



エネルギー転換・
供給部門

発電用ガスタービンの高効率化を可能とする 三次元金属積層部材用高強度超合金の開発



S-7

戦略的省エネルギー技術革新プログラム／発電用ガスタービンの高効率化を
可能とする三次元金属積層部材用高強度超合金の開発

プロジェクト実施者：三菱日立パワーシステムズ(株)・国立大学法人 東京工業大学
プロジェクト実施期間：2016～2018年度

背景

地球温暖化抑制のため火力発電に用いられるガスタービン等の高効率化が喫緊の課題です。ガスタービン高温部品にAM造形材(いわゆる3Dプリンタ材)を適用すれば、従来の精密鋳造では作製不可能な複雑冷却構造体の造形が可能となり、冷却空気の削減による効率向上が実現できます。

一方、AM成型機を導入し製造プロセスの検討や各種産業分野の部材試作が行われていますが、発電用ガスタービンにAM成型品が適用されたという報告例はありません。また、AM成型に用いる合金粉末(高温部品用)の化学組成を最適化するなどの材料開発に関する報告例も見られません。

目的

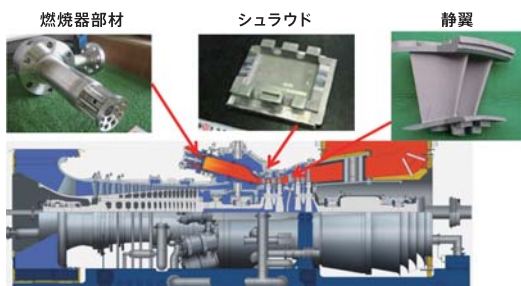
本技術開発はAM材に適した875℃高温超合金の開発を目標とします。875℃はガスタービンの静翼の設計の一つの指標温度です。静翼、燃焼器、シュラウド等の静止部材に適したクリープ強度と延性のバランスの取れた特性が得られます。

本技術開発においては、長年の鍛造材や精密鋳造材開発で蓄積された合金設計のノウハウを活用するとともに、AM成型の材料開発に特化した開発スキームを構築することで、AM成型に適した高強度超合金を短期間で開発します。また、AM成型材は新しい材料であり、問題となるクリープ損傷のメカニズムも解明されていないことから、産学連携により、損傷メカニズム解析を実施し開発材の長期信頼性を担保します。

事業概要

地球温暖化抑制の観点から火力発電設備の高効率化による二酸化炭素削減が社会的な急務となっています。また、ランニングコスト削減という顧客ニーズにこたえるためにも、火力発電設備の高効率化による燃料費削減は火力発電設備を製造するメーカーにとって海外との競争力において重要な課題です。特に再生可能エネルギーの導入により必要とされる負荷追従性に優れたガスタービンを主軸とする発電設備の高効率化は極めて重要です。

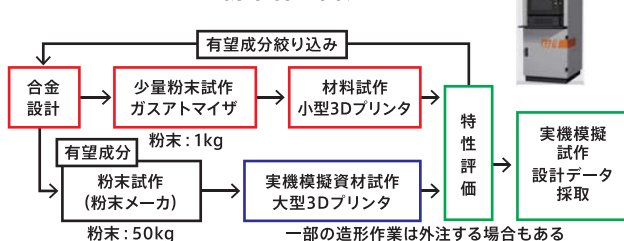
今回開発材料の対象部材



AM成型では、従来の精密鋳造や鍛造品では実現が困難である複雑構造体の製作が可能であり、高温部材の内部冷却を複雑化することで大幅な冷却効率向上が可能となります。これにより、冷却空気の削減が可能となり、熱効率が大きく向上します。しかし、AM成型では微細な合金粉末を原料として用いるため、真空および不活性ガス中で扱い、大気に触れないようにしても、微細粉末表面に付着する微量の酸素と窒素の混入が避けられません。また、AM成型では、精密鋳造プロセスと比較して、凝固速度が速く、急凝固により、精密鋳造プロセスと比較して微細な金属組織となります。このように、不純物量や凝固速度の相違が大きいことから、精密鋳造プロセス用に最適化された合金組成、熱処理手法はAM成型においては最適でないと考えられます。

本技術開発では、AM成型材の化学組成や熱処理条件をAM成型特有の条件に合わせて最適化することで、AM成型品を高温部材に適用する上でネックとなっているクリープ、疲労の特性を大幅に向上させます。

AM粉末材の開発スキーム



成果

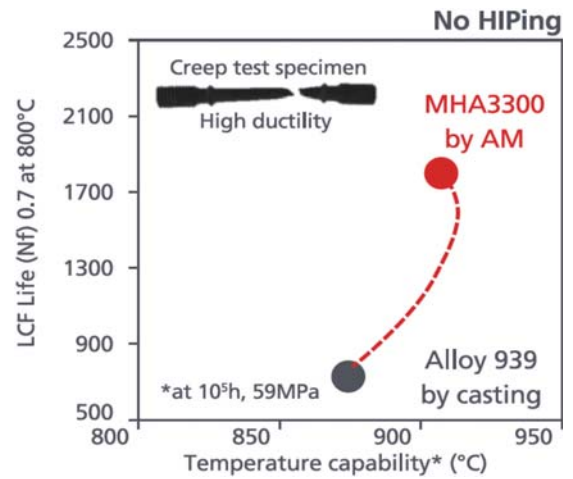
自社の独自の合金設計思想によりAMプロセスに適した新しい高強度合金MHA3300を開発できました。

開発材MHA3300高温機械特性:

- ・クリープ特性: 耐熱温度900度以上¹⁾
- ・疲労特性: 鋳造材Alloy713C²⁾ 同等以上
- ・引張特性: 鋳造材Alloy939³⁾ 同等かつ高い延性
- ・高温耐酸化特性: 鋳造材Alloy939の同等以上
- ・AM造形施工: 主流3D造形機EOS290, SLM280, CL-M2造形標準条件完成

今後は実機部品の製作と実機実証試験を開始する予定であり、実機実証試験が完了した後、H-100既設機の部品交換の開始を予定しています。なお、より早期に当開発の省エネ効果を図るために、提案時の計画より実機部品作製から実機実証試験までの期間を短縮し、国内の既設機の部品交換も追加実施します。

高強度AM材用粉末材は従来の鋳造・鍛造と比較して素材価格は上昇しますが、構造の最適化が可能であり、熱効率向上の効果が大きいです。また、従来の鋳造・鍛造と比較して、AM造形法は顧客の多様化するニーズに柔軟に応えつつ、大量生産と同じ効率性とコストを維持することが可能になります。



1) 900度、59MPa、10万時間

2) Alloy 713C 航空機動翼用Ni基超合金

3) Alloy 939ガスタービン静翼用Ni基超合金

省エネルギー効果

- 2024年度: 1.9万kL/年
- 2030年度: 5.8万kL/年

2030年度の省エネ効果: 大型タンクローリー 2,900台分



※大型タンクローリーの容量を20kL/台として算出

今後の展望

当開発材MHA3300を用い、AM造形で最適な冷却構造を有するシュラウド及び静翼をガスタービンに適用すれば、燃焼温度の上昇や冷却空気の削減により、熱効率が向上できる見込みです。高効率化によりガスタービン本体の競争力が増加し、受注拡大に貢献できると考えられます。実用化検討(実証試験など)を実施し、この結果に基づき、適用する機種および時期を判断します。より早期に当開発の省エネ効果を図るために、提案時の計画より実機部品作製から実機実証試験までの期間を短縮し、国内の既設機の部品交換も追加実施します。

また、AM造形法は顧客の多様化するニーズに柔軟に応えつつ、提案した静止体部品以外でも、従来の鋳造・鍛造方より短納期、低加工コストで製品を適用し、他社の同出力帯の機種と比べて高効率低コストであり、競争力は高いと考えられます。一方、高温部品に適用できるため、ガスタービン以外の適用も可能と考えられます。特に、航空機エンジン、宇宙事業関連も活用可能であり、国内&海外の関連メーカーからの問い合わせもありました。

問い合わせ先

三菱日立パワーシステムズ(株) ターボマシナリー本部 AM技術推進室 王 玉艇
〒317-8585 茨城県日立市幸町三丁目1番1号
TEL: 050-3727-8494(担当直通) FAX: 0294-20-8295

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番 ミューザ川崎セントラルタワー 20F

TEL: 044-520-5180 FAX: 044-520-5186

<https://www.nedo.go.jp>