

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 西ノ入 聡

本論文は、極限環境でのヘルスマニタリング手法として期待されている、レーザー干渉計をプローブに用いた非接触レーザーAE法について、計測手法に関する基礎的検討および高度化を行い、さらにこの手法の材料信頼性評価手法としての有効性を検討したものであり、全6章より構成されている。

第1章は序論であり、既存の非破壊評価手法や従来のAE法の特徴・問題点を明らかにすることにより研究目的を明確にしている。PZT素子を用いる従来のAE法は変換子の接着に伴う多くの問題を有している。一方、レーザー干渉計を用いたAE計測手法は、表面速度の絶対値測定可能であり、また雰囲気の影響を受けにくいいため苛酷な環境下での非破壊評価手法として大きな可能性を有しているが、これまでに十分な検討は行われていなかった。そこで本論文では手法の高度化と、基礎的検討および応用を通して、レーザーAE法の信頼性評価手法としての有効性を明らかにすることを目的としている。

第2章では、本論文で用いたAE波形解析手法の概要を示し、第3章以降の材料評価・材料作製インプロセス計測で用いた解析方法を紹介している。レーザーAE法で得られる定量的な情報を用いて、ウェーブレット解析やAE波形順解析を行うことで、損傷位置・モードを推定できることは、絶対値計測が可能なレーザーAE法を用いることの大きな利点であると結論している。

第3章では、計測システムについての基礎的検討を行い、本論文で行った計測システムの高度化によって、従来に比べ大幅な検出能力向上が実現できたことを明らかにしている。ダイナミックレンジ50dB、半径約30 $\mu\text{m}$ の割れを検出可能、微小領域(50 $\mu\text{m}$ 程度)でAE計測可能、薄膜でも誤差0.7mm程度でAE位置標定可能であるといった優れた特徴を有することを明らかにした。感度の面ではPZT素子に及ばないものの、これらの特徴を生かすことで広範な分野への応用が期待できると結論している。

第4章では、レーザーAE法を種々の材料評価に適用した例を示している。まず誘電体薄膜の絶縁破壊プロセス評価に適用し、発生電界値および周波数によって損傷形態が区別できることや、前駆電流の要因が相転移や微視破壊ではないことを明らかにした。さらに微小な部分放電を検知でき、液体中でも直接AE計測可能であることを明らかにしている。次にアクティブ複合材料の熱変形過程評価に適用し、動作特性の非線形性の原因が熱応力による微視破壊であることを明らかにし、その損傷の生じる温度域を求めている。さらに波形のウェーブレット解析により複合材料の個々の損傷過程を明らかにした。次に、厚さ50-100 $\mu\text{m}$ の金属薄膜の変形・損傷過程での非接触AE検出にも成功している。これらの知見はレーザーAE法を用いることで初めて明らかにできたものであり、現象の基礎的理解や材料設計を行う上で、本手法を用いた評価が有用であると結論している。

第5章では、材料作製プロセスに非接触AE計測を行うことにより、インプロセスで

の信頼性評価を行っている。まずプラズマ溶射時のインプロセス AE 計測を行い、AE 発生挙動とはく離経路観察にもとづき、溶射条件が皮膜強度におよぼす効果を明らかにし、さらに周波数解析によりコーティングの損傷導入過程を推定している。次にセラミックス焼成時のインプロセス AE 計測を行い、1500°Cを超える高温でも微視割れを検出可能であることを示している。焼成条件によらず AE は冷却過程の脆性領域においてのみ検出されたことより、焼成割れの支配因子が温度低下時に発生する熱応力であることを示した。また AE 波形順解析を行うことにより微視破壊モードを求め、内部で開口型き裂が進展したことを明らかにした。レーザー-AE 法を用いることにより、雰囲気の苛酷さからこれまで測定が不可能であったプロセス中の損傷についても、AE 法を用いて定量評価が可能であることが示し、プロセス改善に大きく寄与できるものと考えられると結論している。

第 6 章は結論であり、本論文の成果についてのまとめを行っている。本論文によりレーザー-AE 法は PZT 素子の使用できない環境(液体中・高温)においても非接触計測が可能であり、十分な位置標定精度で微小な対象への適用が可能であることが明らかになった。レーザー-AE 法は材料の信頼性評価のみならず、従来法の適用が困難な苛酷な環境でのインプロセス計測にも大きな可能性を有しており、本論文で扱った以外にも広範な分野への応用が期待できるとことを述べている。

以上要するに、本論文は従来適切な信頼性評価手法の存在しなかった、極限環境でのヘルスマニタリングを実現するためには、著者らが開発を進めたレーザー干渉計を用いた非接触計測手法がきわめて有用であることを実証したものであり、本論文の成果にもとづき構造物の安全・信頼性の向上が期待され、マテリアル工学の発展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。