

การศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำฟลูอิดไนน์

Experimental Investigations on the Fluidyne Pump

บัญชา คงตระกูล และ ไพศาล นามผล

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

องครักษ์ นครนายก 26120

โทรศัพท์ (662) 02-6641000 Ext. 2055, โทรสาร 037-322609

Bancha Kongtragool and Paisarn Naphon

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University

Ongkharak, Nakhornnayok 26120, Thailand

Tel: (662) 02-6641000 Ext. 2055, Fax. 037-322609

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหลักการทำงานและโครงสร้างของเครื่องยนต์สเตอร์ลิงลูกสูบของเหลว หรือ Fluidyne รวมถึงการออกแบบและทดสอบสมรรถนะของ Fluidyne pump โดยใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบ การทดสอบขั้นต้นเป็นการหาระดับน้ำใน Displacer ที่เหมาะสม พบว่าอยู่ที่ระดับน้ำสูง 17 cm ให้อัตราการไหลประมาณ 300 ลิตร/ชั่วโมง โดยรักษาอัตราการให้ความร้อนคงที่ การทดสอบขั้นต่อมาเป็นการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความร้อนที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำ พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการให้ความร้อนสูงขึ้น อัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นน้อยมาก

Abstract

The operation and construction of the liquid piston Stirling engine or the Fluidyne, including design and test of the LPG powered Fluidyne were investigated. Initial, the optimum water level in displacer was found out by varying displacer water level. It found that the optimum water level was 17 cm, give water flow rate 300 l/hr. Later, at the optimum displacer water level while heat supplied is varied. The results from this study shows that the water flow rate having a little increases as the rate of heat supplied was increased.

บทนำ

เครื่องยนต์สเตอร์ลิงลูกสูบของเหลว (Liquid piston Stirling engine) นำไปประยุกต์ในการสูบน้ำ นิยมเรียกว่า Fluidyne engine pump เป็นพัฒนาการอย่างหนึ่งของเครื่องยนต์สเตอร์ลิง ซึ่งเริ่มต้นการพัฒนาจาก Atomic Energy Research Laboratory ที่ Harwell สหราชอาณาจักร และมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับตระกูลวัฏจักรสเตอร์ลิงให้ Fluidyne จะทำงานโดยไม่มีชิ้นส่วนโลหะที่มีการเคลื่อนไหว ไม่มี Displacer ไม่มี Power piston ไม่มี Crankshaft ไม่มี Flywheel เครื่องสูบน้ำนี้สามารถใช้ในการสูบน้ำในลักษณะที่มีการไหลเป็นจังหวะอย่าง

ต่อเนื่อง เมื่อให้ความร้อนเข้าที่ปลายข้างหนึ่งและปลายอีกข้างหนึ่งถูกรักษาไว้ให้เย็น โดยหลักการแล้วเครื่องสูบน้ำนี้เป็นเครื่องที่น่าสนใจและสามารถสร้างได้ง่าย

Fluidyne จะทำงานตรงแบบที่ ยังคงมีการให้ความร้อนกับมัน มันมีประสิทธิภาพความร้อนต่ำ แต่ในทางกลับกัน เนื่องจากมันสามารถผลิตกำลังได้จากความร้อนของเชื้อเพลิงราคาถูก ยกตัวอย่างเช่น Waste pipe heat และวัสดุที่เผาไหม้ได้ ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ของน้ำมันดิบหรือไม่ก็ตาม ดังนั้นประสิทธิภาพจึงไม่ใช่ปัญหาที่ต้องคำนึงถึงมากนัก Fluidyne สามารถใช้ในประเทศโลกที่สามโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งได้เปล่าโดยตรง และนี่แหละคือศักยภาพที่ควรเป็นที่แท้จริงของมัน

Fluidyne มีคุณลักษณะที่น่าสนใจดังนี้

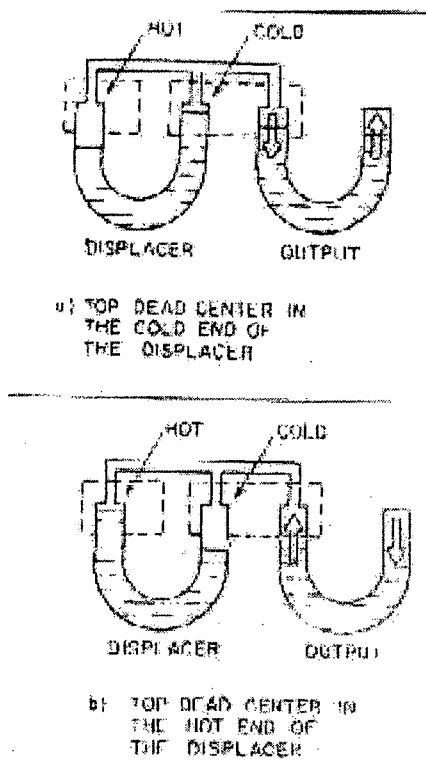
- ต้นทุนการผลิตต่ำแม้ว่าจะผลิตในปริมาณน้อย
- มีโครงสร้างที่ง่ายต่อการสร้าง
- มีความทนทานและความไว้วางใจได้สูง
- ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวเป็นของแข็ง ไม่ต้องการการหล่อลื่น
- สามารถใช้เชื้อเพลิงคุณภาพต่ำ
- สามารถติดเครื่องได้ด้วยผลทางความร้อนอย่างเดียว (Self-starting)
- การทำงานเงียบ
- มีอายุการใช้งานยาวนานและมีอัตราส่วนระหว่างงานที่ผลิตได้กับต้นทุนสูง

บททวนวรรณกรรม ในขณะที่มีการพัฒนา Fluidyne ที่ Harwell อุปกรณ์ที่ดีเยี่ยมนี้ให้ผลการทดสอบที่ดีคือสามารถสูบน้ำขึ้นสูง 3.048 เมตร (10 ฟุต) ได้ประมาณ 400 แกลลอนต่อชั่วโมง โดยมีประสิทธิภาพ 4.7% ต่อมาภายใต้การพัฒนาโดย Metal Box Co. แห่งกัลกัตตา อินเดีย ได้รายงานว่าจะสามารถสูบน้ำได้สูง 3.048 เมตร (10 ฟุต) โดยมีอัตราการไหล 2500 แกลลอนต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพ 7%

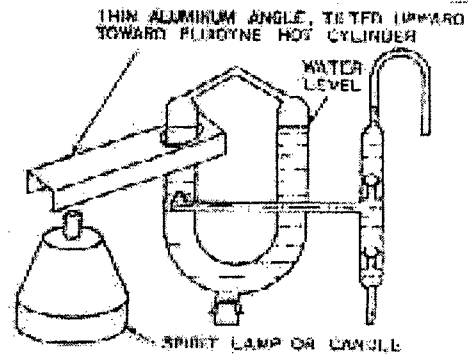
เครื่องสูบน้ำที่ใช้หลักการแบบเดียวกันที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ เรียกว่า Solar liquid piston pump ถูกพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกโดย Murphy (1979, 1980) โดยใช้ Freon เป็นสารตัวกลาง สามารถสูบน้ำได้สูง 1.2 เมตรในอัตรา 0.32 ลิตร/วินาทีโดยประมาณ ต่อมา Brew-Hammond และคณะ(1990)ได้สร้างเครื่องสูบน้ำแบบเดียวกันแต่รายงานว่าสามารถสูบน้ำได้สูง 0.8 m ในอัตรา 0.15 ลิตร/วินาที

หลักการทำงาน สมมติว่าน้ำใน Displacer สามารถแกว่งจากขาข้างหนึ่งของ U-tube ไปสูขาอีกข้างหนึ่งของ U-tube และแกว่งกลับได้ ตำแหน่งศูนย์ตายบน (TDC) ในปลายด้านเย็นของ Displacer จะตรงกับ ศูนย์ตายล่าง (BDC) ในปลายด้านร้อนของ Displacer ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1(a) ซึ่งในตำแหน่งนี้อากาศซึ่งถูกกักอยู่เหนือผิวน้ำใน Displacer ส่วนใหญ่จะอยู่ในขาด้านร้อนของ Displacer ดังนั้นอากาศส่วนใหญ่จะร้อน ทำให้ความดันเพิ่มขึ้น มีแนวโน้มที่จะดันน้ำใน Output tube เคลื่อนที่จากขาซ้ายไปยังขาขวา ดังที่ลูกศรชี้ไว้

ในวัฏจักรครั้งหลัง น้ำใน Displacer จะแกว่งกลับไปยังขาอีกข้างหนึ่ง ทำให้ปลายข้างเย็นของ Displacer อยู่ในตำแหน่ง BDC ซึ่งแสดงไว้ในรูป (b) อากาศส่วนใหญ่ตอนนี้จะอยู่ในด้านเย็นของ Displacer ทำให้ความดันตกลง น้ำใน Output tube จะเคลื่อนที่จากขวาไปซ้าย



รูปที่ 1 หลักการทำงานของ Fluidyne pump

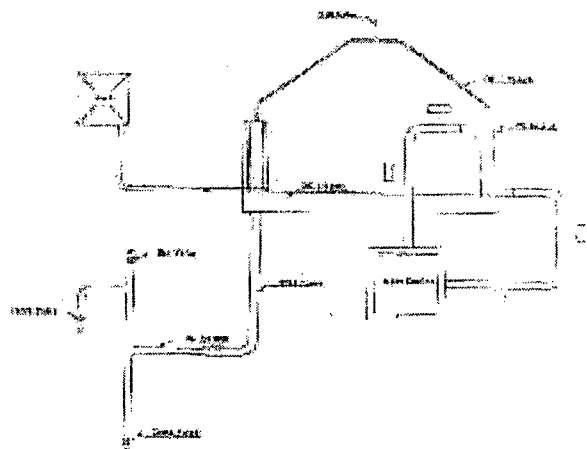


รูปที่ 2 Fluidyne pump ขนาดเล็กทำจากแก้ว

ถ้า Output tube ถูกต่อเข้ากับท่อที่อยู่ในแนวดิ่ง หรือท่อตั้ง ซึ่งท่อนี้มีลิ้นก้นกลับ 2 ลิ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะทำให้ น้ำที่ถูกดันออกไปจาก Output tube ไหลขึ้นด้านบน (โดยไม่มีการไหลกลับ) ดังนั้นในระหว่างเกิดการแกว่งของน้ำใน Displacer น้ำจะไหลกลับไปทางด้านร้อนและทำให้สูญญากาศที่เกิดขึ้นใน Output tube ดูดน้ำจากถังเก็บเข้ามาแทนที่น้ำที่ถูกดันออกไปจาก Output tube เพราะฉะนั้นแต่ละวัฏจักรจะดันน้ำออกจากด้านบนของท่อตั้งและดูดน้ำเข้าจากทางด้านล่างของท่อตั้ง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

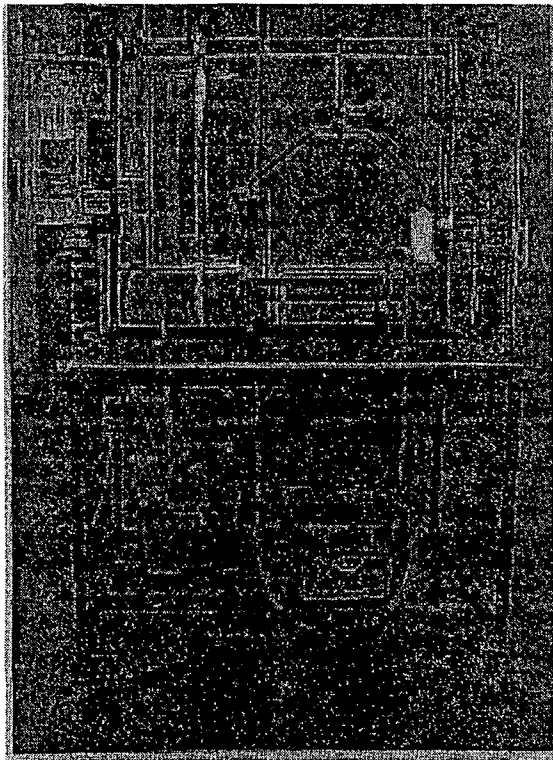
ชุดทดลอง Fluidyne ประกอบด้วยท่อตั้ง 2 ท่อ ข้างล่างต่ออยู่กับท่อนอน มีสำน้ำอยู่ข้างใน ข้างบนของสำน้ำมีอากาศบรรจุอยู่ ท่อตั้งทั้ง 2 ถูกต่อตรงด้านบนด้วยท่อขนาดเล็ก มีอากาศบรรจุอยู่ภายใน ซึ่งใช้เป็นสารทำงาน (working fluid) และท่อนอนทางด้านล่างต่อเข้ากับ Pump body ซึ่งเป็นท่อตั้ง (Vertical tube) ทำหน้าที่เป็นเครื่องสูบน้ำ และถูกปิดไว้ด้วย Inlet valve และ Outlet valve (check valve) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนทางกลที่เคลื่อนไหวเพียงอย่างเดียวที่มีให้อยู่ใน Fluidyne นี้ Pump จะสูบน้ำผ่านมาทางลิ้นด้านล่าง แล้วส่งน้ำออกไปจากลิ้นทางด้านบน เมื่อก๊าซในท่ออากาศที่อยู่บน Hot chamber และ Cold chamber ขยายตัวและหดตัวกลับไปกลับมา



รูปที่ 3 ไดอะแกรมแสดงชุดทดลอง Fluidyne

อุปกรณ์การทดลอง

- ชุดทดลอง Fluidyne ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Displacer 2.5 นิ้ว ท่อตั้ง 1.5 นิ้ว และ Pump body ขนาด 0.75 นิ้ว
- ปั๊มน้ำขนาด 0.33 kW, 2850 rpm, 35 l/min เพื่อใช้ในการระบายความร้อนทางด้านเย็นของเครื่องทดลอง
- ถังน้ำขนาด 50 ลิตร และ 15 ลิตร
- ก๊าซหุงต้มยี่ห้อ ยูนิคแก๊ส 1 ถัง น้ำหนักสุทธิ 10 kg ค่าความร้อน 50 MJ/kg
- เครื่องชั่งดิจิตอลยี่ห้อ DIGI รุ่น DS-442 ความละเอียดสูงสุด 0.0001 kg
- นาฬิกาจับเวลา SEIKO ความละเอียด 0.01 วินาที
- บีกเกอร์ขนาด 2000 ml, 1000 ml, 100 ml เพื่อใช้ในการตวงน้ำที่สูบได้



รูปที่ 4 รูปภาพแสดงชุดทดลอง Fluidyne

วิธีการทดลอง

1. จัดเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือ

- ตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือว่าพร้อมใช้งานหรือไม่ โดยตรวจปั๊มน้ำหล่อเย็น ตรวจถังแก๊ส การรั่วซึมของแก๊ส ตรวจสอบเครื่องชั่ง

2. ติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์

- ติดตั้งถังแก๊สเข้ากับหัวแก๊ส
- ติดตั้งปั๊มน้ำเข้ากับถังน้ำ
- ติดตั้งถังน้ำเพื่อเป็นแหล่งน้ำและแหล่งรองรับปริมาณน้ำที่ได้
- ติดตั้งเครื่องชั่งกับถังแก๊สเพื่อชั่งน้ำหนักก่อนและหลังทำการทดลอง
- เปิดน้ำใส่ถังให้เต็ม

3. การทดลองเพื่อหาระดับน้ำใน Displacer ที่เหมาะสม

- เติมน้ำเข้าในเครื่องทดลอง โดยกำหนดระดับน้ำในท่อตั้งของ Displacer อยู่ในระดับหนึ่ง ที่เป็นระดับต่ำ
- เมื่อตั้งระดับน้ำได้แล้ว ปิดวาล์วด้านบน (วาล์วไล่อากาศ) ของเครื่องทดลอง Fluidyne
- จุด burner เพื่อให้ความร้อนที่ปลายด้านร้อนคงที่ตลอดการทดลอง และเปิดปั๊มน้ำที่อัตราการไหลสูงสุดเพื่อไประบายความร้อนที่ปลายด้านเย็น
- รอประมาณ 1-2 นาที เพื่อให้ความดันภายใน Displacer เพียงพอ Fluidyne จะเริ่มทำงาน ในขณะที่เครื่องทำงานต้องเติมน้ำเพื่อรักษาระดับน้ำให้คงที่ตลอดการทดลอง
- วัดปริมาณน้ำที่สูบได้โดยใช้บีกเกอร์และจับเวลาพร้อมกับอ่านค่าน้ำหนักแก๊สที่ใช้ไปจากเครื่องชั่งดิจิตอล ตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดการทดลอง
- ดับ burner ปิดปั๊มน้ำหล่อเย็นทิ้งไว้สักครู่เพื่อให้ระบบเย็นตัว แล้วจึงเปิดปั๊มน้ำหล่อเย็น
- เปิดวาล์วไล่อากาศด้านบนของเครื่อง ไล่อากาศร้อนออกแล้วตั้งระดับน้ำใน Displacer ใหม่ให้สูงขึ้น
- ทำการทดลองในค่าระดับน้ำภายในท่อตั้งของ Displacer ที่สูงมากขึ้น จนถึงระดับสูงสุด

4. การทดลองที่ระดับน้ำใน Displacer ที่เหมาะสม

- ตั้งระดับน้ำภายใน Displacer ให้ระดับน้ำในท่อตั้งอยู่ที่ค่าของระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งได้จากการทดลองในข้อ 3
- ทำการทดลองโดยปรับเปลี่ยนค่าระดับความร้อนที่ให้กับปลายด้านร้อนเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และ สูง

ผลลัพธ์

จากการทดลองพบว่าความสูงของระดับน้ำในท่อตั้งของ Displacer สามารถปรับได้จาก 0 – 24 cm โดยได้ระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุดเป็น 17 cm

จากระดับน้ำนี้ เมื่อให้ความร้อนในระดับต่ำ ปานกลาง และ สูง จะได้อัตราการไหลเฉลี่ยที่เป็น 299, 312, และ 318 ลิตร/ชั่วโมง ตามลำดับ

วิจารณ์ผลลัพธ์และสรุปผล

จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าค่าของอัตราการไหลอยู่ในระดับประมาณ 300 ลิตร/ชั่วโมง แม้ว่าจะมีการเพิ่มความร้อนจาก Burner ก็ตาม ทั้งนี้เป็นเพราะว่ามีการสูญเสียความร้อนออกไปจากระบบ การใช้

การบังเหล็กรวบรวมความร้อนจากเปลวไฟนั้นแก้ปัญหาได้ระดับหนึ่ง แต่ยังมีเปลวไฟบางส่วนกระจายออกไปด้านข้างไม่ได้ให้ความร้อนกับปลายด้านร้อนของ Displacer การสูญเสียพลังงานจากวาล์วและข้อต่อต่างๆในระบบ รวมทั้งแรงเสียดทานภายในวาล์วไหลทางเดียว (แรงสปริง) ทำให้ช่วงการทำงานของ Fluidyne ทำงานได้น้อย ปรับการทำงานได้ยาก การรั่วของอากาศเข้าไปในวาล์วไหลทางเดียวทำให้ Fluidyne ไม่ทำงานหรือทำงานได้ไม่เต็มที่

ข้อเสนอแนะ

Fluidyne ที่สร้างขึ้นมาทดสอบมีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจาก การสูญเสียความร้อนที่ป้อนเข้า ดังนั้นการแก้ไขควรใช้วัสดุที่สามารถทนความร้อนสูงและเป็นฉนวนได้ดีมาหุ้มเพื่อลดการสูญเสียความร้อนให้น้อยที่สุด และใช้ Regenerator เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน ข้อต่อและวาล์วควรให้มีน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็นเพื่อลดการสูญเสียพลังงาน วาล์วไหลทางเดียวควรพิจารณาเลือกอย่างรอบคอบเพื่อลดความต้านทานของแรงดันจากสปริง ซึ่งส่งผลให้ Fluidyne ไม่ทำงานได้ การป้องกันการรั่วของอากาศเข้าไปใน Fluidyne เป็นสิ่งที่สำคัญมาก และส่งผลให้ Fluidyne ไม่ทำงานได้เช่นเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายทวีทรัพย์ เกิดศรีเสริม และ นายปิยยศ สุวรรณโชติ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่เข้าร่วมทำโครงงาน วิศวกรรมศาสตร์ จนกระทั่งงานวิจัยชิ้นนี้เป็นผลสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Brew-Mammond, A. ,Akuffo, F. O. and Kessey, K. O. (1990). Development of a Solar Liquid Piston Pumping System: Experience and Lessons. Proceedings of the 1st World Renewable Energy Congress, Energy and the Environment, Reading, UK, V2 pp 987-991.
- [2] Murphy, C. L. (1979). Review of Liquid Piston Pump and Their Operation with Solar Energy. ASME Paper 79-Sol-4.
- [3] Murphy, C. L. (1990). A Solar Liquid Piston Pump. Silwest 80 Conference Proceedings, 499-502
- [4] Rizzo, J. G. (1997) The Stirling Engine Manual. Camden Miniature Steam Services, Somerset.
- [5] West, C. D. (1983) Liquid Piston Stirling Engines. Van Nostrand Reinhold Co., New York.