

Mesoscopic Process for the Development of Structural Ecomaterials

構造用エコマテリアル創製のための メゾスコピック材料プロセス技術

プロジェクトリーダー 小豆島 明

横浜国立大学 工学部 教授

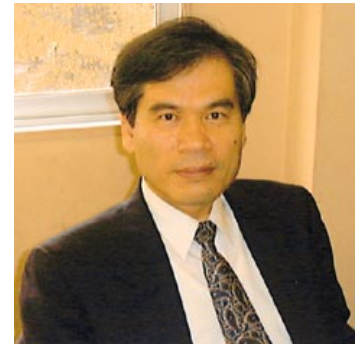


図1 アークイオンプレーティング型 PVD 装置



図2 せん断変形加工用試験機

1. 研究の目的

高性能、高品質の素材や製品の追求を主眼として開発させられてきた現在の技術を、持続発展型社会に必要な技術に発展させていくことは、現代の工学に対して次の時代が課した新しい使命である。例えば我が国の国民一人当たりの消費電力は現在1年間に約7,200kwhであるが、21世紀にはこれを2,700kwh程度まで低減することが求められている。WEC (World Energy Counsel) の次年度見解書にある“エネルギーへの安心感が持続可能な発展を脅かす”との逆説的な文言は次世代技術に求められているものが何であるかを端的に示している。材料の分野におけるこの課題に対する解答が材料の長寿命化、高強度化そして機能向上によるエネルギー損失の低減である。

本プロジェクトは、自動車や航空機などに使用される構造材料の長寿命化を、高強度・高信頼性材料の開発とトライボロジー特性の向上による低摩擦化等により達成するプロセス、すなわち「構造用エコマテリアル」を創製するためのプロセスの開発を目的としている。具体的には金属材料、金属間化合物ならびにセラミックス材料の組織形態や結晶配向など、微細構造の制御に立脚した高強度、高信頼性構造用材料の製造と、その表層に異種元素被膜を形成させ、これら構造用材料に機能を寄与あるいは特性を向上させる表面改質からなる新しいプロセスの開発を意図している。



図3 スクラッチ試験機

2. 研究内容

本プロジェクトでは、現在大量消費され、それ故に省エネルギー効果の大きい既存材料の高強度化・長寿命化のためのプロセスの開発を目的とする研究と、新しい機械システムの構築をも可能にするような新たな高強度、高信頼性材料の創製を実現するプロセスの開発を目的とする研究の、二種類のアプローチによって「構造用エコマテリアル創製プロセス」の現実を目指している。

第1のアプローチでは、炭素鋼、合金鋼さらにはアルミニウム合金など日常的に利用されている材料を対象としている。従来プロセスでは実現困難な高いせん断ひずみを繰り返し単純せん断変形プロセスにより付与して高強度化した上で、PVD イオンプレーティングを適用して表面に TiN や CrN などの硬質被膜を形成させ、強度、耐摩耗性、低摩擦を実現するプロセスを検討している。また、低コストの Ca 系あるいは Mg 系 α -サイアロンを製造し、その表面を PVD イオンプレーティングを用いて、TiN 硬質被膜で被覆することによって、現状レベルの摩擦・耐摩耗性を有するセラミックス材料を製造する省エネルギープロセスの検討を併せて行っている。

第2のアプローチでは、高信頼性先進材料として、 Si_3N_4 、サイアロン、AlN 等のセラミックスならびに TiAl 金属間化合物を対象に、高強度化のための形態制御や配向制御と表面改質による機能の付与とを組み合わせたプロセスの開発を試みている。微細粒子の大きさや形態（等軸状から柱状あるいは繊維状）を制御した窒化物粒子を開発し、これを強化材あるいは粒成長の核として使用する焼結体の微細構造制御と、別途要素技術として研究する表面改質技術である、焼結体表面への PVD イオンプレーティング等による硬質被膜の形成からなるプロセスを検討している。金属間化合物に関する研究では、TiAl の特性を引き出すための高配向化を実現する省エネルギー製造プロセスとして、高配向性 Ti 薄板と Al 薄板の積層材料の焼結と二相化処理について検討している。

第1のアプローチの一つである、既存材料の高強度化を目指す繰り返し単純せん断変形プロセスの研究では、工業用純アルミニウム 1070 ならびに 1100、Al-Mg 合金 5052、極低炭素鋼を対象に表記プロセスの効果を検討している。単純せん断変形を 10 回繰り返すことによって、ビッカース硬さが未変形状態の 3 倍以上まで上昇したバルク材の製造が可能であることが判明している。低コストが期待されるアルカリ土類系 α -サイアロン創製の試みでは、 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ を出発組成として、還元窒化により若干 β 相を含む主相を Ca 系 α -サイアロンとする粉末の合成が可能であることを X 線回折により確認している。

第2のアプローチでは、 $\text{SiO}_2\text{-C-N}_2$ 系を基本系として、これに微量の Si_3N_4 および Si_3N_4 と Fe を複合添加した組成の還元窒化法を検討した結果、前者では等軸状の微細粒子を、後者では柱状の微細粒子を合成できることを見出した。微細粒子の形と大きさは、炭化した添加した Si_3N_4 の性状や Si_3N_4 と Fe の量比によって制御できることを明らかにした。また、金属間化合物の焼結-二相化による配向制御プロセスの開発では、チタニウム板に先鋭な配向配向を付与する方法、液相焼結と固相焼結の利害得失の検討、焼結ならびに二相化のための基本熱処理プロセスの開発、ならびにチタニウムの配向を金属間化合物に継承するための基本的要件等について検討している。

本プロジェクトでは表面改質法として、比較的低温での処理が可能で、密着性の高い皮膜の形成が可能である PVD イオンプレーティングを共通の技術として採用し、現在までに SKD 鋼等を対象とした予備実験を行い、均質性、密着性の良い皮膜の形成を確認している。また、本法によるセラミックス上への TiN 皮膜の形成を確認し、皮膜の性状について検討を進めている。

3. 研究の体制

期 間：1997 年 7 月 ～ 2002 年 3 月

構 成：プロジェクトリーダー：小豆島 明（横浜国立大学・工学部・生産工学科・教授）コアメンバー：2 名、研究力者：6 名（内ポスドク 1 名）

実施場所：横浜国立大学工学部生産工学科 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5



図4 結晶方位分布測定装置



図5 試験の分析風景

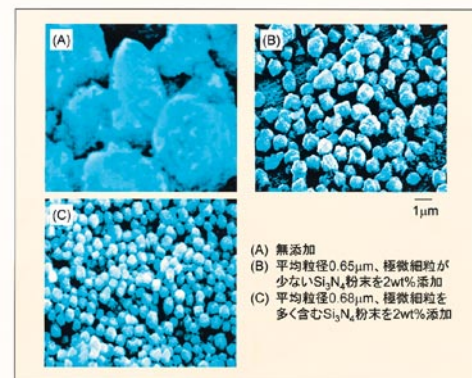


図6 SiO_2 の炭素還元窒化 Si_3N_4 粉末合成における Si_3N_4 種粉末添加の効果