

冷間圧延時の潤滑状態の簡易評価法の検討

東京電機大学工学部精密機械工学科

教授 阿高 松男

院生 古庄 崇 曾根 渉

(平成9年度研究開発助成 AF-97018)

1. 緒言

板材のスキンパス圧延はそのメカニズムが解明されていないために、設備投資額の割にはスキンパスが有効に機能していない、しかも圧下量が小さいためにロール表面の粗度と圧延荷重の関係も明らかになっていない。したがって、スキンパス圧延のメカニズムが解明され、潤滑状態でも板の表面性状が確保できるようになれば、圧延速度を増し、生産性を上げる事が可能であり、また、スキンパス圧延機とテンションレベラーのそれぞれの役割を詳細に分析できれば、省工程の可能性が見えてくる。

したがってスキンパス圧延メカニズムの解明の第一ステップとして、ドライ圧延と潤滑圧延との相異を明らかにするために、冷間圧延時の潤滑状態の簡易評価法について検討した。

2. 研究の目的

本研究は、圧延後の材料の表面性状を定量的に把握するために、圧下率、圧延油粘度及びロール・材料の表面粗さなどのトライボロジー的条件を変化させて、冷間圧延時の表面性状の形成機構を見いだすことを目的としている。

まず、本報では基礎検討として、圧延条件によってロール表面粗さが板表面にどのように転写されるかを比較するために材料は鋼板、チタン、アルミニウムの3種類を用いて調査した。

次に、潤滑剤の挙動を観測するためにマイクロシリンジを用いて一定微量(1 μ l)の潤滑剤を板上に滴下して圧延を行い、圧延後にその形状変化から潤滑性能が観測できるかどうかを調査した。

3. 実験装置および条件

3.1 実験装置

今回使用した圧延機は2段ロール式圧延機および4段ロール式圧延機を用いた。また、その仕様をTable1に示す。

(1) 圧延機

Table1 Specification of rolling mill

Rolling velocity	140 (mm/s)
Dimension of roll	$\phi 70 \times 120$, $\phi 20 \times 120$ (mm)
Roughness of roll surface	0.6, 0.04 (μ m)

(2) 触針式粗さ試験機

(3) マイクロシリンジ

3.2 実験条件

(1)材料:鋼板(SPCC)、チタン、アルミニウム

(2)材料の形状:0.4×20×100(mm) [ロール粗度]
0.4×40×160(mm) [油滴挙動]

使用した潤滑剤をTable2に示す。

Table2 Kinematic viscosity of used lubricants

DRY	non-lubrication
No.1	0.658 (mm^2/s)
No.2	18.43 (mm^2/s)
No.3	480.3 (mm^2/s)

4. 実験方法

4.1 ロール粗度転写の調査

2段ロール式圧延機により材料を圧延後、触針式粗さ試験機を使用し、各材料の表面粗さを測定する。以上のことをロール表面粗さを換えて行う。また、4段ロール式圧延機を使い、小径ロールでの圧延も行った。この時の潤滑剤の塗布量は決めないで行い、材料およびロールに刷毛塗りして圧延した。なお、触針式粗さ試験機を用いているため、長手方向の粗さは針がロール研削の溝に入ってしまう、正確に測定できないので表面粗さは板幅方向だけ測定した。

4.2 油滴挙動の調査

マイクロシリンジを用いて試験片に潤滑剤 1.0 μ lを塗布し、2段ロール式圧延機で圧延を行い、圧延後の潤滑剤の挙動を観測した。

5. 実験結果及び考察

5.1.1 ロール粗度の影響

表面粗さの違う2種類のロールを使用し、各圧延条件における鋼板の板幅方向の表面粗さと圧下率の関係をFig.1,2に示す。

(1) 各材料ともロール表面粗さ 0.6 μ mの場合

(Fig.1)は、各潤滑剤によるばらつきはあるが材料の表面粗さは圧下率が大きくなれば、ロール表面粗さに近くなる。ロール表面粗さ $0.04 \mu\text{m}$ の場合 (Fig.2) は、各材料の表面粗さは圧下率が大きくなれば、ロール表面粗さに近くなるが $0.04 \mu\text{m}$ までにはならない。

- (2) ロール表面粗さ $0.6 \mu\text{m}$ の場合 (Fig.1) は、潤滑剤による材料の表面粗さへの影響ははっきりと表れていない。これはロール表面粗さが大きく、ロール研削溝での油の捕捉があるため、ロール表面粗さの材料への転写率に大きな違いが出なかったと考えられる。
- (3) ロール表面粗さ $0.04 \mu\text{m}$ の場合 (Fig.2) は潤滑剤による差が現れた。これはロール研削溝で油は捕捉されるがロール表面粗さが小さくて捕捉量は少ないため油が材料表面に局部変形を起こす。そのため、材料表面粗さが大きくなったと考えられる。

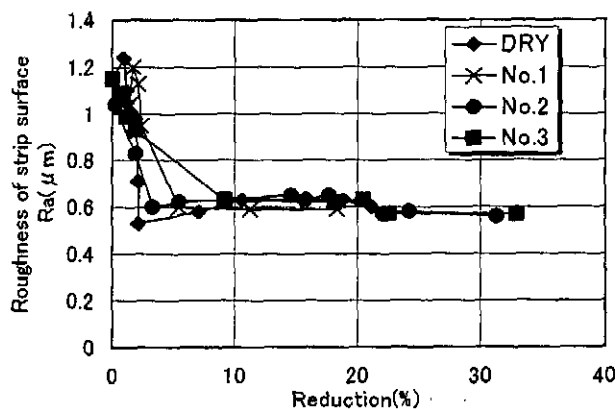


Fig.1 Roughness of steel strip surface in using lubricants and roll of surface roughness $0.6 \mu\text{m}$

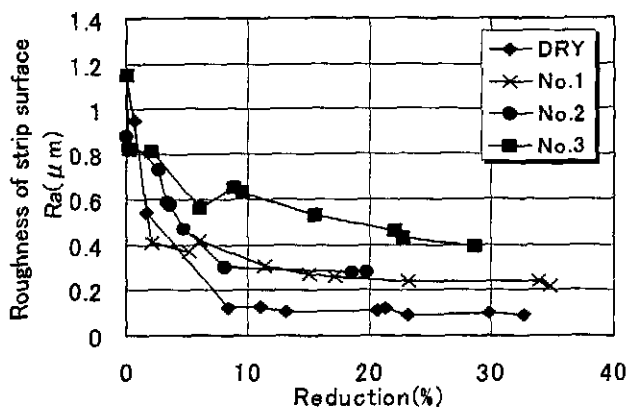


Fig.2 Roughness of steel strip surface in using lubricants and roll of surface roughness $0.04 \mu\text{m}$

- (4) ロール表面粗さ $0.04 \mu\text{m}$ の場合 (Fig.2) は、潤滑剤による差が大きく現れ、粘度の高い潤滑剤ほど材料の表面粗さは大きくDRYの時に1番小さくなった。これは、粘度が高

い潤滑剤はロールに巻き込まれる量が多くなるので、ロールと材料の間に油膜が厚くなりロール表面粗さは材料に転写されにくいと考えられる。

- (5) Fig.1,2 より、転写を確実にを行うためには、ある圧下率以上が必要である事が分かる。

5.1.2 小径ロールでの粗度転写の影響

4 段式圧延機で小径ロールを用いての圧延を行った。

Fig.3,4 は表面粗さの異なる2種類のロールを使用し、各圧延条件における鋼板の板幅方向の表面粗さと圧下率の関係を示す。

- (1) Fig.3 より、DRY 時の大径ロールと小径ロールを比べると、ロール径による材料の表面粗さへの影響ははっきりと表われない。また、どちらの場合も圧下率が大きくなればロールの表面粗さは材料に転写されている。
- (2) Fig.4 より、潤滑剤 No.3 時のロール表面粗さ $0.6 \mu\text{m}$ の場合は、ロール径の違いに関係なくロール表面粗さは材料に転写されている。これはロール表面粗さが大きいため差が現れにくくなるため材料への転写に大きな影響が出なかったと考えられる。
- (3) Fig.4 より、ロール表面粗さ $0.04 \mu\text{m}$ の場合、小径ロールを用いた方がロール表面粗さの転写が良い。これは大径ロールに比べ小径ロールの方がかみ込み角が大きいので、ロールのかみ込み角による導入油量が少なくなる事により、材料に転写されやすいためと考えられる。

以上より DRY の時 (Fig.3)、ロール径の差による影響はでなかったのに対して、潤滑剤 No.3 を用いた時 (Fig.4) では、 $0.04 \mu\text{m}$ の時、ロール径の差による転写挙動に差が現れた事から、潤滑剤を用いた時にロール径の差による影響が出て来るものと考えられる。

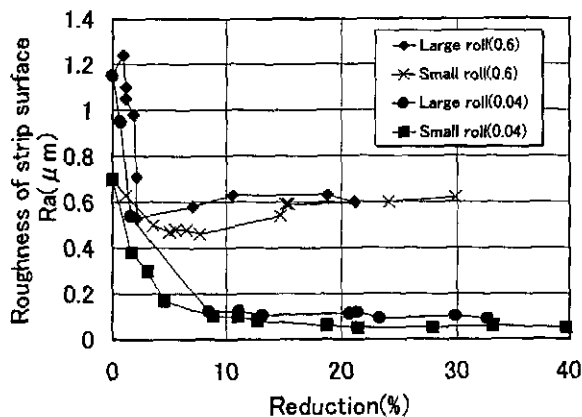


Fig.3 Roughness of steel strip surface in using rolls of large and small diameter at non-lubrication

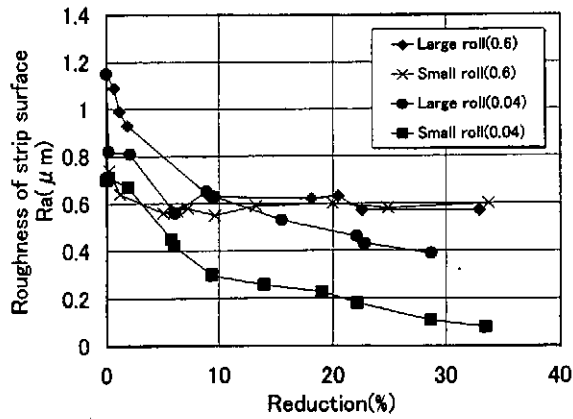


Fig.4 Roughness of steel strip surface in using rolls of large and small diameter at lubricant No.3

5.2 油滴挙動の結果

5.1.2 潤滑剤による伸び

板上に滴下した油滴の圧延後の形状を Fig.5 のように、圧延方向の伸びを長さ、その垂直方向を幅として表すことにした。Fig.6 にその形状変化に及ぼす圧下率の影響を示す。Fig.7 にロール粗さ 0.04 μm を用いた場合の各潤滑剤の影響および Fig.8 に潤滑剤(No.3)を用いた場合のロール表面粗さの影響を油滴形状の面積から求めた油膜厚さで示した。また、粘度の違う潤滑剤および表面粗さの異なるロールでの圧延後の油滴部(先端)の表面性状を Photo.1~3 に示す。

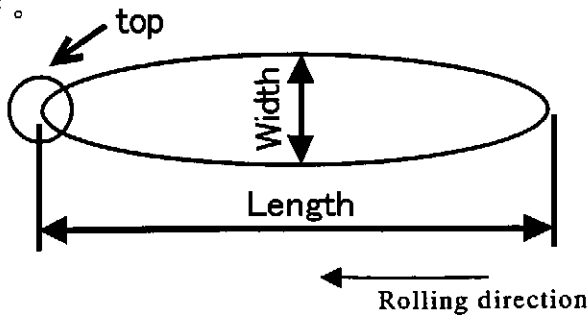


Fig.5 Shape of lubricant after rolling

- (1) Fig.6 より、潤滑剤の長さが大きくなるにつれて材料の粗さ(潤滑剤あり)がロールの表面粗さに近づきはじめる。これは、潤滑剤がロール間隙に巻き込まれてから次第に油膜を薄くしていく事を示す。
- (2) Fig.7 は潤滑剤粘度の違いを比較したものであるが、油膜厚さは潤滑剤の粘度が低い方が薄い。これは、粘度が低い潤滑剤の方が油の巻き込み量が少ない事を示す。
- (3) Fig.8 はロール表面粗さの差を比較したものであるが、ロール表面粗さ 0.6 μm の時とロール表面粗さ 0.04 μm の時は大きな差が出なかった。これは、導入油量は幾学的条

件で決まり、ロール粗さに関係しない事を表している。

- (4) 粘度の低い潤滑剤(Photo.1)と高い潤滑剤(Photo.2)で比べると粘度の低い方がオイルピットが疎らで、油膜を薄くしている事を示している。この結果は(3)の結果を裏付ける結果となっている。
- (5) 表面粗さの小さいロール(Photo.2)と大きいロール(Photo.3)で比べると表面粗さの大きいロールの方がオイルピットが疎らである。

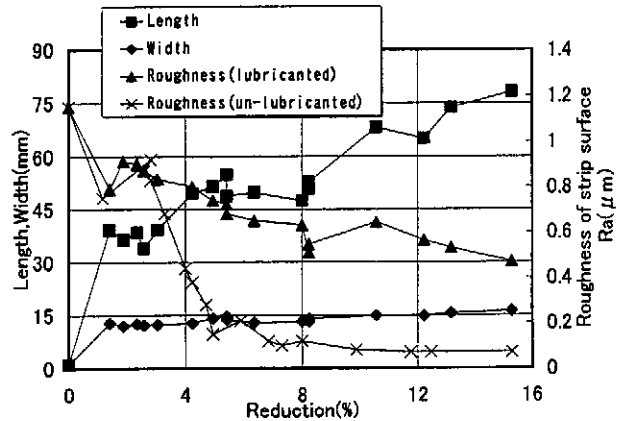


Fig.6 Shape of lubricant and roughness of steel strip surface after rolling with roll of surface roughness 0.04 μm and lubricant No.3

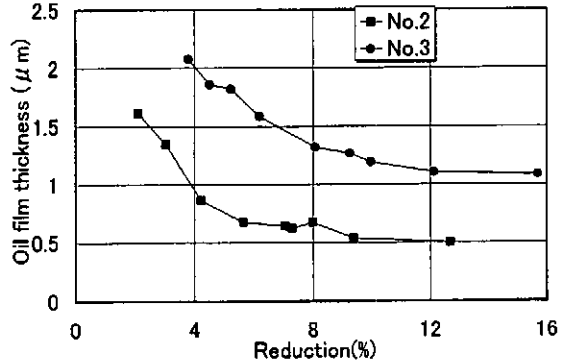


Fig.7 Oil film thickness in using lubricants at roll of surface roughness 0.04 μm

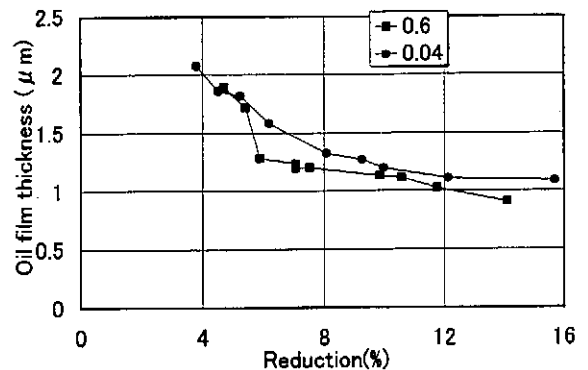
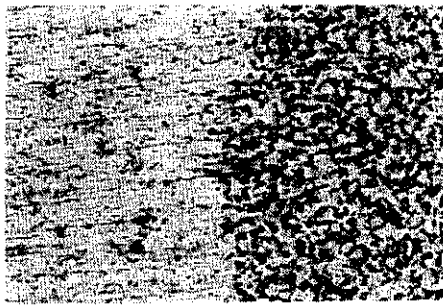


Fig.8 Oil film thickness in using roll of two roughness at lubricant No.3



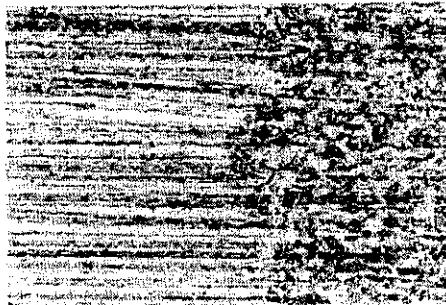
[×16.5]

Photo.1 Condition of strip surface after rolling at the top of the shape of lubricant No.2 with roll of surface roughness $0.04 \mu\text{m}$



[×16.5]

Photo.2 Condition of strip surface after rolling at the top of the shape of lubricant No.3 with roll of surface roughness $0.04 \mu\text{m}$



[×16.5]

Photo.3 Condition of strip surface after rolling at the top of the shape of lubricant No.3 with roll of surface roughness $0.6 \mu\text{m}$

6. 結言

本研究は冷間圧延時の表面性状の形成機構を見出すのが目的であり、各圧延条件での基礎検討と潤滑性の簡易評価法の探索を行った。本研究から以下の事が分かった。

・各圧延条件での基礎検討は、

- (1) ロール表面粗さが大きい場合は、ロール表面粗さが材料に転写されやすく、潤滑条件の影響を受けにくい。また、ロール表面粗さが小さい場合は、潤滑条件の違いによるロール表面粗さの材料への転写率への影響が大きいことが分かる。

- (2) ロール表面粗さを材料に転写させるためには、DRY(無潤滑)圧延が優れていると言える。
- (3) ロール径に関しては小径ロールの方がかみ込み角による導入油量が少なくなるのでロール表面粗さの転写には優れていることが分かる。
- (4) 小径ロールでの圧延では、高圧下率になると油膜破断が起き易く、焼付きによるロールの耐久性の悪化などの問題が生じてくるので、低圧下率での圧延が望ましい。

以上の事より、ロールの表面粗さを転写させるにはDRY(無潤滑)圧延が良い。しかし、ロールの寿命や焼付き等を考えると潤滑剤は必要不可欠なので大径ロールを用いて高圧下率、低粘度潤滑剤、若しくは小径ロールでの低圧下率、低粘度潤滑剤での圧延が望ましい。

・潤滑性の簡易評価法の検索は、

- (1) 潤滑剤の粘度が高い方が、ロール間隙に巻き込まれる量が増えるので油膜が厚くする事を確認した。
- (2) ロール表面粗さが小さい場合では、研削溝での油の捕捉が少なくなるので、板表面が局部変形(オイルピット)を生じ易くなるが、平均油膜厚さに殆んど差が無い事が確認できた。また、一定微量の潤滑剤での油滴挙動の実験結果から材料の表面粗さを調査した結果では油を十分に供給したロール粗度転写の実験結果と一致する事から、板上の油滴挙動、表面性状を調べる事によって圧延中の潤滑性能の評価が可能であると思われる。

本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団の平成9年度の助成金を受けて実施した。

参考文献

- 1) 小豆島 明 ほか：平成10年度 塑性加工春季講演論文集、(1998)、111
- 2) 池 浩 ほか：平成10年度 塑性加工春季講演論文集、(1998)、112
- 3) 片岡 征二 ほか：塑性と加工、33-376(1992)、556
- 4) 札軒 富美夫 ほか：材料とプロセス7、(1994)、1375