

PCD 공구의 입자지름이 초경합금재의 절삭성에 미치는 영향

The Effect of Grain Size of PCD Cutting Tool on Machinability of Cemented Carbide Materials

*#허성중

*S. J. Heo(sjheo@doowon.ac.kr)
두원공과대학 기계과

Key words : PCD, Cemented carbide materials, Grain size, Machinability, Wear characteristics, Cutting resistance

1. 서론

21 세기의 기술 트렌드는 드라이(dry=MQL 절삭), 하드(hard=난삭재, 신소재의 절삭), 패스트(fast=고속가공)라고 일컬어지고 있다. 즉, 첨단 기술의 실현을 위한 절삭 가공(切削加工, cutting, machining)에 있어서 제품의 소형화 및 동작기계의 고성능화에 의한 초정밀, 고능률적 가공과 더불어 고기능, 고부가가치를 위한 난삭재(難削材, difficult-to-machine material)의 사용이 증가함에 따라 이에 관한 연구의 필요성이 더욱 중요하게 인식되고 있는 것이다⁽¹⁾.

초경합금재(cemented carbide materials)는 WC(텅스텐카바이드, 탄화 텅스텐)와 Co(코발트)를 주성분으로 한 복합재료이므로 저온 경도와 고온 경도가 뛰어나며 압축 강도와 강성이 높은 등, 제반 물리성 성질이 안정되어 있다. 초경합금재의 기계 가공은 지금까지 재료 자체의 난삭성으로 인하여 연삭가공(grinding)에 의존할 수밖에 없었으며 이에 대한 연구는 연구자에 의해 수행된 바 있다⁽²⁾⁻⁽⁷⁾. 그러나 생산성 향상과 정밀 가공의 실현이라는 상반되는 요구를 동시에 충족해야 하는 기계 가공에서, 가공능률이 낮은 연삭가공을 생산량의 증가 및 고능률적 가공이 가능한 절삭가공으로의 변환이 절실히 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 초경합금의 절삭에 뛰어난 성능을 발휘한다고 알려진 다결정 다이아몬드 소결체(PCD: Poly Crystalline Diamond) 공구에 대해, 함유 되는 다이아몬드 입자의 지름의 크기가 초경합금재의 절삭성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다. 즉, 다이아몬드의 입자 지름이 다른 2 종류의 PCD 공구를 이용해 초경합금재를 선반 절삭하여, 다이아몬드 입자지름이 공구 마멸 특성 및 절삭 저항 특성에 미치는 영향에 대해 조사하였다.

2. 실험장치 및 방법

실험장치로는, MAZAK 사제 고속정밀선반 MAZAK-JUNIOR type A(회전수 33~2000rpm, 이송 0.075~0.499 mm/rev, 동력 3.7kW)를 이용하였다.

절삭 조건은 절삭깊이 0.1mm, 절삭 속도 및 이송 속도는 이미 행한 저자의 연구에 의해 PCD 공구에 의한 초경합금의 절삭에 적절하다고 판단한 15m/min, 0.1mm/rev 로 하였다.⁽⁸⁾ 이송은 생산효율을 감안하여 높은 이송범위에서의 기계적 공구마멸기구를 고찰하기 위해 공구 메이커의 추천보다 높게 설정하였다. 본 연구에서는 절삭깊이를 0.1mm 로 일정하게 하였다.

절삭 저항을 측정하기 위해 자체 제작한 스트레인 게이지형 공구 동력계를 사용하였으며, 피삭재는 다른 종류의 초경합금재에 비해 텅스텐의 함유량이 많아, 피삭성이 매우 나쁜 것으로 알려진 내마멸·내충격 공구용 초경합금재 V30(ISO 분류 기호)이다.

피삭재의 화학 조성을 Table 1 에, 주된 기계적 성질을 Table 2 에 나타내었다.

Table 1 Chemical compositions of cemented carbides(wt%)

Cemented carbide	W	Co	C
V30	79~87	7~16	5~6

Table 2 Mechanical properties of cemented carbides

Cemented carbide	Specific gravity (Mg/m ³)	Hardness (HRA)	Compressive strength (GPa)	Young's modulus (GPa)
V30	14.4	88.5	4.61	578

실험에는 다이아몬드 입자지름이 다른 2 종류의 PCD 공구(이하 입자지름이 작은 PCD 공구를 PCD-S 공구, 입자지름이 큰 PCD 공구를 PCD-L 공구로 기술)를 공구 홀더(ETANR1616H33, 스미토모 전공-일본제)에 고정하여 사용하였다. 공구 형상은(-5, -5, 5, 5, 30, 0, 0.8)이며, 각 공구의 주된 기계적 성질은 Table 3 과 같다. 또한, 절삭 거리 경과에 따른 피삭성 및 각 공구의 수명을 판명하기 위해, 하나의 절삭 조건으로부터 피삭재의 바깥지름을 처음 1 회 예비 절삭 한 후, 연속하여 횡이송 건식 절삭하였다. 그리고 그 때의 절삭 저항을 측정해, 팁 코너부의 최대 여유면 마멸폭을 광학현미경으로 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 PCD 입자 지름이 공구마멸 특성에 미치는 영향

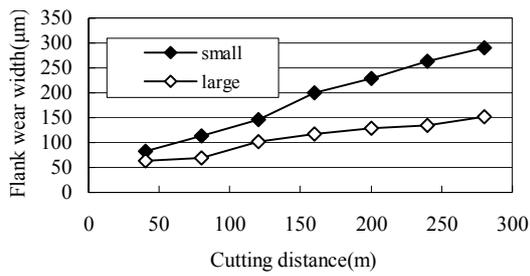
입자 지름이 다른 2 종류의 PCD 공구를 이용해, 초경합금 V30 을 절삭 거리 280m 까지 절삭 했을 때의 절삭 거리와 공구 여유면 마멸의 관계를 Fig. 1 에 나타내었다.

두 공구 모두, 절삭 거리의 진행과 함께 공구 여유면 마멸도 증가하고 있다. 그러나 PCD-L 공구의 마멸 진행이, PCD-S 공구보다 늦고, 절삭 거리 280m 의 시점에서 PCD-S 공구의 여유면 마멸폭이 약 300 μm 인데 반해, PCD-L 공구는 마멸폭 약 150 μm 로써 1/2 정도의 마멸이 되고 있다.

Fig. 2(a) 및 (b)에 절삭 거리 280m 절삭 후의 공구 마멸면의 SEM 관찰에 의한 전체상을, Fig.2(c) 및(d)에 공구 날끝 부근의 SEM 사진을 나타내었다. Fig.2(a) 및 (b) 에서, 마멸면에 초경합금인 부착물이, PCD-L 공구에서는 PCD-S 공구의 경우보다 전체적으로 발생이 억제되고 있는 것을 알 수 있다. 또 PCD-L 공구에서는, 날끝 부근에 공구 칩핑(chipping)이 발생하고 있다. 이 결론은 날끝 전체에 걸쳐 있다고 볼 수 있지만, 공구 전체의 최대 마멸로서는 PCD-S 공구보다 작게 나타나고 있다.

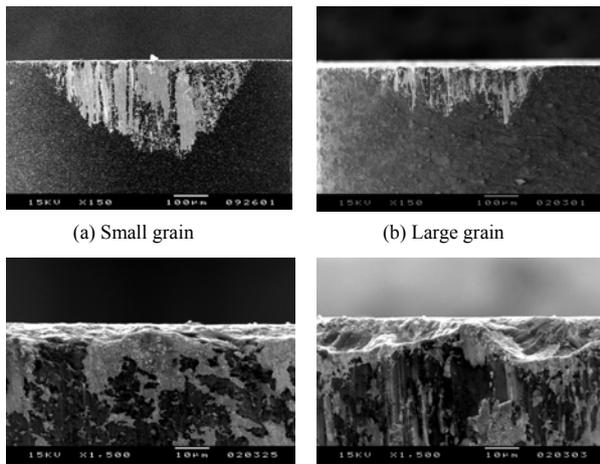
Table 3 Mechanical properties of PCD tool material

	Grain contents ratio [vol%]	Grain diameter (μm)	Hardness [Hv]	Transverse rupture strength [GPa]
Small grain	91	12.5	10,000	1.7
Large grain	96.5	45	12000	1.5



V=15m/min, f=0.1mm/rev, t=0.1mm

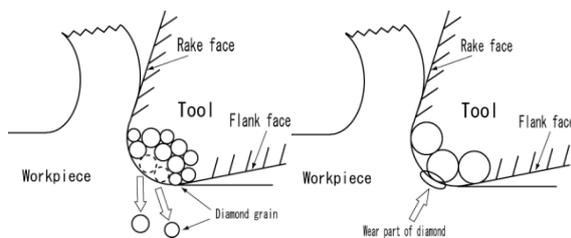
Fig. 1 Relation between flank wear width and cutting



(c) Cutting edge of small grain tool (d) Cutting edge of large grain tool

V=15m/min, f=0.1mm/rev, t=0.1mm, L=280m

Fig. 2 SEM photographs of tool wear



(a) Small grain size tool (b) Large grain size tool
Fig. 3 Wear process of diamond tools

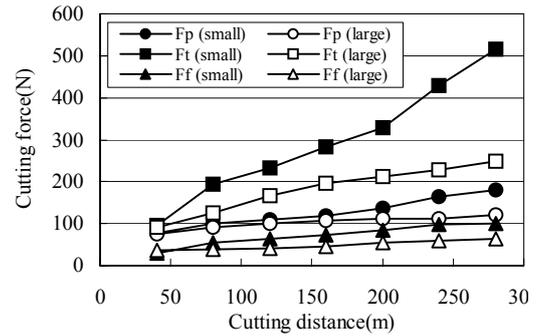
3.2 PCD 입자 지름이 절삭저항에 미치는 영향

다이아몬드 입자지름이 다른 2 종류의 PCD 공구로 초경합금의 선반 절삭을 실시했을 경우에 대해, 절삭 거리와 절삭 저항의 관계를 Fig. 4에 나타내었다.

3분력 모두 PCD-L 공구에 있어서의 저항이 PCD-S 공구의 것보다 작게 나타나고 있는 것을 알 수 있다.

절삭 개시 직후는 두 경우에 큰 차이는 볼 수 없지만, 절삭 거리 80m 에서는 배분력은 이미 큰 차이가 나고 있다. 그 후 절삭 거리 280m 의 시점에서는, 배분력 뿐만 아니라 다른 2분력에 대해서도, PCD-S 공구에서의 값이 PCD-L 공구의 거의 2배가 되고 있는 것이 확인할 수 있다.

Fig. 1에서 PCD-S 공구의 공구 마멸이 PCD-L 공구 마멸의 약 2배가 되고 있는 것으로부터, 공구 중에 포함되는 다이아몬드 입자지름의 차이에 의해 절삭 기구가 달라짐으로써, 공구 마멸 폭 및 절삭 저항의 사이에 어떠한 상호관계가 존재하는 것으로 생각된다.



V=15m/min, f=0.1mm/rev, t=0.1mm

Fig. 4 Relation between cutting force and cutting distance

4. 결론

본 연구는 내마멸·내충격 공구용 초경합금재 V30을 다이아몬드 입자지름이 다른 2 종류의 다결정 다이아몬드 소결체(PCD: Poly Crystalline Diamond) 공구로 선반 절삭하여, 절삭 거리와 공구 여유면 마멸 및 절삭 저항의 관계 등 절삭성에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

그 결과, 다이아몬드 입자 지름의 큰 PCD 공구를 이용한 초경합금의 절삭에서는, 입자 지름이 작은 PCD 공구를 이용했을 경우보다, 공구 마멸폭, 절삭 저항 모두 약 1/2 정도로 나타남으로써, 입자지름이 절삭성이 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다. 또한, 공구 마멸면의 초경합금 부착물은, PCD-L 공구에서는 PCD-S 공구의 경우보다 전체적으로 발생이 억제되고 있는 것을 알 수 있었으며, PCD-L 공구에서는 날 끝 전체에 걸쳐 칩핑(chipping)이 발생함이 관찰되었다. 그러나, 공구 전체의 최대 마멸로서는 PCD-S 공구보다 작게 나타남이 판명되었다.

후기

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임. KRF-2006-521-D00044

참고문헌

1. Katsuyoshi Karino, "Cutting Technology of Next Generation," The Nikkan Kogyo Shinbun, LTD., 1, 2000
2. S.J. Heo, J.H. Kang, and W.I. Kim, 1993, "A Study on the Grinding of WC-Co with High Quality", Proceedings of The 1st International Abrasive Technology Conference
3. S.J. Heo, J.H. Kang, and W.I. Kim, "A Study on the Ultra-Precision Grinding Condition of WC-Co", KSPE, 10, 1, 42-51, 1993
4. S.J. Heo, J.H. Kang, and W.I. Kim, "A Study on the High Efficiency Grinding of WC-Co", KSME(A), 17, 3, 721-730, 1993
5. S.J. Heo, J.W. Nam, and W.I. Kim, "Temperature Distribution of Tungsten Carbide Alloy Steel for Surface Grinding", KSPE, 12, 7, 178-188, 1995
6. S.J. Heo, J.H. Kang, and W.I. Kim, "Surface Grinding of Tungsten Carbide for High Quality Using Diamond Wheel", J. of KSMTE, 4, 3, 12-24, 1995
7. S.J. Heo, "A Study on the Internal Grinding of Tungsten Carbide Materials to Improve the Machining Performance", KSPE, 13, 6, 52-58, 1996
8. Sung Jung HEO, Takeshi MIYAMOTO, Shinsaku HANASAKI and Junsuke FUJIWARA, "Study on Cutting of Cemented Carbides-Wear Mechanism of PCD Tool and Cutting Force in Turning -", JSPE, 69, 12, 1724-1728, 2004