

北海道立工業試験場 ○赤沼正信, 田中大之, 片山直樹

要 旨

Alの母材表面に溶射法によりNi系自溶合金とTiO₂をそれぞれ単層コーティングあるいは複層コーティングし、パルス発振のYAGレーザーを照射することによりAlの表面改質実験を行った。その結果、Ni系自溶合金(膜厚30μm)とTiO₂(膜厚50μm)の複層溶射を施したAl表面にレーザー照射(出力400W)することで、表面から0.28mmの深さまで、硬さ430HVを有する表面硬化層を形成することができた。

1. はじめに

Al及びその合金は軽量で比強度が高いため、各種の機械材料あるいは構造材料として広く利用されている。しかし、最大の欠点はその耐摩耗性が鉄鋼材料に比べて著しく劣ることである。本研究では、数百μm以上の表面硬化層を得る方法としてレーザービームを熱源とした表面溶融合合金化法に着目し、Al母材表面にあらかじめ溶射法によって合金化材料をコーティングし、その上からパルス発振のYAGレーザーを照射することで表面硬化層を形成させる方法について検討した。

2. 実験方法

母材には、A1050(純アルミニウム系)を用い、その寸法は100×50×10mmとした。Alとの合金化材料にはNi系自溶合金(Ni-17Cr,以後Ni-Crと記す)とTiO₂(98.5 wt%)を用いた。それぞれの母材への溶射皮膜形成は、Ni-Crが高速ガスフレーム溶射法で、またTiO₂がプラズマ溶射法で行った。

図1にレーザーによる表面改質方法の模式図を示す。母材に溶射を施した試料に対して、出力400W,パルス幅1ms,繰返し数30Hzのレーザー照射条件によって一方向に50mmの長さまでレーザーを照射した。このときデフォーカス値を2~10mmの範囲で順次変えて単位面積におけるレーザーパワー(パワー密度)を変化させた。また、試料の移動速度も1~20mm/sの間で変えることにより単位時間当たりのパワー(エネルギー密度)を変化させてレーザー照射実験を行った。

溶融部の観察は、レーザー照射部の中心(端部より25mm)を切断し、溶融部断面の観察と溶込み深さ及び溶込み幅の測定を行った。溶融部断面における硬さは、マイクロビッカース硬度計を用いて測定した。荷重は0.2452N,保持時間は15sとした。

3. 結果及び考察

母材に溶射皮膜Ni-Crを約30μm形成した試料に対し、レーザー照射条件を変えて実験した結果、溶融形状から判断して表面改質に適するデフォーカス値及び移動速度は、デフォーカス値が6または8mm(パワー密度 7~11kW/cm²)、移動速度が5または10mm/s(エネルギー密度1.5~3.7kJ/cm²)であることがわかった。

表1に、母材表面に①プラスト処理、溶射で②Ni-Cr(80μm)、③TiO₂(20μm)をそれぞれ被覆し、その上からレーザー照射した試験片の溶込み幅、溶込み深さ及び硬さの測定結果を示す。プラスト試料において、レーザー溶融部で

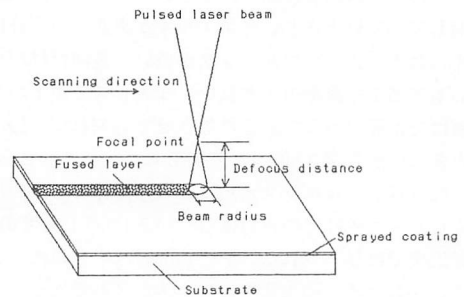


Fig.1 Schematic of laser surface modification process

Table 1 Summary of depth, width and Vickers hardness with fused layer

Thermal spray material	Width mm	Depth mm	Vickers hardness HV
TiO ₂	1.63	0.46	62
Ni-Cr	1.45	0.50	218
Blasting	1.50	0.21	45

Defocus distance : 6mm, Scanning speed : 10mm/s

硬さの上昇は認められなかった。一方、TiO₂あるいはNi-Crを被覆した試料では、いずれも溶込み深さがプラスト試料のものに比べ大きくなり、また溶融部の硬さはそれぞれ母材の1.5倍、4倍程度の上昇が認められた。TiO₂はレーザの吸収率が良く、かつ硬さが400~800HVの特徴を有するセラミックス材料であることから、これがAlのマトリックス中に均一分散すれば母材の硬度上昇をもたらすと考えた。また、Ni-CrはAl表面の酸化を防止し、かつAlとのぬれ性も良いことから、溶融後Al-Ni系、Al-Fe系等の新たな金属間化合物を形成し、硬質な表面改質層が得られると思われた。しかし、それぞれ単独溶射皮膜では前記の結果のように十分な表面改質効果が認められなかった。そこで本実験では、それぞれの機能を生かすためAl1050/Ni-Cr/TiO₂からなる複層の試料を作製しレーザ照射実験を行い、溶融断面形状の観察、硬さ分布の測定を行った。図2に溶融部の断面写真、図3に硬さ分布を示す。TiO₂の皮膜厚さ20 μ mの試料では溶込み深さがNi-Cr単層のものに比べ約2倍となった。この原因としては上層のTiO₂がYAGレーザ(波長1.06 μ m)の吸収効率を高めNi-Crの母材への溶込みを促進したものと考えられる。しかし、TiO₂皮膜が50 μ mと厚くなると、溶込み深さはNi-Cr単層のものと同程度となった。これは、TiO₂皮膜が厚いとビームエネルギーの多くがTiO₂の溶融に消費され、深さ方向への溶融反応(Ni-Cr、Alの溶融)が減少したためと考えられる。溶融部の硬さはNi-Cr単層のもので表面から0.3mmまで約180HV、TiO₂の皮膜厚さ20 μ mの試料では表面から0.4mmまで約240HV、さらにTiO₂の皮膜厚さ50 μ mの試料では表面から0.28mmまで約430HVであった。このことから、TiO₂は試料面におけるレーザの吸収効率を上げるだけでなくNi-Cr及びAl中への分散強化あるいはAl、Ni等各元素との化合物形成により溶融部の硬さ上昇に寄与していると思われる。なお、溶融部の断面写真で割れが観察されるが、これはレーザ照射後溶融部において急冷によって生ずる残留応力が原因と考えられる。この割れの防止対策としては、予熱を加える等が考えられ、実際に予熱を加え実験したところ300 $^{\circ}$ Cでマクロな割れ発生を抑制することが可能であった。

4. おわりに

Ni系自溶合金とTiO₂の複層溶射を施したAl表面にパルス発振400wのYAGレーザを照射することで、表面から0.28mmの深さまで、硬さ430HV(母材の約10倍)を有する表面硬化層を形成することができた。

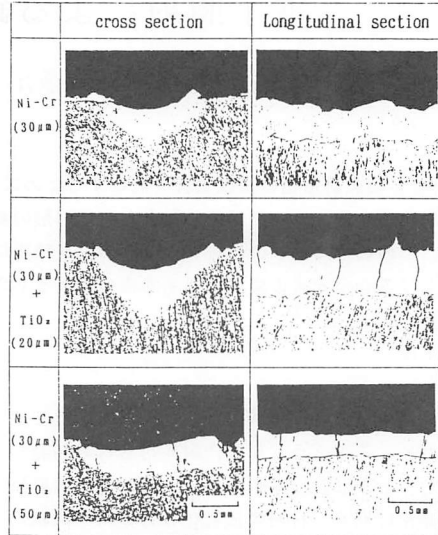


Fig.2 Micrographs of fused multi-layer coating
Substrate:Al1050,Defocus distance:6mm,
Scanning speed:5mm/s

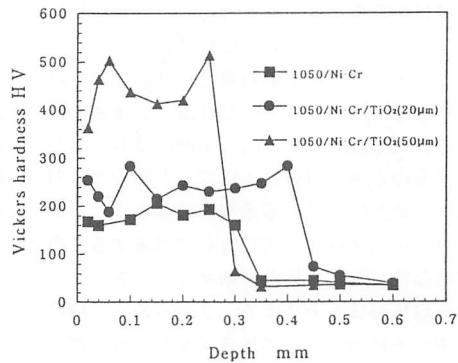


Fig.3 Hardness curves against depth
of fused multi-layer coating

Substrate: A1050, Defocus distance:6mm, Scanning speed:5mm/s