



สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย
ประชุมวิชาการ
การถ่ายเทพลังงาน
ความร้อนและมวลในอุปกรณ์
ด้านความร้อนและกระบวนการ
(ครั้งที่ 22)

วันที่ 9-10 มีนาคม 2566

ณ โรงแรม เดอะ มันทรี

จังหวัดเชียงราย

คณะกรรมการและคณะอนุกรรมการจัดการประชุมวิชาการ
เรื่อง “การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ” (ครั้งที่ 22)
ระหว่างวันที่ 9-10 มีนาคม 2566
ณ โรงแรม เดอะ ม้านิรนี จังหวัดเชียงราย

ที่ปรึกษาคณะกรรมการจัดการประชุม

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ประธานที่ปรึกษา สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน
นายกสมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชน

คณะกรรมการจัดการประชุม

1. ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	ประธานคณะกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรณิศจ์	ดีทายาท	อนุกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร	อาสนคำ	อนุกรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ	วรยศ	อนุกรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนี	วรยศ	อนุกรรมการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายพิจารณาบทความ

1. ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	ประธานคณะอนุกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรณิศจ์	ดีทายาท	อนุกรรมการ
3. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร	อาสนคำ	อนุกรรมการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายติดต่อประสานงาน/ต้อนรับ

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรณิศจ์	ดีทายาท	ประธานคณะอนุกรรมการ
2. ดร.वासना	คำโอภาส	อนุกรรมการ
3. ดร.เหนือพล	ดวงเบ็ญ	อนุกรรมการ
4. นายวันรบ	กิตินาน	อนุกรรมการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายลงทะเบียน/การเงิน

1. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร	อาสนคำ	ประธานคณะอนุกรรมการ
2. ดร.वासना	คำโอภาส	อนุกรรมการ
3. นายวันรบ	กิตินาน	อนุกรรมการ

คณะอนุกรรมการฝ่ายเอกสาร

1. ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	ประธานคณะอนุกรรมการ
2. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร	อาสนคำ	อนุกรรมการ
3. ดร.वासना	คำโอภาส	อนุกรรมการ
4. ดร.เหนือพล	ดวงเบ็ญ	อนุกรรมการ
5. นายวันรบ	กิตินาน	อนุกรรมการ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาบทความ
เรื่อง “การถ่ายเทพลังงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ” (ครั้งที่ 22)
ระหว่างวันที่ 9-10 มีนาคม 2566
ณ โรงแรม เดอะ ม้านทรี จังหวัดเชียงราย

- | | |
|---|--|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.ฐานิตย์ เมธิยานนท์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.ธนากร วงศ์วัฒนาเสถียร | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัฒน์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ หวังนิพนธ์โต | สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.สมิทธิ์ เอี่ยมสะอาด | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาน สกิตเรืองศักดิ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.ชยุต นันทดุสิต | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 12. รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษ สมนึก | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 13. รองศาสตราจารย์ ดร.ธรรณิศจ์ ดิทยาพา | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.อรรถกร อาสนคำ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 15. รองศาสตราจารย์ ดร.วิรัช โยธินรินทร์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 16. รองศาสตราจารย์ ดร.กษมา ศิริสมบูรณ์ | มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ วรยศ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรพรรณ เตียรุจสุวรรณ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติพันธ์ แสงสว่าง | มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรารุช พลวงษ์ศรี | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยาพร ไชยวงศ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพันธ์ ถาวรงามยิ่งสกุล | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก |
| 23. ดร.อดิพงษ์ นันทพันธ์ | การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย |
| 24. ดร.ปราโมทย์ ลายประดิษฐ์ | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 25. ดร.วาสนา คำโสภาส | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
A1	การจำลองและปรับปรุงสถานีจัดเรียงสินค้าแบบอัตโนมัติ SIMULATION AND IMPROVEMENT OF THE AUTONOMOUS PALLETING STATION	18
A2	สภาวะที่เหมาะสมในการหลอมละลายพลาสติกรีไซเคิลพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง เพื่อผลิตภาชนะบรรจุไข่กับการจำลองทางความร้อน APPROPRIATE MELTING CONDITION OF RECYCLED HIGH-DENSITY POLYETHYLENE FOR PRODUCING RAW EGG PACKAGING USING THERMAL SIMULATION	24
A3	การประเมินการใช้พลังงานในสวนปาล์มน้ำมัน (ภาคเหนือของประเทศไทย) ENERGY CONSUMPTION ASSESSMENT IN OIL PALM PLANTATION AREA (NORTHERN THAILAND)	33
A4	การพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลินาด้วยถังปิดอัจฉริยะภายใต้เงื่อนไข นาฬิกาชีวภาพของการควบคุมการเลี้ยง DEVELOPMENT OF A SPIRULINA SMART CLOSED TANK SYSTEM UNDER THE BIOLOGICAL CLOCK FOR CULTIVATION	39
A5	อิทธิพลของความชื้นในกาบกล้วยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลในการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ EFFECT OF MOISTURE CONTENT IN BANANA SHEATH ON MECHANICAL PROPERTIES DURING MOLD FORMING	46
A6	วัสดุผสมปูนซีเมนต์จากเฟอร์รัสคาร์บอเนตที่เกิดจากการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยผงเหล็กสีก้าง CEMENT MIXING MATERIAL WITH FERROUS CARBONATE DERIVED FROM CARBON DIOXIDE SEQUESTRATION BY WASTE IRON POWDER	50
B1	ผลของอุณหภูมิห้องอบเตาอบถ่านไร้ควันที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์ น้ำส้มควันไม้จากไม้ลำไยและแกลบภายใต้กระบวนการทอรีรีแฟคชัน EFFECT OF BIOCHAR KILN CHAMBER TEMPERATURE ON PHYSICAL CHARACTERISTICS OF WOOD VINEGAR PRODUCT FROM LONGAN WOOD AND RICE HUSK UNDER TORREFACTION	55
B2	การศึกษาการทำงานของห้องเผาไหม้แบบพัลส์ชนิดไร้วาล์ว STUDY ON OPERATION OF A VALVELESS PULSE JET COMBUSTOR	62
B3	การตรวจสอบความเป็นอิสระของกริดภายในเตาฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวนแบบทรงกรวย GRID INDEPENDENCE TEST IN A CONICAL SWIRLING FLUIDIZED-BED COMBUSTOR	70
B4	การศึกษาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม้สับโดยใช้เตาเผาแบบขั้นบันได STUDY OF WOODCHIP COMBUSTION USING A STEP GRATE FURNACE	76

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
B5	ผลกระทบของอัตราการป้อนโพแทสเซียมจำเพาะต่อการเกิดฟอสลิ่งบนผิวแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างการเผาไหม้ทะเลาะลายปาล์มเปล่าร่วมกับทะเลาะลายปาล์มในเตาเผาไหม้ฟลูอิดไอเซตแบบหมุนเวียน EFFECT OF SPECIFIC POTASSIUM INPUT ON FOULING FORMATION ON HEAT TRANSFER SURFACE DURING CO-FIRING PALM OIL EMPTY FRUIT BUNCH WITH PLAM KERNEL SHELL IN A CIRULATING FLUIDIZED BED COMBUSTOR	81
B6	ผลกระทบของอัตราการผสมดินฟอสซีใช้แล้วในการเผาไหม้ร่วมกับทะเลาะลายปาล์มเปล่าเพื่อลดปัญหาฟอสลิ่งบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเตาเผาไหม้ทะเลาะลายปาล์มเปล่า EFFECT OF SPENT BEACHING EARTH (SBE) BLENDING RATIO IN CO-FIRING WITH PALM OIL EMPTY FRUIT BUNCH (EFB) FOR REDUCTION OF FOULING ON HEAT TRANSFER SURFACE IN A STEP-GRATE FIRED COMBUSTOR	88
B7	การออกแบบสัดส่วนผสมของชีวมวลภายในโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า DESIGN OF THE BIOMASS MIXTURE USED IN THE BIOMASS POWER PLANT TO GENERATE ELECTRICITY	97
B8	ผลของอุณหภูมิการให้ความร้อนถ่านหินที่มีต่อคุณภาพแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อจำลองระบบแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินใต้ดิน EFFECT OF HEATING COAL TEMPERATURE ON SYNGAS QUALITY FOR SIMULATING UNDERGROUND COAL GASIFICATION SYSTEM	103
B9	การศึกษาขนาดของเตาเผาถ่านในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ THE STUDY OF KILN SIZE FOR ACTIVATED CHARCOAL PRODUCTION FROM BAMBOO	109
C1	การทำนายสมรรถนะทางความร้อนของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่สอดใส่แผ่นบิดด้วยโครงข่ายประสาทเทียม THERMAL PERFORMANCE PREDICTION OF TUBE HEAT EXCHANGER INSERTED WITH TWISTED TAPE BY ARTIFICIAL NEURON NETWORK	114
C2	การศึกษาพฤติกรรมการไหลแบบปั่นป่วนของอากาศภายในท่อที่สอดใส่แผ่นกั้นรูพรุน STUDY OF TURBULENT AIR FLOW BEHAVIOR IN TUBE INSERTED WITH PERFORATED BAFFLES	122
C3	ผลของมุมเอียงพินต่อสมรรถนะเชิงความร้อนสำหรับกลุ่มพินรูปตัววีในช่องการไหล EFFECT OF PIN INCLINATION ANGLE ON THERMAL PERFORMANCE FOR V-SHAPED PIN ARRAYS IN A FLOW CHANNEL	128
C4	การศึกษาพฤติกรรมการไหลภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนชนิดกรวยหลากหลายรูปแบบ INVESTIGATION OF FLOW BEHAVIOR IN TUBULAR HEAT EXCHANGER FITTED WITH DIFFERENT CONICALS TURBULATOR	136
C5	การศึกษาพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อนานที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นตัววีเจาะรู THE STUDY ON FLOW AND HEAT TRANSFER BEHAVIORS IN A RECTANGULAR CHANNEL WITH PUNCHED V-BAFFLES	142

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
C6	RIB APPLIED SURROGATE MODEL: THERMAL ENHANCEMENT FACTOR OF TRIPLE-CHANNEL TWISTED TAPE HEAT EXCHANGER	149
C7	การเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการติดตั้งปีกสามเหลี่ยมเจาะรู THERMAL PERFORMANCE ENHANCEMENT IN A HEAT EXCHANGER WITH PUNCHED DELTA-WING	159
C8	อิทธิพลของรูปแบบรูเปิดบนแผ่นขวางการไหลต่อลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหล EFFECT OF OPENED HOLE PATTERNS ON FLOW BLOCKAGE FOR FLOW AND HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS IN FLOW CHANNEL	167
C9	การจำลองการไหลของกลุ่มเจ็ทพุ่งชนสำหรับการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลที่หมุนด้วยโปรแกรมทางพลศาสตร์ของไหล NUMERICAL SIMULATION OF JET ARRAY IMPINGEMENT FOR HEAT TRANSFER IN ROTATING CHANNEL USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS	178
C10	ผลของการเติมฟองอากาศที่มีต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวติดครีบบนช่องการไหลน้ำ EFFECT OF ENTRAINED AIR BUBBLES ON HEAT TRANSFER ENHANCEMENT ON RIBBED SURFACE IN WATER CHANNEL FLOW	186
C11	อิทธิพลของแผ่นกั้นตัววีเจาะรูต่อพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อกลม THE EFFECT OF PERFORATED V-SHAPED BAFFLE ON FLOW AND HEAT TRANSFER BEHAVIORS IN A CIRCULAR TUBE	195
C12	การตรวจสอบเชิงตัวเลขของการถ่ายโอนความร้อนจากแถวของลำการไหลปะทะโดยใช้ช่องลำการไหลยืดตัว NUMERICAL INVESTIGATION OF HEAT TRANSFER FROM AN ARRAY OF IMPINGING JETS USING EXTENDED SLOT JETS	203
C13	การประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนของท่อหน้าตัดรูปวงรีบิดเกลียวในช่วงการไหลแบบราบเรียบ THERMAL PERFORMANCE EVALUATION OF A TWIST OVAL TUBE IN LAMINAR FLOW REGION	209
C14	การศึกษาเชิงทดลองของการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันในช่องการไหลที่มีแผ่นกั้นตรงปรับแต่ง EXPERIMENTAL STUDY OF HEAT TRANSFER AND PRESSURE LOSS IN A FLOW CHANNEL WITH MODIFIED TRANSVERSE BAFFLES	215
C15	ผลกระทบของร่องสี่เหลี่ยมแบบคว่ำและหงายของแผ่นกั้นต่อสมรรถนะเชิงความร้อนภายในช่องขนาน EFFECT OF NOTCHED-BAFFLES WITH UPPER AND LOWER ARRANGEMENTS ON HEAT TRANSFER PERFORMANCE IN A RECTANGULAR CHANNEL	222
C16	การศึกษาเชิงตัวเลขของการไหลแบบปั่นป่วนและการถ่ายเทความร้อนในท่อที่มีแผ่นกั้นรูปตัววี NUMERICAL STUDY OF TURBULENT CONVECTION IN A ROUND TUBE WITH V-SHAPED BAFFLES	229

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
C17	สมรรถนะเชิงความร้อนภายในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีแผ่นกั้นรูปตัววีปรับเปลี่ยน THERMAL PERFORMANCE IN A SQUARE DUCT WITH MODIFIED V-BAFFLES	236
C18	ผลกระทบของแผ่นกั้นตรงปรับเปลี่ยนที่มีต่อสมรรถนะเชิงความร้อนภายในท่ออุ่นอากาศ พลังงานแสงอาทิตย์ EFFECTS OF MODIFIED TRANSVERSE BAFFLES ON THERMAL PERFORMANCE IN SOLAR-HEATED AIR DUCT	242
C19	การประเมินสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สอดใส่แผ่นบิดคู่ THERMAL PERFORMANCE EVALUATION OF A HEAT EXCHANGE INSERTED WITH DUAL TWISTED TEPEES	249
C20	คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมในท่อกลมที่ติดตั้งแผ่นตัดขอบ HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS IN A HEAT EXCHANGER TUBE INSTALLED WITH EDGE-TRIMMED TWISTED TAPE	254
C21	คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมในท่อกลมที่ติดตั้งวงแหวนบิดเอียง HEAT TRANSFER AND PRESSURE DROP CHARACTERISTICS IN A ROUND TUBE FITTED WITH INCLINED TWISTED-RING	259
C22	ผลของอัตราการไหลที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนในกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ แบบท่อสามศูนย์กลางร่วม THE EFFECT OF FLOW RATE ON HEAT TRANSFER IN A PASTEURIZATION PROCESS USING A TRIPLE CONCENTRIC TUBE HEAT EXCHANGER	264
C23	อิทธิพลของการติดครีที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของแถวเจ็ทเอียงพุ่งชน EFFECT OF RIB ATTACHMENT ON HEAT TRANSFER FOR A ROW OF IMPINGING OBLIQUED JETS	268
C24	ผลของอัตราส่วนการไหลของน้ำที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของท่อรับความร้อนพลังงาน แสงอาทิตย์แบบหมุนควง EFFECT OF WATER FLOW RATE RATION ON HEAT TRANSFER OF A SOLAR COLLECTOR PIPE WITH SWIRLING FLOW	275
C25	ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่มีผลต่อค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อน ของเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว EFFECT OF INTERNAL DIAMETER ON HEAT TRANSFER RATE OF HELICAL CORRUGATED THERMOSYPHON	280
C26	ลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทพุ่งชนแบบกวาด FLOW AND HEAT TRANSFER CHARACTERISTICS OF SWEEPING IMPINGING JET	284
D1	การประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านหลังคาโปร่งแสงของ อาคารโกดังสินค้าในประเทศไทย LIGHTING ENERGY SAVING FROM DAYLIGHTING THROUGH SKYLIGHTS FOR A WAREHOUSE IN THAILAND	290

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
D2	การศึกษาศักยภาพต้นแบบโรงเรือนผลิตเซลล์แสงอาทิตย์แบบกึ่งโปร่งแสงสำหรับเพาะปลูกพืช POTENTIAL STUDY OF SEMI-TRANSPARENT SOLAR CELL GREENHOUSE PROTOTYPE FOR PLANT CULTURE	296
D3	การศึกษาเชิงทดลองและการเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วิธีการระบายความร้อนด้วยอากาศร่วมกับตัวสร้างการไหลแบบหมุนวน EXPERIMENTAL STUDY AND EFFICIENCY ENHANCEMENT OF PV MODULE USING FORCED AIR-COOLING TECHNIQUE WITH VORTEX GENERATOR	304
D4	ศักยภาพการผลิตน้ำกลั่นจากโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการระบายความร้อนแบบระเหย POTENTIAL ON DISTILLED WATER PRODUCTION BY SOLAR CELL MODULE WITH EVAPORATIVE COOLING	311
E1	สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตชาผักเซียงดา OPTIMIZATION OF GYMNEMA INODORUM TEA PRODUCTION PROCESS	316
E2	การออกแบบตัวควบคุมพีไอสำหรับควบคุมความชื้นในระบบหมุนเวียนอากาศอบแห้ง DESIGN OF PI CONTROLLER FOR HUMIDITY CONTROL IN DRYING AIR CIRCULATION SYSTEM	324
E3	การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมปั๊มความร้อนสำหรับใบตาลโตนด DEVELOPMENT OF HEAT PUMP ASSISTED SOLAR DRYER FOR PALMYRA PALM LEAVES	332
E4	การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยท่อลมร้อนร่วมกับตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาสำหรับกระบวนการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร DEVELOPMENT OF HOT-AIR DUCT COMBINED WITH SOLAR PARABOLIC TROUGH FOR AGRI-FOODS DRYING PROCESS	339
E5	ศักยภาพในการใช้ปั๊มความร้อนแบบคาสเคดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการอบแห้งและทำความเย็นสมุนไพร POTENTIAL ON A USE OF SOLAR CASCADE HEAT PUMP FOR HERBS DRYING AND COOLING	346
F1	สมรรถนะของโรงไฟฟ้าโออาร์ซีขนาด 1 กิโลวัตต์ที่ใช้เครื่องขยายไอน์แบบสโครลซึ่งดัดแปลงจากสโครลคอมเพรสเซอร์ PERFORMANCE OF A 1 KW ORC POWER PLANT WITH SCROLL EXPANDER BASED ON MODIFIED SCROLL COMPRESSOR	352
F2	ผลกระทบของอัตราการไหลเชิงมวล ความเข้มข้นของแอมโมเนียและความดันในการระเหยต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าวัฏจักรคาลินา EFFECTS OF THE MASS FLOW RATE AMMONIA MASS FRACTION AND EVAPORATION PRESSURE ON THE PERFORMANCE OF A KALINA-CYCLE POWER PLANT	362

ลำดับ	เรื่อง	หน้า
F3	การผสานการทำงานระหว่างเครื่องทำความเย็นแบบน้ำระเหยกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน INTEGRATION OF EVAPORATIVE COOLER WITH SPLIT SYSTEM AIR CONDITIONER	370
F4	การศึกษาเชิงทดลองของระบบทำความเย็นแบบน้ำระเหยโดยอ้อมชนิดอากาศไหลย้อนกลับ EXPERIMENTAL STUDY OF REGENERATIVE INDIRECT EVAPORATIVE COOLER	378
F5	สมรรถนะการลดความชื้นของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิวเคลือบด้วยสารดูดความชื้นที่ต่อกัน DEHUMIDIFICATION PERFORMANCE OF DESICCANT-COATED HEAT EXCHANGERS IN DOUBLE CONNECTION	387
F6	อิทธิพลของความหนาชั้นสารดูดความชื้นต่อสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เคลือบด้วยสารดูดความชื้น EFFECTS OF DESICCANT LAYER THICKNESS ON THE PERFORMANCE OF A DESICCANT-COATED HEAT EXCHANGER	394
F7	สมรรถนะของโรงไฟฟ้าโออาร์ซีที่ใช้สารผสมซีโอทรอปิกเป็นสารทำงาน PERFORMANCE INVESTIGATION OF AN ORC USING ZEOTROPIC MIXTURES AS ITS WORKING FLUID	402
F8	การวัดอุณหภูมิที่เชื่อถือได้สำหรับอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่เคลือบผิวด้วยสารดูดความชื้น A RELIABLE TEMPERATURE MEASUREMENT FOR DESICCANT-COATED HEAT EXCHANGER	409
F9	การประเมินต้นทุนการผลิตหญ้า 4190 เพื่อกำหนดราคารับซื้อของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพในพื้นที่ อ.แม่เมะ จ.ลำปาง COST ESTIMATION OF 4190 GRASS PRODUCTION FOR PURCHASING PRICE SETTING OF BIOGAS POWER PLANT IN MAE MOH, LAMPANG PROVINCE	416
F10	การวิเคราะห์ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่ใช้พลังงานใกล้เคียงศูนย์ กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกอบรมแม่เมะ กฟผ. PV OPTIMIZATION FOR NEAR ZERO ENERGY BUILDING: A CASE STUDY OF MAE MOH TRAINING CENTER EGAT	423

กำหนดการประชุมวิชาการ
เรื่อง การถ่ายทอดผลงานความร้อนและมวลในอุปกรณ์ด้านความร้อนและกระบวนการ (ครั้งที่ 22)
วันที่ 9-10 มีนาคม 2566
ณ โรงแรม เดอะ ม้านทรีนี้ จังหวัดเชียงราย

วันที่ 9 มีนาคม 2566

08.00 – 09.00 น.	ลงทะเบียนหน้าห้องประชุมพร้อม upload file present ห้องประชุม M-Grand
09.00 – 09.45 น.	พิธีเปิดการประชุม โดย ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (ประธานคณะกรรมการจัดประชุมวิชาการ) บรรยายพิเศษโดย ศ.ดร.ไพศาล นามผล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เรื่อง Nanofluids & Heat Transfer Enhancements
09.45 – 10.00 น.	รับประทานอาหารว่าง น้ำชา – กาแฟ (รับประทานอาหารว่างประชุม)
10.00 – 12.00 น.	การเสนอบทความ (แบ่งช่วงเวลาบทความละ 15 นาที) ห้องประชุม M-Grand และ ห้องประชุม The Lobby café
12.00 – 13.30 น.	รับประทานอาหารกลางวัน
13.30 – 14.45 น.	การเสนอบทความ (ต่อ) ห้องประชุม M-Grand และ ห้องประชุม The Lobby café
14.45 – 15.00 น.	รับประทานอาหารว่าง น้ำชา – กาแฟ
15.00 – 16.30 น.	การเสนอบทความ (ต่อ) ห้องประชุม M-Grand และ ห้องประชุม The Lobby café
18.00 น.	รับประทานอาหารเย็น พิธีมอบรางวัลบทความดีเด่น

วันที่ 10 มีนาคม 2566

09.00 – 10.15 น.	การเสนอบทความ (ต่อ) ห้องประชุม M-Grand และ ห้องประชุม The Lobby café
10.15 – 10.30 น.	รับประทานอาหารว่าง น้ำชา – กาแฟ
10.30 – 11.45 น.	การเสนอบทความ (ต่อ) ห้องประชุม M-Grand และ ห้องประชุม The Lobby café
11.45 – 12.00 น.	ประชุมสรุปงานวิจัยและปิดการประชุม พิธีมอบรางวัลบทความดีเด่น ณ ห้องประชุม M-Grand
12.00 – 13.30 น.	พักรับประทานอาหารกลางวัน

กำหนดการนำเสนอบทความทางวิชาการ วันที่ 9 มีนาคม 2566

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (10.00-11.00 น.)		
ห้อง M-Grand Chairman: ศ.ดร.พรหมเจต พรหมวงศ์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง		
เวลา	รหัสบทความ	บทความ
10.00-10.15 น.	C-1	การทำนายสมรรถนะทางความร้อนของท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่สอดใส่แผ่นปิดด้วยโครงข่ายประสาทเทียม
10.15-10.30 น.	C-2	การศึกษาพฤติกรรมการไหลแบบปั่นป่วนของอากาศภายในท่อที่สอดใส่แผ่นกั้นรูพรุน
10.30-10.45 น.	C-3	ผลของมุมเอียงพินต่อสมรรถนะเชิงความร้อนสำหรับกลุ่มพินรูปตัววีในช่องการไหล
10.45-11.00 น.	C-4	การศึกษาพฤติกรรมการไหลภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งตัวสร้างการไหลปั่นป่วนชนิดกรวยหลากหลายรูปแบบ

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (11.00-12.00 น.)		
ห้อง M-Grand Chairman: ศ.ดร.ไพศาล นาผล, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ		
เวลา	รหัสบทความ	บทความ
11.00-11.15 น.	C-5	การศึกษาพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อขนานที่มีการติดตั้งแผ่นกั้นตัววีเจาะรู
11.15-11.30 น.	C-6	rib Applied Surrogate Model: Thermal Enhancement Factor of Triple-channel Twisted Tape Heat Exchanger
11.30-11.45 น.	C-7	การเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการติดตั้งปีกสามเหลี่ยมเจาะรู
11.45-12.00 น.	C-8	อิทธิพลของรูปแบบรูเปิดบนแผ่นขวางการไหลต่อลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหล

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (13.30-14.45 น.)		
ห้อง M-Grand Chairman: รศ.ดร.จารุวัฒน์ เจริญจิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย		
เวลา	รหัสบทความ	บทความ
13.30-13.45 น.	C-13	การประเมินสมรรถนะเชิงความร้อนของท่อหน้าตัดรูปวงรีบิดเกลียวในช่วงการไหลแบบราบเรียบ
13.45-14.00 น.	C-14	การศึกษาเชิงทดลองของการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันในช่องการไหลที่มีแผ่นกั้นตรงปรับแต่ง
14.00-14.15 น.	C-15	ผลกระทบของร่องสี่เหลี่ยมแบบคว่ำและหางของแผ่นกั้น ต่อสมรรถนะเชิงความร้อนภายในช่องขนาน
14.15-14.30 น.	C-16	การศึกษาเชิงตัวเลขของการไหลแบบปั่นป่วนและการถ่ายเทความร้อนในท่อที่มีแผ่นกั้นรูปตัววี
14.30-14.45 น.	C-17	สมรรถนะเชิงความร้อนภายในท่อสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีแผ่นกั้นรูปตัววีปรับแต่ง
14.45-15.00 น.	C-18	ผลกระทบของแผ่นกั้นตรงปรับแต่งที่มีต่อสมรรถนะเชิงความร้อนภายในท่ออุโมงอากาศพลังงานแสงอาทิตย์
พักรับประทานอาหารว่าง		

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (15.00-16.30 น.)		
ห้อง M-Grand		Chairman: ศ.ดร.ฐานิตย์ เมธิยานนท์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
15.15-15.30 น.	A-1	การจำลองและปรับปรุงสถานีจัดเรียงสินค้าแบบอัตโนมัติ
15.30-15.45 น.	A-2	สภาวะที่เหมาะสมในการหลอมละลายพลาสติกกรีไซเคิลพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงเพื่อผลิตภาชนะบรรจุ ใช้ซ้ำด้วยการจำลองทางความร้อน
15.45-16.00 น.	A-3	การประเมินการใช้พลังงานในสวนปาล์มน้ำมัน (ภาคเหนือของประเทศไทย)
16.00-16.15 น.	A-4	การพัฒนาระบบเพาะเลี้ยงสาหร่ายสไปรูลิनाด้วยถังปิดอัจฉริยะภายใต้เงื่อนไขนาฬิกาชีวภาพของการ ควบคุมการเลี้ยง
16.15-16.30 น.	A-5	อิทธิพลของความชื้นในกากกล้วยที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลในการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์
16.30-16.45 น.	A-6	วัสดุผสมปูนซีเมนต์จากเฟอร์ริสคาร์บอนที่เกิดจากการดักจับคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยผงเหล็กเหลือทิ้ง

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (10.00-11.00 น.)		
ห้อง The Lobby café		Chairman: รศ.ดร.สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
10.00-10.15 น.	D-1	การประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านหลังคาโปร่งแสงของอาคารโกดังสินค้าใน ประเทศไทย
10.15-10.30 น.	D-2	การศึกษาศักยภาพต้นแบบโรงเรือนผลานเซลล์แสงอาทิตย์แบบกึ่งโปร่งแสงสำหรับเพาะปลูกพืช
10.30-10.45 น.	D-3	การศึกษาเชิงทดลองและการเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้วิธีการระบายความร้อนด้วย อากาศร่วมกับตัวสร้างการไหลแบบหมุนวน
10.45-11.00 น.	D-4	ศักยภาพการผลิตน้ำกลั่นจากโมดูลเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการระบายความร้อนแบบระเหย

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (11.00-12.00 น.)		
ห้อง The Lobby café		Chairman: รศ.ดร.สมเกียรติ จตุรงค์ล้ำเลิศ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
11.00-11.15 น.	C-9	การจำลองการไหลของกลุ่มเจ็ทพุ่งชนสำหรับการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลที่หมุนด้วยโปรแกรมทาง พลศาสตร์ของไหล
11.15-11.30 น.	C-10	ผลของการเติมฟองอากาศที่มีต่อการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนบนพื้นผิวติดครีปในช่องการไหลน้ำ
11.30-11.45 น.	C-11	อิทธิพลของแผ่นกั้นตัววีเจาะรูต่อพฤติกรรมการไหลและการถ่ายเทความร้อนในท่อกลม
11.45-12.00 น.	C-12	การตรวจสอบเชิงตัวเลขของการถ่ายโอนความร้อนจากแถวของลำการไหลปะทะโดยใช้ช่องลำการไหลยึด ตัว

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (13.30-14.45 น.)		
ห้อง The Lobby café		Chairman: รศ.ดร.กษมา ศิริสมบัติ, มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
13.30-13.45 น.	C-19	การประเมินสมรรถนะทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่สอด้ใส่แผ่นปิดคู่
13.45-14.00 น.	C-20	คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมในท่อกลมที่ติดตั้งแผ่นดัดขอบ
14.00-14.15 น.	C-21	คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและความดันตกคร่อมในท่อกลมที่ติดตั้งวงแหวนปิดเอียง
14.15-14.30 น.	C-22	ผลของอัตราการไหลที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนในกระบวนการพลาสมาเจียร์ไร้แบบท่อสามศูนย์กลางร่วม
14.30-14.45 น.	C-23	อิทธิพลของการติดตั้งที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของแถวเจ็ทเอียงพุ่งชน
14.45-15.00 น.	C-24	ผลของอัตราส่วนการไหลของน้ำที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของท่อรับความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหมุนควง
พักรับประทานอาหารว่าง		

วันที่ 9 มีนาคม 2566 (15.00-16.30 น.)		
ห้อง The Lobby café		Chairman: รศ.ดร.ชยุต นันทกุลิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
15.15-15.30 น.	C-25	ผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่มีผลต่อค่าอัตราการถ่ายโอนความร้อนของเทอร์โมไซฟอนแบบท่อร่องเกลียว
15.30-15.45 น.	C-26	ลักษณะการไหลและการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทพุ่งชนแบบกวาด
15.45-16.00 น.	B-1	ผลของอุณหภูมิห้องอบเตาอบถ่านไร้ควันที่มีต่อคุณลักษณะทางกายภาพผลิตภัณฑ์น้ำส้มควันไม้จากไม้ลำไยและกลบภายใต้กระบวนการทอรีรีแฟคชัน
16.00-16.15 น.	B-2	การศึกษาการทำงานของห้องเผาไหม้แบบพัลส์ชนิดไร้วาล์ว
16.15-16.30 น.	B-3	การตรวจสอบความเป็นอิสระของกริดภายในเตาฟลูอิดไดซ์เบดชนิดหมุนวนแบบทรงกรวย
16.30-16.45 น.	B-4	การศึกษาการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไม้สับโดยใช้เตาเผาแบบขั้้นบันได

กำหนดการนำเสนอบทความทางวิชาการ วันที่ 10 มีนาคม 2566

วันที่ 10 มีนาคม 2566 (09.00-10.15 น.)		
ห้อง M-Grand		Chairman: ศ.ดร.ทองเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
09.00-09.15 น.	F-1	สมรรถนะของโรงไฟฟ้าไออาร์ซีขนาด 1 กิโลวัตต์ที่ใช้เครื่องขยายไอแบบสโครลซึ่งดัดแปลงจากสโครลคอมเพรสเซอร์
09.15-09.30 น.	F-2	ผลกระทบของอัตราการไหลเชิงมวล ความเข้มข้นของแอมโมเนีย และความดันในการระเหย ต่อสมรรถนะของโรงไฟฟ้าวัฏจักรคาลินา
09.30-09.45 น.	F-3	การผลานการทำงานระหว่างเครื่องทำความเย็นแบบน้ำระเหยกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
09.45-10.00 น.	F-4	การศึกษาเชิงทดลองของระบบทำความเย็นแบบน้ำระเหยโดยอ้อมชนิดอากาศไหลย้อนกลับ
10.00-10.15 น.	F-5	สมรรถนะการลดความชื้นของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ผิวเคลือบด้วยสารดูดความชื้นที่ต่อกัน
พักรับประทานอาหารว่าง		

วันที่ 10 มีนาคม 2566 (10.30-11.45 น.)		
ห้อง M-Grand		Chairman: รศ.ดร.วิรัชย์ โยชนรินทร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
10.30-10.45 น.	F-6	อิทธิพลของความหนาแน่นสารดูดความชื้นต่อสมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่เคลือบด้วยสารดูดความชื้น
10.45-11.00 น.	F-7	สมรรถนะของโรงไฟฟ้าไออาร์ซีทีที่ใช้สารผสมซีโอทรอปิกเป็นสารทำงาน
11.00-11.15 น.	F-8	การวัดอุณหภูมิที่เชื่อถือได้สำหรับอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อนที่เคลือบผิวด้วยสารดูดความชื้น
11.15-11.30 น.	F-9	การประเมินต้นทุนการผลิตหญ้า 4190 เพื่อกำหนดราคาซื้อขายของโรงไฟฟ้าก๊าซชีวภาพ ในพื้นที่ อ.แม่เมะ จ.ลำปาง
11.30-11.45 น.	F-10	การวิเคราะห์ขนาดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมสำหรับอาคารที่ใช้พลังงานใกล้เคียงศูนย์กรณีศึกษา ศูนย์ฝึกอบรมแม่เมะ กฟผ.

วันที่ 10 มีนาคม 2566 (09.00-10.15 น.)		
ห้อง The Lobby café		Chairman: รศ.ดร.ธรณิศวรรค์ ดีทายาท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
09.00-09.15 น.	B-5	ผลกระทบของอัตราการป้อนโพแทสเซียมจำเพาะต่อการเกิดฟอสฟอรัสบนผิวแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างการเผาไหม้ทะเลสาบปาล์มเปลาร่วมกับกะลาปาล์มในเตาเผาไหม้ฟลูอิดซ์เบดแบบหมุนเวียน
09.15-09.30 น.	B-6	ผลกระทบของอัตราการผสมดินฟอสฟอรัสใช้แล้วในการเผาไหม้ร่วมกับทะเลสาบปาล์มเปล่าเพื่อลดปัญหาฟอสฟอรัสบนพื้นผิวแลกเปลี่ยนความร้อนภายในเตาเผาไหม้ตะกรับแบบขนานบันได
09.30-09.45 น.	B-7	การออกแบบสัดส่วนผสมของชีวมวลภายในโรงไฟฟ้าชีวมวลเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
09.45-10.00 น.	B-8	ผลของอุณหภูมิการให้ความร้อนถ่านหินที่มีต่อคุณภาพแก๊สเชื้อเพลิงเพื่อจำลองระบบแก๊สซิฟิเคชันถ่านหินใต้ดิน
10.00-10.15 น.	B-9	การศึกษาขนาดของเตาเผาถ่านในการผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่
พักรับประทานอาหารว่าง		

วันที่ 10 มีนาคม 2566 (10.30-11.45 น.)		
ห้อง The Lobby café		Chairman: รศ.ดร.อรรถกร อาสนคำ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
เวลา	รหัส บทความ	บทความ
10.30-10.45 น.	E-1	สภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตชาผักเชียงดา
10.45-11.00 น.	E-2	การออกแบบตัวควบคุมพีไอสำหรับควบคุมความชื้นในระบบหมุนเวียนอากาศอบแห้ง
11.00-11.15 น.	E-3	การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมบีบอัดความร้อนสำหรับใบตาลโดนด
11.15-11.30 น.	E-4	การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยท่อลมร้อนร่วมกับตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แบบรางพาราโบลิคสำหรับกระบวนการอบแห้งผลผลิตทางการเกษตร
11.30-11.45 น.	E-5	ศักยภาพในการใช้บีบอัดความร้อนแบบคาสเคดพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการอบแห้งและทำความเย็นสมุนไพร

การเพิ่มสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยการติดตั้ง ปีกสามเหลี่ยมเจาะรู

THERMAL PERFORMANCE ENHANCEMENT IN A HEAT EXCHANGER WITH PUNCHED DELTA-WING

ภาณุวัฒน์ หุ่นพงษ์¹

แขนงวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะ
เทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
321 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัด
ลพบุรี 15000

สุภัทรชัย สุวรรณพันธุ์²

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
วิทยาเขตขอนแก่น
150 ถนนศรีจันทร์ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
40000

สมพล สกุลหลง^{3,*}

กลุ่มวิจัยระบบพลังงาน
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา 199 หมู่ 6 ถนน
สุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา
อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230
Email: sompol@eng.src.ku.ac.th

พงษ์เจต พรหมวงศ์⁴

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง ซอยฉลองกรุง 1 ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะ
ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่มีการติดตั้งปีกสามเหลี่ยมเจาะรู
ภายในท่อ โดยการทดลองมีเงื่อนไขให้ฟลักซ์ความร้อนคงที่และ
คุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนของของไหลในช่วงเลขเรย์โนลด์อยู่
ระหว่าง 4100 ถึง 25,500 โดยการทดลองมีสัดส่วนระยะพิชตึงปีกต่อ
เส้นผ่านศูนย์กลางท่อเท่ากับ $(P/D) = 3$ มีการเอียงทำมุม $(\beta = 45^\circ)$
และมีขนาดของรูที่เจาะที่ปีกสามเหลี่ยมเท่ากับ $(d = 3, 5, 7$ และ 9
mm) จากการทดลองพบว่า การใส่แผ่นปีกสามเหลี่ยมเจาะรูจะช่วย
ให้การเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยน
ความร้อนดีขึ้นกว่าท่อผนังเรียบโดยให้ค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.42

คำสำคัญ: ปีกสามเหลี่ยม, การถ่ายเทความร้อน, สมรรถนะการ
ถ่ายเทความร้อน

Abstract

The article presents an experimental study on thermal
performance in a heat exchanger tube with delta-wing
inserts. The experiment was carried out in a uniform
heat-fluxed tube by varying airflow rate to obtain
Reynolds number from 4130 to 25,400. Effects of pitch
ratios $(P/D) = 3$ with attack angle $(\beta = 45^\circ)$ and the size
of the hole drilled in the delta-wing ($d = 3, 5, 7$ and 9
mm). The inset delta-wing yields the maximum
thermal enhancement factor of 1.42.

Keywords: Delta-wing, Heat transfer, Thermal
enhancement factor

2. บทนำ

ปัจจุบันในอุตสาหกรรมเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีบทบาทและความสำคัญอย่างมากในการดำรงชีวิตประจำวัน ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าจะมีการพัฒนาสมรรถนะและประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างต่อเนื่อง โดยจะถูกพัฒนาให้มีความกะทัดรัดเพื่อทำให้เกิดการประหยัดในด้านต้นทุนการผลิตและช่วยให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งทางเทคนิคในการออกแบบและพัฒนาเพื่อเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้แก่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะถูกแบ่งออกเป็น 2 วิธีได้แก่ (1) Active method เป็นวิธีที่ต้องอาศัยแหล่งพลังงานภายนอกมาช่วยกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนมีกลไกของการไหลไปกระตุ้นทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้น (2) Passive method เป็นวิธีการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยไม่อาศัยพลังงานจากแหล่งภายนอกมาช่วยกระตุ้น แต่จะใช้ลักษณะของการเพิ่มพื้นที่ผิว เช่น การทำให้ผิวขรุขระ ผิวครีป ผิวร่อง ผิวผสมครีป-ร่อง การยึดผิว การใส่อุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวจะเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนให้แก่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในปัจจุบัน โดยงานวิจัยที่ทำการศึกษาก่อนหน้ามีดังต่อไปนี้

Suwannapan et al. [1] ทำการศึกษาเชิงทดลองของการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนภายในท่อกลมที่มีการสอดใส่ตัวสร้างการหมุนควงแบบแผ่นบางรูปตัว Z ที่สภาวะฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ โดยในการทดลองจะมีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของแผ่นบางรูปตัว Z ซึ่งคืออัตราส่วนระยะพิทช์ ($p/D = PR = 2, 3$ และ 4) และอัตราส่วนการบิดก้นการไหล ($e/D = AR = 0.1, 0.2, 0.3$ และ 0.4) ที่มีผลต่อพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดัน ต่อมา Chokphoemphun et al. [2] ได้ศึกษาพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อนด้วยการใส่ตัวสร้างการหมุนควงแบบปีกและพบว่าท่อที่มีการใส่ปีกจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าท่อที่มีการใส่ใบบิดและขดลวด Phongsasamee et al. [3] ได้ศึกษาการเพิ่มสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนโดยการใส่แผ่นบิดผิวเรียบ ผิวคลื่นและผิวคลื่นกึ่งกลางสอดใส่ลวดทองแดง โดยใส่แผ่นบิดมีอัตราส่วนการบิด (y/w) เท่ากับ 5, 6 และ 7 มีลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน การทดสอบพบว่า แผ่นบิดผิวคลื่นกึ่งกลางสอดใส่ลวดทองแดงให้ค่าสมรรถนะการถ่ายเทความร้อนสูงสุดเท่ากับ 1.03 จากนั้น Koolnapadol et al. [4] ได้ทำการศึกษาดูพฤติกรรมของการไหลแบบปั่นป่วนและคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนภายใต้สภาวะฟลักซ์ความร้อนที่ผิวท่อคงที่ ซึ่งมีการใส่แผ่นกั้นการไหลรูปวงแหวนหกเหลี่ยม โดยใช้อากาศเป็นของไหลทำงานด้วยความเร็วการไหลในรูปเลขเรย์โนลด์ (Re) ระหว่าง 4500 ถึง 20000 วงแหวนหกเหลี่ยมถูกติดตั้งในลักษณะวางเอียงทำมุม (α) เท่ากับ 45° ถูกใส่ภายในท่อทดสอบด้วยอัตราการขวางการไหล (R_b) ของแผ่นกั้นเท่ากับ 0.05, 0.10 และ 0.15 และมีอัตราส่วนระยะพิทช์ (R_p) ของแผ่นกั้นที่ระยะแตกต่างกันจำนวน 3 ค่า เท่ากับ 1.0, 1.5 และ 2.0 Sripattanapipat and Promvong [5] ทำการศึกษาเชิงตัวเลขของการไหลแบบปั่นป่วนและการถ่ายเทความร้อนในช่องการไหลสามมิติที่ติดตั้งแผ่นกั้นรูปตัววีปรับแต่งบนผนังด้านล่างของช่องการไหล โดยมีการใส่ ฟลักซ์ความร้อนที่ผนังด้านล่าง ส่วนผนังด้านบนหุ้มฉนวนไว้ในการคำนวณใช้วิธีการเชิงตัวเลขแบบปริมาตรสี่เหลี่ยม

ร่วมกับระเบียบวิธีความคู่กันในการศึกษาอัตราการไหลที่ใช้จะเปลี่ยนแปลงไปตามเลขเรย์โนลด์ส (Reynolds number, Re) ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 4000 จนถึง 20,000 จากการจำลองแสดงให้เห็นการหมุนวนตามกันเป็นคู่เกิดขึ้นเมื่ออากาศไหลผ่านแผ่นกั้นรูปตัววีการไหลดังกล่าวจะทำให้เกิดการกระแทกของการไหลบริเวณผนังทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงสุดเท่ากับ 2.25 Hoonpong and Skullong [6] ทำการศึกษาดูอิทธิพลของการใส่แผ่นปีกสามเหลี่ยมในท่อภายใต้สภาวะฟลักซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ต่อพฤติกรรมทางความร้อนและการต้านทานการไหล ในการทดลองแผ่นปีกสามเหลี่ยมทำมุมปะทะ (β) 45° ถูกใส่ภายในท่อโดยมีสัดส่วนความสูงปีกต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 3 ค่า ($b/D = 0.1, 0.15$ และ 0.2) และสัดส่วนระยะพิทช์ปีกต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 3 ค่า ($P/D = 1, 2$ และ 3) อากาศถูกใช้เป็นของไหลทดสอบซึ่งไหลผ่านท่อโดยแสดงในพจน์ของเลขเรย์โนลด์อยู่ในช่วง 4,200 ถึง 25,800 ต่อมา Hoonpong et al. [7] ศึกษาทดลองเกี่ยวกับคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนและการสูญเสียความดันภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อกลมที่มีการสอดใส่แผ่นปีกครึ่งวงรีโดยมีการให้ความร้อนที่ผิวท่อแบบสภาวะฟลักซ์ความร้อนสม่ำเสมอ อากาศที่ไหลภายในท่อจะเป็นการไหลแบบปั่นป่วนโดยแสดงในเทอมของเลขเรย์โนลด์ (Re) ในช่วงระหว่าง 4000 ถึง 25,000 ซึ่งการทดลองมีการปรับเปลี่ยนแผ่นปีกครึ่งวงรี โดยจะมีมุมปะทะ ($\alpha = 20, 30, 45, 60$ และ 90 องศา) ตามลำดับ Skullong et al. [8,9] และ Promvong et al. [10] ทำการศึกษาดูอิทธิพลระหว่างการติดตั้งปีกที่บิและปีกที่มีการเจาะรูรูปทรงต่างๆ ด้วยวิธีเชิงทดลองและวิเคราะห์เชิงตัวเลข โดยพบว่าปีกที่มีการเจาะรูสามารถลดการสูญเสียความดันและให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงขึ้นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับปีกที่บิและไม่เจาะรู และแนะนำการติดตั้งปีกเจาะรูภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรวมทั้งเครื่องอุ่นอากาศพลังงานแสงอาทิตย์มีความเหมาะสมกว่าการติดตั้งปีกที่บิ

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการประยุกต์การติดตั้งครีปหรือปีกภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะช่วยให้เกิดการถ่ายเทความร้อนที่สูงขึ้น และจากเอกสารอ้างอิง [8-10] ชี้ให้เห็นชัดเจนว่าปีกที่มีการเจาะรูช่วยในการลดความเสียหาย อีกทั้งยังส่งผลให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลข้างต้นมาประยุกต์ในการติดตั้งปีกสามเหลี่ยมเจาะรูเพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากการติดตั้งปีกภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ภายใต้เงื่อนไขของช่วงเลขเรย์โนลด์ 4100 – 25,500

2. ทฤษฎีและการคำนวณ

การศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อน ตัวประกอบโดยเสียดทาน และสมรรถนะเชิงความร้อนในท่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อกลมมีวิธีการคำนวณดังนี้

สมมูลความร้อนระหว่างความร้อนที่อากาศได้รับ (Q_a) และการพาความร้อน (Q_c)

$$Q_a = Q_c \quad (1)$$

ดังนั้นสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเฉลี่ย (h) หาได้จาก

$$h = \dot{m} C_p (T_o - T_i) / A (\bar{T}_w - T_b) \quad (2)$$

เมื่อ $A = \pi DL$, $T_b = (T_o + T_i)/2$ และ $\tilde{T}_w = \sum T_w / 16$

โดยที่

A คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อนโดยการพา

C_p คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะ

T_i คือ อุณหภูมิทางเข้า

T_o คือ อุณหภูมิทางออก

$\tilde{T}_w$ คือ อุณหภูมิผิวเฉลี่ยท่อทดสอบ

m คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ

ดังนั้นเลขนัสเซลท์เฉลี่ย (Nu) หาได้ดังนี้

$$Nu = hD / k \quad (3)$$

การไหลของของไหลในท่อนของเลขเรย์โนลด์แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$Re = \rho U D / \mu \quad (4)$$

โดยที่ ρ คือ ความหนาแน่น U คือ ความเร็วเฉลี่ย และ μ คือ ความหนืดพลวัตตามลำดับ

ตัวประกอบเสียดทาน (f) หาได้จากสมการ

$$f = \frac{2}{(L/D)} \frac{\Delta P}{\rho U^2} \quad (5)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อทดสอบ ΔP คือ ค่าความดันตกคร่อมชุดทดสอบ L คือ ความยาวท่อทดสอบ และ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

การประเมินศักยภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแสดงในเทอมของสมรรถนะเชิงความร้อน (Thermal enhancement factor, TEF) จากเอกสารอ้างอิง [1-7] ดังสมการต่อไปนี้

$$TEF = (Nu/Nu_0)(f/f_0)^{-1/3} \quad (6)$$

โดยตัวห้อย 0 คือ กรณีท่อเปล่าผิวเรียบ

3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 ชุดทดลอง

ชุดทดลองเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแสดงดังรูปที่ 1 มีหลักการทำงาน คือ พัดลมเป่าอากาศ (Air blower) จะเป็นแหล่งจ่ายของไหลทำงานซึ่งเป็นอากาศ โดยมี Inverter เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบของพัดลมผ่าน Orifice plate ที่เป็นตัววัดอัตราการไหล และมี Inclined manometer วัดค่าความดันความดันแตกต่างกัน Settling tank ทำหน้าที่จัดระเบียบการไหลของอากาศและเข้าสู่ชุดทดสอบ (Test section) ซึ่งมีการให้ความร้อนแก่ท่อด้วยชุด

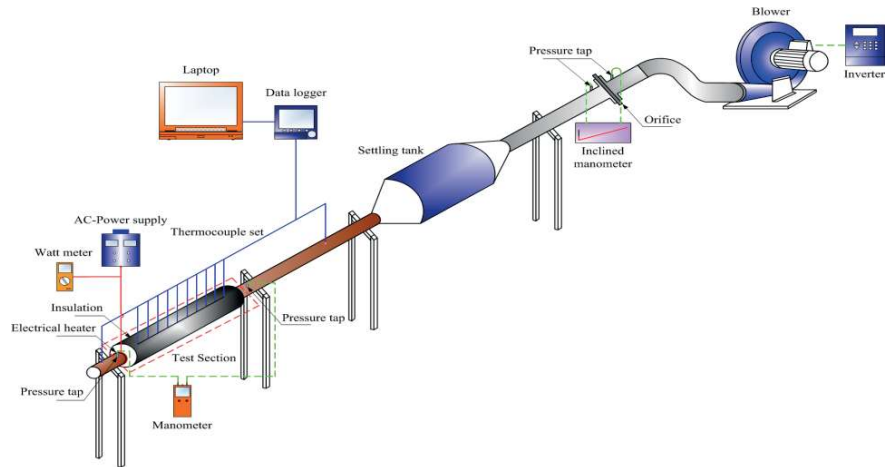
หลอดความร้อน โดยจะมีเทอร์โมคัปเปิลชนิด T จำนวน 16 ตัว ติดตั้งที่ผิวด้านนอกของท่อทดสอบเพื่อวัดค่าอุณหภูมิผิว ขณะที่เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิชนิด RTD จำนวน 2 ตัว ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่ทางเข้าและทางออกของชุดทดสอบ โดยมี Data acquisition system รุ่น FLUKE 2680A เป็นตัวอ่านค่าอุณหภูมิผิว อุณหภูมิทางออก และอุณหภูมิทางเข้าของส่วนทดสอบ จากนั้นจะประมวลผลมายังคอมพิวเตอร์ ขณะที่ค่าความดันตกคร่อม (ความดันสถิต) ระหว่างตำแหน่งทางเข้าและทางออกของชุดทดสอบจะใช้ Digital manometer เป็นตัววัดค่า

3.2 อุปกรณ์สร้างการไหลแบบวอร์เทคแบบปีกสามเหลี่ยม

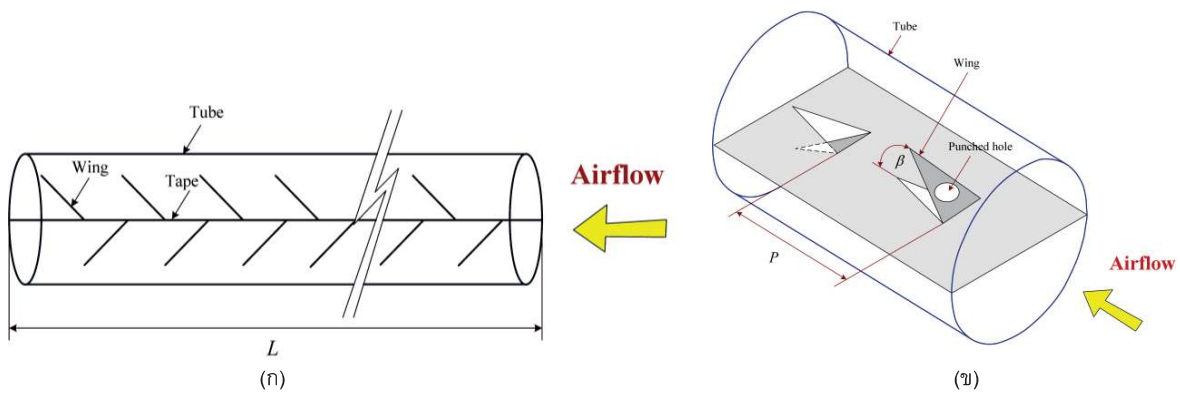
รูปที่ 2 แสดงแผ่นปีกสามเหลี่ยมเจาะรูที่ใช้เป็นตัวสร้างการไหลแบบวอร์เทค/ปั่นป่วนตามแนวกระแสการไหลของของไหลภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อน แผ่นปีกทำจากแผ่นอะลูมิเนียมที่มีความหนา (t) เท่ากับ 0.5 mm มีขนาดความกว้างเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (D) เท่ากับ 50 mm ยาว (L) เท่ากับ 1200 mm โดยแผ่นปีกสามเหลี่ยมจะถูกเจาะแล้วจัดขึ้นเป็นรูปทรงสามเหลี่ยมทำมุมปะทะ (β) เท่ากับ 45° และเจาะรูรูปวงกลมทะลุแผ่นปีก รูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) เท่ากับ 3, 5, 7, และ 9 mm โดยปีกมีความกว้าง 20 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร สัดส่วนระยะพิชิตตามแนวกระแสการไหลมีค่าคงที่ คือ เป็นสามเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ($P/D=PR=3$) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการถ่ายเทความร้อน ตัวประกอบเสียดทานและสมรรถนะการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในส่วนของค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ

Working fluid	Air
β	45°
d	3, 5, 7 and 9 mm
$PR (=P/D)$	3
Tape thickness	0.5 mm
Wing thickness	0.5 mm
Reynolds number	4100 to 25,500



รูปที่ 1 ชุดอุปกรณ์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อกลม



รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์สร้างการไหลแบบวอร์เทคนิตปีกสามเหลี่ยมเจาะรู (ก) มุมมองด้านข้าง และ (ข) มุมมอง 3 มิติ

4. ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบท่อเปล่าผิวเรียบ

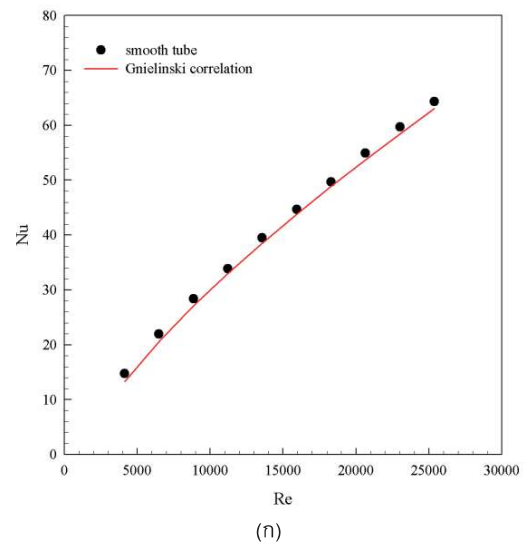
เพื่อความถูกต้องของผลการทดลองจึงมีการทดสอบท่อเปล่าผิวเรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ที่มีในอดีตของ Gnielinski และ Petukhov จากเอกสารอ้างอิง [11] สำหรับค่า Nu และ f ตามลำดับ โดยสหสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังนี้

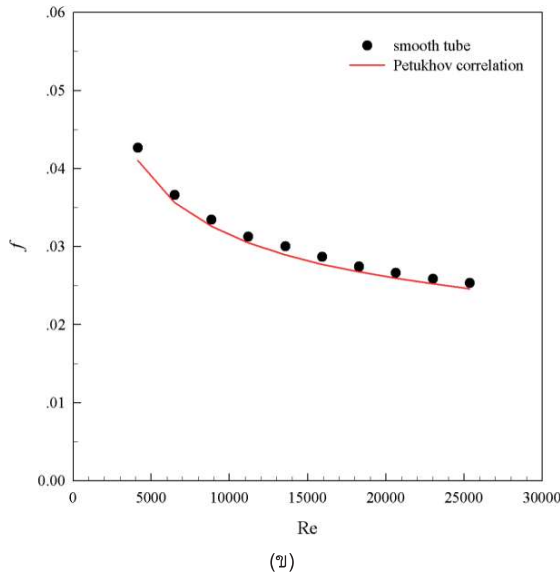
สหสัมพันธ์ของ Gnielinski

$$Nu = \frac{(f/8)(Re-1000)Pr}{1+12.7(f/8)^{1/2}(Pr^{2/3}-1)} \quad (7)$$

สหสัมพันธ์ของ Petukhov

$$f = (0.79 \ln Re - 1.64)^{-2} \quad (8)$$





รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ก) ค่า Nu และ (ข) ค่า f กับค่า Re กรณีท่อเปล่าผิวเรียบ

รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่า Nu และ f โดยรูปที่ 3(ก) แสดงค่า Nu ที่ได้จากการทดลองเทียบกับสหสัมพันธ์ของ Gnielinski พบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 5.1% ขณะที่รูป 3(ข) แสดงค่า f ที่ได้จากการทดลองเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของ Petukhov โดยพบว่าค่า f ที่ได้จากการทดลองมีค่ามากกว่า f ที่ได้จากสหสัมพันธ์ ซึ่งมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 6.3% โดยความคลาดเคลื่อนทั้ง Nu และ f มีค่าน้อยกว่า 10% [1-7] ดังนั้นจึงเป็นส่วนที่จะยืนยันถึงความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลการทดลองได้เป็นอย่างดี และสามารถดำเนินการทดสอบในกรณีติดตั้งปีกสามเหลี่ยมเจาะรูได้และจะนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับกรณีท่อเปล่าผิวเรียบต่อไป

4.2 ผลของปีกเจาะรูต่อการถ่ายเทความร้อน

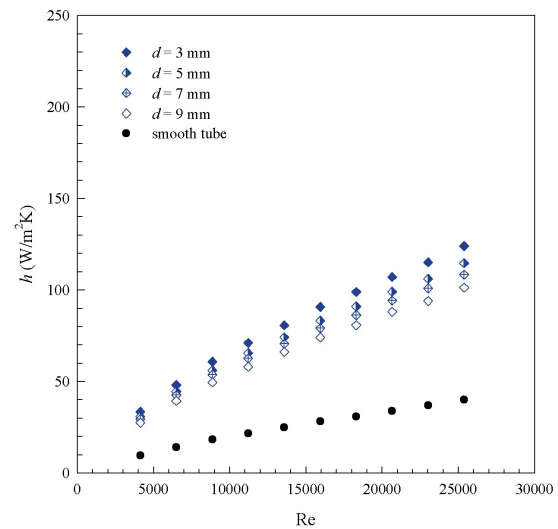
การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อกลมที่มีการใส่แผ่นปีกสามเหลี่ยมเจาะรูที่มีการปรับเปลี่ยนขนาดรูเจาะบนปีก แสดงดังรูปที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ

รูปที่ 4 แสดงถึงความสัมพันธ์ของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (h) กับเลขเรย์โนลด์ (Re) โดยจากการทดลองพบว่าการติดตั้งปีกสามเหลี่ยมที่มีการเจาะรูใส่ภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะช่วยเพิ่มสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนได้ดีขึ้นและยังพบว่ามีแนวโน้มของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นตามค่าเลขเรย์โนลด์ด้วย

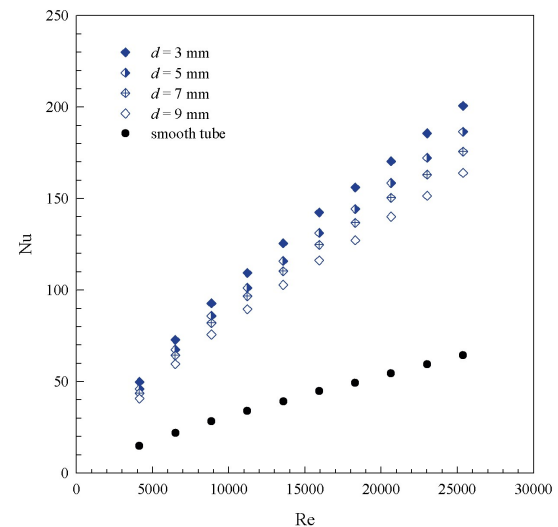
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการถ่ายเทความร้อนซึ่งแสดงในเทอมของเลขนัสเซลท์ (Nu) กับเลขเรย์โนลด์ (Re) จากการทดลองพบว่า การใส่แผ่นปีกเจาะรูภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนจะช่วยให้ค่า Nu เพิ่มขึ้นดีกว่ากรณีท่อเปล่าผิวเรียบเป็นอย่างมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 2.6–3.4 เท่า เมื่อเทียบกับท่อเปล่าผิวเรียบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผ่นปีกที่มีการเจาะรู ($d = 3$ mm) จะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนสูงที่สุดเนื่องจากปีกทำให้เกิดการกระจายของของ

ไหลทำให้เกิดการไหลแบบวอร์เทคและมีระดับการไหลที่แข็งแกร่งกว่ากรณีที่มีการเจาะรูขนาดใหญ่ ส่งผลทำให้สามารถลดชั้นขอบเขตความร้อนและเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนได้เป็นอย่างดี จึงทำให้ปีกที่เจาะรูขนาด 3 mm มีค่า Nu สูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าปีกที่มีการเจาะรูขนาด 5, 7 และ 9 mm ถึง 8%, 13% และ 22% ตามลำดับ

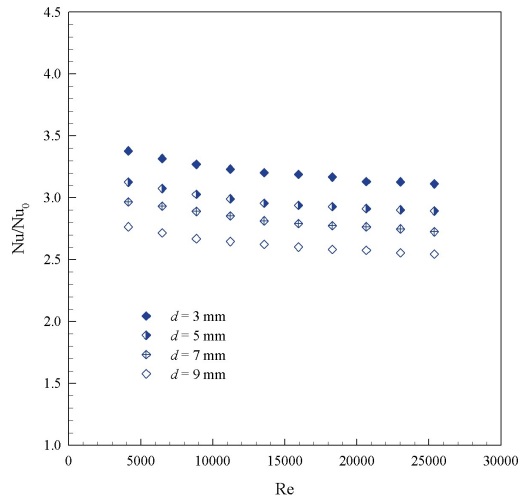
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนเลขนัสเซลท์กรณีที่มีการใส่แผ่นปีกเจาะรูภายในท่อแลกเปลี่ยนความร้อนต่อเลขนัสเซลท์กรณีท่อเปล่าผิวเรียบ (Nu/Nu_0) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re) โดยการทดลองพบว่า เมื่อค่าเลขเรย์โนลด์ (Re) เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลท์ต่อเลขนัสเซลท์ของท่อผนังเรียบ (Nu/Nu_0) มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย โดยอัตราส่วนเลขนัสเซลท์ต่อเลขนัสเซลท์ของท่อผนังเรียบ (Nu/Nu_0) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.2, 3.0, 2.8 และ 2.6 สำหรับกรณีปีกที่มีขนาดรูเจาะ 3, 5, 7 และ 9 mm ตามลำดับ



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (h) กับเลขเรย์โนลด์ (Re)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเลขนัสเซลท์ (Nu) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราส่วนเลขนัสเซลท์ (Nu/Nu_0) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)

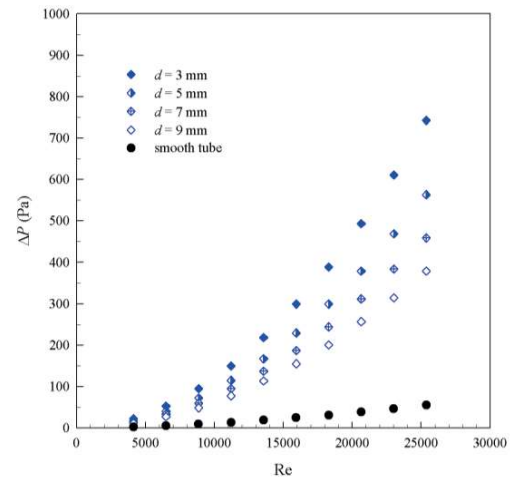
4.3 ผลของปีกเจาะรูต่อความต้านทานการไหลของของไหล

การต้านทานการไหลของอากาศที่ไหลผ่านปีกเจาะรูภายในท่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแสดงในเทอมของความดันตกคร่อม (Pressure drop, ΔP), เทอมของตัวประกอบเสียดทาน (f) และเทอมของอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทาน (f/f_0) ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7, 8 และ 9 ตามลำดับ

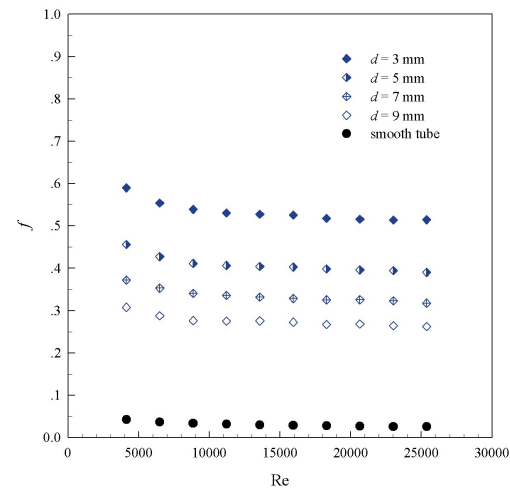
รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกคร่อม (ΔP) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re) จากผลการทดลองพบว่าเมื่อค่าเลขเรย์โนลด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความดันตกคร่อมเพิ่มขึ้น โดยการติดตั้งปีกเจาะรูที่ $d = 3$ mm มีค่าความดันตกคร่อมสูงที่สุด ตามด้วยกรณี $d = 5, 7$ และ 9 mm ตามลำดับ

รูปที่ 8 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบเสียดทาน (f) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re) จะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการใส่ปีกเจาะรูภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะส่งผลทำให้เกิดค่าความเสียดทานที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรณีท่อเปล่าผิวเรียบ เนื่องจากการใส่ปีกเจาะรูทำให้เกิดพื้นที่ในการขัดขวางการไหลของอากาศที่ไหลผ่านท่อเป็นอย่างมาก จึงทำให้ของไหลเพิ่มระดับความปั่นป่วนและเกิดความเสียดทานสูงขึ้นโดยเฉพาะปีกเจาะรูขนาด 3 mm ซึ่งเป็นขนาดรูเจาะที่เล็กสุดในกรณีศึกษาครั้งนี้ จะส่งผลทำให้มีค่า f สูงกว่าท่อผนังเรียบ 7.2–20.3 เท่า สำหรับกรณีศึกษาปีกเจาะรูขนาด 3 mm จะมีค่า f สูงสุด ตามด้วยปีกเจาะรูขนาด 5, 7 และ 9 mm ตามลำดับ

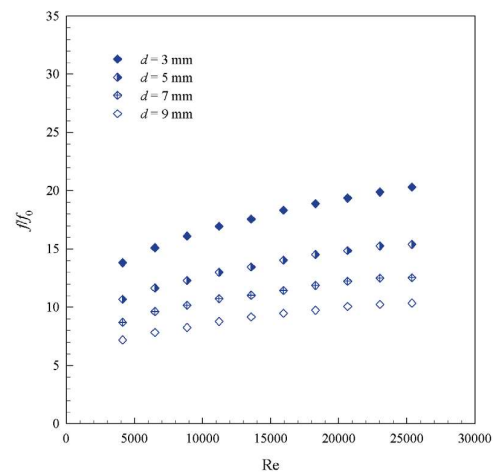
รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทาน (f/f_0) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re) พบว่า เมื่อค่า Re เพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า f/f_0 เพิ่มขึ้นตาม โดย f/f_0 มีค่าเฉลี่ย 17.6, 13.5, 11.1 และ 9.1 สำหรับกรณีปีกเจาะรูขนาด $d = 3, 5, 7$ และ 9 mm ตามลำดับ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันตกคร่อม (ΔP) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)



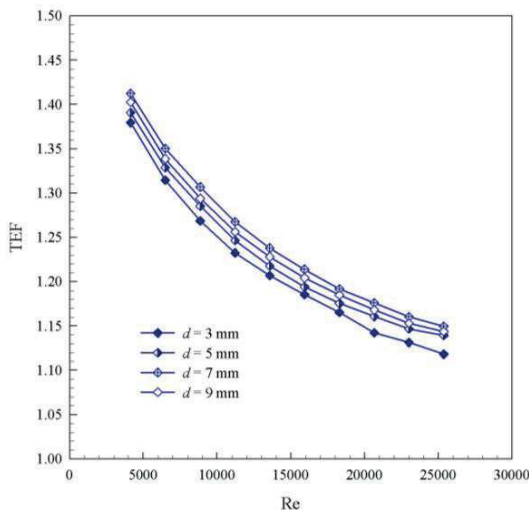
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบเสียดทาน (f) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนตัวประกอบเสียดทาน (f/f_0) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)

4.4 ผลของปีกเจาะรูต่อสมรรถนะเชิงความร้อน

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินผลสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนคือสมรรถนะเชิงความร้อน (Thermal Enhancement Factor, TEF) จากสมการที่ (6) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะเชิงความร้อน (TEF) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re) แสดงดังรูปที่ 10 โดยพบว่าค่า TEF มีแนวโน้มลดลงเมื่อค่า Re เพิ่มขึ้น การใช้ปีกเจาะรูที่ค่า $d = 3, 5, 7$ และ 9 mm มีค่าสมรรถนะเชิงความร้อน (TEF) อยู่ในช่วง $1.12-1.38, 1.13-1.39, 1.15-1.42$ และ $1.14-1.40$ ตามลำดับ ซึ่งการใส่ปีกเจาะรู 7 mm จะให้ค่าสมรรถนะเชิงความร้อน (TEF) สูงสุดเท่ากับ 1.42 อย่างไรก็ตามแม้ว่าปีกเจาะรูขนาด 7 mm จะไม่ได้ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงสุดก็ตามแต่ค่าตัวประกอบเสียดทานก็มีค่าไม่สูงมากด้วยเช่นกัน เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสมรรถนะเชิงความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (ดังสมการที่ 6) แล้ว จะส่งผลให้ปีกเจาะรูที่ 7 mm มีค่า TEF สูงสุดสำหรับกรณีทดสอบนี้



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสมรรถนะเชิงความร้อน (TEF) กับค่าเลขเรย์โนลด์ (Re)

5. สรุปผลการทดลอง

การใช้ปีกเจาะรูขนาดต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวสร้างการไหลแบบวอร์โดยการศึกษาค่าของปีกเจาะรูต่อค่าการถ่ายเทความร้อน, ความต้านทานการไหลของของไหล และสมรรถนะเชิงความร้อน ของท่อเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ภายใต้เงื่อนไขการใช้อากาศเป็นของไหลในการทดสอบอยู่ในช่วง $Re = 4100-25,500$ ภายใต้สภาวะพลาจิกซ์ความร้อนที่ผิวคงที่ พบว่าการใช้ปีกเจาะรูขนาดต่างๆ ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนและตัวประกอบเสียดทานที่สูงกว่ากรณีท่อเปล่าผิวเรียบเป็นอย่างมาก โดยมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีท่อเปล่าผิวเรียบถึง $3.2, 3.0, 2.8$ และ 2.6 เท่า สำหรับปีกปักที่มีการเจาะรูขนาด $3, 5, 7$ และ 9 mm ตามลำดับ ขณะที่ค่าตัวประกอบเสียดทานสูงกว่ากรณีท่อเปล่าผิวเรียบ $17.6, 13.5, 11.1$ และ 9.1 เท่า สำหรับปีกปักที่มีการเจาะรูขนาด $3, 5, 7$ และ 9 mm ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในเทอมของ TEF

ชี้ให้เห็นว่าปีกเจาะรูขนาด $d = 7$ mm ให้ค่า TEF สูงสุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.42 จะเห็นได้ว่าการใช้ปีกเจาะรูขนาดต่างๆ มีค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงกว่ากรณีท่อเปล่าผิวเรียบ (ที่มีค่าเท่ากับ 1) ทั้งหมดโดยปีกเจาะรูขนาด $d = 7$ mm มีค่าสมรรถนะเชิงความร้อนสูงกว่ากรณีท่อเปล่าผิวเรียบมากที่สุดในบรรดาปีกเจาะรูขนาดอื่นๆ ดังนั้นจึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับกรณีศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Suwannapan, S. Saenkhavong, E. Chaiamrit, C. Experimental Study of Enhanced Heat Transfer in a Circular Tube Heat Exchanger with Sinusoidal Baffles, Rmuti Journal Science and Technology Vol. 12, No. 3, 2019, 79-95.
- [2] Chokphoemphun, S. Pimsarn, M. Thianpong, C. Promvong, P. Heat Transfer Augmentation in a Circular Tube with Winglet Vortex Generators, Chinese Journal of Chemical Engineering Vol. 23, Issue 4, 2015, 605-614.
- [3] Phongrasamee, U. Saysroy, A. Khanthong, J. Juntakoat, P. Phongrasamee, P. Heat Transfer Performance in Circular Tube of Wavy Twisted Tape and the Middle of Copper Wire, PBRU Science Journal Vol. 18, No. 1, 2021, 22-33.
- [4] Koolnapadol, N. Promvong, P. Chokphoemphun, S. Chingtuaythong, W. Heat Transfer Enhancement in Heat Exchanger Tube in Hexagon Ring Insert, The 33rd Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, 2562.
- [5] Sripattanapipat, S. and Promvong, P. Numerical Study of Turbulent Convection in a Channel with Modified V-Baffles, Engineering Transactions, Vol. 24, NO. 2, 2021, 137-145.
- [6] Hoonpong, P. and Skullonga, S. Heat Transfer Enhancement in Turbulent Tube Flow Through Delta-winglet Tapes, The Journal of Kmutnb Vol. 28, No. 3, 2018, 557-566.
- [7] Hoonpong, P. Suwannapan, S. and Skullong S. Study of thermal performance of circular tube heat exchanger with semioval-shaped winglet tape inserts, Journal of Industrial Technology Vol. 17, No. 1, 2022, 86-94.
- [8] Skullong, S. Promvong, P. Thianpong, C. Jayranaiwachira, N. and Pimsarn, M. Thermal performance of heat exchanger tube inserted with curved-winglet tapes, Applied Thermal Engineering Vol. 129, 2018, 1197-1211.
- [9] Skullong, S. Promthaisong, P. Promvong, P. Thianpong, C. and Pimsarn, M. Thermal performance in solar air heater with perforated-winglet-type vortex generator, Solar Energy Vol. 170, 2018, 1101-1117.

- [10] Promvong, P. Promthaisong, P. and Skullong, S. Experimental and numerical thermal performance in solar receiver heat exchanger with trapezoidal louvered winglet and wavy groove, Solar Energy Vol. 236, 2022, 153-174.
- [11] Incropera, F.P. DeWitt, P.D. Bergman, T.L. Lavine, A.S. Fundamentals of Heat and Mass Transfer, John-Wiley & Sons, 2006.