

指向性エネルギー堆積法による
Inconel 718 の造形物における空孔に関する研究

2018 年度

栗 谷 龍 彦

主 論 文 要 旨

No.1

報告番号	甲 第 号	氏 名	栗谷 龍彦
主 論 文 題 名 :			
指向性エネルギー堆積法による Inconel 718 の造形物における空孔に関する研究			
(内容の要旨) 近年、金属のレーザー金属積層への注目が高まっている。いくつかある積層方法の中でも指向性エネルギー堆積法 (Directed Energy Deposition : 以下, DED) は比較的大きな部品を作製可能ということもあり、航空宇宙産業からの期待が強い。しかし多くの課題が残されており、その中でも積層造形物内部に形成された空孔は機械的強度低下につながるため、これを抑制すること、またその形成メカニズムを明らかにすることは最重要課題のひとつといえる。造形物の空孔に関する研究は盛んに行われているが、積層後に生じた空孔分布の評価や積層プロセスのシミュレーションによる間接的評価が多く、レーザー出力が高いことから直接的な観察を通して空孔形成を検討した例はあまり見られない。そこで本研究では航空宇宙産業で多く用いられるニッケル合金 Inconel 718 を対象とし、造形物における空孔の評価に加え積層プロセスの直接観察を試み、空孔形成の抑制を図ることを目的とした。 第1章では、本研究の背景と従来の研究を概説した。 第2章では、DEDの各方式と積層プロセスを述べた。また、造形物の成分や結晶構造、引張強さの評価結果や形成された空孔の特徴を述べ、用いる金属粉末の製造方法や形状についても説明した。加えて、DEDの応用例やその他のDED方式について概説した。 第3章では、積層に用いた加工装置の構成と仕様を述べるとともに、空孔評価のための試料作製方法や用いた実験装置を示した。空孔の評価に関して、空孔率の算出方法、空孔形成の要因を調べるために行った空孔内部のガス分析の方法について述べた。また、積層プロセス観察に用いた高速度カメラ、および温度観察に用いた二色法による温度計測方法について説明した。 第4章では、第3章で述べた加工装置と空孔評価方法を用い、空孔を抑制可能な積層条件を明らかにするために、異なるレーザー出力で作製した造形物内部に形成された空孔の評価を行った。また、実用での積層において複雑形状を造形する場合、送り速度の変化に応じてレーザー出力を調整する必要がある。そこで、異なるレーザー出力での積層において最も空孔率が低かった条件から入力エネルギー密度を算出し、そのエネルギー密度を維持するように送り速度を変化させ造形を行うことで、形成される空孔が抑制できるか調べた。 第5章では、空孔形成の要因を明らかにすることを目的に、造形物内部の空孔内に残存するガス分析を行なった。その結果、シールドガスやキャリアガスであるアルゴンガスが検出された。レーザー出力が高い場合ではシールド切れによる窒化や酸化の影響と思われる大気成分検出された。また、積層プロセス観察のために高速度カメラを用いて観察するとともに、二色法を用いた温度計測によって積層時の温度分布の観察や、熔融から凝固までの時間算出を行い、空孔率との関連を調べ、空孔形成のメカニズムを考察した。 第6章では、結論として各章で得られた内容をまとめ、本研究の成果を要約した。			

Thesis Abstract

No. _____

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	KURIYA, Tatsuhiko
Thesis Title			
Study on Voids in a Deposited Object of Inconel 718 by Directed Energy Deposition			
Thesis Summary			
<p>In recent years, the aerospace industry has developed high expectations for Directed Energy Deposition (DED) due to its capability of producing relatively large parts. Formed voids in a deposited object causes deterioration of the mechanical strength. Hence, voids should be avoided in the DED process.</p> <p>This study aims to directly observe the deposition process and control the void formation as well as evaluate formed voids in a deposited part made from the nickel super-alloy Inconel 718 which is widely used in the aerospace industry.</p> <p>Chapter 1 summarizes the background of this study and previous studies.</p> <p>Chapter 2 describes each DED method and the deposition process, characteristics of formed voids, a manufacturing method and a form of the metal powder used, and explains evaluation result of crystal structures, tensile strength of deposited components.</p> <p>Chapter 3 describes the DED device, the sample production method and the test devices for void evaluation. The porosity calculation method and the void gas analyzing method used for investigating the factors of void formation are clarified. Chapter 3 also describes the high-speed camera used to observe the deposition process and the temperature-measuring method using the two-color temperature measurement for the observation of temperature.</p> <p>In Chapter 4, voids that were formed in deposited parts created with differing laser power were evaluated with the DED device and the void evaluation methods described in Chapter 3, in order to clarify deposition conditions for void suppression. To produce a complex-shaped part in the practical deposition process, laser power needs to be adjusted according to changes in the feed rate. Then, the input energy density was calculated based on the conditions under which the lowest porosity was produced for the different laser powers, and feed rates were changed in such a way that the energy density could be maintained during layer deposition.</p> <p>In Chapter 5, the residual gases in voids formed in the deposited part were analyzed to identify the cause of void formation. The analysis result indicated the existence of argon gas used as a shielding and a carrier gas. With high laser power, some atmospheric constituents were also detected, which may be caused by nitridation or oxidation due to the lack of a shielding gas. The mechanism of void formation was investigated through the observation of the deposition process with a high-speed camera and two-color temperature measurement.</p> <p>Chapter 6 serves as the conclusion of this study. It outlines the results obtained in each chapter, and summarizes all of the findings of this study.</p>			