

WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni계 초경합금의 연삭

이재우*(두원공과대학 기계과)

Grinding of WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni Based Carbide

Jae-Woo Lee(Mech. Eng. Dept., Doowon Technical College)

ABSTRACT

WC-3%(Cr₃C₂)-2%(Mo₂C)-12%Ni carbides were ground with three different types of electroplated diamond wheels with respect to grain friability. The grinding ratio in the case of the highest toughness grains, A becomes the highest at the workpiece speeds of 40 and 70mm/min, exhibiting larger effect with smaller workpiece speed. The grinding ratio with the medium toughness grain is higher than that of grain A at higher workpiece speeds than 100mm/min. The surface roughness becomes smaller with increasing the grain friability. The increasing rate on surface roughness with the increase of workpiece speed becomes higher with using the grain of lower friability.

Key Words : WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni based carbide (초경합금), Grinding (연삭), Electroplated diamond wheel (전착 다이아몬드 슛들), Grinding condition (연삭조건), Peripheral wheel speed (스�들 속도)

1. 서론

WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni계 초경합금은 경도가 높기 때문에 금함에 따른 외관상의 악화를 방지할 수 있으며, 연마후의 광택이 매우 높고 인체의 땀에 대한 내식성이 크기 때문에 최근에 수출을 위한 손목 시계의 외형재료, 넥타이핀 등의 장식품용 소재로 많이 사용되고 있다. WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni계 초경합금을 손목시계 용도로 사용하는 경우는 전착다이아몬드 총형스�들을 사용하여 연삭한 후에, 표면을 더욱 미려하게 하기 위하여 다이아몬드 입자를 사용하여 폴리싱 가공을 행한다. 그러나 전착다이아몬드 총형스�들을 사용한 연삭시에 표면거칠기를 낮추지 않으면, 폴리싱에 걸리는 시간이 너무 길어져서 생산성이 현저히 떨어지므로, 생산성 향상을 위해서는 미립인 #220의 다이아몬드 입자를 사용하여 고능률 연삭을 행함과 동시에 표면거칠기에 대한 요구조건도 동시에 만족시켜야 하는 요구가 강하다.

그러나 WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni계 초경합금의 연삭에 관한 연구 보고는 보이지 않으므로 최적의 연삭 조건을 선정하는데는 많은 문제가 있어 왔다.

따라서 본 연구에서는 파쇄성이 다른 3 종류의

전착다이아몬드 총형스�들을 사용하여, WC-Cr₃C₂-Mo₂C-Ni계 초경합금을 연삭한 경우에 적절한 연삭 조건을 검토하고자 한다.

2. 실험방법

피삭재는 WC-3%(Cr₃C₂)-2%(Mo₂C)-12%Ni 초경합금으로서, Fig. 1은 피삭재의 파면 조직사진, Fig. 2는 피삭재와 연삭스�들의 형상을 보이며, Table 1은 피삭재의 기계적성질을 보인다. Fig. 1의 파면에서 모든 입자가 균일하게 되어 있으며, 입내 파피는 일어나지 않고, 입계 파피가 발생되어 있음을 알

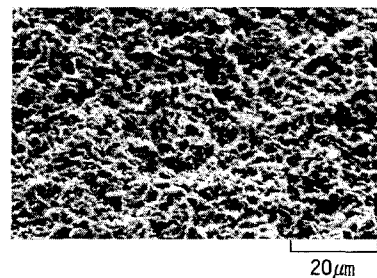


Fig. 1 Microstructure of fractured surface

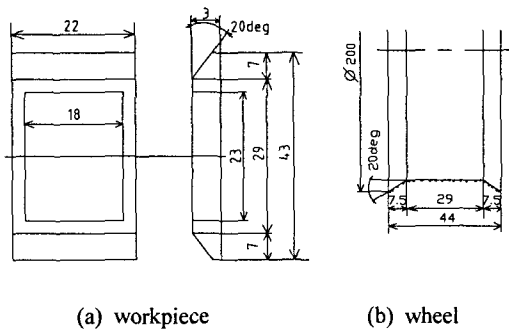


Fig. 2 Geometries of workpiece and wheel

Table 1 Properties of ground materials

Rockwell hardness (A scale)	Bending strength (MPa)	Density (g/cm ³)	Specific gravity (kg/m ³)	Thermal conductivity (W/m·k)
84	1,950	13.8	12,700	59

Table 2 Grinding conditions

Grinding method	Form grinding, one pass down cut, wet		
Grinding wheel	SD220P (Ni electroplated)		
	Grain density (No./mm ²)	77	
	Diamond grain	A	B C
	Bulk specific gravity	1.86	1.66 1.79
	Friability(wt% :4min)	17.8	27.6 39.8
Peripheral wheel speed, V	1800 m/min		
workpiece speed, V _w	40, 70, 100, 130, 160 mm/min		
Wheel depth of cut, t	0.6 mm		
Grinding fluid	Soluble type KS W2 2% dilution, 8 l/min		
Dressing	Abrasive dressing stick, (C220G8V)		

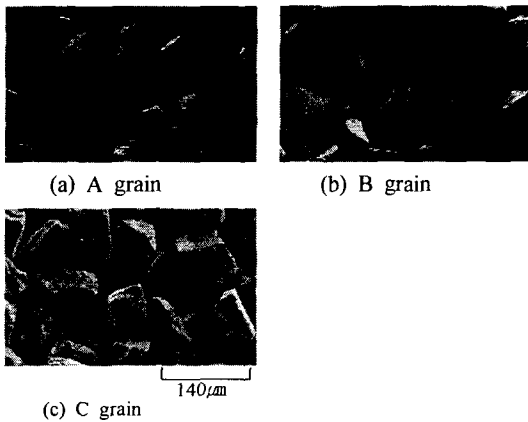


Fig. 3 Photographs of diamond grains with different toughness

수 있다.

Table 2는 총형 연삭시의 사용 슷돌 및 연삭조건을 보여준다. 슷돌입자의 인성에 따른 영향을 조사하기 위하여 Fig. 2와 같이 파쇄성이 다른 3 종류의 다이아몬드 슷돌입자를 사용하였으며, 슷돌입자의 파쇄성은 입자크기를 균일하게 한 후 진동밀 장치에 4 분간 넣어둔 후의 중량%를 측정된 것으로서 A, B, C 입자의 순으로 파쇄성이 낮다. 또한 공작물 이송속도의 영향을 조사하기 위하여 이송속도를 변화시켰으며, 슷돌원주속도 및 연삭깊이는 일정하게 유지하였다.

한편, 모든 연삭은 습식으로 행하였으며 연삭유는 KS W2중의 2% 희석액을 사용하고 유량을 8 l/min로 일정하게 유지하였으며, 연삭유 노즐의 분사 및 설치조건은 모든 실험에서 동일하게 하였다. 연삭면은 주사전자현미경으로 관찰하였으며, 측정식 표면거칠기 시험장치(Form Talysurf Plus)를 사용하여 연삭방향과 직각으로 최대표면거칠기를 측정하였다.

다이아몬드 슷돌은 일정 시간 연삭 후, 2단 래프리카법을 사용하여 다이아몬드 입자의 마멸 상태를 주사식 전자현미경으로 관찰하였다. 또한 슷돌 마멸량은 전사(轉寫)법으로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 4는 다이아몬드입자 B를 사용하고 공작물 이송속도를 40~160mm/min로 달리하여 연삭한 경우의 연삭제거량에 따른 연삭비의 변화를 보인다. 연삭제거량이 300mm³/mm에 달하기까지는 모든 공작물 이송속도에서 연삭비가 증가하고 있으나, 연삭제거량이 300mm³/mm 이상에서는 모든 공작물 이송속도에서 연삭제거율이 증가하여도 연삭비는 거의 일정하다. 또한 공작물 이송속도가 130mm/min 이상에서는 이송속도가 이보다 낮은 때에 비해 모든 연삭제거량에서 연삭비가 현저히 낮으며, 연삭제거량 100mm³/mm 이하의 초기 연삭에서 연삭비가 현저히 낮다. 이송속도가 높을수록 입자당 연삭깊이가 증가하여 다이아몬드입자에 작용하는 부하가 커지기 때문에 초기연삭시의 연삭비의 감소 현상이 크게 발생한 것으로 보인다.

Fig. 5는 다이아몬드입자 B를 사용하고 공작물 이송속도를 40~160mm/min로 달리하여 연삭한 경우의 연삭제거량에 따른 표면거칠기의 변화를 보인다. 이송속도가 100mm/min이하인 경우는 연삭제거량이 300mm³/mm에 달하기까지는 연삭제거량의 증가에 따라 표면거칠기 값이 낮아지고 있으나, 연삭제거량이 300mm³/mm 이상에서는 연삭제거량이 증가하여도 표면거칠기는 그다지 변화되지 않는다. 본 실험

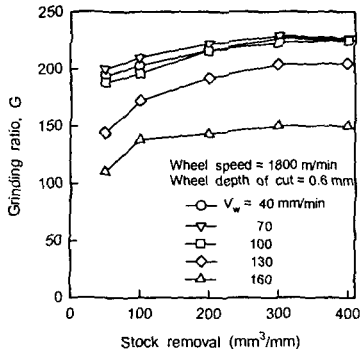


Fig. 4 Effect of stock removal on grinding ratio at different workpiece speed

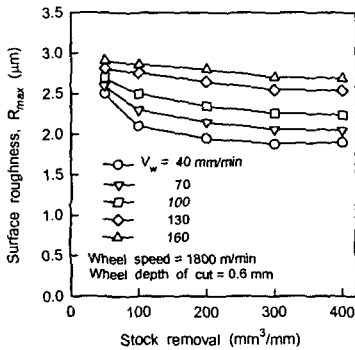


Fig. 5 Effect of stock removal on grinding ratio at different workpiece speed

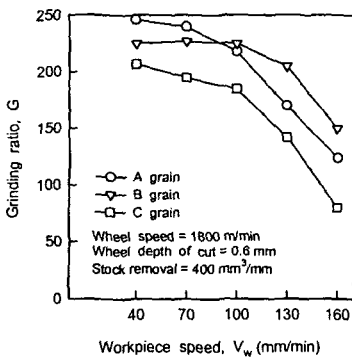
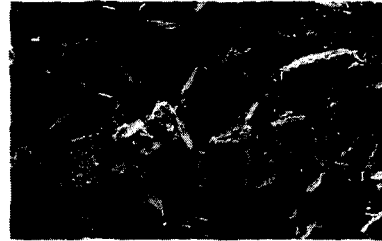


Fig. 6 Effect of workpiece speed and diamond grain toughness on grinding ratio

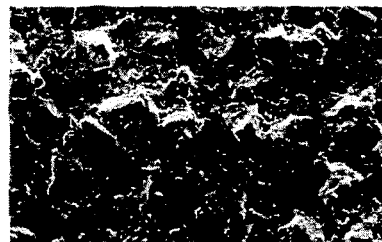
험에 사용된 전착다이아몬드 슷들은 전착 후에 드레싱을 실시하고 있으나, 연삭의 초기에는 다이아몬드 입자의 돌출량에 차이가 있으므로 소정의 마멸이 발생하여 다이아몬드입자의 정렬이 안정화되기까지의 초기연삭에는 표면거칠기 값이 감소하는 것으로 판단된다. 그러나 이송속도가 130mm/min 이상에서는 입자당 연삭깊이가 증가하여 다이아몬드입자에 작용하는 부하가 커지기 때문에 연삭초기에도 마멸이 크므로 연삭초기의 표면거칠기의 상승은 그다지 나타



(a) worn surface of A grain



(b) worn surface of B grain



(c) worn surface of C grain

Fig. 7 SEM photographs of worn surface after grinding with different toughness grains (workpiece speed : 0.6m/min, stock removal : 400mm³/mm)

나지 않았다.

Fig. 6은 슷돌원주속도 및 연삭깊이를 일정하게 하고, 다이아몬드입자를 3종류로 변화시킴과 동시에 공작물 이송속도를 달리한 경우에 연삭제거량 400mm³/mm에서의 연삭비를 보인다. 이송속도가 70mm/min이하에서는 다이아몬드 입자의 인성이 가장 큰 A 입자의 연삭비가 가장 높았으며, 이 현상은 특히 이송속도가 낮을수록 현저히 나타나고 있다. 그러나 이송속도가 100mm/min 이상에서는 이송속도가 클수록 A 입자에 비해 B 입자의 연삭비가 높다. 한편, 파쇄성이 가장 큰 B 입자는 모든 이송속도에서 연삭비가 가장 낮다. 모든 입자를 사용한 경우에 연삭제거율 1.3mm³/mm·s 이상에서 연삭비가 현저히 저하되므로 이 값 이상의 연삭제거율은 바람직하지 않다고 판단된다. 다이아몬드입자의 인성이 크고 파쇄성이 낮을수록 연삭비가 증가하는 경향이 있으나, 100mm/min 이상의 고 이송속도에서는 다이아몬드

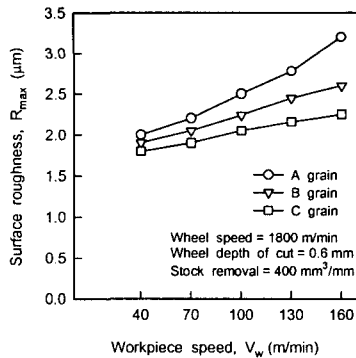


Fig. 8 Effect of workpiece speed and diamond grain toughness on surface roughness

입자에 작용하는 부하가 증가하므로 다이아몬드 입자의 탈락이 쉽게 발생하여, 다이아몬드 입자의 파쇄성이 A 입자에 비해 큰 B 입자를 사용한 경우가 연삭비가 높아지는 것으로 보인다.

Fig. 7은 다이아몬드 입자의 인성이 다른 3 종류의 스톨로 연삭제거량이 $400\text{mm}^3/\text{mm}$ 달하기까지 연삭한 때의 스톨의 마멸면을 보인다. A 입자를 사용한 스톨에서는 입자의 탈락 흔적이 많이 보이고 있으며, 입자의 마멸에 의한 평탄부가 많아 나타나 있다. 그러나 C 입자를 사용한 스톨에서는 거시적인 파괴를 일으켜서 예리한 절삭날이 거의 보이지 않는 형태로 되어 있다. B 입자를 사용한 스톨에서는 적절한 파쇄에 의하여 예리한 절삭날이 계속 발생되고 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 스톨원주속도 및 연삭깊이를 일정하게 하고, 다이아몬드 입자를 3종류로 변화시키면 동시에 공작물 이송속도를 달리한 경우에 연삭제거량 $400\text{mm}^3/\text{mm}$ 에서의 표면거칠기를 나타낸다. 모든 이송속도에서 파쇄성이 큰 입자일수록 표면거칠기 값이 가장 작다. 또한 이송속도가 증가함에 따른 표면거칠기의 증가율도 파쇄성이 낮은 다이아몬드 입자일수록 높아짐을 보이는데, 이송속도가 증가할수록 입자당 연삭깊이가 증가하기 때문에 표면거칠기가 증가하며, 다이아몬드 입자의 인성이 클수록 다이아몬드 입자의 절입이 용이하게 일어나기 때문에 판단된다. 파쇄성이 크면 새로운 절삭날의 생성에는 유리하지만 이러한 새로운 절삭날은 파쇄성이 크므로 절삭과 플라우잉(plowing)을 적절히 행하지 못하기 때문에 생각된다.

Fig. 9는 다이아몬드 입자의 인성이 다른 2 종류의 스톨로 연삭제거량이 $400\text{mm}^3/\text{mm}$ 달하기까지 연삭한 때의 연삭면을 보인다. A 입자로 구성된 스톨로 연삭한 경우의 연삭면은 입자의 플라우잉과 절삭이 용이하게 일어나기 때문에 연삭면에서 소성 유동이 크게 발생되어 있으며 절입의 흔적도 크게 보인다.

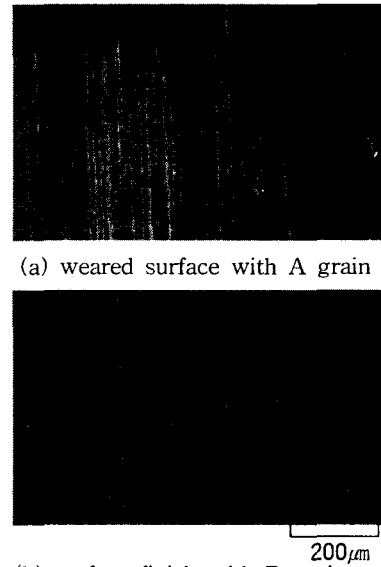


Fig. 9 SEM photographs of worn surface after grinding with different toughness grains (workpiece speed : $0.6\text{m}/\text{min}$, stock removal : $400\text{mm}^3/\text{mm}$)

다. 그러나 C 입자로 구성된 스톨로 연삭한 경우의 연삭면은 C 입자의 파쇄성이 너무 크며 입자의 인성이 부족하기 때문에 절입 및 플라우잉이 용이하게 일어나지 못하고, 선단부가 평탄하게 마멸된 입자가 연삭면에서 연마 작용을 하기 때문에 표면이 좋아지는 것으로 보인다.

4. 결론

이송속도가 $70\text{mm}/\text{min}$ 이하에서는 다이아몬드 입자의 인성이 가장 큰 A 입자의 연삭비가 가장 높으며, 이 현상은 특히 이송속도가 낮을수록 현저히 나타난다. 이송속도가 $100\text{mm}/\text{min}$ 이상에서는 이송속도가 클수록 A 입자에 비해 B 입자의 연삭비가 높다. 파쇄성이 가장 큰 B 입자는 모든 이송속도에서 연삭비가 가장 낮다. 모든 입자를 사용한 경우에 연삭제거율 $1.3\text{mm}^3/\text{mm}\cdot\text{s}$ 이상에서 연삭비가 현저히 저하된다. 모든 이송속도에서 파쇄성이 큰 입자일수록 표면거칠기 값이 가장 작다. 또한 이송속도가 증가함에 따른 표면거칠기의 증가율도 파쇄성이 낮은 다이아몬드 입자일수록 높다.

후기

스톨의 해석을 위하여 COSMOS/DesignSTAR를 대여하여 주신 프리즘(주)에 감사 드린다.