

論文要旨

本研究は、磁歪材料において磁化過程で発生するバルクハウゼン効果に着目し、そのノイズ発生に関する磁壁の移動挙動と金属組織の相関性の解明を目的としたものである。特に、外部磁場や衝撃荷重により誘起されるバルクハウゼンノイズの応答特性を評価・解析することで、外力により発生する応力状態やひずみ、転位密度の定量的な評価手法を確立し、バルクハウゼンノイズを利用した全く新しい応力・ひずみ損傷センサを提案した。その結果を以下のようにまとめる。

(1) 本研究で用いる $\text{Fe}_{30}\text{Co}_{70}$ 合金の金属組織と磁気・磁歪特性の相関性の検証を行った。特に、組織パラメータとして結晶粒径と転位密度に着目した。磁壁移動の阻害要因となる結晶粒径の増大と転位密度の減少により、保磁力の減少(0.22倍)と磁歪感受率の増大(3.5倍)を示し、最大で 91.2 mJ/s の出力電力を示した。結晶粒の回復・再結晶に起因する転位や内部ひずみの消失により、磁歪を誘導する磁壁移動や磁化回転の抑制作用が軽減されたからであると考えられる。

(2) バルクハウゼンノイズの発生挙動に及ぼす弾性変形領域における格子ひずみの影響を検証した。応力下で計測可能なバルクハウゼンノイズ検出システムを構築し、その発生機構の検討を行った。その結果、材料内部に発生する引張応力の増加に伴い、バルクハウゼンノイズ波形の低周波成分の増大を確認した。更に、バルクハウゼンノイズ実効値は応力範囲 $0\text{-}500 \text{ MPa}$ までの弾性領域において良好な線形増加を示した。その応力感度は最大 0.27 mV/MPa を示し、磁歪材料の飽和磁歪量に依存することを明らかにした。

(3) 塑性ひずみにより蓄積される損傷がバルクハウゼンノイズに及ぼす影響を評価した。中断試験により塑性ひずみを付与した試験片の転位密度を算出し、バルクハウゼンノイズ実効値との相関性評価を実施した。その結果、転位密度の増加に伴い、バルクハウゼンノイズ出力電圧は線形的に減少し、一定の損傷度でバルクハウゼンノイズが消失することを示した。そのバルクハウゼンノイズと転位密度の関係から、バルクハウゼンノイズが消失しない損傷領域でのひずみ損傷の推定が可能であることを示し、印加磁場速度の増加により、定量的に評価可能な損傷範囲が増大することを明らかにした。

(4) 衝撃荷重により誘起されるバルクハウゼンノイズの発生挙動を調査した。試験片に衝撃荷重が作用するようなエポキシ樹脂との円筒形磁歪複合材料を作製し、衝撃圧縮試験によるバルクハウゼンノイズの応答特性の評価・解析を行った。バイアス磁場下における圧縮応力の作用により発生したバルクハウゼンノイズは、磁化過程における逆磁区の発生とその磁壁移動に起因すると考えられる。更に、作用する応力速度の増加に伴い、バルクハウゼンノイズ実効値は線形的に増大することを示した。