

진공 브레이징을 이용한 다이아몬드와 Ni계 페이스트의 계면 거동 연구

Study on the interfacial reaction vacuum brazed junction between diamond and Ni-based brazing filler metal

이 장훈*, 이 영섭*, 임 철호*, 이 지환*, 송 민석**, 지 원호**, 함 종오***

* 인하대학교 금속공학과

** 신한다이아몬드공업(주)

*** 한국화학시험연구원

ABSTRACT Advanced hard materials based on diamond are in common use. In this study our main goal was employed to analyze, the mechanisms for the rich phases and chromium carbide, interface of a diamond grits brazed to a Ni-based brazing filler metal matrix. When Ni-7Cr-3Fe-3B-4Si (wt. %) was utilized as the brazing alloy, an isothermal holding resulted in the various products(Ni-rich/Cr-rich domains, carbide). According to these results, the chemical compounds and chromium carbides products is considered to play an important role in brazing temperature and time. Especially chromium carbide has an influence on brazing junction properties.

1. 서 론

다이아몬드를 이용한 공구는 높은 경도 및 열전도성 등의 우수한 특성 때문에 오래전부터 Cutting, Grinding, Polishing 공구 등의 여러 공구에 사용되고 있다.^{1,2)} 다이아몬드 공구의 다이아몬드 접합방법은 현재까지 화학/물리 증착법, 소결법, Brazing 법 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 필러 메탈을 사용하여 다이아몬드 접합을 실시하여 왔다.³⁾ 이 연구는 진공 Brazing의 방법으로 다이아몬드를 Shank에 접합시키기 위해서 기존의 Ag계나 Cu계의 Brazing Filler metal보다 내

부식성 및 내강도, 다이아몬드와의 접합성이 우수한 Ni계 브레이징 Filler metal을 사용하여 접합시키는 연구이며, 또한 진공 Brazing 을 실시함으로써 접합공정시의 다이아몬드의 산화와 탄화를 방지하고자 하였다.

2. 실험방법

연구에 사용된 다이아몬드 규격 MBS 960H의 고순도의 공업용 다이아몬드이며, 크기는 200 μ m이다. 다이아몬드 지립과 금속 합금의 기지 금속은 스테인리스 스틸 304로 \varnothing 14 \times 50mm의 봉재를 사용하였다. 다이아몬드의 접합을 위해 사용되어진 Ni계 합금의 조성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Composition of brazing filler metal

(Weigh%)

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

Ni계 합금은 페이스트의 형태로 되어 있어, 스테인리스 지지금속에 Ni계 합금을 100 μ m 스크린 인쇄법을 이용하여 균일한 두께로 스크린을 실시한 후, 건조로에서 90 $^{\circ}$ C에서 40분간 건조시켜, 다이아몬드 지립의 도포를 용이하게 한다. 건조된 Ni계 합금위에 메탈 마스크(罫)를 이용하여 균일하게 다이아몬드 지립을 도포한 후, 고주파 진공로(High Frequency 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(900, 950, 1000, 1050, 1100 $^{\circ}$ C)를 변수로 하여 접합을 실시하였다. Ni계 합금은 DSC, TGA를 이용하여 Ni계 합금의 용융점 및 합금 내의 바인더의 완전소멸온도를 분석하였으며, 진공 브레이징을 실시한 시편은 EDS, XRD, SEM을 이용하여 브레이징 온도와 시간에 따른 다이아몬드와 Ni계 합금 계면에서의 재료의 변화를 관찰 하였으며, 금속간 화합물의 생성유무와 다이아몬드와의 반응 형태를 관찰/분석 하였다.

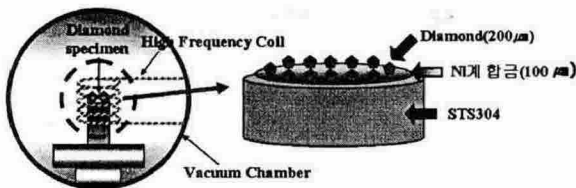


Fig. 1 Schematic diagram of Experimental setup for vacuum brazing

3. 결과 및 고찰

Ni계 브레이징 필러와 다이아몬드 지립의 브레이징 계면에서의 활성화 금속의 거동 분석과 탄화물의 생성반응 규명해 보았다. Ni계 브레이징 필러분석은 TGA와 DSC를 이용 하였다. 우선 Fig. 2의 TGA분석을 통하여 Ni계 브레이징 필러속의 바인더는 약 530 $^{\circ}$ C 이상이 되면 완전 소멸 되는 것으로 판단된다. 이것은 다이아몬드와 Ni계 브레이징 필러의 실제 접합 반응온도에 전혀 영향을 끼치지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 Fig. 3의 DSC 분석을 통하여 Ni계 브레이징 필러의 융점 영역이 약 964 $^{\circ}$ C에서 Ni계

브레이징 필러의 Solidus Temp가 확연히 관찰되고 있다. 즉 Ni계 브레이징 필러의 용융범위가 960 $^{\circ}$ C이상임을 증명하는 것이다. 또한 그림에서 보듯이 Ni계 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.

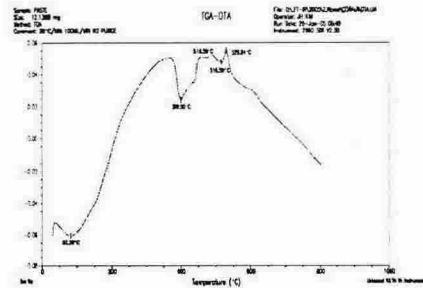


Fig. 2 Binder of Ni based filler metal(TGA)

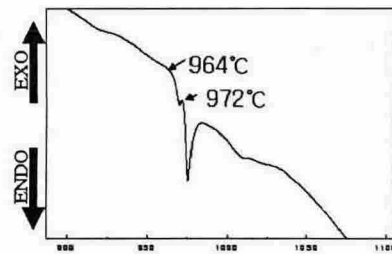


Fig. 3 Melting range of Ni based filler metal(DSC)

이러한 Ni계 브레이징 필러의 물성 결과를 토대로 진공브레이징을 다음과 같이 실시하였다. 온도는 900~1100 $^{\circ}$ C로 약 50 $^{\circ}$ C의 간격으로, 브레이징 유지시간은 5, 10, 20, 30분로 실시하였다. Fig. 4는 진공 브레이징을 10분간 유지하였을 경우에 다이아몬드와 Ni계 브레이징 필러의 접합 측면을 나타내고 있다. 900 $^{\circ}$ C에서 Ni계 브레이징 필러가 용융하지 않았다. Fig. 4. a)에 950 $^{\circ}$ C에서부터 양호한 접합 상태를 나타내었다. 하지만 950 $^{\circ}$ C의 Ni계 브레이징 필러의 금속분말이 용융되지 않은 상태를 확인 할 수 있었으며, Fig. 4. b)에서 1000 $^{\circ}$ C이상에서는 건전한 용융상태를 확인할 수 있었다. 하지만 Fig. 4. c)의 1050 $^{\circ}$ C에서는 Ni계 브레이징 필러의 완전히 용융되어, 다이아몬드와 Ni계 브레이징 필러의 비중의 차가 역전되어 다이아몬드

가 스테인리스 기지쪽으로 침식되는 현상을 보여 주고 있다. 이러한 결과를 토대로 10분유지시의 각 온도별 계면의 금속 화합물과 rich상의 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, Fig. 5의 XRD 분석결과 Cr₃Ni₅Si₂, Cr₂₃C₆, Cr₇C₃와 Ni₃B, Ni₉Si₄B₂ 이 관찰되었다. 여기서 Cr 탄화물등은 다이아몬드와 활성화 반응을 일으키는 금속으로 알려져 있으며,⁴⁾ 또한 다이아몬드 주변에 생성되는 이 Cr 화합물 층은 다이아몬드의 접합력의 향상을 주는 것으로 알려져 있다.⁵⁾

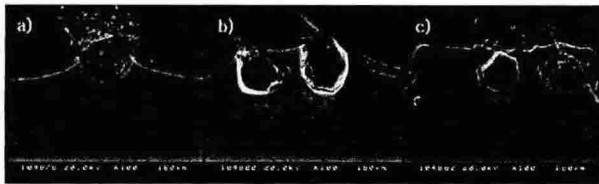


Fig. 4 SEM images of interface behavior ; a)950°C/10min Diamond/Ni based filler metal, b)1000°C/10min Diamond/Ni based filler metal, c) 1050°C/10min Diamond/Ni based filler metal

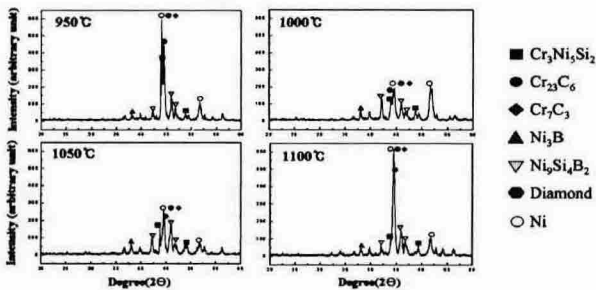


Fig. 5 X-ray diffraction patterns for Diamond/Ni-based filler metal prepared by vacuum brazing

4. 결 론

- 1) Ni계 페이스트의 양호한 유동성으로 인해 접합부에서는 void 등의 defect가 거의 없는 다이아몬드/Ni계 페이스트 접합계면을 보였다.
- 2) 다이아몬드와 Ni계 페이스트의 밀도차로 인

하여 페이스트가 완전 용융되는 1040도 이상의 온도 구역에서는 다이아몬드가 페이스트내로 침전되는 현상을 나타내었다.

3) 다이아몬드 주위의 페이스트 구성 원소들의 확산거동은 Brazing의 온도와 유지시간에 크게 영향을 받고, XRD 분석결과 Cr₃Ni₅Si₂, Cr₂₃C₆, Cr₇C₃와 Ni₃B, Ni₉Si₄B₂ 관찰되었다.

4) Fe 와 Si이 Brazing과정에서 공정반응을 일으키며, 이 반응이 Cr 화합물과 Ni 화합물의 확산거동에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

참고문헌

1. C.-M.Sung : Brazed diamond grid a revolutionary design for diamond saws, Diamond and Related Materials 8, 1540-1543(1999)
2. Sergio Ivan Dos Santos, Carlos Alberto Mederoius Casanova, Cletion Rodrigues Teixeira, Naira Maria Balzareth, Joao Alziro Herz da Jornada : Evaluation of the Adhesion Strength of Diamond Films Brazed on K-10 type Hard Metal, Materials Research, Vol. 7, No.2, 293-297, 2004
3. WEN-CHUNG LI, CHENG LIANG, SHUN-TIAN LIN : Interfacial Segregation of Ti in the Brazing of Diamond Grits onto Steel Substrate Using a Cu-Sn-Ni Brazing Alloy, METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A, Vol 33A, 2163, 2002
4. T.YAMAZAKI, A.SUZUMURA : Relationship between X-ray diffraction and unidirectional solidification at interface between diamond and brazing filler metal, JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE, 35, 6155-6160, 2000
5. Sheng-Fang Huang, Hsein-Lung Tsai, Shun-Tian Lin : Effects of brazing route and brazing alloy on the interfacial structure between diamond and bonding matrix, MATERIALS CHEMISTRY AND PHYSICS 84, 251-258, 2004