

PG3B : 엔지니어링 세라믹스

PG3B-1 | Y_2O_3 세라믹스의 느린 균열 성장 거동

*김종일¹, 류성수¹, 이성민¹

¹한국세라믹기술원

Time dependent slow propagation of pre-existing cracks is one of the most important failure mechanisms of brittle materials. The double torsion is a very useful technique for determining the slow crack growth of a material due to its simple geometry and extensive stable crack propagation over a wide range of velocities. However, its application needs cautious procedures to correct the stress-intensity increase with increasing crack size and to correct crack velocity with crack-front shape. In the present study, the slow crack growth rates of Y_2O_3 ceramics as a model system were determined through the load-relaxation using the double torsion method. Firstly, we obtained the compliance curve of the specimen with the crack size. And then, through multiple load-relaxations for the same specimen, crack velocities were determined, and the stress-intensity was corrected to get a unified K_I -V curve. Finally, the fracture surface of the Y_2O_3 ceramics was examined depending on the crack growth speed, showing the fracture mode changed from the intergranular to transgranular fracture with increasing crack growth rate.

PG3B-2 | 차세대 반도체 식각 공정용 세라믹 정전척 소재의 전기적 물성 분석 시스템

송기호¹, 김태경¹, 이성민¹, *안창의¹

¹한국세라믹기술원

첨단 전자기기의 고성능화 및 고집적화 트렌드에 맞춰 고중형비 및 초미세 패턴 형성을 위한 차세대 반도체 식각 공정 기술 개발이 요구되고 있다. 이를 위해 반도체 식각 공정은 식각률을 극대화하거나 등방성 식각률을 최소화하는 초고온 (>400°C), 초저온 (<-100°C) 등의 극한환경에서 진행되는 것이 유망한 대안으로 기대된다. 초고온 및 초저온 식각 공정 장비에서 웨이퍼를 안정적으로 고정하고 이동시킬 수 있는 세라믹 정전척은 가장 중요한 핵심 부품으로 평가받고 있다. 정전척은 세라믹 유전체의 전기적 힘을 이용하여 웨이퍼를 고정하기 때문에 정전척의 성능은 유전체의 체적저항, 잔류전하를 포함한 전기적 물성에 의해 가장 큰 영향을 받게 된다. 따라서 차세대 식각 공정용 정전척의 성능 평가 및 품질 관리를 위해 초고온 및 초저온 환경에서 세라믹 유전체의 신뢰성 있는 전기적 물성 분석 방법이 반드시 필요하다. 하지만 현재까지 개발된 세라믹 소재의 전기 물성 분석법은 대부분 상온(~25°C)에서 측정되어왔고 정전척 맞춤형 체계적 전기 물성 분석 시스템은 구축되지 못했다는 한계점을 가지고 있다. 본 연구에서는 차세대 식각 공정용 정전척 부품의 신뢰성 평가를 위해 자체 개발한 초고온, 초저온 환경에서의 신뢰성 있는 정전척 맞춤형 전기 물성 평가 시스템과 분석법에 대해 소개하고자 한다.

PG3B-3 | 3차원 적층성형 방법으로부터 제조된 Polycarbosilane 인쇄성형물의 열분해 변형 특성과 무기 Filler가 성형물의 열분해 변형에 미치는 영향

서정민^{1,2}, 김도희¹, 김정애¹, 신동근¹, 이성갑², *이윤주¹

¹한국세라믹기술원, ²경상국립대학교

PDC(Polymer derived ceramic)는 고분자 물질을 전구체로부터 열분해 과정을 거쳐 세라믹으로 전환하는 공정을 일컫는다. 고분자의 유동특성을 이용하여 다양한 형상으로 성형이 가능하므로, 플라스틱 성형 공정을 적용할 수 있어 분말을 원료로 하는 고전적 세라믹 성형공정이 가지는 제약을 극복할 수 있는 기술이다. PCS(Polycarbosilane)는 Si와 C를 골격으로 하는 무기고분자로 SiC의 전구체 물질인데, PDC 기술을 실현할 수 있는 가장 대표적인 물질이다. 다만, 무기 고분자 구조를 가지는 PCS는 열분해 과정에서 중량이 감소하는데, 이러한 변화는 성형물에 수축변형을 유발한다. 수축변형은 성형물의 크기뿐만 아니라, 뒤틀림, 기포발생, 크랙과 같은 결함을 형성한다. 따라서 이를 제어하기 위하여 원료의 열변형 특성 정보를 확보하고, 열분해 조건을 제어할 필요가 있다. 그러나, 이 역시 변형 억제에 한계가 있으므로 고분자의 열분해 수율을 높이기 위하여 필러를 사용할 수 있는데, 무기 필러는 열분해 시 발생하는 가스 방출과 미세결함 제어에 도움을 주어 최종 세라믹의 수축을 현저하게 감소시킬 수 있다. 본 연구에서는 팽창방식을 이용하여 PCS를 적층성형 하였는데, 이 때 세라믹 필러가 성형물의 열분해에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. PCS의 열물성은 TG-DSC, DIL(Dilatometer), 고온현미경을 이용하여 분석하였으며, 약 46.9% 가량의 SiC 분말을 첨가한 인쇄성형물에 대해서는 열처리 조건에 따라 X-ray 단층촬영과 SEM을 이용하여 수축변형 거동과 특징을 확인하였다.

PG3B-4 | 내화염 특성이 확보된 geopolymer를 매트릭스로 하는 섬유강화 복합소재 제조 및 이의 물성 평가

이원석^{1,2}, 신동근¹, 최두현³, 이지은³, 이윤기², *이윤주¹

¹한국세라믹기술원, ²경상국립대학교, ³국방과학연구소

섬유강화 복합재는 매트릭스의 종류에 따라 FRP(Fiber Reinforced Plastic)와 CMC(Ceramic Matrix Composite)로 구분되며 FRP는 300°C 미만에서, CMC는 1000°C 이상에서 사용하는 것을 목적으로 개발이 되어 왔다. Alkali active cement 중 하나인 geopolymer는 다른 세라믹 매트릭스 소재에 비해 비교적 저렴하고 1000°C 미만 온도에서 사용가능하다는 장점이 있다. 무엇보다 유동성을 가지며 접착 기능이 있어 바인더로 사용되기도 한다. 따라서 hand lay-up 성형이 가능한데, 이 역시 비교적 경제적으로 대면적 CMC 제조를 가능하게 하는 요인이다. Geopolymer의 물성은 원료의 배합비에 따라 복합재의 특성이 결정되는 것으로 알려져 있지만, 내열성, 특히 내화염 특성을 확보하기 위해서는 geopolymerization 반응 특성과 이로부터 형성되는 geopolymer의 화학적 특징이 중요한 요인이다. 기존 연구에서는 반응 온도와 시간, aging 시간 등을 제어하여 내화염 특성이 확보된 geopolymer 형성 공정 조건을 확보한 바 있다. 본 연구에서는, 앞서 확보된 조건의 geopolymer와

섬유 매트를 이용하여 적층성형하고 vacuum bagging 방법으로 섬유 복합소재를 제조하였다. 이 복합소재의 치밀 정도와 성형 균일성은, 단층촬영과 전자현미경 분석을 실시하여 확인하였으며, 화염시험을 실시하여 복합재의 내열 특성을 평가하였다. 곡강도 시험을 실시하여 기계적 물성을 평가하였으며, 평가 시편의 파괴 단면을 관찰함으로써 파괴거동 특성을 확보하였다.

PG3B-5 | Hf계 무기고분자 제조 및 HfC 세라믹 전환특성

박민상^{1,2}, 신동근¹, 이윤기², *이윤주¹

¹한국세라믹기술원, ²경상국립대학교

Ultra-high temperature ceramics (UHTC)은 극한 환경에서의 변형을 최소화 하고 기계적 물성을 확보할 수 있는 재료다. UHTC의 개발은 항공우주 산업, 원자력, 군사 기술 확보에서 중요한 이슈 중 하나다. UHTC의 종류로는 ZrB₂, ZrC, HfB₂ 및 HfC 등 비산화물계 세라믹으로 알려져 있다. 그 중 HfC은 부식 저항성, 산화 저항성 그리고 고온 저항성이 높고 강도와 경도 또한 높은 소재이다. 무기고분자를 전구체로 하는 세라믹 제조방법인 PDC(polymer derived ceramics)를 이용한 성형 방법과 원료 개발은 주로 실리콘계 세라믹에 한정되어 왔으나, 최근 UHTC 전구체의 개발에 대한 관심이 다시 높아지면서 합성 방법과 결정화에 관련된 연구 결과가 발표되고 있다. 본 연구에서는 Hf-amine 컴파운드를 이용하여 condensation 반응을 유도함으로써 Hf계 고분자를 제조하였으며, 고온 열처리하여 Hf계 세라믹으로의 전환특성을 확인하고자 하였다. Spectroscopy 분석을 이용하여 반응 과정에서 나타나는 구조적 변화를 관찰하였으며, 수득된 반응 생성물의 용융, 용해도 특성을 분석하였다. 열분석 결과를 실시함으로써 전구체의 분해 특성을 평가하고, HfC로의 전환특성을 확인하였다.

PG3B-6 | C, SiC 첨가가 반응소결 탄화붕소의 미세구조와 SiC 및 B₁₂(B,C,Si)₃의 형성에 미치는 영향

김동준¹, 박준형¹, 남산², *박상환¹

¹한국과학기술연구원, ²고려대학교

탄화붕소(B₄C)는 다이아몬드, c-BN 다음으로 높은 경도 낮은 밀도로 산업 분야에서 내마모 부품이나 경량 방탄 재료로써 응용되고 있다. B₄C 소결체는 높은 공유결합 특성으로 2100 °C 이상의 고온에서 제조할 수 있으나, 반응소결 탄화붕소(RBBC)는 용융 Si를 침윤 방법으로 상대적으로 Si 용점 이상의 저온에서 탄화붕소/Si 복합재료를 제조하는 공정이다. RBBC는 용융 Si 침윤 공정에서 B₄C와 용융 Si의 반응으로 B₁₂(B,C,Si)₃ 및 SiC 상이 형성되며, 성형체 내 C 및 SiC 첨가에 따라 B₁₂(B,C,Si)₃, SiC 상 형성 및 미세구조가 다르게 나타난다. 본 연구에서는 45um 크기의 B₄C를 출발원료로 하여 1500°C, 진공 분위기에서 용융 Si를 30분간 침윤하여 RBBC를 제조하였으며, C, SiC 첨가가 RBBC의 미세구조에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. C 첨가는 B₄C와 용융 Si 간의 반응을 억제시켜 B₁₂(B,C,Si)₃의 형성이 감소되었으며, SiC 첨가는 B₁₂(B,C,Si)₃의 형성에는 크게 영향을 주지 않았으나 RBBC 내 형성된 SiC 결정립 크기를 감소시켰다.

PG3B-7 | The Effect of Ternary Oxide Additives on the Thermal Conductivity of Pressureless Sintered Silicon Nitride

YING Liu^{1,2}, *KIM Ha Neul², PARK Young-Jo², KO Jae-Woong², LEE Jae-Wook², MA Ho-Jin², KWON Se-Hun¹
¹Pusan National University, ²Korea Institute of Materials Science

In this study, in order to improve cost competitiveness in manufacturing silicon nitride substrate, silicon nitride ceramics with moderate thermal conductivity were developed through pressureless sintering process (1 bar of N₂) by means of adding four combinations of ternary oxides. The sinterability and thermal conductivity of silicon nitride with different additives were studied. It was possible to improve the thermal conductivity of silicon nitride by applying ternary oxide additives compared to the binary oxide additives. The binary system showed poor sinterability with a relative density of 91% or less at 1750°C and low thermal conductivity of 55 W/m · K, whereas the ternary system showed good sinterability of 98% or more in relative density and 73.1 W/m · K depending on the composition even sintered at 1750°C. As well, excellent thermal conductivity of up to 86.8 W/m·K was obtained in the Sc-Y-Mg ternary oxide composition sintered at 1850°C.

PG3B-8 | Optimization of Ca additive and sintering condition in the transparent MgAl₂O₄ ceramics

*KIM Ha-Neul¹, PARK Young-Jo¹, MA Ho-Jin¹, KO Jae-Woong¹, LEE Jae-Wook¹

¹Korea Institute of Materials Science

The amount of Ca additive as well as the sintering condition on the in-line transmittance and the flexural strength of the transparent MgAl₂O₄ spinel ceramics were optimized. The Ca segregation limit of the grain boundaries which induces the unwanted secondary phase and abnormal grain growth in the microstructure of MgAl₂O₄ was correlated with the average grain size of the hot isostatic pressed MgAl₂O₄. It was confirmed that the decreased area of the grain boundaries induced the higher Ca segregation, hence the secondary phases of Ca_xAl_yO_z were generated. The optimized condition with 800ppm of Ca and 1500°C of hot isostatic press resulted over 80% of in-line transmittance and 300 MPa of flexural strength simultaneously.

PG3B-9 | PCS로부터 유래된 SiC 분말을 통한 소결체 및 CMC(Ceramic Matrix Composites) 제조

김상인¹, 백중하¹, 강지원¹, 안동혁¹, *김세윤¹

¹경남대학교

고성능 세라믹 복합재료(Ceramic Matrix Composites, CMC)는 고온 및 고압 환경에서 안정성과 내구성을 요구하는 다양한 응용 분야에서 중요한 재료로 인식되고 있다. 본 연구에서는 Polycarbosilane(PCS) 전구체로부터 유래된 SiC 분말을 사용하여 분산형 CMC를 제조하고, 미세구조적, 기계적 특성을 분석 평가하였다. PCS 전구체 분말을 산소경화시키는 공정을 통해 Si-O-C가 포함된 SiC 분말을 제조하였으며, 이를 순수한 SiC 분말과 혼합하고 상압 열처리하여 CMC를 제조하였다. 제조된 소결체의 경도 측정, 결정 구조 및 미세구조 분석, 성분 분석을 위해 비커스 경도기, X-Ray Diffraction(XRD), FE-SEM(EDS)을 활용하였다. 산소경화시간, 열처리온도, 열처리시간에 따른 소결거동을 확인하여, 최적의 기계적 물성을 확보할 수 있는 조건을 도출하였다. 결과적으로 PCS로부터 유래된 SiC 분말을 이용하여 낮은 온도에서 높은 밀도를 가지는 CMC 제조공정의 가능성을 확인할 수 있었다. 본 연구는 한국에너지기술연구원(에너지인력양성사업, NO.2021400000480), 국방기술품질원의 방산혁신클러스터 지원사업(DCL2020L), 한국연구재단-교육부(202300820001)의 지원을 받아 수행된 연구입니다.

PG3B-10 | 이중층 탑코팅을 사용한 열차페코팅의 열화 메커니즘

최용석^{1,2}, 이계원^{1,2}, 이창우³, 남산², *오윤석¹

¹한국세라믹기술원, ²고려대학교, ³신화금속

열차페 코팅(Thermal barrier coatings, TBCs)은 고온의 작동 환경에서 가스터빈 엔진을 구성하고 있는 부품의 열적, 기계적 특성이 저하되는 것을 억제하기 위하여 부품의 표면에 적용된다. 상용 열차페 코팅 소재로서 우수한 기계적 특성과 낮은 열전도도를 가지는 이트리아 안정화 지르코니아(Yttria Stabilized Zirconia)가 사용되고 있다. 그러나 1200°C 이상의 온도에서 YSZ는 상 변태에 의한 부피 변화가 발생하며, 이로 인해 코팅층에 열응력 및 열피로가 가해져 코팅층의 수명에 영향을 주게 된다. 상변태에 의한 지르코니아의 부피 변화를 억제하기 위하여 다양한 희토류를 추가적으로 첨가하는 연구가 활발하게 수행되고 있다. YSZ에서 이트리아와 같은 희토류의 첨가량이 증가하게 될 경우 지르코니아의 상이 Cubic상으로 변화하며, 이때 코팅층의 열전도도 감소와 고온에서의 상 안정성을 얻을 수 있으나, TBC에 필요한 지르코니아의 파괴인성이 저하된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 파괴인성과 열전도도 감소 효과를 모두 얻을 수 있는 기술이 필요하다. 본 연구에서는 TBC의 파괴 인성과 열전도도 감소 효과를 모두 얻기 위하여 Top Coat층을 이중층으로 구성하여 YSZ 단일층 대비 열적, 기계적 특성이 우수한 구조를 만들고자 하였다. 이중층 구조를 가지는 코팅층을 제조하기 위하여 상용 YSZ와 희토류 산화물이 다중 첨가된 YSZ를 선정하였다. 선정된 조성들은 대기 플라즈마 용사 장비(Atmospheric plasma spray, APS)를 이용하여 이중층 구조를 가지는 샘플을 제작하였다. 또한 각 층의 두께를 달리하여 각 층의 두께에 따른

코팅 샘플의 특성 변화를 확인하였다. 코팅 샘플의 고온 상변화를 확인하기 위해 1100°C에서 500시간 열처리하여 열처리 전, 후 XRD(X-ray diffraction)장비를 사용하여 상분석을 진행하였다. 또한 열처리 전, 후 코팅층의 미세조직 변화를 확인하기 위해 전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 분석을 진행하였다.

PG3B-11 | MgO의 함량 변화가 내화도 측정용 MgO-Al₂O₃-SiO₂ 소결체의 내화 거동에 미치는 영향

이재승^{1,2}, 이민호², 김진우², 박주석², *이희수¹

¹부산대학교, ²한국세라믹기술원

본 연구의 목적은 Magnesium Oxide(MgO)의 함량별 MgO-Al₂O₃-SiO₂(MAS) 소결체를 제조하고 MgO함량 변화에 따른 내화 거동을 알아보기 위함이다. MgO, Al₂O₃, SiO₂를 기본 원료로 에탄올, 바인더(PVB)를 혼입하여 만들어진 슬러리는 볼밀로 교반하고, Spray Dry 공정을 통해 과립분말을 제조하였다. 과립분말은 몰드에 넣어 일축가압성형기로 성형 후 전기로에서 소결체로 제조되었다. 제조된 소결체는 MgO의 함량을 변수로 하였고, 현재 사용되어지는 내화도 측정용 표준 콘(Seeger Cone)에 해당하는 온도 구간에서 표준 콘과 유사한 거동을 취하는지 비교시험하였다. 기초물성분석은 X-ray Fluorescence Analysis(XRF), Optical Microscope(OM), Particle Size Analyzer(PSA)를 수행하였고, 시험결과분석은 X-ray Diffraction Analysis(XRD), Scanning Electron Microscope(SEM) 분석을 진행하였다. 비교적 적은 양의 MgO(0.5, 1, 2wt%)를 포함하는 소결체에서는 Mullite 상을 확인하였고 비교적 많은 양의 MgO(3, 5, 7wt%)를 포함하는 소결체에서는 Cordierite 상을 확인하였다. 이는 MgO함량에 따라 변화되는 결정상이 내화물의 내화도에 영향을 주고 온도 구간별로 변형거동의 차이가 발생함을 확인하였으며, MgO함량이 증가할수록 낮은 온도에서 변형되는 경향을 확인할 수 있었다.

PG3B-12 | 직접 질화법을 이용한 α상 질화규소 분말 제조 연구

윤영조¹, 여동훈¹, *김유진¹

¹한국세라믹기술원

질화규소는 기계적 물성, 고온 내구성 및 내화학적성이 우수한 세라믹으로서 베어링 볼, 절삭공구 같은 용도에 사용될 뿐만 아니라 전기자동차 전력 모듈의 핵심 소재인 방열기판에도 적용되고 있다. 질화규소 분말의 합성에는 직접 질화법, 환원 질화법, 이미드 열분해법, 기상 반응법 등 다양한 방법들이 사용되고 있다. 질화규소의 상은 반응온도에 따라 영향을 받아 저온에서는 알파상, 고온에서는 베타상 형성이 잘 이뤄진다. 기존 연구에서 H₂가 Si와 반응하여 Si 표면에 보호 실리카 막을 제거함으로써 질화 속도에 영향을 미친다고 보고되었다. 본 연구에서는 직접 질화법을 이용하여 Si분말을 1350°C, 1400°C 등 다양한 온도에서 반응시간을 제어하며, 질소/수소 분위기에서 반응시켜 알파상 질화규소 분말을 합성하였다. 그 결과, 1430°C에서 Si 분말이 완전히 질화되며, α상의 함량이 85% 이상인 것을 확인하였다.

반응온도에 따라 약 13%의 반응하지 않은 Si 분말과 금속 불순물들이 관찰되었다. 이렇게 합성된 질화규소에서 Fe, Al과 같은 불순물들을 줄이기 위해 화학적/물리적 정제 방법을 적용한 연구가 진행되고 있다. 합성된 질화규소의 화학적 조성은 XRD(X-ray diffraction)와 N/O분석을 통해 확인하였으며, 성분은 XRF(X-ray fluorescence), ICP(Inductively Coupled Plasma)로 분석하였다. SEM(Scanning Electron Microscope)을 활용하여 분말의 형상을 관찰하였다.

PG3B-13 | BN/B₄C 첨가에 따른 SiC 복합체의 미세구조 및 기계적 특성

김진우¹, 이재승^{1,2}, 이민호¹, *박주석¹

¹한국세라믹기술원, ²부산대학교

Silicon nitride(SiC)는 이론적으로 기계적물성이 우수하여 반도체 공정장비에 적용되어 지고 있다. 본 연구에서는 SiC를 주 성분으로 하여 Boron nitride(BN) 및 Boron Carbide(B₄C)를 첨가하여 경량화, 가공성, 강도, 경도가 향상된 소결체를 개발하기 위하여 진행되었다. 이를 위해 비중이 낮은 대표적인 Boron계 비산화물인 BN이 사용되었으며, 대표적인 소결제인 B₄C는 Boron과 Carbon이 입계 표면에너지 낮추고 물질 확산을 촉진시켜 SiC소결시에 치밀한 소결체를 제조할 수 있도록 사용되었다. BN, B₄C, SiC를 혼합한 슬러리를 Spray dry 공정을 통하여 과립분말을 제조하였으며, 제조된 분말은 열간가압소결로(Hot Press)를 이용하여 소결하였으며, 합성된 소결체의 밀도, 강도, 경도를 비교하였다. 또한, 내외부의 미세구조를 파악하기 위하여 SEM(Scanning Electron Microscope) 표면분석과 CT(Computed Tomography scan)분석을 수행하여 소결체 제조에 따른 미세구조를 분석하였으며, 마모시험기를 이용한 마모 시험을 통하여 가공성이 우수한 시료를 나타내었다. 실험결과 BN 및 B₄C가 첨가된 복합체의 경우 SiC 단일 소결체의 이론밀도인 3.2 g/cm³ 대비 밀도가 감소하는 현상이 나타났으나, 강도와 경도의 경우 SiC 단일 소결체와 유사한 특성을 나타내며, 미세구조 분석과 내마모 시험을 통해 밀도가 낮아졌음에도 우수한 물리적 특성을 나타내는 것을 확인하였다.

PG3B-14 | 전자빔 경화 폴리카보실란 섬유의 수소열처리를 통해 얻어진 실크같은 섬유의 해석과 이해

권우현¹, *류도형¹, 임윤목², 김진례¹, 문찬석¹, 이지운¹, 황건호¹

¹서울과학기술대학교, ²한국원자력연구원

E-beam 경화된 폴리카보실란 섬유의 소결 거동에 대한 연구를 하던 도중 만들어진 매우 매끈하고 부드러운 섬유의 특성에 대한 연구를 진행하였다. E-beam 경화 폴리카보실란 섬유를 흑연로 내에서 800oC까지는 수소 분위기에서 2oC/min으로 승온하였다. 800oC-1900oC까지는 Ar분위기에서 183oC/min으로 승온하였다. 섬유의 나노구조에 대한 분석은 FE-SEM, TEM을 통해서 이루어졌다. 탄소/규소의 비는 AES분석을 통하여 이루어졌다. 섬유의 결정화 정도, 결정의 밀도, 결정립의 성장에 대한 분석은 인장강도와 탄성계수를 통한 섬유의 물성을 통해 이루어졌다. 열처리 섬유에서 나노결정립은 관찰되지 않았고, 수소분위

기로 인해 결정의 성장이 억제된 것으로 보인다. 섬유는 비정질성이 강하게 나타났다. 표면에는 얇은 탄소층이 성장한 것으로 보이며 전기전도성을 갖는다.

PG3B-15 | EBC(Environmental Barrier Coating)로 Rare-Earth Silicate Top-Coat층 및 HfO₂-Si계 Bond-Coat층의 제조 및 특성 평가

김민지^{1,2}, *김성원², 남민수^{1,2}, 최재형^{1,2}, 김진권^{1,2}, 이인환¹

¹고려대학교, ²한국세라믹기술원

SiC-SiC_f CMC(Ceramic Matrix Composites)는 차세대 항공 우주용 가스터빈의 효율 향상을 위해 초내열합금을 대체할 재료로 주목받고 있다. 연소가스의 수증기 부식으로부터 보호하기 위한 환경차폐코팅(Environmental Barrier Coating, EBC)은 다양한 소재와 공정을 거쳐 부품에 적용된다. SiC-SiC_f CMC는 고온 산화 및 고온 수증기 부식에 의한 열화문제 때문에 EBC(Environmental Barrier Coating)의 적용을 요구한다. 본 연구에서는 EBC의 적용을 위해, RE(RE=Yb, Y, Er)-silicate 기반 top coat 소재와 HfO₂-Si 기반 bond coat 소재를 개발했다. Top coat와 bond coat의 조성은 열처리 온도 및 시간에 따라서 소결체를 제조했고, 상형성 거동 및 미세구조 특성을 고찰했다. 또한, 열팽창계수(coefficient of thermal expansion)를 평가하고 steam-jet 실험을 통해서 고온 수증기 부식 거동을 확인했다.

PG3B-16 | Ion Beam Assisted EB-PVD를 이용한 Y₂O₃ 박막 증착과 박막 물성 평가

*민세린¹, 배강빈¹, 장해성¹, 이성민¹, 오윤석¹, 이인환²

¹한국세라믹기술원, ²고려대학교

반도체 산업에서는 공정의 초미세 선폭화에 따라 오염입자 발생 및 부품 내구도 저하 등이 문제가 되고 있다. 오염입자 저감을 위한 고품질 박막의 필요성이 대두됨에 따라 박막 증착 공정 방법으로 우수한 품질의 박막을 증착할 수 있는 물리기상증착법(PVD법)을 이용하고 있다. E-beam PVD를 사용하는 경우 상대적으로 높은 증착 속도를 구현할 수 있지만 균열의 발생 등 박막의 품질은 떨어질 수 있다. 본 연구에서는 Ion-Beam Assisted (IBA) 시스템을 적용하여 높은 증착 속도를 유지하면서도 균열이 발생하지 않는 박막을 제조하는 방법에 관하여 연구하였다. 이온 에너지의 가속 전압과 증착 온도 등에 따른 다양한 증착 조건하에서 IBA가 적용된 박막의 특성 변화를 고찰하였다.

PG3B-17 | 테일러 와류 흐름을 이용한 예멀전법에 의한 마이크로 크기의 지르코니아 비드의 제조

임창현¹, 김정환¹, 차현애¹, 문영국¹, 안철우¹, 한병동¹, *최종진¹

¹한국재료연구원

마이크론 사이즈의 초소형 세라믹 볼의 수요는 에너지, 전기전자, 및 환경 등 다양한 나노 공정 기술 분야에서 지속적으로 증가하고 있으며 이를 위해 매우 높은 구형도와 균일성 및 고강도의 특성이 요구된다. 지르코니아는 이미 잘 알려진 바와 같이 높은 기계적 특성과 내화학성을 가진 원료이며 또한 테일러 반응기의 내부에

형성되는 테일러 와류 흐름은 유체의 균일한 전단력을 유지하며 강한 교반 강도 및 연속적인 공정으로 특히 대량 생산에 유리하다. 테일러 반응기를 사용한 마이크론 사이즈의 비드를 제조하기 위하여 0.25 wt %의 알루미늄이 첨가된 3 mol % 이트리아 안정화 지르코니아의 세라믹 분말과 라디칼 중합 단량체, 가교제, 분산제, 물, 소포제를 포함한 수계 슬러리를 제조하였다. 이 슬러리에 중합개시제를 첨가하여 반응기 내부에 형성된 비이온성 계면활성제를 함유한 오일의 테일러 와류 흐름 하에 교반시켜 유중수형의 에멀전을 형성하였다. 이후 에멀전의 겔화와 오일상의 분리 및 소결을 거쳐 마이크론 사이즈의 지르코니아 비드를 제조할 수 있었다. 본 연구에서는 테일러 반응기 내부 원통의 회전 속도를 변화시키고 슬러리와 오일의 투입 비율을 제어함으로써 얻어진 마이크론 사이즈의 지르코니아 비드의 형상 관찰 및 사이즈 분포와 밀도를 평가하였다.

PG3B-18 | Fabrication of highly transparent $Y_2Ti_2O_7$ pyrochlore via direct solid-state hot pressing

AYMAN Muhammad Tsabit¹, *YOON Dang-Hyok¹

¹Yeungnam University

Transparent polycrystalline yttrium titanate pyrochlore ($Y_2Ti_2O_7$) was successfully fabricated through a direct solid-state reaction of Y_2O_3 and TiO_2 using a hot press. A yttrium-excess composition, $Y_{2+2x}Ti_2O_{7-x}$ with $x = 0.025$, was adopted to promote densification by forming more oxygen vacancies during sintering. The optimal sintering conditions were found to be temperature of 1380 - 1420°C and duration of 1 - 6 h, where all sintering was conducted under 20 MPa in vacuum. The hot-pressed sample exhibited a black color, which retained transmittance upon annealing. Annealing at 800°C for 8 h in air was performed to reveal the transparency by restoring oxygen ions to the pyrochlore lattice after hot pressing in vacuum. Phase analysis was conducted using X-ray diffraction, elucidating the composition of $Y_2Ti_2O_7$ samples. Microstructural examinations of precursors and hot-pressed $Y_2Ti_2O_7$ were performed using a scanning electron microscopy. The density was measured based on ASTM C-20 standard, while the in-line transmittance was measured using a UV-Vis-NIR spectrophotometer. Four-point flexural strength and micro Vickers hardness were also measured. The detailed results will be explained during presentation.

PG3B-19 | 불소 유도 표면 개질을 통한 내식각성 재료의 불소화 특성 연구

배강빈¹, 장해성¹, 오윤석¹, *이성민¹, *이인환²

¹한국세라믹기술원, ²고려대학교

최근 반도체 산업에서는 식각 장비의 내부 부품 소재를 고출력

불소 플라즈마 환경에 노출됨에 따라 부품의 수명 단축, 오염 입자 발생 등 다양한 문제에 직면하고 있습니다. 또한 불소 라디칼과 부품 소재의 화학 반응으로 인해 시간이 지남에 따라 에칭 공정의 균일성이 저하되는 것이 보고되었으며, 이를 해결하기 위해 세라믹 코팅을 불소 플라즈마 환경에 장시간 노출시키는 시즈닝이라는 전처리 공정이 적용되고 있습니다. 불소화 전처리 공정의 긴 시간은 공정 수율에 직접적인 영향을 미칠 수 있습니다. 이 연구에서는 긴 시즈닝 공정을 대체할 수 있는 새로운 접근 방식을 제시했습니다. 기화 온도가 낮은 불소 함유 원료를 사용하여 Y_2O_3 표면에 YOF 층을 만드는 비교적 쉬운 접근으로 현 공정의 문제점을 해결하고자 하였습니다. 이번 연구는 온도 함수를 관찰하여 불소가 Y_2O_3 소재로의 확산을 확인하고 TEM, EDS, XRD 등을 활용하여 불소화 거동을 집중적으로 탐색하는 것을 목적으로 하였습니다.

PG3B-20 | 반응성 스퍼터링법을 이용한 Y_2O_3 내플라즈마 코팅 제조

장해성^{1,2}, 배강빈^{1,2}, *이성민², 오윤석², *이인환¹

¹고려대학교, ²한국세라믹기술원

With the development of semiconductor device processes, plasma-resistant coating processes have been improved and developed. In the past, the thermal spray coating process was used for fast and thick coating, but the structure of the coating layer was porous and the surface was very rough. To improve this, the PVD method was adopted, and research on plasma-resistant coatings was conducted using EB-PVD as a representative PVD method. The sputter method is capable of uniform coating regardless of the shape of the substrate and can coat high-density thin films, but the coating speed is significantly reduced when using ceramic targets. Reactive sputter has the advantage of using a metal target and controlling the reactive gas flow rate to coat a thin film with a specific composition, and it has the advantage of securing a deposition rate that is tens of times higher than using a ceramic target, so we applied it in this experiment to coat a Y_2O_3 thin film. The optimal deposition conditions with the composition of Y_2O_3 were secured using this method, and the physical properties were compared and analyzed with bulk materials and EB-PVD thin films through etching tests in a fluorine-based plasma environment.

PG3B-21 | MBE법으로 성장된 대면적 CdTe 박막의 구조적, 광학적 및 전기적 특성에 대한 두께 및 기판 효과

*황영훈¹, 하양¹

¹울산과학기술대학교

We report the effect of substrate and thickness on the structural, optical and electrical properties of Cadmium

Telluride (CdTe) thin films using by molecular beam epitaxy. The structural, optical and electrical properties of the thin films were characterized by x-ray diffraction (XRD), spectroscopic ellipsometry and current-voltage (I-V) curve respectively. The thickness dependence of the full width half maximum (FWHM) of the x-ray rocking curve of CdTe(400) indicated that the FWHM decreased with increasing thickness, and a high-quality CdTe thin film with FWHM of 144 arcsec at 50 μm thickness was obtained. As layer thickness increases, the crystalline size increases and the dislocation density decreases, indicating that the sample's crystallinity has improved significantly. The optical response of CdTe thin films in the 0.75-4.5 eV photon-energy range at room temperature has been studied by SE. The measured $\epsilon(E)$ data reveal distinct structures at energies of the E_0 , E_1 , $E_1+\Delta_1$, and E_2 , critical points. These data are analyzed using theoretical model, namely the model dielectric function (MDF) model. Dielectric-related optical constants of CdTe thin films, such as the complex refractive index, the absorption coefficient, and the normal-incidence reflectivity, are presented and analyzed. I-V curve of a CdTe thick film (50 μm) shows the resistivity is on the order of $10^{10} \Omega\text{-cm}$, which is ideal for α -ray or γ -ray detection.

PG3B-22 | 혁신형 SMR 가연성흡수체 고품량 Gd_2O_3 첨가 UO_2 소결체 기술 개발

*김동주¹, 양재호¹, 김동석¹, 윤지혜¹, 이지환¹, 정태식²

¹한국원자력연구원, ²한전원자력연료

혁신형 SMR (Innovative Small Modular Reactor) 개발 요건 중 무붕산 운전(Soluble boron free operation) 및 24개월 장주기 운전(Extended fuel cycle operation)은 가장 중요한 요건 중 하나이며, 이를 달성하기 위해서는 원자로 반응도(Reactivity) 제어를 위한 고성능 가연성흡수체(Burnable absorber) 기술이 필수적으로 요구된다. 즉, 가연성흡수체 및 제어봉(Reactivity control rod)의 반응도 제어 역할을 향상시킴으로써 혁신형 SMR의 무붕산 운전이 가능하도록 하는 기술이 필요하고, 이를 위하여 다양한 개념 및 형태의 고성능 가연성흡수체 기술 개발이 진행 중이다. 고품량 Gd_2O_3 첨가 UO_2 소결체 기술은 기존 Gd_2O_3 첨가 UO_2 소결체 대비 Gd_2O_3 함량을 증가시킴으로써 반응도 제어능을 향상시키는 개념이다. 기존 첨가량 대비 고품량의 Gd_2O_3 가 첨가되었을 때, 가연성흡수체 소결체 제조성, 미세조직 및 상 안정성, 열적 특성(열전도도, 비열, 열팽창, 녹는점 등), 기계적 특성(크립, 탄성계수 등), 고온 안정성 등 다양한 측면에서 시험 및 해석 평가를 추진하여, 혁신형 SMR 핵연료 및 노심 설계에 활용 가능한 데이터베이스를 확보하는 것이 가장 중요하다. 본 발표에서는 최근 착수된 혁신형 SMR 가연성흡수체 고품량 Gd_2O_3 첨가 UO_2 소결체 기술 개발 배경에

대하여 소개하고자 한다.

PG3B-23 | 장수명 안전강화 제어봉용 중성자 흡수체 소재 산화 거동 시험 평가

*김동주¹, 양재호¹, 김동석¹, 윤지혜¹, 김재용¹, 임광영², 이승재²

¹한국원자력연구원, ²한전원자력연료

원자로 제어봉(Control rods for nuclear reactor)은 핵분열률(Fission rate) 조절에 가장 중요한 역할을 하는 노심부품(Core component)으로써, 다수의 중성자 흡수체(Neutron absorber)를 포함하는 제어봉을 노심에 삽입 및 인출하는 방식으로 원자로 반응도(Reactivity)를 조절한다. 제어봉용 중성자 흡수체는 주로 B, Cd, Ag, Hf, In 등 중성자 흡수능이 높은 물질들로 구성되며, Ag-In-Cd 합금 또는 B_4C 소결체 형태를 갖는다. 하지만 이러한 중성자 흡수체는 사고조건에서 피복재(SUS 또는 Inconel) 공용반응, 산소/수증기 분위기 산화 반응 및 수소 발생, 용융사고 시 재임계(Re-criticality) 상황 등 다양한 문제점이 발생할 가능성을 가지고 있다. 따라서 중성자 흡수체/피복재 공용반응 방지, 산화 및 부식 저항성, 조사팽윤 안정성(Irradiation-induced swelling stability) 특성이 기존 중성자 흡수체 소재 대비 매우 우수한 신소재 기술을 개발함으로써 장수명 안전강화 제어봉용 중성자 흡수체 소재 기술을 확보하고자 한다. 핵연료 연구계 및 산업계 공동 연구 협력을 통하여 중성자 흡수체 소재 제조기술, 노외 특성 시험/평가, 연구용 원자로 조사팽윤시험 등이 진행되고 있으며, 제어봉용 중성자 흡수체 신소재 고유 기술 및 고유 데이터 확보를 추진 중이다. 본 발표에서는 장수명 안전강화 제어봉용 중성자 흡수체 소재 산화 거동에 대한 열역학적 평가 및 수증기 분위기 산화 실험 결과를 소개하고자 한다.

PG3B-24 | 질화붕소나노튜브 첨가로 강화된 질화알루미늄 세라믹의 기계적 열적 특성

서예원¹, 김장수², 이다경¹, 이승운¹, *안병호¹, 권도균², *류성수¹

¹한국세라믹기술원, ²한국항공대학교

질화 알루미늄 (AlN)은 열적, 기계적 특성이 뛰어나 전기자동차에 사용되는 파워모듈의 방열 기판 소재로 각광받고 있다. 하지만 AlN은 경쟁 소재인 질화규소(Si_3N_4)에 비하여 열전도도는 높지만 강도 및 파괴인성 등 기계적 물성은 떨어져 이를 보완할 방법으로 기계적 물성을 향상시키는 것이 본 연구의 목적이다. AlN의 기계적 물성 향상 방법 중 하나는 강화제로 나노튜브 같은 보강재를 첨가하여 AlN의 균열 전파를 방해하는 것이다. 질화붕소나노튜브(BNNT)는 기계적 물성과 고온 안정성이 뛰어나 AlN 세라믹의 강화재로써 역할을 할 뿐만 아니라 열전도도 우수하여 AlN의 열전도도 향상이 기대되는 소재이다. 본 연구에서는 다른 소결 방법에 비해 낮은 소결온도, 짧은 소결시간에 치밀화가 가능한 방전 플라즈마 소결(Spark plasma sintering, SPS)를 통하여 BNNT가 첨가된 AlN 소결체를 제조하고 열적 및 기계적 특성을 분석하는 연구를 진행하였다. 다양한 소결 조건에서의 물성 변화를 확인하기 위하여 소결온도와 BNNT의 함량을 달리 하여 SPS 소결 시편을 제조하고 소결밀도, 결정상, 미세구조,

Poster Presentations

열전도도, 경도, 파괴인성 등의 특성을 평가하였다. 그 결과, BNNT를 첨가한 AlN의 경우, BNNT 함량이 증가함에 따라 열전도도가 증가하였다. BNNT 첨가 시편의 경도는 BNNT 함량에 따라 감소하는 경향을 보였으나, 파괴인성 값은 1700 °C에서 BNNT 미첨가 시편과 BNNT 함량 5 wt% 시편과 비교하였을 때 3.8 MPa · m^{1/2}에서 4.9 MPa · m^{1/2}로 크게 증가하였다.

PG3B-25 | 동일한 입도분포를 가지는 국산 및 일산 이소결 알루미늄 분말의 소결 및 내플라즈마 특성 비교

김태경¹, *이현권¹

¹금오공과대학교

알루미늄은 플라즈마 에칭 장비에 사용되는 대표적인 세라믹 재료 중 하나로서, 이트리아와 같은 고 내플라즈마 특성을 가지는 소재 대비 내플라즈마 특성을 가지고 있으나, 저렴한 가격을 장점으로 플라즈마 장비 내부에서 상대적으로 낮은 내플라즈마 특성을 요구하는 부품에 꾸준히 사용되고 있다. 현재 국내에서 생산되는 대부분의 내플라즈마용 알루미늄 부품의 원료 분말은 일본 등 해외 선진업체로부터의 수입에 의존하고 있는 실정이다. 반도체 및 디스플레이 산업에 주로 사용되는 플라즈마 장비의 경쟁력 확보를 위해서는 부품 제조에 사용되는 원료 분말에 국산을 적극적으로 적용할 필요가 있으나, 국산 및 외산 분말간 특성 차이가 국산 분말의 적극적 사용에 장애물로 작용하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 국산 및 외산 분말간 특성 차이 및 내플라즈마 특성에 미치는 영향을 연구할 필요가 있다. 이를 위해, 본 연구에서는 국산 및 일산 분말의 입도분포를 밀링 공정을 통해 동일하게 제어한 후, 시편을 제조하여 소결 및 내플라즈마 특성에 대해 비교·분석하였다.

PG3B-26 | Preparation of high-quality silicon nitride powders by direct nitridation of silicon

Kati¹, KIM Minwook¹, MOON Seunghwan¹, CHO Jaehun¹, *LEE Hyun-Kwun¹

¹Kumoh National Institute of Technology

We report on the efficient preparation of large-scale and high-quality α -Si₃N₄ powders by direct nitridation of silicon powders. Direct nitridation of Si is a challenging process as obtaining pure α -Si₃N₄ without the presence of β -phase is highly difficult due to the intensive exothermic reaction between Si and nitrogen. In this work, direct nitridation was performed without any catalyst at 1450 °C in an atmosphere of nitrogen and hydrogen gas flow to prepare Si₃N₄ powders. Comprehensive analyses of the prepared silicon nitride samples were performed using different techniques such as X-ray diffraction, particle size analyzer, scanning electron microscopy, and X-ray photoelectron spectroscopy techniques. The results showed that Si powder will be completely nitrided at 1450 °C and the content of α -phase in the sample is higher than 90%.

PG3B-27 | 가스질화처리의 질화포텐셜 제어를 통한 화합물층의 상제어 기술 개발

*신정호¹, 김태영², 고재욱²

¹(재)대구기계부품연구원, ²(주)영풍열처리

Gas nitriding is a technology in which ammonia (NH₃), a reactive gas, is injected at a temperature of 450 to 600 °C, and nitrogen permeates and diffuses on the product surface to form a nitride layer. The nitride layer is composed of a compound layer (ϵ , γ' phase) and a nitrogen diffusion layer on the surface, and has unique physical properties. Depending on the properties, it improves the wear resistance, corrosion resistance, and surface strength of the product. Existing gas-nitriding has a disadvantage in that it is difficult to predict the characteristics of the nitrided layer formed on the product because the state of the nitridation reaction occurring in the reaction chamber cannot be confirmed. Due to this, it is difficult to control the phase of the nitride layer, and a nitride layer in which the ϵ phase and the γ' phase are mixed is formed, making it difficult to utilize the mechanical properties of the γ' phase. In this study, the nitridation potential (K_N) was controlled through decomposition of ammonia gas and control of hydrogen partial pressure to promote the formation of γ' phase with excellent corrosion and wear resistances. The corrosion resistance and wear resistance of the controlled nitriding specimens were confirmed through salt spray test and pin-on-disk wear test. The controlled nitriding specimens improved corrosion resistance and wear resistance as the ratio of γ' phase in the compound layer was high and the ratio of ϵ phase was low.

PG3B-28 | 분리압축 홉킨슨바 신호 역설계에 의한 알루미늄 물성모델(JH2) 교정가능성

*신현호¹, 이준무¹, 김성빈¹

¹강릉원주대학교

The JH2 model is one of the representative ceramic material models, which enables the simulation-based prediction of the deformation/fracture behavior a ceramic component at a wide range of strain rates. The split Hopkinson pressure bar (SHPB) was used here as a tool for imposing a high-strain-rate deformation/fracture event to a dumbbell-type alumina specimen. The strain pulses measured in the SHPB test of the dumbbell-type specimen were traced via the repeated explicit finite element simulations by assuming a range of JH2 model parameters. The result here verified the feasibility of

calibrating the JH2 model parameters of strain rate and fracture strength when the simulated strain pulses are reasonably consistent with the experimental counterparts. This result indicates that the microstructure vs. dynamic strength relationship of an engineering ceramic material can be established via the presented methodology, provided that the methodology is (1) automated via appropriate algorithm development and (2) applied to an engineering ceramic material with versatile microstructures.

PG3B-29 | 수열반응을 통한 수산화 마그네슘 결정 성장에서 핵성장과 성장의 특성

허원석¹, 이용주¹, *정덕영¹

¹성균관대학교

Magnesium ions in bittern are separated as magnesium hydroxide, Mg(OH)₂, which is useful for fire-retardants and refractive materials. As a first step, calcium ions are removed as calcium sulfate by addition of sulfuric acid to bittern. Increasing the pH of calcium removed bittern with ammonia solution, magnesium hydroxides are precipitated into crystals ca. 300 nm in diameter. For the growth of crystals, hydrothermal treatments above boiling temperature of water are proceeded in ammonia solution. Surface treatments in sodium hydroxide solution before the hydrothermal treatments remarkably enhance the growth of Mg(OH)₂ because the surface charges of the Mg(OH)₂ crystals play a crucial role to obtain large crystal. The crystal size of Mg(OH)₂ ranges 700 nm up to 1000 nm in diameter and the specific surface area is close to 5 to 10 m²/g. The prepared Mg(OH)₂ samples are also characterized by XRD, SEM, ICP, TG-DTA measurements.

PG3B-30 | 고인성 세라믹에 가해진 힘에 따른 응력 및 파손 경향 분석

*유찬세¹, 추지연¹, 문선영², 정성택³

¹한국전자기술연구원, ²(주)풍산, ³(주)세타텍

세라믹스는 뛰어난 물성에도 불구하고 강한 취성파괴 거동 때문에 기계 및 구조용 재료로 제한적으로 사용되었으나, 지르코니아 세라믹스를 활용함에 따라 기계 및 구조용 재료로서의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 연구에서는 5%-ZTA 세라믹스 조성을 갖는 전기 자동차용 아크챔버에 인가된 힘에 따른 응력과 파손 경향을 분석하였다. 구조 시뮬레이션을 통해 응력과 파손 경향을 분석하였고 실제 실험 결과와 비교 고찰하였다. 본 연구는 산업통상자원부가 지원하는 소재부품개발사업 '전기차 고전압 릴레이용 고내구 접점 및 아크 챔버 소재기술 개발' 과제(과제번호 : 20015595)로 수행되었음.

PG3B-31 | TRU핵연료 제조공정 반응방지를 위한 NdYO₃ 세라믹 신소재 성능평가

*박상규¹, 문승욱¹, 김기환¹, 송훈¹, 김준환¹

¹한국원자력연구원

원자력 발전의 부산물인 사용후핵연료는 강한 방사선과 높은 열을 방출하며, 장반감기 방사성동위원소를 포함하고 있어 방사성 독성이 수십만 년 이상 지속되기 때문에 사용후핵연료를 안전하게 관리하기 위한 기술의 확보는 국가 차원에서 매우 중요하다. 이에 따라 현재 사용후핵연료 처리의 일환인 건식처리기술(파이로프로세싱) 및 소듐냉각고속로(SFR) 기술개발이 진행되고 있다. TRU핵연료의 경우 이러한 파이로프로세싱을 통해 생산되는 핵연료이며, 핵물질 손실을 증가에 따른 핵연료 재활용율감소 문제는 사용후핵연료 재사용을 위한 당위성 확보를 위한 필수 해결요소이다. TRU핵연료 제조공정에서 주요부품과 금속연료간의 반응은 금속연료 수율감소와 핵물질 손실을 증가를 유도한다. 이를 해결하기 위해 금속연료 주요 용융물과 주요부품간의 반응을 방지할 수 있는 신소재를 개발하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 상용 소재인 8-YSZ 소재에 비해 반응저감성이 우수한 NdYO₃ 소재를 주요 후보 소재로 선정하고, 이에 대한 제조공정 조건을 최적화하였다. NdYO₃ 펠렛은 CIP (Cold isostatic pressing) 방식으로 제조 후 소결하여 제조하였다. 공정조건 확보를 위해 Nd₂O₃ - Y₂O₃ 분말 혼합 몰비를 (60:40, 50:50, 45:55, 40:60, 30:70)로 조절하였고, Ar 분위기에서 1550°C, 1600°C 온도조건에서 10시간 동안 제조하였다. 각각의 조건에 따른 밀도 및 XRD 분석을 바탕으로 기공율과 상변화를 분석하였으며, Sessile drop test로 반응저감성을 검증하였다.

PG3B-32 | 고방열 TIM을 위한 삼성분계 세라믹 필러 배합비 최적화 연구

*송선자¹

¹(주)대한솔루션

최근 자동차 분야의 전자기기의 출력 증가와 더불어 경량화, 소형화가 추구하고 있으며, 이러한 전자소자의 고집적화로 인하여 더욱 많은 열이 발생하고 있다. 이러한 열은 소자 기능 저하와 주변 소자의 오작동 등의 원인이 되며 특히 소형화되고 있는 전자기기에는 기계적 방열 장치 등을 추가할 수 없기 때문에 방열계면소재(TIM)에 대한 중요성이 더욱 상승하고 있다. TIM은 고분자 수지와 방열 필러로 이루어져 있으며, 방열 부위와 냉각장치 사이에 도포함으로써 열을 효율적으로 전달시켜 부품의 수명을 증가시킬 수 있다. TIM의 열 방출 효율을 높이기 위해서는 열전도도가 높은 TIM을 사용하거나 도포 두께(BLT)가 매우 얇아야 한다. 일반적으로 TIM의 열전도도를 향상 시키기 위해서는 방열필러 충전율이 높아야 하고, 상대적으로 계면저항을 낮출 수 있는 큰 입경의 방열 필러를 사용한다. 하지만 충전율이 높아지면 점도가 높아 작업성이 떨어지고 큰 입경의 필러를 사용하게 되면 도포 두께가 높아질 수 밖에 없다. 본 연구에서는 방열필러의 입경이 서로 다른 3종을 혼합하여 작업성 및 낮은 BLT를 유지하는 고방열 TIM을 개발하고자 한다. 입경이 서로 다른 3종의 필러를 혼합하게 되면 단일 입경의 필러 보다 필러 간의 네트워크가 더 세밀하게 생성되어 방열 특성이 더욱 향상 된다.

Poster Presentations

PG3B-33 | 적층두께별 Cf/SiOC 복합재 제조 및 산화처리에 의한 복합재 특성 변화 연구

이지은¹, 김병주¹, 오창빈¹, 이만영¹, *최두현¹

¹국방과학연구소

탄소섬유 기반의 세라믹 기지 복합재는 가벼우면서도 높은 강도와 내열성을 가지며 고온 환경에서의 우수한 안정성 및 기계적 강도로 인해 항공 엔진 부품, 고온 가스 터빈, 내열재 등에 적용할 수 있는 소재로 주목받고 있다. 하지만 고온의 산화 환경에 노출되는 경우, 탄소섬유의 산화 및 매트릭스의 화학적, 물리적 변화가 발생할 수 있으므로 고온 환경에서의 복합재 특성 변화에 대한 체계적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 탄소섬유 직물에 폴리실록산(polysiloxane) 수지를 도포하여 제조한 프리프레그(prepreg)를 적층하고 프레스로 성형한 뒤, 아르곤 분위기에서 열처리하는 방식으로 Cf/SiOC 복합재를 제조하였다. 이때, 프리프레그 적층 수량에 따라 제조되는 복합재의 차이를 확인하기 위해 적층 수량을 각각 4, 10, 16 ply로 하였으며, 제조된 복합재의 밀도 및 기공률을 비교하고 복합재의 두께를 측정하여 1 ply 당 성형두께를 확인하였다. 또한, 열중량 분석을 통하여 Cf/SiOC 복합재의 온도에 따른 중량 감소 및 열 안정성에 대해 분석하였다. 산화조건에 따른 Cf/SiOC 복합재의 특성 변화를 확인하기 위해 제조한 복합재를 공기 중에서 각각 300, 600 °C의 온도로 열처리하였다. 이러한 산화처리를 수행한 복합재의 굴곡시험을 실시하여 산화처리에 의한 기계적 강도의 저하 여부를 확인하였고, SEM 분석을 통하여 미세구조 변화를 관찰하였으며, 최종적으로 Cf/SiOC 복합재의 적용 가능 환경에 대해 고찰하였다.

PG3B-34 | Green method for producing titanium carbide MXene nanosheets for enhanced adsorption of strontium ion

PINAR Colkesen¹, FITRIANI Pipit², *YOON Dang-Hyok¹

¹Yeungnam University, ² Bandung Institute of Technology, Indonesia

Two-dimensional titanium carbide ($Ti_3C_2T_x$) MXene nanosheets were produced by etching the Ti_3AlC_2 MAX phase with either an eco-friendly potassium hydroxide (KOH) or the conventional hydrofluoric (HF) acid for the application to remove Sr^{2+} ions from a nuclear wastewater. Thermodynamic calculations were conducted to ascertain formation feasibility, and both etching methods found to yield MXene nanosheets. Notably, the HF-etched MXene showed significant amount of -F surface functional groups, which hindered Sr^{2+} adsorption. In contrast, the KOH-etched MXene nanosheets displayed surface -OH and -O functional groups, facilitating Sr^{2+} adsorption. This eco-friendly KOH etching technique resulted in a Sr^{2+} removal rate of 99.3% from a model wastewater, surpassing the 82.0% from the HF method. In summary, KOH-based etching outperforms its HF counterpart for MXene synthesis in

terms of environmental friendliness and Sr^{2+} adsorption efficacy. Keywords: MXene, $Ti_3C_2T_x$, alkaline etching, strontium, adsorption.

PG3B-35 | Decommissioning Technology for Radioactive CO₂ Capture

*KIM Hyung-Ju¹

¹Korea Atomic Energy Research Institute

Carbon 14 is isotope of carbon, and has long half-life of 5,730 years. This beta ray emitting nuclide is hazardous for human and wildlife. While operating nuclear facility, lots of carbon included wastes are occurred, such as activated carbon, graphite, and ion exchange resin, containing carbon 14 which is activated by neutron capture on nitrogen, oxygen, or carbon. When treating to reduce the volume of waste, the radioactive CO₂ is generated and this should be captured and safely disposed to avoid potential release or discharge.

Here, I introduce the new class of glass adsorbent which can irreversibly capture CO₂ under mild conditions as part of decommissioning technology considering its safe disposal. The alkaline earth oxide incorporated glass promotes the dissolution due to low chemical binding energy and facilitates nucleation of carbonates because of low solubility product constants. Further, chemical and physical modification of adsorbent improves the performance in CO₂ capture.