

연속 전해드레싱용 래핑숫돌 개발 및 성능평가

최재영*, 이은상**, 송지복***

A Study on the Development of In-Processor Dressing Lapping Wheel and its Evaluation of Machining Characteristics

Jae-Young Choi*, Eun-Sang Lee** and Ji-Bok Song***

ABSTRACT

Application of ceramics, carbide, ferrite has grown considerably due to their mechanical properties such as high degree hardness, chemical stability, super wear resistance. Despite these characters, the use of advanced material has not increased because of poor machinability. The application of metal bonded wheel was proposed. But it is difficult that metal bond wheel can be dressed. Recently, to solve this problem, the technology of in-process electrolytic dressing is developed. This method need wheel for electrolytic dressing, power supply and electrolyte. The aim of this study is development of CIB-D wheel for electrolytic and its evaluation of electrolytic characteristics, and achieve ultra-precision lapping of carbide, optic glass.

Key Words : Advanced material(첨단재료), In-process electrolytic dressing(연속전해드레싱), CIB-D(주철본드다이아몬드 숫돌), Electrolytic characteristics(전해 특성)

1. 서론

현재 전기 전자 우주 관련 산업이 발달됨에 따라 보다 극한적인 환경 조건하에서도 뛰어난 내열성, 내식성, 기계적 강도, 전자기적 특성을 가지며 치수의 정밀도가 좋은 재료가 각광을 받고 있다.

이러한 재료에는 세라믹스를 비롯하여 초경합금, 페라이트재가 있으며 이러한 재료의 특성은 난삭성과 취성이 높다는 것이다. 그러므로 이러한 첨단 난삭재를 효율적으로 가공하기 위한 공구가 필요하게 되었고 그 중에서도 메탈 본드 숫돌을 적용한 가공이 점차 확대 되고 있다.⁽¹⁾

메탈 본드 숫돌은 레진, 비트리파이드 결합제로

제작된 숫돌에 비해 고강성, 자기 윤활성을 가지며 연삭비가 현저히 높지만 이러한 메탈 본드 숫돌의 이용에 있어서 가장 큰 문제는 드레싱의 어려움이다. 따라서 최근에는 이러한 문제를 해결하기 위해서 연속 전해 드레싱 기술이 개발되었다.⁽²⁾⁻⁽³⁾

이러한 연속 전해 드레싱을 안정적으로 적용하기 위해서는 크게 3가지 요소가 필요하다.

안정적인 전해 드레싱용 숫돌과 전해드레싱용 전원공급기 및 전해액이 필요하다.

전해 드레싱용 숫돌이 갖추어야 할 조건은 공작물과 접촉 시 마멸에 강한 재료이어야 하며 결합재는 전해드레싱이 가능한 재료 이어야 하며 산화막과 같은 절연층이 쉽게 형성되고 또한 안정적으로

2001년 1월 10일 접수

* 부산대학교 정밀정형 협동 과정

** 인하대학교 기계공학부

*** 부산대학교 기계기술 연구소

생성 되어야한다⁽⁴⁾.

본 연구에서는 전해드레싱용 메탈 본드 래핑 지식의 조성비를 변화 시켜 성분에 따른 전해드레싱용 래핑 지식을 직접 개발, 제작한 메탈 본드 래핑 슷들을 래핑 머신에 장착하여 연속 전해 드레싱 기법을 적용하여 전해 특성을 평가하였다.

또한 최적의 조성비로 제작되어진 초지립메탈 본드 다이아몬드 슷들을 이용하여 초경합금, 광학유리의 초정밀 래핑가공을 달성하였다.

2. 전해드레싱용 메탈본드 래핑스틀의 제작

전해 드레싱용 메탈 본드 슷들을 제작하기 위해서는 금속 분말의 결합재, 연마입자인 다이아몬드 그리고 기계·화학적 작용의 입자가 필요하다.

세가지 분말을 함께 섞은 후 금형에 충전시킨다. 그런 후 핫프레스기에 금형을 넣은 후 750℃,

2 ton/cm² 로 10분간 가압 성형하여 소결 시킨다. 일반적으로 소결방식에는 상온에서 고압으로 성형 후 노에서 고온으로 소결하는 방식과 고온, 고압을 동시에 주는 핫프레스 방식이 있으며 핫프레스 방식의 장점은 냉간 성형 방식보다 빠른 시간에 슷들을 제작 할 수 있으며 또한 고온에 다이아몬드가 노출 되는 시간이 적어 다이아몬드가 산화되는 것을 막을 수 있는 이점이 있다.

이렇게 제작되어진 지식을 전도성 본드를 이용하여 슷들몸체에 부착시킨 후 드레싱을 하여 완성하였다. Fig.1은 전해드레싱용 래핑 슷들 제작 과정을 나타내었다.

Fig.2는 제작 되어진 연속 전해 드레싱용 래핑 지식을 나타내었다.

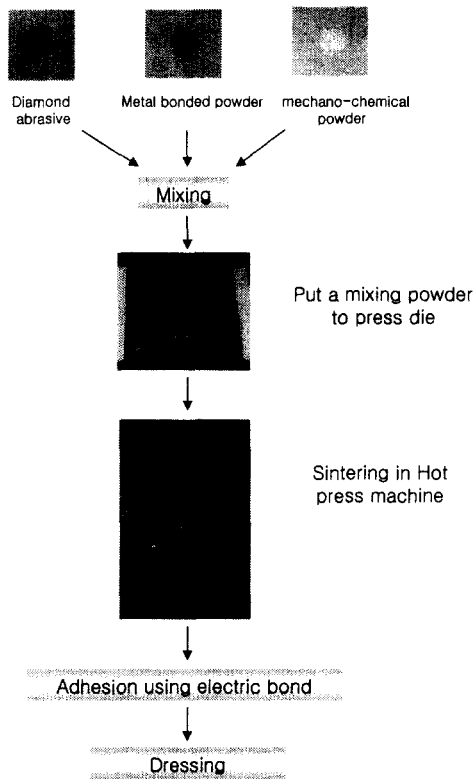


Fig. 1 Manufacturing processor of metal bonded diamond wheel

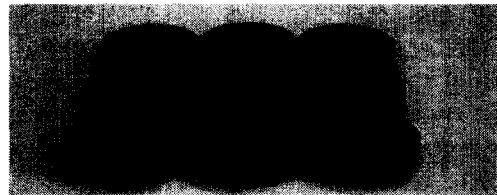


Fig. 2 Metal bonded diamond pellet

Fig.3은 성분비를 다르게 하여 제작되어진 지식을 도전성 접착제를 이용하여 부착시켜 제작한 전해 드레싱용 메탈본드 다이아몬드 슷들이다.



Fig. 3 Metal bonded diamond wheel of electrolytic dressing

3. 연속 전해 드레싱 래핑의 원리⁽⁵⁻⁶⁾

Fig.4는 연속 전해 드레싱 래핑법의 메카니즘을 나타낸 것으로서 미세한 다이아몬드 연마재를 가진 메탈본드 슷들은 트루잉 작업 후에는 연마재와 결합재는 평탄화 되며(①)연마성이 저하 된다. 그래서 초기 전해 드레싱을 통하여 결합재를 용출하여 연마재를 돌출시킨다.(②)

이 전해현상에서는 래핑 슷들의 결합재가 용출한 후 빠르게 부도체 피막(수산화철, 산화철 등)에 의한 절연층이 래핑 슷들 표면에 형성되고 과도한 용출은 방지된다.(③)

그리고 래핑을 시작하면 공작물이 이 부도체 피막과 접촉하여 연마재가 마멸된 분량만큼 피막이 벗겨진다(④). 이렇게 되면 피막에 의한 절연이 저하 되고 또다시 결합재가 필요한 양만큼 용출되어 연마재의 돌출이 유지된다.(⑤)

이 천이 상태(연속 전해 드레싱 사이클)에 의해 다시 새로운 연마재가 돌출 되어져 안정된 가공이 진행된다. 이러한 연속 전해 드레싱의 자율적인 제어에 의해서 안정적인 드레싱이 유지되어, 연속적인 메탈 본드 다이아몬드 슷들의 정밀 가공이 가능하다.

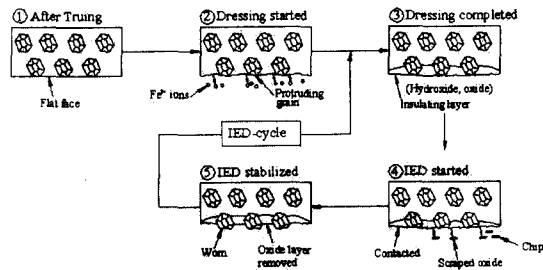


Fig. 4 Mechanism of IED lapping

4. 실험 장치 및 방법

Fig.5는 본 실험장치의 구성도를 나타낸 것이다. 성분비가 다르게 제작 되어진 메탈 본드 다이아몬드 래핑 슷들을 일반 래핑기에 장착을 했다. 전원 공급 장치의 양극은 흑연 브러쉬를 사용하여 래핑 슷들에 장착하고, 음극은 전극에 장착하고 래핑스틀 표면과 전극사이를 0.4mm로 유지하고 이 사이로 전해액을 공급하여 전해현상을 발생

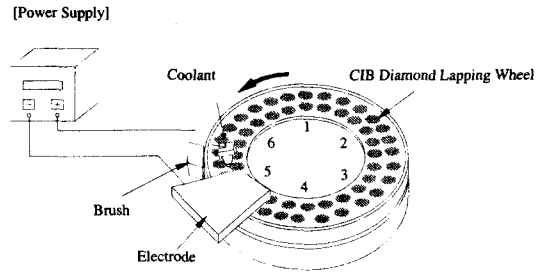


Fig. 5 Schematic drawing of in-process dressing lapping experimental setup

시켰다.

Table 1은 제작되어진 메탈본드 다이아몬드 래핑지석의 성분비를 나타내었다.

일반적으로 메탈본드 슷들은 금속 결합재와 연마 입자만을 혼합하여 소결하나 이렇게 제작되어진 슷들은 연속 전해드레싱을 적용 시 전해현상이 일어나지 않거나 또는 가공 후 부동태화막이 형성되지 않아 대기와의 산화작용으로 슷들의 표면이 부풀어 오르는 현상이 발생한다. 본 연구에서는 전해 드레싱시 안정적 전해와 부동태화막을 형성하여 대기와의 산화 작용을 방지하기 위해 기계화학적 분말을 첨가하였고 최적의 조성비를 찾기 위해 실험하였다.

Table 1 Composition of metal bonded diamond pellet

	1	2	3
Compositi on	B(100%) D(cons.100)	B(87.5%) C(12.5%) D(cons.100)	B(75%) C(25%) D(cons.100)
	4	5	6
	B(62.5%) C(37.5%) D(cons.100)	B(50%) C(37.5%) D(cons.100)	CB(100%) D(cons.100)

metal bonded powder(B)= cast iron(60%)
+carbonyl(40%)
mechano-chemical powder(C)
diamond (D), cobalt(CB)

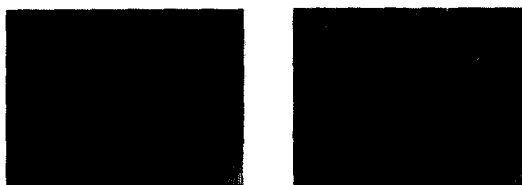
Table 2 Specifications of in-process electrolytic dressing lapping system

Lapping Machine	Single-sided Lapping Machine
Lapping Wheel	Cast Iron Bonded Diamond Lapping Wheel(CIB-D) (\varnothing 180 X W25 mm #3000 conc.100)
Power Supply	IEDS Power Supply
Electrolytic fluid	Solution type(20:1)

Table 2은 본 실험 전체에 사용된 시스템의 사양을 나타낸 것이다. 이 실험에서 사용된 전극은 래핑숫돌 크기의 1/8크기로 구리로 제작되었고, 연속 전해 드레싱을 위한 전원은 펄스 유지, 휴지 시간($\tau_{on/off}$)을 10 μ s로 하고 전압은 최대 90V 까지이며 Ip 값은 0-19A 사이에 조정이 가능하다. 전극과 숫돌의 간격은 간극게이지(Gap Gage)를 사용하여 0.4mm를 유지시켰으며 트루잉을 시킨 후 물로 희석시킨 전해액을 사용하여 피크전류(Ip)를 10A 펄스 유지, 휴지 시간($\tau_{on/off}$)을 10 μ s로 초기 드레싱을 60분 동안 실시하였다. 실험은 초기 전해 드레싱을 시킨 후 표면 사진을 찍은 후 3주동안 공기중에 방치 한 후 표면 사진을 찍어 표면의 변화 상태를 관찰하였다.

5. 실험 결과

Fig.6은 초기 전해드레싱을 시킨 후 각각의 전해 드레싱용 래핑 지석의 표면을 CCD카메라를 이용하여 200배 확대하여 찍은 사진이다.



No.1 pellet

No.2 pellet



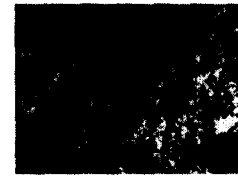
No.3 pellet



No.4 pellet



No.5 pellet



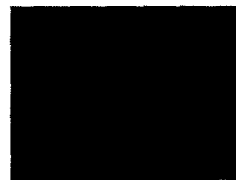
No.6 pellet

Fig. 6 Photographs of surface of pellet(pre-dressing)

사진에서 보듯이 1,2번 시편은 전해 현상이 일어나지 않아 연마 입자인 다이아몬드의 돌출이 되지 않기 때문에 연속 전해 드레싱용 래핑 숫돌로는 부적합하며 5,6번 시편은 빨리 산화되어 초기 전해 드레싱을 마친 후 두껍게 생성된 산화막에 의해 연마입자가 덮히거나 용출되었다.

이는 숫돌의 빠른 마멸을 가져오므로 좋지 않다. 시편 3,4번이 초기 전해 드레싱 시 안정적인 전해드레싱이 현상을 나타내고 있다.

Fig.7은 3주가 지난 후 전해드레싱용 래핑 숫돌의 표면을 찍은 사진이다. 이는 가공 후 진행되는 숫돌 표면의 산화 상태를 알아보는 것으로



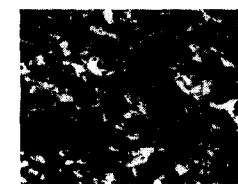
No.1 pellet



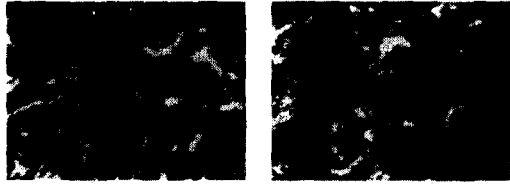
No.2 pellet



No.3 pellet



No.4 pellet



No.5 pellet No.6 pellet
 Fig. 7 Photographs of surface of pellet(pre-dressing to 3 weeks)

부동태막이 생성되면 슷들 표면에 더 이상의 산화가 진행되지 않고 표면이 안정화되어 언제든지 슷들의 재사용이 가능하게 한다.

1,2,3번 지석은 표면의 산화가 거의 일어나지 않아 안정적인 상태이나 4,5,6번 지석은 공기와의 산화 작용이 발생하여 표면에 크레이터가 형성되었으며 표면이 갈라지는 현상이 발생하였다. 이와 같은 현상은 정반의 형상을 공작물에 전사하는 래핑 가공에 있어서 공작물 표면에 좋지 못한 결과를 가져온다.

6. 연속전해드레싱을 적용한 초정밀 래핑가공

6.1 초지립 메탈본드 다이아몬드 슷들제작

실험결과에서 얻은 최적의 조성비를 이용하여 금속분말(75%)와 기계화학적 분말(25%)의 조성비를 지닌 연속 전해드레싱용 초지립 메탈본드 다이아몬드 슷들을 제작하였다. Fig.8은 #8000초지립 메탈본드 다이아몬드 슷들의 사진이다.

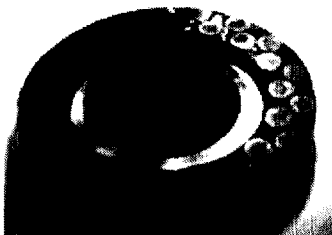


Fig. 8 Super-abrasive in-process electrolytic dressing metal-bonded diamond wheel(#8000)

6.2 실험 장치

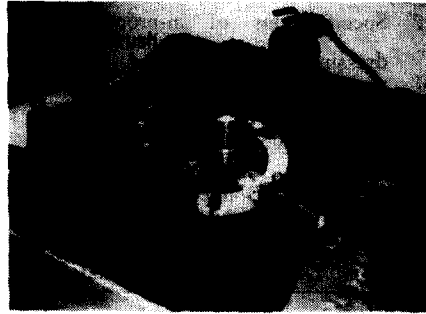


Fig. 9 Experimental units

Fig.9는 실험장치를 나타내고 있다 제작되어진 초지립 메탈본드 다이아몬드 슷들을 단면 래핑기에 장착 후 공작물을 넣는 리테이너(retainer)와 공작물을 가압할 수 있게 제작한 지그(Jig)를 이용하여 공작물을 가압하였다.

Table 3은 가공 조건을 나타내었다.

Table 3 Experimental conditions

Wheel	Wheel speed	Pressurize d weight	Peak current	$\tau_{on,off}$	Machining time
CIB-D (#8000, cons.100)	90 rpm	2.5kg	15A	on=10 μ s off=10 μ s	15 min

6.3 초경합금의 초정밀 래핑가공

Fig.10은 초경합금(M30)의 경면사진을 나타낸 것이다. 사진에서 보듯이 시편은 완전한 경면 창성을 확인 할 수 있다. Ra 10.7nm(Rmax 50nm)로 스크래치가 거의 없는 초정밀 래핑 가공이 달성되었다.

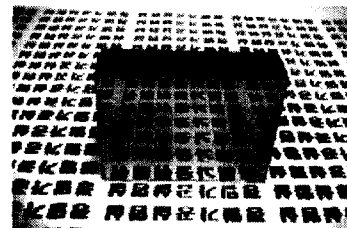


Fig. 10 Specimen of mirror surface (M30)

6.4 광학유리의 초정밀 래핑가공

Fig.11은 광학유리의 (BK-7)의 초정밀 가공사진을 도시 하였다. 사진에서 보듯이 광학소자가 갖추어야 하는 빛의 투과성을 지닌 표면이 창성되었다 Ra 16.7nm (Rmax 70.8nm)의 표면거칠기값을 얻을 수 있다.

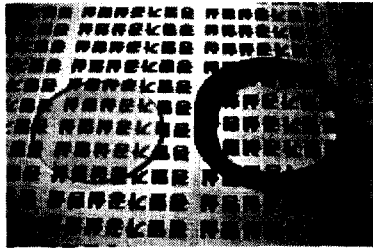


Fig. 11 Comparison of surface clarity (BK-7)

7. 결론

본 연구에서는 연속 전해드레싱용 메탈본드 다 이아몬드 래핑숫들을 개발 제작하여 성분비에 따른 지석의 전해특성을 관찰하였다. 성분비가 다르게 제작되어진 메탈 본드 지석은 전해 시 서로 다른 전해 현상을 보여주었으며, 이는 기계화학적 분말이 조성비 변화에 따른 부동태화막 형성에 영향을 주기 때문이며 개발되어진 지석 중 결합제(75%),기계화학적입자(25%)를 혼합하여 제작한 지석이 연속 전해드레싱용 래핑숫들에 가장 양호하다. 또한 개발된 메탈본드 숫들을 적용하고 연속 전해드레싱 방법을 채택하여 안정적인 메탈본드 숫들의 드레싱에 의해 초경합금 및 광학유리의 초정밀 경면 래핑가공을 실현하였다.

후기

본 연구의 일부는 인하대학교 교내연구비의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. Matsuo.T, Okamura, "Wear Characteristic of General and Superhard Abrasive Grain against Various Hard Materials," Annals of the CIRP, Vol. 30, pp. 233-237, 1981.

2. E.S.Lee, J.D.Kim, "A Study on the Analysis of Grinding Mechanism and Development of Dressing System by using Optimum In-Process electrolytic Dressing," Int.J.Mach.Tools. Manufact. Vol. 37, No. 12, pp. 1673-1681, 1997.
3. N.Itoh, H.Ohmori "Finishing Characteristic of ELID-lap grinding Using Ultra Fine Grain Lapping Wheel," International Journal of JSPE, Vol. 30, pp. 305-308, 1997.
4. US Patent, "Apparatus and Method for Mirror Surface Grinding and Grinding Wheel Therefore," Patent Number 5,639,363
5. 최재영, 이은상, 송지복, "연속 전해드레싱용 래핑 지석의 제작 및 전해 특성 평가" 한국정밀공학회 춘계학술대회집 pp. 914-917, 2000.
6. H.Ohmori, "Electrolytic In-Process Dressing(ELID) Grinding for Ultraprecision Mirror Surface Machining," International Journal of JSPE, Vol. 26, No. 4 pp. 273-280, 1992.