

堺4TM新圧延油の開発と品質改善

上田 博之・前田 兼一郎・大塚 正樹・嘉村 真司・早川 淳也

日新製鋼株式会社
日新製鋼技報 No. 84 別冊
平成15年12月

技術資料

堺4TM新圧延油の開発と品質改善

上田博之* 前田兼一郎** 大塚正樹*** 嘉村真司**** 早川淳也*****

 Strip Surface Quality Upgrade and Development of
 New Rolling Coolant Oil for 4TM Mill at Sakai Works

Hiroyuki Ueda, Kenichiro Maeda, Masaki Ootsuka, Shinji Kamura, Jyunya Hayakawa

Synopsis:

A new coolant oil was developed for use on the 4TM (4 Stand Tandem Cold Rolling Mill) at Sakai Works in 1999. This oil was designed to cut costs, boost productivity and prevent damage from heat scratches. The new coolant oil for rolling met all the targets it was designed to meet. However heat scratches started occurring again 2 years after this new rolling oil came into use.

To deal with this, the functions of the rolling oil were improved and products with no heat scratches were achieved along with lower costs and high productivity.

1. 緒言

堺製造所の4スタンドタンデム式冷間圧延機(以下4TMと称す)は、1989年の操業開始当初より牛脂ベースのソリュブルタイプ冷間圧延油を使用してきたが、作業環境の改善や操業上の問題から、1994年に合成エステルをベースとした圧延油へと更新した。その結果、作業環境は大幅に向上し、操業上の問題も減少した。しかしながら依然としてヒートスクラッチ等の圧延油の潤滑に起因する鋼板品質上の問題や、圧延油性状回復のための圧延油の部分排出によるランニングコスト増という問題が残存していた。そこで、これらの問題解消のため、1999年に圧延油の温度とエマルジョン粒径の相関や、高潤滑といった点に着目し、圧延油の開発および更新を行った。また、その後の圧延油に関する操業改善を実施する事により、ヒートスクラッチの発生率を大幅に低減した。本報告では以下その概要について述べる。

2. 設備概要

2.1 堺4TM設備主仕様

4TMの設備主仕様を表1に示す。4TMは全スタンド6Hiミルから構成され、製造可能板厚は0.2~2.6mmである。この4TMはNo.2連続酸洗ラインとの結合及び分離が可能であり、連続酸洗圧延設備として運転する形態と、圧延機単独で運転する形態を有し生産品種によって切替えて運転を行っている。

表1 堺4TM設備仕様

Table 1 Specification of 4TM at Sakai works

操業形態	酸洗・圧延連続, 圧延単独			
	#1スタンド	#2スタンド	#3スタンド	#4スタンド
スタンド				
ミル型式	6Hi HC	6Hi HC	6Hi UC	6Hi UC
最高圧延速度(mpm)	640	870	1200	1650
素材板厚(mm)	1.6~4.5			
製造板厚(mm)	(連続) 0.2~2.6			
	(単独) 0.1~2.6			
製造板幅(mm)	600~1,610			
圧下方式	油圧圧下			
制御方式	D.ASR			
クーラントシステム	リサーキュレーション			

*堺製造所 製造部 技術チーム **堺製造所 製造部 技術チーム 主任部員

***堺製造所 製造部 技術チーム 主任部員 (現 大阪製造所 大阪製造課 課長)

****堺製造所 製造部 技術チーム チームリーダー

*****堺製造所 製造部 技術チーム チームリーダー (現 周南製鋼所 冷延精整部 部長)

2.2 圧延油系統設備仕様

4 TMの圧延油系統はクーラント・タンク、スプレーおよびフィルター・ポンプ、フィルタリング装置、熱交換器から構成されている。また、圧延油系統は濃度の異なる2系統を有しており、板厚によって使い分けて使用している。圧延油フローの概略を図1に示す。

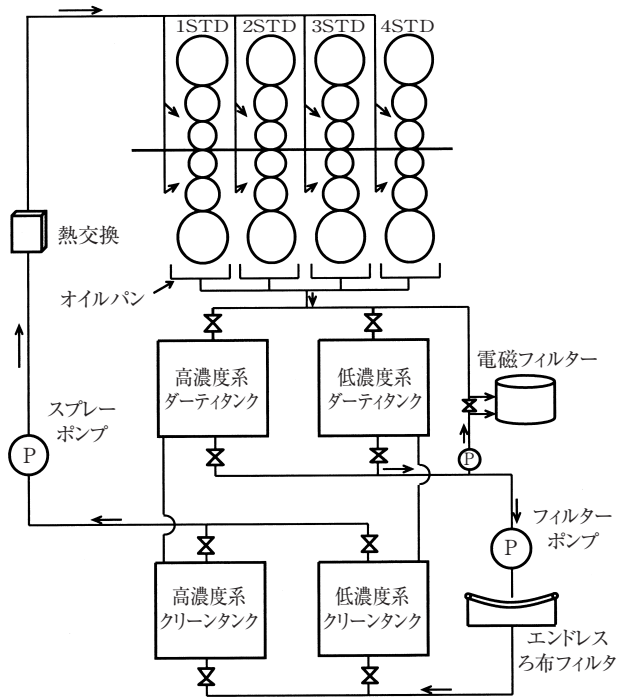


図1 4TM圧延油フロー概略
Fig.1 Outline of 4TM rolling oil flow

3. 新圧延油の開発

3.1 従来圧延油の問題点

表2に堺4TMで使用してきた圧延油の変遷を示す。1994年に作業環境の改善を主眼において圧延油を変更した。主な変更点は、牛脂ベースソリュブルタイプ圧延

表2 堺4TM圧延油の変遷
Table 2 History of 4TM coolant at Sakai works

圧延油名称	ST-10K	ST-14	ST-24
使用時期	89/10月~94/1月	94/2月~99/9月	99/10月~03/4月
基油	油脂+鉱油混合系	複合成エステル	複合成エステル
乳化タイプ	ノニオン系乳化剤	ノニオン系乳化剤	ノニオン系乳化剤
粘度(cSt 50°C)	27.3	27.8	31.1
流動点(°C)	16	0以下	0
鹼化価(mgKOH/g)	155	210	187

油から合成エステルベースの圧延油へと変更した事にある。この結果、ミルクリーン性や臭気の問題等作業現場の作業環境が大幅に改善できた。しかしながら、依然としてヒートスクラッチの発生等、鋼板品質上の問題は残存したままであった。このヒートスクラッチ発生のメカニズムについて、冷間圧延時における潤滑の概念図である図2を用いて説明する。圧延における潤滑では、3段

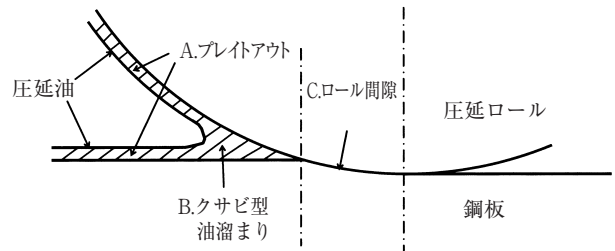


図2 圧延潤滑の3段階
Fig.2 Image of rolling lubricants three stage

階の現象が順次進んで行くと考えられている。Aの部分では圧延油中の油分のみが鋼板及びロール表面に付着し、ロール入口部へ運ばれる。Bの部分ではクサビ状の油溜りができる。このBの部分の油のうち、ごく一部がCの領域に引き込まれる。このCの領域の圧延状態にてロールと鋼板表面が直接接触せずにすむだけの油量を導入し、油膜強度を保つ事ができれば鋼板とロール間の潤滑が保たれる。しかしながら、Cに相当する部分にて油膜切れが発生した場合には、鋼板とロール表面のメタルタッチが発生し、鋼板表面にヒートスクラッチ等の異常として現れる。1994年から1999年までの間使用してきた圧延油（以下ST-14と称す）使用時のヒートスクラッチも同様の現象にて発生していたと考えられる。4TMにて発生していたヒートスクラッチは①圧延油の濃度が低いとき②混入鉄分濃度が低いとき③鹼化価が低いとき（異種油混入時等に発生）④圧延油温度が高いとき⑤乳化安定性が変動した時(エマルジョンの平均粒径が変化した時)にその発生率が高いことが確認されていた。ST-14使用時のヒートスクラッチ防止対策として、①②に対しては圧延油の日常管理を実施する事によりコントロールしていた。③に対しては油圧系統配管からの作動油の混入等であり、設備保全によって回避していた。④に関しては特に夏季に発生し、熱交換器の清掃や、圧延の速度規制等により対応していた。⑤に対しては温度との相関が高く、④の項目を管理する事により対応していた。これまでは、上述のように圧延油の日常管理を厳格に実施する事により、その発生を抑制していた。しかしながら、ST-14使用時にはヒートスクラッチの発生

を皆無にする事はできなかった。また、日常管理項目の管理範囲から大きく外れると循環系統内の圧延油を入れ替える事が必要となり、そのためランニングコストの上昇も招いていた。そこで、この問題解決のため、新規圧延油の開発が必要となった。

3.2 新圧延油開発の考え方

新圧延油（以下ST-24と称す）の開発にあたっては、①ST-14と比較し高潤滑である事②温度による乳化安定性に変化が無い事③製品の表面品質が従来と比較して変化しない事、に主眼をおいて圧延油メーカーと共同開発を行った。合成エステル系の圧延油は複数のベースとなる油（以下基油と称す）を組み合わせ、見かけ上一つの油を構成している。ST-14も2種類の基油の組み合わせであり、低粘度と高粘度のものから構成されていた。油の粘性は温度によって変化する事が知られており、ST-14使用時にはこの二つの異なる粘度の基油が温度によって異なる粘度変化率を示すために、潤滑性能や乳化安定性が損なわれていたと考えた。そのため、ST-24においては、温度によって潤滑性能や乳化安定性が変化しない事を目的として、中粘度の基油の組み合わせを選択し、ST-14より高潤滑性能を得るために、組み合わせでできる圧延油の粘度を高めに設定した。基油の粘度に対する考え方を図3に示す。

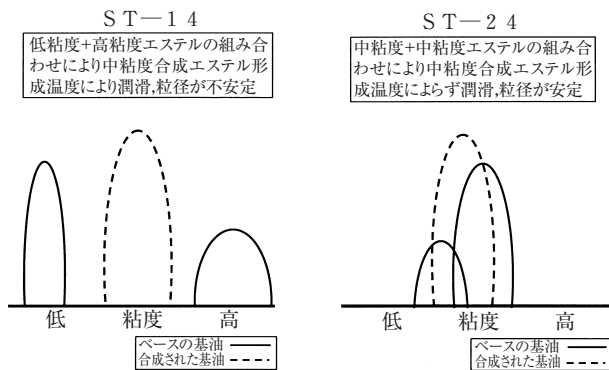


図3 基油の粘度に対する考え方
Fig. 3 Concept of base oil viscosity

また、鋼板の粗度等の表面品質は圧延後の鋼板表面にできるオイルピットの量によって変化し、圧延時のエマルジョンの平均粒径との相関が指摘されている項目でもあった。そのため、エマルジョンの平均粒径についてはある一定値以上にならず、かつ粒径分布がシャープになるように、乳化剤の選定及び量の決定を行った。

3.3 新圧延油導入の効果

開発したST-24を、1999年9月にショートランテストを実施し、圧延後の鋼板の品質を確認後1999年10月より営業材へ適用開始した。実機にて確認したST-14とST-24使用時の操業及び製品データの比較を行った結果を図4と図5に示す。図4より温度による粒径の変化が減少したことが確認された。また、オイルピットの

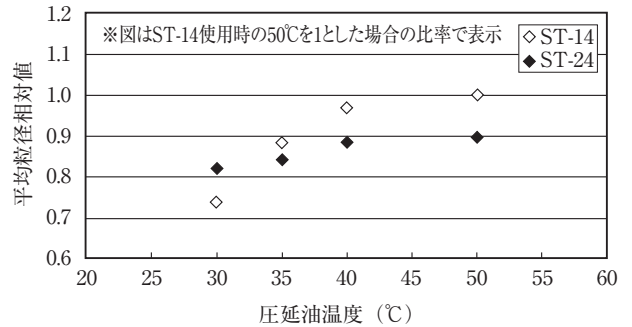


図4 圧延油温度と平均粒径の比較
Fig. 4 Comparison of rolling oil temperature and average particle grain size

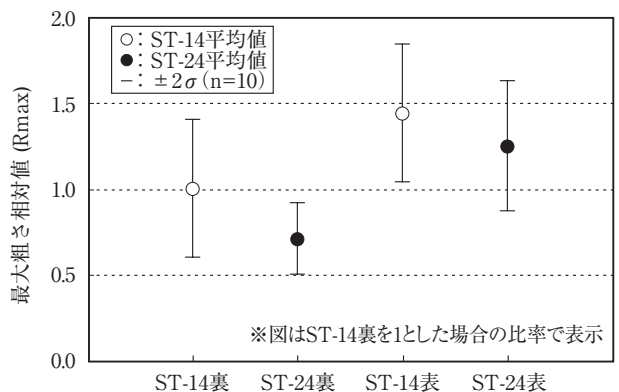


図5 鋼板表面粗度 (Rmax) の比較
Fig. 5 Comparison of strip surface roughness (Rmax)

量の評価として鋼板の最大表面粗さ (Rmax) を測定した結果、図5に示すように鋼板の表面品質もST-14使用時とほぼ変化が無い事を確認できた。今回の開発の一番の狙いであったヒートスクラッチの改善についてもその発生率が大幅に減少し、作業能率が向上した。図6(次ページ)にヒートスクラッチの発生率の比較を示す。それとともに、ヒートスクラッチ発生による圧延油性状回復のための圧延油の部分排出を行う必要が無くなった。そのため、圧延油のランニングコストも大幅に改善された。図7(次ページ)にST-14とST-24使用時における圧延油原単位の比較を示す。

また、今回の開発においてはいわゆるコンペ方式ではなく、開発メーカーを1社に絞り、圧延油メーカーの多大なる協力のもと、開発から実機適用迄約6ヵ月の短期にて完了した事は、特筆すべき点である。

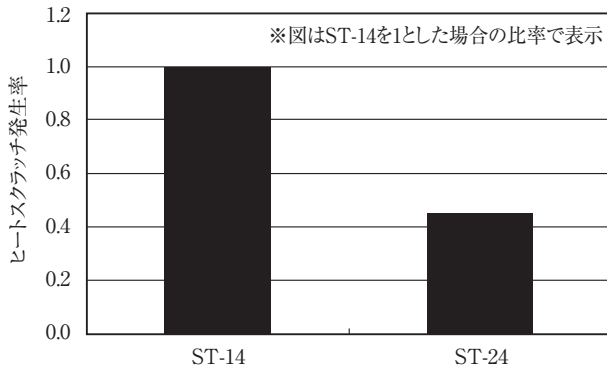


図6 新圧延油導入の効果(ヒートスクラッチ発生率)
Fig. 6 Effect of new rolling oil introducing (incidence of heat scratch)

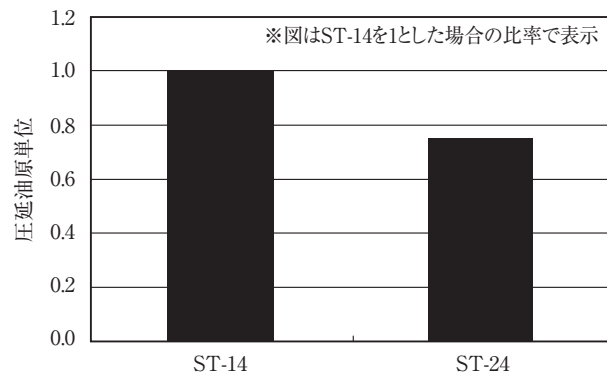


図7 新圧延油導入の効果(圧延油原単位)
Fig. 7 Effect of new rolling oil introducing (unit consumptions)

4. 新圧延油導入後の操業

4.1 新圧延油導入後の問題点

1999年10月に営業生産材への適用を開始したST-24は、上述のように4TMの特に品質、コスト面の操業改善に大きく寄与した。その後約2年間にわたり、特に大きな問題も無く実機に適用してきた。しかしながら、導入後約2年を経た頃から新圧延油導入後の2年間と比較して、ヒートスクラッチの発生率が再度上昇し問題となった。この問題発生時の圧延油性状に関する諸データを解析した結果、エマルジョンの平均粒径の影響が大きい事が分かった。4TMでは平均粒径を日常の

管理項目として管理していたが、これまでは異種油の混入等により、平均粒径が大きくなった場合にのみ、圧延油の部分排出等の対策を講じていた。一方で、平均粒径が小さい場合は、管理範囲内であれば特に問題視していなかった。しかしながら、今回の現象は平均粒径が開発段階と比較して約12~13%低下した場合にヒートスクラッチの発生率が高くなっている事が分かった。また、この平均粒径の低下は、ST-24導入から約20ヶ月のデータを調査した結果、図8に示すように突如低下したわけではなく徐々に低下していた事が確認された。

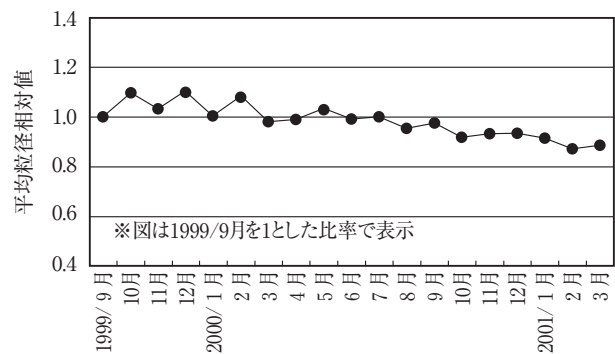


図8 圧延油エマルジョンの平均粒径の推移
Fig. 8 Transition of rolling oil emulsion average grain particle size

4.2 平均粒径小の原因調査

圧延油中の平均粒径が小さくなった原因を調査するため、圧延油の中に含まれる成分の調査を詳細に行った。その結果、新油状態と比較して乳化剤の量が約40~50%増加している事が判明した。この原因として、以下のように推察した。図1に示すフロー中で循環使用している圧延油は①鋼板による持ち出し②フィルターロス③ヒュームロス等によって、循環系統外に持出される。その持ち出しの際に圧延油中の基油、乳化剤、添加剤等が均等に持ち出されずに乳化剤濃度が上昇する。この濃度上昇により、設計当初と比較して乳化状態が変化する事によって平均粒径が小さくなったものと考えられる。

4.3 操業改善

平均粒径が変動した場合にも、既に述べているように、圧延油を循環系統外に部分排出する事によって平均粒径を設計当初の値に回復する事は可能である。しかしながら、この部分排出はランニングコストの増加を招く。そこで、新油の中に含まれる乳化剤濃度を調整する事により平均粒径を回復させる事を検討した。乳化剤の濃度を

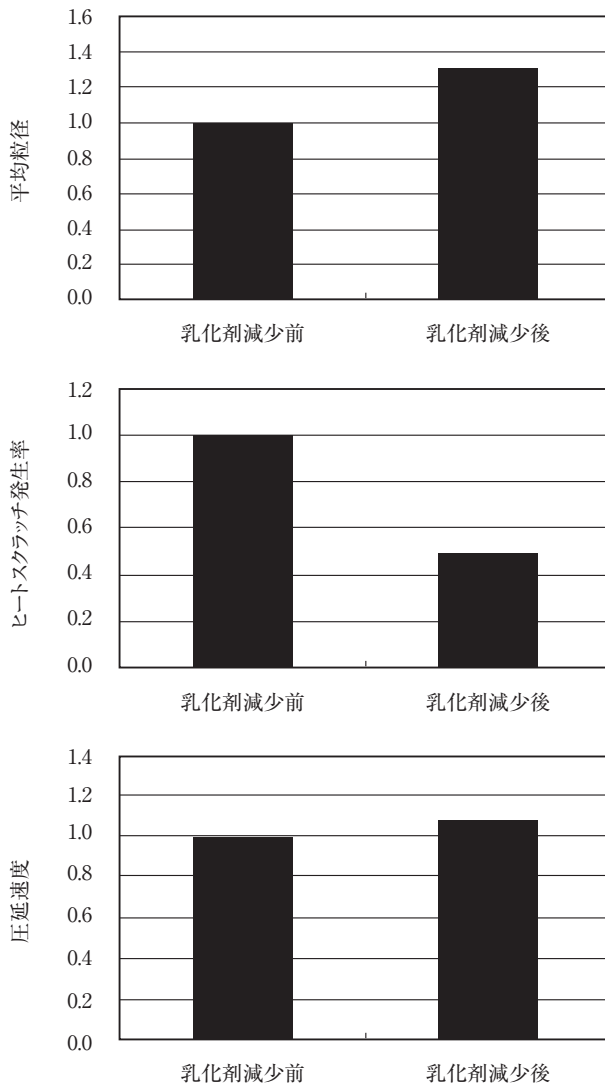
変更すると、乳化剤の量の急激な変化による乳化バランスの悪化が懸念される。そこで、ラボテストにて平均粒径が設計段階より12~25%の範囲を目標に、大きくなる乳化剤濃度を検討した。その結果、新油の乳化剤濃度を現状より約30%減少させたものを採用する事とした。また、この乳化剤濃度減少に伴う他の悪影響が無い事も同時に確認した。この乳化剤濃度を調整したST-24を2002年8月より実機適用した。その結果を図9に示す。

濃度を調整している。この対策により、ヒートスクラッチの発生は突発的な設備トラブル等を除き、ほぼ皆無となっており、4TM圧延材の表面品質向上、コスト低減、生産能率向上に大きく貢献している。

5. 結 言

今回の圧延油の開発及びその後の操業改善を実施する事によりヒートスクラッチの発生率が大幅に減少し、4TMの能率向上を達成した。また、品質異常による圧延油の部分排出も減少した事により、ランニングコストも大幅に低減された。

最後に、今回の圧延油更新において、多大なる協力を頂いた大同化学工業(株)殿及び関係各位に感謝の意を表す。



※グラフは乳化剤減少前を1とした比率で示す

図9 乳化剤減量の効果

Fig. 9 Effect of emulsifier reduction

図9から分かるように、圧延油の平均粒径が設計当初の値まで回復し、ヒートスクラッチの発生率は減少した。また、ヒートスクラッチの発生により律束されていた薄ゲージ材の圧延速度も上昇した。それ以降圧延油の日常管理項目に乳化剤濃度を加え、現在では乳化剤濃度が常にある一定範囲内になるように、納入する原油の乳化剤