

# Elucidating the effect of preheating temperature on melt pool morphology variation in Inconel 718 laser powder bed fusion via simulation and experiment

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860420310149>

## Abstract

In laser powder bed fusion (L-PBF) additive manufacturing, the mechanical performance, microstructure and defects of fabricated parts are closely associated with the melt pool morphology, e.g., its dimension and shape through the building process. Past studies have largely focused on how the process parameters such as laser power and scan speed affect melt pool characteristics. In this study, the melt pool morphology variation as a function of preheating temperature in the conduction, transition, and keyhole regimes and the underlying mechanisms in each regime are investigated through ex-situ sample characterization and computation thermal fluid dynamics (CtFD) simulation. Single tracks with different combinations of laser power and scan speed are deposited on an Inconel 718 bare plate preheated to a temperature range of 100–500 ° C in the experiment. Significant changes are observed in melt pool morphology as a function of preheating temperature from optical measurements of melt track cross sections. The depth of melt pool in the three regimes increases monotonically with preheating temperature, e.g., at 500 ° C, the experimental melt pool depth is increased by 49% in conduction regime, 34% in transition regime and 33% in keyhole regime, respectively, while the variation of melt pool width in each regime does not all follow an increasing trend but depends on the melt pool regimes. Melt pool width variation in the conduction and transition regimes is found to depend on the enhanced heat conduction directly related to temperature dependent thermal properties. Through validated CtFD simulations, it is found that in the keyhole regime the evaporation mass, recoil pressure, and laser drilling effect is enhanced with higher preheating temperature, which gives rise to a deeper melt pool. The simulations also reveal that preheating temperature significantly elongates the melt track length due to the increased flow rate and strong recoil pressure that accelerates the backward flow.

【抄訳】

## シミュレーションと実験による Inconel718 材のレーザー粉末床溶融法に

### おけるメルトプールの形態変化に対する予熱温度の影響の解明

#### 概要

レーザー粉末床溶融 (L-PBF) 積層造形では、製造された部品の機械的性能、金属内部組織、および欠陥は、メルトプールの形態、たとえば、造形プロセス全体の寸法や形状と密接に関連している。過去の研究は、レーザー出力やスキャン速度などのプロセスパラメータがメルトプールの特性にどのように影響するか主に焦点を当ててきた。

本研究では、伝導、遷移、およびキーホールレジームの予熱温度の関数としてのメルトプールの形態変化と、各レジームの基礎となるメカニズムを、ex-situ サンプルの特性評価と計算熱流体力学 (CtFD) シミュレーションを通じて調査する。

実験では、100~500° C の温度範囲に予熱された Inconel 718 の素材プレートに、レーザー出力とスキャン速度のさまざまな組み合わせを持つ単一のトラックを堆積する。

メルトトラック断面の光学的測定から、予熱温度の関数としてメルトプールの形態に有意な変化が観察される。3つのレジームのメルトプールの深さは、予熱温度とともに単調関数的に増加する。たとえば、500° C では、実験的なメルトプールの深さは、伝導レジームで49%、遷移レジームで34%、キーホールレジームで33%増加する。一方、各レジームでのメルトプール幅の変動はすべて増加傾向にあるわけではなく、メルトプールレジームに依存する。伝導および遷移レジームにおけるメルトプール幅の変動は、温度依存の熱特性に直接関連する強く熱伝導に依存することがわかっています。検証済みの CtFD シミュレーションを通じて、キーホールレジームでは、蒸発質量、反跳圧力、およびレーザー穴あけ効果が、より高い予熱温度で強化され、より深いメルトプールが生じることがわかった。またシミュレーションでは、予熱温度が、増加した流量と逆流を加速する強い反跳圧力のために、メルトトラックの長さを大幅に延長することを明らかにしている。