

# Ni-P 무전해 도금층을 삽입금속으로 한 박판 스테인리스강의 브레이징에 관한 연구

## A study on the brazing of stainless steel for thin plate with Ni-P electroless plating filler metal

김예순\*, 하정원\*, 강정윤\*, 윤형표\*\*, 홍순국\*\*

\* 부산대학교 금속공학과, \*\* LG생산기술원

### 1. 서 론

오존층 보호를 위한 환경규제로 현재 열교환기의 냉매로 사용중인 CFCs 및 HCFCs가 규제될 것이 확실하고, 그 대체 냉매로는 암모니아가 사용될 것이 분명하다. 암모니아를 냉매로 사용할 경우 종전의 Cu계 삽입금속으로 브레이징한 스테인리스 스틸 열 교환기는 부식 때문에 사용이 불가능한 것으로 알려져 있으므로, 암모니아에 대한 내식성을 갖는 스테인리스강 열 교환기의 개발이 요구되고 있다.

본 연구에서는 모재 STS316L, Ni-P무전해 도금층을 삽입금속으로 브레이징한 경우, 삽입금속 및 접합조건에 따른 브레이징성, 접합부의 미세조직, 기계적 성질 및 암모니아에 대한 내식성을 검토하여 최적의 삽입금속의 P조성과 접합조건을 검토한 결과를 보고한다.

### 2. 실험방법

표1과 표2에는 실험에 사용된 316L모재와 Ni계 삽입금속의 화학조성을 나타내었다.

접합 전처리과정으로는 스테인리스강의 브레이징에서 가장 많이 사용되고 있는 염세처리하고, 수세한 후, 즉시 아세톤으로 초음파 세척하고 건조하여 접합시료로 사용하였다.

접합조건은 삽입금속의 종류에 따라, 삽입금속이 Ni-9%P일 경우는 1373K에서, Ni-11%P일 경우에는 1233K 그리고 Ni-11%P-10%Cr일 경우에는 1323K의 온도에서 각각 5min간 유지하여 접합하였으며, 압력은 모두 2.34kPa로 일정하게 하였다. 접합분위기는  $1 \times 10^{-4}$  torr의 진공분위기에서, 가열속도는 20°C/min로 하였다.

브레이징성은 필렛 형성율(%)과 보이드율(%)로 평가하였다. 필렛 형성율은 접합부 단면조직으로부터 실제 필렛이 형성된 접합층 길이를 측정하고, corrugator fin과 separate plate와 접촉하는 길이 (L)에 대한 접합층 길이 비를 백분율로 나타낸 것이다. 보이드율은 접합부 단면에 나타난 보이드의 면적 비로 나타낸 것이다.

기계적 성질은 인장강도로 평가하였고, 내식성은 가속부식시험과 분극시험으로 평가하였다. 가속부식시험은 무게감소율(%)과 표면의 상태를 실측으로 관찰하였으며, 분극시험은 전위/전류밀도로써 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 Ni-11%P삽입금속의 두께와 압력의 변화에 따른 브레이징성으로서 필렛 형성율을 평가한 결과를 나타낸 것이다. 이것으로부터 Ni-11%P 삽입금속을 이용할 시, 1233K에서 2.34kPa일 때, 완전한 필렛을 형성하는 최적의 도금층의 두께는 12 $\mu$ m으로 생각할 수 있다.

Fig. 2 및 Fig. 3은 삽입금속의 종류에 따른 필렛 형성율 및 보이드율을 나타낸 것이다. 접합부의 필렛 형성율은 Ni-11%P, Ni-9%P, Ni-11%P-10%Cr 순으로 높고, 보이드는 Ni-11% P-10%Cr에서만 발생하는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 삽입금속 종류에 따른 인장강도를 나타낸 것이다. 인장강도는 Ni-9%P, Ni-11%P, Ni-11%P-10%Cr 순으로 높다. Ni-9%P의 강도가 Ni-11%P보다 높은 것은 취약한 공정조직이 불연속

적이고, 그 량이 적기 때문인 것으로 생각된다. 그래서 Ni-11%P의 접합온도를 높이면, 모재와 충분한 반응으로 공정조직의 양이 감소하므로, 접합온도를 40°C 높여 접합하고 비교하여 보았다. 그 결과 접합부의 인장강도는 Ni-9%P와 대등한 것을 알 수 있다.

Table 3은 브레이징한 시험편과 도금한 플레이트를 100시간 동안 40%NH<sub>3</sub>에서 침적 부식 시험한 후, 무게의 증감을 측정하여 정리한 결과이다. 침적시간이 증가함에 따라서 부식에 의해 부식생성물의 생성으로 무게가 증가되고, 장시간 측에서 부식생성물의 균열에 의해 박리 되어 무게가 감소한다. 이상의 결과로부터 삽입금속의 종류에 따른 부식저항성은 Ni-11%P-10%Cr, Ni-11%P, Ni-9%P의 순으로 부식저항성이 우수함을 알 수 있다.

Table 1 Chemical composition of base metal

Alloy	Chemical composition							
	Fe	Cr	Si	C	P	Mn	Mo	Ni
STS316L	Bal	16.85	0.49	0.017	0.032	1.37	2.03	12.26

Table 2 Chemical composition of inset metal

	Alloy	Chemical composition			Melting point(°C)	Brazing temp(°C)
		Ni	Cr	P		
Electroless plating	Ni-9%P	Bal	-	9	980-990	1100
	Ni-11%P	Bal	-	11	880	980
	Ni-11%P-10%Cr	Bal	10	11	890-910	1050

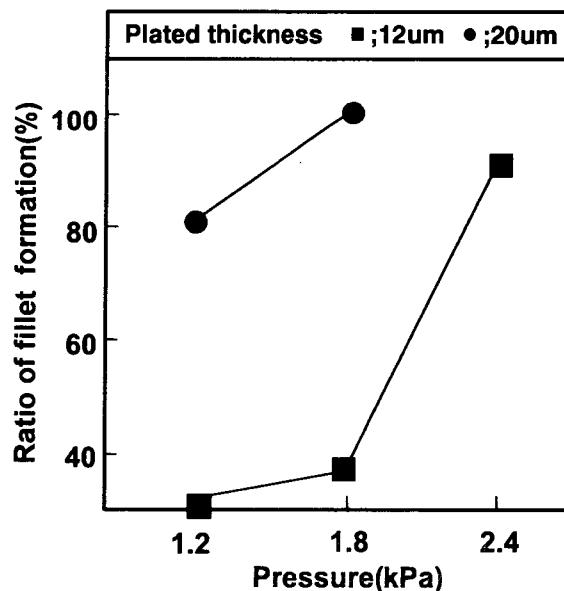


Fig 1 Ratio of fillet formation with plated layer and pressure of insert metal

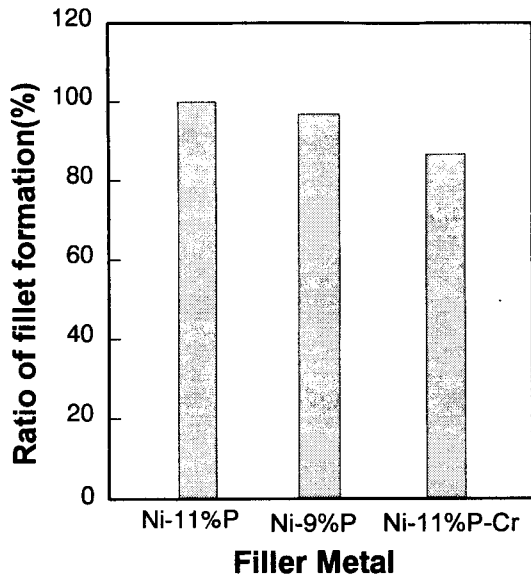


Fig 2 Ratio of fillet formation with filler metal

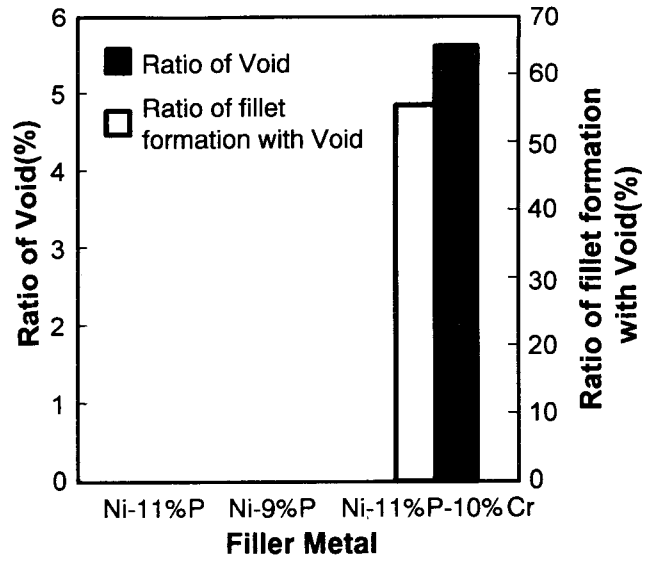


Fig 3 Ratio of void with filler metal

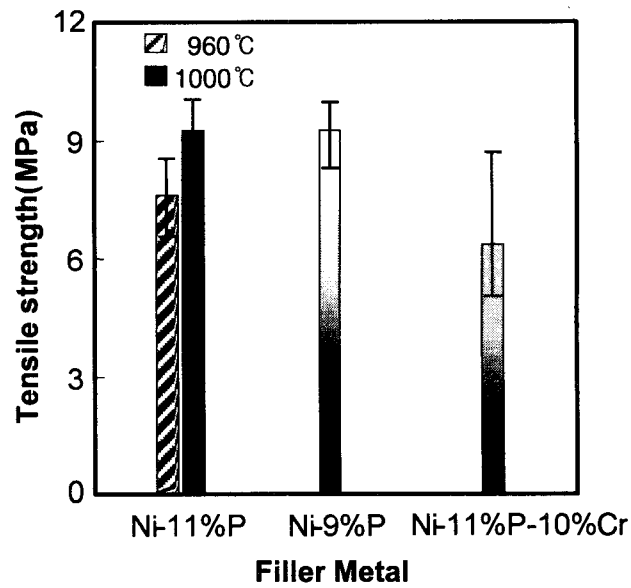


Fig 4 Tensile Strength with filler metal

Table 3 Weight loss of corrosion test

	Ni-11%P	Ni-9%P	Ni-11%P-Cr
brazed	-0.0215	-0.0234	-0.0058
Plated	-0.0124	-0.0198	