

|||||

技術資料

|||||

呉製鉄所No.2熱延巻取機更新と改善効果

笹 沼 昭 男* 佐 賀 孝 康** 工 藤 芳 郎***
 永 井 秀 明**** 山 口 剛***** 中 野 泰 彦*****

Replacement and Effects of Down Coilers of No.2 Hot Strip Mill at Kure Works

Akio Sasanuma, Takayasu Saga, Yoshiro Kudo, Hideaki Nagai, Tsuyoshi Yamaguchi, Yasuhiko Nakano

Synopsis:

The No.2 Hot Strip Mill at Kure Works was installed in 1982. Since the shutdown of the No.1 Hot Strip Mill, the No.2 Hot Strip Mill has been the only hot strip mill operated by our company. Reheating furnaces, F7 stand in finishing mill, and short-pitch rollers in run out table were installed to meet demand for increased production capacity, improved hot coil quality, and production stability.

Recently, dealing with replacement of decrepit motors and increasing demand for hot coil quality has been required. As no major function of down coilers has been installed since installing quick open control in 1989, and to meet these demands, the authors fully replaced the down coilers from 2009 to 2011.

1. 緒 言

呉製鉄所No.2熱延工場は、昭和57年10月に営業運転を開始した。その後、呉製鉄所No.1熱延工場休止以後は、当社唯一の熱延工場として稼働を続け、以後、生産能力向上のため加熱炉増設、品質改善・生産能力拡大のため仕上圧延機のF7スタンド増設、操業安定化のためランアウトテーブルローラーのピッチ短縮等の増強を実施してきた。

一方、操業開始から25年以上経過し、直流電動機の老朽更新、及びさらなるホットコイル品質要求への対応が課題となっていた。特にホットコイル品質面では、段差状の巻不良であるテレスコープや、コイルエッジに生じる耳疵等の巻取機に起因した品質課題が問題であった。巻取機は平成元年11月の段差回避制御導入以降大きな増強を実施していないことも踏まえ、これら巻取機起因の品質課題の解決を図るため、平成21年11月から平成23年

11月にかけて巻取機の全面的な更新を行った。以下に巻取機更新の概要とその効果について述べる。

2. 巻取操業における課題

2.1 巻形状（テレスコープ）

ストリップを巻取機にてコイル状に巻き取る際に段差状にズレが生じる現象をテレスコープと呼ぶ。テレスコープ量の大きいコイルは搬送中、あるいは次工程投入時にコイルエッジの折れ込みやズレ疵が発生しやすいため、巻き直す必要があり、テレスコープの低減は大きな課題である。

テレスコープは発生位置からコイル内周側とコイル外周側に分類できる。コイル内周側のテレスコープについては、巻取ピンチロール前のストリップの曲がりと密接な関係があり¹⁾、巻取サイドガイドによるセンタリング効果の向上が必要である。また、マンドレルでのストリ

*呉製鉄所圧延部圧延技術チーム 主任部員
 **呉製鉄所圧延部圧延技術チーム サブリーダー（現 熱延課総作業長）
 ***呉製鉄所圧延部圧延技術チーム チームリーダー（現 本社技術総括部技術管理チーム チームリーダー）
 ****呉製鉄所圧延部長（現 大阪製造所長）
 *****呉製鉄所設備部設備技術チーム サブリーダー
 *****呉製鉄所設備部長

トップ先端の巻縮り性が悪い場合にテレスコープが悪化する傾向があり、巻縮り性の向上も課題である。コイル外周側のテレスコープについては、ストリップ尾端が仕上最終スタンド(F7)を抜けた後のピンチロール-マンドレル間張力、巻取サイドガイドによるセンタリング、ランアウトテーブルのラグ率(ストリップに張力を付与するためにストリップ速度に対してテーブル速度を低く設定する際の、テーブル速度の低減比率)等が影響しているが、特にピンチロール-マンドレル間張力の適正化が重要である。

2.2 コイルエッジ品質(耳疵)

ステンレス鋼を中心に、コイルエッジの折れ込み(耳疵)が発生し、歩留低下の要因となっていた。耳疵はストリップ尾端がF7を抜けた後に蛇行し、巻取サイドガイドに接触することにより発生することが多い。そのため、改善にはストリップ尾端部の蛇行抑制が重要である。対策として、コイル外周部のテレスコープと同様に張力の適正化と、特にサイドガイド部分でのストリップの蛇行抑制が重要である。

2.3 先端折れ込み

コイル内径のストリップ先端部で微小な折れ込みが発生する場合があります。折れ込みが発生したコイルはトップマーク深さが大きくなる。トップマークとは、ストリップ先端部が2巻目、3巻目の重なり部分にくい込むことにより発生する凹み疵であり、後工程である冷延工程での板破断の原因となりうる。先端折れ込みの発生メカニズムは、ストリップ先端がマンドレルあるいはピンチロールに衝突した際に折込むものと推定している。

2.4 仕上圧延機から巻取機までの通板性

仕上圧延機から巻取機までのランアウトテーブルをストリップが走行する時、ストリップ先端部が跳ね上がったり、折れ込こんだりして、ピンチロールに進入できないトラブルが発生することがある。これを防止するためにはランアウトテーブルの通板性(走行性)を改善することが重要である。

以上の課題の対策を巻取機更新の計画に反映した。

3. 巻取機更新の概要

3.1 全体構成

今回の巻取機の更新では、後述の0号ピンチロール設置を考慮し、既設のNo.1巻取機、No.2巻取機の2基体制か

ら新No.2巻取機、No.3巻取機の2基体制とした。工事方法としては、ラインの最下流にNo.3巻取機を新設し、既設のNo.2巻取機は全面更新した。さらに、既設のNo.1巻取機は撤去して、その跡地に0号ピンチロール及び表面疵検査装置を設置した。更新前後の主要機器配置を図1に示す。また、主要な機器仕様を表1に示す。

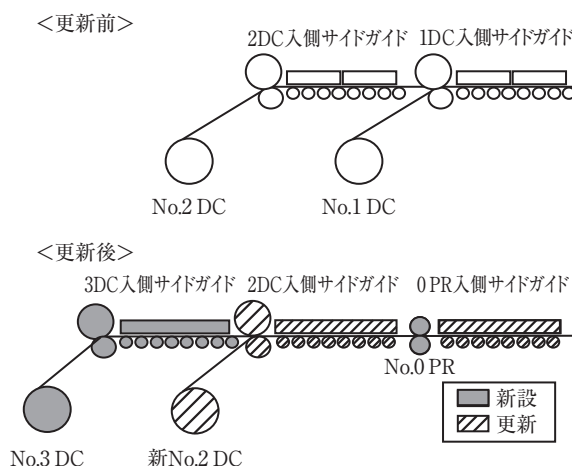


図1 巻取機更新前後の主要機器配置
Fig.1 Mechanical layout of Down Coilers.

表1 主要機器仕様(更新後)
Table 1 Specifications of Down Coiler

設備	NO	項目	仕様
巻取材仕様	1	板幅	600~1650mm
	2	板厚	1.2~12.7mm
	3	コイル内径	762mm
巻取機本体	4	型式	4ラッパーロール型ダウンコイラー
	5	マンドレル	ウェッジタイプ 2段階拡張型
	6	マンドレルモーター	AC 1200kW×1
	7	ラッパーロール	油圧押付式(段差回避制御あり)
ピンチロール	8	PR押付方式	位置制御機能付油圧シリンダ
	9	PR押付力	No.2,3: MAX 588kN No.0: MAX 294kN
サイドガイド	10	型式	油圧シリンダ式、両側個別駆動
	11	開度	550~1800mm

3.2 PR油圧化とNo.0 PR設置

ピンチロール(PR)の役割は、ストリップ先端のマンドレル(MD)への案内、及びストリップ尾端の張力付与である。特にストリップ尾端部分に関して、熱延工程では尾端が仕上最終スタンド(F7)を抜けた後の130~140mの部分でPR-MD間の張力で巻き取るようになるため、PR

の張力調整が巻形状改善のために極めて重要である。

更新前の巻取機では、PRは空気圧による押付であり、上下PR間隙の調整によってストリップへのPR押付力を調整する方式であった。この方式では、PRの熱膨張や摩耗の影響により、上下PR間隙とPR-MD間張力の関係が刻々と変化するため、オペレーターによる上下PR間隙の調整を実施するものの、適切なPR-MD間張力を安定的に実現することが困難であった。更新後の巻取機では、PRの昇降・押付方式は押付力の自動制御機能を備えた油圧式とし、PRの熱膨張や摩耗の状態が変化してもストリップへのPR押付力を高い応答速度で制御することによって、PR-MD間張力の安定化を図った。

また、ストリップ尾端部の蛇行改善を図るため、0号ピンチロール (No.0 PR) を設置した。これにより、各巻取機前のPRとNo.0 PRの2基のPRを使用する方式の巻取を可能とした。板形状の悪い材料や高強度材料では通常よりも巻取張力を増加させて操業するが、このときMDの引張りに見合うだけのPR張力を確保するため、通常はストリップへのPRの押付力を増加させる必要がある。PRの押付力を増加させるとPRの左右レベリング差や板形状の影響が顕著になり、それによってストリップの蛇行が助長されることがある。2基のPRを使用する方式は、MDの引張りに対するPR張力を2基のPRで分担することにより、PR1基あたりの押付力を低減し、ストリップの蛇行抑制を図るものである²⁾。また、巻取機前PRとNo.0 PRとの間で張力を付与することにより、巻取サイドガイド通過時に発生するストリップの蛇行を抑制し、耳疵防止の効果も期待できる (図2)。

3.3 サイドガイド配置

巻取サイドガイドは従来、空気圧式ショートストロー

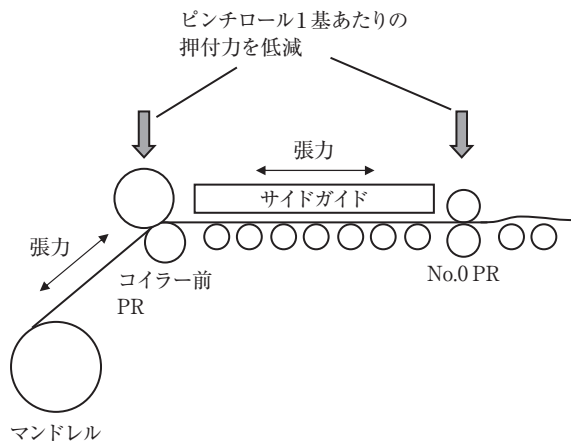


図2 ピンチロール2基を使用したストリップ尾端の巻取方法
Fig.2 Tail-end coiling with two pairs of Pinch Rolls.

ク機能を持つガイドと、油圧式の位置制御を行うガイドの2種類を各PR前に設置していた。ショートストロークとは、ストリップ先端の通過後にサイドガイド開度を縮小しストリップをセンタリングする機能である。従来のサイドガイドは、各サイドガイドの平行部長さが短く、ストリップのセンタリング効果が十分に得られないことが問題であった。また、サイドガイドが分割構造であるためにストリップ先端の通過時に各サイドガイド入口部分に衝突し引っ掛かる危険性が高いという問題もあった。

今回の巻取機の更新においては、サイドガイド平行部長さの延長によるストリップのセンタリング効果の向上を狙い、従来の空気圧式ガイドと油圧式ガイドの合計に相当する長さのサイドガイド1対に更新した (図3)。このサイドガイドは油圧式位置制御とし、高応答の位置制御を可能とした。制御機能として、従来のガイドと同様に先尾端でのショートストローク機能や、ストリップ幅の実測値によりサイドガイド幅を制御する機能等を備えている。

サイドガイドはNo.3 PR前、No.2 PR前、及び、No.0 PR前にそれぞれ設置し、ストリップ先端の通過後、応答性に優れる油圧サイドガイドのショートストロークにより、ストリップの早期センタリング効果を高めている。また、ストリップ尾端の巻取時においても複数のサイドガイドを使用する制御機能を設け、ストリップの蛇行抑制を図った。

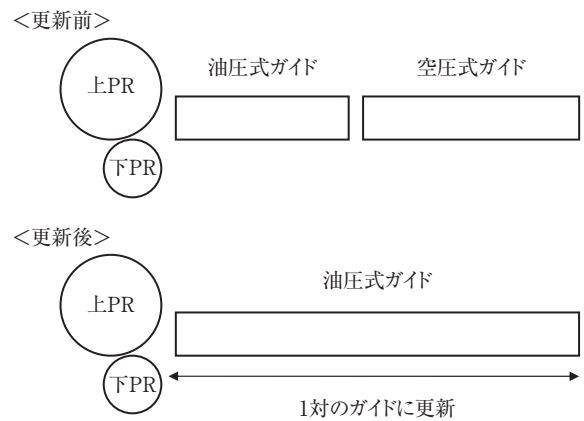


図3 サイドガイド配置
Fig.3 Layout of Side Guides.

3.4 PR, MD配置

前述のとおり、ストリップの先端折れ込みの発生メカニズムとしては、ストリップ先端がMDあるいはPRに衝突した際に折込むものと推定している。特にMDとの衝突によって折込むものに関しては、PR-MD間でストリッ

プ先端が下反り状に垂れ下がることが要因と考えられる。従来の巻取機では、PRからMDへのストリップ進入角度が小さく、PRとMDの距離が長いことストリップ先端が垂れ下がりやすいという問題があった。今回の更新では、PR-MD間でのストリップの下反りを防止するため、上下PRのオフセット量を従来よりも拡大することによりMDへの進入角度を増大させ、かつ、PRとMDの距離を従来よりも短縮した配置とした。

また、ストリップ先端部はラッパーロールによりMDに巻き付けられるが、ストリップ先端がラッパーロールとMDの隙間に円滑に進入しない場合に、MDに衝突することによって折れ込みが発生している。そのため、PR通過後にストリップ先端を案内するスロートガイドの長さを延長し、ストリップ先端をラッパーロールとMDの間に案内することでMDへの衝突防止を図った。図4に先端折れ込み防止対策の配置改善内容を示す。

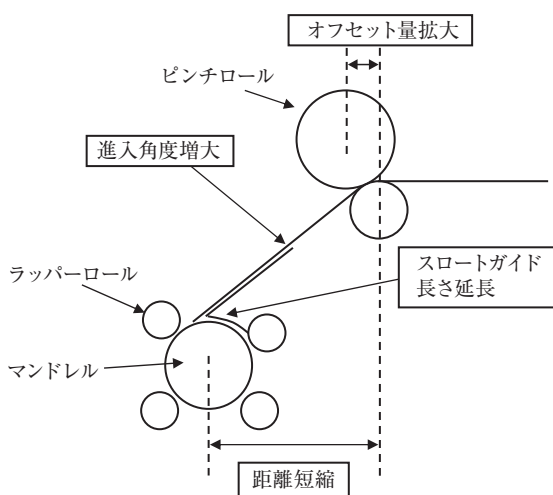


図4 PR, MD配置改善

Fig. 4 Improved layout of Pinch Rolls and Mandrel.

3.5 ランアウトテーブルピッチの短縮

ストリップ先端巻取時の通板トラブルの要因として、ランアウトテーブル上でストリップ先端部が跳ね上がり、上反り状になることが考えられる。ランアウトテーブルの通板性向上のため、冷却ゾーンについてはディスクローラー化によるピッチ短縮を行っていた。しかし、冷却ゾーン出側から巻取機前までのテーブルは一般的なストレートローラーのままであった。

今回の巻取機の更新では、冷却ゾーン出側から巻取機前のランアウトテーブルにおいては、従来と同様のストレートローラータイプではあるが、ローラーピッチを従

来の455mmから360mmに短縮することにより、通板性の向上を図った。

3.6 その他

今回の巻取機の更新においては、PR, MD, 及び更新範囲のテーブルローラーの駆動モーターをAC化し、高効率化とメンテナンス性向上を図った。モーター出力は更新前と同等としたが、新設のNo.0 PRについては実際の使用方法を考慮し、巻取機前PRの約2分の1の出力とした。また、ランアウトテーブルから巻取機に関する制御装置(PLC)を更新した。

4. 品質改善効果

4.1 テレスコープ改善効果

鋼種別のテレスコープ量の改善効果を図5に示す。サイドガイド平行部長さの延長によるセンタリング効果によりストリップ先端部の蛇行が改善され、コイル内径側のテレスコープ量を低減できた。また、油圧PRの調整によりコイル外径側のテレスコープ量も低減できた。テレスコープの改善により、巻き替えのための保留コイル本数を削減でき、工程短縮、歩留改善に寄与することができた。

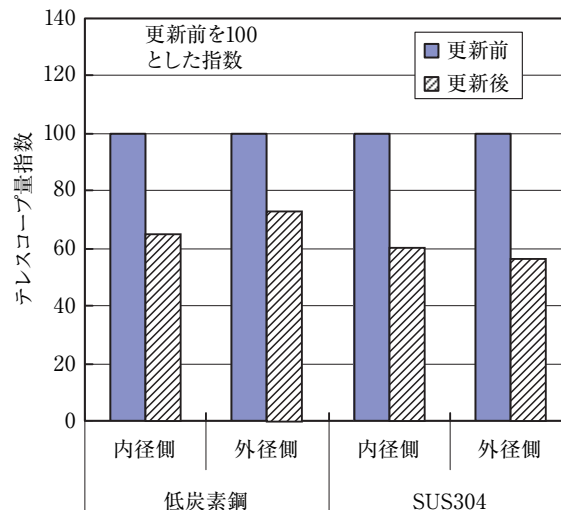


図5 テレスコープ量改善効果

Fig. 5 Effects of improvement of coiling shape.

4.2 耳疵改善効果

ステンレス鋼の耳疵改善効果を図6に示す。特にCr系ステンレスではNo.0 PRの使用により、大きな改善効果を達成した。これは、Cr系ステンレスは特にPR押付力

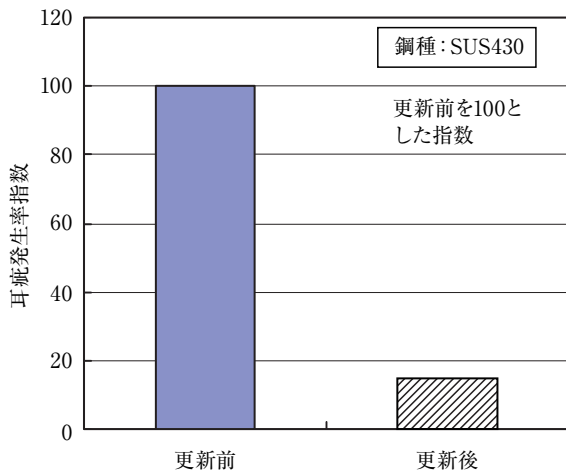


図6 ステンレス鋼における耳疵改善効果
Fig. 6 Effect of decrease of edge defects on stainless steel.

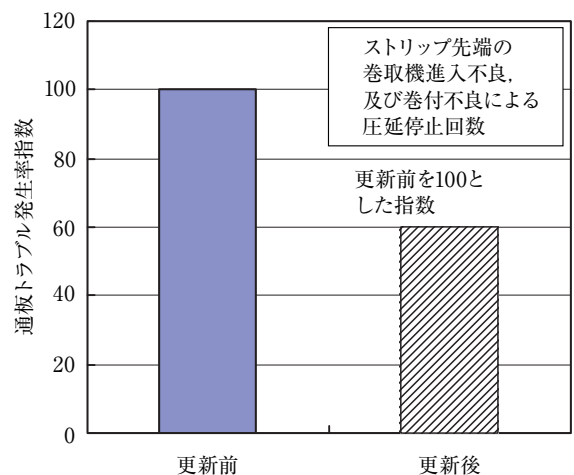


図8 通板トラブル改善効果
Fig. 8 Improvement of ratio of failed coiling.

が大きいため、2基のピンチロールを使用することによる負荷分担の効果が狙いどおり発揮されたものと考えられる。

4.3 先端折れ込み改善効果

先端折れ込みの改善効果を図7に示す。PR及びMDの配置改善によりストリップ先端のMDへの衝突が抑制され、先端折れ込みの発生率が低減した。

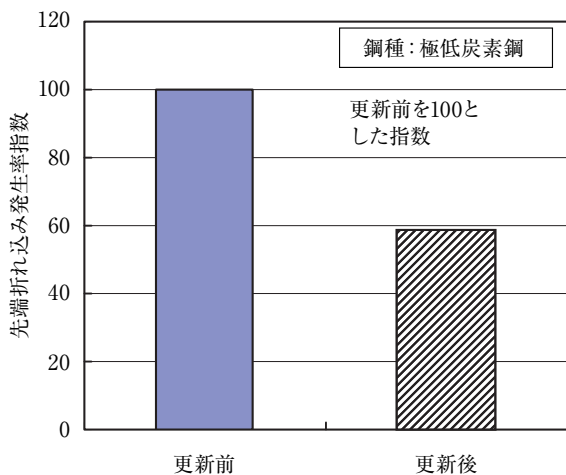


図7 先端折れ込み改善効果
Fig. 7 Effect of improvement of head-end defects.

4.4 通板トラブルの改善効果

ストリップ先端が巻取機に進入する際の通板トラブルの改善効果を図8に示す。ランアウトテーブルのローラ

ーピッチ短縮による通板性の向上の効果によって通板トラブルが減少した。

5. 結言

呉製鉄所No.2熱延工場の巻取機更新工事は平成23年11月に完工し、以後順調に稼動を続けている。本更新によって、従来からの慢性的品質課題であった巻取機に起因するホットコイルの品質異常は抜本的に改善され、歩留向上によるコスト低減、滞留コイル減少による在庫圧縮に大きく貢献している。今後は、さらなるホットコイルの品質向上をめざし、操業改善を進めていく所存である。

最後に本更新工事及び立上げにご協力頂いた各メーカー関係各位のご尽力に対し、深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 公開特許公報：特開平5-338882
- 2) 公開特許公報：特開昭58-77717