

討 8

ホットストリップ圧延への潤滑油の適用

川崎製鉄千葉製鉄所 ○伊藤進 小林善二郎
浅川長正

1. 緒言

ホットストリップミルの圧延油の使用はエネルギー消費量削減、生産性の向上等により大きな効果が認められ各社において実用化されつつある。当社No1ホットストリップミルにおいては、1968年より熱間圧延油の実用化に着手し、現在F1～F3スタンドにて実稼働を行っているが電力原単位（仕上直流機で10%前後）、ロール原単位等により大きな効果を与えている。一方熱間における油圧延の潤滑機構

に関する研究は緒についたばかりの状態であるが、当ミルにおいては普通鋼のほか珪素鋼、ステンレス鋼等圧延条件が大きく変化する種々の特殊鋼を圧延しているため、現場の現象面をもとにその潤滑機構について考察してみた。

図1 ホットストリップミル配置図

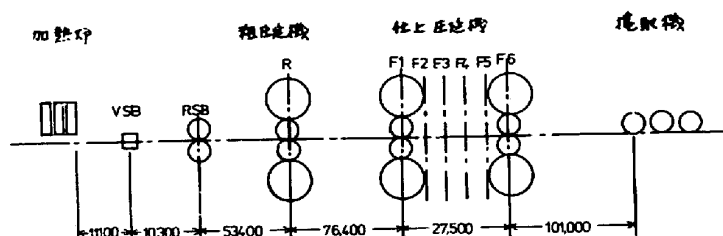


表1 鋼種別圧延条件の一例

	普通鋼			珪素鋼			ステンレス鋼		
スタンドNo	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
圧延ロール	アーマイト鋳鋼			同左			高合金鋳鉄		
FSB使用バンク数	3			1			0		
F2出側温度(℃)	940～860			940～870			980～930		
圧延速度(m/min)	94	150	225	74	141	204	89	129	176
圧下率(%)	85.1	87.1	83.1	59.1	47.1	30.9	29.3	31.0	26.8
圧延圧力(Ton/mm)	1.61	1.61	1.61	1.53	1.41	1.17	2.11	2.11	1.53

2. 圧延設備および圧延条件

図1に千葉No1ホットストリップミルの配置図を示す。加熱炉で1000～1400℃の所定の温度に加熱されたスラブは堅型スケール除去機(VSB)、粗スケール除去機(RSB)を通過後粗圧延機により繰返し圧延され22～30mmの厚みのシートバーとなり、仕上スケール除去設備(FSB)でデスケーリングされた後仕上圧延機により所定の厚みに伸ばされる。当ミルにおいては鋼種別により加熱温度、VSB、RSB、FSBでのデスケーリング基準、粗圧延仕上圧延での圧延条件も違うため油圧延を行ない、その潤滑効果が異なる。表1は仕上前半スタンドにおける鋼種別圧延条件の一例である。

3. 給油方法および給油方式

1968年の実験開始当初は種々の給油方式と圧延油が試用され実験が進められたがその主な給油方式と圧延油は下記の通りである。

給油方式

- (1)ダイレクト方式
- (2)プレミックス方式
- (3)スチームアトマイズ方式
- (4)ウォーターインジェクション方式

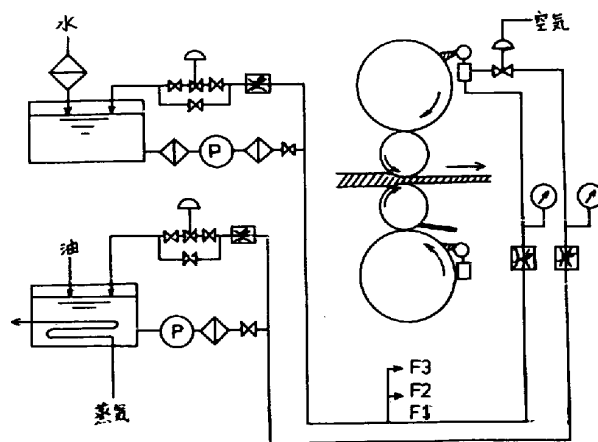


図2 圧延油給油設備

圧延油

(1) ソリュブル油 (2) 牛脂系油

潤滑効果 操業の安定性、経済性等により現在は給油方式として濃度管理が他方式に比べて容易であり、かつ油の原単位の比較的低いウォーターインジェクション方式、圧延油としては現在のところ牛脂系油を使用して実操業を行っている。またこの方式の実用化のポイントとして以下の3点をあげることができる。

(1) 信頼性の高いインジェクターを使用すること、つまり油「入り」から所定の濃度の油が安定して供給されるまでに時間がかからないこと。

(2) ワイパーを最適な位置に設置しその水切り状態を厳しく管理すること。最近では高圧のローン冷却水を少量に使用しているにめ時に下ローンに対してはワイパーが圧延油による潤滑効果を左右するといっており過言ではない。

(3) 油圧延用の水は良質のものを使用すること。これは水中の固形物によるノズルの詰りと防止するためである。また冬期においては油脂分の凝固によるノズル詰りを防止するため、油の配管系統を保温することが必要であるが、局部加熱による油の変質に注意しなければならない。

図2は現在の設備の配管系統図であるが3ヶ所前後の濃度に管理された圧延油は上下のバックアップロールに供給され、ワークロールとの接触部において高圧下のもとにワークロール面上に均一に移着される。一方油「入り」は各スタンドとも次スタンドにシートバートップが噛み込み直後に、また油切りはシートパーエンドが定点通過後のタイマー設定により行なっている。

3. 油圧延の効果

3-1. 圧延圧力、圧延電力の減少率

図3、図4に一例としてF2スタンドの圧延圧力と圧延電力のチャートと示す図中シートパーエンドは油を使用していない場合と同じ程度まで荷重と電力値がそれぞれ回復しているが、これは油膜の生成による噛み込みミスを防止するためにシートパーエンドでは油圧延の効果が顕著にできるように油切りのタイミングをタイマーで設定しているためである。この荷重および電力値の回復量が少ない場合には油膜がとんとん生成されていくため図5に示すようなスリップによるハンチング現象が現れ

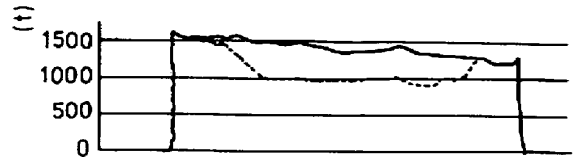


図3 油圧延による圧延圧力の減少率

(—) 油使用せず, (---) 油使用
(右側がシートバートップ)

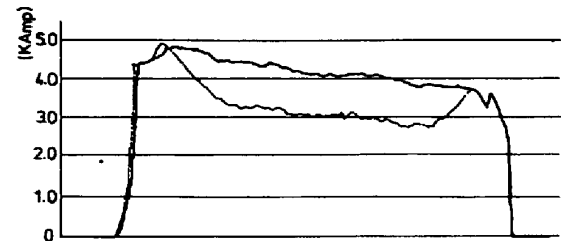


図4 油圧延による電力の減少率(同一)

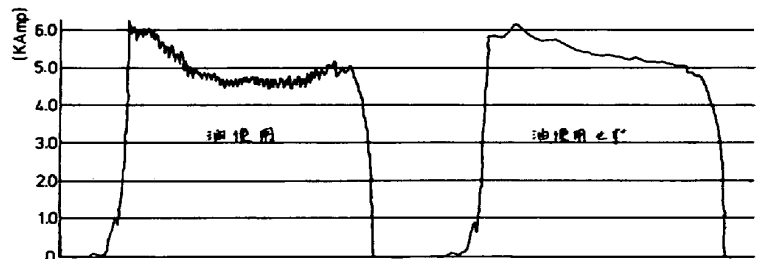


図5 油圧延によるスリップ率

表2 ロール面評点法による面性状の同定

面性状	スタンドNo	F1		F2		F3	
		上	下	上	下	上	下
普通	普通の圧延(70=80)	2.5	2.1	2.4	2.9	2.4	2.6
	油圧延(70=80)	2.8	2.7	1.9	2.0	2.2	2.3
	差	0.3	0.6	0.5	0.9	0.2	0.3
良好	普通の圧延(70=80)	2.7	2.1	2.6	3.0	2.5	2.6
	油圧延(70=80)	2.5	2.2	2.1	2.5	2.2	2.5
	差	0.2	0.9	0.5	0.5	0.3	0.1

(1. 極上 2. 良好 3. 普通)
(4. やや不良 5. 不良)

れにリ、ついに噛み込み不能によるミスロール
と発生する。この噛み込み不能の危険性は下
スタンドで特に大きい。下スタンドでは濃
度も他スタンドに比べて低目に管理している。
また鋼種別による圧延圧力および電力の減少率
に関しては実機でのデータではばらつきが大きい
ため現場的には有意差は認められなかつたが、
その減少率は全鋼種ともF1~F6の合計値で10%
前後である。またこの時の後半スタンドへの影
響は図7で示したようにほとんど無視できる。

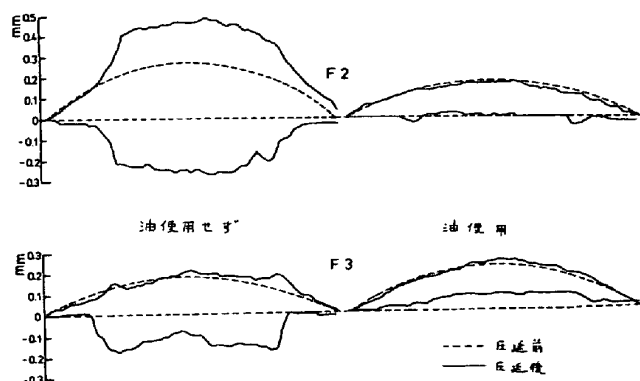


図6 普通鋼圧延後のロールプロフィール測定結果例

3-2. ロールに対する効果

ロール面評点法により油使用の有無によるロ
ール面性状の違いと比較したのが表2である。普通鋼についてはほぼ定常的
に黒皮スケールが生成されるようになり、ロール面性状も非常に良好とな
った。珪素鋼については黒皮スケールが生成されることはほとんどないが油圧
延を行わない場合に発生するロール面上の深い亀裂はなくなったため単位
ロール当りの圧延量の増加が可能となった。またステンレス鋼については、
前半スタンドにも高合金鋳鉄ロールを使用しているため油使用の有無にかか
わらずロール面は良好であり両者に顕著な差異が認められなかつた。図6は
普通鋼圧延後のロールプロフィール測定結果の一例である。

3-3. 工業用水への影響

油圧延を全サイクルに実施した場合、その廃油の処理が問題となるが工業
用水中の溶融濃度は計算結果で3ppm程度であり、図8で示したようにギア
ー油、作動油等の油の使用量と比較した場合には工業用水への影響は無視
できる。

3-4. 経済的效果

現在の圧延油の使用量は、F1~F3で0.08^{kg}/TONであるが、この原単位
は仕上直流機の電力削減費より下まわっており、これだけで十分採算が合
っており、単位ロール当りの圧延量の増大、ロール面性状の向上等はす
べて付加的経済効果となっている。

3-5. その他圧延上の問題点

油圧延を行なった場合には同一圧延サイクル内に相当量圧延後に、
油供給スタンド出側で中伸び現象が観察されるようになってくるが、こ
れは圧延圧力の減少によるロール挽み量の減少というより、ロール摩耗
量の減少が効いていると考えられる。つまり油圧延を行わない場合に
は圧延サイクルの後半においてもロールの熱膨張量とロール摩耗量が釣
り合うように初期のロールカーブを調整しているが、油圧延を行なった
場合にはロール摩耗量が減少していること、特に普通鋼圧延後の黒皮生
成ロールでは図6にも示したように圧延後のロール直径が圧延前の実測
値よりも小さくなっていることによると考えられる。

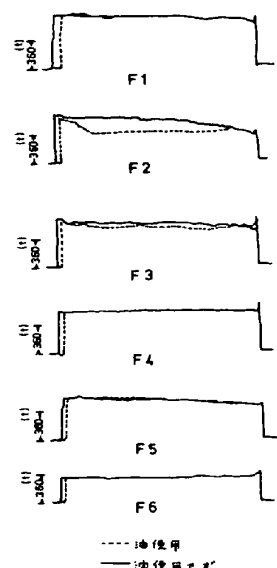


図7 後半スタンドでの
油圧延の影響

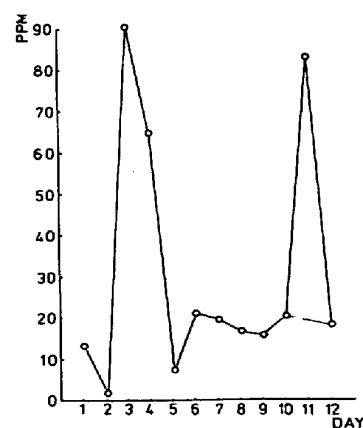


図8 工業用水中の油脂分
測定結果

4. 潤滑機構について

近年、摩擦の機構に関する研究もより微視的・定量的になりつつあるが高温高压下、特に熱間圧延における潤滑機構に関してはその研究成果もわずかに散見される程度にすぎない。また従来より熱間圧延における摩擦係数は、 μ 前後といわれているが圧延温度、圧延速度、圧下率、張力等熱間圧延特有の複雑な要因が多く、それを摩擦機構より解明した研究成果はない。しかしながら前半スタンドに限ったとしても加工、再結晶が迅速に行なわれる熱間圧延においては加工硬化現象も無視できず、ロールと平均接触面圧もそれ程高くはない。例えば普通鋼を炭化レニウムペーストで平均接触面圧は、 40 kg/mm^2 程度である。一方、熱間圧延の摩擦現象においてもロールと圧延材の接触条件が大きなウェイトをしめている。例えば粗圧延機においてロール表面粗さの変化によりスリップ現象がみられること、又ロール替直後のようにロール表面温度が低い場合には、スリップが発生するため高速圧延ができず圧延機の曲りも非常に不安定である等である。また仕上げ圧延機においても写真1に示すようにステンレス鋼圧延時に、過度に温度を下げて、所定本数以上に圧延を行なった場合にスリップ現象が発生する。次に温度に関して言えばF1、F3スタンドの入側温度はそれぞれ $900 \sim 1100^\circ\text{C}$ 、 $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ であり、この時のロール表面温度は接触時において $500 \sim 700^\circ\text{C}$ 、ロール冷却水によって $60 \sim 90^\circ\text{C}$ に冷却されるというヒートパターンを繰返すが、この温度条件下では油膜の存在は不可能と言われており、極圧添加剤である硫黄、塩素の潤滑効果もそれぞれ 800°C 、 400°C 程度までと言われている。しかしながら実際にはこの温度条件下においても表3に示したようにロールと圧延材との接触時間が短い等により、充分油膜が存在しうると考える。ロール面上に生成された油膜による噛み込み不能現象はこのことを実証している。以上のことにより接触弧上における摩擦現象は油膜による境界潤滑理論により説明できると考えられる。またロール面上に生成される黒皮スケールの潤滑効果であるがそれがあまり生成されない珪素鋼・ステンレス鋼圧延時においても普通鋼と同等の効果が得られるという事実より黒皮スケール層による潤滑効果よりも油膜による潤滑効果の方が大きいと考えられる。このことは黒皮の有無にかかわらず油の濃度を変化させた場合にその潤滑効果も大きく変化するという事実からも実証できる。一方、珪素鋼圧延ロールに黒皮があまり生成されないのは圧延機上に生成された少量の剥離性の悪いスケール層がロール面に対して、ひっかかり効果として作用するために黒皮が成長しないためと考えられる。また油圧延を行なわない場合にロール面上に一樣に深い亀裂が観察されるのもこのひっかかり効果等によるものであると考えられる。

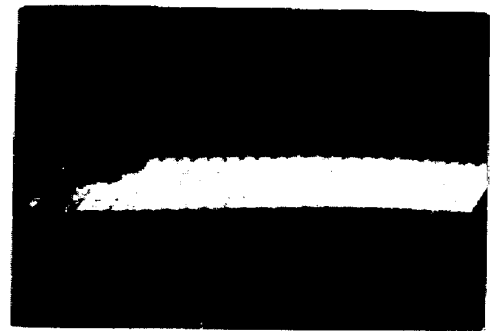


写真1 F1、F2スタンド間(5.5m間隔)でのスリップの例
表3 ロールと圧延材との接触時間(sec)

	F1	F2	F3
普通鋼	0.037	0.016	0.008
珪素鋼	0.050	0.017	0.011
ステンレス鋼	0.030	0.010	0.012

5. 結言

当社における油圧延の現状について簡単に報告した。前半スタンドに油を使用して効果が認められたので後半スタンドにも油を使用する予定である。また熱間圧延における潤滑効果に関して、今回は現地の考察に終始してしまったが今後はさらに突込んだ検討を加えて行くつもりである。

6. 参考文献

- (1) P. G. Stevens: J I S I (1971) 1, p. 1
- (2) 新山: 鉄と鋼, 53 (1967) 1, p. 37
- (3) Bowden & Tabor "The friction and lubrication of solid"