

마이크로 조립시스템

글 _ 박장선 · KISTI 전문연구위원 · jangseon@resear.re.kr

1. 마이크로팩토리 개념의 등장



작은 고추가 맵다는 우리말이 있다. 몸집은 작지만 말과 행동이 야무진 사람을 일컬을 때 쓰는 표현이다. 과거 우리 선조들은 일본을 “왜(倭)”라 하여 몸집이 작은 일본인을 업신여겼다. 20세기 후반에 이런 왜의 일본은 작지만 야무진 특유의 기질을 발휘하여 부자나라가 되는데 크게 공헌했다. 소위 제품의 “경박단소(輕薄短小)”를 통해 세계시장을 누빈 것이다. 이를 풀이하면 가볍고, 얇고, 짧고, 작으면서 기능상으로는 야무진 제품을 추구한다는 뜻이다. 일본이 세계시장을 겨냥한 이러한 방향은 컴퓨터, 카메라, 오디오기기, 휴대기기와 같은 제품을 대상으로 하였고 이 전략은 그대로 적용하였다. 마침 반도체, 전자기술이 발전하면서 이 기술을 기계와 융합하는 메카트로닉스가 확산되어 갔다. 이것은 동시에 제품크기의 소형화를 유도하고 성능은 오히려 고기능·대용량이 가능하게 되는 촉매제였다.

1980년대 중반 미국에서는 실리콘반도체 미세가공 기술을 이용하여 반도체회로 위에 마이크로 구조체를 결합한 초소형 기계시스템기술을 제안하였다. MEMS(Micro-Electro-Mechanical System)라고 불리는 이 새로운 개념은 미세가공기술에 의해 기계와 전자기능을 융합하여 마이크로구조의 전기/기계시스템을 창출하는 것이다. 이 기술은 1990년



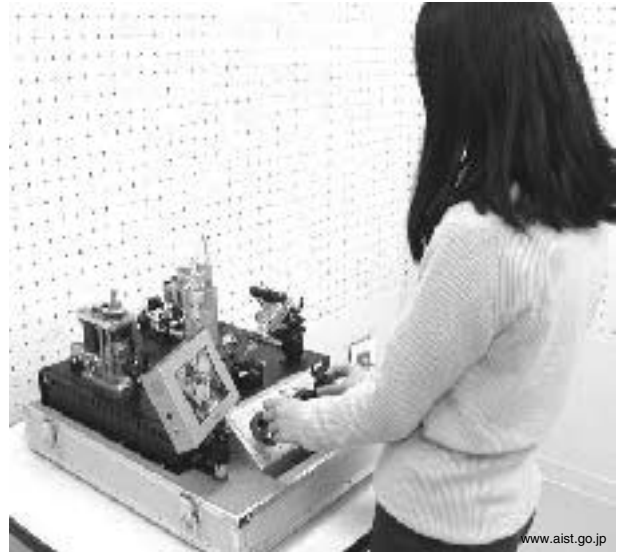
〈사진 1〉 NC 마이크로 선반

대에 자동차용 가속도센서, 자이로미터, DLP 등으로 나타났다.

이즘 유럽에서는 마이크로기술이 미래 경쟁력의 핵심이 될 수 있음을 간파하고 국가별로, 그리고 유럽통합기구인 EU차원에서 마이크로시스템기술인 MST(Micro-systems Technology)개발계획에 착수하였다. MEMS와 유사한 개념이지만 마이크로시스템기술을 포괄하는 보다 넓은 의미의 마이크로기술이다.

작은 것과 야무진 것 그리고 만들기 기술(ものづくり)에서 들쭉날쭉 싫어하던 일본이 이번에는 “Micro Machine”기술 개발을 국가프로젝트로 출발시켰다. 1991~2000년 10년간 정부(당시 통상산업성)는 여기에 250억 엔을 투자했다. 초기에는 MEMS와 MST와 같이 단위기계시스템의 마이크로화에 타격을 두었었지만, 1994년부터는 생산시스템, 즉, 공장의 마이크로화를 겨냥한 “마이크로팩토리” 프로젝트를 포함시켰다.

마이크로팩토리는 말 그대로 초소형 공장개념이다. 책상크기의 소규모 데스크 위에 초소형 가공·이송·조립 공정장치들과 함께 공정작업모니터링과 제어를 위한 CCD카메라/또는 현미경, 제어시스템이 집적되어 있다. 모니터를 통해 운전감시와 조작을 하는 오퍼레이터가 한 사람이란 것을 제외하면 필요한 것은 모두 갖추고 있는 공장이다. 앞으로 현지 주문생산수요에 대비하여 이 마이크로공장시스템을 가방에 넣고 이동할 수 있도록 휴대형 마이크로팩토리도 개발



〈사진 2〉 휴대형 마이크로팩토리

해냈다. 이 시스템을 구성하는 가공 유닛의 마이크로선반은 그 무게가 불과 100g 정도로 작다. 그러나 가공정밀도는 대형선반에 비해 전혀 손색이 없다.

이러한 마이크로팩토리의 추구는 “마이크로 부품생산은 마이크로공장에서”라는 생산경제적인 배경이 깔려 있다. 우선



비싼 공장부지(공간자원)를 줄일 수 있고, 에너지와 재료를 크게 절약할 수 있다. 노동인력도 감축시킬 수 있고, 생산공정시간을 빠른 속도로 또 유연하게 조정할 수가 있다. 이동하면서 주문 생산할 수 있는 매력도 있다. 다만, 기존의 생산구조에서 새로운 생산시스템으로 전환하려면 오랜 세월 동안 형성되어온 산업구조와 생산방식에 대한 인식변화가 이뤄져야 한다는 전제가 있다.

2. 마이크로조립시스템기술

일본이 선택한 마이크로팩토리시스템은 기계부품가공을 대상으로 한 것이었다. 마이크로베어링과 마이크로기어를 각각 절삭가공과 전해가공에 의해 가공하여 조립하는 프로토타입을 완성하였다. 2000년 프로젝트가 성공적으로 마무리

리되었지만 그 후 산업계에서 마이크로팩토리 도입 붐은 조성되지 않고 있다. 프로젝트가 수요와 연계하는데 실패하고 있는 것이다. 즉, 일본형 마이크로팩토리에 대한 시장수요는 아직 산업계의 관심을 끌만큼의 이익창출단계에 진입하지 못하고 있다는 평가다. 산업현실에 비해 기술이 너무 앞서갔다는 분석도 있다.



www.aist.go.jp

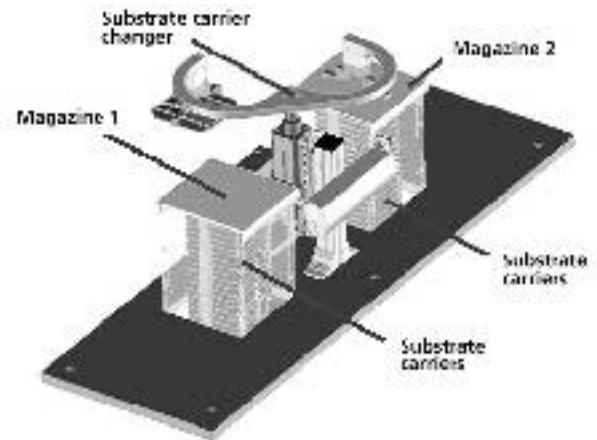
이 과정을 주시해오던 독일은 마이크로조립시스템에 눈을 돌렸다. 가공공정을 거친 마이크로부품을 조립하는 조립형 마이크로팩토리에 착안한 것이다. 체결(joining), 접합(bonding), 패키징(packaging) 등 부품조립공정은 부품의 전 생산공정 코스트에서 큰 비중을 차지한다. 마이크로광전부품, 마이크로센서 등 특정 부품 분야에서 조립코스트는 생산코스트의 60%를 상회하는 것이 많다. 마이크로팩토리에 대한 독일방식의 접근 전략은 코스트다운과 수요와의 결합이다.

독일연방정부 교육연구부(BMBF)는 MST계획의 일환으로 마이크로조립기술개발을 겨냥한 “MiniProd” 프로젝트를 출범시켰다. 프라운호퍼연구원 생산자동화연구소(IPA)가 주관하고 마이크로기기생산기업들이 참여하고 있는 이 프로젝트는 “수요”에 바탕을 두고, IPA는 시스템요소기술을, 참여기업들은 IPA와 공동으로 기업의 특성에 맞는 조립시스템기술을 개발한다.

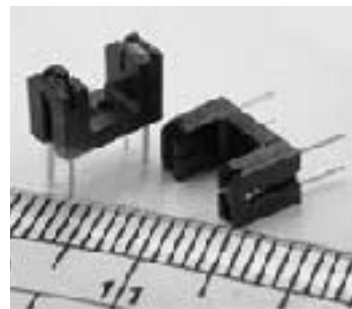
IPA의 개발성과는 2000년대 초반에 발표되기 시작하였다. 좁은 공간에 설치할 수 있는 데스크 형태의 플랫폼에 마이크로로봇 암(머니플레이터 역할)과 마이크로그리퍼가 부품을 “pick and place” 방식으로 조작하고, 조립용 부품은 플랫폼의 알루미늄베이스 위를 이동하는 운반체(carrier)에 의해 운송된다. 운반체의 구동력은 베이스의 바로 아래에 장치한 평판형 모터(planar motor)가 제공한다. 조립공정을 제어하는 컴퓨터제어시스템(brain box)이 사실상 조립

시스템 운전을 자율적으로 수행하고 있다.

MiniProd기술은 계속하여 개량 중이다. 그 방향은 시스템의 모듈화(modular)와 재배치가능성(reconfigurable) 확대이다. 이것은 조립대상 마이크로부품의 특성에 따라 적합한 조립시스템을 구성할 수 있고 유연하게 대처하고자 하는 전략이다. 동력공급용을 포함한 기본모듈(basic module), 핸들링모듈(handling module), 접합/채결모듈(joining Module), 저장 및 이송모듈(stacker module), 인터페이스 프로세스모듈들이 주요 연구개발대상이다.

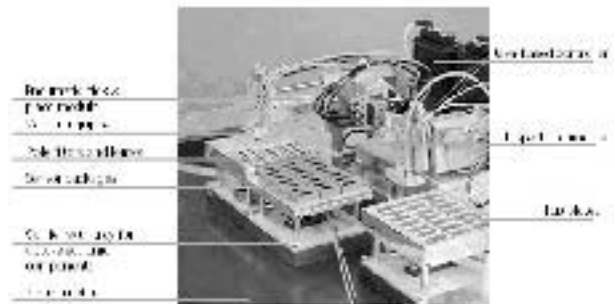


〈그림 1〉 Stacker Module(프라운호퍼 IPA)



마이크로 레이저다이오드, 광전센서 조립 시스템 등이 이미 실용화 중이다. 앞으로 소형 마그네틱 밸브, 마이크로엔코더, 마이크로스위치, 마이크로

기어, 마이크로모터, 외과용 소형부품, 소형라디오부품, 유리섬유스위치 등 많은 소형/마이크로부품들에 대한 조립시스템개발이 유망한 것으로 제시되고 있다.



〈사진 3〉 광전센서 조립시스템(프라운호퍼 IPA)

스위스, 핀란드 등 유럽국가에서는 독일과 같이 수요에 바탕을 둔 마이크로조립시스템에 대한 국가프로젝트가 진행 중이다. 특히, 스위스는 CSEM연구소가 주도하여 μ -Delta 로봇에 의한 조립시스템을 연방정부의 TopNano21프로그램에 반영시켜 추진되고 있다. 연구성과와 응용결과가 주목된다.

3. 한국의 도전과 과제

우리나라도 드디어 첨단 마이크로생산시스템기술개발에 출사표를 던졌다. 2004년 9월 정부(산업자원부)가 마이크로팩토리 프로젝트를 출범시킨 것이다. 산학연이 공동참여하고, 경험 있는 미국과 일본의 대학·연구기관을 프로젝트에 끌어들었다.

5개로 구성된 프로젝트과제 중에 마이크로조립 기술개발과제가 포함되고 있다. “Reconfigurable Micro Factory 조

립·통합 제어기술개발”과제는 국내 최초로 마이크로팩토리개념의 마이크로조립시스템개발 프로젝트이다. 기계(연)이 주관하고 국내 2개 대학과 미국의 미시간대학이 공동 참여하는 체제이며, R&D기간은 7년이다. 휴대폰 중에서 세계시장을 주도할 것으로 예측되는 폰 카메라의 렌즈모듈조립시스템을 개발대상으로 하고 있다. 조립대상의 렌즈부품은 미크론 급보다는 다소 큰 사이즈(meso급)이다.

지금은 프로젝트초기로서 요소기술개발단계에 있다. 이 과정이 끝나면 반드시 산업계를 동참시키고 응용확대 및 실용화와 결합시켜야 한다. 연구개발소요자금은 실증시험을 거치면서 당초계획보다 추가 발생할 가능성이 많다. 정부는 프로젝트의 성공을 위해 추가비용을 지원할 정책의지를 가지고 있어야 한다. 이상은 이미 마이크로팩토리 개발경험을 가진 일본과 독일이 보여주는 교훈이다. 