

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การศึกษารูปแบบการไหลของของเหลวในหอคอยซีมแบบแปะระดับอุตสาหกรรม

ในการทดลองใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้นเข้าสู่หอคอยซีม NO_x แบบแปะ โดยปั๊มเข้าในระยะเวลาสั้น ๆ เป็นแบบพัลส์ โดยอัตราการไหลของก๊าซ 1,232 ลบ.ม./ชม. และน้ำไหลเวียนของเหลว 20 ลบ.ม./ชม.

จากการเก็บตัวอย่างของเหลวที่ด้านล่างของหอคอยซีมตามช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อหาความเข้มข้นของคลอไรด์ในกรณี (ของเหลวด้านล่างหอคอยซีม) ได้ผลการทดลองของความเข้มข้นคลอไรด์ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ส่วนข้อมูลทั้งหมดได้รวบรวมไว้ในตารางที่ ก1 (ภาคผนวก)

จากผลการทดลองที่ได้ตามตารางที่ 4.1 นำค่า θ และ E_0 ไปพล็อตลงบนกราฟ จะได้กราฟออกมาดังแสดงในรูปที่ 4.1 เส้นทึบเป็นเส้นกราฟที่แสดงถึงการไหลของของเหลวในหอคอยซีมแบบแปะจริง ๆ (Actual E-Curve) ส่วนเส้นปะเป็นกราฟแสดงถึงการไหลของของเหลวในลักษณะแบบไหลผ่านถังกวนต่ออนุกรมกัน 4 ใบ โดยขนาดของปฏิกรณ์มีขนาดเท่ากันทุกใบ (Tank in Series)

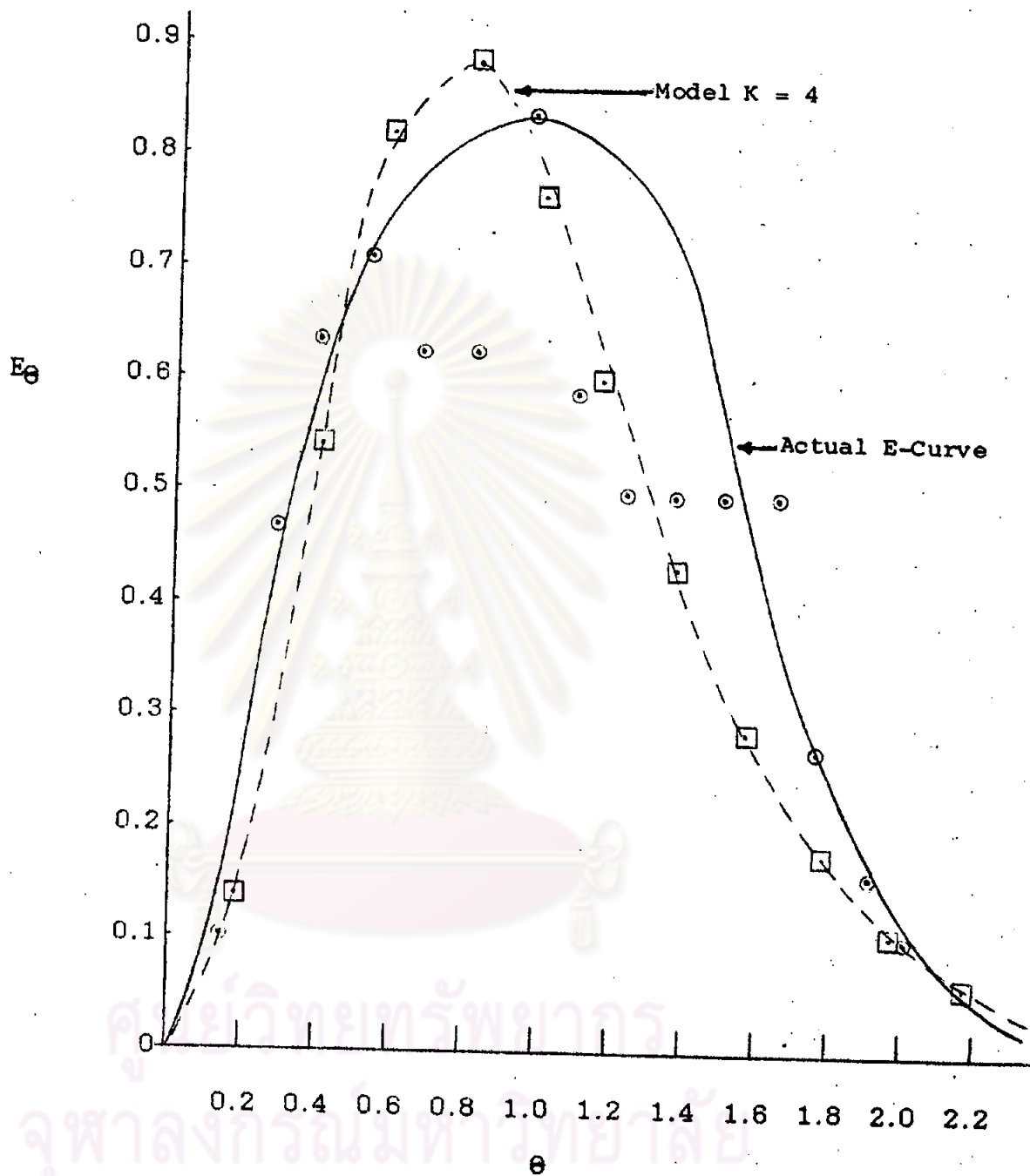
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1

แสดงค่าความเข้มข้นของคลอไรด์ในกรณีการคายประจุที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน

time (t) min	Conc. (C) mole/lit	ΔC mole/lit	$E_i = \frac{C_i}{Q}$	$t_i E_i \Delta t$	$\theta = \frac{t}{\bar{t}}$	$E_\theta = \bar{t} E$
0	0.0005	0	0	0	0	0
2	0.0017	0.0012	0.0082	0.0328	0.14	0.1186
4	0.0054	0.0049	0.0334	0.2672	0.28	0.4831
6	0.0071	0.0066	0.0449	0.5388	0.41	0.6494
8	0.0079	0.0074	0.0504	0.8064	0.55	0.7289
10	0.0068	0.0063	0.0429	0.8580	0.69	0.6205
12	0.0068	0.0063	0.0429	1.0296	0.83	0.6205
14	0.0090	0.0085	0.0579	1.6212	0.97	0.8374
16	0.0065	0.0060	0.0409	1.3088	1.11	0.5916
18	0.0056	0.0051	0.0347	1.2492	1.24	0.5019
20	0.0056	0.0051	0.0347	1.3880	1.38	0.5019
22	0.0056	0.0051	0.0347	1.5268	1.52	0.5019
24	0.0056	0.0051	0.0347	1.6656	1.66	0.5019
26	0.0034	0.0029	0.0198	1.0296	1.79	0.2864
28	0.0022	0.0017	0.0116	0.6496	1.94	0.1678
30	0.0017	0.0012	0.0082	0.4920	2.07	0.1186
		0.0734		14.4636		

$$Q = \sum C \Delta t = .0734 * 2 = 0.1468$$



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง θ กับ E_θ

$$L = 20 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$G = 1,232 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

2. การศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของหอดูดูดซับ NO_x ระดับอุตสาหกรรม

การทดลองนี้วัดค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลจากข้อมูลที่ได้ในอุตสาหกรรม ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 โดยได้ใช้ข้อสมมุติฐาน 2 อย่างในการหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลออกมา คือ

1. ข้อสมมุติฐานที่ว่าไม่เกิดปฏิกิริยาขึ้น โดยได้ใช้สมการของ ONDA มาหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลเฉพาะที่บนยอดหอดูดูดซับ และอีกวิธีหนึ่งคือใช้สมการทาง Hydrodynamics ของ ศ.ดร. ปิยะสารมาชี โดยเปรียบเทียบกับการไหลที่เป็นแบบผสมผสาน (well mixed) และแบบคล้ายลูกสูบ (plug flow)

2. ข้อสมมุติฐานที่ว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้นในเพลสของเหลว โดยได้ใช้สมการที่ (10) และรูปที่ 2.1 ในการหาค่า P_{NO} ออกมา จากนั้นหาค่า P_{N2O4} จากสมการที่ (2) และค่า K_0 จากสมการที่ (4) แล้วจากนั้นจึงใช้สมการที่ (20) และค่า $R(3)$ ที่วัดได้มาใช้ในการคำนวณหาค่า $H_{N2O4} \sqrt{k_{4,5} DN2O4}$ หรือสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของ Miller ออกมา เพื่อเปรียบเทียบกับค่าการถ่ายเทมวลสารของหอดูดูดซับแบบต่าง ๆ ที่ได้มีการทดลองมา

ห้การทดลองถึงผลของอัตราการไหลของก๊าซ , ผลของอัตราการไหลของของเหลวหอดูดูดซับ และความเข้มข้นของกรดไนตริกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ต่อประสิทธิภาพของหอดูดูดซับ NO_x ระดับอุตสาหกรรม โดยใช้อัตราการไหลของก๊าซที่ 1,232 , 1,072 และ 904 ลบ.ม./ชม. อัตราการไหลของของเหลวหอดูดูดซับที่ 252 , 335 , 418 และ 468 ลิตร/นาที และความเข้มข้นของกรดไนตริก 1-2 , 6.27, 9.31 และ 27.16 % ซึ่งได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 , 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

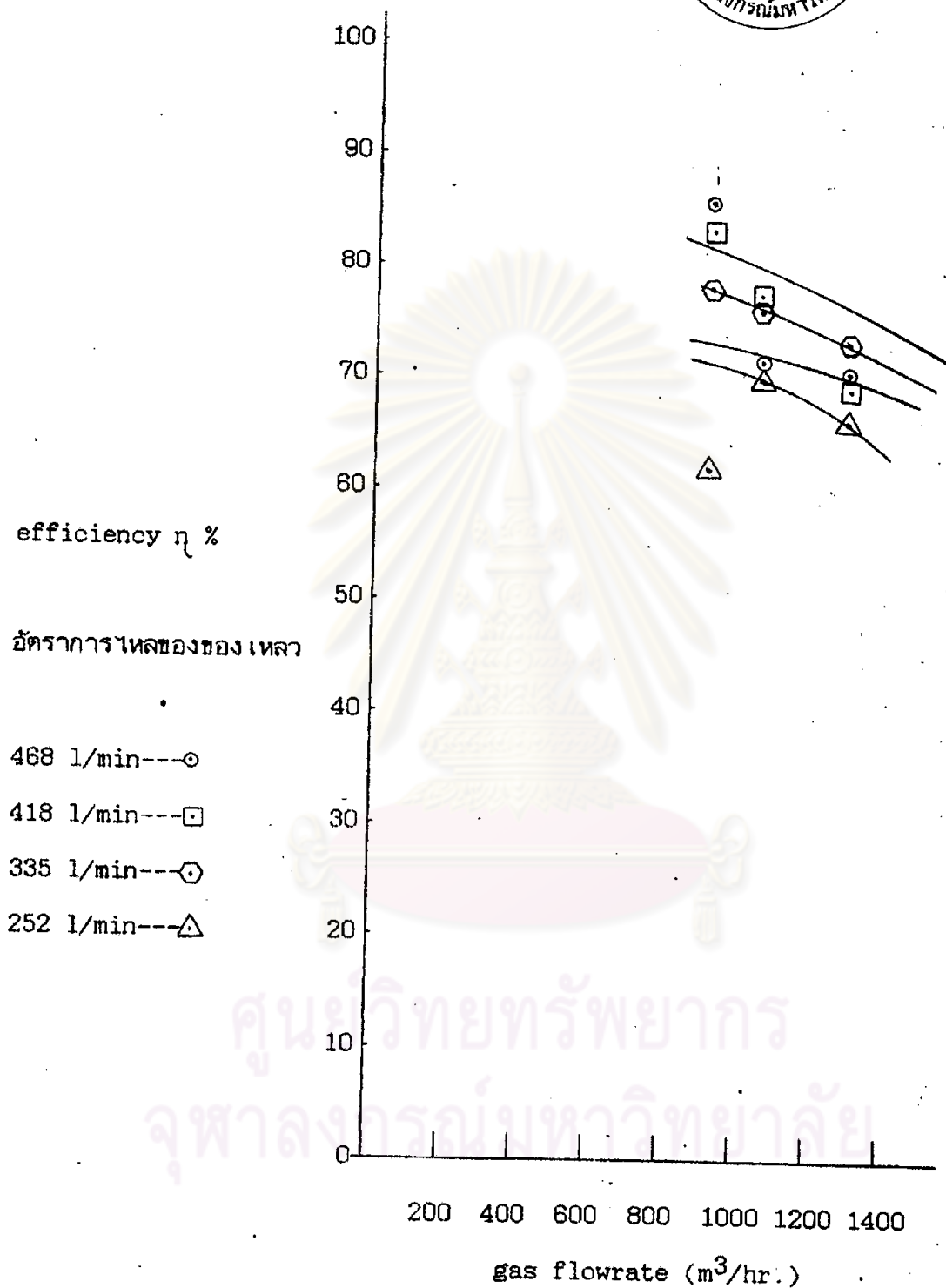
ตารางที่ 4.2 Nitric Acid Absorption , Packed Column , 1,200 mm. dia.

G Nm ³ /hr.	L l/min	T _L min	a m ² /m ³	Acid conc.		K _L a No Reaction (min ⁻¹)			
				cal. %	meas. %	ONDA Equa.	Well Mixed	Plug Flow	Model Hydro
1,232	170.87	28.57	86	2.17	2.19	0.5333	.00149	.00152	.00140
	254.20	19.20	96	1.72	1.72	0.7209	.00125	.00126	.00117
	337.53	14.46	104	1.687	1.71	0.8946	.00251	.00256	.00235
	420.87	11.60	110	1.69	1.685	1.0559	.00211	.00214	.00197
	470.87	10.37	113	1.44	1.48	1.1482	.00422	.00431	.00397
1,072	252.10	19.36	96	0.84	0.89	0.7170	.00502	.00526	.00481
	335.43	14.55	104	0.85	0.895	0.8908	.00519	.00538	.00495
	418.77	11.66	110	0.86	0.859	1.0524	.00183	.00184	.00172
	468.77	10.41	113	0.861	0.88	1.1447	.00427	.00436	.00403
904	252.20	19.36	96	1.95	1.96	0.7171	.00100	.00101	.00093
	335.53	14.55	104	1.96	1.95	0.8909	.00074	.00074	.00069
	418.87	11.66	110	1.89	1.93	1.0524	.00327	.00333	.00309
	468.87	10.41	113	1.948	1.93	1.1449	.00044	.00044	.00042
1,072	466.87	10.46	113.5	6.27	-	1.2795	.00077	.00078	.00072
			114	9.31	-	1.2867	.00023	.00023	.00021
			117	-	27.16	1.3699	.00005	.00005	.00005

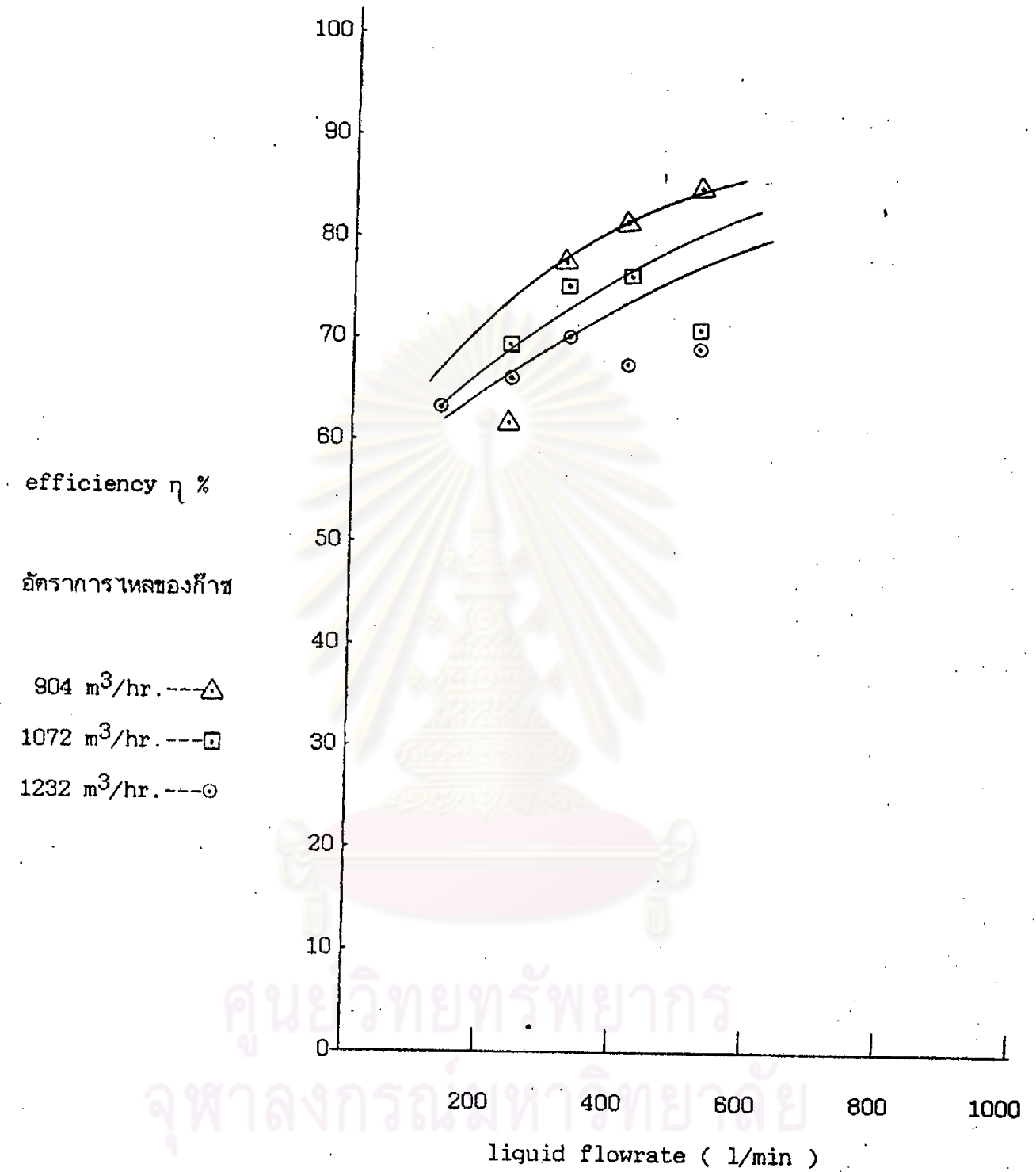


ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

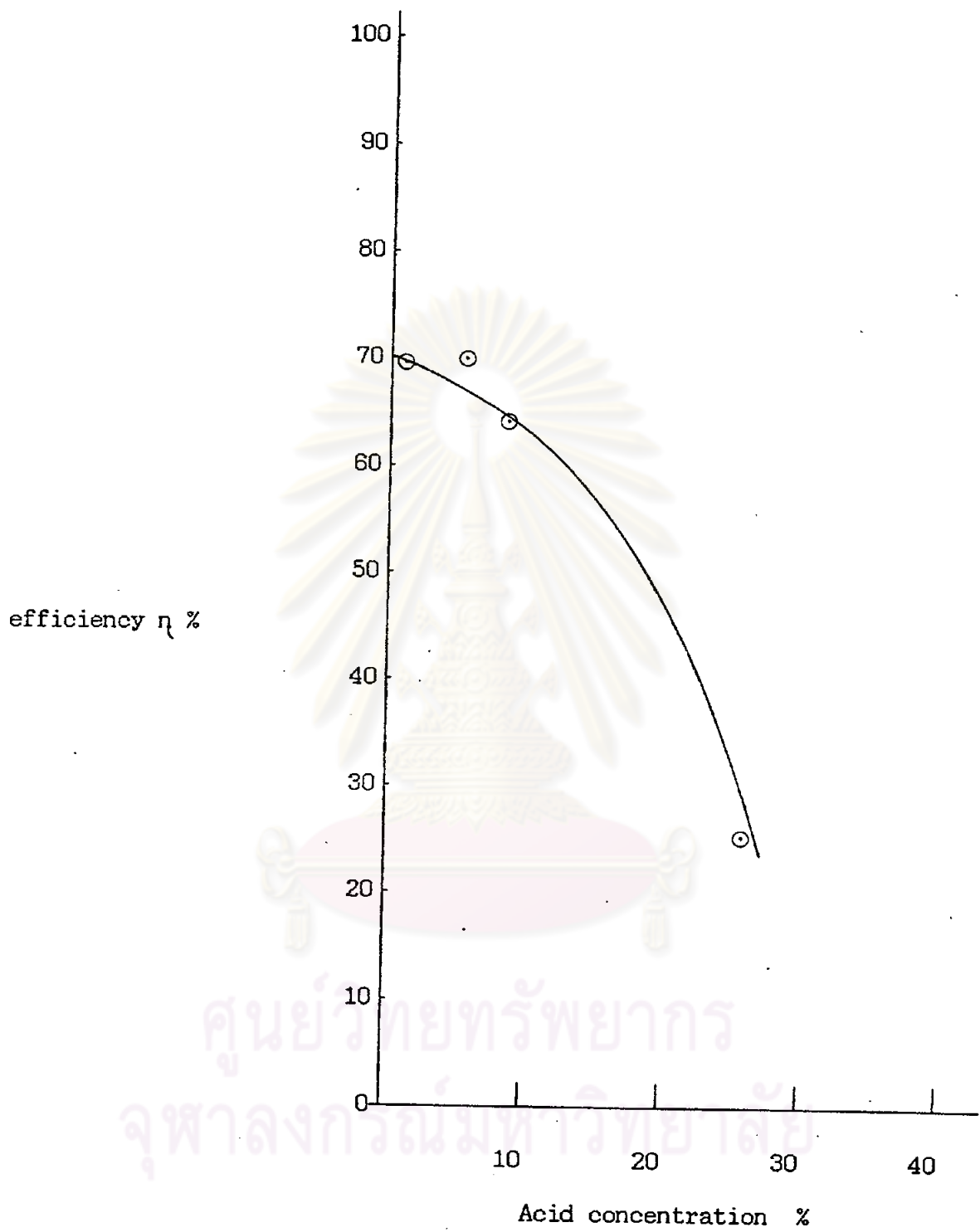
$K_L a T_L$ No Reaction				$K_L a T_L$ With Reaction			Absorb.	Eff.
ONDA Equa.	Plug Flow	Well Mixed	Model Hydro	$H_a \sqrt{Dk}$ kmol/m ² kPas 10 ⁴	$K_L a$ min ⁻¹	$K_L a T_L$ 10 ⁻⁶	rate kmol/s 10 ⁵	n
15.24	0.0434	0.0426	0.0400	1.7781	53,974	1.542	3.9300	62.07
13.84	0.0242	0.0240	0.0224	1.2265	41,530	0.797	2.5844	65.52
12.94	0.0370	0.0363	0.0340	3.3703	123,677	1.788	5.1755	71.72
12.25	0.0248	0.0245	0.0228	3.6141	140,240	1.627	4.2788	68.18
11.91	0.0447	0.0438	0.0412	4.7178	188,077	1.950	7.5339	68.63
13.88	0.1018	0.0972	0.0932	6.0674	200,102	3.874	5.4202	69.50
12.96	0.0783	0.0755	0.0720	13.436	479,981	6.984	5.5905	75.00
12.27	0.0214	0.0213	0.0200	3.8844	146,784	1.711	1.8845	76.67
11.92	0.0454	0.0444	0.0420	4.4558	172,958	1.800	4.5314	70.00
13.88	0.0196	0.0193	0.0180	2.1186	74,592	1.444	2.3539	61.36
12.96	0.0107	0.0107	0.0100	4.1630	158,808	2.311	1.7336	77.27
12.27	0.0388	0.0381	0.0360	14.241	574,596	6.700	7.6095	81.67
11.92	0.0046	0.0046	0.0044	2.4349	100,886	1.050	1.0159	84.00
13.38	0.0081	0.0080	0.0075	1.4815	61,903	0.648	5.989	70.00
13.46	0.0024	0.0024	0.0022	0.5138	21,614	0.226	2.644	64.00
14.33	0.0005	0.0005	0.0005	0.3316	14,742	0.154	1.944	26.47



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของก๊าซกับประสิทธิภาพของหอดูดซึมที่อัตราการไหลของของเหลวต่าง ๆ กัน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของของเหลวกับประสิทธิภาพของหอดูดซึม
ที่อัตราการไหลของก๊าซต่าง ๆ กัน



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของกรดไนตริกกับประสิทธิภาพของหอดูดซึม

$$L = 466 \text{ l/min}$$

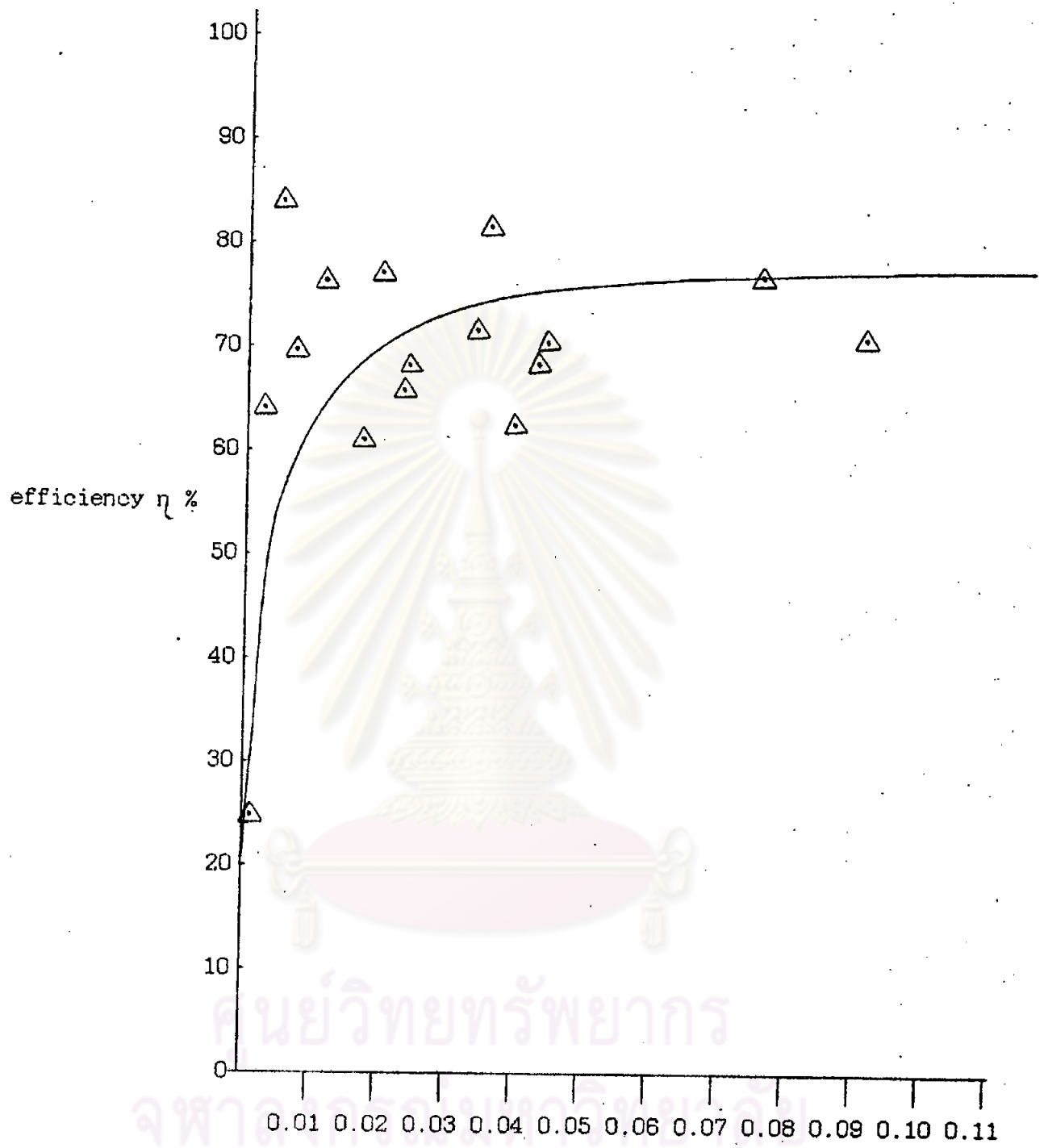
$$G = 1,072 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

3. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการแลกเปลี่ยนมวลสารกับประสิทธิภาพของหอดูดูดซิม NO_x ระดับอุตสาหกรรม

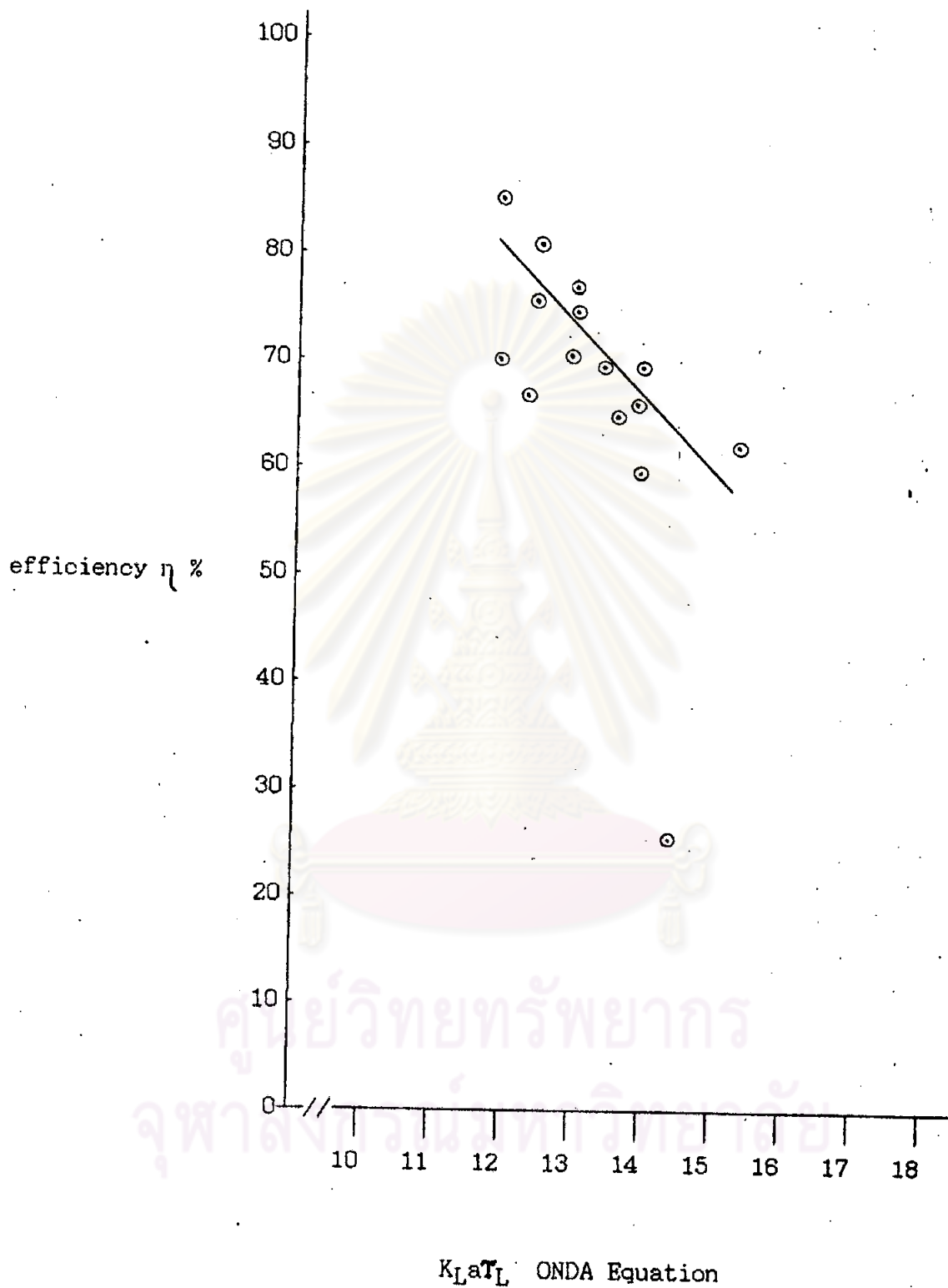
ทำการวิเคราะห์ผลหาความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลสารในตัวแปร
เรย์มิต ($K_{La}T_L$) และประสิทธิภาพในการดูดซิมของหอดูดูดซิม (η) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.5 ,
4.6 และ 4.7 ซึ่งเป็นกราฟแสดงถึงประสิทธิภาพของหอดูดูดซิมแบบเพคที่เข้าสู่อุตสาหกรรมนั่นเอง
ประสิทธิภาพในการดูดซิมก็คือ ร้อยละของก๊าซที่ถูกดูดซิมไปเมื่อเปรียบเทียบกับปริ
มาณก๊าซเริ่มต้นนั่นเอง



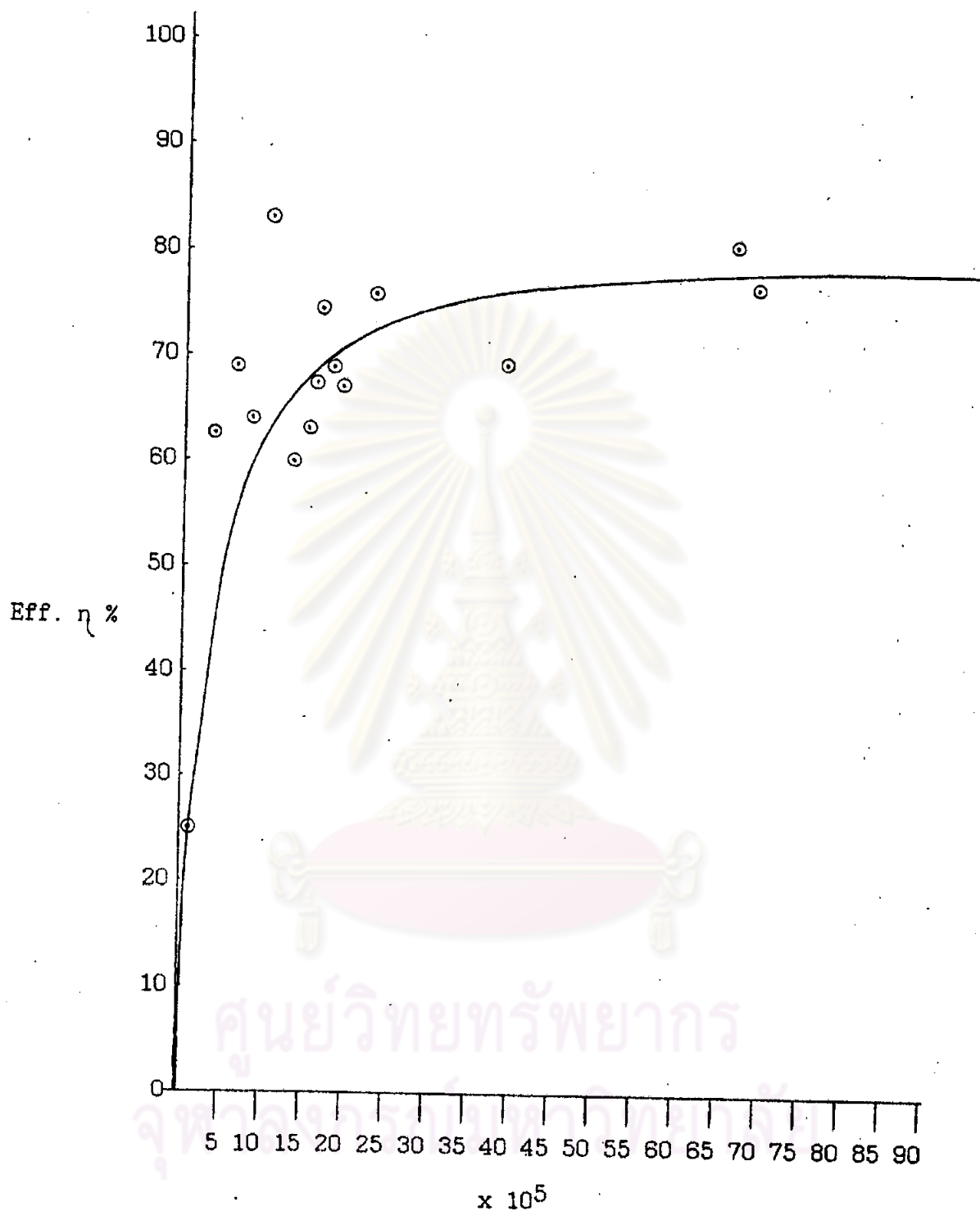
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 ประสิทธิภาพของหอดูดซึมเมื่อไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น โดยศึกษาจากรูปแบบการไหลของของเหลว



รูปที่ 4.6 ประสิทธิภาพของหอดูดซึมเมื่อนำปฏิกิริยาเกิดขึ้น ภายใต้อสมการของ ONDA



$K_L a_T L$ with reaction

รูปที่ 4.7 ประสิทธิภาพของหอดูดซึมเมื่อมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น วิชาใช้สมการของ Miller