

氏名	李 伸 (中国)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	工博甲第536号
学位授与の日付	令和3年12月27日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	レーザクラディングによる Ti-6Al-4V 合金表面への 高エントロピー合金皮膜の形成及び酸化挙動に関する研究
論文審査委員	主査 准教授 山口 富子 教授 松本 要 " 石丸 学 " 松田 健次

学位論文内容の要旨

チタン合金は、軽量、比強度、耐食性に優れているため、化学工業、航空機などの分野で広く使用されている。しかし、約 500℃以上の高温では、激しく酸化され、耐クリープ性や疲労特性が劣化するため、使用箇所が限定される。従って、チタン合金表面への耐酸化性皮膜の付与により、高温での使用が可能になると考えられる。一方、高エントロピー合金は、一般に FCC/BCC 固溶体、金属間化合物及びアモルファスの構造である。また、優れた機械特性や高温特性等を有し、チタン合金の表面皮膜として非常に有効であり、近年注目を集めている。

そこで、レーザクラディングにより Ti-6Al-4V 合金板の表面に 3 種類の高エントロピー合金の皮膜を形成し、皮膜の微細構造と 800℃以上の耐高温酸化性について検討した。本論文は 6 章から構成されている。

第 1 章では、Ti-6Al-4V 合金の表面改質の研究状況及び表面への高エントロピー合金皮膜形成にレーザ表面改質技術を適用することの利点、さらにこれらの背景を基礎に本研究の目的について述べている。

第 2 章では、800℃での Ti-6Al-4V 合金板表面の耐高温酸化性を向上させるために、レーザクラディングにより TiNiSiCrCoAl 高エントロピー合金皮膜の形成について検討した。高エントロピー合金皮膜が形成され、その中央部の微細構造は、主にアモルファス相と析出した σ 相で構成されていた。皮膜の元素分布及びレーザ移動速度の影響について明らかにした。

第 3 章では、900℃での Ti-6Al-4V 合金板表面の耐高温酸化性を向上させるために、レーザクラディングにより NiCrCoMo_{0.5}Mn_x 高エントロピー合金皮膜の形成について検討した。皮膜の上部および中央部の微細構造は、主にデンドライトで構成され、Mn 含有量によって、その割合に変化することを明らかにした。

第4章では、1000°Cでの Ti-6Al-4V 合金の耐高温酸化性を向上させるために、レーザークラディングにより表面に $\text{NiSi}_{0.5}\text{CrCoMoNbx}$ 高エントロピー合金皮膜の形成について検討した。皮膜の微細構造は、主に HCP の母相及び塊状の σ 相で構成され、Nb 含有量により、その形状に変化することを明らかにした。本章で得られた結果により、HCP 高エントロピー合金皮膜の形成範囲を拡大する知見が得られた。

第5章では、第2、第3及び第4章で形成した高エントロピー合金皮膜の耐高温酸化性について検討した。温度 800°C で 48h の酸化試験において、 TiNiSiCrCoAl 皮膜に生成した酸化皮膜の厚さは 1.4 μm 、温度 900°C で 48h の酸化試験において、 $\text{NiCrCoMo0.5Mn}_{1.5}$ 皮膜に生成した酸化皮膜の厚さは約 33 μm 及び温度 1000°C で 48h の酸化試験において、 $\text{NiSi}_{0.5}\text{CrCoMoNb}_{0.5}$ 皮膜に生成した酸化皮膜の厚さは 5.7 μm であった。いずれの皮膜においても酸化皮膜は緻密であり、母材部分を保護する皮膜として高エントロピー合金が機能していた。

第6章の「総括」では、本研究で得られた結果を纏めて述べている。

学位論文審査の結果の要旨

以上述べたように、本研究では、レーザー表面改質技術を適用して、Ti-6Al-4V 合金板の表面に TiNiSiCrCoAl 皮膜、 $\text{NiCrCoMo}_{0.5}\text{Mnx}$ 皮膜及び $\text{NiSi}_{0.5}\text{CrCoMoNbx}$ 皮膜を形成し、その微細構造と 800°C 以上の耐高温酸化性について検討した。いずれの皮膜も目的の温度における耐高温酸化性に優れており、高エントロピー合金皮膜が機能することを明らかにしている。

これらの内容に関して、公聴会において、多数の質問がなされたが、いずれも論文提出者によって回答がなされ、質問者の理解が得られた。よって、提出者は、博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。