

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7285667号

(P7285667)

(45)発行日 令和5年6月2日(2023.6.2)

(24)登録日 令和5年5月25日(2023.5.25)

(51)国際特許分類

F I

C 2 3 C 28/00 (2006.01)

C 2 3 C 28/00

B

C 2 3 C 4/02 (2006.01)

C 2 3 C 4/02

C 2 3 C 4/08 (2016.01)

C 2 3 C 4/08

請求項の数 4 (全9頁)

(21)出願番号 特願2019-54938(P2019-54938)
 (22)出願日 平成31年3月22日(2019.3.22)
 (65)公開番号 特開2020-152991(P2020-152991
 A)
 (43)公開日 令和2年9月24日(2020.9.24)
 審査請求日 令和4年2月22日(2022.2.22)

(73)特許権者 000142595
 株式会社栗本鐵工所
 大阪府大阪市西区北堀江1丁目12番1
 9号
 (74)代理人 110001896
 弁理士法人朝日奈特許事務所
 (72)発明者 柳谷 仁志
 大阪府大阪市西区北堀江一丁目12番1
 9号 株式会社栗本鐵工所内
 (72)発明者 堤 親平
 大阪府大阪市西区北堀江一丁目12番1
 9号 株式会社栗本鐵工所内
 (72)発明者 中本 光二
 大阪府大阪市西区北堀江一丁目12番1
 9号 株式会社栗本鐵工所内
 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 鑄鉄管の製造方法および鑄鉄管の表面防食方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

鑄造後の鑄鉄管に焼鈍処理を行う工程、
 焼鈍処理後の鑄鉄管外面に高圧水を噴射し、鑄鉄管外面表層の空隙率の高い酸化皮膜層を
 除去する工程、ならびに
鑄鉄素地の上に残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射する、または塗料とし
てアクリル系樹脂塗料またはエポキシ系樹脂塗料を塗装する工程
 を含む鑄鉄管の製造方法。

【請求項2】

高圧水の噴射開始時の鑄鉄管の管温度が400～600℃である請求項1記載の鑄鉄管の
 製造方法。

【請求項3】

鑄造後の鑄鉄管を焼鈍処理することにより鑄鉄管外面に形成された酸化皮膜の空隙率の高
 い表層を、高圧水を噴射することにより除去する工程、ならびに
鑄鉄素地の上に残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射する、または塗料とし
てアクリル系樹脂塗料またはエポキシ系樹脂塗料を塗装する工程
 を含む鑄鉄管外面の防食方法。

【請求項4】

高圧水の噴射開始時の鑄鉄管の管温度が400～600℃である請求項3記載の鑄鉄管外
 面の防食方法。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鑄鉄管の製造方法および鑄鉄管の表面防食方法に関し、とりわけ、生産性の向上された外面耐食性を有する鑄鉄管の製造方法および鑄鉄管の外面防食方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から上下水道管などに用いられる鑄鉄管は、一般的には、金型遠心力鑄造などの方法で鑄造され、その後、組織改善のために約800～1000℃の焼鈍炉に入れられて1～2時間程度焼鈍処理が施される。焼鈍処理は酸素雰囲気下で行われるため、外周面が酸化されて空隙を有する厚い酸化皮膜（酸化スケールとも呼ばれる）が生成される。その後、生成した酸化鉄皮膜をショットブラスト処理などによりすべて除去し、耐食用の塗装が施されている。

10

【0003】

例えば、一般的なダクタイル鑄鉄管の焼鈍は、一般的には連続焼鈍炉で行われる。この連続焼鈍炉において、ダクタイル鑄鉄管は、オーステナイト化温度域以上（870℃以上）に加熱される。これによりセメンタイトを完全に分解し、基地組織のオーステナイト化を行う。このセメンタイトの分解は、処理温度と処理時間に依存し、処理温度が高いほど処理時間を短くすることができる一方で、処理温度が低いほど長い処理時間を要する。この連続焼鈍炉は、炉内の均一な温度コントロールが困難であることが多い。このため、セメンタイトを確実にオーステナイト化するために、処理温度および処理時間を決定する必要がある。

20

【0004】

基地組織のオーステナイト化を完了したら、このオーステナイトからフェライトを析出させるため、共析変態点付近（680～750℃程度）の温度域を一定時間保持するか、この共析変態点付近を徐冷する熱処理を行う。この際の保冷時間や冷却速度により、フェライト析出量が決定される。すなわち、保持時間が長いほど、または冷却速度が小さいほどフェライト析出量は増大する一方で、保持時間が短いほど、または冷却速度が大きいほどフェライト析出量は減少し、マトリックスの主体はパーライトとなる。

【0005】

30

この熱処理において連続焼鈍炉を用いる場合、厳密に温度コントロールを行ってフェライトとパーライトの量を細かくコントロールすることが困難なため、基本的にはフェライトが主体となる条件で焼鈍を実施して靱性の確保を図っている。

【0006】

また、特許文献1には、ショットブラスト処理後に、亜鉛系金属を溶融して鑄鉄管の表面に吹き付け、続いて、ジンクリッチペイントを上塗りして鑄鉄管の表面に亜鉛系の防食層を形成する鑄鉄管の防食方法も開示されている。

【0007】

一方、特許文献2には、鑄造した金属鑄塊、具体的には銅の鑄塊を、連続圧延する前に、鑄塊の酸化皮膜を高圧水を噴射して除去することにより、圧延により酸化皮膜が鑄塊内部に押し込まれるのを防ぐことが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特開2015-78393号公報

特開平4-187302号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献1の方法では、酸化皮膜が全て除去されてしまうため、亜鉛系

50

金属溶射膜や塗装膜などさらなる防食層が必要となりコスト高となるためさらに改善の余地がある。

【0010】

また、特許文献2の方法は、鑄鉄やその該表面に生じる酸化皮膜の性状などは一切記載されておらず、一部の酸化皮膜を利用するという発想や具体例も全く記載されていない。

【0011】

そこで、本発明は、一部の酸化皮膜を除去することなく耐食層として用いることによる、生産性の向上された外面耐食性を有する鑄鉄管の製造方法、ならびに鑄鉄管の外面防食方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明者らは、焼鈍処理後の鑄鉄管外面に高圧水を適用することにより、鉄地により近い緻密な酸化皮膜層を残したまま、表層の空隙率の高い酸化皮膜層を除去し、その後、緻密な酸化皮膜層上に亜鉛系金属溶射または塗装を行うことにより、生産性の向上された、外面耐食性を有する鑄鉄管を得ることができることを見出し、本発明を完成した。

【0013】

すなわち、本発明は、

〔1〕焼鈍処理後の鑄鉄管に高圧水処理を行い、高圧水処理を終えた鑄鉄管表面にそのまま亜鉛系金属を溶射し、亜鉛系金属溶射皮膜を形成する鑄鉄管の製造方法、

〔2〕鑄造後の鑄鉄管に焼鈍処理を行う工程、
焼鈍処理後の鑄鉄管外面に高圧水を噴射し、鑄鉄管外面表層の空隙率の高い酸化皮膜層を除去する工程、ならびに

残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射する、または塗料を塗装する工程を含む鑄鉄管の製造方法、

〔3〕高圧水の噴射開始時の鑄鉄管の管温度が400～600℃である上記〔2〕記載の鑄鉄管の製造方法、

〔4〕鑄造後の鑄鉄管を焼鈍処理することにより鑄鉄管外面に形成された酸化皮膜の空隙率の高い表層を、高圧水を噴射することにより除去する工程、ならびに

残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射する、または塗料を塗装する工程を含む鑄鉄管外面の防食方法、ならびに

〔5〕高圧水の噴射開始時の鑄鉄管の管温度が400～600℃である上記〔4〕記載の鑄鉄管外面の防食方法

に関する。

【発明の効果】

【0014】

本発明は、焼鈍処理後の鑄鉄管外面に高圧水を適用することにより、鉄地により近い緻密な酸化皮膜層を残したまま、表層の空隙率の高い酸化皮膜層を除去することができるため、これまで利用されていなかった緻密な酸化皮膜層を防食層の一部として利用することができ、生産性を向上させることができる。またそれにより、亜鉛系金属溶射皮膜や塗料による塗膜の厚さを削減することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】高圧水処理の一実施態様を示す模式図である。

【図2】高圧水処理の一実施態様を示す模式図である。

【図3】鑄鉄管の焼鈍処理により生じる酸化皮膜の構造を説明するための模式図である。

【図4】鑄鉄管の焼鈍処理により生じる酸化皮膜の構造を説明するための参考用SEM画像である。

【図5】鑄鉄管の焼鈍処理により生じる酸化皮膜の組成を説明するための参考用のEPMAの元素マッピング画像である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

＜鑄鉄管の製造方法＞

本発明の一実施態様としては、鑄造後の鑄鉄管に焼鈍処理を行う工程、焼鈍処理後の鑄鉄管外面に高圧水を噴射し、鑄鉄管外面表層の空隙率の高い酸化皮膜層を除去する工程、ならびに、残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射する、または塗料を塗装する工程を含む鑄鉄管の製造方法が提供される。

【0017】

（焼鈍処理工程）

鑄造後の鑄鉄管の焼鈍処理は、基地組織のフェライト化のために行われ、加熱処理のため鑄鉄管表面に酸化皮膜が形成される。焼鈍処理の方法は、特に限定されるものではないが、電気炉、ガスバーナー炉などにより熱処理して行われ、連続焼鈍炉により行われるのが一般的である。焼鈍処理の条件は、 870°C 以上の温度でセメンタイトを完全に分解し、基地組織のオーステナイト化を行う。このセメンタイトの分解は、処理温度が高いほど処理時間を短縮できる。その後、基地組織のオーステナイト化が完了したら、フェライト化のために共析変態点付近（ $680\sim 750^{\circ}\text{C}$ 程度）の温度域を一定時間保持させるかまたは共析変態点付近にかけて徐冷する。その際、管温度が 400°C を下回らない間に、次工程の高圧水処理に付す必要がある。

【0018】

一般に、焼鈍により生成される酸化皮膜は、図3～5に示すように、大きく分けて、酸化鉄（ Fe_3O_4 、 Fe_2O_3 など）を主成分とする表層の空隙率の高い酸化皮膜層103と、ケイ酸化鉄（ Fe_2SiO_4 など）を主成分とする鑄鉄素地101により近いケイ素を含む緻密な酸化皮膜層102との二層構造を有する。ここで、表層の空隙率の高い酸化皮膜層103は、その空隙率の高さから、鑄鉄管外面から剥離しやすく、その上に形成され得る塗膜や金属溶射膜との密着性が低い。このため、この表層の空隙率の高い酸化皮膜層103を残したままであれば、金属溶射や塗料などの外面防食層との密着性が低下するため、本発明においては、この表層が次の高圧水処理により選択的に除去される。また残る鑄鉄素地101により近い緻密な酸化皮膜層102は、防食層として活用される。なお、図4および5は、それぞれ本発明とは異なり、空隙率の高い酸化皮膜層103の表層に溶射皮膜層が形成された鑄鉄管外面の断面のSEM画像およびEPMAの元素マッピングの画像であるが、酸化皮膜の二層構造を説明するために参考を示すものである。図4から酸化皮膜が、確かに表層の空隙率の高い酸化皮膜層103と、鑄鉄素地101により近い緻密な酸化皮膜層102との二層構造を有していることが分かり、また図5より、鑄鉄素地101により近い緻密な酸化皮膜層102がケイ酸化鉄（ Fe_2SiO_4 など）を主成分とするケイ素を含む層であることが分かる。

【0019】

緻密な酸化皮膜層102の厚さは、約 $25\mu\text{m}$ 以上にすることにより、十分な防食層としての効果が得られる傾向がある。

【0020】

（高圧水処理工程）

高圧水処理の一例を図1～3を用いて説明する。鑄鉄管の焼鈍処理後、管温度があまり低下しないうちに、例えば管温度が好ましくは $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 、より好ましくは $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ である鑄鉄管Pを回転ローラ4上に載せ、回転させながら高圧水供給配管1に備えられた高圧水スプレーノズル2より高圧水3を噴射し、水冷を行う。これにより鑄鉄管の急激な収縮が起こり、多くの空隙104を有する表層の空隙率の高い酸化皮膜層103の剥離が促進され、鑄鉄素地101により近い緻密な酸化皮膜層102を残したまま、表層の空隙率の高い酸化皮膜層103を除去する。一般的に酸化皮膜は、緻密な状態で生成された場合、腐食の進行を抑制する効果があるため、本発明においては、緻密な酸化皮膜層102を耐食層として利用することが可能となる。

【0021】

高圧水処理の条件としては、表層の空隙率の高い酸化皮膜層103を選択的に除去でき

る条件であれば特に限定されるものではないが、例えば、 $10 \sim 60 \text{ MPa}$ の水圧であれば、ケイ酸化鉄を主成分とする緻密な層を損傷させずに表層の空隙率の高い酸化皮膜層を選択的に除去できる傾向がある。

【0022】

（亜鉛系金属溶射工程）

本発明の一実施態様としては、高圧水処理後に残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射し、亜鉛系金属溶射皮膜を形成する。すなわち、焼鈍処理後の鑄鉄管に高圧水処理を行い、高圧水処理を終えた鑄鉄管表面にそのまま亜鉛系金属を溶射し、亜鉛系金属溶射皮膜を形成する。

【0023】

亜鉛系金属溶射皮膜としては、亜鉛溶射皮膜、亜鉛－アルミ合金溶射皮膜、亜鉛－アルミ擬合金溶射皮膜、亜鉛－ケイ素含有アルミ擬合金溶射皮膜、亜鉛－ケイ素マンガ含有アルミ擬合金溶射皮膜、亜鉛－スズ合金溶射皮膜などが挙げられる。なお、亜鉛－アルミニウム擬合金とは、溶射された亜鉛とアルミニウムとが不規則に重なり合い、外見的に亜鉛－アルミニウム合金を形成しているものをいう。

【0024】

溶射皮膜の膜厚は、溶射材料の種類、得られる鑄鉄管の用途によって適宜設定することができるが、水道管用の鑄鉄管の場合、例えば、亜鉛溶射皮膜では、日本ダクタイル鉄管協会規格のJ D P A Z 2010-2009「ダクタイル鑄鉄管合成樹脂塗装」に規定されている、 130 g/m^2 以上の溶射量で十分な効果を得ることができる。また、鑄鉄素地との密着性を考慮すれば、 300 g/m^2 以下が好ましく、 260 g/m^2 以下がより好ましい。もちろん他の溶射材を用いた場合には、その防食性の観点から溶射量の好ましい上限は変動するものである。

【0025】

溶射方法は特に限定されるものではないが、たとえばガス溶射法やアーク溶射法、プラズマ溶射法があげられる。より具体的には、回転しながら管軸方向に移送される鑄鉄管に、固定した溶射ガンにより亜鉛、亜鉛－アルミニウム擬合金または亜鉛－アルミニウム合金、亜鉛－ケイ素マンガ含有アルミ擬合金を溶射する方法、回転させた鑄鉄管に、溶射ガンを移動させながら亜鉛を溶射する方法があげられる。

【0026】

（塗料の塗装工程）

本発明の一実施態様としては、高圧水処理後に残存した緻密な酸化皮膜層上に、塗料を塗装し、塗膜を形成した鑄鉄管とすることができる。塗料としては、特に限定されるものではなく、アクリル系樹脂、エポキシ系樹脂などを使用することができる。これらのアクリル系樹脂、エポキシ系樹脂は、鑄鉄管の上塗り塗料として流通しているものを用いればよく、特に限定されるものではない。水道管に使用する場合には、例えば、日本水道協会規格J W W A K 139「水道用ダクタイル鑄鉄管合成樹脂塗料」に規定されている合成樹脂塗料を好適に用いることができる。

【0027】

具体的には、塗料として用いるアクリル系樹脂としては、例えば、大日本塗料（株）製のクリモトコートWR、日本ペイント・インダストリアルコーティングス（株）製のクリモトコートAC-1-SR、日本ペイント・インダストリアルコーティングス（株）製のクリモトコートAC-1などを使用することができる。

【0028】

また、塗料として用いるエポキシ系樹脂としては、例えば、大日本塗料（株）製のクリモトコートNT#100新H、関西ペイント（株）製のクリモトコートNT#100新などを使用することができる。

【0029】

塗料を塗装する方法としては、管体を回転させながら、スプレーガンなどを用いてミスト状にした塗料を噴射して塗装する方法や、ローラーバケなどのハケを用いて塗装する方

10

20

30

40

50

法などを使用することができる。

【0030】

塗料を塗装して得られる塗膜の膜厚は、鑄鉄管の用途や塗料の種類によって適宜設定することができるが、水道管用の鑄鉄管の場合、日本ダクティル鉄管協会規格のJ D P A Z 2010-2009「ダクティル鑄鉄管合成樹脂塗装」において、所定の耐腐食性と耐久性を得るために目標塗膜厚さ100 μm以上行うことが定められている。

【0031】

また、高圧水処理後に残存した緻密な酸化皮膜上に、亜鉛系金属を溶射し、亜鉛系金属溶射皮膜を形成した場合、さらに亜鉛系金属溶射皮膜上に塗料を塗装することもできる。この場合の塗料やその塗装方法については、上述の高圧水処理後に残存した緻密な酸化皮膜層上への塗料の塗装について記載した内容が全て適用される。また、得られる塗膜の膜厚は、鑄鉄管の用途や塗料の種類によって適宜設定することができる。上述したように、水道管用の鑄鉄管の場合、外面塗膜層の厚さは、日本ダクティル鉄管協会規格のJ D P A Z 2010-2009「ダクティル鑄鉄管合成樹脂塗装」において規定される、目標塗膜厚さを100 μm以上とする基準を満たすものであれば特に限定されず、たとえば溶射皮膜層の厚さが20 μm（溶射量としては130 g/m²）の場合、塗料の塗膜層の厚さは80 μm以上であり、防食性と付着性を考慮して好ましくは100 μm～200 μmである。

【0032】

<鑄鉄管の外面防食方法>

本発明の別の一実施態様としては、鑄造後の鑄鉄管を焼鈍処理することにより鑄鉄管外面に形成された酸化皮膜の空隙率の高い表層を、高圧水を噴射することにより除去する工程、ならびに、残存した緻密な酸化皮膜層上に、亜鉛系金属を溶射する、または塗料を塗装する工程を含む鑄鉄管外面の防食方法が提供される。

【0033】

本発明の鑄鉄管外面の防食方法については、上述の鑄鉄管の製造方法について説明した内容がすべて適用される。

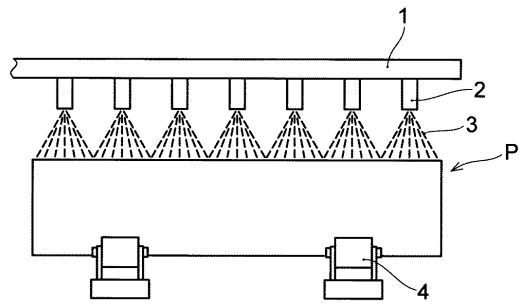
【符号の説明】

【0034】

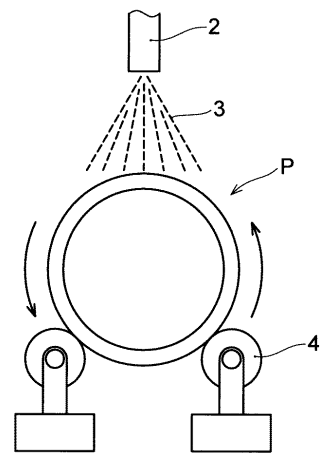
- P 鑄鉄管
- 1 高圧水供給配管
- 2 高圧水スプレーノズル
- 3 水
- 4 回転ローラ
- 101 鑄鉄素地
- 102 緻密な酸化皮膜層
- 103 表層の空隙率の高い酸化皮膜層
- 104 空隙
- 105 溶射皮膜層

【図面】

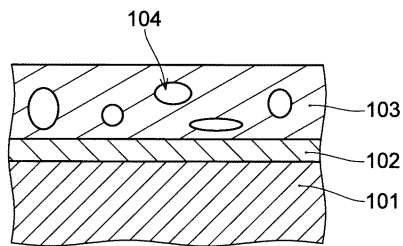
【図 1】



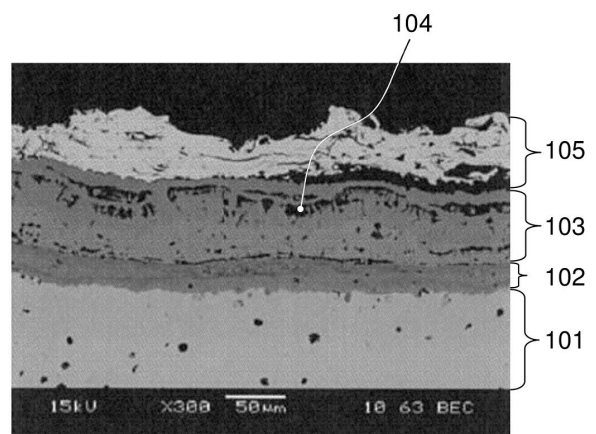
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

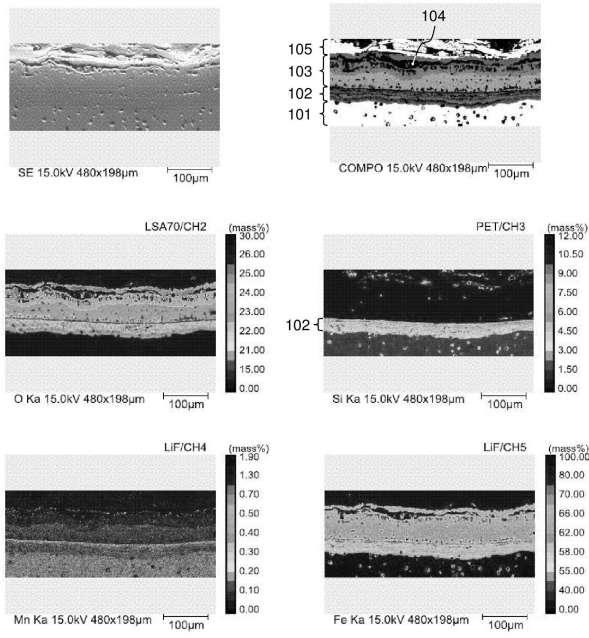
20

30

40

50

【図 5】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 松村 駿一

- (56)参考文献 特開昭63-312961 (JP, A)
特表2015-503031 (JP, A)
特開2003-096541 (JP, A)
特開昭63-121650 (JP, A)
特開昭61-26763 (JP, A)
特開2006-233311 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C23C 28/00
C23C 4/02
C23C 4/08