

# Milli-Structure 생산기술개발

나경환\*, 박훈재, 조남선 (한국생산기술연구원)

## Development of Manufacturing Technology for Milli-Structure

K. H. Na, H. J. Park and N. S. Cho (KITECH)

### ABSTRACT

This research will deal with innovative manufacturing technology for milli-structure manufacturing technology which is located between the traditional manufacturing technology for macro-sized structure and the recently emerging manufacturing technology for micro-scaled structure such as MEMS. There are four fields in this research, which are micro-sheet metal forming technology, micro-bulk forming technology, micro-molding technology and micro die making technology. As a project for new-technology in next generation, this research will be carried out through three terms and each term will be composed of three years.

**Key Words** : Milli-Structure(미세구조물), Micro-Sheet Metal Forming(미세채적성형), Micro-Bulk Metal Forming(미세체적성형), Micro-Molding(미세사출성형), Micro-Die Making(미세금형가공)

### 1. 기술개발의 중요성

최근 우리나라의 산업기술정책은 큰 변화기에 있다. 즉 21C의 지식기반경제에 적합한 기술혁신형 산업구조로의 전환기에 있으며, 지식집약 신산업을 21C 주력산업으로 육성하기 위한 기술개발전략을 추진 중이다. 이들 지식기반산업 중 정보통신, 반도체, 전자 및 메카트로닉스 등 차세대 자본재산업 관련분야의 핵심산업기술개발은 이들 신산업 경쟁력의 근간이라고 볼 수 있다.

현재 자본재산업의 기술낙후는 상품의 수출경쟁력 약화의 근원적인 원인이 되어 결국 지속적으로 선진국의 기술중속을 심화시키고 있다. 이러한 자본재 산업의 문제는 현재의 주력 수출상품의 핵심요소 부품생산기술의 미비가 큰 원인이며(거의 주요핵심 부품 도는 관련기술은 거의 대부분 수입에 의존하고 있음), 같은 논리로 차세대 신기술의 개발을 통한 첨단 상품의 개발도 이에 필요한 핵심요소부품의 생산기술이 뒷받침 주지 못한다면 결국 10년 후에도 현재와 같은 현상이 되풀이될 것은 분명하다.

이러한 핵심요소부품 중에서 구동 특성을 갖는 mm단위의 미소 기구물(Kinematic Milli Structure)은 제품의 경박·소형화의 핵심기술이라 판단되며,

이 분야의 기술력이 궁극적으로 차세대 상품의 경쟁력을 좌우할 것으로 예상된다. 이러한 측면에서 국내는 물론 선진국에서도 오래 전부터 초소형부품의 생산기술에 관련한 연구가 진행되어 왔다. 이 기술분야 중 하나인 MEMS에 대한 집중적인 연구 및 가시적인 결과가 실제 산업적으로 일부 응용되고 있으나(Micro-Pump, Micro-Reactor, Micro-Motor 등) 현재의 MEMS 기술만으로 Kinematic-Milli-Structure가 요구되는 분야의 일부에 극히 제한적으로 응용되고 있으며(주로 LIGA 공정을 이용함), 다양한 삼차원 형상의 기구물에 적용을 위해서는 앞으로도 상당한 시간이 요구되고 있는 실정이다.

따라서 최근 일본을 비롯한 일부 선진국에서는 전통적인 가공방식에 의한 기술개발에 대해 관심이 크게 증가하고 있으며, 일부 Micro-기계가공의 경우 많은 기술개발결과가 제품의 경박·소형화에 응용되고 있다. (결국 일본의 Camcorder 등 가전, 통신 관련제품 가격경쟁력의 핵심이라 볼 수 있음)

그러나 KMS(Kinematic-Milli-Structure)부품의 경제성 있는 생산기술 즉 기계가공 방식이 아닌 성형기술(Forming/Molding 등)의 분야는 많은 기술적인 어려움으로 인해 선진국에서조차 거의 연구가 진행되지 않은 미개척 기술개발분야로서, 일본의 경우

도 최근에서야 관련연구가 시작되고 있다. 그 한 예로 아직 상용화되지는 않았지만 내시경용 Jaw의 경우, 현재의 기계가공방식에 의해 1개의 생산시간이 수 십분 정도 요구되고 있으나 Micro-Forming방식으로 생산공정을 대체할 경우 생산시간은 약 1/10정도, 생산원가는 약1/100정도로 낮출 수 있다는 연구 결과가 1996년 일본에서 보고되고 있다.

따라서 Micro-성형기술에 의한 KMS부품의 대량 생산방식은 기술개발의 위험도가 매우 큼에도 불구하고, 성형가공방식이 지니는 고유의 특성으로 인해 최근 일본, 독일 등지에서 정부차원에서 연구개발 투자가 크게 증가하고 있다. 이러한 KMS관련기술이 선진국조차 초보적인 기술개발단계인 점을 고려할 때 이들 Micro-성형에 대한 기술개발 투자는 매우 시기 적절하다고 판단된다. 지금까지의 국내 거의 대부분의 기술개발이 선진기술의 모방이나 이전에 의한 방식으로 이루어진 것이라고 볼 때 향후 독자적인 기술개발에 의한 기술선점효과 및 산업으로의 파급효과는 매우 클 것으로 확신하며, 차세대 상품의 실질적인 제품경쟁력 확보차원에서 정부차원의 기술개발투자는 매우 중요하다고 판단된다.

우리 나라가 21세기에 세계시장을 주도해야 할 제품으로는 휴대형 통신단말기, PDA, Palmtop PC, 각종 저장기기 등 전자정보기기분야의 제품이 가장 유망한 것으로 예측되고 있다. 그러나, 이러한 분야의 제품경쟁력을 제고하기 위하여서는, milli-structure형 부품을 양산할 수 있는 독자적이고 우월적인 기술의 확보가 반드시 필요하다. 그러므로 국가차원의 체계적인 기술개발지원이 필수적인 분야이다.

## 2. Milli-Structure의 정의

일반적으로 형상의 크기를 초소형, 중형, 대형 등으로 구분하나 명확한 정의는 없다. 다만, 이러한 것은 [Å]에서 [mm]의  $10^8$ 의 공간적 치수범위와 [fs]에서 [s]의  $10^{15}$ 의 시간적 크기를 갖고있는 영역에 있고, 구조적으로 Micro, Milli, Macro의 영역에 있다고 볼 수는 있다.

여기에서 서술하고자 하는 미세 부품은 크기가 수[mm]의 공간적 개념을 갖는 Milli structure의 범위에 있다고 본다. 이러한 Milli structure는 Camcorder의 Deck 부품이나, DVD의 Optical Head처럼, 수 mm의 크기에 수 μm의 정밀도를 갖는 기계요소부품 또는 그것들의 조립체를 지칭하는 것으로서, 일반적 기계구성품의 크기인 수십 mm이상의 Macro structure와 MEMS(Micro Electro Mechanical System)기술에 의한 submillimeter 크기의 Micro structure에 대응되는 개념이다. Milli-structure는 그 내부에 μm 단위의 미세 구조물을 포함하며,

특정 목적을 수행하기 위하여 정보 및 물질의 전달, 작동 및 취급이 가능하도록 일정한 정도 이상의 (mm 단위 정도의) 크기를 갖고 있는 작동 가능한 전체 시스템을 의미한다. 본 정의상의 Milli-Structure는 기존의 MEMS 혹은 반도체기술을 이용하여 가공한 Micro-structure(초소형 구조물)를 포함하면서도 일정한 크기 이상의 정보전달부, 취급 혹은 작동부, 계측 분석부로 이루어지며, 이러한 전체 시스템의 가공에서는 기존의 여러 가지 기계가공이 사용될 수 있지만, 내부의 초소형 구조물 정도의 생산성과 저렴한 생산 비용 조건을 충족시켜야 한다. 또한 내부의 미세 구조물을 실질적으로 보호할 수 있어야 하며, 외부의 충격 혹은 압력에도 버틸 수 있거나 혹은 내부 미세 구조물에 실질적으로 전달할 수 있어야 한다. Fig. 1은 Milli-Structure와 Micro-Macro Structure와를 구분하여 나타낸다.

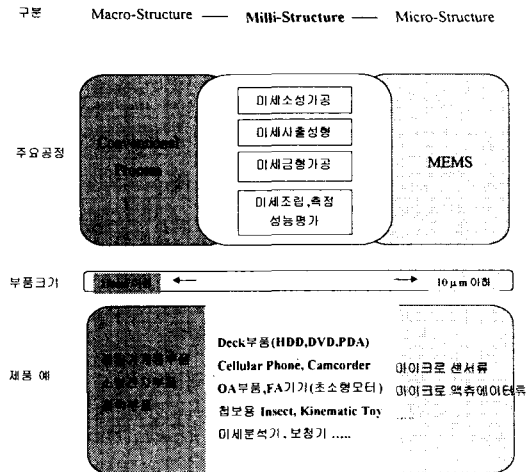


Fig. 1 Classification of Macro-Milli-Micro Structure

현재 국내외적으로 기계적 방법에 의한 초정밀, 초소형 가공기술과 반도체 제조 공정을 이용한 Micro-Machining에 관한 연구가 활발히 진행되고 있으나 산업체 응용 측면에서 기능성 Milli-Structure에 대한 중요성이 매우 커지고 있기에 이 분야에 대한 집중적인 연구 투자가 이루어지기 시작하고 있다.

## 3. 연구사업 추진배경

Milli-Structure는 제품의 경박단소화 추세에 따라 전자정보기기 뿐 아니라 장비제조, 자동차, 의료기기, 심지어 완구에 이르기까지 그 적용범위가 급팽창되고있어, 이러한 부품 및 시스템의 양산기술 확보는 기존 제품을 더욱 첨단화할 수 있고 공학적 활용도는 무궁무진할 것이다. 우리 나라가 21세기에

세계시장을 주도해야 할 제품군으로는 전자화폐용 IC 카드, 휴대형 통신단말기, PDA, Palmtop PC, 각종 저장기기 등 기술융합형 산업인 전자정보 통신기기 분야 등의 제품군(Fine Mechanism System)과 21세기의 대표적인 신산업으로 엄청난 새로운 시장이 예견되는 의료, 환경, 복지 분야 등의 제품군(Fine Fluidic System)이 가장 유망한 것으로 예측되고 있다. 따라서 본 사업은 이러한 배경에서 기획되었으며 그 단계별 기획추진상황은 Fig. 2에서 보여준다.

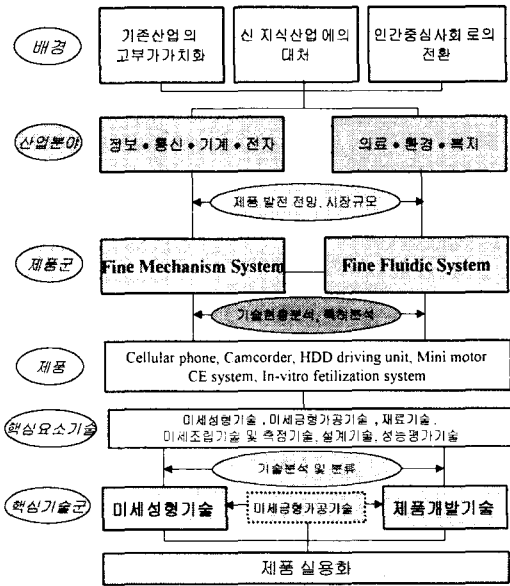


Fig. 2 Sequence flow of project planning for Milli-Structure manufacturing Technology

Fine Mechanism은 정보기기, 전자 및 통신기기의 소형화 및 고기능화 추세에 따라 제품의 고정밀화 및 고성능화에 요구되는 기계적 시스템의 통칭하고, Fine Fluidic System은 초소형 첨단 진단기기, 인체 이식형 첨단 의료기기, Biotechnology 관련 고성능 분석기기 등의 개발에 요구되는 핵심기술로 고도의 대연성과 정밀도로 극미량의 액체와 기체를 흘려주는 기계적 시스템을 지칭한다.

#### 4. 사업내용 및 추진체계

미소기구(milli-structure)생산기술의 필요성과 중요함을 인식하고 산업자원부에서는 1999년 12월부터 milli-structure 생산기술개발 연구과제를 추진하고 있다. 정부가 250억원을 지원하고 참여기업이 180억원을 투자하여 9년간 수행하게 될 이 과제는 한국생산기술연구원의 총괄관 하에 국가출연 연구기관(한국기계연구원, 전자부품연구원 등), 대학(강

원대, 고려대, 국민대, 부산대, 서울대학교, 연세대, 포항공대, 한양대, KAIST)과 함께 기업들이 참여하게 된다.

1단계에서는 3년간 차세대 생산기반 기초기술 및 milli-structure급 단품 개발기술개발을 목표로 미세박판성형기술, 미세체적성형기술, 미세사출성형기술 및 미세금형가공기술과 더불어 새로운 개념의 공정과 소재를 연구하게 된다.

2단계에서는 3년간 차세대 생산기반기술의 고도화 및 하이브리드(hybrid)형 milli-structure 부품 개발을 목표로 1단계에서 개발된 기술을 고도화하여 상용장치를 개발하게 되고 의료용 분석시스템 개발에도 착수하게 된다.

마지막 3단계에선 3년동안 milli-structure 부품의 양산기술을 개발하게 된다.

Fig. 3은 Milli-Structure 생산기술개발사업의 사업내용과 추진체계를 도식화하여 보여준다.

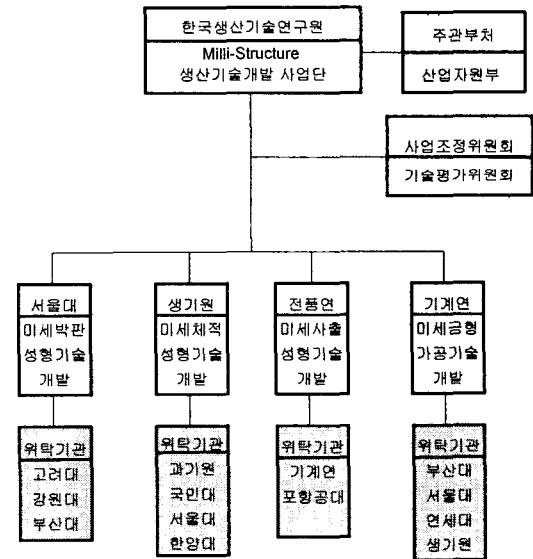


Fig. 3 Project organization of Milli-Structure Manufacturing Technology

#### 5. 기대효과

1) 본 사업은 21세기 고부가 가치 산업인 의료, 환경, 정보, 통신 사업 분야의 핵심 제품 및 부품을 대량 생산하는 생산 기술 개발을 목표로 하고 있다. 이는 "기존 산업의 고부가 가치화", "신 지식산업에의 대처", "인간중심사회로의 전환"이라는 국가 개발 정책의 방향을 실현하는 데에 핵심적으로 필요한 생산 기술을 개발, 확보함으로써 선진국에 대한 경쟁

력을 확보하는 데에 그 목표가 있음을 의미하며, 개발된 생산기술은 국가와 민간이 주도하는 다양한 R&D 과제에 성공적인 수행을 가능하게 할 것으로 예상된다.

2) 본 사업에서 개발하고자 하는 핵심 요소 기술들은 정보, 통신, 기계, 전자, 의료, 환경 등의 다양한 분야에 폭 넓게 응용될 수 있는 기반 기술이다. 특히, 21세기의 모든 제품들이 경박단소화 함을 생각하면 milli-structure 생산 기술의 시급한 확보가 요구되는 바이다. 실리콘 소재로 활용하는 MEMS 기술과 함께, 금속재료, 플라스틱에 대한 미세가공 기술이 본 사업을 통해서 확보된다면 이를 근간으로 해서 아주 다양한 신산업의 창출이 가능 할 것이며, 고부가가치의 창출도 가능해 진다.

3) 본 사업은 다양한 분야에 활용이 가능한 생산 기반 기술을 확립하고, 이를 실현할 수 있는 기계 장치를 개발하는 데에 목표를 둔다. 이러한 기반 기술들은 특정 기업이나 개인보다는 국가 주도의 사업으로 진행되어, 보다 많은 기업과 개인들이 그 결과를 활용할 수 있어야 한다. 특히, milli-structure 생산기술은 모든 기업들이 그 필요성을 인정하지만, 기술 개발이 가지는 위험성 등으로 인해서 공격적인 연구가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 선진국에서도 시작 단계이거나 완전히 확보되지 않은 첨단 생산 기반 기술은 국가주도의 "차세대 사업"으로 진행되는 것이 바람직하며, 본 과제는 이러한 사업의 성격과 취지에 적합하다고 할 것이다.

4) 본 사업에서 개발하고자 하는 첨단 미세 가공 기술들은 기술 집약적이며, 중소기업 지향적이며, 많은 venture 기업들을 창출할 것으로 기대된다. 기술을 바탕으로 한 건전한 중소기업의 육성으로 우리 산업의 바람직한 구조조정에 일익을 담당할 수 있을 것으로 기대되며, 이를 바탕으로 국민 경제에 이바지 할 수 있을 것이다. 특히, 본 사업에서 구축한 첨단기술을 이용한 제품들은 선진국 시장에서도 높은 경쟁력을 확보 할 것이므로 이를 통한 국민 경제의 고도화가 크게 기대된다.

## 후기

본 과제는 산업자원부의 차세대 신기술개발사업의 지원으로 진행중입니다.

## 참고문헌

1. 조남선외. "Milli-Structure 생산기술개발". 연구기획 사업 최종보고서. 산업자원부. 1999년 6월
2. Y. KUBOTA, "Trends in Fine Mechanism Products". Toshiba Review, Vol. 51, No. 7,

1996. pp32-34.

3. S. YAMAMOTO, N. NARIKAWA and T. FUJINUMA, "Integrated Design Systems for Fine Mechanism Using Product Model". Toshiba Review, Vol. 51, No. 7, 1996. pp35-38.
4. Y. YAMAMOTO and J. SHIBUYA, "Forming Technology for Fine Mechanism Products". Toshiba Review, Vol. 51, No. 7, 1996. pp39-42.
5. K. NAGATAKE and T. ITOH, "Small Motors for Fine Mechanism Products", Toshiba Review, Vol. 51, No. 7, 1996. pp43-46.
6. Toshio SANO, "Trends in Precision Metal Forming", 精密工學會誌, Vol. 62, No. 1, 1996, pp42-45.