

OS5 溶射皮膜密着性に関するプラスト面評価法

A New Characterization Method of Blasted Substrate Surfaces on Adhesive Strength of Thermal sprayed Deposits

プラズマ技研工業(株) ○深沼博隆、謝 瑞騰、大野直行

(株)アラッドシステム 藤原義成 物質・材料研究機構 黒田聖治

Hiroataka Fukunuma, Ruipeng Xie and Naoyuki Ohno (Plasma Giken Co. Ltd.)

Yoshinari Fujiwara (Arodssystem, Inc.) Seiji Kuroda (National Institute for Materials Science)

1. 緒言

溶射皮膜の密着力は何に起因するのかさまざま議論の在るところであり、定説は未だ定まっていなかったがプラスト面がその密着力に大きな影響を与えている事は広く認められている¹⁾。しかし、プラスト面の何がどのくらい密着力に作用しているのかという事に関してはほとんど解っていない。またプラスト面を密着力との関係においてどのように特徴づけたらよいか、あるいはどのような指標を求めたらよいか未解明のままである。溶射皮膜の密着に関するプラスト面の評価は溶射の工業的および学術的側面からも非常に重要な問題でありながら研究が広く行われてこなかった分野である。これまで、天田等はプラスト面をフラクタル次元として捉え密着力との関係を求めようとしている²⁻⁴⁾。同様に Slegmann 等はフラクタル次元と密着力の関係を報告している⁵⁻⁷⁾。丸山等は粗面の谷から山へのスロープの角度が密着力に影響を与えると報告している⁸⁾。しかし、それらの研究は溶射皮膜に対するプラスト面の密着機構に関して物理的なメカニズムの明快な説明には至っていない。そこで、溶射被膜の密着機構を明らかにするため、溶射皮膜の密着力は被膜と基材間の機械的摩擦力に起因するとする仮説に基づいてプラスト面について一つのパラメーターを求めた。そのパラメーターと溶射被膜の密着力の実験値と比較した結果非常に強い相関が得られた。したがって、被膜・基材間の摩擦力が溶射被膜の密着機構に大きく作用しているものと思われる。

2. プラスト面のパラメーター化

図-1に示すような仮想的なプラスト面上に溶射された被膜の密着力について考えてみる。基材面に圧力 P が働いているものとし摩擦係数を μ とすれば、皮膜を基材面に垂直に引き離そうとするとき皮膜と基材の間の垂直面に単位面積当たり $f = \mu P$ の摩擦力がその抵抗力として働く。基材単位面積に垂直面の面積が S だけ存在するとすれば、被膜を基材から剥離させるために最低 $F = fS = \mu PS$ だけの力が要ることになる。このような考えを一般のプラスト面に適用すれば、プラスト面の表面を微視的な面素 ds に分解してその面素の垂直成分を取ってプラスト面全体にわたって積算すればよい。総積算面積を基材単位面積当りに換算したものを R_{av} とすれば、被膜を剥離させるための最小の力、すなわち皮膜の密着強度は $F = \mu PR_{av} = kR_{av}$ と表せる。プラスト面を一つのパラメーター R_{av} によって指標化する事が出来る。 R_{av} を求めるにはプラスト面の3次元数値データを求め面素 ds を決めさらにその面素の垂直成分の総和を計算すれば良い。まず、プラスト面の3次元データを求める方法として、コンフォーカル顕微鏡を用いた。レーザーテック社製 TD-100Dを用いて測定した一例を図-2に示す。コンフォーカル顕微鏡で測定した3Dデータから面素を決めその垂直成分を計算するためのコンピュータプログラムを作成し密着面粗さ R_{av} を求めた。

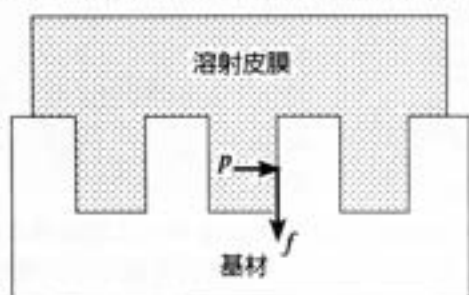


図-1 仮想的なプラスト面上の溶射面

3. 実験方法

プラスト処理には吸引式のプラスト装置を用いた。プラスト材にアラングムの#100を使用した。ノズル径は $\phi 9$ mmとし、ノズル速度を1 m/sec、ピッチを10 mm、プラスト角度を直角とした。試験片をプラスト条件一件当たり11本としそのうち1本をプラスト面粗さ測定用に供し残り10本を密着強度測定試験片とし溶射をおこなった。溶射材料はホワイトアルミナ、粒度10~44 μm を用い溶射した後引っ張り試験を行った。

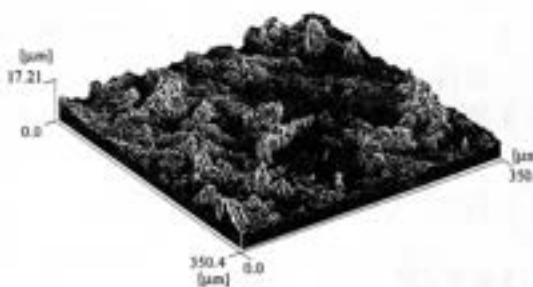


図-2 プラスト面の測定例

4. 結果および考察

図-3にブラストパス数と密着強度の関係を示す。密着強度は20パスまでは急激に密着強度が上昇し、その後40パスまで緩やかに上昇しその後緩やかに下降している。密着粗度 R_{sa} とブラストパス数の関係を図-4に示す。密着粗度 R_{sa} はブラストパス数と共に上昇しそのカーブは図-3に示す密着強度とブラストパス数の関係によく似た傾向を示している。図-5に密着強度と R_{sa} の関係を示す。図-5から解るように密着強度と密着粗さ R_{sa} との間に強い相関が認められる。

5. 結言

新たに導入された密着面粗度 R_{sa} は溶射皮膜の密着強度と強い相関を示すことが解った。また実験データはその強い相関関係から密着力は皮膜・基材間の摩擦力に基づいているという仮説が正しい可能性を示している。

6. 謝辞

コンフォーカル顕微鏡によるブラスト面測定にあたってレーザーテック(株)大出氏に測定原理および測定法についてさまざま教示をいただきました。また、実際の測定にあたり高瀬氏および諏訪氏に多大な協力をいただきました。ここに謝辞を述べさせていただきます。

7. 参考文献

1. Matejka D. and Benko B.: Plasma Spraying of Metallic and Ceramic Materials. Published by John Wiley and Sons Ltd. 1989, pp. 91/95.
2. Amada S., Yamada H., Yematsu S. and Saotome Y.: Modeling and Measurement of Adhesive Strength of Thermal Sprayed Coatings, Thermal Spray: International Advances In Coatings Technology, 1992, 915/920.
3. Amada S., Hirose T. and Tomoyasu K.: Introduction of Fractal Dimension to Evaluation of Adhesive Strength, Thermal Spraying: Current Status and Future Trends, 1995, pp. 885/890.
4. 天田重庚、町田勝、三田浩史:平成13年度春季全国公演大会講演論文集 P.5-6
5. Siegmann S. D. and Brown C. A.: Scale-Sensitive Fractal Analysis for Understanding the Influence of Substrate Roughness in Thermal Spraying, Thermal Spray: A United Forum for Scientific and Technological Advances, 1997, pp. 665/670.
6. Siegmann S. D. and Brown C. A.: Investigation of Substrate Roughness in Thermal Spraying by A Scale-Sensitive 3-D Fractal Analysis Method, Thermal Spray: Meeting the Challenges of the 21st Century, 1998, pp. 931/836.
7. Siegmann S. D. and Brown C. A.: Surface texture correlations with tensile adhesive strength of thermal sprayed coatings using area-scale fractal analysis, 1999 United Thermal Spray Conference Proceedings, pp. 355/360.
8. 円山徹、小林 武:平成13年度春季全国公演大会講演論文集 P.1-2

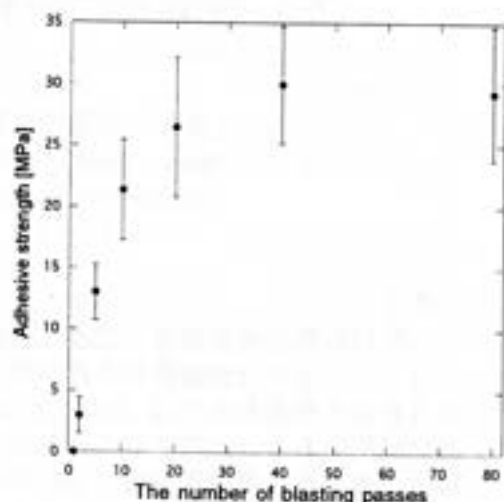


図-3 密着強度とブラストパス数との関係

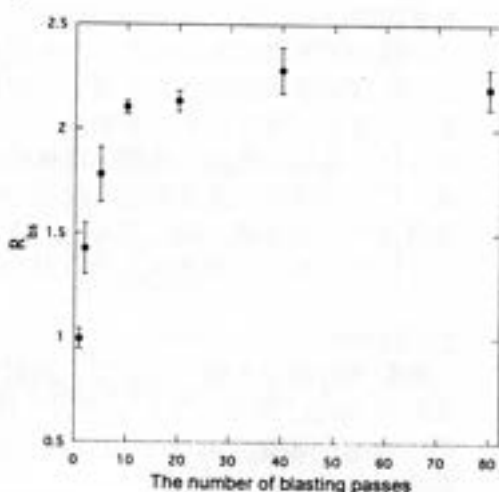


図-4 密着面粗度 R_{sa} とブラストパス数との関係

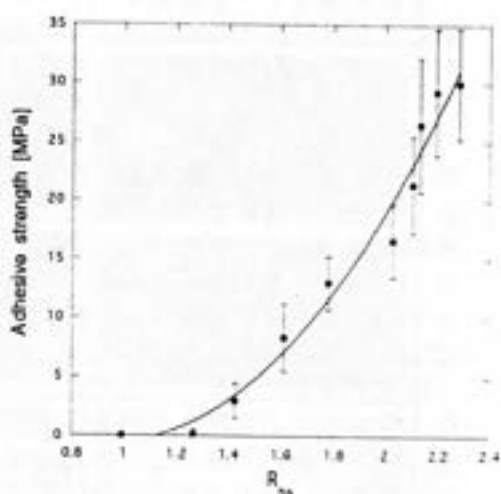


図-5 密着強度と密着面粗度 R_{sa} との関係