

北海道大学 工学部 ○片岡浩昭 柴田隆行 高橋義美 牧野英司 池田正幸
北海道工業試験場 赤沼正信

要旨

アルミニウム上にTiB₂粉末を塗布し、CO₂レーザを照射することにより、アルミニウムの表面改質実験を行った。その結果、塗布したTiB₂粉末を粒子のままアルミニウムに分散させることができた。TiB₂粒子を分散させた層の厚さは、塗布厚さにほぼ一致していた。

1. はじめに

CO₂レーザを用いた各種のAlの表面改質法が検討されている。本研究では、Al表面を溶融し硬い粒子を分散させる表面硬化法の可能性について検討した。粒子として、TiB₂粉末を用いた。TiB₂は高温で化学的に安定であり、溶融Alと反応しにくい。比重はAlの比重の1.6倍であるので、粒子のままAl溶融層に沈み込ませ分散させることが可能であると思われる。TiB₂粉末の塗布厚さを変化させTiB₂粒子を分散させた層を形成する実験を行った。

2. 実験装置および方法

実験装置および断面観察の方法は、熊本ら¹⁾とほぼ同様である。粉末塗布厚さが30~70、80~145、175~250 μmのものをそれぞれ平均塗布厚さ50、100、200 μmの試料として用いた。表1にTiB₂の物性をまとめておく。レーザ光を集光し焦点(長軸2.15mm短軸、1.806mmの楕円形)で照射した。レーザパワーを500~2400W、走査速度を300~2000mm/minの範囲で変化させた。表面および走査方向と平行な断面(縦断面)を観察した。断面の観察には、金属顕微鏡、SEMを用いた。XMAIによる組成分析、微小部X線回折装置による構造解析を行った。

3. 実験結果および考察

図1は、レーザパワー1000W、走査速度300mm/min一定の条件で照射した試料の表面写真である。レーザ照射後余分なTiB₂粉末は取り除いてある。(a)、(b)はそれぞれ平均塗布厚さ100、50 μmである。(a)では、溶融層は形成されたが部分的に剥離した。剥離せず残った層は、光沢はないがAl母材と同様の色となっていた。個々のTiB₂粒子は観察されず凝集した状態になっていた。剥離した跡には色が濃くなっていることから酸化物ができたと考えられる。(b)では、ほぼ一定の幅で滑らかな溶融層が形成された。形成された層は(a)と同様の色をしていた。表面の粒子は凝集しているがその大きさは(a)で観察された粒子より小さい。この照射条件では、塗布厚さが厚いとき、レーザエネルギーはAl表面が十分に溶融されるには不十分であったと推測される。

図2は、同じ走査速度でレーザパワーを2000Wに増加して照射した試料の表面写真である。(a)、(b)は、それぞれ平均塗布厚さ200、100 μmである。(a)では、ほぼ一定の間隔で並んでいる穴が観察された。穴の周囲は盛り上がっている。溶融し、再凝固したと思われる球状の固まりや、埋め込まれた粒子が観察されることから、穴はAlが沸騰、蒸発し排出された跡と考えられる。(b)では、表面が滑らかな層が形成された。層表面には、うねりがあり、凝集している粒子の大きさは図1(b)より大きい。

図3は、図2の条件より速い1500mm/minの走査速度で照射した試料の表面写真である。平均塗布厚さ200 μmでも溶融層が形成された。表面には図2(b)より大きい円弧状のうねりが観察された。

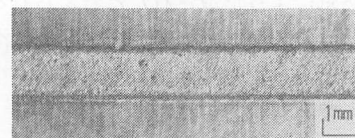
表1 TiB₂の物性

比重	4.3
融点	2600°C
ビッカース硬さ	3400Hv
熱伝導率	0.01cal/cm·sec·°C

走査方向



(a)平均塗布厚さ100 μm



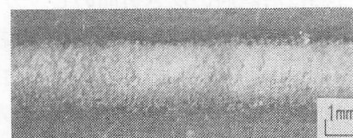
(b)平均塗布厚さ50 μm

レーザパワー1000W 走査速度300mm/min

図1 試料表面写真



(a)平均塗布厚さ200 μm



(b)平均塗布厚さ100 μm

レーザパワー2000W 走査速度300mm/min

図2 試料表面写真



平均塗布厚さ200 μm

レーザパワー2000W 走査速度1500mm/min

図3 試料表面写真

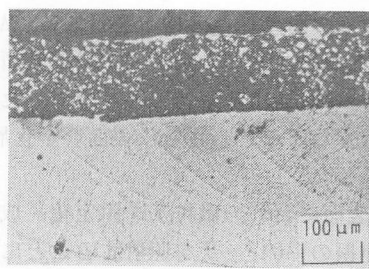
図4は、試料縦断面の金属顕微鏡写真である。(a)、(b)、(c)は、それぞれ図2(a)、(b)、図3の試料の断面である。(a)では、表面の穴の下のAl母材が消失している。このことから、Alが沸騰し、蒸発したことが裏付けられる。(b)は、Al母材に粒子が分散している層が形成されている。この粒子分散層の厚さは、塗布厚さにほぼ一致している。粒子分散層の下に熱影響を受けた跡が残っている。(c)は、(b)同様Al母材に粒子が分散している。表面がへこんでいるところは、粒子がAl母材に沈み込んだ状態になっている。

図5は、レーザーパワーを2000W一定とし、走査速度を変化させた場合の粒子分散層の厚さを示したグラフである。縦軸は粒子分散層の厚さ、横軸は走査速度を示している。●、■、▲は、それぞれ平均塗布厚さが200、100、50μmである。試料により形成された層の厚さにばらつきはあるが、塗布厚さが大きくなるほど形成される層は大きくなるとみせる。

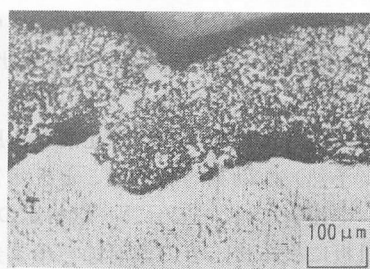


(a)平均塗布厚さ200μm レーザパワー2000W 走査速度300mm/min

図6は(a)は、平均塗布厚さ50μm、走査速度300mm/min、レーザーパワー2400Wの条件でレーザー照射した試料の縦断面のSEM写真である。(b)、(c)は、それぞれ(a)の試料のXMAIによるTi、Alの面分析結果である。(a)より、粒子の分散している層の表面は膜で覆われているように見える。(b)から、Tiは粒子分散層以外にはほとんど存在していないことがわかる。(c)から、粒子分散層の表面にAlが存在



(b)平均塗布厚さ100μm レーザパワー2000W 走査速度300mm/min



(c)平均塗布厚さ200μm レーザパワー2000W 走査速度1500mm/min

図4 試料縦断面写真

することがわかる。粒子分散層内でAlの量が少ないのは、電解研磨によりAlが除去され他の部分より低くなり検出感度が低下したためと考えられる。表面のAlの層は、電解研磨による除去がされていないこと、微小部X線回折装置による構造解析の結果、TiB₂、Al、Al₂O₃が同定されていることから、Al酸化物であると考えられる。

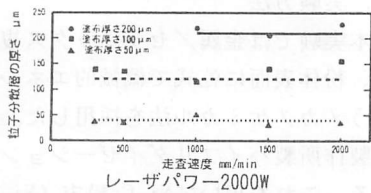


図5 塗布厚さと粒子分散層の厚さの関係

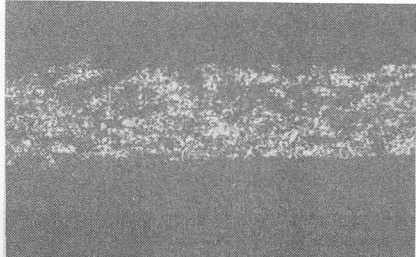
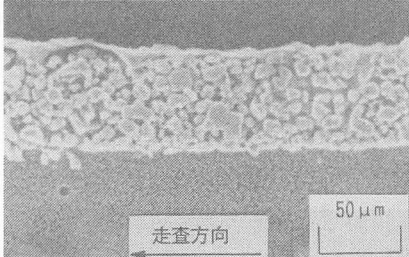


図6 (a)縦断面SEM写真 (b)Ti面分析結果 (c)Al面分析結果

今回の実験では分散している粒子の大きさが、塗布したTiB₂粉末とほとんど変化していないことから、レーザー照射されてもTiB₂粉末はほとんど分解していないと思われる。レーザー照射によりTiB₂が加熱されその熱伝導により溶融したAlが毛管現象によりTiB₂粉末層内に浸透し粒子が分散された状態の層を形成すると考えられる。また表面のAl酸化物は、表面まで浸透してきたAlが空気酸化されAl₂O₃となったものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 塗布したTiB₂粉末をほとんど分解させず、アルミニウムに均一に粒子を分散させた層を形成させることができた。
- 2) TiB₂粒子分散層の厚さは、TiB₂粉末塗布厚さに依存する。
- 3) 実験の範囲で良好なTiB₂粉末を分散した層を形成できる条件は、粉末塗布厚さ100μm、レーザーパワー1500W、走査速度1500mm/minであった。

参考文献 1) 熊本他:1995年度精密工学会春季大会学術講演論文集、p537