

유기계초대용량콘덴샤의 전극제작에 미치는 몇가지 인자들의 영향

리충남, 전민웅

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보기술, 나노기술, 생물공학을 비롯한 핵심기초기술과 새 재료기술, 새 에너지기술, 우주기술, 핵기술과 같은 중심적이고 견인력이 강한 과학기술분야를 주력방향으로 정하고 힘을 집중하여야 합니다.》

현재 세계적으로 화석연료의 리용으로 인한 CO₂의 과도한 방출로 생태환경이 급격히 파괴되고있으며 따라서 환경오염방지는 인류가 직면한 초미의 과제이다. 이로부터 CO₂의 방출량을 최소화하기 위하여 전기자동차의 리용을 장려하고있다.[1, 2] 전기자동차의 전원으로 제일 많이 리용하는것은 리튬이온축전지인데 가격이 매우 비싸며 수명은 보통 5~10년이다. 최근에는 시동과 가속시 축전지에 가해지는 부하를 줄이고 수명을 늘이기 위하여 초대용량콘덴샤와 리튬이온축전지를 병합하는 방향으로 나가고있다.[1-3]

우리는 유기계초대용량콘덴샤전극제작에 미치는 몇가지 인자들의 영향을 검토하였다.

실험 방법

기구로는 건조로, 교반기, 연도기, 압연기, 제습함, 말이기, 초음파용접기를, 시약으로는 활성탄(40 μ m이하, 비표면적 1 120m²/g), 아세틸렌그을음(회분함량 0.2%이하), 고무라텍스(LA132), 카르복시메틸셀유소(CMC), Al박지(20 μ m)를 리용하였다.

초대용량콘덴샤제작 일정한 량의 CMC와 LA132를 증류수에 풀고 4h동안 800r/min의 속도로 교반하였다. 여기에 일정한 량의 활성탄과 아세틸렌그을음을 넣고 4h동안 1 500r/min의 속도로 교반하여 걸죽한 반죽물을 제조하였다. 이것을 연도기에서 260 μ m 두께로 Al박지의 량쪽면에 각각 연도하고 90℃의 건조로에서 30min동안 건조시킨 다음 압연기로 압연하여 전극을 제작하였다. 이 전극을 3.5cm×1m의 크기로 2장 절단하고 Al 인출선을 초음파용접한 후 전극사이에 3겹PP격막을 끼워넣어 말아한 다음 니켈도금한 AA형외통에 반조립하였다. 이것을 건조로에서 24h동안 진공건조시킨 다음 제습함(습도 3%이하)에서 1mol/L LiPF₆/DMC+EC 전해액을 주입하고 콘덴샤를 완전히 밀봉하여 완성하였다.

전기화학적특성측정 콘덴샤의 전기화학적특성은 자동충방전기에서 정전류방식으로 결정하였다. 콘덴샤의 정전기용량과 활성탄전극의 비용량은 다음식으로 결정하였다.

$$C_{\text{콘}} = \frac{I\Delta t}{\Delta U}, C_{\text{탄}} = \frac{2I\Delta t}{m\Delta\phi}$$

여기서 Δt 는 충전 및 방전시간, ΔU 는 Δt 시간동안 콘덴샤의 전압변화, I 는 전류세기, $\Delta\phi$ 는 Δt 시간동안 활성탄전극의 포텐셜변화, m 은 개별전극내부에서의 활성탄질량이다.

초대용량콘덴샤의 정전기용량은 5mA/cm²의 전류밀도에서 10차 충방전후 충방전곡선의 선형성이 만족되는 50~75%사이에서 계산하였다.

실험결과 및 해석

전극의 비용량특성에 미치는 점결제함량의 영향 활성탄 : 아세틸렌그을음=8 : 1, LA132 : CMC=9 : 1일 때 점결제함량에 따르는 초대용량콘덴사의 10차 충방전곡선은 그림과 같다.

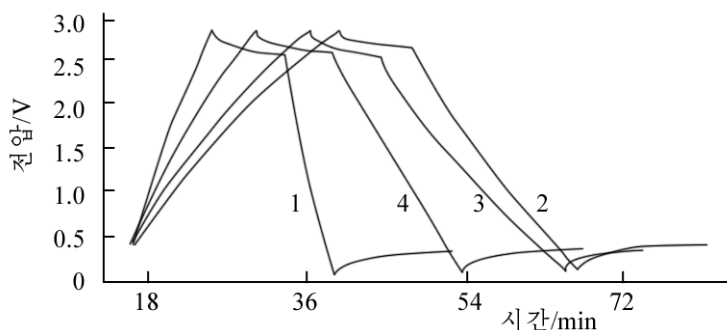


그림. 점결제함량에 따르는 초대용량콘덴사의 10차 충방전곡선
1—4는 점결제함량이 각각 3, 5, 7, 10%인 경우, 전류밀도 5mA/cm²

그림에서 보는바와 같이 초대용량콘덴사들의 충방전곡선은 비교적 대칭성과 선형성이 만족된다. 그림으로부터 비용량을 결정한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 점결제함량에 따르는 비용량

점결제함량/%	3	5	7	10
비용량/(F·g ⁻¹)	12	32	30	21

표 1에서 보는바와 같이 점결제함량이 5, 7%일 때 비용량이 32, 30F/g으로서 비교적 높다.

전극재료인 활성탄과 AI집전체사이에는 화학결합이 없으므로 집전체에 전극재료를 부착시키기 위해서는 적당한 량의 점결제를 넣어야 한다. 점결제함량이 3%일 때에는 전극재료의 부착세기가 매우 낮으며 충방전과정에 전해액이 집전체와 전극재료사이에 침투하여 전극재료를 탈락시킨다. 점결제함량이 10%일 때에는 부착세기는 높지만 비저항이 크고 점결제가 활성탄의 다공성구조를 메워버리므로 비용량이 감소하게 된다.

점결제함량이 5, 7%인 콘덴사의 연속충방전성능을 검토한 결과 점결제함량이 5%일 때 500차후 비용량은 32F/g으로부터 20F/g까지 급격히 떨어졌으며 7%일 때에는 1 000차후에도 30F/g을 유지하였다. 점결제함량이 5%인 콘덴사에서는 부분적인 전극탈락이 관측되었으며 7%인 콘덴사에서는 관측되지 않았다. 실험결과로부터 점결제함량을 7%로 하는 것이 합리적이라는것을 알수 있다.

전극의 전기화학적특성에 미치는 점도의 영향 활성탄 : 아세틸렌그을음 : LA132 : CMC=82 : 10 : 7 : 1일 때 증류수의 량을 변화시키면서 전극의 전기화학적특성을 고찰한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 증류수량에 따르는 전극의 전기화학적특성

합제량 : 증류수량	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
점도/(mPa·s)	6 100	4 500	3 200	2 700
전극상태	갈라터짐	약간 갈라터짐	균일함.	균일함.
면밀도/(g·cm ⁻²)	0.034	0.027	0.020	0.015
비용량/(F·g ⁻¹)	22	24	30	31
체적비용량/(F·cm ⁻³)	4.10	4.16	4.45	3.32

점도는 전극의 연도과정에 큰 영향을 미친다. 점도가 지내 높으면 배합물이 연도과정에 룰에 묻으면서 박지에 균일하게 입혀지지 않고 건조과정에 갈라터지게 된다. 한편 점도가 지내 낮으면 전극두께를 보장하기 어려우며 단위면적당 활성물질함량(면밀도)이 낮아져 체적비용량이 감소하게 된다.

표 2에서 보는바와 같이 점도가 4 500mPa·s이상일 때에는 건조과정에 전극이 갈라터지는 현상이 나타나고 충방전과정에 전극재료가 부분적으로 탈락되어 비용량이 감소하며 점도가 3 200mPa·s이하일 때에는 면밀도가 감소하면서 체적비용량이 크게 감소한다. 따라서 점도를 3 200mPa·s정도로 보장하여야 한다.

전극의 전기화학적특성에 미치는 전극두께의 영향 활성탄 : 아세틸렌 그을음 : LA132 : CMC=82 : 10 : 7 : 1, 점도 3 200mPa·s일 때 전극두께에 따르는 전극의 전기화학적특성을 고찰한 결과는 표 3과 같다.

표 3. 전극두께에 따르는 전극의 전기화학적특성

전극두께/ μm	250	260	270	280
전극상태	균일함.	균일함.	균일함.	갈라터짐
면밀도/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$)	0.019	0.020	0.023	0.027
비용량/($\text{F}\cdot\text{g}^{-1}$)	31	30	25	—
체적비용량/($\text{F}\cdot\text{cm}^{-3}$)	4.27	4.45	4.32	—

표 3에서 보는바와 같이 전극두께가 280 μm 이상일 때에는 전극이 갈라터지는 현상이 나타나는데 이것은 전극이 두텁기때문에 건조시 전극웃면과 내부에서의 열분포가 차이나기때문이다. 전극두께가 250 μm 일 때 전극의 비용량은 약간 크지만 면밀도가 작은것으로 하여 체적비용량이 감소한다.

전극두께는 전해액의 확산에 큰 영향을 미친다. 초대용량콘덴샤는 큰 전류로 고속충방전시킬수 있어야 하므로 전극두께를 최대한로 얇게 하여야 이온들이 전극내부로 쉽게 확산될수 있다. 그러나 전극두께를 너무 얇게 하면 전극의 면밀도가 작아지면서 체적비용량이 감소하므로 일정한 전극두께를 보장하여야 한다. 따라서 전극두께를 260 μm 로 보장하는것이 합리적이다.

전극의 전기화학적특성에 미치는 건조온도의 영향 활성탄 : 아세틸렌 그을음 : LA132 : CMC=82 : 10 : 7 : 1, 점도 3 200mPa·s일 때 건조온도에 따르는 전극의 전기화학적특성을 고찰한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 건조온도에 따르는 전극의 전기화학적특성

건조온도/ $^{\circ}\text{C}$	70	80	90	95
건조시간/min	28	22	20	15
전극상태	균일함.	균일함.	균일함.	갈라터짐
비용량/($\text{F}\cdot\text{g}^{-1}$)	30.1	30.3	30.0	—

표 4에서 보는바와 같이 건조온도가 95 $^{\circ}\text{C}$ 이상일 때 용매인 물이 급격히 증발하면서 전극이 심하게 갈라터지게 된다.

건조온도가 90 $^{\circ}\text{C}$ 이하일 때에는 전극상태가 비교적 균일하며 비용량에서도 큰 차이가 없다. 그러므로 생산성을 고려하여 건조시간이 짧으면서도 전극상태가 균일한 온도인 90 $^{\circ}\text{C}$ 에서 건조시키는것이 합리적이다.

맺 는 말

유기계초대용량콘덴샤의 전극제작에 합리적인 조건은 점결제함량 7%, 배합물의 점도 3 200mPa·s, 전극두께 260 μ m, 건조온도 90℃이다. 이때 초대용량콘덴샤의 비용량은 30F/g이다.

참 고 문 헌

- [1] L. B. Chen et al.; J. Appl. Electrochem., 36, 10, 1099, 2006.
- [2] Rafael Vicentini et al.; J. Energy Storage, 23, 116, 2019.
- [3] 陈培诚 等; 第十届全国新型炭材料学术研讨会论文集, 635~639, 2012.

주체110(2021)년 1월 5일 원고접수

Effects of Some Factors on the Manufacture of the Electrode of Organic Electrolyte Supercapacitor

Ri Chung Nam, Jon Min Ung

The reasonable manufacturing conditions of the electrode of organic electrolyte supercapacitor are as follows: the content of binder is 7%, the viscosity of the mixer is 3 200mPa·s, the thickness of the electrode is 260 μ m and the drying temperature is 90℃. Here the specific capacity of supercapacitor is 30F/g.

Keywords: organic electrolyte supercapacitor, binder