

事後評価報告書

- 開発実施企業 : AeroEdge株式会社
- 代表研究者 : 国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS) 構造材料研究拠点
設計・創造分野 超耐熱材料グループ NIMS 特別研究員
鉄井 利光
- 開発課題名 : ジェットエンジン用 TiAl タービンブレードの低コスト量産技術

1. 開発の目的

航空機業界においては、より安価でかつ機能性の高いエンジンが求められており、常に新たな素材およびその加工法が開発が行われている。特に、CO₂削減にも貢献しつつ同時に過酷な環境下でも耐え得る軽量で高強度、かつ低コストで製品化可能な新材料およびその加工法の確立が求められている。

現在、航空機のジェットエンジン低圧タービン後段用のブレード素材として、軽量性と強度を併せ持つ TiAl 合金が用いられている。しかし、既存の TiAl 合金では铸造性が悪く、インゴット(铸塊)からの総削り出しでの製造を必要とする。加工時間の長時間化は生産コスト増加に繋がるため、品質を維持しながら、より効率的な加工法が開発が求められている。

本開発では、国立研究開発法人物質・材料研究機構(NIMS)の技術シーズである铸造性に優れている TiAl 合金の更なる最適化を図り、最終製品形状に近いニアネット形状の铸造物から機械加工でタービンブレードを製造する低コスト量産技術を確立する。ニアネット铸造により機械加工工数が削減できるため、製造コストを低減でき、かつ材料の歩留まりも向上するため、材料コストの大幅な低減が期待できる。

2. 開発の概要

本開発では、NIMS の技術シーズを基に、铸造性に優れ、かつ所望の機械的特性を達成する新たな TiAl 合金を開発した。そして、ニアネット形状での铸造を実現し、機械加工工数の大幅削減により、材料・加工両コストを同時に抑制し、従来技術では成し得ないレベルの低コスト TiAl タービンブレードを実現した。

铸造性や機械的特性を向上させるため、含有金属の組成を変えて铸造し、スクリーニングを行った。その結果現行の TiAl 合金よりも高い湯周り性、低い欠陥発生率で良好な铸造性が見出された。併せて、各種添加元素の特性に及ぼす影響を検討し、最終的に新しい TiAl 合金として成分および、それらのばらつき範囲も定めることで量産への適用目処を得た。

この新 TiAl 合金特有の良好な铸造性を検証するために、TiAl 合金では実績のない重力铸造の検討を行った。重力铸造により得られた新 TiAl 合金の铸造素材では、铸造試験において製造したブレードすべてで湯回り不良は発生せず、欠陥発生率も 10%以下と優れた铸造性が確認できた。大掛かりな設備を必要としない重力铸造を適用することで、铸造プロセスコストの大幅な削減が可能となる。

また、低コストの汎用溶解法として一般的に用いられるセラミックろつぽを使用することを検討した。TiAl 合金の高活性な溶湯が酸化物であるセラミックと反応し混入する酸素が TiAl 合金

の物性を低下させるため、TiAl 合金では従来、セラミックろつばは使用されていなかった。既存の TiAl 合金および新 TiAl 合金においても、酸素の除去方法の検討を行い、鑄造品の酸素濃度を低減することに成功した。

さらなる低コスト手法として、機械加工時に出てくる切粉のリサイクル利用を検討した。リサイクル切粉を一定量添加し、鑄造を行ったが、主要元素の濃度変化は見られなかった。酸素濃度がリサイクル原料を使用しない鑄造品に比べて若干高くなったものの、上記の酸素除去方法により、酸素濃度については改善できる見込みである。

上記開発を行った結果、量産に向けて設定した全ての目標を達成した。

今後、短期的には本開発で得られた低コストのタービンプレード鑄造方法を現行材料に適用し、量産に向けて、顧客の協力のもと、試作品の評価、鑄造・分析等の各種工程開発を行う。中長期的には、本開発において開発した新合金での認証取得と現行エンジンへの実用化を目指す。また、次世代エンジンへの新合金の適応を目指していく。

3. 総合所見

本開発では、TiAl タービンプレードの低コスト化に向けて、合金設計と製造プロセスの両面から技術開発を進めた結果、目標とする鑄造性および材料特性の全てを達成することに成功し、量産に適用できる見通しが立った。

今後は、現行および次世代のジェットエンジン向けの TiAl タービンプレードとして採用されるべく、顧客とのコミュニケーションを密にし、量産に向けて各種検討を行い、量産化を通して、さらなる生産性の改善、生産コスト低減および品質の改善が期待される。

以上のように、本開発結果は、鑄造性および材料特性の目標を全てクリアし、事業化に至る可能性がある、と評価する。

以上