

ig가 초정밀 가공에 미치는 영향평가 The effect of ultra precision cutting of ig

*강민호¹, #김문환²

*M. H. Kang¹, #M. H. Kim(cprcmym@kjpc.ac.kr)²

¹ 원광대학교 대학원 기계공학과, ² 한국폴리텍 V 대학 남원캠퍼스

Key words : SPDTM, Surface Roughness, non-ferrous Metal, Jig, Ultra-Precision

1. 서론

Jig는 제조분야에서 사용하는 제품생산의 한 보조 수단으로서 가공물과 공작기계의 위치 결정과 공작물이 움직이지 않도록 고정시켜 허용 공차 이내로 가공하는데 사용되는 장비이다. 이 Jig를 사용하여 기존의 장비에 설치함으로써 장비의 효율성의 증대와 함께 생산의 고속화, 생산단가의 절감 및 고정밀도의 제품가공을 실현할 수 있다.

본 논문은 초정밀 가공에서 Jig 제작에 필요한 기초 응력 및 변형을 프로그램을 통하여 분석하고 이를 통하여 개선된 Jig를 제작하고자 한다. 현재 사용되고 있는 Jig의 설계방식은 가공에 미치는 영향을 정확히 검증하기 어렵고 가공물과 결합 시 피삭재에 미치는 역학적인 힘으로 인한 변형을 알 수 없다. 그리고 시뮬레이션을 할 수가 없어 실제로 가공할 때에 피삭재가 어떤 형태로 변하는지 알 수가 없다. 따라서, 가공 전에 모델링 프로그램을 사용하여 시뮬레이션을 한 후 optimization된 Jig를 제작해야 한다.

먼저 Jig 사용 없이 가공한 경우와 일반 Jig를 사용한 경우를 모델링 하여 가공물의 변형 및 간섭을 파악하고 이 자료를 토대로 실제 가공을 하여 가공 정밀도를 비교한다. 그리고 Optimization한 Jig를 설계 및 제작 가공을 한 후 이를 비교 측정해 본다.

2. 실험 방법

각각의 Jig에 장착된 Brass의 가공에 앞서 가공을 위한 최적의 선삭조건은 기존의 연구 논문을 참조하였다. Table 1은 Brass의 선삭에 대한 최적조건을 제시한 것이다.

Table 1 Optimization Cutting condition of Brass

Item	Cutting condition
Tool radius	3(mm)
Cutting speed	2000(RPM)
Feed rate	2.5(mm/min)
Depth of cut	10(μ m)
Vacuum Pressure	87.7(Kpa)
Cutting fluid	Air and mist

Jig의 설계에 따른 가공의 특성을 파악하기 위해 Vacuum chuck에 Brass가 고정된 각각의 Jig를 Z축 슬라이드의 이동, X축 슬라이드 이동의 상호작용에 의해 정면 선삭 작업을 수행하였다. 가공 액으로는 방청유를 압축공기와 혼합하여 분사하였다. 정면 선삭에 의한 초정밀 가공의 정도는 피삭재가 광학용이므로 가공후의 형상 정밀도 및 표면 거칠기는 수 나노 오더를 만족해야 한다. 측정은 가공된 Workpiece의 동일 부분에서 10회 측정 후 minimum값과 maximum값을 제외한 나머지 값의 평균으로 산출된 값을 비교 분석하였다. Original Jig 및 Vacuum Jig를 3D 모델링 하여 Fig. 1로 나타내었고, 실험에 사용된 공구는 천연다이아몬드이며, 공구의 기하학적 형상 및 크기는 경사각 0°, 여유각 10°와 Tool radius 2mm로 예리하게 가공된 일본의 noritake사의 제품을 사용하였다.

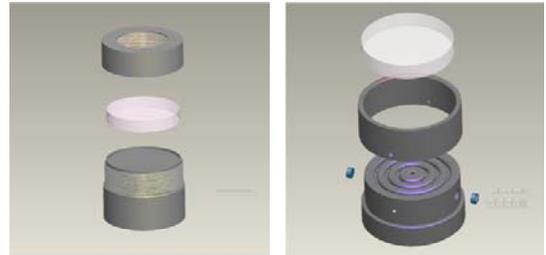


Fig. 1 3D design of Original Jig & Vacuum Jig

3. 실험 결과

본 논문에서 사용된 Original Jig 및 Workpiece를 Fig. 2에 나타내었다.



Fig. 2 Original Jig and Workpiece

우선 Original Jig의 체결에 따른 Brass의 가공 상태의 변화를 살피기 위해 우선 결합전의 평면 가공으로 선 가공된 Brass의 형상정밀도와 표면 거칠기를 측정하였다. 선 가공에서 Brass의 최적 절삭 조건을 대입하여 가공한 결과 \varnothing 12mm에서 형상 정밀도 $Wa = 0.0178 \mu\text{m}$, 표면거칠기 $Ra = 9.2 \text{ nm}$ 의 매우 양호한 정밀도를 얻었다. 선 가공된 Brass를 Original Jig에 장착 후 측정결과 Fig. 3에서 보는 것과 같이 $Wa = 0.0341 \mu\text{m}$ 의 형상정밀도를 보였다. 이 결과로 인해 체결 전보다 Wa 가 좋지 않게 나왔고 그래프의 형태를 보았을 때 체결전의 형상정밀도는 완만한 평면에 가까운 반면 체결후의 형상정밀도는 위로 볼록한 모양임을 알 수 있다. 이것은 체결력에 따른 수직력으로 가공 surface의 변형이 나타난 것으로 볼 수 있다.

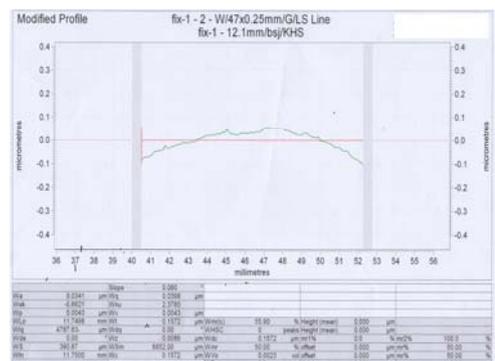


Fig. 3 Measurement result of Form Error(corporate body)

Original Jig 에 체결된 Brass 를 평면 가공한 후 체결 상태에서 측정된 것과 분리시킨 후 측정을 하여 Original Jig 가 체결로 인하여 가공에 미치는 정도를 알아 본다. 먼저 Original Jig 를 체결한 상태로 가공한 후 분리 시키지 않고 측정된 결과로 Fig. 4 를 보면 $Wa = 0.0122 \mu\text{m}$, $Ra = 0.0106 \mu\text{m}$ 로 평면에 가까운 형상을 확인 할 수 있다.

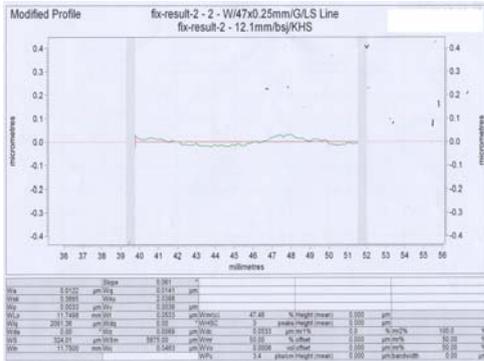


Fig. 4 Measurement result of Form Error

하지만, Fig 5 에서 보는 것과 같이 Jig 의 체결을 해제한 상태에서 측정을 해본 결과 $Wa = 0.0697 \mu\text{m}$, $Ra = 0.0103 \mu\text{m}$ 를 나타내었다. 이로서 체결력에 의하여 변형된 형상 정도는 $0.0575 \mu\text{m}$ 임을 알 수 있다.

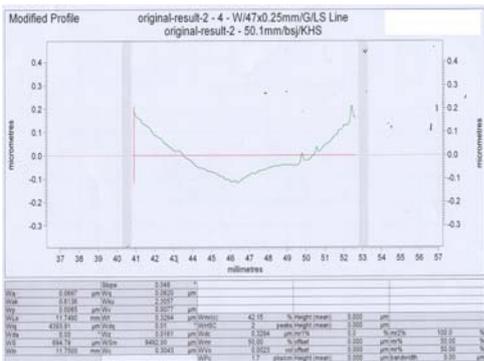


Fig. 5 Measurement result of Form Error

위 결과로 보아 Jig 와 공작물의 접촉 부위의 고정되는 과정에서 공작물에 미소한 변형을 일으키고 이로 인한 영향이 가공 후에도 미치는 것을 알 수가 있다. 따라서 Jig 는 고정되는 부분이 전체 면이 일정한 힘으로 고정되어야만 더욱 정밀한 가공을 할 수가 있다.

따라서 가공되는 전면적이 일정한 힘으로 고정 시킬 수 있도록 Vacuum Jig 및 Workpiece 를 설계하였고 Fig. 6 에 나타내었다.



Fig. 6 Air Pressure Jig and Workpiece

Vacuum Jig 를 장착하고 가공된 Brass 는 Fig. 7 을 보면 $Wa = 0.0236 \mu\text{m}$, $Ra = 9.9 \text{ nm}$ 임을 알 수 있다.

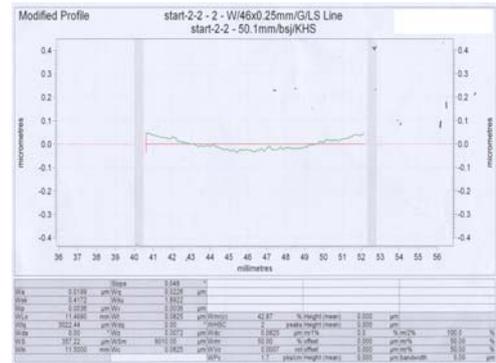


Fig. 7 Measurement result of Form Error

이로 결과로서 기존의 Jig 에 비해 최적화된 Vacuum Jig 가 Wa 는 $0.0431 \mu\text{m}$, Ra 는 0.4 nm 만큼 향상된 결과를 가져 온다.

4. 결론

본 연구는 초정밀 가공에서 Jig 가 가공에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Brass 를 소재로 하여 두 종류의 Jig 로 비교하여 가공을 하고 이를 평가해 보았다. 이를 통해서 가공의 정도에 미치는 변수가 매우 다양하고 앞으로 가공할 때에 이를 고려하여 피삭재에 알맞은 Jig 를 설계하고 사용하여야 할 것이다.

- (1) 일반적인 체결방식의 Jig 를 사용하여 가공이 끝난 Brass 의 Wa 는 체결 상태에서 $0.0122 \mu\text{m}$, Ra 는 $0.0106 \mu\text{m}$ 로 측정 되었다. 그리고 체결을 해제한 상태에서 Wa 는 $0.0697 \mu\text{m}$, Ra 는 $0.0103 \mu\text{m}$ 로 이는 체결로 인하여 불가피한 피삭재의 변형이 일어남을 알 수 있다.
- (2) Vacuum chuck 를 사용한 경우 Wa 는 $0.0236 \mu\text{m}$, Ra 는 $0.0099 \mu\text{m}$ 의 결과를 얻었다.
- (3) Jig 의 형태에 따라서 Wa 는 약 $0.0431 \mu\text{m}$ 가 향상이 되었고, Ra 는 0.4 nm 정도가 향상되었다. 이는 가공 중에 Jig 와 피삭재간의 결합으로 인하여 작용하게 되는 응력이 형상정밀도에 영향을 미칠 수 있음을 알게 되었다.

참고문헌

1. Ko J.B, Kim G.H, Won J.H, "A study on the cutting characteristics of non-ferrous metals using diamond turning machine", Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol.10, No.5, pp.124 – 129, 2001.
2. Son S.M, Her S.W, Ahn J.H, "A Study on the minimizing of cutting depth in sub-micro machining", Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, pp. 376 – 381, 2003
3. Jun J.U, Chung J.S, Ha M.K, "Influence of Surface Roughness by Feed-rate and Side-rake Angle at Turning of Non-ferrous Metals", Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers, Vol.10 No. 4, pp. 1 – 6, 2001
4. Baek S.J "A study on the Fixture Design and Evaluation of Ultra-Precision Diamond Turning Machine", Wonkwang University Press, 2007
5. Chung Y.K "Development of 3D Jig Design and Review System", Kookmin University Press, 2006
6. Kim G.H "The cutting property of non-ferrous metals using diamond turning machine", Chungnam University Press, 1999
7. The Form Talysurf Series 2, "Operator's Handbook", Published by Taylor Hobson Ltd., 2003