

## 제13장 원심펌프 설계

### 1. 서론

현재 산업현장에서 가장 널리 사용되고 있는 원심펌프는 임펠러의 회전에 의해서 액체를 양수하는 유체기계인 한 종류로서 그 구조가 간단하고 취급이 용이하며 송출유량과 양정의 범위가 넓을 뿐만 아니라 비교적 효율이 높기 때문에 사용범위가 계속해서 확대되고 있다.

그중 가장 많이 사용되고 있는 인라인펌프는 건축설비용으로 냉·난방순환 펌프에 사용되는 제품으로서 배관의 중간사이에 설치하여 사용하는 제품이며 기존에는 바닥고정형의 편흡입 보류트 펌프를 사용하여 왔으나 설치면적에 제한을 받고 설치공수가 많아 공사비의 상승등으로 여러 문제점이 발생되어 라인펌프로 대체 설치하므로써 배관 중간라인에 수직 및 수평으로 설치하므로써 설치면적의 축소와 시공시간의 단축등으로 인건비를 30% 이상 절감시켰으며 부속 자재등의 절감등으로 총공사비가 기존대비 1/5정도의 수준으로 혁신적인 공간축소 효과를 가져온 라인펌프에 대하여 설계를 해봄으로서 펌프에 대한 지식을 갖춤으로서 외산에 대해 밀려나고 있는 국산 펌프를 이해하는데 목적을 두고 이 글을 쓰고자 한다..

펌프형식	펌프구경 (mm)	토출량 (m <sup>3</sup> /min)	전양정 (m)	모타동력 (KW)	비고
라인펌프	125×125	2.5	19	15	

## 2. 설 계

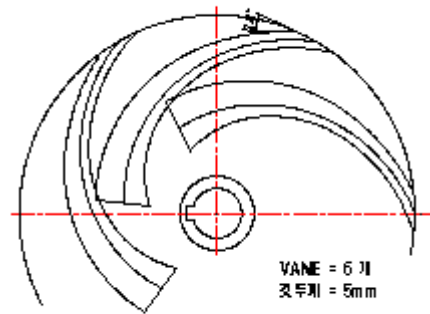
### 제1절 제품의 임펠러 설계

#### (1) 외경 설계

$$\text{비속도} \quad N_s = N \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}} = 1750 \frac{\sqrt{2.5}}{19^{3/4}} = 304$$

$$z = 6$$

$$\beta_2 = 22.5^\circ$$



#### (가) 임펠러 출구계산(出口計算)

##### ① 임펠러 외경 ( $D_2$ )

$$D_2 = \frac{60}{\pi n} u_2 = \frac{60}{\pi \times 1750} \times 20.64 = 0.225m \quad \approx D_2 = \phi 224$$

$$u_2 = \sqrt{\frac{gH}{\Psi}} = \sqrt{\frac{9.8 \times 19}{0.437}} = 20.64 m/s$$

이때 양정계수( $\Psi$ ), 유량계수( $\Phi$ )는

$$(\Psi_{step} : 0.45) * (Fac. of \Psi : 0.97) = (\Psi : 0.437)$$

$$(\Phi_{step} : 0.134) * (Fac. of \Phi : 0.9) = (\Phi : 0.1206)$$

##### ② 임펠러 출구폭( $b_2$ )

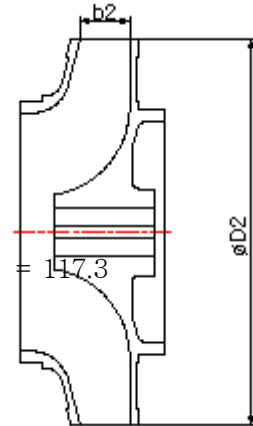
$$\begin{aligned} b_2 &= \frac{Q}{n_v \times 60} \times \frac{1}{\pi D_2 C_{m2}} \times \frac{\sigma_2}{\sigma_2 - s_2} \\ &= \frac{2.5}{0.95 \times 60} \times \frac{1}{\pi \times 0.224 \times 2.586} \times 1.125 \end{aligned}$$

여기에서

$$C_{m2} = 2.586 \quad , \quad t_2 = 5mm$$

$$s_2 = \frac{5}{\sin 22.5^\circ} = 13.07mm \quad , \quad \sigma_2 = \frac{\pi \times 224}{6} = 117.3$$

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_2 - s_2} = \frac{117.3}{117.3 - 13.07} = 1.125$$



(나) 임펠러 입구계산(入口計算)

① 주축경(D<sub>s</sub>) 결정

$$d_{sm} = 116 \times \sqrt[3]{\frac{L}{n}} = 116 \times \sqrt[3]{\frac{15}{1750}} = 23.74mm = \phi 28$$

D<sub>s</sub> =  $\phi 28$  으로결정 (축재질 = STS 304)

② 임펠러 입구 보스(Boss)경

$$D_b = \phi 42$$

$$V_e = C_{m0} = 3.28m/s$$

$$C_{m0} = K_{m0} \sqrt{2gH}$$

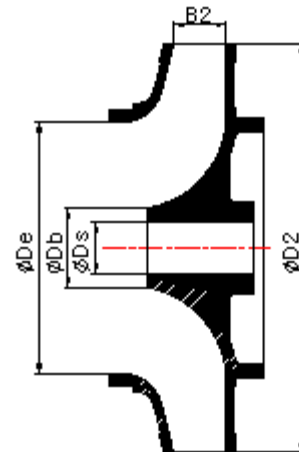
$$= 0.1699 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 19}$$

$$= 3.28 \text{ m/s}$$

$$\text{여기에서 } K_{m0} = 0.1 + 0.00023N_s$$

$$= 0.1 + 0.00023 \times 304$$

$$= 0.1699$$



③ 임펠러 입구경( $D_e$ )

$$D_e = \sqrt{\frac{Q}{n_v \times 60} \times \frac{4/\pi}{V_e} + D_b^2} = \sqrt{\frac{2.5}{0.9 \times 60} \times \frac{4/\pi}{3.28} + 0.042^2}$$

$$= 0.14$$

$$D_e = \phi 138$$

$$D_1 = D_e = \phi 42$$

④ 임펠러 입구폭( $b_1$ ) 결정

$$b_1 = \frac{Q}{n_v \times 60} \times \frac{1}{\pi \times D_1 \times C_{m0}} = \frac{2.5}{0.9 \times 60} \times \frac{1}{\pi \times 0.093 \times 3.28}$$

$$= 0.048 \quad \approx 48mm$$

⑤ 임펠러 입구폭( $b_1$ ) 결정에 따른 입구속도( $C_{m0}$ ) 재 계산

$$C_{m0} = \frac{Q}{n_v \times 60} \times \frac{1}{\pi \times D_1 \times b_1}$$

$$= \frac{0.1}{0.9 \times 60} \times \frac{1}{\pi \times 0.093 \times 0.048} = 3.301 m/s$$

⑥ 임펠러 입구각도( $\beta_1$ )

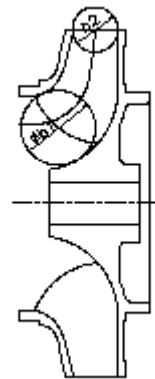
㉠  $26^\circ$  로 가정하여 계산

$$\text{깃길이 } s_1 = \frac{t_1}{\sin \beta_1} = \frac{5}{\sin 26^\circ} = 11.405$$

$$\text{입구속도 } C_{m1} = C_{m0} \times \frac{\sigma_1}{\sigma_1 - s_1} = 3.301 \times 1.306 = 4.311 m/s$$

$$\text{여기에서 } \frac{\sigma_1}{\sigma_1 - s_1} = \frac{48.69}{48.69 - 11.405} = 1.306$$

$$\sigma_1 = \frac{\pi D_1}{z} = \frac{\pi \times 93}{6} = 48.69$$



$$\beta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{C_{m1}}{Ku_1 \times u_1} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{4.311}{0.85 \times 8.52} \right) = 30.8^\circ$$

$$\text{여기에서 입구 원주속도 } u_1 = \frac{\pi D_1 N}{60} = \frac{\pi \times 0.093 \times 1750}{60} = 8.52 \text{ m/s}$$

$$\text{예선회계수 : } Ku_1 = 0.85$$

## ⑥ 임펠러 입구각도( $\beta_1$ ) - 재 계산

㉔  $30^\circ$  로 가정하여 재계산하면,

$$\text{깃길이 } s_1 = \frac{t_1}{\sin \beta_1} = \frac{5}{\sin 30^\circ} = 10.0 \text{ mm}$$

$$\text{입구속도 } C_{m1} = C_{m0} \times \frac{\sigma_1}{\sigma_1 - s_1} = 3.301 \times 1.258 = 4.153 \text{ m/s}$$

$$\text{여기에서 } \frac{\sigma_1}{\sigma_1 - s_1} = \frac{48.69}{48.69 - 10} = 1.258$$

$$\sigma_1 = \frac{\pi D_1}{z} = \frac{\pi \times 93}{6} = 48.69$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \left( \frac{C_{m1}}{Ku_1 \times u_1} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{4.153}{0.85 \times 8.52} \right) = 29.8^\circ$$

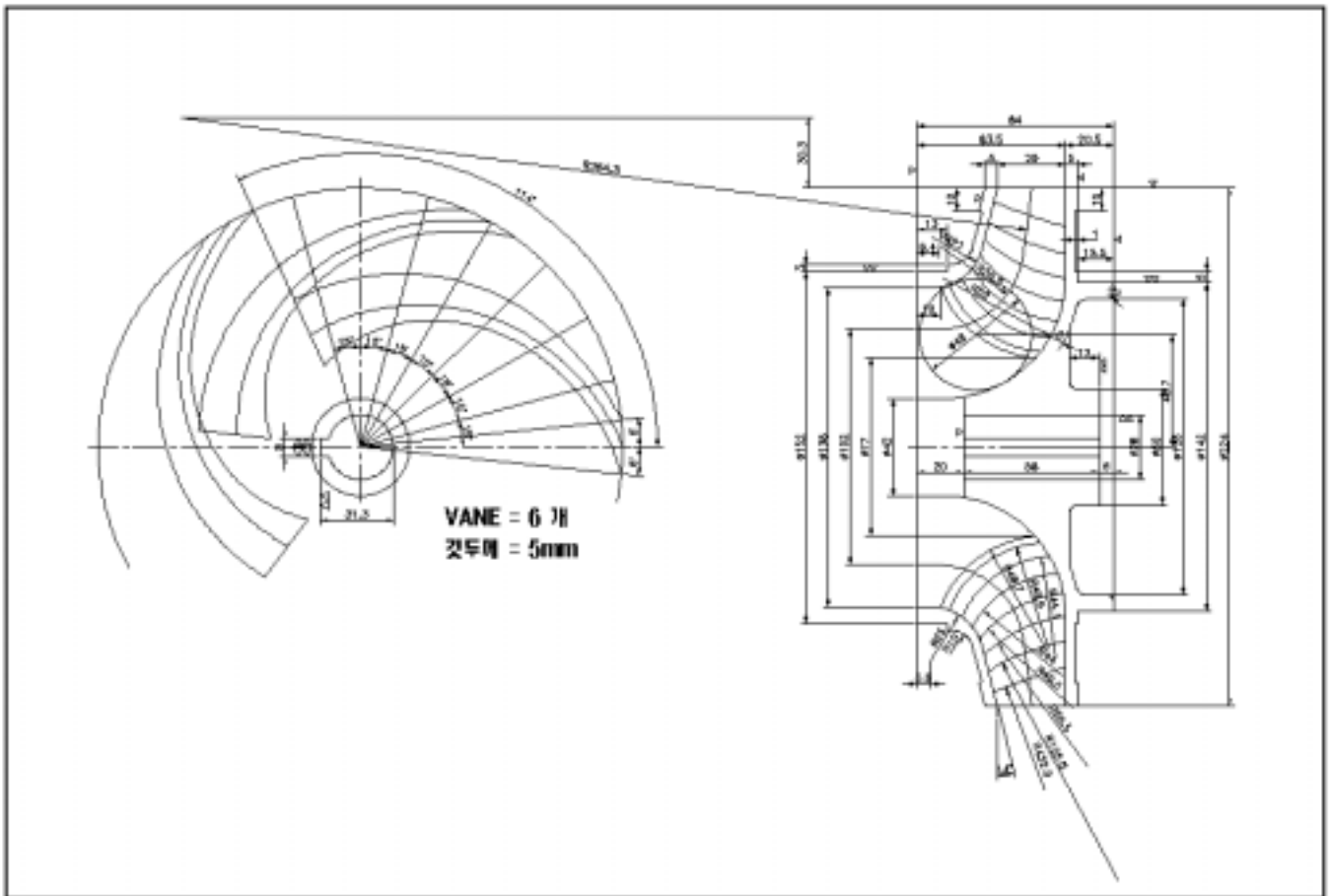
$$\text{여기에서 입구 원주속도 } u_1 = \frac{\pi D_1 N}{60} = \frac{\pi \times 0.093 \times 1750}{60} = 8.52 \text{ m/s}$$

$$\text{예선회계수 : } Ku_1 = 0.85$$

## (2) 임펠러(Impeller) 깃(Vane) 설계

임펠러 외경 설계에서 결정한 값

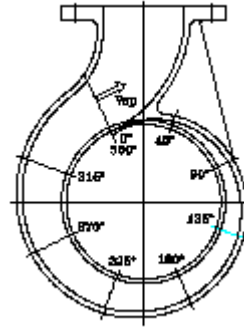
- ① 출구각( $\beta_2$ ) =  $22.5^\circ$
- ② 입구각( $\beta_1$ ) =  $30^\circ$
- ③ 출구속도( $C_{m2}$ ) = 2.586 m/s
- ④ 입구속도( $C_{m1}$ ) = 4.153 m/s
- ⑤ 임펠러 외경( $D_2$ ) = 224 mm



## 제2절 제품의 케이싱 설계

(1) 와류실내의 평균유속( $V_{sp}$ )

$$\begin{aligned} V_{sp} &= K_3 \sqrt{2gH} \\ &= 0.34 \sqrt{2 \times 9.8 \times 19} \\ &= 6.56 \text{ m/s} \end{aligned}$$



여기에서  $V_{sp}$  = 와류실 출구 속도  
 $K_3$  = 유속 계수 ----- ( $N_s = 304$ )

$$\begin{aligned} K_3 &= \frac{2.18}{N_s^{0.32}} \\ &= \frac{2.18}{304^{0.32}} \\ &= 0.34 \end{aligned}$$

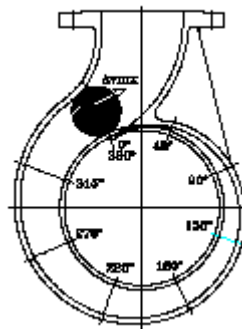
(2) 와류실내의 출구단면적( $A_{vmx}$ )

$$\begin{aligned} A_{vmx} &= \frac{Q}{60 \times V_{sp}} \\ &= \frac{2.5}{60 \times 6.56} \\ &= 0.00635 \end{aligned}$$

$$\frac{\pi}{4} d^2 = A_{vmx}$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{A_{vmx} \times \frac{4}{\pi}} \\ &= 0.0899 \end{aligned}$$

$$d = 89.9 \text{ mm}$$

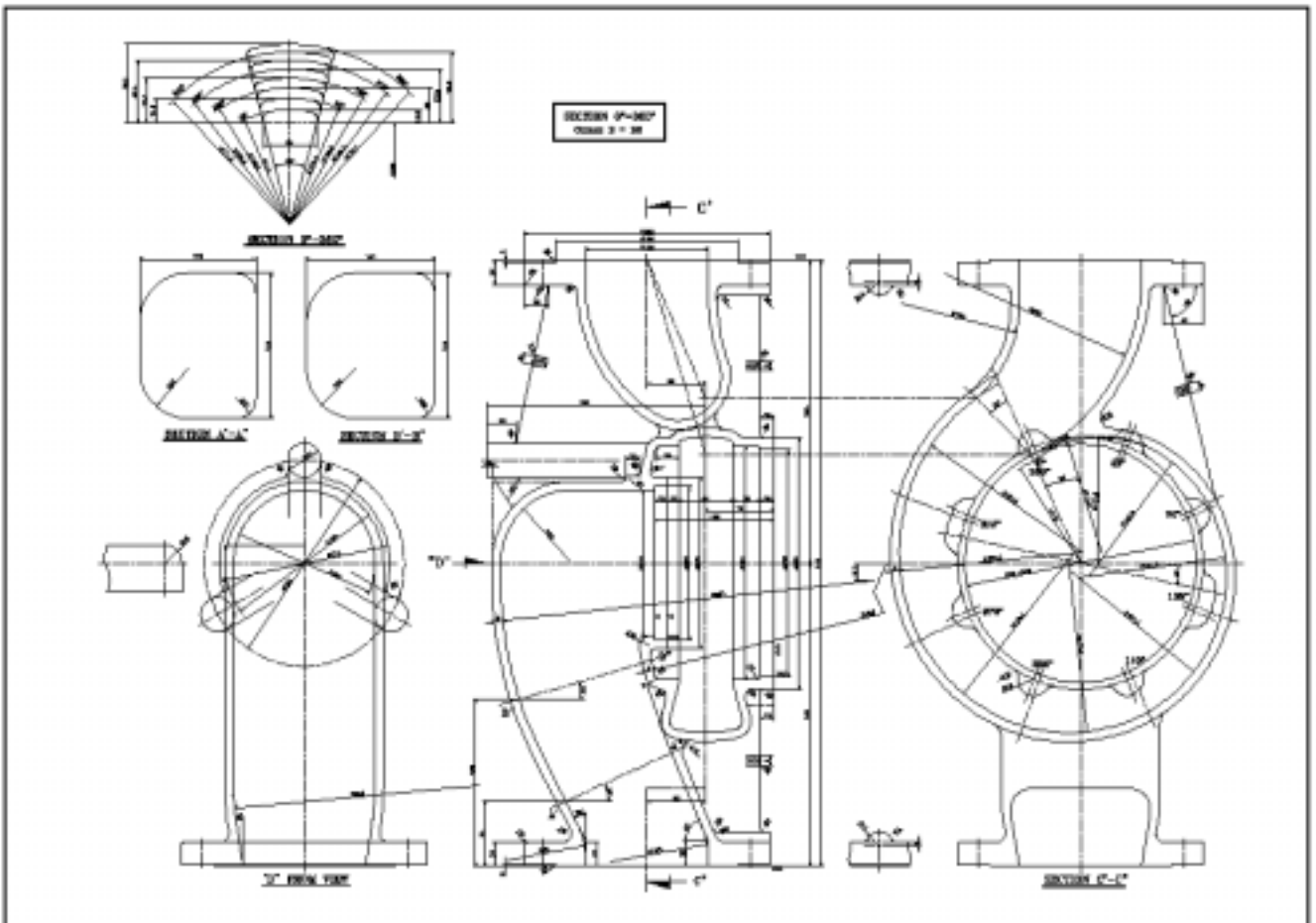
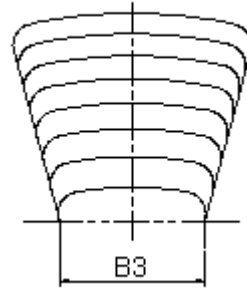


(3) 볼류트부 폭(B3) 계산

$$B_3 = \sqrt{Avmx \times (0.8 \sim 0.85)}$$

$$= 0.0637$$

B3 = 64 mm 결정





### 3. 펌프 설계후 검토

#### 제 1 절 성능시험

##### 1. 성능시험

##### 가. 실험장치

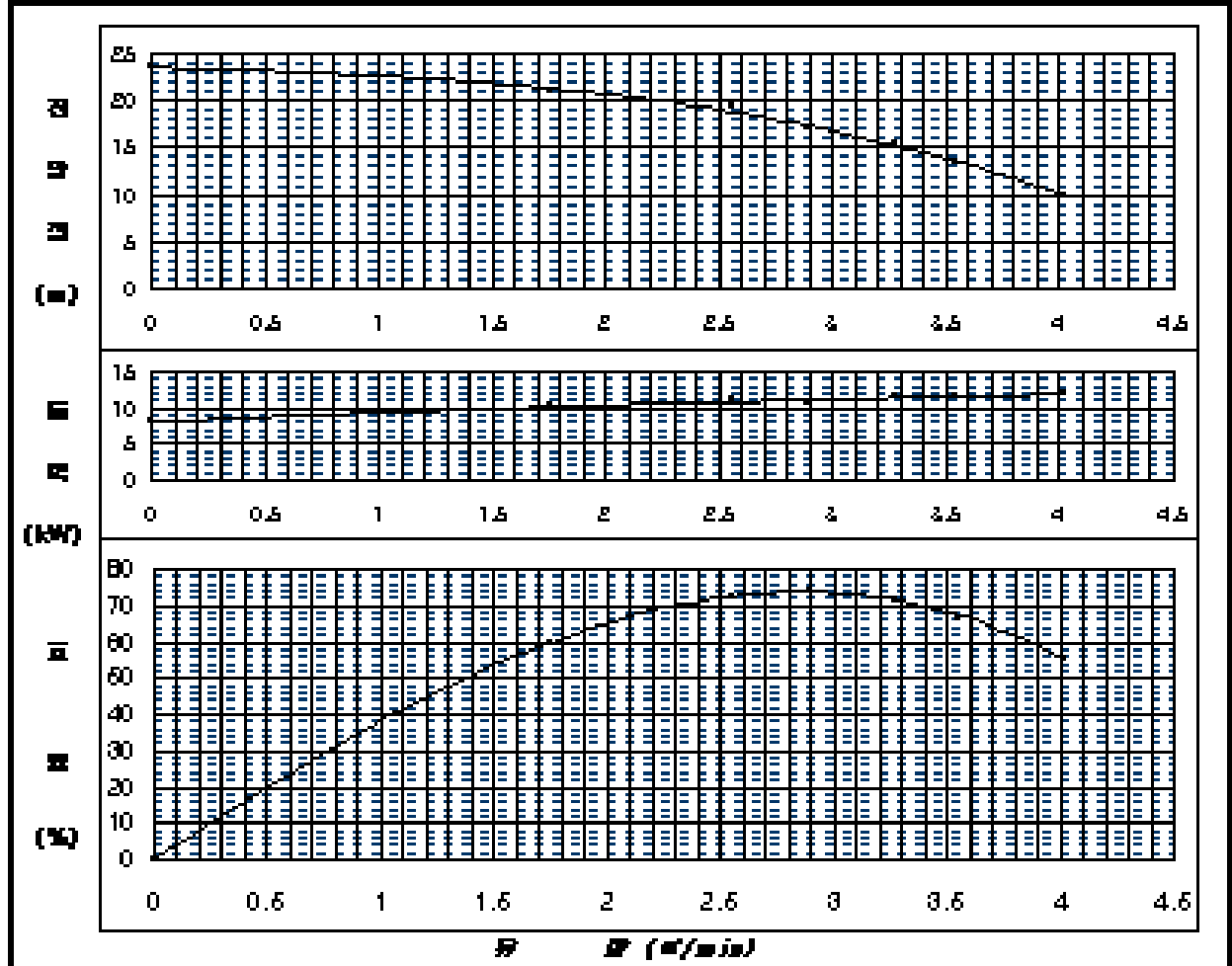
개발제품의 성능의 검증을 위한 성능시험은 KS B 6301에 의거 실시 하며, 실험을 위한 상류와 하류의 배관은 각각 흡입 및 송출구경의 4배가 되는 직관을 설치하여 물의 흐름을 안정되게 하며 플랜지 측면으로부터 구경의 2배 되는 지점에 압력측정용 구멍을 뚫고 부르동관식(Bourdon type) 압력계와 진공계를 평면에 대해 수직으로 설치한다. 송출유량을 측정하기 위하여 삼각위어(v-notch weir) 및 사각위어(surpressed weir)를 사용한다.

##### 나. 실험방법

펌프의 성능시험은 청수를 사용하여 상온에서 KS B 6301 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프의 시험 및 검사방법과 KS B 6302 펌프 송출유량 측정방식에 의하여 송출유량은 수조에 설치된 직각 삼각위어를 이용하여 측정한다. 송출부에 부착된 밸브를 차단상태에서부터 밸브를 단계적으로 개방하면서 차단점으로부터 각각의 송출유량에 대한 송출압력과 흡입압력, 축동력 및 회전수를 측정하였다 배관에 설치된 진공계와 압력계를 이용하여 흡입양정과 송출양정을 계산하고, 축동력은 펌프에 공급되는 전류값을 측정하여 계산한다.

제2절 성능시험 예측  
(라인펌프 200-125\*125)

<input type="checkbox"/> Estimated <input checked="" type="checkbox"/> Test Result		<b>PERFORMANCE CURVES</b>				Date : 2002.05.								
Customer		리드 조개 설계팀		Wtb.No		Make	Test	Check	Appr.					
Pump Type		DLP-H 125x125-200		Bore Size		125 X 125								
Meter	Type :	TEFC		Voltage :		230 V		Nom. NO :		P - I				
	Output :	1.5 KW		Current :		6.14 A		Speed :		1750 RPM				
	Cycle :	60 Hz		Pole :		4 P		Maker :		HICO				
Q * H	Q (m <sup>3</sup> /min)	H (m)		η (mm)		ηo (%)		B.H.P (KW)		Remark				
Design	2.5	10		1750				15						
Result														
Q	SPEED (RPM)	Head (m)					Capac -ity m <sup>3</sup> /min	Theora -ical Po (KW)	Voh -age (V)	Cur -rent (A)	Inert (KW)	Motor EFF. (%)	B.H.P (KW)	Pump EFF. (%)
		Dis. (m)	Suc. (m)	DMF. (m)	F.V (m)	TOTAL (m)								
1	1750	22	0.8	0.8	0.00	22.6	0.000	0.00	232	16.62	0.02	88.0	7.00	0.00
2		19	1.4	0.8	0.00	21.2	1.754	6.06	236	21.17	11.51	88.0	10.16	60.82
3		17	1.6	0.8	0.00	19.6	2.680	8.02	232	26.11	12.64	88.0	11.06	72.70
4		14	2.2	0.8	0.00	17.0	2.806	8.02	231	22.68	12.27	88.0	10.80	74.22
5		12	2.5	0.8	0.00	15.6	2.270	8.16	231	22.87	12.02	88.0	11.27	71.75
6		10	2.7	0.8	0.00	14.6	2.547	7.81	231	24.62	12.22	88.0	11.72	66.57
7		6	2.2	0.8	0.00	10.0	4.016	6.64	231	24.84	12.44	88.0	11.84	55.64



# 4. 펌프 제작 시방서

## 1. 일반 사항

### 1-1 적용 범위

- (1) 본 시방은 난방 순환 및 급탕 순환 펌프에 사용하는 인-라인 펌프에 대하여 적용한다.
- (2) 이 규격은 최고 사용 압력 16 kgf/cm<sup>2</sup> 까지 사용하는 펌프 구경 φ40 - φ200 의 일반용 소형벌루트펌프로써 3상 유도 전동기와 커플링에 의해서 직결되는 것에 대하여 규정한 다.
- (3) 본 시방 서에 명시되지 않는 사항 중 제작상 필요하다고 인정될 때에는 쌍방의 합의하에 제작한다.

## 2. 성능

### 2-1 사양범위

ISO 2858 규정의 16bar 용량 및 KS B 7501 규격에 준한 용량으로 선정한다.

### 2-2 운전범위

- (1) 최대사용온도 : -15℃ 에서 +140℃ 까지
- (2) 최대사용압력 : 16 Kgf/cm<sup>2</sup>
- (3) 최대흡입양정 : KS B 7501 의 3.3 에 따른다.

### 2-3 규정 토출량

- (1) 펌프의 규정 토출량은 원칙적으로 흡입 구경에 대해 표1의 범위 이내이어야 한다.

표 1

펌프 구경(mm)		40	50	65	80	100	125	150	200
토출량 범위	4P	0.20 이하	0.12 ~	0.25 ~	0.50 ~	0.8 ~	1.0 ~	2.0 ~	3.15 ~
	2P		0.4	0.80	1.60	2.5	4.0	6.3	12.5
						1.0 ~	1.6 ~		
						3.15	8.0		

#### **2-4 펌프 효율**

펌프 효율의 최고치는 그 토출량에 있어서의 KS B 7501의 부도 2의 A 효율 이상이어야 한다. 또한, 규정 토출량에 있어서의 펌프 효율은 부도 2의 B 효율 이상이어야 한다.

효율의 허용치 KS B 6301의 9.3에 따른다.

#### **2-5 축동력**

축동력은 KS B 6301의 9.2에 따른다.

#### **2-6 운전 상태**

운전 상태는 KS B 6301의 9.4에 따른다.

### **3. 구 조**

#### **3-1 일반**

펌프는 케이싱, 임펠러, 주축, 메카니컬-씰, 모타 브라켓 등에 의해 구성되고 그 구조의 한 보기를 그림 1에 표시한다.

#### **3-2 주요 부품 재질**

품 번	부 품 명	재 질	관 련 규 격	선 택 사 양
1	케 이 싱	GC 200	KS D 4301	GCD 45, SC 42.46, SSC 13.14
2	임 펠 러	GC 200	KS D 6002	GCD 45, SC 42.46, SSC 13.14
3	모 터 브라켓	GC 200	KS D 4301	GC 200, GCD 45, SC 42.46, SSC 13.14
4	베 드	GC 200	KS D 4301	SSC13.14
5	주 축	STS 304	KS D 3706	SM45C, STS 304.316
6	카 프 링	SM 45C	KS D 3752	STS 304
7	임펠러 너트	STS 304	KS D 3706	SS41, STS 304.316
8	임펠러 와셔	STS 304	KS D 3706	SS41, STS 304.316
9	임펠러 키	STS 304	KS D 3706	SS41, STS 304.316
10	콕 류	BC 6	KS D 6002	STS 304.316
11	메카니컬 씰			
	Stationary Part	Silicon carbide	DIN 24960	
	Rotary Part	Silicon carbide		

### 3-3 케이싱

- (1) 펌프 본체는 내외면이 매끄럽고 유해한 블로우 홀 균열 및 편육 등의 결점이 없어야 한다.
- (2) 플랜지는 KS B 1511 ( 10 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup> 철강제 관 플랜지의 기본 치수 )에 따른다.
- (3) 펌프 케이싱에는 물 빼기구멍, 압력계등 구멍을 설치한다. 이들 구멍의 나사는 KS B0222 (관용 테이퍼 나사) 에 따라도 좋다.

### 3-4 임펠러

- (1) 임펠러의 정적 밸런스는 양호 하여야 한다.
- (2) 바깥지름, 라이너링과의 대응부분, 허브의 축구멍 및 허브의 양 끝면은 원칙적으로 기계 가공을 한다.

### 3-5 메카니컬-씰

#### ▣표준사양

- (1) 형 식 : Unbalanced Single Type

- (1) 허용 압력 : -0.8 to + 25 kgf/cm<sup>2</sup>
- (2) 허용 온도 : -40 to + 205 °C
- (3) 주 속 : 15 m/s
- (4) 적용 규격 : DIN 24960
- (5) 양액의 온도가 100 °C 를 초과할 경우에는 메카니칼 씰의 손상을 방지하기 위해 축봉수 장치를 설치하여야 한다.  
고온수 및 특수액액인 경우에는 인수.인도 당사자 사이의 협정에 의해 선정한다.

### 3-6 카프링

- (1) 모타주축과 펌프축에는 Set Screw 를 고정할 수 있도록 홈을 가공한다.
- (2) 카프링과 주축에는 동력이 전달될 수 있도록 키홈을 가공하여야 하며 축방향 이동은 Set Screw 로 확실히 고정시킨다.

### 3-7 기타부분

- (1) 펌프의 회전방향은 전동기 축에서 보아 시계 방향으로 한다.
- (2) 주축너트는 회전방향과 반대로 조여지게 한다.
- (3) 임펠러와 카프링은 주축에 견고하게 결부시킨다.

## 4. 모 터

#### ▣ 표준사양

- (1) IEC 규정에 준한 성능과 제작형태의 전동기를 사용한다.
- (2) 회전수 : 3450, 1750, 1150 rpm
- (3) 절연계급 : B종 (선택사양 : F종)
- (4) 보호형식 : IP 44
- (5) 주위온도 : 40 °C ( 104 °F )
- (6) 표준전압 : 220/380, 220/440V, 380V
- (7) 전동기 기동방식

전 압	전동기 용량 (kW)	전동기 형식	기동 방식
220 / 380	0.4 - 7.5	농형(밀폐형)외선형	직입 기동
380	11 이 상	농형(밀폐형)외선형	Y-△ 기동

- (8) 전동기의 시험 및 검사 방법은 KS C 4201 규격에 준하며 모타 제조업체와의 협의에 의한다.

## 5. 시험 및 검사 방법

(1) 총양정

총양정은 KS B 6301의 5.1에 따른다.

(2) 토출량

토출량은 KS B 6301의 5.2에 따른다.

(3) 회전수

회전수는 KS B 6301의 5.3에 따른다.

(4) 축동력

축동력은 KS B 6301의 5.4에 따른다.

(5) 운전 상태

운전 상태는 KS B 6301의 5.6에 따른다.

(6) 내수압

원칙적으로 최고 토출압력의 1.5배의 압력으로 3분간 이상 시행하고 누수등의 이상이 없어야 한다. 다만, 수압시험은  $1.5\text{Kgf/cm}^2$  를 최저로 한다.

## 6. 검사 방법

펌프의 검사 방법은 KS B 6301의 9에 따른다.

## 7. 도 장

- (1) 제품의 녹 및 오염물질이 발생하기전에 방청을 실시 하여야 한다.
- (2) 도장할 표면에 유분,수분,먼지등의 이물질을 완전히 제거해야 한다.
- (3) 조립후 도장이 불가능한 것은 조립전에 충분히 도장하여 조립한다.
- (4) 본체 및 내부에는 방부 프라이마를 도장후 에나멜로 도장한다.
- (5) 펌 프 : 회 색
- (6) 모 터 : 회 색