

北海道大学工学部 ○中岡真哉 熊本敏昭 柴田隆行 高橋義美 牧野英司 池田正幸
株式会社樋口 樋口 晃 北海道工業試験場 赤沼正信

要旨

アルミニウム母材上にTiO₂粉末を塗布し、CO₂レーザーを照射することにより、母材表面を合金化する実験を行った。その結果、TiO₂粉末がAl母材中に分散していると思われる溶融層を形成でき、その硬さは母材の数倍程度であった。また、TiO₂粉末の溶融した固まりがAl母材中に入り込んだ溶融層は母材の20倍近い硬さが得られた。TiO₂は分解されているがHv1000以上の溶融層も形成できた。

1. はじめに

Al合金は軽量構造材料として、飛行機、自動車、船舶などの構造材料として用いられているが、耐摩耗性の向上が必要とされている。そこで、本研究では、Al表面に固体潤滑剤としての働きが期待できるTiO₂粉末を分散した硬化層を形成することを目的とした。

2. 実験装置および方法

実験装置の概略を図1に示す。CO₂レーザーの発振モードはTEM₀₀の連続発振で出力は0~1500Wである。試料には、JIS A 1050 アルミニウム板(50×100×10mm)の表面に、エチルアルコールを加えてペースト状にしたTiO₂粉末(粒径5~25μm)を塗布し、乾燥したものを使用した。TiO₂粉末塗布厚さは約200μm一定とした。レーザーが試料面を40mmにわたって照射するように設定した。シールドガスは使用しなかった。照射速度、照射パワー、スポット径を変化させた。形成した層の表面および断面を金属顕微鏡を用いて観察し、微小硬度計を用いて荷重50gの条件でピッカース硬さを測定した。また、X線マイクロアナライザー(以下XMA)により溶融部の組成分析を行い、微小部X線回折装置により溶融部の構造分析を行った。

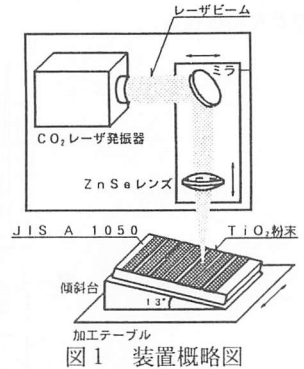


図1 装置概略図

3. 実験結果および考察

図2に得られた試料の代表的な断面を示す。(A)はTiO₂粉末が母材上で溶融し、そのまま凝固したと思われる試料である。以下ではこれを肉盛りと呼ぶ。(B)、(C)、(D)、(E)はAl母材が溶けて溶融層が形成されている。(B)はTiO₂粉末の溶融したかたまりがAl母材中に侵入したような溶融層が観察され、溶融層の下層では対流が生じTiO₂粉末の分散が始まりかけていると思われる。(C)はAl母材中に粒子が分散しているような組織が観察された。(B)に比べて照射パワーが大きい

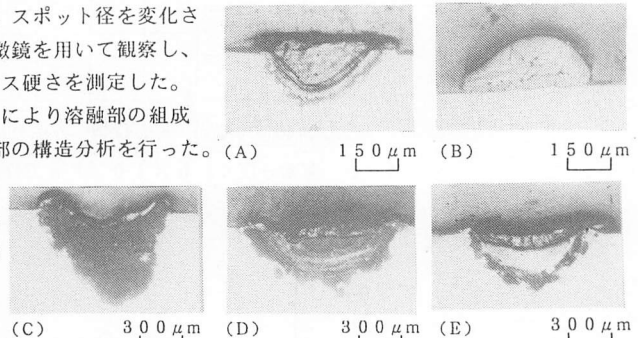


図2 溶融層断面

照射条件	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
照射速度(mm/min)	1000	100	1500	1000	500
照射パワー(W)	500	500	1500	1500	1500
スポット径(μm)	800	800	1700	2400	1700

ため、TiO₂粒子の分散が進行したと思われる。(D)は、結晶が成長したような均一な層と、デンドライト状の組織が形成されており、(C)に比べて照射時間が長いことから、分散したTiO₂粒子が分解していると思われる。(E)は(D)の組織に加えて、白色の均一な組織が観察された。(D)よりも照射時間が長いことから、(D)で生じている分解がさらに進行していると思われる。

図3に図2の各試料のピッカース硬さの深さ方向の分布を示す。Al母材の硬さはHv30程度であり、TiO₂はHv400~800¹⁾である。(A)の肉盛り部分の硬さはHv300~600程度でありTiO₂の硬さと同程度である。このことから、肉盛り

はTiO₂粉末が溶融凝固したものと考えられる。(B)の硬さは溶融層上部でHv600~700程度であり、これもTiO₂と同程度の硬さである。溶融層下部の硬さはHv200程度となっている。(C)はHv50~100である。TiO₂粉末が分散した外観の溶融層では母材の硬さの2~4倍の硬さとなっている。(D)は1層目の硬さがHv500程度であり、2層目のデンドライト状の組織はHv200程度であった。(E)では1層目がHv1200~1300程度と硬く、2層目がHv400~550、3層目がHv100程度であった。(E)の1層目の硬さはTiO₂の硬さの2倍近い値であることから、TiO₂とは異なる物質が形成されていると思われる。

図4は図2で示した(B)、(D)、(E)の試料のXMAによるAl、Tiの面分析結果である。(B)の溶融層上部にAlは存在せず、Tiが存在している。硬さからすると、この層はTiO₂であると考えられる。その下部ではAl、Tiどちらも存在していることから、TiO₂とAlが混合しており、密着性も良いものと思われる。(D)と(E)では、どちらの試料でもTiは溶融層全体に分散している。一方、溶融層中のAlの密度は(D)の方が(E)に比べて低い。(E)について行った構造分析結果では、TiAl₃、TiAl、Al₂O₃、Alが検出されたが、TiO₂は検出されなかった。(D)は(E)と似たような組織であったことから(D)でもTiO₂は分解されていると考えられる。TiAlはHv170~240、TiAl₃はHv400~700、Al₂O₃はHv1200~2300である^{23, 3)}。以上のことより、(D)、(E)の硬さはTiAl₃、TiAl、Al₂O₃によって増加しており、特に(E)ではAl₂O₃が大きく影響を及ぼしていると考えられる。

図5に照射条件に対する溶融層の形態を示す。全ての試料を前述の5つにわけてプロットしてあり、白はHv500以下、黒はHv500以上の硬さを表している。肉盛りは照射速度が速く、照射パワーが1000W以下の場合に形成されている。侵入型は照射パワー500W、スポット径800μmで照射速度が遅い条件でのみ形成されている。Al₂O₃型は照射パワーが大きく、スポット径が小さく、照射速度が遅い条件で形成されている。照射パワーが1500Wの条件では一部を除いて分散型や反応型が形成されている。以上のことが傾向としてみられる。

4. まとめ

- (1) TiO₂が分散していると思われる溶融層(分散型)は得られたが、その硬さはHv50~100程度と、母材の2~4倍の硬さであった。したがって、分散型では耐摩耗性に問題があると思われる。
- (2) TiO₂の溶融したかたまりがAl母材中に侵入した溶融層(侵入型)では、Hv600~700程度の硬さであった。また、TiO₂は分解されていたがHv1000以上の溶融層(Al₂O₃型)も形成できた。

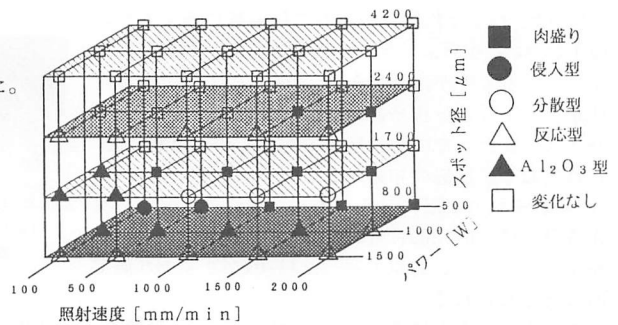


図5 照射条件と溶融層の形態

参考文献 1) ゲ. ヴェ. サムソフ: 酸化物便覧、日ソ通信社、1970、p257
 2) 中田一博: アルミニウム材料のレーザーによる表面改善、金属、vol 60、No5、1990、p46~50
 3) 鈴木明: 新素材・新材料のすべて、日刊工業新聞社、1986、p118

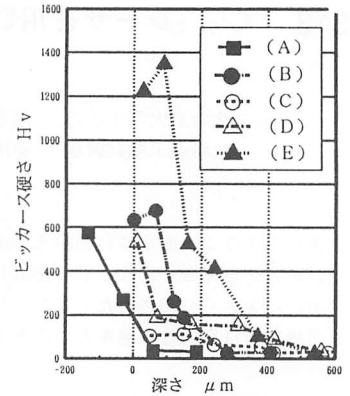


図3 硬さの深さ方向の分布

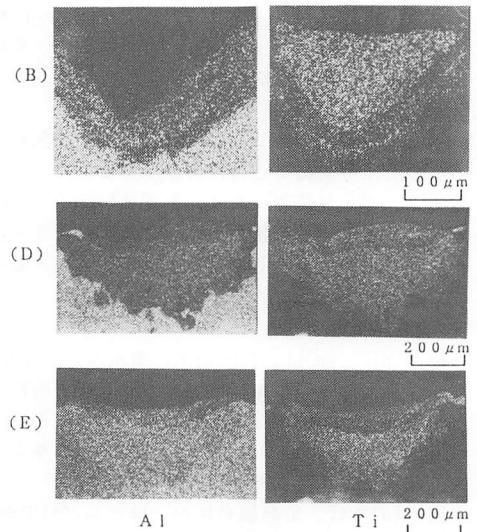


図4 Ti、Alの面分析結果