

Title	単結晶合金タービン翼の補修プロセスに関する研究
Author(s)	藤田, 善宏
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48592">https://hdl.handle.net/11094/48592</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a>〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	藤 田 善 宏
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 6 2 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 11 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学 位 論 文 名	単結晶合金タービン翼の補修プロセスに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 西本 和俊 (副査) 教 授 廣瀬 明夫 教 授 片山 聖二 准教授 才田 一幸

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、単結晶合金タービン翼に対する補修技術の確立と補修部における結晶制御挙動の理解を目的として、等温凝固によるエピタキシャル成長を利用した新補修法である液相拡散補修および半導体レーザによる溶融・肉盛補修での単結晶化可能補修条件を組織学的検討ならびに結晶成長に関する理論的検討により明らかとした。

第 1 章では、研究の背景ならびに問題点を指摘し、本研究の必要性ならびに目的について述べた。

第 2 章では、単結晶合金タービン翼の補修に関する研究の現状と補修の際に生じる問題点および補修部の単結晶化に関する未解明な点について論述した。

第 3 章では、エピタキシャル成長する等温凝固現象を積極的に利用した新補修法である液相拡散補修の可能性について組織学的観点から検討した。補修部の組織と結晶方位を調査し、補修部の単結晶化挙動・条件を明確化した。また、補修肉盛厚の向上を目的に、一方向凝固を利用した肉盛補修について提案を行い、凝固形態を平滑界面成長に制御することにより、単結晶状態で肉盛厚が増大することを明らかとした。

第 4 章では、液相拡散補修における母材溶融過程および等温凝固過程に対する理論的検討を行い、液相拡散肉盛厚および充填補修完了時間を予測し、実験結果と比較することにより本解析の妥当性を確認した。また、一方向凝固を利用した肉盛補修において平滑界面成長する条件を組成的過冷理論により明らかとした。

第 5 章では、クリーブ破断試験により液相拡散充填補修部の機械的特性を評価した。液相拡散充填補修を施した試料のクリーブ破断強さは母材の 2/3 程度を示し、液相拡散補修により、単結晶合金に生じたき裂の充填補修が実現できることを明らかとした。

第 6 章では、レーザおよび TIG による溶融・肉盛補修部の凝固形態と結晶方位解析を行い、入熱量が小さいほど溶融および肉盛部内の単結晶化が達成されることを明らかにした。表面溶融を併用した多層多パス肉盛により結晶制御補修が実現できることを示した。また、補修後の熱処理について検討し、補修部の単結晶化が維持でき、かつ、母材相当の特性を確保する後熱処理条件を選定した。

第 7 章では、単結晶合金の表面溶融部および肉盛部の単結晶化条件を予測することを目的として、凝固形態、結晶成長およびストレイ結晶形成について、熱伝導解析、流体解析、Geometric モデルおよび CET モデルを組み合わせた数値解析法を構築した。本解析法を用いて、低入熱の条件にて単結晶化が達成されやすいことを示した。その妥当性を実験結果との比較により検証し、本解析の有効性を明らかとした。

第8章では、クリーブ破断試験によりレーザーによる表面溶融部の機械的特性を評価した。表面溶融を施した試料のクリーブ破断強さが母材と同程度を確保したことにより、結晶制御溶融・肉盛により単結晶合金の肉盛補修が行える可能性を示した。

第9章では、本研究で得られた結果を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、単結晶合金タービン翼の補修方法を確立と補修部における結晶制御挙動の理解を目的として、等温凝固によるエピタキシャル成長を利用した新補修法である液相拡散補修および半導体レーザーによる溶融・肉盛補修での単結晶化可能補修条件を組織学的検討ならびに結晶成長に関する理論的検討により明らかとしている。

1. 単結晶合金への液相拡散補修の可能性について検討するため、補修部の組織学的検討および結晶方位解析を行い、補修部の単結晶化挙動を明らかにしている。また、補修肉盛厚の向上を目的に、一方向凝固を利用した補修方法を提案している。
2. 液相拡散補修における凝固現象の理解を目的に理論的検討を行い、単結晶補修が達成可能な条件について予測を行っている。また、実験結果と比較することにより本解析の妥当性を評価している。
3. 液相拡散補修部の高温機械的特性を評価し、液相拡散補修により、単結晶合金に生じたき裂の充填補修が実現できることを明らかとしている。
4. レーザおよびTIGによる溶融・肉盛補修の可能性について検討するため、補修部の組織学的検討および結晶方位解析を行い、単結晶化条件を明確化している。また、単結晶化可能補修領域の拡大や補修後の後熱処理条件の選定などの検討を行い、本補修法の実施工への適用性が高いことを示している。
5. 溶融・肉盛補修部の単結晶化条件を予測することを目的として、熱伝導解析、流体解析、GeometricモデルおよびCETモデルをもとにストレイ結晶形成について解析を行っている。本解析により、低入熱の条件にて単結晶化が達成されやすいことを示している。また、その妥当性を実験結果との比較により検証し、本解析の有効性を明らかとしている。
6. 溶融部の高温機械的特性を評価し、結晶制御溶融・肉盛により単結晶合金の肉盛補修が行える可能性を示している。

以上のように、本論文は単結晶合金タービン翼に対する補修方法を確立すべく、実験および理論的解析の両面から詳細に検討し、単結晶化可能な補修条件および補修部の結晶制御挙動を明らかとし、本補修法の適用性ならびに有効性を確認している。これら本論文で得られた知見は、航空機用ジェットエンジンや発電用プラントで用いられるタービン翼などの単結晶構造物の補修に対して重要な示唆を与えることが展望され、その成果は、材料加工工学および生産加工工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。