

방전 플라즈마 소결을 이용한 신소재 개발 (Development of Advanced Materials by Spark Plasma Sintering)

울산대학교 권영순, 김환태

최근 들어 신소재개발과 관련하여 국내의 분말야금분야에서는 방전 플라즈마 소결(Spark Plasma Sintering, SPS)이라고 하는 새로운 소결기술을 활용한 연구사례가 다양하게 소개되고 있다. SPS는 도전성 몰드내에 장입한 원료분말에 소결압력을 가한 후 몰드의 상하부 편치를 통하여 직류펄스 전류를 통전하여 소결하는 방법으로 고온가압소결과 저항소결을 일체화한 구조로 되어 있다. 따라서 소결의 촉진 요인으로서 열적 확산과 소성유동 이외에도 소결과정에서 펄스전류의 인가에 의해 분말 입자들 사이에서 발생하는 마이크로한 열적, 전기적 현상들로 인해 기존의 난소결성 고용점 금속, 금속간화합물, 비산화물계 세라믹스 및 복합재료 등에 대해서도 승온·유지시간을 포함하여 5~20분 정도의 짧은 시간에 치밀한 소결체로의 제조가 가능한 급속소결법이라는 특징을 가지고 있다. 이처럼 급속한 승온과 함께 단시간에 소결이 완료되기 때문에 입자성장을 억제시키면서 조직이 치밀한 소결체의 제조 및 비정질 구조나 나노결정 조직을 가진 분말에 대해서 원료분말의 미세 형상 그대로의 조직을 가지는 소재의 제조가 가능한 유효한 방법으로서 기대되고 있다. 그러나 단시간 소결에 따르는 치밀화현상 및 소결기구에 대해서는 아직 불명확한 점이 많아 논의의 대상이 되고 있으며, 대전류의 통전방식으로 인해 시편의 온도와 소결제어 온도가 일치하지 않기 때문에 온도제어의 어려움과 같은 기술적인 문제점 또한 지적되고 있다. 또한 이 소결법을 압분체 내부에서의 방전 및 그에 따르는 플라즈마의 발생과 관련하여 명칭하였으나 소결과정에서 방전 플라즈마의 발생 유무 및 방전에 따른 플라즈마가 소결에 미치는 효과에 대해서는 명확하게 밝혀지지 않은 상태이다. 그 결과 이 소결법의 명칭도 연구자에 따라 SPS, 플라즈마 활성화 소결(PAS) 또는 펄스통전가압소결(PECS) 등으로 다양하게 불리고 있다.

1990년에 소개된 SPS 공정은 이 소결법이 개발된 일본에서는 신소재개발과 관련하여 학계 뿐만 아니라 산업계에서도 다양하게 활용되고 있으며 연구결과에 대한 보고 또한 1990년대 중반 이후부터 급증하는 추세를 보이고 있으며 활용분야 또한 금속과 세라믹스뿐만 아니라 난소결성 재료인 복합재료와 금속간화합물, 경사기능재료, 열전재료와 같이 매우 다양한 편이나 국내에서는 활용되고 있는 장치가 소수인 관계로 연구사례에 대한 보고 또한 아직은 그다지 많지 않은 실정이다.

SPS법은 기존의 저항소결이나 발열체로부터의 가열에 의한 소결방식인 고온가압소결 등과는 다른 특징을 가진 소결기술로서 이제까지의 연구 결과들을 살펴볼 때 아직 소결 현상에 대해서는 납득하기 힘들고 의문시되는 점들도 많지만, 기존의 소결법과 비교해서 놀라울 정도로 짧은 소결시간과 보다 낮은 소결온도에서 치밀한 소결체·기계적 특성이 우수한 재료를 얻을 수 있는 면을 고려할 때 앞으로 다양한 신소재개발 분야에서의 활용이 기대되고 있다. 또한 이 소결법이 가진 여러 가지 장점을 바탕으로 부가가치가 높은 소재분야의 생산에 적합한 기술로서 뿐만 아니라 기존 소결기술에 대한 대체기술로서도 큰 관심의 대상이 될 것으로 예상된다. 하지만 국내에서는 아직 이에 대한 연구가 많지 않은 편이며, 수입되고 있는 소결장치가 고가인 점을 고려할 때 소결장치에 대한 국산품의 개발 및 보급과 이를 통한 신소재개발에 대한 연구가 국내에서도 더욱 활성화되어야 할 것이다.