

アルミニウム合金への銅溶射

桑嶋孝幸*、高橋幾久雄**、太田利夫***

プラズマ溶射装置、高速ガス溶射装置、アーク溶射装置の3種類の装置により銅をアルミニウム合金基材表面に溶射し、密着力や皮膜組織などを調べた。X線回折の結果から、高速ガス溶射皮膜の酸化が少なかった。一方、組織は、プラズマ溶射、アーク溶射とも溶射皮膜特有のラメラ組織を示すが、高速ガス溶射皮膜は、半円状となっている。

キーワード：プラズマ溶射、高速ガス溶射、アーク溶射、銅溶射、皮膜組織

Copper Spraying on Aluminum Substrate

KUWASHIMA Takayuki, TAKAHASHI Ikuo and OHTA Toshio

Copper is sprayed on Aluminum substrate using plasma spraying, high velocity flame spraying and arc spraying and the adhesive strength and the coating microstructure are evaluated. From XRD test, the coating sprayed by high velocity flame spraying is oxidized slightly. The microstructures of coating sprayed by plasma spraying and arc spraying are lamella structure characterized thermal spray coating. But the coating structure sprayed high velocity flame spraying is like half-cycle structure.

key words: plasma spraying, high velocity flame spraying, arc spraying, copper coating, coating microstructure

1 結 言

溶射は、耐食性、耐熱性、耐摩耗性などを有する皮膜を各種材料表面にコーティングする技術として様々な分野で適応されている。最近では、今までの適用分野に加えて、半導体製造関連設備などをはじめとする、従来とは異なったアプリケーションへの適応が検討されている。

銅は他の金属材料に比較して電気伝導度、熱伝導度が高く、耐食性に優れ、塑性加工が容易なことから、電気工業をはじめとして様々な分野で適応されている。本研究では、新たなアプリケーションへの適用を検討するため、各溶射法による銅皮膜の性状を比較した。また、アーク溶射法では、溶射条件を変化させ、溶射条件の皮膜性状に及ぼす影響についても検討した。

2 実験方法

2-1 供試材

溶射材料は、スルザーメテコ社製とした。アーク溶射には直径1.6mm、純度99.8%銅のワイヤー状を、その他の溶射では、粒径15~45 μ m、純度99.5%銅の粉末状のものを使用した。金属基材は、A5056のアル

ミニウム合金基材で、長さ70mm、幅50mm、厚さ4.5mmの板状の試験片、また、密着力試験用として直径30mm、長さ40mmの円柱状試験片を使用した。

2-2 溶射方法

溶射装置は、アーク溶射にはスマートアーク溶射装置、HVOF (High Velocity Oxy-Fuel) 溶射にはダイヤモンドジェット溶射装置、プラズマ溶射には9MBプラズマ溶射装置のいずれもスルザーメテコ社製を使用した。また、溶射前処理として、金属基材表面をアルミナグリットでブラストを行い、粗面化、清浄化し、全溶射方法ともロボットによる自動方式で溶射した。

溶射条件を表1に示す。はじめに、溶射皮膜密着強度に及ぼす金属基材の予熱温度の影響を調べるためアーク溶射の標準条件の中間の値、溶射距離125mm、電圧28Vの条件において、予熱温度を325K、375Kの2水準で、溶射を行った。次に、溶射法による皮膜性状を比較するために、3種類の溶射法の標準条件で溶射を行い、溶射方法の違いによる基礎的な性状を調査した。また、アーク溶射では、溶射条件が皮

* 企画情報部 (現在 金属材料部)

** 金属材料部

*** (株) 釜石電機製作所

表1 溶射条件

No	溶射方法、条件				溶射材料	
	装置	電圧	溶射距離	予熱温度	形状	成分
1	アーク	30V	152mm	375K	φ 1.6mm ワイヤー状	Cu(99.8%)
2			102mm			
3		28V	125mm	323K		
4				375K		
5		26V	152mm			
6			102mm			
7	プラズマ				粒径 15~45 μm	Cu(99.5%)
8	HVOF				粉末状	

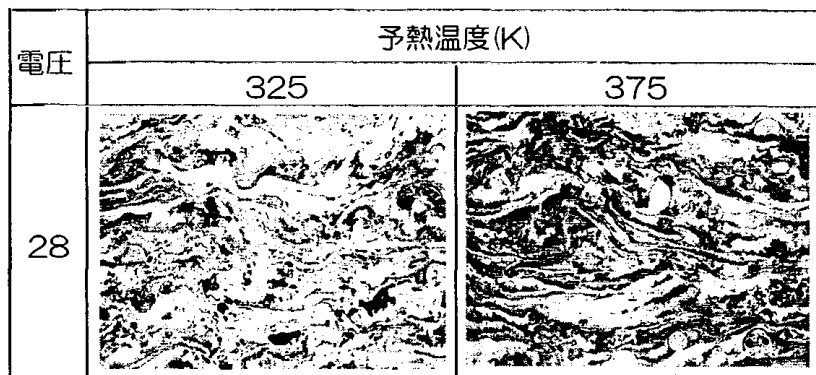


図1 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織 (アーク溶射)

100 μm

膜性状に与える影響を調べるため、溶射距離、電圧とも標準溶射条件範囲の下限値と上限値に設定し、溶射距離は102mm、152mmの2水準、電圧は26V、30Vの2水準とし、試験片を作成した。

3 実験結果及び考察

図1~3に溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織を示す。図1はアーク溶射において予熱温度を325Kと375Kに変化させて溶射した皮膜組織を示しているが、予熱温度が高い方が皮膜中の気孔が少なくなっている。これは予熱温度が高く、基材温度がある程度高い領域に保たれていると、溶射中、金属基材に衝突した溶射材料の熱損失が少なく、粒子が扁平に変形しやすいためであると考えられる。この結果を踏まえ、以後の溶射において、予熱温度はすべて375Kとした。

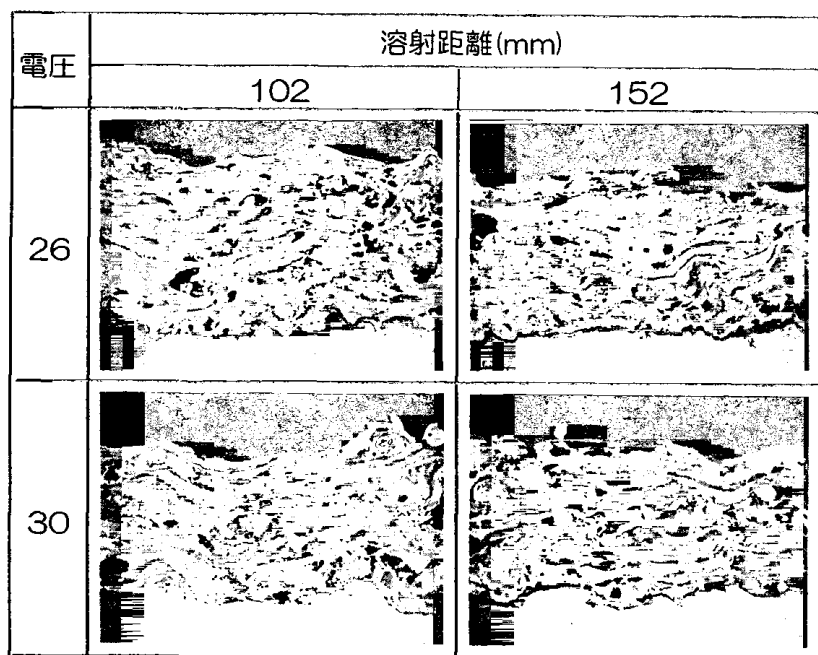


図2 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織 (アーク溶射)

100 μm

図2においてアーク溶射の溶射条件の違いによる組織への影響について注目すると、図1の条件の皮膜に比べ、気孔が多くなっているのが認められる。

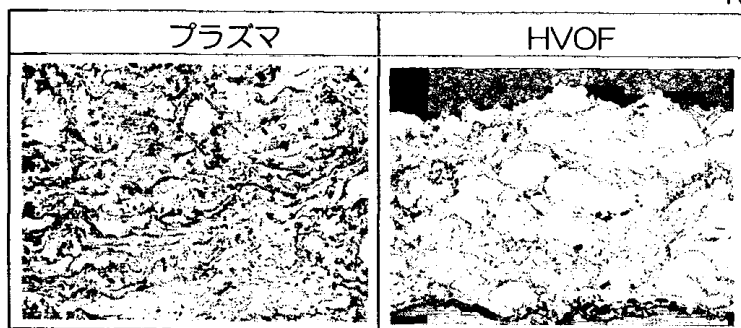


図3 溶射皮膜断面のレーザ顕微鏡組織 (プラズマ溶射、HVOF溶射)

100 μm

特に、30Vの皮膜の方が26Vの皮膜に比べ、皮膜の方が熔融状態が良く、気孔も少なくなっている。溶射距離102mmの皮膜は、熔融した溶射材料が十分な速度に達する前に金属基材に衝突したと思われ、逆に溶射距離152mmの皮膜は一度熔融した溶射材料の飛行距離が長い為、粒子の凝固が少し始まった状態で衝突したと思われる。

図3のプラズマ溶射皮膜では、高温のプラズマを熱源としているため溶射材料の銅がよく溶融し、アーク溶射皮膜に比べてラメラ組織が細かくなっている。また、HVOF溶射では、他の溶射方法よりも半溶融状態に加熱した溶射材料を高速に基材表面に吹き付ける方法であるため、半円状になった粒子が皮膜中に多数認められる。

図4に溶射皮膜の密着力を示す。プラズマ溶射皮膜の、密着力が著しく低い。これは、溶射材料の粒径が小さいため、粒子の酸化が進み、皮膜中の酸化物が多くなっているためであると思われる。HVOF溶射は、接着層破断であり、測定値より密着力が高いと考えられる。アーク溶射では溶射距離の影響は少なく、電圧30Vの皮膜が26Vの皮膜に比べ溶融状態がよく密着力が高い。また、図1のレーザ顕微鏡組織でも気孔が多く見られた予熱325Kの皮膜は、375Kの皮膜に比べて約半分の値になっている。

溶射皮膜のマイクロビッカース硬さを図5に示す。アーク溶射皮膜の方に注目すると、溶射距離152mmの方が102mmに比べ硬度が低くなっている。これは溶射距離が長くなり飛行時間も長くなるので溶融状態の溶射材料の凝固が始まり、粒子間の結合が低くなるためであると推定される。

溶射皮膜の表面粗さ測定結果を図6に示す。溶射材料が高温のプラズマ炎によって完全に溶融されるプラズマ溶射皮膜が最も滑らかになっている。また、アーク

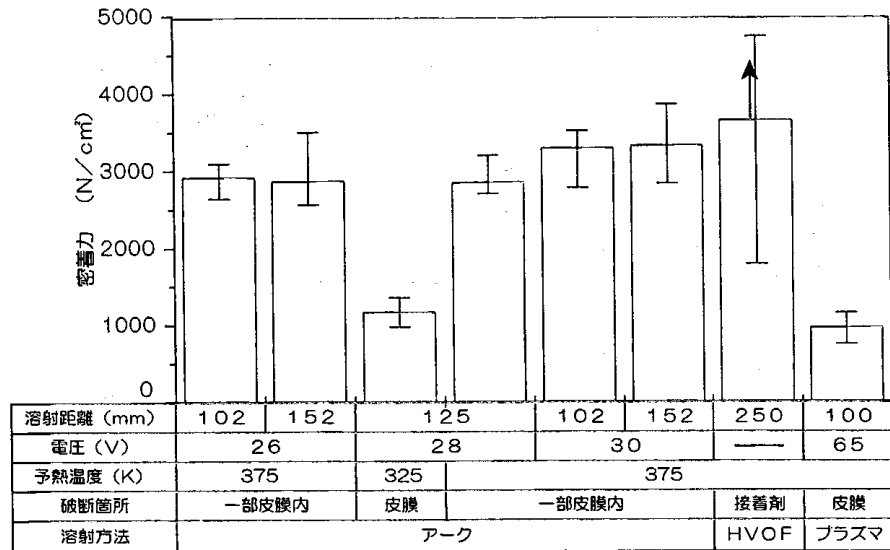


図4 溶射皮膜の密着力測定結果

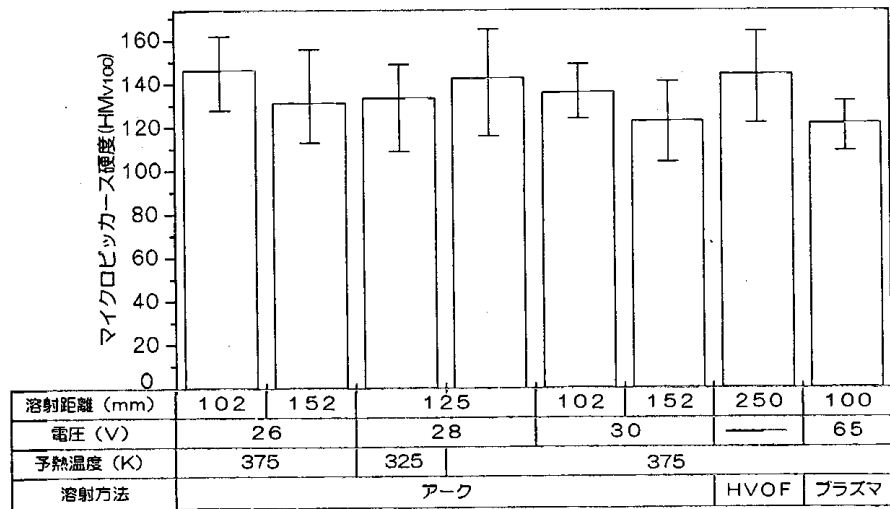


図5 溶射皮膜のマイクロビッカース硬さ測定結果

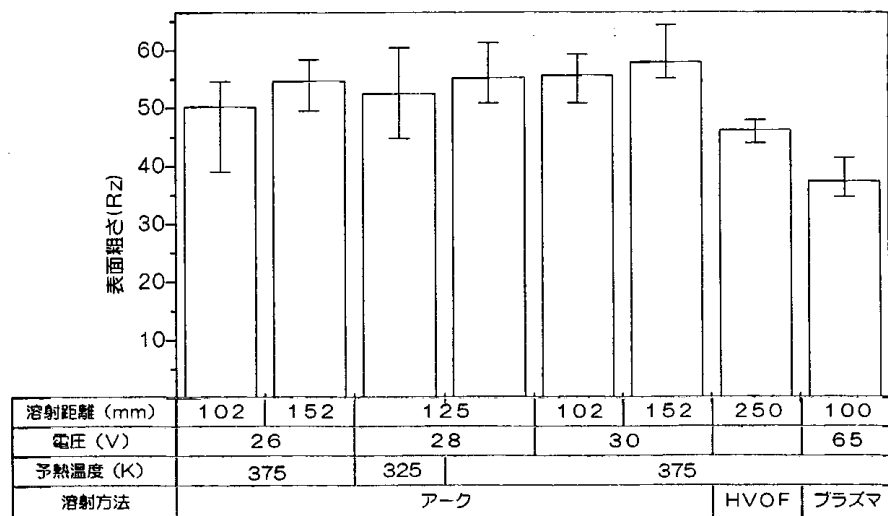


図6 溶射皮膜の表面粗さ測定結果

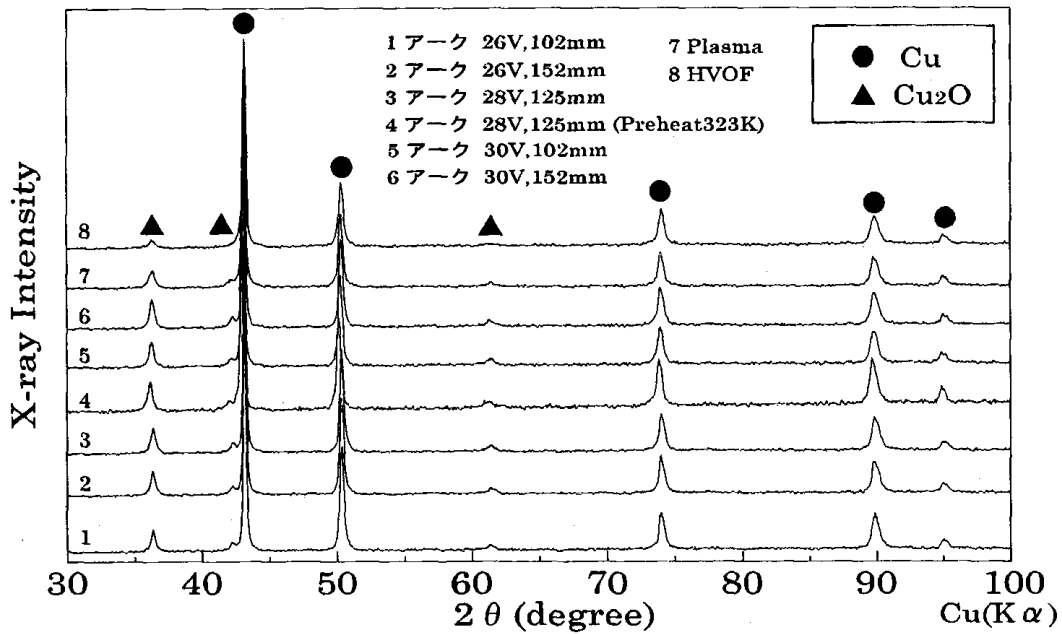


図7 溶射皮膜のX線回折結果

溶射皮膜に注目すると溶射距離152mmの皮膜が102mmの皮膜に比べわずかに粗くなっている。

図7に溶射皮膜のX線回折結果を示す。どの溶射皮膜においてもCuとCu₂Oのピークが認められる。しかし、レーザー顕微鏡組織で粒子の溶融があまり認められなかったHVOF溶射皮膜では、Cu₂Oのピークはあまり明瞭ではなく、他の溶射方法に比べて低い。これは、HVOF溶射では溶射粒子の運動エネルギーを高めて皮膜を形成するプロセスであり、溶射材料の溶融が他の溶射方法に比べ少なく、酸化が進まなかったためである。

4 結 言

- (1) アーク溶射において、金属基材の予熱温度375Kの皮膜は325Kの皮膜に比べ、気孔が少なく、密着力も高くなる。
- (2) 溶射距離を長くすると、溶射熱源によって溶融された溶射材料の状態が凝固方向に進んだ状態で粒子の

積層による皮膜が形成されるため、溶射皮膜の粒子間結合が悪くなる。

(3) アーク溶射において、アーク電圧を高くすると、溶融状態が良くなり、密着力が高くなる。また、HVOF溶射では、材料の酸化は他の溶射方法に比べて、少なく、溶射材料時の形状が多く残った状態で皮膜が形成される。

この研究は、平成10年度技術パイオニアORT研修事業で実施したものである。

文 献

- 1)溶射技術ハンドブック 日本溶射協会編,新技術開発センター
- 2)梶山正孝:非鉄金属材料,コロナ社