บทที่ 5

การออกแบบเครื่องยนต์สเตอลิง

จากผลของสมการที่ได้ปรับปรุงในหัวข้อ 4.3 จะนำมาคำนวณหากำลังบ่งชี้ โดยกำหนดตัวแปรในการทำงานของเครื่องยนต์ จากนั้นจะคำนวณโดยเปลี่ยนสัดส่วนของความยาวกลไกขับเคลื่อนเพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสม และนำมาไปในการออกแบบเครื่องยนต์สเตอลิงต่อไป

5.1 สารทำงานในเครื่องยนต์สเตอลิง

สารและก๊าซหลายชนิดสามารถใช้ได้กับเครื่องยนต์สเตอลิง เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม อากาศรวมทั้ง มีเทน หรือก๊าซธรรมชาติและสารผสม ตัวเลือกในการกำหนดสารทำงาน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการถ่ายโอน (transport properties) ของสารทำงาน ซึ่งประกอบด้วย ความหนืด การนำความร้อน ความจุความร้อนจำเพาะและความหนาแน่น เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของสารทำงาน 5 ชนิด รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข 6 สารทำงานควรสามารถถ่ายเทความร้อนได้สูงและมีการสูญเสียจากความเสียดทานการไหลต่ำ จากเอกสาร [7] ความร้อนที่ถ่ายเทในเครื่องยนต์ จะขึ้นกับความหนาแน่นและความจุความร้อนของสารทำงาน ซึ่งความหนาแน่นจะแปรผันตามมวล ได้ความสัมพันธ์

$$Q \propto \sqrt{(M^2 c_p{}^3)} \qquad (5.1)$$

โดยที่ Q คือ ความร้อนที่ถ่ายเท M คือ น้ำหนักโมเลกุลของสารทำงาน c_p คือ ความจุความร้อนจำเพาะของที่ความดันคงที่ เมื่อเปรียบเทียบสารทำงาน 5 ชนิด ค่าความร้อนที่ถ่ายเทของของสารทำงาน 5 ชนิด เรียงตามลำดับ คือ ไฮโดรเจน(104) ฮีเลียม(44) อากาศ(29) คาร์บอนไดออกไซด์(31) ไอน้ำ (44)

จากข้อมูลข้างต้นและข้อมูลการทดสอบ ของเครื่องยนต์ GPU-3 [4] แสดงให้เห็นว่าไฮโดรเจนเป็นสารทำงานที่ให้กำลังเครื่องยนต์สูงสุด แต่หากพิจารณาในแง่ความปลอดภัยในการใช้งาน ไฮโดรเจนที่ความดันสูงหากเกิดรั่วไหลจะเป็นอันตรายได้ เมื่อพิจารณาในด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัย ในที่นี้จะกำหนดให้ฮีเลียมเป็นสารทำงาน

5.2 การกำหนดตัวแปรในการออกแบบ

เครื่องยนต์สเตอลิงที่ใช้การเผาไหม้จากเชื้อเพลิงภายนอกสามารถเพิ่มปริมาณความ

ร้อนที่ให้แก่เครื่องยนต์ได้โดยเพิ่มการจ่ายเชื้อเพลิง แต่เมื่อใช้พลังงานอื่นซึ่งมีข้อจำกัด เช่น พลังงานแสงอาทิตย์จะมีข้อจำกัดความร้อนและอุณหภูมิที่ให้กับเครื่องยนต์ ในการออกแบบนี้กำหนดอุณหภูมิเท่ากับ 500 °C ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิที่สามารถได้จากตัวรับแสงอาทิตย์ [15] โดยใช้ความดันเฉลี่ย และ สารทำงาน เช่นเดียว กับเครื่องยนต์ GPU-3 ตามตารางที่ 5.1 ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปเป็นข้อมูลในการคำนวณและออกแบบ

เนื่องจากเครื่องยนต์สเตอลิง GPU-3 มีการออกแบบและผ่านการปรับปรุงจนทำงานได้จริง การออกแบบในที่นี้จะคำนวณหาค่าอัตราส่วนกลไก ซึ่งก็คือการปรับเปลี่ยนปริมาตรให้เหมาะสมภายใต้ตัวแปรในการออกแบบที่กำหนด โดยชิ้นส่วนการหลักยังคงใช้แบบ GPU-3 เช่นเดิม

ตารางที่ 5.1
ตารางแสดงตัวแปรในการทำงานของเครื่องยนต์สเตอลิงที่ออกแบบ

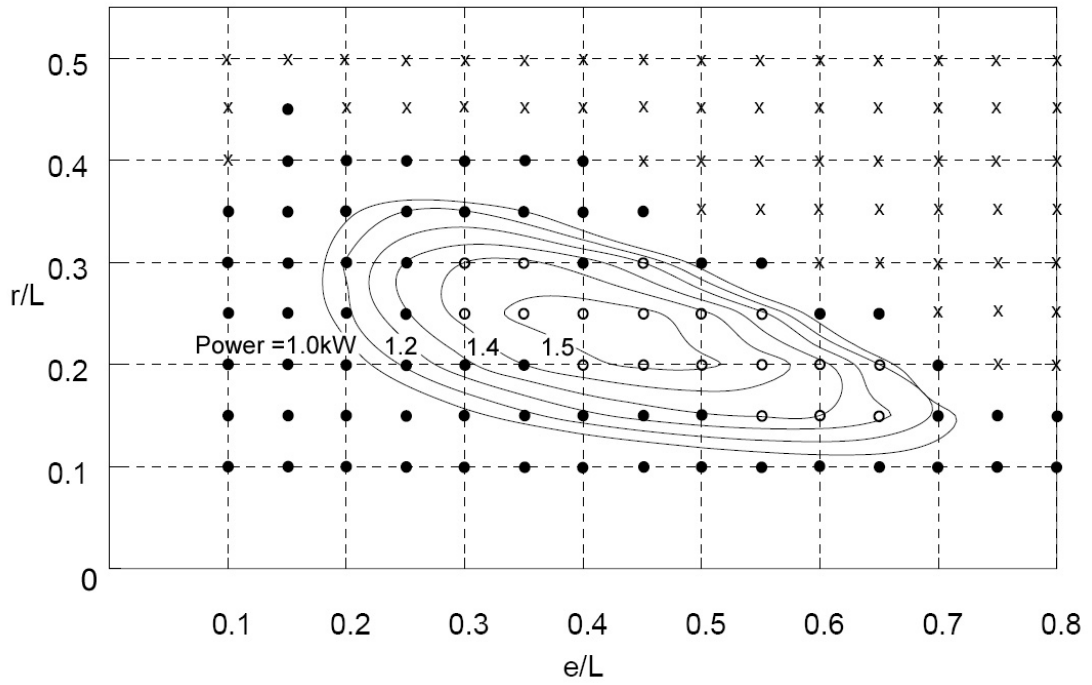
ตัวแปรการทำงาน	**ค่าที่กำหนด**
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ	69.9 มม.
ความดันเฉลี่ย	5.2 เมกะปาสคาล
อุณหภูมิด้านร้อน	500 °C
อุณหภูมิด้านเย็น	30 °C
ความเร็วรอบ	3,000 รอบต่อนาที
สารทำงาน	ก๊าซฮีเลียม

5.3 การหาอัตราส่วนกลไกที่เหมาะสม

สำหรับกลไกแบบรอมบิก อัตราส่วน e/L และ r/L จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอัดและขยายของเครื่องยนต์ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกำลังบ่งชี้ที่ได้ เมื่อคำนวณแบบวนรอบโดยเปลี่ยนอัตราส่วน e/L ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.8 และ r/L ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.55 ค่ากำลังบ่งชี้ที่ได้จะนำมาหาจุดที่ให้กำลังบ่งชี้สูงสุด

จากหัวข้อ 3.1.3 ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วน B/S เครื่องยนต์สเตอลิงแบบเบต้า ที่มีข้อมูลการสร้างและทดสอบจริง อยู่ที่ 2.0 ในการออกแบบนี้จะกำหนดให้ใช้ค่า e/L และ r/L ซึ่งไม่ทำให้ค่า B/S ต่ำกว่า 2.0 ตามที่ได้อ้างอิงในหัวข้อ 3.1.3

ผลการคำนวณกำลังบ่งชี้สำหรับคู่อัตราส่วน e/L และ r/L นำมาพล็อตกราฟคอนทัวร์แสดงความสัมพันธ์ของอัตราส่วน e/L และ r/L และกำลังบ่งชี้ที่ได้ แสดงตามภาพที่ 5.1 จุดกากบาทคือส่วนที่ไม่สามารถคำนวณหากำลังบ่งชี้ได้ จุดวงกลมคือจุดที่คำนวณหากำลังบ่งชี้ได้ โดยจุดสีขาวคือจุดที่ให้กำลังบ่งชี้สูงสุด 18 อันดับแรก



ภาพที่ 5.1
กราฟแสดงผลการคำนวณกำลังบ่งชี้ที่ค่า e/L และ r/L ต่าง ๆ

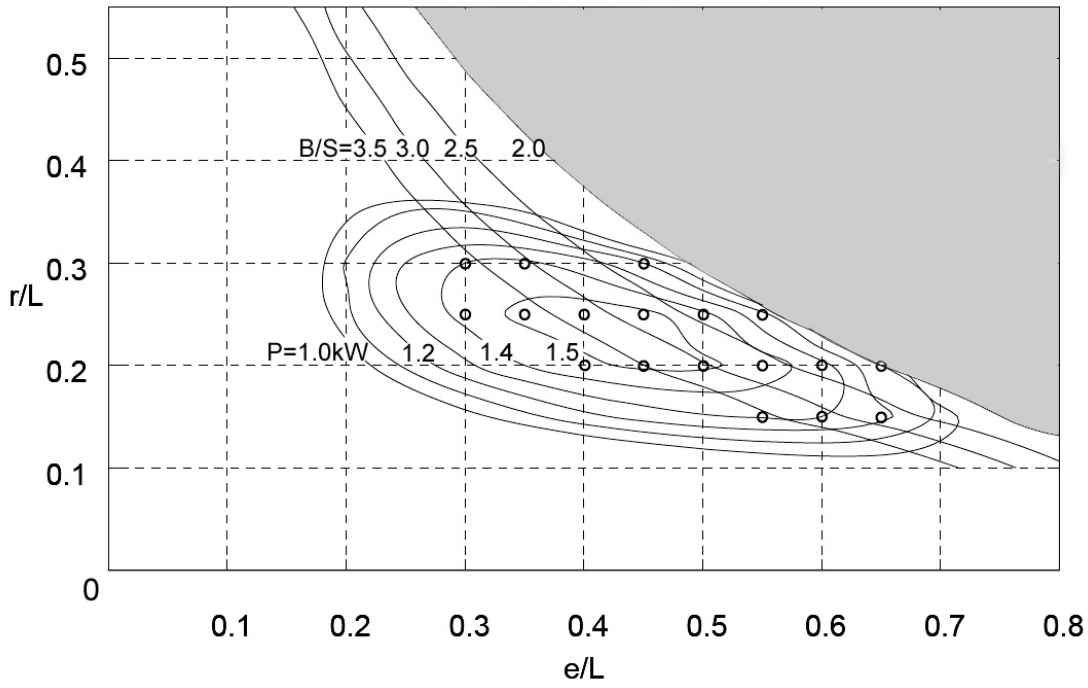
จากกราฟที่ได้คอนทัวร์ด้านในสุดเป็นบริเวณที่ให้กำลังสูงสุด นำมาทำการหารูปแบบสมการและจุด e/L และ r/L ที่ให้กำลังสูงสุด จากการพิจารณาจะพบว่ากราฟคอนทัวร์มีลักษณะเป็นรูปวงรี ในรูปแบบของสมการ(ตามเอกสารอ้างอิง [17])

$$f(X_1X_2) = C_0 + C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_1^2 + C_4X_2^2 + C_5X_1X_2 \qquad (5.2)$$

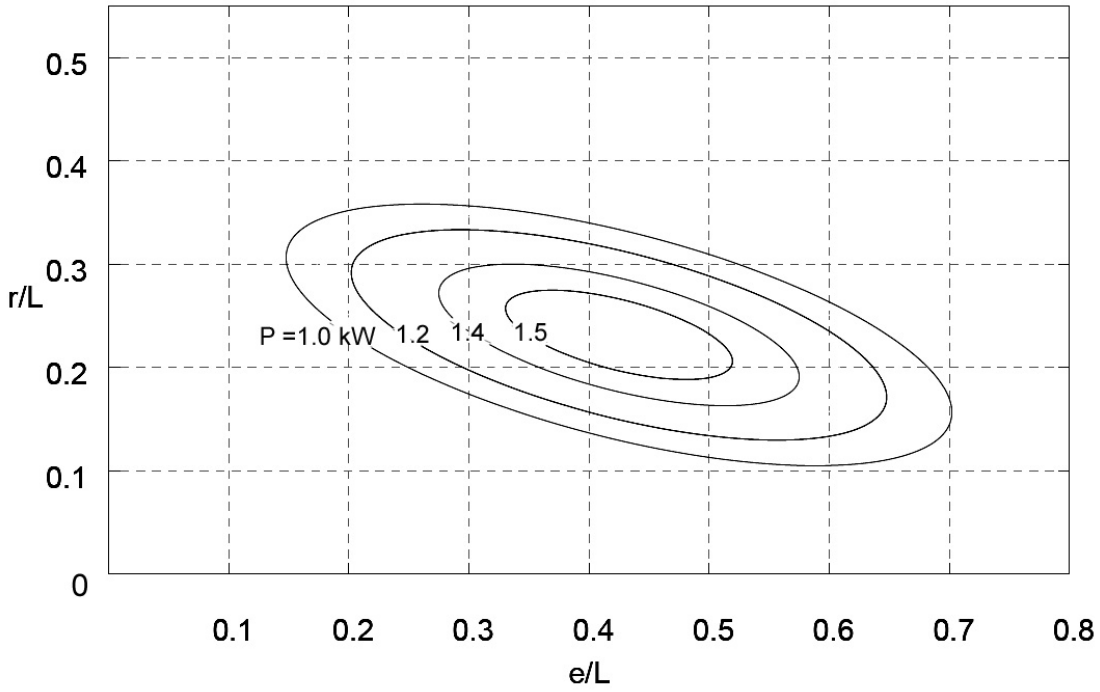
เมื่อ $C_0 - C_5$ เป็นค่าคงที่ 6 ค่า การหาค่าคงที่ต้องใช้ค่าของฟังก์ชันซึ่งก็คือกำลังบ่งชี้ที่คำนวณได้ ค่า e/L และ r/L คือ X_1 , X_2 ตามลำดับ ทำการตัดจุดที่ให้ค่าอัตราส่วน B/S น้อยกว่า 2.0 ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยค่า B/S ซึ่งได้จากหัวข้อ 3.1.3 และนำค่าที่เหลือเรียงลำดับกำลังบ่งชี้ที่

ได้มากที่สุด 18 ลำดับแรก แสดงด้วยวงกลมไม่ทึบในภาพที่ 5.1 และ 5.2 นำมาฟิตหาสมการเพื่อหาค่าสูงสุด พื้นที่สีเทาแสดงส่วนที่ค่าอัตราส่วน B/S น้อยกว่า 2.0

จากการคำนวณโดยใช้วิธีความผิดพลาดกำลังสองน้อยสุด จะได้ค่าของสัมประสิทธิ์ C_0 = -6,282.21 C_1 = 16,435.55 C_2 = 37,619.23 C_3 = -11,337.2 C_4 = -54,279.7 และ C_5 = -29,364.3 กราฟของสมการที่ได้แสดงตามภาพที่ 5.3 ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 1.5%



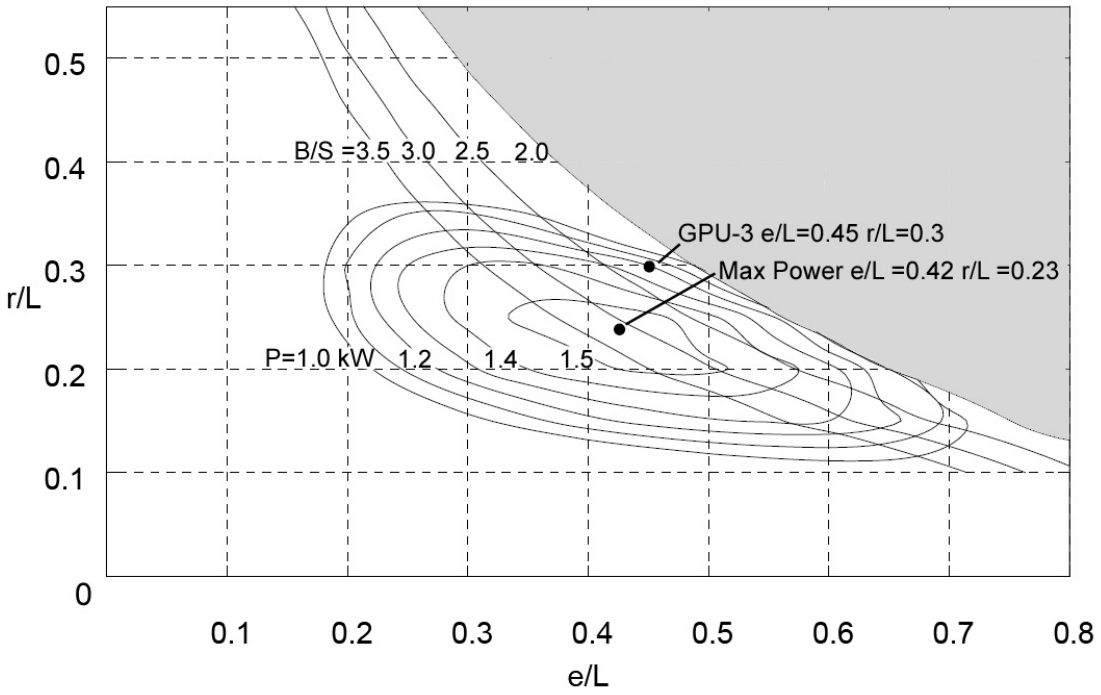
ภาพที่ 5.2
แสดงจุดค่า e/L และ r/L ที่ให้กำลังมากที่สุด 18 จุด



ภาพที่ 5.3
แสดงกราฟจากสมการที่ทำการฟิต

จากสมการที่ได้จะได้ค่าของ e/L และ r/L ที่ให้กำลังสูงสุดคือ 0.42 และ 0.23 ตามลำดับ ที่ซึ่งค่านี้จะนำไปใช้เพื่อการกำหนดระยะของกลไกการขับเคลื่อนของเครื่องยนต์ต่อไป

ภาพที่ 5.4 แสดงค่า e/L และ r/L ที่ได้จากการคำนวณ และเปรียบเทียบกับค่าเดิมของเครื่องยนต์ GPU-3 ซึ่งมีค่ากำลังบ่งชี้ที่ 1,200 วัตต์ กำลังบ่งชี้อัตราส่วนใหม่จะให้กำลังบ่งชี้ที่ 1,566 วัตต์ เพิ่มขึ้นจากเดิม 30%

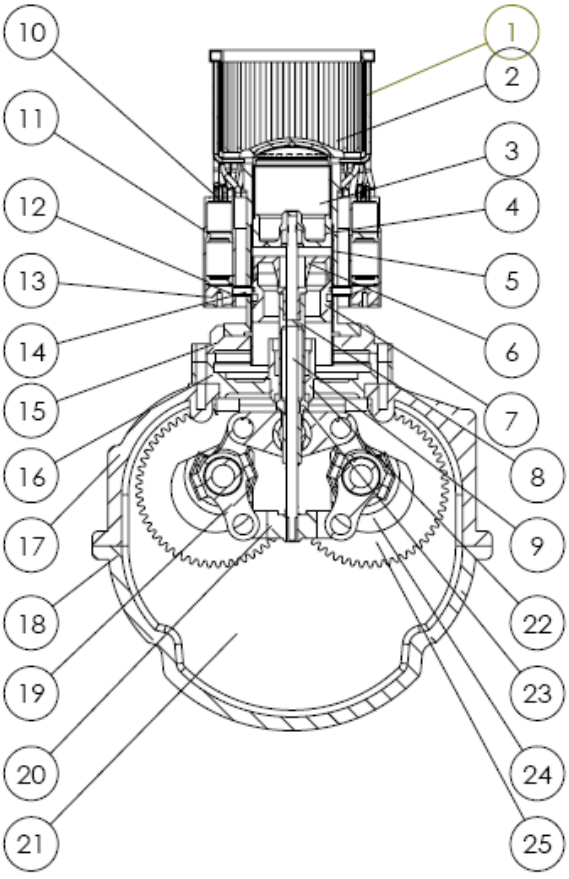


ภาพที่ 5.4

แสดงผลการคำนวณผลอัตราส่วน e/L และ r/L ที่ให้กำลังบ่งชี้สูงสุด

5.4 การออกแบบชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์สเตอลิง

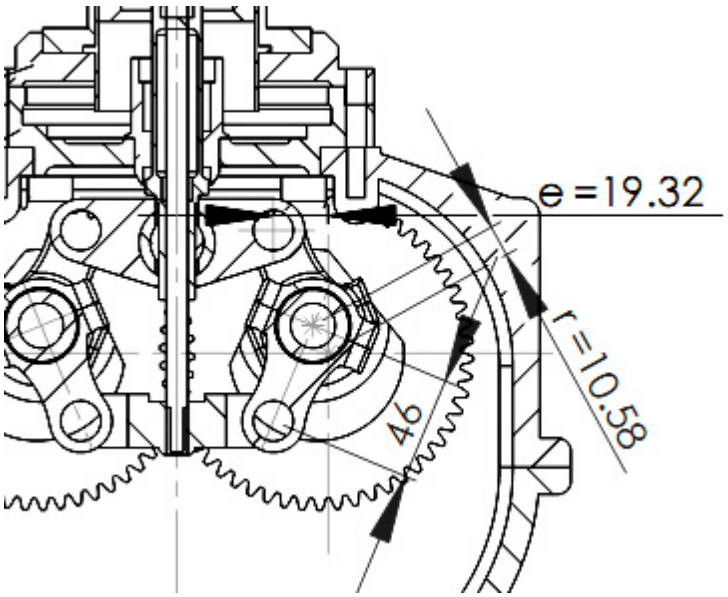
ในการออกแบบ จากอัตราส่วนกลไกที่ได้นี้ นำมาออกแบบเครื่องยนต์สเตอลิง โดยใช้รูปแบบจากเครื่องยนต์ GPU-3 และใช้อัตราส่วนของระยะของกลไกขับเคลื่อนตามที่ได้จากข้อ 5.1 โดยที่ L = 46.0 มม. จะได้ระยะของ e และ r คือ 19.32 และ 10.58 มม.ตามลำดับ ภาพที่ 5.5 แสดงแบบภาพประกอบชิ้นสวนหลักของเครื่องยนต์ ภาพที่ 5.6 แสดงระยะของกลไกที่ออกแบบตามค่าที่คำนวณได้ รายละเอียดของชิ้นส่วนหลักแสดงในภาคผนวก จ.



No.	Part Name	Piece
25	Gear	2
24	Crank Shaft	2
23	Piston Yoke	1
22	Displace Yoke Sleeve	1
21	Back Cap	1
20	Displacer Yoke	1
19	Connecting Rod	6
18	Base Bottom	1
17	Base Top	1
16	Housing Bottom	1
15	Housing Top	1
14	Compression end-duct	8
13	Cooler End Cap	8
12	Cooler-Base	8
11	Cooler-Top Cap	8
10	Cooler-Regenerator Cartridge	8
9	Displacer Rod	1
8	Piston Rod	1
7	Piston-Bottom	1
6	Piston-Top	1
5	Cylinder Liner	1
4	Displacer Piston-Bottom	1
3	Displacer Piston-Top	1
2	Cylinder	1
1	Heater	1

ภาพที่ 5.5

แสดงแบบชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์สเตอลิงที่ออกแบบ



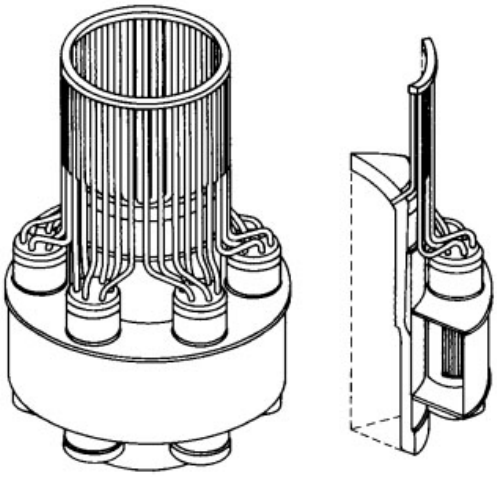
ภาพที่ 5.6

แสดงระยะ L e และ r ในกลไกซึ่งนำมาใช้ในการออกแบบ

ชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ประกอบด้วย

5.4.1 **ฮีทเตอร์**

ในการออกแบบนี้ได้ใช้ฮีทเตอร์รูปแบบเดียวกับของเครื่องยนต์สเตอลิง GPU-3 โดยยังคงใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในของท่อฮีทเตอร์และความยาวเฉลี่ยตามเครื่องยนต์ GPU-3 คือ 3.0 มม.และ 245 มม. ตามลำดับ มีทั้งหมด 40 ท่อ รอบกระบอกสูบทำจากวัสดุสแตนเลส AISI 310 ท่อชุดแรกปลายด้านหนึ่งจะเชื่อมต่อระหว่างส่วนบนของกระบอกสูบและวงแหวนด้านบนและท่ออีกชุดหนึ่งจะเชื่อมต่อจากวงแหวนด้านบนลงมายังส่วนบนของรีเจนเนอเรเตอร์-คูลเลอร์ โดยจัดเรียงโดยท่อฮีทเตอร์ 5 ท่อจะลงมาที่กระบอกรีเจนเนอเรเตอร์หนึ่งตัว ภาพที่ 5.7 แสดงลักษณะการจัดเรียงท่อฮีทเตอร์มายังรีเจนเนอเรเตอร์ ฮีทเตอร์แสดงด้วยชิ้นส่วนหมายเลข 1 ตามในภาพที่ 5.5



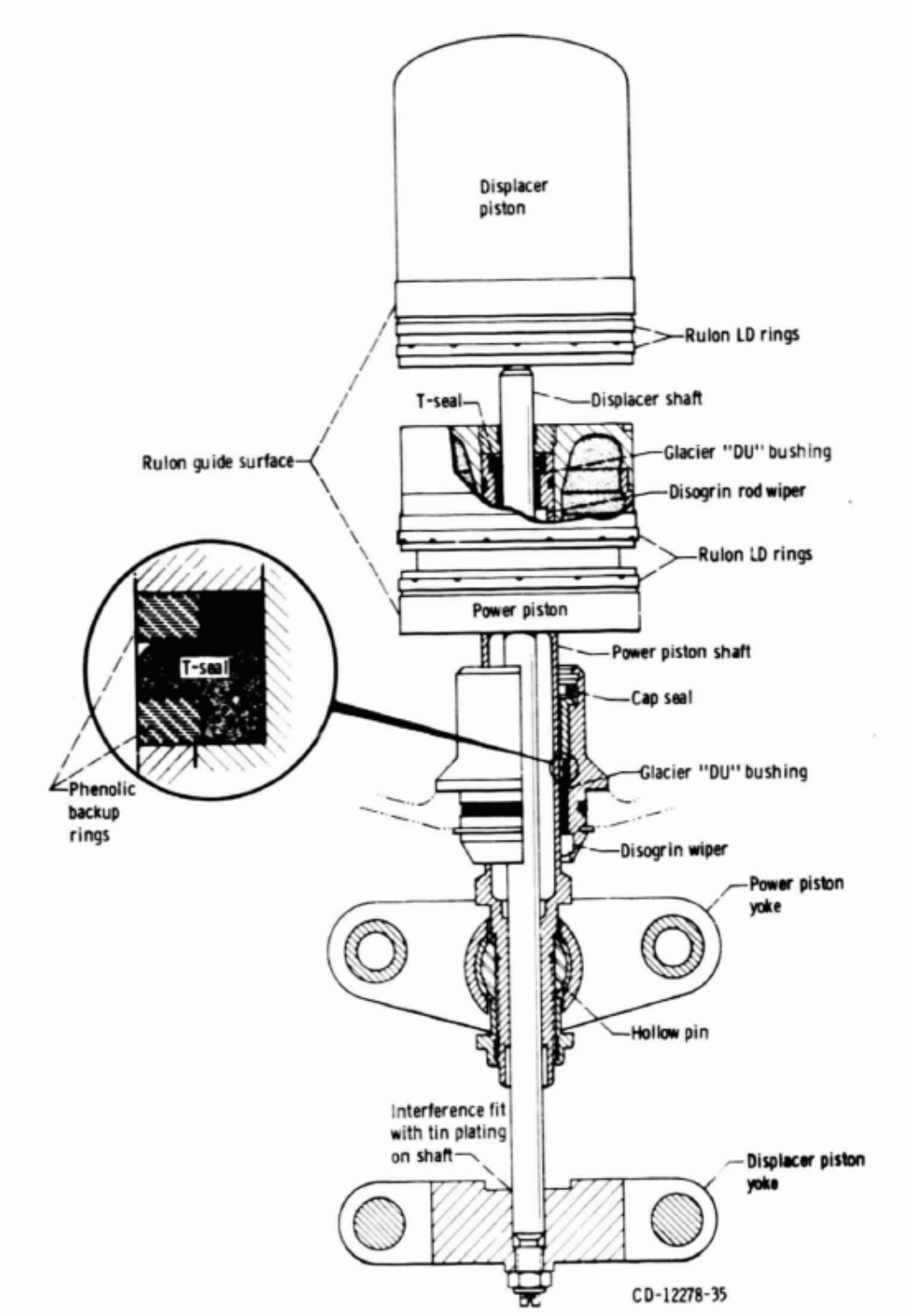
ภาพที่ 5.7
ภาพแสดงลักษณะท่ออีทเตอร์และการต่อเชื่อมกับรีเจนเนอเรเตอร์ [9]

5.4.2 กระบอกสูบ

ขนาดของกระบอกสูบคงใช้ตามเครื่องยนต์ GPU-3 คือ 69.9 มม. ทำจากสแตนเลสเพื่อให้ทนความร้อนได้สูง และเจาะรูโดยรอบเพื่อเชื่อมต่อกับท่ออีทเตอร์ ส่วนบนของกระบอกสูบจะเป็นรูปทรงโค้งมน และมีรูโดยรอบ 40 รู ซึ่งจะเชื่อมต่อกับท่ออีทเตอร์ มีส่วนที่เป็นกระบอกสูบด้านนอกและส่วนที่เป็นปลอกด้านใน แสดงด้วยชิ้นส่วนหมายเลข 2 และ 5 ตามในภาพที่ 5.5 ตามลำดับ

5.4.3 ลูกสูบขยายและก้านลูกสูบ

ลูกสูบขยาย ทำจากสแตนเลส AISI 310 ขึ้นรูปให้มีลักษณะด้านบนกลมมน โดยลูกสูบขยาย จะประกอบเข้ากับก้านลูกสูบขยายซึ่งมีลักษณะเป็นก้านตรงยาว ผิวเรียบมันเพื่อลดแรงเสียดทาน สวมผ่านเพลาลูกสูบอัดและปลายด้าน ล่างจะเชื่อมต่อกับ yoke ส่วนล่างของกลไกแบบรอมบิก การประกอบก้านลูกสูบจะต้องตั้งฉากกับ เส้นศูนย์ของหมุด displacer yoke และภาพที่ 5.8 แสดงลูกสูบ ก้านสูบ และก้านลูกสูบ yoke แหวนลูกสูบ ตำแหน่งของซีล ในเครื่องยนต์ GPU-3 ภาพที่ 5.9 แสดงก้านลูกสูบขยาย ของเครื่องยนต์ GPU-3 ลูกสูบขยายและก้านลูกสูบขยายแสดงด้วยชิ้นส่วนหมายเลข 3 4 และ 9 ตามในภาพที่ 5.5



ภาพที่ 5.8

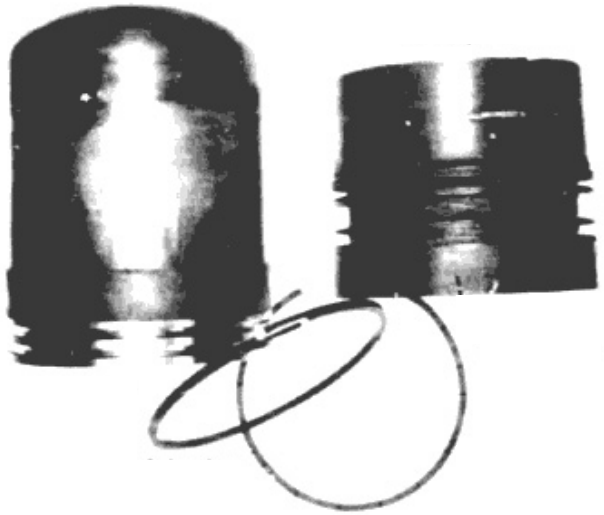
ลูกสูบอัดและขยาย ก้านสูบ แหวนลูกสูบ ซีล ในเครื่องยนต์ GPU-3 [18]

ภาพที่ 5.9

ก้านลูกสูบขยาย[18]

5.4.4 **ลูกสูบอัดและเพลา**

ลูกสูบอัด ทำจากสแตนเลส AISI 310 เช่นเดียวกัน จะประกอบกับเพลาลูกสูบอัด ซึ่งมีลักษณะเป็นเพลากลวงโดย เชื่อมต่อกับ piston yoke ส่วนบนของกลไกแบบรอมบิก โดยใช้ข้อต่อแบบ hollow pin ในภาพ 5.10 แสดงลูกสูบอัดและลูกสูบขยาย ของเครื่องยนต์ GPU-3 ลูกสูบอัดและเพลาแสดงด้วยชิ้นส่วนหมายเลข 6-8 ตามในภาพที่ 5.5

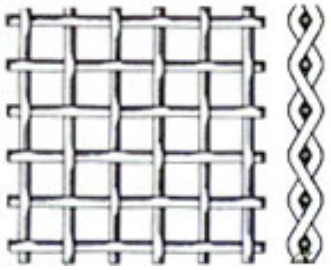


ภาพที่ 5.10

ลูกสูบอัด ลูกสูบขยาย และแหวนลูกสูบ[18]

5.4.5 **รีเจนเนอเรเตอร์**

รีเจนเนอเรเตอร์ ใช้แบบเดียวกับเครื่องยนต์ GPU-3 ซึ่งใช้ลวดสแตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.04 มม. ถักขัดกันเป็นตะแกรงลักษณะตามภาพที่ 5.11 เรียงซ้อนกันในทรงกระบอก ตะแกรงเป็นขนาดความถี่ 200 ช่องต่อนิ้วเรียงซ้อนกันทั้งหมด 308 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะวางบิดเป็นมุม 4-5 องศา เพื่อให้เกิดการสูญเสียจากการไหลต่ำสุด [18] โดยจะเรียงซ้อนกันอยู่ภายในกระบอกรีเจนเนอเรเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวงบาง มีฐานด้านล่าง ส่วนรีเจนเนอเรเตอร์จะประกอบเป็นชุดเดียวกับส่วนคูลเลอร์เป็นชุดรีเจนเนอเรเตอร์-คูลเลอร์ (cooler-regenerator cartridge) มีจำนวน 8 ชิ้นรอบกระบอกสูบ



ภาพที่ 5.11
ลวดตาข่ายที่ใช้เป็นรีเจนเนอเรเตอร์[10]

5.4.6 **คูลเลอร์**

คูลเลอร์ที่ใช้เป็นตัวแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ โดยมีท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใน 1.08 มม. ความยาว 46.1 มม. เรียงกันตามแนวตั้งเป็นจำนวน 39 ท่อ อยู่ระหว่างแผ่นทรงกลมเจาะรู ด้านข้างทรงกระบอกเป็นช่องเหลี่ยมเป็นช่องทางไหลของน้ำหล่อเย็นมีลักษณะตามภาพที่ 5.12 ส่วนคูลเลอร์จะประกอบอยู่บนฐานรองซึ่งมีช่องสำหรับเป็นทางไหลของสารทำงานจากท่อผ่านกลับเข้าไปสู่ส่วนอัดของเครื่องยนต์ ตามภาพที่ 5.5 แสดงลักษณะของชุดรีเจนเนอเรเตอร์-คูลเลอร์ของเครื่องยนต์ GPU-3 ส่วนที่เป็นทรงกระบอกด้านบนล่างคือรีเจนเนอเรเตอร์ และด้านบนคือ คูลเลอร์ แบบของรีเจนเนอเรเตอร์ ชุดคูลเลอร์และรีเจนเนอเรเตอร์แสดงด้วยชิ้นส่วนหมายเลข 10-13 ตามลำดับในภาพที่ 5.5

ภาพที่ 5.12

ชุดรีเจนเนอเรเตอร์-คูลเลอร์[18]

5.4.7 **แหวนลูกสูบ**

ในเครื่องยนต์สเตอลิง GPU-3 ใช้แหวนลูกสูบและเคลือบผิวลูกสูบส่วนที่สัมผัสกับกระบอกสูบด้วย Rulon ซึ่งเป็นวัสดุเทฟลอน (PTFE, Polytetrafluoroethylene) และเสริมแรงด้วยเส้นใย ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำ และทนทานสึกหรอได้ดีและไม่ต้องใช้สารหล่อลื่นซึ่งช่วยลดปัญหาการปนเปื้อนสารหล่อลื่นในสารทำงาน

5.4.8 **ซีลก้านสูบ**

การเคลื่อนที่แบบ sliding ของก้านสูบที่ต้องการการหล่อลื่นแบบแห้ง วัสดุประเภทฟลูออโรคาร์บอน เช่น โพลีเตตร้าฟลูออโนเอทิลีน หรือที่เรียกว่า PTFE หรือเทฟลอน (Teflon) ซึ่งมีสมบัติที่ดีคือมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานต่ำ และอีกชนิดหนึ่งคือ “Rulon A” ที่มีข้อดีคือความต้านทานการสึกหรอ เป็นวัสดุที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นซีลในเครื่องยนต์สเตอลิง ซีลสำหรับก้านสูบของเครื่องยนต์ GPU-3 จะมีอยู่ทั้งส่วนของก้านลูกสูบขยาย และก้านลูกสูบอัดทำจากยางสังเคราะห์ประเภท Nitrile หรือ Buna-N ในเครื่องยนต์ที่ออกแบบนี้ ไม่ได้ออกแบบรายละเอียดรูปร่างของซีลไว้

5.4.9 กลไกแบบรอมบิก

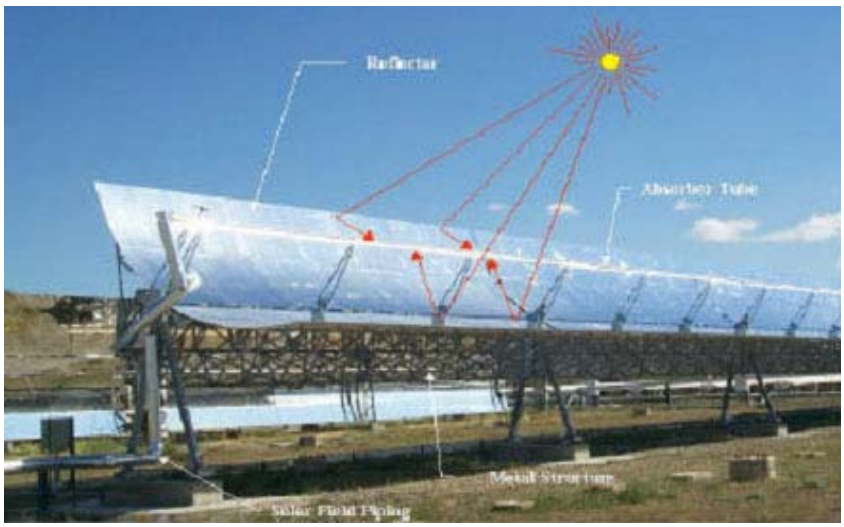
ในกลไกแบบรอมบิก นอกจากก้านลูกสูบ displacer เพลาลูกสูบอัด และ yoke ซึ่งได้กล่าวถึงแล้วยังประกอบด้วยก้านต่อซึ่งจะส่งถ่ายแรงจากการเคลื่อนที่แบบไปกลับเป็นการหมุน ต่อกับชุดเฟืองซึ่งหมุนสวนทางกัน ซึ่งจะทำให้ความเร็วเชิงมุมของก้านต่อด้านซ้ายและขวาเท่ากัน โดยกำหนดระยะ e/L และ r/L ตามที่คำนวณได้คือ 0.42 และ 0.23 ตามลำกับ ส่วนประกอบในกลไกแบบรอมบิก แสดงด้วยชิ้นส่วนหมายเลข 19-24 ตามในภาพที่ 5.5

5.5 การประยุกต์ใช้กับความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องยนต์สเตอลิงสามารถใช้แหล่งความร้อนได้หลากหลายรวมทั้งความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งอาจใช้ความร้อนโดยตรงจากตัวเก็บสะสมพลังงานแสงอาทิตย์ รูปแบบต่าง ๆ เช่น แบบรางพาราโบลา (parabolic trough collector) ซึ่งการออกแบบที่เหมาะสมจะให้ความร้อนได้สูงถึง 500 องศาเซลเซียส หรือแบบจานรวมแสง (parabolic dish collector) ซึ่งให้ความร้อนได้สูงถึง 1,500 องศาเซลเซียส เป็นการให้ความร้อนโดยตรงหรืออีกวิธีหนึ่งคือการใช้ความร้อนจากระบบเก็บสะสมความร้อน

5.5.1 ระบบรับแสงอาทิตย์

ระบบรับแสงอาทิตย์ทำหน้าที่รวมความร้อน ไปยังจุดเดียวกันซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนสูง ความร้อนนี้จะถูกส่งผ่านไปยังฮีทเตอร์ของเครื่องยนต์สเตอลิง ซึ่งอาจทำได้โดยใช้ตัวรับแสงอาทิตย์แบบรางรวมแสง รวมแสงอาทิตย์แบบเป็นเส้นไปยังท่อที่อยู่ที่จุดโฟกัส ซึ่งมีสารทำงานไหลอยู่ภายใน ลักษณะตามในภาพที่ 5.13



ภาพที่ 5.13

ระบบรับแสงอาทิตย์แบบรางรวมแสง [15]

ระบบรับแสงอาทิตย์แบบจานรวมแสง ซึ่งจะให้รวมความร้อนแบบเป็นจุด ลักษณะตามในภาพที่ 5.14 แบบจานนี้มีงานวิจัยในต่างประเทศที่กำลังพัฒนาใช้กับเครื่องยนต์สเตอลิง

ภาพที่ 5.14

ระบบรับแสงอาทิตย์แบบจานรวมแสง

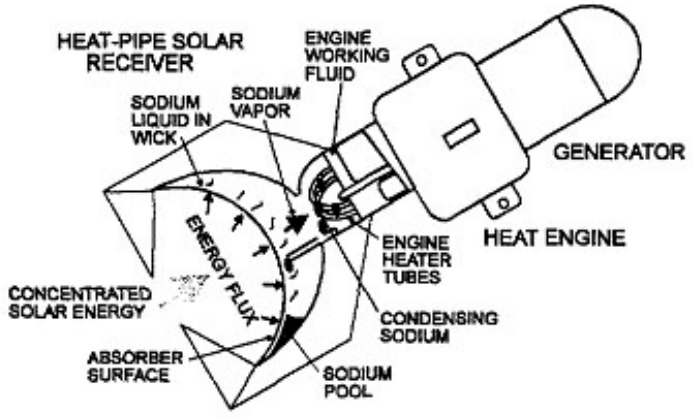
5.5.2 **การใช้ฮีทไปป์เป็นตัวส่งผ่านความร้อน**

การส่งถ่ายความร้อนจากแหล่งความร้อนมาสู่ฮีทเตอร์ของเครื่องยนต์สเตอลิง หากความร้อนรวมอยู่ที่จุดเดียว เช่นในกรณีใช้ตัวรวมแสงอาทิตย์แบบจาน จะทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนได้ การทำให้ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยป้องกันความเสียหายได้ โดยวิธีหนึ่งที่มีการใช้กับเครื่องยนต์สเตอลิงคือการใช้ฮีทไปป์

ฮีทไปป์ (heat pipe) เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ที่มีลักษณะสร้างให้เป็นท่อปลายปิด ซึ่งภายในท่อจะบุด้วยวัสดุพรุน (wick) ในฮีทไปป์จะบรรจุด้วยสารทำงาน ซึ่งจะซึมอาบเข้าไปในวัสดุพรุนและจะระเหยเข้าไปในส่วนทำระเหยซึ่งคือส่วนที่ได้รับความร้อน ไอจะไหลไปตามแนวท่อเข้าสู่ส่วนที่เย็นกว่าและเกิดการควบแน่น ส่วนนี้จะเรียกว่าคอนเดนเซอร์ สารทำงานจะกลั่นตัวเป็นของเหลวและไหลกลับมายังส่วนทำระเหยอีกครั้งหนึ่ง และจะเกิดการระเหยเป็นไอหมุนเวียนไปเช่นนี้

การส่งผ่านความร้อนมายังฮีทเตอร์ของเครื่องยนต์สเตอลิงโดยการใช้ฮีทไปป์มีข้อดีที่อัตราการส่งผ่านความร้อนได้สูงด้วยกระบวนการระเหยและควบแน่นซึ่งสูงกว่าการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีอื่น และยังป้องกันความเสียหายจากการเกิดความร้อนสูงเฉพาะจุดที่ฮีทเตอร์

จากเอกสาร [16] ตัวอย่างการใช้เป็นตัวส่งผ่านความร้อนทำได้โดยฮีทไปป์ทำเป็นส่วน ที่ครอบฮีทเตอร์ทั้งหมดไว้ ความร้อนจะถูกส่งผ่านโดยฮีทไปป์ สารทำงานในฮีทไปป์จะระเหยและกลั่นตัวเป็นของเหลวอีกครั้งที่ฮีทเตอร์ และกลับมาโดยแรงโน้มถ่วงหรือแรงคาปิลาริ่กลับสู่พื้นผิวให้ความร้อน



ภาพที่ 5.15

การให้ความร้อนเครื่องยนต์สเตอลิงผ่านฮีทไปป์ [16]

เครื่องยนต์สเตอลิงแบบที่ให้ความร้อนใช้ฮีทไปป์ เช่น เครื่องยนต์ Allison PD46 และ PD67 ของบริษัทเจเนอรัลมอเตอร์โดยทำการดัดแปลงส่วนฮีทเตอร์และส่วนบนกระบอกสูบของเครื่องยนต์ เพื่อให้เหมาะสมกับระบบการให้ความร้อนโดยใช้ฮีทไปป์ จากการทดสอบที่ Phillips และ United Stirling ในเครื่องยนต์ขนาดต่ำกว่า 10 กิโลวัตต์ พบว่าสามารถเพิ่มกำลังจำเพาะ ซึ่งเป็นผลจากประสิทธิภาพของการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้น