

道工試における溶射技術の取り組み

道工試 ○赤沼正信

要旨

当場では、昭和 55 年にプラズマ溶射装置を導入し、それ以後溶射皮膜の特性評価とその皮膜特性を活かした応用研究を行ってきた。研究成果の広報、普及活動は、学協会への発表と同時に昭和 58 年に発足した北海道溶射工業会が主催する事業の中でも行ってきた。本報告では、セラミック溶射皮膜に関する研究開発事例、その内容と成果を紹介する。

1. はじめに

溶射 (Thermal Spraying) とは、セラミックス、金属、プラスチックなどの溶射材料 (粉末、線、棒状) をガスの燃焼炎または電気エネルギーによって加熱し、熔融あるいはそれに近い状態にした微粒子を母材に吹き付けて皮膜を形成する表面処理技術である。この技術は装置の取り扱いが簡単であること、短時間で皮膜形成が可能であること、また吹き付ける材料の選択の自由度が高いことなどの特徴を有する。

北海道における溶射技術の利用は、当初炭坑、造船業、国鉄などで使われる機械の肉盛り補修がほとんどであった。近年は、対象物が製紙業、電力会社、石油プラントなどで使われる機械、装置類に変わり、またその利用目的も肉盛り補修に限らず各種の機能性の付与へと変化してきた。

当場での溶射技術に関する研究開発は、昭和 55 年のプラズマ溶射装置の設置を機に開始した。また、昭和 58 年に発足した北海道溶射工業会との連携を深め、溶射関連企業との共同研究をはじめ、講習会の実施、溶射技能検定試験の実施など企業への技術支援を行ってきた。

2. 研究開発事例

2.1 セラミック溶射皮膜の摩耗特性の評価¹⁾²⁾

各種摩耗環境においてセラミック溶射皮膜がどのような摩擦摩耗特性を有するのか知ることには、皮膜の利用を検討するうえで非常に重要である。しかし、プラズマ溶射装置の日本での普及し始めのころは、形成されたセラミック皮膜の耐久性、特に摩耗特性について公表されたデータが非常に少ない状況にあった。

表 1 Al₂O₃-TiO₂ 系セラミック溶射材料の組成とプラズマ溶射後の皮膜硬さ

| 記号 | 組成 (wt%) | 皮膜硬さ Hv(300gf) |
|--------------------------------|--|----------------|
| Al ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ :99.6 | 823 |
| 2.3TiO ₂ | Al ₂ O ₃ :96,TiO ₂ :2.3 | 917 |
| 13TiO ₂ | Al ₂ O ₃ :87,TiO ₂ :13 | 764 |
| 40TiO ₂ | Al ₂ O ₃ :59,TiO ₂ :40 | 587 |
| TiO ₂ | TiO ₂ :99 | 680 |

表 2 各種材料の比摩耗量 (mm²/kgf)

| 供試料 | 大越式 (すべり) 摩耗試験 | | オルゼン型 (アプレシブ) 摩耗試験 | |
|--|--|---|--|--|
| | 乾燥摩擦 | 油潤滑摩擦 | 乾燥摩擦 | 水潤滑摩擦 |
| Al ₂ O ₃ -TiO ₂ 系 セラミックス溶射皮膜 | 1×10 ⁻³ ~1×10 ⁻² | 1×10 ⁻¹⁰ ~5×10 ⁻⁸ | 3×10 ⁻⁵ ~5×10 ⁻⁵ | 5×10 ⁻⁴ ~8×10 ⁻⁵ |
| 鋳鉄 (FC25 FCD70) | 1×10 ⁻⁷ 以上 | 1×10 ⁻³ ~1×10 ⁻⁴ | 8×10 ⁻⁴ ~1×10 ⁻⁵ | 1×10 ⁻³ ~1×10 ⁻⁴ |
| 低合金鋼 (SUP6 調質) | 4×10 ⁻⁴ ~3×10 ⁻⁷ | 1×10 ⁻⁴ ~3×10 ⁻⁴ | 6×10 ⁻⁴ | 1×10 ⁻⁵ |

大越式: 相手材料 SKD11, 摩擦速度 0.055~3.62 m/s

潤滑油 パラフィン系ベースオイル, 動粘度 46 cst

オルゼン型: 研摩材 オリビサンダ (かんらん石) 6号, モース硬さ 6.5~7.0

表 1 は Al₂O₃-TiO₂ 系セラミック溶射材料の組成とプラズマ溶射後の皮膜硬さを示す。表 2 は当場で実施した Al₂O₃-TiO₂ 系セラミック溶射皮膜のアプレシブ摩耗試験結果とすべり摩耗試験結果を鉄鋼材料 (ねずみ鋳鉄 FC25、球状黒鉛鋳鉄 FCD70、ばね鋼 SUP6 調質) のものと比較して記載したものである。表 2 から摺動部で生じる凝着摩耗に対しては、セラミック溶射皮膜が十分保護皮膜としてその機能を発揮できることがわかる。一方、アプレシブ摩耗に対しては皮膜中のセラミックが粒子単位で脱落、あるいはフレ

ーク状の疲労剥離を生じやすいことが明らかとなった。これらの結果は、溶射施工する現場で有効に活用され、現在工作機械のスピンドル等各種摺動部品にはセラミック溶射された応用製品が多い。

2.2 セラミック溶射皮膜用封孔処理剤の開発³⁾

プラズマ溶射法によって形成されたセラミック皮膜の内部には数%の気孔及びマイクロクラックが存在する。そのため、腐食環境化では腐食性物質が気孔を通り基材との境界面に達して基材を腐食させ皮膜を剥離させる。また、アルミナなどセラミック溶射皮膜を電気絶縁などに利用する場合、皮膜中の気孔が障害となる。

表3 封孔剤の種類と特性

| 封孔剤の種類 | 内容量 | 粘度 (g/s・cm) | 比重 (g/cm ³) |
|----------|-------------------|----------------|----------------------------|
| アクリル系樹脂 | メタクリル酸メチルモノマー 90% | 2.5 | 0.99 |
| フェノール系樹脂 | 不揮発分 10%,主溶剤7ルコール | 4.0 | 0.87 |
| シリコン系樹脂 | 不揮発分 60%,主溶剤トルエン | 11.4 | 0.99 |

本研究ではセラミック皮膜中に表3に示すような種々の樹脂を含浸させて封孔処理を行い、それぞれの皮膜特性について比較、検討した。その結果、フェノール系、シリコン系等従来から使用されてきた溶剤希釈型の樹脂では、封孔が不完全であり、皮膜には鋼基材からの発錆あるいは皮膜の耐摩耗性の低下が認められた。これに対して、試作した反応硬化型のアクリル系モノマー樹脂は皮膜内部への浸透性、溶射材料との濡れ性及び含浸層の均質性の点で優位性が認められ、溶射皮膜の耐食性及び耐摩耗性が向上した。この研究は企業との共同研究であり、試作した樹脂は溶射皮膜用封孔剤として商品化された。

3.3 遠赤外線放射特性の評価及び高効率放射材料の開発⁴⁾⁵⁾

本研究では、アルミナ、ジルコニア等、単一成分の酸化物からなるセラミック溶射皮膜の赤外線放射特性を把握した。さらに、北海道産出鉱物であるかんらん岩（オリビン）が MgO、SiO₂、Fe₂O₃ からなる多成分の酸化物であり、また耐熱材料として利用されていることに着目し、

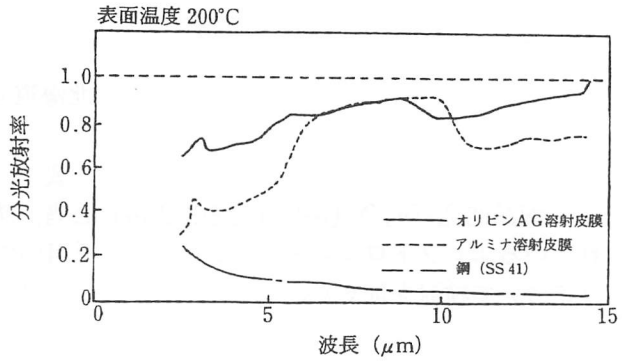


図1 溶射皮膜の赤外線分光放射率

このかんらん岩を粉碎した粉末（オリビンサンド）が溶射用遠赤外線放射材料として利用できないか検討した。その結果、オリビンサンドを溶射した皮膜は、図1に示すように測定波長範囲 2.5 ~ 14.5 μm で放射率が 0.6 以上（全放射率 0.85）であり、これはアルミナ溶射皮膜のもの（全放射率 0.74）より高い数値であることがわかった。さらに、この皮膜は耐熱衝撃性にも優れていることがわかった。現在、この材料は放射暖房用シーズヒータ表面への溶射材料として一部利用されている。

3. おわりに

今後、さらに業界及び大学との連携を深めながら、新たな溶射技術の応用研究を推進して行きたい。

参考文献

- 1)赤沼：応用機械工学, No.305, (1985)123-128
- 2)荒田ら：セラミックス溶射と応用、日刊工業新聞、(1990)169-202
- 3)赤沼：溶接技術, Vol.12, No.6 (1992)37-41
- 4)赤沼ら：表面技術協会第 79 回講演大会要旨集、(1989)62-63
- 5)小西ら：表面技術協会第 81 回講演大会要旨集、(1990)187-188