

# Deep Hole Drilling에서 절삭유가 가공성에 미치는 영향에 관한 연구

## A Study on Influence of the Cutting Fluid to Machinability in Deep Hole Drilling

장 성규(동의공전), 이 충일(한국셀석유) 박 정보(삼척산업대), 전 언찬(동아대)

S. G., Jang(Dong-Eui Tech. Jr. Collage), C. I., Lee(Korea Shell),

J. B., Park(Sam-Chuk Ind. Unvi.), E. C., Jeon(Dong-A Univ.)

### Abstract

This work deals with on investigation of the influence of various additives to a base stock cutting fluid in order to develop a better deep hole drilling. This investigation has been aiming at developing an oil which gives a maximum cutting efficiency at a minimum wear rate of the tool and the guiding pads. The purpose of this study is to analyze how guide pad of tools, workpiece and the change of contained quantity of extreme pressure additive in cutting fluids have effects on the hole over size of cutting hole, surface roughness of workpiece, wear rates of guide pad and roundness during the deep hole machining of SM55C with solid BTA drill by using BTA drilling system through experiment. Conclusion reached is as follows. It has been proved that the contained quantity of sulphur more affects machinability than that of extreme pressure additive of chlorine of cutting fluid in BTA drilling during Deep Hole Drilling. Considering its base oil, the contained quantity of extreme pressure additive of sulphur can be different, but it's judged that the range of 1.5 - 2.0 % is suitable to machinability for workpiece in BTA drilling. Regarding guide pad, it's judged that the reduction of wear is possible in proportion to the contained quantity of extreme pressure additive of chlorine against supporting of cutting force and Burnishing operation of machining parts in cutting.

Key Words: deep hole drilling(깊은구멍가공), cutting fluid (절삭유), hole over size of diameter(직경확대) surface roughness(표면거칠기), roundness(진원도)

### 1. 서론

일반 절삭가공중 선삭가공, 밀링가공등은 자유로운 가공방식을 선정할 수 있는것에 비하여, 구멍절삭가공은 폐쇄된 조건에서 가공하기 때문에 절삭가공상의 많은 제약이 따르고 또한 고려하여야할 많은 문제점을 지니고 있다. 이러한 드릴링 가공중 가공길이(L)에 대한 가공구멍직경(D)의 비가 높은 Deep Hole Drilling의 경우 절삭 칩의 배출, 공구의 강성과 진동, 절삭날의 냉각성과 윤활 및 절삭날 각각의 부위의 절삭속도의 변화등의 문제로 인하여 절삭이 곤란하고 생산효율이 저하된다.

최근에는이런 환경속에서의 Deep Hole 드릴가공

은 CNC 각종 공작기계, 또는 CNC Machining center의 급속적인 보급으로 기계부품, 금형가공의 고능율화, 고속화가 진행되는 가운데 초경합금 절삭날을 갖고있는 고압 절삭유 공급방식의 Deep Hole 가공방식공구(Gun drill, BTA drill, Trepaning Drill 등)는 보통의 트위스트 드릴링에서 얻을 수 없는 우수한 가공능률을 갖고 있다. 이러한 종류의 공구는 절삭날외에 안내 Pad를 갖고 있으며 이것이 접하는 구멍에 따라서 절삭날에서 절삭력과 평행을 유지하는 자기안내작용의 효과를 얻을수 있기 때문에 각종 무기류의 깊은구멍가공, 대형 금형의 냉각수 구멍

및 이젝트 핀 구멍, 열교환기의 핵심부품인 튜브시트의 가공, 사출기 실린더 스피들 가공 및 각종 자동차 부품등의 가공에 보급이 확대되는 가운데 최근에는 Deep Hole가공 공구를 활용하여 정도 높은 구멍가공을 1공정으로 가공과 고경도의 재료와 난삭재의 구멍가공등에 보급되어 지고 있다.

Deep Hole 드릴링 가공에 있어서 절삭유는 공구 및 공작물의 냉각, 공구의 마찰계수 감소, 칩제거 및 가공면의 표면 정밀도 향상등을 들수 있으며 절삭개시부터 절삭종료시까지 다량으로 충분한 압력을 가하여 균일하게 주입하면 약20~30%정도의 절삭성능의 향상이 기대효과 얻을수 있기 때문에 다수의 연구가 이루어지고 있지만 극히 제한적으로 이루어지고 있으며 그 연구내용을 살펴보면, Morimoto T.<sup>1)</sup> 등은 절삭유제가 강의 버어니싱 다듬질에 미치는 영향을 논하였고 Prupis L. M.<sup>2)</sup> 등은 Deep Hole 드릴링에 있어서 Cooling System에 관하여 연구를 하였으며, 田口雄<sup>3-4)</sup> 등은 Gun드릴링 가공에 있어서 절삭유의 공급유압 및 유량의 특성과 그 작용력에 대한 연구와 그리고 수용성 절삭유제의 깊은 구멍 가공 공구 절삭날의 크레이타 마모에 미치는 영향에 관하여 연구를 하였다. Osman M. O. M.<sup>5-6)</sup> 등은 BTA Deep Hole가공에 있어서 절삭유의 성능에 관한 연구와 BTA Deep Hole가공에 있어서 성능을 개선하기 위하여 신규 절삭유의 개발에 관하여 연구를 하였다.

Astakhov V. P.<sup>7)</sup> 등은 Deep Hole 드릴링에서 절삭유 흐름에 관하여 연구를 하였다.

그러나 국내의 연구중에서 절삭유 제종의 영향과 절삭유의 첨가물이 공구수명에 미치는 연구나 가공물에 미치는 영향에 관한 논문의 발표는 전혀 이루어지지 않고있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 STS BTA드릴링 시스템을 이용하여 절삭유에 함유된 극압첨가제의 함유함에 따라 공작물의 상태변화 즉, 구멍의 확대량, 공구의 가이드 패드부의 마모량, 표면거칠기, 진원도에 대하여 실험을 통하여 분석하였다.

## 2. 실험 방법 및 실험장치

### 2.1 시험편 및 공구

본 실험에서 사용된 시험편은 자동차용 구동장치의 부품으로 사용하는 Sliding Yoke로서 기계구조용

탄소강인 SM55C이며 그 화학적 성분은 Table 1과 같다. 그리고 시험편은 열간 단조 작업후 열처리된 단조 소입방식으로 약 850℃이상의 온도에서 열처리가 이루어지도록 관리를 하였다. 이때 나타난 시험편의 기계적 성질은 Table 2와 같다. Fig. 1는 시험편인 SM55C를 단조 소입한후의 현미경 조직을 나타내었다.

Table 1. Chemical compositions of the workpiece(wt. %)

Material	Chemical compositions				
	C	Si	Mn	P	S
SM55C	0.55	0.25	0.70	0.023	0.030

Table 2 Mechanical properties of the workpiece

Material	Yield strength (MPa)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (H <sub>b</sub> )
SM55C	539	735	10	232

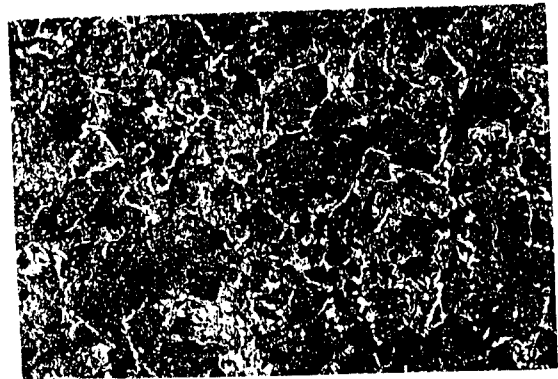


Fig. 1 Scanning electron micrograph of workpiece

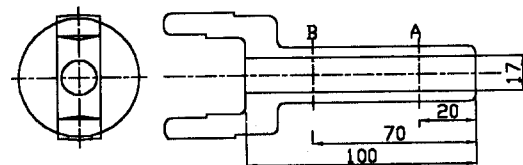


Fig. 2 Shape and dimensions of the workpiece

시험편은 실험을 고려하여 단면부 및 외경을 1차 가공 하였으며, 시험에 사용된 가공 시험편의 치수 및 형상은 Fig. 2와 같다. 그리고 실험에 사용한 공구는 초경 P20계열의 BTA드릴(Multi-tip head with brazed tips)로서  $\phi 18.1$ 를 사용하였다. Fig. 3은 공구의 치수 및 형상을 나타내었으며 절삭날은 외측날, 중심날 및 내측날로 구성되어 있다.

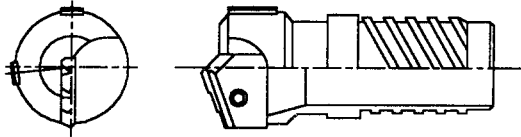


Fig. 3 Shape and dimensions of the BTA drill

### 2.2 실험장치

본 실험에 사용된 실험 장치는 2-spindle type의 CNC deep hole drilling M/C (Model: STGA2-450CNC, Shin il machine Co., Ltd)으로서 가공능력은 Max.  $\phi 32$ , 드릴링 깊이는 Max. 250mm, Spindle의 회전수는 0~4500rpm까지 변환 가능한 기계이다. Fig. 4는 실험장치 및 측정시스템의 개략도에 대하여 나타내었다. 그리고 Fig. 5는 깊은구멍을 가공하기 위해 구성한 Tooling시스템을 나타내었으며, Pressure head부에 설치되어 있는 가이드 부쉬의 형태는 고정형(Fixed type) 부쉬를 사용하였다.

또한 시험편의 내경 측정은 1/1000mm의 실린더 게이지를 이용하여 변화를 측정하고, 표면거칠기는 Surface roughness tester(Form Taylorsurf)로, 진원도는 Roundness tester(RA-2)로 측정하였다.

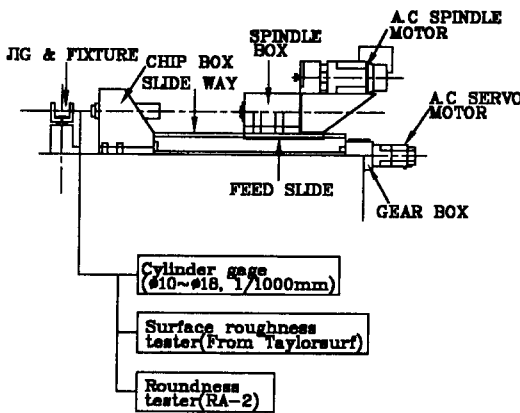


Fig. 4 Schematic diagram of experimental apparatus

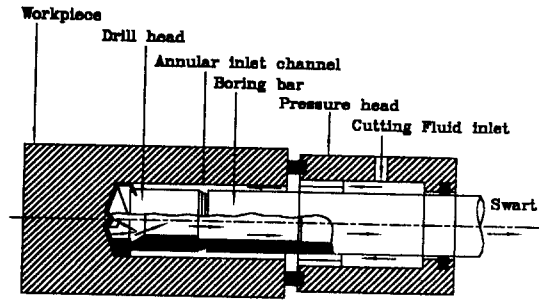


Fig. 5 Principle of the cutting oil pumping system

### 2.3 실험방법

본 실험에서는 Fig. 4에서와 같이 CNC deep hole drilling m/c의 축의 Collet holder에 튜-브를 고정시키고 그 선단에 공구를 장착시켰다. 그리고 절삭유는 Fig. 5에서와 같이 Pressure head를 통하여 공구의 외측에서 공급하고 공구의 내부로 칩이 배출되도록 하였다. 실험은 공구회전과 공구 이송방식을 채택하였으며, 가이드 부쉬와 축 사이에 요구되는 Alignment를  $\pm 0.025\text{mm}$  이내로<sup>8)</sup> 조정하여 최적 절삭속도를 58, 70, 80m/min, 이송속도는 0.15mm/rev로 드릴 가공을 하였다. 이때 가공 깊이는 Fig. 2에서와 같이 Sliding yoke의 전체길이 100mm로 하였다. 드릴가공의 경우 공구에 작용하는 절삭력은 공구의 외측날 외주부는 최고의 절삭속도가 되지만 내측의 절삭날 중심부는 0까지 절삭속도가 감소하면서 저절삭속도로 떨어진다. 그리고 Deep Hole Dilling 공구는 절삭날외에도 가공구멍의 안내작용을 하는 안내 패드를 갖고있기 때문에 여기에 사용되는 일반 절삭유보다도 더욱더 가혹한 조건에서 사용된다고 할 수 있다.

Table 3 Cutting Oil of experimental

Item	A Type	B Type	C Type
Sulphur(%)	0.33	1.8	1.9
Chlorine(%)	1.60	2.9	0

이와같은 조건에서 최적의 깊은구멍가공에 적합한 절삭유를 개발하기 위해 베이스 오일에 여러 가지 극압 첨가제를 넣어 각첨가제의 종류와 양에 따라 가공성에 미치는 영향에 분석하여 최적의 조건을 찾기 위한 실험에 사용된 절삭유는 비수용성 황화 염화계(KS 2종13호)인 깊은구멍 가공전용 절삭유로서

각각의 극압 첨가제 백분율은 Table 3과 같으며 실험 장비에 장착된 가변형 펌프를 통하여 Fig. 5의 공구부로 35kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 공급하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

극도로 어려운 작업특성을 가진 Deep Hole 드릴링 작업중에 작업특성을 만족시키기 위한 효율적인 절삭유제를 사용하는 BTA Drill에서의 깊은구멍 가공 공구는 칩의 배출, 안내부나 절삭날의 마모방지 및 절삭부의 냉각을 위하여 다량의 절삭유를 사용한다.

이때 절삭유가 공구에 작용하는 역할은 초경 가이드 패드부의 마모방지 즉 공급된 절삭유가 최초로 가장 효과가 기대되는 부위는 Pad부위의 마모를 방지하는 역할이다. 이 가이드 패드는 각각의 절삭날에서 발생되는 절삭력, 이송절삭력을 유지해주고 패드와 절삭면의 마찰에 의한 가공면의 Burnish작용을 함으로 표면 거칠기의 향상을 도모함으로써 리머가 공후에 기대되는 표면거칠기를 확보가 가능하며 BTA드릴에서 강을 가공할 경우 9~25 Rmax이하의 표면거칠기를 확보가 가능하다.

Fig. 6은 절삭속도의 변화에 따라 절삭유의 종류별로 실험가공을 하였을 때 공작물의 표면거칠기 변화를 나타내었다. BTA가공의 적정 절삭조건인 58~70m/min구간에서는 3종류 모두 25S이하의 범위로 표면거칠기는 양호하지만 A-type에서 절삭속도가 높아지면 표면 거칠기는 떨어지는 것으로 나타났다. 또한 가이드 패드부의 마모도 절삭속도의 증가와 더불어 증가하는 추세를 보였다. 이것은 BTA드릴링 작업에서 발생하는 절삭날부의 온도는 고온이 발생됨에 따라 다소 저온에서 반응하는 극압첨가제 염소의 함유량 보다는 고온에서 반응하는 유황의 함유량에 따른 변화로 생각되어진다.

또한 절삭날의 보호는 절삭유제중에 첨가제인 염소와 유황이 절삭작용에 의해 염화철, 황화철 화합물을 생성한다. 이것이 공구의 각각의 모서리에 부착되어 얇은 막을 형성함으로써 공구의 내마모성 및 내크레이트성을 증가시킨다. BTA드릴 방식 Deep Hole 가공에서 외측부의 절삭날보다는 내측날의 크레이트 마모가 일어나고 그로 인한 크레이트 마모가 공구수명을 결정하는 주요이 되어 지는 경우가 이러한 현상 때문이라고 생각되어진다.

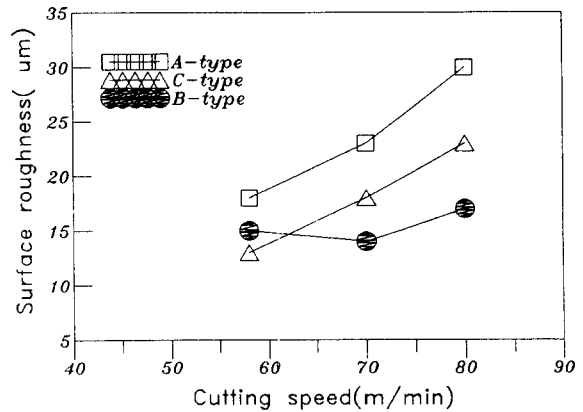


Fig. 6 Relationship between Surface Roughness and cutting speed

Fig. 7은 절삭속도의 변화에 따른 가공구멍의 직경의 변화를 나타내었다. 측정값은 가공후 10m구간에서 측정된값으로서 각 절삭유 모두 12μ 이하로 절삭유의 변화에 따른 직경의 확대량은 크게 차이를 보이지 않는다. 이것은 절삭유가 15m구간이후 A-type에서는 공구의 내측날 크레이트 마모가 극심하여 더 이상이 실험이 곤란하였다. 이것은 앞에서 논한바와 같이 유황함유량에 기인한 것으로 생각되어진다. 그리고 B-type에서 공구수명은 평균 30m의 수명을 유지하였으며 이때의 구멍 확대량은 -30μm로 직경변화가 이루어졌다. C-type의 절삭유는 20~25m구간의 평균 수명을 도달하였다.

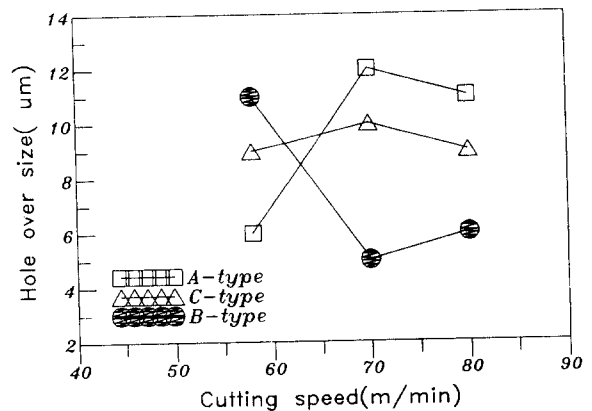


Fig. 7 Relationship between hole over size of diameter and cutting speed

Guide Pad부의 마모로 외측날의 심한 Chipping 현상으로 인하여 더 이상가공이 어려웠다. 이것은 가이드 패드부에 작용하는 Burnishing효과시 절삭유에 함유된 극압첨가제의 염소분이 전혀 작용하지 않았기 때문인 것으로 생각되어진다.

Fig. 8은 절삭속도의 변화에 따른 진원도의 변화를 나타내었다. 진원도는 절삭유 형태에 관계없이 전구간에서 양호하게 나타났지만 절삭속도가 높아지며 진원도는 다소 나빠지는 경향으로 보여지고 있다. 이것은 절삭유의 작용은 크게 영향을 받지않고 절삭작업시 절삭속도와 이송속도의 변화에 따른 스트레스가 변화함으로서 진원도의 변화에 영향을 주는 것으로 생각된다. 그리고 진원도의 형상은 주로 5각형으로 나타났었다.

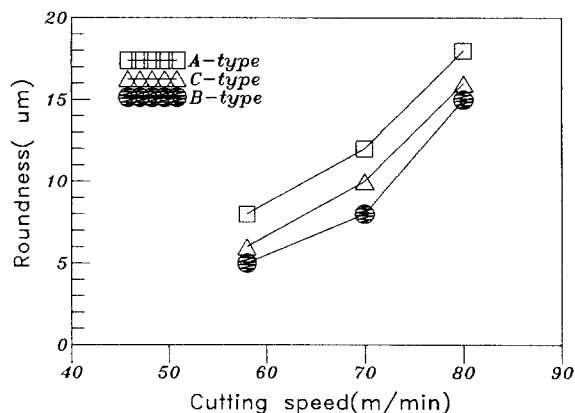


Fig. 8 Relationship between Roundness and cutting speed

#### 4. 결 론

이상과 같이 실험과 고찰을 통하여 STS BTA드릴링 시스템을 이용하여 절삭유에 함유된 극압첨가제의 함유량에 따라 공작물의 상태변화 즉, 구멍의 확대량, 공구의 가이드 패드부의 마모량, 표면거칠기, 진원도에 대하여 실험을 통하여 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) Deep Hole Drilling가공중 BTA드릴가공에서 절삭유의 극압첨가제중 염소의 함유량보다 유황의 함유량이 가공성에 크게 영향을 주는 것으로 확인되었다.
- (2) 유황의 함유량은 베이스 오일에 따라 다소 차이가 있지만 BTA드릴가공에서는 1.5 -2.0%의 범

위가 공작물의 가공성에 가장 적합한 것으로 사료된다.

- (3) 가이드 패드는 절삭시 절삭력의 지탱과 가공부의 Burnishing작용에 대하여 극압 첨가제 염소의 함유량에 따라 마모를 감소할 수 있는 것으로 사료 된다.

#### 참 고 문 헌

1. Morimoto T., Tamamura K., "The Effect of Fluides on the Burnishing (1st. Report) -The Ballizing of Steel-", JSME vol. 43 No. 9 pp. 1050~1055, 1977
2. Prupis L. M., Kobuladze. A. N., "Cooling System for Deep Drilling", Machine and Tooling Vol. XVIII No. 8
3. Taguchi K., Sakuma K., "Flow and Head Loss Characteristics of Cutting Fluid and Hydraulic Force in Gundrilling", Lubrication, Vol. 26, No. 7, pp. 495~502, 1981
4. 田口雄一, 明石剛二, 松川眞也, 赤沼進, "水溶性切削劑の深穴工具切れ刃のクレータ磨耗へおよぼす影響", 日立情報技術, No. 90, pp. 5220-5225, 1993
5. Osman M. O. M., Latinovic V., Greuner B., "On the Performance of Cutting Fluids for BTA Deep-Hole Machining", Int. J. Prod. Res., Vol. 19, No. 5 pp. 491~503, 1981
6. Osman . M. O. M., Latinovic. V., Greuner B., "A New Cutting Fluid for Improved Performance of BTA Deep Hole Machining", Tribological Aspects in Manufacturing, PER-Vol. 54, TRIB-Vol. 2, pp. 101~113, 1991
7. Astahov V. P., Subramanya P. S., Osman M.O. M.: "An Investigation of the cutting Fluid Flow in Self-Piloting Drills" Int. J. Mach. Tools Manufact, Vol. 35, No. 4, pp. 547~563. 1995
8. 横山和臣, 小野晴地:" BTA 方式の深穴あけ盤による加工の實際 (DBHシリーズ), pp. 92~100, 1986