

審査の結果の要旨

氏名 間宮崇幸

本論文は「SiC 繊維強化 SiC 複合材料の力学損傷と非接触損傷検出」と題し、大きな損傷許容性を持つ耐熱構造用非酸化物系繊維強化セラミックスである、SiC 繊維強化 SiC マトリックス複合材料(以後、SiC/SiC と記述する)の力学損傷の評価ならびに非接触で損傷の定量的検出を試みたものであり、全6章から構成されている。

第1章は序論であり、織物構造の SiC 繊維を SiC マトリックスとポリマー含浸焼成法により作製された SiC/SiC の力学特性に関する従来の研究・開発の結果を整理している。その結果から、材料中にマイクロ損傷を積極的に累積させ許容することにより SiC/SiC の特徴を活かした構造部材への適用を行うためには、損傷の定量評価が重要な課題であることを示している。また、マイクロな損傷を累積することにより力学的特徴を発揮する SiC/SiC に適した損傷の検出方法と損傷の定量的評価方法が確立されていないという問題点を指摘している。これらの結果から、損傷検出方法に求められている課題を示し、本論文で行う研究の必要性を明らかにしている。

第2章では、SiC/SiC の引張試験を行い、単純引張試験と繰返負荷除荷引張試験を行い、引張負荷履歴の違いによる SiC/SiC の損傷への影響を調べた。繰返負荷除荷引張試験のほうが、破断応力、破断ひずみ共に大きくなることを実験的に示し、引張応力-ひずみ曲線および破壊の状況は負荷過程とその履歴に大きく依存することを明らかにした。この結果から、従来から SiC/SiC で用いられている、繰返負荷除荷応力-ひずみ曲線の除荷弾性率変化を用いて求められる、損傷パラメータには問題があることを指摘した。一回の引張応力-ひずみ曲線より求めることが可能な弾性率変化とエネルギー消費の項を考慮した、新しい損傷パラメータを提案し SiC/SiC に生じる引張試験中の体積変化との関連性を示し、導入した損傷パラメータの有効性を検証している。

第3章では、SiC/SiC のマイクロ損傷を電子顕微鏡内で引張試験を行いその場観察から、マイクロ損傷を詳しく調べている。SiC/SiC 中で生じたマイクロ損傷は、SiC/SiC 中に残存する空孔と繊維束間の剥離の進展によるものが主であり、この損傷の領域は数ミリメートルオーダーの平織 SiC 繊維束織物の一つの織り単位程度の大きさであることを明らかにした。この観察結果をもとにマイクロ損傷を

モデル化するとともに第 2 章で求めた SiC/SiC の体積変化を説明している。

第 4 章では、第 2 章で求めた SiC/SiC は損傷の進展に伴い体積変化を生じることに着目し、この変化が SiC/SiC の誘電特性の変化と関連していると考え、17~40 GHz の電磁波を用いた非接触の誘電特性測定装置を作製した。この装置の焦点距離、電磁波照射面積、ダイナミックレンジなどの装置定数を決定し、誘電特性が既知の Al₂O₃ を用いて作製した装置の有効性を示している。さらに、SiC/SiC の損傷を模擬した大きさや形状の異なる空孔を導入した Al₂O₃ を作製し、材料組織が誘電特性に及ぼす影響を調べている。この装置を引張試験装置と組み合わせることにより、SiC/SiC の引張試験中の誘電特性変化を非接触で求める装置を完成させている。

第 5 章では、第 4 章で作製した装置を用いて引張試験中の SiC/SiC の誘電特性測定を非接触で行い、損傷パラメータと誘電特性を関連付けている。引張負荷および体積変化の増加と共に、電磁波の反射係数と透過係数は共に減少することを明らかとした。引張試験中に求めた SiC/SiC の誘電特性変化と第 2 章で定義した引張応力-ひずみ曲線より算出される損傷パラメータとの関係を求め、損傷パラメータの増加と共に、反射係数と透過係数はともに減少することを実験的に示し、誘電特性の測定から SiC/SiC の損傷量を定量的に求めることを可能にした。

第 6 章では本論文で得られた結果を総括している。

以上のように本論文では、SiC/SiC に生じる損傷の非接触検出と定量評価を可能にする新たな方法を提案し、それを実験的に示したものであり、複合材料工学に寄与するところが大きい。

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。