

溶射技術に関する研究

—プラズマ熱源による複合溶射法の検討—

機械金属部 瀬戸口正和, 浜石和人, 森田春美, 清藤純一

Study on Thermal Spraying

Masakazu SETOGUCHI, Kazuto HAMAISHI, Harumi MORITA and Jun'ichi KIYOFUJI

表面改質技術の一つであるプラズマ溶射法において、金属とセラミックスの複合膜の作成を目的として、粉末式に溶線式を併用したワイヤ・粉末併用溶射法の検討を行った。その結果、アルミニウムとチタニアの複合膜を作成することができた。また、ワイヤと粉末の混合スプレーを得るための適正条件を把握することができた。

1. はじめに

最近、機械および設備等の高機能化や高能率化のために作動条件がますます苛酷となりつつある。それとともに構成材料の性能向上が求められている。また、部品・部材の寿命の延長によって材料資源の節約をすることも重要である。いずれにおいても、材料表面の性質の向上によって、これらの要求に答えることができる場合が多い。

特に、表面改質技術は、表面を希望する性質に変えることを目的に新素材の開発が行われ、材料表面の複合化・高強度化・高機能化等新素材の創製開発が進められている。

中でも、溶射技術は、材料表面にのみある種の処理を施し全く異なる高機能を与え、材料表面を改質・改善する表面改質技術の一つで、装置の改良や溶射材料の開発により急速に普及・進歩している技術である。

高エネルギー密度の得られるプラズマジェットによる溶射法は、現在ではセラミックスあるいは高融点金属の溶射に広く用いられており、主に粉末式で行われているのが実情である。

本研究では、金属とセラミックスの複合膜の作成を目的として粉末式に溶線式を併用したワイヤ・

粉末併用溶射法について検討を行った。

2. 実験方法

実験は、粉末式プラズマ溶射装置にワイヤ送給装置を付加したもので図1に溶射ガンへのワイヤおよび粉末供給のセット状況を示す。

溶射材料として、工業用純アルミニウムのワイヤ (1.6mm^φ) とチタニアセラミックスの粉末 (20~53 μ m) を用い、表1に示す条件で溶射を行った。なお、ワイヤの供給は、均一なスプレー化が得られる条件¹⁾として、表2に示すとおりとし、これに粉末の送給条件を変えて同時供給することによ

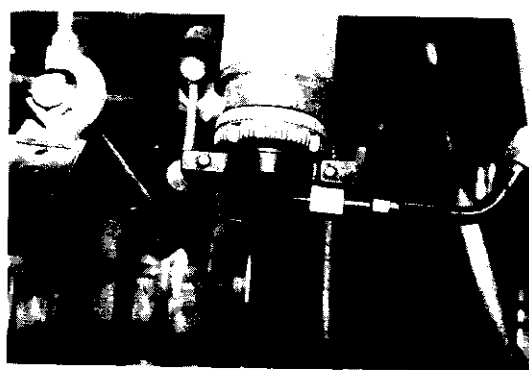


図1 ワイヤおよび粉末供給のセット状況

表1 溶射条件

プラズマ出力	27 kW	
ガス圧力	Ar	0.69 MPa (7 kg/cm ²)
	H ₂	0.34 MPa (3.5 kg/cm ²)
ガス流量	Ar	80 l/min
	H ₂	15 l/min
溶射材料	ワイヤ	工業用純アルミニウム(2S, 99.5%) 1.6 mm ^φ
	粉末	チタニアセラミックス 20~53 μm
ワイヤ・粉末配置角	180°	
基材	SS400 (SS41) (60 mm ^l × 50 mm ^w × 3.2 mm ^t)	
溶射距離	100 mm	

表2 ワイヤ送給条件

ワイヤ供給位置	ノズルから 15 mm
ワイヤ供給角度	ノズルに対して 90°
ワイヤ送給速度	8.8 m/min

り、複合膜の作成を行った。そのときの粉末の送給条件を表3に示す。

3. 結果および考察

ワイヤ・粉末併用溶射法においては、ワイヤからのスプレーと粉末からのスプレーが混合されることが基本条件となる。そこで、粉末のキャリアガスの圧力と流量を変えたときのスプレー現象を調べた。図2(a)~(e)にそのときのスプレー状況を示す。図から、キャリアガス流量が多くなると粉末のスプレーが横にずれるのがわかる。キャリアガス圧力については、ほとんど差異は認められなかった。

次に、実際に基材に溶射を行った。図3(a)~(c)にそのときの表面および断面状態を示す。図から、キャリアガス圧力0.2MPa以上においてキャリアガス流量40~50目盛りでアルミニウムとチタニアが混合した表面を呈しており、それらの断面状態についても比較的均一に分散された混合組織が確認され、基材との接着も良好な複合膜が得られた。

表3 粉末送給条件

粉末供給位置	ノズルから 5 mm
粉末供給角度	ノズルに対して 90°
粉末送給量	28 g/min
キャリアガス圧力	0.1, 0.2, 0.29, 0.39, 0.49 MPa (1, 2, 3, 4, 5 kg/cm ²)
キャリアガス流量目盛り	40, 50, 60

しかし、キャリアガス圧力が低く、流量が少ない場合は、アルミニウムとチタニアが分離しており、逆にキャリアガス圧力が高く、流量が多い場合は、アルミニウムが飛散しており、そのときの断面状態において、アルミニウムとチタニアの混合組織は、確認されなかった。

さらに、溶射進行方向の影響について調べた。図4に進行方向の違いによる溶射皮膜の表面状態を示す。図から、ワイヤ供給方向へ溶射を進行した場合、表面にチタニアが形成され、粉末供給方向へ溶射を進行した場合は、表面にアルミニウムが形成された。これについては、外周部のスプレーが影響していると考えられるが今回の実験では、明らかにできなかった。

4. おわりに

本実験で得られたことをまとめると以下のようになる。

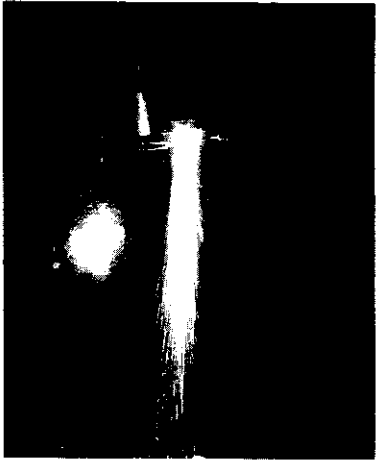
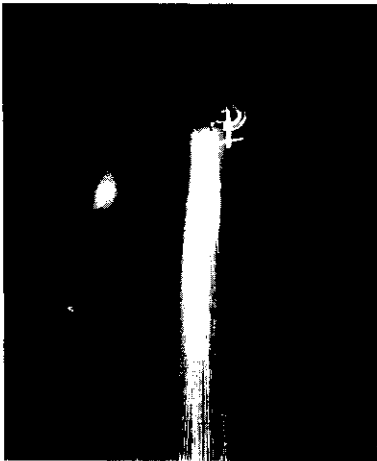
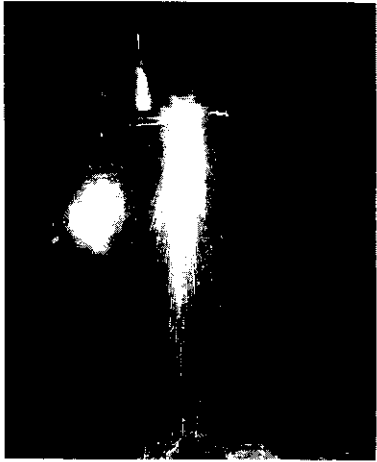

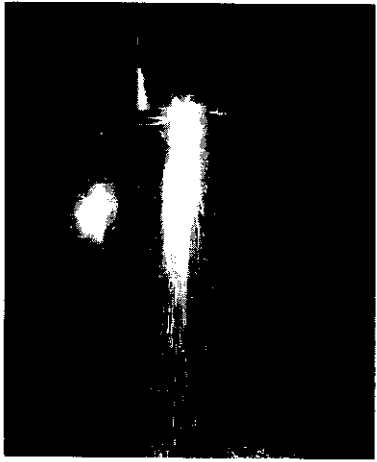
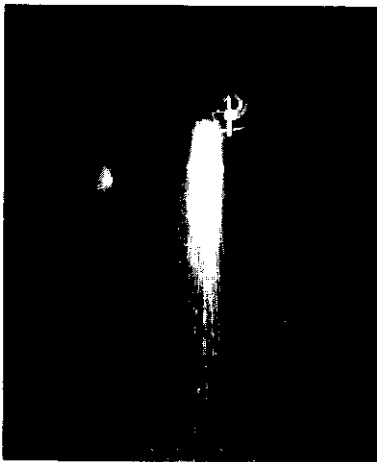
撮影方向	ワイヤ・粉末供給方向横から	ワイヤ・粉末供給方向から
キャリアガス流量 40目盛り		
キャリアガス流量 50目盛り		
キャリアガス流量 60目盛り		

図2(a) スプレー状況 (キャリアガス圧力0.1MPa)

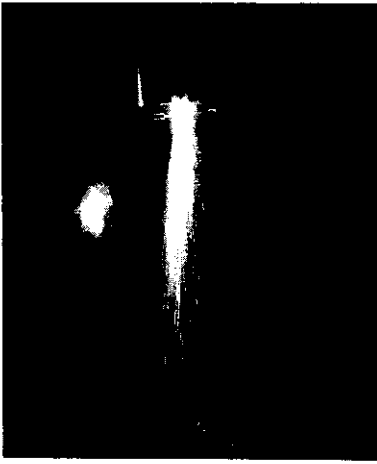
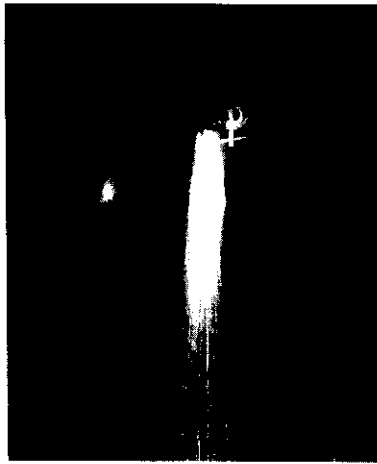
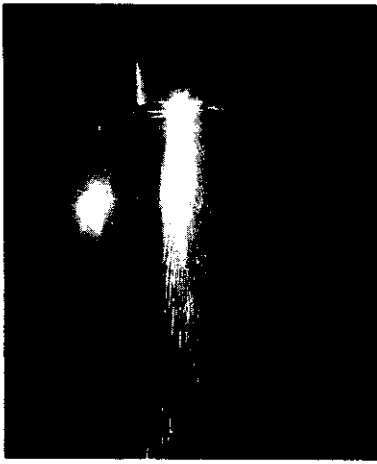
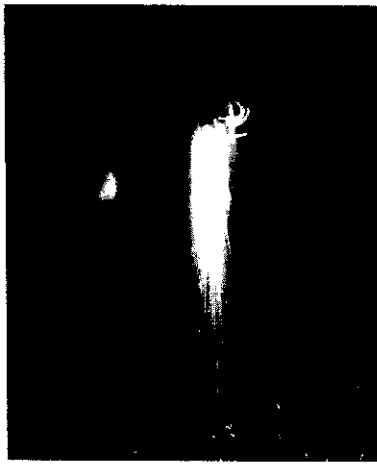
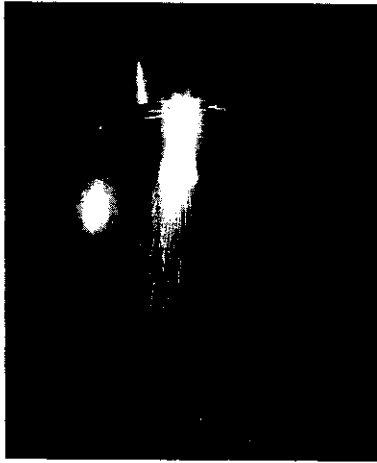

撮影方向	ワイヤ・粉末供給方向横から	ワイヤ・粉末供給方向から
キャリアガス流量 40目盛り		
キャリアガス流量 50目盛り		
キャリアガス流量 60目盛り		

図2(b) スプレー状況 (キャリアガス圧力0.2MPa)

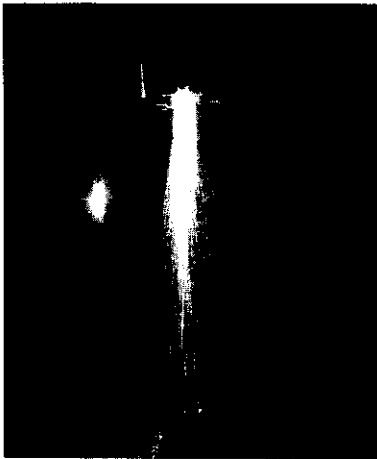


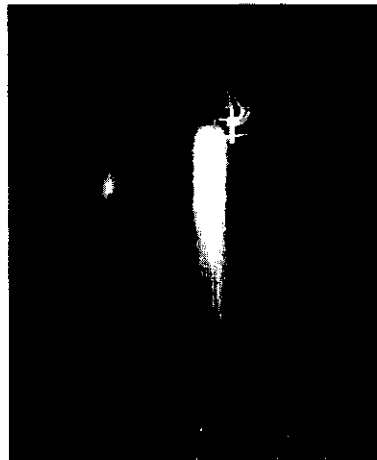
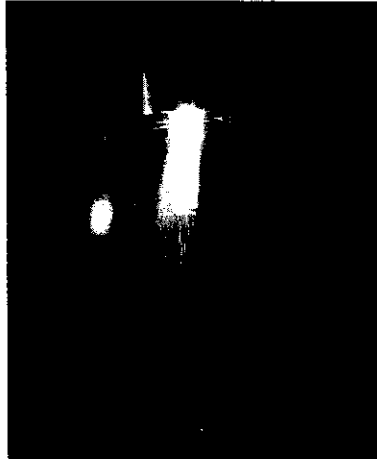
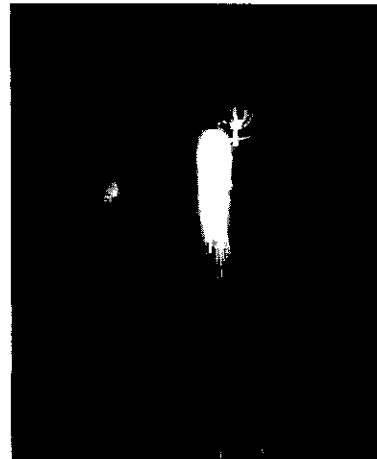
撮影方向	ワイヤ・粉末供給方向横から	ワイヤ・粉末供給方向から
キャリアガス流量 40目盛り		
キャリアガス流量 50目盛り		
キャリアガス流量 60目盛り		

図2(c) スプレー状況 (キャリアガス圧力0.29MPa)

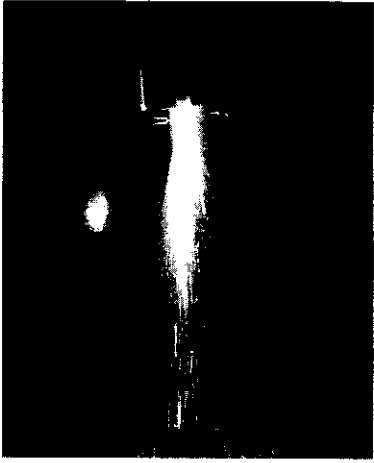
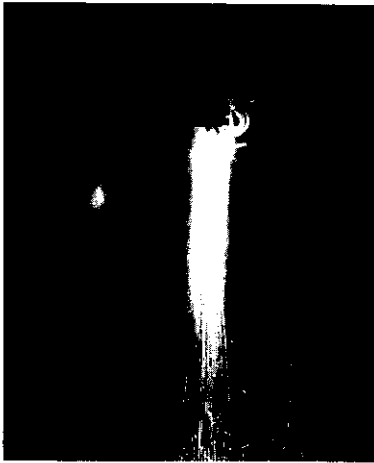


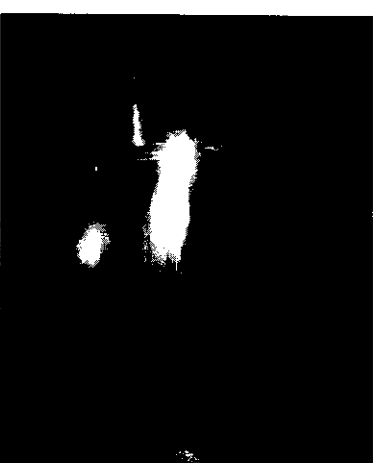
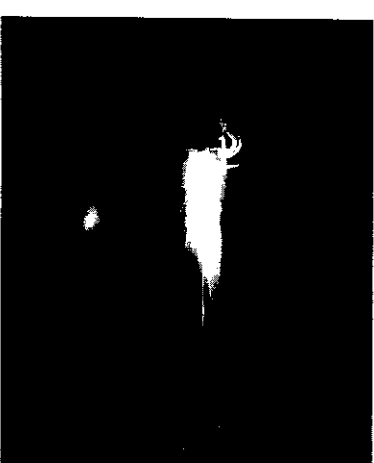
撮 影 方 向	ワイヤ・粉末供給方向横から	ワイヤ・粉末供給方向から
キャリアガス流量 40目盛り		
キャリアガス流量 50目盛り		
キャリアガス流量 60目盛り		

図2(d) スプレー状況 (キャリアガス圧力0.39MPa)

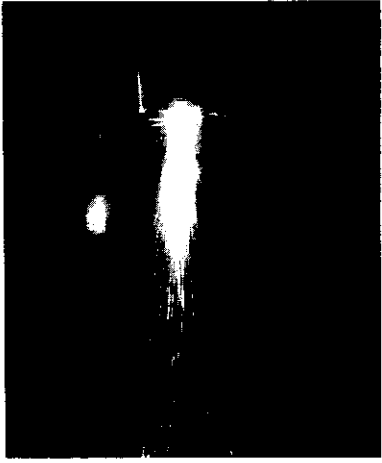
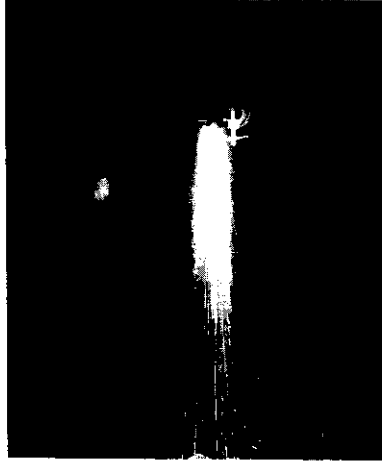
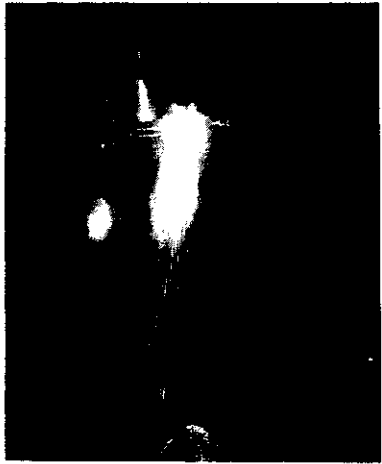
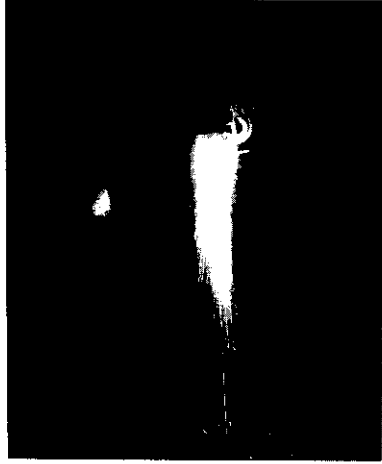

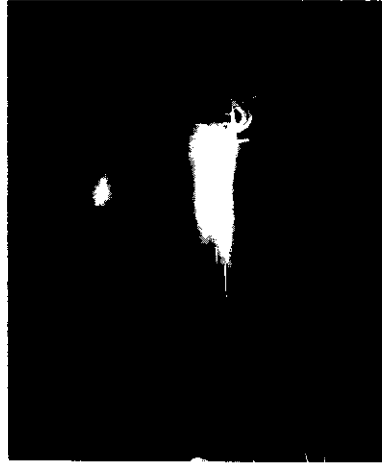
撮影方向	ワイヤ・粉末供給方向横から	ワイヤ・粉末供給方向から
キャリアガス流量 40目盛り		
キャリアガス流量 50目盛り		
キャリアガス流量 60目盛り		

図2(e) スプレー状況 (キャリアガス圧力0.49MPa)

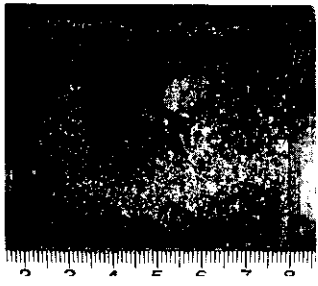

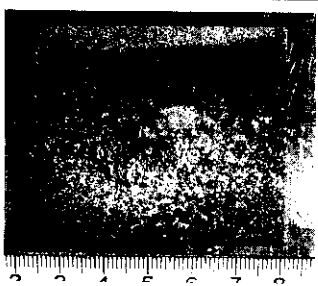

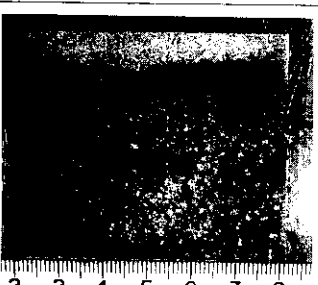
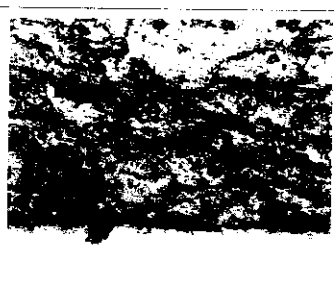
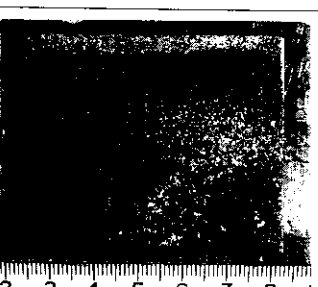
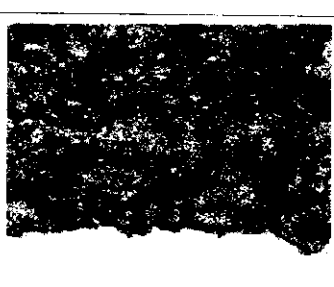


撮影箇所	溶射皮膜の表面状態	溶射皮膜の断面状態
キャリアガス圧力 0.1 MPa		
キャリアガス圧力 0.2 MPa		
キャリアガス圧力 0.29MPa		
キャリアガス圧力 0.39MPa		
キャリアガス圧力 0.49MPa		

図3(a) 表面および断面状態 (キャリアガス流量40l/min)

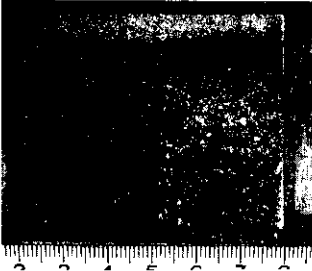

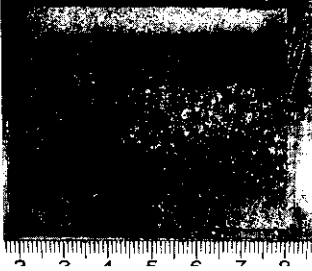

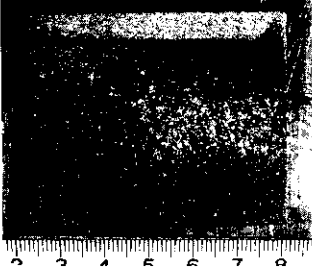

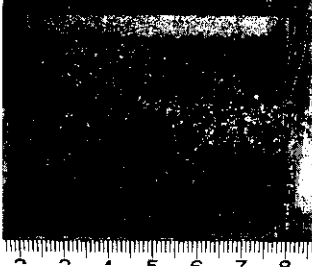

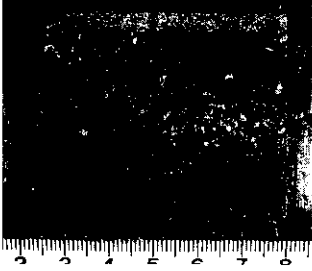
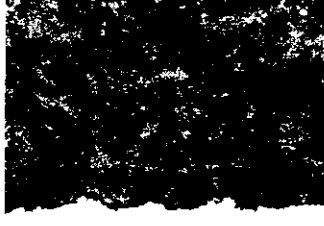
撮影箇所	溶射皮膜の表面状態	溶射皮膜の断面状態
キャリアガス圧力 0.1 MPa		
キャリアガス圧力 0.2 MPa		
キャリアガス圧力 0.29MPa		
キャリアガス圧力 0.39MPa		
キャリアガス圧力 0.49MPa		

図3(b) 表面および断面状態 (キャリアガス流量50日盛り)

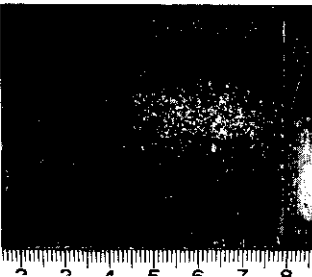

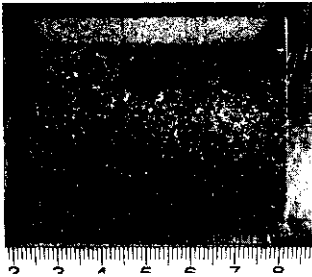

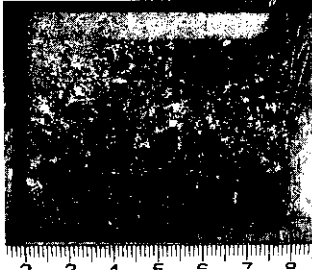

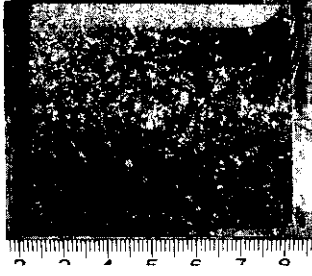

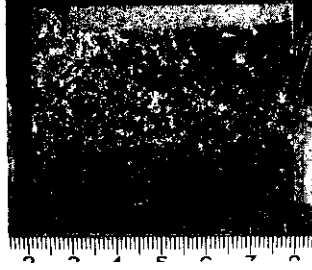

撮影箇所	溶射皮膜の表面状態	溶射皮膜の断面状態
キャリアガス圧力 0.1 MPa		
キャリアガス圧力 0.2 MPa		
キャリアガス圧力 0.29MPa		
キャリアガス圧力 0.39MPa		
キャリアガス圧力 0.49MPa		

図3(c) 表面および断面状態 (キャリアガス流量60l/min)

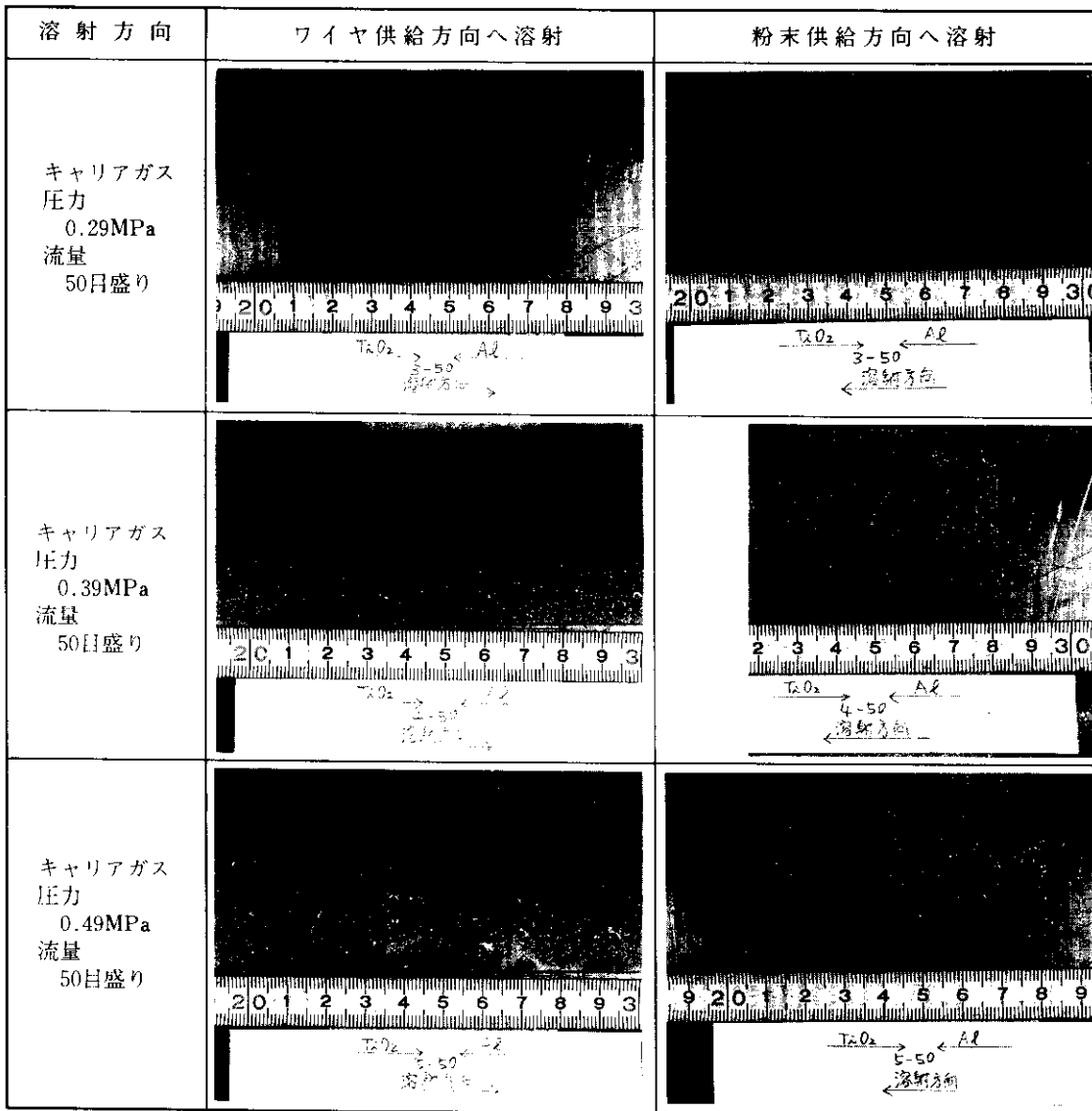


図4 溶射方向の違いによる表面状態

- (1) ワイヤ・粉末併用溶射により、アルミニウムとチタニアの複合膜を作成することができた。
- (2) ワイヤと粉末の混合スプレーを得るための粉末送給に対するキャリアガス圧力および流量についての適正条件を把握することができた。
- (3) 溶射進行方向の違いにより、膜表面の成分が異なるので、今後さらに、スプレー外周部を含めた溶射条件およびワイヤ・粉末配置角度等の検討が必要と思われる。

なお、本実験は、工業技術院四国工業技術試験所加工技術研究室勝村宗英室長のご指導のもと職員の皆様方に大変お世話になり、深く感謝いたします。

参考文献

1) 南 典明他：“プラズマ熱源による溶線式溶射法の研究” 溶接学会全国大会講演概要集 46, 64 (1990)