

## 금속-수지결합제cBN연마석의 연마특성에 대한 연구

김호남, 원금혁

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《새 재료부문의 과학자, 기술자들은 전자공업에 절실히 필요한 화합물반도체와 정밀 사기재료를 개발하고 그 생산을 공업화하기 위한 연구사업을 다그치며 초전도재료와 금속수지복합재료를 비롯한 새 재료들과 우리 나라에 없는것을 대신할수 있는 재료를 개발 하기 위한 연구사업도 전망성있게 밀고나가야 합니다.》(《김정일선집》 증보판 제15권 487페이지)

현재 기계공업에서 금속가공에 리용하고있는 금강석이나 립방질화붕소를 같이제로 하는 연마석들은 많은 경우에 화학적 및 전기화학적방법으로 금속피복한 초경질재료분말과 수지결합제로 제작하고있다.[1-3] 그러나 수지결합제연마석을 리용하는 경우에는 금속소재의 가공과정에 수지결합제의 기공들에 금속절삭밥들이 끼워들어 같이제알갱이들의 절삭깊이를 보장하지 못하며 따라서 절삭속도가 떨어지고 공구의 절삭힘이 커져 정밀도가 떨어지게 된다. 이와 같은 결함을 극복하기 위하여 연마제알갱이들에 의한 기계력학적연마와 함께 전기화학적작용을 동반하는 전해연마가 리용되고있다.

전해연마에서는 기계력학적연마만을 진행할 때에 비하여 더 높은 절삭속도와 정밀도를 가지고 가공하기 힘든 경질금속들도 가공할수 있으며 정결도도 높일수 있다.[2] 전해연마를 보장하기 위하여서는 연마공구의 전기전도성이 보장되어야 한다. 그러나 보통 수지결합제연마석은 수지와 연마제(금강석, 립방질화붕소)의 전기절연성으로 하여 전해연마에 리용할수 없다.

우리는 cBN연마석의 전기전도성을 보장하면서도 cBN알갱이들의 특성을 개선하기 위하여 금속피복한 립방질화붕소분말과 금속-수지결합제를 리용하여 연마석을 새롭게 제조하고 연마공구의 연마특성을 실험적으로 밝혔다.

### 실험 방법

우선 립방질화붕소분말에 화학도금법으로 동도금하였다. cBN분말을 20%의 가성소다 용액(100℃)속에서 세척한 다음 0.1mol/L의 염산용액에서 5min동안 처리하여 cBN결면에서 오염물과 염기성을 완전히 제거하고 다시 증류수로 깨끗이 세척하였다. 결면세척한 cBN분말을 0.1질량%의 AgNO<sub>3</sub> 용액(25℃)속에서 5min동안 유지한 다음 동도금용액속에서 도금하였다.[1]

화학동도금용액의 조성과 함량은 표 1과 같다.

표 1과 같이 화학도금한 결과 검은색의 립방질화붕소분말이 적동색으로 변하였다.

동도금한 분말에 전해방법으로 니켈도금하였다.

분말의 전해도금장치의 원리도는 그림과 같다.

표 1. 화학동도금용액의 조성과 함량

조성	함량/(g·L <sup>-1</sup> )
CuSO <sub>4</sub> · 6H <sub>2</sub> O	25
NaOH(20%)	100
글리세린	35
포르말린(40%)	15

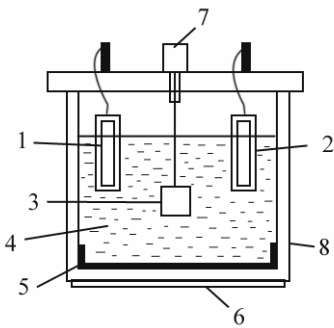


그림. 전해도금장치의 원리도  
1-양극, 2-거르개, 3-교반날개,  
4-도금액, 5-음극, 6-가열기,  
7-전동기, 8-본체

도금장치에서 욕조의 밑면은 음극이며 교반날개에 의하여 도금액을 교반한다. cBN분말은 도금액속에서 교반되는 과정에 양극에 가닿게 되는데 이때 도금된 니켈의 용해를 막으며 양극니켈로부터 도금액속으로 불순물이 도금용액에 혼입되는것을 막기 위하여 양극에 거르개를 설치하였다. 또한 도금욕조밑에 도금액의 온도를 보장하기 위하여 가열기를 설치하였다. 도금용액을 50℃의 온도로 가열하였다.

화학동도금한 cBN분말을 용액속에 넣고 교반날개를 회전시켜 cBN분말을 교반하였다. 교반에 의하여 cBN분말은 밑면의 음극면우에서 미끄러지면서 주변으로 흩어지며 다시 주변에서 중심으로 모여들면서 교반장치에 공급된다. 그러면 교반에 의하여 cBN분말은 다시 우와 같은 순환을 반복하면서 교반된다. cBN분말은 음극면우에서 미끄러지는 동안에 결면에서 도금되며 이러한 순환관정이 부단히 반복되면서 cBN분말의 결면은 니켈도금된다. 이때 금속피복률은 50%이며 cBN분말의 립도는 150~180 $\mu$ m였다.

전해니켈도금용액의 조성과 함량은 표 2와 같다.

적동색의 립방질화붕소분말은 니켈도금한 후에 금속광택의 밝은색으로 변하였다.

금속피복한 cBN분말을 600℃의 수소분위기속에서 30min동안 열처리하였다. 결합제로는 레줄수지, 니켈과 동을 리용하였다. 동과 니켈분말은 600℃의 수소로에서 40min동안 환원한것을 리용하였으며 립도는 70 $\mu$ m이하였다.

cBN연마석작업층의 결합제조성과 함량은 표 3과 같다.

표 2. 전해니켈도금용액의 조성과 함량

조성	함량/(g·L <sup>-1</sup> )
NiSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	250
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	20
NaCl	10

표 3. 결합제의 조성과 함량

조성	함량/질량%
니켈	40
동	39
레줄수지	20

표 3과 같은 비율로 혼합한 결합제와 금속피복한 립방질화붕소분말을 각각 75, 25체적%로 혼합한 시료를 주어진 형타에 장입하고 약 30MPa의 압력으로 가압하였다. 성형품을 가열장치에 넣고 온도를 80℃까지 올리고 20min동안 유지한 후 다시 온도를 180℃까지 올린 다음 40min동안 유지하였다. 다음 가열로에서 성형품을 꺼낸 다음 온도를 낮추고 제품을 탈형시켰다.

우리는 이런 방법으로 외경 14mm, 내경 8mm, 높이 10mm인 시험용내면연마석들을 준비하였다.

cBN연마석의 연마시험은 열처리한 9CrSi강(굳기 HRC60)을 소재로 하였으며 내면연마반의 시험조건은 표 4와 같다.

표 4. 연마시험조건

주축속도 (r·min <sup>-1</sup> )	통과량 /mm	보냄량 (mm·min <sup>-1</sup> )	연마석회전 속도/(r·min <sup>-1</sup> )	소재크기/mm			랭매(전해질)	연마시간 /min
				내경	외경	높이		
300	0.01	300	2만	17	50	27	아질산염	90

## 실험결과 및 분석

금속피복한 연마석과 금속피복하지 않은 연마석의 연마특성은 표 5와 같다.

마모비는 연마석의 마모질량에 대한 연마된 소재질량의 비로 평가하였다.

표 5. 연마석의 연마특성

연마석	마모비	같이속도 /(g·h <sup>-1</sup> )
금속피복하지 않은 cBN내면연마석	23.0	9.2
금속피복한 cBN내면연마석	27.6	16.6

표 5에서 보는바와 같이 금속피복한 cBN연마석의 마모비는 금속피복하지 않은 cBN연마석의 마모비보다

1.2배 크다. 이것은 피복금속과 수지결합제사이의 결합이 화학적결합인것으로 하여 cBN과 수지결합제사이의 결합보다 더 크게 되며 결과 수지결합제속에 cBN립자들이 세게 유지되어 연마과정에 같이제알갱이들의 탈락현상이 적어지고 같이성능이 개선되기 때문이다. 또한 금속피복한 cBN분말이 도금과 열처리에 의하여 알갱이의 질이 개선되기 때문이다.

열처리에 의하여 니켈과 동도금층사이에 호상화산에 의하여 합금이 형성되며 한편 금속원자들은 cBN결면의 균열이나 틈, 결합들에 침투하여 그것들을 메꾸고 cBN과 피복금속사이의 기계적결합을 강화해주기때문에 cBN알갱이의 누름세기가 높아지게 된다.

다음으로 금속피복한 cBN연마석과 금속피복하지 않은 cBN연마석들의 같이속도를 비교해보면 금속피복한 cBN연마석의 같이속도가 금속피복하지 않은 연마석에 비하여 약 1.8배 크다. 이것은 금속피복한 연마석과 내면연마반의 특성과 관련된다.

내면연마반은 연마석에 의한 기계력화적인 연마와 함께 전해질용액속에서 전기화학적작용에 의한 전기화학적연마를 동시에 진행한다. 금속결합제연마석에 음극을, 소재에 양극을 연결하고 아질산나트륨전해질용액을 공급하면 전기화학적작용에 의하여 소재금속이 전해질에 용해되는 한편 소재의 결면에 양극피막이 형성된다. 이 피막을 연마석으로 없애면 그 부분에서 다시 피막이 형성되면서 연마과정이 연속적으로 진행된다. 이때 같이제알갱이는 양극피막만 벗기지 않고 전기화학적작용을 받지 않은 금속도 일부 벗겨내게 된다.

금속피복한 cBN분말을 리용하여 만든 연마석은 전기전도성을 나타내며 따라서 기계력화적인 연마와 함께 전해연마를 할수 있다. 그러나 금속으로 피복하지 않은 cBN연마석은 결합제속에 금속분말들이 들어있지만 cBN분말이 금속피복되지 않은것으로 하여 거의나 전기전도성을 나타내지 않으므로 전해연마를 할수 없으며 기계력화적인 연마만이 진행되어 같이속도가 낮아지게 된다.

## 맺 는 말

금속피복한 cBN분말을 리용하여 제작한 금속-수지결합제cBN연마석의 내마모성은 금속피복하지 않은 연마석에 비하여 1.2배, 같이속도는 1.8배 높다는것을 실험적으로 밝히고 그 증가원인을 분석하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 7, 53, 주체103(2014).
- [2] N. Yoshihara et al.; Int. J. Abrasive Technology, 1, 1, 136, 2007.
- [3] M. K. Tripathi et al.; Int. J. Electrochem. Sci., 8, 3454, 2013.

주체105(2016)년 11월 5일 원고접수

## On the Grinding Properties of Metal Resin-Bonded cBN Wheels

*Kim Ho Nam, Won Kum Hyok*

We have established the manufacturing process of cBN wheels using the metal resin-bond and experimentally considered the grinding properties.

The wear resistance of metal resin-bonded cBN wheel including the metal-coated cBN powder is 1.2times than not coated wheel, the grinding rate is 1.8 times and the reason in increasing wear resistance and grinding rate is investigated.

Key words: metal, resin, cBN wheel