

การศึกษาที่พาดพิงถึง แสงอาทิตย์เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการ  
 A STUDY OF SOLAR SELECTIVE PLATING FOR THERMAL  
 ABSORPTION WITH LOW COST AND HIGH EFFICIENCY



โรงเรียนมัธยมศึกษาเป็นโรงเรียนของสตรีศึกษาแผนกมัธยมศึกษา สังกัดมหาวิทยาลัย  
 สาขาวิชาฟิสิกส์  
 คณะวิทยาศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ปีการศึกษา ๒๕๒๕

การศึกษาลักษณะการดูดกลืนความร้อนประสิทธิภาพสูงต้นทุนต่ำ  
A STUDY OF SOLAR SELECTIVE PLAINTING FOR THERMAL  
ABSORPTION WITH LOW COST AND HIGH EFFICIENCY



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

**A STUDY OF SOLAR SELECTIVE PLAINTING FOR THERMAL  
ABSORPTION WITH LOW COST AND HIGH EFFICIENCY**

**Mr. Nutthaphon Hongkum**

**Miss Alisara Piyavilaiwan**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE**

**IN APPLIED PHYSICS**

**FACULTY OF SCIENCE**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**ACADEMIC YEAR 2012**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การศึกษาสึทาคูดกลืนความร้อนประสิทธิภาพสูงต้นทุนต่ำ  
 A STUDY OF HIGH EFFICIENCY LOW COST OF SOAR  
 PLANTING FOR SOLAR THERMAL ABSORPTION





ชื่อนักศึกษา นายณัฐพล หงษ์คำ  
 นางสาวอลิสรา ปิยวิไลวรรณ

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.กวางปัญญา สุวรรณสุโข

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์  
 ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2555

คณะกรรมการการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร. อภาภรณ์ สกฤตกระเวก	
ดร. เชรยฐา รัตนพันธ์	
ดร. ณัฐพร พรหมรส	
อ.กวางปัญญา สุวรรณสุโข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่โครงการพิเศษนี้ มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาสัทธิคุณกลั่นความร้อนประสิทธิภาพสูงต้นทุนต่ำ
ชื่อนักศึกษา	นายณัฐพล หงษ์คำ นางสาวอลิสรา ปิยวิไลวรรณ
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.กวางปัญญา สุวรรณสุขุโข

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้ ศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน โดยมีวัตถุประสงค์เป็นตัวกลาง ซึ่งความร้อนจะค่อยๆแผ่กระจายไปตามเนื้อวัตถุนั้น วัสดุที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาคือ แผ่นทองแดง แผ่นสังกะสี และแผ่นอลูมิเนียม ขนาด 13 cm x 7 cm มีความหนา 3 mm 3 mm และ 2 mm ตามลำดับ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน ด้วยการใช้สื่อดำทั่วไป ผสมกับผงถ่านไม้ไฟบดละเอียด ที่ผ่านตะแกรงร้อน ขนาด 50 mesh 250 mesh และ 300 mesh ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 297 ไมโครเมตร 101.6 ไมโครเมตร และ 84.67 ไมโครเมตร ตามลำดับ ในปริมาณ ตั้งแต่ 1 กรัม ถึง 10 กรัม ผสมทาลงไปบนแผ่นทองแดง แผ่นสังกะสี และแผ่นอลูมิเนียม จากการทดลองการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน พบว่า ในการผสมผงถ่านขนาด 50 mesh สำหรับแผ่นทองแดงที่ผสมผงถ่าน 9 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 50 กิโลวัตต์ แผ่นสังกะสีที่ผสมผงถ่าน 10 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 60 กิโลวัตต์ และ แผ่นอลูมิเนียมที่ผสมผงถ่าน 10 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 55 กิโลวัตต์ ในกรณีการผสมผงถ่านขนาด 250 mesh แผ่นทองแดงที่ผสมผงถ่าน 10 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 55 กิโลวัตต์ แผ่นสังกะสีที่ผสมผงถ่าน 10 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 16 กิโลวัตต์ และ แผ่นอลูมิเนียมที่ผสมผงถ่าน 8 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 45 กิโลวัตต์ ในกรณีการผสมผงถ่านขนาด 300 mesh แผ่นทองแดงที่ผสมผงถ่าน 3 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 55 กิโลวัตต์ แผ่นสังกะสีที่ผสมผงถ่าน 6 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุด ประมาณ 70 กิโลวัตต์ และ แผ่นอลูมิเนียมที่ผสมผงถ่าน 1 กรัม มีค่าการถ่ายเทพลังงานความร้อนสูงสุดประมาณ 49 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คำสำคัญ :** การดูดกลั่นความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ , วัตถุดิบ

<b>Title</b>	A STUDY OF HIGH EFFICIENCY LOW COST OF SOAR PLANTING FOR SOLAR THERMAL ABSORPTION
<b>Student</b>	Mr. Nutthaphon Hongkum Miss Alisara Piyavilaiwan
<b>Degree</b>	Bachelor of Science
<b>Major Program</b>	Applied Physics
<b>Academic Year</b>	2012
<b>Advisor</b>	Kajpanya Suwansukho

### ABSTRACT

This special project is studied tendency to increase the efficiency of conductive heat transfer of materials. In this study, we used copper, zinc, and aluminum plate in size of 13 cm x 7 cm with a thickness of 3 mm, 3mm, and 2 mm, respectively. A method is used to increase the performance of the conductive heat transfer energy is mixing various charcoal bamboo powder contents in to ordinary black color paint. The charcoal powders have sizing of  $297\mu\text{m}$ ,  $101.6\mu\text{m}$ , and  $84.67\mu\text{m}$ . The results shown that a copper plate which painted by the charcoal powder of  $297\mu\text{m}$ ,  $101.6\mu\text{m}$  and  $84.67\mu\text{m}$  with powder content of 9 g, 10 g, and 3 g having conductive heat transfer energy of 50 kw, 55kw, and 55kw, respectively. In case of zinc plate, the charcoal powder of  $297\mu\text{m}$ ,  $101.6\mu\text{m}$  and  $84.67\mu\text{m}$  with powder content of 10 g, 10 g, and 6g have conductive heat transfer energy of 60 kw, 16 kw, and 70 kw, respectively. Finally, the charcoal powder of  $297\mu\text{m}$ ,  $101.6\mu\text{m}$  and  $84.67\mu\text{m}$  with powder content of 10 g, 8 g, and 1 g having conductive heat transfer energy of 55 kw, 45 kw, and 49 kw, respectively for the aluminum plate.

**Keyword :** Black body, Solar selective coating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการฟิสิกส์นี้ ทำให้พวกข้าพเจ้าได้รับความรู้เกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนความร้อนจากวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และการใช้โปรแกรม Math Lab ในการวิเคราะห์ผลข้อมูล รวมไปถึงการใช้งานโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ และที่สำคัญคือการนำหลักการทำงานตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้

โครงการนี้เสร็จสิ้นขึ้นมาได้เนื่องมาจากได้รับการอนุเคราะห์มาจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณ อาจารย์กวางปัญญา สุวรรณสุโข อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาทางด้านวิชาการ และการใช้อุปกรณ์เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการเก็บผลการทดลอง และวัดค่าความร้อนต่างๆ สอนการใช้โปรแกรม Math Lab อีกด้วย

ขอขอบคุณ เพื่อน น้องๆ ที่สถาบัน ที่ช่วยเหลือ ทั้งการให้ใช้คอมพิวเตอร์(เนื่องจากเครื่องพวกข้าพเจ้าลงโปรแกรมไม่ได้) ช่วยดูเรื่องการคำนวณต่างๆ ช่วยมาอยู่เป็นเพื่อนยามวิกาลระหว่างเก็บค่าผลการทดลอง

ขอขอบคุณ ทุกๆ คำลั้งใจที่มีให้กับพวกข้าพเจ้าตลอดการทำโปรเจกครั้งนี้ และสุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ของข้าพเจ้าทั้งสองคน ที่คอยเป็นคำลั้งใจ ความห่วงใย และสนับสนุนปัจจัยในการศึกษาตลอดมา

นาย ณิชพล หงษ์คำ

นางสาวลิสรา ปิยวิไลวรรณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
คำย่อและสัญลักษณ์	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	4
การนำความร้อนในสภาวะคงตัว	4
การนำความร้อนในผนังราบเรียบ	5
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	6
3.1 สารเคมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	7
3.2 การเตรียมสารเคลือบ	8
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	10
<b>บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	28
เอกสารอ้างอิง	31
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

	หน้า
1.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	3
5.1 เงื่อนไขที่ดีที่สุด (แบบปริมาตรผงถ่าน)	28
5.1 เงื่อนไขที่ดีที่สุด (แบบความละเอียดของผงถ่าน)	29



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 การถ่ายเทความร้อนแบบนำผ่านผนังเรียบ	5
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	6
รูปที่ 2 Aluminum	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 50 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	10
รูปที่ 3 Aluminum	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 250 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	11
รูปที่ 4 Aluminum	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 300 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	12
รูปที่ 5 Copper	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 50 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	13
รูปที่ 6 Copper	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 250 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	14
รูปที่ 7 Copper	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 300 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	15
รูปที่ 8 Zinc	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 50 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	16
รูปที่ 9 Zinc	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 250 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	17
รูปที่ 10 Zinc	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 300 Mesh ( W ) และเวลา ( s )	18
รูปที่ 11 Aluminum	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 1 g - 4 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )	19
รูปที่ 12 Aluminum	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 5 g - 8 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )	20
รูปที่ 13 Aluminum	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 9 g - 10 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )	21
รูปที่ 14 Copper	
กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 1 g - 4 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )	22

## สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

### รูปที่ 15 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 5 g - 8 g Mixing ( W ) และเวลา ( s ) 23

### รูปที่ 16 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 9 g -10 g Mixing ( W ) และเวลา ( s ) 24

### รูปที่ 17 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 1 g - 4 g Mixing ( W ) และเวลา ( s ) 25

### รูปที่ 18Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 5 g - 8 g Mixing ( W ) และเวลา ( s ) 26

### รูปที่ 19Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 9 g - 10 g Mixing ( W ) และเวลา ( s ) 27

รูปที่ 20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Temperature of Heat Source ( °C ) และเวลา ( s ) 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำย่อและสัญลักษณ์

คำย่อ

สัญลักษณ์

A

พื้นที่หน้าตัด

$T_1$

อุณหภูมิของอากาศภายใน

$T_2$

อุณหภูมิของผนังภายใน

$T_3$

อุณหภูมิของผนังภายนอก

$q$

การถ่ายเทความร้อนแบบนำผ่านผนังเรียบ

$x_1$

ความหนาของผนังด้านเข้า

$x_2$

ความหนาของผนังด้านออก

$d$

ความหนาของผนัง

$k$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนความร้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ปัจจุบัน โลกของเรากำลังเผชิญกับปัญหาภาวะโลกร้อนและการขาดแคลนพลังงาน ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์เราเป็นอย่างสูง จึงทำให้ทางหน่วยงานหลายๆ หน่วยงาน รวมทั้งนักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับด้านพลังงานมากขึ้น เพื่อสรรหา ทรัพยากรและพลังงาน ชนิดอื่นที่จะมาทดแทนพลังงานที่มีใช้แล้วหมดไปที่มนุษย์ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งก็คือพลังงานเชื้อเพลิงจากฟอสซิล ที่ไม่สามารถผลิตทดแทนส่วนที่ใช้ไปได้

ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า ผสมผสานกับการค้นคว้าและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัย ได้คิดค้นพลังงาน เพื่อทดแทนพลังงานที่ไม่สามารถ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ จึงทำให้เกิด “พลังงานทางเลือก” หรือ “พลังงานทดแทน” พลังงานทางเลือกนี้ หมายถึงพลังงานที่สะอาด สามารถนำมาหมุนเวียนใช้ได้ต่อเนื่อง ไม่มีวันหมด และยังเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดภาวะมลพิษต่างๆ ต่อโลกด้วย พลังงานทดแทนที่สำคัญก็คือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ พลังงานจากลม พลังงานความร้อนใต้พิภพ และพลังงานจากชีวมวล

พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานส่วนใหญ่ที่ส่งมาถึงโลกของเรา ซึ่งเป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของแสงและความร้อน ซึ่งจะช่วยให้สิ่งมีชีวิตต่างๆบนโลกสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ พลังงานส่วนนี้มีปริมาณมหาศาล แต่มนุษย์ยังนำพลังงานส่วนนี้มาใช้น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานส่วนอื่น เช่น ถ่านหิน น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ พลังงานน้ำ เป็นต้น พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานสะอาด สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่เกิดมลภาวะใดๆทั้งสิ้น ไม่เหมือนกับพลังงานจากฟอสซิลที่เราใช้กันทุกวันนี้ ที่ใช้มากเท่าไรก็เกิดมลภาวะมากขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังตัวอย่าง เช่น การเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นซึ่งนับวันจะยังมีความรุนแรงมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นในยุคก่อนหน้าเทคโนโลยี พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีผู้สนใจพัฒนาน้อย เนื่องจากยังการค้าไม่กว้างขวางนักไม่เกิดปัญหาด้านการขาดแคลนพลังงานและปัญหาสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง ใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง ไม่คุ้มค่าในการลงทุน แต่ในปัจจุบันโลกประสบปัญหาน้ำมันราคาแพง

พลังงานแสงอาทิตย์จึงได้รับความสนใจแพร่หลายมากขึ้น โดยเฉพาะด้านความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งโดยภาพรวมแล้วไม่ว่าจะเป็นระบบ การลงทุน การเข้าถึงเทคโนโลยี จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ และเนื่องจากประเทศไทย อยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งหมายความว่า ความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ มีปริมาณสูงตลอดทั้งปี แต่เนื่องจากระบบที่นำความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้เป็น เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ซึ่งตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่ง คือ สีดำ (Black painting) สำหรับทาผิววัสดุ เพื่อให้เกิดการดูดกลืนความร้อนได้ดี ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาสูง ด้วยเหตุนี้ เพื่อที่จะให้พี่น้องเองได้ และประชาชนทั่วไปสามารถจะเข้าถึงหรือทำได้เอง จึงได้เกิดโครงการพิเศษนี้ขึ้นมาเพื่อพัฒนาสู่การดูดกลืนความร้อนประสิทธิภาพสูง โดยการเลือกใช้วัสดุในท้องถิ่น นำมาทำให้เกิดประโยชน์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อพัฒนาสีทาสีดำ สำหรับการดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์
- 1.2.2 เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาสีทาจากวัสดุทางธรรมชาติ ที่สามารถหาได้ในท้องถิ่น
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนความร้อนด้วยการทาสีดำ
- 1.2.4 เพื่อศึกษาพัฒนาการทำสีทา สำหรับการดูดกลืนความร้อนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นสีทาสีดำสำหรับดูดกลืนความร้อน
- 1.3.2 ศึกษาความหนาของสีเคลือบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเก็บความร้อน จากพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3.3 ศึกษาการเสื่อมสภาพของสีเคลือบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3.4 ศึกษาการวัดค่าความร้อนที่ได้รับของสีเคลือบที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการเก็บความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์
- 1.3.5 ศึกษาถึงการดูดกลืน และ การปลดปล่อยความร้อนจากสีทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 วิธีการดำเนินงาน

รายการ เดือน	ปี 2555				ปี 2556		
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. ศึกษาข้อมูล และทฤษฎีเกี่ยวกับการดูดกลืนความร้อนและสี		→					
2. ศึกษาเกี่ยวกับขนาดของอนุภาคของถ่าน		→					
3. จัดเตรียมอุปกรณ์ ผงถ่าน และสารเคมีเพื่อทำการทดลอง			→		→		
4. ทำการทดสอบวัดประสิทธิภาพการดูดกลืนความร้อน						→	
5. สรุปผลการทดลองและวิเคราะห์ผล							→

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 เข้าใจกระบวนการผลิตสีทาว์สดู สำหรับดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์
- 1.5.2 เข้าใจหลักการวัดการดูดกลืนความร้อนและปลดปล่อยความร้อนจากสีทาว์สดู
- 1.5.3 เข้าใจหลักการวัดการเสื่อมสภาพของสีทาว์สดู
- 1.5.4 ได้สีทาว์สดูสำหรับการดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่มีค่าการดูดกลืนสูง ( High absorption) และค่าการปลดปล่อยรังสีต่ำ ( Low emissivity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### การนำความร้อนในสภาวะคงตัว

การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์การถ่ายเทความร้อน จากจุดที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังจุดที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่โมเลกุลของตัวกลางมีการสัมผัสกันโดยตรง ปริมาณของความร้อนที่เกิดการถ่ายเทนั้นมีค่าแปรผันกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิตามระยะทาง สามารถอธิบายได้ตามสมการนี้

$$\frac{dq}{dA} = -k \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

สมการที่ 1 เรียกว่า กฎการนำความร้อนของฟูเรียร์ (Fourier's law of conduction)

กรณีที่เกิดในแบบสามมิติสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2 ถึง 4 ตามลำดับ

$$\left( \frac{dq}{dA} \right)_x = -k \left( \frac{dT}{dx} \right) \quad (2)$$

$$\left( \frac{dq}{dA} \right)_y = -k \left( \frac{dT}{dy} \right) \quad (3)$$

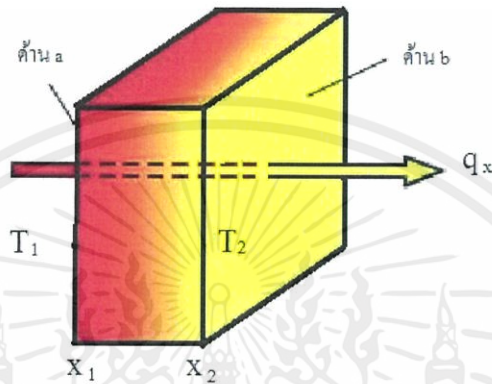
$$\left( \frac{dq}{dA} \right)_z = -k \left( \frac{dT}{dz} \right) \quad (4)$$

เครื่องหมายลบที่อยู่ทางขวามือของสมการฟูเรียร์นั้นเป็นผลสืบเนื่องจากกฎข้อที่ 2 ทางเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งกำหนดไว้ว่าความร้อนจะต้องไหลจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ แต่เนื่องจากว่าในความเป็นจริงแล้วอุณหภูมิจะมีค่าผกผันกับระยะทางที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าเราวาดกราฟระหว่างแกนอุณหภูมิกับระยะทาง ค่าความชันซึ่งก็คือปริมาณความร้อนจะติดเครื่องหมายลบ ดังนั้น ถ้าหากต้องการให้ติดเครื่องหมายบวกจึงจำเป็นต้องใส่เครื่องหมายลบไว้ข้างหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การนำความร้อนในผนังราบเรียบ

จากรูปที่ 1 เป็นการถ่ายเทความร้อนแบบนำความร้อน ผ่านพื้นที่หน้าตัด  $A$  จะพบว่า ผนังด้าน  $a$  มีค่าอุณหภูมิเป็น  $T_1$  ส่วนทางด้าน  $b$  มีอุณหภูมิเป็น  $T_2$  โดยระยะทางระหว่างด้าน  $a$  ไปยังด้าน  $b$  จะเกิดการถ่ายเทความร้อน  $q_x$  ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากกฎการนำความร้อนของฟูเรียร์จะได้ว่า



รูปที่ 1 การถ่ายเทความร้อนแบบนำผ่านผนังเรียบ

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

ทำการอินทิเกรตด้วยเทคนิคแยกตัวแปร  $dx$  และ  $dT$  ตามเงื่อนไขขอบเขต ด้วยการกำหนดอุณหภูมิที่ผิวด้าน  $a$  และด้าน  $b$  ตามรูปที่ 1 แล้วแทนค่าลงไปตามลำดับ

$$\frac{q}{A} dx = -k dT$$

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{q}{A} dx = -\int_{T_1}^{T_2} k dT$$

$$\int_{x_1}^{x_2} \frac{q}{A} dx = -k \int_{T_1}^{T_2} dT$$

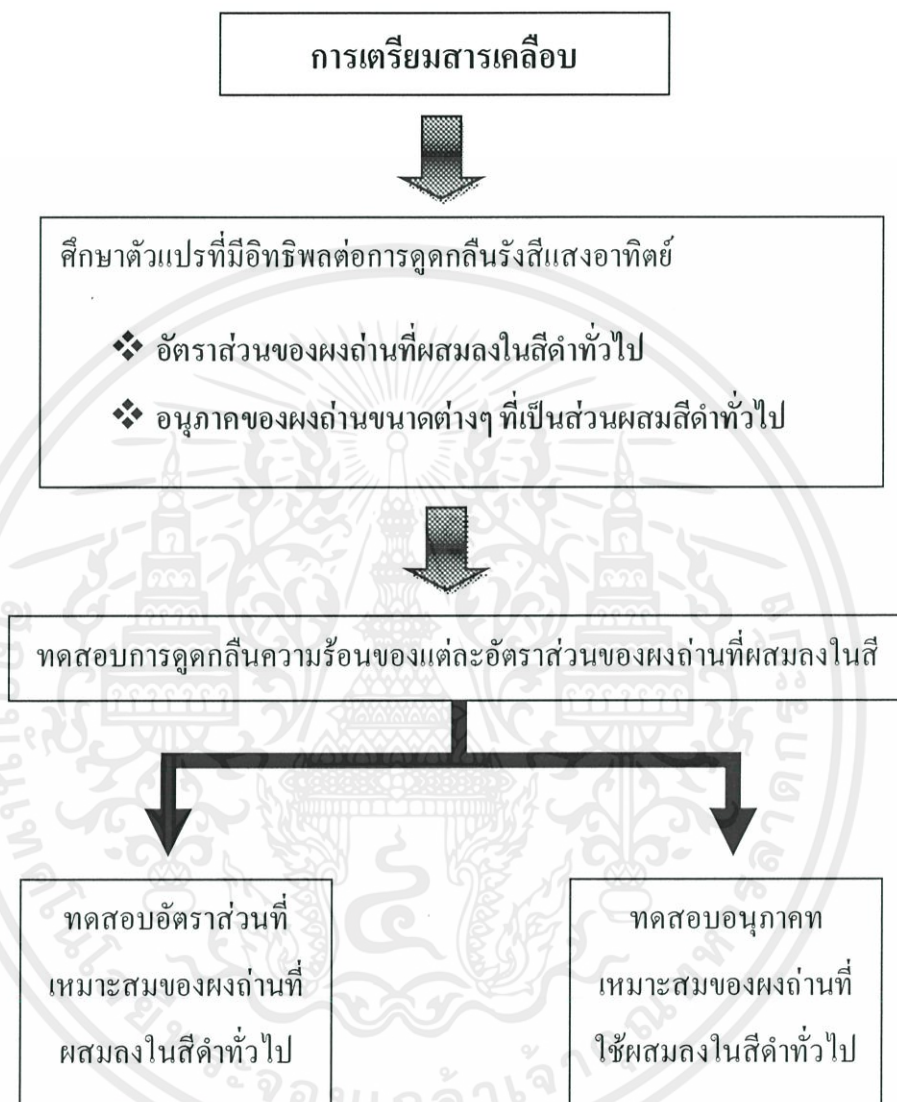
$$\frac{q}{A} (x_2 - x_1) = k (T_1 - T_2)$$

จะได้ความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไป (5) ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย



### รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 สารเคมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

#### 3.1.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- สีดำทั่วไป
- ทินเนอร์
- ผงถ่านไม้ไผ่

#### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

อุปกรณ์เตรียมสารเคลือบ

- เครื่องชั่งน้ำหนักละเอียด 4 ตำแหน่ง
- บล็อกสำหรับทาสี
- ไม้ปาดสี

อุปกรณ์ทดสอบการดูดกลืนความร้อน

- เทอโมมิเตอร์แบบ 4 หัววัด
- Temperature control
- สปอตไลท์
- ก่อองอะคริลิกมีฝาปิด

อุปกรณ์อื่นๆ

- แผ่นทองแดง  $7 \times 13$  เซนติเมตร
- แผ่นอะลูมิเนียม  $7 \times 13$  เซนติเมตร
- แผ่นสังกะสี  $7 \times 13$  เซนติเมตร
- บีกเกอร์
- แท่งคนสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การเตรียมสารเคลือบ

### 3.2.1 การคำนวณปริมาณแลคเกอร์ที่ใช้ในการผสมลงในสีเคลือบ

ผสมแลคเกอร์ 20 % โดยมวลต่อปริมาตร

ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร หรือเปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร (มวลต่อปริมาตร) เป็นการบอกมวลของตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตร ซึ่งโดยทั่วไปมวลตัวละลายมีหน่วยเป็นกรัม และปริมาตรของสารละลายมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น แลคเกอร์ผสมสีดำเข้มข้นร้อยละ 20 โดยมวลต่อปริมาตร หมายความว่า มีแลคเกอร์ 20 กรัม ละลายในสีดำปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นต้น

การหาความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร หาได้จากสูตร

ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร =  $\frac{\text{มวลของตัวละลาย}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย}} \times 100$

### 3.2.2 การผลิตสีเคลือบ

1. นำแผ่นอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสี มาทำบล็อกรวมกันเพื่อนำมาทาสี
2. ชั่งผงถ่านอนุภาค 50 mesh , 250 mesh และ 300 mesh ในปริมาณอย่างละ 1g , 2g , 3g จนถึง 10g
3. นำผงถ่านที่ชั่งได้แต่ละอัตราส่วนผสมลงในสีดำปริมาตร 10 g คนให้เข้ากัน ตามลำดับ
4. ผสมทินเนอร์ร้อยละ 20% ลงในสีดำที่มีส่วนผสมของผงถ่านทุกอัน คนให้เข้ากัน
5. นำสีดำที่มีส่วนผสมแต่ละอัตราส่วนที่ได้นำมาทาลงบนทองแดง อะลูมิเนียม และสังกะสีที่เตรียมไว้ โดยจะได้แผ่นวัสดุทดลองแยกออกเป็น

- แผ่นอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสีเปล่า
- แผ่นอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสีที่ทำด้วยสีดำธรรมดา
- แผ่นอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสี ที่ทำด้วยสีดำผสมผงถ่านขนาด 50 mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งปริมาณอย่างละ 1g, 2g, 3g จนถึง 10g เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสี ที่ทำด้วยสีดำผสมผงถ่านขนาด 250 mesh ปริมาณอย่างละ 1g , 2g , 3g จนถึง 10g

- แผ่นอะลูมิเนียม ทองแดง และสังกะสี ที่ทำด้วยสี่ด้านผสมผงถ่านขนาด 300 mesh ปริมาณอย่างละ 1g , 2g , 3g จนถึง 10g

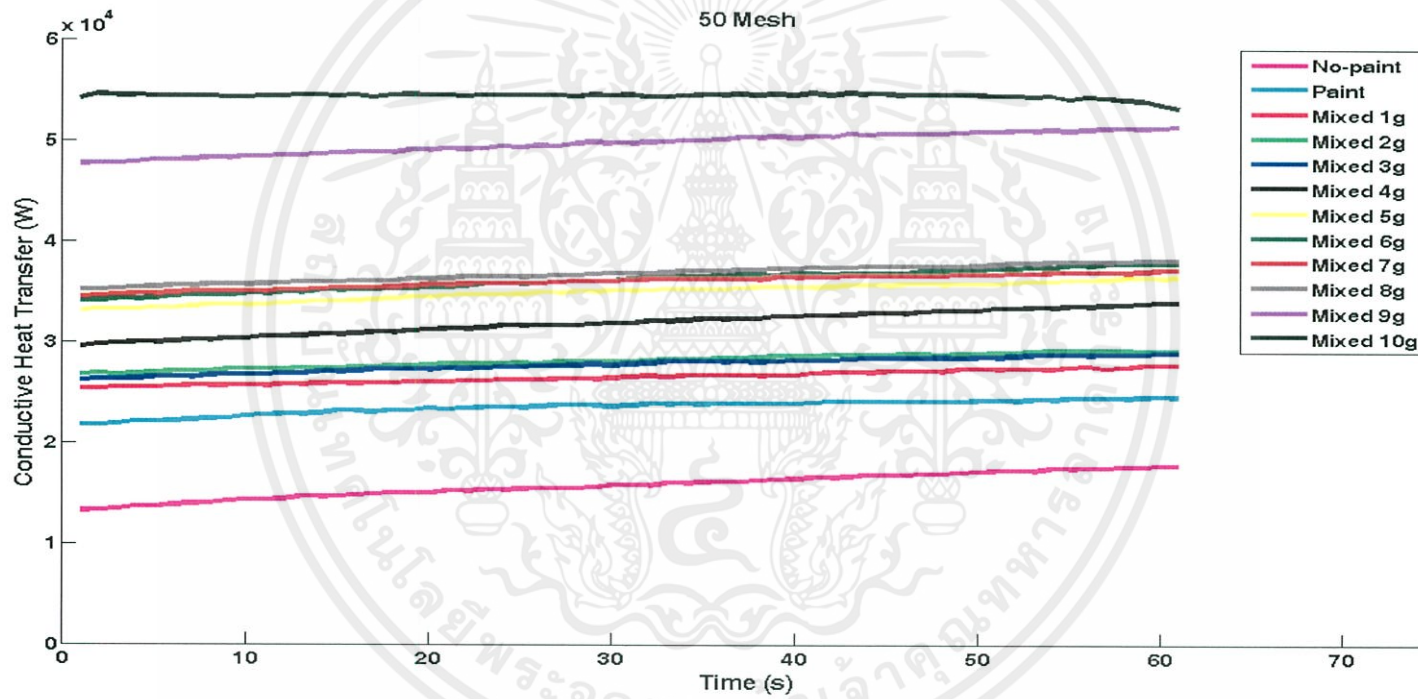
#### 5. เริ่มทำการทดลองโดยแบ่งเป็น

- เตรียมกล่องอะคริลิกทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ภายในบุผนังด้วยฉนวนกันความร้อน มีผนังกันตรงกลางกล่อง
- เจาะรูที่ผนังกลางกล่องไว้ขนาด 4×4 และเจาะรูที่ผนังกล่องอะคริลิกขนาด 15×15 เพื่อให้ใส่สปอตไลท์ส่องให้ความร้อนที่ระยะ 20 เซนติเมตร
- ต่อ เครื่อง Temperature control ติดไว้ที่สปอตไลท์ ตั้งค่าอุณหภูมิที่ 90 °C
- นำแผ่นวัสดุที่เตรียมไว้ไปติดกับผนังตรงกลางกล่อง นำเทอร์โมมิเตอร์ 4 หัววัดไปติดในตำแหน่งดังนี้
  - อากาศระหว่างสปอตไลท์กับแผ่นวัสดุ
  - หน้าแผ่นวัสดุ และหลังแผ่นวัสดุ
  - อากาศหลังแผ่นวัสดุ
- ปิดฝากล่อง เปิดไฟทำการทดลอง วัดอุณหภูมิ และจดบันทึกทุก ๆ 1 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- จากนั้นเปลี่ยนแผ่นการทดลองไปเรื่อยๆ ทีละแผ่น ทุกความละเอียดของอนุภาคผงถ่าน และทุกปริมาณผงถ่านจนครบ
- นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Math Lab
- สรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4

## ผลการวิจัยและอภิปรายผล



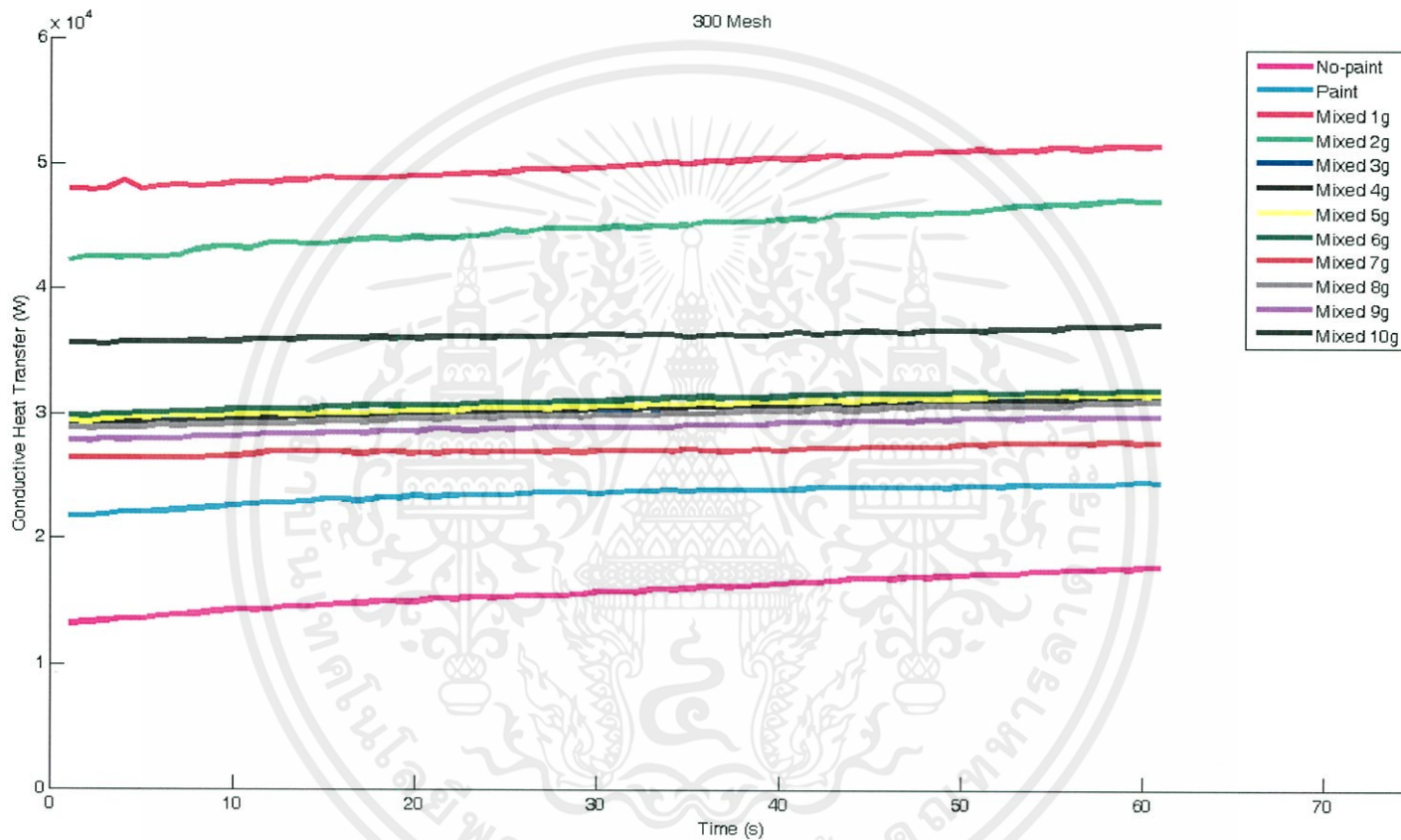
รูปที่ 2 Aluminum

กราฟความสัมพัทธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 50 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



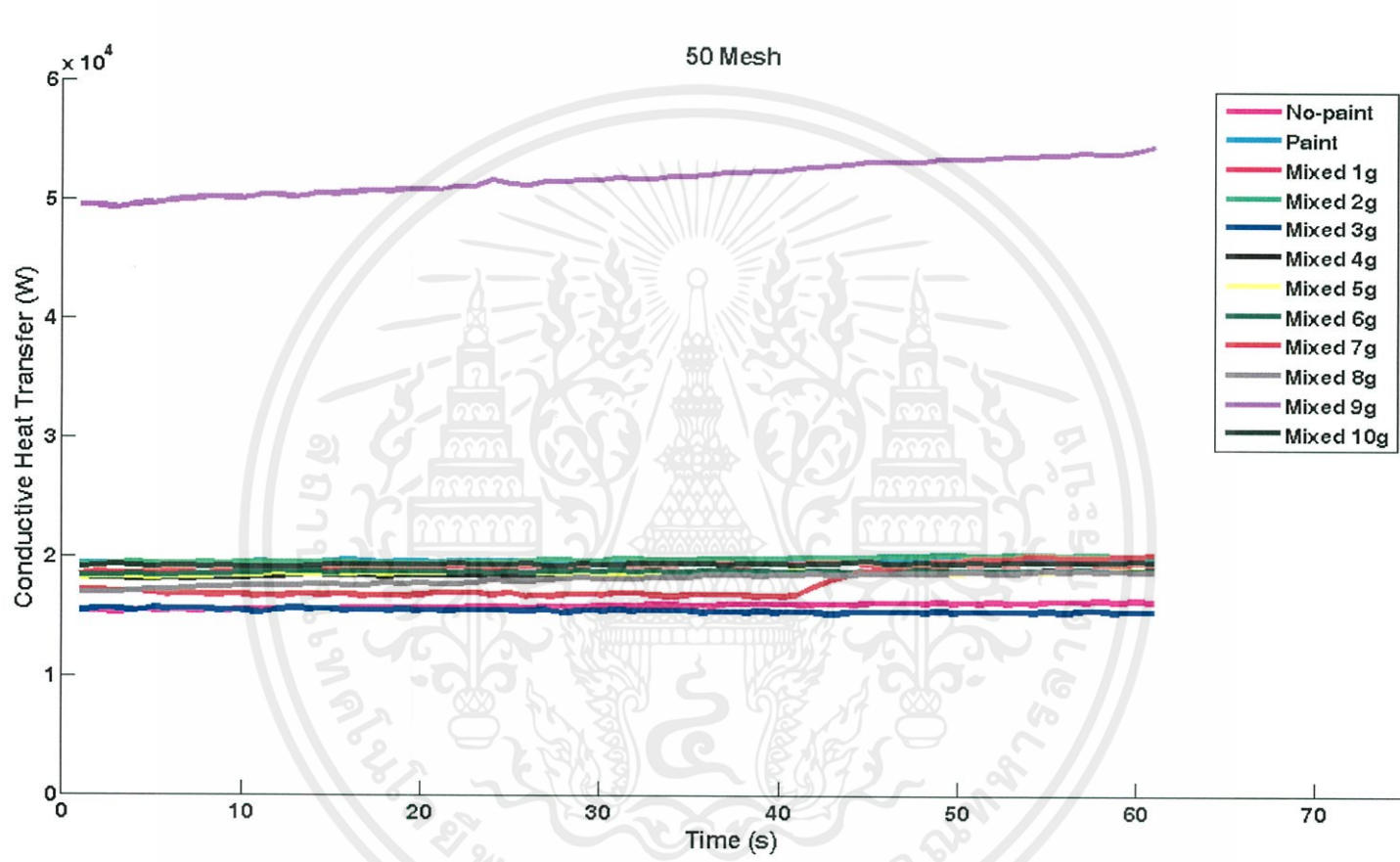
รูปที่ 3 Aluminum

กราฟความสัมพัทธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 250 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



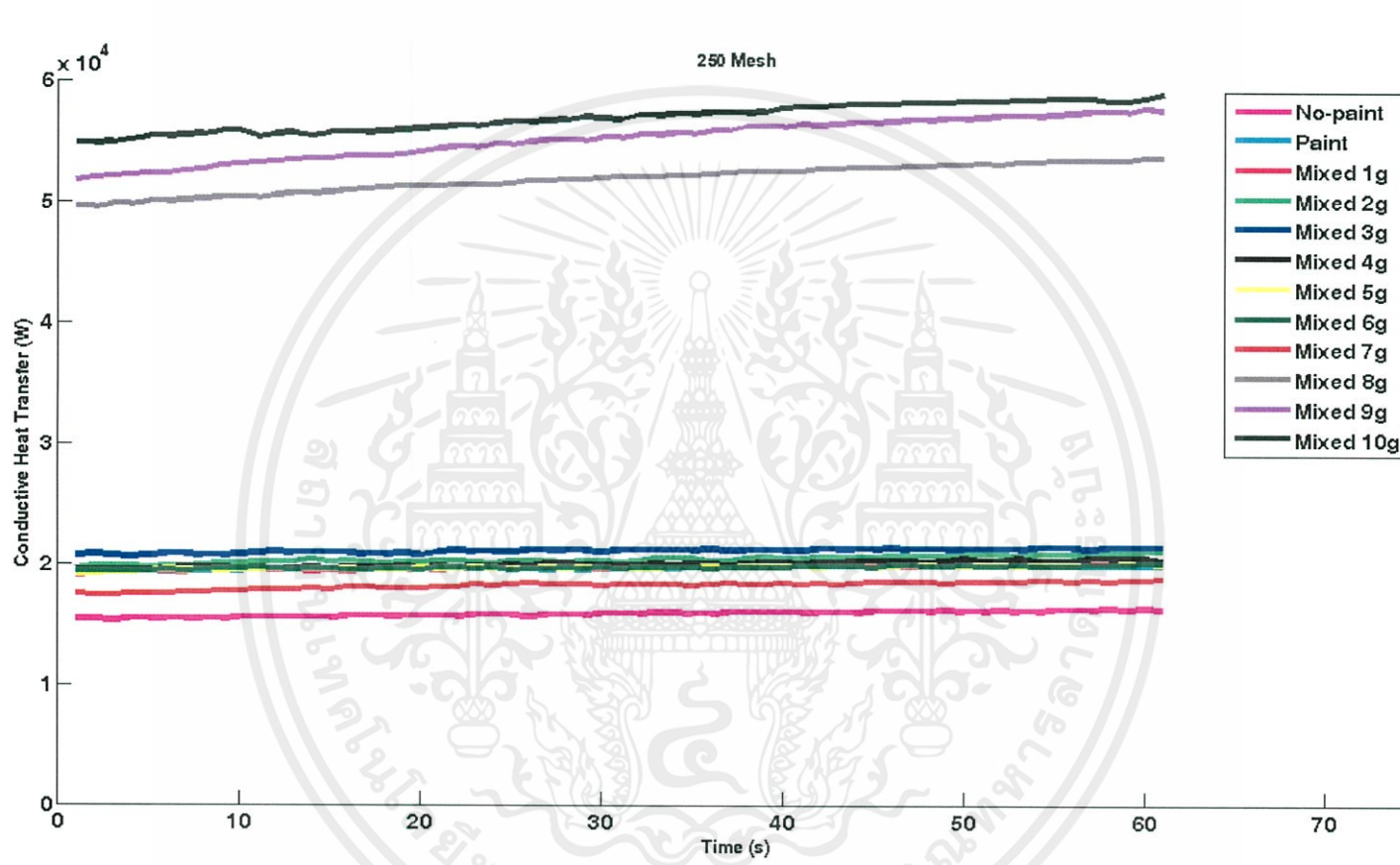
รูปที่ 4 Aluminum

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 300 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



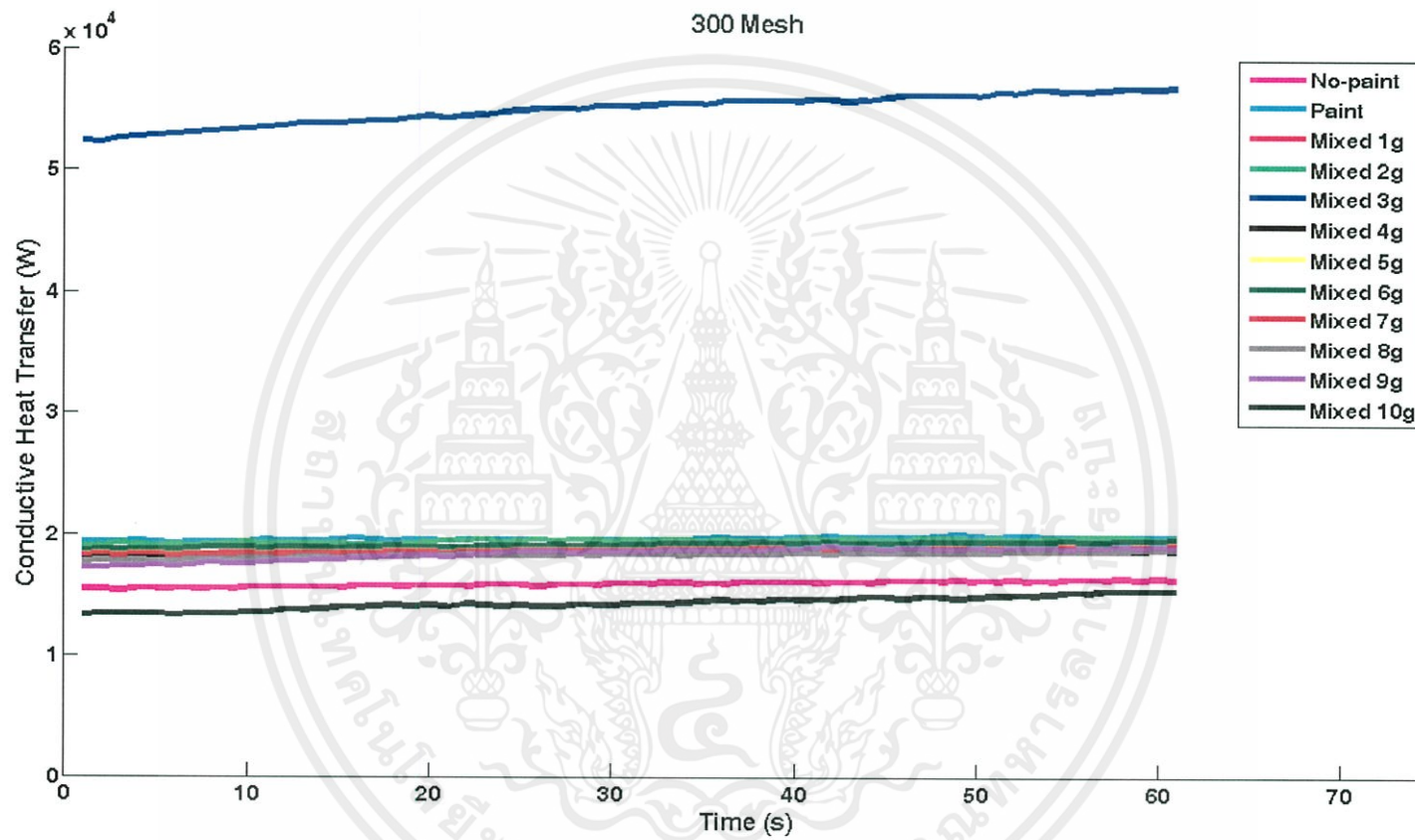
รูปที่ 5 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 50 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



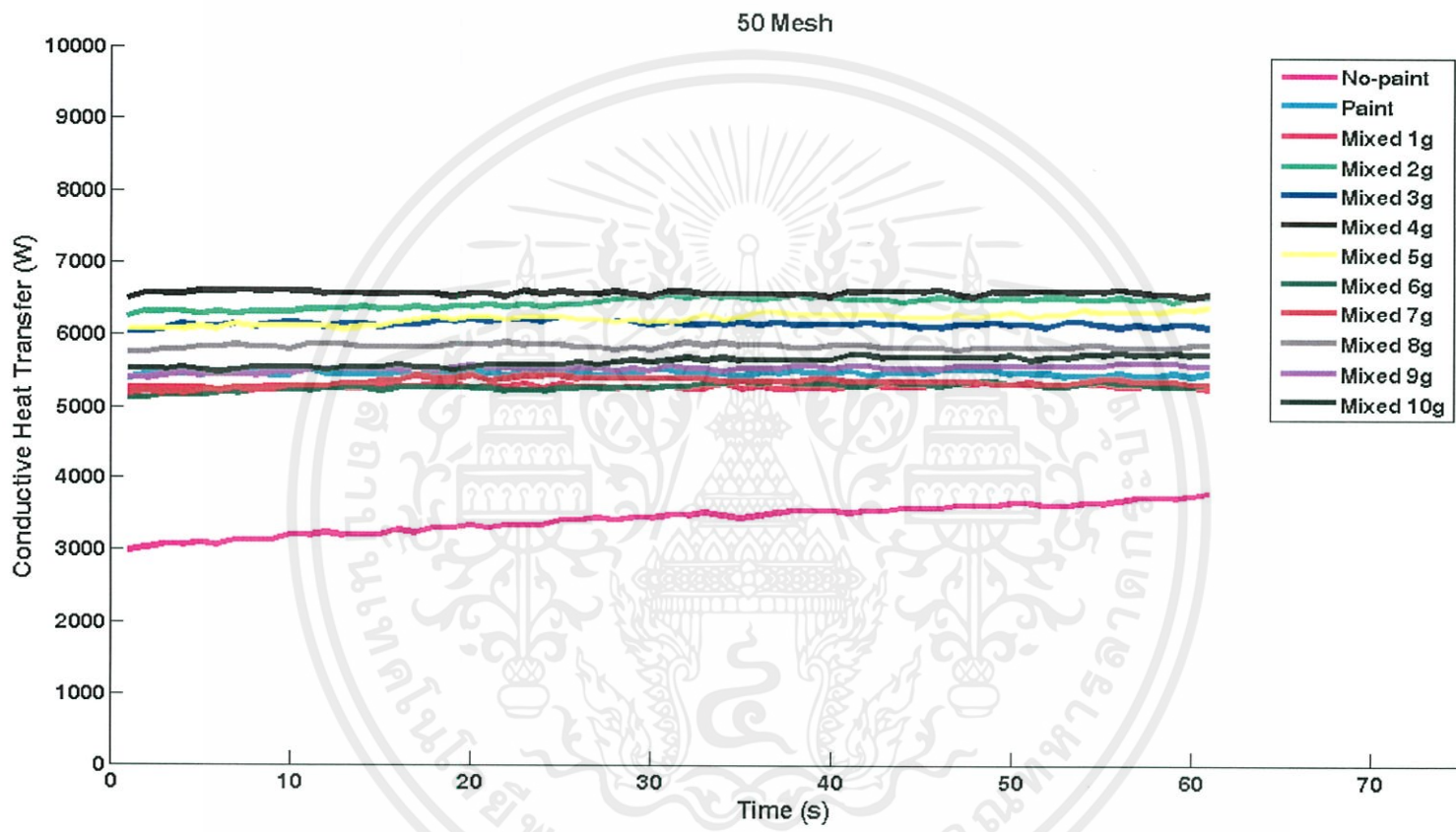
รูปที่ 6 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 250 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



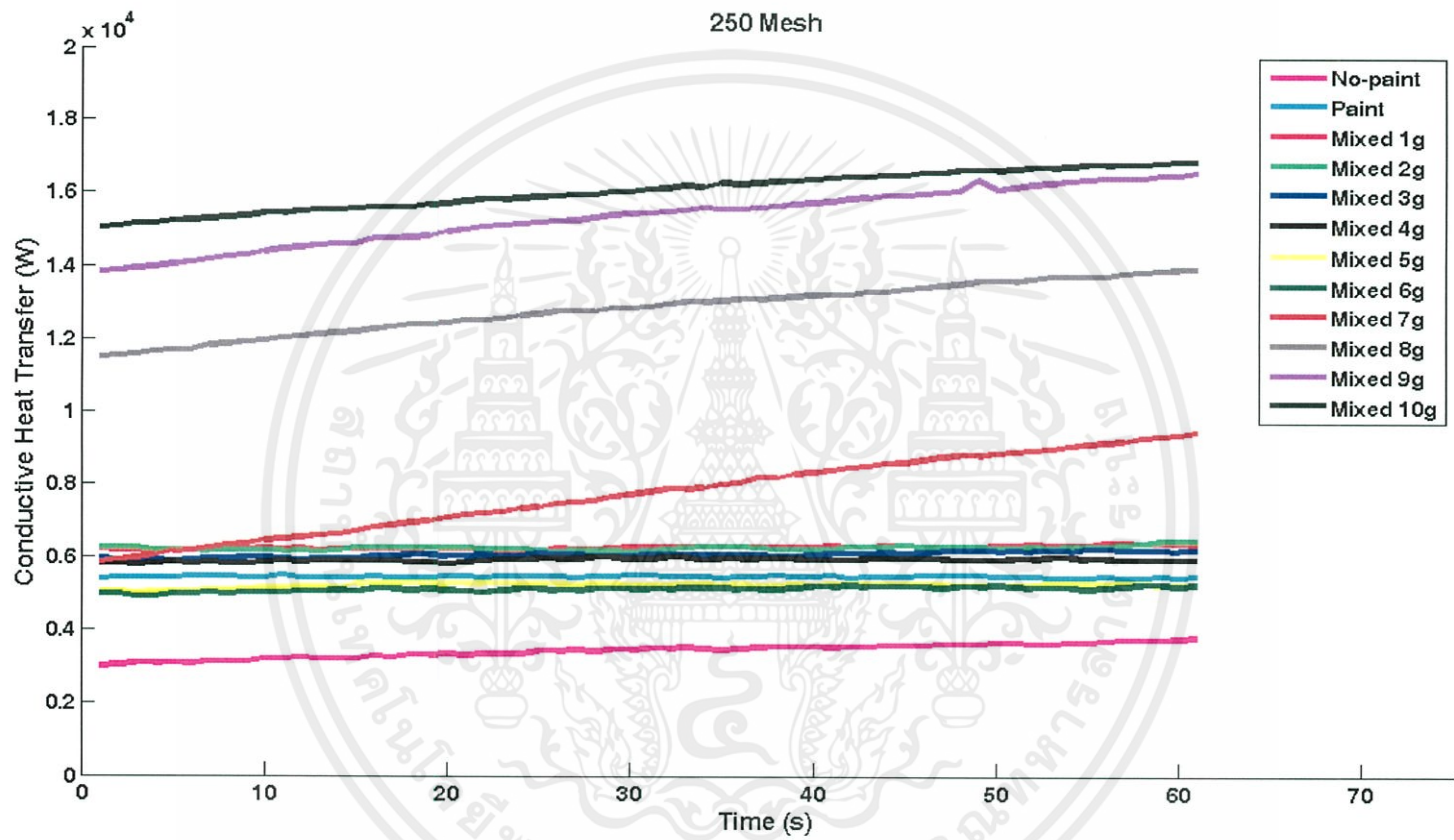
รูปที่ 7 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 300 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



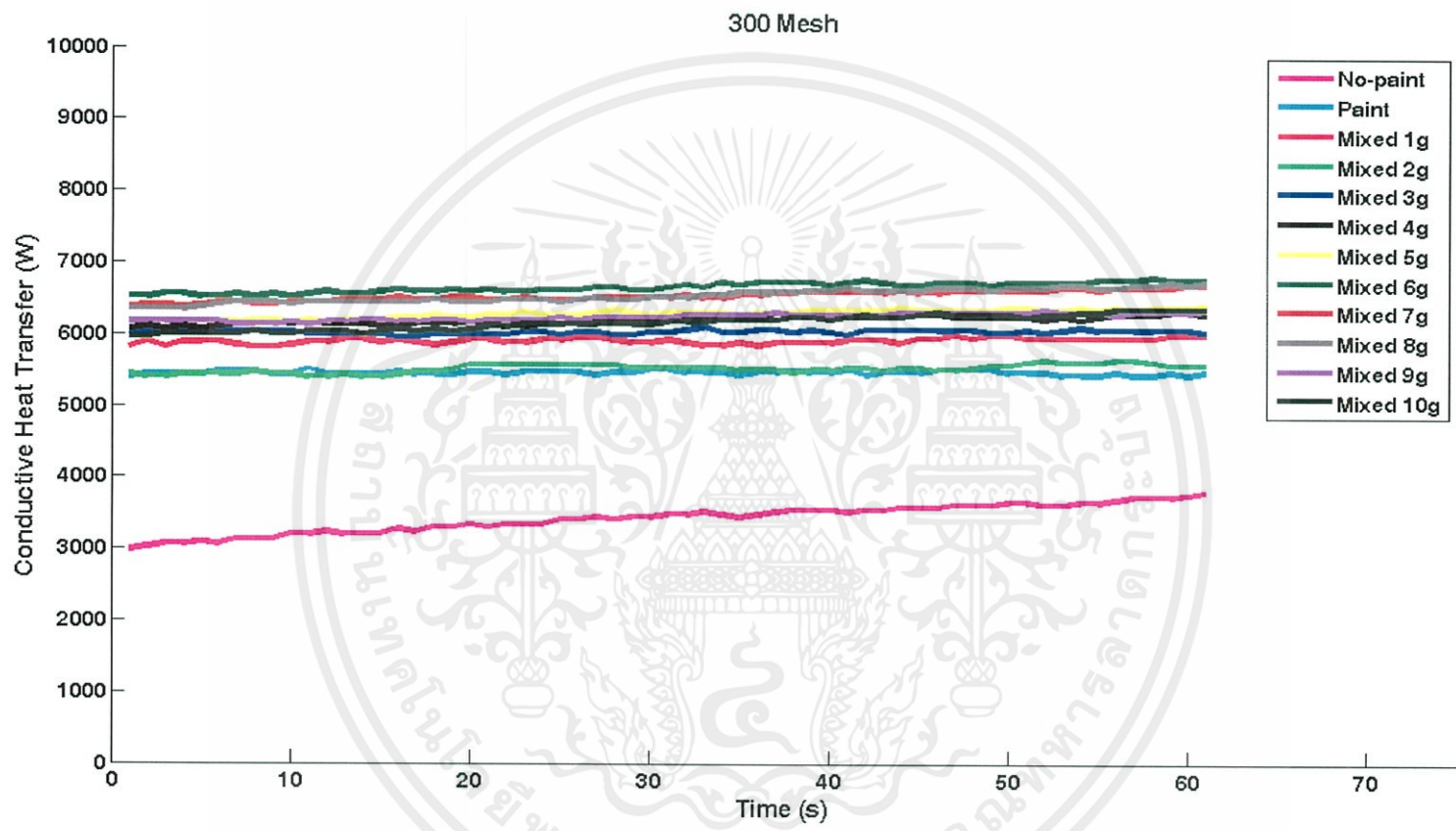
รูปที่ 8 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 50 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



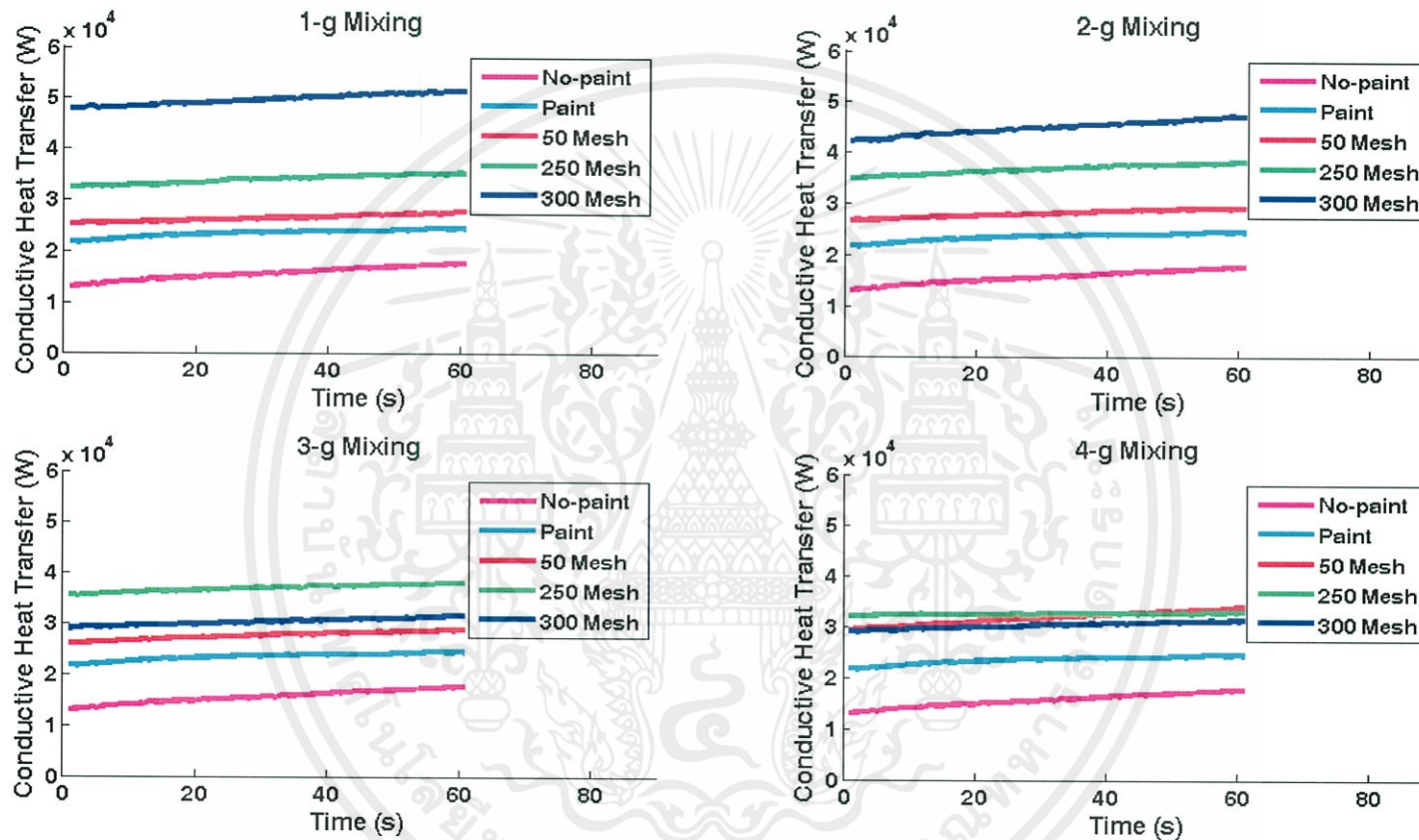
รูปที่ 9 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 250 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



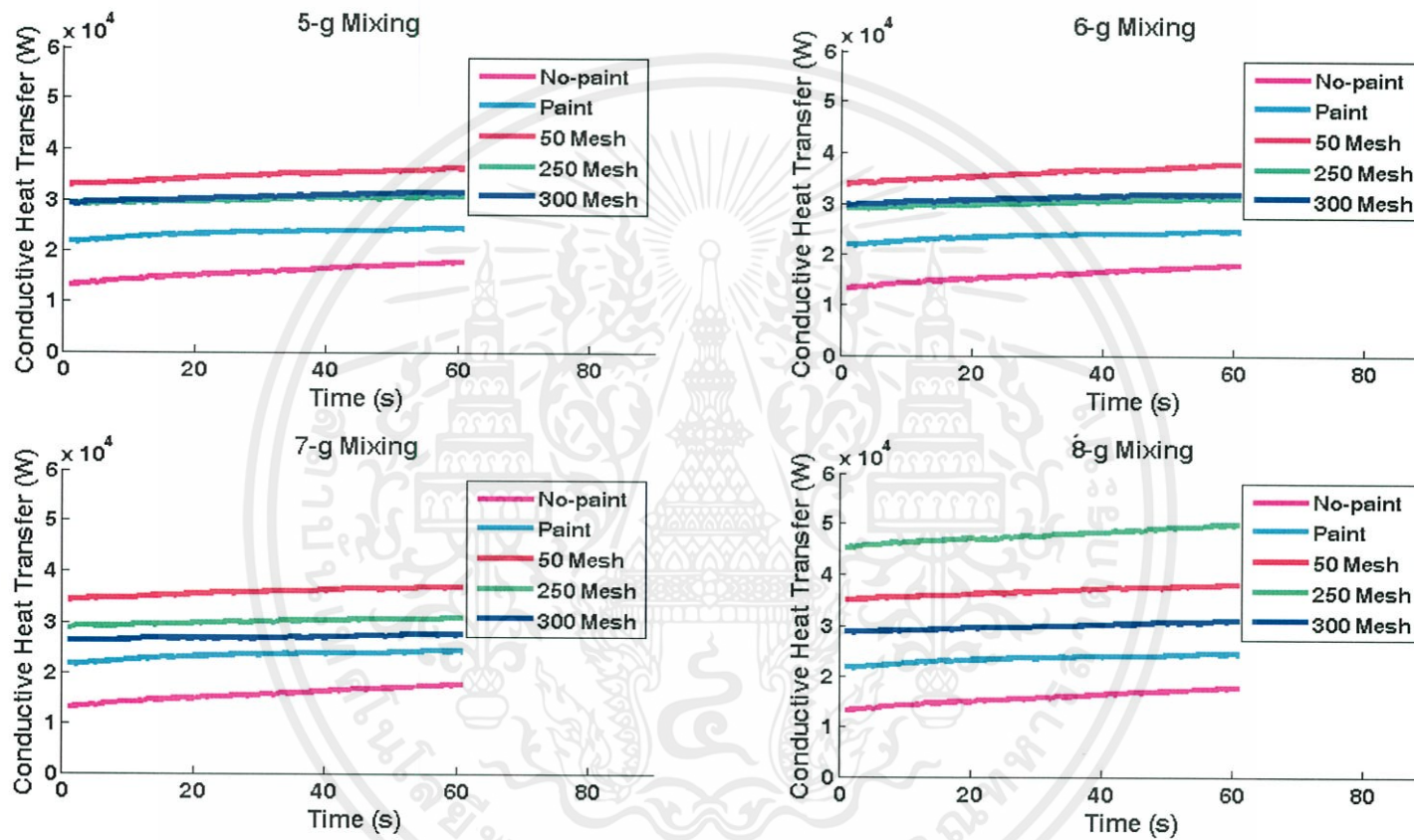
รูปที่ 10 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 300 Mesh ( W ) และเวลา ( s )



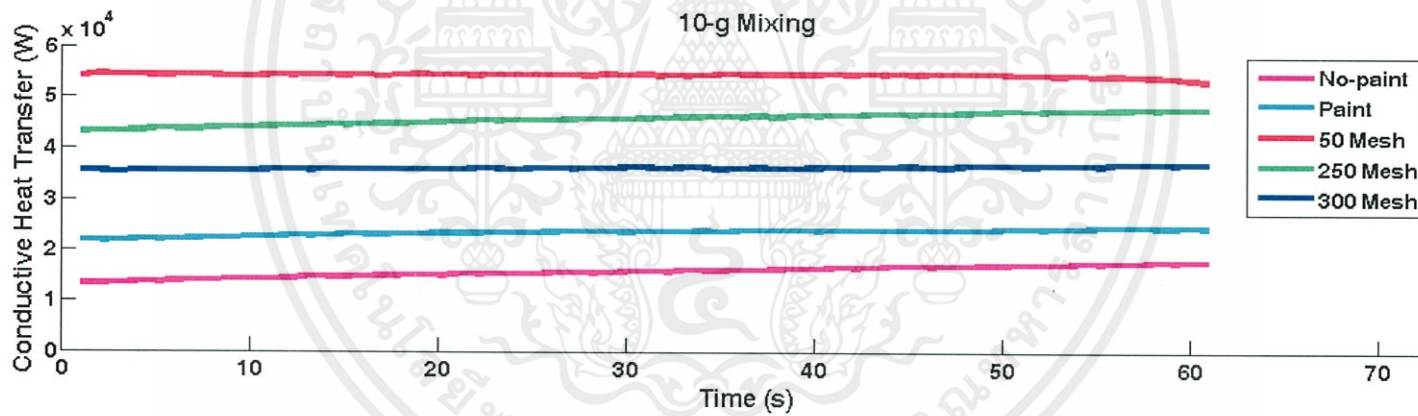
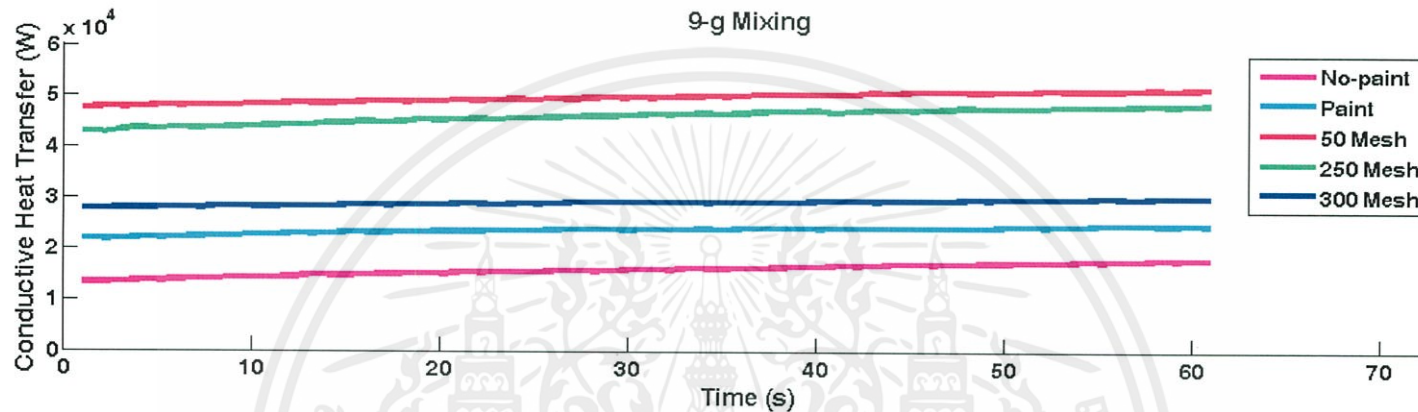
รูปที่ 11 Aluminum

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 1 g - 4 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



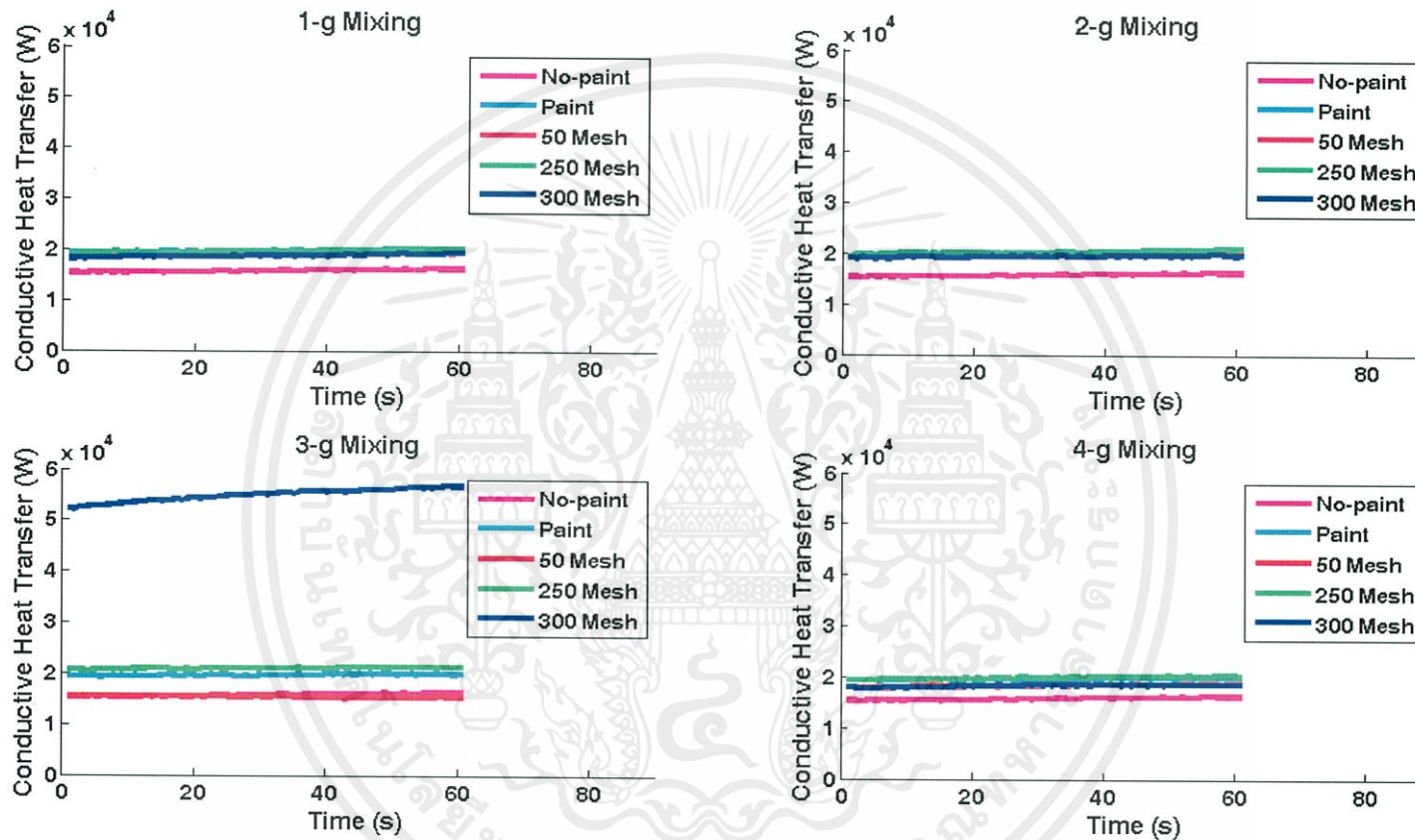
รูปที่ 12 Aluminum

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 5 g - 8 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



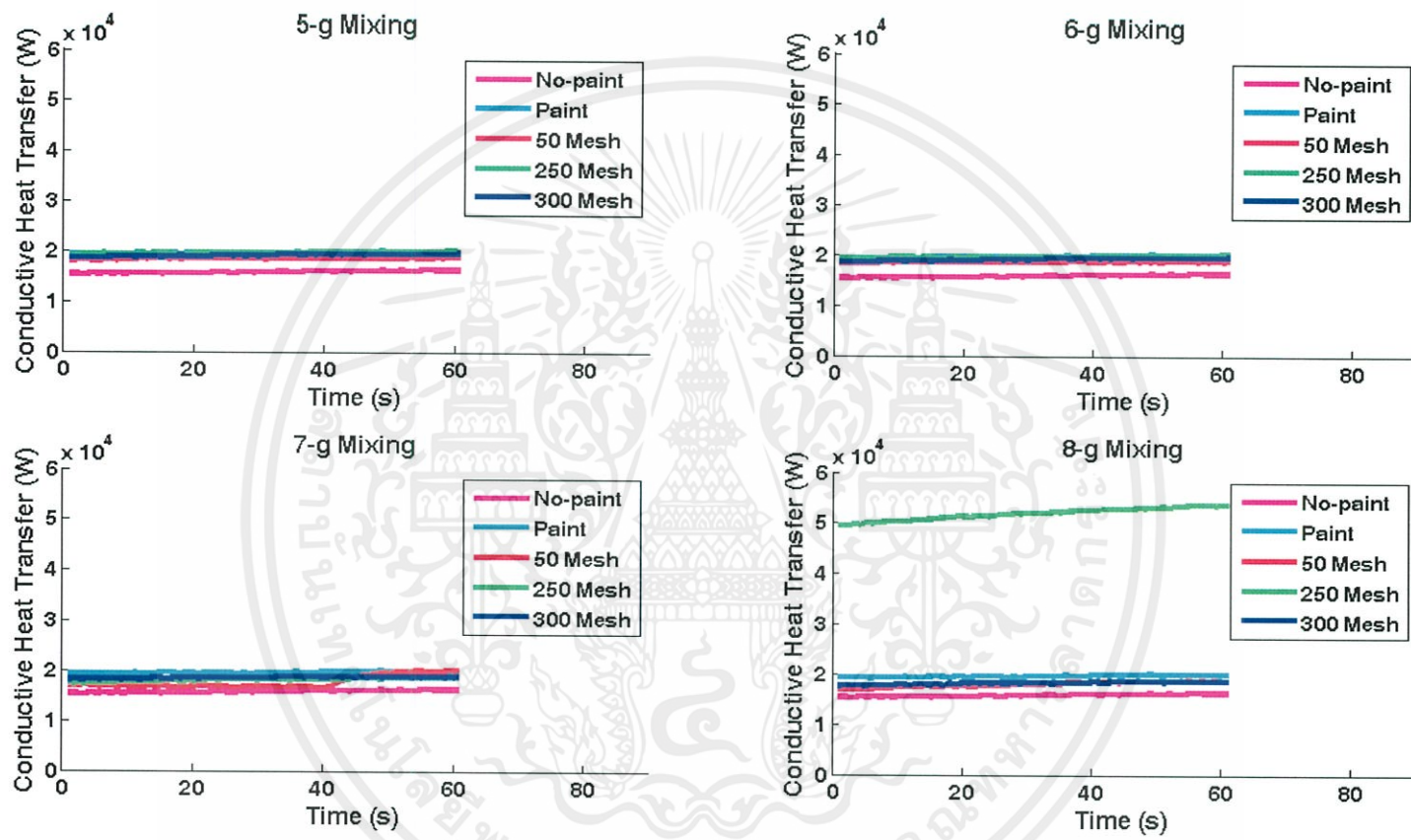
รูปที่ 13 Aluminum

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 9 g - 10 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



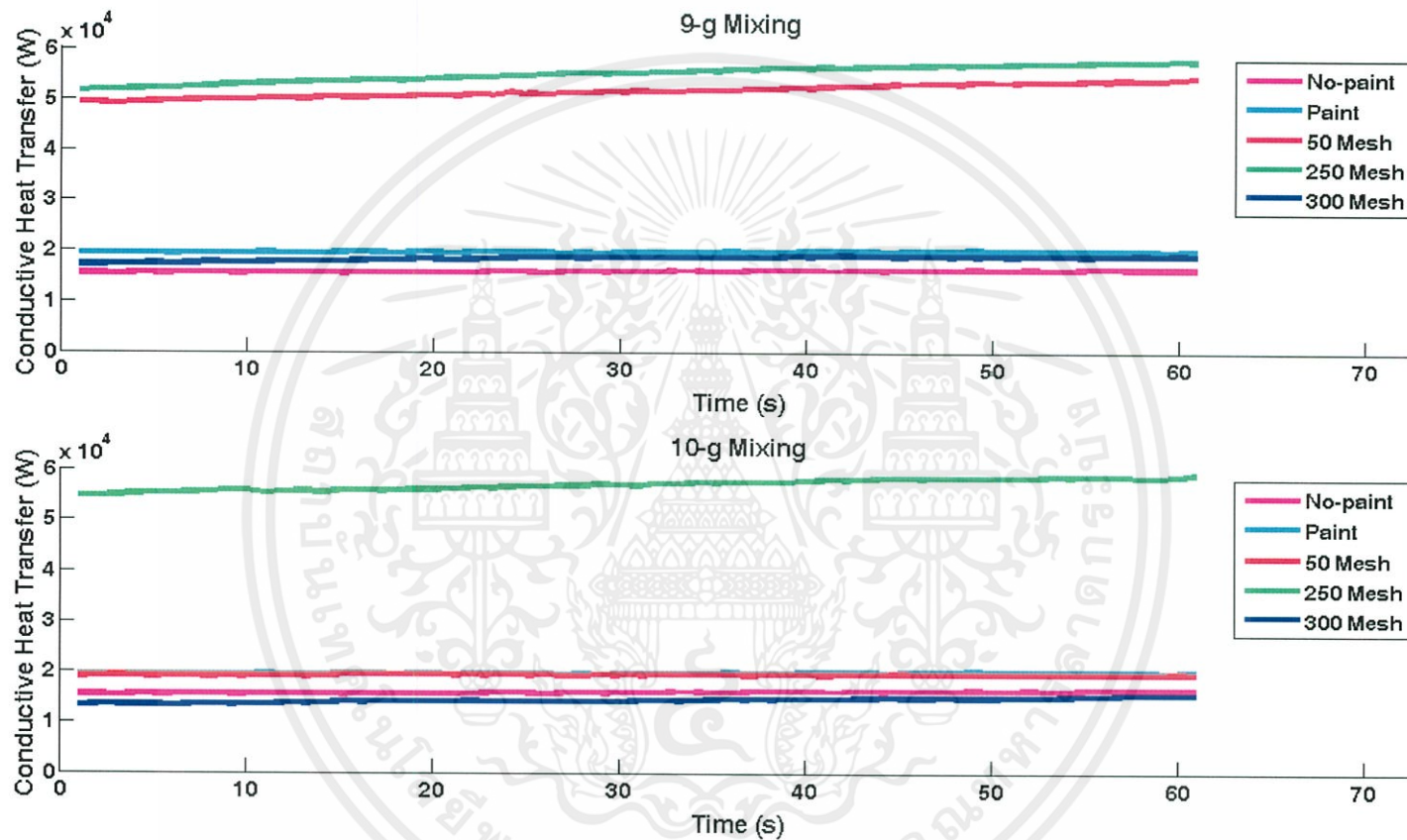
รูปที่ 14 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 1 g - 4 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



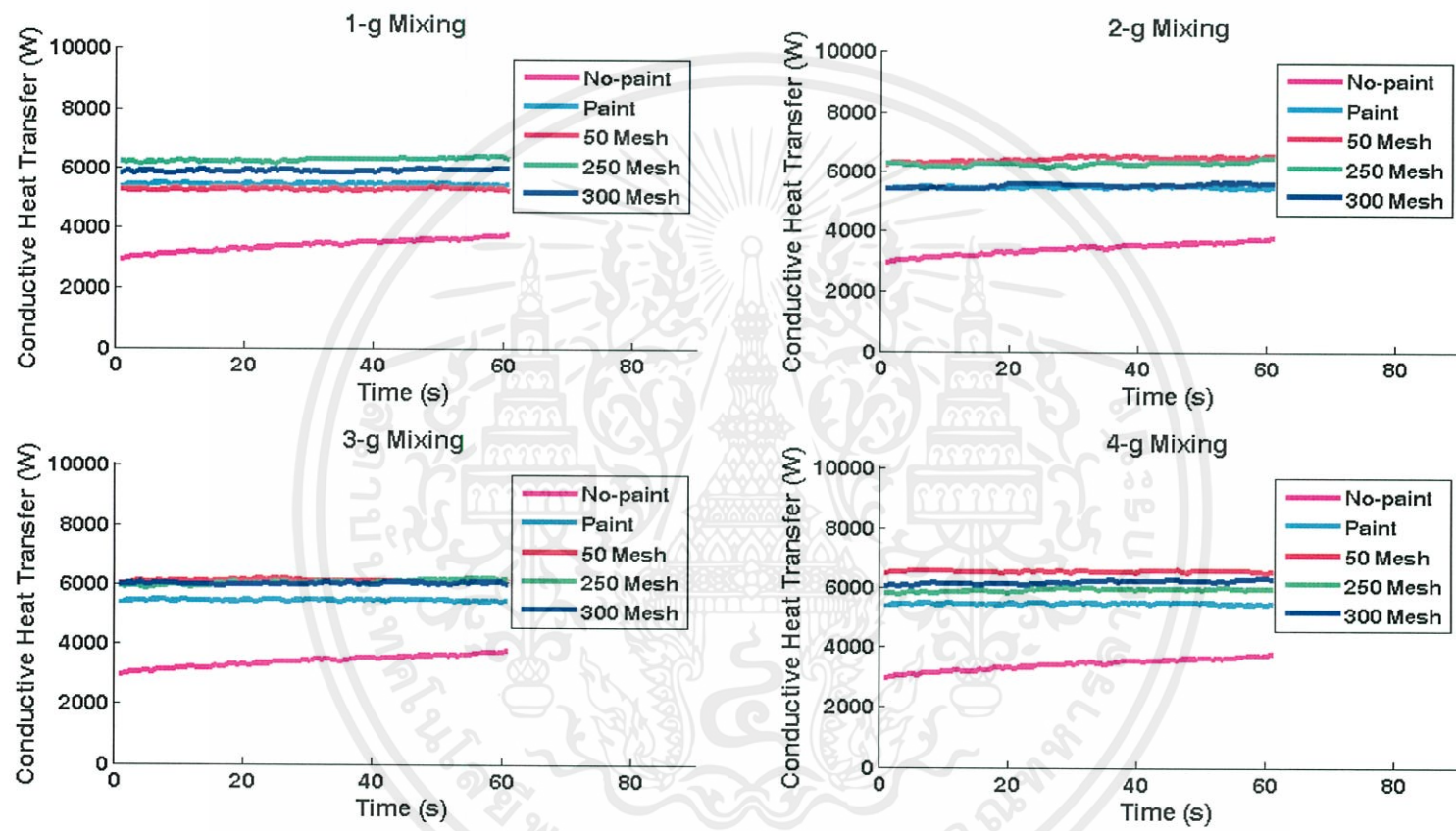
รูปที่ 15 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 5 g - 8 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



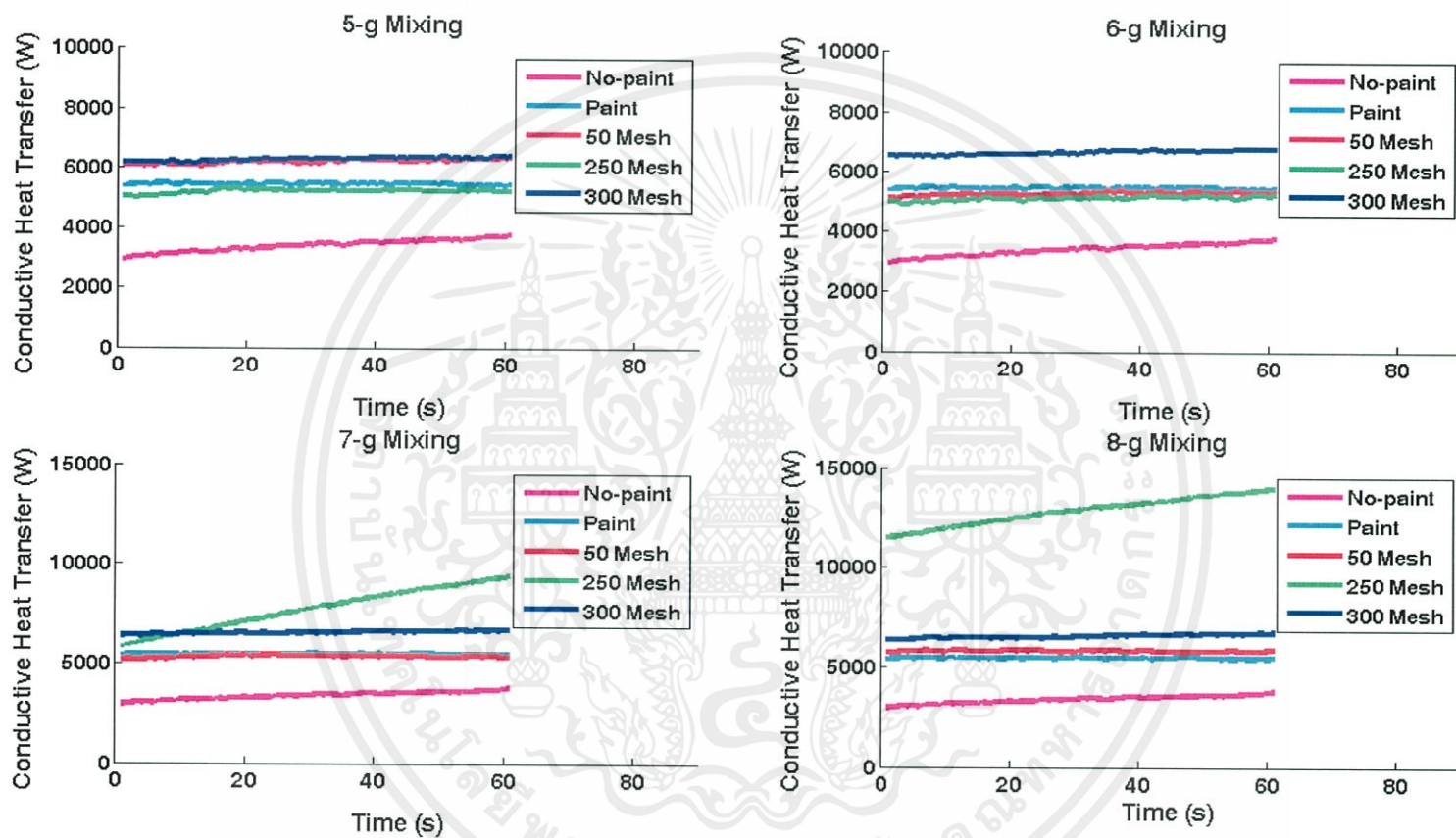
รูปที่ 16 Copper

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 9 g -10 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



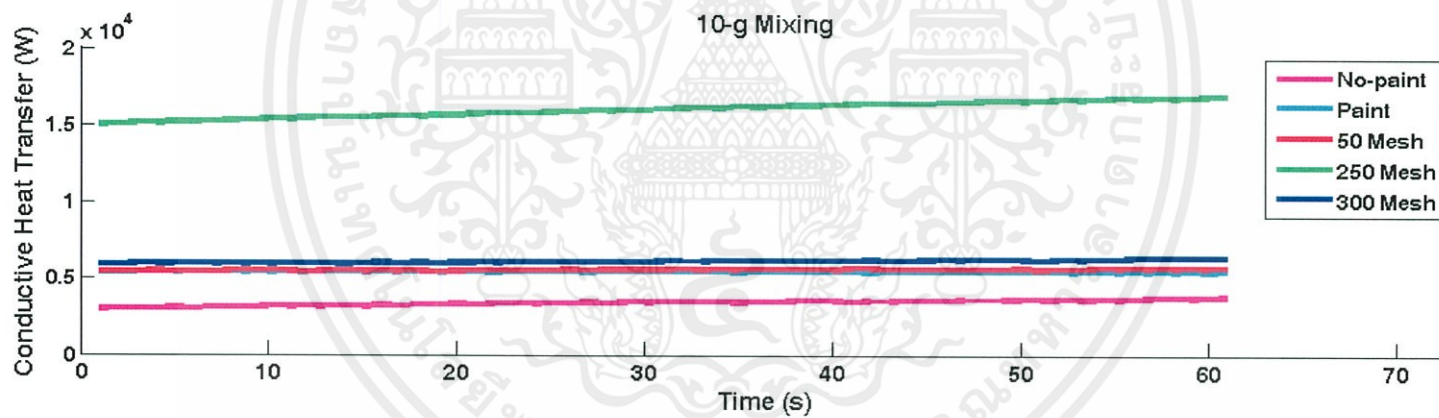
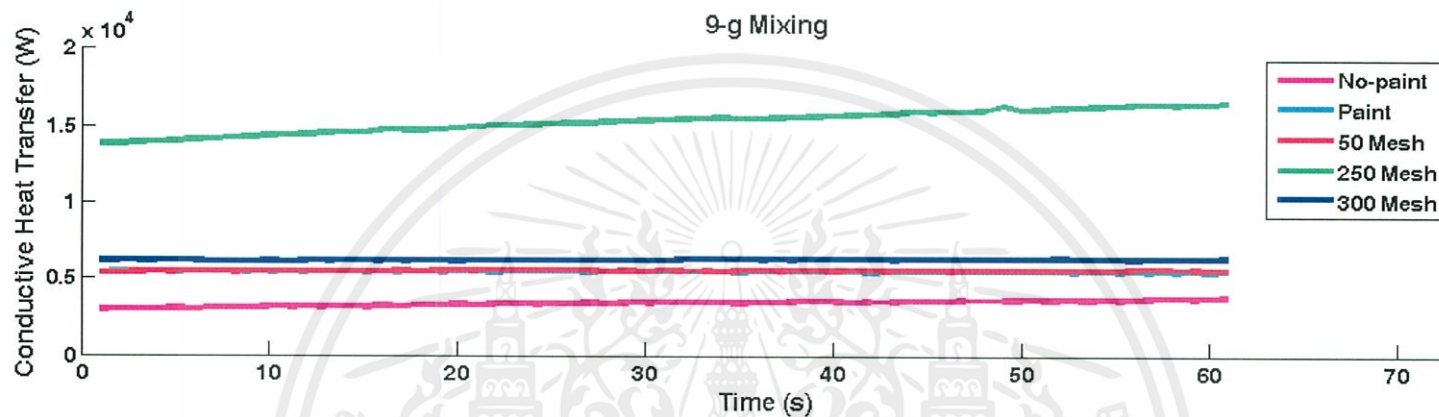
รูปที่ 17 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 1 g - 4 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



รูปที่ 18 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 5 g - 8 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )



รูปที่ 19 Zinc

กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Conductive Heat Transfer 9 g - 10 g Mixing ( W ) และเวลา ( s )

## บทที่ 5

### สรุปผลการทดลอง

ตารางที่ 5.1 เงานไขที่ดีที่สุด (แบบปริมาตรผงถ่าน)

ขนาดผงถ่าน ชนิดของวัสดุ	Conductive Heat Transfer		
	50 Mesh	250 Mesh	300 Mesh
Al	10 g	8 g	1 g
Cu	9 g	10 g	3 g
Zn	10 g	10 g	6 g

จากตาราง เงานไขที่ดีที่สุดชนิดปริมาตรของผงถ่านแบ่งออกตามชนิดของวัสดุ ดังนี้

Al ที่ 50 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 10 กรัม

Al ที่ 250 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 8 กรัม

Al ที่ 300 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 1 กรัม

Cu ที่ 50 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 9 กรัม

Cu ที่ 250 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 10 กรัม

Cu ที่ 300 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 3 กรัม

Zn ที่ 50 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 10 กรัม

Zn ที่ 250 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 10 กรัม

Zn ที่ 300 Mesh ค่า Conductive Heat Transfer เงานไขที่ดีที่สุดคือ 6 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เงื่อนไขที่ดีที่สุด (แบบความละเอียดของผงถ่าน)

ปริมาณผงถ่าน (g)	Conductive Heat Transfer		
	Al (Mesh)	Cu (Mesh)	Zn (Mesh)
1	300	250	250
2	300	250	50
3	250	300	ใกล้เคียงกัน
4	250	250	50
5	50	250	50 และ 300
6	50	250	300
7	50	ใกล้เคียงกัน	250
8	250	250	250
9	50	250	250
10	50	250	250

จากตาราง เงื่อนไขที่ดีที่สุดที่สุทธินิคความละเอียดของผงถ่านแบ่งออกตามปริมาณดังนี้  
 วัสดุชนิด Al

ที่ 1 กรัม และ 2 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด คือ 300 Mesh

ที่ 3 กรัม 4 กรัม และ 8 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด คือ 250 Mesh

ที่ 5 -7 กรัม และ 9-10 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด คือ 50 Mesh

วัสดุชนิด Cu

ค่าความละเอียดที่ดีที่สุดผ่านมากอยู่ที่ 250 Mesh ยกเว้น

ที่ 3 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด คือ 300 Mesh และ

ที่ 7 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด จะใกล้เคียงกัน ทั้ง 50 Mesh 250 Mesh และ 300 Mesh

วัสดุชนิด Zn

ที่ 1 กรัม และ 7-10 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด คือ 250 Mesh

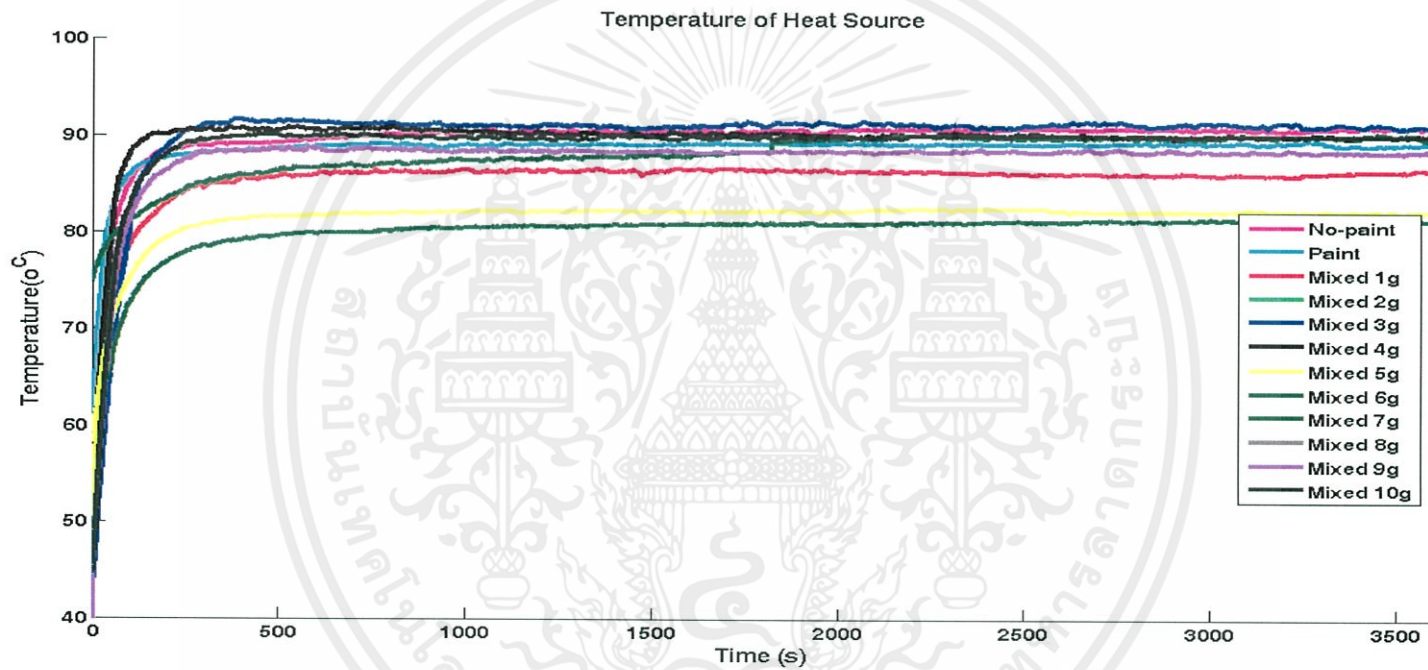
ที่ 2 กรัม และ 4 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด คือ 50 Mesh

ที่ 3 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด จะใกล้เคียงกัน ทั้ง 50 Mesh 250 Mesh และ 300 Mesh

ที่ 5 กรัม ค่าความละเอียดที่ดีที่สุด จะใกล้เคียงกันระหว่าง 50 Mesh 3000 Mesh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อเสนอแนะ



รูปที่ 20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Temperature of Heat Source ( °C) และเวลา ( s )

ควรควบคุมอุณหภูมิภายในกล่องให้คงที่และละเอียดมากกว่านี้ เนื่องจากหากอุณหภูมิในกล่องไม่คงที่แล้ว ค่าเริ่มต้นในการวัดค่าจะไม่คงที่ ทำให้ผลการทดลองที่ได้คลาดเคลื่อน

## เอกสารอ้างอิง

[1] สิทธีชัย วิโรจน์ปัทม์ภัก. (2549) เทคโนโลยีการพ่นเคลือบด้วยความร้อน.วิทยานิพนธ์ปริญญา

วิศวกรรมศาสตร์,สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[2] (2554) ปฏิบัติการศึกษาดำเนินการความร้อนและฉนวนความร้อน . ทฤษฎีปฏิบัติการทดลองที่ 11

คณะวิทยาศาสตร์ .สาขาพลังงานทางเลือก มหาวิทยาลัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

ทหารลาดกระบัง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

### Code Math Lab

```
clear;
clc;
al_no = xlsread('alpure1.xlsx');
al_zero = xlsread('alpaint1.xlsx');
al_50_1g = xlsread('al50_1.xlsx');
al_50_2g = xlsread('al50_2.xlsx');
al_50_3g = xlsread('al50_3.xlsx');
al_50_4g = xlsread('al50_4.xlsx');
al_50_5g = xlsread('al50_5.xlsx');
al_50_6g = xlsread('al50_6.xlsx');
al_50_7g = xlsread('al50_7.xlsx');
al_50_8g = xlsread('al50_8.xlsx');
al_50_9g = xlsread('al50_9.xlsx');
al_50_10g = xlsread('al50_10.xlsx');
%%%%%%%%%% 250
MESH%%%%%%%%%
al_250_1g = xlsread('al250_1.xlsx');
al_250_2g = xlsread('al250_2.xlsx');
al_250_3g = xlsread('al250_3.xlsx');
al_250_4g = xlsread('al250_4.xlsx');
al_250_5g = xlsread('al250_5.xlsx');
al_250_6g = xlsread('al250_6.xlsx');
al_250_7g = xlsread('al250_7.xlsx');
al_250_8g = xlsread('al250_8.xlsx');
al_250_9g = xlsread('al250_9.xlsx');
al_250_10g = xlsread('al250_10.xlsx');
```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

%%%%%%%%%% 250
MESH%%%%%%%%%
al_300_1g = xlsread('al300_1.xlsx');
al_300_2g = xlsread('al300_2.xlsx');
al_300_3g = xlsread('al300_3.xlsx');
al_300_4g = xlsread('al300_4.xlsx');
al_300_5g = xlsread('al300_5.xlsx');
al_300_6g = xlsread('al300_6.xlsx');
al_300_7g = xlsread('al300_7.xlsx');
al_300_8g = xlsread('al300_8.xlsx');
al_300_9g = xlsread('al300_9.xlsx');
al_300_10g = xlsread('al300_10.xlsx');
%%%%%%%%%%constant
value%%%%%%%%%
k_al = 215;
d_al = 0.002;
area = 0.13*0.07;
x = [2940:3000]';
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%Kelvin temp.50
Mesh%%%%%%%%%
temp_no_k = 273.15+(al_no(:,2:5));
temp_zero_k = 273.15+(al_zero(:,2:5));
temp_50_1g_k = 273.15+(al_50_1g(:,2:5));
temp_50_2g_k = 273.15+(al_50_2g(:,2:5));
temp_50_3g_k = 273.15+(al_50_3g(:,2:5));
temp_50_4g_k = 273.15+(al_50_4g(:,2:5));
temp_50_5g_k = 273.15+(al_50_5g(:,2:5));

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
temp_50_6g_k = 273.15+(al_50_6g(:,2:5));
temp_50_7g_k = 273.15+(al_50_7g(:,2:5));
temp_50_8g_k = 273.15+(al_50_8g(:,2:5));
temp_50_9g_k = 273.15+(al_50_9g(:,2:5));
temp_50_10g_k = 273.15+(al_50_10g(:,2:5));
```

%%%%%%%%%%%%Kelvin temp.250

Mesh%%%%%%%%%

```
temp_250_1g_k = 273.15+(al_250_1g(:,2:5));
temp_250_2g_k = 273.15+(al_250_2g(:,2:5));
temp_250_3g_k = 273.15+(al_250_3g(:,2:5));
temp_250_4g_k = 273.15+(al_250_4g(:,2:5));
temp_250_5g_k = 273.15+(al_250_5g(:,2:5));
temp_250_6g_k = 273.15+(al_250_6g(:,2:5));
temp_250_7g_k = 273.15+(al_250_7g(:,2:5));
temp_250_8g_k = 273.15+(al_250_8g(:,2:5));
temp_250_9g_k = 273.15+(al_250_9g(:,2:5));
temp_250_10g_k = 273.15+(al_250_10g(:,2:5));
```

%%%%%%%%%%%%Kelvin temp.300

Mesh%%%%%%%%%

```
temp_300_1g_k = 273.15+(al_300_1g(:,2:5));
temp_300_2g_k = 273.15+(al_300_2g(:,2:5));
temp_300_3g_k = 273.15+(al_300_3g(:,2:5));
temp_300_4g_k = 273.15+(al_300_4g(:,2:5));
temp_300_5g_k = 273.15+(al_300_5g(:,2:5));
temp_300_6g_k = 273.15+(al_300_6g(:,2:5));
temp_300_7g_k = 273.15+(al_300_7g(:,2:5));
temp_300_8g_k = 273.15+(al_300_8g(:,2:5));
temp_300_9g_k = 273.15+(al_300_9g(:,2:5));
```

```
temp_300_10g_k = 273.15+(al_300_10g(:,2:5));
```

เอกสารนี้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat transfer

$$q_{50\_no} = ((k\_al*area)*(temp\_no\_k(x,3)-temp\_no\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_paint} = ((k\_al*area)*(temp\_zero\_k(x,3)-temp\_zero\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_1g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_1g\_k(x,3)-temp\_50\_1g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_2g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_2g\_k(x,3)-temp\_50\_2g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_3g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_3g\_k(x,3)-temp\_50\_3g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_4g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_4g\_k(x,3)-temp\_50\_4g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_5g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_5g\_k(x,3)-temp\_50\_5g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_6g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_6g\_k(x,3)-temp\_50\_6g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_7g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_7g\_k(x,3)-temp\_50\_7g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_8g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_8g\_k(x,3)-temp\_50\_8g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_9g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_9g\_k(x,3)-temp\_50\_9g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{50\_10g} = ((k\_al*area).*(temp\_50\_10g\_k(x,3)-temp\_50\_10g\_k(x,4)))/d\_al;$$

%q\_50mesh = [q\_50\_1g q\_50\_2g q\_50\_3g q\_50\_4g q\_50\_5g q\_50\_6g q\_50\_7g q\_50\_8g q\_50\_9g q\_50\_10g];

250mesh

$$q_{250\_1g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_1g\_k(x,3)-temp\_250\_1g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{250\_2g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_2g\_k(x,3)-temp\_250\_2g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{250\_3g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_3g\_k(x,3)-temp\_250\_3g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{250\_4g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_4g\_k(x,3)-temp\_250\_4g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{250\_5g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_5g\_k(x,3)-temp\_250\_5g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{250\_6g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_6g\_k(x,3)-temp\_250\_6g\_k(x,4)))/d\_al;$$

$$q_{250\_7g} = ((k\_al*area).*(temp\_250\_7g\_k(x,3)-temp\_250\_7g\_k(x,4)))/d\_al;$$

เอกสารนี้ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

q_250_8g = ((k_al*area).*(temp_250_8g_k(x,3)-temp_250_8g_k(x,4)))./d_al;
q_250_9g = ((k_al*area).*(temp_250_9g_k(x,3)-temp_250_9g_k(x,4)))./d_al;
q_250_10g = ((k_al*area).*(temp_250_10g_k(x,3)-temp_250_10g_k(x,4)))./d_al;
%q_250mesh = [q_250_1g q_250_2g q_250_3g q_250_4g q_250_5g q_250_6g q_250_7g q_250_8g
q_250_9g q_250_10g];
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%300mesh%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
q_300_1g = ((k_al*area).*(temp_300_1g_k(x,3)-temp_300_1g_k(x,4)))./d_al;
q_300_2g = ((k_al*area).*(temp_300_2g_k(x,3)-temp_300_2g_k(x,4)))./d_al;
q_300_3g = ((k_al*area).*(temp_300_3g_k(x,3)-temp_300_3g_k(x,4)))./d_al;
q_300_4g = ((k_al*area).*(temp_300_4g_k(x,3)-temp_300_4g_k(x,4)))./d_al;
q_300_5g = ((k_al*area).*(temp_300_5g_k(x,3)-temp_300_5g_k(x,4)))./d_al;
q_300_6g = ((k_al*area).*(temp_300_6g_k(x,3)-temp_300_6g_k(x,4)))./d_al;
q_300_7g = ((k_al*area).*(temp_300_7g_k(x,3)-temp_300_7g_k(x,4)))./d_al;
q_300_8g = ((k_al*area).*(temp_300_8g_k(x,3)-temp_300_8g_k(x,4)))./d_al;
q_300_9g = ((k_al*area).*(temp_300_9g_k(x,3)-temp_300_9g_k(x,4)))./d_al;
q_300_10g = ((k_al*area).*(temp_300_10g_k(x,3)-temp_300_10g_k(x,4)))./d_al;
%q_300mesh = [q_300_1g q_300_2g q_300_3g q_300_4g q_300_5g q_300_6g q_300_7g q_300_8g
q_300_9g q_300_10g];
figure(1)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_1g,'r','linewidth',3)
plot(q_50_2g,'g','linewidth',3)
plot(q_50_3g,'b','linewidth',3)
plot(q_50_4g,'k','linewidth',3)
plot(q_50_5g,'y','linewidth',3)
plot(q_50_6g,'color',[.02 .35 .08],'linewidth',3)

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

plot(q_50_7g,'color',[.87 .27 .07],'linewidth',3)
plot(q_50_8g,'color',[.5 .5 .5],'linewidth',3)
plot(q_50_9g,'color',[.8 .35 1],'linewidth',3)
plot(q_50_10g,'color',[.03 .12 .05],'linewidth',3)
hold off
title('50 Mesh')
axis([0 75 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','Mixed 1g','Mixed 2g','Mixed 3g','Mixed 4g','Mixed 5g','Mixed 6g','Mixed
7g','Mixed 8g','Mixed 9g','Mixed 10g')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure(2)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_250_1g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_2g,'g','linewidth',3)
plot(q_250_3g,'b','linewidth',3)
plot(q_250_4g,'k','linewidth',3)
plot(q_250_5g,'y','linewidth',3)
plot(q_250_6g,'color',[.02 .35 .08],'linewidth',3)
plot(q_250_7g,'color',[.87 .27 .07],'linewidth',3)
plot(q_250_8g,'color',[.5 .5 .5],'linewidth',3)
plot(q_250_9g,'color',[.8 .35 1],'linewidth',3)
plot(q_250_10g,'color',[.03 .12 .05],'linewidth',3)
hold off

```

```
title('250 Mesh')
```

เอกสารนี้เป็นงานวิจัยสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

axis([0 75 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','Mixed 1g','Mixed 2g','Mixed 3g','Mixed 4g','Mixed 5g','Mixed 6g','Mixed
7g','Mixed 8g','Mixed 9g','Mixed 10g')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')
%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

figure(3)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_300_1g,'r','linewidth',3)
plot(q_300_2g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_3g,'b','linewidth',3)
plot(q_300_4g,'k','linewidth',3)
plot(q_300_5g,'y','linewidth',3)
plot(q_300_6g,'color',[.02 .35 .08],'linewidth',3)
plot(q_300_7g,'color',[.87 .27 .07],'linewidth',3)
plot(q_300_8g,'color',[.5 .5 .5],'linewidth',3)
plot(q_300_9g,'color',[.8 .35 1],'linewidth',3)
plot(q_300_10g,'color',[.03 .12 .05],'linewidth',3)
hold off
title('300 Mesh')
axis([0 75 0*10^4 6*10^4])

```

```

legend('No-paint','Paint','Mixed 1g','Mixed 2g','Mixed 3g','Mixed 4g','Mixed 5g','Mixed 6g','Mixed
7g','Mixed 8g','Mixed 9g','Mixed 10g')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
figure(4)
subplot(2,2,1)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_1g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_1g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_1g,'b','linewidth',3)
hold off
title('1-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')
subplot(2,2,2)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_2g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_2g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_2g,'b','linewidth',3)
hold off
title('2-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

subplot(2,2,3)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_3g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_3g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_3g,'b','linewidth',3)
hold off
title('3-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')
subplot(2,2,4)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_4g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_4g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_4g,'b','linewidth',3)
hold off
title('4-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')

```

figure(5)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

subplot(2,2,1)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_5g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_5g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_5g,'b','linewidth',3)
hold off
title('5-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')

```

```

subplot(2,2,2)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_6g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_6g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_6g,'b','linewidth',3)
hold off
title('6-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')

```

```

ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')
subplot(2,2,3)

```

```

hold on

```

```

plot(q_50_no,'m','linewidth',3)

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_7g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_7g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_7g,'b','linewidth',3)
hold off
title('7-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')

```

```

subplot(2,2,4)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_8g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_8g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_8g,'b','linewidth',3)
hold off
title('8-g Mixing')
axis([0 90 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')

```

```

%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%

```

```

figure(6)
subplot(2,1,1)
hold on

```

```

plot(q_50_no,'m','linewidth',3)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_9g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_9g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_9g,'b','linewidth',3)
hold off
title('9-g Mixing')
axis([0 73 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')
subplot(2,1,2)
hold on
plot(q_50_no,'m','linewidth',3)
plot(q_50_paint,'c','linewidth',3)
plot(q_50_10g,'r','linewidth',3)
plot(q_250_10g,'g','linewidth',3)
plot(q_300_10g,'b','linewidth',3)
hold off
title('10-g Mixing')
axis([0 73 0*10^4 6*10^4])
legend('No-paint','Paint','50 Mesh','250 Mesh','300 Mesh')
xlabel('Time (s)')
ylabel('Conductive Heat Transfer (W)')

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้