

การศึกษาเชิงตัวเลขของประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในรูปแบบต่าง ๆ

NUMERICAL STUDY ON THERMAL PERFORMANCE IN FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER EQUIPPED WITH VARIOUS SHAPES OF BAFFLES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษาเชิงตัวเลขของประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในรูปแบบต่าง ๆ

NUMERICAL STUDY ON THERMAL PERFORMANCE IN FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER EQUIPPED WITH VARIOUS SHAPES OF BAFFLES



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NUMERICAL STUDY ON THERMAL PERFORMANCE IN FIN-AND-TUBE HEAT
EXCHANGER EQUIPPED WITH VARIOUS SHAPES OF BAFFLES



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเชิงตัวเลขของประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบ
และท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในรูปแบบต่าง ๆ

ผู้จัดทำ

1. นายคุณานนต์ รัชตรุ่งโรจน์กุล รหัสประจำตัว 60010121
2. นายพัสสน ตีระณะประกิจ รหัสประจำตัว 60010693



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วิฑาดา เจษภูวรรตน์ชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การศึกษาเชิงตัวเลขของประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกันในรูปแบบต่าง ๆ

นายคุณานต์	รัชตรุ่งโรจน์กุล	60010121
นายพัศสน	ดิระณะประกิจ	60010693
รศ.ดร.วิฑาตา	เจษฎารัตนชัย	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2563		

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการไหลราบเรียบและการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกันในรูปแบบต่าง ๆ มีการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มในการหาผลเฉลยของปัญหาเชิงตัวเลข สำหรับงานวิจัยนี้มีการพิจารณาเลขเรย์โนลด์ในช่วง 500 - 2500 ทำการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองเชิงตัวเลขของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบและท่อ ผลที่ได้จากการศึกษาจะถูกนำเสนอในรูปแบบของโครงสร้างการไหลและการถ่ายเทความร้อนในส่วนทดสอบ นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอการประเมินสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกัน จากผลการทดลอง เลขนัสเซลจะค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนความสูงของแผ่นกันและเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนความสูงของแผ่นกันเพิ่มขึ้น แต่มีค่าลดลงเมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น เมื่อแผ่นกันมีความหนาแน่นมากขึ้นจากแบบเอียงเป็นรูปตัววี และรูปตัวดับเบิลวีตามลำดับจะมีแนวโน้มเดียวกับมุมปะทะการไหลของแผ่นกันเพิ่มขึ้น คือเลขนัสเซลมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.2 และ 0.3 แต่จะมีค่าใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.1 และตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันสำหรับอัตราส่วนระยะพิทซ์จะไม่มีแนวโน้มตายตัวแต่เปลี่ยนแปลงไปตามตัวแปรอื่น ๆ สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพที่สุดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.08 ถึง 1.12 อยู่ที่กรณีรูปร่างแผ่นกันรูปตัววีที่มุมปะทะการไหล 45° โดยมีอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.1 และอัตราส่วนระยะพิทซ์ที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

NUMERICAL STUDY ON THERMAL PERFORMANCE IN FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER
EQUIPPED WITH VARIOUS SHAPES OF BAFFLES

Kunanon Rachatarungrojkul 60010121
Phatson Tiranaprakij 60010693
Assoc.Prof.Dr.Withada Jedsadaratanachai Advisor
Year 2563

ABSTRACT

Numerical investigations for laminar flow and heat transfer in fin-and-tube heat exchanger placed with various shapes of baffles are performed. The numerical problems are solved with finite volume method (SIMPLE algorithm). The Reynolds numbers in the range around 500 – 2500 are considered for the present work. The computational domain of the fin-and-tube heat exchanger is validated. The numerical results will be reported in terms of flow configuration and heat transfer characteristic in the tested section. Moreover, the performance evaluations of the fin-and-tube heat exchanger placed with baffles are also presented. As the numerical results, the Nusselt number increases when increasing baffle height ratio and Reynolds number. The friction factor in the testing section increases as baffle height ratio increases, but decreases as Reynolds number increases. When the shapes of baffle change from inclined baffles to V-shaped baffles and W-shaped baffles, respectively. It has the same tendency as the increasing of flow attack angle, gives the result as the Nusselt number increases for baffle height ratio are 0.2 and 0.3, but have a similar value when baffle height ratio is 0.1, the friction factor increases for every baffle height ratio. For the effect of pitch spacing ratio, there is no specific tendency but depends on other variables. The optimum TEF is found to be around 1.08 – 1.12 for the 45° V-shaped baffles at the baffle height ratio of 0.1 and pitch spacing ratio of 1.5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

||

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยจากการช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา และตรวจสอบแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่จาก รศ.ดร.วิฑาดา เจษฎารัตนชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่เอื้อเพื่อให้ยืมสถานที่ คอมพิวเตอร์ในการวิจัยและ ตัวอย่างรายงานปริญญาานิพนธ์ในอดีตซึ่งสามารถช่วยให้ดำเนินการทำรายงานฉบับนี้ได้ดียิ่งขึ้น

ขอบคุณเพื่อนในกลุ่มที่คอยช่วยเหลือและร่วมมือร่วมใจกันในการทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ต้องขอขอบพระคุณบุคคลที่สำคัญที่สุด ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักรยิ่ง ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษาเล่าเรียน ให้กำลังใจและเอาใจใส่เสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

III

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
รายการคำย่อและสัญลักษณ์.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย.....	3
1.6 เค้าโครงวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	4
2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งแผ่นกั้นในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน.....	4
2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ.....	9
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	13
3.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	13
3.1.1 ประเภทของการแลกเปลี่ยนความร้อน.....	13
3.2 สมการควบคุมการไหลและการถ่ายเทความร้อน.....	15
3.3 หลักการถ่ายเทความร้อน.....	17
3.4 การพาความร้อน.....	18
3.4.1 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ.....	18
3.4.2 การพาความร้อนโดยการบังคับ.....	18
3.5 การจัดวางกลุ่มท่อภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน.....	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การออกแบบการทดลอง.....	20
4.1 บทนำ.....	20
4.2 การกำหนดลักษณะของปัญหาและแบบจำลองที่ได้ในการวิจัย	20
4.2.1 การกำหนดลักษณะของปัญหาในการวิจัย	20
4.2.2 การกำหนดลักษณะแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัย	20
4.3 การพิสูจน์ความถูกต้องและตรวจสอบจำนวนกริดอิสระ	23
บทที่ 5 ผลการทดลอง.....	29
5.1 การกระจายตัวของอนุกรมวิธาน	29
5.1.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล.....	31
5.1.2 อิทธิพลของรูปร่างของแผ่นกั้น	31
5.1.3 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น	32
5.2 การกระจายตัวของความเร็วตามแกน x.....	33
5.2.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล.....	33
5.2.2 อิทธิพลของรูปร่างของแผ่นกั้น	35
5.2.3 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น	35
5.3 ผลการทดลองแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง.....	36
5.3.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล.....	36
5.3.2 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น	40
5.3.3 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้น	42
5.4 ผลการทดลองแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี	42
5.4.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล.....	42
5.4.2 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น	46
5.4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้น	48
5.5 ผลการทดลองแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปดับเบิลวี	48
5.5.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล.....	48
5.5.2 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น	52
5.5.3 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้น	54
5.6 อิทธิพลของรูปร่างของแผ่นกั้น	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.7 อิทธิพลของเลขเรย์โนลด์	54
บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	55
6.1 สรุปผลการทดลอง	55
6.2 ข้อเสนอแนะ	56
เอกสารอ้างอิง	57



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลบางชนิด	18
4.1 แสดงข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆที่ใช้ในแบบจำลอง	22
4.2 เลขนัสเซลของแต่ละจำนวนกริดเซลล์เทียบกับ Wang และคณะ	25
4.3 ตัวประกอบเสียดทานของแต่ละจำนวนกริดเซลล์เทียบกับ Wang และคณะ	25
4.4 ค่าการเบี่ยงเบนของเลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทาน	27



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VII

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แบบจำลองที่นำมาวิเคราะห์ในงานของ Jedsadaratanachai และคณะ	6
2.2 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Jedsadaratanachai และคณะ.....	6
2.3 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Promvongse และคณะ	7
2.4 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Fawaz และคณะ.....	7
2.5 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Promvongse และ Skullong	8
2.6 ทิศทางการติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Promvongse และ Skullong.....	9
2.7 การวางท่อแบบตรงในงานของ Sinha และคณะ	10
2.8 การวางท่อแบบเอียงในงานของ Sinha และคณะ	10
2.9 การติดตั้งในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในงานของ Zeeshan และคณะ	11
2.10 แสดงตัวแปรต่าง ๆ ของครีบน้ำในงานของ Hosseini และคณะ	11
3.1 การไหลแบบสวนทางกัน.....	13
3.2 การไหลแบบทางเดียวกัน.....	14
3.3 การไหลแบบมีทิศทางตั้งฉากกัน.....	14
3.4 การจัดวางท่อแบบตรง.....	19
3.5 การจัดวางท่อแบบเอียง	19
4.1 แบบจำลองที่ยังไม่ได้ติดตั้งแผ่นกั้น.....	21
4.2 แบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง.....	21
4.3 มุมมองจากด้านบนของแบบจำลอง.....	22
4.4 มุมมองจากด้านข้างของแบบจำลอง.....	22
4.5 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีการติดตั้งแผ่นกั้น.....	22
4.6 แบบจำลองแสดงตัวแปรมุมปะทะการไหล	23
4.7 เงื่อนไขขอบเขตของแบบจำลอง.....	25
4.8 ความสัมพันธ์ของตารางที่ 4.2.....	26
4.9 ความสัมพันธ์ของตารางที่ 4.3.....	26
5.1 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับมุมปะทะการไหลต่าง ๆ ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตซ์ 1.5 ของแผ่นกั้นแบบเอียง.....	29
5.2 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับมุมปะทะการไหลต่าง ๆ ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตซ์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอกสารที่วางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับมุมปะทะการไหลต่าง ๆ ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิทช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปดัดเบิลวี	31
5.4 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นต่าง ๆ ที่ เลขเรย์โนลด์ 1,000 มุมปะทะการไหล 45° และอัตราส่วนระยะพิทช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี.....	32
5.5 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับมุมปะทะการไหลต่าง ๆ ที่ เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิทช์ 1.5 ของแผ่นกั้นแบบเอียง.....	33
5.6 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับมุมปะทะการไหลต่าง ๆ ที่ เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิทช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี.....	34
5.7 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับมุมปะทะการไหลต่าง ๆ ที่ เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิทช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัวดัดเบิลวี.....	35
5.8 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น ต่าง ๆ ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 มุมปะทะการไหล 45° และอัตราส่วนระยะพิทช์ 1.5 ของ แผ่นกั้นรูปตัววี	36
5.9 เลขนัสเซลแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง	38
5.10 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง	39
5.11 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการ ติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง	41
5.12 เลขนัสเซลแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี	44
5.13 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี	45
5.14 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการ ติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี	47
5.15 เลขนัสเซลแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวดัดเบิลวี	50
5.16 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวดัดเบิลวี ..	51
5.17 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการ ติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวดัดเบิลวี	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์

A_0	พื้นที่การถ่ายเทความร้อนทั้งหมด, m^2
A_c	พื้นที่ที่น้อยสุดของท่อ, m^2
BR	อัตราส่วนความสูงแผ่นกั้น (e/H)
c_p	ค่าความร้อนจำเพาะ, $J/(kg \cdot K)$
D_c	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของครีบริบ ($D_t + 2\delta_f$), mm
D_h	เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก, mm
D_t	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ, mm
δ_f	ความหนาของครีบริบ, mm
f	ตัวประกอบเสียดทาน
f_0	ตัวประกอบเสียดทานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไม่มีตัวสร้างความปั่นป่วน
H	ระยะห่างของครีบริบ, mm
e	ความสูงของแผ่นกั้น, mm
P	ระยะห่างของแผ่นกั้น, mm
h	อัตราการถ่ายเทความร้อน, $W/(m^2 \cdot K)$
m	อัตราการไหลเชิงมวล, kg/s
N	จำนวนแถวของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
X

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รายการคำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

Nu	เลขนัสเซิล
Nu_0	เลขนัสเซิลของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไม่มีตัวสร้างความปั่นป่วน
PR	อัตราส่วนระยะพิตซ์ของแผ่นกั้น (P/H)
P_l	ระยะตามแนวยาวของท่อ, mm
Pr	เลขพรานด์เทิล
P_t	ระยะตามแนวขวางของท่อ, mm
Δp	ผลต่างความดันระหว่างทางเข้าและทางออก, Pa
Q	อัตราการถ่ายเทความร้อน, W
R	ค่าคงที่ของแก๊ส, $J/(kg \cdot K)$
Re	เลขเรย์โนลด์
Re_{Dc}	เลขเรย์โนลด์อิงกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกคอยล์
T	อุณหภูมิ, K
T_{in}	อุณหภูมิบัลค์ของอากาศที่ทางเข้าของพื้นที่ทดสอบ, K
T_{out}	อุณหภูมิบัลค์ของอากาศที่ทางออกของพื้นที่ทดสอบ, K
T_s	อุณหภูมิ ณ จุดใด ๆ, K
T_w	อุณหภูมิของผนังท่อ, K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการคำย่อและสัญลักษณ์ (ต่อ)

TEF	สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน
ΔT	ผลต่างอุณหภูมิแบบล็อกกาลิทึม, K
t	เวลา, s
u_m	ความเร็วเฉลี่ยบริเวณที่มีพื้นที่หน้าตัดการไหลน้อยที่สุด, m/s
v	ความเร็วอากาศที่ทางเข้า, m/s
α	มุมปะทะของการไหล, $degree$
μ	ค่าความหนืด, $kg/(m \cdot s)$
ρ	ความหนาแน่น, kg/m^3
x, y, z	พิกัดคาร์ทีเซียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตลอดเวลาที่ผ่านมา นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันและดำเนินต่อไปในอนาคต โลกของเรานั้นมีประชากรที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้ความต้องการพลังงานในการดำเนินชีวิตและการเติบโตทางด้านอุตสาหกรรมสูงขึ้น แต่ทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงานนั้นมีจำกัด จึงต้องมีการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการในการผลิตพลังงานให้มีประสิทธิภาพ โดยใช้ทรัพยากรให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ กระบวนการในภาคอุตสาหกรรมที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง คือระบบการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งเป็นระบบที่ใช้อย่างมากในอุตสาหกรรมปัจจุบัน โดยเฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบริบและท่อ (fin-and-tube heat exchanger) ที่ถูกใช้อย่างกว้างขวางในด้านระบบทำความร้อนและระบบปรับอากาศ จะเห็นได้ว่าระบบแลกเปลี่ยนความร้อนมีความสำคัญอย่างมากต่อการดำเนินชีวิต จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาให้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด การกระทำแบบนี้ยังส่งผลให้ค่าใช้จ่ายและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมลดลงอีกด้วย

จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผ่านมา วิธีการที่นิยมในการปรับปรุงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน คือการเพิ่มพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนและทำให้การไหลเกิดความปั่นป่วนลงบนตัวครีบริบ ด้วยการติดตั้งตัวสร้างความปั่นป่วน (vortex generator) เช่น แผ่นกั้น (baffle), ครีบริบ (rib), หรือ ปีก (winglet) เป็นต้น

การนำแผ่นกั้นมาใช้งานกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบริบและท่อเป็นงานวิจัยที่หายากมากจากงานวิจัยที่ผ่าน ๆ มา เนื่องจากตัวเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ช่องว่างที่จะสามารถติดตั้งตัวสร้างความปั่นป่วนได้มีขนาดที่ค่อนข้างเล็ก การติดตั้งแผ่นกั้นตลอดทางของตัวครีบริบ จึงทำได้ยากและอาจจะใช้ค่าใช้จ่ายในการผลิตที่มากกว่าการใช้ตัวสร้างความปั่นป่วนชนิดอื่น จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผ่านมา พบว่าแผ่นกั้นสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงได้นำแผ่นกั้นมาทดลองเพื่อศึกษาว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้มากน้อยแค่ไหน

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

สำหรับวัตถุประสงค์เบื้องต้นของงานวิจัยนี้เพื่อการศึกษาความสามารถในการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบริบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในลักษณะต่าง ๆ โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมเชิงพาณิชย์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์การไหลและใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็น CFD หรืออื่นๆ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของแผ่นกั้นที่มีต่อการไหลและถ่ายเทความร้อนไปใช้

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

1. เพื่อศึกษาอัตราการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทานของของไหลภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบบและท่อที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในรูปแบบต่าง ๆ
2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผ่นกั้นในลักษณะต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทาน
3. เพื่อศึกษาอิทธิพลของเลขเรย์โนลด์ (Re), รูปร่างของแผ่นกั้น, มุมปะทะของแผ่นกั้น (α), อัตราส่วนระยะพิตซ์ของแผ่นกั้น (PR), อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น (BR) ที่มีต่อประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ทำการคำนวณในแบบจำลองการไหลแบบสามมิติ ที่มีการไหลแบบราบเรียบในช่วงเลขเรย์โนลด์ตั้งแต่ 500 จนถึง 2500
2. แผ่นกั้นที่ใช้กำหนดวัสดุเป็นอะลูมิเนียม
3. แผ่นกั้นที่นำมาติดจะพิจารณาในรูปแบบแผ่นเอียง, ตัววีและตัวดับเบิลวี ติดทั้งด้านบนและล่างของครีบบ ทำมุมกับการไหลของอากาศ $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ และ 60° อัตราส่วนระยะพิตซ์ของแผ่นกั้น (PR) = 0.5, 1 และ 1.5 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น (BR) = 0.1, 0.2 และ 0.3
4. อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้าคงที่เท่ากับ 298K
5. กำหนดให้คุณสมบัติต่าง ๆ ของอากาศที่ไหลเข้าคงที่
6. ทำการพิจารณาท่อที่อุณหภูมิสถานะคงที่เท่ากับ 330K
7. ทำการวิจัยท่อกลมที่มีการจัดวางแบบเอียง (staggered)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบบและท่อ
2. หลังจากศึกษาข้อมูลจนมีความรู้ในระดับหนึ่งแล้ว ทำการตั้งปัญหา จุดประสงค์ และกำหนดขอบเขตของงานวิจัย ซึ่งในที่นี้คือลักษณะรูปแบบต่าง ๆ ของแผ่นกั้น
3. ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ โปรแกรมเชิงพาณิชย์ โปรแกรมการเขียนแบบ
4. ทำการตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมวิเคราะห์เชิงตัวเลข โดยเปรียบเทียบค่าจาก

สมการการทดลองของงานวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5. ทำการออกแบบแบบจำลองที่จะนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม โดยมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรต่าง ๆ ตามที่ระบุไว้ในวัตถุประสงค์ได้แก่ Re , α , PR , BR และรูปร่างของแผ่นกั้น
6. วิเคราะห์การไหล การถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมที่ได้มาจากโปรแกรมวิเคราะห์เชิงตัวเลข แสดงผลข้อมูลในรูปของแบบจำลองสามมิติและกราฟ
7. สรุปผลการวิจัยและให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสำหรับการทำการวิจัยต่อไปในอนาคต

1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1. ทราบถึงอิทธิพลของค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในลักษณะต่าง ๆ
2. สามารถพัฒนาและออกแบบแผ่นกั้นที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในภาคอุตสาหกรรมได้
3. เป็นฐานความรู้ให้แก่ผู้ที่ต้องการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งแผ่นกั้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในอนาคต

1.6 คำโครงปริญญานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 6 บท บทที่ 2 กล่าวถึงวรรณกรรมปริทัศน์ นำเสนอเกี่ยวกับผลงานวิจัยที่ได้รับการศึกษาและตีพิมพ์เผยแพร่มาก่อนหน้านี้ ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนด้วยวิธีพาสซีฟ (passive technique) เช่น แผ่นกั้นและครีปในรูปแบบต่าง ๆ บทที่ 3 นำเสนอทฤษฎีและสมการที่เกี่ยวข้องกับพลศาสตร์การไหล รวมถึงโปรแกรมเชิงพาณิชย์ที่ใช้ในการศึกษางานวิจัยนี้ บทที่ 4 เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองที่ ได้พัฒนาขึ้น เพื่อให้ผลที่ได้จากการศึกษาเชิงตัวเลขมีความถูกต้องแม่นยำและน่าเชื่อถือ บทที่ 5 แสดงผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลของอิทธิพลจากตัวแปรต่าง ๆ บทที่ 6 เป็นการสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยตัวสร้างความปั่นป่วนรูปแบบแผ่นกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนให้ดีขึ้น ทั้งการศึกษาแบบทดลองและแบบเชิงตัวเลข เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อต่อไป โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการติดตั้งแผ่นกันและงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิด ครีบและท่อ

2.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการติดตั้งแผ่นกันในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน

Webb and Ramadhani [1] ศึกษาพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในช่องทางไหลแบบขนาน ที่มีการติดตั้งแผ่นกัน โดยมีการจัดวางแบบเอียง

Lopez et al. [2] ทำการศึกษาพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการติดตั้งแผ่นกันในช่วงการไหลแบบราบเรียบ พบว่าค่าความดันตกคร่อมจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของแผ่นกันและเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น

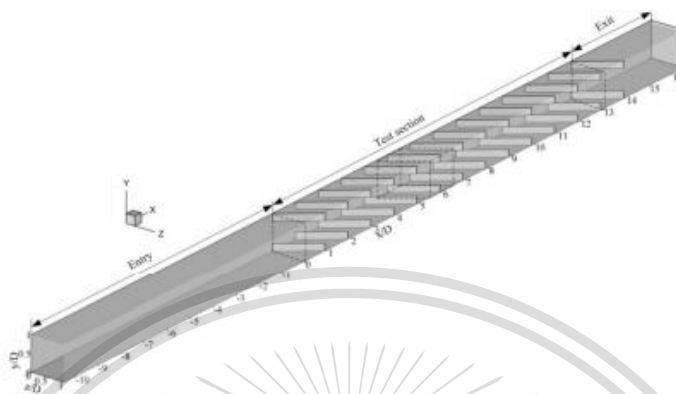
Yang and Hwang [3] ศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียหายจากอิทธิพลความสูงของแผ่นกันทั้งแบบทึบและเจาะรูในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้า พบว่าแผ่นกันที่มีความสูงมากกว่าให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียหายมีค่าเพิ่มมากขึ้น

Mousavi and Hooman [4] ศึกษาพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ติดตั้งแผ่นกันแบบเอียงทั้งด้านบนและล่าง กำหนดให้ระยะห่างของแผ่นกันคงที่ พบว่าเมื่อเลขเรย์โนลด์และความสูงของแผ่นกันเพิ่มขึ้น เลขนัสเซลและค่าความดันตกคร่อมจะเพิ่มขึ้น ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในช่วงอัตราความสูงของแผ่นกันระหว่าง 0.25 – 0.50

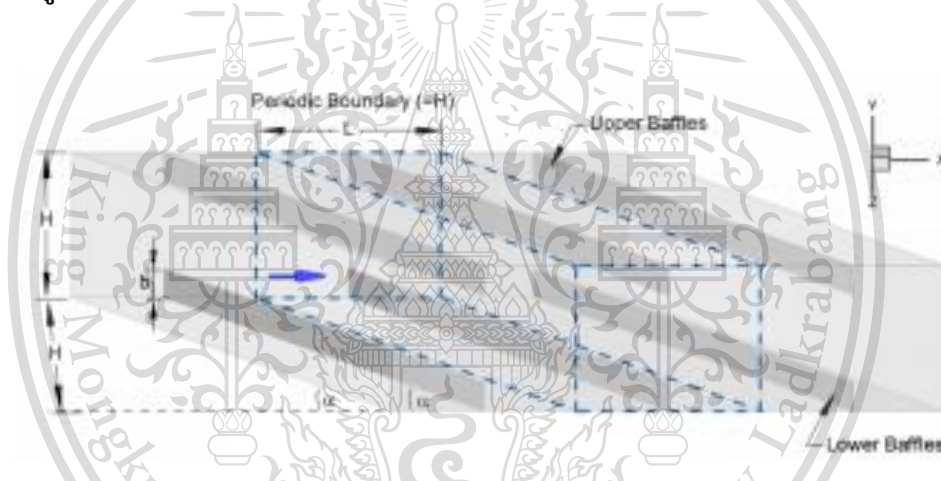
Sripattanapipat and Promvong [5] ศึกษาเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมของแผ่นกันรูปร่างสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนกับแผ่นกันแบบปกติ พบว่าแผ่นกันแบบขนมเปียกปูนให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมมากกว่าแผ่นกันแบบปกติได้ในช่วงมุมปะทะที่เหมาะสมที่ 5° - 10°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ Jedsadaratanachai et al. [6] ทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของการถ่ายเทความร้อนที่มีการไหลแบบราบเรียบ ทำการติดตั้งแผ่นกันมุมปะทะการไหล 30° ทั้งด้านบนและล่างของท่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า มี

อัตราส่วนความสูงแผ่นกันเท่ากับ 0.2 เมื่อทำการเปลี่ยนอัตราส่วนระยะห่างของแผ่นกัน (PR) ระหว่าง 0.5-2.5 พบว่าที่ $PR = 2.5$ ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุดและที่ $PR = 0.5$ ให้ค่าต่ำที่สุด



รูปที่ 2.1 แบบจำลองที่นำมาวิเคราะห์ในงานของ Jedsadaratanachai et al. [6]



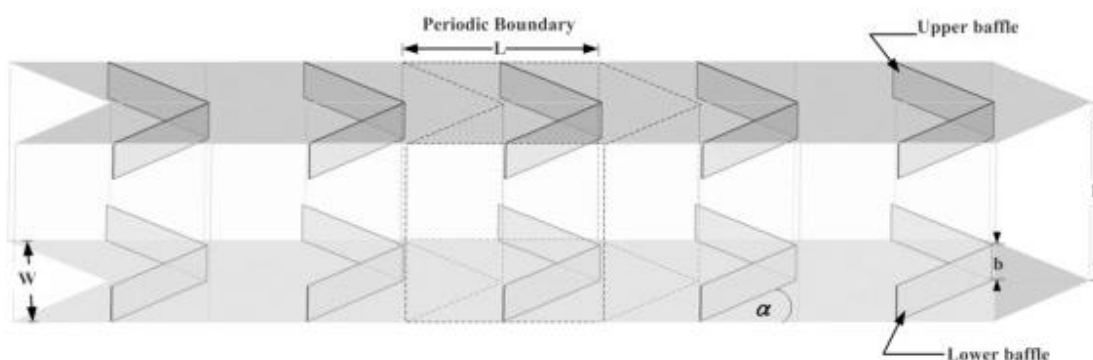
รูปที่ 2.2 การติดตั้งแผ่นกันในงานของ Jedsadaratanachai et al. [6]

Promvongse et al. [7] ทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของการถ่ายเทความร้อนที่มีการไหลแบบราบเรียบ ทำการติดตั้งแผ่นกันรูปตัววีจัดวางแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหล มีมุมปะทะการไหล 45° ทั้งด้านบนและล่างของท่อสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทำการศึกษาอัตราส่วนความสูงแผ่นกัน (BR) เท่ากับ 0.1-0.3 และอัตราส่วนระยะห่างของแผ่นกัน (PR) เท่ากับ 1.0-2.0 พบว่าที่ $BR = 0.2$ และ $PR = 1.5$ ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



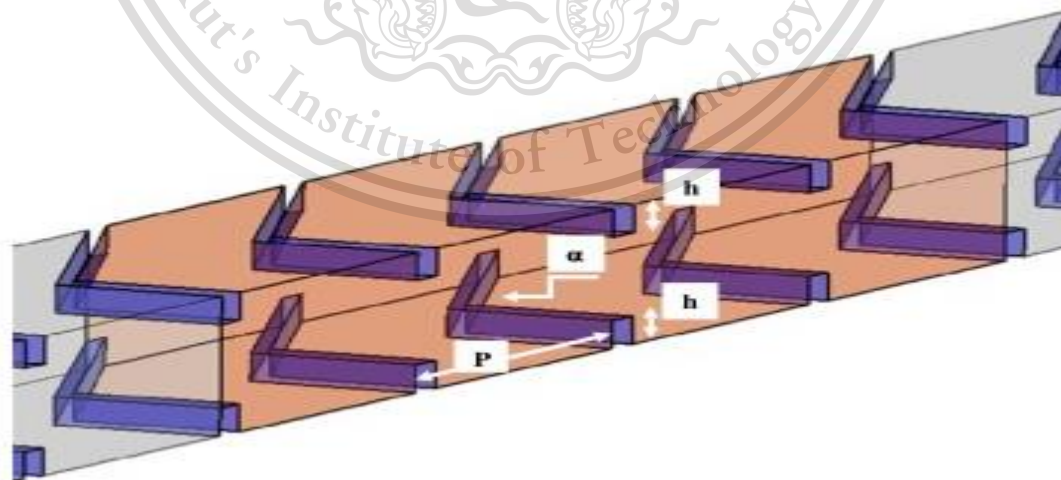
รูปที่ 2.3 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Promvong et al. [7]

Chamoli and Thakur [8] ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียหายของท่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววีแบบเจาะรู

Tamna et al. [9] ศึกษาอิทธิพลของระยะห่างของแผ่นกั้นที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียหายของเครื่องอุ่นอากาศด้วยแสงอาทิตย์ Tamna et al. [9] พบว่าระยะห่างที่น้อยกว่าให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียหายมากกว่า

Promvong et al. [10] ทำการทดลองเพื่อหาสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนด้วยการติดตั้งแผ่นกั้นรูปร่างเกือบมาในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน

Wansaseub et al. [11] ศึกษาการอัตราการถ่ายเทความร้อนค่าความดันตกคร่อมและของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี



รูปที่ 2.4 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Fawaz et al. [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Fawaz et al. [12] ทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขการเพิ่มค่าการถ่ายเทความร้อนในท่อแลกเปลี่ยน ความร้อนสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววีแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหล ทำมุม 45° กับการ ไหลโดยศึกษาตัวแปรความสูงและระยะห่างของแผ่นกั้น พบว่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน เพิ่มขึ้นเมื่อความสูงของแผ่นกั้นและระยะห่างของแผ่นกั้นลดลง

Bensaci et al. [13] ศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งการแผ่นกั้นที่ติดตั้งลงบนเครื่องอุ่นอากาศด้วย แสงอาทิตย์ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 4 กรณี ได้แก่ 1. ติดแผ่นกั้นในพื้นที่ครึ่งหลังของช่องทางการไหล 2. ติดแผ่นกั้นในพื้นที่ครึ่งแรกของช่องทางการไหล 3. ติดแผ่นกั้นในส่วนพื้นที่ตรงกลางของช่องทางการไหล และ 4. ติดแผ่นกั้นตลอดพื้นที่ช่องทางการไหล ผลการทดลองพบว่า ทุกกรณีมีค่าสมรรถนะการเพิ่มการ ถ่ายเทความร้อนสูงขึ้นเมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น กรณีศึกษาที่ 4 มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนมากที่สุด

Promvong and Skullong [14] ทำการทดลองติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววีทั้งทิศปลายวีชี้ทวนการ ไหลและปลายวีชี้ตามการไหลในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อกลมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อน ตัวแปรที่ศึกษาคือความสูงของแผ่นกั้นและระยะห่างของแผ่นกั้น จากการทดลองพบว่า การวางแผ่นกั้น ทิศทางปลายวีชี้ตามกระแสการไหลให้ผลที่ดีกว่าแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหลประมาณ 6% ให้ สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสูงที่สุดที่อัตราส่วนความสูงแผ่นกั้นเท่ากับ 0.15 และ อัตราส่วน ระยะห่างแผ่นกั้นเท่ากับ 1.0

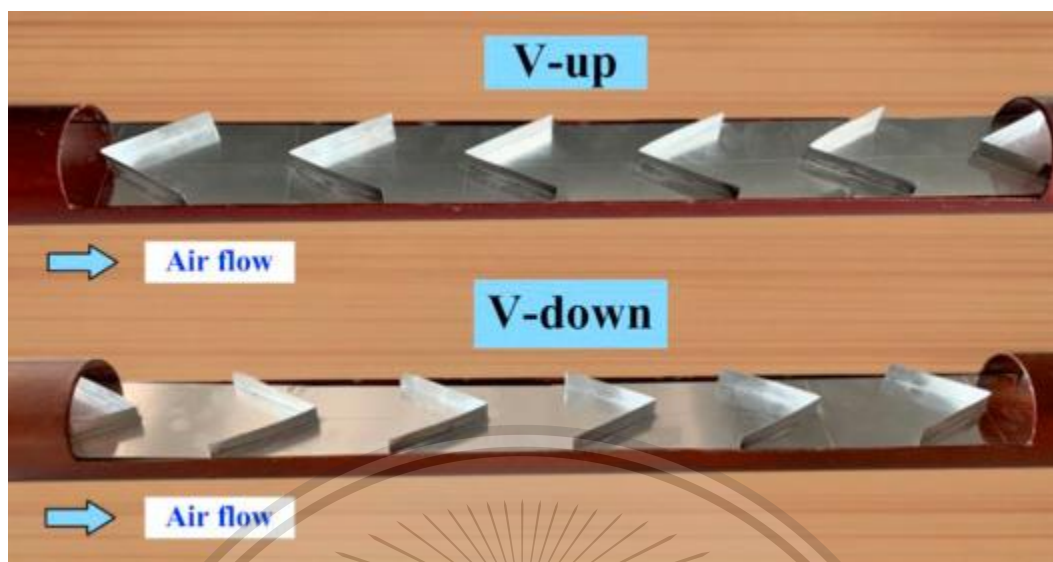


รูปที่ 2.5 การติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Promvong and Skullong [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.6 ทิศทางการติดตั้งแผ่นกั้นในงานของ Promvong and Skullong [14]

2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบริบและท่อ

Bilirgen et al. [15] ศึกษาอิทธิพลของความยาวครีบริบ, ระยะห่างของครีบริบ, ความหนาครีบริบและชนิดวัสดุของครีบริบที่เป็นรูปร่างวงแหวนต่อผลการเปลี่ยนแปลงต่อค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมในช่วงเลขเรย์โนลด์ 10,000-45,000 พบว่าค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวครีบริบมากขึ้นและระยะห่างครีบริบน้อยลง ส่วนของความหนาและชนิดของครีบริบไม่ได้มีผลต่อค่าทั้งสองมากนัก

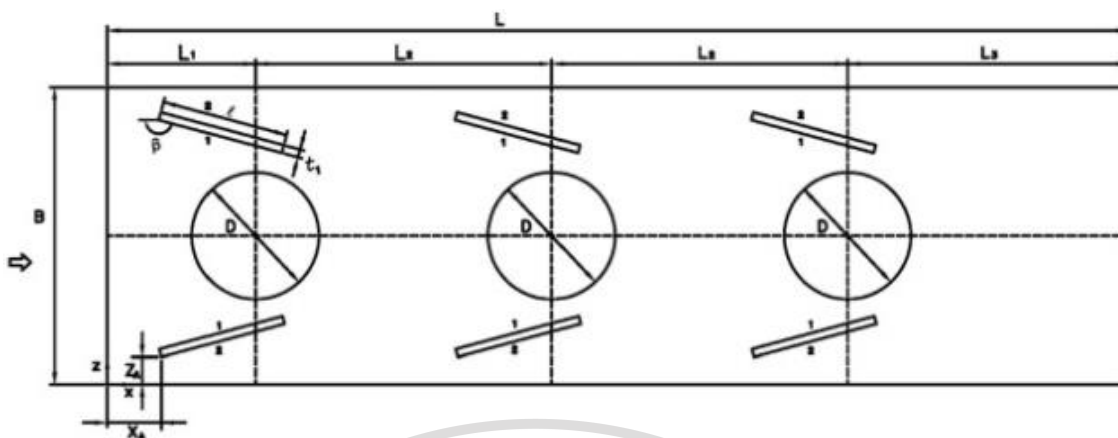
He et al. [16] ทำการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งปีกคู่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าในช่วงเลขเรย์โนลด์ 550-880 ศึกษาอิทธิพลของมุมปะทะการไหล (10° , 20° , 30°), จำนวนของปีกที่ติดตั้ง (1, 3, 7 ชั้น) และตำแหน่งการวางของปีก (แบบตรงและเอียง) พบว่าที่มุมปะทะ 10° การติดตั้งปีกจำนวน 1 หรือ 3 ชั้น และวางแบบเอียงให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีที่สุด

Sinha et al. [17] ศึกษาพฤติกรรมการไหลและประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบริบและท่อ ทั้งแบบจัดวางท่อตรงและท่อเอียงกัน ทำการติดตั้งปีกความสูงครึ่งหนึ่งของช่องทางการไหลโดยมีมุมปะทะการไหลที่ต่างกัน ผลจากการศึกษาพบว่า การวางท่อแบบเอียงทำให้ของไหลมีการผสมกันที่ดีกว่าแบบการวางท่อตรงอีกทั้งมุมปะทะที่น้อยกว่าให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า

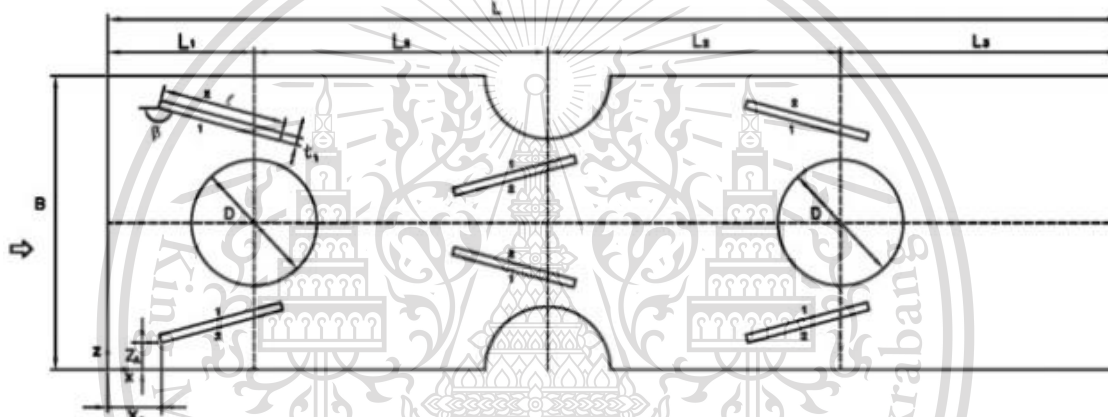
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.7 การวางท่อแบบตรงในงานของ Sinha et al. [17]



รูปที่ 2.8 การวางท่อแบบเอียงในงานของ Sinha et al. [17]

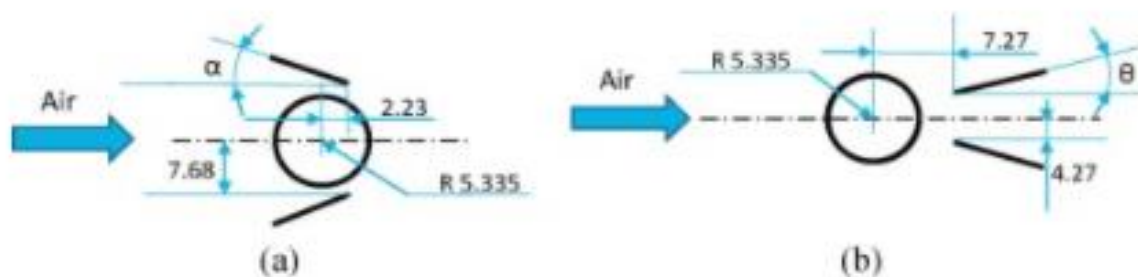
Bhuiyan and Islam [18] ทำการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวกับการเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ ในหลากหลายรูปแบบทั้งแบบครีบเรียบและครีบรูปคลื่น

Zeeshan et al. [19] ทำการวิเคราะห์เชิงตัวเลขของค่าการถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ ในช่วงเลขเรย์โนลด์ 500-900 ที่มีการติดตั้งปีกสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีตัวแปรที่ศึกษาคือมุมปะทะการไหลและตำแหน่งการวางปีก พบว่ามุมปะทะ 5° และ 15° ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่ามุม 25° แต่ค่าความดันตกคร่อมก็น้อยกว่าเช่นกันทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่ามุม 25° ในส่วนของตำแหน่งการติดตั้ง พบว่าการวางปีกไว้หลังท่อให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวางไว้ข้างท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

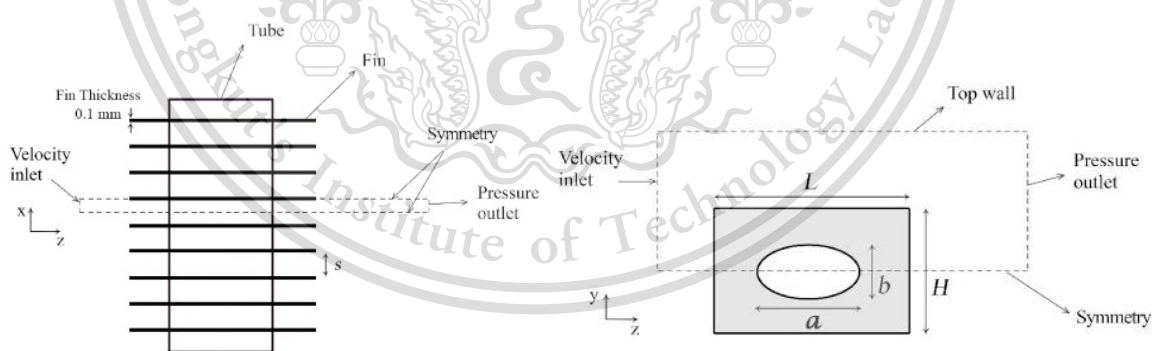
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.9 การติดตั้งในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในงานของ Zeeshan et al. [19]

Hosseini et al. [20] ทำการทดลองและวิเคราะห์เชิงตัวเลขค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบความเสียดทานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อวงรี ในช่วงเลขเรย์โนลด์ 8,500-60,000 โดยศึกษาอิทธิพลของความยาวครีบบ, ระยะห่างของครีบบและอัตราส่วนรัศมีแกนเอกต่อแกนโทของท่อวงรี (อัตราส่วนขนาดท่อ) ผลที่ได้พบว่าที่เลขเรย์โนลด์ต่ำ ระยะห่างของครีบบที่ 1 มิลลิเมตรเหมาะสมที่สุดสำหรับทุกความยาวครีบบและอัตราส่วนขนาดท่อ ที่เลขเรย์โนลด์ปานกลาง ($Re=20,000$) ระยะห่างของครีบบเท่ากับ 3 หรือ 4 มิลลิเมตรเหมาะสำหรับอัตราส่วนขนาดท่อน้อย ๆ แต่สำหรับอัตราส่วนขนาดท่อที่มาก ระยะห่างของครีบบ 1 มิลลิเมตรจะเหมาะสมกว่า และสุดท้ายที่เลขเรย์โนลด์สูง แนะนำระยะห่างของครีบบเท่ากับ 3 หรือ 4 มิลลิเมตร สำหรับทุกอัตราส่วนขนาดท่อและความยาวครีบบ



รูปที่ 2.10 แสดงตัวแปรต่าง ๆ ของครีบบในงานของ Hosseini et al. [20]

จากงานวิจัยทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่าแผ่นกั้นเป็นตัวสร้างความปั่นป่วนที่มีความนิยมนิยมและถูกนำมาใช้งานมาตลอดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สิ่งทีงานวิจัยเหล่านี้ให้ความสำคัญเหมือน ๆ กันคือการเพิ่มเอกสารนี้เป็น ประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของมุมปะทะกั้วไรไหล, ความสูงของแผ่นกั้น, ระยะห่างของอาร์ค้ำ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

แผ่นกั้นและรูปร่างของแผ่นกั้นในบางงานวิจัย ซึ่งหมายความว่าตัวแปรเหล่านี้มีความสำคัญอย่างมากต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน ในส่วนของตัวครีบที่ติดกับท่อ จะเน้นศึกษาไปที่ระยะห่างของครีบและความยาวของครีบและจำนวนแถวของการแลกเปลี่ยนความร้อน จากที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.1 ว่าแทบจะไม่มี การนำแผ่นกั้นมาใช้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะศึกษาค่าการ ถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกคร่อมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ที่นำแผ่นกั้นมาติดตั้ง ซึ่งมีตัวแปรที่ทำการศึกษาคือมุมปะทะการไหล, ความสูงแผ่นกั้น, ระยะห่างของแผ่นกั้น และรูปร่างแผ่นกั้น 3 แบบ ได้แก่ แผ่นกั้นเอียง แผ่นกั้นรูปตัววีและแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวี สำหรับแบบจำลองอ้างอิงของเครื่อง แลกเปลี่ยนความร้อนที่จะใช้จะมาจากงานของ Lu and Zhai [21]



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

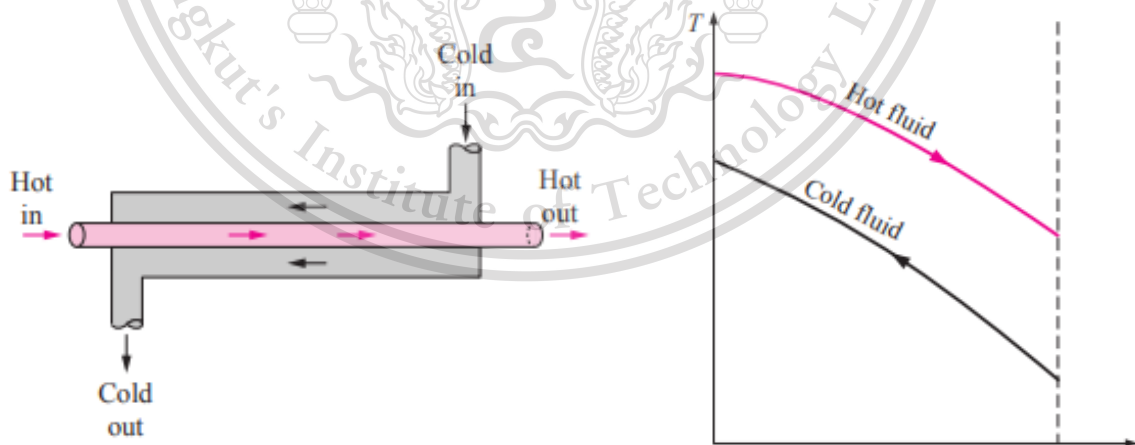
3.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน [22] มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมสมัยใหม่ เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์, อุตสาหกรรมพลังงาน, อุตสาหกรรมการบินและอวกาศ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหล 2 ชนิดขึ้นไปที่อุณหภูมิต่างกันโดยของไหลอาจผสมกันหรือไม่ผสมกันก็ได้ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนถูกนำไปใช้ทั้งในกระบวนการทำความเย็นและความร้อน

3.1.1 ประเภทของการแลกเปลี่ยนความร้อน

ประเภทของการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยทั่วไปจะถูกจำแนกได้ 2 วิธี โดยพิจารณาจากทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อีกวิธีคือพิจารณาลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน วิธีการจำแนกโดยใช้ทิศทางการเคลื่อนที่ของของไหลแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

1. การไหลแบบสวนทางกัน (counter flow) เป็นการไหลของของไหล 2 ชนิดที่ขนานกันแต่มีทิศทางการไหลตรงกันข้าม การไหลประเภทนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างของไหลทั้ง 2 ชนิดได้มากที่สุด ส่งผลให้มีประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนมากที่สุดเช่นกัน



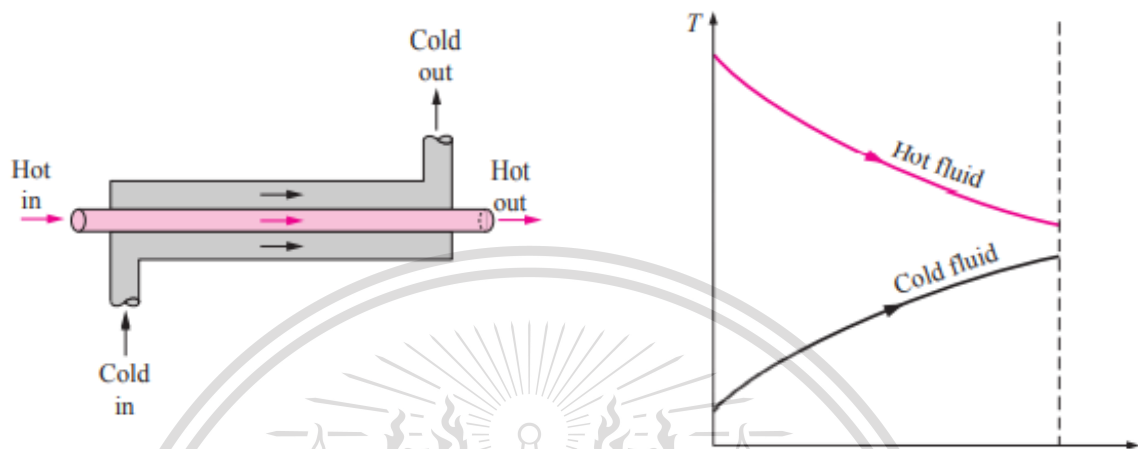
รูปที่ 3.1 การไหลแบบสวนทางกัน [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

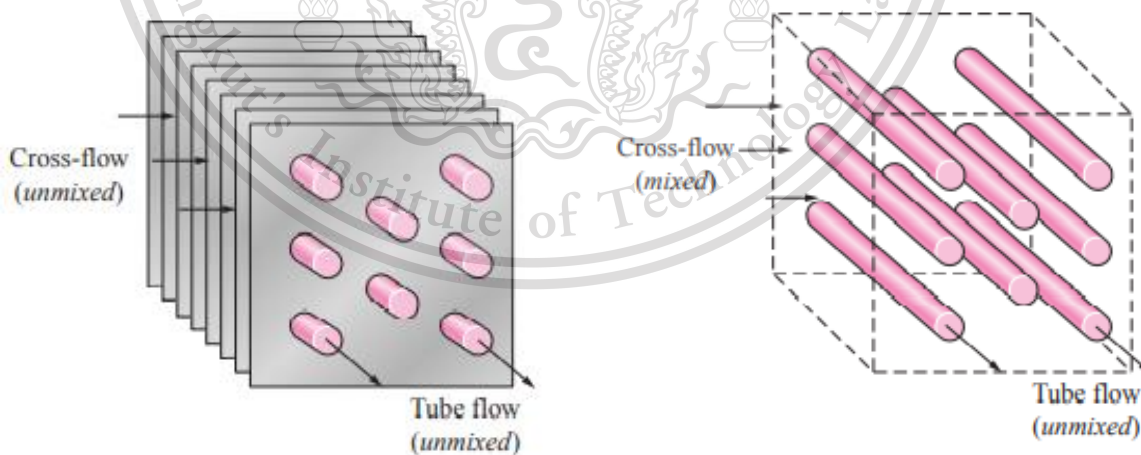
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2. การไหลแบบทางเดียวกัน (parallel flow) เป็นการไหลของของไหล 2 ชนิดที่ขนานกันและมีทิศทางเดียวกัน ประสิทธิภาพของการไหลประเภทนี้น้อยกว่าการไหลแบบสวนทางกัน แต่จะทำให้อุณหภูมิที่ผนังคงที่กว่า



รูปที่ 3.2 การไหลแบบทางเดียวกัน [23]

3. การไหลแบบมีทิศทางตั้งฉากกัน (cross flow) และการไหลแบบไหลผ่านหลายครั้ง (multi pass) เป็นการไหลที่มีทิศทางตั้งฉากกันกับท่อภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ลักษณะการไหลอาจจะเป็นไหลเดี่ยวเดียว สองเที่ยว หรือมากกว่านั้น ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนจะอยู่ระหว่างการไหลแบบทางเดียวกันกับการไหลแบบสวนทางกัน



รูปที่ 3.3 การไหลแบบมีทิศทางตั้งฉากกัน [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 สมการควบคุมการไหลและการถ่ายเทความร้อน

สำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขของการไหลและการถ่ายเทความร้อนที่ติดตั้งตัวสร้างความปั่นป่วนรูปแบบแผ่นกั้นบนแผ่นครีบ มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

1. การไหลเป็นการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) และอัดตัวไม่ได้
2. เป็นการไหลและการถ่ายเทความร้อนแบบพัฒนาสมบูรณ์
3. ของไหลมีคุณสมบัติต่าง ๆ คงที่
4. ครีบและแผ่นกั้นจะถูกนำมาพิจารณาในการนำความร้อน
5. ไม่คำนึงการสูญเสียเนื่องจากความหนืด
6. ไม่คำนึงการแผ่รังสีความร้อน

เมื่อพิจารณาภายใต้สมมติฐานข้างต้น สามารถแสดงสมการ ได้ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i) = 0 \quad (3.1)$$

สมการโมเมนตัม

$$\frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_j u_k) = -\frac{\partial P}{\partial x_k} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\mu \left(\frac{\partial u_k}{\partial x_i} \right) \right] \quad (3.2)$$

สมการพลังงาน

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i T) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x_i} \right) \quad (3.3)$$

การคำนวณหาค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนและความดันลดหาได้จาก

$$Re = \frac{\rho u_m D_c}{\mu} \quad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับโรงเรียนที่มีพื้นที่หน้าตัดน้อยที่สุดตามทิศทางกรไหล, D_c คือเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของครีบ, μ คือค่าความหนืด

$$Nu_{local} = -\frac{D_h}{T_w - T_s} \frac{\partial T}{\partial n} \quad (3.5)$$

เมื่อ T_w คืออุณหภูมิของผนังท่อ, T_s คืออุณหภูมิ ณ จุดใด ๆ

$$Nu = \frac{hD_c}{k} \quad (3.6)$$

$$h = \frac{Q}{A_0 \Delta T} \quad (3.7)$$

เมื่อ Q คืออัตราการพาความร้อน, A_0 คือพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนทั้งหมด, ΔT คือค่าความแตกต่างอุณหภูมิแบบล็อกกาลีทึม

$$Q = mc_p(T_{out} - T_{in}) \quad (3.8)$$

$$\Delta T = \frac{(T_w - T_{in}) - (T_w - T_{out})}{\ln[(T_w - T_{in}) / (T_w - T_{out})]} \quad (3.9)$$

เมื่อ m คืออัตราการไหลเชิงมวล, T_{in} และ T_{out} คืออุณหภูมิต่อของอากาศที่ทางเข้าและทางออกของพื้นที่ทดสอบ

$$f = \frac{2\Delta p A_c}{\rho V^2 A_0} \quad (3.10)$$

$$TEF = (Nu / Nu_0) / (f / f_0)^{1/3} \quad (3.11)$$

เมื่อ TEF คือสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน, Nu_0 และ f_0 คือเลขนัสเซลและตัวประกอบเสียด

ทานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไม่มีตัวสร้างความปั่นป่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.3 หลักการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อน คือการส่งผ่านพลังงานความร้อนข้ามขอบเขตของระบบอันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิ เมื่อใดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้นในตัวกลางหรือระหว่างตัวกลาง การถ่ายเทความร้อนมักจะเกิดขึ้นได้ จึงถือเป็นพื้นฐานของการถ่ายเทความร้อน สำหรับสมการพื้นฐานสำหรับกระบวนการถ่ายโอน

$$\text{Rate of a Transfer Process} = \frac{\text{Driving force}}{\text{Resistance}} \quad (3.12)$$

ถ้าตัวกลางมีอุณหภูมิเท่ากันสองตัวจะไม่เกิดการถ่ายเทความร้อน ดังนั้นแรงขับเคลื่อน (driving force) คือความแตกต่างอุณหภูมิ อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิต่อหน่วยความยาว (temperature gradient) หรือเรียกอีกอย่างว่าอัตราการลดลงของอุณหภูมิ

สภาวะสม่ำเสมอ (steady state) หมายถึง อุณหภูมิที่จุด ๆ หนึ่งภายในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลงกับเวลา แสดงเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{\partial T}{\partial t} = 0 \quad (3.13)$$

เมื่อวัตถุได้รับความร้อนมาเป็นเวลานาน จนอุณหภูมิในวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะถ่ายเทความร้อนไปให้วัตถุอีกนานเท่าใด เรียกกรณีนี้ว่าสภาวะสม่ำเสมอ

สภาวะไม่สม่ำเสมอ (transient state or unsteady state) หมายถึงอุณหภูมิที่จุด ๆ หนึ่งภายในวัตถุยังคงเปลี่ยนแปลงอยู่เมื่อเวลาผ่านไป แสดงเป็นสมการได้ว่า

$$\frac{\partial T}{\partial t} \neq 0 \quad (3.14)$$

ในขณะที่เริ่มถ่ายเทความร้อนให้แก่วัตถุ โดยอุณหภูมิของวัตถุยังไม่คงที่ ยังเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาเมื่อเวลาเปลี่ยนไป เรียกกรณีนี้ว่าสภาวะไม่สม่ำเสมอ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.4 การพาความร้อน (convection)

การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนประกอบด้วยกลไก 2 อย่าง คือพลังงานถ่ายเทที่มีผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่หรือการแพร่แบบสุ่มของโมเลกุล และผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของของไหล การถ่ายเทลักษณะนี้เกิดขึ้นได้ เช่น ในระบบที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิจะมีการถ่ายเทความร้อนได้ และเนื่องจากโมเลกุลในกลุ่มของไหลจะมีการเคลื่อนที่แบบสุ่มอยู่ด้วย ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่แบบสุ่มของโมเลกุลและการเคลื่อนที่ของของไหลส่วนใหญ่ การถ่ายเทความร้อนโดยการพาแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.4.1 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (natural convection)

เป็นการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยที่ของไหลไม่ถูกทำให้เคลื่อนไหวโดยกลไกภายนอก วัตถุซึ่งมีผิวเรียบอยู่ในของไหลซึ่งอยู่นิ่งถ้าอุณหภูมิของผิวสูงกว่าอุณหภูมิของของไหล ความร้อนจะเริ่มเคลื่อนที่ชิดกับผนังทำให้ความหนาแน่นของของไหลที่อยู่ชิดผนังต่ำลงซึ่งทำให้เกิดแรงผลักดันให้ของไหลลอยตัวขึ้น ดังนั้นของไหลที่อยู่ต่ำกว่าจะเคลื่อนที่เข้ามาแทนที่และทำให้เกิดการหมุนเวียนของของไหล

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนของของไหลบางชนิด [24]

ประเภทการพาความร้อนและชนิดของไหล	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (W/m ² K)
การพาความร้อนแบบอิสระ (อากาศ)	5-25
การพาความร้อนแบบอิสระ (น้ำ)	20-100
การพาความร้อนแบบบังคับ (อากาศ)	10-200
การพาความร้อนแบบบังคับ (น้ำ)	50-10,000

3.4.2 การพาความร้อนโดยการบังคับ (forced convection)

เกิดขึ้นเมื่อของไหลมีความเร็วอยู่แล้วโดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม เมื่อของไหลมีความเร็วและทราบกลไกการเคลื่อนที่ของของไหล ซึ่งกลไกการเคลื่อนที่ของของไหลโดยปกติแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ การไหลแบบราบเรียบ (laminar flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) สำหรับการไหลแบบราบเรียบซึ่งของไหลไหลเป็นชั้น ๆ ขนานกับความร้อนจะถ่ายเทจากผิวของของแข็งโดยนำ และถ่ายเทต่อ ๆ กันไปในของไหลโดยการนำผ่านชั้นของของไหล สำหรับการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งของไหลเคลื่อนที่อย่างไม่มีการเรียง มีความเร็วไม่สม่ำเสมอ มีทิศทางการเคลื่อนที่ไม่แน่นอน โดยธรรมชาติของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

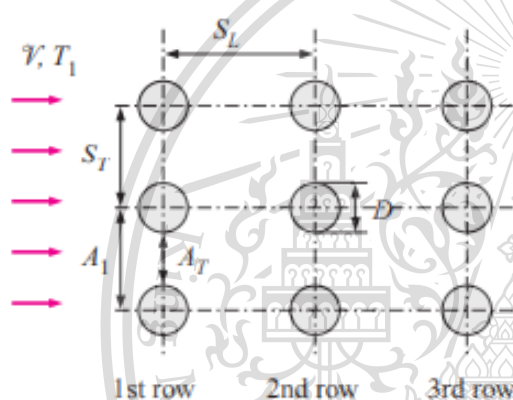
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

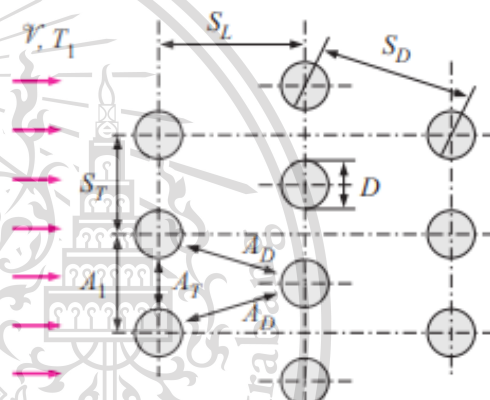
ไหลแบบปั่นป่วนความเร็วของของไหลจะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับเวลาและตำแหน่ง การเคลื่อนที่ของความร้อนส่วนใหญ่จะเกิดจากอนุภาคของของไหลที่ได้รับความร้อนมาแล้วเคลื่อนที่นำความร้อนไปยังที่อื่น

3.5 การจัดวางกลุ่มท่อภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การจัดวางกลุ่มท่อภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การจัดวางลักษณะเรียงแถว (inline arrangement) หมายถึง ท่อในแต่ละแถวทั้งแนวนอนและแนวตั้งอยู่ตรงกัน ระยะห่างแต่ละแถวเท่ากัน และการจัดวางลักษณะเยื้องกัน (staggered arrangement) หมายถึง การจัดวางท่อในแต่ละแถวสลับหรือเยื้องกัน แถวแต่ละแถวจะไม่ตรงกัน แต่ระยะตามแนวเส้นทแยงมุมจะเท่ากัน



รูปที่ 3.4 การจัดวางท่อแบบตรง [23]



รูปที่ 3.5 การจัดวางท่อแบบเยื้อง [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 4

การออกแบบการทดลอง

4.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการกำหนดลักษณะของแบบจำลองที่นำมาวิจัยซึ่งอ้างอิงมาจากงานวิจัยของ Lu and Zhai [21] ลักษณะของปัญหาที่นำมาวิจัยพร้อมทั้งทำการพิสูจน์ความถูกต้องของโปรแกรมที่ใช้กับผลการทดลองจากงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับของ Wang et al. [26, 27] ซึ่งลักษณะของปัญหาที่ใช้ในการจำลองการถ่ายเทความร้อนและการไหลเป็นครีปที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีปและท่อ โดยจะมีแผ่นกั้น 3 รูปแบบ คือแผ่นเอียง, แผ่นรูปตัววีและแผ่นรูปตัวดับเบิลวี ทำการปรับค่ามุมปะทะการไหลของอากาศ (α) เป็น 30° , 45° , 60° ปรับค่าอัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้น (PR) เป็น 0.5, 1 และ 1.5 และค่าอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น (BR) เท่ากับ 0.1, 0.2 และ 0.3 ในช่วงเลขเรย์โนลด์ 500 ถึง 2500

4.2 การกำหนดลักษณะของปัญหาและแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัย

4.2.1 การกำหนดลักษณะปัญหาในการวิจัย

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาเฉพาะส่วนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในบริเวณที่อากาศไหลผ่านระหว่างครีปที่มีท่อจัดเรียงแบบเอียงขวางการไหลอยู่ แสดงในรูปที่ 6.1 และ 6.2 ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อหาเลขนัสเซิล, ตัวประกอบเสียดทานและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่ามุมปะทะการไหลของอากาศ (α) เป็น 30° , 45° , 60° ปรับค่าอัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้น (PR) เป็น 0.5, 1 และ 1.5 และค่าอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น (BR) เท่ากับ 0.1, 0.2 และ 0.3 ในช่วงเลขเรย์โนลด์ 500 ถึง 2500

4.2.2 การกำหนดลักษณะแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัย

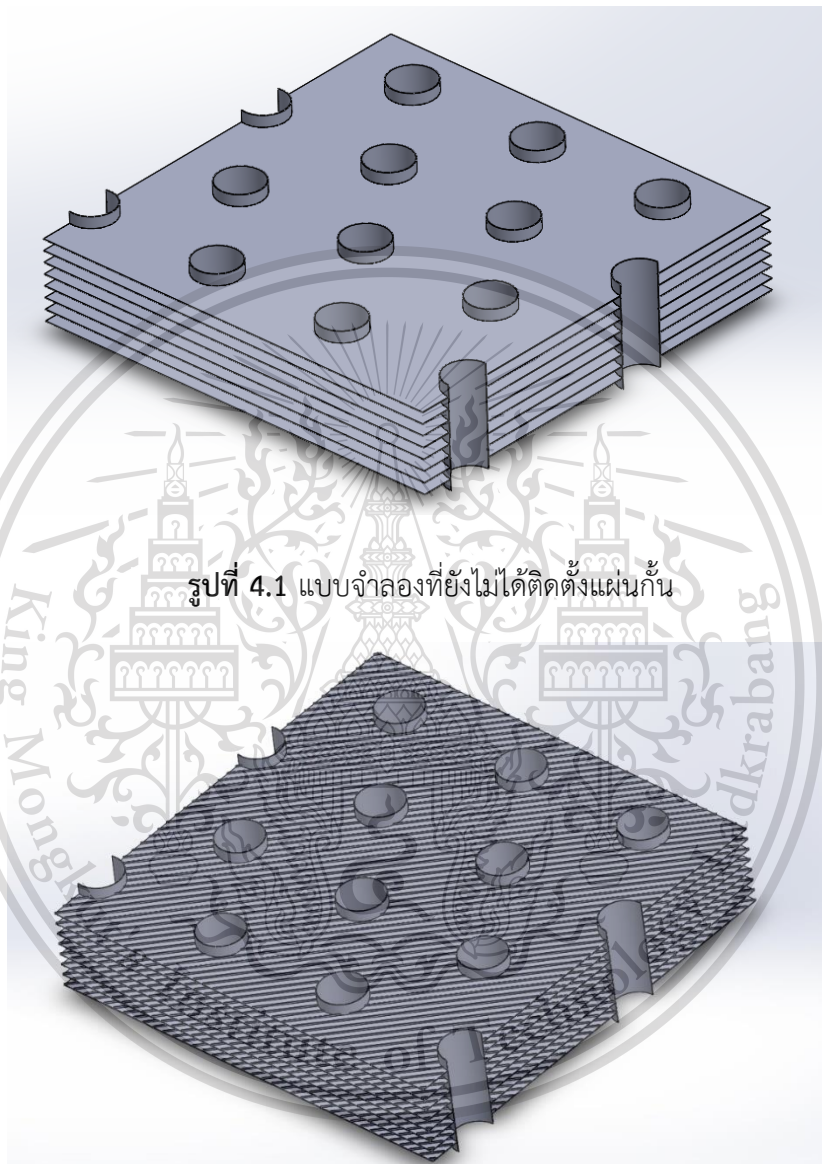
ขนาดและลักษณะของแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยแสดงจากมุมมองด้านบนดังรูปที่ 6.3, มุมมองด้านข้างรูปที่ 6.4 และระบุขนาดตามตารางที่ 6.1 กำหนดให้ D , คือเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ, P_t คือระยะห่างระหว่างท่อในแนวตามยาว, P_r คือระยะห่างระหว่างท่อในแนวตามขวาง, L คือความยาวทั้งหมดของครีปในช่วงขอบเขตที่นำมาทดลอง, H คือระยะห่างระหว่างครีป, e คือความสูงของแผ่นกั้น, P คือระยะห่างระหว่างแผ่นกั้นแต่ละแผ่น, อัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้น (PR) เท่ากับค่า P/H และอัตราส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ความสูงของแผ่นกั้น (BR) เท่ากับค่า e/H สำหรับแผ่นกั้นรูปตัววีและตัวดับเบิลวีก็สามารถใช้ค่าตามตัวแปรดังกล่าวได้เช่นกัน



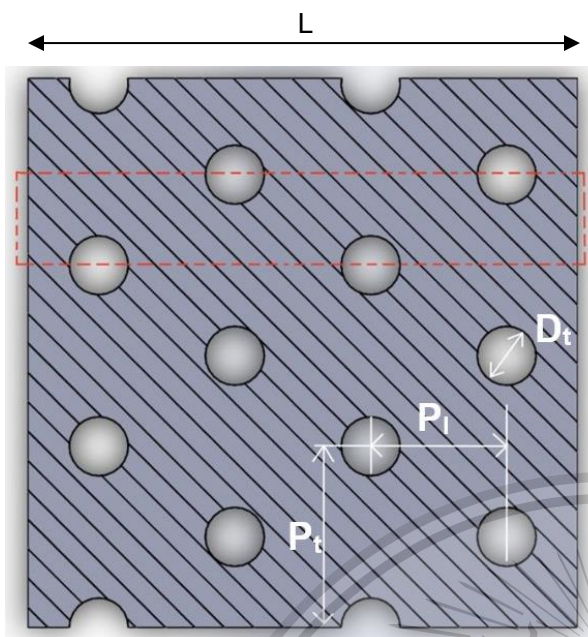
รูปที่ 4.1 แบบจำลองที่ยังไม่ได้ติดตั้งแผ่นกั้น

รูปที่ 4.2 แบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง

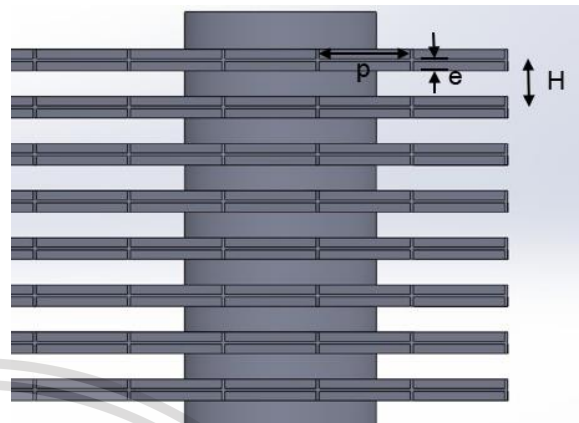
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



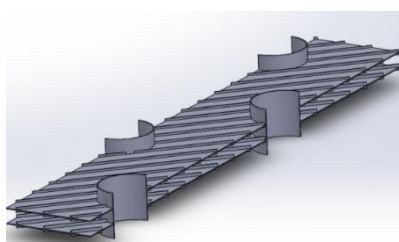
รูปที่ 4.3 มุมมองจากด้านบนของแบบจำลอง



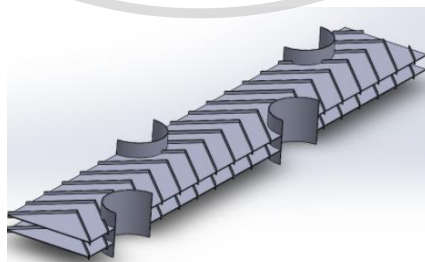
รูปที่ 4.4 มุมมองจากด้านข้างของแบบจำลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลขนาดของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในแบบจำลอง

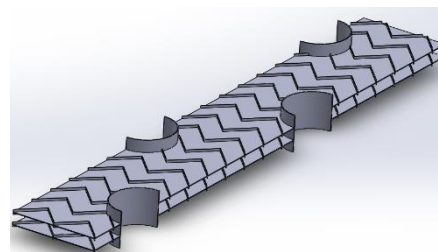
พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่าของพารามิเตอร์ (mm)
ระยะห่างตามแนวขวางของท่อ	P_t	25.4
ระยะห่างตามแนวยาวของท่อ	P_l	19.05
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของท่อ	D_t	8.38
เส้นผ่านศูนย์กลางกลางภายนอกคอครีป	D_c	8.61
ระยะห่างของครีป	H	2.06
ความหนาของครีป	δ_f	0.115
ความยาวครีป	L	77



(a) แผ่นกั้นชนิดแบบเอียง

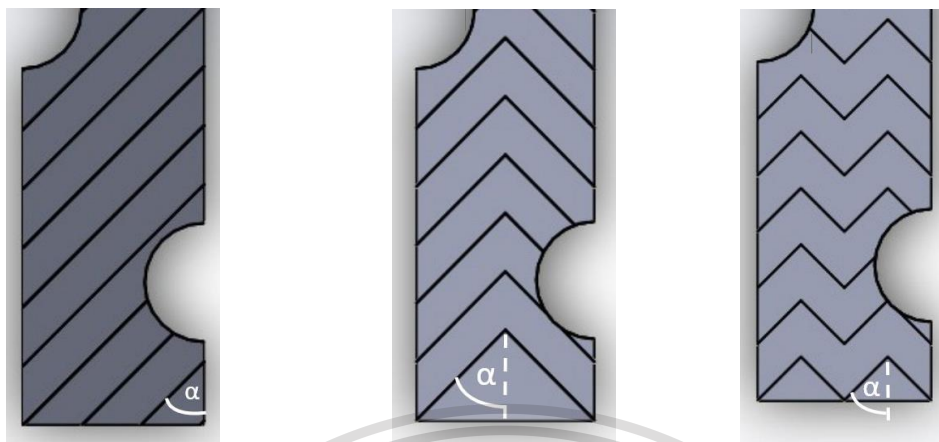


(b) แผ่นกั้นรูปตัววี



(c) แผ่นกั้นรูปดับเบิลวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์รูปที่ 4.5 แบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีการติดแผ่นกั้น ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แบบจำลองแสดงตัวแปรมุมปะทะการไหล

จากสมการสมมติฐานในหัวข้อที่ 3.2 นำมาใช้พิจารณาการไหลของอากาศโดยมีสมการควบคุมประกอบด้วยสมการความต่อเนื่อง (continuity equation), สมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier Stokes equation) และสมการพลังงาน (energy equation) ดังแสดงในหัวข้อที่ 3.2 สมการ (3.1), (3.2) และ (3.3)

สมการควบคุมการไหลทั้งหมดจะถูกดิสครีทไทซ์ (discretized) โดยแบบแผนวิธีผลต่างอันดับสอง (2nd-order upwind differencing scheme, SOU) แล้วทำการคำนวณหาผลเฉลยตามระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มโดยแผนผังวิธีแบบ SIMPLE (Semi implicit method for pressure-linked equations) ในการลู่อู่เข้าหาคำตอบจะพิจารณาที่ความแตกต่างของค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 10^{-6} สำหรับสมการความต่อเนื่องและ 10^{-9} สำหรับสมการพลังงาน

4.3 การพิสูจน์ความถูกต้องและตรวจสอบจำนวนกริดอิสระ

เนื่องจากผลเฉลยที่ได้จากการคำนวณเชิงตัวเลขเป็นค่าที่ได้จากการประมาณ เป็นการคำนวณที่ย่อมมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมว่าผลเฉลยมีความถูกต้องหรือไม่ การตรวจสอบโปรแกรมนี้จะเปรียบเทียบกับสมการความสัมพันธ์จากงานวิจัยของ Wang et al. [26, 27] พร้อมทั้งทำการตรวจสอบหาจำนวนกริดเซลล์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลขสำหรับงานวิจัยนี้ควบคู่กันไป โดยจะใช้จำนวนกริดเซลล์ที่นำมาทดสอบเท่ากับ 120000, 160000, 240000 และ 360000 ตามลำดับ เมื่อได้เลขนัยสิจิลและตัวประกอบเสียดทานของทั้ง 4 จำนวนกริดเซลล์มาแล้ว นำไปเปรียบเทียบกับสมการความสัมพันธ์ของ Wang et al. [26, 27] ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สมการความสัมพันธ์ของเลขนัสเซล

$$\frac{Nu}{Re_{D_c} Pr^{1/3}} = 0.086 Re_{D_c}^{j1} N^{j2} \left(\frac{H}{D_c}\right)^{j3} \left(\frac{H}{D_h}\right)^{j4} \left(\frac{H}{P_t}\right)^{-0.93} \quad (4.1)$$

เมื่อ

$$j1 = -0.361 - \frac{0.042N}{\ln(Re_{D_c})} + 0.158 \ln\left(N\left(\frac{H}{D_c}\right)^{0.41}\right) \quad (4.2)$$

$$j2 = -1.224 - \frac{0.076(P_t/D_h)^{1.42}}{\ln(Re_{D_c})} \quad (4.3)$$

$$j3 = -0.083 + \frac{0.058N}{\ln(Re_{D_c})} \quad (4.4)$$

$$j4 = -5.735 + 1.21 \ln\left(\frac{Re_{D_c}}{N}\right) \quad (4.5)$$

สมการความสัมพันธ์ของตัวประกอบเสียดทาน

$$f = 0.0267 Re_{D_c}^{F1} \left(\frac{P_t}{P_l}\right)^{F2} \left(\frac{H}{D_c}\right)^{F3} \quad (4.6)$$

เมื่อ

$$F1 = -0.764 + 0.739 \frac{P_t}{P_l} + 0.177 \frac{H}{D_c} - \frac{0.00758}{N} \quad (4.7)$$

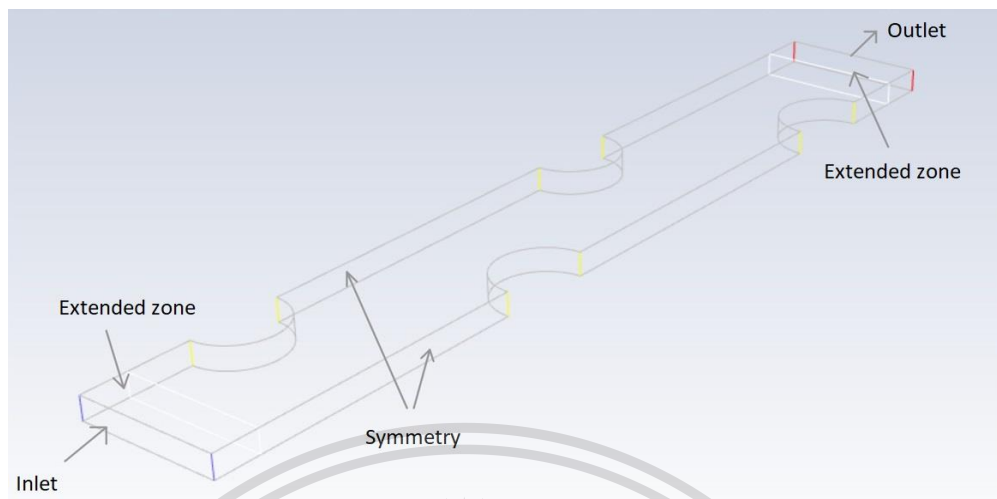
$$F2 = -15.689 + \frac{64.021}{\log_e(Re_{D_c})} \quad (4.8)$$

$$F3 = 1.696 - \frac{15.695}{\log_e(Re_{D_c})} \quad (4.9)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.7 เส้นไขวขอบเขตของแบบจำลอง

ตารางที่ 4.2 เลขนัสเซิลของแต่ละจำนวนกริดเซลล์เทียบกับ Wang et al. [25, 26]

ความเร็วของ อากาศที่ ทางเข้า	Nu_0 จาก Wang et al. [25, 26]	จำนวนกริดเซลล์			
		120000	160000	240000	360000
0.603412	10.746025	11.993	11.712	11.704	11.405
1.206823	17.248691	18.336	18.211	18.406	17.965
1.810235	22.670911	23.665	24.180	24.558	24.497
2.413646	27.488268	27.991	29.054	29.778	30.201
3.017058	31.89892	31.305	33.007	34.170	35.113

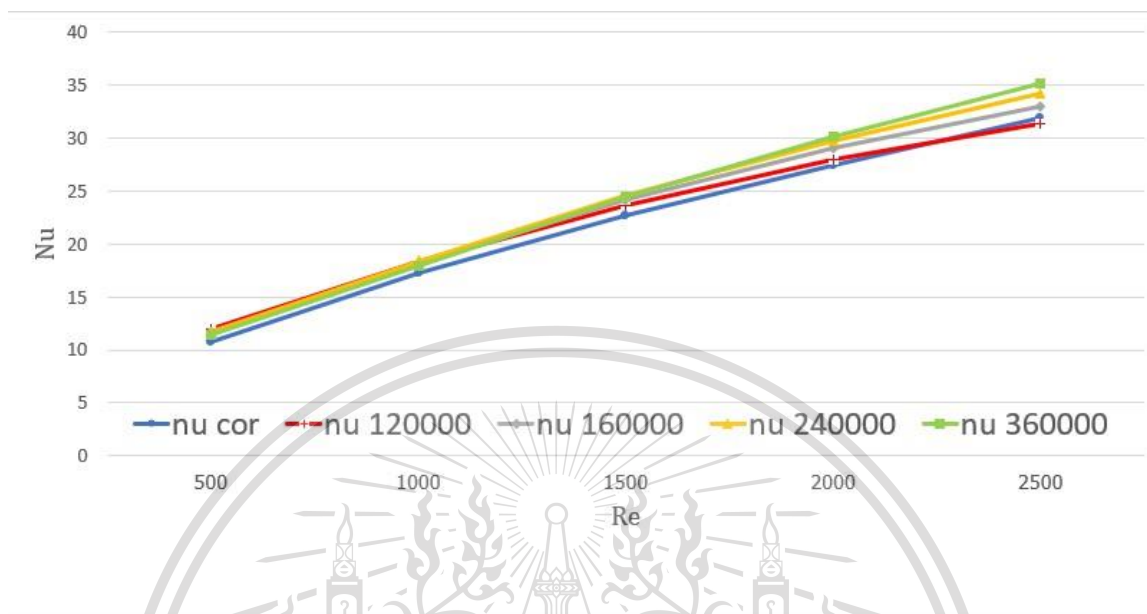
ตารางที่ 4.3 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละจำนวนกริดเซลล์เทียบกับ Wang et al. [25, 26]

ความเร็วของ อากาศที่ ทางเข้า	f_0 จาก Wang et al. [25, 26]	จำนวนกริดเซลล์			
		120000	160000	240000	360000
0.603412	0.0944	0.0889	0.0902	0.0909	0.0907
1.206823	0.0585	0.0549	0.0569	0.0579	0.0582
1.810235	0.0468	0.0420	0.0443	0.0456	0.0464
2.413646	0.0409	0.0346	0.0369	0.0385	0.0395
3.017058	0.0372	0.0298	0.0319	0.0337	0.0348

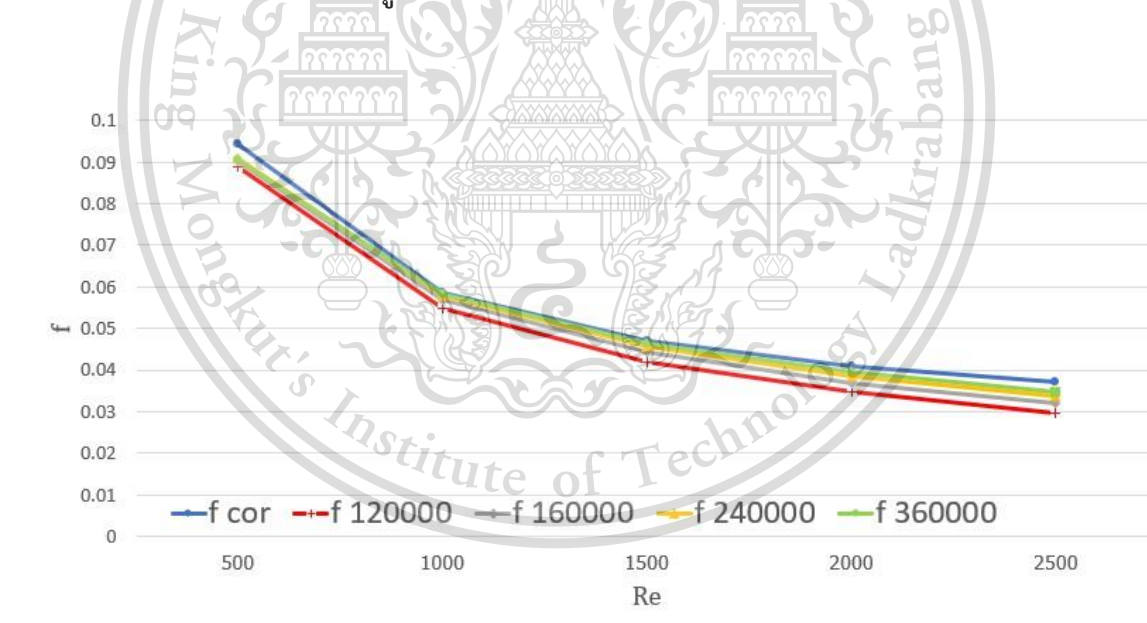
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่เอื้ออำนวยให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ของตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าการเบี่ยงเบนของเลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทาน

ความเร็ว ของ อากาศที่ ทางเข้า	ความคลาดเคลื่อนของผลการตรวจสอบความถูกต้อง (%)							
	120000		160000		240000		360000	
	Nu_0	f_0	Nu_0	f_0	Nu_0	f_0	Nu_0	f_0
0.603412	11.613	5.898	8.992	4.519	8.921	3.693	6.137	3.961
1.206823	6.304	6.293	5.581	2.741	6.711	0.971	4.153	0.430
1.810235	4.387	10.418	6.659	5.434	8.325	2.646	8.059	1.045
2.413646	1.829	15.416	5.699	9.757	8.332	5.713	9.871	3.432
3.017058	1.859	20.026	3.476	14.343	7.122	9.268	10.078	6.458
ค่าเฉลี่ย	5.198	11.609	6.081	7.359	7.882	4.458	7.659	3.065

จากตารางที่ 4.4 ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยรวมของเลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทานมีค่าเท่ากับ 6.71% และ 6.63% ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับทั่วไปที่ 10% ในส่วนของการเลือกจำนวนกริดเซลล์ที่เหมาะสม ค่าความเบี่ยงเบนเฉลี่ยของตัวประกอบเสียดทานจำนวนกริดเซลล์ 120000 มีค่ามากกว่า 10% จึงไม่ควรนำมาใช้ นอกเหนือจากนี้สามารถเลือกได้ทั้ง 160000, 240000 และ 360000 แต่ยิ่งจำนวนกริดเซลล์มีค่ามากจะยิ่งเปลืองทรัพยากรในการคำนวณแบบจำลอง เพราะฉะนั้นจำนวนกริดเซลล์ 160000 จึงถูกเลือกมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

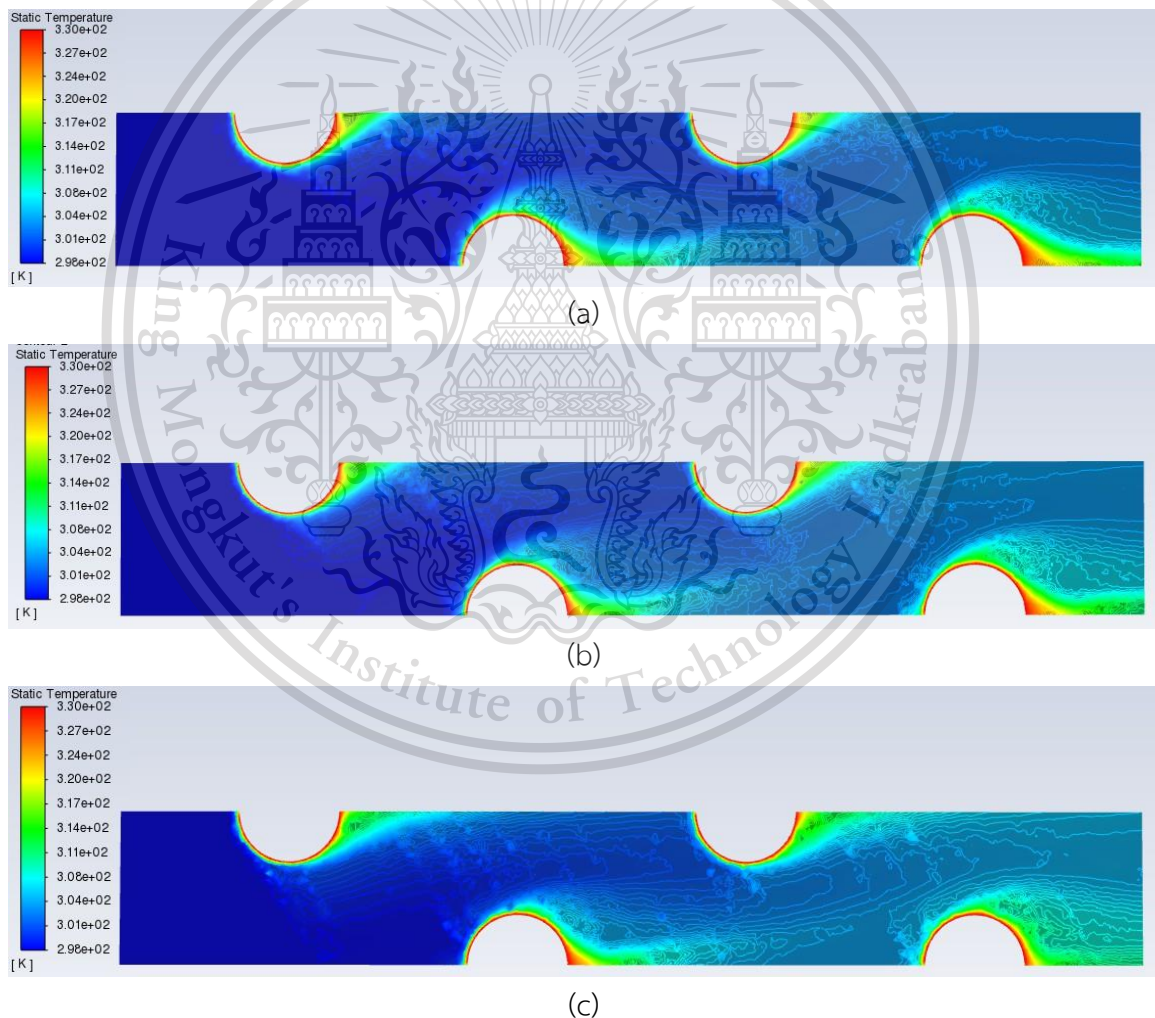
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ทำการทดสอบแบบจำลองหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อน, ตัวประกอบเสียดทานและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ ที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นในรูปแบบต่าง ๆ ตามจุดประสงค์ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 1.2 จากการทดสอบได้ผลการทดลองดังนี้

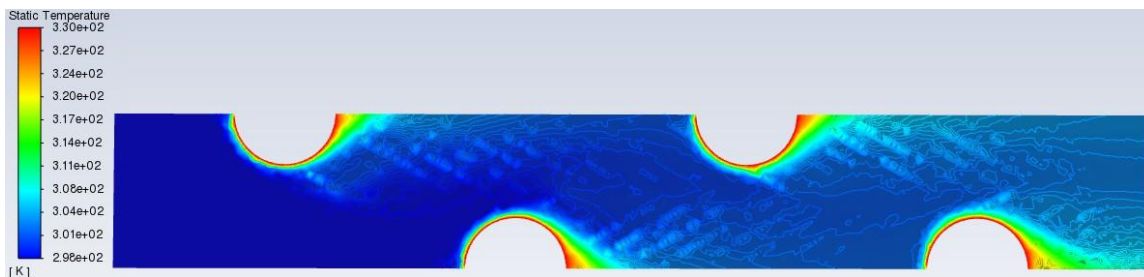
5.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิ



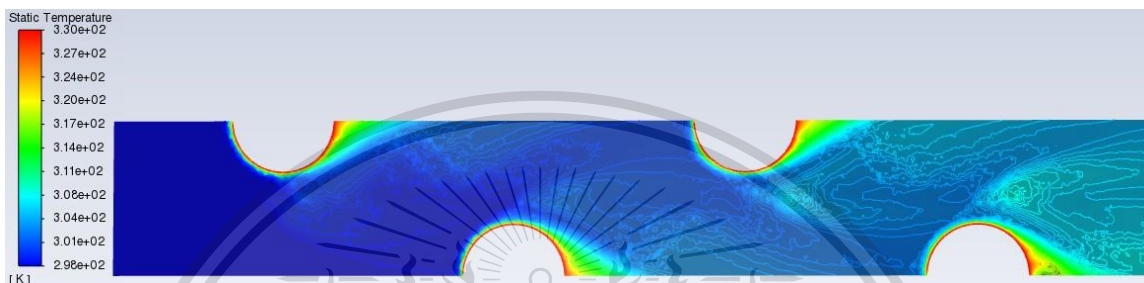
รูปที่ 5.1 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับ (a) 30°; (b) 45°; (c) 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นแบบเอียงมีด้านกรค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

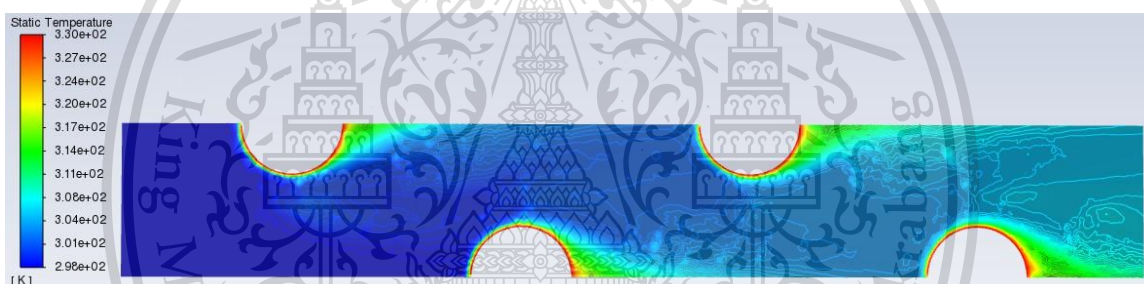
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(a)

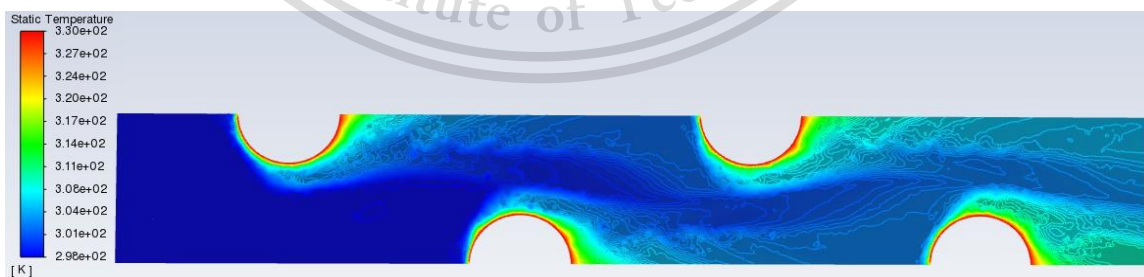


(b)



(c)

รูปที่ 5.2 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับ (a) 30°; (b) 45°; (c) 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี

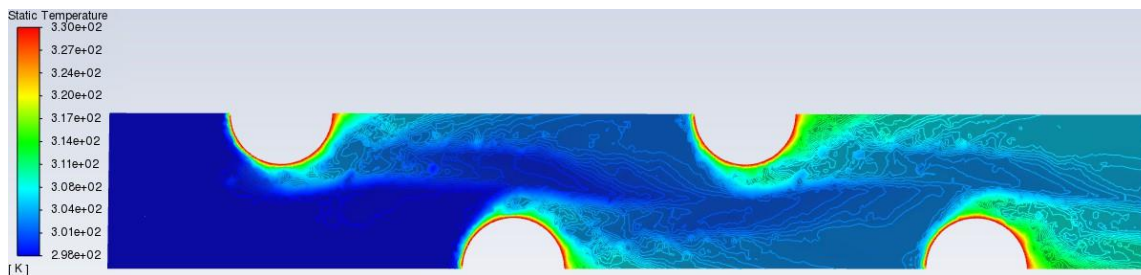


(a)

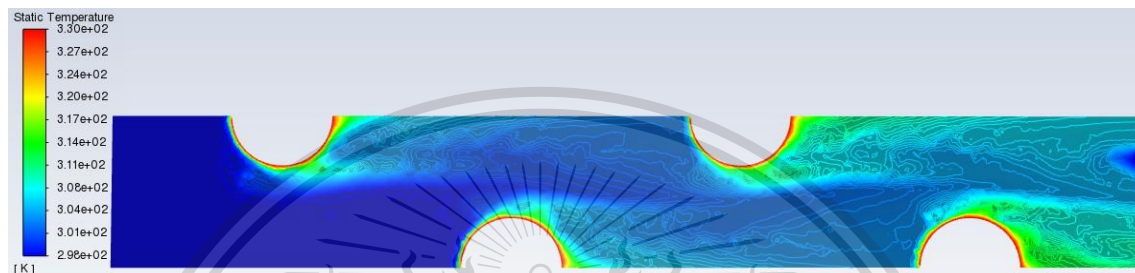
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)



(c)

รูปที่ 5.3 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับ (a) 30° ; (b) 45° ; (c) 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวี

5.1.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล

จากรูปที่ 5.1 ถึง 5.3 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิตามระนาบ x-z สำหรับมุมปะทะการไหล 30° , 45° และ 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 อัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 มีรูปร่างแผ่นกั้นแบบเอียง แผ่นกั้นรูปตัววีและแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวีตามลำดับ พบว่าทั้งสามรูปร่างของแผ่นกั้น มุมปะทะการไหล 60° มีการกระจายตัวของอุณหภูมิตีความมุมปะทะการไหล 45° และมุมปะทะการไหล 30° ตามลำดับโดยจะเห็นได้ชัดหลังของไหลผ่านท่อแถวที่ 3 เป็นต้นไป การที่มุมปะทะการไหล 60° มีการกระจายตัวของอุณหภูมิตีที่สุดเป็นเพราะก่อให้เกิดความเข้มของกระแสวนมากที่สุด ส่งผลให้ของไหลมีการผสมกันได้ดีภายในท่อได้อย่างดีที่สุดด้วย

5.1.2 อิทธิพลของรูปร่างของแผ่นกั้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบการกระจายของอุณหภูมิของรูปที่ 5.1 และ 5.2 พบว่ารูปที่ 5.2 ซึ่งเป็นการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววีมีการกระจายของอุณหภูมิตีดีกว่ารูปที่ 5.1 ที่เป็นการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง และในทางเดียวกันเมื่อรูปร่างแผ่นกั้นมีความหยักเพิ่มขึ้นเป็นรูปตัวดับเบิลวีในรูปที่ 5.3 ยิ่งสามารถเห็นได้ชัดว่ามีการกระจายตัวที่ดีกว่ารูป 5.2 และ 5.1 อย่างชัดเจนโดยเฉพาะช่วงหลังของไหลผ่านท่อแถวที่ 3 เป็นต้น

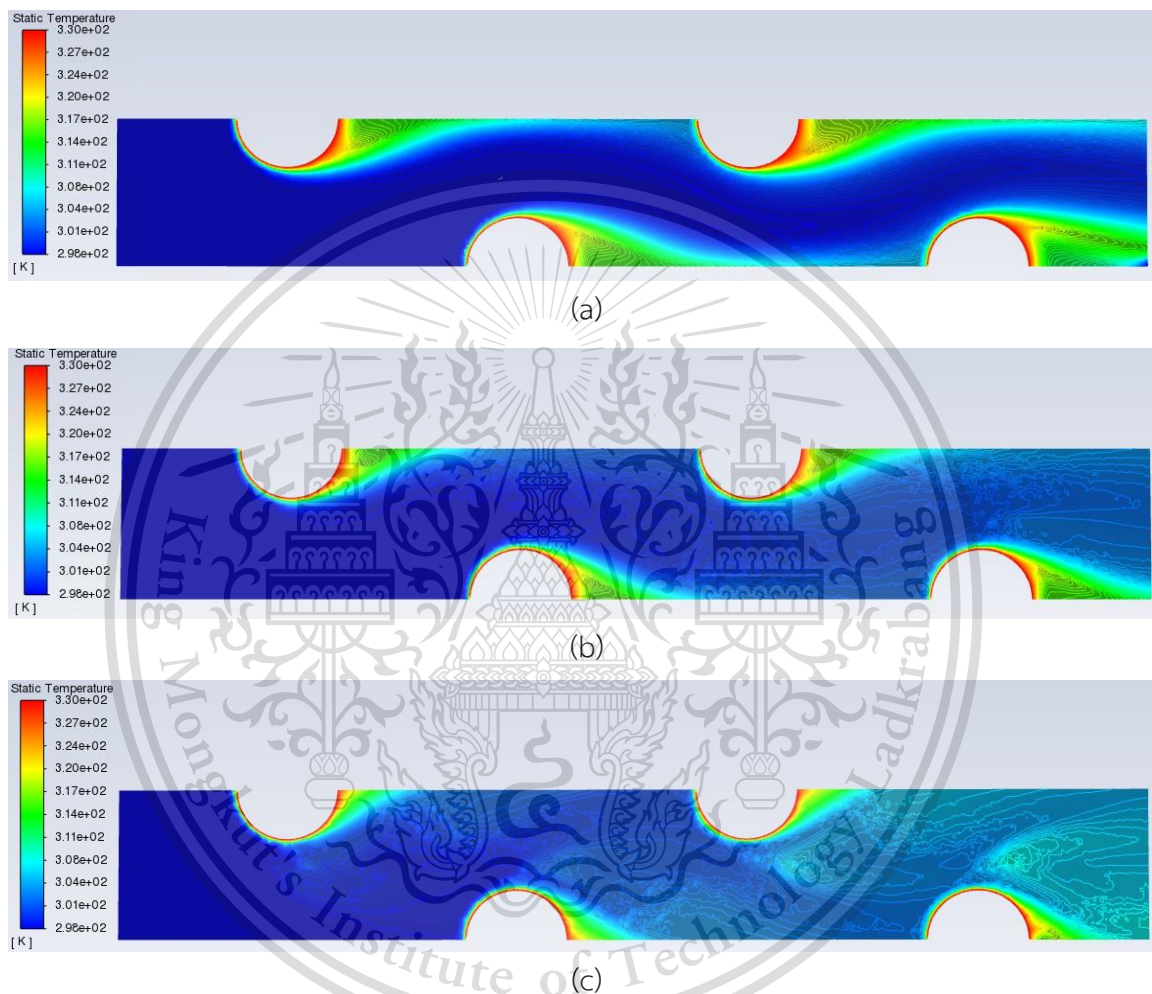
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ไป เนื่องจากการที่แผ่นกั้นมีความหยักมากขึ้นจะทำให้มีแกนกลางของการหมุนวนที่มากขึ้น ทำให้ของไหลเกิดการผสมผสานกันมากยิ่งขึ้น

5.1.3 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น



รูปที่ 5.4 แผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิสำหรับ (a) $BR = 0.1$; (b) $BR = 0.2$; (c) $BR = 0.3$ ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 มุมปะทะการไหล 45° และอัตราส่วนระยะพิทซ์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี

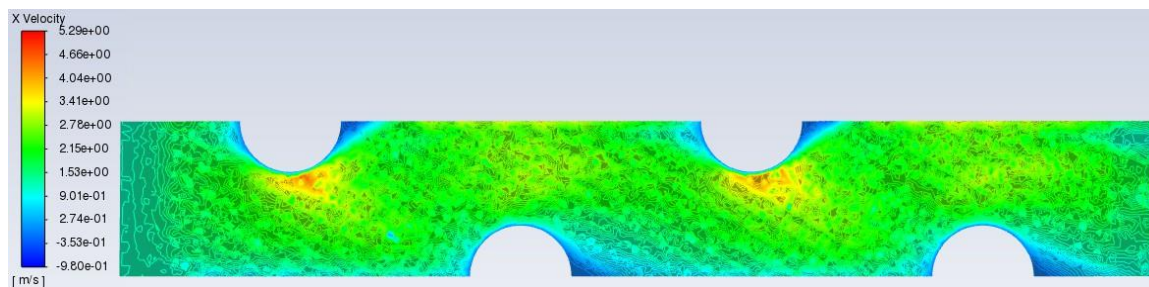
จากรูปที่ 5.4 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบ $x-z$ สำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.1, 0.2 และ 0.3 ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 มุมปะทะการไหล 45° อัตราส่วนระยะพิทซ์ 1.5 และรูปร่างแผ่นกั้นเป็นรูปตัววี พบว่าเมื่อความสูงของแผ่นกั้นเพิ่มขึ้นจะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ดี

ขึ้น เนื่องจากความสูงที่เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มความแรงของกระแสหมุนวนหลังจากของไหลชนปะทะแผ่นกั้น แต่การเพิ่มความสูงของแผ่นกั้นทำให้พื้นที่ผิวปะทะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความดันเพิ่มขึ้นเช่นกัน ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

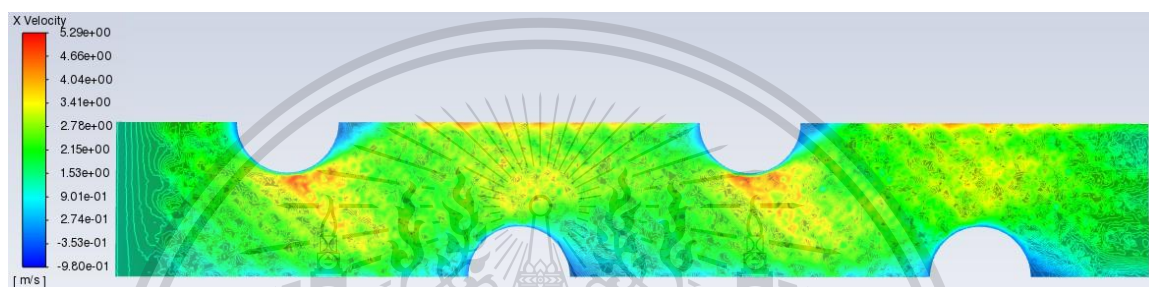
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

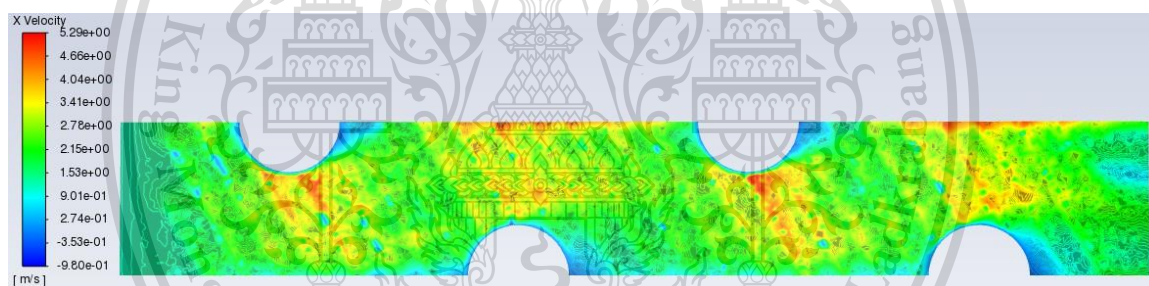
5.2 การกระจายตัวของความเร็วตามแกน x



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.5 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับ (a) 30°; (b) 45°; (c) 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นแบบเอียง

5.2.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล

จากรูปที่ 5.5 ถึง 5.7 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของความเร็วในแกน x บนระนาบ x-z สำหรับมุมปะทะการไหล 30°, 45° และ 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 มีรูปร่างแผ่นกั้นแบบเอียง แผ่นกั้นรูปตัววีและแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวี ตามลำดับ พบว่ามุมปะทะการไหล 60° มีการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x ดีกว่ามุมปะทะการไหล

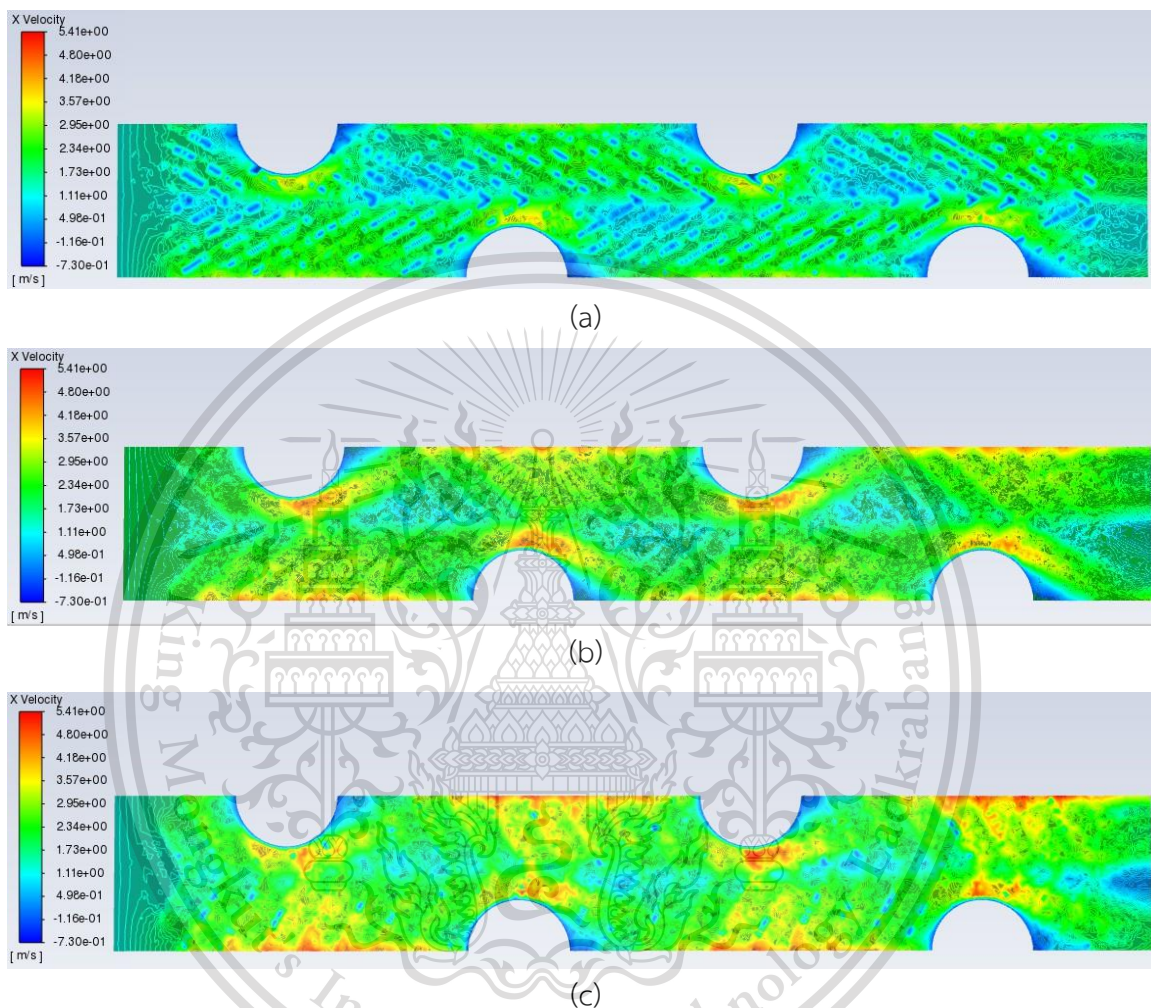
45° และมุมปะทะการไหล 30° ตามลำดับ เหตุเพราะการที่มุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้ของไหลที่ไหลปะทะแผ่นกั้นเข้าใกล้ความเป็นตั้งฉากมากขึ้นซึ่งจะมีความรุนแรงของการปะทะที่มากกว่า ก่อให้เกิดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

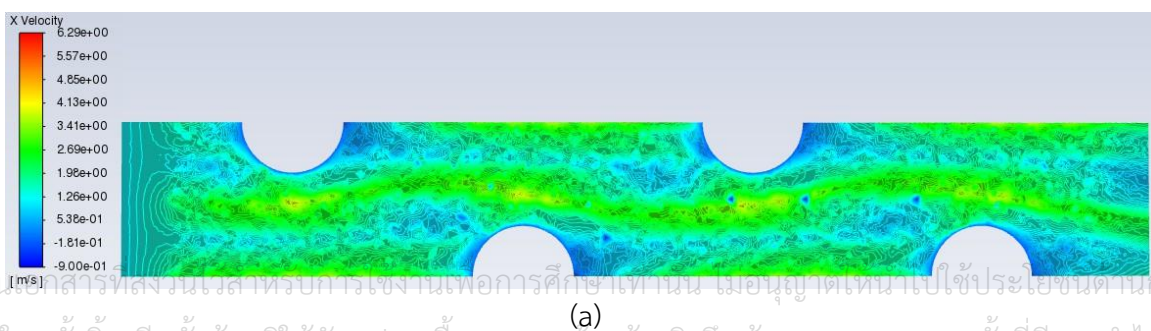
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เข้มของกระแสวนหรือมีระดับความปั่นป่วนสูงขึ้นเมื่อเทียบกับมุมปะทะการไหลที่น้อยลง นอกจากนั้นยังเป็นการเพิ่มการกระจายตัวของความเร็วให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย



รูปที่ 5.6 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับ (a) 30°; (b) 45°; (c) 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี

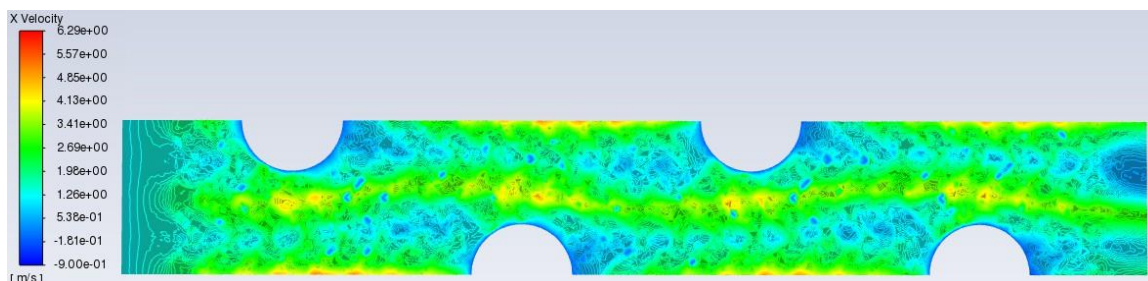


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

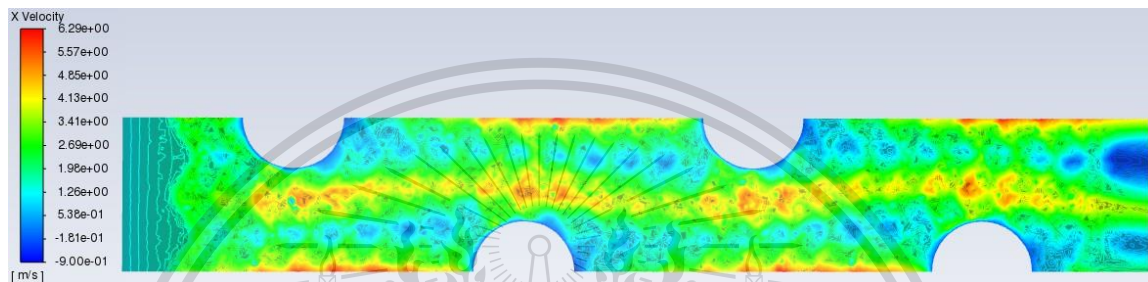
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)



(c)

รูปที่ 5.7 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับ (a) 30°; (b) 45°; (c) 60° ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวี

5.2.2 อิทธิพลของรูปร่างของแผ่นกั้น

จากรูปที่ 5.5 ถึง 5.7 พบว่าแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวีให้ค่าความเร็วที่มากที่สุดและแผ่นกั้นแบบเอียงให้ค่าความเร็วที่น้อยที่สุดดังแสดงในสเกลความเร็วตามแกน x ที่กรณีเงื่อนไขเดียวกันในที่นี้คือที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 โดยความเร็วสูงสุดจะเกิดที่ตำแหน่งขอบของแผ่นกั้นและเมื่อแผ่นกั้นมีความหยักมากขึ้นก็จะทำให้ความเร็วที่ไหลตรงกลางของระนาบมากขึ้นด้วย

5.2.3 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น

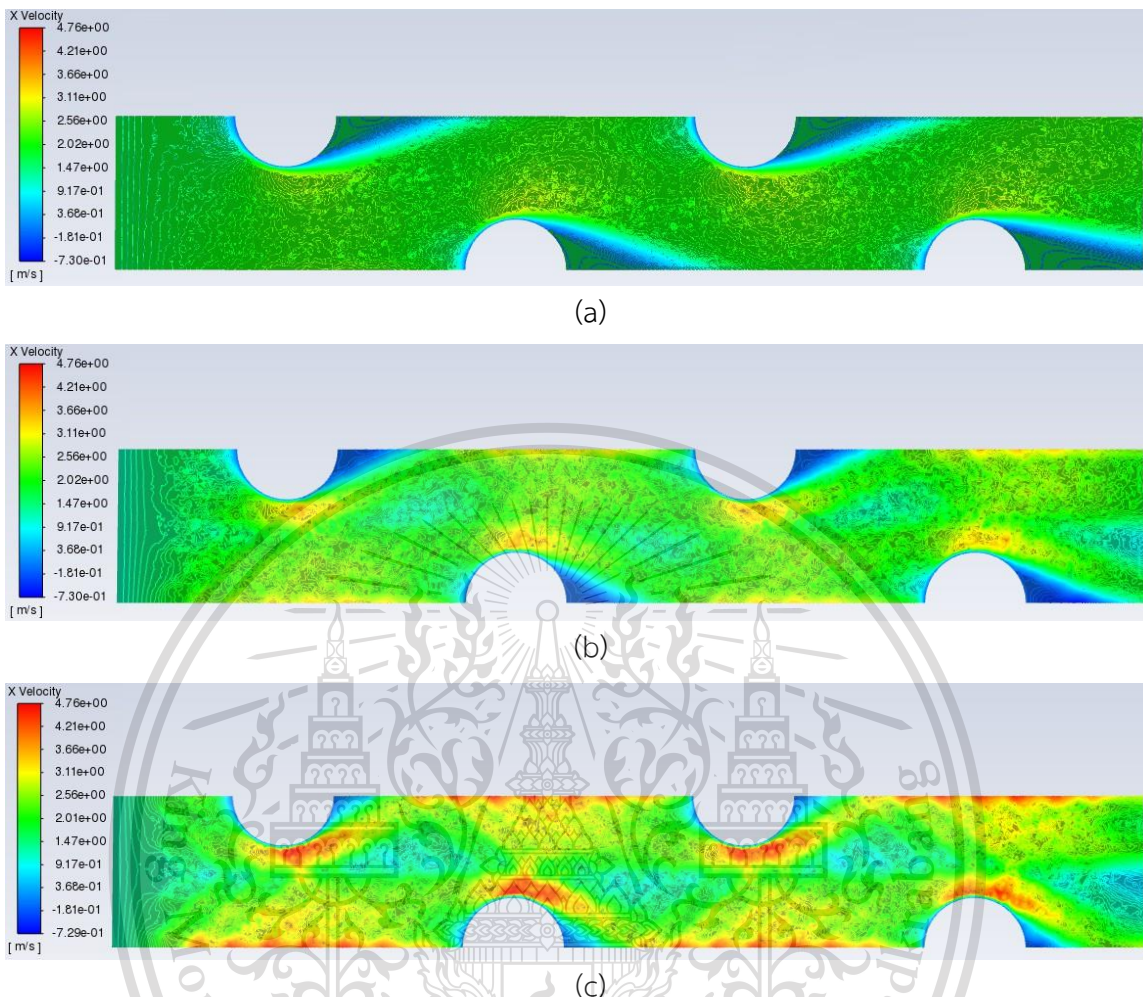
จากรูปที่ 5.8 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x บนระนาบ x-z สำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.1, 0.2 และ 0.3 ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 มุมปะทะการไหล 45° อัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 และรูปร่างแผ่นกั้นเป็นรูปตัววี พบว่าเมื่อแผ่นกั้นมีความสูงที่มากขึ้น ความเร็วของของไหลมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการที่แผ่นกั้นมีความสูงมากขึ้น พื้นที่ที่รับการปะทะระหว่างของไหลกับแผ่นกั้นก็จะมากขึ้นทำให้ความแรงของกระแสหมุนวนของของไหลมีค่ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.8 แผนภาพการกระจายตัวของความเร็วตามแกน x สำหรับ (a) BR = 0.1; (b) BR = 0.2; (c) BR = 0.3 ที่เลขเรย์โนลด์ 1,000 มุมปะทะการไหล 45° และอัตราส่วนระยะพิตช์ 1.5 ของแผ่นกั้นรูปตัววี

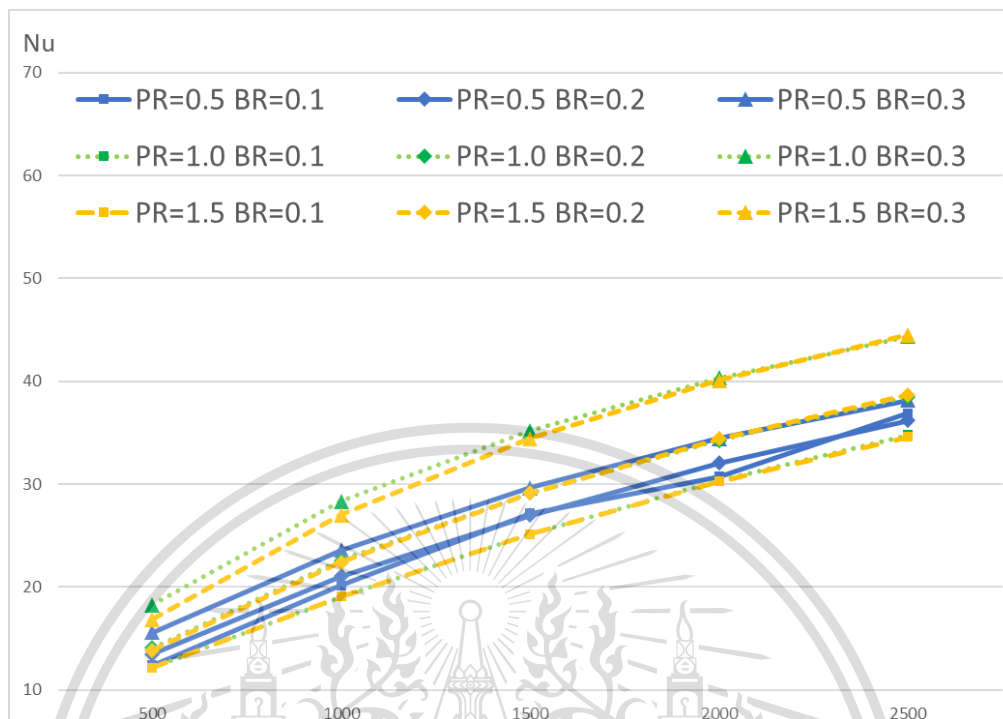
5.3 ผลการทดลองแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง

5.3.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล

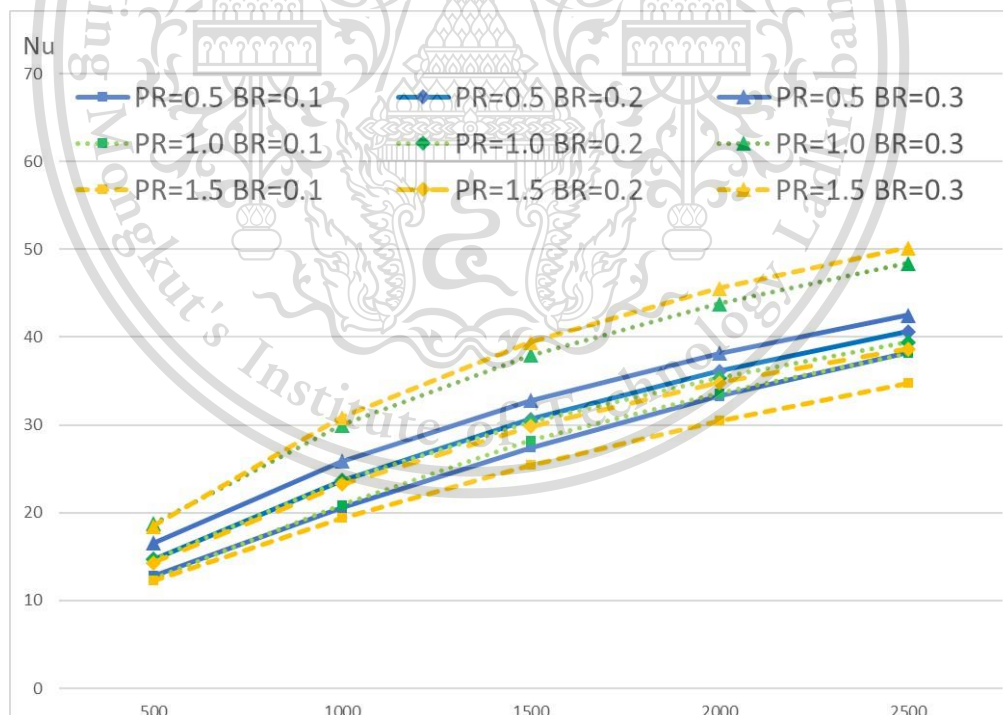
รูปที่ 5.9 และ 5.10 แสดงให้เห็นว่าเลขนี้สเซลล์ของมุมปะทะ 60° มีค่ามากกว่ามุมปะทะ 45° และมุมปะทะ 30° ตามลำดับสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น เนื่องจากการที่มุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้นจะทำให้ของไหลที่ไหลปะทะแผ่นกั้นเข้าใกล้ความเป็นตั้งฉากมากขึ้น ทำให้มีกระแสไหลวนที่รุนแรงและปั่นป่วนมากขึ้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(a)

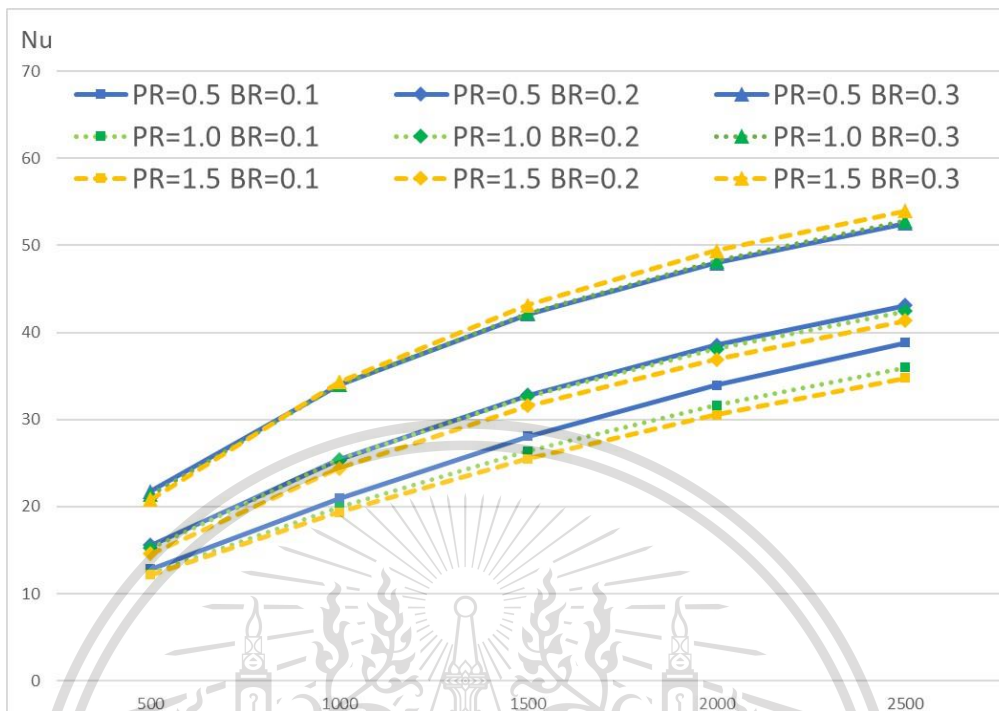


(b)

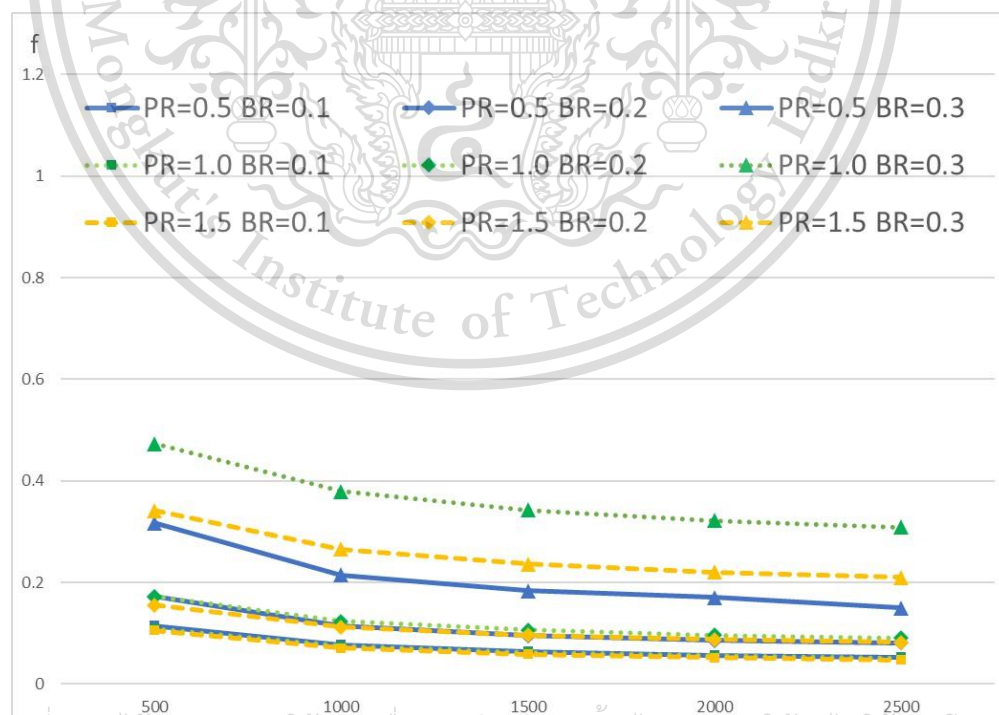
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 5.9 เลขนัสเซิลแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°

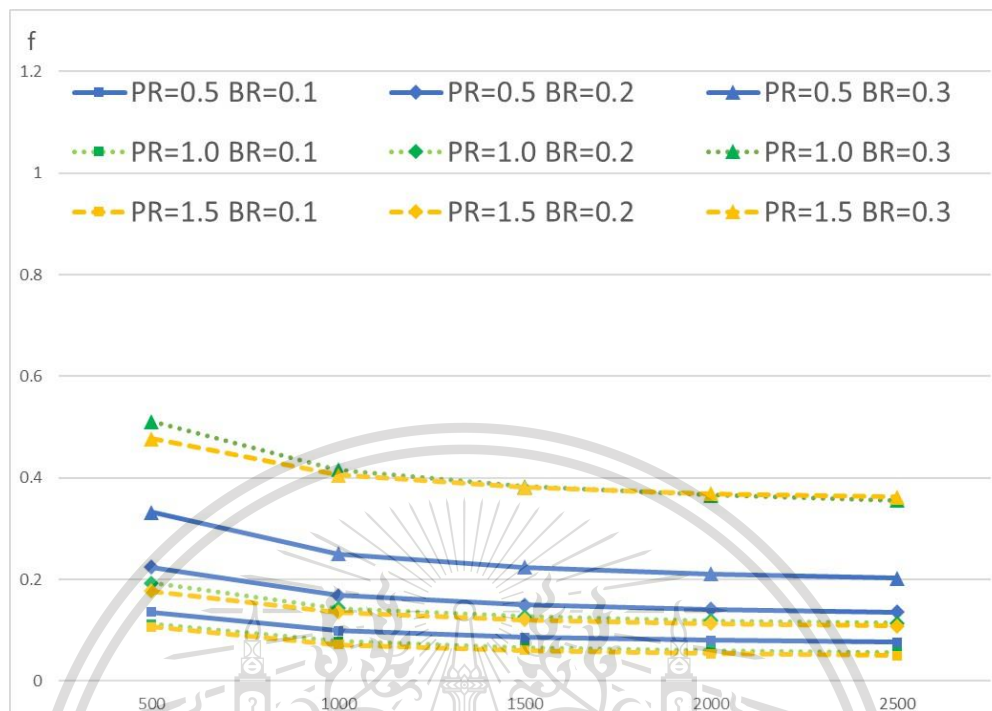


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

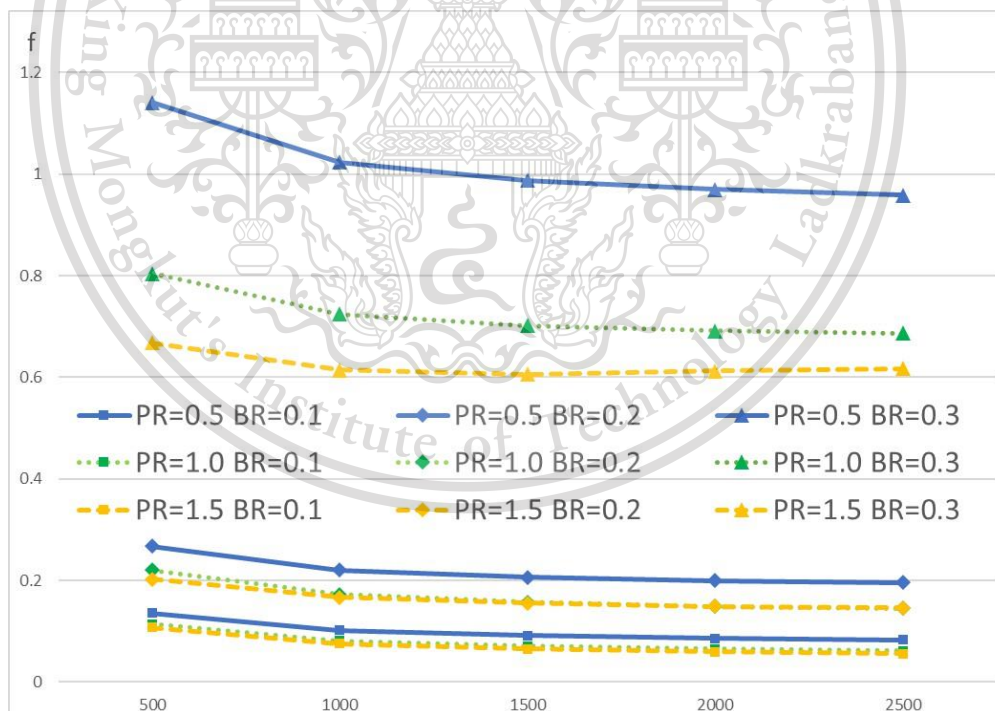
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)



(c)

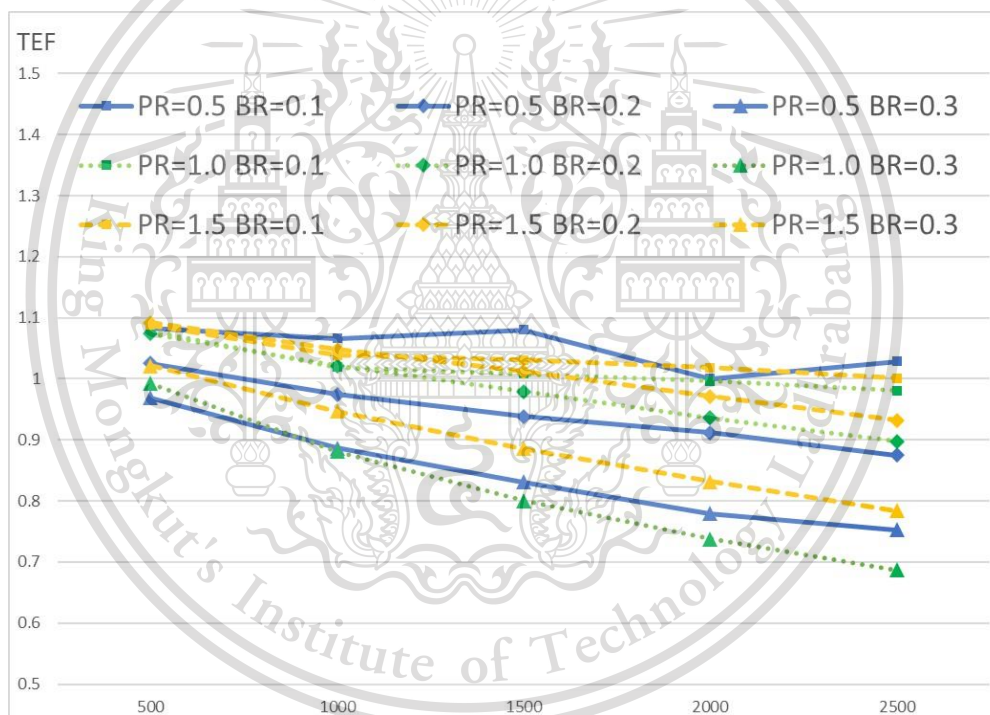
รูปที่ 5.10 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์ใช้รวมเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.3.2 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน

จากรูปที่ 5.9 และ 5.10 เลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแผ่นกันมีความสูงที่มากขึ้นเพราะการที่แผ่นกันมีความสูงมากขึ้นจะทำให้มีพื้นที่ปะทะกับของไหลเพิ่มขึ้น ของไหลมีการผสมกันและเกิดกระแสหมุนวนที่แรงและปั่นป่วนมากขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นของตัวประกอบเสียดทานมีอัตราที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับเลขนัสเซล ส่งผลให้อัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.3 มีสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่น้อยกว่าอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.2 และ 0.1 ตามลำดับ แต่มีบางกรณีตัวเลขเรย์โนลด์ 500 และ 1000 ที่สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.2 มีค่ามากกว่า 0.1 เล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 5.11

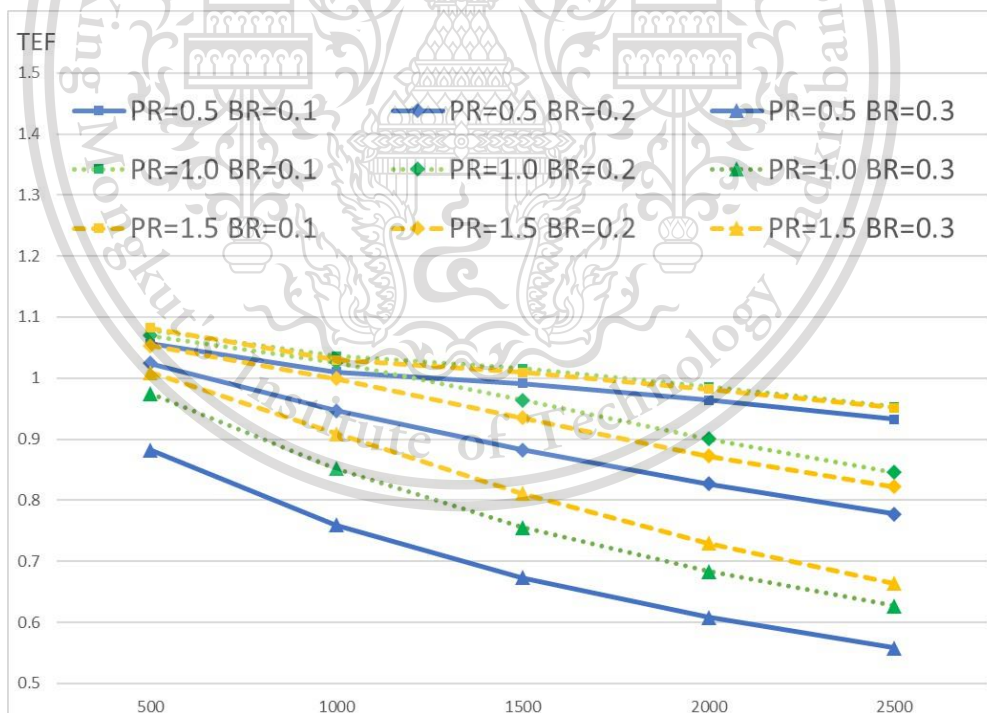
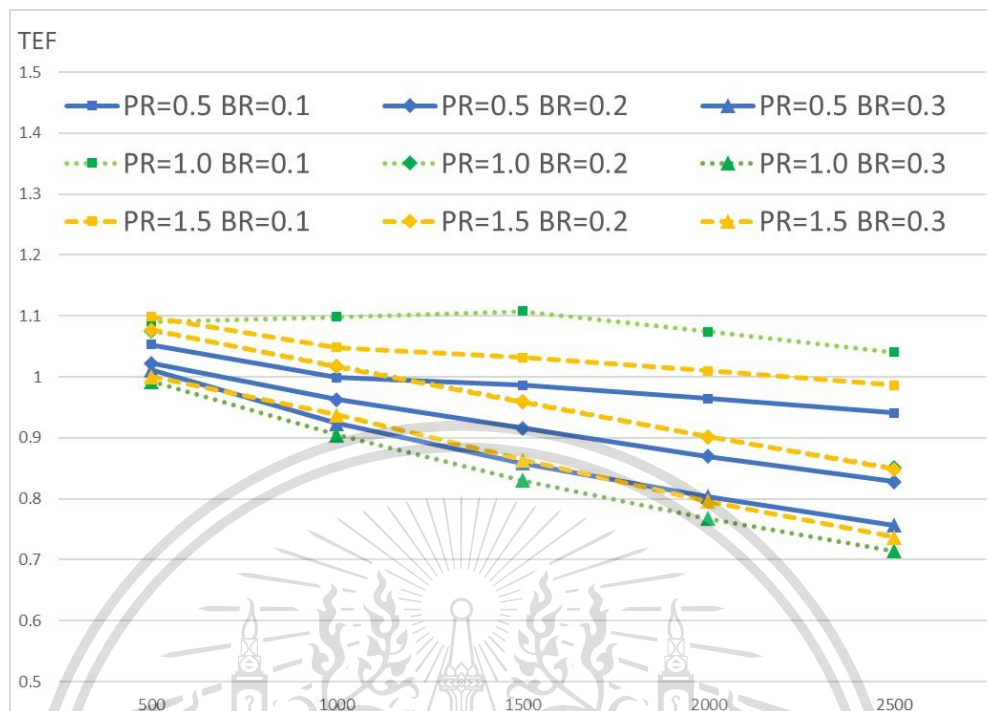


(a)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(c)

รูปที่ 5.11 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สามารถใช้สำหรับวิชาการได้เฉพาะเพื่อการศึกษานั่น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แผ่นกันแบบเอียง (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.3.3 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้น

สำหรับแผ่นกั้นแบบเอียง อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้นต่อเลขนัสเซลล์ ตัวประกอบเสียดทานและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนค่อนข้างจะมีความเป็นอิสระ กล่าวคือไม่ได้มีแนวโน้มตายตัวแต่จะมีการเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นตามตัวแปรชนิดอื่น ๆ ที่แตกต่างกันไป โดยการเปลี่ยนค่าอัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้นไม่ได้ส่งผลกับเลขนัสเซลล์มากนักแต่มีผลกระทบต่อตัวประกอบเสียดทานอย่างมากโดยเฉพาะที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น 0.3 จากรูปที่ 5.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้น ตัวประกอบเสียดทานที่อัตราส่วนระยะพิทช์ 0.5 จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่มากกว่าอัตราส่วนระยะพิทช์ที่ 1.0 และ 1.5 ส่งผลให้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ค่าอัตราส่วนระยะพิทช์ 0.5 มีค่าน้อยลงเมื่อมุมปะทะการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

จากการทดลองแบบจำลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำการติดตั้งแผ่นกั้นแบบเอียง กรณีที่ทำให้ได้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในช่วง 1.04-1.10 ได้แก่มุมปะทะการไหลที่ 45° อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 และอัตราส่วนระยะพิทช์ของแผ่นกั้นที่ 1.0 ดังรูปที่ 5.11(b)

5.4 ผลการทดลองแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี

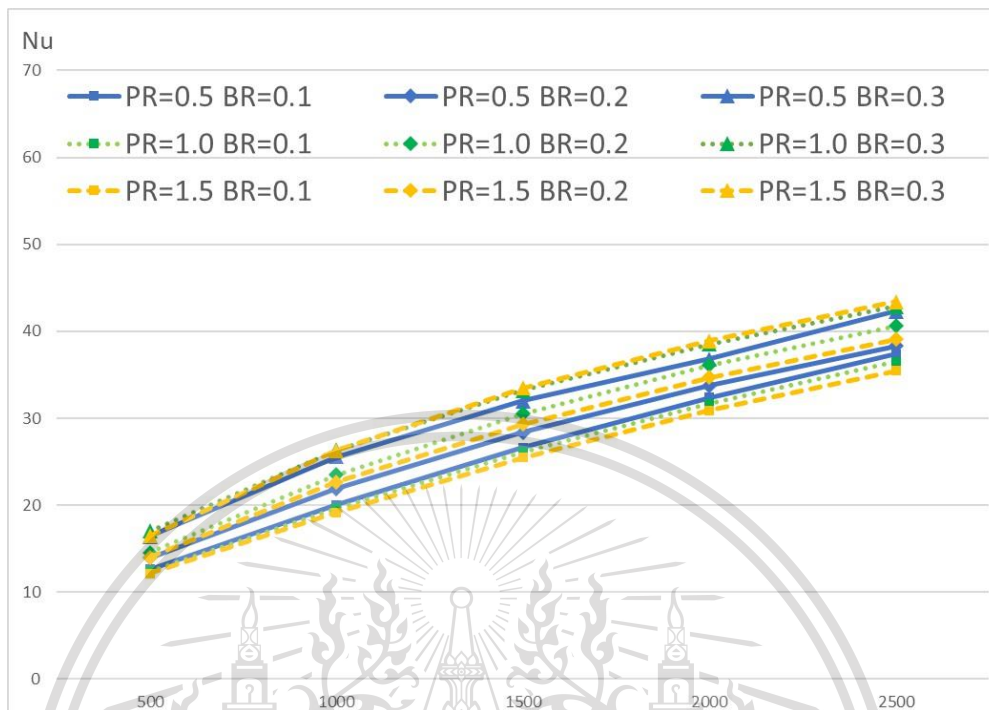
5.4.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล

แผ่นกั้นรูปตัววีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับกรณีแผ่นกั้นแบบเอียง คือเลขนัสเซลล์ที่มุมปะทะการไหล 60° มีมากกว่าที่มุมปะทะการไหล 45° และ 30° ตามลำดับสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น ดังรูปที่ 5.12 และ 5.13

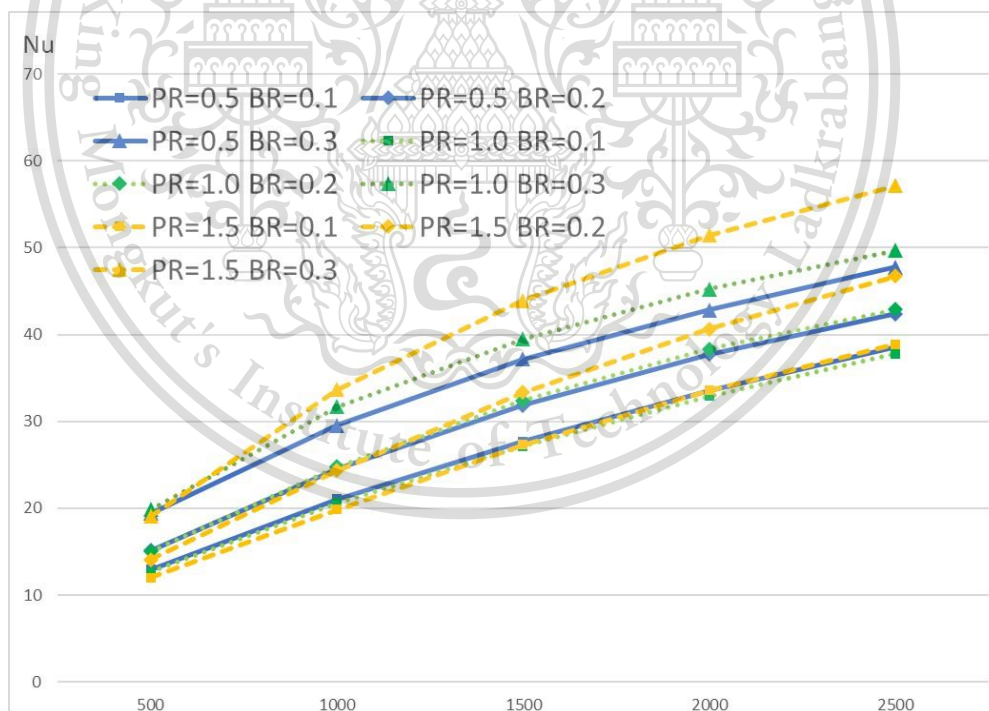
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(a)

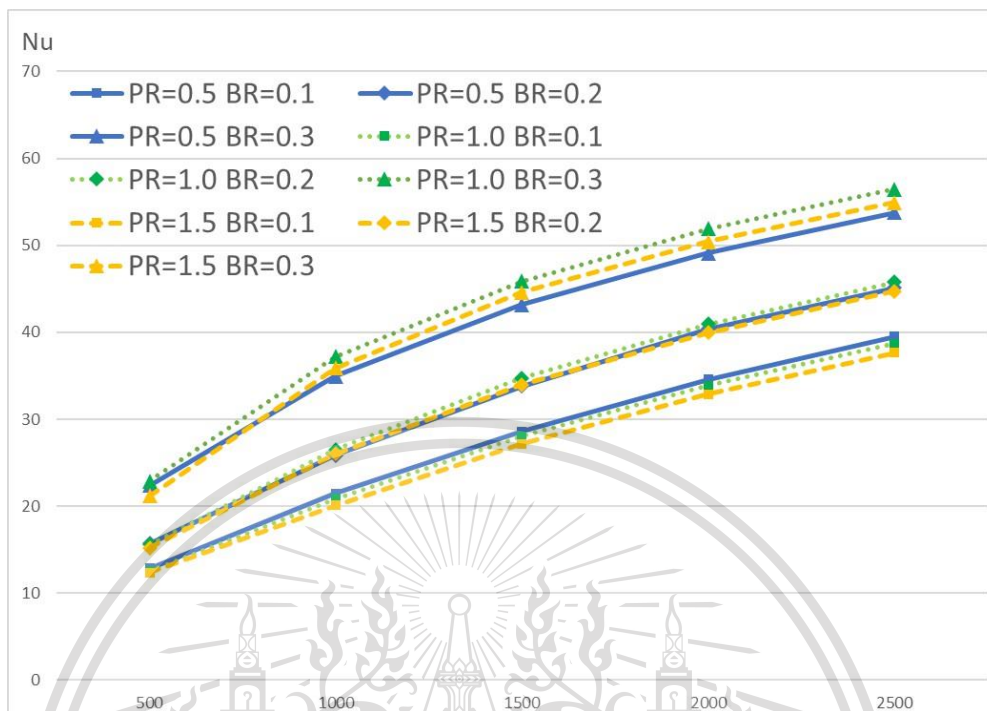


(b)

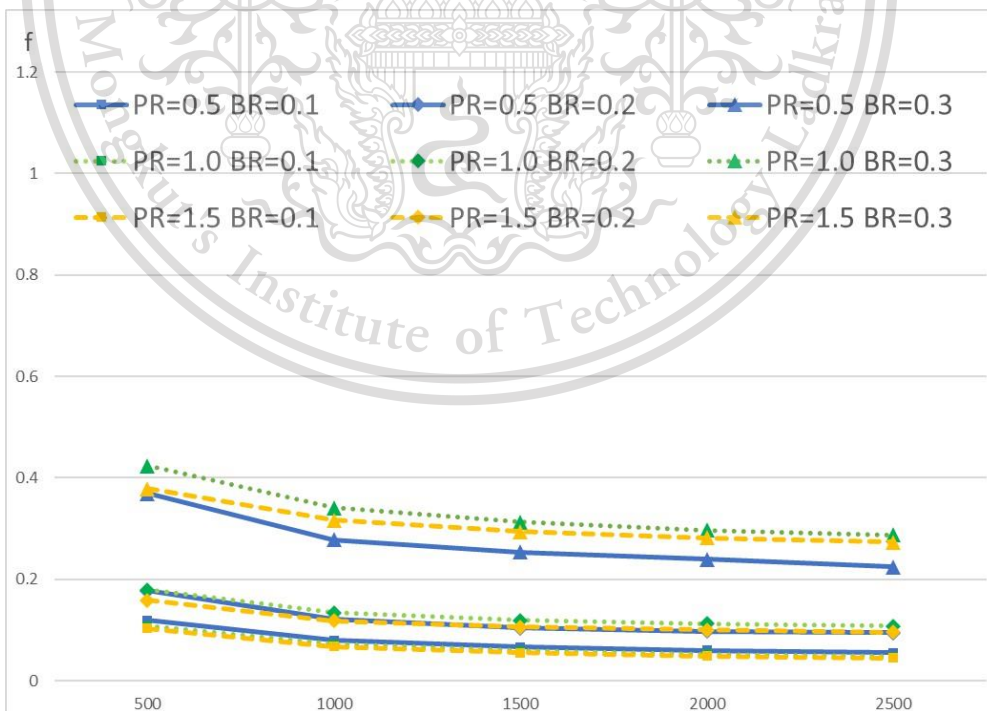
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



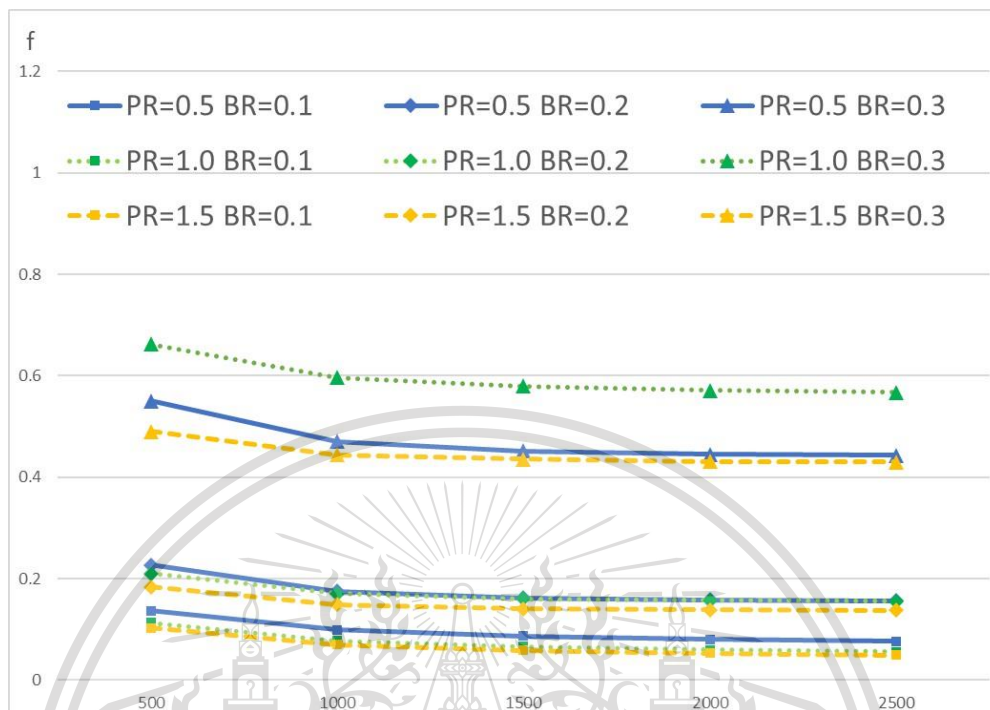
รูปที่ 5.12 เลขนัสเซิลแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°



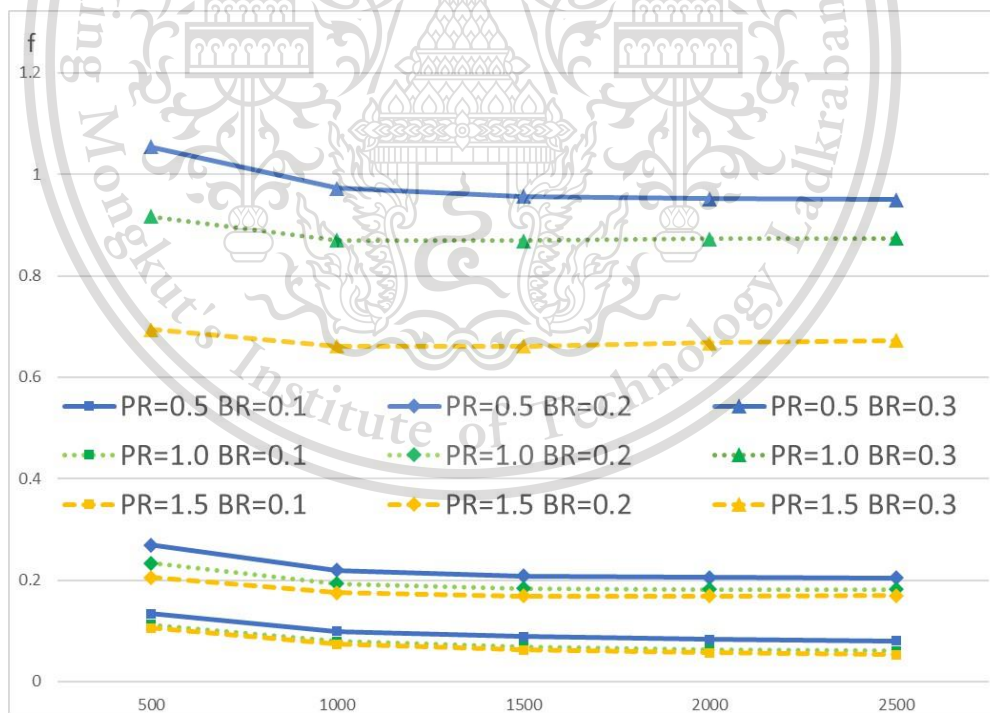
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)

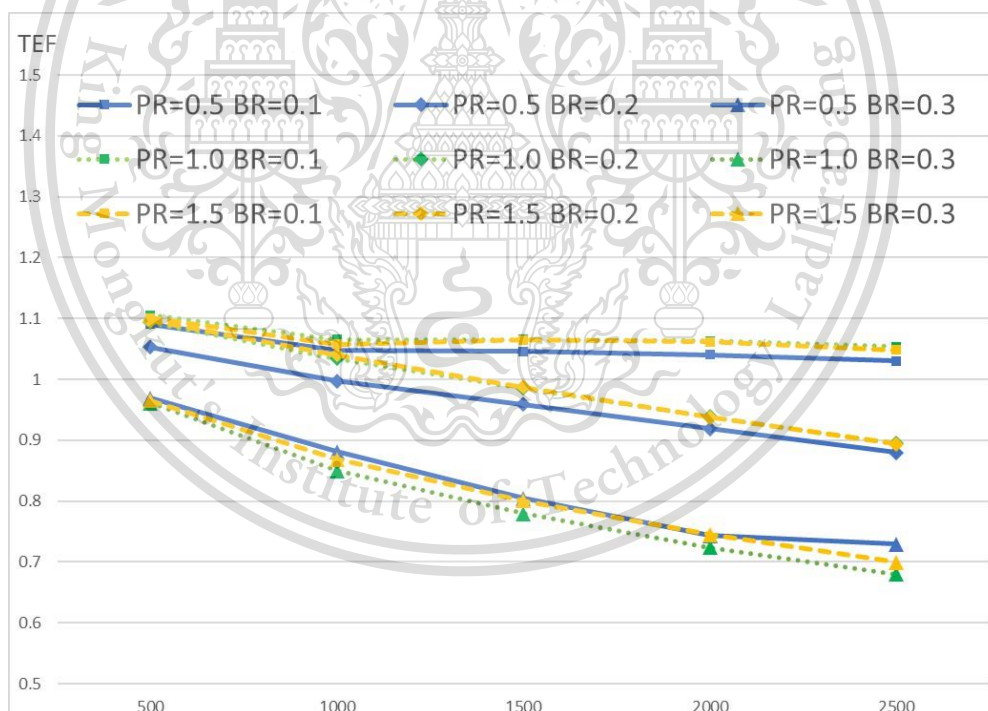


(c)

รูปที่ 5.13 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววี
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้อ่านเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน

อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันสำหรับแผ่นกันรูปตัววีมีลักษณะเช่นเดียวกันกับแผ่นกันแบบเอียง คือเลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแผ่นกันมีความสูงมากขึ้นดังรูปที่ 5.12 และ 5.13 แต่สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสวนทางโดยที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.1 มีค่ามากกว่า 0.2 และ 0.3 ตามลำดับแต่มีบางกรณีที่เลขเรย์โนลด์ 500 และ 1000 ที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.2 มีค่ามากกว่า 0.1 เล็กน้อย ดังรูปที่ 5.14 เมื่อทำการเปรียบเทียบเลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทานที่ติดตั้งแผ่นกันรูปตัววีกับแผ่นกันแบบเอียง พบว่าตัวประกอบเสียดทานที่ติดตั้งแผ่นกันรูปตัววีมีค่ามากกว่าแผ่นกันแบบเอียงสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน ส่วนเลขนัสเซลติดตั้งแผ่นกันรูปตัววีมีค่ามากกว่าแผ่นกันแบบเอียงสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.1 การที่แผ่นกันรูปตัววีให้ค่าทั้งสองที่มากกว่าแผ่นกันแบบเอียงเนื่องจากการที่แผ่นกันมีความหยาบมากขึ้นจะทำให้มีแกนกลางของการหมุนวนที่มากขึ้น ทำให้ของไหลเกิดการผสมผสานกันมากยิ่งขึ้น

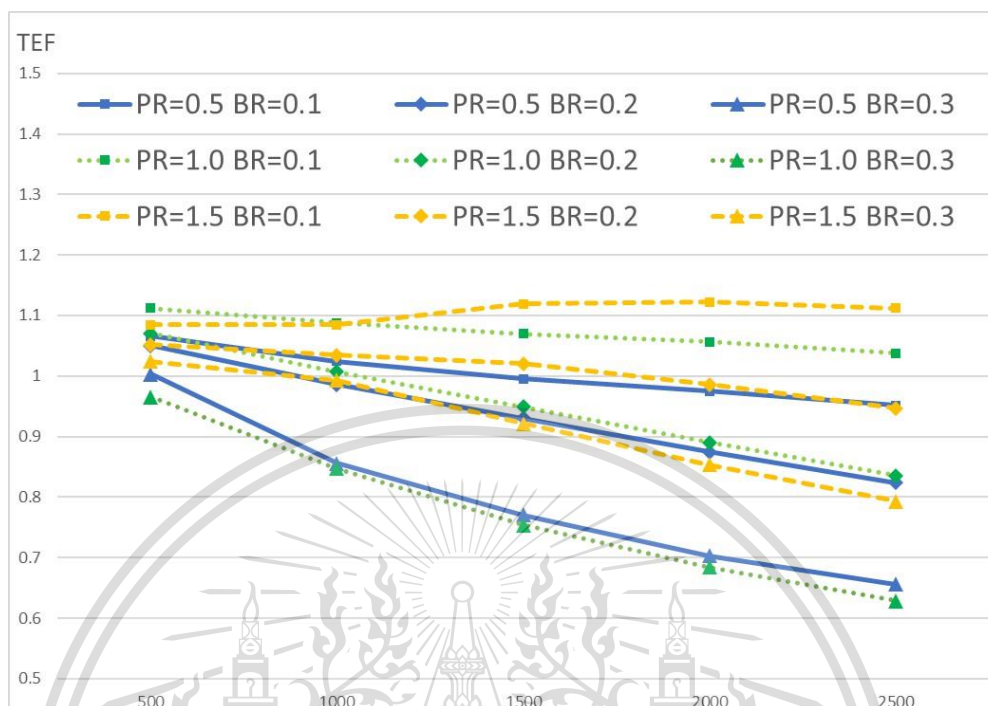


(a)

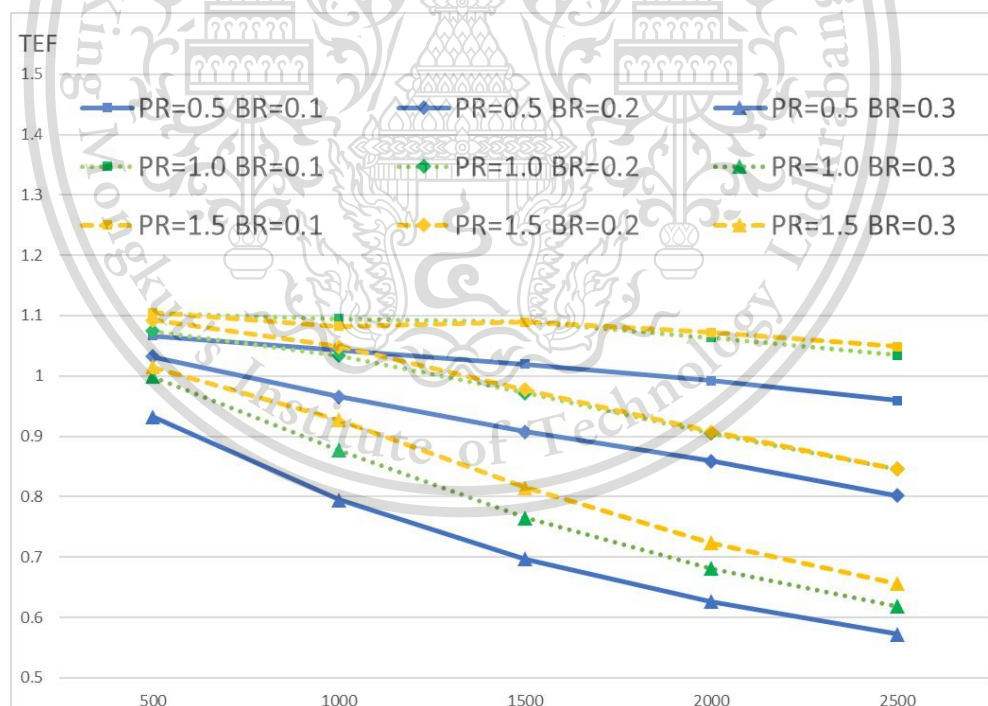
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)



(c)

รูปที่ 5.14 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้ง
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และจะใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แผ่นกันรูปตัววี (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกัน

สำหรับแผ่นกันรูปตัววี การเปลี่ยนค่าอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกันไม่ได้ส่งผลกับเลขนัสเซลล์มากนักแต่มีผลกระทบกับตัวประกอบเสียดทานอย่างมาก จากรูปที่ 5.13 จะเห็นได้ว่าเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้น ตัวประกอบเสียดทานที่อัตราส่วนระยะพิตช์ 0.5 จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่มากกว่าอัตราส่วนระยะพิตช์ที่ 1.0 และ 1.5 ส่งผลให้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ค่าอัตราส่วนระยะพิตช์ 0.5 มีค่าน้อยลงเมื่อมุมปะทะการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

จากการทดลองแบบจำลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำการติดตั้งแผ่นกันรูปตัววี กรณีที่ทำให้ได้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในช่วง 1.08 ถึง 1.12 ได้แก่มุมปะทะการไหลที่ 45° อัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.1 และอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกันที่ 1.5 ดังรูปที่ 5.14(b)

5.5 ผลการทดลองแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกันรูปดัดเบิลวี

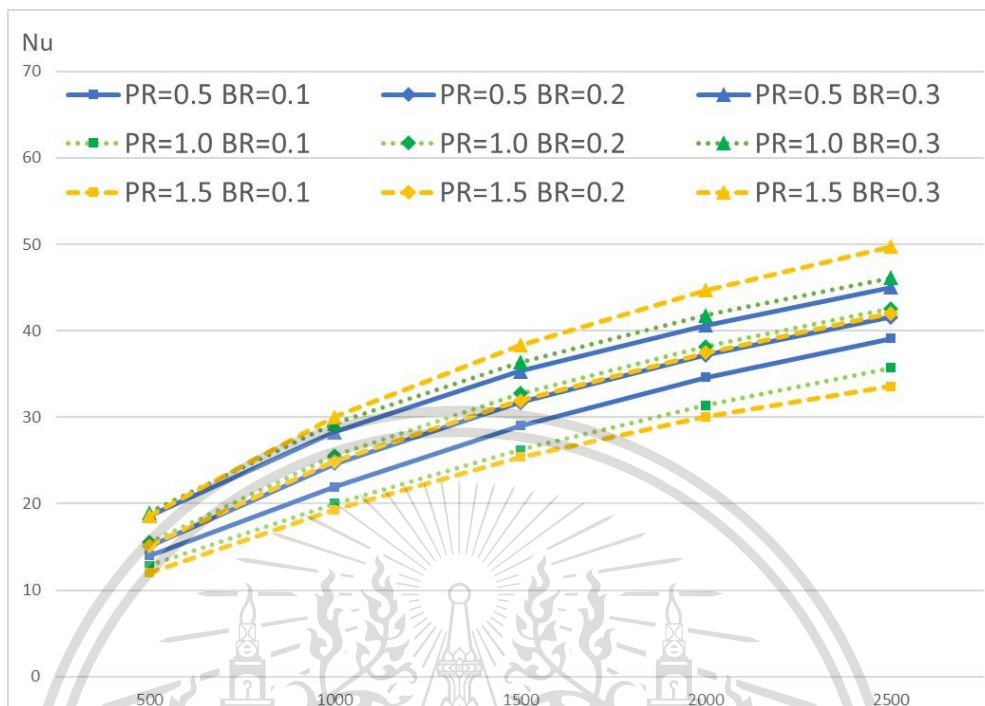
5.5.1 อิทธิพลของมุมปะทะการไหล

จากรูปที่ 5.15 และ 5.16 แผ่นกันรูปตัวดัดเบิลวีมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับกรณีแผ่นกันรูปตัววีและแบบเอียง คือเลขนัสเซลล์ที่มุมปะทะการไหล 60° มีมากกว่าที่มุมปะทะการไหล 45° และ 30° ตามลำดับสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.1 ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน แต่พบว่าการติดตั้งแผ่นกันรูปตัวดัดเบิลวี ตัวประกอบเสียดทานที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.2 และ 0.3 มีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับการติดตั้งแผ่นกันรูปตัววีและแบบเอียง ซึ่งบ่งบอกได้ว่ายิ่งแผ่นกันที่นำมาติดตั้งมีความหยักมากขึ้น ยิ่งทำให้มีสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนน้อยลง

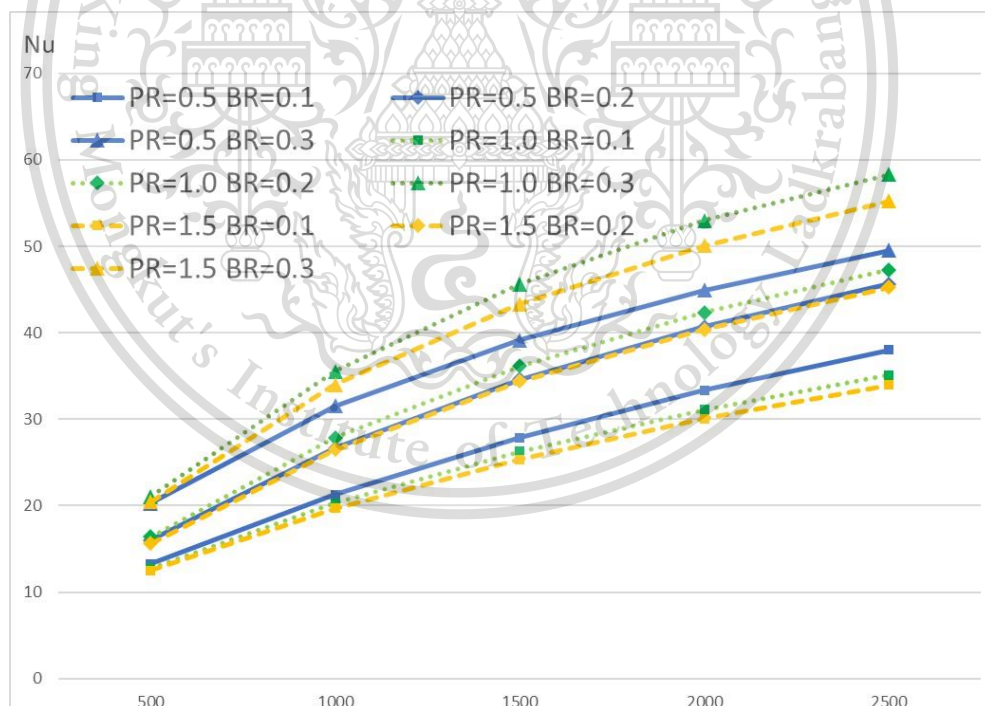
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(a)

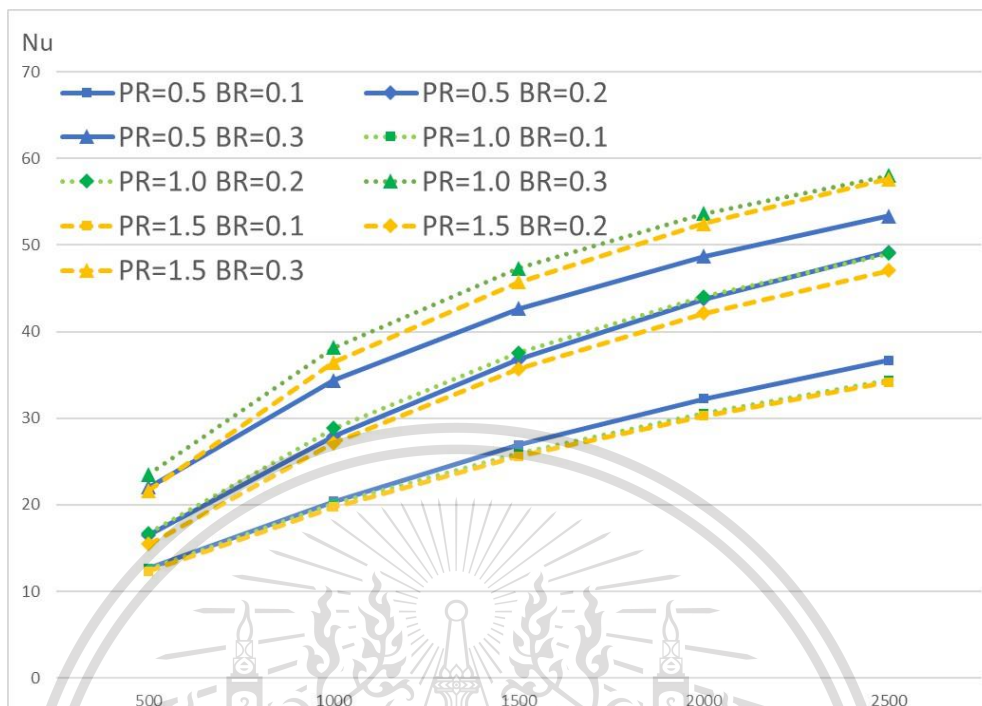


(b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

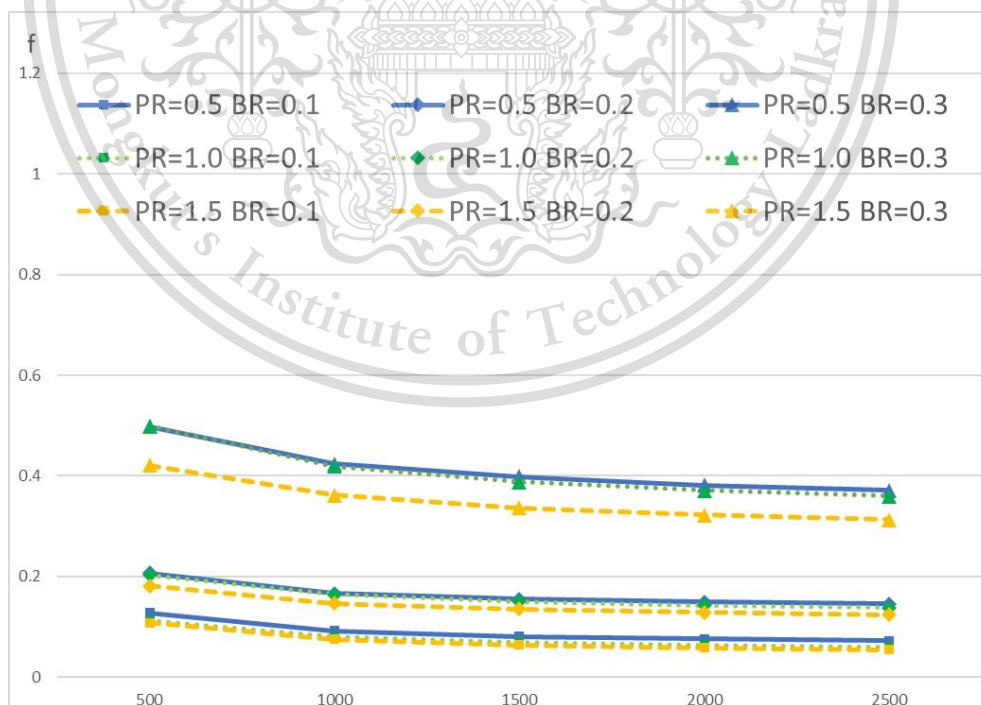
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(c)

รูปที่ 5.15 เลขนัสเซลแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวี (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°

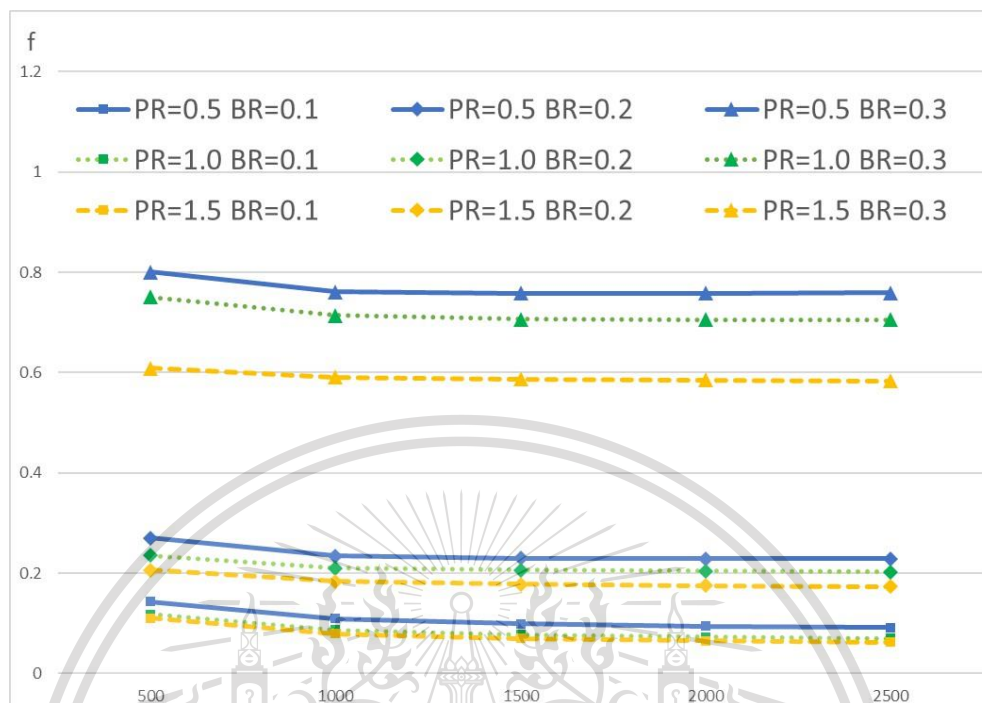


(a)

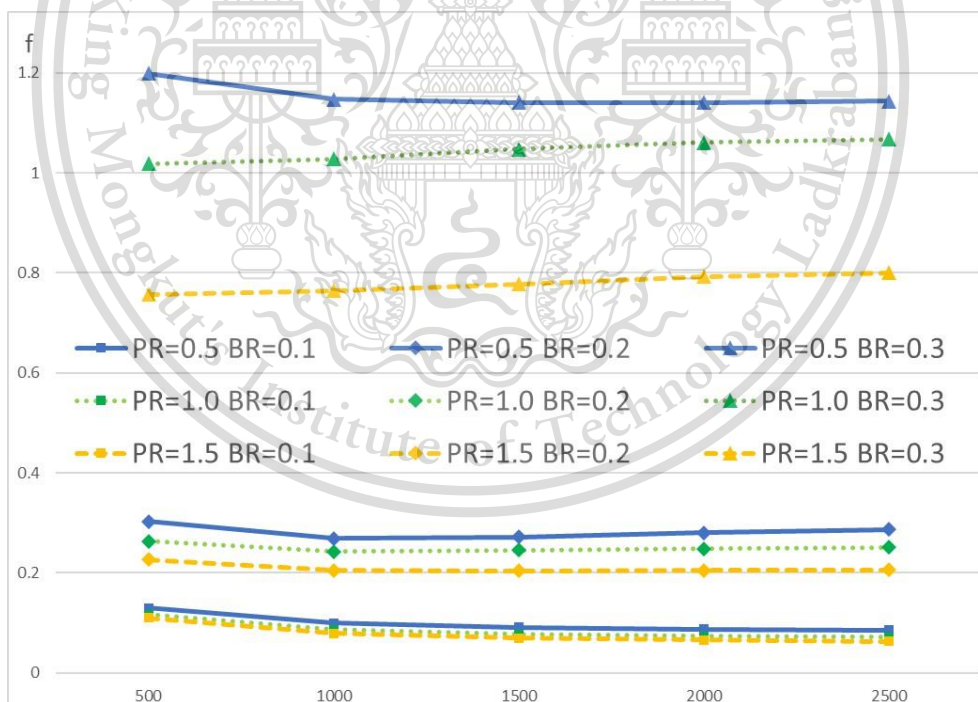
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)



(c)

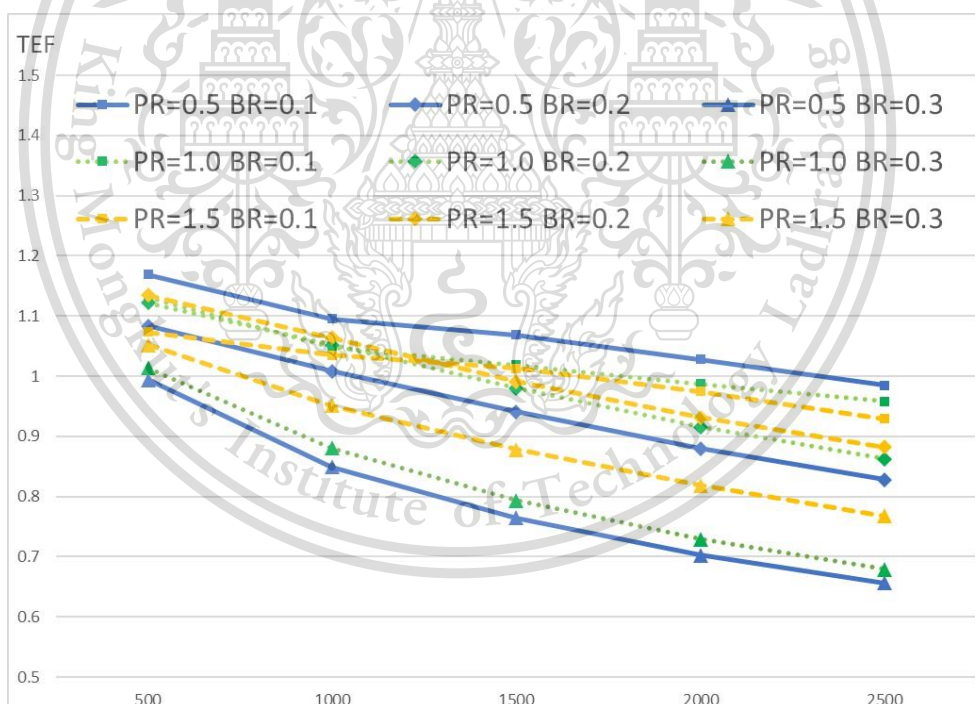
รูปที่ 5.16 ตัวประกอบเสียดทานแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรที่ขอรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.5.2 อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน

อิทธิพลของอัตราส่วนความสูงของแผ่นกันสำหรับแผ่นกันรูปตัวดับเบิลวีมีลักษณะเช่นเดียวกับแผ่นกันรูปตัววีและแบบเอียง คือเลขนัสเซิลและตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อแผ่นกันมีความสูงมากขึ้นดังรูปที่ 5.15 และ 5.16 แต่สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนสวนทางโดยที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.1 มีค่ามากกว่า 0.2 และ 0.3 ตามลำดับแต่มีบางกรณีตัวเลขเรย์โนลด์ 500, 1000 และ 1500 ที่อัตราส่วนความสูงของแผ่นกันที่ 0.2 มีค่ามากกว่า 0.1 เล็กน้อยดังรูปที่ 5.17 และสำหรับการที่แผ่นกันมีความหยักเพิ่มขึ้นจากแผ่นกันรูปตัววีและแบบเอียงจะยิ่งทำให้ของไหลมีกระแสมุขวนที่แรงและปั่นป่วนมากยิ่งขึ้น ทำให้ตัวประกอบเสียดทานที่ติดตั้งแผ่นกันรูปตัวดับเบิลวีมีค่ามากกว่าแผ่นกันแบบเอียงและแผ่นกันรูปตัววีสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน ส่วนเลขนัสเซิลติดตั้งแผ่นกันรูปตัวดับเบิลวีมีค่ามากกว่าแผ่นกันรูปตัววีและแบบเอียงตามลำดับสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกัน 0.1

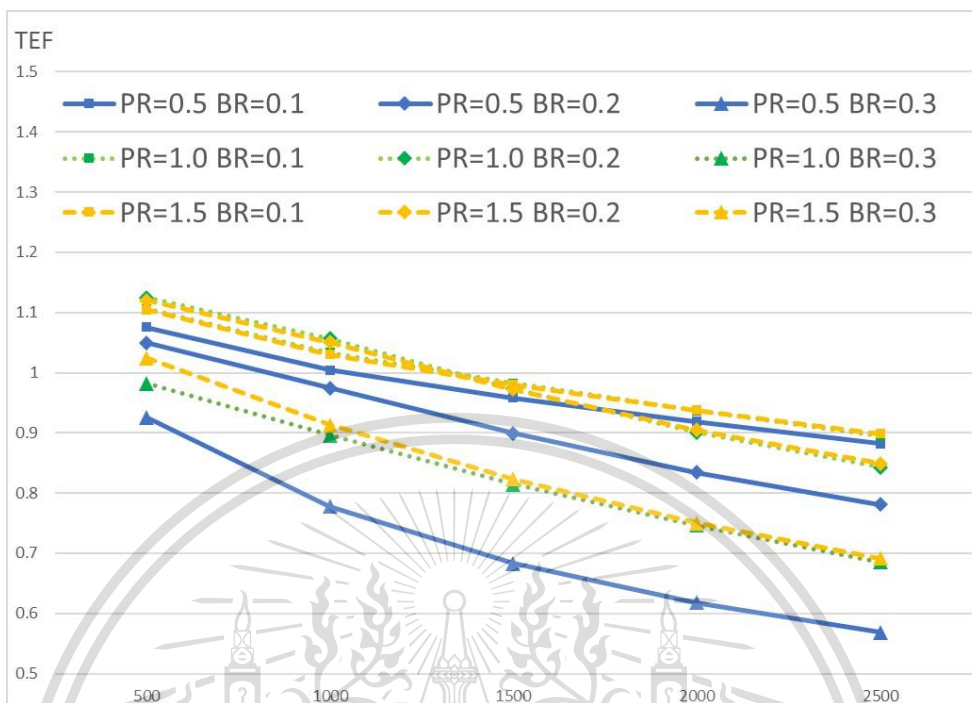


(a)

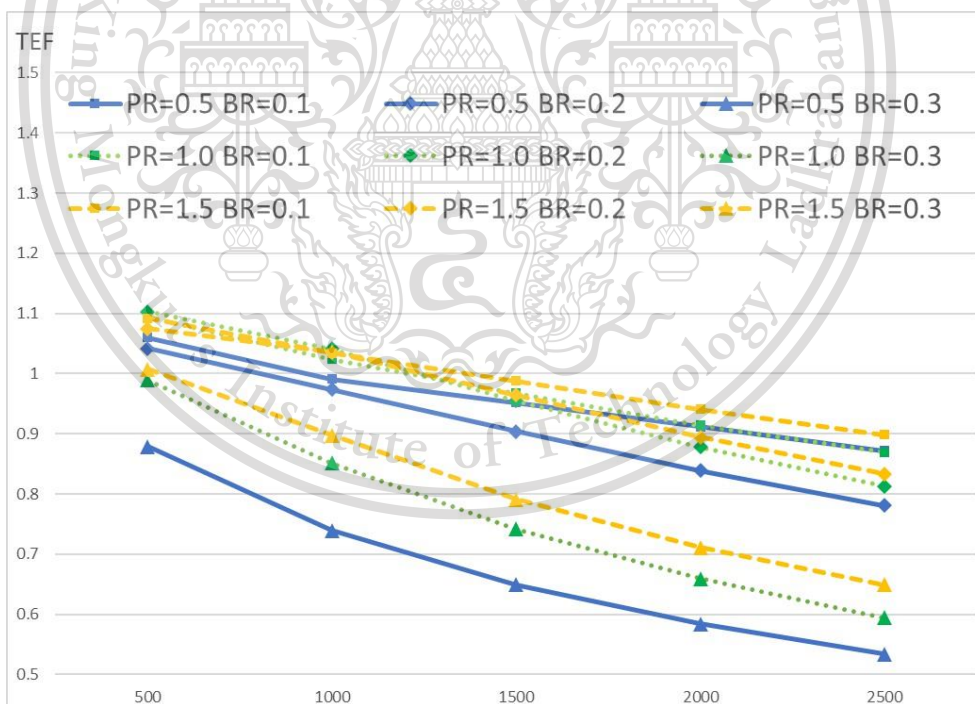
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(b)



(c)

รูปที่ 5.17 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนแต่ละมุมปะทะการไหลของแบบจำลองที่มีการติดตั้งแผ่นกันรูปตัวดับเบลิ (a) 30°; (b) 45°; (c) 60°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สามารถใช้กับกิจกรรมการเรียนรู้ของโรงเรียน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

5.5.3 อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตซ์ของแผ่นกั้น

สำหรับอิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตซ์ด้วยการติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัวดับเบิลวีมีแนวโน้มและลักษณะเดียวกับการติดตั้งด้วยแผ่นกั้นแบบเอียงและแผ่นกั้นรูปตัววี คือเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้น ตัวประกอบเสียดทานที่อัตราส่วนระยะพิตซ์ 0.5 จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่มากกว่าอัตราส่วนระยะพิตซ์ที่ 1.0 และ 1.5 ส่งผลให้สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่ใช้ค่าอัตราส่วนระยะพิตซ์ 0.5 มีค่าน้อยลงเมื่อมุมปะทะการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังรูปที่ 5.16 และ 5.17

5.6 อิทธิพลของรูปร่างของแผ่นกั้น

ทำการเปรียบเทียบรูปที่ 5.9, 5.12, 5.15 และ 5.10, 5.13, 5.16 พบว่าเมื่อแผ่นกั้นมีความหยักเพิ่มขึ้นจากแบบเอียงเป็นรูปตัววีและรูปตัวดับเบิลวี ของไหลจะมีกระแสหมุนวนที่แรงและปั่นป่วนมากขึ้น เลขนัสเซลมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น

5.7 อิทธิพลของเลขเรย์โนลด์

เมื่อเลขเรย์โนลด์มีค่าเพิ่มขึ้น ความเร็วของของไหลมีค่ามากขึ้นส่งผลให้ของไหลที่ชนผิวท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีความรุนแรงมากขึ้น เลขนัสเซลจึงมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับตัวประกอบเสียดทานจากสมการที่ 3-10 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเลขเรย์โนลด์หรือความเร็วของของไหลมีค่ามากขึ้น ตัวประกอบเสียดทานจะมีค่าลดลงเนื่องจากทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกันและสำหรับสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าน้อยลงเมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นเนื่องจาก f/f_0 มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราที่มากกว่า Nu/Nu_0 เมื่อเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบแบบจำลองของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการติดตั้งตัวสร้างความปั่นป่วนชนิดแผ่นกั้นในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ เลขเรย์โนลด์, มุมปะทะการไหล, อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น, อัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้นและรูปร่างของแผ่นกั้น สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เมื่อแผ่นกั้นมีความหยักเพิ่มขึ้นจากแบบเอียงเป็นรูปตัววีและรูปตัวดับเบิลวี ของไหลจะมีกระแสนวนวนที่แรงและปั่นป่วนมากขึ้น เลขนัสเซลมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น

2. มุมปะทะการไหลมีแนวโน้มเช่นเดียวกับรูปร่างของแผ่นกั้น คือเมื่อมุมปะทะการไหลเพิ่มขึ้น เลขนัสเซลมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.2 และ 0.3 แต่มีค่าที่ใกล้เคียงกันสำหรับอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 ตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้นสำหรับทุกอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้น

3. เมื่ออัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นเพิ่มขึ้น เลขนัสเซลและตัวประกอบเสียดทานมีค่าเพิ่มขึ้น

4. อิทธิพลของอัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้นจะมีความสัมพันธ์กับมุมปะทะการไหล โดยที่ยิ่งมุมปะทะการไหลมีค่ามากขึ้น อัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้น 0.5 จะมีอัตราการเพิ่มของตัวประกอบเสียดทานที่สูงกว่า อัตราส่วนระยะพิตช์ของแผ่นกั้น 1.0 และ 1.5

5. จากการทดลอง การเพิ่มขึ้นของอัตราการถ่ายเทความร้อนอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 2.21 เท่าและการเพิ่มขึ้นของตัวประกอบเสียดทานอยู่ในช่วง 1.1 ถึง 30.7 เท่า เทียบกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ไม่ได้ทำการติดตั้งตัวแผ่นกั้น

6. สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอยู่ที่กรณีรูปร่างแผ่นกั้นรูปตัววี มุมปะทะการไหล 45° อัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นที่ 0.1 และอัตราส่วนระยะพิตช์ที่ 1.5 ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.08 ถึง 1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. จากกราฟแสดงค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนพบว่า มีแนวโน้มที่แสดงว่าค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อแผ่นกั้นมีอัตราส่วนความสูงที่ลดลง เพราะฉะนั้นหากลดอัตราส่วนความสูงของแผ่นกั้นลงเป็น 0.075 หรือ 0.05 อาจจะสามารถเพิ่มค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้สูงขึ้นไปได้

2. จำนวนกริดเซลล์ที่ใช้ 160000 นั้นเป็นจำนวนที่ถูกเฉลี่ยอย่างทั่วถึงกันทั้งแบบจำลองของทุกแบบจำลองซึ่งหมายความว่าเมื่อแผ่นกั้นมีอัตราส่วนความสูงหรืออัตราส่วนระยะพิทช์เปลี่ยนไป จำนวนกริดเซลล์ ณ ตัวแผ่นกั้นก็อาจจะมีจำนวนที่แตกต่างออกไป ทำให้อาจจะเกิดความเบี่ยงเบนในการเปรียบเทียบผลการทดลองได้ แต่อาจจะไม่ได้มากนักเพราะโดยรวมยังมีแนวโน้มของผลการทดลองไปในทางเดียวกัน แต่หากทำการกำหนดจำนวนกริดเซลล์ที่แผ่นกั้นแต่ละกรณีให้มีค่าเท่ากันด้วยก็จะทำให้ได้ค่าที่มีความเบี่ยงเบนน้อยลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] B.W. Webb, S. Ramadhyani (1985). Conjugate heat transfer in a channel with staggered ribs, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 28(9), September 1985, pp. 1679 – 1687.
- [2] J.R. Lopez, N.K. Anand, L.S. Fletcher (1996). Heat transfer in a three-dimensional channel with baffles, *An International Journal of Computation and Methodology*, vol. 30(2), February 1996, pp. 189 – 205.
- [3] Y.T. Yang, C.Z. Hwang (2003). Calculation of turbulent flow and heat transfer in a porous-baffled channel, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 46(5), February 2003, pp. 771 – 780.
- [4] S.S. Mousavi, K. Hooman (2006). Heat and fluid flow in entrance region of a channel with staggered baffles, *Energy Conversion and Management*, vol. 47(15-16), September 2006, pp. 2011 – 2019.
- [5] S. Sripattanapipat, P. Promvong (2009). Numerical analysis of laminar heat transfer in a channel with diamond-shaped baffles, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 36(1), January 2009, pp. 32 – 38.
- [6] W. Jedsadaratanachai, S. Suwannapan, P. Promvong (2011). Numerical Study of Laminar Heat Transfer in Baffled Square Channel with Various Pitches, *Energy Procedia*, vol. 9, 2011, pp. 630 – 642.
- [7] P. Promvong, W. Jedsadaratanachai, S. Kwankaomeng, C. Thianpong (2012). 3D simulation of laminar flow and heat transfer in V-baffled square channel, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 39(1), January 2012, pp. 85 – 93.
- [8] S. Chamoli, N.S. Thakur (2013). Correlations for solar air heater duct with V-shaped perforated baffles as roughness elements on absorber plate, *International Journal of Sustainable Energy*, vol. 35(1), 2016, pp. 1 – 20.
- [9] S. Tamna, S. Skullong, C. Thianpong, P. Promvong (2014). Heat transfer behaviors in a solar air heater channel with multiple V-baffle vortex generators, *Solar Energy*, vol. 110, December 2014, pp. 720 – 735.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [10] P. Promvong, S. Tamna, M. Pimsarn, C. Thianpong (2015). Thermal characterization in a circular tube fitted with inclined horseshoe baffles, *Applied Thermal Engineering*, vol. 75, January 2015, pp. 1147 – 1155.
- [11] K. Wansaseub, N.Pholdee, S. Bureerat (2017). Optimal U-shaped baffle square-duct heat exchanger through surrogate-assisted self-adaptive differential evolution with neighbourhood search and weighted exploitation-exploration, *Applied Thermal Engineering*, vol. 118, May 2017, pp. 455 – 463.
- [12] H.E. Fawaz, M.T.S. Badawy, M.F. Abd Rabbo, A. Elfeky (2018). Numerical investigation of fully developed periodic turbulent flow in a square channel fitted with 45° in-line V-baffle turbulators pointing upstream, *Alexandria Engineering Journal*, vol. 57(2), June 2018, pp. 633 – 642.
- [13] C.E. Bansaci, A. Moummi, F.J. Sanchez de la Flor, E.A.R. Jara, A.R. Casado, A.R. Pardo (2020). Numerical and experimental study of the heat transfer and hydraulic performance of solar air heaters with different baffle positions, *Renewable Energy*, vol. 155, August 2020, pp. 1231 – 1244.
- [14] P. Promvong, S. Skullong (2020). Augmented heat transfer in tubular heat exchanger fitted with V-baffled tapes, *International Journal of Thermal Sciences*, vol.155, September 2020, 106429.
- [15] H. Bilirgen, S. Dunbar, E.K. Levy (2013). Numerical modeling of finned heat exchangers, *Applied Thermal Engineering*, vol. 61(2), November 2013, pp. 278 – 288.
- [16] Y.L. He, P. Chu, W.Q. Tao, Y.W. Zhang, T. Xie (2013). Analysis of heat transfer and pressure drop for fin-and-tube heat exchangers with rectangular winglet-type vortex generators, *Applied Thermal Engineering*, vol. 61(2), November 2013, pp. 770 – 783.
- [17] A. Sinha, H. Chattopadhyay, A.K. Iyengar, G. Biswas (2016). Enhancement of heat transfer in a fin-tube heat exchanger using rectangular winglet type vortex generators, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 101, October 2016, pp. 667 – 681.
- [18] A.A. Bhuiyan, A.K.M.S. Islam (2016). Thermal and hydraulic performance of finned-tube heat exchangers under different flow ranges: A review on modeling and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- experiment, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 101, October 2016, pp. 38 – 59.
- [19] M. Zeeshan, S. Nath, D. Bhanja, A. Das (2018). Numerical investigation for the optimal placements of rectangular vortex generators for improved thermal performance of fin-and-tube heat exchangers, *Applied Thermal Engineering*, vol. 136, May 2018, pp. 589 – 601.
- [20] A. Hosseini, M.A. Ghazani, M.D. Emami (2020). Experimental study and numerical simulation of thermal hydraulic characteristics of a finned oval tube at different fin configurations, *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 151, May 2020, 106255.
- [21] G. Lu, X. Zhai (2019). Effects of curved vortex generators on the air-side performance of fin-and-tube heat exchangers, *International Journal of Thermal Sciences*, vol. 136, February 2019, pp. 509 – 518.
- [22] Guide to Thermodynamics, Heat and Mass Transfer, and Fluids Engineering, *Heat Exchangers*, URL: <http://www.thermopedia.com/content/832/>, access on 13/09/2020.
- [23] Cengel Y. “Heat and Mass transfer – A practical approach” Third edition, McGraw Hill, 2006.
- [24] “การวิเคราะห์การเกิดความร้อนในยางคงรูปที่มีสารตัวเติมภายใต้สภาวะการเสีรูปแบบวงรอบโดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์” สถาพร วัจฉาย ชาญยุทธ โกลิตะวงษ์แลอริสรา ชัยกิตติรัตนานา : วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (The Journal of KMUTNB., Vol. 21, No. 1, Jan. - Apr. 2011)
- [25] ANSYS FLUENT 12.0 Theory Guide, *Evaluation of Gradients and Derivatives*, URL: <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/th/node368.htm>, access on 24/11/2020.
- [26] C.C. Wang, K.Y. Chi (2000). Heat transfer and friction characteristics of plain fin-and-tube heat exchangers, part I: new experimental data, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 43(15), August 2000, pp. 2681 – 2691.
- [27] C.C. Wang, K.Y. Chi, C.J. Chang (2000). Heat transfer and friction characteristics of plain fin-and-tube heat exchangers, part II: Correlation, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 43(15), August 2000, pp. 2693 – 2700.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.