

## 【経常研究 B】

## 令和4年度 経常研究報告書

## 1. テーマ名：

レーザー粉末床溶融結合法(Laser Powder Bed Fusion：L-PBF)による水アトマイズ SUS316L 粉末の造形

## 2. 担当者所属・氏名：

技術企画部技術支援室 平山 明宏

## 3. 達成目標（自主宣言）：

水アトマイズ法により製粉された SUS316L 粉末の造形を試み、造形パラメータが水アトマイズ SUS316L 粉末の造形体に及ぼす影響について検討し、高密度体が得られるレーザー照射条件を明らかにする。

## 4. 目標に対する成果：

## 【研究背景】

レーザー粉末床溶融結合法(Laser Powder Bed Fusion：L-PBF)を使用した金属 3D プリントの市場は着実に増加しているものの、その技術を用いた既存部品の製造においてはコスト面で劣っている。L-PBF では一般的にはガスアトマイズ法で作られた金属粉末が広く使用されている。ガスアトマイズ粉末は、均一な粒子サイズ、高い真球度、良好な流動性、高い重点密度等の優れた特性を有しており L-PBF に適している。しかし、近年では製造コストの低い水アトマイズ法で作られた粉末の検討がなされている。水アトマイズ粉末の場合、粒子の真球度が低く、凹凸の多い粒子形状となること等が課題であった。これらの特徴は、粉末の流動特性、L-PBF システムの粉末床密度、更に L-PBF で製造された造形体の密度に影響を与える可能性がある。本研究では、比較的、真球度が高く均一な粒子形状を持つ水アトマイズ粉末を製造することに成功したエプソンアトミックス株式会社製の粉末を使用し、L-PBF による水アトマイズ SUS316L 粉末の造形を試みた。今回は種々の造形パラメータに対する水アトマイズ SUS316L 粉末の造形を行い、高密度化するためのレーザー照射条件を調査した。

## 【実験方法】

本研究ではエプソンアトミックス株式会社製の水アトマイズ SUS316L 粉末を使用し、表 1 の条件下で造形を行った。得られた造形体の密度はアルキメデス法にて測定し、SUS316L の真密度(7.98 g/cm<sup>3</sup>)に対する相対密度を算出した。また、造形物は、造形後ベースプレートから切断して、2 液硬化性樹脂に埋め込み、断面観察を行い観察用試料とした。

表 1 造形条件

造形装置	3Dsystems社製 ProX200
造形粉末	水アトマイズSUS316L粉末 エプソンアトミックス(株)製
造形サイズ	縦10 mm×横10 mm×高さ10 mm
造形条件	レーザー出力:60 W ~ 250 W
	走査速度:380 mm/s ~ 2700 mm/s
	走査ピッチ:0.1 mm
	積層厚さ:30 μm
	雰囲気:N <sub>2</sub> ガス(残留酸素濃度 約0.3 %)

【実験結果】

図1に本研究で使用したエプソンアトミックス株式会社製の水アトマイズ SUS316L 粉末の SEM 観察写真を示す。比較的、真球度の高い粉末形状となっていることがわかる。L-PBF 造形において造形パラメータの影響を考察する指標として、粉末層に投入したエネルギー密度が一般的に用いられる。エネルギー密度  $E_d$  ( $J/mm^3$ ) は、 $P$ をレーザー出力(W)、 $v$ をレーザー走査速度(mm/s)、 $s$ を走査ピッチ(mm)および  $t$ を積層厚さ(mm)として、下記のように表される。

$$E_d = P / (v \cdot s \cdot t)$$

図2に各レーザー照射条件で得られた造形体の相対密度について、横軸をレーザーのエネルギー密度として整理した結果を示す。エネルギー密度が大きくなるにつれて相対密度が高くなっており、約  $70 J/mm^3$  以上で相対密度がピークを示す様子がわかる。今回の実験において、相対密度は最大 98.8 %であり、その時の最適条件は次の通りであった。レーザー出力 200 W、走査速度 950 mm/s、走査ピッチ 0.1 mm、積層厚さ 0.03 mm。図3に高・中・低のエネルギー密度領域における造形体の断面観察写真を示す。エネルギー密度の増加とともにガスポアや未溶融の粉末等の内部欠陥が低下していく様子がうかがえる。以上の結果から、水アトマイズ法で製粉された SUS316L 粉末においても、適切なパラメータにて造形することで高密度な造形体が得られることが明らかとなった。

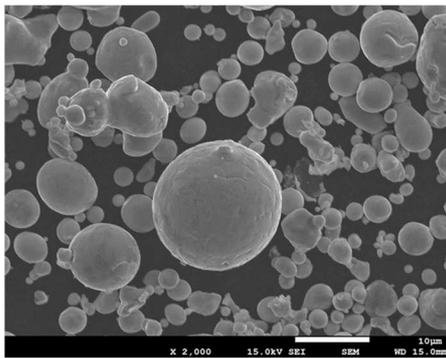


図1 水アトマイズ SUS316L 粉末の SEM 観察写真

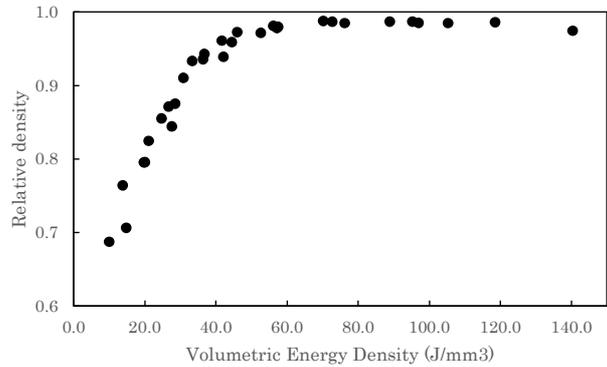


図2 相対密度とエネルギー密度の関係

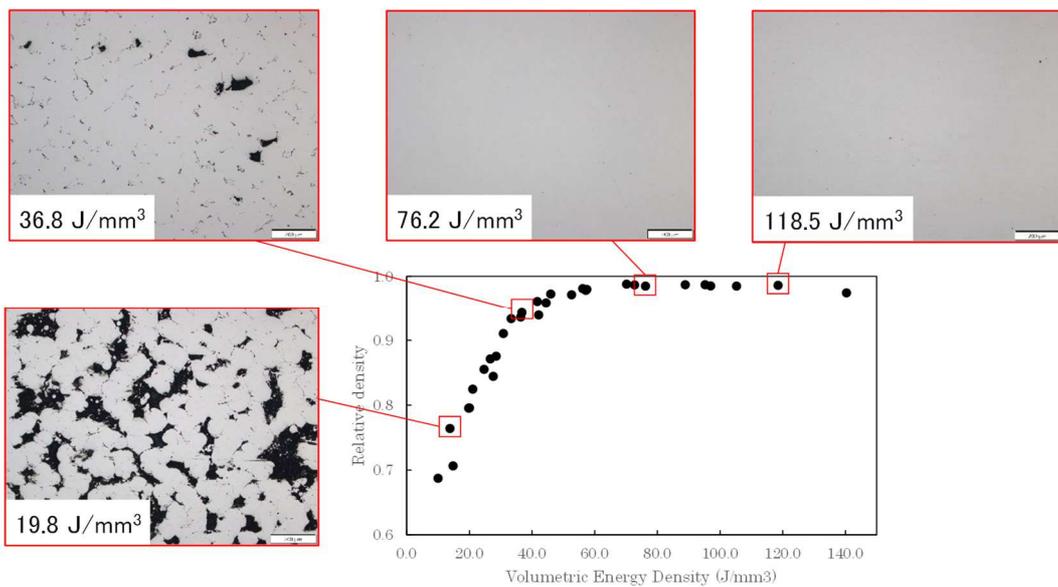


図3 高・中・低エネルギー密度領域における SUS316L 造形体の断面観察写真