2007년도 추계 학술발표대회 발표논문, 2007년 11월, 전주

cBN 지립과 Ag계 필러합금에서의 브레이징 특성

The Brazing Characters of cBN Grit with Ag-based Filler Alloys

송 민석, 안 상재, 정 기정

신한다이아몬드공업㈜ R&BD center

ABSTRACT

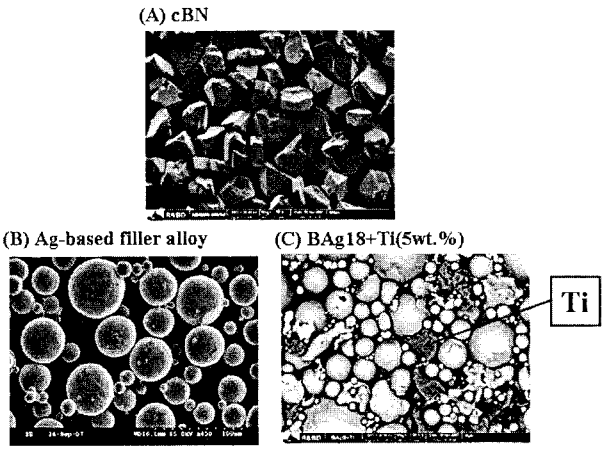
철계 피삭재 가공 시 적용되는 cBN(cubic Boron-Nitride)의 경우 열적/구조적 안정성으로 인해 융착 시 계면에서 화학적 결합이 어려워, 지립이 단일층으로 형성되어야 하는 융착 공구의 경우 적용되질 못하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 세라믹과의 젖음성이 우수한 Ti 성분이 포함된 67Ag + 28Cu + 5Ti(wt.%) 조성의 합금분말을 이용하여 cBN을 접합을 하였으며, 이때 융착조건은 진공 분위기($6x10^{-6}$Torr), 900℃ 온도에서 5분간 유지하여 융착을 실시하였다. 본 연구의 주목적은 Ti 합금화 된 Ag계 합금분말 및 cBN의 융착 계면에서의 융착 계면거동해석을 통한 건전한 접합공정을 찾는데 있다. 이에 온도 900℃, 유지시간 5분에서 건전한 융착층을 형성함을 알 수 있었다. 또한 결합력 측정기를 이용하여 결합력을 측정한 결과 diamond와 융착하였을 때가 123N, cBN을 융착하였을 때 107N으로써, cBN 융착이 diamond 융착의 87%정도의 결합력을 보임을 알 수 있었다. 한편 cBN과 Ag-Cu-Ti계 브레이징 필러의 계면에서의 미세조직 및 화학반응의 메커니즘은 SEM, EDS를 이용하여 분석하였다.

1. 서 론

다이아몬드공구를 이용하여 철계 피삭재를 가공 시 다이아몬드를 구성하고 있는 C가 피삭재의 Fe와 반응을 일으켜 공구 수명 및 성능이 급격히 감소하는 현상이 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 다이아몬드 대신에 지립으로 cBN이 활용되고 있으나, 그 열적/구조적 안정성으로 인해 필러와의 계면에서 화학적 결합을 형성시키기 어렵다. 지금까지 본 연구그룹에서는 Ag-Cu계 합금에 활성 원소인 Ti를 첨가하여 융착을 시도하였으나 Ti 분말의 편석 문제가 발생하여 건전한 융착층을 얻기 어려웠다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 Ag-Cu-Ti 3원계 합금분말을 제조하여 건전한 융착층과 융착 공구에서 요구되어지는 결합력을 얻고자 하였다.

2. 실험 방법

본 실험에 사용된 cBN은 그림 1(A)와 같은 불규칙한 형상을 이루고 있으며, T_m = 2967℃, 밀도 2.18g/cm^{3}으로 diamond에 비해 60%정도의 밀도를 갖는다. 또한 그림 1(B)의 Ag계 합금분말(67wt.%Ag+28wt.%Cu+5wt.%Ti)와 그림 1(C)의 BAg18(60wt.%Ag+30wt.%Cu+10wt.%Sn)에 5wt.%의 Ti 분말을 혼합한 필러를 사용하여 융착을 하였다.



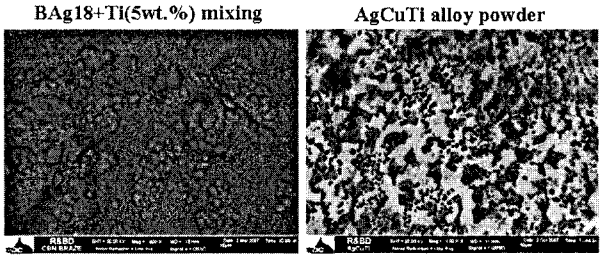
[그림 1] SEM 이미지 – (A) cBN 형상, (B) Ag계 합금분말, (C) BAg18+Ti(5wt.%)

융착조건은 고진공($6 x 10^{-6}$torr) 조건에서 온도 900℃로 5분 유지하였으며, 모재는 SK5 중탄소강을 사용하였다. 이렇게 제작된 시편은 자체 제작한 결합력 측정기를 이용하여 융착된 cBN의 결합력을 측정하였으며, 지립과 필러 간의 계면은 OM, SEM, EDS를 이용하여 분석하였다.

3. 결 과

3.1 융착층 표면

그림 2에서 보면 BAg18에 Ti 분말을 혼합하여 융착한 경우 융착층 표면에 다량의 Ti 분말이 고용되지 못하고 부유하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 혼합되어 있는 Ti 분말(T_m=1935℃)이 일부만 Cu에 고용되어 발생한 결과로 보여지며, 그 결과 cBN이 필러와 결합을 형성하지 못하였을 거라 판단된다.



Element Line	Weight %	Atom %
Ti K	97.47	98.64
Cu K	0.69	0.53
Ag L	1.84	0.83
Total	100.00	100.00

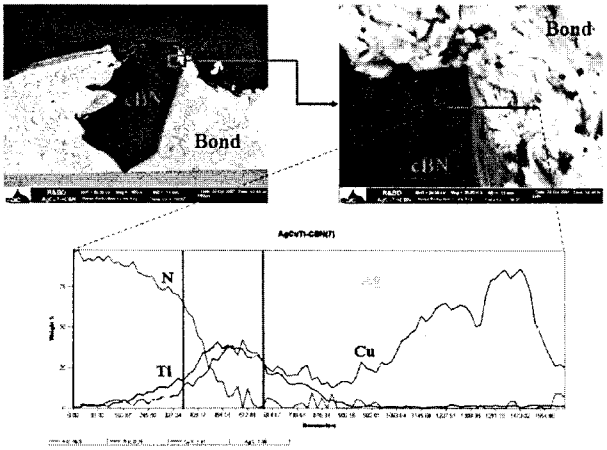
Element Line	Weight %	Atom %
Ti K	19.94	30.71
Cu K	30.46	35.36
Ag L	49.61	33.93
Total	100.00	100.00

[그림 2] 융착층 표면 SEM 이미지 및 EDS 결과
– BAg18+Ti 분말과 Ag계 합금분말

그러나 Ag계 합금분말을 융착하였을 경우 약간의 잉여 Ti가 발생하긴 하나 융착층이 매우 건전하게 형성되었음을 확인할 수 있다. 즉 Cu에 Ti가 용이하게 고용됨에 따라 cBN과의 계면형성을 이루면서 결합이 발생한 것으로 판단된다.

3.2 cBN과 필러 간의 계면분석

그림 3은 Ag계 합금분말을 이용하여 융착하였을 때 cBN과 필러 간의 계면을 BSE(Back Scattered Electron) mode 상태에서 EDS를 이용 선분석(line-scan) 한 결과이다.



[그림 3] SEM 이미지 및 EDS – 선분석 결과
- Ag계 합금분말 융착 후 cBN과 필러 계면

그림 3에서 보는 바와 같이 EDS 선분석 결과 계면에 Ti가 집중되어 있는 것을 확인할 수 있다.

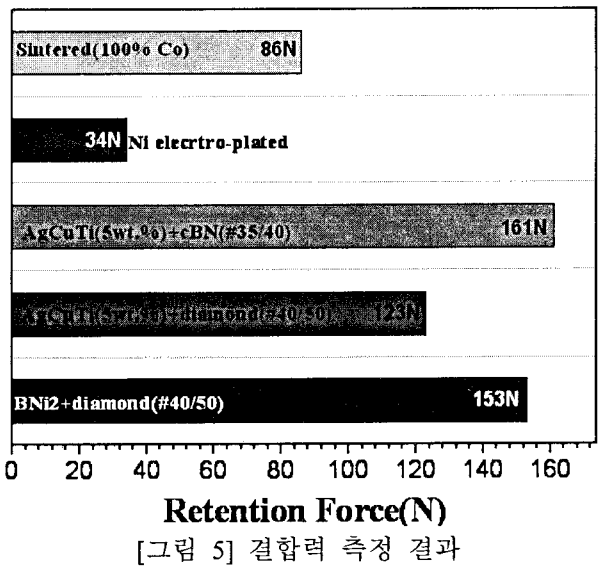
이런 결과를 바탕으로 그림 4와 같이 EDS를 이용하여 계면에서의 성분을 하였다. 그 결과 계면 반응층을 확인하였으며, 이 계면 반응층은 Ti-N 화합물일 것으로 판단된다.

Weight %	N-K	Ti-K	Cu-K	Ag-L
AgCuTi_pt1	26.50	29.76	38.40	5.33
AgCuTi_pt2	34.06	4.19	27.50	34.25
AgCuTi_pt3	71.12	9.59	6.62	12.68
AgCuTi_pt4	36.96	3.98	26.03	33.03
AgCuTi_pt5	100.00			
AgCuTi_pt6		2.03	32.56	65.42

[그림 4] EDS 분석 결과(BSE mode)
- Ag계 합금분말 융착 후 cBN과 필러 계면

3.3 결합력 측정

cBN의 결합력을 측정하기 위해 자체 제작한 결합력 측정기를 이용하였으며, 이때의 결합력은 cBN과 diamond의 형상 균일하지 않기 때문에 상대적인 비교만이 가능하다. 그림 5은 이러한 측정결과를 나타낸 것으로써 Co 분말을 이용한 diamond와의 결합력과 Ni 도금에 의한 diamond와의 결합력, Ag계 합금분말을 이용한 cBN과 diamond에서의 융착 시 결합력, BNi2(Ni계 합금분말)을 이용한 diamond와의 융착 시 결합력을 나타내었다.

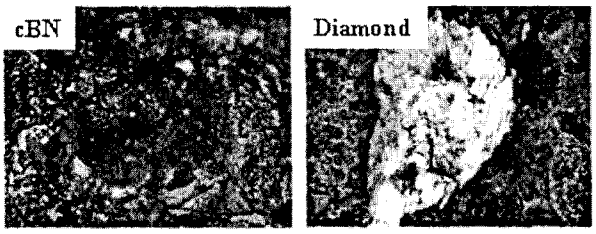


[그림 5] 결합력 측정 결과

그림 5의 결합력 측정 결과를 보면 소결이나 도

금에 의한 결합력이 융착에 비해 상당히 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 기계적 결합을 하는 소결이나 도금에 비해 화학적 결합을 하는 융착이 결합력이 좋다는 것을 알 수 있다. 또한 Ag계 합금분말을 이용하여 diamond를 융착한 경우 그 결합력은 일반적인 diamond 융착공구에 사용되는 BNi2를 이용하여 융착하였을 때의 약 80% 수준의 결합력을 나타낸다. 그러나 Ag계 합금분말을 이용한 cBN 융착 시 결합력은 161N으로 가장 높은 값을 나타낸다. 이는 결합된 cBN의 입도가 #30/40이기에 다른 결합력 측정 시 사용된 #40/50에 비해 접합면적이 약 1.5배 넓기에 나타난 결과로써 입도에 따른 표면적 비를 적용하면 Ag계 합금분말을 이용하여 cBN을 접합하였을 때의 결합력은 107N으로써 diamond 결합력의 약 70% 정도를 나타낸다고 판단된다.

그림 6은 결합력 측정 후 탈락된 지립을 OM으로 관찰한 이미지로써, Ag계 합금분말을 이용하여 cBN을 융착하였을 경우 cBN이 빠지지 않고 깨지는 것을 보여주고 있다. 이는 cBN의 결합력이 cBN의 파괴강도보다 높기에 나타나는 결과로써, 그림 5에서 측정된 cBN의 결합력이 실체 결합력에 비해 낮다는 것을 알 수 있다.



Brazed (AgCuTi5wt.%) Brazed (AgCuTi5wt.%)

[그림 6] OM 이미지
– 결합력 측정 후 지립 탈락부

cBN의 파괴강도는 553N/mm^{2}으로써 diamond의 파괴강도 2500N/mm^{2}의 약 20% 정도로 상당히 낮음을 알 수 있다.

4. 요 약

1. AgCuTi(5wt.%) 합금분말의 경우 Ti 성분이 Cu계 고용된 상태로 융착이 되기 때문에 표면에 잉여 Ti 발생이 적게 발생됨
2. SEM 분석을 통해 cBN과 Ag계 합금분말의 융착 시 계면 반응층을 형성함을 확인하였으며, 이는 cBN의 N 성분과 본드의 Ti 성분이 Ti-N 화합물을 형성하였을 것으로 판단됨
3. 결합력 측정 결과
- Diamond를 AgCuTi(5wt.%)로 융착한 경우 결합력이 BNi2를 이용하여 융착하였을 때 결합력의 약 80% 정도 유지
- AgCuTi(5wt.%)를 이용하여 cBN(입도 #30/40)을 융착한 경우 diamond(입도 #40/50) 융착 시 결합력의 약 70% 유지

→ #30/40이 #40/50보다 표면적이 1.5배 넓기에 표면적 비로 결합력을 환산한 결과임

4. 결합력 측정 시 빠지지 않고 깨지는 경향을 보이는 것으로 보아 결합력은 좀더 높을 것으로 예상되며, 이런 경우 지립의 파괴강도가 공구 수명에 많은 영향을 미칠 것으로 판단됨

후 기

본 연구는 산업자원부 지정 제 2004-12호 ATC 사업의 일환으로 진행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 이장훈, 대한용접학회 2006년 춘계학술대회. 04, pp. 14(2006)
2. C. M. Sung, Diamond and Related Materials 8, pp. 1540-1543(1999).
3. S. F. Huang, H. L. Tsai, S. T. Lin, Mater. Chem. & Phys.84, pp. 251-258(2004)
4. W.C. Li, C. Liang, S.T. Lin, Metall. Mater. Trans. (A)33, 2163(2002).
5. Z.B. Wu, H.J. Xu, B. Xiai, Key Eng. Mater. 202–203 , 143(2001).