

# 스털링기관 재생기내의 작동유체 유속 및 마찰저항 특성(I) - 작동유체 유속 특성 -

김태한 조창래

## Velocity and Flow Friction Characteristic of Working Fluid in Stirling Engine Regenerator (I)

### - Velocity Characteristic of Working Fluid in Stirling Engine Regenerator -

T. H. Kim C. R. Choi

#### Abstract

The power output of the stirling engine is influenced by the regenerator effectiveness. The regenerator effectiveness is influenced by heat transfer and flow friction loss of the regenerator matrix. In this paper, in order to provide basic data for the design of the regenerator matrix, characteristics of working fluid velocities were investigated by a packed method of matrix in the oscillating flow as the same condition of operation in a Stirling engine. As matrices, two different wire screens were used. The results are summarized as follows;

1. When a regenerator is not filled with any wire screen, working fluid velocity of the oscillating flow shows 1.3 times faster than that of one directional flow.
2. When a regenerator is filled with the wire screen of No.50, working fluid velocity of the oscillating flow reveals 2.5 times faster than that of one directional flow.
3. When a regenerator is filled with the wire screen of No.100, working fluid velocity of the oscillating flow shows 2 times faster than that of one directional flow, regardless of the number of packed wire screens.
4. Working fluid velocity is decreased wire the increase in number of meshes and packed wire screens.

**Keywords :** Stirling engine, Regenerator design, Velocity characteristic of working fluid, Wire screen matrix

## 1. 서론

스털링 기관은 석유 이외의 고체연료도 이용이 가능하므로 대체 에너지 기관으로서 검토되고 있다. 스텔링 기관은 피스톤(piston), 디스플라이어(displacer), 가열기, 재생기(regenerator), 냉각기(cooler), 구동기구(drive-mechanism)로 구성된다. 스텔링 기관이 내연기관의 구성 요소와 다른 점은 디스플라이어, 열교환기가 있는 것이다. 이 기관에서 출력성능에 가장

큰 영향을 미치는 것은 열교환기이다. 이 열교환기 중 재생기는 가열기와 냉각기 사이에 설치되어 동작 유체가 팽창공간에서 압축공간을 향하여 유동할 때(hot blow)는 동작 유체로부터 열을 흡수하고, 동작 유체가 압축공간에서 팽창공간을 향하여 유동할 때(cool blow)는 동작 유체에 열을 공급하는 역할을 한다. 스텔링 기관에 높은 열효율을 기대할 수 있는 것도 이 재생 열교환기가 있기 때문이다. 재생기의 성능에 영향을 미치는 인자로는 재생기 축열재의 전열 성능, 유동 마찰

This study was supported by the Kyungpook National University Research Fund. The article was submitted for publication in September 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in November 2007. The authors are T. H. Kim, KSAM member, Professor and C. R. Choi, Research Assistant, Dept. of Bio-industry Machinery Engineering, Kyungpook National University, Taegu, Korea. Corresponding author: T. H. Kim, Professor, Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Buk-gu, Daegu, 702-701, Korea; Fax: +82-53-950-6780 E-mail: <thakim@mail.knu.ac.kr>.

손실 등을 들 수 있으며 이들은 재생기 축열재의 기하학적 형상과 재질 및 동작 유체의 유동조건과 종류에 의해 결정된다. 김 등(2002a)은 재생기내의 작동유체 온도비의 증가와 더불어 기관의 도시출력이 감소한다고 하였다. 또한 김 등(2002b)은 철망을 축열재로한 재생기의 전열 및 유동손실특성을 구명하였으며 김 과 이(2005)는 복합메쉬철망을 축열재로한 재생기의 전열 및 유동손실특성과 김 과 오(2005)는 철선을 축열재로한 재생기의 전열 및 유동손실특성에 관한 연구를 수행하였다. Seume 등(1987) Seume와 Simmon(1988)은 스텔링기관의 가열기와 냉각기에서 왕복유동의 효과를 파악하기 위해서 관내의 유체유동의 속도분포를 조사하였다. 그 결과, 유체의 평균 유속이 느린 영역( $Re_{max} = 3.7 \times 10^4$ )에서는 유속 분포 곡선은 비압축성이고 누설이 없는 이상적인 경우 계산치보다 15%정도 낮게 나타났으나 유속이 빠른 영역에서는 거의 비슷하다고 하였다. 또한 속도변화는 관의 축 방향 위치에 따라 일어나는 것이 아니고 단면을 가로지르는 위치에 따라 발생한다고 하였다.

본 연구는 철망(wire screen)을 축열재로 하는 스텔링기관의 재생기 설계에 필요한 기초 자료를 제공하기 위하여 스텔링기관의 작동조건과 동일한 주기적인 왕복유동(periodically reversing flow) 조건하에서 재생기내의 유체유속을 측정하여 유속특성을 구명하였다.

## 2. 실험 재료 및 방법

### 가. 실험장치

그림 1은 스텔링 기관의 재생기내에서 작동유체의 왕복유동효과를 파악하기 위한 실험 장치이다. 장치는 재생기 축열재내의 유동특성 시험부인 재생기(regenerator), 구동장치(drive mechanism) 및 보조 장치로 구성하였다. 시험부인 재생기 내

부에는 각종 공시 축열재를 삽입하였다. 구동장치는 시험부에 동작체가 왕복 유동 상태가 되도록 2개의 실린더와 피스톤으로 구성하였으며 보조장치는 2개의 피스톤의 위상차를 60~130°로 변화시킬 수 있는 장치로 구성하였다. 그리고 구동축의 회전속도 변화는 전동기에 인버터를 장착하여 회전속도를 조절할 수 있도록 하였다.

본 연구에 사용된 실험장치의 제원은 표 1과 같다. 피스톤 1개의 행정체적이 115 cm<sup>3</sup>이고 공기를 동작 유체로 하였다. 재생기의 직경은 70 mm이며 길이는 130 mm이다.

### 나. 실험재료

표 2는 공시 축열재의 종류, 적층 매수 및 그에 따른 전열 표면적을 계산하여 나타낸 것이다. 표에서와 같이 철망은 매

Table 1 Specification of experimental equipment

Engine type	Two Pistons
bore×stroke (mm)	ø35×120
phase angle	60~130 deg.
working fluid	air
stroke volume ratio	1
regenerator size (ø×L) (mm)	ø70×130

Table 2 Surface area of wire mesh

No. of wire screen	counts per bunch	surface area (cm <sup>2</sup> )	opening area ratio (β)
50	200	7448	0.385
50	240	8938	
50	280	10428	
100	320	12057	0.363
100	370	13941	
100	420	15825	

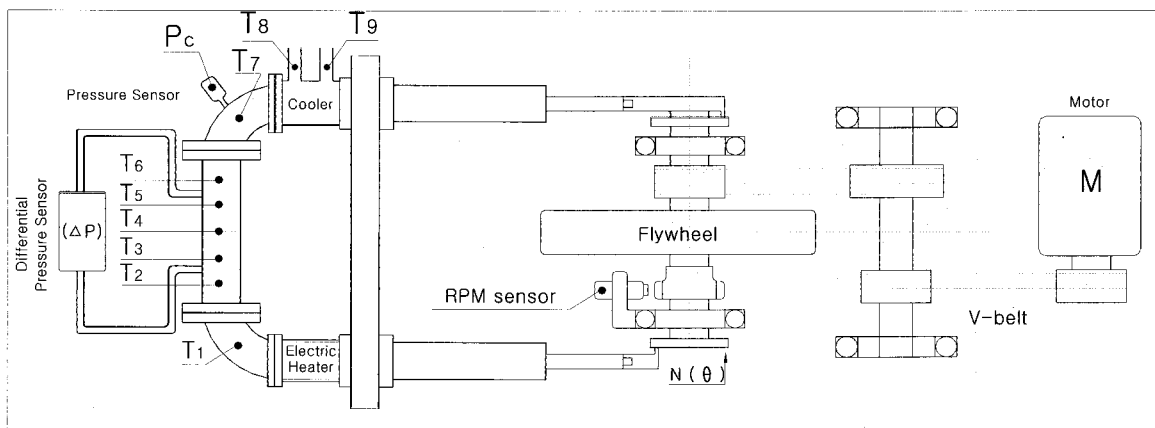


Fig. 1 Experimental apparatus of regenerator in stirling engine.

쉬 번호 50, 100을 사용하였다. 메쉬 번호 50에 대하여 각각 200, 240, 280매의 메쉬가 사용되었다. 메쉬번호 100에 대하여는 320, 370, 420매의 메쉬가 각각 사용되었으며 각각의 경우에 대한 전열 표면적 및 개구비를 표 2에 나타내었다.

**다. 실험방법**

실험장치의 크랭크축 회전속도(n)는 원주 상에 18도의 간격으로 20개의 요철을 설치한 회전원판을 크랭크축에 부착하고 픽업 센서로 회전 펄스를 검출하여 측정하였다. 구동부의 회전수는 100 rpm에서 1200 rpm까지 100 rpm씩 증가시켜 실험을 하였다. 유속은 유속계(Kanomax, Japan Inc. 6542)를 이용하여 재생기 단면의 중심부위 즉 메쉬 적층 부위의 중앙에 설치하여 측정하였다.

**3. 계산식**

본 연구에서 재생기내에 축열재가 없을 경우의 유속( $u_0$ )을 Isshiki와 Watanabe(1987)가 제안한 다음 식에 의해 계산하였다.

$$u_0 = \left( \frac{\pi}{4} \times D^2 \times S \times 2N \right) / 60 / A_0 \quad (1)$$

D : 피스톤 내경                      S : 피스톤 스트로크  
 N : 크랭크축 회전수                 $A_0$  : 재생기 단면적

또한 재생기내에 축열재가 있을 경우, 축열재의 종류에 따른 유속(u)은 Isshiki와Watanabe(1987)가 제안한 식(2)에 의해 계산하였다.

$$u = u_0 / \beta \quad (2)$$

$u_0$  : 이론유속                       $\beta$  : 개구비

**4. 결과 및 고찰**

**가. 유속**

**1) 재생기내에 축열재가 없을 때에 작동유체 유속 특성**

그림 2에서  $u_0$ 는 Isshiki와 Watanabe 가 제안한 식(1)에 의해 계산한 축열재가 없을 경우의 한 방향 유동상태에서의 작동유체 유속이고,  $u_{open}$ 는 축열재가 없을 경우의 한방향 유동 상태에서 두개의 피스톤 중 하나를 작동 시키고 다른 한쪽의 피스톤은 완전 탈착한 상태에서 측정된 작동유체의 유속이다.

또한  $u_{close}$ 는 축열재가 없을 경우 의 한방향 유동상태에서 2개의 피스톤중 하나를 작동 시키고 다른 한쪽의 피스톤은 작동 시키지 않은 상태에서 측정된 작동유체의 유속이며,  $u_2$ 는 축열재가 없을 경우의 왕복유동상태에서의 작동유체 유속이다.

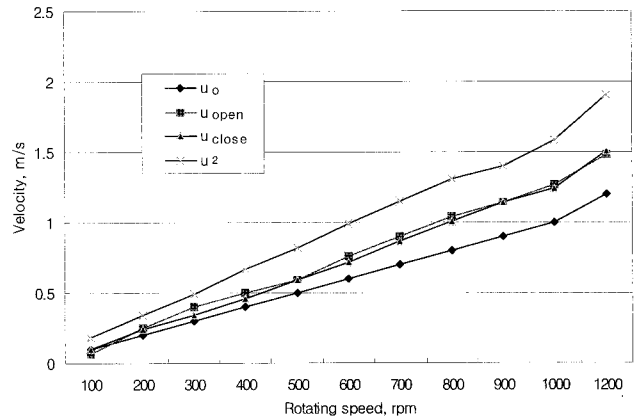


Fig. 2 Working fluid velocity at several kinds of operating conditions.

그림 2에서 기관의 회전속도가 100에서 1200 rpm까지 변화하는 동안에  $u_{open}$ 는 기관의 저회전속도에서는 유속이 0.07 m/s, 고회전속도에서는 유속 1.48 m/s 이고 평균유속은 0.76 m/s로 나타났고,  $u_{close}$ 는 저회전속도에서는 유속 0.1 m/s, 고회전속도에서는 유속이 1.51 m/s, 평균유속은 0.75 m/s로 나타나 이들 간에는 거의 차가 없는 것을 알 수 있다. 그러나  $u_2$ 는 저회전속도에서는 유속이 0.18 m/s이고 고회전속도에서는 유속이 1.91 m/s, 평균유속은 0.99 m/s로 나타나 전술한  $u_{open}$ ,  $u_{close}$ 와 비교하면 평균 유속이 1.3배 정도 빠름을 알 수 있다. 이는 왕복유동과 한 방향 유동과의 유동상태에 따른 작동유체의 유속이 크게 차이를 의미한다.

또한 기관의 회전 속도가 100 rpm인 저속에서는  $u_0$ 의 유속은 각각 0.10 m/s, 회전수 1,200 rpm에서는 1.20 m/s, 평균유속은 0.61 m/s로 나타났다. 그림에서와 같이 한 방향 유동상태에서 실측치인  $u_{open}$ 이나  $u_{close}$ 은 Isshiki가 제안한 식에 의해 계산한 작동 유체의 유속보다 평균유속을 기준으로 1.2배 빠르게 나타났다. 이는 Isshiki와 Watanabe가 제안한 식은 피스톤의 행정 체적에 상당하는 량의 작동유체가 피스톤의 이동속도와 같은 속도로 재생기의 단면을 통과한다고 가정하여 계산한 것이므로 실측치와는 차이가 있는 것으로 생각된다. 재생기내에 축열재가 없을 경우 동작용체의 유속은 왕복유동시가 계산식(식 1) 결과보다 1.6배 빠르게 나타났다. 본 연구에서는 그림 2의  $u_{close}$ 와  $u_{open}$ 의 차는 미미하므로 한 방향 유속시의 유속 측정은 한쪽 피스톤을 탈착하지 않은 상태에서 실시하였다.

2) 재생기내에 축열재가 있을 때에 작동유체 유속특성

(1) 메쉬번호 50번 철망을 축열재로 하였을 때의 유속

그림 3은 식 (2)에 의해 계산한 축열재가 있을 경우의 재생기내의 작동 유체의 계산유속  $u$ 와 축열재로서 메쉬번호 50번 철망(#50)을 각각 200매, 240매, 280매 충전하여 한 방향 유동, 왕복 유동상태에서 유속을 측정한 값이다. 그림에서 기호 #50-200-1은 메쉬번호 50번 철망 200매를 재생기내에 충전하고 한 방향 유동상태에서 유속을 측정한 결과를 나타낸 것이며 기호 #50-200-2는 메쉬번호 50번 철망 200매를 재생기내에 충전하고 왕복유동상태에서의 유속 측정 결과를 나타낸 것이다.

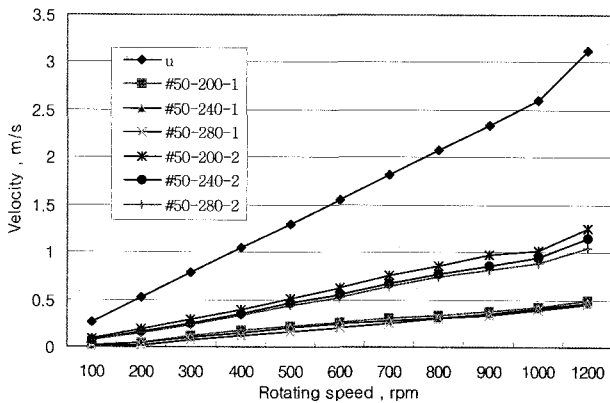


Fig. 3 Working fluid velocity at several kinds of packed wire screens under different flow conditions.

그림에서와 같이 각각의 동일 적층 매수에 대해 작동 유체의 유속은 왕복유동이 한방향 유동보다 더 빠르게 나타났다. 이는 재생기를 중심으로 양쪽에 있는 두개의 피스톤이 위상차를 가지고 작동하기 때문에 재생기의 한쪽 끝에서 작동유체를 압축하면 재생기의 다른 쪽 끝에서는 작동유체를 흡입하는 현상이 나타나므로 유속이 빠르게 된다고 생각한다. 또한 왕복유동 상태에서는 적층매수의 변화에 따른 유속변화가 나타났으나 한방향 유동 상태에서는 축열재의 적층 매수의 변화에 따른 유속변화는 거의 나타나지 않았다. 이는 왕복유동시의 작동유체 유속이 한 방향 유동시의 유속에 비해 더 빠르기 때문에 적층매수의 변화에 따른 유속의 변화가 더 크게 나타나는 경향이라고 생각한다. 그리고 재생기 축열재의 적층매수가 적을수록 유속이 빠르게 나타남을 알 수 있다. 이는 적층 매수의 감소에 따른 유동저항이 감소하기 때문으로 판단된다.

그림에서 #50-200-1은 저회전속도에서는 유속이 0.01 m/s, 고회전속도에서는 유속 0.49 m/s, 평균유속이 0.25 m/s로 나타났고, #50-200-2는 기관의 저회전속도에서의 유속 이 0.08

m/s, 고회전속도에서의 유속이 1.25 m/s, 평균유속이 0.63 m/s로 나타나 왕복유동이 한 방향 유동에 비해 평균 2.5배 정도 빠름을 알 수 있다. 또한 #50-240-1은 저회전속도에서의 유속이 0.01 m/s, 고회전속도에서의 유속이 0.47 m/s, 평균유속이 0.23 m/s로 나타났고 #50-240-2는 저회전속도에서의 유속이 0.07 m/s, 고회전속도에서의 유속이 1.15 m/s, 평균유속이 0.57 m/s로 나타나 왕복유동이 한 방향 유동에 비해 평균 2.5배 정도 빠름을 알 수 있다. #50-280-1은 고회전속도에서의 유속이 0.01 m/s, 고회전속도에서의 유속이 0.45 m/s, 평균유속이 0.21 m/s로 나타났고 #50-280-2은 저회전속도에서의 유속이 0.07 m/s, 고회전속도에서의 유속이 1.04 m/s, 평균유속이 0.53 m/s로 나타나 왕복유동이 한 방향 유동에 비해 평균 2.5배 정도 빠름을 알 수 있다. 따라서 재생기내에 축열재로서 메쉬번호 50번 철망을 사용할 경우에는 철망의 적층매수에 관계없이 왕복유동이 한방향 유동에 비해 재생기내의 작동 유체 유속이 2.5배 빠름을 알 수 있다.

한편 식(2)에 의한 계산유속(메쉬번호 50번u)은 저회전속도에서의 유속이 0.26 m/s, 고회전속도에서의 유속이 3.12 m/s, 평균유속은 1.58 m/s로 계산 되었다.

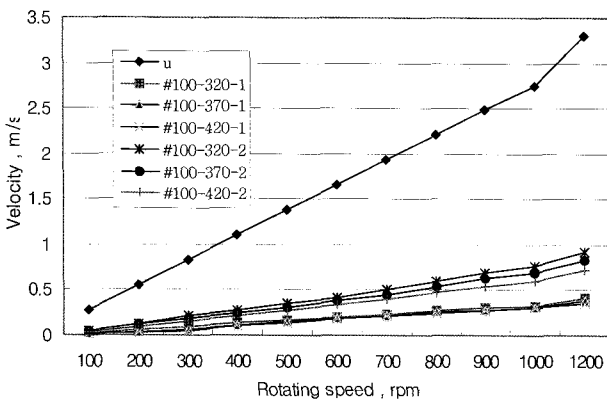
그리고 계산유속(u)과 #50-200-1의 유속을 비교 해보면 계산유속이 한방향 유속에 비해 6.3배 빠르게 나타남을 알 수 있다. 또한 계산유속과 #50-240-1의 유속을 비교 해보면 계산유속이 한방향 유속에 비해 6.9배 빠르게 나타남을 알 수 있다. 한편 계산유속과 #50-280-1의 유속을 비교해 보면 계산유속이 한방향 유속에 비해 7.5배 빠르게 나타남을 알 수 있다. 이상에서 알 수 있듯이 한방향 유동의 경우 재생기 축열재로서 메쉬의 적층매수가 증가하면 할수록 계산유속과 실측치의 차가 더 커지는 경향이 있다. 이는 계산식(2)이 메쉬의 적층 매수 증가에 따라 증가하는 유동마찰저항의 영향을 반영하지 못하고 있기 때문이라고 생각한다.

또한 계산유속과 #50-200-2의 유속을 비교해보면 저회전속도에서는 계산유속이 실측유속보다 3.3배 더 빠르게 나타났고, 고회전속도에서의 유속도 계산유속이 실측유속보다 2.5배 더 빠르게 나타났고, 그리고 평균유속도 계산유속이 실측유속보다 2.5배 더 빠르게 나타남을 알 수 있다. 또한 계산유속과 #50-240-2의유속을 비교 해보면 저회전속도에서는 계산유속이 실측유속보다 3.7배 더 빠르게 나타났고, 고회전속도에서의 유속도 계산유속이 실측유속보다 2.7배 더 빠르게 나타났고, 그리고 평균유속도 계산유속이 실측유속보다 2.8배 더 빠르게 나타남을 알 수 있다. 또한 계산유속과 #50-280-2의유속을 비교 해보면 저회전속도에서는 계산유속이 실측유속보다 3.7배 더 빠르게 나타났고, 고회전속도에서의 유속도

계산유속이 실측유속보다 3.0배 더 빠르게 나타났다. 그리고 평균유속도 계산유속이 실측유속보다 3.0배 더 빠르게 나타남을 알 수 있다. 이상동작유체의 계산유속과 왕복유동시의 유속은 메쉬의 적층매수가 증가할수록 차가 크게 나타남을 알 수 있다. 이는 식(2)이 왕복유동의 특성과 작동유체의 마찰저항에 의한 유속저하를 완전히 반영하지 못하고 있다는 것을 의미한다.

**(2) 메쉬번호 100번 철망을 축열재로 하였을 때의 유속**

그림 4는 계산유속(u)과 메쉬번호 100번 철망 320매, 370매, 420매를 각각 재생기내에 적층하고 한 방향 유동, 왕복유동 상태에서 작동유체의 유속을 측정한 결과이다.



**Fig. 4** Working fluid velocity at several kinds of packed wire screens under different flow conditions.

그림에서와 같이 각각의 동일 적층 매수에 대해 작동 유체의 유속은 왕복유동이 한방향 유동보다 더 높게 나타났다. 이는 그림 3에서 전술한 바와 같이 재생기를 중심으로 양쪽에 있는 두개의 피스톤이 위상차를 가지고 재생기의 한쪽 끝에서 작동유체를 압축하면 재생기의 다른 쪽 끝에서는 작동유체를 흡입하는 현상이 나타나므로 유속이 빠르게 된다고 생각한다. 또한 한 방향 유동 상태에서는 축열재의 적층 매수에 따른 유속변화는 거의 나타나지 않았으나 왕복유동 상태에서는 적층매수에 따른 유속변화가 나타났으며 적층매수가 적을수록 유속이 빠르게 나타남을 알 수 있다. 이는 적층 매수의 감소에 따른 유동저항이 감소하기 때문으로 판단된다.

계산유속(u)는 저회전속도에서는 0.28 m/s, 고회전속도에서는 3.30 m/s, 중속회전속도에서는 1.68 m/s로 나타났다. 메쉬번호100번 철망 320매를 재생기 축열재로 사용하여 작동유체를 한 방향 유동과 왕복유동으로 하였을 경우 재생기 내의 작동유체 유속은 저회전속도에서는 한 방향 유동의 유속이 0.01 m/s, 왕복유동의 유속이 0.04 m/s로 나타났다. 또한

고회전속도에서는 각각 0.42 m/s, 0.92 m/s로 나타났고 평균 유속은 각각 0.20 m/s, 0.45 m/s로 나타나 왕복유동시의 유속이 각각 4.0배, 2.2배, 2.3배 더 빠름을 알 수 있다. 메쉬번호 100번 철망 370매를 재생기내에 충전하여 작동유체의 유동을 각각 한 방향 유동과 왕복유동으로 하였을 경우, 재생기 내의 유속은 저회전속도에서는 한 방향 유동이 0.01 m/s, 왕복유동이 0.03 m/s로 나타났다. 또한 고회전속도에서는 각각 0.38 m/s, 0.83 m/s로 나타났고 평균유속은 각각 0.18 m/s, 0.4 m/s로 나타나 왕복유동시의 유속이 각각 3.0배, 2.2배, 2.2배 더 빠르게 나타남을 알 수 있다. 메쉬번호100번 철망 420매를 재생기내에 충전하여 작동유체의 유동을 각각 한 방향 유동과 왕복유동으로 하였을 경우, 재생기 내의 유속은 저회전속도에서는 한 방향 유동이 0.01 m/s, 왕복유동이 0.02 m/s로 나타났다. 또한 고회전속도에서는 각각 0.35 m/s, 0.72 m/s로 나타났고 평균유속은 각각 0.17 m/s, 0.35 m/s로 나타나 왕복 유동시의 유속이 각각 2.0배 2.1배, 2.1배 더 빠르게 나타났다. 따라서 메쉬번호100번 철망 320매, 370매, 420매를 각각 재생기 축열재로 사용하여 작동유체를 각각 한 방향 유동과 왕복유동으로 하였을 경우 작동유체의 유속은 왕복유동이 한 방향 유동에 비해 2배 빠름을 알 수 있다. 또한 그림3의 결과와 비교하면 메쉬번호100번 철망은 메쉬번호 50번 철망에 비해 한방향 유동과 왕복유동시의 유속차가 작게 나타났다.

계산유속(u)과 100-320-2를 비교해보면 저회전속도에서는 계산유속이 7.0배 더 빠르게 나타났고, 고회전속도에서는 계산유속이 3.6배 더 빠르게 나타났으며 평균유속도 계산유속이 3.7배 더 빠르게 나타났다. 계산유속(u)과 #100-370-2와 비교해보면 저회전속도에서는 계산유속이 9.3배 더 빠르게 나타났다. 고회전속도에서는 계산유속이 4.0배 더 빠르게 나타났고 평균유속도 계산유속이 4.2배 더 빠르게 나타났다. 계산유속(u)과 #100-420-2을 비교해보면 저회전속도에서는 계산유속이 14.0배 더 빠르게 나타났고 고회전속도에서는 계산유속이 4.6배 더 빠르게 나타났으며 평균유속도 계산유속이 4.8배 더 빠르게 나타났다.

계산유속(u)과 #100-320-1의 유속을 비교 해보면 계산유속이 #100-320-1에 비해 평균유속이 8.4배 더 빠르게 나타남을 알 수 있다. 계산유속(u)과 #100-370-1의 유속을 비교 해보면 계산유속이 평균 9.3배 빠르게 나타남을 알 수 있다. 계산유속(u)과 #100-420-1 유속을 비교 해보면 계산유속이 평균 9.9배 더 빠르게 나타남을 알 수 있다. 이와 같이 철망의 적층매수가 많을수록 계산 유속과 실측유속의 차가 크게 나타나는 것은 계산 유속(식2)이 축열재의 마찰저항을 고려하지 않은 이론식이기 때문이다.

그림 3, 4에서 알 수 있듯이 실측유속은 계산유속보다 느리게 나타났다. 그리고 왕복유동이 한 방향 유동보다 유속이 더 빠름을 알 수 있고, 계산 유속, 실측유속 모두 기관의 회전속도에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있으며 증가폭은 계산유속이 가장 크고, 축열재로서 철망의 메쉬 번호가 작고 적층 매수가 적은 순서로 나타남을 알 수 있다. 이는 축열재로서 철망의 메쉬 번호가 작고 적층 매수가 적은 것이 마찰저항이 감소하기 때문이라 생각된다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구는 철망(wire-mesh)을 축열재로 하는 스텔링기관의 재생기 설계에 필요한 기초 자료를 제공하기 위하여 스텔링기관의 작동조건과 동일한 주기적인 왕복유동(Periodically reversing flow) 조건하에서 재생기내의 작동유체의 유속특성을 구명하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 재생기내에 축열재가 없을 경우 작동유체의 유속은 왕복 유동시가 Isshiki와 Watanabe가 제안한 계산식에 의한 결과보다 1.6배 빠르게 나타났다.
- (2) 재생기내에 축열재가 없을 경우 작동유체의 유속은 왕복 유동시가 한방향유동시 보다 1.3배 빠르게 나타났다.
- (3) 메쉬번호 50번 철망을 재생기 축열재로 사용한 결과 경우 작동 유체의 유속은 적층매수에 관계없이 왕복 유동이 한 방향 유동에 비해 2.5배 빠르게 나타났다.

- (4) 메쉬번호100번 철망을 재생기 축열재로 사용한 결과 작동유체의 유속은 적층매수에 관계없이 왕복 유동이 한 방향 유동에 비해 2배 빠르게 나타났다.
- (5) 공시 축열재의 철망은 메쉬번호가 크고 적층 매수가 많을 수록 유속은 느리게 나타났다.

## 참고 문헌

1. Barnes, C. and G. T. Render. 1986. An investigation into the effect of various regenerators on the performance of a stirling engine. Proc. of the 21th IECEC : pp. 512-5185.
2. Isshiki, N. and H. Watanabe. 1987. Study on linear element for stirling engine regenerators. Proc. of the 22th IECEC : pp.1847-1852.
3. Seume, J .R., L .F. Coldbery and T. W. Simmon. 1987. Description of on oscillating flow test program. Proc. of the 22th IECEC : pp.1753-1758.
4. Seume, J. R. and T. W. Simmon. 1988. Effect of transition on oscillating flow losses in stirling engine coolers and heaters. Proc. of the 23th IECEC : pp. 127-132.
5. 김태한, 이시민. 2005. 스텔링기관용 재생기에 관한 기초연구 (III). 바이오시스템공학 30(4):195-201.
6. 김태한, 오대건. 2005. 스텔링기관용 재생기에 관한 기초연구 (IV). 바이오시스템공학 30(4):202-209.
7. 김태한, 이시민, 이정택. 2002a. 스텔링기관용 재생기에 관한 기초연구(I). 한국농업기계학회지 27(1):33-38.
8. 김태한, 이시민, 이정택. 2002b. 스텔링기관용 재생기에 관한 기초연구(II). 한국농업기계학회지 27(6):529-536.