

研究部会紹介

アルミニウム合金圧延材の組織形成予測部会 活動報告

Introduction of the sectional meeting on technology of microstructure development prediction in rolled aluminum alloy

吉田 佳典*・松原 英一郎**

Yoshinori YOSHIDA* and Eiichiro MATSUBARA**

1. はじめに

アルミニウムの材料特性は合金成分と製造条件に左右される。すなわち材料開発においては、強度および延性をはじめとする機械的特性を決定づける合金成分などの要因に加えて、例えば圧延における集合組織ならびに結晶粒度などの冶金学的要因をプロセスにおいて適切に制御することが重要である。昨今、国内外において実験的手法に加えて材料組織形成シミュレーションを用いた特性予測技術の開発が行われているが、初期組織と製品特性との関係に及ぼすパススケジュール、潤滑条件および温度等のプロセス制御因子の影響については未だ明らかになっていない点が多い。製品特性については加工中に生じる相変態ならびに集合組織形成や析出等の現象が複雑に絡み合っ変化し、これらを系統的にカバーした予測技術は未だ確立されていない。また、これらは段階的に発展して行くものと思われるが、製造現場のニーズにあわせたアプローチも重要である。

このような背景を鑑み、本研究部会は初動においてアルミニウム合金圧延材の素材設計における数値シミュレーションの利用状況およびニーズの調査と組織予測技術に関する国内外の研究開発事例の収集を行うことによって圧延材における組織形成予測の現状と課題を抽出する。これを踏まえ、組織形成予測に必要なモデルの構築を行うとともにモデル計算に必要な材料パラメータの特定および統一された測定方法の採択とそれによって同定した新規材料パラメータをデータベース化する。構築されたモデルの基本製造条件下での予測と実験結果との比較によるモデルの検証も行う。総じて、アルミニウム合金圧延材の材料データプラットフォームを構築し、わが国独自の組織形成予測技術を実現させることを目的とする。

本研究会は平成23年6月に開設された。平成25年10月現在での部会委員構成は表1に示すとおり11名であり、後述の通り結晶塑性シミュレーション技術については同志社大学の仲町英治教授にご協力頂いている。古河スカイ株式会社と住友軽金属工業株式会社の各社からご参加頂いていたが、両社の経営統合(株式会社UACJ)後も全メンバーに引続きご参画頂いている。

2. 研究課題および活動状況

以下に活動項目を示す。これらを平成23年度から平成26年度の4年間で達成することを目標とする。

- (1) 組織形成予測の現状と課題の抽出
- (2) 組織形成予測に必要なモデルの構築
- (3) モデル計算に必要な材料パラメータの特定
- (4) 統一された測定方法の採択とそれによる新規材料パラメータの取得
- (5) 基本製造条件下での組織形成予測と実験結果との比較によるモデルの検証

2.1 初年度(平成23年度)

初年度は項目(1)について重点的に取り組むこととし、アルミニウム合金板材の組織形成予測技術に関する現状把握と課題を抽出するとともに本研究部会の方向性を協議することから着手した。この中で参加企業のシミュレーション技術の使い方を聴取し、アルミニウム合金の組織形成予測技術は現状では十分活用されていないことが確認された。また今後の方向性を協議するため、各企業でのシミュレーションへの期待を集約し、さらに先行的に行われている鉄鋼でのシミュレーション技術を参考とするための文献収集も検討することとした。その後、各企業からの組織形成予測技術に対する現状と

表1 アルミニウム合金圧延材の組織形成予測部会委員 (2013年10月現在)

氏名	所在	備考
松原英一郎	京都大学大学院工学研究科	部会長
吉田 佳典	岐阜大学工学部	副部会長
田中 宏樹	(株)UACJ	幹事
廣澤 渉一	横浜国立大学大学院工学研究院	
北中 健太	横浜国立大学大学院工学研究院	
池田 賢一	九州大学大学院総合理工学研究院	
小西 晴之	神戸製鋼所(株)	
鈴木 健太	日本軽金属(株)	
齊藤 洋	三菱アルミニウム(株)	
竹田 博貴	(株)UACJ	
浅野 峰生	(株)UACJ	

*岐阜大学 工学部 機械工学科 機械コース (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1番)。Mechanical Engineering Course, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Gifu University (1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu 501-1193). E-mail: yyoshida@gifu-u.ac.jp

**京都大学大学院 工学研究科 材料工学専攻 (〒606-8501 京都市左京区吉田本町)。Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering, Kyoto University (Yoshida Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto-shi, Kyoto 606-8501).

受付日：平成25年12月17日

今後の期待に関して発表を行うとともに同志社大学仲町英治教授に集合組織予測を主とした結晶塑性有限要素解析に関する情報提供を依頼した。組織形成予測のシミュレーションには結晶塑性理論に関わる多くのパラメータ同定が必要であるため、膨大な実験データが必要であり、純アルミニウムなどの比較的純粋な系を選択して検討するなど、シミュレーション実現への第1ステップとして実施する方向で合意がなされた。仲町教授から具体的なソフト作製の提案もあり、今後部会メンバーで具体的な活動について議論することとなった。

2.2 2年目 (平成24年度)

2年目は主に項目(2)~(4)を推進した。圧延後の集合組織形成過程解析を組織形成予測の1つの課題として定義し、数値シミュレーションに必要な結晶塑性パラメータについて、条件を絞って検討することを前提としてパラメータ選定を実施した。さらには選定されたパラメータの具体的な実験が今度中に開始できるように役割分担の決定と実行を行った。共通サンプルは2種類の純アルミニウム (3N, A1050) および2種類のアルミニウム合金 (A8021, Al-5Mg) とし、各種アルミ合金圧延板の再結晶組織と材料特性の相関を引張試験および圧延実験とシミュレーションで検証する。これらの素材はDC casting後に初期厚100mmから20mmまで熱間圧延を施し、その後10mmまで冷間圧延を行うことによって作製する。またその後中間焼なましの位置付けで350, 400および450°Cで1hの熱処理を行った後に、組織観察および引張試験を行うことによって各種素材特性を調査した。対象としたシミュレーションでは仲町教授が開発した結晶塑性解析コードを利用させて頂き、ソースコードや使用方法などのチェックを吉田委員主担で行うこととした。この解析コードは弾/結晶粘塑性解析に均質化法を導入した解析手法が適用されており、多くの研究成果を得ている^{1)~3)}。また、平行してICAA13: Computational Metallurgy (ICME; Integrated Computational Materials Engineering) 関係の文献を中心に企業側メンバーが分担して文献レビューをすることとなった。

2.3 3年目 (平成25年度)

3年目は項目(3)および(4)の継続を中心に前年度の活動を継続して実施し、試作材の特性と組織予測モデル解析をさらに進め、組織形成予測シミュレーションに必要なパラメータ同定手法について検討し、また国内外の組織シミュレーション研究事例を継続的にレビューした。

4材種の共通サンプルについて、素板を板幅方向に垂直に2分割して内壁に格子パターンを設け、再接合した上で圧延を行うことによって材料内部のひずみ分布を計測した。これは後の圧延解析結果をマクロに評価し、変形挙動に及ぼす組織の影響を考察するための情報となり得る。またサンプルのEBSD測定によるIBFおよびODFマップを取得した。これ

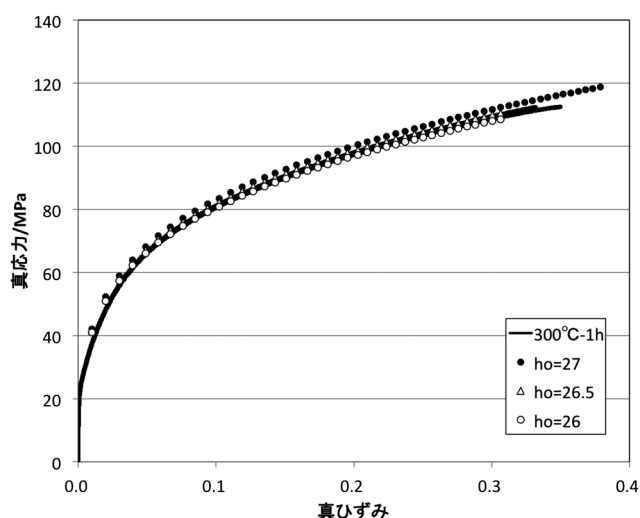


図1 A1050の450°C焼なまし材における室温変形抵抗曲線に及ぼす初期硬化率 h_0 の影響

らは今後行われる圧延解析における初期条件設定に用いられる。さらに、室温において実施した引張試験から得られた変形抵抗曲線を用いて、一軸引張変形シミュレーションにおける変形挙動が結晶塑性解析と一致するように結晶塑性パラメータを同定した(図1)。現在は、圧延用の結晶塑性解析コードに入力する微視結晶代表体積要素(RVE)を前述のEBSD解析結果からどのように与えるかを議論しており、今後の実用における解析スキームの構築に供する。また、試行的に圧延解析を行っており、結果から極点図を得ることが可能となっている。

3. 今後の展望

平成26年度ではサンプル材冷間圧延条件下での集合組織形成過程の解析を中心にシミュレーションを行い、材料流動、機械的特性ならびに集合組織を予測し、これらを実験結果と比較することによってモデルおよび入力パラメータの検証を行うとともに、実用を見据えた材料パラメータ同定のための材料試験および同定手法の検討を行う。我が国のアルミ合金材料開発技術の発展に貢献すべく、委員一同鋭意取組む所存である。

参考文献

- 1) 森本秀夫, 坂本英俊, 倉前宏行, 仲町英治: 塑性と加工, **54** (2013), 132-136.
- 2) 仲町英治, 倉前宏行: 軽金属, **62** (2012), 25-31.
- 3) E. Nakamachi, H. Kuramae, H. Sakamoto and H. Morimoto: Int. J. Mech. Sci., **52** (2010), 146-157.