

# Al 4343/3N03/4343 합금 3층 clad 재의 sagging 특성에 미치는 냉간압연조건의 영향

이상호, 김목순  
인하대학교 공과대학 재료공학부

## Effect of cold rolling condition on sagging properties of Al 4343/3N03/4343 three-layer clad materials

S. H. Lee and M. S. Kim

School of Materials Science and Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

### Abstract

Aluminum 4343(filler,thickness: 10 $\mu$ m)/Al 3N03(core,80 $\mu$ m)/Al 4343(filler,10 $\mu$ m) clad sheet, which is recently developed as brazing sheet materials for automotive condensers, was fabricated by casting→hot rolling→cold rolling→intermediate annealing(IA)→final cold rolling(CR). and the effects of IA/CR conditions on microstructure and sagging resistance were investigated. The sheet which were fabricated by optimum conditions (IA'ed at 420°C, followed by CR'ed to 20~45%) showed good sagging resistance because the core obtained a coarsely recrystallized grain structure during brazing and consequently inhibited filler alloy penetration into the core.

Key words : clad sheet, cold rolling, intermediate annealing, brazeability, sagging property

### 1. 서론

지구환경보호의 일환으로 자동차용 열교환기 냉매인 프레온 가스의 사용이 규제되고 있는 추세에 따라, 대체냉매 및 대체냉매시스템의 개발이 지속적으로 행해지고 있다. 예를 들어, 자동차용 콘덴서 분야에 있어서는 열교환 성능의 향상과 소형, 경량화를 목적으로 소형의 Al 다공 압출형재를 병렬로 배열한 tube에 corrugate가공된 알루미늄 브레이징 시트를 brazing법으로 접합한 parallel flow(PF)형 콘덴서가 사용되기 시작하고 있다.

PF형 콘덴서용 브레이징 시트로는 Al-Mn계

(3000계) 합금을 심재(core)로하여 Al-Si계(4000계) 합금 피재(filler)를 양면으로 clad 한 3층 구조의 clad 판재가 일반적으로 사용되어지고 있으며, 브레이징성, 성형성, 가공성, 접합 후의 강도 및 내식성 등이 필수적으로 요구된다. 브레이징성은 브레이징 공정 중 심재가 피재에 의해 침식되는 등의 문제없이 양호하게 접합되는 것을 의미하며, sagging 특성은 이러한 브레이징성을 판단하는 척도가 된다. 브레이징성에 영향을 미치는 인자로는 외적 요인인 브레이징 조건 외에 브레이징 시트의 제조공정 및 이에 따른 미세조직 특성이 중요한 것으로 알려져 있으나, 현재까지 브레이징 시트의 제조공정과 브레이징성과의 관

계가 체계적으로 이해되지 않고 있다. 본 연구에서는 현재, 자동차 PF형 콘덴서용 브레이징 시트로서 대표적으로 사용되고 있는 알루미늄 4343/3003/4343 clad 판재의 내식성향상을 위해 심재인 3003 합금에 Zn를 첨가하여 희생양극효과를 부여한 4343/3N03/4343 clad 판재를 개발하기 위하여, 제조공정, 특히 중간소둔 및 최종냉간압연조건이 미세조직과 sagging 특성에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

## 2. 실험방법

실험공정도를 그림 1에 나타내었다. 우선, 심재 및 피재로 선정된 3N03 Al합금 및 4343 Al합금을 전기로로 용해한 후 200×250×3mm의 치수를 갖는 금형주형을 사용하여 중력주조하였다. 표 1에 주조재의 화학성분을 나타내었다. 주조된 3N03합금과 4343합금을 균질화 처리한 후, 90×100×16mm의 크기를 갖는 심재의 양면에 90%압하율로 열간압연된 두께 2mm의 피재를 크래드 한 다음, 열간압연→냉간압연→중간소둔→최종냉간압연의 공정을 통해 최종 두께 100 $\mu$ m의 크래드 시편을 제조하였다. 중간소둔온도는 270, 330 및 420 $^{\circ}$ C, 최종냉간압하율(이하, 압하율로 칭함)은 10~45%로 선정하였다. 이렇게 제조된 크래드 시편을 brazing furnace를 사용하여 질소분위기 하에서 sagging test를 행하였다. OM 및 SEM을 통해 침식조직 및 미세조직을 관찰하였고, 화상분석기를 사용하여 평균침식깊이를 측정하였다. 아울러, EDS를 사용하여 침식이 일어난 미세영역의 성분분석을 행하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

420 $^{\circ}$ C에서 중간소둔한 경우, 그림 2-(a)에서와 같이 20%이상의 압하율로 제조된 시편에서 매우 낮은 sagging distance 즉, 우수한 sagging resistance를 나타내었다. sagging 시험재의 미세조직을 관찰한 결과 10%의 낮은 압하율로 제조된 시편의 경우에는 심재가 피재에 의해 침식당하는 erosion 현상이 현저하게 관찰되나, 20%이상의 압하율로 압연된 시편의 경우에는 침식이

거의 없는 건전한 조직을 보여주고 있다(그림 3). 침식의 정도를 정량화하기 위해 다음의 식에 따라 평균침식깊이(Average erosion depth : d)를 측정하였다.

$$d = t_0 - \frac{S}{L}$$

여기서  $t_0$ 는 brazing 전 심재의 두께, S는 brazing 후 침식되지 않고 남아있는 심재의 단면적이며 L은 측정하고자하는 시편의 단위길이이다. 그림 2-(b)에 420 $^{\circ}$ C에서 중간소둔한 시편의 압하율에 따른 평균침식깊이의 변화를 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이, 압하율이 20% 이상인 시편에서 평균침식깊이가 현저히 낮아짐을 알 수 있는데, 이러한 결과는 그림 2-(a)의 sagging test 결과와 잘 대응하고 있다. 즉, 침식 현상이 현저해짐에 따라 sagging resistance가 작아짐을 알 수 있다.

침식현상을 상세히 관찰하기 위해, 현저하게 침식이 일어난 10% 압하율에 대해 SEM 관찰 및 EDS 분석을 행하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 용융 filler 가 심재로 침투하여 심재내에 공정용고조직을 생성하였음을 알 수 있다. 이러한 결과로부터 압하율이 10%로 낮은 경우, 가공조직 또는 회복조직이 심재중에 잔존하며 브레이징시 용융된 filler 재가 이러한 조직을 경로로하여 심재중에 침투하는 결과, 심재가 침식당하고 sagging resistance가 저하된 것으로 해석할 수 있다. 이에비해, 20%이상의 높은 압하율로 제조된 경우에는 심재가 조대하게 재결정된 결과 filler에 의한 침식이 억제되었다고 생각할 수 있다.

330 $^{\circ}$ C에서 중간소둔한 시편의 경우에는, 그림 5에서처럼 압하율이 20~30% 일 때 비교적 작은 평균침식깊이 및 우수한 sagging resistance를 나타내고 있다. 한편, 270 $^{\circ}$ C에서 중간소둔한 경우에는 20%이상의 압하율로 제조된 시편에서 높은 평균침식깊이와 낮은 sagging resistance를 보였는데, 이는 brazing 공정중 심재가 미세하게 재결정된 결과라 생각되어진다. 이상의 결과를 종합하면 다음과 같다.

(1)중간소둔온도와 최종냉간압하율이 브레이징 시트의 심재의 재결정거동에 영향을 미치며, 이

리한 미세조직특성이 침식현상과 sagging 특성을 지배한다는 것이 밝혀졌다.

(2)심재의 재결정화가 불완전하거나 재결정립이 미세하게 형성되는 경우, 아결정입계 혹은 재결정입계가 용융 filler의 침투경로로 작용하여 심재가 filler에 의해 침식되는 결과 sagging resistance가 저하된다.

(3)420°C에서 중간소둔후, 20%이상의 압하율로 제조된 clad 시편에서 우수한 sagging resistance를 얻을 수 있었다.

Table 1. Chemical composition of experimental alloys(wt%)

	Si	Fe	Cu	Mn	Zn
3N03 (Core alloy)	0.52	0.27	0.14	1.34	2.04
4343 (Filler alloy)	7.53	0.29	0.17	0.09	0.20

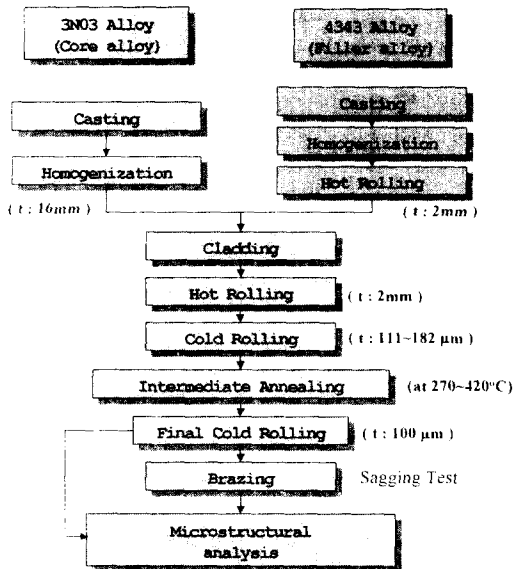


Fig. 1 Schematic diagram of the production process.

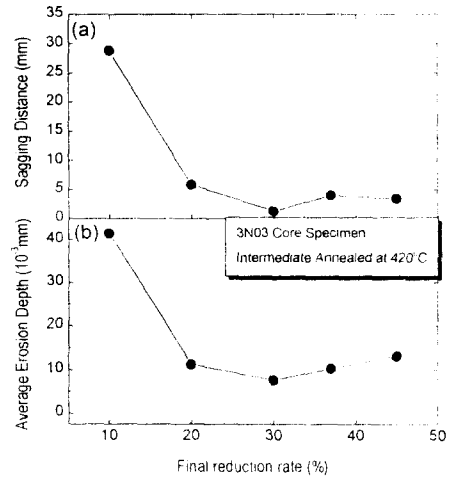


Fig. 2 Sagging distance and average erosion depth according to the final reduction rate.

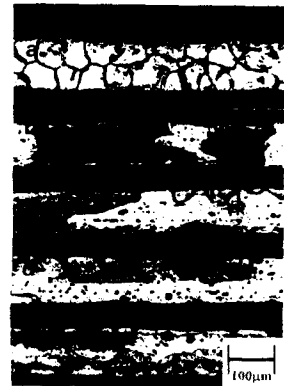


Fig. 3 Cross sectional microstructure of the post brazed specimen IA'ed at 420°C and CR'ed to (a) 10%, (b) 20%, (c) 30%, (d) 37% and (e) 45%.

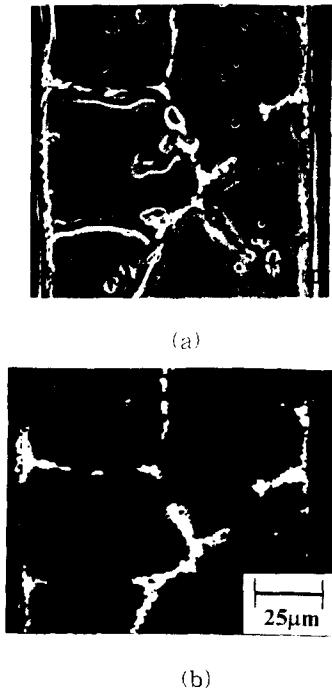


Fig. 4 (a) SEM image and (b) EDS mapping of Si for the post-brazed specimen IA'ed at 420°C and CR'ed to 10%.

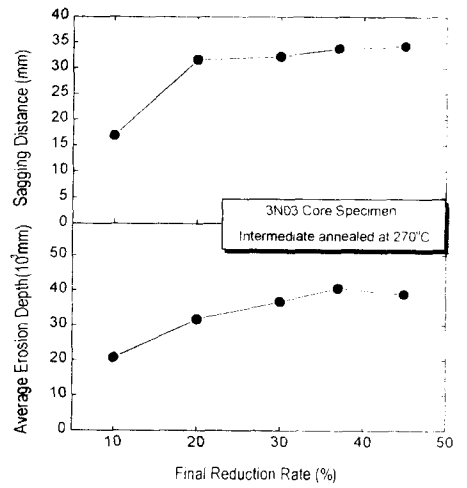


Fig. 6 Sagging distance and average erosion depth according to the final reduction rate.

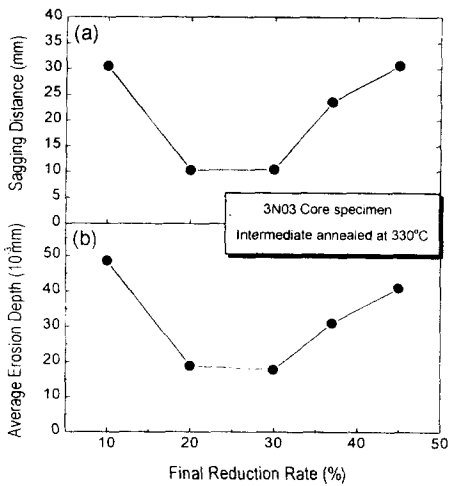


Fig. 5 Sagging distance and average erosion depth according to the final reduction rate.