

반도체 장비에서 터보 분자 펌프의 파손 사례 연구
Failure analysis of a turbo molecular pump in semiconductor equipments

정진용*, 주정훈**, 오삼균*

*파이퍼베큘코리아(E-mail:James.Jeong@pfeiffer-vacuum.co.kr)

**군산대학교 신소재공학과(E-mail:jhjoo@kunsan.ac.kr),

초 록: 반도체 소자나 디스플레이 패널 제조 공정에 가장 많이 사용되는 진공 펌프인 터보 분자 펌프는 오일을 사용하지

않고, 설치 방향이 자유로우며 넓은 작동 압력 영역을 가지고 있어서 고가임에도 불구하고 점점 더 사용 영역을 넓혀 가고 있다. 상하의 두 곳에 회전축을 지지하는 베어링이 필요한데, 기계식 금속 베어링을 채용하는 경우에는 반드시 윤활유를 공급해 주어야 하고, 고온, 부식성 또는 산화성 가스의 배기 시에는 퍼지 가스로 비활성인 질소나 알곤등을 이용하여 보호를 해주어야 한다. 반면, 자기 베어링을 채택한 모델은 윤활의 걱정에서 자유로울 수 있기 때문에 채용이 늘어나고 있다. 동일극의 반발력이나 반대극의 인상력을 이용한 구조를 갖게 되는데 갑작스러운 입구 쪽 압력의 증가 시에는 자석 끼리 부딪치는 일이 발생하고 이로 인해서 로터 모듈 전체에 큰 손상을 갖게 되므로 한 곳 정도에 비상용 터치 다운 베어

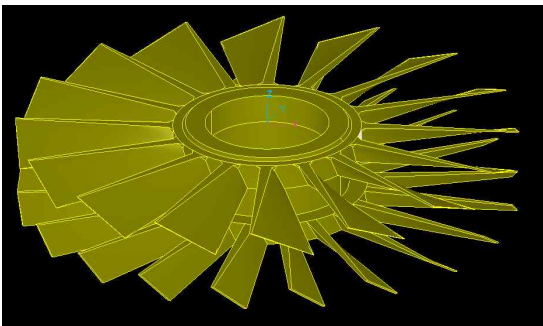


그림 16 수치 모델로 작성한 터보 분자 펌프의 회전자

링을 기계식으로 윤활제 없이 설치하기도 한다. 기본적으로 자기 베어링 방식은 로터 모듈의 부상과 제어를 위해서 3축 또는 5축 제어를 하게 되는데 여기에는 전자석의 전류를 미세하게 조정하여 피드백하는 시스템을 활용하기 때문에 외부에서의 자기장이 일정값 이상 침투하게 되면 제어 회로의 기능에 문제를 일으키게 된다. 또한 축 방향에 수직인 자기장의 강도가 높아지면 고속으로 회전하는 금속 블레이드가 자속을 자르게 되므로 표면에 와전류가 발생하여 문제가 된다. 터보 분자 펌프는 회전자와 고정자 간격이 1 mm 이내로 작아서 약간의 진동이라도 발생하면 회전자와 고정자 간에 충돌이 일어나고 이는 곧 파손으로 이어진다. 그림 1에는 파손 원인 분석을 위한 회전자 모듈의 수치 해석용 모델의 일부를 나타내었고, 그림 2에는 실제로 외부 자기장에 의한 파손이 발생한 사례의 자기 베어링 모듈의 사진을 나타내었다. 본 발표에서는 외부 자기장의 형태에 따라 제어 자기장에 미치는 영향을 CFD-ACE+(ESI corp)를 활용하여 해석하였다.



그림 17 터보 분자 펌프에서 파손이 발생한 경우의 다축 자동 제어 모듈의 핵심인 자기 베어링의 손상 형태