

## บทที่ 4

### ผลการทดสอบและวิจารณ์ผลการทดสอบ

จากผลการทดลองเพื่อทดสอบสมรรถนะของท่อความร้อนแบบสั้นที่ดัดแปลงจากคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ สามารถแยกได้ดังนี้

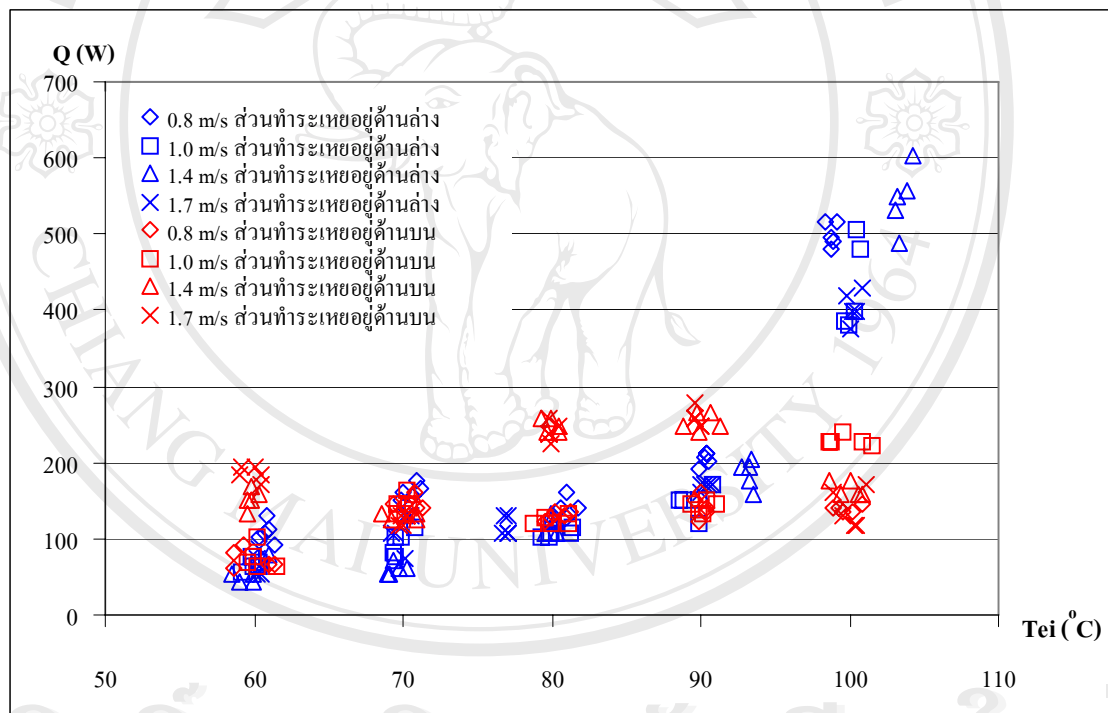
#### 4.1 ผลของมุมเอียง ชนิดสารทำงาน และอุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

จากรูป 4.1 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั้นที่ดัดแปลงมาจากแผงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ กรณีใช้น้ำเป็นสารทำงาน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนมีค่าสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเมื่อสารทำงานน้ำเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นสารทำงานน้ำที่เป็นของเหลวอ้อมตัวก็จะเดือดกลายเป็นไอเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบสั้นมากขึ้นสารทำงานจึงสามารถเคลื่อนที่ไปยังส่วนคอนเดนเซอร์ได้ทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นด้วยนั่นเอง และเมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนสูงขึ้นจะเห็นว่าการถ่ายเทความร้อนในกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง (มุมในการติดตั้ง  $90^{\circ}$  จากแนวระดับ) จะมีค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน (มุมในการติดตั้ง  $-90^{\circ}$  จากแนวระดับ)

จากรูป 4.2 แสดงอัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั้นที่ดัดแปลงมาจากแผงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์ กรณีใช้เอซิโตนเป็นสารทำงาน พบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแหล่งรับความร้อนเพิ่มขึ้นทั้งในกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่างและกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน สาเหตุเพราะเมื่อสารทำงานได้รับความร้อนที่สูงขึ้นจากแหล่งให้ความร้อนสารทำงานจะเกิดการเดือดมากขึ้นทำให้เกิดฟองไอน้ำมากขึ้นด้วยดังนั้นจึงเกิดการเคลื่อนที่แบบสั้นที่รุนแรงขึ้นสารทำงานจึงสามารถเคลื่อนที่ไประบายความร้อนในส่วนคอนเดนเซอร์ได้เพิ่มขึ้นอัตราการถ่ายเทความร้อนจึงเพิ่มมากขึ้นด้วยนั่นเองและจากการศึกษาพบว่ากรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบนนั้นที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนที่ต่ำๆ ไม่มีการถ่ายเทความร้อนหรือมีน้อยมากแต่จะสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีเมื่ออุณหภูมิสูงประมาณ  $97^{\circ}\text{C}$  ขึ้นไปและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย สาเหตุนี้มาจากในช่วงที่อุณหภูมิต่ำๆ อะซิโตนไม่สามารถทำงานได้ถ้าพิจารณาว่า ตัวเลขของบอนด์ซึ่งในช่วงนี้มีค่าเกิน 1 ทั้งหมดนั้นซึ่งสามารถบอกได้ว่าการเดือดของสารทำงานขึ้นแต่เหตุที่ไม่สามารถทำงานได้นั้นเพราะยังไม่เกิดการเคลื่อนที่ของฟองไอน้ำแบบสั้นไปมาคือฟองไอน้ำยังไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังส่วนคอนเดนเซอร์ได้ดังนั้นเอง แต่เมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนสูงๆ สารทำงานเกิดการเดือดแบบฟองไอน้ำ

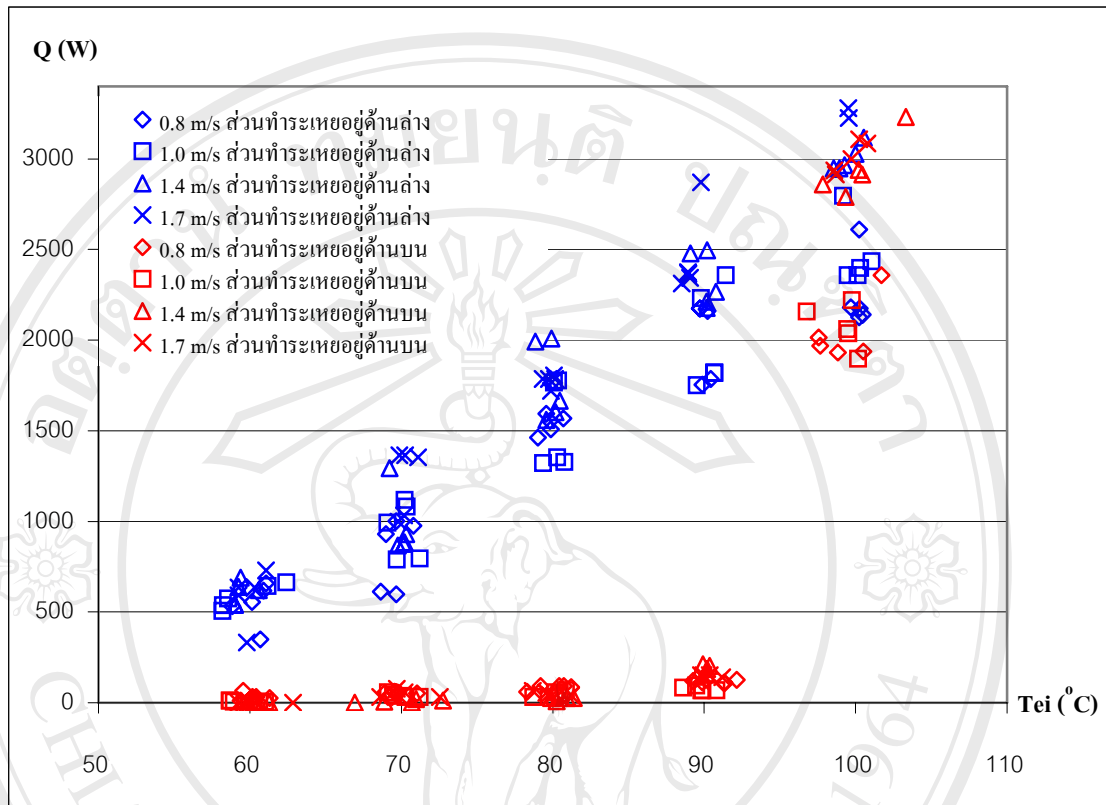
มากขึ้นทำให้ฟองไอน้ำมีแรงดันเพิ่มมากขึ้นสามารถเคลื่อนที่แบบสั่นไปมาได้ สารทำงานจึงสามารถทำงานได้เพิ่มมากขึ้น

จากรูป 4.1 และ 4.2 สรุปได้ว่ากรณีใช้อะซิโตนเป็นสารทำงานสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่ากรณีใช้น้ำเป็นสารทำงาน และในกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบนอะซิโตนไม่สามารถทำงานได้ในช่วงที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่ำๆ แต่จะสามารถทำงานได้ดีเมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนสูงกว่า  $97^{\circ}\text{C}$  ขึ้นไป ส่วนน้ำสามารถทำงานได้ทั้งกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่างและด้านบนแต่ยังให้อัตราการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำ



รูป 4.1 อัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสั่นที่คัดแปลงมาจาก

แผงคอนเดินเซอร์ระบบปรับอากาศชนิดกรณีใช้น้ำเป็นสารทำงาน



รูป 4.2 อัตราการถ่ายเทความร้อนของท่อความร้อนแบบสันที่คัดแปลงมาจาก  
แผงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศรถยนต์กรณีใช้อะซิโตนเป็นสารทำงาน

#### 4.2 ผลของตัวแปรไร้มิติที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน

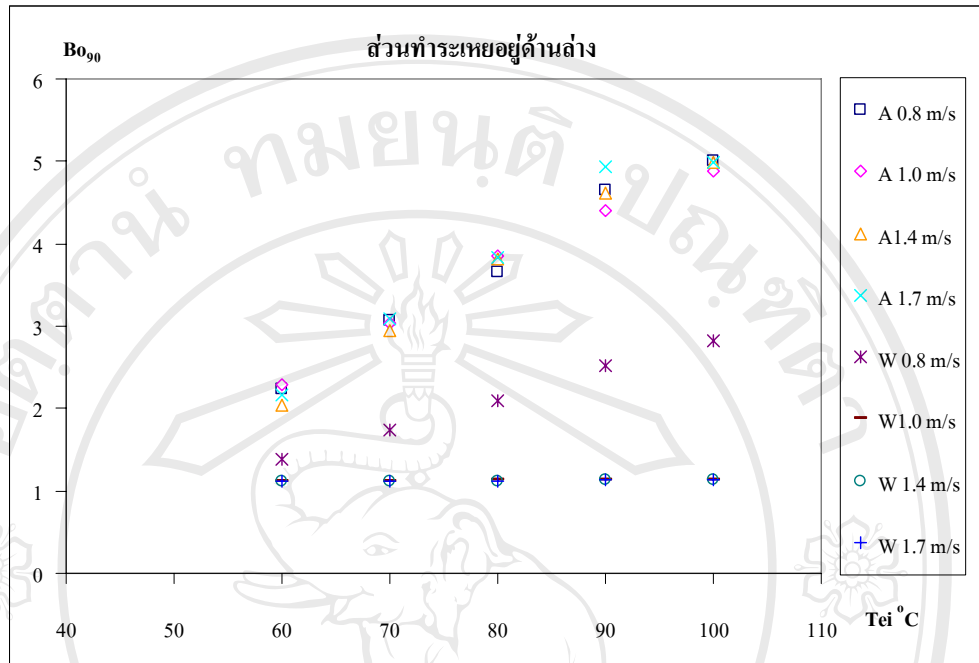
จากตาราง 4.1 และ 4.2 พบว่า ค่า  $Bo$  ที่ได้มีค่ามากกว่า 1 แสดงว่าเกิดปรากฏการณ์เดือดขึ้นภายในท่อความร้อน และเมื่อพิจารณาผลของ  $Bo$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน พบว่า อะซิโตน มีค่า  $Bo$  มากกว่าน้ำ เพราะอะซิโตนมีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำคือ อะซิโตนมีจุดเดือดที่ 57  $^{\circ}\text{C}$  ส่วนน้ำมีจุดเดือดที่ 100  $^{\circ}\text{C}$  และเมื่อพิจารณารูป 4.3 และรูป 4.4 พบว่า ทั้งกรณีใช้อะซิโตนและน้ำเป็นสารทำงานนั้น ค่า  $Bo$  จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน และจากรูป 4.5 และรูป 4.6 ทั้งกรณีใช้อะซิโตนและน้ำเป็นสารทำงาน ค่า  $Bo$  จะไม่มีผลต่อความเร็วลม

ตาราง 4.1 ค่า  $B_o$  ซึ่งทดสอบที่สภาวะต่าง ๆ โดยใช้อะซิโตนเป็นสารทำงาน

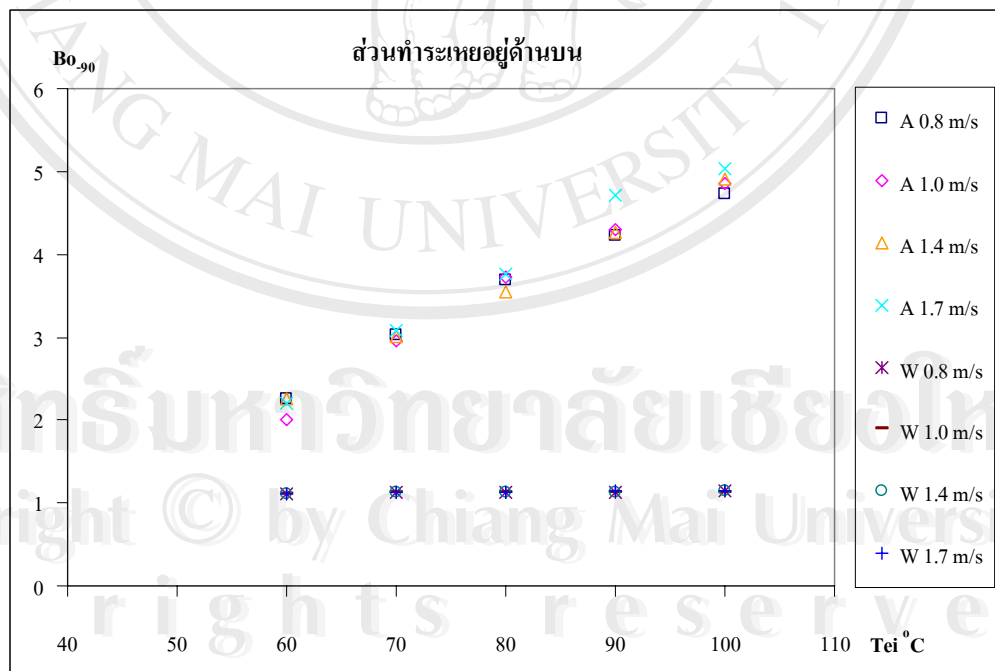
| ชนิดสารทำงาน                   | อะซิโตน       |      |      |      |      |                |      |      |      |      |
|--------------------------------|---------------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|
| ลักษณะการติดตั้งแผง            | ทำมุม 90 องศา |      |      |      |      | ทำมุม -90 องศา |      |      |      |      |
| อุณหภูมิ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 60            | 70   | 80   | 90   | 100  | 60             | 70   | 80   | 90   | 100  |
| $v$ 0.8 m/s                    | 2.23          | 3.07 | 3.66 | 4.66 | 5.00 | 2.26           | 3.03 | 3.69 | 4.23 | 4.72 |
| $v$ 1.0 m/s                    | 2.28          | 3.03 | 3.85 | 4.40 | 4.88 | 2.01           | 2.96 | 3.73 | 4.31 | 4.86 |
| $v$ 1.4 m/s                    | 2.04          | 2.95 | 3.82 | 4.61 | 4.99 | 2.25           | 3.02 | 3.55 | 4.26 | 4.91 |
| $v$ 1.7 m/s                    | 2.16          | 3.08 | 3.84 | 4.94 | 4.99 | 2.20           | 3.08 | 3.77 | 4.70 | 5.03 |

ตาราง 4.2 ค่า  $B_o$  ในสภาวะการทดสอบต่าง ๆ โดยใช้ น้ำ เป็นสารทำงาน

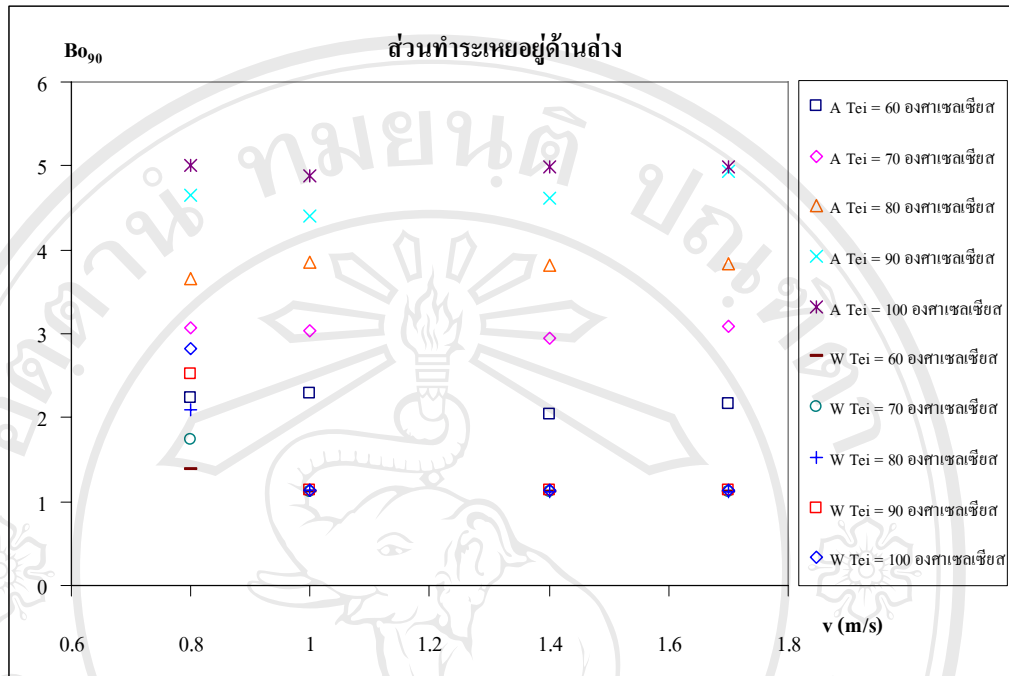
| ชนิดสารทำงาน                   | น้ำ           |      |      |      |      |                |      |      |      |      |
|--------------------------------|---------------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|
| ลักษณะการติดตั้งแผง            | ทำมุม 90 องศา |      |      |      |      | ทำมุม -90 องศา |      |      |      |      |
| อุณหภูมิ( $^{\circ}\text{C}$ ) | 60            | 70   | 80   | 90   | 100  | 60             | 70   | 80   | 90   | 100  |
| $v$ 0.8 m/s                    | 1.38          | 1.73 | 2.10 | 2.51 | 2.82 | 1.12           | 1.12 | 1.13 | 1.13 | 1.14 |
| $v$ 1.0 m/s                    | 1.12          | 1.12 | 1.13 | 1.13 | 1.14 | 1.12           | 1.12 | 1.13 | 1.13 | 1.14 |
| $v$ 1.4 m/s                    | 1.12          | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.14 | 1.11           | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.14 |
| $v$ 1.7 m/s                    | 1.12          | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.14 | 1.12           | 1.12 | 1.13 | 1.14 | 1.15 |



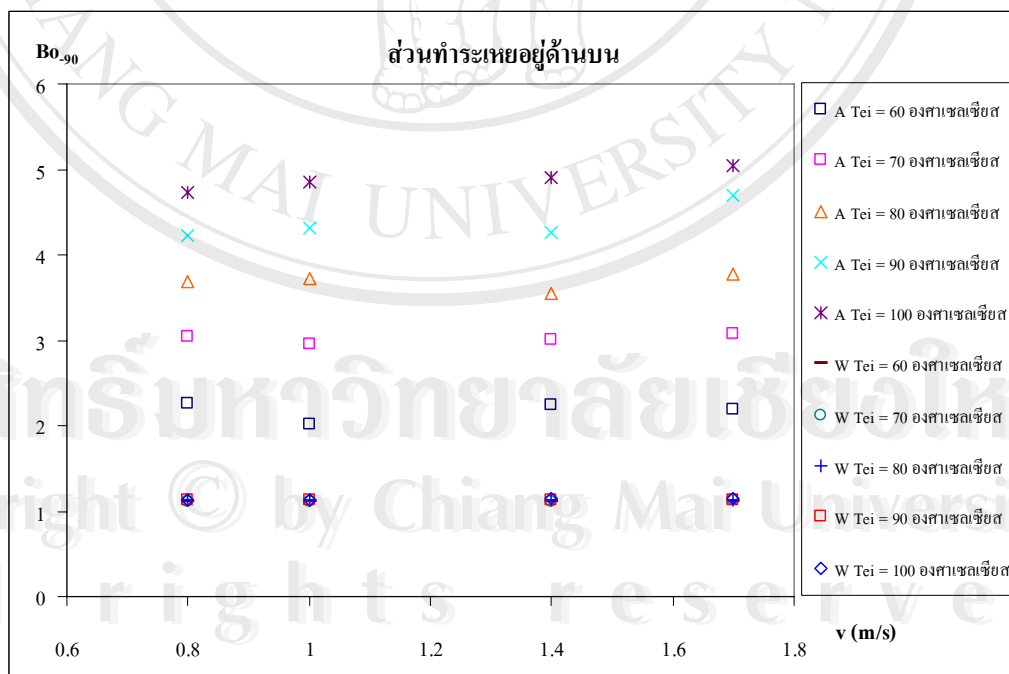
รูป 4.3 ค่า  $Bo_{90}$  ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่างๆกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง



รูป 4.4 ค่า  $Bo_{90}$  ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่างๆกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน

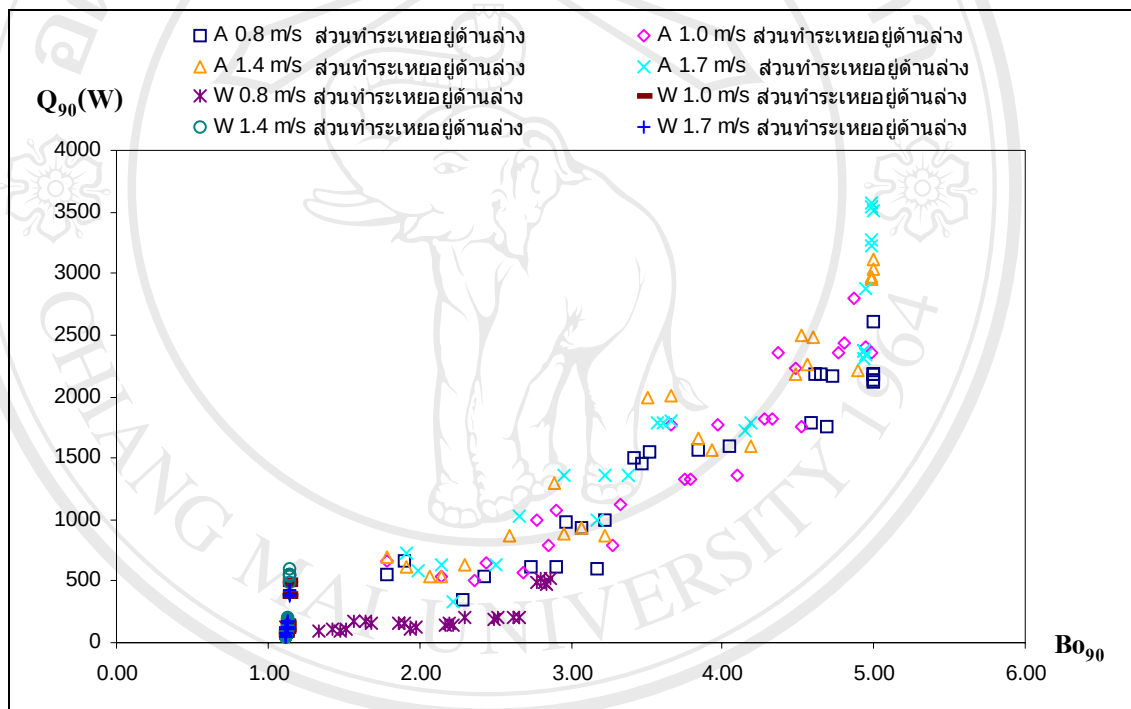


รูป 4.5 ค่า  $Bo_{90}$  ที่ความเร็วอากาศต่างๆกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

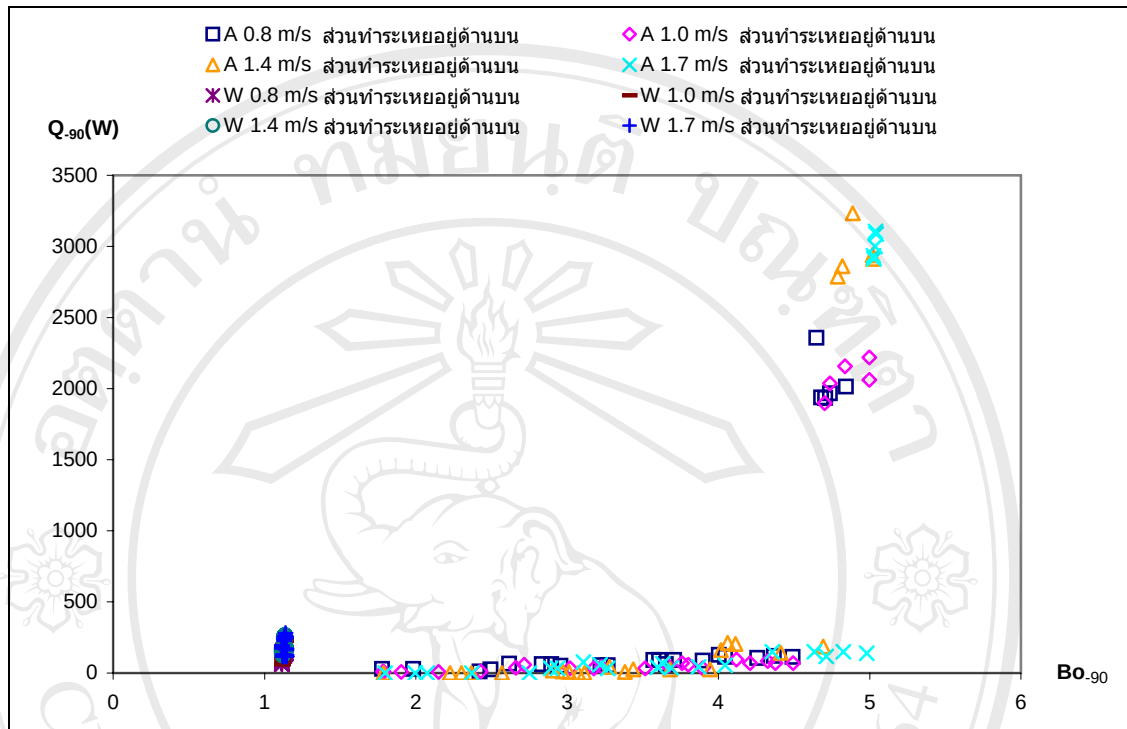


รูป 4.6 ค่า  $Bo_{90}$  ที่ความเร็วอากาศต่างๆกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน

จากรูป 4.7 และ รูป 4.8 แสดงผลของ  $Bo$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่างและด้านบนตามลำดับ พบว่า กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่างนั้น  $Bo$  จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ส่วนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบนนั้นพบว่า  $Bo$  จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้นเช่นกัน เพราะเมื่อ  $Bo$  มากขึ้นแรงลอยตัวเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของฟองอากาศที่เกิดจากการเดือดของสารทำงานมีค่ามากขึ้นทำให้เกิดการเดือดมากขึ้นจึงทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย



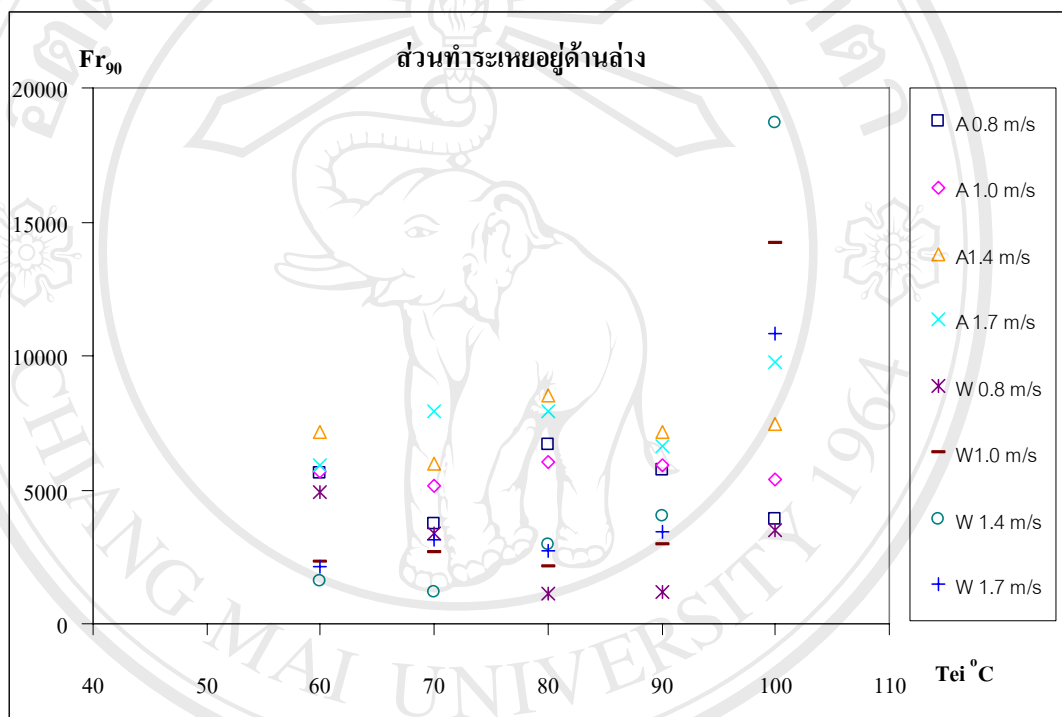
รูป 4.7 ผลของ  $Bo_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง



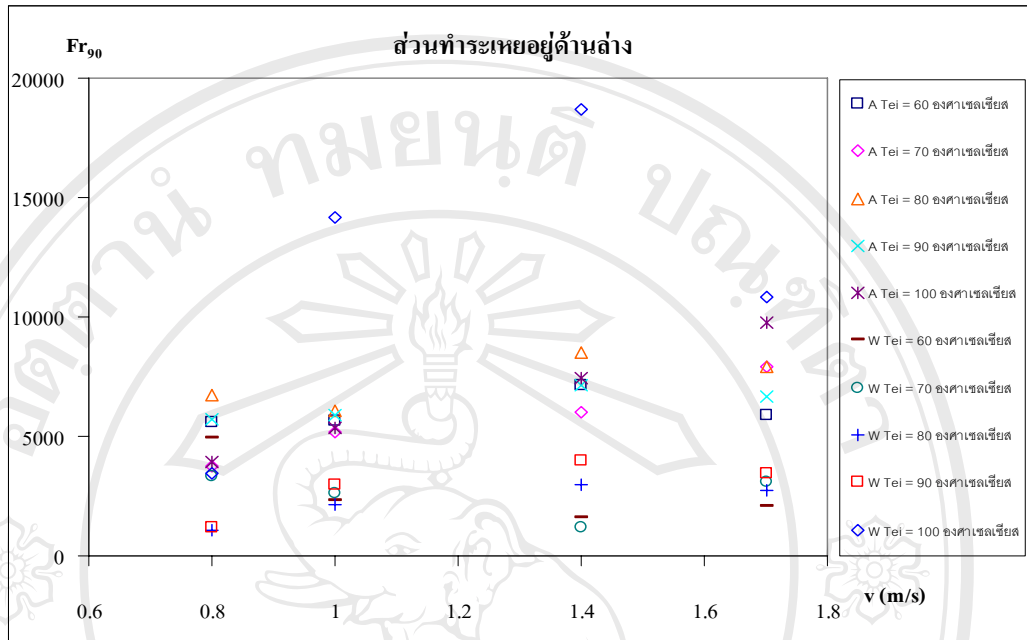
รูป 4.8 ผลของ  $Bo_{-90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน



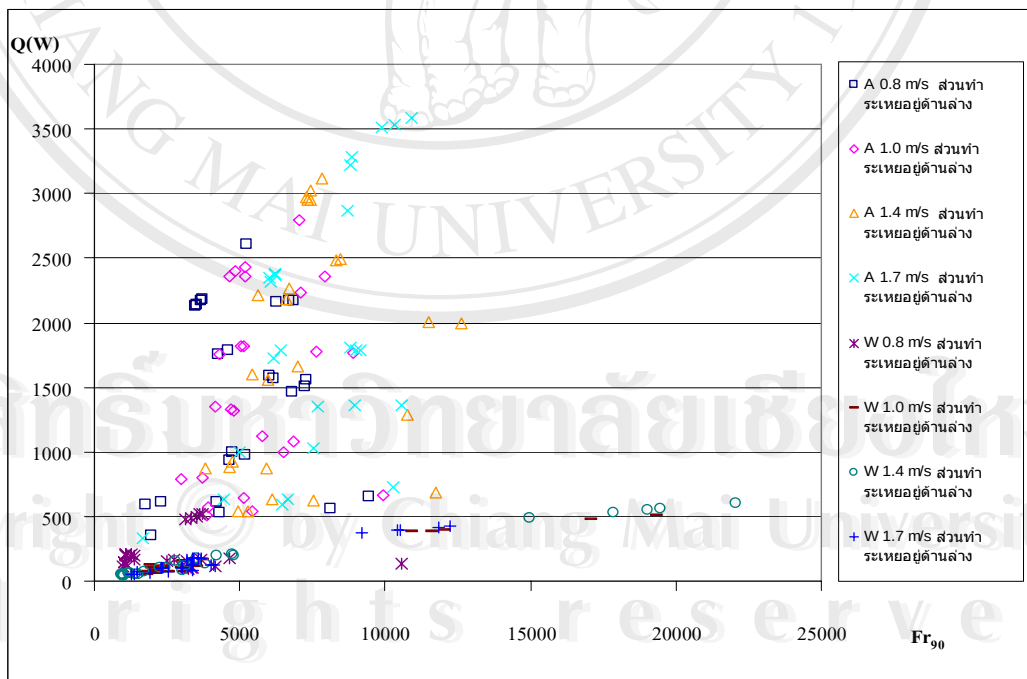
จากรูป 4.11 แสดงผลของ  $Fr_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง พบว่าการกระจายของข้อมูลทั้งกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่างและส่วนทำระเหยอยู่ด้านบนข้อมูลไม่มีการเกาะกลุ่มหรือเรียงตัวกันอย่างมีระเบียบ โดยหากพิจารณาถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นชนิดของสารทำงาน อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน และความเร็วของอากาศ จากรูป 4.9 และรูป 4.10 พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน



รูป 4.9 ค่า  $Fr_{90}$  ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

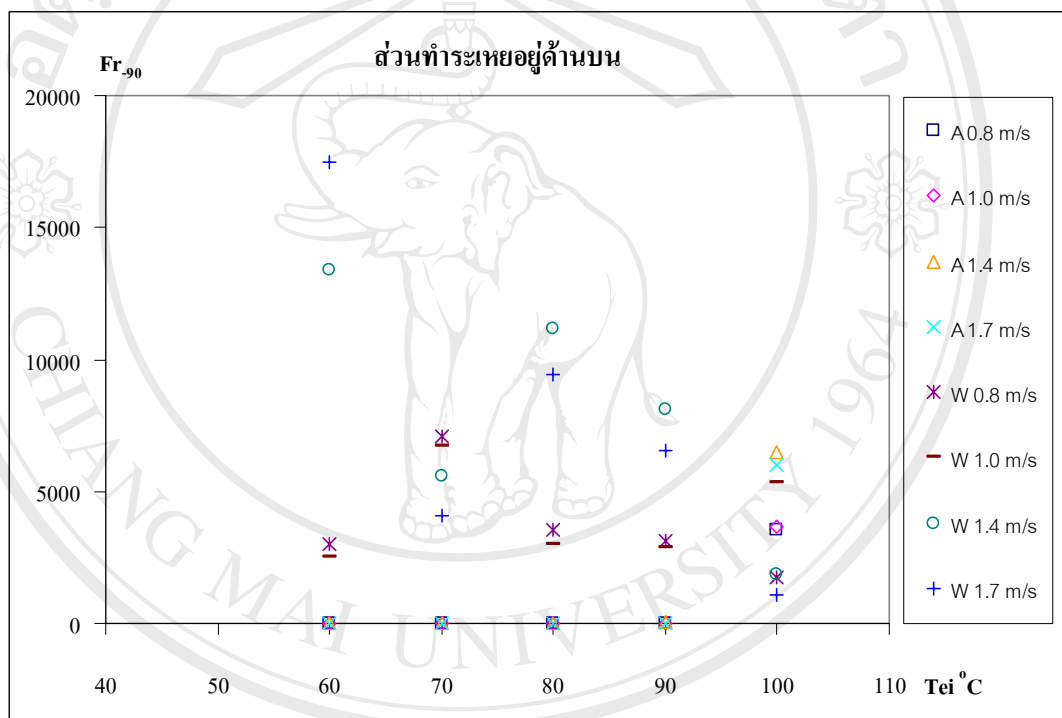


รูป 4.10 ค่า  $Fr_{90}$  ที่ความเร็วอากาศต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

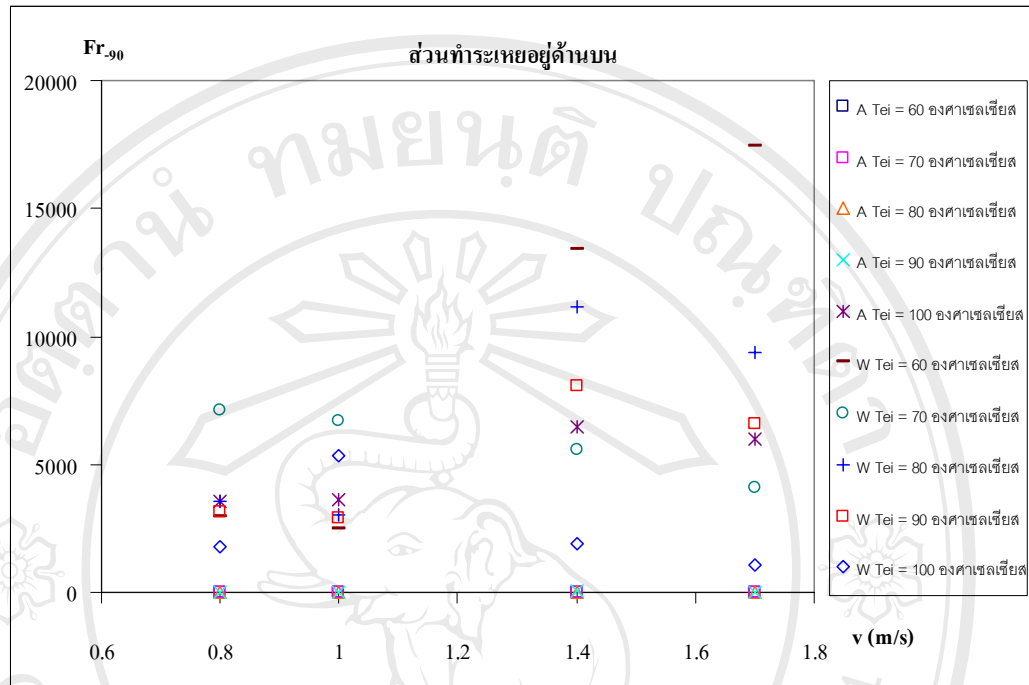


รูป 4.11 ผลของ  $Fr_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

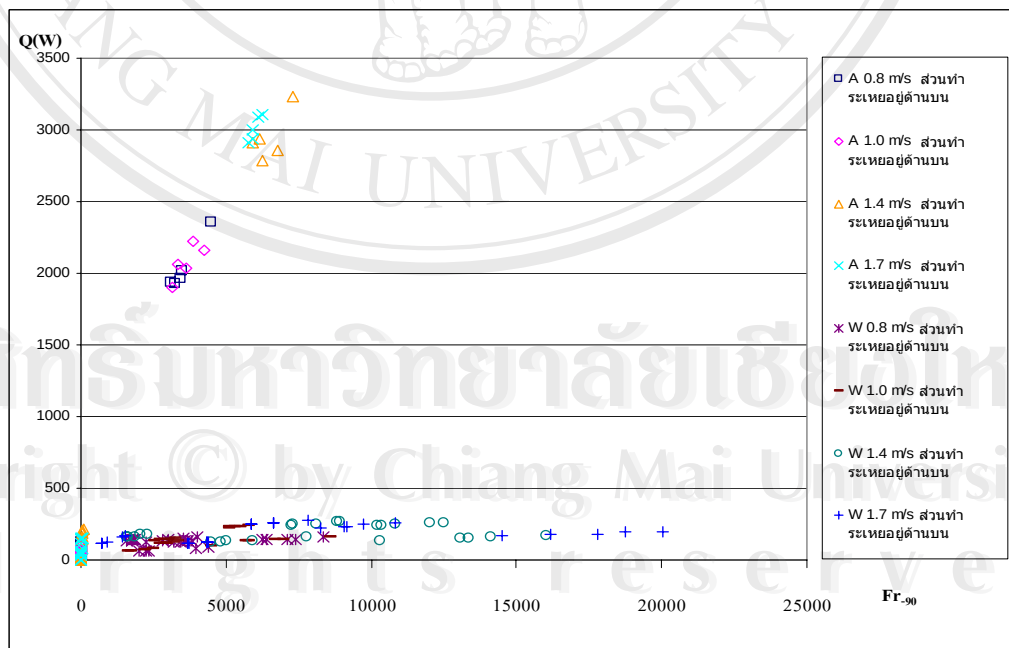
จากรูป 4.14 แสดงผลของ  $Fr_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน พบว่า กรณีอะซิโตนเป็นสารทำงานช่วงที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนนั้นค่าของ  $Fr_{90}$  จะมีค่าเป็นศูนย์ด้วย แต่เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นค่า  $Fr_{90}$  จะเพิ่มขึ้นตามอัตราการถ่ายเทความร้อนที่เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนกรณีของน้ำเป็นสารทำงานนั้น พบว่า ถ้าพิจารณาตัวแปรอื่นๆที่เกี่ยวข้องด้วย จากรูป 4.12 และ รูป 4.13 แล้วจะเห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์กันแต่อย่างใด ดังนั้นจึงไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์ของค่า  $Fr_{90}$  ได้



รูป 4.12 ค่า  $Fr_{90}$  ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน



รูป 4.13 ค่า  $Fr_{-90}$  ที่ความเร็วอากาศต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน

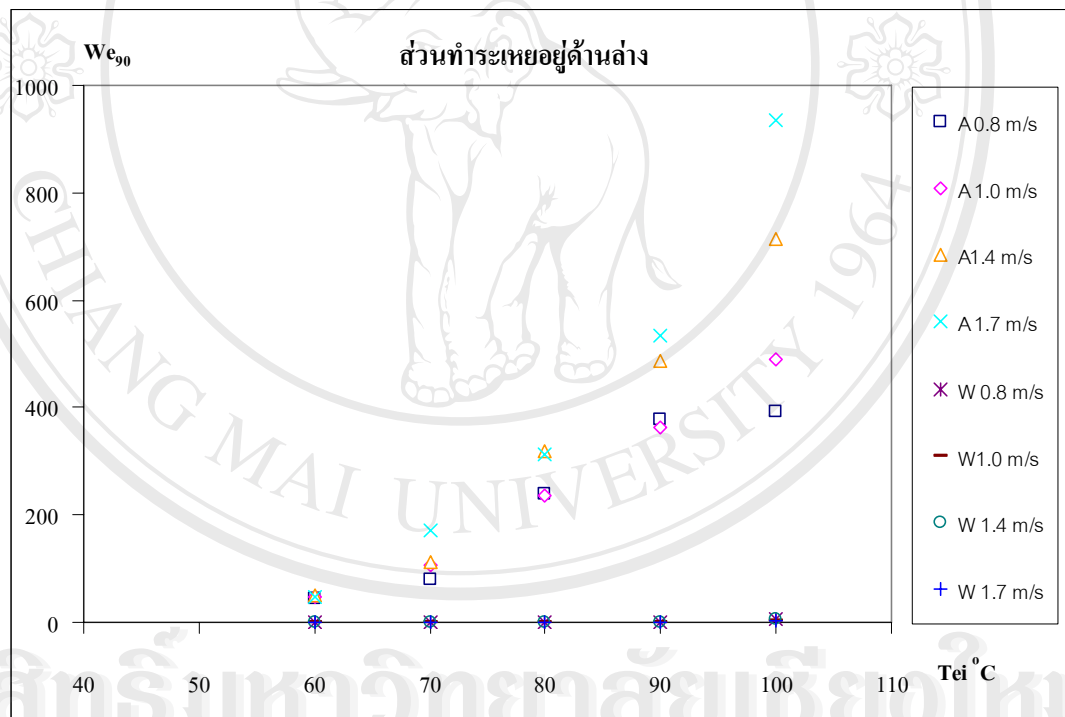


รูป 4.14 ผลของ  $Fr_{-90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน

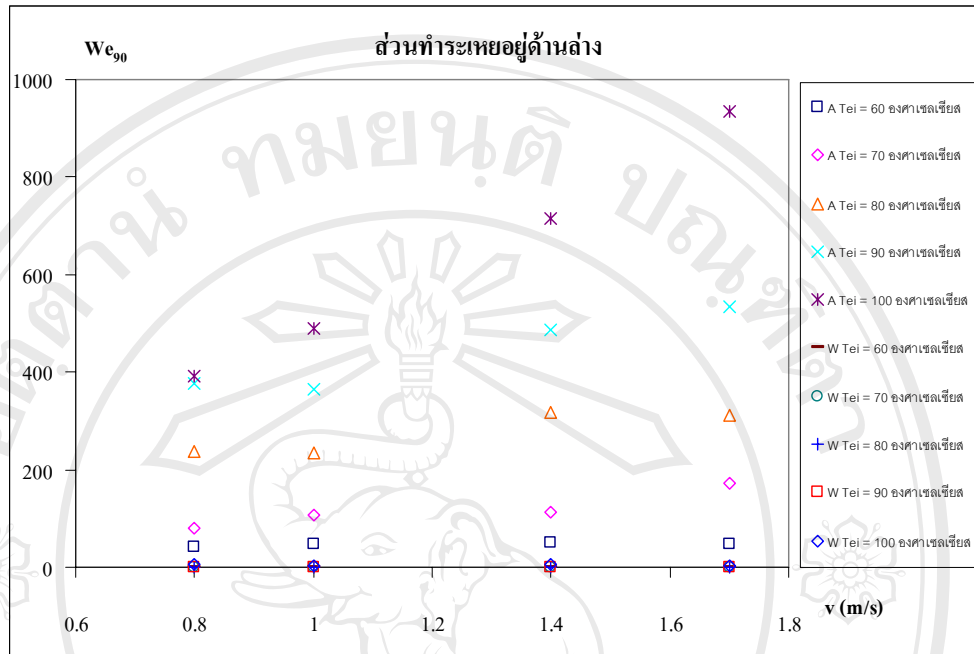
จากรูป 4.17 แสดงผลของ  $We_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อน กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง พบว่า ข้อมูลมีการเกาะกลุ่มและเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบโดยเมื่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น ค่า  $We_{90}$  ก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย โดยพิจารณาตัวแปรทั้งชนิดของสารทำงาน ความเร็วของอากาศ และอุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนจากรูป 4.15 และรูป 4.16 แล้ว สรุปว่าผลของค่า  $We_{90}$  มีผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการ

$$Q_{90} = 64.56We^{0.58} \quad 14.87 < We < 1027.27 \quad (4.4)$$

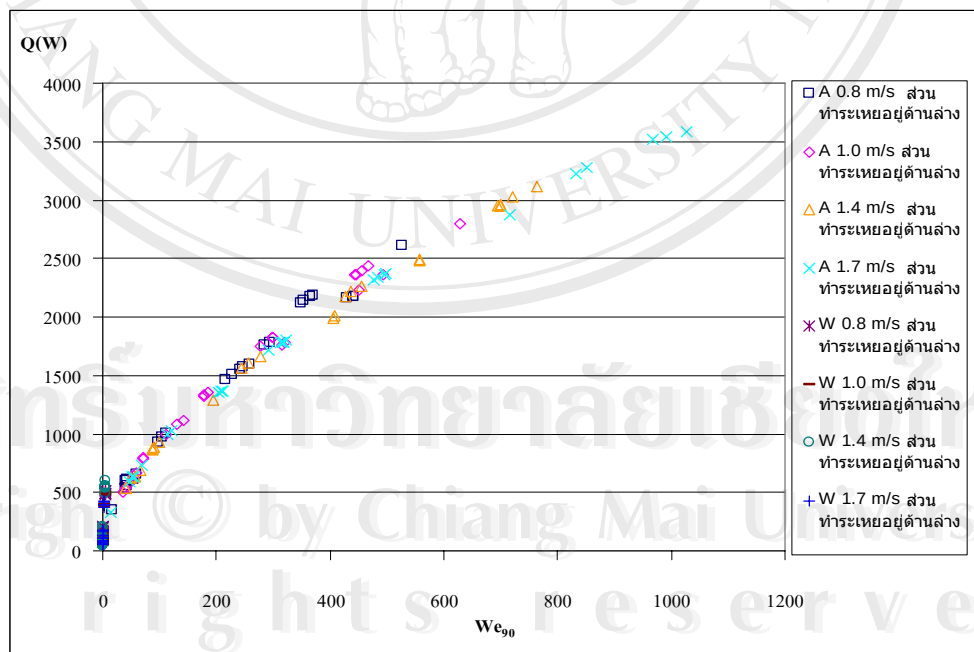
โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.99



รูป 4.15 ค่า  $We_{90}$  ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

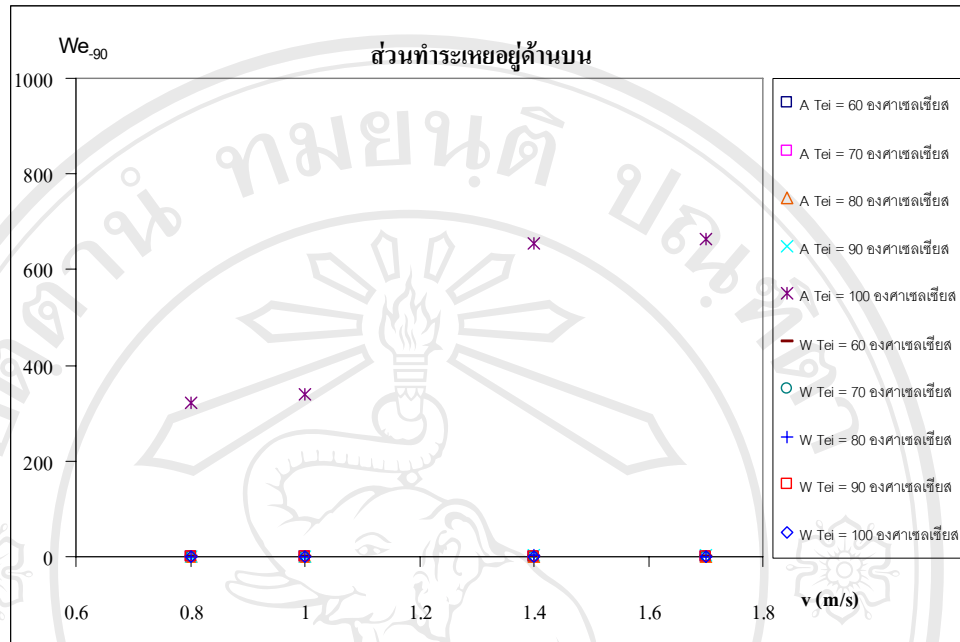


รูป 4.16 ค่า  $We_{90}$  ที่ความเร็วอากาศต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

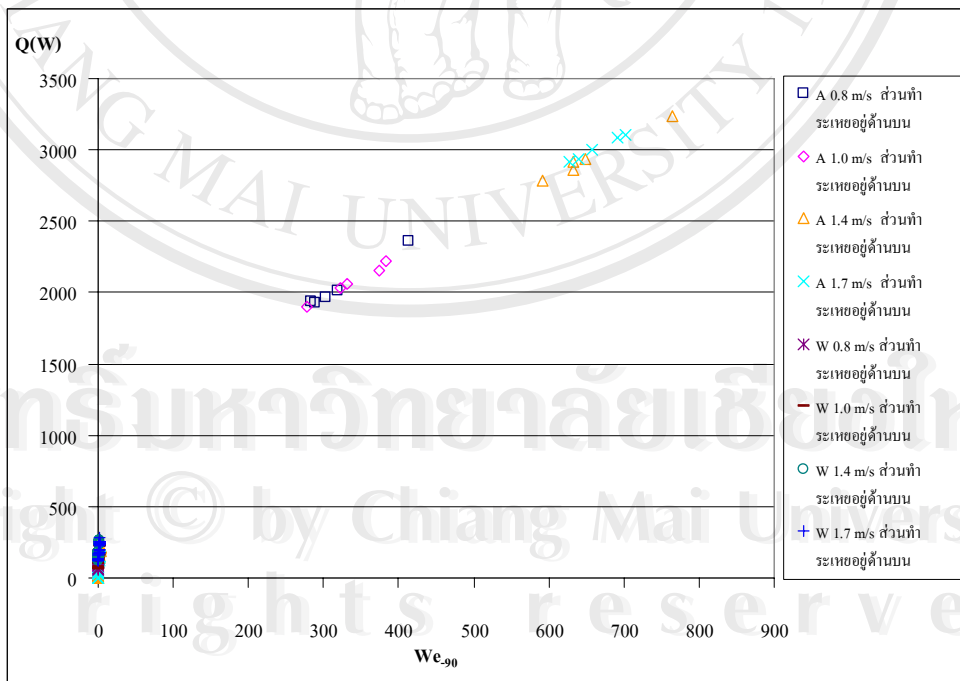


รูป 4.17 ผลของ  $We_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง

รูป 4.18 ค่า  $We_{90}$  ที่อุณหภูมิแห้งให้ความร้อนต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน



รูป 4.19 ค่า  $We$  ที่ความเร็วอากาศต่างๆ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน



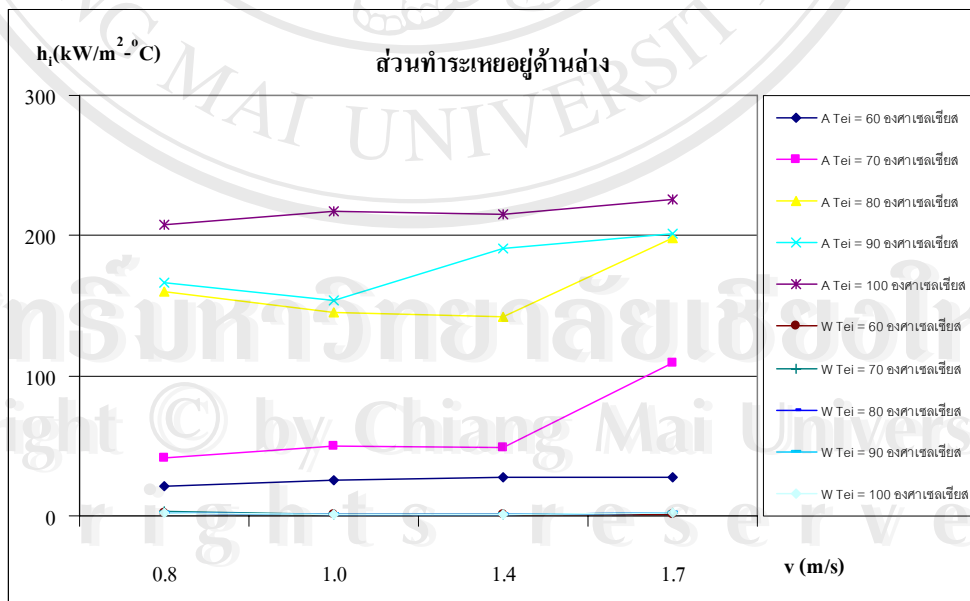
รูป 4.20 ผลของ  $We_{90}$  ที่มีต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนกรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน



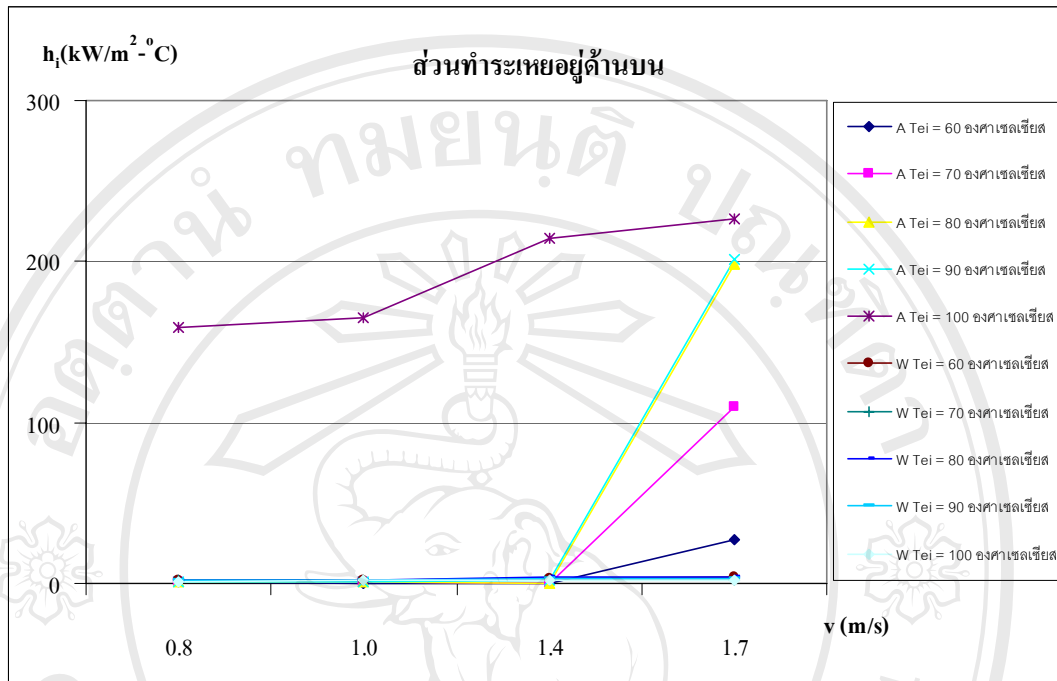
#### 4.3 ผลของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อ

จากรูป 4.21 แสดงผลของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อที่มีต่อความเร็วของอากาศ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อความร้อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนสูงขึ้นสารทำงานด้านในก็เกิดการเดือดเพิ่มมากขึ้นอัตราการถ่ายเทความร้อนก็มากขึ้นด้วยจึงทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในมากขึ้นตาม และพบว่าความเร็วอากาศจะไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อ

จากรูป 4.22 แสดงผลของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อที่มีต่อความเร็วของอากาศ กรณีส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อความร้อนในช่วงแรก เมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนต่ำๆ ค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าน้อยมากและมีบางช่วงที่ค่าเป็นศูนย์ เนื่องจากไม่มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิดังกล่าว แต่เมื่ออุณหภูมิแหล่งให้ความร้อนสูงๆค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก็เพิ่มสูงตามและสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนกรณีใช้อะซิโตนเป็นสารทำงานจะมีค่าสูงกว่ากรณีใช้น้ำเป็นสารทำงานที่สภาวะเดียวกัน สาเหตุเกิดจากจุดเดือดของอะซิโตนนั้นต่ำกว่าน้ำ อะซิโตนจึงเดือดก่อนน้ำและเกิดการถ่ายเทความร้อนก่อนน้ำ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อจึงสูงกว่า



รูป 4.21 ผลของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในท่อความร้อน ส่วนทำระเหยอยู่ด้านล่าง



รูป 4.22 ผลของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านในต่อความร้อน ส่วนทำระเหยอยู่ด้านบน

จากผลการทดลอง สามารถนำแฟงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศชนิดมาประยุกต์ใช้ใน รูปแบบของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อนแบบสันได้ ทั้งกรณีส่วนทำระเหยอยู่ ด้านล่างและด้านบน และเมื่อระบบเริ่มทำงานจะให้ค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าท่อความร้อน แบบสันที่ทำจากท่อคาปิลารี เนื่องจากแฟงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศชนิดที่ใช้มีครีบริบาย ความร้อนซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ระบายความร้อน อีกทั้งแฟงคอนเดนเซอร์ระบบปรับอากาศชนิดที่ใช้มี ราคาถูกกว่า และได้สมการความสัมพันธ์เพื่อใช้ทำนายอัตราการถ่ายเทความร้อนของแฟงคอนเดนเซอร์ ระบบปรับอากาศชนิดขนาดอื่น ที่มีลักษณะรูปร่างของท่อและครีบริบายความร้อนเหมือนกันได้