T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	Ni-Mn-Ga/シリコーン複合材料の巨視的および微視的変形挙動に関する研究
Title(English)	Study on macroscopic and microscopic deformation behaviour of Ni-Mn-Ga/silicone composites
著者(和文)	SRATONG-ON Pimpet
Author(English)	Pimpet Sratong-On
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11149号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:細田 秀樹,曽根 正人,舟窪 浩,木村 好里,三宮 工
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11149号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	SRATONG-ON, Pimpet	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	細田　秀樹	教授	三宮　工	准教授
	審査員	曽根　正人	教授		
		舟窪　浩	教授		
		木村　好里	教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は，「Study on macroscopic and microscopic deformation behaviour of Ni-Mn-Ga/silicone composites」（Ni-Mn-Ga/シリコーン複合材料の巨視的および微視的変形挙動に関する研究）と題し，英文で書かれ，全 5 章で構成されている．

第 1 章”General introduction”（緒論）では，磁性形状記憶合金 NiMnGa の相変態，結晶構造，キュリー温度やアクチュエータ材料としての可能性と単結晶の問題点を述べている．そして，NiMnGa を構成相とする複合材料とその磁場誘起歪みの現状を俯瞰し，NiMnGa／樹脂複合材での見かけの磁場誘起歪みが極めて小さいことを問題として捉えている．それに対し，複合材料のヤング率が分散相の配列に依存することをから, NiMnGa 粒子分散樹脂複合材料中の局所的な弾性率がその近傍の粒子の分布状態により変化するという仮説を提示し, NiMnGa 粒子分散複合材料の磁場誘起歪みについても，局所的な粒子分布に依存した微視的な不均一応力場が形成され，それが巨視的な磁場誘起歪みに影響するという考えを述べている．そして，本研究の必要性と目的と構成を明らかにしている．

第 2 章” Microscopic evaluation of embedded particle deformation using X-ray μCT images”（X 線マイクロ CT 画像を用いた内部粒子の変形挙動の微視的評価）では，粒子の配置と印加磁場および応力の方向により複合材料の局所的有効弾性率が変わるという考え方により，個々の局所的な粒子の変形挙動の解明のため，X 線マイクロ CT を用いた変形挙動評価を行っている．ここで，周囲に粒子が存在しない孤立粒子，小さい粒子と大きい粒子が隣接するペア，3 個の粒子が隣接するグループ，というカテゴリーに分類し，圧縮歪み 50%までの変形中での個々の粒子の変形を求めている．そして，ペアとグループの場合は，複合材料圧縮中に個々の粒子の歪みが異なることを明らかにしている．これより，周囲の粒子からの相互作用により各粒子の変形が抑制されることを示し，これよりマトリクスの発生応力/歪み場が局所的な粒子の配置により異なることを示唆している．

第 3 章” Microscopic evaluation of stress field in matrix based on particle configurations using finite element method”（有限要素法を用いた内部粒子の配置に起因するマトリクスの応力場の微視的評価）では，粒子の配置と外場印加方向に依存したマトリクスの応力場の変化を明らかにするため，有限要素法（FEM）によるシミュレーションからマトリクスの応力分布の定量的な解析と可視化を行っている．ここでは，粒子の配置と外場により，孤立粒子の場合，外場と垂直方向に粒子が配向した場合，および，粒子と外場が平行に配向した場合の 3 つに分類し変形挙動の解析を行っている．そして，孤立粒子では単結晶単体と同様の変形をすること，外場と垂直方向に配列した場合は，粒子間の相互作用が強くマトリクスは粒子の変形を阻害する応力場を形成することを明らかにしている．さらに，粒子が外場と平行に配列した場合には，隣接粒子の

影響が小さく，マトリクスが発生する反力の影響が小さくなること，および，粒子間距離を大きくしてもマトリクスの反力が減少することを明らかにしている．そして，大きな磁場誘起歪みの発生のためには，粒子の配列が外場に平行であることが有効と予測している．

第 4 章” Macroscopic magnetostrain of a Ni-Mn-Ga/silicone composite through microscopic design”（微視的デザインによる Ni-Mn-Ga/シリコーンコンポジットの巨視的磁場誘起歪み）では，2 章と 3 章で得られた結果を基に, 大きな磁場誘起歪みを持つと予想される 30vol%Ni-Mn-Ga/シリコーン複合材料を作製し，その磁場誘起歪みを測定している．その結果，粒子の配向と磁場が垂直の場合，印加磁場 0.8T において巨視的圧縮歪み 1.7%と巨視的伸び歪み 3.8%を観察し，設計を上回る巨大磁場誘起歪みが発現したことを述べている．また，磁場除去で同歪みが形状回復することを明らかにし，本複合材料のアクチュエータとしての実用化可能性を述べている．

第 5 章”General conclusions”（結論）では，各章で得られた結言をまとめ，本研究の結論を述べている．

これらを要するに本論文は，磁性アクチュエータ材料として NiMnGa 粒子分散シリコーン複合材料に着目し，複合材料中の局所的弾性率が粒子の配列と外場の方向に依存して場所により異なるというアイデアを基に，実際の複合材料の粒子の変形挙動を直接観察で評価し，また，マトリクスの変形挙動を有限要素法で評価することで，大きな磁場誘起歪みを有する複合材料中の NiMnGa 粒子の配置条件を明らかにし，また，その予測を実証して巨大磁気歪みが発生することを明らかにしたもので，磁性アクチュエータの今後の発展に大きく寄与する研究であり，工学上，工業上貢献するところが大きい．よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。