

審査の結果の要旨

氏名 CHIVAVIBUL PORNTHEP (チワウィブン・ポーンテープ)

本論文は、 Al_2O_3 繊維強化 Al_2O_3 マトリックス複合材料の力学特性、破壊挙動および高温特性について調べ、その損傷許容特性を明らかにしたものであり、全部で7章からなる。

第1章は序論であり、本論文で対象としたセラミックス基複合材料の現状と問題点を探り、研究の目的を明確にしている。近年連続繊維を複合化したセラミックス基複合材料の開発が進められているおり、特に酸化物系複合材料は大気中・高温で利用できる材料として期待されている。最近、ミニコンポジット単位で強化機構を発現させるという新しい考え方の Al_2O_3 繊維強化 Al_2O_3 マトリックス複合材料複合材料が開発されているが、この複合材料を実際に用いるための基礎となる力学特性は十分に調べられておらず、実用化の妨げになっている。本論文ではこの複合材料の実用化に大切な力学特性を調べることを目的としていることを述べている。

第2章では、引張り特性におよぼす試験片寸法および負荷速度の影響について述べている。引張り応力-ひずみ曲線は、10MPa の負荷応力付近まで線形的な挙動を示し、さらに負荷応力が増加すると非線形的な挙動を示し、応力が 30MPa を超えると下に凸の応力-ひずみ挙動を示すことを明らかにしている。引張り強さは負荷速度に極めてわずかしか依存しないが、破断ひずみはゲージ長さが大きくなるにつれてばらつきが大きくなることを明らかにしている。これは、ゲージ長さが大きくなると材料中に弱い部分が存在する確率が増え、その部分で織物構造の伸びが生じ、伸び全体への寄与が大きくなるためであると結論している。

第3章では、材料内部に生じる微視破壊挙動が複合材料の変形破壊挙動に及ぼす影響を明らかにし、複合材料の損傷許容性発現の機構を調べることを目的としている。負荷-除荷試験より得られた応力-ひずみ曲線にはヒステリシスループ、および除荷後に残留ひずみが明瞭に測定され、複合材料の非線形挙動が生じる要因は繊維とマトリックス間の界面剥離と滑り、マトリックス中のポアからの微視亀裂の生成が主な要因であることが明らかにしている。詳細な観察と照らし合わせることで、負荷応力が 6MPa 付近からマトリックスに存在するポアを起点としたマトリックスの微視破壊が徐々に進行するとともに、20MPa 以上では繊維の破断や界面剥離が進行し、負荷応力が 34MPa 以上では微視破壊が飽和状態に達し、荷重の大部分を織物構造中で負荷方向に繊維軸が配向している繊維が負担することを明らかにしている。

第4章では、高温における力学特性及び熱暴露後の力学特性を調べることを目的としている。高温引張試験の結果、室温、1000 及び 1200°Cでの応力-変位曲線はほぼ同じ挙動を示すが、試験温度が高くなるほど、試験片が破断する際の最大応力は減少することを明らかにしている。さらに、熱暴露した試験片と熱暴露していない試験片から得られる応力-ひずみ曲線はほぼ同じ挙動

を示すが、熱暴露後の複合材料の引張強さは熱暴露前に比較して低下すること明らかにしている。また、繊維の破壊源の観察から、複合材料、ミニコンポジットおよび繊維の強度の関係を定量的に明らかにしている。さらに、高温熱暴露試験を行っても劣化しない温度がおよそ 1000 °Cであることを示している。

第 5 章では、応力集中源下での破壊挙動及びノッチ敏感性を調べることを目的としている。試験片中央部に丸穴を有する試験片の引張試験の結果、穴の直径が大きくなっても正味の破断応力は低下しないことを明らかにし、この材料にはノッチ敏感性が無いことを示している。この現象は、主にリガメント部での微視損傷の累積と、引張り破壊が繊維束の特性に支配されているためと結論している。これらの結果より、この複合材料では累積破壊挙動を示すときにはノッチ敏感性はないが、繊維の劣化や ZrO_2 層の焼結が進むとノッチ敏感性が現れることを明らかにしている。

第 6 章では、熱衝撃や熱サイクルによる熱損傷挙動と残存特性を調べている。作製後の複合材料と空気冷却を行った複合材料の応力-ひずみ曲線はほぼ同じ挙動を示し、温度差 600°C および 800°C の空冷熱サイクルを 60 回負荷した結果では、引張強さと破断ひずみに変化は見られないことを明らかにしている。熱衝撃試験では熱衝撃温度差が 500°C 付近で応力-ひずみ曲線が熱衝撃を加える前と比較して大きく変化する傾向がみられ、熱衝撃後の複合材料では負荷の初期段階から非線形挙動が見られることを示している。これは、温度差 500°C の熱衝撃を負荷した試験片にはマトリックス中に微視破壊が観察され、この微視破壊の影響で非線形挙動に大きく寄与したと結論している。

第 7 章は総括であり、本論文の結果を整理して示している。本論文は Al_2O_3 繊維- ZrO_2 マトリックスミニコンポジット強化 Al_2O_3 マトリックス複合材料の使用条件を想定し、そのときに必要な性質を引張り試験により求めたものである。この複合材料では、累積破壊機構を利用することにより、従来の酸化物系セラミックスでは得られない損傷許容性が得られると結論している。

以上、本論文は新しく開発された Al_2O_3 繊維強化 Al_2O_3 マトリックス複合材料の力学特性を詳細に調べ、その使用可能範囲を明らかにしたものである。本論文の結果をもとにこの複合材料の実用化が進められており、材料工学への寄与が大きいと判断できる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。