

## 研究部会紹介

# アルミニウムの再結晶集合組織形成モデル化研究部会

## Introduction of the sectional meeting on modeling the evolution of recrystallization textures for aluminum

井上 博史

Hirofumi INOUE

### 1. 研究部会の活動目的と発足経緯

金属材料の高性能化には組成や組織の制御以外に結晶方位の制御も必要である。近年、自動車や電子・電気機器等への軽金属材料の使用が増加しているが、今後はリサイクルを念頭に置いた研究が不可欠であり、合金元素添加による組成制御に頼ることなく、微細組織と結晶方位を最適化するための材料プロセスがますます重要となる。展伸材の製造工程では、塑性加工のみならず、焼なましや溶体化処理による再結晶が優先方位形成に強く影響を及ぼすため、両者を考慮した集合組織制御技術の確立が望まれる。本研究部会では、より高性能なアルミニウムを得るために、塑性加工を施したアルミニウム合金の変形・再結晶集合組織予測モデルの構築と成形性の評価を行う。具体的には、圧延などの塑性加工を施したアルミニウム合金板の再結晶集合組織制御を効率的に行うために、変形集合組織から再結晶集合組織を経て板材成形性（曲げ性・深絞り性）に至る連係予測法を確立することを目標とする。特に、本研究部会では一般に定量的予測が困難な再結晶集合組織形成のモデル化を最重要課題とする。

平成19年4月から平成24年3月まで活動した「集合組織研究部会」の後継研究部会として平成24年4月から平成29年3月まで「加工と熱処理による優先方位制御研究部会」で活動し、その後継研究部会として平成29年4月から本研究部会の「アルミニウムの再結晶集合組織形成モデル化研究部会」が発足した。

### 2. 委員の構成

本研究部会は前身の「加工と熱処理による優先方位制御研究部会」から引続き参加している委員が多い（令和元年12月現在16名）。軽金属の集合組織関連分野における予測による省力化に対する関心の大きさがうかがわれ、研究部会発起人として喜ばしい限りである。部会委員の構成を表1に示す。現在16の所属機関から16名の委員が参加し、計算機プログラミングが得意な方々を含んでいる。その内訳は、集合組織関連の研究を行っている大学の方々8名、企業側ではアルミニウムメーカー4社、集合組織測定装置メーカー2社、銅メーカー2社の計8名となっている。他の研究部会とは異なり、測定装置に関係する企業や銅に関係する企業が含まれている点特徴的である。部会長と幹事は学界から選出し、副部会長

表1 アルミニウムの再結晶集合組織形成モデル化研究部会の構成委員（2020年（令和2年）3月現在、順不同）

氏名	所属	備考
井上 博史	大阪府立大学	部会長
池田 賢一	北海道大学	
上森 武	岡山大学	
小貫 祐介	茨城大学	
小林 正和	豊橋技術科学大学	
関根 和喜	元 横浜国立大学*	
高山 善匡	宇都宮大学	幹事
濱崎 洋	広島大学	
山下 賢哉	(株)UACJ	副部会長
伊原健太郎	(株)神戸製鋼所	
邢 劫	日本軽金属(株)	
吉野 路英	三菱アルミニウム(株)	
横山 亮一	(株)リガク	
五十嵐 誠	オックスフォード・ インストゥルメンツ(株)	
荒木 章好	古河電気工業(株)	
伊東 正登	三菱マテリアル(株)	

\*現在：日本高圧力技術協会

は企業の方をお願いした。

### 3. 活動内容

平成29年4月から令和3年3月までの4年間に実施する活動内容は以下の6つの項目からなる。それぞれの項目について活動状況を説明する。

(1) 汎用の変形集合組織予測モデルを確立する。これは従来のTaylorモデルを用いて変形集合組織の予測を行った。コンピュータ・プログラムにおける非線形の最適化問題解法を可能な限り自前で作成することを考えている。リーダーは小林正和先生である。予測プログラムは上森先生、濱崎先生、関根先生の3名で作成した。

(2) 再結晶集合組織形成モデルを構築する。リーダーは小貫祐介先生である。この部分が本研究部会の主要課題であり、配向核生成説（蓄積エネルギー、結晶粒界からの核生成、

粗大粒子まわりの核生成 (Particle Stimulated Nucleation (PSN)) と選択成長説 (<111>軸まわりの40°回転) からなる。合金種に応じて、3つの配向核生成説と1つの選択成長説の重み付けを実測集合組織データに基づいて行う。この中で選択成長説 (優先的粒界移動) を用いることにより、cube方位やR方位が得られたことは興味深い。

(3) (2) のシミュレーション結果が妥当かどうかを検証するために、プログラム検証用再結晶集合組織データを収集する。リーダーは池田賢一先生である。集合組織測定は企業委員が担当した。析出強化型合金では溶体化処理が十分行われたかどうかを確認するために、導電率の測定も行った。

(4) 実測再結晶集合組織による成形性評価を行う。最近、著者は結晶方位分布関数 (ODF) を用いて曲げ性と深絞り性を同時に予測する方法を提案した<sup>1)</sup>。この項目では再結晶集合組織の実測結果を用いてこれらの板材成形性を予測することが可能かどうかを検討する。

(5) 変形・再結晶集合組織・成形性を連係予測する。集合組織データの入出力が今後の検討課題である。上記(1), (2), (4) の予測法を用いて、理論的計算のみで板材成形性を予測し、加工・熱処理条件の範囲を限定する。その限定された加工・熱処理条件で実験を行い、最適条件を実際に決定する。これは計算機科学を用いた省力化につながる。

(6) 付加的せん断変形を伴った材料の成形性予測を行う。温間圧延などの従来得られなかった付加的せん断変形を加えることによって、成形性を向上させることが計算上可能かどうかを検討する。

これまでの活動で集合組織の基礎について部会メンバーの理解が深まったので、計算機科学による集合組織制御を一層推し進める。

#### 4. その他の活動

本研究部会は日本金属学会分科会「金属・無機・有機材料の結晶方位解析と応用技術研究会」と共催で公開講演会を毎年開催している。平成29年度は10月5日、6日に下呂市で、平成30年度は8月30日、8月31日に大阪府立大学中百舌鳥キャンパスで、公募による講演会を行った。それぞれ、第2回および第6回研究部会とした。令和元年度は8月29日、30日に産業技術総合研究所中部センターで公開講演会を開催し、第10回研究部会とした。令和2年度の公開講演会の詳細は軽金属学会ホームページに掲載予定である。

#### 5. 将来的展望

冷間圧延板の再結晶集合組織のシミュレーションは以前から行われているが、再結晶挙動が加工や熱処理条件に依存して多様に変化するため、満足のいく結果が得られていないのが現状である。厳密かつ定量的なODFによる方位解析に基づいて集合組織とそれに関連する材料特性を予測することが、集合組織制御を目的とした新プロセスの効率的な開発につながることを期待している。

#### 参考文献

- 1) H.Inoue: Mater. Trans., **59** (2018), 399-405.