

초경 Step Drill의 절삭성에 관한 연구

A Study on the Cutting Performance of the Carbide Step drill.

변 상기 (한국 에이비 시스템) 장 성규, 이 충엽 (동의공전) 전 언찬 (동아대)

S. K., Byun(KABSCO), S. G., Jang, C. Y., Lee(Dong Eui Tech. Jr. Collage), E. C., Jeon(Dorig-A Univ.)

Abstract

A study of carbide step drill cutting ability is highly progressing the step drill with more than twice diameter rate is so difficult in regrinding and very easy to damage during machining. As the machining of step drill for closed hole is occur to breakage at small diameter position, so it is very difficult to machine. Thus, in this experiment, We investigate roundness and surface roughness by machining distance and were identified that the first distance, 5~10m, was fine with $7\mu\text{m}$ but the around of 15m was happened so much alternation. And we were identified that after 20m was happened stable machining. The surface roughness was happened the same conditions. So application of step drill, we think that the selection of cutting conditions need lots consideration and the study of step drill's diameter ratio is carried out.

Key Words: step drill(스텝드릴), carbide drill(초경드릴), surface roughness(표면거칠기), roundness(진원도), hole over size of diameter(직경확대량)

1. 서 론

절삭 가공중에서 구멍가공은 가공공정의 30%를 차지하는 작업으로서 광범위하게 이루어지는 작업의 하나이다. 이러한 구멍가공은 현재 대부분 두개의 절삭날을 갖는 Twist Drill에 의해 이루어지고 있다.

이 초경 Step드릴은 작업 능률이 다른 절삭공구에 비교하여 제작이 난이하고, 그 가공 정밀도 또한 요구하는 품질에 만족시키지 못하는 실정이다. 이런 문제점을 개선하기 위한 대표적인 연구는 초경 Step드릴의 직경 비에 관한 연구¹⁾, 절삭력과 공구 수명에 관한 연구²⁻³⁾, 특수 인선을 갖는 초경 Step드릴의 연구⁵⁻⁷⁾ 등 많은 연구가 이루어져 왔다.

초경 Step드릴에서 가공 구멍의 정밀도에 관하여도 초경 Step드릴은 전반적으로 우수한 결과를 얻었다. 그러나 chisel부의 적절한 시닝형상, 칩의 배출성, 절삭날의 재연삭의 복잡성, 공구재질과 관련한 절삭 능력의 한계 등 해결하여야 할 많은 문제를 갖고 있다. 최근 생산성 향상과 가공 정밀도의 향상을 목적으로 고속도강에서 WC계 초경합금제 초경

Step드릴이 개발되었다. 이 초경 Step드릴은 큰 선단각과, 2단의 여유면을 갖고 굽힘 강성을 높이기 위해서 넓은 웨브폭을 갖고 있다.

또 주절삭날의 연장이 드릴의 중심을 통과하고 치즐부에는 특수한 시닝을 하였다. 최근 이 초경 Step드릴이 생산 현장에 보급되기 시작하여 많이 사용되고 있다. 그러나 가공 정밀도와 절삭 조건의 관계, 표면 거칠기, 실제에 사용하는 유의점등이 충분히 밝혀지고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 초경 Step드릴로 구상후연주철의 시험편을 사용하여 구멍 가공 실험을 하고, 그 절삭 성능과 관련하여 가공 구멍의 형상을 측정함에 따라 가공구멍의 진원도 및 표면 거칠기에 관하여 실험을 통하여 연구하였다. 구상후연주철은 강도와 경도가 비교적 높고 내마모성이 양호한 관계로 자동차 산업기계 등의 부품소재로서 매우 광범위하게 산업용 재료로서 용도가 확대되고 있다.

2. 실험 방법 및 드릴의 형상

2.1 시험편 및 공구

본 실험에 사용된 시험편은 구상흑연주철의 FCD50으로서 그 화학적 성분은 Table 1과 같으며, 기계적 성질은 Table 2와 같다.

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

C	Si	Mn	P	S	Mg
3.66	2.7	0.18	0.033	0.017	0.047

Table 2 Mechanical properties of the work piece

Structure		Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (H _B)
Graphite (%)	Matrix			
90	45	707	6.6	223

그리고 사용된 공구는 초경 Step드릴로서 그 인선 형상은 Fig. 1에 나타내었다. 이 드릴은 초경 합금제 K20의 솔리드 Step드릴로서 직경 $\phi 9.05\text{mm} \times \phi 3.5\text{mm}$ 길이 3mm, 홈길이 70mm이며, 선단각은 일반적인 트위스트 드릴보다 다소 큰 120° 이다. 사선에 표시한 인선부에서는 경사면의 연삭과 치절부에 대하여 시닝이 되어 있다.

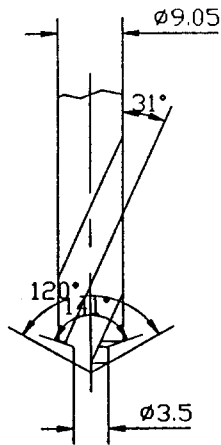


Fig. 1 Shape of carbide step drill

초경 Step 드릴의 절삭 성능을 파악하기 위해서,

Fig. 1과 같이 초경 Step드릴을 사용하여 구멍가공을 하였다. 초경 Step드릴의 치수는 길이 125mm, 홈길이 80mm로서 선단각은 120° , 주절삭날 외주부에서의 여유각 12° , 웨브 두께 2mm, 비틀림각 31° 의 절삭날 형상을 갖고 있다. 재질은 K20 계열의 공구를 실험에 사용하였다.

실험에 사용된 구상 흑연주철은 강도와 큰 연성을 가지고 있다. 따라서 구상흑연주철은 강인성이 요구되는 자동차용 부품에 많이 사용되고 있으며 일반적으로 강력형의 구상 흑연주철은 Mn이 함유량이 많게 하고, 고연성을 요구시에는 P의 함량을 최소로 줄여주는 방법으로 구상 흑연주철을 선택하고 있다.

2.2 실험 장치

본 실험에 사용된 공작기계는 2-Spindle Type의 CNC Machining center(Model: MC340, Stama GmbH)로서 주축의 구동은 하나의 Servo Motor에 2-Spindle을 구동하도록 설계 제작되어 있는 장비이다. 그리고 이 기계의 가공능력은 드릴링 Max. $\phi 27$, 밀링 $150\text{cm}^3/\text{min}$ 의 능력을 가지고 있으며, 공작물은 $120\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 유압으로 고정할 수 있도록 특수형태로 설계 제작된 지그를 사용하였다.

시험편의 정밀도를 측정하기 위한 장치로서는 내경측정은 1/100mm의 실린더 게이지를 이용하여 변화량을 측정하였고, 표면 거칠기는 Surface roughness tester (Taylor Hobson: Form talysum)로, 진원도는 Roundness tester(Feinprof: Formmeter F3P)로 측정하였다.

Fig. 2는 실험장치의 개략도 및 측정장치를 나타내었다.

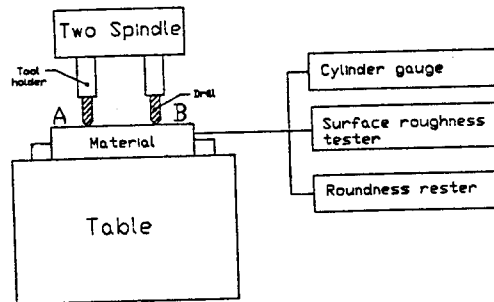


Fig. 2 Schematic of the test equipment

2.3 실험 방법

공작물을 2-Spindle Type Machining Center의 테이블에 고정하고, 공구홀더에 공구를 고정하여 공구 회전방식에 의하여 가공깊이 15mm의 막힌 구멍을 가공하였다. 그리고 Spindle에 동시에 초경 Step 드릴을 고정하고, 절삭조건은 절삭속도 $V=110\text{m/min}$, 이송속도 $F=190\text{mm/min}$ 로 가공 실험하였다. 구멍가공 후 공작물을 가공구멍의 원주 방향으로 가공구멍의 형상을 측정하였다. 측정은 $\phi 9.05\text{mm}$ 부를 측정을 하였다. 그리고 기준원의 크기를 정하기 위해서 구멍가공 실험에 앞서 직경 $\phi 9.05\text{mm}$ 의 Step 드릴을 다이얼 게이지로 교정을 하였다. 가공구멍의 표면 거칠기는 구멍의 중앙에서 축방향으로 중심선 평균 거칠기를 이용하여 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

가공구멍 입구에서 초경 Step드릴에 대한 가공 길이별 직경 변화를 Fig. 3에 표시하였다. 초경 Step드릴의 결과를 보면, 가공 길이 15m 부근에서 초경 Step 드릴의 직경 변화가 $12\mu\text{m}$ 로 급격히 증가하지만, 오히려 15m이후에서는 $10\mu\text{m}$ 정도로 완만한 직경의 변화를 보인다. 따라서 직경의 변화는 초경 Step 드릴은 가공 정밀도가 양호함을 알 수 있었다. 초경 Step드릴에서 가공된 구멍에서는 거의 같은 크기로 되지만 입구에서는 다소 $21\mu\text{m}$ 정도로 크게 되는 것을 알 수 있었다.

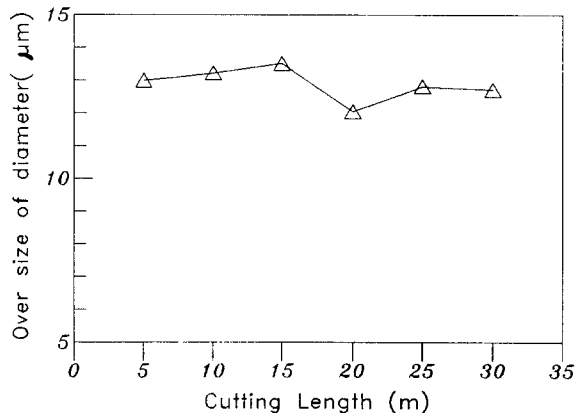


Fig. 3 Relationship between cutting length and hole over size in drilling

이와 같이 15m구간 이후 공구에서 구멍확대량이

다소 떨어지는 현상은 공구자체의 절삭날부의 초기 마모현상에 기인하는 것으로 생각되어진다⁸⁾. 초경 Step드릴은 다소 기복이 보여지고, 가공구멍 전체에 걸쳐 각단면에서 동일한 크기의 직경으로 되어 있다. 초경 Step드릴은 전체적으로 원활한 구멍확대 변화가 나타났었다. 이것들은 초경 Step드릴에서 구멍 가공 작업중 절삭 개시 직후에 다소 심한 진동이 자주 발생된 사실과 관계가 있다고 생각되어지며⁹⁾ 이 진동은 절삭조건에 관계되며 초경 Step드릴이 실험 특성상 드릴 가이드 부쉬를 사용할 수 없었음에 따른 초기 구멍가공시에 진동이 발생하여 가공구멍 확대가 일어나는 것으로 추정된다.

Fig. 4에서는 초경 Step드릴링후 가공면의 진원도를 측정된 결과를 나타내었다. 가공구멍 입구에서 구멍 깊이가 5mm에서 진원도를 측정하였다. 가공의 진행과 더불어 진원도가 향상되고, 구멍의 출구 부근에서는 초경 Step드릴은 20m부근에서 상당히 우수함을 알 수 있었다. 그리고 초경 Step드릴은 초기 구간에서는 초경 Step드릴이 거의 일치하는 진원도가 나타났지만, 가공구멍 길이가 증가함에 따라서 10m이상 15m사이에서 나빠지는 것을 확인할 수 있었다.

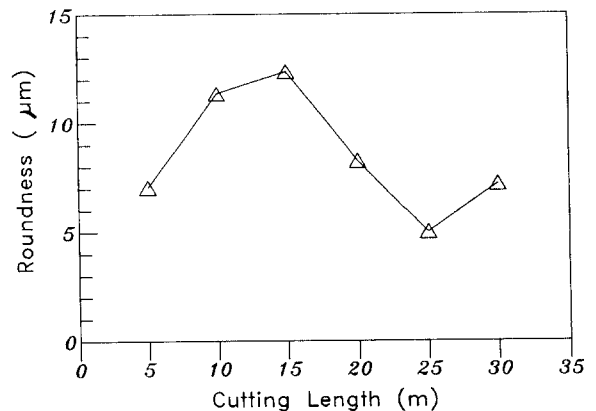


Fig. 4 Relationship between cutting length and roundness of hole in drilling

Fig. 5는 Step드릴링후 측정된 진원도 형상을 나타내었다. Fig. 6은 $\phi 3.5$ 를 기준으로 $\phi 9.05$ 의 동심을 확인한 결과 초기 5m부근에서는 양호하지만 15m부근에서는 $0.08\mu\text{m}$ 까지 변화되고 이후에는 거의 일정한 값으로 나타남을 알 수 있었다. 따라서 Step부의 제작에 있어서 직경비의 변화를 충분히 고려하여 초기결

정된 동심도 보다 다소 크게 변화가 일어난 것으로 초기 절삭개시직후에 다소 진동이 발생하지만 20m 이후구간에서는 일정한 Step부의 마멸이 진행되었기 때문이라 생각되어진다.

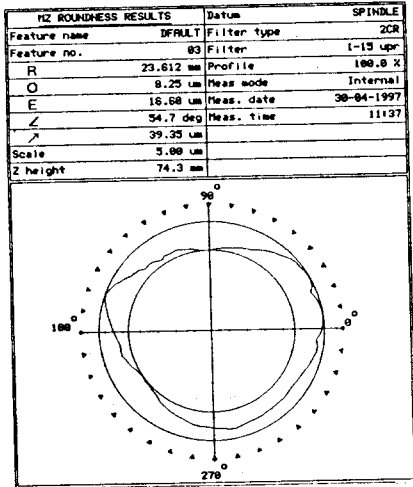


Fig. 5 Type of the roundness

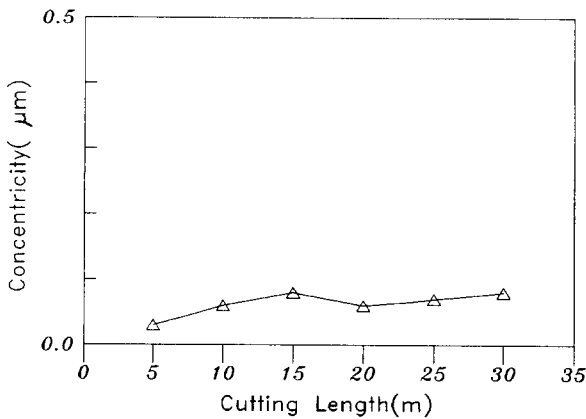


Fig. 6 Relationship between cutting length and concentricity in drilling

그리고 Fig. 7에서는 양 드릴에 의해 가공된 구멍의 표면 거칠기를 중심선 평균 거칠기로 나타내었다. 사용된 초경 Step드릴 공구로 가공한 결과 가공 초기에는 다소 거친 조도를 나타내고 있지만 가공거리가 증가 할수록 3μm이하로 상당히 양호한 표면거칠기를 나타냄을 알 수 있다.

초경 Step드릴은 직경비의 큰 차이에도 우수한

가공능력을 발휘할수 있다. 이 이유는 드릴의 고강성, 공구재질과 그것에 관련하여 절삭 조건, 칩 배출성 등의 차이에 의한 것이라 생각된다¹⁰⁾.

진원도는 구멍 가공 개시 직후에 선단각이 초경 Step 드릴은 원활하게 가공이 이루어질 수 있도록 절삭조건 개선과 진동이 발생하지 않도록 절삭날 형상을 개선하면, 정밀도 높은 구멍가공을 할 수 있다고 생각한다¹¹⁾.

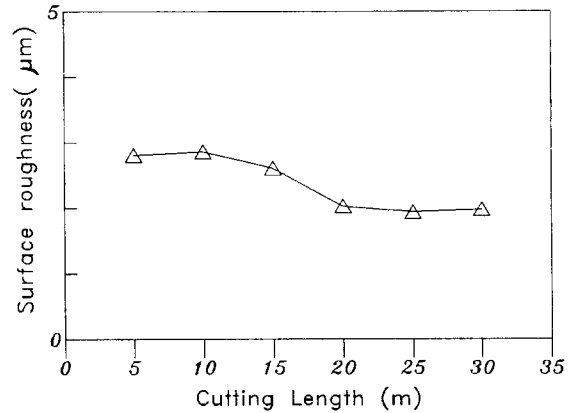


Fig. 7 Relationship between cutting length and surface roughness in drilling

한편, 초경 Step드릴 고가이고, 절삭날의 재연삭이 복잡하다. 또 적절한 절삭 속도와 이송에서 작업이 이루어지지 않는 경우 초경 Step 드릴은 직경비의 차이에 따라 절삭조건을 충분히 고려하여 Step부의 파손을 방지 하여야 하며, 공작물의 강성이나 그 지그의 강성이 충분하지 않는 경우 초경 Step 드릴의 절삭날에 칩핑현상이 발생하기 쉽고 공구의 수명이 단축된다는 것이 실험을 통하여 관찰되었다. 따라서 초경 Step 드릴의 사용에 있어서 이것들의 문제점을 충분히 고려할 필요가 있다.

4. 결 론

고속 절삭용에 사용하는 초경 Step드릴 $\phi 9.05 \times \phi 3.05$ 를 사용하여 절삭 성능을 평가하기 위해서 가공구멍의 직경 변화 및 표면거칠기의 변화에 관한 실험을 통하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 동일 절삭조건에서 초경 Step드릴를 평가한 결

- 과 20m 이후까지 가공성이 우수함을 알 수 있었다.
2. 가공조건에서 직경의 변화는 초기 5m 부근에서 15m사이가 Step드릴의 사용 조건에 가장 적합한 품질을 확보가 가능하였다.
 3. 동일 조건에서 진원도의 변화는 20m이후에서 7 μ m이하로 나타내고 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Watson: "Drilling Model for Cutting lip and Chisel Edge and Comparison of Experimental and Predicted Results. III -Drilling Model for Chisel Edge-", Int. J. Mach. Tool Des. Res., Vol. 25, No. 4, pp. 377~392, 1985
2. Hosoi T., Hosoi R., Asano K., Horiuchi O., Hasegawa Y.: "Drilling Capacity of a New Carbide Tipped Twist Drill with Special Edge Shape", JSPM, Vol. 47, No. 8, pp. 975~980, 1981
3. Minori K.: "A Study on the Behaviour of Drill Life in Steels", Technical Report of Mechanical Engineering Laboratory, No. 84, 1975
4. Ogawa M., Nakayama K.: "Improved Performance of Twist Drill by the Nicks on its Cutting Edges" JSPM Vol. 50, No. 10, pp. 1659~1664, 1984
5. John S. Agapiou: "Design Characteristics of New Types of Drill and Evolution of their Performance Drilling Cast Iron -Drills with Three major Cutting Edges-", Int. J. Mach. Tools Manufact, Vol. 33, No. 3, pp. 343~365, 1993
6. Venkatesh V. C., Xue W., Quinto D. T.: "Surface Studies during Indexable Drilling with Cored Carbides of Different Geometry", Annals of the CRIP, Vol. 41/1, 1992
7. Charistian Nedess, Ulrich Gunther: "Radial Forces in Short Hole Drilling and thier Effects on Drill Performance", Transactions of NAMRT /SME, Vol. XX, 1992
8. 中村健三 ; " 穴加工 핸드ブック" , pp. 154~200, 1979
9. Sakuma, K., Taguchi, K., Katsuki, A.: "Study on Deep Hole Boring by BTA System Solid Boring Tool, -The Effects of Shapes of Guide-pads on Hole Accuracy-", J. of the JSPE, vol. 46, No. 8, pp. 1009~1014, 1980
10. 전태욱, 전연찬, 심정보, 장성규; "싱글튜브시스템 BTA공구에 의한 박용부품 소재의 CNC심공 가공 특성에 관한 연구", 한국해양공학회지, Vol. 8, No. 1, pp. 131~143, 1994
11. 佐九間敬三, 田口紘一, 甲木昭雄; "Solid boring 工具による深穴加工の研究 (工具案内部のパニシ作用と加工穴精度への影響)", 日本機械學會論文集", Vol. 46, No.403, pp. 327~334, 1980