

대용량 알루미늄 브레이징에 관한 연구

이영림*, 황순호

*공주대학교 기계자동차공학부

e-mail:ylee@kongju.ac.kr

Study on Brazing of Large-capacity Aluminum Heat Sinks

Young Lim Lee*, Soon Ho Hwang

Department of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University, 330-717, Korea

요약

최근들어 고전력 및 고성능 전자제품 시장이 확장됨에 따라 대용량 알루미늄 히트싱크의 수요가 급증하고 있다. 이를 위해 고효율의 브레이징 히트싱크가 선호되고 있지만, 기존의 대기 연속로에서는 불충분한 가열과 모재 금속의 서로 다른 두께 때문에 생산이 사실상 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 브레이징 히트싱크 개발을 위하여 새로운 인덱스 배치로 및 브레이징 공정을 최적화하였다. 또한, 브레이징 용착효율과 인장응력 실험도 개발된 브레이징 히트싱크에 대해 이루어졌다.

1. 서론

대용량 알루미늄 브레이징 히트싱크는 대전력 시장의 확대 및 제품의 고성능화에 따라 단순 압출 및 가공에서 전열면적 증대 및 열저항을 없앤 브레이징 형태로의 전환이 필요하게 되었다.

현재 사용되는 대기 연속로는 3 kg이하의 알루미늄 열교환기 및 0.5 mm 이하의 박판 튜브와 박판 방열 핀을 접합하는 용도로 사용하는데 이를 이용하여 대용량 히트싱크를 제작하는 데는 여러 가지 어려움이 따른다. 먼저, 대기 연속로에서는 대형 히트싱크의 접합에 충분한 열량 확보가 어렵고 베이스 판과 방열핀의 두께 차로 인한 소요열량 분배에 어려움을 가지고 있다. 일부 저중량 히트싱크는 외부 히터를 통한 예열, 연속로 승온 및 구동속도 저하 등을 통하여 생산하고 있으나 생산성 및 품질 확보가 힘들다. 또한 대기 연속로는 승온 및 하온시 많은 시간이 필요하고 200 ℃까지 예열하는 것도 30분 이상 소요되어 생산성 향상이 불가능한 실정이다. 더구나 현재 사용되는 대기 연속로 공정에는 예열

및 운반에 따른 플럭스(flux) 비산으로 먼지 및 분진 등 환경 유해요인이 발생하여 작업자의 기피 요인이 되고 있다. 따라서, 대용량 히트싱크를 위한 배치(batch) 형식의 브레이징 시스템이 개발 될 경우 대형 알루미늄 브레이징 히트싱크 생산의 당면 문제점을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 고부가가치를 창출할 수 있다.

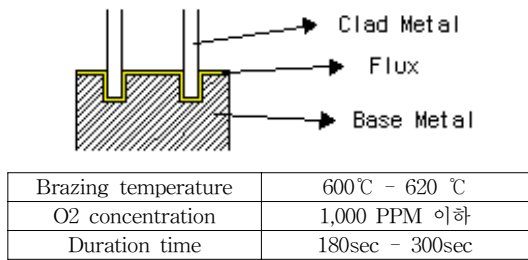
한편, Nocolok 브레이징은 플럭스 용액을 접합부분 전면에 도포하여 질소 가스를 충전한 불활성 분위기에서 가열하여 접합하는 방법이다. [그림 1]에 전형적인 클래드(Clad) 금속과 플럭스 및 베이스 금속이 브레이징되는 공법을 나타내었다.

브레이징 및 히트싱크에 관해서는 지금까지 방대한 연구가 이루어졌으나 대용량 알루미늄 브레이징 히트싱크에 관한 연구는 아직 초기 단계이다. 먼저, Shin[1]은 브레이징로를 사용하여 브레이징 플럭스의 종류에 따른 도포법 등에 대한 연구를 실시하였다. Jung 등[2,3]은 첨가 원소의 변화를 통한 알루미늄 모재와의 내식성 검사를 통한 진공 브레이징 및 비부식성 플럭스 브레이징에 대한 연구를 수행하였

다. 임병문 등[4]은 염수분무 환경에서 알루미늄의 부식생성물이 내식성에 미치는 영향에 대해 발표하였다.

[그림 2]에 전형적인 연속로와 본 연구에서 개발할 배치로(batch furnace)의 개략도를 나타내었다. 배치로에서는 진공챔버를 이용하여 질소 사용량을 감소시키고 예열 과정 없이 한 번에 브레이징 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 대형 브레이징 히트싱크 생산을 위한 배치로를 개발하고 공정 변수 최적화를 이룩하고자 한다. 또한, 생산된 대용량 알루미늄 브레이징 히트싱크의 접합부 용착 효율 및 인장 강도를 평가하고 실리콘 본딩 히트 싱크와의 비교를 통해 알루미늄 히트싱크의 열성능을 평가하고자 한다. 끝으로 본딩 히트싱크와 브레이징 히트싱크의 접촉저항을 알아보기 위하여 수치해석을 수행하고자 한다.



[그림 1] Nocolok 브레이징의 개념도

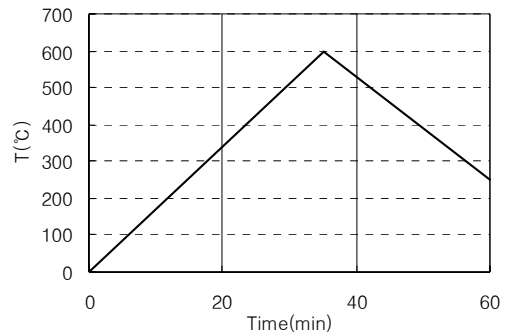
2. 실험방법

2.1 브레이징 로 온도 곡선 실험

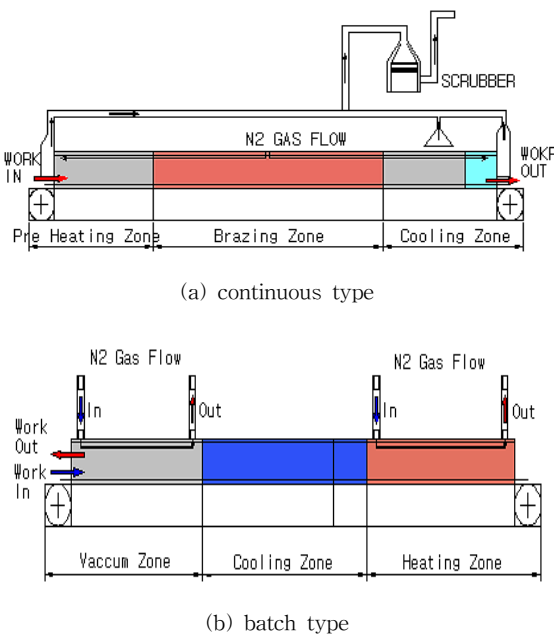
대용량 브레이징 히트싱크의 생산성을 향상하기 위하여 배치로의 공정 변수 중 가장 중요한 가열 공정의 온도 최적화 실험을 수행하였다.

한 시간 이내에 가열, 브레이징 및 냉각까지 마칠 수 있도록 하기 위하여 다음과 같은 승온 곡선을 구상하였고 실제 열전대를 사용하여 온도 측정 및 접합부 브레이징 검사를 통하여 최적화된 승온곡선을 도출하였다.

[그림 3]은 1시간 이내에 대용량 브레이징 히트싱크를 생산하기 위하여 구상한 기본 온도 곡선을 보여 준다. 브레이징이 약 600°C 정도에서 약 3~5분 동안 발생할 수 있도록 온도 곡선의 기울기를 조절하였다.



[그림 3] 인텍스 배치로의 초기 온도곡선



[그림 2] NB 로의 개략도

2.2 대용량 히트싱크 접합부 특성 실험

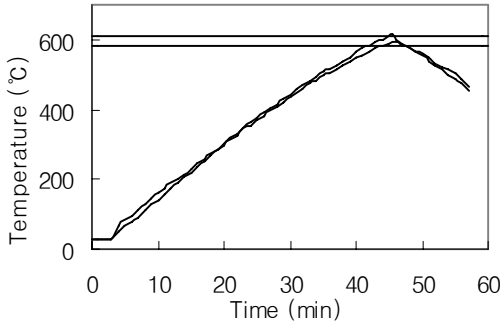
광학 현미경을 사용하여 브레이징한 부분의 접합 분석과 필릿(fillet) 형상을 관찰하였다. 또한, 용착효율을 구하기 위해서 브레이징된 시료를 5등분하여 절단하고 편의 접합 면적을 조합하여 구하였다. 접합부의 인장강도를 알아보기 위하여 배치로를 사용하여 두 개의 시편을 L*W*H 기준으로 120×19.9×0.9 mm와 120×19.9 ×1.9 mm를 가공한 후 인장시험기를 사용하여 인장시험을 진행하였다. 이때 램(ram)의 속도는 1 mm/min으로 설정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 브레이징 로 온도 곡선

[그림 4]는 히트싱크 더미(dummy)에 부착된 두 곳의 열전대를 통해 최적화된 온도곡선을 보여 주고 있다.

가열 및 냉각의 2단계로만 이루어져 약 1시간 이내에 예열, 브레이징 및 냉각까지 마칠 수 있었고 실제



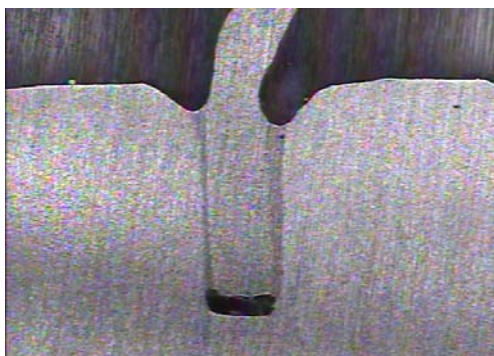
[그림 4] 배치로의 최적화된 승온 곡선

브레이징이 발생하는 구간은 부착된 열전대 온도 기준 약 580~610°C사이로 확인되었다. 초기 온도 곡선에서는 브레이징이 35분 근처에서 발생하도록 하였으나 가열 구간이 너무 급격하여 실제 브레이징 곡선에서는 브레이징이 45분 근처에서 발생하도록 조절하였다. 보통 자동차 열교환기 제작에 많이 쓰이는 대기 연속로에서는 모재의 두께 차이로 인한 접합 불량률이 많이 나타나는데 배치로에서는 충분한 가열이 가능하므로 이러한 문제점이 사라지게 되었다. 브레이징 지속시간은 약 3~5분 정도로써 성공적으로 대용량 히트 싱크의 제작이 가능하였다.

3.2 대용량 히트싱크의 접합부 특성

광학 현미경을 이용하여 접합부를 관찰한 결과를 [그림 6]에 나타내었다. 접합부에는 어떠한 미세 홀이나 크랙(crack)도 관찰되지 않아 브레이징이 성공적으로 수행된 것을 알 수 있었고 필릿 형상 역시 매우 양호함을 확인할 수 있었다.

용착이 얼마나 효율적으로 일어났는지를 알아보기 위하여 [표 1]에 접착 불량률 검사 결과를 나타내었다. 20 개의 시료 중에 1 개만이 90~95 %의 접착률이었고 나머지는 모두 95 %이상의 접착률을 보여주고 있어 전체적으로 불량률이 5 % 미만으로 매우 양호함을 알 수 있었다.



[그림 6] 브레이징 접합부 광학 현미경 사진

[표 1] 접착 불량률

접착률 (20개기준)	구분	수량	품질
	90%이하	0	-
	90~95%	1	불량
	95%이상	19	합격
불량률	5%		



(a) 120mm×19.9mm×0.9mm



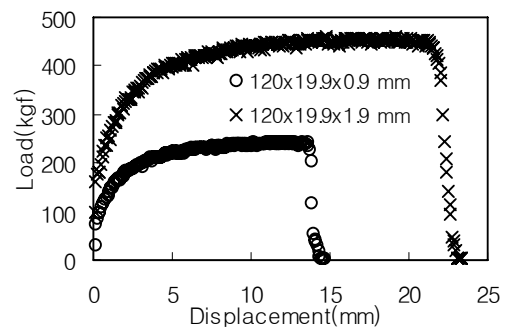
(b) 120mm×19.9mm×1.9mm

[그림 7] 시험편

[표 2] 인장시험

Sample No.	최대하중 (kgf)	인장강도 (kgf/mm ²)	Speed (mm/min)
1	245	13.7	1
2	459	12.5	1
평균	230	13.1	

[그림 7]과 같은 두 개의 시험편을 사용하여 인장시험을 수행한 결과를 [표 2]에 나타내었다. 파단강도는 평균 13.1 kgf/mm²로 양호한 인장강도를 얻을 수 있었다. 파단위치는 [그림 7]에서 나타난 바와 같이, 전 시험편에 걸쳐 브레이징 접합부가 아닌 알루미늄 모재에서 파단이 이루어졌다. [그림 8]에 인장시험 시 전형적인 하중-변위 곡선을 나타내었는데 최대 강도는 접합부가 아닌 모재의 파괴가 일어날 때의 인장강도를 나타낸다.



[그림 8] 하중-변위 곡선

4. 결론

본 연구에서는 대용량 알루미늄 히트싱크 브레이징을 위한 배치로 개발 및 공정 변수 최적화를 통하여 대용량 알루미늄 히트싱크를 개발하고 히트싱크의 성능을 분석하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은 다음과 같다.

- 1) 배치로의 온도 곡선을 단순화된 2단계로 최적화하여 브레이징 시간을 투입에서 출고까지 약 1시간 이내로 단축하였다. 이것은 기존 대기 연속로에서는 불가능한 것으로 생산성 향상에 획기적으로 기여하였다.
- 2) 브레이징 접합부는 어떠한 미세 홀이나 크랙도 관찰되지 않았고 필릿 형상도 양호한 것으로 나타났다. 접착 불량률은 5% 미만으로 판명되었다. 인장시험에서도 과단이 접합부가 아닌 모재에서 발생하여 브레이징의 양호함을 알 수 있다.

결론적으로, 본 연구에서 개발된 배치로를 활용하여 대용량 브레이징 히트싱크 대량 양산 체제를 확립하였고 성능 검증을 통하여 대용량 히트싱크가 필요한 대전력 분야의 고효율 히트싱크로 사용될 수 있음을 보였다. 하지만 히트싱크의 설계와 선택은 성능뿐만 아니라 가격에 의해서도 결정되므로 신중한 접근이 필요하다.

참고문헌

- [1] Y. S. Shin, "Selection Technology for Brazing Fluxes", Journal of KWS, Vol. 22. No. 5. pp. 412-419, October, 2004.
- [2] J. P. Jung, T. Takemoto and C. S. Kang, "Aluminum Vacuum Brazing in Japan", journal of KWS, Vol. 13, No. 1, pp. 62-72, Mar, 1995.
- [3] J. P. Jung, T. Takemoto and C. S. Kang, "Non-corrosive Flux Brazing of Aluminum", Journal of KWS, Vol. 13, No. 2, pp. 53-59, Jun, 1995.
- [4] B. M. Lim, S. H. Hong, J. I. Jeong, J. H. Choi and W. S. Chung, "Effect of Corrosion Products of Hot-Dip Al-Cr Steel Sheet on the Corrosion Resistance in Salt Corrosive Environment", J. Kor. Inst. Met. & Mater. Vol. 41, No. 10, 2003.