

補助事業番号 2024M-393  
補助事業名 2024年度 指向性エネルギー堆積システムにおける割れと酸素混入の抑制 補助事業 自転車等機械振興事業  
補助事業者名 東京都立大学大学院 機械システム工学科 寛 幸次

## 1 研究の概要

指向性エネルギー堆積造形法 (DED, Directed Energy Deposition) は、合金粉末を用い、レーザーなどのエネルギー源を使用して、3Dオブジェクトを直接造形する技術であり、DED技術には、高速造形や大型部品の製造、材料の多様性などの利点があるが、以下のような課題がある。DED造形においては、(i) バルク材に比べ比表面積が大きい粉末を使用し大気中でシールドガスを用いた造形に起因する酸素の混入、(ii) プロセス中の急加熱・急冷により「割れなどの欠陥」と「凝固偏析」が生じる。これらの課題に対応し、タービブレードの補修技術への適用を目途として、TiAl4822粉末を用いてDED付加造形板材を作製して、組織と強度特性を調べた。

## 2 研究の目的と背景

現在TiAl合金タービブレードは補修が困難で、摩耗や亀裂が発生すると高価であるにもかかわらず廃棄されている。そこでTiAlタービブレードの補修を目的とし、実機に使用されているドイツGfE社のタービブレード鑄造材の強度特性を目標値とし、開発DED合金および補修材の特性が鑄造母材の特性を上回ることを目指す。

## 3 研究内容 (<https://superalloys.fpark.tmu.ac.jp/intro.html>)

### (1) 実施内容

#### ① TiAl4822合金の指向性エネルギー堆積に関する実験および研究

指向性エネルギー堆積造形法 (DED, Directed Energy Deposition) は、合金粉末を用い、レーザーなどのエネルギー源を使用して、3Dオブジェクトを直接造形する技術であり、DED技術には、高速造形や大型部品の製造、材料の多様性などの利点があるが、以下のような課題がある。DED造形においては、(i) バルク材に比べ比表面積が大きい粉末を使用し大気中でシールドガスを用いた造形に起因する酸素の混入、(ii) プロセス中の急加熱・急冷により「割れなどの欠陥」と「凝固偏析」が生じる。これらの課題に対応し、タービブレードの補修技術への適用を目途として、TiAl4822粉末を用いてDED付加造形板材を作製して、組織と強度特性を調べた。図1に示すように、実機に使用されているドイツGfE社のタービブレード鑄造材 (HIPed CAST) の強度特性を目標値とし、開発DED合金および補修材 (DED) の特性が鑄造母材の強度およびクリープ特性を上回った。

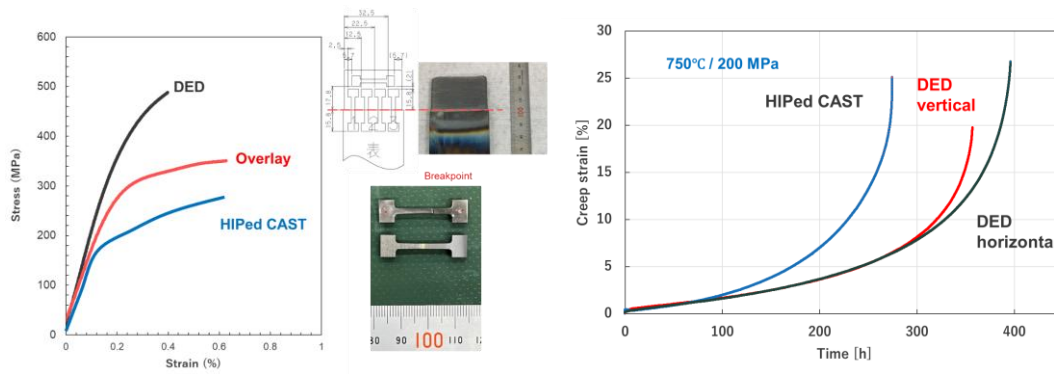


図1 DED材と基材の応力ひずみ曲線とクリープ曲線。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

造形部位が基材の強度を上回り（図1）、いまだに実用化されていないTiAlタービンブレード（図2）のDED補修技術開発（図3）に繋がる。



図2 航空機エンジンTiAl合金タービンブレード技術

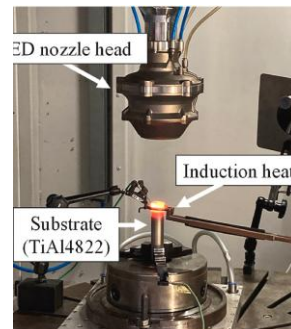


図3DED法による補修

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

いまだに実用化されていないタービン後段に適用されているTiAlタービンプレード補修の開発を行い、欧米エンジンメーカーの認証を得ることを目指す。



図4 エンジンメーカーのエンジン保守の認証取得を目指す。写真はTiAlタービンプレードをタービン後段に適用したLEAPエンジン

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

### <欧文誌への論文投稿>

2025年6月9日JKAの支援を受けた“Characterization of Ti-48Al-2Cr-2Nb fabricated by directed energy deposition”と題した論文が” Journal of Materials Research and Technology 37 (2025) 750-759”に掲載

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785425014723>

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

#### ① TiAl合金の指向性エネルギー堆積に関する研究発表

#### <学協会における成果発表> (図5)

1. 筧幸次, 大石道, 後閑一洋, 水田和裕, 【A-15】TiAl4822の指向性エネルギー堆積造形とタービンプレードの補修, 第52回日本ガスタービン学会定期講演会, サンポートホール高松, 10月24日

2. 筧幸次, 大石道, 坂田健造, 後閑一洋, 水田和裕, [1-1A] TiAl4822の指向性エネルギー堆積造形とタービンプレードの補修, 粉体粉末冶金協会 2024年度秋季大会 (第134回講演大会), 朱鷺メッセ新潟コンベンションセンター, 2024年11月19日



図5 謝辞スライド

### <欧文誌への論文投稿>

2025年6月9日 JKAの支援を受けた“Characterization of Ti-48Al-2Cr-2Nb fabricated by directed energy deposition”と題した論文が” Journal of Materials Research and Technology”に掲載.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785425014723>

#### Acknowledgement:

“ We also thank Japan Keirin Association (JKA; 2024M 393) for supporting this research”

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東京都立大学 (フリガナ) トウキョウトリツダイガク

住 所： 〒191-0065 東京都日野市旭が丘6丁目6

担 当 者： 役職名 教授 (フリガナ) キョウジュ

担 当 部 署： 機械システム工学域 (フリガナ) キカイシステムコウガクイキ

E - m a i l : [kkakehi@tmu.ac.jp](mailto:kkakehi@tmu.ac.jp)

U R L : <https://superalloys.fpark.tmu.ac.jp>