

2차전지용 알루미늄합금의 펄스 Nd:YAG레이저 용접성(I)

-전지 케이스 및 전해액 주입구의 용접-

The Weldability of Aluminium Alloy for Secondary Battery
by Pulsed Nd:YAG Laser (I)

-The Welding of Battery Case and Electrolyte Injection Hole-

한국해양대학교 기관시스템공학부 김종도

한국해양대학교 대학원 유승조

I. 서론

본 연구에서는 현재 알루미늄을 사용하여 만들어지고 있는 리튬이온전지의 케이스(can-cap) 및 전해액 주입구(ball-cap)를 밀봉하는 용접에 있어서 펄스 Nd-YAG 레이저를 이용한 용접시 발생하는 각종용접결함의 발생 메카니즘을 규명하고 실무적인 방지대책을 제시함으로써, 리튬이온전지의 레이저 용접품질 향상을 위한 기술개발을 목적으로 하였다

II. 사용재료 및 실험방법

(1) 사용재료

본 실험에서 사용된 리튬이온전지 케이스(can, cap)의 재료로는 알루미늄 합금인 A3003(H14)를 사용하였으며, 전해액 주입구의 밀봉용 ball 재료로는 A1000계열의 순 알루미늄을 사용하였다 Table 1은 리튬이온전지에 사용된 can, cap 및 ball의 재료에 대한 화학적 조성을 나타낸다 Ball의 종류는 A1050 ball, 연질 A1050 Ar처리 ball, 연질 A1090 어닐링처리 ball로 분류된다 A1050 Ar처리 ball의 경우, 경도가 낮아서 가공성은 좋으나 형상이 균일하지 못하고 일그러져 있으며 내부에 기공이 존재하는 등의 많은 결함을 가지고 있었다. 따라서 A1090 어닐링처리 ball로 대체하고 있는 실정이다

(2) 실험방법

가 리튬이온전지의 케이스용접

본 연구에서 사용된 용접장치는 펄스 Nd YAG레이저 용접기이며, Al합금의 경우 용접시의 스파터 비산 및 재료의 급속응고에 의한 균열 등의 결함을 억제하기 위하여 펄스의 후반부에 출력을 낮춘 테일링 파형(tailing-wave shape)을 적용하였다

Fig. 1은 전지 케이스의 측면용접 및 하향용접

Table 1 Chemical compositions of material (wt%)

Element Material	Mn	Fe	Mg	Cu	Si	Zn	Ti	Al
A3003(H14)	1.0	0.55	0.33	0.13	0.1	0.005	0.02	Bal
A1050	max 0.05	max 0.4	max 0.05	max 0.05	max 0.25	max 0.05	max 0.03	min 99.5
A1090	-	max 0.04	-	max 0.01	max 0.03	-	-	min 99.92

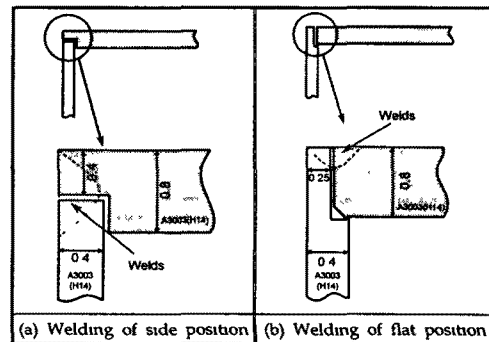


Fig. 1 Schematic diagram of welded joint

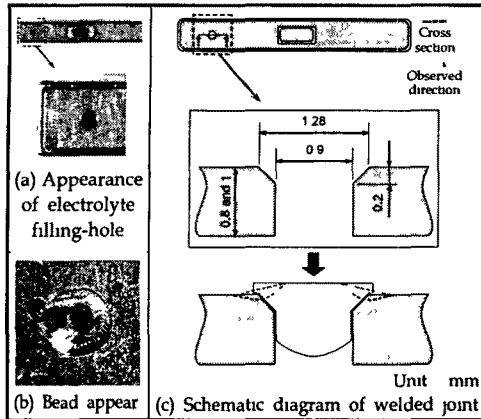


Fig 2 Appearance and schematic diagram of welded joint in ball-cap welding

을 위한 이음부의 개략도를 (a)와 (b)에 각각 나타낸다. 측면용접의 경우에는 전지의 캔과 캡 접촉부 4면을 각각 다른 용접헤드를 이용하여 4회에 걸쳐 측면에서 용접을 행하였고, 그 때의 이음부 개략도와 사용재료 및 크기를 Fig 1(a)에서 확인할 수 있다 이와는 달리, Fig 1(b)의 하향용접에서는 하나의 용접헤드로 아래보기 용접자세에서 보다 단순한 공정으로 행할 수 있다 또한, 네 면의 cap 모서리에 R=0.8mm의 곡률반경을 주어 1회의 패스(pass)로 용접을 가능하게 한 것이 특징이다

나 전해액 주입구의 밀봉용접

전해액 주입구의 용접시에도 전지 케이스의 용접시와 동일하게 테일링 파형을 적용함으로써 미면에 용접결함을 방지하고자 하였다

전해액 주입구의 밀봉용접에서 전해액 주입구의 외관형상, 용접비드 외관 및 볼-캡 용접이음부의 개략도를 Fig. 2(a)-(c)에 각각 나타낸다 (a)의 전해액 주입구를 통하여 전지의 내부로 전해액을 주입하고 가압장치를 이용하여 볼을 압입한 후 (b)와 같이 용접하게 되는데, 이 경우 균열감수성이 높은 크레이터를 캡측으로 유도하였다 이 때의 용접부 위치 및 사용재료의 치수를 (c)의 개략도에 나타낸다

III. 결과 및 고찰

(1) 리튬이온전지 케이스의 용접특성

Fig. 3에는 측면용접과 하향용접시의 단면사진을 비교하여 나타내었다 이러한 전지 케이스의 용접에 있어서 먼저 측면용접의 경우에 Fig 3(a)의 A와 B의 두 면을 비교하여 보면 지그의 정도(精度) 부족으로 인한 비드의 단면형상에 차이가 나고 있으며, 캔과 캡 간의 간극에도 많은 차이가 있다는 것을 확인할 수 있다. 또한 C의 모서리부에서 내부의 접합면까지는 용입이 되지 않은 용입불량 현상이 나타나고 있다 그러나 하향용접의 경우에는, 비드형상이 미려할 뿐만 아니라 Fig 3(b)의 a와 b에서 볼 수 있듯이 용접궤적의 정도 또한 양호하며, c의 모서리부에서는 에너지가 집중됨으로써 용입깊이가 오히려 더 깊게 나타나 매우 양호한 용접결과를 얻을 수 있었다

따라서 하향용접으로 그 이음형상과 용접방법을 변경함으로써 용접시간을 감소시킴과 동시에 용접궤적의 정도 및 용접성을 향상시킬 수 있었으며, 수증압력 누설시험에 있어서도 누설이

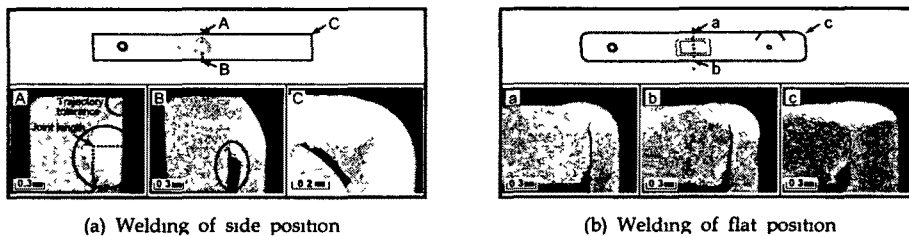


Fig 3 Comparison of side position with flat one

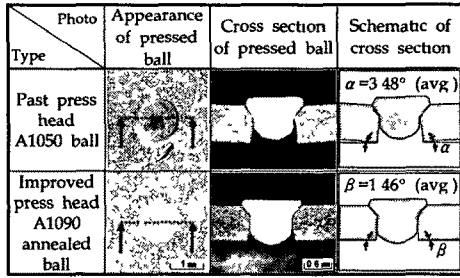


Fig 4 Deformation of cap by ball and press head

없는 매우 양호한 용접결과를 얻을 수 있었다 그러나 하향용접에서도 용접궤적의 정도 및 캡과 캡의 가공정도가 용접품질에 큰 영향을 미칠 수 있으며, 전지를 보다 고용량의 박판으로 만들 경우 중요한 변수로 작용할 수 있을 것으로 판단된다

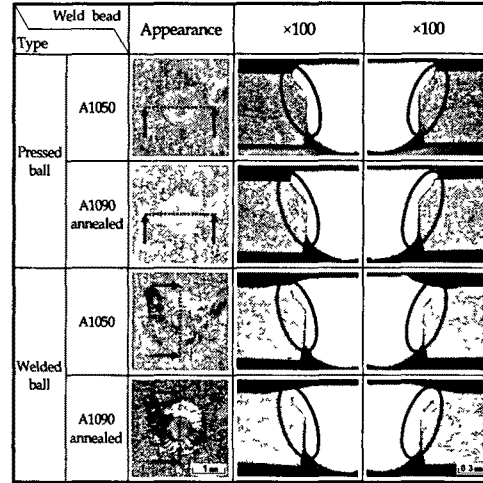


Fig 5 Variation of eccentric degree, contact length and gap in pressed and welded ball by improved press head

(2) 전해액 주입구의 밀봉용접특성

전해액 주입구를 밀봉용접하기 위해서는 주입구를 통하여 전해액을 주입한 후 압입장치를 이용하여 주입구를 AI 불을 이용하여 압입시키는데, 기존의 압입헤드 방식은 에어실린더와 스프링 장력에 의한 강한 힘이 캡에 직접 전달되어 압입시 캡의 함몰이 발생하였다 그러나 개선된 압입헤드의 경우에는 타원형의 캡을 회전시켜 불을 압입하는 방식으로써 작은 하중으로 다수 압입하는 방식을 채택하여 캡의 함몰을 방지하였다 Fig. 4 및 Fig. 5에는 불의 재질(A1050 불, A1090 어닐링처리 불)과 압입헤드 개선에 따른 캡의 변형정도, 편심도, 접촉길이 및 간극을 비교하여 나타내었다

기존 압입헤드를 이용하여 A1050 불을 압입하였을 경우, 평균 3.48°정도 캡이 함몰됨으로써 캡과 불 간의 간극이 발생하여 접촉길이가 줄어들었다 또한 강한 힘으로 압입함으로써 불이 한쪽으로 편심되어 있음을 확인할 수 있다 그러나 개선 압입헤드를 이용하여 보다 연질인 A1090 어닐링처리 불을 압입하였을 경우에는 평균 1.46°정도로 캡의 함몰이 매우 적어 캡과 불 간의 간극이 거의 발생하지 않아 접촉길이가 늘어나고, 편심도 또한 줄어들었다 이러한 간극은 용접시 불의 이탈을 초래하고, 전지 내부의 전해액이 침투하여 용접성과 누설시험 결과에도 큰 영향을 주었다 따라서 불의 재질 및 압입헤드의 개선함으로써 캡과 불 간의 간극을 줄이는 것이 용접성 향상에 크게 기여한다는 것을 알 수 있다

IV. 결론

1) 리튬이온전지의 케이스 용접의 경우, 측면용접공정에서 하향용접공정으로 개선함으로써 용접헤드를 줄이고 원패스 용접이 가능하게 되었으며 또한 비드의 단면관찰 결과 용접궤적의 정도가 매우 양호해졌으며 용입불량 등의 결함이 줄어들었다

2) 기존의 압입헤드는 실린더의 공기압과 스프링 장력 등에 의해 결정되는 강한 압입력으로 인하여 편심, 캡의 함몰 등이 일어나 캡과 불 간의 간극이 발생하였으나 개선된 압입헤드는 캡을 채용하여 소하중 다압입방식으로 압입함으로써 캡의 함몰을 방지하고, 편심도를 감소시켜 캡과 불 간의 간극을 감소시킬 수 있었으며, 그 결과 용접성이 크게 향상되었다