

Role of operating and environmental conditions in determining molten pool dynamics during electron beam melting and selective laser melting

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214860420309313>

Highlights

- Experiments and simulations were performed to investigate molten pool dynamics of EBM and SLM.
- Owing to the slight vapor recoil pressure under vacuum, EBM tends to melt in the conduction mode.
- As the energy input increases, keyhole-induced pores tend to appear in the melt bead of SLM.
- High ambient pressure in SLM enhances the effect of the vapor recoil pressure on the melt surface.
- Multiple laser reflections increase heat absorption rate and facilitate melt depressing in SLM.

Abstract

Electron beam melting (EBM) and selective laser melting (SLM) are representative powder bed fusion additive manufacturing methods. Because EBM and SLM have different operating and environmental conditions, such as ambient pressure of the chamber, initial temperature, and heat source, they have different molten pool dynamics. In this study, single-bead melting experiments using EBM and SLM were performed in conjunction with computational thermal-fluid dynamics simulations in high-energy conditions to highlight the differences in the molten pool dynamics of EBM and SLM. The experimental results reveal that SLM is more likely to melt in the keyhole mode than EBM under nominally identical line energy. The simulations showed that the instantaneous maximum temperature of the SLM molten pool is much lower than that of the EBM molten pool. An increase in the preheating temperature is found to strengthen the vapor recoil pressure; however, the vapor recoil pressure under vacuum is maintained at a considerably low level in EBM. Compared to EBM, the high atmospheric pressure and multiple laser reflections during SLM significantly enhance the effect of the vapor recoil pressure on the melt surface. The findings of this study can be useful for the formulation of appropriate processing strategies for the two processes.

【抄訳】

電子ビーム方式およびレーザー方式による溶融中のメルトプールのダイナミクスを

決定する操作および雰囲気条件の役割

ハイライト

- ▶ EBM と SLM のメルトプールのダイナミクスを調査するために実験とシミュレーションを行った。
- ▶ 真空下でのわずかな蒸気反跳圧力のために、EBM は伝導モードで溶融する傾向がある。
- ▶ 入熱エネルギーが増加すると、キーホールによって誘発された欠陥が SLM の溶融ビードに現れる傾向がある。
- ▶ 大気圧で行う SLM では、溶融表面に対する蒸気反跳圧力の影響が強くなる。
- ▶ SLM では、複数のレーザー反射により、熱吸収率が向上し、溶融抑制が促進される。

概要

電子ビーム溶融法（EBM）と選択的レーザー溶融法（SLM）は、代表的な粉末床溶融積層工法である。EBM と SLM は、チャンバー内の圧力雰囲気、初期温度、熱源など、動作条件と環境条件が異なるため、メルトプールのダイナミクスが異なる。この研究では、EBM と SLM を使用したシングルビードの溶融実験を、高エネルギー条件での計算熱流体力学シミュレーションと組み合わせて行い、EBM と SLM のメルトプールのダイナミクスの違いを明確にした。実験結果は、SLM が名目上同一のラインエネルギーの下で EBM よりもキーホールモードで溶融する可能性が高いことを明らかにした。シミュレーションは、SLM でのメルトプールの瞬間最高温度が EBM でのメルトプールのそれよりもはるかに低いことを示した。予熱温度の上昇は、蒸気反跳圧力を強化することがわかっている。ただし、真空条件下で行う EBM では、蒸気反跳圧力が相当低いレベルに維持される。EBM と比較して、SLM 中の高い大気圧と複数のレーザー反射は、溶融表面に対する蒸気反跳圧力の影響を大幅に増加させる。この研究の結果は、2つのプロセスの適切な処理戦略の策定に役立つ可能性がある。