

클린룸 기술과 마이크로시스템 엔지니어링

한국공기청정협회
자료실

클린룸 기술의 동향

점점 더 많은 산업분야들이 그들의 생산품을 깨끗한 환경 속에서 가공해야 할 필요성에 직면해 있다. 식품산업에서 환경공학, 약학, 정밀기계학, 공학 등을 거쳐 마이크로전자공학과 마이크로시스템 엔지니어링까지 모든 분야에서 우리는 생산성과 더불어 제조환경에 대한 요구조건들이 증가하고 있다는 사실을 발견할 수 있다. 여러 가지 원인에 의해 유발된 아주 작은 이물질조차도 불량품의 비율을 상당히 높이게 된다. 그렇기 때문에 생산을 하는데 있어서 최저 비용으로 최대 산출량을 가져오면서 동시에 불량품은 최소화 하는 효과를 나타낼 수 있도록 생산 설비들을 갖추어야 할 것이다. 이러한 상황과 관련하여 생산환경이 장기 보존되어야 하는 모든 분야에서 클린룸기술은 그 중요성을 더해 가고 있다. 오늘날 각 청정도에 따른 클린룸은 점차 일반화되어 가고 있다.

마이크로시스템 엔지니어링을 위한 생산설비

“유럽 산업의 미래를 보장하기 위해 유럽의 마이크로구조 제품들을 제조하기 위한 설

비들을 갖추고 이를 일반서비스, 생산설비 그리고 재료공학 등으로 지원하기 위해 관련 기능들의 밀접한 연계를 발전시켜야 하는 것이 매우 중요하다.”

“...우리가 칩과 마찬가지로 마이크로시스템도 수입해야 한다면, 매우 많은 양의 부가가치를 잃게 될 것이다.”라고 IMM의 볼프강 에어펠트 박사(Prof.Dr.Wolfgang Ehrfeld)는 말한다.

지난 여러 해 동안 마이크로시스템 엔지니어링의 기술적 경제적 중요성은 현격히 증가하여 왔고 앞으로 우리는 이 산업분야의 더욱더 급속한 발전을 보게 될 것이다. 마이크로센서, 마이크로모터, 마이크로작동기, 통합된 광학성분, 미소수술(뇌혈관, 난관 등의 수술)과 이식, 카테테르, 내시경 검사 시스템을 위한 도구들, 마이크로필터 등과 같은 마이크로시스템은 자동화엔지니어링, 자동차 생산, 정밀기계학, 광학, 정보화기술, 전자공학, 항공, 우주여행, 로봇엔지니어링, 기계제작, 의학 및 생명학과 같은 여러 분야에 계속해서 새로운 장을 열어주고 있다. 이러한 발전 동향의 영향을 받지 않은 분야는 거의 없다고 해도 과언이 아니다.

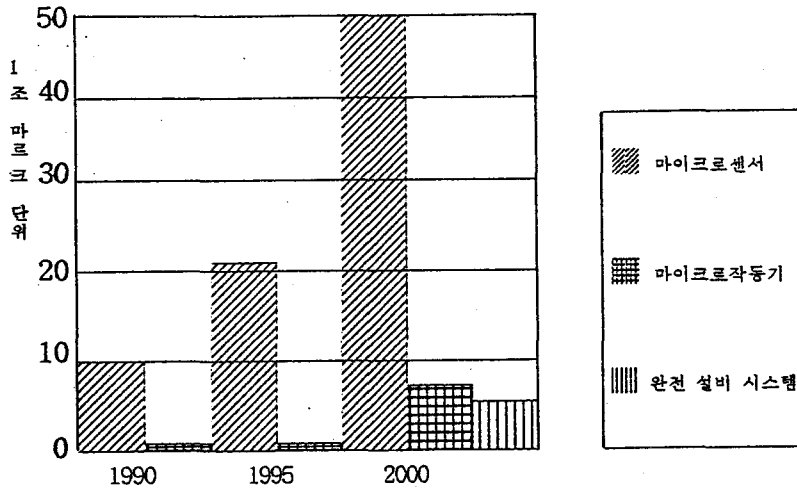


그림 1 세계시장 규모와 마이크로시스템의 예측성장

마이크로시스템은 오히려 반도체 산업의 장비들로 제작되고 그의 제작조건 또한 반도체 생산과 비슷하다. 지금에 이르기까지 마이크로시스템 엔지니어링을 위한 특수생산설비를 갖춘 정식 제조업자는 사실상 없었다.

그렇기 때문에 제조기술이나 제조환경과 관련된 마이크로시스템 엔지니어링에 관한 구체적인 문제들에 거의 관심을 주지 못하고 있는 형편이다. 이것은 특히 생산환경, 즉 클린룸에서 명백히 드러나고 있다. 바로 반도체 산업에서 범했던 실수가 다시 생산면적(수백 m²)이 지속적으로 확대된다는 의미만을 내포하는 것이 아니라 클린룸 내의 생산과정에서 발생하는 가장 까다로운 문제들에 대처하기 위해 요구되는 청정도까지도 포함한 클린룸 전체의 개념을 내포하고 있다.

“청결”하게 유지되어야 하는 실제 공정공간이 비교적 작음에도 불구하고 왜 클린룸내 수 평방미터의 공간을 낭비하는가?

청결한 제조환경은 언제나 각 공정장소와 바로 근접해 있는 공간에서만 요구된다. 그렇기 때문에 몇 m³의 공간으로 충분할 경우에는 공간 전체를 청결하게 해야 할 필요가 없다. 이러한 시설을 설계할 때에는 “큰”클린룸의 청정도를 기본 수준으로 제한하는 반면에 로컬 클린룸 내에서 이루어지는 중요한 공정을 위해서는 충분히 높은 청정도를 제공하는 것이 바람직하다. 로컬 클린룸 기술과 최소공간(Minienvironment)은 이에 대한 해결책의 하드웨어 역할을 하고 있다. 또 하나의 장점은 로컬 클린룸이 현생산설비에도 적용가능하며 필요하다면 큰 노력 없이도 확대 또는 향상시킬 수 있다는 데에 있다.

사실상 반도체 산업에 의해 얻은 경험으로부터 많은 것을 대이용하고 있다고 할 수 있다. 더욱 높은 청정도를 가진 점점 넓은 클린룸을 만들려고 했던 끊임없는 노력이 한동안 지속된 이후 5년 전쯤부터 이러한 경향에 반하는 새로운 발전이 시작되었다. 이때부터

클린룸은 기본 최저 청정도를 유지하는 반면 각 공정장소 주위의 로컬 클린룸은 상상할 수 없을 정도로 고도의 청정도를 갖추도록 설계되었다. 심지어 1m^3 당 $0.1\mu\text{m}$ 직경의 이물질이 단지 12개로 제한되는 경우도 있다. 이러한 기준은 기존 클린룸 기술을 사용한다면 절대로 만족시킬 수 없을 것이다. 왜냐하면 작업자들과 생산설비들에 의한 영향력이 너무 강하기 때문이다.

공정장소에서 고도의 청정도가 유지되어야 함에도 불구하고 로컬 클린룸을 건설하고 관리하는 데 드는 비용은 전체 룸을 청결하게 해야 하는 기존의 클린룸과 비교했을 때보다 훨씬 적다. 이 외에도 제조과정에 직업적인 영향을 주는 여러가지 긍정적인 효과들이 있다. 작업자들은 눈만 보이도록 좁은 틈새를 만들어 놓은 꼭 끼는 방진복을 더 이상 입을 필요가 없게 되었다. 대부분 폐쇄된 의복과 그에 적합한 신발만 갖추면 충분하다. 특수 보호 방진복은 단지 로컬 클린룸에 들어섰을 때에만 요구된다.

“클린룸”을 최소 크기로 제한하는 것은 설계, 제조 그리고 관리 및 유지비용을 절약할 수 있다는 의미다.

중소기업을 위한 클린룸

소규모 기업들은 기존 클린룸에 맞는 생산 및 연구설비를 갖추는 재정적인 능력이 없는 경우가 종종 있다. 이 점에 있어서도 로컬 클린룸의 장점들이 효력을 나타낸다.

로컬 클린룸

연구결과에 따르면 로컬 클린룸을 설치하는데 로컬 클린룸 내의 풍속은 기존 클린룸에서 요구되는 것과는 달리 0.25와 0.35m/s 사이로 낮출 수 있다. 오퍼레이터 공간이라고 불리는 로컬 클린룸 외부의 풍속을 로컬 클린룸 내 보다 20% 낮추는 것은 충분히 가능하면서도 꼭 필요한 조치이다. 그로 인해 생기는 압력의 차이(로컬 클린룸 내의 높은 압력과 오퍼레이터 공간의 낮은 압력)때문에 공기는 로컬 클린룸에서 오퍼레이터 공간으로 이동한다. 이것은 공기로 운반되는 사람의 미립자들이 제조공간 내부로 침투하는 것을 막는다.

비용

낮은 풍속은 에너지 소비에 큰 영향을 미친다. 에너지 비용은 대략 풍속의 제곱에 비례하기 때문에 풍속을 30% 낮춤으로써 에너지 비용을 50%로 줄일 수 있게 된다.

클린룸에 적합한 제품 설계

청결한 시설 내에서 작업하기 위해 만들어지는 설비나 기계를 클린룸에 맞게 설계하는 것 또한 특별한 주의를 요한다. 기초 설계부터 제조, 모니터 테스트까지 모든 단계가 이에 포함한다. 각 부품과 최종 제품을 청결하게 하는 것, 재료의 선택, 선택된 재료의 배합, 윤활제의 종류 등도 중요한 점으로 들 수 있다.

클린룸의 적합성

클린룸 작업을 위한 설비나 기계들의 제조업자에게는 그들의 제품이 청결한 환경속에서 자유롭게 사용될 수 있도록 알맞게 제작되었는지를 아는 것이 중요하다. 즉 그 설비나 기계들이 완전히 클린룸에 적합한지 여부를 알아야 한다.

VDI 2083/8(독일 엔지니어 연맹 기준)을 기준으로 하는 클린룸 적합성 테스트는 결점을 확인해주고 제품향상을 위한 첫 걸음을 마련해 준다.

요약

클린룸 기술과 관련하여 현재 마이크로시스템 엔지니어링은 15년 전의 반도체 산업과 같은 상황에 처해 있다. 대부분의 시행착오는 이미 과거에 다 겪었다. 현재 중요한 과제는 이용할 수 있는 모든 경험을 동원하고 모든 필요한 경우(제품)에 클린룸 기술을 적용하는 것이다. 이것은 각 경우에 있어서 최저 비용으로 이루어져야 한다. 이 목적을 달성하기 위한 해결책이 바로 로컬 클린룸 기술이다.

클린룸 엔지니어링

- 최소 공간(Minienvironment)시스템
 - 기계나 장비 내부와 주위의 로컬 클린룸(최소 공간)
 - 최소 공간에 적용하기 위한 필터 팬모듈
 - 최소 공간 모니터링
- 클린룸 이전과 저장 시스템
- 클린룸 시설 내에서 사용하기 위한 특수 기술 설비

청결한 운송저장고

- 운송 크롤러와 통합 클린룸 저장캐빈
- 1급 이상의 청정도
- 청정도 개선(by a Factor of 10^3 to 10^6)
- 운송시 내부 클린룸을 보존하기 위한 완충 시설

인공지능형 최소공간

- 스마트 팬 모듈을 갖춘 최소 공간
- 개조되고 완벽한 최소 공간
- 완전 모니터링(제어)
- 최소 풋프린트(Footprint)
- 최대 풍속 개념