

アルミニウム圧延の潤滑性に及ぼすワークロール表面粗さの影響

Effect of Work Roll Roughness on Lubricity in Aluminum Hot Rolling

UACJ (正) *深津 明弘 (非) 八重樫 起郭 (正) 竹田 委千央

Akihiro Fukatsu*, Tatsuhiro Yaegashi *, Ichio Takeda*

* UACJ Corporation

1. はじめに

アルミニウムの圧延製品は美しい金属光沢を有し、その外観に対しても高い品質が要求される。アルミニウム製品の製造工程は、通常、鋳造した厚さ 300~600 mm 程度のスラブ表面を面削、均質化処理を施した後、熱間圧延により厚さ 2~50 mm 程度まで板厚が減じられる。板厚を高効率で減じるため加工量が大きいことに加え、圧延油温度の上昇に伴う粘度低下も生じることから乾燥摩擦～混合潤滑領域での加工となる。その後、冷間圧延、仕上工程を経て製品となるが、熱間圧延で発生した表面欠陥であっても後工程で消失せず最終製品まで残ってしまうケースも少なくない。熱間圧延における板表面品質の維持・向上は重要な課題である反面、高温・高圧力の熱間圧延工程における圧延ロールと圧延材料との接触界面におけるミクロ現象には未だ不明な点が多く、特にアルミニウム圧延における研究報告は多くない。本研究では、アルミニウムの板表面品質を決定づける一因子として圧延ロール表面粗さの影響を調査したので報告する。

2. 実験

2.1 供試油

ナフテン系鉱油を基油とし、油性剤として高級脂肪酸とエステルを合計 33 mass% 加えた。動粘度は 46 mm²/s (@40°C) とした。

2.2 圧延試験

試験圧延機は、ロール直径 ϕ 160 mm の 2 段タイプを用いた。アルミニウム圧延材には厚さ 5.0 mm × 幅 40 mm × 長さ 450 mm の A5083 および A1050 を供した。圧下率は 50%，ロール周速は 34 m/min，ロール温度は 100°C とし、圧延ロール表面粗さを $Ra=0.2 \mu\text{m}$, $1.0 \mu\text{m}$, $2.0 \mu\text{m}$ とした。各表面粗さのロールについて、アルミニウム板を 10 枚圧延してロールにロールコーティングを形成させた後、300°C から 450°C まで 25°C 刻みで各 2 枚ずつ圧延を実施した。

圧延終了後、圧延ロールのロールコーティング厚みを蛍光 X 線分光分析にて測定した。潤滑性は Bland & Ford の式より求めた摩擦係数の大小で評価した。

3. 実験結果

3.1 摩擦係数とロールコーティング厚み

A5083, A1050 いずれの材質においても材料温度上昇に伴う材料の軟化に伴い圧延荷重は減少したが、摩擦係数は増加した。圧延ロール表面粗さ Ra と材料温度 400°C における摩擦係数との関係を Fig. 2 に、ロールコーティング厚みとの関係を Fig. 3 に示す。同材料温度の場合、低表面粗さの圧延ロールで摩擦係数は減少した。圧延後のロールコーティング厚みも低表面粗さの圧延ロールで小さかった。

3.2 アルミニウム圧延材の SEM 観察

材料温度 400°C で圧延した A5083 の低倍率 (100 倍) と高倍率 (1,000 倍) の SEM 像を Fig. 4 に示す。低倍率の SEM 像から圧延ロール表面粗さの低下により板表面形状がマクロ的に平坦化する様子が見受けられ、圧延ロール表面粗さ $Ra=2.0 \mu\text{m}$ においては鱗片形状の表面欠陥が全面に発生していた。一方で、高倍率でミクロ的に観察した場合には微小な焼付きが観察され、低表面粗さの圧延ロールで多く認められた。

4. 考察

アルミニウムに限らず金属圧延における潤滑性への表面粗さの影響を調査した報告は、試験条件にもよるが圧延ロ

Table 1 Hot rolling condition

項目	内容	
圧延試験機	2段	
ワークロール	材質	5%Cr鋼
	サイズ	$\phi 160 \text{ mm} \times W250 \text{ mm}$
	粗度	$Ra=0.2 \mu\text{m}$, $1.0 \mu\text{m}$, $2.0 \mu\text{m}$
圧延速度	34 m/min	
ロール温度	100°C $\pm 5^\circ\text{C}$	
圧下率	50%	
圧延油供給	ニート油をロールに塗布	
アルミニウム圧延材	A5083, A1050	
供試材温度	300~450°C (25°C 毎)	
圧延枚数	各温度 2 枚	



Fig. 1 Test mill

ールや被圧延材の表面粗さの低下により摩擦係数が減少する場合が多い¹⁻³⁾。本試験においても従来の報告に沿う結果となった。

一方で、アルミニウムの熱間圧延においては圧延ロール表面粗さを減少させることが必ずしも良好な板表面品質に繋がるわけではないことが明らかとなった。すなわち、圧延ロール表面粗さの低下により摩擦係数は減少傾向を示した一方、板表面の微小な焼付きが増加したためである。アルミニウムの圧延は圧延ロール表面に付着した酸化アルミニウムから成るロールコーティングを介して行われ、この厚みが不十分な場合には凝着を起こしFig. 4のような微小焼付きが生じる。他方、圧延ロールの表面粗さを大きくした場合には鱗片形状の表面欠陥が発生した。このメカニズムについては諸説あるが、圧延ロールに不均一なロールコーティングが形成されることで生じた凹凸が原因であると考えられている^{4, 5)}。鱗片形状は後工程で消失する場合もあるが、当該部は部分的に白くなるため、外観上の品質問題となり得るだけでなく、アルミニウム熱間圧延における代表的な表面欠陥であるピックアップインクルージョン（ロールコーティングが剥ぎ取られて埋め込まれる表面欠陥）の判定が困難になる可能性もあり好ましくない。

今回の調査結果によれば、圧延ロール表面粗さによりロールコーティングの厚みや均一性が変化し、板表面品質も変化したと考えられ、アルミニウム熱間圧延材において良好な板表面品質を確保するためには圧延ロール表面粗さを適正化することが重要であるといえる。

5. まとめ

試験圧延機を用いたアルミニウム板の熱間圧延試験により以下のことが明らかとなった。

- 1) 圧延ロール表面粗さの低下により摩擦係数とロールコーティング厚みが減少した。
- 2) 圧延ロール表面粗さの低下により圧延材表面はマクロ的に平坦化したが、ミクロ的には微小な焼付きが増加した。
- 3) 圧延ロール表面粗さによりロールコーティングの厚みや均一性が変化したと考えられ、良好な板表面品質を確保するためには圧延ロール表面粗さを適正化することが重要である。

参考文献

- 1) 吉田：アルミニウム熱間圧延における潤滑、潤滑、33（1988）796。
- 2) 山本・内村・山田：鋼板の冷間圧延における摩擦係数と表面粗さの数値解析、日本機械学会論文集（C編）、68（2002）1881。
- 3) 小豆島・薛・吉田：熱間圧延における摩擦係数に及ぼすロール表面粗さの影響、鉄と鋼、94（2008）137。
- 4) アルミニウム板の圧延トライボロジーの研究、軽金属学会研究部会報告書、59（2013）。
- 5) 野瀬・渡邊：アルミニウム圧延における境界潤滑、トライボロジスト、62（2017）488。

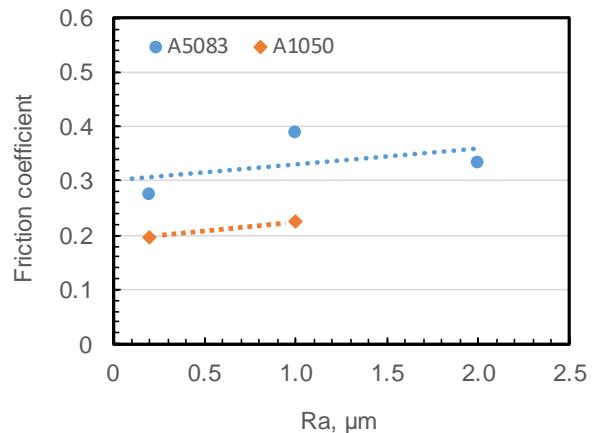


Fig. 2 Relationship between roll surface roughness and friction coefficient at 400°C

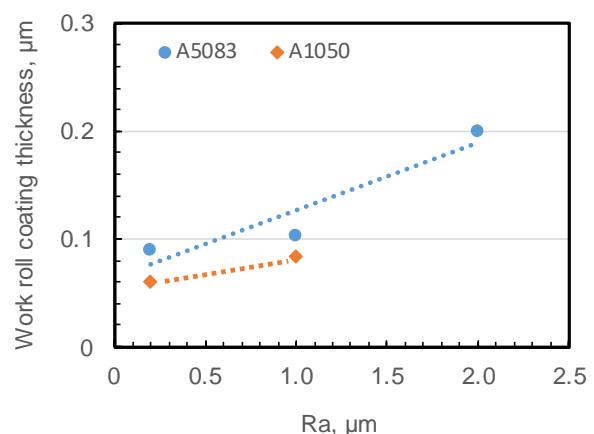


Fig. 3 Relationship between roll surface roughness and work roll coating thickness

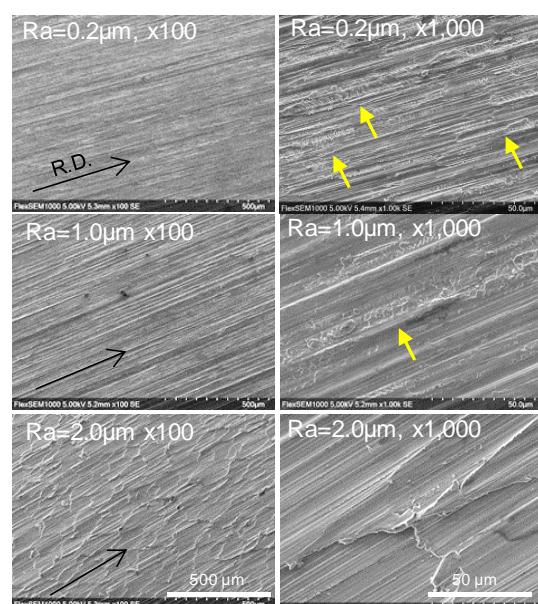


Fig. 4 SEM images of A5083 rolled at 400°C by different roll surface roughness