

Cu-Ti-Mn,Al Insert 합금에 의한 Al₂O₃/Cu 中空管의 접합
(Brazing of Al₂O₃/Cu Tube Using Cu-Ti-Mn,Al Insert Alloys)

생산기술연구원 *신승용 김종훈 고명완

1. 서론

세라믹스/금속간의 접합방법중 직접 Brazing방법은 Mo-Mn 메탈라이징에 의한 Brazing방법에 비해 가공공정이 간단하여 실용적인 면에서 기대된다. 세라믹스/금속간의 직접브레이징용 인서트재로서는 Ag-Cu-Ti 와 Cu-Ti-Zr 계 합금등이 있다. Ag-Cu-Ti는 세라믹스와 의 젖음성이 양호하지만, 대면적의 접합 및 가격상의 문제점이 야기되어 있고 Cu-Ti-Zr계는 반응성과 젖음성이 우수한 반면 접합층의 연성부족으로 인해 결함발생이 쉬운 문제를 내장하고 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 Cu-Ti합금에 Mn,Al을 첨가하여 3원합금계의 인서트재를 제조하여 알루미늄과의 젖음성 및 반응성을 검토하였고, 알루미늄/동 중공관 접합체에 적용하여, 최종적으로 인서트재의 조성 및 접합인자가 접합부의 원소분포 및 접합강도에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 접합방법

접합실험에 사용된 세라믹스는 92.8Al₂O₃(SiO₂:4.8%, CaO:1.2%)이고, 금속은 무산소동을 사용하였다. 알루미늄은 외경 ϕ 16, 내경 ϕ 12의 중공관을 사용하였다. 접합은 연속식로(동경 브레이징사 제작)를 사용하여 아르곤가스 분위기에서 행하였으며 접합면(알루미늄면)에 인서트재 분말을 도포하고 아르곤 가스분위기에서 용융 접합한후 노냉시켰다.

3. 결과 및 고찰

본연구에서 제작된 인서트합금은 Cu에 Ti가 5-50%함유된 Cu-Ti계에 Mn 및 Al이 소량 첨가된 3원합금계로 되어있다. 인서트합금은 진공 고주파 용해로에서 제조되었으며 Table 1은 인서트합금들의 조성과 용점을 나타내었다. 여기서 기개발된 용가재인 T5000와 T2020을 비교용가재로 나타낸다. Table 1에서 보면 용점이 비교적 낮은것은 Cu-Ti-Mn합금중에는 AB-3,6합금이고, Cu-Ti-Al합금중에는 CD-1,2,8이다. 이것으로부터 제2첨가원소인 Mn, Al은 용점강화에 기여한것으로 사료된다. 또한 이들 인서트재의 경도는 Fig.1에 나타낸 바와 같이 비교재에 비하여 연성이 개선된 것으로 보여진

다. Table 2는 인서트합금들 중에 Al_2O_3 와 젖음성이 비교적 양호한 것만 선별하여 나타내었다. Cu-Ti-Mn합금의 알루미늄과의 젖음성은 Cu-Ti-Al합금에 비해 다소 떨어지지만 AB-9,11인 경우 Cu-Ti-Al 합금(젖음각도: 5° 이하)과 함께 비교재보다 젖음성이 우수한것으로 판단된다.

이상의 결과로 부터 시제작된 인서트합금은 용접, 연성 및 Al_2O_3 와의 젖음성이 우수하고, Al_2O_3 와 금속과의 접합용으로서 적용가능한 것으로 판단된다.

제작한 인서트합금중, 젖음성과 용접이 우수한 합금들을 선별하여 Al_2O_3/Al_2O_3 증공관끼리 접합하고 인서트재의 조성이 접합강도에 미치는 영향을 조사하였다. 이것을 Table. 3에 나타낸다. Cu-Ti-Mn합금의 인서트재를 사용한 경우 다른 인서트재에 비해 인장강도가 우수한 것으로 나타났고, 특히, AB-6합금(Cu-20Ti-10Mn)의 경우는 파단이 모재부에서 일어났고 우수한 접합강도를 나타내었다. 다른 인서트재의 경우 대부분 접합부에서 인장파단이 일어났으며, 낮은 강도치를 나타내었다. 이것은 인서트합금내에 Ti의 함유량과 이에다른 Ti산화물의 성장에 기인되는것으로 생각된다.

Ti의 함유량이 20~50wt %인 3종류의 인서트재를 선별하여 접합시간과 접합강도와의 관계를 조사하여 그 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 20wt.% Ti가 함유된 AB-6합금을 사용한 경우 접합시간이 길어짐에 따라 접합강도의 저하가 완만하고 인장파단위치는 세라믹스에서 일어나는 반면, Ti의 함유량이 증가하면 접합시간에 따른 접합강도는 급격히 저하 하였다. 이것은 접합계면에서는 접합초기에 Ti, Cu와의 산화물이 생성되고 접합이 되며 접합시간이 경과함에 따라 취약한 산화물층이 성장, 어느 정도 이상의 두께가 되면, 접합부의 강도를 저하시키는 것으로 사료된다.

한편, 인서트재의 조성이 Al_2O_3/Cu 증공관의 접합강도에 미치는 영향을 조사하였으며, Fig. 3에 그 결과를 나타내었다. 이때 Cu 증공관의 관두께는 0.4t였다. Cu/Cu증공관끼리의 접합강도는 100MPa이상이고 열응력에 의한 균열은 없었다. 인장시험결과 다소의 접합강도의 차이가 있으나, 인서트재의 조성과는 관계없이 모두 모재(Al_2O_3)부에서 파단이 일어났다. 그러나 Ti-Cu-Al인서트재를 사용한 Al_2O_3/Al_2O_3 접합에서 인장파단의 위치가 접합부인 것을 고려하여 볼때, Al_2O_3/Cu 의 접합부는 Al_2O_3/Al_2O_3 의 경우와는 다른 원소분포를 갖고 있음을 시사한다.

이것은 용융인서트재가 Cu모재를 용해하고 인서트합금의 Ti, Al원소가 Cu모재내로 확산되어, 접합부내의 Ti의 농도가 희석된다. 따라서 Al_2O_3 와의 접합계면에 산화물의 생성이 억제, 혹은 지연됨에 따라 Al_2O_3/Al_2O_3 접합부의 경우와는 달리 우수한 접합강도를 갖는 양호한 접합이 된다고 사료된다.

Table 2 Wetting angle on Al₂O₃ of insert alloys

Insert Metal type	Melting Temp.(°C)	Heating Temp.(°C)	Contact Angle (°)	Fillet Shape
AB - 6	851	950	60	bad
AB - 9	926	1050	21	good
AB - 11	980	1050	18	good
CD - 7	886	950	5이하	excellent
CD - 8	900	1050	5이하	excellent
CD - 9	882	1050	5이하	excellent
T5000	840	950	28	good
T2020	860	950	35	good
B - 1	840	950	22	good
B - 2	930	1050	7	excellent

Table 1 Chemical composition, solidus and liquidus of insert alloys

Alloy	Type	Composition			Solidus	Liquidus
		Cu	Ti	Mn		
Cu-Ti-Mn Alloys	AB - 1	83	5	10	841	912
	AB - 2	73	10	15	836	866
	AB - 3	70	10	20	797	850
	AB - 4	60	10	30	809	851
	AB - 5	66.3	15	18.7	794	878
	AB - 6	70	20	10	774	851
	AB - 7	65	20	15	826	928
	AB - 8	60	20	20	794	896
	AB - 9	55	20	25	860	926
	AB - 10	50	30	20	893	969
	AB - 11	40	40	20	933	983
	AB - 12	45	45	10	876	980
Cu-Ti-Al Alloys	CD - 1	30	5	65	818	877
	CD - 2	40	10	50	844	895
	CD - 3	50	10	40	948	1009
	CD - 4	50	20	30	901	942
	CD - 5	60	30	10	877	1074
	CD - 6	50	40	10	883	1073
	CD - 7	45	45	10	850	882
	CD - 8	45	50	5	821	886
	CD - 9	40	50	10	818	900
	CD - 10	35	50	15	1040	1077
T5000	50Cu 25Ti 25Zr			830	840	
T2020	20Cu 20Ti 20Zr 20Ni			850	860	

Table 3 Tensile strength of Al₂O₃/Al₂O₃ tube joints depending on composition of insert alloys

Insert Metal	Joining Condition			
	Temp.: 1000°C, H.T.: 3min		Temp.: 1050°C, H.T.: 10min	
	Fractured Section	Tensile Stress(MPa)	Fractured Section	Tensile Stress(MPa)
AB - 6	Alumina	30	Alumina	28
AB - 9	Interface	25	Alumina	29
AB - 11	Interface	-	Partially Alumina	23
CD - 7	Interface	14	Interface	11
CD - 8	Interface	10	Interface	10
CD - 9	Interface	13	Interface	9
T5000	Interface	9	Interface	10
T2020	Interface	-	Interface	15

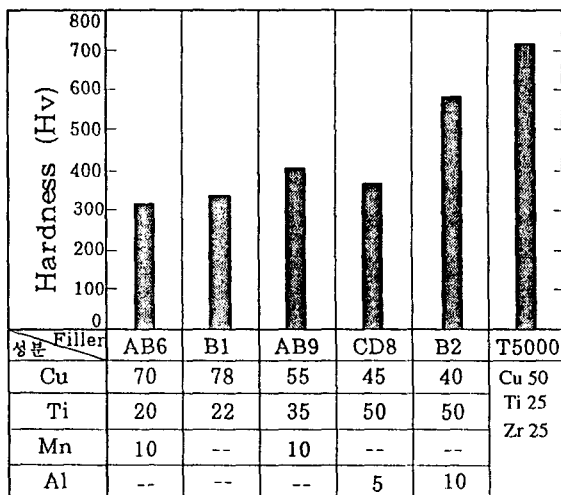


Fig.1 Vickers hardness of insert alloys

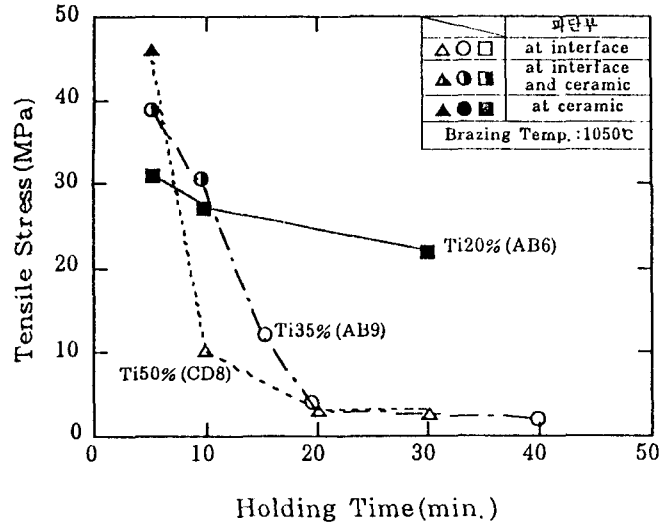


Fig.2 Tensile strength of Al₂O₃/Al₂O₃ tube joints

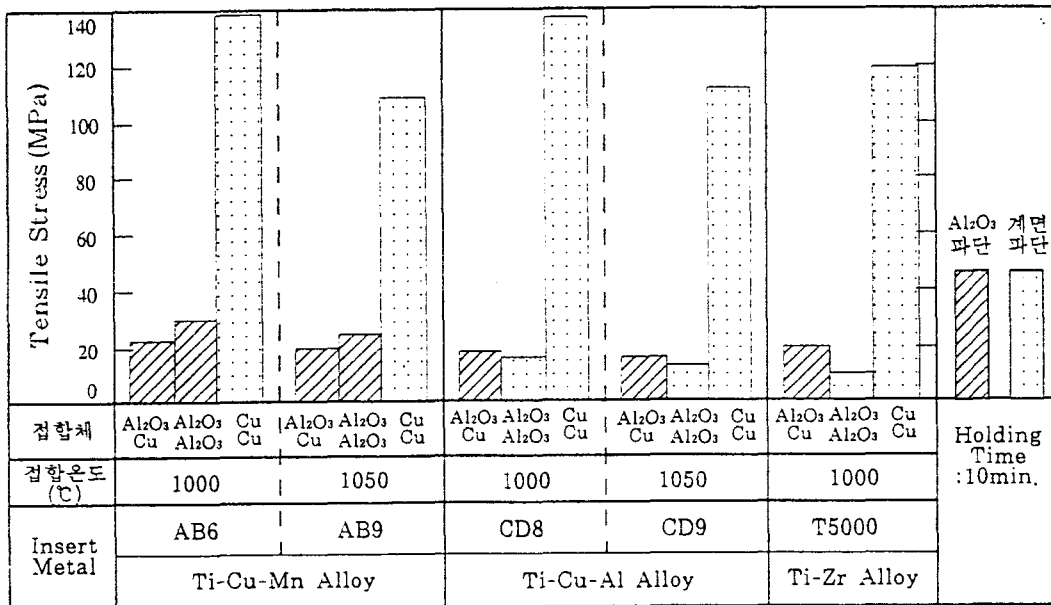


Fig.3 Comparison in joining strength of joints