

동전기적 가스발생방식의 자동윤활주유기 개발

왕 덕 현[#]

Development of Automatic Grease Lubricator for Gas Generation Type of Galvanic Electricity

Duck-Hyun Wang[#]

ABSTRACT

Automatic grease lubricator is an equipment that provides adequate amount of fresh grease constantly to the shaft and bearings of machines. It minimizes the friction heat and reduces the friction loss of machines to the least. This paper is developing an automatic grease lubricator using a mode of the gas generation type from galvanic electricity. The ultimate goal of this equipment is to lubricate an adequate amount of grease with galvanic corrosion. In an electrolyte, combining anode(Mo) with cathode(Zn) is pressing out hydrogen gas of an galvanic element with galvanic reaction. The characteristics of this method is continuous flowing small hydrogen gas and controlling the usage of the amount of the generation of hydrogen gas. The exterior body of grease lubricator was analyzed by Digital Mock-up of CATIA V5 and finite element analysis. The maximum stress is distributed over the outlet part where the grease lubricator suddenly narrowly contracts. The outlet part is analyzed with different constructed angle due to the different loading and setting angles. Using the analyzed design, RP trial products were produced and tested.

Key Words : Grease lubricator(윤활주유기), Galvanic electricity(동전기), Bubble meter(비누 막), 쾌속조형기(RP), 전해질(Electrolyte)

1. 서 론

자동그리스주유기는 자동화 산업의 발전과 더불어 산업현장 전반에 걸쳐 사용되고 있으며, 기계의 원활한 구동과 수명 연장을 위해 지속적으로 신선한 윤활유를 공급하는 장치이다. 베어링 작동 부위의 윤활효과를 꾸준히 유지시켜 주는 장치이다. 이 주유장치는

는 마찰열의 극소화, 마찰 손실과 마멸을 최소한으로 줄여 기계장비의 수명 연장 및 설비 가동률을 향상시켜 주며, 항상 적정량의 윤활유가 자동으로 지속적으로 급유됨으로써 기계장비의 예방 보전 및 수동 주입의 번거로움을 해소시킬 수 있다.

본 연구에서 제안하고 있는 자동그리스주유기는 전해액 속에 가스발생용 장치를 투입시켜 갈바닉 부식(Galvanic corrosion)에 의해 윤활유를 토출시키는 방법이다. 본 연구의 자동그리스주유기는 전해질이 들어있는 팽창 가능한 용기 내에 양극(몰리브덴)을

교신저자 : 경남대학교 기계자동화공학부
E-mail : dhwang@kyungnam.ac.kr

음극(아연)과 도전적으로 결합하여 갈바니 반응에 의하여 동전기적인 소자의 수소 가스가 압출되고 수개월 걸쳐서 윤활유를 주유기로부터 소량의 가스를 항상 발생시키는 것을 특징으로 하고 있다. 사용기간에 따라 가스 발생량의 차이를 가지도록 가스 발생용 엘리먼트를 제작하여 전해액에 투입함에 따라 다양한 주기로 그리스를 주입할 수 있는 장치를 제작하고자 한다. [1-4]

그리스의 토출 방식을 선택한 후 CATIA V5의 Digital Mock-UP 방식의 시뮬레이션과 유한요소해석에 의한 설계로 주유기에 응력 집중이 가장 많이 발생하는 몸체부 설계에 중점을 두고 주유기 토출부의 응력집중에 의한 파괴 현상 발생을 방지하기 위하여 토출부의 각도와 설치각도에 따른 유한요소해석을 실시하였다. 이렇게 설계 된 자료를 바탕으로 캐속조형기를 이용하여 시작품을 제작하고 그리스 토출 시험을 거친 후 금형 제작하였다.

2. 가스발생용 그리스주유기의 설계

2.1 갈바니 부식을 이용한 작동 방식

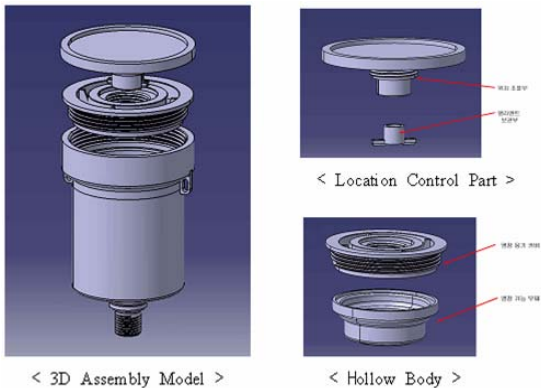


Fig. 1 The solid modeling of an automatic grease lubricator using galvanic electricity

본 연구에서는 밀폐된 팽창 가능한 용기가 내장된 형태의 팽창 부재 내에 전해질 유체를 담고 양극과 음극이 도전적으로 결합되어 있는 동전기적 전지를

밀폐 용기 내에 투입시킴으로써 전해질과 갈바니 전지가 접촉하며 수소가스가 생성되고 이때의 압력이 팽창부를 부풀려 피스톤을 하강시키면서 그리스가 토출되는 방법을 이용하였다. Fig. 1은 본 연구에서 제안하고 있는 가스 발생용 자동그리스주유기의 기본 3D 모델링 형상으로 그리스와 전해질을 담고 있는 부분과 갈바니 전지를 담고 있는 부분을 분리 시켜두고 차후 그리스의 토출을 원할 때 간단히 결합할 수 있는 형태로 모델을 제안하고 있다. 또한 그리스와 전해질 및 가스발생용 엘리먼트는 일정시간이 되면 수명이 다하게 되지만 외형의 사출제품은 재활용이 가능하도록 콤팩트한 구조로 되어있다.

2.2 실험재료 및 실험장치

본 연구에서는 갈바니 반응에 의한 수소가스를 발생시키기 위하여 이온화 경향이 높은 아연(Zn)을 음극으로 선택하고 양극을 몰리브덴(Mo), 알루미늄(Al), 구리(Cu)로 같은 조건의 크기의 시편으로 제작하여 사용하였으며, 아연의 용해도가 높으며 수소가스 발생이 꾸준하고 장시간 사용 가능한 강알카리 용액의 KOH수용액을 전해질로 선택하여 사용하였다. Fig 2은 Ø1인 몰리브덴, Ø1인 알루미늄, Ø1인 구리 막대를 아연의 중앙 홈 부위에 이탈되지 않도록 하기 위하여 납땜을 이용하여 결합시키는 방식을 이용하였다. 이때 이용된 납은 이온화 경향이 아주 낮으므로 수소가스를 발생시키는 현상에는 관여하지 않다.

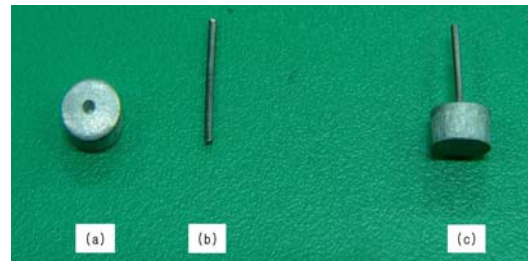


Fig. 2 Galvanic cell for hydrogen evolution
(a) cathode (Zn), (b) anode (Mo), (c) Galvanic cell

KOH 전해질의 순도가 95%이상인 고상 KOH 특급 시약(DC Chemical Co.,Ltd)을 그 농도가 2M(11.4%), 4M(22.8%), 6M(34.2%) 그리고 포화농도에 가까운

8M(45.6%)이 되게 상온(18℃)에서 제조하여 실험에 사용하였다. 평균 물성치는 Table 1에 나타난 것과 동일하고 Fig. 3은 bubble meter를 이용하여 KOH 전해질과 가스발생 엘리먼트의 갈바닉 반응에 의한 수소가스의 발생량을 10분 주기로 1시간 동안 측정하기 위해 만든 장치이다.

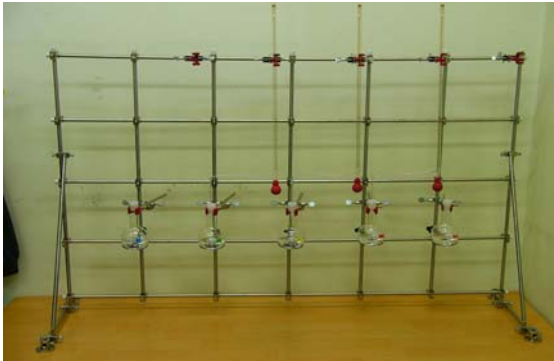


Fig. 3 A Measuring equipment of the generation test of hydrogen gas using bubble meter

Table 1 Physical properties of electrolyte used in this study (KOH 1M = 56g)

property concentration	density (g/cm ³)	viscosity (cp)	conductivity (mho/cm)	pH
2M KOH	1.093	0.98	0.130	13.66
4M KOH	1.184	1.19	0.152	13.98
6M KOH	1.264	1.57	0.168	14.38
8M KOH	1.335	2.08	0.176	14.79

2.3 갈바닉 부식에 의한 가스발생 방법

전해질이 들어있는 팽창 가능한 용기 내에 양극(몰리브덴)이 음극(아연)과 도전적으로 결합하여 갈바닉 반응에 의하여 동전기적인 소자의 수소 가스가 압출되고, 이것에 의하여 동전기적인 소자가 밀봉된 팽창 가능한 용기를 팽창하고, 수개월에 걸쳐서 유회유를 주유기로부터 측수개소에 끼워 소량의 가스를 항상 발생시키는 것을 특징으로 하고 있다. [5-7] Fig. 4은 갈바닉 반응에 의한 수소가스의 발생방법을 나타내고 있고, 갈바닉 반응에 의한 수소 발생 반응식은 다음과 같다.

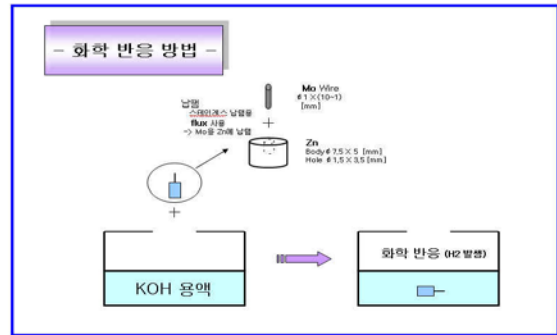
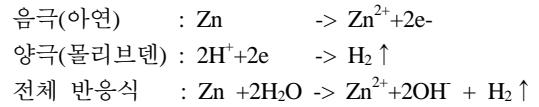


Fig. 4 A mode of the generation of hydrogen gas from galvanic electricity

2.4 수소가스 발생량 측정

2.4.1 양극의 종류에 따른 수소가스 발생량

갈바닉 부식에 의한 수소가스 발생 기구는 전해질의 종류와 전극의 종류에 따른 여러 방식이 있으며, 이에 따라 가스 발생량의 차이 또는 가스 발생의 불안정한 요인을 가지고 있다. 또한 전해질과 반응을 일으키는 전극의 결합방식과 anode에 상당한 영향을 받게 되므로, 그리스 토출 주기를 설정하기 위해 먼저 갈바닉 전지의 종류에 따른 가스 발생량 측정이 하였다. 음극(cathode)의 아연 금속에 대한 양극(anode)의 반응 금속인 몰리브덴, 알루미늄, 구리를 이용하여 갈바닉 전지를 만들고 포화농도에 가까운 8M KOH 수용액 100ml속에 5개의 전지를 투입하여 양극종류에 따른 수소가스 발생량을 측정하였다. Fig. 5, Fig. 6과 Fig. 7은 양극에 종류에 따른 수소 발생량을 나타내고 있다. 단 시간에 정확하게 파악하기 위하여 갈바닉 전지 5개를 전해질 속에 투입시켜 그 반응을 알아보았기 때문에 Fig. 7은 시간당 수소가스 발생량이 자동그리스주유기의 용량과 사용 기간에 비해 많이 발생되는 듯하나, 수소가스 발생량은 거의 일정함으로 몰리브덴의 길이를 변화시켜 가스 발생량을 조절하여 그리스 토출을 위한 구동력으로 사용이 가능하였다.

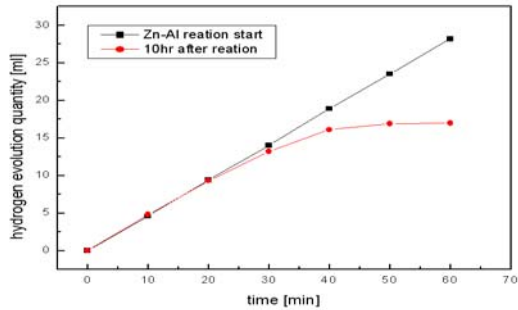


Fig. 5 The generation of hydrogen gas of Zn-Al galvanic cell

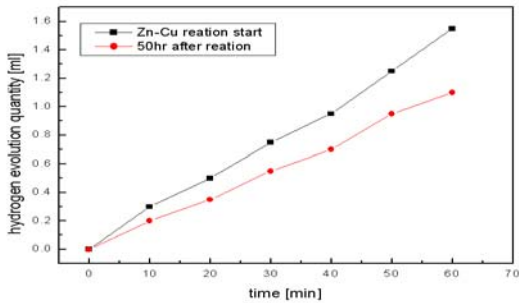


Fig. 6 The generation of hydrogen gas of Zn-Cu galvanic cell

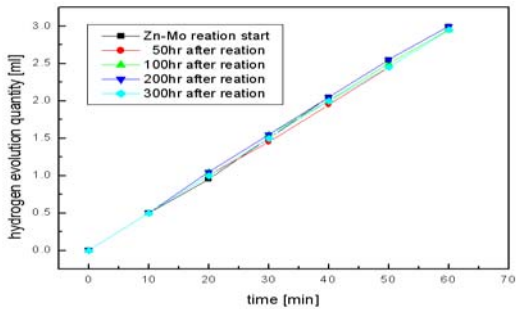


Fig. 7 The generation of hydrogen gas of Zn-Mo galvanic cell

2.4.2 KOH 농도에 따른 수소가스 발생량 측정

KOH 용액은 31%에서 전기전도도가 최대값을 가지며 그 이상 농도에서는 용액의 viscosity가 증가하기 때문에 전기 전도도가 감소하며 31%이하의 농도에서는 OH-이온의 농도가 감소하므로 전기 전도도가

감소하게 된다. 또한 33% KOH 농도 이상에서는 unbound water 양이 K+이온과 OH-이온이 수화되기 때문에 충분하지 못하므로 전기 전도도가 감소함에 따라 갈바닉 반응이 느리게 일어나게 되며, 33%이하의 KOH 농도에서는 unbound water 가 충분히 존재하지만 갈바닉 반응이 일어나면서 OH-이온의 농도가 감소함으로써 31%의 농도에서 보다 반응이 느리게 진행된다. Fig. 8과 Fig. 9은 전해질의 농도에 따른 Zn-Mo쌍에 의한 수소 가스 발생량을 나타낸 것으로 초기단계에서는 가스의 발생량이 조금의 차이를 보였으나 장시간 후의 반응에서 농도가 낮은 2M, 4M KOH수용액과 농도가 높은 8M KOH 수용액에서 수소가스의 발생량이 초기단계에서보다 줄어들었으며, 6M KOH (34.2%) 수용액에서는 초기의 수소 발생량과 거의 차이를 보이지 않는다.

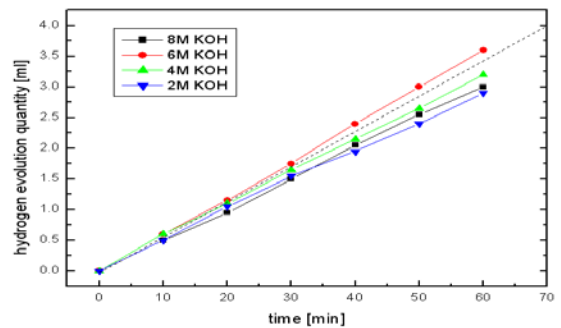


Fig. 8 After beginning of reaction, the generation of hydrogen gas from density of the KOH for a hour

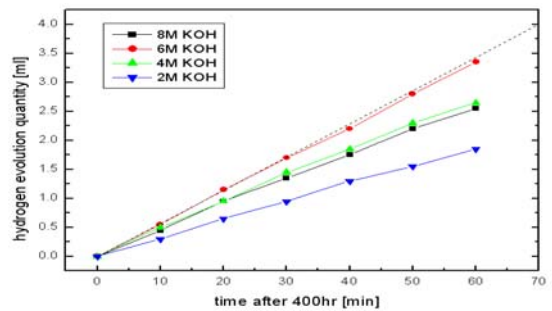


Fig. 9 After 400 hours, the generation of hydrogen gas from density of the KOH for a hour

2.5 몰리브덴의 길이에 따른 그리스 토출량 측정

팽창 가능한 용기 내에서의 수소가스의 발생량에 따라 팽창 부재의 부피가 결정되고 팽창 부재의 부피가 커짐 속도에 따라 주유기 몸체에 포함되어 있는 시간당 토출량이 결정된다. 즉, 그리스의 토출량을 제어하기 위해서는 수소가스의 발생량 조절이 반드시 필요하게 된다. Fig.10은 그리스의 토출량을 제어하기 위해서 몰리브덴의 길이를 달리 제작하여 토출량 측정하여 그리스 사용주기 선정에 이용하였다. Table 2는 1개월용(8mm) 몰리브덴 전극을 이용하여 그리스 토출이 시작될 때의 압력과 그리스가 완전 토출되었을 때의 압력 변화를 나타낸 것으로 최대 발생 압력이 주유기 몸체부가 견딜 수 있는 압력 내에 있도록 설계하기 압력 변화를 알아보았다.

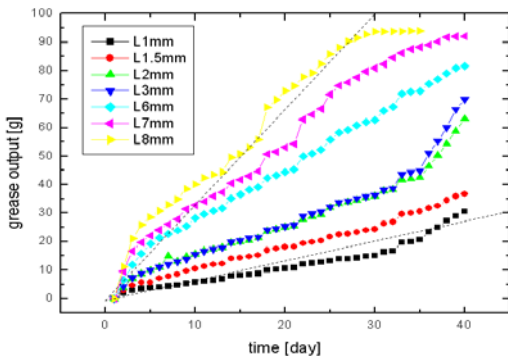


Fig. 10 Lubrication test from different Mo length for a month (Using 6M KOH)

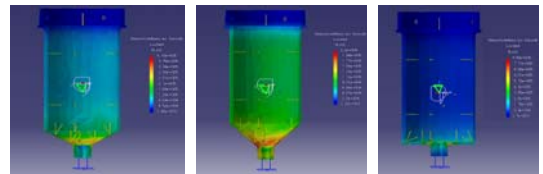
Table 2 Maximum pressure at lubrication test (Unit : Kg/cm2)

	토출 시작 시 (2일 경과)	토출 완료 시 (30일 경과)	토출 완료 후		주유기 몸체부 허용응력
			(60일 경과)	(90일 경과)	
Sample 1	1.8	4.0	8.0	9.2	12~15
Sample 2	1.5	3.8	7.5	9.0	
Sample 3	2.1	4.5	8.2	9.5	

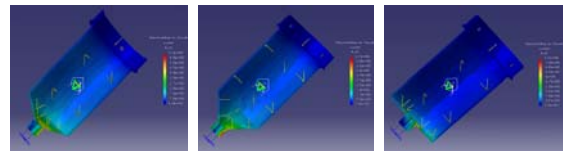
3. 몸체부 형상설계

자동그리스주유기의 설계에 있어서 형상설계는 제

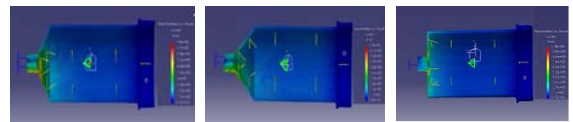
품의 실용화 가능성에 지대한 영향을 미치게 됨으로써 제품의 품질을 높이고 제품 개발 기간을 단축을 위해 설계단계에서 CATIA V5의 Digital Mock-Up방식의 시뮬레이션과 유한요소해석을 사용하여 제품의 제작성, 조립성을 조기 검증하고 설계 품질을 향상시키고 많은 시간과 비용을 요구하는 시제품의 제작을 최소화하였다. Fig. 11은 기존의 자동그리스주유기의 형상과 유사한 모양으로 설계된 몸체부에서 응력 집중이 발생하는 토출부(outlet)의 설치각도(30°, 45°, 90°)에 따라 다르게 모델링하여 응력 해석한 결과를 나타내고 있으며, 기본적인 주유기가 수직 설치될 때의 응력분포 형상으로 토출부 부분에서 응력집중현상이 나타났다.



(a) automatic grease lubricator from various angles of the outlet



(b) automatic grease lubricator at 45° installed



(c) automatic grease lubricator at horizontal installed

Fig. 11 Stress diagram at various installation angle

4. 시제품 제작, 평가 및 토출 실험결과

4.1 시제품 제작 및 평가

유한요소해석과 Digital Mock-up 과정을 거쳐 안전하게 설계된 솔리드 모델링을 바탕으로 쾌속조형기

(FDM Maxum, U.S.A ; Status Co.)를 이용한 시제품을 제작 후 자동그리스주유기 형상 설계의 제작성과 조립성을 조기 검증하고 최적 설계된 형상으로 사출제품을 만들기 위한 금형 제작에 앞서 다양한 토출부 각도를 가지는 시제품에 의한 토출 실험을 통하여 최종적으로 모델의 형상을 결정하였다. Fig. 12는 쾌속조형기로 제작된 자동그리스주유기로 각 단품의 간섭 및 구조상의 문제를 검토하기 위해 조립한 상태이다.

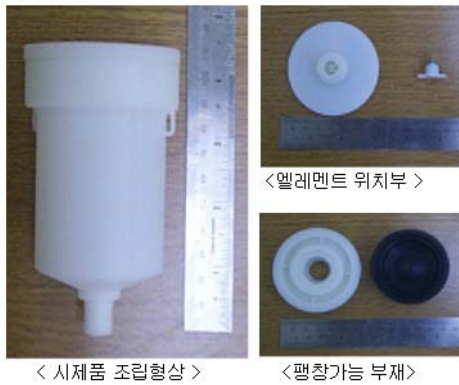


Fig. 12 Trial product by rapid prototyping machine

쾌속조형기 특유의 제작 방식인 박막적층기법을 활용하여 제작됨으로 실제 사출 제품에서의 성능과 차이를 가지고 있기 때문 보다 정확한 실험을 위해서 우선 자동그리스주유기의 몸체부의 금형제작을 통해 사출제품으로 제작하고 형상평가와 성능평가를 실시하였다. Fig. 13 가스발생용 자동그리스주유기의 몸체부 금형과 사출 제품이다.



Fig. 13 The mold product of the body for automatic grease lubricator

4.2 동전기적 가스발생방식의 토출 성능 실험

가스발생량 실험을 통해 몰리브덴의 길이에 따라 수소가스의 발생량이 달라짐을 이용하여 그리스의 토출 주기를 제어하기 위해 몰리브덴을 적당한 길이로 각각 1mm, 1.5mm, 2mm, 3mm, 6mm, 7mm, 8mm로 제작하여 실험에 의해 그리스 토출량을 측정하였다. Fig. 14의 몰리브덴 길이에 따른 토출량 결과 그래프를 분석하여 그리스 사용주기를 Table 3과 같이 선정하였다.

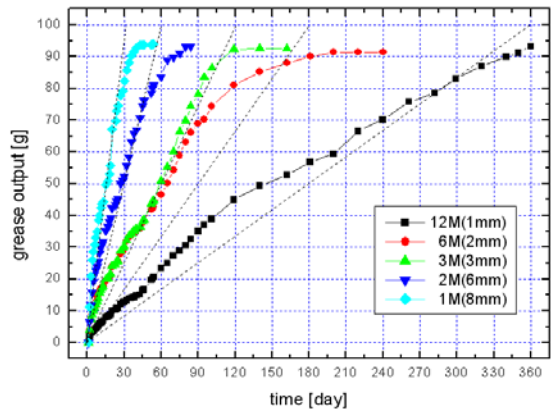


Fig. 14 Lubrication test from Mo's length

Table 3 using period of Grease from Mo's Length

Time (month)	1	2	3	6	9	12
Mo. length	8mm	6mm	3mm	2mm	1.5mm	1mm

5. 결 론

본 연구에서는 설비가 고도로 발전함에 따라 정확한 유회과 적정량의 주유가 요구되고 작동상의 안정성, 사용의 용이성 및 생산 원가의 절감을 위한 제품 구조의 단순화가 요구됨에 따라 이를 해결하기 위한 유회용 공급장치를 제안하였으며 개발과정에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

동전기적 가스발생방식 자동그리스주유기 개발과

정에서, 전해질을 KOH 수용액으로 사용하고 음극의 아연 금속에 대한 양극의 금속 종류에 따라 수소가스의 발생량의 차이를 보이고 있는데, 알루미늄(Al)과 구리(Cu)양극은 수소가스 발생량이 불안정하고 양극 전극의 성능을 제대로 발휘하지 못하나 몰리브덴 양극은 이온화 경향이 현저히 낮으므로 용해되지 않고 아연의 이온화 반응에 의해 생긴 가전자를 수소가스에 전달하여 수소가스를 발생케 하고 그 발생량은 몰리브덴의 표면적에 따라 달라지며 시간당의 수소가스 발생량은 거의 일정하게 생성되었다.

아연-몰리브덴 전극에서 초기단계(400시간 이내)에서는 가스의 발생량이 조금의 차이를 보였으나 400시간 후의 반응에서 농도가 낮은 2M (11.4%), 4M(22.8%) KOH 수용액과 농도가 높은 포화농도에 가까운 8M(45.6%) KOH 수용액에서 수소가스의 발생량이 초기단계에서보다 줄어들었으며, 6M(34.2%) KOH 수용액에서는 초기의 수소 발생량과 거의 차이를 보이지 않았다.

그리스의 토출량을 제어하기 위해서, 몰리브덴 길이를 각각 1mm, 1.5mm, 2mm, 3mm, 6mm, 7mm, 8mm로 제작하여 음극의 아연에 결합시키고 전해질 6M KOH 수용액을 담고 있는 팽창 가능한 용기에 투입시켜 그리스를 토출해봄으로써 그리스 사용 주기를 1개월(8mm), 2개월(6mm), 3개월(3mm), 6개월(2mm), 12개월(1mm)로 선정하였다.

형상설계단계에서 제품 제작성, 조립성의 조기 검증으로 설계 품질을 향상시키고 많은 시간과 비용을 요구하는 시제품의 제작을 최소화함으로써 제품의 품질을 높이고 제품 개발 기간을 단축시키기 위해 Digital Mock-Up 방식의 시뮬레이션과 유한요소해석에 의한 설계가 이루어졌다. 설치각도에 따른 그리스 주유기의 몸체부가 받는 하중 및 외력을 충분히 고려하여 응력해석에 의한 결과, 그리스주유기의 직경이 갑자기 줄어드는 토출부(outlet) 출구지점에서 최대응력이 분포한다는 것을 알 수 있었으며, 또한 설치각도보다 토출부의 각도에 따른 응력집중현상이 더 크게 일어났다.

시제품 제작에 의한 토출 성능 평가에서는 그리스 토출시 벽면의 마찰이 장치의 작동에 상당히 중요한 변수로 작용하였으며, RP시제품의 박막적층기법에 의한 단점을 보완하기 위해서 후처리를 실시함으로

써 성능 실험에 이용 가능하였다. 사출성형으로 제작된 자동그리스주유기 몸체부는 거칠기가 좋고 그리스 토출 부위에 받는 압력은 응력해석을 통한 설계로 제작되기 때문에 이러한 쾌속조형기의 특유한 문제점을 제거하기 않았으며 그리스 토출이 주기에 따라 순조롭게 이루어졌다.

후 기

이 논문은 2005년도 경남대학교 연구년 연구비 지원에 의한 것임.

참고문헌

1. F. R. McLarnon, E. J. Cairns, "The Secondary Alkaline Zinc Electrode", J. Electrochemical Society, Vol. 138, p. 645, 1991.
2. N. A. Hampson, T. P. Dirkse, "Electrochemical Contributions to Environmental Protection", J. Electrochimica acta., Vol. 16, p. 2049, 1971.
3. T. P. Dirkse, "The Electrocatalysis of Fuel Cell Reactions", J. Electrochemical Society, Vol. 126, p. 541, 1979.
4. J. O'M. Bockris, Z. Nagy, A. Damjanovic, "Electrochemical Contributions to Environmental Protection", J. Electrochemical Society, Vol. 119, p. 285, 1972.
5. Yu-chi Chang, G. Prentice, "Anodic Dissolution of Zinc Electrodes in Alkaline Electrolyte : Mass Transport Effects", J. Electrochemical Society, Vol. 132, p. 375, 1985.
6. 심은기, 황영기, 전해수, "알칼리 용액에서 알루미늄의 부식속도 측정", 한국전기화학회, 제2권, 제3호, pp. 117-122, 1999.
7. 변수일, "재료전기화학개론", 시그마프레스, pp. 35-37, 2001.