

마이크로 Deep hole 가공 특성에 관한 연구

김동우*(인하대 대학원), 조명우(인하대 기계공학과)
이응숙, 강재훈(한국기계연구원), 민승기(충남대원)

A Study on the characteristic of micro deep hole drilling

D.W. KIM(Mech. Eng. Dept , INHA Univ), M.W. CHO(INHA Univ)
E.S. LEE, J.H. KANG(KIMM), S.K. MIN(Mech. Eng. Dept , CHUNGNAM Univ)

ABSTRACT

Micro drilling is used in the production of fuel injection nozzle, watch, camera, air bearing and pined circuit boards(PCB) are demanded for high precision. Recently industries of precision production requiré more small hole, high aspect ratio and high speed working for micro deep hole drilling. But The undesirable characteristics of micro drilling is the small signal to noise ratios, wandering motion of drill, high aspect ratio and the increase of cutting force as cutting depth increase. So In this paper to obtain the optimization of cutting conditiona a study on the characteristics of micro deep hole drilling used Tool dynamometer is proposed.

Key Words : Tool dynamometer(공구동력계), Micro drill(미세 드릴), Micro deep hole(미세 심공), Cutting force (절삭력), Burr(버),

1. 서론

최근에 있어서 광섬유, 커넥터, 프린트 기판, 미세 노즐, 광학 기기, IC용 마스크 등을 위한 최첨 가공기술의 필요성이 제기되면서 각종 산업분야에 걸쳐 미세구멍 가공기술이 요구되고 있다. 이러한 가공에 사용되는 기술로는 열적 가공방식인 전자빔, 레이저, 방전 가공등이 있고 전해연마, 전해가공같은 화학적 가공등이 있으나 다양한 피삭재에 대한 적용성, 가공후 용인한 마무리 작업성 그리고 경제성과 생산성 측면을 고려하면 아직까지는 드릴을 이용한 기계적 가공이 선호되고 있다. 특히 전자, 의료, 항공우주, 컴퓨터 산업에서의 미세드릴가공은 집적도 향상에 따른 가공 구멍의 미세화, 가공 직경에 대한 가공 깊이의 증가, 고밀도 등의 이유로 높은 정밀도와 고생산성등이 요구되고 있다.⁽¹⁾

최근에 산업 전반에 걸쳐 미세심공을 요구함에 따라 드릴 가공도 초소형화 되어가고 있는 추세이며 미세 드릴가공에 대한 개발 또한 증대되었다. 그러

나 미세 드릴 날의 직경이 작아지고 세장비가 커질수록 심화되는 칩과 열의 배출성 부족, 원활하지 못한 절삭유 공급에 따른 윤활성 부족 그리고 미세 드릴의 부족한 강성으로 인하여 공구 파손등의 많은 문제점은 물론이고 작은 구멍으로 인한 가공위치 설정의 정확도 역시 큰 문제점이라고 할 수 있다. 따라서 미세심공 드릴가공에 사용되는 마이크로 드릴링시스템과 적절한 절삭조건 설정등 더욱 높은 신뢰성의 데이터가 요구된다.⁽²⁾ 특히 미세 드릴에 의한 가공에 있어서는 일반 드릴의 가공과는 달리 동일한 직경의 드릴이라도 드릴의 형태에 따라 가공력이 크게 다르다.⁽³⁾ 따라서 본 연구에서는 다양한 소재에 대한 미세 심공(micro deep hole)가공에 있어서의 공구 모양과 가공조건을 변화하며 실험을 수행함으로써 가공특성을 파악하여 최적의 가공을 실현할 수 있는 기초적인 지침을 설정하고자 하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

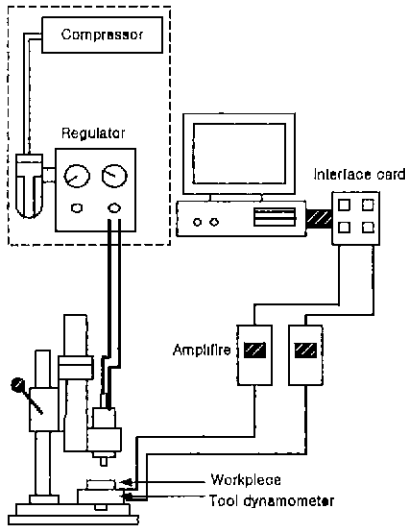


Fig.1 Micro drilling system

본 실험을 위하여 적용한 시스템의 구성도를 Fig.1에 나타내었다. TUNGALOY사의 SDM-01-15BF형 드릴링 머신으로 고속의 에어 스피들들을 사용하며 스텝이송 구동방식을 적용 미세드릴의 파손을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 Step back의 작용으로 칩과 열의 배출을 용이하게 할 수 있다.

또한 절삭저항의 토크와 트러스트의 분력 측정을 위하여 KISTLER 9257A를 사용하였으며 증폭기를 통한 출력을 변환하여 PC상에서 관찰하였다. 그리고 가공후 피삭재의 가공상태 즉 Micro hole의 가공구멍 확대오차는 모니터 내장형 현미경을 이용하여 측정하였다. 그 시스템의 사양을 Table.1에 나타내었다.

Table.1 Measuring instrument of experiment

Dynamometer	KISTLER Co. Type 9257A
Amplifire	KISTLER Co. Type 5011B
A/D converter	DAQ Card-A1-16XE-50
Microscope with built-up monitor	FOTEC Corporation



Fig.2 Microscope with built-in monitoring system

2.2 실험재료 및 공구

본 실험에서는 일반강(SM45C), 황동(BsBM), 및 알루미늄(Al)을 가공 대상으로 선정하였으며 공작물과 공구동력계를 같이 고정시키기 위하여 치구를 설계 Fig.3에 나타낸바와 같이 설계, 제작하였다.

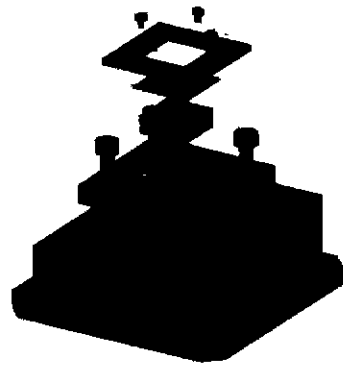


Fig.3 Fixturing system

실험에 사용된 마이크로 드릴의 형상과 치수를 Table.2 와 Fig4에 나타내었다.

Table.2 dimension of micro drill

Material	ϕ d(mm)	L_1 (mm)	θ
Carbide Drill	0.1	1.7	120
	0.2	2.8	120
	0.3	5.5	120

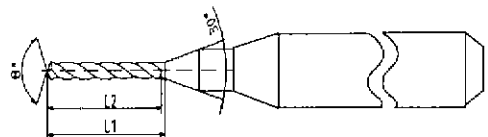


Fig.4 Geometry of micro Drill

2.3 실험 방법 및 조건

제작된 시험편에 직경 0.1mm, 0.2mm의 드릴은 비관통 구멍 가공하였으며 직경 0.3mm의 드릴은 관통 구멍 가공하였다.

하나의 시험편에 주축의 회전속도에 따라 3개의 구멍을 가공하고 각 구멍과 구멍사이의 거리는 앞에서 뚫은 구멍의 영향을 받지 않도록 구멍사이의 거리가 최소 5mm이상 되도록 하였으며 가공후 드릴의 인선은 재연삭을 하지 않았다.⁽⁴⁾ 절삭유는 모든 드릴가공에 등유를 사용하였으며 특히 미세드릴의 경우에는 드릴직경의 미세화에 따른 강성저하로 한 스텝으로 깊은 구멍을 뚫기에 한계가 있다. 따라서 미세드릴 가공시 스텝이송이 필수적이지만 가공능률을 고려하여 결정하여야 한다. Table.3의 가공조건의 변화에 따른 미세 드릴링 특성 평가 실험을 실시하였고 마이크로 스코프를 통하여 미세구멍의 형상을 측정하였다.

Table.3 Condition of Micro Drilling experiment

Dia	Spindle Revolution	Materials	FeedRate (mm/min)	depth of cut (mm)	step
0.1	20,000	SM45C	30	0.7	14
	25,000	BRASS			
	30,000	Al			
0.2	20,000	SM45C	30	1.4	7
	25,000	BRASS			
	30,000	Al			
0.3	20,000	SM45C	30	3	5
	25,000	BRASS			
	30,000	Al			

3. 절삭 조건에 따른 실험결과 및 고찰

드릴에 작용하는 절삭저항은 드릴을 회전시키기 위한 모멘트와 이송방향에 대한 힘으로 나누어 생각 하는 것이 일반적이다. 드릴의 절인은 각 위치에서 경사각, 여유각 및 절삭속도가 모두 달라지기 때문에 일정한 절삭 저항값을 갖지 못한다. 특히 칩층에지의 부분은 극히 큰 음의 경사각이어서 이 부분의 절삭 저항은 매우 크다.

특히 미세구멍가공에 있어 축방향의 하중 트러스트는 가공능률 및 공구의 마멸, 파손의 척도로서 중요하다. 이송속도는 절삭조건 중에서도 회전당 이송량과 회전수에 의해서 결정되어진다. 따라서 가공조건 중에서 이송과 회전수의 설정은 매우 중요하며 절삭 저항, 드릴수명 등 여러 가지 드릴성능평가 기준과

비교하여 설정하여야 한다.⁽⁵⁾

3.1 드릴 직경의 변화에 따른 절삭력 평가

같은 직경의 드릴을 사용하여 각 재질에 있어서 주축의 회전 속도의 변화에 따른 절삭력의 변화를 측정 Fig.5, Fig.6, Fig.7에 나타내었다.

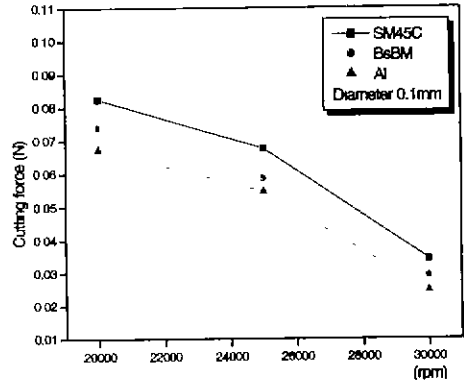


Fig.5 Characteristics of cutting force according to RPM(Dia.0.1)

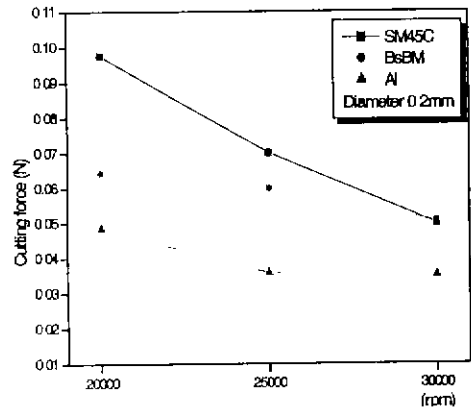


Fig.6 Characteristics of cutting force according to RPM(Dia.0.2)

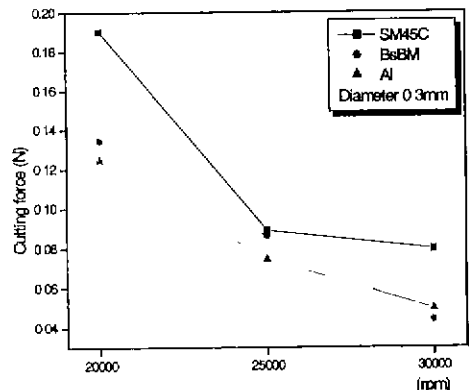


Fig.7 Characteristics of cutting force according to RPM(Dia.0.3)

Fig.5는 주축의 회전속도가 증가함에 따라서 모든 재질의 트러스트가 감소하고 있을 뿐만 아니라 모두 같은 유형의 형태로 변화되는 경향을 보였다.

특히 20,000rpm에서 30,000rpm으로 증가시 트러스트가 급격한 감소를 보였다.

다른 그림의 경우에도 드릴의 회전속도가 증가함에 따라 트러스트 또한 전체적으로 감소하였지만 Fig.5에서 드릴의 직경이 0.2인 경우에 25,000rpm에서 30,000rpm으로 회전속도가 증가했을 때 일반강과 황동은 거의 동일한 트러스트의 값을 가졌고 Fig.6인 경우에는 25,000의 회전속도에서는 새 재질의 트러스트가 거의 동일한 값을 가진 것을 볼 수 있었다.

3.2 주축의 속도변화에 따른 가공면의 형상

피삭재의 가공면의 거칠기는 윤활, 냉각 등의 작용을 하는 윤활재의 유무에 크게 좌우된다. 하지만 이 실험에서는 주축의 회전속도의 변화에 따른 가공면의 형상을 비교하고자 모든 드릴 가공에 절삭유를 공급하였다. Fig.8~Fig.11에 미세심공 가공후 피삭재의 가공면의 형상을 나타내었다



(1) 20,000rpm (2) 30,000rpm
Fig.8 Comparison of micro hole form for a drill diameter 0.1mm(BsBM)



(1) 20,000rpm (2) 30,000rpm
Fig.9 Comparison of micro hole form for a drill diameter 0.2mm(SM45C)



(1) 20,000rpm-front (2) 30,000rpm-front
Fig.10 Comparison of micro hole form for a drill diameter 0.3mm(Al)



(1) 20,000rpm-back (2) 30,000rpm-back
Fig.11 Comparison of micro hole form for a drill diameter 0.3mm(Al)

가공면의 현상을 나타내는 그림에서는 미세드릴의 주축의 회전속도가 증가함에 따라서 가공면의 직경이 미세하게 증가하지만 피삭재 가공면의 버가 무척 적게 형성되었다.

4. 결론

마이크로 드릴을 이용하여 각각의 재료에서 드릴의 주축회전속도의 변화에 따라 미세심공을 가공하였고 그 절삭력을 공기동력계를 사용하여 검출하였고 또한 각 드릴의 직경에 대하여 가공조건을 변경하며 실험하여 여러 가공조건하의 미세심공 드릴링의 특징을 볼 수 있었다.

특히 드릴의 주축회전속도가 증가함에 따라서 각 드릴러의 트러스트가 저하되었으며 피삭재의 가공면의 구멍직경이 증가하였다. 하지만 정확한 가공 실험을 평가받기 위해서는 스텝이송의 회수의 변화에 따른 절삭력의 특징과 드릴의 이송속도의 조건에 따른 가공 특성의 연구가 필요하며 aircut의 적절한 설정 그리고 미소변위 측정센서를 통해 미세심공 드릴링의 최적 절삭 조건을 찾는 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 안중환, 김화영, 신정식, 이응숙, 김상중, 오정욱 "주축 속도변동을 이용한 공기회전축시 미세구멍가공의 감시제어" 대한기계학회 1995 5호 pp.1176~1181
2. 백인환, 정우섭, 이상호, "미소경 드릴링 머신의 시작과 절삭현상의 연구", 한국정밀공학회 93년도 춘계 학술대회논문집.66-70
3. "小徑トリ加工における工具", 加工 database 機械協會研究所, 1979
4. 良克 : 超硬マルチドリルの特性と使い方. シール工ソジニア No.12(1984) pp. 91-95
5. 한진욱, 원동식, 이응숙 "스텝이송방식을 이용한 미세구멍가공에 관한 실험적 연구" 한국정밀공학회 12월호