

การศึกษาเชิงทดลองการเดือดของน้ำในท่อสุญญากาศที่มีลิ้นก้นกลับ

An experimental study of water boiling in vacuum tube with check valve

ธนาพล สุขชนะ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยปทุมธานี จปทุมธานี 12000

ติดต่อ: โทรศัพท์: 02-9756999, โทรสาร: 02-9796728

E-mail: TON0019@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงทดลองการเดือดของน้ำในท่อสุญญากาศที่มีลิ้นก้นกลับ เป็นการศึกษาลักษณะการ ปั่นเมื่อเกิดการเปลี่ยนสถานะของน้ำ โดยใช้ท่อทองแดงขนาด 12 มิลลิเมตร บรรจุน้ำกลั่น 15 ซีซี ภายในท่อประกอบด้วย ลิ้นก้นกลับทำจากลูกบอลเหล็กมีมวล 5.35 กรัม และมีสปริงกดเป็นสแตนเลสมีค่าคงที่เท่ากับ 24.5 N/m ให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์ขนาด 50 วัตต์ ทดลองภายในถังสุญญากาศโดยตั้งความดันคงที่เท่ากับ 20, 30, 40, 50 และ 60 kPa จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า ลิ้นก้นกลับที่ใส่ในระบบช่วยทำให้เกิดการ ปั่นขึ้น เพราะว่า ทำให้เกิดการดูดของเหลวและการส่งไอน้ำเป็นแบบไหลทางเดียวได้ โดยเมื่อแรงกดของสปริงสูงจะมีผลทำให้จุดเดือดและอัตราการระเหยของน้ำภายในท่อสูงขึ้น

คำหลัก: สุญญากาศ, ลิ้นก้นกลับ, จุดเดือด, ปั่น, ไอน้ำ

Abstract

In the present study, the experimental of water boiling in vacuum tube with check valve is presented. The pumping study when the water changes phase. The pipe is fabricated from the copper tube with the outer diameter is 12 mm and containing distilled water 15 cc, include the steel ball check valve with a mass of 5.35 grams and the stainless spring with spring constant 24.5 N/m. Experiment within vacuum tank with constant pressure of 20, 30, 40, 50 and 60 kPa and heat source is 50 Watt electric heater. The study showed that check valve is into the system can made the pump because, it is the one way of suction fluid and discharge steam; the spring force is the cause of higher boiling point and the rate of water evaporation increases.

Keywords: vacuum, check valve, boiling, pumps, steam

1. บทนำ

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การเดือด ของน้ำ ภายใต้ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ มักเป็นลักษณะงาน

ประเภทการออกแบบท่อความร้อน และเครื่องอบแห้ง เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากต้องการให้เกิดการระเหยที่ อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดปกติ ซึ่งมีการพัฒนา และการ

ประยุกต์ใช้ในรูปแบบต่างๆ รวมทั้งการสร้างปั๊มความร้อนขนาดจิ๋ว ดังมีผู้วิจัยที่เกี่ยวกับการเดือด ของน้ำที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศและการพัฒนาปั๊มความร้อน เช่น ธนาพล สุขชนะ [1] ได้ศึกษาทดลอง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองจุดอัมตัวของน้ำที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ, H. K. Ma and et al. [2] ได้ศึกษาพัฒนาและการประยุกต์ใช้ micropump แบบไดอะแฟรมพร้อมกับอุปกรณ์ piezoelectric ซึ่งมีลักษณะการทำงานเป็นปั๊มที่อาศัยหลักการเปลี่ยนสถานะของสารทำงานแล้วเกิดการขยายตัวดันผ่านลิ้นทางออกและเกิดการดูดของเหลวเข้ามาแทนที่, Woo-Suk Seo and et al. [3] ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบสร้างและทดสอบปั๊มแบบ Planar โดยใช้ Electro-Conjugate เป็นสารทำงาน, Uwe Rosendahl and Michael E. Dreyer [4] ออกแบบและ ทดสอบหาประสิทธิภาพของกระแสการไหลผ่านช่องทางเปิดของท่อแคปิลลารี

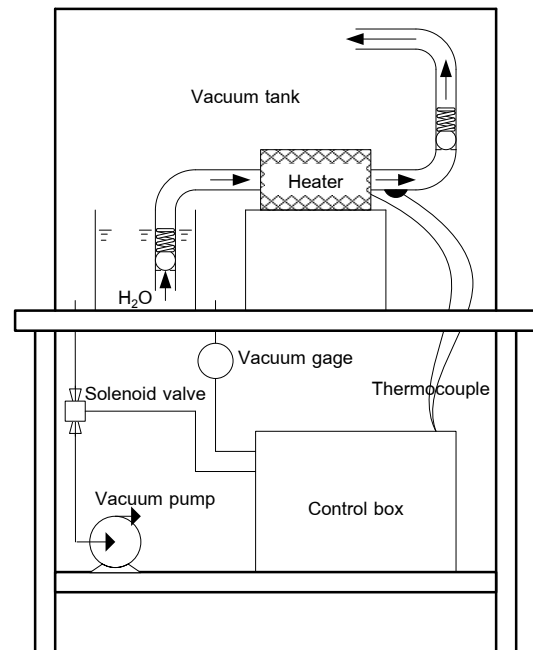
จากผลงานวิจัยพบว่า มีการ ออกแบบสร้างปั๊มขนาดจิ๋วโดยใช้กำลังขับเคลื่อนจากการเปลี่ยนสถานะของสารทำงานภายในห้องปิด การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาแนวทางในการสร้างการไหลภายในท่อ โดยการเปลี่ยนสถานะของน้ำสำหรับกา ปรยุกต์ออกแบบอุปกรณ์ต่อไป

2. อุปกรณ์การทดลอง

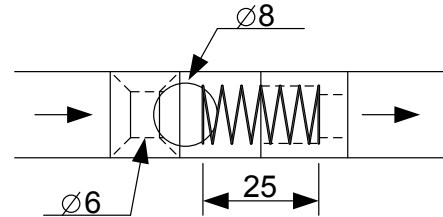
2.1 อุปกรณ์ทดลองและส่วนประกอบ

อุปกรณ์การทดลอง ในรูปที่ 1 ประกอบด้วย ถังสุญญากาศทำจากพลาสติกใสทรงกระบอกสามารถมองเห็นภายในได้, ปั๊มสุญญากาศสำหรับดูดอากาศภายในถังสุญญากาศออก ควบคุมการทำงานด้วยเกจวัดสุญญากาศแบบดิจิตอลโดยการตัดต่อวงจรไฟฟ้าตามความดันที่ตั้งค่าไว้, กล้องวงจรควบคุมการทำงานสำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ , ชุดทดสอบประกอบด้วยถังบรรจุน้ำแบบใส ท่อทองแดงขนาดโตนอก 12 มิลลิเมตร มีลิ้นก้นกลับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 mm และสปริงสแตนเลสมีค่าคงที่เท่ากับ 24.5 N/m ดังรูปที่ 2 ท่อทดสอบสามารถบรรจุ

น้ำได้ 20 ซีซี ให้ความร้อนด้วยฮีทเตอร์ไฟฟ้าขนาด 50 W ต่อท่อหลังจากลิ้นก้นกลับทางออกด้วยท่อพลาสติกชนิดใสให้สามารถสังเกตการเดินทางของไอน้ำได้วัดอุณหภูมิจุดเดือดด้วยเทอร์โมคัปเปิล โดยมีค่าความถูกต้องของเครื่องมือวัดตามตารางที่ 1



รูปที่ 1 ไดอะแกรมอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ 2 ลักษณะการติดตั้งลิ้นก้นกลับ

ตารางที่ 1 ความถูกต้องในการวัดค่าต่างๆ

Instruments	Accuracy	Uncertainty
Vacuum gage (kPa) (SUNX DP-100)	0.1%	± 2.0
Thermocouple type T, Data logger ($^{\circ}\text{C}$)	0.1%	± 0.1
Digital scales (g)	0.003%	0.01-0.1

2.2 การทดลอง

ตั้งความดันเกจวัดสุญญากาศแบบดิจิตอลที่ความดัน 20, 30, 40, 50, และ 60 kPa ในแต่ละการทดลอง, บรรจุน้ำกลั่นในท่อทองแดงจำนวน 15 ซีซี และในถ้วยตวงจำนวน 50 กรัม ปิดฝาครอบถึงสุญญากาศแล้วเปิดสวิตช์ให้ปั๊มสุญญากาศทำงานจนกระทั่งได้ความดันตามที่ต้องการปั๊มสุญญากาศจะหยุดทำงาน จากนั้นเปิดสวิตช์ให้ฮีทเตอร์ไฟฟ้าทำงาน สังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบริเวณที่ให้ความร้อนจนกระทั่งอุณหภูมิคงที่และมีไอน้ำออกท่อเริ่มจับเวลา 300 วินาที จากนั้นนำถ้วยตวงน้ำออกมาชั่งเพื่อตรวจสอบมวลของน้ำที่ระเหยเป็นไอ โดยมีเงื่อนไขในการทดลองคือ 1) แบบมีล้นกันกลับไม่มีสปริงกด 2) แบบมีล้นกันกลับมีสปริงกดด้วยแรง เท่ากับ 49×10^{-3} kN และ 3) แบบมีล้นกันกลับมีสปริงกดด้วยแรง เท่ากับ 98×10^{-3} kN

3. ทฤษฎีและการคำนวณผลการทดลอง

3.1 ปริมาณในการระเหยของน้ำ

$$\dot{Q} = \dot{m} h_{fg} \quad (1)$$

3.2 ความดันภายในท่อเมื่อเกิดการยกวาล์ว

$$\Sigma F = PA \quad (2)$$

3.3 ประสิทธิภาพการระเหยของน้ำ

$$\eta_{evaporation} = \frac{\dot{m}_{vapor}}{\dot{m}_{STD}} \times 100 \quad (3)$$

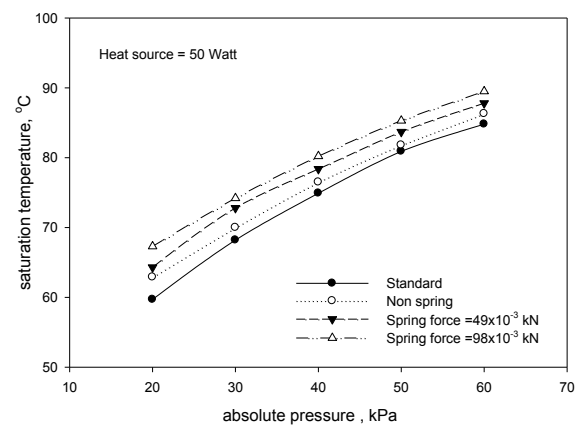
3.4 สมบัติของน้ำที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

จากตารางที่ 2 จะสามารถหาค่าความดันภายในท่อได้จากสมการที่ (2) โดยอาศัยตารางอุณหภูมิอิ่มตัวมาตรฐานซึ่งจะแปรผันโดยตรงกับความดันภายในท่อ

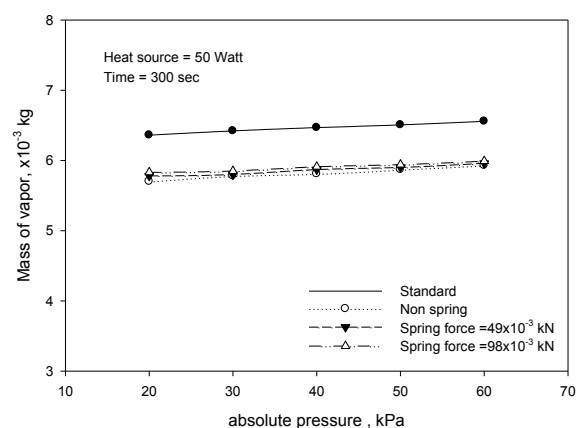
ตารางที่ 2 สมบัติของน้ำที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ

pressure control, kPa	saturation temperature °C	Enthalpy (h_{fg}) kJ/kg
20	60.06	2358.3
25	64.97	2346.3
30	69.10	2336.1
40	75.87	2319.2
50	81.33	2305.4
75	91.78	2278.6

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล



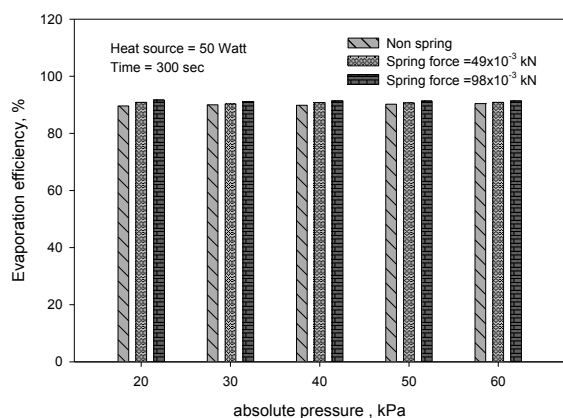
รูปที่ 2 ผลของล้นกันกลับต่อจุดเดือดของน้ำ



รูปที่ 3 ผลของล้นกันกลับต่อการระเหยของน้ำ

จากรูปที่ 2 ผลการทดลองพบว่าเมื่อประกอบล้นกันกลับเข้าในระบบมวลของล้นกันกลับ และแรงกดของสปริงมีผลทำให้จุดเดือดของน้ำสูงขึ้นตามสัดส่วนของความดันที่เกิดขึ้นภายในเพื่อทำให้เกิดแรงที่

สามารถยกขึ้นกันกลับให้เปิดระบายไอน้ำออก และพบว่าจุดเดือดของน้ำเป็นไปตามตารางค่ามาตรฐาน , รูปที่ 3 เป็นผลของลิ้นกันกลับต่อการระเหยของน้ำ ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักของน้ำส่วนที่เหลือภายในถ้วยตวง ซึ่งสามารถคำนวณเปรียบเทียบได้จากสมการที่ (1) และเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานพบว่ามีการระเหยต่ำกว่าค่ามาตรฐาน และเมื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการระเหยด้วยสมการที่ (3) พบว่ามีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันประมาณ 90% ดังรูปที่ 4 และต่างกันเล็กน้อยเมื่อมีแรงกดที่ลิ้นกันกลับสูงขึ้น



รูปที่ 4 ผลของลิ้นกันกลับต่อประสิทธิภาพการระเหย

5. สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

ในการศึกษาทดลองการเดือดของน้ำในท่อสุญญากาศที่มีลิ้นกันกลับพบว่าลิ้นกันกลับมีผลทำให้เกิดการป้อนขึ้นในระบบ โดยที่มวลของลิ้นกันกลับและ แรงกดของสปริงมีผลต่อจุดเดือด ความสามารถในการระเหยของน้ำ จากผลการทดลองที่ได้จะเห็นว่าจุดเดือดของน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความดันที่เกิดขึ้นภายในท่อทดสอบซึ่งความดันภายในท่อทดสอบนั้นเกิดจากมวลของลิ้นกันกลับและแรงกดของสปริง ซึ่งพบว่าประสิทธิภาพการระเหยลดลงเหลือประมาณ 90% แสดงให้เห็นว่ามีการสูญเสียความร้อนขึ้นในระบบประมาณ 10%

6. รายการสัญลักษณ์

6.1 สัญลักษณ์ตัวอักษร

A	พื้นที่ภาคตัด (m ²)
$\dot{m}$	มวลจำเพาะ (kg)
Q	อัตราความร้อน (W)
P	ความดัน (kPa)
ΣF	แรงกดรวม (N)
h	ค่าความร้อนแฝง (kJ/kg)

6.2 สัญลักษณ์ตัวห้อย

fg	การกลายเป็นไอ
evaporation	การระเหย
STD	ค่ามาตรฐาน

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาพล สุขชนะ, (2551). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองจุดอิมตัวของน้ำที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22. 15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.
- [2] H. K. Ma, (2008). Development and application of a diaphragm micro-pump with piezoelectric device. *Microsyst Technol.* Vol.14, pp.1001–1007.
- [3] Woo-Suk Seo, (2007). Design, Fabrication and Experimental Investigation of a Planar Pump Using Electro-Conjugate Fluid. *Journal of Mechanical Science and Technology.* Vol. 21, pp.1320-1327.
- [4] Uwe Rosendahl and Michael E. Dreyer, (2007). Design and performance of an experiment for the investigation of open capillary channel flows. *Exp Fluids.* Vol.42, pp.683–696.