

온도 조건에 따른 과산화수소의 저장성평가

정승미* · 안성용* · 권세진**

Performance Evaluation of Hydrogen Peroxide with Storage Conditions

Seungmi Chung* · Sungyong An* · Sejin Kwon**

ABSTRACT

Nowadays, as there is so much interest in environment, hydrogen peroxide attracts attention as an eco-propellant. Hydrogen peroxide is widely used for mono-propellant of thruster, and oxidizer of bi-propellant rocket. Especially, it is used as mono-propellant of the thruster for attitude control of satellite and military weapons. So, the need of long time storage of hydrogen peroxide appears and storage test is required. In this paper, necessity of storage test of hydrogen peroxide and some conditions and methods are introduced. In addition, the results of storage tests under some condition are compared and analyzed.

초 록

최근 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 과산화수소가 친환경 추진제로서 많은 관심을 받고 있다. 추력기용 단일추진제, 이원추진제 로켓의 산화제로 많이 사용되고 있으며, 특히 인공위성 자세제어용 추력기나 미사일과 같은 군사 무기용으로도 사용되게 되었다. 이에 따라 과산화수소를 장시간 보관해둘 필요가 늘어나게 되었고 저장성평가 또한 필요하게 되었다. 이 논문에서는 과산화수소 저장성평가의 필요성과 저장성 평가를 위한 방법에 관하여 소개 하였다. 현재 진행 중인 기초 저장성평가의 결과를 비교 분석하였다.

Key Words: Hydrogen Peroxide(과산화수소), Storage Test(저장성 평가), Thruster(추력기)

1. 서 론

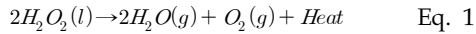
1960년대 냉전시대 성능 우선주의로 인해 하

이드라진으로 대체되었던 과산화수소는 1990년대 이래 환경과 비용에 대한 관심이 높아지기 시작하면서 추진제로서 재관심을 받고 있다[1]. 열이나 촉매와 만나면 Eq. 1과 같은 반응을 일으키며 분해되는 과산화수소는 반응식에서도 볼 수 있다시피 산소와 수증기만을 발생시키며 오염을 일으키지 않는 친환경적인 추진제이다.

* 한국과학기술원 항공우주공학과

** 한국과학기술원 항공우주공학과

연락처, E-mail: trumpet@kaist.ac.kr



이러한 과산화수소는 과거로부터 추력기용 단일추진제나, 이원추진제 로켓의 산화제로 사용되어 왔다. 우주 개발 기술과 군사 기술의 발달로 인해 과산화수소는 각종 미사일과 위성체의 자세제어 추력기용으로 사용되게 되었다. 그로 인해 장기 저장이 필요해짐에 따라 과산화수소의 저장성평가 또한 요구되어졌다. 일반적으로 발사체의 경우 수주에서 수개월 정도의 저장기간이 필요하고 위성체의 경우에는 수 년 ~ 십 수 년 이상의 저장성이 보장되어야 한다[2].

2. 과산화수소 저장성 테스트

2.1 과산화수소의 저장성 비교방법

과산화수소의 안정성은 AOL(Active Oxygen Loss) 값과 Stability, 두 가지 요소를 통해서 확인할 수 있다. 두 파라미터는 과산화수소의 시간당 분해 정도를 측정하는 방법으로 과산화수소의 농도, 순도, 안정제의 유무, 시편의 종류와 표면처리 방법 등의 요소가 영향을 미치게 되다. AOL과 Stability 값은 다음과 같은 식을 통해 구할 수 있다.

$$AOL = 100\% \times \frac{W_1 C_1 - W_2 C_2}{W_1 C_1} \quad \text{Eq. 2}$$

$$Stability = 100\% \times \frac{(50 \times \rho \times C_1 \times 0.47) - (W_1 - W_2)}{50 \times \rho \times C_1 \times 0.47} \quad \text{Eq. 3}$$

W1과 W2는 각각 저장성 평가 전과 후의 과산화수소 무게이고, C1과 C2는 저장성평가 전과 후의 과산화수소 농도, ρ는 저장성평가 전의 과산화수소의 밀도이다.

AOL과 Stability를 통해 과산화수소의 안정성을 확인하기 위해 과산화수소를 66℃의 온도에서 일주일동안 보관 후 농도와 무게를 측정하는 방법을 사용한다. 문헌에 의하면 과산화수소를 100℃에서 24 시간동안 저장한 경우와 66℃에서

1 주일동안 저장한 경우, 그리고 25℃에서 1 년 동안 저장한 경우의 결과가 동일하기 때문에 위의 다른 두 온도에서 실험하는 것도 가능하다 [3]. 이와 다른 온도에서 실험한 경우나 기타 다른 이유로 AOL과 Stability 값을 사용할 수 없는 경우에는 농도만을 측정하여 비교하는 방법을 사용하기도 한다.

과산화수소 저장성평가에서 사용하는 시편은 다음과 같다. 과산화수소의 장기간 저장에는 과산화수소와 장기간 접촉해도 문제가 없는 Class 1에 속하는 물질만이 사용되어 진다[4]. 실험실 수준의 실험시 과산화수소 75 ml 당 3 inches × 0.5 inches × 0.0625 inches의 시편을 사용하면 표면적 대 부피의 비가 0.33 in⁻¹ 가 되며 이는 규격화된 과산화수소 드럼통에 충전된 과산화수소를 모사한다. 실제와 동일한 표면적 대 부피 비를 가지고 실제와 최대한 가깝게 표면처리가 되어있는 시편을 사용하는 것이 좋다[2].

2.2 과산화수소의 저장성을 높이기 위한 지침

문헌에서 과산화수소의 장기간 저장성을 높이기 위한 지침을 몇 가지 찾아볼 수 있다. 먼저 표면적 대 부피의 비는 0.5 cm⁻¹ 이하가 되어야 하며 농도가 높을수록 저장성이 좋아진다. 또한 보관 온도는 낮을수록 좋으며 가능하면 37.78℃ 이하로 유지시켜 주는 것이 좋다. 순도는 높을수록 좋으며 저장용기는 66℃에서 1주일간 보관시 AOL은 1.5% 이하이고, Stability가 98.8% 이상의 것을 사용하는 것이 좋다[2].

3. 저장성 평가 실험 방법 및 결과

3.1 저장성 평가 실험 구성

이 논문에서는 과산화수소의 농도만 측정하여 결과 시간에 따라 비교하는 방법을 제시하였다.

이 연구에서 수행한 장기 과산화수소 저장성 평가는 두 번에 걸쳐서 행해졌다.

첫 번째 시험은 18 개월 동안 진행할 예정으로 2007년 6월 28일부터 실시되었으며 현재 약 15 개월이 경과하였다. 이 실험에서는 30 cc 용

량의 바이엘(vial)에 약 90% 농도의 과산화수소를 담아 플라스틱으로 만들어진 바이엘 뚜껑으로 닫아서 보관하였다. 과산화수소의 보관조건은 약 10°C의 냉장고 냉장실과 상온 보관이었다. 저장성평가를 시작한 시점부터 1 개월, 2 개월, 8 개월, 10 개월, 12 개월이 되는 시점에 농도를 측정하기로 하고 각각 여섯 개의 바이엘에 과산화수소를 담아 저장성 평가를 시작하였다. 사용된 바이엘은 모두 질산으로 세척한 뒤 건조시킨 것이다.

두 번째 실험은 12 개월 동안 진행할 예정으로 2008년 5월 7일부터 실시되었으며 현재 약 5 개월이 경과하였다. 이 실험에서도 30 cc 용량의 바이엘에 약 90% 농도의 과산화수소를 담았으며, 이번에는 바이엘 뚜껑대신 파라핀 필름으로 바이엘을 닫아 보관하였다. 과산화수소의 보관조건은 0°C 이하의 냉장고 냉동실과 약 10°C의 냉장고 냉장실, 그리고 상온보관이었다. 저장성 평가를 시작한 시점부터, 1 개월, 2 개월, 4 개월, 8 개월, 12 개월이 되는 시점에 농도를 측정하기로 하고 각각 다섯 개의 바이엘에 과산화수소를 담아 저장성평가를 시작하였다. 사용된 바이엘은 12 시간의 질산세척과 24 시간의 과산화수소(30%)세척을 거친 후 건조된 것이다.

3.2 저장성 평가 실험 결과

실험결과 아래의 Fig. 1과 Fig. 3에서 볼 수 있다시피 과산화수소가 분해되어 그 농도는 점점 감소 추세를 보였으며 Fig. 2와 Fig 4에서 볼 수 있는 것과 같이 평균 감소량을 경과한 개월 수의 평균으로 나타낸 것 또한 점점 감소하는 추세를 보였다.

구체적으로 살펴보면 실험 1의 경우 10°C 정도의 냉장실에서 보관하였을 경우 처음 시작 농도는 88.1%, 그로부터 12개월이 지난 후에는 86.44%로 총 1.66%의 감소를 보인 반면 상온에서 보관한 경우는 시작농도는 88.1%로 동일하였지만 12 개월이 지난후의 농도는 77.63%로 총 10.47%의 감소를 보였다. 실험 2에서 시작 농도는 89.37%로 모두 동일하지만 그로부터 4 개월이 지난 뒤 0°C이하에서 보관하였을 경우에는

88.3%로 1.07%의 감소를 보였고 10°C 냉장 보관 시에는 88.79%의 농도로 0.58% 감소하였으며, 상온 보관 시에는 87.99%로 1.38%의 농도 감소를 보였다.

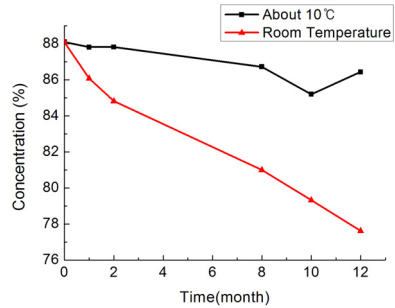


Fig. 1 Concentration change of hydrogen peroxide in test 1.

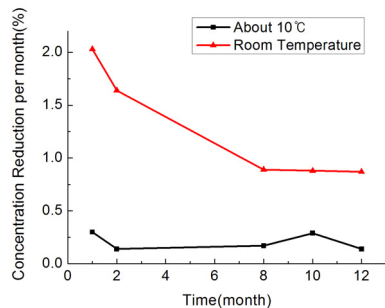


Fig. 2 Concentration reduction per month of hydrogen peroxide in test 1.

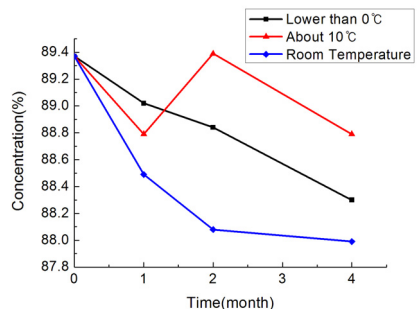


Fig. 3 Concentration change of hydrogen peroxide in test 2.

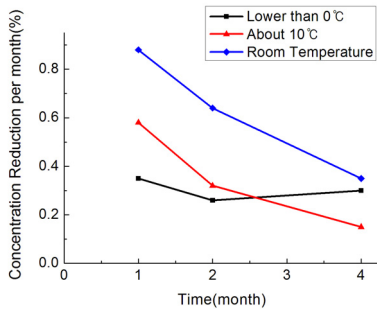


Fig. 4 Concentration reduction per month of hydrogen peroxide in test 2.

농도 감소량을 경과한 개월의 평균을 낸 값 또한 실험 1에서는 냉장의 경우 0.3%에서 0.14%로, 상온의 경우 2.03%에서 0.87%로 감소하였으며, 실험 2에서는 냉동의 경우 0.35%에서 0.3%로, 냉장의 경우에는 0.58%에서 0.15%로, 상온에서는 0.88%에서 0.35%로 변화하여 전체적으로 감소하는 추세를 보였다.

4. 결 론

실험 1과 실험 2의 경우 모두 과산화수소는 시간이 경과함에 따라서 분해되어 농도가 감소하는 추세를 보였으며 농도의 감소량을 경과한 개월 수로 평균 낸 값도 시간이 지남에 따라 점점 감소하는 경향을 보였다.

실험 1의 경우 저장성평가 시작 후 12 개월이 지난 후 상온에서 보관한 경우의 농도 감소량은 10°C에서 보관한 경우의 감소량의 6 배 이상 되었으며, 실험 2의 경우에도 상온보관과 냉장이나 냉동 보관을 비교해보았을 때 온도가 낮을수록 과산화수소의 저장성이 좋아지는 것을 확인할 수 있었다. 실험 2에서 2 개월과 4 개월경과 후 예상과 다른 결과가 나온 것은 여러 가지 요인이 있을 수 있다. 먼저 2 개월 후에 농도가 오히려 증가한 것은 실험이 진행되는 도중 과산화수소 내의 수분 증발이 원인이 된 것으로 보인다. 온도가 낮아 그 차이가 오차범위 내에 있을 가

능성도 있다고 생각된다. 농도 측정시 생기는 측정오차로 인한 결과일 가능성도 배제할 수 없으며 바이엘 세척 후 추진제 주입과정에서 미세한 입자가 유입되었을 가능성도 있다.

앞으로 이번 실험과 같은 장기 과산화수소 저장성평가와 함께 위에서 소개한 AOL과 Stability를 사용한 단기 과산화수소 저장성평가도 병행할 예정이다. 또한 시편을 사용한 저장성 평가도 시행하여 과산화수소를 이용한 시스템 구성을 위한 물질에 대한 연구도 진행될 것이다. 또한 현재 실험결과는 장기저장성 특성이 좋지 않은데 세척과정 및 추진제 주입 공정을 개선시켜 좀 더 정확한 특성을 파악할 것이다.

후 기

이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임.
(No. R0A-2007-000-20065-0)

참 고 문 헌

1. E. Wernimont, M. Ventura, G. Garboden and P. Mullens, "Past and Present Uses of Rocket Grade Hydrogen Peroxide," 2nd international Hydrogen Peroxide Propulsion conference, Purdue University, Nov 6-10, 1999, pp.45-67
2. Mark C. Ventura, "Long Term Storability of Hydrogen Peroxide," 41st AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, 2005-4551, Tucson, AZ, July 10-13, 2005.
3. Huang, Kevin S., Yuan, Steven, "Stability Study of Concentrated Hydrogen Peroxide," FMC Corporation, Pasadena, Texas.
4. Hydrogen peroxide handbook, Air Force Rocket Propulsion Laboratory, AFRPPL-TR-67-144, USA, 1967.