





#### 2009 年 8 月

教育學碩士(機械金屬教育)學位論文

# 이젝터의 흡입관 경사와 위치변화에 따른 유동특성에 대한 연구

朝鮮大學校 教育大學院 機械 金屬 教育 專攻 鄭 炯 奎



# 이젝터의 흡입관 경사와 위치변화에 따른 유동특성에 대한 연구

A Study on the Flow Characteristics an Ejector by Inclined Suction Pipe and Change of Position of Driven Pipe.

2009 年 8 月

朝鮮大學校 教育大學院 機 械 金屬 教育 專攻 鄭 炯 奎

# 이젝터의 흡입관 경사와 위치변화에 따른 유동특성에 대한 연구

指導教授:李 行 男

이 論文을 敎育學碩士 學位 論文으로 提出함

#### 2009 年 4 月

朝鮮大學校 教育大學院 機 械 金屬 教育 專攻

鄭炯奎

#### 鄭 炯 奎의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 朴吉文 印

- 委員朝鮮大學校 教授 金根亭 印
- 委員朝鮮大學校 教授 李行男 🔍

#### 2009 年 6 月

#### 朝鮮大學校 教育大學院

目次
List of Tables
List of Figures
Nomenclature
Abstract vm
第1章序論
第1節 연구 배경1 第2節 연구의 목적 4
第2章 實驗 및 數值解析
第1節 PIV 계측
10      2. 구동관로의 위치변화에 대한 PIV 결과 및 고찰15      第3節 CFD 실험 Model      1. 경사진 흡입관 Model
2.

	策	54節	j (	CFD	해석	결과				•••••	 ······24
		1.	경	사진	हे <b>दे</b> ।	입관의	각도	변화어	대한	해석	 ······ 24
		2.	구	동관	로의	위치	변화어	대한	해석		 
第	3	音早		結	論						 

REFERENCES 58

#### LIST OF TABLE

Table. 2-	1 PIV System of Visualization Equipment	
Table. 2-	2 Experiment Condition of Driving Flow9	
Table. 2-	3 CFD Condition of Driving Flow22	
Table. 2-	4 Units of Physical Property(Inclined Suction Pipe)24	
Table. 2-	5 Units of Physical Property(Drive Pipe)	

#### LIST OF FIGURES

Fig. 1-1 Diffuser Diagram
Fig. 2-1 Schematic Arrangement of PIV System7
Fig. 2-2 Mean Velocity Vector by PIV(Inclined Suction Pipe)10
Fig. 2-3 Mean Total Kinematic Energy by PIV(Inclined Suction Pipe) 13
Fig. 2-4 Turbulent Kinetic Energy by PIV(Inclined Suction Pipe)14
Fig. 2-5 Mean Velocity Vector by PIV(Driven Pipe)16
Fig. 2-6 Mean Total Kinematic Energy by PIV(Driven Pipe)18
Fig. 2-7 Turbulent Kinetic Energy by PIV(Driven Pipe)20
Fig. 2-8 CFD Grid of Ejector
Fig. 2-9 Design Drawing23
Fig. 2-10 Mean Velocity Vector Distribution (V=1m/s)25
Fig. 2-11 Static Pressure Distribution (V=1m/s)26
Fig. 2-12 Total Pressure Distribution (V=1m/s)26
Fig. 2-13 Turbulent Kinetic Energy (V=1m/s)27
Fig. 2-14 Turbulent Viscosity (V=1m/s)27
Fig. 2-15 Mean Velocity Vector Distribution (V=2.08m/s)28
Fig. 2-16 Static Pressure Distribution (V=2.08m/s)29
Fig. 2-17 Total Pressure Distribution (V=2.08m/s)29

Fig.	2-18	Turbulent Kinetic Energy (V=2.08m/s)
Fig.	2-19	Turbulent Viscosity (V=2.08m/s)
Fig.	2-20	Mean Velocity Vector Distribution (V=2.54m/s)31
Fig.	2-21	Static Pressure Distribution (V= $2.54m/s$ )31
Fig.	2-22	Total Pressure Distribution (V=2.54m/s)
Fig.	2-23	Turbulent Kinetic Energy (V=2.54m/s)
Fig.	2-24	Turbulent Viscosity (V=2.54m/s)
Fig.	2-25	0mm Point Velocity Distribution
Fig.	2-26	90mm Point Velocity Distribution
Fig.	2-27	180mm Point Velocity Distribution
Fig.	2-28	0mm Point Pressure Distribution
Fig.	2-29	90mm Point Pressure Distribution
Fig.	2-30	180mm Point Pressure Distribution
Fig.	2-31	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 3.75 V = 1 m/s) 38
Fig.	2-32	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 3.75 V = 2.08 m/s) 39
Fig.	2-33	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 3.75 V = 2.08 m/s) 40
Fig.	2-34	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 2.64 V = 1 m/s) 40
Fig.	2-35	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 2.64 V = 2.08 m/s) 41
Fig.	2-36	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 2.64 V = 2.54 m/s) $\cdots$ 41
Fig.	2-37	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 1.79 V = 1 m/s) 42
Fig.	2-38	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 1.79 V = 2.08 m/s) $\cdots$ 43
Fig.	2-39	Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 1.79 V = 2.54 m/s) $\cdots$ 43
Fig.	2-40	Total Pressure of Distribution $(1 : 3.75 \text{ V} = 1 \text{ m/s}) \cdots 44$
Fig.	2-41	Total Pressure of Distribution $(1 \div 3.75 \text{ V} = 2.08 \text{ m/s}) \cdots 44$
Fig.	2-42	Total Pressure of Distribution (1 : 3.75 V = 2.54 m/s)45
Fig.	2-43	Total Pressure of Distribution (1 : 2.64 V = 1 m/s)46
Fig.	2-44	Total Pressure of Distribution (1 : 2.64 V = 2.08 m/s)46
Fig.	2-45	Total Pressure of Distribution (1 : 2.64 V = 2.54 m/s)46
Fig.	2-46	Total Pressure of Distribution (1 : 1.79 V = 1 m/s)47
Fig.	2-47	Total Pressure of Distribution (1 : 1.79 V = 2.08 m/s)47
Fig.	2-48	Total Pressure of Distribution (1 : 1.79 V = 2.54 m/s)48

Fig.	2-49	Mean Velocity Vector of Distribution (L = 130mm D : D = 1 : 3.75)
Fig.	2-50	Mean Velocity Vector of Distribution (L = 350mm D : D = 1 : $_s$ 3.75) $_h$ 50
Fig.	2-51	Total Pressure of Distribution (L = 130mm D : D = 1 : 3.75) $\dots 50$
Fig.	2-52	Total Pressure of Distribution (L = $350$ mm D : D = 1 : $3.75$ )
Fig.	2-53	Mean Velocity Vector of Distribution (L = 130mm D : $\overset{s}{D}$ = $\overset{n}{1}$ : 2.64)
Fig.	2-54	Total Pressure of Distribution (L = 130mm D : D = $1 \stackrel{s}{:} 2.64$ ) <sup>h</sup>
Fig.	2-55	Mean Velocity Vector of Distribution (L = 350mm D : D = 1 : $s2.64$ ) h 52
Fig.	2-56	Total Pressure of Distribution (L = 350mm D $\therefore$ D = 1 $\leq$ 2.64)h······53
Fig.	2-57	Mean Velocity Vector of Distribution (L = 130mm D : D = 1 : $_{s}$ 1.79) $_{h}$ 54
Fig.	2-58	Total Pressure of Distribution (L = 130mm D : D = 1 $\vdots$ 1.79) <sub>h</sub> 54
Fig.	2-59	Mean Velocity Vector of Distribution (L = 350mm D : D = 1 : 1.79) $\frac{1}{h}$ 55
Fig.	2-60	Total Pressure of Distribution (L = 350mm D : D = $1 \div 1.79$ ) $\frac{1}{s}$ $\frac{1}{h}$ $\frac{1}{h}$ $\frac{1}{5}$

 $egin{array}{ccc} s & h \ s & h \end{array}$ 

#### Nomenclature

а	: Duct half-width (mm)
b	: Duct half-height (mm)
$D_s$	: Pipe diameter (mm)
$\mathrm{D}_{\mathrm{h}}$	: Hydraulic diameter (4ab/2(a+b) mm)
f	: Frequency of oscillation
g	: Gravitation (m/sec <sup>2</sup> )
L <sub>e</sub>	: Entrance length (mm)
$M \times N$	: Length of test section (mm×mm)
р	: Pressure (N/m <sup>2</sup> )
f(i,j)	: Grey level in the 1st frame
f	: Average Grey level in the 1st frame
g(i,j)	: Grey level in the 2ndt frame
g _	: Average grey level in the 2nd frame
Re	: Reynolds number
t	: Time (sec)
u, <del>v,</del> w	: Velocity components in x, y and z-axis
х, у, z	: Rectangular coordinates of test section
Q	: Flow rate of volume( $\ell/s$ )
	: Mass flow rate ( /s)
V	: volume ( )

Greeks

air :	Specific weight of air $(N/m^3)$
:	Coefficient of viscosity (N $\cdot$ sec/m <sup>2</sup> )
:	Coefficient kinematic viscosity $(m^2/sec)$
:	Density (Kg/m <sup>3</sup> )

γ

 $\dot{m}$ 

μ

ν

ρ

au

: Shearing stress ( )

 $N/m^2$ 

#### Subscripts

$C_r$	: Critical value
e	: Value on developing flow
fd	: Value on developed flow
m	: Cross-sectional mean value
р	: Fluid particle
q	: Quasi-steady flow
S	: Straight duct
st	: Steady flow

#### Superscripts and others

_	: Mean value
$\wedge$	: Quantities in the laplace domain
*	: Dimensionless quantity

#### ABSTRACT

#### A Study on the Flow Characteristics an Ejector by Inclined Suction Pipe and Change of Position of Driven Pipe

Jhung Hyung-Kyu Advisor : Prof. Lee Haeng-Nam Mechanical & Metallurgical Education Chosun University Graduate School of Education

The ejector is generally used to get a low pressure and improved the flow efficiency. It is applied to a lot of industry field like a heat engine, a fluid instrument power plant, petroleum chemistry, food industry, environment even it is mixed with a any kind of liquid, gas, and solid.

This study is to identify floating characteristics of Ejectors, mean velocity, distribution of total pressure through CFD(Computational Fluid Dynamics) analysis. For the purpose, it changed the ends of driving duct with diameter ratio of 1 : 3.75, 1 : 2.64, and 1 : 1.79, found optimal points of driving engine ducts in each diameter ratio and conducted the analysis through PIV(Particle Image Velocimetry) experiment. The results are presented as follows:

(1) At 45°, when it was found that eddy flow increased due to increased absorption speed, this study suggests that the condition of curvature design for absorption tube in respect to further speed conditions should be considered important.

(2) When turbulence momentum energy increased, dissipation value also increased and energy loss was found. To decrease the energy loss, this study suggests that we have to find a configuration of nozzle and optimal

points from the points when energy value of turbulence movement increased.

(3) This study analysed PIV at optimal points according to diameter ratios of Ejector and found that CFD flowing is consistent with PIV flowing.

(4) When the ends of each driving duct with diameter ratios of 1:3.75, 1:2.64 and 1:1.79 were placed in 1.3, 1.2 and 1.1, the largest effect of absorption was found, but the effect was not related to velocity change.

#### 第1章序論

#### 第1節 연구배경

오늘날과 같은 산업사회를 구축하는데 있어서 에너지 효율을 증대시키기 위한 노력은 끊임없이 계속되고 있다. 그러한 예로서 이젝터(Ejector)는 산업현장에서 흡 수, 혼합, 탈수 등의 목적으로 사용되고 있을 뿐 아니라, 주거환경의 90%를 차지하 고 있는 건축물은 초고층, 대형화로 인해 쾌적한 환경을 만들어 내기위한 공기조화 기술에서도 가장 중요한 사항으로 연구되고 있다.

이젝터(Ejector)는 고압의 유체를 구동관로에서 분출시켜, 그 주변의 저압기체와 운동량 교환을 통하여 저압의 유체를 보다 높은 압력까지 상승시켜 흡인되는 원리 를 이용한 수송 장치로서 기계적 운동부분이 없기 때문에 고장이 거의 없다. 액체, 기체는 물론 고체가 혼입하여도 작동상 별다른 무리가 없다는 점에서 열기관, 화 력·수력 발전소, 공기조화 닥트, 석유화학, 식품공업, 환경산업 등 많은 공업 및 건축분야에 적용되고 있다. 이젝터는 시스템이 대형, 소형화 등 크기에 상관없이 단순 구조로 제작이 가능하고, 설치가 용이하여 유체가 유동하고 있는 장소에서 쉽 게 이용할 수 있으며, 설계 제작비가 저렴할 뿐만 아니라 유지보수가 거의 불필요 한 반영구적인 유체기계라는 장점을 가지고 있다.

이러한 이젝터에 관한 사용으로서, Chen과 Hsu<sup>1)</sup>는 냉동장치에 적용하여 높은 온 도 쪽에 보일러를 첨가하여 이젝터를 압축기 대신 사용하였다. Fluegel<sup>2)</sup>은 액체-액 체 이젝터의 유동특성을 베르누이 방정식과 운동량 방정식을 적용하여 기본적인 해석방법을 제시하였으며 증기-증기 이젝터의 각각의 상태점을 엔탈피-엔트로피 선도로 나타내었다. Sun and Eames<sup>3)</sup>는 냉동시스템에서 이중 증발기의 출구에 이

적터를 설치하여 압축일을 줄여 성적계수를 향상 시킬 수 있음을 이론과 실험을 통해 분석하였다. 구동유체와 흡입유체의 혼합에 관한 이론적 연구를 중점적으로 수행하였다. 그 외 Witte<sup>4)</sup> 에 의한 액체-가스 이젝터에 대한 이론적인 설계방법, Biswas and Mitra<sup>5)</sup>에 의한 다공노즐에 대한 흡입량과 액체와 가스의 혼합 특성을 규명한 연구들이 있다.

그러나 이러한 장치들에 관한 연구는 기존의 환경에 따라 설명 되어졌으며, 속 도, 온도, 유량, 압력 등 유체역학 연구에 중요한 내용들은 이론적인 연구만으로 행 하여지는 미비함을 가지고 있다. 실험적인 방법으로서, 피토관, 열선유속계, 유량계, LDV 등이 사용되어왔는데, 이러한 실험 방법들은 국부적인 몇몇 위치에서 속도나 압력 값만을 제공하였고, 유동전반에 대해 어떠한 영향을 미치지 않았다고는 생각 할 수는 없으며, 자연계에서 거의 일어나는 비정상, 난류유동에 대한 공간변화와 이에 대한 유동 패턴의 해석을 하기에는 거의 불가능하다고 볼 수 있다. 하지만 컴 퓨터를 비롯한 하드웨어의 급속한 발달과 디지털 화상 처리기법의 발전에 힘입어 최근의 실험 방법으로 입자영상유속(Particle Image Velocimetry, PIV) 실험 기법 이 개발되어 유동장 정보를 정량적으로 획득할 수 있으며, 유체의 기본 물리량을 동시다점으로 계측하여 연구할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 비정상적인 유동패턴 을 가시화시킴으로서 유체 유동에 대한 전반적인 해석이 가능하게 되었다.

CFD란 유체역학과 수치해석을 병합시켜 수학적으로 풀기 어려운 비선형 편미분 방정식들의 근사해를 구하는 학문으로서 컴퓨터의 처리속도와 용량이 증가함에 따라 발전된 수치해법을 조합하여 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)은 다양한 정식화 기법을 적용하여 모든 유동장 해석 연구에 수행되어지며 실험으로 얻기 어려운 유체역학 문제를 해결하고, 실험값과 비교 / 분석할 수 있는 미래의 해석기법으로 인식되고 있으며, 컴퓨터를 이용한 수치 해석적 방법은 많은 비용과 시간이 소비되는 실험에 의한 방법에 비해 빠르고 경제적인 장점이 있어 많은 산업분야에 응용되고 있는 추세이다. 실제로 실험적 방법에 비해 수배의 비용



절감과 시간 단축을 할 수 있으며, 실험적 방법으로 해석할 수 없는 분야도 컴퓨 터에 의한 시뮬레이션(Simulation) 작업으로 해석이 가능하게 되었다.

본 연구에서는 기존의 방법보다 더욱 발전된 실험기법을 이용하여 특정 해석영 역에 대한 정확한 실험 데이터를 얻어 유체유동에 대한 전반적인 내용을 분석하였 다. 이 실험을 검증할 만한 자료로서 전산유체역학을 이용하여 실험의 타당성을 점 검하여 주어진 문제인 이젝터의 유동특성을 규명하고, 실험으로는 얻을 수 없는 부 분들에 대한 내용을 분석하여 최적화 설계를 제시함으로서 장치의 성능개선이나 새로운 성능평가를 할 수 있도록 하였다. 향후 기계 장치나 건축설비에 이용하게 될 제반적인 이젝터 장치들을 단순 압축이나 진공장치로서가 아닌 펌프 및 기계장 치들을 대용할 수 있는 장치로 적용하는데 필요한 자료를 제공하고자 한다.

#### 第2節 연구의 목적

본 연구는 이젝터의 원리를 응용한 슬러지 분리형 디퓨저 펌프 개발에 관한 것 으로서 이론적 정립과 실험과 수치해석을 통한 최적 설계를 행하는데 목적을 두고 있다.



- \* 주요부분에 대한 부호설명
- 1. jet pump body
- 2. inlet-flange 3. outlet-flangig. 1-1 Diffuser Pump Diagram
- 4. package
- flange cover
  suction pipe
- 그에 대한 장과의 도해는 Fig. 1-1에 도시하였으며, 디퓨저를 사용하는 일반적인 8. jet slit 확산펌프설비의 확산부분 및 챔버를 개발하여 기존 펌프에 적용시켜, 펌프의 효율 을 증대함은 물론, 슬러지를 여과하고, 송출구경이 큰 경우에도 적용이 가능하게

하는데 있다.

유체의 이송에 대한 이론 및 기술적인 발전은 압력수두와 속도수두를 변환하는 방법과 펌프의 여러 효율을 증가시키는 방법으로 제트펌프와 확산펌프가 이용되고 있다. 제트펌프의 경우 압력을 증가시켜 속도를 배가시키면 전수두는 속도의 제곱 에 비례하므로 전양정 또한 속도의 제곱에 비례하게 된다. 그러나 이 경우 제트효 과를 만족시키기 위해서는 반드시 일정한 에너지 지식에 따른 관내경을 작게 하여 야 하므로 대구경에서는 송출압력을 높게 하는 데는 많은 동력을 필요로 하기 때 문에 무리가 따른다. 종래의 확산펌프의 유체이송은 L자형 구조로 인하여 양정효율 이 저하되며, 기포발생 및 슬러지가 증가될 경우에는 관내 송수가 원활치 못하며, 특히 2곳 이상에서 원수를 취수하는 경우, 취수량에 따라 펌프의 특성곡선이 다른 2개의 펌프를 연합 운전시 압력의 차이가 생길 경우 저압측의 펌프에 역류가 생겨 성능에 큰 영향을 미친다. 이러한 L자형 구조의 송수관로를 직선형으로 바꿔 기포 및 슬러지가 많이 포함된 유체의 이송을 원활하게 하고, 특히 취수량의 차이로 배 관내의 차압이 발생되는 경우에도 입구 측 플랜지 내부에 장착된 확산관 주변의 제트슬리트에 형성되는 진공압으로 상호 다른 차압의 배관수도 원활히 혼입되어, 과부하로 저압측의 펌프가 멈추거나 캐비테이션 현상이 발생되지 않아 효율을 증 대시킬 수 있을 것이며, 여기에 슬러지 분리장치를 부착하여 슬러지 및 부유물을 처리할 수 있는 장치를 부가적으로 설치할 수도 있을 것이다.

이 장치는 종래의 원심 분리식 슬러지 분리장치가 부유물이나 모래가 자주 막히 는 단점을 보완하여 원통형 챔버의 내벽을 따라 수류가 회전되게 펌핑시켰다, 원심 속도가 느린 챔버의 중심수류에 배치된 확대관을 통해 정수된 유체만 챔버 상층으 로 분리해 낼 수 있는 슬러지 분리 장치이다, 이 장치를 확산펌프에 부착한 것으로 서, 확산펌프 본체는 입구측 플랜지로 유입하게 되는 배관수가 확산펌프 몸체 내경 의 출구측 플랜지에 근접된 확대관을 통해 배출되는 순간 배관수의 수압이 확산되 어 진공상태가 되었다. 이러한 진공상태는 확대관 송출구경 주변의 제트슬리트 주

변 배관수가 자기흡입 방식으로 수류가 형성되어, 확산 펌프 몸체에 직각으로 분기 형성된 흡입관을 통해 유입되어, 입구측 플렌지와 동일선상에 있는 출구측 플랜지 로 배출되는 배관수와 혼입되어 일반 급수펌프의 양정력을 크게 증진하는 효과가 있다. 확산펌프에 부착할 슬러지 분리기는 별도의 구동장치를 공급하지 않고, 챔버 로 유입된 수류가 일정방향으로 관 내벽을 따라 회전되게 유도시켰다. 비중이 무거 운 현탁 슬러지는 아래로 퇴적 분리시킴과 동시에 비중이 가벼운 부유물은 챔버 상부의 스크린과 여과재에 의해 여과 흡수되어 배출되게 하였다. 챔버의 중심수류 에 배치된 확대관에 의해 정수된 물은 챔버 상승으로 흡입 분리하는 장치로서 내 부구조가 간단하며 역세척이 필요치 않으며, 슬러지 및 부유물을 처리하기 위해 별 도의 응집재를 사용하지 않게 하며, 설치면적이 적으면서도 유지 가동비가 거의 들 지 않게 하고 경제적으로 운전되는 특징을 가진다. 이와 같은 장치를 사용할 때 산 업상 미치는 효과는 기존 펌프와 비교시 단위 무게당 발생 수동력 증대로 설비 면 적이 축소되어 설비비가 절감되고 유지관리 및 기기의 소형화에 따른 비용의 절감 으로 가격 경쟁력을 향상시키었다. 펌프뿐만 아니라 공기조화에 응용이 가능하여 건축구조물의 획기적인 에너지 절감으로 모든 경제 분야에 크나큰 영향을 미칠 것 으로 생각되며, 학문적 가치로서는 이젝터 원리를 이용한 슬러지 분리형 확대관로 에 대한 이론적 뒷받침과 그에 따른 실험치를 표준화하고, 수치해석을 이용한 실험 의 타당성 규명하여 유체이론을 보다 체계적으로 습득하여 능률적이고 체계적으로 이젝터에 대한 이해를 도울 수 있을 것으로 확신한다.

#### 第2章 實驗 및 數値解析 第1節 PIV 계측



Fig. 2-1은 실험에 사용하게 될 PTV<sup>C</sup> 지쓰템의 대학적인 도해를 나열한 것이다. 먼저 구동관로의 직경에 대해 입구조건의 유량을 일정하게 유지시키기 위해 정전 압을 이용한 제어로 수중펌프로부터 나오는 유체의 속도를 일정하게 유지 시켰으 며, Test Section에 산란되는 입자를 가시화 시키고, 계측영역을 Sheet화 시켜 평 면광을 만들어 내기 위해 공랭식 반도체 레이저와 LLS Probe(Laser Light Sheet Probe)를 사용하여 두께 약 3mm의 Sheet Light를 해석영역 구간 내에 조명시켰다. 조명시킨 Test Section 구간은 고속도 카메라를 이용하여 프레임 시간을 적절히 조정하여 영상을 획득하여 Control Box에 저장시킨 후, 영상정보의 질을 확인한 후, 원시영상을 디지털 신호로 변환시키기 위해 A/D 변환 이미지 그래버를 사용하

였다. 디지털 신호로 변환시킨 영상파일은 Frame 영상을 Field 분할하여 계조치 상 호상관법을 적용시켜 입자에 대한 농도 분포를 분석하여 유동에 대한 속도분포를 추출하였다.

		Item	Specification
		Pump	AC 220V/60Hz 10W
		Probe	KANOMAX LLS Probe
		Laser	Diode Laser
	PIV System	CAMERA	KODAK ES 1.0
	Equipments	Image Grabber	Radeon X1600
		Computer	Pantium IV PC
			(CPU 3.2 GHz RAM 256M)
		Software	CACTUS'2000 (Cross-Correlation Algorithm)
사용된	장비에 대한 세부	· 장치들에 대한 섵	보명은 Table 2-1에 도시하였다.
실험 :	은도는 상온 20℃에	서 ±1℃의 온도차	를 유지시켰고, 구동 유체는 물을 이용하
였으며	구동관로에 수중되	펌프를 이용하여 우	·동시켰다. 고속도 카메라에 측정된 Test
Section	n 부분은 Mixing	Area 350 × 300 r	nm <sup>2</sup> 로 잡았으며, 속도에 대한 영향을 고
려하여	고속도 카메라의	Frame 속도를 60	fps 로 설정하여 촬영하였다.
실험조	건은 실제 제품에	설계되어있는 구동	·관로의 직경(D = 12mm, 17mm, 25 mm)
에 대히	해서 실행하였고, 즉	속도에 대한 조건	은 3가지로 나누어서 분석하였는데, 각각
의 속말	도조건은 흡입되는	현상을 직접 가시	적으로 확인한 후, 입구속도 조건을 각각

 $V_1$  = 1m/s,  $V_2$  = 2m/s,  $V_3$  =2.5 m/s로 속도를 변화시켜 가면서 Mixing Area

영역의 영상을 취득하였다. 이때의 계산영역에 적용한 시간 평균 프레임 수는 60 Frame으로 촬영된 영상은 컴퓨터 램에 일시 저장 후, 다시 컴퓨터 하드에 저장하 였다.

Table. 2-2는 PIV 실험에 적용한 확대관로의 수력직경에 대한 구동관로의 유량, 속 도 및 Re 수를 나타내고 있다.

Table. 2-2 Experiment Condition of Driving Flow

$D_h$	/	$D_s$
		~

	Q (m <sup>3</sup> /s)	V <sub>i</sub> (m/s)	Re. No
1.79	$4.90 \times 10^{-4}$	1	28,115
2.64	$2.26 \times 10^{-4}$	1	19,118
3.75	$1.13 \times 10^{-4}$	1	13,495

#### 第2節 PIV 결과 및 고찰

#### 1. 경사진 흡입관의 각도변화에 대한 PIV 결과 및 고찰

흡입관로의 각도 90°, 60°, 45° 일 때, 구동관로를 통과한 후, 확대관로를 지나는 유동에 관해 확산효과를 고려하여 설계하였다. 입구 쪽 속도는 1 m/s 로 하였고, 발생되는 분 평균속도벡터를 CACTUS 3.2를 사용하여 분석하였다.



Fig. 2-2는 구동관로의 변화에 따른 평균속도 분포를 PIV실험을 통해 분석된 영상을 보여주고 있으며, 입구속도는 1 m/s이고, 전 영역을 해석하였다. 왼쪽에 있 는 그림은 분석한 값을 보여주는 것이고, 오른쪽 그림은 분석한 값에 대한 확실한 유맥선을 보기위해 입자를 보정하였다. 흡입관로가 90°일 경우 분사펌프를 PIV로 분석하여 유동분포를 보여준 것이다. 오른쪽 그림은 보면 흡입관에서 유체가 빨려 들어가는 것을 확실히 볼 수 있다. 주관부에서는 입구에서 들어오는 유체와 흡입 관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 주관부의 중앙부분에서 와류가 일어나는 것을 볼 수 있는데, 이것은 입구에서의 나가는 유체와 출구에서의 압력이 서로 관 성이 작용하여 생기는 와류현상으로 생각된다. 평균속도벡터에서 유동현상을 확실 히 보기 위해 보정한 왼쪽 그림을 보면 주관부에의 와류현상이 일어나는 것을 확 인 할 수 없다. 이것은 평균벡터를 나타내는 것이기 때문에 와류현상은 실제 유체 의 유동에서는 크게 발생하지 않은 것으로 볼 수 있다. 그리고 출구에서 유체의 유동분포는 중앙으로 흐르는 것을 확인 할 수 있었고, 전체적인 유동현상이 CFD 에서의 평균속도벡터의 분포와 같은 것을 볼 수 있다. 오른쪽의 그림은 실제 유체 가 움직이는 현상을 속도벡터로 보여준 것으로 흡입관에서 유체가 빨려들어 오는 현상을 확인 할 수 있다. 입구에서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 주관부의 중앙부분에서 와류가 일어나는 것을 볼 수 있다. 이 현상 또한 입구에서의 나가는 유체와 출구에서의 압력이 서로 관성이 작용하여 생기는 와류현상으로 (a) 1 : 3.75에서 보다 입구 쪽에 가까운 부분에서 와류가 생성되고, 와류현상이 더 많이 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 구동관로의 직경이 커지면서 입구에서 들어오는 유체가 많아져 이러한 유동현상이 나타나는 것으로 생각된다. 평균속도벡터에서 유동현상을 확실히 보기 위해 보정한 왼쪽 그림을 보 면 주관부에의 와류현상이 일어나는 것을 확인 할 수 없다. 이것은 평균속도벡터 를 나타내는 것이기 때문에 와류현상은 실제 유체의 유동에서는 크게 발생하지 않 은 것으로 볼 수 있다. 그리고 출구에서 유체의 유동분포는 중앙으로 흐르는 것을

확인 할 수 있고, 전체적인 PIV의 평균속도분포는 CFD에서의 평균속도벡터의 분 포와 같은 것을 확인 할 수 있다. 오른쪽의 그림은 실제 유체가 움직이는 현상을 속도벡터로 보여준 것으로 흡입관에서 유체가 빨려들어 오는 현상을 확인 할 수 있다. 입구에서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 주관 부의 중앙부분에서 와류가 일어나는 것을 볼 수 있다. 이 현상 또한 입구에서의 나가는 유체와 출구에서의 압력이 서로 관성이 작용하여 생기는 와류현상으로 (b) 에서 보다 입구 쪽에 가까운 부분에서 와류가 생성되고, 와류현상이 더 많이 나타 나는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 구동관로의 직경이 커지면서 구동관로에서 주 관부로 유체가 나올 때 유체에 상대적으로 압력이 증가하면서 유체의 속도가 작아 져서 이러한 유동현상이 나타나는 것으로 생각된다. 평균속도벡터에서 유동현상을 확실히 보기 위해 보정한 왼쪽 그림을 보면 주관부에의 와류현상이 일어나는 것을 확인 할 수 없다. 이것은 평균속도벡터를 나타내는 것이기 때문에 와류현상은 실 제 유체의 유동에서는 크게 발생하지 않으나 1 : 1.79에서는 와류의 발생 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 구동관로가 커짐에 따라 구동관로에서 유체 나올 때 주관부에서 압력이 많이 발생하여 속도가 줄어들어 생기는 현상으로 생각된다. 그리고 출구에서 유체의 유동분포는 중앙으로 흐르는 것을 확인 할 수 있고, 전체 적인 PIV의 평균속도분포는 CFD에서의 평균속도벡터의 분포와 같은 것을 확인 할 수 있다.

이젝터를 CFD에서 구동관로에 대한 확대관로의 각각의 직경비와 속도변화, 구 동관로의 끝단의 위치를 분석하여 효율이 가장 좋은 1 : 3.75에서 구동관로의 끝 단의 위치가 1.3, 1 : 2.64에서 구동관로의 끝단의 위치가 1.2, 1 : 1.79에서 구동관 로의 끝단의 위치가 1.3인 이젝터를 입구속도를 1 m/s로 하여 PIV를 실험하여 보 았는데, CFD 유동현상과 PIV 유동현상이 일치하는 것을 확인 할 수 있었고, 구동 관로의 직경이 커짐에 따라 와류현상이 크게 발생되어 효율이 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 CFD 결과에서도 구동관로의 크기가 커짐에 따라 안 좋은 효

율의 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과로 CF 결과는 실제 PIU실험과 일치하는 것 을 확인 할 수 있었다.







Fig. 2-3은 PIV실험을 분석한 운동에너지 값이다. 그림에서 보면 흡입관에서의 운동에너지 값은 크게 나타나는 것으로 보인다. 이것은 흡입관에서 힙이 잘되고 있다는 것을 의미한다. 흡입관에서의 운동에너지는 (a) 1 : 3.75에서 가장 높게 나 타나는 것을 확인 할 수 있고, (b) 1 : 2.64, (c) 1 : 1.79 순으로 높게 나타난다. 그 래서 (a) 1 : 3.75에서 흡인이 가장 좋을 것을 알 수 있다. 주관부에서는 (a) 1 : 3.75에서 운동에너지가 가장 작게 나오고, (b) 1 : 2.64, (c) 1 : 1.79 순으로 크게 나타난다. 운동에너지가 높다는 말은 입자의 운동이 활발하게 이루어진 다는 의미 로 볼 수 있다. 이것을 다른 말로 하면 와류의 속도가 높다는 의미로 해석 할 수 있다. Fig. 2-4에서 이 말을 뒷받침할 수 있다. 흡입관에서 난류 크기를 보면 흡입 관과 주관부가 만나는 부분에서 난류가 갑자기 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 흡인되는 유체와 주관부의 유체가 만나면서 생기는 현상인 것을 알 수 있다. 주관 부에서의 난류가 크다는 의미는 손실양이 많다는 것으로 판단 할 수 있다. (a) 1 : 3.75에서 난류의 분포가 가장 적게 나타나는 것이 확인되고, (b) 1 : 2.64, (c) 1 : 1.79 순으로 크게 나타난다. 이것은 PIV의 속도벡터 분포도와 CFD의 결과 값과 동일한 결과를 볼 수 있다.

#### 2. 구동관로의 위치변화에 대한 PIV 결과 및 고찰

구동관로에 대한 확대 관로의 비는 1 : 3.75, 1 : 2.64, 1 : 1.79 으로서 구동관로 를 통과한 후, 확대관로를 지나는 유동에 관해 확산효과를 고려하여 설계하였다. 입구 쪽 속도는 1 m/s 로 하였고, 발생되는 분 평균속도벡터를 CACTUS 3.2를 사용하여 분석하였다.



Fig. 2-5는 CFD에서 얻은 결과 값을 통해 각각의 직경비에 따른 구동관로의 끝 단의 최적위치에서의 PIV실험을 통해 분석된 영상을 보여주고 있으며, 입구속도는 1 m/s이고, 이젝터의 전영역을 해석하였다. 왼쪽에 있는 그림은 분석한 값을 보여 주는 것이고, 오른쪽 그림은 분석한 값에 대한 확실한 유맥선을 보기위해 평균속 도벡터로 입자를 보정하였다. (a)는 구동관로에 대한 확대 관로의 비가 1 : 3.75을 CFD결과에서 효율이 가장 좋은 구동관로의 끝단이 1.3인 위치에서의 이젝터를 PIV로 분석하여 유동분포를 보여준 것이다. 오른쪽 그림은 보면 흡입관에서 유체 가 빨려 들어가는 것을 확실히 볼 수 있다. 주관부에서는 입구에서 들어오는 유체

와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 주관부의 중앙부분에서 와류가 일 어나는 것을 볼 수 있는데, 이것은 입구에서의 나가는 유체와 출구에서의 압력이 서로 관성이 작용하여 생기는 와류현상으로 생각된다. 평균속도벡터에서 유동현상 을 확실히 보기 위해 보정한 왼쪽 그림을 보면 주관부에의 와류현상이 일어나는 것을 확인 할 수 없다. 이것은 평균속도벡터를 나타내는 것이기 때문에 와류현상 은 실제 유체의 유동에서는 크게 발생하지 않은 것으로 볼 수 있다. 출구에서 유 체의 유동분포는 중앙으로 흐르는 것을 확인 할 수 있었고, 전체적인 유동현상이 CFD에서의 평균속도벡터의 분포와 같은 것을 볼 수 있다. (b)는 구동관로에 대한 확대 관로의 비가 1 : 2.64를 CFD 결과에서 효율이 가장 좋은 구동관로의 끝단이 1.213인 위치에서의 이젝터를 PIV로 분석하여 유동분포를 보여준 것이다. 오른쪽 의 그림은 실제 유체가 움직이는 현상을 속도벡터로 보여준 것으로 흡입관에서 유 체가 흡인현상을 확인 할 수 있다. 입구에서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오 는 유체가 만나는 부분인 주관부의 중앙부분에서 와류가 일어나는 것을 볼 수 있 다. 이 현상 또한 입구에서의 나가는 유체와 출구에서의 압력이 서로 관성이 작용 하여 생기는 와류현상으로 (a) 1 : 3.75에서 보다 입구 쪽에 가까운 부분에서 와류 가 생성되고, 와류현상이 더 많이 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 구동관 로의 직경이 커지면서 입구에서 들어오는 유체가 많아져 이러한 유동현상이 나타 나는 것으로 생각된다. 평균속도벡터에서 유동현상을 확실히 보기 위해 보정하 위 쪽 그림을 보면 주관부에의 와류현상이 일어나는 주관부의 중앙위쪽에서 조금 발 생하는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 평균속도벡터를 나타내는 것이기 때문에 와 류현상은 실제 유체의 유동에서는 크게 발생하지 않은 것으로 볼 수 있다. 그리고 출구에서 유체의 유동분포는 중앙으로 흐르는 것을 확인 할 수 있고, 전체적인 PIV의 평균속도분포는 CFD에서의 평균속도벡터의 분포와 같은 것을 확인 할 수 있다. (c)는 구동관로에 대한 확대 관로의 비가 1 : 1.79을 CFD결과에서 효율이 가장 좋은 구동관로의 끝단이 1.1인 위치에서의 이젝터를 PIV로 분석하여 유동분 포를 보여준 것이다. 오른쪽의 그림은 실제 유체가 움직이는 현상을 속도벡터로 보여준 것으로 흡입관에서 유체가 빨려들어 오는 현상을 확인 할 수 있다. 입구에 서 들어오는 유체와 흡입관에서 들어오는 유체가 만나는 부분인 주관부의 중앙부 분에서 와류가 일어나는 것을 볼 수 있다. 이 현상 또한 입구에서의 나가는 유체 와 출구에서의 압력이 서로 관성이 작용하여 생기는 와류현상으로 (b) 1 : 2.64에 서 보다 입구 쪽에 가까운 부분에서 와류가 생성되고, 와류현상이 더 많이 나타나

는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 구동관로의 직경이 커지면서 구동관로에서 주관 부로 유체가 나올 때 유체에 상대적으로 압력이 증가하면서 유체의 속도가 작아져 서 이러한 유동현상이 나타나는 것으로 생각된다. 평균속도벡터에서 유동현상을 확실히 보기 위해 보정한 왼쪽 그림을 보면 주관부에의 와류현상이 일어나는 것을 확인 할 수 없다. 이것은 평균속도벡터를 나타내는 것이기 때문에 와류현상은 실 제 유체의 유동에서는 크게 발생하지 않으나 1 : 1.79에서는 와류의 발생 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 이는 구동관로가 커짐에 따라 구동관로에서 유체 나올 때 주관부에서 압력이 크게 발생하여 속도가 줄어들어 생기는 현상으로 생각된다. 출구에서 유체의 유동분포는 중앙으로 흐르는 것을 확인 할 수 있고, 전체적인 PIV의 평균속도분포는 CFD에서의 평균속도벡터의 분포와 같은 것을 확인 할 수 있다.

이젝터를 CFD에서 구동관로에 대한 확대관로의 각각의 직경비와 속도변화, 구 동관로의 끝단의 위치를 분석하여 효율이 가장 좋은 1 : 3.75에서 구동관로의 끝 단의 위치가 1.3, 1 : 2.64에서 구동관로의 끝단의 위치가 1.2, 1 : 1.79에서 구동관 로의 끝단의 위치가 1.3인 이젝터를 입구속도를 1 m/s로 하여 PIV를 실험하다. CFD 유동현상과 PIV 유동현상이 일치하는 것을 확인 할 수 있었고, 구동관로의 직경이 커짐에 따라 와류현상이 크게 발생되어 효율이 떨어지는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 CFD 결과에서도 구동관로의 크기가 커짐에 따라 효율이 좋지 않은 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과로 CFD 결과는 실제 PIV실험과 일치하는 것을 확인 할 수 있었다.



운동에너지 값은 크게 나타나는 것으로 보인다. 이것은 흡입관에서 흡인이 잘되고 있다는 것을 의미한다. 흡입관에서의 운동에너지는 (a) 1 : 3.75에서 가장 높게 나 타나는 것을 확인 할 수 있고, (b) 1 : 2.64, (c) 1 : 1.79 순으로 나타난다. 그래서 (a) 1 : 3.75에서 흡인이 가장 좋을 것을 알 수 있다. 주관부에서는 (a) 1 : 3.75에 서 운동에너지가 가장 작게 나오고, (b) 1 : 2.64, (c) 1 : 1.79 순으로 크게 나타난 다. 운동에너지가 높다는 말은 입자의 운동이 활발하게 이루어진 다는 의미로 볼 수 있다. 이것을 다른 말로 하면 와류의 속도가 크다는 의미로 해석 할 수 있다.





Fig. 2-7에서 이 말을 뒷받침할 수 있다. 흡입관에서 난류 크기를 보면 흡입관 과 주관부가 만나는 부분에서 난류가 갑자기 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 흡 인되는 유체와 주관부의 유체가 만나면서 생기는 현상인 것을 알 수 있다. 주관부 에서의 난류가 크다는 의미는 손실양이 크다는 것을 의미한다. (a) 1 : 3.75에서 난류의 분포가 가장 적게 나타나는 것이 확인되고, (b) 1 : 2.64, (c) 1 : 1.79 순으 로 크게 나타난다. 이것은 PIV의 속도벡터 분포도와 CFD의 결과 값과 동일한 결 과를 볼 수 있다.

#### 第3節 CFD 실험 Model

#### 1. 경사진 흡입관 실험 Model



(a) 90° (b) 60° (c) 45° 본 연구에서는 PIV계측 실험을 바탕으로 실제적인 실험과 동일한 조건으로 CFD(Computational Fluid Dynamics)분석을 어떻ስ 여다를 압한 토니다 50°의 경우에 따 른 혼합 관로의 축 방향속도와 2차 유동의 속도분포를 해석하여 PIV계측 실험결 과로부터 얻어진 속도분포, 운동에너지 분포, 압력분포, 와류분포의 유동특성을 비 교 및 연구하였다.

또한, 동일한 유속 조건으로부터 흡입관로의 각도를 변화시켜 흡인되는 관로내의 유량과, 출구 유량을 분석하여 주어진 조건하에서의 혼합관로의 최적 각도 변화에 따른 유동특성을 파악하고자 한다.

본 계산은 유체운동의 전반적 지배방정식인 연속방정식(질량보존의 법칙)과 운동 량방정식의 편미분 방정식들로부터 수치 해를 구하기 위하여 유체 유동해석에 많 이 쓰이고 있는 유한체적법(Finite Volume Method)을 사용한 상용 코드 프로그램

인 STAR-CD를 이용하여 수치해석을 수행하였으며, 주어진 관로내의 유동에 대한 Reynolds 수의 기준에 근거하여 난류로 가정하여 계산하였다. 난류모델은 k-/High Reynolds Number를 적용하였고, 해석 알고리즘은 SIMPLE 해법을 사용하 였다. 계산조건은 정상상태로서 열전달과 압축성 효과를 무시하였으며, 작동 유체 는 공기이며 열역학적 특성치는 공기온도 20℃를 기준으로 밀도 kg/m<sup>3</sup>, 접성계수 은 입력하였다. 본 CFD 수치해석에서 사용 은 입력하였다. 본 CFD 수치해석에서 사용  $\rho = 997.561$ 된 메시는 Fig. 2-8과 같으며 구동관로의 직경비에 따라 메시의 정도를 각각 다르 게 설정하였으며, 구동관로가 원형 관로임을 감안하여 수치해석의 정도를 높이기 위해 Ogrid-Mesh를 사용하였다. 또한 구동관로로부터 유입된 유량이 흡인관로와 확대관로 사이에서 흡인이 유도되는지 단지 분지부로 유량이 흘러나가는지 알지 못하므로, 출구쪽과 흡인관로쪽은 이러한 경계조건을 감안하여 Pressure Boundary 를 사용하였다.

3

		Q (kg / s)	V (m / s)	Grid Number
	90°	0.0006	1	218,000
		0.0015	2	218,000
		0.0019	2.5	218,000
		0.0007	1	176,000
	60°	0.0016	2	176,000
	Table. 2	2-3 CFD.6022tion of	Driving Flow	176,000
Tabl	e. 2-3은 CFD 해석에	적용한0해월0월건으로	서 흡입관로의 각도 변	]화율에16 <b>₽</b> ,000
한 구	45° ~동관로의 유량, 속도,		olr) 2	168,000
		0.0023	2.5	168,000
#### 2. 유동관로 실험 Model



본 실험에서는 구동관로의 직경과 구동관로의 끝단의 위치 및 입구속도를 변화시키면서 구동관로로부터 나오는 유체의 속도에 의해 분지관로의 유체가 확대관로로 흡입되는 양을 분석하여 이젝터의 유동특성을 규명하고 효율을 최적화 시키는데 그 목적이 있다. Fig. 2-9는 본 실험을 위해 사용된 이젝터를 보여주고 있다. 본 실험에 사용된 구동관로는 두께 5 mm인 원형관으로서 투명 아크릴로 제작하였으며 실험시 완전발달영역 조건을 만족시켜주기 위해 입구길이 L =450 mm로 설정하였으며, 실험조건 각각의 원형관 지름 D 는 14 mm, 20 mm, 24 mm이다.

흡입관로 및 확대관로는 PIV (Particle Image Velocimetry)실험시 유동 가시화를 위해 두께 5 mm, 수력직경 D = 45 mm인 정사각 덕트로 제작하였고, 확대관로의 길이는 350 mm이다.

유동특성을 규명하기 위한 실험 계측 영역은 입구에서 길이 130 mm지점, 라운 당 부분이 끝나는 지점과 출구지점, 입구에서 350 mm지점의 속도와 전압력 값을 사각덕트의 중간지점인 22.5 mm를 기준으로 평면을 계측하였으며, 입구영역에서 의 유체를 일정한 유량으로 유지시키기 위해 10 W의 크기에 수조펌프를 사용하 였다.

#### 第4節 CFD 해석 결과

#### 1. 경사진 흡입관의 각도 변화에 대한 해석

수치해석 조건으로 이젝터 효과의 효율증가를 규명하기위해 사용된 흡입관로에 대 한 각도 변화는 조건 90°, 60°, 45° 로 설정하였으며, PIV 실험에 사용된 흡입관로 의 각도 90°를 기준으로 동일한 유속 값을 적용하여 해석을 수행하였다. 실험결과 의 Test Section 구간은 구동관로가 확대관로와 만나는 지점으로부터 시작하여 Mixing Area 부분인 45 × 100 ㎡, 단면의 중간부분인 22.5mm 구간의 면을 해석하 였으며, 수치해석의 Test Section 구간은 유동장 전영역에 걸쳐 해석을 수행하여 평균속도, 정압력, 전압력, 평균난류운동에너지, 난류 점도, 소산 등을 연구하였다. 각각의 계산결과 값은 SI 단위를 사용하였으며, 이에 대한 단위 설명은 Table. 2-4 에 나타내었다.

 $m^2/s^3$ 

	Physical Property	$m^2/s^2$ Unit	Physical Property	Unit	
	Velocity	m/s	Dissipation per kg		
	Table. 2-4 Un	ts of Physical Property	(Inclin <b>edrSudeio</b> nt Pipe)	De	
	FTESSULE	Га	Viscosity	ra · s	
각	Turbulent Kinetic 도변화 존것 90°, 60°, 45° 에 사용된 격자의 수는 각각, 218,000, 176,000, 168,000				
개 이며, 해석영역구간은 메시의 질을 더 향상시켜 설계하였고 수치해석에 소모된					
계	산시간은 Pentium IV P	C(CPU 2.54GHz, RAM	1G)를 사용하여 각각의	각도변화	
율	에 따라서 2시간, 3시건	난, 4시간 정도의 시간이	ㅣ 소요되었으며, Solver	Iteration	

Number는 반복변수는 최대 1000회, 최대수렴조건 0.001을 기준으로 각각 약 600회, 450회, 950회에서 수렴했다.

Fig. 2-10 ~ 24는 입구조건에 유속조건 V = 1m/s, V = 2m/s, V= 2.5m/s, 은 주었 을 때, 이젝터관로의 중간부분인 22.5mm를 기준으로 흡입관로 각도변화 조건 90°, 60°, 45° 에 대한 각각의 유동특성을 나타내고 있다. Fig. 2-10은 입구 유속조건 V = 1m/s 와 흡입관로의 각도가 각각 90°, 60°, 45° 일 때 의 평균 속도벡터 분포 를 나타내고 있다. 각각의 유량은 = 0.0006 kg/s, = 0.0007 kg/s, = 0.0008 kg/s 이었으며, 속도벡터가 흡입관로의 아래쪽으로 쳐지는 현상을 볼 수 있 었으며, 흡입관로의 각도가 적어질수록 확대관로의 속도벡터 값이 커침을 알 수 있 었다. 또 한, 이는 구동관로의 적정위치를 설정해 주면 흡입관로에 유량이 고루 분 포 되어 흡입되어 질 거라 생각된다.

 $Q_3$ 





(c) 45°

(a) 90°

Fig. 2-11 ~ 12에서는 정압력 분포와 전압력 분포를 나타내고 있는데 흡입관로 45°에서 전압력분포는 커짐을 알 수 있었다. (a), (b) 에서는 전압력분포와, 정압력 분포는 별다른 영향 없이 출구까지 유지되지만, (c) 에서는 흡입에 의한 영향과 속도의 크기 영향으로 전압력 분포가 커짐을 알 수 있었다. 정압력분포는 분지관의 라운딩 처리된 부분에서 음압이 발생되는 것을 알 수 있는데 흡입관로에서 확대관로로 유체가 흡입되어 질 때, 속도 크기의 영향과 속도의 크기의 영향과 속도 방향의 변화로 인해 와류 부착점이 생성되는 것으로 사료된다.





 (a) 90°
 (b) 60°
 (c) 45°

 Fig. 2-13 ~ 14는 난류운동에너지, 난류점도를 나타내고 있다. 흡입관로의 각도가

 적어질수록 난류운동에너지는 출구에 가까워질수록 에너지의 감소를 보이고 있다.

 난류운동에너지는 (b), (c)와 비교했을 때, (a)에서 증가되는 것을 확인할 수 있었

다. 이는 흡입관로의 각도가 적어짐에 따라 흡입되는 양도 증가하지만 출구에 가까 워질수록 난류운동에너지도 증가함을 나타내고 있다. 난류점도에서는 90° 경우 흡 입관로에 점성의 영향이 많이 분포됨을 볼 수 있는데, 이 는 유체를 흡입할 경우 영향을 미쳐 유량에 영향을 초래할거라 생각된다.

 Fig. 2-15 ~ 19에서는 각각의 유량은
 = 0.0015 kg/s,
 = 0.0016 kg/s,
 =

 0.0018 kg/s 이었으며 입구조건에 유속조건 V = 2m/s 이고 흡입관로의 각도가 각

 Q1
 Q2

 각 90°, 60°, 45° 일 때 유동특성을 보이고 있다.

 Fig. 2-15는 구동관로에서 확대관로로 빠져나온 유속이 일정할 때, 흡입관로의 각

 도가 적어짐에 따라 흡입 효율이 증가함을 나타나고 있으며, 이는 흡입관로의 각도

 변화율에 따른 유속조건 3가지 중에서 가장 좋게 나타났다.

 (c)의 경우에 유량이 다른 두 조건에서 보다 더 많이 증가함을 나타냈었다.

 $Q_3$ 



- 28 -





(a) 50(b) 60(c) 45Fig. 2-16 ~ 17은 각각 정압력 분포와 전압력 분포를 나타내고 있다. 세 가지 조건중에서, 가장 좋은 (c)의 경우에 정압력 분포의 특이점은 음의 값을 나타내고 있으며, 흡입속도의 증가로 인한 와류의 형성이 커지고 있음을 확인할 때, 차후 속도조건에 대한 흡입관로에 대한 곡률의 설계조건도 고려되어야할 중요한 사항이라고사료된다.

Fig. 2-18은 난류 운동에너지를 나타내고 있다. (b), (c)에서는 난류운동에너지 값이 크게 변화되지 않는 반면, (a)에서는 난류 운동에너지가 어느 지점을 시작으로 크 게 변화된다는 것을 알 수 있다.







Fig. 2-20 ~ 23에서는 각각의 유량은 = 0.0019 kg/s, = 0.0022 kg/s, =
0.0023 kg/s 이었으며 입구조건에 유속조건 VQ<sub>F</sub> 2.5m/s 이고 흡입관료의 각도가 각각 90°, 60°, 45° 일 때 유동특성을 보이고 있다.

난류 운동에너지가 증가할 때 소산 값 또한 증가하게 되어 에너지 손실이 초래되 고 있음을 확인할 수 있었으며, 이러한 에너지손실은 내부에너지로 변환되어 분자 의 임의의 열적운동과 관계되므로 소산은 점성에 의한 식과 관련됨을 확인할 수 있다. 이러한 에너지 손실을 감소시키기 위해서는 난류 운동 에너지의 값이 커지는 시점으로부터 노즐형상 및 최적위치를 찾아내어 이용하여 운동에너지 값을 줄이는 방법도 가능하리라 사료된다.

Fig. 2-25 ~ 27은 흡입관로 각도변화 조건 90°, 60°, 45° 일 때, 구동관로와 확대관 로가 만나는 지점(L=0mm)을 기준으로 0mm, 90mm, 180mm 지점에 대해 입구속도 조건에 대한 확대관로 각각의 높이에 대한 속도분포의 비로 무차원화 시킨 값을 나타내고 있다.



면서 y / a > 0.8 지점에서 회복되는 것을 볼 수 있다.



(a) 1m/Fig. 2-26 90mm pointbyelocitys distribution (c) 2.5m/s

Fig. 2-26 에서는 y / a > 0.3 지점에서 속도 값이 증가하는 것을 볼 수 있으며 y / a > 0.6 지점에서 값이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 확대관로의 상 • 하 부 분에서 속도 값이 차이가 발생함을 알 수 있는데, 이러한 원인은 흡입관로가 각도 변화에 따른 흡인에 의한 영향으로 벽면 가까이의 속도 값은 반대쪽 속도 값보다 더 작은 값을 나타내지만, 벽면에서 멀어질수록 속도벡터 값은 더 큰 값으로 회복 됨으로서 유량의 효율을 증가시키고 있으며 이러한 현상은 흡입유량의 유속이가 증가함에 따라 회복구간의 폭 또한 증가됨을 알 수 있다.



Fig. 2-27 ~ 30에서는 CF을 통해 분석한 전압력 분포를 혼합관로의 전체높이에 대 한 지름에 대한 비를 나타내고 있다. 유동이 진행함에 따라 압력분포가 어떠한 형 태로 변화되어 가는가를 알아보기 위해 구동관로와 확대관로가 만나는 지점 (L=0mm)을 기준으로 0mm, 90mm, 180mm 지점에 대해 전압력 분포를 나타냈다.



압력분포 가 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 흡입관로가 60°일 경우에 음압이 제일 낮게 나타났다.





Fig. 2-29는 L=90mm 지점으로서 y / a 〉 0.2 진점에서는 압력 낮은 상태로 유진 (c) 2.5m/s 되다가 y / a 〉 0.6 부근에서 흡입관로가 90° 경우 압력이 급속히 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 이때의 특이점은 분지관과 가까운 확대관로의 지점 y / D<sub>h</sub> > 0.5에서 흡입의 영향으로 인한 전압력 분포값의 소멸정도는 반대 부분에 비해 작으 나, 벽면에 가까워질수록, 속도가 커질수록 음압이 발생하게 되는데, 이러한 원인은 흡입 되어진 유동이 벽면 전단력에 의해 와류의 발생을 야기 시켰기 때문에 발생

된 것이라 생각되며, 이러한 현상은 유량의 효율을 저하시키는 원인이 되므로, 구 동관로를 빠져 나온 후, 적정한 위치를 선정하여 확대관로에 노즐형상을 구현하여 유량손실을 최소화 할 수 있으리라 생각된다.

#### 2. 구동관로의 위치변화에 대한 해석

수치해석 조건으로 분사펌프 효율증가를 규명하기위해 사용된 구동관로에 대한 확대관로의 조건비는 1 : 1.79, 1 : 2.64, 1 : 3.79로 설정하였으며, 각각의 구동관로 의 길이를 조정하여 수치해석을 수행하였다. 분사펌프의 직경비와 구동관로의 끝단 의 위치변화, 입구조건을 변경하여 총 90번의 실험을 통해 각각의 직경비의 구동관 로의 최적위치와 분사펌프의 최적설계를 알아 낼 수 있었다. 해석결과의 데이터 출 력 구간은 입구지점으로부터 라운딩부분이 끝나는 지점인 입구지점으로부터 130 mm Mixing Area 부분의 45×2 m 지점과 입구지점으로 부터 350 mm 지점인 출구 부분 45 ×2 m, 단면의 중간부분인 22.5 mm 구간의 면의 데이터 값을 출력 하였으 며, 수치해석의 Test Section 구간은 유동장 전 영역에 걸쳐 해석을 수행하여 평균 속도, 전압력 등을 연구하였다.

직경비 1 : 1.79, 1 : 2.64, 1 : 3.75에 사용된 각각의 계산결과 값은 SI 단위를 Table. 2-5와 같이 사용되었으며, 모든 영역구간은 계산의 정확성을 더 향상시키기 위해 Trimmed cell로 설계하였고, 수치해석에 소모된 계산시간은 Pentium IV PC(CPU 3.01GHz, RAM 4G)를 사용하여 3시간 정도의 시간이 소요되었으며, Solver Iteration Number는 반복변수는 1000회, 최대수렴조건 1×10 을 기준으로 각각 실험하였다.

Table. 2-5 Units of Physical Property(Driven Pipe)

-6

Physical Property	Unit	
Velocity	m/s	
Pressure	Pa	

#### (1) 속도 분포

Fig. 2-31 ~ 39는 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75, 1:2.64, 1:1.79 크기에 각각 구 동관로의 끝단의 위치와 속도 1 m/s, 2 m/s, 2.5 m/s로 변화 시켰을 때, 분사펌프 관로의 중간부분인 22.5 mm를 기준으로 각각의 속도분포도의 유동특성을 나타내 고 있다.

Fig. 2-31 ~ 33은 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75인 이젝터를 구동관로의 끝단의 위치와 입구속도를 변화시켜 나타낸 속도벡터분포도이다. 구동관로의 크기와 입구 속도, 구동관로의 끝단의 위치를 변화 시키면서 유동현상을 확인하였는데, 각각의 구동관로의 크기에 흡인이 가장 좋은 구동관로의 끝단의 위치는 1:3.75인 구동관로 의 끝단의 위치가 1.3이 가장 좋았고, 1:2.64에서는 구동관의 끝단의 위치가 1.2가 가장 좋았다. 그리고 1:1.79에서는 구동관로의 끝단의 위치가 1.1이 가장 좋았다. 입 구 속도를 변경하여도 흡인양이 많은 구동관로의 끝단의 위치는 같은 것을 알 수 있었다. 이는 구동관로가 길어질수록 흡인 될 때에 구동관로가 장애물의 역할이 하 는 것과, 구동관로가 길어질수록 흡인되는 단면적 역시 좁아져서 상대적으로 흡인 되는 양이 적어지 것으로 사료된다. 뒤로 갈수록 흡인되는 양이 적은이유는 구동관 로에서 나온 유체가 갑자기 단면적이 커지면서 속도의 손실을 많이 받아 흡인되는 양이 적어지는 것으로 사료된다. 구동관로의 끝단의 위치가 속도에서의 손실을 적 게 받고, 흡인될 때의 단면적의 적당한 크기를 찾는 게 중요한 것으로 생각되어 본 실험에서는 최적의 위치를 확인 할 수 있었다.



Fig. 2-31은 입구속도가 1m/s이고, 구동관로의 위치변화에 따른 각각의 평균 속도 벡터를 나타내고 있다. 속도는 동일한 입구 조건에서 구동관로의 위치가 각각 (a) 1, (b) 1.2, (c) 1.3이다. 이는 (a) 1을 구동관로의 끝단이 흡입관의 중앙에 위치하였 을 때를 기준으로 하여 무차원으로 표현한 값으로 1보다 크면 구동관로가 길어진 다. (c) 1.3은 구동관로의 끝단이 흡입관로의 끝단과 같다. 구동관로의 끝단의 위치 가 중앙에서 길어질수록 흡인되어지는 속도벡터의 값은 커짐을 알 수 있다. 그리고 구동관로의 끝단의 위치가 출구 쪽으로 갈수록 출구 쪽의 속도가 상대적으로 위쪽 으로 올라가는 것을 볼 수 있는데, 이것은 흡입관의 라운딩 처리된 부분에서 속도 가 상대적으로 높아져서 출구 쪽에서는 위쪽으로 증가되는 것으로 사료된다. 구동 관로의 위치가 (c) 1.3 위치 구동관로가 흡입관로의 끝단에 위치하였을 때 다른 위 치에 있을 때보다 현저히 흡인되는 속도가 빨라지는 것을 볼 수 있다. 구동관로의 길이가 증가하여도 출구 쪽의 속도가 위쪽으로 올라가는 현상이 거의 없는 것으로 확인되었다.



속도벡터를 나타내고 있다. 속도가 증가함에 다라 흡입관을 통한 흡인되는 속도 역 시 빨라지는 것을 볼 수 있다. 여기서도 구동관로의 위치가 길어질수록 출구 쪽의 속도가 상대적으로 위쪽으로 올라가는 것을 더 정확하게 확인 할 수 있다. 구동관 로의 위치가 (c) 1.3 위치에서는 다른 구동관로의 위치보다 흡인되는 속도가 훨씬 크다는 것을 확인 할 수 있었고, 출구에서의 위쪽으로 올라가는 현상은 거의 나타 나지 않았다. Fig 2-33에서는 입구속도가 2.5 m/s이고, 동일하게 구동관로의 위치

변화에 따른 평균속도벡터를 보여주고 있다. 여기 역시 (c) 1.3 위치에서 흡인되는 속도 빠른 것을 확인 할 수 있었으며, 출구에서의 속도 분포 역시 중앙으로 균등하 게 분포되는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 2-31 ~ 33은 이젝터의 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75에서의 속도와 구동관 로의 위치를 변화 시켜가며 실험에 보았는데, 구동관로의 위치가 1.3인 위치에서 흡인되는 속도와 출구에서의 속도분포가 제일 좋은 것으로 확인되었다.



Fig. 2-34 ~ 36은 주관부와 구동관로의 비가 1:2.64인 이젝터를 구동관로와 입구속 도를 변화시켜 나타낸 속도벡터분포도이다.



구동관로 크기가 커짐에 따라 구동관로의 끝단의 위치변화에 따른 속도벡터분포 역시 달라지는 것을 볼 수 있다. 구동관로끝단의 위치가 (b) 1.2에서 흡인되는 속도 가 구동관로 끝단이 다른 위치에서 보다 빠른 것을 확인 할 수 있다. 출구에서의 속도분포 역시 구동관로가 길어지면서 위쪽으로 올라가는 현상도 (b) 1.2에는 중앙 으로 분포되는 것을 확인 할 수 있다.



Fig. 2-35는 입구속도가 2 m/s에 구동관로의 길이를 변화시킨 속도벡터분포도이다. 위와 동일하게 (b) 1.2에 구동관로의 끝단이 위치하였을 때 흡인되는 속도벡터가 가장 크게 나타났고, 출구에서 속도벡터가 위쪽으로 올라가는 현상도 구동관로끝단 의 위치가 (b) 1.2에서 중앙으로 분포되는 것을 확인 할 수 있다.



다. 역시 동일하게 구동관로의 끝단의 위치가 (b) 1.2이었을 때 흡인되는 속도벡터 가 가장 크게 나타났고, 출구에서 속도 벡터가 위쪽으로 올라가는 현상으로 중앙으 로 분포되는 것을 확인 할 수 있다.

Fig. 2-37 ~ 39는 주관부와 구동관로의 비가 1:1.79인 이젝터를 구동관로와 입구속 도를 변화시켜 나타낸 속도벡터분포도이다.



Fig. 2-37 Mean Velocity Vector of Distribution (1 : 1.79 V = 1 m/s)

Fig 2-37은 입구속도가 1 m/s에 구동관로의 길이를 변화시킨 속도벡터분포도이다. 구동관로의 크기가 커짐에 따라 구동관로의 끝단의 위치변화에 따른 속도벡터분포 도 달라지는 것을 확인 할 수 있다. 여기서 구동관로의 끝단의 위치가 (b) 1.1에서 의 흡인되는 속도가 구동관로 끝단이 다른 위치에서 보다 빠른 것을 확인 할 수 있다. 그에 따른 출구에서의 속도분포 역시 구동관로가 길어질수록 위쪽으로 올라 가는 현상과 (b) 1.1에서도 중앙으로 분포되는 것을 확인 할 수 있다.



Fig 2-38은 입구속도가 2 m/s에 구동관로의 길이를 변화시킨 속도벡터분포도이 다. 속도가 변하여도 구동관로의 끝단이 (b) 1.2인 위치에서 흡인 상태가 가장 양호 한 것을 속도벡터분포를 통해 확인 할 수 있다. 마찬가지로 출구에서도 속도분포가 중앙으로 나타나는 것을 확인 할 수 있다.



것을 직진 될 수 있었으며, 물기에서도 득도군도가 장장에서 나나나는 할 수 있다.



#### (2) 전압력 분포

Fig. 2-40 ~ 48은 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75, 1:2.64, 1:1.79 크기에 각각 구 동관로의 끝단의 위치와 속도 1 m/s, 2 m/s, 2.5 m/s로 변화 시켰을 때, 이젝터 관 로의 중간부분인 22.5 mm를 기준으로 각각의 전압력분포도의 유동특성을 나타내 고 있다.







Fig. 2-40 ~ 42는 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75인 이젝터를 구동관로의 끝단의 위치와 입구속도를 변화시켜 나타낸 전압력분포도이다. Fig. 2-40에서와 Fig. 2-41, Fig. 2-42에서 보는 봐와 같이 구동관로의 끝단의 위치가 (c) 1.3에서 흡입관에서의 전압력이 높게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이는 흡인되는 속도가 높다는 것으 로 앞의 속도벡터분포도에서 확인 할 수 있다. 구동관로가 다른 위치에 있을 때 압 력분포도를 보면 라운딩부분이 끝나는 지점부터 주관부의 중앙 위쪽으로는 전압력 분포도가 낮게 나타나는데, 이는 입구에서 들어오는 유체에 비해 흡인에서 들오는 유체의 양이 혼합되면서 흡입관에서 들어올 때의 압력이 저압이 형성 되면서 주관 부에 위쪽 역시 저압으로 형성되는 것으로 생각된다. 출구 위쪽부분으로 유체가 올 라가는 현상은 흡입관에서 흡인될 때 라운딩된 부분에서의 흡입속도가 빨라지면서 저압을 형성한다. 상대적으로 출구 아래쪽이 고압이 형성되어 출구 쪽 위쪽으로 유 체가 올라가는 것을 볼 수 있다.







치와 입구속도를 변화시켜 나타낸 전압력분포도이다. Fig. 2-43, 2-44, 2-45에서 보 는 봐와 같이 구동관로의 끝단이 (b) 1.2에서 흡인되는 전압력분포가 가장 높게 나 타나는 것을 확인 할 수 있다. 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75인 이젝터에서의 전 압력분포도와 비교해보면, 주관부 위쪽에서 저압이 생기는 부분이 구동관로가 커 지면서 주관부 위쪽의 저압이 많이 사라지는 것을 볼 수 있다. 구동관로의 길이가 길어질수록 주관부의 위쪽의 저압부분은 적어지나 상대적으로 주관부 아래쪽의 저 압부분이 커지는 것을 확인 할 수 있다. (b) 1.2에서는 주관부의 위쪽과 아래쪽의 저압부분이 어느 한쪽으로 치우치지 않는 것을 확인 할 수 있는데, 이것은 유체가 균등하게 흐르면서 마찰손실은 최소화 되는 것으로 사료된다.







Fig. 2-46 ~ 48은 주관부와 구동관로의 비가 1:1.79인 이젝터를 구동관로의 위치와 입구속도를 변화시켜 나타낸 전압력분포도이다. Fig. 2-46, 2-47, 2-48에서보는 봐 와 같이 구동관로의 끝단이 (b) 1.1에서 흡인되는 전압력분포가 가장 높게 나타나 는 것을 확인 할 수 있다. 주관부와 구동관로의 비가 1:2.64인 이젝터에서의 전압력 분포도와 비교해보면, 주관부 위쪽에서 저압이 생기는 부분이 구동관로가 커지면서 주관부 위쪽의 저압이 많이 사라지는 것을 볼 수 있다. 구동관로가 길어지면서 흡 인되는 단면적이 감소되고, 흡인될 때의 구동관로가 장애물 역할을 하여 흡인되는 유량은 적다. 그에 반하여 (b) 1.1은 전압력분포가 고르게 분포되어있어 손실의 양 이 조금 밖에 되지 않음을 알 수 있다.

구동관로의 크기와 입구속도, 구동관로의 끝단의 위치를 변화 시키면서 전압력분 포를 확인하였는데, 흡인이 가장 좋은 구동관로의 끝단의 위치는 1:3.75은 구동관로 의 끝단의 위치가 1.3이 가장 좋았고, 1:2.64에서는 구동관의 끝단의 위치가1.2이 가 장 좋았다. 그리고 1:1.86에서는 구동관로의 끝단의 위치가 1.1이 가장 좋았다. 이는 속도벡터분포도와 동일한 결과를 확인할 수 있었다. 입구속도를 변경하여도 구동관 로의 각각 크기의 구동관로의 끝단의 최적위치는 동일한 것으로 확인되었다. 구동 관로가 길어질수록 흡인되는 전압력분포는 커지나, 단면적이 작아지면서 흡인되는 유량은 적어지고, 유체가 흡인될 때 구동관로가 장애물의 역할을 하여 효율이 감소 되는 것을 확인 할 수 있었다. 그리고 주관부의 전압력분포 역시 구동관로의 끝단 이 최적인 위치에서 전압력분포가 고르게 분포되어, 출구 쪽에서 전압력분포가 중 앙으로 분포되는 것을 확인 할 수 있었고, 이점에서 손실이 적을 것으로 사료된다.

#### (3) 속도 및 압력분포 특성 분석

Fig. 2-49 ~ 60은 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75, 1:2.64, 1:1.79 크기에 각각 구 동관로의 끝단의 위치와 속도 1 m/s, 2.08 m/s, 2.54 m/s로 변화 시켰을 때, 이젝터 관로의 중간부분인 22.5 mm를 기준으로 흡입관의 라운딩이 끝나는 부분, 입구에서 130 mm 지점, 출구부분, 350 mm 지점의 평균속도 값과 전압력 값을 그래프로 나 타낸 것이다. 여기서 축은 거리로, 22.5 mm로 나누어 무차원 시킨 값으로, 1을 22.5 mm인 중앙을 이고, 1보다 크면 22.5 mm보다 큰 것으로 주관부의 위쪽이고, 1 보다 작으면, 22.5 mm인 중왕보다 작은 주관부의 아래쪽이다.



s h



s h

Fig. 2-49 ~ 52는 주관부와 구동관로의 비가 1:3.75인 이젝터를 입구속도에 따른 구 동관로 끝단의 위치변화를 하였을 때, 흡입관의 라운딩 부분이 끝나는 지점, 입구 에서 130 mm지점의 속도와, 전압력 그래프와 출구 쪽, 입구에서 350 mm지점의 속 도와 전압력을 그래프로 나타내었다. 속도그래프는 축은 거리를 22.5 mm로 나누 어 무차원한 값이고, 축은 각 지점의 속도를 입구속도로 나누어 무차원한 값을 그 래프로 나타낸 것이다. 전압력 그래프는 축은 거리를 22.5 mm로 나누어 무차원한 y값이고, 축은 각 지점의 전압력 값을 동압인 "으로 나누어 무차원한 값으로 여 기서, v는 입구속도로 하였다. Fig. 2-42는 입구속도가 協하여도 무차원 시킨 속도 는 비슷한 牧을 알 수 있다. 130 mm 지점의 속도 분포를 보면 중앙에서의 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 이는 입구에서 속도가 구동관로를 통해 나온 속도의 영향 때문이다. 그리고 벽면 쪽에서의 속도 분포를 보면, 대부분 낮은 속도분포를 볼 수 있는데, 구동관로의 끝단이 1.3인 지점에서 벽면에서의 속도가 가장 빠른 것 을 볼 수 있다. 이는 흡인 될 때의 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다. 앞서 확인한 봐와 같이 속도벡터분포와 압력분포가 1.3인 지점에서 가장 빠르게 나타나는 것을 다시 한 번 확인 할 수 있다. 주관부의 아래쪽에서는 최고 30%이상 속도가 차이나 고, 주관부 위쪽에서는 최고 47%까지 속도가 차이 나는 것을 확인 할 수 있다. 이 것은 Fig. 2-50 전압력분포 그래프에서도 확인 할 수 있다. Fig. 2-51은 350 mm지 점, 출구 쪽의 속도 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 알 수 있듯이 구 동관로의 끝단이 1.3지점은 다른 지점에 비해 출구 속도분포가 고르게 되어있고, 주관부의 중앙에서의 속도가 가장 빠르게 나타나는 것을 확인 할 수 있다. 이것은 흡입관에서 유체가 흡인하였을 때 일정하게 혼합되어 고른 속도분포를 나타낸 것 으로, 다른 구동관로의 끝단 보다 손실 값이 적다는 것을 의미하기도 한다. 출구에 서의 최고 속도는 구동관로의 끝단이 가장 긴 1.4지점에서 가장 높게 나타는 것을 확인 할 수 있으나, 평균 속도를 구해보면, 1.3지점이 가장 높은 것을 확인 할 수 있었고, 다른 지점 보다 최고 15% 높은 출구 속도를 확인 할 수 있었다. 이러한 특 성은 Fig. 2-52에서 전압력 분포도를 다시 한 번 확인 할 수 있다.



s h



Fig. 2-53 ~ 56은 주관부와 구동관로의 비가 1:2.64인 이젝터를 입구속도에 따른 구 동관로 끝단의 위치변화를 하였을 때, 흡입관의 라운딩 부분이 끝나는 지점, 입구 에서 130 mm지점의 속도와, 전압력 그래프와 출구 쪽, 입구에서 350 mm지점의 속 도와 전압력을 그래프로 나타내었다. Fig. 2-50은 입구속도가 변하여도 무차원 시 킨 속도는 비슷한 것을 알 수 있다. 130 mm 지점의 속도 분포를 보면 중앙에서의 속도가 가장 빠른 것은 입구에서 속도가 구동관로를 통해 나온 속도의 영향 때문 이다. 벽면 쪽에서의 속도를 보면, 대부분 낮은 속도를 볼 수 있는데, 구동관로의 끝단이 1.213지점에서 벽면에서의 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 벽면에서의 속도가 빠르다는 것은 흡인 될 때의 속도가 빠르다는 것을 알 수 있는 것으로 앞 서 확인한 봐와 같이 속도벡터분포와 압력분포가 1.213인 지점에서 가장 빠르게 나 타나는 것을 다시 한번 확인 할 수 있다. 주관부의 아래쪽에서는 최고 38%이상 속도가 차이가 나고, 주관부 위쪽에서는 최고 35%까지 속도가 차이 나는 것을 확 인 할 수 있다. 이것은 Fig. 2-54의 전압력분포 그래프에서도 확인 할 수 있다. Fig. 2-55는 출구 쪽의 속도 분포, 350 mm지점을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프 에서 보듯이 구동관로의 끝단이 1.213지점은 다른 지점에 비해 출구 속도가 고르게 분포되어 있고, 주관부의 출구 쪽 중앙에서 속도가 가장 빠르게 나타나는 것을 확 인 할 수 있다. 이것은 흡입관에서 유체가 흡인하였을 때 일정하고 고르게 섞여 이 러한 속도분포를 나타낸 것으로, 다른 구동관로의 끝단 보다 손실 값이 적다는 것 을 의미하기도 한다. 이것은 Fig. 2-52의 전압력 분포도에서 한 번 더 확인 할 수 있다.

Fig. 2-57 ~ 60은 주관부와 구동관로의 비가 1:1.79인 이젝터를 입구속도에 따른 구동관로 끝단의 위치변화를 하였을 때, 흡입관의 라운딩 부분이 끝나는 지점, 입 구에서 130 mm지점의 속도와 전압력 그래프, 출구 쪽, 입구에서 350 mm지점의 속 도와 전압력을 그래프로 나타내었다.





s

h

s h



Fig. 2-57 역시 입구속도가 변하여도 무차원 시킨 속도는 비슷한 것을 알 수 있다. 130 mm 지점의 속도 분포를 보면 중앙에서의 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 이는 입구에서 속도가 구동관로를 통해 나온 속도의 영화향 때문이다. 입구속도의 단 면적이 증가함에 따라 주관부 중앙에서의 높은 속도들이 넓게 분포되어 있는 것을 확인 할 수 있다. 구동관로의 끝단이 1.1인 지점에서 벽면에서의 속도가 가장 빠른 것을 볼 수 있다. 이것은 구동관로의 끝단이 1.1 위치하였을 때 흡인 될 때의 속도 가 빠르다는 것을 알 수 있다. 앞서 확인한 봐와 같이 속도벡터분포와 전압력분포 에서 보았듯이 같은 결과를 확인 할 수 있다. 주관부의 아래쪽에서는 최고 36%이

상 속도가 차이나고, 주관부 위쪽에서는 최고 30%까지 속도가 차이 나는 것을 확 인 할 수 있다. 이것은 Fig. 2-60 전압력분포 그래프에서도 확인 할 수 있다. Fig. 2-59는 350 mm지점, 출구 쪽의 속도 분포를 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 보듯이 구동관로의 끝단이 1.1지점은 다른 지점에 비해 출구 속도가 고르게 분포되 어 있고, 주관부의 중앙에서의 속도가 가장 빠르게 나타나는 것을 확인 할 수 있 다. 이것은 흡입관에서 유체가 흡인하였을 때 일정하게 섞여 고른 속도분포를 나타 낸 것으로, 다른 구동관로의 끝단 보다 손실 값이 적다는 것을 의미하기도 한다. 이것은 Fig. 2-60의 전압력 분포도에서 확인 할 수 있다.

구동관로의 크기와 입구속도, 구동관로의 끝단의 위치를 변화 시키면서 흡입관의 라운딩이 끝나는 부분인 130 mm지점과 입구에서 350 mm 지점인 출구에서의 속 도와 전압력분포를 그래프로 확인하였다. 벽면에서의 흡인이 속도가 가장 좋은 구 동관로의 끝단의 위치는 이젝터의 구동관로와 주관부의 비가 1:3.75에서는 구동관 로의 끝단의 위치가 1.3이 가장 좋았고, 이젝터의 구동관로와 주관부의 비가 1:2.64 에서는 구동관의 끝단의 위치가 1.2이 가장 좋았다. 분사펌프의 구동관로와 주관부 의 비가 1:1.79에서는 구동관로의 끝단의 위치가 1.1이 가장 좋았다. 주관부의 아래 쪽에서는 속도가 구동관로가 다른 위치에 있을 때 보다 평균 30%이상 빨랐고, 주 관부 위쪽에서는 35%이상 속도가 빠른 것을 확인 할 수 있다. 이는 속도벡터분포 도와 전압력분포도에서의 흡인이 가장 좋은 결과를 수치적으로 확인 할 수 있었다. 입구속도를 변경하여도 구동관로의 각각 크기의 구동관로의 끝단의 최적위치는 동 일한 것으로 다시 한 번 확인되었다. 구동관로가 길어질수록 출구에서의 속도는 커 지나, 속도가 위쪽으로 올라가는 현상이 발생하여 손실이 많이 일어나는 것을 확인 할 수 있었고, 그 현상으로 효율이 감소되는 것으로 사료된다. 주관부의 전압력분 포 역시 구동관로의 끝단이 최적인 위치에서 전압력분포가 고르게 분포되어, 출구 쪽에서 전압력분포가 중앙으로 분포되는 것을 확인 할 수 있었고, 이는 손실이 적 을 것으로 사료된다.

### 第3章結論

디퓨저펌프(Diffuser Pump)의 최적설계구현을 위해 직경비 1:3.75, 1:2.64, 1:1.79에 대 한 이젝터의 유동특성을 입구조건과 구동관로의 끝단의 위치를 변화시켜가면서, 평균속 도, 전압력분포를 CFD 분석을 통해 각각의 직경비로 구동관로의 최적위치를 찾아 PIV 실험을 통해 다시 분석 및 고찰하였으며, CFD를 이용하여 흡입관로의 각도를 변화 시켜 가면서 혼합관로의 Test Section에 대한 평균속도, 정압력분포, 전압력분포, 난류운동에너지, 난류점도를 분석 및 고찰한 본 실험의 결론은 다음과 같았다.

(1) 이젝터의 직경비에 따른 구동관로의 최적위치에서 PIV를 실험하여 분석한 결과 CFD 유동현상과 PIV 유동현상이 일치하는 것을 확인 할 수 있었다.

(2) 직경비 1:3.75, 1:2.64, 1:1.79의 각 구동관로의 끝단의 위치가 각각 1.3, 1.2,
1.1에 위치했을 때 흡인효과가 가장 크게 나타났고, 이때 흡인효과는 속도변화와는 무관하다.

(3) 45° 일 경우에 흡입속도의 증가로 인한 와류의 형성이 커지고 있음을 확인할
 때, 차후 속도조건에 대한 흡입관로에 대한 곡률의 설계조건도 고려되어야할 사항
 이다.

 (4) 난류 운동에너지가 증가할 때 소산 값 또한 증가하게 되어 에너지 손실이 초 래되고 있음을 확인할 수 있었으며, 이러한 에너지 손실을 감소시키기 위해서는 난 류 운동 에너지의 값이 커지는 시점으로부터 노즐형상 및 최적위치를 찾아내어 이 용하여 운동에너지 값을 줄일 수 있다.

### REFERENCE

- Chen, F. C., Hsu, C. T., "Performance of ejector heat pumps", Energy Research, Vol. 11, pp.289~300, 1987.
- Fluegel, G., March/April, Berechung von strahlapparaten, VDI Forschungsheft 395 Ausgabe B Band 10, 1939.
- Sun, D.W, and Eames, I.E., "Recent developments in the design the -oreis and applications of Ejectors-a review" Journal of the Institute Energy, Vol. 68, June, pp.665~676, 1995.
- 4. Witte, J. h. Efficiency and design of liquid-gas ejector, British ch emical Engineering, Vol. 10, No. 9, pp. 602~607, 1995.
- Biswas, M.N., and Mitra, A.K., Momentum Transfer in a Horizontal multi-Jet liquid-gas ejector, The Canadian Journal of Chemical Engineering. Vol. 59, pp. 634~637, 1989.
- 6. 이행남, 박길문, 이덕구, "90° 분기덕트에서 분기부의 내 · 외벽의 압력분
   포", 대한설비공학회, pp. 115~119, 2002.
- 7. 이행남, 박길문, 이덕구, "PIV 기법을 이용한 분기사각덕트내의 유동특성 에 관한 실험적 연구" 한국박용기관학회 논문집, 25권 6호, 2001.
- 8. 이행남, 박길문, 박지만, 이덕구, 설재림, "PIV와 CFD를 의한 Ejector 내 의 유동특성연구, 대한기계학회 추계학술대회 논문집, pp723~728, 2003.
- 이영호, 조대환, 김미영, "PIV에 의한 기포 붐의 기본성능특성에 관한 연 구", 한국해양환경공학회, pp, 47~53, 1997.
- 10. 윤석훈, 이원형, 전현필, "각종 이젝터를 이용한 진공냉각장치", 한국박
## Collection @ chosun

용기관학회지, pp. 229~304, 1995.

- 11. 최보규, 구병수, 김희동, 김덕줄, "추기 펌프형 아음속/음속 이젝터 유동 에 관한 수치해석적 연구"대한기계학회논문집 B권, 제25권 제2호, pp. 269~276, 2001
- 12. 최보규, 권오식, 김희동, "음속/초음속 이젝터 유동에 관한 실험적 연구"
  대한기계학회논문집 B권, 제26권 제5호, pp. 640~647, 2002.
- 13. 고상철, "LES에 의한 원관 내 난류의 유동해석" 한국박용기관학회지,
  제27권, 제3호, pp. 437~446, 2003.
- 14. 이상준, "PIV Velocity Field Measurement Techniques And Applicat ion" National Research Laboratory, POSTECH, 2002.
- 15. CDAK, "STAR-CD USER GUIDE", CDAK-KOREA, 2002
- 16. 예제로 배우는 STAR CD Version 3.22, 인터비젼
- 17. Pro-STAR/am Automatic Mesh Generation New User Training.
- 18. STAR-CD BASIC TRAINING COURSE
- 19. User's Guide CATUS 3.2 for Windows XP and Windows 2000.

# Collection @ chosun

## 저작물 이용 허락서

학 과	기계금속교육 학 번	20068272	과 정	석사
성 명	한글: 정 형 규	한문: 鄭 烱 奎	영문: Jh	ung Hyung-Kyu
주 소	광주광역시 북구 두암2동 830-24번지			
연락처	(062)262-8503	E-MAIL: g	riu104@ha	nmail.net
한글 : 이젝터의 흡입관 경사와 위치변화에 따른 유동특성에 대한 연구 논문제목 영문 : A Study on the Flow Characteristics an Ejector by Inclined Suction Pipe Change of Position of Driven Pipe				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건 아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

-다음-

- 1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
- 2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
- 3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
- 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
- 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
- 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
- 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송・출력을 허락함.

#### 2009년 8월 일

저작자: 정 형 규 (서명 또는 인)

### 조선대학교 총장 귀하