

2. 리튬이온전지의 펄스 Nd:YAG레이저 용접시 용접결함의 발생원인과 방지대책

기관시스템공학과 유 승 조
지도교수 김 종 도

최근 알루미늄과 같은 친환경 리싸이클 재료에 대한 관심이 높아지면서 관련 연구가 경쟁적으로 이루어지고 있다. 이러한 친환경 재료는 초소형 휴대폰을 비롯하여 고속·경량화 및 고연비를 추구하는 경제적 이동수단의 기반산업을 지탱하는 버팀목의 역할을 하기에 이르렀다. 더욱이 나노기술(nano technology)의 발달로 정밀가공이나 성막 프로세스와 같은 미세가공에서 기존의 아크열원보다는 레이저빔(laser beam), 전자빔(electron beam), 플라즈마 등의 고에너지와 고파워밀도를 가진 열원을 적용하고 있다.

특히, 레이저빔은 코히런트(coherent)한 고파워밀도의 열원으로 정밀·미세가공이 가능하고, 어스펙트 비(aspect ratio)가 큰 깊은 용입의 용접이 가능하다. 또한 같은 고에너지 열원인 전자빔에 비해 진공실을 필요로 하지 않는다는 점과 X선 방사의 위험성이 없다는 점에서 현장에서의 활용이 용이하다는 큰 특징이 있다. 따라서 현재 일본 등의 선진국에서는 이미 레이저 열원의 실용화가 이루어지고 있다. 그 중 Nd:YAG레이저는 광화이버(optical fiber)로 광을 전송할 수 있는 특성을 이용하여 자동화라인으로의 적용이 가능하게 되었으며, 그 출력이 최근에 이르러 고출력화가 이루어짐으로써 실용화가 더욱 가속화되고 있다.

최근 모바일 관련산업의 활성화로 인하여 각종 노트북, PDA, 휴대폰 등의 수요가 매우 급증하고 있으며, 그에 수반하여 2차 전지의 고용량화와 경량화가 불가피하다. 그 대표적인 것으로 리튬이온전지의 양산에 있어서 고속도·고정밀 용접에 Nd:YAG레이저를 이용하고 있으며, 리튬이온전지의 용량을 크게 함과 동시에 보다 소형·경량화를 추구하기 위해서는 전지 케이스의 박판화가 요구되고 그 사용재료 또한 가벼워야 하므로, 이에 알맞은 재료로 알루미늄합금을 사용하고 있다.

현재 국내에서도 리튬이온전지의 양산이 이루어지고 있으나, 국내의 용접기술은 선진국의 첨단 기술수준에 미치지 못하고 있으며, 용접지배인자가 다양하기 때문에 용접품질의 제어에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

그러므로 본 연구에서는, 리튬이온전지의 케이스 및 전해액주입구의 펄스 Nd:YAG레이저 용접시에 발생하는 용접결함의 발생 메커니즘을 파악하고, 그 방지대책을 제시함으로써, 고정도(高精度)·고품위(高品位)의 신뢰성이 높은 용접방법의 개발을 목표로 하였다.

이러한 목표를 수행하기 위해서 용접현상에 대한 단면관찰 및 재료학적 분석에 의하여 기공, 용입불량 및 균열 등의 용접결함에 대한 형성 메커니즘을 규명함으로써 근본적인 방지대

책을 제시하였다.

먼저, 리튬이온전지의 케이스(can-cap) 용접시 기존의 측면용접방법의 경우에는 cap 상부에 can을 얹혀 놓은 듯한 형상으로 4면을 각각 다른 용접헤드를 이용하여 4회에 걸쳐 측면에서 용접을 행하기 때문에 지그의 정도부족으로 인한 궤적의 오차를 보이고 있으며, 또한 모서리부에서는 집합면까지는 용입이 이루어지지 않은 용입불량현상이 나타났다. 그 대안으로 can과 cap의 이음형상을 달리하고, 모서리부에는 적절한 곡률반경을 주어 하향용접방법으로 용접을 행함으로써 하나의 용접헤드를 이용하여 1패스 용접이 가능하게 되어, 공정의 현저한 간소화를 이룰 수 있었으며, 단면관찰결과 용접궤적도 양호하고, 모서리부는 오히려 더 깊은 용입깊이를 확보함으로써, 매우 신뢰성이 높은 용접결과를 얻을 수 있었다.

전해액 주입구의 밀봉(ball-cap)용접시에는 먼저, 전해액 주입구에 ball을 압입할 때 기존의 압입헤드로 압입하였을 경우 cap과 ball간에 간극이 형성함으로써 용접성에 큰 영향을 주었다. 따라서 개선된 압입헤드를 적용하여 cap과 ball간의 간극을 제거함으로써 용접성이 크게 향상되었다. 또한, 전해액 주입구의 밀봉용접시 균열감수성이 높은 크레이터를 비드 외측으로 유도하였는데, 이 때 1차 비드 위에 2차 비드가 외주로 빠져나가는 교차점에서 균열이 발생하는 것을 수중 압력 누설시험을 통하여 관찰할 수 있었다. 이는 재용융에 의한 경도상승과 응고시의 수축응력에 기인하는 것으로 사료된다. 이러한 균열의 발생을 억제하기 위하여 크레이터를 비드 상에 그대로 두면서 램프다운(ramp down)기능을 이용한 크레이터 처리방식을 도입하여 용접을 행하였다. 또한 용접후 냉각시의 응고수축응력에 기인하는 균열의 발생을 억제하기 위해 용접사이클과 용접궤적을 줄여 용접을 행하였으며, 집광빔의 파워밀도를 낮추기 위해 비초점거리를 변경하여 용접을 행하였다. 그 결과 매우 양호한 용접결과를 얻을 수 있었으며, 수중 압력 누설시험한 결과 모두 누설이 발생하지 않았다.

전해액 주입구의 밀봉용접시의 용접결함의 방지대책으로는 위의 방법 이외에도, ball의 재료를 용액의 흐름이 좋은 A4000계의 알루미늄 합금으로 바꾸어 용접을 행함으로써 크랙 등의 균열발생을 억제하는 방법도 있으며, 용접시 용접결함 생성의 주요 원인이 되는 잔류 전해액의 제거 대책으로 빔 스캔법을 이용하거나, 플라즈마 열원을 이용하는 방법 등도 고려할 수 있다.