

◆특집◆ 생산시스템 및 응용기술

흑연소재가공용 공구의 DLC 코팅두께가 가공특성에 미치는 영향

윤재호*, 김형균**, 최성대***,#

*주광정밀(주), **극동대학교 방사선학과, ***금오공과대학교 기계시스템공학과

Effect on Tooling Characteristics to DLC-coated Thickness of Tool for Graphite Material

Jae-Ho Yoon*, Hyeong-Gyun Kim**, Seong-Dae Choi***,#

*Jukwang Precision CO. LTD., **Department of Radiological Science, Far East Univ.

***Department of Mechanical System Engineering, Kumoh institute of Tech.

(Received 10 October 2015; accepted 20 October 2015)

ABSTRACT

Processing of low toughness graphite material requires high-speed machine tools and DLC coating. In this study, results of investigation of the tool wear and machining properties of the DLC coating according to the thickness, and the machining time of the tool used for the machining of graphite electrodes, were as follows. 1. DLC coating thickness shows a larger wear amount of the tool center in accordance with thickness; the wear amount of the tool increases in proportion to the machining time. 2. The difference between the amount of wear depending on the processing time shows edge portions larger than the tool wear amount in the center. This amount of wear of the tool edge is formed since the rotating torque is in contact with the graphite material surface significantly more than the central portion. 3. The thicker the DLC coating, the more the coating tool eliminated of the coating area by the interface between the cemented carbide tool being coated with an increased friction of the graphite material and the DLC coating area.

Key Words : Graphite Material(흑연소재), Diamond Like Carbon Coating(DLC코팅), High Speed Machining(고속가공), Tool Wear(공구마모), Coating Thickness(코팅두께)

1. 서 론

복잡한 금형제작에 필요한 방전가공은 매우 유용한 절삭가공방법중의 하나이다.^[1,2]방전가공에 사용되는 전극으로 흑연소재는 Copper에 비하여 2~4

배의 가공속도를 낼 수 있으며, 대형가공물에도 뛰어난 작업성을 나타내고 있다. 또한 Copper의 1/5정도의 경량으로 인해 취급이 용이하고 열팽창에 의한 치수정밀도가 뛰어나다. 그러나 경도가 높은 흑연을 가공할 때는 치수정밀도를 유지하기 위해서 초경공구에 DLC(Diamond Like Carbon:이하 DLC) 코팅을 하여 고속가공하고 있다.^[3-6] 이것은

Corresponding Author : sdchoi@kumoh.ac.kr

Tel: +82-54-478-7396, Fax: +82-54-478-7319

흑연의 경도가 공구마모 및 가공에 큰 영향을 주기 때문이다. 본 연구에서는 흑연전극에 사용되는 초경공구에 DLC 코팅을 여러 두께로 도포하여, 가공시간에 따른 코팅공구의 마모와 이것이 공작물에 어떤 영향이 있는지를 검토하였다.

2. 실험방법

2.1 DLC 코팅공구

Fig. 1에 나타낸 것과 같이 흑연소재 가공용 2Flute-4Ball 초경엔드밀에 DLC 코팅을 입힌 공구로 사용하였다. 사용된 공구는 직경이 4mm이며 공구길이 20mm이고 전장은 60mm이다. DLC 코팅의 두께는 각각 7 μ m, 10 μ m, 15 μ m로 조정하였다.

2.2 흑연소재형상 및 절삭 가공기

Fig. 2에는 본 연구에 사용된 흑연소재를 나타내었다. 가로80mm, 세로120mm이고 곡률반지름이 65mm으로 반 원통형상을 가진 것으로 모바일제조에 사용되는 형상지그부품으로 사용되고 있다.

Fig. 3에는 본 연구에 사용된 고속절삭 가공기를 나타내었다. 고속 가공기는 M사의 V22모델로 선정하였으며, 최대회전수는 40,000RPM이며, 250 x 200 x 150mm까지 가공할 수 있으며, 건식으로도 가공할 수 있다. 공구회전수는 30,000rpm이며, Feed는 2,200으로, 절삭깊이는 200 μ m로 가공하였다.

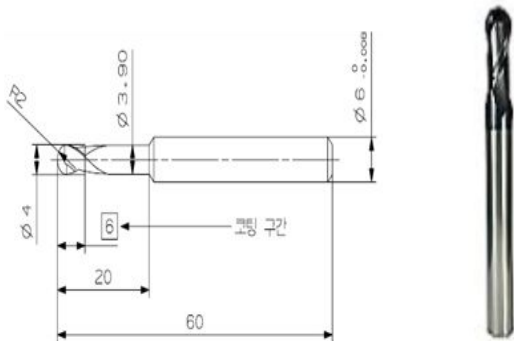


Fig. 1 The size of DLC coated tool

2.3 흑연소재절삭 실험방법

Fig.3에 나타낸 고속가공기로 Table 1의 조건으로 절삭가공실험을 실시하였다. 각 코팅두께에 따른 공구를 각 15개를 준비하여 가공시간이 6, 9, 12, 15, 18시간으로 3개씩 정삭가공 후 공구의 마모상태를 확인하기 위해 공구현미경으로 마모상태를 중앙과 양측가장자리에 각각 측정하여 평균하였다.

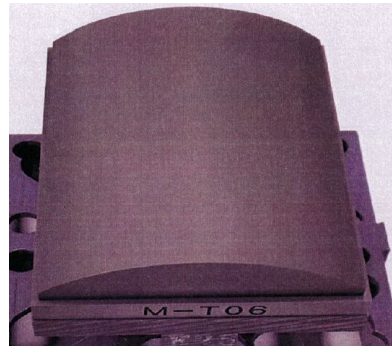


Fig. 2 Dimension of graphite workpiece

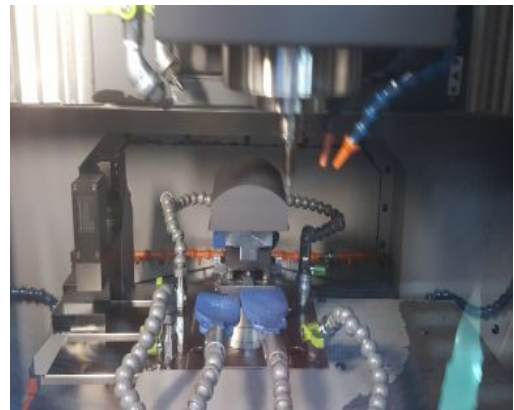


Fig. 3 Photography of high speed machine

Table 1 Conditions of tooling machine

Coating thickness	Tooling time (hr)				
	6	9	12	15	18
7 μ m	Measurement of tool wear value				
10 μ m	Measurement of surface roughness				
15 μ m	Photography of surface and tool tip				

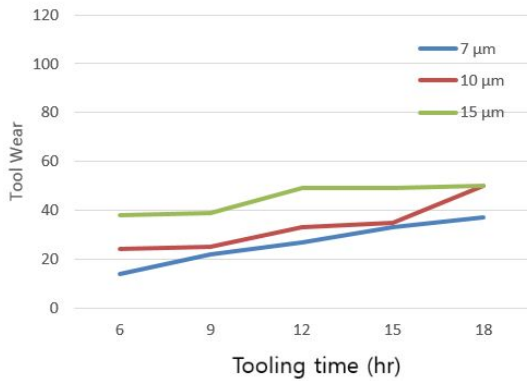


Fig. 4 Tool wear value after each tooling time at Top-center of tool

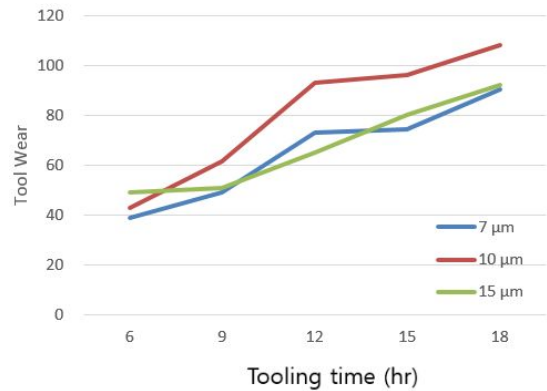


Fig. 5 Tool wear value after each tooling time at Top-sides of tool

그리고 마모의 형태를 파악하기 위해 사진촬영도 실시하였다. 흑연소재의 가공면의 거칠기를 중심선 평균거칠기(Ra)로 10회 측정하여 평균으로 나타내었다. 표면사진을 촬영하여 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 DLC 코팅두께와 마모특성

일반적으로 하나의 공구를 사용할 때는 공구의 마모량은 가공시간에 따라 증가하는 것이 타당하지만 본 연구에서는 각각 다른 공구를 사용하여 각각의 가공시간 후의 마모량을 측정한 것으로 가공시간이 증가함에 따라 증가 경향은 나타나지만 수치적으로는 비교할 수 없는 결과를 얻었다.

Fig. 4에서는 DLC 코팅공구의 코팅두께가 다른 공구로 가공시간에 따라 공구중앙부에 대한 공구 마모량을 나타낸 것이다. 코팅두께가 두꺼워짐에 따라 마모량은 크게 나타내고 있으며 가공시간에 비례하여 증가하고 있다.

Fig. 5는 DLC 코팅두께에 따라 공구중앙부가 아닌 가장자리의 마모량에 대한 것이다. 공구 가장자리부의 마모량은 코팅두께에 관계없이 나타난다. Fig. 4와 Fig. 5를 비교하면 가공시간에 따라 마모되는 양의 차이는 공구 중앙부보다 가장자리부의 마모량이 더 크게 나타나고 있다. 이것은 가장자리부가 흑연 소재면에 접촉하는 것이 중앙부

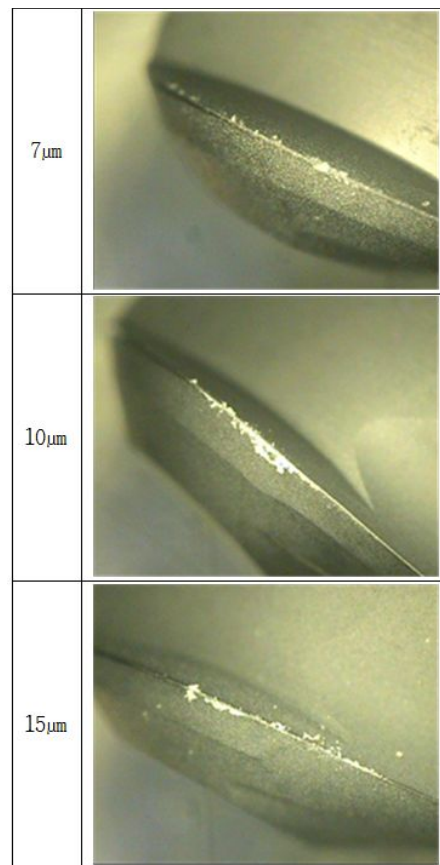


Fig. 6 Photography of tool wear after 12hr tooling time by DLC coated thickness

보다 회전토크가 많이 형성되기 때문에 공구 마모량은 크다고 할 수 있다. 그리고 Fig. 5에서 가공시간으로 보면 9시간까지는 마모량 증가가 둔화되지만 9시간 이후부터는 급격하게 증가하는 현상이 모든 코팅두께에서 같이 나타난다. Fig. 6는 각 DLC 코팅두께에 따라 12시간 가공후에 공구의 가장자리부의 현미경 사진을 나타내었다. Fig. 5에서 나타난 12시간 후의 마모량은 $15\mu\text{m}$ 가 가장 적게 나타나고 있으며, $10\mu\text{m}$ 가 크게 나타나고 있다. Fig. 6에서도 같은 경향이 보이고 있으며 특히 $10\mu\text{m}$ 에서는 공구의 가장자리부가 마모형태가 넓게 마모되어 둔화된 것으로 나타내고 있다. Fig. 4와 Fig. 5에서 나타난 결과에서 공구의 중앙부의 마모량과 가장자리의 마모량의 경향이 다르게 나타나고 있다. 회전력이 적은 부위의 마모는 코팅두께가 두꺼울수록 마모가 잘 되는 것으로 나타났다.

3.2 DLC 코팅두께와 가공면 거칠기

Fig. 7에서는 DLC 코팅공구의 코팅두께가 다른 공구로 가공시간에 따라 흑연소재 가공면의 거칠기를 측정할 것을 나타내었다. 표면 거칠기는 코팅두께가 두꺼워짐에 따라 거칠기는 거칠어지는 것을 알 수 있으며, 특히 공구가공시간이 9시간이

전일 때는 $15\mu\text{m}$ 일 때의 거칠기가 현저히 거칠어진 다. 모든 코팅두께에서는 표면 거칠기가 가공시간 이증가함에 따라 크게 증가하고 있으며, 9시간이 후에는 급속하게 증가됨을 알 수 있다. 실제 사용되는 DLC 코팅공구의 수명은 6~9시간사이에 공구교환을 실시하고 있다. 따라서 본 연구에서 실험한 결과를 보면 가공 표면 거칠기(Ra)는 약 $1\mu\text{m}$ 이하에서만 제품이 완성되어지는 것을 알 수 있다. Fig. 8에는 각 DLC코팅두께에 따라 각 가공시간후의 가공표면 사진을 나타내었다.

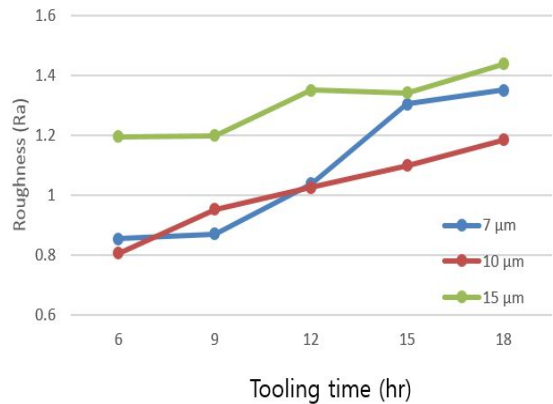


Fig. 7 Roughness of workpiece surface after each tooling time by DLC coated thickness

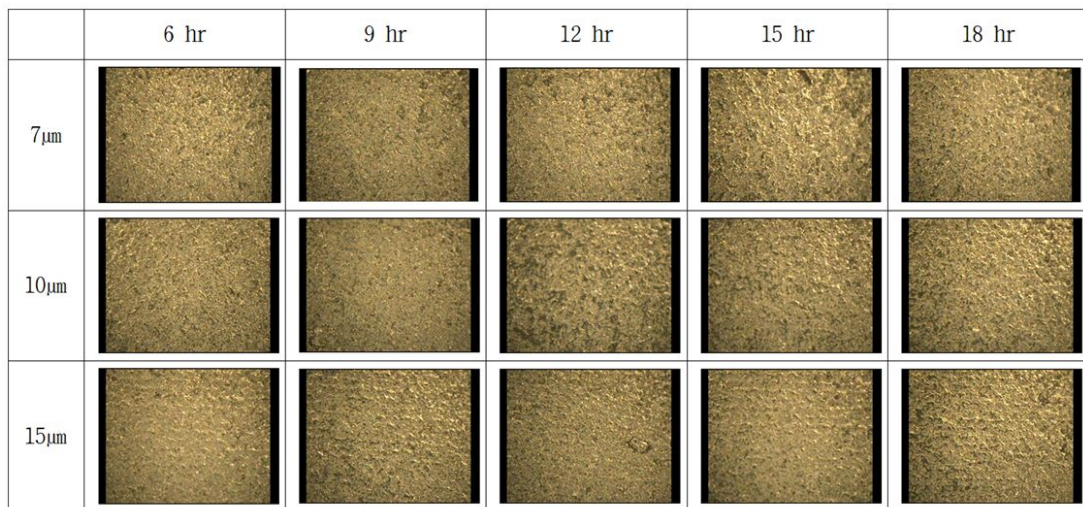


Fig. 8 Photographs of tooling surfaces after tooling time by DLC coated thickness

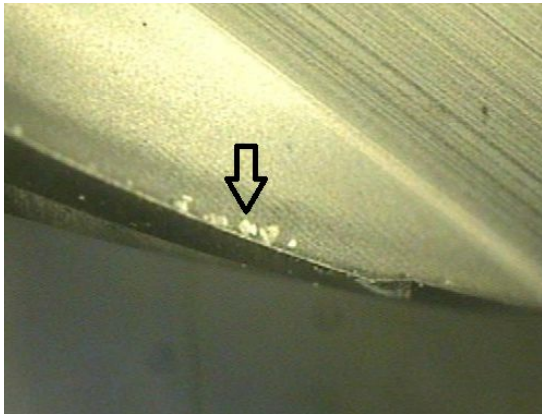


Fig. 9 Photography of tool wear after 9 hour tooling time by DLC coated thickness

DLC 코팅두께가 $7\mu\text{m}$ 인 경우 가공시간이 9시간 이전과 이후의 표면을 비교하면 현저히 공구에 의한 절삭가공 보다는 흑연입자가 탈락되어 분리되는 형태가 나타나고 있다. 또한 $10\mu\text{m}$ 에서도 12시간 가공후의 표면도 흑연입자의 탈락(떨어져나가는 현상)현상이 나타남을 볼 수 있다. 그러나 $15\mu\text{m}$ 에서는 공구에 의한 가공무늬가 전 가공시간에 나타나고 있으나 Fig. 7에서 가공표면 거칠기는 가장 좋지 않게 나타나고 있다. 이것은 흑연소재 가공에 있어서 DLC 코팅공구의 코팅두께가 두꺼우면 소재와의 접촉에 의해 공구표면에 Fig. 9에 나타난 것과 같이 코팅형태의 탈락현상이 나타나기 때문이라고 생각되어진다.^[7] 따라서 DLC 코팅공구의 코팅두께가 두꺼울수록 흑연소재와 DLC 코팅부위의 마찰에 의해 초경공구표면과 코팅사이의 계면이 형성되어 코팅부위가 탈락되는 현상이 나타나고 있다.^[8]

4. 결 론

흑연소재 가공은 인성이 적어 고속가공기를 이용하야 하며 흑연입자와 공구표면의 마찰로 인하여 공구의 표면이 높은 경도를 유지해야 한다. 따라서 일반적으로 높은 경도를 가지는 방법으로 DLC 코팅을 이용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 흑연전극에 사용되는 초경공구에 DLC 코팅의 두께와 가공시간에 따른 코팅공구

의 마모와 이것이 공작물에 어떤 영향이 있는지를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DLC 코팅두께가 두꺼워짐에 따라 공구 중앙부의 마모량은 크게 나타내고 있으며 가공시간에 비례하여 증가한다.

2. 가공시간에 따라 마모되는 양의 차이는 공구 중앙부보다 가장자리부의 마모량이 더 크게 나타나고 있다. 이것은 가장자리부가 흑연 소재 면에 접촉하는 것이 중앙부 보다 회전토크가 많이 형성되기 때문에 공구 마모량은 크다고 할 수 있다.

3. 실제 사용되는 DLC 코팅공구의 수명은 6-9시간 사이에 공구교환을 실시하고 있다. 따라서 본 연구에서 실험한 결과를 보면 가공 표면 거칠기(Ra)는 약 $1\mu\text{m}$ 이하에서만 제품이 완성되어지는 것을 알 수 있다.

4. DLC 코팅공구의 코팅두께가 두꺼울수록 흑연소재와 DLC 코팅부위의 마찰에 의해 초경공구표면과 코팅사이의 계면이 형성되어 코팅부위가 탈락되는 현상이 나타나고 있다.

REFERENCES

1. Kim, S. H. and Lim, H. S., "Development of Micro Milling EDM and Analysis of Machined Characteristics," Spring Conf. of KSME, pp. 64-65, 2015.
2. You, K. J., Sung, B. S., and Seh, I. M., "The Radiation Fin Cutting Roll Development using the Electric-discharge Machining Method," J. of KSMPE, Vol. 12, No. 2, pp. 34-40, 2013.
3. Damasceno, J. C., Camargo Jr., S. S., and Cremona, M., "Optical and Mechanical Properties of DLC-Si Coating on Polycarbonate," Thin Solid Films, Vol. 433, pp. 199-204, 2003.
4. Grill, A., "Electrical and Optical Properties of Diamond-Like Carbon," Thin Solid Films, Vol. 355-356, pp. 189-193, 1999.
5. Kim, T. G., Oh, J. S., Yoon, H. K., and Kim, H. S., "Characteristics of DLC Films Incorporated HMDS by RF PECVD," International Journal of Modern Physics B, Vol. 4, pp. 999-3004, 15-16, 2010.

6. Lee, K. Y. and Hong, C. S., "Improvement of Cutting Performance of DLC Coated WC against Al Alloy," Autumn Conf. of KSPSE, pp. 261-266, 2006.
- 7 Ha, S. H., Lee, D. W., Rehman, A.U., Wasy, A., and Song, J. I., "Characterization of Fracture Toughness and Wear Behavior for Plasma Ceramic Coated Materials," J. of KSMPE, Vol. 12, No. 4, pp. 123-130, 2013.
8. Nguyen, V. C., Kim, T. H., Kim, H. S., Shin, D. C., and Kim, T. G., "Characteristic of Nitrogen doped Diamond-Like Carbon Film on the Silicon Substrates", J. of KSMPE, Vol. 12, No. 2, pp. 34-40, 2013.