

마이크로 공작기계의 기술개발 현황

이 글에서는 최근에 의료분야, 통신분야 등 다양한 분야에 적용되고 있으며, 향후 우주 항공 및 군사분야에 폭넓게 적용이 예상되는 마이크로 공작기계의 국내, 일본, 미국 등의 기술 개발 현황을 간략히 소개한다. 이 재 종 · 제 태 진

초소형 정전형 마이크로 모터(직경 120 μm)가 U.C. Berkely에서 개발되면서 전자분야의 반도체 혁명과 같은 기술변천이 기계분야에서도 예상됨에 따라 1990년도부터 미국, 일본을 중심으로 마이크로머신 기술을 개발하기 위해 막대한 자금과 인력을 투입하고 있다.

초기 마이크로 머시닝기술은 거의 대부분 반도체공정과 LIGA공정을 이용한 2차원 형상가공과 크기가 수 μm 인 미소부품 가공에 중점을 두고 있기 때문에 소형 3차원 형상의 기계적 부품을 고정도, 대량생산을 위해서 필요하다. 또한 소형부품을 기존의 공작기계로 가공함으로써 생기는 과다한 에너지소비, 작업공간 및 자원소비를 줄일 수 있는 방법의 하나로 "작은 부품은 작은 공작기계에서 가공"하기 위해 마이크로 공작기계가 개발되고 있다.

최근 10년 동안 초소형 기계부품의 시장은 급속하게 성장하고 있으며, 초소형 기계부품으로는 의료용 압력센서, 자동차용 가속도센서,

의료용 마이크로밸브 등이 이미 상품화되어 있고, 이외에 컴퓨터 하드디스크용 드라이브 헤드, 잉크젯 노즐, 마이크로 모터 등 그 시장도 폭넓게 증가하고 있다.

최근 일본, 미국의 선진국에서는 초소형 부품을 기존의 반도체 공정이나 LIGA공정을 사용하지 않고 기계적인 가공을 위해서 초소형 머신을 개발하여 다양한 부품가공에 적용하고 있다.

국내에서도 최근에 과학기술부사

과 정보통신기기인 PDA시스템을 개발하고 있다. 이와 관련하여 초소형내시경 및 PDA용 초소형 부품가공을 실현할 수 있는 마이크로머시닝센터를 화천기공(주)와 한국기계연구원이 공동으로 개발하고 있다.

개발하고자 하는 마이크로 머시닝센터는 기존의 미세 가공기술인 Bulk & Surface Micro-machining, LIGA기법을 이용하여 가공하는 부품보다는 크고, 기존의 일반적인 기

〈표 1〉 초소형 기계부품의 시장

품목	세계시장(백만\$)	
	1996년	2002년(예측)
광 스위치	50	1,000
자기광헤드	1	500
초소형모터	5	80
분사노즐	10	30

(NEXUS 1996 참조)

업인 프론티어사업(사업단장 KIST 박종호 박사)의 하나로 초소형내시

계가공 부품보다는 작은 수십 μm 에서 수십 μm 크기의 미세 부품 및 금형가공에 활용하고자 한다. 이러한 부품으로는 소형노즐, 통신기기용 부품 및 초소형 내시경용 부품 등이

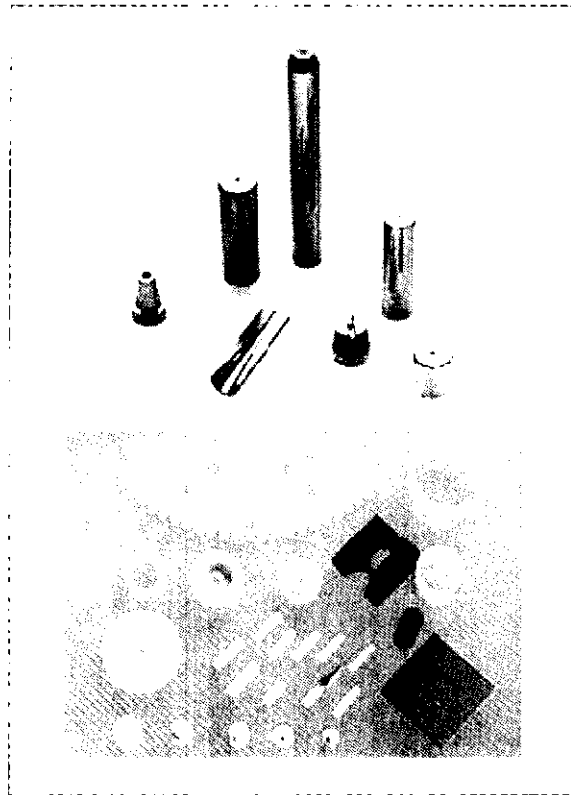
• 이재종 / 한국기계연구원, 선임연구원 / e-mail : jjlee@kinum.re.kr
 • 제태진 / 한국기계연구원, 선임연구원 / e-mail : jtj@kimum.re.kr

있다. 이와 관련하여 세계적으로 연구되고 있는 마이크로 공작기계의 사례를 알아보려고 한다.

마이크로 공작기계

마이크로 공작기계와 관련하여 세계적으로 많은 연구가 진행되고 있는데, 특히 일본의 화낙(Fanuc), 기계기술연구소(MEL : Mechanical Engineering Lab.) 및 대학에서 많은 연구가 진행되고 있다.

일본 화낙은 그림 2와 같이 초정밀 마이크로 머시닝센터인 ROBOnano Ui를 개발하여 상품화했고, 개발된 공작기계를 이용하여 지금까지 리소그라피로 제작하기 어려웠던 비구면 렌즈와 자유곡면 형상의 회절격자의 3차원 금형가공을 실현했다. 이 가공기의 크기는 1.7×2×1.4m이고, 공기정압으로 200 mm의 이송거리와 1



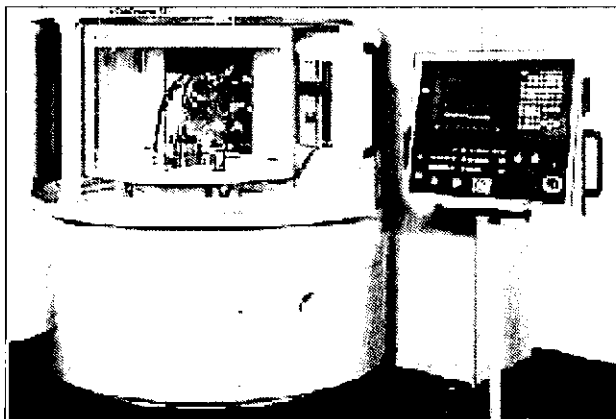
〈그림 1〉 소형 노즐류 및 통신기이용 소형부품

nm의 분해능을 갖는 Non-friction servo system, 2 nm 오차 이내의 이

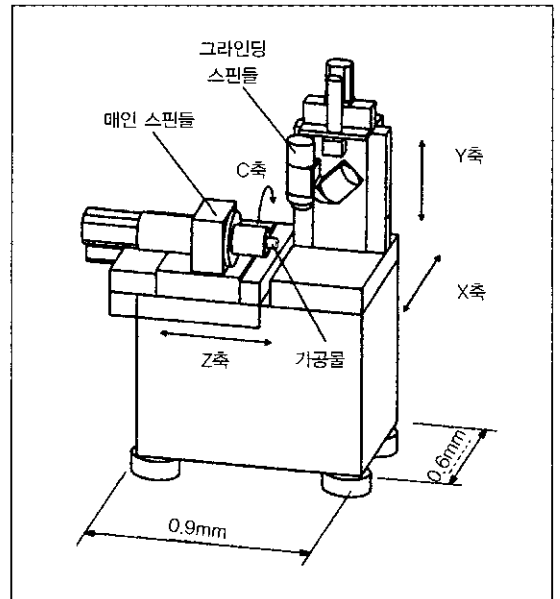
송 서보 모터트랙 등의 특성을 가지고 있다.

일본 동경대에서는 가나자와 대학과 공동으로 그림 3과 같이 1 nm의 분해능을 갖는 Micro turning center와 초소형 부품 가공기술을 개발하여 자유곡선을 갖는 회절격자인 홀로그램 광학소자의 절삭가공을 실현했다. 그림 4는 자유곡선이고, 단면이 톱날형상인 회절격자를 가공한 예이다.

일본 기계기술연구소에서는 마이크로 공장의 실현을 위한 기초연구로, 그림 5와 같은 Micro 선반을 제작하였다. 크기는 32×25×30.5mm이고, 전체 중량은 100 g, 주축 디바이스의 구동 용량은 1.5 W이고, 크기는 보통선반의 1/50, 중



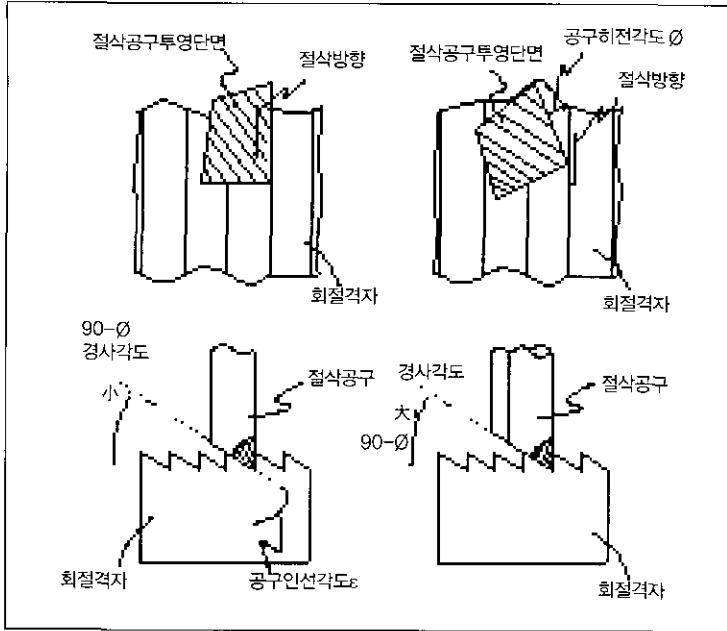
〈그림 2〉 초정밀마이크로머시닝센터(화낙)



〈그림 3〉 소형 선반

량은 1/10,000, 소요동력은 1/1,000이라는 특징을 가지고 있다.

미국 Purdue 대학교에서는 미세 방전 가공 중 정확한 방전상태 진단과 전극 이송제어에 관한 연구가 진행중이다. 로체스터 대학에서는 Moore Tool사와 공동으로 다축, 2-스핀들 구조의 Nanotech 150AG 라는 절연삭 공용 Micro grinding machine을 개발하여 직경 10 mm



〈그림 4〉 회절격자 가공 예

급의 비구면 마이크로 렌즈에 대하여 진원도 1 nm, 가공면 결함층 1~2 nm급의 정밀가공을 수행하고 있다. REMMELE Eng. 사에서는 8축 초정밀 소형선반으로 미소형상 부품가공을 수행하고 있다.

마이크로 공구

마이크로 공작기계와 관련하여 매우 중요한 요소 중의 하나는 마이크로 공구이며, 이러한 공구는 미소부품의 정밀가공과 자유곡면의 형상가공을 실현하는데 있어 매우 중요하다.

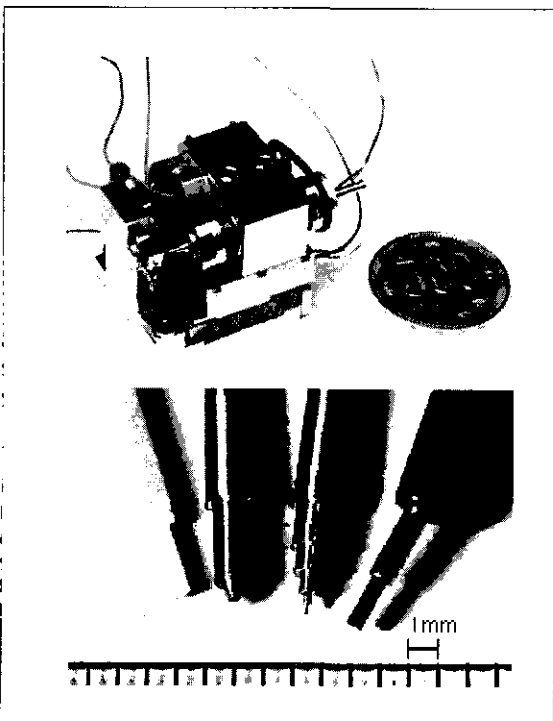
이와 관련하여, 일본 히다치 사는 직경 200 μm 급의 마이크로 드릴을 개발하여 상품화했고, 세이코 사에서는 자체적으로 직경 80 μm 급의 마이크로 드릴을 가공 제작하여 시계용 초소형 부품 가공에 활용하고 있다.

일본 나고야 기술연구소와 미국 콜로라도 대학교는 전해가공을 이용하여 FIM(field ion microscopy)용 미세선단(sharp tip) 가공을 수행하여 선단반경 5 nm의 미세 선단을 가공하였다.

스위스의 경우는 전문 제조 업체에서 PCB 보드 및 반도체 관련 제품, 특수 섬유사 제조용 노즐 헤드 등의 초미세 천공 가공을 위한 직경 100 μm 이하의 마이크로 드릴을 생산하여 전세계에 고가로 시판하고 있다.

맺음말

마이크로 공작기계의 개발로 인해서 의료분야, 통신분야 등 다양한 분야에서 획기적인 기술혁신이 이루어지게 될 것으로 예측되고, 소재 기술 및 고정도 가공기술 개발을 통하여 기능성 부품 및 마이크로 금형 가공을 실현하게 될 것이다. 이러한 마이크로 공작기계기술은 향후 우주, 항공 및 군사분야에서 폭넓게 적용될 것으로 판단된다.



〈그림 5〉 마이크로 선반 및 공구