

技術報告

# ステンレス鋼仕上げ連続焼鈍酸洗ラインにおける 高効率電解脱スケール技術の実機への適用

## Application to the Cold Rolled Stainless Steel Continuous Annealing and Pickling Line of the High Efficiency Electrolytic Descaling Technology

桜井 雅之*	岡本 惇志	三平 啓
Masayuki SAKURAI	Atsushi OKAMOTO	Satoshi SAMPEI
松橋 透	高橋 昌弘	
Toru MATSUHASHI	Masahiro TAKAHASHI	

### 抄 録

日鉄ステンレス(株)鹿島製造所のステンレス鋼冷間圧延材のNo1連続焼鈍酸洗ライン(1APL)の電解脱スケール設備に高効率電解脱スケール技術を実機適用して、従来は複数必要であった脱スケールプロセスの省略が可能となり、生産性向上およびコスト低減を実現した。

### Abstract

In order to improve the descalability being kept high surface quality, the high efficiency electrolytic pickling technology have been applied to the cold rolled stainless steel #1 continuous annealing and pickling line of Kashima Works, Nippon Steel Stainless Steel Corporation (1APL). As a result, the descale process, which previously required multiple processes, can now be eliminated in a single process, resulting in improved productivity and cost improvements.

### 1. 緒 言

日鉄ステンレス(株)鹿島製造所薄板工場では、ステンレス熱間圧延鋼板とフェライト系ステンレス鋼冷間圧延鋼板を中心に製造を行っている。近年急速に成長するアジア諸国のステンレスメーカーとの競争に勝ち残っていくには、品種の多様化に対応しつつ高品質の追求およびより一層の生産性向上・コスト低減が必要である。

鹿島製造所のステンレス鋼冷間圧延鋼板の主力製造プロセスの一つである冷間圧延後の連続焼鈍・酸洗ライン(以

下、1APL)の設備レイアウトを図1<sup>1)</sup>に示す。ステンレス鋼は低級グレードのSUH409(11Cr鋼)から高耐食鋼種SUS329J4L(25Cr-6Ni-3Mo)など様々な鋼種があり、熱処理工程でFe, Cr, Siなどからなる複雑で緻密な酸化スケールが生成し、添加する合金種やその添加量により脱スケール能力が大きく変化する。そのため脱スケール処理方法も複雑になり、工業的には鋼板をアルカリ溶融塩に浸漬後に酸洗するソルトバス法が古くから適用されてきた。

1969年に操業を開始した1APLの脱スケール設備は、前処理としてアルカリ溶融塩浸漬槽、仕上げ脱スケールとし

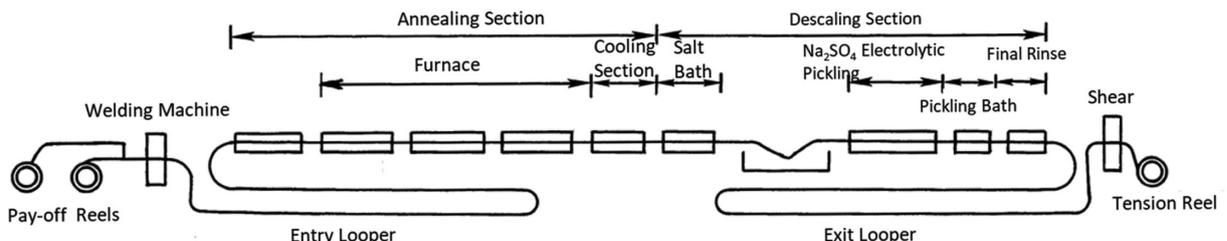


図1 鹿島製造所1APL構成図<sup>1)</sup>  
Layout of Kashima Works 1APL<sup>1)</sup>

\* 日鉄ステンレス(株) 製造本部 鹿島製造所 薄板技術室 主幹 茨城県鹿嶋市光2-1 〒314-0014

て硫酸ナトリウム水溶液を主体とする電解槽および硝酸または硝酸とふっ酸の混合水溶液（以下、硝ふっ酸）浸漬槽があり、あらゆる鋼種を同一ラインで処理できる設備構成となっている。

一方、ソルト槽はランニングコストが高く慢性的にロール疵が発生する課題があり、ソルト法に替わる前処理として中性塩電解法<sup>2,3)</sup>が開発され、1980年代以降に新設されたAPラインの主流となっている。

各脱スケール法におけるコストと脱スケール時間のイメージを図2に示す。一般的に中性塩電解法はソルト法よりも脱スケール処理時間が長く、酸洗槽長が長大となるため1APLのようなソルト設備保有ラインへの導入は設備スペース制約や導入費用の面で困難である。あらゆる鋼種を同一ラインで処理できる1APLの特徴を維持しつつソルト法を使用しない脱スケール設備にするためには、世の中の一般的な電解法に対して2倍以上の脱スケール能力を有する脱スケール技術を導入する必要がある。今回、著者らは、この目標を実現するべく高効率電解脱スケール法の開発および導入の検討を鋭意進めた。その結果、SUS430等の汎用フェライト系ステンレス鋼についてはこの高効率電解脱スケール法のみで良好な品質が得られ、かつ電解のみの脱スケール法とソルト法を使用する脱スケール法の両立を図ることを可能とし、生産性向上、コスト低減および品質改善を達成した。本稿では、この技術の概要について紹介する。

## 2. 仕上げ焼鈍・酸洗ラインにおける従来の脱スケール法

仕上げ焼鈍・酸洗ラインにおける従来の脱スケール法は、一般的にソルト法または中性塩電解法による前処理と硝酸電解法または硝ふっ酸浸漬法での脱スケール法を組み合わせ実施されている。

ソルト法は、水酸化ナトリウムおよび硫酸ナトリウム等からなる混合塩を450～500℃に加熱溶解させ、焼鈍されたステンレス鋼板を浸漬して脱スケールする方法であり、

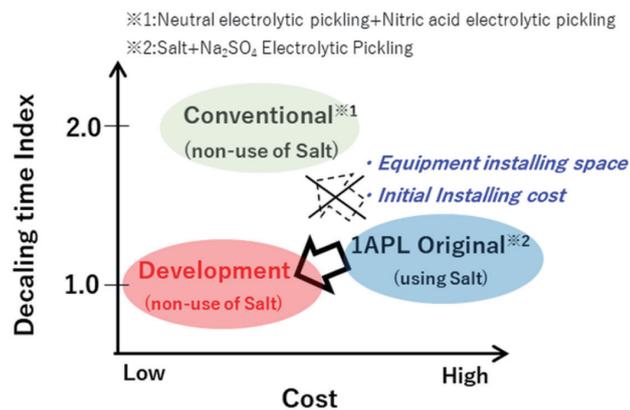


図2 開発コンセプト  
The concept of development

Crを主体とした酸化スケールCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSi酸化物等の酸化スケールは高い効率で除去される。

一方、ソルト法を使用しない前処理法である中性塩電解法<sup>2,3)</sup>は、硫酸ナトリウム等の中性塩の水溶液中で、陽極電解、陰極電解を交互に繰り返す交番電解により脱スケールを行う。陽極電解の際に、Crを主体とした酸化スケールCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は水溶性のイオンCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>に酸化されて除去される。ソルト法と比べて脱スケール能力は劣るため、脱スケール設備は長大となる。また、Si酸化物のように酸性域～中性域では溶解しない酸化物は除去できない<sup>4)</sup>。

ソルト法または中性塩電解法のいずれの方法においても、それぞれ単独では完全に脱スケールされないため、続く脱スケール法で除去される。フェライト系ステンレス鋼は表面光沢が要求されるため、オーステナイト系ステンレス鋼のように仕上げ酸洗で硝ふっ酸浸漬法を用いることはできず、硝酸電解法等が用いられる。硝酸電解法では、硝酸水溶液中で、陽極電解、陰極電解を交互に繰り返す交番電解により脱スケールを行い、陰極電解の際に、Feを主体とした酸化スケールFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>をFe<sup>2+</sup>に還元して除去する<sup>3)</sup>。

これらの脱スケール法は、いずれもソルト法または中性塩電解法の前処理と続く仕上げ処理の2つの処理が必要である。

## 3. 高効率電解脱スケール法の概要

著者らは、上述の従来の脱スケール法に対し、前処理を必要としない高効率電解脱スケール法（以下、SEED法と呼ぶ）の1APLへの適用を目指し、検討を重ねた。

このSEED法は、電位-pH図<sup>5)</sup>をもとに種々検討し、Fe酸化物とCr酸化物が高い効率で1つの電解槽で除去可能な最適電解条件を開発した。

1APLのソルト法を省略した従来の電解法のみでの脱スケール法を模擬した条件とSEED法を用いて脱スケール処理を実施したサンプルの外観写真を写真1に示す。1APLの従来の電解酸洗法のみではスケールが残存しているのに対して、SEED法では脱スケールは完了しており、かつ従来の表面品質と同等であった。以上より、SUS430鋼等の汎用フェライト系ステンレス鋼に対してはこのSEED法のみで脱スケールが可能であり、表面光沢を維持しつつ脱ス

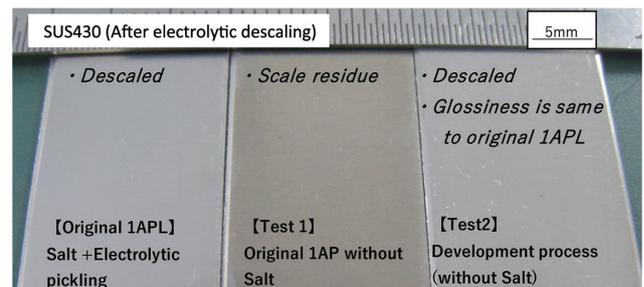


写真1 SEED法における表面品質  
The surface appearance of the SEED method

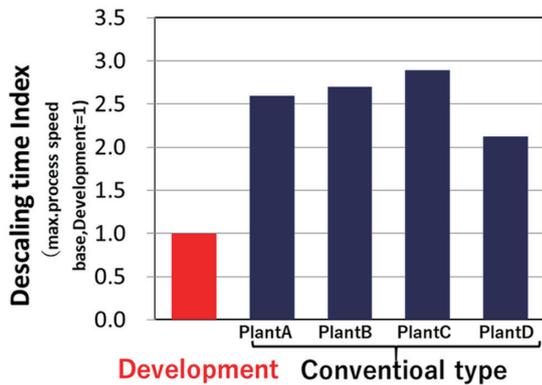


図3 SEED法と汎用プロセス(中性塩電解法+硝酸電解法)の脱スケール時間比較

The comparison of descaling time between the SEED method and the conventional pickling method (Neutral electrolytic pickling+Nitric acid electrolytic pickling)

ケール能力を向上させることができる技術であることを確認した。

また、一般的な中性塩電解法と硝酸電解法の組合せで構成される脱スケール法とSEED法における汎用フェライト系ステンレス鋼の脱スケール時間の比較を図3に示す。電解酸洗槽長と最高ライン速度の関係より算出した脱スケール時間での比較ではあるが、汎用プロセスと比べて1/2以下と極めて効率が高く、ランニングコストおよび設備投資費用が低く抑えられ、競争力の高い電解脱スケール法であることが分かる。

#### 4. 実機適用結果

SEED法を1APLの電解槽に導入した結果、SUS430等の汎用フェライト系ステンレス鋼についてはこの電解脱スケール法のみで良好な品質が得られることを確認し、ソルト槽に関わるコスト低減や品質の改善(一例を図4に示す)を図ることができた。また、ソルト法を使用する鋼種につ

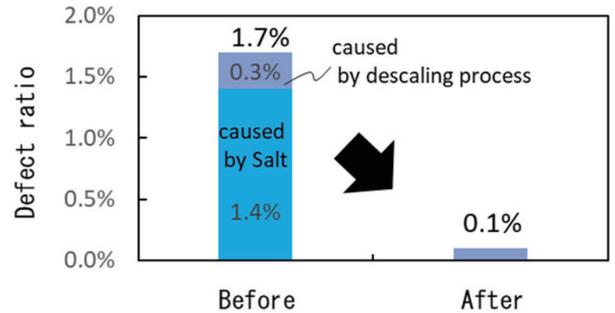


図4 SEED法によるソルト槽および酸洗起因の欠陥削減効果(SUS430)

Reduction effect of the defects caused by salt bath and descaling process due to the SEED method (SUS430)

いては、脱スケール能力向上による処理速度の向上が図れることを確認した。

#### 5. 結 言

1APLに世界最高レベルの高効率電解脱スケール法を実用化したことで、既存の設備のままでソルトレス電解脱スケール法とソルト法の両立を実現し、ソルト設備に関わるコスト低減や品質改善および処理速度向上を図ることができた。また、この電解法は、一般的なソルトレス法と比べて圧倒的に効率が高く、高い競争力を有する。

今後も、更に徹底した効率化を目指し、研究、開発を継続する。

#### 参考文献

- 1) 狩野泰脩 ほか：日本ステンレス技報. (24), 145 (1989)
- 2) 秦和宣 ほか：日立評論. 58 (9), 7 (1976)
- 3) 山口輝雄 ほか：日立評論. 72 (5), 45 (1990)
- 4) 木谷滋 ほか：表面技術. 47 (4), 41 (1996)
- 5) Pourbaix, M.: Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solution. Pergamon Press, 1996



桜井雅之 Masayuki SAKURAI  
日鉄ステンレス(株)  
製造本部 鹿島製造所 薄板技術室 主幹  
茨城県鹿嶋市光2-1 〒314-0014



松橋 透 Toru MATSUHASHI  
日鉄ステンレス(株)  
研究センター 機能創製研究部  
首席主幹研究員



岡本惇志 Atsushi OKAMOTO  
日鉄ステンレス(株)  
製造本部 鹿島製造所 薄板技術室



高橋昌弘 Masahiro TAKAHASHI  
日鉄ステンレス(株)  
製造本部 鹿島製造所 薄板工場 工場長



三平 啓 Satoshi SAMPEI  
日本製鉄(株)  
技術開発本部 九州技術研究部  
主幹研究員