

Cross-hole Type 밀링용 비 연삭 인서트의 가공성능평가

박휘근*, 김택수*, 이상민*, 이원석*, 최윤서*, 이종찬#

Cutting Performance Evaluation of Non-Ground Cross-hole Type Milling Insert

Hwi-Keun Park*, Taeck-Su Kim*, Sang-Min Lee*, Won-Suk Lee*, Yun-Seo Choi*, Jong-Chan Lee#

(Received 10 December 2010; received in revised form 25 March 2011; accepted 11 April 2011)

ABSTRACT

The existent cutting insert have occupied most product of grinding style, because it has a problem of accuracy and manufacturing process. The product has a concept but development is difficult, because grinding and manufacturing by press are impossible. But by development and stabilization of a technology, preference of non-ground insert increases gradually. And then insert that grinding is impossible is developed available as non-ground product by using developed equipment and software.

In this paper reports some experimental results on the machining performance of non-ground Cutting inserts. Three kinds of Cutting inserts were manufactured without using grinding process. Machining experiments were carried out to compare the machining performance of non-ground inserts with that of ground ones. The experimental results indicate that the cutting forces and tool wear and surface roughnesses of machined surface of both ground and non-ground inserts are comparable.

Key Words : Non-Ground(비연삭), Milling(밀링), Insert(인서트), Cutting Force(절삭저항력), Surface Roughness(표면조도), Flank Wear(플랭크 마모)

1. 서 론

초경합금 절삭공구는 재질의 경도가 높아서 제조방법이 일반적인 방법이 아닌 고온 소결합금방식으로 소결 전에 원하는 형태의 금형에서 높은 압력으로 형압체를 만들고 이 형압체를 고온의 소결로에서 소결하여 고경도의 초경합금을 제조한다.

하지만 기존 절삭인서트의 가공공정은 많은 문제점을 가지고 있다. 소결과정 중 형압체 분말에서 기공이 빠져나감에 따라 소결이 끝나면 많은 수축이 일어난다. 이러한 수축은 각 부위별로 1:1수축이 아닌 비선형적인 수축으로 나타남에 따라 변형이 발생되어 절삭인서트와 홀더의 체결 시 접촉되는 부위의 체결력이 약해져서 견고한 체결이 불가하여, 사용 중 파손·치핑으로 수명저하 문제를 유발시키고 있다. 또한 경계부에서 기계구조적인 한계성으로 공차가 발생하게 되어 형압체의 Burr를 제거하는 후처리공이 뒤따르게 된다. 후처리공

* 금오공과대학교 대학원 기계설계공학과

교신저자 : 금오공과대학교 기계공학부

E-mail : jlee@kumoh.ac.kr

에서는 절삭인서트 자체가 고경도 이므로, 고가의 다이아몬드 휠을 이용한 연삭가공법과 전극을 이용한 방전, LASER 가공 등의 방법으로 실시하고 있으며, 이러한 후처리공정으로 인해 고가의 비용이 소요됨에 따라 생산단가가 올라가고, 생산성이 저하되어 생산 공정에 있어 막대한 피해를 유발한다. 특히 고기능, 다기능, 고정체형의 제품을 위한 일환으로 기존의 연삭형의 제품에서 비 연삭 제품과 애초 연삭이 불가능한 비 연삭 제품(side press 제품, 다이분할 제품)의 출시가 선진 업체들에게서 두드러지게 나타나고 있다. 하지만 국내에서는 이러한 비 연삭 인서트에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지 않은 상태이며, 그 기술력은 해외 선진 업체들과 격차가 더욱더 벌어지는 추세이다. 그래서 Cross-hole Type 밀링용 비 연삭 인서트의 성능 평가가 시급히 필요한 시점이다.^[1,4,7]

2. 실험장치 및 방법

2.1 장치 구성도

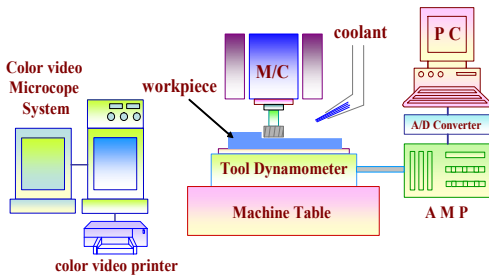


Fig. 1 Experimental set-up for machining experiments

Fig. 1은 절삭저항력을 측정하기 위한 장치 구성도를 나타낸다. 절삭저항력을 측정하기 위하여 Fig. 1에서 보는 것처럼 Machining Center 베드위에 압전형 공구동력계(Kistler, 9257B)를 설치하고, 그 위에 지그(jig)를 부착하였다. 절삭실험 시 인서트와 공작물의 상대운동에 의해 발생되어지는 힘은 공구동력계에서 아날로그 신호로 변환이 되며 다채널 증폭기를 거쳐 변환기를 통해 디지털 신호로 PC로 전송

된다.

마모량은 플랭크 마모를 측정하였으며, 플랭크 마모의 크기측정은 아래 Fig. 2의 전자주사현미경(Nikon, MM-40)을 이용하여 측정하였다.



Fig. 2 Toolmaker's microscope (Nikon, MM-40)

표면조도의 측정은 ISO 468에 준하여 측정하였으며, 측정조건은 이송속도 0.2mm/s, Sample Length 0.08×5로 하여 표면조도값(Ra)을 측정하였다. 측정값의 오차를 줄이기 위하여 가공면의 각기 다른 3개의 측정부위에 3번씩 측정하여 평균값을 사용하였으며, Fig. 3는 측정에 사용한 표면조도 측정기(Mitutoyo, SV-600)를 나타내었다.^{[2],[6]}



Fig. 3 Surface roughness tester (Mitutoyo, SV-600)

2.2 실험방법

Table 1 Experimental conditions

Items	Type
Machining center	Hwa-Cheon Machining Center(Ecomil-43V)
Insert model	A : Ground type
	B : Non-ground type
	C : Non-ground type
	D : Non-ground type
Cutting condition	Spindle speed : 637rpm
	Table speed : 127mm/min
	Depth of cut : 2mm
	Cutting type : Dry
Workpiece	SM45C, GC250
Tool dynamometer	Kistler, 9257B
Amplifier	Kistler 5019A

본 실험에서는 A 기준 인서트(연삭) 1종류와 B, C, D 3종류의 Cross-hole Type(비 연삭) 인서트를 사용하였다. A 인서트와 B, C, D 인서트는 재종과 형상은 동일하나 연삭 유무의 차이를 가진다. 피삭재 SM45C와 GC250 두 가지 소재를 절삭가공 하여 발생하는 가공성을 비교·분석 하고자 하는데 그 목적이 있다. Fig. 4는 본 연구에 사용된 각 인서트의 부분별 형상을 나타내고 있다.

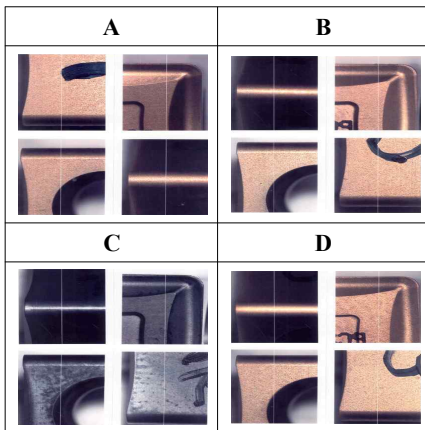


Fig. 4 The shape of milling insert

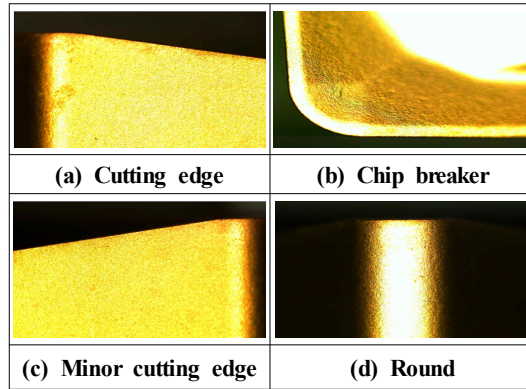


Fig. 5 Insert of each shape

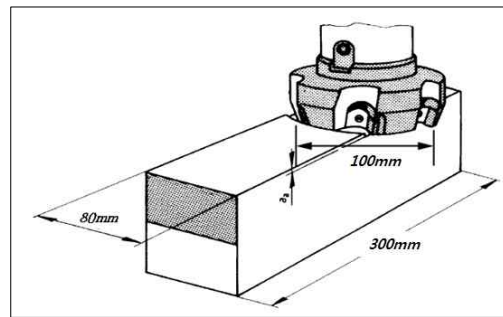


Fig. 6 The shape of specimen & cutter body

절삭조건에서 스핀들 속도는 637rpm, 테이블 이송속도 127mm/min에서 절입깊이를 2mm로 실험을 실시하였으며, 기존 인서트 포함 4종류의 인서트를 실험하였다. 절삭실험 전 각각의 인서트를 커터에 결합 시 인서트와 커터사이의 유격 검사를 위해 1mm 단위까지 측정 가능한 마이크로게이지로 인서트 체결 후 검사를 실시하였다. 모든 인서트의 실험은 표면절삭과 별도의 절삭유를 사용하지 않는 건식으로 하였으며, 각각의 인서트는 절삭이후 가공면의 표면조도와 인서트의 플랭크 마모를 측정하였다. 인서트의 마모된 형상촬영은 가공 전, 1Pass, 5Pass, 10Pass, 15Pass로 총 5번을 촬영하였으며, 마모측정은 마모가 가장 많이 일어난 15Pass에서 측정을 하여 일괄적으로 4종의 인서트를 비교하였다. 이중 A, B 인서트는 일반탄소강을 가공하는 재종이며, C, D 인서트는 주철을 가공하는 재종으로 제작되어졌다.

본 실험에 사용된 피삭재는 일반산업현장에서 많이 쓰이는 SM45C와 GC250으로 사이즈는 300×80×200으로 실험에 사용되었다. 피삭재의 절삭가공을 위한 인서트의 인선부의 연삭 유무와 재종별 합금비율 및 형상에 따라 가공품질에 영향을 미치게 된다고 생각된다.^[7,8]

3. 실험결과 및 고찰

3.1 인서트의 절삭저항력·비절삭에너지 비교

실험은 스피들속도 637rpm, 테이블 이송속도 127mm/min, 절입깊이 2mm, A 인서트(연삭), B, C, D 인서트(비연삭)를 각 15회씩 절삭가공실험을 실시하였다. 아래의 Fig. 7은 SM45C와 GC250의 피삭재를 밀링가공 하여 측정된 인서트별 절삭저항력(Fx)을 비교한 것이다.

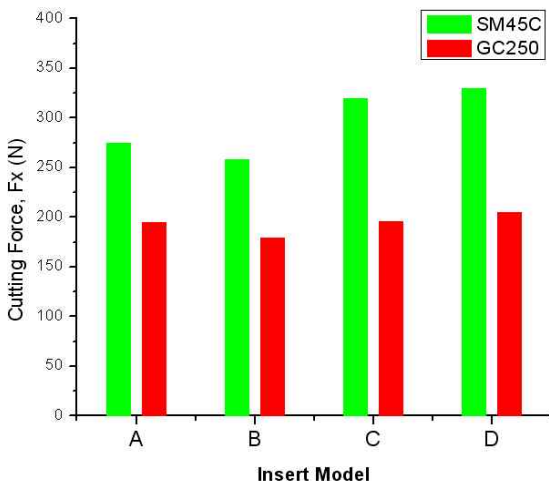


Fig. 7 Cutting force(SM45C, GC250)

Fig. 7에서 보이는 바와 같이 A, B 인서트 중 B 인서트의 Cutting Force가 낮게 나왔으나, 큰 차이를 나타내지 않는다. 반면 C, D 인서트의 Cutting Force는 상대적으로 큰 것을 볼 수 있다.

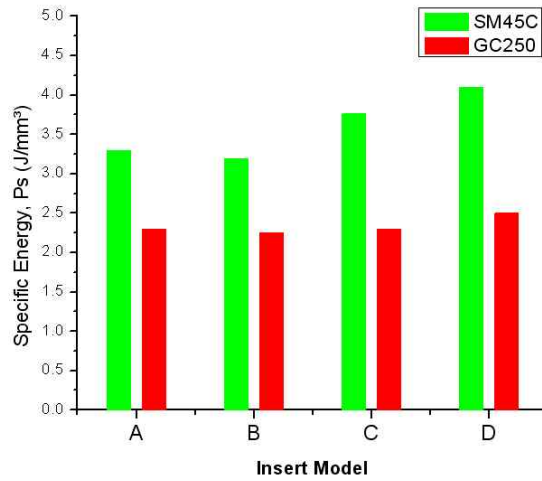


Fig. 8 Specific cutting energy(SM45C, GC250)

Fig. 8은 SM45C와 GC250 소재에 대한 인서트별 비 절삭에너지를 나타낸다. 기존 방식으로 제조된 A 인서트와 Side Press 방식으로 제작된 Cross-hole Type 인서트 B 중 A 인서트의 값이 높게 나왔으나, 큰 차이를 가지지는 않는다. 반면 C, D 인서트는 A 인서트에 비해 비 절삭에너지의 값이 높게 나오는 경향을 볼 수 있는데 이는 Cutting Force가 높기 때문인 것으로 판단된다.

3.2 인서트의 플랭크 마모 비교

실험은 스피들속도 637rpm, 테이블 이송속도 127mm/min, 절입깊이 2mm, 실험시편의 크기는 300×80×200mm로 고정하고, A 인서트(연삭), B, C, D 인서트(비연삭)를 각 15회씩 절삭가공실험을 실시하였다. 각 실험에 있어서 마모측정은 15회를 가공한 이후 최대 마모량을 공구현미경(Samsung, MW-200)과 전자주사현미경(Nikon, MM-40)을 이용하여 측정하였다. Fig. 9와 Fig. 11은 15 Pass 가공한 이후 공구현미경으로 측정된 플랭크 마모(flank wear)의 폭을 나타내었다.

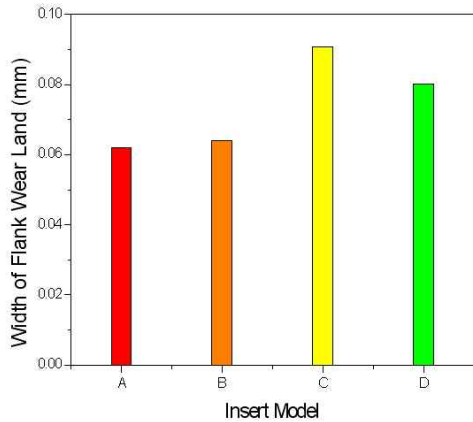


Fig. 9 Width of flank wear land (SM45C)

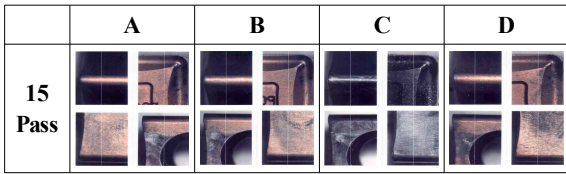


Fig. 10 After processing of insert (SM45C)

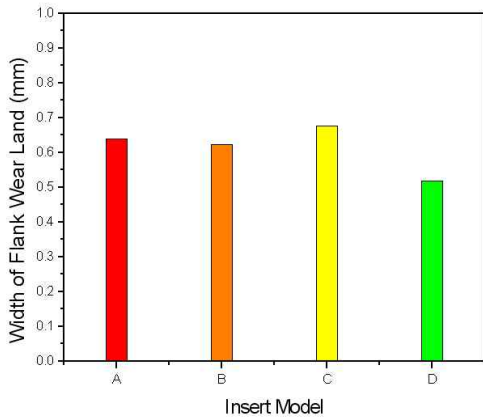


Fig. 11 Width of flank wear land (GC250)

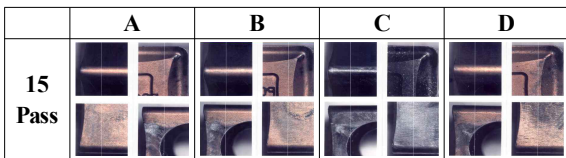


Fig. 12 After processing of insert (GC250)

Fig. 9에서는 SM45C의 경우를 나타내며, 본 그림에서와 같이 동일한 합금비율과 형상을 가지는 A 인서트와 B 인서트는 비슷한 마모량을 나타내었다. 비교적 미소한 차이를 보이는 것은 기존 연삭과 비연삭의 인서트 Nose Radius의 날카로움에 따른 것으로 생각된다. A, B 인서트에 비해 C, D 인서트의 마모량이 상대적으로 많은 것을 볼 수 있는데 이것은 재종의 차이 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 11에서는 GC250을 15 Pass 가공한 이후 각각의 인서트의 마모량을 측정된 값을 나타내었다. Fig. 9에서와 같이 동일한 형상과 합금비율을 갖는 A 인서트와 B 인서트는 마모에서 큰 차이를 보이고 있지 않다. C, D 인서트의 경우 D 인서트가 C 인서트에 비해 상대적으로 마모량이 적음을 볼 수 있다.

3.3 인서트의 표면조도 비교

Fig. 13은 SM45C와 GC250 피삭재에 대한 A, B, C, D 인서트의 표면조도값(Ra)을 나타낸 그림이다. 본 실험은 동일한 조건에서 연삭 인서트와 비연삭 인서트의 표면조도값을 비교하여 비연삭 인서트의 성능을 확인하고자 하였다. 피삭재의 표면조도 측정은 3곳을 선정하여 동일한 위치에서 측정하여 평균값을 구하였다.

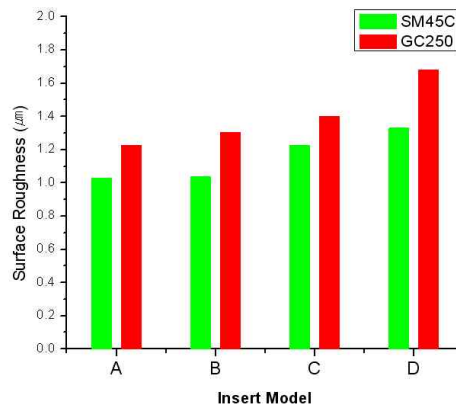


Fig. 13 Surface roughness (SM45C, GC250)

동일한 소재의 A 인서트와 B 인서트의 표면조도

값이 B 인서트 높게 나왔으나, 큰 차이를 나타내지 않는다. 또한 기존 연삭 인서트 A에 비해 Side Press 방식으로 제조된 Cross-hole Type 인서트 B, C, D의 표면조도가 상대적으로 높게 나옴을 볼 수 있는데, 이것은 연삭 유무에 따른 Nose Radius의 날카로움 차이인 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 기존 연삭 인서트 A와 Side Press 방식으로 제조된 Cross-hole Type 인서트 B, C, D의 절삭가공특성에 관한 연구를 통해 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구를 통해 절삭저항 측정용 지그를 개발/제작하였고, 그 활용가능성을 확인하였다.
2. 연삭 인서트 A와 비 연삭 인서트 B, C, D를 비교 실험한 결과 절삭저항력은 비 연삭 인서트가 연삭 인서트보다 높게 나왔으나, 거의 동일한 수준의 값을 나타냈으며, 이는 Nose Radius가 절삭가공에 영향을 미치는 것으로 판단된다.
3. 연삭 인서트 A와 비 연삭 인서트 B, C, D를 비교 실험한 결과 비 절삭에너지는 비 연삭 인서트가 연삭 인서트보다 높게 나왔으나, 거의 동일한 수준의 값을 나타냈으며, 이는 절삭저항력과 마찬가지로 Nose Radius가 절삭가공에 영향을 미치는 것으로 판단된다.
4. 인서트의 마모량은 연삭 인서트 A와 비 연삭 인서트 B, C, D 모두 연삭의 유무보다는 재종과 합금비율에 따라 마모량 차이를 가지는 것으로 판단된다.
5. 동일한 조건에서 비 연삭 인서트 B, C, D의 표면조도값이 연삭 인서트 A보다 높게 나왔으나, 거의 동일한 수준의 값을 나타냈다. 표면조도는 마모와 밀접한 관계를 가지고 있으나, 이는 단순히 플랭크 마모와의 연관성이 아니라 치핑을 비롯한 기계적 손실에 의한 마모와도 밀접한 관계를 가지고 있어 표면조도값이 일정하게 나타나지 않았다.
6. 연삭 인서트 A와 비 연삭 인서트 B, C, D를 비교 실험한 결과 절삭저항력, 비 절삭에너지, 마모, 표

면조도값이 연삭 인서트와 큰 차이를 가지지 않은 것으로 확인되며, 연삭 인서트와 비 연삭 인서트의 성능에 큰 차이가 없는 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비를 지원받아 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 고태조, 김원일, 김희술, 박동삼, 이종찬, 조명우, "21세기를 위한 공작기계", 문운당, pp. 12-32, 2004.
2. 이종찬, 강신일, 김낙수, 김재도, 이영문, 정성중, 조명우, "21세기를 위한 기계공작법", 문운당, 2001.
3. 이종찬, 유인석, "초연마재를 이용한 연삭·절삭가공", 문운당, 2004.
4. 고태조, 김주현, 박영우, 양승환, "절삭이론과공작기계", 동명사, pp. 77-103, 2002.
5. 이종형, "선진 기계재료학", 문운당, 2001.
6. 이영문, 이종찬, "정밀가공학", 대가, pp. 111-135, 2008.
7. 김택수, 이상민, 박휘근, 채승수, 이충석, 김영흠, 성욱종, 남기찬, 이종찬, "Cross Hole Type 비 연삭 밀링 인서트의 마모에 대한 연구", 한국기계가공학회 2008년도 추계학술대회논문집, pp. 224-229, 2008.
8. Won-Il Kim, J. Basic Sci. Res. Inst, "A Study on the Measurement of Flank Wear Using Image Data in Endmilling", pp. 220-226, 2000.