

環境調和材料強度学分野

材料強度の原子論と格子欠陥制御工学

教授
丸山 公一

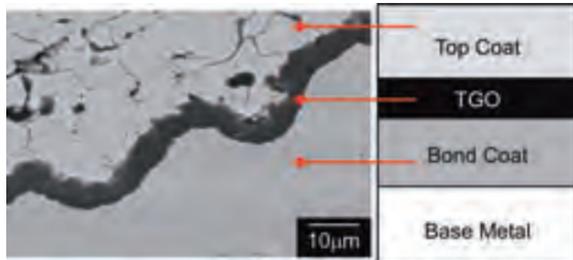


図1 TBCの走査電子顕微鏡写真(左)および模式図(右)

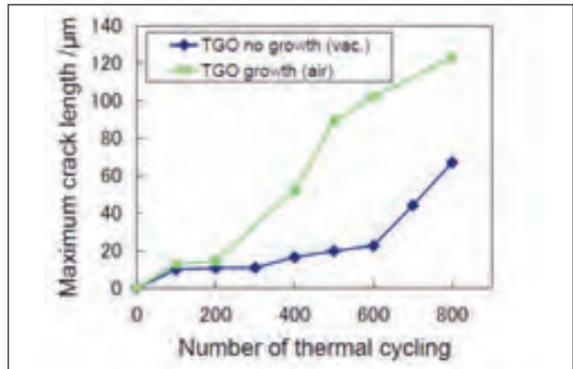


図2 熱サイクル中のTGO内部の最大き裂長さ

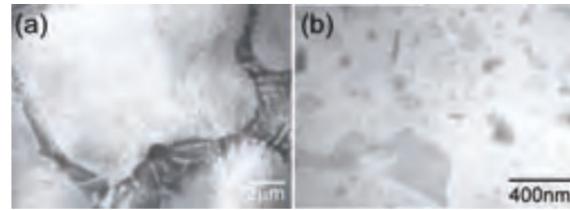


図3 Mg-Al-Ca-RE系チクソモルディング材のマイクロ組織(0.5%RE添加材) (a) 粒界析出物 (b) 粒内析出物

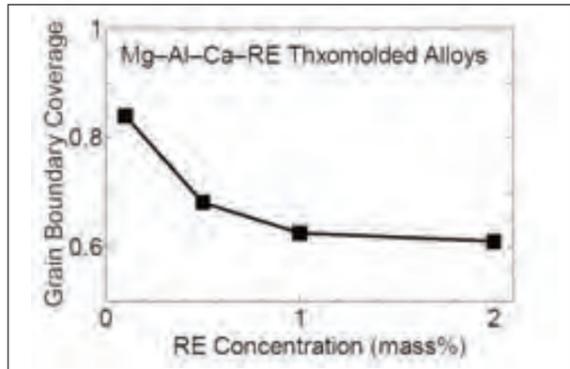


図4 Mg-Al-Ca系チクソモルディング材におけるRE濃度と粒界被覆率の関係

材料の軽量化と機械的性質の向上は、環境負荷を軽減し、新しい社会基盤を築く重要な因子である。本研究室では材料の強度と変形を原子論的にとらえ、格子欠陥制御という視点から、新規構造材料の開発を目指している。**熱遮蔽コーティング(TBC)**

～タービンブレードの高効率化

ジェットエンジンやガスタービンの高効率化には燃焼ガス温度の上昇が不可欠であるが、1300℃あるいは1500℃の燃焼ガスの中でNi基超合金ガスタービンの作動を可能にするのが熱遮蔽コーティング(TBC)である。TBCはトップコート(Y安定化ZrO₂)とボンドコート(MCrAlY)から成っているが(図1)、両者界面に熱成長酸化物(TGO)が生成され、それが起点となってき裂が発生伝播し、TBC剥離の原因となる。図2に熱サイクル中のTGO内部の最大き裂長さの変化を示す。TGOが成長する大気中での熱サイクルでは、TGOが成長しない真空中に比べて、き裂成長が速いことがわかる。しかしTGOが成長しなくとも、熱応力が繰り返し負荷されることで、き裂は成長、破断する。これは、トップコートとボンドコート間の熱膨張率差が関係していると考えられ、これらの値を減少させることがブレードの

長寿命化には必要である。これらの成果は学会等で発表されている。これらを含めたこれまでの成果に対して、本年9月に日本金属学会 学術貢献賞が授与された。また、平成19年3月には日本金属学会 増本量賞が授与される。

マイクロアロイングを用いた軽量Mg合金の強度改善

Mgは密度が1.74Mg/m³と実用材料中最も小さいため、自動車等のパワートレイン部品としての使用を目指して高温でのクリープ耐性を増加させることが大きな達成目標の一つとなっている。Mgの高強度化にはRE(希土類元素)の添加が最も効果的であるが、REは高価であるため、Mg-RE系合金に第三元素を添加することで希土類添加量を押しさえ、かつ強度改善を図る研究を行っている。本研究室ではMg-Y二元合金にマイクロアロイング元素としてZnを添加することで著しい強化が成されることを示してきたが、本年度はAg、Ca、Niを第四添加元素として選択し、これらの元素を微量添加(マイクロアロイング)することで材料の更なる高強度化を目指して、上記四元合金それぞれの強度および組織への影響を検討している。

また、Mg-Al-Ca系チクソモルディング材の検討も引き続き行っており、本年度はREの添加による更なる高強度



助教授
吉見 享祐



助手
鈴木 真由美



研究補助員
蓋 暁輝



COE研究員
祝 漢良

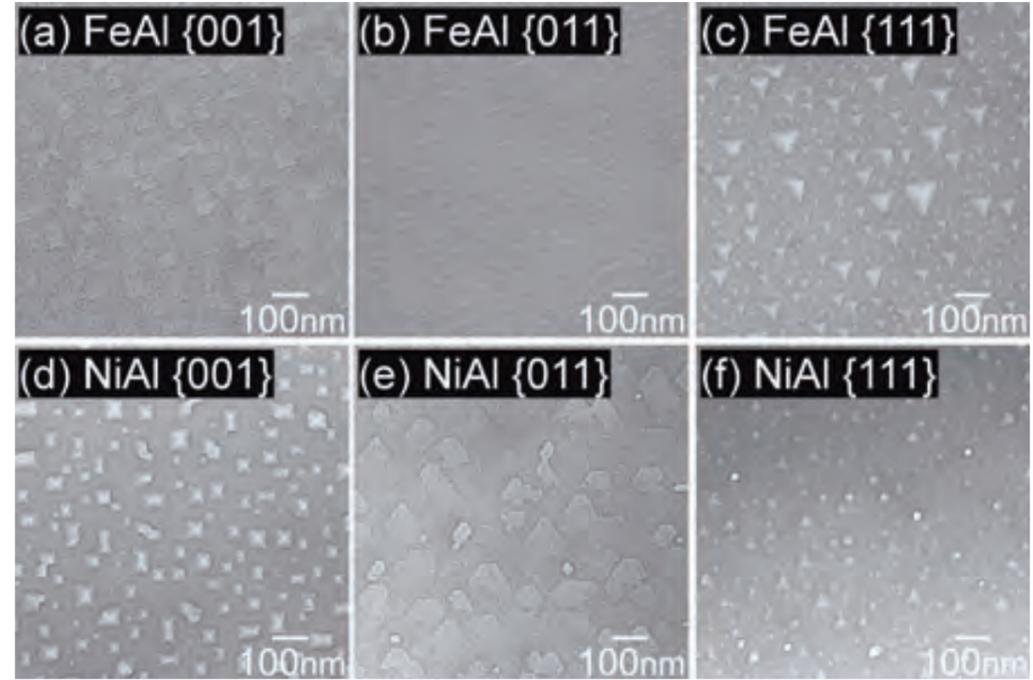


図5 FeAlおよびNiAl金属間化合物表面におけるナノピットパターンの透過電子顕微鏡写真 (a)~(c) FeAl金属間化合物 (a) {001}表面, (b) {011}表面 (c) {111}表面 (d)~(f) NiAl金属間化合物 (d) {001}表面, (e) {011}表面 (f) {111}表面

化を目的とした研究を行った。その結果、微量(～0.5mass%程度)のREの添加は微細な粒内析出物の導入により材料が強化されるが(図3)、過剰なREの添加は粗大な塊状Al-RE系化合物の形成につながり、Mg-Al-Ca系チクソモルディング材における強化の主要因である、ネットワーク状の粒界析出物(図3(a))の量を減少させ(図4)、強度を低下させてしまうことがわかった。また、導入される粒内析出物の形状は複数存在し、Mgの主すべり系である底面すべりに対し有効に働くc軸方向に平行に伸びた析出物に関して、転位との相互作用が最も強く、強化にも有効に働いていると考えられる。これらの成果は国内外の学会等で報告されている。なお、本研究は日本学術振興会科学研究費補助金(若手研究(B))の支援によって遂行されており、これらの成果に関して本年12月に第4回 素材工学研究奨励賞を受賞している。

自己組織化機能を利用した金属間化合物表面のナノ自己パターンニング

B2型金属間化合物の属性を利用して、大量の原子空孔を材料中に閉じ込め、その後この過飽和な原子空孔を自己組織化することによって試料表面をナノレベルで自己

パターンニングするための、基礎と応用について研究をしている。B2型金属間化合物としては、FeAl、NiAl、Co-Al、TiCo、TiNiなどを対象とし、FeAl、NiAlにおいては単結晶作製とそれを用いたナノテンプレートとしての基板作製を行った。その結果、単結晶表面の方位に依存して試料表面のパターンが変化することを、透過型電子顕微鏡を使って確認した(図5(a)-(f))。これは、試料表面のピットパターンがFeAlならば{100}結晶面(図5(a)-(c))、NiAlならば{011}結晶面(図5(d)-(f))に囲まれて生成するためである。試料表面における単位面積あたりのナノピットの個数は、初期の過飽和な原子空孔の濃度や、自己組織化するときの条件に強く依存することが明らかとなった。したがって、過飽和な原子空孔を材料中に閉じ込めるための技術や、自己組織化させる技術も重要となっている。

尚、本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究B)の支援によって遂行されている。さらに、日本金属学会2006年秋期大会で、優秀ポスター賞を受賞している。