

K6-10

放電プラズマ焼結法で作製した TiB/Ti における粉末形状が及ぼす機械的特性への影響

Effect of raw powder morphology and size on mechanical properties of SPS-consolidated TiB/Ti composites

○松浦このみ¹, 亀川将司², 高橋史弥², 出井裕³, 小宮良樹³*Konomi Matsuura¹, Syoji Kamegawa², Humiya Takahashi, Hiroshi Izui⁴, Yoshiki Komiyama⁴

チタン合金は高比強度で疲労強度や耐食性に優れているなどの様々な利点を持つ一方で、耐摩耗性や加工性が劣るなどという欠点をもつ。そのため、今日では幅広くこれらの特性の改善をテーマとしたチタン合金材料が研究されている^[1]が、チタン粉末の形状に着目した研究の報告は少ない。これまでの研究で、粉末の形および大きさによって引張強度や伸びに大きな影響があることが明らかになっている。そこで、我々は粉末形状の違いがこれらの特性にどのように影響しているのかを調べるため、引張試験中のき裂の進展の様子を観察し解明をおこなった。また、チタン合金の疲労強度に及ぼす粉末形状の影響を評価した。

1. 緒言

本研究では、粒径が 45 μm および 150 μm の粉碎純チタン粉末とガスアトマイズ純チタン粉末を母材として使用し、強化材として優れた特性を有する TiB₂ を使用した。

TiB₂ の体積含有率を変化させて混合した TiB/Ti で放電プラズマ焼結 (SPS) によって試験片を作製し、SEM サーボパルサーを用いて引張試験を行った。き裂発生から破断に至るまでをその場観察し、粉末の形状と粒径の違い、強化材の添加量の変化がき裂の進展にどのような影響を与えるかを調べた。また同様に作製した Ti および TiB/Ti を用いて疲労試験の評価をおこなった。

2. 実験方法

母材粉末は粒径が 45 μm および 150 μm の粉碎純チタン粉末とガスアトマイズ純チタン粉末である。強化材は TiB₂ を使用し、遊星ボールミル (200rpm) により大気中で 10min 間混合攪拌した。混合粉末は高強度グラファイト製のダイに充填し、ハンドプレスでパンチ上下から 20 MPa の予備圧力を負荷した。得られた混合粉は SPS 装置を用い焼結を行った。焼結条件は、昇温速度 20K/min, 加圧力 70MPa, 焼結温度 1173K, 保持時間 10min である。SPS により作製した試料はアルキメデス法により相対密度を測定し、SEM サーボパルサーにて引張試験中のき裂の進展の観察および、疲労試験を行った。

3. 実験結果および考察

Fig.1 に TiB 体積含有率と各形状粉末を用いた試料との引張強度の関係を示す。同じ成分の複合材用であるにも関わらず、全ての強化材含有率において、各粉末形状で強度に違いがあることがわかる。これをもとに、各複合材の引張試験におけるき裂の進展を観察したものが Fig.2, Fig.3 である。

Fig.2 は純チタンにおけるき裂の進展の様子である。いずれも 50 μm から 100 μm の細かなき裂が試料全体に渡って発生し、破断直前にその中の一部が大きなき裂に成長していることが分かる。

SEM 像からは、各種き裂の進展具合に違いは見られ

ないが、粉末の形状と大きさより粒界面の多いものは、き裂の成長が遅くなっていることが確認できた。

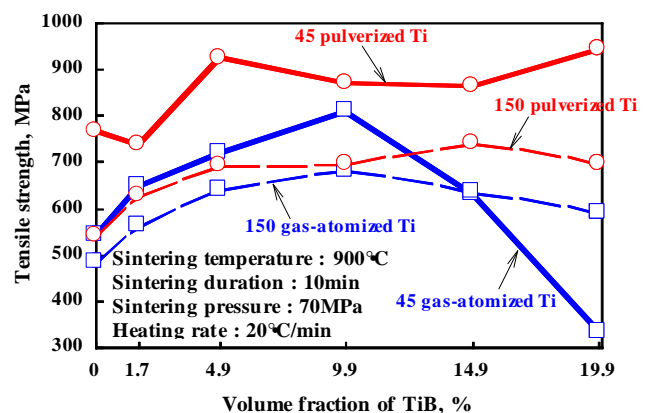


Fig.1 Volume fraction of TiB vs. Tensile Strength

Fig.3 は TiB_2 を 4.9vol% 添加した場合の SEM 像である. 添加量の増加と共に純チタンで見られたような母材に発生する細かなき裂は見られなくなっていき, ボイドもしくは TiB クラスタからき裂が発生し易いことが分かる. 粒径が小さい場合, 粒径の大きな粉末に比べて TiB が拡散しやすく, また発生する TiB クラスタの大きさも小さい. よって発生するき裂が小さくなる. 同様に粉末の形状の違いでは, ガスアトマイズ粉のように丸い粒形の場合のほうが母材の間の隙間が大きくなるため, クラスタの大きさも大きくなることがわかる. また TiB と母材であるチタンとの接する面積が大きくなり, TiB ウィスカの量も多い. クラスタ内で発生したき裂はウィスカによって進展を妨げられるため, 粒径は小さく, また粉碎粉末の方がき裂の進展が遅くなることわかる.

次に各複合材における疲労試験結果を Fig.4 に示す. 引張試験の結果同様, 粉碎粉 $45\mu m$ の複合材料においてもっとも高い疲労強度を示した. 疲労試験においては, 粒径の大小によってのみ強度に違いが生じた. 基本的に疲労強度は引張強度に依存する^[3]が, 伸び率の大きさもまた影響していることがわかる. さらに疲労試験中のき裂の進展も観察し, この結果の原因を探っていく必要がある.

5. 結言

本研究の結果を要約すると, 次のようになる.

- (1) TiB_2 を添加した場合, 亀裂は TiB クラスタから発生しやすい.
- (2) 粒径が小さくなると粒界が増加し, TiB クラスタも小さくなるため, 亀裂の大きさも小さくなる傾向がある.
- (3) TiB クラスタ, ボイドから発生した亀裂は, 粉碎粉末の場合は母材の粒内まで成長しやすく, ガスアトマイズ粉末の場合はクラスタ内で成長する.
- (4) 疲労強度は粒径 $45\mu m$ の粉碎粉でもっとも高い値を示した.
- (5) 疲労強度は粉末の大きさのみに依存し, 形は影響を与えない.

6. 参考文献

[1] 錦織 貞郎 “航空機分野におけるチタン合金の開発とその適用” 軽金属第 55 巻第 11 号(2005), p557-560
 [2] 村田誠四郎, 丸善株式会社 “フラクトグラフィ―破面と破壊情報解析” (2000), pp136-162

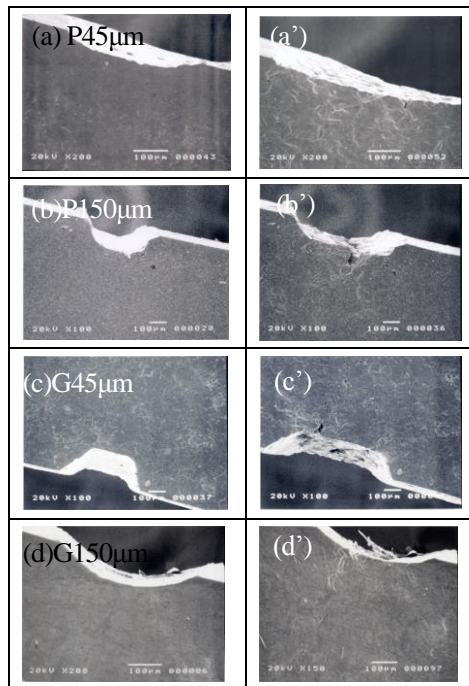


Fig.2 SEM micrographs of cracks behavior (a-d are the first condition and a'-d' are the just before the factuire)

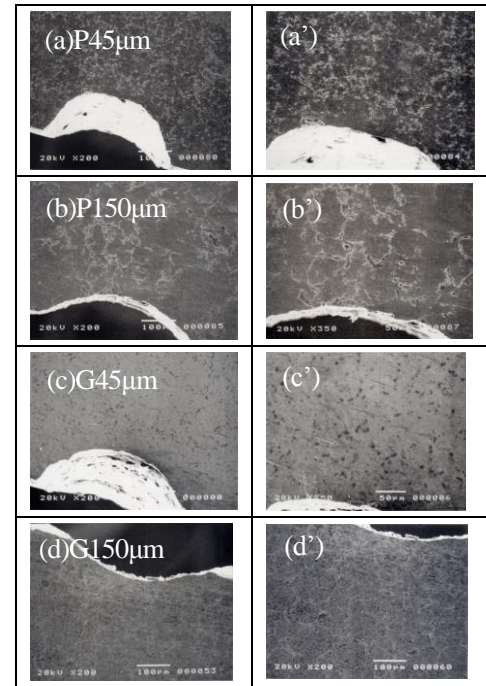


Fig.3 SEM micrographs of cracks behavior with 4.9vol% of TiB (a-d are the first condition and a'-d' are the just before the factuire)

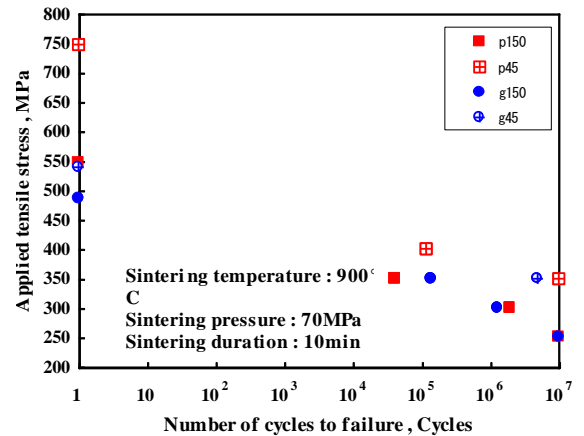


Fig.4. S-M curve for fatigue of each composites