
冷間圧延油の耐ヒートストリーク性，ミルクリーン性評価方法とその応対

Evaluation Methods of Heat Streak Resistance and Surface Cleaning Property of Cold Rolling Oil and Their Applications

中川 吉左エ門(Kichizaemon Nakagawa) 伊藤 紘一(Koichi Ito) 鏑田 征雄(Ikuo Yarita) 北村 邦夫(Kunio Kitamura) 北浜 正法(Masanori Kitahama) 剣持 一仁(Kazuhito Kenmochi) 鈴木 真(Makoto Suzuki) 村本 晴正(Harumasa Muramoto)

要旨：

冷間圧延油の耐ヒートストリーク性，ミルクリーン性について，実験室の名評価方法を確立した。耐ヒートストリーク性は，特殊チムケン試験機，特殊四球試験機による焼付き限界荷重で，またミルクリーン性は，焼鈍後の試験片表面の炭素量で定量的に評価できた。これらの評価方法を応用して，従来の性能を上回る高潤滑性圧延油や潤滑性の優れたミルクリーン圧延油を開発した。高潤滑性圧延油は，従来油より圧延速度が10～12%向上し，圧延油原単位を15%削減することができた。新たなミルクリーン圧延油は，良好なミルクリーン性を維持して，仕上板厚0.4mmまでの圧延が可能である。

Synopsis：

Evaluation methods of heat streak resistance and sheet surface cleaning property of cold rolling oil were established. The lubricity was evaluated by scoring limit load using the modified Timken tester and four-ball tester. Surface cleaning property was quantitatively evaluated by the quantity of carbon on the surface of the test piece after annealing. Through these method, it was possible to develop high lubricity rolling oil with performance to increase 10 to 20% rolling speed and to decrease 15% oil consumption compared with those of the conventional rolling oil. The new surface clean rolling oil has a good surface cleaning property and lubricity that can be used in rolling of the steel sheet with 0.4mm thickness.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

冷間圧延油の耐ヒートストリーク性，ミルクリーン性 評価方法とその応用

Evaluation Methods of Heat Streak Resistance and Surface Cleaning Property of Cold Rolling Oil and Their Applications

中川 吉左衛門*
Kichizaemon Nakagawa

伊 東 紘 一**
Koichi Ito

鑑 田 征 雄***
Ikkuo Yarita

北 村 邦 雄**
Kunio Kitamura

北 浜 正 法****
Masanori Kitahama

剣 持 一 仁****
Kazuhito Kenmochi

鈴 木 真*****
Makoto Suzuki

村 本 晴 正*****
Harumasa Muramoto

Synopsis:

Evaluation methods of heat streak resistance and sheet surface cleaning property of cold rolling oil were established. The lubricity was evaluated by scoring limit load using the modified Timken tester and four-ball tester. Surface cleaning property was quantitatively evaluated by the quantity of carbon on the surface of the test piece after annealing.

Through these methods, it was possible to develop high lubricity rolling oil with performance to increase 10 to 20% rolling speed and to decrease 15% oil consumption compared with those of the conventional rolling oil. The new surface clean rolling oil has a good surface cleaning property and lubricity that can be used in rolling of the steel sheet with 0.4mm thickness.

1. 緒 言

冷間圧延工程で用いる圧延油に対しては，潤滑性以外に適宜な乳化性，防錆性，焼鈍後の鋼板表面清浄性や廃水処理の容易さなど様々な要求があり，これらの性能について適正な評価方法の確立が必要である。特に潤滑性と表面清浄性の評価は，実圧延機を用いて評価することが最も望ましいが，実験規模や操業上の制約から実験の機会は限られ

ている。

このため，実験室的規模で行える圧延油の評価方法が各種検討されており，潤滑性についてはバウデン試験機¹⁾，四球試験機²⁾，実験用圧延機^{3,4)}などによる方法が報告されている。また，焼鈍後の鋼板表面清浄性（圧延後クリーニング工程を経ずに焼鈍する場合に用いる圧延油をミルクリーン圧延油，この圧延油を用いた時の焼鈍後の鋼板表面清浄性をミルクリーン性と通常称しており，以下本報でもこれらの語を用いる。）については熱天

* 技術研究所第4研究部部长・工博

*** 本社・人事部スタンフォード大学留学・主任研究員

***** 千葉製鉄所冷間圧延部冷延技術室

〔昭和57年3月30日原稿受付〕

** 技術研究所第4研究部加工研究室主任研究員

**** 技術研究所第4研究部加工研究室

***** 千葉製鉄所設備部設備技術室

科、カップテストなどによる方法が知られている。

実操業での圧延潤滑条件が過酷になるとロール表面と被圧延材の温度が上昇し、局部的な焼付きにより両者に線状の傷が生じる、いわゆるヒートストリークと呼ばれる現象がある。これは、圧延速度、圧下率など操業条件に制約を与え、生産性を阻害している。ヒートストリークは、潤滑性の良好な圧延油ほど発生し難く、耐ヒートストリーク性は圧延油の潤滑性の指標とされている。また、ヒートストリークの特徴として、被圧延材の表側（上側ロールに接する面）に比べて、潤滑性の劣る裏側に先ず発生する。著者らは、このようなヒートストリークの発生機構について既に報告している⁵⁾が、新たに試験機によって実機でのヒートストリークと同様の焼付き現象を再現することができた。このような試験機での焼付きの程度から評価した圧延油の性能が、実機での使用性能と対応することを確認した。一方、ミルククリーン性は、焼鈍後の鋼板表面の付着炭素量を測定することにより評価することができた。

本報では、こうした耐ヒートストリーク性の観点からみた圧延油の潤滑性およびミルククリーン性の評価試験方法と、これらを用いて行った高潤滑性圧延油と、新しいミルククリーン圧延油の開発結果について報告する。

2. 耐ヒートストリーク性の評価

2.1 ヒートストリークの発生機構

2.1.1 ヒートストリークの起点

ヒートストリーク（Photo. 1 参照）の発生は、製品品質の低下をもたらすだけでなく、ロール研削量を増加させ、ロール原単位の大幅な上昇を引き起こす。ヒートストリークを実機によって再現した結果を Fig. 1, 2 に示す。この図から、圧下率と圧延速度が増加し、クーラント流量が低下すると、コイル温度が上昇し、ヒートストリークに至ることがわかる。ヒートストリークは、発生原因となる何らかのトリガーがあるものと考え、ヒートストリーク発生後のロールと圧延材について、その表面を詳細に観察した結果、ロールのヒートストリーク発生部の起点から、ロール研削時に発

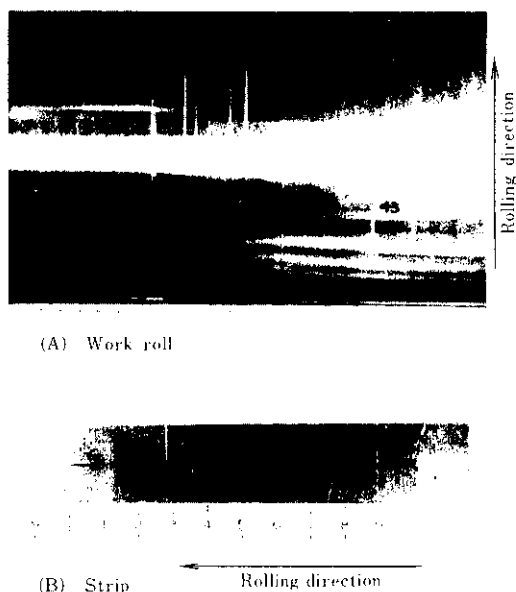


Photo. 1 Heat streaks on work roll and strip surface

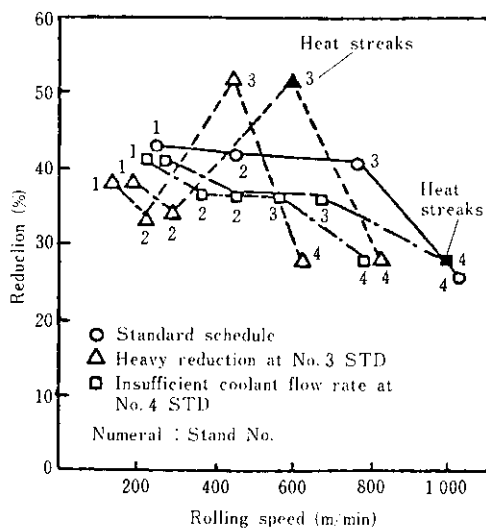


Fig. 1 Relation between cold rolling conditions and heat streaks (experimented in 4 stands cold tandem mill)

生したと考えられるスクラッチ傷が認められた。それらの形態を分類し、それぞれの比率を Photo. 2 (A) に示す。Photo. 2 (B) は圧延前のロール表面のスクラッチ傷であるが、これは 2 (A) の A と同形態であることがわかる。この A のようなスクラッチ状の凹傷は、他の B, C の形態の傷より多く、ヒートストリークの発生原因の半数以上を占

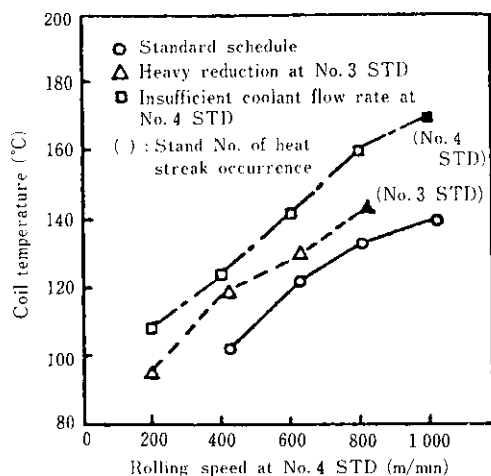


Fig. 2 Relation between coil temperature after rolling and rolling speed at No. 4 STD (experimented in 4 stands cold tandem mill)

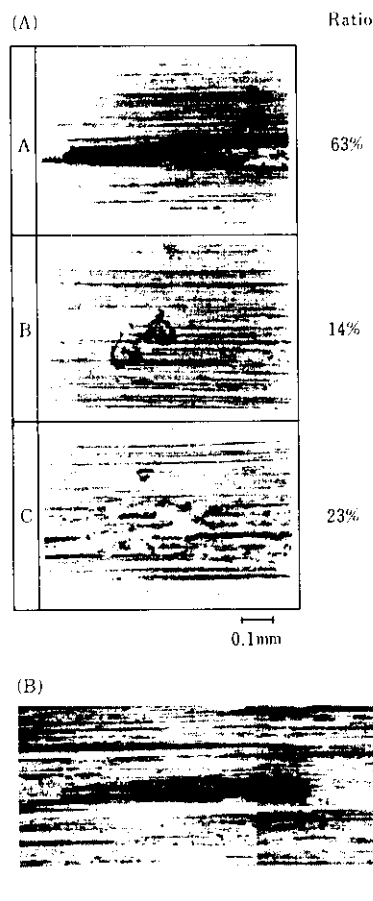


Photo. 2 (A) Starting points of heat streaks on work roll and (B) surface scratch on work roll

めている。

2・1・2 弾性流体潤滑モデルでの解析

ロール表面に傷が存在する場合の潤滑状態を、実機でのヒートストリーク発生データを用いて弾性流体潤滑理論により解析した。潤滑時の微小な傷の影響については、Wymer ら⁶⁾は弾性流体潤滑条件下で実験を行い、凹傷の周辺で油膜破断を起していることを確認している。また、Cheng ら⁷⁾は断熱の条件下で弾性流体潤滑理論に基づいた数値解析を行い、凹傷の端部で圧力が上昇するとの結論を得ている。

著者らの行った解析の中から、深さ $10\mu\text{m}$ の凹傷のある場合の圧力分布、油膜厚さ、温度分布をFig. 3に示す。傷のない場合の圧力分布はHertzの圧力分布とはほぼ一致しており、最高圧力 82kgf/mm^2 、最小油膜厚さ $3.8\mu\text{m}$ 、最高油温 79°C 程度である。これに対して凹傷があると、最高圧力 222kgf/mm^2 、最小油膜厚さ $3.4\mu\text{m}$ 、最高油温 267°C と、傷のない場合と比べて圧力、温度が急激に上昇し、油膜が薄くなり、局部的に厳しい潤滑状態になっていることがわかる。

2・2 特殊チムケン試験機、特殊四球試験機による評価方法

2・2・1 試験装置および実験条件

圧延油の耐ヒートストリーク性の評価に用いた特殊チムケン試験機、特殊四球試験機の概要をFig. 4に示す。両試験機ともエマルジョン状態での試験油を用い、ノズルから金属接触部に噴霧、回収循環できるように改良を加えてある。また、特殊チムケン試験機はテストブロックの温度制御が可能であり、特殊四球試験機は実験中断時も乳化を一定に保つため、バイパス循環が行えるようにした。実験に際しては、焼付きの有無にかかわらず、各測定回ごとに試験材を交換し、摩擦トルクの急激な上昇をもって焼付き発生と判定した。

両機の仕様および試験条件はTable 1のとおりであるが、得られる負荷荷重は特殊チムケン試験機より特殊四球試験機のほうが大きく、すべり速度は逆に特殊チムケン試験機のほうが大きい。このため、混合潤滑状態の中で特殊チムケン試験機

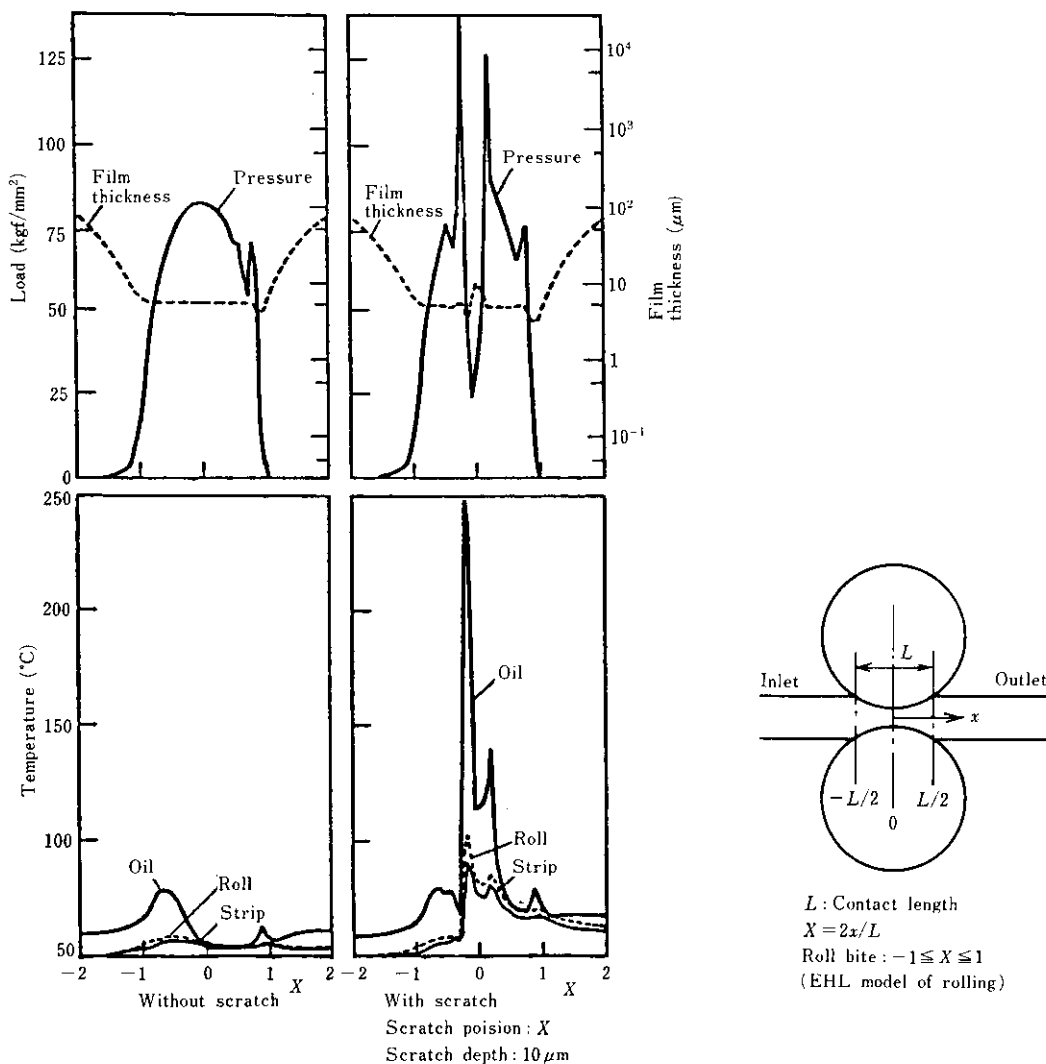


Fig. 3 Influence of the roll scratch on film thickness, pressure and temperature

は流体潤滑側の、特殊四球試験機ではより境界潤滑側での評価が行われているものと考えられる。

2・2・2 実用圧延油での検討

実機において長期間使用し、潤滑性の程度が確認されている Table 2 に示す 3 種類の圧延油を用いて評価を行った。圧延油 A は牛脂を基油とし、これに極圧剤を加えた薄物用の高い潤滑性を有している。圧延油 C は、エステルを加えて潤滑性を高めているが、鉱油が主体のため潤滑性の低い厚物用のミルクリーンの圧延油である。圧延油 B は牛

脂を基油としているが、鉱油をかなり加えた、潤滑性としては圧延油 A と C の中間に位置するものである。

特殊チムケン試験機、特殊四球試験機とも摩擦係数、摩擦トルク、摩擦痕径などによっても圧延油の良否が評価できるが、焼付き直前の速度、荷重からの焼付き限界曲線は、Fig. 5 のように圧延油間の差を最も明瞭に示している。すなわち、実機での評価の高い圧延油になるほど、限界曲線は高荷重、高速度側に移行している。

実機でのロールバイト内では混合潤滑状態にあ

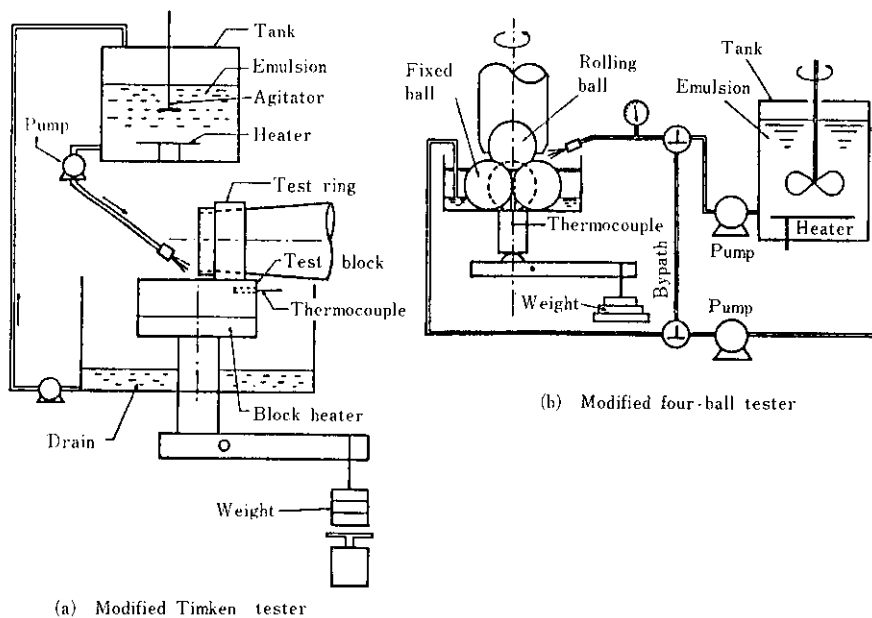


Fig. 4 Schema of testers of lubricity

Table 1 Specification of modified Timken tester and four-ball tester, and experimental condition

	Modified Timken tester	Modified four-ball tester	Tandem mill
Average pressure (kgf/mm ²)	12~76 (Load: 20~800kgf)	52~346 (Load: 1~300kgf)	60~100
Relative velocity (m/min)	0.16~155 (1~1 000rpm)	0.035~34.5 (1~1 000rpm)	Inlet 100~300 Outlet 10~100
Test material temperature(°C)	Room temp.~300	Room temp.~100	100~200
Supply of rolling oil	Emulsion recirculation.	Emulsion recirculation.	Emulsion recirculation.
Experimental load (kg)	100~600 (100kgf interval)	50~300 (25kgf interval)	
Experimental rolling speed (rpm)	50, 200, 400, 600, 800, 1 000 (50rpm interval at scoring vicinity)	50, 250, 500, 750, 1 000 (50rpm interval at scoring vicinity)	

Table 2 Rolling oil used in Timken and four-ball test

	Base oil	Additive	Grade of Cubricity
A	Tallow (90%)	E.P. (2%)	Best (Used for thin gauge)
B	Tallow (60%)	Mineral oil(30%)	Good (Used for middle gauge)
C	Mineral(80%)	Ester (10%)	Bad (Used for thick gauge)

E.P.: Extreme pressure additive

ると言われており、境界、流体両潤滑の占める割合は圧延荷重、圧延速度などの圧延条件により変化するものと考えられる。したがって、試験機においても荷重、速度範囲を広くとり、得られた焼付き限界曲線内の面積（Fig. 5の斜線部面積）を用いて、評価結果を定量的に表すこととした。

2.2.3 特殊チムケン試験機によるヒートストリークの再現

実験室でのヒートストリークの再現に関しては

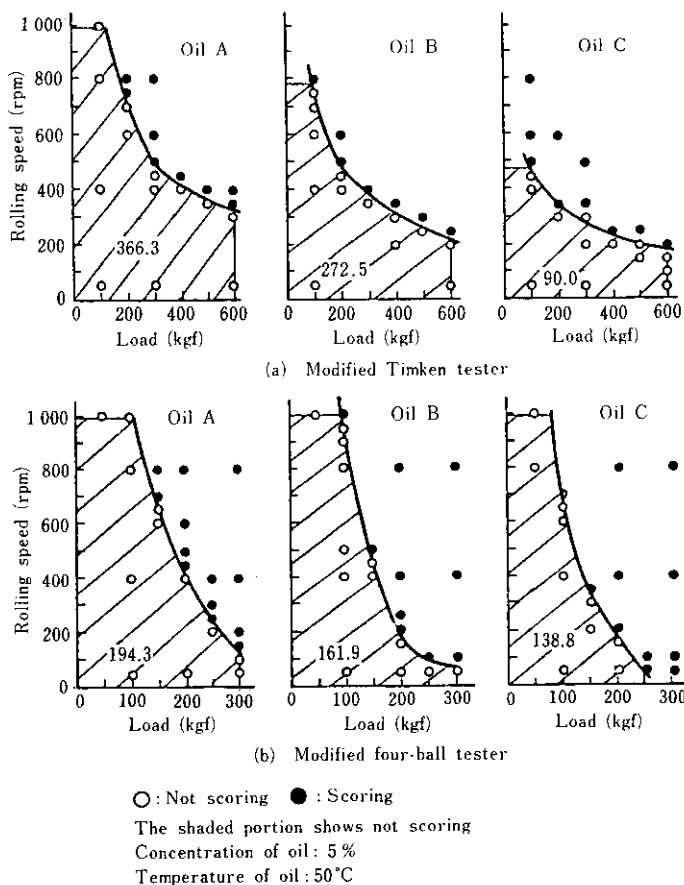


Fig. 5 Scoring limit of practically used rolling oil by testers

パウデン試験機¹⁾, 実験用高速圧延機⁸⁾, 可逆式試験用圧延機³⁾, などにより, 実機類似的焼付き傷が発生することが報告されている。

特殊チムケン試験機で行った実験では, ロールに存在したような微小な凹傷をテストリングに付与し, テストブロックとしては軟鋼板を用いて行った。Photo. 3のA, Bの条件では, 傷の周囲に微小な焼付き, あるいは金属接触のあとが見られ, 厳しい潤滑状態にあることがうかがえる。Cの条件では, C2で見られるようにテストブロックがテストリングに融着し, 全面的な焼付に至っている。その直前の状態がC1であるが, 傷の影響で後部に尾を引いたような金属接触状態が認められる。

2-2-4 試験機における潤滑状態

特殊チムケン試験機, 特殊四球試験機では, 実機同様に混合潤滑状態にあると考えられるが, 荷重, 速度による潤滑状態の変化は, 摩擦トルクに現われ, Fig. 6のようなA~Dの4種類のパターンに分類できる。

(A) 低荷重領域: 低荷重のため, 流体潤滑が主体的で, ほぼ一定の摩擦トルクを示す。

(B) 高荷重, 低速領域: 高荷重のため境界潤滑となり, 接触部で一時的に油膜が破断し, 摩擦トルクは瞬間的に上昇する。しかし, 低速度のため発熱量は小さく, 全面的な焼付きに至らない。

(C) 高荷重, 高速度領域: 過酷な潤滑状態のため, 瞬時に焼付きに至る。

(D) 焼付き限界近傍: 初期には焼付きはないが

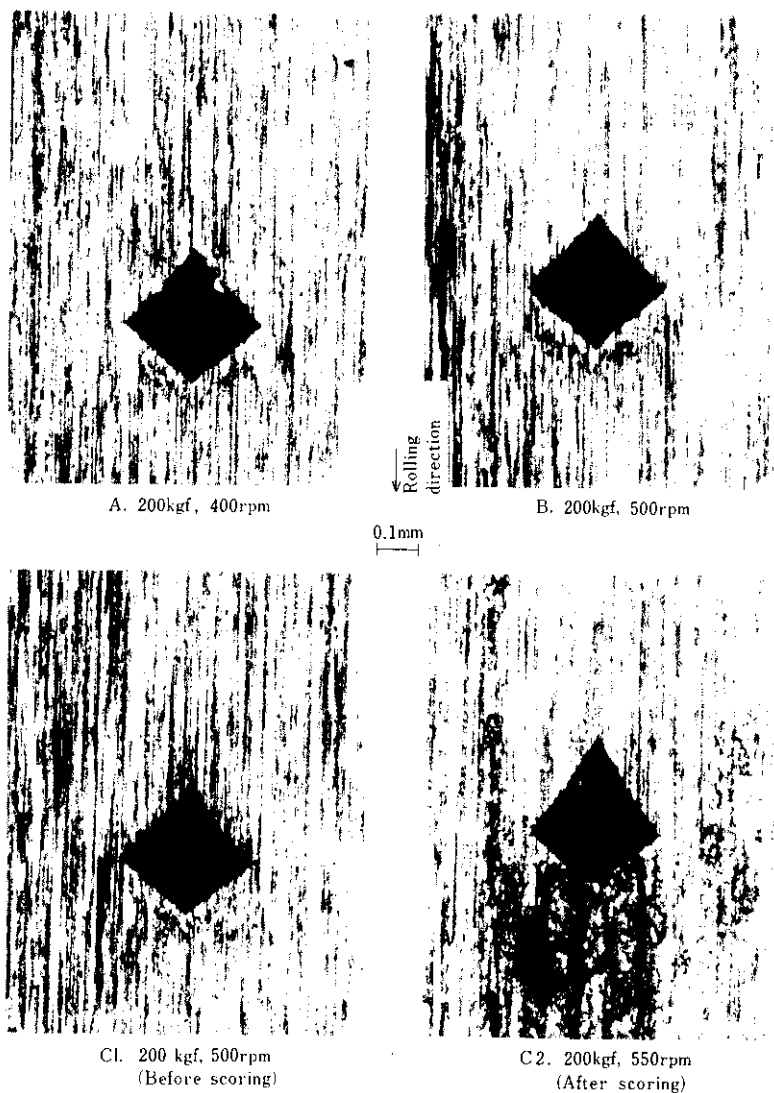


Photo. 3 Appearance of heat streak by modified Timken tester

回転が進むにつれ蓄熱されて焼付きに至る。この領域での焼付きは確率的に起こり、同一条件でも(A)または(B)のパターンをとることもある。しかし、この領域は狭く、焼付き限界はかなり明確に現われる。

3. ミルクリーン性の評価

3・1 焼鈍後の鋼板表面汚れ発生機構

冷間圧延ミルクリーン圧延油を用いることは、

その次に行うクリーニング工程を省略できるため、原価低減のメリットが大きい。しかし、これが行える条件としては、焼鈍後のミルクリーン性が良好に保たれていることが必要である。

ミルクリーン性を低下させる主要な原因は、圧延時に発生する鉄粉と、焼鈍時に圧延油から生じる無定形の炭素（鋼中より析出するグラファイトカーボンとは異なる）の鋼板表面への付着であるが、その発生の機構は Fig. 7 のように考えられる。すなわち、圧延時の加工、摩擦により発生する熱

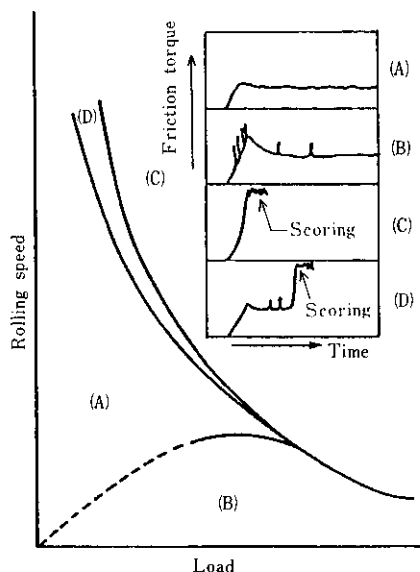


Fig. 6 Pattern of torque according to test conditions

は、コイルに巻きとられてからも残留し、 100°C 以上で数時間残留する。この熱により、圧延油中の牛脂、エステル、鉱油、脂肪酸などの主要成分は、酸化、重合し、高分子量の揮散しにくい物質に変化する。また、焼鈍初期の低温時(200°C 前後)においても、同様の反応を起こしていると考えられ、いずれの場合も圧延時に生じた鉄粉が触媒として作用し、反応を加速する。こうして生成した高分子物質は、約 700°C におよぶ焼鈍での高熱により炭化し、鋼板上に残留する。Fig. 8は、このような加熱によりミルクリーン性が低下することを実験的に確かめたものである。 130°C での予備加熱がないと、ミルクリーン性が悪い牛脂でさえもほとんど汚れを示さないのに対し、予備加熱を施すと汚れは著しくなる。Fig. 8には、汚れを抑制する酸化防止剤の効果も示すが、低温での酸化、重合を防ぐことが、ミルクリーン性向上に効果のあることがわかる。

3.2 鋼板表面炭素量の測定方法

圧延油から生じる無定形炭素による鋼板表面の汚れは、その量が $7\text{mg}/\text{m}^2$ 以上になると塗装性、耐食性の低下を招く⁹⁾。このため、米国フォード社では受入基準となる表面炭素量を規定している。また、現場でよく用いられるスコッチテープテス

トも、鋼板表面の炭素と鉄粉の量を知る一つの方法である。これらのことを考慮して、ミルクリーン性評価の指標として表面炭素量を用いた。

試験方法は、エマルジョン状態の試験油に、試験片($15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 4\text{面} = 900\text{cm}^2$)を浸漬塗布し、現場で行われている水切り操作を勘案して、テフロンロールを通板して水切りを行った。次に、これらの試験片を積層し、 50kgf の圧力で締めつけ、前述の圧延後のコイルでの残熱を想定して、 130°C で4時間の予備加熱を行い、現場のベル型焼鈍炉で焼鈍(HNガス、 685°C 、4時間)を行った。焼鈍後の試験片表面を塩酸(1:1)で浸したガラスろ紙で拭き、このろ紙の塩酸を乾燥機中で加熱除去(270°C 、1時間)後、微量炭素分析計(川鉄計量機製)により炭素量の測定を行った。また、試験片の粗度による塗油の違い、現場炉内の試験片周囲の雰囲気ガスの状態差による影響を修正するため、各実験ごとに基準油として現用ミルクリーン油を塗布した試験片も作成し、同時に実験を行った。そして各チャージ間でのデータ者の比較のため、基準油の炭素量を1.0として、試験油の炭素量の比を表した。

4. 実験室の評価方法の応用による圧延油の改善

4.1 薄物用圧延油の潤滑性向上

4.1.1 試作圧延油の調整と評価

特殊チムケン試験機での潤滑性評価をもとにして4タンデムミルで使用している牛脂系薄物用圧延油の潤滑性向上を計った。

4タンデムミルでは、薄物用圧延油の他にミルクリーン圧延油も併行使用しているので、これに混入しても悪影響を与えない基油、添加剤を選ぶ必要があり、それらの潤滑性を調査した。基油には精製牛脂を用い、各添加剤を加えた時の潤滑性評価結果は、Fig. 9のとおりである。

実験をエマルジョン状態で行うため、いずれの試作油にも乳化剤を加え、E.S.I (Emulsion Stability Index) が $0.7 \sim 0.8$ となるように乳化調整を行った。

Fig. 9からわかるように、鉱油の添加により荷

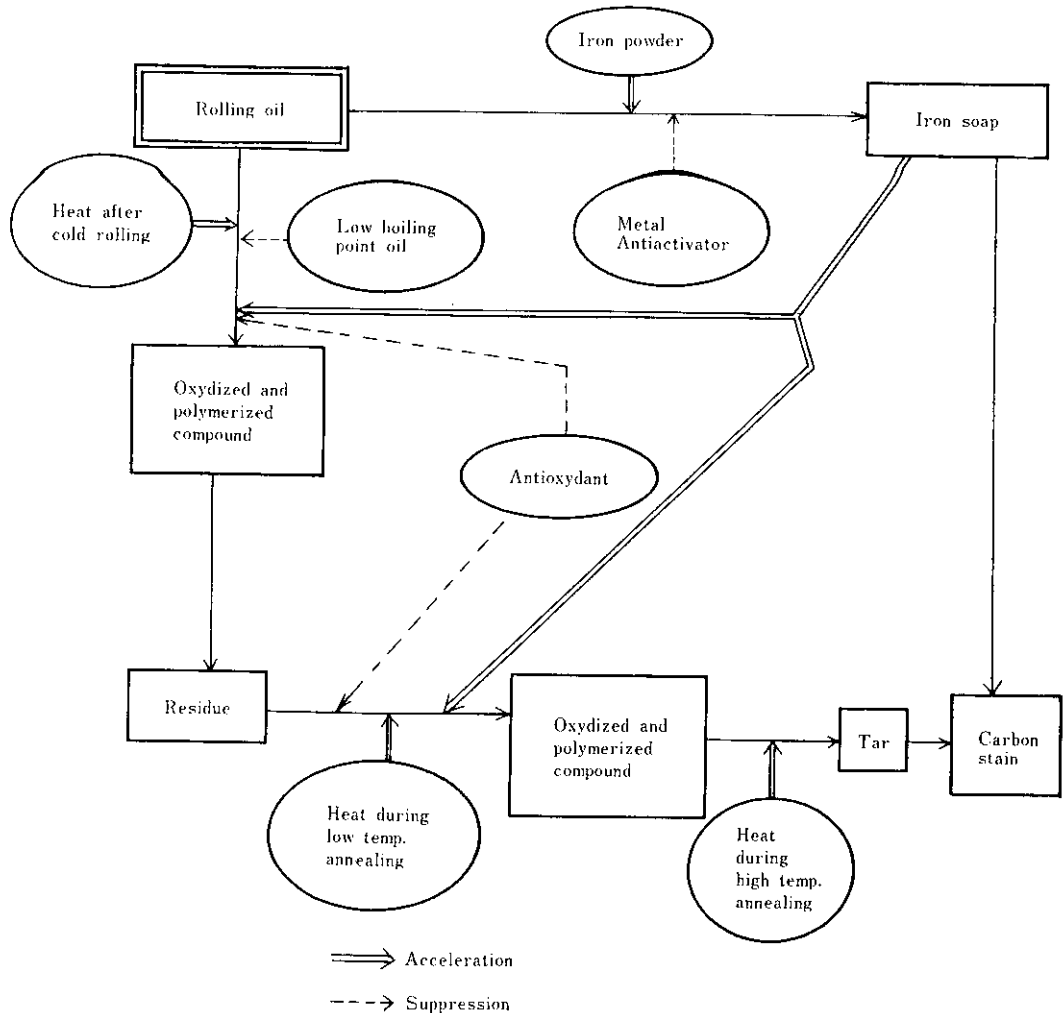


Fig. 7 Effect of factors on the change of rolling oil and carbon stain

重300kgfにおける焼付き限界は低下する一方、極圧剤、合成エステルの添加では、牛脂と差が認められない。合成脂肪酸の場合は、添加量に応じて焼付き限界が上昇し、潤滑性の向上が認められる。

この結果をもとに、潤滑性とミルクリーン油への混入を配慮して、精製牛脂に合成脂肪酸と、合成エステルを添加した配合系での検討を行った。

Fig. 10で見られるように、ポリマーによる増粘効果や、乳化剤の種類による潤滑性への影響は、いずれの試作油でも従来から用いていた圧延油(F)の焼付き限界をかなり上回っており、ほとんど認められない。合成脂肪酸の効果も6%前後で飽和している。高速回転での性能が良好であった

D1油について、乳化状態を調べた結果をFig. 11に示す。この油は、かく拌時間が長くなると、従来油と比べて粒径が小さくなり、E.S.Iが高くなるのでプレートアウト量（鋼板に付着する油量）が少なく、潤滑性の低下が懸念された。そこで、乳化剤の添加量を減少させたD5油を作り、従来油と同程度の粒径、E.S.Iを維持するよう改良した。

4・1・2 実機使用結果

前述のD5油について、80インチリバースミルを用いて行った実機実験では、3パス目を強圧下して、ヒートストロークが発生する速度を測定する

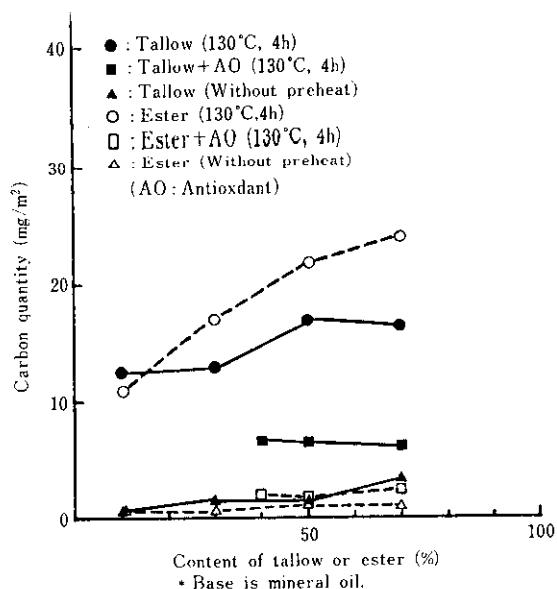


Fig. 8 Influence of preheat and additional antioxidant on carbon quantity on steel sheets

ことによって、潤滑性の良否を判定した。その結果は、Fig. 12に示すように試作油D5では、460m/minでもヒートストリークが発生せず、従来油を越える速度での圧延が可能であった。この時の摩擦係数は、試作油、従来油の間で大きな差は生じてい

ない。この結果をふまえて、55年5月より当社千葉製鉄所4タンデムミルでの工程圧延に移し、問題を生じることなく現在に至っている。これによって得られた効果は、Table 3に示すように圧延速度が10~12%向上、ヒートストリーク発生が減少し、ロール組替回数が約20%低下したことが、潤滑性向上によって圧延油濃度を下げることができ、原単位が15%削減したことなどである。

4・2 新たなミルクリーン圧延油の開発

4・2・1 試作圧延油の調整と評価

薄物用圧延油の項でもふれたが、千葉製鉄所の4タンデムミルでは、ミルクリーン圧延油を使用している。この圧延油についてもそのミルクリーン性を損わず、さらに潤滑性を向上させることは、仕上板厚のより薄い鋼板までミルクリーン圧延油による圧延ができることになり、多大のメリットが得られるため、新たなミルクリーン圧延油の開発を行った。

試作した各圧延油の特徴と潤滑性、ミルクリーン性の評価結果をFig. 13に示す。目標とする性能としては、潤滑性は牛脂ベース薄物用圧延油(4・1節でのF油)、ミルクリーン性は現用鉱油系ミルクリーン圧延油Sと同程度であることとした。以下に開発経過を述べる。

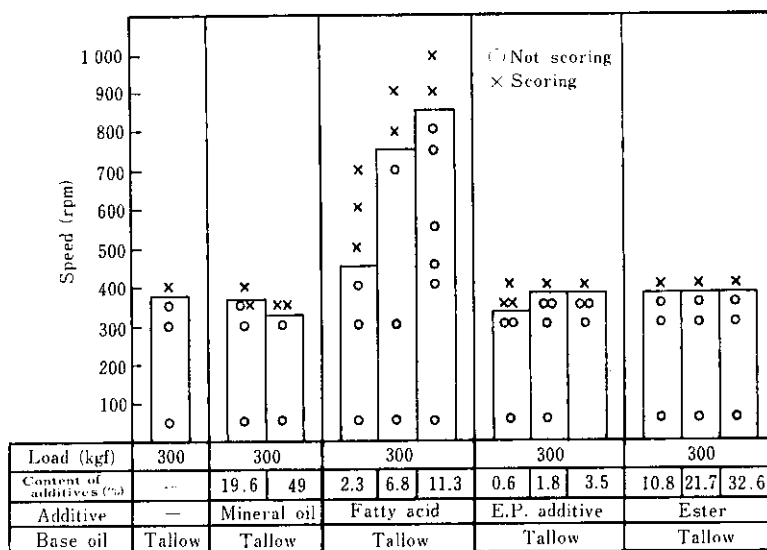


Fig. 9 Influence of various additives on lubricity (Modified Timken tester)

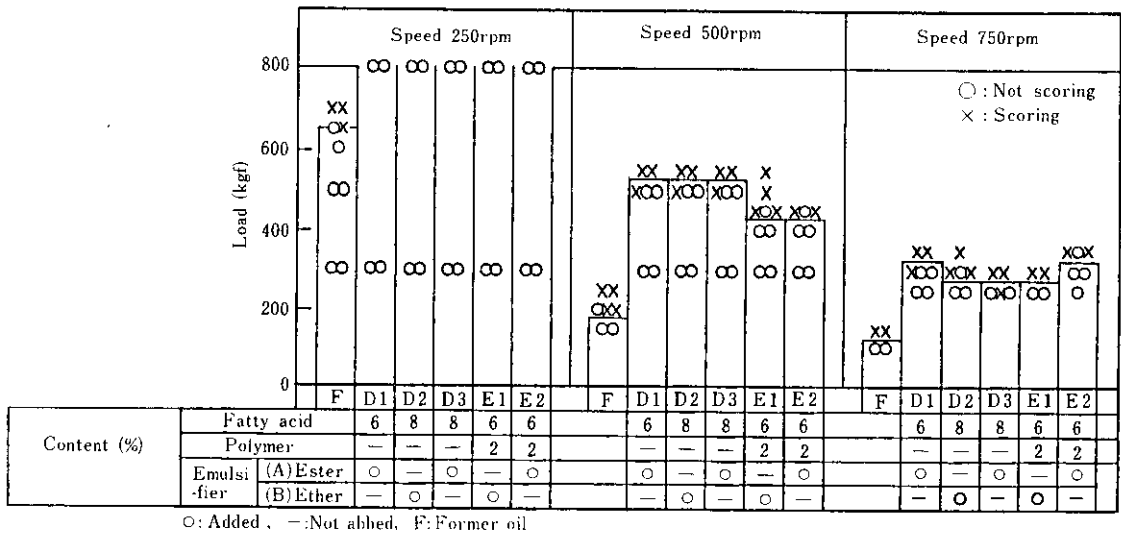


Fig. 10 Lubricity of experimental rolling oil (Modified Timken tester)

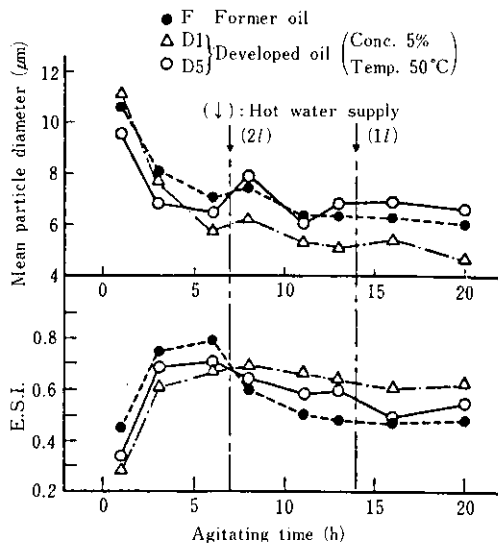


Fig. 11 Effect of agitating time on emulsion properties of former and developed oil (E.S.I.: Emulsion stability index)

各種添加剤を加えた鋳油系のM1油を基本配合として、この鋳油を牛脂に置き換える(M2油)と、潤滑性は向上する。しかし、表面炭素量は急増する。そこで低沸点で、揮散性の良いエステル量を増大させる(M3油)と、ミルクリーン性は改良されるが、潤滑性は低下する。しかし、このM3油の潤滑性はM1油よりは良好である。M3

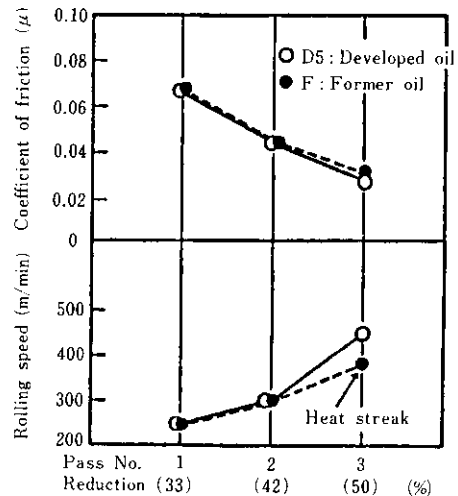
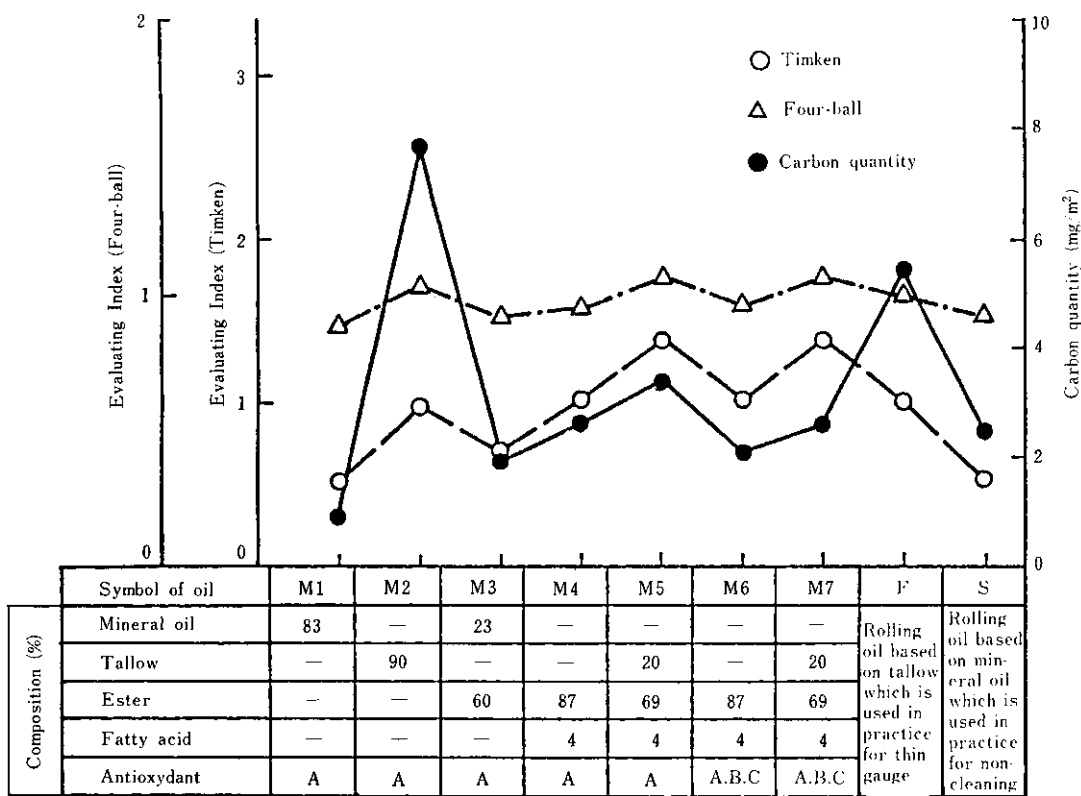


Fig. 12 Lubricity of former and developed oil by the use of 80 inch reversing mill

Table 3 Comparison of rolling speed and concentration of rolling oil between former and developed rolling oil at 4 stands cold tandem mill

Rolling oil	Strip thickness	Rolling speed (m/min)			Concentration of rolling oil (%)
		0.300 ~ 0.349	0.400 ~ 0.599	0.600 ~ 0.799	
Former rolling oil (F)		1 022	1 008	923	4~5
Developed rolling oil (D5)		1 135	1 125	1 050	4~4.5



(Evaluating Index: Not scoring area of rolling oil/Not scoring area of F oil)

Fig. 13 Test results of trially manufactured rolling oil at laboratory

油の潤滑性を一段と向上させるため、合成脂肪酸を添加したのがM4油である。これは、ほぼ目標とするF油の潤滑性に到達している。M4油に牛脂を20%添加したM5油では、さらに潤滑性が向上した。ただし、このM4、M5油では、表面炭素量も漸増しており、一層のミルクリーン性の改良が必要であった。このため、3・1節で述べたように、低温での酸化、重合を防ぐのに有効な、酸化防止剤の種類と添加量を多くしたM6、M7油を試作した。これによって、目標とするS油と同程度のミルクリーン性とすることができた。

4・2・2 実機使用結果

実験室での評価をもとにして、M6、M7油と潤滑、ミルクリーン性の目標であるF、S油について80インチリバースミルでの実験を行った。実験は圧延速度を一定とし、3パス目の圧下率を32、36、40%と増加させ、ヒートストリークの発生す

る圧下率によって潤滑性を判断した。前述したように、ヒートストリークは潤滑状態の悪い裏側から最初に発生する。したがって、同一圧下率でヒートストリークが圧延材の裏側のみの場合は、両面に発生する場合より良好な潤滑状態であるものとみなせる。

Fig. 14に示すように、M6油の潤滑性は、F油にわずかに及ばないものの、M7油はほぼ同程度であった。Fig. 15に示すように、圧延コイルの温度は、ヒートストリーク発生による潤滑性の順位が悪くなるほど高くなるが、摩擦係数では順序が一致していない。

ミルクリーン性の評価には、表面炭素量の測定以外に、圧延材表面付着物を接着テープではなく離し、色差計によりテープの汚れの濃淡を測定したL値も用いた。Fig. 16に見られるように、牛脂を加えたM7油はM6油の炭素量、L値には及ばないが、S油とほぼ同程度である。

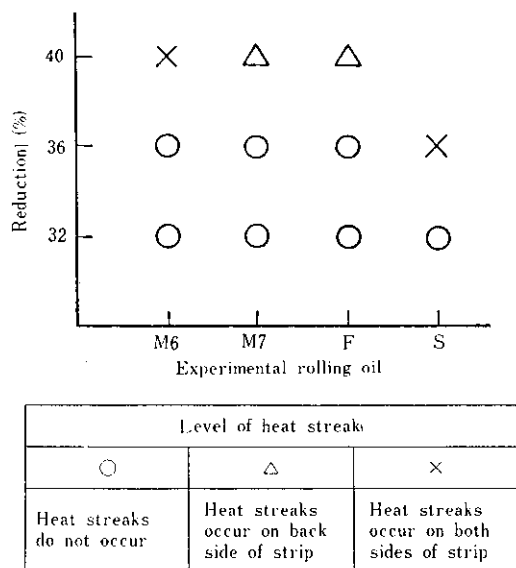


Fig. 14 Lubricity of experimental rolling oil by the use of 80 inch reversing mill (Level of heat streak)

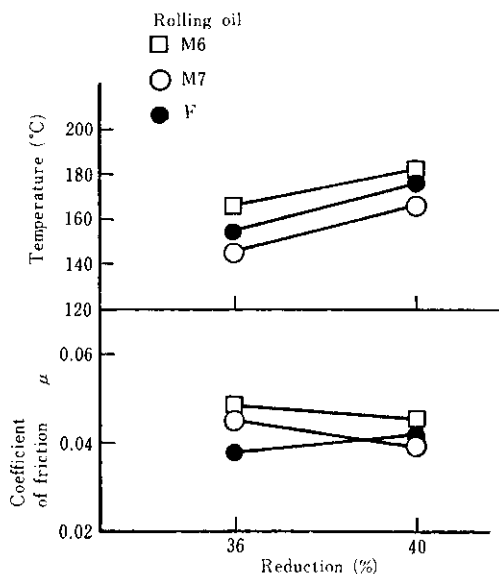


Fig. 15 Effect of reduction and rolling oil on temperature and coefficient of friction by the use of 80 inch reversing mill

上述したようにミルクリーン圧延油についても、実験室の評価により試作した圧延油を、実機にお

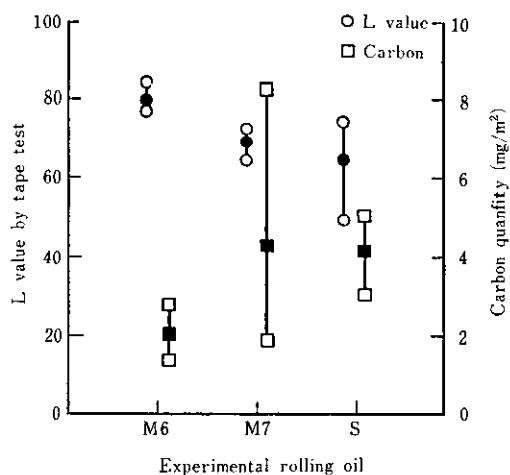


Fig. 16 Effect of rolling oil on surface cleanliness after annealing (80" reversing mill)

いて目標とする潤滑性、ミルクリーン性を有するレベルにまで到達させることができた。

5. 結 言

冷間圧延油の潤滑性に関して、耐ヒートストリーク性という観点から、またミルクリーン性については表面炭素量を指標として、実験室での評価方法を確立し、これが実機での使用結果と一致することを確認した。また、これらの評価方法を適用し、薄物用圧延油の潤滑性向上、および新たなミルクリーン圧延油の開発を行った。

潤滑性については、耐ヒートストリーク性だけではなく、摩擦係数の問題もあり、今後新型式の圧延機の出現により、さらに厳しい潤滑状態となることが予想される。一方、ミルクリーン性についても鋼板表面の全体的な汚れだけでなく、エッジカーボンのような局所的な汚れの問題もある。

このような問題に対処してゆくためには、圧延油の改良のみならず、給油方法、圧延前後の工程の見直しを含めて、総合的な対応が必要と考えられ、今後取り組んでゆくつもりである。

参 考 文 献

- 1) 間瀬, 河野, 山本, 上野, 田島, 衛藤: 鉄と鋼, 65 (1977) 2, A41

- 2) 辻, 伴, 松下, 伊藤, 井上: 塑性と加工, **21** (1980) 228, 67
- 3) 田村, 細野, 戸口, 小林: 昭和55年度塑性加工春季講演論文集 (1979) 387
- 4) 升田, 有村, 岡戸: 鉄と鋼, **63** (1977) 4, S 224
- 5) 鎌田, 北村, 北浜, 片岡, 中川, 青木, 松田, 吉田: 鉄と鋼, **67** (1981) 14, 2152
- 6) D.G.Wymer and A.Cameron: Proc.Inst.Mech.Eng., **188** (1974) 221
- 7) D.Dowson and H.S.Cheng: 'Surface Roughness Effect in Lubrication', Proc. 4th Leeds-Lyon Symposium on Tribology, **71** (1977), London
- 8) 五弓, 木原, 有村, 岡戸: 塑性と加工, **14** (1973) 145, 160
- 9) 藤野, 薄木, 是川, 若野: 鉄と鋼, **66** (1980) 4, S 377