

棒鋼工場ポーリングリール新鋭化

Renewal of Pouring Reel of the Bar Mill

崎 山 将 平* 長谷川 光 一
Shohhei SAKIYAMA Kouichi HASEGAWA

抄 録

特殊鋼棒線は近年冷鍛化加速等を背景に鋼材表面品位への市場要求が厳格化しており，特にバーインコイルにおいては結束時に鋼材同士が強接触して発生するいわゆる結束きずの低減が求められていた。そこでコイル荷姿の改善によるきず低減を目的として，2014年に老朽化の進んでいたポーリングリールと主幹制御装置の更新を行った。

Abstract

In recent years, special steel bars and wire rods are required surface quality strictly from the market, against the background of the acceleration of the cold forging. In particular, bar in coil products has been required to reduce defects caused in coil banding by contacting the steel with one another. Therefore, for the purpose of reducing defects by improving the coil outlooks, we renewed pouring reels and the master control system in April, 2014 due to aging.

1. 緒 言

新日鐵住金(株)室蘭製鉄所棒鋼工場は1974年に特殊鋼棒鋼ミルとして操業を開始，1988年に同製鉄所線材工場よりバーインコイルラインを移設増強し，棒鋼，バーインコイルの両品種を製造可能な工場として現在に至っている(図1)。しかしバーインコイルラインにおいては，巻取機であるポーリングリールが稼働から45年経過，またコイルライン全体の制御を統括する主幹制御装置も28年が経過

し老朽化が進行していたのに加え，需要家からのコイル品質の向上ニーズも高まっていたことから，2014年4月にポーリングリール本体及びモーターと主幹制御装置の更新を実施した。更新に当たってはバーインコイルの基本品質であるコイル荷姿の向上，それに伴う結束時に発生する表面きずの低減，加えて生産性や作業環境の改善を図ったのでその内容について紹介する。

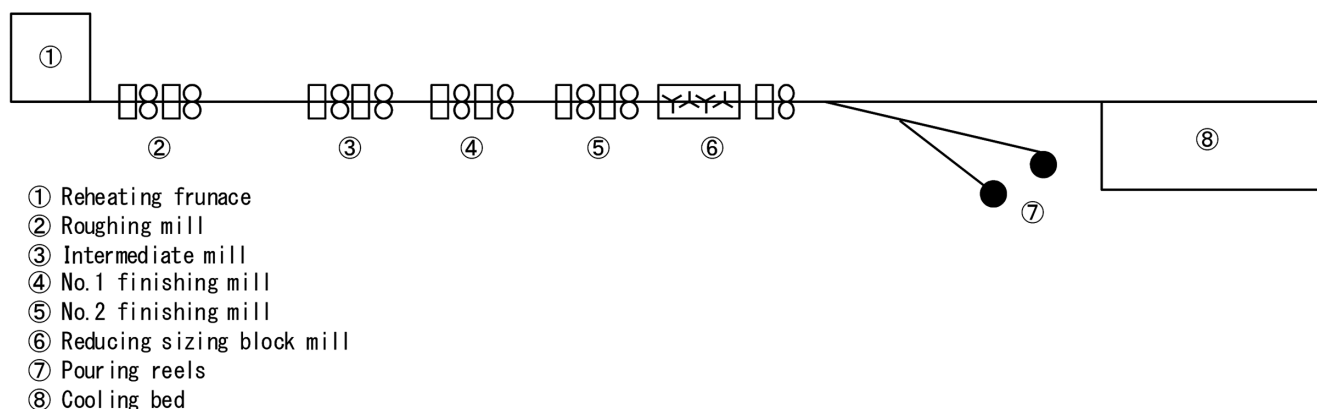


図1 室蘭製鉄所棒鋼工場レイアウト
Layout of Muroran Works Bar Mill

* 室蘭製鉄所 棒線圧延部 圧延技術室 北海道室蘭市仲町12 〒050-8550

2. ポーリングリール設備概要

バーインコイルの巻取ラインのレイアウトを図2に示す。圧延された鋼材は複数台のピンチロールを備えた誘導ラインを経て、巻取機であるポーリングリールに打ち込まれコイル状に巻き取られる。終端まで巻き取られたコイルはポーリングリール内から取り出され、コイル精整ラインまで搬送された後、端末切断、検査、結束などの精整作業が行われ、出荷あるいは焼鈍などの次工程に送られる。

更新前のポーリングリールの模式図を図3に示す。コイル充填部の内外にピンと呼ばれる突起状の機構を等間隔に備えるピン方式を採用していた。外径側のピンはラジアル方向に出入可能な構造となっており、2種類の外径のコイルを製造可能であった。内径側は可変機構を備えておらず、ピンの下部のみがドラムの底部と締結され、上部はリングでピン同士を連結する構造となっていた。その他の特徴として、コイル充填部の底板は昇降可能な機構となっており、巻取前に予めコイル単重から算出した最適な位置に底板を上昇させた状態で巻き取ることでコイル尾端の立ち上がり抑制を可能としていた。

3. 従来の課題

更新前のポーリングリール設備における課題を下記に列挙する。装置本体の老朽化はもとより、能力増強、操業変

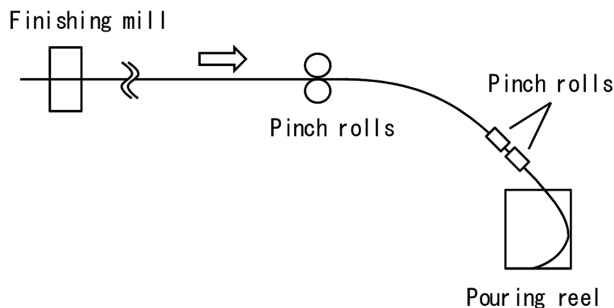


図2 巻取ラインレイアウト
Layout of coiler line

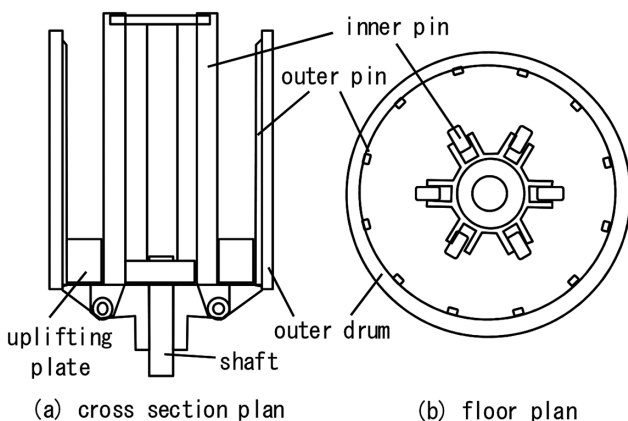


図3 更新前ポーリングリール模式図
Existing pouring reel

化によって顕在化した課題など、各課題の要因は多岐に渡る。

3.1 結束きず

近年の鋼材表面品位への要求厳格化を背景に、バーインコイルの表面きず改善、特にきずが深くなりやすい結束きずの低減が望まれていた。結束きずとは、巻き取った後のバーインコイルを結束する際にコイル内部でリング同士が擦れることにより発生するきずである。その特徴として、鋼材長手方向に対し垂直に挟れたような形態で、結束時の温度にもよるが、冷間で発生するため光沢を伴い、擦れたリング両側にきずが発生することが挙げられる。従来からの知見として、コイル内の鋼材充填率の低いコイルは結束時にコイル内部でリングが動きやすくなり、結束きずが発生しやすいことが分かっている。

更に結束きずの発生原因調査を進めると、きずの発生位置に傾向があることが分かった。結束きずが発生したコイルのリング1巻毎の直径を測定すると、図4に示すように本来のウォブリング制御（コイル充填率を向上させるために巻取速度を加減速しリングを内外に満遍なくばらまく制御）による変動とは別に、リング径の異常変動部位が存在し、結束きずの半数以上がその径変動部で発生していた。図4は本来のリング径より異常に小さいリングがある場合の例を示している。なお、径の異常変動は本来のリング径より大きい場合もあり、同様に結束きずが発生しやすい傾向があることが確認されている。

リング径の異常変動原因は、ポーリングリールのピン機構部の変形による偏心と推定し、更新前のポーリングリールの回転中の偏心状況を調査した。その結果を図5に示す。内径側のピン機構部の偏心が大きく、最大30mmの偏心が発生していた。この偏心により、ウォブリング制御を実施しているにも関わらず、鋼材が正規の巻取速度とは異なる速度で巻き取られ、一次的に径変動が起き、その変動影響が後続の巻取にも影響して異常な径変動が起きていると推定した。偏心の原因は熱影響によるピン自体の変形、ドラムとピン連結固定部の摩耗であったが、連結固定部の部品

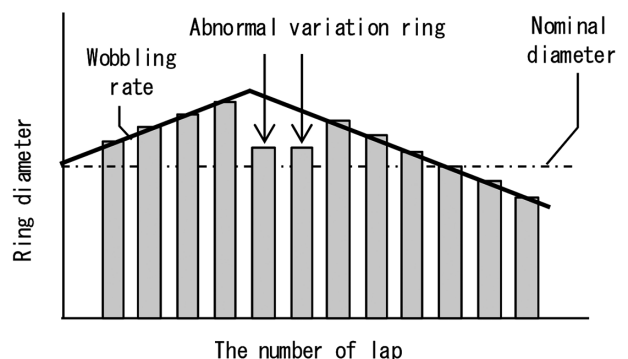


図4 リング径の測定結果
Measurement results of the ring diameter

交換による偏心改善を試みるも抜本的な効果は得られなかったため、一式更新を行うと共に、構造を見直し剛性を向上させる必要があるとの結論に至った。

上述の他、異常な径変動が起きる要因として、細径の高速巻取時にモーターが設定回転に追従しないことがあることが挙げられる。これはウォブリング制御の加減速が大きいうちにモーターの電流制限で回転数を上げられないことが要因であり、更新に併せてモーター容量アップも必要であった。

3.2 ピンきず及びピン研磨作業

更新前のポーリングリールは巻取中にピンが熱間鋼材と直接接触するため、ピン表面が高温となり焼付きによるピンの肌荒れが発生していた。この肌荒れにより、巻取完了後にコイルをポーリングリール内から押し上げる際に、鋼材とピンとが擦れ、ピンきずと呼ばれるわらじ状のきずがコイル側面に発生する。図6に連続圧延時の外ピンの表面温度推移を示す。更新前のポーリングリールは巻取中にピ

ンを冷却する機構を備えていなかったため、30本程巻き取った時点で250℃を超え、焼付きによる肌荒れが進行し、それに伴いピンきずも徐々に深くなっていく。そのため、更新前は巻取量500tを目安に一旦操業を停止し、上部から散水を行いある程度リールを冷却した後に、オペレータがリール内部に降りてピン表面を研磨し焼付きを除去していた。この作業により生産性の低下を招くと同時に、高温環境下での作業であることから、かねてより改善が強く望まれていた。

3.3 尾端のオーバーフロー

巻取の終端において、鋼材尾端がポーリングリール内に収まらずリールの外に噴き出してしまうことがある。この現象をオーバーフローと呼ぶ。オーバーフローは細径の低温巻取材において発生しやすい。その理由は、細径はそもそのコイル高さが高いことに加え、低温巻取を行うと巻取時の鋼材の曲げ剛性が高くなるためコイル充填率が悪く、コイル高さが更に高くなり、尾端を巻き取る前にコイル高さがリール深さを超えてしまうためである。従来は対策として細径の低温巻取材はコイル単重を一定以下に制限せざるをえず、歩留が通常材に比べ悪化していた。そのため、ポーリングリール深さを深くし単重制限を撤廃することが望まれていた。

3.4 設備老朽化

前述の製品品質の課題に加え、設備自体の老朽化も深刻であった。リール偏心に起因した減速機内ベアリング・ギアの短寿命化や、モーターの絶縁寿命到達、またバーインコイルライン全体の設備動作を統括制御する主幹制御装置も予備基板の枯渇やソフトウェア容量不足による改造不可制約があり、早急な更新が望まれていた。

4. ポーリングリール更新の概要

先項で述べた課題を解決するべくポーリングリール及びモーター、主幹制御装置の更新を行った。ポーリングリールは国外で広く納入実績があったDanieli Morgardshammar社製を採用した。更新後ポーリングリールの平面図を図7に、主仕様を表1に示す。既設からの仕様変更点がいくつかあるため、その内容と狙いについて以下に記載する。

4.1 ピン方式からドラム方式への変更

更新前の課題であったピンの偏心を恒久的に低減するため、ピン方式よりも初期投資は高価ではあるが、剛性が高く老朽化による偏心増リスクの少ないドラム方式を採用した。ドラム式のその他の利点として、外ドラムの内面全体で鋼材を受けるため、ピン方式に比べ鋼材と接触面積が増え接触きずにも有利であることも挙げられる。しかし、従来のピン方式では可能であった外径の可変性（大径、小径）

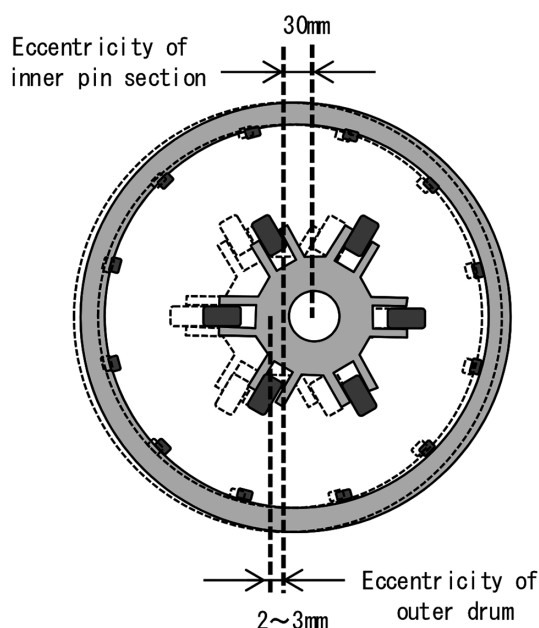


図5 リール偏心量測定結果
Measurement results of eccentricity of reel

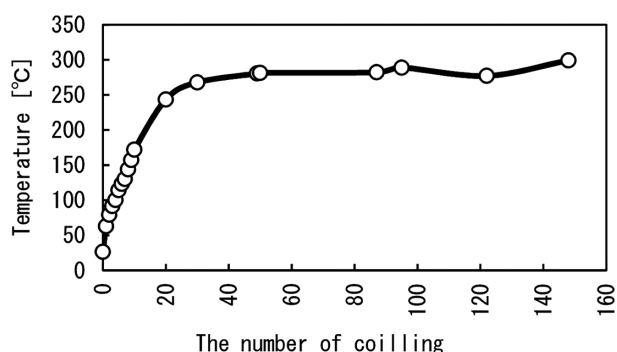


図6 外ピン表面温度推移
Surface temperature transition of outer pin

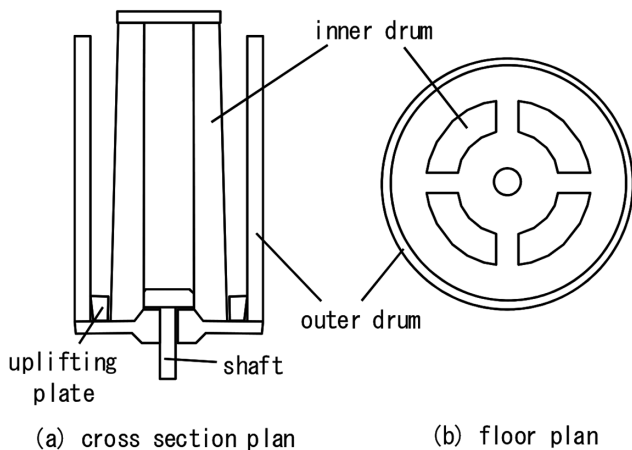


図7 更新後ポーリングリール模式図
New pouring reel

表1 更新前後のポーリングリール主仕様
Main specifications of pouring reel

	Existing	New
Type	Pin	Pinless drum
Outside dia.	1 400/1 270 mm	1 350 mm
Inside dia.	1 010 mm	1 000 mm
Height	1 800 mm	2 300 mm
Motor capacity	400 kW	600 kW
Manufacturer	Hitachi Zosen (Kobelco)	Morgardshammar (Danieli)

がドラム式では外ドラム自体の交換が必要で、オペレータの作業負荷増、及び長時間の操業停止を招くため、実現困難であった。そこで、需要家との協議により、従来の2種類の外径区分を製造コイルの大多数を占める大径に統一することで、ドラム式の採用を可能とした。またドラム外径を更新前に比べて少し小さくすることで、コイル充填部の薄肉化による鋼材充填率の向上も指向した。

4.2 冷却機構の導入

ピンきずの原因であるピン表面の焼付きを防止するため、内外ドラムの冷却機構を新たに織り込むこととした。外ドラムはドラム外側からのスプレー冷却、内ドラムはドラム内を空洞とし、冷却水を充満させ気化熱でドラムを冷却する方式を採用することにより、鋼材巻取中も常に鋼材との接触部の冷却を可能とした。

4.3 ウォブリング制御の改善

更新前より、コイル充填率の向上を目的に巻取中にポーリングリールの回転速度を加減速させるウォブリング制御を用いていたが、従来はウォブリング制御の波形パターンが三角波しか設定できず、またパラメータ変更も振幅と周期の設定しかできなかったため、細やかなウォブリング制御が不可能であった。そのため、主幹制御装置の更新に併せて機能改善を行い、制御波形に台形波など三角波以外の

波形も採用できるようにすると共に、巻取材のサイズ、鋼種に応じてウォブリング条件を設定可能な構成とした。また、設定パラメータも振幅と周期に加え、加速・減速レートの個別設定、加速または減速後の速度維持時間の設定などを可能とした。加えて、鋼材先端部の底板への刺さり込みや強接触を防止する目的で、巻取先端部のみ回転速度を上げるヘッドアップ制御も導入している。

4.4 リール深さの拡大

更新前の課題である尾端のオーバーフローへの対応に加え、外ドラム径を少し小さくしたことによるコイル高さ増も考慮し、リール深さを1 800 mmから2 300 mmに拡大した。

4.5 モーター容量、回転数の向上

モーターの容量、回転数を決定するに当たり、前述の電流制限が発生し、設定回転にモーターが追いつかない場合があることに加え、定常的に定格を超えた電流値で使用している課題を解消する必要があった。そこで、既設モーターの実績負荷と新ポーリングリールの慣性モーメントを基に、更新前の400 kWから600 kWまで容量を向上させた。

4.6 その他の改善事項

主幹制御装置更新に当たっては業界最新鋭の Programmable Logic Controller (PLC) へ更新すると共に、制御データの保存、解析を可能とするオンラインデータ収集装置を導入した。設備トラブルや品質不良の発生時に操業データを遡っての解析を可能とすることで、トラブルの再発防止や品質不良低減を図った。

5. ポーリングリール更新の効果

5.1 結束きずの改善

前述のとおり、コイルの充填率が低いと結束時にコイル内部でリングが動きやすくなり、結束きずの発生リスクが高い。そこで、コイル内の鋼材充填率の指標として、結束後のコイル高さをコイル重量で除算した単位重量当たりのコイル高さ (mm/t) を用いて更新前後の比較評価を行った。代表例として19 mm径、S10C材での更新前後コイル高さデータを図8、9に示す。更新後はコイル高さが平均値で約9%低減されておりコイル内の鋼材充填率が改善されている。他の線径でも同様の傾向が得られている。更にポーリングリールの一式更新により、回転時の偏芯も抑制され、ウォブリング制御時のリング径の局所的な異常変動も抑制されたことも確認できている。

その結果、コイル結束きずの改善が期待できるため、線径19 mm、S10C材で更新前後の結束きず発生状況を調査(オフラインでの全長検査)した結果を図10に示す。更新前と比較し結束きず発生個数が80%低減しており結束きず低減効果が得られたことを確認できた。また、コイル荷姿

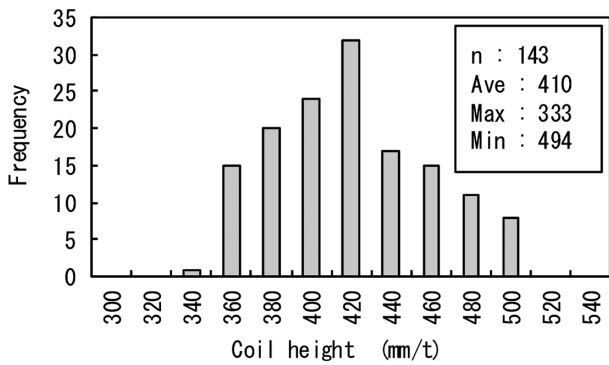


図8 更新前のコイル高さ (19mm dia. S10C)
Pre-update coil height

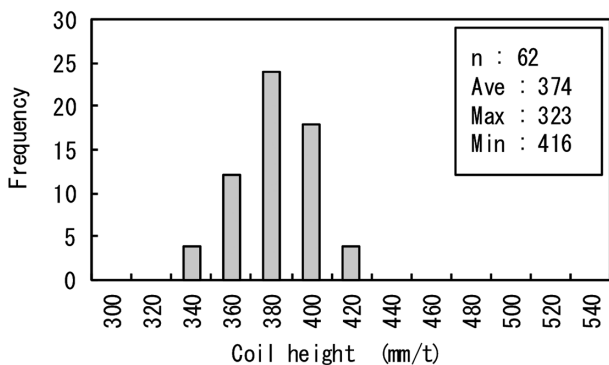


図9 更新後のコイル高さ (19mm dia. S10C)
Post-update coil height

改善の観点でもコイル内の鋼材充填率の向上は有効である。よって、今回の設備投資によりコイルの基本品質である結束きず、コイル荷姿両面の改善を図ることができた。

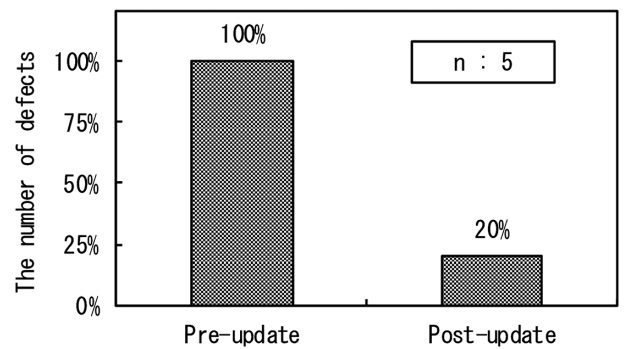


図10 更新前後の結束きず個数 (19mm dia. S10C)
Number of defects by banding

5.2 その他の効果

ドラム水冷機構の導入で鋼材巻取中のドラム表面温度は200℃以下に抑制され、焼付きによるリールの表面肌荒れを回避できた。そのため、一定量圧延後の操業停止回避及び焼付き部研磨の重筋作業省略を実現でき、生産性及び作業環境の改善に寄与した。またリールの深さアップにより、低温材における尾端オーバーフローも抑制できたことで、素材鋼片の単重制限を緩和でき、歩留改善を図ることができた。

6. 結 言

ポーリングリール及び主幹制御装置の更新により、バーインコイルの基本品質（コイル荷姿、結束きず等）、生産性向上、作業環境改善、歩留改善を実現できた。当該設備は2014年5月の営業運転開始以降、順調に稼働し、現在に至っている。



崎山将平 Shohhei SAKIYAMA
室蘭製鉄所 棒線圧延部 圧延技術室
北海道室蘭市仲町12 〒050-8550



長谷川光一 Kouichi HASEGAWA
室蘭製鉄所 棒線圧延部 圧延技術室 主査