

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5093232号

(P5093232)

(45) 発行日 平成24年12月12日 (2012.12.12)

(24) 登録日 平成24年9月28日 (2012.9.28)

(51) Int. Cl.	F 1
C 2 3 G 3/02 (2006.01)	C 2 3 G 3/02
C 2 3 G 1/08 (2006.01)	C 2 3 G 1/08
B 0 8 B 3/12 (2006.01)	B 0 8 B 3/12 D

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-513035 (P2009-513035)	(73) 特許権者	000006655
(86) (22) 出願日	平成20年4月30日 (2008.4.30)		新日本製鐵株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/058597		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(87) 国際公開番号	W02008/136537	(74) 代理人	100099759
(87) 国際公開日	平成20年11月13日 (2008.11.13)		弁理士 青木 篤
審査請求日	平成21年8月28日 (2009.8.28)	(74) 代理人	100077517
(31) 優先権主張番号	特願2007-120652 (P2007-120652)		弁理士 石田 敬
(32) 優先日	平成19年5月1日 (2007.5.1)	(74) 代理人	100087413
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100140121
			弁理士 中村 朝幸
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 鋼板の洗浄方法及び鋼板の連続洗浄装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

走行する鋼板を洗浄する方法であって、周波数が 0.8 MHz ~ 3 MHz の超音波を加えた洗浄液を、シャワー方式又はカーテンフロー方式により、鋼板表面に直角な線に対して 1 ~ 80° 走行方向とは逆方向に傾斜させた角度で鋼板表面に供給することを特徴とする鋼板の洗浄方法。

【請求項 2】

前記洗浄液が酸洗溶液であることを特徴とする請求項 1 記載の鋼板の洗浄方法。

【請求項 3】

前記鋼板が熱延鋼板であり、前記洗浄液が酸洗溶液であり、熱延鋼板の酸化スケールを除去することを特徴とする請求項 1 記載の鋼板の洗浄方法。

10

【請求項 4】

巻戻機、洗浄液供給部、及び巻取機を少なくとも備えた鋼板の連続洗浄装置であって、前記洗浄液供給部は、少なくとも洗浄液の入口と、超音波が加えられた洗浄液をシャワー方式又はカーテンフロー式で鋼板表面と直角な線に対して 1 ~ 80° 走行方向とは逆方向に傾斜させた角度で鋼板表面に供給する洗浄液出口とを備えた洗浄液の貯留部と、前記貯留部の洗浄液に 0.8 ~ 3 MHz の周波数の超音波を加える超音波発振器部とを有することを特徴とする鋼板の連続洗浄装置。

【請求項 5】

前記超音波の発信器部に乾燥空気又は不活性ガスを流す手段を備えたことを特徴とする

20

請求項4記載の鋼板の連続洗浄装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、走行する鋼板を洗浄する方法、及び鋼板の連続洗浄装置に関するものであり、更に、鋼板の製造工程で生成した酸化スケールを効率よく除去する方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

鋼板の製造工程において、種々の目的で鋼板表面の洗浄が行われている。例えば、メッキや塗装前の鋼板の洗浄、熱延鋼板の酸洗による酸化スケール除去（脱スケール）などが挙げられる。

10

このような洗浄の促進や高効率化、洗浄力の向上等は、洗浄液の設計によることが大きい。さらに洗浄時に洗浄をアシストする方法の1つとして、20～100kHzの超音波を印加する方法がある（特開2003-313688号公報、特開2000-256886号公報、特開平5-125573号公報）。

洗浄液中で超音波を印加すると、鋼板表面でキャビテーション現象が発生して洗浄効果が促進される。すなわち、超音波によって洗浄液中で局部的に圧力が低下して蒸気圧よりも低くなり、水蒸気の発生や溶解している気体が膨張して、小さな気泡や空洞が急速に形成され激しく崩壊することで、洗浄の化学反応促進しながら衝撃力を与えて洗浄効果が促進されるものである。したがって、超音波の印加は、熱延鋼板の脱スケール酸洗にも有効である（特開2000-256886号公報）。

20

脱スケール酸洗には、硫酸、塩酸、硝酸及びフッ酸などを単独あるいは数種類を混合した酸洗溶液が用いられている。前記酸洗溶液の酸洗速度を増大させるために、酸濃度の増加及び酸洗温度の上昇などが図られてきたが、薬剤及びエネルギーコストの増大、酸洗後鋼材表面の肌荒れなどのマイナス面があることから、酸洗速度向上には限界があり、超音波が併用されている。

しかしながら、鋼板の製造コスト低減や鋼板の高品質化が望まれ、鋼板の洗浄や脱スケールに関しても洗浄効率の更なる向上、及び鋼板の表面の清浄性向上が必要である。

一方、半導体製造や電子機器製造分野では、特開平10-172948号公報に記載のように、半導体ウェーハの洗浄で、0.8MHz以上のメガソニック超音波を洗浄液に印加して異物除去力を向上させることが行われている。特開平10-172948号公報では、洗浄槽に半導体ウェーハを浸漬し、洗浄槽の底部からメガソニック超音波を印加してバッチ洗浄する方式である。

30

また、特開平8-44074号公報では、液晶ディスプレイ用カラーフィルタ製造工程で、レジストを効率的に除去する方法として、メガソニック超音波を印加した液カーテン状の現像液を露光後のレジスト上に供給する方法が開示されている。

20～100kHzの超音波（ウルトラソニック超音波）に比べて、メガソニック超音波は指向性が高いので洗浄対象物の表面を効率的に洗浄できるとともに、溶液分子を活性化し易く反応促進効果が大きい。

40

したがって、半導体分野のみならず、特表2003-533591号公報では、圧延鋼棒の洗浄でも500～3000kHzの超音波源を使用した脱スケール方法が開示されている。

【発明の開示】

【0003】

上述のようにメガソニック超音波は、洗浄において非常に効果的に洗浄力が向上するので、鋼板の洗浄で使用されてきたウルトラソニック超音波に代えてメガソニック超音波を適用すると、より効果的に鋼板の洗浄ができ、酸洗速度を向上できるものと考えられる。

しかし、前述した半導体製造や電子機器製造分野とは洗浄対象物が異なること、汚れの度合いや清浄性のレベルが大きく異なること、及び洗浄対象物の移動速度や装置の大きさ

50

等のプロセス条件も大きく異なることから、走行中の鋼板の連続洗浄へのメガソニック超音波は適用されていないのが実態である。

その理由の1つは、設備保全性の問題があるからである。すなわち、特開平10-172948号公報にあるようなメガソニック超音波発信器を、特開2003-313688号公報、特開2000-256886号公報、特開平5-125573号公報のようなウルトラソニック超音波発振器と同様に鋼板の洗浄ラインの洗浄浴中に設置すると、メガソニック超音波と洗浄液によりメガソニック超音波発信器の容器やケーブルの腐食が激しく、長期使用できない。特に、酸洗ラインでは、前記腐食がより顕著になる。

特表2003-533591号公報では、圧延銅棒の洗浄で超音波を使用して脱スケールする方法が開示され、超音波の周波数が、20~100kHz、100~500kHz、及び500~3000kHzと幅広く使用できることが記載されている。

しかし、棒状の圧延材では洗浄浴が小さく超音波発振器を洗浄浴の外部に取り付けられること、洗浄対象物が小さいので洗浄浴外部から超音波を印加しても効果が得られること等の理由で500~3000kHzのメガソニック超音波も使用できる。

但し、前記使用方法でも、20~500kHzでは問題ないが、500~3000kHzでは発信器と接している洗浄浴容器材料の腐食が著しく、現実的には長期使用には耐えられない。

また、鋼板の洗浄液中に超音波発信器を設置しない方法としては、特開平8-44074号公報に記載の写真フィルム用現像液を鋼板洗浄液に置き換えて、メガソニック超音波を印加した液カーテン状の洗浄液を鋼板表面に供給する方法が考えられる。

しかしながら、特開平8-44074号公報では洗浄対象物が静止しているが、走行している鋼板の洗浄では洗浄対象物が移動しているので特開平8-44074号公報のようにメガソニック超音波を印加したカーテン状洗浄液を単に鋼板表面に供給しても効果的な洗浄が行われないという問題がある。

また、供給した洗浄液が鋼板の走行によって飛散して超音波発振器やケーブル等の腐食を促したり、洗浄環境が悪化したりするという問題がある。

一方、現行の鋼板の洗浄液としては、塩酸、硫酸等が使われることが多く、酸化スケール除去の際に酸洗槽内で鋼板と酸との反応による気泡の発生が起こり、その気泡が超音波の伝達を低下させるため、酸洗槽内で周波数の低い、いわゆるウルトラソニック超音波(20~500kHz程度)を用いた場合、超音波の効果が低下するといった問題があった。

したがって、鋼板の製造条件によっては、酸化スケールが強固に付着している場合に、これまでの超音波照射を併用しても脱スケールが不十分となるだけでなく、洗浄液が酸性溶液の場合、既存の酸洗槽による洗浄方法では、一度除去された酸化スケールや他の成分で構成されている不溶性物質が鋼板表面に再付着するという問題もある。

本発明は、このような状況に鑑みたものであり、走行する鋼板の洗浄にメガソニック超音波を適用し、安定して洗浄効果及び洗浄速度の向上を可能とした鋼板の洗浄方法及び鋼板の連続洗浄装置を提供することを目的とする。

また、メガソニック超音波を適用して、鋼板の製造工程で生成した酸化スケールを効率よく除去できる鋼板の洗浄方法及び鋼板の連続洗浄装置を提供することも目的とする。

本発明者らは、前記課題を解決する手段を鋭意検討した結果、メガソニック超音波を加えた洗浄液を特定の角度で走行している鋼板の表面に照射する方法が、超音波発信器やケーブル等の腐食を避け、更に洗浄力を飛躍的に向上できることを見いだした。すなわち、本発明の要旨は次の通りである。

(1) 走行する鋼板を洗浄する方法であって、周波数が0.8MHz~3MHzの超音波を加えた洗浄液を、シャワー方式又はカーテンフロー方式により、鋼板表面に直角な線に対して1~80°走行方向とは逆方向に傾斜させた角度で鋼板表面に供給することを特徴とする鋼板の洗浄方法。

(2) 前記洗浄液が酸洗溶液であることを特徴とする(1)記載の鋼板の洗浄方法。

(3) 前記鋼板が熱延鋼板であり、前記洗浄液が酸洗溶液であり、熱延鋼板の酸化スケ

10

20

30

40

50

ールを除去することを特徴とする（１）記載の鋼板の洗浄方法。

（４） 巻戻機、洗浄液供給部、及び巻取機を少なくとも備えた鋼板の連続洗浄装置であって、前記洗浄液供給部は、少なくとも洗浄液の入口と、超音波が加えられた洗浄液をシャワー方式又はカーテンフロー式で鋼板表面と直角な線に対して $1\sim 80^{\circ}$ 走行方向とは逆方向に傾斜させた角度で鋼板表面に供給する洗浄液出口とを備えた洗浄液の貯留部と、前記貯留部の洗浄液に $0.8\sim 3\text{MHz}$ の周波数の超音波を加える超音波発振器部とを有することを特徴とする鋼板の連続洗浄装置。

（５） 前記超音波の発信器部に乾燥空気又は不活性ガスを流す手段を備えたことを特徴とする（４）記載の鋼板の連続洗浄装置。

【図面の簡単な説明】

10

【0004】

図１は、鋼板表面に垂直にメガソニック超音波を加えた洗浄液を供給した場合の状況を示す模式図である。

図２は、鋼板表面に傾斜させてメガソニック超音波を加えた洗浄液を供給した場合の状況を示す模式図である。

図３は、メガソニック超音波を加えた洗浄液の供給部の例を示す模式図であり、（a）は上面図、（b）は正面図、（c）は側面図である。

図４は、メガソニック超音波を加えた洗浄液の供給部内部構造の例を示す断面模式図である。

図５は、メガソニック超音波を加えた洗浄液を水平に走行する鋼板に供給する例を示す図である。

20

図６は、メガソニック超音波を加えた洗浄液を垂直に走行する鋼板に供給する例を示す図である。

図７は、洗浄部を鋼板が水平に走行する場合の鋼板の連続洗浄装置の例を示す模式図である。

図８は、洗浄部を鋼板が垂直に走行する場合の鋼板の連続洗浄装置の例を示す模式図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0005】

以下に本発明を詳しく説明する。

30

本発明者らは、周波数が $0.8\text{MHz}\sim 3\text{MHz}$ の超音波（メガソニック超音波）を加えた洗浄液を、シャワー方式又はカーテンフロー方式で、洗浄液の供給角度を鋼板表面に垂直な線に対して、走行方向とは逆に $1\sim 80^{\circ}$ 傾けて走行している鋼板の表面に供給する（噴射方向は鋼板の走行方向となる）ことによって、 $20\sim 100\text{kHz}$ の超音波（ウルトラソニック超音波）を適用した洗浄に比べて、効果的に鋼板の表面を洗浄できることを見いだし、脱スケールにも有効であることも見いだした。

前記洗浄効果が向上した理由は、次のように考えられる。図１に示したように、特開平8-44074号公報と同様に洗浄物である鋼板４に垂直にメガソニック超音波１を加えた洗浄液を供給しても、メガソニック超音波はウルトラソニック超音波よりも指向性が高いので、付着物やスケール２が陰になって付着物やスケール２と鋼板表面の接着界面３にメガソニック超音波が効果的に当たらないために、洗浄効果が向上しない。

40

しかしながら、図２に示したように、メガソニック超音波の照射角度を傾けることによって、付着物やスケール２と鋼板表面の接着界面３にメガソニック超音波１が当たる割合が増加して、洗浄効果が向上するものと考えられる。

図３に、本発明のメガソニック超音波を加えた洗浄液の供給部１３の一例を示す。また、図４に、前記供給部の内部構造の一例を示す。入口６から洗浄液が入り、メガソニック超音波の発振器９によって洗浄液１１にメガソニック超音波を加え、出口８からメガソニック超音波を加えた洗浄液１２が出ていき、鋼板の表面に供給される。

また、超音波発振器部は、メガソニック超音波発信器９とこれを格納する格納部と空洞１０を有しており、後述するように、好ましくは、超音波発振器部にはその空洞部に乾燥

50

空気又は不活性ガスを供給、排出するガス流の出入口7と、電気を供給するケーブル5が設けられる。

図5に、本発明のメガソニック超音波を加えた洗浄液12を水平に走行する鋼板14に供給する例を示す。前述のように、前記洗浄液の供給角度を鋼板表面に垂直な線に対し、鋼板の走行方向とは逆向きに1～80°傾ける。この角度を θ とする。

また、垂直に走行する鋼板14においては、図6のように、メガソニック超音波を加えた洗浄液12を供給する。図6は、鋼板の両面に供給する例であるが、片面だけの供給も可能である。前記洗浄液の供給角度 θ は、前記と同様に鋼板表面に垂直な線に対し1～80°走行方向とは逆向きに傾ける。

前記角度 θ が1°未満では、前述のように付着物やスケールと鋼板表面の接着界面にメガソニック超音波が届き難くなり、十分な洗浄効果が得られない。また、前述の理由で洗浄液による発信器等の腐食が起こりやすい。

一方、角度 θ が、80°を超えると洗浄液の飛散は避けられるが、鋼板表面へ効果的に超音波振動が照射されず（超音波照射密度が低くなりすぎる）、十分な洗浄効果が得られない。

前記角度 θ は、固定であってもよく、上記角度範囲内若しくは上記角度範囲外を含んで可変させてもよい。望ましい角度範囲としては、10°から80°の範囲が経済的、効率的に実用的に好ましい。

このように洗浄液の供給角度を走行方向と逆方向に傾けることにより、鋼板に対する洗浄液の鋼板走行方向相対速度が低下するため、洗浄液の飛散が低減する。

また、飛散しても超音波発振器やケーブル等とは、反対方向（鋼板走行方向）に飛散するため、これら装置に直接当たらないので、超音波発振器やケーブル等の腐食が抑制でき、設備安全性が著しく高まる。

更に、鋼板表面に衝突した洗浄液は、そのまま鋼板表面上を鋼板走行方向に流れるため、剥離した付着物やスケールが、滞留することなく、そのまま鋼板走行方向に排出される。

従来のように、鋼板に対向するように洗浄液を噴射した場合、一旦剥離した付着物等は、洗浄液の勢いで、すぐに排出されることがないため、高指向性で強力なメガソニック超音波の作用で、再度鋼材表面に押し込んでしまう可能性がある。

したがって、本発明によって、付着物等の洗浄性能を高めることができる。

洗浄液の供給量は、特に限定しないが、好ましくは、鋼板単位面積当たりで、 $0.3\text{ L/m}^2 \sim 200\text{ L/m}^2$ である。 0.3 L/m^2 未満では、超音波が伝わらない等の問題が生じて、十分な洗浄効果が発揮できない場合がある。

一方、 200 L/m^2 を越えると、洗浄効果が高まるが、多量の洗浄液が必要になるので経済的でない場合がある。洗浄液の供給量は、更に好ましくは、 $1\text{ L/m}^2 \sim 100\text{ L/m}^2$ である。例えば、 100 m/min の速度で走行中の鋼板に1m幅で洗浄液を供給し、洗浄液の供給量を 1 L/m^2 とした場合は、洗浄液の吐出量は 100 L/min となる。

図5及び図6では、メガソニック超音波を加えた洗浄液の供給が片面或いは両面で1段であるが、鋼板の走行方向に供給部を複数にして多段で供給してもよい。

また、各段において、洗浄液の種類を変えることも可能である。例えば、1～n段目を酸洗溶液とし、その後の最終段（n+1）、n+1～n+2段、又はn+1～n+3段をリンス溶液とすることができる。

本発明で使用する超音波の周波数は、 $0.8\text{ MHz} \sim 3\text{ MHz}$ である。前記周波数帯では、ウルトラソニック超音波とは異なり、洗浄液中の分子やイオンの会合を解除して、それぞれの分子やイオンの運動をより活発できる。

その結果、鋼板表面の汚れ物の分解や強く付着した異物と鋼板表面との界面に強く作用して、洗浄効果が向上する。

脱スケールについても、効果的であり、次のように考えられる。製造工程の雰囲気、熱処理温度、鋼材に含まれる添加元素及び不純物により変化するが、大別すると酸化スケー

10

20

30

40

50

ルには3種類ある。

具体的には FeO 、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 であり、鋼材表面には酸化スケールの主成分であってかつ酸洗溶液への溶解速度が遅いマグネタイト(Fe_3O_4)、酸洗溶液への溶解速度が非常に遅いヘマタイト(Fe_2O_3)が存在している。

本発明の0.8MHz～3MHzの周波数のメガソニック超音波を用いることにより、酸化スケールへの酸洗溶液中の溶解できる成分を活性化し、効率よく酸化スケールと反応させることができる。

また、同超音波を用いることにより、被洗浄物あるいは被エッチング物に音圧により、局部的に圧力をかけることが可能となる。これにより被洗浄物、被エッチング物を機械的に破壊することも可能であり、その結果、酸化スケールの溶解速度が向上する。

超音波の周波数は、0.8MHz未満では、上記洗浄や脱スケールで従来以上の十分な効果が得られない。一方、3MHzを越えると、被洗浄物にダメージを与え、平滑な表面が得られなくなる。超音波の周波数としては0.8～1.5MHzの周波数がより好ましい。

本発明のメガソニック超音波の印加は、連続であってもよく、間欠であってもよい。また、本発明の範囲の周波数内で複数の周波数の超音波を組み合わせ使用してもよい。さらに、従来のウルトラソニック超音波と本発明のメガソニック超音波を併用してもよい。

本発明の洗浄液は、鋼板の洗浄に使用される従来の洗浄液が使用できる。例えば、酸性溶液、アルカリ性溶液、又は中性溶液等の洗浄液がある。酸性溶液は、酸洗溶液として、塩酸溶液、硫酸溶液、フッ酸溶液(フッ化水素酸)あるいはこれらの溶液の硝酸、酢酸、蟻酸などが含まれる溶液である。

酸洗溶液は、一般的な鋼板の洗浄に使用される他に、熱延鋼板の酸化スケールの除去に使用される。アルカリ性溶液は、例えば、苛性ソーダ(NaOH)や苛性カリ(KOH)等を含む溶液であり、鋼板の脱脂等の洗浄に使用される。

また、中性溶液は、例えば、前記酸洗浄やアルカリ洗浄後のリンスとして使用される。洗浄液の温度は、特に限定されないが、洗浄効率や温度管理等の理由で常温から80℃であるのがより好ましい。

本発明の洗浄部における鋼板走行速度は、300m/min以下が好ましい。300m/minを越えると、単位時間当たりの超音波照射時間が短くなり、十分な洗浄効果が得られない場合がある。前記走行速度は、特に好ましくは、20m/min～100m/minである。20m/min未満では、生産効率が低下する場合がある。

通板速度が遅い場合(50m/min以下)は液表面の流れを加速する効果もあるため、角度 θ を1～29°にすると望ましい。一方、通板速度が速い場合(200m/min以上)は、角度 θ を46～70°にすることが望ましい。

本発明の方法では、鋼板の種類によらず、薄板から厚板まで、更に、5 μm から800 μm のステンレス箔の洗浄にも有効である。特に従来酸化スケールが除去し辛い鋼板種であるTi、Nb、Siの添加された鋼板においても有効である。

メガソニック超音波の出力としては、大きい方が効果的であるが、設備的な付加などあるため、鋼板の製造工程に合わせて設計することが可能である。巨大な設備を作ることに対応することも可能であるが、複数の超音波を並列に設置することでも同様の効果が発揮できる。

本発明の洗浄液の噴射方式は、特に問わないが、シャワー方式又はカーテンフロー方式が一般的である。シャワー方式は、直径が約10mmから数10mm程度の大きさの孔径を有し、その孔部分から洗浄液を噴射するタイプの方式を意味する。

また、カーテンフロー方式は、約数mmから数cmの幅を持つスリットを有し、その部分から洗浄液が帯状に噴射する方式を意味する。

本発明の鋼板の連続洗浄装置は、少なくとも、巻戻機15、洗浄部19、及び巻取機24を備えており、前記洗浄部が0.8MHz～3MHzの周波数である超音波を加えた洗浄液をシャワー方式又はカーテンフロー方式で鋼板の表面に供給するものであり、前記洗浄液の供給角度を鋼板表面と直角な線に対して1～80°で走行方向とは逆に傾けている

10

20

30

40

50

。前記鋼板の連続洗浄装置に、更に、入側ルーパー 17、出側ルーパー 22、シャー、溶接機 16、テンションレベラー 18、塗油機 23、洗浄液受け容器 20等を備えていてもよい。また、前記洗浄部が、酸洗又はアルカリ洗浄である場合は、その後にリンス槽 21を備えることもできる。更には、酸洗槽又はアルカリ洗浄槽と併用することもできる。

図 7と図 8に、本発明の鋼板の連続洗浄装置の例を示す。図 7は、鋼板が水平に走行する場合の洗浄装置例であり、鋼板の両面を洗浄するために洗浄部（メガソニック超音波を加えた洗浄液の供給部） 19を 2箇所を設置している。

図 8は、鋼板が垂直に走行する場合の洗浄装置例であり、鋼板の両面を洗浄のために両面からメガソニック超音波を加えた洗浄液が供給できるようになっている。両装置例のリンスは、リンス槽 21としているが、洗浄部 19と同様にしてリンス溶液を供給する構成にしてもよい。

また、前記洗浄部 19の詳細を示した図 4のメガソニック超音波の発振器が納められた空洞部 10に、乾燥空気、又は窒素、アルゴン、ヘリウム、若しくは炭酸ガス等の不活性ガスを流してもよい。前記ガスを流すことにより、洗浄液ミストや HCl 気体等の腐食物の進入を抑制でき、耐久性をより向上できる。

【実施例】

【0006】

以下、本発明を実施例により具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例によって何ら制限されるものではない。

（実施例 1）

洗浄する鋼材は、ステンレス鋼板を用いた。異物除去評価を実施するために、鋼板表面に日本合成ゴム（JSR）製のポリスチレンラテックス（PSL）標準粒子（ $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.35\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ ）を塗布し、乾燥させて模擬粒子付き鋼板とした。これらの鋼板を用いて、付着粒子の除去評価を実施した。

図 3及び 4に示した超音波を加えられる洗浄液の供給部を使用して、図 5に示したように洗浄液を、 $80\text{m}/\text{min}$ の速度で走行する鋼板の表面に供給して、各種液洗浄液で超音波周波数と図 5の供給角度 θ を変化させた各条件での洗浄効果を調べた。

前記洗浄液は、 1m 幅のシャワー方式で供給し、吐出量が $100\text{L}/\text{min}$ で、洗浄液供給量を $1.25\text{L}/\text{m}^2$ とした。表 1に、超音波の周波数、洗浄液の供給角度 θ 、及び洗浄効果に示している。但し、表 1の実施例 1-28~30は、カーテンフロー方式で前記と同条件で行った。

洗浄溶液は、酸洗溶液、アルカリ洗浄溶液、及びリンス液をそれぞれ使用した。酸洗溶液は、次のように調製した。

HCl系は、 $5\text{mass}\%$ の HCl 水溶液とし、 FeCl_2 と FeCl_3 をそれぞれ $0.1\text{mass}\%$ 添加した。 H_2SO_4 系は、 $5\text{mass}\%$ H_2SO_4 水溶液とし、 FeCl_2 と FeCl_3 をそれぞれ $0.1\text{mass}\%$ 添加した。

アルカリ洗浄溶液は、典型的なアルカリである、NaOH系（苛性ソーダ）とし、 $1\text{wt}\%$ の NaOH 水溶液で、Fe イオンを $0.1\text{mass}\%$ 共存させた。リンス液は、前記酸やアルカリを添加していない純水を使用した。

また、酸洗溶液の場合、液の温度は 60°C から 90°C になるように加温、保持し、アルカリ洗浄溶液とリンス液は、常温~ 40°C の間で保持して実施した。

評価方法としては、鋼板の表面に 10000 ルクス程度の強い光（集光灯と称す）を照射し、粒子の状態をスケッチし、洗浄後、集光灯照射条件下で残留粒子のスケッチを実施した。その除去率を算出し、表面の粒子の除去率を評価した。

表 1の洗浄効果は、いずれの場合も超音波を照射しない試料を準備し、表 1の各種条件下で除去率の評価を行った試料との比較により判定した。除去の向上割合が、 30% 未満の場合を×、 30% 以上 40% 未満の場合を△、 40% 以上 60% 未満を○、 60% 以上を◎と表記した。模擬粒子除去後の試料の一部に関して、除去部分を光学顕微鏡や走査型

10

20

30

40

50

電子顕微鏡にて残留粒子の状態を観察して確認した。その結果、0.2 μm 以上の粒子は観察されなかった。

【表1】

表1

No.	周波数 (MHz)	角度 θ ($^{\circ}$)	洗浄液	洗浄効果	備考
1-1	0.80	10	HCl系	◎	実施例
1-2	0.95	1	HCl系	○	実施例
1-3	0.95	28	HCl系	◎	実施例
1-4	0.80	38	HCl系	◎	実施例
1-5	0.95	80	HCl系	◎	実施例
1-6	0.95	46	HCl系	◎	実施例
1-7	0.95	52	HCl系	◎	実施例
1-8	0.95	58	HCl系	◎	実施例
1-9	0.95	62	HCl系	◎	実施例
1-10	0.95	60	HCl系	◎	実施例
1-11	0.95	30	H ₂ SO ₄ 系	◎	実施例
1-12	0.95	10	H ₂ SO ₄ 系	◎	実施例
1-13	0.95	10	HCl系	◎	実施例
1-14	3.0	30	HCl系	◎	実施例
1-15	2.0	30	HCl系	◎	実施例
1-16	0.95	80	NaOH系	◎	実施例
1-17	0.95	34	NaOH系	◎	実施例
1-18	0.95	10	NaOH系	◎	実施例
1-19	0.95	10	純水リンス液	○	実施例
1-20	0.95	60	純水リンス液	○	実施例
1-21	0.028	30	HCl系	×	比較例
1-22	0.10	30	HCl系	×	比較例
1-23	0.40	30	HCl系	△	比較例
1-24	0.60	30	HCl系	×	比較例
1-25	0.95	0	HCl系	△	比較例
1-26	0.95	85	HCl系	×	比較例
1-27	3.5	30	HCl系	基材エッチング	比較例
1-28	0.95	5	H ₂ SO ₄ 系	◎	実施例
1-29	0.95	5	HCl系	◎	実施例
1-30	0.95	5	純水リンス液	○	実施例
1-31	0.95	-5 ※1	HCl系	× 洗浄液が発信器 に付着。 腐食進行。	比較例

※1：マイナス表示の角度は、鋼板走行方向への傾斜を示す。

実施例1-1～1-18に示しているように、酸性及びアルカリ性の洗浄溶液で、0.8～3 MHzの周波数の超音波振動を加えた洗浄液を、供給角度 θ が1～80 $^{\circ}$ で供給することによって、高い洗浄効果を示した。

実施例 1-19~1-20 に示しているようにリンス液でも、十分な洗浄効果が得られた。実施例 1-28~30 に示しているように、カーテンフロー方式でも、それぞれ、十分な洗浄効果が得られた。

一方、比較例 1-21~22 の超音波周波数が低い場合は、十分な洗浄効果が得られなかった。比較例 1-27 の超音波周波数が高すぎると、ポリスチレンラテックス粒子が完全に除去できるが、基材ステンレス鋼板の表面のエッチングが激しくなり、平坦な表面が得られなかった。

比較例 1-25 の超音波振動を加えた洗浄液を、鋼板に対して垂直 ($\theta = 0^\circ$) に供給すると十分な洗浄効果が得られないとともに、洗浄液の飛散滴が洗浄液供給部 (超音波発振器) に付着した。

10

比較例 1-26 の超音波振動を加えた洗浄液の供給角度 θ が大きすぎると、十分な洗浄効果が得られなかった。

比較例 1-31 に、洗浄液供給部を鋼板走行方向側に傾斜させた結果を示す。洗浄効果が悪化するだけでなく、発信器やケーブル等への洗浄液の付着があり、腐食が進行していることが確認された。

(実施例 2)

鋼材として、酸化スケール溶解速度が遅い熱延板を選択し用いた。鋼材は、C : 0.002, Si : 0.006, Mn : 0.13 : S : 0.01, Nb : 0.02, Ti : 0.02 wt % で、残部 Fe 及び不可避免的不純物よりなる鋼板である。

図 3 及び 4 に示した超音波を加えられる洗浄液の供給部を使用して、図 6 及び図 8 に示したように洗浄液を 5~310 m/min の速度で走行する鋼板の表面に供給して、超音波周波数と図 6 の供給角度 θ を表 2 の範囲で変化させて脱スケール効果を調べた。前記洗浄液は 1 m 幅のシャワー方式で供給し、吐出量及び洗浄液供給量は表 2 に示したように行った。

20

前記洗浄液は、シャワー方式で供給した。酸洗溶液として、HCl 系と H_2SO_4 系を使用した。HCl 系は、8 mass % の HCl 水溶液で、 $FeCl_2$ と $FeCl_3$ をそれぞれ 0.2 mass % 添加した。 H_2SO_4 系は、10 mass % H_2SO_4 水溶液で、 $FeCl_2$ と $FeCl_3$ をそれぞれ 0.2 mass % 添加した。洗浄液の温度は $70^\circ C$ ($\pm 10^\circ C$) になるように加温した。

評価方法としては、予め鋼板の質量を測定し、表 2 の条件で所定の洗浄処理を行い、その後、リンス、乾燥を行って、再度、質量測定を行い、エッチング量を算出した。

30

評価は、表面のスケールの溶解速度から判別した。いずれの場合も表 2 において超音波を照射しない試料をそれぞれ準備し、表 2 の各種条件下でそれぞれ評価を行った試料との比較により判定した。前記溶解速度の向上割合が、10 % 未満の場合を ×、10 % 以上、20 % 未満の場合を △、20 % 以上、30 % 未満を ○、30 % 以上を ◎ と表記し、洗浄効果を判断した。

表 2 に結果を示す。

【表 2】

表 2

No.	周波数 (MHz)	角度 θ (°)	溶液	通板速度 (m/min)	洗浄液 吐出量 (L/min)	洗浄液 供給量 (L/m ²)	洗浄効果	備考
2-1	0.95	30	HCl系	100	20	0.2	○	実施例
2-2	0.95	30	HCl系	100	30	0.3	◎	実施例
2-3	0.95	30	HCl系	100	100	1.0	◎	実施例
2-4	0.95	30	HCl系	100	200	2.0	◎	実施例
2-5	0.95	30	HCl系	5	500	100	◎	実施例
2-6	0.95	30	HCl系	5	1000	200	◎	実施例
2-7	0.95	30	HCl系	5	1100	220	◎	実施例
2-8	0.95	30	HCl系	20	200	10	◎	実施例
2-9	0.95	30	HCl系	300	300	1.0	◎	実施例
2-10	0.95	30	HCl系	310	90	0.29	○	実施例
2-10	0.8	30	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-11	0.95	30	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-12	0.95	30	HCl系	160	160	1	◎	実施例
2-13	0.95	30	HCl系	120	160	1.33	◎	実施例
2-14	0.95	30	HCl系	40	160	4	◎	実施例
2-15	0.95	80	HCl系	80	160	2	○	実施例
2-16	0.95	75	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-17	0.95	60	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-18	0.95	32	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-19	0.95	1	HCl系	80	160	2	○	実施例
2-20	0.95	30	H ₂ SO ₄ 系	80	160	2	◎	実施例
2-21	0.95	60	H ₂ SO ₄ 系	60	160	2	◎	実施例
2-22	2.0	30	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-23	3.0	30	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-24	1.5	30	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-25	2.0	30	HCl系	80	160	2	◎	実施例
2-26	0.028	30	HCl系	80	160	2	×	比較例
2-27	0.1	30	HCl系	80	160	2	×	比較例
2-28	0.4	30	HCl系	80	160	2	△	比較例
2-29	0.95	0	HCl系	80	160	2	△	比較例
2-30	0.95	85	HCl系	80	160	2	×	比較例
2-31	3.5	30	HCl系	80	160	2	基材エッチング	比較例
2-32	0.95	-30 ※1	HCl系	80	160	2	×	比較例
							洗浄液が発信 器に付着。 腐食進行。	

※1：マイナス表示の角度は、鋼板走行方向への傾斜を示す。

本発明の実施例No. 2-1～2-25の超音波周波数が0.8～3MHzの範囲で、
洗浄液の供給角度 θ が1～80においては、酸洗速度が大きくなり、その結果、洗浄効果

10

20

30

40

50

が大きくなった。

また、酸洗後の鋼材の表面品質が損なわれるような状況は認められなかった。特に、洗浄液の供給量が、 0.3 L/m^2 以上で洗浄効果がより大きくなった。

さらに、超音波を供給した洗浄液を２段で供給すると、洗浄効果は高く、より効率的となった。

これに対し、比較例 No. 2-26～2-28 の超音波周波数が低い場合は、酸化スケールの溶解速度が遅く、所々に、酸化スケールが完全に除去できなかったり、斑が発生したりした。

比較例 1-31 の超音波周波数が高すぎると、酸化スケールを完全に除去できるが、基材のステンレス鋼板の表面のエッチングが激しくなり、平坦な表面が得られなかった。

また、比較例 No. 2-29 の超音波振動を加えた洗浄液を、鋼板に対して垂直 ($\theta = 0^\circ$) に供給すると十分な洗浄効果が得られないとともに、洗浄液の飛散滴が洗浄液供給部（超音波発振器）に付着した。

比較例 2-30 の超音波振動を加えた洗浄液の供給角度 θ が大きすぎると、十分な洗浄効果が得られなかった。

比較例 2-32 に、洗浄液供給部を鋼板走行方向側に傾斜させた結果を示す。洗浄効果が悪化するだけでなく、発信器やケーブル等への洗浄液の付着があり、腐食が進行していることが確認された。

（実施例 3）

実施例 2-11 と同様の方法で、超音波発振器が納められた空洞部（図 4 の空洞部 10）に、乾燥空気、又は窒素を流して、100 時間の連続酸洗を行った。その後、前記空洞部中に存在する塩素、或いは腐食程度を調べた。洗浄効果の評価方法は、実施例 2 と同様である。

表 3 にその結果を示す。実施例 No. 3-1 及び 3-2 に示しているように、発信器部に乾燥空気や窒素を流すことにより、塩素等の腐食物の進入を効果的に防止できる。

【表 3】

表 3

No.	発信器部のガス流入	洗浄効果	発信器部位の腐食等	備考
3-1	乾燥空気	◎	腐食無し	実施例
3-2	窒素	◎	腐食無し	実施例
3-3	無し	◎	塩素微量痕跡あるが、腐食無し	実施例

【産業上の利用可能性】

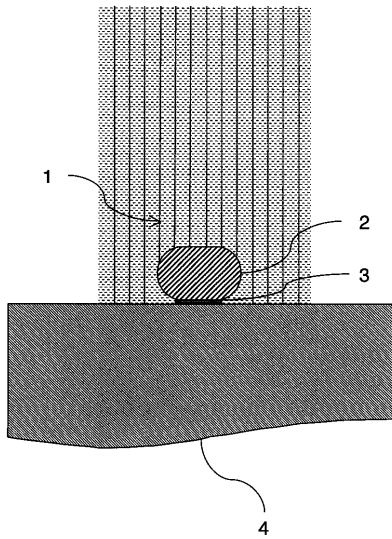
【0007】

本発明の鋼板の洗浄方法及び鋼板の連続洗浄装置によれば、鋼板の連続洗浄にメガソニック超音波を適用しても、装置の腐食を抑制することができるため設備保全性を高めることができ、更に鋼板の洗浄効果及び洗浄速度を向上し、洗浄効率が改善できるとともに、洗浄後の鋼板表面の清浄性にも優れるという著しい作用効果を奏する。さらに、熱延鋼板の酸化スケール除去にも有効であり、脱スケールの効率が向上し、且つ脱スケール痕のない清浄な表面を形成できるという極めて著しい作用効果を奏する。

従って、本発明は、鉄鋼産業において、極めて利用可能性の高いものである。

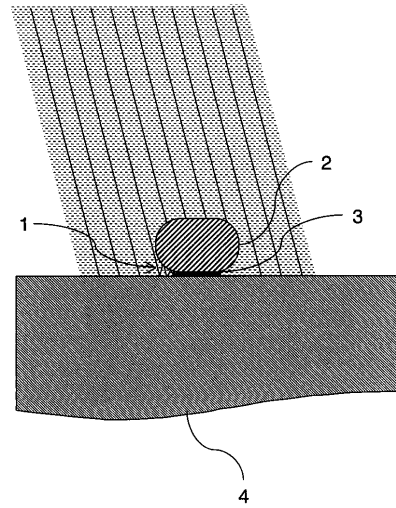
【図 1】

Fig.1



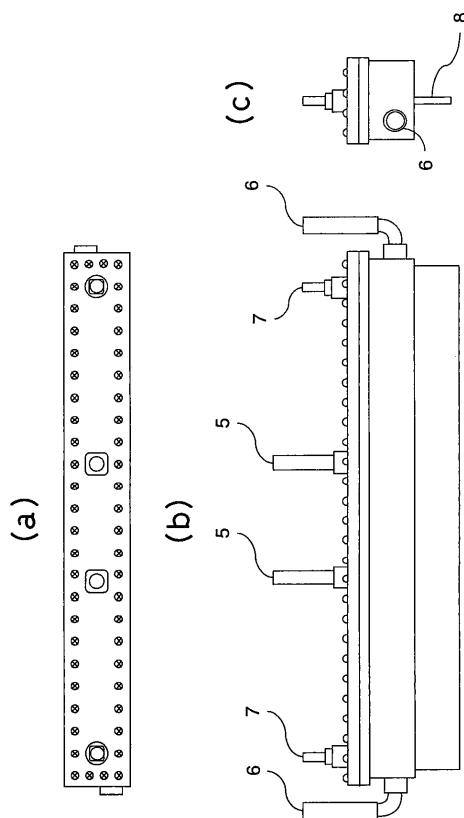
【図 2】

Fig.2



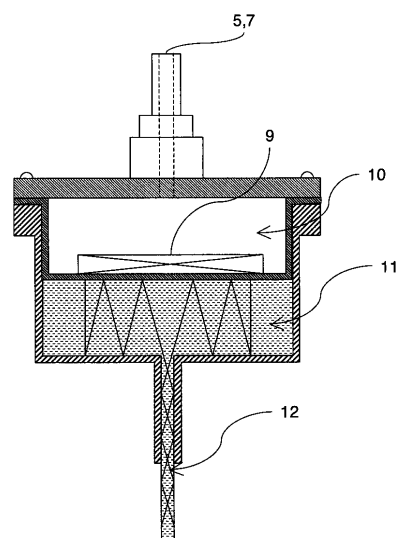
【図 3】

Fig.3



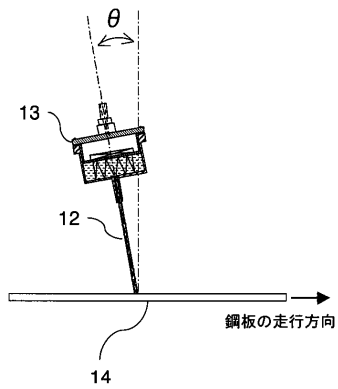
【図 4】

Fig.4



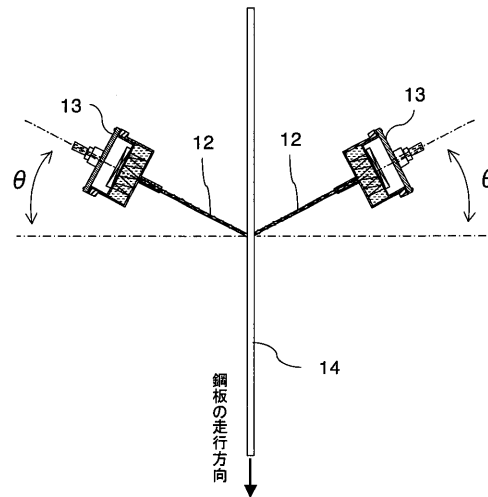
【図 5】

Fig.5



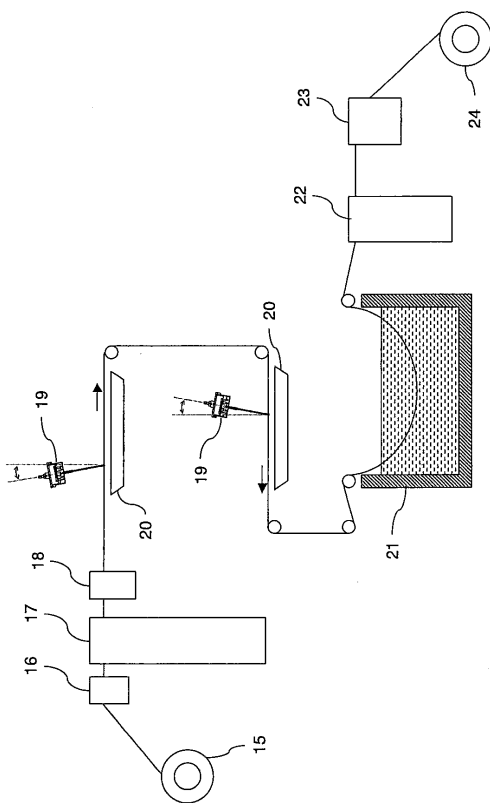
【図 6】

Fig.6



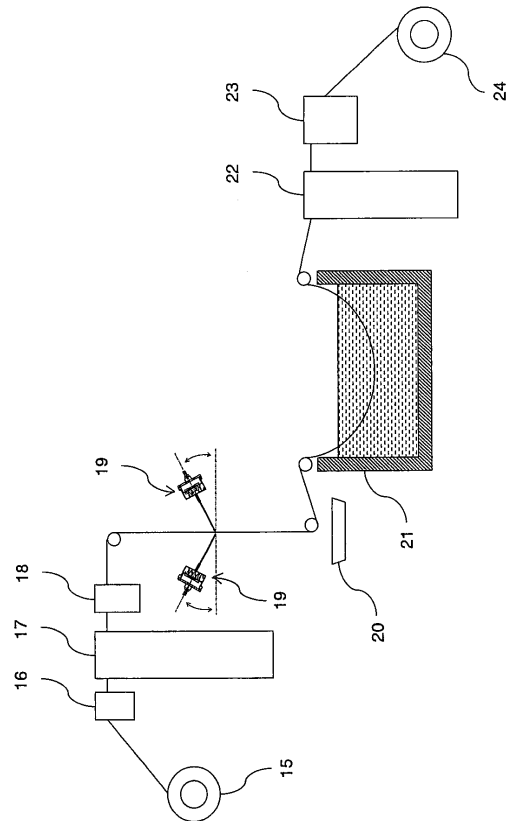
【図 7】

Fig.7



【図 8】

Fig.8



フロントページの続き

- (72)発明者 上村 賢一
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 佐近 正
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 久保山 榮一
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内
- (72)発明者 澤田 大助
東京都千代田区大手町二丁目6番3号 新日本製鐵株式会社内

審査官 市枝 信之

- (56)参考文献 特開平05-033175 (JP, A)
特開平05-078870 (JP, A)
特表2003-533591 (JP, A)
実開昭64-010312 (JP, U)
特開平01-304089 (JP, A)
特開平07-051730 (JP, A)
特開昭57-068214 (JP, A)
特開2002-066478 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C23G 1/00 ~ 5/06
B21B 45/00 ~ 45/08
B08B 3/00 ~ 3/14