

알루미늄 합금(5083F)의 최적 용체화 처리 조건 규명에 관한 연구

김성중*, 김정일**, 한민수***

Investigation on optimum solution heat treatment of Al alloy(5083F)

Seong-Jong Kim⁺, Jeong-Il Kim⁺⁺, Min-Su Han⁺⁺⁺

1. 서론

일반적으로 1000계열, 3000계열, 4000계열 그리고 5000계열의 경우는 근본적으로 석출물에 의해 경화하는 조직상의 특성을 가지고 있기 때문에 열처리에 의하여 경화되지 않는다. 그러나 경우에 따라 가공 경화된 이들 합금의 강도를 저하시키기 위해서는 343 ~ 410°C의 범위에서 열처리를 실시한다. 알루미늄의 열처리의 종류는 용체화 처리와 용체화 처리 후 시효(인공시효, 자연시효)하는 방법과 어닐링에 의한 응력을 제거하는 열처리가 있다. 기존에는 일반적으로 알루미늄의 열처리는 강도향상 측면에서 접근하였으며, 그와 관련된 전기화학적 특성에 관한 열처리에 관한 연구는 거의 없는 것으로 알고 있다. 따라서 본 연구에서는 최적의 용체화 처리 온도와 시간 그리고 인공시효 과정에서의 최적의 온도와 유지시간 등에 관하여 연구하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 재료는 해양환경 하에서 사용되는 Al-Mg 합금(5083F) 재료에 관하여 열처리에 의한 효과를 연구하기 위하여 압연한 그대로의 시편을 사용하였다. 경도측정은 마이크로 비커스 경도기를 사용하여 측정하였으며, 인가한 하중은 1.961 N이며, 유지시간은 10초, 1 mm 간격으로, 7회 측정하여 최대값과 최소값을 제외하고 나머지 5회 측정된 결과의 평균값을 비교하였다. 전기화학적 실험용 시험편은 에머리 페이퍼 600번까지 연마한 후 아세톤과 증류수로 세척하여 드라이로 건조한 시험편을 사용하였다. 분극실험은 1 cm²만 노출시킨 시편을 사용하였으며, 기준전극으로 은/염화은 전극(SSCE)을, 대극은 백금전극을 사용하여 2 mV/s의 주사속도로 상온의 천연해수 용액조건에서 실시하였다. 양분극 실험 시에는 개로전위에서 -0.5 V에서 3.0 V까지 실시하였으며, 음분극 실험은 개로전위에서 -2.0 V까지 실시하였다. 이 때 음분극곡선에서는 농도분극과 활성화 분극의 변곡점(Turning point)과 -1.1V에 해당되는 전류밀도를 상호 비교하였으며, 개로전위 주위를 타겟분석을 실시하여 부식전류밀도를 상호 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3-1 여러 온도에서 가열 후 수냉 시 특성 평가

알루미늄 합금(5083F)에 대하여 여러 온도에서 가열 후 수냉 시 여러 특성을 상호 비교한 결과 경도는 열처리를 실시하지 않은 경우가 가장 낮은 값을 나타냈으며, 420°C에서 가장 높은 경도를 나타냈다. 그 이외의 전기화학적 특성은 모든 조건에서 As-Received인 경우가 가

Table 1 Comparison of hardness and result obtained by polarization experiment.

	Condition of Heat Treatment
Hardness	420°C > 445°C > 560°C > 500°C > 400°C > As-Received
Potential (at Turning Point)	As-Received < 500°C < 445°C < 400°C < 420°C < 560°C
Current Density (i = -1.1V)	As-Received < 445°C < 500°C < 400°C < 420°C < 560°C
Corrosion Current Density	As-Received < 445°C < 560°C < 500°C = 420°C < 400°C

장 양호한 특성을 나타냈으며, 다음으로 445°C 그리고 500°C로 나타났다. 열처리를 실시한 경우만 비교한다면 445°C의 경우가 가장 양호한 특성을 나타냈다고 할 수 있다.

3-2 여러 온도에서 용체화 처리 시 특성 평가

여러 조건에서 용체화 처리 후 그 특성을 상호 비교 한 결과 경도는 420°C에서 열처리를 실시한 경우가 가장 높은 값을 나타냈으며, 445°C가 가장 낮은 경도를 나타냈다. 전기화학적 특성의 전체적인 경향을 분석해 보면 부식전류밀도를 제외한 420°C에서 1시간 동안 용체화 처리를 실시한 경우가 양호한 것으로 나타났다. 본 연구결과를 수냉만 실시한 경우와 비교해 보면 경도에서 큰 차이를 보여 주었으며, 전체적으로 420°C의 경우가 양호한 특성을 보여 주었다. 그러나 본 연구의 목적은 용체화 처리를 실시함으로써 수소취화나 응력부식균열에 강한 재료

Table 2 Comparison of hardness and result obtained by polarization experiment of solution treated specimen.

	Condition of Heat Treatment
Hardness	420°C > 560°C > 500°C > 400°C > As-Received > 445°C
Potential (at Turning Point)	As-Received < 420°C < 445°C = 560°C < 400°C < 500°C
Current Density (i = -1.1V)	As-Received < 420°C < 500°C < 400°C < 445°C < 560°C
Corrosion Current Density	445°C < As-Received < 560°C < 500°C < 400°C < 420°C

*김성중(목포해양대학교 기관시스템공학부 교수), E-mail:ksj@mmu.ac.kr, Tel: 061)240-7309

**김정일(목포해양대학교 기관시스템공학부 교수)

***한민수(목포해양대학교 대학원 응용역학 재료공학전공)

Table 3 Comparison of hardness and result obtained by polarization experiment with aging time at 180 °C after heat treatment for 1 hr at 420 °C.

	Condition of Heat Treatment
Hardness	120분 > 240분 > 60분 > 90분 > 180분 > 10분 > 30분 > As-Received
Potential (at Turning Point)	120분=180분 > 30분 > 90분 > 240분 > 10분 > As-Received > 60분
Current Density (i = -1.1V)	240분 < 60분 < 30분 < 180분 < 90분 < 10분 < 120분 < As-Received
Corrosion Current Density	As-Received > 90분 > 120분 > 60분 > 180분 > 30분 > 10분 > 240분

를 개발하는 것이 목적이기 때문에 실질적인 측면에서 수냉만 실시한 경우는 현실성이 결여되는 것으로 판단되어 420°C를 최적의 열처리 온도로 결정하였다.

3-3 알루미늄 합금(5083F)의 최적 시효 시간 규명

420°C에서 용체화 처리 후 최적 시효 시간을 규명하기 위하여 여러 시효시간 조건에 따라 여러 특성을 상호 비교한 결과 경도는 120분 동안 열처리를 실시한 경우가 가장 높은 값을 나타냈으며, 열처리를 실시하지 않은 경우가 가장 낮은 경도를 나타냈다. 전기화학적 특성의 전체적인 경향을 분석해 보면 부식전류밀도와 전위 -1.1 V인 경우의 전류밀도를 상호 비교해 보면 240분 동안 시효처리를 실시한 경우가 가장 양호한 특성을 나타냈다. 그러나 변곡점에서의 전위는 240분 동안 시효처리한 경우는 낮은 서열을 보이거나 음분극 곡선에서 변곡점 상부에도 낮은 전류밀도를 보이며, 변곡점의 하부에서도 다른 조건에 비하여 월등히 낮은 전류밀도를 보이기 때문에 가장 바람직한 시효처리 시간으로 판단되었으므로 최적의 시효처리 시간은 4시간이 적절할 것으로 판단된다.

3-4 알루미늄 합금(5083F)의 최적 시효 처리 시간 규명

420°C에서 시간을 변수로 가열하여 수냉을 실시한 후, 180°C에서 4시간 동안 인공 시효처리를 실시한 경우 경도 및 전기화학적 실험 결과를 상호 비교한 결과, 경도는 320분 동안 열처리를 실시한 경우가 가장 높은 값을 나타냈으며, 열처리를 실시하지 않은 경우가 가장 낮은 경도를 나타냈다. 전체적인 경향을 분석해 보면 변곡점의 경우는 30분부터 120분까지는 양호한 특성을 보여 주었으며, 전위 -1.1 V인 경우의 전류밀도를 상호 비교해 보면 120분 동안 실시한 경우는 현저히 낮은 값을 나타냈다. 또한 부식전류밀도의 측면에서는 30분 동안 열처리를 실시한 경우가 가장 낮은 값을 나타냈으나 60분과 120분의 경우에는 큰 차이가 나지 않는 점 등을 고려해 보면 120분 동안 열처리를 실시하고 난 후 시효처리를 4시간 실시한 경우가 가장 양호한 특성을 보인 조건으로 사료된다.

Table 4 Comparison of hardness and result obtained by polarization experiment with heat treatment time at 420 °C (aging treatment for 4 hr at 180 °C).

	Condition of Heat Treatment
Hardness	360분 > 30분 > 120분 > 240분 > 720분 > 60분 > 1440분 > 540분 > As-Received
Potential (at Turning Point)	30분 < 60분 < 120분 < 240분 < 360분 =As-Received < 540분 < 1440분 < 720분
Current Density (i = -1.1V)	120분 < 360분 < 540분 < 720분 < 30분 < 1440분 < 60분 < 240분 < As-Received
Corrosion Current Density	30분 < 360분 < 60분 = 540분 < 120분 < 240분 < 1440분 < 720분 < As-Received

3-5 알루미늄 합금(5083F)의 최적 인공시효 온도 규명

420°C에서 2시간동안 가열하여 수냉을 실시한 후, 여러 온도에서 4시간 동안 인공 시효처리를 실시한 경우 경도 및 전기화학적 실험 결과를 상호 비교하였다. 그 결과 경도는 180°C에서 인공시효를 실시한 경우가 가장 높은 값을 나타냈으며, 열처리를 실시하지 않은 경우가 가장 낮은 경도를 나타냈다. 변곡점은 180°C의 경우가 가장 비한 전위를 나타내기 때문에 방식전위가 가장 넓은 것으로 판단되며, 전위 -1.1 V인 경우의 전류밀도를 상호 비교해 보면 120°C의 경우가 가장 낮은 값을 나타냈으나 180°C인 경우와 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 부식전류밀도의 측면에서는 150°C의 경우가 가장 낮은 값을 나타냈으나 모든 인공시효 처리 조건에서 거의 유사한 값을 나타냈기 때문에 부식에 대한 저항성에는 큰 차이가 나지 않을 것으로 판단된다.

Table 5 Comparison of hardness and result obtained by polarization experiment in artificial aging heat treatment at various temperature after heat treatment for 2hr at 420°C.

	Condition of Heat Treatment
Hardness	180°C > 120°C > 150°C > As-Received
Potential (at Turning Point)	180°C < 120°C < 150°C < As-Received
Current Density (i = -1.1V)	120°C < 180°C < 150°C < As-Received
Corrosion Current Density	150°C < 180°C < 120°C < As-Received

4. 결 론

알루미늄 합금(5083F) 시편에 대하여 용체화 처리를 실시하여 경도와 전기화학적 실험을 실시한 결과 최적의 조건은 420°C에서 2시간 용체화 처리를 실시한 후, 180°C에서 4시간 인공시효 처리를 실시한 경우가 최적으로 조건으로 판단된다.

감사의 글 ; 본 연구는 전남 테크노 파크의 기술고도화 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.