

平成15年3月28日

環境・生命工学専攻		紹介教官氏名	金 熙 濬
申請者氏名	野 田 弘 之		

論 文 要 旨 (博士)

論文題目	アルミナ超微粒子を用いたナノ構造セラミックス
------	------------------------

(要旨 1,200字程度)

セラミックスは、耐薬品性、耐摩耗性、高融点、高硬度等の面で金属材料やプラスチックより優れている。しかしながら、材料としてのセラミックスの欠点は脆さにある。近年のセラミックスの研究の多くは脆性を克服するための研究が多い。脆性を克服する一つの方法として、セラミックスを構成する結晶の粒径を小さくすることでセラミックス材料に可塑性を与える研究がなされた。その発想は、数ナノサイズの粒子を用いて成型し、それを焼結するとき、粒子サイズの成長を制御することで、靱性を持つセラミックスを作成することである。即ち、数nmの大きさの一次粒子径を持つ超微粒子を合成し、これを原料としてナノ構造セラミックスを作成し、焼成時間および温度を制御因子としてナノ構造セラミックスの粒径の制御を行った。

本論文では、まず、MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法によるナノサイズの高純度アルミナ(Al_2O_3)超微粒子の合成及びその粒径制御に関する研究を行ない、目的とする数nmの超微粒子の合成を可能とした。

次に、ナノサイズ Al_2O_3 超微粒子の結晶の相、焼結の際の結晶成長機構を明らかにするため、圧力2.50GPaで加圧成型試料と超微粒子そのものについて、焼結時間と温度を制御因子として実験を行った。超微粒子の初期平均粒径は5.6nm、11.2nm、22.4nm、34.4nmの4種であり、結晶は γ または δ 型であった。透過型電子顕微鏡、X線回折装置を用いて、結晶の相、結晶の成長速度を測定した。結晶径はScherrer式を用いた測定した。硬さと弾性率についてはナノインデントーUMIS-2000を用いて測定した。

成型したナノ構造アルミナセラミックスは1123Kで16hr焼成しても相変化も急激な粒成長も起こらなかった。しかしながら、1173Kでは α アルミナへの相変位が確認された。1173Kから1323Kでは結晶粒径は初期粒径から90nm程度までは成長したのち、ほぼ一定の大きさを保った。しかし1473K以上の温度では数 μm の粒径となり温度の上昇と共に粒径が大きくなった。焼成した試料では結晶成長速度が原料粒子の粒径や粒度分布に依存した。硬さと弾性率は焼成温度の上昇に伴い増加したが、標準的な構造材料向けのアルミナよりも低い値であった。

ナノ構造アルミナは良好な光透過性を示した。しかしながら、透明度は結晶径の増加によって減少した。この光学特性は散乱体厚さを考慮したLambert-Beer式で整理することが出来た。試料厚さが約0.20mmの試料を用いて光学特性の粒径依存性を評価した結果、粒子径が5.6 nm粒子に対し、可視光領域において約60%の光透過率が得られたが、粒径の増大とともに減衰し、粒子径34.4 nmでは約5%まで低下した。これらの現象は光の波長よりも十分小さい粒径による光散乱であるRayleigh散乱の影響を大きく受けるためであった。10nm以下の粒子から作られた試料を用いて光透過実験したところ、可視光領域(800-500nm)でRayleigh散乱の散乱係数は光波長の4乗に、また粒径の2乗に比例することを明らかにした。これらの結果を用いて半実験式を提案した。