

TiAl の燃焼合成と機械的性質の検討

沼津工業高等専門学校 機械工学科 新富雅仁, 藤田英虎, 高橋直希
豊橋技術科学大学 機械工学系 松岡常吉

1. 研究目的

TiAl は軽量な耐熱材料として知られており、活用が期待されている材料の一つであるが、構成元素の融点の差が大きく、溶製が困難とされている。一方、元素間で生じる燃焼反応を利用する燃焼合成法を用いれば、TiAl も比較的簡単に合成が可能であることが知られている。

燃焼合成で得られた生成物は多くの場合多孔質体となり、軽量であるが強度が低く、工業材料としての使用には一般的に後処理などを実施する必要がある。本研究の最終的な目標は、後処理の不要な燃焼合成による材料の合成であるが、まずは燃焼合成された材料の強度評価を行うことを目的として実験を行うこととした。

材料の機械的性質を評価する試験として静的試験があり、引張試験がまず思い浮かぶが、今回は試験片の形状が矩形で加工が簡単であることから、まずは曲げ試験を実施することにした。本研究では試験片寸法を $68 \text{ mm} \times 18 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ としたため、まずは $\phi 20 \times 75 \text{ mm}$ 程度の TiAl を燃焼合成で作成する必要があり、そのための実験装置の製作を行うこととした。その後、多孔質体の気孔の大きさや数に影響を及ぼすパラメータとして相対密度 ρ_{rel} に注目し、相対密度を変化させて圧粉体試料を準備して燃焼合成を行い、曲げ強度の関係を明らかにすることを目的とした。

2. 研究成果

2.1 実験装置の製作

従来の実験装置では高さ 75 mm の圧粉体試料を設置・燃焼合成することができないため、新たに反応容器を作製した。内径が 310 mm の真空チャンバーに加工を施し、燃焼合成用の実験装置を作製した。図 1 は反応容器の内部を撮影したものである。予熱・着火用の導線、予熱用のヒーターと耐熱レンガ、試料の温度変化を測る熱電対などが設置してある。また、直径 20 mm 、高さ 75 mm の圧粉体試料が作成できる金型の設計・加工も行った。

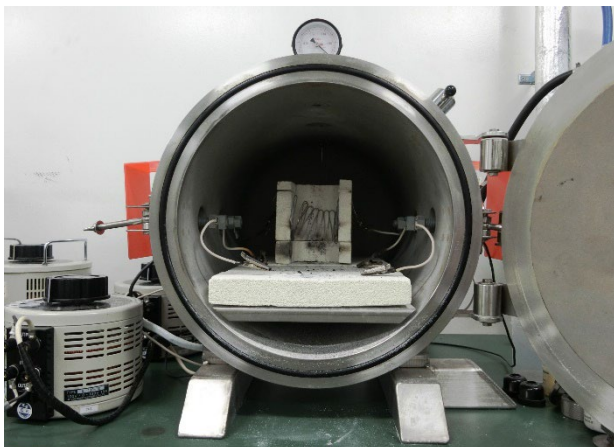


図 1 実験装置(反応容器)

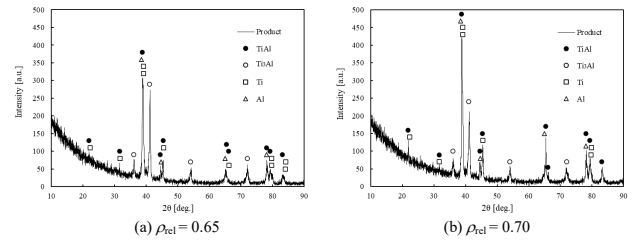


図 2 生成物の X 線回折結果

2.2 生成物の分析

図 2 は異なる相対密度の試料を燃焼合成させて得られた生成物の X 線回折結果である。図 2 (a)は $\rho_{\text{rel}} = 0.65$ 、(b)は $\rho_{\text{rel}} = 0.70$ の結果である。いずれの条件でも TiAl が合成されていることが分かるが、 Ti_3Al も存在している。また、Ti や Al も残留しており、混合した原料(Ti と Al)のすべてが反応している訳ではないことが分かる。なお、 $\rho_{\text{rel}} = 0.70$ の方が TiAl を示すピーク強度が大きく、比較はこの二つに限られるが、相対密度が高いほど生成物(TiAl)の純度が高くなることが確認できた。

2.3 相対密度と曲げ強さ

図 3 に相対密度 ρ_{rel} と曲げ強さの関係を示す。相対密度が低い領域では、圧粉体試料の相対密度上昇に伴い曲げ強さは低下し、 $\rho_{\text{rel}} = 0.69$ 付近で極小値をとったのち、相対密度が高くなるにつれて曲げ強さが上昇する結果となった。相対密度が高くなると曲げ強さも高くなると予想していたが、相対密度の範囲によっては低下する傾向も見られ、原因については、生成物の組成の分析などさらに検討が必要である。

3. 今後の課題と展望

現時点では実験データの数が不足しており、相対密度と曲げ強さの関係については断定ができないため、さらなるデータ取得を進める予定である。また、燃焼合成時の発熱により生成物は膨張し、生成物の相対密度が低下していることも分かった。そのため、今後は試料を拘束するなどして燃焼合成することにより、相対密度の低下を防ぐ試みを実施する予定である。

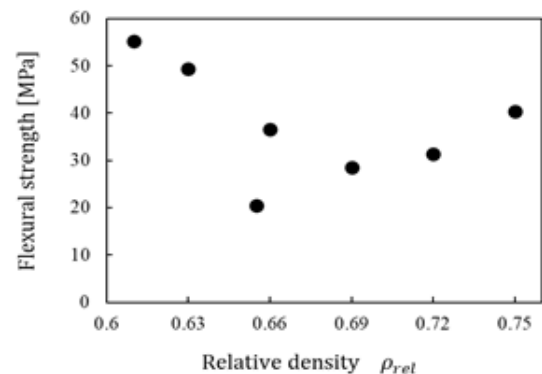


図 3 圧粉体試料相対密度と曲げ強さの関係