

研究部会紹介

汎用型高性能・高信頼性マグネシウム合金研究部会

Sectional meeting on common-use, high-performance and high-reliability magnesium alloys

千野 靖正¹・才川 清二²Yasumasa CHINO¹ and Seiji SAIKAWA²

1. 研究部会設立の背景

マグネシウムに焦点を当てた研究部会の歴史は比較的浅く、平成19年に設置された「塑性加工によるマグネシウム合金新機能発現研究部会」(鎌土重晴部会長)が初代の研究部会となる¹⁾。現在活動中の部会は、平成27~平成30年度に実施した二代目の部会(汎用型高性能マグネシウム合金研究部会)の後継部会(三代目)に相当する。

二代目の研究部会では2つのテーマに取り組み、1つ目のテーマでは、マグネシウム合金展伸材の室温~温間成形性に焦点を当てた。そこでは、各種マグネシウム合金圧延材を対象として、室温~温間域において90°V曲げ試験を実施し、板材の成形性を系統的に評価した。また、90°V曲げ試験前後の組織変化を調査し、マグネシウム合金の成形性を改善するためのキーポイントとなる組織因子を温度毎に抽出した。2つ目のテーマでは、展伸用マグネシウム合金のリサイクル性を評価することに焦点を当てた。そこでは、展伸用マグネシウム合金ビレットを対象として、長時間(72h)の溶解・保持試験を行い、再溶解に伴う組成、不純物濃度、溶存ガス濃度の変化が、再溶解後の材料の各種特性に及ぼす影響を抽出した。上記2つのテーマの詳細については、2019年11月に発刊した研究部会報告書²⁾を参照して頂きたい。

三代目の本研究部会では、マグネシウム合金の信頼性(疲労、腐食、クリープ等)に焦点を当てることにした。具体的には、「耐クリープ特性」と「耐応力腐食特性」にターゲットを絞り、その評価方法について部会内部で議論を進めている。以下、部会の構成と活動内容について紹介を行う。

2. 部会構成

令和3年4月現在の委員構成を表1に示す。委員は、学側から10名、産側から11名、その他から1名、合計22名により構成される。また、産側から4名がアドバイザーとして登録されている。

本研究部会は平成31年4月よりスタートし、年3~4回の頻度で会議を開催している。会議の前半は耐クリープ特性に関する議論を行い、会議の後半は応力腐食特性に関する議論を行っている。会議終了後は、自然発生的に懇親会が催されている。

表1 汎用型高性能・高信頼性マグネシウム合金研究部会の構成委員およびアドバイザー(令和3年4月現在、順不同)

氏名	所属	備考
行武栄太郎	茨城県産業技術イノベーションセンター	部会長
森田 繁樹	佐賀大学	
千野 靖正	産業技術総合研究所	
黄 新勝	産業技術総合研究所	
中津川 勲	産業技術総合研究所	副部会長
安藤 大輔	東北大学	
才川 清二	富山大学	
宮下 幸雄	長岡技術科学大学	
中田 大貴	長岡技術科学大学	
佐々木泰祐	物質・材料研究機構	
安田 一也	(株)アイ・ティー・シー	
野田 雅史	権田金属工業(株)	
伊藤 友美	権田金属工業(株)	
小川 正芳	三協立山(株)	
松本 泰誠	三協立山(株)	
小原 美良	JFEテクノリサーチ(株)	
菊池 鉄男	中央工産(株)	
松本 敏治	(株)戸畑製作所	
佐藤 雅彦	日本金属(株)	
上田 祐規	不二ライトメタル(株)	アドバイザー
城戸 太司	不二ライトメタル(株)	
駒井 浩	日本マグネシウム協会	
清水 和紀	三協立山(株)	
武田 秀	タケダDC技術研究所	
山崎 一正	日本金属(株)	
井上 正士	不二ライトメタル(株)	

なお、令和2年度以降は、新型コロナウイルス禍に対処するため、すべてリモート(WEB)による打合せにより議論を進めている。令和3年度の部会からは、懇親会もWEB開催することも予定しており、WEB開催に適應した部会運営が定着しつつある。

¹ 産業技術総合研究所 マルチマテリアル研究部門(〒463-8560 名古屋市守山区下志段味穴が洞2266-98) Multi-Material Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (2266-98, Anagahora, Shimo-shidami Moriyama-ku, Nagoya-shi, Aichi 463-8560)

² 富山大学 学術研究部 都市デザイン学系(富山市) University of Toyama, Academic Assembly, Faculty of Sustainable Design (Toyama-shi, Toyama)

受付日: 2021年4月29日

3. 活動内容

3.1 マグネシウム合金展伸材の軸力クリープ特性の評価

「耐クリープ特性」に関する議論では、マグネシウム合金展伸材の軸力クリープ特性の評価方法に関する議論を進めている。

自動車部品の多くはボルトで各部品を締結するのが一般的である。特に、オイルパンやトランスミッションケース等のパワートレイン部品では、締結した部品の内部には潤滑油が充填されている場合が多く、締結部からの油の漏れは、火災発生の恐れから、あってはならない事象である。しかしながら、クリープ変形が発生すると、時間とともにボルトとの熱膨張の違いも相まって締結が緩み、締結部品の間から潤滑油が漏れる事態が生じてしまう³⁾。

汎用マグネシウム合金 (Mg-Al合金) 鋳造材は、その晶出物 (Mg₁₇Al₁₂相) が熱的に不安定であり、120°C前後でクリープ変形を誘起することが知られている。そのため、120°C以上での使用が想定されるパワートレイン部品への適用は難しいとされている。そこで、上記のクリープ変形を防ぐために、既存の汎用マグネシウム合金に、ケイ素、希土類元素、カルシウム、ストロンチウム等を添加し、120°C以上でのクリープ特性を改善した耐熱マグネシウム合金 (鋳造材) が開発されてきた^{3),4)}。

なお、開発された合金の耐クリープ性を評価するに当たっては、実際の使用環境を想定した評価方法が採用されることが多い。具体的には、鋼製もしくはアルミニウム合金製ボルトを用いてマグネシウム合金を所定の軸力で締結し、使用環境に応じた熱履歴に保持した際の軸力低下をモニタリングする手法である^{3),4)}。このため、汎用マグネシウム合金や耐熱マグネシウム合金の鋳造材に関しては、100~150°Cの温度域における耐クリープ特性に関するデータが比較的豊富に存在する。

マグネシウム合金展伸材を内装材や外装材に適用することを想定した場合、パワートレイン部品の様な高温 (150°C前後) にさらされることはないものの、炎天下の駐車中のフロントパネルやリアデッキに関しては、110~120°Cまで温度が上昇することが報告されている⁵⁾。ゆえに、マグネシウム合金展伸材を内装材や外装材に採用するに当たっても、締結部品の軸力クリープ挙動を把握する必要がある。しかしながら、マグネシウム展伸材の耐クリープ特性に関するデータはほとんど存在しないのが実情である。

そこで、研究部会では、汎用マグネシウム合金展伸材を対象として、その耐クリープ特性を評価するための手法を検討している。具体的には、日本マグネシウム協会の委員会である「自動車マグネシウム展伸材拡大委員会」において、展伸材の軸力クリープ特性を評価した事例に注目し、それを受け継ぐ形で系統的な試験を実施することを検討している。2021年3月までに、AZ31合金圧延材を対象として、自動車外装に適用することを想定した軸力クリープ試験のトライ (第1回目) を終了している。今後は、パラメータ (試験温度、初期軸力、板厚・・・) を変化させた実験を系統的に行うとともに、軸力クリープ試験前後の組織評価を行い、クリープ変形

のメカニズムについても議論を進めることを予定している。

3.2 マグネシウム合金の応力腐食特性の評価

「耐応力腐食特性」に関する議論に関しても、その評価方法に関する議論が部会内部で進められている。

マグネシウム合金の応力腐食 (SCC) 特性に関する報告は、試験片レベルでの報告は比較的古くからなされており、耐食性と同様に、合金の組成や組織に強く影響されることが指摘されている⁶⁾。例えば、マグネシウム合金中のアルミニウムの濃度が増えるとSCC感受性が高くなることや⁷⁾、結晶粒の微細化に伴いSCC感受性が高くなること⁸⁾等が指摘されている。しかしながら、文献から得られる情報は、文献毎に試験方法や腐食液が異なることが多く、SCCと組成・組織の関係を系統的に議論することが困難であるのが現状である。また、マグネシウムユーザーが比較的簡便な手法でSCC特性を評価するための手法が定着していないのが実情である。

一方で、近年、マグネシウム合金のSCC特性を評価するための手法としてISO 20728「マグネシウム合金の応力腐食割れ抵抗の測定」が策定されており⁹⁾、今後、上記の基準を用いてのSCC評価が求められることが想定されている。

そこで研究部会では、汎用マグネシウム合金展伸材を対象として、上記ISOに即した応力腐食試験を実施し、さらには、腐食試験後の試験片の破面や組織を評価することにより、マグネシウム合金の応力腐食破壊の発生メカニズムにまで迫ることを検討している。

これまでに、ISOに記載されている試験方法の内、定荷重試験を先行して実施することや、腐食液としてはNaCl水溶液を優先して利用すること等を申し合わせており、2021年度の早い時期に、汎用合金 (AZ31合金) を用いての試験トライを開始することを予定している。

4. おわりに

研究部会発足から2年が経過し、新型コロナ過に伴って、部会のリアル開催が困難になった事等の紆余曲折はあったものの、研究活動は軌道に乗り、各テーマにおいて成果が出始めている。このまま研究部会の活動が順調に進み、最終年度には、軽金属学会講演大会においてテーマセッションを開催し、研究成果を発表できればと考えている。

(本研究部会の研究内容に興味を持たれた方は、是非ご連絡ください。)

参考文献

- 1) 堀田善治：軽金属, **61** (2011), 594-597.
- 2) 軽金属学会研究部会報告書No.72「マグネシウム合金展伸材の室温~温間成形時のメカニズムおよびマグネシウム合金展伸材を再溶解・保持した際の特性変化に関する調査報告書」, (2019年11月).
- 3) 武田 秀：まてりあ, **53** (2014), 594-598.
- 4) 才川清二：アルトピア, **48** (2) (2018), 5-13.
- 5) 泉 重郎：ESPEC技術情報誌, No.9 (1997), 5-11.
- 6) N. Winzer *et al.*, : *Adv. Eng. Mater.*, **7** (2005), 659-693.
- 7) L. Faiman and H. J. Bray: *Corr. Sci.*, **11** (1971), 533-541.
- 8) G. Argade *et al.*, : *J. Mater. Sci.*, **47** (2012), 6812-6822.
- 9) ISO 20728 "Corrosion of metal and alloys - Determination of resistance of magnesium alloys to stress corrosion cracking" 1st. Ed. (2018年9月).