 黒色粒子

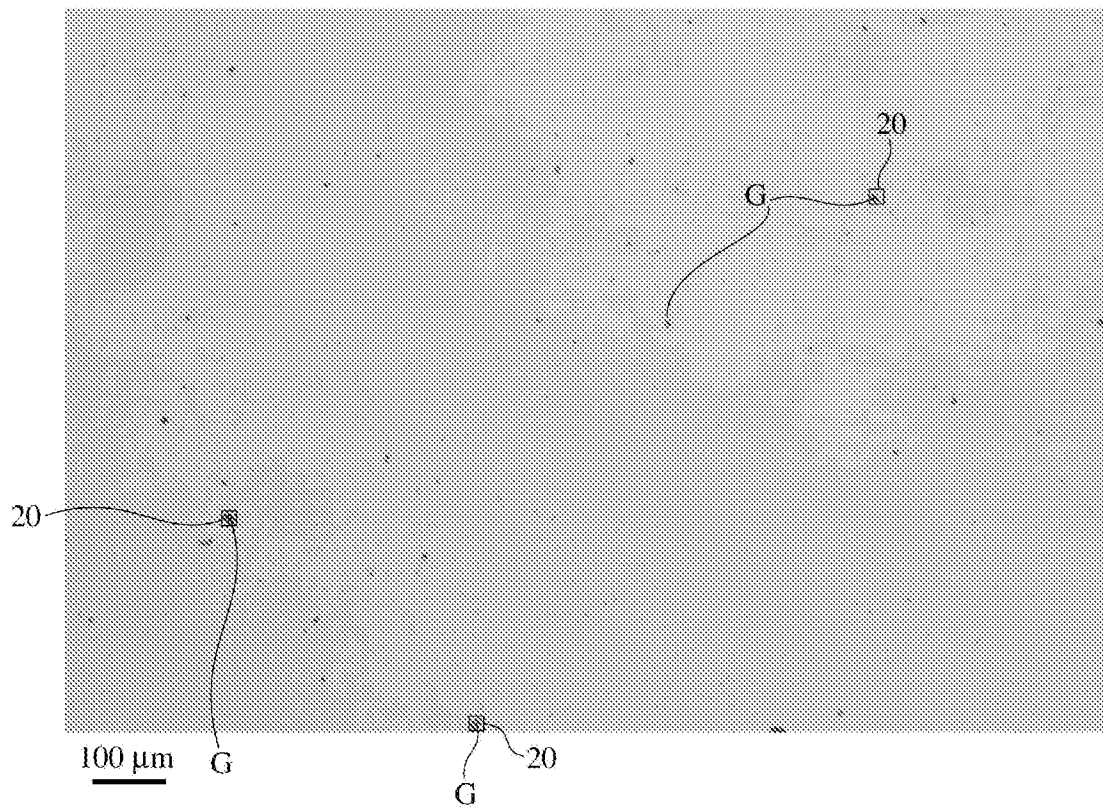
請求の範囲

- [請求項1] 質量基準でC : 1.3~2.8%、Si : 0.3~1.8%、Mn : 0.3~2.5%、Ni : 0~6.5%、Cr : 1~10%、Mo : 0.9~6%、W : 0~8%、V : 0.5~6%、Nb : 0~3%、及びB : 0%以上0.01%未満を含有し、残部がFe及び不可避的不純物からなるとともに、下記式(1)及び(2) :
- (1) : $1000 \leq 1177 - 52C + 14Si - 11Mn + 6.8Cr + 1W + 0.65Mo + 12V + 15Nb \leq 1115$
- (2) : $5 \leq Cr + Mo + 0.5W + V + 1.2Nb \leq 15$
- (ただし、C、Si、Mn、Cr、W、Mo、V及びNbはそれぞれの元素の質量%を示す。)
- を満足する化学組成を有し、かつ
- 共晶炭化物を含有し、黒鉛を含有しない組織を有することを特徴とする圧延ロール用外層。
- [請求項2] 請求項1に記載の圧延ロール用外層において、示差熱分析により求めた複数の凝固発熱開始温度のうち、最も低い凝固発熱開始温度が1100°C以下であることを特徴とする圧延ロール用外層。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の圧延ロール用外層において、さらに質量基準でCo : 5%以下、Zr : 0.5%以下、Ti : 0.5%以下、及びAl : 0.5%以下からなる群から選ばれた少なくとも1種を含有することを特徴とする圧延ロール用外層。
- [請求項4] 請求項1~3のいずれかに記載の外層が内層に溶着一体化した構造を有することを特徴とする圧延用複合ロール。
- [請求項5] 請求項1に記載の圧延用複合ロールにおいて、前記内層がダクタイル鉄からなることを特徴とする圧延用複合ロール。
- [請求項6] 請求項4又は5に記載の圧延用複合ロールにおいて、前記外層が遠心鑄造法により形成されたことを特徴とする圧延用複合ロール。

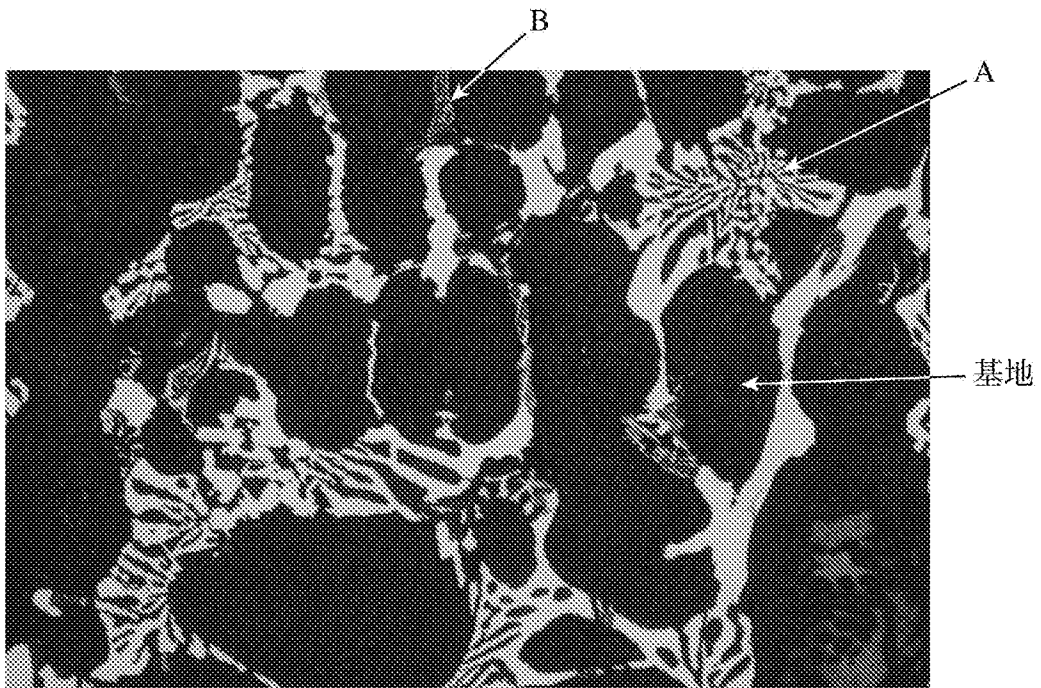
[図1]



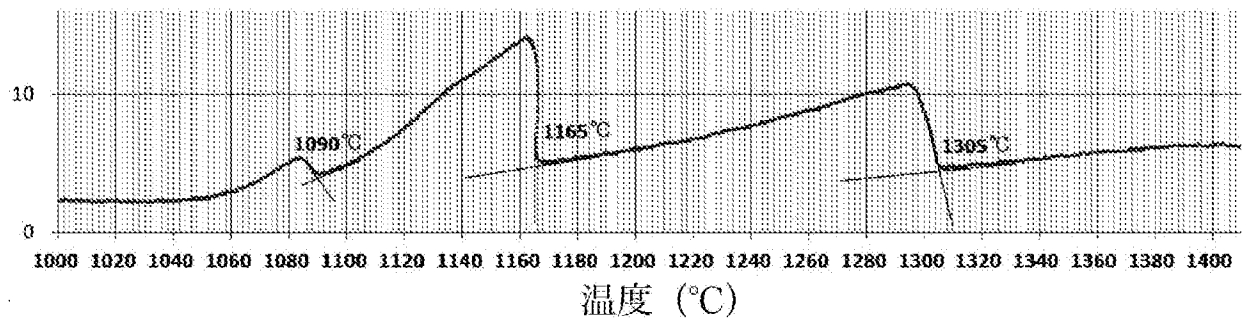
[図2]



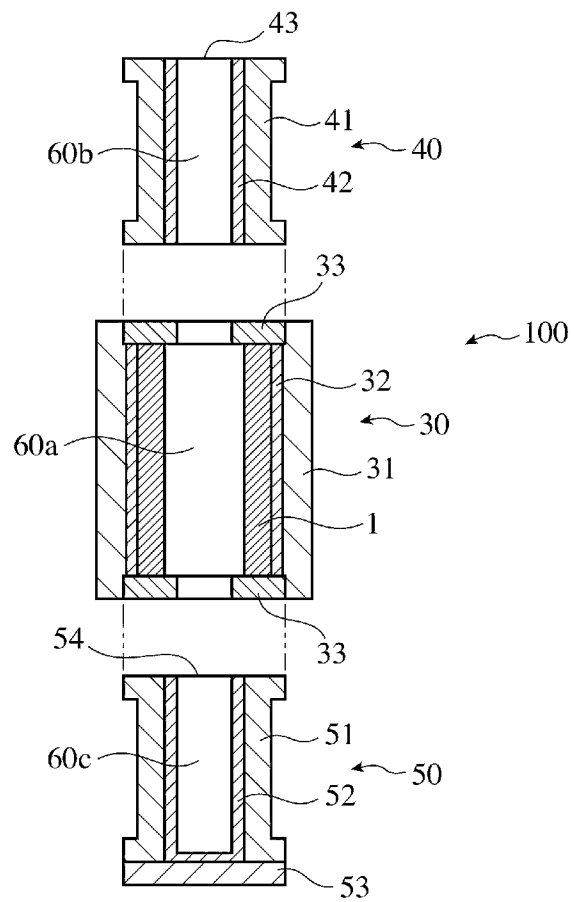
[図3]



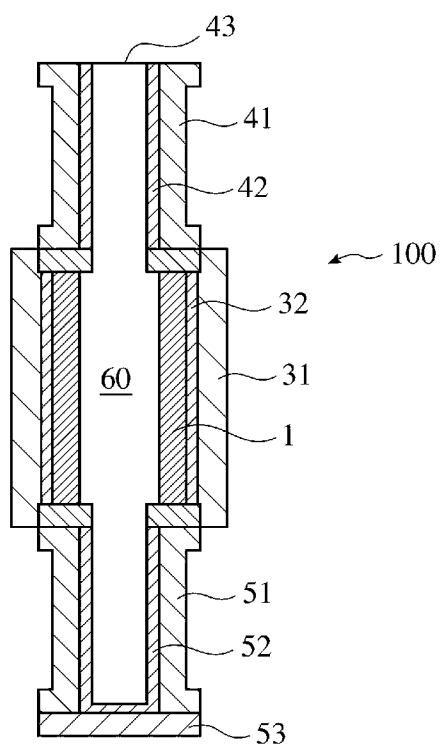
[図4]



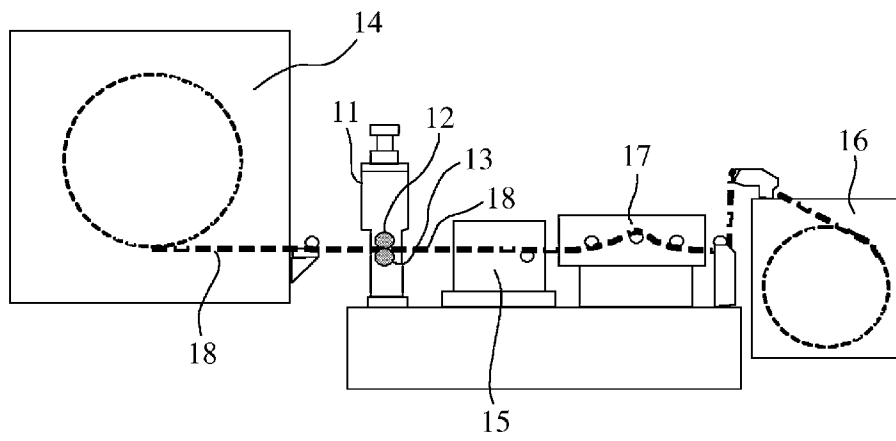
[図5(a)]



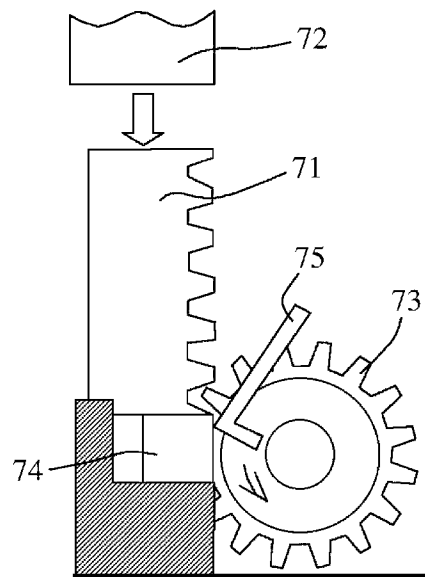
[図5(b)]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/012682

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
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, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i, C21D9/38(2006.01)n
 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)
B21B27/00, B22D13/02, B22D19/16, C22C37/00, C22C37/08, C22C38/00, C22C38/58, C21D9/38

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	WO 2015/045720 A1 (Hitachi Metals, Ltd.), 02 April 2015 (02.04.2015), & US 2016/0193637 A1 & TW 201515737 A & KR 10-2016-0060061 A & JP 5843055 B2 & EP 3050638 A1 & CN 105579157 A	1-6
A	WO 2014/178437 A1 (Hitachi Metals, Ltd.), 06 November 2014 (06.11.2014), & US 2015/0336353 A1 & EP 2902124 A1 & KR 10-2015-0052366 A & CN 105121044 A & TW 201505730 A	1-6
A	WO 2016/031519 A1 (Kubota Corp.), 03 March 2016 (03.03.2016), & JP 2016-43389 A	1-6

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 02 May 2017 (02.05.17)	Date of mailing of the international search report 16 May 2017 (16.05.17)
---	--

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, C22C38/00(2006.01)i, C22C38/58(2006.01)i, C21D9/38(2006.01)n

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, B22D13/02, B22D19/16, C22C37/00, C22C37/08, C22C38/00, C22C38/58, C21D9/38

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	WO 2015/045720 A1（日立金属株式会社）2015.04.02, & US 2016/0193637 A1 & TW 201515737 A & KR 10-2016-0060061 A & JP 5843055 B2 & EP 3050638 A1 & CN 105579157 A	1-6
A	WO 2014/178437 A1（日立金属株式会社）2014.11.06, & US 2015/0336353 A1 & EP 2902124 A1 & KR 10-2015-0052366 A & CN 105121044 A & TW 201505730 A	1-6
A	WO 2016/031519 A1（株式会社クボタ）2016.03.03, & JP 2016-43389 A	1-6

☐ 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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 02.05.2017	国際調査報告の発送日 16.05.2017
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） 坂本 薫昭 電話番号 03-3581-1101 内線 3425