

産総研のハイテクものづくり(第10回)

難燃性マグネシウム大型溶接構造体技術 —列車だって飛ばしてしまう難燃性マグネシウム—

(独)産業技術総合研究所 渡邊 政嘉

1. はじめに

産総研はものづくり技術の宝庫だ。そこでは素形材技術の更なる発展に寄与する様々な先進技術の研究開発が進められている。今号では、産総研中部センターに研究の本拠地を置くサステナブルマテリアル研究部門坂本満副部門長らの取り組んでいるマグネシウム研究の最前線を紹介させて頂きたい。同氏は、産総研の中でもマグネシウム研究に関する最前線におり、本誌でもマグネシウム研究開発の動向等について寄稿文を昨年投稿されているのでご存知の方も多であろう。また、産総研が素形材センター等とともに取り組んでいるNEDOの委託事業マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト(プロジェクトリーダー:大阪府立大学大学院工学研究科東健司教授)でも産総研中部センターは中核的な位置づけを担っている(本来であればこちらのプロジェクトを先に取り上げて紹介すべきところではあるが、すでに本誌でも記事として取り上げられているので、今般は新しいテーマを紹介させていただきたい)。いずれにしても当該プロジェクトも坂本副部門長、斎藤尚文同部門金属材料組織制御研究グループ長ら産総研中部センターの精鋭たちがマグネシウム研究開発の現場を担っている。

マグネシウム合金は実用合金の中で最も軽量であ

り、比重はアルミニウム合金の2/3、鉄の1/4程度である。また、放熱性、振動吸収性、電磁波シールド性等の優れた特性を有することから、ノートパソコンや携帯電話、デジタルカメラ等の携帯電子機器の筐体への適用が進められている。しかしながら、マグネシウムは発火・燃焼の危険があり、また、成形加工性が悪い等の要因もあり、必ずしも多くの工業製品に広がってはいないのも現実である。そのような背景の中、産総研では、マグネシウム合金の大きな欠点の一つである発火・燃焼の危険を抑えた新合金「難燃性マグネシウム合金」の開発、マグネシウム合金の表面改質技術の開発、FSWを用いたマグネシウム合金の接合など、マグネシウム合金に関連する技術開発を行ってきた。

2. エアロトレインプロジェクト

エアロトレインは、車両に取り付けた翼によって浮上走行する鉄道車両である。東北大学流体科学研究所教授小濱泰昭(現東北大学未来科学技術共同研究センター(NICHE))の研究グループによって研究されている。エアロトレインの速度は新幹線の約2倍500kmを目標とし、消費電力は新幹線の3分の1以下を目指している。飛行機と列車の中間的な性格を持つ未来の乗客輸送システムである(図1参照)。



図1 エアロトレイン完成イメージ

(出典: 独立行政法人産業技術総合研究所資料)

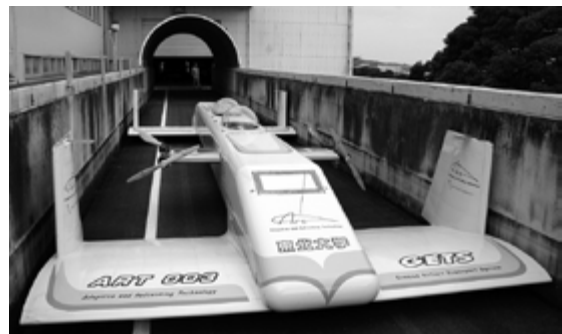


写真1 難燃性マグネシウム大型溶接構造体技術で作られた実験用エアロトレイン(財鉄道総合技術研究所/東北大学日向灘研究施設)

(出典: 独立行政法人産業技術総合研究所資料)

このエアロトレインの軽量化に大きく貢献したのが産総研の難燃性マグネシウム大型溶接構造体技術であった。当該研究開発は、NEDO先導研究「高効率高速輸送システムの研究開発 (H20-H22)」の一環として行われたものである。

3. AMX 602 合金の押出型材の開発

どのような産総研の技術がこのエアロトレインに如何に貢献しているのかを解説しよう。最初は、難燃性マグネシウム (AMX 602 合金) の押出型材の開発である。

マグネシウムの工業利用における欠点ともなっている発火・燃焼のリスクを抑えた難燃性マグネシウムが存在する。実は、この技術も難燃性マグネシウム合金は産総研基礎素材研究部門 (九州センター) が開発した、通常より燃焼開始温度を 200~300℃ 上昇させ、発火・燃焼し難くして安全性を高めたマグネシウム合金であり、カルシウムを添加することにより製造される。

マグネシウム合金の規格は ASTM (米国材料試験協会) の規格が一般的に使用され、JIS 規格も ASTM に準拠している。通常のマグネシウムは合金を形成するが最も基本的なものはアルミニウムと亜鉛である。この二種類を含むマグネシウム合金は AZ から始まる呼称で呼ばれる。アルミニウムを 3%、亜鉛を 1% 添加

した AZ31 合金は比較的塑性加工しやすいため、主に圧延や押出加工で製品が製造されている。一方、アルミニウムを 9%、亜鉛を 1% 添加した AZ91 合金は、鑄造・ダイカスト・チクソモールドイングなどの熔融加工法に用いられている。AMX 602 とはアルミニウムを約 7%、マンガンを約 0.3%、X は何らかの元素を意味し、この場合は Ca を約 2% 含む難燃性マグネシウム合金を表す呼称である。

マグネシウム合金の問題点は、前述したように発火性・燃焼性といった欠点のほかに加工性が悪いという点があげられる。何でマグネシウムは加工性が悪いのであろうか。その理由は合金の結晶構造に由来する。結晶構造に異方性があると圧延加工を行ったときに、割れが起こったりして円滑な塑性加工が困難な場合が多いのである。チタン合金も同様に結晶構造に異方性があり、塑性加工が困難な素材として例示されることも多い。これらが要因となり、アルミニウムや鉄と比較して延性が低く、特に常温下では延性は殆ど期待できないといった機械的性質を示す。

さて、このようにさまざまな課題を抱えるマグネシウム合金の欠点を補いながら、成し遂げた成果は以下のようなものである。

AMX 602 合金で幅 170mm、押し出し長さ 10m、肉厚 1mm の中空材 (現行アルミニウム新幹線構体類似のダブルスキン型材) の拡張押し出しが可能であることを国内で初めて実証した (図 2 及び写真 2 参照)。また、材料組織が部位によって差異がないことを確認し、合わせて集合組織は一般的な押出材とは異なり、圧延材に似た性状を示すことを確認できたのである。これによって実際のエアロトレインの部材として利用することが可能となったのである (写真 3 参照)。

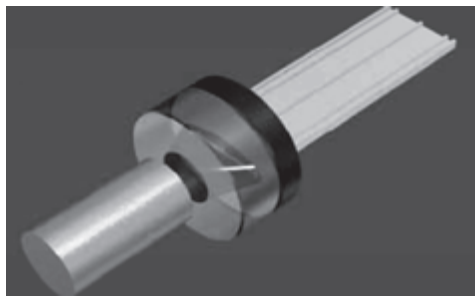


図 2 押し出し成形加工のイメージ図
(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)



写真 2 拡張押し出し成形加工された部材
(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

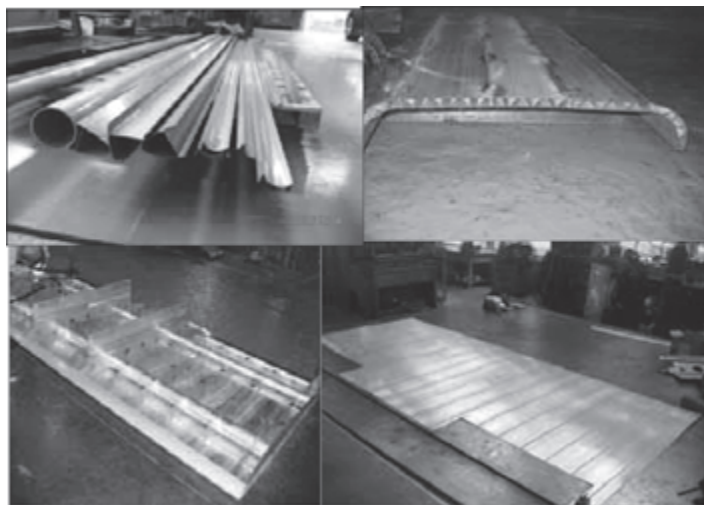


写真 3 難燃性マグネシウム構造型材化に成功したエアロトレイン用構造部材
(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)



写真4 レーザー溶接の様子
(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

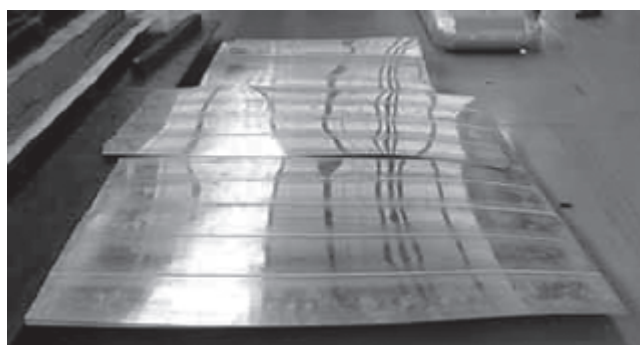


写真5 FSW 溶接後の部材
(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

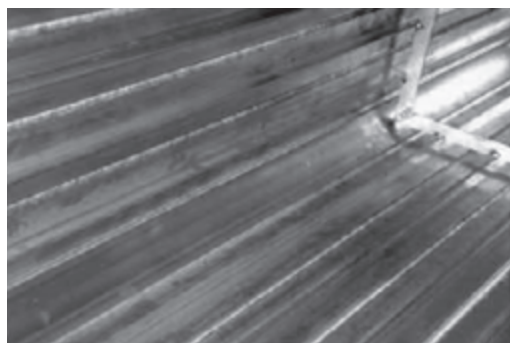


写真6 溶接構造によるエアロトレインモデル構造体
(出典：独立行政法人産業技術総合研究所資料)

4. 型材接合技術開発

次に、産総研がエアロトレイン実現にむけて貢献している技術は、エアロトレインの本体を構成するパネルの接合技術である。エアロトレインの大型構造体を構築するための型材接合技術の開発が産総研と東北大学の共同研究で行われたのである。溶接方法は、レーザー溶接とFSW (Friction Stir Welding：摩擦攪拌溶接) 等が試されたが、前述の両接合方法とも、理論引張強度 264MPa に対して、継手効率 90% 以上 (目標 170MPa) を達成することができたのである。

5. 素型材技術への適応可能性

今回紹介させていただいたのは、難燃性マグネシウムの大型溶接構造体技術である。マグネシウム合金は優れた特性 (実用合金の中で最も軽量であり、比重はアルミニウム合金の 2/3、鉄の 1/4 程度、放熱性、振動吸収性、電磁波シールド性等) を持つ。同時に、もつ発火性・燃焼性、難加工性を乗り越え、未来の高効率輸送システム実現に向けたチャレンジを続けている

チームがいる。いままであきらめていた用途への適応の可能性も広がっているのである。マグネシウムの欠点をうまく補いながらその素材の持つ特性を生かすことでエアロトレインへの適応を進めた。列車が飛翔するのであれば、そのうち高速道路上で自動車も飛翔する日が来るであろう。まだハイブリッド自動車や電気自動車が導入され始めたばかりの状況ではあるが、次世代移動高速輸送システムの研究は動き始めている。それらへの先手を打つ戦略を考える時に来ているのだ。

6. おわりに

未来を考え、新しい素材を開発し、その成形加工技術を確立する。このような弛みない素型材技術の高度化とその掌握が日本ものづくりの生命線である。ぜひ読者の皆さんも新しいチャレンジを進めよう。

月刊素型材の読者の皆様も、今般の紹介した難燃性マグネシウム大型溶接構造体技術にご興味があれば筆者までご連絡いただきたい。適切なコンタクトポイントを紹介させていただく。