

AA형초대용량전기화학콘덴샤의 제작과 그것의 전기화학특성

전민웅, 김덕성, 김동수, 리충남

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《우주를 정복한 위성과학자처럼 최첨단돌파전을 힘있게 벌려 나라의 전반적과학기술을 하루빨리 세계적수준에 올려세워야 합니다.》

초대용량전기화학콘덴샤(EDLC)는 충전시간이 매우 짧고 비출력특성이 좋은 등의 우점[1-4]으로 하여 전자, 기계공업뿐만아니라 국방공업에서 널리 리용되고있다.

초대용량콘덴샤개발에서 중요한 문제는 콘덴샤의 기본특성인 비용량을 최대한으로 높일수 있게 전극을 합리적으로 만드는것이다. 그러자면 양극, 음극기본활성물질과 함께 여러가지 첨가제들을 잘 선정하고 그에 맞게 전극제조방법을 확립하여야 한다.

우리는 양극기본활성물질로 $\text{Ni}(\text{OH})_2$ 을, 음극기본활성물질로 활성탄을 선정하고 여기에 기타 여러가지 전도제와 점결제들을 배합하여 콘덴샤의 양극과 음극을 제조하고 그에 기초하여 AA형초대용량전기화학콘덴샤를 제작하고 그 특성을 검토하였다.

실험 방법

실험에서 리용한 전극재료들의 일부 물리적특성은 표와 같다. 여기서 β 형수산화니켈은 선행연구[3], 활성탄은 선행연구[1]에서와 같은 방법으로 자체로 합성한 시료를 리용하였다.

표. 전극재료들의 물리적특성

재료	립도/ μm	비표면적/ $(\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1})$	농도/%	비고
β 형수산화니켈	20~25	25~30	—	자체
활성탄	40>	970	—	자체
흑연	40>	60	—	국내산
아세틸렌그을음	25>	50	—	국내산
테프론현탁액	—	—	60	수입산

먼저 양극물질을 일정한 비율로 균일하게 혼합한 다음 여기에 해당하는 량의 점결제를 40배(체적으로)의 증류수로 희석시켜 적하하면서 교반한다.

충분히 교반한 후 반죽물에 적당한 량의 에틸알콜(95%이상)을 첨가하여 응결시킨 다음 쌍통식로라기에서 0.2mm정도의 얇은 박막을 만들었다. 이 박막을 가열프레스에서 일정한 성형온도와 압력을 보장하면서 크기가 38mm×100mm×0.4mm인 발포니켈기판에 접착시켰다. 다음 이 전극을 120℃의 건조로에서 10h동안 건조시켜 양극을 제조하였다.

활성탄음극은 선행연구[2]에서와 같은 배합비와 전극성형온도, 성형압력에서 만들었는데 전하담지막의 두께는 0.2mm, 발포니켈기판의 크기는 38mm×100mm×0.5mm로 하였다.

이렇게 만든 양극과 음극사이에 PP격막을 끼우고 AA형외통에 조립한 후 7mol/L KOH + 15g/L LiOH 전해액을 충분히 침지시켜 콘덴샤를 제작하였다.

정전류충방전때 용량계산식은 다음과 같다.

$$C = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta U} \quad (1)$$

여기서 C 는 콘덴샤의 용량, I 는 방전전류, Δt 는 측정시간, ΔU 는 측정시간동안 콘덴샤의 전압강하이다.

충방전전류밀도는 $5\text{mA}/\text{cm}^2$ 로 하였으며 측정시간은 방전전압이 초기전압의 40~60%에 달할 때(곡선의 선형성이 만족되는 구간)까지로 하였다.

실험결과 및 해석

전기화학콘덴샤의 비용량특성에 미치는 양극배합비의 영향 양극재료의 배합비가 콘덴샤의 방전비용량특성에 미치는 영향은 단인자법으로 평가하였다. 즉 다른 재료들의 함량을 고정시키고 한가지 재료의 함량만을 변화시키면서 위의 실험방법으로 전극을 제조하여 방전용량을 계산평가하고 합리적인 함량을 결정하였다. 충방전때 대극으로는 위의 실험방법으로 만든 활성탄전극을 리용하였다.

수산화니켈함량에 따르는 콘덴샤의 충방전특성곡선은 그림 1과 같다.

그림 1로부터 콘덴샤의 방전비용량을 계산하면 수산화니켈의 함량이 74, 73, 75, 72%일 때 각각 32.6, 31.3, 30.1, 28.6F/g으로서 74%일 때 제일 크다.

흑연, 아세틸렌그을음, 테프론점결제함량에 따르는 콘덴샤의 방전비용량특성은 각각 그림 2-4와 같다.

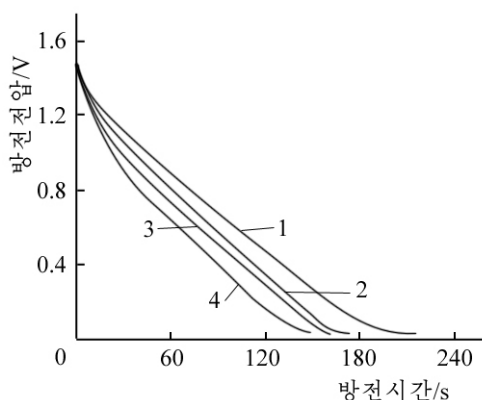


그림 1. 수산화니켈함량에 따르는 콘덴샤의 충방전특성곡선
1-4는 함량이 각각 74, 73, 75, 72%인 경우

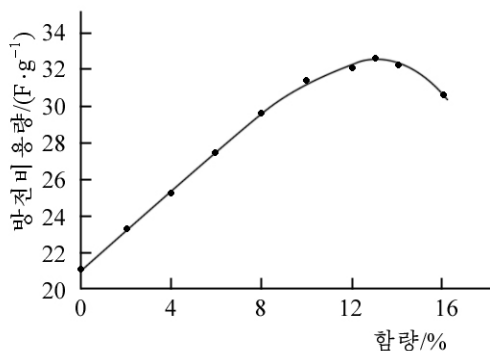


그림 2. 흑연함량에 따르는 콘덴샤의 방전비용량특성

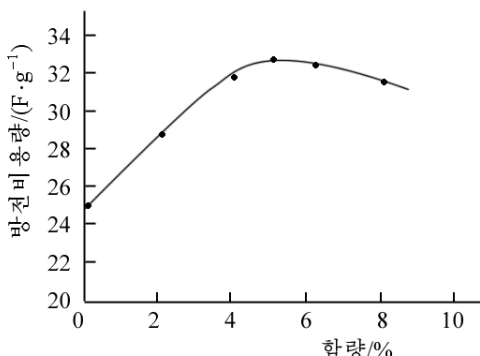


그림 3. 아세틸렌그을음함량에 따르는 콘덴샤의 방전비용량특성

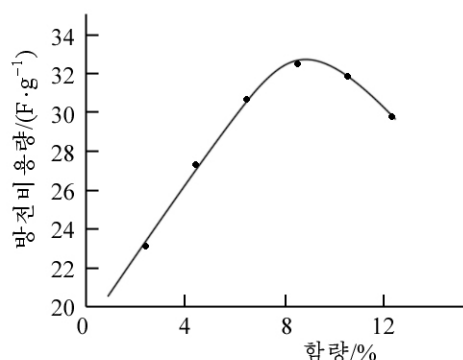


그림 4. 테프론점결제합량에 따르는 콘덴샤의 방전비용량특성

그림 2-4에서 보는바와 같이 흑연은 13%, 아세틸렌그을음은 5%, 테프론은 8%일 때 콘덴샤의 비용량이 최대에 달한다.

전기화학콘덴샤에서 비용량특성을 높이기 위하여서는 전극활성물질의 리용률을 최대로 높이는것이 중요하다. 그러나 수산화니켈의 반도체적성질로 하여 그 함량이 지나치게 많아지면 전기전도성이 떨어져 콘덴샤의 전기용량이 작아지게 된다.

따라서 여기에 전도성재료를 첨가하는데 그 첨가량을 옳게 조절하여야 전극의 전도성을 높이면서 수산화니켈의 리용률을 최대로 높일수 있다.

또한 리용하는 재료들은 분말상태이므로 이것을 발포니켈기관에 부착시키기 위하여서는 알카리용액에 견디면서 점결성이 좋은 테프론현탁액과 같은 점결제를 반드시 리용하여야 하는데 테프론자체는 전도성이 없으므로 그 함량을 적당히 정하여야 전극의 기계적세기와 비용량특성을 보장할수 있다.

실험결과에서 알수 있는바와 같이 양극재료의 합리적인 배합비는 수산화니켈 : 흑연 : 아세틸렌그을음 : 테프론=74 : 13 : 5 : 8이다.

전기화학콘덴샤의 비용량특성에 미치는 성형온도와 압력의 영향 전극성형온도와 압력은 전극의 특성에 중요한 영향을 미치는 인자이다.

성형온도와 압력을 잘 조절하여야 전극의 기공성을 보장하고 기관과 박막사이의 부착력을 크게 하여 전극의 비용량특성뿐아니라 수명특성도 높일수 있다.

0.2mm두께의 얇은 박막을 만들고 2장의 박막사이에 발포니켈기관을 끼우고 성형온도와 성형압력을 변화시키면서 전극을 제조하여 비용량특성을 검토하였다.(그림 5)

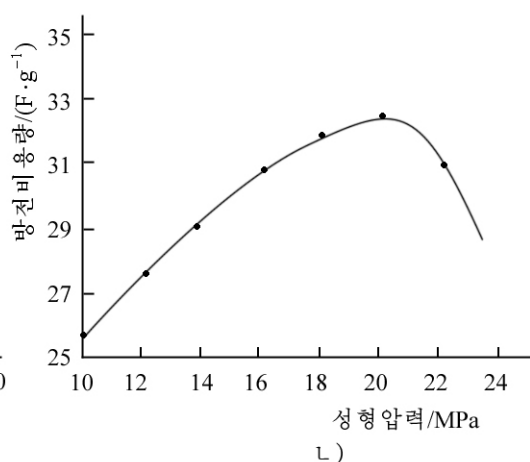
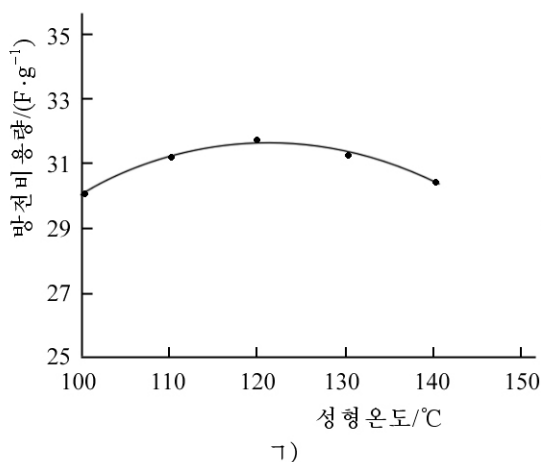


그림 5. 성형온도(Γ)와 성형압력(Λ)에 따르는 콘덴샤의 방전비용량특성

그림 5에서 보는바와 같이 합리적인 전극성형온도와 압력은 각각 120°C, 20MPa이라는 것을 알수 있다.

AA형초대용량콘덴샤의 전기화학적특성 우의 실험방법대로 AA형초대용량콘덴샤를 제작하고 그것의 일부 특성들을 평가하였다.

AA형 초대용량콘덴샤의 10차충방전곡선은 그림 6과 같다.

그림 6에서 보는바와 같이 충방전곡선의 대칭성이 잘 보장되며 이것은 우리가 제작한 초대용량콘덴샤의 가역성이 아주 좋다는것을 보여준다.

충방전곡선으로부터 용량을 계산하면 콘덴샤의 전기용량은 30.3F, 충방전효율은 98.6%에 달한다.

다음으로 콘덴샤의 주기수명을 200mA의 전류세기로 정전류충방전을 연속 진행하여 매 주기마다 전기용량을 계산하는 방법으로 평가하였다.(그림 7)

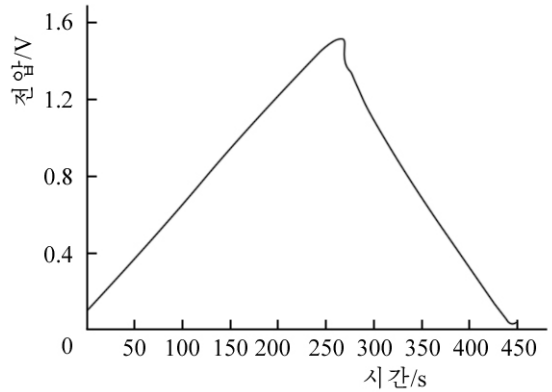


그림 6. 초대용량콘덴샤의 10차충방전곡선
충방전전류 200mA

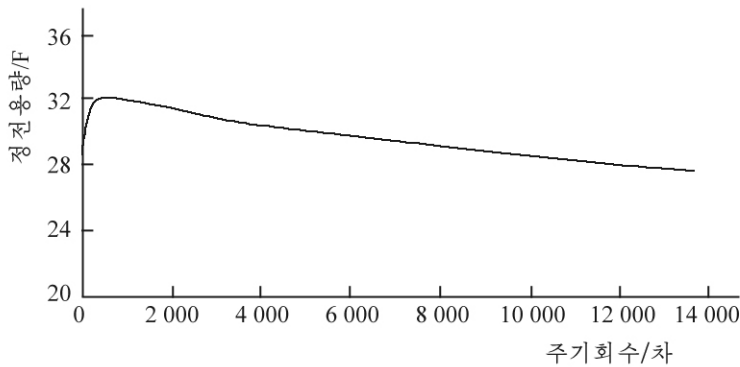


그림 7. 주기회수에 따르는 콘덴샤의 용량특성

그림 7에서 보는바와 같이 초대용량콘덴샤는 10차충방전이후부터 용량이 30.3F로 비교적 안정화되며 14 000차후 27.7F, 용량감소율은 8.6%로서 주기수명특성이 아주 좋다는것을 알수 있다.

AA형초대용량콘덴샤의 자체방전특성은 콘덴샤의 전압을 1.5V까지 올리고 30min동안 유지한 후 24h동안 방치하면서 매 시간마다 전압을 측정하여 자체방전속도를 측정하는 방법으로 평가하였다.(그림 8)

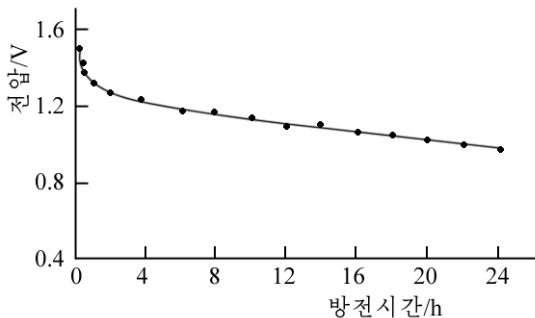


그림 8. 방치시간에 따르는 콘덴샤의
자체방전특성곡선

그림 8에서 보는바와 같이 우리가 만든 초대용량콘덴샤의 자체방전속도는 0.007V/h로서 비교적 느린 자체방전속도를 가지고있다는것을 알수 있다.

이상의 결과에서 보는바와 같이 우리가 제작한 초대용량콘덴샤가 선행연구에서 제기된 콘덴샤[4]들보다 좋은 성능을 가지고있다는것을 알수 있다.

맺는말

양극물질의 합리적인 배합비는 질량비로 수산화니켈 : 흑연 : 아세틸렌그을음 : 테프론 74 : 13 : 5 : 8이며 전극성형압력과 성형온도는 120°C, 20MPa이다.

우리가 실험에서 만든 AA형 초대용량콘덴샤는 전기용량 30.3F, 충방전효율 98.6%, 주기수명 14 000차이상, 자체방전속도 0.007V/h로서 아주 좋은 전기화학적성능을 가진다는것을 알수 있다.

참고문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 57, 10, 126, 주체100(2011).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 3, 97, 주체101(2012).
- [3] 김덕성 등; 전국과학토론회논문집, 김일성종합대학출판사, 167, 주체100(2011).
- [4] A. Lewandowski et al.; J. Power Source, 173, 2, 822, 2007.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

Preparation of AA Type Super-Capacitor and Its Electrochemical Characteristics

Jon Min Ung, Kim Tok Song, Kim Tong Su and Ri Chung Nam

Ni(OH)₂ is one of the materials that are widely used to super-capacitor.

We studied on the preparation of Ni(OH)₂ electrode for super-capacitor.

The suitable mixing ratio is Ni(OH)₂ : graphite : acetylene black : Teflon 74 : 13 : 5 : 8 and electrode figuration press and temperature are 20MPa and 120°C respectively.

Under this condition, AA type super-capacitor has capacitance 30.3F, efficiency 98.6%, cycle life 14 000 and itself discharge rate 0.007V/h.

Key words: super-capacitor, nickel oxidation, activated carbon