รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กานตพันธุ์ พิศาลสุขสกุล. ความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติของการป้อนกลับเพลเล็ตเพื่อลดปริมาณความต้องการสารเคมีในกระบวนการสร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2539.

กุลธิดา อารีย์สว่างกิจ. ดูลมวลของของแข็งในกระบวนการสร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้นโดยใช้น้ำคืบของ กปน. เป็นน้ำป้อนและสารส้มเป็นโคแอกกูแลนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2540.

คณิศ ม่วงศิริ. ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในกระบวนการสร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2538.

ชงชัย พรรณสวัสดิ์ และกาญนิถา ครองธรรมชาติ. การใช้โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ในการบำบัดน้ำเสียโรงฟอกย้อม. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2535.

นฤชา ฤชุพันธ์. การก่อเพลเล็ตโดยสารส้ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2535.

บัณฑิต ชาญณรงค์. การกำจัดความขุ่นโดยกระบวนการสร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2535.

ปริญญา ณ.นคร. ผลความสูงชั้นเพลเล็ตต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่น.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2535.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. วิศวกรรมการประปา เล่ม 1 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2526.

มั่นสิน ตัณฑุเวศม์ , คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2538

วิจารณ์ ตันติธรรม.ประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นของถังน้ำใสแบบหมุนเวียนตะกอน.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2537.

สุชาติ สถิตมั่นในธรรม.เทคนิคการใช้เทรดออลลอยย์ในการควบคุมขบวนการไดแอกกูเลชัน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2526.

สุรเชษฐ์ พลวณิช. ความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติของการกำจัดความขุ่นโดยกระบวนการสร้างเพลเล็ตแบบไหลขึ้นสำหรับน้ำดิบความขุ่นต่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2538.

อาชวัน อิ่มเอิบธรรม. ผลของโพลีเมอร์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดความขุ่นในกระบวนการเม็ดตะกอนแบบไหลขึ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย . 2536.

ภาษาอังกฤษ

Amirtharajah, A. and Mills, K.M. Rapid mix design for mechanisms of alum coagulation LAWWA (April 1982) : 210-216

Committee Report , State of art of Coagulation LAWWA (Feb 1971) : 99-109

Dentel, S.K. and Gossett, J.M. Mechanisms of Coagulation with aluminum salts LAWWA (April 1988) : 187-198,

Dijk,J.C.van and Wilms,D.A. Water treatment without waste material- fundamentals and state of the art of pellet softening J water SRT- Aqua Vol .40 No.5 (1991) : 263-280

Dijk,J.C.van and Scholler,M. fluidized bed pellet reactor to recover metals or anions Metal finishing November 1991 : 46-50

Kawamura,S. Optimisation of basic water-treatment process design and operation : coagulation and flocculation J water SRT- Aqua Vol .45 No.1 (1991) : 35-47

Mhaisalkar,V.A. , Paramasivam,R.. and Bhole,A.G. An innovative technique for determining velocity gradient in coagulation- flocculation process Wat. Res.Vol. 20 No.10 (1986) : 1307-1314

Panswad, T. and Chan-narong, B. Turbidity removal by the up-flow pelletisation process for low turbidity water J water SRT- Aqua Vol .47 No.1 (1998) : :1-5

Panswad, T. and Muangsiri, K. Effects of pH the turbidity removal efficiency in an upflow pelletization process Proceeding for 12nd Asia Pacific Regional Water Supply Conference, Hong-Kong(1996) :272-280

Shimizu ,T. , Tambo,N. ,Kudo,K. , Ozawa,G. and Hamaguchi,T. An anaerobic fluidized pellet bed bioreactor process for simultaneous removal of organic,nitrogenous and phosphorus substances Wat. Res. Vol. 28 No. 9 (1994) : 1943-1952

Stumm, W. and O Melia , C.R. Stoichiometry of Coagulation J.AWWA(May1968) : 515-539

Suzuki , T. ,Tambo,N. and Ozawa,G. A new sewage treatment system with fluidized pellet bed separator Wat. Sci. Tech. Vol. 27 No. 11 (1993) : 185-192

Tambo, N. and Matsui, Y.;Performance of fluidized pellet bed separator for high concentration suspension removal. J water SRT- Aqua Vol .38 No.3 (1989) : :155-165

Tambo ,N. , Ozawa,G. Kiihara,Y. and Ohba,A. Replacement of the final settling basin by a fluidized pellet bed separator to improve efficiency of activated sludge system Wat. Sci. Tech. Vol 27 No 11 (1993) : 253-256

Tambo,N. and Wang ,X.C. Control of coagulation condition for treatment of high turbidity water by fluidized pellet bed separation , J water SRT- Aqua Vol .42 No.4 (1993) :212-222

Application of fluidized pellet bed technique in the treatment of high coloured and turbid water J water SRT- Aqua Vol .42 No.5 (1993) :301-309

The mechanism of pellet flocculation in a fluidized-bed operation , J water SRT- Aqua Vol .42 No.2 (1993) :67-76

Tambo,N. , Wang ,X.C. and Matsui , Y. Kinetic of fluidized pellet bed process. I. Characteristics of particle motions , J water SRT- Aqua Vol .42 No.3 (1993) :146-154

Kinetic study of fludized pellet bed process .II. Development of a mathematical model , J water SRT- Aqua Vol .42 No.3 (1993) :155-165

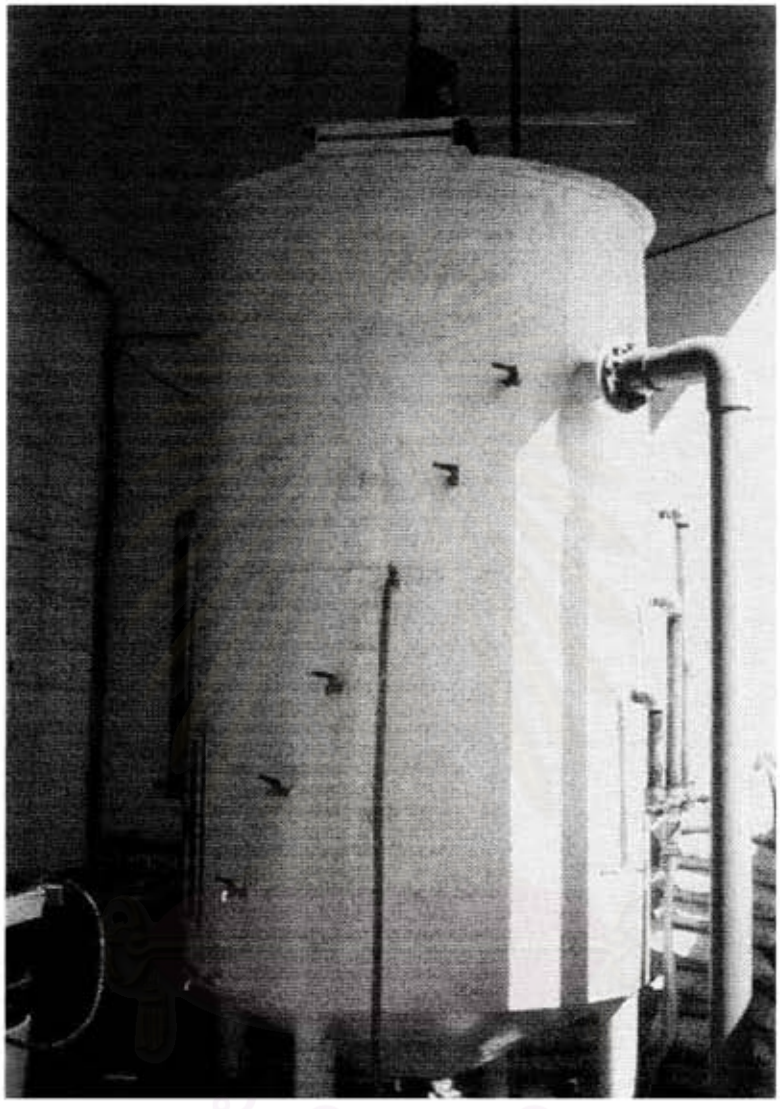
Yusa, M. , Suzuki, H. and Tanaka,S. ; Seperating liquids from solids by pellet flocculation. J.AWWA (July 1975) : 397-402

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

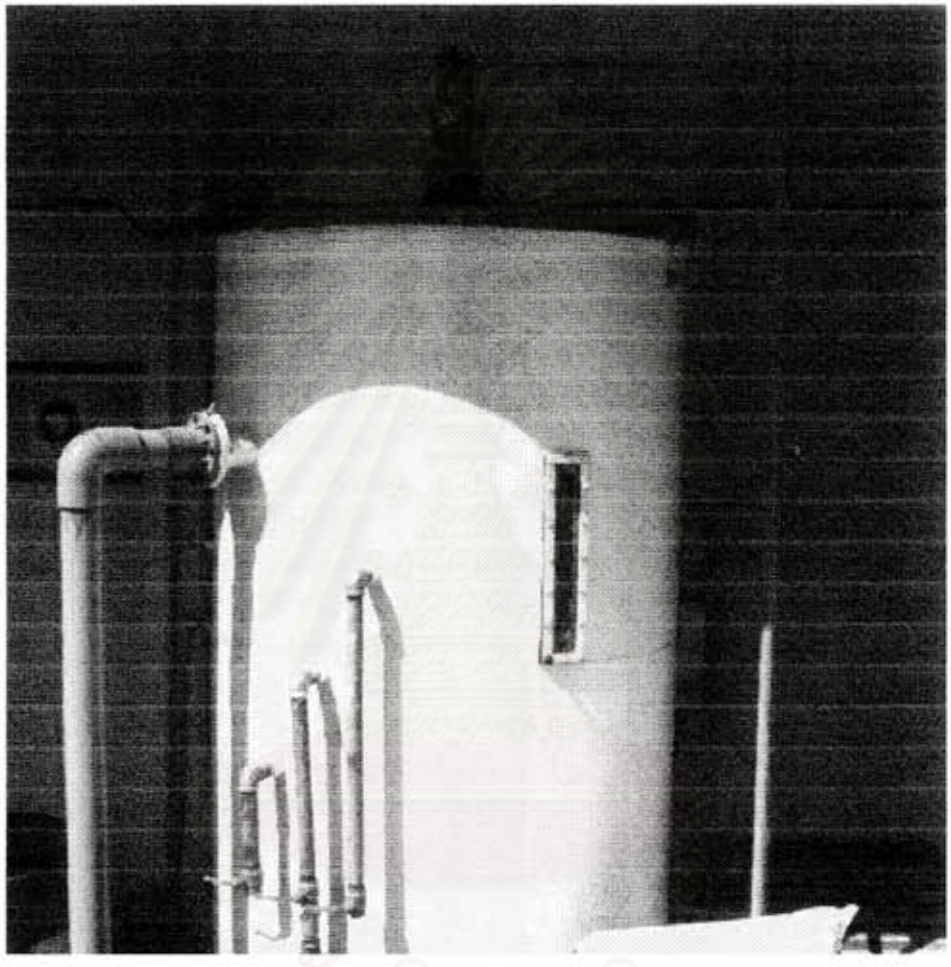
ภาคผนวก ก
ภาพอุปกรณ์การทดลอง



รูปที่ ก-1 ถังปฏิกรณ์ด้านหน้า

ถังปฏิกรณ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เมตร มีท่อเก็บน้ำตัวอย่างทุกระดับ 30 เซนติเมตร คือที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180 และ 210 เซนติเมตรจากก้นถัง ท่อสีฟ้าคือท่อน้ำผลิตขนาด 4 นิ้ว

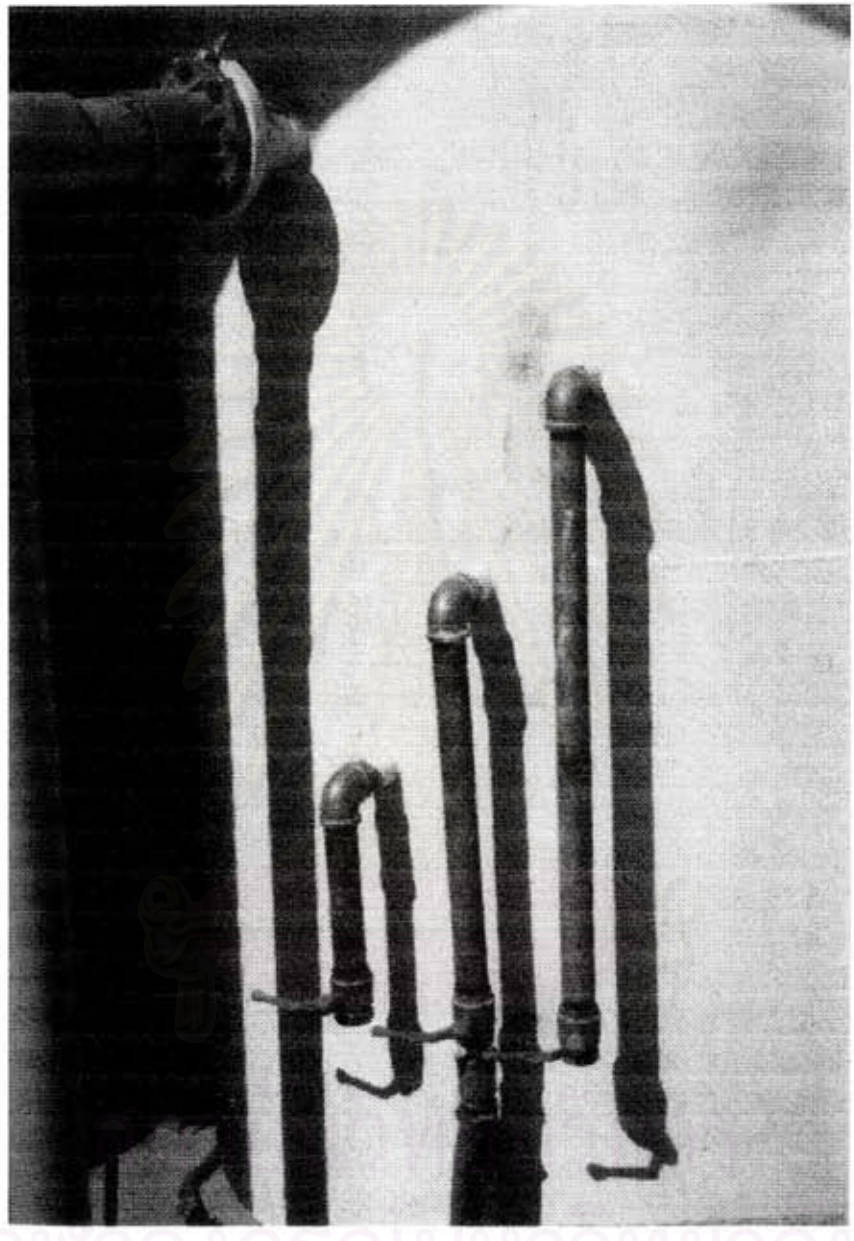
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก-2 ถังปฏิกรณ์ด้านข้าง

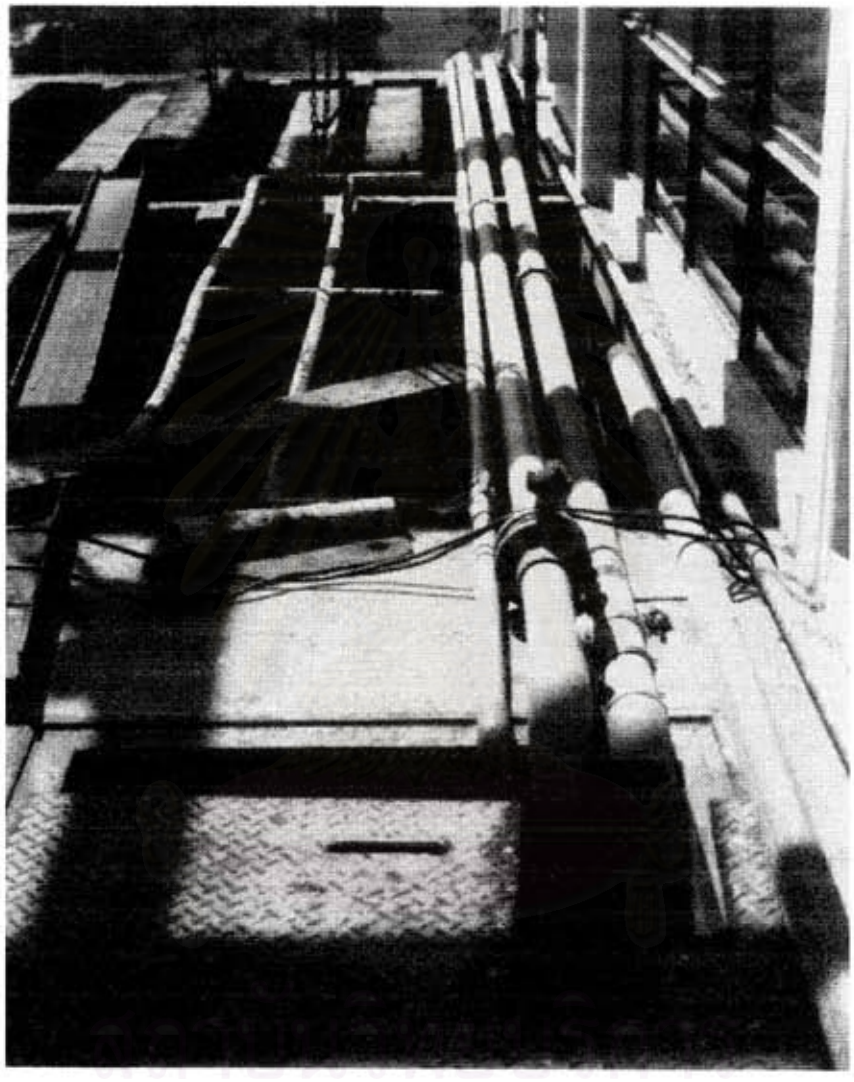
ถังปฏิกรณ์ด้านข้าง มีบันไดสำหรับปีนขึ้น และช่องมองกระจก(side glass)มี 3 อัน คลอบคลุมระยะตั้งแต่ 30 ถึง 210 เซนติเมตรจากก้นถัง



รูปที่ ก-3 ท่อเวียนเพ็ลเล็ต

ท่อเวียนเพ็ลเล็ตที่ระดับ 120, 150 และ180 เซนติเมตรจากก้นถัง มี 2 ด้านเพื่อกระจายการดูดเวียนกลับ ไม่ให้หนักไปข้างใดข้างหนึ่ง ในการทดลองนี้ใช้ท่อเวียนฯที่ระดับ 150 เซนติเมตร ส่วนที่ระดับอื่นทำไว้เผื่อการทดลองในอนาคต

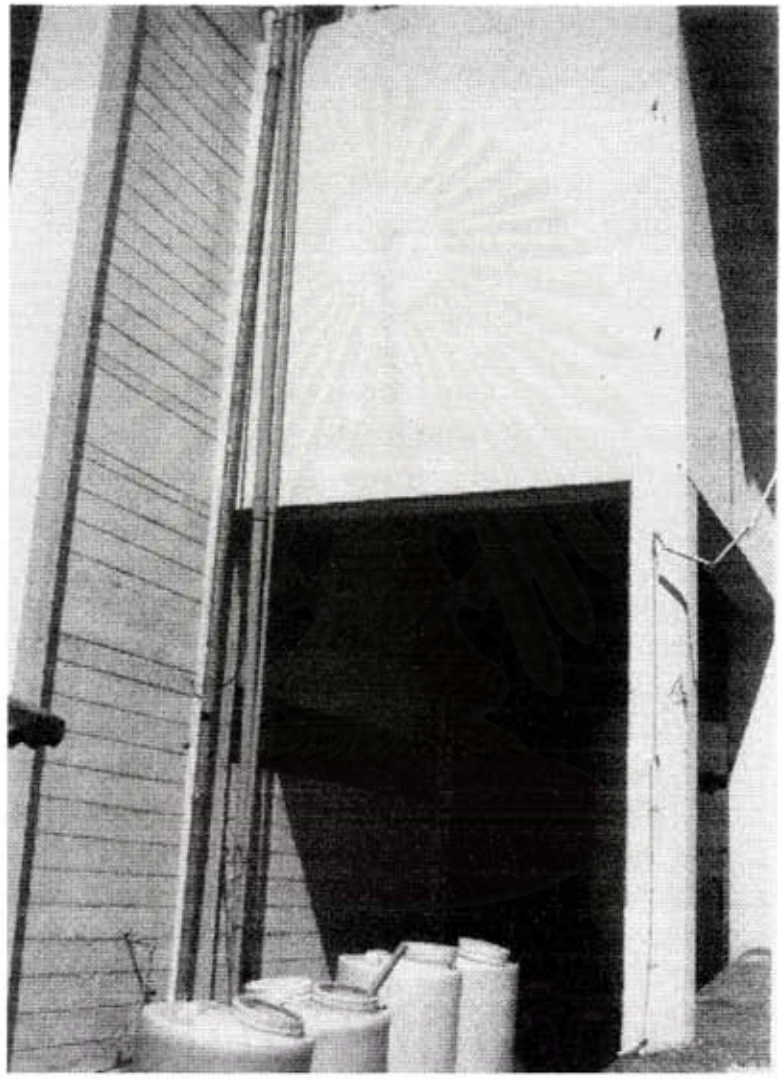
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-4 ท่อน้ำดิบ

ท่อน้ำดิบขนาด 3 นิ้ว ดึงน้ำจากโรงสูบน้ำดิบ(ใช้วิธีกาลักน้ำ) มีวาล์วปีกผีเสื้อขนาด 3 นิ้ว เพื่อปิดเปิด

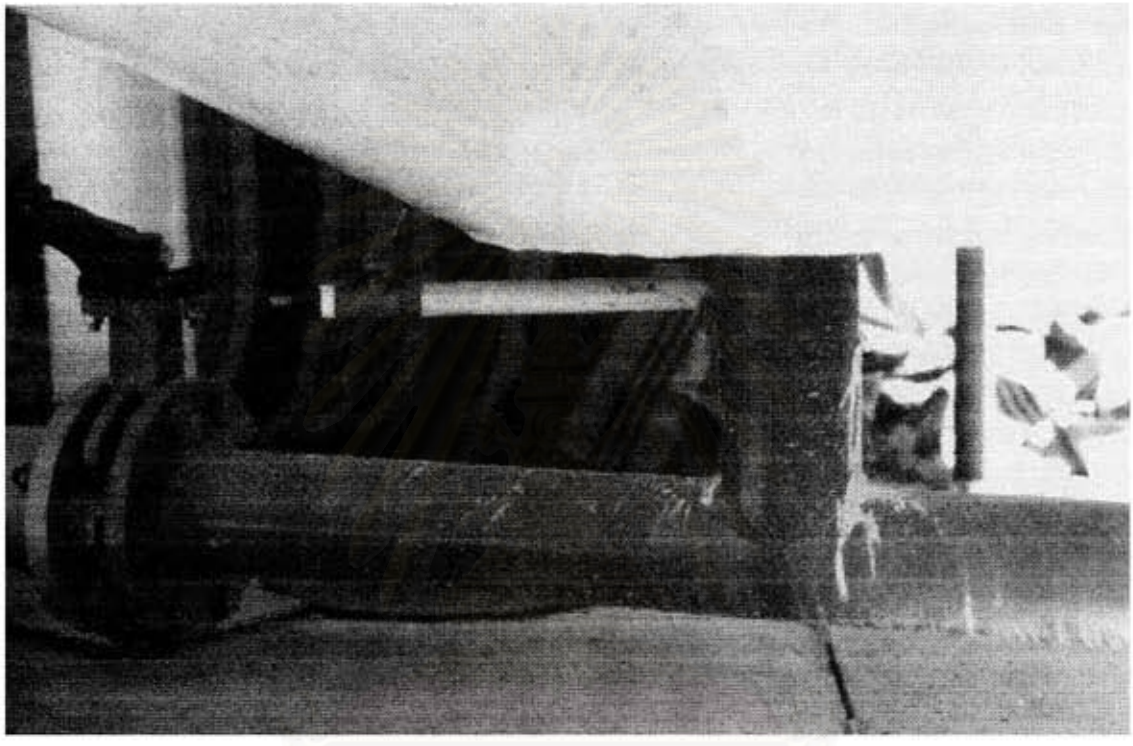
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-5 ท่อน้ำดิบ 2

ท่อน้ำดิบต่อจากรูปก-4 แสดงความสูงระหว่างจุดตั้งถังปฏิกรณ์กับจุดดึงน้ำ โดยที่ถังปฏิกรณ์ตั้งอยู่ใต้จุดดึงน้ำ

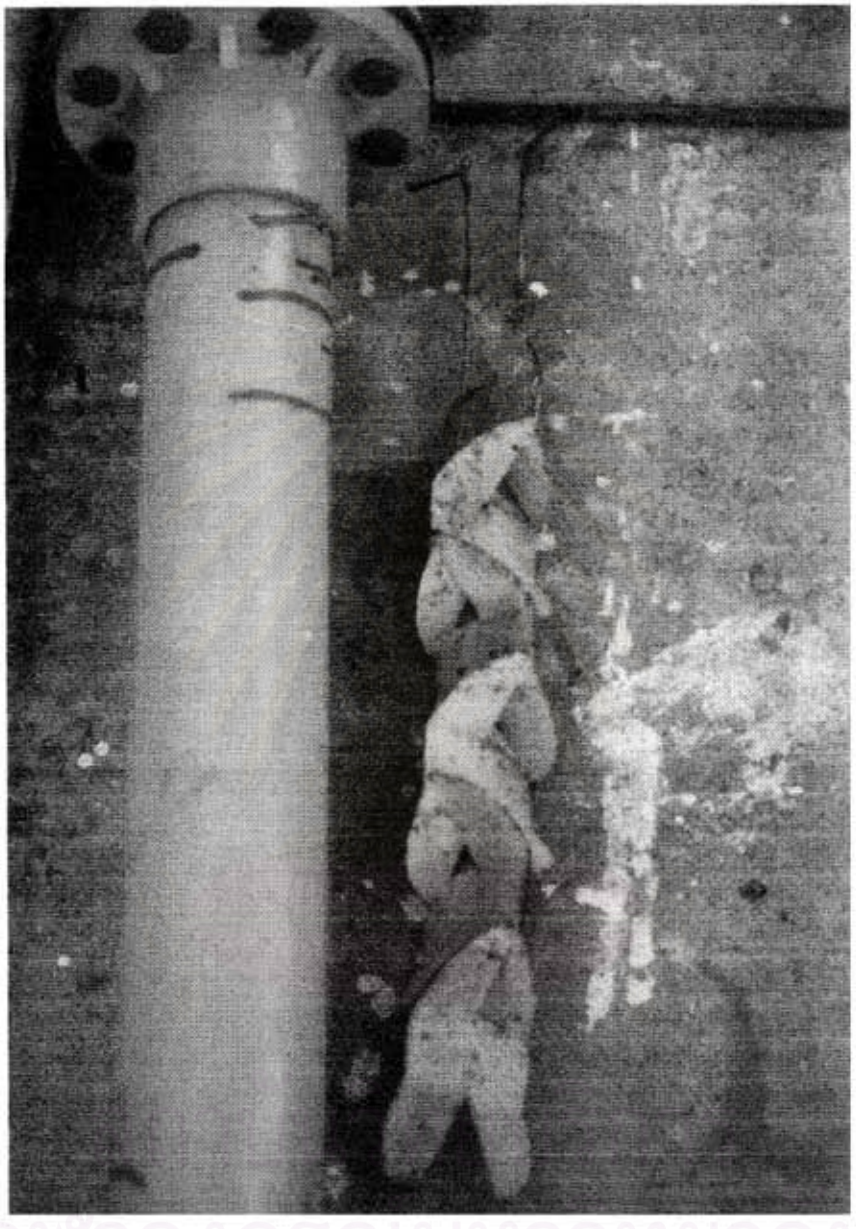
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ก-6 จุดเติมโพลีเมอร์

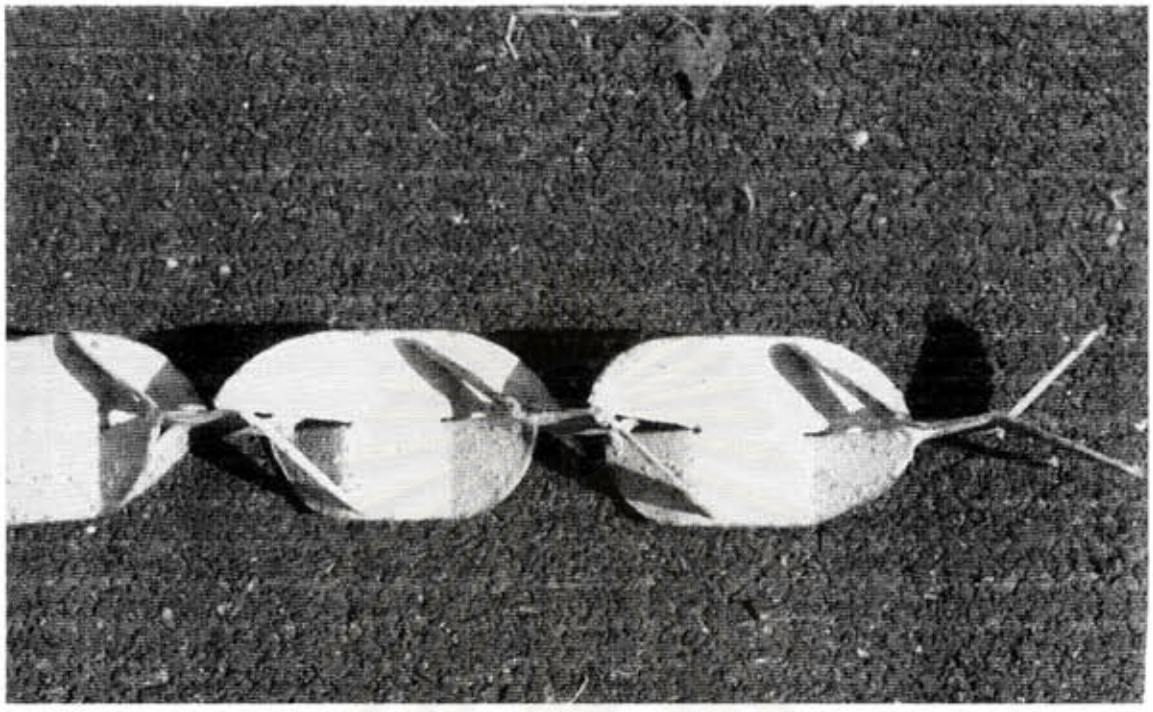
แสดงจุดที่เติมโพลีเมอร์เข้าบริเวณท่อน้ำดิบใกล้กับก้นถัง ด้านซ้ายคือวาล์วปีกผีเสื้อสำหรับเปิดปิดน้ำเข้าถัง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

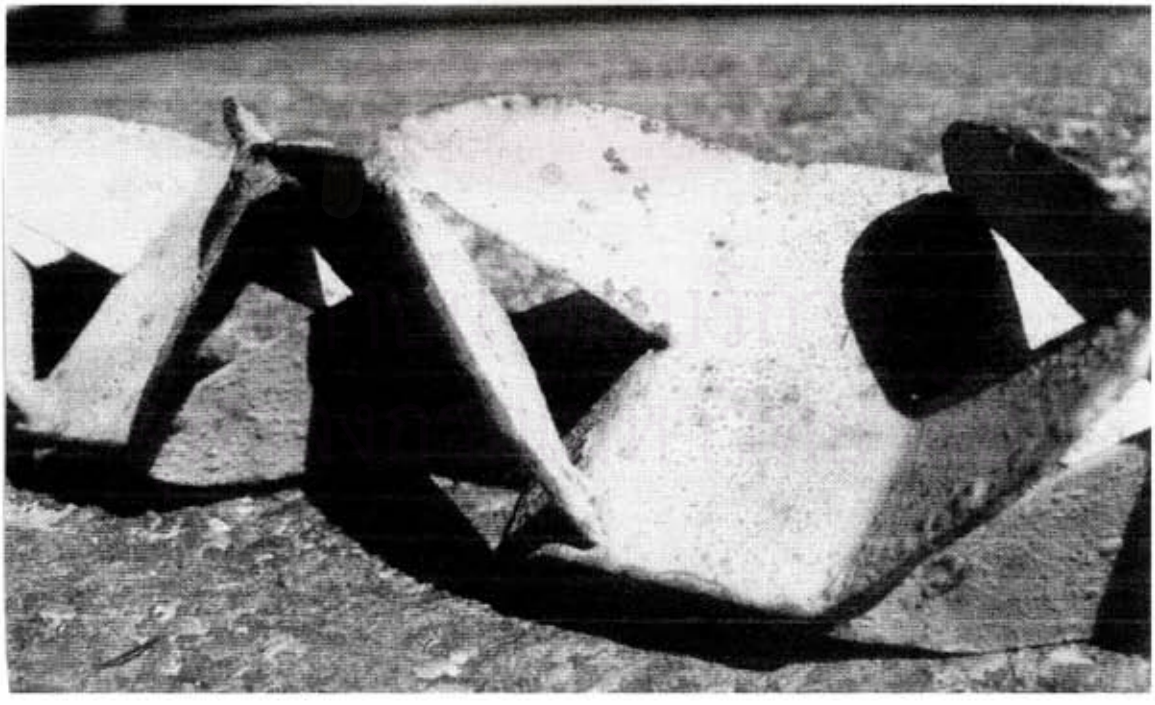


รูปที่ ก-7 ท่อกวนสถิตย์(static mixer) 1
ท่อกวนสถิตย์แบบ 6 elements กับท่อที่บรรจุขนาด 3 นิ้ว

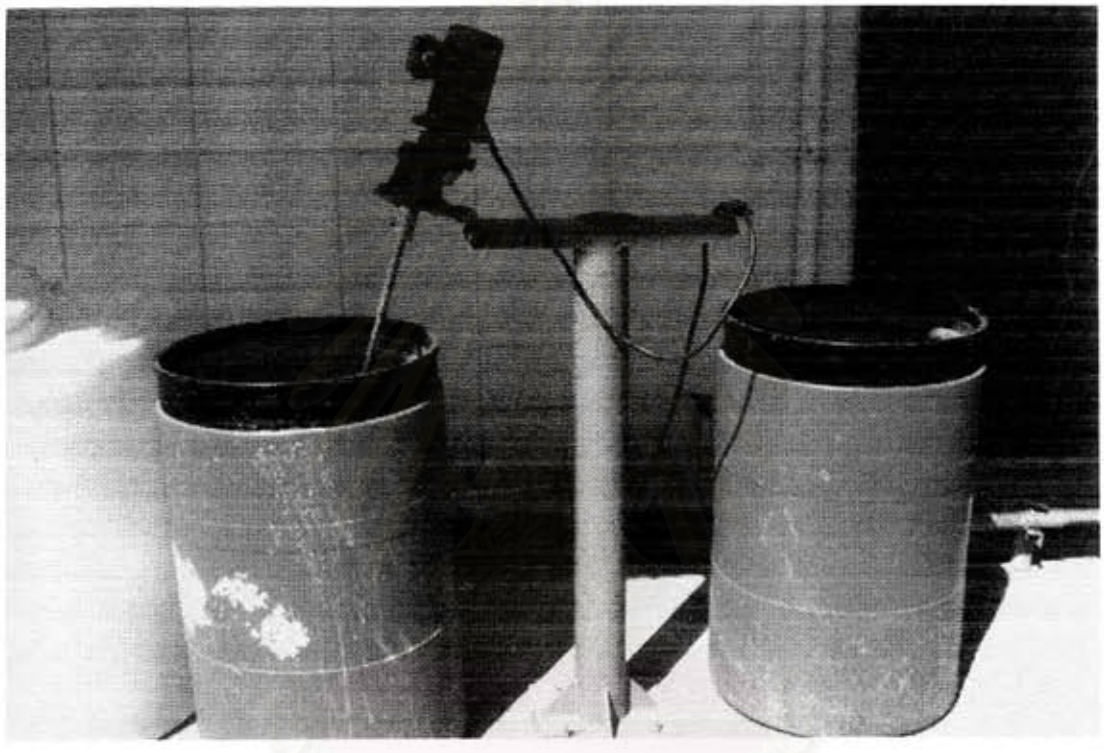
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-8 ท่อกวนสถิตย์ 2



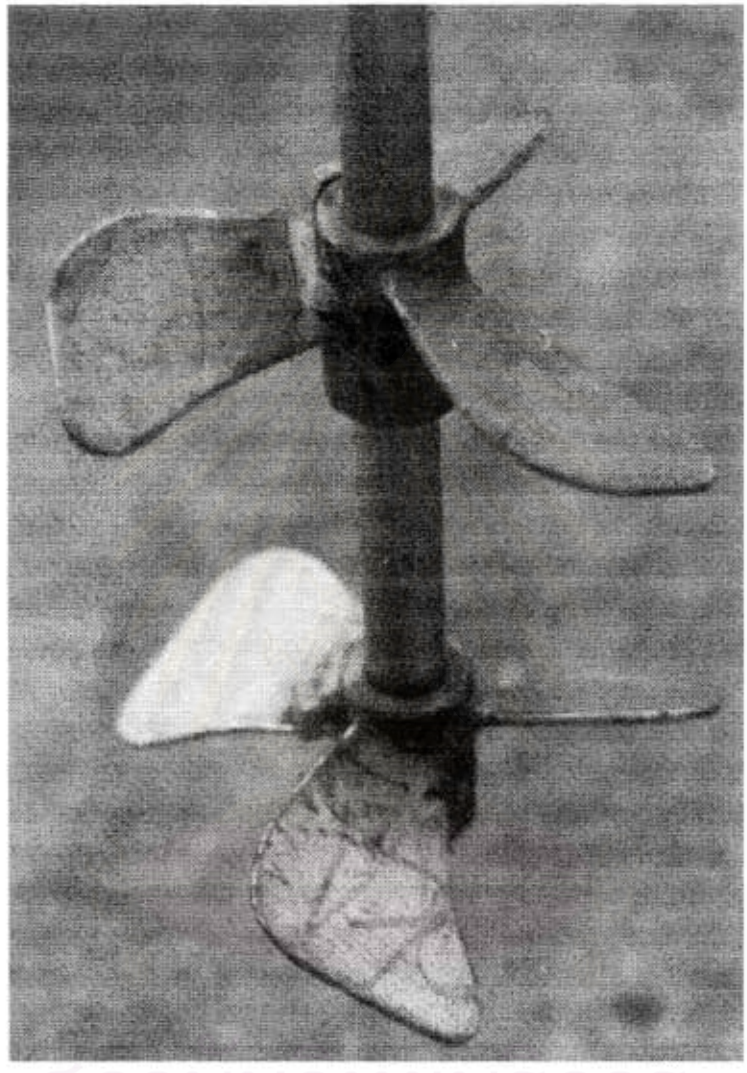
รูปที่ ก-9 ท่อกวนสถิตย์ 3



รูปที่ ก-10 ชุดอุปกรณ์ผสมโพลีเมอร์

อุปกรณ์ผสมโพลีเมอร์ประกอบด้วย ถังขนาด 200 ลิตร เครื่องกวนขนาด 0.5 แรงม้า อัตราการหมุน 288 รอบต่อนาที ใช้ไฟฟ้าขนาด 380 โวลท์ 3 เฟส มีแท่นวางเครื่องกวน 2 ด้าน

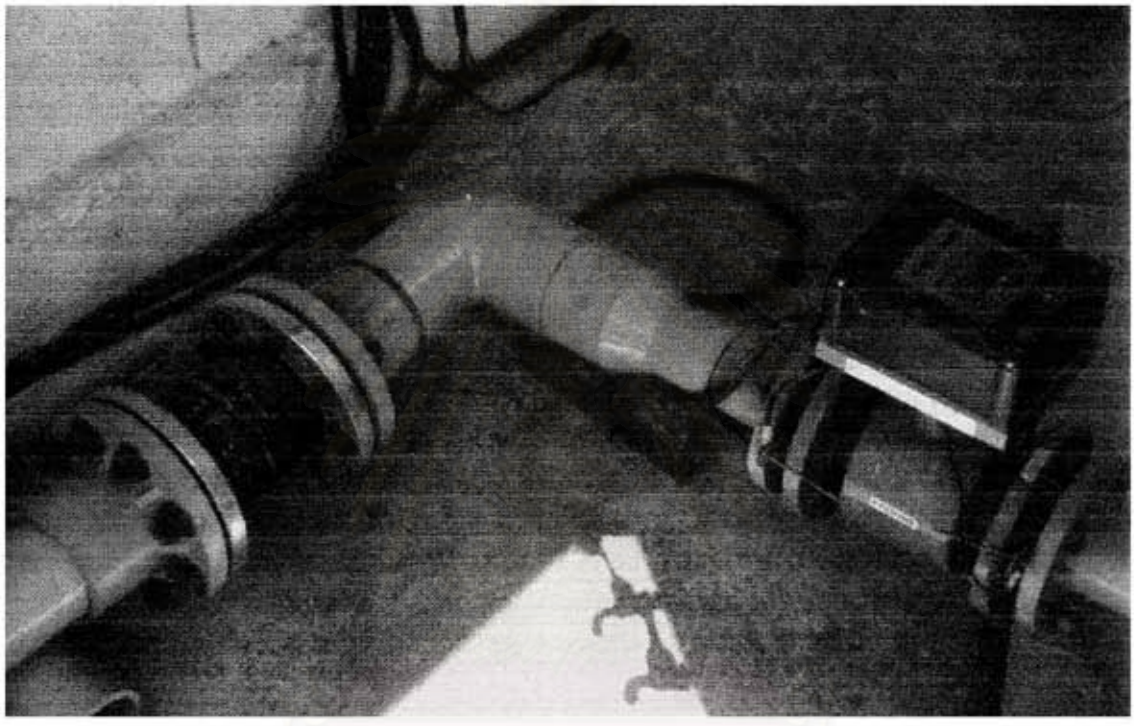
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-11 ใบพัดของเครื่องกวนผสมโพลีเมอร์

ใบพัดมี 2 ชั้น สามารถปรับความสูงต่ำได้เพื่อความเหมาะสมกับระดับของเหลวในถัง

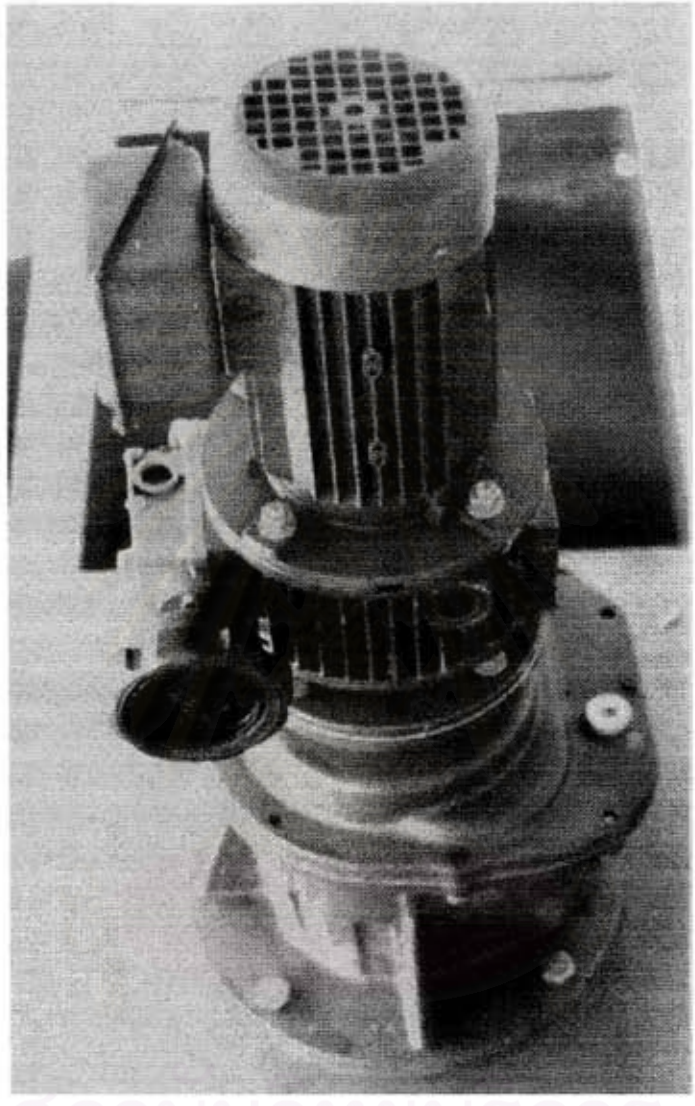
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-12 เครื่องวัดอัตราการไหล

เครื่องวัดอัตราการไหลขนาด 2 นิ้ว วัดได้ 2-80 ลูกบาก์ศเมตรต่อชั่วโมง ยี่ห้อ KROHNE ส่วนทางด้ายซ้ายคือ ท่อออน มีไว้เพื่อป้องกันความเสียหายของท่อกับอุปกรณ์ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการทรุดตัวของพื้นที่ตั้งอุปกรณ์

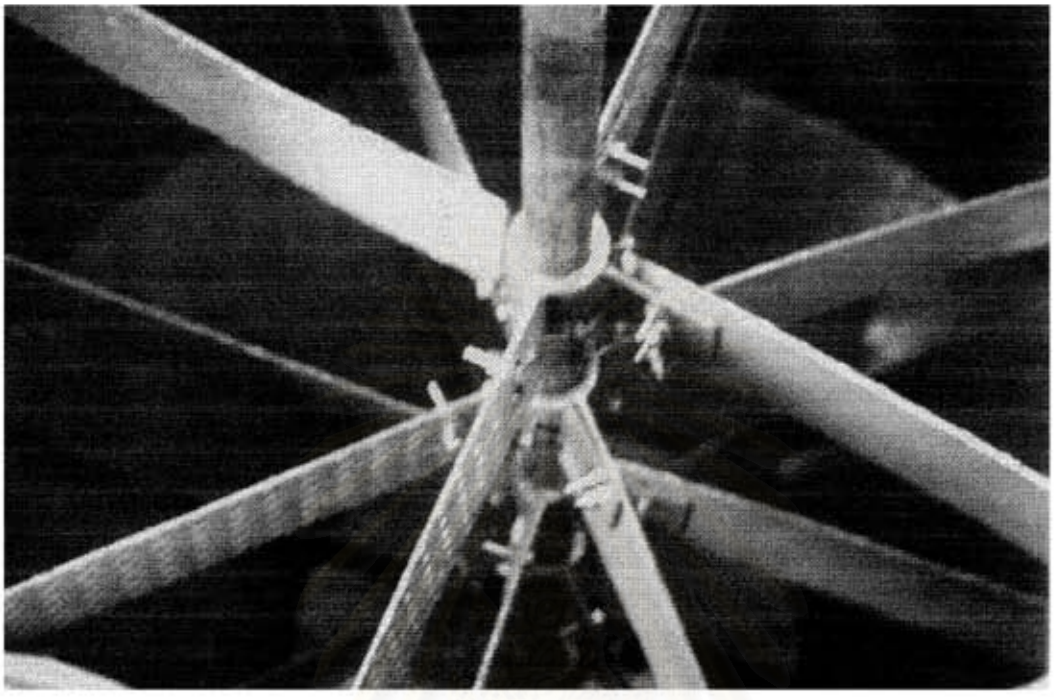
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



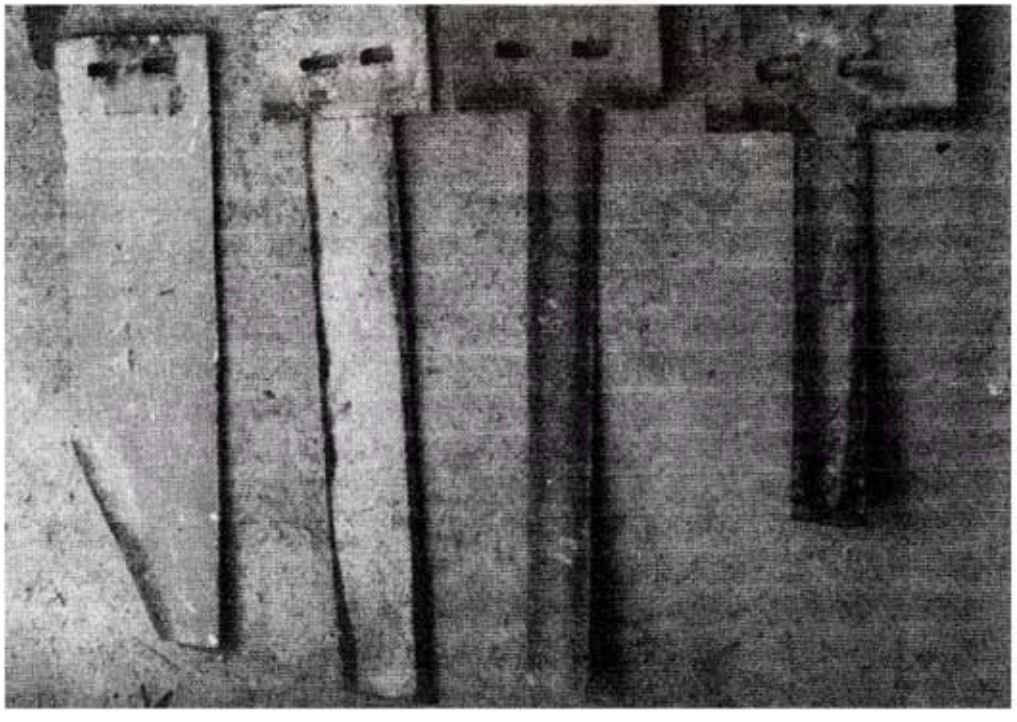
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก-13 มอเตอร์สำหรับหมุนใบปฏิกรณ์

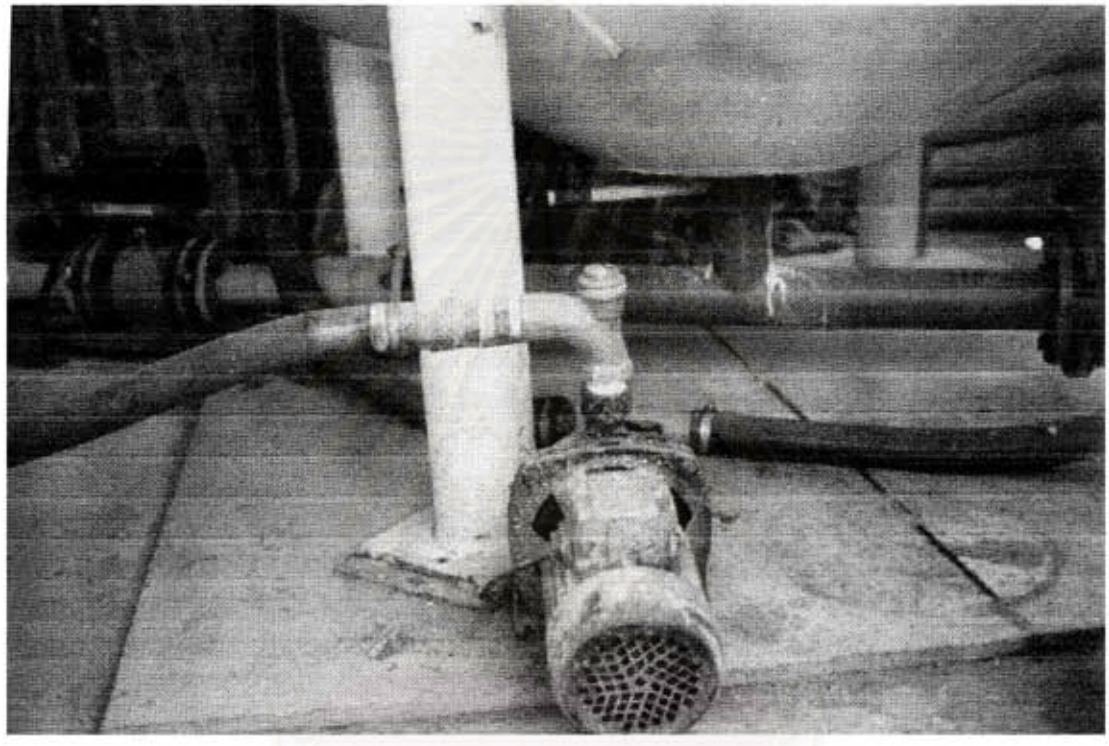
มอเตอร์สำหรับหมุนใบปฏิกรณ์ ขนาด 0.5 แรงม้า 380 โวลท์ 3 เฟส IP 55 พร้อมเกียร์และตัวปรับรอบเชิงกล ซึ่งสามารถปรับอัตราการหมุนได้ 2-9 รอบต่อนาที



รูปที่ ก-14 ใบปฏิกรณ์ในช่วง test run



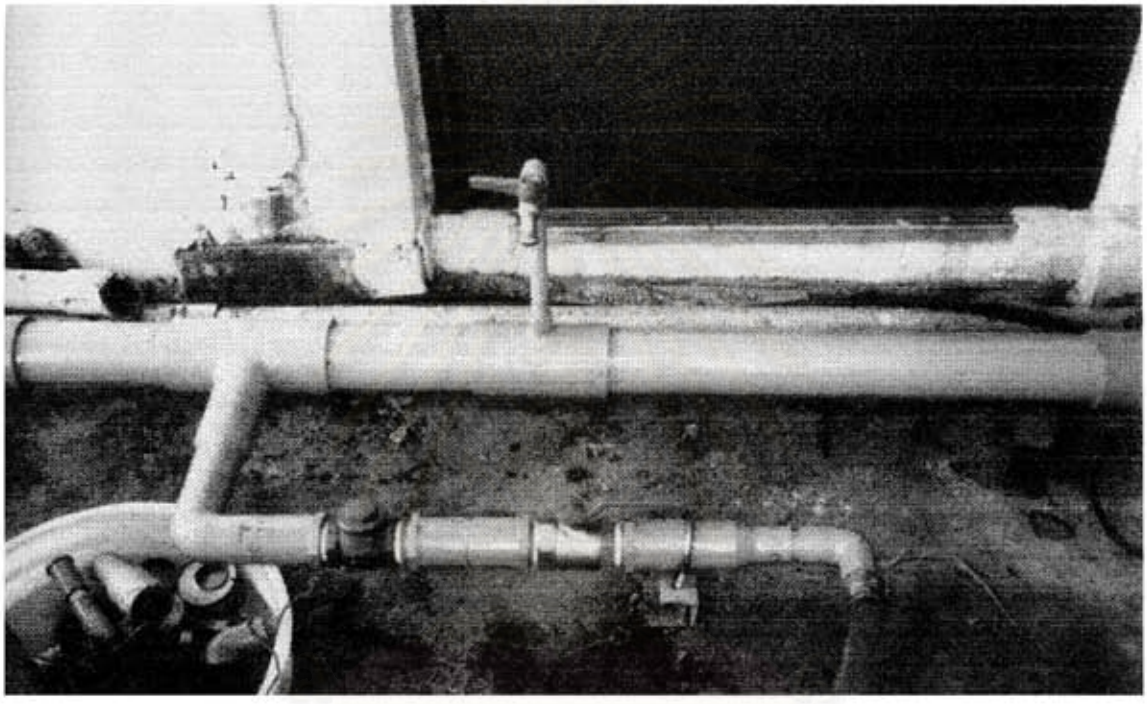
รูปที่ ก-15 แบบใบปฏิกรณ์แบบต่างๆที่ใช้ทดลองในช่วง test run



รูปที่ ก-16 เครื่องสูบน้ำเวียนเพ็ลเล็ต

เครื่องสูบน้ำสำหรับเวียนเพ็ลเล็ต ขนาด 1 แรงม้า ท่อน้ำออกและเข้าขนาด 1.5 นิ้ว

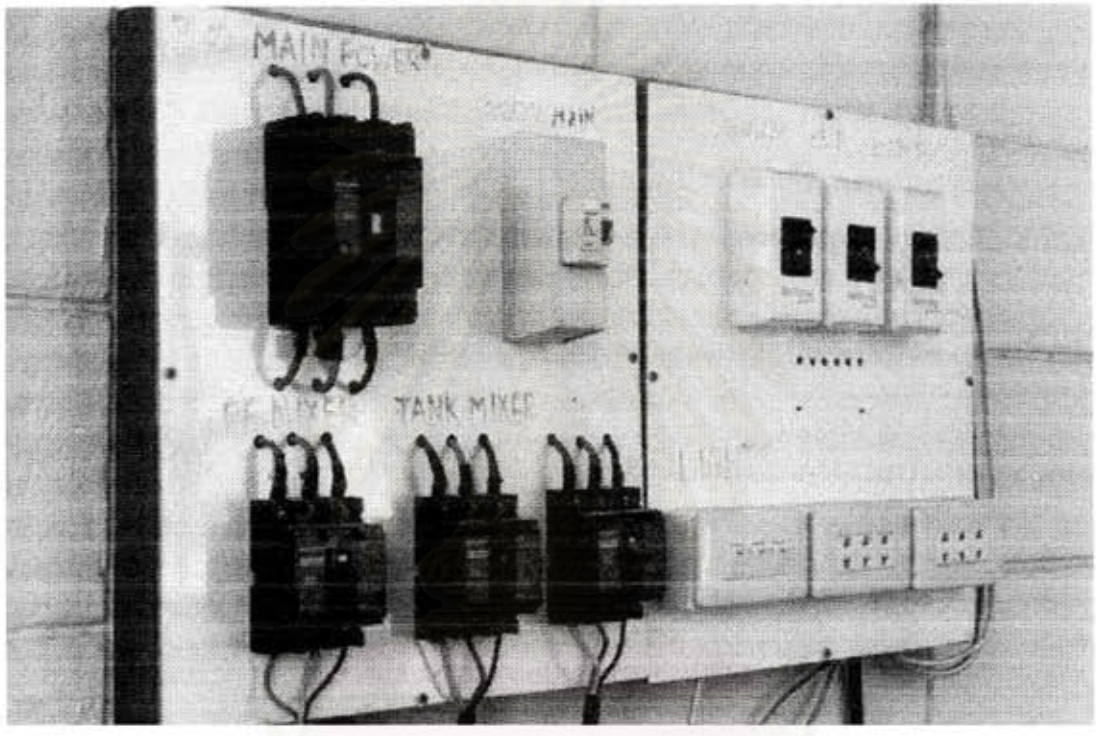
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-17 จุดที่ท่อเวียนกลับเพ็ลเล็ตต่อกับท่อน้ำดิบ

จุดที่ท่อเวียนกลับเพ็ลเล็ตต่อกับท่อน้ำดิบ (อยู่หลังท่อกวนสถิตย์) ประกอบด้วยเชควาล์วป้องกันการย้อนกลับและบอลวาล์วเพื่อเปิดปิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-18 แผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

แผงควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ทางด้ายซ้ายเป็นแผงควบคุมสำหรับอุปกรที่ใช้ไฟฟ้า 380 โวลท์ 3 เฟส ส่วนทางด้านขวาสำหรับควบคุมไฟฟ้า 220 โวลท์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวนค่าความปั่นป่วน(G)

ค-1 การคำนวนหาค่าความปั่นป่วนในถังปฏิกรณ์

จากสมการแคมป์และสไตน์ดังนี้

$$G = (P/\mu V)^{0.5} \quad \text{.....(3.1)}$$

G = ความเร็วเกรเดียนท์หรือระดับความปั่นป่วน (วินาที $^{-1}$)

P = พลังงานที่ใช้ในการสร้างความปั่นป่วน (นิวตัน-เมตร/วินาที)

μ = ความหนืดของน้ำ (นิวตัน-เมตร/ตารางเมตร) = $8.9*10^{-4}$ นิวตัน-เมตร/ตารางเมตร

V = ปริมาตรน้ำ (ลบ.ม.)= ในการทดลองนี้อยู่ที่ 2.25 ลบม. คิดเฉพาะชั้นเพ็ลเต็ต

สำหรับการกวนน้ำที่ใช้ใบพายในการกวนน้ำพลังงานที่ต้องการสามารถคำนวนได้จาก

$$P = 0.5C_D A\rho v^3 \quad \text{.....(3.2)}$$

C_D = ค่าคงที่สำหรับใบกวนแต่ละชนิด มีค่าเท่ากับ 1.8 สำหรับใบกวนแบบใบพาย

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ (ก.ก./ลบ.ม.)= 997 ก.ก./ลบ.ม

A = พื้นผิวของใบกวน (ตร.ม.)

v = ความเร็วสัมพัทธ์ของใบพัดเท่ากับ 0.75 เท่าของความเร็วขอบของใบกวน(v_p)

v_p = $2*\pi*r*N/60$ (เมตร/วินาที)

P = พลังงานที่ต้องการ (วัตต์)

ค-1.1 การคำนวนค่าความปั่นป่วนของรูปแบบใบปฏิกรณ์ 6 ใบหมุน 2 รอบต่อนาที

มีใบ 3 ขนาดคือ B1.กว้าง 10 ซม.ยาว 60 ซม. 2 ใบ A=0.012 ตรม.

B2.กว้าง 10 ซม.ยาว 45 ซม. 2 ใบ A=0.009 ตรม.

B3.กว้าง 5 ซม.ยาว 45 ซม. 2 ใบ A=0.045 ตรม.

คำนวนค่า P ของ B1 ได้ดังนี้

แทนค่าลงในสมการ 3.2

$P_1 = 0.5*1.8*0.12*997*(0.75*2\pi*0.6*2/60)^3$

$= 0.09$ วัตต์

ค่า P ของ B2 ได้ดังนี้

$P_2 = 0.5*1.8*0.09*997*(0.75*2\pi*0.45*2/60)^3$

$= 0.028$ วัตต์

ค่า P ของ B3 ได้ดังนี้

$P_3 = 0.5*1.8*0.045*997*(0.75*2\pi*0.45*2/60)^3$

$= 0.014$ วัตต์

$P_1+P_2+P_3 = 0.132$ วัตต์

แทนค่าลงในสมการที่ 3.1

$G = (0.132/(8.9*10^{-4}*2.25))^{0.5}$

$G = 8.11$ วินาที $^{-1}$

ค่าความปั่นป่วนของรูปแบบใบปฏิกรณ์ 6 ใบหมุน 2 รอบต่อนาทีมีค่า 8.11 วินาที $^{-1}$

ค-1.2 การคำนวนค่าความปั่นป่วนของรูปแบบใบปฏิกรณ์ 6 ใบหมุน 4 รอบต่อนาที

คำนวนค่า P ของ B1 ได้ดังนี้

แทนค่าลงในสมการ 3.2

$P_1 = 0.5*1.8*0.12*997*(0.75*2\pi*0.6*4/60)^3$

$= 0.72$ วัตต์

ค่า P ของ B2 ได้ดังนี้

$P_2 = 0.5*1.8*0.09*997*(0.75*2\pi*0.45*4/60)^3$

$= 0.23$ วัตต์

ค่า P ของ B3 ได้ดังนี้

$P_3 = 0.5*1.8*0.045*997*(0.75*2\pi*0.45*4/60)^3$

$= 0.115$ วัตต์

$P_1+P_2+P_3 = 1.065$ วัตต์

แทนค่าลงในสมการที่ 3.1

$G= (1.065/(8.9*10^{-4}*2.25))^{0.5}$

$G= 23$ วินาที $^{-1}$

ค่าความปั่นป่วนของการหมุนใบปฏิกรณ์4 รอบต่อนาที ที่รูปแบบ 6 ใบมีค่า 23 วินาที $^{-1}$

ค-1.3 การคำนวนค่าความปั่นป่วนของรูปแบบใบปฏิกรณ์ 6 ใบหมุน 6 รอบต่อนาที

คำนวนค่า P ของ B1 ได้ดังนี้

แทนค่าลงในสมการ 3.2

$P_1= 0.5*1.8*0.12*997*(0.75*2\pi*0.6*6/60)^3$

$= 2.43$ วัตต์

ค่า P ของ B2 ได้ดังนี้

$P_2= 0.5*1.8*0.09*997*(0.75*2\pi*0.45*6/60)^3$

$= 0.77$ วัตต์

ค่า P ของ B3 ได้ดังนี้

$P_3= 0.5*1.8*0.045*997*(0.75*2\pi*0.45*4/60)^3$

$= 0.385$ วัตต์

$P_1+P_2+P_3= 3.585$ วัตต์

แทนค่าลงในสมการที่ 3.1

$G= (3.585/(8.9*10^{-4}*2.25))^{0.5}$

$G= 42$ วินาที $^{-1}$

ค่าความปั่นป่วนของการหมุนใบปฏิกรณ์ 6 รอบต่อนาที ที่รูปแบบ 6 ใบมีค่า 42 วินาที $^{-1}$

ค-1.4 การคำนวนค่าความปั่นป่วนของรูปแบบใบปฏิกรณ์ 2 ใบหมุน 2 รอบต่อนาที

มีใบ 1 ขนาดคือ B1.กว้าง 10 ซม.ยาว 60 ซม. 2 ใบ A=0.012

คำนวนค่า P ของ B1 ได้ดังนี้

แทนค่าลงในสมการ 3.2

$P_1 = 0.5*1.8*0.12*997*(0.75*2\pi*0.6*2/60)^3$

$= 0.09$ วัตต์

$P_1 = 0.09$ วัตต์

แทนค่าลงในสมการที่ 3.1

$G = (0.09/(8.9*10^{-4}*2.25))^{0.5}$

$G = 6.7$ วินาที $^{-1}$

ค่าความปั่นป่วนของรูปแบบใบปฏิกรณ์ 6 ใบหมุน 2 รอบต่อนาทีมีค่า 8.11 วินาที $^{-1}$

ค-2 การคำนวนหาความปั่นป่วนในท่อกวนสถิตย์(static mixer)

ใช้วิธีคำนวนจากเฮดที่สูญเสียในท่อกวนสถิตย์ มีสมการที่ใช้ดังนี้

G	$= (\rho g H_s/\mu t)^{0.5}$ (Bratby, 1980 อ้างถึงโดยวิจารณ์ 2537)	4.1
H_s	$=$ h(pipe)+h(static mixer)	4.2
h(pipe)	$= 1.15*10^{-3} * L\ V^{1.95}/D^{1.25}$	4.3
h(static mixer)	$= 3.24*10^{-3}*(1.5+0.12(R_e)^{0.5}$	4.4
R_e	$= \rho VD/\mu$ = เรย์โนลนัมเบอร์	4.5

G = ค่าความปั่นป่วน, วินาที$^{-1}$

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ = 997 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ 25 C

g = 9.8 เมตร^{2}ต่อวินาที

μ = ค่าความหนืดของน้ำ = $8.95 * 10^{-4}$ กิโลกรัมต่อเมตร-วินาที ที่ 25 C

t = เวลาที่น้ำผ่าน static mixer, วินาที = 0.24 วินาที

L = ความยาวของ static mixer, เมตร = 0.35 เมตร

V = ความเร็วน้ำในท่อ, เมตรต่อวินาที = 1.47 เมตรต่อวินาที

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ, เมตร = 0.06 เมตร

คำนวนหาเฮดในท่อโดยแทนค่าในสมการ 4.3 จะได้

$h(pipe) = 1.15*10^{-3}*0.35*1.47^{1.95}/0.06^{1.25}$

$= 0.028$ เมตร

คำนวนหาเฮดใน static mixer โดยแทนค่าในสมการ 4.5และ4.4 จะได้

$R_e = 997*1.47*0.06/0.000895$

$= 98804$

$h(static\ mixer) = 3.24*10^{-3}(1.5+0.12*98804^{0.5})$

$= 0.127$ เมตร

แทนค่าในสมการ 4.2

$H_s = 0.028+0.127$

$= 0.155$ เมตร

แทนค่าในสมการ 4.1

$G = (997*9.8*0.155)/(0.00089*0.24)$

$= 2662$ วินาที$^{-1}$

ค่า $Gt = 2662*0.24 = 639$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การ start up ระบบ

การ start up ได้หลายวิธี แบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือใช้น้ำดิบและใช้ดินคาโอลิน(สร้างความขุ่นให้สูงพอก่อนในขั้นตอนเริ่มแรก สำหรับกรณีน้ำดิบป้อนเข้าระบบมีความขุ่นต่ำ ซึ่งได้ทำสำเร็จโดยกลุ่มของ ศ.ดร.ธงชัย) โดยในการทดลองที่เก็บผลการทดลองมาเสนอในงานศึกษานี้เป็นแบบใช้ความขุ่นน้ำดิบธรรมชาติจากคลองประปาโดยตรง(80-250 เอ็นทียู) โดยแบ่งช่วงการทดลองและการเก็บข้อมูลดังนี้

การทดลองช่วงที่ 1

เริ่มระบบโดยการป้อนน้ำดิบความขุ่นธรรมชาติ(80-250เอ็นทียูแล้วแต่ฤดูกาล)เข้าระบบพร้อมทั้งสารส้มและโพลีเมอร์ในปริมาณกำหนดที่คำนวนไว้ตามแผนการทดลอง นับเวลาที่เริ่มป้อนน้ำเข้าระบบฯ เป็นชั่วโมงที่ 0 เมื่อหมดแต่ละการทดลองแล้วจะล้างถังและเริ่มทำใหม่ทุกครั้งในแต่ละการทดลอง(หมายเหตุ:อย่างไรก็ตามวิธีนี้สร้างเพ็ลเล็ตไม่ได้ผล)

การทดลองช่วงที่ 2

สร้างชั้นมวลของแข็งให้มีระดับ 150 ซม.จากก้นถังโดยวิธีเช่นเดียวกับการทดลองในช่วงที่ 1 แต่นับเวลาชั่วโมงที่ 0 หลังจากระดับมวลของแข็ง(ไม่ใช่เพ็ลเล็ต)อยู่ที่ 150 ซม. อนึ่งในการเปลี่ยน run แต่ละครั้งได้ทำโดยเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ตามที่กำหนด และเดินระบบฯต่อเนื่องไปอีกในระยะเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนับเป็นชั่งโมงที่ 0 แต่ในบาง run เมื่อเปลี่ยนพารามิเตอร์แล้วระดับชั้นมวลของแข็งยังไม่ถึงระดับ 150 ซม. ก็จะรอจนถึงระดับ 150ซม.แล้วจึงเริ่มนับเวลาชั่วโมงที่ 0

การทดลองช่วงที่ 3

start up เช่นเดียวกับการทดลองช่วงที่ 1 โดยใช้ใบกวน 6 ใบ รอจนระดับชั้นมวลของแข็ง(ไม่ใช่เพ็ลเล็ต)ถึง 150 ซม. จึงนับเป็นชั่วโมงที่ 0 แต่ในการทดลองที่ 2 ใบ ก็ start up ใหม่อีกครั้ง เพราะต้องปิดระบบเพื่อลงไปในถังปฏิกรณ์ ถอดใบออก(ในการ start up แบบนี้ จะกินเวลาประมาณ 3 วันที่ ความขุ่นน้ำเข้าประมาณ 100 เอ็นทียู โพลีเมอร์ 0.3 มก./ล. ซึ่งถ้าความขุ่นน้ำดิบมากกว่านี้ ระดับชั้นมวลของแข็งก็จะถึงระดับ 150 ซม. เร็วกว่านี้ และถ้าใช้โพลีเมอร์สูงกว่านี้ ระดับชั้นมวลของแข็งก็จะถึงระดับ 150 ซม. ช้ากว่าที่โพลีเมอร์ต่ำกว่า)

การ start up อาจทำได้อีก 2 แบบ ตามที่เคยทดลองคือใช้ดินคาโอลินเป็นตัวสร้างความขุ่นสูงก่อนโดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

1. ใช้คาโอลินอัดเข้าเส้นท่อที่ปริมาณความเข้มข้น 3000 มก./ล สารส้มประมาณ 60 มก./ล. และโพลีเมอร์ 3 มก./ล (คำนวนจากการทดลองของTambo 1993) สามารถสร้างชั้นมวลของแข็งสูง 150 ซม.ได้ในเวลาไม่ถึง 6 ชั่วโมง ผลที่ได้น้ำผลิตมีค่าความขุ่นไม่ถึง 1 เอ็นทียู แต่เมื่อนำน้ำดิบเข้าระบบ ก็ลดปริมาณสารส้มลงเหลือ 20 มก./ล และโพลีเมอร์ลงเหลือ 0.3 มก./ล ชั้นมวลของแข็งก็ฟุ้งกระจาย ออกเป็นความขุ่นไปกับน้ำผลิต จนชั้นมวลของแข็งมีความหนาแน่นลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งเมื่อเดินระบบเป็นเวลานานมวลในระบบก็จะเปลี่ยนจากสีขาวของคาโอลินเป็นสีน้ำตาลของน้ำดิบทีละน้อยจนกระทั่งมีลักษณะเหมือนการ start up ที่ใช้ความขุ่นธรรมชาติ (การ start up ด้วยวิธีนี้จะใช้ดินคาโอลินประมาณ 200 - 300 กก.และต้องการแรงงานอย่างน้อย 2-3 คนเพราะต้องผสมคาโอลินในถัง 500 ลิตรตลอดเวลา ซึ่งถ้ามีภาชนะที่ใหญ่กว่านี้คงจะสะดวกขึ้น)

2.ใช้ดินคาโอลินประมาณ 100 กิโลกรัม เทลงในถังปฏิกรณ์ที่มีน้ำอยู่โดยตรง โดยไม่เปิดน้ำดิบเข้าระบบ แต่เปิดใบกวน แล้วใส่สารส้ม 20 มก./ล(เทียบกับน้ำในถัง) และโพลีเมอร์ในปริมาณ 0.3 มก./ล. (เทียบกับน้ำในถัง) ทิ้งไว้อย่างน้อย 6 ชั่วโมง ชั้นมวลของแข็งจะตกตะกอนลง ในระดับไม่ถึง 60 ซม. แล้วเปิดน้ำดิบเข้าระบบ ใส่สารส้มและโพลีเมอร์ตามข้างต้น ระดับชั้นมวลของแข็งก็จะสูงขึ้น(เนื่องจากมีน้ำดิบดันขึ้น) แต่ไม่ถึง 150 ซม. และรอจนระดับสูงถึง 150 ซม.(ใช้เวลาหลายชั่วโมง)ผลที่ได้ก็จะเหมือนกับการทดลองที่ start up แบบการใช้ความขุ่นน้ำดิบธรรมชาติ แต่วิธีนี้จะมีคาโอลินตกตะกอนเป็นโคลนสีขาวอยู่ก้นถัง เพราะเวลาเทดินลงถังไม่สามารถกวนให้ดินละลายหมดได้ในขณะนั้น (คาโอลิน 1 ถุงมีน้ำหนัก 25 กก. จะหนักมากและอาจเกิดอันตรายได้เมื่อต้องยกขึ้นเหนือถังเพื่อที่จะเทลงในถัง) วิธีนี้จะใช้คาโอลินประมาณ 3- 4 ถุง สามารถประหยัดเวลาได้หลายชั่วโมง

จากการทดลอง start up ในแบบต่างๆ สรุปว่า ก็จะได้มวลในถังปฏิกรณ์เหมือนกันทุกแบบเมื่อเดินระบบเป็นเวลานาน(ลักษณะมวลในถังสังเกตด้วยตา)ซึ่งในการใช้ดินคาโอลิน ในข้อที่ 1 จะต้องใช้แรงงานอย่างน้อย 2-3 คน และดินในปริมาณที่สูง แต่สร้างชั้นมวลของแข็งได้อย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้ดินคาโอลินในข้อ 2 จะใช้ดินคาโอลินน้อยกว่าแต่ใช้เวลามากกว่าแบบข้อ 1 แต่อาจเกิดอุบัติเหตุได้จากการยกถุงดินขึ้นบนปากถังปฏิกรณ์ และยังเสียดินคาโอลินตกตะกอนเป็นโคลนอยู่ก้นถังอีก ดังนั้นในการทดลองจึงสร้างชั้นมวลของแข็งจากน้ำดิบธรรมชาติ ซึ่งปลอดภัยและประหยัดที่สุด แต่ก็ใช้เวลานานที่สุดด้วย

ภาคผนวก ง

การคำนวนการใช้สารส้ม

สารส้มเหลว มีสูตรโมเลกุลคือ$Al_2(SO_4)_3$ .XH_2O ทำได้โดยการนำสารส้มก้อนมาละลายน้ำเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน โดยที่สารส้มก้อนจะมี $Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ ไม่เต็ม 100 เปอร์เซนต์ แต่จะมีการควบคุมปริมาณอะลูมิเนียมโดยการวัดค่า Al_2O_3 แทน โดยกำหนดให้มี Al_2O_3 อยู่ในปริมาณอย่างน้อย 6.5 เปอร์เซนต์ w/w ของสารส้มเหลว

สารส้มก้อน 1 กก. น้ำ 1 กก. สารส้มเหลว 42.5 % 2 กก.

(มีปริมาณ$Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ ประมาณ 85%)

อัตราส่วนของ Al_2/ $Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ =54/666 = 8.1 % ง-1

อัตราส่วนของ Al_2O_3/ $Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ =102/666 = 15.3 % ง-2

หาปริมาณ $Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ ในสารส้มเหลวจากข้อมูล Al_2O_3 จากการประปา ซึ่งในสารส้มเหลวมี Al_2O_3 เท่ากับ 6.5 % w/w

จากสมการที่ ง-2 สามารถหาปริมาณ $Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ ในสารส้มเหลว ได้โดย

ถ้ามี Al_2O_3 15.3 กรัม จะเป็น$Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ = 100 กรัม

Al_2O_3 6.5 กรัมจะเป็น$Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ = 6.5*100/15.3=42.5 กรัม

ซึ่งจะเท่ากับ 42.5 % $Al_2(SO_4)_3$.$18H_2O$ w/w ในสารส้มเหลว

จากสมการที่ ง-1 จะสามารถหาค่า Al ในสารส้มที่ใช้ได้โดย

สารส้ม 100 กรัม มี Al เท่ากับ 8.1 กรัม

สารส้ม 17 กรัม มี Al เท่ากับ 17*8.1/100 = 1.377 กรัม

ดังนั้นถ้าใช้สารส้ม 17 มก./ล. จะมีปริมาณ Al เท่ากับ 1.377 มก./ล.

ขั้นตอนการคิดการจ่ายสารส้ม

1.ผสมสารส้มเหลว 20 ลิตรลงในถัง เติมน้ำจนครบ 500 ลิตร ในถังจะมีเนื้อสารส้มอยู่ 10.7525 กก(คิดจากความถ่วงจำเพาะ ซึ่ง 1 ลิตรหนัก 1.265 กก. และเป็นสารส้ม 42.5 เปอร์เซนต์ ดังนั้นใน 1 ลิตรจะมีเนื้อสารส้ม 537.625 กรัม $Al_2(SO_4)_3$ .18H_2O)

2.คำนวนปริมาณสารส้มที่จะใช้ต่อชั่วโมง โดยสมมุติว่าใช้ 17 มก./ล น้ำเข้าระบบ 15 ลบม./ชั่วโมง ดังนั้นจะใช้สารส้ม 255 กรัม $Al_2(SO_4)_3$ .18H_2O ต่อชั่วโมง

3.คิดสารส้มที่ใช้ต่อนาทีเพื่อนำไปปรับเครื่องสูบจ่ายสารส้ม โดยเทียบว่า ในถังมีเนื้อสารส้มอยู่ 10.7525 กก. เป็นน้ำสารส้มเจือจางอยู่ 500 ลิตร ถ้าจะใช้ 255 กรัม จะต้องใช้น้ำสารส้มเจือจาง เท่ากับ 255*500/10752.5 = 11.85 ลิตรต่อชั่วโมง ทำเป็นต่อนาทีจะได้ 11.85/60 = 0.1975 ลิตรต่อนาที นำค่า 197.5 ซีซีไปปรับการจ่ายสารส้มต่อนาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
วิธีการวิเคราะห์การทดลอง

จ-1 วิธีการไทเทรตคอลลอยด์(สุชาติ 2526)

ในการวิจัยนี้ใช้วิธีการไทเทรตย้อนกลับ(back titration) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

สารเคมี

1.สารละลายพีวีเอสเอเค ความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์มอล

ก.ละลาย พีวีเอสเอเค 1.6221 กรัม ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล

ข.น้ำสารละลายในข้อ ก. มา 50 มล. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์มอล

2.สารละลายดีดีพีเอ็ม ความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์มอล

ก. ละลายดีดีพีเอ็ม 2 กรัม ในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร จะได้สารละลายความเข้มข้น 0.01 นอร์มอล และเจือจางตาม ข. ในข้อ 1. จะได้สารละลายดีดีพีเอ็มความเข้มข้น $5x10^{-4}$ นอร์มอล

ข. เมื่อต้องการตรวจสอบทำได้โดยการไทเทรตด้วยสารละลายพีวีเอสเอเค $5x10^{-4}$ นอร์มอล ที่เตรียมไว้ โดยใช้สารละลายทีบี เป็นดัชนี จุดสิ้นสุดคือจุดที่ทีบีเปลี่ยนสีจากน้ำเงินเป็นสีม่วง

3.สารละลายทีบีความเข้มข้น 1000 มก./ล.

ละลายทีบี 1.000 กรัมในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรรวม 1 ลิตร

ขั้นตอนการไทเทรต

1. นำน้ำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ปริมาณ 25 มล. เติมลงในบีกเกอร์ขนาด 125 มล.
2. เติมสารละลายดีดีพีเอ็มปริมาณ 2 มล.
3. หยดสารละลายทีบี 2 ถึง 3 หยด(ตามความเหมาะสมแต่ต้องเท่ากันเมื่อเปรียบเทียบกัน)
4. ไทเทรตด้วยสารละลายพีวีเอสเอเค จนสีของน้ำเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นม่วง
5.อ่านค่าปริมาณพีวีเอสเอเคที่ใช้ในการไทเทรต จากนั้นนำมาคำนวนหาค่าประจุคอลลอยด์จากสมการ

$$C = (S-B)M \times 10^{7}/N$$

เมื่อ C คือ ประจุในน้ำตัวอย่าง, มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^{4}

S คือ ปริมาตรสารละลายพีวีเอสเอเคที่ใช้ในการไทเทรตน้ำตัวอย่าง , มล.

B คือ ปริมาตรสารละลายพีวีเอสเอเคที่ใช้ในการไทเทรตน้ำกลั่น , มล.

N คือ ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง, มล.

M คือ ความเข้มข้นของพีวีเอสเอเคที่ใช้ , นอร์มอล

การไทเทรตนี้สามารถเปลี่ยน ปริมาณน้ำตัวอย่างกับปริมาณสารละลายดีดีพีเอ็มได้ตามความเหมาะสมและไม่จำเป็นต้องรู้ความเข้มข้นที่แท้จริงของสารละลายดีดีพีเอ็มด้วย เพราะการทำแบลงค์จะแก้ไขความคลาดเคลื่อนต่างๆได้

หมายเหตุ: ในการศึกษาครั้งนี้ใช้สารละลายดีดีพีเอ็มเป็นสารสังเคราะห์ประจุบวก เหมือนการทดลองของ สุชาติ(2526) ส่วนการทดลองของ คณิศ(2538),กานตพันธุ์(2539)และกุลธิดา(2540)ใช้สารเอ็มจีซีเป็นสารสังเคราะห์ประจุบวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง-2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณอะลูมิเนียม (คู่มือปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ระบบผลิต ฝ่ายโรงงานผลิตน้ำสามเสน-ธนบุรี การประปานครหลวง มีนาคม 2540 หน้า 20-23)

เครื่องมือและอุปกรณ์ :

1. Spectrophotometer; wave length 535 nm.
2. Volumetric flask 50 ml.

สารเคมี :

1. Stock aluminium Solution

ละลาย Potassium alum (AlK (SO_4).12 H_2O) 8.792 กรัม ในน้ำกลั่นเจือจางจนครบ 1 ลิตร

2. Standard Aluminium Solution

ปิเปต Stock Aluminium Solution 5 ml. เติมน้ำกลั่นจนครบ 500 ml. (เตรียมใหม่ทุกครั้ง) จะได้ 1 ml. = 2.5 µg. Al

3. Ascorbic acid

ละลาย Ascorbic acid 0.1 กรัม ในน้ำกลั่นจนครบ 100 ml.

4. Buffer Reagent

ละลาย Sodium acetate ($NaC_2H_3O_2.3H_2O$) 136 กรัม ในน้ำกลั่น เติม 1N Acetic acid 40 ml. แล้วปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

5. 1 N Acetic acid

ปิเปต glacial acetic acid (100%, SP.GR. = 1.05, MW. = 60.05) 5.72 ml. เติมน้ำกลั่นจนครบ100 ml.

6. Stock Dye Solution

ละลาย Eriochrom Cyanine R. 150 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 50 ml. ปรับค่า พีเอชจากประมาณ 9 ให้ได้ 2.9 ด้วย (1+1) acetic acid ประมาณ 2 ml. แล้วเติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ml. สามารถเก็บไว้ได้นาน 1 ปี

7. Working Dye Solution

ปิเปต Stock Dye solution 10 ml. เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 ml. สามารถเก็บได้นาน 6 เดือน

8. 0.01 M EDTA

ละลาย EDTA (Ethylenediamine tetraacetic acid disodium salt) 3.7 กรัม ในน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1 ลิตร

9. 0.02 N H_2SO_4

เตรียม Stock 0.1 N H_2SO_4 โดยปิเปต conc. H_2SO_4 2.8 ml. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรครบ 1 ลิตร แล้วจึงนำ 0.1 N H_2SO_4 มา 200 ml. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

การทำ Calibration Curve ของ Aluminium :

1. เตรียมอนุกรมของ Aluminium Standard 0-12.5 µg. Al ในน้ำกลั่นประมาณ 25 ml.
2. เติม 0.02 N H_2SO_4 1 ml.
3. เติม Ascorbic acid solution 1 ml.
4. เติม Buffer solution 10 ml.
5. เติม Working dye reagent 5 ml.
6. เติมน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 50 ml. ทันที แล้วเขย่าผสม ตั้งทิ้งไว้ 5-15 นาที (ถ้า Contact time เกิน 15 นาที สีจะจางลง)
7. วัดค่า Absorbance โดยใช้ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร
8. Plot กราฟระหว่าง ความเข้มข้นของ Aluminium กับ ABS

No.	Std.Al Solution (ml. added)	Dose (µg. Al)	Concentration (µg/l.)	ABS
1	0	0	0	
2	0.5	1.25	50	
3	1.0	2.50	100	
4	1.5	3.75	150	
5	2.0	5.00	200	
6	2.5	6.25	250	
7	3.0	7.50	300	
8	3.5	8.75	350	
9	4.0	10.00	400	
10	4.5	11.25	450	
11	5.0	12.50	500	

การคำนวณ :

$$\text{mg/l. Al} = \frac{\mu g/l.}{\text{ml.sample}}$$

วิธีวิเคราะห์ :

1. ตวงตัวอย่างมา 25 ml. ใส่ใน flask เติม methyl orange indicator 2 หยด ไตเตรทกับ 0.02 N H_2SO_4 จนได้สีชมพูอ่อน จดปริมาตรไว้แล้วเททิ้งได้

2. Blank : ตวงตัวอย่างมา 25 ml. เติม 0.02 N H_2SO_4 ปริมาตรตามที่ไตเตรทได้จากข้อ 1 แล้วบวกเพิ่มอีก 1.1 ml.(หรือใช้ผลจากการไทเทรตจากการหา Alkalinity + 1.1ml)แล้วเติม0.01 M EDTA 1ml.,Ascorbic acid 1 ml., Buffer reagent 10 ml. และ Working dye reagent 5 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 50 ml.

3. Sample เหมือนข้อ 2. แต่ไม่ต้องเติม EDTA

4. ตั้ง Blank และSample ทิ้งไว้ 5-15 นาที

5.วัดค่า Absorbance ที่ความยาวคลื่น 535 นาโนเมตร โดยตั้งค่า 0-100 % Transmittance ด้วย Blank และ Aluminium Standard ของตัวอย่างแต่ละตัวก่อนทุกครั้ง แล้วจึงวัด Absorbance ของ Sample แล้วนำค่าที่ได้ไปหาความเข้มข้นของ Al จากกราฟหรือเข้าสูตรสมการเส้นตรง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ
การคำนวนค่าสารเคมี

สารส้มมีราคา 3347 บาทต่อ 1 ตันสารส้ม $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ หรือ 3.347บาทต่อกิโลกรัม
โพลีเมอร์ไม่มีประจุราคา 330 บาทต่อกิโลกรัม

การใช้สารส้ม 17 มก./ล.$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ เท่ากับ 17 กรัม $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ ต่อลูกบาก์ศเมตร มีต้นทุน

=2.845*20/1000 = 0.0569 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้โพลีเมอร์ 0.3 มก./ล. เท่ากับ 0.3 กรัมต่อลูกบาก์ศเมตร มีต้นทุน

=330*0.3/1000= 0.099 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้โพลีเมอร์ 0.5 มก./ล. เท่ากับ 0.5 กรัมต่อลูกบาก์ศเมตร มีต้นทุน

=330*0.5/1000 = 0.165 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้โพลีเมอร์ 0.7 มก./ล. เท่ากับ 0.7 กรัมต่อลูกบาก์ศเมตร มีต้นทุน

=330*0.7/1000 = 0.231 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้โพลีเมอร์ 0.9 มก./ล.เท่ากับ 0.9 กรัมต่อลูกบาก์ศเมตร มีต้นทุน

=330*0.9/1000 = 0.297 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้สารส้ม 17 มก./ล.$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$โพลีเมอร์ 0.3 มก./ล.จะมีต้นทุนค่าสารเคมี 0.1559 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้สารส้ม 17 มก./ล.$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$โพลีเมอร์ 0.5 มก./ล. จะมีต้นทุนค่าสารเคมี 0.2219 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้สารส้ม17 มก./ล.$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$โพลีเมอร์ 0.7 มก./ล. จะมีต้นทุนค่าสารเคมี 0.2879บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

การใช้สารส้ม 17 มก./ล.$Al_2(SO_4)_3.18H_2O$โพลีเมอร์ 0.9 มก./ล.จะมีต้นทุนค่าสารเคมี 0.3539 บาทต่อลูกบาก์ศเมตร

ภาคผนวก ช

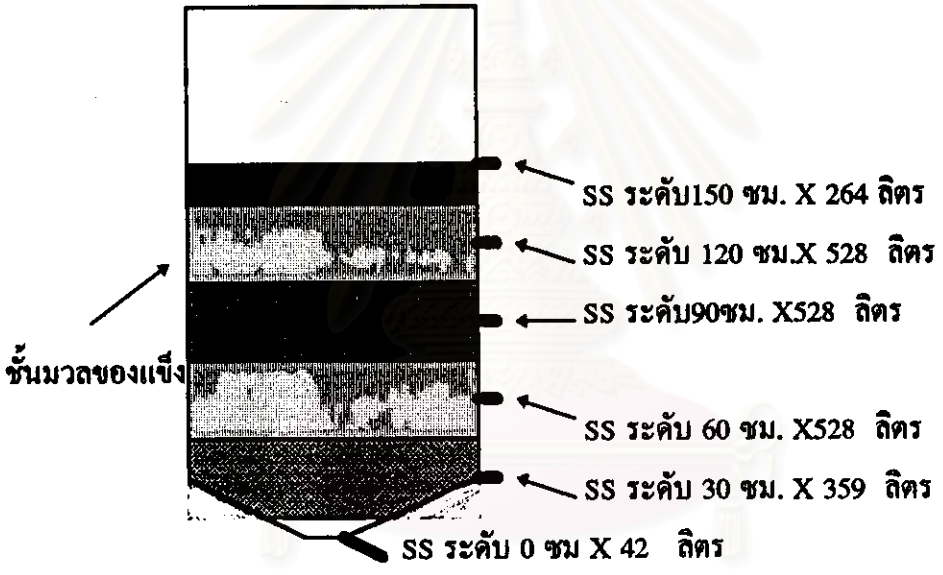
การคำนวนมวลในถังปฏิกรณ์

ขั้นตอนการหามวลของแข็ง

1.เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับ 0, 30, 60, 90, 120 และ 150 ซมจากก้นถัง แล้วหาค่าเอสเอสโดยวิธีการทำแห้งที่103-105 C°

2.คำนวนปริมาตรในถังในแต่ละช่วงโดยแบ่งตามรูป ก

3.หาค่ามวลโดยนำปริมาตรในแต่ละช่วงคูณกับค่าเอสเอส



รูป ก ปริมาตรของแต่ละระดับ

ตัวอย่างการหามวล

1. วัดค่า SS ที่ระดับความสูงต่างๆ เช่นที่

ระดับ 0 ค่า SS เท่ากับ 30000 มก./ล

ระดับ 30 ค่า SS เท่ากับ 45000 มก./ล

ระดับ 60 ค่า SS เท่ากับ 35000 มก./ล

ระดับ 90 ค่า SS เท่ากับ 33000 มก./ล

ระดับ 120 ค่า SS เท่ากับ 32000 มก./ล

ระดับ 150 ค่า SS เท่ากับ 30000 มก./ล

2. คูณค่า SS ที่ระดับต่างๆกับปริมาตรในช่วงนั้น

ระดับ 0 เท่ากับ 30000 X 42 = 1.26 กก.

ระดับ 30 เท่ากับ 45000 X 359 = 16.155 กก.

ระดับ 60 เท่ากับ 35000 X 528 = 18.480 กก.

ระดับ 90 เท่ากับ 33000 X 528 = 17.424 กก.

ระดับ 120 เท่ากับ 32000 X 528 = 16.896 กก.

ระดับ 150 เท่ากับ 30000 X 264 = 7.92 กก.

มวลในถังเท่ากับ 1.26+16.115+18.48+17.424+16.896+7.92 = 78.095

มวลในถังมีค่าประมาณ 78 กก.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก น

น-1 ความขุ่นน้ำดิบและน้ำผลิตที่เวลาต่างๆ การทดลองช่วงที่ 1

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก./ล ไม่เวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	140	
6	145.1	15
12	138.3	11.7
18	145.8	12.7
24	153.4	10.8
30	143.1	15.1
36	174	11.3
42	160.7	12.4
48	156.7	11.7
54	146.5	13.1
60	163.7	11.5
66	157.5	10.9
72	160.7	12.1

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1 มก./ล เวียนมวลของแข็ง 0.3

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	161	
6	157	155
12	171	61
18	153	48
24	140	34
30	133	32
36	120	38
42	158	46
48	136	42
54	145	47
60	129	39
66	152	51
72	140	48

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล ไม่เวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	174	
6	164.4	15.2
12	136.1	11.3
18	133	6.7
24	148.7	4.7
30	141.5	3.8
36	139.2	5.2
42	142.5	5.1
48	144	5.4
54	125.7	6.2
60	133.7	6.1
66	130.5	6
72	128.7	5.8

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	128.7	
6	130.3	13.1
12	145.8	13
18	147.5	26.4
24	196	27.3
30	183.6	21
36	233	39.8
42	198	35
48	242	36.2
54	230	34.6
60	226	35.9
66	215	40.1
72	201	38.7

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล ไม่เวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	221	
6	234	67.2
12	225	26.1
18	221	25.7
24	205	20.3
30	216	8
36	210	5.3
42	200	4.07
48	210	3.9
54	251	3.6
60	235	3.8
66	236	3.6
72	255	5.2

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล เวียนมวลของแข็ง.3

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	174	
6	169	15.3
12	188	11
18	158	11.2
24	173	53
30	169	22
36	177	5.7
42	193	4.7
48	193	20.6
54	210	7.6
60	213	6.9
66	227	6.8
72	231	6.5

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล ไม่เวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	221	
6	248	17.6
12	235	10.7
18	255	8
24	199	9.5
30	234	7.5
36	216	5.7
42	267	4.1
48	201	3.8
54	221	3
60	245	4.9
66	231	3.15
72	225	4.1

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	120	
6	117	35
12	95	24
18	109	10.7
24	113	4.2
30	113	3.6
36	88	2.8
42	153	2.6
48	119	2.3
54	105	41
60	89	120
66	140	97
72	131	100

หน่วย:เอ็นทียู

การทดลองช่วงที่2

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 2

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	170	4.7
6	147	4.2
12	141	4.1
18	170	3.6
24	152	2.8
30	224	4
36	256	3.7
42	241	4.2
48	150	3.2
54	179	3
60	215	3.7
66	180	2
72	157	4.1

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 4

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	157	5
6	177	4
12	136	4.6
18	180	7
24	145	4.5
30	175	4.2
36	185	6.2
42	192	4.9
48	160	5.5
54	156	5.1
60	190	6.7
66	187	5.4
72	175	4.4

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 6

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	157	6
6	181	4.2
12	211	5.5
18	150	5.8
24	215	3.6
30	212	6.3
36	259	6.2
42	255	6.2
48	213	4.8
54	220	6.1
60	250	5.6
66	138	5.1
72	140	5.5

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 2

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	245	5.3
6	240	5.5
12	234	2.9
18	192	2.9
24	214	2
30	197	1.9
36	151	2.2
42	115	1.9
48	157	1.5
54	153	2
60	185	1.7
66	166	1.8
72	223	1.9

หน่วย:เอ็นทียู

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 4

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	131	5.4
6	130	5.2
12	105	2
18	148	1.9
24	124	2.1
30	133	2
36	117	1.5
42	174	3
48	143	2.4
54	185	2.6
60	160	2.8
66	210	3.1
72	245	3.5

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 6

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	223	4.1
6	218	5
12	181	5
18	174	5
24	170	3.5
30	178	3.4
36	138	3.2
42	124	4
48	127	2.8
54	126	3
60	143	3.4
66	124	3.4
72	170	3.2

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 2

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	120	2.6
6	140	2.2
12	152	2
18	119	1.7
24	132	1.2
30	101	1
36	108	0.9
42	104	0.9
48	94	1
54	99	0.9
60	73	0.8
66	110	1
72	102	1.1

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 4

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	105	1.1
6	106	1
12	113	1.2
18	107	1.1
24	139	0.9
30	102	0.8
36	118	0.8
42	107	0.9
48	120	1.1
54	91	0.8
60	130	1
66	112	1.2
72	122	1

หน่วย:เอ็นทียู

ไพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 6

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	105	1
6	85	0.9
12	75	1
18	108	1.4
24	97	1.5
30	80	1.3
36	90	1.5
42	87	1.4
48	97	1.2
54	100	1.1
60	102	1.5
66	79	1.5
72	96	1.3

การทดลองช่วงที่ 3

ไพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบฯ 2 ใบ

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	88	2.3
6	90	2.7
12	103	2.6
18	113	2.5
24	96	3.8
30	89	2
36	97	2
42	111	2.1
48	96	2.7
54	101	3.5
60	95	3.7
66	103	2.9
72	91	3.1

ไพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบฯ 6 ใบ

เวลา	น้ำดิบ	น้ำผลิต
0	121	4.7
6	109	3
12	133	5.6
18	100	3.9
24	105	4.2
30	96	4.8
36	120	2.9
42	86	4.8
48	103	2.7
54	95	3.9
60	110	4.7
66	94	6.7
72	107	4.8

หน่วยะเอ็นทียู

น-2 ค่าพีเอช น้ำดิบ,น้ำหลังใส่สารส้มและน้ำผลิต ที่เวลาต่างๆ

การทดลองรอบที่1

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.58	7.18	
6	7.52	7.19	7.05
12	7.61	7.19	7.09
18	7.66	7.17	7.09
24	7.7	7.27	7.14
30	7.53	7.12	7.15
36	7.53	7.08	7.05
42	7.57	7.16	7.1
48	7.62	7.19	7.07
54	7.53	7.21	7.08
60	7.58	7.17	7.06
66	7.61	7.15	7.1
72	7.59	7.18	7.07

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.58	7.12	7.09
6	8.3	7.25	7.21
12	7.76	7.11	7.07
18	7.7	7.13	7.09
24	7.62	7.11	7.06
30	7.32	7.09	7.03
36	7.35	6.98	6.93
42	7.6	7.07	7.01
48	7.6	7.13	7.05
54	7.55	7.18	7.1
60	7.49	7.14	7.09
66	7.57	7.09	7.06
72	7.59	7.16	7.14

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.53	7.08	7.05
6	7.48	7.11	7.03
12	7.54	7.08	7.02
18	7.44	7.02	7.05
24	7.52	7.04	6.99
30	7.5	7.06	6.9
36	7.52	7.05	6.9
42	7.49	7.05	6.96
48	7.49	7.04	6.95
54	7.43	7.07	6.88
60	7.54	7.11	6.99
66	7.56	7.08	6.9
72	7.6	7.07	6.95

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.46	7.18	
6	7.46	7.09	6.94
12	7.48	7.01	7.01
18	7.42	7.03	6.96
24	7.65	7.04	6.95
30	7.51	7.02	6.99
36	7.59	7.09	6.96
42	7.56	7	6.99
48	7.6	7.1	6.98
54	7.54	7.12	7.01
60	7.53	7.09	7.02
66	7.55	7.08	6.99
72	7.6	7.06	7.01

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.46	7.18	
6	7.41	6.91	6.94
12	7.42	6.98	6.99
18	7.63	7.15	7.01
24	7.58	7.03	7.06
30	7.46	6.87	6.85
36	7.57	6.83	6.82
42	7.59	6.95	6.85
48	7.62	6.86	6.83
54	7.4	6.77	6.77
60	7.48	7.09	6.93
66	7.67	7.16	7.01
72	7.57	7.11	6.99

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.46	7.18	
6	7.57	7.01	6.99
12	7.63	6.98	7.02
18	7.65	7.07	7.05
24	7.6	7.03	7.03
30	7.59	7.03	7.01
36	7.66	7.11	7.1
42	7.5	6.95	6.94
48	7.63	7.03	7.09
54	7.47	7	6.98
60	7.47	6.98	6.88
66	7.58	7	6.94
72	7.64	7.07	7

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.46	7.18	
6	7.38	7.01	6.88
12	7.57	6.96	6.97
18	7.59	7.12	6.92
24	7.61	6.96	6.94
30	7.55	6.99	6.93
36	7.34	6.85	6.78
42	7.69	6.94	6.92
48	7.74	7.12	6.87
54	7.7	6.96	6.89
60	7.63	6.98	6.88
66	7.58	7	7.01
72	7.64	7.07	7.05

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.58	7.1	7.04
6	7.18	7	6.96
12	7.32	7.01	6.94
18	7.4	7.03	6.96
24	7.41	7.03	7.03
30	7.37	7	6.93
36	7.34	6.92	6.89
42	7.67	7.15	6.98
48	7.53	6.98	6.9
54	7.47	7	6.91
60	7.37	6.95	6.87
66	7.75	7.31	7.13
72	7.59	7.01	6.98

การทดลองช่วงที่ 2

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.55	7.01	6.98
6	7.74	7.18	7.09
12	7.58	7.04	7.04
18	7.51	7.08	7.01
24	7.29	6.91	6.95
30	7.7	7.16	7.03
36	7.58	7.05	6.95
42	7.6	7.03	6.99
48	7.28	6.94	6.84
54	7.58	7.28	7.26
60	7.52	6.95	6.87
66	7.44	6.9	6.8
72	7.45	6.95	6.9

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.45	6.95	6.9
6	7.81	7.16	7.15
12	7.5	7	6.91
18	7.52	6.94	6.85
24	7.62	6.94	6.85
30	7.57	7.09	6.85
36	7.6	6.94	6.88
42	7.43	7.02	6.93
48	7.54	6.96	6.95
54	7.69	7.12	6.96
60	7.62	6.99	6.91
66	7.49	6.93	6.89
72	7.5	7.22	6.99

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.45	6.95	6.9
6	7.6	7.1	6.91
12	7.54	7.02	7.01
18	7.35	7.01	7.01
24	7.66	7.04	6.95
30	7.75	7.21	6.98
36	7.7	7.04	6.96
42	7.6	7.05	6.96
48	7.71	7.04	7.03
54	7.7	7.05	7.05
60	7.76	7.09	6.99
66	7.34	6.98	6.99
72	7.66	7.21	7.2

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.56	7.09	7.04
6	7.66	7	7.07
12	7.67	7.27	7.12
18	7.77	7.36	7.18
24	7.75	7.2	7.15
30	7.38	7.1	7.07
36	7.54	7.17	7.1
42	7.43	7.07	7.02
48	7.58	7.15	7.15
54	7.85	7.39	7.2
60	7.74	7.11	7.13
66	7.52	7.09	7.03
72	7.62	7.2	7.13

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.59	7.01	6.98
6	7.55	7.08	7.03
12	7.64	7.07	7
18	7.77	7.1	7.02
24	7.78	7.08	6.96
30	7.55	7.07	6.99
36	7.56	7.08	7.05
42	7.62	7.05	7.03
48	7.55	7.08	7.06
54	7.49	7.1	7
60	7.63	7.15	7.15
66	7.67	7.35	7.07
72	7.69	7.17	7.08

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.59	7.01	6.98
6	7.87	7.2	7.14
12	7.72	7.22	7.1
18	7.6	7.15	7.07
24	7.57	7.1	7.04
30	7.85	7.31	7.12
36	7.6	7.11	7.02
42	7.36	7.02	6.94
48	7.58	7.04	6.98
54	7.74	7.28	7.26
60	7.68	7.06	7
66	7.42	7.01	6.9
72	7.49	7.05	7.03

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.8	7.35	7.22
6	7.67	7.18	7.12
12	7.6	6.99	6.9
18	7.75	7.18	7.07
24	7.85	7.35	7.12
30	7.76	7.16	7.09
36	7.22	6.97	6.87
42	7.51	6.95	6.9
48	7.73	7.27	7.05
54	7.65	7.16	7.1
60	7.3	7	6.92
66	7.5	6.98	6.92
72	7.81	7.23	7.05

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.8	7.21	7.22
6	7.35	6.99	6.92
12	7.47	7.06	6.9
18	7.59	7.01	6.97
24	7.65	6.99	6.96
30	7.39	7.03	6.96
36	7.47	7.05	6.92
42	7.69	7.2	7.06
48	7.64	7.07	6.99
54	7.46	7.06	7.02
60	7.61	7.06	7.01
66	7.79	7.32	7.11
72	7.69	7.1	7.03

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.8	7.22	7.18
6	7.51	7.01	6.99
12	7.7	7.04	7.06
18	7.88	7.19	7.01
24	7.77	7.11	6.99
30	7.59	7.02	7.03
36	7.73	7.11	7.05
42	7.8	7.2	7.2
48	7.72	7.1	7.07
54	7.57	7.03	7.06
60	7.62	7.15	7.06
66	7.7	7.2	7.12
72	7.71	7.2	7.12

การทดลองช่วงที่ 3

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 2 ใบ

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.75	7.2	7.08
6	7.53	7.09	7
12	7.67	7.18	7.05
18	7.75	7.28	7.13
24	7.74	7.19	7.11
30	7.59	7.18	7.09
36	7.65	7.1	7.04
42	7.8	7.35	7.16
48	7.69	7.17	7.1
54	7.68	7.21	7.15
60	7.82	7.25	7.2
66	7.71	7.18	7.09
72	7.63	7.13	7.07

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 6 ใบ

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	7.75	7.22	7.12
6	7.58	7.23	7.11
12	7.72	7.19	7.14
18	7.8	7.25	7.2
24	7.7	7.2	7.18
30	7.51	7.15	7.02
36	7.72	7.24	7.14
42	7.71	7.32	7.09
48	7.76	7.2	7.11
54	7.45	7.13	7.03
60	7.78	7.31	7.16
66	7.77	7.34	7.15
72	7.76	7.22	7.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผ-3 ค่าประจุคอลลอยด์ของน้ำดิบ, น้ำหลังผสมสารส้ม และน้ำผลิต ที่เวลาต่างๆ

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-610	-590	20
12	-620	-600	10
24	-600	-540	40
36	-760	-700	80
48	-520	-510	40
60	-700	-630	50
72	-460	-440	20

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-650	-620	-25
12	-640	-600	60
24	-520	-500	-30
36	-690	-520	40
48	-500	-450	-10
60	-580	-500	-60
72	-530	-480	-20

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-560	-540	40
12	-720	-650	-20
24	-560	-500	40
36	-770	-750	-60
48	-660	-630	80
60	-700	-670	100
72	-530	-480	-20

หน่วย: มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^4

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-800	-800	40
12	-800	-800	60
24	-700	-680	40
36	-480	-440	80
48	-500	-480	80
60	-620	-420	20
72	-800	-800	100

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-480	-450	20
12	-380	-360	40
24	-460	-460	60
36	-480	-450	20
48	-580	-520	40
60	-800	-600	60
72	-800	-800	100

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-800	-780	20
12	-640	-600	60
24	-660	-620	20
36	-500	-440	80
48	-460	-400	40
60	-540	-480	80
72	-540	-520	20

หน่วย: มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^4

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-570	-510	40
12	-490	-490	60
24	-600	-550	110
36	-500	-480	100
48	-540	-480	60
60	-350	-220	40
72	-450	-400	80

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-400	-390	60
12	-420	-400	80
24	-520	-500	80
36	-440	-400	20
48	-520	-450	70
60	-600	-510	-10
72	-480	-440	120

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-340	-300	40
12	-260	-180	80
24	-420	-400	30
36	-400	-390	80
48	-380	-390	90
60	-390	-340	100
72	-420	-380	10

หน่วย: มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^4

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 2 ใบ

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-400	-380	-20
12	-520	-500	0
24	-500	-440	-40
36	-420	-380	30
48	-510	-510	10
60	-510	-470	0
72	-490	-470	20

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 6 ใบ

เวลา(ชม.)	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	-500	-490	20
12	-500	-480	0
24	-500	-460	80
36	-480	-430	30
48	-460	-440	40
60	-580	-500	-40
72	-560	-500	-60

หน่วย: มิลลิอิควิวาเลนซ์/ลิตร x 10^4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาพด่างน้ำดิบ, น้ำหลังผสมสารส้มและน้ำผลิต ที่เวลาต่างๆ

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	87	80	80
12	87	80	80
24	82	72	70
36	82	70	70
48	80	75	74
60	78	74	73
72	76	70	70

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.1มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	87	80	80
12	77	65	64
24	76	68	64
36	84	74	74
48	74	68	66
60	78	70	69
72	78	72	71

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	78	67	67
12	80	68	68
24	78	70	71
36	74	65	64
48	74	66	68
60	76	70	67
72	75	69	69

หน่วย:มก./ล หินปูน

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	76	70	70
12	68	62	60
24	72	64	64
36	70	60	61
48	67	56	58
60	69	57	57
72	68	56	55

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	70	58	58
12	63	49	50
24	66	54	52
36	70	60	62
48	70	60	58
60	72	60	58
72	68	64	62

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	70	58	58
12	68	54	54
24	63	51	51
36	61	53	52
48	65	55	54
60	62	57	54
72	60	54	53

หน่วย:มก./ล หินปูน

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7มก./ล ไม่มีการเวียนมวลของแข็ง

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	62	53	52
12	62	50	50
24	61	51	50
36	64	55	51
48	61	53	50
60	62	54	52
72	62	54	54

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7มก./ล เวียนมวลของแข็ง0.3

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	78	72	71
12	78	70	68
24	78	66	66
36	78	72	71
48	79	66	66
60	83	71	71
72	82	72	69

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	76	66	64
12	74	64	64
24	74	67	67
36	70	63	61
48	77	68	67
60	68	61	61
72	71	59	60

หน่วย:มก./ล หินปูน

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	69	60	59
12	66	60	60
24	69	61	61
36	68	59	59
48	65	57	57
60	65	60	58
72	68	58	58

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	68	58	59
12	69	58	59
24	68	61	60
36	72	66	67
48	78	66	64
60	76	70	68
72	77	68	68

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	84	75	74
12	85	76	76
24	86	78	76
36	84	77	75
48	86	75	75
60	84	76	76
72	80	74	72

หน่วย:มก./ล ทินปูน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	82	72	69
12	78	70	70
24	82	73	70
36	85	72	71
48	88	76	76
60	84	75	75
72	86	78	76

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	80	74	72
12	82	74	72
24	83	72	73
36	82	72	72
48	78	71	69
60	80	68	68
72	76	66	64

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	77	69	69
12	78	71	70
24	80	74	74
36	84	74	76
48	89	75	75
60	91	82	81
72	83	76	76

หน่วย:มก./ล หินปูน

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	85	75	76
12	87	82	82
24	86	80	80
36	94	84	83
48	89	80	78
60	92	81	81
72	88	80	80

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	90	81	80
12	93	82	82
24	92	84	84
36	89	83	82
48	91	82	81
60	95	84	82
72	96	86	82

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 2 ใบ

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	102	92	90
12	98	92	90
24	100	92	91
36	99	93	93
48	100	93	91
60	100	89	90
72	98	88	89

หน่วย:มก./ล หินปูน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 6 ใบ

เวลา	น้ำดิบ	หลังผสม	น้ำผลิต
0	100	94	92
12	98	92	90
24	98	90	88
36	98	92	92
48	99	93	91
60	97	93	91
72	97	94	90

หน่วย:มก./ล หินปูน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น-4 ค่าของแข็งในถังปฏิกรณ์ที่ระดับต่างๆ และ เวลาต่างๆ

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	14760	35150	26710	24360	30120	41290	38360
ระดับ 30	29160	49310	53790	44450	60400	51100	51170
ระดับ 60	25200	34990	38370	35090	43910	41130	40410
ระดับ 90	24520	35240	34480	32290	37890	39730	36260
ระดับ 120	24530	32450	34170	31050	41240	37430	35960
ระดับ 150	24240	29570	20720	29170	39910	38280	27010

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	23180	27130	25120	24540	21810	21530	21300
ระดับ 30	40510	52380	48150	43390	42200	47310	44720
ระดับ 60	37520	39250	35950	34170	32340	33990	33490
ระดับ 90	36560	33990	35720	32570	30500	30330	30830
ระดับ 120	36680	34420	33480	30390	32600	31930	30980
ระดับ 150	26280	25640	21750	25430	30190	30360	25010

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.5 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	8760	10230	8020	8520	13650	9010	7760
ระดับ 30	23150	24160	25930	18080	23950	22750	22840
ระดับ 60	20180	23120	22050	17630	21430	21060	23100
ระดับ 90	19650	24280	19920	17540	21070	20060	21330
ระดับ 120	18740	22570	21390	17770	22430	21020	22510
ระดับ 150	17360	23410	18210	14560	19960	14540	18010

หน่วย:มิลลิกรัมต่อลิตร

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	20750	34200	30360	45200	36780	34560	44720
ระดับ 30	43170	58100	50110	50770	62200	71520	62200
ระดับ 60	29030	39230	38870	45780	52560	53310	44860
ระดับ 90	26330	34180	37850	43510	42920	45510	40520
ระดับ 120	26530	32760	38420	40280	41270	45090	44300
ระดับ 150	25560	31450	39180	39160	40070	44020	42010

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	16220	20180	22870	23680	21600	18570	22280
ระดับ 30	39140	45690	45700	44510	43690	40450	47120
ระดับ 60	30410	35950	36790	38440	37070	36450	35530
ระดับ 90	29750	34780	37080	38520	35860	36670	35680
ระดับ 120	25850	33730	37820	37630	35160	36260	33060
ระดับ 150	25950	21588	27220	26400	22324	25960	25360

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.7 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	28450	26340	19740	15040	14520	13030	14760
ระดับ 30	37140	33170	30700	36270	32620	25830	29160
ระดับ 60	30460	28100	27480	31240	29270	24230	25200
ระดับ 90	30110	29100	26780	28040	26080	23420	24520
ระดับ 120	29040	27230	28090	27590	29120	23850	24530
ระดับ 150	28320	28420	28970	26580	22670	22450	24240

หน่วย:มิลลิกรัมต่อลิตร

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 2 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	103910	72870	49960	57470	61160	58580	65800
ระดับ 30	120090	107640	135980	130180	148720	147660	138210
ระดับ 60	112480	102580	134900	121820	112690	133410	108220
ระดับ 90	60070	55910	102630	90930	65840	84020	71840
ระดับ 120	58250	59640	86490	85880	66450	81650	70650
ระดับ 150	57750	56620	69740	70360	65210	67980	63950

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 4 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	72610	55140	45560	84490	49110	75650	91410
ระดับ 30	120090	114700	110610	107560	112610	118100	117680
ระดับ 60	92540	88910	82650	74760	73870	81730	80570
ระดับ 90	74210	65840	55780	61490	55440	60590	56050
ระดับ 120	58250	64480	56160	61830	53270	54330	52700
ระดับ 150	57750	59520	56060	59280	35540	15530	52550

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.9 มก./ล อัตราการหมุน 6 รอบต่อนาที

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	42060	39200	35060	35580	32120	32130	38480
ระดับ 30	120090	118480	117620	96240	89320	93210	99970
ระดับ 60	76580	59300	54950	55790	52960	51270	52280
ระดับ 90	52010	44970	40030	39560	38760	37180	34330
ระดับ 120	49540	47930	37920	37490	39280	34630	34030
ระดับ 150	42650	33660	34220	36130	37410	33450	32320

หน่วย:มิลลิกรัมต่อลิตร

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 2 ใบ

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	18280	14348	13956	11700	12840	12544	14952
ระดับ 30	37960	33012	27180	31104	29692	32828	29648
ระดับ 60	19200	20488	18828	19520	17580	16500	18464
ระดับ 90	18036	19096	17624	18444	17024	16440	17692
ระดับ 120	17260	19460	17068	17820	16824	15608	17044
ระดับ 150	18890	12996	15496	17044	15172	16964	16956

โพลีเมอร์ไม่มีประจุ 0.3 มก./ล จำนวนใบ 6 ใบ

เวลา	ชม.0	ชม.12	ชม.24	ชม.36	ชม.48	ชม.60	ชม.72
ระดับ 0	12480	17580	14692	14672	18460	13272	11952
ระดับ 30	30600	25912	35824	31308	29780	38176	29648
ระดับ 60	19290	19908	22404	18488	19196	29128	16480
ระดับ 90	19190	18044	19460	19232	17692	19632	16284
ระดับ 120	18630	19680	21560	19400	17548	19652	16960
ระดับ 150	18890	19596	19820	18224	18088	16728	15600

หน่วย:มิลลิกรัมต่อลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก บ

ค่าAl/T และP/T ในการทดลอง

ตาราง บ-1 ค่า Al/T และP/T

โพลีเมอร์	อัตราการหมุนใบกวน	Al/T	P/T
0.5 มก./ล	2 รอบต่อนาที	0.0075	0.0027
	4 รอบต่อนาที	0.008	0.003
	6 รอบต่อนาที	0.007	0.0025
0.7 มก./ล	2 รอบต่อนาที	0.008	0.004
	4 รอบต่อนาที	0.0087	0.0044
	6 รอบต่อนาที	0.0095	0.0048
0.9 มก./ล	2 รอบต่อนาที	0.012	0.008
	4 รอบต่อนาที	0.012	0.008
	6 รอบต่อนาที	0.015	0.0098

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ป

บันทึกการทดลอง

มกราคม-เมษายน 2540

-ปรับปรุงแก้ไขแบบถังปฏิกรณ์

-สั่งประกอบถังปฏิกรณ์

-ศึกษารายละเอียดอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองและสั่งซื้อ

พฤษภาคม-สิงหาคม 2540

-ติดตั้งถังปฏิกรณ์และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่การประปานครหลวงบางเขน

-ทดลองขั้นต้นเพื่อหาความเหมาะสม

-ลดจำนวนใบปฏิกรณ์ลงและพบว่าเมื่อใบน้อยลงมีผลการทดลองที่ดีขึ้น

-เปลี่ยนท่อกวนสถิตย์ให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ปริมาณน้ำเข้าระบบสูงขึ้น

-พบว่าโพลีเมอร์ที่ใช้อยู่ผสมแล้วมีอายุการใช้งานสั้น จึงนำไปเปลี่ยนใหม่

-ทดลองเปลี่ยนโพลีเมอร์เป็นประจุลบแต่ก็ยังสร้างเพ็ลเล็ตไม่ได้

-ทดลองเริ่มระบบด้วยวิธีใส่ดินคาโอลินในท่อน้ำเข้าระบบเพื่อให้เหมือนกับการทดลองในระบบขนาดทดลองแต่ก็ยังสร้างเพ็ลเล็ตไม่ได้

กันยายน-ธันวาคม 2540

-ทดลองตามแผนการทดลอง

-ทดลองการเวียนกลับเพ็ลเล็ต พบว่าระบบล้มเหลว น้ำผลิตมีคุณภาพไม่คงที่

-เปลี่ยนการทดลองเป็นการหาความเหมาะสมในเรื่องความปั่นป่วนในระบบ พบว่าที่ความปั่นป่วนที่น้อยลงระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

ประวัติผู้เขียน

นายพลภัทร อรัณยกานนท์ เกิดวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2513 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร จบชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2537

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย