

二相ステンレス鋼厚板増産対策

Duplex Stainless Steel Quarto Plate Productive Capacity Reinforcement

山本 義晃*
Yoshiteru YAMAMOTO

抄 録

日鉄ステンレス(株)八幡製造所はステンレス鋼厚板の製造を開始後、57年の歴史を有している。八幡製造所はこれまで様々な能力増強対策を実行し、現在は年産13万トン程度の生産能力を有する。更に2000年代後半からのプラントの大型化、用途の多様化、使用環境の過酷化等に対応するため二相ステンレス鋼が幅広い分野に使用されるようになってきた。厚板工場においても二相ステンレス鋼厚板のニーズに応じていくため新たな設備増強を実施し、従来の3倍強に二相ステンレス鋼厚板生産能力を拡大した。

Abstract

Yawata Works of Nippon Steel Stainless Steel Corporation has a history of 57 years since it began production of stainless steel plates. We have invested in plant and equipment up to now, and now our annual production capacity is about 130 000 tons. Since the late 2000's, duplex stainless steel has come to be used in many fields in order to meet the needs of plant enlargement, diversification of applications, and harsh usage environment. In order to catch up needs of duplex stainless steel plate, we reinforced new equipment and the production capacity of duplex stainless steel plate was increased to more than three times.

1. 概 要

日鉄ステンレス(株)のステンレス鋼厚板は、福岡県北九州市に位置する八幡製造所厚板工場で生産されている。厚板工場は1957年、当時の八幡製鉄(株)の最新鋭普通鋼厚板生産工場として建設され、以後船舶、エネルギー産業等の用途を中心とした普通鋼厚板を生産し、我が国の高度経済成長を支える一翼を担ってきた。一方、ステンレス鋼厚板については、1963年より生産を開始し、以来57年の歴史を有している。

1970年代後半の造船不況を経て、国内普通鋼厚板生産ミルの統廃合が進む中、厚板工場は1988年より生産規模を縮小し、ステンレス鋼厚板に特化することになる。当時のステンレス鋼厚板生産規模は年産4万トン程度、その後年産5~6万トンと少しずつ生産量を拡大してきた。2003年には新日本製鉄(株)、住友金属工業(株)のステンレス鋼事業統合を経て、造船、エネルギー、IT関連等様々な分野におけるステンレス鋼厚板の需要増に対応すべく精整工程の能力増強を実施し、年産13万トン程度と飛躍的に生産量

を拡大した。

更に2000年代後半からはプラントの大型化、用途の多様化、使用環境の過酷化等の動向の下、ステンレス鋼厚板にも多様な機能、特性が求められるようになった。とりわけ二相ステンレス鋼は、耐応力腐食割れ性等、優れた耐食性を有するので、ケミカルタンク、海水淡水化装置などに適用されてきたが、オーステナイト鋼に比べ合金組成が廉価であり、高強度であることから、その用途を幅広い分野に拡げてきている。

厚板工場では二相ステンレス鋼厚板を製造する上で、精整工程における平坦度矯正能力、酸洗処理能力が海外メーカーよりも劣位にあり、それらを増強することで世界的な需要増に対応していくことが必要な状況となっていた。上述の背景の下、ここ数年間に実施した二相ステンレス鋼増産対策の概要について述べる。

2. 二相ステンレス鋼厚板増産の考え方と計画概要

二相ステンレス鋼は高強度、高耐食が特長的な鋼種である。高強度であるため、熱処理後形状矯正時の設備負荷が

* 日鉄ステンレス(株) 製造本部 八幡製造所 厚板技術室 室長 福岡県北九州市八幡東区大字前田字波戸 2108-1 〒 805-0058

非常に高く、従来のオーステナイト鋼板に使用している矯正機では、矯正パス回数増加による処理能力低下及び矯正能力不足による平坦度不良率の悪化を引き起こしていた。また、高強度であるためシャー切断が困難なことからプラズマ切断する必要があり、増産のためにはプラズマ切断処理能力が不足していた。また、二相ステンレス鋼はCr含有量が高く、熱間圧延、熱処理で生成される表面酸化スケールを酸洗にてデスケーリングする際、オーステナイト鋼と同等の処理条件では鋼板1枚当たりの処理時間が長くなり、大幅な酸洗処理能力低下となっていた。

これらの課題解決に向け、最新鋭の強力レベラ矯正設備、高効率酸洗を可能とする新酸洗設備、プラズマ切断機の増設、これら新設備のレイアウト適正化による物流改善対策を実施し、二相ステンレス鋼厚板の生産能力を従来と比較して3倍強へと大幅に拡大させることができた。これらの対策の中でも重点課題として取り組んだ矯正、酸洗設備について以下で詳細に述べる。

3. 高強度冷間矯正機の概要

一般的にステンレス鋼厚板は、熱間圧延または熱処理によって生じた波、反りなどの形状不良を冷間矯正することで、目標とする平坦度を確保する必要がある。オンラインの冷間矯正では、千鳥状に配置した矯正ロール間に鋼板を通板し、材料に繰り返し曲げを付与して矯正するコールドレベラ(CL)が主流である。しかしながら、厚板工場の既設CLの最大矯正反力は1250トンしかなく、矯正可能範囲が狭い。加えて、二相ステンレス鋼は材料強度が高いため、オフラインの油圧式プレス工程を併用せざるを得ない。プレス矯正機はピッチ性の小波が残留しやすい上に、作業効率もCLに比べ劣ってしまう。以上のような課題を解決するため、当時最新鋭の強力CL(矯正反力5000トン)を導入した。

3.1 ステンレス鋼厚板用強力レベラの矯正技術

(1) たわみ補正制御

材料の高強度化、厚手化によって矯正時の矯正荷重は増大し、矯正機の変形を引き起こす。図1のように、矯正中のたわみ成分は、矯正機ハウジングが縦方向に伸びて生じる“縦たわみ”と、フレーム及び矯正ロールが板幅方向に変形して生じる“横たわみ”に分類される。鋼板内の残留応力を低減し、良好な平坦度を得るためにはこの2種類のたわみを適切に補正する必要がある。導入した強力CLでは、縦たわみは、矯正反力をロードセルで常時測定するとともに補正量を演算し、主圧下シリンダで位置制御することにより補正されている。一方、横たわみは、CLハウジングフレーム下部に設置されたセンサでたわみ量を計測するとともに、幅方向に複数台配列されたクラウニングシリンダで補正されている。この2種類の補正を矯正中に同時

に行うことにより、目標とするロールギャップを常に一定に保つことができ、鋼板の全長全幅に亘って均一な圧下が可能になった。

(2) トルク循環対策

CLは複数の矯正ロールが千鳥状に配置された構造である。一般的に、高強度材を矯正する場合、入側ロールで大圧下を取り、モータ駆動トルクを極限に高める必要がある。従来は、図2(a)のように、1台の駆動モータで減速機と分配器を介してすべての矯正ロールを駆動させる方式が主流であったが、最も圧下量が大きい入側ロールでは、ロール間のトルク変動(トルク循環)が生じ、スピンドルの許容値を超えたトルク循環が発生した場合、スピンドルの破損を引き起こし、故障休止につながる可能性があるため、過大トルクの発生を抑制するため圧下制限をかけたり、減速機～分配器間にトルクリミッタを設置したりする対策が必要であった。近年は、トルク循環を低減させるために駆動モータを数本ずつグループ化する方式を導入する事例が多く、なかにはロール本数と同数の駆動モータを配置する個別駆動方式を採用する事例もある。ステンレス鋼厚板用の強力CLの導入に当たっては、トルク循環の低減効果が十分に期待でき、モータ、減速機類のメンテナンス性と初期投資費用を考慮し、図2(b)の5分割駆動方式を採用した。

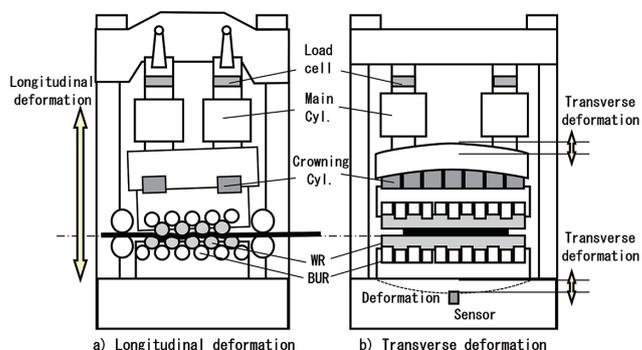


図1 矯正中のたわみ補正制御の概念図
Schematic diagram of deformation control system

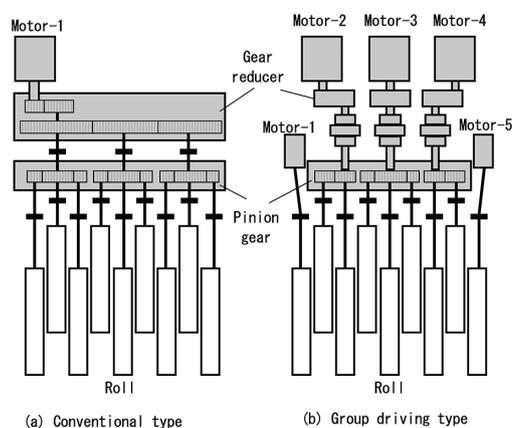


図2 分割駆動方式の概念図
Schematic diagram of group drive system

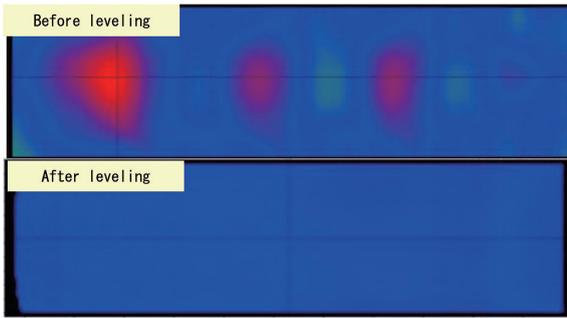


図3 矯正前後の平坦度測定例
Measurement results by flatness gauge
(ex. thickness: 40mm, stainless steel plate)

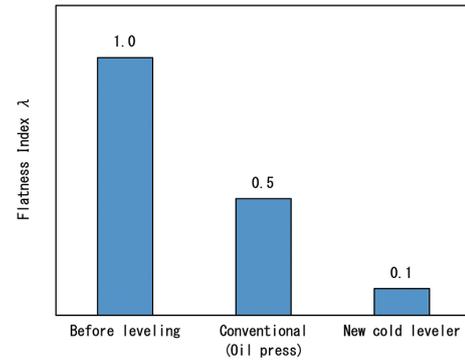


図4 強力レベラ適用による平坦度改善効果
(SUS304 t: 40mm 材の比較例)
Effect of the new cold leveler
(ex. thickness: 40mm, stainless steel plate)

(3) 压下セットアップ自動化

従来のCLにおける压下セットアップは手動設定となっており、少ロット多品種生産のステンレス鋼厚板では、運転者の技能(勘、コツ、経験)に基づく压下設定で平坦度品質にばらつきが発生することも多かった。そこで、通板材のサイズ(板厚、板幅)と材料強度(降伏応力)等の材料情報をもとに、压下量やパス数、通板速度などの压下セットアップデータをオンラインコンピュータ内で計算し、下位機器へ自動指示するシステムを構築した。これにより、運転者間の技能差影響が大幅に減少するとともに、安定した平坦度を得ることが可能になった。

(4) オンライン形状測定技術

矯正直後の平坦度を速やかに計測し、合否判定するために、CL出側にオンライン形状測定機を導入した。この形状測定機は、鋼板の波高さをレーザー光で測量し、非接触で板全体の平坦度を把握することができる設備である。図3にオンライン形状測定機を使った平坦度測定の実例を示す。これにより、運転者は矯正後の平坦度を瞬時に把握でき、仮に形状不良が残留していた場合は、追加パスや压下セットアップの微調整により形状修正できることから、最終検査工程からの再処理量を大きく低減し、工場全体の物流改善に大きく寄与している。

3.2 設備導入による効果

強力CLの導入により、矯正後の平坦度は大幅に向上した。図4は40mm厚さのSUS304材における平坦度測定結果の実例である。なお、強力CLを導入する前は、当該サイズの矯正にはプレス矯正を適用していた。従来のプレス矯正材には、小波が多数残留して形状改善効果が矯正前の約半分程度に留まっているのに対し、強力レベラを適用した材料は大幅に平坦度が改善されている。また、残留応力の低減により客先における条切り加工等の再切断加工時の形状変化も大幅に低減されており、顧客満足度の向上に大きく貢献している。

4. 高効率酸洗設備の概要

二相ステンレス鋼の耐食性は汎用のステンレス鋼と比較して高いため、連続酸洗化するための最適酸洗条件をラボ試験評価した上で設備仕様(安全・環境対応を含む)及び設備レイアウトを決定した。

4.1 酸液条件

汎用のオーステナイトステンレス鋼の酸液条件では二相ステンレス鋼(SUS329J3L相当)のデスケーリングに要する酸洗時間はSUS304等の数十倍となる。そこでラボ試験により酸組成や温度による二相ステンレス鋼のデスケーリング特性を調査した。そして酸洗設備に使用する材質の耐酸、耐熱条件及びコストを考慮した上で最適な酸洗条件、設備仕様を決定した。最終的には、本対策にて製作した酸洗設備で改めて鋼種別のテストピースを種々の酸洗条件で通板し、品質評価を行った上で最終的な酸洗条件を決定した。

4.2 酸洗設備の構成

図5に設備構成の概略図を示す。従来の酸洗設備からの改善点として、(1)酸洗槽、タンク類の素材、(2)搬送テ-

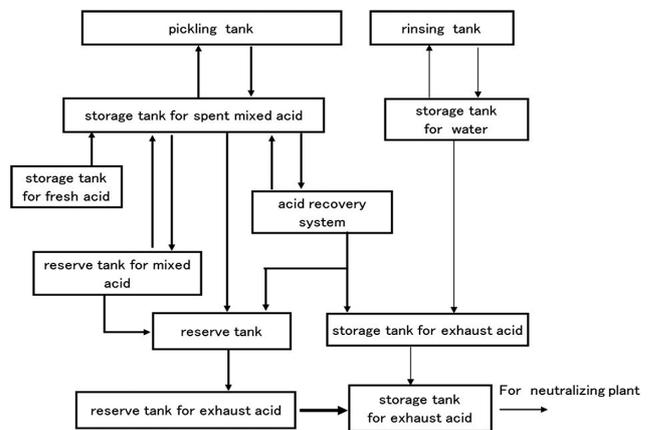


図5 酸洗設備構成概略図
Flow chart of pickling line

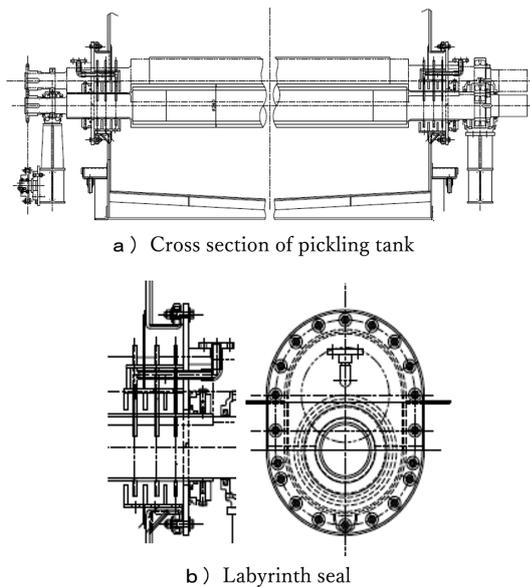


図6 新酸洗槽断面図及び駆動部のラビリンス構造
Cross section of pickling tank and labyrinth seal

ブル駆動部の改善, (3) 酸液中の鉄分濃度管理, の3点について記述する。

(1) 酸洗槽, タンク類等への耐酸素材選定

酸洗設備ではライニング剥離等による酸液の漏洩防止対策が検討されるが, 適用する高濃度酸液に対しては従来にも増してライニング剥離によるトラブル対策が必要である。そこで槽内面のライニングは従来と比較し炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 層の厚みを増やすことで強化を図った。また酸洗槽の鉄皮としては二相ステンレス鋼を適用した。これにより一部ライニングの剥離や劣化等のトラブルが発生して酸液が槽の鉄皮まで浸透した場合でも普通鋼のように直ぐに溶損しないため, 設備点検時の安全確保及び酸液漏洩発生時の初動対応を円滑に進めることができる。また, 酸洗循環タンクには耐酸性及び保温性に優れたポリプロピレンを採用した。

(2) 搬送テーブル駆動部の改善

酸洗槽内の搬送テーブルロール駆動部からの酸液漏洩対策として, 内面側はメンテナンス性も考慮した上で従来の2段式ラビリンスから3段式ラビリンス構造とし, 外面側はシングルゴムシールからよりシール性の良いVリング2重構造として液封性を大幅に向上させる構造とした(図6)。

(3) 酸液中の鉄分濃度管理

酸液中の鉄分濃度が高くなると溶剤能力が低下することは一般的に知られている。適用する高濃度酸洗条件における鉄分濃度とデスケリング特性の関係をラボ試験にて調査し, 最適な管理値を選定した。また, 従来のイオン交換拡散浸透膜方式から新しくイオン交換樹脂方式の鉄分除去装置を採用して, 耐熱性, 酸回収効率を高め, ランニングコスト低減を図った。

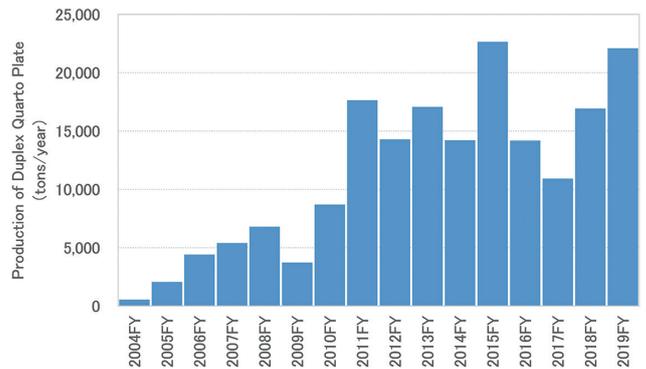


図7 八幡製造所の二相ステンレス鋼厚板の生産量推移
Statistics of duplex quarto plates in Yawata Works

4.3 環境に配慮した廃酸設備の構成

新設した酸洗設備では高濃度酸液を採用したため, 廃酸管理についても見直しを行った。万が一の不具合発生時にも即対応を可能とするため, 弱酸タンクの前に濃度を低減する中酸タンクを設置, 厚板工場の従来酸洗設備からの廃酸集合場へ予備タンクを増設することで不測の事態でも貯留ができるバッファ化構成を確立した。また, 自動窒素計測装置の導入により廃酸の硝酸性窒素濃度を連続計測, 監視して, 異常時には即廃酸の流出を停止することができ, 環境事故防止につなげている。

4.4 設備導入による効果

高効率酸洗設備の導入により, 酸洗効率を大幅に改善でき, 難酸洗の二相ステンレス鋼板の生産能力を大幅に増強することができた。当該設備では他にも高合金系のステンレス鋼板も効率良い酸洗が可能であることを確認しており, 今後の商品メニューの拡充にも寄与できるものとなっている。

5. まとめ

本工事は2010年8月に完工, 営業運転を開始し, これまで順調に稼働中である。図7の二相ステンレス鋼厚板生産量推移に示すように生産量が増加しており, 堅調な需要を捕捉することができている。また, 足元は従来計画以上の需要に応えるべく操業条件等の改善により更に上方弾力性を確保するに至っている。今後, 更に厳しい環境に向けた鋼材の需要等に対応できる装備の検討も進め, ステンレス鋼のみならず高合金系特殊鋼の広幅厚板製造拠点としての製造基盤を整えていく。



山本義晃 Yoshiteru YAMAMOTO

日鉄ステンレス(株)

製造本部 八幡製造所 厚板技術室 室長

福岡県北九州市八幡東区大字前田字波戸2108-1

〒805-0058