

리튬이온 이차전지의 비드 공정 시뮬레이션 Simulation for Bead Process in Lithium ion Secondary Battery

*김해란¹, #이영신², 김성종³, 김영지¹

*H. L. Jin¹, #Y. S. Lee(leeys@cnu.ac.kr)², S. Kim³, Y. J. Kim¹

¹충남대학교 BK21 메카트로닉스 사업단, ²충남대학교 기계설계공학과 BK21 메카트로닉스 사업단장, ³충남대학교 기계설계공학과

Key words : Cylindrical battery, Bead process

1. 서론

리튬이온 이차전지는 차세대 에너지원으로 노트북, 휴대폰, 파워툴 및 전기자동차등에 사용되고 있다. 특히, 소형이면서 고용량을 실현할 수 있기 때문에 니켈망간 및 니켈카드뮴에 비해 활용도가 점점 증가하고 있다. 리튬이온 이차전지의 장점은 에너지 밀도가 높고, 단위면적당 용량이 크고, 자가방전율이 낮고, 수명이 길다. 리튬이온 이차전지는 원통형, 각형, 폴리머 전지로 구분하는데, 이는 리튬이온을 액체 전해질로 사용하는 전지 중 그 형상에 따라 원통형, 각형으로 구분되며, 리튬이온 전지의 안전성 문제를 해결하기 위해 젤 타입의 폴리머가 전해질 역할을 하는 전지를 폴리머 전지로 구분한다. 본 논문에서는 원통형 전지에 관해서만 논의하도록 하겠다.

2. 전지 제조 공정

원통형 리튬이온 이차전지는 양극, 음극, 분리막으로 구성된 젤리-롤, 젤리-롤을 감싸는 원통형 캔과 안전장치가 포함된 양극 단자로 구성된다[1]. 이러한 원통형 전지를 조립하기 위해서는 Fig. 1 과 같은 공정을 거쳐야 한다.

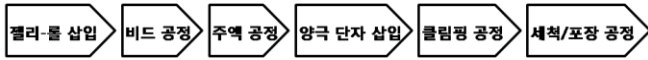


Fig. 1 Schematic diagram for assembly process of cylindrical lithium ion battery

본 논문에서 언급되는 비드와 유사한 공정으로 드로오비드 공정이 있다. 이는 일반적인 성형 공정으로 박판 성형 시 재료의 유입을 조절하는 목적으로 사용된다[2-5]. 이러한 박판 성형과 원통형 전지에서의 비드 형상은 유사하다고 볼 수도 있으나, 그 사용 목적 및 제조 방법은 전혀 다르다. 즉, 원통형 전지에서의 비드공정의 목적은 양극 단자 삽입을 위한 공간확보와 클립핑 공정 후 전지의 누액을 방지할 수 있도록 하기 위함이다. 또한, 그 제조 방법은 비드 나이프를 이용하여 캔에 비드 형상을 만들며, 이에 대한 변형을 일정하게 유지하기 위해서 상/하부 스펀들을 사용한다. 이러한 이유로 비드 공정은 원통형 전지 제조 공정 중 가장 중요한 공정으로 알려져 있다. 따라서, 본 논문에서는 비드 공정 후 최적의 형상을 유지하기 위해 유한요소 해석을 통하여 형상에 대한 시뮬레이션을 진행하여 각각의 위치에서의 두께변화와 응력을 확인하였다.

3. 비드 형상 해석

ANSYS-LS DYNA 프로그램을 이용하여 비드 인출과정에 대한 유한요소 해석을 진행하였다. 드로오비드 인출과정을 실제현상에 맞추어 드로우비드가 양쪽에서 안쪽으로 전진되면서 캔을 비드 단면 형상으로 성형하는 성형과정과 드로우비드가 전진 완료된 상태에서 성형된 캔이 인출되는 인출과정으로 해석하였으며, 각각의 위치에서의 두께변화와 응력의 크기를 구하였다.

Fig. 2는 본 해석에서 사용된 드로오비드의 형상이다.

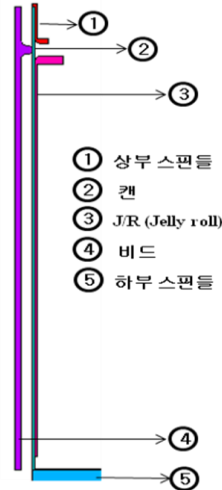


Fig. 2 Drawbead geometry of the cylindrical lithium ion battery

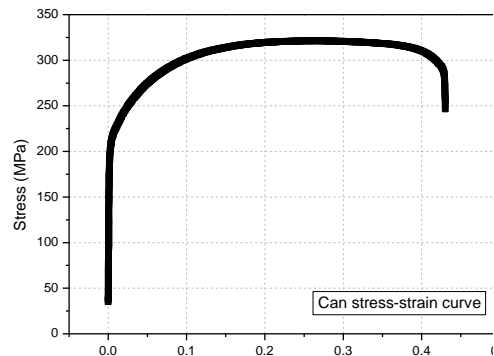


Fig. 3 Stress strain curve of the can

Table 1 Material properties of cylindrical can

	Young's Modulus (MPa)	Density (kg/m ³)	Poisson's ratio
Spindle	200e3	7800	0.3
Can	200e3	7800	0.3
J/R	200e3	7800	0.3
Bead	200e3	7800	0.3

Fig. 2에서 1과 5는 각각 상부와 하부 스펀들, 2는 캔, 3은 J/R, 4는 비드를 표시한다. 1 m/s의 속도로 상부스핀들은 아래로 하부 스펀들은 위로 캔을 압축하고 비드는 안쪽으로 캔을 드로오한다. 여기서 J/R은 캔을 받침하는 작용을 한다. 해석에 사용한 모델에서 캔의 길이는 65mm, 두께는 0.25mm로 되어있고 비드는 볼록한곳은 넓이 1.3mm 두께 1.2mm로 되어있다. 해석에서 사용된 각 부분의 물성치는 Table 1에서 표시한바와 같고 비드의 응력-변형률선도는 Fig. 3에서 표시한바이다.

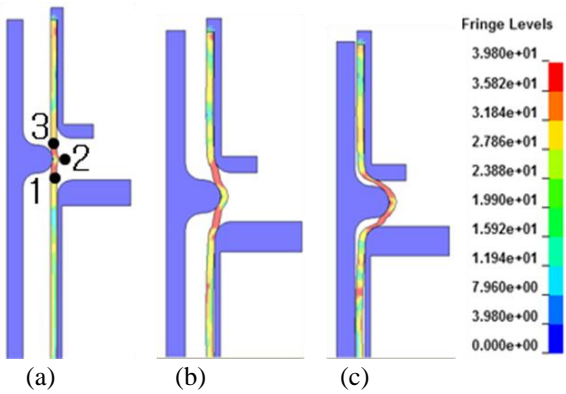


Fig. 4 Stress result of the cylinder lithium ion battery drawbead action

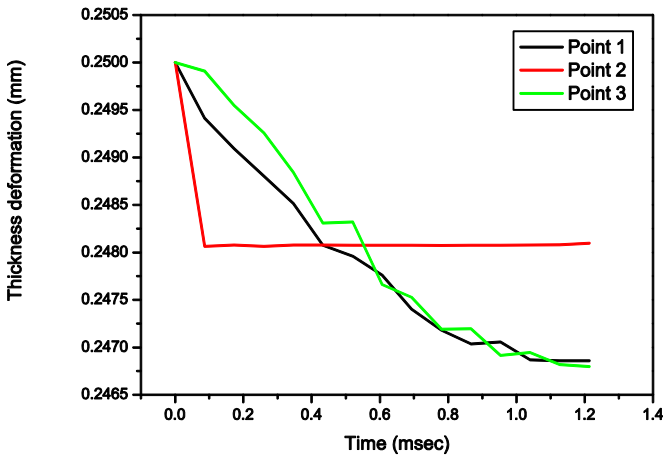


Fig. 5 Can thickness history with different point

4. 비드공정해석결과

Fig. 4 는 드로오비드 하강단계와 인출단계에서의 응력해석 결과를 나타낸것으로서 (a)는 비드가 캔을 드로오하기 시작하는 초기상태의 응력부포, (b)는 비드의 드로오작용과 상하 스프링들의 압축하에서 캔이 비드의 단면 모양으로 성형되는 과정에서의 응력분포상태, (c)는 드로오비드가 인출될 때의 응력상태를 표시한다. 최대응력은 39.8MPa 로서 드로이비드과정중 비드와 캔이 닿는 순간에 최대응력은 비드의 볼록한면과 캔의 중앙면이 접촉하는 부분에서 나타나고 성형과정 중에서는 캔의 중앙면과 조금 떨어진 양옆에서 생기며 인출 된후에서 최대응력이 다시 중앙면으로 집중되는 것을 보아낼 수 있다. 이때 Fig. 4(a) 에 위치한 포인트 1, 2, 3 에서 포인트 1, 3 은 최대응력이 발생하는 곳이며 이때 이 두 포인트와 비드가 캔과 접촉하는 접촉면의 두께의 변화를 관찰해 보았으며 결과는 Fig. 5 에서 표시한 바와 같다. 총 해석시간은 1.2msec 로하여 시간에 따른 두께의 변화를 관찰하였다. 결과로 부터 보면 중앙점, 즉 point 2 의 위치에서 비드와 캔이 접촉순간에 작으많은 두께의 변화가 있지만 드로오비드 성형과정과 완료된 과정에서는 거의 두께의 변화가 없다. Point 1 과 Point 2 의 두께 변화의 경향은 비슷하며 드로오비드가 시작하여서 부터 성형과정을 거쳐 완료상태에 이르기 까지 거의 선형적으로 두께가 줄어든다. 이처럼 드로오비드형성중 두께는 차츰적으로 줄어들며 심하면 파괴까지 일으키기 때문에 드로오비드 공정중 비드의 길이를 적당하게 선택하는 것은 매우 중요하며 드로오비드에서 없어서는 안될 하나의 난점중의 하나이다. 이러한 시물레이션 해석을 통하여 실험의 시간과 비용을 줄이며 적절한 비드의 길이 선택에 있어서 최적의 방법일 것이다.

5. 결론

원통형 리튬이온 이차전지의 제조 공정 중 비드 공정에 대한 해석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비드 공정 후 0.25t 의 두께는 point 1 점에서 0.4686 mm 로, point 2 점에서 0.24808 mm 로 그리고 point 3 점에서 0.2468 mm 로 감소하였다. 두께의 변화가 너무 큰 편이 아니며 이는 드로오비드의 길이를 늘릴 수 있을 가능성을 보여준다.
2. 비드가 캔에 접촉순간부터 캔의 성형과정을 성형된 캔이 인출된 후의 응력변화과정을 살펴보았다. 결과 최대응력은 point 1 과 point 3 에서 39.8 MPa 로 나타났다.
3. 결론 적으로 전지에 사용되는 비드 형상은 본 시물레이션에서 보여 주듯이 비드의 깊이를 어느 정도 더 늘릴수 있다.

참고문헌

1. W. V. Schalkwijk, and B. Scrosati, "Advances in Lithium-ion Batteries", 2002.
2. D. W. Jung, "A Study on the Influence of the Punch Stroke of Bead on the Draw-bead Process by using Static-explicit Finite Element Method," The Korean Society of Ocean Engineers, Vol. 15, No. 2, pp 72-78, 2001.
3. G. S. Bahn, C. K. Mo, E. K. Suh, "A Study on the Binding Force of Drawbead in the Sheet Metal Forming Process through the Finte Element and Experimental Analysis," Journal Korean Society of Industrial Application, Vol 10, No. 1, pp. 5-14, February, 2007.
4. M. Y. Demeri, "Drawbeads in Sheet Metal Forming," Journal of Materials Engineering and Performance, Vol. 2(6), pp. 863-866, December, 1993.
5. T. H. Choi, H. Huh, B. K. Chun, J. H. Lee, "Draw-bead Simulation by an Elasto-plastic Finite Element Method with Directional Reduced Integration," Journal of Materials Processing Technology, Vol 63, pp. 666-671, 1997.