

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-148286

(P2012-148286A)

(43) 公開日 平成24年8月9日(2012. 8. 9)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)	
B 2 1 C	47/26	(2006.01)	B 2 1 C	47/26	A	4 E 0 0 2
B 2 1 B	45/00	(2006.01)	B 2 1 B	45/00	B	4 E 0 2 6
B 2 1 B	1/26	(2006.01)	B 2 1 B	1/26	E	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2011-7058 (P2011-7058)	(71) 出願人	000006655
(22) 出願日	平成23年1月17日 (2011. 1. 17)		新日本製鐵株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517
			弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100162204
			弁理士 齋藤 学
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸

最終頁に続く

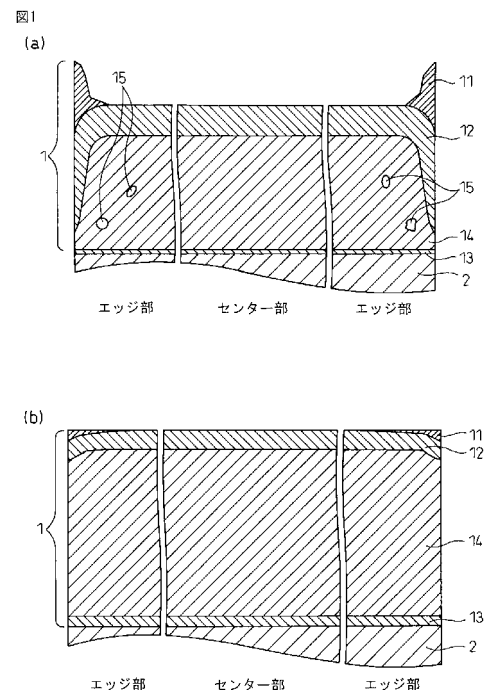
(54) 【発明の名称】 スケール密着性に優れた熱延鋼板、その製造方法、及びスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備列

(57) 【要約】

【課題】大がかりな設備や薬剤を使用することなく、鋼板エッジ部において、スケール密着性に優れた熱延鋼板、その製造方法、及び熱延鋼板の製造設備列を提供する。

【解決手段】鋼材を熱間で圧延し、コイル状に巻き取って製造される熱延鋼板の製造方法であって、粗圧延された鋼板に850～1050 で仕上圧延を施し、次いで、仕上圧延された熱延鋼板を、500～650 の巻取温度でコイル状に巻き取りながら、熱延鋼板の両端面を、端面における温度が巻き取り開始から5分以内に480 以下となるように冷却し、その後、端面における温度を480 以下に維持し、次いで、コイル状のまま、端面における温度が400～480 の時点から徐冷することを特徴とするスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造方法。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鋼材を熱間で圧延し、コイル状に巻き取って製造される熱延鋼板の製造方法であって、粗圧延された鋼板に 850 ~ 1050 で仕上圧延を施し、次いで、仕上圧延された熱延鋼板を、500 ~ 650 の巻取温度でコイル状に巻き取りながら、熱延鋼板の両端面を、端面における温度が巻き取り開始から 5 分以内に 480 以下となるように冷却し、その後、

端面における温度を 480 以下に維持し、次いで、コイル状のまま、端面における温度が 400 ~ 480 の時点から徐冷することを特徴とするスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造方法。

10

【請求項 2】

スケールを有する熱延鋼板であって、コイルの端面から 30 mm 以内の部位におけるスケールが、地鉄とスケールとの界面に、面積率で 90 % 以上の地鉄と接するマグネタイト層を有し、

前記地鉄と接するマグネタイト層の上層に、鉄とマグネタイトの共析組織層を有し、前記鉄とマグネタイトの共析組織層の上層に、マグネタイト層を有し、前記マグネタイト層の上層にヘマタイト層を有し、前記鉄とマグネタイトの共析組織層の上層のマグネタイト層と、前記ヘマタイト層の厚さの合計が、スケール全体の厚さの 30 % 以下であり、かつ、

20

コイルの端面から 30 mm におけるスケールの厚さと、コイルの中央におけるスケールの厚さの差が 2 μ m 以下であることを特徴とするスケール密着性に優れた熱延鋼板。

【請求項 3】

コイルの端面から 30 mm 以内の部位におけるスケールの厚さが 5 ~ 12 μ m であることを特徴とする請求項 2 に記載のスケール密着性に優れた熱延鋼板。

【請求項 4】

鋼材を熱間で圧延し、コイル状に巻き取って製造する巻取設備において、仕上圧延された熱延鋼板を、500 ~ 650 の巻取温度でコイル状に巻き取る巻取装置と、

巻き取り中の熱延鋼板の両端面を、巻き取り開始から 5 分以内に 480 以下に冷却できる端面冷却装置を備えたことを特徴とするスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備列。

30

【請求項 5】

前記端面冷却装置は、コイル状に巻かれた熱延鋼板の両端面を水冷により冷却する装置であることを特徴とする請求項 4 に記載のスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備列。

【請求項 6】

前記端面冷却装置は、コイル状に巻かれた熱延鋼板の両端面を、 N_2 、 H_2 、 Ar 、 He 、水蒸気から選択した 1 種以上のガスで冷却する装置であることを特徴とする請求項 4 に記載のスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備列。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、黒皮ままで加工や塗装が施される鋼材に対し、熱延コイルの全幅、特にエッジ部にスケールの密着性が要求される熱延鋼板、その製造方法、及び熱延鋼板の製造設備列に関する。

【背景技術】

【0002】

熱間圧延後の鋼板の表面には、10 μ m 程度の厚さのスケールが形成される。熱延鋼板は、酸洗などの脱スケール処理が施されないまま、自動車部品や建築用鋼材として使用さ

50

れる場合がある。

【0003】

自動車部品や建築用鋼材として熱延鋼板にスケールが付着したまま（黒皮まま）で加工される場合、加工時のスケール剥離によって押し込み疵が生じる場合がある。また、酸洗等の化性処理が施される場合においては、処理前にスケールが剥離した箇所が、処理後に模様となって現れ、外観品位を著しく損なう。

【0004】

これらの問題を解決するためには、密着性に優れたスケールが要求される。特に、熱延鋼板の端面からほぼ30mm以内の部位（以下「エッジ部」という）は巻き取り後も大気と触れるために、それよりも内側の部位（以下「センター部」という）と比べて、スケール剥離が生じやすい。したがって、熱延鋼板を出荷する場合、又は熱延鋼板に冷間加工を施す場合は、エッジ部を切断する必要がある。つまり、エッジ部のスケール剥離は、歩留まり悪化の原因のひとつとなっている。

10

【0005】

スケールは、酸化により厚くなる。そして、スケールの厚みが概ね15μm以上になると、スケールは、どのような組織から構成されているかによらず、内部応力により破壊されやすくなるので、剥離しやすくなる。そのため、スケールの密着性を高めるためには、まず、スケールが厚くなるのを抑える必要がある。そして、スケールの厚みが薄い場合は、スケールの密着性は、スケールを構成する組織によって決まる。

20

【0006】

例えば、特許文献1及び2では、スケールの厚さを薄くし、さらに、表層の、酸素を多く含むヘマタイト(Fe_2O_3)の生成を抑え、ウスタイト(FeO)の変態によって地鉄とスケールとの界面におけるマグネタイト(Fe_3O_4)（以下「マグネタイトシーム」という）、及び、ウスタイトが共析変態した鉄とマグネタイトの共析組織（縞状組織）を生成させ、スケールの表層から生成するマグネタイト及びヘマタイトの生成を抑制することにより、スケールの密着性が高くなることが示されている。

30

【0007】

しかしながら、特許文献1及び2に記載されたスケール密着性の高い鋼板の製造方法は、エッジ部における製造条件について考慮していない。エッジ部では、鋼板をコイル状に巻き取った後も大気に接触するので、センター部と比較して酸化が進行する。そのため、スケール中のウスタイトは、マグネタイト及びヘマタイトに酸化される。その結果、ウスタイトから鉄とマグネタイトの共析組織が得られなくなり、また、スケールと地鉄との界面におけるマグネタイトへの変態が進行しなくなる。

【0008】

すなわち、エッジ部のスケールは厚くなりやすく、さらに、表面にヘマタイト層を有し、残りがマグネタイトとなった組織となり、密着性の低いスケールが形成されやすい。そのためにスケールの剥離が生じやすく、冷間加工前に鋼板のエッジ部を切断する必要があった。

【0009】

特許文献3で開示された発明は、鋼板を600～700の温度でコイル状に巻き取った後、20分以内に徐冷カバーに挿入して、非酸化雰囲気中に保つことによってスケールの酸化を抑えることでスケール表層からのマグネタイトの生成を抑え、さらにウスタイトをマグネタイトシーム、及び、鉄とマグネタイトの共析組織へ変態させてスケールの密着性を向上させている。

40

【0010】

しかし、特許文献3に記載された技術では、コイルを非酸化雰囲気中に保つためには大がかりな専用設備を必要とし、工程が増えるという欠点がある。また、本発明者らの検討の結果、巻き取り温度が650～700の場合、巻き取る過程で、エッジ部が酸化してスケールが厚くなり、スケールの密着性が低くなることがあることが分かった。

【0011】

50

特許文献４に記載の発明では、コイル状に巻き取った熱延鋼板の端面に酸化発熱材を被着させ、酸素を遮断することによって、スケールの厚さを薄くするとともにスケール表層からのマグネタイトの生成を抑え、マグネタイトシームの生成、及びウスタイトの共析変態を進行させて密着性の向上を図っている。

【００１２】

しかし、特許文献４に記載された技術では、完全に酸素を遮断することは現実的に困難であり、さらに、酸化発熱材の回収、及び処理する必要がある、安全上及び環境衛生上好ましくないという問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【００１３】

【特許文献１】特開平１１－１９７０２公報

【特許文献２】特開平１１－３６０５０公報

【特許文献３】特開２００１－１９８６０４公報

【特許文献４】特開昭６２－２８９３１４公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１４】

熱延鋼板をコイル状に巻き取る場合、高温の鋼板が巻き取られるので、温度の低下は遅い。鋼板が巻き取られている状態で、鋼板のエッジ部における温度低下は通常３０／ｈ程度であり、鋼板が巻き取られている間は、高温（５００～６００程度）下にあることになる。

20

【００１５】

そのため、従来の製造方法によれば、図１（ａ）に示すように、特に、大気と接触する熱延鋼板のエッジ部において、スケール中のウスタイトの酸化が進行する。その結果、スケール表層からのマグネタイトの生成が進み、スケールの厚みが増加する。ウスタイトは、マグネタイトシーム、鉄とマグネタイトの共析組織への変態、及び酸化によりマグネタイトに変化し得るが、これらの成長は互いに競合する。

【００１６】

よって、表層や端面からの酸化によるマグネタイトの生成が進むと、スケール密着性の良好なマグネタイトシーム及び鉄とマグネタイトの共析組織が生成しなくなるので、スケール密着性が悪化する。

30

【００１７】

したがって、鋼板のエッジ部におけるスケール密着性を向上させるためには、エッジ部で酸化によるマグネタイトの生成を抑え、ウスタイトからマグネタイトシーム及び鉄とマグネタイトの共析組織への変態を進行させる必要がある。しかし、従来は、そのためには、エッジ部を非酸化雰囲気にするなどの大がかりな設備や酸素を遮断する薬剤を用いる必要があった。

【００１８】

本発明は、上記の事情に鑑み、大がかりな設備や薬剤を使用することなく、鋼板エッジ部において、ウスタイトのマグネタイトシーム、及び、鉄とマグネタイトの共析組織への変態を進行させることによって、図１（ｂ）に示すような、鋼板の全幅にわたりスケール密着性に優れた熱延鋼板、その製造方法、及び熱延鋼板の製造設備列を提供することを課題とする。

40

【課題を解決するための手段】

【００１９】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討を重ねた。その結果、熱延鋼板をコイル状に巻き取る際、巻き取られた鋼板のエッジ部を急冷し、エッジ部の温度を低下させることにより、大気と接触するエッジ部においても、スケールを厚く成長させることなく、さらに、スケール中のウスタイトを酸化させることなく鉄—マグネタイト共析組織へと

50

変態させ、かつ、未変態のウスタイトをほとんど残留させないことが可能であることを見出し、本発明を成すに至った。

【0020】

前述したとおり、スケール密着性を高めるためには、地鉄とスケールの界面にマグネタイトシーム層を生成させ、その上層に鉄とマグネタイトの共析組織を生成させる必要がある。

【0021】

コイル状に巻き取られる熱延鋼板のセンター部は、巻き取られることによって大気との接触がなくなるので、周辺に存在する酸素は少ない。そのため、巻き取られている間高温下にあっても、熱延鋼板表層のスケール（ウスタイト）の酸化はほとんど進行しない。そのため、ほとんどのウスタイトは、マグネタイトシーム及び鉄とマグネタイトの共析組織へと変態し、熱延鋼板のセンター部では、密着性の良好なスケールが得られていた。

10

【0022】

しかし、熱延鋼板のエッジ部においては、鋼板はコイル状に巻き取られた後も大気に接触し続けるので、周辺に酸素が豊富に存在する。そのため、コイル状に巻き取られている間高温下にあると、その間、熱延鋼板のエッジ部では、スケール（ウスタイト）は酸化しやすい状態となる。

【0023】

これを、図2に示す、Fe-O系の状態図を用いて説明する。熱間圧延後に鋼板に形成させるスケール中のウスタイトは、570 以上で安定であり、温度が低下すると、鉄とマグネタイトの共析組織へと変態する（矢印A）。しかし、酸素が存在すると、ウスタイトは、マグネタイトやヘマタイトに変化する（矢印B）。ウスタイトが酸化すると、マグネタイトやヘマタイトへと変化するのので、その後、温度が低下しても、鉄とマグネタイトの共析組織は得られなくなる（矢印C）。

20

【0024】

ウスタイトのマグネタイトやヘマタイトへの変化（矢印B）は、酸化反応であるので、温度が低下すると、その速度は低下する。しかし、ウスタイトの鉄とマグネタイトの共析組織への変化（矢印A）は、共析変態であり、温度が低下すると、変態が進行しやすくなる。

【0025】

そこで、コイル状に巻き取られた鋼板のエッジ部を急冷し、温度を通常よりも速く低下させ、ウスタイトの酸化の速度を低下させることで酸化によるマグネタイトの生成を抑制し、ウスタイトからマグネタイトシームの生成、及び鉄とマグネタイトの共析組織への変態を進行させる。

30

【0026】

エッジ部を急冷するのは、急冷しないと、鋼板が高温で保持される時間が長くなるので、エッジ部が大気と接触することにより、ウスタイトの酸化が進行しやすくなり、スケールの厚さも厚くなるからである。

【0027】

本発明は、上記の知見に基づき成されたものであって、その要旨は、以下のとおりである。

40

【0028】

（1）鋼材を熱間で圧延し、コイル状に巻き取って製造される熱延鋼板の製造方法であって、

粗圧延された鋼板に850～1050 で仕上圧延を施し、次いで、

仕上圧延された熱延鋼板を、500～650 の巻取温度でコイル状に巻き取りながら、熱延鋼板の両端面を、端面における温度が巻き取り開始から5分以内に480 以下となるように冷却し、その後、

端面における温度を480 以下に維持し、次いで、

コイル状のまま、端面における温度が400～480 の時点から徐冷することを特徴

50

とするスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造方法。

【0029】

(2) スケールを有する熱延鋼板であって、
コイルの端面から30mm以内の部位におけるスケールが、
地鉄とスケールとの界面に、面積率で90%以上の地鉄と接するマグネタイト層を有し

、
前記地鉄と接するマグネタイト層の上層に、鉄とマグネタイトの共析組織層を有し、
前記鉄とマグネタイトの共析組織層の上層に、マグネタイト層を有し、
前記マグネタイト層の上層にヘマタイト層を有し、
前記鉄とマグネタイトの共析組織層の上層のマグネタイト層と、前記ヘマタイト層の厚
さの合計が、スケール全体の厚さの30%以下であり、かつ、
コイルの端面から30mmにおけるスケールの厚さと、コイルの中央におけるスケール
の厚さの差が2μm以下であることを特徴とするスケール密着性に優れた熱延鋼板。

10

【0030】

(3) コイルの端面から30mm以内の部位におけるスケールの厚さが5~12μmで
あることを特徴とする前記(2)のスケール密着性に優れた熱延鋼板。

【0031】

(4) 鋼材を熱間で圧延し、コイル状に巻き取って製造する巻取設備において、
仕上圧延された熱延鋼板を、500~650 の巻取温度でコイル状に巻き取る巻取装
置と、

20

巻き取り中の熱延鋼板の両端面を、巻き取り開始から5分以内に480 以下に冷却で
きる端面冷却装置を備えたことを特徴とするスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備
列。

【0032】

(5) 前記端面冷却装置は、コイル状に巻かれた熱延鋼板の両端面を水冷により冷却す
る装置であることを特徴とする前記(4)のスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備
列。

【0033】

(6) 前記端面冷却装置は、コイル状に巻かれた熱延鋼板の両端面を、N₂、H₂、A
r、He、水蒸気から選択した1種以上のガスで冷却する装置であることを特徴とする前
記(4)のスケール密着性に優れた熱延鋼板の製造設備列。

30

【発明の効果】

【0034】

本発明により、熱延鋼板の全幅、特にエッジ部のスケール密着性に優れた熱延鋼板を得
ることができる。したがって、熱延鋼板のエッジ部を切り落とさなくても冷間加工時のス
ケール剥離による押し疵や酸洗処理後の模様の発生などを全幅わたって抑制でき、熱延鋼
板のエッジ部の切り落としに起因する歩留り落ちを改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】熱延鋼板の幅方向のスケール構造の概略を示す図であり、(a)は従来技術によ
り製造した熱延鋼板、(b)は本発明により製造した熱延鋼板のスケール構造である。

40

【図2】Fe-O系状態図である。

【図3】本発明の製造方法における、熱延鋼板の端面の温度変化の概略を示す図である。

【図4】本発明の巻取装置及び端面冷却装置の概略を示す図である。

【図5】本発明の熱延鋼板の製造方法における、センター部、エッジ部及び端面から40
mmの位置の温度履歴と、製造された熱延鋼板のスケール組織の概略を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下、本発明の実施の形態を説明する。

【0037】

50

まず、粗圧延された熱延鋼板を、仕上温度 850 ~ 1050 で仕上圧延する。この条件で仕上圧延を施すことにより、熱延鋼板の全幅にわたり、5 ~ 12 μm の厚さをもつスケールが形成される。スケールの密着性を高くし、かつ、スケールの材質を担保するためには、スケール厚さを 5 ~ 12 μm とすることが好ましい。

【0038】

通常の圧延では、コイルのセンター部には 10 μm 程度の厚さのスケールが形成される場合が多い。スケールが厚くなると、スケールを構成する組織によらずスケール密着性が低下するので、スケール厚さは 12 μm 以下に抑えるのが好ましい。一方で、スケールをより薄くするためには仕上圧延条件や冷却条件を大きく変更する必要がある、材質が担保されなくなってしまう。したがって、スケールは薄くても 5 μm 以上の厚さがあることが望ましい。

10

【0039】

仕上圧延の出側温度は 850 ~ 1050 の範囲が望ましい。仕上温度が高くなると、スケールが厚く成長し、スケール表層のヘマタイト及びマグネタイト層の割合も多くなる。その結果、マグネタイトシーム層、及び鉄とマグネタイトの共析組織層が生成しにくくなるので、1050 以下が望ましい。一方、低すぎると圧延自体が難しくなるため、下限を 850 とする。

【0040】

次に、仕上圧延を施した熱延鋼板を、鋼板のエッジ部での巻取温度を 500 ~ 650 としてコイル状に巻き取る。巻取温度とは、巻き取り開始時の鋼板の温度をいうものとする。

20

【0041】

スケール密着性を高めるためには、コイル状に巻き取った鋼板を徐冷する際に、地鉄とスケールとの界面に、密着力の高いマグネタイトシーム層を十分に生成させる必要がある。ウスタイトが変態し、スケールと地鉄との界面から析出するマグネタイトシーム層には、スケールの密着性を向上させる効果があり、コイルの内部ほどこれが析出しやすい。したがって、地鉄との接点でのスケール組織はすべて地鉄から析出したマグネタイトであることが望ましく、面積率にして少なくとも 90 % 以上がマグネタイトである必要がある。

【0042】

スケール中のウスタイトの酸化が進み、マグネタイト、ヘマタイトに変化すると、このマグネタイトとマグネタイトシーム層がつながる。マグネタイトは硬質であるため、層が厚くなりすぎると、かえって密着力が低下する。つまり、スケール密着性を高めるためには、マグネタイトシーム層と、スケール表層のマグネタイトとの間に、鉄とマグネタイトの共析組織が存在する必要がある。

30

【0043】

マグネタイトシームの面積率は、電子顕微鏡で断面観察し、スケールが地鉄に接する長さに対する、界面のマグネタイト層（マグネタイトシーム）が地鉄と接する長さの比として求める。測定は 3 箇所以上で行い、平均値を求めるのが好ましい。

【0044】

巻取温度は鋼板のエッジ部で 500 ~ 650 の範囲が望ましい。巻取温度は高い方が、地鉄とスケールの界面からマグネタイトを顕著に析出させ、共析変態が生じやすくなるが、高すぎると強度の低下を招く。そのため、巻取温度は 650 を上限とする。また、巻取温度が低い場合は温度制御が難しく、強度のバラツキや形状の悪化を招くため、巻取温度は 500 以上とする必要がある。

40

【0045】

巻取温度は、570 ~ 650 が好ましい。巻取温度が 570 以上であれば、巻き取り開始時には、スケールのほとんどがウスタイトとなり、マグネタイトシーム、及び鉄とマグネタイトの共析組織が得られやすくなるからである。さらに好ましくは 600 ~ 650 である。巻き取り終了後に、ウスタイトの共析点温度よりも高い温度から徐冷することにより、スケール中のウスタイトを、効果的にマグネタイトシーム、及び鉄とマグネ

50

イトの共析組織へ変態させることができるからである。

【 0 0 4 6 】

なお、ここで、巻取温度は鋼板のエッジ部における温度を指すが、巻き取り開始時には、鋼板のセンター部とエッジ部の温度の差は小さいので、センター部の温度を巻取温度としてもよい。

【 0 0 4 7 】

そして、熱延鋼板をコイル状に巻き取りながら、鋼板の両端面を、巻き取り開始から 5 分以内に、端面の温度が 4 8 0 以下となるように冷却することで、エッジ部の酸化を抑制する。

【 0 0 4 8 】

上述のとおり、通常の圧延では、コイルのセンター部には 1 0 μ m 程度の厚さのスケールが形成される場合が多い。しかし、コイルの端面は、コイルに巻き取られている間も大気に接触するため、酸化が進み、スケールが厚く成長しやすい。スケールが厚くなりすぎると、スケールを構成する組織によらず、スケールの密着性は低下する。

【 0 0 4 9 】

また、端部のスケール厚さが 1 2 μ m 程度と比較的薄い場合であっても、コイルのセンター部と端部とでスケールの厚みの差が大きいと、スケール内部の応力差によってエッジ部のスケールが破壊されやすくなったり、酸洗時の酸洗ムラの原因となったりする場合がある。

【 0 0 5 0 】

本発明においては、熱延鋼板をコイル状に巻き取りながら、鋼板の両端面を冷却することにより、エッジ部の酸化を抑制することで、エッジ部のスケールの成長を抑制し、さらに、コイルセンター部と端部におけるスケールの厚みの差を小さくする。

【 0 0 5 1 】

鋼板の端面の冷却に際し、端面の温度を、コイルの巻き取り開始からどれだけの時間で下げられるかは、エッジ部のスケールの変態の進行具合に大きな影響を及ぼす。鋼板の端面の冷却速度は、通常の熱延鋼板の巻き取りにおいては、3 0 / h r 程度と非常に遅い。エッジ部の酸化を抑制するためには、端面の温度を酸化の進行を抑制できる温度まで、素早く下げる必要がある。

【 0 0 5 2 】

本発明者らの検討の結果、鋼板端面の温度を、コイルの巻き取り開始から 5 分以内に 4 8 0 以下とすることによって、スケールが厚く成長することを抑制でき、また、スケール中のウスタイトの酸化が進行する前に、ウスタイトの鉄とマグネタイトの共析組織への変態が優位に進む状態にでき、ウスタイトの変態が進行し、密着性の高いスケールを得ることができることが分かった。このときの端面の冷却速度は、巻取温度にもよるが、概ね 1 0 ~ 1 0 0 / m i n、好ましくは 1 0 ~ 3 0 / m i n 程度である。

【 0 0 5 3 】

冷却速度は、速いほど酸化を抑制する効果は大きいですが、冷却速度が速すぎると、形状の悪化や冷却に要する水量や水圧の増大によるコスト増加を招く可能性がある。そのため、コイルの巻き取り開始から端面の温度が 4 8 0 以下になるまでの時間は、1 分以上とすることが好ましい。より好ましい時間の範囲は 1 ~ 3 分である。

【 0 0 5 4 】

端面の温度が 4 8 0 以下になった後、復熱によって高温域まで温度が戻ると、ウスタイトの酸化が進み、エッジ部スケールの酸化が抑制されない。そのため、端面の温度は、4 8 0 以下になった後、後述する徐冷の開始まで、4 8 0 以下に維持する必要がある。

【 0 0 5 5 】

端面温度を 4 8 0 以下に維持する間の温度履歴は、端面温度が 4 8 0 を超えない限り問わない。図 3 に、冷却パターンの例を示す。図 3 に示す例は、実線、破線とも、0 分に巻き取りを開始し、2 5 分から徐冷を開始した例である。

10

20

30

40

50

【0056】

例えば、図3の実線のように、端面温度を巻き取り開始後5分以内に480以下とした後、300以下の温度まで過冷却し、その後、復熱により400～480まで上昇した後、徐冷してもよい。ただし、過冷却時の温度が低くなりすぎるとコイル形状や材質が悪化する場合があるので、過冷却時の温度は250以上であることが好ましい。

【0057】

また、図3の破線のように、端面温度を巻き取り開始後5分以内に480以下とした後、端面温度が一定の範囲となるように制御し、その後、400～480の温度から徐冷してもよい。

【0058】

実際の製造工程では、例えば、あらかじめ、実験的に又は計算によって復熱の大きさを求めて、冷却を停止する温度を定めれば、図3の実線のような冷却パターンとすることができる。また、例えば、コイル端面の温度を放射温度計等を用いて測定しながら、復熱による温度上昇がなくなるまで制御冷却を行えば、図3の破線のような冷却パターンとすることができる。

【0059】

一方、スケール中のウスタイトを十分にマグネタイトシーム、及び鉄とマグネタイトの共析組織へ変態させるためには、450以下の温度域で徐冷する必要がある。本発明の製造方法においては、復熱によるコイル端面の温度上昇がなくなり、コイル端面を急冷しなくても温度が下降するようになった時点を徐冷開始とし、そのときの温度を徐冷開始温度とする。

【0060】

ウスタイトが500以下で変態すると、まずマグネタイトが析出し、その後鉄とマグネタイトの共析組織が現れ、変態しなかったウスタイトは未変態ウスタイトとして残留する。徐冷開始温度が400未満になると、ウスタイトが十分に変態しないまま温度が低下するので、未変態の残留ウスタイトが増加する。鉄とマグネタイトの共析組織はスケールの密着性向上に貢献するが、未変態ウスタイトは密着性を低下させる。

【0061】

したがって、ウスタイトが完全に変態し、鉄とマグネタイトの共析組織であることが望ましく、残留ウスタイトは体積分率で5%以下であることが好ましい。したがって、徐冷開始温度は400～480、好ましくは450～480とする。すなわち、冷却終了時の端面の温度は400～480である必要があり、400未満まで冷却した場合は、復熱により、徐冷の開始時には400～480の温度範囲に温度が上昇している必要がある。

【0062】

コイルの端面の冷却方法は、例えば、図4のように、巻取機の両側に水冷ノズルを設置し、熱延鋼板をコイル状に巻き取りながら鋼板の両端面に放水する端面冷却装置を設けることによって実現できる。この方法によれば、端面から約50mm内部までは、冷却の効果があり、端面から約50mm内部は、鋼板端面とほとんど同じ温度となる。

【0063】

復熱により、巻き取り時の水冷のみでは徐冷開始温度が480を超える場合は、巻き取り後も水冷を継続させ、その間は、別の巻取機でその後通板される鋼材を巻き取ればよい。

【0064】

なお、ノズルの数や設置角度などは特に指定しないが、端面全体に冷却の効果能が及ぶように適宜調節する必要がある。

【0065】

ノズルの取り付けは非常に簡便であり、大がかりな設備を必要としない。また、本発明の製造方法を適用しない鋼種を製造する場合であっても、ノズルからの放水を停止すれば、従来と同様に鋼板の製造が可能である。すなわち、巻き取り機に水冷ノズルを設置する

10

20

30

40

50

方法は、他鋼種の製造を一切阻害しない点でも非常に有効である。

【0066】

冷却方法は、水冷に限定されない。例えば、 N_2 、 H_2 、 Ar 、 He 、水蒸気などのガスを用いて冷却してもよい。

【0067】

端面温度が400～480 となり、復熱による温度上昇がなくなった後、熱延鋼板をコイル状のまま徐冷し、マグネタイトシームの生成、ウスタイトの鉄とマグネタイトの共析組織への変態を進行させる。

【0068】

徐冷は、例えば、製造設備列に冷却床を追加し、冷却床でコイル状のまま空冷すればよい。空冷する方法や布置する向きは用途によって限定されない限り問わない。冷却床も空冷できればよく、特別な装置である必要はない。ここで徐冷とは、徐冷開始時の冷却速度を10～100 /hr、好ましくは10～30 /hrとし、その後積極的に冷却速度を上げずに冷却することをいう。

【0069】

本発明の製造方法により製造した熱延鋼板のエッジ部におけるスケールは、スケールと地鉄の界面から順に、面積率90%以上のマグネタイトシーム層、鉄とマグネタイトの共析組織層、マグネタイト層、ヘマタイト層となり、密着力の高い構造となる。

【0070】

このときのスケールは、マグネタイト層及びヘマタイト層の合計の厚さが、全スケールの合計の厚さの30%以下であり、共析変態せずに残留したウスタイトは、体積分率で5%以下となる。ウスタイトの体積分率は、電子顕微鏡で断面観察し、観察箇所のスケール断面積に対するウスタイトの面積比として求める。測定は3箇所以上で行い、平均値を求めるのが好ましい。

【0071】

本発明の製造方法は、端面の酸素との接触を遮断する方法ではないので、エッジ部では、ヘマタイト層がマグネタイト層に変化せずに、ある程度残留する。しかし、マグネタイト層及びヘマタイト層の合計の厚さが、全スケールの合計の厚さの30%以下であれば、スケールの密着力への影響はない。

【0072】

さらに、本発明の製造方法により製造した熱延鋼板のエッジ部におけるスケールは、急冷されるために厚く成長することがなく、エッジ部のスケールの厚さとセンター部のスケールの厚さとの差は2 μm 以下であり、さらに1 μm 以下とすることも可能である。このスケール厚の差は、エッジ部数mmをトリムする場合を除き、従来技術、特に特許文献3及び4に記載の技術では得られない。

【0073】

本発明の熱延鋼板の製造方法により、熱延鋼板をコイル状に巻き取り、端面を急冷し、その後空冷した際の、仕上圧延から空冷までのコイルのセンター部、エッジ部、及び端面から約40mm内部（冷却能力が到達する領域）の温度履歴とスケールの変遷を、図5に示す。

【0074】

仕上圧延後の熱延鋼板には、地鉄上表層から順にヘマタイト、マグネタイト、ウスタイトが形成される。

【0075】

本発明の熱延鋼板の製造方法に則って製造した熱延鋼板の、センター部のスケール組織は、表層にわずかにマグネタイト層が存在し、スケールと地鉄との界面で析出したマグネタイトシーム層が存在し、残部が鉄とマグネタイトの共析組織で構成される。仕上げ圧延後の熱延鋼板に存在した表層のヘマタイト層は、地鉄からのFeの拡散により、マグネタイトへと変化する。センター部では基本的に、本発明の熱延鋼板の製造方法でなくてもこれと似たような組織は得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 6 】

本発明の熱延鋼板の製造方法に則って製造した熱延鋼板の、エッジ部のスケール組織は、表層にヘマタイト層とマグネタイト層がやや厚く存在し、未変態のまま残留したウスタイトがわずかに存在する。スケールと地鉄との界面では析出したマグネタイトシーム層が存在し、残部は鉄とマグネタイトの共析組織で構成される。

【 0 0 7 7 】

本発明の熱延鋼板の製造方法に則って製造した熱延鋼板の、端面から 4 0 m m の位置のスケール組織は、エッジ部におけるスケール組織とほぼ同じであるが、表層のヘマタイト層及びマグネタイト層の厚さがエッジ部よりは少なくなる。

【 0 0 7 8 】

本発明の熱延鋼板の製造方法に則って製造した熱延鋼板の、センター部、エッジ部、及び端面から 4 0 m m の位置のスケールはいずれも、地鉄との界面においてマグネタイトシーム層が面積率で 9 0 % 以上を占め、マグネタイトシーム層の上層は鉄とマグネタイトの共析組織であり、鉄とマグネタイトの共析組織の上層のマグネタイト層とヘマタイト層の合計の厚さが、スケール全体の厚さの 3 0 % 以下である。また、好ましくは、残留ウスタイトが体積分率で 5 % 以下であり、スケール厚さが 5 ~ 1 2 μ m である。

【 0 0 7 9 】

さらに、センター部におけるスケールの厚さと、エッジ部におけるスケールの厚さの差は 2 μ m 以下である。これによって、センター部とエッジ部におけるスケール内の応力差によるスケールの破壊を抑制することができ、エッジ部のスケール剥離を抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

本発明は、熱延鋼板をコイル状に巻き取る際に、センター部は大気に接触せず、エッジ部は大気に接触する点に注目してなされたものであるから、対象とする熱延鋼板の大きさは問わないが、特に、幅 1 0 0 0 ~ 2 0 0 0 m m 、厚さ 2 . 5 ~ 1 3 m m の熱延鋼板の製造に好適である。

【 実施例 】

【 0 0 8 1 】

質量 % で、C : 0 . 0 0 2 % 、 S i : 0 . 0 0 2 % 、 M n : 0 . 0 8 % 、 P : 0 . 0 0 4 % 、 S : 0 . 0 0 4 % 、 A l : 0 . 0 3 2 % 、及び、N : 0 . 0 0 2 2 % を含有する極低炭素鋼を、表 1 に示す条件で仕上圧延、巻取、及び冷却を行い、エッジ部のスケールの構造、及びスケール剥離の有無について評価した。スケール剥離の有無は、目視で確認し、地鉄が見えたものを「剥離あり」と判定した。

なお、製造した熱延鋼板コイルは、幅 1 7 0 0 m m 、厚さ 6 m m である。

【 0 0 8 2 】

各条件での、スケール剥離の評価結果を表 2 に示す。

【 0 0 8 3 】

本発明で示した温度条件の範囲内である A ~ D は、エッジ部のスケールは密着性向上に有利な構造を有し、エッジ部でもスケール剥離が発生しないことが確認できた。

【 0 0 8 4 】

スケールの厚さは、仕上温度が高いほど厚くなった。また、本発明の製造方法によれば、巻き取り後の冷却速度が速いので、エッジ部のスケールの厚さは、センター部のスケールの厚さと同じとなった。マグネタイトシームの面積率は、巻取温度が高いほど大きくなったが、本発明の温度条件の範囲内では、十分なマグネタイトシームが生成していることが確認できた。

【 0 0 8 5 】

E は、コイル端面を急冷せず、空冷して製造した。空冷のため、コイル端面の冷却速度は遅く、その結果、エッジ部のスケールがセンター部と比べて厚くなった。また、巻き取り温度が低いので、スケール表層のヘマタイト層とマグネタイト層の割合が大きくなった。さらに、表層のマグネタイト層が厚いので、マグネタイトシームが析出しにくくなり、

10

20

30

40

50

面積率が小さくなった。

【 0 0 8 6 】

F は、仕上温度及び巻取温度が高く、端面の温度が 4 8 0 以下になるまでの時間が長く、さらに、冷却後の復熱により、5 0 0 まで温度が戻った条件で製造した。仕上温度が高いのでスケールが全体的に厚くなり、巻取温度が高いので、エッジ部でのスケール厚さは、さらに厚くなった。また、冷却速度が遅いので、エッジ部でスケール表層のヘマタイト層とマグネタイト層の割合が大きくなった。さらに、エッジ部では、表層のマグネタイト層が厚いので、マグネタイトシームが析出しにくくなり、面積率が小さくなった。

【 0 0 8 7 】

G は、徐冷開始温度が低い条件で製造した。徐冷開始温度が低すぎるため、エッジ部ではマグネタイトシームが形成されにくくなり、面積率が小さくなった。 10

【 0 0 8 8 】

【 表 1 】

温度 条件	仕上げ温度 (℃)	巻取り温度 (℃)	端面冷却時間 (min)	徐冷開始温度 (℃)	区分
A	950	550	2	460	本発明
B	1000	630	1	450	
C	960	600	3	410	
D	900	520	5	480	
E	960	550	処置なし		比較例
F	1100	680	10	500	
G	1000	620	3	350	

注) 端面冷却時間は、巻き取り開始から端面温度が 4 8 0 ℃以下になるまでの時間を示す。

下線は本発明の範囲外であることを示す。

【 0 0 8 9 】

20

30

【表 2】

温度 条件	スケール構造						スケール剥離の有無	区分
	スケール厚さ (μm)		スケール表層のヘマタイト層と マグネタイト層の合計厚さの 全スケール厚さに対する割合 (%)		地鉄と接するマグネタイト (マグネタイトシーム)の 面積率 (%)			
	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ		
	センター	エッジ	センター	エッジ	センター	エッジ		
A	9	9	10	15	95	93	剥離なし	本発明
B	11	11	0	5	100	100	剥離なし	
C	9	9	5	10	98	95	剥離なし	
D	6	6	15	20	92	90	剥離なし	
E	10	12	10	90	95	0	剥離あり	比較例
F	15	18	0	50	100	50	剥離あり	
G	11	11	0	0	98	10	剥離なし	
							剥離あり	

注) 下線は本発明の範囲外であることを示す。

【 0 0 9 0 】

なお、上記実施例は極低炭素鋼について述べたが、本発明の製造方法は、脱スケール処理を施さない鋼板に対して広く適用できるので、上記の実施例に限定されない。本発明の

10

20

30

40

50

製造方法は、特に、質量％でC：0.001～0.18％、Si：0.001～0.045％、Mn：0.01～0.6％、P：0.008～0.022％、S：0.001～0.02％、残部がFe及び不可避不純物からなる熱延鋼板に対して好適である。

【産業上の利用可能性】

【0091】

本発明は、加工時や塗装時に優れた表面性状が要求される鋼材及びその製造方法として適用でき、自動車部品や建築用鋼材の製造に好適であるので、産業上の利用可能性は大きい。

【符号の説明】

【0092】

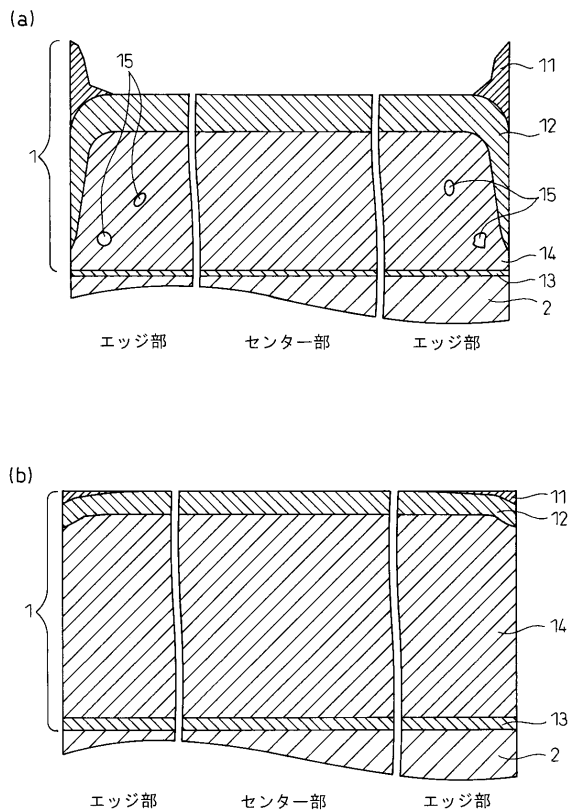
- 1 スケール
- 2 地鉄
- 11 ヘマタイト
- 12 マグネタイト
- 13 地鉄とスケールの界面に析出したマグネタイト（マグネタイトシーム）
- 14 鉄とマグネタイトの共析組織
- 15 残留ウスタイト
- 16 ウスタイト
- 21 水冷ノズル
- 22 熱延コイル

10

20

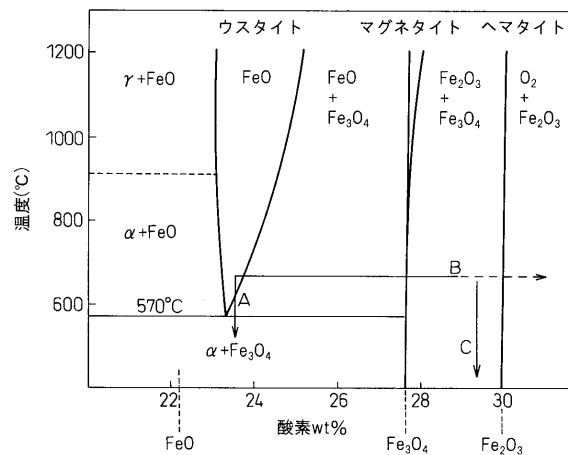
【図1】

図1



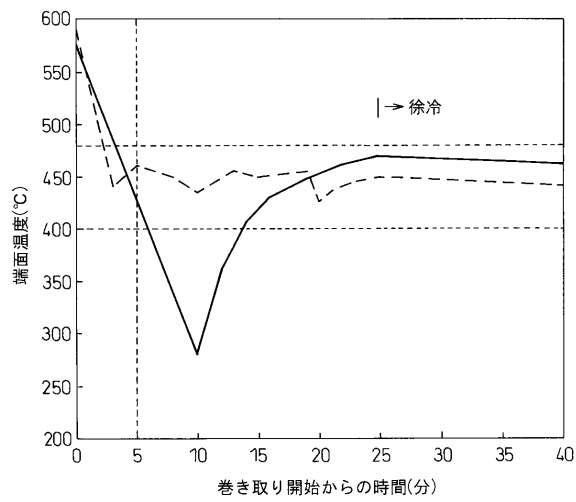
【図2】

図2



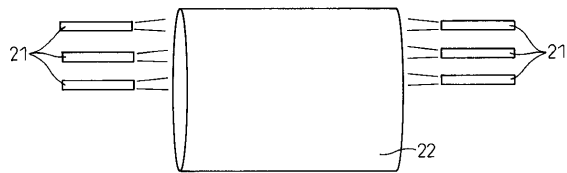
【 図 3 】

図3



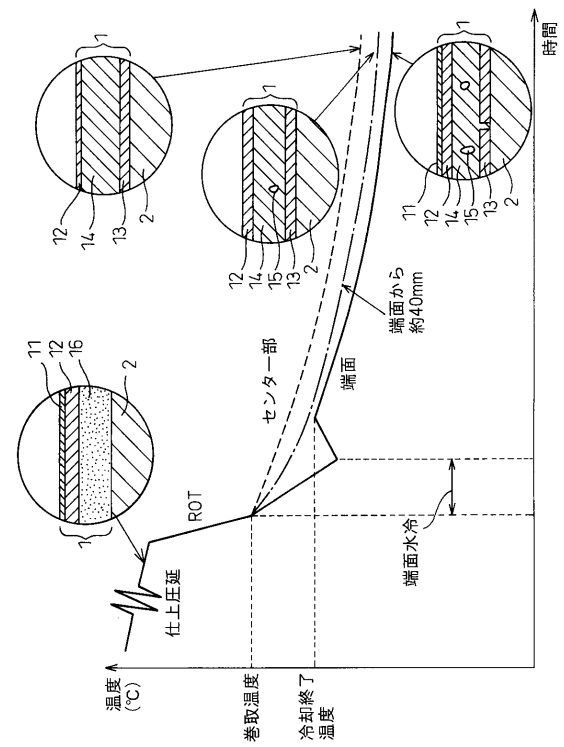
【 図 4 】

図4



【 図 5 】

図5



フロントページの続き

(74)代理人 100111903

弁理士 永坂 友康

(72)発明者 多根井 寛志

東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日本製鐵株式会社内

(72)発明者 川▲瀬▼ 瑛樹

東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日本製鐵株式会社内

(72)発明者 ▲高▼田 拡司

東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日本製鐵株式会社内

F ターム(参考) 4E002 AD04 BC07 BD03 BD07 BD08 CB03 CB10

4E026 EA09