

다이아몬드 공구 가공용 CNC 와이어컷 방전가공기 및 완전방수 CNC 로터리 테이블의 개발

Development of the CNC WEDM Machine & Water-Proofed CNC Rotary Table for Machining of PCD Tool

임관수^{1,*}, 이재우²

KWAN SOO LIM(kslimz@naver.com)¹, * JAE WOO LEE(e@doowon.ac.kr)²

¹(주)서울정기 기술연구소, ²두원공과대학 기계과

Key words : Diamond, Tool, Wire Cut, Rotary Table, WEDM, CNC

1. 서론

다이아몬드 스톨에 의한 연삭, CNC 형조 방전가공기와 CNC 와이어컷 방전가공기를 사용하는 다이아몬드 공구(리머, 드릴 등)의 가공 중에서, CNC 와이어컷 방전가공기에 의한 가공이 약 70%를 차지하고 있는 실정인데, 아직 한국에서는 다이아몬드 가공용 와이어컷 방전기가 개발되지 않아서 전량 수입에 의존하고 있으며, 독일 볼머 등의 선진외국제품은 1대당 약 5억원 이상의 고가이므로, 설비 투자가 어려워져서 국산 다이아몬드 공구의 가격 및 품질 경쟁력이 매우 낮은 상황이다. 또한, 복잡한 형상을 가진 다이아몬드 공구의 CNC 와이어컷 방전가공에 사용되는 완전 방수 CNC 로터리 테이블은 국내에 다량 수입되고 있음에도 불구하고, 국내에서 아직 개발되지 못하였으며, 대량 수입 가격이 약 3천만원 이상으로 매우 고가이고, 제조원가 대비 부가가치가 매우 높은 품목이므로 시급히 개발되어야 할 필요가 있다. 따라서, 본 연구에서는 다이아몬드 공구의 가공을 위한 CNC 와이어컷 방전가공기와 CNC 로터리 테이블을 개발하였으며, 본 개발 장비를 사용하여 소결 다이아몬드를 와이어 방전 가공하여, 그 성능 특성을 검토하였다.

2. 시험 방법

1) 다이아몬드 공구의 가공에 있어서 표면거칠기 향상, 와이어 단락 방지, 가공능률 향상, 데미지층(손상층) 방지, 데미지층(손상층) 깊이 감소, 방전 가공 시의 다이아몬드에서의 균열 방지, 절삭날 가공 및 코너 가공의 정밀도 향상을 꾀하기 위한 CNC 와이어컷 방전가공기의 가공 전원 제어 장치의 개발 수행, 2) 복잡한 형상을 가진 다이아몬드 공구의 와이어컷 방전 가공을 위한 완전 방수 CNC 로터리 테이블의 개발, 3) 스파이럴 등의 형상을 가진 다이아몬드 공구 가공을 위한 6축(X,Y,Z축 이외에 U(테이퍼용),V(테이퍼용),

A(로터리)) CNC 제어를 위한 CAM 프로그램의 개발을 수행하였다. Fig. 1은 사용된 PCD의 화학 조성을 보인다. 국산 PCD는 결합제로 사용되는 Co 함량이 다른 PCD에 비하여 현저히 높다.

Table 1은 당사 머신과 일본 M사 머신을 사용하여, 각종 PCD를 방전 가공하였을 때의 가공 조건과 각 가공 조건에서 얻어진 표면 거칠기를 나타내었다. 사용된 모든 PCD의 다이아몬드 입자 크기는 10 μm이며, 표면거칠기는 접촉식 측정기를 사용하여 측정하였다.

Table 1 Cutting condition used and Surface roughness in different cutting conditions

| Cutting condition | Surface roughness (Ra, μm) | |
|--|----------------------------|----------|
| | 당사 머신 | 일본 M사 머신 |
| 국산 PCD Cutting speed(V) : 6.8mm/min water conductivity(C): 10μS/cm | 0.27 | 0.28 |
| V : 9, C : 10 | 0.35 | 0.32 |
| V : 14, C : 15 | 0.37 | 0.45 |
| 외국 D사 PCD V : 6.8, C : 10 | 0.29 | 0.30 |
| V : 9, C : 10 | 0.37 | 0.40 |
| V : 14, C : 15 | 0.39 | 0.44 |
| 외국 G사 PCD V : 6.8, C : 10 | 0.28 | 0.26 |
| V : 9, C : 10 | 0.36 | 0.33 |
| V : 14, C : 15 | 0.39 | 0.36 |
| 외국 T사 PCD V : 6.8, C : 10 | 0.29 | 0.27 |
| V : 9, C : 10 | 0.36 | 0.34 |
| V : 14, C : 15 | 0.41 | 0.39 |

3. 실험 결과 및 고찰

개발된 CNC 로터리 테이블은 기어 구동 방식에서의 백래시 등의 정밀도에 미치는 영향을 방지하기 위하여 서보 모터 직결 방식을 택하였으며, 그 사진을 Fig. 2에 보인다. 완전 방수 등의 요구되는 성능이 얻어졌다.

Fig. 3은 와이어컷 방전 가공한 후의 표면을 보이는 주사전 자현미경 사진이다. 사진에서의 기공은, 다이아몬드 입자가 방전 가공 시에 탈락되어 생성된 것으로 판단된다. Fig. 3으로부터 Co 함량이 높은 국산 PCD의 표면 거칠기가 가장 양호함을 알 수 있다. Co 함량이 높을수록 전기 전도성이 좋으므로 방전이 용이하기 때문으로 판단된다. 또한 모든 PCD에서 가공 속도가 증가할수록 표면거칠기 값이 증가하였다. 당사 와이어컷 머신과 비교를 위하여 일본 M사 와이어컷 머신을 사용하여 모든 PCD를 여러 방전 가공 조건에서 가공하였을 때, 사용된 방전가공기의 차이에 따른 영향은 그다지 나타나지 않았다. 또한, 방전액의 전기 전도율의 증가는 표면거칠기의 향상에 현저한 효과가 있는 것으로 보인다.

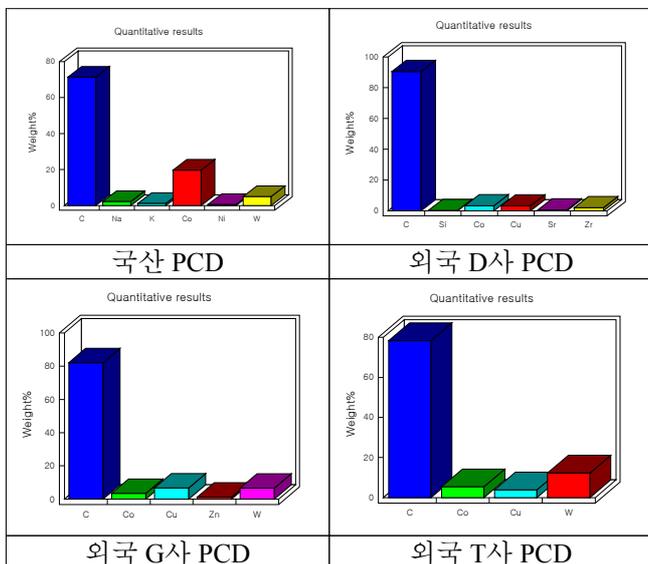
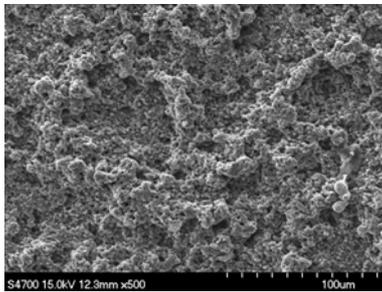


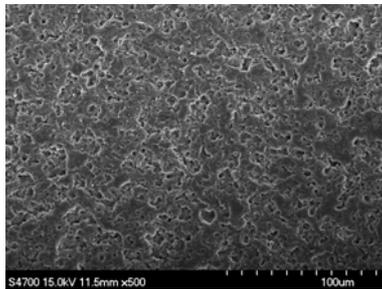
Fig. 1 Chemical compositions of the polycrystalline diamonds machined



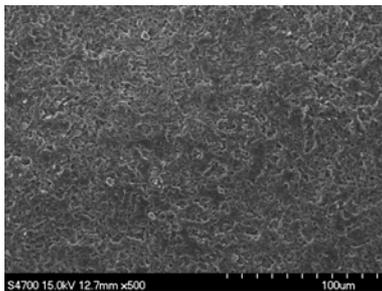
Fig. 2 Photograph of the CNC rotary table developed



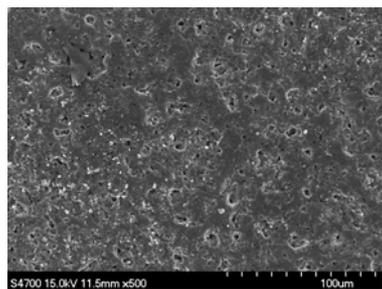
Fractured surface



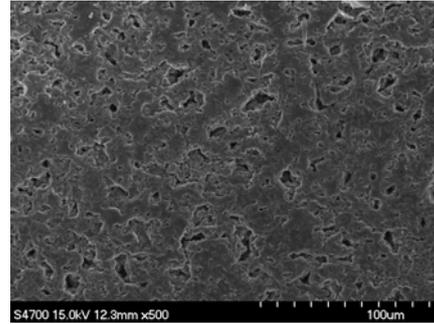
국산PCD, V: 9, C: 10, C: 10, 당사 머신



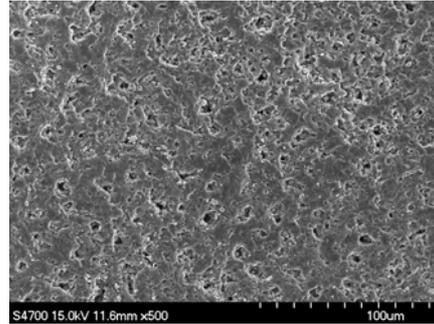
T사 PCD, V: 9, C: 10, C: 10, 당사 머신



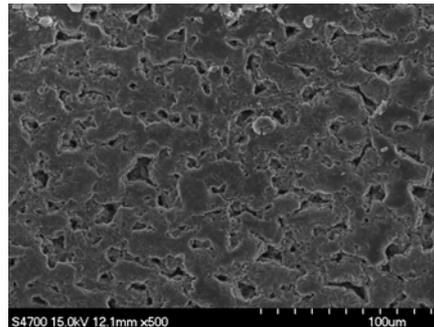
G사 PCD, V: 9, C: 10, C: 10, 당사 머신



국산PCD, V: 9, C: 10, 타사 머신



T사 PCD, V: 9, C: 10, 타사 머신



G사 PCD, V: 9, C: 10, 타사 머신

Fig. 3 Photographs of WEDMed and fractured surfaces

4. 결론

본 개발에 의하여, 1) 표면거칠기 : PCD(소결다이아몬드)1.6t, 가공속도 6.8mm/min에서 Ra 0.28 μ m, Rmax 1.24 μ m 달성, 2) 가공속도 : PCD(소결다이아몬드)1.6tm, 표면거칠기 Ra 0.28 μ m, Rmax 1.24 μ m이 얻어지는 조건에서 6.8mm/min 달성, 3) 코너가공오차 : PCD(소결다이아몬드)1.6t, 45도 sharp corner 가공에서 0.5 μ m 달성, 4) 가공직진정도 및 가공형상정도 : PCD(소결다이아몬드)1.6t, 직진정도 120mm의 절단에서 1 μ m 달성, 형상정도 ϕ 30mm의 절단에서 1 μ m 달성, 5) Wire 단락 : PCD(소결다이아몬드)1.6t, 10m의 절단에서 0% 달성, 6) CNC 로터리 테이블의 방수성 : 방전액에 침적 상태에서 가동 12hr후 검사 100% 방수 달성, 7) 테이블 중심구멍 떨림 및 회전중의 테이블 상면 떨림 : 1/1000mm 다이알 게이지로 측정하여 10 μ m 이내 달성, 8) 테이블의 상면과 하면, 테이블 중심선과 하면, 테이블 중심선과 안내편과의 평행도 : 300mm에 대하여, 삼차원측정기 사용에 의한 측정에서 30 μ m 이내 달성, 9) 누적 인덱싱 정밀도 : 광학적 측정에 의하여 회전축 40초이내 달성, 10) Repeatability : 광학적 측정에 의하여 회전축 \pm 2 μ m의 성능 달성, 11) 다이아몬드 와이어컷 방전가공에서 손상층 깊이 10 μ m 이내 달성의 성과를 달성하였다.