



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การกระจายตัวอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณ

Temperature Distribution of the Transmitter Wall

โดย

นายวสิน ขุนไกรวงษ์ 5604100011

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา สหกิจศึกษา

ภาควิชาเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2559

หัวข้อโครงการสหกิจศึกษา การกระจายตัวอุณหภูมิของผนังตัวรับส่งสัญญาณ
Temperature Distribution of the Transmitter Wall

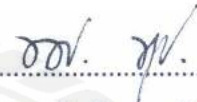
รายชื่อผู้จัดทำ นายวสิน ขุนไกรวงษ์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2559

คณะกรรมการการสอบโครงการ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย)

.....พนักงานที่ปรึกษา
(นายประพัฒน์ พุนชะโร)

.....กรรมการกลาง
(อาจารย์ ชาณิดา พิทยานนท์)

.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสหกิจศึกษา
(ผศ.ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์)

ชื่อโครงการ	: การกระจายตัวอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณ
ชื่อนักศึกษา	: นาย วสิน ขุนไกรวงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย
ระดับการศึกษา	: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
คณะ	: วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา	: 2/2559

บทคัดย่อ

รายงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณ ระหว่างผนังปกติที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมกับผนังที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการช่วยคำนวณ ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในการทำผนังตู้รับส่งสัญญาณได้ และมีการไหลผ่านความร้อนที่น้อยกว่าเพราะค่าการนำความร้อนของโพลีสไตรีนโฟมมีค่าที่น้อยกว่าโพลียูรีเทนโฟม จึงทำให้มีการกระจายตัวของอุณหภูมิน้อยกว่า ทำให้ความร้อนไหลผ่านผนังได้น้อยกว่าผนังที่ใช้ผนังปกติที่ใช้โฟมโพลียูรีเทนเพียงอย่างเดียว ประโยชน์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อลดต้นทุนในการผลิตผนังตู้รับส่งสัญญาณ เพราะมีส่วนที่ใช้โพลีสไตรีนโฟมมีราคาที่ถูกกว่าโพลียูรีเทนโฟม สามารถนำแนวทางที่ได้ศึกษามาเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน และสามารถใช้อุปกรณ์ในกระบวนการผลิตซ้ำ ให้ใช้เวลาที่น้อยลง

คำสำคัญ : การนำความร้อน/วัสดุ/อุณหภูมิ

Project Title : Temperature Distribution of the Transmitter Wall
By : Wasin Khunkrai Wong
Advisor : Dr. Chanchai Wiroonritichai
Degree : Bachelor of Engineering
Major : Mechanical Engineering
Faculty : Engineering
Semester / Academic Year : 2/2016

Abstract

This report was to study the characteristics of the temperature of the wall of the cabinet. Normal walls use polyurethane foam. Walls with polyurethane foam in combination with polystyrene foam have a wall thickness of 41 mm, and consist of 3 layer: first layer, galvanized steel, thickness 0.5 mm; second layer, foam 40 mm; third layer steel bond; 0.5 millimeter. The simulation results were used to analyze the temperature changes by setting the external weather conditions to 40⁰c, and inserting the thermal conductivity of the materials in each layer. The temperature of the steel surface was measured from the 60⁰c thermometer due to the surface being heated. Therefore, the convection of heat into the atmosphere by using the steady-state value was 5 watts per square meter. By inserting these variables into the program to help calculate the temperature distribution, the results showed that polyurethane foam can be used in combination with polystyrene foam to make the panel wall, and it has lower heat flow because of lower thermal conductivity. Therefore, the temperature distribution was lower and made the heat flow through the wall less than the normal wall using polyurethane foam alone. The price of polystyrene foam is cheap, and this reduced the cost of producing the transmitter wall.

Keywords : thermal conductivity / materials / temperature

Approved by


กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ณ บริษัทไทยเล็ง จำกัด (มหาชน) ตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม พ.ศ.2560 ถึง วันที่ 28 เมษายน พ.ศ.2560 เป็นผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้ ประสบการณ์ต่างๆที่มีค่ามากมายสำหรับรายงานสหกิจฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากความร่วมมือ และสนับสนุนจากหลายฝ่ายดังนี้ คุณ ประพัฒน์ พุนชะโร ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน และบุคคลอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและช่วยให้คำแนะนำในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลและสอนให้ความเข้าใจกับ ชีวิตของการทำงานแท้จริงซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นายวสิน ขุนไกรวงษ์

21 เมษายน 2560



สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน (Principle of Heat Transfer)	3
2.2 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)	4
2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)	7
2.4 การพาความร้อน (Convection)	7
2.4.1 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural or Free Convection)	8
2.4.2 การพาโดยการบังคับ (Forced Convection)	8
2.5 การพาความร้อนภายนอก (External Convection Heat Transfer)	8
2.6 กฎของฟูเรียร์	8
2.7 วิธีการศึกษา	9
2.7.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	9
2.7.2 แบบจำลองและชนิดของเอลิเมนต์	12
2.7.3 การประมวลผล (Simulation)	12
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	15
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	15
3.2 ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร	15
3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร	15
3.4 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	15
3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	15
3.6 ระยะเวลาในการปฏิบัติงาน	15
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	15
3.7.1 รวบรวมข้อมูลความต้องการและศึกษาข้อมูลของโครงการ	15
3.7.2 วิเคราะห์ระบบงาน	16
3.7.3. การหาความร้อนผ่านผนังตู้รับส่งสัญญาณ	18
3.7.3.1 การศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ	18
ของแผ่นโพลียูรีเทนโฟม	
3.7.3.2 การศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิ	19
ของแผ่นโพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม	
3.7.4 จัดทำเอกสารเสนอพนักงานที่ปรึกษา	20
3.7.5 ปรับปรุงระบบ	20
3.7.6 จัดทำเอกสารโครงการงาน	20
3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	21
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงการงาน	22
4.1 ศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นโพลียูรีเทนโฟม	22
4.1.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้	22
โพลียูรีเทนโฟมต่อหน่วยของเวลา	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้ โพลียูรีเทนโฟมในสภาวะสมำเสมอ	25
4.1.3 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้ โพลียูรีเทนโฟม	27
4.2 ศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นโพลียูรีเทนโฟม ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม	28
4.2.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้ โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมต่อหน่วยของเวลา	29
4.2.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้ โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสภาวะสมำเสมอ	33
4.2.3 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้ โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม	35
4.3 สรุปผลการเปรียบเทียบการกระจายตัวของอุณหภูมิ	36
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผลโครงการ	37
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	37
5.4 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา	37

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการนำความร้อนของสารบางชนิด	5
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลบางชนิด	7
ตารางที่ 3.1 ราคาของวัสดุที่นำมาประกอบผนังผู้รับส่งสัญญาณ	18
ตารางที่ 3.2 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการ	20



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 รูปแบบการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นโดยการนำ การพา และการแผ่รังสี	3
รูปที่ 2.2 การนำความร้อนแบบมีตัวกลางผ่านผนังหลายชั้น ต่อแบบอนุกรม	6
รูปที่ 3.1 ภาพสัญลักษณ์บริษัท อุ้ไทเส็ง จำกัด (มหาชน)	15
รูปที่ 3.2 แบบภาพตู้รับส่งสัญญาณ ขนาด 4 เมตร x 8 เมตร	16
รูปที่ 3.3 ภาพตู้รับส่งสัญญาณ ขนาด 4 เมตร x 8 เมตร	16
รูปที่ 3.4 เหล็กชุบสังกะสี	17
รูปที่ 3.5 โพลีสไตรีน โฟม (PS)	17
รูปที่ 3.6 โพลียูรีเทน โฟม(PU)	17
รูปที่ 3.7 เหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์	17
รูปที่ 3.8 ผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทน โฟม	18
รูปที่ 3.9 ภาพประกอบการใส่ค่าของวัสดุของผนังก่อนทำแบบจำลอง	19
รูปที่ 3.10 ผนังตู้รับส่งสัญญาณที่แผ่นโพลียูรีเทน โฟมร่วมกับโพลีสไตรีน โฟม	19
รูปที่ 3.11 ภาพประกอบการใส่ค่าของวัสดุของผนังก่อนทำแบบจำลอง	20
รูปที่ 4.1 ผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทน โฟม	22
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทน โฟม ในสถานะไม่สม่ำเสมอ	22
รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณในสถานะไม่สม่ำเสมอ ที่ใช้โพลียูรีเทน โฟมต่อหน่วยของเวลา	23
รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสี	23
รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสีกับ โฟมโพลียูรีเทน	24
รูปที่ 4.6 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวโพลียูรีเทนกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์	24
รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวพื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์	25
รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทน โฟม ในสถานะสม่ำเสมอ	25

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.9 กราฟการกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม ในสถานะสม่ำเสมอ	26
รูปที่ 4.10 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม	27
รูปที่ 4.11 ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม	28
รูปที่ 4.12 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมที่ใช้ ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสถานะไม่สม่ำเสมอ	28
รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณในสถานะไม่สม่ำเสมอ ที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมต่อหน่วยของเวลา	29
รูปที่ 4.14 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสี	30
รูปที่ 4.15 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟม	30
รูปที่ 4.16 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวโฟมโพลียูรีเทนกับโฟมโพลีสไตรีน	31
รูปที่ 4.17 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวโพลีสไตรีนโฟมกับโพลียูรีเทนโฟม	31
รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของอุณหภูมิโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์	32
รูปที่ 4.19 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวพื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์	32
รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสถานะสม่ำเสมอ	33
รูปที่ 4.21 กราฟการกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม ที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสถานะสม่ำเสมอ	34
รูปที่ 4.22 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม ที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม	35

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในโลกปัจจุบันพลังงานความร้อนได้เข้ามามีบทบาทและเพิ่มความสำคัญในชีวิตเรามากกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ซึ่งทำให้ความต้องการด้านพลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความต้องการพลังงาน ที่เพิ่มขึ้นไม่สอดคล้องกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตพลังงาน เช่น น้ำมัน ถ่านหิน ที่มีปริมาณน้อยลง และมีราคาแพง จึงได้ มีการนำพลังงานจากแหล่งอื่นๆ มาใช้แทน ซึ่งก็จะออกมาในรูปของพลังงานความร้อนแทบทั้งสิ้น ขบวนการถ่ายเทความร้อน นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในงานวิศวกรรม โดยเฉพาะวิศวกรเครื่องกล ต้องเผชิญกับปัญหาการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด เพราะต้องเกี่ยวข้องกับการใช้ความร้อนในการผลิต พลังงานของเครื่องจักรกลต่างๆ

การถ่ายเทความร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้น เมื่ออุณหภูมิระหว่างตำแหน่งสองตำแหน่งมีค่าแตกต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูง ไปที่มีอุณหภูมิต่ำเสมอ ดังตัวอย่างในชีวิตประจำวันที่เราพบเห็น เช่น เมื่อเราเอามือเราไปจับน้ำแข็งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่ามือเรารู้สึกเย็น เราจะรู้สึกเย็น ที่เป็นเช่นนี้เพราะร่างกายสูญเสียความร้อนไปให้น้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าทำให้เรารู้สึกเย็น สำหรับงานด้าน โลหะวิทยา มีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านการถ่ายเทความร้อนอย่างกว้างขวาง เพราะกระบวนการทางโลหะ วิชาล้วนแล้วแต่อาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลหะที่เข้าสู่กระบวนการ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิของโลหะเปลี่ยนไปถึงจุดวิกฤตค่าหนึ่งจะทำให้เฟสในเนื้อโลหะเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติ หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงเฟส โดยการเปลี่ยนแปลงเฟสเป็นได้ทั้งการเปลี่ยนแปลงจากสภาพเฟสที่เป็นของแข็งเฟส หนึ่งไปเป็นของแข็งอีกเฟสหนึ่ง

บริษัท อู่ไทยเส็ง ทำงานเกี่ยวกับ ผู้รับส่งสัญญาณต่างๆ ซึ่งภายในมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีราคาสูง และทนต่อความร้อนต่ำ จึงจำเป็นจะต้องนำความร้อนออกจากผู้รับส่งสัญญาณโดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อทำให้อุณหภูมิภายในตู้คงที่ และยังต้องเลือกวัสดุที่ใช้ในการทำผนังต้องเป็นฉนวนกันความร้อนให้ความร้อนไหลผ่านเข้าตู้ได้น้อยที่สุด เพื่อยืดอายุการใช้งานให้กับอุปกรณ์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคน้ำมันของแผ่นโฟมโพลียูรีเทน(Polyurethane Foam)

1.2.2 ศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอนุภาคน้ำมันของแผ่นโฟมโพลียูรีเทนที่ใช้ร่วมกับโฟมโพลีสไตรีน(Polystyrene Foam)

1.3 ขอบเขตของโครงการ

รายงานเล่มนี้เป็นการเปรียบเทียบคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อน โดย ทำการศึกษาโดยการกระจายตัวของอนุภาคน้ำมัน โดยพิจารณาการไหลของอากาศระหว่างโพลียูรีเทนโฟมกับโพลีสไตรีนโฟม ด้วยผลจากการจำลองโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 สามารถนำแนวทางจากการศึกษามาใช้เพื่อช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิต

1.4.2 สามารถนำแนวทางที่ได้จากการเรียนมาเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

1.4.3 สามารถใช้เครื่องมือเพื่อช่วยในกระบวนการผลิตซ้ำๆ ให้ใช้เวลาที่น้อยลง



บทที่ 2

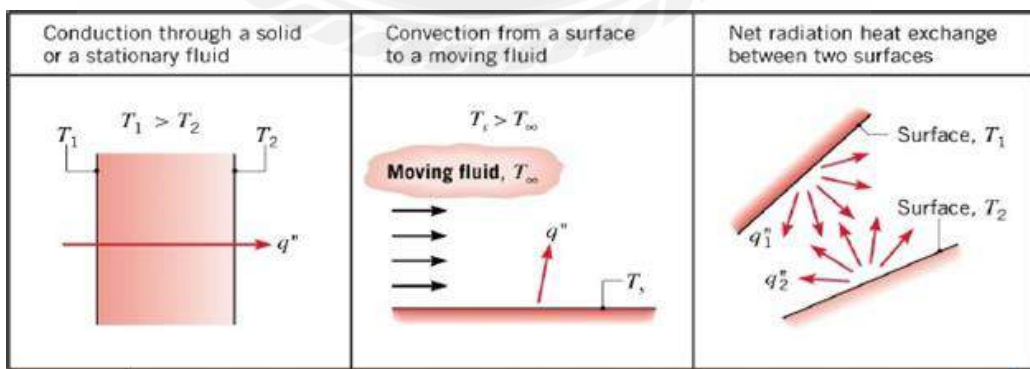
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการถ่ายเทความร้อน (Principle of Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อน คือ การส่งผ่านพลังงานความร้อนซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ ดังนั้น เมื่อใดก็ตามที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นในตัวกลางหรือระหว่างตัวกลาง การถ่ายเทความร้อนมักจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้นพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อน คือ “ความแตกต่างของอุณหภูมิ” (Temperature Different) ถ้าตัวกลางสองตัวมีอุณหภูมิเท่ากันจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นความแตกต่าง ของอุณหภูมิจึงเป็นแรงขับเคลื่อน (Driving Force) เพื่อให้เกิดการถ่ายเทนั่นเอง อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) ความลาดชันของอุณหภูมิ หมายถึง ความแตกต่างของอุณหภูมิต่อหน่วยความยาว หรืออัตราการลดลงของอุณหภูมินั่นเอง สมการพื้นฐานสำหรับกระบวนการถ่ายโอน

$$\text{Rate of a Transfer Process} = \frac{\text{Driving force}}{\text{Resistance}}$$

รูปที่ 2.1 แสดงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในแบบต่าง ๆ เมื่อมีเกรเดียนต์อุณหภูมิ (Temperature Gradient) เกิดขึ้นในตัวกลางที่อยู่นิ่ง เช่นของแข็ง หรือของไหล เอมของการนำความร้อน (Conduction) จะเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นผ่านตัวกลาง ในขณะที่การพาความร้อน (Convection) จะเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวและของไหลที่เคลื่อนที่ เมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จะเป็นการที่ทุกพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิหนึ่งจะปล่อยพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ดังนั้น ในสถานะที่ปราศจากตัวกลางใด ๆ จะมีการถ่ายเทความร้อนสุทธิที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวสอง พื้นผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันได้ ดังนั้นการวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนที่สมบูรณ์แบบ จำเป็นจะต้องทราบถึง กลไกการถ่ายเทความร้อนทั้งสามแบบที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในลำดับต่อไป



รูปที่ 2.1 รูปแบบการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นโดยการนำ การพา และการแผ่รังสี^[1]

สภาวะสม่ำเสมอ และไม่สม่ำเสมอ (Steady State and Unsteady State)

สภาวะสม่ำเสมอ (Steady state) หมายความว่า อุณหภูมิที่จุดๆ หนึ่งในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา หรืออาจเขียนอยู่ในรูปสมการได้ว่า

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0$$

สภาวะสม่ำเสมอจะเกิดขึ้นในกรณีที่วัตถุได้รับการถ่ายเทความร้อน มาเป็นเวลานานพอสมควร จนอุณหภูมิในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าเราจะถ่ายเทความร้อนให้วัตถุไปอีกนานเท่าใด สภาวะสม่ำเสมอ ซึ่งมีความหมายว่าอุณหภูมิที่จุดหนึ่งจุดใดในตัวกลางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่านไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา เมื่อพิจารณาให้ดีจะเห็นว่า หากเกิดสภาวะสม่ำเสมอแล้วอัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนที่ จุดใดๆ ในทิศทางของการเคลื่อนที่จะมีค่าเท่ากัน แสดงว่า ถ้าความร้อนเคลื่อนที่ในทิศทางของ X อัตราการ เคลื่อนที่ของความร้อนจะไม่เปลี่ยนแปลงกับ X ปรากฏการณ์นี้สามารถอธิบายได้โดยใช้ปริมาตรควบคุม (Control Volume) ที่บางมากที่มีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับพื้นที่หน้าตัดที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน สมมุติว่าจุดที่พิจารณาอยู่ในปริมาตรควบคุมนี้ หากจุดๆ นั้นมีอุณหภูมิคงที่ก็หมายความว่า ปริมาตรควบคุมไม่ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น แสดงว่า ความร้อนที่เคลื่อนที่เข้าปริมาตรควบคุมจะเท่ากับความร้อนที่ออกจากปริมาตรควบคุม หากพิจารณาอย่างเดียวกัน นี้กับปริมาตรควบคุมอื่นที่วางเรียงต่อเนื่องกันในทิศทาง X แสดงว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนนี้ไม่เปลี่ยนแปลงกับ X

สภาวะไม่สม่ำเสมอ (Unsteady State หรือ Transient State) หมายความว่า อุณหภูมิที่จุดๆ หนึ่ง ในวัตถุยังเปลี่ยนแปลงอยู่ เมื่อเวลาเปลี่ยนไป หรืออาจเขียนในรูปสมการ

$$\frac{\partial T}{\partial t} \neq 0$$

สภาวะไม่สม่ำเสมอเกิดเมื่อ ตอนที่เราริเริ่มถ่ายเทความร้อนให้แก่วัตถุ อุณหภูมิของวัตถุยังไม่คงที่ ยังคงเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป

2.2 การนำความร้อน (Conduction Heat Transfer)

การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนเพียงวิธีเดียวที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เป็น ตัวกลางทึบแสง เมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิสามารถเกิดได้ทั้งในของแข็ง ของเหลว และแก๊ส แต่เนื่องจากมี การไหลหมุนเวียนเกิดขึ้นในของเหลวและแก๊ส แต่สำหรับในของแข็งทึบแสงจะไม่มี การเคลื่อนไหวยภายในวัสดุจะมี แต่การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำเพียงอย่างเดียว อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วน กับค่าความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature gradient) คูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน ดัง สมการ

$$\text{Rate of Conduction} \propto \frac{(\text{Area})(\text{Temperature Difference})}{\text{Thickness}}$$

$$q_{\text{cond}} \propto A \frac{dT}{dx}$$

เมื่อ q_{cond} = อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน (Watt or J/s)
 A = พื้นที่ที่ความร้อนไหลผ่าน (m²)
 T = อุณหภูมิ (K)

X = ระยะทางการเคลื่อนที่ของความร้อน

ความสามารถในการนำความร้อนของสาร วัดด้วยปริมาณที่เรียกว่า ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) หรือใช้ตัวอักษรย่อว่า k มีหน่วยเป็น $W/m K$ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางที่มีความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน อัตราการถ่ายนำความร้อนจึงมีค่าเป็น

$$q_{cond} \propto -kA \frac{dT}{dx}$$

ค่าการนำความร้อน k เป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุ การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานจาก อนุภาคที่มีพลังงานสูงไปยังอนุภาคที่มีพลังงานต่ำกว่า สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในของเหลว ของแข็ง และแก๊ส ค่าการนำความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ของแก๊สไม่สามารถหาได้จากการวิเคราะห์ ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับการนำความร้อนส่วนใหญ่ของวัสดุจึงได้มาจากการวัดและการทดสอบ โดยทั่วไปแล้วค่าการนำความร้อนของวัตถุจะแปรตามอุณหภูมิ แต่การนำไปใช้งานในด้านการปฏิบัติส่วนใหญ่แล้วจะใช้ค่าการนำความร้อนคงที่ที่หาจากอุณหภูมิเฉลี่ย สารที่มีความสามารถในการนำความร้อนสูง เช่น โลหะ จะมีค่า k สูง ส่วนสารที่มีความสามารถในการนำความร้อนต่ำ เช่น สารอโลหะ ก็จะมีค่า k ต่ำ ค่า k จึงเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารที่สำคัญมากในการศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของความร้อนในสารนั้น สามารถเปรียบเทียบความสามารถในการนำความร้อนของสารต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบ จากค่า k ของสารเหล่านั้น โดยสารที่มีค่า k สูง จะเรียกว่า สารตัวนำ (Conductor) และสารที่มีค่า k ต่ำ จะเรียกว่า ฉนวน (Insulator) ตัวอย่างค่า k ของสารบางชนิดแสดงดังตารางที่ 1-1 สำหรับค่าการนำความร้อน ของวัสดุและของแก๊สอื่น ๆ นั้นสามารถสืบค้นจากหนังสือที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการถ่ายโอนทั่วไป

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าการนำความร้อนของสารบางชนิด^[1]

วัตถุ	ค่าการนำความร้อน W/mK
โลหะบริสุทธิ์	35-430
โลหะผสม	20-200
โลหะเหลว	9-90
ของเหลว (อโลหะ)	0.2-2.0
ของแข็ง (อโลหะ)	0.02-20
ฉนวน	0.02-0.40
ก๊าซ	0.002-0.2

การนำความร้อนในผนังราบ (Conduction in Plane Walls) จากสมการดุลพลังงานทั่วไป เขียนได้ดังสมการ

$$q_{in} - q_{out} + q_{gen} = \frac{dE_{wall}}{dt}$$

1) Steady-state $\frac{dE_{wall}}{dt} = 0$

2) Transient, no heat generation q_{gen}

3) Steady-state, no heat generation $q_{in} = q_{out} = q_{cond}$

สำหรับการนำความร้อนมิติเดียวที่สภาวะ Steady state จะใช้ Fourier's law ในการอธิบาย ดังสมการ

$$q_{cond,wall} = -kA \frac{dT}{dx}$$

สมการการนำความร้อนผ่านผนังราบชั้นเดียวเมื่อคิดว่า k และ A เป็นค่าคงที่ และมีเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) คือ $T = T_1$ ที่ $X = 0$ และ $T = T_2$ ที่ $X = L$ เป็นดังนี้

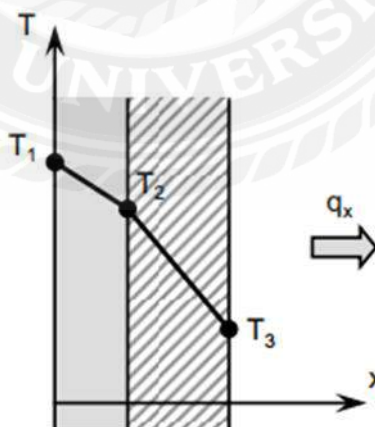
$$\int_{X=0}^L q_{cond,wall} dx = - \int_{T_1}^{T_2} kA dt$$

อินทิเกรตสมการ ได้เป็น

$$q_{cond,wall} = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = \frac{\text{Driving force}}{\text{Resistance}(R)}$$

เมื่อ $R = \frac{\Delta x}{kA}$ มีหน่วยเป็น K/W

การนำความร้อนผ่านผนังราบที่ต่อแบบอนุกรม (Plane Walls in Series) ความร้อนไหลผ่านผนังที่ซ้อนกันหลายชั้นโดยการนำความร้อน เช่น ผนังของอาคาร บ้านเรือน การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อนก็จะยากยิ่งขึ้น ในกรณีที่มีสภาวะต่าง ๆ คงที่ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านแต่ละชั้น ของผนังจะมีค่าเท่ากัน ทั้ง ๆ ที่ความลาดชันของอุณหภูมิในผนังแต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน ในกรณีนั้น อัตราความร้อนที่ไหลผ่านผนังแต่ละชั้นเป็นดังสมการ



รูปที่ 2.2 การนำความร้อนแบบมิติเดียวผ่านผนังหลายชั้น ต่อแบบอนุกรม^[1]

$$q_{cond,wall} = -k_A A \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x_A} = -k_B A \frac{(T_3 - T_2)}{\Delta x_B} = -k_C A \frac{(T_4 - T_3)}{\Delta x_C}$$

รวมสมการทั้งสามเข้าด้วยกัน และกำจัด T_2 และ T_3 ออกไป จะได้ตามสมการ

$$q_{cond,wall} = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_A}{k_A A} + \frac{\Delta x_B}{k_B A} + \frac{\Delta x_C}{k_C A}} = \frac{T_1 - T_4}{R_A + R_B + R_C}$$

เมื่อ $R_A = \frac{\Delta x_A}{k_A A}, R_B = \frac{\Delta x_B}{k_B A}, R_C = \frac{\Delta x_C}{k_C A},$

2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

คือการที่พลังงานถูกปล่อยออกมาจากวัตถุที่มีอุณหภูมิที่แน่นอน โดยวัตถุนั้นอาจเป็นของแข็ง ของเหลว หรือ แก๊สก็ได้ พลังงานของสนามการแผ่รังสีมีการถ่ายเทโดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรืออีกในหนึ่งเรียกว่า โฟตอน (Photons) ในขณะที่มีการถ่ายเทพลังงานโดยการนำหรือการพาความร้อนจะต้องอาศัยตัวกลางในการถ่ายเท การถ่ายเทโดยการแผ่รังสีไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด ๆ และจะเกิดการถ่ายเทได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานะที่เป็นสุญญากาศ

2.4 การพาความร้อน (Convection)

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาประกอบด้วยกลไก 2 อย่าง คือ พลังงานเกิดการถ่ายเทอันมีผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่หรือการแพร่แบบสุ่มของโมเลกุล และผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของของไหลการถ่ายเทลักษณะนี้เกิดขึ้นได้ เช่น ในระบบที่มีเกรเดียนต์อุณหภูมิจะมีการถ่ายเทความร้อนได้และเนื่องจากโมเลกุลในกลุ่มของไหลจะมีการเคลื่อนที่แบบสุ่มอยู่ด้วย ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจึงเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบสุ่มของโมเลกุลและการเคลื่อนที่ของของไหลส่วนใหญ่ การถ่ายเทความร้อนโดยการพา แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

2.4.1 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural or Free Convection)

คือการเคลื่อนที่ของความร้อน ระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลไม่ถูกทำให้เคลื่อนไหวโดยกลไกภายนอก วัตถุซึ่งมีผิวเรียบอยู่ในของไหลซึ่งอยู่นิ่งถ้าอุณหภูมิของผิวสูงกว่าอุณหภูมิของของไหล ความร้อนจะเริ่มเคลื่อนที่มายังของไหลที่ติดกับผนังทำให้ความหนาแน่นของของไหลที่อยู่ชิดผนังต่ำลงซึ่งทำให้เกิดแรงผลักดันให้ของไหลลอยตัวขึ้นของไหลที่อยู่ต่ำกว่าก็จะเคลื่อนเข้ามาแทนที่และทำให้เกิดการหมุนเวียนของของไหล

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลบางชนิด^[1]

ประเภทการพาความร้อนและชนิดของการไหล	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย ($W / m^2 K$)
การพาความร้อนแบบอิสระ, อากาศ	5-25
การพาความร้อนแบบอิสระ, น้ำ	20-100
การพาความร้อนแบบบังคับ, อากาศ	10-200
การพาความร้อนแบบบังคับ, น้ำ	50-10,000
น้ำกำลังเดือด	3,000-100,000
ไอของน้ำที่กำลังอิ่มตัว	5,000-100,000

2.4.2 การพาโดยการบังคับ (Forced Convection)

ซึ่งเกิดขึ้น เมื่อของไหลมีความเร็วอยู่แล้วด้วยกลไกภายนอก เช่น พัดลมหรือสูบน้ำเมื่อของเหลวมีความเร็ว เราจะต้องทราบกลไกในการเคลื่อนที่ของของไหลก่อน โดยปกติ เราจะแบ่งการไหลของของไหลเป็นสองแบบ คือ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) ในการไหลแบบราบเรียบ ซึ่งของไหลไหลเป็นชั้นๆ ขนานกับความร้อนจะถ่ายเทจากผิวของของแข็ง โดยการนำ และถ่ายเทต่อๆ กันไปในของไหลโดยการนำผ่านชั้นของไหล ในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งของไหลเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ มีการเคลื่อนที่ขึ้นลง ทิศทางของการไหลด้วย การเคลื่อนที่ของความร้อนส่วนใหญ่ จะเกิดจากอนุภาคของของไหลที่ได้รับความร้อนมาแล้วเคลื่อนที่นำความร้อนไปยังที่อื่น

2.5 การพาความร้อนภายนอก (External Convection Heat Transfer)

การพาความร้อนภายนอกเกิดจากของไหลเป็นสารตัวกลาง โดยของไหลไม่ได้ถูกจำกัดให้ไหลในบริเวณที่กำหนด แต่เป็นการไหลผ่านผิวนอกของของแข็ง เช่น การไหลผ่านผนังราบ การไหลตั้งฉากกับวัตถุรูปทรงกระบอก การไหลของของไหลมากระทบกับของแข็งรูปร่างลักษณะต่างๆ ในทิศทางใดก็ได้

2.6 กฎของฟูเรียร์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการนำความร้อน คือ การที่ความร้อนถ่ายเทผ่านสารโดยที่สารไม่เกิดการเคลื่อนที่พาความร้อนนั้นไปแต่ความร้อนไหลผ่านสารนั่นเอง โดยสมการแสดงพฤติกรรมการนำความร้อนนั้น ได้ถูกนำเสนอโดยฟูเรียร์และถูกรู้จักกันในนาม กฎข้อที่ 1 ของฟูเรียร์ สำหรับการนำความร้อน โดยกฎของฟูเรียร์ สามารถอธิบายได้ดังนี้ พลิกซ์ของความร้อนที่การถ่ายเท ณ ตำแหน่งหนึ่งๆ จะเป็นปฏิภาคตรงกับค่าลบของ เกรเดียนต์ของอุณหภูมิ ณ ตำแหน่งที่เกิดการถ่ายเทความร้อนนั้น และสามารถเขียนเป็นสมการการนำความร้อนในแนวแกนเดียวได้ดังต่อไปนี้

$$q = -k \frac{\partial T}{\partial x}$$

เมื่อ

q = ความร้อนที่เกิดการถ่ายเท ปกติมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

k = ค่าการนำความร้อน (Conductivity) ปกติมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อเมตรต่อเคลวิน

$\frac{\partial T}{\partial x}$ = เกรเดียนต์ของอุณหภูมิในแนวแกน x มีหน่วยเป็น เคลวินต่อเมตร

นอกจากนี้ในกรณีที่ความร้อนมีการถ่ายเทในสามแนวแกนพร้อมกัน เราจะเขียนสมการกฎข้อที่ 1 ของฟูเรียร์สำหรับการนำความร้อนได้ดังนี้

$$q = -k \left(\frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} + \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -k \Delta T$$

และเมื่อทำประยุกต์รวมกฎข้อที่ 1 ของฟูเรียร์สำหรับการนำความร้อน เข้ากับกฎข้อที่ 1 ของทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งกล่าวว่าพลังงานในจักรวาลนี้เป็นปริมาณคงที่ และสมมติให้ทำการศึกษการถ่ายเทความร้อนในระบบที่การถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นโดยการนำความร้อนเท่านั้น เราจะได้สมการดังสมการข้างล่างสำหรับกรณี การนำความร้อนแกนเดียว ซึ่งเราเรียกสมการดังกล่าวว่า กฎข้อที่ 2 ของฟูเรียร์สำหรับการนำความร้อน

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial \left(\alpha \frac{\partial T}{\partial x} \right)}{\partial x}$$

เมื่อ $\frac{\partial T}{\partial x}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

α = ค่าความสามารถในการแพร่ความร้อน (Thermal Diffusivity) = $\frac{k}{\rho C_p}$

และสำหรับการถ่ายเทความร้อนภายในระบบที่มีการนำความร้อนอย่างเดียวนั้นกฎข้อที่สองของฟูเรียร์ สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \Delta(\alpha \Delta T)$$

2.7 วิธีการศึกษา

ในการวิจัยได้ใช้วิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์หาค่าการถ่ายโอนความร้อนภายในผนังตู้รับส่งสัญญาณให้ความร้อน โดยการเขียนโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อให้คอมพิวเตอร์คำนวณหาค่าของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่ต้องการ กำหนดให้แบ่งส่วนของแบบจำลองออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ที่มีขนาดต่างกันแล้วทำการป้อนข้อมูลต่าง ๆ อันประกอบด้วยจำนวนของชิ้นส่วนย่อย จำนวนของจุดต่อ ข้อมูลจำเพาะสำหรับแต่ละชิ้นส่วน พิกัดตำแหน่งของจุดต่อต่าง ๆ จำนวนของชิ้นส่วนย่อยที่มีอนุพันธ์ของเงื่อนไขขอบเขต และจำนวนเวลาที่ใช้ในการพิจารณา จากนั้นคอมพิวเตอร์จะคำนวณผลลัพธ์ที่ได้แล้วจึงทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้

2.7.1 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์

ที่ผิวนอกของหัวอ่านเกิดการพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural Convection) ตามสมการของ Newton's Convection Boundary Condition คือ

$$q_n = \alpha(T - T_\infty) \quad (1)$$

เมื่อ q_n เป็น ฟลักซ์ที่ผ่านเข้าที่พื้นผิวด้านนอกในทิศตั้งฉาก n และ α คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน

$$\text{สมการ} \quad \int_V (\nabla v)^T D \nabla T dv = - \int_{sh} v h dS - \int_{sg} v q_n dS + \int_v v Q dv \quad (2)$$

สมการการถ่ายเทความร้อนในรูปแบบ weak form (Lewis et al., 2004) คือ เมื่อ V คือปริมาตรของวัตถุ และ S คือ พื้นผิวที่ประกอบไปด้วย S_h กับ S_g โดยที่ ฟลักซ์ $q_n = h$ และอุณหภูมิ $T=g$ ค่าอุณหภูมิจะประมาณโดย ค่าเฉลี่ยของ

$$\nabla T = Ba = \begin{pmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} \frac{\partial N_2}{\partial x} \dots \frac{\partial N_n}{\partial x} \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} \frac{\partial N_2}{\partial y} \dots \frac{\partial N_n}{\partial y} \\ \frac{\partial N_1}{\partial z} \frac{\partial N_2}{\partial z} \dots \frac{\partial N_n}{\partial z} \end{pmatrix} a \quad (3)$$

สมการ

$$T = [N_1 N_2 \dots N_n] \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

สมการ

n เป็นจำนวนจุดโนด (Nodal Points) ภายในวัตถุ N_i เป็นฟังก์ชันของ x, y และ z นั่นคือ $N_i = N_i(x, y, z)$ จาก (3) จะได้ว่าสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของ(2) จะใช้การประมาณค่าโดยวิธีของ Galerkin โดยการแทน(4) ลงใน (1) จะได้

$$\text{สมการ} \quad \left(\int_V (\nabla v)^T DB dv \right) a = - \int_{S_h} v h dS - \int_{S_g} v q_n dS + \int_V v Q dv \quad (5)$$

เลือกฟังก์ชันถ่วงน้ำหนัก (Weight Function), เมื่อ v ขึ้นอยู่กับเมตริกซ์ c และเนื่องจาก $v = v^t$ จะได้ว่า

$$\text{สมการ} \quad v = Nc, \nabla v = Bc, v = c^T N^T \quad (6)$$

ค่า c ไม่ขึ้นอยู่กัตำแหน่ง ดังนั้น

$$\text{สมการ} \quad c^T \left[\left(\int_V B^T DB dV \right) a + \int_{S_h} N^T q_n ds + \int_{S_g} N^T q_n dS - \int_V N^T Q dv \right] = 0 \quad (7)$$

เมื่อให้ c^t เป็นศูนย์จะได้ว่า

$$\text{สมการ} \quad \left[\left(\int_V B^T DB dV \right) a + \int_{S_h} N^T q_n ds - \int_{S_g} N^T q_n ds + \int_V N^T Q dv \right] \quad (8)$$

เทียบกับสมการ $Ka = fb + f$ จะได้ว่า

$$K = \int_V B^T DB dV$$

$$f_b = - \int_{S_h} N^T n dS - \int_{S_g} N^T q_n dS$$

สมการ
$$f_l = \int_v N^T Q dV \quad (9)$$

ขอบเขต S มีส่วนประกอบคือ S_g กับ S_h โดยที่ ฟลักซ์เป็น q_n และอุณหภูมิเป็น T เมื่อเกิดการพาความร้อนขึ้นในส่วนใดส่วนหนึ่งของขอบเขตและให้ S_c หมายถึง ชิ้นส่วน จาก (9) ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับขอบเขตจะมีเพียงเวกเตอร์ f_b ซึ่งจะทำให้ได้ว่า

สมการ
$$f_b = -\int_{s_h} N^T n dS - \int_{s_g} N^T q_n dS - \int_{s_c} N^T q_n dS \quad (10)$$

ในการพิจารณาผลจากการพาความร้อน ตัวแปรไม่ทราบค่าของอุณหภูมิ T จะถูกแทนที่ด้วย $T = Na$ จาก (1) จะได้

$$q_n = \alpha N_a - \alpha T_\infty$$

แล้วแทนลงใน (10) ได้ผลคือ

สมการ
$$f_b = -\int_{s_h} N^T n dS - \int_{s_g} N^T q_n dS - \left(\int_{s_c} N^T q_n dS \right) a + T_\infty \int_{s_c} \alpha N^T dS \quad (11)$$

ดังนั้น จะได้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์คือ

สมการ
$$(K + K_c) a = -\int_{s_h} N^T n dS - \int_{s_g} N^T q_n dS + T_\infty \int_{s_c} \alpha N^T dS + f_l \quad (12)$$

เมื่อ $K_c = \int_{s_c} \alpha N^T N dS$

เมื่อวัสดุที่ใช้ทำชิ้นส่วนเป็นวัสดุที่มีสมบัติทางกายภาพเหมือนกัน (isotropic) เมตริกซ์องค์ประกอบ (Constitutive Matrix) จะเขียนได้เป็น (Ottosen et al., 1992)

สมการ
$$D = k \begin{bmatrix} 1 \rightarrow 0 \rightarrow 0 \\ 0 \rightarrow 1 \rightarrow 0 \\ 0 \rightarrow 0 \rightarrow 1 \end{bmatrix} = kl \quad (13)$$

ในการหาคำตอบของสมการไฟไนต์เอลิเมนต์นี้ จะใช้เอลิเมนต์แบบ Solid90 ซึ่งเป็นเอลิเมนต์สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม ดังรูปที่ 2 สำหรับเอลิเมนต์แบบ Quadratic 20 Node Hexahedron จะได้ Shape Function เป็นดังนี้ กรณีโนดอยู่ที่มุม

$$N_i = \frac{1}{8} (1 + \zeta \zeta_i) (1 + \eta \eta_i) (1 + \rho \rho_i) (\zeta \zeta_i + \eta \eta_i + \rho \rho_i - 1)$$

เมื่อ i คือโนดที่ I, J, K, L, M, N, O, P (14a)

กรณีโนดอยู่ที่ตรงกลางของขอบ

$$N_i = \frac{1}{4} (1 + \zeta^2) (1 + \eta \eta_i) (1 + \rho \rho_i)$$

เมื่อ i คือโนดที่ Q, S, W, U (14b)

$$N_i = \frac{1}{4} (1 + \eta^2) (1 + \zeta \zeta_i) (1 + \rho \rho_i)$$

เมื่อ i คือโนดที่ A, B, Y, Z (14c)

$$N_i = \frac{1}{4} (1 + \rho^2) (1 + \zeta \zeta_i) (1 + \eta \eta_i)$$

เมื่อ i คือ โนดที่ R, V, X, T

(14d)

2.7.2 แบบจำลองและชนิดของเอลิเมนต์

ในสถานะที่ผนังได้รับรังสีสัญญาณที่รับแสงแดด จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น ความร้อนปริมาณนี้จะถือว่าปริมาณคงที่ และกระจายอย่างสม่ำเสมอความร้อนจะถ่ายโอนโดยการนำจากนั้น ความร้อนก็ผ่านเข้าแผ่นโฟม ระบบการทำงานดังกล่าวนี้จัดเป็นระบบทางความร้อนที่มีการถ่ายโอนความร้อนระหว่างอากาศกับของแข็ง การศึกษาการกระจายอุณหภูมิที่เกิดขึ้น จึงเลือกให้แผ่นผนังรับความร้อนที่ 40 องศา มีค่าการพาความร้อนที่อากาศอยู่นิ่ง

2.7.3 การประมวลผล (Simulation)

ภายในผนังได้รับรังสีสัญญาณ จะมีเครื่องปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิภายในห้อง กำหนดให้ผนังภายนอก Zinc steel รับความร้อนที่ 40 องศา ที่สภาพอากาศลมอยู่นิ่ง $7W / m^2k$ เมื่อสภาพอากาศอยู่นิ่งจึงกำหนดให้ อุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature) 313 k และผนังด้านใน Color bond รับความร้อนที่ 40 องศา ที่ สภาพอากาศลมอยู่นิ่ง $5W / m^2k$ เมื่อสภาพอากาศอยู่นิ่งจึงกำหนดให้ อุณหภูมิโดยรอบ 298 k

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

“การวิเคราะห์การเกิดความร้อนในยางคงรูปที่มีสารตัวเติมภายใต้สภาวะการเสียดสีรูปแบบวงรอบโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์”

สถาพร วังฉาย ชาญยุทธ โกธิตะวงษ์ แลอริสรา ชัยกิตติรัตน : วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (The Journal of KMUTNB., Vol. 21, No. 1, Jan. - Apr. 2011)

ยางมีสมบัติความเป็นวัสดุโพลีเมอร์เมื่อเสียดสีภายใต้แรงกระทำแบบพลวัตในลักษณะเป็นแบบวงรอบจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่กึ่งกลางของยางเนื่องจากการสูญเสียพลังงานกล (Hysteresis) เกิดการสะสมและมีการกระจายความร้อนออกสู่สภาพแวดล้อมภายนอกความร้อนสะสมในยางและอาจทำให้ยางสูญเสียสมบัติเดิม ดังนั้นงานวิจัยนี้จะทำนายการเกิดความร้อนสะสมในยางคงรูปที่มีสารตัวเติมแตกต่างกันสองชนิดคือยางธรรมชาติผสมผงคาร์บอนดำและยางธรรมชาติผสมผงซิลิกา โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ผลจากวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์เปรียบกับผลจากการทดสอบมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันและมีค่าใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าวิธีไฟไนต์ เอลิเมนต์สามารถนำมาทำนายการเกิดความร้อนสะสมในยางได้อย่างน่าเชื่อถือ

“การศึกษาเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อนโดยการพาของครีบทรงกระบอก”

อนุสรณ์ สุขเกษม : ปริญญาโท วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มกราคม 2550

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลของการศึกษาทั้ง การทดลอง และการคำนวณเชิงตัวเลขเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนของกลุ่มครีบทรงกระบอกที่มีปลายค่อยๆ เล็กลง ครีบทมีลักษณะการเรียงตัวแบบเรียงแถว และแบบสลับแถว ซึ่งถูกทดสอบภายใต้สภาวะการให้ความร้อนคงที่โดยครีบททำจากอลูมิเนียม ซึ่งในการทดสอบได้ทำการแปรเปลี่ยนค่าเรย์โนลด์ส์นัมเบอร์และค่าฟลักซ์ ความร้อนอยู่ในช่วง 1000-9000 และ 0.91-3.64 kW/m² ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลขได้ใช้แบบจำลองมาตรฐาน ในการวิเคราะห์ลักษณะการไหล การถ่ายเทความร้อน โดยมีการวางกริดในระบบแบบไม่เป็นโครงสร้าง (Unstructured Grid) ในรูปแบบ 3 มิติ โดยนำผลที่ได้จากการคำนวณมาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกันดี นอกจากนั้นยังได้พิจารณาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีต่อคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการไหล

“การศึกษาสมบัติของวัสดุฉนวนกันความร้อนแบบแผ่นแซนวิชรังผึ้งไม้อัด ด้วยวิธีการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์”

อำนวยการ เรืองวาริ ศิริชัย ต่อสกุล วารุณี เปรมานนท์ : วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชชมงคลธัญบุรี (Journal of Engineering, RMUTT ISSN 1685-2580)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้แผ่นแซนวิชรังผึ้งเสริมแผ่นไม้สำหรับใช้เป็นโครงสร้างอาคารทดแทนวัสดุก่อสร้างอื่น การเลือกใช้แผ่นไม้อัดเพื่อเสริมแผ่นแซนวิชรังผึ้งจะใช้ไม้อัดที่ขายตามร้านค้าท้องถิ่นคือแผ่นไม้อัดจีนแผ่นไม้อัดยาง และแผ่นไม้อัดสัก การวิเคราะห์โครงสร้างใช้การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อทดสอบการถ่ายเทความร้อนของวัสดุแซนวิชแต่ละชนิด ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่าการเสริมไม้อัดในวัสดุสามารถลดปริมาณการนำความร้อนลงได้ ซึ่งไม้อัดทั้งสามชนิดที่นำมาทดสอบมีค่าการนำความร้อนใกล้เคียงกัน ผลการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์การถ่ายเทความร้อนสำหรับวัสดุแซนวิชเสริมไม้อัดยาง ตามลำดับ และมีค่าอุณหภูมิแตกต่างกันประมาณ 0.1 องศาเซลเซียส

“การจำลองการถ่ายโอนความร้อนภายในแผงท่อให้ความร้อนโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์”

สมจินต์ พ่วงเจริญชัย : วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 กันยายน 2554

การวิจัยนี้เสนอการคำนวณเชิงตัวเลขโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ เพื่อหาการกระจายอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในแบบจำลองของแผงท่อให้ความร้อนขนาด 80x282.5x350 มิลลิเมตร โดยลักษณะของกลุ่มท่อภายในจัดวางเรียงแบบแนวเหลื่อมกันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร สำหรับการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตแก่แบบจำลองนั้น กำหนดให้อุณหภูมิที่ทางเข้ามีค่าเท่ากับ 20 องศา, 25 องศา 30 องศาและ 35 องศา ตามลำดับส่วนภายในแบบจำลองกำหนด

อุณหภูมิที่ผิวนอกของแผงท่อให้ความร้อนคงที่ไว้ที่ 50 องศา, 60 องศา, 70 องศาและ 80 องศาตามลำดับ ส่วนผนังหุ้มฉนวนโดยรอบ (ไม่มีการสูญเสียความร้อน) จากผลการวิจัยจะพบว่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันมากมีผลทำให้เกรเดียนท์ของอุณหภูมิมียุทธศาสตร์สูงและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในแบบจำลองนั้นมีลักษณะเพิ่มขึ้นสู่ภาวะอิ่มตัว นั่นคือ ค่าของอุณหภูมิจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับและมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอและเมื่อเวลาผ่านไปค่าของอุณหภูมิภายในของแบบจำลองจะมีค่าคงที่ หลังจากนั้นไม่ว่าจะเพิ่มเวลามากขึ้นเพียงใดก็ตามค่าของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในแบบจำลองจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง



บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

สัญลักษณ์ของบริษัท



รูปที่ 3.1 ภาพสัญลักษณ์บริษัท อุไทเส็ง จำกัด (มหาชน)

สถานที่ตั้ง : 340 หมู่ 4 ตำบลท่าไม้ อำเภอกะทู้ม่วน จังหวัด สมุทรสาคร 74110
โทรศัพท์: 0-3447-2710-1 โทรสาร:0-3447-1437

3.2 ลักษณะการประกอบการ ผลิตภัณฑ์การให้บริการหลักขององค์กร

รับเหมาก่อสร้างทั่วไป,ออกแบบก่อสร้างโรงงานสุรา, แอลกอฮอล์ กลั่น Ethanol

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร

บริษัทมหาชนจำกัด ระบบควบคุมคุณภาพ ISO 9001:2008

3.4 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่ง วิศวกรการด้านเทคนิค (technical engineering) หน้าที่ วางแผน ออกแบบ และปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โดยใช้เวลาและต้นทุนในการผลิตลดลง

3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : คุณ ประพัฒน์ พุนชะโร ตำแหน่ง : ผู้ช่วยผู้จัดการ

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่วันที่ 4 มกราคม พ.ศ.2560 ถึงวันที่ 21 เมษายน พ.ศ.2560 รวมระยะเวลา

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

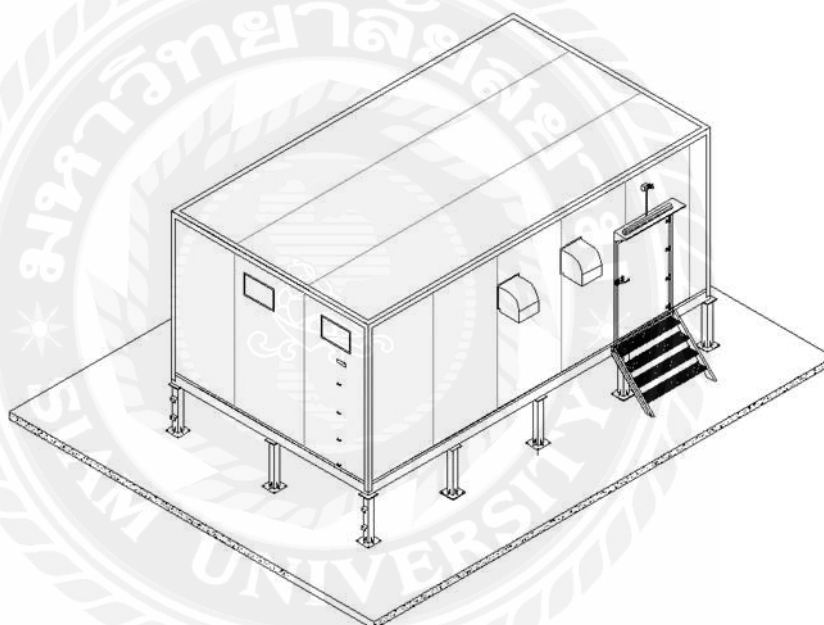
3.7.1 รวบรวมข้อมูลความต้องการและศึกษาข้อมูลของโครงการ

รวบรวมข้อมูลจากพนักงาน หัวหน้าและวิศวกรที่รับผิดชอบในส่วนงานพบว่ายังไม่มีกรคำนวณอนุญาตกฎหมายในผู้รับส่งสัญญาณโดยละเอียด

3.7.2 วิเคราะห์ระบบงาน

ในการศึกษาครั้งนี้ คือ การวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิ และคัดแปลงวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนกันความร้อนของตู้รับส่งสัญญาณได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ใช้ โฟมโพลียูรีเทน(PU) กับ ส่วนที่ใช้โฟมโพลียูรีเทนร่วมกับโฟมโพลีสไตรีน (PS) ในการทำผนังตู้รับส่งสัญญาณ สำหรับผลที่ได้จากทั้งสองส่วนจะถูกแสดงผลออกมาในรูปผลจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและนำมาแสดงใน ลักษณะของตาราง

ตู้รับส่งสัญญาณ ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่มีราคาสูง อุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้ทนความร้อนสูงไม่ได้ ถ้ามีความร้อนไหลผ่านเข้ามาภายในตู้ อาจทำให้อุปกรณ์ต่างๆภายในได้รับความเสียหายได้ จึงจำเป็นต้องเลือกวัสดุที่มีการนำความร้อนที่ต่ำ มาช่วยในการสร้างผนังหุ้มตู้รับส่งสัญญาณ เพื่อลดความร้อนที่ไหลผ่าน ในผนังตู้รับส่งสัญญาณจะประกอบด้วย เหล็กชุบสังกะสี โฟมโพลียูรีเทน เหล็กเคลือบสีอัลเลอรอนด์ ในแต่ละวัสดุจะมีการนำความร้อนที่ต่างกัน



รูปที่ 3.2 แบบภาพตู้รับส่งสัญญาณ ขนาด 4 เมตร x 8 เมตร



รูปที่ 3.3 ภาพตู้รับส่งสัญญาณ ขนาด 4 เมตร x 8 เมตร



รูปที่ 3.4 เหล็กชุบสังกะสี 0.5 มิลลิเมตร $K=75$ W/MK



รูปที่ 3.5 โพลีสไตรีนโฟม (PS) 40 มิลลิเมตร $K=0.0132$ W/MK



รูปที่ 3.6 โพลียูรีเทนโฟม(PU) 40 มิลลิเมตร $K=0.026$ W/MK



รูปที่ 3.7 เหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ 0.5 มิลลิเมตร. $K=80$ W/MK

ตารางที่ 3.1 ราคาของวัสดุที่นำมาประกอบผนังตู้รับส่งสัญญาณ

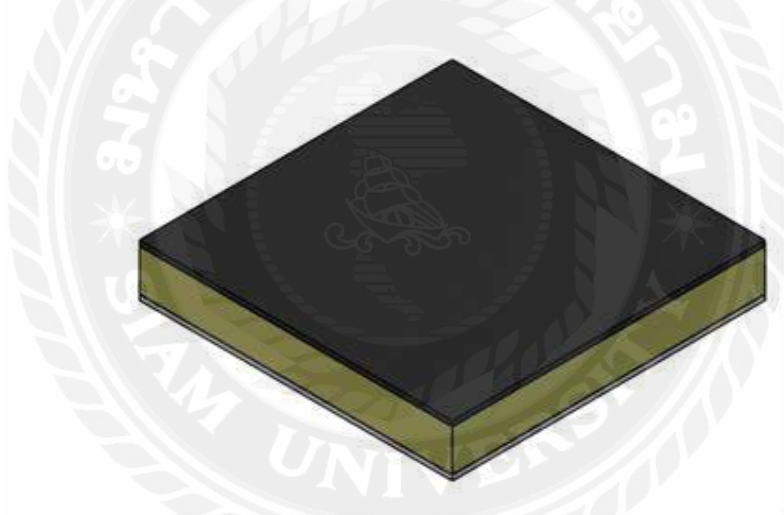
วัสดุ	ราคา(บาท)
เหล็กชุบสังกะสี 1220x2440x0.5mm.	4600
โฟมโพลียูรีเทน 1000x1000mm.	315
โฟมโพลีสไตรีน 1000x1000mm.	127
เหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ 1220x2440x0.5mm.	2500

Precal United steel work CO.,LTD 07/03/60

3.7.3. การหาความร้อนผ่านผนังตู้รับส่งสัญญาณ

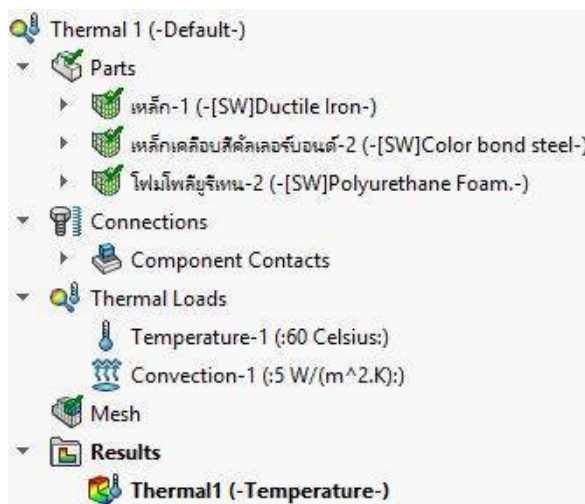
3.7.3.1 การศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นโพลียูรีเทนโฟม

กำหนดให้แผ่นโฟมมีขนาด ตารางเซนติเมตร หน้า 4 เซนติเมตร อุณหภูมิที่ผ่านผิวสัมผัส 60 องศา ที่สภาพอากาศลมอยู่นิ่ง เมื่อสภาพอากาศอยู่นิ่งจึงกำหนดให้ อุณหภูมิโดยรอบ (Ambient Temperature) 313 เคลวิน (ประมาณ 40 องศา)



รูปที่ 3.8 ผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม

เนื่องจากมีผนังอยู่ 3 ชั้นจะแบ่งพื้นผิวได้ 4 ส่วนคือ พื้นผิวบนสุดเหล็กชุบสังกะสี พื้นผิวระหว่างเหล็กชุบสังกะสีกับโฟมโพลียูรีเทน พื้นผิวระหว่างโพลียูรีเทนกับเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ และ พื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ จะทำการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในแต่ละพื้นผิว ในช่วงเวลาที่ 60 – 120 นาที



รูปที่ 3.9 ภาพประกอบการใส่ค่าของวัสดุของผนังก่อนทำแบบจำลอง

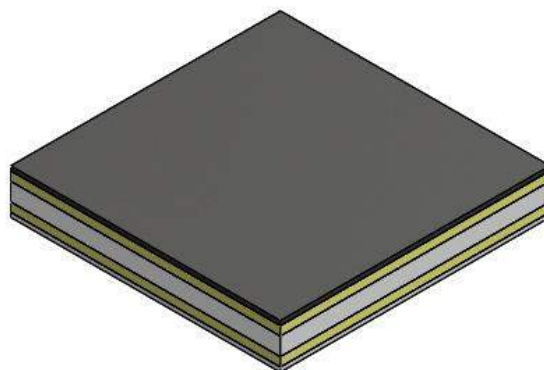
เนื่องจากแผ่นโฟมโพลียูรีเทนเป็นฉนวนกันความร้อนอยู่แล้ว แต่ราคาของแผ่นโฟมโพลียูรีเทนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับฉนวนกันความร้อนชนิดอื่น เช่น โฟมโพลีสไตรีน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกัน คุณสมบัติคล้ายกัน แต่ราคาแตกต่างกัน จึงใช้โฟมโพลีสไตรีนเข้ามาผสมในการใช้ทำเป็นฉนวนกันความร้อนเพื่อลดต้นทุนในการทำผนัง

คุณสมบัติทั่วไปของโฟมโพลีสไตรีน เขา สามารถรับน้ำหนักได้ดี เป็นฉนวนความร้อนได้ดี ป้องกันการผ่านของเสียง ราคาถูก

คุณสมบัติทั่วไปโฟมโพลียูรีเทน เขา สามารถรับน้ำหนักได้ดี เป็นฉนวนความร้อนได้ดี ป้องกันการผ่านของเสียง ไม่ติดไฟ

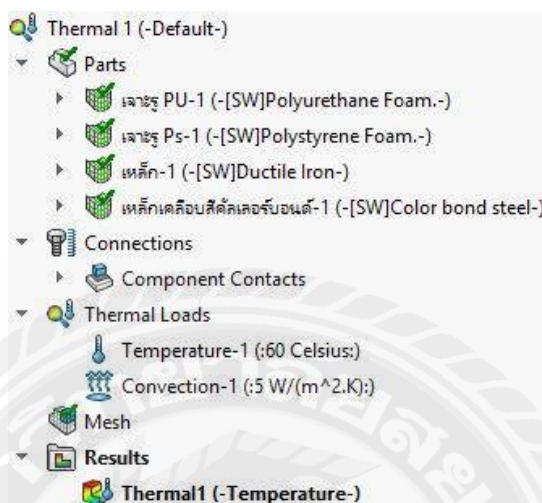
3.7.3.2 การศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นโพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม

โฟมโพลีสไตรีนเกิดการลามไฟจึงให้มีโฟมโพลียูรีเทนซึ่งไม่ลามไฟให้ประกบบนและล่างให้โฟมโพลีสไตรีนอยู่ตรงกลาง แผ่นโฟมจำลองขนาด 30×30 ตารางเมตร มีความหนาที่ 41 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.10 ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่แผ่นโพลียูรีเทน โฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม

ใช้แผ่นโฟมโพลีไทรินใส่ตรงกลางของโฟมโพลียูรีเทนถ้าแบ่งเป็นชั้นจะได้ 5 ชั้นเหล็กชุบสังกะสี 0.5 มิลลิเมตร โพลียูรีเทน 10 มิลลิเมตร โพลีไทริน 20 มิลลิเมตร โพลียูรีเทน 10 มิลลิเมตร และเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ 0.5 มิลลิเมตร จากนั้นทำการจำลองด้วยโปรแกรมโดยใส่ค่าที่พื้นผิวสัมผัสของโฟมมีอุณหภูมิที่ 60 องศา และมีกระพาคความร้อนออกสู่บรรยากาศโดยการใส่ค่าการพาความร้อน $5W/m^2K$ โดยสภาพอากาศโดยรอบประมาณที่ 313 เคลวิน



รูปที่ 3.11 ภาพประกอบการใส่ค่าของวัสดุของผนังก่อนทำแบบจำลอง

3.7.4 จัดทำเอกสารเสนอพนักงานที่ปรึกษา

เสนอตัวอย่างโครงการกับพนักงานที่ปรึกษาเพื่อขอข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับใช้ในการคำนวณความร้อนในตู้รับส่งสัญญาณ

3.7.5 ปรับปรุงระบบ

นำข้อเสนอแนะจากพนักงานที่ปรึกษามาใช้ในการทำผนังตู้รับส่งสัญญาณ

3.7.6 จัดทำเอกสารโครงการ

จัดทำเอกสารโครงการส่งให้บริษัทและมหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและปรับปรุงตู้รับส่งสัญญาณ

ตารางที่ 3.2 แสดงระยะเวลาในการดำเนินงานของโครงการ

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ม.ค.60	ก.พ.60	มี.ค.60	เม.ย.60
1. รวบรวมข้อมูลความต้องการและศึกษาข้อมูลของโครงการ	←	→		
2. วิเคราะห์ระบบ		↔		
3. ออกแบบระบบ		←	→	
4. ทดสอบและสรุปผล			←	→
5. จัดทำเอกสาร โครงการ		←	→	→

3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

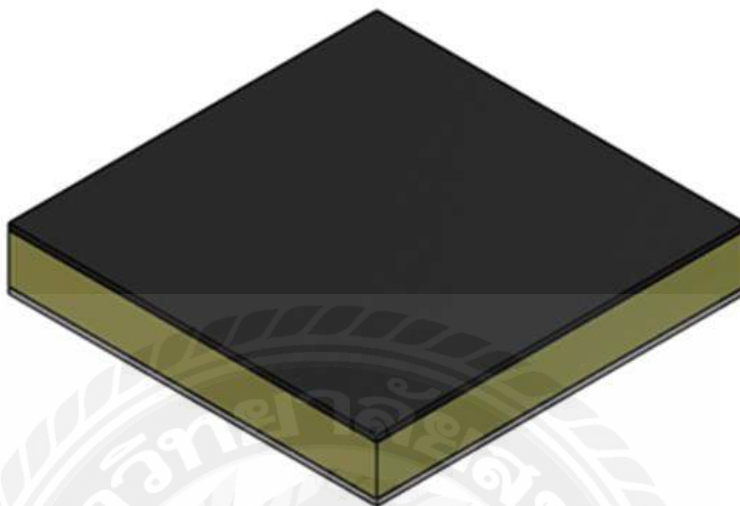
1. กล้องถ่ายรูปดิจิทัล Canon Digital Camera Ixus 185
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ Acer Aspire E5-575G-73WK (NX.GDWST.003) i7-6500
4GB/1TB/GT 940MX 2GB/15.6" LINUX
3. โปรแกรม Microsoft office 2016
4. เครื่องคิดเลขวิทยาศาสตร์คาลิโอ fx-5800P
5. โปรแกรมสำเร็จรูป



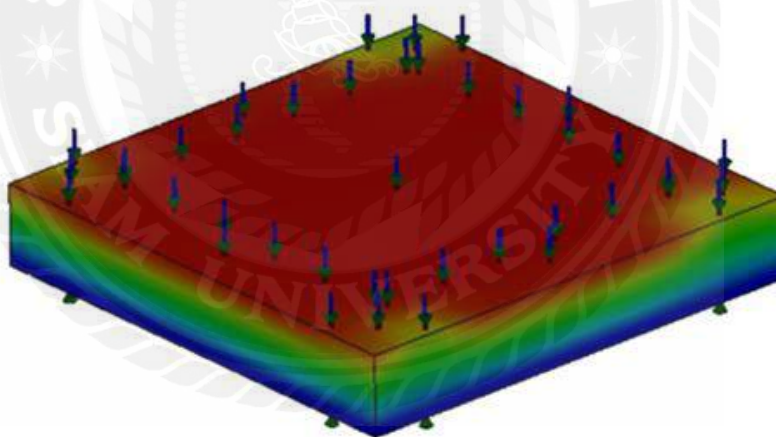
บทที่ 4

ผลการปฏิบัติงานตามโครงการ

4.1 ศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นโพลียูรีเทนโฟม



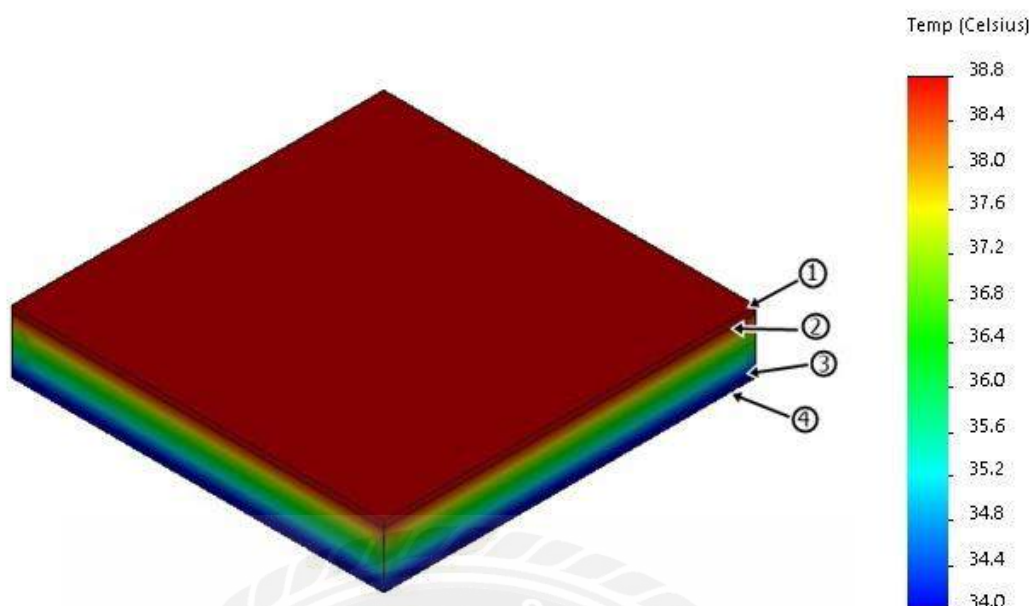
รูปที่ 4.1 แผ่นผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม



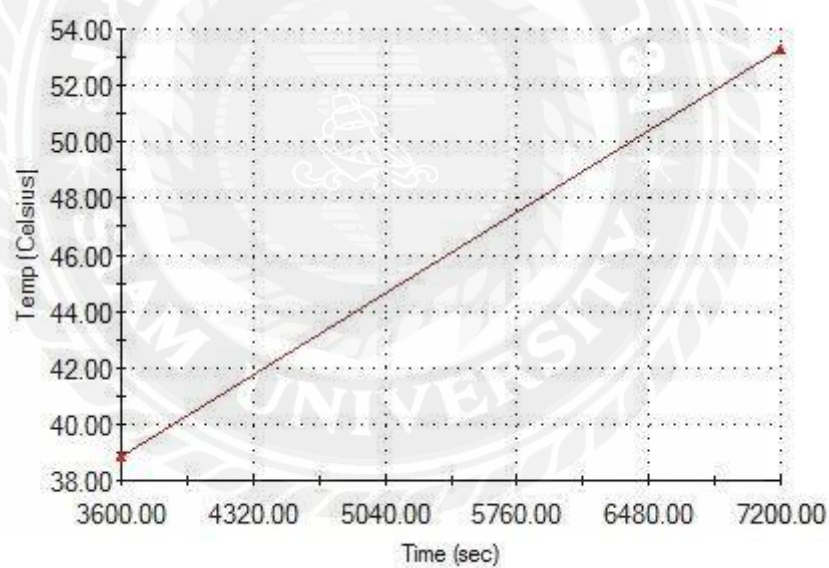
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นผู้รับส่งสัญญาณในสถานะไม่สม่ำเสมอ

4.1.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมต่อหน่วยของเวลา

เนื่องจากมีแผ่นอยู่ 3 ชั้นจะแบ่งพื้นผิวได้ 4 ส่วนคือ พื้นผิวบนสุดเหล็กชุบสังกะสี พื้นผิวระหว่างเหล็กชุบสังกะสีกับโฟมโพลียูรีเทน พื้นผิวระหว่างโพลียูรีเทนกับเหล็กเคลือบสติกเกอร์บอนด์ และ พื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสติกเกอร์บอนด์ จะทำการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในแต่ละพื้นผิว ในช่วงเวลาที่ 60 – 120 นาที

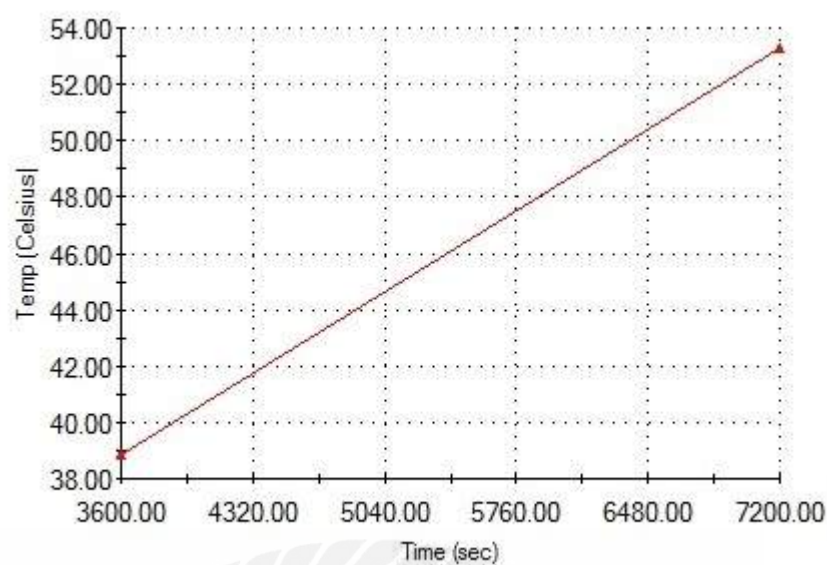


รูปที่ 4.3 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณในสถานะไม่สม่ำเสมอที่ใช้
โพลีเอทิลีนโฟมต่อหน่วยของเวลา



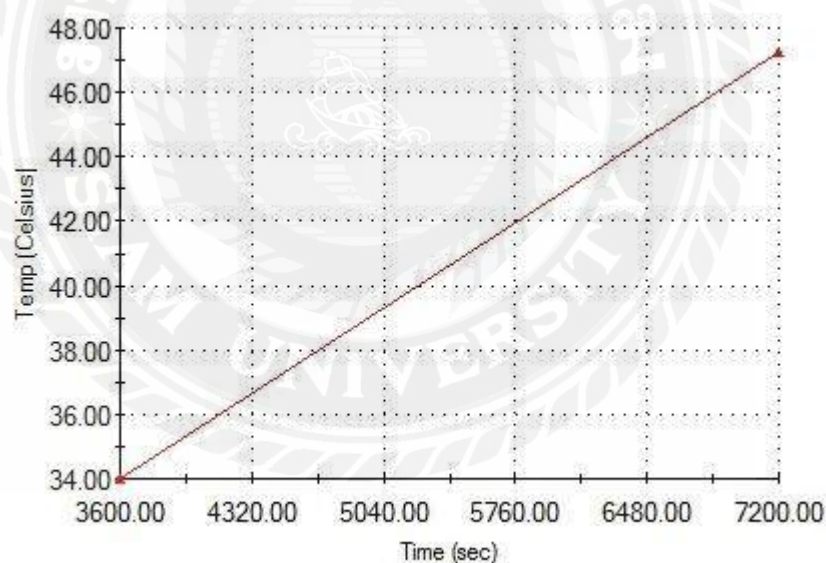
รูปที่ 4.4 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสี

พื้นผิวจุดที่ 1 พื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสี จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 38.9 องศา เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 53.5 องศา



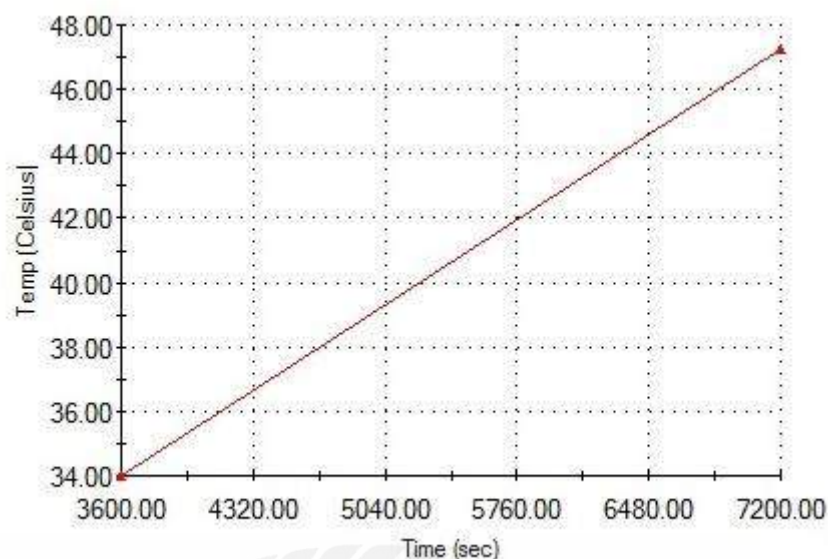
รูปที่ 4.5 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสีกับโพลีเอทิลีน

พื้นผิวจุดที่ 2 เหล็กชุบสังกะสีกับโพลีเอทิลีน จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 39 องศา เมื่อเวลาผ่านไป จนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 53.5 องศา



รูปที่ 4.6 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวโพลีเอทิลีน โฟมกับเหล็กเคลือบสีกัลเลอรันด์

พื้นผิวจุดที่ 3 โพลีเอทิลีน โฟมกับเหล็กเคลือบสีกัลเลอรันด์ จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 34 องศา เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 47.1 องศา

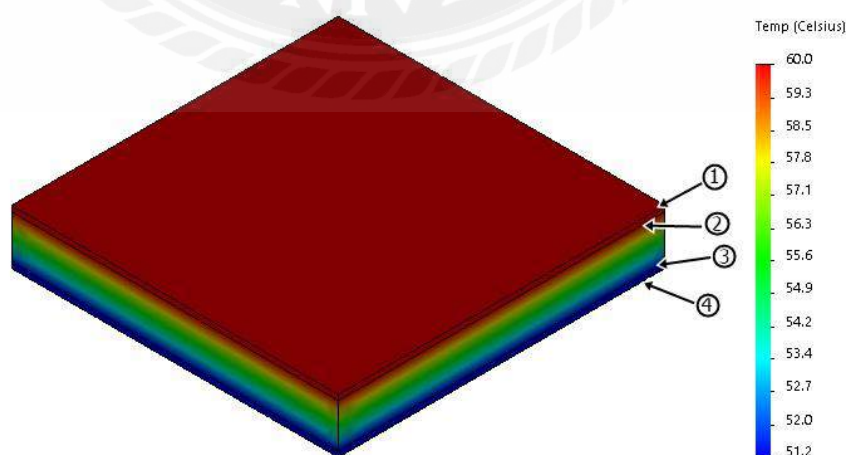


รูปที่ 4.7 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวพื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสีกัลเลอร็บบอนด์

พื้นผิวจุดที่ 4 เหล็กเคลือบสีกัลเลอร็บบอนด์ จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 34 องศา เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 47.1 องศา

จากกราฟการกระจายตัวพบว่า เมื่อเวลาเปลี่ยนไปความร้อนจะเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า ความร้อน ซึ่งจากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลทั้งหมดของสสารทำให้เกิดการเก็บความร้อนไว้ในผนัง จนเวลาผ่านไปจนอุณหภูมิของผนังไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา

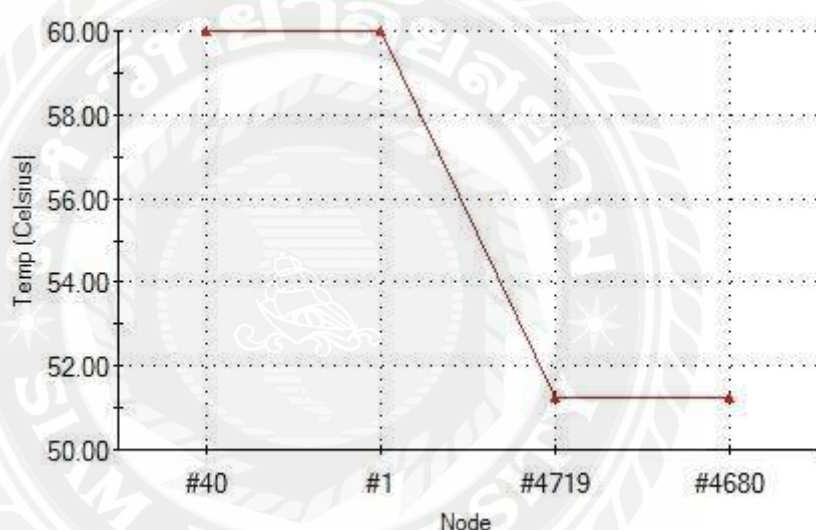
4.1.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลีเอทิลีนโฟมในสถานะสม่ำเสมอ



รูปที่ 4.8 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังตู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลีเอทิลีนโฟมในสถานะสม่ำเสมอ

อุณหภูมิที่จุดๆ หนึ่งในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา สภาวะสมำเสมอจะเกิดขึ้นในกรณีที่ วัตถุได้รับการถ่ายเทความร้อน มาเป็นเวลานานพอสมควร จนอุณหภูมิในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง การ นำความร้อนผ่านผนังราบที่ต่อแบบอนุกรม คือ ความร้อนไหลผ่านผนังที่ซ้อนกันหลายชั้นโดยการ นำความร้อน ในกรณีที่สภาวะต่างๆคงที่ อัตราความร้อนที่ไหลผ่านแต่ละชั้น ของผนังจะมีค่าเท่ากัน ทั้งๆ ที่ความลาดชันของอุณหภูมิในผนังแต่ละชั้นมีความแตกต่างกัน

จากภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่า กลไกที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความ ร้อนนั้น เกิดจากผลรวมของการนำความร้อน การสะสมพลังงาน เมื่อสภาวะสมำเสมอ ความร้อน ของแผ่น มีแนวโน้มว่าจะลดลงจากอุณหภูมิปกติ จะเห็นได้ว่าได้รับอุณหภูมิ 60 องศา การมีการพา ความร้อนของอากาศอยู่ที่ ($5W/m^2k$) และลดลงเรื่อยๆมาเป็นสีฟ้าและสีน้ำเงินตามลำดับ เนื่องจากแผ่นโพลียูรีเทนโฟมเป็นฉนวนกั้นความร้อน เพราะมีค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) อยู่ประมาณที่ $0.026 W/mK$

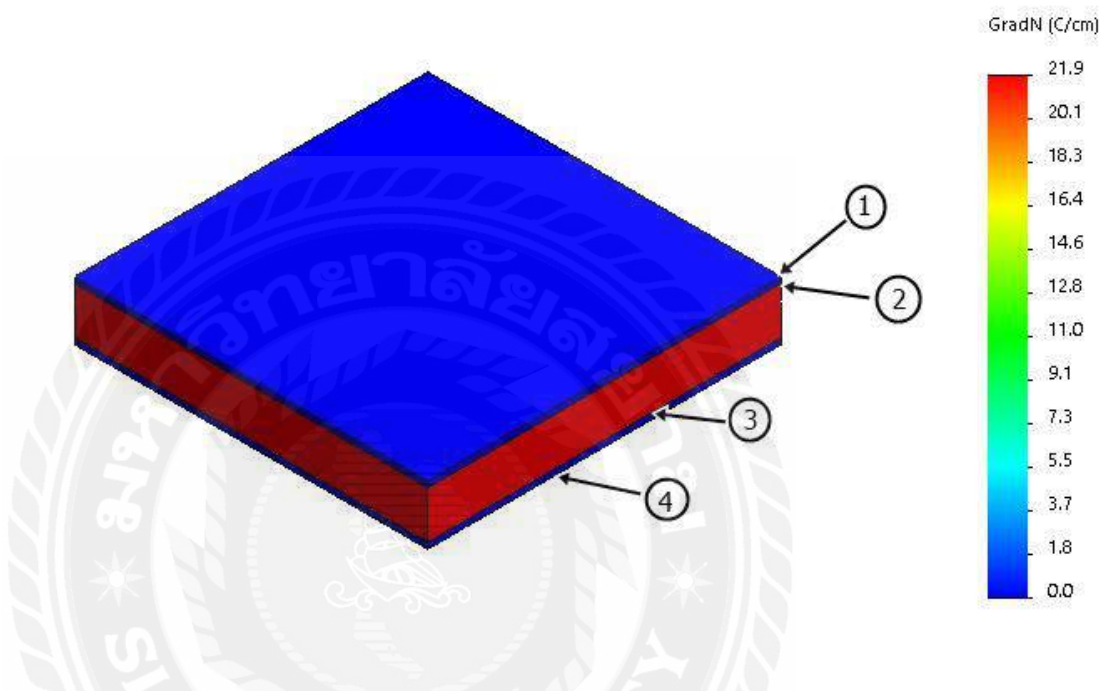


รูปที่ 4.9 กราฟการกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังรับส่งสัญญาณใช้โพลียูรีเทนโฟม ในสภาวะสมำเสมอ

จากกราฟรูปที่ 4.9 จะเห็นได้ว่าจากจุดที่1(Node 40) ตำแหน่งของจุดคือผิวเหล็กชุบสังกะสี จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 60 องศา และมาจุดที่2(Node1) ตำแหน่งของจุดคือเหล็กชุบสังกะสีกับ โพลียูรีเทนโฟมก็ยังมีอุณหภูมิที่ 60 องศา เนื่องจากเหล็กมีค่าการนำความร้อนที่สูงมาก ค่าของความร้อนก็เลยไม่เปลี่ยนตาม จุดที่3(Node4719) ตำแหน่งของจุดคือโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ความร้อนจะลดลงเป็นอย่างมากเหลือ 51.3 องศา เนื่องจากแผ่นโพลียูรีเทนโฟมมีการ นำความร้อนที่ต่ำ และจุดที่4(Node4680)ตำแหน่งของจุดคือเหล็กเคลือบสีคัลเลอร์บอนด์ จะมี อุณหภูมิอยู่ที่ 51.3 องศา เนื่องจากเหล็กมีค่าการนำความร้อนที่สูงมาก ค่าของความร้อนก็เลยไม่ เปลี่ยนตาม

4.1.3 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม

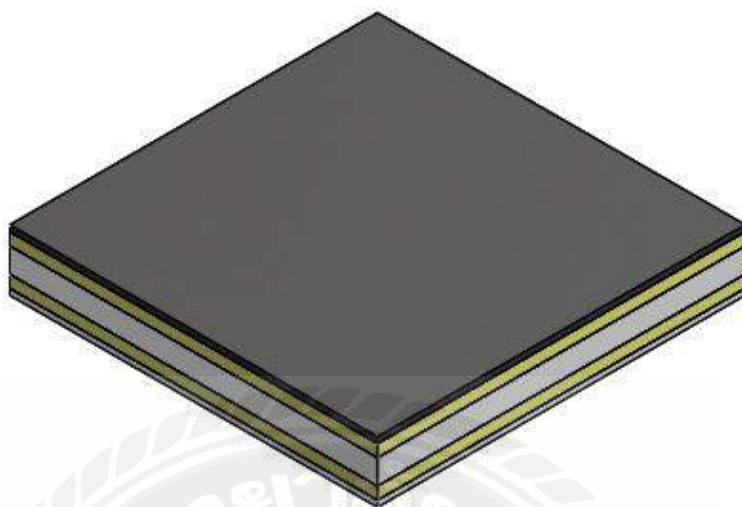
การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อน ตัวกลางที่บดแสง เมื่อมีความลาดชันของอุณหภูมิ การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำ อัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนจะเป็นสัดส่วน กับค่าความลาดชันของอุณหภูมิ (Temperature Gradient) คูณกับพื้นที่ A ที่ความร้อนไหลผ่าน



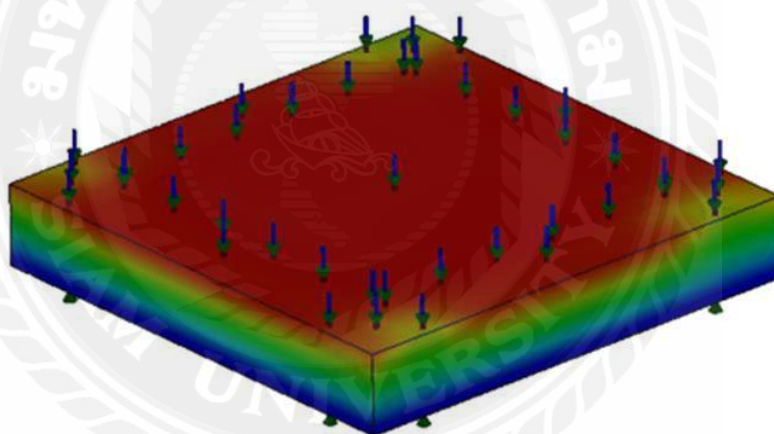
รูปที่ 4.10 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม

จากภาพความลาดชันของอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่า พื้นผิวจุดที่ 1กับ2 ตำแหน่งจุดคือเหล็กชุบสังกะสีกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอรันด์จะเป็นสีน้ำเงินหมายความว่า มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิตั้งแต่ 0.0 องศาต่อเซนติเมตร ถึง 1.8 องศาต่อเซนติเมตรเพราะมีค่าการนำความร้อนเป็นของโลหะซึ่งมีค่าสูง ความลาดชันของอุณหภูมิก็ต่ำ จุดที่ 2กับ3 ตำแหน่งจุดคือเหล็กชุบสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟมและโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอรันด์ จะมีสีแดงหมายความว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิตั้งแต่ 20.1 องศาต่อเซนติเมตร ถึง 21.9 องศาต่อเซนติเมตร เพราะมีค่าการนำความร้อนของโพลียูรีเทนโฟมซึ่งมีค่าที่ต่ำจึงเกิดความลาดชันขึ้น

4.2 ศึกษาคุณลักษณะการกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นโพลียูรีเทนโฟมที่ใช้ร่วมกับ โพลีสไตรีนโฟม



รูปที่ 4.11 แผ่นผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม



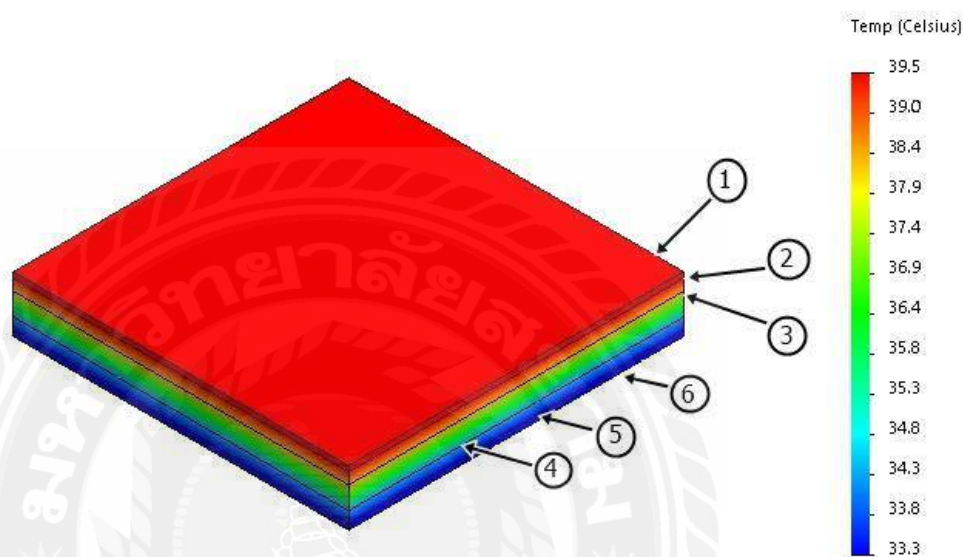
รูปที่ 4.12 การกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสถานะไม่สม่ำเสมอ

ใช้แผ่นโฟมโพลีสไตรีนใส่ตรงกลางของโฟมโพลียูรีเทนถ้าแบ่งเป็นชั้นจะได้ 5 ชั้น เหล็กชุบสังกะสี 0.5 มิลลิเมตร โพลียูรีเทน 10 มิลลิเมตร โพลีสไตรีน 20 มิลลิเมตร โพลียูรีเทน 10 มิลลิเมตร และเหล็กเคลือบสีอัลลอยด์ 0.5 มิลลิเมตร ในแผ่นผู้รับส่งสัญญาณนี้จะเปลี่ยนแผ่นโฟมโพลียูรีเทนให้มีโฟมโพลีสไตรีนผสมด้วยดังนั้น วัสดุที่ไม่เปลี่ยนก็จะเป็นแผ่นเหล็กชุบสังกะสีกับเหล็กเคลือบสีอัลลอยด์ ทำการวิเคราะห์แผ่นผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โฟมโพลียูรีเทนร่วมกับโฟมโพลีสไตรีนด้วยการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนี้

4.2.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิของแผ่นผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับ

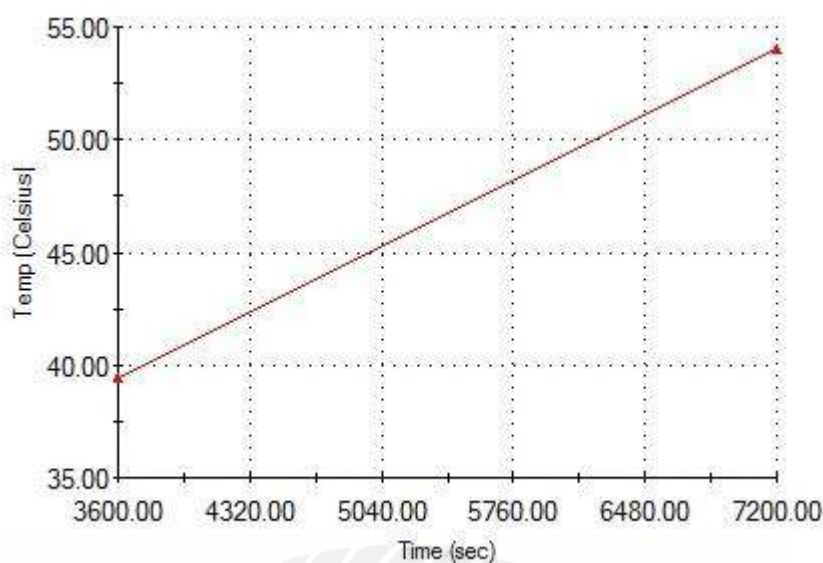
โพลีสไตรีนโฟมต่อหน่วยของเวลา

เนื่องจากมีผนังอยู่ 5 ชั้นจะแบ่งพื้นผิวได้ 6 ส่วนคือ พื้นผิวบนสุดเหล็กชุบสังกะสี พื้นผิวระหว่างเหล็กชุบสังกะสีกับโฟมโพลียูรีเทน พื้นผิวระหว่างโพลียูรีเทนกับโฟมโพลีสไตรีน พื้นผิวระหว่างโฟมโพลีสไตรีนกับโฟมโพลียูรีเทน พื้นผิวระหว่างโพลียูรีเทนกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์ และ พื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์ จะทำการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปในแต่ละพื้นผิว ในช่วงเวลาที่ 1 ชั่วโมงถึง 2 ชั่วโมง



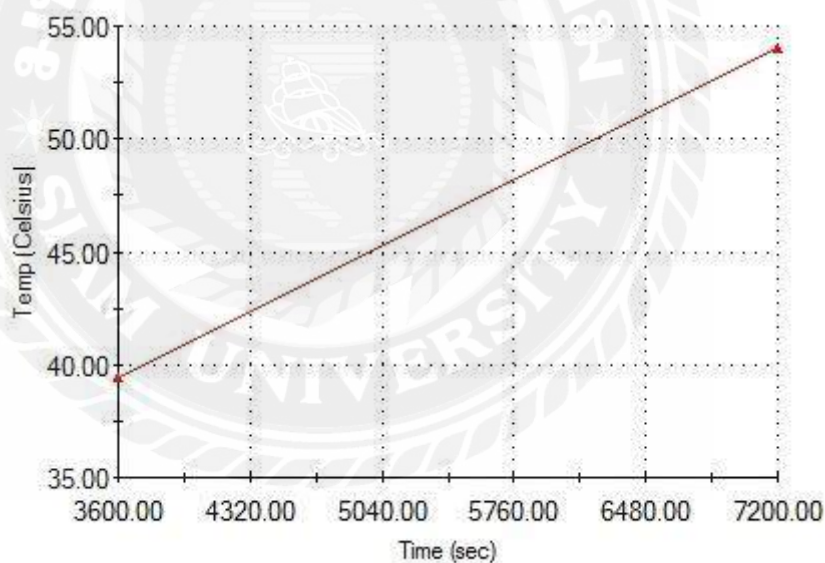
รูปที่ 4.13 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณในสถานะไม่สม่ำเสมอที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมต่อหน่วยของเวลา

จากรูปที่ 4.13 พบว่าอุณหภูมิที่พื้นผิวแต่ละจุด จะบอกเป็นสี อย่างจุดที่ 1 ตำแหน่งจุดเหล็กชุบสังกะสีจะเป็นสีแดงมีความร้อนอยู่ที่ 39.5 องศา จุดที่ 2 ตำแหน่งจุดเหล็กชุบสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟมจะเป็นสีส้มมีความร้อนอยู่ที่ 38.4 ถึง 39.0 องศา จุดที่ 3 ตำแหน่งจุดโพลียูรีเทนโฟมกับโพลีสไตรีนโฟมจะเป็นสีเขียวมีความร้อนอยู่ที่ 35.8 ถึง 37.4 องศา จุดที่ 4 ตำแหน่งจุดโพลีสไตรีนโฟมกับโพลียูรีเทนโฟมจะเป็นสีฟ้ามีความร้อนอยู่ที่ 34.8 ถึง 35.3 องศา จุดที่ 5 ตำแหน่งจุดโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์จะเป็นสีน้ำเงินอ่อนมีความร้อนอยู่ที่ 33.8 ถึง 34.3 องศา และจุดที่ 5 ตำแหน่งจุดเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์จะมีความร้อนอยู่ที่ 33.3 องศา



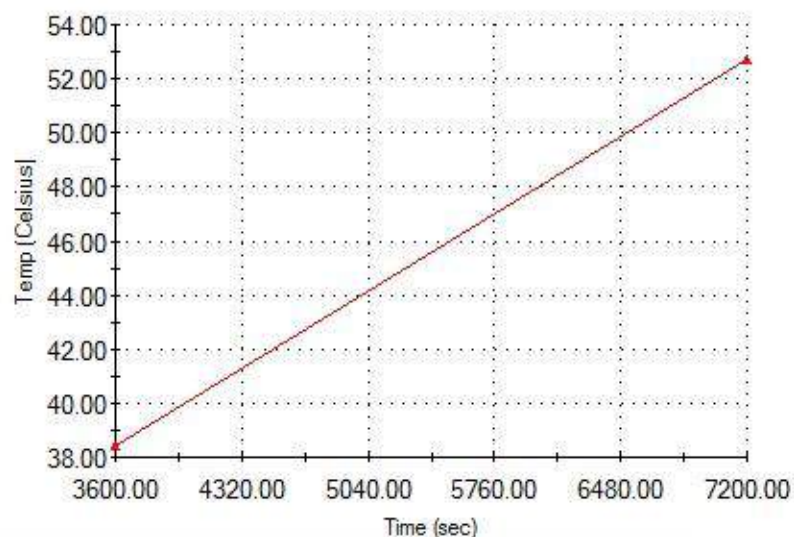
รูปที่ 4.14 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสี

พื้นผิวจุดที่ 1 พื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสี จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 39 องศา เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 53.5 องศา



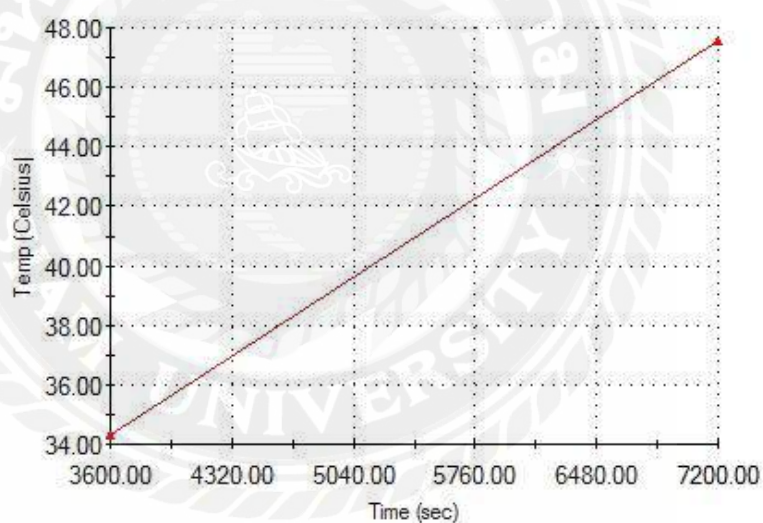
รูปที่ 4.15 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวบนเหล็กชุบสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟม

พื้นผิวจุดที่ 2 เหล็กชุบสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟม จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 39 องศา เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 53.5 องศา



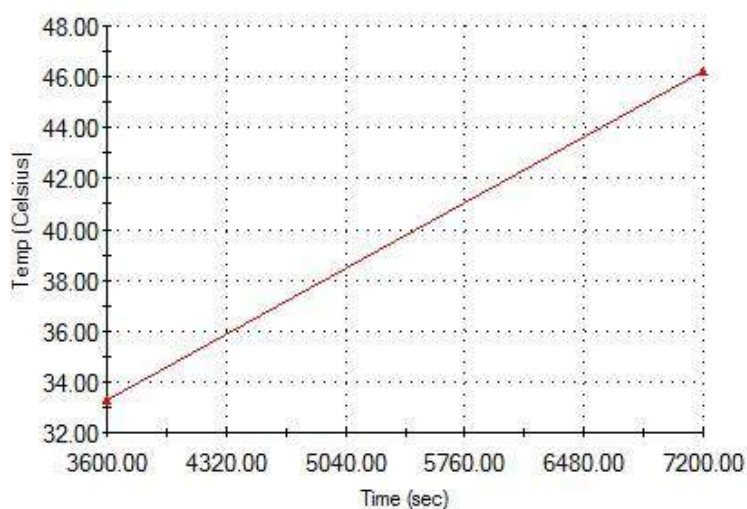
รูปที่ 4.16 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวโพลีเอทิลีนโฟมกับโพลีสไตรีนโฟม

พื้นผิวจุดที่ 3 โฟมโพลีเอทิลีนกับโฟมโพลีสไตรีนจากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 38.5 องศา เมื่อเวลาผ่านไป จนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 52.5 องศา

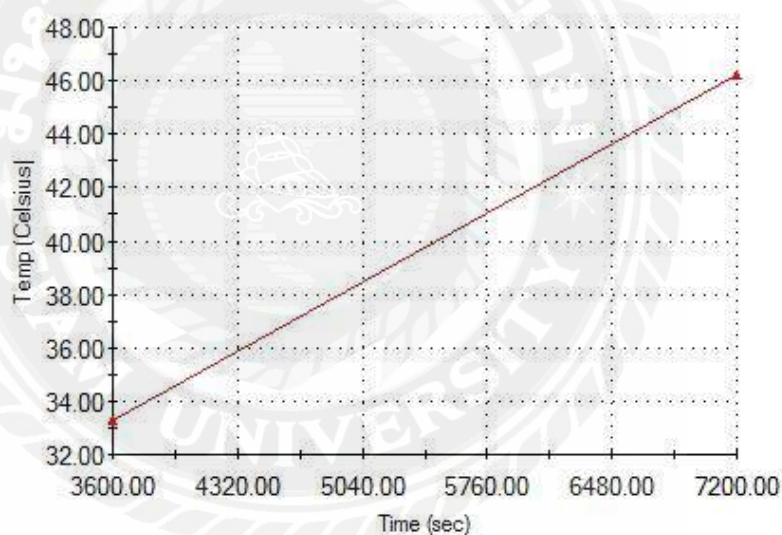


รูปที่ 4.17 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวโพลีสไตรีนโฟมกับโพลีเอทิลีนโฟม

พื้นผิวจุดที่ 4 โพลีสไตรีนโฟมกับโพลีเอทิลีนโฟม จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 34.2 องศา เมื่อเวลาผ่านไป จนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 47.7 องศา



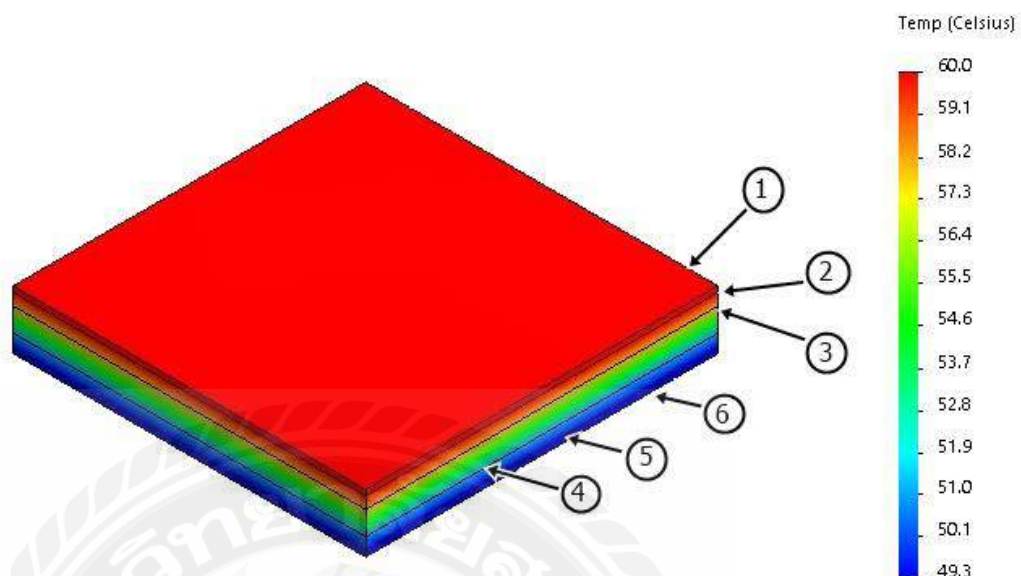
รูปที่ 4.18 การกระจายตัวของอุณหภูมิโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์
 พื้นผิวจุดที่ 5 โพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อ
 เวลาผ่านไปอุณหภูมิจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 33.1 องศา เมื่อ
 เวลาผ่านไปจนถึง 7200 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 46.1 องศา



รูปที่ 4.19 การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวพื้นผิวชั้นล่างเหล็กเคลือบสีอัลเลอร์บอนด์
 พื้นผิวจุดที่ 6 เคลือบสีอัลเลอร์บอนด์จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิจะ
 สูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 3600 วินาที(1 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 33.1 องศา เมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 7200
 วินาที(2 ชั่วโมง) จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 46.1 องศา

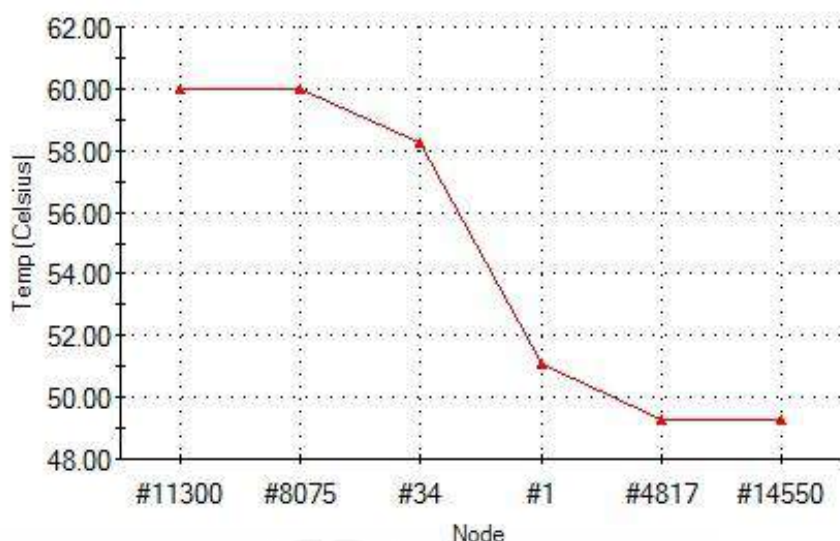
จากกราฟการกระจายตัวพบว่า เกิดการเคลื่อนที่ของอะตอมจึงทำให้เกิดการเก็บความร้อน
 ไว้ในผนังเหมือนกับผนังปรกติ แต่จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า

4.2.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับ โพลีสไตรีนโฟมในสถานะสม่ำเสมอ



รูปที่ 4.20 การกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสถานะสม่ำเสมอ

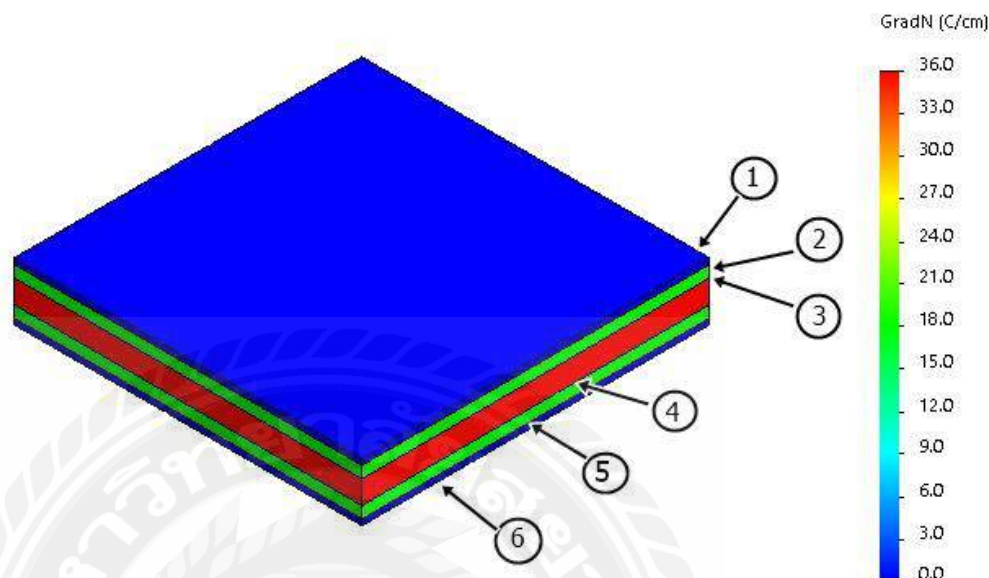
จากรูปที่ 4.20 การกระจายตัวของอุณหภูมิโฟมผสม พบว่าความร้อนของผนังผสม แนวโน้มว่าจะลดลง เหมือนกับผนังปรกติ เนื่องจากมีฉนวนกันความร้อนเหมือนกันต่างกันที่ ค่าการนำความร้อนแผ่นโฟมผสมก็จะมี โฟมโพลีสไตรีนจะอยู่ประมาณที่ 0.00136 W/m K และโฟมโพลียูรีเทนจะอยู่ที่ 0.0026 W/m K ซึ่งต่างจากผนังปรกติที่ใช้โฟมโพลียูรีเทนเพียงอย่างเดียว จะเห็นว่าจากจุดสีน้ำเงินคือมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดแปลว่า โฟมผสมมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าโฟมโพลียูรีเทน ผลจากการจำลองด้วยโปรแกรมก็เลยมีอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอในตัวโฟมผสมจะเห็นได้ เมื่อค่าการนำความร้อนไม่ต่างกัน ผลที่ได้จากการจำลองก็เลยไม่ห่างกันมาก ซึ่งจากภาพแล้วเราสามารถใช้โฟมผสมแทนได้โดยดูจากตัวเลขการกระจายตัวของอุณหภูมิด้านล่างสุด ผนังของโฟมโพลียูรีเทนจะอยู่ที่ 51.239 องศาและโฟมผสมจะมีค่าอยู่ที่ 49.842 องศา



รูปที่ 4.21 กราฟการกระจายตัวของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม
ที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟมในสภาวะสม่ำเสมอ

จากกราฟรูปที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าจากจุดที่1(Node 11300) ตำแหน่งของจุดคือผิวเหล็กหุ้มสังกะสีจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 60 องศา และมาจุดที่2(Node 8075) ตำแหน่งของจุดคือเหล็กหุ้มสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟมก็ยังมีอุณหภูมิที่ 60 องศา เนื่องจากเหล็กมีค่าการนำความร้อนที่สูงมาก ค่าของความร้อนก็เลยไม่เปลี่ยนแปลงตาม จุดที่3(Node 34) ตำแหน่งของจุดคือโพลียูรีเทนโฟมกับโพลีสไตรีนโฟมความร้อนจะลดลงเล็กน้อยเหลือ 58.1 องศา เนื่องจากแผ่นโพลียูรีเทนโฟมมีการการนำความร้อนที่ต่ำแต่มีขนาดที่บางเพียง 1 เซนติเมตร จุดที่4(Node 1)ตำแหน่งของจุดคือโพลีสไตรีนโฟมกับโพลียูรีเทนโฟม จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 51 องศา เนื่องจากโพลีสไตรีนโฟมมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำมากและมีขนาดที่หนาถึง 2 เซนติเมตร อุณหภูมิเลยลดลงมาต่ำ จุดที่5(Node 4817)ตำแหน่งของจุดคือโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีกัลเลอร์บอนด์ จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 48.2 องศา เนื่องจากแผ่นโพลียูรีเทนโฟมมีการการนำความร้อนที่ต่ำแต่มีขนาดที่บางเพียง 1 เซนติเมตร ตามจุดที่6 (Node 14550)ตำแหน่งของจุดคือเหล็กเคลือบสีกัลเลอร์บอนด์ จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 48.2 องศา เนื่องจากเหล็กมีค่าการนำความร้อนที่สูงมาก ค่าของความร้อนก็เลยไม่เปลี่ยนแปลง

4.2.3 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟมร่วมกับ โพลีสไตรีนโฟม



รูปที่ 4.22 ความลาดชันของอุณหภูมิของผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลียูรีเทนโฟม
ที่ใช้ร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม

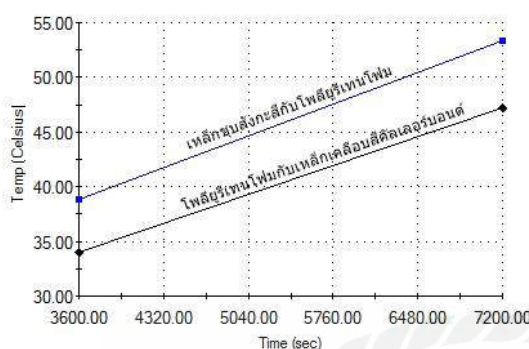
จากภาพความลาดชันของอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่า พื้นผิวจุดที่ 1 กับ 2 ตำแหน่งจุดคือเหล็กชุบสังกะสีกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร็บบอนด์ จะเป็นสีน้ำเงินหมายความว่า มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิตั้งแต่ 0.0 องศาต่อเซนติเมตร ถึง 3.0 องศาต่อเซนติเมตรเพราะมีค่าการนำความร้อนเป็นของโลหะซึ่งมีค่าสูง ความลาดชันของอุณหภูมิก็เลยต่ำ พื้นผิวจุดที่ 2 กับ 3 ตำแหน่งจุดคือเหล็กชุบสังกะสีกับโพลียูรีเทนโฟมและโพลียูรีเทนโฟมกับเหล็กเคลือบสีอัลเลอร็บบอนด์ จะมีสีเขียวหมายความว่า มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิตั้งแต่ 18.0 องศาต่อเซนติเมตร ถึง 21.0 องศาต่อเซนติเมตรเพราะมีค่าการนำความร้อนของโพลียูรีเทนโฟมซึ่งมีค่าที่ต่ำจึงเกิดความลาดชันขึ้น พื้นผิวจุดที่ 3 กับ 4 ตำแหน่งจุดคือโพลียูรีเทนโฟมกับโพลีสไตรีนโฟมและโพลีสไตรีนโฟมกับโพลียูรีเทนโฟมจะมีสีแดงหมายความว่า มีอัตราการลดลงของอุณหภูมิตั้งแต่ 33.0 องศาต่อเซนติเมตร ถึง 36.0 องศาต่อเซนติเมตร เพราะมีค่าการนำความร้อนของโพลีสไตรีนโฟมซึ่งมีค่าที่ต่ำจึงเกิดความลาดชันขึ้น

4.3 สรุปผลการเปรียบเทียบความร้อน

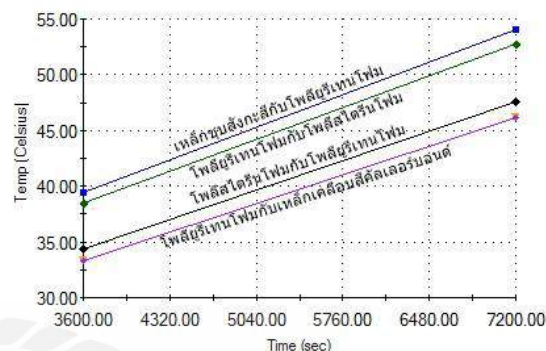
4.3.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิสถานะไม่สม่ำเสมอของผนังผู้รับส่งสัญญาณทั้ง 2 แบบ

แบบที่ 1 คือ ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลีเอทิลีนโฟม

แบบที่ 2 คือ ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลีเอทิลีนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม



รูปที่ 23 แบบที่ 1

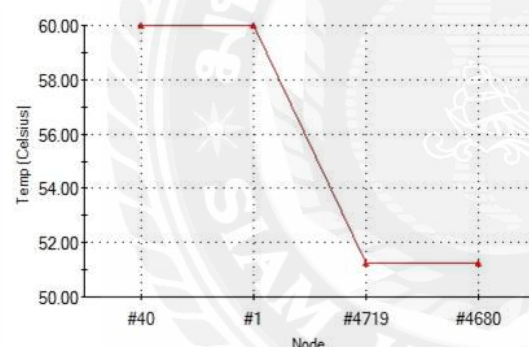


รูปที่ 24 แบบที่ 2

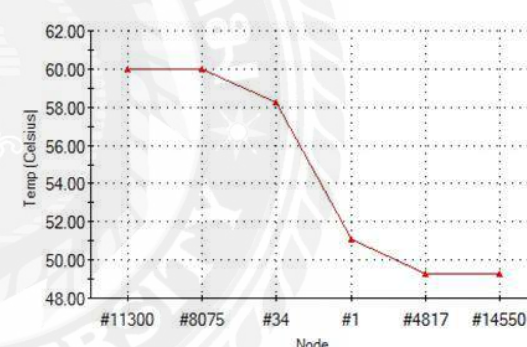
4.3.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิสถานะสม่ำเสมอของผนังผู้รับส่งสัญญาณทั้ง 2 แบบ

แบบที่ 1 คือ ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลีเอทิลีนโฟม

แบบที่ 2 คือ ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โพลีเอทิลีนโฟมร่วมกับโพลีสไตรีนโฟม



รูปที่ 25 แบบที่ 1



รูปที่ 26 แบบที่ 2

สรุปผลจากตาราง สามารถใช้ผนังผู้รับส่งสัญญาณแบบที่ 2 แทนผนังผู้รับส่งสัญญาณแบบที่ 1 ได้ เพราะส่วนที่นำมาใส่ในชั้นกลางเป็นโฟมโพลีสไตรีนซึ่งสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าในทั้ง 2 สถานะ ในสถานะไม่สม่ำเสมอใน 1 ชั่วโมงแบบที่ 1 จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 33 องศา ส่วนแบบที่ 2 จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 34 องศา ในสถานะสม่ำเสมอแบบที่ 1 จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 49 องศา ส่วนแบบที่ 2 จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 51 องศา และผนังผู้รับส่งสัญญาณแบบที่ 1 มีโฟมโพลีเอทิลีนล้อมรอบทำให้สามารถป้องกันการลามของไฟได้อีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นการลดต้นทุนในการผลิต ป้องกันอุบัติเหตุจากไฟและสามารถลดอุณหภูมิที่ไหลผ่านผนังผู้รับส่งสัญญาณได้อีกด้วย

บทที่ ๕

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

ในรายงานเล่มนี้ ได้ศึกษาแล้วนำผลมาคำนวณหาตัวแปรที่ต้องการ ซึ่งผลที่ได้มาเสนอในลักษณะของผลของการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและใส่ในตารางเพื่อทำการเปรียบเทียบ

ผลจากการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยคำนวณความร้อนของผนังผู้รับส่งสัญญาณพบว่าสามารถใช้ผนังผู้รับส่งสัญญาณที่ใช้โคมโพลีเอทิลีนร่วมกับโคมโพลีสไตรีนได้ แทนผนังปกติที่ใช้โคมโพลีเอทิลีนได้เพียงอย่างเดียว เพราะส่วนที่นำมาผสมเป็นโคมโพลีสไตรีนและสามารถกันความร้อนได้ดีกว่าในทั้ง 2 สภาวะ ในสภาวะไม่สม่ำเสมอภายใน 1 ชั่วโมงผนังที่ใช้โพลีเอทิลีนโคมร่วมกับโพลีสไตรีนโคมจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 33 องศา ส่วนผนังที่ใช้โพลีเอทิลีนเพียงอย่างเดียวจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 34 องศา ในสภาวะสม่ำเสมอ ผนังที่ใช้โพลีเอทิลีนโคมร่วมกับโพลีสไตรีนโคมจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 49 องศา ส่วนผนังที่ใช้โพลีเอทิลีนเพียงอย่างเดียวจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 51 องศา และในผนังที่นำมาประกบมีโคมโพลีเอทิลีนล้อมรอบทำให้สามารถป้องกันการลามของไฟได้อีกด้วย ซึ่งถือว่าเป็นการลดต้นทุนในการผลิต ป้องกันอุบัติเหตุจากไฟและสามารถลดอุณหภูมิที่ไหลผ่านผนังผู้รับส่งสัญญาณได้อีกด้วย และสามารถลดต้นทุนในการผลิตและได้อีกด้วยซึ่งราคาโคมโพลีเอทิลีนจะอยู่ที่ 315 บาทต่อตารางเมตร และ โคมผสมจะอยู่ที่ 184 บาทต่อตารางเมตร สามารถลดต้นทุนในการผลิต 131 บาทต่อตารางเมตร

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการปฏิบัติงาน

คณะผู้จัดทำยังขาดความรู้เกี่ยวกับอุณหภูมิและไม่ค่อยเข้าใจเกี่ยวกับวัสดุ ทำให้การปฏิบัติงานค่อนข้างช้า และ อาจเกิดการทำงานผิดพลาดได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรใช้ โคมโพลีเอทิลีนร่วมกับโคมโพลีสไตรีนในการสร้างผนังผู้รับส่งสัญญาณ โดยคำนึงถึงค่าการนำความร้อนเป็นหลัก

ควรศึกษาข้อมูลในการดำเนินการให้มากกว่านี้ก่อนปฏิบัติงาน เพื่อความรวดเร็วในการดำเนินการ

5.4 สรุปผลการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

5.4.1 ข้อดีของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

- มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน
- มีความรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่มากยิ่งขึ้น
- ฝึกทักษะในการแก้ปัญหาต่างๆ

5.4.2 ปัญหาที่พบของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

- การเข้าถึงข้อมูลมีการจำกัดเฉพาะพนักงานที่เกี่ยวข้องเท่านั้น เนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท

- ใช้เวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์นานเกินไป และกระบวนการผลิตที่ไม่เป็นระเบียบ ทำให้เสียทั้ง เวลาและค่าใช้จ่ายที่สิ้นเปลือง



บรรณานุกรม

กฎของฟูเรียร์. (2560). เข้าถึงได้จาก http://eng.sut.ac.th/metal/images/stories/pdf/3_1.pdf

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาของครีบทรงกระบอก. (2560). เข้าถึงได้จาก

http://thesis.swu.ac.th/swuthesis/Mech_Eng/Anusorn_S.pdf

สมการไฟไนต์เอลิเมนต์. (2560). เข้าถึงได้จาก http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/16_4_384.pdf





ภาคผนวก ก
ตารางแสดงค่าการนำความร้อนของวัสดุ

ตาราง การนำความร้อนของวัสดุทั่วไป^[5]

Material	Conductivity(W/MK)
Air	0.03
Water	0.60
Aluminum	204
Gold	320
Iron	73
Silicon	126
Copper	386
Glass	0.9
Stainless Steel	16.5
Silver	419
PVC	0.19
Zinc steel	112.2
Color bond steel	80
Polyurethane Foam	0.026
Polystyrene Foam	0.0132

From E.R.G. Eckert and R.M. Drake, Analysis of Heat Mass Transfer, McGraw-Hill,
New York, 1972

ตารางโลหะ^[5]

Metal	Conductivity(W/MK)
Brass70% Cu,30% Zn	111
German silver 62%Cu, 15%Ni, 22%Zn	24.9
Constantan 60%Cu, 40%Ni,	22.7
Iron	
Pure	73
Wrought iron,0.5%C	59
Steel	
(C max = 1.5%)	
Carbon steel	
C = 0.5%	54
1.0%	43
1.5%	36
Nickel steel	
Ni = 0%	73
20%	19
40%	10
80%	35
Inver 36%Ni	10.7
Chrome steel	
Cr = 0%	73
1%	61
5%	40
20%	22
Cr-Ni(chrome-nickel)	
15%Cr, 10%Ni	19
18%Cr, 8%Ni(V2A)	16.3
20%Cr, 15%Ni	15.1
25%Cr, 20%Ni	12.8

Metal	Conductivity(W/MK)
Tungsten steel	
W = 0%	73
1%	66
5%	54
10%	48
Lead	35
Magnesium	
Pure	171
Mg-Al (electrolytic) 6-8%Al, 1-2%Zn	66
Molybdenum	123
Nickel	
Pure (99.9%)	90
Ni-Cr	
90%Ni, 10%Cr	17
80%Ni, 20%Cr	12.6
Silver	
Purest	419
Pure	407
Tin pure	64
Tungsten	163
Uranium	27.6
Zinc Pure	112.2

From E.R.G. Eckert and R.M. Drake, Analysis of Heat Mass Transfer, McGraw-Hill,
New York, 1972



ภาคผนวก ข
ตัวอย่างการคำนวณ

Polyurethane

หาความแตกต่างอุณหภูมิ

$$\text{อุณหภูมิภายนอก} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิบนพื้นผิว Aluzing} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิผิวภายในตัวตู้} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_3 = 60^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$$

$$\therefore \Delta T = 35^{\circ}\text{C}$$

หาค่าต้านทานความร้อน

$$R = \frac{t}{K}$$

$$R_{\text{Ceramic}} = \frac{0.00025}{9.89 \times 10^{-5}} \frac{\text{M}}{\text{W} / \text{MC}^{\circ}} = 2.5278 \text{ W} / \text{M}^2 \text{C}^{\circ}$$

$$R_{\text{Zinc steel}} = \frac{0.001}{221} \frac{\text{M}}{\text{W} / \text{MC}^{\circ}} = 0.000025 \text{ W} / \text{M}^2 \text{C}^{\circ}$$

$$R_{\text{PU Foam}} = \frac{0.04}{0.026} \frac{\text{M}}{\text{W} / \text{MC}^{\circ}} = 1.538 \text{ W} / \text{M}^2 \text{C}^{\circ}$$

$$R_{\text{Color bond steel}} = \frac{0.0005}{80} \frac{\text{M}}{\text{W} / \text{MC}^{\circ}} = 0.00000625 \text{ W} / \text{M}^2 \text{C}^{\circ}$$

หา สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{R_{\text{Total}}} = \frac{1}{R_{\text{Ceramic Coat}} + R_{\text{Zinc Steel}} + R_{\text{PU Foam}} + R_{\text{Color Bond Steel}}} \\ &= \frac{1}{2.5278 + (8.91 \times 10^{-6}) + 1.538 + (6.25 \times 10^{-6})} \\ &= 0.246 \text{ W} / \text{M}^2 \text{C}^{\circ} \end{aligned}$$

หา อัตราการไหลผ่านของความร้อน

$$\begin{aligned} Q &= UA\Delta T \\ &= 0.246 \text{ W} / \text{M}^2 \text{C}^{\circ} \times 1.0 \text{ M}^2 \times 35^{\circ}\text{C} \\ Q &= 8.61 \text{ W (WATT)} \end{aligned}$$

Polystyrene

หาความแตกต่างอุณหภูมิ

$$\text{อุณหภูมิภายนอก} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิบนพื้นผิว Aluzing} = 60^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิผิวภายในตัวตู้} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = T_2 - T_3 = 60^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}$$

$$\therefore \Delta T = 35^{\circ}\text{C}$$

หาค่าต้านทานความร้อน

$$R = \frac{t}{K}$$

$$R_{\text{Ceramic}} = \frac{0.00025}{9.89 \times 10^5} \frac{M}{W / MC^{\circ}} = 2.5278 W / M^2 C^{\circ}$$

$$R_{\text{Zinc steel}} = \frac{0.002}{112.2} \frac{M}{W / MC^{\circ}} = 8.91 \times 10^{-6} W / M^2 C^{\circ}$$

$$R_{\text{PS Foam}} = \frac{0.04}{0.0132} \frac{M}{W / MC^{\circ}} = 3.03 W / M^2 C^{\circ}$$

$$R_{\text{Color bond steel}} = \frac{0.0005}{80} \frac{M}{W / MC^{\circ}} = 6.25 \times 10^{-6} W / M^2 C^{\circ}$$

หาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_{\text{Ceramic}} + R_{\text{Zinc steel}} + R_{\text{PS foam}} + R_{\text{Color bond steel}}} \\ &= \frac{1}{2.5278 + (8.91 \times 10^{-6}) + 3.03 + (6.25 \times 10^{-6})} \\ &= 0.171 W / M^2 C^{\circ} \end{aligned}$$

หาอัตราการไหลผ่านของความร้อน

$$Q = UA\Delta T$$

$$= 0.171 W / M^2 C^{\circ} \times 1.0 M^2 \times 35 C^{\circ}$$

$$Q = 5.985 \text{ Watt}$$



รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์

A	= พื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อน
C_p	= ความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่
E	= สมการอนุรักษ์พลังงาน
f	= สัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน
g	= ความเร่งอันเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก
h	= สมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อน
I	= ค่าความเข้มของการปั่นป่วน
K	= พลังงานที่เกิดจากการปั่นป่วนของการไหล
k	= ค่าการนำความร้อน
L	= ค่าคุณลักษณะความยาว
m	= อัตราการไหลของมวลของของไหล
Nu	= ค่านัสเซิลต์นัมเบอร์
Pr	= ตัวเลขแพรนเดิล
Q	= อัตราการถ่ายเทความร้อน
q	= อัตราการถ่ายเทความร้อนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
Re	= ค่าเรย์โนลด์นัมเบอร์
T	= อุณหภูมิ
V	= ปริมาตรการแลกเปลี่ยนความร้อน
S	= พื้นที่ผิวที่ประกอบไปด้วย S_h กับ S_g
q	= ค่าฟลักซ์การถ่ายเทความร้อน
q_n	= ฟลักซ์ที่ผ่านเข้าที่พื้นผิวด้านนอก
dT/dx	= อัตราการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในทิศทาง x
a	= อัตราเร่งทางความร้อน
B	= สัมประสิทธิ์การขยายตัว
D	= เกรเดียนต์อุณหภูมิ
$\frac{dT}{dx}$	= เกรเดียนต์อุณหภูมิในแนวแกน x มีหน่วยเป็นเคลวินต่อเมตร
T_∞	= การไหลของอุณหภูมิ
ds	= อนุพันธ์พื้นผิว

สัญลักษณ์ภาษากรีก

∞_u = ความเร็วฟรีสตรีม

v = ความหนืดจลน์ศาสตร์

μ = ความหนืดพลศาสตร์

ρ = ความหนาแน่น

ϵ = การกระจายของพลังงานที่เกิดขึ้น

Δ = ค่าการเปลี่ยนแปลง

η = ประสิทธิภาพ

∞ = ตัวแปรการไหลของอากาศ

β = สัมประสิทธิ์การขยายตัว

α = ค่าการแผ่กระจายความร้อน

τ = ความเค้นแรงเฉือน (Shear stress)

ζ = ขอบเขตล่าง (Lower Bound)

ตัวกำกับล่าง

cond = การนำความร้อน

conv = การพาความร้อน

elec = ไฟฟ้า

out = ทางออก

in = ทางเข้า

S_h = ปริมาตรของวัตถุ 1

S_g = ปริมาตรของวัตถุ 2

ประวัติผู้จัดทำ



รหัสนักศึกษา : 5605700019
ชื่อ – นามสกุล : นายวสิน ขุนไกรวงษ์
คณะ : วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล
ระดับการศึกษา : ระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยสยาม
อีเมลล์ : wasin.kh@siam.edu
ที่อยู่ : 305 หมู่ที่ 3 ตำบลคอนคลัง อำเภอดำเนินสะดวก
จังหวัดราชบุรี 70130
ผลงาน : การวิเคราะห์หาความร้อนของผนังผู้รับส่งสัญญาณ