

Ni계/Ag계 금속필러와 c-BN의 브레이징 접합부에서 Ti의 영향

이장훈*, 이영섭*, 임철호*, 이지환*, 송민석**

* 인하대학교 재료공학부

** 신한다이아몬드공업(주)

초 록 이 연구는 CBN을 건전한 브레이징을 하기 위해서, CBN과 금속필러메탈 접합계면에서의 금속성분과 산화물, 탄화물의 거동을 분석하는데 있다. 진공 인덕션 브레이징으로 온도는 950~1100℃에서 브레이징 유지시간은 5~30분로 실시하였다. 금속필러로는 Ni-7Cr-3Fe-3B-4Si(wt.%)와 Ag-25Cu-5Ti(wt.%)을 사용하여 브레이징된 CBN은 950~1000도, 유지시간 10분 사이에서 각각 건전한 계면과 표면을 얻을 수 있었으며, 계면에서 Ti-rich상과 화합물이 확인되었다. 이상의 결과로부터 화합물의 생성과 건전한 접합공정은 브레이징 온도와 시간이 좌우하며, N과 B, Ti의 함유량이 CBN의 브레이징 접합 특성의 중요변수로 생각되어진다. CBN과 Ni계/Ag계 브레이징 필러의 계면에서의 미세조직 및 화학반응의 메커니즘은 SEM, EPMA, XRD를 이용하여 분석하였다.

1. 서 론

공업기술의 발달에 따라 다이아몬드를 이용한 연마·절삭공구가 널리 이용되고 있다. 하지만 다이아몬드의 경우 열과 충격에 약하고 철과의 친화반응으로 철계 금속가공이 곤란하며, 단가가 비싸다는 단점 때문에 다이아몬드 대체 지립에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다¹⁾. 이러한 대체 지립으로 SiC, Al₂O₃, CBN등이 있으며, 그중에 CBN(Cubic Boron Nitride)은 흑연과 결정구조나 성질이 비슷하고 다이아몬드와 다음가는 경도 및 열전도율을 갖고 있으며, 공기 중에서 1300℃까지 안정하다. CBN의 경도는 다이아몬드보다 낮는데, 고온에서의 철족 금속과의 반응성이 다이아몬드보다도 낮기 때문에 철족 금속의 연삭이나 절삭용에는 다이아몬드보다 뛰어난 것으로 알려져 있다. 하지만 일반적인 무코팅 CBN은 다이아몬드와 달리 금속 필러와의 접합 특성이 우수하지 못하기 때문에 이 연구에서는 필러와의 접합성을 높이기 위해서 Ti이 코팅된 CBN을 이용하였다. 본 연구의 주목적은 Ti이 코팅된 CBN을 Ni계 필러 합금을 이용, 온도와 Substrate등의 접합조건을 달리하여 접합한 후 계면에서의 재료의 거동을 관찰·분석하여 건전한 브레이징 조건을 찾고, 계면에서 생성된 화합물 등을 규명하는데 있다.

2. 실험 방법

브레이징은 열과 용융삽입재를 사용하여 모재를 접합하는 방법으로 450℃ 이상의 녹는점 온도를 가진 접합 필러를 사용하여 모재의 녹는점 이하의 열을 가하여 모재를 접합하는 방법으로 Fig.1의 (a)와 같은 무코팅 CBN은 일반적인 금속 필러와 접합성이 좋지 않음을 고려 이 실험에 사용된 모재는 Fig.1의 (b)와 같이 200μm Ti이 코팅된 CBN(녹는점:2967℃, 밀도:2.18g/cm³)을 사용하였다.

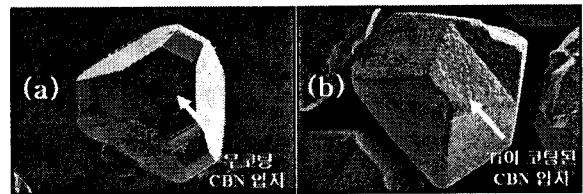


Fig. 1. SEM Image of CBN. (a) Noncoating (b) Ti-coated CBN

필러 합금으로는 Table1에서 보는 바와 같이 Ni가 주성분으로 하는 Ni계 필러 합금을 이용하였으며,

Table 1. Chemical compositions of Ni-based Filler Metal

[Wt%]									
Ni	Cr	Si	Fe	B	Co	C	Ti	others	
Bal	6~8	4~5	2.5~3.5	2.8~3.5	0.1	0.06	0.05	0.5	

변수를 주어 Table2와 같이 저탄소강인 SK5, SCM4 두 종류의 Substrate를 이용하였다.

Table 2. Chemical compositions of (a)SK5 (b)SCM4

(a) [Wt%]				
C	Si	Mn	P	S
0.08~0.9	<0.35	<0.50	<0.03	<0.03

(b) [Wt%]						
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.38~0.43	0.15~0.35	0.60~0.85	> 0.03	> 0.03	0.09~1.2	0.15~0.35

#800~#2000의 sand paper로 연마한 후 100 μ m Dia paste로 polishing을 마무리한 SK5/SCM4 Substrate위에 100 μ m Mask를 이용하여 Ni계 필러 paste를 스크린 한 후, paste를 건조시키기 위해 oven에 넣어 90 $^{\circ}$ C의 온도에서 약 30분간 유지시킨다. 이렇게 건조된 시편위에 Ti이 코팅된 CBN을 도포한다. Ti으로 코팅된 CBN이 도포된 시편은 브레이징 시 온도측정을 위해 percussion welding 장치를 이용하여 열전대를 Substrate(SK5/SCM4)에 welding 시킨다. 이렇게 만들어진 시편을 고주파 유도 가열장치에 장착한 후 Fig.3과 같이 고진공(5×10^{-5} torr)에서 920, 970, 1020, 1070, 1120 $^{\circ}$ C의 온도 변수를 준다. 승온 속도는 50 $^{\circ}$ C/min 하고, 브레이징 유지시간을 10분으로 실시한 후 노랭시키면 시편이 완성된다.

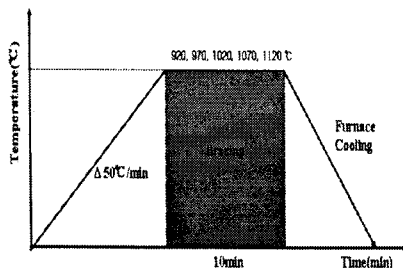


Fig. 2. Schematic of brazing conditions

SEM은 Electron beam이 sample의 표면에 주사하면서 sample과의 상호작용에 의해 발생된 secondary electron을 이용해서 sample의 표면을 관찰하는 것으로써, 위 실험을 통해 brazing이 완료된 시편은 S-4200 주사전자

현미경으로 SEM 분석을 하여 표면 분석을 실시한다. 표면 분석이 끝난 시편은 cutting, mounting, polishing의 과정을 실시한 후, 측면 분석을 위해 다시 SEM 분석을 실시한다.

XRD는 구조 분석용으로 X선을 사용하여 이 X선이 원자들의 규칙적인 배열에 의해 Bragg's Law를 만족시키는 특정 입사각에서 peak를 나타내는 것을 이용하여 재료의 정성분석, 결정성 유무, 결정 방향이나 격자상수 등을 분석하는 것으로 표면 분석을 위해 SEM 촬영을 마친 시편은 cutting전 계면에 형성된 화합물 분석을 위해 X'pert MPD 박막 X선 회절분석기를 이용하여 XRD 분석을 실시한다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 접합부의 SEM관찰

Fig.3와 4는 각각 SK5와 SCM4를 Substrate로 하였을 때 920~1120 $^{\circ}$ C의 온도 변수를 주어 고진공 브레이징을 실시한 시편의 표면(a~e)과 측면(f~j)을 SEM으로 관찰한 결과이다. Fig.3의 경우 (a)~(e)를 보았을 때 육안상으로 (a), (b) 그리고 (e)에서 많은 기공이 발생된 것을 발견할 수 있다. 이것은 Ni계 필러 합금이 920~970 $^{\circ}$ C서는 완전히 용융되지 않아 표면에 기공층을 형성했고, 상대적으로 1120 $^{\circ}$ C의 경우 용융정도가 너무 심하여 오히려 Ni계 필러 합금이 녹아 내리며 기공층을 형성했다는 것을 알 수 있다. 또한

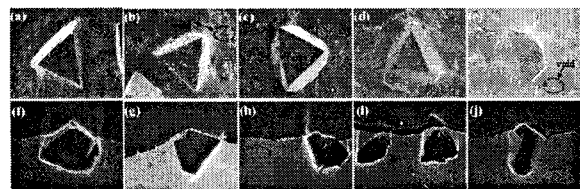


Fig. 3. Surface and side morphologies of Ni filler alloy embedded CBN coated Ti exposed at (a,f) 920 $^{\circ}$ C, (b,g) 970 $^{\circ}$ C, (c,h) 1020 $^{\circ}$ C, (d,i) 1070 $^{\circ}$ C, (e,j) 1120 $^{\circ}$ C for 10min *Metal of Substrate : SK5

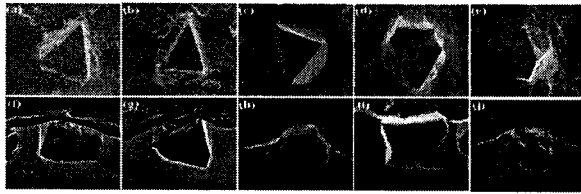


Fig. 4. Surface and side morphologies of Ni filler alloy embedded CBN coated Ti exposed at (a,f) 920°C, (b,g) 970°C, (c,h) 1020°C, (d,i) 1070°C, (e,j) 1120°C for 10min *Metal of Substrate : SCM4

(f)~(j)를 보면 온도가 높을수록 Ti이 코팅된 CBN이 Ni계 필러층에 더 깊숙히 잠겨 있는 모습을 관찰할 수 있다. 그리고 필러층 외부에서 Ti이 코팅된 CBN의 깨짐이 관찰되는데, 이것은 cutting중에 발생한 것으로 CBN의 강도가 cutting에 잘 견디지 못함을 알 수 있다. Fig.3와 4의 SEM을 분석한 결과 1020~1070°C, 브레이징 유지시간을 10분으로 하였을 때 Ni계 필러 합금의 용융도와 그에 따른 Ti이 코팅된 CBN의 잠김 정도가 우수하였고, 대부분 건전한 계면과 표면을 얻을 수 있었다.

3.2 접합부의 XRD분석

SEM을 통해 시편의 계면에서의 접합특성을 확인함에 따라 실제로 시편의 계면에서는 어떠한 화학반응이 이루어지는지 XRD 분석을 통해 조사하였다. Fig.6은 SK5를 Substrate로 한 시편의 계면에서의 온도에 따른 XRD pattern을 나타내고 있다.

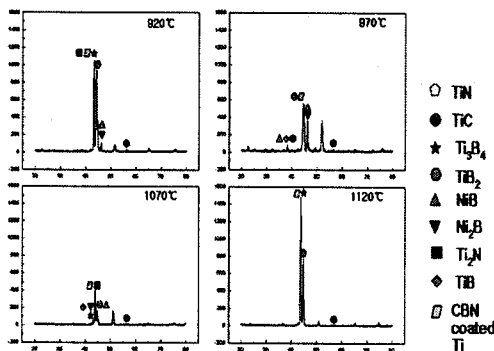


Fig. 5. XRD analysis at 920, 970, 1070, 1120°C *Metal of Substrate : SK5

4. 결 론

1. Ti가 코팅되지 않은 CBN의 경우 고진공 브레이징을 이용하여 Ni계 필러 합금과 접합한 결과 젖음성이 좋지 않다는 결론이 나왔다.
2. Ti가 코팅된 CBN의 경우는 Substrate에 관계없이 SK5나 SCM4 모두 건전한 접합 상태를 Ti₂N, TiB₂, Ti₃B₄ 등의 화합물이 형성되었고, CBN과 Ni계 필러 합금의 주성분이 Ni이 반응하여 NiB, Ni₂B 등의 화합물을 형성한 것을 알 수 있다. 그리고 Ti과 Ni계 필러 합금의 성분이 C가 반응하여 TiC의 peak가 나타난 것으로 보아 무코팅 CBN의 경우 Ni계 필러 합금과의 젖음성이 좋지 않았는데 Ti를 코팅함으로써 Ti이 C와반응, TiC를 형성하여 젖음성을 향상시켰음이 생각되어 진다.
3. SEM 분석 결과 920~970°C에서는 잠김 정도가 덜하여 유난히 Ti이 코팅된 CBN의 깨짐이 심하였으며, Ni계 Filler 합금의 용융 정도가 덜하여 많은 기공이 발생하였다. 1120°C에서는 Ti가 코팅된 CBN이 거의 잠겨 있는 모습을 관찰할 수 있었고 Ni계 Filler 합금의 용융 정도가 너무 심하다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 1020~1070°C, 유지시간은 10분 사이에서는 대부분 건전한 계면과 표면을 얻을 수 있었다.
4. XRD 분석 결과 Ti가 코팅된 CBN과 Ni계 Filler 합금의 반응으로 계면에 화합물이 형성되어 있다는 것을 확인 할 수 있었으며, Ni계 Filler 합금중의 C가 Ti와 반응, 화합물을 형성하여 접합이 이루어 졌다는 것을 추정할 수 있다. 향후 EPMA, EDS 분석을 통해 계면에서의 정확한 화학반응 메커니즘의 규명이 이루어져야 할 것이다.