

繊維および粒子強化傾斜機能材料の創成 および材料物性評価

○渡辺義見¹⁾、清水義雄²⁾

信州大学 繊維学部 機能機械学科¹⁾、感性工学科²⁾

1. はじめに

我々の研究プロジェクトでは繊維および粒子強化傾斜機能材料の創成および材料物性評価に関する研究を行っている。本年度の研究では、遠心力法により粒子径傾斜型傾斜機能材料、配向度傾斜型傾斜機能材料およびハイブリッド傾斜機能材料の創成が可能であることを見いだした。本稿では、これらの傾斜機能材料の創成方法の概略を述べ、これら材料の物性に関して紹介する。

2. 遠心力法による傾斜機能材料の創成

遠心铸造法は高速回転する金型に溶湯を注入し、遠心力によって溶湯を鑄型の内壁に押しつけながら凝固させる方法である¹⁾。通常の遠心铸造法では、密度の差に起因する偏析などは嫌われている。しかし、逆にこの効果を積極的に利用することにより、リングの外周部と内周部とにおいて組成の異なる複合材料を創成することが可能である。この方法を遠心力法と呼び、今までに Al 基傾斜機能材料の創成に応用されている。

3. 粒子径傾斜型傾斜機能材料

複合材料の機械的性質は母相中の強化相の体積分率のみならず粒子径によっても強く依存する。したがって、傾斜機能材料において、単に強化相の体積分率を傾斜的に変化させるだけではなく、粒子径をも位置によって傾斜的に変化させれば、所要の設計条件に合致する性能を有する傾斜機能材料を提供できる。

セラミックス粒子分散型傾斜機能材料を遠心力法で創成する場合、遠心力印加下の球状粒子の運動はストークスの定理に従う²⁾。したがって、単位時間内において、大きい粒子径の粒子の移動は小さい粒子径のそれに比べて大きいため、材料内には体積分率の傾斜と同時に粒子径の傾斜も生じることが予想される。そこで、セラミックス粒子分散型傾斜機能材料の例として、プラスタ母相に複数の粒子径を有するコランダム粒子を分散させた複合材料を取り上げ、遠心力法で創成した傾斜機能材料中の粒子径分布を調査した^{3,4)}。

Fig. 1 に各層毎の平均粒子径を示す⁴⁾。ここで、横軸はリングの位置であり、第一層がリング最内周である。粒子径は位置毎になだらかに傾斜しており、複数の粒子径を分散さ

せたエマルジョンに遠心力を作用させることにより、粒子の体積分率と粒子径とが同時に傾斜分布する傾斜機能材料を創成することが可能になった。また、この粒子径傾斜は重力倍数が大きくなるほど強まり、重力倍数が小さくなるほど弱まる。したがって、重力倍数を変化させることにより粒子径傾斜は制御できる。また、ここには示さないが、総体積分率を変化させることによっても粒子径傾斜が制御できることもわかった。

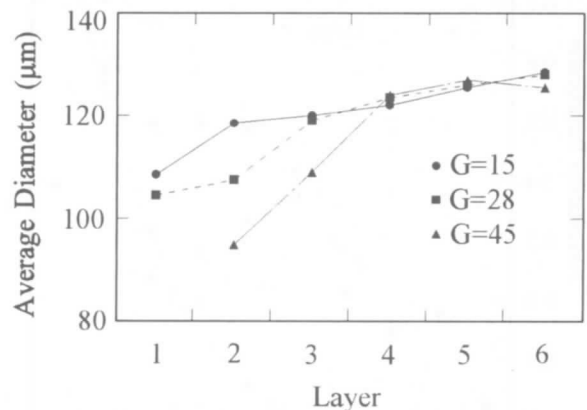


Fig. 1 The average particle size at each region. The FGMs were fabricated under various G numbers⁴⁾.

4. 配向度傾斜型傾斜機能材料

繊維状または板状の粒子を強化相とした複合材料の機械的性質は、強化相の体積分率だけでなく、粒子の配向によっても大きく依存する。したがって板状粒子強化型の機能材料において、単に強化相粒子の体積分率を傾斜的に変化させるだけではなく、配向度をも位置によって傾斜的に変化させれば、機械的性質における異方性⁵⁾の傾斜を有した材料が創成できる。

ところで、これまでの研究により、板状の強化相粒子を有する複合材料を用い遠心力法により傾斜機能材料を創成した場合、粒子はその板面法線と遠心力方向とが平行となるように配向することがわかっている⁵⁾。ここで、遠心力や溶湯粘度などの因子は、遠心力印加時、リング肉厚方向の位置によって変化している。したがって、この方法で創成した板状粒子強化型の傾斜機能材料においては、単に体積分率が位置によって変化するのみならず

配向の様相も位置によって変化するだろう。本研究では、以上の観点から、Al₃Ti板状粒子を母相 Al に傾斜的に分散させ、なおかつ板状粒子の配向度も傾斜的に変化している Al-Al₃Ti系の配向度傾斜型傾斜機能材料の創成を目的とした⁶⁷⁾。

リング位置毎でのヘルマンの配向度⁵⁾を Fig. 2 に示す⁷⁾。すべての試料において、配向度がリング外側に向かって傾斜的に増大している。さらに、配向度の傾斜の度合いが Al₃Ti 粒子の体積分率と同様、重力倍数の増加に伴い強まっている。このように、Al-Al₃Ti 傾斜機能材料において、Al₃Ti 板状粒子の体積分率のみならず配向度も傾斜おり、遠心力法により配向度傾斜型傾斜機能材料が創成可能となった。

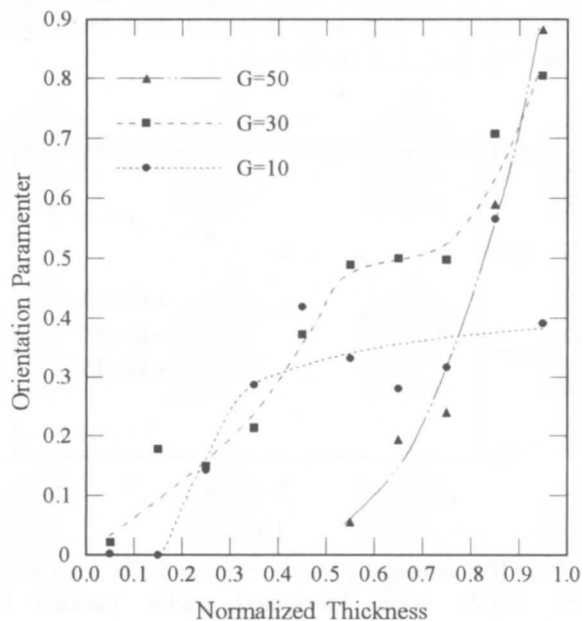


Fig. 2. The orientation parameter of platelet in the specimens fabricated by centrifugal method⁷⁾.

5. ハイブリッド傾斜機能材料

遠心力法による傾斜機能材料創成方法を分類すると2種類に分けられる。すなわち、遠心力印加時に第二相粒子が固相として存在する場合(固相法)と、第二相粒子が加熱により溶解して遠心力印加中に晶出する場合(晶出法)とである。前者固相法の例としては Al-Al₃Ti 系傾斜機能材料が、後者晶出法の例としては Al-Al₃Ni 系傾斜機能材料が報告されている。本研究では、固相法と晶出法の両創成法を同時に応用し、材料をハイブリッドかつ傾斜組成化することにより、固相法で創成した傾斜機能材料の長所と晶出法で創成した傾斜機能材料の長所を併せ持つ材料の創成を試みた。

創成した傾斜機能材料の組織の模式図を Fig. 3 に示す。ここで、(a)はリング外側の、(b)

はリング内側の組織を示す⁸⁾。棒状に見える1の粒子は Al₃Ti 金属間化合物粒子であり、その形状は板状である。また、粒状の2の粒子は Al₃Ni 金属間化合物である。したがって、ハイブリッド傾斜機能材料中の Al₃Ti 金属間化合物および Al₃Ni 金属間化合物の形状は、それぞれ Al-Al₃Ti 系傾斜機能材料および Al-Al₃Ni 系傾斜機能材料における各々の金属間化合物の形状と同じであった。

材料中、Al₃Ti 金属間化合物粒子は体積分率を位置ごとに変化させており、リングの外側の体積分率が内側に比べて大きくなっていた。また、Al-Al₃Ti 系傾斜機能材料と同様に、板状強化相粒子の配向が認められた。一方、Al₃Ni 金属間化合物の体積分率と粒子径も位置によって変化していた。

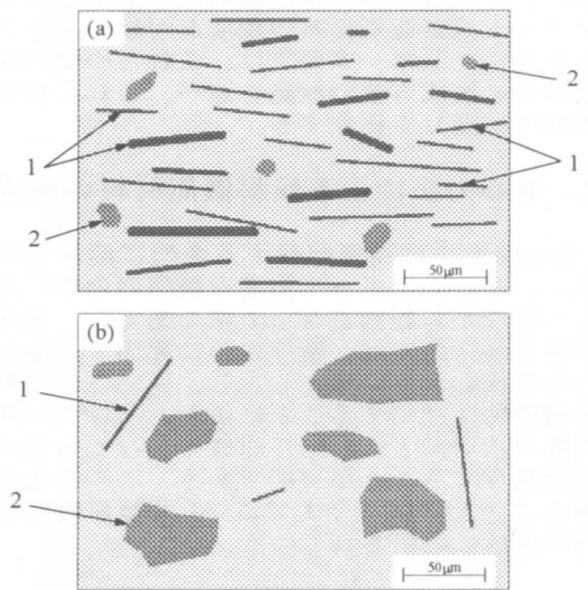


Fig. 3. The schematic microstructures of hybrid FGM at ring outer region (a) and inner region (b). 1; Al₃Ti particle, and 2; Al₃Ni particle⁸⁾.

- 1) 渡辺義見; "傾斜機能材料技術", p895-903, 「金属材料活用事典」、鈴木朝夫他編、産業調査会 (1999)。
- 2) Y. Watanabe, N. Yamanaka and Y. Fukui; *Composites Part A*, **29A**, p595-601 (1998)。
- 3) K. Matsuda, A. Kawamoto and Y. Watanabe; *Proceedings of International Conference on Advanced Fiber Materials*, p387-388 (1999)。
- 4) 松田公一、渡辺義見、福井泰好; 第11回傾斜機能材料シンポジウム (FGM'99) 講演論文集, (印刷中)。
- 5) Y. Watanabe, N. Yamanaka and Y. Fukui; *Metall. Mater. Trans. A*, **30A**, p3253-3261 (1999)。
- 6) H. Eryu and Y. Watanabe; *Materials Science Forum*, **308-311**, p199-204 (1999)。
- 7) 江竜寛之、渡辺義見; 第11回傾斜機能材料シンポジウム (FGM'99) 講演論文集, (印刷中)。
- 8) T. Nakamura, Y. Kato and Y. Watanabe; *Materials Science Forum*, **308-311**, p205-210 (1999)。