

과산화수소 추력기용 촉매의 건조 조건 변화에 따른 성능 변화

이정섭* · 안성용* · 권세진*

Performance variation of catalyst for hydrogen peroxide thruster with drying condition

Jeongsub Lee* · Sungyong An* · Sejin Kwon*

ABSTRACT

In this paper, performance evaluation of catalyst for hydrogen peroxide thruster with drying condition is described. Platinum was selected as a catalyst, and alumina of pellet type was chosen as a catalyst support. Evaporation method known as general method for catalyst production was used to make the catalyst. From previous experiments, it is favorable during catalyst making process that solution of active material has low pH level. Therefore, some kinds of low pH level solution had been tested. The drying temperatures are 25, 50, 70, and 90 °C. From experimental results, it shows better performance that drying temperature was 90 °C since the catalyst particle could not be crystallized but be evenly spreaded out due to the rapid evaporation of solvent.

초 록

과산화수소를 일원 추진제로 사용하는 추력기용 촉매의 건조 조건에 따른 성능 변화에 대한 실험을 수행하였다. 사용한 촉매는 백금이며 촉매 지지체는 펠렛 타입의 알루미늄이다. 일반적인 촉매 제작 방법인 증발건조법을 사용하였으며, 이 때 건조 조건에 따른 촉매의 성능을 평가하였다. 촉매 제작 조건 중 pH 값이 낮은 경우 촉매 제작이 유리하였기 때문에 다양한 산성 용액에서 촉매를 담지 해 실험을 수행하였다. 건조 온도는 각각 25, 50, 70, 90 °C이며 실험 결과 90 °C에서 건조한 경우 높은 성능을 보임을 알 수 있었다. 이는 빠른 증발속도로 인해서 백금이 결정화를 이루지 못하고 고르게 분산되었기 때문으로 판단된다.

Key Words: Hydrogen peroxide(과산화수소), Catalyst(촉매), Drying condition(건조 조건), Thrust(추력기)

1. 서 론

* KAIST 항공우주공학과
연락처, E-mail: Qoo@kaist.ac.kr

과산화수소는 1900년대 초반 추진제로서 많은

연구가 진행되어 왔었다. 그러나 2차 세계대전 이후 보다 높은 성능을 지닌 하이드라진이 과산화수소의 자리를 대신하게 되었다. 하이드라진은 과산화수소에 비해 높은 비추력을 지니지만 독성이 매우 높고 발암성 물질이기에 취급이 어렵고 실험자의 안전을 위협할 수 있다. 이에 따라 추진제에 비해 상대적으로 독성이 적은 과산화수소에 대해 새롭게 연구가 진행되고 있다. 또한 전 세계적으로 환경에 대한 관심이 대두되면서 독성이 적은 추진제에 대한 필요성이 강조되고 있다. 이러한 추세 속에 과산화수소는 일원 추진제 및 산화제로서 각광을 받고 있는 추진제 중 하나이다. 과산화수소는 촉매에 의해 분해되어 물과 산소로 분해되며, 이 때 발생하는 고온의 열을 통해서 일원 추진제 추력기에 응용될 수 있으며, 발생하는 산소를 이원 추진제의 산화제로도 사용할 수 있다. 이처럼 과산화수소의 분해 반응을 통해 추력기가 작동되기 때문에 추력기의 성능은 촉매의 분해 성능과 밀접한 관련이 있다. 따라서 촉매의 제작 조건의 정립이 추력기 연구의 초석이라 할 수 있다. 추력 레벨이 높은 추력기의 경우 많은 양의 촉매 베드가 추력기에 장착되기 때문에 제작 조건에 의한 영향이 낮은 추력 레벨의 추력기에 비해 상대적으로 작다. 따라서 저 추력 추력기용 촉매 제작에 있어서 제작 조건의 확립은 매우 중요하다. 이[1]의 연구에서 담지 용액의 pH 에 따른 영향을 살펴본 결과 pH 값이 낮은 경우가 촉매 담지에 유리하다는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 다양한 산성 용액에서 담지한 촉매의 건조 조건을 달리하여 이에 따른 성능을 비교하였다.

2. 실험 조건

2.1 촉매 담지 조건

촉매의 제작은 증발 건조법을 사용하였다. 앞서 설명하였듯이 활성물질 용액의 pH를 낮추기 위해서 첨가물을 첨가하였으며 Table 1에 자세히 나타내었다.

Table 1. Affix of each case

Case	Affix
1	DI water
2	DI water + 35% HNO ₃
3	DI water + 60% HCl
4	Pure Acetone

2.2 촉매 건조 조건

촉매가 실질적으로 촉매 지지체에 결합되는 담지 과정에서 결합력과 담지량에 큰 영향을 미치는 요소는 활성 물질 용액의 증발 속도이다. 일반적으로 증발 속도가 느릴 경우 급속 촉매 입자가 결정화할 수 있을 만큼 충분한 시간이 보장되기 때문에 이로 인해 지지체 표면에 촉매가 고르게 분포되지 못하여 성능이 감소한다.[2] 따라서 빠른 증발 속도가 고르게 분산된 촉매를 제작하는데 유리하다고 판단할 수 있다. 용액의 증발 속도를 집적 제어하기는 어렵기 때문에 건조 온도를 달리하여 증발 속도의 변화를 꾀하였다. 건조 온도는 25(상온), 50, 70, 90 ℃이며 균일한 온도를 제공하기 위해서 상온을 제외한 모든 경우 convection oven에서 건조를 실시하였다.

2.3 촉매의 성능 평가

촉매의 성능 평가는 기 제작된 초소형 추력기를 통해서 실시되었다. 추력기에서 얻어진 데이터를 바탕으로 특성속도를 계산하여 이를 통해 성능 평가를 수행한다. 아래 Fig. 1은 초소형 추력기의 모습을 보여주고 있다.

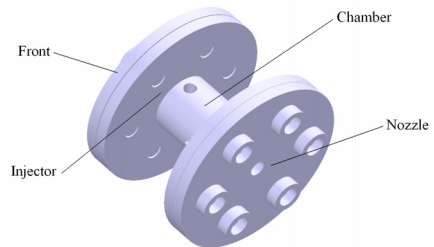


Fig. 1 Design of the micro thruster

3. 실험 결과

3.1 촉매 지지체의 안정성

촉매 지지체는 촉매가 결합되는 물질로서 고온, 고압의 반응기 환경에 직접적으로 노출되기 때문에 열적, 구조적 안정성이 매우 중요시 된다. 그렇지 못할 경우 작동 중 파손에 의해 촉매 성능 감소로 인한 추력기의 기능 상실이 야기될 수 있다. Case 2, 3의 경우 활성 물질 용액의 pH를 낮추기 위해서 각각 35% 질산과 60% 염산을 사용하였다. 그러나 촉매 제작 결과 Fig. 2와 같이 강산으로 인해 알루미늄나 구조체가 파괴되는 현상을 발견하였다. pH가 낮을수록 촉매 담지에 유리한 환경이 조성되지만 산성도가 너무 강할 경우 이처럼 촉매 지지체가 버티지 못하고 파괴어 촉매로 사용할 수 없는 수준이기 때문에 성능 평가를 수행할 수 없었다.



Fig. 2 Breakage of alumina pellet in high pH solution

3.2 DI water 용매에서의 성능 평가 - Case 1

DI water에 아무런 첨가물을 가하지 않은 Case 1의 경우에 대한 실험을 수행하였다. 실험 결과 Fig. 3에서 알 수 있듯이 전반적으로 높은 온도에서 건조된 촉매의 성능이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 금속 촉매의 고른 분포로 인한 것이다.

3.3 Acetone 용매에서의 성능평가 - Case 2

Acetone은 휘발성이 강한 용매로서 증발 속도가 빠르기 때문에 매우 빠른 증발 속도를 기대

할 수 있으며, 이로 인해 성능이 증대될 것으로 기대하였다. 그러나 실험 결과 Fig. 4에 나타나듯이 대부분 성능이 비슷하였고, 전반적으로 성능이 저조하였다. 아세톤의 끓는점이 56 °C이기 때문에 90 °C에서 건조할 경우 아세톤이 폭발적으로 증발하기 때문에 담지가 불가능하였다.

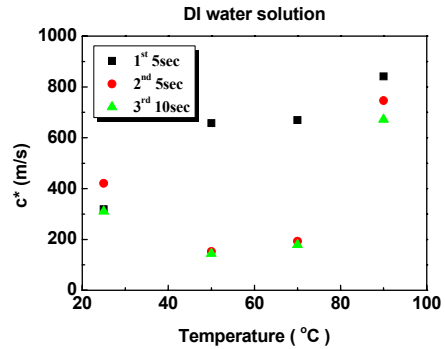


Fig. 3 Graph of C* vs. drying temperature

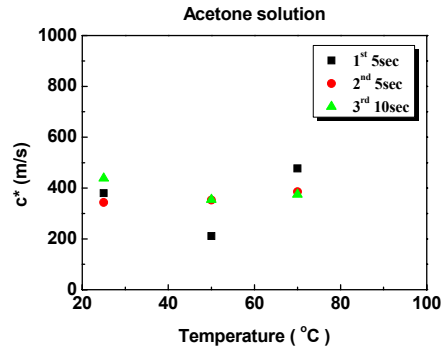


Fig. 4 Graph of C* vs. drying temperature

이처럼 모든 경우에 있어서 성능이 비슷한 이유는 아세톤의 매우 빠른 휘발성에 있다. 휘발성이 매우 좋기 때문에 건조 온도가 변하여도 증발 속도로 인한 성능 향상 효과가 나타나지 않았다. 즉, 상온에서도 충분히 빠른 증발속도가 보장되기 때문에 그 이상의 증발 속도에 의한 영향이 미미한 것이다. 그런데 이와 같은 빠른 증발 속도에도 불구하고 전반적으로 성능이 낮게 나타났다. 이 역시 아세톤의 휘발성에서 원인을 찾을 수 있다. 촉매 지지체인 알루미늄나 펠렛은 세공이 매우 조밀하기 때문에 용매가 펠렛

내부까지 확산하는데 일정 시간이 필요하다. 그러나 아세톤은 휘발성이 매우 빠르기 때문에 펠렛 내부까지 용매가 침투하기 전에 증발하기 때문에 펠렛 내부까지 완전히 담지가 되지 못하기 때문에 성능이 감소하게 되었다. Figure 5에서 볼 수 있듯이 펠렛 내부까지 완전히 담지되지 못한 모습을 볼 수 있다. 따라서 아세톤을 용매로 사용할 경우에는 알루미늄 펠렛과 같이 세공이 조밀한 지지체에는 적합하지 않음을 알 수 있다.

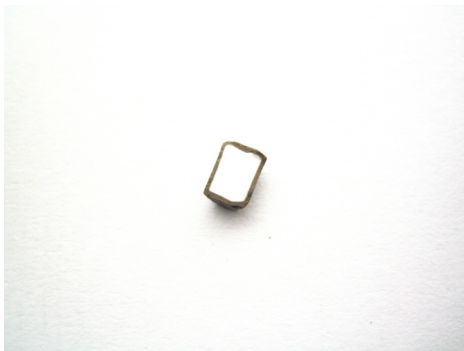


Fig. 5 Imperfectly loaded catalyst

3.4 건조 온도와 촉매 제작

총 네 가지 온도 조건 중에서 상온에서 건조시킨 경우 아세톤을 제외한 모든 case에서 상당히 오랜 시간이 소요됨을 확인하였다. Case 1의 경우 약 14일 동안 건조시켰음에도 불구하고 Fig. 6과 같이 용매가 모두 건조되지 못하고 남아있음을 확인하였다.



Fig. 6 Remained DI water after 14 days

이는 습도가 높은 기후에서 제작이 되어 증발 속도가 더디기 때문이다. 더 이상의 증발은 무의미하다고 판단하여 남아있는 용매는 하소 과정에서 증발시켰다. 이처럼 상온에서 건조시킬 경우 건조 시간이 매우 길어져 촉매 제작에 상당한 시간이 소요되기 때문에 효율성이 떨어지며, 용매의 증발 속도가 낮아 금속 촉매의 결정화로 인해 성능 역시 낮음을 알 수 있다.

4. 결 론

이 연구에서는 과산화수소 추력기용 촉매의 건조 조건에 따른 성능 평가를 통해 건조 조건을 확립하였다. 산성 용매에서 담지가 유리하였으나, 강산 용매를 사용할 경우 촉매 지지체의 구조적 파손으로 인해 부적합함을 확인하였다. 아세톤 용매를 사용한 경우 휘발성이 매우 강해 건조 온도에 따른 영향이 미미하였으며, 펠렛의 세밀한 세공으로 침투하기 전에 증발하여 성능이 감소하였다. DI water를 사용한 경우 전반적으로 건조 온도가 높을수록 성능이 증가하였으며, 적당한 증발 속도로 펠렛 내부까지 촉매가 충분히 침투할 수 있었다. 결론적으로 촉매가 지지체의 세공으로 충분히 침투할 수 있으면서도 높은 성능을 보이는 경우는 DI water를 용매로 사용하면서 90 °C로 건조시킨 경우이다. 이는 향후 촉매 제작에 있어서 건조 조건의 지표로 삼을 수 있는 결과이다.

후 기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R0A-2007-000-20065-0)

참 고 문 헌

1. 이정섭, 안성용, 권세진, "촉매 담지 조건의 변화에 따른 초소형 추력기의 성능평가," 한국추진공학회 추계학술대회 논문집, 2008, pp.109-112
2. 전학제, 서곤, "촉매개론," 한림원