50

ประสิทธิภาพวงจรการบดแร่ด้วยหม้อบดเชมิ-ออโตจีเนียสและไฮโดรไซโคลน

นาย มานุส มณีนุษย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ และธรณีวิทยาเหมืองแร่
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2533

ISBN 974-577-222-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 18734571

PERFORMANCE OF SEMI-AUTOGENOUS MILL AND HYDROCYCLONE GRINDING CIRCUIT

Mr. Manuse Maneenuse

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Mining Engineering and Mining Geology
Graduate School
Chulalongkorn University
1990

ISBN 974-577-222-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพวงจรการบดแร่ด้วยหม้อบดเซมิ-ออโตจีเนียส และไฮโดรไซโคลน
โดย	นาย มานุส มณีนุษย์
ภาควิชา	วิศวกรรมเหมืองแร่ และธรณีวิทยาเหมืองแร่
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ดร.สุรพล ภู่วิจิตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ฉลับ ปัทมสูต)

.....กรรมการ
(นาย รังสรรค์ นิยมไทย)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

มานุส มณีนุษย์ : ประสิทธิภาพวงจรการบดแร่ด้วยหม้อบดเซมิ-ออโตจีเนียสและไฮโดรไซโคลน (PERFORMANCE OF SEMI-AUTOGENOUS MILL AND HYDROCYCLONE GRINDING CIRCUIT) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์, 174 หน้า ISBN 974-577-222-4

การศึกษาการเลียนแบบวงจร(Simulation) ด้วยโปรแกรมการจำลองแบบ(Simulator) ที่สร้างขึ้นโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายประสิทธิภาพวงจรการบดแร่ โดยในขั้นแรกเป็นการศึกษา ใช้ข้อมูลวงจรการบดแร่สังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด ซึ่งมีหน่วยกระบวนการเป็นหม้อบดแบบเซมิ-ออโตจีเนียส และไฮโดรไซโคลน

ผลการศึกษาวิจัย เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่ได้จากโรงงาน พบว่ามีความสอดคล้องกัน คาดว่าจะมีส่วนช่วยลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบและปรับปรุงวงจร และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับวงจรการแต่งแร่อีกด้วย เพื่อให้การแต่งแร่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเหมืองแร่ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

MANUSE MANEENUSE : PERFORMANCE OF SEMI-AUTOGENOUS MILL AND HYDROCYCLONE GRINDING CIRCUIT. THESIS ADVISER : ASST.PROF.QUANCHAI LEEPOWPANTH, Ph.D. 174 pp. ISBN 974-577-222-4

The main objective of this simulation technique with a computer model is to provide a convenient means of predicting an ore grinding circuit. In the first step of the study, zinc grinding circuit from Padaeng Industry Co.,Ltd. has been used as a basic information. The circuit is of semi-autogenous mill and hydrocyclones.

The results of the investigation has shown that actual and investigated data are comparable. It is expected that this technique can improve the circuit's design and cost. Moreover, it can be applied to other minerals as well and with a view to improve their performance.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่
สาขาวิชา วิศวกรรมเหมืองแร่
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะแนวทางในการศึกษา ทดลอง ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ฉลับ ปัทมสูต ดร.สุรพล ภู่วิจิตร ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำเพิ่มเติม ขอขอบคุณ บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด คุณรังสรรค์ นิยมไทย และคุณศุภชัย พรหมบุญ และเจ้าหน้าที่ในโรงบดแร่สังกะสีของบริษัทผาแดงทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง และใช้ข้อมูลจากโรงบดแห่งนี้เป็นข้อมูลประกอบการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณรังสรรค์ นิยมไทย ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้คำแนะนำเพิ่มเติม เพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ ฝ่ายแต่งแร่และใช้ประโยชน์แร่ กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี ทุกท่านที่กรุณาช่วยเหลือในการทดลองและเป็นกำลังใจ ให้วิทยานิพนธ์บับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ความดีหรือประโยชน์ทั้งหลายอันพึงได้รับจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้แก่ บิดา-มารดา และครู-อาจารย์ ทุกท่าน ที่ได้ให้การศึกษาและอบรมแก่ผู้วิจัยตลอดมา

มานุส มณีนุษย์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา 5
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา 5
1.4 ผลของการศึกษาในอดีต 6
1.5 แผนและทิศทางการดำเนินงาน 7
1.6 ความสำคัญหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

2. ทฤษฎีเบื้องต้นและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง 9

2.1 แนวความคิดของการจำลองแบบ 9
2.2 แบบจำลองของการบดแร่ 12
2.3 แบบจำลองของไฮโดรไซโคลน 17

บทที่ หน้า

3. ข้อมูลเบื้องต้นของวงจรการบดแร่ 22

3.1 ข้อมูลทั่วไปของวงจร 22
3.2 ข้อมูลของหน่วยกระบวนการของวงจร 22
3.3 ข้อมูลอื่นๆของวงจรที่จะต้องนำไปใช้ 26
3.4 มวลสมดุล 27

4. การประเมินประสิทธิภาพวงจร 31

4.1 ชุดข้อมูลของวงจรการบดแร่ 31
4.2 การหาค่าตัวแปร(Parameter) 35
4.3 การสร้างโปรแกรมการจำลองแบบวงจรการบดแร่ 40
4.4 การใช้ข้อมูลจริงจากโรงงานกับโปรแกรมการ
หาค่าตัวแปร(Parameter)ของวงจร 46

5. การเลียนแบบวงจร 58

5.1 การใช้ข้อมูลจริงจากโรงงานกับโปรแกรมการ
จำลองแบบ 58
5.2 การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรบางตัวกับโปรแกรม
การจำลองแบบ 76
5.2 การทดลองจัดเรียงหน่วยกระบวนการในการบดแร่ใหม่
กับโปรแกรมการจำลองแบบ 88

บทที่ หน้า

6. สรุปผลการศึกษา และแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพวงจรการบดแร่ 99

6.1 สรุปผลการศึกษา 99
6.2 แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพวงจรการบดแร่ 102

เอกสารอ้างอิง 110

ภาคผนวก 112

ก. โปรแกรมย่อยสำหรับควบคุมจอภาพด้วยไมโครซอฟต์ฟอร์แทรน 77 113
ข. โปรแกรมช่วยการแสดงรายการต่างๆด้วยไมโครซอฟต์ฟอร์แทรน 77 125
ค. โปรแกรมการหาค่าตัวแปรด้วยไมโครซอฟต์ฟอร์แทรน 77 133
ง. โปรแกรมเลียนแบบจำลองวงจรการบดแร่ด้วยไมโครซอฟต์ฟอร์แทรน 77 150
จ. โปรแกรมย่อยอื่นๆที่ใช้ร่วมกัน 165

ประวัติผู้เขียน 172

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลการวิเคราะห์การกระจายของขนาดของตัวอย่าง ที่เก็บจากวงจร 33
4.2 ข้อมูลจากโรงงานสำหรับโปรแกรมการหาค่าตัวแปร ของวงจรการบดแร่ ในแฟ้ม(File)ชื่อ RAW 47
4.3 ค่าอัตราการแตกหักของแร่(Breakage Function) ในแฟ้ม(File)ชื่อ BKAGE 49
4.4 การคำนวณเบื้องต้นจากแฟ้ม RAW แล้วเก็บไว้ในแฟ้ม ชื่อ CAL_DATA 50
4.5 รายละเอียดการคำนวณหาค่าตัวแปรของหม้อบด เก็บไว้ ในแฟ้มชื่อ MILL_D 51
4.6 รายละเอียดการคำนวณหาค่าตัวแปรของตะแกรง เก็บไว้ ในแฟ้มชื่อ SCR_D 52
4.7 รายละเอียดการคำนวณหาค่าตัวแปรของไฮโดรไซโคลน เก็บไว้ในแฟ้มชื่อ CYC_D 53
5.1 ข้อมูลแร่ป้อนเข้าวงจรการบดแร่ที่ถูกเตรียมจากโปรแกรม การหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองการ บดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ FEED 60
5.2 ข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของหม้อบดที่ถูกเตรียมจากโปรแกรม การหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองการ บดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ MILL 61
5.3 ข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของตะแกรงที่ถูกเตรียมจากโปรแกรม การหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลองการ บดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ SCREEN 62
5.4 ข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนที่ถูกเตรียมจาก โปรแกรมการหาค่าตัวแปรเพื่อใช้ในโปรแกรมเลียนแบบจำลอง การบดแร่ ในแฟ้มข้อมูล(File)ชื่อ CYCLONE 63

ตารางที่ หน้า

5.5 แฟ้มผลลัพธ์ ITERATE จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง แสดงการเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ของอัตราการไหล 64
5.6 แฟ้มผลลัพธ์ BALANCE จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง แสดงผลลัพธ์ต่างๆที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 66
5.7 ผลการเปลี่ยนแปลงตัวแปรไปจากเดิมของโรงงาน บดสังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด 87
5.8 แฟ้มข้อมูลแร่ป้อน(FEED)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 90
5.9 แฟ้มข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของหม้อบด(MILL)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 91
5.10 แฟ้มข้อมูลอัตราการแตกหักของแร่(BKAGE)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 92
5.11 แฟ้มข้อมูลประสิทธิภาพของตะแกรง(SCREEN)สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 93
5.12 แฟ้มข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนชุดที่ 1 (CYCLONE1) สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 94
5.13 แฟ้มข้อมูลตัวแปรและค่าคงที่ของไฮโดรไซโคลนชุดที่ 2 (CYCLONE2) สำหรับวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 95
5.14 แฟ้มผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลองของวงจรการบดแร่ที่จัดเรียงหน่วยกระบวนการใหม่ 96
6.1 การเปรียบเทียบผลที่ได้จากวงจรการบดแร่เดิมที่มีการปรับค่าตัวแปรที่ดีที่สุด กับวงจรการบดแร่ที่เพิ่มชุดไฮโดรไซโคลน ด้วยโปรแกรมการจำลองแบบ 103
6.2 ผลจากการเลียนแบบจำลองของวงจรการบดแร่เดิม (ตัวแปรดีที่สุด) ด้วยโปรแกรมการจำลองแบบ (แฟ้มข้อมูล BALA11) 104

ตารางที่ หน้า

6.3 ผลจากการเลียนแบบจำลองของวงจรการบดแร่เพิ่มชุด
ไฮโดรไซโคลนด้วยโปรแกรมการจำลองแบบ
(แฟ้มข้อมูล BALA22).....106

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้า

1.1 ปริมาณการผลิตสังกะสี จังหวัดตาก(บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด) 3
1.2 มูลค่าของสังกะสีที่ผลิตได้ จังหวัดตาก(บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด) 4
2.1 แผนผังโปรแกรมการเลียนแบบจำลองวงจรการบดแร่ 11
2.2 ขนาดของไฮโดรไซโคลน ซึ่งเป็นตัวแปรจากการออกแบบ .. 21
3.1 ขั้นตอนการผลิตสังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด 24
3.2 วงจรการบดแร่สังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด 25
3.3 วงจรการบดแร่เพื่อการคำนวณหาอัตราการไหลและการกระจายของขนาดในสายต่างๆของวงจร 28
4.1 การกระจายของขนาดในแร่ป้อน(New Feed)และแร่ผลลัพธ์(Final Product)ที่ได้จากวงจร ของข้อมูลที่ได้จากโรงงาน 34
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์สำหรับการหาค่า D/R จากค่า D/R มาตรฐาน(Parameter, P) กับอัตราการป้อนแร่ต่อกระแสไฟ(t/h/Amp.)ที่ใช้สำหรับหม้อบด 37
4.3 วงจรการจำลองแบบวงจรการบดแร่ที่สร้างขึ้นโดยเลียนแบบวงจรการบดแร่ของโรงงานที่มีอยู่เดิม 44
4.4 วงจรการจำลองแบบวงจรการบดแร่ที่สร้างขึ้นใหม่ โดยเพิ่มหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่ด้วยไฮโดรไซโคลนเข้าไปอีกชุดหนึ่ง 45
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า D/R มาตรฐานกับขนาดเฉลี่ยของเม็ดแร่ 55
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการคัดขนาดด้วยตะแกรงกับขนาดเฉลี่ยของเม็ดแร่ 56

รูปที่ หน้า

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพของการคัดขนาดด้วยไฮโดรไซโคลนของข้อมูลจากโรงงาน(Observed)และจากการคำนวณ(Predicted)กับขนาดเฉลี่ยของเม็ดแร่ 57
5.1 การเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ของอัตราการไหลของแร่ที่ป้อนเข้าวงจร(New_F) แร่ป้อนเข้าหม้อบด(Mill_F) และแร่ที่ไม่ผ่านตะแกรงกลับสู่หม้อบด(Scr_O/S) 68
5.2 การเข้าสู่ภาวะสมดุลย์ของอัตราการไหลของแร่ในแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลน(Cyc_F) แร่หยาบจากไฮโดรไซโคลน(Cyc_U/F) และแร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลน(Cyc_U/F) 69
5.3 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด (% Cum.Size Distribution)ในสายแร่ที่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลนของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed) และผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง(predicted) .. 70
5.4 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด (% Cum.Size Distribution)ในสายแร่หยาบจากไฮโดรไซโคลนของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed) และผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง(predicted) .. 71
5.5 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด (% Cum.Size Distribution)ในสายแร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลนของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed) และผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง(predicted) .. 72
5.6 การเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สะสมการกระจายของขนาด (% Cum.Size Distribution)ในสายแร่ที่ไม่ผ่านตะแกรงไหลกลับเข้าหม้อบดของข้อมูลที่เก็บจากโรงงาน(Observed) และผลที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง(predicted) .. 73

รูปที่ หน้า

5.7 การกระจายของขนาดในแร่ป้อน(New Feed)และแร่ผลลัพธ์(Final Product) ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 74
5.8 การกระจายของขนาดในแร่ป้อนเข้าหม้อบด(Mill Feed) และแร่ออกจากหม้อบด(Mill Discharge)ที่ได้จากโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 75
5.9 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช (%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product)เมื่ออัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed) เปลี่ยนแปลงไปด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 78
5.10 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด(Screen Oversize) เมื่ออัตราการป้อนแร่เข้าสู่วงจร(New Feed)เปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 79
5.11 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช (%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product)เมื่อขนาดทางออกแร่ละเอียดของไฮโดรไซโคลน เปลี่ยนแปลงไปด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 80
5.12 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด(Screen Oversize) เมื่อขนาดทางออกแร่ละเอียดของไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 81
5.13 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช (%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product)เมื่อขนาดทางออกแร่หยาบของไฮโดรไซโคลน เปลี่ยนแปลงไปด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 82

รูปที่ หน้า

5.14 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด(Screen Oversize) เมื่อขนาดทางออกแร่หยาบของไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 83
5.15 การเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์แร่ลอดผ่านตะแกรง 200 เมช (%Passing 200 mesh)ของผลที่ได้จากวงจร(Final Product)เมื่อความดันแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไปด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 84
5.16 การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของแร่ไม่ผ่านตะแกรงกลับเข้าสู่หม้อบด(Screen Oversize) เมื่อความดันแร่ป้อนเข้าไฮโดรไซโคลนเปลี่ยนแปลงไป ด้วยโปรแกรมเลียนแบบจำลอง 85
5.17 วงจรการบดแร่ที่จัดเรียงวงจรใหม่ โดยเพิ่มไฮโดรไซโคลนขึ้นมาอีกหนึ่งชุด 89
6.1 วงจรการบดแร่ที่จัดเรียงวงจรใหม่ โดยเพิ่มหน่วยกระบวนการบดแร่อีกหนึ่งชุด 109

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย