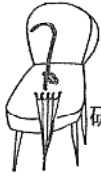


非対称圧延による集合組織制御



研究ノート

左海哲夫*

Texture Control by Asymmetric Rolling

Key Words : Asymmetric Rolling, Aluminum Alloy, Shear Texture, r-Value, Single-Roll Drive Rolling

1. はじめに

省エネルギー, 排出CO₂抑制という地球環境保護の要請に応えるために, 自動車の軽量化は社会的な急務である. 自動車車体の軽量化には, 広範囲にわたるアルミニウム合金の採用が有力な手段と考えられるが, いまだに一般的には使用されていない. その理由の一つにアルミニウム板のプレス成形性が鋼板に比べて劣るということがある. 一般に板材のプレス成形性は r 値で評価され, r 値が高いほどプレス成形性が良好である. ここで, r 値とは板材の引張試験を行った時の板幅ひずみと板厚ひずみの比であり, 理想的な等方性材料では r 値は 1 になる. r 値は板材の集合組織と密接な関係があり, $\langle 111 \rangle$ 軸が板面法線 (ND と表す) 方向と平行になる, すなわち $\langle 111 \rangle // ND$ 方位が発達すると r 値が高くなり, $\langle 001 \rangle // ND$ 方位は r 値を低下させることが知られている. アルミニウム合金をはじめとする多くの FCC 金属では, 通常の圧延焼鈍プロセスにより主として $\{001\} \langle 100 \rangle$ (Cube 方位), $\{123\} \langle 634 \rangle$ に近い R-方位が発達し, r 値を向上させる $\langle 111 \rangle // ND$ 方位が形成されないことが, 軟鋼板に比べてアルミニウム合金板がプレス成形性に劣る主な原因である. ところで, アルミニウムのような FCC 金属ではせん断変形による変形集合組織として $\langle 111 \rangle // ND$ および $\langle 100 \rangle // ND$ が発達する. $\langle 111 \rangle // ND$

は焼鈍後も集積度は下がるものの残存し, $\langle 100 \rangle // ND$ は焼鈍により $\langle 111 \rangle // ND$ に近い方位に変わる¹⁾. したがって, アルミニウム薄板の板厚方向の広い範囲にわたってせん断変形を導入することができると, プレス成形性が向上し, より一層の用途の拡大が期待される. このような観点から, 温間圧延²⁾, 浴湯直接圧延³⁾, 片ロール駆動圧延^{4~6)} や異径ロール圧延⁷⁾ などの非対称圧延等, さまざまな方法でアルミニウムの圧延時に積極的にせん断変形を導入し, $\langle 111 \rangle // ND$ またはその近傍の方位を発達させる試みが行われている. ここでは著者らが考案した, 片ロール駆動圧延により板厚方向全体にわたってせん断変形を導入する圧延法 (一方向せん断圧延) と, それによる集合組織制御, r 値の改善について紹介する.

2. 一方向せん断圧延

板圧延において, 板にせん断変形が導入されるのはロールと材料間の摩擦係数が高い場合, あるいは投影接触長さとロール径の比 (ロール間隙形状比) が小さい場合である. ここで導入されるせん断変形は板表面付近に限られ, 板厚中心部に向かって減少する. 通常の板圧延では圧延変形は板厚中心に関して対称であるから, せん断ひずみは必ず板厚中心部で 0 になり, これに対応して集合組織も板厚方向に変化する⁸⁾. したがって, 通常の圧延を行っている限りは, 板厚中心部付近に最終的に Cube 方位が発達することになり, r 値の向上はあまり見込めない. このような高摩擦に起因する表面付近のせん断変形を, 板厚全体にわたって導入する手段として, 著者らは図 1 に示すように板に方向を変えて繰返し片ロール駆動圧延を施す圧延法 (一方向せん断圧延法) を考案した. この圧延法では, 1 パス目で駆動ロール側に大きなせん断変形を導入し, 2 パス目では 1 パス目に従動ロール側にあった面を駆動ロール側に持っ

* Tetsuo SAKAI

1947年1月22日生

昭和47年大阪大学大学院基礎工学研究科物理系物性学専攻修士課程修了
現在, 大阪大学工学研究科・マテリアル科学専攻, 講師, 工学博士, 材料加工学

TEL 06-6879-7501

FAX 06-6879-7500

E-Mail sakai@mat.eng.osaka-u.ac.jp



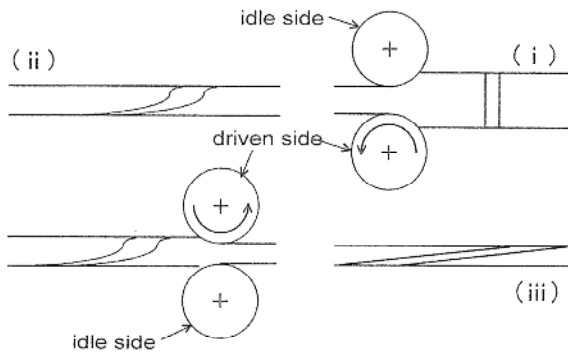


図1 片ロール駆動圧延による一方向せん断圧延の概念図

てくることで、図に示すように板厚全体にわたってほぼ一様な一方向のせん断ひずみを導入できる。

3. アルミニウム合金板への適用

一方向せん断圧延法をA5052板(A1-2.5%Mg)に適用し板厚方向全体にわたってせん断ひずみを導入することに成功した。図2に、あらかじめ板面に垂直に埋め込んだアルミニウム線の、圧延による変形を観察した結果より求めた、一方向せん断圧延板の板厚方向のせん断ひずみ分布を、比較のために行った通常圧延板の結果とともに示す。一方向せん断圧延では、表面付近に大きなせん断ひずみが導入され

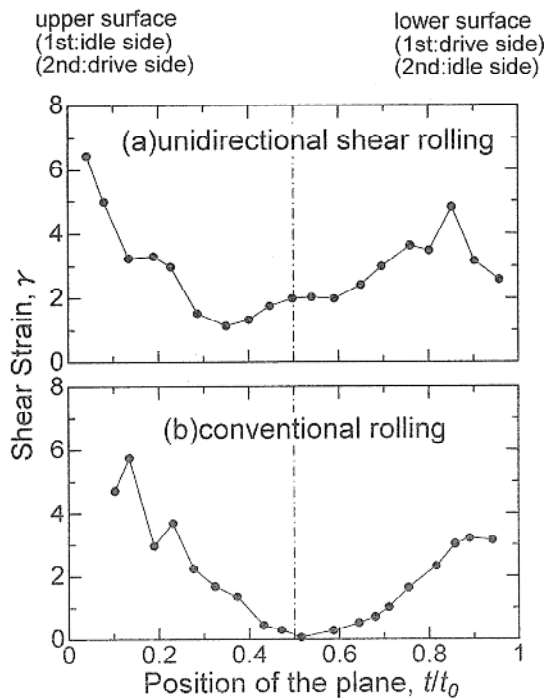


図2 一方向せん断圧延板および通常圧延板のせん断ひずみの板厚方向分布

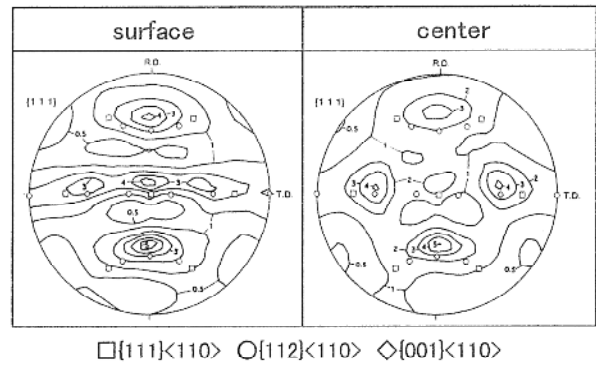


図3 一方向せん断圧延板の表面および板厚中心部の集合組織

るとともに、板厚中心部でも1以上のせん断ひずみが生じている。一方、通常圧延では、表面付近には大きなせん断変形が生じているものの、板厚中心部ではせん断ひずみが0となっており、一方向せん断圧延が板厚全体にわたってせん断ひずみを導入する方法として有効であることがわかる。一方向せん断圧延板の表面および板厚中心部の{111}極点図を図3に示す。表面層に、{111}<110>、{112}<110>、{001}<110>方位を中心とする集合組織が発達していることがわかる。また、板厚中心部では{001}<110>が発達していることがわかる。これらの方位はFCC金属のせん断集合組織成分としてよく知られたものであり、図2に示したせん断ひずみ分布に対応して、せん断集合組織が板厚方向全体にわたって形成されていることがわかる。ただし、一方向せん断圧延板の集合組織は、典型的なせん断集合組織をTD軸回りに5~10°RD方向に傾けた方位となる。これは、圧延における中立点がロール接触弧上にないか、あるいはロール間隙入口または出口付近にあること、およびそれらの位置が板の上下表面で異なることによると考えられる。一方向せん断圧延板の焼鈍後の再結晶集合組織は、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、通常の圧延焼鈍板に見られる立方体方位を含んでいない。通常圧延板では、表面付近の集合組織は一方向せん断圧延板と同様であったが、板厚中心部では圧延後に{123}<634>、{124}<112>方位が、焼鈍後は{001}<100>を中心とする方位が発達した。焼鈍板のr値およびその面内異方性を表すΔrを図4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

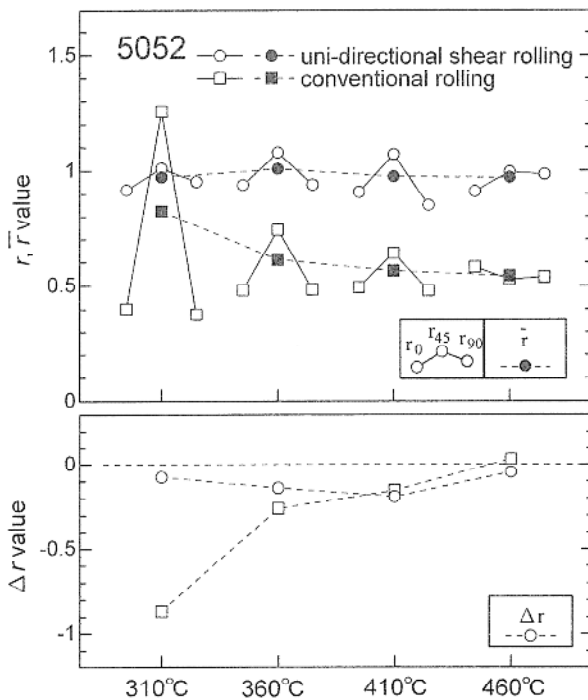


図4 一方せん断圧延板および通常圧延板の焼鈍後の r 値および Δr

の向上に寄与していることがわかる。また、 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. 珪素鋼板への適用

BCC金属のせん断集合組織は $\{110\} \langle 001 \rangle$ (Goss方位)が主成分である。BCC金属において板厚方向に不均一に分布するせん断集合組織を利用した例に、一方向性電磁鋼板におけるGoss方位の形成がある^{9), 10)}。一方向性電磁鋼板では、2次再結晶により結晶方位を理想的なGoss方位から数度以内に分布させ優れた磁気特性を得ている。この粗大なGoss方位を持つ2次再結晶粒は、1次再結晶組織中にわずかに存在していたものが隣接粒を侵食して成長したものである。1次再結晶組織中のGoss方位粒は表面付近にしか存在しないことが確認されており、熱延時に生じたせん断変形組織中のGoss方位粒がその起源であることが明らかになっている。すなわち、磁気特性の優れた一方向性電磁鋼板の製造には、熱延時の板厚方向不均一変形が不可欠であるといえる。従来の製法では、このように板内に部分的に存在するGoss方位粒を起源とする、2次再結晶を利用するため組織の粗大化が避けられなかった。ここ

で提案した一方せん断圧延を珪素鋼板に適用すれば、板厚方向全体にわたってGoss方位が発達し、1次再結晶のみで一方向性電磁鋼板が製造できる可能性がある。これについても現在研究を進めているところである。

5. おわりに

せん断変形の利用によるアルミニウム板の成形性向上の試みは、まだ緒についたばかりである。せん断変形をいかに板厚中心部にまで導入するか、変形集合組織を保った、あるいはそれと類似の再結晶集合組織をどのような方法で発達させるか、高摩擦の圧延をいかに安定に行うかなど、種々の解決すべき課題があるが、集合組織制御による材料特性向上の問題としても興味深いものがある。これまでの集合組織制御の研究は、圧延により形成される集合組織の量的な制御を目指すものが中心であったが、これからは、目的とする集合組織を“創り出す”ための新しいプロセス開発に目を向けるべきであると考えられる。

参考文献

- 1) 上城太一, 関根和喜, 松川 靖, 野口延夫: 日本金属学会誌, 36-7 (1972), 669-673.
- 2) Kamijo, T. & Fukutomi, H.: Proc. 16th Risø Int. Sympo. on Mater. Sci., (1995), 377-382.
- 3) 永井裕一, 辻 伸泰, 左海哲夫, 齋藤好弘: 日本金属学会誌, 60-8 (1996), 708-716.
- 4) 胡 建国, 池田圭介, 村上 紘: 日本金属学会誌, 60-11 (1996), 1130-1135.
- 5) Sakai, T., Hamada, S & Saito, Y.: Proc. 6th Int. Conf. on Aluminum Alloys (ICAA-6), (1998), 1161-1166.
- 6) Sakai, T., Inagaki, H. & Saito, Y.: Proc. 12th Int. Conf. Textures of Materials (ICOTOM-12), Montreal, NRC-CNRC (1999), 1142-1147.
- 7) Choi, C.H., Kim, K.H. & Lee, D.N.: Materials Science Forum, 273-275 (1998), 391-396.
- 8) Sakai, T., Saito, Y. & Kato, K.: Trans. ISIJ, 27 (1987), 520-525.
- 9) 井口征夫: 鉄と鋼, 70-15 (1984), 2033-2040.
- 10) Matsuo, M.: ISIJ Int., 29 (1989), 809-827.