

Ag계 금속필러를 이용한 다이아몬드와 극세선의 브레이징 접합부의 거동 연구

(Microstructure and Mechanical Interfacial Properties of Diamond in Ag-based Filler Metal for mini Wire by Vacuum Brazing)

채나현*, 이장훈*, 임철호*, 박성원*, 이지환*, 송민석**

* 인하대학교 신소재공학부

** 신한다이아몬드공업(주)

ABSTRACT 현재 다이아몬드 공구에서 극세선에 브레이징 공정을 이용하여 다이아몬드를 접합하는 기술은 국내외 적으로 전무한 상태이다. 이 연구는 금속 와이어에 다이아몬드를 브레이징을 실시하여 최적의 와이어 브레이징 공정법을 개발 하는데 있다. 다이아몬드와 금속필러메탈 접합 계면에서의 금속성분과 탄화물의 거동을 분석하며, 브레이징에 따른 와이어의 물성 변화를 관찰 하였다. 금속필러로는 Ag-Cu-5Ti(wt.%)을 사용하였으며, 와이어는 스테인리스를 이용하였다. 브레이징 공정은 진공 접합 장치를 이용하여 800~1000℃에서 유지시간 5~30분로 실시하였다. 브레이징된 다이아몬드는 900~950도, 유지시간 10분 사이에서 각각 건전한 계면과 표면을 얻을 수 있었으며, 계면에서 Ti-rich상과 화합물이 확인되었다. 또한 열처리 따른 와이어의 최적의 건전한 상태를 고찰 하였다. 다이아몬드와 Ag계 브레이징 필러의 계면에서의 미세조직 및 화학반응의 메커니즘은 SEM, EPMA, XRD를 이용하여 분석하였다.

1. 서 론

다이아몬드를 이용한 공구는 높은 경도 및 열전도성 등의 우수한 특성 때문에 오래전부터 Cutting, Grinding, Polishing 공구 등의 여러 공구에 사용되고 있다. 다이아몬드 공구의 다이아몬드 접합방법은 현재까지 화학/물리 증착법, 소결법, Brazing법 등으로 연구 되어져 왔다. 위와 같은 다이아몬드의 접합 방법 중에서 환경친화적이며, 공정의 용이성, 대량생산, 우수한 접합성을 얻을 수 있는 브레이징법은 현재 다이아몬드공구 접합에 다양하게 이용되고 있으며, 다이아몬드의 접합재인 브레이징 필러 메탈은 Ag계 합금, Cu계 합금, Ni계 합금, Ag계 합금, Zn계 합금 등이 연구 되어져 왔으며, 각각의 필러 합금을 이용하여 접합 시 용점을 낮추거나, 접합성을 높이기 위한 방법으로 활성금속인 Ti, Cr, V, Zr등이 함유된 브레이징용 필러메탈을 사용하여 다이아몬드 접합을 실시하여 왔다. 이 연구는 진공 Brazing의 방법으로 다이아몬드를 Shank에 접합시키기 위해서 기존의 Cu계의 Brazing Filler metal보다 내 부식성 및 내강도, 다이아몬드와의 접합성이 우수한 Ni계 브레

이징 Filler metal을 사용하지 않고, 브레이징 온도가 저온인 Ag계를 이용하여 접합시키는 연구이며, 또한 진공 Brazing 을 실시함으로써 접합공정시의 다이아몬드의 산화와 탄화를 방지하고자 하였다.

2. 실험재료 및 실험방법

연구에 사용된 다이아몬드 규격 MDSM1525의 고순도의 공업용 다이아몬드이며, 크기는 20~30 μ m이다. 다이아몬드 지립과 금속 합금의 기지 금속은 스테인리스 스틸 304로 \varnothing 0.8mm 이하의 와이어를 사용하였다. 다이아몬드의 접합을 위해 사용되어진 Ag계 합금의 조성을 표 1에 나타내었다. Ag계 합금은 페이스트의 형태로 되어 있어, 스테인리스 와이어 기지금속에 Ag계 합금을 약 100 μ m 균일한 두께로 도포한 후, 건조로에서 90℃에서 40분간 건조 시켜, 다이아몬드 지립의 도포를 용이하게 한다. 진공로(High Vacuum Induction)에서 실험을 실시하였다. 그림 1에서 실험 장치를 나타내었다. 실험 시 진공도 5x10⁻⁵torr를 유지하였으며, 노냉을 실시하였다. 브레이징 유지 시간(5, 10, 15분)과 온도(800, 850, 900, 950, 1000℃)를 변수로

하여 접합을 실시하였다. Ag계 합금은 DTA를 이용하여 Ag계 합금의 용융점 및 합금내의 바인더의 완전소멸온도를 분석하였으며, 진공 브레이징한 시편은 EDS, XRD, SEM을 이용하여 브레이징 온도와 시간에 따른 다이아몬드와 Ag계 합금 계면에서의 재료의 변화를 관찰 하였으며, 금속간 화합물의 생성유무와 다이아몬드와의 반응 형태를 관찰/분석 하였다.

Table 1 Composition of brazing filler metal

(Weigh%)

Filler	Ag	Cu	Sn
	Bal	28	5

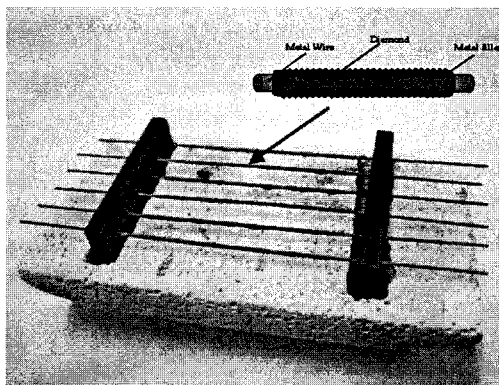


Fig. 1 Schematic diagram of Experimental setup for vacuum brazing

3. 결과 및 고찰

이 연구의 주목적은 Ag계 브레이징 필러와 다이아몬드 지립의 브레이징 계면에서의 활성화 금속의 거동 분석과 탄화물의 생성반응 규명에 대한 연구이다.

Ag계 브레이징 필러분석은 DTA를 이용 하였다. Ag계 브레이징 필러속의 바인더는 약 440°C 이상이 되면 완전 소멸 되는 것으로 판단된다. 이것은 다이아몬드와 Ag계 브레이징 필러의 실제 접합 반응온도에 전혀 영향을 끼치지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 그림 3의 DTA 분석을 통하여 Ag계 브레이징 필러의 융점 영역이 약 780°C에서 Ag계 브레이징 필러의 Solidus Temp가 확연히 관찰되고 있다. 즉

Ag계 브레이징 필러의 용융범위가 880°C이상임을 증명하는 것이다. 또한 그림에서 보듯이 Ag계 브레이징 필러는 solidus line과 Liquidus line차가 작아서 페이스트의 유동성이 매우 좋다. 결과적으로 void 발생률을 최소화 할 수 있었으며, 다이아몬드와 접합특성 또한 증가 한 것으로 생각된다. 이러한 Ag계 브레이징 필러의 물성 결과를 토대로 진공브레이징을 다음과 같이 실시하였다. 온도는 800~1100°C로 약 50°C의 간격으로, 브레이징 유지시간은 5, 10, 20, 30 분로 실시하였다. 진공 브레이징을 10분간 유지하였을 경우에 다이아몬드와 Ag계 브레이징 필러의 접합 측면을 나타내고 있다. 900°C에서 Ag계 브레이징 필러가 용융하지 않았다. 950°C에서부터 양호한 접합 상태를 나타내었다. 하지만 950°C의 Ag계 브레이징 필러의 금속분말이 용융되지 않은 상태를 확인 할 수 있었으며, 1000°C이상에서는 건전한 용융상태를 확인할 수 있었다. 하지만 1050°C에서는 Ag계 브레이징 필러의 완전히 용융되어, 다이아몬드와 Ag계 브레이징 필러의 비중의 차가 역전되어 다이아몬드가 스테인리스 기지쪽으로 침식되는 현상을 보여 주고 있다. 이러한 결과를 토대로 10분 유지시의 각 온도별 계면의 금속 화합물과 rich 상의 분포를 분석하여 보았다. 다이아몬드의 계면에서 금속 화합물과 탄화물이 확인되었다. 건전한 접합 온도로 사료 되어 지는 1000~1050°C 구역에서 다이아몬드 주위의 페이스트 구성 원소들의 확산거동은 Brazing의 온도와 유지시간에 크게 영향을 받았으며, 여기서 Ti 탄화물등은 다이아몬드와 활성화 반응을 일으키는 금속으로 알려져 있으며, 그림 6에서 보듯이 온도증가와 함께 Ti 화합물층은 계면에서부터 증가 하는 것을 관찰할수 있다. 또한 다이아몬드 주변에 생성되는 이 Ti 화합물층은 다이아몬드의 접합력의 향상을 주는 것으로 알려져 있다.

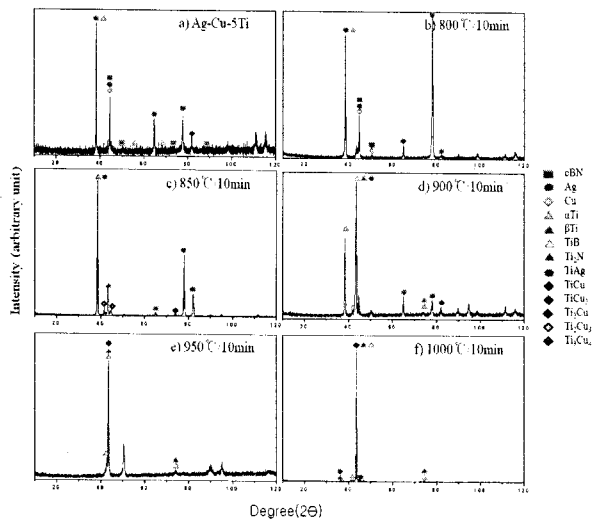


Fig. 2 X-ray diffraction patterns for Diamond/Ni-based filler metal prepared by vacuum brazing

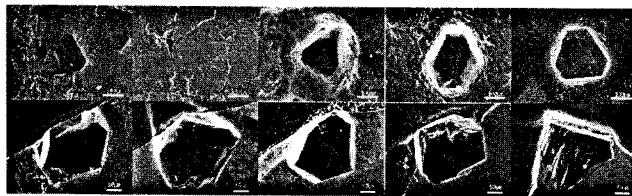


Fig. 3 SEM images of interface behavior: a) 950°C/10min Diamond/Ni-based filler metal, b) 1000°C/10min Diamond/Ni-based filler metal, c) 1050°C/10min Diamond/Ni-based filler metal

4. 결 론

1) Ag계 필러로 Brazing과정에서 반응을 일으키며, 이 반응이 Ti 화합물과 Cu 화합물의 확산 거동에 영향을 미치는 것으로 생각된다 Ag계 페이스트의 양호한 유동성으로 인해 접합부에서는 void 등의 defect가 거의 없는 다이아몬드/Ag계 페이스트 접합계면을 보였다.

2) 다이아몬드 주위의 페이스트 구성원소들의 확산거동은 Brazing의 온도와 유지시간에 크게 영향을 받는 것으로 관찰되었다.

3) Ti가 Brazing과정에서 반응을 일으키며, 이 반응이 Cu 화합물과 Ti 화합물의 확산거동에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. C.-M.Sung, Brazed diamond grid: a revolutionary design for diamond saws, *Diamond and Related Materials* 8, 1999. p.1540-1543.
2. J. Konstanty, *Ind. Diamond Rev.* 51, 1991. p. 27.
3. T. Yamazaki, A. Suzumuza, *J. Mater. Sci.* 33, 1998. p. 1379.
4. S.M. Chen, S.T. Lin, *J. Mater. Eng. Per.* 5, 1996. p. 761.
5. A.K. Chattopadhyay, L. Chollet, H.E. Hintermann, *CIRP Annals* 40, 1991. p. 347.
6. S. F. Huang, H. L. Tsai, S. T. Lin, *Mater. Chem. & Phys.* 84, 2004. p. 251-258