

บทที่ 3

วิธีการหาแบบจำลองหน่วยก่าจำกัดก่ามะถันโดยใช้ไฮโดรเจนของน้ำมันมิดเดิลดิสทิลเลท

3.1 วิธีการที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาแบบจำลองของหน่วยก่าจำกัดก่ามะถันจำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลจากหน่วยผลิต ข้อมูลที่เก็บนี้จะมีทั้งตัวแปรต่าง ๆ ของหน่วยก่าจำกัดก่ามะถันและผลการวิเคราะห์ต่าง ๆ ของสารป้อนและสารผลิตภัณฑ์จากห้องปฏิบัติการเคมี

3.1.1) ข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ของหน่วยก่าจำกัดก่ามะถัน เช่น อัตราการไหลของสารป้อน อัตราการไหลของสารผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ อุณหภูมิที่จุดอื่น ๆ ของหน่วยผลิตความดันย่อยของไฮโดรเจน เป็นต้น จะถูกเก็บโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะชื่อว่า Process Information หรือ PI โปรแกรมเฉพาะนี้จะเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ของหน่วยผลิตอย่างต่อเนื่องทุก 20 วินาที เมื่อต้องการนำข้อมูลตัวแปรเหล่านี้มาใช้ เราสามารถนำข้อมูลต่อเนื่องทุก ๆ 20 วินาทีนี้มาหาค่าเฉลี่ย หรือหาค่าสูงสุดที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหาค่า ณ ที่เวลาหนึ่ง ๆ ได้ในการศึกษาแบบจำลองนี้จะเป็นการเก็บข้อมูลเมื่อระบบอยู่ในสภาวะคงตัว (Steady State) ดังนั้นข้อมูลต่อเนื่องจากโปรแกรมเฉพาะนี้จะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล

การใช้โปรแกรมเฉพาะ PI เก็บข้อมูลนั้นมีข้อดีว่าการเก็บข้อมูลตัวแปรโดยวิธีการจดบันทึกโดยผู้ทำการทดลอง เนื่องจากค่าเฉลี่ยที่ได้จากโปรแกรมเฉพาะนั้นจะเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าจริงของกระบวนการผลิตมากกว่าค่าที่ได้จากการจดบันทึกค่า ณ เวลาหนึ่ง ๆ นอกจากนี้ยังสามารถตัดข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือน้อยออกได้ เมื่อเราเห็นว่าข้อมูลต่อเนื่องทุก ๆ 20 วินาทีนั้นไม่ดี ในการศึกษาข้อมูลที่น่าเชื่อถือน้อย คือ ข้อมูลที่สภาวะการผลิตไม่อยู่ในสภาวะคงตัว หรือข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์การวัดสูง

3.1.2) การวิเคราะห์ปริมาณก่ามะถันในสารป้อน การหาช่วงอุณหภูมิของจุดเดือด (Boiling Range) ของสารป้อน และการวิเคราะห์ปริมาณก่ามะถันในผลิตภัณฑ์ จะใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ โดยวิธีทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันแต่ละตัวนั้นจะใช้ตามมาตรฐาน ASTM การหาช่วงอุณหภูมิของจุดเดือดของสารป้อนจะใช้วิธีของ ASTM-D86 การหาปริมาณก่ามะถันในสารป้อนและผลิตภัณฑ์นั้นจะใช้วิธีของ ASTM D-129

3.1.3) การหาสมการคณิตศาสตร์ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจากข้อมูลของหน่วยกำจัดกำมะถันและค่าจากสมการจลศาสตร์นั้นใช้โปรแกรม Excel ในการหาสมการคณิตศาสตร์ จากนั้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่หาได้เมื่อนำมาใช้งานจริงจะถูกเขียนอยู่ในโปรแกรม Excel

การเลือกโปรแกรม Excel ในการเขียนแบบจำลองเนื่องจากโปรแกรมนี้สามารถเรียกใช้งานได้ง่าย วิธีใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือการทำนายค่าล่วงหน้าของสภาวะการผลิต เช่น ทำนายค่าอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์ หรือ หาปริมาณกำมะถันในผลิตภัณฑ์ ซึ่งผู้ที่จะทำการคำนวณค่าเหล่านี้และนำไปใช้งานคือพนักงานฝ่ายผลิต ดังนั้นโปรแกรมจึงต้องถูกออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งานและสะดวกรวดเร็วมากที่สุด

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากมาตรฐานของปริมาณกำมะถันสูงสุดที่มีได้ในน้ำมันดีเซล เพิ่งมีการประกาศใช้ในเดือนมกราคม ปี 2547 และหน่วยกำจัดกำมะถันที่ศึกษาได้เริ่มทำการผลิตตามมาตรฐานใหม่ตั้งแต่ปลายปี 2546 ดังนั้นการศึกษานี้จะเก็บข้อมูลตั้งแต่ที่หน่วยผลิตเริ่มทำการกำจัดกำมะถันให้ได้ตามมาตรฐานใหม่

การเก็บข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ ของหน่วยกำจัดกำมะถันนั้นจะเก็บเมื่อกระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะคงตัวอย่างน้อย 2 ชั่วโมงขึ้นไป และในช่วงกลางของสภาวะคงตัวนี้จะมีการเก็บตัวอย่างของสารป้อนและสารผลิตภัณฑ์ และตัวอย่างนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์หาช่วงจุดเดือดของสารป้อนและปริมาณกำมะถันในตัวอย่างตามวิธี ASTM

ข้อมูลของหน่วยกำจัดกำมะถันที่ใช้ในการหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดงไว้ในตารางที่ 3.1

สำหรับขอบเขตของหน่วยผลิตที่ใช้ในการศึกษาและเก็บข้อมูลนั้นได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.1

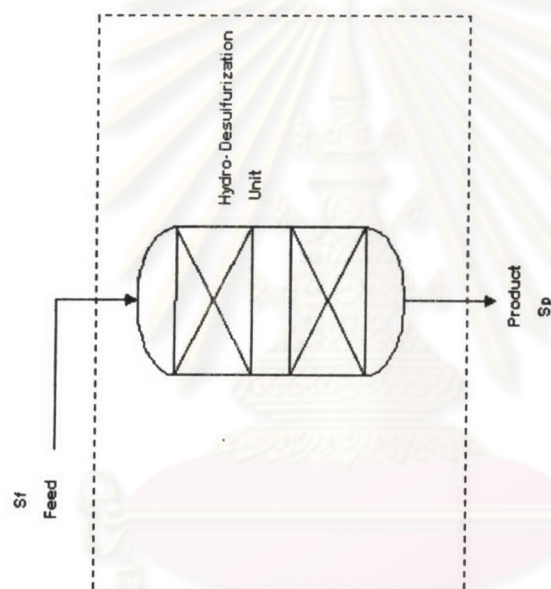
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลของหน่วยกำจัดกำมะถันของน้ำมันดีเซลผลิตโดยใช้ไฮโดรเจนที่ใช้ในการศึกษา

Data number	Operating Data from Hydro-desulfurization unit										ASTM 90 degC	Sf %wt	Sp %wt	WHSV l/m ³ hr	WABT K	$\eta = 1.5$ degC	T_b degC	log M	M	F	P Bar	Ko ton/m ³ hr	Ea kcal/kmol	R kmol/kcal/K
	ASTM 10 degC	ASTM 30 degC	ASTM 50 degC	ASTM 70 degC	ASTM 90 degC																			
1	206	226	246	265	286	0.364	0.031	2.97	620.2	1.5	241	0.52	3.34	1	7.24	500000000	25000	1.987						
2	203	225	245	265	286	0.366	0.030	3.01	622.5	1.5	239	0.54	3.43	1	7.25	500000000	25000	1.987						
3	206	228	246	264	285	0.368	0.026	2.93	622.2	1.5	241	0.53	3.36	1	7.24	500000000	25000	1.987						
4	204	225	245	265	287	0.368	0.025	3.02	625.0	1.5	240	0.53	3.42	1	7.25	500000000	25000	1.987						
5	202	222	242	262	284	0.396	0.037	3.16	624.0	1.5	237	0.55	3.59	1	7.36	500000000	25000	1.987						
6	200	221	240	260	283	0.401	0.045	3.17	620.8	1.5	235	0.57	3.68	1	7.35	500000000	25000	1.987						
7	200	221	240	261	283	0.402	0.039	3.17	620.8	1.5	236	0.56	3.67	1	7.36	500000000	25000	1.987						
8	210	230	247	265	285	0.411	0.020	2.79	626.3	1.5	243	0.51	3.24	1	7.23	500000000	25000	1.987						
9	205	224	242	261	282	0.420	0.033	2.84	618.3	1.5	238	0.55	3.53	1	7.34	500000000	25000	1.987						
10	205	226	245	264	284	0.420	0.040	2.86	617.5	1.5	240	0.53	3.41	1	7.23	500000000	25000	1.987						
11	206	225	243	261	282	0.422	0.041	2.90	618.8	1.5	238	0.54	3.50	1	7.23	500000000	25000	1.987						
12	205	224	242	261	282	0.424	0.042	2.91	617.7	1.5	238	0.55	3.53	1	7.34	500000000	25000	1.987						
13	207	228	246	264	284	0.425	0.040	2.85	617.8	1.5	241	0.52	3.34	1	7.23	500000000	25000	1.987						
14	208	229	247	265	284	0.430	0.031	2.83	622.9	1.5	242	0.52	3.30	1	7.24	500000000	25000	1.987						
15	211	229	247	265	286	0.430	0.039	3.00	621.9	1.5	243	0.51	3.25	1	7.24	500000000	25000	1.987						
16	205	224	242	261	282	0.434	0.042	2.92	617.1	1.5	238	0.55	3.51	1	7.34	500000000	25000	1.987						
17	204	224	242	261	282	0.438	0.043	2.89	617.1	1.5	238	0.55	3.54	1	7.33	500000000	25000	1.987						
18	207	227	246	266	288	0.446	0.037	3.01	623.6	1.5	242	0.52	3.31	1	7.25	500000000	25000	1.987						
19	206	228	247	265	286	0.448	0.034	2.85	623.2	1.5	241	0.52	3.33	1	7.23	500000000	25000	1.987						
20	207	229	247	267	289	0.448	0.028	2.92	629.8	1.5	242	0.51	3.26	1	7.25	500000000	25000	1.987						
21	208	229	247	265	287	0.452	0.027	2.86	629.2	1.5	242	0.52	3.28	1	7.24	500000000	25000	1.987						
22	206	226	245	265	287	0.454	0.031	2.86	625.1	1.5	241	0.53	3.36	1	7.24	500000000	25000	1.987						
23	208	230	248	267	289	0.454	0.027	2.90	628.9	1.5	243	0.51	3.21	1	7.24	500000000	25000	1.987						
24	207	227	246	266	287	0.457	0.026	2.90	628.2	1.5	241	0.52	3.31	1	7.24	500000000	25000	1.987						
25	208	226	244	263	285	0.460	0.036	3.00	622.9	1.5	240	0.53	3.37	1	7.25	500000000	25000	1.987						
26	208	227	246	266	287	0.462	0.028	2.98	628.4	1.5	242	0.52	3.30	1	7.25	500000000	25000	1.987						
27	205	226	247	265	286	0.468	0.030	3.03	622.3	1.5	240	0.53	3.37	1	7.24	500000000	25000	1.987						
28	207	228	246	264	285	0.512	0.033	2.94	630.8	1.5	241	0.52	3.34	1	7.24	500000000	25000	1.987						
29	202	227	247	267	290	0.514	0.041	2.83	623.7	1.5	241	0.52	3.35	1	7.24	500000000	25000	1.987						
30	202	221	240	259	281	0.515	0.046	3.16	628.4	1.5	235	0.57	3.67	1	7.35	500000000	25000	1.987						
31	197	218	238	257	278	0.516	0.021	2.93	635.9	1.5	232	0.59	3.87	1	7.25	500000000	25000	1.987						
32	208	229	246	264	284	0.518	0.031	2.47	626.4	1.5	241	0.52	3.34	1	7.22	500000000	25000	1.987						
33	210	228	246	264	286	0.518	0.039	2.92	627.4	1.5	242	0.52	3.30	1	7.25	500000000	25000	1.987						

Data number	Feed Boiling point										Sp	WHSV	WABT	n=1.5	T _b	log M	M	F	P	K _o	E _a	R
	ASTM 10	ASTM 30	ASTM 50	ASTM 70	ASTM 90	Sf																
34	210	228	246	265	287	0.523	0.025	2.96	637.3	1.5	242	0.52	3.28	1	7.25	500000000	25000	1.987				
35	208	228	245	263	284	0.522	0.042	2.90	624.8	1.5	241	0.52	3.35	1	7.25	500000000	25000	1.987				
36	201	221	239	259	280	0.524	0.044	3.14	628.7	1.5	235	0.57	3.72	1	7.36	500000000	25000	1.987				
37	209	229	247	265	287	0.527	0.046	2.97	626.0	1.5	242	0.51	3.27	1	7.24	500000000	25000	1.987				
38	208	226	246	264	285	0.529	0.037	2.97	630.9	1.5	241	0.53	3.35	1	7.24	500000000	25000	1.987				
39	202	225	244	264	286	0.530	0.032	2.51	627.8	1.5	239	0.54	3.47	1	7.22	500000000	25000	1.987				
40	209	227	245	263	283	0.534	0.045	2.93	625.3	1.5	241	0.53	3.36	1	7.25	500000000	25000	1.987				
41	208	228	246	265	286	0.534	0.027	2.98	636.8	1.5	242	0.52	3.30	1	7.25	500000000	25000	1.987				
42	204	223	239	257	276	0.536	0.031	3.02	637.6	1.5	235	0.57	3.69	1	7.23	500000000	25000	1.987				
43	203	222	239	257	276	0.549	0.031	3.04	637.6	1.5	235	0.57	3.68	1	7.24	500000000	25000	1.987				
44	202	221	240	259	280	0.551	0.036	3.10	632.6	1.5	235	0.57	3.67	1	7.23	500000000	25000	1.987				
45	204	223	240	258	276	0.552	0.035	3.02	633.7	1.5	236	0.56	3.67	1	7.23	500000000	25000	1.987				
46	200	222	242	262	283	0.554	0.022	3.11	640.1	1.5	236	0.56	3.63	1	7.26	500000000	25000	1.987				
47	207	227	245	263	284	0.554	0.030	3.04	638.8	1.5	240	0.53	3.38	1	7.24	500000000	25000	1.987				
48	201	223	244	264	287	0.554	0.026	3.16	645.2	1.5	238	0.54	3.50	1	7.25	500000000	25000	1.987				
49	199	222	242	262	282	0.556	0.052	3.05	624.1	1.5	236	0.56	3.64	1	7.35	500000000	25000	1.987				
50	200	223	242	262	283	0.556	0.023	3.13	638.7	1.5	236	0.56	3.61	1	7.25	500000000	25000	1.987				
51	202	222	242	261	282	0.558	0.021	3.12	643.1	1.5	237	0.56	3.60	1	7.25	500000000	25000	1.987				
52	208	227	246	265	288	0.558	0.032	3.06	637.7	1.5	242	0.52	3.31	1	7.23	500000000	25000	1.987				
53	205	227	247	267	290	0.559	0.036	3.07	637.6	1.5	242	0.52	3.29	1	7.24	500000000	25000	1.987				
54	201	223	244	265	287	0.564	0.028	3.15	644.0	1.5	238	0.54	3.49	1	7.25	500000000	25000	1.987				
55	204	229	251	272	294	0.572	0.042	3.07	634.5	1.5	244	0.50	3.17	1	7.24	500000000	25000	1.987				
56	203	225	245	266	289	0.578	0.029	3.16	645.0	1.5	240	0.53	3.40	1	7.24	500000000	25000	1.987				
57	201	226	248	270	294	0.580	0.025	3.07	645.8	1.5	242	0.52	3.30	1	7.24	500000000	25000	1.987				
58	201	222	241	261	283	0.584	0.033	3.15	636.0	1.5	236	0.56	3.62	1	7.36	500000000	25000	1.987				
59	211	230	247	265	286	0.591	0.043	3.01	629.4	1.5	243	0.51	3.23	1	7.23	500000000	25000	1.987				
60	204	225	245	263	283	0.593	0.064	2.93	622.2	1.5	239	0.54	3.48	1	7.34	500000000	25000	1.987				
61	201	222	241	260	282	0.593	0.049	3.15	629.4	1.5	236	0.56	3.64	1	7.36	500000000	25000	1.987				
62	199	222	242	262	284	0.593	0.043	3.19	634.5	1.5	236	0.56	3.62	1	7.36	500000000	25000	1.987				
63	203	225	245	265	288	0.594	0.028	3.09	644.2	1.5	240	0.53	3.42	1	7.25	500000000	25000	1.987				
64	209	228	245	263	284	0.602	0.028	2.63	634.1	1.5	241	0.52	3.35	1	7.21	500000000	25000	1.987				
65	198	220	242	263	286	0.619	0.041	3.10	633.9	1.5	236	0.56	3.64	1	7.24	500000000	25000	1.987				

Data number	Feed Boiling point																	
	ASTM 10	ASTM 30	ASTM 50	ASTM 70	ASTM 90	Sf	Sp	WHSV	WABT	n=1.5	T _B	log M	M	F	P	Ko	Ea	R
66	205	226	246	265	287	0.624	0.046	3.09	630.7	1.5	240	0.53	3.37	1	7.23	500000000	25000	1.987
67	208	227	244	262	283	0.626	0.039	2.67	627.2	1.5	240	0.53	3.39	1	7.21	500000000	25000	1.987
68	201	222	242	262	283	0.630	0.033	3.16	637.0	1.5	237	0.56	3.60	1	7.25	500000000	25000	1.987
69	201	222	241	260	280	0.632	0.033	3.16	634.3	1.5	235	0.57	3.61	1	7.24	500000000	25000	1.987
70	203	225	244	262	282	0.634	0.052	2.92	624.7	1.5	238	0.55	3.57	1	7.34	500000000	25000	1.987
71	204	222	239	258	277	0.640	0.029	3.04	638.4	1.5	235	0.57	3.68	1	7.24	500000000	25000	1.987
72	205	225	244	263	283	0.644	0.059	2.93	623.7	1.5	239	0.54	3.46	1	7.34	500000000	25000	1.987
73	208	228	246	264	285	0.649	0.029	2.66	634.1	1.5	241	0.52	3.32	1	7.21	500000000	25000	1.987
74	207	227	243	261	282	0.649	0.039	2.67	629.0	1.5	239	0.54	3.44	1	7.21	500000000	25000	1.987
75	201	221	239	258	277	0.650	0.031	3.19	636.6	1.5	234	0.57	3.76	1	7.24	500000000	25000	1.987
76	205	226	244	262	283	0.674	0.038	2.69	631.3	1.5	239	0.54	3.46	1	7.21	500000000	25000	1.987
77	205	226	244	262	283	0.738	0.032	3.00	641.1	1.5	239	0.54	3.48	1	7.23	500000000	25000	1.987
78	206	224	239	257	277	0.748	0.044	2.93	633.8	1.5	236	0.56	3.63	1	7.25	500000000	25000	1.987
79	205	226	244	262	282	0.752	0.030	2.97	642.0	1.5	239	0.54	3.47	1	7.23	500000000	25000	1.987
80	210	226	242	260	280	0.756	0.042	2.96	637.4	1.5	239	0.54	3.45	1	7.25	500000000	25000	1.987
81	206	224	241	259	280	0.757	0.038	2.97	638.4	1.5	237	0.55	3.56	1	7.25	500000000	25000	1.987
82	203	225	244	264	285	0.761	0.034	3.03	642.6	1.5	239	0.54	3.45	1	7.24	500000000	25000	1.987
83	204	226	244	263	285	0.764	0.041	3.04	639.5	1.5	239	0.54	3.46	1	7.23	500000000	25000	1.987
84	206	227	246	266	288	0.766	0.039	3.06	642.5	1.5	241	0.52	3.33	1	7.24	500000000	25000	1.987
85	206	225	242	260	281	0.781	0.026	2.92	644.3	1.5	238	0.55	3.51	1	7.25	500000000	25000	1.987
86	204	225	244	263	284	0.800	0.029	3.01	645.0	1.5	239	0.54	3.47	1	7.23	500000000	25000	1.987
87	210	230	245	262	283	0.908	0.046	2.66	635.6	1.5	241	0.52	3.31	1	7.24	500000000	25000	1.987
88	208	226	242	260	282	0.909	0.024	2.69	648.8	1.5	239	0.54	3.47	1	7.24	500000000	25000	1.987
89	209	227	242	259	278	0.916	0.030	2.75	645.4	1.5	238	0.54	3.49	1	7.24	500000000	25000	1.987
90	212	231	247	265	286	0.922	0.032	2.71	646.0	1.5	243	0.51	3.20	1	7.24	500000000	25000	1.987
91	210	229	245	263	285	0.923	0.057	2.68	633.1	1.5	242	0.52	3.30	1	7.23	500000000	25000	1.987
92	203	222	240	258	279	0.932	0.022	2.93	655.2	1.5	236	0.56	3.66	1	7.26	500000000	25000	1.987
93	201	221	240	259	281	0.940	0.027	3.03	657.4	1.5	235	0.56	3.67	1	7.25	500000000	25000	1.987
94	201	222	241	260	282	0.948	0.024	3.05	654.7	1.5	236	0.56	3.63	1	7.25	500000000	25000	1.987
95	205	224	241	259	280	0.949	0.021	2.94	656.7	1.5	237	0.56	3.59	1	7.26	500000000	25000	1.987
96	206	225	242	261	282	0.954	0.051	2.92	643.7	1.5	238	0.54	3.50	1	7.26	500000000	25000	1.987
97	202	224	244	264	286	1.020	0.022	2.87	660.1	1.5	238	0.54	3.49	1	7.24	500000000	25000	1.987
98	207	225	242	261	282	1.050	0.030	2.96	658.8	1.5	238	0.54	3.49	1	7.25	500000000	25000	1.987
99	207	225	243	262	283	1.060	0.033	2.99	657.9	1.5	239	0.54	3.46	1	7.25	500000000	25000	1.987
100	205	227	245	265	287	1.060	0.041	2.96	652.6	1.5	240	0.53	3.37	1	7.24	500000000	25000	1.987
101	199	223	245	267	290	1.070	0.031	2.98	657.0	1.5	239	0.54	3.47	1	7.25	500000000	25000	1.987

รูปที่ 3.1 ขอบเขตที่ใช้ในการศึกษาและเก็บข้อมูล



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย