Ni기 삽입금속을 이용한 박판 스테인레스강 브레이징에 관한 연구

A Study on the Brazing of Thin Plate Stainless Steel with Ni Base Filler Metals

하정원*, 강현규*, 이창근*, 강정윤*, 윤형표**, 홍순국**
* 부산대학교 금속공학과, ** LG전자(주) 생산기술센타

1. 서론

오늘날 에너지 이용을 극대화하기 위한 고효율의 에너지 변환기기의 개발에 대한 요구가 급증하고 있다. 한편 오존층 보호를 위한 환경규제로 인하여 CFCs 및 HCFCs냉매의 사용이 앞으로 제한될 것이 확실하고, 대체 냉매로서 암모니아가 사용되게 될 것이다. 그러나 암모니아는 부식성이 강하므로 Cu삽입금속은 사용이 곤란한 것으로 알려져 있으므로 암모니아에 대한 내식성을 갖는 스테인레스강 열교환기의 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 모재로서 SUS304과 SUS316L을, 삽입금속으로서 분말, 아몰퍼스 형태의 Ni합금을 사용하여 브레이징한 경우, 삽입금속 및 접합조건에 따른 브레이징성, 접합부의 미세조직, 기계적 성질 및 내식성(암모니아)을 검토하여 최적의 삽입금속과 접합조건을 확립하고자 하였다.

2. 실험방법

표 1과 표 2는 실험에 사용된 모재와 삽입금속의 화학조성을 나타낸 것이다. 분말은 140, 270메쉬의 2종류를 사용하였고, 바인더와 80%와 20%의 slug상태로 혼합하여 핀의 상하에 붓으로 균일하게 도포하였다.

아몰퍼스 삽입금속은 표 2의 5종류를 사용하였고, 이것은 융점저하원소인 B, P의 첨가와 Cr의 첨가 유무에 따른 브레이징성, 기계적 성질 및 부식성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 선택한 것이다.

접합조건으로 분말의 경우 온도는 1423, 1473K, 유지시간은 5분, 압력은 1.22, 1.78kPa로 변화시켰고, 아몰퍼스 삽입금속의 경우 MBF30, MBF50 및 MBF80은 1373, 1423, 1473K에서 MBF60과 MBF65는 1233, 1283, 1333K에서 5, 10, 15분간 유지하였고, 압력은 모두 1.22kPa로 일정하게 하였다.

브레이징성은 필렛형성율(%)과 보이드율(%)로, 기계적 성질은 인장강도로, 부식시험은 50℃의 30% 암모니아수에 200~800시간 침적한 후 시험편의 무게감소율(%)로서 평가하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 140메쉬 분말을 사용한 경우 온도와 압력의 변화에 따른 보이드율(%)을 나타낸 것이다. 보이드율은 압력의 영향보다는 온도의 영향이 큰 것을 확인할 수 있다. 이것은 온도를 높인 결과 액상의 유동성이 증가하여 접합계면에서의 반응성이 증가되고, 분말의 산화피막의 분해가

잘 되어 보이드가 감소하였기 때문인 것으로 생각된다. 그림 2는 140, 270메쉬 분말을 사용한 경우 보이드율을 나타낸 것이다. 메쉬사이즈가 클수록 즉 분말이 작을수록 보이드율은 감소함을 알 수 있다.

한편 분말을 사용할 경우 상층에 도포한 분말이 가열중에 떨어져서 표면이 더럽게 되는 현상과 온도 및 압력을 변화시켜도 접합부에 보이드가 소멸되지 않기 때문에 삽입금속으로 사용하기 어렵다고 판단되었다.

아몰퍼스 MBF30, MBF60 및 MBF80을 사용할 경우 모든 접합조건에서 필렛형성율이 100% 내외의 값을 가졌고, 접합부에 보이드가 전혀 존재하지 않았다. MBF50은 1373K에서만 접합부에 보이드가 존재하였다. 이 온도에서 보이드가 존재하는 이유는 융점과의 차이가 35K내외로 적어 액상의 유동성이 떨어져서 발생한다고 생각된다. MBF65는 모든 접합조건에서 큰 보이드가 관찰되었다.

표 3은 인장시험 결과를 나타낸 것이다. 파단 형태는 접합부 파단과 모재 파단으로 나눌 수 있으며, 모재 파단은 필렛 양 끝단부 모재에서 일어났다. 인장강도는 MBF50〉 MBF80〉 MBF30 〉 MBF60의 순으로 큰 것을 알 수 있다. MBF50의 접합부가 기계적 성질이 가장 우수함을 알 수 있다.

표 4는 30% 암모니아수로 부식시험한 결과를 나타낸 것이다. 무게 감소율은 MBF50 〈MBF30 〈MBF60의 순으로 나타남을 알 수 있다. 이것으로부터 내식성면에서 융점저하원소로 B을 사용하고 Cr을 함유한 MBF50이 가장 우수하며, 융점저하원소로 P를 사용한 MBF60이 가장 떨어짐을 알 수 있다.

표 1. 모재의 화학조성

종류	화학조성							
	Fe	Cr	Si	C	P	Mn	Mo	Ni
SUS316L	Bal.	16.85	0.49	0.017	0.032	1.37	2.03	12.26
SUS304	Bal.	18.24	0.49	0.05	0.030	1.00	-	8.72

표 2. 삽입금속의 화학조성

형태	종류	화학조성						융점(℃)	브레이징 온도(℃)
		Cr	Si	C	B	P	Ni		
아몰퍼스	MBF30	-	4.5	0.06	3.2	-	Bal.	980~1040	1010~1175
	MBF50	19.0	7.3	0.08	1.5	-	Bal.	1065~1150	1149~1204
	MBF60	-	-	0.10	-	11.0	Bal.	880	925~1092
	MBF65	14	-	-	-	10	Bal.	890	925~1095
	MBF80	15.2	-	0.06	4.0	-	Bal.	1020~1065	1065~1205
분말	AMS4782E	-	4.5	0.06	3.2	-	Bal.	1065~1150	1149~1204

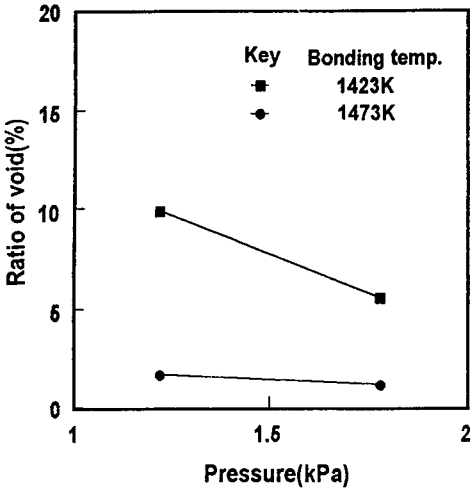

Fig. 1 Effect of bonding conditions on ratio of void(Insert metal:140mesh powder)

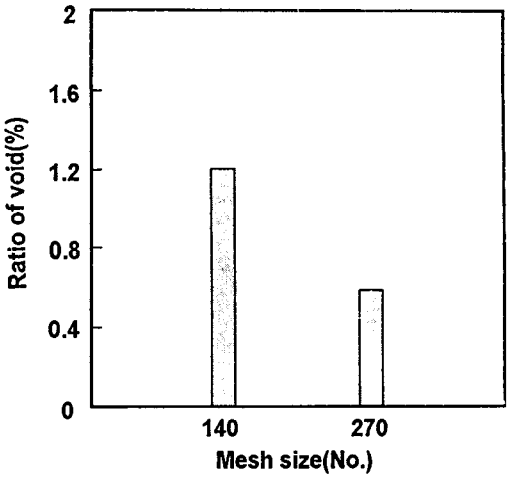

Fig. 2 Effect of powder size on ratio of void in bonded interlayer

표3. 규격별 인장시험 결과

규격	브레이징 조건		파단위치		인장강도 (MPa)
	온도(℃)	유지시간 (min)	모재	접합부	
MBF30	1100, 1150	5, 10, 15		○	17.3 ~ 21.2
	1200	5	○		26.1
MBF50	1150	5, 10		○	21.1 ~ 27.1
	1150	15	○		30.1
	1200	5	○		33.1
MBF60	960, 1010, 1060	5, 10, 15		○	8.4 ~17.9
MBF80	1100	5, 10, 15		○	17.7 ~ 25.6
	1150	5, 10		○	26.4 ~ 28.1
	1150	15	○		29.4
	1200	5	○		32.7

표4 규격별 부식시험후 무게 감소율

규격	브레이징 조건		무게 감소율(%)			
	온도 (℃)	유지시간 (min)	200hr	400hr	600hr	800hr
MBF30	1200	5	0.0058	0.0086	0.0152	0.0232
MBF50			0	0	0.0063	0.0075
MBF60	960	5	0.1502	0.1940	0.2019	0.3288