

단탄소섬유강화 질화붕소와 질화규소의 기계적 성질  
(Mechanical Properties of Chopped-Carbon Fiber Reinforced  
BN and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)

영남대학교  
RIST

김 현 철, 나 석 호, 이 재 형  
김 도 형, 박 병 학

세라믹 복합재료는 세라믹의 일반적 취약점인 저파괴인성 및 저신뢰도를 극복할 수 있는 재료로서 알려져 있다. 파괴인성을 높히는 주 기구로서는 interface debonding, crack bridging, 그리고 fiber pullout 을 들 수 있다. 보강재로는 세라믹 장섬유나 휘스커들이 세라믹 기지에 사용된다. 그러나 장섬유의 경우 보강재의 고온강도 저하 및/또는 산화등의 문제점들을 가지고 있으며 또한 보강재가 고가로서 경제성이 관건이 되기도 한다. 본 연구에서는 강도가 고온에서 저하되지 않으며 저가인 탄소섬유 보강재를 사용하고 또한 고온에서의 산화를 제어하고자 장섬유 대신 단섬유를 사용하였다. 기지로서 사용된 질화붕소는 세라믹복합재료에서 계면반응이나 계면마찰계수를 제어하기 위하여 보강섬유를 코팅하는 데 사용되며, 질화규소는 질화붕소의 강도와 산화저항력을 증가시키는 데 흔히 사용된다.

질화붕소 및 질화규소 또는 이들의 혼합물인 기지에는 4%의 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 가 소결제로서 또는 BN의 강도를 증가시키기 위하여 첨가되었다. 보강재인 단탄소섬유의 직경은 5.5 $\mu$ m, 길이는 3 cm였다. 모든 섬유강화 시편들의 단탄소섬유 함유량은 부피비 15%였다. 단탄소섬유들은 에틸 알코홀에 초음파혼합기로 분산된 후 원주형의 틀속에서 건조되었다. 건조된 단탄소섬유는 기지인 분말의 슬러리로 침투시킨 후 다시 건조되었다. 섬유가 강화되지 않은 시편은 슬러리를 건조시킨 후 고온가압소결을 위하여 유발과 유봉으로서 분쇄되었다. 가압소결은 약 1850°C에서 25MPa의 압력으로 질소분위기에서 1 시간 내지 2 시간동안 더이상 수축이 안 일어날 때까지 행해졌다. 고온가압소결된 직경 5cm, 두께 1cm의 디스크들에서 3x3x34mm의 4점 굽힘강도시편과 3x4x34mm의 파괴인성 측정을 위한 single-edge notched bars (SENB)가 얻어졌다. 4점 강도 또는 인성 시험의 span은 10mm와 30mm였으며 시험시 cross head의 속도는 0.2mm였다.

단탄소섬유는 공정중 그리고 가압소결중에 가압방향과 수직으로 정렬되었다. 고온가압소결후 섬유강화 시편들의 이론밀도는 약 90%였으며 섬유가 강화되

지 않은 시편들은 98%에 달하였다. 4점 굽힘강도는 기지의 질화규소가 0%에서 25%까지 첨가되었을 때에는 섬유가 보강된 복합재료의 강도가 보강되지 않은 시편들에 비해 떨어지지 않았으나 질화규소가 50% 이상을 넘어서면 상대적으로 현저히 낮은 강도를 보였다. 섬유보강으로 강도가 증가하지 않은 이유는 상대적으로 낮은 가압소결밀도와, 부피비 15%인 섬유가 완벽히 고루 기지내에 분산이 되지 않아 국부적으로 취약한 부분이 있었기 때문일 것이다. 또한 질화규소의 양이 증가함에 따라 탄소섬유와 반응이 일어나 탄화규소막을 형성하였으며 이로 인하여 섬유의 손상이 일어났다. 질화규소가 100%인 기지에서는 모든 탄소섬유가 질화규소와 완전히 반응하여 탄화규소로 되었으며 이재료는 극히 취약했다. 마지막으로, 가압소결온도인 1850°C에서 연결된 기공을 통해 질화규소가 승화하여 기지가 약해졌던 것도 상대적으로 낮은 강도의 한 원인일 것이다.

이와 반면에, 파괴인성은 순수한 질화붕소기지에서는 섬유보강으로 인한 증가가 없었으나 질화규소의 양이 증가함에 따라 상대적으로 향상되었으며, 특히 기지내 질화규소의 비가 50%일 때 섬유가 첨가되지 않은 시편에 비해 약 두 배의 파괴인성이 관찰되었다. 전자주사현미경에 의한 파괴단면분석에 의하면 순수 질화붕소 기지에서 많은 섬유와 기지간의 interface debonding 그리고 섬유의 pullout 이 관찰되었다. 그럼에도 불구하고 파괴인성이 증가하지 않은 것은 기지와 보강재간의 열팽창계수의 차이로 인한 계면분리 그리고 본래의 극히 약한 계면마찰계수때문일 것이다. 그러나 질화규소의 양이 증가함에 따라 파괴인성이 증가하는 이유는 탄소섬유가 질화규소와 반응하여 형성한 탄화규소막의 표면이 거칠어 계면의 마찰계수를 높혀 interface debonding 그리고 crack bridging의 효과를 증대시키기 때문인 것으로 사료된다.