

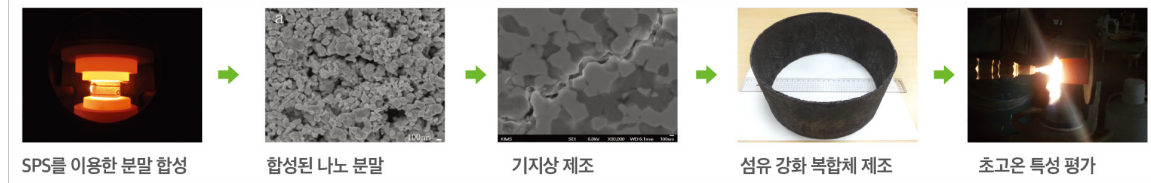
# 고온 및 초고온용 세라믹 복합재료 제조 기술

## Processing of CMC for ultra-high temperature application

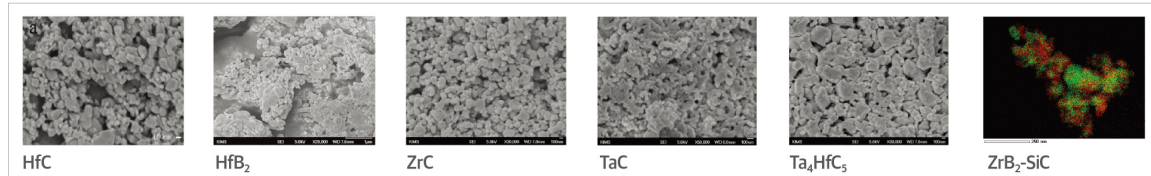
TRL2

### 기술내용

- 고순도 (>99.9%)의 초고온 세라믹 (UHTC - SiC, ZrC, HfB<sub>2</sub>, HfC, TaC, Ta<sub>4</sub>HfC<sub>5</sub>) 나노 분말 생산 (>150g/day)
- 나노 초고온 세라믹의 고농도 분산 (SiC: 62vol%, HfC: 55vol%) 및 성형공정
- 저온 가압소결 (1500-1700°C) 및 전구체 함침법을 이용한 초고온 세라믹 나노 복합체 (입경 크기: 100-200nm) 제조



- SPS를 이용한 고품위 UHTC 분말 대량생산 원천기술 확보



- 저온 소결 및 PIP법 (전구체 함침법)을 이용한 세라믹 복합체 제조기술
  - 무소결 조제 1500-1700°C 소결 기술 (ZrB<sub>2</sub>-SiC, HfB<sub>2</sub>-SiC, HfC-SiC, TaC-SiC)
  - 섬유 뿔침이 가능한 섬유 강화 세라믹 복합체 제조 기술 - SiC<sub>f</sub>/SiC, C<sub>f</sub>/ZrB<sub>2</sub>, C<sub>f</sub>/HfB<sub>2</sub>-SiC
- 우수한 2800°C 내삭마 특성 - HfC, HfB<sub>2</sub>, HfC-SiC 삭마율 < 0.001mm/s

### 우수성

구분	현재기술	기술의 우수성
UHTC 분말 합성	• 순도 ~99%, 산소함량 ~1wt% • 생산량 ~20g/day	• 순도 >99.9%, 산소함량 <0.5wt% • 생산량 ~170g/day
무소결조제 UHTC 치밀화	• 소결온도 >1900°C • 입계 크기 >3 micron, Zr 계열 UHTC	• 소결온도 1500-1900°C • 입계 크기 ~ 200 nm, Zr, Hf, Ta 계열 UHTC
섬유강화 복합체 제조	• 소결온도 ~1800°C • 섬유 뿔침 없음, Zr 계열 복합체	• 소결온도 1500-1800°C • 섬유 뿔침 >100 micron, Zr, Hf 계열 복합체
SiC <sub>f</sub> /SiC CMC	• 가압소결법의 경우 산화물계 소결 조제 적용 • Active filler, passive filler 이용	• 비산화물계 소결 조제 적용한 CMC 공정 개발 • Semi-active filler 개념 적용

- [특허] KR10-1659823 HfC 복합체 및 이의 제조방법

### 사업성

- SiC<sub>f</sub>/SiC CMC는 2016년 부터 상업적으로 양산되는 GE의 LEAP 엔진에 적용되고 있으며 향후 연 10조원 규모의 시장 형성이 기대됨
- 현재는 미국과 독일이 기술을 선도하고 있으며 중국과 일본이 이를 추격 중이나 CMC는 자국에서 소재를 조달 하여야 하는 수출 제한 (E/L) 품목으로 일정한 국내 시장 형성이 예상됨

#### 기대효과



#### 활용분야

- 핵방호 소재
- 항공기 엔진용 고온 부품
- 미사일의 nose tip 및 노즐
- 가스 터빈용 고온 부품
- 장갑차용 고성능 방탄 재료

#### 이전 가능 기술

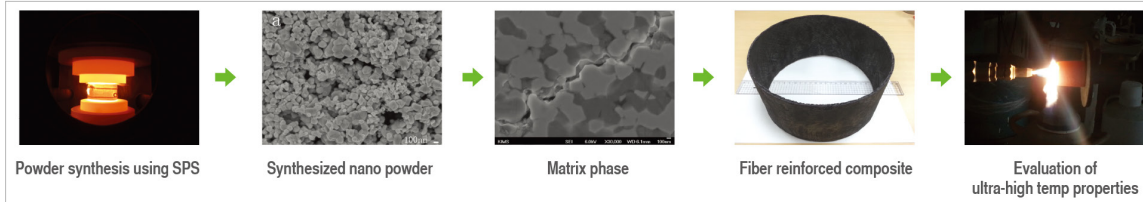
- 고품위 초고온 세라믹스 분말 합성 기술
- 나노 UHTC 분말 분산 및 성형 기술
- SiC<sub>f</sub>/SiC 및 UHTC 섬유강화 복합체 제조 기술

# Processing of CMC for Ultra-high Temperature Applications

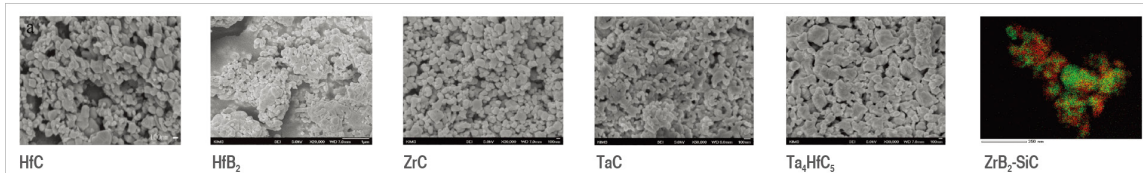
TRL2

## Technology Overview

- Fabrication of highly pure (>99.9%), high-temperature ceramic (UHTC - SiC, ZrC, HfB<sub>2</sub>, HfC, TaC, Ta<sub>4</sub>HfC<sub>5</sub>) nano powder
- Highly concentrated nano-slurry preparation (SiC: 62vol%; HfC: 55vol%) of ultra-high temperature ceramics
- Fabrication of ultra-high temperature (1500-1700°C) ceramic nano-composite (grain size: 100-200nm) using low temperature pressure sintering and precursor impregnation



- Proprietary technology to mass produce high-quality UHTC powder using SPS



- Fabrication of ceramic composite using low temperature sintering and PIP
  - Sintering without residual sintering agents at 1500-1700°C (ZrB<sub>2</sub>-SiC, HfB<sub>2</sub>-SiC, HfC-SiC, TaC-SiC)
  - Fabrication of fiber-reinforced ceramic composite - SiC<sub>f</sub>/SiC, C<sub>f</sub>/ZrB<sub>2</sub>, C<sub>f</sub>/HfB<sub>2</sub>-SiC, C<sub>f</sub>/HfC-SiC
- Good resistance to ablation at up to 2800°C - HfC, HfB<sub>2</sub>, HfC-SiC ablation rate < 0.001mm/s

## Highlights and Strengths

Category	Existing technology	KIMS's technology
UHTC powder synthesis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purity of up to 99%, oxygen content of up to 1wt%</li> <li>• Production of up to 20g/day</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purity &gt; 99.9%, oxygen content &lt; 1wt%</li> <li>• Production of up to 170g/day</li> </ul>
Non-sintering agent UHTC densification	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintering temperature &gt;1900°C</li> <li>• Boundary size &gt;3 micron, Zr base UHTC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintering temperature 1500-1900°C</li> <li>• Boundary size of up to 200 nm, Zr, Hf, Ta base UHTC</li> </ul>
Fabrication of fiber reinforced composite	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintering temperature of up to 1800°C</li> <li>• No fiber loss, Zr base composite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintering temperature 1500-1800°C</li> <li>• Fiber loss &gt;100 micron, Zr Hf base composite</li> </ul>
SiC <sub>f</sub> /SiC CMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxide base sintering agent is used for pressure sintering</li> <li>• Active filler, passive filler used</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CMC process using non-oxide base sintering agent</li> <li>• Semi-active filler applied</li> </ul>

- [Patent] KR10-1659823 A HfC COMPOSITES AND A MANUFACTURING METHOD OF THE SAME

## Business Cases

- SiC<sub>f</sub>/SiC CMC which is used in GE's LEAP engines since 2016 will grow to become a 10 trillion won market.
- Currently, the U.S. and Germany are technology leaders, with China and Japan following them. CMC, however, is export-controlled components, resulting in formation of local markets of certain sizes.



### Applicable products and services

- Nuclear protection
- High-temperature parts for aircraft engines
- Nose tips and nozzles for missiles
- High-temperature parts for gas turbines
- High-performance bullet-proofing for armored personnel carriers

### Transferable technology

- Technology to synthesize high performance, high-temperature ceramic powder
- Nano UHTC powder distribution and forming
- SiC<sub>f</sub>/SiC and UHTC fiber reinforced composites