

การศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับโครงสร้างการไหล, การถ่ายเทความร้อนและ
สมรรถนะเชิงความร้อนที่มีตัวแปรแตกต่างกันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
แบบครีบก้นและท่อ

NUMERICAL INVESTIGATION ON FLOW TOPOLOGY, HEAT TRANSFER
BEHAVIOR AND THERMAL PERFORMANCE WITH VARIOUS PARAMETERS OF
WAVY FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

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.



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.

การศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับโครงสร้างการไหล, การถ่ายเทความร้อนและ
สมรรถนะเชิงความร้อนที่มีตัวแปรแตกต่างกันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
แบบครีบก้นและท่อ

NUMERICAL INVESTIGATION ON FLOW TOPOLOGY, HEAT TRANSFER
BEHAVIOR AND THERMAL PERFORMANCE WITH VARIOUS PARAMETERS OF
WAVY FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

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.

NUMERICAL INVESTIGATION ON FLOW TOPOLOGY, HEAT TRANSFER
BEHAVIOR AND THERMAL PERFORMANCE WITH VARIOUS PARAMITERS OF
WAVY FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER



RUSSARIN VORRACHORDCHAITWEEPORN

RUWAIDA KHUMBORRISUTTI

WALANRAT BURANAWICHADKUL

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น 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.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับโครงสร้างการไหล, การถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อน
ที่มีตัวแปรแตกต่างกันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบบวกและท่อ

NUMERICAL INVESTIGATION ON FLOW TOPOLOGY, HEAT TRANSFER BEHAVIOR AND
THERMAL PERFORMANCE WITH VARIOUS PARAMITERS OF WAVY FIN-AND-TUBE
HEAT EXCHANGER

ผู้จัดทำ

1. รัศรินทร์ วรโชติชัยทวีพร รหัสประจำตัว 60010869
2. รุวัยดา ขำบริสุทธิ์ รหัสประจำตัว 60010872
3. วลัยชวีรัตน์ บุรณะวิเศษกุล รหัสประจำตัว 60010913

W. Jaisaranatanchai

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วิฑาดา เจษภูวรัตน์ชัย)

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.

การศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับโครงสร้างการไหล, การถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนที่มีตัวแปรแตกต่างกันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบก้นและท่อ

รัศรินทร์ วรโชติชัยทวีพร 60010869

รุยดา ขำบริสุทธิ์ 60010872

วลัญช์รัตน์ บุรณะวิเศษฐกุล 60010913

รศ.ดร.วิฑาดา เจษฎารัตนชัย อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันพลังงานความร้อนถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ผู้ทำการวิจัยจึงต้องการพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นตามไปด้วย ในงานวิจัยนี้จึงนำเสนอการศึกษาเชิงตัวเลขของโครงสร้างการไหล, พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบก้นและท่อที่ตัวแปรต่าง ๆ มีการพิจารณาอิทธิพลของรูปร่างของครีบก้นต่อพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนสำหรับช่วงค่าเลขเรย์โนลด์ 500 – 2500 (ช่วงการไหลราบเรียบ) งานวิจัยนี้มีการหาผลเฉลยด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มโดยใช้อัลกอริทึมแบบ SIMPLE มีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองเชิงตัวเลขของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบผิวหยักและท่อทั้งค่าเลขนัสเซลต์และสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานในส่วนของการศึกษาเบื้องต้น ผลที่ได้จากการศึกษาเชิงตัวเลขจะถูกนำเสนอในรูปของลักษณะการไหล, โครงสร้างการถ่ายเทความร้อนและการประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนในส่วนทดสอบ จากผลการทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่า ค่าการเบี่ยงเบนระหว่างผลการศึกษาเชิงตัวเลขและผลที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 9% และ 2% สำหรับค่าเลขนัสเซลต์และค่าตัวประกอบเสียดทาน ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิจัยพบว่าค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลต์ที่มากที่สุดคือประมาณ 23.18 ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 2500 และค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนที่สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.22 ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500

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 INVESTIGATION ON FLOW TOPOLOGY, HEAT TRANSFER BEHAVIOR AND THERMAL PERFORMANCE WITH VARIOUS PARAMETERS OF WAVY FIN-AND-TUBE HEAT EXCHANGER

RUSSARIN VORRACHORDCHAITWEEPORN 60010869

RUWAIDA KHUMBORRISUTTI 60010872

WALANRAT BURANAWICHADKUL 60010913

Assoc.Prof.Dr. Withada Jedsadaratanachai Advisor

Year 2020

ABSTRACT

Nowadays, heat energy is greatly used in industrial applications. Therefore, improving heat transfer behavior and thermal performance is beneficial to the economy for cost reduction and increases production. Numerical investigations on flow topology, heat transfer behavior, and thermal performance with various parameters of a wavy fin-and-tube heat exchanger are presented. The influences of wavy-fin configuration on flow and heat transfer mechanisms are considered for the Reynolds number around 500 – 2500 (laminar regime). The finite volume method with the SIMPLE algorithm is selected to solve the present study. For the preliminary study, the computational domain of the wavy fin-and-tube heat exchanger is validated on both Nusselt number and friction factor. The numerical results will be reported in terms of flow configuration, heat transfer structure, and thermal performance assessment in the testing section. As the validating result, the deviations between the numerical results and the experimental results are found to be around 9% and 2% for the Nusselt number and friction factor, respectively. Additionally, the maximum Nusselt number ratio in the tested section is found to be around 23.18 at $Re = 2500$ and thermal enhancement factor is about 1.22 at $Re = 500$.

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

วิทยานิพนธ์เรื่องการศึกษาเชิงตัวเลขสำหรับโครงสร้างการไหล, การถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนที่มีตัวแปรแตกต่างกันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบหยักและท่อเล่มนี้คงไม่อาจสำเร็จลุล่วงด้วยดีได้ หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและการร่วมมือจากหลายฝ่าย

บุคคลแรกที่ต้องกล่าวขอบคุณคืออาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วิฑาดา เจษฎารัตนชัย เพราะมีความสำคัญที่สุดที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ขอขอบคุณสำหรับการให้คำปรึกษา การให้ความรู้ใหม่ และทบทวนความรู้เดิม รวมไปถึงความกรุณา ความอนุเคราะห์ และการดูแลเอาใจ ทั้งหมดนี้เป็นสิ่งที่ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบคุณกรรมการคุมสอบทุกท่านที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติม ซึ่งให้เห็นข้อดีและข้อผิดพลาด รวมไปถึงแนวทางในการแก้ไข ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้การสนับสนุนทางการศึกษา คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

ใคร่ขอขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่ได้กล่าวมาอย่างสุดซึ้ง รวมทั้งบุคคลผู้มีพระคุณท่านอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงที่มีส่วนเกี่ยวข้องในความสำเร็จของวิทยานิพนธ์มา ณ ที่นี้ด้วย

รัศรินทร์

วรโชติชัยทวีพร

รุ้ยดา

ข้าบวิสุทธิ

วลัญชรัตน์

บูรณะวิเชษฐกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
รายการสัญลักษณ์.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิธีดำเนินการวิจัย.....	14
3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	14
3.1.1 สมการควบคุมและสมมติฐาน.....	14
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	15
3.2.1 กำหนดเงื่อนไขขอบในการคำนวณการไหลสามมิติ.....	15
3.2.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา.....	15
3.2.3 การกำหนดลักษณะของปัญหาที่ต้องการศึกษา.....	16
3.2.3.1 ศึกษาอิทธิพลของรูปร่างของครีบคลื่น.....	16
3.2.3.2 ศึกษาอิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบคลื่น.....	18
3.2.3.3 ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการวางการไหล.....	20
3.2.4 การตรวจสอบขอบเขตการคำนวณ.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ 3.2.4.1 การตรวจสอบหาจำนวนกริดอิสระ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วย 21

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม.....	21
บทที่ 4 ผลการศึกษาการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อน.....	23
4.1 อิทธิพลของรูปร่างของครีบลิ้น.....	23
4.1.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน.....	23
4.1.2 ความดันตกคร่อม.....	28
4.1.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน.....	32
4.2 อิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบลิ้น.....	35
4.2.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน.....	35
4.2.2 ความดันตกคร่อม.....	39
4.2.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน.....	39
4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนการขวางการไหล.....	42
4.3.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน.....	42
4.3.2 ความดันตกคร่อม.....	44
4.3.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน.....	44
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	48
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	48
5.1.1 อิทธิพลของรูปร่างของครีบลิ้น.....	48
5.1.2 อิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบลิ้น.....	48
5.1.3 อิทธิพลของอัตราส่วนการขวางการไหล.....	49
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	49
เอกสารอ้างอิง.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์, หน่วย และค่าของตัวแปรต่าง ๆ.....XI



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 3.1 รูปร่างของครีบบีเยง และหน่วยทดสอบ.....	16
รูปที่ 3.2 รูปร่างของครีบบี VD และหน่วยทดสอบ.....	17
รูปที่ 3.3 รูปร่างของครีบบี VU และหน่วยทดสอบ.....	17
รูปที่ 3.4 รูปร่างของครีบบี WD และหน่วยทดสอบ.....	17
รูปที่ 3.5 รูปร่างของครีบบี WU และหน่วยทดสอบ.....	18
รูปที่ 3.6 ครีบบีคลีนรูปแบบต่าง ๆ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศา.....	18
รูปที่ 3.7 ครีบบีคลีนรูปแบบต่าง ๆ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศา.....	19
รูปที่ 3.8 ครีบบีคลีนรูปแบบต่าง ๆ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศา.....	19
รูปที่ 3.9 ครีบบีเยงแผ่นบนใน 1 หน่วยทดสอบ.....	20
รูปที่ 3.10 มุมข้างของครีบบีเยงที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบี.....	20
รูปที่ 3.11 มุมข้างของครีบบีเยงที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบบี.....	20
รูปที่ 3.12 มุมข้างของครีบบีเยงที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบบี.....	20
รูปที่ 3.13 การเปรียบเทียบระหว่างผลเฉลยจากการทดลองและผลเฉลยจากการคำนวณเชิงตัวเลข.....	22
รูปที่ 4.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบบีคลีน ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500, มุมปะทะการไหล 60 องศา และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบี สำหรับ (ก) Inclined (ข) VD (ค) VU (ง) WD (จ) WU.....	23
รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อของแผ่นครีบบีคลีน ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500, มุมปะทะการไหล 60 องศา และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบี สำหรับ (ก) Inclined (ข) VD (ค) VU (ง) WD (จ) WU.....	24
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลล์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบบีคลีน 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบี.....	25
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลล์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบบีคลีน 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบบี.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	26
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	26
รูปที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	27
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	27
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	27
รูปที่ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	28
รูปที่ 4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนี้สเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่ มุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่าง ครีบก้อน.....	28
รูปที่ 4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบก้อน 5 รูปแบบ ที่มุม ปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบก้อน.....	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	30
รูปที่ 4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	31
รูปที่ 4.15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	32
รูปที่ 4.16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	32
รูปที่ 4.17	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	33
รูปที่ 4.18	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	33
รูปที่ 4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	33
รูปที่ 4.20	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	34
รูปที่ 4.21	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	34
รูปที่ 4.22	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	34
รูปที่ 4.23	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบอกลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบอกลิ้น.....	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.24	การกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบก้อนแบบเอียง ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500 และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ สำหรับมุมปะทะการไหล (ก) 30 องศา (ข) 45 องศา (ค) 60 องศา.....	36
รูปที่ 4.25	การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อของแผ่นครีบก้อนแบบเอียง ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500 และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ สำหรับมุมปะทะการไหล (ก) 30 องศา (ข) 45 องศา (ค) 60 องศา.....	37
รูปที่ 4.26	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลล์และค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3 ขนาด บนครีบก้อนที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่างๆ.....	38
รูปที่ 4.27	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3 ขนาด บนครีบก้อนที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่าง ๆ.....	40
รูปที่ 4.28	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า <i>TEF</i> และค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3 ขนาด บนครีบก้อนที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่าง ๆ.....	41
รูปที่ 4.29	การกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบก้อน WD ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 1000 และมุมปะทะการไหล 45 องศา สำหรับอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ.....	42
รูปที่ 4.30	การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อของแผ่นครีบก้อน WD ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 1000 และมุมปะทะการไหล 45 องศา สำหรับอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ.....	43
รูปที่ 4.31	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลล์และค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหล 3 ค่า บนครีบก้อนที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ.....	45
รูปที่ 4.32	ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหล 3 ค่า บนครีบก้อนที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ.....	46
รูปที่ 4.33	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า <i>TEF</i> และค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหล 3 ค่า บนครีบก้อนที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

X

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

รายการสัญลักษณ์

ตัวแปร	สัญลักษณ์/หน่วย	ค่า
ความกว้างของหน่วยทดสอบ	B / มิลลิเมตร	12.7
ความยาวของหน่วยทดสอบ	L / มิลลิเมตร	64.4
ความยาวแกนเอกของท่อรูปวงรี	R_a / มิลลิเมตร	6.28
ความยาวแกนโทของท่อรูปวงรี	R_b / มิลลิเมตร	3.77
ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวยาว	P_l / มิลลิเมตร	22
ระยะห่างระหว่างท่อตามแนวขวาง	P_s / มิลลิเมตร	25.4
ความหนาของครีป	F_t / มิลลิเมตร	0.33
ระยะห่างระหว่างครีป	F_p / มิลลิเมตร	3.2
จำนวนแถวของท่อ	n	3
เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิก	D_h / มิลลิเมตร	3.63
อุณหภูมิผิว	T_w / เคลวิน	300
อุณหภูมิของอากาศที่ทางเข้า	T_{in} / เคลวิน	340
ความเร็วทางเข้า	U_{in} / เมตรต่อวินาที	1.3 – 6.5

ตารางที่ 1 สัญลักษณ์, หน่วย และค่าของตัวแปรต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันพลังงานความร้อนมีความสำคัญและได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก กอปรกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในโลก จึงส่งผลให้มีความต้องการในด้านพลังงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่ความต้องการมีเพิ่มมากขึ้นอย่างไม่จำกัด พลังงานกลับมีอยู่อย่างจำกัดและมีปริมาณน้อยลงทุกที ไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ จึงส่งผลให้ประชากรโลกต้องหาพลังงานหมุนเวียนมาทดแทน ซึ่งพลังงานความร้อนถูกนับว่าเป็นหนึ่งในทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง จากสรุปสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยเดือนมกราคมถึงธันวาคม พุทธศักราช 2562 โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน [1] เรื่องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย แสดงให้เห็นว่าพลังงานความร้อนที่เป็นหนึ่งในพลังงานหมุนเวียนถูกนำมาใช้ถึงร้อยละ 10.22 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด ซึ่งมากที่สุดในการบรรดาพลังงานทดแทนอีกด้วย พลังงานความร้อนถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่และขนาดย่อม หากเราสามารถพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นได้ จะสามารถลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มผลผลิตให้มากขึ้นตามไปด้วย จะเห็นได้ว่าการพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อน นอกจากจะเป็นการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่าแล้ว ยังเป็นการประหยัดงบประมาณในการผลิตอีกด้วย สำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ทั่วไปในเชิงอุตสาหกรรมมีหลากหลายประเภท ยกตัวเช่น เครื่องควบแน่นของเครื่องปรับอากาศ เครื่องระเหย เครื่องอุ่น หม้อน้ำรถยนต์ ฯลฯ ซึ่งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเหล่านี้ ส่วนใหญ่ใช้หลักการการพาความร้อนระหว่างของไหลร้อนและของไหลเย็น

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีหน้าที่สำคัญคือการนำพลังงานความร้อนมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด การพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่พบได้ทั่วไปมีด้วยกันหลากหลายชนิด ซึ่งในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ (fin-and-tube) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ จะใช้หลักการพาความร้อน โดยที่ของไหลร้อนจะไหลอยู่ภายในท่อและถูกระบายความร้อนผ่านผนังของท่อที่มีครีบสำหรับเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลกับอัตราการถ่ายเทความร้อน

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.

และสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีด้วยกันหลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น รูปร่างของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน, พื้นผิวของครีบแบบหยัก, มุมปะทะการไหลของผิวครีบคลื่น, ตัวสร้างการไหลปั่นป่วนที่ทางเข้า, จำนวนท่อแลกเปลี่ยนความร้อน, การจัดวางท่อแลกเปลี่ยนความร้อน และความสูงของผิวคลื่น แม้ในปัจจุบันจะมีผู้ทำการวิจัยและพัฒนาการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนไปแล้วมากมาย แต่งานวิจัยอื่นมักมาในรูปแบบของการเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนเพียงหนึ่งหรือสองปัจจัยเท่านั้น ซึ่งผู้ทำวิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการศึกษาผลรวมของหลายปัจจัย ทั้งรูปร่างของครีบคลื่น, มุมปะทะการไหลของผิวครีบคลื่น และอัตราส่วนการขวางการไหล เพื่อให้ได้ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนที่ดีที่สุด

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ
2. เพื่อพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ โดยการปรับปรุงผิวครีบ
3. เพื่อศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการไหล, การถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

เมื่อทำการวิจัยและพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อแล้ว ผู้ทำวิจัยได้มีความคาดหวังต่อผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. รูปแบบของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ให้อัตราการถ่ายความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนได้ดีที่สุด คาดว่าจะเป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่รูปร่างของครีบคลื่นมีจำนวนหยักมาก เพราะจะได้มีการรบกวนการไหลมากขึ้น, มุมปะทะของผิวครีบคลื่นมีขนาดกว้าง เนื่องจากทิศทางการไหลจะถูกเบี่ยงเบนไปน้อยกว่า จึงส่งผลให้ความดันตกคร่อมมีค่าน้อย และครีบคลื่นมีอัตราส่วนการขวางการไหลมาก ซึ่งอัตราการขวางการไหลที่มากขึ้นจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การไหลของอากาศเกิดการกระแทกมากขึ้น เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการไหล, การถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อน ได้แก่ รูปร่างของครีบบลิ่ง, มุมปะทะของผิวครีบบลิ่ง และอัตราส่วนการขวางการไหล

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาโดยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข
2. ศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการไหล, การถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบลิ่งและท่อ ที่มีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนรูปร่างจำนวน 3 ท่อ จัดวางแบบเยื้องกัน ประกอบด้วย
 - รูปร่างของครีบบลิ่ง (ครีบบนเอียง หรือ Inclined, ครีบบรูปตัววีที่มีทิศการไหลแบบ ปลายวีชี้ตามกระแสการไหล หรือ V-downstream (VD), ครีบบรูปตัววีที่มีทิศการไหลแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหล upstream หรือ V-upstream (VU), ครีบบรูปตัวดับเบิลวีที่มีทิศการไหลแบบปลายดับเบิลวีชี้ตามกระแสการไหล หรือ W-downstream (WD), ครีบบรูปตัวดับเบิลวีที่มีทิศการไหลแบบปลายดับเบิลวีชี้ทวนกระแสการไหล หรือ W-upstream (WU))
 - มุมปะทะการไหลของผิวครีบบลิ่ง (30, 45, 60 องศา)
 - อัตราส่วนการขวางการไหล (ร้อยละ 30, 35, 40 ของระยะห่างระหว่างครีบบ)
3. ศึกษาในช่วงการไหลราบเรียบที่ค่าเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) 500 ถึง 2500

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบลิ่งและท่อ
2. กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต และวางแผนการศึกษา
3. ศึกษาและฝึกฝนโปรแกรมที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัย ทั้งเบื้องต้นและขั้นสูง
4. สร้างแบบจำลองตามกรณีต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา
5. ทดสอบความถูกต้องของแบบจำลองและผลเฉลยแม่นยำตรง (exact solution)
6. บันทึกและวิเคราะห์ผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลอง
7. สรุปผลการศึกษาและทำรูปเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ ถูกใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ อุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น อุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมแผ่นสร้างความร้อนอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมเคมี ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างมาก ในอดีตที่ผ่านมาผู้วิจัยหลายท่านที่พยายามจะพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยการปรับปรุงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของครีบบ การวางตัวของท่อ รูปร่างของท่อ ติดตั้งตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนชนิดต่าง ๆ มุมปะทะการไหลของผิวครีบบ และอื่น ๆ ซึ่งผู้ทำวิจัยส่วนใหญ่ก็ได้เลือกใช้วิธีการสร้างแบบจำลองและวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขมาใช้ในการศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนให้ดียิ่งขึ้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนที่ผู้วิจัยและพัฒนานิยมปรับปรุงกันมาก นั่นคือการติดตั้งตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วน ไม่ว่าจะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วน รูปร่างของตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนที่แตกต่างกัน หรือความต่างของขนาดตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนก็ถูกนำมาเป็นตัวแปรในการปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแล้วทั้งสิ้น

Väläkangas et al. [2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Fin-and-tube heat exchanger enhancement with a combined herringbone and vortex generator design” ซึ่งทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ ด้วยการทำงานร่วมกันของครีบบก้างปลาและตัวสร้างการไหลปั่นป่วน ตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนถูกใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการพัฒนาสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับการวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงให้เห็นถึงผลของตัวสร้างการไหลปั่นป่วนชนิดครีบบและท่อที่มีครีบบก้างปลาและจะศึกษาในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 1354 – 6157 ผลของการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวสร้างการไหลปั่นป่วนไม่เพียงแต่จะเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น แต่ยังคงมีการลดทอนของข้อมูลได้อีกด้วย ตัวสร้างการไหลปั่นป่วนที่มีความยาว
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.

เท่ากับครึ่งหนึ่งของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อและมีความสูงในทิศเดียวกับการไหล 0.6 เท่าของระยะห่างระหว่างครีบจะให้ประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.23 เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วน

Modi et al. [3] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Thermal performance augmentation of fin-and-tube heat exchanger using rectangular winglet vortex generators having circular punched holes” ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ โดยใช้ตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมที่มีรูรูวงกลมในการวิจัยนี้จะศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแบบ 3 มิติ ที่ค่าเลขเรย์โนลด์อยู่ในช่วง 400 – 2000 โดยการเปรียบเทียบกรณีที่มีตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมไม่มีและมีรูรูวงกลมโดยเปรียบเทียบระหว่าง 0, 1, 2, 4 และ 6 รู จากการทดลองเห็นได้ว่าตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมที่มีรูรูวงกลมจะสามารถพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้จริง ตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมที่มีรูรูวงกลม 6 รูจะให้ประสิทธิภาพดีกว่ากรณีอื่น ๆ ค่าเลขนัสเซิลต์ของตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมที่มีรูรูวงกลม 6 รูจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 45.95 และ 57.37 ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 400 และ 2000 อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจะลดลงประมาณร้อยละ 13.81

Gupta et al. [4] ทำการวิจัยเรื่อง “Numerical investigation towards implementation of punched winglet as vortex generator for performance improvement of a fin-and-tube heat exchanger” ซึ่งใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อด้วยการใช้ตัวสร้างการไหลปั่นป่วนชนิดปีก การสร้างแบบจำลองด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นถึงการทำงานของตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมที่ถูกปั๊มขึ้นรูปบนผิวครีบ, การถ่ายเทความร้อนและตัวต้านทานการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อซึ่งจะศึกษาในช่วงการไหลที่มีค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 1500 – 9000 และมีมุมปะทะเท่ากับ 45 องศา จากผลการศึกษาพบว่าการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 34 สำหรับกรณีตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสี่เหลี่ยมที่ถูกปั๊มขึ้นรูปบนผิวครีบและถูกเจาะรูด้วย

อีกหนึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนที่ได้มีการปรับปรุงและพัฒนากันไปแล้วก็คือขนาดของมุมปะทะการไหลของผิวครีบ

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.

Zeeshan et al. [5] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Numerical investigation on the performance of fin and tube heat exchanger using rectangular vortex generators” ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจเชิงตัวเลขแบบสามมิติ เพื่อสำรวจผลของมุมปะทะที่มีต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อน ศึกษาในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 – 900 ผลการศึกษาพบว่ามุมปะทะการไหลเท่ากับ 5 องศา จะให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.70 ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.73 ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 900 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรณีศึกษา

ข้อสังเกตประการหนึ่งคือการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วน มักทำควบคู่ไปกับการเปรียบเทียบขนาดของมุมปะทะการไหลของผิวครีบ และในบางงานวิจัยอาจมีการเปรียบเทียบผลของตัวแปรอื่นร่วมด้วย เช่น ระยะห่างของปลายตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนและเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อตามแนวขวาง จำนวนท่อแลกเปลี่ยนความร้อน จำนวนแถวของท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดของครีบ เป็นต้น

Jedsadaratanachai and Boonloi [6] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง “Thermal performance assessment in fin-and-oval-tube heat exchanger with delta winglet vortex generators” ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อรูปวงรีที่ติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสามเหลี่ยม โดยจะศึกษาในช่วงการไหลราบเรียบคือช่วงที่มีค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 – 2500 จากการวิจัยพบว่าติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนสามารถพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนได้โดยการสร้างการไหลหมุนวนในช่องการไหลเหนือทางเข้า การถ่ายเทความร้อนและค่าความดันตกจะมีค่าสูงกว่าครีบแบบปกติในทุกกรณีศึกษา การเพิ่มมุมปะทะการไหลส่งผลให้มีการเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนและเกิดแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยอัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.15 - 1.55 เท่าและแรงเสียดทานจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.5 - 3.4 เท่าเมื่อเทียบกับครีบในกรณีปกติ และกรณีที่มีค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 2500, ระยะทางจากปลายตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสามเหลี่ยมถึงจุดศูนย์กลางของท่อรูปวงรีเท่ากับ 5.77 มิลลิเมตร และมุมปะทะการไหลเท่ากับ 15 องศา จะมีสมรรถนะเชิงความร้อนประมาณ 1.12 ซึ่งถือเป็นค่าที่มากที่สุด

Chu et al. [7] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง “Three-dimensional numerical study on fin-and-oval-tube heat exchanger with longitudinal vortex generators” ศึกษาเกี่ยวกับระเบียบวิธีเชิง

ตัวเลขแบบสามมิติของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อรูปวงรีที่มีตัวสร้างการไหลปั่นป่วน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ตามแนวยาวโดยจะศึกษาในช่วงการไหลราบเรียบคือช่วงที่มีค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 – 2500 พบว่า
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.

ค่าเลขนัสเซิลต์เฉลี่ยสำหรับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อรูปวงรีแบบ 3 แถวที่ติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนตามแนวยาวจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.6 - 32.9 เมื่อเทียบกับกรณีปกติ และค่าความดันตกคร่อมจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.2 - 40.6 นอกจากนี้ยังยืนยันได้ว่าการลดมุมระหว่างสนามความเร็วและสนามความร้อนจะสามารถเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนได้จริง และกรณีที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดคือกรณีที่ติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนในทิศเดียวกับทิศทางการไหล, มุมปะทะการไหลเท่ากับ 30 องศาและมีจำนวนท่อเท่ากับ 2 ท่อ

Li et al. [8] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Air side heat transfer enhancement using radiantly arranged winglets in fin-and-tube heat exchanger” ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อด้วยการติดตั้งตัวไหลปั่นป่วนชนิดปีกในแนวรัศมี การเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนมีจุดประสงค์เพื่อลดการใช้กำลังของปั๊ม, ประหยัดและอื่น ๆ ในการวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งปีกในแนวรัศมีรอบท่อเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนผลการศึกษาดูการสร้างแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าค่าแฟคเตอร์ j (j -factor) และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเพิ่มขึ้นตามจำนวนของตัวสร้างการไหลปั่นป่วน โครงสร้างของครีบจะให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนทั้งเหนือลมและใต้ลม และเมื่อเพิ่มความยาวของตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วนค่าแฟคเตอร์ j จะลดลงและประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีท่อ 5 แถวจะดีกว่าแบบอื่นเมื่อความหนาของครีบ, เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ, ค่าพิตซ์ของครีบและค่าพิตซ์ของท่อเท่ากัน

Kea et al. [9] ทำการวิจัยเรื่อง “Thermal-hydraulic performance and optimization of attack angle of delta winglets in plain and wavy finned-tube heat exchangers” ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนและมุมปะทะที่เหมาะสมของตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสามเหลี่ยมในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีครีบแบบปกติและแบบครีบคลื่น งานวิจัยนี้จะศึกษาเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีจำนวนแถวของท่อเป็น 3 แถวซึ่งมุมปะทะที่พิจารณาคือ 15 - 75 องศา และค่าเลขเรย์โนลด์อยู่ในช่วง 500 - 1300 จากผลการศึกษาจะแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสามเหลี่ยมบนครีบปกติและครีบคลื่นจะสามารถเพิ่มการถ่ายเทความร้อนได้และในขณะเดียวกันก็จะเพิ่มสัมประสิทธิ์ความเสียดทานไปด้วย ผลการทดลองจะเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยปริมาตรและกำลังงานของปั๊มต่อหน่วยปริมาตรประสิทธิภาพของตัวสร้างการไหลปั่นป่วนรูปสามเหลี่ยมในครีบคลื่นจะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 12.5 และ 7.41 ตามลำดับ ในส่วนของครีบแบบปกติจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.7 และ 6.93 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และจะนำออกจากการศึกษาเท่านั้น 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.

การปรับปรุงครีบบนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อถือเป็นการการวิจัยและพัฒนาที่นิยมทำกันมาก ทั้งการออกแบบครีบบรูปแบบใหม่ การปรับปรุงครีบบรูปแบบเดิมให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นด้วยการเปรียบเทียบจำนวนคลื่นของครีบบคลื่น การเจาะช่องบนแผ่นครีบบคลื่น การเปรียบเทียบขนาดของครีบบ การเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างครีบบ เพื่อนำไปวิเคราะห์ให้ได้มาซึ่งอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนที่ดีที่สุด

Abu-Hamdeh et al. [10] ทำการวิจัยเรื่อง “Heat transfer optimization through new form of pin type of finned tube heat exchangers using the exergy and energy analysis” ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของครีบบชนิดหมุดรูปแบบใหม่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อโดยวิเคราะห์ด้วยเอ็กเซอร์จีและพลังงาน ซึ่งการวิจัยนี้ได้ศึกษาในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน หลังจากทำการวิเคราะห์เอ็กเซอร์จีและพลังงานแล้ว พบว่า 3 ตัวแปรที่สนใจประกอบด้วยประสิทธิภาพเชิงความร้อน, การสูญเสียเอ็กเซอร์จี และงานแบบไร้มิติ ซึ่งค่าที่เหมาะสมที่สุดของการสูญเสียเอ็กเซอร์จีอยู่ที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 8333, ค่าเลขพรีนด์เทิลเท่ากับ 10.63 และค่าพิทซ์ที่เหมาะสมเท่ากับ 3.52 มิลลิเมตร

Singh et al. [11] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Implications of fin profiles on overall performance and weight reduction of a fin-and-tube heat exchanger” ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับรูปร่างของครีบบและการลดลงของน้ำหนักของครีบบในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ โดยจะศึกษาในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อที่มีการไหลไขว้แบบสมมาตรและจะศึกษาในช่วงการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งค่าเลขเรย์โนลด์จะอยู่ในช่วง 5000 ถึง 13,000 รูปร่างของครีบบที่ศึกษาจะมีด้วยกันสองกรณี กรณีที่ 1 คือความหนาของฐานครีบบคงที่และกรณีที่ 2 จะมีการปรับเปลี่ยนขนาดของฐานครีบบ ซึ่งรูปร่างอ้างอิงของครีบบจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ผลการศึกษาพบว่าสามารถพัฒนาประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ประมาณร้อยละ 6.76 และ 17.33 นอกจากนี้ยังสามารถลดน้ำหนักของครีบบลงได้ร้อยละ 27.58 และ 6.82 เมื่อเปลี่ยนค่า aspect ratio จาก 1.0 เป็น 0.1 สำหรับกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ตามลำดับ (ค่า aspect ratio คือ ความหนาของปลายครีบบต่อความหนาของฐานครีบบ)

Sadeghianjahromi et al. [12] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Heat transfer enhancement of wavy fin-and-tube heat exchangers via innovative compound designs” ศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ จากการศึกษาพบว่า
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.

การเพิ่มความสูงของวอฟเฟิลจะลดค่าความต้านทานความร้อน แต่การลดลงของความดันนั้นยังมีค่ามากขึ้น ค่าแนะนำของความสูงของวอฟเฟิลควรน้อยกว่าค่าพิทช์ของครีบหรือที่มุมรอยต่อควรน้อยกว่า 15 องศา การเพิ่มความสูงของวอฟเฟิลจาก 0.95 มิลลิเมตร เป็น 1.4 มิลลิเมตร (เท่ากับค่าพิทช์) สามารถลดความต้านทานความร้อนได้ร้อยละ 6 และ 4 สำหรับกำลังงานของปั๊มเท่ากับ 0.001 วัตต์และ 0.005 วัตต์ตามลำดับ การเจาะช่องด้านบนของชิ้นส่วนใต้ลม สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของครีบคลื่น โดยช่องที่มีความกว้าง 1 มิลลิเมตรและความยาว 8 มิลลิเมตร สามารถลดความต้านทานความร้อนได้ร้อยละ 7 และ 6 สำหรับกำลังงานของปั๊มเท่ากับ 0.001 วัตต์ และ 0.005 วัตต์ตามลำดับ ผลของการเพิ่มความกว้างของช่องที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนนั้นมีเพียงเล็กน้อย แต่ในทางกลับกัน การเพิ่มความยาวของช่องจะมีประสิทธิภาพมากกว่า ช่องที่มีความกว้าง 1 มิลลิเมตรและความยาว 12 มิลลิเมตร สามารถลดความต้านทานความร้อนลงร้อยละ 10 สำหรับกำลังงานของปั๊มเท่ากับ 0.001 วัตต์ และลดลงร้อยละ 8 สำหรับกำลังงานของปั๊มเท่ากับ 0.005 วัตต์

Gholamia et al. [13] ทำการวิจัยเรื่อง “Parametric design exploration of fin-and-oval tube compact heat exchangers performance with a new type of corrugated fin patterns” ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อรูปวงรี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยการใช้ครีบลูกฟูกรูปแบบใหม่ ผลการศึกษาด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่าการปรับแต่งให้ครีบเป็นแบบลูกฟูกสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนให้กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้จริง และนอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นอีกว่าค่า η - factor ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีครีบลูกฟูก 1 คลื่น มีค่ามากกว่าทุกกรณีศึกษา ค่า η - factor ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มี 1 คลื่น, 2 คลื่น และ 3 คลื่น มีค่าเท่ากับร้อยละ 36.0, 13.3 และ 20.9 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีครีบลูกฟูกแบบ 1 คลื่นนั้นจะให้สมรรถนะเชิงความร้อนที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับแบบ 2 คลื่นและ 3 คลื่น

Ungera et al. [14] ทำการทดลองเรื่อง “Experimental study on the air-side thermal-flow performance of additively manufactured heat exchangers with novel fin designs” ซึ่งเกี่ยวกับประสิทธิภาพการไหลของความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการออกแบบครีบใหม่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้จะใช้ท่อรูปวงรีที่มีครีบปกติแบบกลม, ครีบหมุดแบบกลม และครีบหมุดแบบขอบฟันเลื่อย โดยจะศึกษาในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์ที่แตกต่างกัน ซึ่งอยู่ในช่วง 1800 และ 7000 และระยะห่างของครีบอยู่ในช่วง 6 มิลลิเมตร ถึง 16 มิลลิเมตร จากผลการทดลองพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนในสถานศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ในการค้า
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.

เลขนัสเซลล์ ค่าเลขพรินด์เทิล และการลดลงของสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจะเกิดขึ้นเมื่อระยะห่างครีบบเพิ่มขึ้น ครีบบวมดแบบกลมจะมีค่าเลขนัสเซลล์สูงกว่า เมื่อเทียบกับครีบบกติแบบกลมในทุก ๆ ค่าเลขเรย์โนลด์และทุก ๆ ระยะห่างของครีบบ ค่าเลขนัสเซลล์สูงสุดในขณะที่สัมประสิทธิ์ความเสียดทานมีค่ากลาง ๆ พบได้ในครีบบวมดแบบขอบฟันเลื่อย อย่างไรก็ตามครีบบวมดแบบขอบฟันเลื่อยมีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 30.3 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่น้อยที่สุดตามพื้นผิวครีบบ จากการพิจารณาประสิทธิภาพการไหลของความร้อนพบว่าครีบบวมดแบบกลมจะให้ประสิทธิภาพได้ดีที่สุดเมื่อเทียบอีกสองแบบที่เหลือ โดยที่การไหลของพลังงานความร้อนเชิงปริมาตรสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.72 กิโลวัตต์ต่อลูกบาศก์เมตรเคลวิน ซึ่งถูกพบในครีบบวมดแบบกลมที่มีระยะห่างของครีบบน้อยที่สุด

Hashem-ol-Hosseini et al. [15] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Experimental study and numerical simulation of thermal hydraulic characteristics of a finned oval tube at different fin configurations” ซึ่งศึกษาจากการทำแบบจำลองหลาย ๆ แบบเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบจากความยาวครีบบ, ระยะห่างระหว่างครีบบและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อที่แตกต่างกัน ได้ผลสรุปว่าระยะห่างระหว่างครีบบที่เหมาะสมที่สุดคือ 1 มิลลิเมตรสำหรับทุกขนาดท่อและความยาวครีบบเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์ต่ำ ส่วนในขณะค่าเลขเรย์โนลด์สูงระยะห่างระหว่างครีบบที่เหมาะสมที่สุดคือ 3 หรือ 4 มิลลิเมตรเป็นตัวเลือกที่ดีกว่าเมื่อพิจารณาที่ความยาวครีบบด้วยนั้น ครีบบสั้นที่มีระยะห่างระหว่างครีบบ 3 หรือ 4 มิลลิเมตรนั้นเป็นรูปแบบที่ดีที่สุดสำหรับค่าเลขเรย์โนลด์สูงและสำหรับครีบบที่ยาวมาก ๆ นั้นระยะห่างระหว่างครีบบจะไม่มีผลมากนัก

ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนก็เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญยิ่ง มีผู้วิจัยหลายท่านที่ทำการปรับปรุงการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนด้วยการออกแบบรูปร่างของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนขนาดต่าง ๆ

Deepakkumar and Jayavel [16] ได้ทำงานวิจัยเรื่อง “Air side performance of finned-tube heat exchanger with combination of circular and elliptical tubes” ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ โดยมีทั้งท่อแบบวงกลมและวงรี การเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนด้วยท่อรูปวงรีตามด้วยท่อรูปวงกลมจะดีกว่าการใช้ท่อรูปวงกลมหรือท่อรูปวงรีเพียงอย่างเดียว และยังดีกว่าการใช้ท่อวงกลมตามด้วยท่อรูปวงรีอีกด้วย ในส่วนของแรงเสียดทานและค่าความดันตก กรณีที่ใช้ทั้งท่อรูปวงกลมและท่อรูปวงรีจะมีค่าน้อยกว่าการใช้ท่อรูปวงกลมหรือท่อรูปวงรีเพียงอย่างเดียว และที่ความเร็ว 2.5 เมตรต่อวินาที สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเฉลี่ยของ

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.

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีท่อรูปวงรีตามด้วยท่อรูปวงกลมจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.37, 4.86 และ 5.56 สำหรับ 2 ท่อ, 4 ท่อ และ 6 ท่อตามลำดับ

Nemati et al. [17] ได้ทำการวิจัยเรื่อง “Shape optimisation of air-cooled finned-tube heat exchangers” เพื่อศึกษารูปร่างที่เหมาะสมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ การทดสอบแบบจำลองทำได้โดยการเปรียบเทียบกับแบบจำลองพื้นฐาน นั่นคือท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 57.15 มิลลิเมตร แบบจำลองที่สร้างจะค่อย ๆ ลดขนาดแกนโกลงจาก 57.15 มิลลิเมตรจนถึง 36.0 มิลลิเมตร (ซึ่งหมายถึงร้อยละ 63 ของความยาวแกนเอก) จนกลายเป็นรูปวงรียาว จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าครีบบแบบวงรีจะลดการลดลงของความดันและลดการสร้างเอนโทรปี นอกจากนี้ที่ครีบบรูปวงกลมบริเวณทางเข้าสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มอัตราการถ่ายเทความร้อนได้ จากผลลัพธ์ยังแสดงให้เห็นอีกว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนรวมเพิ่มขึ้นและการลดลงของความดันลดลงมากถึงร้อยละ 30, น้ำหนักของครีบบยังลดลงอีกร้อยละ 23 และลดการถ่ายเทความร้อนโดยรวมทางอากาศร้อยละ 14 เมื่อเทียบกับกรณีที่ครีบบทั้งหมดเป็นวงกลม ยิ่งไปกว่านั้นการเพิ่มขึ้นของเอนโทรปียังลดลงในทุกกรณี ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดถึงการปรับปรุงทางอุณหพลศาสตร์ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

การเปรียบเทียบปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนร่วมกันระหว่างครีบบและท่อแลกเปลี่ยนความร้อนก็เป็นที่ยอมรับในการวิจัยและพัฒนาเช่นกัน

Chu et al. [18] ทำการวิจัยเรื่อง “Airside performance of sinusoidal wavy fin-and-tube heat exchangers subject to large-diameter tubes with round or oval configuration” ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ โดยมีครีบบแบบคลื่นและมีท่อแบบเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ทั้งวงกลมและวงรี การทดสอบประกอบด้วยท่อตามขวางที่มีระยะพิทช์ เท่ากับ 38.1 มิลลิเมตรและท่อตามยาวที่มีระยะพิทช์ เท่ากับ 33.0 มิลลิเมตร จำนวนแถวของท่ออยู่ในช่วง 2 ถึง 6 ท่อ และมีระยะห่างระหว่างครีบบเท่ากับ 1.8 มิลลิเมตรและ 3.0 มิลลิเมตร การลดลงของความดันของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อแบบกลมมีค่ามากกว่าท่อรูปวงรีประมาณร้อยละ 10 เมื่อระยะห่างระหว่างครีบบเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตร แต่ในทางกลับกันท่อรูปวงรีมีการลดลงของความดันมีค่ามากกว่าท่อกลมประมาณร้อยละ 5 ถึง 10 เมื่อระยะห่างระหว่างครีบบลดลงเหลือ 1.8 มิลลิเมตร สำหรับท่อกลม ผลของระยะห่างระหว่างครีบบต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนนั้นมีความค่อนข้างน้อย เมื่อจำนวนแถวของท่อเป็น 2 หรือ 4 อย่างไรก็ตามเมื่อจำนวนแถวของท่อเพิ่มจำนวนขึ้นเป็น 6 แถว สมประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่ระยะห่างระหว่างครีบบเท่ากับ 3 มิลลิเมตรจะสูงกว่า 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนให้ดีขึ้นได้ร้อยละ 9.3 ถึง 25.2 ในกรณีที่มีจำนวนแถวของท่อเท่ากับ 6 สำหรับกรณีที่มีจำนวนแถวของท่อเท่ากับ 2 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อแบบกลมที่มีระยะห่างระหว่างท่อเท่ากับ 1.8 มิลลิเมตร สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมให้ดีขึ้นได้ร้อยละ 21.2 เมื่อเทียบกับระยะห่างระหว่างครีบ 3.0 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามสำหรับท่อรูปวงรีระยะห่างระหว่างครีบที่เล็กกว่า จะแสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มแถวของท่อเป็น 4 แถว ประสิทธิภาพโดยรวมจะดีขึ้น สำหรับกรณีที่มีแถวของท่อเท่ากับ 6 แถว เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อกลมที่มีระยะห่างระหว่างครีบเท่ากับ 3.0 มิลลิเมตรจะมีประสิทธิภาพโดยรวมสูงสุด

Okbaz et al. [19] ทำการวิจัยเรื่อง “Experimental investigation of effect of different tube row-numbers, fin pitches and operating conditions on thermal and hydraulic performances of louvered and wavy finned heat exchangers” ซึ่งเป็นการทดลองเกี่ยวกับการตรวจสอบผลกระทบของความแตกต่างของจำนวนแถวของท่อ, ระยะห่างระหว่างครีบและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพเชิงความร้อนของครีบคลื่นที่เรียงตัวแบบบานเกล็ด ผลการทดลองพบว่าค่าแฟคเตอร์ j และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีครีบคลื่นแบบบานเกล็ดจะสูงขึ้นจากกรณีปกติประมาณร้อยละ 6.9 – 16.4, ร้อยละ 18.3 – 28.5 และร้อยละ 11.7 – 25.0 สำหรับกรณีที่มีจำนวนแถวของท่อมี 2 แถว, 3 แถว และ 4 แถว ตามลำดับ ในทางกลับกันค่าความดันตกคร่อมจะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพเชิงความร้อนโดยรวมของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีครีบคลื่นแบบบานเกล็ดจะมีค่าสูงขึ้นร้อยละ 4.1 – 9.6, 16.0 – 22.1 และ 7.4 – 16.8 สำหรับกรณีที่มีจำนวนแถวของท่อมี 2 แถว, 3 แถว และ 4 แถว ตามลำดับ

Sarfray et al. [20] ทำการวิจัยเรื่อง “Validation of advanced fin-and-tube heat exchanger models with cross-fin conduction functionality” ศึกษาแบบขั้นสูงเกี่ยวกับการทดสอบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อที่มีครีบแบบขวางโดยมีฟังก์ชันการนำความร้อน ซึ่งในการวิจัยนี้จะทดสอบแบบจำลองตามกรณีต่าง ๆ ประกอบด้วย 7 วงจรที่เปิดใช้งาน, 4 วงจรที่เปิดใช้งาน และ 3 วงจรที่เปิดใช้งานให้สารทำความเย็นไหลในท่อ แบบจำลองจะมีแบบ cross-fin ที่มีการพิจารณาให้ครีบเป็นแบบนำความร้อน และแบบครีบแยก (fin discretized) ทำนายความจุของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนพบว่าความคลาดเคลื่อนมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0-8 สำหรับทุกกรณี อย่างไรก็ตามความแตกต่างสูงสุดของการทำนายแบบจำลอง cross-fin แบบไม่นำความร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการทดลองพบว่ามีค่ามากกว่าร้อยละ 30 สำหรับ 3 วงจรที่เปิดใช้งานให้สารทำความเย็นไหลในท่อ

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.

นอกจากตัวสร้างการไหลแบบปั่นป่วน มุมปะทะการไหลของผิวครีบ จำนวนแถวของท่อ แลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดของครีบ และปัจจัยที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนอื่นที่ได้กล่าวถึงแล้ว ก็ยังมีปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเช่นกัน เช่น ทิศทางการไหลของของไหล รูปร่างของช่องทางการไหล เป็นต้น

Sun et al. [21] ได้ทำการวิจัยเรื่อง "Thermal enhancement of fin and tube heat exchanger with guiding channels and topology optimization" ซึ่งเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมทิศทางการไหลและรูปร่างของช่องทางการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ หลังจากทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแล้ว พบว่ามีสองรูปร่างใหม่ที่เหมาะสม การออกแบบแรกจะมีการไหลของอากาศที่มากกว่า การออกแบบที่สองจะเพิ่มพื้นที่การถ่ายเทความร้อน ส่วนค่าความดันตกคร่อมจะมีค่ากลาง ๆ เมื่อนำรูปร่างทั้งสองแบบไปเปรียบเทียบกับกรณีพื้นฐานแล้วพบว่ารูปร่างที่ 1 และรูปร่างที่ 2 จะเพิ่มการกระจายความร้อนร้อยละ 8.5 และ 7.0 ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังสามารถลดกำลังงานของพัดลมได้ร้อยละ 41.4 และ 33.3 สำหรับรูปร่างที่ 1 และรูปร่างที่ 2 ตามลำดับ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้างต้นแสดงให้เห็นแล้วว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นมีด้วยกันหลากหลายปัจจัย ถึงแม้ว่าจะมีผู้วิจัยท่านอื่นอีกหลายท่านได้ทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมาก่อนแล้ว แต่งานวิจัยแต่ละงานมักเปรียบเทียบปัจจัยเพียงไม่กี่ปัจจัยเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องการที่จะศึกษาผลรวมของรูปร่างของผิวครีบ, มุมปะทะการไหลของผิวครีบคลื่น, ทิศทางการไหลและความสูงของผิวครีบคลื่น ที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ จึงได้ศึกษาและเรียนรู้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ เพื่อเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยต่อไป

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

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 สมการควบคุมและสมมติฐาน

การวิจัยและพัฒนาอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ (fin-and-tube) มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

- การไหลและการถ่ายเทความร้อนของของไหลเป็นแบบคงตัวสามมิติ
- การไหลของของไหลเป็นแบบราบเรียบ
- ของไหลมีคุณสมบัติคงที่และอัดตัวไม่ได้
- เป็นการไหลและการถ่ายเทความร้อนที่พัฒนาอย่างสมบูรณ์และเข้าเป็นช่วง
- ไม่คำนึงถึงแรงอันเนื่องมาจากน้ำหนักและความหนืด
- ไม่คำนึงถึงการแผ่รังสีความร้อน

จากสมมติฐานข้างต้นนี้ สมการควบคุมประกอบด้วย 3 สมการอันได้แก่ สมการความต่อเนื่อง (continuity equation), สมการโมเมนตัม (momentum equation) และสมการพลังงาน (energy equation) ซึ่งแสดงได้ดังนี้

สมการความต่อเนื่อง

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

สมการโมเมนตัม

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

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.

สมการพลังงาน

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

เมื่อ Γ คือการแพร่ทางความร้อน กำหนดโดย $\Gamma = \mu/Pr$

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 กำหนดเงื่อนไขขอบในการคำนวณการไหลสามมิติ

1. เงื่อนไขขอบที่ทางเข้าเป็นแบบ velocity inlet
2. เงื่อนไขขอบที่ทางออกเป็นแบบ pressure outlet
3. เงื่อนไขขอบที่ด้านข้างทั้งสองด้านของช่องการไหลเป็นแบบ symmetry
4. เงื่อนไขขอบที่ครีปแผ่นบนและแผ่นล่างเป็นแบบ wall
5. เงื่อนไขขอบที่พื้นผิวของท่อเป็นแบบ wall, อุณหภูมิที่ผิวคงที่, ไม่เกิดการเลื่อนไถล (no slip condition) และเป็นผนังที่อยู่กับที่ (stationary wall)
6. ของไหลที่ใช้ในการทดสอบคืออากาศ ซึ่งอุณหภูมิถูกคงไว้ที่ 340 เคลวิน และผนังของท่อมีอุณหภูมิคงที่ที่ 300 เคลวิน
7. คุณสมบัติต่าง ๆ ของของไหลถูกกำหนดให้คงที่
8. ศึกษาในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 ถึง 2500

3.2.2 กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา

ตัวแปรที่ใช้สำหรับวิเคราะห์อัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อน ประกอบไปด้วยค่าเลขเรย์โนลด์ (Re_D), สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (f), ค่าเลขนัสเซลต์ (Nu) และสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน (Thermal enhancement factor : TEF) ซึ่งแสดงได้ดังนี้

1. ค่าเลขเรย์โนลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา $Re_D = \frac{\rho u_m D_h}{\mu}$ นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ (3.4) ารค้า
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. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน

$$f = \frac{(2\Delta P)}{\rho u_m^2} \left(\frac{D_h}{L} \right) \quad (3.5)$$

3. ค่าเลขนัสเซลต์

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

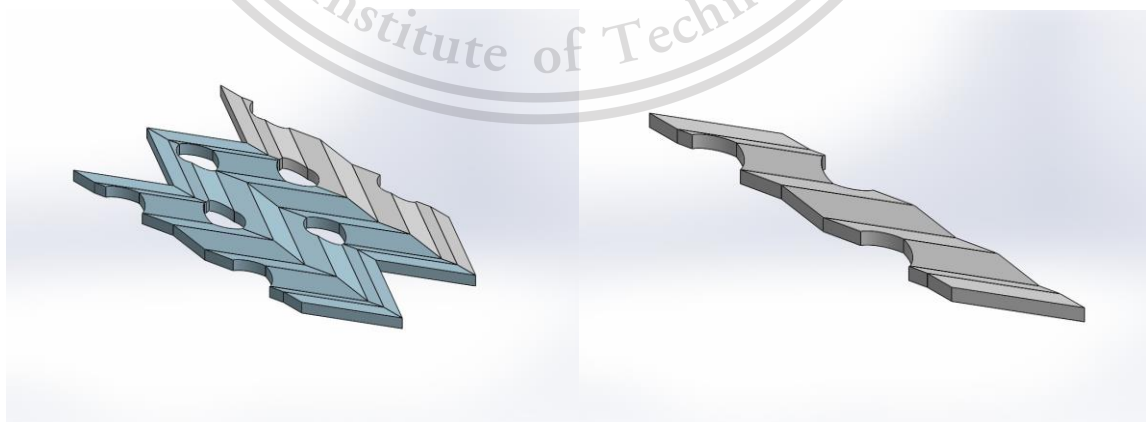
4. สัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน

$$TEF = (Nu/Nu_0)(f/f_0)^{-1/3} \quad (3.7)$$

3.2.3 การกำหนดลักษณะของปัญหาที่ต้องการศึกษา

3.2.3.1 ศึกษาอิทธิพลของรูปร่างของครีบลิ้น

ระบบที่ทำการศึกษาคือครีบและท่อที่อยู่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ ในกรณีนี้ผู้ทำวิจัยได้ให้ความสนใจกับรูปร่างของครีบลิ้นที่มีลักษณะต่างกัน รวมทั้งสิ้น 5 รูปแบบ ได้แก่ ครีบเอียง (Inclined), ครีบบรูปตัววีที่มีทิศการไหลแบบปลายวีชี้ตามกระแสการไหล (V-downstream, VD), ครีบบรูปตัววีที่มีทิศการไหลแบบปลายวีชี้ทวนกระแสการไหล (V-upstream, VU), ครีบบรูปตัวดับเบิลวีที่มีทิศการไหลแบบปลายดับเบิลวีชี้ตามกระแสการไหล (W-downstream, WD) และครีบบรูปตัวดับเบิลวีที่มีทิศการไหลแบบปลายดับเบิลวีชี้ทวนกระแสการไหล (W-upstream, WU) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ถึงรูปที่ 3.5

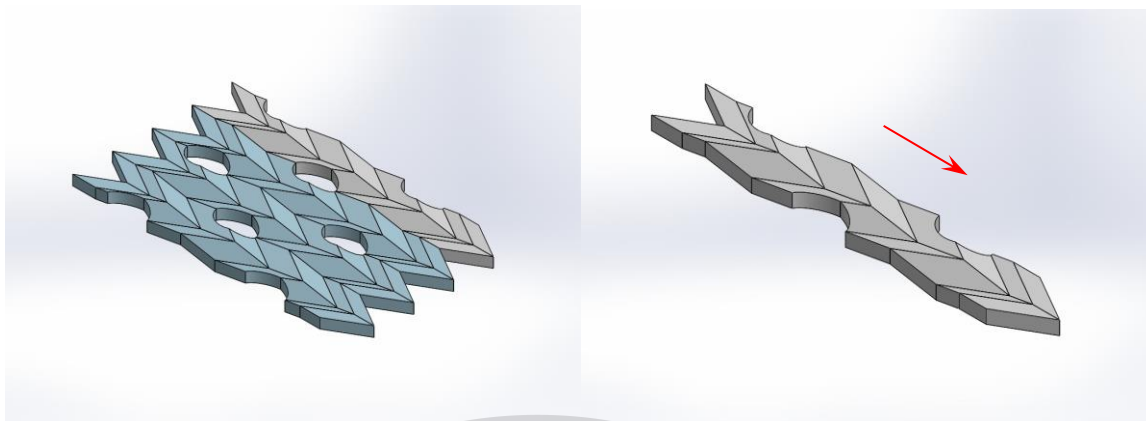


รูปที่ 3.1 รูปร่างของครีบเอียง และหน่วยทดสอบ

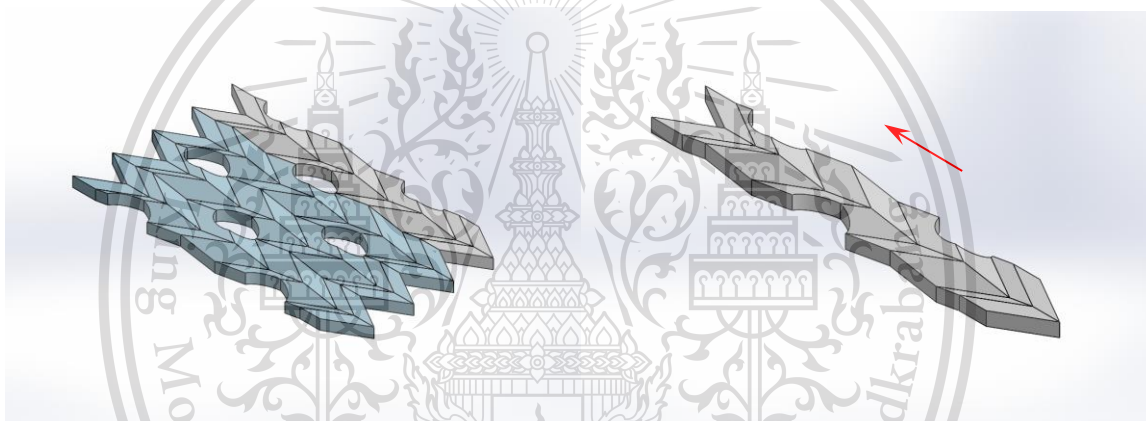
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

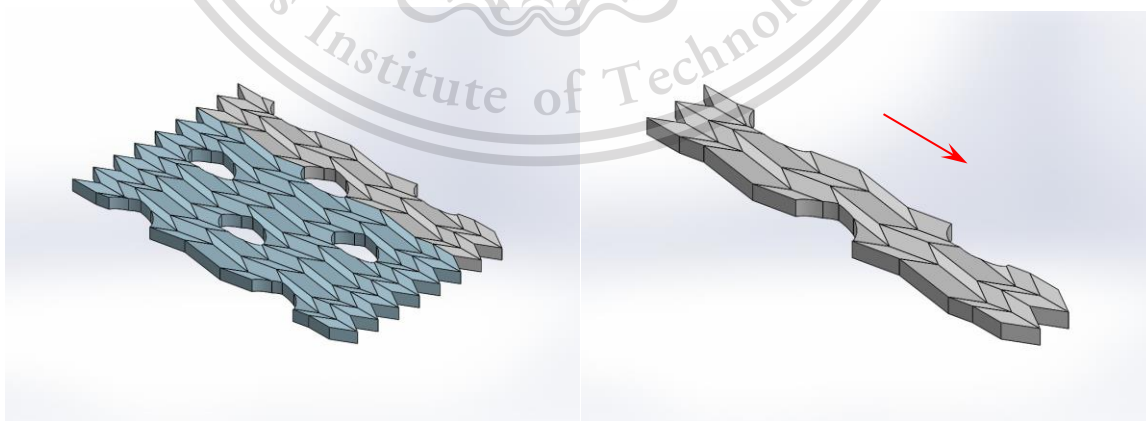
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.2 รูปร่างของครีบ VD และหน่วยทดสอบ



รูปที่ 3.3 รูปร่างของครีบ VU และหน่วยทดสอบ

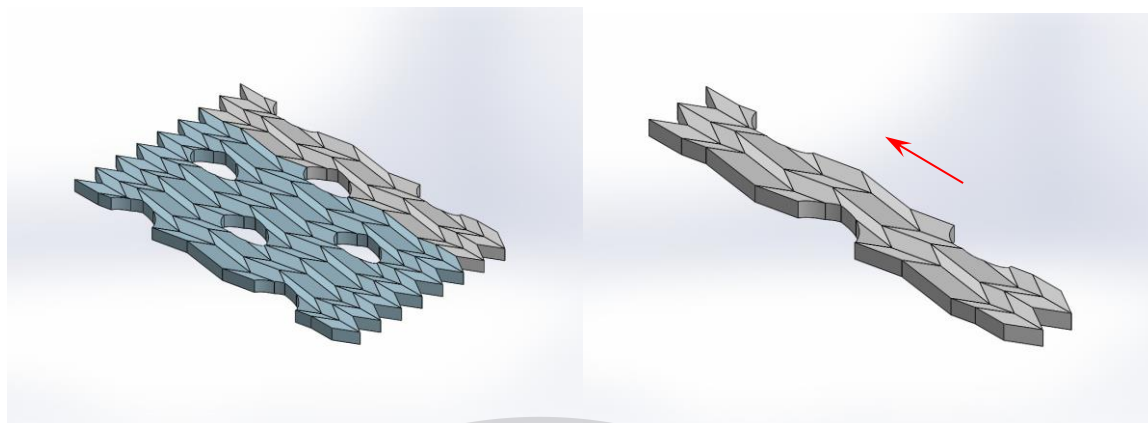


รูปที่ 3.4 รูปร่างของครีบ WD และหน่วยทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

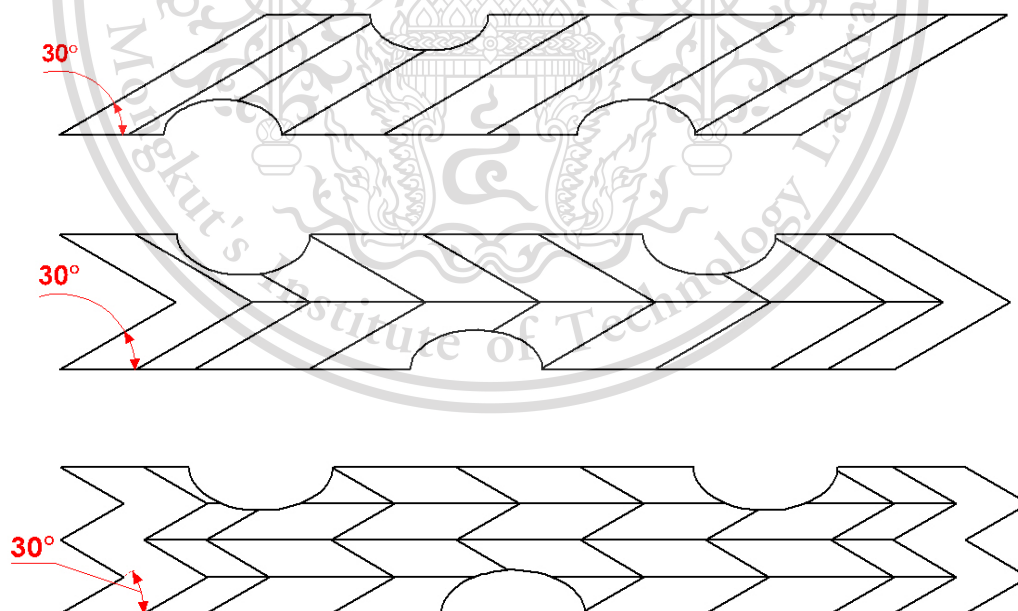
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.5 รูปร่างของครีบบ WU และหน่วยทดสอบ

3.2.3.2 ศึกษาอิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบลื่น

ระบบที่ทำการศึกษาคือครีบบและท่อที่อยู่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ ในกรณีนี้ผู้ทำวิจัยได้ให้ความสนใจกับมุมปะทะการไหลของผิวครีบลื่นที่ต่างกัน 3 ค่า ได้แก่ 30 องศา, 45 องศา และ 60 องศา ดังที่แสดงในรูปที่ 3.6 ถึงรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.6 ครีบลื่นรูปแบบต่าง ๆ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

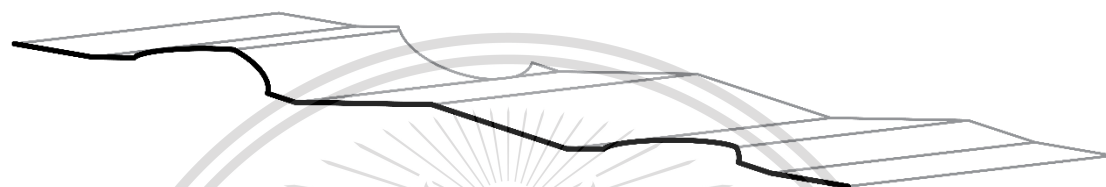
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

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

3.2.3.3 ศึกษาอิทธิพลของอัตราส่วนการขวางการไหล

ระบบที่ทำการศึกษาคือครีบและท่อที่อยู่ในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบและท่อ ในกรณีนี้ ผู้ทำวิจัยได้ให้ความสนใจกับความสูงของผิวครีบคลื่นที่ต่างกัน 3 ค่า ได้แก่ ร้อยละ 30, ร้อยละ 35 และ ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ถึงรูปที่ 3.12

TOP PLATE OF ONE MODULE



รูปที่ 3.9 ครีบเอียงแผ่นบนใน 1 หน่วยทดสอบ

A = 30% of fin pitch



รูปที่ 3.10 มุมข้างของครีบเอียงที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ

A = 35% of fin pitch



รูปที่ 3.11 มุมข้างของครีบเอียงที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบ

A = 40% of fin pitch



รูปที่ 3.12 มุมข้างของครีบเอียงที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า
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.

3.2.4 การตรวจสอบขอบเขตการคำนวณ

ความถูกต้อง (accuracy) ของขอบเขตการคำนวณเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากเมื่อมีการใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในการศึกษา การตรวจสอบขอบเขตการคำนวณถูกพิจารณาเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การตรวจสอบหาจำนวนกริดอิสระและการเปรียบเทียบผลการศึกษากับผลการทดลอง

3.2.4.1 การตรวจสอบหาจำนวนกริดอิสระ

การตรวจสอบหาจำนวนกริดเซลล์ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ผลการคำนวณมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้และใช้เวลาในการคำนวณเหมาะสมกับความถูกต้อง การทดสอบระบบกริดนี้ ทำได้โดยการเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขของจำนวนกริดเซลล์ทั้งหมด 3 ค่า คือ 150000, 310000 และ 450000 เซลล์

ผลเฉลยด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า เมื่อเพิ่มจำนวนกริดเซลล์จาก 150000 เซลล์ เป็น 300000 เซลล์ ค่าความคลาดเคลื่อนของผลเฉลยสำหรับค่าเลขนัยเซลล์มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1.1 และสำหรับสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 1.2 ซึ่งถือเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก และสามารถยอมรับได้ การเลือกใช้จำนวนกริดเซลล์ที่มากกว่าจะทำให้ผลเฉลยมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าแม้จะเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่เมื่อทำการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขแล้วพบว่ายิ่งจำนวนกริดเซลล์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ต้องใช้เวลาในการคำนวณและใช้หน่วยความจำของคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้กริดเซลล์ที่จำนวน 150000 เซลล์เพื่อทำการศึกษาในงานวิจัยนี้

3.2.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

การตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมสามารถทำได้ด้วยการเปรียบเทียบผลเฉลยระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขและผลที่ได้จากการทดลองหรือผลเฉลยแม่นยำตนเอง ผู้วิจัยอ้างอิงผลการทดลองจากงานวิจัยของ Chu et al. [7] เนื่องจากการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของครีบแบบปกติในช่วงที่มีค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 ถึง 2500 ซึ่งเป็นช่วงเดียวกับงานวิจัยนี้

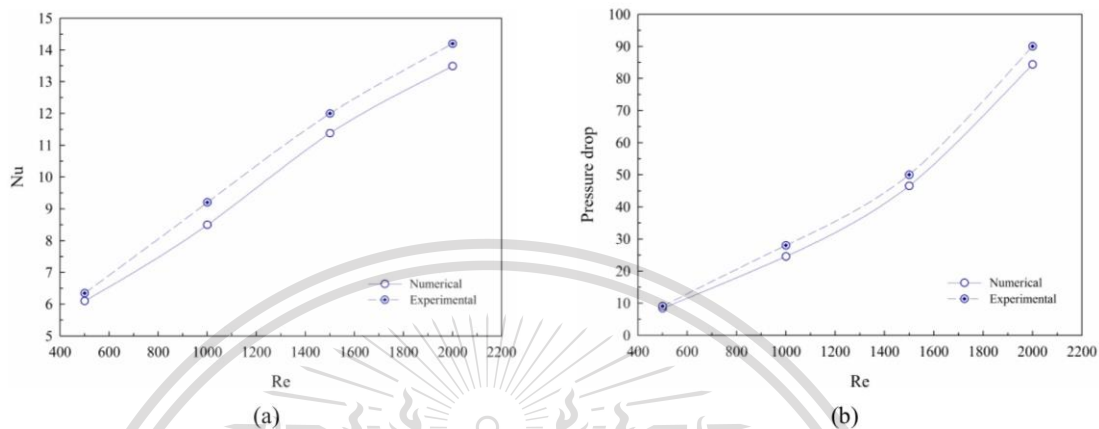
รูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นว่าผลเฉลยจากการคำนวณด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขคลาดเคลื่อนจากผล

เฉลยแม่นยำที่ได้จากการทดลองน้อยกว่าร้อยละ 10 ทั้งค่าเลขนัยเซลล์และค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน 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.

ซึ่งถือเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้ ผลการเปรียบเทียบดังกล่าวนี้ทำให้สามารถยืนยันได้ว่าโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัยเป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้



รูปที่ 3.13 การเปรียบเทียบระหว่างผลเฉลยจากการทดลองและผลเฉลยจากการคำนวณเชิงตัวเลข

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 4

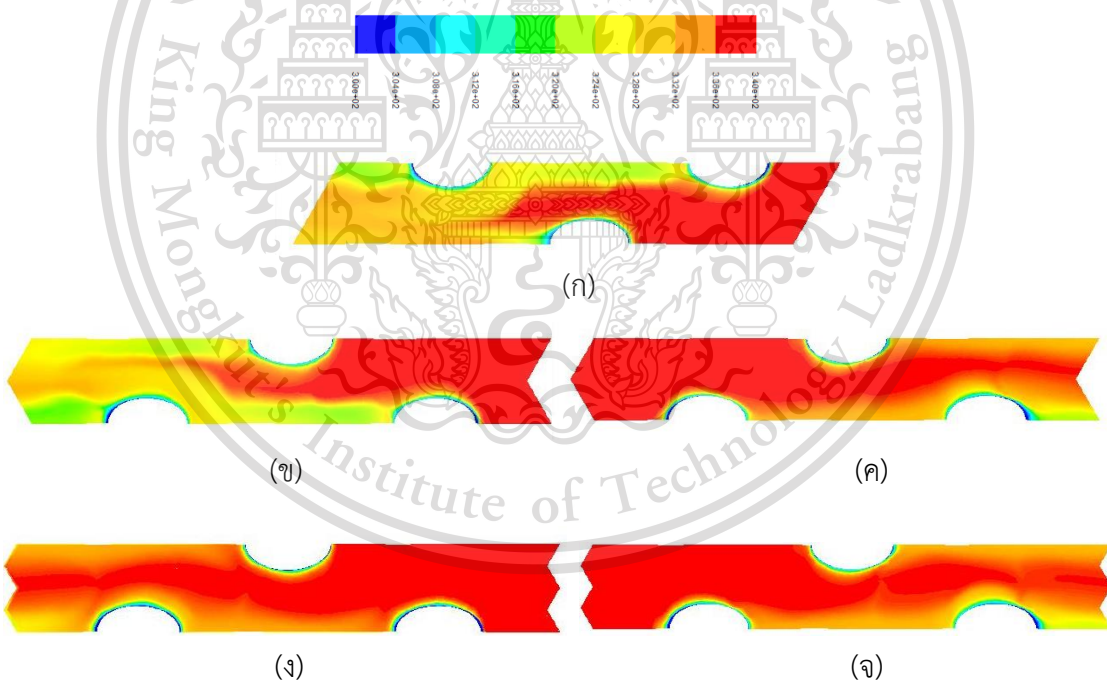
ผลการศึกษการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อน

4.1 อิทธิพลของรูปร่างของครีบลิ้น

4.1.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อนจะถูกพิจารณาในรูปแบบของการกระจายตัวของอุณหภูมิ, การกระจายตัวของค่าเลขนีสเซิลต์เฉพาะที่ และค่าอัตราส่วนเลขนีสเซิลต์ (Nu/Nu_0) ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ ดังนี้

1. การกระจายตัวของอุณหภูมิ



รูปที่ 4.1 การกระจายตัวของอุณหภูมিবนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบลิ้น ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500, มุมปะทะการไหล 60 องศา และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบลิ้น สำหรับ (ก) Inclined (ข) VD (ค) VU (ง) WD (จ) WU

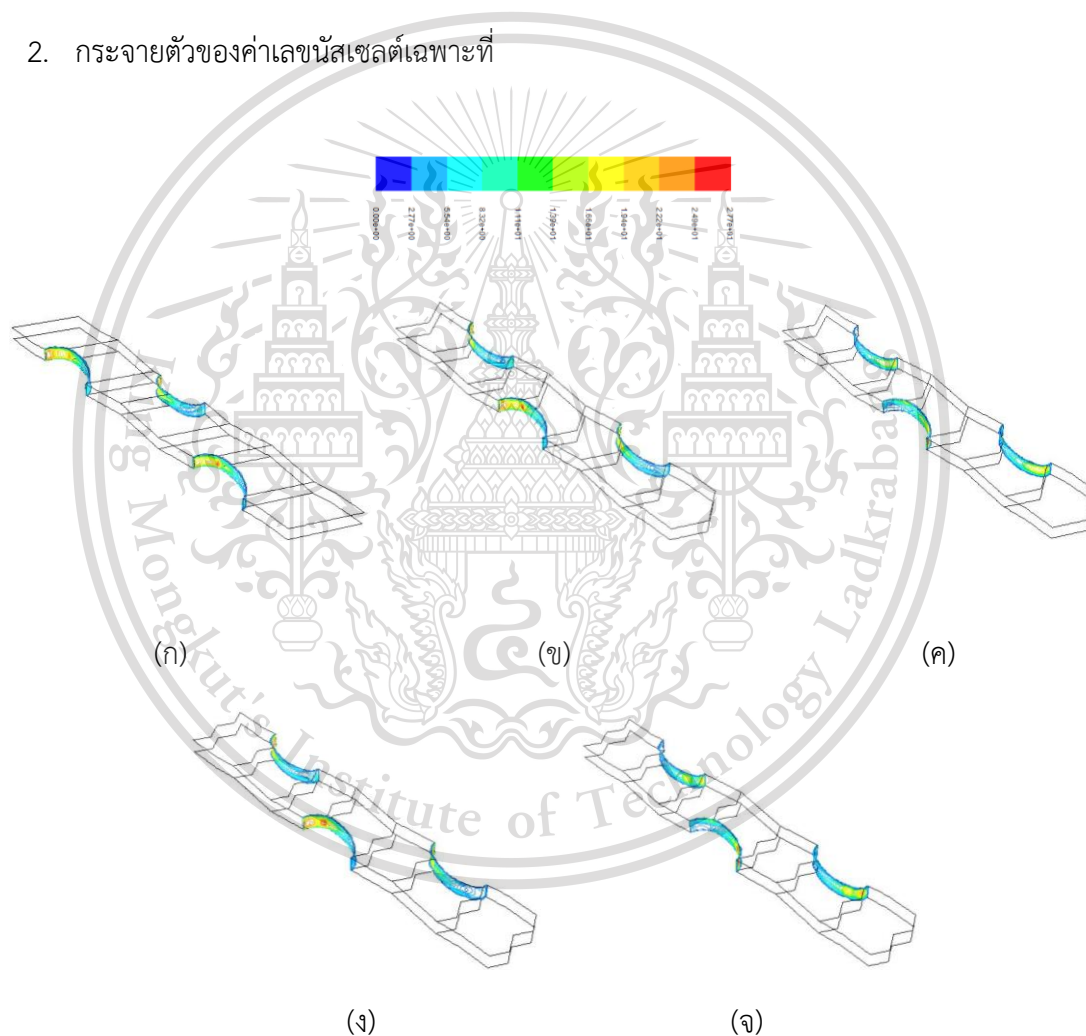
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

จากรูปที่ 4.1 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบลื่น ทั้ง 5 รูปแบบ หากพิจารณาที่ค่าเลขเรย์โนลด์, มุมปะทะการไหล และอัตราส่วนการขวางการไหลเดียวกัน แล้ว พบว่าครีบบนเรียบและครีบบน VD มีการกระจายของอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน แต่จะเห็นได้ว่าบริเวณสีแดงซึ่งมีอุณหภูมิสูงบนครีบบน VD จะมีพื้นที่เล็กกว่าเล็กน้อย รวมไปถึงพื้นที่สีเขียวซึ่งเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำของครีบบน VD นั้นมีพื้นที่มากกว่าบนครีบบนเรียบ แต่ถึงอย่างไรครีบบนทั้งสองแบบนี้ก็มีการกระจายอุณหภูมิที่ดีกว่าครีบบน VU, WD และ WU โดยครีบบน 3 แบบหลังนี้มีการกระจายตัวของอุณหภูมิไม่แตกต่างกันมากนัก

2. การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่



รูปที่ 4.2 การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อกของแผ่นครีบลื่น ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500, มุมปะทะการไหล 60 องศา และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ (ก) Inclined (ข) VD (ค) VU (ง) WD (จ) WU ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

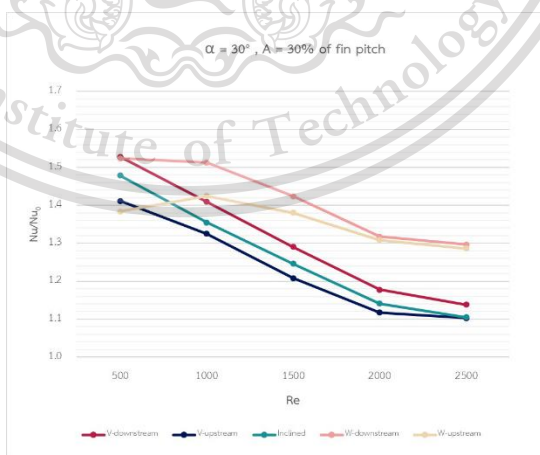
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของค่าเลขนัสเซิลต์เฉพาะที่บนผิวท่อของแผ่นครีบลื่นรูปแบบต่าง ๆ เมื่อพิจารณาที่ค่าเลขเรย์โนลด์, มุมปะทะการไหล และอัตราส่วนการขวางการไหลเดียวกัน แล้ว พบว่าครีบบ้าง 5 รูปแบบมีการกระจายตัวของค่าเลขนัสเซิลต์เฉพาะที่บนผิวท่อใกล้เคียงกัน โดยจะปรากฏพื้นที่สีน้ำเงินและฟ้าเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งแสดงถึงค่าเลขนัสเซิลต์เฉพาะที่มีค่าน้อยหรือมีการถ่ายเทความร้อนน้อยนั่นเอง แต่ครีบลื่นแบบเอียง, ครีบบาง VD และครีบบาง WD ก็ยังมีบริเวณสีแดงและเหลืองมากกว่า 2 แบบที่เหลือง แสดงถึงการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่า ซึ่งครีบบาง WD จะเห็นสีแดงได้ชัดเจนและมีพื้นที่สีแดงและเหลืองมากที่สุด

3. ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบลื่นทั้ง 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหลและอัตราส่วนการขวางการไหลค่าต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.3 ถึงรูปที่ 4.11

จากรูปที่ 4.3 ถึง รูปที่ 4.11 พบว่าในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 ถึง 1000 อัตราส่วนเลขนัสเซิลต์จะมีค่าค่อนข้างมาก และเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น ค่าของอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์จะลดลง หรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์จะมีค่ามากเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์มีค่าน้อยนั่นเอง การลดลงของอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์แสดงให้เห็นถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ลดลง นอกจากนี้ยังสังเกตได้อีกว่าครีบบาง VU นั้นมีค่าอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์น้อยกว่าครีบบางรูปแบบอื่นในหลายกรณี

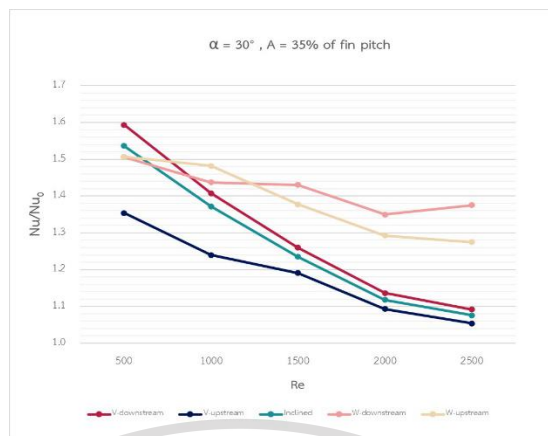


รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบลื่น 5 รูปแบบ ที่

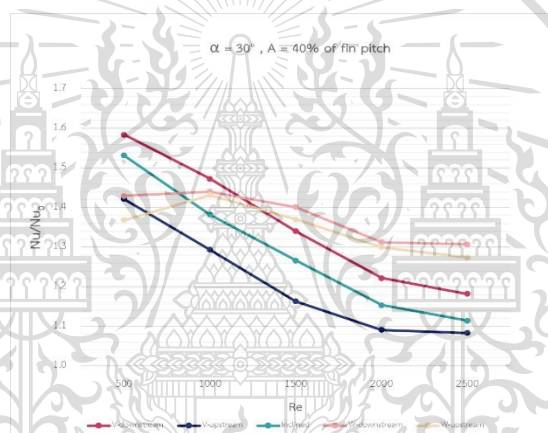
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า มุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบลื่น ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

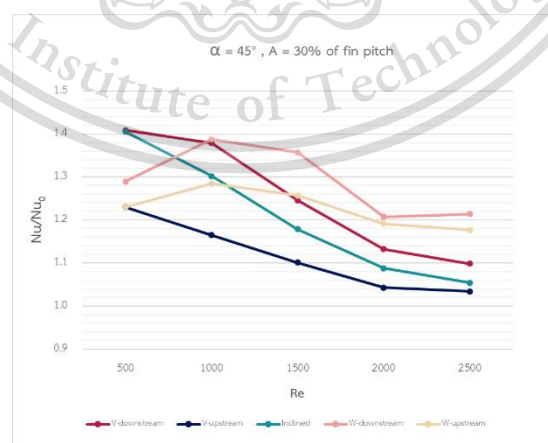
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบกั้น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบกั้น



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบกั้น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบกั้น

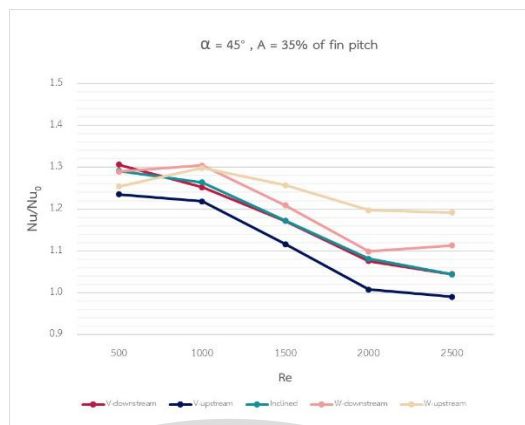


รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบกั้น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบกั้น

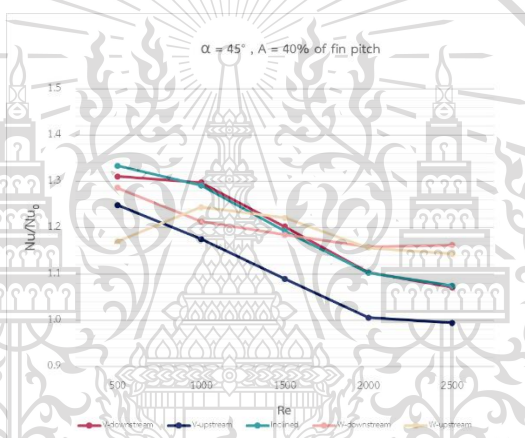
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

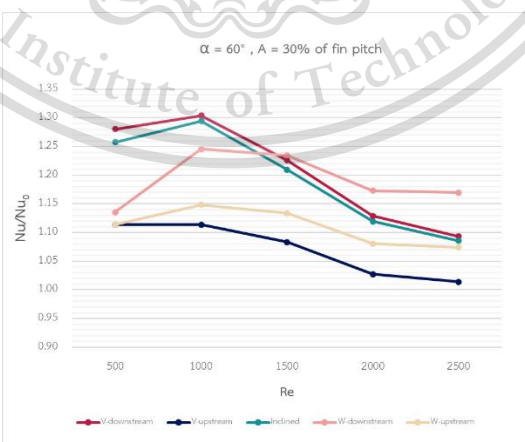
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบกั้น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบกั้น



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบกั้น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบกั้น

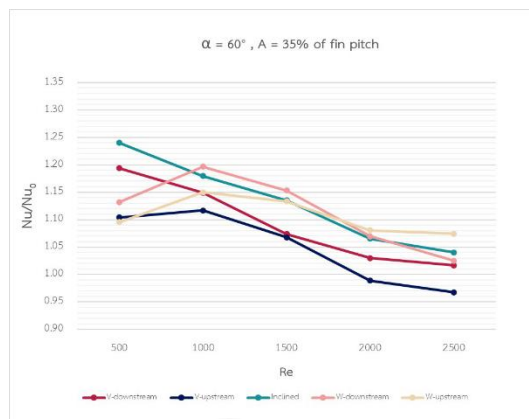


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบกั้น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบกั้น

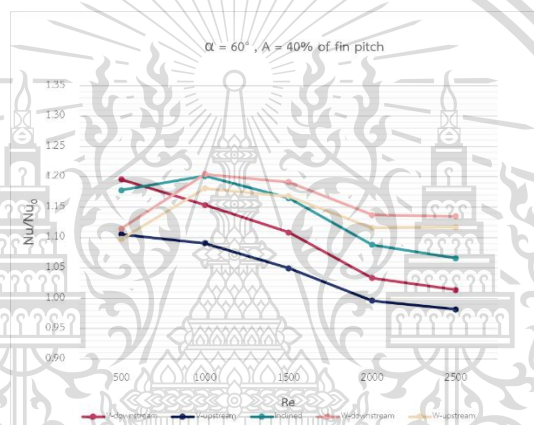
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้ภายในเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น โปรดงดออกให้หน่วยงานใด ๆ ภายใต้อาณัติของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบ



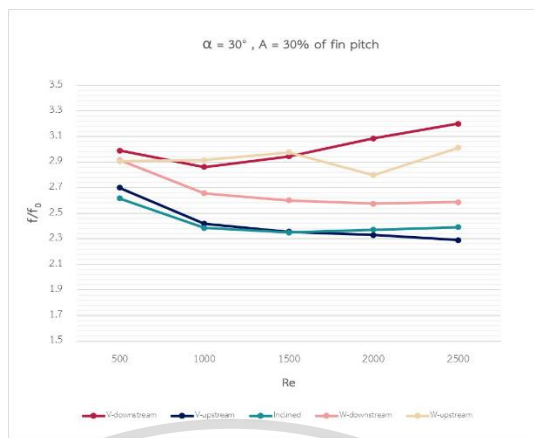
รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ

4.1.2 ความดันตกคร่อม

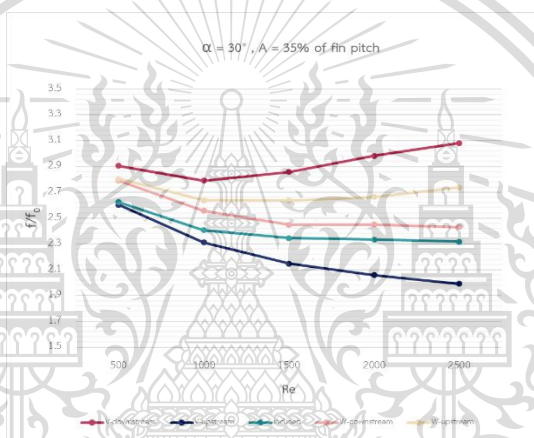
ความดันตกคร่อมจะถูกพิจารณาในรูปแบบของค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่นทั้ง 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล และอัตราส่วนการขวางการไหลค่าต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.12 ถึงรูปที่ 4.14

จากรูปที่ 4.12 ถึงรูปที่ 4.14 พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่นทั้ง 5 รูปแบบมักจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ถ้าในกรณีใดที่ความดันตกคร่อมมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น ค่าความดันตกคร่อมของครีบคลื่นทั้ง 5 รูปแบบก็จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่ถ้าหากกรณีใดที่ความดันตกคร่อมลดลงเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น ค่าความดันตก

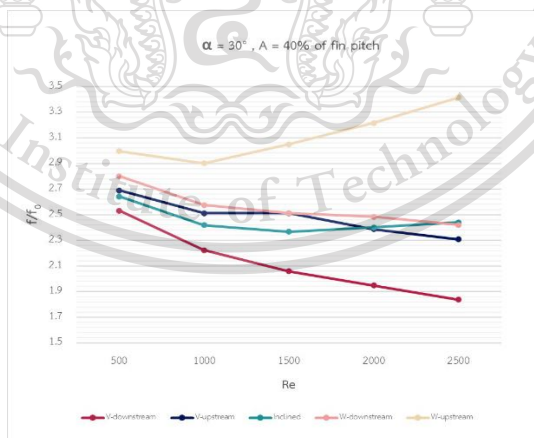
เอกสารนี้เป็นคร่อมของครีบคลื่นทั้ง 5 รูปแบบก็จะลดเช่นเดียวกันเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุม

ปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ

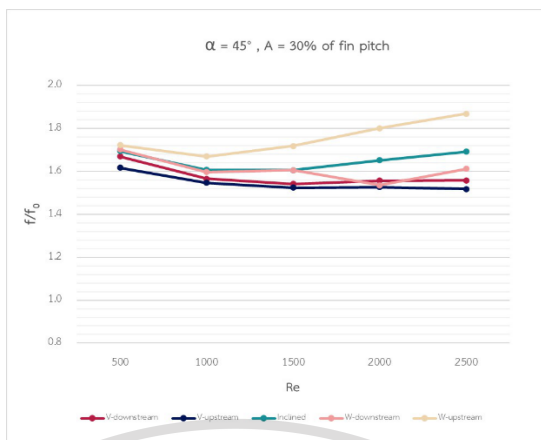
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

40 ของระยะห่างระหว่างครีบ

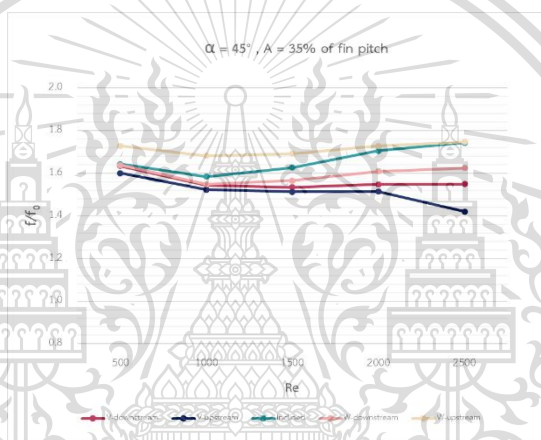
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

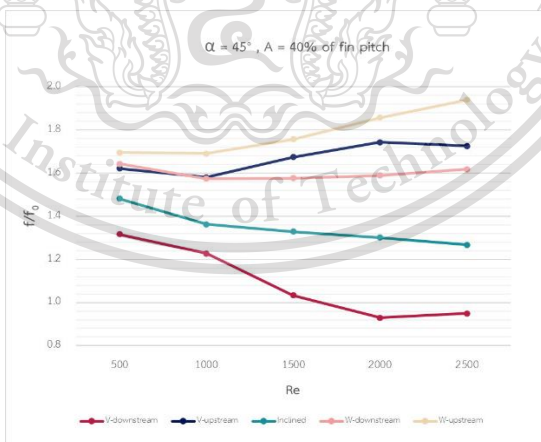
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



(ก)

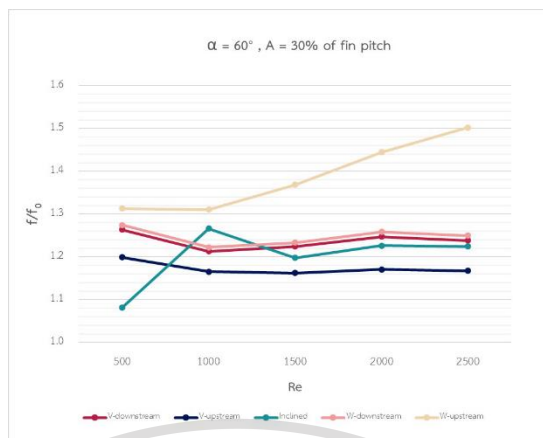


(ข)

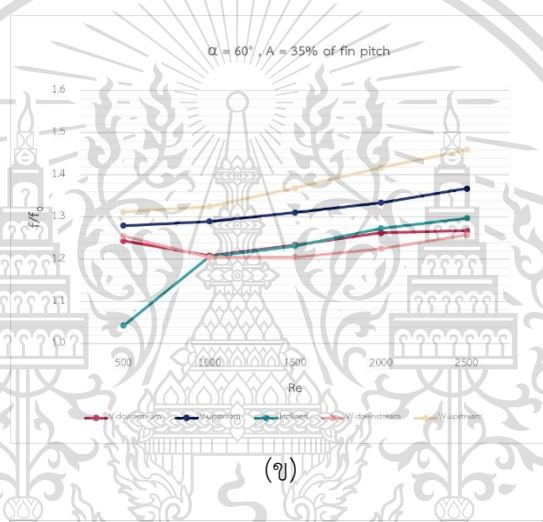


(ค)

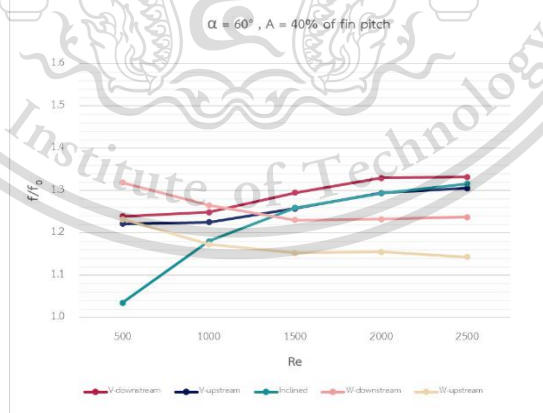
รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ

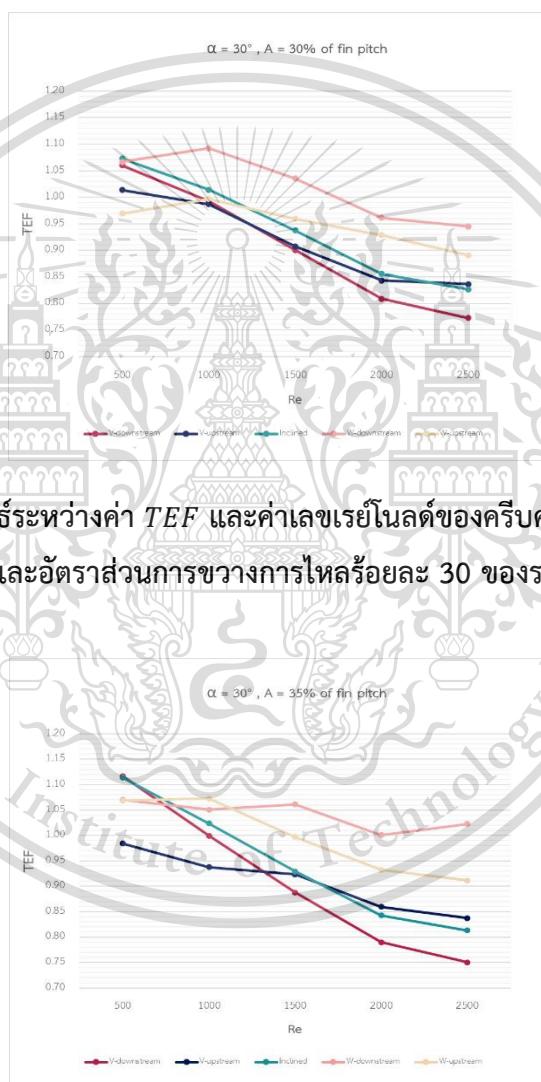
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

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

4.1.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนจะถูกพิจารณาในรูปแบบของสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน และความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนกับค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่นทั้ง 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหลและอัตราส่วนการขวางการไหลค่าต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.23



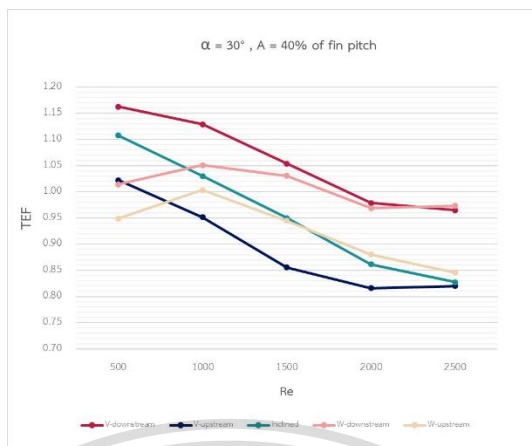
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ

รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบ

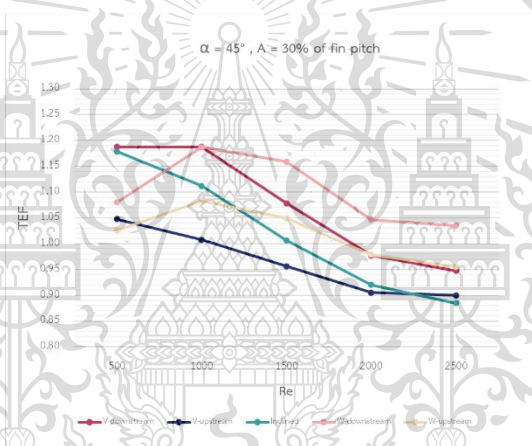
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

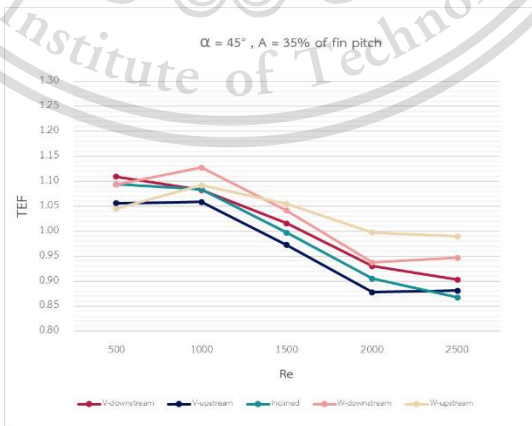
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า *TEF* และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ



รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า *TEF* และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ

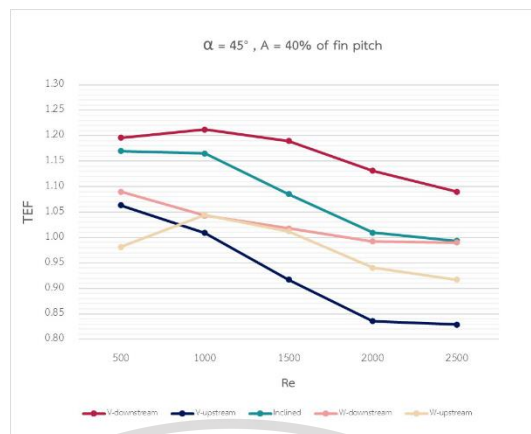


รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า *TEF* และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบ

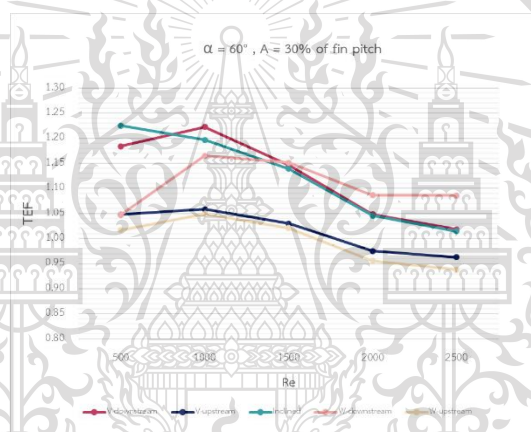
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

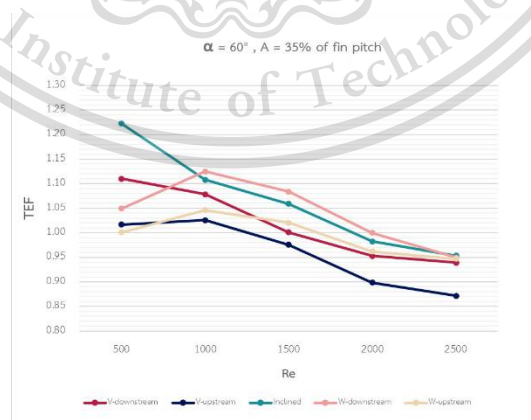
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 45 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ



รูปที่ 4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ

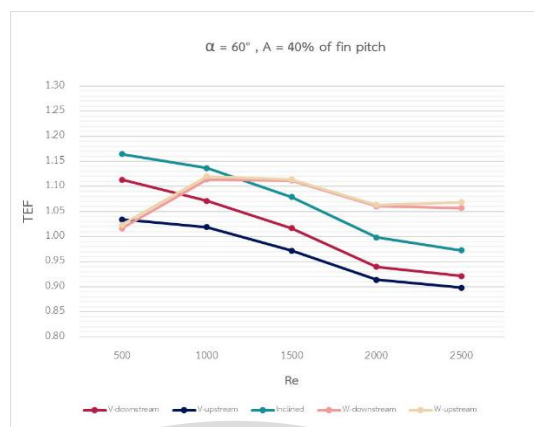


รูปที่ 4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบคลื่น 5 รูปแบบ ที่มุมปะทะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบด้านการค้า
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 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของครีบลิ้น 5 รูปแบบ ที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาและอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบลิ้น

จากรูปที่ 4.15 ถึงรูปที่ 4.23 พบว่าโดยส่วนมากสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนจะมีค่ามากหรือกล่าวได้ว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์ 500 ถึง 1000 ซึ่งในช่วงนี้ครีบลิ้นเอียงจะมีค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนมากกว่ารูปร่างอื่น และเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนจะลดลง แต่ถึงอย่างไรก็ยังมีบางกรณีที่มีค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนเพิ่มขึ้นเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นด้วย

4.2 อิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบลิ้น

4.2.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อนจะถูกพิจารณาในรูปแบบของการกระจายตัวของอุณหภูมิ, การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลต์เฉพาะที่ และค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลต์ ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ ดังนี้

1. การกระจายตัวของอุณหภูมิ

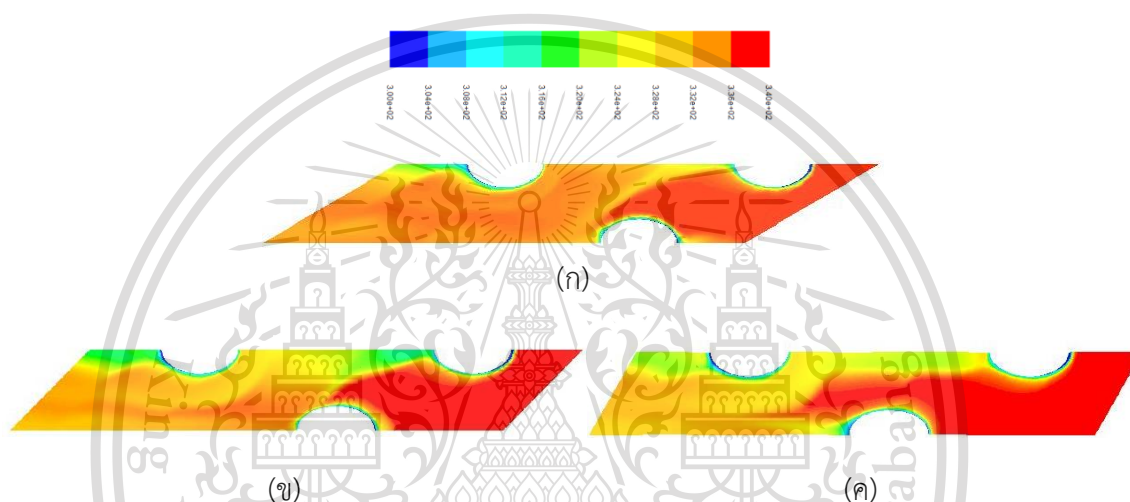
เมื่อพิจารณารูปที่ 4.24 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบลิ้นที่มีมุมปะทะการไหลขนาดต่าง ๆ ที่มีรูปร่างของครีบลิ้น, ค่าเลขเรย์โนลด์ และอัตราส่วนการขวางการไหลเดียวกันแล้ว พบว่าการผสมผสานอุณหภูมิเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่บริเวณผิวท่อที่หนึ่งนับจากทางเข้า

เอกสารนี้เป็นสิ่งที่ได้มาจากแอปพลิเคชันและสื่อสิ่งพิมพ์ที่อยู่ระหว่างแอปพลิเคชันกับแอปพลิเคชันของแอปพลิเคชันนี้
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.

อากาศที่มีอุณหภูมิสูง และการถ่ายเทความร้อนจะดียิ่งขึ้นที่บริเวณหลังท่อที่หนึ่งเป็นต้นไป ครีบบที่มีมุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา นั้นมีการกระจายของอุณหภูมิที่ดีกว่าขนาดอื่น สังเกตได้จากแถบสีแดงที่เปลี่ยนไปเป็นสีเขียวและเหลืองได้มากกว่าแบบอื่น นั้นหมายความว่าที่มุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา มีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่า แม้ว่ามุมปะทะการไหลขนาด 45 องศา จะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิน้อยกว่ามุม 60 องศา แต่จะเห็นได้ว่าครีบลิ้นที่มีมุมปะทะการไหล 45 องศา นี้ก็ยังมีบริเวณสีเขียวและเหลืองมากกว่าครีบบที่มีมุมปะทะการไหล 30 องศา



รูปที่ 4.24 การกระจายตัวของอุณหภูมิบนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบลิ้นแบบเอียง ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 500 และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบ สำหรับมุมปะทะการไหล (ก) 30 องศา (ข) 45 องศา (ค) 60 องศา

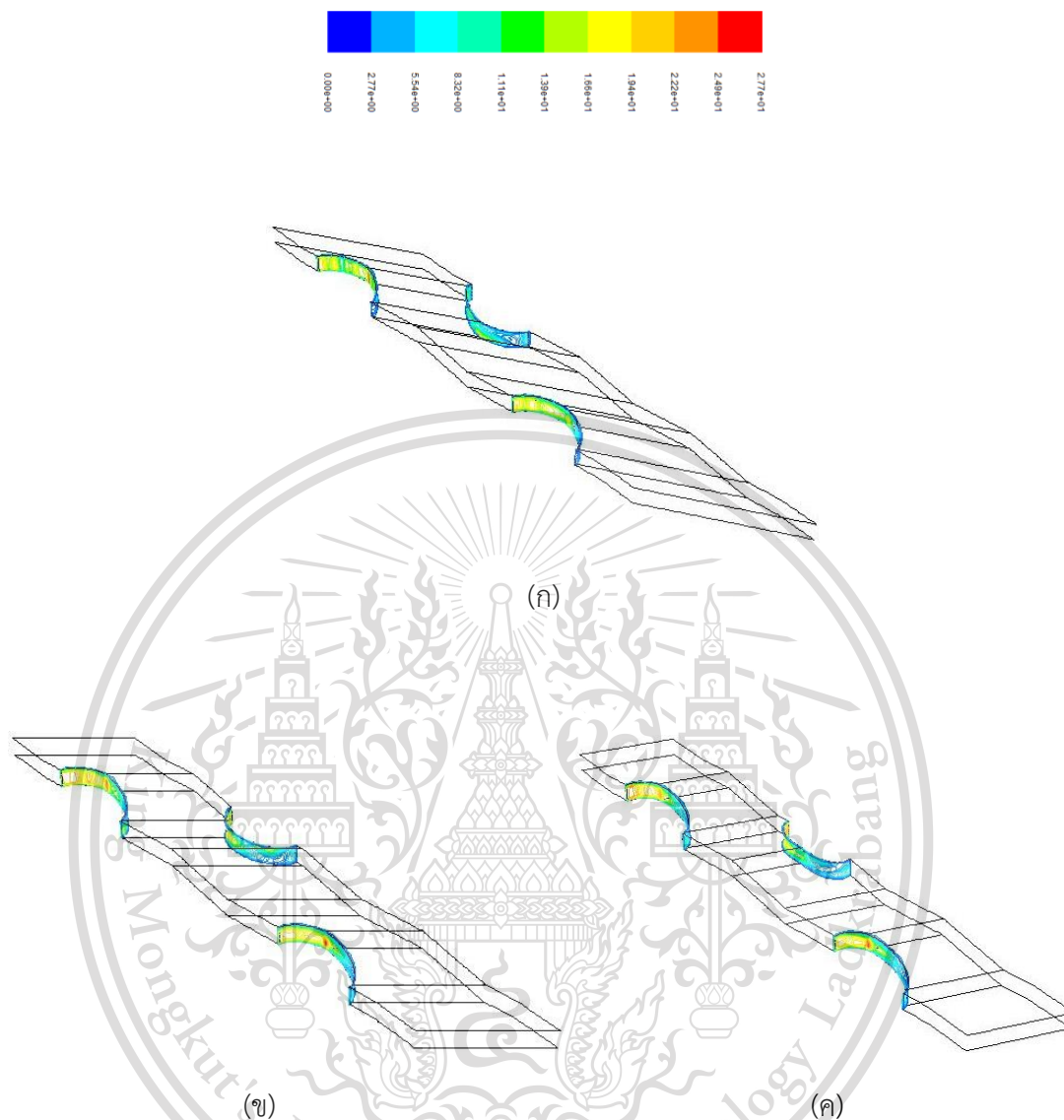
2. การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.25 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อของแผ่นครีบลิ้น ที่มีรูปร่างของครีบบ, ค่าเลขเรย์โนลด์ และอัตราส่วนการขวางการไหลเดียวกันแล้ว จะสังเกตเห็นการกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อใกล้เคียงกัน โดยจะปรากฏพื้นที่สีฟ้าและเขียวเป็นส่วนใหญ่ทั้ง 3 รูปแบบ แต่ครีบบที่มีมุมปะทะการไหลขนาด 45 และ 60 องศา นั้นจะมีพื้นที่สีแดงซึ่งแสดงถึงค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่ที่มากปรากฏให้เห็นอยู่ด้วย โดยครีบบที่มีมุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา จะมีจุดสีแดงขนาดใหญ่กว่าและยังมีพื้นที่สีฟ้าน้อยกว่า กล่าวคือมุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา มีการกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่บนผิวท่อดีกว่ามุม 45 องศา และมุมปะทะการไหลขนาด 45 องศา ก็มีการกระจายตัวดังกล่าวดีกว่ามุม 30 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น 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 4.25 การกระจายตัวของค่าเลขนีสเซลล์เฉพาะที่บนผิวทอของแผ่นครีบก้นแบบเอียง ที่ค่าเลข เรย์โนลด์ 500 และอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ สำหรับมุม ปะทะการไหล (ก) 30 องศา (ข) 45 องศา (ค) 60 องศา

3. ค่าอัตราส่วนเลขนีสเซลล์

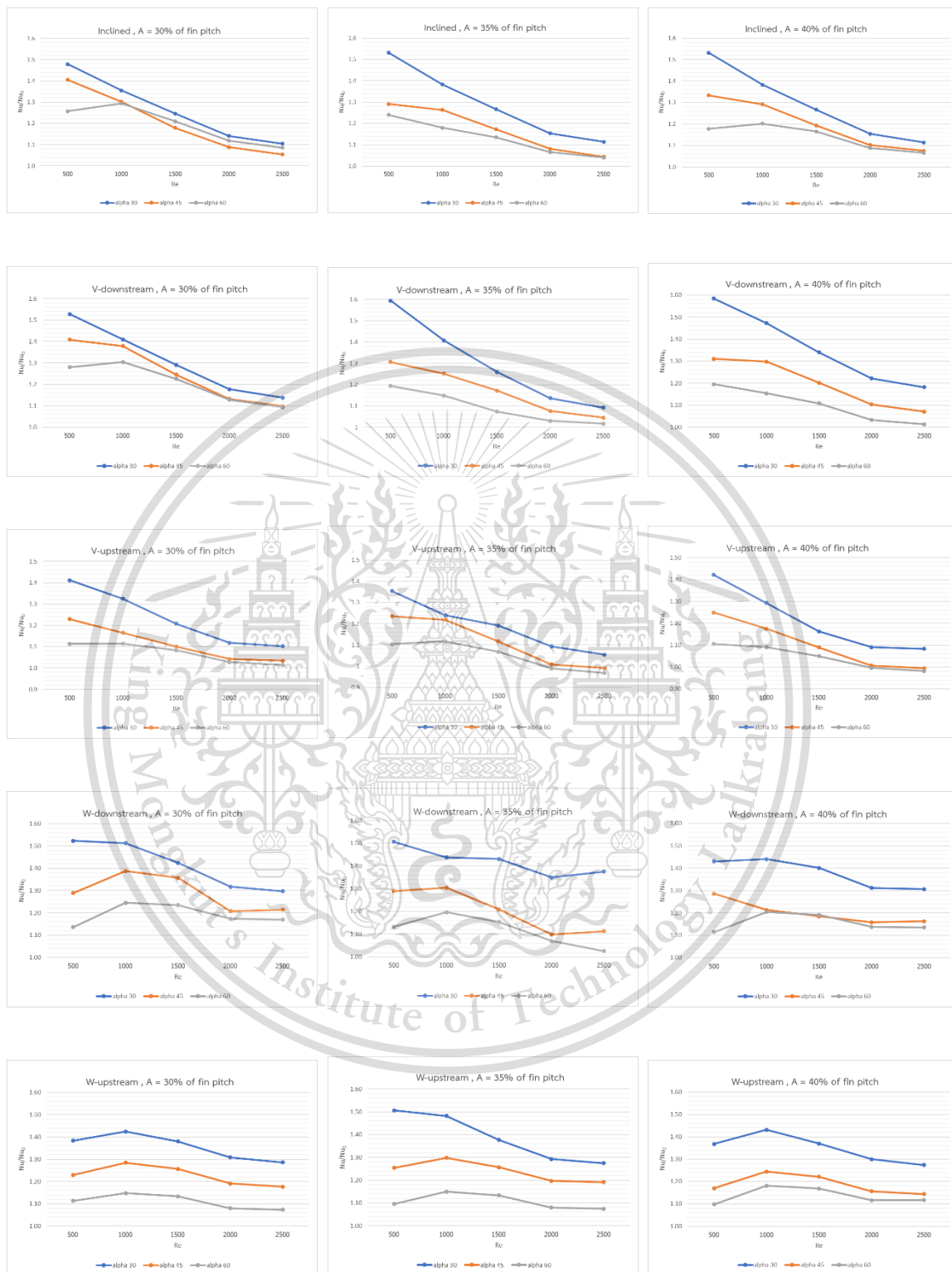
ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนีสเซลล์และค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหลของครีบก้นขนาด 30, 45 และ 60 องศา บนครีบก้นที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่าง ๆ

จะถูกแสดงในรูปที่ 4.26

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 4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการวางกรงไหลรูปแบบต่างๆ โดยขึ้นด้านการค้า
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.

จากรูปที่ 4.26 พบว่าส่วนมากอัตราส่วนเลขนัยสเซลต์มีค่าลดลงเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น แต่ในบางกรณีจะเห็นได้ว่าเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นจาก 500 เป็น 1000 อัตราส่วนเลขนัยสเซลต์จะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 1000 อัตราส่วนเลขนัยสเซลต์จะลดลงเหมือนกับกรณีส่วนใหญ่ และจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 2500 นอกจากนี้ยังสังเกตได้ว่าที่มุมปะทะการไหลขนาด 30 องศาจะมีอัตราส่วนเลขนัยสเซลต์มากกว่าขนาดอื่นทุกค่าเลขเรย์โนลด์และทุกกรณี และโดยส่วนมากมุมปะทะการไหลขนาด 45 องศาจะมีอัตราส่วนเลขนัยสเซลต์มากกว่ามุม 60 องศา

4.2.2 ความดันตกคร่อม

ความดันตกคร่อมจะถูกพิจารณาในรูปแบบของค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหลทั้ง 3 ขนาด บนครีบลิ้นที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.27

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.27 จะสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนว่าครีบลิ้นที่มีมุมปะทะการไหลขนาด 30 องศาจะมีค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมากกว่าขนาด 45 และ 60 องศาทุกค่าเลขเรย์โนลด์และทุกกรณี และโดยส่วนใหญ่แล้ว ที่มุมปะทะการไหลขนาด 45 องศาจะมีอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมากกว่ามุม 60 องศา หรือกล่าวได้ว่าเมื่อขนาดของมุมปะทะการไหลของครีบลิ้นเพิ่มมากขึ้น ค่าความดันตกคร่อมจะมีค่าลดลง

4.2.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

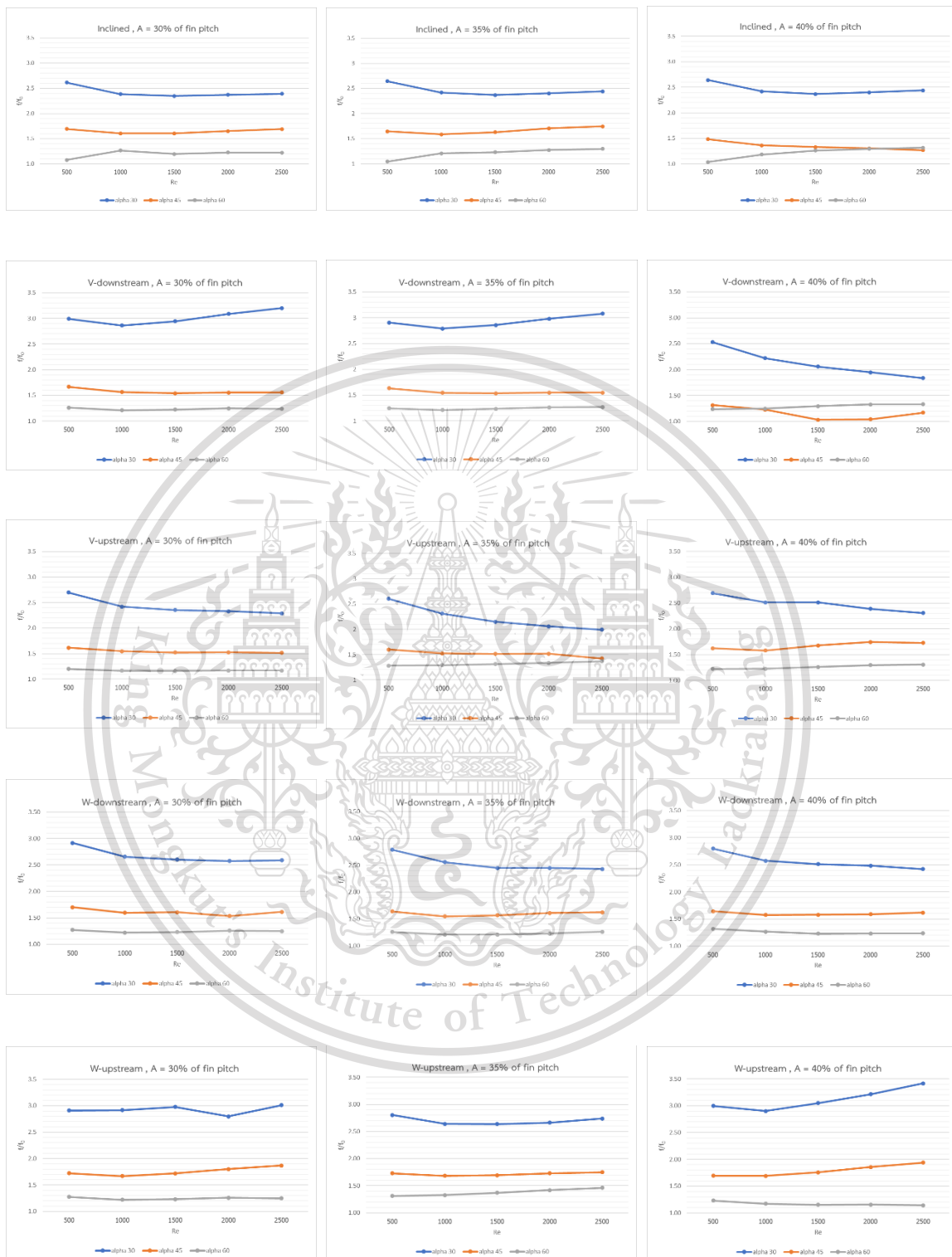
สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนจะถูกพิจารณาในรูปแบบของสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน และความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนกับค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหลทั้ง 3 ขนาด บนครีบลิ้นที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.28

พิจารณาจากรูปที่ 4.28 พบว่าโดยส่วนมากแนวโน้มความสัมพันธ์สัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน และค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3 ขนาดนั้นจะไปในทิศทางเดียวกัน คือค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนมีค่าลดลงเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนของมุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา มีค่ามากกว่าขนาด 45 องศาเล็กน้อย แต่ก็ถือว่ามีค่าใกล้เคียงกันและมีค่ามากกว่ามุมปะทะการไหลขนาด 30

เอกสารนี้เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

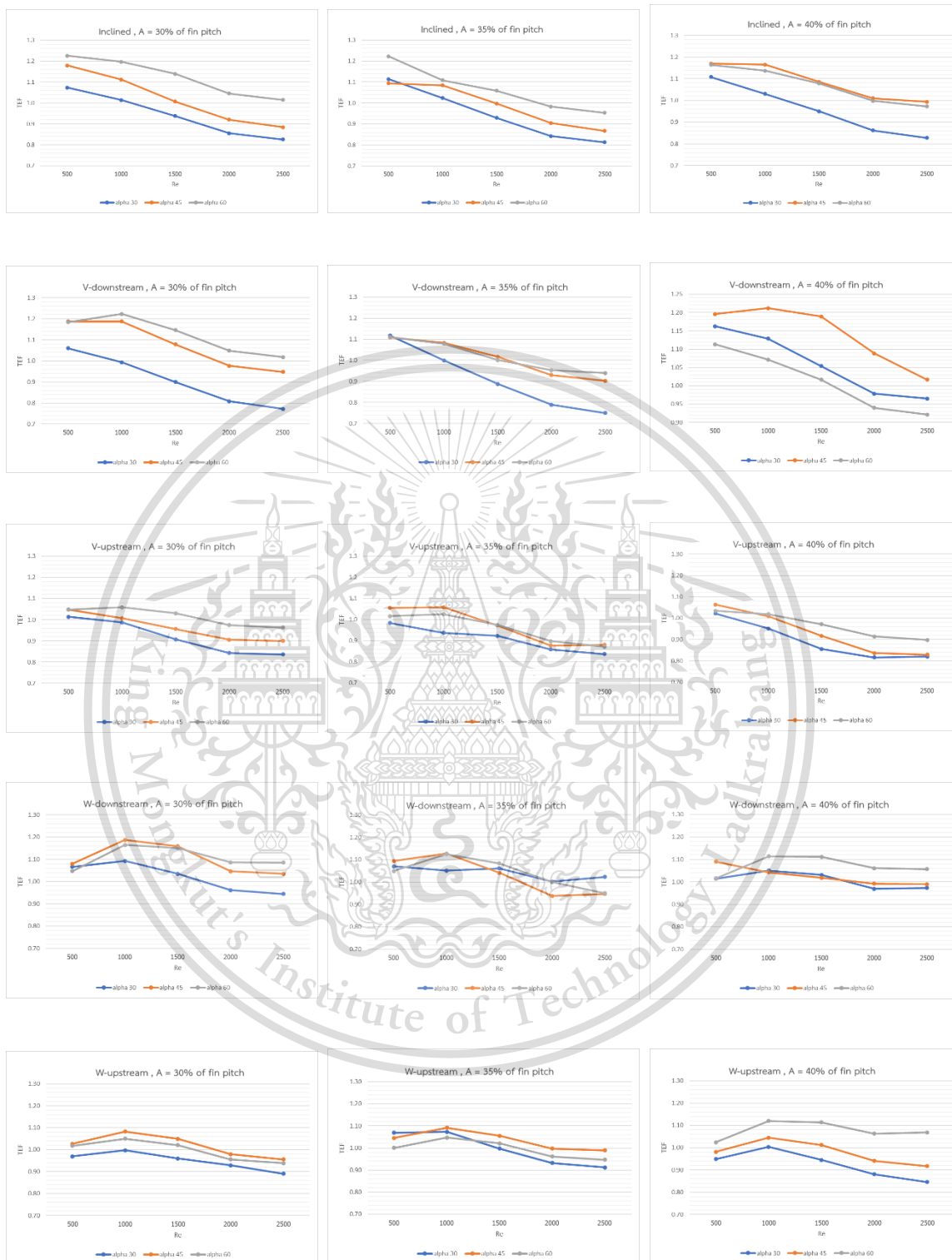


รูปที่ 4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขั้วการไหลรูปแบบต่าง ๆ ประโยชน์ด้านการค้า
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 4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของมุมปะทะการไหล 3 ขนาด บนครี

คลีนที่มีรูปร่างและอัตราส่วนการขวางการไหลรูปแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานวิจัยเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

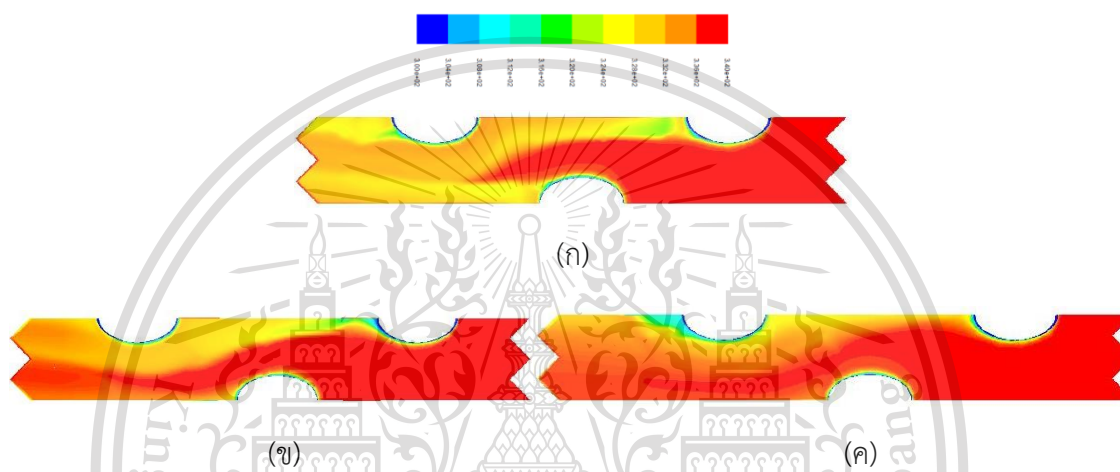
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 อิทธิพลของอัตราส่วนการวางการไหล

4.3.1 อัตราการถ่ายเทความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อนจะถูกพิจารณาในรูปแบบของการกระจายตัวของอุณหภูมิ, การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่ และค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ ดังนี้

1. การกระจายตัวของอุณหภูมิ



รูปที่ 4.29 การกระจายตัวของอุณหภูมিবนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบลิ้น WD ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 1000 และมุมปะทะการไหล 45 องศา สำหรับอัตราส่วนการวางการไหล (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ

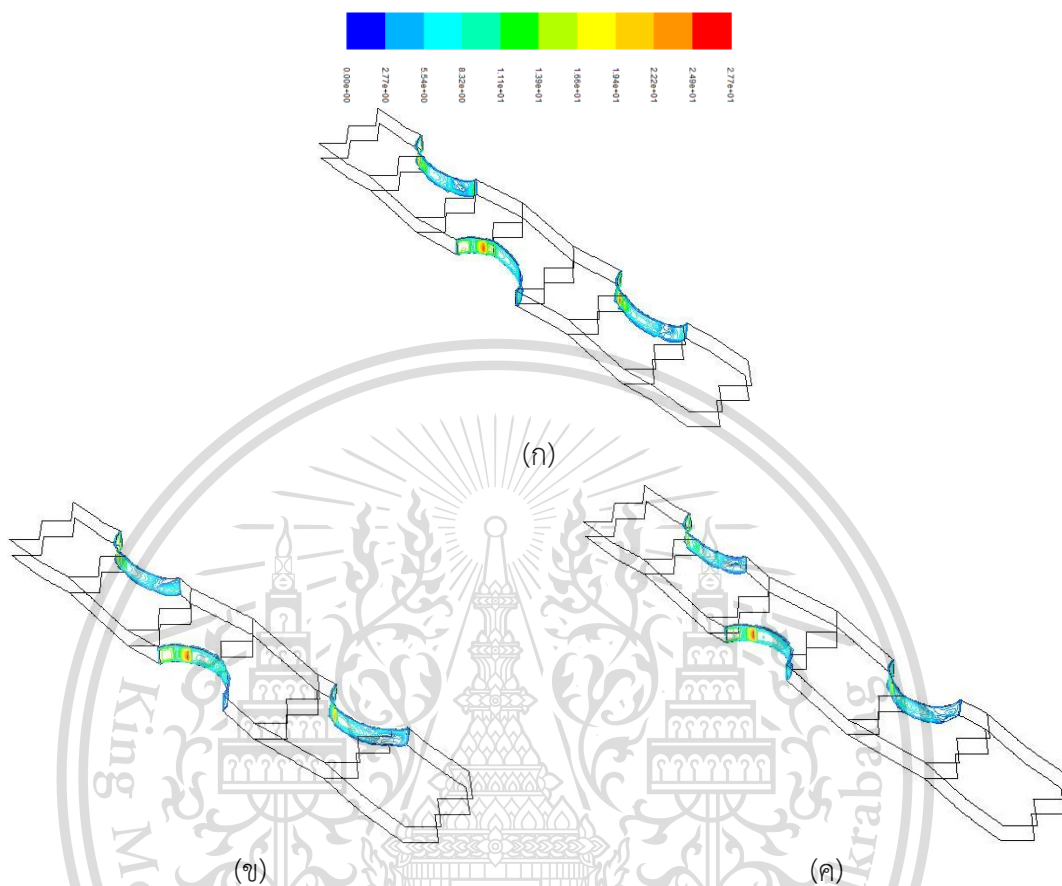
จากรูปที่ 4.29 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของอุณหภูมিবนระนาบตามแนวการไหลของแผ่นครีบลิ้น ที่มีอัตราส่วนการวางการไหลต่างกัน 3 ค่า หากพิจารณาที่รูปร่างของครีบลิ้น, ค่าเลขเรย์โนลด์ และมุมปะทะการไหลเดียวกันแล้ว พบว่าครีบลิ้นที่มีอัตราส่วนการวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบนั้นมีการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ดีกว่าแบบอื่น สังเกตได้จากที่มีการผสมผสานอุณหภูมิที่ดีตั้งแต่หลังท่อที่หนึ่งนับจากทางเข้า ในส่วนของอัตราส่วนการวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบนั้น แม้จะมีการผสมผสานอุณหภูมิจะที่ดีบริเวณหลังท่อที่หนึ่ง แต่ในบริเวณหลังท่อที่สองและสามนับจากทางเข้านั้นมีการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าอัตราส่วนการวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ และครีบลิ้นที่มีอัตราส่วนการวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบ จะมีการกระจายตัวของอุณหภูมิน้อยกว่าสองแบบแรก หรือสามารถกล่าวได้ว่าอัตราส่วนการวางการไหลที่ทำให้มีการกระจายอุณหภูมิที่ดีที่สุดคือร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบ และการกระจายตัวของอุณหภูมิจะลดลงเมื่อเพิ่มค่าอัตราส่วนการวางการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น 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. กระจายตัวของค่าเลขน้สเซลต์เฉพาะที่



รูปที่ 4.30 การกระจายตัวของค่าเลขน้สเซลต์เฉพาะที่บนผิวท่ของแผ่นครีบล่ี้น WD ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ 1000 และมุมปะทะการไหล 45 องศา สำหรับอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ (ก) ร้อยละ 30 (ข) ร้อยละ 35 (ค) ร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบล่ี้น

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.30 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของค่าเลขน้สเซลต์เฉพาะที่บนผิวท่ของแผ่นครีบล่ี้น ที่มีรูปร่างของครีบล่ี้น, ค่าเลขเรย์โนลด์ และมุมปะทะการไหลเดียวกันแล้ว จะสังเกตเห็นการกระจายตัวของค่าเลขน้สเซลต์เฉพาะที่บนผิวท่ของครีบล่ี้นที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลทั้ง 3 รูปแบบใกล้เคียงกัน โดยจะปรากฏพื้นที่สีน้ำเงินและฟ้าเป็นส่วนมาก นั้นหมายถึงมีค่าเลขน้สเซลต์เฉพาะที่น้อย แต่ก็ยังมีพื้นที่สีแดงและเขียวปรากฏให้เห็นอยู่บ้าง นอกจากนี้ยังพบว่าครีบล่ี้นที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 35 ของระยะห่างระหว่างครีบล่ี้นนั้นมีการกระจายตัวของค่าเลขน้สเซลต์เฉพาะที่บนผิวท่ดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น 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. ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ต์

รูปที่ 4.31 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหลทั้ง 3 ค่า แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ต์จะมีค่ามากในช่วงค่าเลขเรย์โนลด์ 500 ถึง 1000 แต่เมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นมากกว่า 1000 อัตราส่วนเลขนัสเซลล์ต์จะมีค่าลดลงและส่วนมากจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เป็น 2500 นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบนั้นมีค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ต์มากที่สุดเป็นส่วนใหญ่ หรือกล่าวได้ว่ามีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุดนั่นเอง

4.3.2 ความดันตกคร่อม

ความดันตกคร่อมจะถูกพิจารณาในรูปแบบของค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน และความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมกับค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหลทั้ง 3 ค่า บนครีบล้อที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.32

เมื่อพิจารณารูปที่ 4.32 จะสังเกตเห็นได้ว่าโดยส่วนใหญ่แล้ว อัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น และแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหล 3 ค่า นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนใหญ่วัฏครีบล้อที่มีอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบนั้นจะมีค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมากกว่าอัตราส่วนการขวางการไหลค่าอื่น

4.3.3 สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อน

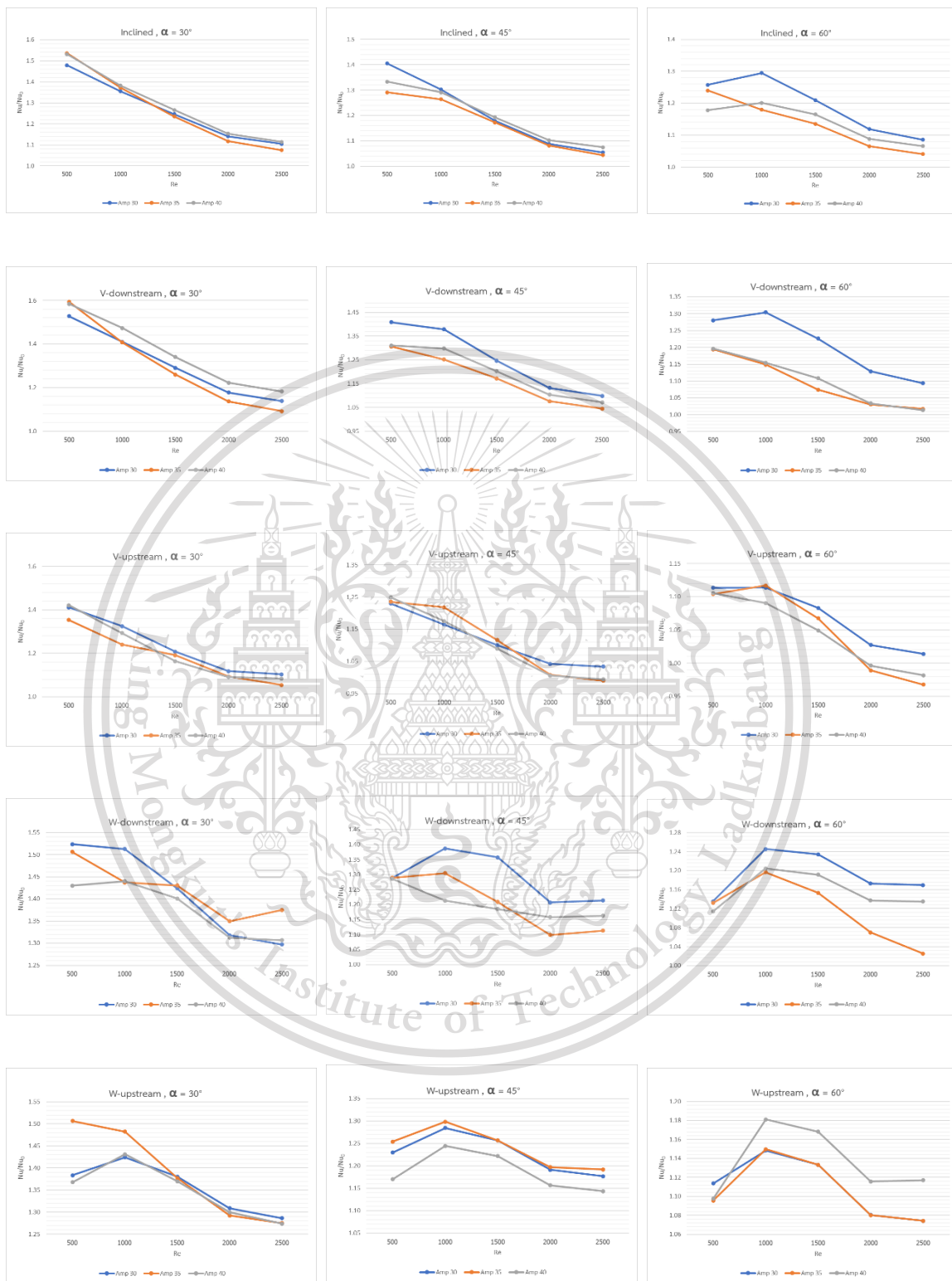
สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนจะถูกพิจารณาในรูปแบบของสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน และความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนกับค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหลทั้ง 3 ค่า บนครีบล้อที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ จะถูกแสดงในรูปที่ 4.33

จากรูปที่ 4.33 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนและค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหลทั้ง 3 ค่า นั้นจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนจะมีค่ามากเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์อยู่ในช่วง 500 ถึง 1000 และจากนั้นค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนจะมีค่าลดลงเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อนของอัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบนั้นจะมีค่ามากกว่า ร้อยละ 35 และ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบล้อ

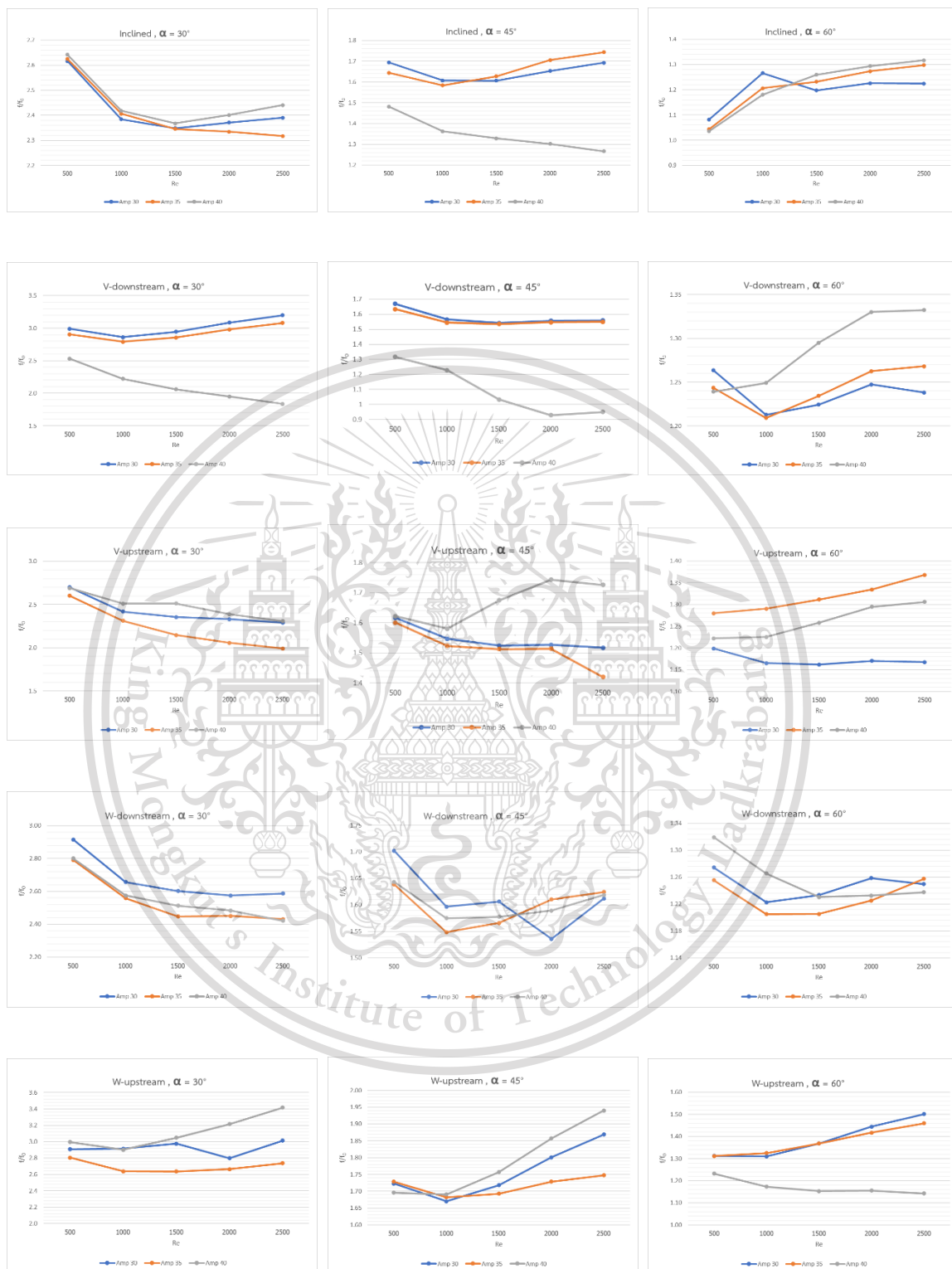
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซิลต์และค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวาง
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 การไหล 3 ค่า บนครีบอกที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



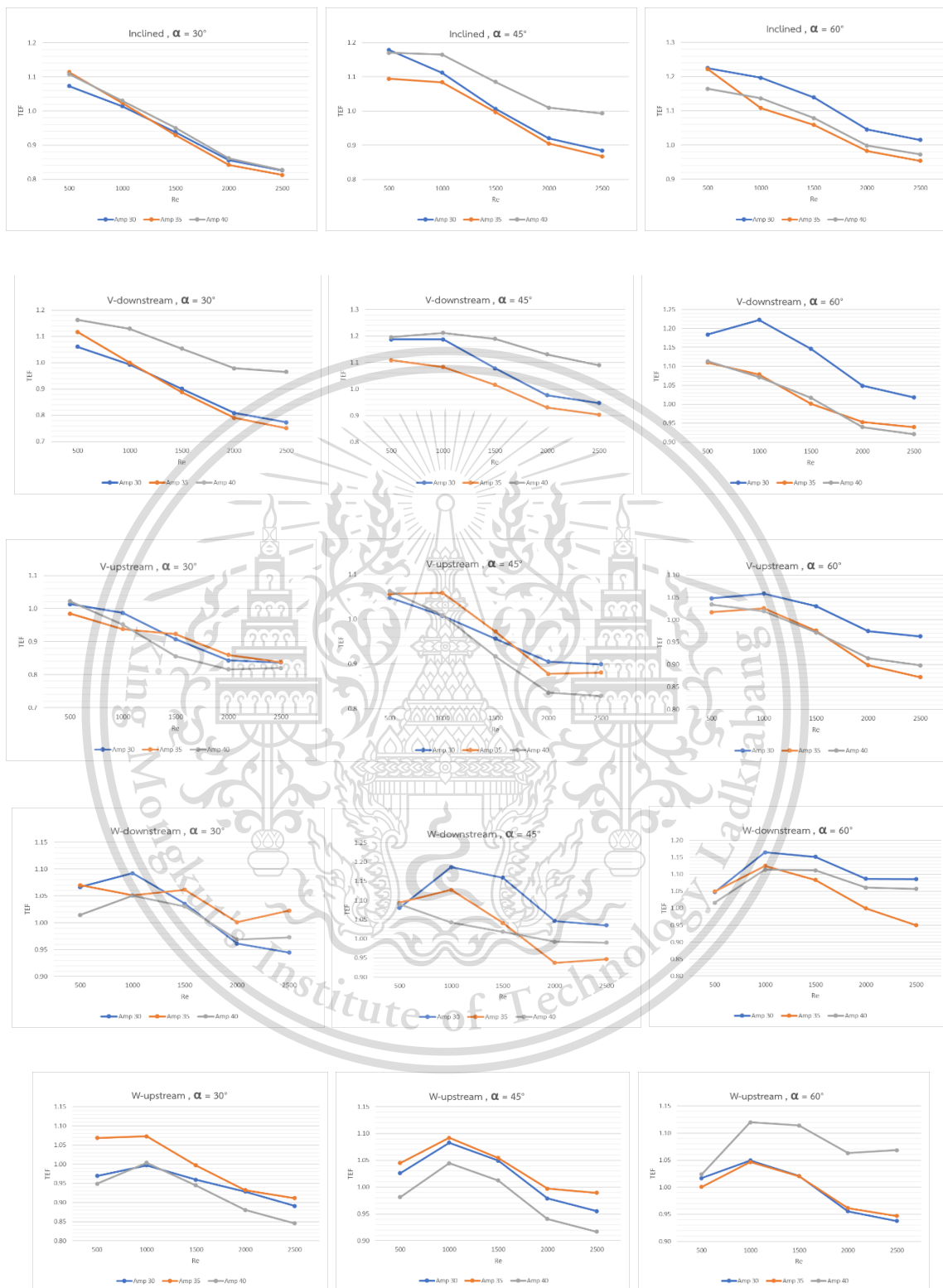
รูปที่ 4.32 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมและค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยและงานวิชาการเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

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 4.33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TEF และค่าเลขเรย์โนลด์ของอัตราส่วนการขวางการไหล 3 ค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บนเครือข่ายที่มีรูปร่างและมุมปะทะการไหลรูปแบบต่าง ๆ

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

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 อิทธิพลของรูปร่างของครีบลิ้น

จากผลการศึกษาอิทธิพลของรูปร่างของครีบลิ้น พบว่าครีบบนแบบ VD นั้นมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาในรูปของการกระจายตัวของอุณหภูมิ, การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่ และค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ ประกอบกัน แต่รูปร่างครีบลิ้นที่มีค่าความดันตกคร่อมน้อยที่สุดนั้นคือครีบบนแบบ VD เมื่อพิจารณาในรูปของค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน เนื่องจากจำนวนหยักของครีบลิ้นรูปตัววีและรูปตัวดับเบิลวีนั้นมีมากกว่าครีบบนแบบ VD จึงส่งผลให้ครีบบนแบบ VD นั้นมีค่าความดันตกคร่อมที่น้อยกว่าแบบอื่น และถึงแม้ว่าครีบลิ้นแบบอื่นจะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนไม่มากเท่าแบบ VD แต่ก็มีค่าน้อยกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่นเดียวกันกับครีบลิ้นแบบ VD นั้นมีค่าความดันตกคร่อมที่ค่อนข้างสูง จึงส่งผลให้ครีบบนแบบ VD นั้นมีสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน

5.1.2 อิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบลิ้น

ผลการศึกษาอิทธิพลของมุมปะทะการไหลของผิวครีบลิ้น เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอุณหภูมิ, การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่ และค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ พบว่ามุมปะทะการไหลขนาด 30 องศา นั้นมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าขนาดอื่น ส่วนมุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา นั้นมีอัตราการถ่ายเทความร้อนน้อยที่สุด ในด้านของค่าความดันตกคร่อมที่พิจารณาจากค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน พบว่าในครีบลิ้นที่มีมุมปะทะการไหล 60 องศาจะมีค่าน้อยกว่าสองขนาดที่เหลือ และความดันตกคร่อมจะมีค่ามากขึ้นเมื่อขนาดของมุมเล็กลง เนื่องมาจากทิศการไหลจะถูกเบี่ยงเบนไปมากเมื่อมุมปะทะการไหลเล็กลง ส่งผลให้ค่าความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้น เมื่อนำค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์และค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานมาคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน ส่งผลให้ครีบลิ้นที่มีมุมปะทะการไหลขนาด 60 องศา มีสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทำวิจัยเพื่อการศึกษเท่านั้น 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.

5.1.3 อิทธิพลของอัตราส่วนการขวางการไหล

อิทธิพลของอัตราส่วนการขวางการไหลส่งผลโดยตรงกับการกระแทกของกระแส พบว่าอัตราส่วนการขวางการไหลที่มีค่าร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบนั้นมีอัตราการถ่ายเทความร้อนที่ดีกว่าค่าอื่น เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของอุณหภูมิ, การกระจายตัวของค่าเลขนัสเซลล์เฉพาะที่ และค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลล์ ที่ค่าเลขเรย์โนลด์ต่าง ๆ ในส่วนของค่าความดันตกคร่อมที่พิจารณาจากค่าอัตราส่วนสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานนั้น อัตราส่วนการขวางการไหลร้อยละ 40 ของระยะห่างระหว่างครีบบจะมีค่ามากที่สุด อันเนื่องมาจากส่วนที่ขวางการไหลมีความสูงมากกว่าแบบอื่น จึงทำให้เกิดการกระแทกของกระแสมากกว่า ค่าความดันตกคร่อมจึงมากกว่า และเมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของสมรรถนะเชิงความร้อน พบว่าค่าอัตราส่วนการขวางการไหลของครีบลิ้นที่สมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมากที่สุดคือร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาเกี่ยวกับอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ซึ่งวิธีนี้ถือเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง เพราะนอกจากจะลดต้นทุนในด้านอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง ช่วยประหยัดเวลาได้มาก ยังช่วยให้เข้าใจถึงพฤติกรรมการไหลของของไหลได้มากขึ้นอีกด้วย

จากผลการวิจัยพบว่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดครีบบและท่อ ที่มีท่อแลกเปลี่ยนความร้อนรูปวงรีจำนวน 3 ท่อวางเยื้องกัน จะมีอัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนดีที่สุดเมื่อครีบบมีรูปร่างเป็นครีบลิ้นแบบเอียง จากผลการศึกษาพบว่าที่ค่าเลขเรย์โนลด์เท่ากับ 500 ครีบบเอียงที่มีมุมปะทะการไหลเท่ากับ 30 องศาให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมากที่สุดเมื่อเทียบกับมุมปะทะอื่น ๆ เมื่อพิจารณาค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนพบว่าครีบบเอียงที่มีมุมปะทะการไหลเท่ากับ 60 องศาให้ค่าสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด และอัตราส่วนการขวางการไหลของครีบลิ้นที่ให้อัตราการถ่ายเทความร้อนและสมรรถนะเชิงความร้อนดีที่สุดคือร้อยละ 30 ของระยะห่างระหว่างครีบบ

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] กระทรวงพลังงาน (2562). สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม - ธันวาคม 2562. *รายงานสถิติและข้อมูล, 2-4*
- [2] Välikangas, T., Singh, S., Sørensen, K., & Condra, T. (2018). Fin-and-tube heat exchanger enhancement with a combined herringbone and vortex generator design. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 118*, 602-616.
- [3] Modi, A. J., Kael, N. A., & Rathod, M. K. (2020). Thermal performance augmentation of fin-and-tube heat exchanger using rectangular winglet vortex generators having circular punched holes. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 158*, 119724.
- [4] Gupta, A., Roy, A., Gupta, S., & Gupta, M. (2020). Numerical investigation towards implementation of punched winglet as vortex generator for performance improvement of a fin-and-tube heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer, 149*, 119171.
- [5] Zeeshan, M., Hazarika, S. A., Nath, S., & Bhanja, D. (2017, July). Numerical investigation on the performance of fin and tube heat exchangers using rectangular vortex generators. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1859, No. 1, p. 020011). AIP Publishing LLC.
- [6] Jedsadaratanachai, W., & Boonloi, A. (2015). Thermal performance assessment in a fin-and-oval-tube heat exchanger with delta winglet vortex generators. *Journal of Mechanical Science and Technology, 29*(4), 1765-1779.
- [7] Chu, P., He, Y. L., Lei, Y. G., Tian, L. T., & Li, R. (2009). Three-dimensional numerical study on fin-and-oval-tube heat exchanger with longitudinal vortex generators. *Applied Thermal Engineering, 29*(5-6), 859-876.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น 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.

- [8] Li, M., Qu, J., Zhang, J., Wei, J., & Tao, W. (2020). Air side heat transfer enhancement using radiantly arranged winglets in fin-and-tube heat exchanger. *International Journal of Thermal Sciences*, 156, 106470.
- [9] Ke, H., Khan, T. A., Li, W., Lin, Y., Ke, Z., Zhu, H., & Zhang, Z. (2019). Thermal-hydraulic performance and optimization of attack angle of delta winglets in plain and wavy finned-tube heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 150, 1054-1065.
- [10] Abu-Hamdeh, N. H., Bantan, R. A., & Alimoradi, A. (2020). Heat transfer optimization through new form of pin type of finned tube heat exchangers using the exergy and energy analysis. *International Journal of Refrigeration*.
- [11] Singh, S., Sørensen, K., Simonsen, A. S., & Condra, T. J. (2017). Implications of fin profiles on overall performance and weight reduction of a fin and tube heat exchanger. *Applied Thermal Engineering*, 115, 962-976.
- [12] Sadeghianjahromi, A., Kheradmand, S., Nemati, H., & Wang, C. C. (2020). Heat transfer enhancement of wavy fin-and-tube heat exchangers via innovative compound designs. *International Journal of Thermal Sciences*, 149, 106211.
- [13] Gholami, A., Mohammed, H. A., Wahid, M. A., & Khiadani, M. (2019). Parametric design exploration of fin-and-oval tube compact heat exchangers performance with a new type of corrugated fin patterns. *International Journal of Thermal Sciences*, 144, 173-190.
- [14] Unger, S., Beyer, M., Gruber, S., Willner, R., & Hampel, U. (2019). Experimental study on the air-side thermal-flow performance of additively manufactured heat exchangers with novel fin designs. *International Journal of Thermal Sciences*, 146, 106074.
- [15] Hashem-ol-Hosseini, A., Ghazani, M. A., & Emami, M. D. (2020). Experimental study and numerical simulation of thermal hydraulic characteristics of a finned oval

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.

- tube at different fin configurations. *International Journal of Thermal Sciences*, 151, 106255.
- [16] Deepakkumar, R., & Jayavel, S. (2017). Air side performance of finned-tube heat exchanger with combination of circular and elliptical tubes. *Applied Thermal Engineering*, 119, 360-372.
- [17] Nemati, H., Moghimi, M. A., Sapin, P., & Markides, C. N. (2020). Shape optimisation of air-cooled finned-tube heat exchangers. *International Journal of Thermal Sciences*, 150, 106233.
- [18] Chu, W. X., Sheu, W. J., Hsu, C. C., & Wang, C. C. (2020). Airside performance of sinusoidal wavy fin-and-tube heat exchangers subject to large-diameter tubes with round or oval configuration. *Applied Thermal Engineering*, 164, 114469.
- [19] Okbaz, A., Pınarbaşı, A., & Olcay, A. B. (2020). Experimental investigation of effect of different tube row-numbers, fin pitches and operating conditions on thermal and hydraulic performances of louvered and wavy finned heat exchangers. *International Journal of Thermal Sciences*, 151, 106256.
- [20] Sarfraz, O., Bach, C. K., & Bradshaw, C. R. (2020). Validation of advanced fin-and-tube heat exchanger models with cross-fin conduction functionality. *International Journal of Refrigeration*.
- [21] Sun, C., Lewpiriyawong, N., Khoo, K. L., Zeng, S., & Lee, P. S. (2018). Thermal enhancement of fin and tube heat exchanger with guiding channels and topology optimisation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 127, 1001-1013.

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.