

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6516093号
(P6516093)

(45) 発行日 令和1年5月22日 (2019.5.22)

(24) 登録日 平成31年4月26日 (2019.4.26)

(51) Int. Cl.

F 1

C 2 2 C 38/00 (2006.01)
 C 2 2 C 37/00 (2006.01)
 C 2 2 C 38/58 (2006.01)
 C 2 2 C 38/60 (2006.01)
 B 2 2 D 11/00 (2006.01)

C 2 2 C 38/00 3 O 2 E
 C 2 2 C 38/00 3 O 1 L
 C 2 2 C 37/00 B
 C 2 2 C 38/58
 C 2 2 C 38/60

請求項の数 4 (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-62245 (P2015-62245)
 (22) 出願日 平成27年3月25日 (2015.3.25)
 (65) 公開番号 特開2016-180167 (P2016-180167A)
 (43) 公開日 平成28年10月13日 (2016.10.13)
 審査請求日 平成30年2月13日 (2018.2.13)

(73) 特許権者 000005083
 日立金属株式会社
 東京都港区港南一丁目2番70号
 (72) 発明者 野崎 泰則
 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
 (72) 発明者 小田 望
 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
 (72) 発明者 服部 敏幸
 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

審査官 鈴木 葉子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

連続鋳掛け肉盛鋳造法により形成された外層と、鋼からなる内層とが溶着一体化してなる連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールであって、前記外層が質量基準で、C:1~3%、Si:0.4~3%、Mn:0.3~3%、Ni:0.1~3%、Cr:2~7%、Mo:2~10%、V:3~9%、B:0.01~0.12%、及びN:0.01~0.07%を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物からなる化学組成を有し、かつ下記式(1):

$$\text{Cr}/(\text{Mo}+0.5\text{W}) < -2/3[\text{C}-0.2(\text{V}+1.19\text{Nb})]+11/6 \quad \cdots (1)$$

により表される関係(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。)を満足し、面積率で1~20%のMC炭化物、0.5~20%の炭ホウ化物、及び0.5~20%のMo系共晶炭化物を含有し、かつ下記式(2):

$$30.23+2.74 \times (\text{MC炭化物の面積率})+4.01 \times (\text{Mo系共晶炭化物の面積率})-5.63 \times (\text{炭ホウ化物の面積率}) \leq 50 \quad \cdots (2)$$

の関係を満足し、500以上のビッカース硬さHvを有することを特徴とする連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロール。

【請求項2】

請求項1に記載の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールにおいて、前記外層がさらに3質量%以下のNb及び7質量%以下のWを含有することを特徴とする連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロール。

【請求項3】

請求項1又は2に記載の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールにおいて、前記外層がさらに0.05～0.3質量%のSを含有することを特徴とする連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロール。

【請求項4】

請求項1～3のいずれかに記載の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールにおいて、前記外層がさらに質量基準で、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一種を含有することを特徴とする連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、耐摩耗性、耐焼付き性（耐事故性）及び耐肌荒れ性に優れた外層及び韌性に優れた内層を有する複合構造の連続鋳掛け肉盛鋳造製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。

20

【0003】

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。熱間薄板に接触する外層は、一定の期間の熱間圧延により大きな熱的及び機械的な圧延負荷を受けるので、表面に摩耗、肌荒れ、ヒートクラック等の損傷が生じるのは避けられない。外層からこれらの損傷を研削除去した後、ワークロールは再び圧延に供される。ロール外層から損傷部を研削除去することは「改削」と呼ばれる。ワークロールは、初径から圧延に使用可能な最小径（廃却径）まで改削された後、廃却される。初径から廃却径までを圧延有効径と呼ぶ。圧延有効径内の外層は、ヒートクラックのような大きな損傷を防止するために、優れた耐摩耗性、耐事故性及び耐肌荒れ性を有するのが望ましい。

30

【0004】

優れた耐摩耗性、耐事故性及び耐肌荒れ性が要求されるホットストリップミルの仕上げスタンド用のワークロールとして、高速度鋼からなる外層と韌性に優れた内層を有する熱間圧延用複合ロールが提案されている。

【0005】

例えば、特開2002-161332号（特許文献1）は、質量%で、C：1.5～3.5%、Si：0.2～3.0%、Mn：0.2～2.0%、Cr：2.0～15%、Mo：0.2～10%、V：2.0～10%、B：0.001～0.5%、Al：0.001～0.5%、Ti：0.001～0.5%、Zr：0.001～0.5%、Cu：0.001～0.5%、Mg：0.001～0.5%、Ca：0.001～0.5%を含有し、残部Fe及び不可避免的不純物からなる外層と、前記外層に、金属的に接合した鋳鋼または鍛鋼製の軸とからなる連続鋳掛け肉盛り製熱間圧延用複合ロールを提案している。連続鋳掛け肉盛とは、鋼材からなる芯材の周囲に外層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圧延用複合ロールの製造方法である。さらに、外層が質量%で、Ni：0.1～5%、W：0.2～10%、Nb：0.2～6%、Co：0.2～10%の1種または2種以上含有することを提案している。この複合ロールは良好な耐摩耗性及び耐肌荒れ性を有する。Bの添加により外層の焼入れ性が高まり、また韌性の低下を防ぐことができる。しかし、この外層の耐摩耗性、耐事故性及び耐肌荒れ性についてはまだ不十分であった。

40

【0006】

特開平3-254304号（特許文献2）は、面積比で、粒状炭化物5～30%と、非粒状炭化物5%以下とを含有する組織からなり、かつ基地の硬さがビッカース硬さ（Hv）550以上の外層

50

材と、鋼製の芯材とからなり、外層の化学成分が重量％で、C：1.0～3.5％、Si：3.0％以下、Mn：1.5％以下、Cr：2～10％、Mo：9％以下、W：20％以下、V：2～15％、P：0.08％以下、S：0.06％以下、残部Fe及び不純物元素からなる連続鋳掛け肉盛製の耐摩耗複合ロールを開示している。さらに、外層が重量％で、B：300ppm（0.03％）以下、Ni：5.0％以下、Nb：5.0％以下、Co：5.0％以下のいずれか1種以上含有することを開示している。この複合ロールは良好な耐摩耗性及び耐肌荒れ性を有する。外層の不純物として微量のBが含まれ、B：300ppm以下に制限すると、共晶炭化物に沿って発生するクラックを起点にして結晶粒単位で脱落摩耗することによる肌荒れを抑える。しかし、この外層の耐摩耗性、耐事故性及び耐肌荒れ性はまだ不十分であった。

【0007】

10

特開2005-264322号（特許文献3）は、外層と内層が溶着一体化してなる熱間圧延用複合ロールであって、前記外層が、質量比でC：1.8～3.5％、Si：0.2～2％、Mn：0.2～2％、Cr：4～15％、Mo：2～10％、V：3～10％、P：0.1～0.6％、及びB：0.05～0.5％を含有し、さらにNb：3％以下、W：5％以下、Ni：5％以下、及びCo：2％以下を含有して良く、残部Fe及び不可避免の不純物からなる組成を有する耐焼付き性に優れた遠心鋳造製熱間圧延用複合ロールを開示している。特許文献3は、Bは、Pとともに含有させ、融点の低いM-C-（P，B）系共晶化合物を形成して耐焼付き性を向上させる。0.03％以下のSを含有しても良いと記載している。しかし、この外層の耐摩耗性、耐事故性及び耐肌荒れ性は不十分であった。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2002-161332号

【特許文献2】特開平3-254304号

【特許文献3】特開2005-264322号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従って本発明の目的は、耐摩耗性、耐事故性及び耐肌荒れ性に優れた外層と、強靱な内層とを有する連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールを提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールは、連続鋳掛け肉盛鋳造法により形成された外層と、鋼からなる内層とが溶着一体化してなり、前記外層が質量基準で、C：1～3％、Si：0.4～3％、Mn：0.3～3％、Ni：0.1～3％、Cr：2～7％、Mo：2～10％、V：3～9％、及びB：0.01～0.12％を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物からなる化学組成を有し、かつ下記式(1)：

$$\text{Cr}/(\text{Mo}+0.5\text{W}) < -2/3[\text{C}-0.2(\text{V}+1.19\text{Nb})]+11/6 \quad \cdots (1)$$

により表される関係（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。）を満足し、面積率で1～20％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ことを特徴とする。

40

【0011】

前記外層はさらに3質量％以下のNb及び7質量％以下のWを含有するのが好ましい。

【0012】

前記外層はさらに0.05～0.3質量％のSを含有するのが好ましい。

【0013】

前記外層はさらに0.01～0.07質量％のNを含有するのが好ましい。

【0014】

前記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一種を含有するのが好ましい。

50

【0015】

前記外層は下記式(2)：

$$30.23 + 2.74 \times (\text{MC炭化物の面積率}) + 4.01 \times (\text{Mo系炭化物の面積率}) - 5.63 \times (\text{炭ホウ化物の面積率}) \leq 50 \quad \cdots (2)$$

の関係を満足するのが好ましい。

【0016】

前記外層は500以上のビッカース硬さHvを有するのが好ましい。

【発明の効果】

【0017】

本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールの外層は、0.01～0.12%のBを含有するので、生成する炭ホウ化物により耐焼付き性が向上している。その上、本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールの外層はMC炭化物により高い耐摩耗性を有する。また、本発明のロールは、耐摩耗性に優れるため圧延負荷に対する表面損傷が少なく、また耐焼付き性にも優れるため圧延材が焼付き、付着する肌荒れに対しても優れた特性を持っている。この結果、圧延後のロール肌がなめらかであり、これによって圧延される製品品質も良好なものが得られる。よって、高い耐摩耗性だけでなく、優れた耐焼付き性及び耐肌荒れ性を有する本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールは、熱間または冷間圧延に用いることができ、中でも熱間圧延に用いるのに好適であり、特にホットストリップミルの仕上げ圧延段に用いるのに好適である。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】圧延用複合ロールを示す概略断面図である。

【図2】本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製複合ロールの製造に用いる装置の一例を示す概略断面図である。

【図3】Mo系炭化物を主体とする共晶炭化物が生成する領域を示すグラフである。

【図4】圧延摩耗試験機を示す概略図である。

【図5】摩擦熱衝撃試験機を示す概略図である。

【図6】実施例1の試験片の光学顕微鏡写真Aである。

【図7】実施例1の試験片の光学顕微鏡写真Bである。

【図8】実施例1の試験片の光学顕微鏡写真Cである。

【図9】実施例1の試験片の光学顕微鏡写真Dである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

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。

【0020】

[1] 連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロール

図1は連続鋳掛け肉盛鋳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とからなる圧延用複合ロール10を示す。鋼からなる内層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。

【0021】

(A) 外層

(1) 必須元素

(a) C：1～3質量%

CはV(Nb)、Cr及びMoと結合して硬質の炭化物を生成し、耐摩耗性の向上に寄与する。Cが1質量%未満では耐摩耗性に寄与するMC炭化物の晶出が不十分であり、また3質量%を超えると炭化物量が過剰となって靱性が低下する。C含有量の下限は好ましくは1.4質量%である。またC含有量の上限は好ましくは2.9質量%であり、より好ましくは2.5質量%であり、最も好ましくは2.3質量%である。

【0022】

(b) Si：0.4～3質量%

Siは溶湯の脱酸により酸化物の欠陥を減少させる効果を有する。Siが0.4質量%未満では脱酸効果が不十分である。Siは基地に優先的に固溶する元素であるが、3質量%を超えると外層は脆化する。Si含有量の下限は好ましくは0.45質量%であり、より好ましくは0.5質量%である。またSi含有量の上限は好ましくは2.7質量%であり、より好ましくは2.5質量%であり、最も好ましくは2.0質量%である。

【0023】

(c) Mn：0.3～3質量%

Mnは溶湯の脱酸作用を有する他に、Sと結合して潤滑作用を有するMnSを生成する。Mnが0.3質量%未満ではそれらの効果は不十分である。一方、Mnが3質量%を超えてもさらなる効果は得られない。Mn含有量の下限は好ましくは0.35質量%である。またMn含有量の上限は好ましくは2.5質量%であり、より好ましくは1.9質量%であり、最も好ましくは1.7質量%である。

【0024】

(d) Ni：0.1～3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。しかし、Niが3質量%を超え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。Ni含有量の上限は好ましくは2.9質量%であり、より好ましくは2.8質量%であり、最も好ましくは2.7質量%である。添加効果が得られるNi含有量の下限は0.1質量%であり、好ましくは0.3質量%であり、より好ましくは0.55質量%、さらに好ましくは1質量%である。

【0025】

(e) Cr：2～7質量%

Crは基地をベーナイト又はマルテンサイトにして硬さを保持し、耐摩耗性を維持するのに有効な元素である。Crが2質量%未満ではその効果が不十分であり、また7質量%を超えると基地組織が脆化する。Crの含有量の下限は好ましくは2.5質量%であり、より好ましくは3.0質量%である。またCr含有量の上限は好ましくは6.8質量%であり、より好ましくは6.5質量%である。

【0026】

(f) Mo：2～10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。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2質量%未満ではそれらの効果は不十分である。一方、Moが10質量%を超えると外層の靱性が劣化する。Mo含有量の下限は好ましくは2.2質量%であり、より好ましくは2.5質量%であり、最も好ましくは3質量%である。またMo含有量の上限は好ましくは9.8質量%であり、より好ましくは9.6質量%であり、さらに好ましくは9.4質量%であり、最も好ましくは8質量%である。

【0027】

(g) V：3～9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。このMC炭化物は2500～3000のビッカース硬さHvを有し、炭化物の中で極めて硬い。Vが3質量%未満ではMC炭化物の晶出量が不十分である。一方、Vが9質量%を超えると、溶湯の酸化が激しくなり、粘性の増加によって酸化物などの異物噛みなどが発生しやすくなり健全な鑄造品が得られ難くなる。V含有量の下限は好ましくは3.2質量%であり、より好ましくは3.5質量%である。またV含有量の上限は好ましくは8.9質量%であり、より好ましくは8.8質量%であり、さらに好ましくは8.7質量%であり、最も好ましくは7質量%である。

【0028】

(h) B：0.01～0.12質量%

Bは潤滑作用を有する炭ホウ化物を形成する。炭ホウ化物は金属元素、炭素及びホウ素を含む相であり、典型的には50～80質量%のFe、5～17質量%のCr、0.5～2質量%のV、5～17質量%のMo+W、3～9質量%のC、及び1～2.5質量%のBを主成分とする。炭ホウ化物は微量成分としてSi、Mn、Ni及びNbを含有しても良い。

【0029】

炭ホウ化物の潤滑作用は特に高温で顕著に発揮されるので、熱間圧延材のかみ込み時の焼き付き防止に効果的である。有効な潤滑作用を発揮させるためには、炭ホウ化物の面積率は1～20%である。Bが0.01質量%未満では上記面積率範囲の炭ホウ化物が形成されない。一方、Bが0.12質量%を超えると外層が脆化する。B含有量の下限は好ましくは0.02質量%であり、より好ましくは0.03質量%である。またB含有量の上限は好ましくは0.1質量%である。

10

【0030】

(2) 任意元素

(a) Nb：3質量%以下

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。Nbが3質量%を超えると溶湯の酸化が激しくなり大気中での溶解が困難となり、健全な外層を得にくくなる。外層の耐摩耗性向上効果を得るには、Nb含有量の下限は0.1質量%が好ましい。Nb含有量の上限は好ましくは2.8質量%であり、より好ましくは2.5質量%であり、最も好ましくは2.3質量%である。

20

【0031】

(b) W：7質量%以下

WはCと結合して硬質の M_6C 及び M_2C の炭化物を生成し、外層の耐摩耗性向上に寄与する。しかし、Wが7質量%を超えると、 M_6C 炭化物が増加して靱性及び耐肌荒れ性の点で好ましくない。従って、Wを添加する場合には、その好ましい含有量は7質量%以下である。W含有量の上限はより好ましくは6.5質量%であり、最も好ましくは6質量%である。また上記添加効果を得るには、W含有量の下限はより好ましくは0.1質量%であり、最も好ましくは0.2質量%である。

【0032】

(c) S：0.05～0.3質量%

30

Sは潤滑作用を有するMnSを形成するが、0.3質量%を超えると外層の脆化が起こる。十分なMnSの潤滑作用を得るには、S含有量の上限は好ましくは0.2質量%であり、より好ましくは0.15質量%である。

【0033】

(d) N：0.01～0.07質量%

Nは炭化物を微細化する効果を有するが、0.07質量%を超えると外層が脆化する。十分な炭化物微細化効果を得るには、N含有量の下限は好ましくは0.01質量%であり、より好ましくは0.015質量%である。またN含有量の上限はより好ましくは0.06質量%である。

【0034】

(e) Co：5質量%以下

40

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0.1質量%が好ましい。Co含有量の上限はより好ましくは3質量%である。

【0035】

(f) 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。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。

50

【0036】

(g) Ti : 0.5質量%以下

TiはN及びOと結合し酸窒化物を形成する。これらが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、最も好ましくは0.2質量%である。

【0037】

(h) Al : 0.5質量%以下

Alは、N及びOと結合し酸窒化物を形成する。これらが溶湯中に懸濁されて核となり、MC炭化物を微細均一に晶出させる。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、最も好ましくは0.2質量%である。

【0038】

(3) 不可避的不純物

外層の組成の残部は実質的にFe及び不可避的不純物からなる。不可避的不純物のうち、Pは機械的性質の劣化を招くので、できるだけ少なくするのが好ましい。具体的には、Pの含有量は0.1質量%以下が好ましい。その他の不可避的不純物として、Cu、Sb、Te、Ce等の元素は合計で0.7質量%以下であれば良い。

【0039】

(4) 関係式

外層は下記式(1)：

$$\text{Cr}/(\text{Mo}+0.5\text{W}) < -2/3[\text{C}-0.2(\text{V}+1.19\text{Nb})] + 11/6 \quad \cdots (1)$$

[ただし、C、Cr、Mo、V、Nb及びWの記号はそれらにより表される元素の含有量(質量%)を示し、任意成分であるNb及びWを含有しない場合Nb及びWは0である。]により表される関係を満足することの特徴とする。式(1)はこれらの成分を含有する鋼材の組織を調べた結果得られたものである。式(1)の左辺の $\text{Cr}/(\text{Mo}+0.5\text{W})$ はCr系炭化物形成元素とMo系炭化物形成元素の比率を表し、右辺の $[\text{C}-0.2(\text{V}+1.19\text{Nb})]$ はCバランスを表す。下記式(1')：

$$\text{Cr}/(\text{Mo}+0.5\text{W}) = -2/3[\text{C}-0.2(\text{V}+1.19\text{Nb})] + 11/6 \quad \cdots (1')$$

は図3において直線Aにより表され、直線Aより下の領域(線上を含まない)はMo系炭化物を主体とする共晶炭化物が生成する領域であり、直線Aより上の領域(線上を含む)はCr系炭化物を主体とする共晶炭化物が生成する領域である。従って、式(1)は、図3において直線Aより下のMo系炭化物を主体とする共晶炭化物が生成する領域を表す。

【0040】

(5) 組織

外層の組織は、MC炭化物、 M_2C や M_6C のMoを主体とする炭化物(Mo系炭化物)、及び炭ホウ化物を含有する。分析の結果、炭ホウ化物は $\text{M}_{23}(\text{C}, \text{B})_6$ の組成を有すると考えられる。外層の組織はその他に、僅かな量の M_7C_3 や M_{23}C_6 のCrを主体とする炭化物(Cr系炭化物)を含有する。

【0041】

外層は面積率で1~20%のMC炭化物を含有する。耐摩耗性に寄与するMC炭化物の面積率が1%未満では外層1は十分な耐摩耗性を有さない。一方、MC炭化物の面積率が20%を超えると、外層1は脆化する。MC炭化物の面積率の下限は好ましくは4%であり、MC炭化物の面積率の上限は好ましくは15%である。

【0042】

外層は面積率で0.5~20%の炭ホウ化物を含有し、その潤滑作用により優れた耐焼き付き性を示す。炭ホウ化物の面積率の下限は好ましくは1%であり、より好ましくは2%である。また、炭ホウ化物の面積率の上限は好ましくは15%であり、より好ましくは10%であ

10

20

30

40

50

る。

【0043】

外層はさらに面積率で0.5～20%のMo系炭化物を含有し、耐摩耗性の向上に寄与する。Mo系炭化物の面積率の下限は好ましくは1%であり、Mo系炭化物の面積率の上限は好ましくは12%である。基地はマルテンサイト及び／又はベーナイトが主体であるが、ツールステイトが析出する場合もある。

【0044】

外層は下記式(2)：

$$30.23 + 2.74 \times (\text{MC炭化物の面積率}) + 4.01 \times (\text{Mo系炭化物の面積率}) - 5.63 \times (\text{炭ホウ化物の面積率}) \leq 50 \quad \dots (2)$$

の関係を満足するのが好ましい。式(2)は、各組織要素の耐焼付き性に対する影響から実験的に求めたものである。MC炭化物の面積率、Mo系炭化物の面積率及び炭ホウ化物の面積率が式(2)の関係を満足することにより、耐焼付き性に優れた外層1が得られる。外層1のビッカース硬さHvは500以上が好ましく、550～800がより好ましい。

【0045】

連続鋳掛け肉盛鋳造法で形成された本発明の圧延用複合ロールの外層は、遠心鋳造法で形成された外層に比べ微細な組織となり、また遠心鋳造法で形成された外層のように遠心分離の作用による影響がなく、外層半径方向の組織がより均一になる。

【0046】

(B) 内層

内層2は強靱な鋼からなり、鋳鋼または鍛鋼のいずれでもよい。内層2は軸材や芯材とも呼ばれる。内層2の鋼はCを0.1～2質量%含む鋳鋼または鍛鋼が好ましい。例えばクロムモリブデン鋼、ニッケルクロムモリブデン鋼が好ましい。また引張強さ55kg/mm²以上及び伸び1.0%以上有するのが好ましい。外層1の長寿命化に応じて内層2のジャーナル部（軸部）22、23の寿命も長くするために、高い耐摩耗性を有するのが好ましい。ジャーナル部の摩耗により軸受との間のガタが大きくなると、複合ロール10を廃却せざるを得ない。

【0047】

[2] 連続鋳掛け肉盛鋳造製圧延用複合ロールの製造方法

図2は、本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製複合ロールの製造に用いる装置の一例を示す概略断面図である。本装置はテーパ部および平行部の周壁を有するロート状の耐火枠31と、その下に同軸的に設置された冷却型32とからなる組合せモールド30を有する。耐火枠31には、この外周を包囲するように環状の誘導加熱用コイル33が配置されており、またその下部に同軸的に耐火枠31の下部と同径の内孔を有する環状の緩衝型34が設けられている。またその下方の冷却型32は緩衝型34とほぼ同じ内径を有し、かつ同軸的である。冷却型32の入口35から冷却水が連続的に型内に導入され、出口36から排出される。

【0048】

以上の構成の組合せモールド30の内側にロールの内層37をセットする。内層37の下端または必要に応じて下端から適宜はなれた位置に注入外層の外径とほぼ同径の外径を有する閉止部材（図示せず）を固定し、さらにその下部は内層37の昇降機構（図示せず）に取付ける。内層37と耐火枠31との間の空間に溶解炉で溶解した外層形成用の溶湯38を注入し、溶湯表面は溶融フラックス39で空気に触れないようにシールする。そして溶湯38が凝固しないように加熱コイル33で加熱攪拌する。次に内層37に固定された閉止部材を内層37とともに逐次降下させる。内層37及び閉止部材の降下と連動して溶湯38も降下し、緩衝型34および冷却型32面で溶湯38の凝固が始まる。この凝固のとき内層37と外層は完全に金属的に接合される。溶湯の表面も内層37及び閉止部材の降下に併せて低下してくるが、溶湯38を適宜追加で注入して液面をある水準に保持する。そして、降下と注入を順次くり返して溶湯38を下方から逐次凝固させて外層40の形成を行う。このような連続鋳掛け肉盛鋳造法により、内層のまわりに外層を形成した後、所望のロール形状に加工する。

【0049】

本発明の連続鋳掛け肉盛鋳造製複合ロールは焼入れと焼戻しの熱処理が施される。焼入れ

により外層の硬さを向上させる。焼戻しにより外層の硬さと残留応力を調整するとともに外層の靱性を向上させる。焼入れ温度は900～1000℃が好ましい。より好ましくは900～950℃である。焼入れ温度が高すぎると、外層に生成している比較的低融点の炭ホウ化物が溶けてマイクロキャビティ欠陥が発生しやすくなることもあるので好ましくない。また、焼入れ後、450～600℃で焼戻しするのが好ましい。

【0050】

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。

【0051】

図2に示す連続鋳掛け肉盛鋳造製複合ロールの製造装置を使用して、表1に示す組成の各溶湯を用いて外層1を連続鋳掛け肉盛鋳造法により、鋼材（SCM440）からなる内層に肉盛りし、内層2の外面に外層1が一体的に溶着した実施例および比較例の連続鋳掛け肉盛鋳造製複合ロールを製造した。内層の外径φ600mm、ロールの外径φ750mm、外層の肉盛り厚さ75mm、外層の肉盛り長さ3000mmである。肉盛鋳造後、軟化焼鈍を施し、粗加工を実施後、950℃からの焼入れを施した後、500～600℃で焼戻しを実施した。

【0052】

【表1-1】

例 No.	外層組成（質量％）							
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Nb	W
実施例 1	2.01	0.51	0.48	5.52	6.07	6.35	0.60	0.24
実施例 2	1.86	0.79	0.34	4.67	5.63	6.20	—	—
比較例 1	1.86	0.90	0.85	5.12	6.10	5.24	1.46	0.18

【0053】

【表1-2】

例 No.	外層組成（質量％）							
	B	S	N	Ni	Co	Zr	Ti	Al
実施例 1	0.048	—	0.059	1.85	—	—	—	—
実施例 2	0.079	0.06	0.039	1.21	—	—	0.05	—
比較例 1	0.007	—	0.037	—	—	—	—	—

注：「—」は「添加せず」を意味する。

【0054】

【表1-3】

例 No.	式(1) の 左辺 ⁽¹⁾	式(1) の 右辺 ⁽²⁾
実施例 1	0.89	1.44
実施例 2	0.83	1.42
比較例 1	0.83	1.52

注：(1) $\text{Cr}/(\text{Mo}+0.5\text{W})$ の値。

(2) $-2/3[\text{C}-0.2(\text{V}+1.19\text{Nb})]+11/6$ の値。

【0055】

各実施例及び比較例の外層から切り出した各試料のビッカース硬さHvを測定した。結果を表3に示す。

【0056】

各実施例及び比較例の外層から切り出した試験片について、下記の手順により光学顕微鏡により組織観察を行った。

工程1：各試験片を炭化物が浮き立たないように鏡面研磨した。

工程2：各試験片を村上氏薬で約30秒間腐食した後、各試験片の組織の光学顕微鏡写真Aを撮影した。

工程3：各試験片を平均粒径3 μmのダイヤモンド微粒子のペーストを用いて10～30秒間バフ研磨した。

工程4：工程2の写真と同じ視野で各試験片の組織の光学顕微鏡写真Bを撮影した。

工程5：各試験片をクロム酸電解腐食で約1分間腐食した後、工程2の写真と同じ視野で各試験片の組織の光学顕微鏡写真Cを撮影した。

工程6：各試験片を過硫酸アンモニウム水溶液で約1分間腐食した。

工程7：工程2の写真と同じ視野で各試験片の組織の光学顕微鏡写真Dを撮影した。

10

【0057】

実施例1の試験片について、光学顕微鏡写真Aを図6に示し、光学顕微鏡写真Bを図7に示し、光学顕微鏡写真Cを図8に示し、光学顕微鏡写真Dを図9に示す。写真A～Dから測定可能な組織要素を表2に○印で示す。

【0058】

【表2】

写真	MC炭化物	Mo系炭化物	Cr系炭化物	炭ホウ化物	基地
A	—	○	○	—	—
B	—	○	—	—	—
C	○	○	—	—	—
D	○	○	—	—	○

20

【0059】

画像解析ソフトを用いて、それぞれの写真から下記の方法によりMC炭化物、Mo系炭化物及び炭ホウ化物の面積率を求めた。結果を表3に示す。

(1) 光学顕微鏡写真Aにおいて黒い部分はMo系炭化物及びCr系炭化物であるので、写真AからMo系炭化物+Cr系炭化物の面積率を求めた。

(2) 光学顕微鏡写真Bにおいて黒い部分はMo系炭化物であるので、写真BからMo系炭化物の面積率を求めた。写真Aから求めたMo系炭化物+Cr系炭化物の面積率から、写真Bから求めたMo系炭化物の面積率を差し引くことにより、Cr系炭化物の面積率を求めた。

30

(3) 光学顕微鏡写真Cにおいて黒い部分はMC炭化物及びMo系炭化物であるので、写真CからMC炭化物+Mo系炭化物の面積率を求めた。写真Cから求めたMC炭化物+Mo系炭化物の面積率から、写真Bから求めたMo系炭化物の面積率を差し引くことにより、MC炭化物の面積率を求めた。

(4) 光学顕微鏡写真Dにおいて黒い部分は基地、MC炭化物及びMo系炭化物であり、白い部分は炭ホウ化物及びCr系炭化物であるので、写真Dで求めた炭ホウ化物+Cr系炭化物の面積率から上記(2)で求めたCr系炭化物の面積率を差し引くことにより、炭ホウ化物の面積率を求めた。

【0060】

40

【表3】

例 No.	面積率 (%)			式(2)の 左辺	ピッカース 硬さ Hv
	MC炭化物	Mo系炭化物	炭ホウ化物		
実施例1	10.02	3.47	8.63	23.0	684.9
実施例2	8.78	1.41	4.45	34.9	638.0
比較例1	9.36	5.81	0.58	75.9	684.4

注：式(2)の左辺=30.23+2.74×(MC炭化物の面積率)+4.01×(Mo系炭化物の面積率)－5.63×(炭ホウ化物の面積率)。

【0061】

50

実施例1の外層組織中に存在する炭ホウ化物を、電界放出型電子線マイクロアナライザー（FE-EPMA）で分析の結果、炭ホウ化物は66.0質量％のFe、12.8質量％のCr、1.3質量％のV、13.5質量％のMo+W、3.5質量％のC、及び1.8質量％のBを主成分とする組成を有することが分った。

【0062】

実施例及び比較例の各外層用溶湯を用いて、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4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、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。結果を表4に示す。

圧延材：SUS304

圧下率：25％

圧延速度：150 m／分

圧延材温度：900℃

圧延距離：300 m／回

ロール冷却：水冷

ロール数：4重式

【0063】

耐事故性を評価するため、図5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。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4に示す。焼付きが少ないほど耐事故性が良い。

○：焼付き殆ど無し（焼付き面積率が40％未満）。

△：僅かな焼付き有り（焼付き面積率が40％以上60％未満）。

×：著しい焼付き有り（焼付き面積率が60％以上）。

【0064】

【表4】

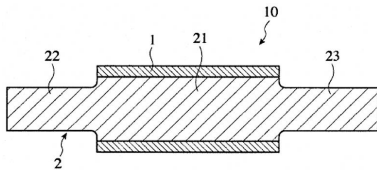
例 No.	外層	
	摩耗 (μm)	焼付きの有無
実施例 1	6.0	○
実施例 2	9.0	○
比較例 1	7.4	×

【符号の説明】

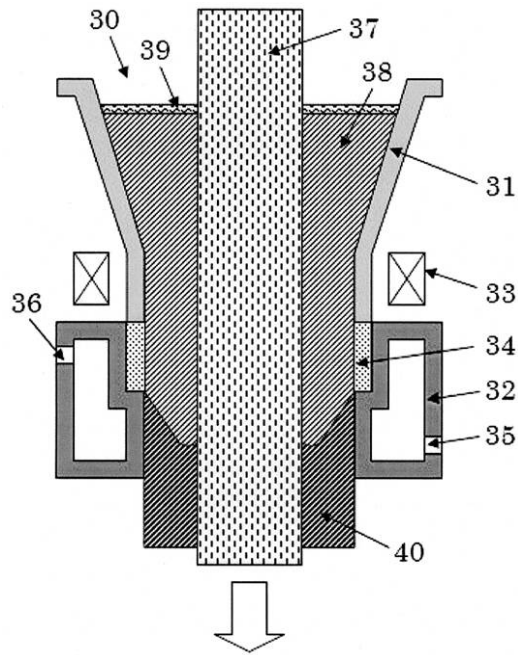
【0065】

10・・・連続鑄掛け肉盛鑄造製圧延用複合ロール、
 1・・・外層、 2・・・内層、 21・・・胴芯部、 22、23・・・軸部、
 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、 30・・・組合せモールド、 31・・・耐火枠、
 32・・・冷却型、 33・・・誘導加熱用コイル、 34・・・緩衝型、
 35・・・冷却水入口、 36・・・冷却水出口、 37・・・内層、
 38・・・溶湯、 39・・・溶融フラックス、 71・・・ラック、 72・・・重り、
 73・・・ピニオン、 74・・・試験材、 75・・・噛み込み材

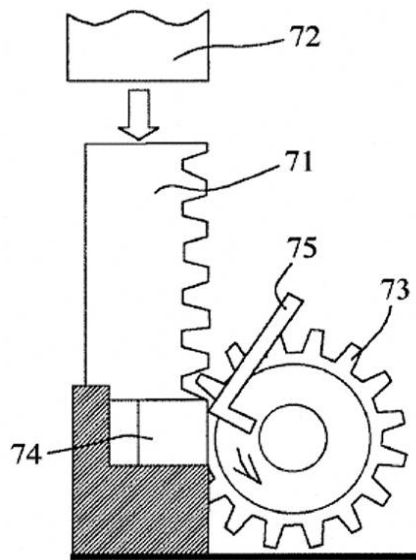
【図 1】



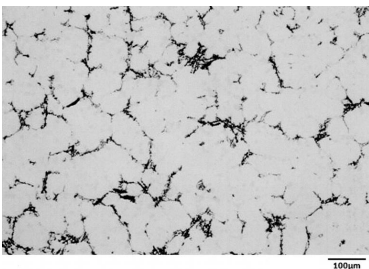
【図 2】



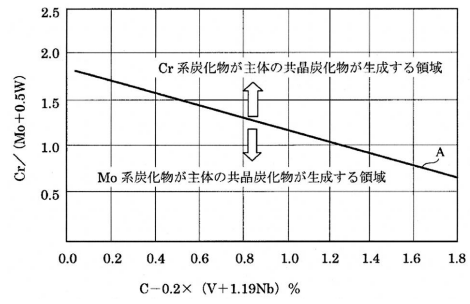
【図 5】



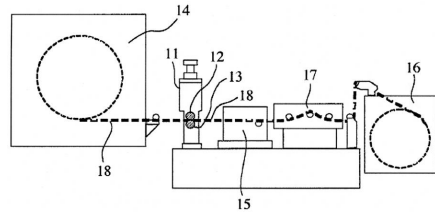
【図 6】



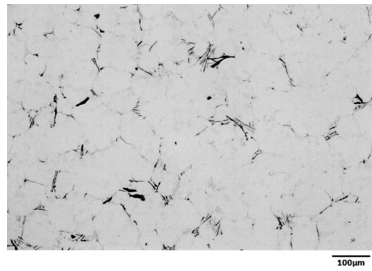
【図 3】



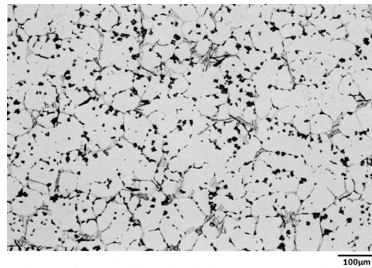
【図 4】



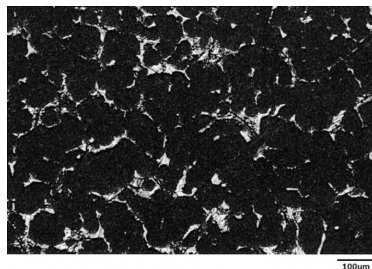
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
C 2 1 D	9/38	(2006.01)	B 2 2 D	11/00 N
			B 2 2 D	11/00 A
			C 2 1 D	9/38 A

(56)参考文献 特開2005-171285 (JP, A)
特開2002-161332 (JP, A)
特開平07-179997 (JP, A)
特開2005-264322 (JP, A)
欧州特許出願公開第02660344 (EP, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C 2 2 C 38/00-38/60
C 2 2 C 37/00-37/10