การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัย

Mathematical Model for Predicting the Heat Transfer Characteristics of a Thermal Storage Tank for a Solar Domestic Hot Water Systems

ณัฐภรณ์ จอมแก้ว[1] วิภาวี แต้มดี่ม[1] และวีระ พันอินทร์[1*]
สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ลำปาง 52100

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยโปรแกรม Energy2D เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุ 3 ชนิด คือ อลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส พร้อมทั้งศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง โดยทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อน ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเทียบกับเวลา จากนั้นสร้างแบบจำลองการหุ้มฉนวนของถังเก็บน้ำร้อน 3 ชนิดคือ ฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex ผลการวิจัย พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนเกิดการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้น้ำร้อนที่อยู่ภายในถังเก็บน้ำร้อนเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิ โดยน้ำส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงสุด และเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนลดลงตามระดับชั้นของถังเก็บน้ำร้อน เนื่องจาก ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีค่าการนำความร้อนเท่ากับ 237 W/m·℃, 116 W/m·℃ และ 16.2 W/m·℃ ตามลำดับ โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิด มีอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 37.33℃ ภายหลังเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 36.28 ℃, 36.59 ℃ และ37.18 ℃ ตามลำดับ ส่งผลให้ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลส สามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน ในส่วนของถังเก็บน้ำร้อนหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.037 W/m·℃, 0.038 W/m·℃ และ 0.044 W/m·℃ ตามลำดับ ภายหลังเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 37.43 ℃, 37.41 ℃ และ 37.41 ℃ ตามลำดับ ทำให้ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex สามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน ดังนั้นผู้ที่สนใจสามารถเลือกนำเอาวัสดุ ส แตนเลสและฉนวน Aeroflex ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมาใช้ในการผลิตถังเก็บน้ำร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยได้

คำสำคัญ ถังเก็บน้ำร้อน ฉนวนเก็บความร้อน ลักษณะทางกายภาพ การถ่ายเทความร้อน

* Corresponding author: Tel.: 083-6319995. E-mail address weerapunin@lpru.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยในปัจจุบัน ได้ให้ความสำคัญกับพลังงานทดแทนเป็นอย่างมาก หนึ่งในนั้นคือ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งได้ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะด้านการประหยัดพลังงานหรือทดแทนการใช้พลังงานหลัก เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในปัจจุบันยังมีต้นทุนที่สูง แต่ด้วยต้นทุนด้านพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นศูนย์ จึงมีข้อได้เปรียบกว่าแหล่งพลังงานอื่น ๆ ทำให้เป็นที่นิยม และมีความคุ้มค่าในการใช้งานระยะยาว

ปัจจุบันคนไทยมีพฤติกรรมการอาบน้ำอุ่นในชีวิตประจำวัน ไม่เพียงแต่ในฤดูหนาวเท่านั้น แต่จะนิยมใช้น้ำอุ่นสำหรับการอาบน้ำในทุก ๆ ฤดูกาล รวมถึงพฤติกรรมการอาบน้ำ ก็จะใช้เวลาในการอาบน้ำที่ยาวนานขึ้น จากผลงานวิจัยของ Yuko Kawahara และคณะ (2005) [1] ได้ศึกษาผลการตอบสนองของร่างกายมนุษย์ต่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้อาบ พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการอาบน้ำจะอยู่ที่อุณหภูมิ 39 ℃ ณ อุณหภูมิห้อง 25 ℃ ซึ่งจะทำให้ผู้อาบเกิดความรู้สึกผ่อนคลาย กระตุ้นการไหลเวียนของระบบเลือด ลดสิ่งอุดตันบนรูขุมขนได้อีกด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแทบทุกครัวเรือนของประเทศไทยจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่น เพื่อตอบสนองกับความต้องการข้างต้นเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม

การติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นโดยทั่วไปเป็นการติดตั้งแบบใช้พลังงานไฟฟ้า ส่งผลทำให้มีค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าสูงขึ้นเป็นจำนวนมาก โดยอุปกรณ์เครื่องทำน้ำอุ่นจัดอยู่ในประเภทเครื่องใช้ไฟฟ้าที่กินไฟสูง มีกำลังไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 900–4,800W [2]

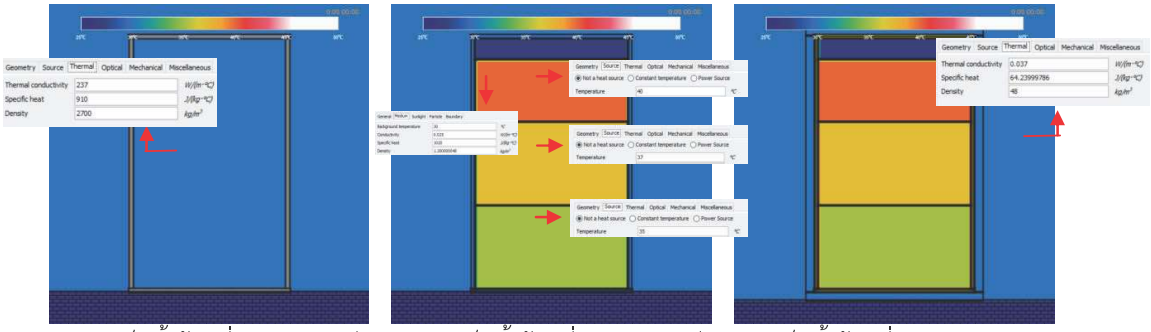
ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถผลิตน้ำร้อนเพื่อมาตอบสนองความต้องการในการอาบน้ำอุ่น ซึ่งระบบนี้จะมีแผงโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่รับพลังงานความร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แต่เมื่อแผงโซลาร์เซลล์มีความร้อนสะสมอยู่ใต้แผงมาก จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าต่ำลง ดังนั้นจึงมีการนำเอาความร้อนสะสมใต้แผงมาใช้ประโยชน์ในการผลิตน้ำร้อนก็จะได้น้ำอุ่นไว้ใช้อาบเป็นการใช้พลังงานความร้อนอย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด จากผลงานวิจัยของ Kemal Comakli และคณะ (2012) [3] ที่ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดถังเก็บน้ำร้อนในระบบพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่าถังเก็บน้ำร้อนจะทำหน้าที่เก็บพลังงานความร้อนในรูปแบบของน้ำร้อนในเวลากลางวัน แต่จะถ่ายเทความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมในเวลากลางคืน เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Jose Fer handez-Seara และคณะ (2010) [4] ได้ทำการศึกษาการถ่ายเทความร้อนตามธรรมชาติแบบชั่วขณะจากถังเก็บน้ำร้อนรูปทรงกระบอกแนวตั้ง พบว่าน้ำร้อนจะเกิดการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังของถังเก็บน้ำร้อนไปยังสิ่งแวดล้อมโดยรอบทำให้อุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเกิดการสูญเสียความร้อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cynthia A. Cruickshank และคณะ (2010) [5] ได้ศึกษาการการลดความร้อนของถังเก็บน้ำร้อน ได้ทำการวัดอุณหภูมิของน้ำเทียบกับเวลา โดยพบว่าน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเกิดการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้น้ำร้อนที่อยู่ภายในถังเก็บน้ำร้อนเกิดการแยกชั้นของอุณหภูมิ โดยน้ำชั้นบนสุดของถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูงสุด และภายในถังเก็บน้ำร้อนอุณหภูมิจะลดลงตามระดับชั้นของถังเมื่อเวลาผ่านไป จากการศึกษาข้อมูลจะเห็นว่ายังขาดข้อมูลในส่วนของการศึกษาวัสดุที่ใช้ในการผลิตถังเก็บน้ำร้อนที่มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูง สามารถเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ตามความต้องการ

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับบ้านพักอาศัย ด้วยโปรแกรม Energy2D ซึ่งทำการออกแบบถังเก็บน้ำร้อนขนาด 160 ลิตร เป็นขนาดที่เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำอุ่นสำหรับบ้านพักอาศัยหนึ่งครัวเรือน โดยถังเก็บน้ำร้อนที่ทำการศึกษาถูกสร้างมาจากวัสดุ 3 ชนิดคือ อลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส จากนั้นวิเคราะห์ลักษณะกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อน ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิดเทียบกับเวลา จากนั้นสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหุ้มฉนวนของถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิด และเปรียบเทียบผลการทดลอง

เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ตัดสินใจในการเลือกวัสดุผลิตถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนานขึ้น อีกทั้งยังตอบสนองต่อความต้องการในการใช้น้ำอุ่นในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้โปรแกรม Energy2D ในการจำลองการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำ ร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเริ่มจากการศึกษาหาข้อมูล ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบ จำลองถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



(ก) ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากอลูมิเนียม (ข) ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากสังกะสี (ค) ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากสแตนเลส

ภาพที่ 1 การออกแบบถังเก็บน้ำร้อนด้วยโปรแกรม Energy2D

1. ออกแบบถังเก็บน้ำร้อนขนาด 160 ลิตร ซึ่งมีขนาดความสูง เท่ากับ 0.80 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 0.50 เมตร ที่ทำจากวัสดุ 3 ชนิด คือ อลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส ดังภาพ (ก)

2. กำหนดค่าพารามิเตอร์ของวัสดุสำหรับผลิตถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิด [6-8] ประกอบด้วย ค่าการนำความร้อนของวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส 237 W/m °C, 116 W/m °C และ16.2 W/m °C ตามลำดับ ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส 897 J/kg °C, 388 J/kg °C และ500 J/kg °C ตามลำดับ และค่าความหนาแน่นของวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส 2.70 kg/m³, 7.14 kg/m³ และ 8.00 kg/m³ ตามลำดับ ดังภาพ (ก)

***หมายเหตุ** ค่าพารามิเตอร์ของวัสดุทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย ค่าการนำความร้อน ค่าความร้อนจำเพาะ และค่าความหนานแน่น อ้างอิงจากสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการศึกษาจริง

3. กำหนดค่าอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย น้ำส่วนบนมีอุณหภูมิ 40 °C น้ำส่วนกลางมีอุณหภูมิ 37 °C และน้ำส่วนล่างมีอุณหภูมิ 35 °C พร้อมกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 30 °C ดังภาพ (ข)

***หมายเหตุ** ค่าอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ระดับ อ้างอิงจากการวัดอุณหภูมิของถังจริง

4. วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนและความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิดเทียบกับเวลา

5. จากนั้นสร้างแบบจำลองถังเก็บน้ำร้อนหุ้มฉนวน 3 ชนิด [9-11] คือ ฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และ ฉนวน K-flex ประกอบด้วย ค่าการนำความร้อนของฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex 0.037 W/m, °C 0.038 W/m °C และ 0.044 W/m °C ตามลำดับ ค่าความร้อนจำเพาะของฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex 64.24 J/kg °C, 65.93 J/kg °C และ 56.41 J/kg °C ตามลำดับ และค่าความหนาแน่นของฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex 48 kg/m, 48 kg/m³ และ 65 kg/m³ ตามลำดับ ดังภาพ (ค)

***หมายเหตุ** ค่าพารามิเตอร์ของฉนวนเก็บความร้อนทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย ค่าการนำความร้อน ค่าความร้อนจำเพาะ และค่าความหนานแน่น อ้างอิงจากสมบัติของฉนวนเก็บความร้อนที่ใช้ในการศึกษาจริง

6. ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิด หุ้มฉนวนทั้ง 3 ชนิด และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิดหุ้มฉนวนทั้ง 3 ชนิดเทียบกับเวลา

7. นำข้อมูลการวิเคราะห์จากข้อ 6 มาเปรียบเทียบผลของลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนหุ้มฉนวน และผลความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนหุ้มฉนวนเทียบกับเวลา

8. จากนั้นทำการเลือกถังเก็บน้ำร้อนที่สามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน

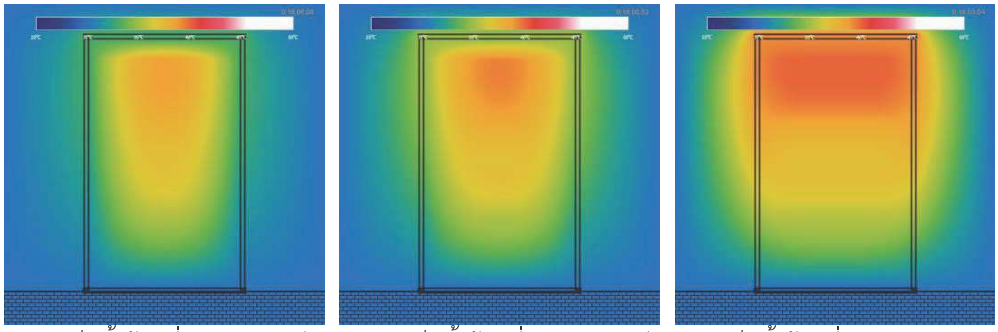
9. สรุปและรายงานผลงานวิจัย

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อศึกษาลักษณะการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ได้ทำการจำลองการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุ 3 ชนิด คือ อลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส ด้วยโปรแกรม Energy2D โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวัสดุสำหรับผลิตถังเก็บน้ำร้อน พร้อมทั้งศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง และทำการสร้างแบบจำลองการหุ้มฉนวนของถังเก็บน้ำร้อน 3 ชนิดคือ ฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ของฉนวนเก็บความร้อน จากนั้นทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิดหุ้มฉนวนทั้ง 3 ชนิด และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิดหุ้มฉนวนทั้ง 3 ชนิดเทียบกับเวลา พร้อมทั้งนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาเปรียบเทียบผลจากการจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผลการศึกษาแสดงดังนี้

1.ผลของลักษณะทางกายภาพการถ่ายเทความร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส ด้วยโปรแกรม Energy2D ผลการวิจัยแสดงดังนี้



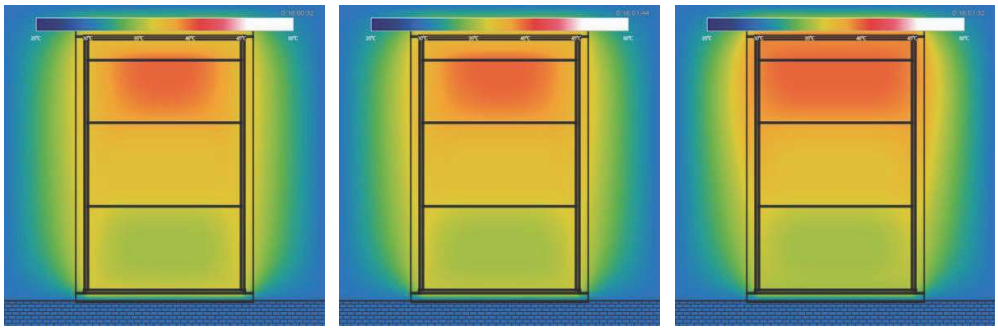
(ก) ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากอลูมิเนียม (ข) ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากสังกะสี (ค) ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากสแตนเลส

ภาพที่ 2 การถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส ในช่วงเวลา 16.00 น. – 09.00 น.

จากภาพที่ 2 พบว่า ลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อน เมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนเกิดการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้น้ำร้อนที่อยู่ภายในถังเก็บน้ำร้อนเกิดการแบ่งชั้น

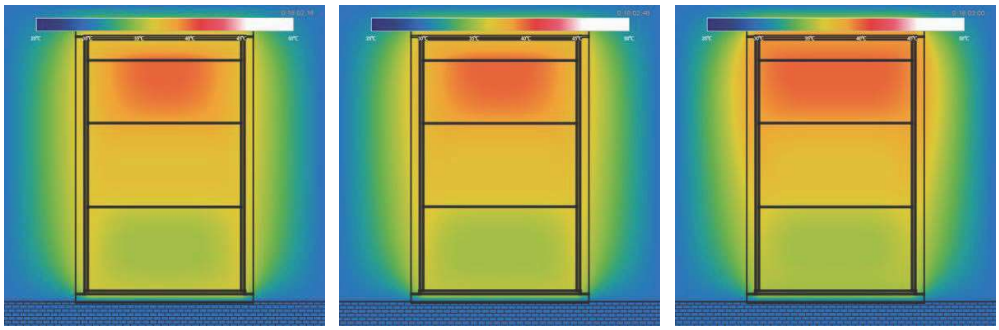
ของอุณหภูมิ โดยน้ำส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูง โดยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูง มีความหนาแน่นต่ำ น้ำร้อนจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่บริเวณส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อน และน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ มีความหนาแน่นสูง น้ำร้อนจะเคลื่อนที่ลงสู่บริเวณส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อน และเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนลดลงตามระดับชั้นของถังเก็บน้ำร้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการถ่ายเทความร้อนของธรรมชาติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการบรรจุน้ำร้อน เนื่องจากถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 237 W/m·℃, 116 W/m·℃ และ 16.2 W/m·℃ ตามลำดับ ภายหลังเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 36.28 ℃, 36.59 ℃ และ 37.18 ℃ ตามลำดับ ส่งผลให้ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลส สามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส หุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex ด้วยโปรแกรม Energy2D ผลการวิจัยแสดงดังนี้

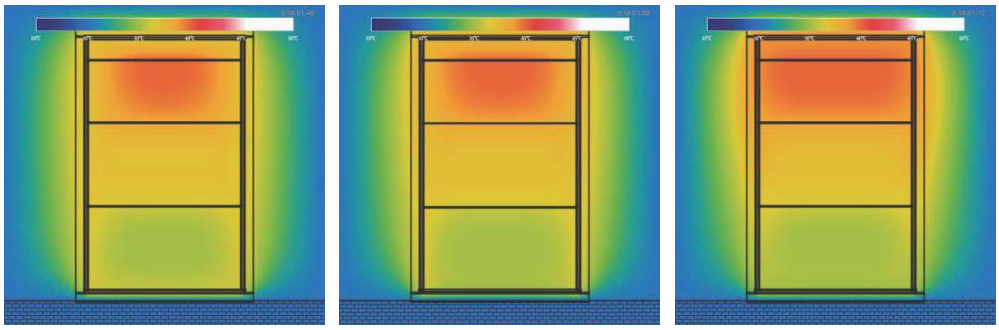


(ก) Aeroflex(Al) (ข) Maxflex(Al) (ค) K - flex(Al)

ภาพที่ 3 การถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส หุ้มด้วยฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex ในช่วงเวลา 16.00 น. – 09.00 น.



(ง) Aeroflex(Zn) (จ) Maxflex(Zn) (ฉ) K - flex(Zn)



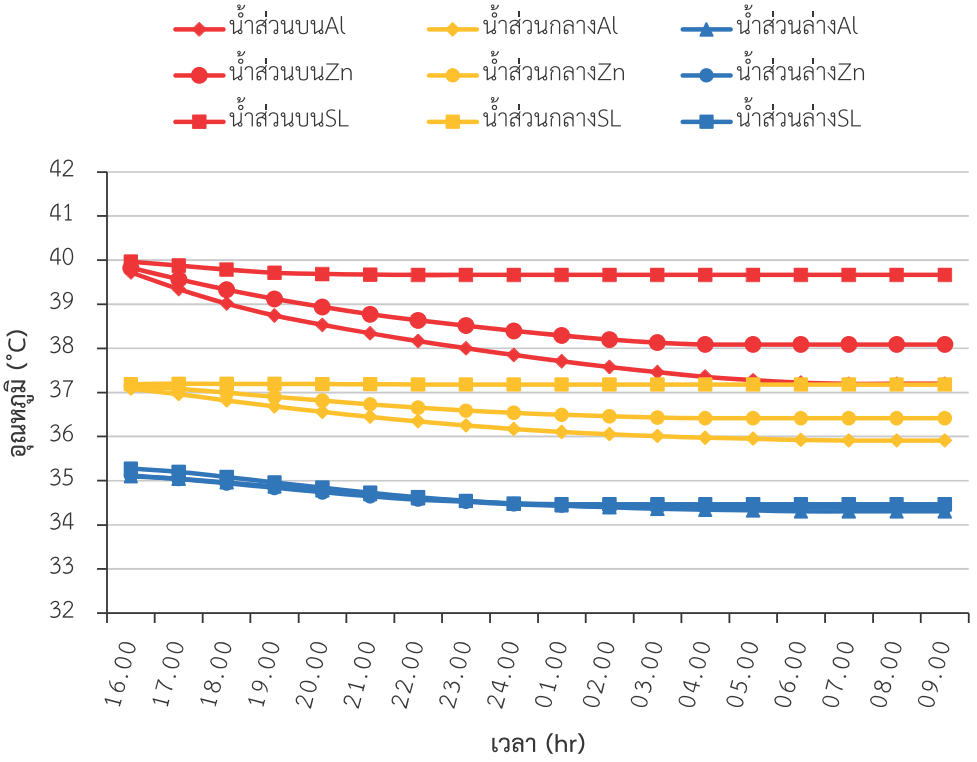
(ช) Aeroflex(SL) (ซ) Maxflex(SL) (ฌ) K - flex(SL)

ภาพที่ 4 การถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส

หุ้มด้วยฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex ในช่วงเวลา 16.00 น. – 09.00 น. จากภาพที่ 4 พบว่า ลักษณะทางกายภาพและการถ่ายเทความร้อนของอุณหภูมิน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อน เมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนเกิดการสูญเสียความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้น้ำร้อนที่อยู่ภายในถังเก็บน้ำร้อนเกิดการแบ่งชั้นของอุณหภูมิ โดยน้ำส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิสูง โดยน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูง มีความหนาแน่นต่ำ น้ำร้อนจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่บริเวณส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อน และน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำ มีความหนาแน่นสูง น้ำร้อนจะเคลื่อนที่ลงสู่บริเวณส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อน และเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของน้ำร้อนภายในถังเก็บน้ำร้อนลดลงตามระดับชั้นของถังเก็บน้ำร้อนซึ่งเป็นไปตามกฎการถ่ายเทความร้อนของธรรมชาติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าการนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ในการบรรจุน้ำร้อนและฉนวนเก็บความร้อน เนื่องจากฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.037 W/m·°C, 0.038 W/m·°C และ 0.044 W/m·°C ตามลำดับ ภายหลังเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 37.14 °C, 37.10 °C และ 37.11 °C ตามลำดับ ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 37.19 °C, 37.17 °C และ 37.17 °C ตามลำดับ และถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 37.43 °C, 37.41 °C และ 37.41 °C ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex สามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน

2.ผลของศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง

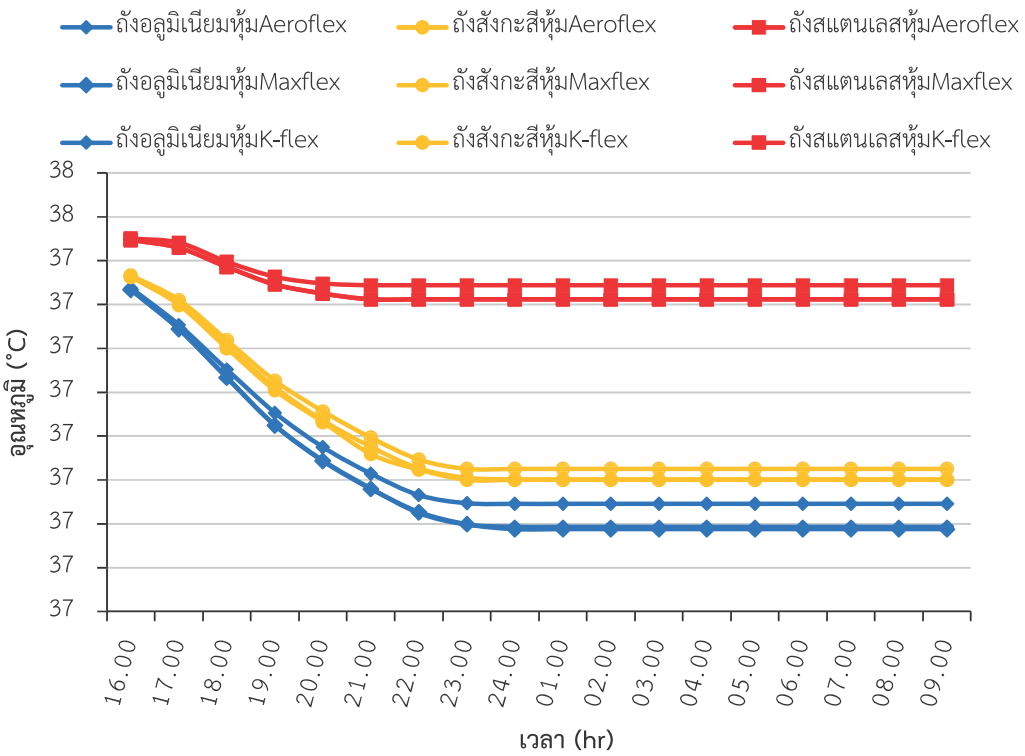
จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ของถังเก็บน้ำร้อน ผลการวิจัยแสดงดังนี้



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส เทียบกับเวลาในช่วง 16.00 น. – 09.00 น.

จากภาพที่ 5 พบว่า ผลความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนบน ส่วนกลาง และส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิด มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40 °C, 37 °C และ 35 °C ตามลำดับ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิ 38 °C, 38.57 °C และ 39.70°C ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนกลางของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิ 36.29°C, 36.63 °C และ 37.18 °C ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และ สแตนเลส มีอุณหภูมิ 34.56°C, 34.58 °C และ 34.66 °C ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ภายหลังเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 2.00 °C, 1.43 °C และ 0.30 °C ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 5, 3.6 และ 0.75 ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนกลางของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.71 °C, 0.37 °C และ 0.18 °C คิดเป็นร้อยละ 1.90, 1.00 และ 0.48 ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และ สแตนเลส มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.44 °C, 0.42 °C และ 0.34 °C คิดเป็นร้อยละ 1.26, 1.20 และ 0.97 ตามลำดับ ตามลำดับ ดังนั้นถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสที่มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุด จึงสามารถรักษา อุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน

จากการศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมงของถังเก็บน้ำร้อนทั้ง 3 ชนิด หุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex ผลการวิจัยแสดงดังนี้



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส หุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex เทียบกับเวลาในช่วง 16.00 น. – 09.00 น.

จากภาพที่ 6 พบว่า ผลความแตกต่างของอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส หุ้มด้วยฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 37.33 °C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิ 37.14 °C, 37.10 °C และ 37.11 °C ตามลำดับ จะได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิ 37.19 °C, 37.17 °C และ 37.17 °C ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มด้วยฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุ สแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิ 37.43 °C, 37.41 และ 37.41 °C ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มด้วยฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิสูงสุด เมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.1 °C ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.14 °C และถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.19 °C เนื่องจากฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.037 W/m·°C, 0.038 W/m·°C และ 0.044 W/m·°C ตามลำดับ ดังนั้นถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex ที่มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุดจึงสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 40 °C, 37 °C และ 35 °C ตามลำดับ พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิ 38 °C, 38.57 °C และ 39.70°C ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนกลางของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิ 36.29°C, 36.63 °C และ 37.18 °C ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และ สแตนเลส มีอุณหภูมิ 34.56°C, 34.58 °C และ 34.66 °C ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ภายหลังเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนบนของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 2.00 °C, 1.43 °C และ 0.30 °C ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 5, 3.6 และ 0.75 ตามลำดับ อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนกลางของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.71 °C, 0.37 °C และ 0.18 °C คิดเป็นร้อยละ 1.90, 1.00 และ 0.48 ตามลำดับ และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนส่วนล่างของถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.44 °C, 0.42 °C และ 0.34 °C คิดเป็นร้อยละ 1.26, 1.20 และ 0.97 ตามลำดับ ตามลำดับ เนื่องจากถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส มีค่าการนำความร้อน 237 W/m·°C, 116 W/m·°C และ 16.2 W/m·°C ตามลำดับ ดังนั้นถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสที่มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุด ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิที่สูงกว่าถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสังกะสี และอลูมิเนียม จึงสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน

ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียม สังกะสี และสแตนเลส หุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มต้นที่ 37.33 °C อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิ 37.14 °C, 37.10 °C และ 37.11 °C ตามลำดับ จะได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิ 37.19 °C, 37.17 °C และ 37.17 °C ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยภายในถังเก็บน้ำร้อนทำจากวัสดุ

สแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีอุณหภูมิ 37.43 ℃, 37.41 และ 37.41 ℃ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิสูงสุด เมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุอลูมิเนียมหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.19 ℃ คิดเป็นร้อยละ 0.51 ถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสังกะสีหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.14 ℃ คิดเป็นร้อยละ 0.38 และถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex มีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 0.1 ℃ คิดเป็นร้อยละ 0.27 เนื่องจากฉนวน Aeroflex ฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex มีค่าการนำความร้อน เท่ากับ 0.037 W/m·℃, 0.038 W/m·℃ และ 0.044 W/m·℃ ตามลำดับ ดังนั้นถังเก็บน้ำร้อนที่ทำจากวัสดุสแตนเลสหุ้มฉนวน Aeroflex ที่มีค่าการนำความร้อนน้อยที่สุด ส่งผลให้อุณหภูมิภายในถังเก็บน้ำร้อนมีอุณหภูมิที่สูงกว่าถังเก็บน้ำร้อนที่หุ้มฉนวน Maxflex และฉนวน K-flex จึงสามารถรักษาอุณหภูมิของน้ำภายในถังเก็บน้ำร้อนได้ยาวนาน ดังนั้น ผู้ที่สนใจสามารถเลือกนำเอาวัสดุสแตนเลสและฉนวน Aeroflex ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมาใช้ในการผลิตถังเก็บน้ำร้อนสำหรับบ้านพักอาศัยได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณสาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยฉบับนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] YukoKawahara, MayumiNagata, YukiNiimi, ChihiroMiwa, SatoshiIwase. (2005). **Effects of bath water and bathroom temperatures on human thermoregulatory function and thermal perception during half-body bathing in winter**. Accessed May 9, 2019. Available from:URL:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572347X05800291?via%3Dihub.

[2] กองพัฒนาระบบไฟฟ้า. **ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า**. สืบค้นเมื่อ 1 พฤษภาคม 2562. จาก : https://www.pea.co.th/ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า/ArtMID/606/ArticleID/852.

[3] KemalÇomaklı, UğurÇakır, MehmetKaya, KadirBakirci. (2012). **The relation of collector and storage tank size in solar heating systems**. Accessed February 2, 2019. Available from: URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890412001112.

[4] José Fernández-Seara, Francisco J, UhíaJ.Alberto Dopazo. (2011). **Experimental transient natural convection heat transfer from a vertical cylindrical tank**. Accessed February 2, 2019. Available from: URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431111001190.

[5] Cynthia A. Cruickshank, Stephen J. Harrison (2010). **Heat loss characteristics for a typical solar domestic hot water storage**. Accessed March 3, 2019. Available from: URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778810001544.

[7] efunda. (2019). **Element Information: Zinc.** Accessed October 14, 2019. Available from: URL: https://www.efunda.com/materials/elements/element_info.cfm?Element_ID=Zn

[8] ASM Aerospace Specification Metals In. (2019). **AISI Type 304 Stainless Steel**. Accessed October 14, 2019. Available from: URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/

S0378778810001544.

[9] AEROFLEX. (2019). **AEROFLEX METRIC 8P.pdf.** Accessed October 14, 2019. Available from: URL: http://www.aeroflex.co.th/Portals/1/products/AEROFLEX%20METRIC%208P.pdf

[10] MAXFLEX. (2019). **Maxflex Standard**. Accessed October 14, 2019. Available from: URL: http://www.maxflexinsulation.com/product_SD_spec.php

[11] K-FLEX. (2019).**K-FLEX**. Accessed October 14, 2019. Available from: URL: http://www.kflex.com/CATALOG/ENGLISH-CATALOG.pdf