

허리통증유발 탈출 수핵의 대용량제거를 위한 플라즈마발생 전극개발에 관한 연구

윤성영¹, 장윤창², 김곤호¹

¹서울대학교 공과대학 에너지시스템공학부, ²서울대학교 공과대학 원자핵공학과

최근들어 저온플라즈마를 이용한 생물학적 응용분야가 각광을 받고 있다. 특히 전기전도도를 가진 전해질 내에서 형성된 액상 플라즈마는 열손상없이 암, 세균 및 비정상 장기조직의 제거가 가능하다는 점에서 기존 기술들이 가지는 문제를 해결할 수 있다. 허리통증을 유발하는 탈출 수핵을 대용량으로 제거하기 위한 플라즈마발생 전극에 관한 연구가 수행되었다. 수핵 분해량을 늘리기 위해서는 플라즈마를 통하여 다량의 수산화기 라디칼을 형성, 수핵표면에 조사해야 한다. 이를 위하여 6개의 텅스텐 전극표면에서 기포를 발생시켜 플라즈마 발생면적을 넓힐 수 있었다. 텅스텐 전극들은 캡톤코딩과 세라믹 스페이서를 통하여 분리되었고, 전극의 후방에는 SUS 재질의 환형 접지전극을 배치하여 6개의 텅스텐 전극표면에서 모두 기포가 발생할 수 있도록 하였다. 기술적용시 플라즈마 및 전극이 가지는 제한 조건은 단백질 변성을 막기위한 섭씨 45도 이하의 온도 상승과 조직에 대한 기계적인 손상 방지를 위한 2.5 mm 이하의 전체 전극 굵기이다. 이를 만족하는 가운데 수산화기 라디칼 형성을 증대할 수 있는 전극의 구조를 결정하기 위하여 1-D 전기 열유체 모델 도입하였다. 모델에서 도출된 기포의 두께를 바탕으로 다중전극간의 거리 조절을 통하여 플라즈마 방전구조를 전극 - 전극 (기포두께×2 > 전극간 거리)과 전극 - 기포표면 (기포두께×2 < 전극간 거리)으로 통제하였다. 형성된 플라즈마의 소모 전력, 전자 밀도 및 수산화기 라디칼의 회전온도를 분석하기 위하여 0.9% 염화나트륨 수용액, 1.6 S/m, 전해질에서 플라즈마 형성을 형성하고 전기신호 및 광학신호를 관측하였다. 전극에 인가된 전압은 340 VRMS이며 운전주파수는 380 kHz이다. 실험 결과, 전극 - 기포표면 방전구조는 전극 -전극 방전구조에 비하여 전해질의 저항역할로 인하여 방전전류가 3.4 Ipp에서 1.6 Ipp로 감소하였으나, 기포표면에서의 물분자의 분해로 인하여 수산화기 라디칼에서의 발광세기는 약 4배 증가하였다. 또한 수산화기의 회전온도 분포상에서도 전극 - 기포표면 방전은 주변 물분자의 열교환으로 인하여 전극 -전극간 방전의 1500K 에 비하여 낮은 400K를 보였다. 이는 전극 -기포표면 방전구조의 전극이 낮은 온도의 수산화기를 다량으로 형성할 수 있음을 시사하며, 카테바를 이용한 실험에서 220초에 걸쳐 약 87%의 수핵을 기계적 손상 및 단백질 변형없이 효과적으로 제거함을 확인하였다.

Keywords: 액상 플라즈마, 수핵 제거, 수산화기, 기포