

기계적 합금법에 의한 Al합금기지 SiC_p 복합재료의
침지부식특성과 응력부식 특성

(Immersion corrosion characteristics and Stress
corrosion characteristics of Al matrix-SiC_p
composites fabricated by mechanical alloying method)

동아대학교 이준희, 조형준
금오공과대학교 김성진
부산공업대학교 박찬

1. 서 론

최근 산업기기, 자동차 및 항공기분야에서는 unit의 고성능화, 소형화, 경량화와 재료의 수명향상 및 제조공법의 개선이 중요과제로 부각되고 있고, 이를 해결 하기 위한 대응방안으로서 본말합금을 이용하여 차세대 첨단산업 기반기술 연구 개발제도에 의한 MMC(metal matrix composite)의 연구가 활발히 진행되고 있다^{1,2)}. 그 중에서도 급냉응고법에 의한 고온특성 뿐만아니라 인성이나 내응력 부식균열성에 있어서도 우수한 알루미늄합금 개발이 가장 활발히 진행되고 있다. 고온특성은 열적으로 안정하고 미세한 입자를 기지내에 균일분산시킴으로써 향상되므로 급냉응고법만이 아니라 기계적 합금법(mechanical alloying : MA)도 그와 같은 재료를 얻는 방법으로 유효하다³⁻⁵⁾. 따라서 본 연구에서는 급냉응고법과 MA법을 병용함으로써 고온특성을 더욱 향상시킬 수 있다고 판단하여 급냉응고된 2024 알루미늄 합금의 기지내에 미세하게 분산시키기 위한 SiC_p세라믹 분산물을 첨가하여 MA함으로써 합금화과정을 명백하게 하고 침지부식 특성과 응력부식 감수성을 검토하였다.

2. 실험방법

2.1 시료의 준비

급냉응고된 2024Al분말을 SiC_p 입자와 고에너지 볼밀에서 150rpm의 회전속도로 기계적 합금화한 것을 냉간압축 및 탈가스 처리한 후 400°C에서 0.75mm/sec로 열간압출하여 직경 16mm의 봉을 제조하였다.

2.2 전자현미경 관찰

세라믹의 분포상태, 석출물의 형상 및 합금화 과정을 고찰하기 위해 SEM으로 관찰하였다. 기계적 합금법에 의해서 나타난 분산물과 결정립 및 아결정립을 관찰하기 위해 TEM시편준비는 30 μ m로 기계적 연마한 후 메틸알코올과 초산을 2:1로 혼합한 전해액에서 -30°C, 120mA 및 12V으로 전해 연마하여 관찰하였다.

2.3 침지부식시험

2024 Al/SiC_p 압출재의 SCC과정의 여러현상을 상호 비교하기 위해 침지부식 실험을 실시하였으며 부식액은 몰%로 AlCl₃-14KCl-20NaCl 용액, 50AlCl₃-50LiCl용액 및 50AlCl₃-50NaCl용액으로 침지조건은 모두 200°C에서 30분간 유지하였다. 또한 상온 침지실험으로 3.5% NaCl수용액을 사용하여 42시간 유지하였다. 또한 상용 2024 Al압출재도 상기한 용액중 2-3가지를 선택하여 침지부식 실험하여 SEM관찰용 비교시편으로

준비하였다.

2.4 응력부식시험

응력부식시험은 레버식 인장시험 장치를 사용하여 정하중법(Constant load test)에 의해 실시하였다.

부하응력은 각각의 열처리시편의 항복응력의 50%를 부하하였으며 응력부식 현상을 촉진시키고 일정한 전류밀도를 유지하기 위해서 평행부 길이중 12mm를 남기고 나머지 부분을 테프론으로 처리한 후 3.5% NaCl 부식액과 접촉시켰으며, 부틸 sealant로 시편과 부식조 사이의 공간을 sealing하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 MA제의 시효경화 거동

MA 2024 Al/SiC_p 압출재를 490°C에서 1시간 용체화처리 후 190°C 시효에 따른 시효경화 고선을 검토한 결과 본 소재의 시효경화능은 우수하지 못하였다. 그러나 용융법의 경우보다 절대값은 훨씬 높다. 이러한 현상은 제조공정에서 탈가스 처리시 발생하는 H₂O가 350°C 부근에서 Mg와 반응하여 H₂를 배출하고 MgO가 모상과 SiC계면에 형성한다는 보고에서 비평형상인 CuAl₂, CuMgAl₂의 대부분은 열처리에 의해 분해하여 세라믹 주위에 분포하게 된다. 그러나 Mg이 CuAl₂O₄, CuAlO₂ 및 CuO의 생성을 저지시키고 Mg와 O₂의 우선적인 반응으로 MgAl₂O₄ 및 MgO를 형성하여 Cu의 확산을 방해하는 장벽으로서의 역할뿐만 아니라 또한 석출하더라도 입계나 부정합 계면 및 전위루프에 우선적으로 석출하기 때문에 시효경화능이 저하한다고 추정되고 있다. 시효처리에 따른 TEM조직을 관찰한 결과로 압출재의 경우는 기지조직에 SiC_p가 분포하지만 석출상은 보이지 않았다. 그러나 최고의 경도치를 나타내는 1000min.에서는 기지내에 미세한 S상의 석출물이 판상으로 나타나고, 과시효되면서 S상의 석출물이 판상으로 조대화된 것을 나타내고 있다.

3.2 침지부식시험

200°C의 AlCl₃-LiCl 혼합염에서 침지실험한 결과 날카로운 균열이 발달되고 박리현상이 나타나고 있음을 알 수 있었으며, 수용액에서 침지실험한 결과와 유사한 공통성을 갖고 있었다. 그러나 공식형태의 부식부위를 확대해 본 결과 NaCl수용액에서 침지실험한 경우 공식내부에 깊이 방향으로 발달된 날카로운 균열이 발달되고 있는 것으로 보아 용융염중에서의 결과와는 차이점이 있음을 알 수 있었다. 또한 2024 Al합금 전신재를 AlCl₃-LiCl 용융염하에서 침지실험한 결과 전체적인 부식양상은 2024/SiC_p 복합재와 유사하였다. 또한 두 소재에 대해 3.5% NaCl수용액 중에서 침지실험한 결과를 비교하면 부식형태는 상이하였으며, 2024 Al 전신재의 경우는 공식이 잘 발달되고 2024Al/SiC_p 복합재는 전체적으로 전면부식 형태를 갖으며 일부의 위치는 공식형태를 하고 있으나 그 크기는 전신재에 비해 훨씬 큰 것으로 나타났다.

3.3 응력부식시험

무처리제와 200°C, 400°C 및 용체화처리후 시효제의 열처리에 따른 응력부식파단 수명을 비교한 결과, 무시효제의 경우는 열처리온도에 관계없이 유사한 응력부식파단 수명을 갖고 있었으며 용체화처리후 시효한 재료의 경우 무시효제에 비해 상당히 짧은 파단수명을 갖는 것으로 나타났다. 이것은 시효시 나타나는 석출상이 극부부식성의 증대를 가져오게 되어 균열전진이 빠르게 진행되기 때문이라고 추정된다. 또한, 본

실험에서 2024 Al/SiC_p 압출재의 응력부식 파단의 특성으로 특이한 것은 균열이 시편 중앙에 동심원을 그리는 균열이 발달한다는 것이며, 이러한 경우는 일반 Al계 합금소재중에서 응력부식에 감수성이 큰 재료에서는 볼 수 없는 특이한 현상이라고 생각된다.

4. 결 론

급냉응고된 2024 Al합금 기지중에 SiC_p 입자를 기계적 합금법에 의해 분산시켜 composite를 제조하여 부식실험과 응력부식특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 압출재의 시효거동은 1000분에서 가장 높은 경도값을 나타내지만, 시효특성은 우수하지 못했다.
- 2) 침지부식 실험한 경우 KNO₃ + NaNO₃ 분위기에서 극부 부식이 나타나며, 시편표면의 양상은 화상형태로 성장하였다.
- 3) 본 소재의 응력부식 파단특성은 균열이 시편 중앙부에 동심원을 그리며 발생하는 특이한 현상을 나타낸다.
- 4) 응력부식 파단수명은 등온열처리 온도에 관계없이 거의 일정한 값을 나타내지만, 용체화 처리후 시효재의 경우는 파단수명은 현저하게 감소하였다.

참 고 문 헌

1. D.L.Erich and S.T.Donachie : Met.Prog., (1982) 22
2. J.P.Lyle and W.S.Cebulak : Metall. Trans.A, 6(1985) 685
3. J.S.Benjamin and M.J.Bomford : Metall. Trans.A, 8(1977) 1301
4. J.S.Benjamin and R.D.Schelleng : Metall. Trans.A, 12(1981) 1827
5. J.S.Benjamin : Metall. Trans., 1(1970) 2943