

北海道立工業試験場 ○赤沼正信, 田中大之, 片山直樹

要 旨

Ni系自溶合金粉末の表面に乾式で機械的エネルギーを加えることによりTiO₂の微粒子を固定化・成膜化した複合粉末を試作した。この粉末をAl板の表面に塗布し、その後パルス発振のYAGレーザーを照射することによりAlの表面合金化処理を行った。その結果、Ni系自溶合金のみ、あるいはNi系自溶合金とTiO₂を単純に混合した粉末を使用したときに比べ、厚さ及び組織において均一な合金化層が得られることがわかった。

1. はじめに

レーザービームは電子ビームと同様にエネルギー密度が非常に高く、しかも大気中で加工できることから表面改質の熱源としても利用可能である。

本研究では、これまでアルミニウムの耐摩耗性の向上を目的に、Alと合金化する材料を溶射法によって被覆し、その表面にパルス発振のYAGレーザーを照射することによってAlの表面溶融、合金化を行ってきた。前報では合金化材料としてNi系自溶合金（以下Ni-Crと記述する）とTiO₂を溶射した複層試料において、それぞれの単一層試料以上の硬さ及び均一な合金化層が形成されること、さらに表面合金化層で認められた割れの発生防止には母材加熱（予熱）が効果的であることを報告した。

本報告では、初めにNi-Cr粉末の表面にTiO₂の微粒子を固定化・成膜化した複合粉末を試作し、次にこの粉末をAl板に塗布後、その表面にパルス発振のYAGレーザーを照射することによりAlの表面合金化実験を行い、TiO₂の被覆効果について検討した。

2. 実験方法

本実験では金属/セラミックス複合粉末の作製技術として、粉体表面に乾式で機械的エネルギーを加えて複合化を行うメカノケミカル法を採用した。使用した装置は奈良機械製作所製ハイブリダイゼーションシステム（NHS-0型）である。これを用いてNi-Cr粉末（Ni-17Cr-3.5B-4Si、粒径15~53μm）表面にTiO₂粉末（99wt%、平均粒径0.3μm）を固定化・成膜化を行った。図1に複合粉末の作製モデルを示す。ここで、混合粉末とはTiO₂粉末を15wt%の割合で自動乳鉢により混合・前処理（10min）を行った粉末である（以下、単純混合粉末Ni-Cr+TiO₂と記述する）。

YAGレーザーによる表面改質実験には、Ni-Cr、Ni-Cr+TiO₂、複合粉末Ni-Cr/TiO₂以上3種類の粉末を合金化材料として用いた。これら粉末をAl母材（A1050、100×50×10mm）表面に約0.2mmの厚さで塗布し、その上からレーザーを照射した。レーザーの照射条件は、平均出力400W、パルス幅1ms、繰返し数30Hz、デフォーカス値+6mm（パワー密度94.3W/mm²）、移動速度5mm/sとした。なお、母材温度は室温と573Kの2条件とした。

レーザーによって形成された合金化層の表面及び断面に対し、光学顕微鏡と電子顕微鏡による組織観察、X線マイクロアナライザー（EDX）によるAl、Ni、Ti各成分の面分析、さらにマイクロビッカース硬さ計による合金化層の硬さ測定を行った。

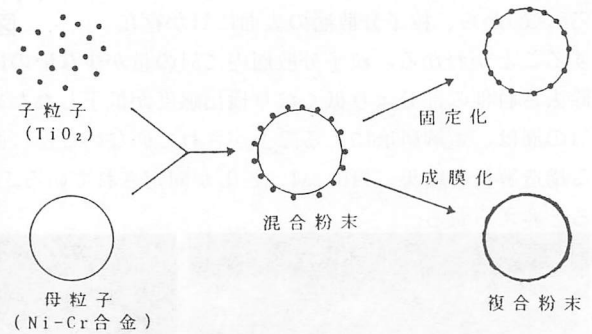


図1 複合粉末の作製モデル



図2 複合粉末断面のSEM、特性X線像

3. 結果及び考察

図2にNi-Cr/TiO₂複合粉末の断面の特性X線像を示す。自動乳鉢によって混合されたNi-Cr+TiO₂粉末では母粒子のNi-Cr表面にTiO₂の微粒子が付着し、さらにこれをハイブリダイゼーションシステムにより処理された複合粉末ではTiO₂の微粒子がNi-Cr表面に固定化・成膜化していることを電顕によって確認した。

図3にNi-Cr+TiO₂、Ni-Cr/TiO₂それぞれの粉末を用いてレーザー照射を行い、形成された合金化層断面のSEM及び特性X線像を示す。Ni-Cr+TiO₂を用いた場合、合金化層の表面は凹凸が多く、また断面は図3に示したようにニッケルリッチな層とアルミニウムリッチな層と不規則に分離し、組織的に不均一な合金化層であった。硬さはニッケルリッチな層でHv800、アルミニウムリッチな層でHv100前後であり、合金化層内で硬さのばらつきが大きかった。これに対し、Ni-Cr/TiO₂を用いた場合、合金化層の表面は比較的平坦であり、また合金化層の厚さもほぼ一定で、その組織もニッケル等の特定元素の濃淡が認められず均一なものとなった。硬さはHv500±100であった。一方、Ni-Cr粉末のみを用いた場合、Ni-Cr+TiO₂のような明瞭な2層構造は認められないが、Al母材との界面でポイドが多く、また硬さのばらつきも非常に大きかった。予熱なしで実験した合金化層ではいずれも割れが数多く観察された。これに対し、予熱したサンプルでは割れが非常に少なくなり、このことより予熱による割れ発生防止効果を確認した。

以上の結果から、Ni-Cr粉末の表面にTiO₂を被覆した粉末、特にTiO₂を固定化・成膜化した粉末がレーザー照射による表面合金化用材料として有効であることがわかった。この理由を説明するために、図4に示すような合金化モデルを検討した。Ni-Cr+TiO₂にレーザーを照射した場合、Ni-Cr粉末表面に付着したTiO₂微粒子はレーザーの吸収率が良いためNi-Cr粉末あるいはAl母材より優先的に溶融すると考えられる。しかし、溶融したTiO₂微粒子はNi-Cr粉末と強固に付着しているのではなく次第に凝集現象が生じ、それが局所的なAl母材の溶融あるいはNi-Cr粉末の溶融、Alとの合金化を促進し、その結果不均一な合金化層を形成したと思われる。一方、Ni-Cr/TiO₂の場合、TiO₂はNi-Cr粉末表面に固着しているため、レーザー吸収による溶融後もNi-Cr粉末表面での局所的な凝集が少なく、Ni-Cr粉末の溶融を促進し、Al母材との合金化を均一にする効果を示したと考えられる。

4. おわりに

Ni-Cr粉末の表面にTiO₂を被覆した粉末、特にTiO₂を固定化・成膜化した粉末がレーザー照射によるアルミニウムの表面合金化用材料として有効であることがわかった。

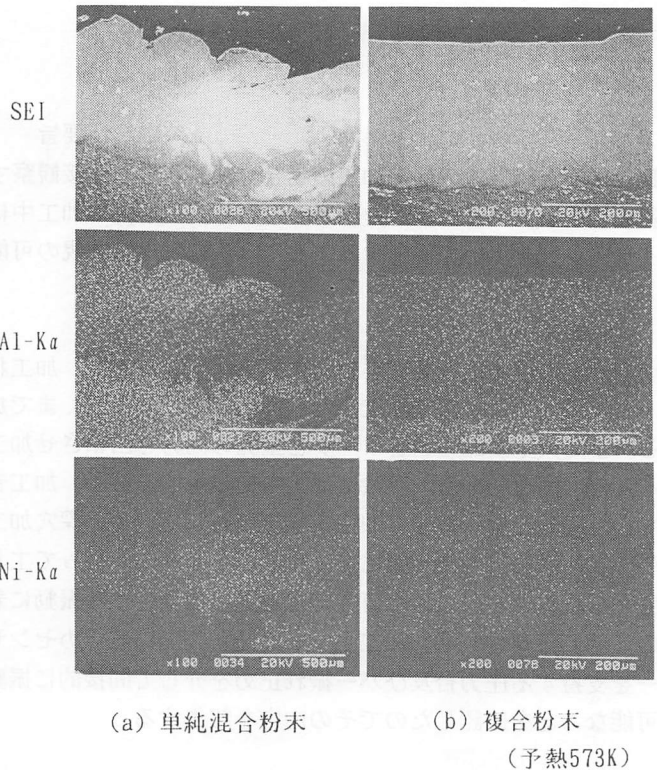


図3 合金化層断面のSEM, 特性X線像

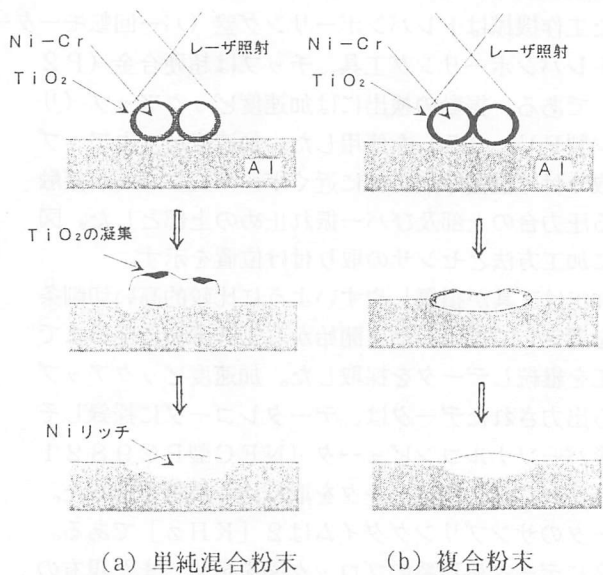


図4 レーザ照射による合金化モデル