

# 과산화수소 가스발생기 설계와 터보차저를 이용한 동력 측정 방법 검토

박대중\* · 안성용\* · 권세진\*\*

## Hydrogen Peroxide Gas Generator Design and Investigation of Power Measurement Method Utilizing Turbocharger

Daejong Park\* · Sungyong An\* · Sejin Kwon\*\*

### ABSTRACT

In this paper, the gas generator using hydrogen peroxide catalytic decomposition was designed for turbine generator operation. The gas generator used 90wt% rocket-grade of hydrogen peroxide and manganese dioxide as a catalyst. Turbine generators utilizing gas generators were investigated and the prestudy was prepared using automobile turbocharger instead of turbine generator.

### 초 록

터빈 제너레이터 구동을 위한 과산화수소 촉매분해반응을 이용한 가스발생기를 설계하였다. 90 wt%의 rocket grade 과산화수소 가스발생기는 이산화망간을 촉매로 사용하였으며 온도와 압력조절이 용이하여 다양한 조건으로 터빈을 작동시키는데 적합하여 선정되었다. 가스발생기를 이용한 터빈 제너레이터에 대해 조사를 하고 소형 터빈 제너레이터를 개발하는데 앞서 차량용 터보차저를 이용하는 선행연구를 기획하였다.

Key Words: Hydrogen Peroxide(과산화수소), Gas Generator(가스발생기), Turbine Generator(터빈 제너레이터), Turbocharger(터보차저)

### 1. 서 론

과산화수소를 이용하여 동력을 발생시키는 방

법은 1930년대부터 소개가 되었다. 독일의 Walter 교수는 잠수함의 동력을 발생시키기 위해 400마력급의 Walter 터빈을 만들었다. 80~82% 농도의 과산화수소를 과망간산염 성분의 솔루션과 함께 분사하여 얻어진 산소와 디젤 연료를 연소시켜 증기터빈을 작동시키는 방법을 사용했다. Walter 터빈의 개략적 구조는 Fig. 1

\* KAIST 항공우주공학과

\*\* KAIST 항공우주공학과

연락처, E-mail: trumpet@kaist.ac.kr

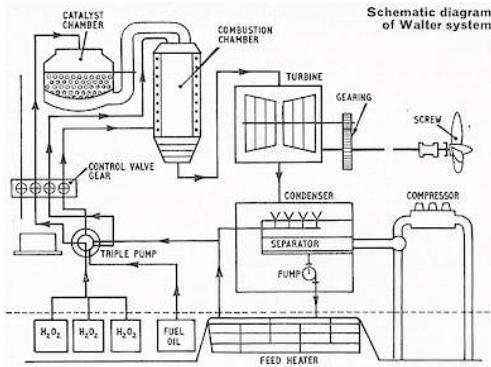
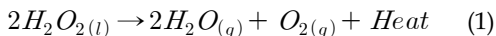


Fig. 1 Schematic of Walter Turbine of German Submarine[2]

에서 나타내었다. 이 외에도 로켓비행체의 추진 기관등에도 사용된 Walter 터빈의 원리는 이후 로켓에도 적용이 된다[1]. 대표적인 단일 추진제인 과산화수소는 주로 산소 발생을 위한 가스 발생기에 이용이 되었으며, 얻어진 산소에 연료를 분사, 연소를 시켜 에너지를 얻는데 쓰였다. 뿐만아니라 자세제어 추력기 등과 같은 분야에서 단일추진제로서 주로 쓰인 하이드라진(N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)이 최근 환경문제가 거론됨에 따라 사용에 제한을 두는 경우가 많아지게 되어, 친환경 추진제이자 독성이 없는 과산화수소를 이용한 추력기등의 연구가 세계 각국에서 재조명되고 있다. 미국의 General Kinetics 사에서는 이미 과산화수소를 이용한 가스발생기와 추력기를 제작하고 있으며, 스웨덴의 Peroxide Propulsion 사, 미국의 Perdue 대학, 영국의 Surrey 대학, 프랑스, 이탈리아 등의 대학 및 연구기관에서 유사 연구가 진행중이다.

과산화수소 분해반응을 이용한 가스 발생기는 고온, 고압의 산소와 수증기를 발생시킨다. 촉매에 의해 과산화수소는 다음과 같이 분해된다.



이렇게 발생한 가스를 이용하여 터빈을 구동하면 전력을 생산 할 수 있다. 일반적인 가스터빈기관의 경우 연소로부터 얻어진 에너지를 이용하여 터빈을 구동하고 이로부터 생산된 운동

에너지 중 일부는 산소공급을 위해 압축기를 돌리는데 사용된다. 그러나 과산화수소 분해반응을 이용한 가스발생기를 터빈기관에 적용할 경우, 압축기를 사용할 필요가 없기 때문에 터빈으로부터 생산된 운동에너지 중에 압축기를 돌리기 위해 소모되는 에너지가 없으므로 효율이 높아지고 구조적으로도 단순해진다. 또한 기존의 가스터빈은 고온의 가스를 만드는데 효과적이지만 연소가스의 온도가 과도하게 높을 시 온도를 낮추어 주어야 하는 것이나 높은 온도에서 견디는 고가의 재료를 사용해야 한다는 단점이 있다. 과산화수소의 특징 중에 하나는 농도에 따라 단일 분해온도가 달라진다는 것이다. 이에 관련한 자료는 Table 1에서 나타내었다. 가스발생기로부터 발생하는 가스의 온도를 어느 정도 조절할 수 있고 최대 온도가 1300K 이내 이므로 터빈 재질 선정의 폭도 넓다.

Table 1. Adiabatic Decomposed Gas Temperature of Concentrations

농도 (%)	100	95	90	85	80	75
분해온도 (K)	1,285	1,165	1,015	893	768	630

과산화수소 분해반응을 이용한 가스발생기를 터빈과 연계할 경우, 단순하고 효율적인 터빈 제너레이터를 제작할 수 있다. 터빈을 제작하기 앞서 차량용 터보차저를 이용하여 가능성을 확인해 볼 수 있다. 차량용 터보차저는 배기가스를 이용하여 터빈을 돌리고, 동축으로 연결된 압축기가 공기를 압축하여 엔진 실린더에 과급을 하도록 한다. 본 실험을 위해 Honeywell사 Garrett의 GT2523R 터보차저를 선정하였다. 볼베어링을 이용한 GT2523R은 250,000 rpm의 속도에서도 가동이 가능하여 적합한 모델로 확인이 되었다.

## 2. 실험 장치 구성

### 2.1 각 구성품 별 제원

가스발생기에 쓰이는 과산화수소는 90wt% 농도의 rocket grade를 사용하였으며, 촉매는 이산화망간(MnO<sub>2</sub>)을 사용하였다. 지지체로는 물리·화학적 안정하고 세공이 발달한 알루미늄(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 펠렛을 선정하였다.

과산화수소를 분해시킬 가스발생기는 터보차저에 흐르는 평균 유량을 고려하여 설계하였다. 촉매가 단위 부피당 추진제를 분해시킬 수 있는 최대 유량을 측정하고 요구 유량을 고려하여 촉매베드 크기를 설계한다. 이 실험에 쓰이는 가스발생기는 최대 110g/s의 유량을 분해 할 수 있도록 촉매베드를 설계하였고, Shower Head Injector를 통해 촉매베드에 주입된다. 가스발생기는 Fig. 2와 같은 형태이다.

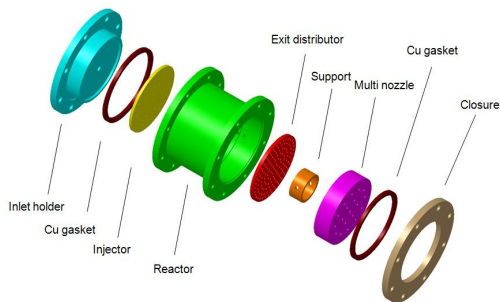


Fig. 2 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Gas Generator Assembly

가스발생기와 예상 출력을 고려하여 터빈을 제작하여 실험하는 것이 가장 이상적이나 소규모 대학 또는 연구소에서는 그 이전에 다른 방법들을 통하여 그 가능성을 확인 한 후 본 실험에 옮기는 것이 효율적이다. 실험에 이용될 터보차저는 터빈부분과 압축기 부분으로 이루어져 있으며 압축기 부분의 입·출구에 밸브를 연결하고 조절하면 압축기를 통과하는 유량 또한 제어 가능하다. 게다가 터빈맵과 압축기맵이 제공이 되므로, 실험 중 각 작동점을 파악하면 터빈이 한 일과 압축기가 한 일을 계산 할 수 있고, 효율 또한 알 수 있다.

## 2.2 실험 장치 구성

실험 장치는 크게 추진제 공급부와 가스발생

기와 터보차저를 포함한 작동부, 유량 및 데이터 획득을 위한 제어부로 나눌 수 있다. 추진제 공급부는 추진제 탱크에 있는 과산화수소를 질소 탱크로 가압을 하여 가스발생기에 주입을 하는 형태로 구성되어 있으며, 각종 밸브와 유량 조절기, 유량계 등이 포함되어 있다. 작동부는 가스발생기와 터보차저로 이루어져 있고, 가스발생기의 온도와 압력, 터빈과 압축기의 입·출구에서의 온도와 압력을 잴 수 있는 센서들을 포함하고 있다. 제어부는 각종 센서들로부터 제공되는 신호를 제어하기 위해 NI 사의 DAQ 카드 및 SCXI 신호 컨디셔닝 시스템(10kHz filter) 등으로 이루어져 있다. Fig. 3은 이와 같은 실험 장치들의 구성도이다.

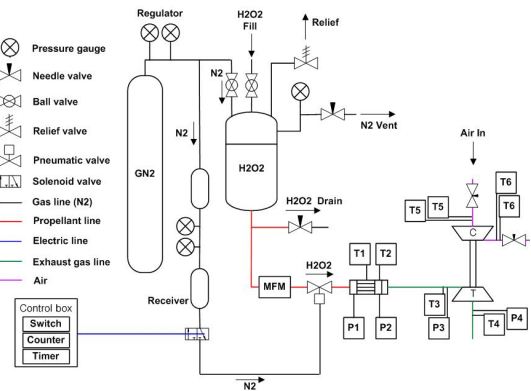


Fig. 3 Schematic of Test Facility

## 3. 조건별 터빈 출력 추정

과산화수소 가스발생기와 터빈을 이용하여 얻을 수 있는 에너지를 계산해 보았다. Table 2는 이론적으로 계산된 값을 나타내며 터빈 효율은 0.7로 가정하였고 촉매분해된 과산화수소 가스의 비열비는 1.27, 기계적 효율 또는 작동 중에 열손실은 무시하였다.

## 4. 결론 및 향후 계획

Table 2. Estimated Power of Arbitrary Conditions

	<b>Gas Generator Exit (Turbine Inlet)</b>	<b>Turbine Exit</b>	<b>Power (W)</b>
<b>Case 1</b>	$T_1=673K,$ $P_1=505kPa,$ mass flow rate $=1g/sec$	$T_2=553K,$ $P_2=101kPa$	<b>228</b>
<b>Case 2</b>	$T_1=773K,$ $P_1=1010kPa,$ mass flow rate $=10g/sec$	$T_2=571K,$ $P_2=101kPa$	<b>3,800</b>
<b>Case 3</b>	$T_1=873K,$ $P_1=1515kPa,$ mass flow rate $=50g/sec$	$T_2=610K,$ $P_2=101kPa$	<b>24,900</b>

과산화수소 가스발생기와 터빈을 이용해 전력을 생산하기에 앞서 터빈을 대신하여 차량용 터보차저를 이용하는 선행연구를 계획하였다. 과산화수소를 이용할 경우 환경과 인체에 해가 없기 때문에 장비의 유지 및 보수에 어려움이 없고, 일반적인 가스터빈을 설계하는 것 보다 더욱 다양한 조건으로 설계가 가능하다. Fig. 4는 가스발생기와 터빈, 제너레이터가 결합된 모습을 보여주는 개념 설계도이다. 이러한 장치는 작은 규모로는 개인 휴대용 발전기부터 이동형 발전설비까지 적용이 가능하며, 추진제와 가압탱크만 있으면 산소가 없는 곳, 또는 극한 환경에서도 전력 생산이 가능하므로 잠수함, 어뢰의 추진 및 전력 공급 장치, 항공기용 보조 동력 장치(APU) 또는 비상동력 장치(EPU), 우주 환경에서 동력

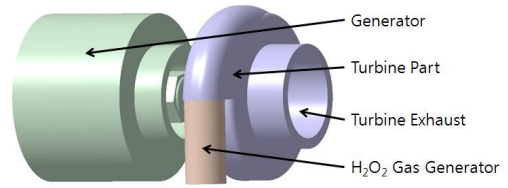


Fig. 4 Gas Generator - Turbine Assembly

발생 장치 등에도 적용 될 수 있다. 이런 장점이외에도 위와 같은 분야에 적용되는 발전장치들의 가격대비 발전 용량을 조사하고, 이 장치의 것과 비교하여 경제성을 확보하는 연구도 뒤따라 할 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. M. Ventura and P. Mullens, "The Use of Hydrogen Peroxide for Propulsion and Power," 35th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, AIAA-1999-2880
2. <http://www.dataphone.se>, October 2008