ステンレス鋼帯の新連続脱スケール方法

伊藤雅彦^{*1} 緑川平八郎^{*2} 中村恒雄^{*3}
高橋順昭^{**} 中乗敬之^{***}

1. はじめに

ステンレス鋼板は昭和30年(1955年)代に大衆化されて以来、圧延技術や生活レベルの向上と相俟って需要および生産設備が飛躍的に伸びている。近年、ステンレス鋼板の用途が拡大し、品種の多様化、高品質化とともに薄板化が急速に進んでいる。薄板の需要増大に伴い、製造設備の高速、高効率化が要求されている。

ステンレス鋼板は焼鈍により機械的性質を確保するが、これにより生成する表面の酸化物(スケール)を除去する必要がある。スケールは Cr_2O_3 およびCr, Mn, Feを含むスピネル酸化物を主体とした緻密な皮膜のため、普通鋼や低合金鋼のスケールのように酸液への浸漬では脱スケールができない。ステンレス鋼板の薄板化に伴う処理面積の増大および多品種化に伴う難脱スケール材の増加に対処するには同一設備による生産性向上が課題である。以上のような背景から、生産性を律速する脱スケール処理の高速化が必須であるため、品種の多様化に対応できる新高速連続脱スケール法を開発することにした。

2. ステンレス鋼板の連続脱スケールプロセス

(1) 連続脱スケールプロセスの比較

表1は今までに報告されているステンレス鋼板の各種連続脱スケール法を示す。これらの方法のうち、ソルトバス法⁽¹⁾と中性塩電解法⁽²⁾が現在広く実用されている。ソルトバス法は難脱スケール材を含めてCr-Ni系およびCr系鋼の双方に対して脱スケール性が優れている特長を有する反面、高温の溶融塩を使用するため、作業環境性および通板速度を上げると金属ロールによる表面疵や溶融塩の持出し

表1 ステンレス鋼の各種連続脱スケール法の特長。

方 式	工 程	脱スケール性		品質	経済性
		Cr-Ni 系	Cr 系		
硫酸電解法	硫酸電解→硝酸浸漬	△	△	△	○
硝酸電解法	硫酸浸漬→硝酸電解→硝酸浸漬	△	△	△	○
ソルトバス法	塩浴浸漬→硫酸浸漬→硫酸電解	○	○	○	△
中性塩電解法	硫酸ソーダ水溶液電解→硝酸電解	○	△	○	○

が増大し、高速処理が難しい等の問題がある。これに対して硫酸ソーダ水溶液を用いる中性塩電解法は、Cr-Ni系鋼の脱スケールを高効率にできる特長を有するが、Cr系鋼に対する脱スケール性がCr-Ni系より劣る。以上のことから品種の多様化に対応できる新しい高速連続脱スケール法のベースとして総合的に優れている中性塩電解法を取上げ、この方法の問題点を解決することにした。

(2) 新連続脱スケールプロセスの基本検討

Cr系鋼は美しい表面が要求される。このためCr-Ni系鋼のように中性塩電解後の最終処理に混酸(HNO_3 -HF)浸漬をすると表面粗さが大きく光沢なくなる関係から使用できず、硝酸中で電解処理が行われる。硝酸電解処理はスケール中の鉄酸化物の除去に不可欠であることから、高速化には中性塩電解そのものを変えるかあるいは新しい要素を付加する必要がある。ここではソルトバス法の脱スケール性に着目した。酸化剤を含むアルカリ中でスケールの主成分である Cr_2O_3 は次のような反応で可溶化する⁽³⁾。

上の反応で反応の駆動力をアノード分極と発生機の酸素で加速すれば良いと考え、アルカリ水溶液電解(アルカリ電解と呼ぶ)を試みた。表2はSUS430の脱スケールに対する各種電解効果を示す。全電解時間を一定にして板厚0.3tの焼鈍材を電解した結果、アルカリ電解のみではスケールの溶解はみられない。中性塩電解では大部分のスケールは溶解したが、わずかに残留があった。これに対し中性塩とアルカリ電解の組合せではスケールが完全に溶解し、高光沢の表面を得た。

* 株式会社日立製作所

1) 日立研究所主任研究員 2) 日立研究所企画員
3) 日立工場技師

** 日本ステンレス株式会社鹿島製造所課長

*** 日新製鋼株式会社周南製鋼所部長代理
New Continuous Descaling Process of Stainless Steel Strip Coils; Masahiko Itoh*, Heihachiro Midorikawa*, Tsuneo Nakamura*, Yoriaki Takahashi**, Takayuki Nakanori*** (*Hitachi Ltd. **Nippon Stainless Steel Co., Ltd. ***Nisshin Steel Co., Ltd.)

1992年1月30日受理

表2 SUS430 の脱スケールに対する各種電解効果.

方 式	電 解 内 容	評 価
中性塩電解法	Na ₂ SO ₄ 水溶液電解→HNO ₃ 電解	△
アルカリ電解法	NaOH 水溶液電解→HNO ₃ 電解	×
中性塩+アルカリ電解法	Na ₂ SO ₄ 水溶液電解→NaOH 水溶液電解→HNO ₃ 電解	○

全電解時間40 s (HNO₃ 電解時間10 s)

(3) 新脱スケールプロセスの開発

上述した検討で元来、Cr-Ni 系鋼の脱スケール性が高い中性塩電解にアルカリ電解を付加したプロセスとすることにより Cr 系鋼のそれも向上し、品種の多様化に対応できる高速脱スケールが可能となった。新方法のポイントはアルカリ電解条件と電解工程の順序である。図1は後処理(硝酸電解10秒)を一定にした場合の脱スケール所要時間と NaOH 濃度の関係を示す。300 g/l 以上の濃度で所要電解時間は飽和する傾向を示し、合計約 30 秒程度で脱スケールできることになり、この鋼種で 100 m/min の速度を

図1 SUS430 の脱スケール処理時間に及ぼすアルカリ濃度の影響.

図2 SUS430 の脱スケール率に及ぼす時間および電解順序の影響.

得るには 50 m の電解槽があれば良いことになる。さらに温度、電流密度は各々 80°C、6 A/dm² 程度で十分である。

図2は脱スケールに及ぼす電解時間と電解工程の順序の影響を示す。脱スケールは電解工程に影響を受け、アルカリ電解-中性塩電解-硝酸電解(図中△印)では電解時間を長くしても脱スケール率が100%にならないが、中性塩電解-アルカリ電解-硝酸(図中○印)電解の工程では約32秒で脱スケール率100%となり完全にスケールが除去される。

3. 新連続脱スケールプロセスの特徴

多品種対応高速連続脱スケールには耐食元素を添加した Cr 系鋼の脱スケール性が必要である。そこで、開発した新脱スケールプロセスの性能を調べた。

表3はNbを含むSUS444の脱スケール性を調べた結果を示す。従来法では166秒の電解時間でもスケールが残留するが、新プロセスは従来法の約1/3の電解時間で完全な脱スケールができ、高光沢の表面を得た。表4はパイロットラインでCu, Nb添加Cr系鋼の脱スケール性を調べた結果を示す。中性塩プロセスでは実機対応速度 100 m/min ではスケール残留量が多く表面光沢度が低いのに対し、新プロセスでは光沢度が高く、脱スケールが完了していることがわかる。図3はCr系鋼のパイロット試験結果を示す。実機対応速度 100 m/min で完全に脱スケールされていることがわかる。以上のように新脱スケールプロセスは種々のCr系鋼に対して高速脱スケールができる特長を有する。図4はCr系鋼の脱スケールプロセスの性能比較を示す。フェライト系およびマルテンサイト系のいずれ

表3 各種脱スケール法による SUS444 の脱スケール状態.

電解時間 方式	中性塩電解 (s)	アルカリ電解 (s)	硝酸電解 (s)	判 定
従来法	48	—	40	× (全面 スケール残)
	86	—	80	△ (薄茶 スケール残)
新方式	18	18	22	○

表4 パイロットラインによる新脱スケール法の効果.

方 式	板 厚 (mm)	テスト 速 度 (rpm)	実機対応 速 度 (m/rpm)	光 沢 度				評 価
				L	T	L	T	
従来 中性塩電解	0.3	8.0	100	64,	46	85,	61	×
	1.0			36,	27	53,	43	×
新プロセス	0.3	8.0	100	200,	136	212,	153	○
	1.0			194,	140	212,	166	○

※テスト鋼種: Cr, Nb 添加 Cr 鋼

図3 新脱スケール法によるCr系鋼の脱スケール率と通板速度。

種類	鋼種	記号	処 理 工 程					脱スケール速度 (m/min)	品質	備考
			ソルトバス (NaOH他)	硫酸浸漬 (H ₂ SO ₄)	中性塩電解 (Na ₂ SO ₄)	アルカリ電解 (NaOH)	硫酸電解 (H ₂ O ₂)			
フェライト系	SUS430	他	450°C	70°C	80°C	80°C	50~60°C	100	○	新方式
								80	○	従来法
								80	○	従来法
マルテンサイト系	SUS410	他						100	○	新方式
								50~60	○	従来法
								50~60	○	従来法

図4 Cr系鋼に対する各種脱スケール法の性能比較。

図5 新連続焼鈍脱スケールプロセスの概略。

に対しても従来法に比較して優れた性能を有することがわかる。

以上、開発した新脱スケール技術を取り入れた新連続焼鈍脱スケールプロセスの概略を図5に示す。Cr系鋼はアルカリ電解後に硝酸電解を、Cr-Ni系鋼は硝酸へ浸漬することにより焼鈍後の脱スケールを同一設備内で同レベルで高速処理することができ高生産性を可能にした。

4. 今後の展望

開発した新プロセスは、複数のユーザにおける実機レベルのパイロットラインでCr系およびCr-Ni系の各種ステンレス鋼に対する性能を実証した。現在、一号機が完成しユーザに納入、据付け中であり、今年中に実績がでる予定である。初めに述べたように今後ステンレス鋼板の需要がますます多くなり、また品種の多様化が進んで同一脱スケール設備における処理量および鋼種が増え、より生産性の高いプロセスが必要になると予想される。ステンレス鋼の生産量が年間300万トンを超えるのは目前であり、開発した新プロセスはこのような生産量の増大に十分対応できる性能を有していると考えている。

5. 特 許

- 日本公開特許 平2-122099.
- 米国特許 4,994,157.
- EPC 特許 出願 No. 0367112.

文 献

- (1) 日戸 元, 内藤浩光: 日本金属学会会報, **16**(1977), 765.
- (2) 山口輝雄, 中村恒雄, 阿保 亮, 古谷保正, 伊藤雅彦: 日立評論, **72**[5] (1990), 45~48.
- (3) エヌ・ベ・ジェトウィーン: 金属表面からのスケールの除去, 日ソ通信社, (1967), p. 69.