

# シラスの溶射による断熱皮膜の形成

機械金属部 ○瀬戸口正和

## 1. はじめに

最近、機械および整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。

当センターでは、新規用途の開発をめざして、シラスを溶射材料として利用する研究を進めており、形成された皮膜の特性等について溶射概要をまじえて報告する。

## 2. 溶射加工の長所および短所

### 2. 1 溶射加工の長所

- ①皮膜形成速度が速い。
- ②ほとんどすべての粉末および線材の材料が使用可能である。
- ③被溶射材の材質および形状、大きさに制限がない。
- ④被溶射材への熱影響が少なく、ひずみ等の変形が小さい。
- ⑤皮膜の厚さが制御でき、自動化や現場加工が可能である。
- ⑥溶射後の切削、研削、研摩等の後加工ができる。
- ⑦溶射による転写加工ができる。

### 2. 2 溶射加工の短所

- ①前処理としてブラスト等の粗面化処理が必要である。
- ②素地と皮膜の接着は、ほとんどの場合、投錨効果による機械的接合で密着力が弱い。
- ③溶射材の付着効率が低い。
- ④溶射皮膜は、多孔性に富んでおり化学的に活性であるため腐食しやすい。

⑤先端部の角部の膜厚制御がむずかしい。

⑥溶射材の飛散，溶射によるヒューム，強い音と光の発生等，人体に悪影響を及ぼす。

### 3. 溶射法の原理

溶射技術とは，粉末，線，棒状の固体（溶射材料）に何らかの方法で熱を与え溶融あるいは，それに近い状態にした微粒子を高速度で素材表面に衝突させ，扁平微粒子の積層による皮膜を形成する技術でその原理図を図1に示す。

また，溶射方法には，熱源および溶射材料の形状等により，図2に示すように分類されており，それぞれ特徴を生かした溶射が行われている。

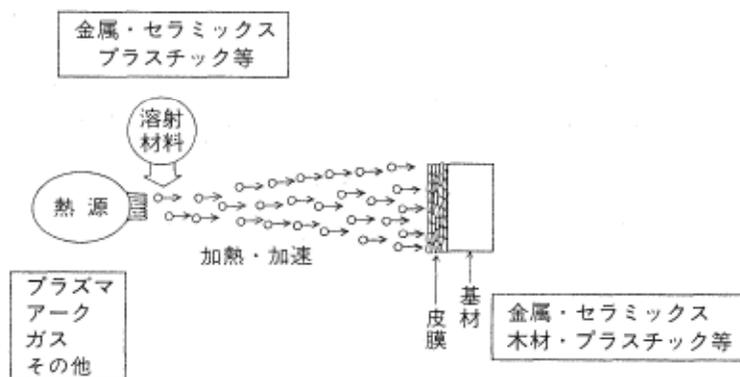


図1 溶射法の原理

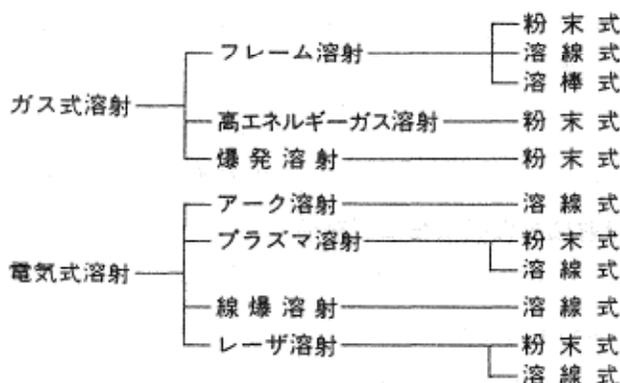


図2 溶射法の分類

### 4. シラスの溶射技術への適用研究

鹿児島県吉田産のシラスを粒径 $44\mu\text{m}$ 以下に分級して，プラズマ溶射を行い，シラスの付着効率および膜厚を測定した。図3にシラス溶射の付着効率の測定結果を図4に1パス当りのシラス皮膜の厚さを示す。図より電圧が高くなるとプラズマガスのエネルギーが高くなり，シラスが溶けやすくなるため付着効率が高く，膜厚も厚くなる。

次に，シラス皮膜の断面を調べた。その断面写真を図5に示す。図より大小の気孔を多く含む多孔質皮膜を形成しており，溶射皮膜特有の扁平粒子による積層は，確認されなかった。これは，シラスに強熱減量として数%の結晶・構造水が含まれており，プラズマの熱により結晶・構造水の一部がガス化して移行中での一次発泡または，積層時の

フレームの加熱による皮膜中のシラスの二次発泡を生じながら多孔質皮膜が形成されたものと考えられる。

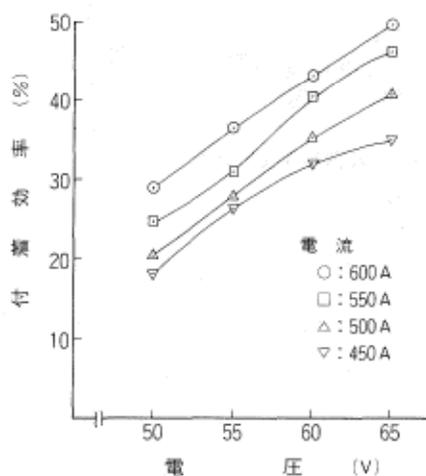


図3 シラス溶射の付着効率

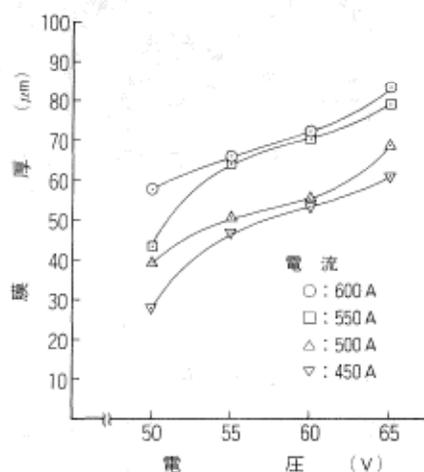


図4 1パス当りのシラス皮膜の厚さ

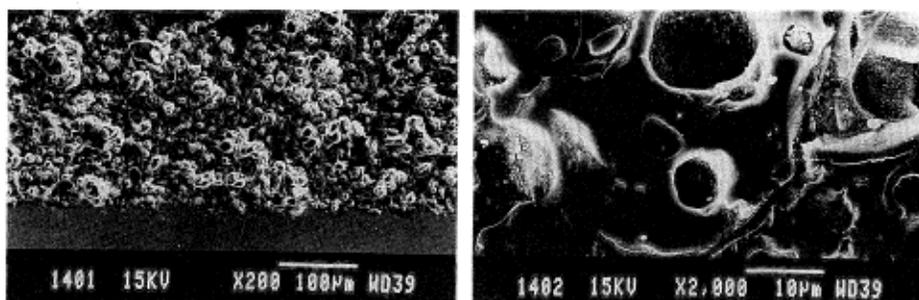


図5 シラス皮膜の断面写真

(シラス：44 $\mu\text{m}$ 以下，600 A，55 V)

また、シラス皮膜の気孔の形態を確認するために銅メッキ試験法による皮膜の断面を調べた結果、開口気孔部分は銅が存在しており、密閉気孔部には銅が存在しないことから、シラスが溶射により発泡現象を生じ、開口気孔や密閉気孔が混在する多孔質皮膜を形成したものと考えられる。

さらに、プラズマの熱によるシラスの発泡現象を確認するために、シラスを水中へ溶射して、捕集した粒子の断面を調べた。その断面写真を図6に示す。図よりシラス粒子内に単数あるいは、複数の中空球が確認された。これより、シラスが溶射により発泡あるいは、バルーンを形成したことが考えられる。

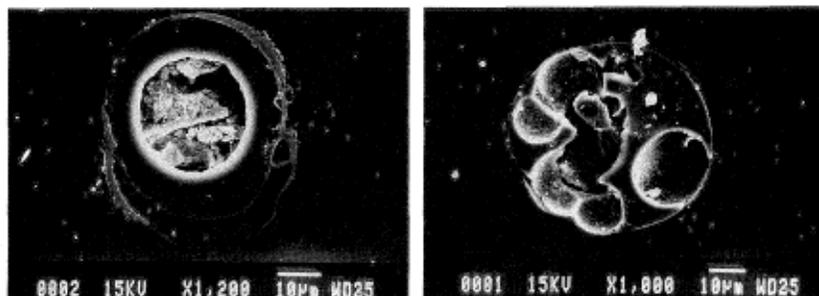


図6 プラズマ溶射における捕集粒子（浮遊物）の断面写真  
（シラス：75～150 $\mu$ m, 500A, 55V）

次に、シラスが発泡して多孔質皮膜を形成することを利用して、図7に示すような内壁面をガス溶射で厚さ1mmのシラス皮膜で覆った加熱炉を試作し、その炉内の温度特性を調べた。その結果を図8に示す。図よりシラス皮膜の付加により、加熱時間とともに昇温速度が短縮され、炉内の最高温度が上昇することから、気孔を多く含んでいるため熱伝導が低くなり、断熱効果を有することを見いだした。また、シラスは、酸化物のため、化学的に安定であり、高い温度まで断熱効果があることもわかった。以上のことから、省エネルギー・省資源に有効な方法であると考えられる。

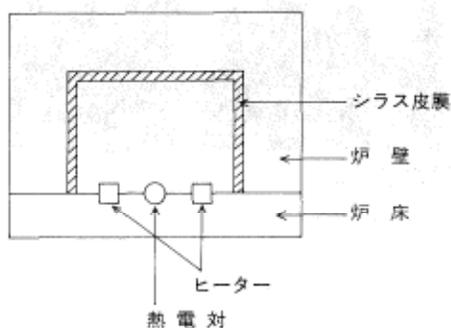


図7 断熱特性測定装置の概略図

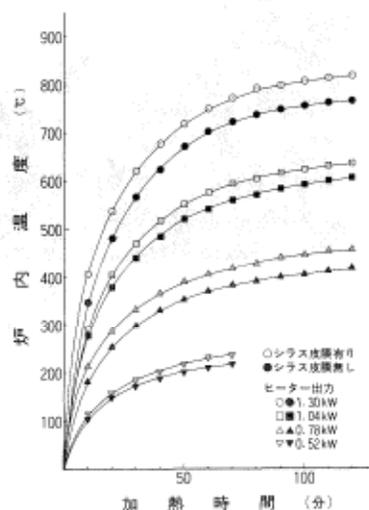


図8 断熱特性測定結果

## 5. おわりに

シラス溶射皮膜は、耐火性があり、皮膜の厚さを容易に増減できることから、加熱炉、乾燥器、保温・保冷库等をはじめ各種機械・装置等の高効率化や住宅あるいは、建築物の断熱建材等への幅広い利用が考えられるので、今後、この特性を生かした産業分野への応用化をめざして研究を進めていく予定である。