1050 および 5052 アルミニウム合金の冷間圧延における水溶性圧延油の潤滑性

山西 漢男*・山本 隆一*・渡部 章*

Lubricating characteristics of water soluble rolling oils in cold rolling of
1050 and 5052 alloys

UDC : 669. 71 : 669. 715 '721 '26 : 621. 771 : 621. 892

Hiroo YAMANISHI*, Takakazu YAMAMOTO*
and Akira WATABE*

Annealed 1050 and 5052 alloys were cold rolled at a low velocity 20 m/min and at reduction 30, 50 and 70% using soluble rolling oils. Effects of the particle size distribution of emulsion and the composition of the rolling oil on lubricity were examined. Addition of a surfactant was also examined. The particle size distribution of emulsion is controllable by adding the surfactant. The water soluble cold rolling oils have better lubricity than conventional oily rolling oils.

(Received April 3, 1981)

1. はじめに

アルミニウムおよびその合金の冷間圧延では、現在、板表面品位の点から、油溶性冷間圧延油が使用されている。

しかしながら近年、高圧下、高速化に伴い、油溶性圧延油では適当なロール冷却が得られず、そのためロール膨張が生じる。従つて平滑な板を得るにはロール・クラウン、ロール・ベンディング等を制御することが必要であり¹⁾、また一方、冷却性能、スティン性の点から基油は特殊な低粘度鉱物油が使用されているため、引火点が低く、火災などの問題がしばしばおこる。これらの問題を解決するため、冷却効果の優れた水溶性冷間圧延油の開発が望まれている。

水溶性圧延油は圧延性能は勿論のこと、ウォータースティン性、オイルスティン性、アルミ磨耗粉の汙過性、廃液処理性などを考慮することが必要である。

圧延油の観点から、圧延性能を決定する因子としては

- 1) 添加剤の種類とその量
- 2) エマルション粒径分布
- 3) エマルションのロールへの付着性などが考えられる。

圧延油の圧延性能を実験的に評価する方法について

多くの研究がなされており^{2)~9)}、本報告では、一般に潤滑性の評価によく使用されている低速試験用圧延機を用い、数種の水溶性圧延油について、エマルション粒径分布と潤滑特性、添加剤の種類およびその量と潤滑特性の関係について圧延実験を行なつた結果と、エマルション中へ界面活性剤を添加し、その添加量と攪拌時間により粒径分布のコントロールの可能性を調べたのでその結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 エマルション粒径分布と潤滑特性

鉄鋼の冷間圧延エマルションあるいは、アルミニウムの熱間圧延エマルションの粒径分布が、圧延特性に影響を及ぼすことはよく知られており、アルミニウムの冷間圧延エマルションについても同じ影響が考えられるため、同一圧延油を使用し、攪拌条件のみでエマルション粒径分布を変化させ、粒径分布と潤滑特性との関係を調査した。

実験に用いた圧延機の仕様と圧延条件をTable 1に、圧延油の組成と性状をTable 2に示す。エマルションを圧延直前に調整し、コールターカウンターで粒径分布を調べた。攪拌条件、粒子特性をTable 3に示す。圧延前に上下ロールにフェルトローラーで圧延油を塗付し、圧

* 日本グリース㈱神戸工場技術室 (神戸市) Nippon Grease Co. Ltd. (Kobe)

延材料は先進率測定用のロール圧痕が転写されるように圧延を行ない、次式により摩擦係数を測定し、潤滑特性とした。

$$\mu = \frac{1/2 \sqrt{\Delta h / R'}}{1 - 2 \sqrt{(1-r) \cdot sf/r}}$$

r : 圧 下 率

Table 1 Rolling conditions.

Material of workroll	SUJ-2
Dimension of workroll (mm)	200 ϕ $\times$ 250 L
Maximum load (Ton)	50
Materials of workpiece	1050, 5052 (annealed)
Dimension of workpiece (mm)	2 T $\times$ 30 W $\times$ 200 L
Rolling speed (m/min)	20
Reduction (%)	30, 50, 70
Rolling oil supply	By means of feltroller

Table 2 Composition and properties of neat oil (A-1~3).

	Neat oil	Neat oil A (A-1~3)
Composition (%)	Ester	40
	Fatty acid	5
	Surface active reagent	1.7
	Mineral oil	Balance
Properties	vis. { 40°C	3.56
	(cSt) { 100°C	1.36
	a. v. mg KOH/g	14.2
	s. v. mg KOH/g	116.2
	PH 10%	6.3

Note vis. : Viscosity
a. v.: Acid value
s. v. : Saponification value
pH 10% : pH of 10% emulsion of neat oil

R' : 偏平ロール半径

Δh : 圧 下 量

sf : 先 進 率

同一条件で圧延材を3本圧延し、特性値はその平均値を用いた。圧延後はロールコーティングを苛性ソーダ溶液にて除去し、さらに水洗を行ない、ロール表面の均一化を計った。

2.2 水溶性圧延油の潤滑性能

添加剤として、油脂と脂肪酸、エステルと脂肪酸、アルコールと脂肪酸の組み合わせで O/W 型エマルジョンタイプ^{注1)}の水溶性圧延油を試作し、エマルジョン粒径分布で粒径のピークを5~8 μ m に調整し、油溶性圧延油と共に、その平均圧延力および先進率より摩擦係数を測定した。実験に用いた圧延機仕様、圧延条件は Table 1 と同様である。圧延油の組成および性状を Table 4 に示す。

2.3 エマルジョン粒径分布のコントロール

アルミニウム用水溶性冷間圧延油はエマルジョンの安定性がよく、かつ、圧延性能の優れたものが理想であるが、これを達成することは非常に難しい。

実際の作業においては、さらに粒径分布が圧延性能に影響し¹⁰⁾、その条件下における最適な粒径分布がある。

しかしながら、各圧延工場においては、圧延条件およびタンク攪拌条件が異なり、エマルジョンの粒径分布はその時々条件に左右される。従つて、工場作業にあつた粒径分布にコントロールができれば好都合である。

本実験では、エマルジョン中に界面活性剤を添加し、粒径分布の変化を調べ、粒径分布のコントロールが可能かどうかを調べた。

実験条件を Table 5 に示す。

蒸留水を容器に入れ、40°C に加温し、ホモミキサーを10,000 rpm で回転させながら、ニートオイルDをすばや

注1) 水中油型エマルジョン

Table 3 Mixing condition of rolling oils (A-1, 2 and 3) and characteristics of emulsion particle size.

Rolling oil	Rolling oil A-1	Rolling oil A-2	Rolling oil A-3
Mixing condition	By homomixer (10,000 rpm for 30 sec.)	By homomixer (10,000 rpm for 10 sec.)	By propeller (1,400 rpm for 120 sec)
Addition of neat oil		10%	40°C
N/C { 2 μ m up	430	254	504
1) { 5 μ m up	12.8	30.5	13.3
2 μ m up N (%)	30.3	36.6	28.3
2 μ m up vol (%)	65.8	45.2	15.9
Total count. N (1~20 μ m)	14521	6953	1782

Note 1 N: Counted number 2 μ m up, 5 μ m up of emulsion particles.
C: Emulsion concentration (%).

Table 4 Composition and properties of various rolling oils.

	Neat oil	A	B	C	D	E	F	G
Composition (%)	Fatty acid	10	20	10	20	20	20	Lauryl alcohol 3
	Ester	—	—	20	40	—	—	
	Fatty oil	40	40	—	—	—	—	
	Alcohol	—	—	—	—	20	40	
	Surface active reagent	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
	Mineral oil	Balance						
Properties	vis. { 40°C	8.33	10.30	4.20	7.86	5.33	8.60	2.30
	(cSt) { 100°C	2.78	3.20	1.65	2.68	1.78	2.83	1.01
	a. v. mg KOH/g	24.3	48.1	24.0	47.9	46.9	46.9	0.04
	s. v. mg KOH/g	92.2	114.1	44.4	88.9	47.7	49.2	0.26
	PH 10%	6.1	5.4	5.6	5.7	5.5	6.1	—

Note PH 10%: PH of 10% emulsion of neat oil.

Table 5 Experimental conditions.

Mixing condition	By homomixer (10,000 rpm for 30, 60, 90, 120, 150 sec.)
Beaker for mixing	Stainless 2 L 134 mm ϕ ×140 mmH
Surface active reagent	Nonion (HLB=12)

く投入し、10%エマルションを作り、攪拌時間30秒ごとにエマルションを採取し、すぐにコールターカウンターで粒径分布を測定した。また、界面活性剤を添加する場合も同様の方法で粒径を測定し、その添加濃度による粒径分布を調査した。

3. 実験結果ならびに考察

3.1 エマルション粒径分布と潤滑性試験における結果と考察

実験結果を **Table 6** に、エマルション粒径分布を **Fig. 1** に示す。摩擦係数は1050, 5052材共、ローリングオイル A-1 よりローリングオイル A-2, A-3 の方が各圧下率において低い値を示した。即ち、エマルション粒径分布は潤滑性に影響を及ぼし、同一圧下率では、エマルション粒径分布で大きい粒子径の占める割合が高いエマルションほど摩擦係数が低減される。

このことは、粒子径が大きい程、エマルションが不安定になり、熱分離量が増し、その結果として、ロールへの付着量が増すので、ロールと被圧延材間の油膜厚さが厚くなり、流体潤滑領域が増大したためと考えられる。

3.2 水溶性圧延油の潤滑性能試験結果と考察

実験結果を **Fig. 2**～**Fig. 7** に示す。

a) 油脂と脂肪酸との組み合わせは1050, 5052材共、脂肪酸の多いローリングオイル B の方が平均圧延圧力、

Fig. 1 10% emulsion particle size distribution of rolling oil (A-1～3) for various mixing conditions.

摩擦係数共に低い。ローリングオイル B は1050材で圧下率が50%以上、5052材で30%以上ではかみ込み不良で圧延不能となる。ローリングオイル B の方が流体潤滑域が多いと推定される。ローリングオイル A は5052材の高压下ではスリップして平均圧延圧力の変動幅が大きくなる。

b) エステルと脂肪酸との組み合わせにおいては、ローリングオイル C, ローリングオイル D 共、1050, 5052材において、圧下率50%以上ではかみ込まない。

測定範囲内の圧下率では平均圧延圧力、摩擦係数ともローリングオイル D の方がすぐれ、数値も安定している。

c) アルコールと脂肪酸との組み合わせにおいては、ア

Table 6 Variation of coefficient of friction with rolling oil (A-1~3) for various reductions.

Reduction (%)	1050 (annealed)			5052 (annealed)		
	30	50	70	30	50	70
Rolling oil A-1	0.088	0.082	0.085	0.081	0.083	0.086
Rolling oil A-2	0.078	0.072	0.075	0.078	0.074	0.055
Rolling oil A-3	0.073	0.073	—	0.075	0.068	—

Fig. 2 Variation of mean rolling pressure with rolling oils A, B and G at various reductions.

Fig. 3 Variation of mean rolling pressure with rolling oils C, D and G at various reductions.

Fig. 4 Variation of mean rolling pressure with rolling oils E, F and G at various reductions.

Fig. 5 Variation of coefficient of friction with rolling oils A, B and G at various reductions.

Fig. 6 Variation of coefficient of friction with rolling oils C, D and G at various reductions.

Fig. 7 Variation of coefficient of friction with rolling oils E, F and G at various reductions.

ルコールの少ないローリングオイルEはエマルジョンのロールへの濡れ性が悪く、圧延中板が横すべりして、摩擦係数測定用の圧痕のとれないものもある。

ローリングオイルEの5052材において圧下率が高くなると、平均圧延圧力は急激に下がる。1050材も圧下率の増加につれ、平均圧延圧力が低下する傾向がある。

Fig. 8 Variation of particle size distribution with mixing time for 10% emulsion of rolling oil D.

Fig. 10 Variation of particle size distribution with mixing time by addition of 0.17% surface active reagent to 10% rolling oil D.

Fig. 9 Variation of particle size distribution with mixing time by addition of 0.09% surface active reagent to 10% rolling oil D.

Fig. 11 Variation of particle size distribution with mixing time by addition of 0.51% surface active reagent to 10% rolling oil D.

アルコールの多いローリングオイルFは圧延中、横すべりがなく、平均圧延圧力は安定しており、摩擦係数も低い。しかし、圧下率40%以上では、かみ込み不良で圧延が不可能である。

d) 油溶性ニートオイルGは圧下率70%で1050, 5052材共、圧延途中から板が横すべりして、材料が横に曲がりやすい。また、平均圧延圧力、摩擦係数はいずれも水溶性より高い。

3.3 界面活性剤添加によるエマルション粒径コントロール試験の結果と考察

ニートオイルDの10%エマルションおよび、それに界面活性剤を添加したときの攪拌時間とエマルション粒径分布の関係をFig. 8~Fig. 11に示す。Fig. 8より、ニートオイルDの10%エマルションは攪拌時間の影響が60秒以上でなくなるが、界面活性剤を添加した場合は、その添加量により、粒径分布は変化する。すなわち、界面活

性剤の添加量および、攪拌時間により、ローリングオイルDの粒径分布をコントロールすることが可能である。

4. 結 論

以上の実験から次の結論を得た。

イ) エマルション粒径分布は圧延の潤滑に影響を及ぼし、エマルション粒径分布で、平均粒径の大きい方が摩擦係数を低減させる。

ロ) 圧延油への脂肪酸の添加量は潤滑性に最も大きく影響する。

ハ) エステルは油脂、アルコールにくらべ圧下率変化に対し安定な圧延特性が得られる。

ニ) アルコール添加の水溶性圧延油は圧延特性値が変動しやすいため、その添加量が大切である。

ホ) エマルションに界面活性剤を添加し、その添加量と攪拌時間により、エマルション粒径分布のコントロールが可能である。

潤滑性の評価において、水溶性圧延油は油溶性圧延油

より優れていることを確認した。

最後に、本研究において御指導いただいた早稲田大学工学部の本村貢教授に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) E. E. Mc Dole: *Lub. Eng.*, 27, (1971), 91.
- 2) 木原: 第28回塑性加工連合講演会 ('77-11-21~23), 111.
- 3) 五弓, 木原, 小豆島, 鈴木, 杉山: 昭和49年度塑性加工春期講演会 ('74-5-14~16), 161.
- 4) 永田, 小川, 清谷: 昭和47年度塑性加工春期講演会 ('72-5-11~13), 49.
- 5) J. C. Benedyk: *Light Metal Age*, 29-1·2 (1971), 6.
- 6) 村田, 川崎: 潤滑, 24-2 (1979), 13.
- 7) 大賀, 高橋, 近藤: 潤滑, 22-1 (1977), 21.
- 8) British Patent: 1, 171, 889.
- 9) L. B. Sargent, Jr., C. J. Stawson: *Journal of Lubrication Technology*, Oct. (1974), 617.
- 10) F. R. Penney: *Lub. Eng.*, 27 (1971), 87.