

研究部会紹介

加工熱処理工程における動的/静的組織形成予測部会

The sectional meeting on static / dynamic microstructure development prediction in thermo-mechanical processes

池田 賢一

Ken-ichi IKEDA

1. 研究部会発足の背景と目的

アルミニウム合金の組織形成予測に関する研究部会は、平成23年度～平成26年度に実施された「アルミニウム合金圧延材の組織形成予測部会（松原英一郎 部会長）」¹⁾から始まり、平成27年度～平成30年度の「冷間/熱間加工工程における組織形成予測部会（吉田佳典 部会長）」²⁾へと引き継がれ、令和元年度から本研究部会「加工熱処理工程における動的/静的組織形成予測部会」として、現在に至っている。

「アルミニウム合金圧延材の組織形成予測部会」では、アルミニウム合金の冷間圧延加工の組織形成予測を行うために、結晶塑性有限要素解析と4種類のアルミニウム合金鋳塊サンプルを用いた圧延実験、集合組織解析を実施し、両者を比較検討することによって一定の成果を上げた¹⁾。さらに、「冷間/熱間加工工程における組織形成予測部会」では、得られた成果や課題を引き継ぎ、冷間圧延における組織形成予測技術の発展と進化を目指すとともに、熱間加工中に生じる動的析出挙動に着目した熱間組織形成予測技術についても検討を進めてきた。その結果、Al-Mn合金を用いて熱間加工工程中に生じる析出挙動、すなわち動的析出挙動のデータベースが平面ひずみ圧縮試験、導電率測定、放射光を用いた実験などから得られるという成果を上げた²⁾。しかし、組織形成予測技術については、更なる検証が必要であることに加え、熱間加工中やその後の熱処理工程における再結晶、結晶粒成長および析出物などの第二相粒子の成長挙動などの詳細についても検討する必要があることが課題として残った。

そこで本研究部会では、組織形成予測技術を発展・高精度化させるべく、動的析出挙動のモデル化および結晶粒成長挙動のモデル化を目指し、アルミニウム製造技術に貢献する材料組織形成シミュレーション方法を探索することを目的として活動している。

2. 部会構成

令和3年4月現在の部会構成員を表1に示す。部会員は、大学および研究機関から5名、各企業から5名、アドバイザー2名で構成されている。アドバイザーには、「アルミニウム板生産技術研究部会」から部会長と副部会長に参画していただいております。情報共有とともに利用側の観点からアドバイスをいただくことになっている。

3. 活動内容

令和元年度から本研究部会の活動が開始し、令和4年度までの4年間の活動内容を以下に示す。

- (1) 動的/静的析出挙動のモデル化：広範囲な温度域における第二相粒子の動的/静的析出挙動に着目し、これに温度（動的/静的）、ひずみおよびひずみ速度（動的）が及ぼす影響を検討しモデル化する。
- (2) 結晶粒成長挙動のモデル化：(1)を踏まえ、高温域における結晶粒成長挙動に着目し、熱処理条件など温度履歴の影響を検討し、モデル化を目指す。
- (3) 熱間加工シミュレーションパラメータの抽出・同定：熱間加工シミュレーションに必要な熱間流動応力、熱間境界条件（面圧・摩擦等）を同定する。
- (4) 組織形成を意識した冷間/熱間加工シミュレーションの実施：上記モデルを用いて冷間/熱間加工シミュレーションを実施する。
- (5) 基礎知見の応用展開：製造現場に即した課題の抽出ならびに製造プロセスへの適用を検討する。

3.1 研究部会開催状況

これまでに開催した研究部会の内容について以下に示す。
第1回研究部会
(令和元年6月27日 日本アルミニウム協会会議室)

表1 加工熱処理工程における動的/静的組織形成予測部会の構成委員（令和3年4月現在）

氏名	所属	備考	
池田 賢一	北海道大学	部会長	
吉田 佳典	東海国立大学機構 岐阜大学		
廣澤 渉一	横浜国立大学		
足立 大樹	兵庫県立大学		
井 誠一郎	物質・材料研究機構		
田中 宏樹	株式会社UACJ	副部会長	
立山 真司	株式会社UACJ		
松本 克史	株式会社神戸製鋼所		
福増 秀彰	三菱アルミニウム株式会社		
下坂 大輔	日本軽金属株式会社		
齊藤 裕紀	株式会社神戸製鋼所		アドバイザー アドバイザー
中島 一喜	株式会社UACJ		

- ・自己紹介
- ・前研究部会の活動内容紹介 (田中副部会長)
- ・前研究部会の活動内容紹介 (池田部会長)
- ・本研究部会の活動目的, 活動内容, 全体計画の確認

第2回研究部会

(令和元年9月20日 日本アルミニウム協会会議室)

- ・研究紹介「In-situ XRD測定による高温変形中における微細組織変化の解析」(足立委員)
- ・研究紹介「顕微解析技術の現状」(井委員)
- ・研究計画について(企業委員)

第3回研究部会

(令和元年12月17日 日本アルミニウム協会会議室)

- ・研究紹介「マテリアルキャラクタリゼーションの高度化とアルミニウム研究への応用」(吉田委員)
- ・研究紹介「フェーズフィールド法による熱間圧延中のアルミニウム合金の微視的組織予測シミュレーション」(廣澤委員)
- ・研究進捗状況報告(各委員)
- ・勉強会文献選定について

第4回研究部会

(令和2年12月10日 オンライン)

- ・研究進捗状況報告(各委員)
- ・勉強会文献選定と実施内容について

第5回研究部会

(令和3年4月1日 オンライン)

- ・研究進捗状況報告(各委員)
- ・勉強会実施方法について

令和元年度は、対面開催で本研究部会の年間計画等を検討し、学側委員からの話題提供を実施した。令和元年度終盤からコロナウイルス感染拡大防止の観点から、対面開催を実施することができず、各委員個別に課題に取り組むことになった。以降、令和2、3年度は、研究部会をオンラインで開催することになり、各委員の研究進捗状況を報告するとともに、勉強会の文献選定について検討を進めた。次項に現在進めている研究内容の概要を示す。

3.2 研究進捗状況

「冷間/熱間加工工程における組織形成予測部会」の共通試料として用いたAl-1mass%Mn合金を用いた研究については、継続して本研究部会においても検討を進めている。特に不純物濃度の違いが、動的析出挙動や再結晶挙動などの組織形成に強く影響を及ぼすことが明らかになっていることから、さらに詳細にこれらの影響を検討するために、不純物元素として着目しているSi, Feの単独添加した合金を作製した。作製

した合金を用いて、平面ひずみ圧縮試験を種々の加工温度、ひずみ速度で実施し、熱間加工部や熱処理後試料のマイクロ組織観察、導電率測定、XRD、TEM/STEM観察などを実施している。

また、共通試料を用いた動的組織解析手法の発展を目的として、SPring-8放射光を用いた高温引張変形中のin-situ SAXS/XRD測定に挑戦しており、得られた結果より、変形条件や変形モードを考慮した評価手法をさらに検討していくことになった。

さらに、共通試料を用いた熱間圧延試料の評価では、種々の条件において熱処理された試料について静的な析出、再結晶挙動を系統的に評価している。晶出物の存在や析出物の成長速度に不純物濃度が関係しており、組織形成に影響を与えることが示された。

一方、冷間/熱間加工シミュレーションについても、課題を抽出することで必要な組織パラメータを確定することを目指している。冷間加工シミュレーションでは、複数パスでの組織形成予測が課題となっており、対策を検討している。熱間加工シミュレーションでは、上記の共通試料でも検討している動的析出挙動や再結晶、粒成長挙動のモデル化が必要であることが改めて認識され、検討を進めている。

シミュレーションと実験の両面での検討としては、3000系アルミニウム合金を対象として、マルチフェーズフィールド法を用いた再結晶挙動の評価を、実験的に得られるEBSDによる結晶方位情報をもとに実施している。

4. 今後の展望

令和元年度から開始した本研究部会の活動は、コロナウイルス感染拡大防止の観点から、研究が予定通りに進まないことなど、当初の予定から遅れている状況となっている。残りの期間で明確に目標を設定していく必要があるため、各委員間の交流を密にして、進めていきたい。特に共通試料を用いた研究においては、各委員の得意とする解析手法を駆使して動的析出挙動や再結晶挙動およびそのメカニズムについて明らかにする。また、加工シミュレーションについても、冷間加工シミュレーションの完成を目指すとともに、実験で得られたデータベースをもとに熱間加工シミュレーションの基盤を構築したい。

参考文献

- 1) 研究部会報告書No. 62「アルミニウム合金圧延材の組織形成予測」, 軽金属学会, (2015).
- 2) 研究部会報告書No. 71「冷間/熱間加工工程における組織形成予測」, 軽金属学会, (2019).