

マグネシウム合金の高強度表面改質技術の開発(Ⅱ)

加工技術課 山岸英樹 土肥義治 氷見清和 藤城敏史

株式会社 高松メッキ 能登谷久公

1. 緒言

マグネシウム合金は、実用金属材料の中では最も軽く、比強度および比剛性に優れた材料である。そのため、軽量化が要求される家電製品筐体、自動車部品や航空宇宙機器などへの適用が進みつつある。しかし、マグネシウムは電気化学的に非常に卑な金属であるため、異種金属との接触腐食が起きやすく、酸や塩類の雰囲気でも耐食性は劣る。さらに、耐磨耗性や耐熱性にも劣る欠点がある。

そこで、本研究では、既存のマグネシウム合金に対して、新たな表面機能を付与する高強度表面改質技術の開発につき検討した。

2. 実験方法

マグネシウム合金 AZ31 押出材 (50×50×6mm) に純アルミニウム粉末 (純度 99.9%、粒度 53-106 μm) をプラズマ溶射装置によりコーティングし (皮膜厚さ 100~750 μm)、その表面に炭酸ガスレーザー装置により高密度エネルギーを付加することで溶融合金化した。さらに耐食性を向上させるための下地処理として、無電解 Ni メッキを実施した。本プロセスにおいて、溶射条件、レーザー加工条件が改質層に及ぼす影響、およびメッキ皮膜品質を検討した。

3. 実験結果及び考察

3.1 プラズマ溶射

図 1 にそれぞれの溶射距離における溶射ガン送り速度と溶射皮膜厚さの関係を示す。溶射皮膜厚さは溶射距離にかかわらず、溶射ガン送り速度が 50mm/sec 付近を下回ると急激に増加する傾向を示した。

また図 2 に溶射皮膜 (厚さ約 300 μm) の断面を示す。溶射層表面は溶射距離により若干差が見られるが、内部、および界面に関しては両者に目立った差は無く、溶射距離に対しての裕度は比較的大きいことが分かる。このことから溶射皮膜品質の制御は溶射ガンの送り速

度を管理することが特に重要であると言える。なお溶射距離 80mm において、溶射ガン送り速度が 50mm/sec を下回った場合は発火した。

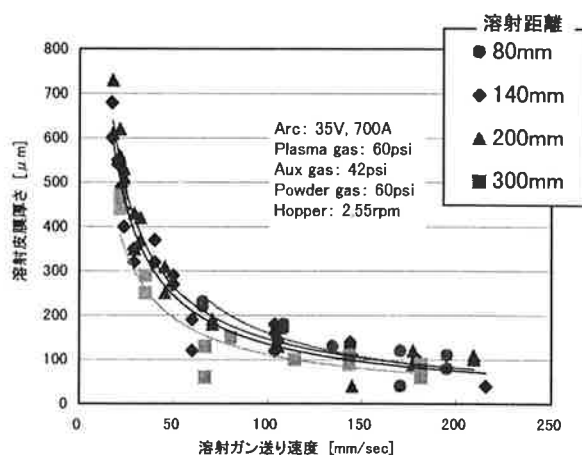


図 1 溶射ガン送り速度と溶射皮膜厚さ

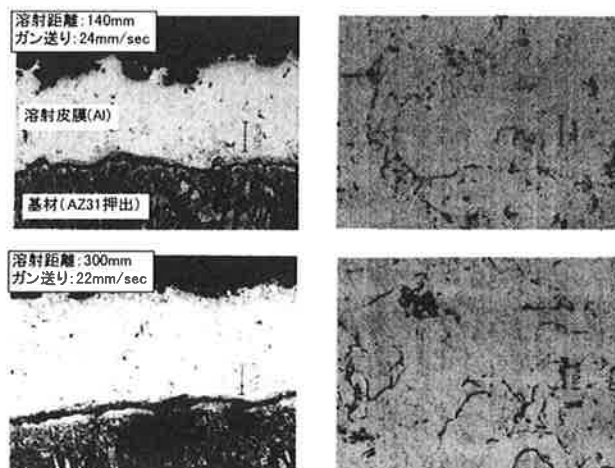


図 2 溶射距離と溶射皮膜品質

3.2 レーザアロイング

図 3 に溶射皮膜厚さおよびレーザー加工条件に対する改質層の外観品質結果を示す。また図 4 に溶射皮膜厚さに対する改質層のビッカース硬さ (表面から 1mm 位置) を示す。

改質層の外観品質は図 3 に示すとおり、溶射皮膜が薄いと反射しやすく、また厚くなるとレーザー加工条件

にかかわらず軒並み悪くなる傾向にあった。この要因として、表面の溶射皮膜が厚い場合は、その皮膜の表面粗さがより悪く、ビームは吸収されやすくなるが、一方で表面に高輝度プラズマを大量に生成し、プラズマによるビームの吸収・錯乱などが溶融部に対する安定したエネルギー供給を妨げるためと考えられる。これには焦点外し距離(Ddf)の調整、またプラズマ除去をねらったサイドガスが有効だと思われる。

改質層の硬さについては図4に示すとおり、溶射皮膜厚さが増すとともに上昇する傾向が見られた。またその最硬部は230HV程度まで上昇していることを確認した。

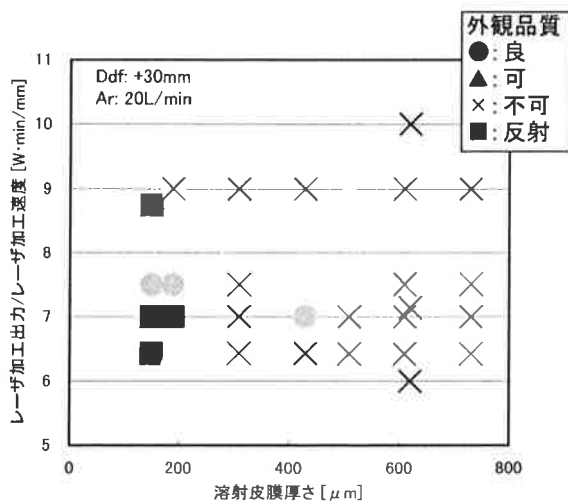


図3 加工条件と改質層外観品質

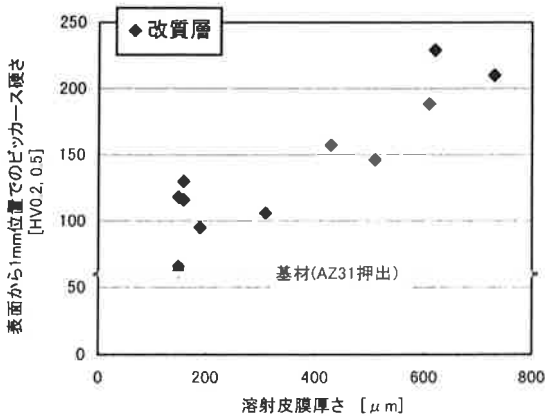


図4 溶射皮膜厚さと改質層ビッカース硬さ

図5-1に良好な外観品質であった試料(溶射皮膜厚さ:約150μm)のマクロ断面におけるX線マイクロアナライザー(EPMA)を用いた元素マッピング結果を示す。溶融部と基材の境界および中央でアルミニウム濃度が

高くなっており、レーザ入熱による溶射皮膜の溶け込み挙動、また内部の対流の様子が推察できる。また昨年度の研究(平成15年度中小企業産業技術研究開発により実施)において得られたアルミニウム含有率と硬さの相関データより、内部の硬さ分布についてもこの元素マッピングの結果より推定することが可能である。

図5-2に図5-1中A~C点のミクロ断面における元素マッピング結果を示す。(分析エリア:100×100μm)なお、改質部は表面から溶融境界部付近までのほぼ全面にわたり亜共晶組織が分布している。また溶融境界部(図5-1:C点)ではデンドライト状組織が観察され、一部溶融境界部付近において金属間化合物とみられる塊状の晶出物も観察される。またその晶出物のまわりには共晶組織が観察される。

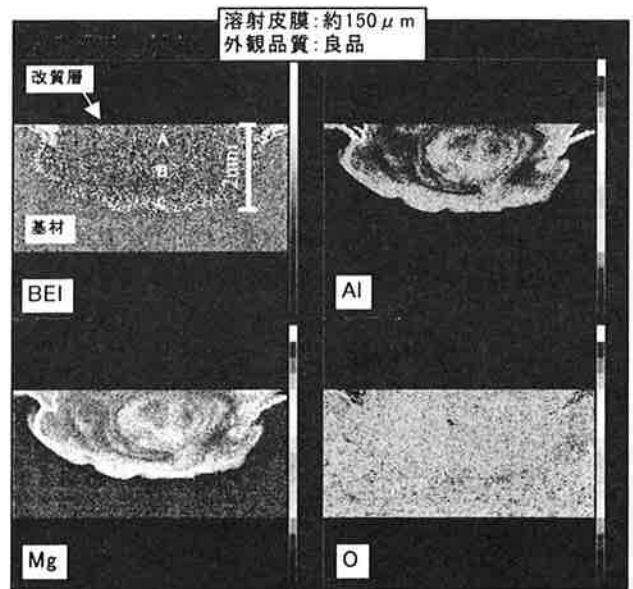


図5-1 EPMAによる改質層断面元素マッピング(広域)

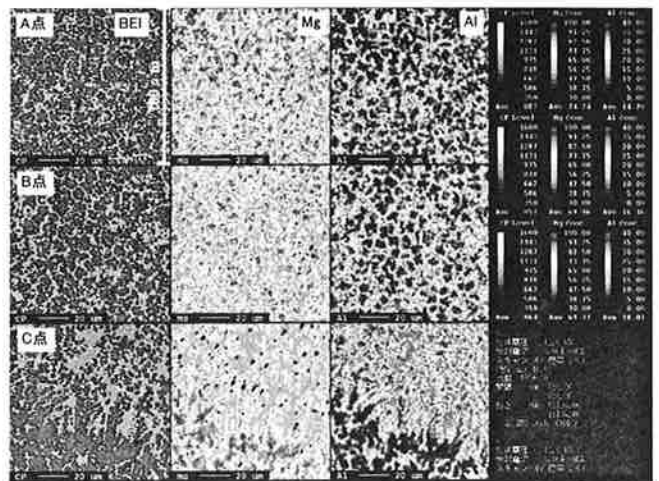


図5-2 EPMAによる改質層断面元素マッピング(詳細)

3.3 無電解Niメッキ

改質層の耐食性機能向上をねらい、その下地処理として無電解Niメッキ処理(メッキ厚さ:約5-10 μ m)を行った。その断面を図6に示す。

本メッキ処理は共同研究先である株式会社高松メッキにおいて実施した。これまでの研究成果より、AZ91などアルミニウム含有率が高いマグネシウム合金は、含有率の低いAZ31などに比べ無電解Niメッキ処理が容易であることが分かっている。今回メッキ処理を行った試料は表層のアルミニウム含有率が12~15wt%と高く、メッキ皮膜自体の形成は比較的容易であったが、組織の不均一性、および表面粗さの問題から(レーザーアロイング後の機械加工は未実施)基材に対するものと比較した場合、緻密性、膜厚の安定性に差が認められるものとなった。

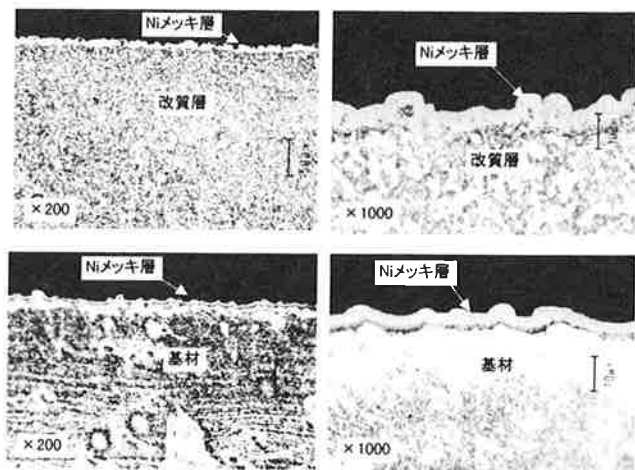


図6 Niメッキ皮膜断面

4. まとめ

プラズマ溶射装置を用いてマグネシウム合金にアルミニウムを皮膜した後、炭酸ガスレーザー装置を用いて溶融合金化することにより、マグネシウム合金表面に高硬度な改質層を形成した。また耐食性向上のため下地処理として、得られた改質層に無電解Niメッキを施した。その結果得られた知見は次のとおりである。

- (1) 溶射皮膜厚さはガン送り速度が一定速度を下回ると急激に上昇する。
- (2) 最適なレーザー加工条件は溶射皮膜厚さ毎に要求される。
- (3) 改質層の硬さは改質前の溶射皮膜厚さに比例し(改質部のアルミニウム含有量に支配される)最高で230HVまで上昇していることを確認した。
- (4) 改質層内部のアルミニウム濃度は溶融境界部および中央部において高く、またその硬さもアルミニウム濃度より推定できる。
- (5) 改質層に対する無電解Niメッキ皮膜は、基材に対するものと比較すると、現状では緻密性・厚みの均一性に劣る。

「参考文献」

平成15年度中小企業支援型研究開発事業「マグネシウム合金の高強度表面改質技術の開発」 成果報告書

キーワード: マグネシウム合金、アルミニウム、表面改質、レーザーアロイング、プラズマ溶射

SURFACE ALLOYING OF MAGNESIUM ALLOY

Processing Technology Section; Hideki YAMAGISHI, Yoshiharu DOI, Kiyokazu HIMI and Satoshi FUJIKI
TAKAMATSU MEKKI Corp.; Hisakimi NOTOYA

Last year, by laser alloying process after plasma spraying of aluminum on magnesium alloy (AZ31), we made it possible to make a homogeneous alloyed layer, which has good strength and abrasion resistance. In this following study, we looked closely into the relations between the thickness of the plasma spray coat, the processing conditions of laser and the hardness of the alloyed layer. Furthermore we did elementary analysis for this alloyed layer and treated electro-less nickel plating to step toward the practical use. This process would be applied for automobile parts, aerospace industries, housing of electrical goods, welfare vehicles and so on.