เอกสารอ้างอิง

1.Virgil,B.H. Petroleum products handbooks. 1st ed. New York : McGraw Hill Book Co., 1960.

2.Nelson,W.L. Petroleum Refinery Engineering. 4th ed. New York: McGraw Hill Book Co., 1965.

3.ภาวิณี คณาสวัสดิ์. อินทรีย์เคมีพื้นฐานเล่ม1. พิมพ์ครั้งที่ 1 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2522.

4.William,F.B.,and R.L. Davidson, Petroleum Processing Handbook, New York: McGraw Hill Book Co., 1967.

5.Wilfrid, F., and M.C. Peters., Fuel and Fuel Technology, 2nd (SI)ed. New York: Pergamon Press Co., 1980.

6.Bieley, C.A.,and Anrovs, The Lubrication Engineering manual, 1st ed., U.S.A.: United States Steel Co.,1971.

7.Larson,C.M.,and R. Larson. Standard Handbook of Lubrication Engineering. J.J ed. New York: Mc Graw Hill Co.,1968.

8.SBP Board of Consultants & Engineerings.Industrial Lubricants, Greases & Related Products. SBP Chemical Engineering Series No.8. Delhi: Small Business Publications.

9.Ferris,S.W.,E.R.Birkhimer,and L.M.Henderson.Sovent Extraction of Lubrication Oil. Vol.23. New York: Mc Graw Hill Co., 1931.

10.Ullmanno, and Fritz. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. 3th ed. Weinheim: Federal Republic of Ger many. 1985

11.Abou El Naga,H.H., and A.E.M.Salem, "Beas Oil Thermooxidation," Lubrication Engineering. vol. 42 No.4.,1969.

12.Horne,W.A., and J.Mc Afee. "Hydrogination of Petroleum and Its Fractions." Advances in Petroleum Chemistry and Refining. (kobe,K.A. and J.J. Meketta. Jr. ed.). vol.3. New York: Intersice., 1965.

13.การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. กองควบคุมคุณภาพ. ฝ่ายวิศวกรรมและบริการ. ด้านการตลาด. การหล่อลื่นอย่างมีประสิทธิภาพ. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายประชาสัมพันธ์ การปิโตรเลียม แห่งประเทศไทย, 2530.

14.Murray,D.W..,J.M. MacDonal, A.M. White, and P.G. Wright. "The effect of Basestock composition on Lubricant oxidation performance." IP 82-002, 1982.

15.texas OilCo., "Lubrication Oil Processing Development." Lubrication. vol.19. No.9, 1964.

16.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์. ภาควิชาเคมีเทคนิค. 2530. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องการแยกสกัดสาร. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

17.กัญจนา บุญเกียรติ. การคำนวนขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.

18.ถนอมสิน ดิสถาพร. คู่มือปฏิบัติการอินทรียเคมี. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน, 2530.

19.วีรศักดิ์ ธนาพรสิน. การผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากน้ำมันเตาใสเบาและน้ำมันเตาใสหนักโดยกระบวนการแยกไขด้วยตัวทำละลายและกระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2533.

20.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม. หลักการออกแบบเครื่องมือแยกสาร. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2530.

21.ชำรง โชตะมังสะ และ สุจิตต์ สนองคุณ. เชื้อเพลิงและวัสดุหล่อลื่น(Fuel & Lubricant). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์พิทักษ์อักษร, 2531.

22.การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย. กองควบคุมคุณภาพ. ฝ่ายวิศวกรรมและบริการ. ด้านการตลาด. ความรู้และการทดสอบผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายประชาสัมพันธ์ การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2533.

23.บริษัท เอสโซ่แสตนดาร์ดประเทศไทย จำกัด. แผนกบริการเทคนิค. ฝ่ายธุรกิจอุตสาหกรรม และการพานิชย์. น้ำมันเชื้อเพลิงและผลิตภัณฑ์หล่อลื่น. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายธุรกิจอุต สาหกรรมและการพานิชย์, 2530.

24.ธวัชชัย ศรีวิบูลย์. เคมีวิเคราะห์2(Analytical Chemistry II). พิมพ์ครั้งที่4. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2534.

25.บริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด. แผนกเทคนิค. คู่มือผลิตภัณฑ์หล่อลื่นเชลล์. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพมหานคร: แผนกเทคนิค บริษัท เชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด, 2532.

26.Gray,J.H.,and G.E.Hand werk. Petroleum Refining(Technology & Economics). 3rd ed. New York: McGraw Hill Book Co., 1963.

27.Lubrizol Corperation. Far East Technical Presentation. Ohio: Lakeland Boulevard, 1983.

28.Nichols, C.W. "What happen to a Labricant in Service". General Lubrication Engineering Pratice. chapter17. New York: Mc Graw Hill Co., 1980.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการทดลอง

การทดลองที่1

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 100 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Solvent ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG) 300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	100	50.8	52.2	53.6	51.4	52.1	53.4	52.25
0.2	0.4	100	60.1	59.2	58.7	60	57.3	58.2	58.9166667
0.2	0.6	100	72.2	69.8	73.1	72.6	71.8	70.7	71.7
0.2	0.8	100	103.6	104.4	100.9	102.3	104.4	101.7	102.883333
0.2	1	100	123.1	120.7	121.6	124.7	125.2	124.1	123.233333

ตารางที่ ก.1 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้ตัวทำละลายคงที่

การทดลองที่2

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 300 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Solvent ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	300	37.5	38.3	38.2	39.7	37.6	36.8	38.0166667
0.2	0.4	300	44.2	45.5	44.4	43.3	45.1	44.8	44.55
0.2	0.6	300	56.4	55.8	54.7	55.9	56.1	55.2	55.6833333
0.2	0.8	300	79.1	77.5	78.3	78.7	79.6	76.2	78.2333333
0.2	1	300	94.2	95.3	93.7	95.5	96.7	96.4	95.3

ตารางที่ ก.2 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้ตัวทำละลายคงที่

การทดลองที่3

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 500 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Solvent ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	500	29.5	29.4	30.7	30.5	28.7	28.9	29.6166667
0.2	0.4	500	30.2	30.4	31.3	31.8	30.3	29.6	30.6
0.2	0.6	500	35.1	36.7	35.9	34.6	34.1	33.8	35.0333333
0.2	0.8	500	46.7	45.3	48.2	47.7	47.2	45.2	46.7166667
0.2	1	500	64.7	66.3	65.5	64.5	66.7	65.8	65.5833333

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้ตัวทำละลายคงที่

การทดลองที่4

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 700 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Solvent ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	700	28.9	28.8	29.8	30.2	30.7	29.6	29.6666667
0.2	0.4	700	29.9	31.1	29.7	28.7	30.4	30.2	30
0.2	0.6	700	31.3	30.5	31.4	31.6	29.7	30.8	30.8833333
0.2	0.8	700	36.2	34.8	35.9	34.1	33.8	34.7	34.9166667
0.2	1	700	42.2	43.1	42.5	41.7	40.7	41.1	41.8833333

ตารางที่ ก.4 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้ตัวทำละลายคงที่

การทดลองที่5

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 900 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Solvent ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	900	30.7	30.5	28.4	29.6	30.1	31.7	30.1666667
0.2	0.4	900	29.6	31.7	31.5	30.8	29.8	30.7	30.6833333
0.2	0.6	900	30.5	31.3	29.1	28.7	28.4	30.2	29.7
0.2	0.8	900	28.5	29.3	31.3	30.4	30.1	31.1	30.1166667
0.2	1	900	30.1	29.3	31.2	30.5	28.8	29.4	29.8833333

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้ตัวทำละลายคงที่

การทดลองที่6

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 100 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Base Oil ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	100	50.8	52.2	53.6	53.1	54.2	53.8	52.95
0.4	0.2	100	43.6	41.8	42.2	43.3	43.7	42.1	42.783333
0.6	0.2	100	35.8	36.1	34.4	35	34.2	34	34.916667
0.8	0.2	100	30.3	31.5	31.2	30.7	32.1	30.6	31.066667
1	0.2	100	30	30.4	30.7	29.4	29.7	29.3	29.916667

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่

การทดลองที่7

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 300 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Base Oil ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	300	37.5	38.3	38.2	39.2	38.4	38	38.266667
0.4	0.2	300	34.3	33.4	33.7	34.5	34.8	34.2	34.15
0.6	0.2	300	29.6	30.4	30.8	30.6	31.4	31.2	30.666667
0.8	0.2	300	30.6	29.2	31.4	30.3	29.7	29.1	30.05
1	0.2	300	29.5	29.7	30.3	31.2	29.8	30.4	30.15

ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่

การทดลองที่8

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 500 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Base Oil ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	500	33.4	32.5	31.3	33.7	32.1	31.8	31.2028
0.4	0.2	500	31.1	30.3	32.2	31.7	29.6	30.5	30.0821
0.6	0.2	500	30.5	30.1	28.4	31.2	30.8	29.4	30.066667
0.8	0.2	500	29.4	29.9	30.7	31.5	28.8	30.6	30.15
1	0.2	500	28.9	30.7	29.3	30.3	31.5	30.2	30.15

ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่

การทดลองที่9

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 700 rpm

กำหนดอัตราเร็วของ Base Oil ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	700	30.7	30.5	28.4	29.6	30.1	31.7	30.166667
0.4	0.2	700	30.1	29.2	31.4	28.9	30.8	29.7	30.016667
0.6	0.2	700	29.5	30.7	31.8	28.6	30.3	31.3	30.366667
0.8	0.2	700	28.8	30.5	29.7	31.2	30.9	29.7	30.133333
1	0.2	700	29.4	28.6	30.7	30.5	29.8	30.9	29.983333

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่

การทดลองที่10

Base Oil เริ่มต้นมีปริมาณของน้ำที่ปนอยู่= 3578 ppm.

กำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้คงที่ = 900 rpm

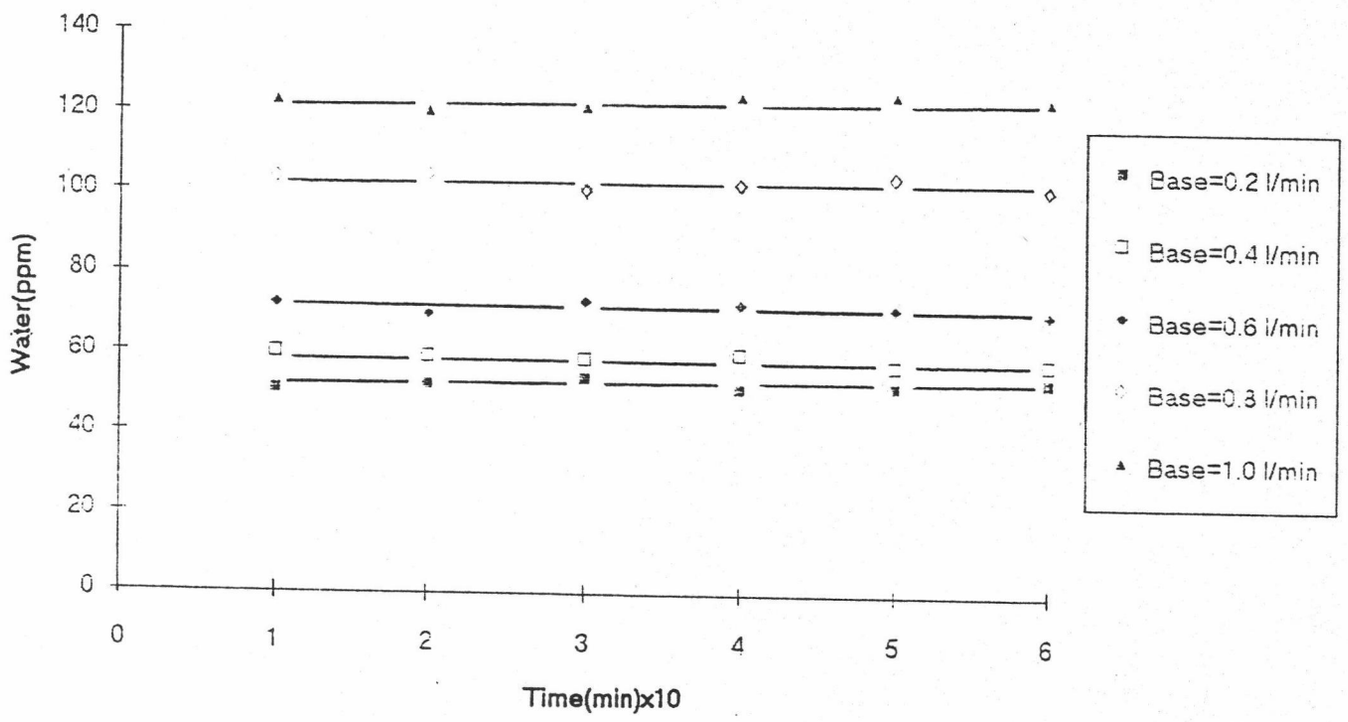
กำหนดอัตราเร็วของ Base Oil ให้คงที่= 0.2 lit/min

เก็บตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 30 ตัวอย่าง

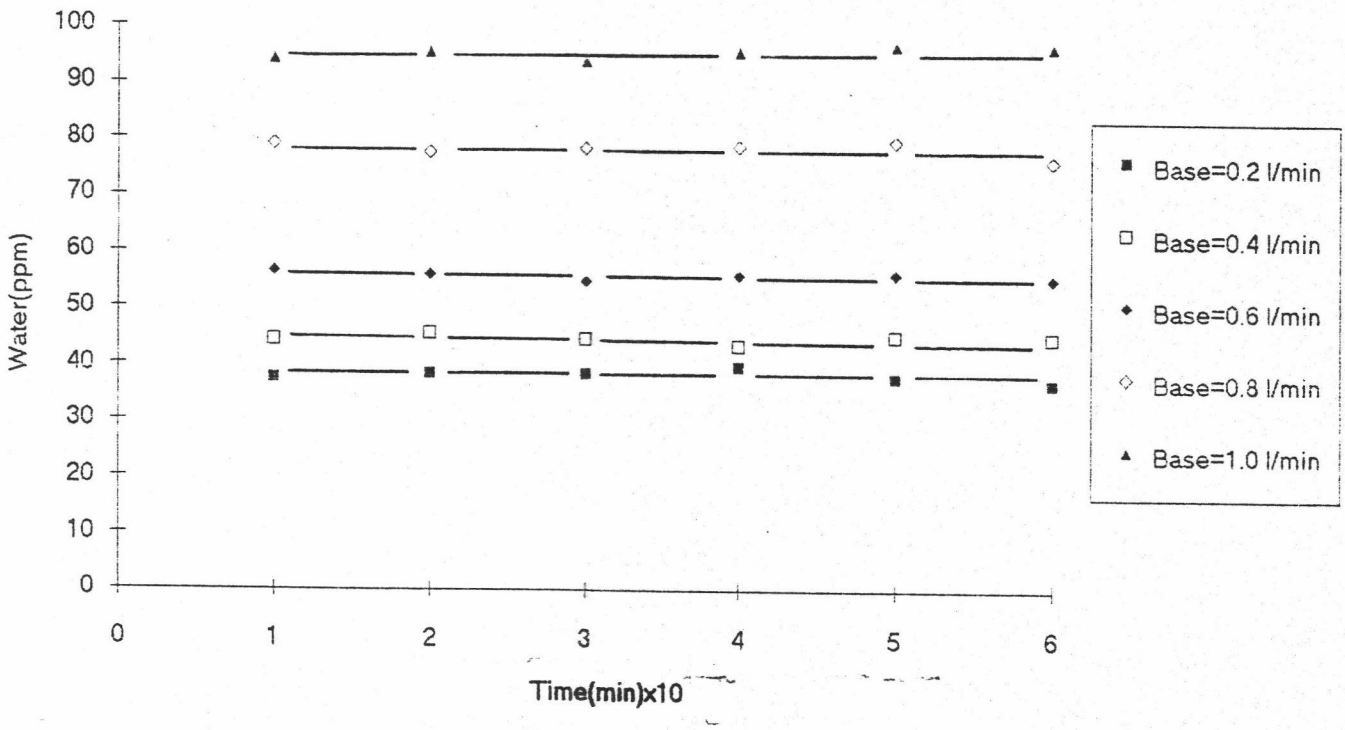
สารละลายที่ใช้คือ Poly Ethylene Glycol(PEG)300

Solvent (lit/min)	Base Oil (lit/min)	Speed (rpm)	Sample1 (10 min)	Sample2 (20 min)	Sample3 (30 min)	Sample4 (40 min)	Sample5 (50 min)	Sample6 (60 min)	Average (ppm)
0.2	0.2	900	28.9	28.8	29.8	30.2	30.7	29.6	29.666667
0.4	0.2	900	30.3	29.5	28.7	30.4	30.8	31.1	30.133333
0.6	0.2	900	29.6	30.2	30.6	31.1	29.7	30.4	30.266667
0.8	0.2	900	29.4	31.8	30.9	28.4	29.2	30.2	29.983333
1	0.2	900	30.3	30.8	28.8	29.1	28.7	30.6	29.716667

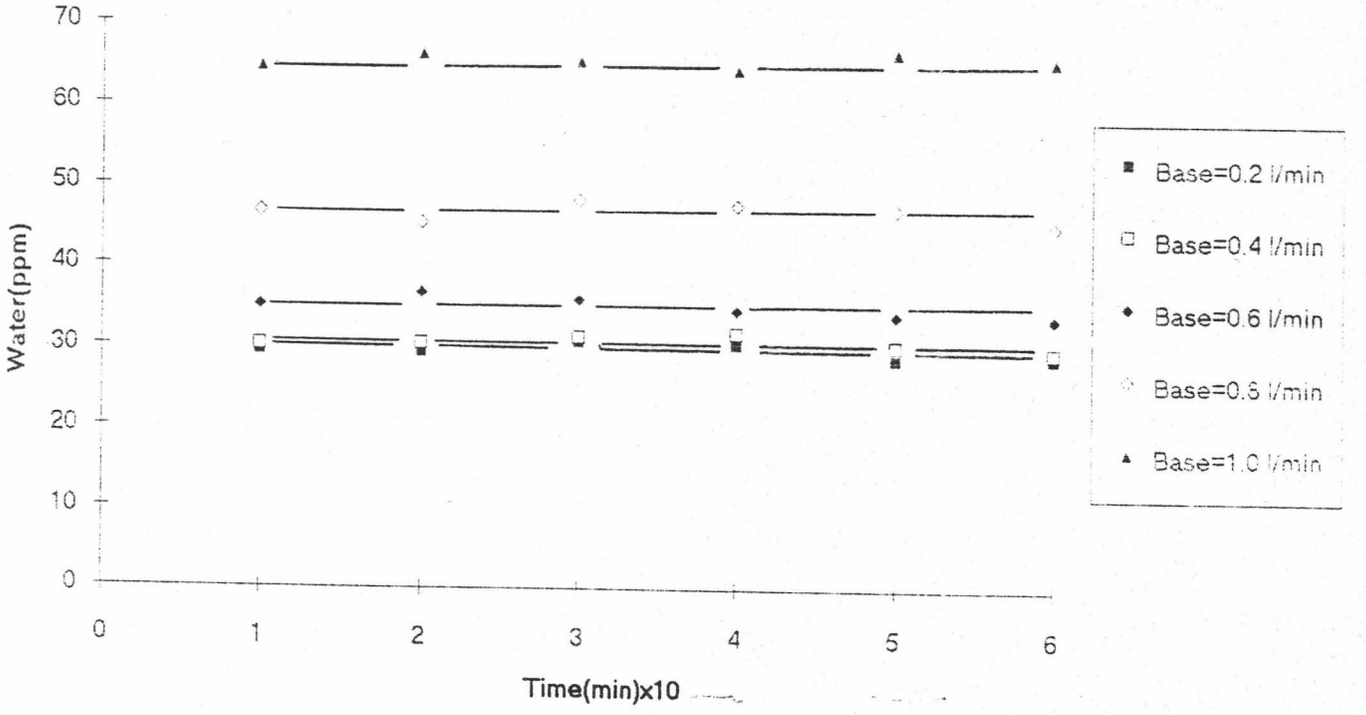
ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำแล้วโดยกำหนดให้น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่



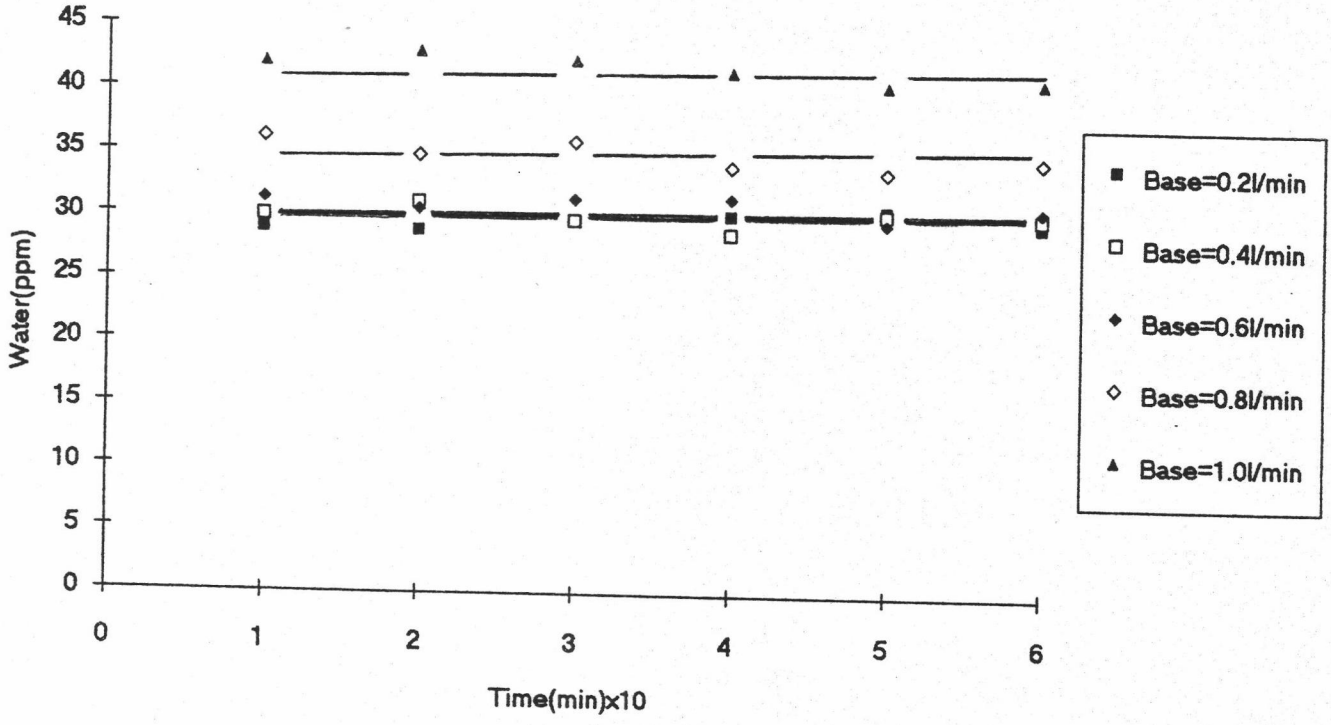
รูปที่ ก.1 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 100 รอบ/นาที



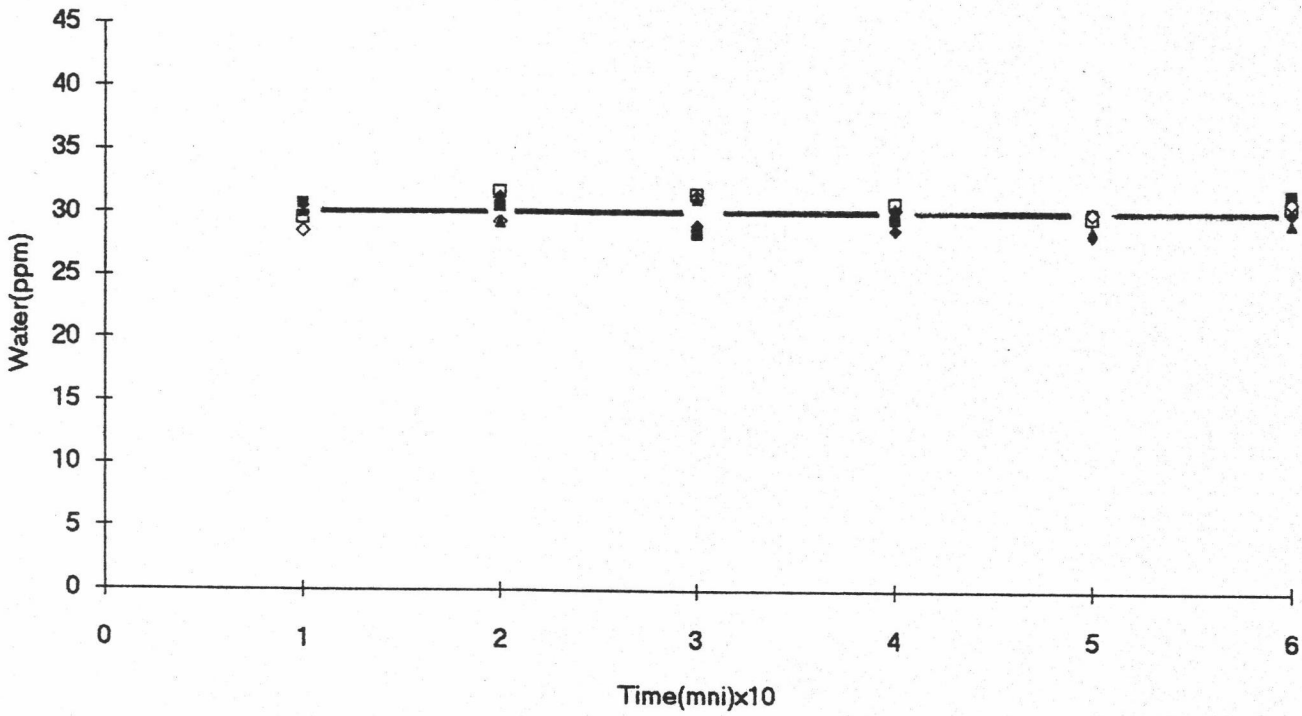
รูปที่ ก.2 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 300 รอบ/นาที



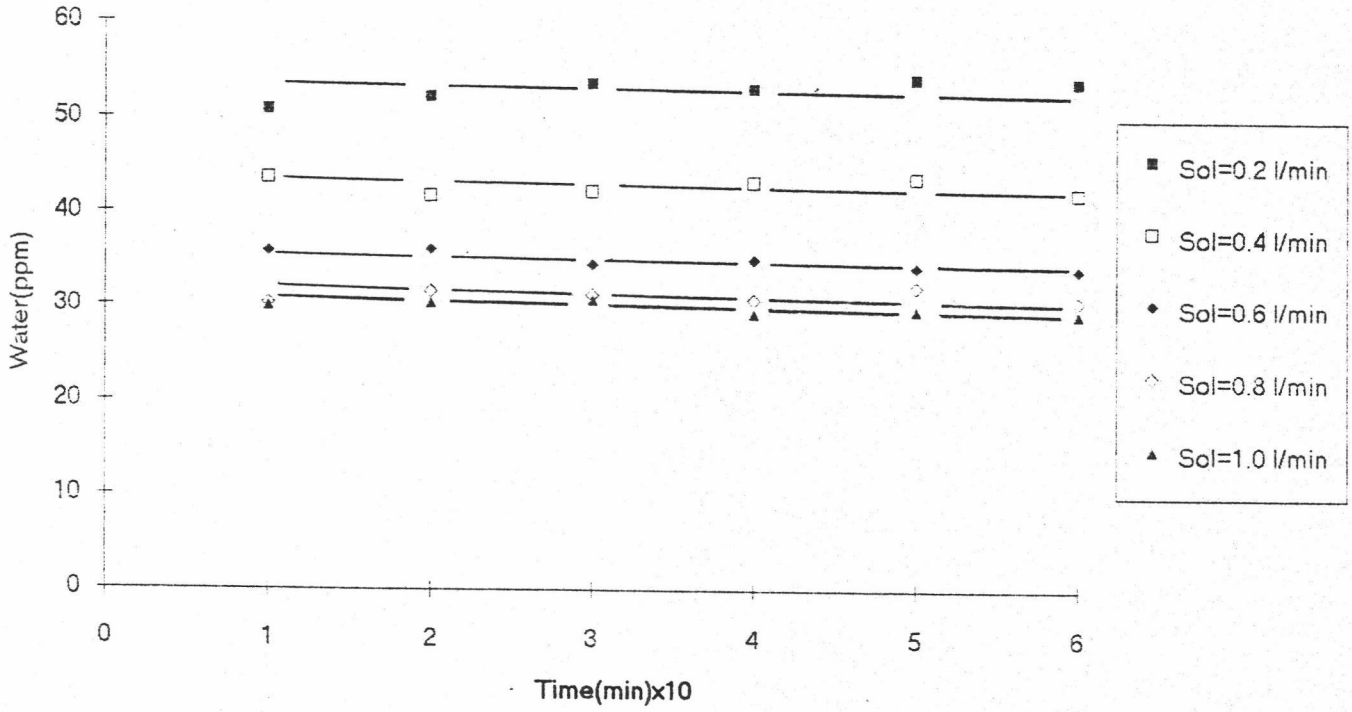
รูปที่ ก.3 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 500 รอบ/นาที



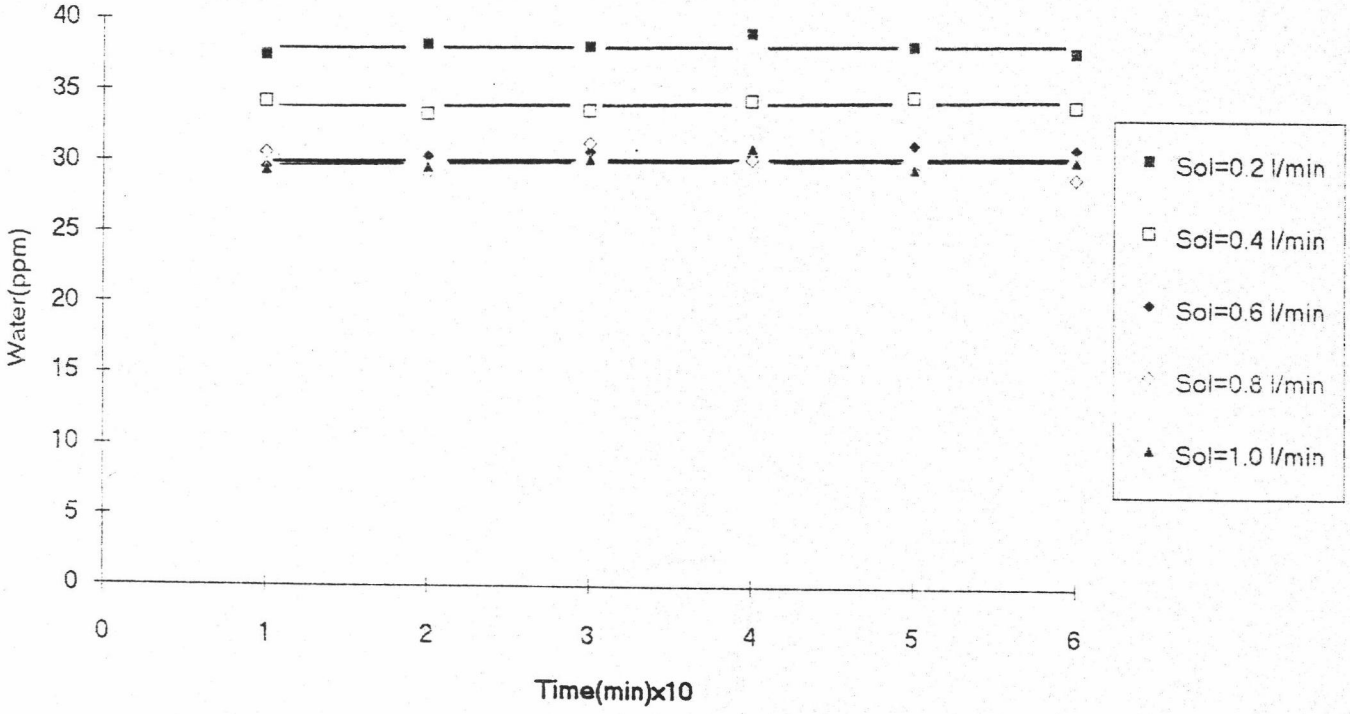
รูปที่ ก.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 700 รอบ/นาที



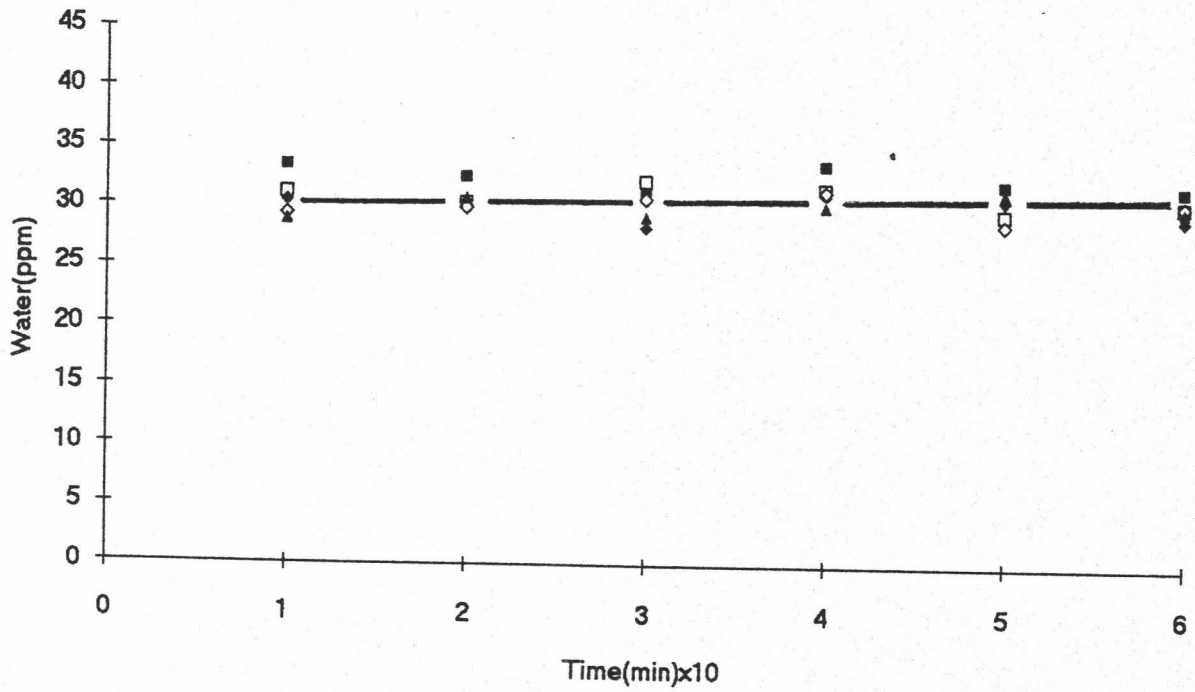
รูปที่ ก.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของตัวทำละลายคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 900 รอบ/นาที



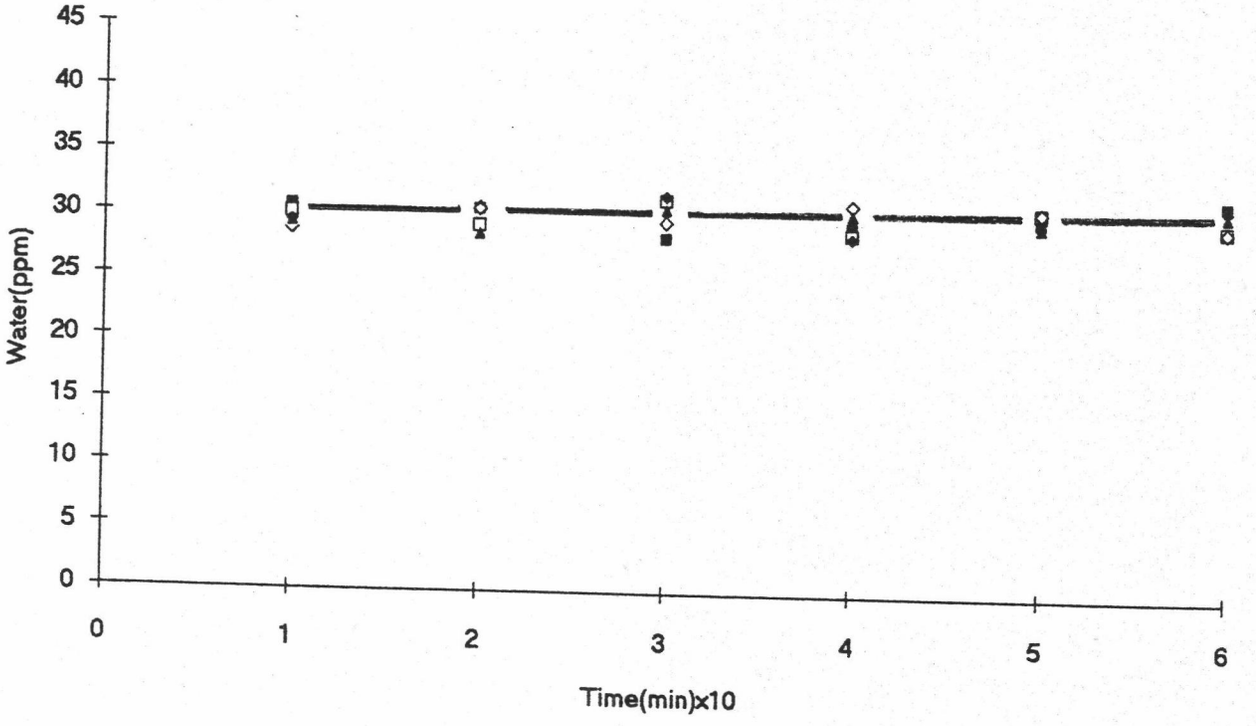
รูปที่ ก.6 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 100 รอบ/นาที



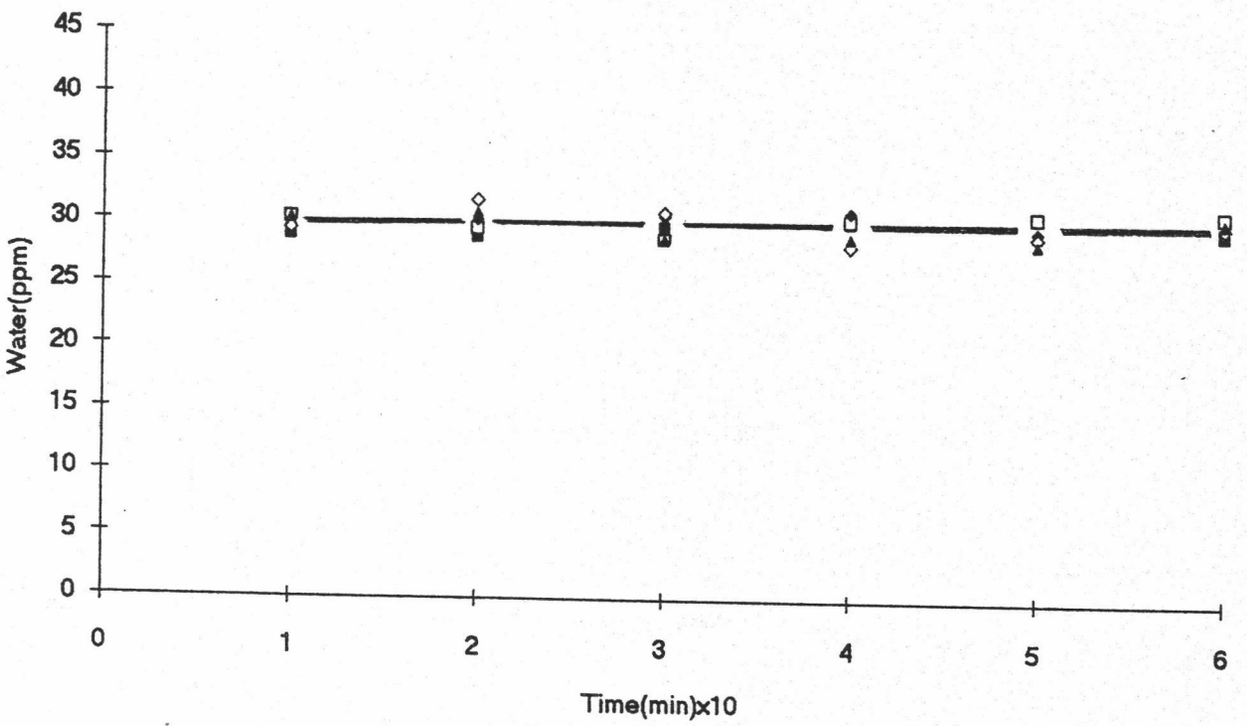
รูปที่ ก.7 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 300 รอบ/นาที



รูปที่ ก.8 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 500 รอบ/นาที



รูปที่ ก.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 700 รอบ/นาที



รูปที่ ก.10 กราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำกับเวลา โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานคงที่ 0.2 ลิตร/นาที ที่ความเร็วมอเตอร์ 900 รอบ/นาที

TABLE 3-120 Solubilities of Inorganic Compounds in Water at Various Temperatures*

This table shows the amount of anhydrous substance which is soluble in 100 g of water at the temperature in degrees Celsius as indicated, when the name is followed by †, the value is expressed in grams of substance in 100 cm^3 of saturated solution. Solid phase gives the hydrated form in equilibrium with the saturated solution.

	Substance	Formula	Solid phase	0°C.	10°C.	20°C.	30°C.	40°C.	50°C.	60°C.	70°C.	80°C.	90°C.	100°C.	
1	Aluminum chloride	$AlCl_3$	$6H_2O$	.....	.....	69.8[18°]	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1
2	sulfate	$Al_2(SO_4)_3$	$18H_2O$	31.2	33.5	36.4	40.4	46.1	52.2	59.2	66.1	73.0	80.8	89.0	2
3	Ammonium aluminum sulfate	$(NH_4)_2Al_2(SO_4)_4$	$24H_2O$	2.1	4.99	7.74	10.94	14.88	20.10	26.70	.....	.....	.....	109.7[96°]	3
4	bicarbonate	NH_4HCO_3	.....	11.9	15.8	21	27	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4
5	bromide	NH_4Br	.....	60.6	68	75.5	83.2	91.1	99.2	107.8	116.8	126	135.6	145.6	5
6	chloride	NH_4Cl	.....	29.4	33.3	37.2	41.4	45.8	50.4	55.2	60.2	65.6	71.3	77.3	6
7	chloroplatinate	$(NH_4)_2PtCl_6$	.....	.....	0.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.25	7
8	chromate	$(NH_4)_2CrO_4$	.....	.....	.....	.....	40.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	8
9	chromium sulfate	$(NH_4)_2Cr_2(SO_4)_4$	$24H_2O$	.....	.....	10.78[26°]	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	9
10	dichromate	$(NH_4)_2Cr_2O_7$	.....	.....	.....	.....	47.17	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	10
11	dihydrogen phosphite	$NH_4H_2PO_3$	.....	171	.....	190[14.6°]	260[81°]	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	11
12	hydrogen phosphate	$(NH_4)_2HPO_4$	.....	.....	.....	131[16]	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	12
13	iodide	NH_4I	.....	154.2	163.2	172.3	181.4	190.5	199.6	208.9	218.7	228.8	.....	250.3	13
14	magnesium phosphate	NH_4MgPO_4	$6H_2O$	0.023	.....	0.052	.....	0.036	0.030	0.040	0.016	0.019	.....	.....	14
15	manganese phosphate	NH_4MnPO_4	$7H_2O$	.....	.....	0	.....	0	.....	0	0.005	0.007	.....	.....	15
16	nitrate	NH_4NO_3	.....	118.3	.....	192	241.8	297.0	344.0	421.0	499.0	580.0	740.0	871.0	16
17	oxalate	$(NH_4)_2C_2O_4$	$1H_2O$	2.2	3.1	4.4	5.9	8.0	10.3	.....	.....	.....	.....	.....	17
18	perchlorate†	NH_4ClO_4†	.....	11.56	.....	20.85	.....	30.58	.....	39.05	.....	48.19	.....	57.01	18
19	persulfate	$(NH_4)_2S_2O_8$	.....	58.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	19
20	sulfate	$(NH_4)_2SO_4$	.....	70.6	73.0	75.4	78.0	81.0	.....	88.0	.....	95.3	.....	103.3	20
21	thiocyanate	NH_4CNS	.....	119.8	144	170	207.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	21
22	vanadate (meta)	NH_4VO_3	.....	.....	.....	0.48	0.84	1.32	1.78	.....	3.05	.....	.....	.....	22
23	Antimonious fluoride	SbF_3	.....	384.7	.....	444.7	563.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	23
24	sulfide	Sb_2S_3	.....	.....	.....	0.000175[18°]	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	24
25	Arsenic oxide	As_2O_3	.....	59.5	62.1	65.8	69.5	71.2	.....	73.0	.....	75.1	.....	76.7	25
26	Arsenious sulfide	As_2S_3	.....	5.17×10^{-6} at 18°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	26
27	Barium acetate	$Ba(C_2H_3O_2)_2$	$3H_2O$	59	63	71	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	27
28	acetate	$Ba(C_2H_3O_2)_2$	$1H_2O$	.....	.....	.....	75	79	77	74	74	.....	.....	75	28
29	carbonate	$BaCO_3$	.....	.....	0.0016[18°]	0.0022[18°]	0.0024 at 24.2°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	29
30	chlorate	$Ba(ClO_3)_2$	$1H_2O$	20.34	26.95	33.80	41.70	49.61	.....	66.81	.....	84.84	.....	104.9	30
31	chloride	$BaCl_2$	$2H_2O$	31.6	33.3	35.7	38.2	40.7	43.6	46.4	49.4	52.4	.....	58.8	31
32	chromate	$BaCrO_4$	.....	0.0002	0.00028	0.00037	0.00046	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	32
33	hydroxide	$Ba(OH)_2$	$8H_2O$	1.67	2.48	3.89	5.59	8.22	13.12	20.94	.....	101.4	.....	.....	33
34	iodide	BaI_2	$6H_2O$	170.2	185.7	203.1	219.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	34
35	iodide	BaI_2	$2H_2O$	.....	.....	.....	.....	231.9	.....	247.3	.....	261.0	.....	271.7	35
36	nitrate	$Ba(NO_3)_2$	.....	5.0	7.0	9.2	11.6	14.2	17.1	20.3	.....	27.0	.....	34.2	36
37	nitrite	$Ba(NO_2)_2$	$1H_2O$	.....	.....	67.5	.....	.....	.....	.....	.....	205.8	.....	300	37
38	oxalate	BaC_2O_4	.....	.....	0.0016[18°]	0.0022[18°]	0.0024 at 24.2°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	38
39	perchlorate	$Ba(ClO_4)_2$	$3H_2O$	205.8	.....	289.1	.....	358.7	426.3	.....	495.2	.....	562.3	.....	39
40	sulfate	$BaSO_4$	.....	1.15×10^{-4}	2.0×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.85×10^{-4}	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	40
41	Beryllium sulfate	$BeSO_4$	$6H_2O$	.....	.....	.....	52	.....	60.67	.....	.....	.....	.....	.....	41
42	sulfate	$BeSO_4$	$4H_2O$	.....	.....	.....	43.78	46.74	.....	.....	62	.....	83	100	42
43	sulfate	$BeSO_4$	$2H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	84.76	98	110	43
44	Boric acid	H_3BO_3	.....	2.66	3.57	5.04	6.60	8.72	11.54	14.81	16.73	23.75	30.38	40.25	44
45	Boron oxide	B_2O_3	.....	1.1	1.5	2.2	.....	4.0	.....	6.2	.....	9.5	.....	15.7	45
46	Bromine	Br_2	.....	4.22	3.4	3.20	3.13	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	46
47	Cadmium chloride	$CdCl_2$	$4H_2O$	97.59	125.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	47
48	chloride	$CdCl_2$	$2\frac{1}{2}H_2O$	90.01	.....	.....	132.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	48
49	chloride	$CdCl_2$	$1H_2O$	.....	135.1	134.5	.....	135.3	.....	136.5	.....	140.4	.....	147.0	49
50	cyanide	$Cd(CN)_2$	.....	.....	.....	1.7[18°]	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50
51	hydroxide	$Cd(OH)_2$	.....	.....	.....	.....	2.6×10^{-4} at 25°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	51
52	sulfate	$CdSO_4$	.....	76.48	76.00	76.60	.....	78.54	.....	83.68	.....	.....	63.13	60.77	52
53	Calcium acetate	$Ca(C_2H_3O_2)_2$	$2H_2O$	37.4	36.0	34.7	33.8	33.2	.....	32.7	.....	33.5	.....	.....	53
54	acetate	$Ca(C_2H_3O_2)_2$	$1H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	31.1	29.7	54

*By N. A. Lange. Abridged from "Table of Solubilities of Inorganic Compounds in Water at Various Temperatures" in Lange, *Handbook of Chemistry*, 10th ed., McGraw-Hill, New York, 1961. For tables of the solubility of gases in water at various temperatures, Atack (*Handbook of Chemical Data*, Reinhold, New York, 1957) gives values at closer temperature intervals, usually 1 or 5°C, than are tabulated here. For materials marked by †, additional data are given in tables subsequent to this one. For the solubility of various hydrocarbons in water at high pressures see *J. Chem. Eng. Data*, 4, 212 (1959).

1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1
2	acetate	$KC_2H_3O_2$	$1\frac{1}{2}H_2O$	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2
3	alum	$KAl(SO_4)_2$	$12H_2O$	3.0	4.0	5.9	8.39	11.70	17.66	24.75	33.5	44.5	57.5	71.0	3
4	bicarbonate	$KHCO_3$	.....	22.4	27.7	33.2	39.1	45.4	.....	60.0	.....	.....	.....	.....	4
5	bisulfate	$KHSO_4$	.....	36.3	.....	51.4	.....	67.3	.....	.....	.....	.....	.....	121.4	5
6	bitartrate	$KHC_4H_4O_6$	.....	0.32	0.40	0.53	0.90	1.32	1.83	2.46	.....	4.6	.....	6.95	6
7	carbonate	K_2CO_3	$2H_2O$	105.5	108	110.5	113.7	116.9	121.2	126.8	133.1	139.8	147.5	155.7	7
8	chlorate	$KClO_3$	.....	3.3	5	7.4	10.5	14	19.3	24.5	.....	38.5	.....	57	8
9	chloride	KCl	.....	27.6	31.0	34.0	37.0	40.0	42.6	45.5	48.3	51.1	54.0	56.7	9
10	chromate	K_2CrO_4	.....	58.2	60.0	61.7	63.4	65.2	66.8	68.6	70.4	72.1	73.9	75.6	10
11	dichromate	$K_2Cr_2O_7$	.....	5	7	12	20	26	34	43	52	61	70	80	11
12	ferricyanide	$K_3Fe(CN)_6$	.....	31	36	43	50	60	.....	66	.....	.....	.....	82.6[104]	12
13	hydroxide	KOH	$2H_2O$	97	103	112	126	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	13
14	hydroxide	KOH	$1H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	140	.....	.....	.....	.....	178	14
15	nitrate	KNO_3	.....	13.3	20.9	31.6	45.8	63.9	85.5	110.0	138	169	202	246	15
16	nitrite	KNO_2	.....	278.8	.....	298.4	.....	334.9	.....	.....	.....	.....	.....	412.8	16
17	perchlorate	$KClO_4$	.....	0.75	1.05	1.80	2.6	4.4	6.5	9	11.8	14.8	18	21.8	17
18	permanganate	$KMnO_4$	.....	2.83	4.4	6.4	9.0	12.56	16.89	22.2	.....	.....	.....	.....	18
19	persulfate†	$K_2S_2O_8$†	†	1.62	2.60	4.49	7.19	9.89	.....	.....	.....	.....	.....	.....	19
20	sulfate	K_2SO_4	.....	7.35	9.22	11.11	12.97	14.76	16.50	18.17	19.75	21.4	22.8	24.1	20
21	thiocyanate	KCNS	.....	177.0	.....	217.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	21
22	Silver cyanide	AgCN	.....	.....	.....	2.2×10^{-8}	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	22
23	nitrate	$AgNO_3$	.....	122	170	222	300	376	455	525	.....	669	.....	952	23
24	sulfate	Ag_2SO_4	.....	0.573	0.695	0.796	0.888	0.979	1.08	1.15	1.22	1.30	1.36	1.41	24
25	Sodium acetate	$NaC_2H_3O_2$	$3H_2O$	36.3	40.8	46.5	54.5	65.5	83	139	.....	.....	.....	.....	25
26	acetate	$NaC_2H_3O_2$	.....	119	121	123.5	126	129.5	134	139.5	146	153	161	170	26
27	bicarbonate	$NaHCO_3$	.....	6.9	8.15	9.6	11.1	12.7	14.45	16.4	.....	.....	.....	.....	27
28	carbonate	Na_2CO_3	$10H_2O$	7	12.5	21.5	38.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	28
29	carbonate	Na_2CO_3	$1H_2O$	.....	.....	.....	50.5	48.5	.....	46.4	.....	45.8	.....	45.5	29
30	chlorate	$NaClO_3$	.....	79	89	101	113	126	140	155	172	189	.....	230	30
31	chloride	NaCl	.....	35.7	35.8	36.0	36.3	36.6	37.0	37.3	37.8	38.4	39.0	39.8	31
32	chromate	Na_2CrO_4	$10H_2O$	31.70	50.17	88.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	32
33	chromate	Na_2CrO_4	$4H_2O$	.....	.....	.....	88.7	95.96	104	114.6	.....	.....	.....	.....	33
34	chromate	Na_2CrO_4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	123.0	124.8	.....	125.9	34
35	dichromate	$Na_2Cr_2O_7$	$2H_2O$	163.0	.....	177.8	.....	.....	244.8	.....	316.7	376.2	.....	.....	35
36	dichromate	$Na_2Cr_2O_7$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	426.3	36
37	dihydrogen phosphate	NaH_2PO_4	$2H_2O$	57.9	69.9	85.2	106.5	138.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	37
38	dihydrogen phosphate	NaH_2PO_4	$1H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	158.6	.....	.....	.....	.....	.....	38
39	dihydrogen phosphate	NaH_2PO_4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	179.3	190.3	207.3	225.3	246.6	39
40	hydrogen arsenate	Na_2HAsO_4	$12H_2O$	7.3	15.5	26.5	37	47	.....	65	.....	85	.....	.....	40
41	hydrogen phosphate	Na_2HPO_4	$12H_2O$	1.67	3.6	7.7	20.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	41
42	hydrogen phosphate	Na_2HPO_4	$7H_2O$	.....	.....	.....	.....	51.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	42
43	hydrogen phosphate	Na_2HPO_4	$2H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	80.2	82.9	88.1	92.4	102.9	.....	43
44	hydrogen phosphate	Na_2HPO_4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	102.2	44
45	hydroxide	NaOH	$4H_2O$	42	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	45
46	hydroxide	NaOH	$3\frac{1}{2}H_2O$	.....	51.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	46
47	hydroxide	NaOH	$1H_2O$	.....	.....	109	119	129	145	174	.....	.....	.....	.....	47
48	hydroxide	NaOH	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	313	347	48
49	nitrate	$NaNO_3$	.....	73	80	88	96	104	114	124	.....	148	.....	180	49
50	nitrite	$NaNO_2$	.....	72.1	78.0	84.5	91.6	98.4	104.1	.....	.....	132.6	.....	163.2	50
51	oxalate	$Na_2C_2O_4$	.....	.....	.....	3.7	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6.33	51
52	phosphate, tri-	Na_3PO_4	$12H_2O$	1.5	4.1	11	20	31	43	55	.....	81	.....	108	52
53	pyrophosphate	$Na_4P_2O_7$	$10H_2O$	3.16	3.95	6.23	9.95	13.50	17.45	21.83	.....	30.04	.....	40.26	53
54	sulfate	Na_2SO_4	$10H_2O$	5.0	9.0	19.4	40.8	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	54
55	sulfate	Na_2SO_4	$7H_2O$	19.5	30	44	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	55
56	sulfate	Na_2SO_4	.....	.....	.....	.....	.....	48.8	46.7	45.3	.....	43.7	.....	42.5	56
57	sulfide	Na_2S	$9H_2O$	.....	15.42	18.8	22.5	28.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	57
58	sulfide	Na_2S	$5\frac{1}{2}H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	39.82	42.69	45.73	51.40	59.23	.....	58
59	sulfide	Na_2S	$6H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	36.4	39.1	43.31	49.14	57.28	.....	59
60	sulfite	Na_2SO_3	$7H_2O$	13.9	20	26.9	36	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	60
61	sulfite	Na_2SO_3	.....	.....	.....	.....	.....	28	28.2	28.8	.....	28.3	.....	.....	61
62	tetraborate	$Na_2B_4O_7$	$10H_2O$	1.3	1.6	2.7	3.9	.....	10.5	20.3	.....	.....	.....	.....	62
63	tetraborate	$Na_2B_4O_7$	$5H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	24.4	31.5	41	52.5	63
64	vanadate (meta)	$NaVO_3$	$2H_2O$	.....	.....	15.3[26°]	.....	30.2	.....	68.4	.....	.....	.....	.....	64

TABLE 3-120 Solubilities of Inorganic Compounds in Water at Various Temperatures *(Continued)*

	Substance	Formula	Solid phase	0°C.	10°C.	20°C.	30°C.	40°C.	50°C.	60°C.	70°C.	80°C.	90°C.	100°C.	
1	Calcium bicarbonate	$Ca(HCO_3)_2$	.....	16.15	.....	16.60	.....	17.05	.....	17.50	.....	17.95	.....	18.40	1
2	chloride	$CaCl_2$	$6H_2O$	59.5	65.0	74.5	102	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	2
3	chloride	$CaCl_2$	$2H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	136.8	141.7	147.0	152.7	159	3
4	fluoride	CaF_2	.....	.....	.....	$0.0016^{18°}$	$0.0017^{26°}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	4
5	hydroxide	$Ca(OH)_2$	.....	0.185	0.176	0.165	0.153	0.141	0.128	0.116	0.106	0.094	0.085	0.077	5
6	nitrate	$Ca(NO_3)_2$	$4H_2O$	102.0	115.3	129.3	152.6	195.9	.....	.....	.....	.....	.....	.....	6
7	nitrate	$Ca(NO_3)_2$	$3H_2O$	.....	.....	.....	.....	237.5	281.5	.....	.....	.....	.....	.....	7
8	nitrate	$Ca(NO_3)_2$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	358.7	.....	363.6	8
9	nitrite	$Ca(NO_3)_2$	$4H_2O$	62.07	.....	76.68	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	9
10	nitrite	$Ca(NO_2)_2$	$2H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	132.6	151.9	.....	244.8	.....	10
11	oxalate	CaC_2O_4	.....	.....	6.7×10^{-4} at 13°	6.1×10^{-4} at 25°	5.5×10^{-4} at 35°	14×10^{-4} at 95°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	11
12	sulfate	$CaSO_4$	$2H_2O$	0.1759	0.1902	0.2090	0.2197	0.2457	0.1966	.....	.....	.....	.....	0.1619	12
13	Carbon dioxide, 760 mm ‡	CO_2	.....	0.3346	0.2318	0.1688	0.1257	0.0973	0.0761	0.0576	.....	.....	.....	0	13
14	monoxide, 760 mm ‡	CO	.....	0.0044	0.0035	0.0028	0.0024	0.0021	0.0018	0.0015	0.0013	0.0010	0.0006	0	14
15	Cesium chloride	CsCl	.....	161.4	174.7	186.5	197.3	208.0	218.5	229.7	239.5	250.0	260.1	270.5	15
16	nitrate	$CsNO_3$	.....	9.33	14.9	23.0	33.9	47.2	64.4	83.8	107.0	134.0	163.0	197.0	16
17	sulfate	Cs_2SO_4	.....	167.1	173.1	178.7	184.1	189.9	194.9	199.9	205.0	210.3	214.9	220.3	17
18	Chlorine, 760 mm ‡	Cl_2	.....	1.46	0.980	0.716	0.562	0.451	0.386	0.324	0.274	0.219	0.125	0	18
19	Chromic anhydride	CrO_3	.....	164.9	.....	.....	.....	174.0	182.1	.....	.....	.....	217.5	206.8	19
20	Cupric chloride	$CuCl_2$	$2H_2O$	70.7	73.76	77.0	80.34	83.8	87.44	91.2	.....	99.2	.....	107.9	20
21	nitrate	$Cu(NO_3)_2$	$6H_2O$	81.8	95.28	125.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	21
22	nitrate	$Cu(NO_3)_2$	$3H_2O$	.....	.....	.....	.....	159.8	.....	178.8	.....	207.8	.....	.....	22
23	sulfate	$CuSO_4$	$5H_2O$	14.3	17.4	20.7	25	28.5	33.3	40	.....	55	.....	75.4	23
24	sulfide	CuS	.....	.....	.....	3.3×10^{-9} at 18°	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	24
25	Cuprous chloride	CuCl	.....	.....	.....	$1.52^{25°}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	25
26	Ferric chloride	$FeCl_3$	.....	74.4	81.9	91.8	.....	.....	315.1	.....	.....	525.8	.....	535.7	26
27	Ferrous chloride	$FeCl_2$	$4H_2O$	.....	64.5	.....	73.0	77.3	82.5	88.7	.....	100	.....	.....	27
28	chloride	$FeCl_2$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	105.3	105.8	28
29	nitrate	$Fe(NO_3)_2$	$6H_2O$	71.02	.....	83.8	.....	.....	.....	165.6	.....	.....	.....	.....	29
30	sulfate	$FeSO_4$	$7H_2O$	15.65	20.51	26.5	32.9	40.2	48.6	.....	.....	.....	.....	.....	30
31	sulfate	$FeSO_4$	$1H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50.9	43.6	37.3	.....	31
32	Hydrobromic acid, 760 mm	HBr	.....	221.2	210.3	198	.....	.....	171.5	.....	.....	.....	.....	130	32
33	Hydrochloric acid, 760 mm	HCl	.....	82.3	.....	.....	67.3	63.3	59.6	56.1	.....	.....	.....	.....	33
34	Iodine	I_2	.....	.....	.....	0.029	0.04	0.056	0.078	.....	.....	.....	.....	.....	34
35	Lead acetate	$Pb(C_2H_3O_2)_2$	$3H_2O$	.....	.....	.....	$55.04^{25°}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	35
36	bromide	$PbBr_2$	.....	0.4554	.....	0.85	1.15	1.53	1.94	2.36	.....	3.34	.....	4.75	36
37	carbonate	$PbCO_3$	.....	.....	.....	0.00011	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	37
38	chloride	$PbCl_2$	.....	0.6728	.....	0.99	1.20	1.45	1.70	1.98	.....	2.62	.....	3.34	38
39	chromate	$PbCrO_4$	.....	.....	.....	7×10^{-6}	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	39
40	fluoride	PbF_2	.....	.....	0.060	0.064	0.068	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	40
41	nitrate	$Pb(NO_3)_2$	.....	38.8	48.3	56.5	66	75	85	95	.....	115	.....	38.8	41
42	sulfate	$PbSO_4$	.....	0.0028	0.0035	0.0041	0.0049	0.0056	.....	.....	.....	.....	.....	.....	42
43	Magnesium bromide	$MgBr_2$	$6H_2O$	91.0	94.5	96.5	99.2	101.6	104.1	107.5	.....	113.7	.....	120.2	43
44	chloride	$MgCl_2$	$6H_2O$	52.8	53.5	54.5	.....	57.5	.....	61.0	.....	66.0	.....	73.0	44
45	hydroxide	$Mg(OH)_2$	.....	.....	.....	$0.0009^{18°}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	45
46	nitrate	$Mg(NO_3)_2$	$6H_2O$	66.55	.....	.....	.....	84.74	.....	.....	.....	.....	137.0	.....	46
47	sulfate	$MgSO_4$	$7H_2O$	.....	30.9	35.5	40.8	45.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	47
48	sulfate	$MgSO_4$	$6H_2O$	40.8	42.2	44.5	45.3	.....	50.4	53.5	59.5	64.2	69.0	74.0	48
49	sulfate	$MgSO_4$	$1H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	62.9	.....	68.3	49
50	Manganous sulfate	$MnSO_4$	$7H_2O$	53.23	60.01	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	50
51	sulfate	$MnSO_4$	$5H_2O$	.....	59.5	62.9	67.76	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	51
52	sulfate	$MnSO_4$	$4H_2O$	.....	.....	64.5	66.44	68.8	72.6	.....	.....	.....	.....	.....	52
53	sulfate	$MnSO_4$	$1H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	58.17	55.0	52.0	48.0	42.5	34.0	53
54	Mercurous chloride	HgCl	.....	0.00014	.....	0.0002	.....	0.0007	.....	.....	.....	.....	.....	.....	54
55	Molybdic oxide	MoO_3	$2H_2O$	.....	.....	0.138	0.264	0.476	0.687	1.206	2.055	2.106	.....	.....	55
56	Nickel chloride	$NiCl_2$	$6H_2O$	53.9	59.5	64.2	68.9	73.3	78.3	82.2	85.2	.....	.....	87.6	56
57	nitrate	$Ni(NO_3)_2$	$6H_2O$	79.58	.....	96.31	.....	122.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	57
58	nitrate	$Ni(NO_3)_2$	$3H_2O$	.....	.....	.....	.....	.....	.....	163.1	169.1	.....	235.1	.....	58
59	sulfate	$NiSO_4$	$7H_2O$	27.22	32	.....	42.46	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	59

ตารางที่ ก.12 ตัวอย่างในการเลือกใช้ตัวทำละลายในกระบวนการการสกัดของเหลวด้วยของเหลว

TABLE 15-5 Selected List of Ternary Systems

Component A = feed solvent, component B = solute, and component S = extraction solvent. K_1 is the distribution coefficient in weight-fraction solute y/x for the tie line of lowest solute concentration reported. Ordinarily, K will approach unity as the solute concentration is increased.

Component B	Component S	Temp., °C.	K_1	Ref.
A = cetane				
Benzene	Aniline	25	1.290	47
n-Heptane	Aniline	25	0.0784	47
A = cottonseed oil				
Oleic acid	Propane	85	0.150	46
		98.5	0.1272	46
A = cyclohexane				
Benzene	Furfural	25	0.680	44
Benzene	Nitromethane	25	0.397	127
A = docosane				
1,6-Diphenylhexane	Furfural	45	0.980	11
		80	1.100	11
		115	1.062	11
A = dodecane				
Methylnaphthalene	β,β'-Iminodipropionitrile	*ca.* 25	0.625	92
Methylnaphthalene	β,β'-Oxydipropionitrile	*ca.* 25	0.377	92
A = ethylbenzene				
Styrene	Ethylene glycol	25	0.190	10
A = ethylene glycol				
Acetone	Amyl acetate	31	1.838	86
Acetone	*n*-Butyl acetate	31	1.940	86
Acetone	Cyclohexane	27	0.508	86
Acetone	Ethyl acetate	31	1.850	86
Acetone	Ethyl butyrate	31	1.903	86
Acetone	Ethyl propionate	31	2.32	86
A = furfural				
Trilinolein	*n*-Heptane	30	47.5	15
		50	21.4	15
		70	19.5	15
Triolein	*n*-Heptane	30	95	15
		50	108	15
		70	41.5	15
A = glycerol				
Ethanol	Benzene	25	0.159	62
Ethanol	Carbon tetrachloride	25	0.0667	63
A = *n*-heptane				
Benzene	Ethylene glycol	25	0.300	50
		125	0.316	50
Benzene	β,β'-thiodipropionitrile	25	0.350	92
Benzene	Triethylene glycol	25	0.351	89
Cyclohexane	Aniline	25	0.0815	47
Cyclohexane	Benzyl alcohol	0	0.107	29
		15	0.267	29
Cyclohexane	Dimethylformamide	20	0.1320	28
Cyclohexane	Furfural	30	0.0635	78
Ethylbenzene	Dipropylene glycol	25	0.329	90
Ethylbenzene	β,β'-Oxydipropionitrile	25	0.180	101
Ethylbenzene	β,β'-Thiodipropionitrile	25	0.100	101
Ethylbenzene	Triethylene glycol	25	0.140	89
Methylcyclohexane	Aniline	25	0.087	116
Toluene	Aniline	0	0.577	27
		13	0.477	27
		20	0.457	27
		40	0.425	27
Toluene	Benzyl alcohol	0	0.694	29
Toluene	Dimethylformamide	0	0.667	28
		20	0.514	28
Toluene	Dipropylene glycol	25	0.331	90
Toluene	Ethylene glycol	25	0.150	101
Toluene	Propylene carbonate	20	0.732	39
Toluene	β,β'-Thiodipropionitrile	25	0.150	101
Toluene	Triethylene glycol	25	0.289	89
m-Xylene	β,β'-Thiodipropionitrile	25	0.050	101
o-Xylene	β,β'-Thiodipropionitrile	25	0.150	101
p-Xylene	β,β'-Thiodipropionitrile	25	0.080	101
A = *n*-hexane				
Benzene	Ethylenediamine	20	4.14	23
A = *neo*-hexane				
Cyclopentane	Aniline	15	0.1259	96
		25	0.311	96
A = methylcyclohexane				
Toluene	Methylperfluorooctanoate	10	0.1297	58
		25	0.200	58
A = *iso*-octane				
Benzene	Furfural	25	0.833	44
Cyclohexane	Furfural	25	0.1076	44
n-Hexane	Furfural	30	0.083	78

ตารางที่ ก.12(ต่อ)

TABLE 15-5 Selected List of Ternary Systems *(Continued)*

Component *B*	Component *S*	Temp., °C.	K_1	Ref.
A = perfluoroheptane				
Perfluorocyclic oxide	Carbon tetrachloride	30	0.1370	58
Perfluorocyclic oxide	*n*-Heptane	30	0.329	58
A = perfluoro-*n*-hexane				
n-Hexane	Benzene	30	6.22	80
n-Hexane	Carbon disulfide	25	6.50	80
A = perfluorotri-*n*-butylamine				
Iso-octane	Nitroethane	25	3.59	119
		31.5	2.36	119
		33.7	4.56	119
A = toluene				
Acetone	Ethylene glycol	0	0.286	100
		24	0.326	100
A = triethylene glycol				
α-Picoline	Methylcyclohexane	20	3.87	14
α-Picoline	Diisobutylene	20	0.445	14
α-Picoline	Mixed heptanes	20	0.317	14
A = triolein				
Oleic acid	Propane	85	0.138	46
A = water				
Acetaldehyde	*n*-Amyl alcohol	18	1.43	74
Acetaldehyde	Benzene	18	1.119	74
Acetaldehyde	Furfural	16	0.967	74
Acetaldehyde	Toluene	17	0.478	74
Acetaldehyde	Vinyl acetate	20	0.560	81
Acetic acid	Benzene	25	0.0328	43
		30	0.0984	38
		40	0.1022	38
		50	0.0558	38
		60	0.0637	38
Acetic acid	1-Butanol	26.7	1.613	102
Acetic acid	Butyl acetate	30	0.705	45
			0.391	67
Acetic acid	Caproic acid	25	0.349	73
Acetic acid	Carbon tetrachloride	27	0.1920	91
		27.5	0.0549	54
Acetic acid	Chloroform	*ca.* 25	0.178	70
		25	0.0865	72
		56.8	0.1573	17
Acetic acid	Creosote oil	34	0.706	91
Acetic acid	Cyclohexanol	26.7	1.325	102
Acetic acid	Diisobutyl ketone	25–26	0.284	75
Acetic acid	Di-*n*-butyl ketone	25–26	0.379	75
Acetic acid	Diisopropyl carbinol	25–26	0.800	75
Acetic acid	Ethyl acetate	30	0.907	30
Acetic acid	2-Ethylbutyric acid	25	0.323	73
Acetic acid	2-Ethylhexoic acid	25	0.286	73
Acetic acid	Ethylidene diacetate	25	0.85	104
Acetic acid	Ethyl propionate	28	0.510	87
Acetic acid	Fenchone	25–26	0.310	75
Acetic acid	Furfural	26.7	0.787	102
Acetic acid	Heptadecanol	25	0.312	114
		50	0.1623	114
Acetic acid	3-Heptanol	25	0.828	76
Acetic acid	Hexalin acetate	25–26	0.520	75
Acetic acid	Hexane	31	0.0167	85
Acetic acid	Isoamyl acetate	25–26	0.343	75
Acetic acid	Isophorone	25–26	0.858	75
Acetic acid	Isopropyl ether	20	0.248	31
		25–26	0.429	75
Acetic acid	Methyl acetate	.....	1.273	67
Acetic acid	Methyl butyrate	30	0.690	66
Acetic acid	Methyl cyclohexanone	25–26	0.930	75
Acetic acid	Methylisobutyl carbinol	30	1.058	83
Acetic acid	Methylisobutyl ketone	25	0.657	97
		25–26	0.755	75
Acetic acid	Monochlorobenzene	25	0.0435	77
Acetic acid	Octyl acetate	25–26	0.1805	75
Acetic acid	*n*-Propyl acetate	.....	0.638	67
Acetic acid	Toluene	25	0.0644	131
Acetic acid	Trichloroethylene	27	0.140	91
		30	0.0549	54
Acetic acid	Vinyl acetate	28	0.294	103
Acetone	Amyl acetate	30	1.228	117
Acetone	Benzene	15	0.940	11
		30	0.862	11
		45	0.725	11
Acetone	*n*-Butyl acetate	.....	1.127	67
Acetone	Carbon tetrachloride	30	0.238	12

ตารางที่ ก.12(ต่อ)

TABLE 15-5 Selected List of Ternary Systems *(Continued)*

Component *B*	Component *S*	Temp., °C.	K_1	Ref.
Acetone	Chloroform	25	1.830	43
		25	1.720	3
Acetone	Dibutyl ether	25-26	1.941	75
Acetone	Diethyl ether	30	1.00	54
Acetone	Ethyl acetate	30	1.500	117
Acetone	Ethyl butyrate	30	1.278	117
Acetone	Ethyl propionate	30	1.385	117
Acetone	*n*-Heptane	25	0.274	112
Acetone	*n*-Hexane	25	0.343	114
Acetone	Methyl acetate	30	1.153	117
Acetone	Methylisobutyl ketone	25–26	1.910	75
Acetone	Monochlorobenzene	25–26	1.000	75
Acetone	Propyl acetate	30	0.243	117
Acetone	Tetrachloroethane	25–26	2.37	57
Acetone	Tetrachloroethylene	30	0.237	88
Acetone	1,1,2-Trichloroethane	25	1.467	113
Acetone	Toluene	25–26	0.835	75
Acetone	Vinyl acetate	20	1.237	81
		25	3.63	104
Acetone	Xylene	25–26	0.659	75
Allyl alcohol	Diallyl ether	22	0.572	32
Aniline	Benzene	25	14.40	40
		50	15.50	40
Aniline	*n*-Heptane	25	1.425	40
		50	2.20	40
Aniline	Methylcyclohexane	25	2.05	40
		50	3.41	40
Aniline	Nitrobenzene	25	18.89	108
Aniline	Toluene	25	12.91	107
Aniline hydrochloride	Aniline	25	0.0540	98
Benzoic acid	Methylisobutyl ketone	26.7	76.9*	49
iso-Butanol	Benzene	25	0.989	1
iso-Butanol	1,1,2,2-Tetrachloroethane	25	1.80	36
iso-Butanol	Tetrachloroethylene	25	0.0460	7
n-Butanol	Benzene	25	1.263	126
		35	2.12	126
n-Butanol	Toluene	30	1.176	37
tert-Butanol	Benzene	25	0.401	99
tert-Butanol	*tert*-Butyl hypochlorite	0	0.1393	130
		20	0.1487	130
		40	0.200	129
		60	0.539	129
tert-Butanol	Ethyl acetate	20	1.74	5
2-Butoxyethanol	Methylethyl ketone	25	3.05	68
2,3-Butylene glycol	*n*-Butanol	26	0.597	71
		50	0.893	71
2,3-Butylene glycol	Butyl acetate	26	0.0222	71
		50	0.0326	71
2,3-Butylene glycol	Butylene glycol diacetate	26	0.1328	71
		75	0.565	71
2,3-Butylene glycol	Methylvinyl carbinol acetate	26	0.237	71
		50	0.351	71
		75	0.247	71
n-Butylamine	Monochlorobenzene	25	1.391	77
1-Butyraldehyde	Ethyl acetate	37.8	41.3	52
Butyric acid	Methyl butyrate	30	6.75	66
Butyric acid	Methylisobutyl carbinol	30	12.12	83
Cobaltous chloride	Dioxane	25	0.0052	93
Cupric sulfate	*n*-Butanol	30	0.000501	9
Cupric sulfate	*sec*-Butanol	30	0.00702	9
Cupric sulfate	Mixed pentanols	30	0.000225	9
p-Cresol	Methylnaphthalene	35	9.89	82
Diacetone alcohol	Ethylbenzene	25	0.335	22
Diacetone alcohol	Styrene	25	0.445	22
Dichloroacetic acid	Monochlorobenzene	25	0.0690	77
1,4-Dioxane	Benzene	25	1.020	8
Ethanol	*n*-Amyl alcohol	25–26	0.598	75
Ethanol	Benzene	25	0.1191	13
		25	0.0536	115
Ethanol	*n*-Butanol	20	3.00	26
Ethanol	Cyclohexane	25	0.0157	118
Ethanol	Cyclohexene	25	0.0244	124
Ethanol	Dibutyl ether	25–26	0.1458	75
Ethanol	Di-*n*-propyl ketone	25–26	0.592	75
Ethanol	Ethyl acetate	0	0.0263	5
		20	0.500	5
		70	0.455	41
Ethanol	Ethyl isovalerate	25	0.392	13
Ethanol	Heptadecanol	25	0.270	114

ตารางที่ ก.12(ต่อ)

TABLE 15-5 Selected List of Ternary Systems *(Continued)*

Component *B*	Component *S*	Temp., °C.	K_1	Ref.
Ethanol	*n*-Heptane	30	0.274	94
Ethanol	3-Heptanol	25	0.783	76
Ethanol	*n*-Hexane	25	0.00212	111
Ethanol	*n*-Hexanol	28	1.00	56
Ethanol	*sec*-Octanol	28	0.825	56
Ethanol	Toluene	25	0.01816	122
Ethanol	Trichloroethylene	25	0.0682	16
Ethylene glycol	*n*-Amyl alcohol	20	0.1159	59
Ethylene glycol	*n*-Butanol	27	0.412	85
Ethylene glycol	Furfural	25	0.315	18
Ethylene glycol	*n*-Hexanol	20	0.275	59
Ethylene glycol	Methylethyl ketone	30	0.0527	85
Formic acid	Chloroform	25	0.00445	72
		56.9	0.0192	17
Formic acid	Methylisobutyl carbinol	30	1.218	83
Furfural	*n*-Butane	51.5	0.712	42
		79.5	0.930	42
Furfural	Methylisobutyl ketone	25	7.10	19
Furfural	Toluene	25	5.64	53
Hydrogen chloride	*iso*-Amyl alcohol	25	0.170	21
Hydrogen chloride	2,6-Dimethyl-4-heptanol	25	0.266	21
Hydrogen chloride	2-Ethyl-1-butanol	25	0.534	21
Hydrogen chloride	Ethylbutyl ketone	25	0.01515	79
Hydrogen chloride	3-Heptanol	25	0.0250	21
Hydrogen chloride	1-Hexanol	25	0.345	21
Hydrogen chloride	2-Methyl-1-butanol	25	0.470	21
Hydrogen chloride	Methylisobutyl ketone	25	0.0273	79
Hydrogen chloride	2-Methyl-1-pentanol	25	0.502	21
Hydrogen chloride	2-Methyl-2-pentanol	25	0.411	21
Hydrogen chloride	Methylisopropyl ketone	25	0.0814	79
Hydrogen chloride	1-Octanol	25	0.424	21
Hydrogen chloride	2-Octanol	25	0.380	21
Hydrogen chloride	1-Pentanol	25	0.257	21
Hydrogen chloride	Pentanols (mixed)	25	0.271	21
Hydrogen fluoride	Methylisobutyl ketone	25	0.370	79
Lactic acid	*iso*-Amyl alcohol	25	0.352	128
Methanol	Benzene	25	0.01022	4
Methanol	*n*-Butanol	0	0.600	65
		15	0.479	65
		30	0.510	65
		45	1.260	65
		60	0.682	65
Methanol	*p*-Cresol	35	0.313	82
Methanol	Cyclohexane	25	0.0156	125
Methanol	Cyclohexene	25	0.01043	124
Methanol	Ethyl acetate	0	0.0589	5
		20	0.238	5
Methanol	*n*-Hexanol	28	0.565	55
Methanol	Methylnaphthalene	25	0.025	82
		35	0.0223	82
Methanol	*sec*-Octanol	28	0.584	55
Methanol	Phenol	25	1.333	82
Methanol	Toluene	25	0.0099	60
Methanol	Trichloroethylene	27.5	0.0167	54
Methyl-*n*-butyl ketone	*n*-Butanol	37.8	53.4	52
Methylethyl ketone	Cyclohexane	25	1.775	48
		30	3.60	85
Methylethyl ketone	Gasoline	25	1.686	64
Methylethyl ketone	*n*-Heptane	25	1.548	112
Methylethyl ketone	*n*-Hexane	25	1.775	112
		37.8	2.22	52
Methylethyl ketone	2-Methyl furan	25	84.0	109
Methylethyl ketone	Monochlorobenzene	25	2.36	68
Methylethyl ketone	Naphtha	26.7	0.885†	6
Methylethyl ketone	1,1,2-Trichloroethane	25	3.44	68
Methylethyl ketone	Trichloroethylene	25	3.27	68
Methylethyl ketone	2,2,4-Trimethylpentane	25	1.572	64
Nickelous chloride	Dioxane	25	0.0017	93
Nicotine	Carbon tetrachloride	25	9.50	34
Phenol	Methylnaphthalene	25	7.06	82
α-Picoline	Benzene	20	8.75	14
α-Picoline	Diisobutylene	20	1.360	14
α-Picoline	Heptanes (mixed)	20	1.378	14
α-Picoline	Methylcyclohexane	20	1.00	14
iso-Propanol	Benzene	25	0.276	69
iso-Propanol	Carbon tetrachloride	20	1.405	25
iso-Propanol	Cyclohexane	25	0.0282	123
iso-Propanol	Cyclohexene	15	0.0583	124
		25	0.0682	124
		35	0.1875	124

ตารางที่ ก.12(ต่อ)

TABLE 15-5 Selected List of Ternary Systems *(Continued)*

Component *B*	Component *S*	Temp., °C.	K_1	Ref.
iso-Propanol	Diisopropyl ether	25	0.406	35
iso-Propanol	Ethyl acetate	0	0.200	5
		20	1.205	5
iso-Propanol	Tetrachloroethylene	25	0.388	7
iso-Propanol	Toluene	25	0.1296	121
n-Propanol	*iso*-Amyl alcohol	25	3.34	20
n-Propanol	Benzene	37.8	0.650	61
n-Propanol	*n*-Butanol	37.8	3.61	61
n-Propanol	Cyclohexane	25	0.1553	123
		35	0.1775	123
n-Propanol	Ethyl acetate	0	1.419	5
		20	1.542	5
n-Propanol	*n*-Heptane	37.8	0.540	61
n-Propanol	*n*-Hexane	37.8	0.326	61
n-Propanol	*n*-Propyl acetate	20	1.55	106
		35	2.14	106
n-Propanol	Toluene	25	0.299	2
Propionic acid	Benzene	30	0.598	57
Propionic acid	Cyclohexane	31	0.1955	84
Propionic acid	Cyclohexene	31	0.303	84
Propionic acid	Ethyl acetate	30	2.77	87
Propionic acid	Ethyl butyrate	26	1.470	87
Propionic acid	Ethyl propionate	28	0.510	87
Propionic acid	Hexanes (mixed)	31	0.186	84
Propionic acid	Methyl butyrate	30	2.15	66
Propionic acid	Methylisobutyl carbinol	30	3.52	83
Propionic acid	Methylisobutyl ketone	26.7	1.949*	49
Propionic acid	Monochlorobenzene	30	0.513	57
Propionic acid	Tetrachloroethylene	31	0.167	84
Propionic acid	Toluene	31	0.515	84
Propionic acid	Trichloroethylene	30	0.496	57
Pyridine	Benzene	15	2.19	110
		25	3.00	105
		25	2.73	120
		45	2.49	110
		60	2.10	110
Pyridine	Monochlorobenzene	25	2.10	77
Pyridine	Toluene	25	1.900	120
Pyridine	Xylene	25	1.260	120
Sodium chloride	*iso*-Butanol	25	0.0182	36
Sodium chloride	*n*-Ethyl-*sec*-butyl amine	32	0.0563	24
Sodium chloride	*n*-Ethyl-*tert*-butyl amine	40	0.1792	24
Sodium chloride	2-Ethylhexyl amine	30	0.187	24
Sodium chloride	1-Methyldiethyl amine	39.1	0.0597	24
Sodium chloride	1-Methyldodecyl amine	30	0.693	24
Sodium chloride	*n*-Methyl-1,3-dimethylbutyl amine	30	0.0537	24
Sodium chloride	1-Methyloctyl amine	30	0.589	24
Sodium chloride	*tert*-Nonyl amine	30	0.0318	24
Sodium chloride	1,1,3,3-Tetramethyl butyl amine	30	0.072	24
Sodium hydroxide	*iso*-Butanol	25	0.00857	36
Sodium nitrate	Dioxane	25	0.0246	95
Succinic acid	Ethyl ether	15	0.220	33
		20	0.198	33
Trimethyl amine	Benzene	25	0.1805	33
		25	0.857	51
		70	2.36	51

* Concentrations in lb.-moles/cu. ft.
† Concentrations in volume fraction.

ตัวอย่างสารดูดความชื้น (Drying agents)

agent	formula	water residue in mg/l of air after drying at 25°C
Copper(II) sulfate anhydrous	$CuSO_4$	1.4
Zinc chloride	$ZnCl_2$	0.8
Calcium chloride granular	$CaCl_2$	0.14–0.25
Calcium oxide	CaO	0.2
Sodium hydroxide	$NaOH$	0.16
Magnesium oxide	MgO	0.008
Calcium sulfate anhydrous	$CaSO_4$	0.005
Sulfuric acid. conc.	H_2SO_4	0.003–0.3
Aluminium oxide	Al_2O_3	0.003
Potassium hydroxide fused	KOH	0.002
Silica gel (blue gel)	$(SiO_2)x$	0.002
Molecular sieves	—	0.001
Magnesium perchlorate anhydrous	$Mg(ClO_4)_2$	0.0005
Phosphorus pentoxide	P_2O_5	< 0.000025

For more details please refer to our brochure "Drying in the laboratory".

การคำนวนหาปริมาณความร้อนที่ใช้

1.Heating (Base Oil 500 SN)

- ปริมาณน้ำมัน 30,000 ลิตร (ปริมาณ 26,190 กก.)
- ปริมาณน้ำในน้ำมัน 100-200 ppm. ลดลงเหลือ 50-60 ppm.
- เพิ่มอุณหภูมิจาก 30 °C ถึง 95 °C
- ข้อมูลเพิ่มเติม : Cp-Oil = 0.5 Cal/gm °C
  Cp-Steel = 0.12 Cal/gm °C
  app.Steel mass = 4,000 kg (tank,pump,piping)

คำนวนหาปริมาณความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิทั้งระบบจาก 30 °C ถึง 95 °C

$$q_1 = (26,190)(0.5)+(4,000)(0.12) \times 65$$
$$= 882,375 \text{ KCal}$$

2.Heat Loss

- ใช้ข้อมูลจาก Cooling Curve จะได้อัตราการระบายความร้อนของระบบ ทำให้อุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 1.8 °C/hr.
- สูญเสียความร้อนช่วงให้ความร้อน ประมาณ 3 ชั่วโมง

คำนวนหาอัตราความร้อนสูญเสียขณะให้ความร้อน

$$q_2 = (26,190)(0.5)+(4,000)(0.12) \times 1.8 \times 3$$
$$= 73,305 \text{ KCal}$$

3.Total Heat Supply

$$q = q_1 + q_2 \quad \text{KCal}$$
$$= 882,375 + 73,305 \quad \text{KCal}$$
$$= 955,680 \quad \text{KCal}$$

4.ค่าใช้จ่ายในการทำความร้อน

- สมมติค่าความร้อนของเชื้อเพลิงประมาณ 125,000 Btu/gal

หรือ 8,400 Kcal/l

- ราคาเชื้อเพลิงประมาณ(Diesel) 8 บาท/ลิตร

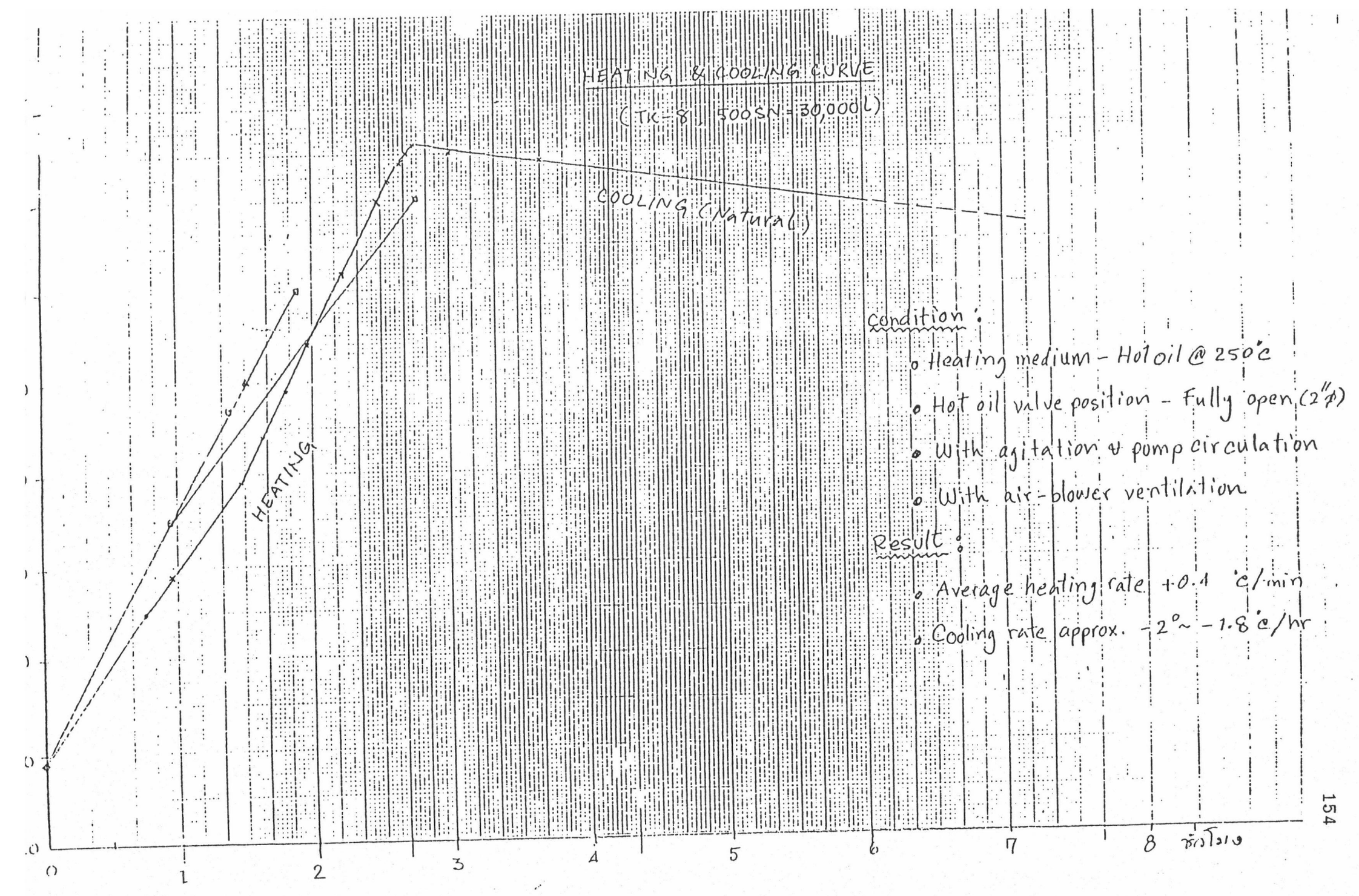
ค่าใช้จ่ายในการทำความร้อน(จาก Chart) = 141 บาท/100,000 KCal

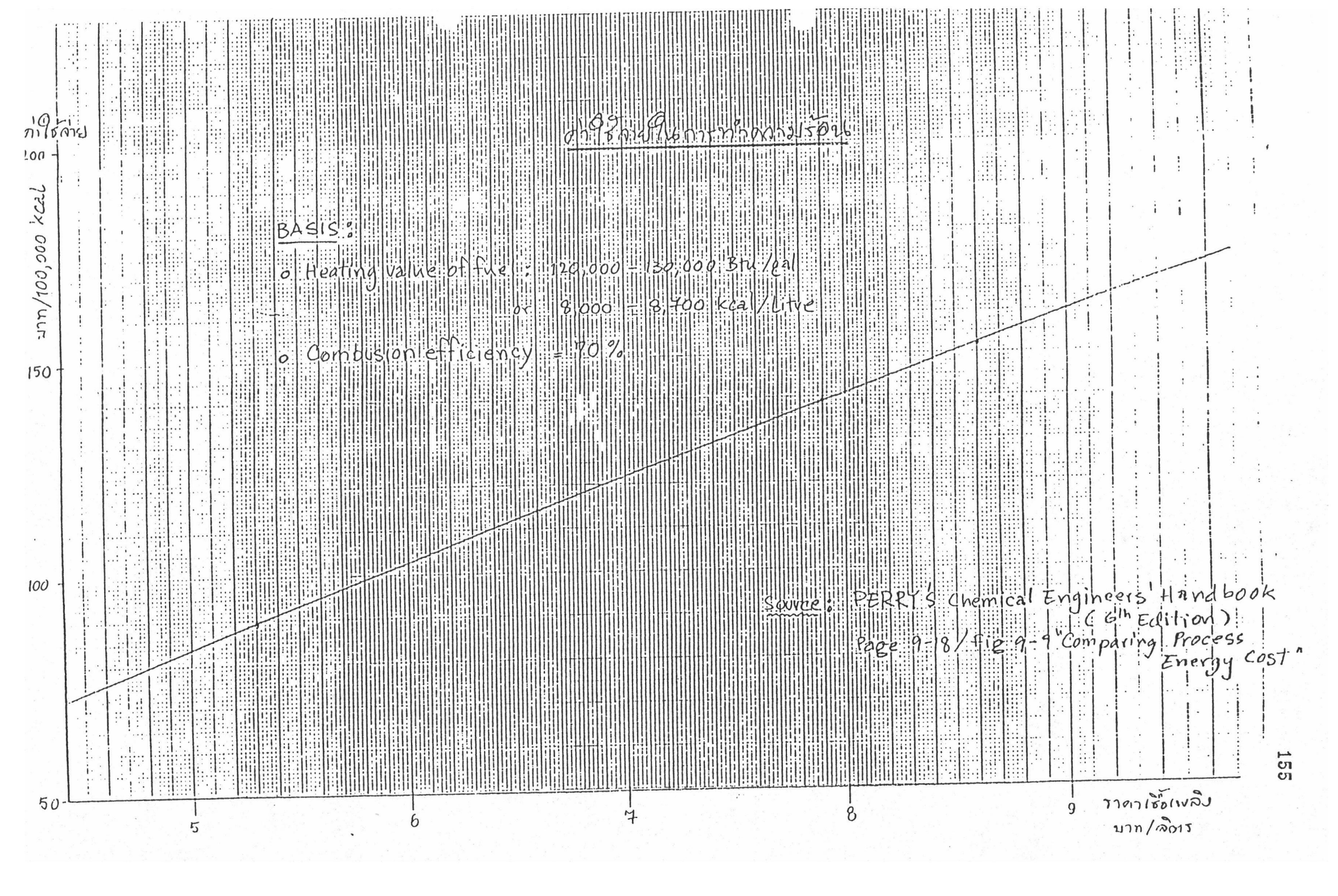
ค่าทำความร้อนสำหรับน้ำมัน 30,000 ลิตร = $141 \times \frac{955,680}{100,000}$ บาท/ครั้ง

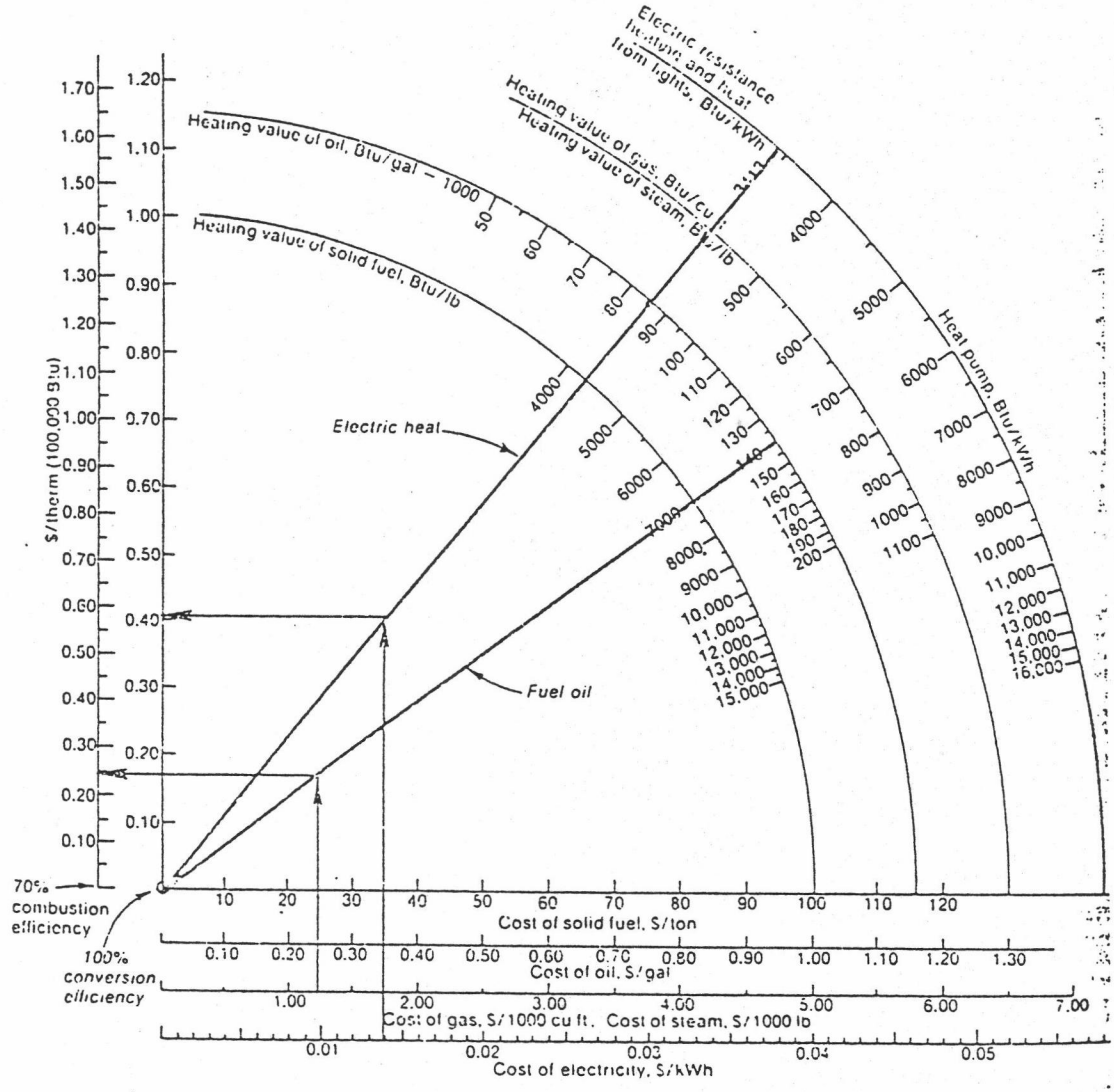
= 1,348 บาท/ครั้ง

5.ค่าใช้จ่ายอื่นๆ

- ค่าไฟฟ้าสำหรับ pump และ agitator
- ค่าแรงงาน
- อื่นๆ


HEATING & COOLING CURVE
(TK-8, 500SN=30,000L)
COOLING (Natural)
HEATING
Condition :
• Heating medium - Hot oil @ 250°C
• Hot oil valve position - Fully open (2"ϕ)
• With agitation & pump circulation
• With air-blower ventilation
Result :
• Average heating rate +0.1 °C/min
• Cooling rate approx. -2°~ -1.8 °C/hr
0
1
2
3
4
5
6
7
8


ค่าใช้จ่าย
บาท/100,000 kcal
200
150
100
50
ค่าใช้จ่ายในการทำความร้อน
BASIS :
o Heating value of fuel : 120,000 - 130,000 Btu/gal
or 8,000 - 8,400 kcal/litre
o Combustion efficiency = 70 %
Source : PERRY'S Chemical Engineers' Handbook (6th Edition) Page 9-18 / fig 9-9 "Comparing Process Energy Cost"
5
6
7
8
9
ราคาเชื้อเพลิง
บาท/ลิตร



Typical Heating Values*

Fuel oil, Btu/gal	
No. 1	137,400
No. 2	139,600
No. 4	145,100
No. 5	148,800
No. 6	152,400
Propane, Btu/gal	91,500
Natural gas, Btu/ft^3	1,035
Coal, Btu/lb	
Bituminous	11,500–14,000
Subbituminous	8,300–11,500
Lignite	6,300–8,300
Steam, Btu/lb	1,012
Electricity, Btu/kWh	
Resistance heating	3,413
Heat pumps	Up to 13,000

*To convert British thermal units per gallon to kilograms per cubic meter, multiply by 278.7; to convert British thermal units per cubic foot to kilojoules per cubic meter, multiply by 37.3; to convert British thermal units per pound to kilojoules per kilogram, multiply by 2.326; and to convert British thermal units per kilowatthour to kilojoules per kilowatthour, multiply by 1.055.

FIG. 9-9 Comparing process-energy costs (*Courtesy* Power)

การคำนวนค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกน้ำออกจากน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน โดยวิธีการให้ความร้อนและวิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลว

ข้อมูลเบื้องต้น: น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน 30,000 ลิตร

ค่ากระแสไฟฟ้า unit ละ 3.50 บาท

วิธีการให้ความร้อน

ขนาดของ pump: 20 KW, Eff 0.75, ทำงาน 3 วันๆ ละ 4 ชั่วโมง

ขนาดของ motor ที่ใช้ในการหมุน agitator:

15 KW, Eff 0.75, ทำงาน 3 วันๆ ละ 8 ชั่วโมง

ค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับ pump = 20 x 0.75 x 4 x 3 x 3.50

= 630 บาท

ค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับ motor = 15 x 0.75 x 8 x 3 x 3.50

= 945 บาท

รวมค่ากระแสไฟฟ้า = 1575 บาท

วิธีการสกัดของเหลวด้วยของเหลว

กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน = 50 ลิตร/นาที

เวลาที่ใช้ในการสกัดสาร = 10 ชั่วโมง

ขนาดของ pump: 5 KW, Eff 0.85, ทำงานเป็นเวลา 10 ชั่วโมง

ขนาดของ motor ที่ใช้ในการหมุน agitator:(จำนวน 2 ตัว)

5 KW, Eff 0.85, ทำงานเป็นเวลา 10 ชั่วโมง

ค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับ pump = 5 x 0.85 x 10 x 3.50

= 148.75 บาท

ค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับ motor = 5 x 2 x 0.85 x 10 x 3.50

= 297.50 บาท

รวมค่ากระแสไฟฟ้า = 446.25 บาท

ภาคผนวก ข.

น้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจากแหล่งต่างๆ และสมบัติของตัวทำละลาย

ตารางที่ ข.1 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจาก Chaina Gulf Coperation Taiwan

Properties	Test Method	150 Solvent Neutral	500 Solvent Neutral	150 Solvent Bright Stock
Specific Gravity 60/60 °F	ASTM D 1298	Report	Report	Report
Viscosity ; cSt				
@ 40 °C	ASTM D 445	31.90-34.10	107.8-114.4	Report
@ 100 °C	ASTM D 445	Report	Report	31.68-33.68
Viscosity Index	ASTM D 2270	min. 95	min. 94	min. 95
Flash Point (COC) ; °C	ASTM D 92	min. 196.1	min. 232	min. 550
Pour Point ; °C	ASTM D 97	max. -12.2	max. -12.2	max. -12.2
Colour ; ASTM	ASTM D 1500	max. 1.5	max. 2.0	max. 5.0

ตารางที่ ข.2 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจาก British Petroleum England.

Properties	Test Method	150 Solvent Neutral	500 Solvent Neutral	150 Solvent Bright Stock
Specific Gravity 60/60 °F	ASTM D 1298	Report	Report	Report
Viscosity ; cSt				
@ 40 °C	ASTM D 445	Report	Report	Report
@ 100 °C	ASTM D 445	4.4-5.4	10.0-12.0	29.0-34.0
Viscosity Index	ASTM D 2270	min. 100	min. 95	min. 95
Flash Point (COC) ; °C	ASTM D 92	min. 190	min. 237	min. 260
Pour Point ; °C	ASTM D 97	max. -9	max. -6	max. -6
Colour ; ASTM	ASTM D 1500	max. 1.5	max. 3.0	max. 6.0

ตารางที่ ข.3 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานจาก Shell Eastern Petroleum(Pte) Ltd.

Properties	Test Method	SHELL HVI 60	SHELL HVI 650
Specific Gravity 60/60 °F	ASTM D1298	0.8647	0.9061
Viscosity ; cSt			
@ 40 °C	ASTM D 445	Report	Report
@ 100 °C	ASTM D 445	4.64	31.75
Viscosity Index	ASTM D2270	103	97
Flash Point (PMCC) ; °C	ASTM D 93	220	273
Pour Point ; °C	ASTM D 97	-15	-9
Colour , ASTM	ASTM D1500	< 0.5	4.0

ตารางที่ ข.4 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน 500 SN จาก Petroleum Authority of Thailand.

PROPERTY	TEST METHOD	LIMIT	RESULT
Appearance	.....	C&B	C&B
API Gravity @15.6 C	ASTM D 1298	Report	27.6
Density @ 15.0 C	ASTM D 1298	Report	0.8889
Colour,ASTM	ASTM D 1500	Max 3.5	1.5
Flash Point,(C.O.C.) C	ASTM D 92	Min 220	260
Pour Point,C	ASTM D 97	Max -6	-6
Viscosity,Kin.@ 40 C,cSt.	ASTM D 445	Report	95.84
Viscosity,Kin.@100 C,cSt.	ASTM D 445	10.0-12.0	10.39
Viscosity Index	ASTM D 2270	Min 95	97
Sulphur Content, %wt	X-RAY	0.2-1.2	0.77
Total Acid Number,mg.KOH/g	ASTM D 974	Max 0.05	.....
Copper Strip Corrosion(3 hr@100 C)	ASTM D 130	Max 1.0	.....
Water Content, %vol	ASTM D 95	Nil	Nil
Ash Content, %wt	ASTM D 482	Max 0.01	.....
Aniline Point, C	ASTM D 611	Report	.....
Nitrogen Content, ppm	ASTM D 3228	Report	.....

ตารางที่ ข.5 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน 150 SN จาก Petroleum Authority of Thailand.

PROPERTY	TEST METHOD	LIMIT	RESULT
Appearance	.....	C&B	C&B
API Gravity @15.6 C	ASTM D 1298	Report	30.7
Density @ 15.0 C	ASTM D 1298	Report	0.8719
Colour,ASTM	ASTM D 1500	Max 1.5	0.5
Flash Point,(C.O.C.) C	ASTM D 92	Min 200	236
Pour Point,C	ASTM D 97	Max -9	-12
Viscosity,Kin.@ 40 C,cSt.	ASTM D 445	Report	29.96
Viscosity,Kin.@100 C,cSt.	ASTM D 445	4.4-5.4	5.18
Viscosity Index	ASTM D 2270	Min 95	102
Sulphur Content, %wt	X-RAY	0.2-0.8	0.5
Total Acid Number,mg.KOH/g	ASTM D 974	Max 0.05	.....
Copper Strip Corrosion(3 hr@100 C)	ASTM D 130	Max 1.0	.....
Water Content, %vol	ASTM D 95	Nil	Nil
Ash Content, %wt	ASTM D 482	Max 0.01	.....
Aniline Point, C	ASTM D 611	Report	.....
Nitrogen Content, ppm	ASTM D 3228	Report	.....

ตารางที่ ข.6 สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน 150 BS จาก Petroleum Authority of Thailand.

PROPERTY	TEST METHOD	LIMIT	RESULT
Appearance	.....	C&B	C&B
API Gravity @15.6 C	ASTM D 1298	Report	24.6
Density @ 15.0 C	ASTM D 1298	Report	0.906
Colour,ASTM	ASTM D 1500	Max 6.0	3
Flash Point,(C.C.C.) C	ASTM D 92	Min 260	Over300
Pour Point,C	ASTM D 97	Max -6	-7
Viscosity,Kin.@ 40 C,cSt.	ASTM D 445	Report	474.7
Viscosity,Kin.@100 C,cSt.	ASTM D 445	30.0-34.0	30.87
Viscosity Index	ASTM D 2270	Min 95	95
Sulphur Content, %wt	X-RAY	0.5-1.7	0.96
Total Acid Number,mg.KOH/g	ASTM D 974	Max 0.05	.....
Copper Strip Corrosion(3 hr@100 C)	ASTM D 130	Max 1.0	.....
Water Content, %vol	ASTM D 95	Nil	Nil
Ash Content, %wt	ASTM D 482	Max 0.01	.....
Aniline Point, C	ASTM D 611	Report	.....
Nitrogen Content, ppm	ASTM D 3228	Report	.....

ตารางที่ ข.7 สมบัติของตัวทำละลาย Polyethylene Glycol (PEG)300 จาก I.C.I Co.,Ltd. U.S.A.

Specifications

Average molecular weight	285-315
Colour maximum (Hazen units)	20
Viscosity at 99°C (cSt)	5.7-5.9
Acidity maximum (as acetic acid) % w/w	0.05
pH (5% w/v aqueous solution)	5.0-7.0
Ash content maximum (% w/w)	0.05

Typical Physical Properties

Melting point °C Approx.	-15
Refractive index (at 20°C)	1.463
Flash point (°C)	>190
Specific gravity 20/20°C	1.128
Appearance at 20°C	Liquid
Solubility in water at 20°C (% w/w)	Miscible

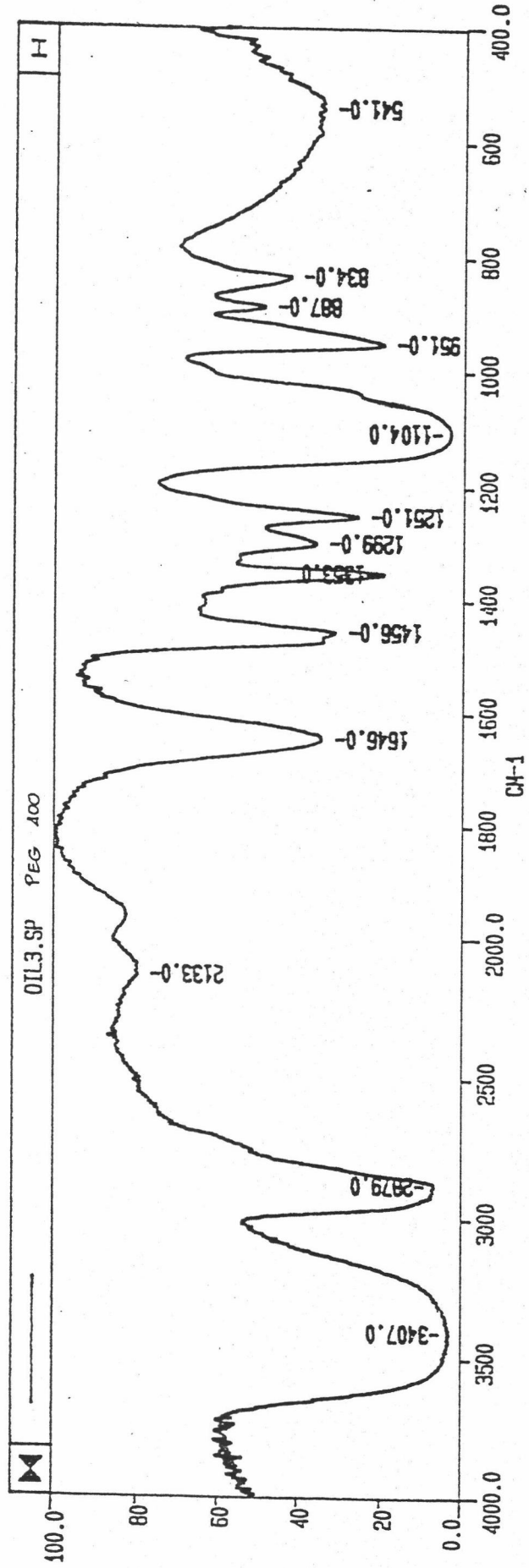
ตารางที่ ข.8 สมบัติของตัวทำละลาย Polyethylene Glycol (PEG)400 จาก I.C.I Co.,Ltd. U.S.A.

Specifications

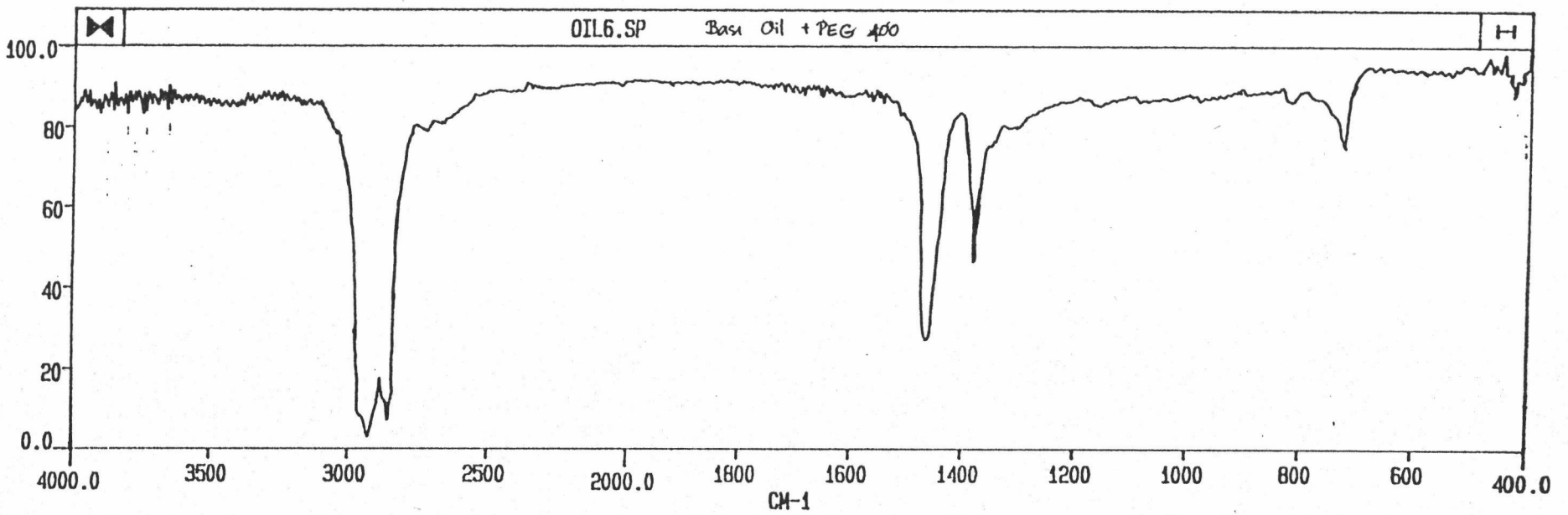
Average molecular weight	380-420
Colour maximum (Hazen units)	20
Viscosity at 99°C (cSt)	7.1-7.5
Acidity maximum (as acetic acid) % w/w	0.05
pH (5% w/v aqueous solution)	5.0-7.0
Ash content maximum (% w/w)	0.05

Typical Physical Properties

Melting point °C Approx.	5
Refractive index (at 20°C)	1.465
Flash point (°C)	>215
Specific gravity 20/20°C	1.130
Appearance at 20°C	Liquid
Solubility in water at 20°c (% w/w)	Miscible



รูปที่ ก.11 อินฟาเรดสเปกตรัมของตัวทำละลาย PEG 400



รูปที่ ก.12 อินฟาเรดสเปกตรัมของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐานที่ผ่านกระบวนการแยกน้ำ
ด้วยตัวทำละลาย PEG 400

ประวัติผู้เขียน

นายโชคชัย สุทธิปรีชา เกิดวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2506 ที่อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี สำเร็จปริญญาตรีจากคณะวิทยาศาสตร์-เคมี จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน ในปีการศึกษา 2532 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2533 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย