

## บทที่ 5

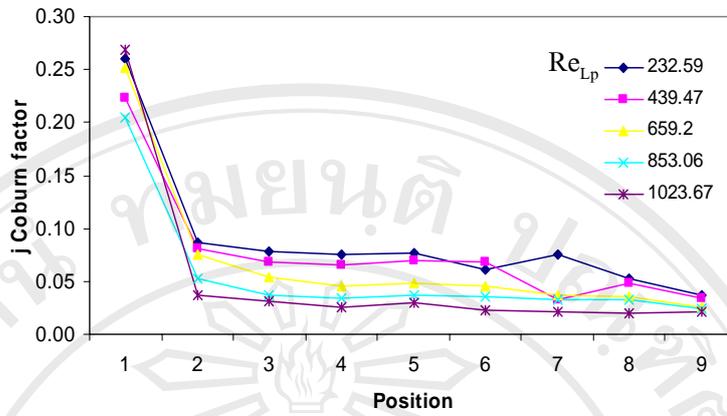
### ผลการทดสอบและวิเคราะห์

จากบทที่ที่ผ่านมาได้กล่าวถึงวิธีดำเนินงานวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเมื่อได้ทำการทดสอบและนำผลที่ได้ไปคำนวณตามขั้นตอนที่ได้กล่าวในบทก่อนหน้านี้อันแล้ว จากนั้นจะได้ผลการคำนวณที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์จะแบ่งเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ การวิเคราะห์ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ ของแต่ละครีบกี้ด ผลกระทบของอัตราส่วนระยะห่างระหว่างครีบกี้ดต่อระยะห่างระหว่างเก็ลด์ที่มีต่อรูปแบบการไหลของอากาศที่ไหลผ่านครีบกี้ด การวิเคราะห์ผลเพื่อศึกษาว่ารูปแบบการไหลที่เปลี่ยนไปที่มุมเอียงเก็ลด์ต่าง ๆ นั้นมีผลกระทบอย่างไรต่อการถ่ายเทความร้อนของครีบบนแบบเก็ลด์ และการเปรียบเทียบผลของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่ผ่านมา

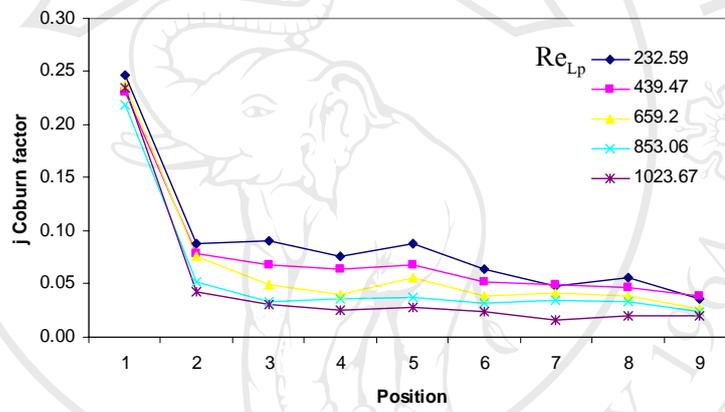
#### 5.1 ค่า $j$ โคเบิร์น แฟกเตอร์ ของแต่ละครีบกี้ด

รูปที่ 5.1- 5.5 แสดงค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ ที่  $F_p/L_p$  มุมเอียงเก็ลด์ และตัวเลขเรย์โนลด์ส์ ต่างๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ ของเก็ลด์แรกจะมีค่าสูงกว่าเก็ลด์อื่น ๆ ซึ่งในงานวิจัยนี้อากาศร้อนขาเข้าจะปะทะกับเก็ลด์ที่ 1 โดยตรงทำให้ผลต่างอุณหภูมิระหว่างผิวเก็ลด์กับอากาศร้อนมีมาก ซึ่งเมื่อครีบกี้ดมีอุณหภูมิสูงจะทำให้สามารถส่งถ่ายความร้อนจากครีบกี้ดไปสู่ น้ำได้มากตามไปด้วย จึงทำให้ผลต่างของอุณหภูมิน้ำเข้าและน้ำออกครีบกี้ดสูงขึ้น ทำให้ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ของเก็ลด์นี้จึงมีค่าสูงกว่าเก็ลด์ที่อยู่สูงขึ้นไป ซึ่งงานวิจัยที่ของ Lyman และคณะ (2002) ได้อธิบายว่า เก็ลด์แรกเป็นเก็ลด์ที่ปะทะกับอากาศขาเข้าโดยตรง และการไหลของอากาศกำลังพัฒนาเข้าสู่การไหลแบบสม่ำเสมอ (Uniform Flow) จึงทำให้ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ มีค่าสูง

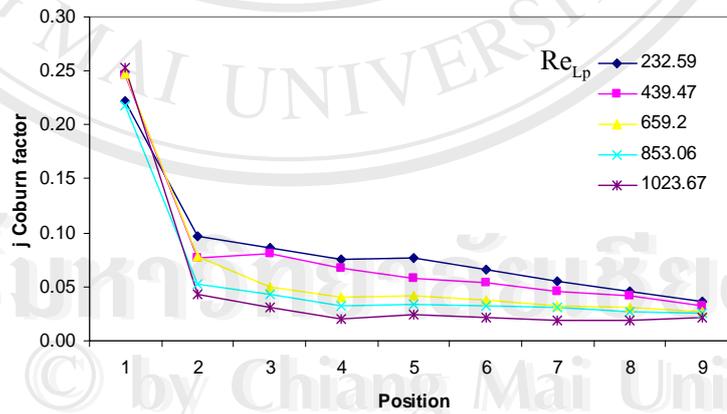
จากรูปที่ 5.1 แสดงค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ที่มุมเอียงเก็ลด์ 18 องศา ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเก็ลด์ที่ 1 จะมีค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงกว่าเก็ลด์อื่นๆ และจะมีค่าลดลงที่ตำแหน่งของครีบกี้ดสูงขึ้น เนื่องจากอากาศร้อนขาเข้ามีอุณหภูมิลดลงเมื่อผ่านเก็ลด์แรกไปเพราะผ่านการถ่ายเทความร้อนให้ครีบกี้ดที่ 1 แล้ว และหลังจากนั้นค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ จะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ จนถึงเก็ลด์ที่ 5 ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ จะมากขึ้นจากเก็ลด์ที่ 4 เนื่องจากลักษณะและพื้นที่ของเก็ลด์ซึ่งแตกต่างจากเก็ลด์อื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และจากนั้นค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ จะค่อย ๆ ลดลงจนถึงเก็ลด์สุดท้ายซึ่งจะมีค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ต่ำที่สุด



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



ข)  $F_p/L_p = 1$

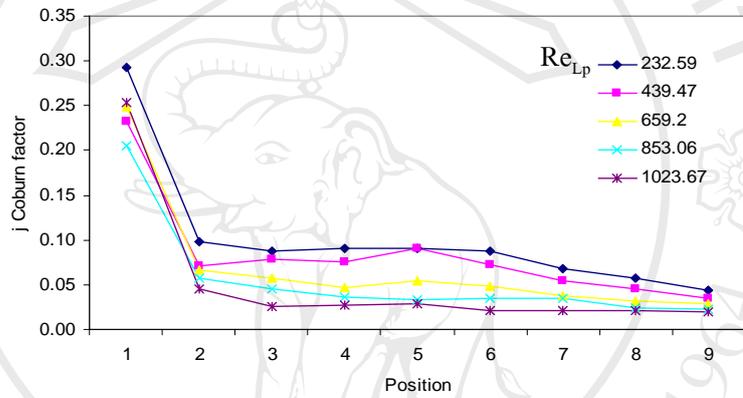


ค)  $F_p/L_p = 0.75$

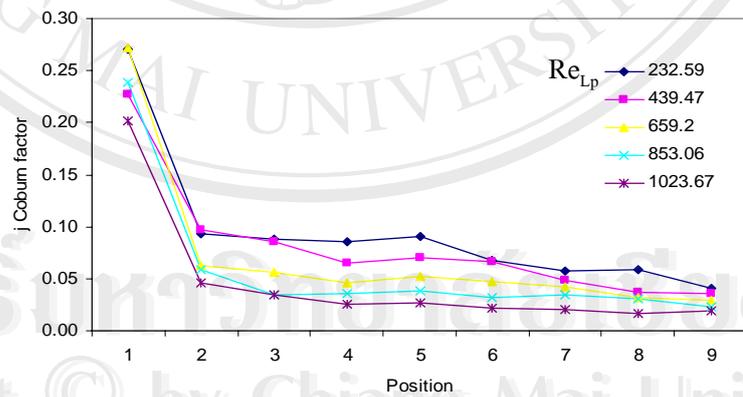
รูปที่ 5.1 j โคนเบอร์น แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา ก)  $F_p/L_p = 1.5$  ข)  $F_p/L_p = 1$

ค)  $F_p/L_p = 0.75$

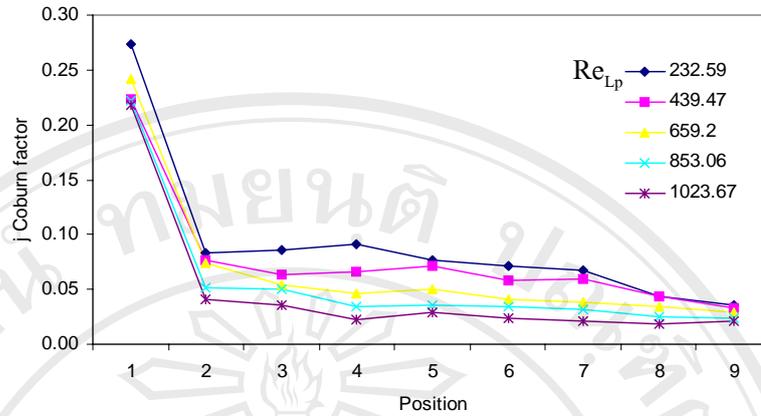
นอกจากค่า  $j$  โคอเบิร์น แฟกเตอร์ จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแล้ว ค่า  $j$  โคอเบิร์น แฟกเตอร์ ยังขึ้นกับค่าความเร็วเชิงมุมสูงสุด ( $G$ ) ซึ่งค่าความเร็วเชิงมุมสูงสุดนี้จะแปรตามอัตราการไหลเชิงมุมของอากาศเข้า ( $m$ ) โดยค่าความเร็วเชิงมุมสูงสุดนี้มีอิทธิพลต่อค่า  $j$  โคอเบิร์น แฟกเตอร์ มาก หากค่าความเร็วเชิงมุมสูงสุดสูงขึ้นหมายถึงค่าอัตราการไหลเชิงมุมของอากาศเข้าเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า  $j$  โคอเบิร์น แฟกเตอร์ ต่ำลง ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 5.1 – 5.5 ซึ่งแสดงค่าความสัมพันธ์ของค่า  $j$  โคอเบิร์น แฟกเตอร์ ของแต่ละครีบเกล็ด ณ ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ส์ สูงขึ้นค่า  $j$  โคอเบิร์น แฟกเตอร์ จะมีค่าลดลง



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



ข)  $F_p/L_p = 1$

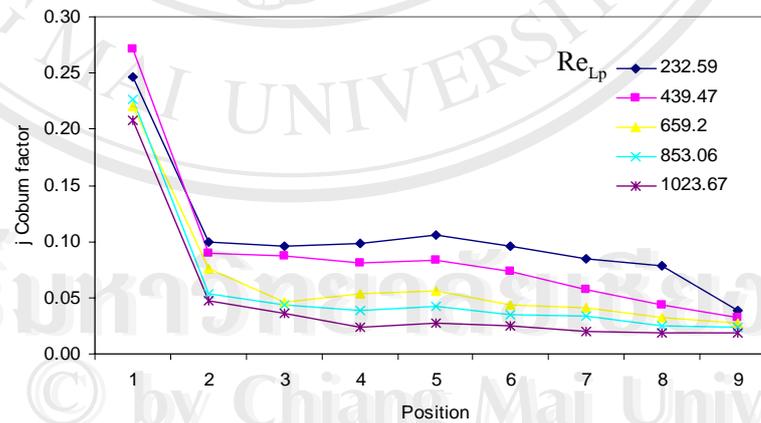


ก)  $F_p/L_p = 0.75$

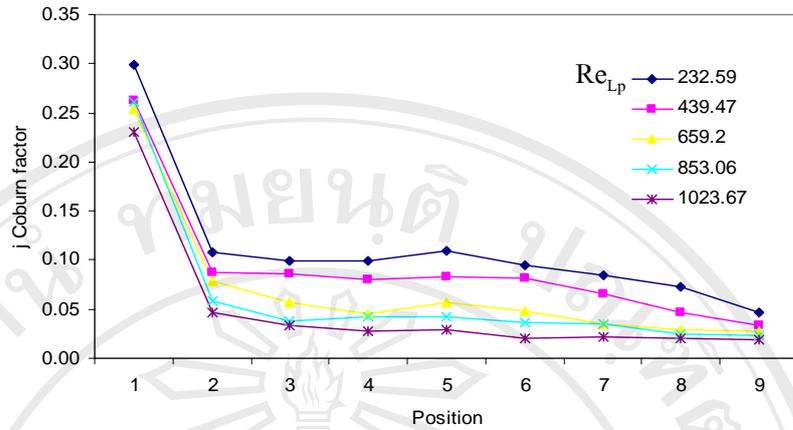
รูปที่ 5.2 j โคนเบิร์น แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา ก)  $F_p/L_p = 1.5$  ข)  $F_p/L_p = 1$

ค)  $F_p/L_p = 0.75$

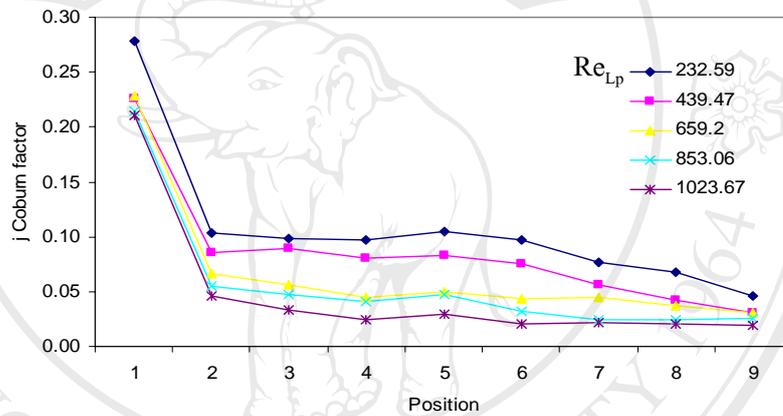
ค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา จะค่อยๆลดลงจนถึงเกล็ดที่ 9 ซึ่งจะมีค่าน้อยที่สุด เช่นเดียวกับที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา เนื่องจากอากาศร้อนเย็นตัวลงทำให้ผลต่างอุณหภูมิเกล็ดปกติกับอากาศร้อนน้อยลงไปด้วย  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ จะมีแนวโน้มลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้นที่ทุก  $F_p/L_p$  ทุกมุมเอียงเกล็ด และทุก  $Re_{Lp}$



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



ข)  $F_p/L_p = 1$

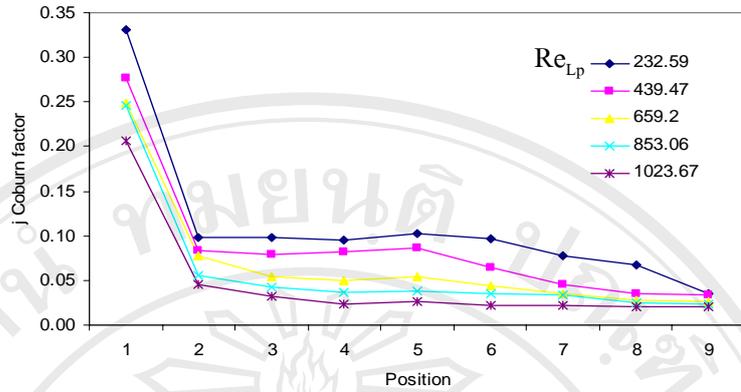


ค)  $F_p/L_p = 0.75$

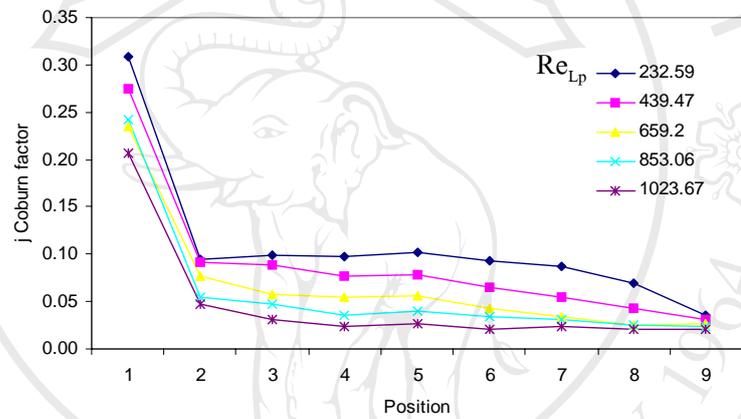
รูปที่ 5.3 j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา ก)  $F_p/L_p = 1.5$  ข)  $F_p/L_p = 1$

ค)  $F_p/L_p = 0.75$

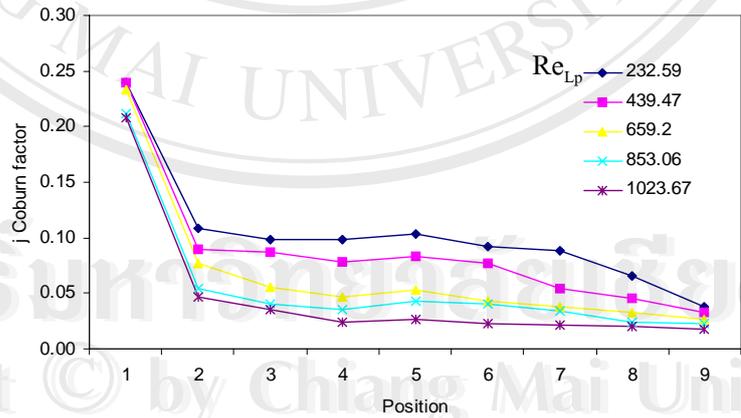
จากรูปที่ 5.1 และ 5.2 แสดงให้เห็นว่า j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ของแต่ละเกล็ด ที่ค่า  $F_p/L_p$  มุมเอียงเกล็ด 18 และ 23 องศา ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่างๆ ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ 232.59 ของทุกเกล็ดจะมีค่า j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ มากกว่าที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์อื่น เนื่องจากเมื่อ  $L_p$  คงที่ ( $F_p/L_p$  คงที่)  $Re_{L_p}$  จะขึ้นกับความเร็วอากาศเข้า ( $v$ ) เพราะฉะนั้นเมื่อความเร็วอากาศเข้าเพิ่มขึ้นค่า  $Re_{L_p}$  ก็จะเพิ่มขึ้นตาม เมื่อความเร็วอากาศมากค่าอัตราการไหลของอากาศจะสูงขึ้นทำให้ค่าความเร็วเชิงมวลสูงสุด ( $G$  ในสมการที่ 2.17) มากขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อค่าความเร็วเชิงมวลสูงสุดสูงขึ้นจะทำให้ค่า j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ก็จะส่งผลต่อค่า j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ทำให้น้อยตามไปด้วย ซึ่งทุก  $F_p/L_p$  และมุมเอียงเกล็ด จะมีแนวโน้มของค่า j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ของแต่ละเกล็ดคล้ายกันคือ ค่า j โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะมีค่าลดลงเมื่อ  $Re_{L_p}$  เพิ่มขึ้น



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



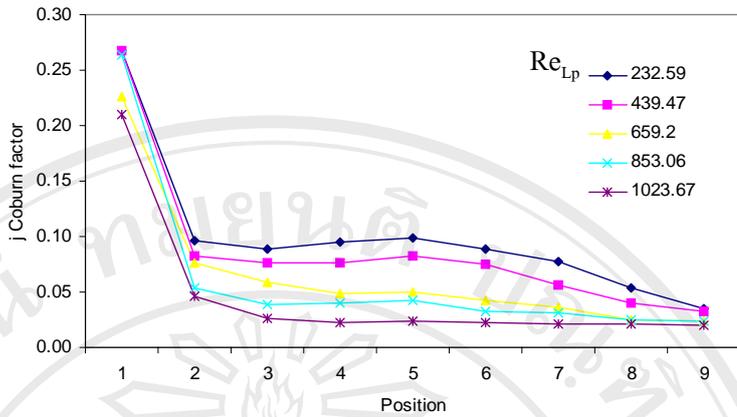
ข)  $F_p/L_p = 1$



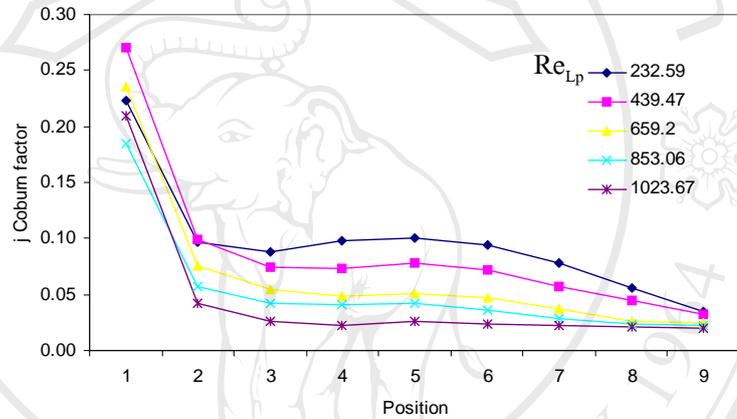
ค)  $F_p/L_p = 0.75$

รูปที่ 5.4 j โคนเบิร์น แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา ก)  $F_p/L_p = 1.5$  ข)  $F_p/L_p = 1$

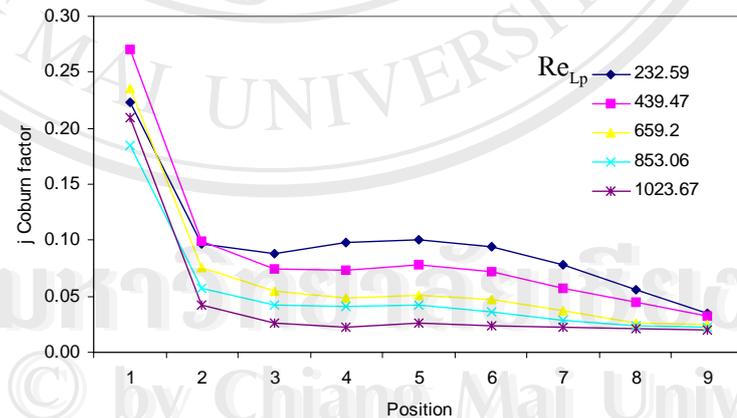
ค)  $F_p/L_p = 0.75$



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



ข)  $F_p/L_p = 1$



ค)  $F_p/L_p = 0.75$

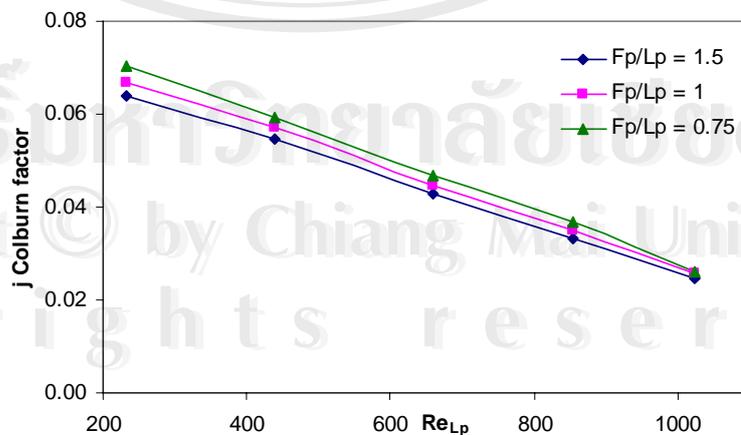
รูปที่ 5.5 j โคนเบิร์น แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา ก)  $F_p/L_p = 1.5$  ข)  $F_p/L_p = 1$

ค)  $F_p/L_p = 0.75$

ค่าความคลาดเคลื่อนของค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ อาจเกิดจากค่าความคลาดเคลื่อนของ เครื่องมือวัดซึ่งได้ผ่านการปรับเทียบมาแล้วแต่ยังคงมีค่าความผิดพลาดอยู่ แต่เมื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของงานวิจัยนี้แล้วพบว่า ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ มีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 13 เปอร์เซ็นต์ (ดังแสดงในภาคผนวก) ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าในการทดลองจะต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนสะสมประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงยอมรับว่าการทดลองนี้มีความเชื่อถือได้

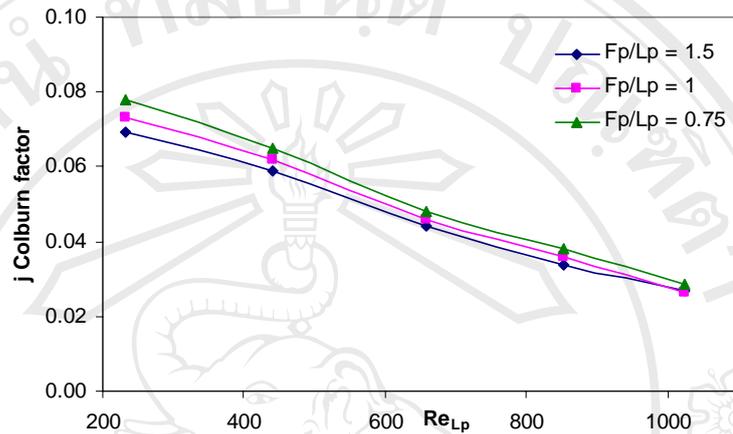
## 5.2 ผลของระยะห่างระหว่างครีบท่อระยะห่างระหว่างเกล็ด

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองที่  $F_p/L_p$  3 ค่า คือ 0.75, 1 และ 1.5 จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เมื่อลด  $F_p/L_p$  และเพิ่มมุมเอียงเกล็ดค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากจะเกิดการไหลตามแนวเกล็ดมากกว่าตามแนวท่อ การลดค่า  $F_p$  โดย  $L_p$  คงที่จะเป็นการลดขนาดของท่อ (แสดงในรูปที่ 1.3) ซึ่งจะเป็นการบังคับให้อากาศร้อนไหลไปตามแนวเกล็ด ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การไหลตามแนวเกล็ดจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าการไหลตามแนวท่อ เพราะครีบท่อจะมีพื้นที่สัมผัสอากาศร้อนมากกว่าการไหลตามแนวท่อที่มีพื้นที่สัมผัสอากาศร้อนเฉพาะบริเวณปลายเกล็ดเท่านั้น แต่การไหลตามแนวเกล็ดอากาศร้อนจะสามารถสัมผัสครีบท่อได้ทั้งแผ่น การเพิ่มค่า  $L_p$  จะเป็นการเพิ่มการไหลตามแนวเกล็ดให้มากขึ้น แต่ต้องมีค่าที่เหมาะสม เพราะหากเพิ่มค่า  $L_p$  มากเกินไปจะทำให้อากาศร้อนสัมผัสกับครีบท่อน้อยลงไปด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษา  $F_p/L_p$  ที่เหมาะสำหรับการพาความร้อนที่อาศัยแรงลอยตัวจากผลต่างอุณหภูมิอากาศ หรือการพาความร้อนแบบธรรมชาติซึ่งยังไม่มีการศึกษามาก่อน เพื่อนำไปออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสมนำไปใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศร้อนที่ลอยตัวแบบธรรมชาติ ผลของ  $F_p/L_p$  แสดงในรูปที่ 5.6 – 5.10



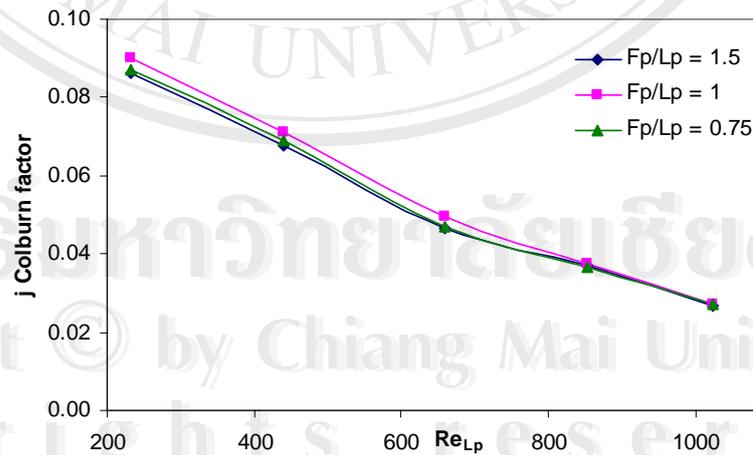
รูปที่ 5.6 ผลของ  $F_p/L_p$  ที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา

ที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา ผลของค่า  $F_p/L_p$  ที่มีต่อค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่าง ๆ จะมีน้อยมาก โดยค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ส์เพิ่มขึ้นค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ก็จะลดลง แต่อย่างไรก็ตามที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 0.75 จะมีค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์สูงกว่าที่  $F_p/L_p$  อื่นๆ



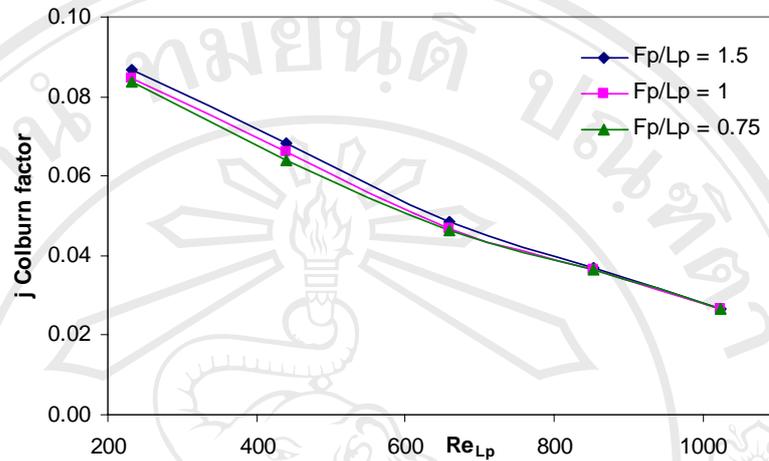
รูปที่ 5.7 ผลของ  $F_p/L_p$  ที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศา

ความแตกต่างของค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ของมุมเอียงเกล็ด 23 องศา จะเห็นได้ชัดที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่ำคือในช่วง 232.59-659.20 โดยที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 0.75 จะมีค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ สูงสุดเช่นเดียวกับที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา และในช่วงของตัวเลขเรย์โนลด์ส์ตั้งแต่ 659.20 ค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์จะมีค่าใกล้เคียงในทุก  $F_p/L_p$

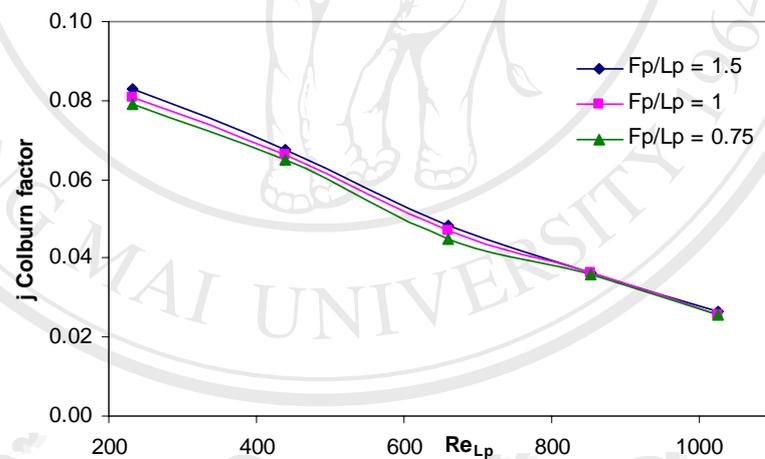


รูปที่ 5.8 ผลของ  $F_p/L_p$  ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา

ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา จะแตกต่างจากที่มุมเอียงเกล็ด 18 และ 23 องศา คือ  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1 จะให้ค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ที่สูงที่สุดในทุกค่าของตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และจะเห็นได้ชัดในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ส์เดียวกับมุม 23 องศา



รูปที่ 5.9 ผลของ  $F_p/L_p$  ที่มุมเอียงเกล็ด 35 องศา

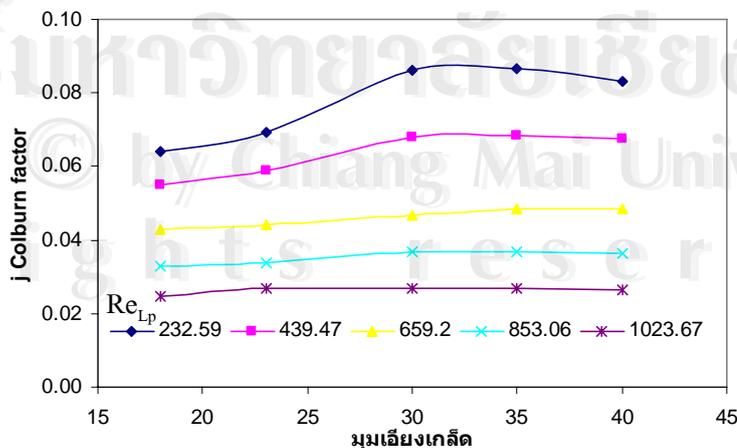


รูปที่ 5.10 ผลของ  $F_p/L_p$  ที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศา

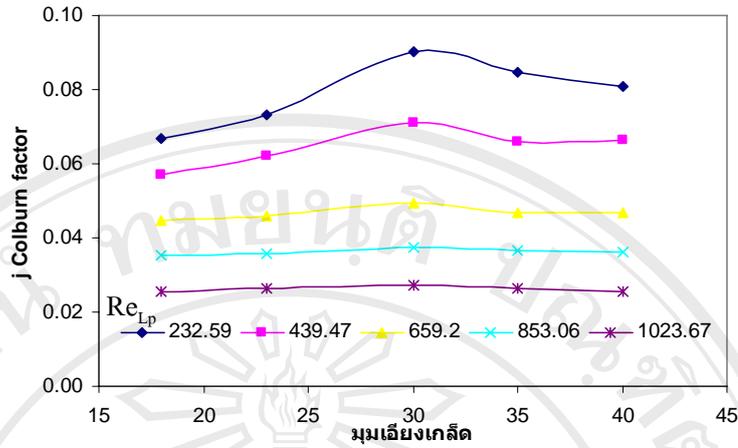
การเปรียบเทียบผลของ  $F_p/L_p$  ที่มีผลของค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ที่มุมเอียงเกล็ดต่างๆ โดยจากรูปที่ 5.6 - 5.10 จะเห็นว่าที่มุมเอียงเกล็ดที่ 18 และ 23 ค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์สูงสุดจะเกิดที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 0.75 และเมื่อมุมเอียงเกล็ดมากขึ้น  $F_p/L_p$  ที่ทำให้เกิดค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์สูงสุดจะมากขึ้นด้วย กล่าวคือ ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศาจะมีค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์สูงสุดเกิดที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1 และที่มุมเอียงเกล็ด 35 และ 40 องศา ค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์สูงสุดจะเกิดที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1.5

### 5.3 ผลของมุมเอียงเกล็ด

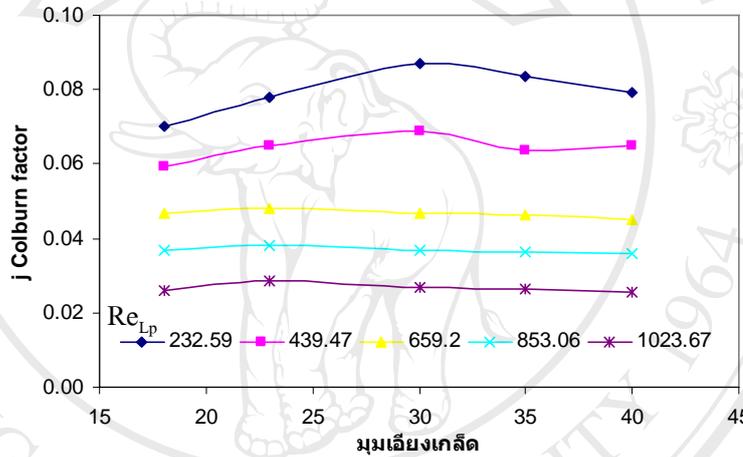
เมื่อพิจารณามุมเกล็ดและอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างครีบท่อระยะห่างระหว่างเกล็ด ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่างๆ จากรูปที่ 5.7 ที่มุมเกล็ดเท่ากับ 30 ที่  $Re_{Lp}$  เท่ากับ 232.59 และอัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างครีบท่อระยะห่างระหว่างเกล็ดเท่ากับ 1 จะมีค่า  $j$  มากที่สุด ซึ่งสนับสนุนกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ได้เสนอไว้ว่าเมื่ออัตราส่วนระหว่างระยะห่างระหว่างครีบท่อระยะห่างระหว่างเกล็ดลดลง และมุมเกล็ดเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากขึ้น เนื่องจากการไหลตามแนวเกล็ดมากกว่าการไหลตามแนวท่อ การไหลตามแนวเกล็ดอากาศร้อนจะมีพื้นที่สัมผัสกับเกล็ดมากกว่าการไหลตามแนวท่อที่อากาศร้อนมีพื้นที่สัมผัสเกล็ดเฉพาะบริเวณปลายเกล็ดเท่านั้น รูปที่ 5.11 แสดงผลของมุมเอียงเกล็ดที่มีต่อค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะเห็นได้ชัดที่  $Re_{Lp}$  ต่ำ แต่เมื่อ  $Re_{Lp}$  สูงขึ้นค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกัน  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะมีลักษณะเส้นแนวโน้มคล้ายกันที่ทุกค่า  $F_p/L_p$  แต่จะมีค่ามากที่สุดที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1 ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา จากรูปที่ 1.3 เมื่อเพิ่มมุมเอียงเกล็ดจะส่งผลให้อากาศร้อนสามารถไหลไปตามแนวเกล็ดได้ดีกว่า จะมีลักษณะคล้ายกับการลดระยะห่างระหว่างครีบท่อ กล่าวคือ ช่องระหว่างครีบท่อมีค่าลดลง เมื่อเพิ่มมุมเอียงเกล็ด อากาศร้อนจะถูกบังคับให้ไหลไปตามแนวเกล็ดมากกว่าไหลไปตามแนวท่อ จากรูปที่ 5.11 แสดงให้เห็นว่าค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มมุมเอียงเกล็ดจนถึง 30 องศา ค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ จะมีค่าลดลง แต่อย่างไรก็ตามที่มุมเอียงเกล็ด 35 และ 40 ยังคงมีค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ มากกว่าที่มุมเอียง 18 และ 23 องศา และเมื่อเทียบกับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบท่อที่ใช้ในงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) และ เจนจิรา (2545) ที่มีมุมเอียงเกล็ดเท่ากับ 23.53 องศา และ  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1.33 จะพบว่าค่า  $j$  โคนเบิร์ก แฟกเตอร์ ที่  $Re_{Lp}$  เท่ากับ 232.59 และ  $F_p/L_p$  ที่ใกล้เคียงกันคือ 1.5 เมื่อเพิ่มมุมเอียงเกล็ดเป็น 30, 35 และ 40 มีค่ามากกว่ามุมเอียงเกล็ด 23 องศา 17%, 15% และ 14% ตามลำดับ



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



จ)  $F_p/L_p = 1$



ข)  $F_p/L_p = 0.75$

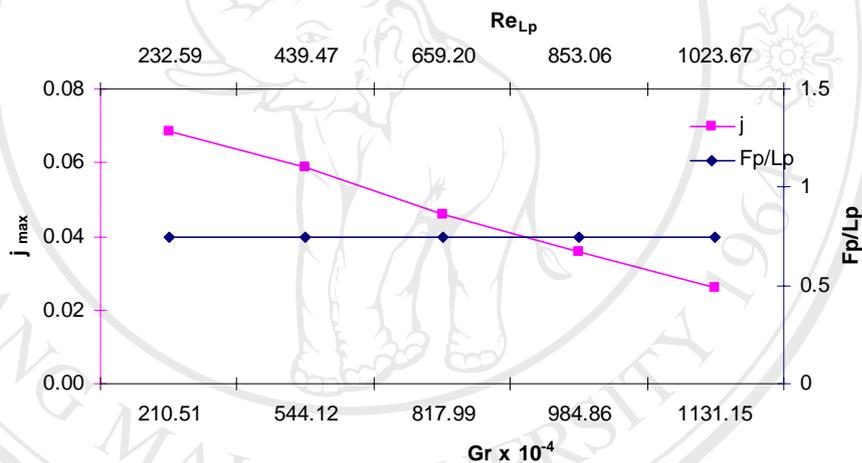
รูปที่ 5. 11 ค่า j โคลเบิร์น แฟกเตอร์ ที่ ก)  $F_p/L_p = 1.5$ , ข)  $F_p/L_p = 1$  และ จ)  $F_p/L_p = 0.75$

แนวโน้มของค่า j โคลเบิร์น แฟกเตอร์ ของแต่ละมุมเอียงเกล็ดและ  $Re_{Lp}$  ต่างๆ จะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ซางผลของ  $F_p/L_p$  จะเห็นได้ชัดที่มุม 23 และ 30 โดยที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา  $Re_{Lp}$  เท่ากับ 232.59  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1 จะมีค่า j โคลเบิร์น แฟกเตอร์ สูงที่สุด และจะมีค่าลดลงเมื่อ  $Re_{Lp}$  และ  $F_p/L_p$  มากขึ้น ซึ่งสนับสนุนกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ว่าค่า j โคลเบิร์น แฟกเตอร์ จะมีค่ามากขึ้นเมื่อลด  $F_p/L_p$  และ  $Re_{Lp}$  เพิ่มขึ้น แต่ในช่วง  $Re_{Lp}$  สูงๆ ค่า j โคลเบิร์น แฟกเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกันมากที่ทุกค่าของ  $F_p/L_p$

#### 5.4 ลักษณะทางกายภาพของครีบกเกล็ดที่เหมาะสมสำหรับการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

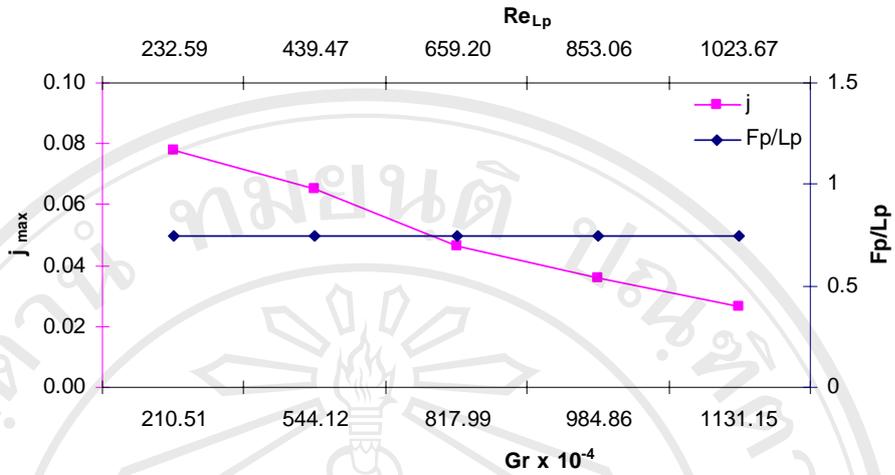
ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ 5 ค่าด้วยกันคือ 232.59, 439.47, 659.20, 853.06 และ 1023.67 ในการแสดงผลการทดลองของการพาความร้อนแบบธรรมชาตินิยมแสดงอินพุตของ

ความร้อนในรูปของตัวแปรไร้มิติหน่วยคือ Gr (Grashof number) ซึ่งสามารถคำนวณอุณหภูมิขาเข้าให้อยู่ในรูป Gr ได้ 5 ค่าเช่นเดียวกับตัวเลขเรย์โนลด์ส์ คือ 210.51, 544.12, 817.99, 984.86 และ 1131.15 ซึ่งรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการพาความร้อนแบบธรรมชาติมักแสดงอยู่ในรูปของตัวเลขกราชอร์ฟ แต่ในงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัยอื่นที่เป็นการพาความร้อนแบบบังคับด้วย จึงแสดงอินพุตของความร้อนทั้งในรูปของตัวเลขกราชอร์ฟและตัวเลขเรย์โนลด์ส์ โดยลักษณะทางกายภาพที่ทดสอบคือ  $F_p/L_p$  3 ค่าคือ 1.5, 1 และ 0.75 และมุมเอียงเกล็ด 18, 23, 30, 35 และ 40 องศา จากผลของ  $F_p/L_p$  และมุมเอียงเกล็ดที่มีต่อการถ่ายเทความร้อนของครีบกี้ดที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น สามารถสรุปได้ว่า ณ ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟ ต่าง ๆ จะมีค่า  $F_p/L_p$  และมุมเอียงเกล็ดที่ทำให้ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุด แตกต่างกันไปดังแสดงในรูปที่ 5.12 ถึง 5.16



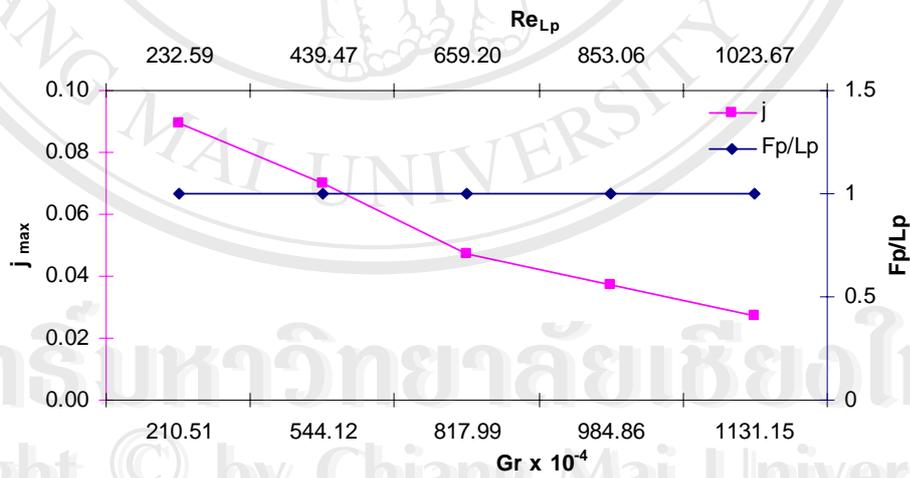
รูปที่ 5.12 มุมเอียงเกล็ด 18 องศา

จากรูปที่ 5.12 ที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา เส้นสีชมพูแสดงค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุด และเส้นสีน้ำเงินแสดงค่า  $F_p/L_p$  ที่ทำให้เกิดค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุดที่มุม 18 องศา ณ ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟ ต่าง ๆ ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟเท่ากับ 232.59 และ 210.51 ตามลำดับ จะได้  $F_p/L_p$  ที่ทำให้เกิดค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุดคือ 0.75 และเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟ เพิ่มขึ้นจะได้  $F_p/L_p$  ที่ทำให้เกิดค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุดคือ 0.75 เช่นเดียวกัน



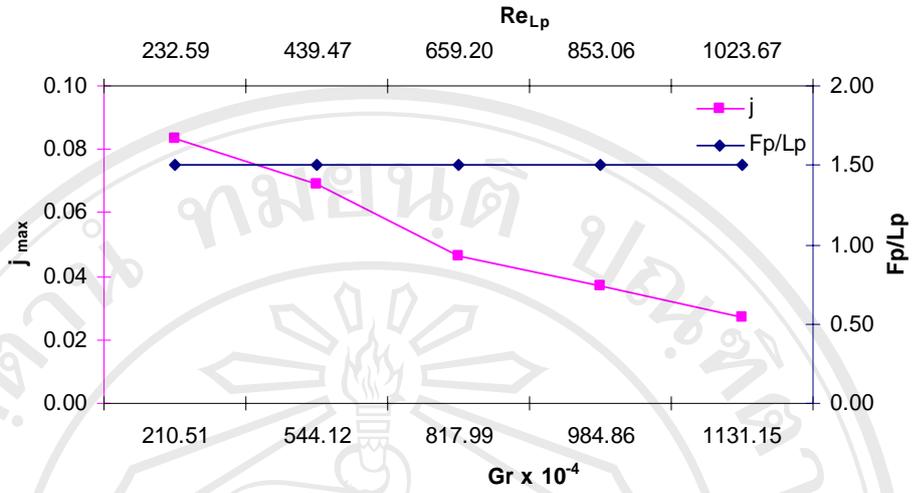
รูปที่ 5.13 มุมเอียงเกล็ด 23 องศา

ค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุดที่มุมเอียงเกล็ด 23 องศาแสดงในรูปที่ 5.13 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ จะมีลักษณะคล้ายกันกับที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศา และค่า  $F_p/L_p$  ที่ทำให้เกิดค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุดคือ 0.75 ในทุก ๆ ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟ

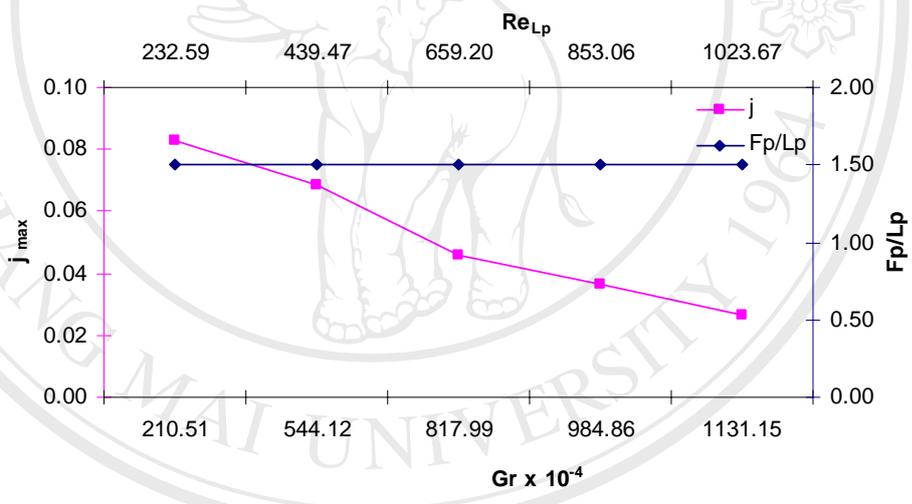


รูปที่ 5.14 มุมเอียงเกล็ด 30 องศา

จากรูปที่ 5.14 แสดงค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ ที่ดีที่สุดที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา จะได้  $F_p/L_p$  ที่ทำให้เกิดค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุดคือ 1



รูปที่ 5.15 มุมเอียงเกล็ด 35 องศา



รูปที่ 5.16 มุมเอียงเกล็ด 40 องศา

ที่มุมเอียงเกล็ด 35 และ 40 องศา ค่า  $j$  โบริน แฟกเตอร์ สูงสุดจะเกิดที่  $F_p/L_p$  เท่ากับ 1.5 เท่ากัน ณ ทุกค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟ จากรูปที่ 5.12 ถึง 5.16 จะเห็นได้ว่า ค่า  $j$  โบริน แฟกเตอร์ สูงสุดจะเกิดที่  $F_p/L_p$  น้อย แต่เมื่อเพิ่มมุมเอียงเกล็ดค่า  $j$  โบริน แฟกเตอร์ สูงสุดจะเกิดที่  $F_p/L_p$  มากขึ้น ซึ่งจากบทที่ 1 ได้กล่าวไปแล้วว่าค่าการถ่ายเทความร้อนของครีบกี้ดจะขึ้นกับลักษณะการไหลของของอากาศผ่านครีบกี้ด การไหลตามแนวเกล็ดจะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่าการไหลตามแนวท่อ แสดงว่าการไหลตามแนวเกล็ดของแต่ละมุมเอียงเกล็ด ณ ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส์ และตัวเลขกราชอร์ฟค่าต่างๆ จะมีลักษณะการไหลตามแนวเกล็ดแตกต่างกัน

ไป หากที่  $F_p/L_p$  ณ มุมเอียงเก็ลด์ใดให้ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ สูงสุด แสดงว่า ณ  $F_p/L_p$  ที่มุมเอียงเก็ลด์นั้นจะเกิดการไหลตามแนวเก็ลด์มากกว่าการไหลตามแนวท่อ

จากผลการทดลองที่กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยได้นำผลการทดลองดังกล่าวมาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในรูปของสมการทำนายค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ โดยใช้วิธี Multiple linear Regression ซึ่งมีสมการเริ่มต้นเป็น

$$j = a_0 + a_1(Gr \times 10^{-7}) + a_2 \frac{F_p}{L_p} + a_3 \theta^* \quad (5.1)$$

ทำการแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรต่างๆ จากข้อมูลการทดลอง ดังแสดงขั้นตอนและวิธีการแก้สมการด้วยวิธี Multiple linear Regression ในภาคผนวกแล้วจะได้สมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ กับค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ ของคริบเก็ลด์ที่ใช้รับความร้อนกับอากาศร้อนที่ลอยตัวอย่างธรรมชาติเป็นดังสมการ

$$j = 0.0853 + 0.0054 \frac{\theta^*}{90} - 0.0568(Gr \times 10^{-7}) - 0.0007 \frac{F_p}{L_p} \quad (5.2)$$

$$\text{เมื่อ } \theta^* = \frac{\theta \times 90}{90}$$

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสมการความสัมพันธ์ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์ ข้างต้นนี้อยู่ในช่วง 0.05 – 27.39 % โดยความสูงที่สุดจะเกิดขึ้นที่มุมเอียงเก็ลด์ 40 องศา อัตราส่วนระยะห่างระหว่างคริบต่อระยะห่างระหว่างเก็ลด์ 0.75 และตัวเลขกราชอร์ฟเท่ากับ  $1.13 \times 10^7$

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้หาสมดุลความร้อนของระบบเพื่อหาว่าความร้อนที่สูญเสียไป โดยที่ความร้อนที่ให้ระบบเท่ากับความร้อนที่คริบเก็ลด์ถ่ายให้กับน้ำบวกกับความร้อนสูญเสีย ซึ่งรายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก จากการคำนวณพบว่าเมื่อเพิ่มมุมเอียงเก็ลด์ความร้อนสูญเสียจะมีค่าลดลง และความร้อนสูญเสียจะแปรตามตัวเลขกราชอร์ฟกล่าวคือ เมื่อตัวเลขกราชอร์ฟเพิ่มขึ้นค่าความร้อนสูญเสียจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเมื่อผลต่างของอุณหภูมิสูงทำให้อากาศร้อนไหลออกจากระบบเร็วขึ้นทำให้อากาศร้อนมีเวลาแลกเปลี่ยนความร้อนกับคริบเก็ลด์น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วคือ เมื่อตัวเลขกราชอร์ฟสูงขึ้นค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์จะมีค่าลดลง และเมื่อเพิ่มมุมเอียงเก็ลด์จะทำให้ค่า  $j$  โคเบิร์น แฟกเตอร์สูงขึ้น

## 5.5 การเปรียบเทียบการพาความร้อนแบบธรรมชาติกับการพาความร้อนแบบบังคับ

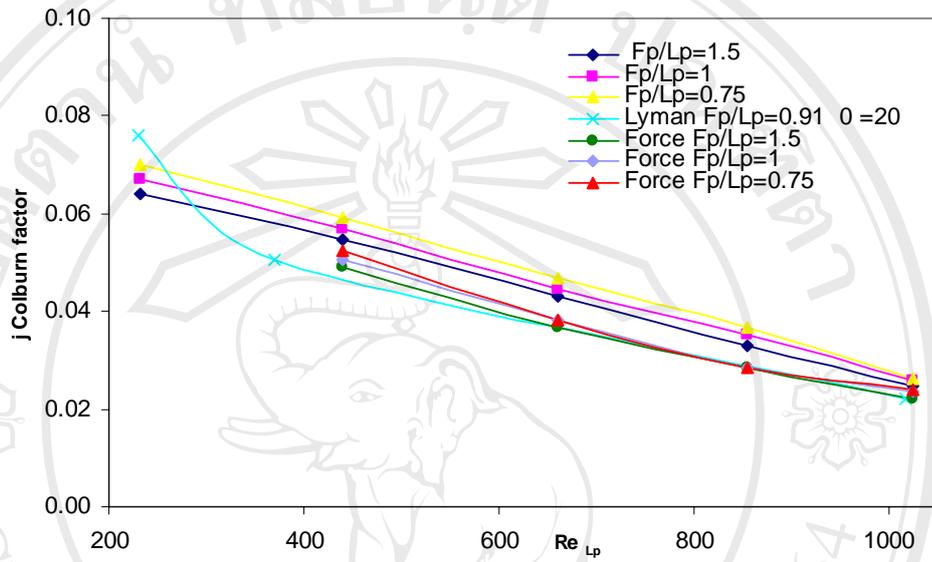
เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาล้วนแล้วแต่เป็นการพาความร้อนแบบบังคับทั้งสิ้น เพื่อที่จะได้เปรียบเทียบผลการทดลองและเพื่อให้มั่นใจว่าการทดลองนี้มีความเชื่อถือได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้

ทดลองทั้งการพาความร้อนแบบธรรมชาติและแบบบังคับ โดยได้นำผลการทดลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) ซึ่งมีลักษณะการทดลองและการนำเสนอผลการทดลองที่คล้ายกัน จากการทดลองพบว่า การพาความร้อนแบบบังคับในงานวิจัยนี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) แต่จะมีค่ามากกว่าเล็กน้อยที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์สูงๆ อาจจะเป็นเนื่องจากความแตกต่างของการใช้งานครีบกี้ด กล่าวคือ ในงานวิจัยนี้เป็นการถ่ายเทความร้อนจากอากาศผู้ครีบกี้ด แต่ในงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการอุ่นอากาศโดยใช้ครีบกี้ด ผลการทดลองทั้งการพาความร้อนแบบธรรมชาติและแบบบังคับ พร้อมทั้งการเปรียบเทียบผลการทดลองของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) แสดงในรูปที่ 5.8 โดยจะเป็นการแสดงค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ เกลี่ยเทียบกับค่า  $Re_{L_p}$  ที่  $F_p/L_p$  และมุมเอียงเกล็ดต่างๆ ของการพาความร้อนทั้งแบบธรรมชาติและแบบบังคับเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) และนอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้ทำเปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) ซึ่งได้ทดสอบมุมเอียงตัวของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบครีบกี้ดและเป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติ

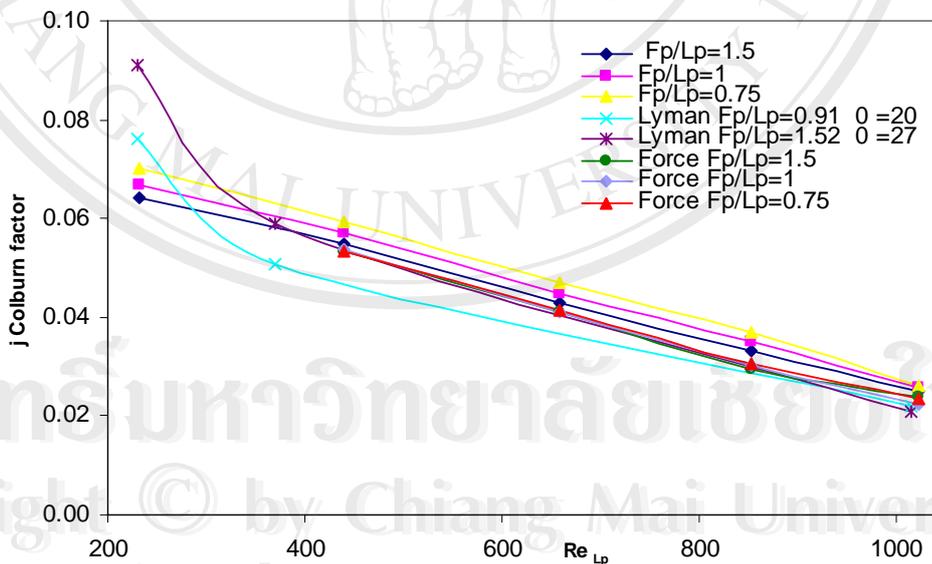
จากรูปที่ 5.17 จะเห็นว่า ณ การไหลของอากาศทุกๆ มุมเอียงเกล็ดค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ จะแปรผกผันกับตัวเลขเรย์โนลด์ส์ซึ่งเป็นคุณลักษณะ โดยทั่วไปของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แต่หากทำการเปรียบเทียบ ณ ตำแหน่งตัวเลขเรย์โนลด์ส์เดียวกัน พบว่าที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา ค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ จะมีค่ามากที่สุด ส่วนที่มุมเอียงเกล็ด 18, 23, 35 และ 40 องศา ค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ จะมีค่าลดลงตามลำดับ และที่มุมเอียงเกล็ด 18 องศาจะมีค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ น้อยที่สุดหรืออาจกล่าวได้ว่าเมื่อเราเอียงเกล็ดจาก 18 เป็น 30 องศาทำให้มีการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มของรูปแบบการไหลจากแนวท่อมาเป็นแนวเกล็ดมากขึ้นดังแสดงในรูปของค่าประสิทธิภาพการไหล ซึ่งเมื่อการไหลเปลี่ยนจากการไหลตามแนวท่อเป็นการไหลตามแนวเกล็ดจะทำให้ครีบกี้ดมีพื้นที่ในการรับความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้การถ่ายเทความร้อนดีขึ้นดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น

ในการเปรียบเทียบค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ นี้ได้เลือกค่าที่มากที่สุดคือที่มุมเอียงตัวของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 10 องศา ของปฏิภาณ (2547) และ  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ ในกรณีต่างๆ ในงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) เมื่อเปรียบเทียบค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ ของงานวิจัยนี้กับงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) พบว่าค่า  $j$  โคเบิร์ต แฟกเตอร์ ของงานวิจัยนี้มากกว่าในงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) ประมาณ 2.5 เท่า แล้วเนื่องจากงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) ไม่สามารถปรับเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ แต่ในงานวิจัยนี้สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนมุมเอียงเกล็ด และ  $F_p/L_p$  ในงานวิจัยของปฏิภาณ (2547) การปรับมุมเอียงของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นการเพิ่มมุมเอียงเกล็ดนั่นเอง แต่ไม่สามารถทำที่ละเกล็ดได้ ดังนั้นลักษณะ

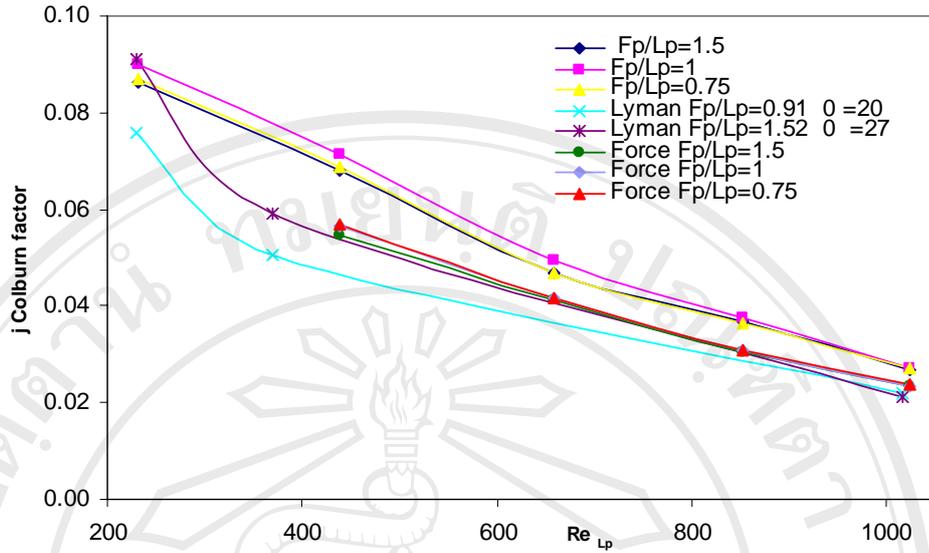
การไหลของอากาศผ่านครีบเกล็ดในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนดังกล่าวนี้จึงน่าจะยังไม่เป็นการไหลตามแนวเกล็ดเท่าที่ควร จะเห็นได้จากค่า  $j$  โคนเบิร์น แฟกเตอร์ ที่น้อยกว่างานวิจัยนี้และงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002)



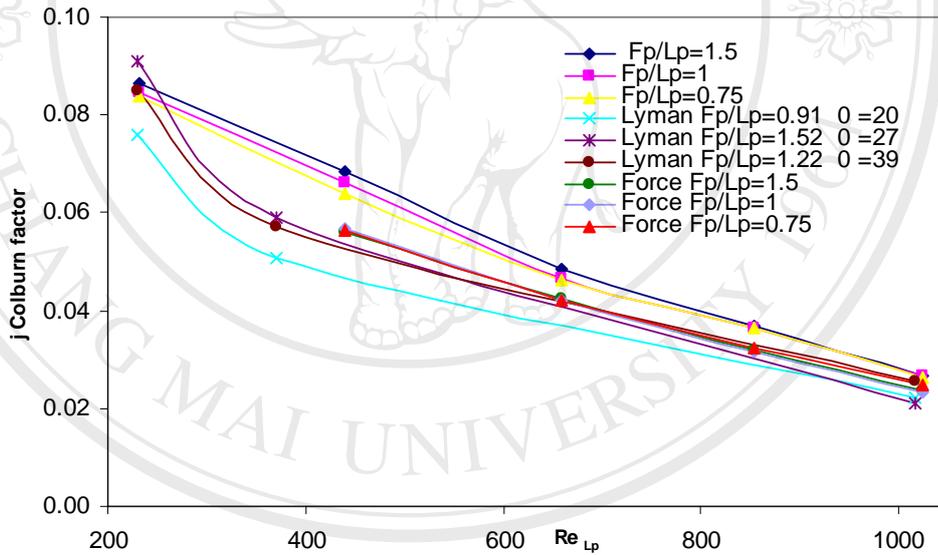
ก) มุมเอียงเกล็ด 18 องศา



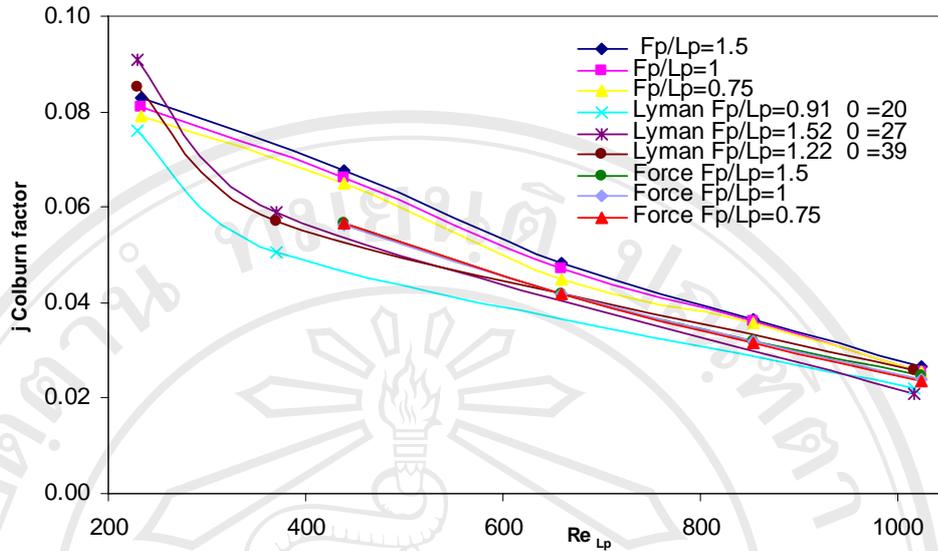
ข) มุมเอียงเกล็ด 23 องศา



ค) มุมเอียงเกล็ด 30 องศา



ง) มุมเอียงเกล็ด 35 องศา



จ) มุมเอียงเกล็ด 40 องศา

รูปที่ 5.17 การเปรียบเทียบค่า  $j$  โคลเบิร์น แฟกเตอร์ กรณีการพาความร้อนแบบบังคับและแบบธรรมชาติ ก), ข), ค), ง) และ จ) มุมเอียงเกล็ด 18, 23, 30, 35 และ 40 องศา ตามลำดับ

เมื่อมุมเอียงเกล็ดตัวเพิ่มเป็น 35 และ 40 องศา แนวโน้มของการไหลที่ไปตามแนวเกล็ดจะมีค่าลดลง ทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลงด้วย ค่า  $j$  โคลเบิร์น แฟกเตอร์ ที่  $Re_{Lp}$  เท่ากับ 232.59 จะมากที่สุดที่ทุกมุมเอียงเกล็ด และที่การพาความร้อนแบบบังคับค่า  $j$  โคลเบิร์น แฟกเตอร์ จะมีค่าใกล้เคียงกันมากกับงานวิจัยของ Lyman และคณะ (2002) และแนวโน้มของค่า  $j$  โคลเบิร์น แฟกเตอร์ จะคล้ายกันทั้งการพาความร้อนแบบธรรมชาติและแบบบังคับ แต่การพาความร้อนแบบธรรมชาติจะมีค่ามากกว่า อาจจะเป็นเนื่องมาจากลักษณะการไหลของอากาศร้อน ที่การไหลแบบธรรมชาติจะมีเวลาในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับครีบกเกล็ดได้นานกว่าการพาความร้อนแบบบังคับที่อากาศร้อนถูกบังคับโดยพัดลมให้ไหลออกจากชุดทดลองในเวลาที่จะเร็วกว่าการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่มุมเอียงเกล็ด 30 องศา ค่า  $j$  โคลเบิร์น แฟกเตอร์ ที่  $Re_{Lp}$  เท่ากับ 232.39 จะมีค่ามากและใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Lyman และคณะ ที่สุด

นอกจากการเปรียบเทียบค่าของ  $j$  โคลเบิร์น แฟกเตอร์ แล้ว ในงานวิจัยนี้ยังได้นำสมการการทำนายประสิทธิภาพการไหลของครีบกเกล็ดของ Ralph และ Webb (1991) ซึ่งได้ทำนายประสิทธิภาพการไหลของอากาศผ่านครีบกเกล็ดมาทดลองใช้ในการทำนายประสิทธิภาพการไหลของอากาศผ่านครีบกเกล็ดโดยสมการการทำนายประสิทธิภาพการไหลของ Ralph และ Webb (1991) เป็นดังสมการ

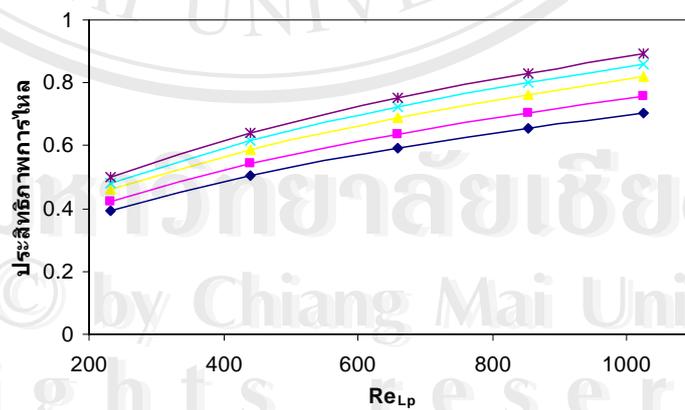
$$\eta = 0.95 \left( \frac{L_p}{F_p} \right)^{0.23} \quad \text{กรณี } Re_{L_p} > Re^* \quad (2.9)$$

$$\eta = 0.091 (Re_{L_p})^{0.39} \left( \frac{L_p}{F_p} \right)^{0.44} \left( \frac{\theta}{90} \right)^{0.3} \quad \text{กรณี } Re_{L_p} < Re^* \quad (2.10)$$

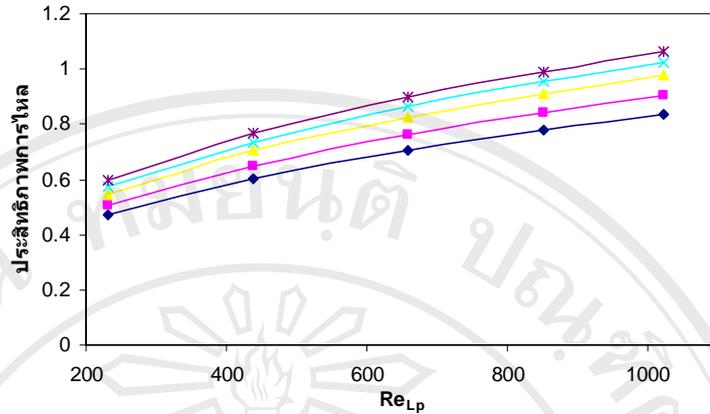
และ

$$\eta = 0.95 \left( \frac{L_p}{F_p} \right)^{0.23} - 0.00003717x / 828 \left( \frac{2\theta}{\pi} \right)^{-0.34} - Re_{L_p} \left[ x \left( \frac{L_p}{F_p} \right)^{-1.35} \left( \frac{2\theta}{\pi} \right)^{-0.61} \right] \quad \text{กรณี } Re_{L_p} = Re^* \quad (2.11)$$

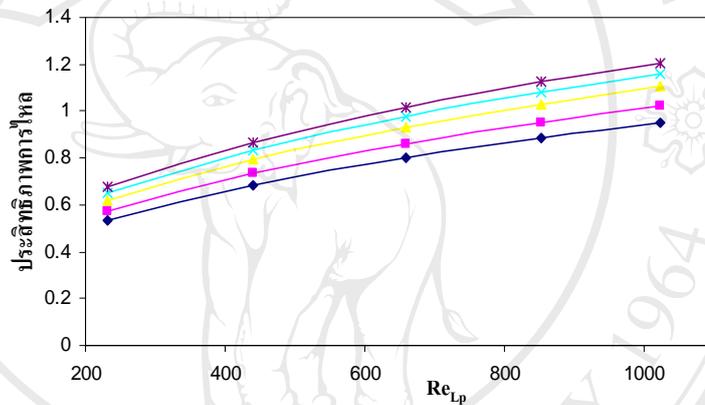
จากการทดสอบในงานวิจัยนี้พบว่าค่า  $Re_{L_p}$  จะมีค่าน้อยกว่า  $Re^*$  ซึ่งการคำนวณค่าต่างๆ ได้แสดงในภาคผนวก ดังนั้นจึงเลือกใช้สมการที่ 2.10 ในการทำนายประสิทธิภาพการไหล แต่สมการข้างต้นนี้ใช้ทำนายประสิทธิภาพการไหลของการพาความร้อนแบบบังคับและเป็นการอุ่นอากาศ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองทั้งการพาความร้อนแบบธรรมชาติและการพาความร้อนแบบบังคับ แต่ยังคงเป็นการหล่อเย็นอากาศทั้งสองแบบ ดังนั้นผลการคำนวณจากสมการข้างต้นอาจจะใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้เฉพาะการพาความร้อนแบบบังคับ แต่ยังมีข้อแตกต่างกันที่ลักษณะการถ่ายเทความร้อนที่กลับทิศกันกล่าวคือ งานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการอุ่นอากาศแต่งานวิจัยนี้เป็นการหล่อเย็นอากาศ จากผลการคำนวณจากสมการการทำนายประสิทธิภาพการไหลแสดงดังรูปที่ 5.18 จากรูปที่ 5.18 จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการไหลจะขึ้นอยู่กับตัวเลขเรย์โนลด์ส์ มุมเอียงเกล็ด และ  $L_p/F_p$  โดยเมื่อเพิ่มมุมเอียงเกล็ดและตัวเลขเรย์โนลด์ส์ขณะที่ลดค่า  $F_p/L_p$  จะส่งผลให้ประสิทธิภาพการไหลสูงขึ้นด้วย เนื่องจากไหลของอากาศจะเป็นการไหลตามแนวเกล็ดมากกว่าแนวท่อดังที่กล่าวมาแล้ว



ก)  $F_p/L_p = 1.5$



ข)  $F_p/L_p = 1$



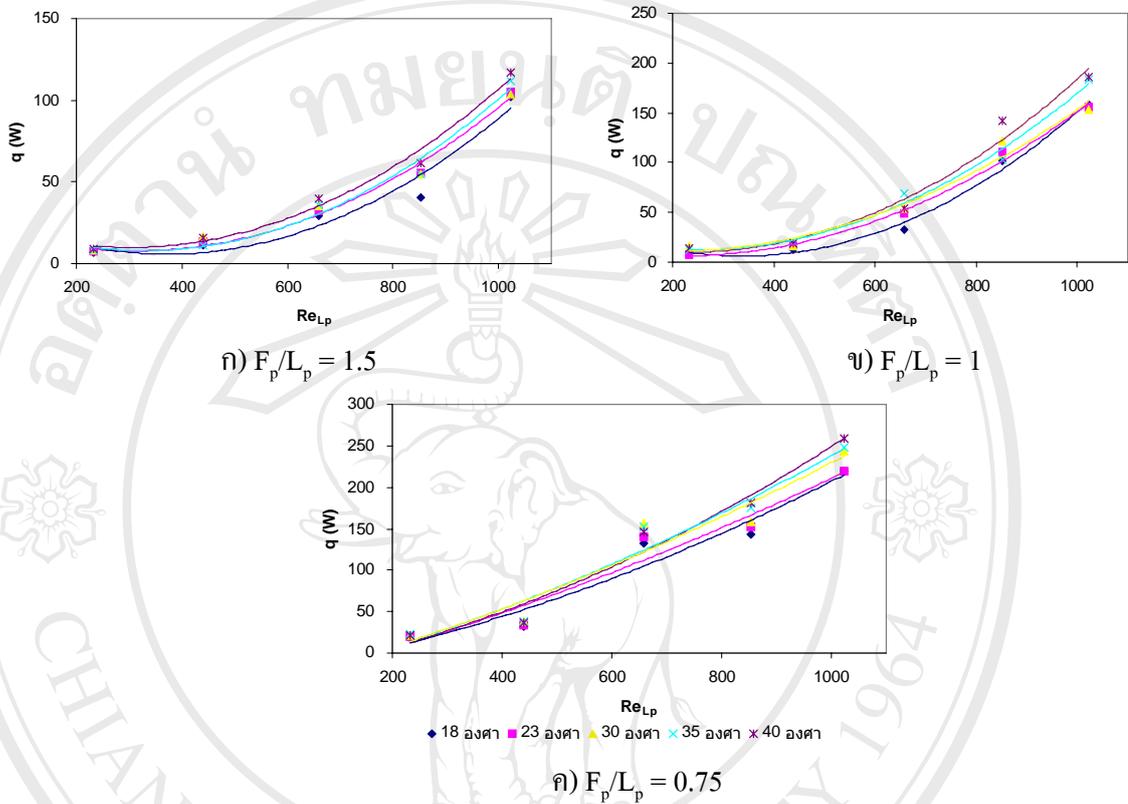
ค)  $F_p/L_p = 0.75$

รูปที่ 5.18 ประสิทธิภาพการไหลจากการคำนวณโดยสูตรของ Ralph และ Webb (1991) ก)

$F_p/L_p = 1.5$ , ข)  $F_p/L_p = 1$  และ ค)  $F_p/L_p = 0.75$

ในงานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยอื่นคืองานวิจัยนี้เป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติและอากาศเข้าเป็นอากาศร้อน แต่งานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการพาความร้อนแบบบังคับและอากาศเข้าเป็นอากาศเย็น ดังนั้นผู้วิจัยต้องการทราบว่าสมการประสิทธิภาพการไหลของงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถนำมาทำนายประสิทธิภาพการไหลของอากาศร้อนในงานวิจัยนี้ได้หรือไม่ ผู้วิจัยจึงได้นำค่าความร้อนที่ถ่ายเทจากครีบอกให้นำมาเปรียบเทียบกับที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่าง ๆ เนื่องจากค่าความร้อนจะขึ้นอยู่กับลักษณะการไหลของอากาศผ่านครีบอกหากครีบอกมีพื้นที่สัมผัสกับอากาศร้อนมากอัตราการถ่ายความร้อนก็จะมากตามไปด้วยนั่นแสดงว่าอากาศร้อนจะไหลตามแนวครีบอกมากกว่าไหลไปตามแนวท่อนั่นเอง ซึ่งตามงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ถ้าประสิทธิภาพการไหล

มากแสดงว่าเกิดการไหลไปตามแนวเกล็ดมาก รูปที่ 5.10 แสดงค่าความร้อนของครีบกี้ด ณ ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่าง ๆ



รูปที่ 5.19 ค่าความร้อนที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส์ต่าง ๆ ก)  $F_p/L_p = 1.5$ , ข)  $F_p/L_p = 1$  และ ค)  $F_p/L_p = 0.75$

จากรูปที่ 5.19 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่าความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่อตัวเลขเรย์โนลด์ส์สูงขึ้นซึ่งจะมีลักษณะคล้ายกับรูปที่ 5.18 ที่ประสิทธิภาพการไหลจะแปรตามตัวเลขเรย์โนลด์ส์ รูปที่ 5.19ข และ 5.19ค มีลักษณะแนวโน้มเป็นเช่นเดียวกับรูปที่ 5.19ก และในช่วงตัวเลขเรย์โนลด์ส์ที่ 232.59 ถึง 439.47 ค่าความร้อนจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก และจะเริ่มแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเมื่อค่าตัวเลขเรย์โนลด์ส์สูงขึ้น จากรูปที่ 5.19ข ค่าความร้อนของมุมเอียงเกล็ด 35 องศาจะมากกว่าที่มุมเอียงเกล็ด 40 องศาที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์เท่ากับ 659.20 และจะน้อยกว่ามุมเอียงเกล็ด 23 และ 30 ที่ตัวเลขเรย์โนลด์ส์ 853.06 แสดงว่าสมการการทำนายประสิทธิภาพการไหลของงานวิจัยที่ผ่านมาสามารถใช้ทำนายกับการพา ความร้อนแบบธรรมชาติได้ในบางค่า  $F_p/L_p$  และบางช่วงของตัวเลขเรย์โนลด์ส์ เท่านั้นแต่ไม่สามารถนำมาทำนายประสิทธิภาพการไหลของงานวิจัยนี้ได้ทั้งหมด ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่า ความแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดจากลักษณะของการใช้ครีบกี้ดที่ต่างกัน

คือ งานวิจัยที่ผ่านมาได้ใช้ครีบกี้ดในการให้ความร้อนกับอากาศเย็นที่ผ่านครีบกี้ด แต่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ครีบกี้ดในการรับความร้อนจากอากาศร้อนที่ลอยมาปะทะเพื่อต้องการให้ครีบกี้ดถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทั้งยังมีความแตกต่างในเรื่องของลักษณะการพาความร้อนที่ในงานวิจัยนี้เป็นการพาความร้อนแบบธรรมชาติที่มีผลต่างของอุณหภูมิเป็นตัวแปรไร้มิติในรูปของตัวเลขกราชอร์ฟเป็นตัวกำหนดสภาพการไหลของอากาศผ่านครีบกี้ด แต่ในงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการพาความร้อนแบบบังคับที่มีความเร็วของอากาศซึ่งแสดงในรูปของตัวแปรไร้มิติคือตัวเลขเรย์ โนลด์ส์เป็นตัวกำหนดสภาพการไหลของอากาศ

จากการผลการทดลองที่น่าเสนอข้างต้นจะเห็นได้ว่าผลการทดลองของงานวิจัยนี้มีความสอดคล้องสนับสนุนกับงานวิจัยที่ผ่านมา ทั้งผลของระยะห่างระหว่างครีบกี้ดต่อระยะห่างระหว่างครีบกี้ด ผลของตัวเลขเรย์ โนลด์ส์ และผลของมุมเอียงครีบกี้ด ซึ่งในบทความต่อไปจะได้นำสรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved