

## 소형 Gun Drill Machine 개발에 관한 연구

오진수\*, 강동명<sup>+</sup>, 박광훈<sup>++</sup>, 남궁재관<sup>+++</sup>, 우창기<sup>++++</sup>

(논문접수일 2007. 3. 29, 심사완료일 2007. 6. 26)

### A Study on the Development of a Compact Gun Drill Machine

Jin-Soo Oh\*, Dong-Myeong Kang<sup>+</sup>, Kwang-Hoon Park<sup>++</sup>, Chai-Kwan Namkoong<sup>+++</sup>, Chang-Ki Woo<sup>++++</sup>

#### Abstract

A compact gun drill machine was developed to improve productivity and economical efficiency for small and medium enterprise tool makers. Gun drilling works are mainly using at molding, automobile, aircraft industry and special tool makers to make deep holes. As gun drill machines are very expensive and big burden for small tool makers, so that works used to execute through outside orders but it was required lot of cost too. Most of gun drill machines are providing for high volume and large capacity enterprises. In order to use for small and medium enterprises that compact gun drill machine was designed and developed. It could be improved product quality, productivity and manufacturing cost for small and medium enterprises by using this machine.

**Key Words** : Gun drill machine(심공 가공기), Special tools(특수 공구), Deep hole(심공)

## 1. 서론

공작기계를 이용한 금속의 가공에 있어서 그 가공의 효율성을 결정하는 중요한 요소 가운데 하나가 절삭 공구이며, 특히 고온, 고속 절삭에서 높은 경도를 유지하는 초경합금은 절삭 공구 재료로 뛰어난 특성 지닌다. 이러한 특수 공구들을 제작 할 때는 여러 특수 가공 기계들이 많이 사용된다.

근년에 들어와 제품의 Downsizing화에 수반하여 부품의 고기능화, 소형화가 진행되고, 구멍 가공도 소경 심공의 수요가 늘어 고능률화가 요구되고 있다. 일반적으로 구멍 지름(공구 지름) D에 대해 깊이 L이 5배 이상인 경우를 심공 가공이라 한다. 최근 기술 혁신에 힘입어 L/D = 30 정도까지 가공 할 수 있는 Long Drill도 개발 되어 사용하고 있다<sup>(1)</sup>. 그러나 자동차 부품, 항공기 부품, 금형, 유압기기 등의 소구

\* 인천대학교 기계공학과 (ohcymer@hanmail.net)

주소: 402-770 인천시 남구 도화동 177

+ 유한대학 금형 설계과

++ 해동 특수 정공사

+++ 서울산업대학교 기계설계자동화공학부

++++ 인천대학교 기계공학과

경 정밀 심공 가공 시스템 개발은 대형 기계 위주로 제작되어 가격이 높아 대량 보급이 어렵다. 또한 중소기업 특성상 이러한 고가장비를 도입한다는 것은 현실적으로 매우 어렵기 때문에 공정 가운데 고가장비를 사용하여 가공할 경우에는 대부분 외주 가공에 의존하며 이에 따른 시간 손실과 비용이 적지 않아 제품의 단가에 큰 영향을 미치게 된다.

특히, 드릴, 리머 등 생산을 위한 소구경 심공제조 공정에 많이 사용되는 Gun Drill Machine은 대부분 수입에 의존하다보니 가격이 매우 비싸고, 대형 기계이므로 다품종 소량 생산을 요하는 중소 기업의 현실에 적합하지 않아 경영에 어려움이 많다. 본 연구는 이러한 중소기업 기업의 어려운 현실을 감안하여 2-6mm의 소구경 심공 작업을 보다 효율적으로 할 수 있는 소형 건드릴 머신을 개발하여 초경절삭 공구제작의 생산성을 높이고, 공정 개선 및 품질 향상을 기하여 부가가치가 높은 제품을 생산함으로써 기업의 경제성에 실질적 효과가 있게 하였으며, 소형 정밀 건드릴 머신의 개발로 약 40% 이상 원가 절감을 이루었고, 이 분야의 산업에 수입대체 및 해외시장으로 수출할 수 있는 일거양득의 성과를 거둘 수 있으리라 기대된다.

## 2. 연구 목적 및 내용

초경절삭공구의 생산성 및 품질과 부가가치가 높은 공구 개발을 위하여 소형 정밀 건드릴 머신을 설계 및 제작하여 중소기업의 생산 현장에 활용하여 생산 원가를 줄이고, 제품의 품질을 향상시켜 중소기업의 경쟁력을 높임으로 기업에 실질적으로 도움이 되도록 함이 본 연구의 목적이다.

현재 탁상용 Program Controls Gun Drill Machine을 설계 및 제작 개발 완료하여 특수 공구 제작공정에 투입하고 제품을 생산하고 있는 상태이며, 이번에 개발한 소형 건드릴 머신은 국내 최초이며 시중 보급되고 있는 대형 건드릴 머신 가격의 약 25% 정도이다.

또한, 유사 일본 제품에 비하여 보면 본 개발품은 다양한 Program Controls로 가공성 및 제품의 호환성이 좋으며, 가격에서는 50% 정도로 충분한 경쟁력이 있다.

## 3. 연구 개발 내용

### 3.1 연구 개발 방향 및 설정

초경 공구 제작 시 필요한 심공가공을 보다 생산적이며, 고품질의 부가가치를 갖는 제품의 생산 및 개발을 위하여 작업 호환성이 뛰어난 소형 건드릴 머신을 설계 및 제작 하였다.

정밀 심공가공을 위한 공작기계의 구조는 베드, 주축, 위치결정기구, 공구 및 제어 등이 기본이 되며 외력 및 열 등에 의한 변형이 최소화 되어야 한다. 따라서 정밀 심공가공은 고속 회전에서도 정밀도를 유지할 수 있는 스피들, 진동에 대하여 강성을 유지할 수 있는 베드, 공구의 이동 및 회전을 조절하기 위한 정밀 이송 제어 시스템이 필수적이다<sup>(2,3)</sup>.

본 기술 개발의 소형 Gun Drill Machine의 주요 시스템은 다음과 같으며 주요 부분의 형태는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

- |              |                   |
|--------------|-------------------|
| 1. 몸체        | 8. 볼 스크루 장치       |
| 2. 주축대       | 9. 가이드 박스         |
| 3. 주축 모터     | 10. 벨트박스 직선 이동베어링 |
| 4. 주축 구동부    | 11. 서보 모터         |
| 5. 척         | 12. 방진구           |
| 6. 건드릴       | 13. 유압 유니트        |
| 7. 직선 이동 베어링 | 14. 전기 및 컨트롤 장치   |

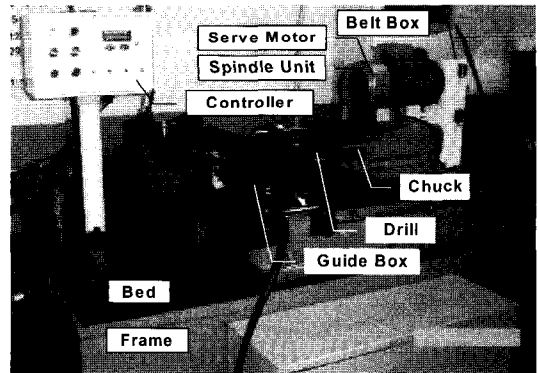


Fig. 1 Mai systems

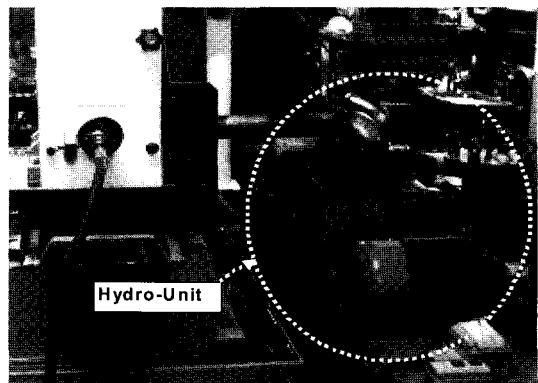


Fig. 2 Hydro-Unit

### 3.2 시제품의 제작 및 성능시험

본 기술 개발의 시제품은 다음과 같이 시스템을 구성하여 제작하였으며, 성능 시험은 시험 가공을 하면서 생산에 직접 활용하기까지 Products Qualification Process 및 QS 9000 PPAP(Production Part Approval Process)를 통하여 이루어졌다<sup>(6)</sup>.

#### 3.2.1 시스템의 몸체

컨드릴 머신 본체의 주요 골격인 베드는 각 부품(공작물 고정 회전 부 및 드릴 고정 이송 부)이 장착되는 부분으로 치수 정밀도와 표면 거칠기를 좌우하므로 강성이 크고 진동 흡수력이 우수하도록 설계 및 제작되어야 한다. 본 컨드릴 머신의 베드는 가공이 용이한 주철계 베드가 사용 되었으며 Fig. 3에 나타내었다.

#### 3.2.2 스피들 유니트

고속회전에 적합한 Angular Contact 형 Ball Bearing을 사용하여 고속 운전 성능이 발휘되게 하였으며 Fig. 4에 나타내었다. 또한, 스피들의 소재는 SCM4를 사용하였다.

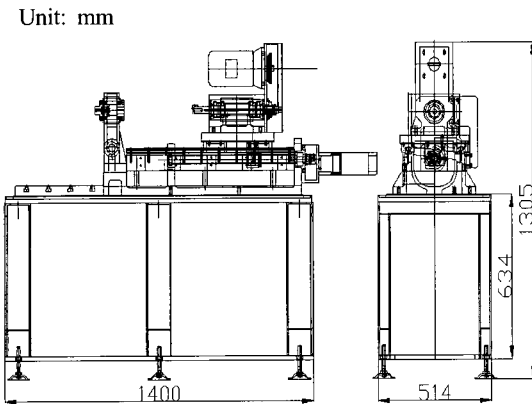


Fig. 3 Gun drill machine

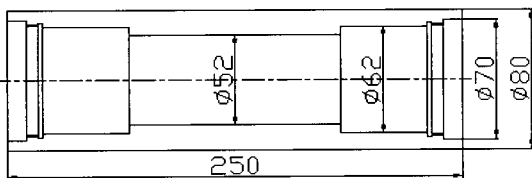


Fig. 4 Spindle Unit

#### 3.2.3. 시스템의 제어 및 NC 장치

컨드릴 머신에서 스피들과 더불어 가공제품의 정밀도를 지배하는 요소로는 공구의 운동 경로를 제어하는 직선 이송장치이다. 이 직선 이송장치는 정확한 위치결정 정밀도와 직선운동 정밀도가 요구되는데 여기에는 직선 운동 가이드(Linear Motion Guide)와 볼 스크류(Ball Screw)가 이용된다<sup>(4)</sup>.

본 컨드릴 머신은 볼 스크류(Ball Screw) 구동 System을 채택하여 추축의 이송 속도를 일정하게 하여 고정도의 가공이 가능하게 하였고 AC Servo Motor를 사용하여 구멍 직경 및 재질에 맞는 절삭 속도를 선택 할 수 있게 하였다. NC 장치는 Controller(Samsung; K7M-DR30S)를 사용하여 위치 결정, 가공속도 및 가공깊이의 제어가 가능하게 하였다.

#### 3.2.4 드릴 척(Drill Chuck)

Gun Drill을 고정하는 장치로 Guide Shaft 끝단에 장착되어 좌우 직선운동을 하여 Gun Drill의 구멍 가공 깊이를 조정하고 Gun Drill의 중공부에 Chip 배출이 용이하게 Cutting Fluid를 공급할 수 있는 구조로 하였다.

#### 3.2.5 Guide Box

Drill Chuck이 좌우로 직선 이동할 수 있도록 서브모터의 회전력을 볼 스크류에 받아서 Guide Bearing과 Guide Shaft의 작용에 따라 Ball Screw Nut의 직선운동이 가능하도록 설계되었으며, 가공 절삭력에 의한 진동이나 변형이 없는 충분한 강성 구조로 하였고 Fig. 5에 나타내었다.

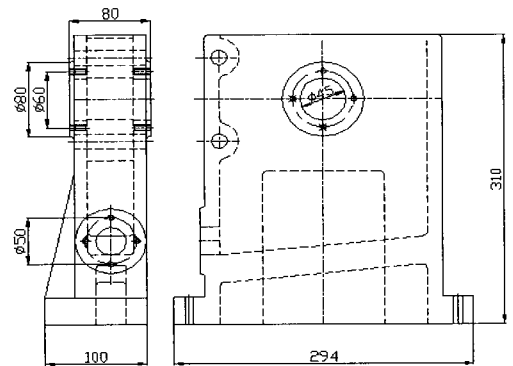


Fig. 5 Guide Box

### 3.2.6 Belt Box

서보모터의 회전력을 조정 전달하는 Timing Belt와 Timing Pulley를 내장하고 있으며 회전 중에 진동이나 소음이 없도록 견고하게 부착 조립한다.

### 3.2.7 유압 시스템(Hydro-Unit)

절삭 칩을 배출하기 위한 Cutting Fluid의 공급순환 Unit이며 Hydro-Pump에 의한 작동 방식으로 적절한 절삭 온도를 위하여 냉각 순환 장치를 설치하였다.

### 3.2.8 시스템의 안정성

공작기계의 정밀도는 자체의 진동과 외부로부터의 가공 시스템에 전달되는 진동에 큰 영향을 받기 때문에 이와 같은 진동을 억제하는 방진 시스템을 반드시 고려하여야한다. 공작기계의 방진 법으로는 고무패드, 스프링 패드 및 공기 방진패드가 있는데 본 기술 개발에는 고무패드를 사용하였다.

### 3.3 시제품 성능시험

탄소강, 합금강, 공구강 등 각각 다른 재질 가공을 통하여 기계의 성능을 시험하였으며, 특수 공구에 사용되는 고속도강에서 초경공구를 사용하여 구멍의 크기와 깊이를 다르게 가공하여 구멍의 진직도, 동심도 및 진원도 등을 측정 시험하였다.

아래 Fig. 6은 실제 지름 4mm 깊이, 300mm 심공 가공한 제품을 나타내었다.

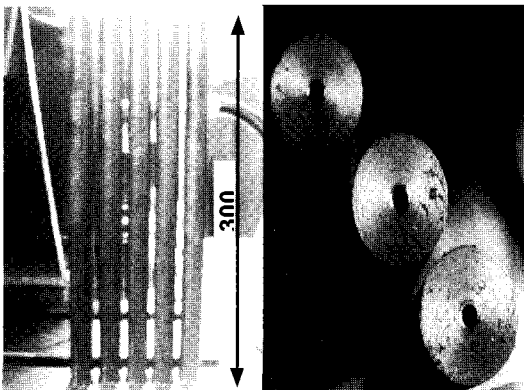


Fig. 6 Hole shapes after Gun Drill Machining

## 4. 검토 및 고찰

현재 탁상용 Program Controls Gun Drill Machine을 설계 및 제작 개발 완료하여 제작공정에 투입 제품을 생산하고 있으며, 시제품의 정밀 측정을 통하여 제품의 품질 및 경제성을 확인하였다. Test Run 및 Qualification 과정에서 유압 시스템의 효율적인 냉각장치 부착과 소재 장착의 소요 시간 단축 등의 문제점이 제기 되었는데, 이러한 문제는 개선할 수 있는 사항으로 기업의 실무자와 기술적인 논의가 이루어져 냉각 장치를 설치하여 해결 하였다.

Fig. 1~2는 금번에 기술 개발된 소형 건드릴 머신 실물 사진이며, Fig. 7~10은 이 기계를 이용하여 제작된 공구 제품들<sup>(5)</sup>을 나타내고 있다. 또한 Table 1은 기계의 성능 및 가공 시험을 통하여 얻은 가공조건으로 가공물의 재질 및 가공 깊이에 따른 이송량, 회전속도, 절삭유 압력 등을 나타내고 있으며, Fig. 11의 그래프는 재질별 구멍크기에 따른 구멍깊이, 이송량 및 회전속도와와의 상관관계를 나타내고 있다.

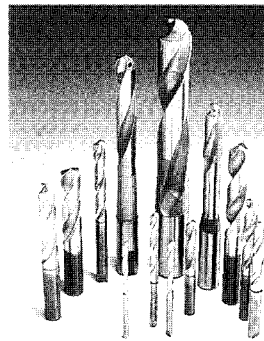


Fig. 7 3S Drill

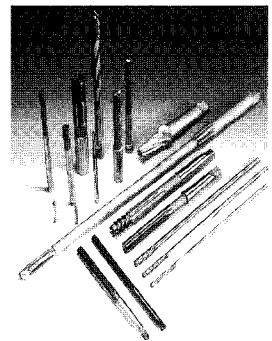


Fig. 8 Reamer

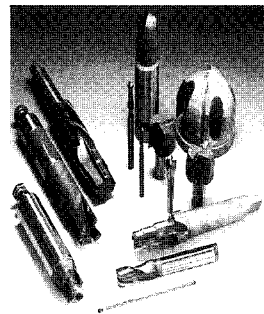


Fig. 9 Endmill

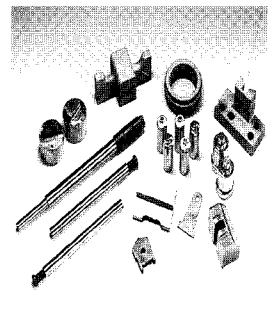


Fig. 10 Punch & Die

Table 1 Tooling Specification by Material and Hole Dia

Hole Dia mm	Coolant Pressure kgf/cm <sup>2</sup>	Carbon Steel - 200 BHN			Alloy Steel - 240 BHN			Tool Steel - 200 BHN			Stainless Steel - 280 BHN		
		RPM	Feeding mm/m	L mm	RPM	Feeding mm/m	L mm	RPM	Feeding mm/m	L mm	RPM	Feeding mm/m	L mm
2	105	10000	37	115	10000	40	115	8439	33	150	9713	30	140
3	105	9863	60	135	8761	63	155	5626	35	225	6476	33	210
4	86	9246	78	150	7245	63	220	4220	38	300	4857	33	280
5	77	8727	80	210	5796	62	275	3376	35	320	3885	32	320
6	65	2720	79	252	4830	61	30	2813	35	320	3238	30	320

Hole Dia mm	Coolant Pressure kgf/cm <sup>2</sup>	Stainless Steel - 200 BHN			Aluminium AL			Copper Alloy Cu			Cast Iron FC - 180 BHN		
		RPM	Feeding mm/m	L mm	RPM	Feeding mm/m	L mm	RPM	Feeding mm/m	L mm	RPM	Feeding mm/m	L mm
2	105	10000	36	115	10000	64	115	10000	41	115	10000	92	115
3	105	8068	46	170	10000	120	140	10000	71	140	10000	170	140
4	86	6051	46	232	10000	165	174	10000	90	210	8439	226	186
5	77	4841	45	290	10000	190	187	8726	92	220	7707	225	220
6	65	4034	43	320	10000	220	205	7272	90	264	6423	221	264

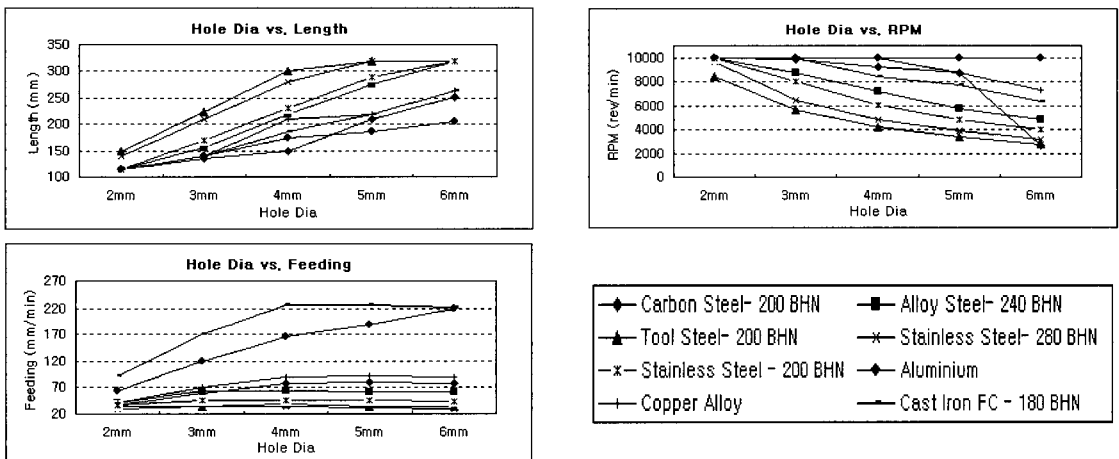


Fig. 11 Comparison chart by Materials

Table 2에서는 이번에 개발한 소형 건드릴 머신의 주요 제원을 나타내었다.

## 5. 결론

본 연구의 개발품인 소구경 건드릴 머신은 외국에서 개발하여 시판 중이나 국내에서는 고가격에 판매되어 많이 보급

**Table 2 Specification of Machine**

Specification	
Hole Dia(mm)	2 ~ 6
Max. Depth(mm)	320
Main Spindle Motor	0.75(kW)
Feed Motor	AC Servo(200 W)
Spindle rpm	2000 ~ 12000
Feed Speed	20 ~ 1000(mm/min)
Cutting Speed	20 ~ 150(mm/min)
High Pressure Pump	140(kgf/cm <sup>2</sup> )
Discharge Pump	56(L/min)
CNC System	Samsung(K7M-DR30S)

되지 않고 있다. 본 개발품은 외국제품(일본)에 비해서 가격과 성능 면에서 충분한 경쟁력을 가지고 있으며 본 연구 개발 효과는 다음과 같다.

- (1) 주요 공정을 을 외부 업체에 의존하던 것을 본 기계 제작으로 자체 가공이 가능하여 치공구 개발에 의한 생산성이 증가 하였다.
- (2) 대형 기계에 비해 작업 호환성이 뛰어나고, 정밀한 고품질의 제품을 생산함으로써 대외 경쟁력을 향상 시켰다.
- (3) 제조 원가를 줄이고, 생산성 합리화에 따른 고 부가가치

의 공구 개발이 가능 하다.

- (4) 직접 기계제작을 통하여 정밀 공작기계 설계 및 제작 기술이 축적 되었다.
- (5) 유사 일본 제품에 비해 가격 경쟁력이 우수하여 수입 대체 효과가 있다.

### 참 고 문 헌

- (1) Ko, J. M., 2001, "Deep Hole Tooling Using a Gun Drilling Machine," *Machinery Technology*, Vol. 65, No. 1, pp. 81~87.
- (2) Kim, H. N., 1999, "Characteristic of Small Deep Hole Tooling," *Mechanical Technology*, Vol. 2, pp. 776~781.
- (3) Keon, G. S., 2006, "Chip Treatment Methode on High Speed & Efficiency for Deep Hole Tooling," *Mechanical Design*, Vol. 6, pp. 55~59.
- (4) Lee, C. W., 2001, *Mechanical Engineering*, Crown, Vol. L-31, pp. 720~723.
- (5) Park, G. H., 2006, Technical Information of Hae-Dong Specialize & Precision Tooling Co.
- (6) *Quality System Requirements QS 9000 & ISO 9000*, 1998, Vol. 3, Production Part Approval Process Manual.