



Title	チタンのレーザ溶接における基本現象の解明と微細精密接合への展開
Author(s)	中村, 浩
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52116
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 （ 中 村 浩 ）	
論文題名	チタンのレーザ溶接における基本現象の解明と微細精密接合への展開
論文内容の要旨	
人の顔に装着し常時使用する眼鏡フレームは、かけ心地とデザインが重要であり、さらなる付加価値向上のためには、人の顔にフィットする最適なフレームデザインを実現する製造技術が必要である。しかし、チタン製眼鏡フレームの溶接に用いられる抵抗ろう付法は、部品表面の損傷や広範囲の熱影響による強度低下等から、フレームデザインを制約する課題がある。一方、レーザ溶接は、熱影響範囲が狭く深い溶込みの溶接が実現でき、精密部品の溶接に適している。本論文では、レーザによるチタンの微細精密溶接に関する基礎研究として、溶接性、溶接欠陥であるスパッタの発生状況と発生機構について検討した。さらに、応用展開として、チタン製眼鏡フレームにおけるレーザ微細精密溶接の実用化のための特性を評価し、レーザ異材接合の可能性についても検討した。 第1章では、本研究の背景、目的および本論文の構成についてまとめた。 第2章では、本研究で用いた供試材料および実験装置についてまとめた。 第3章では、純チタンのレーザ溶接における基本特性について検討した。その結果、溶接速度が遅いほど、レーザ吸収率が高く深い溶込みが得られたが、スパッタの付着が多数確認された。そこで、スパッタ発生機構について解明するため、3次元X線透過装置による内部の湯流れ観察および高速度ビデオカメラによるスパッタ発生挙動について観察した結果、スパッタ発生の主要因として、溶融池内部からのキーホールに沿って上昇する湯流れが、繰返し発生するブルームのせん断力の積み重ねによってさらに上昇し、発生することが判明した。 第4章では、純チタンに、パルスYAGレーザによる突合せ溶接を行い、スパッタ低減のための適応制御法の検討を行った。その結果、低パワーでレーザ照射し、その後高パワーに変更する適応制御法で、スパッタの発生を大幅に低減できる改善効果が認められた。 第5章では、チタン製眼鏡フレームのレーザ溶接に対し、溶接品質に影響する因子の調査および実用製品としての評価を行った。その結果、品質に大きく影響する因子は、焦点はずし距離と溶接面の加工法であることが確認された。また、従来溶接法と同等の強度が得られ、さらに熱影響範囲を大幅に低減することが判明した。以上の結果から、レーザ溶接は眼鏡フレームの製造品質を満たすことが確認され、眼鏡フレームの実用化が可能となることが示された。 第6章では、チタンとアルミニウムA1050の異材溶接性について調査した。またチタンとエンジニアリングプラスチックPEIとのレーザ直接接合の可能性を検討した。その結果、A1050をレーザ照射側に組合せた重ね溶接において、超高速度でレーザ溶接することにより、異材溶接部におけるチタンの形成量が多くなることから、高い引張せん断強度が得られることが判明した。純チタンとPEIにおいては、適切な入熱範囲でレーザ溶接することにより、PEIの降伏応力を超えて伸びるほどの高強度な継手を得られることがわかった。 第7章は、本論文の総括であり、本研究で得られた成果についてまとめた。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (中 村 浩)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	片山 聖二
	副 査	教授	高谷 裕浩
	副 査	教授	近藤 勝義
	副 査	准教授	川人 洋介
論文審査の結果の要旨			
眼鏡フレームは、人の顔に装着されて常時使用するものであり、かけ心地とデザインが重要である。さらに、付加価値向上のためには、人の顔にフィットする最適なフレームデザインを実現する製造技術が必要である。しかし、チタン製眼鏡フレームの溶接に一般に用いられる抵抗ろう付法は、部品表面の損傷や広範囲の熱影響による強度低下が起こり、フレームデザインを制約するため、これを改善できる溶接・接合法の開発が課題である。一方、レーザ溶接は、高パワー密度・高エネルギー密度を集中でき、溶接熱影響部の範囲を狭くでき、深い溶込みが実現でき、精密部品の溶接に適している。 そこで、本論文では、まず、レーザによるチタンの微細精密溶接に関する基礎研究として、溶接性、溶接欠陥であるスパッタの発生状況と発生機構について検討した。次に、応用展開として、チタン製眼鏡フレームにおけるレーザ微細精密溶接の実用化のために機械的特性等を評価し、さらに、レーザ異材接合の可能性について検討している。 まず、純チタンのレーザ溶接における基本特性について検討した結果、溶接速度が遅いほど、レーザ吸収率が高く深い溶込みが得られるが、スパッタの付着が多数確認され、アンダーフィルが形成しやすいことを明らかにしている。そこで、スパッタ発生機構について解明するため、3 次元 X 線透過装置による内部の湯流れ観察および高速度ビデオカメラによるスパッタの発生挙動について観察している。その結果、スパッタ発生は、熔融池内部の融液がキーホールに沿って上昇し、繰返し発生するブルームのせん断力の積み重ねによってさらに上昇して発生することを明らかにしている。また、スパッタは、低溶接速度では、キーホール口の前方形から発生し、溶接速度が速くなるに従って、キーホールのサイド（横）から発生し、高速度になると、キーホール口の後方形から発生しやすいことも明らかにしている。 次に、純チタンに、パルス YAG レーザによる突合せ溶接を行い、スパッタ低減のための適応制御法の検討を行っている。その結果、低パワーでレーザ照射し、その後高パワーに変更する適応制御法により、スパッタの発生を大幅に低減できる改善方法を見出している。 一方、チタン製眼鏡フレームのレーザ溶接に際し、溶接品質に影響する因子の調査および実用製品としての評価を行っている。その結果、品質に大きく影響する因子は、焦点はずし距離と溶接面の加工法であることが明らかにしている。また、従来溶接法と同等の強度が得られ、さらに熱影響部幅を大幅に低減できることが確認されている。その結果、レーザ溶接は眼鏡フレームの製造品質を満たすことが確認され、眼鏡フレームの実用化が可能となり、実用上問題がないことが明示されている。 さらに、チタンとアルミニウム A1050 の異材溶接性について調査されている。A1050 をレーザ照射側に設置する重ね溶接において、超高速度でシングルモードファイバーレーザにより溶接した結果、異材溶接部におけるチタンの形成量が多くなることから、高い引張せん断強度が得られることを明らかにされている。また、純チタンとエンジニアリングプラスチック PET とのレーザ直接接合の可能性についても検討されている。その結果、純チタン			

と PET においては、適切な入熱範囲でレーザ溶接することにより、PET の降伏応力を超えて伸びるほどの高強度な継手が得られることを明らかにしている。

本論文は、チタンのレーザ溶接に関して、基本的な特性を評価するとともに、眼鏡フレームへの適用・実用化に資するレーザ溶接法を開発し、さらに、今後の展開も考慮し、チタンとアルミニウムまたはプラスチック PET とのレーザ直接接合法についても種々の知見を得ている。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。