

## 고정도 챔퍼링 공구 세트의 개발

김철\*, 최용훈\*\*, 소병환\*\*\*, 김창호\*\*\*\*,#

\*부산대학교 기계공학부, \*\*부산대학교 기계공학부 대학원, \*\*\*(주)원플랜지, \*\*\*\*동의대학교 기계공학과

### A Development of High-Precision Chamfering Tool Set

Chul Kim\*, Yong-Hoon Choi\*\*, Byung-hwan Sho\*\*\* and Chang-Ho Kim\*\*\*\*,#

\*School of Mechanical Engineering, Pusan University, \*\*School of Mechanical Engineering, Graduate School, Pusan University, \*\*\* One Flange Co. Ltd., \*\*\*\*Department of Mechanical Engineering, Dong-eui University.

(Received 10 January 2015; received in revised form 9 February 2015; accepted 11 February 2015)

#### ABSTRACT

There has been a string of negligent accidents at the seaside, and there is presently a shortage of professional equipment to deal with such accidents. The purpose of this paper is to assess the development of a rescue lift. The critical load of a support pipe, and the stability of the rescue lift, were investigated using structural analysis. Critical-load analysis was used to study the effects of variations in the pipe length and the ratio of the moment of inertia. The total weight of the developed rescue lift is approximately 20.7 kg, and the lift passed the load tests.

**Key Words** : Chamfering Tool(챔퍼링 공구), Shank(샹크), Flange(플랜지), Tool Holder(공구 고정구)

#### 1. 서 론

챔퍼링(chamfering)이란 드릴로 뚫린 구멍 주위를 넓혀 볼트 머리가 완전히 묻히수 있도록 접시머리 자리를 가공하거나 구멍입구의 일부를 확대하여 볼트나 핀의 삽입이 용이하게 하는 가공 공정이다.

일반적으로, 챔퍼링 공구는 피가공물에 형성된 구멍 입구의 각진 모서리를 다듬기 위해 챔퍼링 작업을 수행하기 위한 공구를 일컫는다.

드릴로 가공된 구멍의 입구에는 일반적으로 버어(burr)가 발생하는데 이 버어는 매우 예리하여

절삭공구의 마모를 유발시킬 뿐 아니라 작업자를 다치게 한다. 또한 드릴작업 시 초기에 붙어있던 버어가 제품의 작동을 느슨하게 하여 나중에 심각한 손상을 가져오기도 한다.<sup>[1,2]</sup>

이와 같이 드릴링 시 생긴 버어를 제거하기 위해 특수한 드릴이나, 진동 공구를 이용한 방법들이 있고 디버링 공구를 개발하기도 하였다.<sup>[3,4]</sup>

챔퍼링 공구에 의한 챔퍼링 가공 시 그 자체의 오차나 드릴링된 공작물 구멍의 오차에 따라 가공 정밀도가 떨어지는 것으로 알려져 있다.<sup>[5,6,7,8]</sup>

일반적으로 기존의 챔퍼링 공구 세트는 챔퍼링 절삭부(chamfering edge)와 샹크(shank)로 된 챔퍼링 공구와 이 공구를 공구하는 공구 고정구(tool

# Corresponding author: chkim21@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-1651, Fax: +82-0505-182-6891

holder)로 이루어져 있다.

Fig. 1은 일반적으로 사용되는 챔퍼링 공구이다. 기존의 챔퍼링 공구셋트는 Fig. 2와 같이 공구 고정구의 안쪽면에 거의 틈새 없이 공구가 삽입되어 움직이지 않도록 공구고정구에 고정된 채 챔퍼링 공구가 드릴링된 공작물의 구멍 입구에 접촉하도록 하강한 후 고속으로 회전하면서 공작물 구멍을 챔퍼링한다.

이와 같은 공구가 고정된 챔퍼링방식은 챔퍼링 공구의 중심과 공작물 구멍의 중심이 조금 어긋나는 경우, Fig. 3과 같이 공작물 구멍의 입구 모서리를 따라 챔퍼링이 균일하게 이루어지지 못하고 그 챔퍼링 부위가 한편으로 치우쳐 편차진 형태로 이루어지는 문제점이 있다. 특히 90° 씩 등 간격으로 분할된 4개의 구멍을 한번에 챔퍼링할 경우, 그 구멍들이 완벽하게 90° 씩 등 간격으로 분할되어 있고 4개의 챔퍼링 공구도 완벽하게 설치되어 있다면 문제가 없으나 드릴구멍의 정밀도 및 챔퍼링 공구의 정밀도에 따라 챔퍼링의 정밀도는 달라진다.

드릴구멍의 중심에 대해 챔퍼링원의 동심도가 떨어지기 때문에 볼트로 이 구멍을 통과시켜 플랜지 등을 연결 시 접촉불량이 발생하거나 동심도가 떨어진다. 또한 공구가 공작물 구멍에 접촉하는 순간 상당한 저항을 받기 때문에 공구의 수명을 단축하는 결과를 초래하기도 한다. 이러한 기계는 공구가 등 간격으로 설치되어 여러 공작물 구멍을 단번에 챔퍼링하는 다축 챔퍼링 기계에서 더욱 심각하다.

공작물의 드릴 구멍이 부정확하게 위치해 있더라도 챔퍼링공구가 하강하여 공작물 구멍의 입구 모서리에 접하는 순간 그 접촉압력에 의하여 자연스럽게 변위되어 공작물 구멍의 입구 중심으로 이동하여 챔퍼링하기 때문에 가공오차를 최소화면서 정밀한 챔퍼링이 이루어지는 구조이다.

본 논문은 공구고정구 벽면 안으로 삽입된 공구 샹크를 고정하는 기존의 공구셋트 구조와 달리 공구고정구 벽면과 공구 샹크에 구멍을 뚫어 공구샹크를 지지시키는 고정핀으로 구성된 고정도 챔퍼링 공구 셋트에 관한 것이다.



Fig. 1 conventional chamfering tool

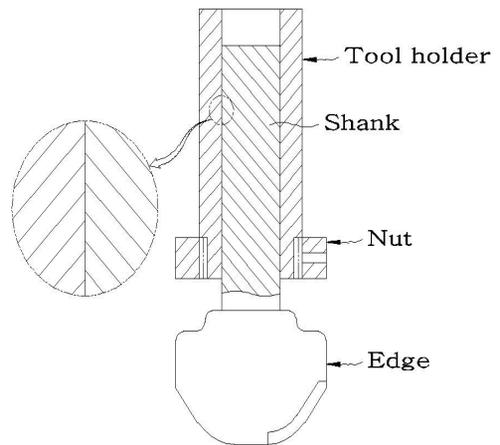


Fig. 2 Conventional chamfering tool set

## 2. 실험장치 및 방법

### 2.1 챔퍼링 공구의 설계

본 연구에서 개발된 챔퍼링 공구셋트(tool set)는 챔퍼링공구의 샹크(shank)와 공구 고정구(tool holder), 고정용 핀(fixing pin)으로 구성되어 있다. 공구의 샹크 및 공구 고정구 벽면에 구멍을 뚫어 고정용 핀으로 고정하는 구조이다.

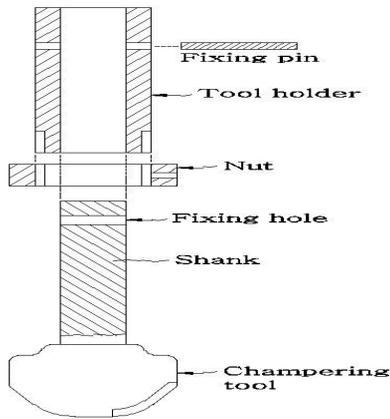


Fig. 3 Components of new chamfering tool set

Fig. 3은 개발된 공구세트의 각 부품들에 대한 설명이다. 공구고정구의 벽면과 Fig. 1과 같은 공구의 샹크에 각각 구멍이 뚫어져 있다. Fig. 3의 공구 샹크의 직경(직경  $\Phi D$ )보다 작은 구멍(직경  $\Phi d$ )을 공구고정구 벽면에 뚫고 고정용 핀(직경  $\Phi d$ )으로 고정시킨다. 공구고정구의 체결용 구멍의 크기는 고정용 핀이 억지로 들어갈 수 있을 정도로 핀 직경보다 거의 같거나 0.01mm 정도 크다.

챔퍼링 공구 샹크의 체결용 구멍직경은 공구고정구의 구멍 직경보다 최소 1mm 이상 더 크게 하여 만들면, 조립 시 고정용 핀에 공구가 0.5mm 이상의 여유를 갖고 걸쳐서 지지되어 있다. 이 구조는 챔퍼링공구가 공구고정구에 고정된 것이 아니라 변위가 가능하도록 느슨하게 삽입된 상태에서 고정핀에 의해 지지되어 있기 때문에 상하 좌우의 모든 방향으로 변위가 가능하다.

아래의 식 (1), (2)는 이들의 관계를 잘 보여주는 식들이다. 여기서  $\Phi D, \Phi d$ , 및  $\Phi p$ 는 챔퍼링 공구 샹크의 체결용 구멍의 직경, 공구고정구 벽면의 구멍 및 고정용 핀 직경을 각각 나타낸다.

$$\Phi D \geq \Phi d + 1 \quad (1)$$

$$\Phi p \leq \Phi d \quad (2)$$

기존의 공구 고정구는 공구가 흔들리지 않도록 고정시키기 때문에 드릴 구멍의 위치가 정확하지 않거나 챔퍼링 공구의 정밀도가 정확하지 않으면 정확한 챔퍼링이 되지 않는다. 즉 정확한 챔퍼링 위치를 찾아가지 못한 상태에서 챔퍼링이 진행되면서 가공오차가 발생한다.

그러나 개발된 공구는 공구 샹크의 구멍이 공구 고정구 벽면의 구멍보다 크게 가공되어 그 차이만큼 여유가 있다. 핀에 지지된 공구가 공구고정구 안에서 연결되어 챔퍼링 시, 이 여유만큼 상하 좌우로 움직일 수 있다.

Fig. 4는 Fig. 3의 각 부품들을 조립한 공구세트의 구조 및 작동원리이다. 챔퍼링 공구 샹크가 핀에 지지되어 공구고정구에 여유를 갖고 걸쳐 있어서 절삭저항을 받을 때 둘의 반경의 차이만큼 공구가 공구고정구안에서 충격을 흡수하게 된다.

따라서 공작물의 중심이 공구의 절삭날의 중심과 어긋나 위치해 있더라도 공작물의 입구 모서리에 접촉할 때 그 절삭저항에 의해 밀리면서 공작물구멍의 중심쪽으로 자연스럽게 이동하여 정합되고 공작물의 입구모서리가 한쪽으로 치우치지 않고 균일한 형태로 챔퍼링한다. 그러므로 회전하면서 하강하는 공구가 공작물에 하중이 작용하는 동시에 핀과 챔퍼링 공구 샹크, 공구고정구와 챔퍼링 공구 샹크의 여유 공간으로 인해 공구가 상하좌우로 자유로이 움직이면서 가공하고자 하는 위치를 정확하게 찾아간다.

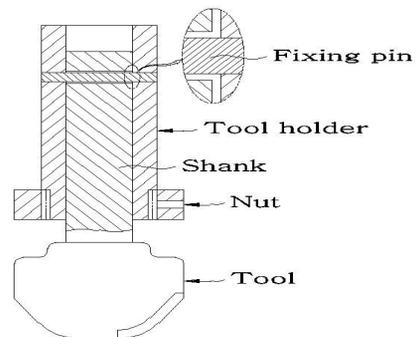


Fig. 4 Assembly of new chamfering tool set

이것은 마치 완전유회환 조건에서 베어링내의 축이 회전할 때 적은 저항을 받고 기름내에서 작동하는 축과 같다. 즉, 챔퍼링 공구의 유동능력으로 가공구멍 중심을 정확하게 잘 찾아가게 되므로 모든 방향으로 일정한 가공이 가능하기 때문에 정밀한 챔퍼링 할 수 있게 된다. 챔퍼링해야 할 구멍의 정확한 자리를 찾아들어간다.

## 2.2. 실험 장치

Fig. 5는 본 실험에 사용된 다축 드릴링 기계로서 한 대의 기계에 동심원에 대하여 90° 간격으로 4개의 스피들이 있는데, 각각의 스피들은 한 개의 구동축에서 유니버설 조인트 혹은 기어 등을 이용하여 회전시키는 구조이다. 이 스피들에 각각 4개의 챔퍼링 공구셋트를 장착하여 한번에 90° 간격으로 4개의 드릴링 및 챔퍼링을 할 수 있다. 그리고 스피들의 위치를 조정할 수 있으며 같은 평면 안에 있는 다수의 구멍을 동시에 가공할 수 있다. 이 헤드에 공구동력계(dynamometer)를 부착하여 챔퍼링 작업 시 동력을 측정하고자 하였다.



Fig. 5 4-spindle drilling/chamfering machine

## 2.3. 실험 방법

### 2.3.1 실험용 소재

본 실험에 사용된 소재는 기계구조용 저탄소강으로, 실험 대상 부품은 Fig. 6과 같이 직경이 19mm인 볼트용 구멍을 4개 드릴링한 slip-on 용접용 강관 플랜지로서(KS B 1503-1999, 10 Kg/cm<sup>2</sup>) 제원은 Table 1과 같다. Fig.7은 개발한 공구셋트의 구조 및 작동원리를 시뮬레이션 한 것이다.

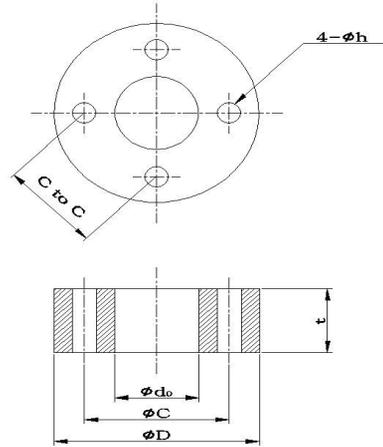


Fig. 6 flange for workpiece (BL Type Nominal size 10-800A)

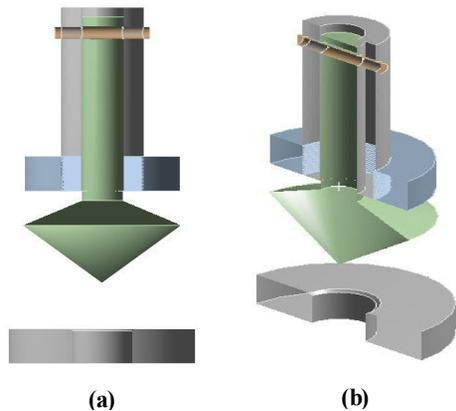


Fig. 7 Mechanism of chamfering tool set ((a) 2-D and (b) analytical 3-D)

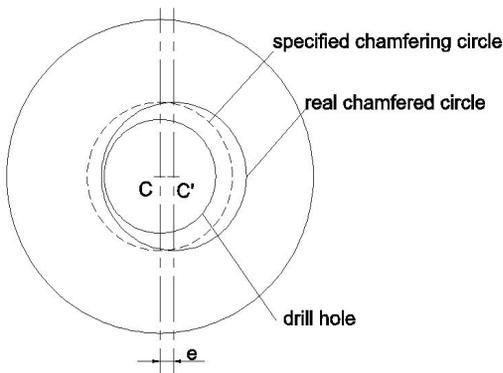
## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 챔퍼링원의 편심

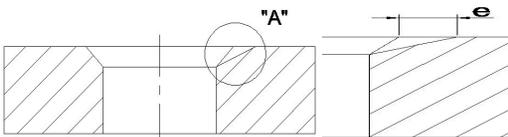
공구고정구 벽면의 구멍보다 각각 0.5, 1.0, 1.52mm 크게 각각 공구 샙크의 구멍을 뚫어 고정핀으로 지지시키고 4개의 드릴 가공된 구멍을 챔퍼링하였을 때, 직경의 차이  $\Delta d$ 의 변화에 대한 편심(eccentricity)의 변화의 추이를 알아보기 위하여 실험하였다.

**Table 1 Specification of flange(BL Type Nominal size 10-800A)**

Specification	Dimension
Outside diameter( $\Phi D$ )	175 mm
Inside diameter( $\Phi d_0$ )	77.1mm
No. of bolt holes	4
Diameter of bolt hole( $\Phi h$ )	19 mm
Thickness	18 mm
Material of flange	S25C
adjacent holes tolerance to center-to center (C-to-C)	$\pm 0.8$ mm
chamfer with of bolt hole	1.1 mm
chamfer angle	$45^\circ$



(a) Difference between two circles



(b) Cross-section of (a) (c) Detail of A  
Fig. 8 Chamfered hole

직경의 차이  $\Delta d$  는

$$\Delta d = \Phi T - \Phi S \quad (3)$$

여기서  $\Phi T$  및  $\Phi S$ 는 공구고정구 벽면의 구멍의 직경과 공구 샹크의 구멍을 각각 나타낸다.

Fig. 8은 규격에서 요구하는 챔퍼링 구멍에 대한 편심(e)와 단면에 대한 그림이다. 여기서 C 및 C'는 지정한 챔퍼링원의 중심과 실제 가공된 챔퍼링원의 중심을 나타낸다.

측정 결과, Table 1과 같이  $\Delta d$ 의 값이 1.5 일 때 편심이 가장 적은 것으로 나타났다. 즉, 공구고정구 벽면의 구멍의 직경과 공구 샹크의 구멍이 1.5mm 차이 났을 때 가장 정확하게 드릴구멍의 중심에 맞게 챔퍼링 하는 것을 알 수 있다.

**Table 2 Variation of eccentricity with different  $\Delta d$  unit: mm**

$\Delta d$	e(eccentricity)
0.5	0.12
1.0	0.1
1.5	0.05
2.0	0.15

#### 4. 결론

본 연구는 드릴가공된 공작물의 구멍을 챔퍼링 할 때 공작물의 구멍의 중심이 공구의 중심과 일치하지 않게 가공되어 있어도 챔퍼링 공구가 구멍의 중심에 챔퍼링되도록 개발된 챔퍼링 공구 세트에 관한 것으로 실험 및 해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존의 공구세트에 의한 챔퍼링 작업에 비해 개발된 챔퍼링 공구 세트에 의한 챔퍼링 작업이 정밀하였다.
2. 공구고정구 벽면의 구멍의 직경과 공구 샹크의 구멍이 1.5mm 차이 났을 때 가장 정확하게 드릴구멍의 중심에 맞게 챔퍼링 되었다.

## 후 기

본 논문은 2014학년도 동의대학교 교내연구비의 지원에 의해 연구되었음.(과제번호 2014AA198)

## References

1. C. Aurich, D. Dornfeld, P. J. Arrazola, V. Franke, L. Leits, S. Min, "Burrs-Analysis, Control and Removal", CIRP Annals-Manufacturing Technology, No. 58, pp. 519-542, 2009.
2. J. Kim, S. Min, D. Dornfeld, "Optimization and Control of Drilling Burr Formation of AISI 304L and AISI 4118 Based on Drilling Burr Control Charts", Int'l J. of Machine Tools & Manufacture, Vol. 41, No. 7, pp. 923-936, 2001.
3. K. H. Kim, C. H. Cho, S. Y. Jeon, K. Lee, D. Dornfeld, "Drilling and Deburring in a Single Process", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B, J. of Engineering Manufacture, Vol. 217, No. 9, pp. 1327-1331, 2003.
4. C. H. Choi, K. H. Kim, "Design of a Deburring Tool for Intersecting Holes in Aluminum Alloys", J. of Materials Processing Technology 212, pp. 1132-1138, 2012.
2. C. Kalyan, G. L. Samuel, "Cutting mode analysis in high speed finish turning of AlMgSi alloy using edge chamfered PCD tools", J. of Materials Processing Technology, Volume 216, pp. 146-159, 2015.
3. R. D. S. G. Campilho, M. F. S. F. de Moura, J.J.M.S. Domingues, "Numerical prediction on the tensile residual strength of repaired CFRP under different geometric changes", International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 29, Issue 2, March, pp. 195-205, 2009.
4. M. Abdel Mohsen Mahdy, "Economic drilling conditions for a given deburring radius", J. of Materials Processing Technology, Volume 110, Issue 2, pp. 197-205, 19 March 2001.
5. J. M. Kihui, G. O. Rading, S. M. Mutuli, "Universal SCFs and Optimal Chamfering in Cross-bored Cylinders", Int'l J. of Pressure Vessels and Piping, Vol. 84, Issue 6, pp. 396-404, 2007.
6. C. Kalyan, G.L. Samuel, "Cutting mode analysis in high speed finish turning of AlMgSi alloy using edge chamfered PCD tools", J. of Materials Processing Technology, Vol. 216, pp. 146-159, 2015.
7. B. R. Choi, K. B. Hwang, K. Y. Bae, "Analysis on Cutting Force of Tool in Gear Chamfering Process", J. of KSMPE, Vol. 12, No. 1, pp. 52-62, 2013.
8. Y. C.I Lee, T. S. Kwak, G. -N. Kim, J. R. Lee, "High-speed Machining Technology using CNC Machining Center Equipped with Attachment Type High-Speed Spindle", J. of KSMPE, Vol. 11, No.2, pp. 152-158, 2012.