

## 신형 수이젝터 개발을 위한 실험연구

문수범\* · 최현규\*\* · 최재혁\*\*\* · 권형정\*\*\*\* · 김경근\*\*\*\*\* · 최순호†

(원고접수일 : 2006년 3월 28일, 심사완료일 : 2006년 7월 6일)

### Experimental Study for the Development of New Type Water Ejector

Soo-Bum Mun\* · Hyun-Kue Choi\*\* · Jae-Hyuk Choi\*\*\* · Hyung-Jung Kwon\*\*\*\* ·  
Kyung-Keun Kim\*\*\*\*\* and Soon-Ho Choi†

**Abstract** : An ejector is a fluid transfer device to be used for mixing of fluids, maintaining vacuum, and overcoming a poor suction condition. To date, most ejectors have been made from the casting process, which is time-consuming and high-cost process. Therefore, a new production method of ejectors is desired if any. In this experimental study, we proposed a new type ejector manufactured from the commercial fitting materials and the welding process, which is equipped with an orifice type nozzle. The proposed ejector has a good integrity compared with the conventional ejector because the fittings have manufactured by forging and they have more strength than the casting materials. Furthermore, we adopted a multi-opening orifice type nozzle for improving a suction capacity and compared with a single-opening orifice type nozzle. From the experimental results, we confirmed that the multi-opening nozzle had a good suction capacity than the single-opening nozzle and the proposed new type ejector showed higher vacuum than the conventional type ejector in non-load condition. These improved characteristics suggests that a new type ejector by using the commercial fittings opens the feasibility to be adopted in various industry fields and that the increased suction capacity can be achieved by altering the nozzle design of a conventional ejector.

**Key words** : Cavitation(공동현상), Commercial fitting(상용배관자재), Ejector(이젝터), Multi-opening nozzle (다공노즐), Orifice type nozzle (오리피스형 노즐), Single-opening nozzle (단공노즐)

---

† 책임저자(M258, 한국해양대학교), E-mail: choi\_s\_h@naver.com, Tel:051) 410-4261

\* 국립군산대학교, 실습선

\*\* 해양경찰청, 오염방제과

\*\*\* 한국원자력연구소, 원자력수소사업추진반

\*\*\*\* 동의과학대학, 컴퓨터응용기계계열

\*\*\*\*\* 한국해양대학교, 해사대학, 기관시스템공학부

기호설명

영문자

- $A$  : area ( $m^2$ )
- $C$  : constant
- $D$  : diameter (m)
- $ER$  : energy ratio
- $f$  : force (kgf)
- $\dot{G}$  : mass flowrate (kg/hr)
- $g$  : gravitational acceleration ( $9.8 m/s^2$ )
- $h$  : water head (m)
- $ME$  : motive energy (kgf · m/s)
- $n$  : number of nozzle openings
- $p$  : pressure (kgf/cm<sup>2</sup> · gage)
- $\dot{Q}$  : volumetric flowrate (m<sup>3</sup>/hr)
- $SE$  : suction energy (kgf · m/s)
- $t$  : thickness (mm)
- $v$  : velocity (m/s)

그리스문자

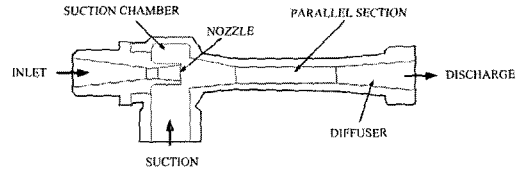
- $\rho$  : density (kg/m<sup>3</sup>)
- $\gamma$  : specific weight (kgf/m<sup>3</sup>)
- $\eta$  : efficiency

하첨자

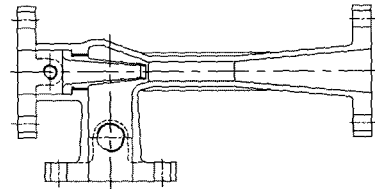
- $d$  : discharge
- loss : loss
- $m$  : motive
- $mt$  : multi
- $s$  : suction
- $sg$  : single

1. 서 론

저장용기 혹은 반응용기 내부의 진공유지는 반도체 산업에서 표면증착, 화학공업에서의 감압증발 및 원자력, 화력발전의 최종 냉각기인 복수기(Condenser)의 성능유지를 위해서 매우 중요할 뿐만 아니라<sup>(1)</sup> 최근에는 화학레이저의 발전효율을



(a) Steam ejector with De Laval nozzle



(b) Liquid ejector with convergent nozzle

Fig. 1 Schematic structures of a steam ejector and a liquid ejector

높이기 위한 연소부산물의 배기를 위해서도 필수적이며<sup>(2), (3)</sup>, 이와 같은 경우에는 구동유체인 증기나 기체를 초음속(Supersonic)으로 유동시키기 위해 축소-확대형의 De Laval노즐을 채택한 증기구동용 이젝터(Vapor-Driven Ejector)가 일반적으로 사용되고 있다. 이와는 달리 해수(Seawater)를 담수(Fresh Water)로 변환시키기 위한 저온진공증발<sup>(4)</sup>,<sup>(5)</sup>, 흡입환경이 열악하여 일반적인 원심펌프로 펌핑하는 경우 캐비테이션(Cavitation)의 발생우려가 매우 높거나 이종의 액체간 혹은 용해질 증기의 용매로의 균일혼합 등을 위해서는 축소형 노즐(Convergent Nozzle)을 채택한 액체구동 이젝터(Liquid-Driven Ejector)가 주로 사용되고 있다<sup>(6)-(10)</sup>.

Fig. 1은 전술한 이젝터의 전형적인 형태와 구조를 보인 것으로서, Fig. 1로부터 알 수 있듯이 이젝터는 내부에 가동부가 전혀 없어 기기의 사용수명이 설치된 시스템의 수명과 동일할 정도로 신뢰도가 매우 높은 유체기기이다. 하지만 유체이송을 위한 목적으로는 일반펌프에 비해 상당히 낮은 효율을 가지기 때문에<sup>(8)</sup> 특수한 경우가 아닌 한 일반적으로 사용되지 않는 것 또한 사실이다. 뿐만 아니라 이젝터가 산업계에 채택되기 시작한 것은 약 100년 이상의 역사를 가지고 있음에도 불구하고 Fig. 1에 보인 초기의 개발형태는 지금도 그대로 유지되고 있으며, 성능 역시 그다지 개선이 이루어지지 않고

있다는 것 또한 놀라운 일이다. 이는 상당히 오랜 기간에 걸쳐서 이젝터를 응용한 다양한 공정개발에 관한 연구가 수행되었으나 이젝터 자체의 형상이나 개선에 대해서는 별다른 연구가 진행되지 않았음을 반증하는 것이며, 이는 전적으로 Fig. 1에서 알 수 있는 바와 같이 그 구조상 개선할 만한 설계변경 사항이 존재하지 않음에 기인한다고 할 수 있다.

본 연구는 저자들의 기존에 수행한 이젝터 관련 연구들<sup>[6], [7], [11]-[14]</sup> 토대로 하여 구동노즐의 형상을 변경하여 기-액 접촉면적과 난류유동성의 증가를 유발시키는 멀티노즐(Multi-opening Nozzle)의 채용에 의해 기체의 견인능력을 향상시킨 상용배관소재만으로 구성된 새로운 형식의 이젝터 개발의 타당성을 확인하기 위한 목적으로 수행하였으며, 연구결과에 의하면 현재까지 제작시간과 비용을 요하는 주물공정에 의해 생산되고 있는 기존형식의 이젝터를 대체할 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다.

## 2. 이젝터의 작동원리와 구조

### 2.1 이젝터의 작동원리

이젝터는 Fig. 1에 보인 노즐(Nozzle)을 통하여 구동유체를 고속으로 분사하여 구동유체가 보유하고 있는 압력에너지(Pressure Energy)를 속도에너지(Velocity Energy)로 변환시킨다. 노즐에서 고속으로 분사되는 액체제트의 표면을 구성하는 액체분자와 제트의 표면근방에 필연적으로 형성되는 액적(Liquid Droplet)을 구성하는 액체분자는 주위의 기체분자들과 분자간 상호작용(Intermolecular Inter-action)과 충돌(Collision)을 일으키게 되고 이로 인해 기체분자들이 목부방향으로 견인되어 주위공간에 국부적인 진공(Local Vacuum)이 형성된다. 따라서 흡입실 내부는 지속적으로 기체분자들이 견인되어 수밀도(Number Density)가 낮아지므로 진공이 형성되고 대기압상태에 있는 외부와의 압력차에 의해 2차유체(Secondary Fluid)가 흡입되며, 이를 목부에서 균일하게 혼합한 후 출구부인 디퓨저(Diffuser)에서 속도에너지를 재차 압력에너지로 변환시킨 후 토출하게 된다.

이젝터의 기본적인 성능은 에너지보존의 법칙을

나타내는 식(1)의 베르누이 방정식, 질량보존의 법칙을 나타내는 식(2)의 연속방정식, 그리고 식(3)의 운동량보존의 법칙을 사용하여 예측할 수 있다.

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + h_{loss} = C \tag{1}$$

$$\dot{G} = \rho \cdot A \cdot v \tag{2}$$

$$f = p \cdot A = \frac{d}{dt}(\dot{G} \cdot v) \tag{3}$$

하지만 이젝터의 유체역학적인 이론에 대한 상세한 설명은 Ko<sup>[6]</sup>, Lee<sup>[7]</sup>, Oh<sup>[11]</sup> 및 Kim<sup>[12,13]</sup> 등의 연구에 상세히 기술되어 있는 관계로 본 논문에서 이를 다시 기술할 필요까지는 없으리라고 생각된다.

### 2.2 실험용 이젝터의 구조

Fig. 2는 본 연구에서 사용한 이젝터의 상세 제작도면을 보이는 것으로서 현재 시중에서 손쉽게 구입할 수 있는 상용의 규격품인 플랜지(Flange), 니플(Nipple), T분기관(Tee) 및 리듀스(Reducer)의 피팅류(Fittings)를 단순히 용접함으로써 제작한 것이다. 일반적으로 주물(Casting)공정에 의해 제작하는 Fig. 1에 보인 기존의 이젝터와 비교하면 제작비가 상당히 저렴하며, 제작공정의 단순화로 인한 제작시간이 매우 짧은 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라 강도(Strength)가 매우 높은 장점을 가지고 있다.

본 연구에서의 실험용 이젝터의 전체적인 형상은 기존의 이젝터와 유사하지만 가장 큰 특징은 구동노즐을 KS 50A 규격의 Blind Flange의 중앙에 원형구멍을 가공한 오리피스형의 노즐(Orifice Type Nozzle)을 채택한 점이다.

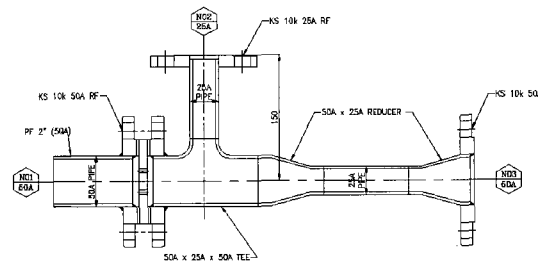
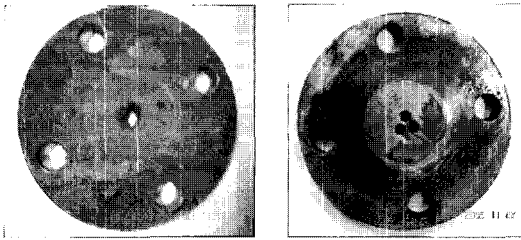


Fig. 2 Detailed drawing of the ejector tested in the experiments



(a) Single-opening nozzle (b) Multi-opening nozzle

Fig. 3 The photos of the orifice type nozzle

Table 1 Dimensions of the orifice type nozzle

Type	Single-opening nozzle	
A	Thickness of a flange	17.0 mm
	Diameter of a flange	280.0 mm
	Diameter of a nozzle	12.0 mm
Type	Multi-opening nozzle (3 openings)	
B	Thickness of a flange	17.0 mm
	Diameter of a flange	280.0 mm
	Diameter of a nozzle	6.7 mm
C	Thickness of a flange	6.0 mm
	Diameter of a flange	280.0 mm
	Diameter of a nozzle	6.7 mm

오리피스형 노즐(이후 단순히 “노즐”로 표기)은 Fig. 1의 기존 이젝터의 축소형 노즐과 비교하여 압력강하(Pressure Drop), 즉 손실이 증가한다는 단점이 있는 반면 가공과 구조가 매우 단순하며, 노즐의 출구에서 목(Throat) 입구부까지 액체제트가 흡입실내의 기체에 대해 노출되는 시간과 면적, 즉 기액접촉면적과 접촉시간을 증가시켜 흡입능력을 상승시키는 장점을 가질 것으로 예상된다. 따라서 전술한 압력강하에 의한 손실에 비해 흡입능력 개선의 효과가 크다면 본 연구에서 제안하고 있는 신형 이젝터의 적용가능성은 매우 높다고 할 수 있다. 본 연구에서는 3가지 종류의 노즐을 이용하여 실험을 수행하였는데 Fig. 3의 (a)는 플랜지의 중앙에 12 mm 직경의 구멍을 1개 뚫은 단공노즐을, 그리고 (b)는 중앙에 정삼각형의 배치로 6.7 mm의 구멍을 3개 뚫은 다공노즐의 외관을 보이는 사진이다. 특히 다공노즐의 경우에는 노즐부를 구성하는 플랜지 두께가 이젝터의 성능에 어떤 영향을 미치는지

확인하기 위하여 단공노즐과 같은 두께인 17 mm와 이보다 약 1/3정도 얇은 6 mm의 2가지를 준비하였으며, 이들 3개 노즐의 치수는 Table 1에 나타내었다. 다공노즐의 노즐부의 직경은 단공노즐과의 정량적인 비교를 위해서 동일한 유동면적을 가지도록 식(4)를 이용하여 결정하였다.

$$D_{mt} = \sqrt{\frac{1}{n}} D_{sg} \tag{4}$$

식(4)에서  $D_{mt}$ 는 다공노즐 개구부 1개의 직경을,  $n$ 은 다공노즐의 개수, 그리고  $D_{sg}$ 는 단공노즐 개구부의 직경을 나타내는 것이다. 흡입구는 공칭치수(Nominal Size) 50A×25A×50A의 T관을 이용하여 구동부와 연결하였으며, 목부는 50A×25A의 축소관에 25A의 니플을 연결하여 구성하였으며, 여기에 50A×25A의 축소관을 반대방향으로 용접하여 디퓨저부를 구성하였다.

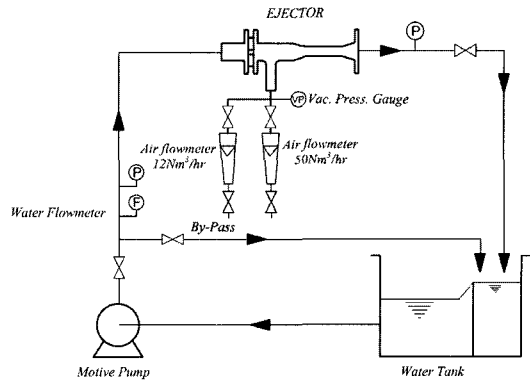


Fig. 4 Schematic diagram of experimental apparatus

### 3. 실험장치 및 실험방법

Fig. 4는 실험장치의 전체 배치도를 나타내며, 구동유체는 탱크로부터 구동펌프를 통해 유량계에서 유량이 측정된 후 실험용 이젝터의 구동부에 유입되며, 흡입유체는 공기흡입량 측정을 위한 50 Nm<sup>3</sup>/hr과 12 Nm<sup>3</sup>/hr 용량의 병렬로 설치된 2개의 공기유량계를 거쳐 흡입된다. 이젝터는 흡입된 공기와의 혼합에 의해 기액이상류의 상태로 토출되므로 기포가 구동펌프에 흡입되지 않도록 탱크를 구분하는 구획판

위로 토출유체를 오버플로우(Overflow)시켜 기포가 분리되도록 하였으며, 기액분리된 토출유체는 다시 펌프로 유입되어 재순환한다.

실험은 Table 1에 기술한 3개의 오리피스형 노즐에 대해 수행하였으며, 구동펌프의 압력을 펌프 토출측의 바이패스(By-pass) 유량을 조절하여 변화시키면서 각각의 오리피스형 노즐에 대한 이젝터의 흡입성능이 어떻게 변화하는지를 관찰하였다. 이젝터의 성능평가를 위해서는 구동유체의 유량과 압력, 그리고 흡입유체의 유량과 흡입실의 압력 및 토출압력의 측정이 필요한데, 본 연구는 상용 배관자재를 이용한 신형 이젝터의 가능성 검토를 위한 기초연구로서 수행한 관계로 압력측정은 디지털식에 비해 비교적 정밀도가 떨어지는  $\pm 10$  mmHg의 오차를 가지는 브루돈식(Bourdon Type) 압력계를 사용하였으며, 구동액체의 유량측정을 위해서는 Flowmeter사 제품의  $\pm 0.1$  m<sup>3</sup>/hr의 오차를 가지는 플로트형(Float Type) 유량계 1개를, 그리고 흡입기체용으로는  $\pm 0.1$  Nm<sup>3</sup>/hr 및  $\pm 1.0$  Nm<sup>3</sup>/hr의 오차를 가지는 플로트형 유량계 2개를 사용하여 수행하였다.

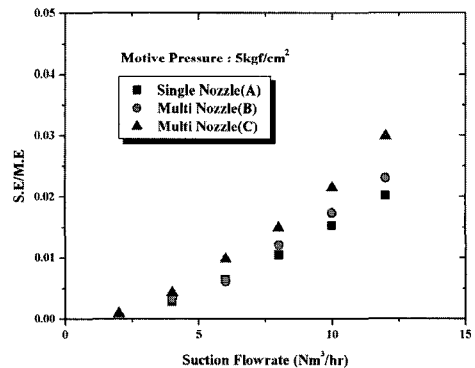
#### 4. 실험결과 및 고찰

이젝터의 성능은 실험을 통해 구한 측정자료를 이용하여 식(5)로 주어지는 이젝터의 효율(Efficiency)을 계산함으로써 가장 쉽게 파악할 수 있다<sup>(6),(11)-(13)</sup>.

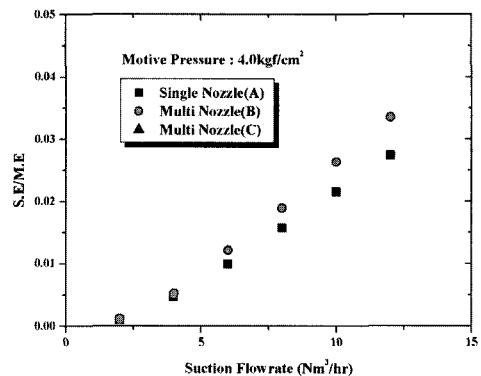
$$\eta = \frac{\gamma_s (p_d - p_s)}{\gamma_m (p_m - p_d)} \quad (5)$$

하지만 상기의 식(5)는 구동유체와 흡입유체가 동일한 상(Phase)인 경우에 적용하는 식인 관계로 본 연구에서와 같이 구동유체와 흡입유체의 상이 달라 기액이상류(Liquid-gas Two-phase Flow)를 형성하는 경우 압력강하(Pressure Drop)에 대한 Martinelli의 상관관계식에서 유추할 수 있듯이 식(5)를 그대로 적용할 수 있는지에 대해서는 상당히 의문스럽다<sup>(14)</sup>. 물론 기존의 연구결과들에<sup>(11)-(13)</sup> 의하면 수구동-공기흡입의 이젝터의 효율 역시 식(5)로부터 계산되었지만 본 연구의 저자들

은 기액이상류의 경우에는 식(5)에 포함된  $p_d$ 는 이상류 형태로 토출되는 유체의 압력을 사용해야만 한다고 판단하고 있다. 그러나 저자들의 관련논문 에 대한 선행조사의 범위내에서 현재까지 액체구동 공기흡입용 이젝터의 효율을 구하기 위해서 토출압력을 어떻게 적용할 것인지에 관해서는 명확한 연구결과가 보고된 적은 없다. 따라서 본 연구에서는 일반적인 의미에서 효율은 입력에너지(Input Energy)와 출력에너지(Output Energy)의 비로서 정의된다는 점에 입각하여 펌프 토출측의 구동압력과 구동유량으로부터 구동유체가 보유하는 에너지(Motive Energy, ME)인 식(6)과 흡입유체가 보유하는 에너지(Suction Energy, SE)에 해당하는 식(7)과의 상대적인 에너지비(Energy Ratio, ER)인 식(8)을 이용하여 다양한 실험조건에 대한 성능비교를 위한 판단기준으로서 채택하였다.



(a) Motive pressure,  $p_m=5.0$  kgf/cm<sup>2</sup> · gage



(b) Motive pressure,  $p_m=4.0$  kgf/cm<sup>2</sup> · gage

Fig. 5 Energy ratio vs. the motive flowrates

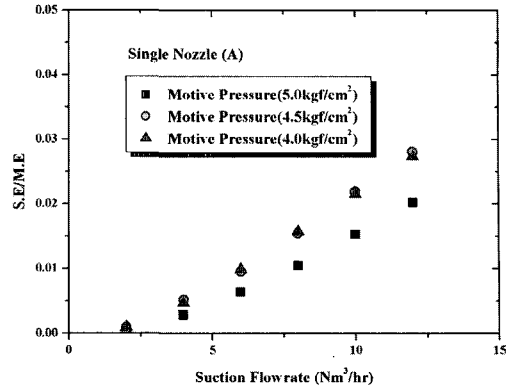
$$ME = \gamma_m \cdot \dot{Q}_m \cdot H_m \quad (6)$$

$$SE = \gamma_s \cdot \dot{Q}_s \cdot H_s \quad (7)$$

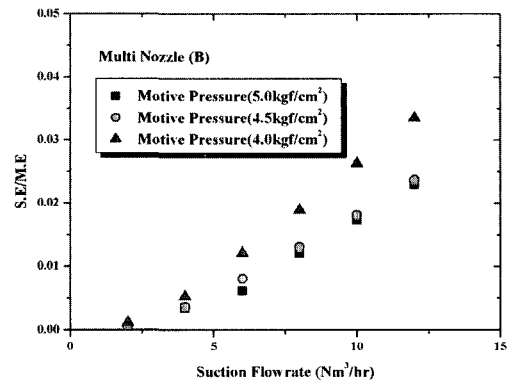
$$ER = \frac{SE}{ME} = \frac{\gamma_s \cdot \dot{Q}_s \cdot H_s}{\gamma_m \cdot \dot{Q}_m \cdot H_m} \quad (8)$$

Fig. 5는 구동압력을 일정하게 유지하면서 Fig. 4의 바이패스 유량을 조절함으로써 구동유량의 변화에 따른 각 노즐별로 식(8)의 에너지비를 계산한 결과를 보인 것으로서 전체적으로 단공노즐보다 다공노즐의 ER이 높게 측정되었다. 이 실험결과로부터 다공노즐의 채택은 이젝터의 흡입성능을 개선시키며, 이는 흡입유량이 클수록 증가됨을 확인할 수 있으며, Type (C)의 다공노즐의 경우 실험범위내에서 최대 35 %까지 흡입성능의 개선을 얻을 수 있었다. 뿐만 아니라 다공노즐인 경우에도 노즐구멍을 가공한 플랜지의 두께가 얇은 Table 1의 Type (C)가 Type (B)보다 더 높은 ER치를 보였는데, 이는 플랜지의 두께가 얇으면 유동저항이 감소하기 때문에 동일한 구동유량에 대해 압력손실이 감소하기 때문으로 판단되며, 이는 오리피스에 대한 기존의 연구결과들과 일치한다. Fig. 5 (b)는 구동압력이  $p_m=4.0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 에서의 실험결과로서 단공노즐(A)와 다공노즐(B)의 비교를 보인 것이다. 이 경우에도 다공노즐의 ER값이 단공노즐에 비하여 높은 효율을 나타내고 있음을 알 수 있었으나 다공노즐(C)는  $p_m= 4.2\text{kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$  이하에서 진공압력이 형성되지 않는, 즉 흡입능력을 상실하는 관계로 인하여 실험결과를 얻을 수 없었다.

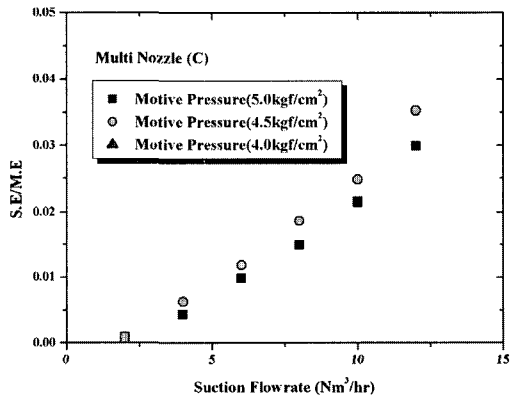
Fig. 6은 이젝터의 흡입배관에 설치된 밸브의 개도를 조절함으로써 흡입유량의 변화에 따른 각 노즐의 ER치를 구동압력별로 구한 것이다. Fig. 6 (a)의 단공노즐의 경우 구동압력이  $4.0\sim 4.5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 의 범위에서는 큰 변화를 찾아 볼 수 없었으나,  $4.5\sim 5.0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 의 범위에서는 구동압력을 증가시켰음에도 불구하고 ER값이 감소됨을 알 수 있었다. 이와 같이 ER값이 감소하는 것은 구동유량 및 구동압력을 증가시키면 공기흡입량이 증가되어 ER치를 계산하는 식(8)의 분자항이 크게 되는 효과보다 구동유량 및 구동압력의 증가에 따른 분모항의 증가량이 더 커지기 때문에 ER치는 전



(a) Single Nozzle, Type (A)



(b) Multi-nozzle, Type (B)



(c) Multi-nozzle, Type (C)

Fig. 6 Energy ratio vs. the suction flowrates in the various motive pressures

체적으로 감소되는 결과를 초래하며, 현상학적으로는 증가된 공기흡입량이 액체제트와 목부 입구부에

의해 형성되는 환형의 유동면적(Annular Flow Area)을 적절히 통과하지 못하고 흡입실내에 축적되어 흡입압력을 상승시키기 때문이다.

Fig. 6 (b)는 Fig. 3 (b)에 보인 Type (B)의 다공노즐에 대한 실험으로부터 얻은 ER치로서 정량적인 비교를 위해서 Type (A)의 단공노즐과 동일한 구동압력을 적용하였다. 이 경우 노즐의 구동압력이  $p_m=4.0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 에서 흡입성능이 최대였으며, 구동압력이  $4.0 \sim 4.5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 의 범위에서는 Type (A)와 거의 동일한 경향을 보이고 있음을 알 수 있는데 이는 2가지 노즐 모두  $p_m=4.0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 에서 흡입능력이 상실된다는 사실로부터 본 실험에 사용한 노즐들의 경우  $p_m=4.5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 에서부터 효율이 급격히 저하하며, Fig. 6 (a)와 (b)의 비교로부터 Type (B)의 다공노즐은  $p_m=5.0 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$  이상의 압력에서 최대효율을 가지는 특성을 가짐을 유추할 수 있으나 실험장치에 사용된 펌프의 용량관계상 이를 확인할 수는 없었다.

Fig. 6 (c)는 다공노즐이면서 Blind Flange의 두께의 영향을 파악하기 위해 Type (B)와 모든 조건이 같으나 두께( $t=7 \text{ mm}$ ) 얇은 Type (C)에 대한 실험결과를 보이는 것으로서 구동압력이 높아질수록 다른 노즐들과 비슷한 경향을 보였으며, 전술한 바와 같이 구동압력이  $4.2 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$  이하에서 흡입능력이 상실되는 관계로 이 압력에 대한 결과는 얻을 수 없었다. 하지만 Fig. 6의 각 노즐에 대해 구한 실험결과들을 모두 비교할 수 있는  $p_m=4.5 \text{ kgf/cm}^2 \cdot \text{gage}$ 의 경우 다공노즐이 단공노즐에 비해 최대 17 % 정도 흡입성능이 개선되었으며, 다공노즐의 경우에도 본 연구의 실험조건하에서는 플랜지의 두께가 얇을수록 이젝터의 성능이 증가함을 알 수 있었다. 따라서 Fig. 5 및 Fig. 6의 실험결과로부터 구동노즐을 다공노즐로 변경시켜 기액접촉면적을 증가시킴으로서 이젝터의 효율을 증가시킬 수 있다는 본 연구의 제안은 상당한 타당성을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

#### 4. 결 론

본 연구는 기존 이젝터의 제작과정상 필수적이거나 시간과 경비의 증가를 초래하는 주물공정을 배제하

기 위해 상용의 배관자재와 용접과정만을 이용하여 오리피스형 구동노즐을 채택한 매우 단순한 형태의 신형 이젝터도 기존형식의 이젝터에 상응하는 성능을 보일 수 있음을 확인하기 위한 기초연구로서 수행되었으며, 뿐만 아니라 상용 배관자재의 사용에 의해 증가될 수도 있는 유동손실을 보완하기 위해 다공노즐을 채택한 경우의 단공노즐 대비 흡입성능의 개선에 대한 정량적인 비교를 시도하였다.

무부하상태의 흡입실내 진공도는 저자들의 연구 경험으로부터 Fig. 1에 보인 기존형태의 이젝터보다 Fig. 3의 오리피스형 노즐을 채택하여 본 연구에서 제안하고 있는 Fig. 2의 신형 이젝터가 더 높게 유지함을 알 수 있었으며, 이는 구동노즐로부터 분사되는 액체제트가 기존형식의 이젝터와 비교해서 흡입실내에서의 노출면적 및 노출시간의 증가에 의한 것으로 판단된다. 그리고 단공노즐과 다공노즐의 실험결과로부터는 동일한 조건하에서 다공노즐을 채택한 이젝터의 흡입성능이 단공노즐에 비해 뚜렷이 개선됨을 확인할 수 있었는데, 이는 동일한 구동조건이라 할지라도 액체제트와 흡입실내 기체와의 접촉면적이 다공노즐이 크기 때문에 액체제트의 기체분자에 대한 견인력이 상승되기 때문인 것으로 판단된다.

하지만 본 연구에서는 비슷한 구동조건에서 최적의 운전특성을 가지는 기존의 이젝터와 비교를 수행하지 않았기 때문에 기존형식의 이젝터의 성능과 비교하여 정성적 및 정량적으로 어떤 장, 단점을 가지는지에 대한 분석은 유보해야만 한다. 따라서 본 연구에서 제안하고 있는 신형 이젝터의 가능성 및 타당성을 입증하기 위해서는 기존 이젝터와의 성능비교가 필수적이며, 이는 추후 연구를 통해 밝힐 예정이다.

#### 참고문헌

- [1] Robert B. Power, Steam Jet Ejectors for the Process Industries, McGraw-Hill Inc., New York, 1993.
- [2] S.-H. Kim, J.-K. Jin and S.-J. Kwon, "Development of an Ejector System for Operating of Chemical Lasers (I)", Trans. of the KSME(B), Vol. 27, No. 12, pp. 1673~1680, 2003.

- [3] S.-H. Kim, J.-K. Jin and S.-J. Kwon, "Development of an Ejector System for Operating of Chemical Lasers (III)", Trans. of the KSME(B), Vol. 29, No. 1, pp. 9~15, 2005.
- [4] 최순호, 폐열을 이용한 비등형 선택용 조수기의 열설계에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 석사논문, 1989.
- [5] Everett D. Howe, Fundamentals of Water Desalination, Marcel Dekker, 1974.
- [6] 고상철, 액체용 이젝터 성능의 CAD와 실험 결과와의 비교에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 석사논문, 1988.
- [7] 이종수, 강신돌, 김경근, "각종 이젝터의 국산 개발과 산업응용시스템에 관하여", 한국박용 기관학회지, 제14권, 제15호, pp. 28~42, 1990.
- [8] I. J. Karassik, W. C. Krutzsch, W. H. Fraser and J. P. Messina, Pump Handbook, McGraw-Hill Inc., New York, 1986.
- [9] O. Winkler and R. Bakish, Vacuum Metallurgy, Elsevier, 1971.
- [10] K. Mangnall, acuum/Pressure Producing Machines and Associated Equipment, Hick Hargreaves, 1989.
- [11] 오창석, 최순호, 오세명, 액체용 이젝터의 무부하 성능실험, 한국해양대학교 선박기계공학과 졸업논문집, 1986.
- [12] 김중현, 수구동 공기흡입 이젝터의 성능특성에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 석사논문, 1988.
- [13] 김금무, 환상형 워트제트 공기펌프의 성능특성에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 석사논문, 1989.
- [14] G. B. Wallis, One-dimensional Two-phase Flow, McGraw-Hill Inc., New York, 1969.

**저 자 소 개**



**문수범 (文首範)**

1972년 12월생, 1998년 군산대학교 기관공학과 졸업(공학사), 2003년 한국해양대학교(원) 기관공학과 석사과정수료(공학석사), 현재 한국해양대학교 대학원 기관시스템공학과 박사과정, 2000~2002년 한국해양오염방제조합, 2003년~현재 군산대학교 실습선



**최현규 (崔顯奎)**

1975년 1월생, 1997년 군산대학교 기관공학과 졸업(공학사), 1999년 한국해양대학교(원) 기관공학과 석사과정수료(공학석사), 2004년 한국해양대학교 대학원 기관시스템공학과 박사과정수료(공학박사), 2002년~2005년 (주)쓰리케이 엠아이텍 연구원, 2003년~현재 한국해양대학교 시간강사, 2005년~현재 군산대학교 시간강사.



**최재혁 (崔宰赫)**

1974년 3월생, 1996년 한국해양대학교, 기관공학과 졸업(학사), 2000년 동대학, 대학원 졸업(석사), 2005년 일본북해도대학, 대학원 졸업(박사), 2005년~현재 한국원자력연구소 연구원



**권형정 (權衡正)**

1953년 3월생, 1978년 부산대학교 기계공학과 졸업(공학사), 1980년 부산대학교 대학원 석사과정수료(공학석사), 1992년 한국해양대학교 대학원 박사과정수료(공학박사), 1980년~현재 동의과학대학 교수.



**김경근 (金京根)**

1952년 10월생, 1974년 한국해양대학교 해사대학 기관학과 졸업(공학사), 1976년 한국해양대학교(원) 기관공학과 졸업(공학석사), 1979년 일본 동경대학 대학원 기계공학부 졸업(공학석사), 1985년 일본 동경대학 대학원 기계공학부 졸업(공학박사), 1994~1999년 조선·해양기자재 지역컨소시엄 사업단장, 2000~2002년 한국해양대학교 해사산업연구소장, 2004~2006년 한국해양대학교 해사대학 학장, 1979년~현재 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수



**최순호 (崔淳豪)**

1987년 한국해양대학교 선박기계공학과 졸업(공학사), 1989년 동대학원 선박기계공학과 수료(공학석사), 1989년 동의공업대학 시간강사, 1990~1992년 (주)현대엔지니어링 설계직 사원, 1992~1996년 한국원자력연구소 선임연구원, 1997년 한국해양대학교 시간강사, 2002년 日本傳熱學會 우수논문상 수상, 2003년 동경대학교 대학원 수료(공학박사), 2004~2005년 한국기계연구원 비상근연구원, 2004년~현재 한국해양대학교, 동의과학대학 시간강사, 2005년 한국마린엔지니어링학회 장려논문상 수상, 2006년판 세계인명사전 Marquis Who's Who in Asia 등재, 2006년판 Marquis Who's who in Science and Engineering 등재.