

高せん断ひずみ圧延によるアルミニウム合金板の成形性向上

大阪大学大学院工学研究科マテリアル科学専攻
講師 左海哲夫
(平成 8 年度研究開発助成 AF-96026)

キーワード: せん断圧延, アルミニウム合金板, r 値

1. 研究の目的と背景

アルミニウムおよびその合金は、軽量かつ耐食性に優れており、またリサイクルも容易である。熱間加工においても加工温度が低くできるため、リサイクル後の再加工に要するエネルギーも少なく済み、省資源省エネルギーの観点から、今後より一層広範囲に使用されることが期待される。自動車への適用も、上記のような理由の他に、車体の軽量化による燃費改善とそれにとりまう環境負荷の低減の見込みもあり、より一層進められるべきである。ところが、アルミニウム板は鋼板に比べて成形性に劣ることがネックとなり、自動車への応用を始めとして板成形用素材としての利用は限られている。これは、FCC 金属では通常の圧延焼鈍プロセスにより、プレス成形性に有害とされている R 方位や立方体方位が発達し、r 値を上げる働きを持つ $\langle 111 \rangle // ND$ 集合組織が発達しにくいという性質のためである。しかし、この方位は FCC 金属のせん断集合組織成分であり、高摩擦条件下で圧延された FCC 金属板の板の表面付近には $\langle 111 \rangle // ND$ 方位が発達する事が知られている^{1)~4)}。したがって、圧延の際に板厚の広い範囲にわたってせん断変形を重量させることができれば、 $\langle 111 \rangle // ND$ 方位を持つ板を作成できることになる。通常の板圧延では、その変形の対称性のため、板厚中心部では必ずせん断ひずみが 0 になる。そこで、板厚方向の広い範囲にせん断ひずみを導入するためには、異径、異周速などの非対称圧延が有力な手段になると考えられる^{5), 6)}。本研究では、新たに考案した 2 パス片ロール駆動圧延法により、アルミニウム板材の板厚方向全体にわたって一方向の大きなせん断変形を導入し、 $\langle 111 \rangle // ND$ 方位を発達させて、プレス成形性に優れたアルミニウム板を製造することを目的とする。この手法は、これまで主として成分調整や熱処理により行われてきた集合組織制御を、塑性加工プロセスを工夫することにより行おうとするものであり、材料組織制御手段としての塑性加工の可能性を広げるものである。

2. 実験方法

2.1 片ロール駆動圧延

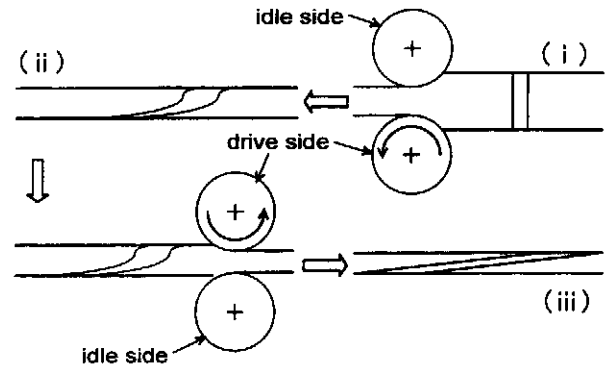


図 1 片ロール駆動による一方向せん断圧延の概念図

2 パス片ロール駆動圧延の概念図を図 1 に示す。片ロール駆動圧延は通常の小型実験圧延機(ロール径 70mm)を用いて行った。一方のロールと駆動軸とを結ぶジョイントを取り外し自由に回転できるようにしておき、もう一方のロールのみを駆動する。1 パスの片ロール駆動圧延で板の駆動ロール側には大きなせん断ひずみが導入され、従動ロール側には比較的小きなせん断ひずみが生じる。第 2 パスでは、図に示すように 1 パス目に従動ロール側であった表面を駆動ロール側とし、一方向にせん断ひずみが導入されるように圧延する。この方法で、2 パス圧延後には、板厚方向全体にわたってほぼ一様な一方向のせん断ひずみが導入されることになる。この圧延を以後一方向せん断圧延と呼ぶ。

2.2 実験条件

供試材として、厚さ 3mm 幅 30mm の A5052 板材を用いた。試料は 560°C で 25min 均質化した後圧延に供した。圧延温度は 260°C とし 2 パス片ロール駆動圧延を行った。1 パスあたりの圧下率は 50% とした。したがって全圧下率は 75% となる。比較のために同一パススケジュールでの通常(対称)圧延も行った。ロールと材料との摩擦を大きくするために、圧延前にロール表面にエタノールと混合したアルミナ粉を塗布した。圧延後の試料は 310°C から 460°C の範囲で 30min 焼鈍した。板厚方向のせん断ひ

ずみ分布は、圧延前に圧延面に垂直に埋め込んだ A5052 丸棒の変形を、圧延後測定することにより求めた⁷⁾。Schulz の反射法および透過法により圧延材および焼鈍材の{111}完全極点図を板厚方向の5ヶ所で測定した。r値は圧延方向から0°、45°、90°に試料を採取して引張試験により求めた。

3. 実験結果

3.1 板厚方向のせん断ひずみ分布

図2に丸棒の変形より求めた板厚方向のせん断ひずみ分布を示す。(a)は一方向せん断圧延、(b)は通常圧延である。一方向せん断圧延、通常圧延ともロールとの摩擦係数が高いため、板表面付近でせん断ひずみが大きくなっている。一方向せん断圧延では、板厚中心部付近でも1以上のせん断ひずみが生じており、この方法で板厚方向全体にわたってせん断ひずみが導入できることが明らかになった。通常圧延では、表面付近では一方向せん断圧延とほぼ同じせん断ひずみを生じているが、板厚中心部ではせん断ひずみ0となっている。

3.2 板厚方向の集合組織変化

図3に、一方向せん断圧延板および通常圧延板の<111>//ND、<100>//ND および<110>//ND 軸密度の板厚方向変化を示す。一方向せん断圧延板の<111>//ND 軸密度は表面付近で大きくなり、板厚中心部では約0.3と最小値を示している。通常圧延板では、表面付近では大きい

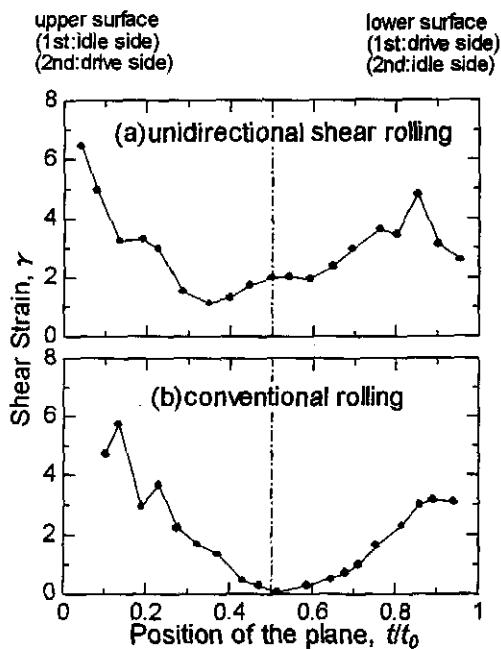


図2 せん断ひずみの板厚方向分布に及ぼす圧延法の影響

ものの板厚中心部ではほぼ0となる。<111>//ND 軸密度の板厚方向変化がせん断ひずみの板厚方向変化とよく対応していることが分かる。FCC 金属のせん断集合組織には{001}<110>方位も含まれるが、図に示す<100>//ND 軸密度の板厚方向変化も<111>//ND と同様の変化をしており、せん断ひずみの変化と対応している。通常の圧延集合組織の主成分である<110>//ND 軸密度は、一方向せん断圧延板では板厚全体にわたって0.5以下と大変低くなっているが、通常圧延板では、せん断ひずみの小さい板厚中心部付近で大きくなっている。

図4に、一方向せん断圧延板の{111}極点図の板厚方向変化を示す。駆動ロール側表面から従動ロール側表面にいたるまで、板厚全体にわたってFCC 金属のせん断集合組織成分である{111}<110>、{001}<110>、{112}<110>方位付近に強い集積を示している。極の集積する位置は、これらの理想方位の位置から約10° TD方向に傾いているのが特徴である。これは、圧延が非対称であるために中立点がロール接触弧上に無いか、あったとしても入口または出口付近にあることが原因と思われる。また、板厚中心部ではせん断集合組織成分のうち{001}<110>が他の成分に比べて強くなっているのが分かる。板厚方向のい

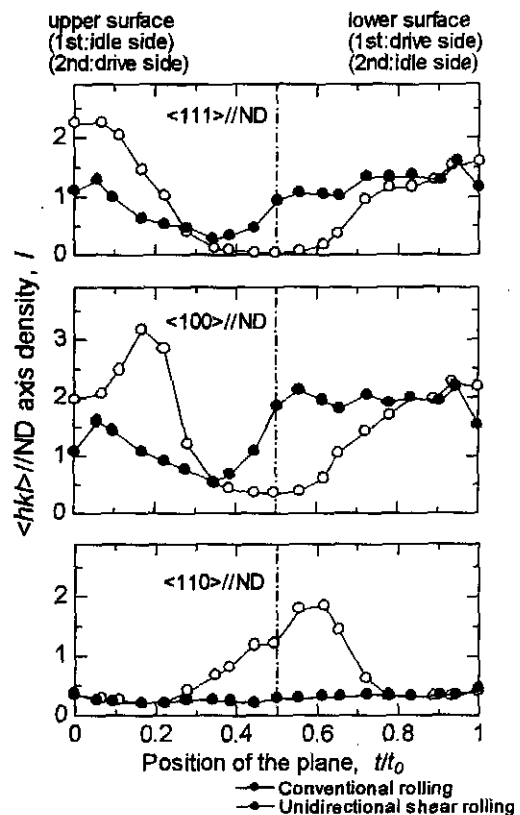


図3 軸密度の板厚方向変化に及ぼす圧延法の影響

ずれの位置でも通常の圧延集合組織成分は存在していない。すなわち、せん断集合組織成分の相対的な強度の変化はあるものの、片ロール駆動圧延による一方向せん断圧延により、板厚方向全体にわたりせん断集合組織を持

つ板が作成できることが明らかになった。

図5は、通常圧延板の{111}極点図の板厚方向変化である。通常圧延では板厚方向の組織変化は板厚中心に関して対称になるので、板厚の半分について示してある。

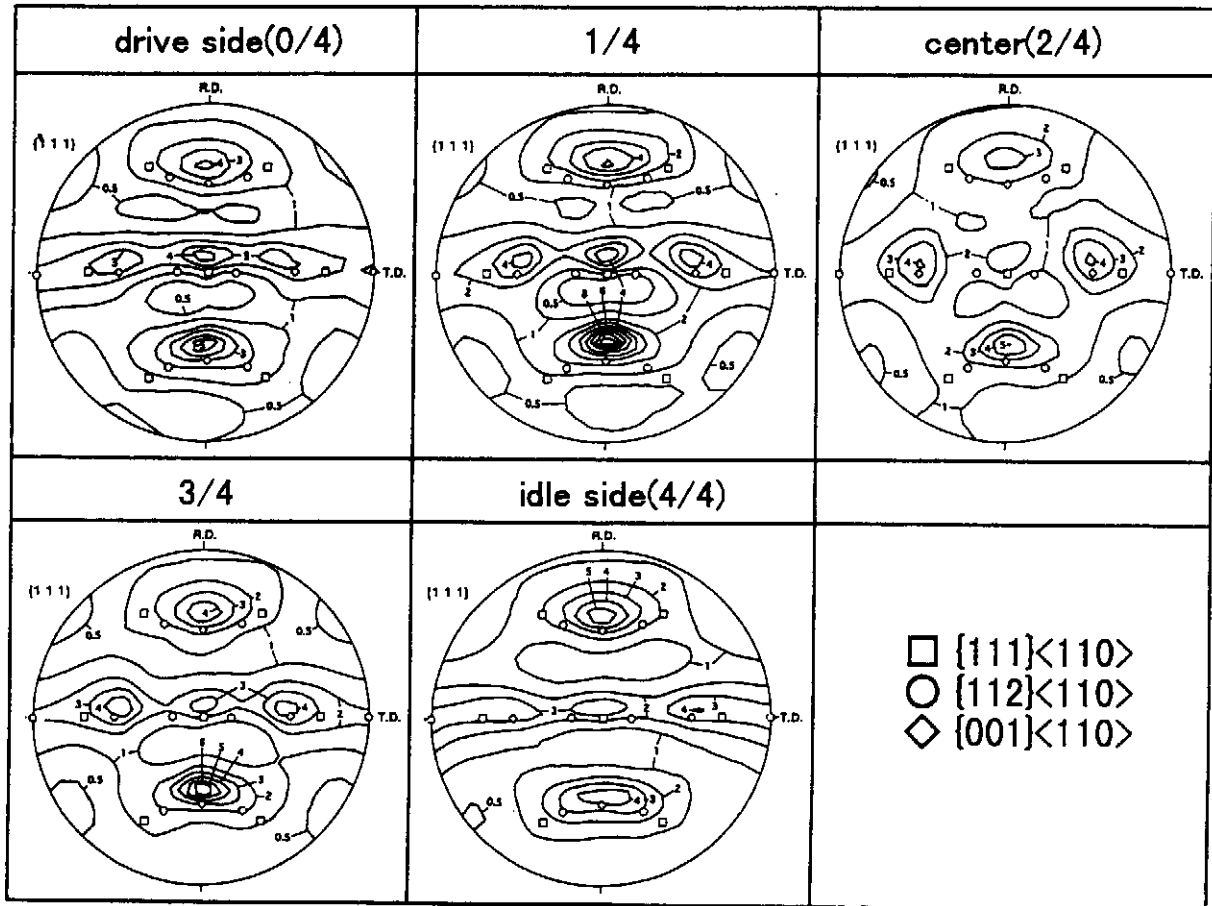


図4 一方向せん断圧延板の{111}極点図の板厚方向変化

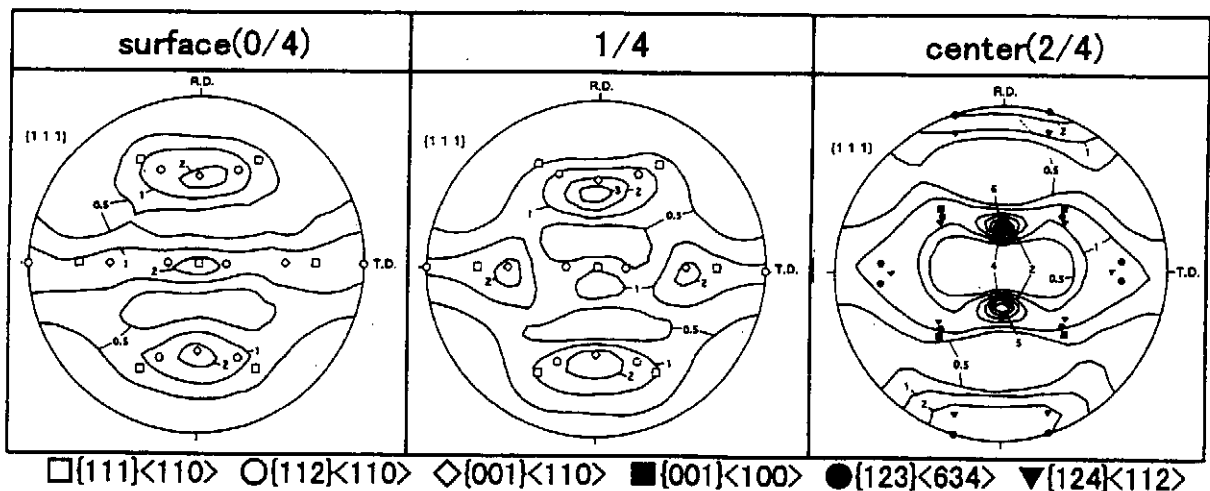


図5 通常圧延板の{111}極点図の板厚方向変化

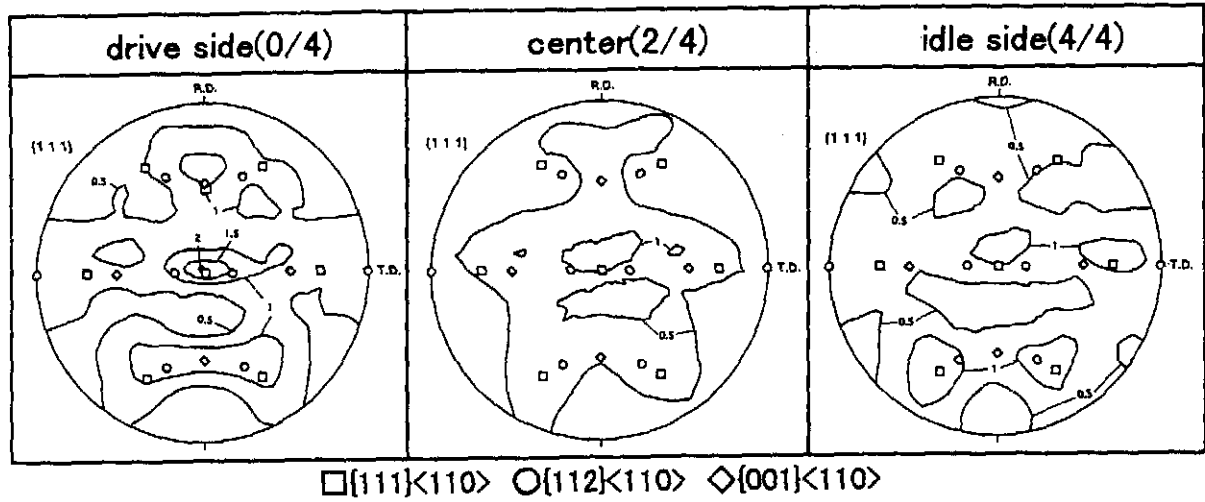


図6 一方向せん断圧延焼鈍板の{111}極点図の板厚方向変化

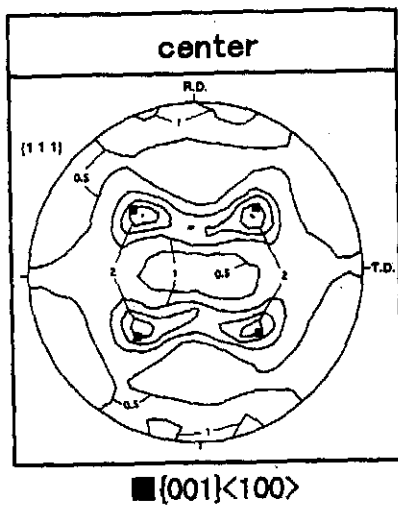


図7 通常圧延焼鈍板の板厚中心部の{111}極点図

板表面および表面より 1/4 の位置では、図 2 から分かるようにせん断ひずみが大きく、それに対応して、一方向せん断圧延板と類似のせん断集合組織が発達している。ただし、通常圧延では中立点が接触弧の中点付近から著しくずれることはないため、極の集積位置の理想方位からの TD 軸まわりの回転は、一方向せん断圧延に比べて小さくなっている。また、表面より 1/4 では一方向せん断圧延板の板厚中心部と同様に、[001]<110>方位の強度が相対的に高くなっている。このことから、[001]<110>の相対強度はせん断ひずみが小さい方が高くなると考えられる。板厚中心部では、せん断変形がほとんど生じていなかったことに対応して、せん断集合組織は現れず、

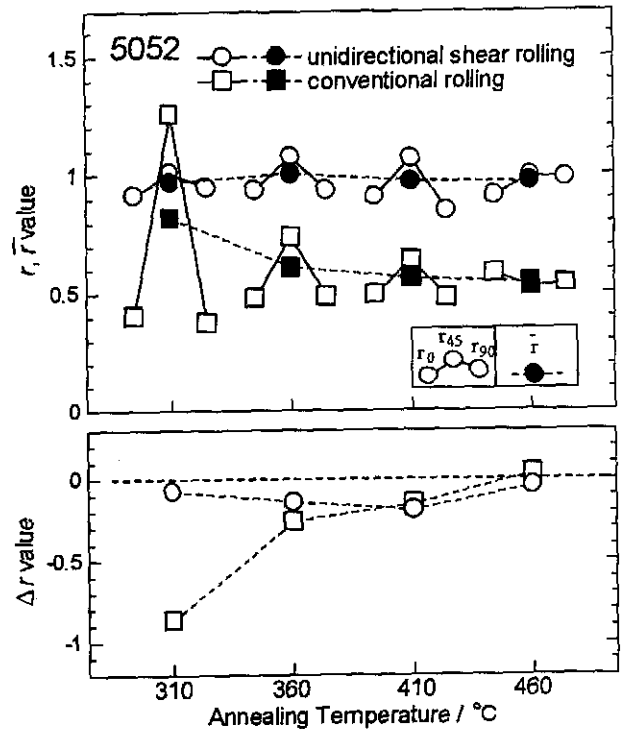


図8 r 値, Δr 値に及ぼす圧延方法と焼鈍温度の影響

{123}<634>, {124}<112>を中心とした、典型的な FCC 金属の圧延集合組織となっている。

3.3 焼鈍材の集合組織

図 6 は、一方向せん断圧延板の 360°C, 30min 焼鈍材の両表面および板厚中心部の {111} 極点図である。再結晶により集積度は低くなるものの板厚全体にわたって、せん断集合組織成分を残した集合組織となっている。通常

圧延板でも、表面および表面より 1/4 の位置では図 6 の一方向せん断圧延板と類似の方位をもつが板厚中心部では、図 7 に示すように典型的な FCC 金属の再結晶集合組織である立方体方位が現れている。すなわち、一方向せん断圧延板の焼鈍材は、板厚全体にわたってランダムに近い弱い優先方位をもっており、その方位はせん断集合組織成分を受け継いでいる。通常圧延板は、表面層は一方向せん断圧延板と同様の、せん断集合組織成分を中心とする弱い集合組織であるが、板厚中心部は立方体方位が中心となっており、層状の集合組織分布を持つ板となった。

3.4 焼鈍材の r 値

焼鈍材の r 値および Δr 値に及ぼす圧延方法および焼鈍温度の影響を図 8 に示す。一方向せん断圧延焼鈍板は、焼鈍温度によらず r 値はほぼ 1 と通常圧延焼鈍板に比べて高く、板厚方向に一様に導入されたせん断変形が r 値の向上に寄与していることがわかる。また、面内異方性を表す Δr も小さく、この圧延方法がアルミニウム合金板の成形性向上に有効であることを示している。

4. 結言

- 1) 2パス片ロール駆動圧延による全圧下率 75%の一方向せん断圧延を行った板には、板厚方向全体にわたって 1 以上のせん断ひずみが導入された。
- 2) 一方向せん断圧延板には、板厚方向全体にわたってせ

ん断集合組織が発達した。再結晶後は、弱いせん断集合組織成分を残すものの、ほぼランダムな集合組織となり、立方体方位は形成されなかった。

- 3) 一方向せん断圧延焼鈍板は、 r 値が 1、 Δr が -0.14 と通常の圧延焼鈍板より優れた値が得られた。

謝 辞

本研究の実施にあたり財団法人天田金属加工機械技術振興財団の研究開発助成を賜りました事をここに記し、関係各位に心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 上城太一, 関根和喜, 久芳征一郎, 竹内敏郎: 日本金属学会誌, 36(1972),33
- 2) W.Truszkowski, J.Krol and B.Major: Metal. Trans., A11(1980), 749
- 3) T.Sakai, Y.saito and K.Kato: Trans.ISIJ., 27(1987),520
- 4) 斎藤好弘, 濱田修一, 左海哲夫: 平 8 春塾加講論, (1996),64
- 5) 胡 建国, 池田圭介, 村上 糺: 日本金属学会誌, 60(1996),1130
- 6) 斎藤好弘, 濱田修一, 左海哲夫: 48 回塾加連講論, (1997),569
- 7) 斎藤好弘, 左海哲夫, 前田 太, 加藤健三: 鉄と鋼, 72(1986),799