

レーザ 3D プリントによる Ni 単結晶の造形

物質・材料

SATテクノロジー・ショーケース2023

■ はじめに

航空機エンジン部品の耐熱性向上は、エンジンの高効率化、さらには二酸化炭素排出量の削減につながる。近年、金属粉末を使った3Dプリンタ(3次元積層造形)により多くの航空機部品が製造されているが、タービン高温部のNi基超合金単結晶部品の製造には至っていない。単結晶は、結晶方位が異なる複数の結晶粒で構成される多結晶体よりも高温強度に優れる。そのため、単結晶を造形でできればエンジン部品の耐熱性が飛躍的に向上することが期待される。2018年に電子ビームを使った単結晶造形が海外で初めて報告された。しかし、電子ビーム方式の造形装置は高真空を必要とし、高価で運転コストが高く、装置の普及率が低い。導入コストと運転コストが安く、広く普及しているレーザ方式の造形装置で単結晶を造形できれば、Ni基単結晶超合金とその造形体の研究・開発が世界的に加速する。また、その開発技術は様々な単結晶材料へ展開できると期待される。レーザ方式の造形装置で単結晶を造形する技術を開発したので下記に紹介する。

■ 活動内容

1. フラットトップレーザを使って単結晶造形に成功

従来のレーザは照射面強度分布が正規分布に従い、レーザ照射により形成した熔融池の固液界面は半楕円形になる。そのため、凝固時に成長する結晶は中央でぶつかり、多くの結晶粒界を形成する。本研究では、レーザ直径が大きく、照射面強度分布が一様なレーザビーム(フラットトップレーザ)をNiの粉末床に照射し、造形条件を最適化することで、熔融池の形状を平面状に制御した。これにより、凝固時の結晶成長方向をビーム照射方向とほぼ平行の方向に制御することができ、単結晶の造形に成功した。フラットトップレーザを使って造形した報告は過去にほとんどなかったため、様々な条件でおおよそ300の造形を試し、最終的に成功した。

単結晶造形の研究として、高価な種結晶を事前に準備して、その上に敷いた粉末を、ビーム照射で熔融し、種結晶と同じ構造の単結晶を成長させる技術が報告されている。しかし、我々の研究では高価な種結晶を使わずに単結晶を造形することも特徴の一つである。これは製造工程簡素化の面でも有利である。

2. 多元系合金や他の金属への展開

上記の単結晶造形技術を10元素ほど添加された多元系

実機搭載合金に展開し、単結晶造形材の開発を加速する。この造形では凝固時に導入される熱収縮ひずみが小さいことから、従来のレーザ造形時に凝固割れを起こしていた合金組成への適用も期待でき、積層造形用の合金組成の幅が広がることが期待される。同時に、他の金属や合金(Ti合金やAl合金等)に応用し、特性異方性や欠陥密度を制御した構造部品の開発に展開していく。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

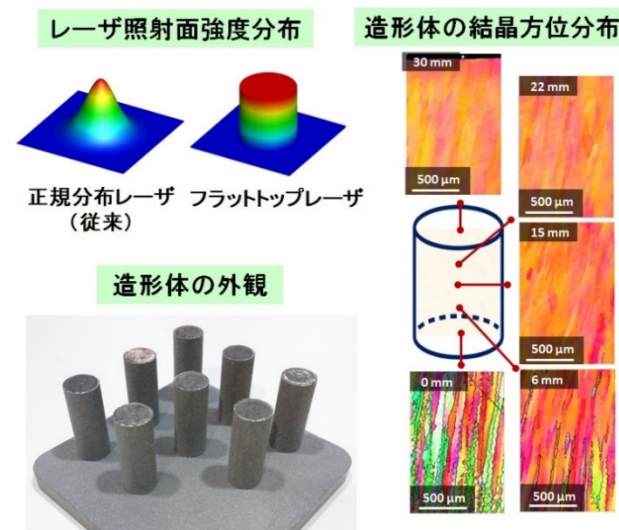
・Additive Manufacturing Letters, 3, (2022), No.100066.
(当該ジャーナルでMost Downloaded, Most Popular, 2022年10月28日時点)

・特願2022-7463, “単結晶または一方向凝固の立体造形物の造形方法”。

・特願2021-138686, “ニッケル基超合金及びその粉末、並びにニッケル基超合金造形体の製造方法”。

・日本経済新聞, “3Dプリンターで高耐熱のエンジン素材 物材機構など”, 2022年7月13日. 他の4社でも新聞報道。

・EurekAlert! (米科学振興協会 AAAS), “3D printing nickel single crystals using laser additive manufacturing technology”, 2022年7月12日。



代表発表者 北嶋 具教(きたしま とものり)
所 属 国立研究開発法人物質・材料研究機構
構造材料研究拠点 積層スマート材料グループ
問合せ先 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1
TEL:029-859-2428 FAX:029-859-2588
KITASHIMA.Tomonori@nims.go.jp

■キーワード: (1)レーザ粉末積層造形
(2)単結晶
(3)耐熱構造材料

■共同研究者: ジョディ デニス エドガード大学院生 (九州大学)、渡邊誠分野長(物質・材料研究機構)、中野貴由教授(大阪大学)、小泉雄一郎教授(大阪大学)