

TODAY

## マグネシウム合金が環境に優しい材料に成りえるには



長岡技術科学大学機械系  
教授 鎌土重晴  
(高性能マグネシウム工学研究センター長兼任)

本年2月の京都議定書の発効にともない、環境問題が一段とクローズアップされ、国内ではCO<sub>2</sub>排出量を、1990年を基準年として6%削減することを目標としている。そのなかでも、運輸部門、特に自動車分野では自動車の生涯CO<sub>2</sub>排出量のうち、約86%が走行時に発生するとの試算から、ガソリン車で1995年比23%の燃費低減を目標として種々の技術開発が進められている。燃費損失要因のなかでも、排気、冷却等の熱損失以外が約30%で、そのなかでも加速抵抗の要因となる車両重量が30%を占めるといわれている。このことは、軽量化による燃費削減は環境問題解決のための大きな柱になることを意味する。そのため、最近では構造用金属材料のなかでも最も軽量のマグネシウム合金に注目が集まり、マグネシウム合金そのものの本質的理解から、ポテンシャルを引き上げるための材料開発に関する研究は飛躍的に進みつつある。

それでは、本当にマグネシウム合金は環境に優しい材料と成りえるのか？ 確かに、軽量化設計の際の材料特性値となる比強度、比剛性は他の自動車用材料より大きく、例えば比剛性のみを比較すると、アルミニウム合金より15~20%、鋼より50~60%大きく、大幅な軽量化を達成できると見込まれる。ただし、板材であれば、ヤング率の小さいマグネシウム合金を使用する場合、必要な剛性をもたせるためには板厚を大きくする必要がある。その結果、アセンブルするその他の材料の寸法が大きくなり、逆に重量増になる可能性もある。従って、限られた空間のなかでリブ等を付けるなどして、寸法が大きくなることを避ける設計が必要になる。一方では、比強度が大きいといわれ、設計には引張耐力が用いられるが、マグネシウム合金展伸材、特に圧延材や押し出し材では圧

延方向、押し出し方向に底面集合組織を形成するため、圧縮耐力は引張耐力の50%程度まで低下し、圧縮応力が加わる場合、伸びも減少する。このような現象はダイカスト材の健全性向上を目的として指向性凝固させ、結晶粒を優先方位に成長させた場合にも生じる可能性がある。そのため、強度の異方性を考慮した設計をするか、あるいは異方性をもたない、例えば結晶粒がランダム配向した部材作りを進める必要もある。

一方では、化学的に構造用金属材料中で最も卑な金属であることに起因する接触腐食、水素を固溶しやすいことから使用環境による応力腐食割れ等の問題が生じる可能性も大である。マグネシウム合金を、輸送機器の重要保安部品として環境の厳しい条件で使用した実績例が少ないこともあり、設計に必要とされる詳細なデータベースが少なく、国内外でもこのような基礎から応用までを包含した系統的研究はされていないのが現状で、今後の大きな課題になることが予測される。また、京都議定書で地球温暖化ガスとして指定された6ガスの一つであるSF<sub>6</sub>ガスはマグネシウム合金の溶解・ castingに際しての防燃ガスとして大変有効であるが、地球温暖化係数が22200と異常に大きいことから、今後の輸送機等への使用量増大を考えると代替ガスの開発、あるいは防燃ガスを必要としない合金あるいはプロセスの開発が必須となる。

以上のように、マグネシウム合金の輸送機器等への大量使用に際しての課題は山積である。ただし、それらの問題は明確になりつつあり、それらの解決に向けた国主導のプロジェクト、地域性を活かした産学官連携研究開発も数多く進められている。京都議定書の約束期間までは残り少ないこともあり、今後目標到達に向け、材料メーカーのみならず、ユーザー等の材料開発、設計、プロセスにかかわる研究者を含め、産学官連携の旗印のもと、一丸となって推進することを切に望む。その際、各プロジェクトの成果を横断的、かつ有機的に連携させ、評価のみならず強力な指導を行うための推進委員会等を国主導で立ち上げることも必要と思われる。一方では、マグネシウム合金研究者の不足も問題視されている。今後の着実な進展を図るためには、長期的視野に立ち、大学、学・協会等が協力してじっくりと若手研究者育成に取り組むことも必須と考える。

「省エネ・環境調和型半導体接続技術(超微細コアボール)の開発」成果報告

環境・プロセス研究部 加山恒夫

1 はじめに

本研究開発は平成15年度及び16年度に関東経済産業局地域新生コンソーシアム研究開発事業として採択されたものである。この研究開発プロジェクトの特徴は、関東南部の一都三県に位置する企業と大学・研究機関との有機的な産学連携にある(図-1及び図-2)。そしてこの密接な連携により、わが国の高度情報化社会の構築に寄与する新たな産業の創出と、関連事業の振興による地域社会の活性化を目指したものである。その内容と成果の概要を以下に述べる。

2 研究開発の背景と目的

携帯電話、モバイルPC等の増加に伴い、半導体チップは一層の小型化とさらなる高機能化が求められるようになってきた。その結果半導体チップの実装形態は、はんだボールを接続材料としたBGA(Ball Grid Array)が主流になりつつある。そして今後さらに高速化高密度化が要求されていくことは間違いないが、一方で従来のはんだボールを用いた接続では次のような問題が生じてくることが判明した。

入出力端子増加に伴う電極の狭ピッチ化で、隣接するはんだボールが接触し短絡する(図-3)。

高機能化に伴い半導体チップの発熱が増大するが、はんだボールの熱伝導性が悪く、放熱による冷却が不十分となる。

はんだは電気抵抗が高いため、はんだボールによる接続では高速化に伴う高周波対応が不可能である。

はんだの原料である鉛に起因する環境問題が発生する。

これらの問題を解決するために、高熱伝導率・低電気抵抗の銅(Cu)をコアとして、表面に低融点かつ接合性に優れた鉛フリーはんだコーティングを施したマイクロCuコアボールを提供することを考えた。そして種々の検討の結果、Cuコアボールを100μm程度の微細粒にしても、高密度・省エネ接続ができることを見出した。その概念を図-4に示す。

一方、日々進化・発展を続ける半導体の世界では、一步先を見越した部材最適化の追求と、変化への柔軟な対応が求められている。すなわち、ボール接続の場合にはボール径や接続金属の多様性が求められることになり、これに対応できる製造技術が必要である。

ここで大きくクローズアップされるのは、製造コストの問題である。いかに良い製品でもコストがかかり価格が高くなれば、ユーザーに広く受け入れてもらえないことは明らかである。高品質で安価な製品を大量に製造できる製造技術の開発が極めて重要である。

以上のことから本研究開発では、次世代高性能小型デバイスで必要となる高性能接続材料の最適デザインを明確化するとともに、環境問題にも対応したマイクロCuコアボールを安価に提供できる一貫製造技術の確立を目指した。

3 研究開発成果の概要

異種金属をコアとして使用するマイクロCuコアボールを製造する従来の手法は、ベアリング研磨方式でコアとなる微小ボールを作製後、長時間のメッキ処理20時

間を経て、厚メッキコーティングするものであった。また、コア金属に直接はんだメッキするため、コア金属成分のはんだメッキ層への拡散に起因する低接合信頼性の問題があった。本研究開発ではこれらの問題を克服し、従来プロセスとは抜本的に異なる画期的なマイクロCuコアボール製造プロセスの開発を行った。プロセスの概略を図-5に示す。

このプロセスの柱となる基幹技術(1)~(3)について述べる。

(1)均一液滴振動造粒法(UDS)による連続Cuコアボール製造技術

300μm以下の微細なCuボールを要望に応じた直径で精度良く、効率的に、大量生産する技術の開発を行った。

高温UDS装置試作：低融点金属用に開発されたUDS装置の高生産性に着目し、これをCu等の高融点金属に適用できるように溶融金属との接触部等の改造を行った(図-6)。この試作装置を用いて、動作検証及び最適動作条件等の抽出を行ってきた。その結果から実用化時における装置設計指針のとりまとめを行った。

原材料中介在物除去：さらに高温UDS装置による長時間連続ボール製造のネックとなる溶融金属中介在物の除去技術も検討し、高温UDS装置の最適運転条件を選定した。

製造した微細コアボールの評価：従来のはんだを用いた選別技術とは全く異なる高効率選別技術として、ロール選別装置による製造球径分布評価を行った。その結果、この方式が高精度・高効率ボール選別技術であることを確認し、大量生産に対応できる設備仕様を明らかにした。

(2)Cuコアボール上へのバリアメタル処理技術

微細なCuコアボール表面に実装時の接続金属であるはんだをコーティングするが、この際に重要なポイントは、Cu成分がはんだ層に拡散し接続機能を劣化させることのないようにCuボールとはんだ層の間に適切なバリアメタル層を形成させることと、環境に付加を与えない

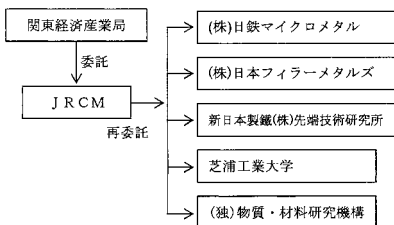


図-1 研究開発実行体制



図-2 研究開発実行企業と研究機関

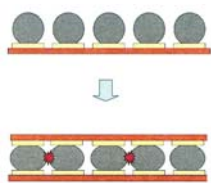


図 - 3 従来はんだボールの問題点(変形・接触)

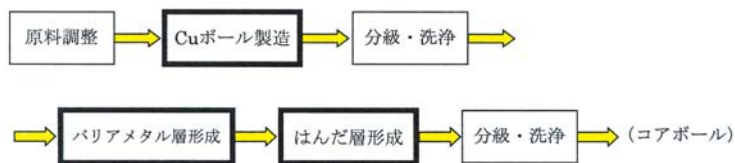


図 - 5 マイクロCuコアボール製造プロセス

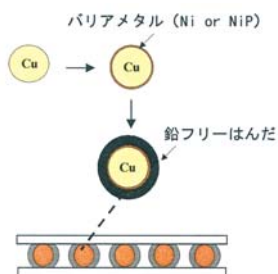


図 - 4 マイクロCuコアボールの概念

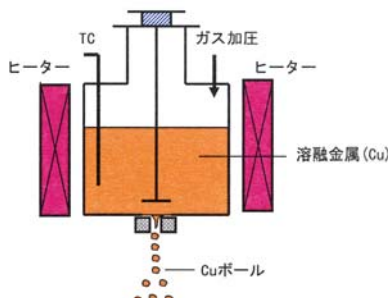


図 - 6 UDS法によるCuコアボール製造概念

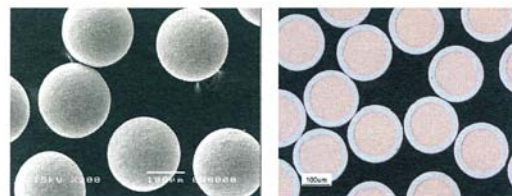


図 - 7 製造されたマイクロCuコアボール

最適な鉛フリーはんだをコーティングすることである。

最適バリアメタル厚さの調査及び評価：Cuコアボールにおけるバリアメタル種評価、バリアメタル厚さ評価等を実施し、バリアメタルの有効性を確認した。また、これらのバリアメタルを用いた実装基板へのリフロー接続、高温放置エージング評価等によってコアメタル拡散評価を実施した。具体的には、回転パレルコーティング処理によってCuにNi等の金属を数 $\mu\text{m}$ 程度に薄くコーティングし、加熱処理におけるコアメタル拡散を抑制する機能発現性評価を行った。さらに、CuコアボールにNi-P無電界プレATING、Ni電界プレATING等を実施し、その接合後の機械的接合信頼性評価を行った。これらの評価結果から最適バリアメタル種、最適バリアメタル厚さ等の選定を行った。

最適鉛フリーはんだ成分の選定：Cuコアボールに適用できる可能性のある鉛フリーはんだ合金成分の調査、並びには

んだボールユーザーの使用動向調査等を実施した。その結果をふまえて、Cuコアボールに最適な鉛フリーはんだ成分の絞り込みを実施した。

Cuコアボールの接合信頼性評価：シエラ強度、プル強度等の機械的接合特性評価を行った。また、従来の熱サイクルテストによる接合信頼性評価では、歪量を変えることができないため、各種疲労モードに対応した信頼性評価としてせん断疲労試験（スプリットボード試験）評価を実施し、各歪量に応じた疲労評価結果の一般鉛フリーはんだボールとの比較を行った。

### (3) 鉛フリーはんだコーティング後溶融球状化処理連続製造技術

はんだペースト選定評価：はんだペーストのコーティング特性が良好でペースト塗布を連続して、かつ効率良く行えるようなはんだペーストを選定するために、はんだ粉末とフラックス成分の組み合わせを検討した。既存ディスペンサー装置、既存スクリーン印刷装置を用いた

評価を実施し、コーティング方式を選定した。

以上の三大製造基幹技術の研究開発に加えていくつかの周辺技術開発により、図-7に示すような、良好なマイクロCuコアボールを製造できる一貫製造プロセスを開発した。さらに高品質のマイクロCuコアボールを一層安価に提供できるように、技術のブラッシュアップに取り組んでいる。

## 4 おわりに

平成15、16年度の2年間、関東経済産業局地域新生コンソーシアム研究開発事業として本研究開発に取り組み、短期間で目標であるマイクロCuコアボール製造技術を確立した。そしてこの研究開発成果を事業化に結びつけるべく、本年3月に東京国際フォーラムで開催された「地域新産業創造フェア2005」において開発成果を展示発表した。今後も技術の改良に努め、一日も早く事業として成立させるよう努力していく所存である。



## 平成17年(2005年)の年間主要記事索引

### TODAY (巻頭言)

- エリマキトカゲとコイルばね 21ㄱ (1月)  
香川大学学長 木村好次
- 「衣食足りて、礼節を知る」 22ㄱ (2月)  
(独)交通安全環境研究所理事長 大橋徹郎
- 『愛・地球博 光未来展』に寄せて 22ㄱ (3月)  
照明デザイナー、光文化フォーラム代表 石井幹子
- 新たな脅威への対応 22ㄱ (4月)  
JRCM副理事長 大木和雄
- 知識の保持・帰属のあり方と発展性 22ㄱ (5月)  
東京大学名誉教授・JRCM特別研究員 木内 学
- 科学技術における費用と効果 22ㄱ (6月)  
(独)産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門研究部門長 横山 浩
- 理事長就任のご挨拶 22ㄱ (7月)  
JRCM理事長 奥村直樹
- 自動車リサイクルにおける『精緻な解体』とは? 22ㄱ (8月)  
九州大学附属図書館付記録資料館助教授 外川健一
- 科学技術研究開発におけるMaximumの研究と  
Minimumの研究 22ㄱ (9月)  
(独)産業技術総合研究所計測フロンティア研究部門  
水素脆化評価研究グループ長 横川清志
- 今こそ「材料への人材回帰」のチャンス 22ㄱ (10月)  
京都大学大学院工学研究科教授 村上正紀
- 鉄鋼業 技術レベル世界トップの平和産業 22ㄱ (11月)  
京都大学エネルギー科学研究科教授 岩瀬正則
- マグネシウム合金が環境に優しい材料に成りえるには 23ㄱ (12月)  
長岡技術科学大学機械系教授 鎌土重晴

### JRCM REPORT

- 「低摩擦損失高効率駆動機器のための材料表面制御  
技術の開発」中間報告 21ㄱ (1月)  
非鉄材料研究部 武村 厚
- 「自動車軽量化のためのアルミニウム合金高度加工・  
形成技術の開発」プロジェクト中間報告 22ㄱ (2月)  
非鉄材料研究部 小林 浩
- 「精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術」プロジェクト中間報告 22ㄱ (3月)  
非鉄材料研究部 草尾 幹
- 平成17年度JRCM事業計画及び収支予算(概要) 22ㄱ (4月)
- 「環境調和型超微細粒鋼創製基盤技術の開発( PROTEUS)」  
プロジェクト中間報告 22ㄱ (5月)  
鉄鋼材料研究部 城田良康
- 「機械システムナノテクノロジー・ビジネス化促進に関する調査研究」成果報告 22ㄱ (6月)  
産学官連携グループ 松本信吾
- 平成16年度事業報告(概要) 22ㄱ (7月)
- 「自動車リサイクルに係る最適解体システム等に関する調査研究」報告 22ㄱ (8月)  
環境・プロセス研究部 桜木晶夫
- 「水素安全利用等基盤技術開発-水素に関する共通基盤技術開発-  
水素用材料基礎物性の研究」成果報告 22ㄱ (9月)  
環境・プロセス研究部 田村元紀
- 「ナノメタル技術 実用金属材料分野ナノメタル技術開発」中間報告 22ㄱ (10月)  
非鉄材料研究部 有我誠芳
- 「省エネルギー型金属ガス回収技術の実用化開発」進捗状況中間報告 22ㄱ (11月)  
環境・プロセス研究部 古川 武
- 「省エネ・環境調和型半導体接続技術(超微細コアボール)の開発」成果報告 23ㄱ (12月)  
環境・プロセス研究部 加山恒夫

『JRCM NEWS』はホームページにpdfファイルで掲載しております。ぜひご覧ください。(URL <http://www.jrcm.or.jp/>)

The Japan Research and Development Center for Metals  
JRCM NEWS / 第230号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM 総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複写・複製・転載することを禁じます。

発行 2005年12月1日  
発行人 小島 彰  
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター  
〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階  
TEL (03) 3592-128ㄱ(代)/FAX (03) 3592-1285  
ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>  
E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)