



เครื่องยนต์สเตอร์ลิง (Stirling Engine)

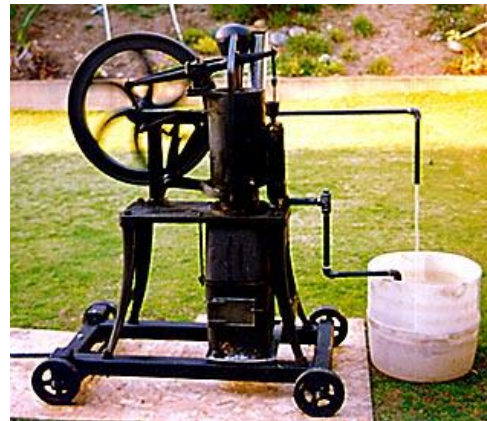
เครื่องยนต์สำหรับอนาคต

1. บทนำ

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นเครื่องยนต์ความร้อนระบบปิด 2 จังหวะใช้ความร้อนจากภายนอก และใช้ก๊าซเป็นสารทำงาน ประดิษฐ์ขึ้นเป็นเครื่องแรกในปี 1816 โดย Robert Stirling ติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องยนต์สเตอร์ลิงรุ่นต่อมามีขนาดเล็กลงปลอดภัยและเงียบเป็นที่แพร่หลายในอุตสาหกรรมขนาดเบาและตามบ้านเรือน เช่น พัดลม จักรเย็บผ้า และเครื่องสูบน้ำ เครื่องยนต์สเตอร์ลิงรุ่นแรก ๆ ใช้อากาศเป็นสารทำงาน (Working substance) และเป็นที่ยึดกันในชื่อเครื่องยนต์อากาศร้อน (Hot air engine) อากาศจะบรรจุอยู่ในกระบอกสูบรูปทรงกระบอกเพื่อรับความร้อน การขยายตัว การระบายความร้อน และการอัด โดยการเคลื่อนที่ของส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์



พัดลมทำงานด้วยเครื่องยนต์สเตอร์ลิง



เครื่องสูบน้ำทำงานด้วยเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

รูปที่ 1

เครื่องยนต์อากาศร้อนขนาดเล็กยังคงผลิตใช้งานกระทั่งต้นทศวรรษที่ 1900 จึงถูกแทนที่ด้วยเครื่องยนต์สันดาปภายในและความก้าวหน้าทางด้านไฟฟ้า ในปัจจุบันไม่มีการผลิตเครื่องยนต์สเตอร์ลิงขนาดใหญ่ใช้งาน แต่ยังคงมีการวิจัยและพัฒนาเนื่องจากเป็นเครื่องยนต์ที่มีศักยภาพทางด้านประสิทธิภาพสูง และเป็นเครื่องยนต์ทำงานเงียบและสะอาด เครื่องยนต์สเตอร์ลิงรุ่นที่ทดลองในปัจจุบันมีความสำเร็จทางด้านสมรรถนะในระดับที่น่าพอใจ จากการใช้โลหะอัลลอยด์ทนความร้อนสูง กลไกขับเคลื่อนใหม่ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และบรรจุด้วยฮีเลียมหรือไฮโดรเจนที่ความดันสูงเป็นสารทำงาน เครื่องยนต์สเตอร์ลิงรุ่นใหม่สามารถนำหน้าเครื่องยนต์ก๊าซโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กได้ทางด้านประสิทธิภาพ และอัตราส่วนกำลังต่อ

น้ำหนัก ในเรื่องของความเจียบและมลภาวะระดับต่ำยังไม่มีเครื่องยนต์แบบไหนเป็นคู่แข่งที่น่ากลัว ในอนาคตเครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถใช้เป็นเครื่องยนต์สะอาด เครื่องตัดหญ้าที่เจียบ และ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์

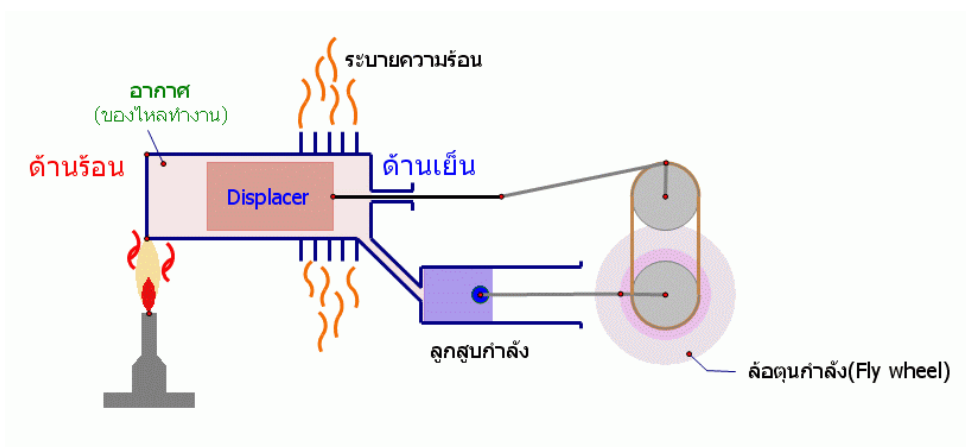
2. เครื่องยนต์ความร้อน

เครื่องยนต์ความร้อนคืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงผันพลังงานความร้อนหรือความร้อนเป็นพลังงานกลหรืองานอย่างต่อเนื่อง ความร้อนจะถูกป้อนให้กับเครื่องยนต์ทางด้านใดด้านหนึ่งแล้ว ผลิตงานออกมา เครื่องยนต์ความร้อนจะผลิตพลังงานกลออกมาตราบเท่าที่ ยังคงมีความร้อนป้อนอยู่



รูปที่ 2 แผนภาพเครื่องยนต์ความร้อน

3. ส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง



รูปที่ 3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

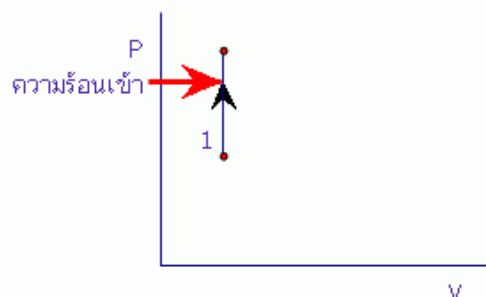
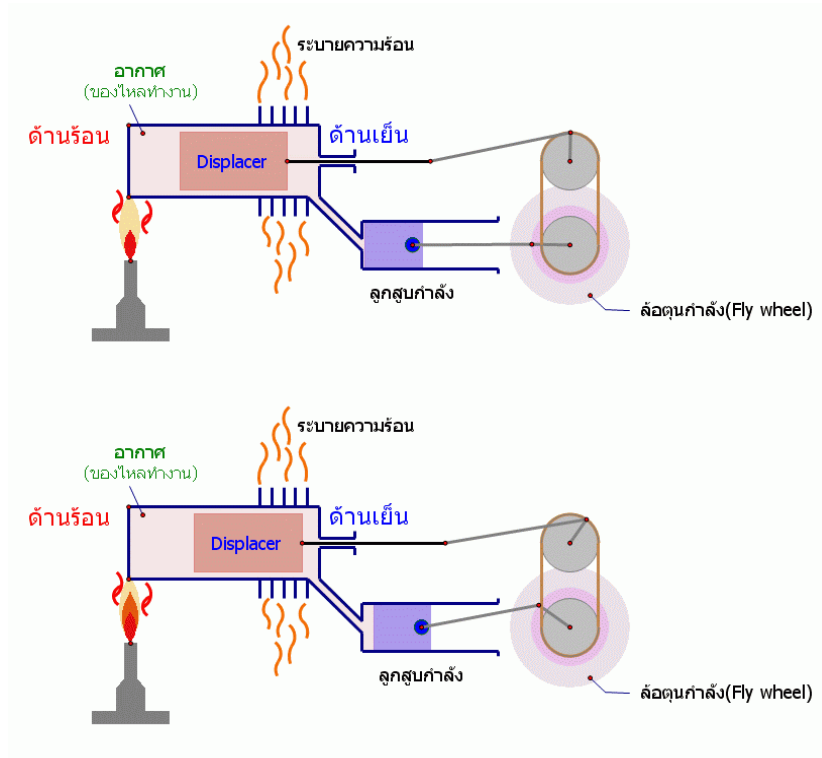
เครื่องยนต์สเตอร์ลิงมีลูกสูบ 2 อัน มีเฟสต่างกัน 90° และมีบริเวณที่อุณหภูมิต่างกัน 2 แห่ง ก๊าซหรืออากาศซึ่งเป็นสารทำงานจะถูกปิดไม่ให้เกิดการรั่วไหลออกมาภายนอก

ลูกสูบที่มีขนาดเล็กกว่าเป็นลูกสูบกำลัง (Power piston) กำลังที่ออกจากเครื่องยนต์สเตอร์ลิงทั้งหมดได้จากลูกสูบกำลัง ลูกสูบที่มีขนาดใหญ่กว่าเรียกว่า ลูกสูบไล่หรือดิสเพลสเซอร์ (Displacer piston) ลูกสูบไล่จะมีขนาดเล็กกว่าตัวกระบอกสูบเล็กน้อยอากาศภายในกระบอกสูบสามารถเคลื่อนที่ผ่านด้านข้างของลูกสูบไล่ได้ หน้าที่ของลูกสูบไล่ก็คือไล่อากาศในกระบอกสูบให้เคลื่อนที่อยู่ระหว่างด้านร้อนกับด้านเย็น ลูกสูบไล่ไม่ได้สร้างกำลังให้กับเครื่องยนต์

4. หลักการทำงานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง

หลักการพื้นฐานของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงคือมี 2 กระบอกสูบ ปลายด้านหนึ่งของ กระบอกสูบหนึ่งร้อนตลอดเวลา อีกกระบอกสูบหนึ่งเย็นตลอดเวลา มีลำดับการทำงานง่าย ๆ อยู่ 4 ขั้นตอนคือ

ขั้นที่ 1

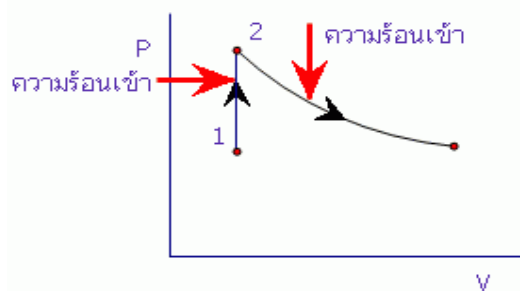
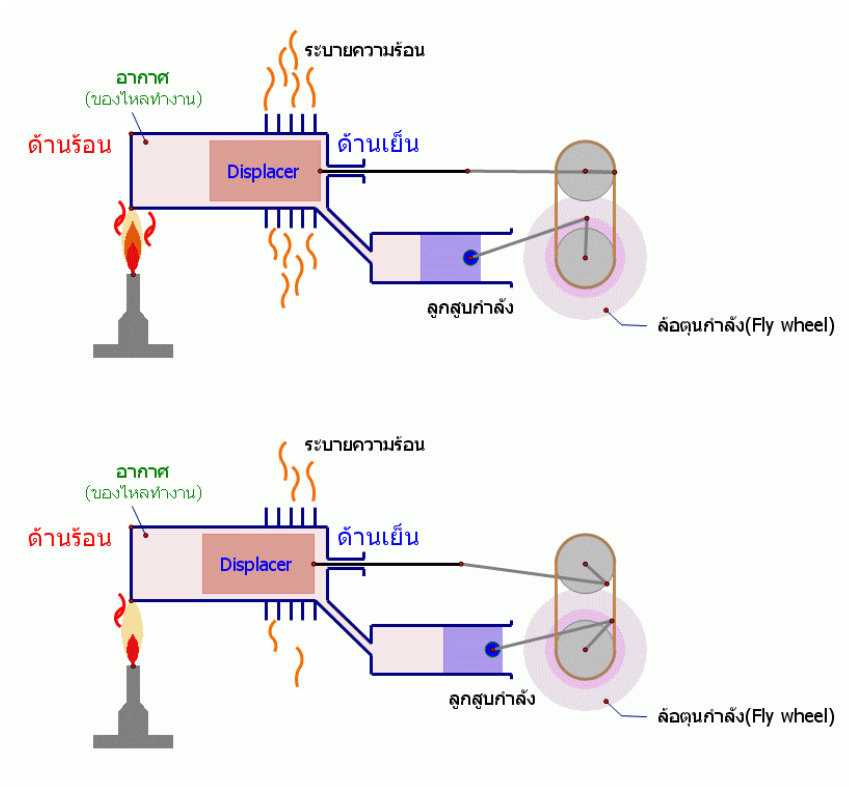


แผนภาพ ความดัน-ปริมาตร

รูปที่ 4

ลูกสูบกำลังอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์ตายบน ขั้นนี้เป็นการให้ความร้อนกับอากาศภายในกระบอกสูบ โดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบไล่ (Displacer piston) เพื่อให้อากาศส่วนใหญ่ไปรวมอยู่ทางด้านร้อน อากาศได้รับความร้อนมีอุณหภูมิสูงขึ้นและความดันเพิ่มขึ้น ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่ปริมาตรคงตัว (Isovolumetric heating process) ดูแผนภาพ ความดัน-ปริมาตร

ขั้นที่ 2

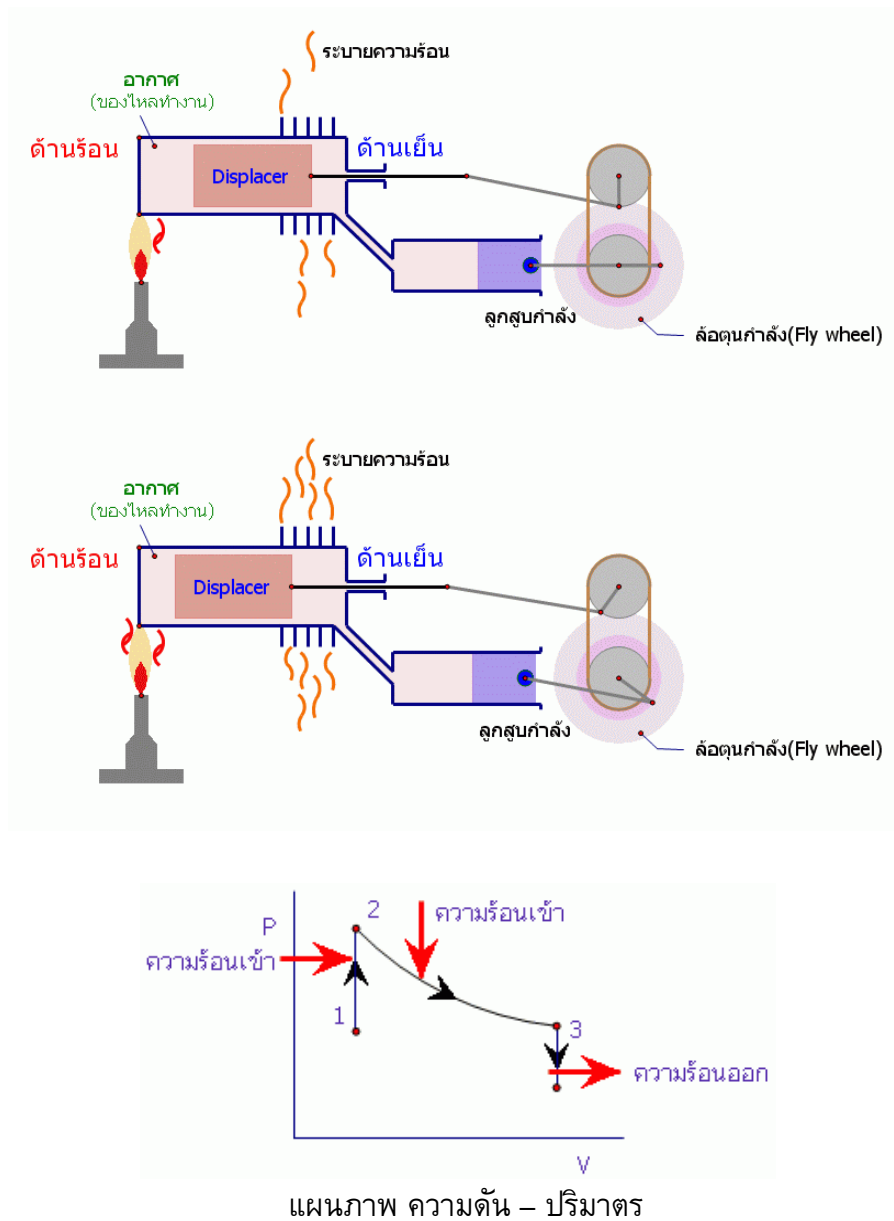


แผนภาพ ความดัน - ปริมาตร

รูปที่ 5

เมื่ออากาศทางด้านร้อนมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความดันเพิ่มขึ้น เกิดแรงดันลูกสูบกำลังเคลื่อนที่ไปที่ศูนย์ตายล่าง อากาศยังคงได้รับความร้อนขณะที่ปริมาตรของอากาศเพิ่มขึ้น ความดันลดลงโดยที่อุณหภูมิคงตัว ขั้นที่ 2 เป็นกระบวนการขยายตัวที่อุณหภูมิคงตัว (Isothermal expansion process)

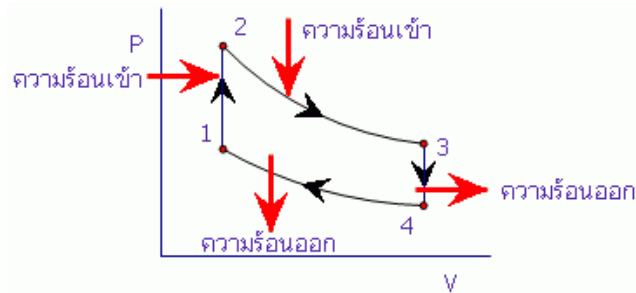
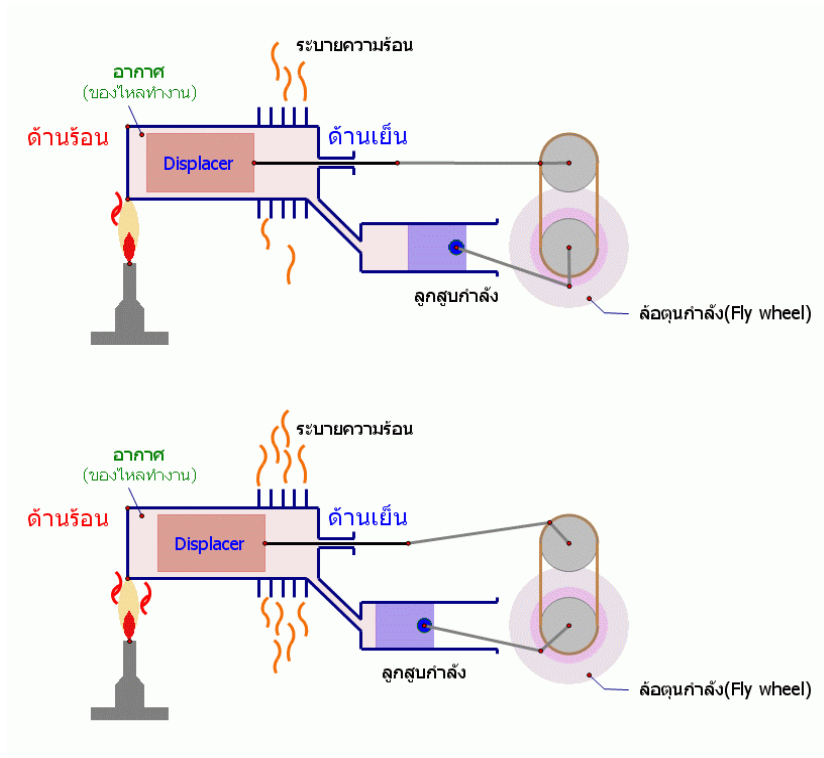
ขั้นที่ 3



รูปที่ 6

ผลของความต่างเฟส 90° ระหว่างลูกสูบทั้งสองทำให้ลูกสูบไล่เคลื่อนที่และไล่อากาศจากด้านร้อนไปทางด้านเย็นเพื่อทิ้งความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง ความดันลดลง ลูกสูบกำลังอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง ขั้นที่ 3 เป็นกระบวนการระบายความร้อนที่ปริมาตรคงตัว (Isovolumetric cooling process)

ขั้นที่ 4



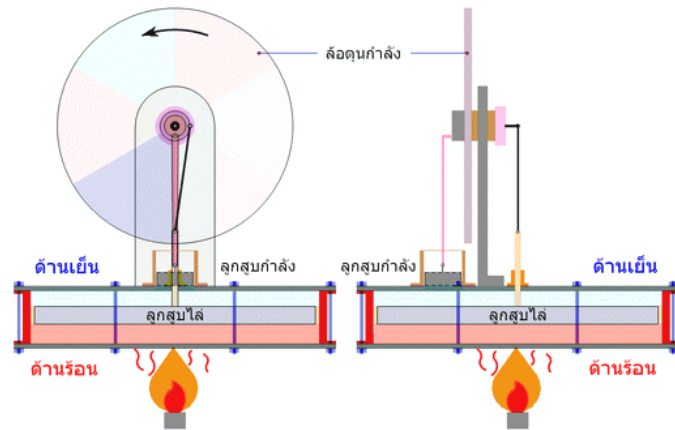
แผนภาพ ความดัน - ปริมาตร

รูปที่ 7

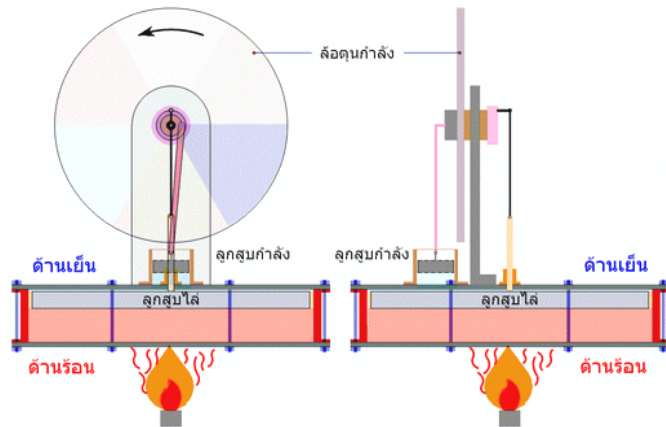
ลูกสูบกำลังเลื่อนไปที่ศูนย์ตายบนอากาศถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลง และระบายความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมด้วยอุณหภูมิต่ำ ผลของความต่างเฟส 90° ทำให้ลูกสูบไล่เคลื่อนที่ไล่อากาศจากด้านเย็นกลับไปทางด้านร้อน แล้วเครื่องยนต์สเตอร์ลิงก็กลับไปสู่จุดตั้งต้นขั้นที่ 1 ขั้นที่ 4 เป็นกระบวนการอัดที่อุณหภูมิต่ำ (Isothermal compression process)



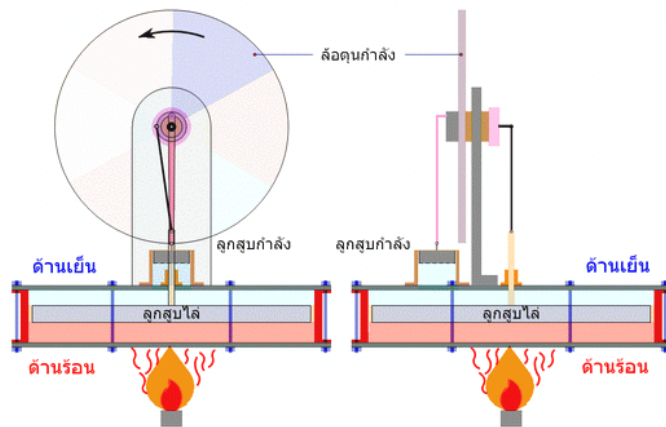
ชั้นที่ 1



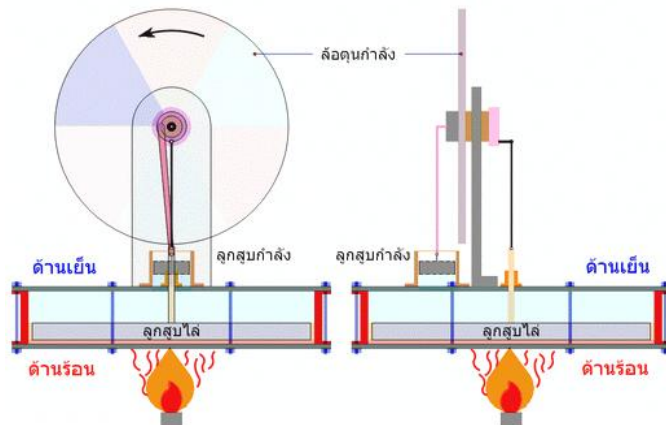
ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4



รูปที่ 8 เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่สร้างโดย สสวท. และลำดับการทำงาน

5. เครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบต่าง ๆ

จากการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องได้มีการประดิษฐ์คิดค้นกลไกอย่างหลากหลายสำหรับเครื่องยนต์สเตอร์ลิง กลไกส่วนใหญ่ที่ออกแบบใช้สำหรับเครื่องยนต์สเตอร์ลิงชนิดที่กระบอกสูบแยกกัน ซึ่งนิยมใช้ทำแบบจำลองขนาดเล็กและของเล่นเครื่องยนต์อากาศยานดังแสดงเป็นตัวอย่างในรูปที่ 9



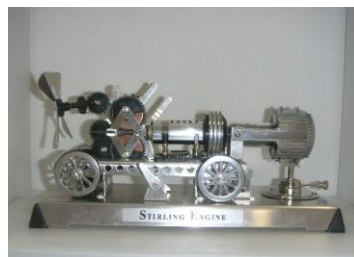
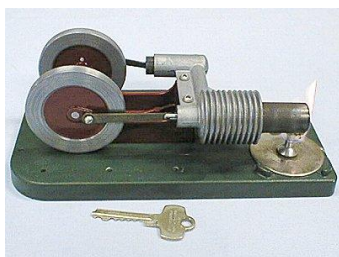
เครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบริงบอมบี้



เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่ใช้ความร้อนอุณหภูมิต่ำ



เครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อน



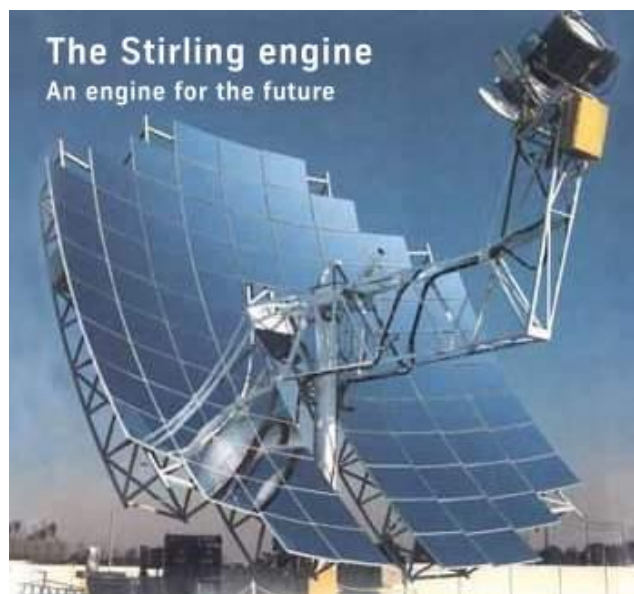
เครื่องยนต์สเตอร์ลิงแบบอื่น ๆ

รูปที่ 9

6. เครื่องยนต์สเตอร์ลิงในอากาศยาน

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นอุปกรณ์ที่มีเสน่ห์น่าสนใจ ปลายด้านหนึ่งของกระบอกสูบถูกทำให้ร้อน ปลายที่เหลือรักษาไว้ให้เย็น งานที่เอาไปใช้ประโยชน์ได้มาจากการหมุนของเพลา เครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นเครื่องยนต์ระบบปิด ไม่มีการดูดไอดี (Intake) และ ปล่องไอเสีย

(Exhaust) ความร้อนถูกป้อนจากภายนอก อะไรก็ตามที่สามารถเผาและให้ความร้อนได้จะใช้เพื่อให้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงทำงาน เช่น ถ่านหิน ไม้ ฟางข้าว แกลบ ก๊าซโซลีน อัลกอฮอล์ ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซมีเทน และอื่น ๆ เครื่องยนต์สเตอร์ลิงไม่ต้องการการเผาไหม้ ความร้อนเท่านั้นที่สามารถทำให้เครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถทำงานได้ ความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ความร้อนใต้พิภพ และความร้อนเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์สเตอร์ลิงได้ กำลังจากเครื่องยนต์สเตอร์ลิงสามารถใช้ขับเคลื่อนกำเนิดไฟฟ้าหรือจักรกลอื่น ๆ อย่างไรก็ตามเครื่องยนต์สเตอร์ลิงก็ยังมีข้อจำกัดคือต้องการเวลาสำหรับอุ่นเครื่องยนต์ก่อนที่จะสร้างกำลังที่สามารถเอาไปใช้ประโยชน์ได้ และเครื่องยนต์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงกำลังเอาต์พุตหรือเร่งเครื่องได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 10 การผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์สเตอร์ลิงที่ใช้แสงอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อน

สมนึก บุญพาไสว

เมษายน 2549

เอกสารอ้างอิง

1. Senft, J. R., "An Introduction to Stirling Engines", River Falls, Wisconsin, 1995.
2. Senft, J. R., "An Introduction to Low Temperature Differential Stirling Engines", River Falls, Wisconsin, 1996.
3. West, C. D., "Principles and Applications of Stirling Engines", Van Nostrand Reinhold, New York, 1986.