บทที่ 5

การเลียนแบบวงจรการบดแร่

การเลียนแบบวงจรการบดแร่ จะเป็นการนำการคำนวณของหน่วยกระบวนการการบดแร่ มาสร้างเป็นโปรแกรมการจำลองแบบ(Simulator) เพื่อทำนายถึงผลที่ได้จากวงจรการบดแร่ที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้เมื่อนำไปทำการบดแร่จริง จากข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน ทำให้ทราบว่าวงจรการบดแร่ มีหน่วยกระบวนการหลักๆอยู่สองหน่วยกระบวนการคือ หน่วยกระบวนการลดขนาดแร่ โดยใช้หม้อบดแบบเซมิ-ออโตจีเนียส(Semi-autogenous Mill) และหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่โดยใช้ไฮโดรไซโคลน(Hydrocyclone) ซึ่งที่ปากหม้อบดจะมีตะแกรงทำหน้าที่เป็นหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่อีกด้วย ตัวแปร(Parameters)ต่างๆที่จะนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อการทำนายผลที่ได้นี้ หาได้โดยการหาค่าตัวแปร ดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 4 เรื่องการหาค่าตัวแปร ซึ่งตัวแปรของหน่วยกระบวนการเหล่านี้จะถูกคำนวณโดยโปรแกรมการหาค่าตัวแปร แล้วนำมาเก็บไว้เป็นแฟ้ม(File)ข้อมูลชื่อ MILL, SCREEN และ CYCLONE เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อทำนายถึงผลที่ได้จากหน่วยกระบวนการ และจากวงจรการบดแร่ต่อไป

5.1 <u>การใช้ข้อมูลจริงจากโรงงานกับโปรแกรมการจำลองแบบ</u>

โปรแกรมการจำลองแบบ(Simulator) ที่นำมาใช้กับข้อมูลจริงจากโรงงานเป็นโปรแกรมซึ่งเขียนขึ้นด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ Microsoft FORTRAN 77 โดยการนำเอาหลักการคำนวณของหน่วยกระบวนการต่างๆ มาสร้างเป็นแบบจำลองโดยเลียนแบบจากแผนผังการทำงานของโรงงานจริง ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวนี้ได้นำมาแสดงไว้ในภาคผนวก ง

ในการใช้งานโปรแกรมการจำลองแบบนี้ จะต้องมีแฟ้มข้อมูลต่างๆคือ ข้อมูลแร่ป้อน(ชื่อ FEED) อัตราการแตกหักของแร่(ชื่อ BKAGE) ตัวแปรของหม้อบด(ชื่อ MILL) ตัวแปรของตะแกรง(ชื่อ SCREEN) ตัวแปรของไฮโดรไซโคลน

(ชื่อ CYCLONE) ซึ่งจะให้แฟ้มผลลัพธ์ 2 แฟ้มคือ ITERATE และ BALANCE โดย

ITERATE : เป็นแฟ้มที่แสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ของอัตราการไหล

BALANCE : เป็นแฟ้มแสดงผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากการเลียนแบบจำลอง

การใช้โปรแกรมการจำลองแบบกับข้อมูลจริงจากโรงงานนี้ ได้ใช้แฟ้มข้อมูลที่สร้างขึ้นจากโปรแกรมการหาค่าตัวแปรในบทที่ 4 คือ FEED, MILL, SCREEN, CYCLONE ซึ่งแสดงดังตารางที่ 5.1 ถึง 5.4 เมื่อนำมาใช้กับโปรแกรมเลียนแบบจำลองแล้วจะได้แฟ้มข้อมูล 2 แฟ้มคือ ITERATE และ BALANCE ดังแสดงใน ตารางที่ 5.5 และ 5.6

และผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมการจำลองแบบนี้(แฟ้มข้อมูล ITERATE และ BALANCE) จะสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บได้จริงจากโรงงาน ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.1 ถึง 5.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลแร่ป้อนเข้าวงจรการบดแร่ที่ถูกเตรียมจากโปรแกรมการหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองวงจรการบดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ FEED

FILE OF NEW FEED DATA

No. of Size Range : 23

New Feed Flow Rate : 40.1

NO.	ARI.MEAN SIZE	FEED
1	112680.0	30.524
2	87640.0	6.271
3	62600.0	3.435
4	43820.0	2.935
5	31300.0	3.484
6	18780.0	7.147
7	9600.0	3.459
8	5689.5	2.109
9	4013.0	1.653
10	2844.5	1.782
11	2006.5	1.727
12	1409.5	1.659
13	1000.5	1.502
14	711.0	1.517
15	503.0	2.041
16	356.0	3.219
17	251.5	4.801
18	177.5	4.104
19	125.5	2.186
20	89.0	1.079
21	67.5	1.474
22	49.0	1.258
23	18.5	10.637

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของหม้อบดที่ถูกเตรียมจากโปรแกรมการหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองวงจรการบดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ MILL

MILL PARAMETER

Mill Motor Current : 167.5

NO.	ARI.MEAN SIZE	DRstd.
1	112680.0	.00000
2	87640.0	.00000
3	62600.0	.00000
4	43820.0	.00000
5	31300.0	.03824
6	18780.0	.15032
7	9600.0	.11329
8	5689.5	.09853
9	4013.0	1.18539
10	2844.5	1.86740
11	2006.5	2.25459
12	1409.5	2.85155
13	1000.5	4.26040
14	711.0	6.65464
15	503.0	17.48922
16	356.0	25.58450
17	251.5	55.71590
18	177.5	6.64728
19	125.5	2.43801
20	89.0	3.24610
21	67.5	12.49138
22	49.0	5.36531
23	18.5	.00000

ตารางที่ 5.3 ข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของตะแกรงที่ถูกเตรียมจากโปรแกรมการหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองวงจรการบดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ SCREEN

SCREEN FRACTION TO OVERSIZE

NO.	ARI.MEAN SIZE	FRAC.TO_O/S
1	112680.0	1.00000
2	87640.0	1.00000
3	62600.0	1.00000
4	43820.0	1.00000
5	31300.0	1.00000
6	18780.0	1.00000
7	9600.0	.96293
8	5689.5	.60579
9	4013.0	.12607
10	2844.5	.01825
11	2006.5	.00443
12	1409.5	.00212
13	1000.5	.00134
14	711.0	.00105
15	503.0	.00057
16	356.0	.00091
17	251.5	.00183
18	177.5	.00536
19	125.5	.00412
20	89.0	.00632
21	67.5	.00335
22	49.0	.00370
23	18.5	.00287

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.4 ข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนที่ถูกเตรียมจากโปรแกรมการหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองวงจรการบดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ CYCLONE

PARAMETER OF CYCLONE

A = 3.70460

Kq =	5.5489515646	Kd =	6.7761768911
Kw =	.1164345848	Kv =	.5648290582

No. of Cyclone	: 2	
Specific Gravity of Solid	: 3.232	
Operating Pressure	: .738	Bars.
Cyclone Diameter	: 10.00	Inch.
Vortex Finder Diameter	: 3.00	Inch.
Spigot Diameter	: 2.25	Inch.
Cone Angle	: 15.00	Degrees
Equivalant Inlet Diameter	: 3.00	Inch.
Cylinder Length	: 15.00	Inch.
Acc.due to Gravity	: 9.81	m/s^2
Specific Gravity of Liquid	: 1.305	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 แฟ้มผลลัพธ์ ITERATE จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองแสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ของอัตราการไหล

FILE ITERATION...BALANCE

ITER.NO.	NFE	MFE	MDI	SOS	CFE	COF	CUF
1	40.1	175.1	175.1	21.8	153.3	67.0	86.4
2	40.1	121.2	121.2	9.9	111.3	38.8	72.6
3	40.1	122.2	122.2	8.1	114.1	33.8	80.3
4	40.1	126.9	126.9	7.5	119.4	32.9	86.6
5	40.1	132.4	132.4	7.5	124.9	33.8	91.1
6	40.1	137.1	137.1	7.7	129.4	35.2	94.3
7	40.1	140.8	140.8	8.0	132.8	36.4	96.5
8	40.1	143.6	143.6	8.3	135.3	37.2	98.1
9	40.1	145.8	145.8	8.6	137.2	37.8	99.5
10	40.1	147.6	147.6	8.8	138.7	38.2	100.6
11	40.1	149.0	149.0	9.1	140.0	38.5	101.5
12	40.1	150.2	150.2	9.3	141.0	38.7	102.2
13	40.1	151.2	151.2	9.4	141.8	39.0	102.8
14	40.1	152.1	152.1	9.6	142.5	39.1	103.4
15	40.1	152.8	152.8	9.7	143.1	39.3	103.8
16	40.1	153.4	153.4	9.8	143.6	39.4	104.2
17	40.1	153.9	153.9	9.9	144.0	39.5	104.5
18	40.1	154.4	154.4	10.0	144.4	39.6	104.8
19	40.1	154.8	154.8	10.1	144.7	39.7	105.0
20	40.1	155.1	155.1	10.1	144.9	39.8	105.2
21	40.1	155.3	155.3	10.2	145.2	39.8	105.4
22	40.1	155.6	155.6	10.2	145.3	39.9	105.5
23	40.1	155.8	155.8	10.3	145.5	39.9	105.6
24	40.1	155.9	155.9	10.3	145.6	39.9	105.7
25	40.1	156.0	156.0	10.3	145.7	40.0	105.8
26	40.1	156.1	156.1	10.3	145.8	40.0	105.8
27	40.1	156.2	156.2	10.4	145.9	40.0	105.9
28	40.1	156.3	156.3	10.4	145.9	40.0	105.9

ตารางที่ 5.5(ต่อ) แฟ้มผลลัพธ์ ITERATE จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองแสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ของอัตราการไหล

29	40.1	156.4	156.4	10.4	146.0	40.0	105.9
30	40.1	156.4	156.4	10.4	146.0	40.0	106.0
31	40.1	156.5	156.5	10.4	146.1	40.1	106.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.6 แฟ้มผลลัพธ์ BALANCE จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองแสดงผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

Feed Data :FEED
Mill Data :MILL Breakage Data :BKAGE
Screen Data :SCREEN Cyclone Data :CYCLONE
Iteration Out :ITERATE The Results :BALANCE

TRIAL NUMBER OF MILL FEED : 1.000 ITERATION NO. 31

NO. OF SIZE RANGE : 23 NEW FEED FLOW RATE : 40.10 t/h.

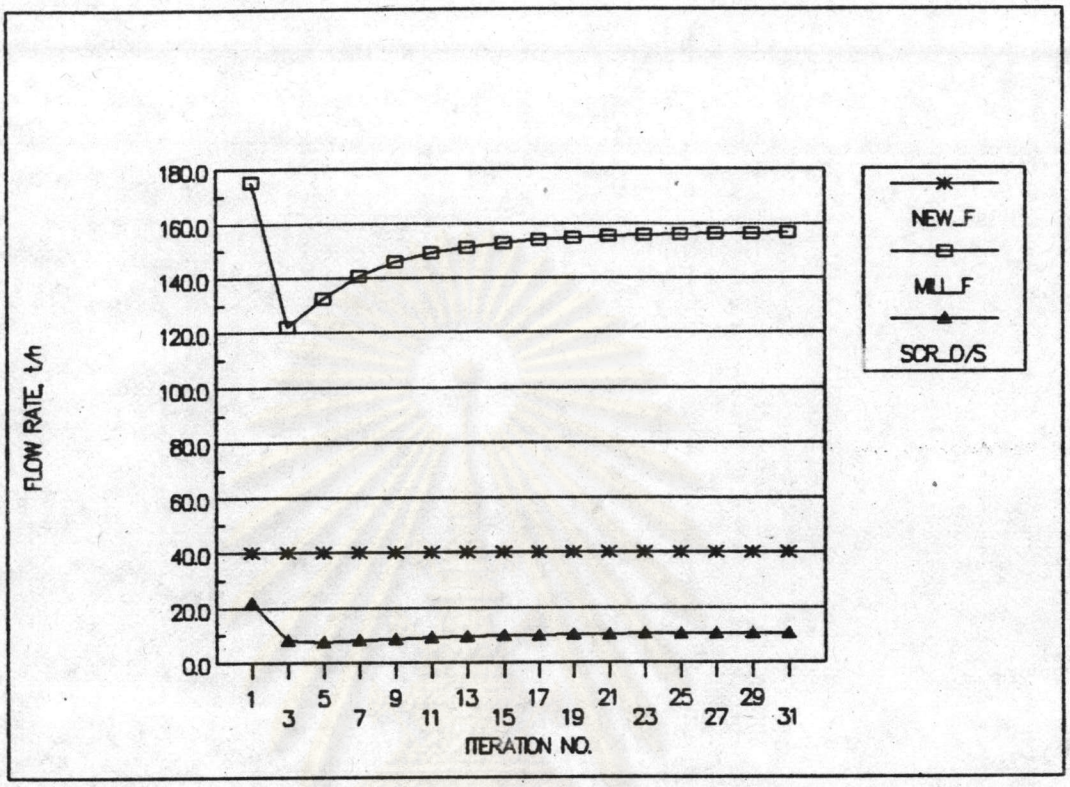
HYDROCYCLONE
d50c = 332.7 micron. C-Water Split = .6549

NO.	ARI.MEAN SIZE	NEW_FEED	MILLFEED	MILLDISC	SCRN_O/S	CYC.FEED	CYC.O/F	CYC.U/F
1	112680.0	30.5240	7.8230	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
2	87640.0	6.2710	1.6072	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
3	62600.0	3.4350	.8804	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	43820.0	2.9350	.7522	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
5	31300.0	3.4840	1.3837	.4913	7.3832	.0000	.0000	.0000
6	18780.0	7.1470	4.9628	3.1350	47.1143	.0000	.0000	.0000
7	9600.0	3.4590	2.7843	1.9002	27.4992	.0755	.0000	.1040
8	5689.5	2.1090	1.8451	1.3061	11.8912	.5516	.0000	.7600
9	4013.0	1.6530	1.9201	1.4981	2.8384	1.4026	.0000	1.9326
10	2844.5	1.7820	2.5340	2.0796	.5704	2.1872	.0000	3.0138
11	2006.5	1.7270	3.4463	3.0077	.2002	3.2078	.0000	4.4201
12	1409.5	1.6590	4.8409	4.4233	.1409	4.7286	.0001	6.5155
13	1000.5	1.5020	7.8175	7.4555	.1501	7.9763	.0109	10.9864
14	711.0	1.5170	12.5615	12.3345	.1946	13.1999	.4488	18.0186
15	503.0	2.0410	17.0322	17.9702	.1539	19.2402	5.8853	24.2870
16	356.0	3.2190	7.1840	8.8514	.1211	9.4737	9.8183	9.3435
17	251.5	4.8010	4.5557	6.2718	.1725	6.7065	11.5214	4.8870

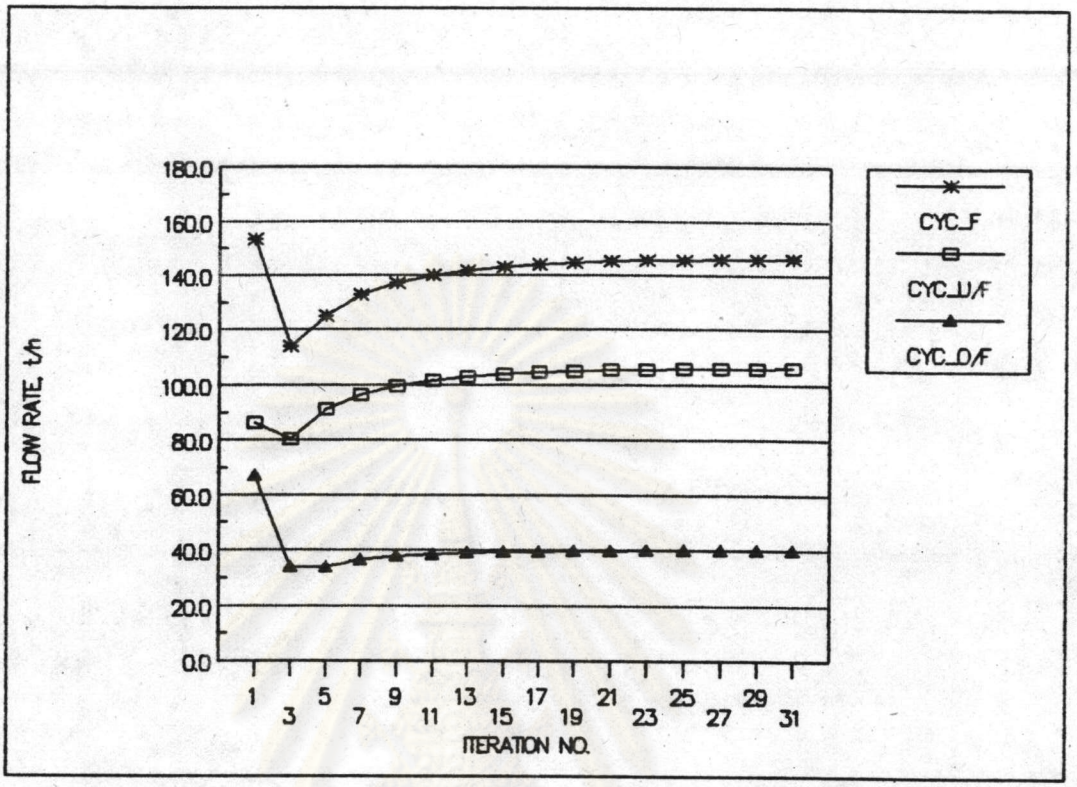
ตารางที่ 5.6(ต่อ) แฟ้มผลลัพธ์ BALANCE จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองแสดงผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

18	177.5	4.1040	2.6310	3.6149	.2912	3.8519	7.9503	2.3031
19	125.5	2.1860	1.3200	1.9279	.1194	2.0568	4.5609	1.1105
20	89.0	1.0790	.9593	1.8176	.1726	1.9348	4.4307	.9917
21	67.5	1.4740	1.2866	2.4898	.1253	2.6583	6.1732	1.3301
22	49.0	1.2580	1.0027	1.8951	.1054	2.0227	4.7430	.9947
23	18.5	10.6370	8.8703	17.5299	.7561	18.7256	44.4571	9.0017
FLOWRATE_t/h		40.10	156.46	156.46	10.41	146.05	40.06	106.00
80	%PASSING	96273.2	5961.4	916.7	16321.7	715.7	226.9	914.8
200	#PASSING	13.6922	11.4488	22.4643	1.0390	23.9916	56.7128	11.6262
				DENSITY (kg/l) =		2.1064	1.7495	2.4555
				VOL.(cu.M/hr./CYC)=		54.33	26.87	27.47
				%SOLID (BY WEIGHT)=		63.81	42.61	78.58

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

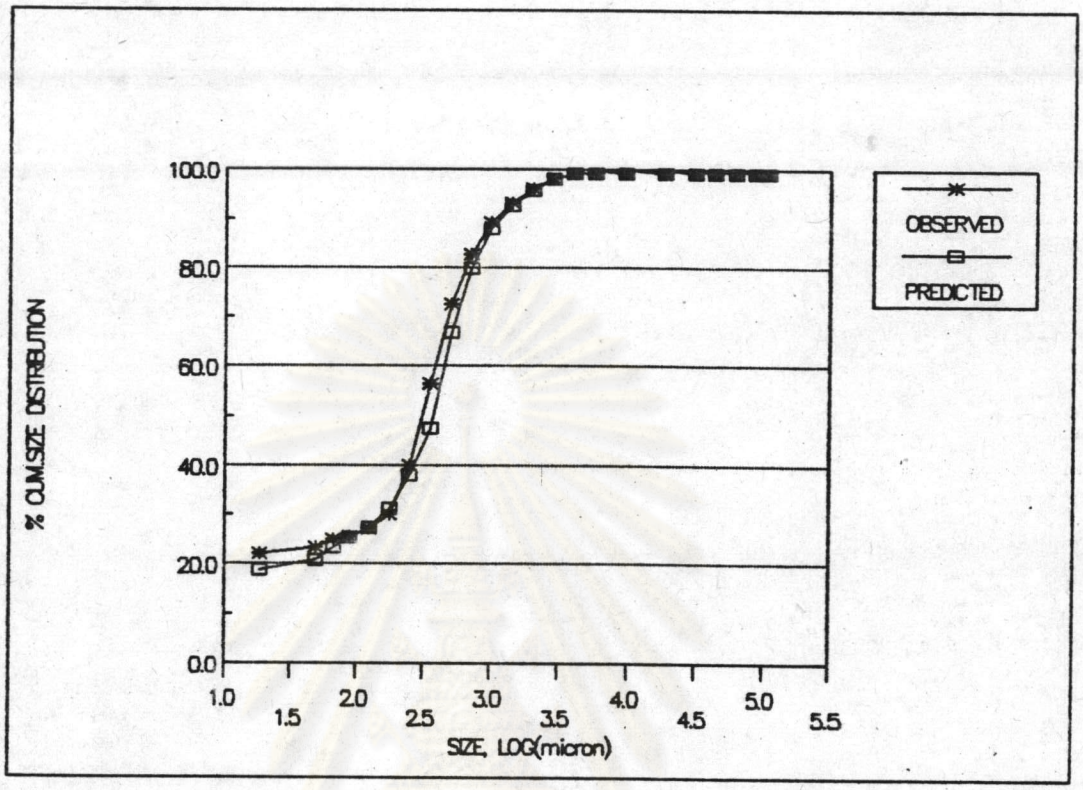


รูปที่ 5.1 การเข้าสู่ภาวะสมดุลของอัตราการไหลของแร่ในแร่ป้อนเข้าวงจร (New_F) แร่ป้อนเข้าหม้อบด(Mill_F) และแร่ที่ไม่ผ่านตะแกรงกลับสู่หม้อบด(SCR_O/S)



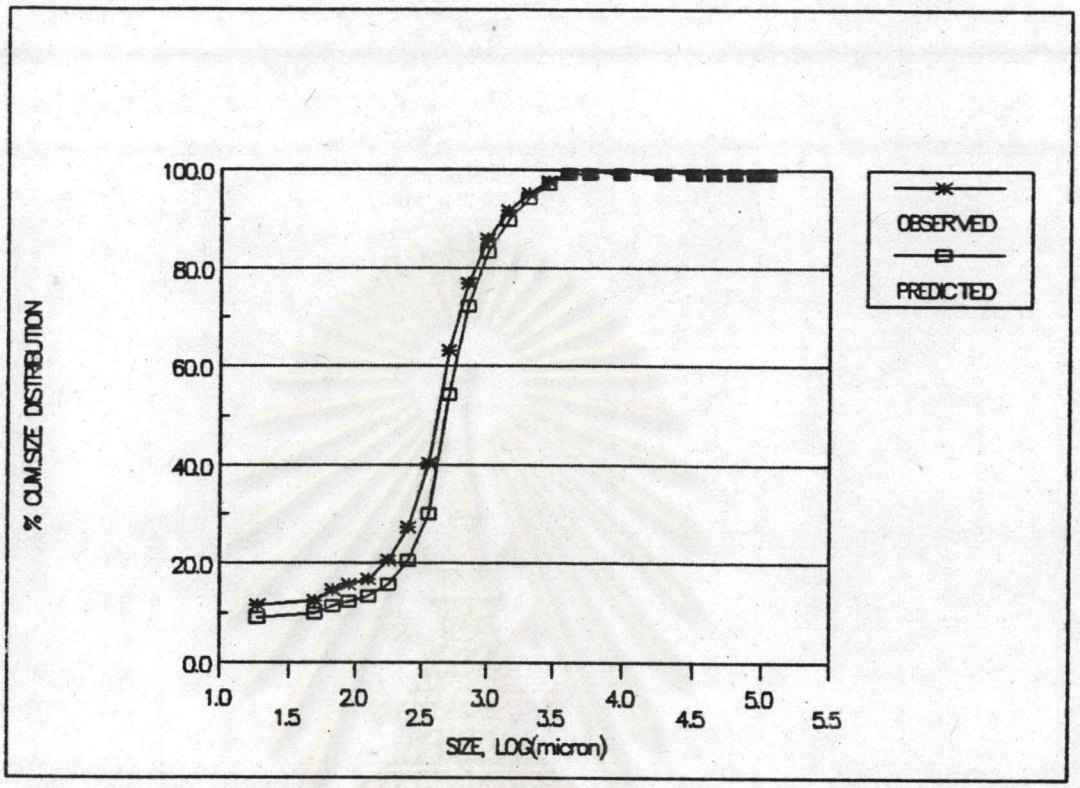
รูปที่ 5.2 การเข้าสู่ภาวะสมดุลของอัตราการไหลของแร่ในแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลน(CYC_F) แร่หยาบจากไฮโดรไซโคลน(CYC_U/F) และแร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลน(CYC_O/F)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

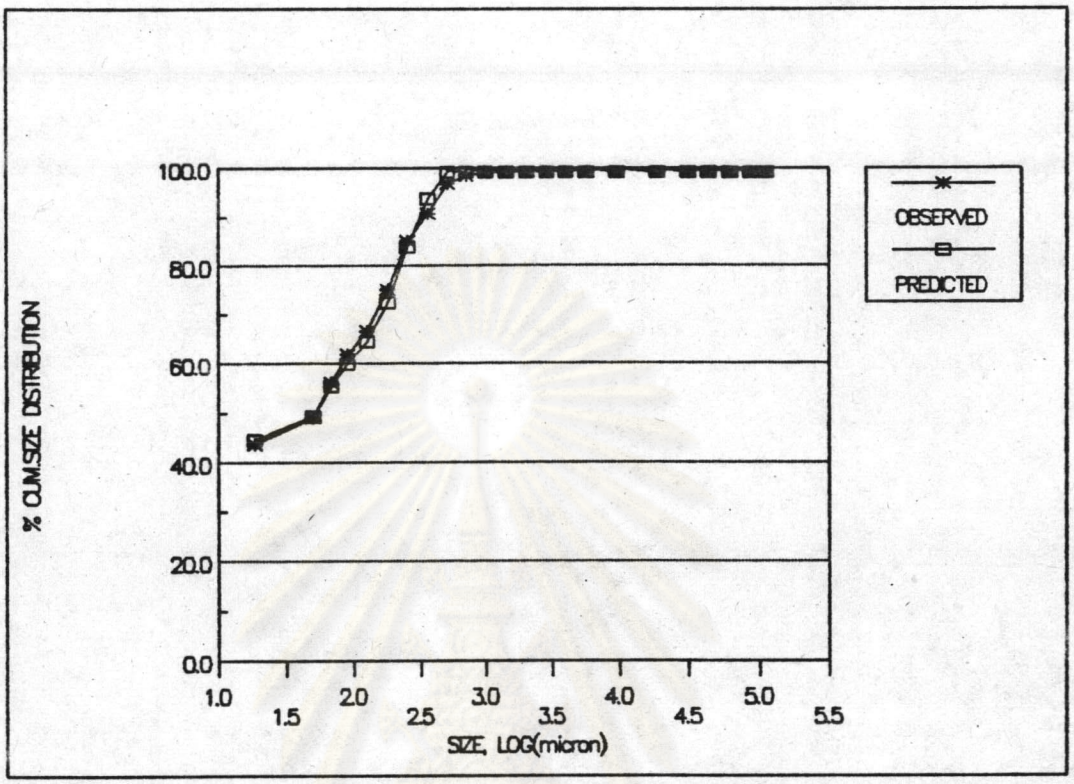


รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด(% Cum. Size Distribution)ในสายแร่ที่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลนของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed)และจากผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง (Predicted)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

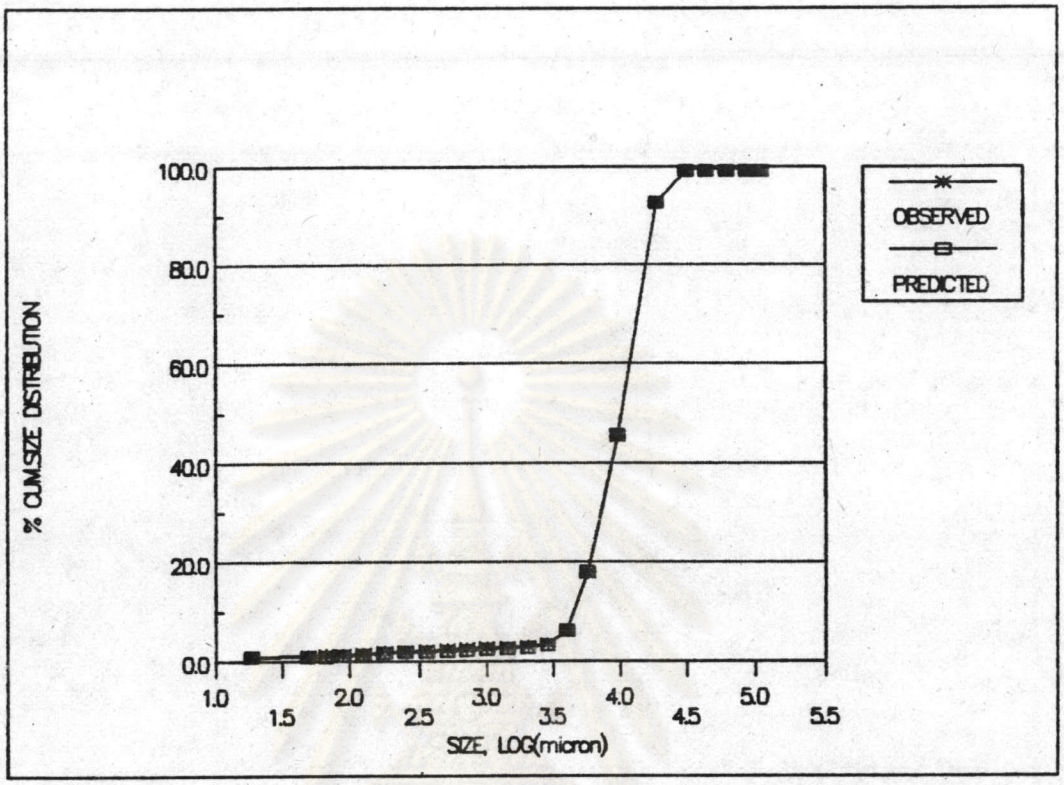


รูปที่ 5.4 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด(% Cum. Size Distribution)ในสายแร่หยาบจากไฮโดรไซโคลนของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed)และจากผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง (Predicted)

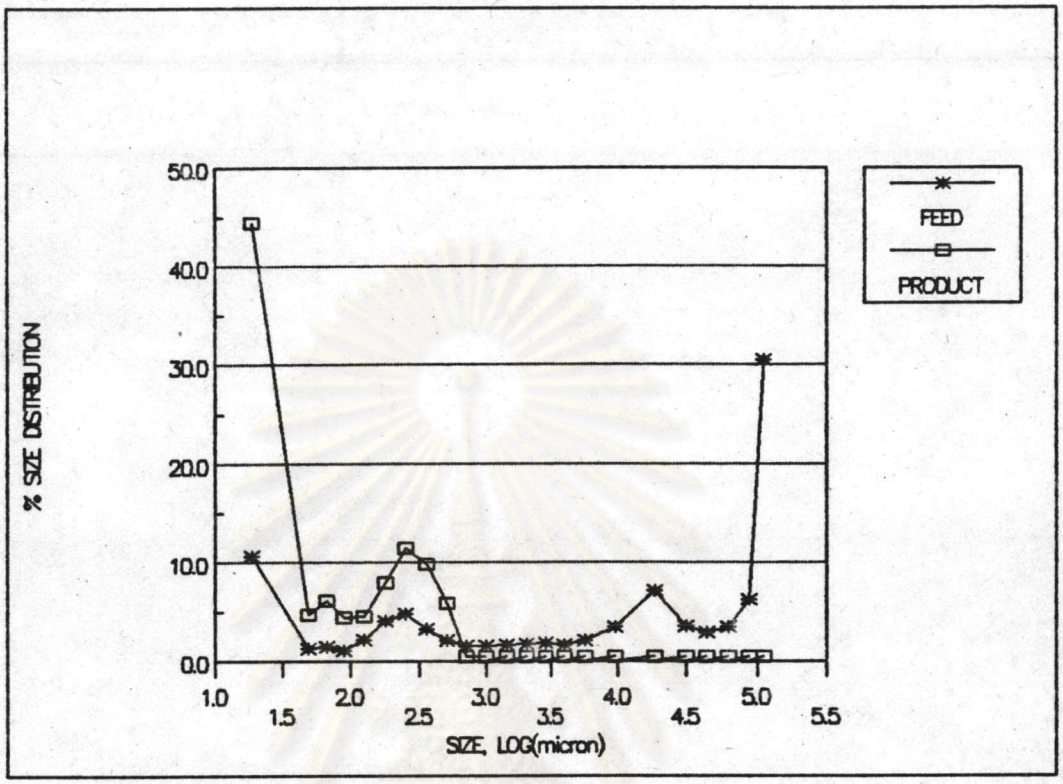


รูปที่ 5.5 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด(% Cum. Size Distribution)ในสายแร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลนของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed)และจากผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง (Predicted)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

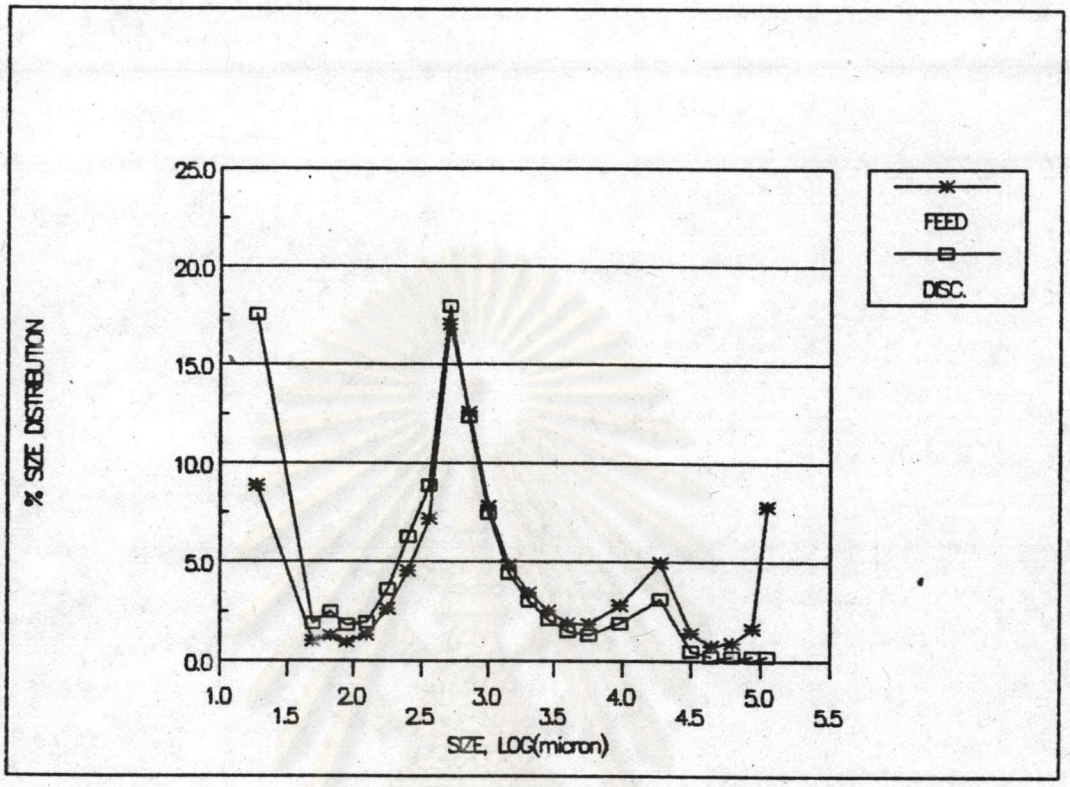


รูปที่ 5.6 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด(% Cum. Size Distribution) ในสายแร่ที่ไม่ผ่านตะแกรงไหลกลับเข้าหม้อบดของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed) และจากผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง(Predicted)



รูปที่ 5.7 การกระจายของขนาดในแร่ป้อน(New Feed)และแร่ผลลัพธ์(Final Product) ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 การกระจายของขนาดในแร่ป้อนเข้าหม้อบด(Mill Feed) และแร่ออกจากหม้อบด(Mill Discharge) ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรบางตัวกับโปรแกรมจำลองแบบ

การสร้างโปรแกรมการจำลองแบบวงจรการบดแร่นี้ นอกจากจะใช้ในการเลียนแบบวงจรการบดแร่เพื่อทำนายผลที่ได้จากวงจร(Product) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการป้อนแร่ เช่น อัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed) การกระจายของขนาดในแร่ป้อน(Feed Size Distribution) แล้ว ยังสามารถทำนายผลที่ได้จากวงจร(Product) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางตัวของหน่วยกระบวนการในวงจรการบดแร่นั้นๆได้อีกด้วย

จากการเก็บข้อมูลจากโรงงาน พบว่าตัวแปรที่อาจจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยมีผลต่อผลที่ได้(Product)ของวงจร คือ

ในส่วนของแร่ป้อน

มีตัวแปรที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

- อัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed)
- การกระจายของขนาดในแร่ป้อน(Feed Size Distribution)

ในส่วนของหม้อบด

มีตัวแปรหลายตัวแต่รายละเอียดไม่ชัดเจน ดังนั้นจึงเห็นว่ายังไม่ควรทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรเหล่านี้ เช่น

- กระแสไฟที่ใช้สำหรับหม้อบด
- ขนาดตะแกรงที่ปากหม้อบด
- เปอร์เซ็นต์ของของแข็ง(%Solid) ในหม้อบด
- ปริมาณลูกบอลเหล็กที่ใช้ในหม้อบด

ในส่วนของไฮโดรไซโคลน

มีตัวแปรที่สามารถจะเปลี่ยนแปลงได้หลายตัว ทั้งตัวแปรจากการทำงาน(Operating Variable) และตัวแปรจาการออกแบบไฮโดรไซโคลน(Design Variable) แต่ตัวแปรที่พบว่าสามารถจะเปลี่ยนได้จริงในโรงงานมีดังนี้

- ความดันเข้าแร่ป้อนไฮโดรไซโคลน(Pressure) เปลี่ยนแปลงได้ใน

ช่วงความดัน 0.7 ถึง 1.3 บาร์

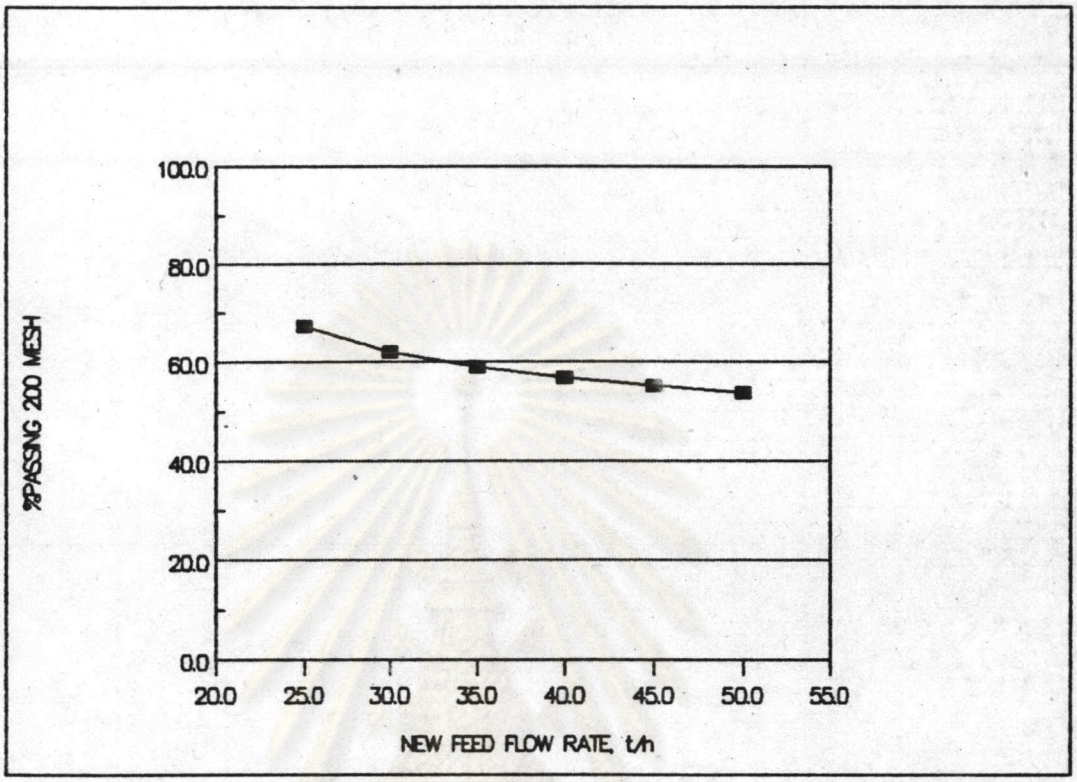
- ขนาดของทางออกแร่ละเอียด(Vortex Finder Diameter) เปลี่ยนแปลงได้ในช่วงขนาด 3 ถึง 4 นิ้ว แปลงได้ในช่วงขนาด 3 ถึง 4 นิ้ว
- ขนาดของทางออกแร่หยาบ(Apex Diameter) เปลี่ยนแปลงได้ในช่วงขนาด 2 ถึง 2.75 นิ้ว

ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้นอาจจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้อีก แต่เท่าที่พบ และเห็นว่าทำได้ก็คือตัวแปรที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งตัวแปรนี้เมื่อนำมาใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลอง โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะตัวแปรนั้นๆ และใช้ตัวแปรอื่นๆให้เท่ากับตัวแปรเดิมที่ใช้ในการเลียนแบบวงจรจริงจากโรงงานโดยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง จะทำให้ผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองเปลี่ยนแปลงไป ดังรูปที่ 5.9 ถึง 5.16 จะเห็นได้ว่า

- เปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมชของผลที่ได้จากวงจร(Final Product) มีแนวโน้มลดลง
- อัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับสู่หม้อบด(Screen Oversize) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

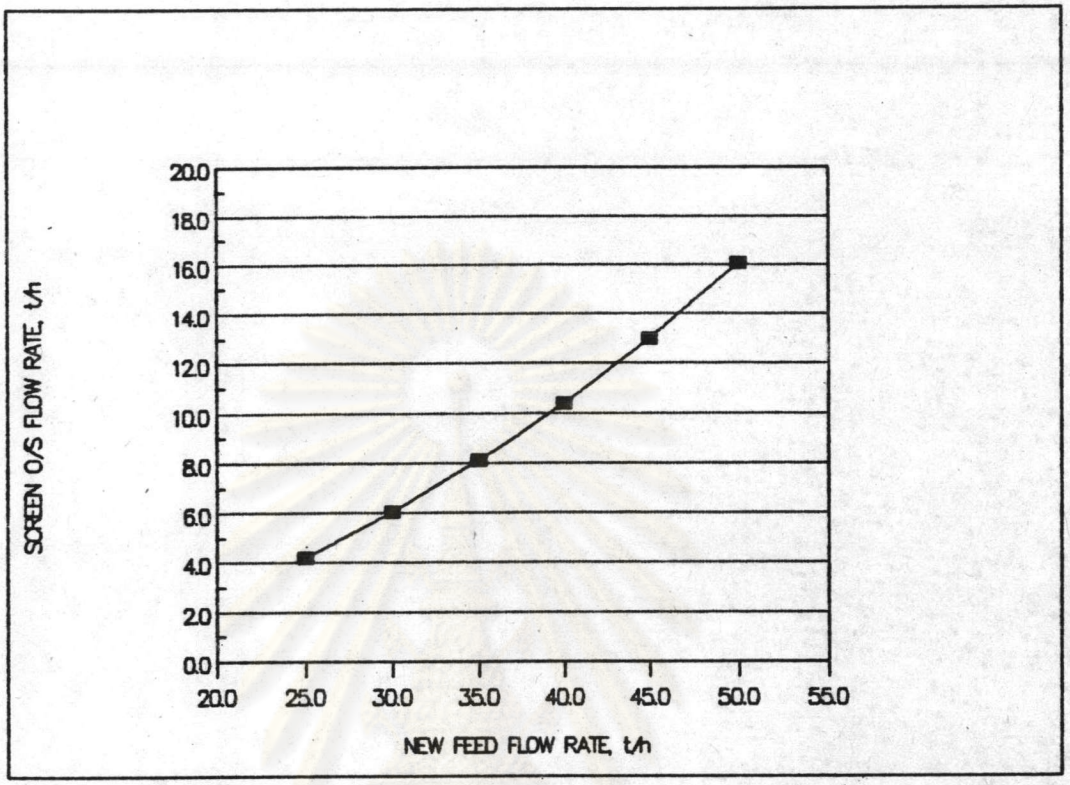
เมื่อ

- อัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed)เพิ่มขึ้น
- ขนาดของทางออกแร่ละเอียดของไฮโดรไซโคลน(Vortex Finder Diameter)เพิ่มขึ้น
- ขนาดของทางออกแร่หยาบของไฮโดรไซโคลน(Apex Diameter) เพิ่มขึ้น
- ความดันแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลน(Pressure) เพิ่มขึ้น



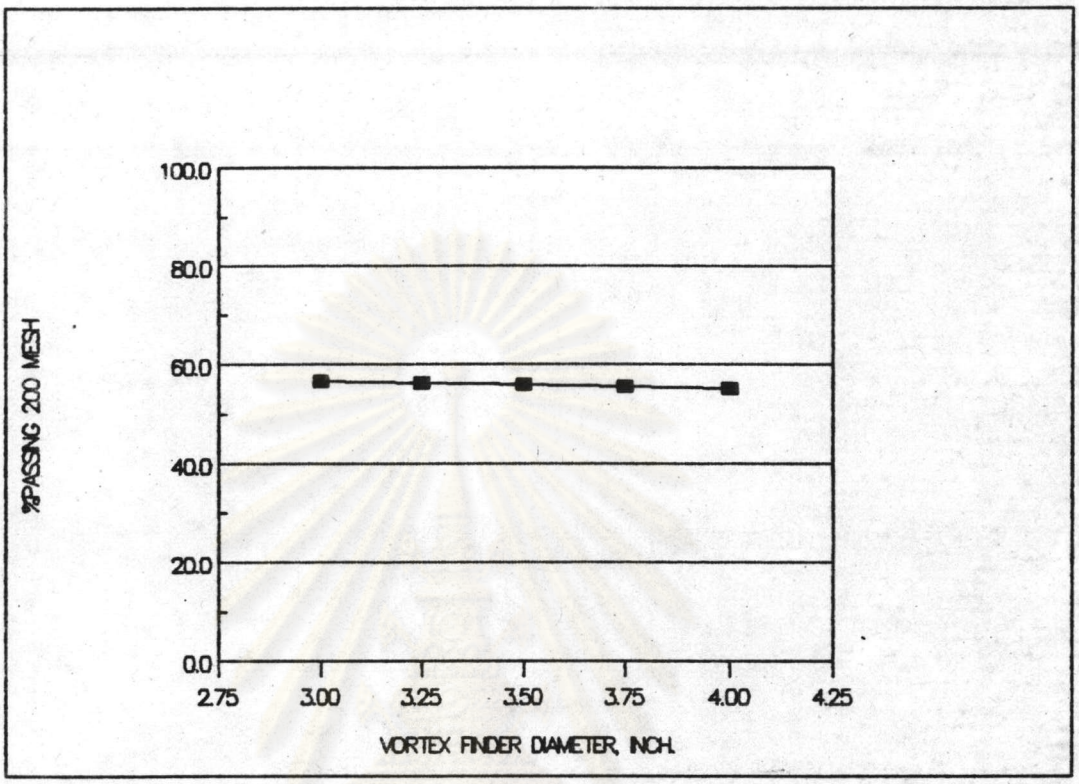
รูปที่ 5.9 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช(%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product) เมื่ออัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed)เปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

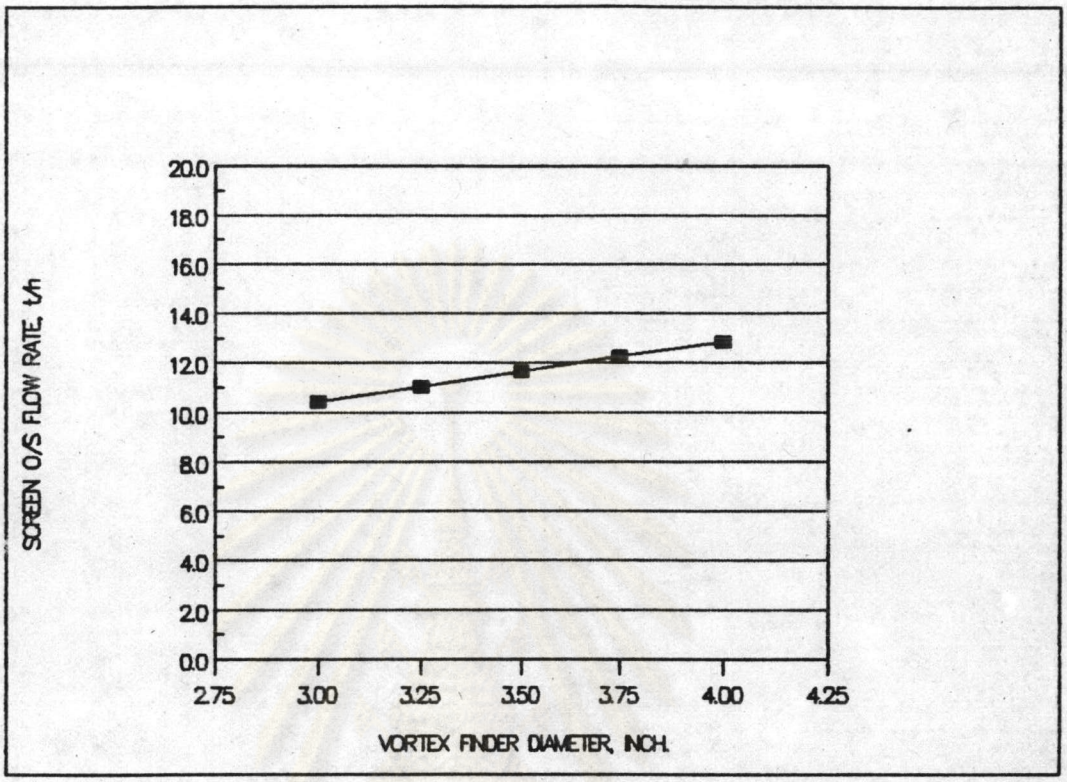


รูปที่ 5.10 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด (Screen Oversize) เมื่ออัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed) เปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

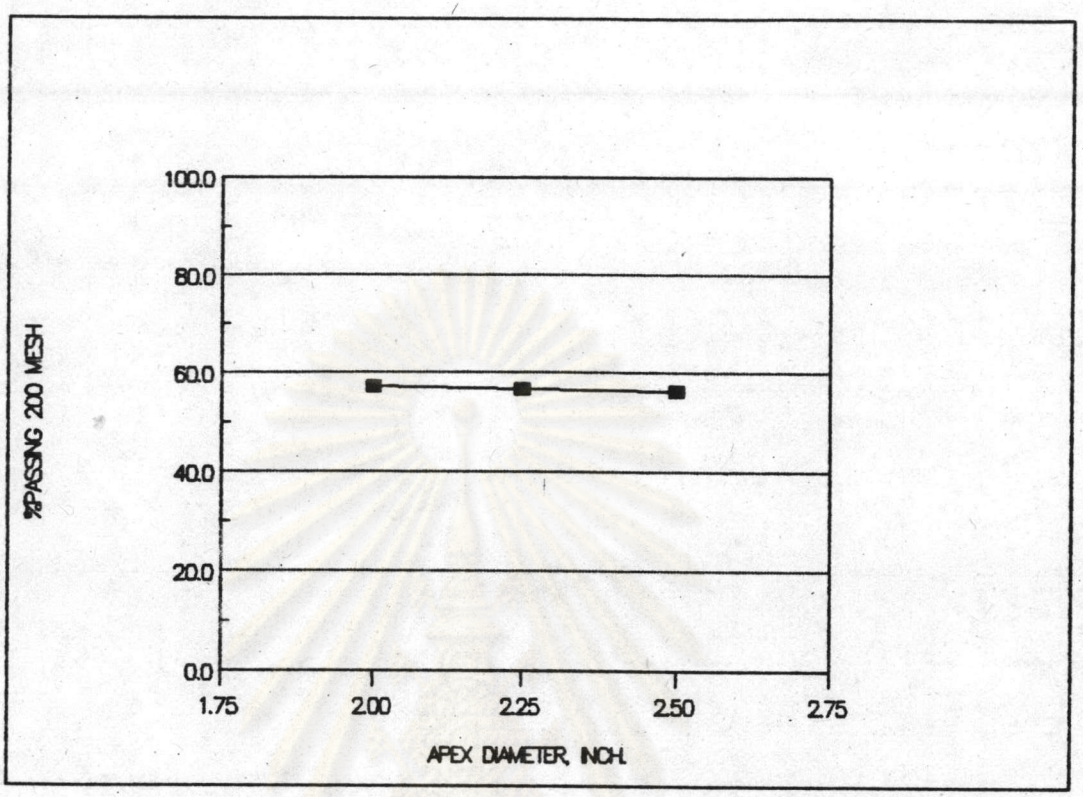


รูปที่ 5.11 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช(%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product) เมื่อขนาดทางออกแร่ละเอียดของไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง



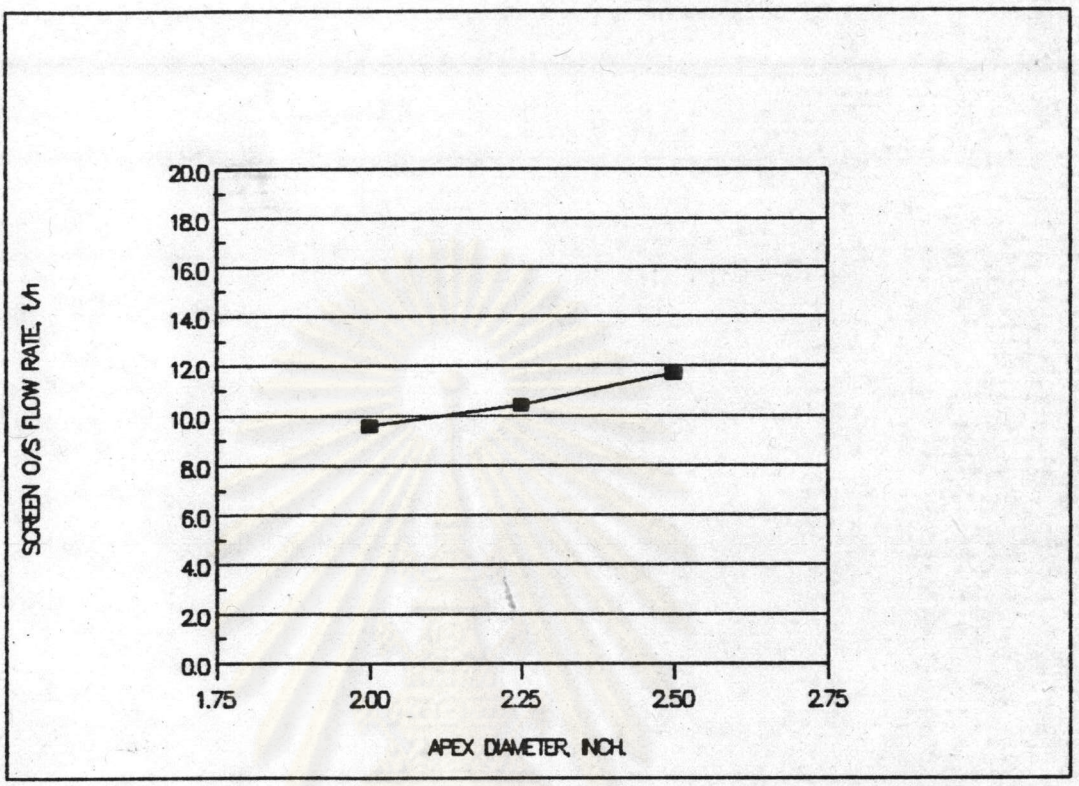
รูปที่ 5.12 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด (Screen Oversize) เมื่อขนาดทางออกแร่ละเอียดของไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



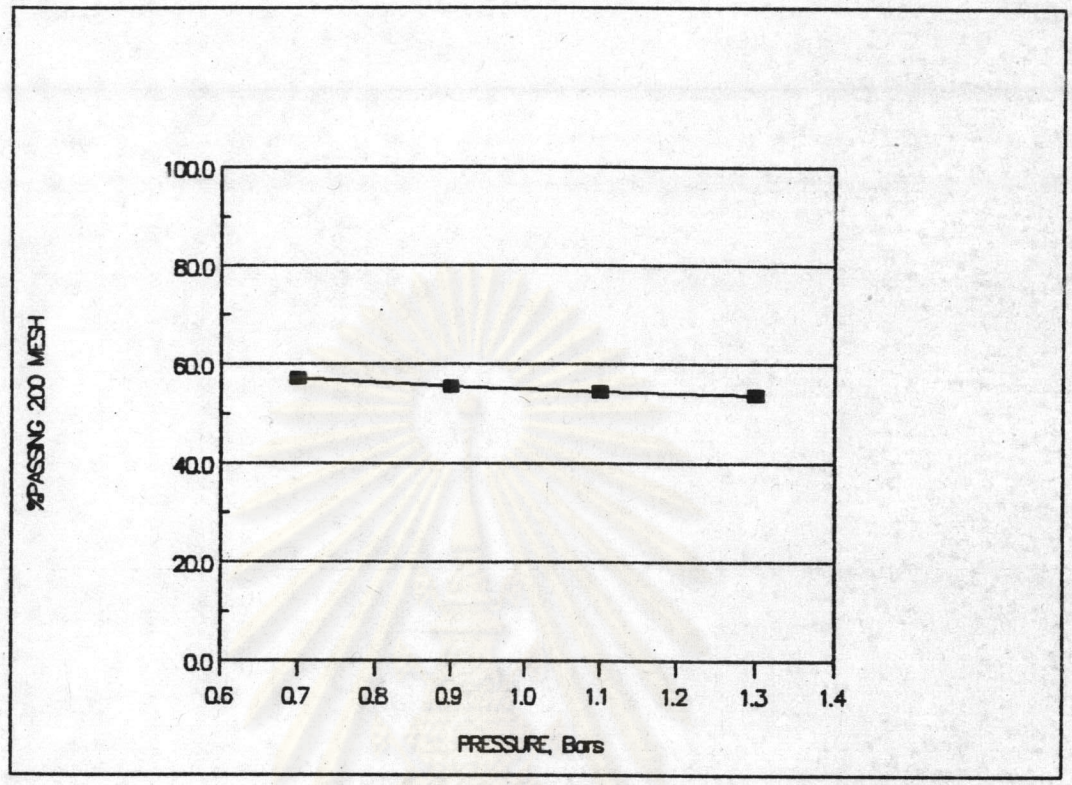
รูปที่ 5.13 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช(%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product) เมื่อขนาดทางออกแร่หยาบของไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



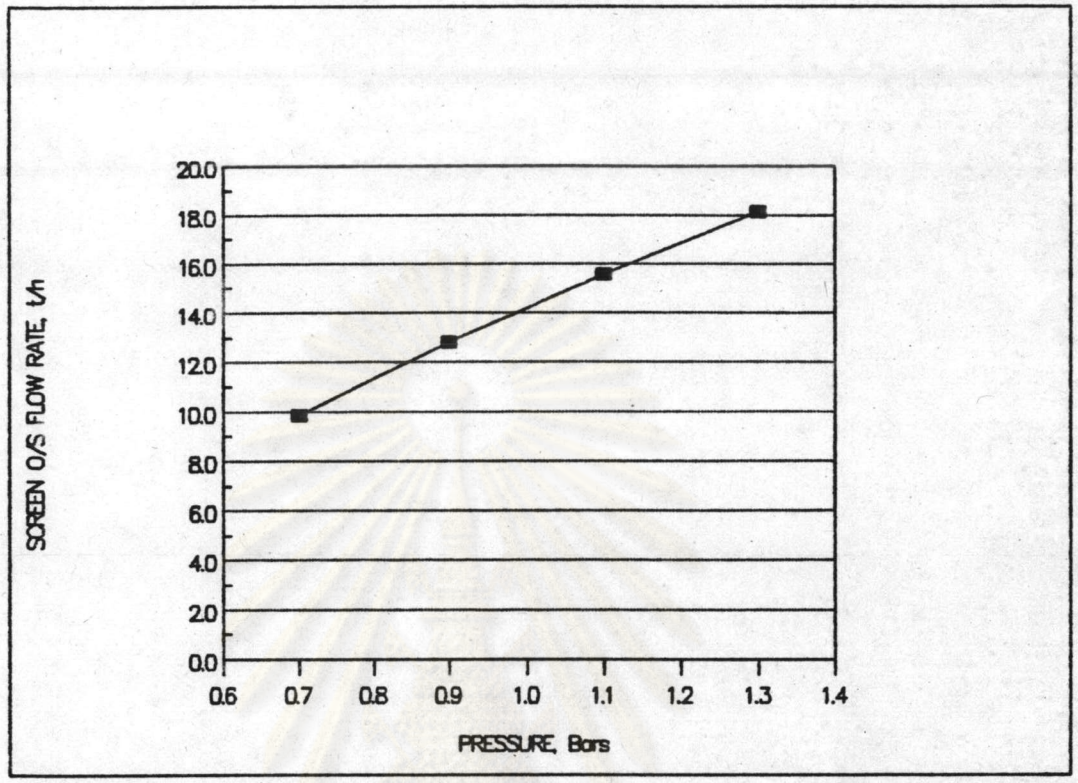
รูปที่ 5.14 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด (Screen Oversize) เมื่อขนาดทางออกแร่หยาบของไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.15 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช(%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product) เมื่อความดันแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด (Screen Oversize) เมื่อความดันแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรดังกล่าวที่สามารถทำได้ในโรงงาน ที่มีผลต่อผลที่ได้ของวงจร(Final Product) จะเห็นว่า ถ้าต้องการเพิ่มอัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed)ให้มากขึ้น โดยให้ผลที่ได้จากวงจรคงที่(เปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมชคงที่) ก็จะต้องปรับที่ไฮโดรไซโคลน ดังนี้

ลดขนาดทางออกแร่ละเอียด(Vortex Finder Diameter) ซึ่งลดได้เล็กสุดแล้ว คือ 3 นิ้ว

ลดขนาดทางออกแร่หยาบ(Apex Diameter) สามารถลดลงได้อีกจาก 2.25 นิ้ว เหลือ 2 นิ้ว

ลดความดันเข้าแร่ป้อน(Pressure) ลดลงได้อีกน้อยมาก คือเดิม 0.738 บาร์ แต่ลดต่ำสุดได้ประมาณ 0.700 บาร์

และจากการเก็บข้อมูลและตัวอย่างครั้งหลังสุดจากโรงงานบดสังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด จ.ตาก ซึ่งได้มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางตัวไปจากเดิมแล้ว ได้ผลดังตารางที่ 5.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 ผลการเปลี่ยนแปลงตัวแปรไปจากเดิมของโรงงานบดสังกะสี บริษัท ผาแดงอินดัสทรีจำกัด

	จากโรงงาน			จากโปรแกรม		
	เดิม	ใหม่	เปลี่ยนไป	เดิม	ใหม่	เปลี่ยนไป
อัตราการป้อนแร่, ตันต่อชั่วโมง*	40.1	45.0	+ 4.9	40.1	45.0	+ 4.9
ขนาดทางออกแร่หยาบ, นิ้ว	2.25	2.00	- 0.25	2.25	2.00	- 0.25
ความดันเข้าไฮโดรไซโคลน,บาร์	0.738	0.749	+ 0.011	0.738	0.749	+ 0.011
ความหนาแน่นเข้าไฮโดรไซโคลน						
แร่ป้อน, กิโลกรัมต่อลิตร	2.05	1.96	- 0.09	2.10	2.10	- 0.00
แร่ละเอียด, กิโลกรัมต่อลิตร	2.35	2.51	+ 0.16	2.46	2.67	+ 0.21
แร่หยาบ , กิโลกรัมต่อลิตร	1.96	1.66	- 0.30	1.75	1.71	- 0.04
เปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมชของผลที่ได้(Product)	57.76	**	-	56.71	55.34	- 1.37

หมายเหตุ * หักค่าความชื้นประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์แล้ว

** ไม่ได้ทำการทดลองหาค่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

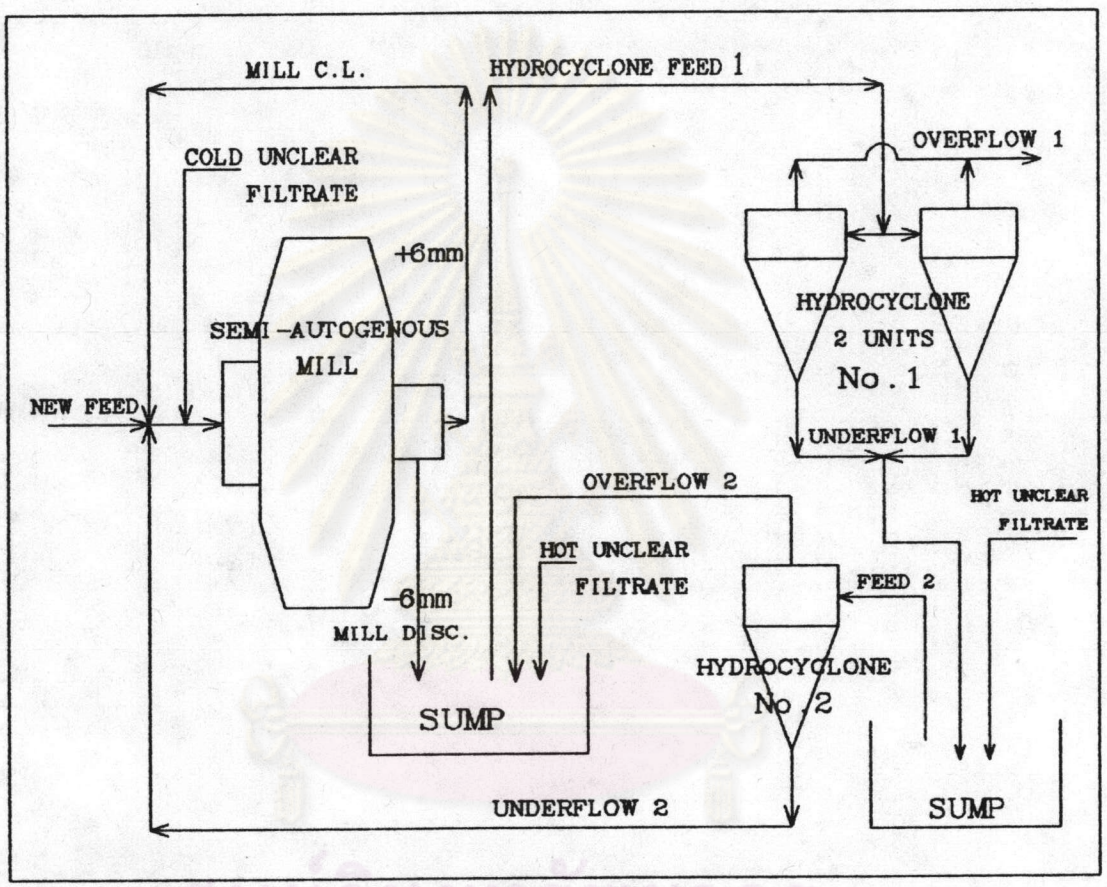
5.2 การทดลองจัดเรียงหน่วยกระบวนการในการบดแร่ใหม่กับโปรแกรมการจำลองแบบ

ในการสร้างโปรแกรมการจำลองแบบนี้ นอกจากสามารถที่จะเลียนแบบจำลองวงจรจากโรงงาน เพื่อทำนายผลที่ได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางตัวในวงจรแล้ว ยังสามารถที่จะทำการจัดเรียงกระบวนการในวงจรขึ้นมาใหม่ และทำนายผลที่ได้ จากวงจรใหม่ที่ทำการจัดเรียงขึ้นมาด้วย

จากข้อมูลของค่าตัวแปรและค่าคงที่ต่างๆของหน่วยกระบวนการที่มีอยู่ในวงจรการบดแร่เดิม เมื่อนำมาจัดเรียงวงจรใหม่ดังรูปที่ 5.17 ซึ่งเพิ่มหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่ด้วยไฮโดรไซโคลนอีกหนึ่งชุด โดยมีแฟ้มข้อมูลของแร่ป้อน (FEED) อัตราการแตกหักของแร่(BKAGE) ตัวแปรและค่าคงที่ของหม้อบด(MILL) ตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนชุดที่1(CYCLONE1) ตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนชุดที่2(CYCLONE2) ดังตารางที่ 5.8 ถึง 5.12 และผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง แสดงดังตารางที่ 5.13(BALANCE3)

จากผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองดังกล่าว จะเห็นว่า ค่าของเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมชของผลที่ได้(Final Product) มีค่าเพิ่มขึ้นมาก ซึ่งอาจจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงวงจรการบดแร่เดิม เพื่อเพิ่มอัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed)ให้มากขึ้นต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.17 วงจรการบดแร่ที่จัดเรียงวงจรใหม่ โดยเพิ่มไฮโดรไซโคลนขึ้นมาอีกหนึ่งชุด

ตารางที่ 5.8 แฟ้มข้อมูลแร่ป้อน(FEED)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

FILE OF NEW FEED DATA

No. of Size Range : 23

New Feed Flow Rate : 40.1

NO.	ARI.MEAN SIZE	FEED
1	112680.0	30.524
2	87640.0	6.271
3	62600.0	3.435
4	43820.0	2.935
5	31300.0	3.484
6	18780.0	7.147
7	9600.0	3.459
8	5689.5	2.109
9	4013.0	1.653
10	2844.5	1.782
11	2006.5	1.727
12	1409.5	1.659
13	1000.5	1.502
14	711.0	1.517
15	503.0	2.041
16	356.0	3.219
17	251.5	4.801
18	177.5	4.104
19	125.5	2.186
20	89.0	1.079
21	67.5	1.474
22	49.0	1.258
23	18.5	10.637

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.9 แฟ้มข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของหม้อบด(MILL)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

MILL PARAMETER

Mill Motor Current : 167.5

NO.	ARI.MEAN SIZE	DRstd.
1	112680.0	.00000
2	87640.0	.00000
3	62600.0	.00000
4	43820.0	.00000
5	31300.0	.03824
6	18780.0	.15032
7	9600.0	.11329
8	5689.5	.09853
9	4013.0	1.18539
10	2844.5	1.86740
11	2006.5	2.25459
12	1409.5	2.85155
13	1000.5	4.26040
14	711.0	6.65464
15	503.0	17.48922
16	356.0	25.58450
17	251.5	55.71590
18	177.5	6.64728
19	125.5	2.43801
20	89.0	3.24610
21	67.5	12.49138
22	49.0	5.36531
23	18.5	.00000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.10 แฟ้มข้อมูลอัตราการแตกหักของแร่(BKAGE)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

ABRASION AND CRUSHING BREAKAGE FUNCTION

NO.	ABRASION	CRUSHING
1	.9000	.0000
2	.0352	.0000
3	.0002	.0000
4	.0007	.0000
5	.0011	.0000
6	.0018	.0000
7	.0022	.0000
8	.0026	.0000
9	.0026	.0836
10	.0026	.2070
11	.0026	.1640
12	.0026	.1300
13	.0026	.1114
14	.0026	.0811
15	.0026	.0611
16	.0026	.0440
17	.0026	.0329
18	.0026	.0237
19	.0026	.0163
20	.0026	.0124
21	.0026	.0088
22	.0026	.0063
23	.0033	.0044
24	.0042	.0032
25	.0050	.0022
26	.0000	.0000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 แฟ้มข้อมูลประสิทธิภาพของตะแกรง(SCREEN)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

SCREEN FRACTION TO OVERSIZE

NO.	ARI.MEAN SIZE	FRAC.TO_O/S
1	112680.0	1.00000
2	87640.0	1.00000
3	62600.0	1.00000
4	43820.0	1.00000
5	31300.0	1.00000
6	18780.0	1.00000
7	9600.0	.96293
8	5689.5	.60579
9	4013.0	.12607
10	2844.5	.01825
11	2006.5	.00443
12	1409.5	.00212
13	1000.5	.00134
14	711.0	.00105
15	503.0	.00057
16	356.0	.00091
17	251.5	.00183
18	177.5	.00536
19	125.5	.00412
20	89.0	.00632
21	67.5	.00335
22	49.0	.00370
23	18.5	.00287

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 แฟ้มข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนชุดที่ 1(CYCLONE1) สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

PARAMETER OF CYCLONE

A = 3.70460

Kq = 5.5489515646 Kd = 6.7761768911

Kw = .1164345848 Kv = .5648290582

No. of Cyclone	:	2	
Specific Gravity of Solid	:	3.232	
Operating Pressure	:	.700	Bars.
Cyclone Diameter	:	10.00	Inch.
Vortex Finder Diameter	:	3.00	Inch.
Spigot Diameter	:	2.00	Inch.
Cone Angle	:	15.00	Degrees
Equivalant Inlet Diameter	:	3.00	Inch.
Cylinder Length	:	15.00	Inch.
Acc.due to Gravity	:	9.81	m/s^2
Specific Gravity of Liquid	:	1.305	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 แฟ้มข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนชุดที่ 2(CYCLONE2)
สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

PARAMETER OF CYCLONE

A =	3.70460		
Kq =	5.5489515646	Kd =	6.7761768911
Kw =	.1164345848	Kv =	.5648290582

No. of Cyclone	: 1	
Specific Gravity of Solid	: 3.232	
Operating Pressure	: 1.000	Bars.
Cyclone Diameter	: 10.00	Inch.
Vortex Finder Diameter	: 3.00	Inch.
Spigot Diameter	: 2.25	Inch.
Cone Angle	: 15.00	Degrees
Equivalant Inlet Diameter	: 3.00	Inch.
Cylinder Length	: 15.00	Inch.
Acc.due to Gravity	: 9.81	m/s^2
Specific Gravity of Liquid	: 1.305	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.14 แฟ้มผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองของวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

Feed Data :FEED Mill Data :MILL
Breakage Data :BKAGE Screen Data :SCREEN
Cyclone#1 Data:CYCLONE1 Cyclone#2 Data:CYCLONE2
Iteration Out :ITERATE3 The Results :BALANCE3

TRIAL NUMBER OF MILL FEED : 1.000 ITERATION NO. 30

NO. OF SIZE RANGE : 23 NEW FEED FLOW RATE : 40.10 t/h.

CYCLONE#1
d50c = 238.2 micron. C-Water Split = .7664
CYCLONE#2
d50c = 329.7 micron. C-Water Split = .7004

NO.	ARI.MEAN SIZE	NEW_FEED	MILLFEED	MILLDISC	SCRN_O/S	SCRN_U/S
1	112680.0	30.5240	11.3076	.0000	.0000	.0000
2	87640.0	6.2710	2.3231	.0000	.0000	.0000
3	62600.0	3.4350	1.2725	.0000	.0000	.0000
4	43820.0	2.9350	1.0873	.0000	.0000	.0000
5	31300.0	3.4840	1.5473	.2570	7.1897	.0000
6	18780.0	7.1470	4.2866	1.6410	45.9169	.0000
7	9600.0	3.4590	2.2750	.9949	26.8058	.0382
8	5689.5	2.1090	1.4643	.6838	11.5906	.2796
9	4013.0	1.6530	1.3959	.7843	2.7667	.7109
10	2844.5	1.7820	1.7483	1.0893	.5562	1.1090
11	2006.5	1.7270	2.2148	1.5767	.1954	1.6279
12	1409.5	1.6590	2.9347	2.3227	.1378	2.4037
13	1000.5	1.5020	4.4941	3.9427	.1478	4.0833
14	711.0	1.5170	7.4823	6.9350	.2037	7.1844
15	503.0	2.0410	19.9811	19.5617	.3120	20.2752

ตารางที่ 5.14(ต่อ) แฟ้มผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองของวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

16	356.0	3.2190	16.3904	17.6550	.4495	18.2927
17	251.5	4.8010	6.3069	9.1829	.4702	9.5058
18	177.5	4.1040	2.4091	3.6509	.5475	3.7659
19	125.5	2.1860	1.0763	1.7359	.2001	1.7928
20	89.0	1.0790	.6217	1.8109	.3202	1.8662
21	67.5	1.4740	.8661	2.9767	.2790	3.0767
22	49.0	1.2580	.6710	2.0519	.2124	2.1201
23	18.5	10.6370	5.8447	21.1467	1.6982	21.8676
FLOWRATE_t/h		40.10	108.25	108.25	3.87	104.38
80 %PASSING		96273.2	13507.1	509.8	16218.9	484.4
200 #PASSING		13.6922	7.5686	26.7228	2.2864	27.6285

NO.	ARI.MEAN SIZE	CYC1FEED	CYC1_O/F	CYC1_U/F	CYC2FEED	CYC2_O/F	CYC2_U/F
1	112680.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
2	87640.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
3	62600.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	43820.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
5	31300.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
6	18780.0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
7	9600.0	.0316	.0000	.0462	.0462	.0000	.0621
8	5689.5	.2309	.0000	.3380	.3380	.0000	.4538
9	4013.0	.5871	.0000	.8595	.8595	.0000	1.1539
10	2844.5	.9159	.0000	1.3409	1.3409	.0000	1.8001
11	2006.5	1.3445	.0000	1.9683	1.9683	.0000	2.6424
12	1409.5	1.9853	.0000	2.9064	2.9064	.0000	3.9017
13	1000.5	3.3736	.0001	4.9389	4.9389	.0070	6.6279
14	711.0	5.9886	.0090	8.7630	8.7630	.3190	11.6548

ตารางที่ 5.14(ต่อ) แฟ้มผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองของวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่

15	503.0	18.2787	.6898	26.4397	26.4397	8.8913	32.4495
16	356.0	20.5959	6.7431	27.0234	27.0234	31.5327	25.4791
17	251.5	11.7080	12.6588	11.2668	11.2668	22.0849	7.5619
18	177.5	4.2435	7.4692	2.7469	2.7469	6.5004	1.4614
19	125.5	1.8925	3.9708	.9282	.9282	2.3637	.4366
20	89.0	1.9096	4.2935	.8035	.8035	2.1143	.3545
21	67.5	3.1079	7.1789	1.2190	1.2190	3.2536	.5222
22	49.0	2.1233	4.9905	.7929	.7929	2.1374	.3325
23	18.5	21.6832	51.9962	7.6183	7.6183	20.7956	3.1056
FLOWRATE_t/h		126.38	40.05	86.33	86.33	22.02	64.30
80 %PASSING		458.4	178.1	530.6	530.6	320.3	651.1
200 #PASSING		27.4916	65.4637	9.8731	9.8731	26.8258	4.0674
DEN.(kg/l)		1.9985	1.6760	2.4674	2.1218	1.6916	2.6244
cu.M./hr/CYC		54.33	32.19	22.14	63.02	33.96	29.06
%SOLID (wt.)		58.20	37.13	79.01	64.56	38.33	84.32

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย