

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7406101号  
(P7406101)

(45)発行日 令和5年12月27日(2023.12.27)

(24)登録日 令和5年12月19日(2023.12.19)

(51)国際特許分類	F I
C 2 3 C 4/06 (2016.01)	C 2 3 C 4/06
B 2 1 B 25/00 (2006.01)	B 2 1 B 25/00 A
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Y
C 2 2 C 38/16 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 2 Z
	C 2 2 C 38/16

請求項の数 5 (全10頁)

(21)出願番号	特願2020-78393(P2020-78393)	(73)特許権者	000006655 日本製鉄株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22)出願日	令和2年4月27日(2020.4.27)	(74)代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
(65)公開番号	特開2021-172859(P2021-172859 A)	(74)代理人	100175802 弁理士 寺本 光生
(43)公開日	令和3年11月1日(2021.11.1)	(74)代理人	100134359 弁理士 勝俣 智夫
審査請求日	令和4年12月5日(2022.12.5)	(74)代理人	100188592 弁理士 山口 洋
		(72)発明者	渡邊 耕太郎 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
		(72)発明者	東田 泰斗

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 溶射材及び穿孔プラグの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鉄合金製外皮と、  
前記鉄合金製外皮の内部に充填されたフラックスと  
を備える溶射材であって、  
化学成分が、質量%で、  
C : 0 . 0 1 5 ~ 0 . 6 0 0 %、  
S i : 0 . 0 0 1 ~ 5 . 0 0 0 %、  
M n : 0 . 0 0 1 ~ 5 . 0 0 0 %、  
W : 0 . 0 1 0 ~ 2 5 . 0 0 0 %、および  
C u : 0 ~ 0 . 3 0 %を含有し、  
残部がF e及び不可避不純物からなる  
ことを特徴とする溶射材。

【請求項2】

化学成分が、質量%で、  
C : 0 . 0 1 5 ~ 0 . 6 0 0 %、  
S i : 0 . 0 0 1 ~ 5 . 0 0 0 %、  
M n : 0 . 0 0 1 ~ 5 . 0 0 0 %、  
S : 0 ~ 0 . 1 0 0 %、  
P : 0 ~ 0 . 1 0 0 %、

W : 0 . 0 1 0 ~ 2 5 . 0 0 0 %、および  
 C u : 0 ~ 0 . 3 0 %を含有し、  
 残部がF e及び不可避不純物からなる  
 ことを特徴とする請求項 1 に記載の溶射材。

【請求項 3】

前記鉄合金製外皮と、  
 前記鉄合金製外皮の内部に充填された前記フラックスと  
 を備える線材である  
 ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の溶射材。

【請求項 4】

前記鉄合金製外皮のW含有量が、4 . 0 0 0 %以下であることを特徴とする請求項 1 ~  
 3 のいずれかに記載の溶射材。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 にいずれか一項に記載の溶射材を用いた穿孔プラグの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、溶射材及び穿孔プラグの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、継目無鋼管の需要は顕著な増加を示し、特に、過酷な環境で使用される継目無鋼管の需要は増加が著しい。過酷な環境では、ステンレス鋼、Ni基合金鋼及び9%以上の高Cr含有鋼などの高合金鋼の継目無鋼管が適する。

【0003】

継目無鋼管を熱間で製造する方法として、マンネスマン製管法が広く採用されている。マンネスマン製管法では、所定温度に加熱された丸ビレットを穿孔圧延機（ピアサ）に送給し、その丸ビレットの軸心部を穿孔してホローシェルと称される中空素管を得る。

【0004】

穿孔圧延機による穿孔圧延においては、穿孔用工具として砲弾形状のプラグが用いられる。

【0005】

例えば、特許文献1は、鉄線材でアーク溶射され、酸化物およびFeで構成される被膜が形成されていることを特徴とする穿孔圧延用プラグを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特許第4279350号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に開示されるアーク溶射では、溶射材として鉄線材を用いることから、プラグの母材表面に形成される皮膜は、Fe酸化物（酸化鉄）およびFeで構成される。しかしながら、Fe酸化物（酸化鉄）およびFeで構成される溶射被膜を有する穿孔プラグの穿孔効率は十分ではなかった。

【0008】

本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、穿孔効率に優れた穿孔プラグを製造するための溶射材及び穿孔効率に優れた穿孔プラグの製造方法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】

【0009】

10

20

30

40

50

(1) 鉄合金製外皮と、前記鉄合金製外皮の内部に充填されたフラックスとを備える溶射材であって、化学成分が、質量%で、C：0.015～0.600%、Si：0.001～5.000%、Mn：0.001～5.000%、W：0.010～25.000%、およびCu：0～0.3%を含有し、残部がFe及び不可避不純物からなることを特徴とする溶射材。

(2) 化学成分が、質量%で、C：0.015～0.600%、Si：0.001～5.000%、Mn：0.001～5.000%、S：0～0.100%、P：0～0.100%、W：0.010～25.000%、およびCu：0～0.30%を含有し、残部がFe及び不可避不純物からなることを特徴とする(1)に記載の溶射材。

(3) 前記鉄合金製外皮と、前記鉄合金製外皮の内部に充填された前記フラックスとを備える線材であることを特徴とする(1)又は(2)に記載の溶射材。

(4) 前記鉄合金製外皮のW含有量が、4.000%以下であることを特徴とする(1)～(3)のいずれかに記載の溶射材。

(5) (1)～(4)にいずれか一項に記載の溶射材を用いた穿孔プラグの製造方法。

#### 【発明の効果】

##### 【0010】

本発明によれば、穿孔効率に優れた穿孔プラグを製造するための溶射材及び穿孔効率に優れた穿孔プラグの製造方法を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0011】

【図1】本発明の実施形態に係る溶射材の断面図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0012】

穿孔圧延機によりピレットを穿孔圧延する際、高温に加熱されたピレットは、その周囲に設置された複数の回転ロール(ピアサーロール)により、回転させられながら一定の速度でピレットの軸方向に搬送される。ピレットの進行先には、穿孔プラグがピレットの軸心上に設置されている。ピレットの先端面が穿孔プラグの先端に押し当てられると、穿孔圧延が開始する。そして、穿孔プラグがピレットを完全に貫通するまでピレットが搬送されると、穿孔圧延が完了する。

穿孔圧延の際、ピレットが軸方向に搬送される速度(以下、「搬送速度」という)は、ピアサーロールの回転数により定められるが、穿孔時の実際の搬送速度は、互いに接触するプラグとピレットとの摩擦抵抗などの影響のため、設定されたピアサーロールの回転数から算出される理論上の搬送速度に比べて遅くなる。通常、実際の搬送速度と理論上の搬送速度との速度比(=(実際の搬送速度)/(理論上の搬送速度)×100[%])のことを「穿孔効率」と称する。

穿孔効率が高いと、穿孔圧延機の製造能率が上昇するだけでなく、プラグとピレットとが接触する時間が短縮されるので、プラグ寿命の延命化が期待できる。このため、穿孔効率の向上は、穿孔圧延において極めて重要である。

##### 【0013】

本発明者らは、穿孔効率に優れた穿孔プラグを製造するために、溶射材について検討し、以下の知見を得た。

WとCを含む溶射材を用いて溶射皮膜を製造することで、溶射皮膜中にWCを生成させる。これにより、溶射皮膜の強度が向上し、穿孔効率に優れた穿孔プラグが得られる。

##### 【0014】

また、溶射材にWを含有させると溶射材の硬度が高くなり取り扱い性が低下する。一方、溶射材を、鉄合金製外皮と、鉄合金製外皮の内部に充填されたフラックスとで構成することで、Wを溶射材に添加する場合でも取り扱い性に優れた溶射材を得ることができる。

##### 【0015】

本発明は以上のような検討の結果なされたものであり、以下、本発明に係る実施形態について、特徴とする技術要件の限定理由や好ましい態様について順次説明する。まず、本

10

20

30

40

50

発明の実施形態に係る溶射材について説明する。

【0016】

(溶射材の構成)

本発明の実施形態に係る溶射材10は、鉄合金製外皮11と、鉄合金製外皮11の内部に充填されたフラックス12とを備える。鉄合金製外皮11の内部に充填されたフラックス12を備えることで、鉄合金製外皮の内部が中実である溶射材と比較して、溶射材10の曲げ特性が向上する。これにより、溶射材10の取り扱い性が向上する。フラックス12は、特に限定されないが例えば、粒状、粉状及び繊維状とすることができる。

【0017】

(溶射材の化学成分)

本発明の実施形態に係る溶射材に含有される合金成分および各成分の含有量の限定理由について説明する。なお、以下の説明において、「%」は特に説明がない限り、「質量%」を意味する。また、溶射材の化学成分の含有量とは、溶射材の全質量に対する、溶射材のある化学成分の質量の百分率である。

【0018】

C : 0.015 ~ 0.600%

C含有量は0.015 ~ 0.600%とする必要がある。C含有量が0.015%未満である場合、溶射皮膜中のC含有量が不足し、溶射皮膜中にWCが十分に形成されない。これにより、溶射皮膜の強度が低下する。その結果、穿孔プラグの穿孔効率が低下する。C含有量の下限値は、好ましくは0.050であり、より好ましくは0.100%である。

一方、C含有量が0.600%超である場合、溶射皮膜の靱性が低下する。その結果、穿孔圧延時に溶射皮膜の割れが発生しやすくなる。C含有量の上限値は、好ましくは0.550%であり、より好ましくは0.500%である。

【0019】

Si : 0.001 ~ 5.000%

Si含有量は0.001 ~ 5.000%とする必要がある。Si含有量が0.001%未満である場合、溶射皮膜中のSi含有量が不足し、溶射皮膜の潤滑性が低下する。その結果、溶射プラグの穿孔回数が減少する。Si含有量の下限値は、好ましくは0.005%であり、より好ましくは0.050%である。

一方、Si含有量が5.000%超である場合、溶射皮膜の靱性が低下する。その結果、穿孔圧延時に溶射皮膜の割れが発生しやすくなる。また、Si含有量が過剰に多い場合は、穿孔圧延時に溶射皮膜が溶けやすくなる。その結果、溶射皮膜が摩耗しやすくなる。Si含有量の上限値は、好ましくは4.500%であり、より好ましくは4.000%である。

【0020】

Mn : 0.001 ~ 5.000%

Mn含有量は0.001 ~ 5.000%とする必要がある。Mn含有量が0.001%未満である場合、溶射皮膜中のMn含有量が不足し、溶射皮膜の強度が低下する。その結果、穿孔プラグの穿孔効率が低下する。Mn含有量の下限値は、好ましくは0.050%であり、より好ましくは1.000%である。

一方、Mn含有量が5.000%超である場合、溶射皮膜の靱性が低下する。その結果、穿孔圧延時に溶射皮膜の割れが発生しやすくなる。Mn含有量の上限値は、好ましくは4.500%であり、より好ましくは4.000%である。

【0021】

W : 0.010 ~ 25.000%

W含有量は0.010 ~ 25.000%とする必要がある。W含有量が0.010%未満である場合、溶射皮膜中のW含有量が不足し、溶射皮膜中にWCが十分に形成されない。これにより、溶射皮膜の強度が低下する。その結果、穿孔プラグの穿孔効率が低下する。W含有量の下限値は、好ましくは0.050%であり、より好ましくは3.000%である。

10

20

30

40

50

一方、W含有量が25.000%超である場合、溶射皮膜の靱性が低下する。その結果、穿孔圧延時に溶射皮膜の割れが発生しやすくなる。また、W含有量が過剰に多い場合、溶射材が過剰に硬くなる。その結果、溶射材の取り扱い性が低下する。W含有量の上限値は、好ましくは20.000%であり、より好ましくは16.000%である。

#### 【0022】

Cu: 0 ~ 0.30%

Cu含有量は0 ~ 0.30%とする必要がある。Cu含有量が0.30%超である場合、溶射皮膜の靱性が低下する。Cu含有量の上限値は、好ましくは0.26%であり、より好ましくは0.21%である。

一方、Cuは含有しなくともよいので、Cu含有量の下限値は0%である。また、Cuはアーク溶射をする際に溶射材の導電性を良好に保つ効果があるので、Cuは含有させてもよい。Cuを含有させる場合、Cu含有量の下限値は、好ましくは0.01%であり、より好ましくは0.05%である。

#### 【0023】

残部

上述してきた元素以外の残部は、Fe及び不可避不純物を含む。また、以上説明した各元素の他にも、本実施形態の効果を損なわない範囲で含有させることができる。上述してきた元素以外の残部は、Fe及び不可避不純物からなることが好ましい。

#### 【0024】

不可避不純物の例として具体的には、S及びPなどが挙げられる。本発明の実施形態に係る溶射材のS含有量は0 ~ 0.100%であることが好ましい。また、本発明の実施形態に係る溶射材のP含有量は0 ~ 0.100%であることが好ましい。

#### 【0025】

溶射材の化学成分の測定方法は以下の通りとする。まず溶射材を酸で溶解し、JIS G 1258-1 ICP発光分光分析方法(2014年)に準じて測定する。

#### 【0026】

本発明の実施形態に係る溶射材は、鉄合金製外皮と、鉄合金製外皮の内部に充填された前記フラックスとを備える線材であってもよい。

#### 【0027】

本発明の実施形態に係る溶射材では、鉄合金製外皮のW含有量が4.000%以下であってもよい。鉄合金製外皮のW含有量が4.000%以下である場合、鉄合金製外皮の硬さが減少する。そのため、溶射材の取り扱い性がさらに向上する。鉄合金製外皮のW含有量とは、鉄合金製外皮の全質量に対する鉄合金製外皮に含有するWの質量の百分率である。

#### 【0028】

鉄合金製外皮の化学成分は、JIS G 1253 スパーク放電発光分光分析方法(2002年)に準じて測定する。

#### 【0029】

本発明の実施形態に係る穿孔プラグの製造方法について説明する。

#### 【0030】

本発明の実施形態に係る穿孔プラグの製造方法は、上述した、本発明の実施形態に係る溶射材を使用する。これにより、穿孔効率に優れた穿孔プラグを製造することができる。

#### 【0031】

本発明の実施形態に係る穿孔プラグの製造方法は、本発明の実施形態に係る溶射材を使用する限り、特に限定されない。本発明の実施形態に係る穿孔プラグの製造方法は、アーク溶射を使用してもよい。

#### 【実施例】

#### 【0032】

溶射材を1.6mm径のフラックス入りワイヤとした。フラックス入りワイヤの鉄合金製外皮の化学成分を表1に示した。鉄合金製外皮の残部は鉄及び不可避不純物からなる。鉄合金製外皮の化学成分は、JIS G 1253 スパーク放電発光分光分析方法(20

10

20

30

40

50

02年)に準じて測定した。

【0033】

フラックス入りワイヤの化学成分を、フラックスの化学成分および充填量の変化によって変化させた。フラックス入りワイヤの残部は鉄及び不可避不純物からなる。フラックス入りワイヤの化学成分の内、鉄及び不可避不純物以外の化学成分を表2に示した。

溶射材の化学成分の測定方法は以下の通りとした。まず溶射材を酸で溶解し、JIS G 1258-1 ICP発光分光分析方法(2014年)に準じて測定した。

【0034】

[試験方法]

(1) 穿孔プラグの製造

JIS規定の熱間工具鋼を母材とし、最大直径が147mmである砲弾形状のプラグ本体を多数準備した。各プラグ本体の表面にショットブラストを施した後、各プラグ本体の表面に、溶射材としてフラックス入りワイヤを用いたアーク溶射を行って皮膜を形成し、アーク溶射皮膜を有する穿孔プラグを製造した。

アーク溶射皮膜の形成に際しては、溶射機からプラグ本体表面までの溶射距離を最初は200mmとしてアーク溶射を行いつつ、逐次溶射機を遠ざけ、最後は溶射距離を1000mmまで広げてアーク溶射を行った。

【0035】

【表1】

化学成分(質量%) 残部Fe及び不可避不純物						
C	Si	Mn	P	S	Cu	W
0.06	0.01	0.32	0.010	0.004	0.01	≤0.01

【0036】

10

20

30

40

50

【表 2】

	化学成分(質量%) 残部Fe及び不可避不純物							穿孔回数(回)	穿孔効率(%)
	C	Si	Mn	Cu	P	S	W		
実施例1	0.050	0.050	0.050	0.2	0.300	0.003	0.015	8	82
実施例2	0.050	0.050	0.050		0.300	0.003	12.500	12	84
実施例3	0.050	0.050	0.050		0.300	0.003	24.500	12	81
実施例4	0.020	0.050	0.050	0.2	0.300	0.003	5.600	10	80
実施例5	0.550	0.050	0.050		0.300	0.003	18.700	11	83
実施例6	0.100	0.005	0.050		0.300	0.003	14.300	9	84
実施例7	0.100	4.800	0.050	0.2	0.300	0.003	17.200	8	74
実施例8	0.100	1.000	0.050	0.2	0.300	0.003	6.400	8	72
実施例9	0.110	1.000	4.800		0.300	0.003	3.700	10	52
比較例1	0.100	0.300	1.000		0.300	0.003	<u>0.008</u>	<u>3</u>	<u>50</u>
比較例2	0.100	1.400	1.000		0.300	0.003	<u>30.000</u>	<u>5</u>	73
比較例3	<u>0.010</u>	1.000	1.000	0.2	0.300	0.003	22.200	<u>2</u>	76
比較例4	<u>0.650</u>	1.000	1.000		0.300	0.003	17.200	<u>1</u>	72

下線は本発明の範囲外、または特性が不十分であることを示す。

## 【0037】

## (2) 穿孔圧延

アーク溶射により溶射皮膜を形成した各穿孔プラグの表面に、高温環境で慣用する潤滑剤を積層させた。上記の各穿孔プラグを使用して、約1100に加熱した下記の被加工材(素材)を繰り返し穿孔圧延し、下記のホローシェルを作製した。

- ・被加工材の寸法 : 直径191mm、長さ2200mmの丸ビレット
- ・被加工材の材質 : 13%Cr鋼
- ・ホローシェル : 外径196mm、肉厚16.82mm、長さ6520mm

また、比較のために、潤滑剤を積層させていない穿孔プラグについても同様の穿孔圧延を行った。

## 【0038】

## [評価方法]

穿孔プラグごとに穿孔圧延を行った後、穿孔プラグの外観を検査し、その表面性状、すなわち溶射皮膜の剥離の有無を調査した。溶射皮膜の剥離があった穿孔プラグは不合格とした。不合格になった穿孔プラグは試験を中断した。穿孔圧延回数の最大回数を12回とした。

また、穿孔効率を、 $\text{穿孔効率} = (\text{実際の搬送速度}) / (\text{理論上の搬送速度}) \times 100$  [%] の式で求めた。

## 【0039】

実施例1~9の溶射材を使用して製造された穿孔プラグは本発明の範囲内であったので、穿孔効率及び穿孔回数に優れていた。

比較例1では、溶射材のW含有量が過剰に少なかったため、溶射皮膜に十分な量のWCが十分に形成されなかった。その結果、溶射皮膜の強度が不十分となり、穿孔効率が低かった。比較例2では、溶射材のW含有量が過剰に多かったため、溶射皮膜の靱性が低下した。その結果、穿孔圧延後に、溶射皮膜の剥離が発生して、穿孔回数が少なかった。

比較例 3 では、溶射材の C 含有量が過剰に少なかったので、溶射皮膜に十分な量の WC が形成されなかった。その結果、溶射皮膜の強度が不十分となり、穿孔効率が低かった。比較例 4 では、溶射材の C 含有量が過剰に多かったので、溶射皮膜の靱性が低下した。その結果、穿孔圧延後に、溶射皮膜の剥離が発生して、穿孔回数が少なかった。

【産業上の利用可能性】

【0040】

以上のことから、本発明によれば、穿孔効率に優れた穿孔プラグを製造するための溶射材及び穿孔効率に優れた穿孔プラグの製造方法を提供することができるので、産業上の利用価値が高い。

【符号の説明】

【0041】

- 10 溶射材
- 11 鉄合金製外皮
- 12 フラックス

10

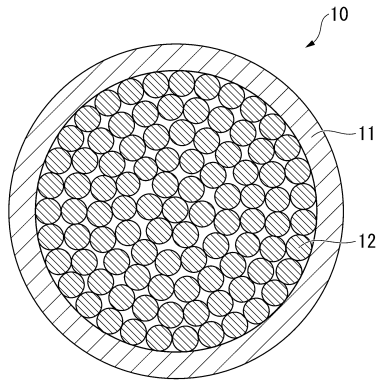
20

30

40

50

【図面】  
【図 1】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内

審査官 辻 弘輔

- (56)参考文献 国際公開第2014/034376(WO,A1)  
国際公開第2009/057471(WO,A1)  
特開2009-018316(JP,A)  
特開2013-226571(JP,A)  
特開2009-221602(JP,A)  
国際公開第2004/001089(WO,A1)  
国際公開第2019/087510(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
C23C4/00-4/18  
B21B25/00-25/06