

# 깊은 홈 및 절단가공용 드로우어웨이식 초경공구 시스템의 설계에 관한 연구

김형철,\* 이우영,\*\* 남궁석\*\*\*

## A Study on the Design of Throw-away Cutting Tool System for Deep Grooving or Cut-off Machining

Hyeung Chul Kim,\* Woo Young Lee,\*\* Suk Namgung\*\*\*

### ABSTRACT

The procedure on the design of a new tungsten cabide throw-away cutting tool system for deep grooving or cut-off machining is suggested. For relieving the maximum stress level at the corner radius of the blade holder, the finite element method is used. Also the pulling test device is proposed for measuring the holding force of the insert between the blade holder and the insert considering the materials in contact and configuration parameters of the holder.

**Key Words** : Deep Grooving or Cut-off Machining(깊은 홈 및 절단가공), Throw-away Cutting Tool System(드로우어웨이식 초경공구 시스템), Blade Holder(박형 홀더), FEM(유한요소법), Pulling Test(Pulling 실험), Holding Force(인서트 고정력)

### 1. 서 론

1980년 중반을 기점으로 하여 절삭공구의 고능률설계<sup>(1),(5)</sup>에 관한 연구가 드로우어웨이 방식의 툴링 시스템 기술의 개발을 계기로 하여 유럽, 일본 및 북미지역에서 상당한 주목을 받기 시작했다. 현재, 절삭공구 분야에서 공구재질 및 형상의 다양화와 다기능화 그리고

자동화, 무인화에 대응하여 점차 시스템화 하는 동향이 있는데 이는 지능형 공작기계의 효율을 극대화 시키기 위한 신속 공구교환 및 예측이 가능하고 신뢰할 수 있는 절삭가공 공정의 유지관점에서 시스템적인 설계기술의 개발이 매우 중요한 요소가 되기 때문이다.<sup>(5)</sup>

일반적으로 깊은 홈 및 절단가공용 공구를 형태에 따라 분류하여 보면 용접식(brazing type), 클램프식

\* 충남대학교 대학원 기계공학과

\*\* 한국기술교육대학 생산기계공학과

\*\*\* 충남대학교 공과대학 기계공학과

(clamp type) 및 쐐기식(wedge type)등으로 나눌 수 있으며, 이들 중 초경 절삭날을 홀더에 브레이징하여 사용하는 용접형의 공구가 주로 사용되어 왔다. 이러한 용접형은 절삭날이 절삭과정중 절삭저항에 잘 견딜수 있고 안정된 절삭을 수행하며, 비교적 양호한 가공면을 얻을 수 있으나, 공구마멸시 재연삭하여 사용하여야 하는 불편함과 자동화 공작기계의 적용한계, 공구비의 상승등으로 지금은 생산성 저하의 요인으로 지적되어 기피하는 실정이다.

인서트를 클램프로써 고정하여 사용하고 있는 클램프식은 용접식에 비하여 한 단계 발전된 것으로, 재연삭에 의한 공구비 상승은 줄어 들었으나 클램프의 구조적 요인에 의하여 가공범위에 제한이 요구되어, 큰 지름의 공작물 절단가공은 어려움이 따른다. 쐐기식은 인서트를 홀더의 쐐기 형상부에 끼워 넣어 홀더와 인서트에 상호작용하는 마찰력과 탄성력에 의하여 클램핑하는 방식으로 용접식이나 클램프식과는 달리 재연삭을 필요로 하지 않으며 구조형태에 따라 샹크형(shank type)과 블레이드형(blade type)으로 나눌수 가 있다. 샹크형은 절삭깊이에 따른 제한으로 직경이 작은 공작물만을 가공할 수 밖에 없지만 블레이드형은 구조가 비교적 간단하여 직경이 작은 공작물에서 큰 직경의 공작물까지 폭 넓은 범위를 가공할 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나, 현재 사용되어 지고 있는 블레이드형 공구의 재질이 일반 탄소강으로 이루어져 있는데, 일반 탄소강 홀더의 경우 재료의 특성상 강성(rigidity)이 초경(WC)에 비하여 현저히 떨어지기 때문에 공구 돌출 길이(tool overhang length)에 제한이 따르고 따라서, 직경이 큰 공작물의 경우 가공이 거의 불가능 하다. 또한 과도한 절삭력이 작용하였을 때 쐐기홈이 개방되거나 넓어지는 경향을 보이고, 반복적으로 사용시 홀더 인서트 지지부의 빠른 마모로 인하여 인서트의 고정 안정성이 떨어진다. 그리고 가공중 발생하는 절삭력의 변화 즉, 가공진동에 대한 저항성이 떨어지므로 이송량이나 절삭속도의 증가를 통한 생산성, 가공성능 향상등을 추구하는데 어려움이 따른다.

본 연구에서는 초경재료를 채용하여 깊은 홈 및 절단 가공용 드로우어웨이식 공구시스템의 설계기술을 개발하고자 한다. 깊은 홈 및 절단가공용 공구시스템이라 함은 드로우어웨이식의 초경 인서트와 이를 안정되게 고정할 수 있는 홀더의 고정 메카니즘을 통틀어 말하는 데, 본 연구에서는 초경 인서트는 기존의 상용 인서트

를 사용되되 박형 홀더의 형상 설계에 관점을 두었다. 이를 위하여 수행할 연구의 핵심적인 사항으로는 박형의 쐐기식 고정 메카니즘의 최적화 설계 및 쐐기식 홀더의 변형 및 응력해석을 통한 인서트와 쐐기 접촉부의 형상설계, 초경 인서트와 초경 홀더가 접촉하는 면이 강력한 절삭하중이 작용시 변형에 의한 이탈 및 밀림 방지를 위한 접촉 단면의 구조 및 재질 설계등을 들 수 있다.

## 2. 홀더 형상부의 응력해석 및 설계

### 2-1. 유한요소 모델링

#### (1) 재료의 물성치와 element type

유한요소법에 의한 블레이드 홀더 쐐기부의 응력 및 변형도 해석을 위하여 범용 선형 및 비선형 유한요소 해석용 소프트웨어인 ANSYS 5.0A를 이용하였다.<sup>[3]</sup> 해석 대상으로 한 홀더의 재료는 내마모 공구용 초경 합금으로 항절력은 220kg/mm<sup>2</sup> 이상이다. 해석에 필요한 주요 입력 데이터중 재료의 물성치를 정리하여 Table. 1에 나타내었다. 해석을 위하여 시작 초기의 형상은 기존에 상용되고 있는 탄소강 홀더(KORLOY Type SPB432)의 형상을 채택하였고 해석에 사용한 element type은 2D space의 6-node triangular solid element, 4-node rectangular element 및 2D contact element 등이다.

#### (2) 예비 절삭 실험

실제 가공중에 인서트를 통하여 홀더에 가해지는 절삭력을 구하고자 예비 절삭실험을 실시하였다. Fig. 1은 예비 절삭실험에 사용한 홀더의 형상으로써 이미 제품화되어 사용하고 있는 탄소강 재질의 블레이드 홀더와 동일한 형상을 갖는 초경재료로 새로 제작한 홀더이며, 인서트는 KORLOY SP400을 사용하였다. 실험 조건으로는 절삭속도를 120m/min로 일정하게 하였고, 공작물의 중심방향으로 공구대의 이송량을 0.1mm/rev에서부터 시작하여 홀더나 공작기계가 견딜 수 있는 한계 이송량까지 점차로 증가 시켰으며 공작기계에 심한

Table 1. Material property of WC

Young modulus (E, kgf/m <sup>2</sup> )	Poisson ratio (ν)	Density (ρ, kg/m <sup>3</sup> )
5.0×10 <sup>11</sup>	0.3	13~15×10 <sup>3</sup>

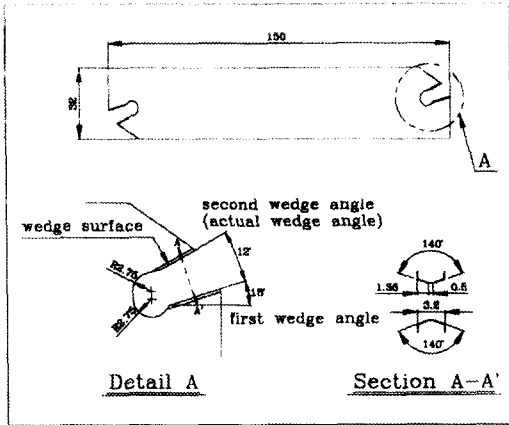


Fig. 1 Configuration of the blade holder

무리를 주지 않기 위해 0.45mm/rev까지 만 실험을 수행하였다. 본 예비실험에서는 최대 하중이 작용하는 절삭조건에서 수 차례 반복가공하여 얻어진 절삭력의 평균값중 최대치를 구한 결과, 주분력 310N, 이송분력 170N이었으며, 이 값을 응력해석에 있어서 하중조건인 입력 데이터로 정하였다.

(3) 하중조건 및 경계조건

빼기식 블레이드 홀더가 받는 하중은 용접형 홀더와는 달리 절삭력의 주분력 성분에 의하여 홀더 빼기부가 개방되면서, 동시에 이송분력이 인서트 빼기홈의 안쪽으로 밀어 붙이므로 스스로 인서트를 고정시키는 방식이기 때문에 홀더에 직접 절삭하중을 적용할 수 없다. 따라서, 예비 절삭실험으로 부터 구한 절삭력을 인서트의 선단에 가하고 유한요소 해석을 행하여 이로부터 인서트의 반력을 구하였으며, 이 반력을 홀더와 인서트 접촉부에 분포하중을 가하였다. 이러한 반력을 구하는 과정에서 Fig. 2(a)에 보인바와 같이 홀더와 인서트의 경계부에는 2D 접촉요소(contact element)를 사용하여 마찰력과 탄성변형을 아울러 고려하였다. 해석에 있어서 설정된 경계조건으로는 Fig. 2(b)에 보인바와 같이 해석대상인 홀더의 형상이 좌우 대칭이므로 오른쪽 1/2 형상만을 모델링 하였으며, 지그가 홀더를 클램핑한 부분에서 홀더의 밑면은 지그가 받침대 역할을 하고 있는 형태이기 때문에 x와 y방향으로 모두 구속시켰으며, 홀더의 윗면은 지그에 부속되어 있는 너트에 의해 -y방향으로 고정되어 있고, x방향으로의 움직임이 없기 때문에 x방향 만을 구속하였다. 홀더의 돌출길이

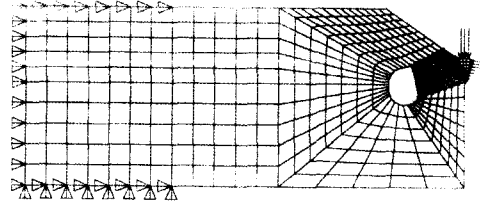


Fig. 2(a) Contact elements used for reaction cutting force

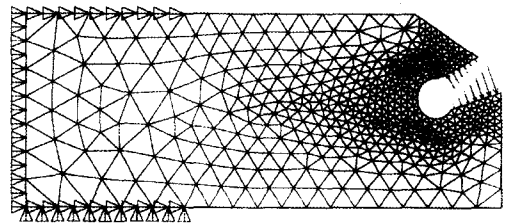


Fig. 2(b) Load and boundry conditions applied to FEM analysis

는 본 연구의 설계 목표치인 50mm로 하였다. 또한 해를 구하는 과정에서 효율성을 고려하여 응력 집중이 예상되는 부분에 대해서는 요소의 크기(element size)를 가능한 한 작게 하였고, 그 외의 부분에는 약간 거칠게 요소 분할을 형성하여 wave frontal solver를 사용하는 ANSYS S/W에서 전체적인 요소의 수를 가능한 한 줄이도록 하였다.

2-2. 해석결과 분석 및 최적형상 설계

해석의 방법은 홀더의 형상이 세로 방향에 비하여 두께가 3.2mm로 얇고 일정하기 때문에 균일한 두께를 갖는 2D 평면응력상태(plane stress)로 가정하여 해석하였다.

Fig. 3(a)는 해석결과로 홀더의 응력분포를 나타낸 것이다. 홀더의 최대 변형량은 선단에서 약 0.15mm로 나타났으며, 가해진 하중조건이 홀더의 빼기부를 상하 방향으로 밀어주는 형태이기 때문에 빼기홈 부분에서 인장 응력이 발생된다. 그리고 주분력이 이송분력보다 약 3배 정도 크기 때문에 빼기홈의 하단부분에서 최대 인장 응력이 발생하고 있음을 보여주고 있다. 이때의 최대 응력값은 초경재료 항절력의 92% 수준인 약 203kgf/mm<sup>2</sup>로 나타났다. Fig. 3(b)는 한계 절삭하중 이상의 절삭력이 작용하였을 때 파단된 홀더의 사진이며, 해석 결과와 동일하게 최대 인장응력이 작용하는



Fig. 3(a) Nodal stress solution of WC blade holder

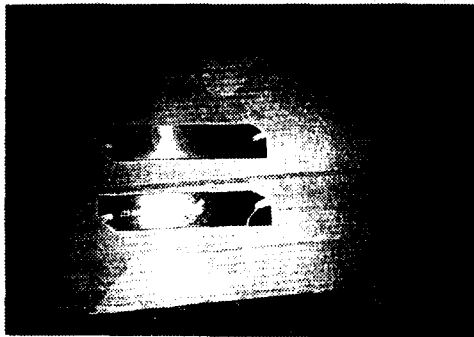


Fig. 3(b) Fractured shape of the steel blade holder

지점으로 부터 크랙이 발생하여 최대응력이 분포하는 방향으로 크랙이 진전되어 파단에 이른 것을 알 수 있다.

앞서의 해석 결과로 부터, 인장응력이 최대가 되는 부분에 대한 응력집중을 완화시킬 목적으로 췌기홈 상단부의 곡률반경  $R_1$ 은 원래의 치수 2.75mm로 고정하고, 하단부의 곡률반경  $R_2$ 를 설계 변수로 하여 2.75mm로부터 5.0mm까지 점차로 증가시켜 가며, 유한요소해석을 실시하여 췌기홈의 곡률반경( $R_2$ )와 최대 응력의 분포관계를 살펴보았다. Fig. 4는 췌기 홈 하단 곡선부를 6등분하여 각 절점(node)에서 등가 응력값(equivalent stress value)을 구하여 그래프로 나타낸 것이고, Table. 2는 이때의 최대 등가응력값 및 6등분한 각 요소의 절점에서 최대 등가응력값과 최소 등가응력값의 차를 나타낸 것이다. 홀더의 곡률반경이 2.75mm인 경우 3번째 절점에서 가장 큰 응력값을 보이고 있으며, 등가응력의 차이 또한 가장 큰 값을 보이고 있다. 그리고 곡률 반경이 증가함에 따라 각 절점에서의 응력들이 점차 고른 분포를 보이며, 최대 등가응력값 또한 감소하지만 곡률반경값 4.5mm이상에서 부터 다시 증가하고 있다. 이는 설계되어 있는 홀더의 췌기홈 하단부 곡률( $R_2$ )이 6번 절점에서 췌기홈 상단곡선

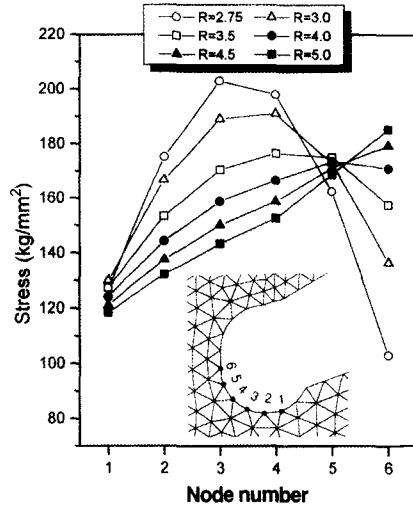


Fig. 4 Relationship between radius of wedge groove and stress on the nodes

Table 2. Relationship between radius of wedge groove and maximum equivalent stress values

Radius of wedge groove (mm)	R 2.75	R 3.0	R 3.5	R 4.0	R 4.5	R 5.0
Maximum eqv. stress (kgf/mm <sup>2</sup> )	203.08	191.24	176.74	173.65	179.56	185.54
$\sigma_{max} - \sigma_{min}$	99.93	61.07	49.18	48.65	58.34	67.01

( $R_1$ )의 끝부분과 만나면서 변곡점을 이루어 이곳에서 응력집중 현상이 발생되기 때문이다.

Fig. 5는 췌기홈의 곡률반경( $R_2$ )에 따른 홀더의 최대 변형량의 관계를 그래프로 나타낸 것이다. 췌기홈의 곡률반경이 증가함에 따라서 홀더의 최대 변형량은 감소함을 보이고 있다. 따라서 같은 절삭력이 작용할 때 췌기홈의 곡률 반경을 증가시킴으로써 공구의 변형에 따른 공작물과의 상대 운동을 줄일 수 있어 보다 안정된 가공을 행할 수 있다고 여겨진다.

이들의 결과로부터 췌기홈의 곡률반경의 최적 설계값으로 4.0mm로 정하면 응력 분포를 가장 고르게 하고 아울러 최대 등가응력값을 약 85%정도로 감소시킬 수 있다. 한편, 경제성의 측면에서 고가의 재료인 초경의 전체 질량을 최소화 하기 위하여 유한요소 해석의 결과로부터 응력의 크기가 매우 작은 값들이 분포하는 곳인 wedge groove의 upper jaw부분과 홀더의 중앙부

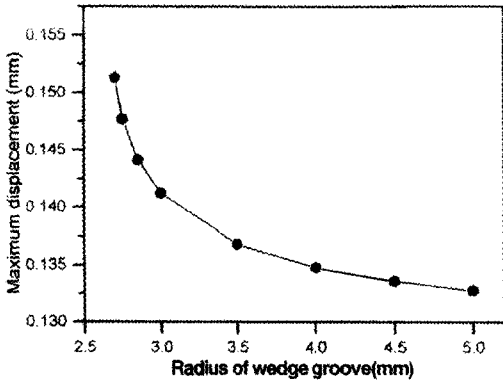


Fig. 5 Maximum displacement with respect to radius of wedge groove



Fig. 6(a) Nodal stress solution of optimized blade holder

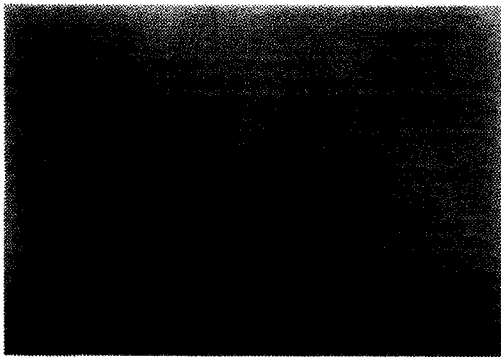


Fig. 6(b) Photograph of newly designed blade holder(KA-WC)

본은 홀더 전체의 강성 유지에 전혀 문제되지 않는 범위라고 판단되었으며, 응력이 비교적 작은 부분인 홀더의 세로방향으로 3등분, 가로방향으로 3등분한 후 중앙부분을 wire cutting 방법으로 제거하여 재료비를 절감할 수 있도록 하였다. Fig. 6은 본 연구의 수행중 해석 결과를 종합하여 제작된 실물의 사진 및 최종 응력 분포도를 나타낸 것이다. 응력 집중이 예상되는 췌기홈

의 반경을 4mm로 하였고, 설계전의 초기형상으로 부터 절량대비 약 30%를 줄일 수 있었다.

### 2-3. 실험 및 성능평가

본 실험은 홀더 재료로 사용된 탄소강과 초경에 따른 한계 절삭조건의 도출 및 절삭성능 평가를 위하여 공구 동력계에 의한 절삭저항 및 절삭저항의 동적 성분에 대한 RMS값을 구하여 홀더의 가공성능을 비교 검토하였다. 절삭실험에 사용된 홀더는 공구재료 특성 비교를 위하여 일반 탄소강으로 제작된 상용 홀더 2종류와 본 연구에서 제시된 신형 초경 홀더 및 일본 SUMITOMO 사의 초경 홀더 등 총 4종류의 홀더에 대하여 실험을 실시 하였다. Table. 3은 절삭실험에 사용된 홀더와 인서트를 정리하여 놓은 것이다.

Fig. 7은 절삭력 측정을 행한 실험장치를 도식적으로 나타낸 것이다. 실험에 사용된 선반은 회전선반을 이용하였고, 사용된 시편의 직경은 230mm이며, 피삭재는 SCM440이다 가공시 발생하는 절삭력은 압전형 공구동력계(KISTLER Type 9441)를 이용하여 3분력

Table 3. Tools used in cutting experiment

Blade Holder		Insert
Maker	Type	
KA (Korea)	KA-ST (steel)	SP400
ISCAR (Israel)	SGH32-4 (steel)	GTN-4
KA (Korea)	KA-WC (WC)	SP400
SUMITOMO (Japan)	WCFH32-4 (WC)	WCFN3A

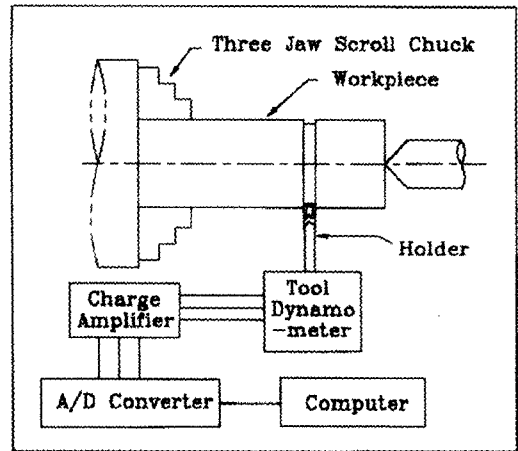


Fig. 7 Configuration of the cutting test set-up

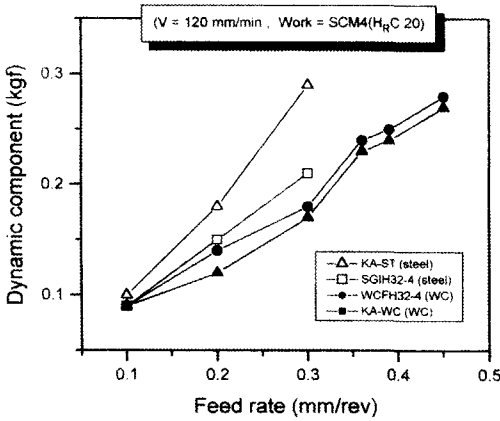


Fig. 8 RMS values for dynamic component of tangential cutting force with respect to feed rate

을 측정하였으며, 이때의 샘플링 타임은 0.5ms이었다. 그리고 실험데이터는 IBM-PC에서 동적성분에 대한 RMS값을 계산하였다.

실험에 적용한 조건은 탄소강 홀더의 경우 0.1, 0.2, 0.3mm/rev의 3단계로 이송량을 변화시켰고, 초경 홀더는 0.1, 0.2, 0.3, 0.36, 0.39, 0.45mm/rev로 점차 증가 시켰다. 아울러 공구마멸이 절삭저항에 미치는 영향을 줄이기 위하여 매 실험마다 새로운 인서트로 교환하며 실험하였다. Fig. 8은 각각의 조건에서 주분력의 동적성분 RMS값을 나타낸 것이다. 탄소강 홀더의 경우 초경 홀더에 비해 낮은 탄성률로 인하여 이송량이 증가함에 따라 동적강성이 저하하여 절삭력의 변동량 즉, 동적 성분의 RMS값이 급격히 증가함을 알 수 있으며, 이송량 0.3mm/rev의 절삭조건에서 심한 진동을 일으키면서, 결국에는 0.36mm/rev에서 홀더 뺨기홈의 응력집중점으로 부터 파단이 발생했다. (Fig. 3(b)) 초경 홀더의 경우 탄소강 홀더에 비하여 RMS값이 이송량의 증가에 따라 비교적 완만한 증가를 보이고 있으며, 이송량 0.3mm/rev까지 무리없이 가공이 가능하고, 이 조건에서 탄소강 홀더에 비해 약 40%정도 동적 성분이 감소하는 것으로 나타났다.

### 3. 인서트와 홀더의 접촉형상 설계

절삭력의 주분력 성분에 의하여 홀더 뺨기부의 아래 부분이 변형되면서 이송분력 성분에 의하여 뺨기홈의

안쪽으로 인sert가 깊이 삽입되는 self-grip 형태로 인서트 고정기 이루어지게 된다. 이러한 형태의 인서트 고정 메카니즘에 있어서 가혹한 절삭조건으로 가공할 때 홀더 뺨기부의 과다한 개방은 인서트의 고정을 불안정하게 하는 요인으로 작용하게 되고, 이러한 경우 가공중 발생하는 진동에 의하여 홀더와 인서트 접촉부에 chipping 현상이 발생될 수도 있으며, 인sert가 작업장의 바닥을 향하고 있는 CNC 선반의 경우 작업직후 인sert가 홀더로부터 저절로 이탈되어 다음 작업에 지장을 주게 된다. 그리고, 인sert의 바닥과 뒷면이 V형상을 하고 있는 wedge surface의 rib 부분에 얼마나 정확히 자리를 잡느냐 하는 것과 가공중에 일어나는 절삭력의 변화에도 안정된 고정성능을 발휘하는가가 중요한 문제점으로 작용한다. 따라서, 본 연구에서는 인서트와 홀더의 접촉재료 및 접촉부 형상이 고정력에 미치는 영향을 알아보고자 pulling 실험을 수행하였다.

#### 3-1. Pulling 실험

Pulling 실험에 사용된 홀더의 종류는 일본 SUMITOMO사의 초경 홀더(WCFH32-4), 본 연구에서 제작된 신형 초경 홀더(KA-WC), 신형 초경 홀더에서 인서트를 고정해 주는 뺨기부분을 두께 약 1mm 정도의 HSS로 용접(brazing)한 홀더(KA-WCH), 인서트와의 접촉면에 해당되는 부분에 폭 0.45mm의 여유면(frang surface)을 주어 접촉부 형상을 선접촉에서 면접촉이 되도록 변경시킨 홀더(KA-WCF)등이며, 사용된 인서트로선 기존의 초경인서트(SP400), 기존의 인서트 밑면에 높이 0.02mm의 돌출부를 만들어준 인서트(SP400S) 및 SUMITOMO사의 WCFN3A등이다. Fig. 9(a), (b)는 접촉부의 개질 및 형상을 변경시킨 홀더(KA-WCH, KA-WCF)를 나타낸 그림이다. Fig. 10은 인서트의 고정 안정성 평가를 위하여 본 연구에서 제안한 pulling 실험 장치의 개략도이다. 실험 방법은 인서트 50kgf의 일정한 pushing force를 가하여 인서트와 홀더의 뺨기부에 완전히 삽입되도록 한다. 그리고 인서트의 양측면을 고안된 지그의 볼트를 이용하여 단단히 고정한 후, 반대 방향으로 table을 이송시키면서 점차로 pulling force를 증가 시켰다. 이때 pulling force의 변화를 공구 동력계를 통하여 구하였고, 변화량의 최고값을 홀더의 인서트 고정력(holding force)로 정의 하였다.

3-2. 실험결과 및 분석

Table. 4는 pulling 실험에 사용된 공구의 세트와 각각의 형상, 각도, 그리고 실험결과를 나타내고 있다. 초경 홀더/초경 인서트로 구성되어진 경우(실험번호 1, 2) 2nd wedge angle이 작은 경우에 훨씬 큰 고정력이 작용하며, 홀더 접촉부의 재질을 HSS로 용접한 경우(실험번호 3, 4)가 그렇지 않은 경우(실험번호 2) 보다 약 45%의 고정력이 더 크게 작용함을 알 수 있다. 그러나, 접촉부의 형상을 선접촉에서 면접촉이 되도록 변경시킨 경우(실험번호 5, 6)는 실험번호 2에 비해 약간의 고정력 증가는 있으나 그다지 크지 않으며 또한, 인서트의 접촉부에 돌출형상으로 만들어 준 경우(실험번호 4, 6)와 기존의 인서트 형상(실험번호 3, 5)을 사용한 경우를 비교하면 별 영향이 없는 것으로 나타났다.

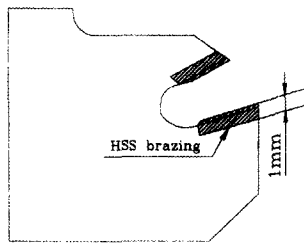


Fig. 9(a) Insert supporting portion made of steel (KA-WCH)

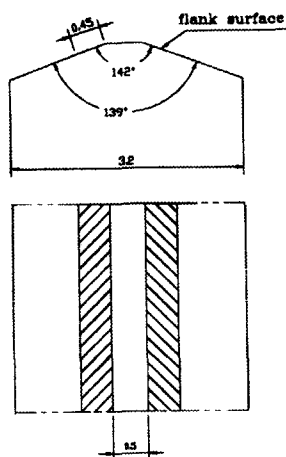


Fig. 9(b) Applied the flank surface on the wedge surfaces(KA-WCF)

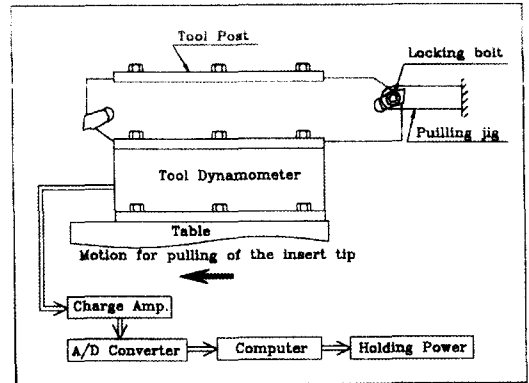


Fig. 10 Configuration of the pulling test set-up

이상의 고찰로 부터 인서트의 고정력은 절삭시 작용되는 주 절삭력에 의한 홀더 췌기부의 탄성변형량에 크게 영향을 받으며, 이러한 홀더 췌기부의 형상 변형량은 췌기각(2nd wedge angle)의 크기, 췌기홈의 곡률반경 등에 좌우 된다. 즉, 췌기각이 작을 수록, 췌기홈의 곡률반경이 작을 수록 인서트 고정력은 크게 나타난다. 그러나, 인서트가 이미 개발되어 널리 사용되어지고 있는 경우, 췌기각의 변경은 인서트의 공구 경사각을 변경 시켜야하는 어려움이 따른다. 따라서 가공중에 일어나는 절삭력의 변화에도 대응할 수 있는 안정된 인서트의 고정성능을 발휘하기 위하여 홀더 전체를 초경 재료로 제작하여 탄소강 홀더에 비하여 강성을 증대 시킴으로서 절삭력에 의한 홀더의 변형량과 췌기부의 상하 방향으로 개방되는 양을 줄이고, 더불어 인서트의 고정력이 높은 홀더의 개발을 위해 홀더의 강성을 저하시키지 않는 범위내에서 초경보다 마찰계수가 큰 합금을 인서트와 홀더 접촉부에 적용시키므로써 작용 마찰력을 증대시키는 방안이 바람직하다.

Table 4. Result of pulling test

Holder type	2nd wedge angle (°)	Insert type	Holding power(kgf)	Test number
WCFH 32-4	6	WCFN3A	104.67	1
KA-WC	12	SP400	55.85	2
KA-WCH	12	SP400	80.78	3
		SP400S	80.20	4
KA-WCF	12	SP400	60.33	5
		SP400S	60.92	6

#### 4. 결 론

깊은 홈 및 절단가공용 드로우어웨이식 초경공구시스템을 개발함에 있어 공구재료를 초경으로 하고, 유한요소해석 및 pulling 실험등을 통하여 향상된 동질삭 특성과 인서트 고정안정성을 높일 수 있는 형상을 제시하였다. 해석과 실험으로 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 초경 블레이드 홀더의 썬기홈 곡률반경을 유한요소해석에서 구한 최적설계치로 함으로써 최대 등가응력 값을 85% 수준으로 감소시킬 수 있었으며, 홀더의 총 질량을 약 30% 감소시킬 수 있었다.
2. 초경 홀더의 경우 탄소강 홀더에 비하여 동적강성이 훨씬 우수하며, overhang이 매우 큰 깊은 홈가공에 훨씬 유리하다.
3. 인서트의 고정력을 측정하기 위하여 pulling 실험 방법을 제시하였으며, 아울러 고정력을 증대시키기 위하여 초경보다 마찰계수가 큰 합금을 인서트와 홀더의 접촉부분에 적용시키는 방안을 제시 하였다.

#### 후 기

이 논문은 1994년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음

#### 참고문헌

1. European Patent Application, EP A1 291933, Sumitomo Electric Ind., "Throw-away cutting tool"
2. 이우영외 2인, 1992, "CAD 시스템 및 유한요소법을 이용한 밀링용 칩브레이커 인서트의 설계", 정밀기계설계 공동연구소 보고서
3. ANSYS Ver. 5.0A, User's manual, 1994
4. Haug, etc., 1986, "Design sensitivity analysis of structural systems", Academic Press
5. 기계와 공구(일본), 1991/2, "생산가공의 고도화를 도모하는 툴링 공작용 기기"