

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19（共通）

科学研究費助成事業

研究成果報告書



令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：82670

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14635

研究課題名（和文）レーザ加工技術を応用した金属積層造形物の内外面での表面粗さ改善

研究課題名（英文）The Improvement of surface roughness in metal additive manufacturing inner and outer surface applying laser processing technology

研究代表者

村上 祐一（Murakami, Yuichi）

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・技術支援本部多摩テクノプラザ複合素材技術グループ・副主任研究員

研究者番号：10707136

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究では、開発した試作造形を用いて、高出力のパルスレーザを照射することで積層痕と固着粉末が除去加工できないか検討した。レーザ除去加工メカニズムの解明、2種類の材料による差異による飛翔条件の選定、造形時におけるレーザ除去加工の現象確認をすることにより、造形品表面粗さRaを向上させる造形方法を確認することを目的とし研究を実施した。実際に高出力のパルスレーザを照射することで造形物側面の表面粗さが20%程度減少することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属AM技術は、従来製法では実現不可能な複雑形状を有する高付加価値製品を製造ができ、産業分野での幅広い応用が期待されている。一方で、造形物側面は積層痕と固着粉末の影響により、表面粗さが組付け部品の表面粗さの5～10倍程度であるため、後加工が必要となる。後加工は様々な加工方法が検討されてる段階であり、利用が試作レベルに留まっていることが多い。そのため、本研究では、後加工を必要とせずに造形の中に造形物の側面に高出力のパルスレーザを照射することで表面粗さを改善できなかに検討をした。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the possibility of removing stacking marks and adhered powder by irradiating a high-power pulsed laser using the prototype modeling method we have developed. The purpose of this research was to establish a modeling method to improve the surface roughness of the modeled product by (1) clarifying the mechanism of laser removal processing, (2) selecting flying conditions based on the difference between the two types of materials, and (3) confirming the phenomenon of laser removal processing during modeling. In fact, the surface roughness of the side surface of the modeled object was reduced by about 20% by irradiating a high-power pulsed laser.

研究分野：付加製造

キーワード：金属積層造形 レーザ加工 パルスレーザ 除去加工 表面粗さ改善

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様 式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1．研究開始当初の背景

金属積層造形(金属 AM)技術は、従来製法では実現不可能な複雑形状を有する高付加価値製品を製造でき、産業分野での幅広い応用が期待されている。既に、GE などの海外メーカでは、金属 AM 製品が航空宇宙・医療といった一部で実用化されている。

日本は切削加工の精度で勝負してきた経緯から、金属 AM 製品に対する表面粗さの要求精度が高い。現状、切削加工と同等レベルの表面粗さを有する金属 AM 製品を製造することは困難であり、国内においては、金属 AM 技術に懐疑的な意見も多く、その利用は試作レベルに留まっている。造形物の側面は積層痕と固着粉末の影響により、造形条件によって異なるが表面粗さ Ra が $10\mu\text{m}$ 程度である。この値は、組付け部品の精度($Ra = 1.6\mu\text{m}$)と比較すると 5～10 倍程度であるため、造形物の後加工が必要である。造形物外面の後加工法に関しては、従来の機械加工以外に、ブラスト、電解研磨、流体研磨などの後処理工法の開発が進んでいるが、造形物内部の後加工に関しては、有効な加工法すら見つかっていない。

2．研究の目的

本研究では、レーザ除去加工メカニズムの解明 2 種類の材料による差異による飛翔条件の選定、造形時におけるレーザ除去加工の現象確認をすることにより、造形品表面粗さ Ra を向上させる造形方法を確立することを目的とする。

3．研究の方法

本研究では、高出力パルスレーザを造形物表面に照射することで、固体表面の積層痕の加工と固着粉末の飛散除去ができないかを検討するために、図 1 に示す自作造形装置を用いた。本造形機はパルスレーザと CW レーザを任意に切り替えように設定を行い、通常の積層造形では CW レーザを使い、飛散除去の際にパルスレーザを用いた。

材料は 17-4PH および 316L の金属粉末で、造形条件を変更し造形した際の表面粗さを測定した。各々の造形条件から上位 10 個を抜き出し、寸法測定を行い、最も造形精度が高いものを CW レーザで造形物を作る際の条件とした。表面粗さは表面粗さ計(東京精密製 SURFCOM 2900 SD3-12)、寸法測定は三次元測定機(ミツトヨ製 Crysta-ApexC9106)を用いた。

次に、各材料での造形条件を求めたものに対して、各辺が 5mm の立方体の造形物を製作した。造形物を作る際に、パルスレーザの条件を変更することで表面粗さに影響があるか、表面粗さ測定機およびマイクロスコブ(キーエンス製 VHX-6000)で状態の確認を行った。さらに、飛散がどのように行われているかを、高速度ビデオカメラを用いて確認した。

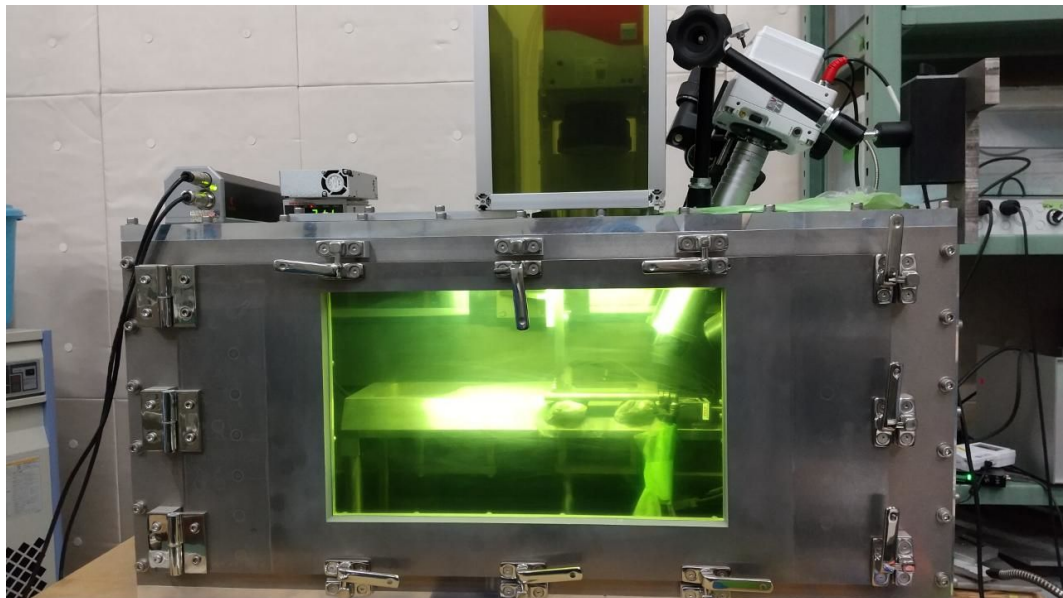


図 1 自作造形機の外観および高速度ビデオカメラ取り付け時の様子

4．研究成果

CW レーザでの造形条件は、17-4PH(レーザ出力 、レーザ速度 400mm/s) 316L(レーザ出力 、レーザ速度 200mm/s) のように設定した。

パルスレーザ有り無しによる造形物の側面状態を図 2、3 に示し、飛散している状態を図 3 に示す。

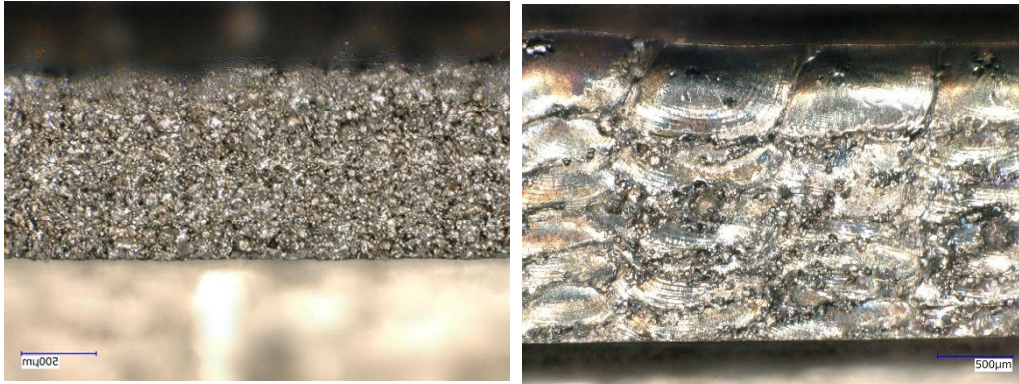


図2 17-4PHの造形物側面（左図：除去加工なし 右図：除去加工あり）

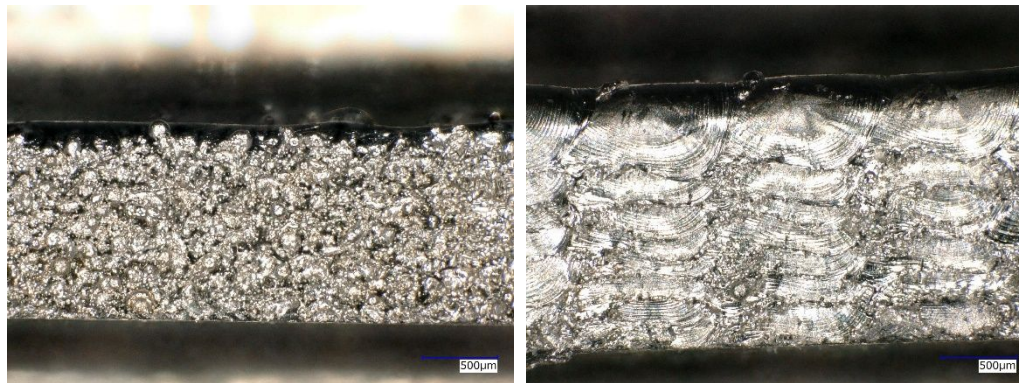


図3 316Lの造形物側面（左図：除去加工なし 右図：除去加工あり）

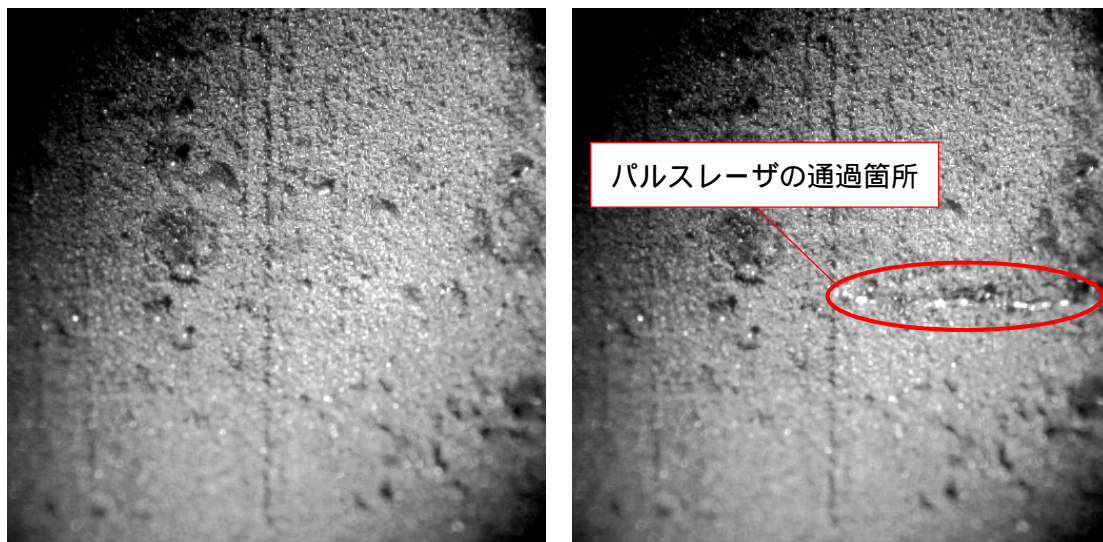


図4 高速度ビデオカメラによる飛散の様子（左図：飛散前 右図：飛散中）

パルスレーザを照射することで造形物側面の変化および除去加工ができていることが確認できた。また、パルスレーザは造形の最中に下記の条件変更を行った。

- ・レーザ出力およびレーザ速度の変更（100mm/s、250mm/s、500mm/s）
- ・パルスレーザの造形方向に対する照射位置：0.2mm 毎、0.4mm 毎、0.6mm 毎

レーザの出力は強くおよびレーザ速度を遅くすること、照射位置も近いほど表面粗さが向上していた。これは、造形物に対するエネルギーを多く入れることで、除去加工の能力が向上したと考えられる。表面粗さの結果として、17-4PH では表面粗さ Ra が 15.094 から 12.732 に改善し、316L では表面粗さ Ra が 17.059 から 12.648 と改善した。この時の条件はパルスレーザ出力が最大出力の 90%、パルスレーザ速度が 100mm/s、パルスレーザ波長が 10Hz、0.2mm 積層する毎にパルスレーザを照射したものである。しかし、図 2、3 からパルスレーザを照射することで表面が付着物の飛散除去を行うと同時に周りの粉を再溶融していると考えられ、316L も同様の結果となっている。また、図 4 に示すようにレーザの照射速度に応じてレーザの照射長が変わり、つなぎ目が発生している。つなぎ目は、つなぎ目箇所に再度パルスレーザを照射することで

除去加工および再溶融が確認できている。そのため、パルスレーザを照射する位置を検討することで、造形物側面の表面粗さをさらに低減できると考えられ、今後は更なる表面粗さ低減に向けて研究を進めていく。

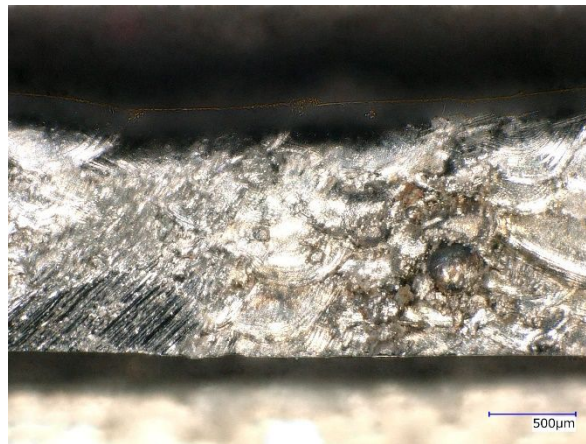


図 4 つなぎ目の間にパルスレーザを照射した造形物側面

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6 . 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------