Cu-Mn-Si Insert합금을 이용한 스텐레스강및 동의 액상 접합에 관한 연구

A study on Diffusion Brazing of Stainless Steel and Cu using Cu-Mn-Si Insert-alloy

인하대학교 대학원 임종태*
생산기술연구원 고명완
인하대학교 기계공학과 안상욱

1. 서론

액상확산접합법은 접합모재의 제 특성에 필적할 수 있는 접합부를 얻을 수 있어 융접으로는 곤란한 분산강화형 합금, 활성금속및 내열합금 등에 많이 이용되고 있다. 한편 범용재료로 사용되고 있는 스텐레스강의 경우, Ni-base Insert Metal을 사용하여 Brazing에 의한 접합이 주로 행해지고 있으나, 융점이 높고, 생산성 저하에 문제점을 야기시키며, 특히 고접합강도를 얻기 위해서는 작은 Clearance를 갖는 접합이음부를 갖아야 하는 큰 문제점이 지적되고 있다. 액상확산접합법을 이용한 스텐레스강의 연구예로 Brazing용 Ni-base Insert Metal을 사용하여 고온에서 접합을 적용한 것 정도이며, Cu의 경우 그 적용예가 거의 전무한 실정이다.

본 연구에서는 스텐레스강및 동을 접합모재로 선정하고, Insert재로서 Cu-Mn-Si계 합금을 시제작하여, 접합계면 현상및 접합부의 기계적 특성을 조사하여 스텐레스강및 동의 액상확산접합에의 적용성에 관하여 연구 검토하였다.

2. 공시재 및 실험방법

접합모재로서는 Austenite계 304 스텐레스강과 Cu를 사용하였다. 액상확산접합용 Insert Metal은 동계뿐만아니라 철계재료와도 접합친화력이 우수하고, 연성이 풍부한 Cu를 기본 Base로 하고, Cu와 전율고용하는 Mn을 4～15wt% 첨가하고, Cu와 공정반응을 일으키는 Si를 4～15wt%첨가하여 설계하였다. 이들 합금의 융점은 750～900℃로 이들 합금중 저융점(750℃)의 Cu-7.5Mn-7.5Si 합금을 선정하여 액체급냉법에 의해 비정질박판(두께 40～60㎛, 폭 12㎜)으로 제조하여 Insert재로 이용하였다.

접합은 고주파 발열식 진공로를 이용하여 1×10^{-2}Pa의 진공도에서 접합시간 0～60min.으로 하고, 스텐레스강은 900～1000℃, Cu는 800～900℃에서 접합을 행했다. 접합후, 인장시험, 경도측정과 조직관찰 및 SEM/EDX에 의한 원소분석 및 파단면 조직관찰 등을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

사진 1은 STS/STS 접합부 단면조직을 나타낸다. (a)의 접합온도가 900℃의 경우, 일반적인 Brazing과 유사한 조직을 나타내고 있는 반면, (b)의 1000℃ 접합시간 30min.의 경우는 접합부의 Insert층이 거의 다 소실되고 일부 잔존하는 정도로 전형적인 액상확산접합에 의한 조직을 나타내고 있다. (b)의 Insert층이 접합부 중심에 잔존하는 경우의 각 원소분포를 보면, 중심부의 Insert층에는 원래의 Insert Metal내의 Cu농도를 유지하고 있으며, 모재중의 Fe, Ni, Cr 원소가 혼입된 상태이다. 이것에 비하여 (c)와 같이 Insert층이 소멸된 조직의 중심부의 Cu 최대 농도치는 5wt%로 거의 모재측으로 확산되었고, 또한 첨가 원소 특히 Si 원소는 그 확산속도가 빨라서 접합부에 거의 잔존하고 있지 않아, 전형적인 액상확산접합 구조를 시사했다.

사진 2는 Cu/Cu 접합부 단면조직을 나타낸다. 접합부 단면조직을 관찰해 보면 접합시간의 경과에 따라 Insert 액상층은 소멸하고, 양 모재가 일체화되어 가는 것을 알 수 있다. 또한 800℃의 접합온도로 승온시킨 후 즉시 냉각시킨 접합체(접합시간; 0 min.)에 있어서의 원소분포는 접합부 중앙부에는 원래의 Insert Metal에 근접한 조성치를 나타내고 있으나, 접합시간이 60min.이 되면 원래의 Insert Metal내의 융점강하원소 Si는 접합부에서 완전히 소실되어 있음을 알 수 있다.

Fig.1의 경도분포로부터 Insert층이 잔존하는 0 min.의 경우와 완전 소멸된 경우의 경도분포를 비교해 보면, 접합시간의 경과에 따라 최대 경도치가 감소하며, 그 분포의 폭도 넓어져 있어 액상확산접합 현상이 발생하는 것을 시사하고 있다.

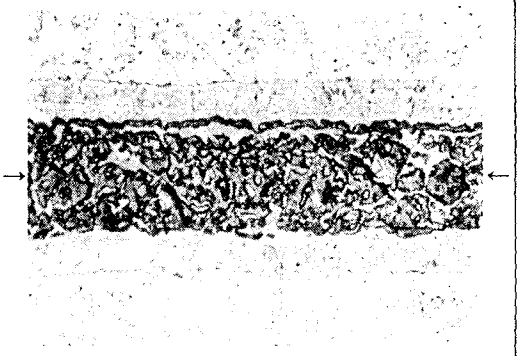
Fig.2는 액상확산접합체의 인장시험결과를 나타낸 것이다. STS/STS의 1000℃, 60 min., 5MPa인 경우 인장강도는 53kg_f/mm^2으로서 접합강도가 모재의 70%정도로, BNi계 Filler를 사용하는 경우보다 낮은 접합온도로도 보다 높은 접합강도를 얻을 수 있었다.

한편 Cu/Cu 접합체의 강도를 보면, 모재치의 25% 정도로 충분한 강도를 나타내고 있지 않으나, Photo.2및 Fig.1의 조직및 원소분포 그리고 경도분포에 의하면 완전한 액상확산 공정의 접합과정을 나타내고 있다.

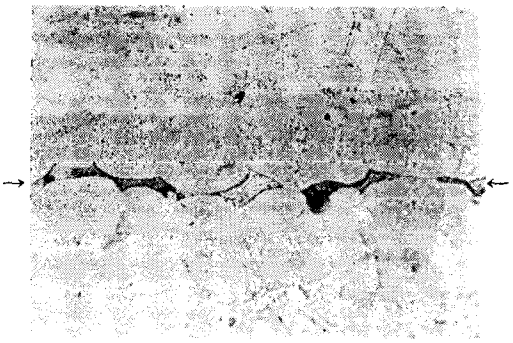
이들 접합부에서의 조직 및 각 원소의 거동은 전형적인 액상확산접합 구조를 갖고 있음에도 불구하고 충분한 접합강도를 얻을 수 없었으나 Cu 모재내의 산소의 함유및 Insert재의 산화 등을 방지하면 보다 높은 접합강도를 얻을 수 있다고 사료된다.

STS/STS

(a) 900℃, 5MPa, 30 min.



(b) 1000℃, 5MPa, 30 min.



(c) 1000℃, 5MPa, 60 min.

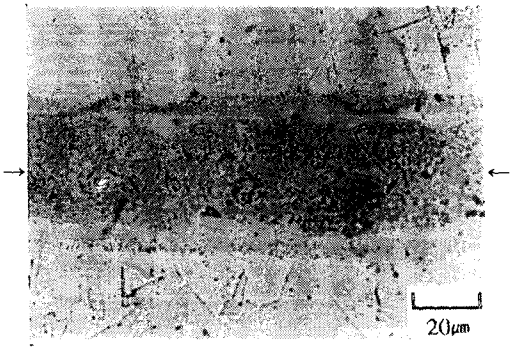
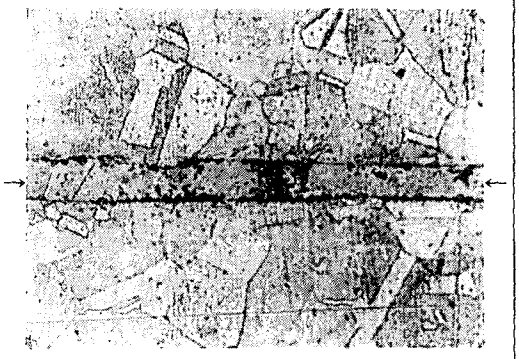


Photo.1 Microstructures of STS/STS joints made with Cu-7.5Mn-7.5Si Filler

Cu/Cu

(a) 0 min.



(b) 30 min.

(c) 60 min.

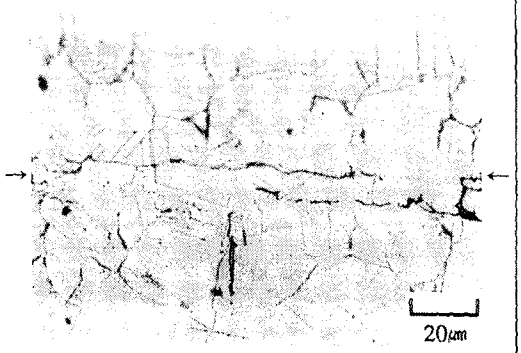


Photo.2 Microstructures of Cu/Cu joints made with Cu-7.5Mn-7.5Si Filler (800℃, 5MPa)

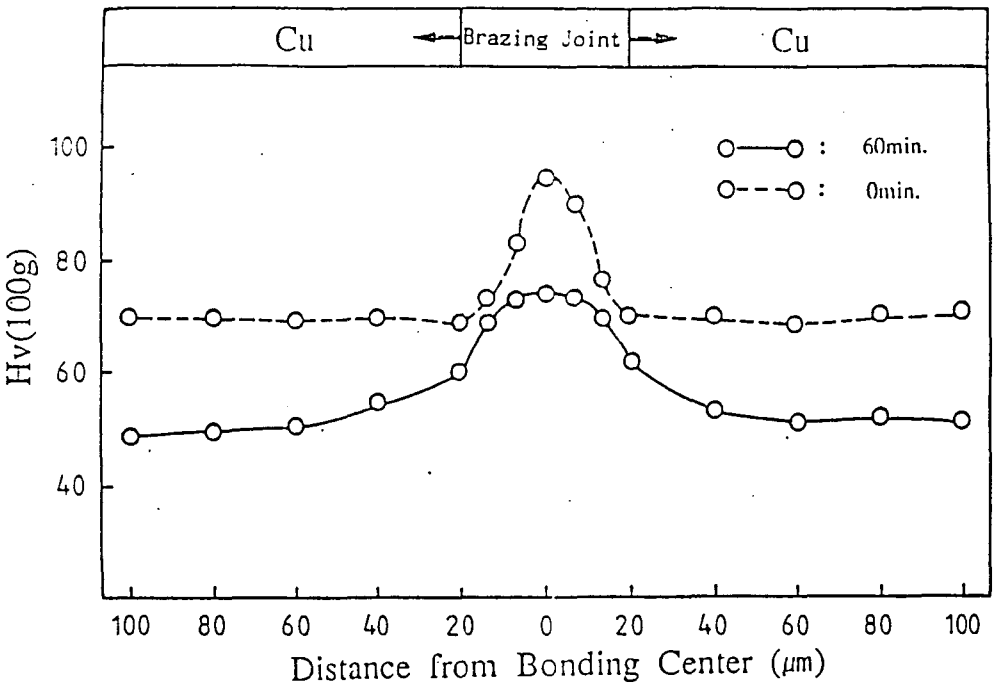


Fig.1 Hardness distribution of Cu/Cu joint (800℃, 5MPa)

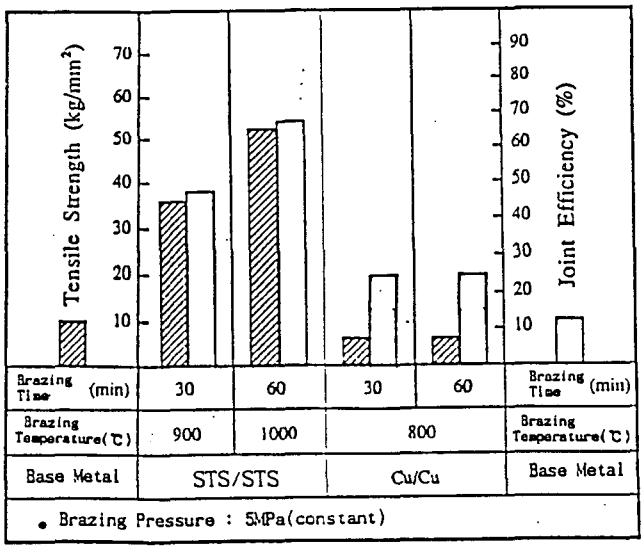


Fig.2 Tensile Strength and Joint Efficiency of joints made with Cu-7.5Mn-7.5Si Filler