

* * *

New-Type Stirling Engine Employing the Scroll Mechanism

Y. M. Kim, D. K. Shin, J. H. Lee

Key Words: Stirling Engine(), Scroll Compressor(), Scroll Expander (), Regenerator(), Thermal Efficiency()

Abstract

Stirling engine is a heat engine with a high potential efficiency, multi-fuel capability, its low emission, quiet operation, very low maintenance requirement and long life. The Stirling cycle can ideally achieve optimum thermodynamic efficiency of the Carnot cycle. But the actual efficiency of practical reciprocating Stirling engine is much less than that of ideal Stirling cycle due to several mechanical limits. This paper presents a new-type Stirling engine employing the scroll mechanism superior to the reciprocating Stirling engine. The new-type Stirling engine is characterized as traits of continuous and wholly separated compression and expansion, one-way flow, direct cooling and heating through the extensive surfaces of scroll wraps. By means of this traits, the new-type Stirling engine can achieve thermodynamic cycle closer to the ideal Stirling cycle and have many mechanical merits. Also, the new-type Stirling cycle can be applied as Stirling refrigerator and Duplex Stirling machine.

1.

가 , 3kW 가

가 , 가

가 / , 가

가 , 가

(Seal) 가

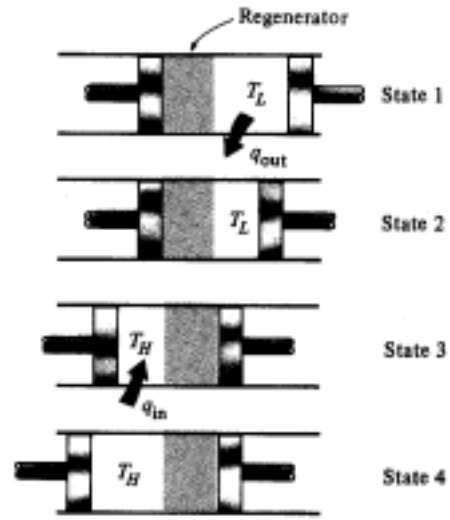
가 가

가 , 가

가

*

가
가
2.
2.1
가
가



The execution of the Stirling cycle.

Fig.1
Fig.2

Fig.1 Simplified ideal Stirling cycle

(P/V)
2

(T_H)
(T_L)

1. - :
2. q_{out} - : 가 ()

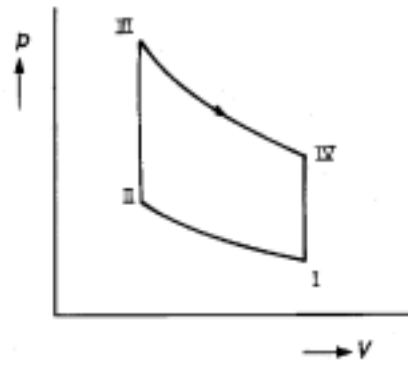


Fig.2 Pressure/volume (PV) diagram of ideal Stirling cycle

3. T_L T_H - :
4. 가 T_H q_{in} ()

T_L

Fig.3

T_H

가 , , , , ,
LNG 가 가 ,

90°

가

()

()

가

가

가

가

가 가 .

2.2

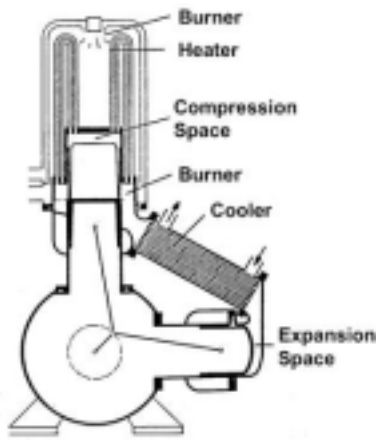


Fig.3 Schematic of a Stirling engine

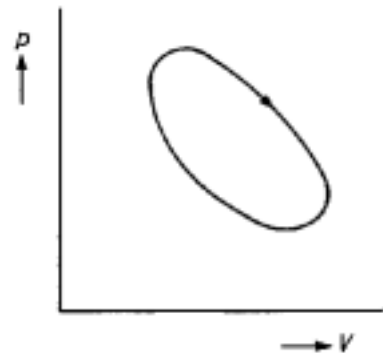


Fig.4 Pressure/volume (PV) diagram of real Stirling cycle

$\eta_{th} = 1 - T_L/T_H$ 가
50%~60% 가

Fig.1

Fig.3

Fig.4 P/V

1000(rev/min) 가
가 가 (3)

(dead volume) 가

stress) 가

(1977) Stirling cycle (Fig.5)

가

가 cycle

$\tau = T_L/T_H = 0.35$

(2)

v_{max}/v_{min}

가 가

Pseudo-Stirling

Fig.7

Raillis, Urieli, Berchowitz (1977) ideal pseudo-Stirling cycle (Fig.6)

(3)

(thermal

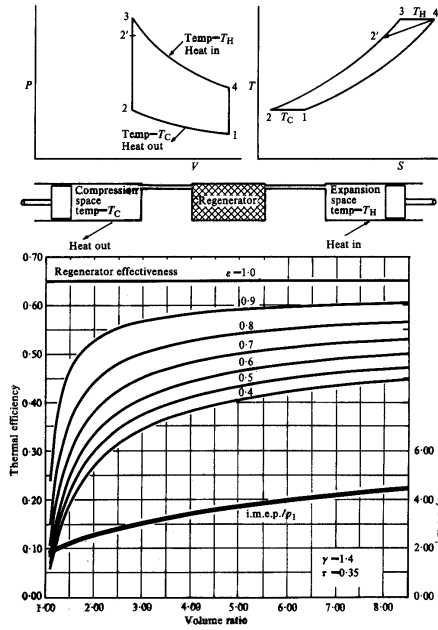


Fig.5 Theoretical investigation of ideal Stirling engine

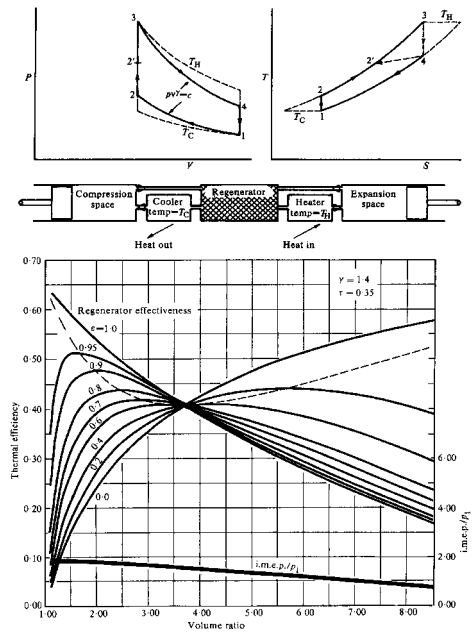


Fig.7 Theoretical investigation of ported one-way Stirling cycle

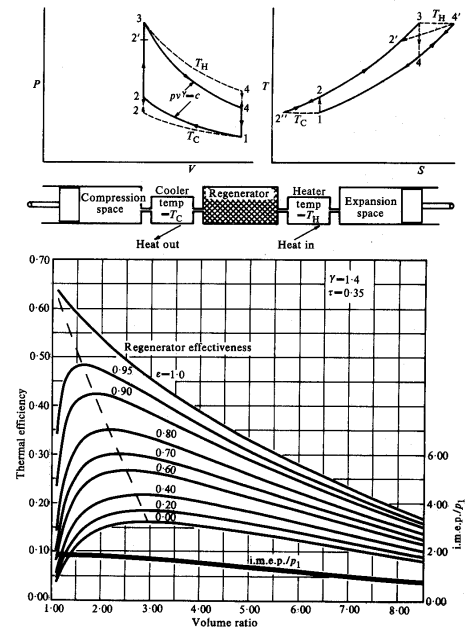


Fig.6 Theoretical investigation of pseudo-Stirling cycle

ported one-way flow cycle

. Fig.6 pseudo-Stirling cycle

ported one-way flow cycle

3.

3.1

Fig.8

Fig.9

180°

가

가 가

가

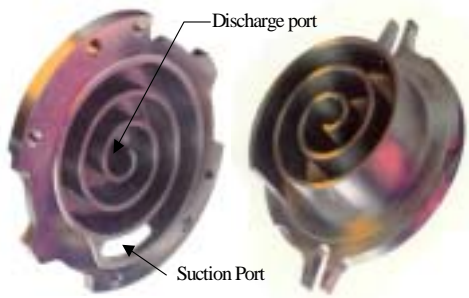


Fig.8 Scroll compressor and scroll shape

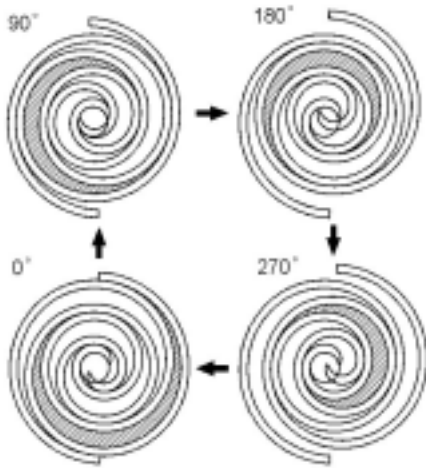


Fig.9 Gas compression process

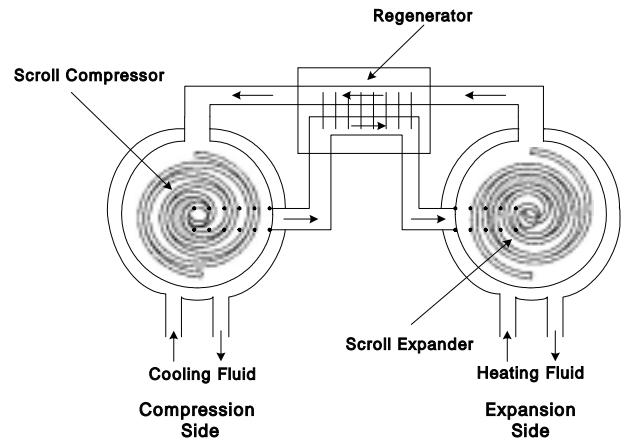


Fig.10 Schematics of new-type Stirling engine employing the scroll mechanism

Fig.10

Fig.11

(scroll wrap)

가

가 가

가

()

1905
가

Leon Cruex

가 1980

가
가

가 , 가
가 ,
가

cycle)
가

가

(Ericsson

(4)

3.3

3.2 신형식 스텔링 엔진

가

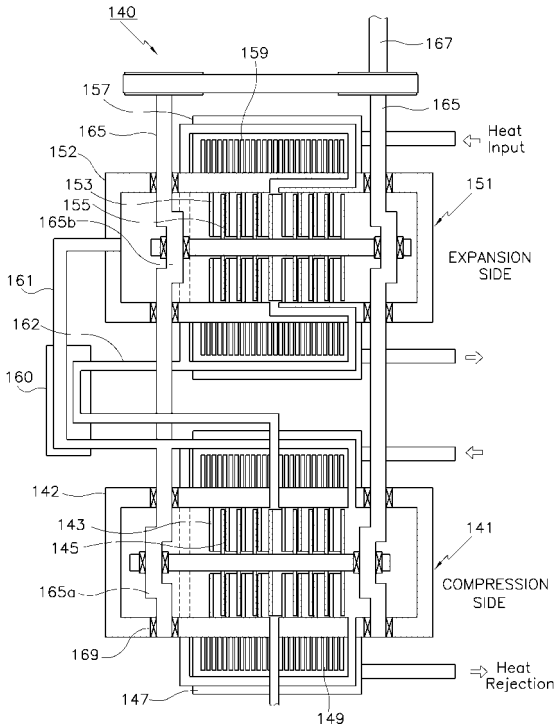


Fig.11 Simplified cross-section of new-type Stirling engine employing the scroll mechanism

1. 종래의 스텔링엔진에서는 두 개의 피스톤이 위상차를 가지고 동시에 운동함으로써 작동가스가 고온과 저온의 작동공간을 이동하면서 압력과 온도가 주기적으로 변하게 되며, 스텔링 사이클의 4과정(압축, 이송재열, 팽창, 이송재열)이 순차적으로 이루어지게 된다. 그러나 신형식 스텔링 엔진에서는 스크롤 압축기와 팽창기내의 일련의 초생달 모양의 체임버에 의해 4과정이 연속적으로 동시에 일어나게 되기 때문에 토크변동이 거의 없고 소음 진동이 줄어들게 되며 매우 콤팩트해지기 때문에 비출력이 향상되게 된다.

2. 종래의 스텔링 엔진에서는 실린더 외부에 전열핀을 충분히 설치한다하더라도 작동유체와 접하는 실린더내의 전열면적이 충분하지 않기 때문에 별도의 히터와 쿨러를 필요로 하게 된다. 그러나

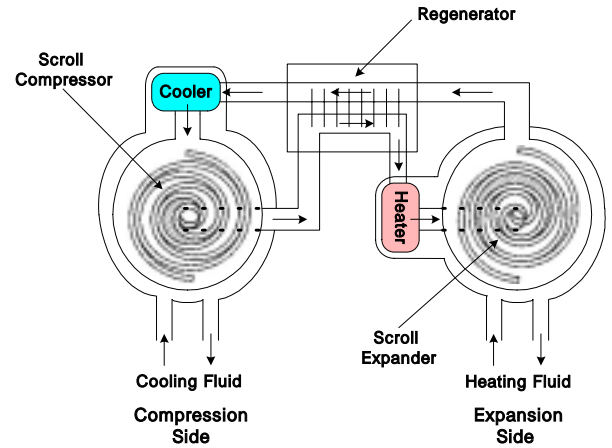


Fig.12 New-type Stirling engine with one-way flow

신형식 스텔링 엔진에서는 Fig.8과 같은 스크롤 랩에 의하여 작동공간내의 유체와 접하는 전열면적이 매우 넓고 동일한 엔진회전수에서 왕복동 엔진보다 작동공간내 체류시간이 2~3배(스크롤 형상에 따라 다름) 증가하기 때문에 히터와 쿨러를 작동공간과 통합하거나 또는 별도의 히터와 쿨러부분을 최소화하는 것이 가능하다. 이러한 특징은 제2장 2절에서 논의된 바와 같이 압축과 팽창과정을 이상적 스텔링 사이클과 같은 등온과정에 가깝게 하고 사체적을 최소화함으로써 효율이 매우 향상되게 된다. 또한 종래의 스텔링 엔진과는 달리 엔진이 대형화되더라도 전열면적/체적비가 높기 때문에 고효율을 유지할 수 있다.

3. One-way flow

가 가

one-way flow

Fig.12

one-way flow

(thermal stress)

4.

2 2

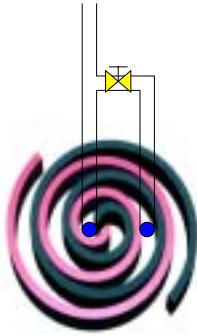


Fig.13 Principal of torque control by variation of compression capacity

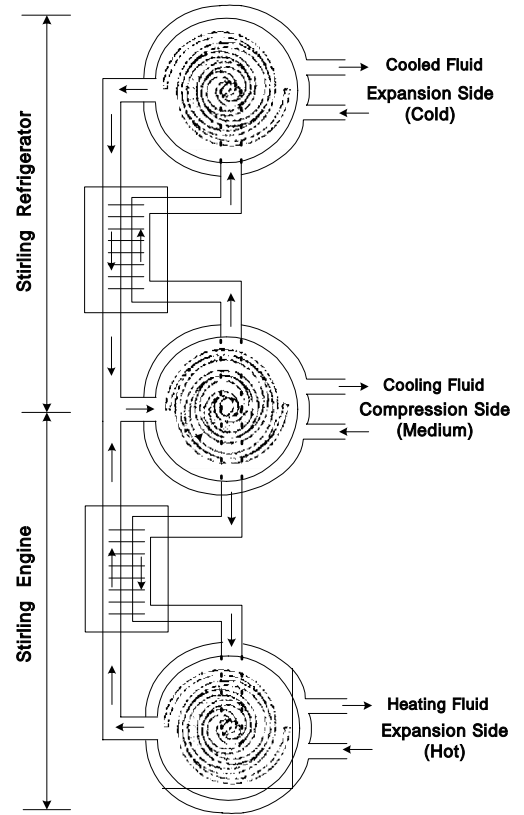


Fig.14 New-type Duplex Stirling machine employing the scroll mechanism

5.

가

가가

(가 , , , 가 ,
가 , 가 , ,)

Fig.13

가

가 가

가

가

가

3.4

가

,
가

(Vuilleumier)

/

(duplex)

Fig.14

가

(3)

(Trigen system)

가 , 가 ,

(4)

4.

가

가

(1)

(1) C.M. Hargreaves, The Philips Stirling Engine, Elsevier Science Publisher B.V. , 1991

가 (one-way)
(steady state)

(2) ETSU, A Technical and Economic Assessment of Small Stirling Engines for Combined Heat and Power, Future Practice Report No 32, 1993

가 ,
가

(3) G. Walker, Stirling Engines, Oxford University Press, 1980.

가

(4) , “ ”,
, Vol.1, No.1, pp.121-128, 1998

가

(5) , “Vuilleumier ”,
, Vol.16, No.12, pp.2358~2367,
1992

(2)

가

(6) , , “ ”,
pp. 630~635, 2002.