

티타늄 코팅 된 다이아몬드 지립이 다이아몬드 공구의 성능에 미치는 영향

Effect of Ti Coated Diamond Grit on Performance of Diamond Tool

임동필, 임대순, 민언기*, 임종관*

고려 대학교 재료 공학과

*주식회사 유니온 다이아몬드

Abstract

Diamond grit was coated with Ti by RF Sputtering to investigate the effect of coated diamond particles on performance of diamond impregnated saw. Coated and uncoated powders were separately mixed with 70Co-30W(wt %) powders by conventional milling technique. Hot pressing was carried out to make specimens. The wear test were carried out with these two types of diamond impregnated specimens. It was demonstrated that Ti coating was effective in improving the ability of grit retention and thus enhanced the tribological performance of diamond tool.

Key words : Ti coating, Diamond saw, Sputtering, Diamond grit

I. 서론

석재, 콘크리트 등의 절단에 쓰이는 다이아몬드 saw는 그 피절삭재의 종류에 따라 여러 형태가 있으나, 다이아몬드 지립을 코발트와 같은 금속 본드 분말과 혼합·소결한 tip을 금속 휠에 붙여 사용하는 것이 일반적이다. 이런 saw의 성능을 좌우하는 요소로는 지립의 물성, 기지 금속의 물성, 지립과 본드의 친화력을 들 수 있는데, 절삭 과정에서 특히 문제가 되는 것은 세번째로, 금속 본드가 지립을 단단히 잡아주지 못해 지립이 조기에 탈락되어 실질적인 절삭에 이바지하지 못하게 되어 절삭 성능은 물론이고 saw의 수명까지 감소시키는 것이다. 이를 개선하기 위해 소결 온도에서 카바이드를 형성할 수 있고, 기지 금속 본드와도

친화력이 있는 금속 물질을 코팅한 후, 이를 소결함으로써 지립과 본드간에 연속적인 층을 형성하게 하여 지립 지지 능력을 향상시키는 몇 가지 방법이 연구 되었다[1-3]. 이때 코팅으로 사용되는 금속에는 Co, Ti, Fe, Mo등 여러 가지가 있다. 그 중 Ti의 경우 소결 온도인 600~800℃에서 카바이드(carbide)를 형성하며[4], 일반적으로 쓰이는 본드 물질인 Co와의 친화력이 강함은 물론[5], 산소 친화력이 강해 기지 금속 분말에 포함 되거나 지립에 코팅될 경우 다이아몬드 지립의 산화를 줄일 수 있다.[6]

이 논문에서는 스퍼터링(sputtering) 장치를 사용하여 다이아몬드 지립을 Ti로 코팅 후, 가압 소결하여 시편을 제작하고 마모시험 후 다이아몬드 지립의 상태 및 마모 부위 등을 광학

현미경 및 주사 현미경을 이용하여 관찰하였다. 본 연구의 목적은 Ti 코팅이 마모실험 중에 다이아몬드 지립의 접착력 등에 어떤 영향을 주는지를 조사하여 다이아몬드 saw 등의 공구의 성능을 향상시키고 수명을 연장시키고자 하는 것이다.

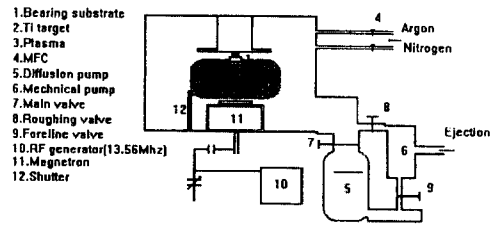


Fig 1. Schematic diagram of RF-sputter

II. 실험 방법

1. 다이아몬드 지립의 코팅

증착에 이용한 RF-마그네트론 스퍼터링(RF-magnetron sputtering) 기기(Fig 1)는 원통형 반응 용기 내의 시스템과 전력 공급 시스템, 진공 및 배관 장치 시스템 등으로 구성되어 있다. 용기 내에는 하단에 타깃이 위치하며, 코팅 되는 다이아몬드 지립이 위에 위치하게 된다. 타깃으로는 순도 99.99%의 2 inch 타깃을 사용하였다. Ar 분위기하에서 코팅하였으며, Ar 유량은 20 SCCM(standard cubic centimeter per minute)으로 고정하였다. 코팅에 사용한 다이아몬드 지립의 크기는 40/50 mesh 이며, yellow grade인 것을 사용하였다.

대체로 구형인 지립에 균일하게 코팅하기 위해 일단 유리판에 접착제를 바르고, 그 위에 다이아몬드 지립을 단일 층을 형성하도록 5cm×5cm 면적에 고루 퍼 바른 후, 이를 상단에 위치하는 기판에 고정시켜 한 번 증착하여 지립의 반쪽 면을 증착 시킨 후, 반대쪽 면을 증착 시키기 위해 이 코팅 된 지립 위에 접착 테이프를 붙여 떼어낸 다음 이를 다시 기판에 고정시켜 증착 하였다. 증착 조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Parameters of Ti Coating

Target to Sample Distance	4.5 cm
Power	180W
Pressure	6.7×10^{-2} atm
Bias	-20 V
Ar flow rate	20 SCCM
Atmosphere	Ar
Coating time	4 h

2. 시편 준비

증착한 다이아몬드 지립을 잡아주는 지지 금속 본드는 70Co-30W(wt %)를 사용하였으며, 지립과 본드의 비율은 질량 비로 1:48의 비율로 하였다. 지립과 본드를 섞은 다음, 프레스할 때 성형체의 형태 유지를 위해서 액체 파라핀을 이 혼합 분말에 넣고(약 1 wt%) 볼 밀링 기기를 사용하여 6시간 섞고, 9.4g 평량으로 몰드에 주입한 후, 5000kg/cm² 압력에서 프레스하여 성형체를 얻었다. 이렇게 얻은 성형체를 소결 온도 710℃에서 가압 소결하여 시편(3.2×9×38mm)을 얻었다.

3. 마모 시험

제작한 시편을 Fig 2 와 같은 마모 시험기에 장착, 마모 시험을 하였다. 시편을 홀더에 장착하고 평형 조정 추의 위치를 조정하여 수평을 맞춘 다음 임의의 무게의 추를 매달므로써 일정 하중 조건하에서 마모실험을 할

수 있게 되어 있다. 상대재로는 직경 8 inch의 실리콘 카바이드 resin-bonded 그라인딩 휠을 사용하였다. 마모 시험 조건은 Table 2와 같다.

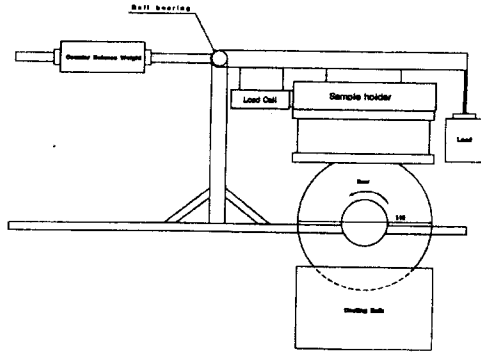


Fig 2. Schematic diagram of wheel-on-plate type wear tester.

Table 2. Conditions of wear test

Test Duration	2 min
Peripheral Speed	52 m/sec
Load	10 N

4. 분석

다이아몬드 지립의 코팅여부를 확인하기 위해 Rigaku사의 X선 분석 회절기를 이용하여 40KV, 10mA 조건과 Cu K α ($\lambda=1.547\text{\AA}$) 타깃으로 10-90° 영역에서 분당 4°속도로 피크를 조사하였다.

증착된 코팅의 두께를 알아보기 위해 같은 증착 조건에서 유리판 위에 접착 테이프를 붙이고 증착한 다음, 테이프를 떼어내고 α -step profiler stylus로 두께를 측정하였다.

마모 시험 후의 지립 상태를 보기 위해 광학 현미경($\times 60$)을 이용, 상대재인 휠과 닿은 면의 지립의

상태를 관찰, 온전한 것, 파쇄가 일어난 것, 빠져 나간 것을 세어 비로써 나타낸 값을 서로 비교 하였다.

IV. 결과 및 고찰

1. X선 회절 실험

X선 회절 실험 결과 Fig 3과 같은 회절 무늬를 얻을 수 있었다. 두 무늬 모두 45.37°에서 다이아몬드 peak이 나타나며, Ti 코팅한 지립의 경우엔 20.1°와 14.47°에서 각각 Ti와 Ti $_8$ O $_{15}$ peak이 나타난다. 이로써 Ti가 증착 되었으며, 일부는 산화되었음을 알 수 있다.

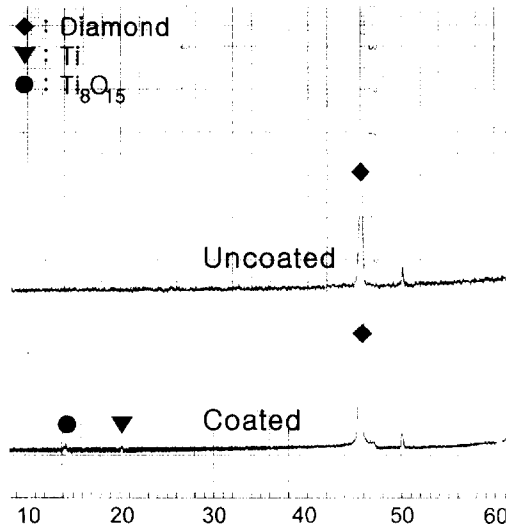


Fig 3. X-ray diffraction pattern of uncoated and coated diamond grit

2. 마모 시험

Fig 4는 절삭 시간에 따른 시편의 질량 변화를 나타낸 것이다. 초기에 두 시편이 거의 같으며, 코팅하지 않은

지립으로 제작한 시편이 약간 질량이 크나, 마모실험 후엔 오히려 코팅한 시편의 질량이 큰 것을 알 수 있다.

또한, 절삭 시간에 따른 휠의 직경 변화(Fig 5)는 반대로 코팅한 것이 상대적으로 마모의 정도를 나타내는 직경 변화가 큼을 알 수 있다.

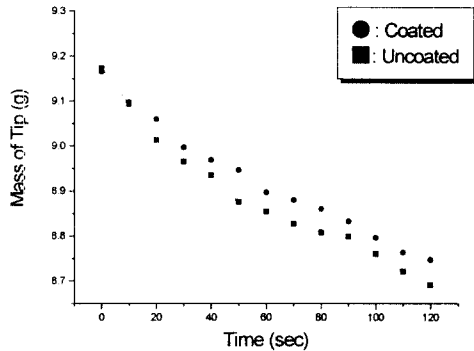


Fig 4. Variation of mass of tip with sliding time

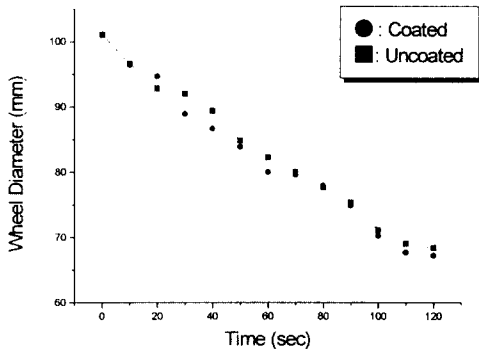


Fig 5. Variation of wheel diameter with sliding time

Fig 6는 마모 시험 후 시편의 마모면의 지립 상태를 현미경으로 관찰, 온전하게 존재하는 것(폴리싱된 것과 미소 파쇄된 것 포함), 반 이상 파쇄된 것, 빠져 나간 것을 세어 백분율로 나타낸 것이다.

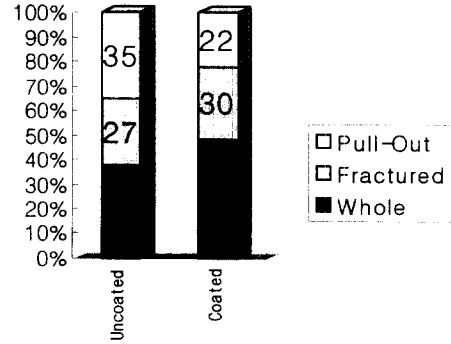


Fig 6. Condition of diamond particles after wear test for specimens with coated and uncoated diamond grits.

코팅 된 지립을 쓴 시편의 경우 코팅 안한 경우보다 조기 탈락된 분율이 특히 작으며 상대적으로 온전하게 존재하는 지립의 분율은 더욱 큼을 알 수 있다.

이상 세가지 사실을 종합해 볼 때, Ti 코팅한 지립을 쓴 시편의 경우, 금속 본드가 다이아몬드 지립을 더욱 단단하게 잡아주어 조기 탈락 되는 지립의 수를 줄여, 각 지립이 절삭에 기여하는 시간을 늘이므로 시편 자체는 마모가 적음에도 불구하고 더욱 큰 상대재의 마모를 나타낸다.

일반적으로, 절삭 작업에는 석중, 주속, 이송 속도, 시편에 함유된 다이아몬드 분율 등에 따라 적정 주속이 존재하며 그 때 효율이 최대가 되며, 이 때 지립 상태는 빠진 것 : 파쇄된 것 : 온전한 것의 비율이 1:1:1이다.

위 결과에서, 코팅되지 않은 지립을 쓴 시편의 경우 비율이 거의 1:1:1에 가깝다. 이는 현재 주속이 이 시편에 알맞음을 의미한다. 반면, 코팅 된 지립을 쓴 시편의 경우, 조기에 탈락되는 지립의 비율이 적고 상대적으로 온전한 것과 파쇄가 일어난 것의 비율이 크다. 따라서, 이 시편은 현 실험 조건보다 더욱 큰 주속, 더욱

큰 하중 하에서도 높은 효율로 절삭이 가능하다.

V. 결론

Ti 코팅 된 지립을 쓴 시편과 코팅 안한 지립을 쓴 시편의 마모 시험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Ti 코팅 된 지립의 경우 조기에 탈락되는 지립의 분율이 적고 상대적으로 온전한 지립의 분율이 큼으로 인해 적은 시편 마모로도 더욱 큰 상대재의 마모 결과를 얻었다. 이로써 Ti 코팅이 본드와 지립 계면을 개선하여 지립 지지 능력을 향상시킴을 알 수 있었다.

코팅 된 지립을 쓴 경우 이 실험 조건에서 온전하게 남아 있는 지립의 분율이 크고, 조기에 탈락되는 것은 적으므로 다이아몬드 saw 등의 성능을 향상시키고 수명 연장에 기여할 수 있음을 보이고 있다.

References

1. U. S. Patent No. 4,770,907
2. U. S. Patent No. 5,143,523
3. South African patent application Nos. 70/3466, filed May 22, 1970, and 70/3653, filed May 29, 1970.
4. J.L. Murray, *Binary Alloy Phase Diagrams*. (1980) p. 595.
5. J.L. Murray, *Binary Alloy Phase Diagrams*. (1980) p. 808-809.
6. S. K. Bhaumik, G. S. Upadhyaya, M. L. Vaidya, *Journal of Materials Science* 27(1992) 1947-1959.