銅溶射皮膜のレーザークリーニング加工

花房龍男,和田雅行

Laser cleaning process for copper sprayed coating

HANAFUSA Tatsuo and WADA Masayuki

厚さ 3mm のアルミニウム板上に溶射された銅皮膜を、レーザーを用いて除去する加工を行った。アルミニウム板は 変形することなく、溶射皮膜を除去することができた。またレーザー照射後の表面粗さは、除去加工前と同程度の粗 さになることが分かった。

キーワード:レーザークリーニング,溶射皮膜,表面処理

1. 緒 言

溶射皮膜は,乾式で施工することができ,複雑形状品の 任意の位置に各種材料をコーティングすることができる。 このため製造装置,輸送機械や建築物など広範な分野で 用いられている。中でも、半導体製造装置では高温腐食 性ガス雰囲気に曝される治具などの保護・マスク、また 装置補修などのために、表面に金属やセラミックスなど を溶射する表面処理として使われている。

一方で、保護・マスク等がされた部材は、補修して再 利用する過程で、表面に付着している皮膜を除去し、そ の後新たに溶射皮膜を施工する必要がある。この溶射皮 膜除去には、フッ化水素酸やアルカリ性溶液などの薬品 を使用する化学的手法と、ブラストと呼ばれるセラミッ クスの粒子を吹き付けて削り取る物理的手法がある。前 者の化学的手法では皮膜除去に用いた薬品は金属イオン を含むため産業廃棄物として取り扱う必要がある。また、 後者の物理的手法では粉塵が著しいことや薄い基材に対 しては皮膜除去の際のブラスト施工で、基材が凸に変形 するといった課題がある。

このような背景から、レーザーを活用した金属の切断, 表面の加工,また溶接焼けや塗料等のクリーニング技術 は注目されつつある¹⁾。このレーザークリーニング技術 は、光エネルギーを照射して表面の材料を溶融又は昇華 させ、微粒子として飛散させ物質を除去するため、粉体 や薬品などの副資材を使用しない技術であり、産業廃棄 物が発生することがないクリーンな技術である。しかし、 基材よりも融点が高く、数十µm以上といった厚い表面皮 膜では、皮膜除去時の熱により基材の溶融や変形などが 懸念される。そこで、本研究ではレーザーを用いてアル ミニウム板上に溶射した銅皮膜除去の可能性を検討した。

2. 実験方法

溶射試験片は 3mn 厚のアルミニウム(以下, A1)板上に 純銅(以下, Cu)のフレーム溶射を行ったものを用いた。 Cu 溶射皮膜は,酸化度 14%,気孔率 4.8%,平均膜厚 69 µm(標準偏差 27.7µm)であり,表面の算術平均粗さ(㈱ ミツトヨ製表面粗さ計 SV-3000S4)は Ra17.3µm,最大高 さ粗さは Rz91.1µm であった。試験片の断面組織写真を 図1に示す。溶射粒子が扁平化され,堆積していること が分かる。表面の電子顕微鏡写真(日本電子㈱製走査電子 顕微鏡 JSM-6010LA)を図2に,電子顕微鏡に付属した X 線による成分分析結果を図3に示す。表面は,溶融した 粒子が凝固した滑らかな表面とその凝固粒子間の凹部に よって構成されている。X線分析結果からは A1 も検出さ れるが,これは電子線の浸透により基材となる A1 板から 検出されたものである。

レーザー加工装置は、日本 LPKF(株) 製基板加工シス テム ProtolaserS を使用した。光源には、レーザー波長 532 nm のグリーンレーザーを用いており、レーザー出力 は 16W-90kHz とし、パス幅 20 µm,照射速度 200m/sec,焦 点位置での加工とした。加工形状は、格子状とした。レ ーザー照射は 20 回まで断続的に変化させて、溶射皮膜の 除去加工量及び加工面の表面状態を観察した。



図1 溶射試験片の断面組織写真

2018.8.31 加工技術研究部 受理



図2 溶射試験片の表面電子顕微鏡写真



実験結果と考察

レーザーを1回照射した際の外観写真を図4に示す。 レーザー照射を行っていない部位は金属光沢を有する薄 い茶色である。レーザーが照射された位置では、金属光 沢のない濃褐色となった。電子顕微鏡による表面状態を 図5に、X線による成分分析結果を図6に示す。レーザ ー加工前の平滑な粒子面がレーザーにより除去され、微 細な凹凸のある表面となっている。なおその加工深さは、 未加工部との段差を表面粗さ計で測定することで算出し、 2.1µm であった。成分分析の結果からも、溶射試験前と 比較してわずかにA1のピーク強度が上昇している。これ らから、表面のCu層が除去され薄くなっていることが分 かる。

なお、レーザーを1回照射した試験片の変形は、ハイ トゲージの測定では確認できなかった。



図4 レーザーを1回照射した際の外観写真



図5 レーザー1回照射での電子顕微鏡写真



ここで、レーザーを20回照射した際の外観写真を図7 に示す。銅の色である茶色の色ではなく、灰色となって いることが分かる。電子顕微鏡による表面状態を図8に、 X線分析結果を図9に示す。表面の凹凸及びそれらを構 成する粒子は1回照射と同等であり、大きな違いは無い。 この表面での成分分析結果からA1のピークのみ検出され Cuのピークは検出されない。したがって、基材のA1ま で加工できていることが分かる。

さらに、レーザーを 20 回照射した試験片の変形は、ハ イトゲージの測定では確認できなかった。



図7 レーザーを20回照射した際の外観写真



図8 レーザー20回照射での電子顕微鏡写真



これらの試験片について、レーザー照射の回数と加工 深さとの関係を図 10 に、レーザーの照射回数当たりの加 工深さの関係を図 11 に示す。レーザー照射 1 回目では、 加工量は 2.1 µ mであり加工量が著しく小さいが、2 回 目以降からは照射 1 回当たりの加工量が21 µ m程度とな り、以後は一定となっている。したがって、照射 2 回目 以降から溶射皮膜の除去加工量が急激に進むことが分か る。







次に、レーザー照射回数による表面粗さの変化を図12 に示す。照射回数が少ない場合は、Ra は加工前と同等で ある。このことから、レーザークリーニングを行っても、 表面粗さはレーザー照射前の表面粗さと同程度であるこ とが分かる。



図12 照射回数と表面粗さの関係

4. 結 言

レーザーを用いて厚さ 3mm のアルミニウム板上に溶射 された銅皮膜を除去する加工を検討し、以下の結論を得 た。

- グリーンレーザーを用いて、基材の Al 板を変形させることなく、Cu 溶射皮膜を除去することができた。
- レーザー照射後の表面粗さは、除去加工前と同程度 になることが分かった。

文 献

1) 常見明良,田代英夫:構造材料のレーザークリーニ ング,レーザー研究,**24**(2),154-164 (1996).