

미세금형제작을 위한 가공기술개발

이응숙*, 신영재, 강재훈, 제태진, 이재경, 이현용 (한국기계연구원)
이상조(연세대학교), 최헌중(한국생산기술원), 주종남(서울대학교), 정해도(부산대학교)

Development of Machining Technology for Micro Dies and Molds

E.S.Lee, Y.J.Shin, J.H.kang, T.J.Je, J.K. Lee, H.Y.Lee(KIMM),
S.J.Lee(Yonsei), H.Z.Choi(KITECH), C.N.Chu(SNU), H.D.Jeong(PNU)

ABSTRACT

As the progress of new industrial products or parts technology, the precise and fine machining technologies are needed more and more. Micro fabrication technology of these products are usually consisted of mechanical machining or MEMS technology. Direct machining by mechanical method is not applicable to mass production. MEMS technology also has several problems such as low mechanical strength, bad surface roughness and difficulty of 3 dimensional machining. In this study, we introduce several micro fabrication technology to make micro molds and dies and our project to develop these machining technology.

Key Words : Micro Fabrication Technology, Turning, Grinding, Drilling, Ultrasonic Machining, Abrasive Free Machining, Micro EDM, ECM, Chemical Mechanical Micro machining

1. 연구의 개요

최근 광전자 정보통신등의 첨단산업제품의 소형화 경량화에 따라 각종핵심부품의 초미세 가공기술 개발이 급선무이고, 이들 초미세 부품의 직접가공형 생산방식에 비해 금형에 의한 성형 생산방식의 적용이 생산성 면에서 월등하다. 따라서, 이러한 초미세 금형을 제작하기 위한 가공기술의 개발이 본 연구의 목적이다.

현재까지 미세 금형이나 미세 센서용 부품 등의 미세 제작에는 반도체 공정기술을 응용한 MEMS 기술로서 한 분야를 이루고 있다. 이러한 공정은 반도체 제작기술을 기본으로 하기 때문에 재료의 한계성과 3차원 구조물의 어려움, 표면 조도 등의 문제 등과 더불어 가공물의 크기가 너무 작아 힘을 전달하는 기계적 부품으로는 사용하기 힘들다.

최근 서브 마이크론의 정밀도와 1mm이하의 치수로 가공 제작할 수 있는 전용공작기계류의 개발에 힘입어 미세 금형의 제작에 의한 미세 성형 기술이 새롭게 인식되고 있으며 또한 기계적인 미세 가공을 통하여 반도체 기술로서는 얻지 못하는 다양한 요구에

대응하고자 하고 있다. 즉, 제품의 크기는 수mm이하 이면서 형상정밀도는 1미크론 이하의 초미세 정밀부품을 대상으로 하여 현재 범용의 미세 가공 기술보다는 한 단계 작으면서 MEMS에 의한 것보다는 조금 큰 치수로서 기계적인 강도를 가지는 크기의 부품 혹은 금형을 가공할 수 있는 새로운 가공기술을 구현하고자한다. 따라서, 기존의 공정을 개선하여 극미세 가공 기술을 개발함과 동시에 새로운 가공 메카니즘에 의한 가공 공정의 개발도 겸하고 있다.

가공기술의 종류는 절연삭, 미세 방전 및 전해가공, 초음파가공, 레이저가공, 미세 드릴링 및 밀링기술을 비롯하여 기계화학적 복합가공을 이며, 평면, 구멍, 그루브, Cavity등의 미세 금형 형상 가공의 단위 공정 기술을 개발한다.

2. 미세 금형 가공 시스템

미세 금형 가공기술이란 크기가 수mm의 공간적 개념을 갖는 미세부품을 반복 대량으로 성형, 가공하기 위한 다이(dies)와 몰드(mold)를 제작하는 기술이다. Fig. 1 은 전체 시스템의 구성을 나타낸다.

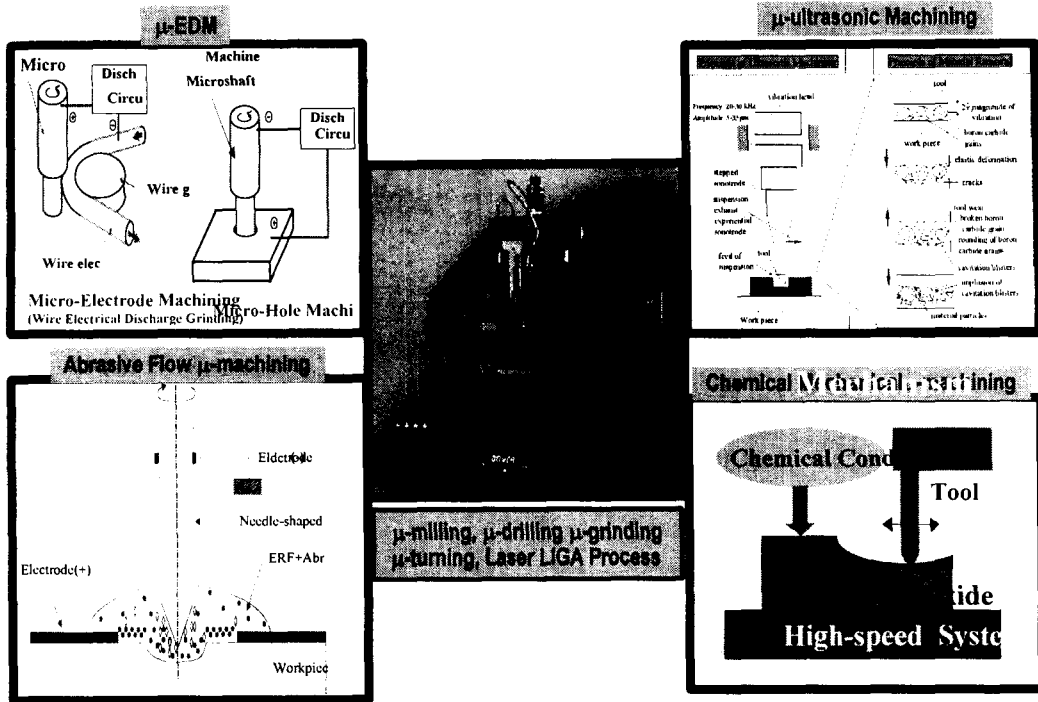


Fig. 1 Micro Machining System for Milli-Structure

본 연구에서 수 mm에서 수십 μm 크기의 펀치와 다이, 코어 와 캐비티를 가공할 수 있도록 Fig 2와 같이 세가지 분야로 나누어 미세금형가공기술개발을 시도한다.

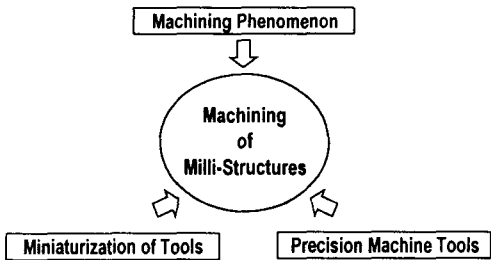


Fig. 2 Approach of Milli-Structure

미세가공기로는 기존의 초정밀 가공기를 활용하여 Fig. 3 과 같은 대표적인 미세부품의 성형에 응용할 수 있는 기존의 미세 절연삭가공, 방전가공, 전해가공과 새로운 화학 기계적인 방법에 의한 미세제거 기술을 개발하며, 그리고 금형의 경면가공을 위하여 전기점성 유체에 의한 연마기술을 개발한다., 또한 제거가공에 의한 가공이외에 적층에 의한 금형제작기술도 개발한다.

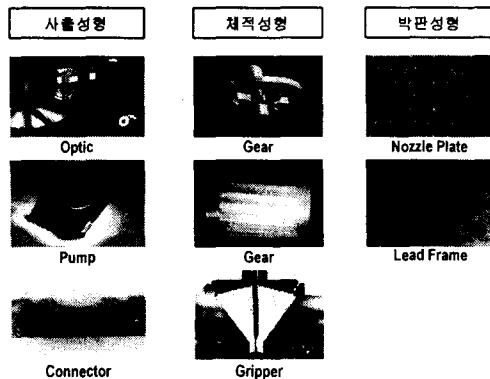


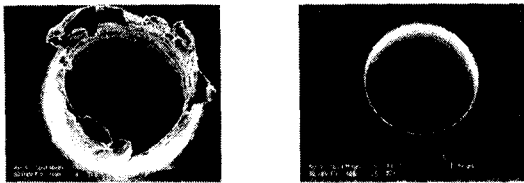
Fig.3 Example of Micro Machining

3. 주요 미세가공기술

3.1 미세방전 및 전해가공

주로 미세금형의 마이크로 펀칭금형에 필요한 펀치와 다이의 제작에 필요한 3차원 미세가공기술 개발을 목표로하고 있다. 가공조건에 따른 가공특성에 대한 연구를 수행하여 가공공정 파라미터의 데이터베이스를 구축하고 생산성향상을 위한 황삭, 정삭 가공조건을 정립한다. Fig. 4는 기계적인 드릴링에 의한 방법과 마이크로 EDM과의 비교그림이다. 가공능

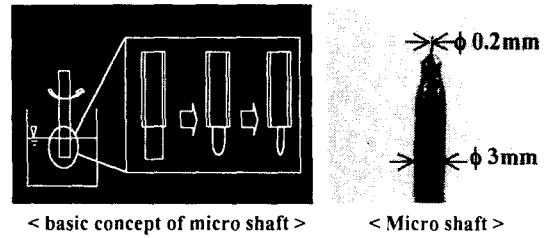
률은 기계적인 방법이 뛰어나고 가공품질은 미세방전이 우수하다. Fig. 5는 펀치와 다이의 가공결과, Fig 6은 복합 전해연마시스템을 나타낸다.



Micro Hole by Drilling (Dia. 300µm) Micro Hole by MEDM (Dia. 100µm)

Fig. 4 Micro Drilling vs Micro EDM

High Speed Chemical Etching (shaft)



< basic concept of micro shaft > < Micro shaft >

Fig. 7 Chemical Micro Machining

Micro Dicing Groove and hole

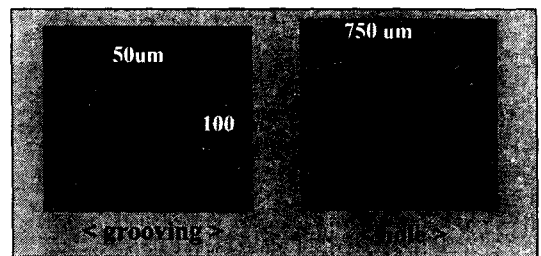


Fig. 8 Mechanical Micro Machining

WC Alloy SUS 304
 20µm Dia. 25µm Dia.
 250µm Length 50µm Thickness

Fig. 5 Micro Punch & Die

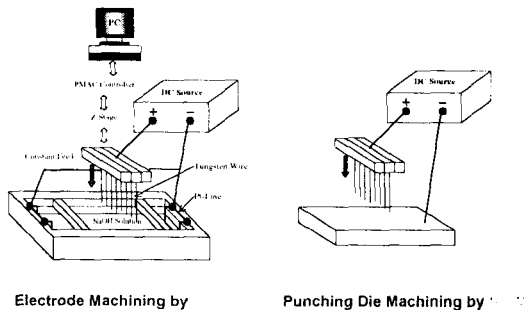


Fig. 6 Multiple Die Machining by ECM

3.2 화학기계적 미세가공 (C3M)

기존의 절삭, 연삭 혹은 폴리싱등의 단위공정만으로는 각기 적용재료, 형상, 생산성등 여러 가지 제한적 요소가 많으므로 화학기계적 복합 공정의 개발을 목적으로한다. 즉, 화학적인 반응에 의한 재료표면의 연질층의 생성과 기계적인 미세 제거가공의 융합에 의한 가공력감소, 가공능률의 향상 공구마멸의 감소등의 효과로 정밀 미세가공이 가능하게 된다. Fig. 7~Fig. 9는 실제 가공한 결과이다. Fig. 9는 ECMC의 경우 HNO₃분위기에서 Steel을 Diamond로 가공한 결과이다.

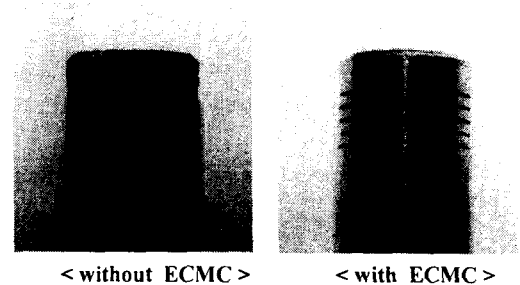


Fig.9 Electro Chemical Micro Cutting

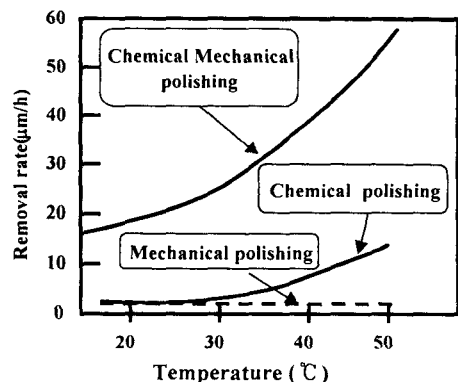


Fig. 10 Removal Rate Comparison

3.3 전기점성유체를 이용한 연마가공

기존의 미세한 비구면의 형상가공은 미세한 다이아몬드 슛들을 이용하였으나 직경이 1mm이하의 비구면 금형의 가공은 슛들 제작의 어려움이 있으며 사용상에도 많은 문제가 있다. ER(Electrorheological Fluid)유체란 전기장을 가하면 점성이 변하는 유체의 총칭이며, 이를 이용하여 유체에 미세 지립을 첨가하고 공구를 회전시키면 공구주변에 지립이 집중,반고정화될 수 있다. 이와같은 가공법을 구현하여 비구면의 생성 및 연마에 이용할 수 있다.

Fig. 11, 12는 전기장을 걸었을때의 ER 유체의 거동과 실제 연마입자의 배열 상태를 나타낸다.

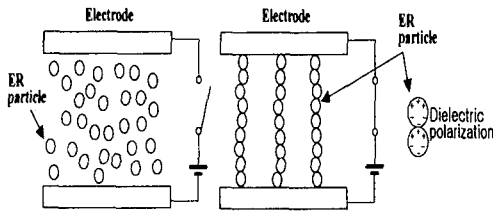


Fig. 11 Mechanism of electrorheological behavior

	Without Electric field	With electric field (2kV/mm)
Al₂O₃ (5wt% starch powder in silicon oil, 25wt% Al ₂ O ₃)		
Diamond (5wt% starch powder in silicon oil, 25wt% diamond)		

Fig. 12 ER behavior of Abrasive Mixture

3.4 초음파를 이용한 미세 정밀 가공

취성 재질인 세라믹의 절단, 천공뿐 만 아니라 비금속재료의 가공에는 초음파 가공이 많이 사용된다. 본 과제에서는 세라믹의 미세구멍가공(직경50~100 μm)등의 미세 형상가공과 디버링 가공에 적용을 위한 연구를 수행한다. Fig. 13~14는 공구의 제작방법과 시스템개략도이다.

전체 시스템은 3축제어 시스템으로서 초음파 진동과 회전(Grinding)의 복합가공을 구현할 예정이다. 공구의 크기가 작으므로 정밀 제어가 필요하며, Vision System을 이용하여 공구의 가공형상 및 위치

제어를 한다. 초음파공구의 제작은 WEDG에 의한 방법으로 할 예정이며, WEDG 시스템과 초음파 가공물을 한 Table 에 설치함으로써 공구 형상정밀도 및 가공정밀도 향상을 도모하고자한다.

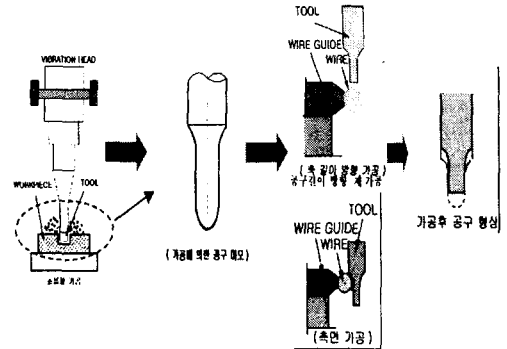


Fig. 13 Ultrasonic Tool made by WEDG

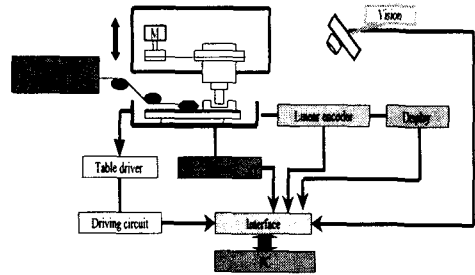


Fig. 14 Micro Ultrasonic System

4. 결론

본 연구는 현재 1차년도 연구를 수행하고 있으며 Milli-Structure 구조물의 대량생산을 위한 금형 제작에 필요한 요소 가공기술개발을 목표로하고 있다. 앞으로 각 공정의 시스템구축 및 가공실험, 관련 데이터 베이스의 구축등을 목표로 계속 연구를 수행할 예정이다.

후기

본 과제는 산업자원부의 차세대 신기술개발사업의 지원으로 진행중입니다.

참고문헌

1. 조남선의, "Milli-Structure 생산기술개발", 연구기획 사업 최종보고서, 산업자원부, 1999년 6월
2. 이용숙, 이상조, 최현중, 주종남, 정해도, "Milli-Structure 생산기술개발 제2차 정례회의 자료", 2000년 4월, 한국기계연구원