

TODAY

日本と素材技術の未来を考える



経済産業省製造産業局製鉄企画室長

立石 譲二

今年7月に2年の内閣官房勤めを終え5年ぶりに本省（経済産業省）に復帰し、製鉄企画室長を拝命することになった。専門は情報工学なので鉄鋼分野は初めての経験だが、前回の製造産業局勤務では繊維企画官として繊維素材の技術戦略策定を担当したので、素材分野は2度目である。素材は日本の工業製品の国際競争力の源泉でありながら、最終ユーザーからは見えない地味な存在であるところは繊維も今担当している鉄鋼も同様である。

しかも、最近の素材産業の底力はこうした先端工業製品に対してだけでなく、その製造工程における省エネルギーや今後の循環型社会形成に不可欠の役割を果たそうとしている。素材の利用業界も含めて、こうした点をもっともっと理解してもらおう努力が必要だと思う。

私は時々、この日本が自分の子供や孫が現役で働く時代に何で食っていく国になっているのだろうかと思うことがある。これは全く個人的な見解だが、いつも同じ結論にたどり着く。日本は世界に冠たる「環境・省エネ技術大国」として食っていくしかない。天然資源もない、高齢化が進み働く人口も少ない、食料も自給できない、こんな経済成長にとっての三重苦のような条件のもとでどうやってこの国が成長を続けられるかといえば、これまで愚直なまでに研究開発に取り組んできた省エネ・環境に関する技術やノウハウという知的資産を商品（ビジネス）化していくしかない。また、そのことが世界全体の反映と平和に貢献していくことにもなる。

かつて工業技術院で国際研究協力を担当していた時、石炭液化や資源再利用に関する（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構の多くの実証事業について、当時のエ

ネルギー価格を引き合いにして「実用化にほど遠い」と酷評する人たちがいた。もちろん、当時のそうした人々は原油が1バレル80米ドルを超える時代が来るなどとは想像だにしなかったに違いない。このようかつては「起こりえない状況」が出現した結果、過去に実施した実証試験の中には採算ラインに乗ってくるものがいくつも出てきているはずである。こんな研究は当時、欧米をはじめエネルギーが豊富な国では、よほどの物好きでもいなければ行っておらず、日本でしか行われてこなかったものばかりである。未来を考える際には、こうした過去の研究資産にも一度目を向けてみるべきである。

さて、このように今後の日本が省エネと環境技術で生きていくとした場合、日本の素材産業はどう立ち回ればいいのか。世界的にも先端をいく日本の鉄鋼素材の技術的な競争優位は、自動車メーカーを代表する需要産業との密接な協力関係のもとに次々に新商品を開発する体制を整えてきたことと、高品質な製品を安定的に製造するための「品質工程設計」という摺り合わせを行ってきたことを通じて実現してきた。これからも資源小国である日本、そしてその国の鉄鋼素材が世界の先端を走り続け、人類社会の豊かさと地球環境の保全を両立に貢献していくためには、こうした「強み」を維持・発展させていくことが何より重要である。

その意味で足下の状況を見てみると、自動車や部品メーカーの多くは中国をはじめアジアの国々に製造拠点を移し、日本の素材メーカーにも日本と同じ製造拠点の進出を期待しているらしい。また、これまで国内技術を牽引してきた金属冶金や金属工学の学部や学生数が減少する一方で、各社のこの分野の現役世代の大量定年退職が始まるという。これまで鉄鋼産業は長い冬の時代を経験し新規採用を抑制してきたため、こうした大量退職者からの技術継承も困難に直面しているという話もある。

北欧の諺に「誰もが心配することほど誰かが対策を考えてくれると放置しがちだ」というのががあるが、日本の鉄鋼業界はそんなことはないと思っているし、政府の一員としてもこれを機会に何ができるかを真剣に考えていきたいと思う。

「難加工マグネシウム合金大型板材の高効率量産プレス成形金型に関する研究開発」成果報告

非鉄材料研究部 松本信吾(現：新日鉱テクノロジー(株))

1 はじめに

本事業は日本版SBIR(中小企業技術革新制度)の一環として、中小企業の技術力・国際競争力を強化し、わが国の製造業全体の国際競争力の優位性を高め、わが国の経済活性化につなげるために、国の提示した金型分野とロボット部品分野について、中小企業・ユーザー企業・大学等からなる共同研究体からの優れた提案について(独)中小企業整備基盤機構が研究開発を委託したものである。

当センターは管理法人として、平成15年から17年まで本事業を効率的に管理運営し、当初目標を上回る成果を収めることができたので、その概要について報告する。なお、参加企業及び大学は(株)ツバメックス、サンライズ工業(株)、(株)不二越、長岡技術科学大学である。

2 事業の背景・目的

マグネシウム合金はリサイクル性に優れ、高強度・高剛性を有することから、携帯用家電製品への応用が増えている。今後、壁掛けをも視野に入れた薄型軽量化が指向されているプラズマディスプレイ及び大型液晶ディスプレイは大幅な需要が見込まれ、さらには京都議定書の発効とともに、欧米をはじめとして、国内でもすでに自動車の軽量化を目指したマグネシウム合金プレス材の応用が検討されている。しかしながら、これらの部材製造にはかな



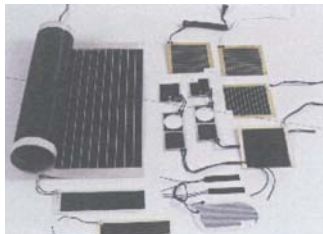
図-1 ボンネットインナー、ブランク用フィルムヒーターの組み込み状況

りの大型金型を必要とし、マグネシウム合金のように温間プレス加工を必要とする場合、金型の加熱だけでも大電力とともに長時間を必要とする。

また、プレス加工には潤滑剤が必須であるが、製品表面に残留した場合の耐食性及び表面処理性の問題がある。マグネシウム合金製大型プレス部材を製造する場合、これらの問題解決が不可欠である。そこで、本事業では上記のような大型マグネシウム合金プレス部材の高効率生産技術を確立するため、金型の表面近傍のみの局部急速加熱を行うための新規フィルムヒーターの設計及び製造、無潤滑あるいはミニマム潤滑加工を可能にする金型への薄膜コーティング及びリコーティング技術に関する研究開発を行った。

3 研究開発成果の概要

本研究開発では、大型プラズマディスプレイのフレーム、自動車のボディパネル材等の大型部材の薄肉軽量化に対応可能なマグネシウム合金プレス部材の高効率製造技術を確立するために、(i)複雑形状及び曲面を有する大型金型の表面近傍、例えばコーナー部等の加熱を均一かつ効率良く加熱するためのフィルムヒーターの開発及びそれを既存の棒状カートリッジヒーター及び断熱材とともに組み込んだ金型設計・製作、(ii)ドライ・セミドライ加工(無潤滑、ミニマム潤滑加工)を可能にする金型への潤滑性及



フィルムヒーター(曲面形状にも対応可能)

び耐久性に優れた薄膜コーティング技術及びリコーティング技術の確立を目指した。

本事業の第一の特徴は、大型プレス部品製造に際して、マグネシウム合金板と接触する金型表面近傍のみを効率良く均一に加熱するため、複雑な金型形状にも対応可能で高容量のフィルムヒーター及びその制御システムを開発するとともに、単純形状部分には従来から使用されているカートリッジヒーターを併用する点にある。

さらには、できる限り金型表面近傍のみに熱が集中するように、セラミックス等の断熱材をヒーター下部に配置するとともに、伝熱シミュレーション技術を確立し、金型及び製品の熱膨張・熱収縮量の推定による製品寸法精度の向上、ヒーター及び断熱材位置の最適化、金型表面からの放熱、熱伝導によるプレス機械への熱の放散を最小限にとどめる技術を開発することとした。

自動車のボンネット等を想定した実用大型金型に対し、局部加熱ヒーターシステムの開発、耐久性に富む潤滑性薄膜のコーティング条件の把握、局部加熱・潤滑条件が最適化された複雑形状大型金型の設計・試作及び材料組織を考慮したプレス成形条件の最適化、ヒーター、潤滑の耐久性を極める量産技術の確立を目標とした。

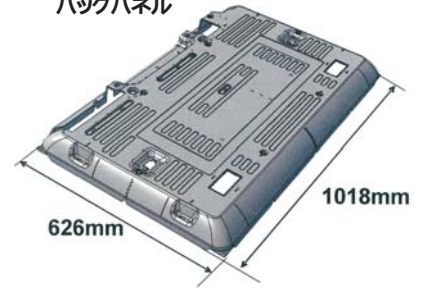
その結果、

フィルムヒーターについては、使用時の環境、金型形状、制御センサー位置、ヒーター形状及びプレス本体等の諸条件により、昇温特性結果が異なるので、最適熱量についても追究した。一方では、金型熱膨張によるヒーターの破損が発生したが、対策としては、熱膨張の影響を減らすようにヒーターを小分けしたカートリッジ式フィルムヒーターの規格化及び温度制御装置を含めたモジュール化を図り、汎用性の

マグネシウム合金製
ブリーフケース



プラズマディスプレイ
バックパネル



自動車大型ボンネットパネル

図-2 本プロジェクトで成功したマグネシウムプレス成形品

ある定規格品（ユニット化）にするとともに、発熱体をSUS箔抵抗体からFe-Cr線抵抗体へ変更したことにより大幅なコスト改善を達成することができた（図-1）

また、プレス成形試験の結果、実用化のためには寸法精度等を含めた製品品質、コスト、作業性、材料入手等に関し、新たな多くの問題点が提起された。そのため、実際により近い金型形状の熱伝導及び熱膨張及び熱収縮を考慮したシミュレーション解析を行い、金型に挿入する面状ヒーターの最適位置、加熱量等の最適条件を検討した。

については超マイクロプラスト処理を付与したDLCコーティングにより、金型温度が240～270 のとき、少量の潤滑剤でもテフロンシートと同程度の限界絞り比を達成することができた。今後は、一層の耐久性確保のために中間層及び処理温度の最適化を図るとともに、これらの薄膜コーティングに適した潤滑剤を選定することとしている。リコーティング技術については、すでに工具等で実施されているショットプラストによるコーティング薄膜の剥離及びリコーティング技術の横展開を行い、最適な処理技術を選定した。

上記局部加熱・潤滑条件が最適化された複雑形状大型金型の設計・試作及び材料組織を考慮したプレス成形条件を最適化した。その結果、各ヒーターをシミュレーション等により金型上に最適な温度分布になるように配置した。金型昇温に当たっては各ヒーター

部の温度を常時監視し、金型全体がほぼ均一に温度上昇するように自動化した。これにより目標の300 まで1時間以内という目標を達成するとともに、局所過熱を防止することができ、88ユニットのヒーターの断線は皆無であった。

マグネシウム合金圧延素材については、有限要素法を用いたシミュレーションにより、材料のもつ異方性を考慮した解析を行うことができた。さらに実験型を用いたサーボ油圧式プレス機により材料組織及びプレス成形条件と成形性との関連を詳細に調べ、より低温でプレス成形可能な最適組織を有する素材を提示することができた。

金型を組み込んだヒーターシステム、潤滑の耐久性を見極めるため、本の乗のプレス、打ち抜き成形試験を2万5千回実施した。形状劣化は認められず、DLCコーティングの有効性が立証できた。

4 事業化計画について

本研究成果が実用化されると、軽量かつ複雑形状の薄肉大型マグネシウム合金プレス部品を低コストで製造することが可能となる。また、ドライ加工あるいはセミドライ加工が可能となり、作業環境が改善されるだけでなく、成形加工後のプラスト処理等の後処理が軽減され、かつ表面処理が容易となり、大きなコストメリットが生ずる。大型薄型テレビの筐体の素材として、プラスチックから耐燃性・高級感の高いマグネシウム合金を応用すれば、軽

量の壁掛けテレビの普及が加速することとなる。2002年度の電子情報技術産業協会のデータを用い、プラズマディスプレイ及び液晶ディスプレイの生産台数と伸び率から、マグネシウム製品のシェアを30%と仮定すると、事業終了3年後の2008年には270億円の市場規模が予測される。

一方、地球環境問題から、燃費向上のため、自動車の軽量化は大きな課題である。エンジン周り部品が直近の課題となっており、国内自動車メーカーも積極的な使用を考えている。欧米ではさらなる先を見通し、ボディパネル材への応用を考えている。ドイツは積極的で、鉄鋼会社がマグネシウム圧延材の研究開発を進めている。マグネシウムを使用したフォルクスワーゲン社のコンセプトカーが110km/ℓの燃費を達成している。国内でも高級車をはじめとした応用展開が予想される。日本自動車工業会の統計データからパネル材へのマグネシウムのシェア15%を仮定すると、2008年度には220億円の市場規模となる。家電製品と自動車部品に参入できれば、新市場開発、環境問題軽減という波及効果が期待される。

市場が大きければ、反面リスクも大きく、事業化には慎重に取り組みたい。初年度の成果として、A3サイズのブリーフケース（単純形状中型金型）の製品化に成功した。2年目はプラズマディスプレイ等の筐体の製作に成功した。最終年度は自動車の大型ボンネットパネルのプレス成形に成功した（図-2）。今後はこれらの製品に対する市場の反

応を見ながら、大型製品に対する市場化を模索する。

市場化に付随する大きな課題は、当プロジェクトでの技術の中流とすると、上流の板材の供給と下流の表面処理技術の進展の程度である。特に板材の供給に関しては問題が多く、1m巾以上の圧延板の供給先は世界的に限定され、価格も格段に高い。広幅材製造技術の研究が今後進展して、国内で広幅板材の供給が可能となれば、事業化に大きな力となる。

5 おわりに

マグネシウム合金はリサイクル性に優れ、軽量で高強度・高剛性を有しており、現状のパソコンケースや携帯電

話を超えた家電・自動車製品等の大型部品への展開が期待されている。マグネシウム合金を成形する場合、一般的にダイカストやチクソモールディングのような溶融加工法が用いられているが、表面欠陥が生じやすく、長尺薄肉化が困難という欠点がある。

一方、塑性加工においては、マグネシウム合金はその結晶構造のため、冷間加工性が悪く、300 程度に加熱した温間加工が必要である。プレス加工用大型金型の加熱は、大電力とともに長時間を要する。また、プレス加工には潤滑剤が必須であるが、製品表面に残留した場合の耐食性及び表面処理性が課題となる。大型薄型テレビ外枠、自動車のボディパネル材を想定した大

型部品の薄肉軽量化に対応可能なマグネシウム合金部品の高効率プレス成形金型技術の確立を目指した。

そこで、所定の温度まで1時間以内の加熱が可能で、1万ショットの耐久性を有する局部加熱ヒーターシステムの開発及びそれを可能とする金型設計。

無潤滑あるいは最少量の潤滑剤で1万ショットの耐久性をもつ薄膜コーティング技術の確立。以上の技術を基礎に複雑形状大型マグネシウム部材として自動車ボンネットインナーパネル(1,437mm×1,250mm)のプレス成形を最初のプレスから成功させることができた。今後はマグネシウムの安価な大型素材の供給問題もあるが、事業化に向けた積極的な展開を図ることとしている。

日本アルミニウム協会技術講習会

平成18年度「自動車のアルミ化技術講習会」

主 催：(社)日本アルミニウム協会、自動車アルミ化委員会

日 時：平成18年12月1日(金) 10:00~17:00

場 所：アルカディア市ヶ谷(私学会館)

東京都千代田区九段北4-2-25

申込先：(社)日本アルミニウム協会 担当 上田、河野

〒104-0061 東京都中央区銀座4-2-15 塚本素山ビル

TEL：03-3538-0221 FAX：03-3538-0233

自動車アルミ化委員会ホームページでもご案内しております。

<http://www.aluminum.or.jp/jidosya/japanese/>

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS / 第241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 2006年11月1日

発行人 小紫正樹

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)3592-1282(代)/FAX (03)3592-1285

ホームページURL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail jrcm@oak.ocn.ne.jp