

薄板の拡幅圧延法の開発

大阪大学 工学部 材料物性工学科

宇都宮 裕

(平成5年度奨励研究助成 AF-93042)

1. 緒言

圧延加工によって連続的に材料の板幅を広げる拡幅圧延法は、材料寸法の集約化、多品種小量生産、圧延板の面内異方性などの観点から注目されている。連铸スラブを対象とする場合、凸型ロールによる拡幅圧延法^{1, 2)}などが開発されている。幅の狭い条の場合、長手方向の一部ずつを順に幅方向に圧延するクロス圧延³⁾やサテライトミルを用いた連続的な拡幅圧延法^{4, 5)}が提案されている。最近薄スラブ連铸法が適用されつつあるが、この場合エッジャーやサイジングプレスによる幅縮小が困難であるため、幅変更技術として幅可変モールドの採用に加えて拡幅圧延法の開発が期待される。

広幅薄板の場合、通常の圧延方法では三次元変形を生じさせることは不可能である。そこで波付け圧延を行って板幅方向に波形状を形成させ、鍛造で波を押し広げる方法^{6, 7)}が提案されているが、生産性などの点で問題があると考えられる。

そこで本報では、広幅薄板の拡幅圧延法として新たに部分圧下を利用する方法を提案する。新拡幅圧延法の拡幅能力に及ぼすロールの孔型形状、圧延条件の影響をプラスチックモデル実験により調査した後、工業用アルミニウム薄板の冷間圧延実験を行い拡幅硬化を確認した。さらに得られた圧延板の製品特性についても調査した。

2. 拡幅圧延法の原理

提案した拡幅圧延法の原理を図1に示す。まず多数の規則的な突起を持つ孔型ロールを用いて部分圧下を行い、板幅方向に多数の薄肉部と横断面内のメタルフローにより孔

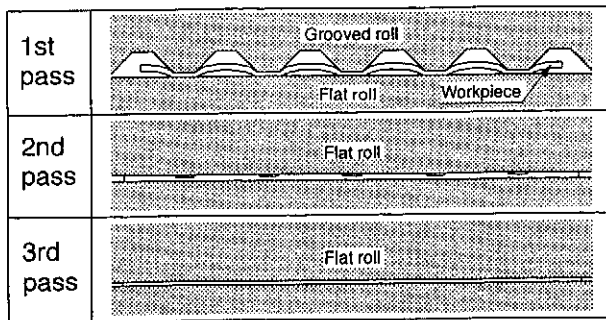


図1 本拡幅圧延法の原理

型溝部へ張り出した厚肉部を形成する。次に平ロールを用いて張り出した厚肉部を平坦にし、最後に全体を平ロールで圧延し平坦な板に成形する。素板板厚 h_0 、全圧下率、 r_t の場合の*i*パス目のロールギャップ、 h_i は次のように設定する。ここで α は全圧下率に対する1パス目の圧下率の割合である。

$$h_1 = h_0 (1 - \alpha r_t) \quad (1)$$

$$h_2 = h_0 \quad (2)$$

$$h_3 = h_0 (1 - r_t) \quad (3)$$

3. モデル圧延実験

下ロールの代わりに平板ベースを用いて、板厚1.0mm、板幅100mmの白色プラスチックの圧延実験を行った。プラスチックの加工硬化指数は0.085である⁸⁾。潤滑剤としてはタルク粉末を使用し、式(1)の α は4/4とした。

1パス目の孔型ロールはロール形状の影響を調べるために3種類のロールを用いた。それぞれのロールは直径100mmで、幅5mm、高さ5mm、側面の傾斜角45°、コーナーの曲率半径1mmの台形状の突起が加工されており、突起のピッチはそれぞれ15mm (ロールA)、20mm (ロールB)、25mm (ロールC) とした。

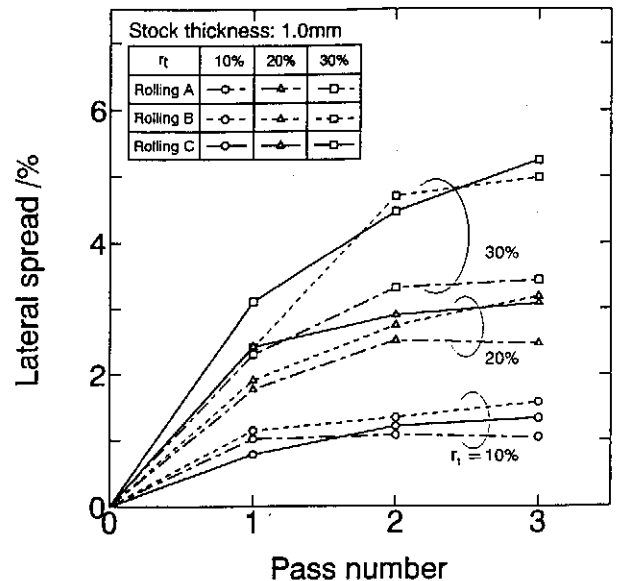


図2 幅広がり率の推移 (プラスチックモデル)

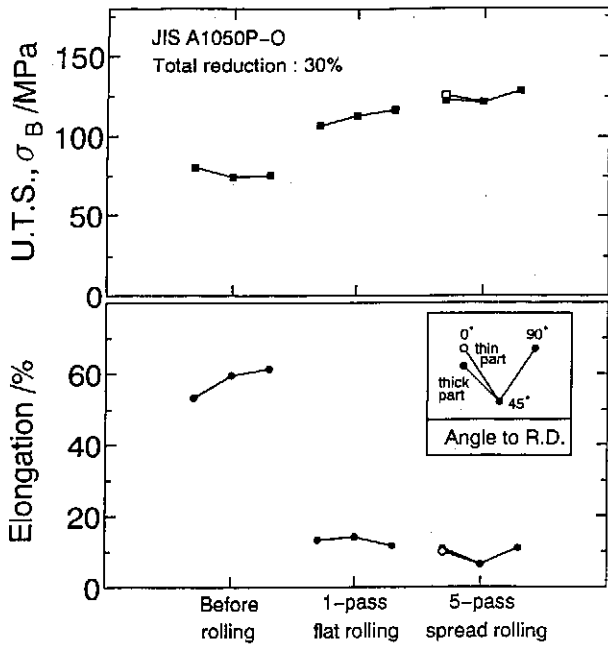


図3 ○材素板及び圧延板の機械的性質

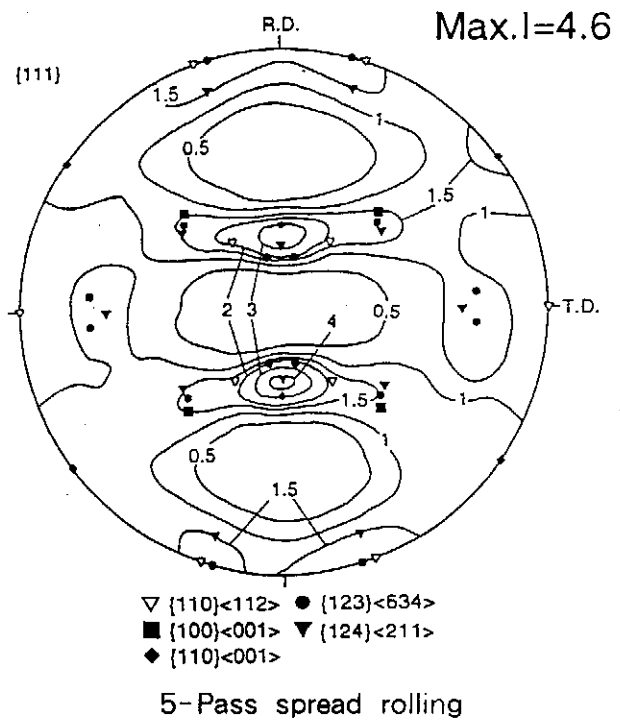
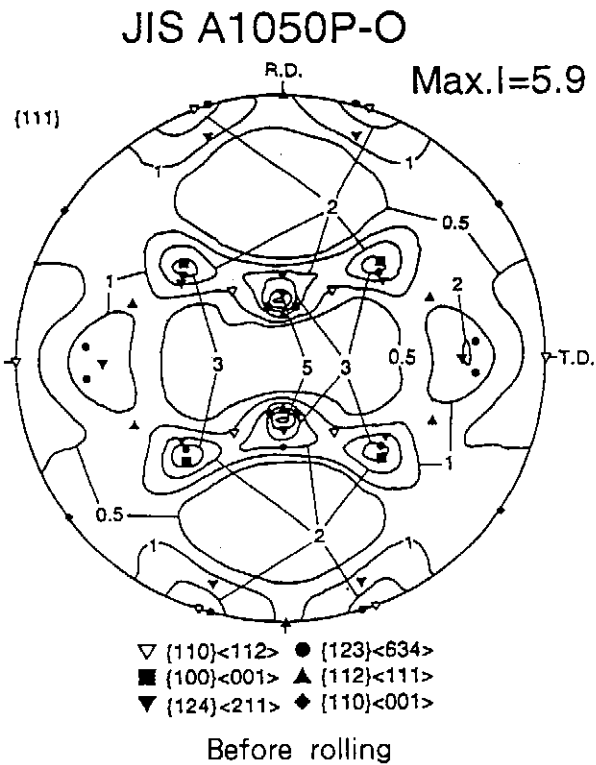
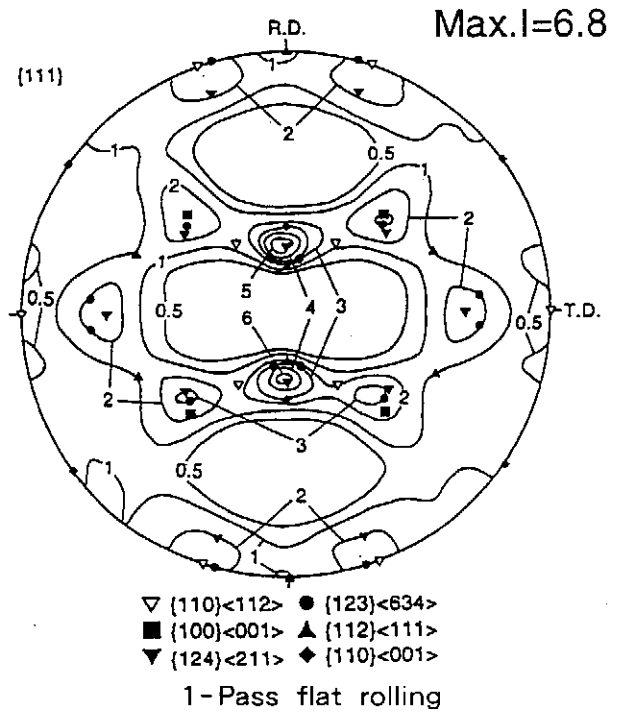


図4 ○材素板及び圧延板の {111} 極点図

各圧下率、ロール形状での幅広がり率の推移を図2に示す。各パスの幅広がり率は1パス目>2パス目>3パス目の傾向がみられる。また3パス目通過後の幅広がり率は全圧下率とともに増加し、全圧下率30%ではいずれのロールを用いた場合でも3%以上の幅広がり率が得られた。ロール形状についてはロールAでの幅広がり率は3%と低く、ロールB,Cでは約5%であった。これはロールAでは突起のピッチが小さすぎ、板が孔型溝部に張り出しにくいためと考えられる。

4. 冷間圧延実験

供試材として、板厚1.0mm、板幅100mmのアルミニウム(A1050P) 焼鈍材(O) および半硬質材(H24)を用いて冷間圧延実験を行った。その加工硬化指数はそれぞれ0.20、0.09であった。孔型ロールの形状はモデル圧延実験の結果に基づいてロールBとした。ただし表面欠陥に配慮してコーナーの曲率半径を2mmとした。比較のため1パスの平圧延実験も行った。

4.1 3パス圧延実験

アルミニウム圧延では圧延条件によって両端近傍の薄肉部(1パス目圧下部)の一部にくびれまたは破断が生じた。全圧下率30%の場合の幅広がり率および欠陥の発生状況を表1に示す。 α の増加とともに幅広がり率は大きくなるが、欠陥が生じやすくなり、 $\alpha = 2/4$ の場合でのみ良好な板が得られた。幅広がり率はプラスチックでは約5%であったが、アルミニウムではH24材で、2.2%、O材では1.1%であった。これはアルミニウムの加工硬化指数がプラスチックのそれに比べて大きいためと考えられる。すなわち加工硬化指数が大きいほど1パス目の部分圧下圧延での延伸に対する非圧下部の拘束効果が小さいためと考えられる。

表1 幅広がり率及び欠陥の発生状況

$r_f = 30\%$; $h_0 = 1.0\text{mm}$, $w_0 = 100\text{mm}$

Rolling method	α	Lateral spread /%			
		A1050P-O		A1050P-H24	
Flat rolling	-	0.0	○	0.1	○
3-pass rolling	2/4	0.4	○	1.0	○
	3/4	1.0	△	1.5	△
	4/4	1.1	×	2.2	×
5-pass rolling	2/4	0.9	○	1.6	○
	3/4	2.0	○	2.8	○
	4/4	3.1	×	4.4	×

○ : without failure

△ : necking occurred at edge thin part

×

4.2 5パス圧延実験

さらに大きな拡幅効果を得るために新たに5パスの拡幅圧延法を考案した。この方法では3パス目でも孔型ロールにより厚肉部に部分圧下を加えるものである。表1に示すように5パス圧延は3パス圧延に比べて幅広がり率は大きく、また3パス圧延では欠陥を生じる $\alpha = 3/4$ でも良好な板が得られるので拡幅効果は更に大きい。

5. 製品特性

O材の素板及び圧延板の機械的性質を図3に示す。圧延板はともに加工硬化しているが、5パス圧延板の方が平圧延板に比べて加工硬化量は大きい。これは5パス圧延板では部分圧下によって付加的ひずみ導入されたためと考えられる。また薄肉部は厚肉部に比べ加工硬化量が大きい。

得られた板の集合組織を測定した。一例としてO材の素板および圧延板の板厚中央部の{111}極点図を図4に示す。素板は圧延集合組織の残留した方位と立方体方位{100}〈001〉の共存する圧延再結晶集合組織を示した。平圧延板では素板の集合組織がほぼ完全に維持されているのに対して、5パス圧延板では方位分散が大きく、集積度が低下するとともに立方体方位はほぼ完全に消滅した。

6. 結 言

部分圧下を利用した広幅薄板の新たな拡幅圧延法を提案し、プラスチック及び工業用アルミニウムによる圧延実験を行った。その結果、厚さ1.0mm、幅100mm、のアルミニウムを30%圧延することにより、約3%拡幅できることが明らかとなった。得られた知見を要約すると、

- (1) 新拡幅圧延法では通常の平圧延に比べて極めて大きな幅広がりが生じる。拡幅効果は素材の加工硬化指数が小さいほど大きい。また5パス圧延法では3パス圧延法に比べて拡幅効果は大きい。
- (2) 孔型ロールの突起のピッチには最適値が存在し、板厚1.0mm、板幅100mmの素板を対象とする場合、20mmから25mmの範囲であった。
- (3) 1パス目の圧下率の増加とともに幅広がりが増加するがアルミニウム板では両端近傍の薄肉部に破断が生じやすい。ただし、5パス圧延は3パス圧延に比べて破断は生じにくい。
- (4) 拡幅圧延板の素板からの加工硬化量は平圧延板のそれに比べて大きい。拡幅圧延板の集合組織は平圧延材に比べて弱い。

謝 辞

最後に本研究をご支援下さった天田金属加工機械技術振興財団に対し深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) 有泉 孝・岡戸 克・中内一郎・武井弘光：
塑性と加工, 25 - 277 (1984), 136.
- 2) T. Hope, J. C. Dobson and K. T. Lawson：
Proc. 4th Int. Steel Rolling Conf.(1987), A13. 1.
- 3) 吉田桂一郎：鉄と鋼, 72 - 10 (1986), 157.
- 4) 斎藤好弘・宇都宮裕・林 孝雄：塑性と加工, 35 - 399
(1994), 367.
- 5) 宇都宮裕・斎藤好弘・森田耕成：塑性と加工, 36 - 408
(1995), 68.
- 6) 高町恭行・山田健二・小川 茂・阿高松男：
41回塑加連講論, (1990), 117.
- 7) 高町恭行・山田健二・小川 茂・阿高松男：
43回塑加連講論, (1992), 703.
- 8) 千々岩健児・畑村洋太郎・長谷川信樹：
鉄と鋼, 66 - 5 (1980), 496.
- 9) 宇都宮裕・斎藤好弘・左海哲夫・森田耕成：
日本金属学会誌, 59 - 2 (1995), 191.
- 10) 斎藤好弘・宇都宮裕・佐々木忠幸・松枝茂幹：
平6春塑加講論, (1994), 345.
- 11) 斎藤好弘・宇都宮裕・松枝茂幹・関野貴夫：
平7春塑加講論, (1995), 237.