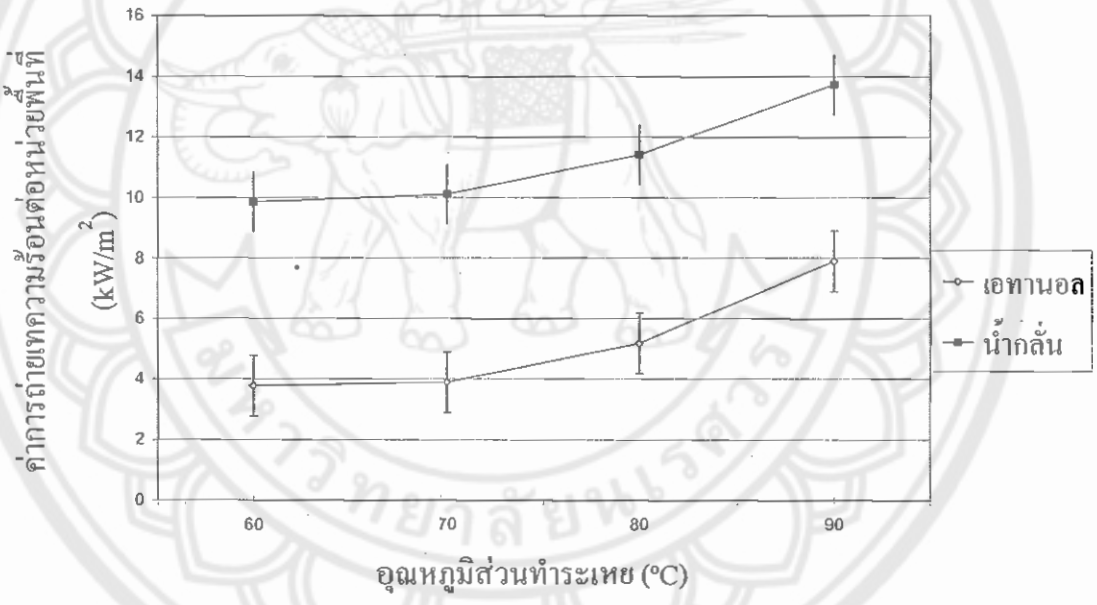
บทที่ 4

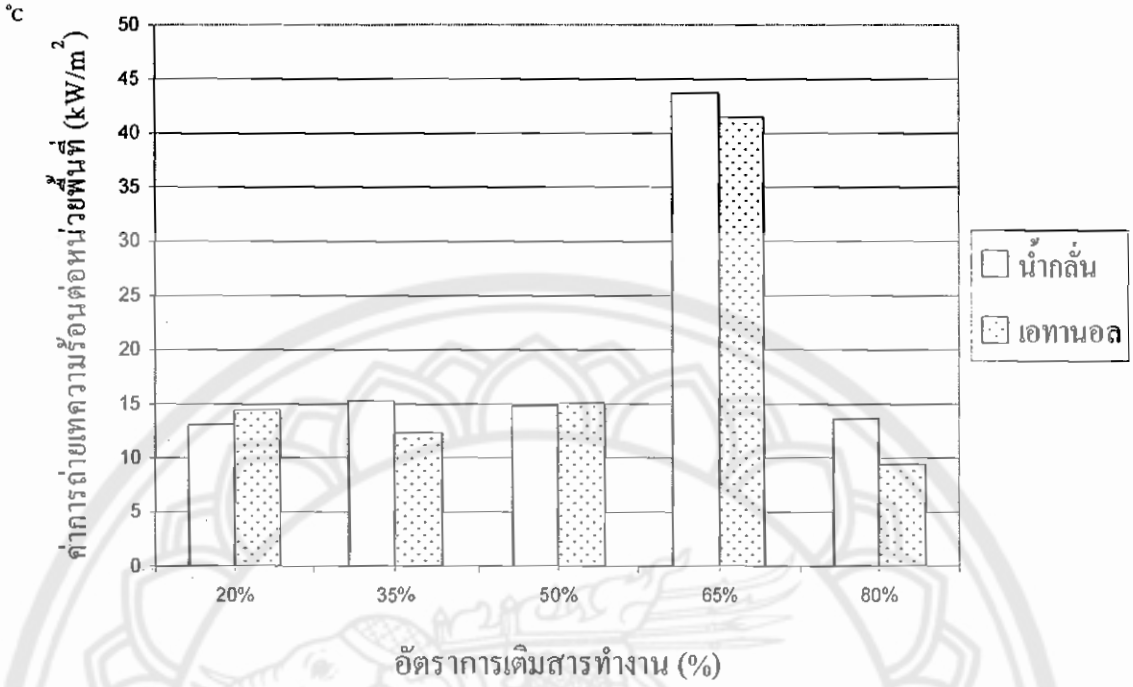
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการทดลองสามารถแบ่งพิจารณาได้เป็นหัวข้อได้ดังต่อไปนี้

4.1 ผลกระทบของอุณหภูมิการทำงานของ VCLPHP และอัตราการเติมสารทำงานภายในท่อที่มีต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4.1 แสดงผลกระทบของชนิดสารทำงานภายในท่อทองแดงสำหรับ VCLPHP ที่อัตราการเติม 80% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อทองแดง 1.5 *mm*



รูปที่ 4.2 แสดงผลกระทบของชนิดสารทำงานภายในของ VCLPHP
ที่อัตราการเติม 20% 35% 50% 65% และ 80%

จากข้อมูลการทดลองของค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเชื่อถือได้นั่นคือมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าค่าการนำความร้อนต่อหน่วยพื้นที่และมีค่าความผิดพลาดน้อยกว่า 30% ทั้งหมดพบว่า ผลกระทบของอุณหภูมิของส่วนทำระเหยที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีทิศทางไปในทางเดียวกันเหมือนกันหมด ดังนั้นเราจึงเลือกข้อมูลที่เห็นค่าความแตกต่างได้ชัดเจนมาแสดงดังรูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิการทำงานและค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของ VCLPHP ที่ใช้น้ำกลั่นและเอทานอลสำหรับอัตราการเติมที่ 80% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อทองแดง 1.5 mm จะเห็นได้ว่า เมื่ออุณหภูมิการทำงานเพิ่มขึ้นจาก 60°C เป็น 90°C ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สำหรับน้ำกลั่นจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 9.84 kW/m^2 เป็น 13.73 kW/m^2 และสำหรับค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สำหรับเอทานอลจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.77 kW/m^2 เป็น 7.89 kW/m^2

สาเหตุที่เป็นดังนี้เนื่องจากการทำงานของสารทำงานภายในท่อทองแดงของVCLPHP เคลื่อนที่โดยอาศัยความแตกต่างความดันระหว่างส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นเมื่ออุณหภูมิการทำงานเพิ่มขึ้นทำให้ความแตกต่างความดันเพิ่มขึ้นส่งผลให้ถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นได้ดีมากขึ้นระเหยเพิ่มขึ้นจาก 40°C เป็น 50°C 60°C 70°C 80°C และ 90°C ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง

ส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

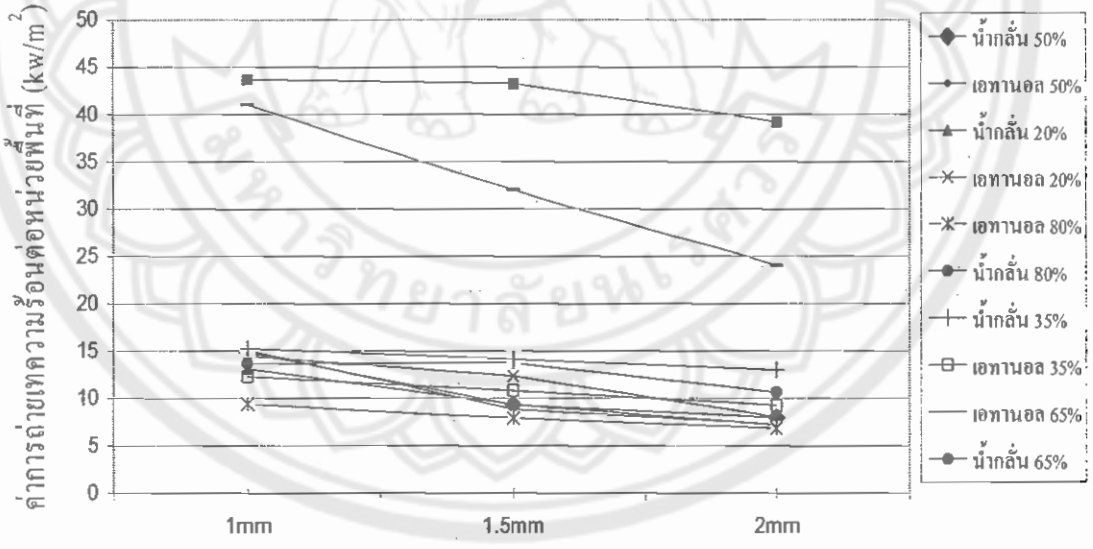
ดังนั้นสามารถสรุปได้ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่มีค่าสูงสุดเมื่ออุณหภูมิการทำงานสูงสุดคือ 90°C

และที่อุณหภูมิการทำงานเท่ากับ 60°C ความแตกต่างระหว่างค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สำหรับสารทำงานภายในท่อทีมีน้ำกลั่นและเอทานอลเท่ากับ 6.07 kW/m^2และที่อุณหภูมิการทำงานเท่ากับ 90°C ความแตกต่างระหว่างค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สำหรับสารทำงานภายในท่อทีมีน้ำกลั่นและเอทานอลเท่ากับ 5.84 kW/m^2

ผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำกลั่นมีค่าความร้อนแฝงของการเป็นไอสูงกว่าเอทานอล

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าค่าการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่จะมีค่าสูงสุดเมื่อน้ำกลั่นเป็นสารทำงานภายท่อทองแดงของ VCLPHP

4.2 ผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อที่มีต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4.3 แสดงผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ VCLPHP ที่อุณหภูมิการทำงาน 90°C ใช้เอทานอลและน้ำเป็นสารทำงาน อัตราการเติม 20% 35% 50% 65% และ 80%

จากข้อมูลการทดลองของค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเชื่อถือได้นั่นคือมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าค่าการนำความร้อนต่อหน่วยพื้นที่และมีค่าความผิดพลาดน้อย

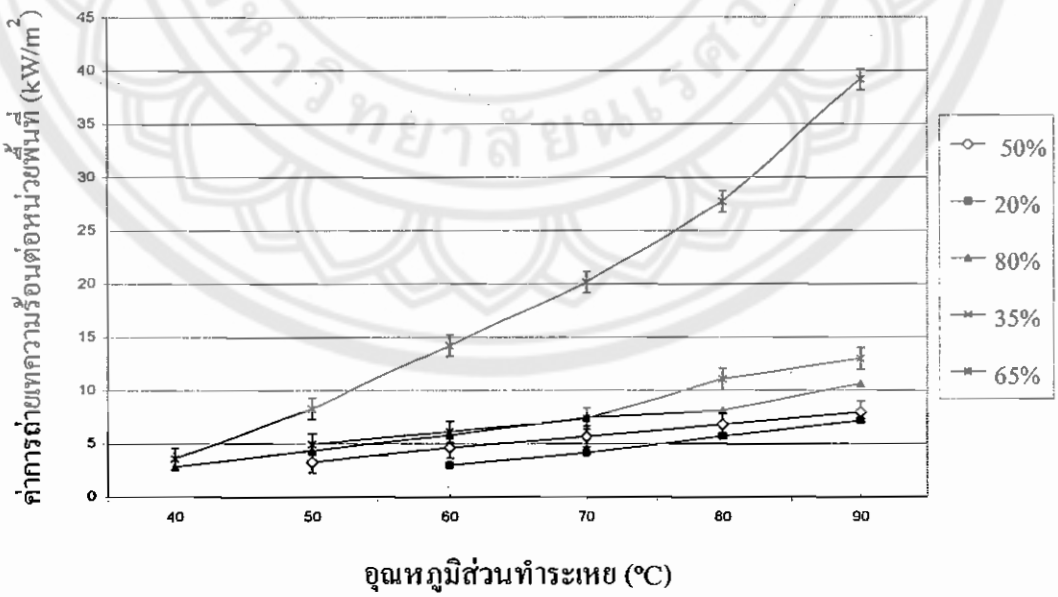
กว่า 30% ทั้งหมดพบว่า ผลกระทบของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อทองแดงของ VCLPHP ที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อนเป็น ดังรูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อกับค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของ VCLPHP ที่อุณหภูมิการทำงาน 90°C ใช้น้ำและเอทานอลเป็นสารทำงานและที่อัตราการเติมสารทำงานเท่ากับ 20% 35% 50% 65% และ 80% จะเห็นได้ว่าเมื่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อเพิ่มขึ้นค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่จะลดลงเช่น ท่อความร้อนที่ใช้น้ำเป็นสารทำงานและอัตราการเติม 65% ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1mm และ 1.5 mm จะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนสูงคือ 43.7 kW/m^2 และ 43.2 kW/m^2 ตามลำดับสำหรับท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 2 mm จะให้ค่าการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำลงมาอย่างเห็นได้ชัดคือ 39.2 kW/m^2

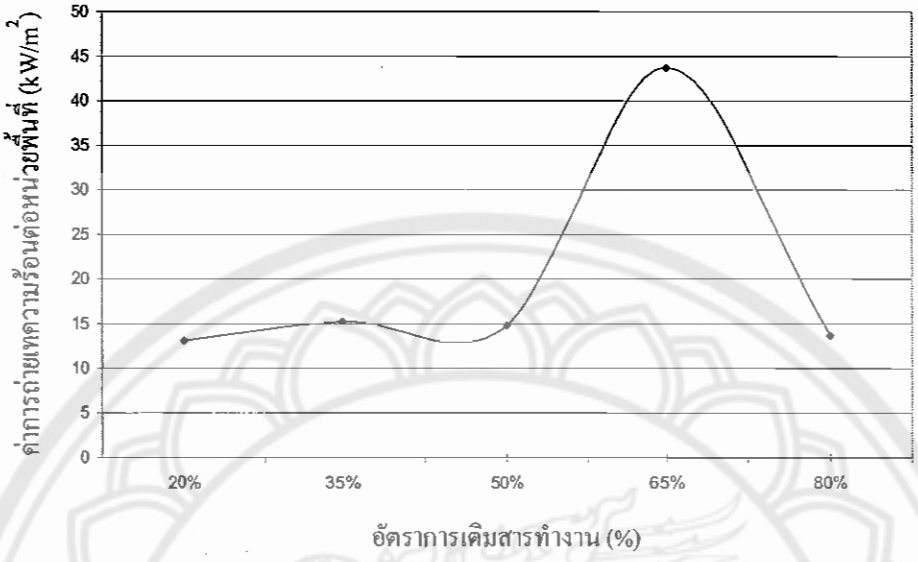
ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ มวลของแท่งของเหลวจะมากทำให้ได้รับผลกระทบของแรงเนื่องจากความโน้มถ่วงของโลกเพิ่มขึ้น และแรงเนื่องจากค่าความตึงผิวของสารทำงานภายในเพิ่มขึ้น ทำให้การเคลื่อนที่ของสารทำงานเป็นไปได้ยาก ส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีค่าสูงที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็ก คือ 1 mm และ 1.5 mm

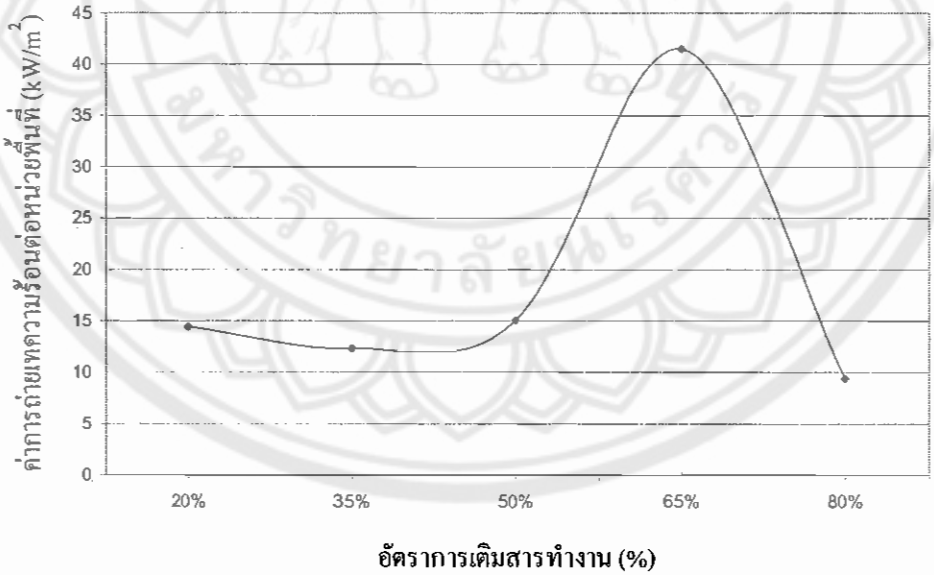
4.3 ผลกระทบของอัตราการเติมสารทำงานภายในท่อที่มีต่อสมรรถนะการถ่ายเทความร้อน



รูปที่ 4.4 แสดงผลกระทบของอัตราการเติมสารทำงานภายในท่อ VCLPHP ที่มีน้ำกลั่นเป็นสารทำงานโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อทองแดง 2 mm



รูปที่ 4.5 แสดงผลกระทบของอัตราการเติมสารทำงานของ VCLPHP กับค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 mm น้ำกลั่นเป็นสารทำงาน



รูปที่ 4.6 แสดงผลกระทบของอัตราการเติมสารทำงานของ VCLPHP กับค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1 mm เอทานอลเป็นสารทำงาน

จากข้อมูลการทดลองของค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งเชื่อถือได้นั่นคือมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่มากกว่าค่าการนำความร้อนต่อหน่วยพื้นที่และมีค่าความผิดพลาดน้อย

กว่า 30% ทั้งหมดพบว่า ผลกระทบของอุณหภูมิของส่วนทำระเหยที่มีต่อค่าการถ่ายเทความร้อนจะมีทิศทางไปในทางเดียวกันเหมือนกันหมด ดังนั้นเราจึงเลือกข้อมูลที่เห็นค่าความแตกต่างได้ชัดมาแสดงดังรูปที่ 4.4, 4.5, และ 4.6

จากรูปที่ 4.4 และ4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิส่วนทำระเหยและค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ของ VCLPHP ที่ใช้น้ำเป็นสารทำงานและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 mm จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิการทำงานเพิ่มขึ้นจาก 40°C เป็น 90°C ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมากสำหรับที่อัตราการเติม 65% จาก 3.61 kW/m^2 เป็น 39.17 kW/m^2 ส่วนที่อัตราการเติม 20% 35% 50% และ 80% เมื่ออุณหภูมิการทำงานเพิ่มขึ้นจาก 40°C เป็น 90°C ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สำหรับอุณหภูมิการทำงาน 90°C ระหว่างอัตราการเติม 65% ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่สูงสุดกับอัตราการเติม 35% ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่เป็นอันดับสองเท่ากับ 26.18 kW/m^2

สาเหตุที่เป็นดังนี้เนื่องจากการทำงานของ VCLPHP อาศัยการเปลี่ยนสถานะของสารทำงานภายในระหว่างของเหลวและไอเมื่ออุณหภูมิการทำงานและควบแน่นมีค่าแตกต่างกัน สารทำงานในส่วนทำระเหยจะระเหยกลายเป็นไอ ทำให้ความดันของส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นมีค่าต่างกันซึ่งต้องมากพอที่จะเอาชนะแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของสารทำงาน ซึ่งถ้าอัตราการเติมสารทำงานมากแรงขับที่เกิดจากความแตกต่างของความดันจะน้อยส่งผลให้สารทำงานเคลื่อนที่ได้น้อยและถ้าอัตราการเติมน้อยเกินไป เมื่อสารทำงานในส่วนทำระเหย ระเหยกลายเป็นไอแล้วทำให้บางโค้งเลี้ยวของ VCLPHP อาจจะไม่มีสารทำงานอยู่ในส่วนทำระเหยทำให้ไม่มีการเคลื่อนที่ของสารทำงานภายในนั้น

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนต่อหน่วยพื้นที่มีค่าสูงสุดที่อัตราการเติมที่เหมาะสมคือ ที่อัตราการเติมเท่ากับ 65%

4.4 การหา Empirical Correlation

จากวิธีการในบทที่ 2.5 สามารถได้ค่าตัวแปรต่างๆ ดังนี้

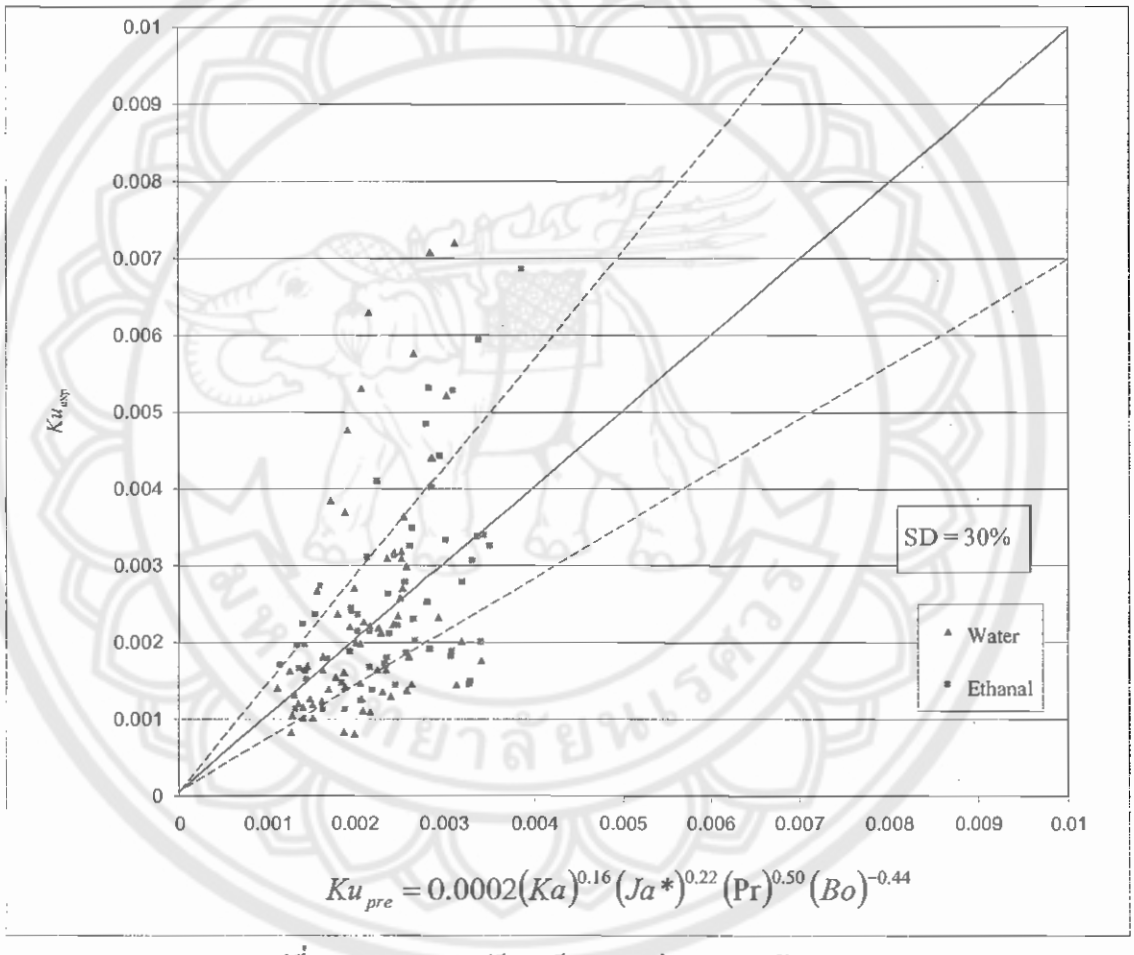
$$a = 0.0002 \qquad b = 0.16 \qquad c = 0.22 \qquad d = 0.50 \qquad e = -0.44$$

จากค่าของตัวแปรต่างๆ ที่คำนวณได้นี้ทำให้เราได้สมการความสัมพันธ์เชิงการทดลองดังนี้

$$Ku_{pre} = 0.0002(Ka)^{0.16}(Ja*)^{0.22}(\mathrm{Pr})^{0.50}(Bo)^{-0.44} \qquad (4.1)$$

สำหรับชุดการทดลอง 125 ชุด มีค่าความเบี่ยงเบนเท่ากับ 30%

จากสมการความสัมพันธ์เชิงการทดลองสามารถนำค่า Ku ที่คำนวณได้ไปทำการเปรียบเทียบกับค่า Ku ที่ได้จากการทดลองได้ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง Ku_{pre} กับ Ku_{exp}