The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	半導体レーザを用いた入熱制御による低希釈・低熱影響Ni基合金皮膜形成に関する研究
Author(s)	谷川, 大地
Citation	大阪大学, 2017, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61753
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　谷川　大地　）	
論文題名	半導体レーザを用いた入熱制御による低希釈・低熱影響Ni基合金皮膜形成に関する研究

論文内容の要旨

本研究では、半導体レーザを用いてNi基合金皮膜を304型ステンレス鋼および機械構造用炭素鋼S45C基板上に形成することを目的とした。本論文では、低希釈・低熱影響Ni基合金皮膜を形成するために、集光点におけるレーザの強度分布が形成された皮膜に与える影響および使用する材料粉末が皮膜形成に必要な入熱量に与える影響を検討しており、全6章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景および目的について述べており、レーザクラッディングによって形成される皮膜の希釈および熱影響を低減することの重要性を示している。

第2章では、集光点におけるレーザの空間プロファイルが皮膜特性に与える影響を明らかにするために、集光点におけるレーザ強度がガウシアン型のダイレクトダイオードレーザを用いて皮膜形成を行った。この時、粉末の溶融挙動を高速度カメラによって観察することで、集光点のレーザの強度が一様でないと、粉末の凝集が生じてしまい、皮膜の希釈および表面粗さの増加を招くことを明らかにした。このとき、銅のスリットを用いてレーザの強度が一様でない領域を除去することで、良好な皮膜を形成するためには粉末の凝集を抑制することが有効であることを示した。

第3章では、第2章で得られた結果をもとに、フラットトップ型のラインビームを形成するための集光光学系の設計・開発を行い、集光点におけるレーザの強度分布を評価した。

第4章では、第3章で得られた集光光学系を用いて皮膜を形成した。この時、高速度カメラを用いて粉末の溶融挙動を観察することで、集光点におけるレーザの強度分布を制御し、フラットトップ型のラインビームを用いることで粉末の凝集を抑制することが可能であることを明らかにした。また、形成された皮膜の希釈が低減し、表面粗さが小さな皮膜が形成されたことから、粉末の凝集を抑制することが良好な皮膜を形成するためには必要であることを明らかにした。

第5章では、基板の熱影響を低減するために、より低入熱で皮膜を形成するため、3種類の粒度分布を有する粉末を使用してN基合金皮膜を形成した。この結果、粒径の小さな粉末を用いて皮膜を形成すると、皮膜形成に必要な入熱量を低減することが可能であることを明らかにした。小さな粒径の粉末を用いることで基板への熱影響部の形成を低減することが可能であることを明らかにした。

第6章は結論であり、本研究で得られた結果を統括した。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（谷川　大地　）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　准教授	塚本　雅裕
	副 査　教授	望月　正人
	副 査　教授	田中　学
	副 査　教授	廣瀬　明夫

論文審査の結果の要旨

本論文は、半導体レーザを用いて Ni 基合金皮膜を 304 型ステンレス鋼および機械構造用炭素鋼 S45C 基板上に形成することを目的としている。粉末を静置法によって、さまざまな機械部品に使用される 304 型ステンレス鋼および機械構造用炭素鋼 S45C に対して耐摩耗性に優れる Ni 基合金皮膜を形成することによる表面改質を行っており、このとき集光点におけるレーザの強度分布を制御することで、皮膜の希釈を低減することが可能であることを明らかにしている。また、粉末の粒度分布が皮膜形成に必要な入熱量に与える影響についても検討しており、より小さな粒径の Ni 基合金粉末を用いることで、皮膜形成に必要な入熱量を低減することが可能であることを明らかにしている。皮膜形成時の入熱量を低減することで、機械構造用炭素鋼 S45C 基板に形成される熱影響部を低減することが可能であることを明らかにしている。

第 1 章は、本研究の背景および目的について述べており、表面改質技術の必要性および表面改質技術におけるレーザクラッディングの有用性を述べている。また、耐摩耗性を有する材料である Ni 基合金の特性やレーザと材料の相互作用について解説しており、半導体レーザが本プロセスに適していることを示している。

第 2 章では、集光点におけるレーザ強度がガウシアン型のダイレクトダイオードレーザを用いて皮膜形成を行い、粉末の溶融挙動を高速度カメラによって観察することで、集光点のレーザの強度が一様でないと、粉末の凝集が生じてしまい、皮膜の希釈および表面粗さの増加を招くことを明らかにしている。このとき、銅のスリットを用いてレーザの強度が一様でない領域を除去することで、皮膜の表面粗さの低減およびビッカース硬さの向上が可能となることを示しており、レーザクラッディングにおける集光点のレーザ強度分布制御の重要性を明らかにしている。

第 3 章では、フラットトップ型のラインビームを形成するための集光光学系の設計・開発を行っており、24 本のファイバーカップル半導体レーザを用いることで集光点におけるレーザ強度が一様なビームを形成できることを示した。集光スポットのビームプロファイルを測定した結果、レーザ強度が低い領域が小さなビームが形成できていることを示している。

第 4 章では、第 3 章で開発したフラットトップビームを有する半導体レーザを用いて皮膜を形成し、高速度カメラを用いて粉末の溶融挙動を観察することで、集光点におけるレーザの強度分布を制御することで粉末の凝集を抑制することが可能であることを明らかにしている。形成された皮膜の希釈が低減し、表面粗さが小さな皮膜が形成されたことから、粉末の凝集を抑制することが良好な皮膜を形成するためには必要であることを明らかにしている。レーザのパワー密度、掃引速度およびオーバーラップ率が皮膜の表面粗さおよびビッカース硬さに与える影響を明らかにしており、フラットトップビームを用いて平滑で希釈の少ない皮膜を形成するための条件を明らかにしている。

第 5 章では、より低入熱で皮膜を形成するため、3 種類の粒度分布を有する粉末を使用して N 基合金皮膜を形成してお

り、粒径の小さな粉末を用いて皮膜を形成すると、皮膜形成に必要な入熱量を低減することが可能であることを明らかにしている。断面の光学顕微鏡観察の結果、小さな粒径の粉末を用いることで基板への熱影響部の形成を低減することが可能であることを明らかにしている。

第 6 章は結論であり、本研究で得られた結果を要約して統括しており、フラットトップビームを有する半導体レーザを用いることで表面が平滑でビッカース硬さが高い Ni 基合金皮膜形成が可能であることについて言及している。

以上のように、本論文は半導体レーザを用いた入熱制御により、低希釈・低熱影響な Ni 基合金皮膜形成プロセスを明らかにしている。入熱制御のために、フラットトップビームを有する半導体レーザの集光光学系を独自に開発しており、今後のレーザ加工技術に対する大きな寄与が期待される。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。