Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 14, No. 7 pp. 3151-3157, 2013

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.7.3151

싱글타입 공구를 사용한 금형리브 가공특성에 관한 연구

이승철[1*], 박석철[2]
[1]조선이공대학교 선박해양·기계과, [2]만선하이테크

Study on the characteristics of the rib mold processing using a single type of tool

Seung-Chul Lee[1*] and Suk-Chul Park[2]
[1]Dept. of Naval Architecture & Mechanics, Chosun College of Science & Technology
[2]Mansun Hi-Tec co., Ltd.

요 약 본 연구에서는 전자부품 및 소형 플라스틱제품에서 많이 사용하는 리브(rib) 가공에 있어 기존 플렛형 2날(2F)공구와 외날형 공구(1F)의 비교실험을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다. 직선가공의 표면거칠기 및 공구마모는 기존 플렛형의 스트레이트 구조를 갖는 공구가 좋은 결과를 보였다. 깊이 7mm 리브 가공이 기존 공구에 비해 개발공구의 표면거칠기가 약 50%정도 양호하게 나타났다. 가공시간 또한 리브 형상별 차이는 있을 수 있으나, 기존 공구에 비해 약 3배 정도 빠르게 가공할 수 있었다.

Abstract Rib cutting is being used to many electronic components and small plastic products. In this study, comparison experiment on tool of flat type(2F) and single edge type(1F) was conducted. Results were as follows: Surface roughness and tool wear of straight cutting showed good results in tool with a straight structure of the Existing tool. Rib cutting of 7mm depth was shown 50% higher surface roughness of development tool than the existing tool. The cutting time varies depending on the shape of the rib. But it is three times faster compared to existing tool.

Key Words : Cutting, Cutting time, Surface roughness, Number of flutes, NAK80,

1. 서론

현재, 전자통신 분야 및 반도체 부품 등의 소형 부품에 있어 정밀화, 고품위가 중요시되고 있으며, 이와 더불어 시장에서는 제품 경량화 및 내구성을 요구하고 있다[1,2]. 사출금형을 이용한 플라스틱 제품의 내구성을 높이는데 제품형상 및 강성을 주는 리브의 역할이 크다. 외부 충격력을 흡수하고, 변형 방지 및 휨을 방지할 수 있는 리브의 형상은 제품종류 및 특성에 따라 다양한 종류의 패턴을 사용하고 있으며, 크기 또한 제품 특성에 따라 차등 설계하고 있다. 이에 본 실험에서는 사출금형의 리브가공 시간을 단축할 수 있는 외날 공구를 사용하여 제품 품위를 저해하지 않으며 가공시간을 단축할 수 있는 공구를 개발, 기존 리브 가공 공구와

비교 측정을 통해 개발 공구의 검증과 가공 생산을 높여 사출금형 제작 시간을 단축 하고자 한다.

Table 1은 플라스틱 제품군에서 사용하는 리브의 예를 나타낸 것이며, 완성제품 형상 및 사용 용도에 따라 다양한 형태의 리브를 설치하게 된다. 실험에서는 리브 가공 시 기존 공구와 비교하여, 리브 측벽의 표면거칠기 및 기존공구와의 가공시간을 비교하여 리브 가공기간을 단축시키고자 한다.

*Corresponding Author : Seung-Chul Lee(Chosun College of Science & Technology)
Tel: +82-62-230-8200 email: cjf9400@cst.ac.kr
Received April 16, 2013 Revised (1st May 10, 2013, 2nd June 4, 2013) Accepted July 11, 2013

[Table 1] Types of rib shapes

Sidewall gradient rib	Corner R rib
V Home rib	Undercut rib

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

본 실험에서 실험은 최고 주축회전속도가 24,000 rpm까지 가능한 FANUC 사의 ROBODRILL를 이용하여 실시하였으며, 실험장치 및 제원을 Fig. 1과 Table 2에 나타내었다.

[Fig. 1] Experimental setup

[Table 2] Machine specifications

Specification	Unit	Standard
X-axis travel	㎜	700
Y-axis travel	㎜	500
Z-axis travel	㎜	330
Spindle speed range programming	rpm	100to 24,000
Control unit	Model	Series 31i-A5
Rapid traverse rate (X,Y,Z axes)	mm/min	54
Table working surface	mm	850*410
Table loading capacity	kg	300

2.2 가공재료

실험에 사용한 NAK80은 일본 다이도사에서 생산하는 프리하든강(preharden steel)계열의 금형용 특수강으로 경면 연마성, 방전가공성, 용접성 등이 양호하고 열처리 필요 없이 금형가공에 사용하는 재질로 라디오, 카세트 케이스, 카메라 본체 등에 사용하는 금형강재이다[3].

재료의 경도는 H_RC 40이며 가공재료 두께는 20mm이고 Table 3 및 Table 4에 재료의 화학적 성질 및 기계적 성질을 나타내었다[4].

[Table 3] Chemical compositions of NAK80

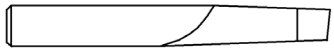
Element	C	Si	S	Ni	Mn	Mo	Cu	Al
Composition (%)	0.15	0.3	0.005	3.1	1.5	0.3	1.0	1.0

[Table 4] Mechanical properties of NAK80

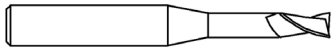
Tensile strength(psi)	Yield strength (psi)	Modulus of Elasticity (Psi)	Hardness (H_RC)
183,000	147,600	30.0×10-6	40

2.3 절삭공구

실험에 사용한 절삭공구는 Fig. 2와 Table 5와 같이 미국 Kennametal사에서 제조한 K30계열의 ø6mm의 초경합금으로 리브가공을 위해 초경소재를 폭 1.5mm(1F)로 원재료를 연마하여 준비하였으며, 비교실험을 위하여 ARI Tool에서 제조한 플렛(2F)형 공구를 준비하여 조건별 비교실험을 하였다.



(a) Single edge type(1F)



(b) Flat type(2F)

[Fig. 2] Cutting tools

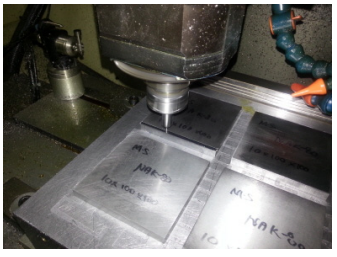
[Table 5] Specification of Tool

Description		KMS
Application range (ISO 513)		K30
Composition (Weight %) TiC/N	WC	89.3
	Additional carbides	0.7
	Co	10

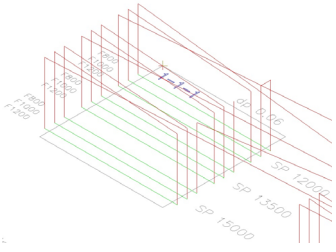
Vickers hardness HV30 (ISO 3878)	1,550
Compressive Strength (ISO 4506)N/㎟	5,500
Transverse rupture strength (ISO 3327) N/㎟	2,600
Average Grain size ㎛	Submicron

2.4 실험방법

가공조건은 사출금형 제작 업체에서 NAK80 계열의 프리하든강의 가공시 보편적으로 사용하는 가공조건 기준을 고려하여, 주축회전수, 공구이송속도, 절삭깊이를 Table 6과 같이 각각 3가지 조건을 선정하여 실험을 하였다. 절삭공구는 공구절삭날 수(Number of flutes)가 한 개인(1F) 개발공구와 기존 공구인 2날(2F)의 공구를 사용하였으며, 가공실험은 Fig 3과 같이 절삭유 및 냉각수 없이 건식가공을 하였다. 절삭실험은 개발공구와 기존공구를 가공실험 후 표면거칠기를 측정하여 최적의 절삭조건을 선정 10min, 20min, 30min조건으로 공구마모실험을 진행하였으며, 최종 리브가공 실험은 Fig. 4와 같이 전자업종에서 많이 사용하는 마름모 형태의 깊이 7mm리브를 절삭공구의 길이를 고려 1, 2차에 나누어 가공, 가공시간 및 가공측벽의 표면거칠기를 측정하였다.



(a) Installation of tool dynamometer and material processing

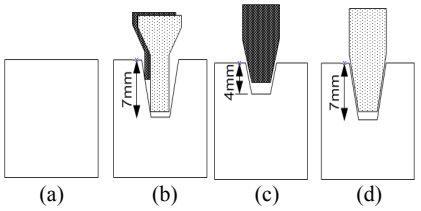


(b) Modelling of the cutting

[Fig. 3] Experimental setup

[Table 6] Cutting conditions

Number of flutes	Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm/min)
1, 2	12,000	600
		800
		1,000
1, 2	13,500	600
		800
		1,000
1, 2	15,000	600
		800
		1,000



(a) Materials (b) Flat type(2F)
(c) Single edge (1st-1F) (d) Single edge (2nd-1F)

[Fig. 4] Processing methods

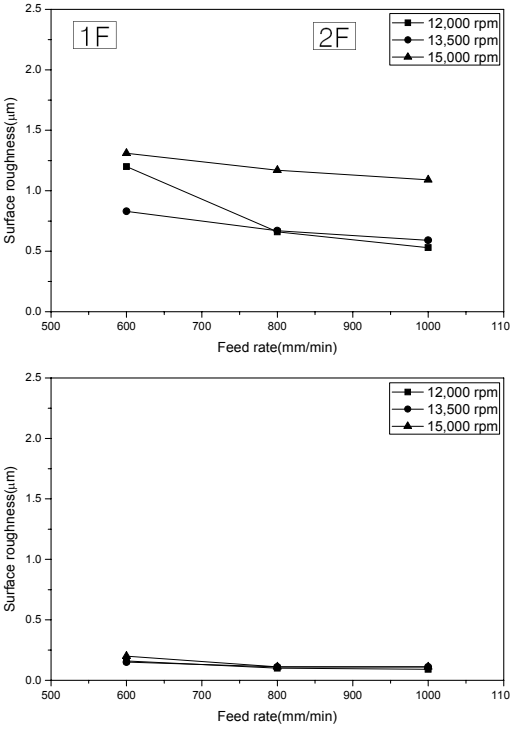
3. 실험결과 및 고찰

3.1 표면거칠기 분석

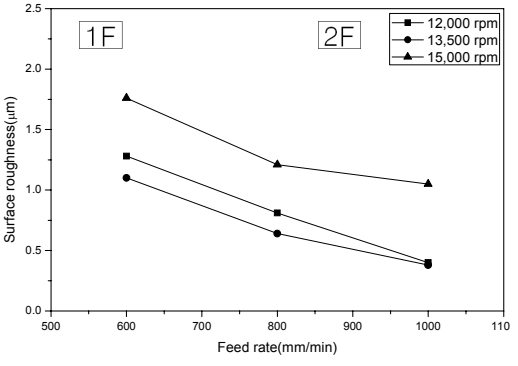
금형에서 표면거칠기는 금형 상·하형의 조립과정 및 제품 표면정밀도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 또한 표면조도는 사용한 공작기계의 종류에 따라 형태가 달라지며, 같은 공작기계를 사용했을 경우에도 기계마모, 절삭공구의 조건, 표면성분, 절삭방법, 작업자의 습관, 환경조건 등에 따라 달라지나 최종적으로는 공구와 가공물과의 상대운동을 거쳐 절삭가공이 이루어지고 그 결과로 가공물의 형상과 면이 이루어진다고 볼 수 있다.

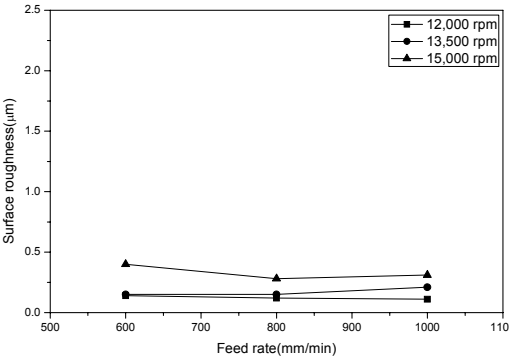
본 실험에서 사용한 표면조도 측정기는 촉침식 Mitutoyo 사의 BRT-S916 Measuring모델로 Range는 12mm이고 Cut off는 0.8mm이며, 측정은 가공 중앙부를 2회 측정하여 평균값을 하였다. Fig. 5는 개발공구 1F 와 기존 플렛형 2F 공구의 실험 조건별 표면거칠기를 나타낸 것이다. 표면거칠기는 모든 조건에서 2F 조건에서 1F 조건보다 양호하게 나타났다. 이와 같은 이유는 1F의 조건은 공구의 형상이 외날 형태을 가지고 있으며, 리브 가공시 현장에서 직접 공구를 연마하여 사용하기 때문에 공구에 받는 힘이 크고, 기존공구는 2F의 조건을 가지고 있어 날당 받는 힘이 적게 걸리는 관계로 직선 가공시 표

면거칠기가 높게 나타난 것으로 판단된다. 그러나 리브가공은 가공깊이가 깊고 리브측벽의 표면거칠기가 중요하기 때문에 직선가공의 절삭조건을 선정하여 마모 시험 및 리브가공을 하고자 한다. 표면거칠기는 1F의 조건에서는 공구의 주축회전수 13,500rpm, 공구의 이송속도 1,000mm/min, 가공깊이 0.08mm의 조건에서 가장 양호한 표면거칠기 값을 보였다. 2F의 조건에서는 공구의 주축회전수 12,000rpm, 공구의 이송속도 1,000mm/min, 가공깊이 0.06mm의 조건에서 양호한 표면거칠기 값을 보였다.

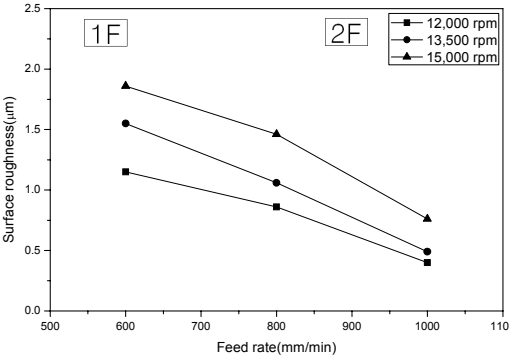


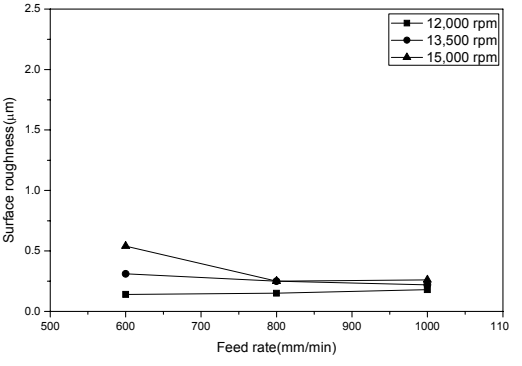
(a) Depth of cutting-0.06mm





(b) Depth of cutting-0.08mm



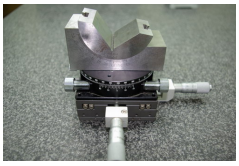


(c) Depth of cutting-0.1mm

[Fig. 5] Surface roughness(㎛)

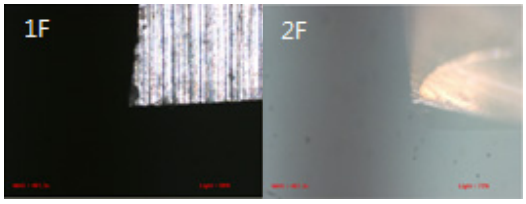
3.2 마모시험

공구마모량은 공구현미경(Nicon사, MM-60/L3F A)을 사용하여 측정하였으며, 정확한 측정을 위해 Fig. 6과 같이 석정반위에 X, Y- Stage 및 Rotary Stage를 설치하고 Stage위에 각도를 조절할 수 있는 Angle Plate설치·고정하여 가공공구의 표면거칠기를 측정하였다.



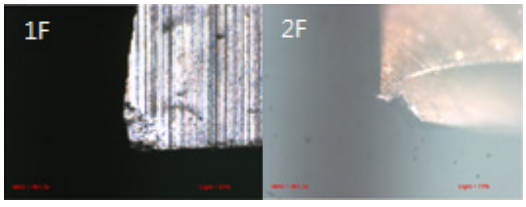
[Fig. 6] Auxiliary instruments for the measurement of surface roughness (Angle Plate, X, Y-Stage, Rotary Stage)

Fig. 7은 10, 20, 30min 단위로 연속 가공하였을 때 공구의 선단을 찍은 사진이다. 1F 개발공구는 10분을 경과하면서 플랭크 마모가 진행되었으며, 2F 조건에서는 20분을 경과하면서 공구선단의 플랭크 마모가 빠르게 진행되는 것을 확인할 수 있었다. 절삭유가 없는 조건을 생각하여도 개발공구의 공구 진행 마모가 빠르게 진행되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 현장에서 필요 형상에 따라 연마하여 사용하는 관계로 공구의 표면조도가 기존 공구에 비해 좋지 못한 관계로 절삭가공시 마찰저항이 기존공구에 비해 많은 영향을 받는 것으로 사료된다. 30분 사용한 공구는 1F, 2F 모든 조건에서 공구마모가 급진행 되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과를 봤을 때 리브 연마 가공시 공구표면 표면거칠기를 낮게 가공해야하며, 사출금형 재료가 높은 경도를 가진 재료가 주류를 이루는 관계로 냉각성이 좋은 절삭유를 사용하는 것이 공구의 수명을 향상 시키는 방법이라 판단된다.



(a) 10 minutes of cutting

(b) 20 minutes of cutting



(c) 30 minutes of cutting

[Fig. 7] Wear progression of carbide tool

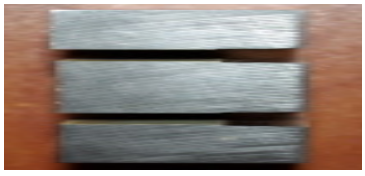
3.3 7mm리브가공

리브가공 소재는 50*50*20mm의 크기이며, 가공깊이 7mm, 폭 1.5mm, 기울기 2°를 가지고 있다. 리브가공은 Table 7과같이 1, 2차 나누어 가공하였으며, 1, 2차에 나누어 가공하는 이유는 초경공구 길이가 8mm가 있으나 가공깊이가 7mm인 관계로 길이가 긴 공구 사용시 공구휨현상 및 가공속도를 낮게 설정하여 생산성이 떨어지므로 1차에서 길이가 작은 공구를 사용하여 가공시간을 최소화 한 후 2차 가공에서 절입 깊이를 적게 하여 가공하는 것이 절삭시간을 줄일수 있는 방법이다. 1차가공에서 공구길이 4mm를 이용하여 가공한후 2차가공에서 남은 3mm를 가공하였으며, 기존공구는 리브 폭을 고려하여 공구 지름 1mm를 사용하여 가공하였고, 개발공구는 가공리브 형태가 마름모형이기 때문에 공구연삭기에서 선가공하여 가공실험을 하였다.

[Table 7] Cutting conditions

Tool type	Cutting	Spindle speed (rpm)	Feed rate (mm/min)	Depth (mm)
1F	First	13,500	1,000	0.07
	Second			0.04
2F	First	12,000	1,000	0.05
	Second			0.03

리브가공의 표면거칠기 측정은 가공 리브의 형상을 고려 Fig. 8과 같이 열적변화를 최소화 할 수 있는 방전와이어 컷을 이용, 가공부의 상·하면 및 리브측벽의 길이 방향을 측정하였으며, 각도를 조절할 수 있는 Angle Plate 설치·고정하여 리브 가공물의 표면거칠기를 측정하였다.



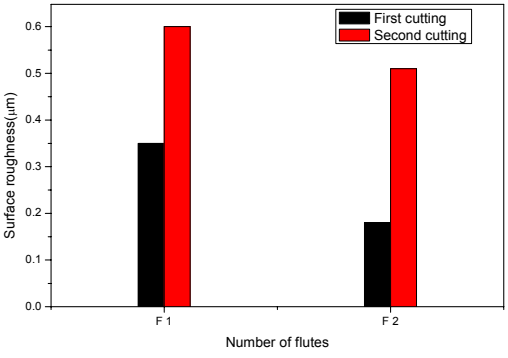
[Fig. 8] Surface roughness material

Fig. 9는 조건별 공구진행 방향의 표면거칠기를 측정한 결과로 1F의 조건에서 양호한 결과를 보였다. 개발공구가 리브설계 형태로 연마하여 사용하기 때문에 공구의 휨 발생이 적으며, 공구 강성이 스트레이트 형상의 공구보다 강성이 뛰어나기 때문에 표면거칠기 2F 조건보다 양호하게 나타난 것으로 사료된다. Fig. 10은 리브가공시 측면(수직) 방향으로 표면거칠기를 측정한 결과이다. 리브측면을 측정한 결과로 각각 1F, Ra 0.33㎛ 2F, Ra 0.91

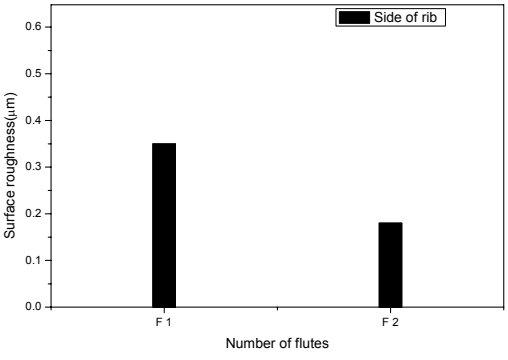
㎛로 약 3배 정도 1F의 조건에서 양호하게 나타나는 것을 알 수 있었다. Fig. 11에 가공실험 공구별 상, 중, 하 구간의 표면거칠기를 나타내었고, Fig. 12에 대표적 특징이 잘 나타난 표면거칠기 값을 나타내었다.

리브의 가공시간은 개발공구가 약 9분, 기존 스트레이트 2F플렛 공구가 26분 정도 소요되었다. 기존공구에서는 리브 깊이가 깊고 폭이 적을수록 공구 지름이 작아지는 관계로 공구 휨현상 및 공구 채터링 현상이 발생하는 관계로 표면조도가 현저히 떨어지며 스트레이트 형상을 가지고 있어 가공조건을 높일 수 없는 조건을 가지고 있다. 전자제품의 리브가공은 형상별 공구를 연마하여 가공하는 것이 기존공구 사용보다 가공시간을 단축시킬 수 있을 것으로 사료된다.

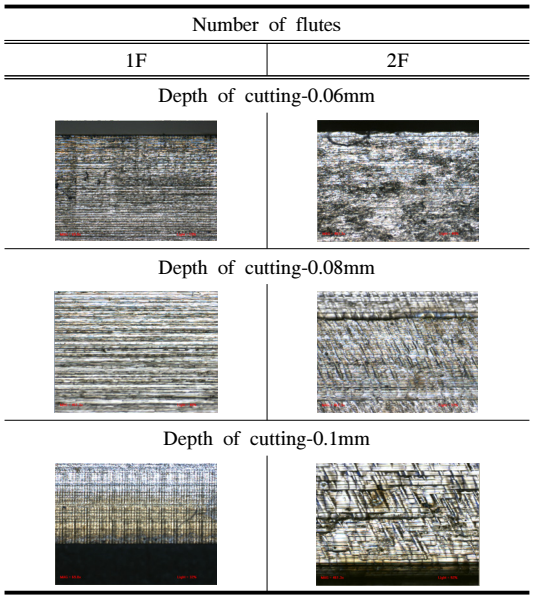
본 실험을 통해 형상별 리브 공구에 있어 가공성은 기존 공구에 비해 좋은 것을 알 수 있었으며, 앞으로 공구 연마 공정에서 높은 표면정밀도와 연마 정밀도를 높일 수 있는 공구연마 방법이 개발 되어야 할 것으로 사료된다.



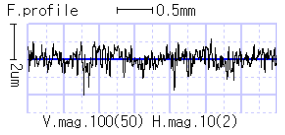
[Fig. 9] Wear progression of carbide tool



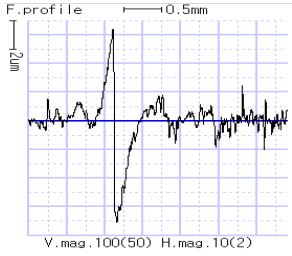
[Fig. 10] Wear progression of carbide tool



[Fig. 11] Wear progression of carbide tool



(a) single edge type(1F)



(b) Tool of flat type(2F)

[Fig. 12] Wear progression of carbide tool

4. 결론

본 실험에서는 사출금형재료인 프리하든 금형강(H_RC 40)을 개발공구와 기존공구를 사용 리브 가공실험 후 표면거칠기 및 가공시간을 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 프리하든금형강의 직선가공에서는 기존 2F조건의 플랫형 공구가 표면거칠기 및 공구의 마모 진행은 양호하게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

2. 깊이 7mm 마름모 형상의 리브 가공은 기존 공구에 비해 개발공구의 표면거칠가 약 50%정도 양호하게 나타났으며, 가공시간에 있어서는 리브 형상별 차이는 있을 수 있으나 이번 실험에서는 기존공구에 비해 약 3배 정도 빠르게 가공 할 수 있었다.

References

[1] E. S. Song, "Design Alteration of a Jig Boring Machine Structure for the Improved Stability", *M. S. Thesis, Mechanical Engineering, Kum-oh University of Technology,* pp. 1-3, 2009.

[2] S. K. Min, S. W. Lee, D. J. Lee, E. S. Lee, T. J. Jae, "A Study on the Machining Characteristics for Micro Barrier Ribs", *Journal of KSMTE, Vol. 1, No. 3,* pp. 14, 2002

[3] C. M. Shin, "Surface Characteristic Monitoring in Magnetic Abrasive polishing of NAK80 Material Using AE Sensor and Neural Network" *M. S. Thesis, Pukyong National University*", pp. 20, 2012

[4] D. S. Shin, J. H. Lee, Y. P. Kim, "Laser Polishing of NAK80 Mold Steel", *Proceeding of the KSMTE Spring conference*, pp. 31, 2012

[5] K. N. Kim, "Components Analysis of Surface Roughness in Turning Process by Frequency Analysis" *Journal of the KSNT, Vol. 16, No. 3* pp. 184, 1996

이 승 철(Seung-Chul Lee) **[정회원]**

- 2003년 2월 : 조선대학교 기계공학과 (공학사)
- 2005년 2월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2010년 8월 : 조선대학교 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 조선이공대학대학교 선박해양기계과 강의전담 교수

<관심분야>
기계설계, 기계제조

박 석 철(Suk-Chul Park) **[정회원]**

- 2009년 9월 : 산업인력관리공단 (기계가공기능장)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 만선하이테크 연구전담 선임연구원

<관심분야>
기계가공, CAD/CAM