

[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 16, No. 2, 1996

보일러용 3way valve내장형 rotoless 전자식순환펌프 시스템의 개발

—1차년도 목표 : 3way valve 내장형 하우징의 개발—

한지웅* · 금성민** · 유병희*** · 이창언**** · 오수철**** · 임장순****

* 인하대학원 대학원

** 한라공업전문대학 기계과

*** 충인엔지니어링

**** 인하대학교 기계공학과

The Development of Rotoless Electronic Circulating Pump System with Internal Three Way Valve for Boiler

—Objective for the 1st Year : Development of New Housing with Internal
Three Way Valve—

J. W. Han* · S. M. Kum** · B. H. Ryu*** · C. E. Lee**** · S. C. Ohu****
J. S. Yim****

* Graduate School, Inha University

** Halla Institute of Technology

*** Chung In Engineering

**** Inha University

요 약

본 연구는 가정용 가스 보일러 순환펌프의 문제점 보완은 물론 펌프 외부에 설치되어 있는 3way valve를 하우징 내부에 부착한 3way valve 내장형 펌프 하우징을 개발하기 위한것이다. 기존 하우징이 부착된 canned type 순환펌프의 실험결과를 근거로 3way valve 내장형 하우징을 설계 제작하였으며 신형 하우징이 부착된 canned type 순환펌프의 성능실험 및 보일러 전체 시스템에서의 순환펌프 성능 실험을 실시하였다.

실험 결과 신형 3way valve 내장형 하우징을 부착할경우 펌프의 총양정은 평균 1~1.7m, 펌프 효율은 약 25%정도 높게 나타났으며 축동력은 약 4W 감소하였다. 특히 하우징의 중량은 1.4kg에서 0.4kg으로 줄어들었고 제작비는 개당 약 5000원정도 절감할수 있었으며 조립공정의 단축으로 생산비용은 보일러 1대당 약 2만원 정도의 원가절감을 예상할수 있다.

ABSTRACT

The purpose of research is to complement the circulating pump of gas boiler for the domestic and to develop a pump housing with internal three way valve : Housing and three way valve have been apart in the existing pump system.

Based on the experimental result on can-typed circulating pump with existing housing, a new housing with internal three way valve was designed and manufactured. The performance of can-typed circulating pump with the new housing, and the performance of circulating pump of boiler system were tested. As a result of the test, the new housing with internal three way valve has been excellent in respect of pump performance, weight and manufacturing cost. So It is expected to have an effect of import substitution.

NOMENCLATURE

- | | |
|--|--|
| le/D : 등가길이 | l : 배관길이 [m] |
| D : 관의 내경[mm] | L : 펌프 축동력 [kW] |
| f : 마찰계수 | L _w : 수동력 [kW] |
| f _f : 푸트 밸브에 의한 손실계수 | M _d : 출구에서 수은 액주계의 수직지시도 [m] |
| f _s : 슬루스 밸브에 의한 손실계수 | M _s : 입구에서 수은액주계의 수직지시도 [m] |
| g : 중력가속도 [m/s ²] | Q : 유량 [m ³ /h] |
| h _d : 기준면으로 부터 환산한 출구압력을 액주미터로 계산한것 [m] | t : 시간 [s] |
| h _s : 기준면으로 부터 환산한 입구압력을 액주미터로 계산한것 [m] | V _d : 펌프 토출쪽에서의 평균속도 [m/s] |
| H : 총양정 [m] | V _s : 펌프 흡입쪽에서의 평균속도 [m/s] |
| H _{el} : 엘보우에 의한 손실 [m] | W : t초간에 용기중에 들어간 액체의 중량 [kg] |
| H _f : 푸트밸브에 의한 손실 [m] | Z _d : U자관의 펌프와 연결하는 축의 유리관내 수은면과 기준면과의 수직거리 [m] |
| H _{loss} : 총손실수두 [m] | Z _s : 압력측정 구멍과 기준면과의 수직거리 [m] |
| H _m : 주손실 [m] | γ _{Hg} : 수은의 단위체적당 중량 [kgf/l] |
| H _s : 슬루우스 밸브에 의한 손실 [m] | γ _w : 시험액의 단위체적당 중량 [kgf/l] |
| | η : 펌프 효율 [%] |
| | ρ : 물의 밀도 [kg/m ³] |

I. 서론

가정용 가스보일러는 지난 1982년 수입자유화에 따라 유럽의 유명 제품이 수입된 이래 난방연료의 고급화 및 사용상편의로 인해 지속적인 성장추세에 있으며, 정부의 청정연료화 정책 및 LNG전국공급사업계획과 가스배관망 확대계획에 따라 그 수요는 점차 늘어날 것으로 생각된다.

현재 난방 및 온수 겸용으로 사용되는 보일러에는 난방수 및 온수를 순환시키기 위해 canned형 순환펌프가 이용되고 있으며, 이 순환펌프는 대부분 canned moter를 이용한 것으로 초기 유럽에서 개발 실용화되어 보급되었으며, 소형위주로 집중난방보다는 개별난방개념에서 저진동, 저소음과 신뢰성에 초점을 맞추어 개발된 것이다. 그간 국내에서는 몇개업체가 메카니컬 실(mechanical seal) 방식 및 canned type형 순환펌프를 생산 공급해오고 있으나 다국적생산에 의한 가격면과 성능, 소형화 및 자체개발시 외국특허권 문제 등의 소지가 있기때문에 대부분 수입에 의존하고 있다¹⁾.

그런데 이 순환펌프의 하우징은 주철주물로 되어 있기 때문에 자체무게로 보일러 전체 시스템이 중량화되며, 부식으로 인한 난방수의 오염과 오염물질에 의한 펌프내부의 고착 그리고 하우징 진동으로 연결부의 이완에서 오는 누수 등의 문제점을 갖고 있다.

또한 기존 보일러 시스템에는 Fig. 1과 같이 난방수와 온수시를 절환하는 3way valve가 부착되어 있다. 이 3way valve는 온수 사용시 유수 감지기에 의한 신호를 받아 모터로 유로 체계를 바꾸는 역할을 담당하는데 이 3way valve는 원가가 높고 별개의 부품이므로 보일러 내부에 공간을 차지하게 되는 단점

이 있고, 펌프와 3way valve가 분리되어 있기 때문에 펌프와 3way valve사이에 3개의 배관이 필요하며 따라서 전체양정의 감소라는 문제점이 있다. 그리고 배관연결에 의한 누수 확률과 자체의 무게로 인해 보일러 전체 시스템 중량에도 문제가 된다고 할 수 있다.

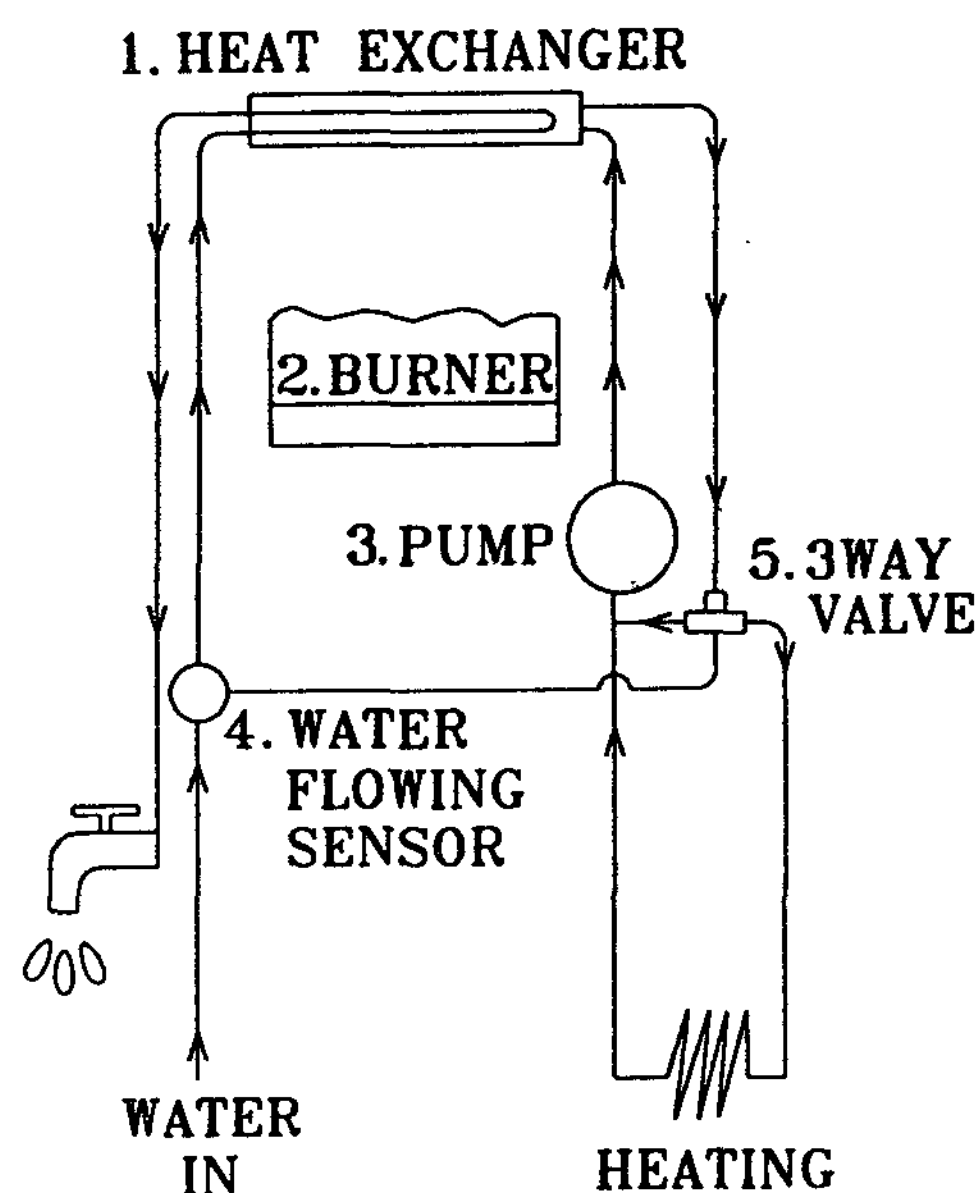


Fig. 1 기존 가스보일러의 유로체계

따라서 본 연구는 Fig. 2와 같이 기존 펌프 하우징의 문제점 보완과 더불어 펌프와 분리되어 있는 3way valve를 하우징 내부에 부착한 3way valve 내장형 펌프 하우징을 설계 제작하여 성능을 비교 검토하고자 한다.

위에 기술한 3way valve 내장형 펌프 하우징을 조합한 펌프 시스템은 현재의 순환펌프 시스템에 비해 내식성이 강하고 보일러의 전체 크기를 축소시킬 수 있으며, 펌프양정증가로 에너지를 절약할 수 있다. 또, 국내자체개발에 의한 수입대체효과를 가져올 수 있으며, 더욱이 보일러 시스템을 대폭으로 간략화 할 수 있어 원가절감이 가능하다.

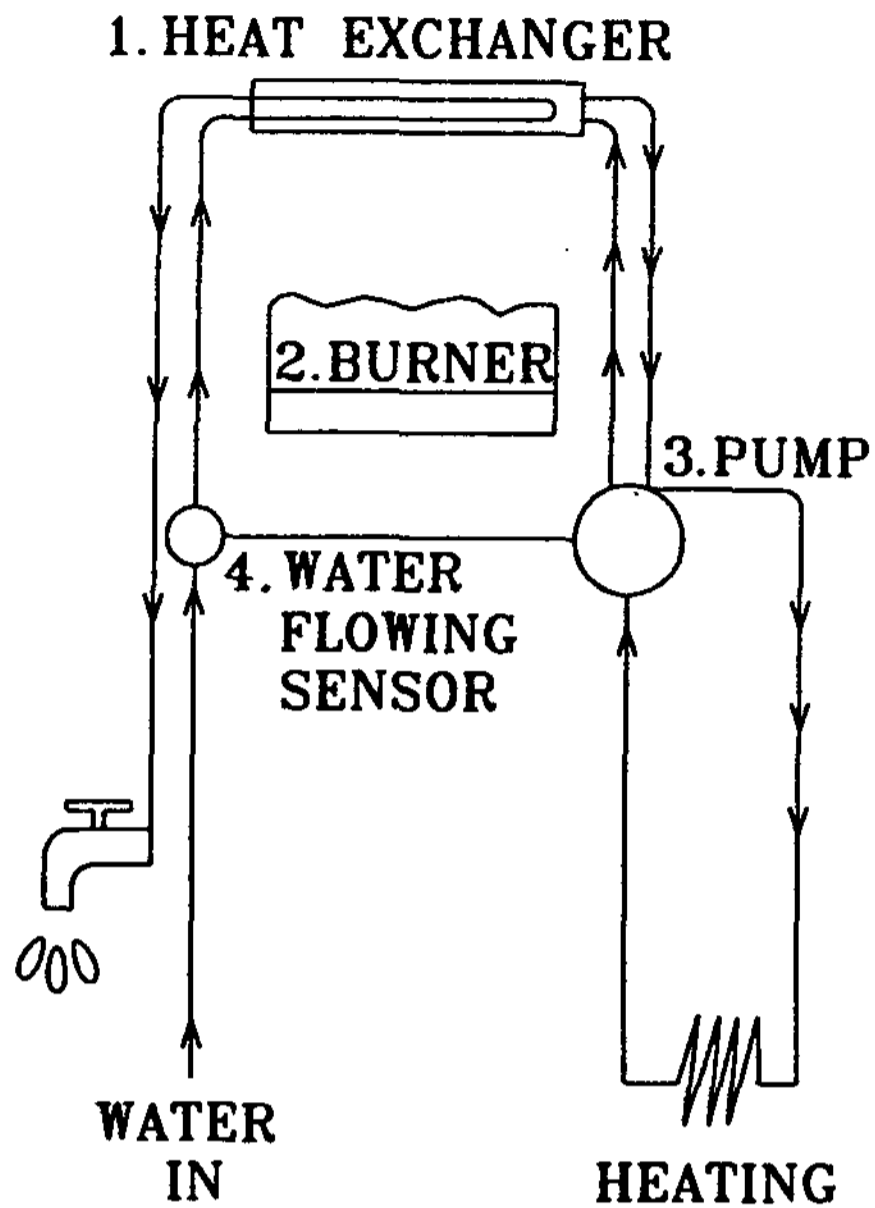


Fig. 2 신형 3way valve를 내장한 가스보일러의 유로체계

II. 시험용 순환펌프, 하우징 및 3way valve의 제원

2-1. 시험용 순환펌프 제원

본 연구의 목적은 기존 순환펌프 하우징의 단점을 보완하면서 분리되어 있던 3way valve를 하우징에 부착하여 일체형으로 제작하는 것이므로 순환펌프는 가정용 보일러에 일반적으로 사용되는 A사의 온수순환펌프를 선정하였으며 기존의 모터부와 임펠러는 그대로 사용하였다. Table 1은 시험용 순환펌프의 사양을 나타낸다.

2-2. 기존 하우징 및 3way valve의 문제점

1) 하우징

Fig. 3은 기존 순환펌프의 하우징(이하 구

Table 1. 실험용 온수순환펌프의 사양

HYDRORIC PERFORMANCE	최대 양 정(m)	5
	최대 유 량(m ³ /h)	3.7
IMPELLER	깃 수(매)	12
	직 경(mm)	66
	재 질	복 합 소 재
HOUSING	입 출 구 배 치	상 하
	입 출 구 내 경(mm)	20
	재 질	주 철
정격전압	입 력 전 압(V)	220
	주 파 수(Hz)	60
회전속도	MODE 1(rpm)	800
	MODE 2(rpm)	1250
	MODE 3(rpm)	1950
소비동력	MODE 1(W)	30
	MODE 2(W)	55
	MODE 3(W)	95

형 하우징)을 나타낸것으로 본 실험에서 사용한 순환펌프 하우징의 재질은 주철로서 장시간 사용시 녹발생으로 난방수의 오염 및 기타 부품에 결함을 줄수 있으며 외형이 크고 중량이 약 0.65kg으로 자체 중량에 의해 보일러 전체 무게를 무겁게 한다. 또한 모터 회전시의 진동이 흡입구와 송출구 체결부위로 전달되고 이것은 타연결부위에 전달되어 누수의 원인이 되기도 한다.

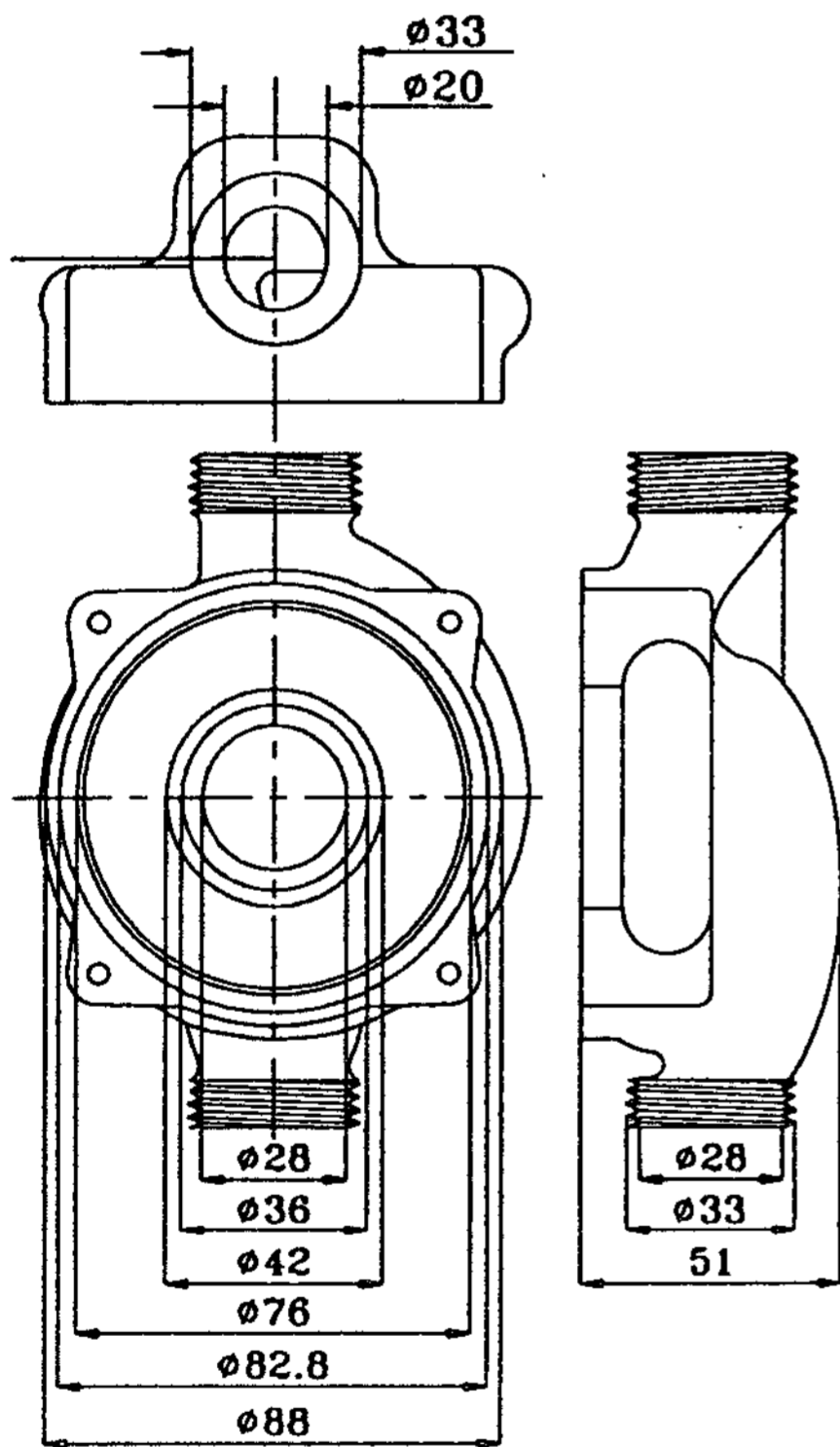


Fig. 3 기존 순환펌프의 하우징(구형 하우징)

본 실험에서 사용한 구형 하우징의 입구 및 출구직경(Do)은 약 20mm이나 펌프의 흡입직경에 관한 식 $D \approx 90Q^{1/2}$ 에 의해 구하면²⁾ 약 16mm이다. 이와같은 펌프직경의 차이는 펌프의 성능에도 영향을 미칠것으로 생각되기 때문에 신형 하우징 제작시 고려하였다. 그리고

펌프 입구에서 임펠러쪽으로 물이 유입되는 입구부의 직경은 일반적으로 임펠러 눈의 안지름과 동일하게 하는데 실측한 결과 약 28mm이다.

2) 3way valve

난방과 온수를 겸용하는 보일러의 대부분은 난방수와 온수시를 절환하는 3way valve를 가지고 있다. 이 3way valve의 작동원리는 유수감지기가 온수 사용 신호를 감지하여 Fig. 4의 상부에 설치된 동기모터를 구동하며 이때 유로제어 볼이 유로를 제어하는 구조로 되어 있다.

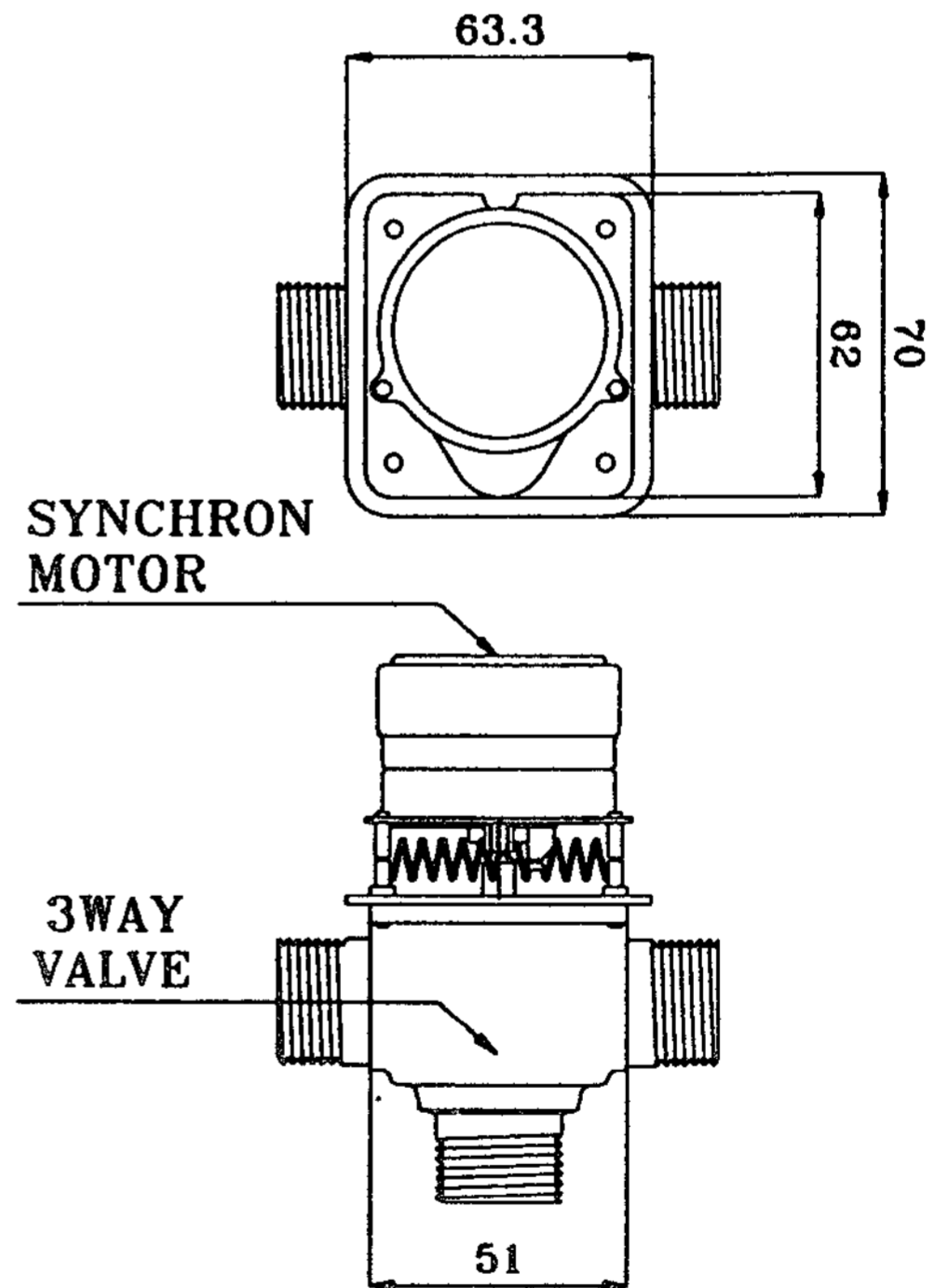


Fig. 4 기존 3way valve의 구성

그러나 기존의 3way valve는 순환펌프와 분리되어 있기 때문에 3개의 배관이 부수적으로 필요하며 valve 자체의 문제점은 없으나 원래 용도가 공조용 valve이기 때문에 원가가

높고 별개의 부품이므로 공간을 차지하게 되는 단점이 있을뿐만 아니라 배관연결로 인한 누수 확률과 자체의 무게가 약 0.7kg정도 되기 때문에 보일러 전체 시스템 중량에도 문제가 된다고 할 수 있다.

III. 실험절차 및 실험장치

3-1. 실험절차

순환펌프의 성능시험은 KS규격 B6304 보일러 급수용 원심펌프의 시험 및 검사방법 과 KS규격 B6301 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프의 시험 및 검사방법3~7)에 의해 시행하였다.

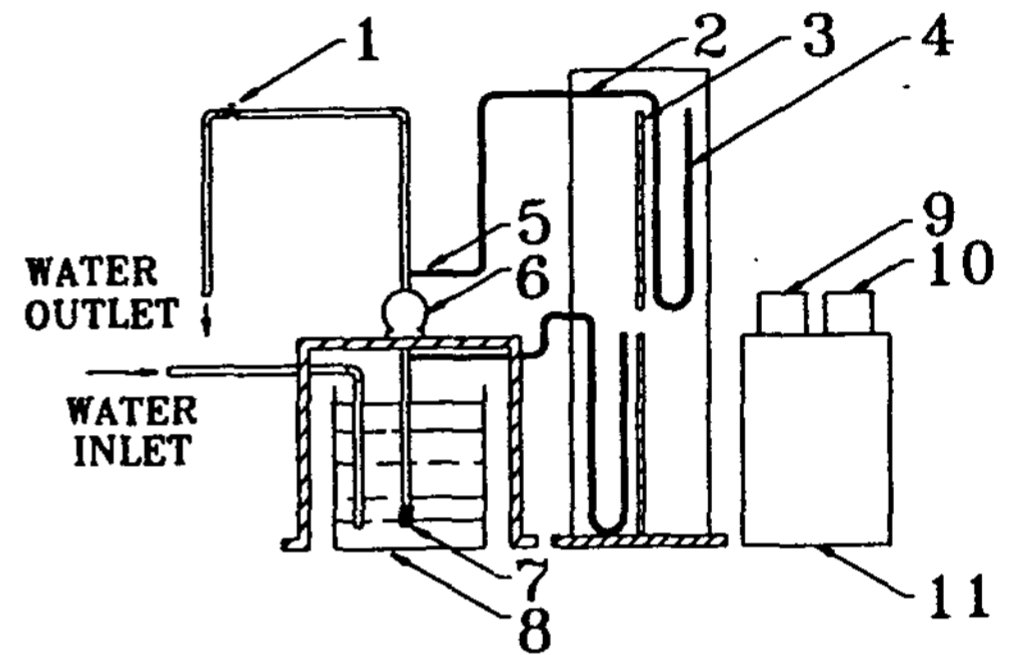
3-2. 시험조건

펌프의 시험양액에 관한 KS규정은 0~40℃의 범위로서 본 실험시의 시험양액의 온도는 약 10℃였으며 시험펌프로 사용한 A사의 순환펌프 회전수는 1950, 1250, 800rpm으로 가변될수 있지만 보일러 부착시 1950rpm으로 고정되어 시판되고 있기 때문에 본 실험에서도 1950rpm으로 고정하여 실험하였다.

3-3. 실험방법

Fig. 5는 본 실험장치의 개략도를 나타낸 것으로 수조의 물은 항상 일정한 수위를 유지시키기 위해 유입량을 조절하여 공급하였으며 펌프 입구부에는 조건 변경이나 연속 실험을 위해 foot valve를 부착 하였다. 출구에서의 유량측정은 sluice valve를 설치하여 유량을 조절하였으며 특히 유량변화시에는 충분한 시간간격을 두어 정상상태에 도달한것을 확인한 후에 압력, 유량, 소비동력 등을 측정하였다. 유로에 사용된 관은 내경 20mm의 PVC관이며 펌프 입, 출구에는 압력측정을 위해 입구

및 출구로 부터 2D되는 지점에 직경 2mm의 압력측정 구멍을 뚫어 피토관을 삽입한 다음 마노미터에 연결하여 압력을 측정하였다. 펌프의 입력전압은 AVR을 사용하여 일정하게 유지시켰으며 와트미터와 암페어미터를 통해 펌프의 소비동력을 측정하였다.



- | | |
|------------------|----------------------------|
| 1. SLUICE VALVE | 7. FOOT VALVE |
| 2. FLEXIBLE PIPE | 8. RESERVOIR |
| 3. SCALE | 9. WATT METER |
| 4. MANOMETER | 10. AMMETER |
| 5. PROBE | 11. AUTO VOLTAGE REGULATOR |
| 6. PUMP | |

Fig. 5. 실험장치의 개략도

1) 총양정

총양정의 산출은 식 (1)을 사용하였다^{8~13)}.

$$H = h_d - h_s + \frac{V_d^2}{2g} + \frac{V_s^2}{2g} + H_{loss} \quad (1)$$

$$H = h_d - h_s \quad (2)$$

$$h_d = \frac{\gamma_{Hg}}{\gamma} \cdot M_d + Z_d \quad (3)$$

$$h_s = -\frac{\gamma_{Hg}}{\gamma} \cdot M_s + Z_s \quad (4)$$

본 실험에서 총손실수두는 단면이 일정한 유로내의 흐름이 완전히 발달된 유동이라 가정하고 그때의 유동에 의한 마찰효과로 생기는 주손실(H_m)과 입구, 밸브, 단면의 변화 등에 의해 생기는 부차적 손실로 나누어 다음식으로 총양정을 보정하였으며^{2, 19, 22, 23)}

$$H_{loss} = H_m + H_{el} + H_s + H_f \quad (5)$$

$$H_m = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

$$H_{el} = f \frac{l_e}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

$$H_s = f_s \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

$$H_f = f_r \frac{V^2}{2g} \quad (9)$$

특히 전체 유로내의 유동저항관계식의 적용 시에는 Re수에 의해 결정되기 때문에 최대유량시의 Re수를 계산하여 적용하였다^{18, 19)}.

2) 유량(Q)

유량은 KS 규격 B 63026)에 의거 다음식으로 계산하였으며 sluice valve 조절시에는 정상상태를 확인하기 위해 충분한 간격을 두고 연속 5회 측정하여 그 평균값을 취했다.

$$Q = \frac{60}{1000} \cdot \frac{W}{\gamma t} \quad (10)$$

3) 축동력(L)

순환모터의 축동력은 와트미터(watt meter)를 사용하여 유량변화시 동력변화를 측정하였다. 순환모터는 220V, 60Hz용이므로 정격전압 220V로 유지하기 위해 AVR을 설치하였으며 측정수치는 1/100까지로 하였다.

4) 효율(η)

펌프 효율 η는 수동력과 축동력의 비로서 다음식으로 계산하였다.

$$\eta = \frac{L_w}{L} \times 100 \quad (11)$$

단 수동력 L_w는 다음 식⁹⁾으로 산출하였다.

$$L_w = \rho Q g H \times 10^{-3} \quad (12)$$

IV. 구형 하우징이 부착된 순환펌프의 실험결과

구형 하우징이 부착된 순환펌프를 KS규격

에 의해 실험한 결과 펌프의 성능곡선은 Fig. 6과 같다.

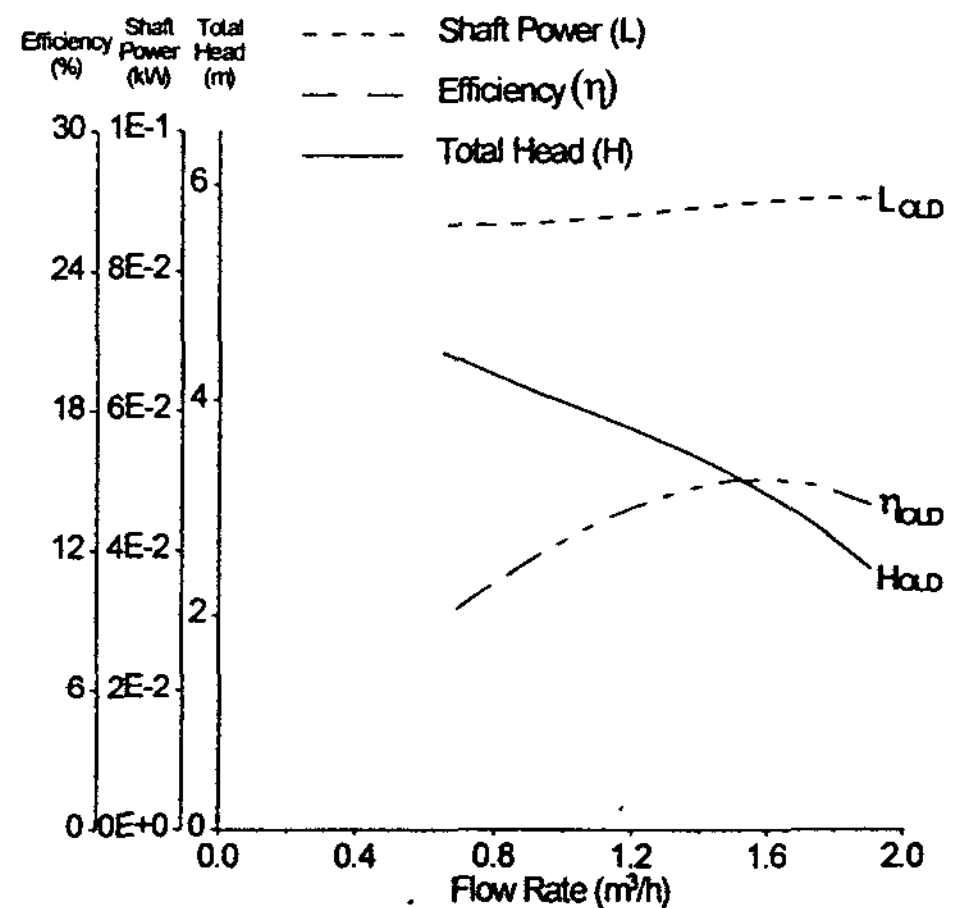


Fig. 6 구형 펌프의 성능곡선

유량 Q가 Q≠0 이나 Q=Q_{max}의 경우에는 서어징 현상으로 인해 이 부근에서는 모터의 일시적인 과부하가 일어나며 따라서 불안정한 영역이 되기 때문에 본 실험에서는 슬루우스 밸브로 유량을 조절하여 서어징이 일어나지 않는 부분에 대해 반복 실험을 실시하였다.

전양정은 최소 유량에서 약 4.41m, 최대 유량시 약 2.45m였으며 축동력은 최대 유량시 약 90W, 최소 유량시 86W로 펌프사양과 거의 일치하고 있다. 또한 펌프의 최대 효율 η는 유량이 1.52m³/h 일때 약 15.1%였으며 이 때 전양정은 3.29m로서 보일러의 설치 높이를 1.5m로 가정할때 난방 배관부의 손실을 고려하더라도 전양정은 만족할 만한 결과라고 생각된다. 그러나 canned type 순환펌프의 근본적인 문제로 제기되고 있는 효율이 낮게 나타나고 있기 때문에 이에 대한 개선의 필요성이 있다고 할수 있다. 특히 효율은 축동력과 임펠러의 회전속도가 일정하다고 가정할때 유량과 총양정의 함수가 되며 이 함수들은 임펠

러의 지름, 하우징으로 부터 임펠러로 유입되는 부분의 직경, 임펠러 유입부로 부터 임펠러 눈까지의 거리 등이 영향을 미칠것으로 생각되기 때문에 신형 하우징 설계시 충분히 고려되어야 할것으로 사료된다.

또한 실제 구형 보일러 시스템에서는 3way valve와 펌프가 분리되어 있기 때문에 3way valve에서 나온 물이 펌프로 유입되어 펌프 출구를 통해 순환되는 유로 체계를 갖고 있다. 따라서 전체 보일러 시스템에서의 유량은 3way valve의 저항으로 인해 펌프성능 곡선에 나타난 유량보다 감소되리라고 생각된다.

V. 신형 펌프 하우징 및 3way valve 설계

5-1. 하우징의 재질

펌프 하우징의 재질은 일반적으로 주철이 사용되며 특수용도에서는 황동이 사용되기도 한다. 그러나 본 연구에서는 구형 하우징이 갖고 있는 중량, 부식, 진동, 경제성 등의 문제점을 고려하여 소재를 검토한 결과 내열성, 내구성, 치수안정성, 기계적 성질이 뛰어난 엔지니어링 플라스틱을 선정하였고 엔지니어링 플라스틱중에서도 기계적, 전기적 특성변화가 거의 없으며 내열성, 경제성, 치수안정성이 우수한 폴리부틸렌 테레프탈레이트(Polybutylene terephthalate, PBTP or PBT)로 결정하였다²¹⁾.

5-2. 신형 3way valve 내장형 하우징의 설계

신형 3way valve 내장형 하우징의 설계는 구형 하우징이 부착된 펌프의 실험결과와 임펠러에 대한 자료를 근거로 하였으며 3way valve가 부착된 일체형으로 제작하기 위해 안내판을 부착할수 있는 하부 하우징 및 3way valve가 부착된 상부 하우징으로 나누어 설계

하였다.

5-2-1. 하부 하우징

1) 펌프의 흡입직경

펌프의 흡입직경 설계2)에 관한 식 $D \approx 90Q^{1/2}$ 에 의하여 평균 유량을 기준으로 펌프 흡입직경(내경)을 계산하면 약 13.5mm가 되기 때문에 난방부 및 온수 순환부의 흡입직경은 14mm로 하였고 관두께는 일반 flexible 호스와 연결한후 밴드로 체결하거나 펌프 지지부와 연결하는 것을 감안하여 5mm로 설계하였다.

2) 펌프의 출구직경 및 형상

펌프의 출구직경에 대해서는 편의상 표준토출량에 의해 정해지기 때문에 흡입직경과 동일하게 제작^{2, 23)}되는 것이 보통이나 출구 전체길이와 출구의 확대각도를 고려하여 16mm로 설계하였다. 일반적으로 출구 확대원추부분의 확대각도는 점차적으로 크게 하는것이 유리한데 이것은 하우징안을 구부러져 흘러 들어온 유체를 갑작스럽게 확대류로 하지 않고 확대작용을 점차 증가시켜 유속의 변화가 비교적 적은 등속도에 가까운 직선류로 만들 수 있기 때문이다¹⁴⁾. 특히 확대각도가 일정각도 이상 커지게 되면 확대원추부분에서 유속이 감소되고 출구의 길이가 짧게 되는 단점 등이 있기 때문에 주의해야^{13~17)} 하며 펌프의 제작비가 높아지는 문제점도 생긴다. 따라서 본 펌프에서는 임펠러눈에서의 유속이 1.2m/s 이고 소형원심펌프에 해당되기 때문에 확대각도를 15°로 하였으며³⁾ 출구 확대부의 길이는 확대각도와 출구직경을 고려하여 40mm로 하였고, 출구 직선부의 길이는 열교환기와 연결된 동관의 길이와 펌프설치 위치를 감안하여 27mm로 설계하였다. Fig. 7은 하부 하우징의 상세도를 나타낸다.

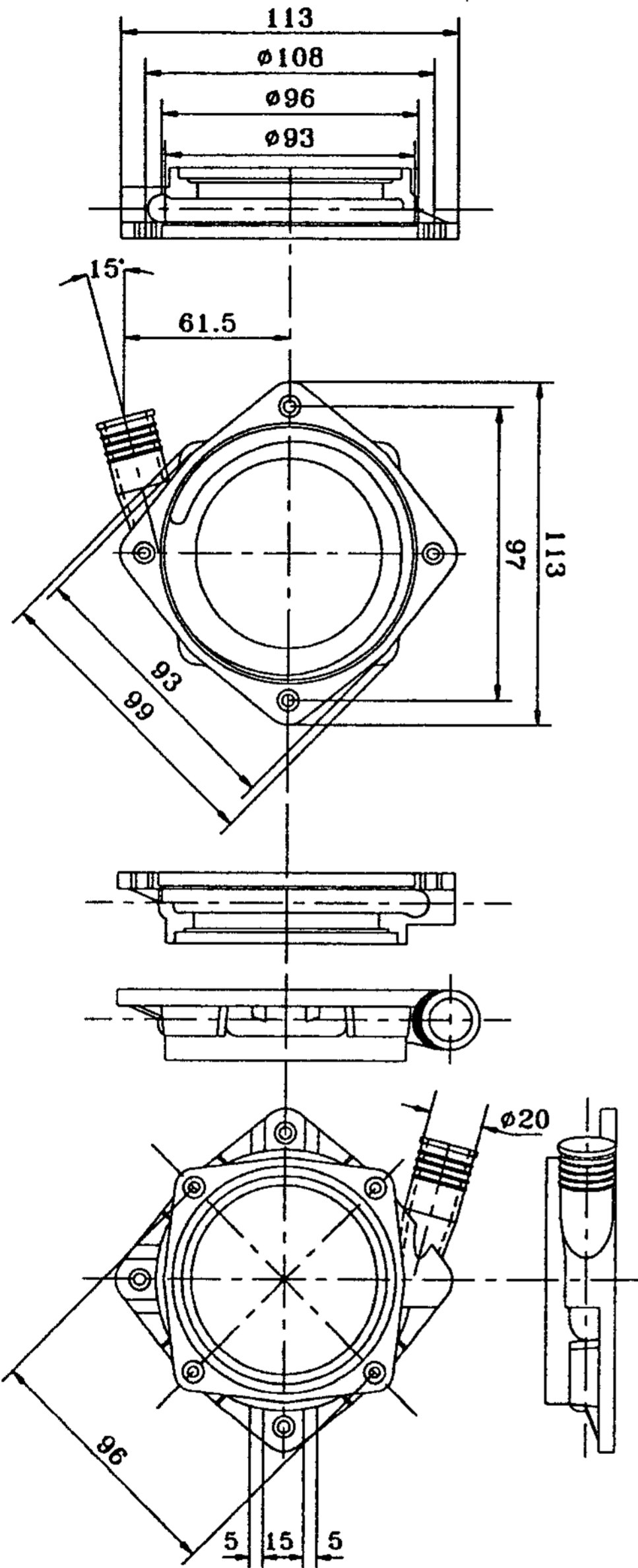


Fig. 7 3way valve 내장형 펌프의 하부 하우징

3) 하부 하우징의 안지름

하부 하우징은 임펠러를 둘러싸고 있는 형상이 되기 때문에 하부 하우징의 안지름은 임펠러의 바깥지름보다 크게 설계되어야 하나 그 간격이 너무 크게되면 임펠러 날개끝과 토

출구와의 거리가 멀어지며 이것은 곧 펌프의 성능과 관련이 된다. 따라서 이와 같은 점을 고려하여 임펠러 날개끝과 하부 하우징 안지름과의 간격은 약 1.5mm로 하여 하부 하우징의 안지름을 69mm로 설계하였으며 물끊기 두께와 안내판의 부착을 위해 하우징의 외부 지름은 93mm로 설계하였다.

4) 기초원의 지름(D3) 및 물끊기 두께

기초원의 지름은 임펠러의 바깥지름과 비속도를 결정하여 다음 식으로 구할 수 있다²⁾.

$$\frac{D_3}{D_2} = 1 + 0.00115n_s^{0.87} \quad (13)$$

위 식으로부터 기초원의 지름은 71mm로 설계하였으며 하부 하우징 내부의 물끊기 두께 tc는 기초원 지름의 바깥쪽으로 설계하는데 이 두께는 주조작업이 허용하는 한 얇게 10) 하는 것이 좋다. 지금까지는 이 부분을 얇게 하면 주조시의 수축터짐이 발생하기 쉽다는 이유 때문에 상당히 두껍게 설계했으나 최근에는 3~5mm 정도까지 얇게 설계하고 있다. 따라서 신형 하우징의 물끊기 두께는 5mm로 설계하였으며 물끊기 두께로부터 원주 방향으로 진행할 수록 폭은 감소하여 출구 확대관 부근에서 하우징 내부 벽면과 일치하게 하였다. 특히 물끊기 부분은 임펠러로부터 나오는 최고 유속이 부딪치는 영역이기 때문에 전후 양면에서 유동의 급속한 변화가 발생하지 않도록 완전한 유선형으로 설계하였다^{15, 16)}.

5) 벨류우트 폭(B1)

벨류우트 폭 B1은 소형 원심펌프일 경우 $B_1 \approx 1.75B_2$ (단 $B_2=4.5$ mm, 임펠러 날개 폭)이므로 $B_1=7.88$ mm이며 설계시에는 7.5mm로 결정하였다.

6) 하부 하우징의 벽두께

소형 원심펌프 하우징의 허용 최소살두께는 하우징의 재질인 PBTB의 허용범위와 경제성

을 고려하여 3mm로 설계하였다.

7) 안내판

펌프의 흡입구로 부터 유입되는 물은 임펠러 눈을 통해 흐르게 되며 이때 임펠러의 회전력에 의해 임펠러 날개끝부분으로 이동하게 된다. 이때 흡입구로 부터 들어온 물은 임펠러의 눈으로 원활하게 유입시키기 위해 하우징 자체에 안내통로가 있지만 본 연구에서는 3way valve가 상부 하우징에 부착되기 때문에 상부 하우징을 통해 나온 물이 임펠러 눈으로 원활하게 유입시키기 위해서는 하부 하우징 상단에 안내판이 필요하다. 따라서 Fig. 8과 같이 안내판을 설계하였으며 안내판의 직경은 하부 하우징의 바깥지름과 동일한 93mm로 하였고 안내판의 내부 직경은 30mm로 설계하였다. 그리고 내부에는 하부 하우징의 물끊기 두께 부분과 일치하도록 동일한 물끊기 두께 부분을 설계하였다.

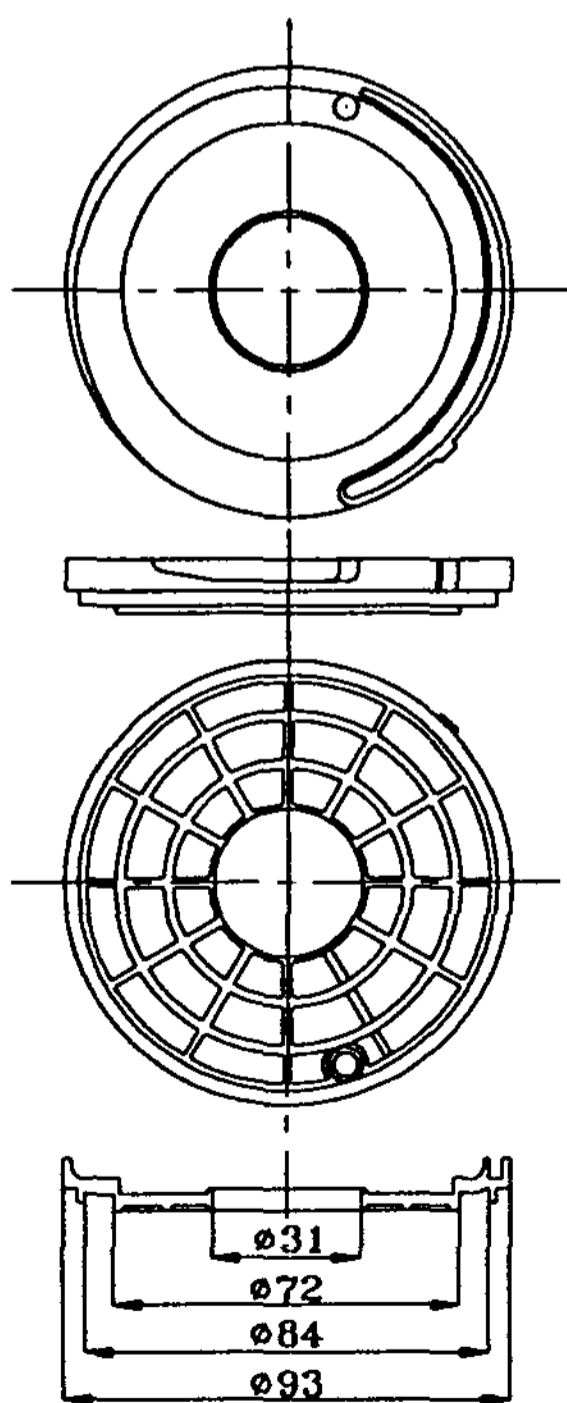


Fig. 8 안내판

5-2-2. 상부 하우징

본 연구에서는 분리되어 있던 3way valve를 하우징과 일체형으로 제작하여 기존 순환펌프 시스템의 문제점을 보완하는 것이 목적이기 때문에 3way valve를 상부 하우징 내부에 설계하였으며 3way valve를 구동하는 동기모터는 상부 하우징 윗부분에 설치할수 있도록 설계하였다. 특히 동기모터는 기존에 사용하고 있던 Synchron motor(미국, 정격전압 AC24V, 주파수 60Hz, 소비전력 5W)를 사용하였으며 상부 하우징 윗부분에 부착하기 위해 모터 지지판을 제작하였다.

상부하우징에서 안내판과 연결되는 부분의 내경은 안내판과 정확히 일치해야 하므로 안내판 윗부분의 직경과 동일한 88mm로 하였으며 안내판과의 연결부에서는 안내판의 지지를 위해 1mm의 두께를 두었기 때문에 실제 내부 직경은 86mm로 설계되었다.

상부하우징의 깊이는 삼방면 볼 직경(22mm)과 삼방면 스펀들 높이, 삼방면 볼축 및 안내판과의 간격을 고려하여 34mm로 설계하였고 내부에는 공기 분리기를 설치할 경우를 대비하여 하우징 우측 내부에 공기 분리기 지지부를 두었고 공기 분리를 위한 공기 배출구를 물끊기 끝부분에 설계하였다.

상부하우징 내부의 난방부 입구 및 순환부 입구는 중앙에서 물끊기 두께가 시작되는 부분으로 부터 14mm만큼 떨어진 지점을 중심으로 설계하였다. 이것은 난방부 입구 및 순환부의 입구가 중앙에 위치할 경우 각각의 입구에서 유입된 물이 삼방면 볼과 입구부의 저항으로 인해 임펠러쪽으로 원활하게 유입하지 못하게 된다. 따라서 난방부 입구 및 순환부의 입구 각각의 직경과 삼방면 볼의 직경을 고려한후 설계하였다. 그리고 난방부 입구 및 순환부 입구의 높이는 삼방면 볼의 높이를 계

산하여 29mm로 설계하였으며 각각의 입구부 사이의 간격은 볼의 이동을 고려하여 24mm로 하였고, 입구부 단면은 삼방면 볼이 중앙을 기점으로 좌우로 회전하면서 각각의 입구 쪽을 제어하기 때문에 중앙으로 부터 50만큼 경사를 두었다.

각각의 입구부 내경은 14mm이며 난방부 입구는 온수순환시 온수순환관내에서 기포발생으로 인한 순환수 부족에 대비하여 3mm정도의 홈을 두었다.

Fig. 9는 상부 하우징의 형상을 나타낸다.

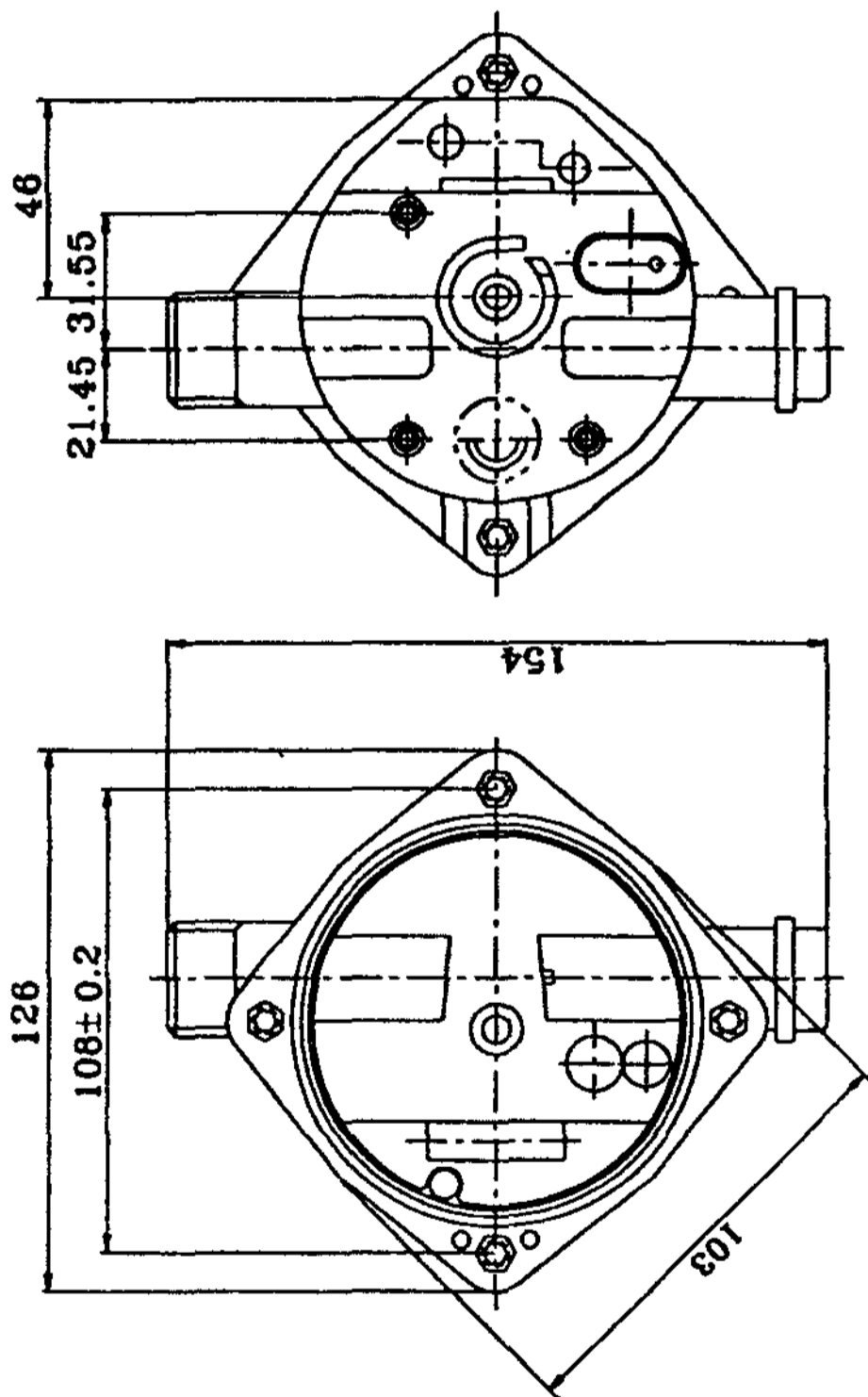


Fig. 9 3way valve 내장형 펌프의 상부 하우징

VI. 신형 3way valve 내장형 하우징이 부착된 순환펌프의 실험결과

6-1. 펌프성능 곡선

신형 3way valve 내장형 하우징이 부착된 순환펌프의 실험 역시 KS규격에 의해 실험하였으며 구형 하우징이 부착된 펌프와의 성능 비교를 위해 배관 및 기타 조건들을 동일하게 한 결과 펌프 성능곡선은 Fig. 10과 같다.

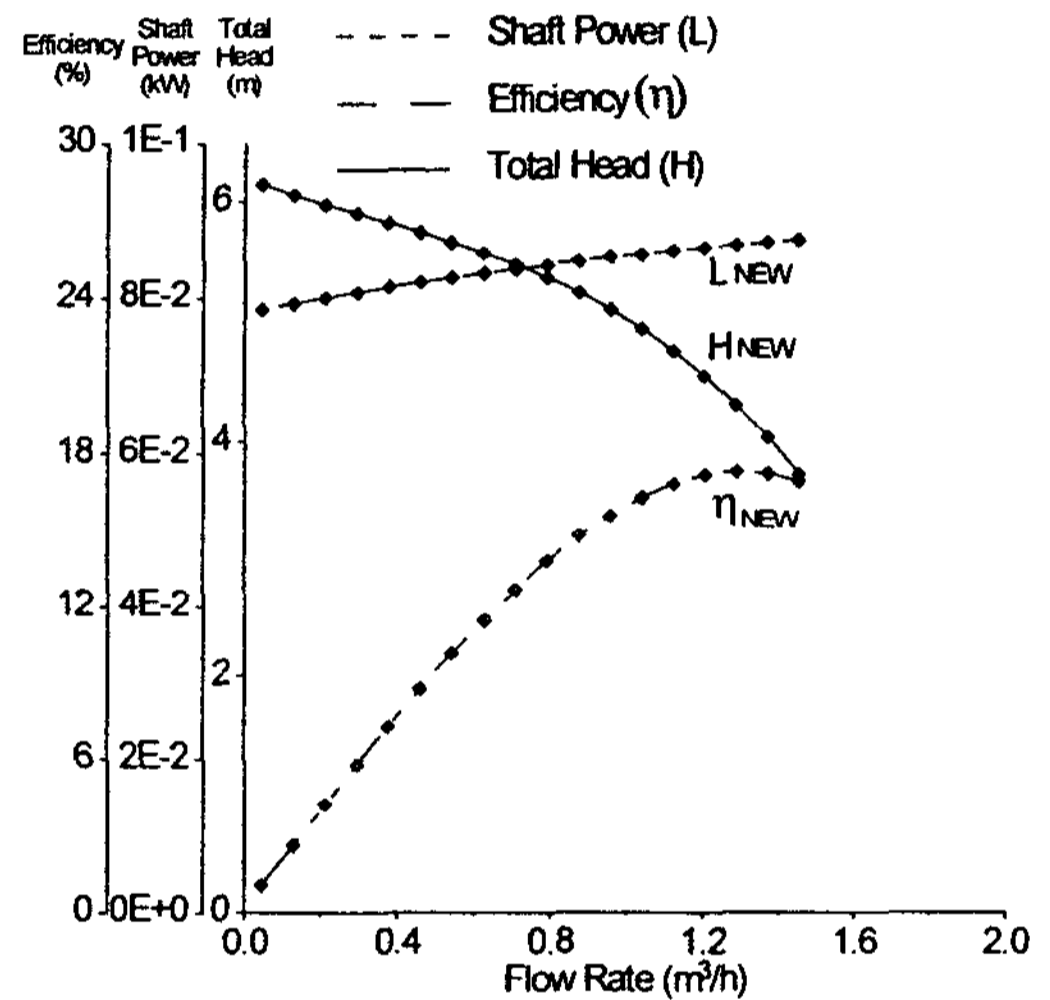


Fig. 10 3way valve 내장형 펌프의 성능곡선

신형 3way valve 내장형 하우징이 부착된 순환펌프에서의 유량은 최소 0.045~1.45m³/h이고 총양정은 최소유량시 3.72m, 최대유량시 6.15m로 나타났으며 최대효율은 17.3%이다.

6-2. 구형 하우징이 부착된 펌프와 신형 하우징이 부착된 펌프의 성능곡선 비교

Fig. 11은 구형 하우징이 부착된 펌프(이하 구형 펌프)의 성능과 신형 3way valve 내장형 하우징이 부착된 펌프(이하 신형 펌프)의 성능을 비교한 것으로서 유량은 구형 펌프인 경

우 최대 약 1.9m³/h 인 반면 신형 펌프인 경우에는 1.45m³/h로 구형 펌프의 유량이 많게 나타났는데 이것은 신형 펌프인 경우에는 삼방면 밸브가 상부 하우징에 부착되어 있기 때문에 입구를 통해 유입된 물이 삼방면 밸브에 의한 저항을 받기 때문으로 생각되며, 구형 펌프인 경우에는 삼방면 밸브가 분리되어 있기 때문에 펌프 자체만의 실험에 의한 결과라고 생각한다. 따라서 구형 보일러의 경우 보일러 전체 시스템에서의 유량을 측정한다면 유량은 줄어들것으로 예상된다.

특히 가정용 가스보일러의 적정 유량범위를 고려할때, 난방 및 온수 공급 열량은 난방면적에 따라 차이가 있지만 일반적으로 약 13,000~24,000kcal/h이고 온수의 ΔT는 약 25~40℃정도가 된다고 가정할수 있으므로 유량의 범위는 약 0.3~1m³/h가 된다. 따라서 신형 펌프의 실험을 통해서 측정한 유량은 펌프의 운전범위내에 포함된다는 것을 확인 할 수 있다.

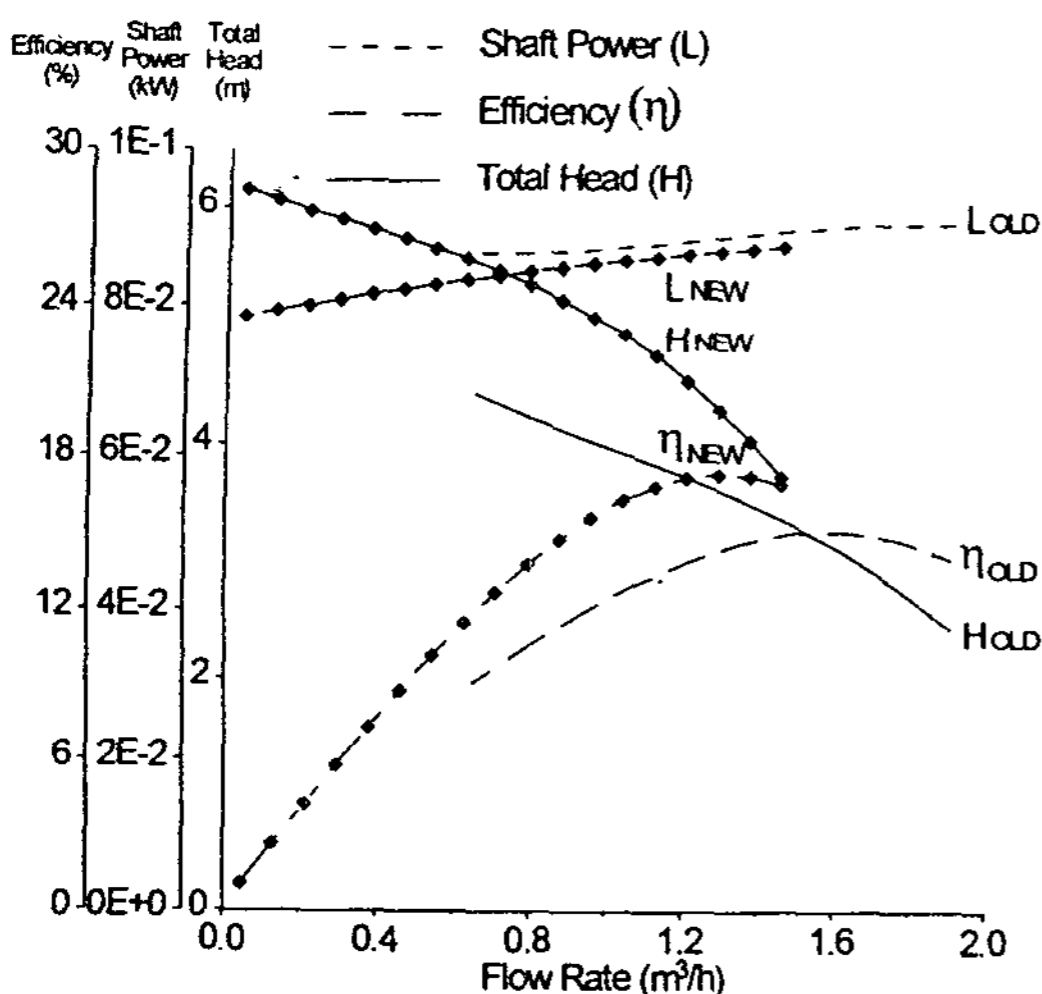


Fig. 11 구형 및 3way valve 내장형 펌프의 성능곡선

펌프의 전양정은 신형 펌프인 경우 최대 15m로 구형 펌프의 4.41m 보다 약 1.7m정도 높게 나타났으며 동일 유량범위내에서 비교해보면 신형 펌프가 구형 펌프보다 약 24% 정도 증가 했음을 알수 있다. 특히 전양정은 손실수두가 일정하다고 할때 펌프의 출구압력, 입구압력, 출구속도 및 입구속도의 함수가 되며 입, 출구의 직경이 같을때 출구압력에 따라 좌우된다고 할수있다. 따라서 신형 펌프의 하우징은 구형 펌프의 하우징보다 내부 면적이 작고, 하우징 유입부로 부터 임펠러까지의 거리가 짧으며, 임펠러 출구곳에서 하부하우징 내부 벽면까지의 간격이 작게 설계되어 있으므로 임펠러 출구곳 부분에서의 압력에너지의 손실이 구형 펌프에 비해 줄어들것이라고 생각된다.

그리고 펌프의 효율은 신형 펌프의 경우 최대 17.3%, 구형 펌프의 경우에는 15.2%로 최고효율은 약 2% 증가하였으며 동일유량 범위에서 비교하면 신형 펌프가 평균 15.3%, 구형 펌프가 평균 12.2%로 평균 3%정도 증가했다. 그러나 이것은 구형 펌프의 평균효율 측면에서 보면 평균 25%정도 증가한 결과이므로 매우 만족스럽다고 할수 있다.

식 (14)~(17)은 총양정과 효율에 관한 관계식을 나타낸다.

$$H_{NEW} = -0.8Q^3 + 0.8Q^2 - 1.2Q + 6.2 \quad (14)$$

$$H_{OLD} = -0.71Q^3 + 2.2Q^2 - 3.5Q + 6 \quad (15)$$

$$\eta_{NEW} = -4.3Q^3 + 1.1Q^2 + 19Q + 0.2 \quad (16)$$

$$\eta_{OLD} = -2.75Q^3 + 3.5Q^2 + 9.5Q + 2.2 \quad (17)$$

지금까지 구형 하우징이 부착된 펌프와 신형 3way valve 내장형 하우징이 부착된 펌프를 비교한 결과 펌프의 성능과 관련된 전양정, 효율 및 축동력 모두 신형 펌프가 우수하게 나타났고, 구형 하우징의 경우 삼방면 밸

브를 포함해서 중량이 약 1.4kg이고 신형 3way valve 내장형 하우징은 0.4kg으로 중량도 대폭 줄었으며 경제성에서도 상당한 장점을 갖고 있다. 따라서 본 연구를 통해 설계, 제작한 3way valve 내장형 하우징을 기존 보일러 시스템에 적용할 경우 펌프양정 및 효율 증가로 에너지를 절약할 수 있으며, 부식의 염려가 없으므로 난방수의 오염과 부식에 의한 펌프의 고착 우려성을 방지할 수 있고, 보일러 시스템을 대폭으로 간략화 할 수 있기 때문에 원가절감이 가능하다.

Ⅶ. 구형 보일러 시스템과 신형 보일러 시스템의 펌프성능 평가

본 장에서는 기존 펌프가 부착된 구형 보일러 시스템과 3way valve 내장형 하우징이 부착된 신형 보일러 시스템의 성능을 평가하고자 한다.

이 두 시스템의 성능평가 실험 역시 KS규격 B6304 보일러 급수용 원심펌프의 시험 및 검사방법 과 KS규격 B6301 원심펌프, 사류펌프 및 축류펌프의 시험 및 검사방법에 의해 실험하였으며 배관 및 기타 조건들을 동일하게 한 후 난방과 온수사용시로 구분하여 실험을 하였다.

또한 난방시에는 배관부의 온도를 일정하게 유지시키기 위하여 난방배관부에 대향류 방식으로 상온의 물을 순환시켰으며 온수사용시에는 온수온도에 따른 펌프성능을 평가하기 위하여 온도를 측정하였고 온도는 일정하게 유지시켰다. 그리고 각각의 보일러 시스템의 정확한 성능평가를 위하여 배관길이 및 기타 조건들을 동일하게 한 후 난방과 온수사용시로 구분하여 실험을 하였다.

7-1. 난방시 구형 보일러 시스템과 신형 보일러 시스템의 펌프성능 평가

Fig 12는 난방시의 구형 및 신형 보일러 시스템의 펌프성능 곡선을 나타내는 것으로 유량은 펌프자체의 성능평가지보다 줄어들었는데 이것은 보일러 시스템에서 3way valve를 통해 물이 순환되기 때문에 3way valve에 의한 저항과 열교환기와 난방배관부에서 발생하는 저항때문에 일어나는 현상이라고 생각되며 이 유량범위는 가정용 가스보일러의 적정 유량범위(0.3~1m³/h)에 포함된다.

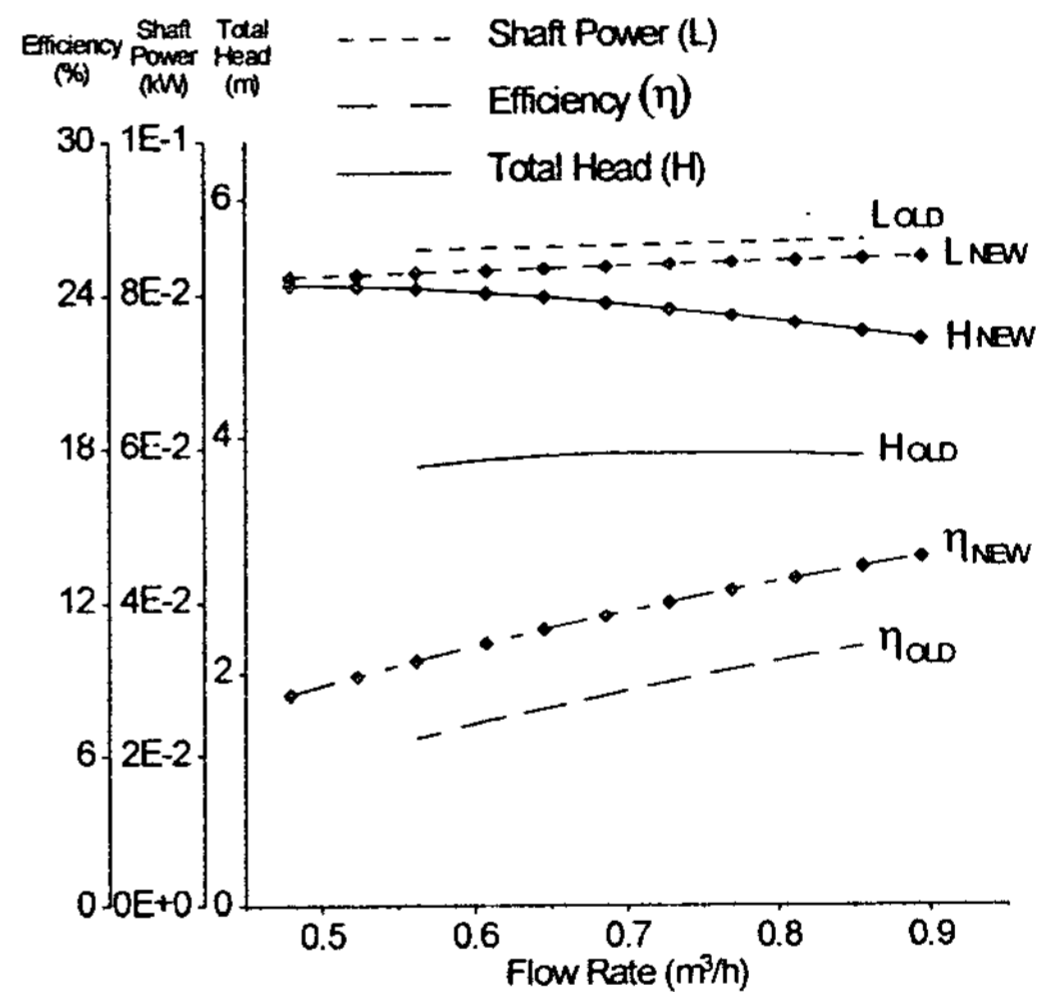


Fig. 12 난방시의 구형 및 신형 보일러 시스템의 펌프 성능곡선

구형 및 신형 보일러에서 동일한 유량일때 축동력을 비교해 보면 신형 펌프의 축동력이 작게 나타나며 총양정의 경우 는 각 유량에서 신형 펌프가 약 1m까지 높게 나타나고 있는데 이것은 신형 펌프의 하우징은 구형 하우징보다 내부 면적이 작고, 하우징 유입부로부터 임펠러눈까지의 거리가 짧으며, 임펠러 출구깃에서 하부하우징 내부 벽면까지의 간격

이 작게 설계되어 있으므로 임펠러 출구 및 부분에서의 압력에너지의 손실이 구형 펌프에 비해 줄어들게 되고, 또한 신형 펌프의 경우에는 3way valve가 하우징 자체에 내장되어 있으므로 구형 펌프 시스템과 같은 별도의 배관에 의한 압력 손실도 줄일수 있기 때문으로 생각되며, 결국 이와 같은 요인이 복합적으로 작용하여 신형 펌프 시스템의 축동력 및 총양정이 우수하게 나타난다고 사료된다.

그리고 효율을 비교해 보면 신형 펌프의 경우 최대 약 14%, 구형 펌프의 경우 최대 약 11%로 평균 3%정도 차이가 나며 펌프자체만에 의한 실험결과와 비교하면 그 차이는 더 크게 나타나는데 이것은 역시 보일러 전체 시스템에서 3way valve의 저항과 위치 및 3way valve와의 연결을 위한 별도의 배관에 따른 영향이라고 생각된다.

난방부의 온도를 변화시켜 실험한 결과 온도변화에 따른 영향은 거의 없는것으로 나타났다.

식 (18)~(21)은 총양정과 효율에 관한 관계식을 나타낸다.

$$H_{NEW} = -1.9Q^2 + 1.4Q + 5 \quad (18)$$

$$H_{OLD} = -3.3Q^2 - 5Q + 2 \quad (19)$$

$$\eta_{NEW} = -8.6Q^2 + 24.8Q - 1.6 \quad (20)$$

$$\eta_{OLD} = -7Q^2 + 22.1Q - 3.6 \quad (21)$$

7-2. 온수사용시 구형 보일러 시스템과 신형 보일러 시스템의 펌프성능 평가

Fig. 13은 온수사용시의 구형 및 신형 보일러 시스템의 펌프성능 곡선을 나타내는 것으로 유량은 구형 및 신형 보일러 시스템 모두 난방시와 비교하여 약간 상회하고 있는데 이것은 온수순환부의 배관길이가 짧고 저항은 난방시와는 달리 주로 열교환기 내부에서만

일어나기 때문으로 생각된다. 그리고 축동력은 난방시와 마찬가지로 신형 보일러 시스템이 작게 나타난다.

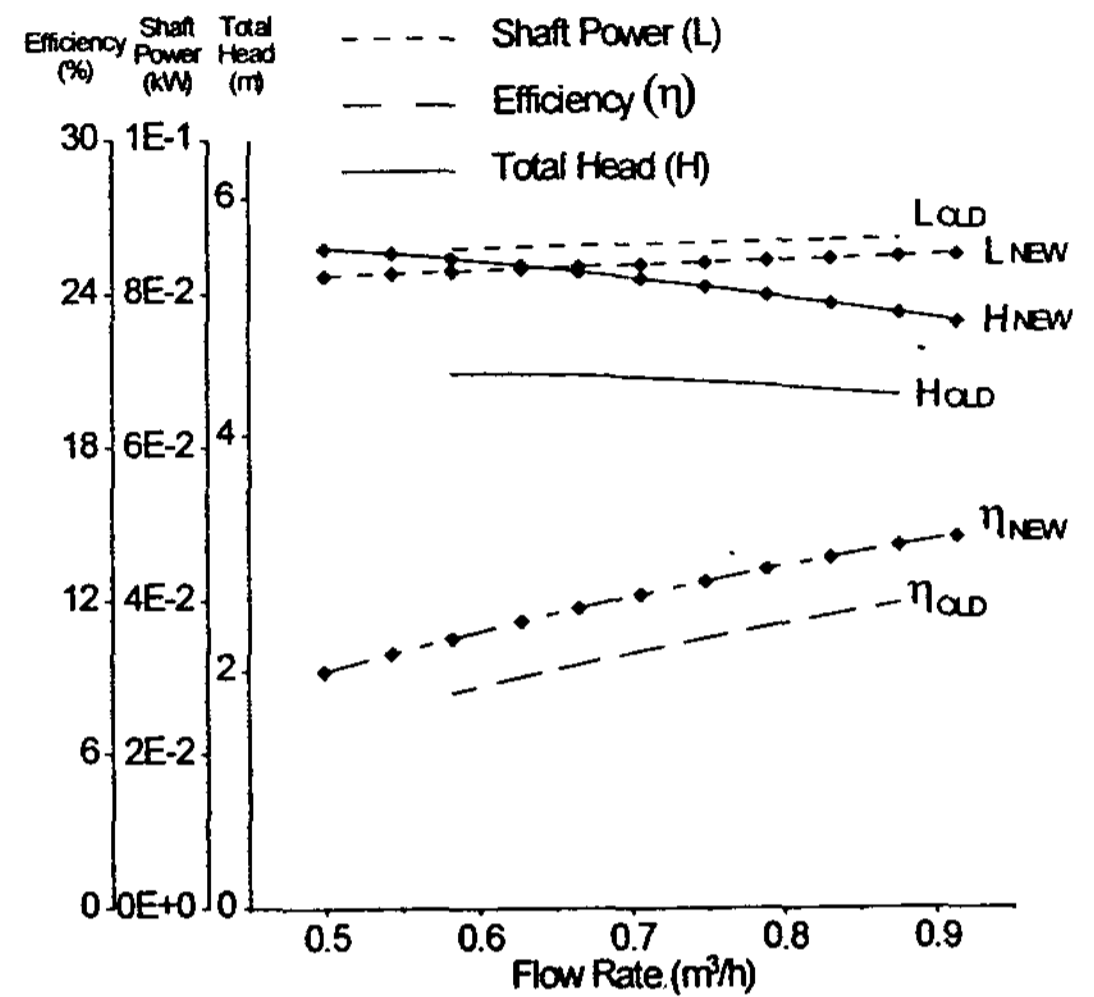


Fig. 13 온수사용시의 구형 및 신형 보일러 시스템의 펌프 성능곡선

총양정의 경우에는 신형 보일러 시스템이 약 0.5m정도 높게 나타나며 효율은 신형 보일러 시스템의 경우 최대 약 14%, 구형 보일러 시스템의 경우 최대 약 12%로 약 2%정도 신형 보일러 시스템이 높게 나타난다. 따라서 온수사용시 구형 및 신형 보일러 시스템에서의 펌프성능을 분석해 보면 온수순환부의 배관길이가 열교환기에서의 압력손실을 고려하더라도 이와같은 성능의 차이는 하우징과 3way valve로 인한 영향으로 생각된다.

VIII. 결론

본 연구는 가정용 가스 보일러 순환펌프의 문제점 보완은 물론 펌프 외부에 설치되어 있는 3way valve를 하우징 내부에 부착한 3way

valve 내장형 하우징을 개발하기 위한것으로서 기존 하우징이 부착된 canned type 순환펌프와 개발 제작한 3way valve 내장형 하우징이 부착된 canned type 순환펌프의 성능시험 및 보일러 전체 시스템에서의 순환펌프 성능 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 펌프의 성능

순환펌프의 자체 성능실험 및 보일러 전체 시스템에서의 순환펌프 성능 실험결과 3way valve를 하우징 내부에 부착 제작한 신형 펌프가 주철제 하우징이 부착된 구형 펌프보다 총양정은 평균 1~1.7m, 효율은 평균 2~3% 높게 나타났으며 축동력은 신형 펌프가 약 4W정도 감소하는데 이것은 신형 펌프의 하우징은 구형 하우징보다 내부 면적이 작고, 하우징 유입부로 부터 임펠러눈까지의 거리가 짧으며, 임펠러 출구곳에서 하부하우징 내부 벽면까지의 간격이 작게 설계되어 있으므로 임펠러 출구곳 부분에서의 압력에너지의 손실이 구형 펌프에 비해 줄어들기 때문으로 생각된다.

2) 하우징의 재질

신형 3way valve 내장형 하우징의 재질은 내열성, 내구성, 치수안정성, 기계적 성질이 뛰어난 엔지니어링 플라스틱을 선정하였고 엔지니어링 플라스틱 중에서도 기계적, 전기적 특성변화가 거의 없으며 내열성, 경제성, 치수안정성이 우수한 폴리부틸렌 테레프탈레이트 (Polybutylene terephthalate, PBTP or PBT)를 선정하였기 때문에 실험결과 주철제에 비해 내식성이 매우 우수하게 나타났다.

3) 하우징의 중량

구형 하우징은 삼방면 밸브를 포함해서 중량이 약 1.4kg인데 반해 신형 3way valve 내장형 하우징은 약 0.4kg으로 자체중량이 크게 감소하였으며, 구형 하우징의 경우 3way

valve와의 연결부에 따른 배관길이를 고려한다면 보일러 전체 시스템의 중량은 더욱 줄어든다.

4) 경제성

신형 3way valve 내장형 하우징의 개당 제작가격은 약 2천원인데 반해 구형 하우징과 3way valve의 개당 가격은 7~8천원으로 경제성 면에서도 장점을 갖고 있으며, 신형 3way valve 내장형 하우징이 부착된 보일러 시스템의 경우 구형 보일러 시스템에 비해 3way valve와의 연결부 배관이 줄어들고 조립공정이 단축되므로 그에 따른 원가절감이 가능하다.

특히 본 3way valve 내장형 하우징은 현재 보일러에 부착 시판하고 있으며 특허출원(출원번호 : 22609, 1995. 7. 28)중에 있다.

후 기

본 연구는 1994년도 통상산업부 지역컨소시엄 연구비(1차년도)에 의하여 수행되었음을 밝히며 통상산업부, 인천시, 인하대 연구지원과 및 관련 제위께 감사드린다.

References

1. 한국열관리사회, 열관리 1월호, 1994
2. 이택식, 원심 및 축류펌프의 설계, 동명사, 1984
3. 한국산업규격, KS G 5147 액체 석유 가스용 온수 보일러, 한국표준협회, '993
4. 한국공업규격, KS G 5148 도시 가스용 온수 보일러, 한국표준협회, 1991
5. 한국산업규격, KS B 6301 원심펌프, 사류 펌프 및 축류펌프의 시험 및 검사방법, 한국표준 협회, 1991

6. 한국산업규격, KS B 6302 펌프 토출량 측정 방법, 한국표준협회, 1991
7. 한국공업규격, KS B 6304 보일러 급수용 원심펌프의 시험 및 검사방법, 한국표준협회, 1990
8. 윤제복, 유체기계, 형설출판사, 1982
9. R. Cater, I. J. Karassik, E. F. Wright, Pump Questions and Answers, McGraw-Hill, 1989
10. 공업진흥청, 펌프제작기술기준, 공업진흥청, 1979
11. 이종순, 신편유체기계, 동명사, 1988
12. 하재현, 유체기계, 문운당, 1992
13. A. J. Stepanoff, Centrifugal and Axial Flow Pumps, John Wiley, 1957
14. I. J. Karassik, W. C. Krutzsch, W. H. Fraser, J. P. Messina, Pump Handbook, McGraw-Hill, 1976
15. D. G. Shepherd, Principles of Turbomachinery, Macmillan, 1956
16. F. A. Kristal, F. A. Annett, Pumps, McGraw-Hill, 1953
17. J. Matley, Fluid Movers(Pumps, Compressors, Fans and Blowers), McGraw-Hill, 1979
18. R. J. Goldstine, Fluid Mechanics Measurements, Hemisphere, 1983
19. 조용철 외, 유체역학, 청문각, 1993
20. J. K. Vennard, R. L. Street, Elementary Fluid Mechanics, McGraw-Hill, 1974
21. Plastic Science, 1988
22. 日本機械學會, 新版機械工學便覽, 九善, 1995
23. 한국기계연구소, 가스보일러용 온수 순환 펌프의 개발, 1988

The Development of Rotoless Electronic Circulating Pump System with Internal Three Way Valve for Boiler

—Objective for the 1st Year : Development of New Housing with Internal Three Way Valve—

J. W. Han* · S. M. Kum** · B. H. Ryu*** · C. E. Lee**** · S. C. Ohu****
J. S. Yim****

* *Graduate School, Inha University*

** *Halla Institute of Technology*

*** *Chung In Engineering*

**** *Inha University*

ABSTRACT

The purpose of research is to complement the circulating pump of gas boiler for the domestic and to develop a pump housing with internal three way valve : Housing and three way valve have been apart in the existing pump system.

Based on the experimental result on can-typed circulating pump with existing housing, a new housing with internal three way valve was designed and manufactured. The performance of can-typed circulating pump with the new housing, and the performance of circulating pump of boiler system were tested. As a result of the test, the new housing with internal three way valve has been excellent in respect of pump performance, weight and manufacturing cost. So It is expected to have an effect of import substitution.