

항공기용 니켈 카드뮴 축전지 개발

Development of Ni/Cd Battery for Aircraft

조진훈*, 김훈, 김윤환(IBT), 장재원, 송복섭(한국항공우주연구원)

1. 서 론

1.1. 개발배경

오늘날 항공 수요의 급증에 따라 이들 전원용 전지의 고성능화에 대한 요구도 급속히 높아지고 있다. 특히 항공기용 전지들은 소형 경량화되어야 하고 짧은 시간 내에 충전과 방전이 이루어져야 하며 넓은 온도범위에서 사용이 가능하여야 한다. 이러한 요구특성에 부합시키기 위하여 주요 부품인 양극과 음극 및 설퍼레이터, 케이스, 극주, 조립기술의 지속적인 개선을 통해 현재 사용되는 제품들은 항공기에서 요구되는 고에너지밀도, 고출력특성을 만족시키고 있다.

그러나 아직까지도 저온에서 성능이 급속히 저하되는 현상을 보이고 있으며, 항공기용 축전지는 전량 수입에 의존하고 있기 때문에 군부대에서의 요구 특성에 적합한 제품 공급, 긴급수요와 A/S발생시 군용 물자의 공급 대처능력 및 유지 보수 체계에 한계가 있어 저온성능이 우수한 국산제품의 개발이 절실하다.

본 연구에서는 고율 방전 성능 향상을 위한 전해액 조성의 최적화와 자기 방전 특성 개선을 위한 설퍼레이터 재질개발 및 저온특성 향상을 위한 첨가제 개발을 통하여 국방규격과 MIL 규격에 부합하는 항공기용 축전지를 개발하였다.

1.2. 국내·외 관련기술의 현황

1930년대에 독일에서 양극보다 음극의 용량을 높게 설계함으로써 과충전시에 양극에서 발생하는 산소를 음극에서 발생하는 수소와 재결합 반응을 통해 물로 되돌려 밀폐화한다는 획기적인 발명이 이루어졌다. 게다가 전해액은 가스의 투과를 방해하지 않는 정도로 극판 및 설퍼레이터에 적시는 정도의 소량이라도 전지특성은 충분히 유지됨이 확인되었다. 그러나 이 발명은 제

2차 세계대전 때문에 빛을 보지 못하다가 전후 1950년대에 비로소 유럽에서 실용화가 이루어졌다.

일본에서는 개방형 니켈 카드뮴 축전지로 산업용에 도전하고 있었던 시기였으나, 이 획기적인 발명의 제품화도 동시에 추진하여 양·음극의 용량비, 설퍼레이터의 종류 등의 검토와 극판 제조 방식의 개선을 추진하였으며, 1950년대에 미국으로부터 고 성능의 소결식 니켈 카드뮴 축전지 기술을 입수하게 되었다. 이 전지는 극판의 활물질 유지체로서 고 다공도의 니켈 소결식 기판을 사용하였다.

1985년에 스펀지 메탈식(foam metal) 니켈 양극을 처음으로 원통 밀폐형 니켈 카드뮴 축전지에 채용하여 종전의 제품에 비해 전지 용량을 약 30% 향상시킨 SM30의 상품화에 성공하였다. 이후, 고용량 타입의 전지로서는 비소결식이 주류를 이루어 현재는 스펀지식 기판 외에 금속 섬유(metal fiber)도 적용되고 있다.

세계적으로 소용량 니켈 카드뮴 축전지 제조업체로는 일본의 Sanyo, Matsushita, Sony, Yuasa, 미국의 AT(Alexander Technologies), EP(Eagle-Picher), PS(Power Sonic), MPT(Marathon Power Technologies), Motorola, 중국의 BYD, 홍콩의 GP 등이 있으며, 대용량 니켈 카드뮴 축전지 제조업체로는 Saft와 MPT, Yuasa등이 있으나 군 및 항공기 분야에서는 Saft와 MPT사가 대표적이다.

위에서 언급한 바와 같이 니켈 카드뮴 전지는 대부분이 일본 업체가 주도권을 잡고 있으며, 현재 국내에서 우주항공 및 군사용으로 사용되는 니켈 카드뮴 축전지의 90% 이상을 수입에 의존하고 있다. 따라서 국내에서도 지속적인 투자를 통하여 국방규격과 MIL 규격에 부합하며

외산제품과 경쟁력을 가질 수 있는 고성능 2차 전지의 연구개발이 시급한 실정이다.

1.3. 요소기술

항공기용 니켈 카드뮴 축전지는 사용 특성상 고율방전특성이 매우 중요한데, 이를 좌우할 수 있는 여러 중요 인자들은 전해액의 조성 및 특성과 밀접한 관계가 있다.

전해액의 조성비와 첨가 물질의 종류에 따라 고율 방전 특성과 방전 지속 시간을 결정하므로 전지 설계에 있어서의 여러 인자를 고려해서 시험을 진행해야 하며, 또한 양·음극 전극 사이의 격리막으로 이용되는 Separator는 자기 방전 특성을 좌우하므로 재질과 규격의 변경을 통해 성능 개선을 수행했으며, Field에서의 악조건인 혹한기에 전지의 성능이 열화되지 않도록 저온 특성 향상 등을 해결할 수 있도록 종합 검토하여 최적화 조건을 확립했다.

2. 본 론

2.1. 시험방법

시험전지는 당사에서 제조한 소결식 수산화니켈 양극과 카드뮴 음극판을 이용하여 14Ah급으로 제조하였다.

시험전지 설계를 위하여 SAFT AMERICA INC.의 F-4/5용 14Ah급 전지를 입수 및 Tear Down을 수행하였다.

2.1.1. 세퍼레이터 재질 개발

일반적으로 사용되는 폴리아마이드와 폴리프로필렌 재질을 조사하였고, 설계 Spec.에 부합하는 6종을 선택하여 물성평가 및 전지 적용 특성평가를 수행하였다.

2.1.2. 전해액 조성의 최적화

Blank로 당사 조성과 SAFT사 제품의 조성을 선택한 후 수산화리튬의 첨가량에 따른 전지 특성을 비교하였다.

2.1.3. 전지특성 평가

MIL Spec.과 국방규격에 근거하여 표1과 같이 시험을 수행하였다.

2.2. 평가 및 고찰

2.2.1. 세퍼레이터 재질 개발

선정된 6종에 대하여 단위 면적당 중량, 두께, 흡수율 및 섬유 직경을 측정하였으며, 그 결과

표 1. 전지특성 평가 항목

시험항목		시험방법	규격기준 (Mil Spec)
특성시험	용량	충전 후 5.5A 정전류 방전(1.0V 까지)하여 방전지속 시간 측정	2hr 이상
		충전 후 9.5A 정전류로 방전(0.95V 까지)하여 지속시간 측정	1hr 이상
	저온	충전후 -20℃ chamber에 24시간 보관 후 75A 정전류로 0.76V까지 방전하여 지속시간 측정	3분 이상
	고율	충전 후 상온에서 75A 정전류로 0.76V까지 방전하여 지속 시간 측정	5분 이상
환경시험	진동	충전후 온진폭 3.6mm로 매분 1000회 진동을 연속 60분 실시	변형, 파손, 단락, 단선이 없을 것
	내충격	충전후 두께 10mm이상의 견목위에 20cm 높이에서 자연 낙하 시킨다.	변형, 파손, 누액, 단락, 단선이 없을 것
	내구성	충전, 방전 Cycle을 200Cycle 반복 후 용량 측정	종료시 95% 용량이상일 것

표 2. 세퍼레이터 물성 비교

LOT	A	B-a	B-b	B-c	C-a	C-b
Surface treatment	Mechanical grafting	Grafting (UV radiation)			Mechanical grafting	
Weight (GSM)	65	71	55	45	51	50
Thickness (mm)	0.122	0.223	0.125	0.164	0.122	0.165
Absorption capacity (GSM)	175	192	58	140	95	10
Fiber diameter (μm)	10~20	10~30	4~30	3.6~13	10~30	12~32

는 표 2와 같이 세퍼레이터를 구성하고 있는 섬유
의 직경을 확인하기 위한 SEM 결과는 그림
1과 같다.

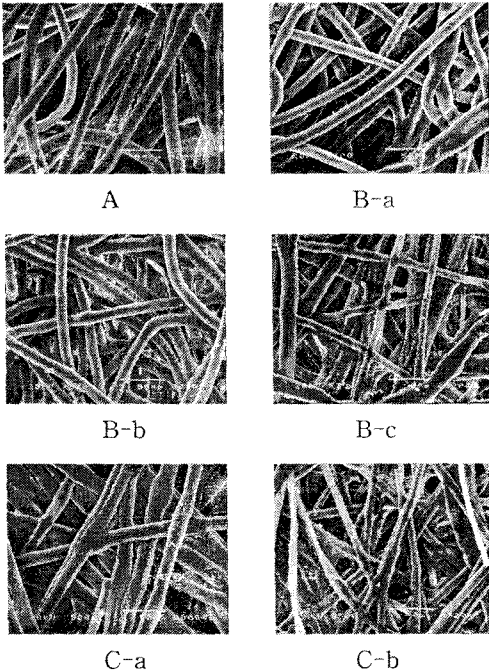


그림 1. 세퍼레이터 SEM 사진

전지 적용 특성 분석을 위하여 시험전지를
0.2C 기준 160% 충전 후, 45°C에서 7일 방치,
25°C에서 28일 방치 후 0.2C 기준 방전 전류로
용량시험 실시하였다. 자기방전율을 계산하기
위하여 초기방전 용량 대비 전기 용량 하락 비
율 계산하였으며, 그 결과는 그림 2, 3과 같다.

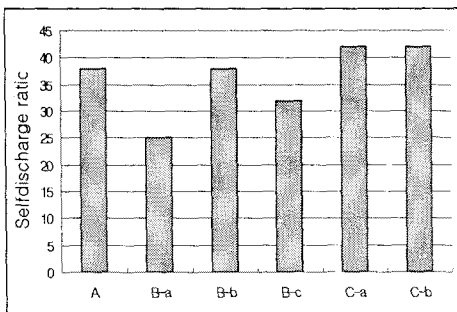


그림 2. 45°C 7일 방치시 자기방전율

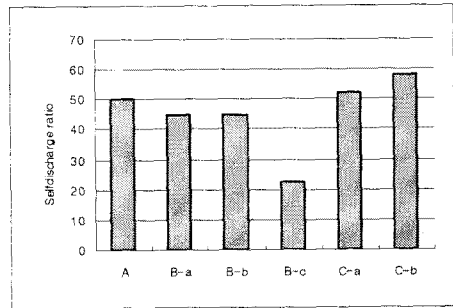


그림 3. 25°C 28일 방치시 자기방전율

그림 2에서 B-a LOT가 자기 방전율 25%로
서 45°C 방치 성능 측면에서 가장 우수한 특성
을 나타낸 반면에 그림 3에서는 B-c LOT가
25°C, 28일 방치 조건에서 자기 방전율이 22%
로서 가장 우수한 특성을 나타냈다.

여러 Model의 세퍼레이터에서 B-a, B-c
LOT로 압축 선정하여 DOD 80%에서 14A 방
전 전류로 전극의 전압 Drop치를 측정 비교 평
가하였고, 그림 4에서 알 수 있듯이 B-c 특성이
우수하여 이 후 시험전지에 적용하였다.

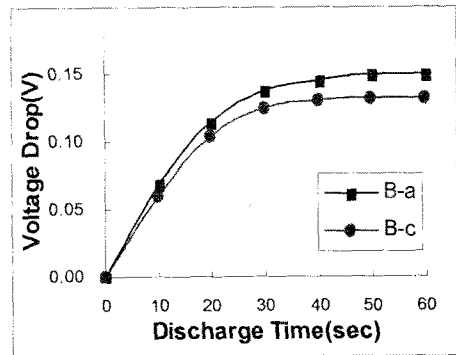


그림 4. DOD 80%, 14A 방전

2.2.2. 전해액 조성의 최적화

당사조성과 SAFT조성에 대한 전지 특성을
비교하기 위하여 상온에서 0.2C로 160% 충전한
후 0.2C, 0.5C, 1.0C, 2.0C 전류에 대한 방전율별
시험을 수행하였고 결과는 표 3과 그림 5와 같
다.

표 3과 그림 5.에서와 같이 E-2(SAFT 조성)
의 시험전지가 E-1(당사 조성)제품 대비 1.0C

방전율에서는 7.6%증가, 2.0C 방전율에서는 11.7%정도 증가된 방전용량을 나타내었는데 일반적으로 항공기용 축전지는 여러 가지 전기적 특성 중 우수한 고율 방전 특성을 요구하므로 저율(0.2C) 및 중율(0.5C)방전 특성을 고려하지 않았다.

표 3. 방전율별 방전용량

시험 LOT	방전율별 방전용량(Ah)				비고
	0.2C	0.5C	1.0C	2.0C	
E-1	17.0	16.6	16.1	14.4	당사조성 (포켓)
E-2	16.9	16.7	16.3	15.0	SAFT조성

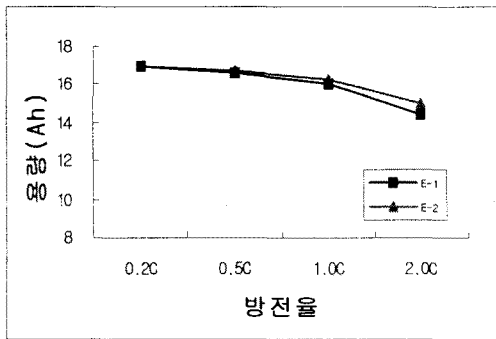


그림 5. 전해액 조성비에 따른 방전 특성

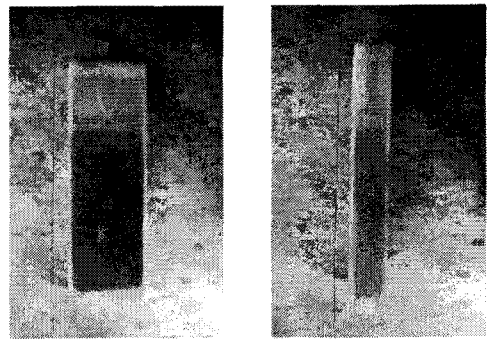
E-2 조성을 Blank로 하여 LiOH시약을 전해질 물질 대비 0.0%, 1.5%, 3.0%의 세 가지 LOT별로 시험 전지에 첨가하여 저온특성을 비교하기 위하여 0.2C 충전 전류로 160% 충전 후 -30℃저온 chamber에서 24h 방치하여 0.2C, 0.5C, 1.0C 전류로 방전하여 용량을 측정 비교하였다. 또한 25℃에서 28일 방치시 자기방전율을 측정하여 표 4.에 결과를 정리하였다.

표 4.에서와 같이 저온방전특성은 L-2와 L-3이 비슷한 경향을 보이고 상대적으로 L-1이 열악한 특성을 보였다. 또한 상온 28일 자기방전 특성은 L-2가 다소 우수하여 최종 시제품 제작에 적용된 전해액 조성은 L-2와 같다.

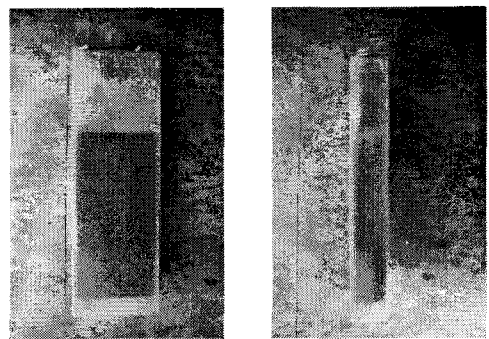
표 4. 전해액 조성별 저온특성 및 자기방전성능

LOT	조건	-30℃에서 방전용량(Ah)			자기방전율 (%)	비고
		방전율				
		0.2C	0.5C	1.0C	25℃ 28일 방치	
L-1	No addition	12.8	10.7	9.0	22.2	
L-2	LiOH 1.5%	13.1	11.2	9.6	22.4	선정
L-3	LiOH 3.0%	13.0	11.0	9.4	25.4	

2.2.3. 전지특성 평가



(a) F-4/5 SAFT제품



(b) F-4/5 개발품

그림 6. F-4/5 축전지의 외관

제조된 전지의 외관은 그림 6.과 같으며 치수는 표 5.에 나타내었다.

개발품의 치수는 MIL-PRF-81757/1D 규격에 의하여 제조하였다.

표 5. F-4/5 축전지의 Dimension

항목	MIL 규격	개발품	SAFT
가로	61.3± ^{0.38} / _{0.64}	61.0	61.0
세로	27.0± ^{0.38} / _{0.64}	27.0	27.1
높이	체고	162.30이하	160.4
	총고	165.7±0.5	165.4
중량(kg)	1.30이하	1.29	1.28

표 6. 개발품 성능

시험 항목	시험방법	규격기준 (Mil Spec)	시험 결과	판정
특성 시험	5.5A 정전류 방전특성	2hr 이상	3시간	합격
	9.5A 정전류 방전특성	1hr 이상	82분	합격
	저온특성	3분 이상	9분	합격
	고율특성	5분 이상	9분	합격
환경 시험	진동	변형, 파손, 단락이 없을 것	양호	합격
	내충격	변형, 파손, 누액, 단락이 없을 것	양호	합격
	내구성	중료시 95% 용량이상일 것	100%	합격

제조된 개발품의 성능은 표 6.에서와 같이 MIL규격 및 국방규격 시험 7개 항목에 대하여 모두 만족하여 F-4/5 항공기 부착시험을 제81 항공정비창 전기반에서 2004.03.16부터 04.02일까지 18일 동안 시행하였다. 부착시험에는 국방품질관리소, 제81 항공정비창, 공군군수사 개발과, (주)IBT 기술연구소에서 참석하였으며, 개발품 19cell을 직렬 연결하여 적용기기인 F-4에 탈·부착 시험을 하였다. 이는 기존 제품과 상호호환성 여부를 확인하는 시험이다. 시험결과 기존제품과 상호호환에서는 문제가 없는 것으로

판명되었다. 또한 개발제품을 장착하여 제품의 주 기능인 시동상태를 확인하였다. 엔진 시동시 전지는 연료 분사구에 불꽃을 생성하여 점화를 하는데 개발제품은 제 기능을 수행했다. 적용기기 F-4가 비행시 보조전원으로서 역할을 수행할 수 있는지 판단하는 시험방법인 충방전 시험에서도 충방전 시험에서 개발 제품은 충전 후 26V(24V이상 시 합격)를 나타냈다. 평가에 사용된 F-4/5 항공기는 그림 7.과 같다.

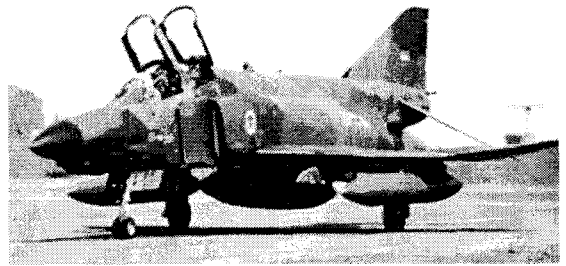


그림 7. 부착시험에 사용된 F-4

3. 결 론

본 연구를 통하여 최종목표인 F-4/5 CELL BATTERY 제조기술 개발과 시제품 제작 및 부대 부착 시험에 성공하였다. 부대의 요구 특성인 고율방전 성능, 자기 방전 성능, 저온(-30℃)방전 특성을 향상시키기 위해 전해액 조성 개발, separator 재질 및 규격 개발, 첨가제 개발 시험을 성공적으로 수행한 것은 타종의 항공기, 헬기, 망위산업의 체계 장비용 축전지 국산화 개발에 있어서 획기적인 도움이 될 것으로 판단되며, 2005년부터 수입대체효과가 발생하기 시작하여 2007년에는 80억원 정도로 예상됨과 동시에 생산 및 제조 시설 투자 증대로 협력업체 및 모기업의 고용 증대 효과가 예상된다.

참고문헌

- [1] 세화, "전지편람", 1997
- [2] S.UNO FALK, "ALKALINE STORAGE BATTERIES, 1975
- [3] A.M.Christ, "J.Appl. Electrochem., 26, 255, 1996
- [4] MIL-PRF-81757D, 1999