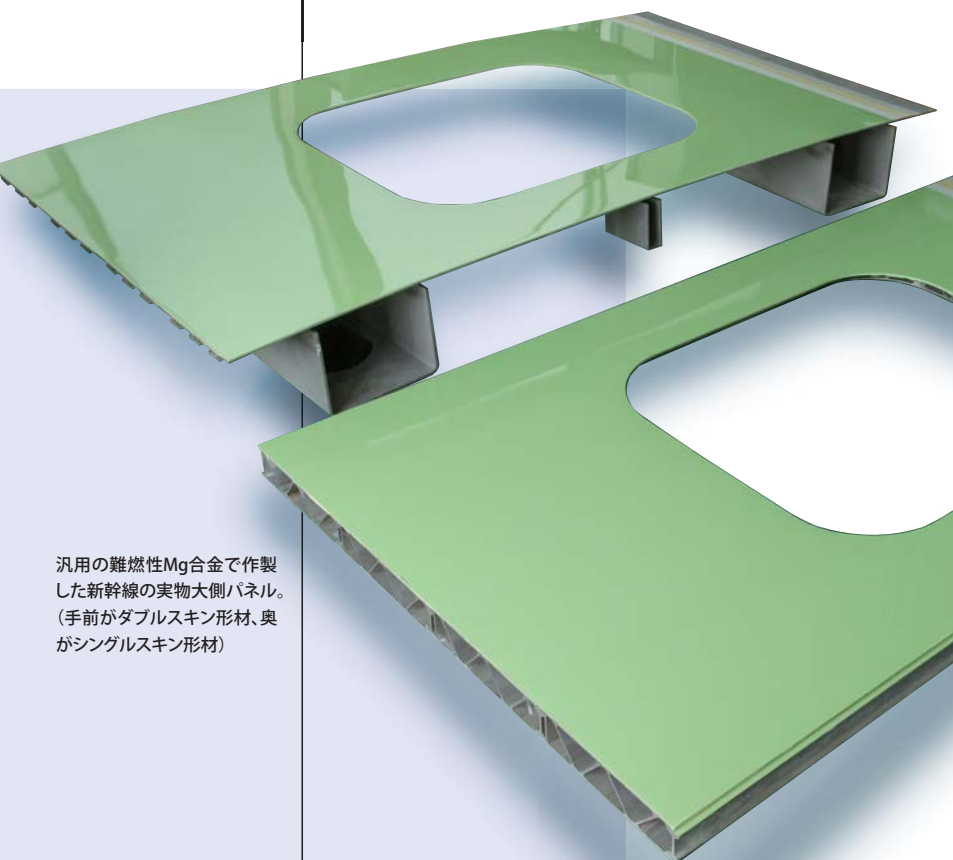
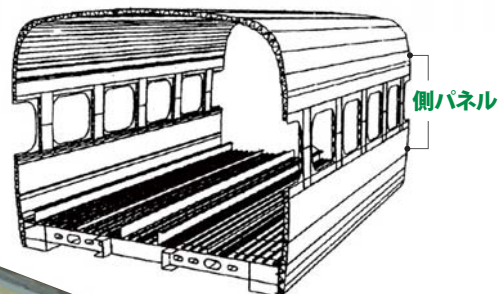


特集

難燃性新マグネシウム合金で高速鉄道の車両製作に挑む



汎用の難燃性Mg合金で作製した新幹線の実物大側パネル。(手前がダブルスキン形材、奥がシングルスキン形材)



ダブルスキン構造の新幹線車両構体イメージ図 (JR東海提供)



側パネルの裏面。奥のシングルスキン形材は強度を上げるために圧延・加工材が必要。両パネルとも重量は14kg。同様のAl材より25%の軽量化を達成。

マグネシウム(Mg)の比重は、鉄のわずか4分の1、チタンの3分の1、アルミニウム(Al)の3分の2で、最も軽い実用金属です。携帯性を重視するスマートフォンのボディなどに使われています。かつては燃えやすい、加工しにくい、耐食性に劣ることなどが構造体として利用するための障壁となっていました。カルシウム(Ca)を添加した難燃性Mg合金の開発以来、小型構造体(鉄道車両内装材など)への採用が始まっています。しかし大型構造体にはまだ適用さ

れていません。輸送用機器の抜本的な軽量化に向けて主要な構造材料の技術開発を一体的に推進するISMAでは、研究課題の1つとして「革新的マグネシウム材の開発」を実施しています。このプロジェクトは難燃性新Mg合金の開発とその適用技術を確認し、Al合金製が主流となっている高速鉄道車両構体(新幹線など)に適用することを目的としています。Mg合金代替で、さらなる軽量化による省エネルギー化、騒音・振動の低減を目指します。

特集 難燃性新マグネシウム合金で 高速鉄道の車両製作に挑む

「革新的マグネシウム材の開発」は平成25年10月に、産官学連携による6分室15再委託機関の体制でスタート。「材料」「接合」「表面処理」「難燃性」の4つのワーキンググループ(WG)に分かれ、まずは材料WGに重点を置いて、新合金開発を進めました。27年度には目標値としている新幹線車両のAl合金とほぼ同等の強度と伸びを持つ難燃性新Mg合金の開発に成功しています。また同年、プロジェクト参加機関の研究成果を結集し、汎用の難燃性Mg合金を使った新幹線の実物大「側パネル」を完成させるという大きな成果を上げました。各WGでテーマの取りまとめを担う分室に、これまでの成果や今後の課題について伺いました。

易加工性高速押し出し ダブルスキン材の開発

射水分室(三協立山株式会社) 清水和紀 氏に聞く



試験用型押し出し装置を操作する清水氏

新幹線の車両に適用される部材の形状には、のぞみなどの700系に使用されているダブルスキン材と、こだまなどの300系に使用されていたシングルスキン材などがあります。ユニークな構造を持つダブルスキン材の開発に当たっているのは、富山県に本社を置くアルミ大手の三協立山。アルミで培ったノウハウを活用して、高速押し出し



6000t押し出し機(右写真のダブルスキン材が押し出される)

側パネルの製作に使用したダブルスキン材

開発合金の成分分析に使用する波長分散型蛍光X線分析装置

Mg合金の開発に取り組み、Al合金並みの強度>270MPa、伸び>20%を実現しました。同社はダブルスキン材の鋳造から押し出し、加工までの工程を担っています。

開発で苦労されている点は?

清水 もともと加工しにくいMg合金にAl合金並みの加工性と押し出し速度を持たせることが開発目標です。鉄道車両に適用する部材の大前提として高い強度と難燃性が求められます。難燃性を高めるためにCaの比率を上げるとMgが硬くなり、加工性が低下してしまいます。常に押し出し生産性と難燃性を両立することに、頭を悩ませています。

Alより価格が高いことが 実用化のネックといわれていますが…

清水 押し出しスピードを上げ、時間当たりの生産量が高まればコストは下がります。ISMAプロジェクト開始以前から、長岡技術科学大学と共同研究を進める中で、すべての添加元素を1%以下に抑えると、Al並みの速度で製品が押し出せることをラボレベルで確認していました。プロジェクトではそれを実機レベルで検証し、研究成果として開発中に得た均質化処理に関する特許を出願しています。

今後、注力していく点は?

清水 今年度は工業化、大型化に主眼を置いて開発を進めていきます。ピレット(鋼片)の鋳造に関しては、最終目標の長さ25mのダブルスキン材押し出しに対応できる直径425mmのピレットを量産化する体制はできており、高品質化が課題です。300mm幅以上の複雑形状のものを押し出す技術は、現在3m程度が最大ですが、試験車両で評価できる6m程度まで伸ばしたいと考えています。難燃性に関しては合金の組成でほぼ決まってしまうので、あとは押し出し前後に素材にさまざまな熱処理を施したり、ダイス(金型)の設計を含めて、プロセス技術を向上させたりすることで、押し出しスピードの向上に注力していきます。



FSW装置。先端のピンを回転させながら接合材に押し込み、摩擦熱を利用して接合

高速鉄道車両の 実物大「側パネル」を作製

横浜金沢分室(株式会社総合車両製作所) 石川 武 氏に聞く



Mg合金の接合に使用したMIG溶接機について説明する石川氏

汎用の難燃性Mg合金を使った実物大「側パネル」作製の中心となったのが、接合WGを取りまとめる総合車両製作所です。同社はステンレス車両メーカーのさきがけとなった東急車輛製造を前身とし、2012年4月に発足したJR東日本グループの鉄道車両メーカー。ステンレス鋼製の通勤電車を中心に、新幹線など高速鉄道の車両も製造しています。

Mg合金を鉄道車両に適用するメリットは?

石川 軽さです。構体を軽量化することによって、振動と騒音を吸収する部材が搭載できるので、さらなる乗り心地の向上が期待できます。現在、国内で利用されている車両はステンレス鋼製かAl合金製がほとんど。軽さより強度やメンテナンスのしやすさが重視される通勤電車は、さびにくいステンレス製が多く、高速で走る新幹線は気密性



鉄道車両は多品種少量生産。一編成の中で全く同じ車両は一つもないという

を保つ必要があるため、連続溶接が可能なAl合金製が主流となっています。

側パネルの作製を通して見えてきたことは?

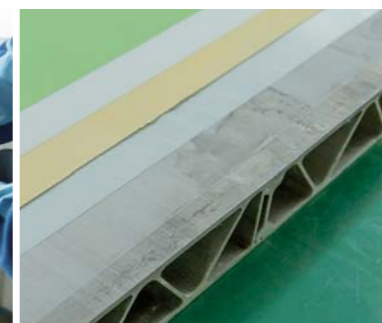
石川 プロジェクトの成功は「工程」にかかっているということです。素材ができて、その素材で部品を作り、溶接し、組み立て、塗装する。1社でできることは限られています。各社がそれぞれの分担を、責任を持って遂行することが重要だと痛感しました。接合の面であれば、すでに確立されているAl合金の接合技術がMg合金に適用できることがわかってきました。MIG、TIG(アーク)溶接もFSW(摩擦攪拌接合)も可能です。もちろん課題もあります。例えばMg合金の溶加材(溶接ワイヤー)はステンレス鋼に比べて錆びやすく、酸化被膜によって通電しにくくなるため、溶接できなくなることがあります。

プロジェクトを進めていく上での課題は?

石川 今年度は開発した新合金を使って同様の側パネルを、29年度には車両のモックアップ構体を作製する予定です。昨年度



Mg合金の粉塵は燃やしやすいので、集塵機を使用して安全を確認



側パネルの表面処理は、化成処理を含めて5層になっている

に汎用合金の側パネルを完成させたことで、多少の道筋はできたといえますが、合金に含まれる成分が変われば、接合できないこともあります。新合金を使っでの作製は、新たな挑戦の始まりともいえます。

新合金の標準化を 目指して



名古屋守山分室
(国立研究開発法人
産業技術総合研究所)

千野靖正氏 に聞く

産総研は「信頼性・標準化WG」の取りまとめを担っています。同研究所は1990年代後半、汎用Mg合金にCaを加えると発火温度が上昇することを見だし、Mg合金が注目されるきっかけをつくりました。

難燃性の評価方法は どのようなものでしょうか?

千野 Mg合金に関しては、これまで燃えやすさの指標がなかったため、まずその確立を課題に掲げました。熱分析装置を使って発火試験を行い、Mgの重量変化と温度変化を精密に測定しました。発火温度は物性値ではないので、測定雰囲気や試料形状など発火温度に影響をもたらす因子を洗い出すことによって、各種合金の発火温度を同じ土台で比較できるようになりました(次ページ図参照)。この研究成果を経済産業省の委託事業「難燃性、不燃性マグネシウム合金の特性評価方法に関するJIS開発」に活かして、規格・標準化の整備を進めています。

標準化への課題は?

千野 プロジェクトの新たな至上命題は、開発した新合金の標準化です。JISは5年ごとに改定時期があり、今年度から始まる改定作業にあわせて開発した合金を順次組み込むことを予定しています。新合金を実用化するためには、合金の標準化に加え

て、難燃性の評価方法や溶接方法など、さまざまな事項の標準化を行う必要があり、そのためのデータ収集に参加機関が一丸となって取り組んでいます。

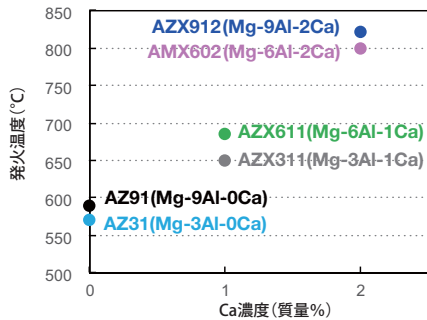


図 各種Mg合金箔材(厚み0.1mm)のCa濃度と発火温度(平均値)の関係。カッコ内は各合金のAl、Ca濃度(質量%)

世界初のMg合金製 高速鉄道車両誕生に期待

公益財団法人 鉄道総合技術研究所
森 久史 氏

鉄道総研は車両メーカーやJR各社とともに、アドバイザーとしてプロジェクトをサポートしています。新幹線の車両にMg合金を導入すれば、さらなる軽量化と制振性の向上を図ることができます。加えて世界の鉄道業界でも未導入のMg合金を適用することで、日

本の独自性を発揮し、国際競争力を高める狙いもあります。そのためには現状のAl合金と同等の強度と伸びを持つMg合金が必要です。長さ25mの形材、均一な溶接性能、表面処理の耐久性20年を求めています。多数の企業、研究機関の知見と技術が結集した国家プロジェクトに期待しています。

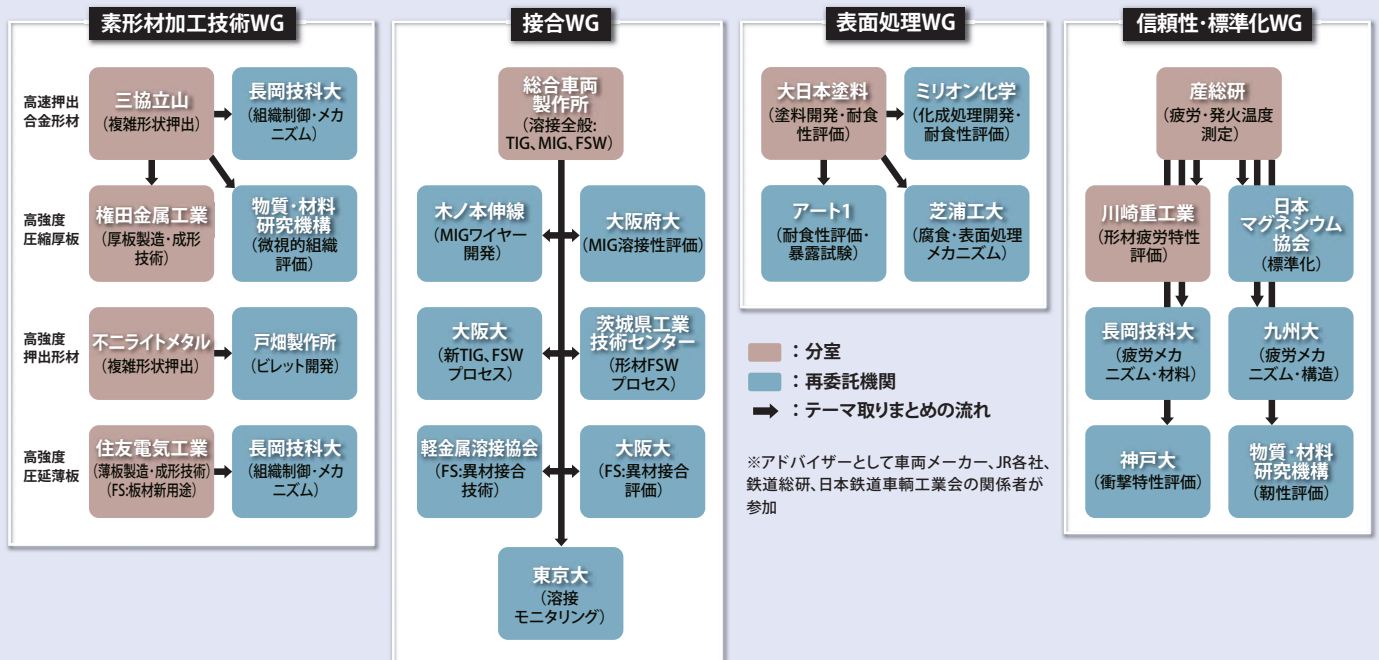


平成28年度「革新的マグネシウム材の開発」実施体制

昨年度、合金組成がほぼ確定したことから、今年度は新合金の実用化に向けて、接合技術や安全性の確立に注力していきます。実施体

制を8分室、15再委託機関とし、WGは「素形材加工技術」「接合」「表面処理」「信頼性・標準化」に再編成されました。新合金をベース

とした適用技術や設計技術の開発を進め、より大型の高速鉄道車両構体モデルの作製を目指します。



ISMAの活動についての報道

- 新聞 ・ 2016年3月16日 鉄鋼新聞 「加工性に優れる超ハイツェン」
- ・ 2016年3月17日 日経産業新聞 「マツダ：摩擦熱で金属と樹脂結合」

ISMA REPORT June 2016, No.3

©Innovative Structural Materials Association, 2016 All rights reserved

発行 新構造材料技術研究組合 (ISMA)

お問い合わせ先 新構造材料技術研究組合 (ISMA) 技術企画部
〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-9-4 蚕糸会館10階
Tel : 03-6213-5655 Fax : 03-6213-5550
制作協力：サイテック・コミュニケーションズ
デザイン：高田事務所