

研究部会紹介

アルミニウム合金のひずみ速度感受性モデル化研究部会

Sectional meeting on modeling strain rate sensitivity of aluminum alloys

西田 政弘

Masahiro NISHIDA

1. 研究部会設立の背景

金属材料のひずみ速度感受性については、古くからその現象が知られており、1930年代からは今でも引用される論文が多く出始める^{1),2)}。材料や力学関係の学術誌での論文に加え、1983年にはInternational Journal of Impact Engineering, 2015年にはJournal of Dynamic Behavior of Materialsといった専門誌も発刊され、ひずみ速度感受性についての議論がさらに深まっていった。

一般にアルミニウム合金のひずみ速度感受性は鉄鋼材料に比べてひずみ速度による応力の変化が小さい材料と認識されており、注目度が低い、変化の割合で考えると、鉄鋼材料に比して同程度の場合もある。自動車をはじめ輸送機材の軽量化のニーズが高まり、素材にアルミニウム合金の利用がますます進むと考えられる。また、高速成形、接合技術開発が進んでおり、技術開発の面からも高ひずみ速度における力学的特性の把握、メカニズムの解明が必要であることから、令和3年度より本研究部会の活動が始まった。

アルミニウム合金の降伏応力、変形抵抗、破断伸びなどについてのひずみ速度感受性の報告は多くあるものの、その結果には傾向の違いがみられる場合もある。さらに最近のイメージセンサの高精度化³⁾およびデジタル画像相関 (DIC) 法⁴⁾の普及とともに、破断伸び、特に局所伸びを精度よく測定できるようになってきた。これまでのデータの見直しや新しい知見を得ることを目指すと同時に、現象のメカニズム解明だけでなく、そのモデル化を研究の目的とした。高精度板成形シミュレーションの普及化検討研究部会の後継部会として開始したことで、シミュレーションも意識して研究部会の研究を進めていく予定である。

以下、部会の構成と活動内容について紹介する。

2. 部会構成

令和5年3月現在の委員を表1に示す。委員は、学側から8名、産側から9名、その他から1名、合計18名により構成されている。今後、学生委員も増やしていく予定である。

本研究部会は令和3年4月よりスタートし、年3回程度、会議を開催している。会議では、2件程度の話題提供を委員または外部講師に依頼して、ひずみ速度感受性のこれまでの研究結果、実験技術、測定技術などに関する情報共有を行うとともに、共通試料を用いた研究を行うことにした。実験技術

表1 アルミニウム合金のひずみ速度感受性モデル化研究部会の構成委員 (令和5年3月現在, 順不同)

氏名	所属	備考
西田 政弘	名古屋工業大学	部会長
宮崎 悟	株式会社UACJ	副部会長
Su Ziyi	名古屋工業大学	幹事
山田 浩之	防衛大学校	
堀川敬太郎	大阪大学	
榎田 努	大阪府立大学	
成田 麻未	名古屋工業大学	
西脇 武志	大同大学	
谷口 智	名古屋工業研究所	
森田 知朗	株式会社レゾナック	
大関雄一郎	株式会社レゾナック	
半田 岳士	日本軽金属株式会社	
邢 劫	日本軽金属株式会社	
大久保安剛	株式会社神戸製鋼所	
津田 徹	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	
阿部 淳	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	
藤井 一哉	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社	
中井 賢治	岡山理科大学	

では、学側の委員の5名がスプリット・ホプキンソン棒法 (JIS Z 2205:2019) と呼ばれる高変形速度試験の専門家であることから、スプリット・ホプキンソン棒法を中心として、その他、材料試験機を併用し、共通試料を中心に調べていく。組織観察については、光学顕微鏡, SEM, TEMを用いた評価を検討しており、材料の専門家にアドバイスをいただきながら共通試料の評価を行っていく予定である。測定の専門家と材料の専門家が議論しながら進めていくところに、本部会の特徴があると考えている。

コロナ禍のため、初年度の令和3年度はすべてリモート (WEB) による会議の開催で、2回しか開催できなかった。2年目の令和4年度からはハイブリッド開催にすることができ、徐々に対面での参加者が増えてきているが、ハイブリッド開催が定着しており、残念ながらいまだ全員が対面で顔を合わせたことがない。面識のない委員が参加するかたちで研究部会がスタートしたため、意思の疎通、参加者の距離感が難しく、運営に悩む場面も多かったが、より有意義なハイブリッド開催を模索していきたい。

3. 活動内容

3.1 本研究部会で実施する項目

本研究部会を申請するにあたり、以下の3つの項目について、活動のポイントを掲げた。

(1) 測定法、精度についての調査、比較：最近のひずみ分布の測定技術の高精度化およびデジタル画像相関 (DIC) 法の普及により、破断伸びだけでなく、均一伸び、局所伸びを精度よく簡単に測定できるようになってきた。そこで、新しい測定法、精度について議論し、これまでのデータを精査することで、ひずみ速度感受性のメカニズムの解明、新たな現象の解明につながると考えている。

(2) アルミニウム合金板を用いた基礎実験：アルミニウムおよびアルミニウム合金を用いて基礎実験を行い、既存のデータとの比較、新しいデータの追加を行う。材料組織と力学特性との関係を明らかにする。

(3) 自動車構造用アルミニウム合金板のひずみ速度感受性の調査：自動車構造用アルミニウム合金板をはじめとするアルミニウム合金板の降伏応力、変形抵抗、破断ひずみにひずみ速度が与える影響を調べる。さらにはその結果をモデル化し、有限要素法 (FEM) シミュレーションなどに使えるようなかたちにし、広く役立つようにすることを目標とする。

3.2 共通試料を用いた調査

本部会では、初年度の令和3年度に共通試料の検討を始めた。第1回、第2回の会議では、ひずみ速度感受性に関する共通認識をもつために、金属材料についてひずみ速度感受性のこれまでの研究結果についての講演を聞くとともに、委員にはこの部会に期待することを述べていただき、材料についてのアンケートを実施し希望調査を行った。第3回、第4回の会議で議論を重ね、そのなかからリサイクルアルミニウム合金に注目することとした。共通試料の具体的内容 (添加元素の種類と添加量) を、産側の材料の専門家に検討いただいた。供試材は自動車構造用アルミニウム合金、特に衝撃吸収部品としての採用実績のある A6082 をベース合金として選定した。このベース合金に対してリサイクル時に不純物として増加することが想定される Si, Fe, Cu を規格範囲外まで増加させ、衝撃特性への影響を評価することを目的に、表2に示す9種の共通試料を作製することを決定した。お忙しいなか大量の試料を作製してくださった産側の委員には大変感謝している。高変形速度試験の試験片については、高変形速度試験が専門の学側の委員で打ち合わせを行い、試験片形状などを検討して、現在試験片を作製中である。部会では、共通試料を中心に上記の (2) (3) を目的として、測定および議論を重ねていくつもりである。

第3回、第4回の会議では、外部の講師および委員から、これまでのアルミニウム合金のひずみ速度感受性の研究成果について講演いただき、明らかな点、不明な点について共通認識をもち、共通試料で狙うべき点について議論した。第6回

表2 アルミニウム合金板のひずみ速度感受性モデル化研究部会の共通試料成分分析値 (mass%)

No.	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
基準 A	1.0	0.20	<0.01	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
B	1.5	0.20	<0.01	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
Si C	1.9	0.20	<0.01	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
D	1.0	0.59	<0.01	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
Fe E	1.0	1.0	<0.01	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
F	1.0	0.20	0.18	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
Cu G	1.0	0.20	0.7	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
H	1.5	0.6	0.19	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
全 I	2.0	1.0	0.7	0.7	0.9	<0.01	<0.01	0.01
A6082 下限	0.7			0.40	0.6			
上限	1.3	0.50	0.10	1.0	1.2	0.25	0.20	0.10

の会議 (4月に開催予定) では、組織観察の講演をお願いしており、材料評価方法についても議論を重ねる予定である。

3.3 軽金属学会のシンポジウム

2022年6月28日 (火) 第124回シンポジウム「衝撃工学の基礎と安全深化のための軽金属工業製品への応用」(10:00~17:00 オンライン開催) では、研究部会の委員が一部の講演の講演者として参加し、ひずみ速度感受性のこれまでの研究結果や意義について説明した。多くの方がひずみ速度感受性について興味をもっていただけることを期待している。

4. おわりに

初年度はコロナ禍の真ただ中のため、研究部会のスタートダッシュには苦労した。委員のご協力のおかげでなんとか建て直して、研究部会発足から2年が経過したところであり、活動は軌道に乗りつつある。当初予定より少し遅れているが、これから成果を出していく予定である。本研究部会の内容に興味をもたれた方がおられましたら、ぜひご連絡ください。

このまま順調に成果を出していき、令和6年度には軽金属学会の講演大会でテーマセッションを開催し、積極的に研究成果を発表したいと考えている。

著者は、衝撃強度、構造強度の研究をずっと行っていたが、徐々に材料に興味をもってきた。周りからアドバイスを受け、令和元年に軽金属学会に入会した。高精度板成形シミュレーションの普及化検討研究部会および高強度アルミニウム合金部会に、途中から加えていただき、材料の勉強をさせていただくとともに、研究部会の運営についても勉強させていただいた。参加させていただきました両部会には、心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) J. L. M. Morrison: The Engineer, **158** (1934), 183.
- 2) A. Nadai and M. J. Manjoine: J. Appl. Mech., **8** (1941), 77.
- 3) P. K. Rastogi and D. Inaudi: Trends in Optical Non-Destructive Testing and Inspection, Elsevier, (2000).
- 4) M. A. Sutton *et al.*, : Image Vis. Comput., **1** (1983), 133-139.