บทที่ 3

ข้อมูลเบื้องต้นของวงจรการบดแร่

3.1 ข้อมูลทั่วไปของวงจร

วงจรการบดแร่ที่ใช้เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์ ในโครงการศึกษาวิทยานิพนธ์นี้ เป็นวงจรการบดแร่ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่งในการผลิตสังกะสีของโรงงานผลิตสังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด จังหวัดตาก ซึ่งขั้นตอนในการผลิตได้แสดงดังรูปที่ 3.1

จากการไปศึกษารายละเอียดวงจรและอุปกรณ์ต่างๆเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นของวงจรพบว่า วงจรการบดแร่แห่งนี้เป็นแบบวงจรปิด(Close Circuit) มีหน่วยกระบวนการในวงจรการบดแร่ 2 หน่วยกระบวนการคือ หน่วยกระบวนการลดขนาดแร่ ซึ่งเป็นหม้อบดแบบเซมิ-ออโตจีเนียส(Semi-autogenous Mill) และหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่ ซึ่งเป็นไฮโดรไซโคลน(Hydrocyclone) โดยมีตะแกรง(Screen) ที่ปากทางออกของแร่จากหม้อบด เป็นหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่ด้วย

3.2 ข้อมูลของหน่วยกระบวนการของวงจร

หน่วยกระบวนการของวงจรการบดแร่แห่งนี้จะประกอบด้วย 2 หน่วยกระบวนการที่เห็นได้ชัด คือ หม้อบดแบบเซมิ-ออโตจีเนียส(Semi-autogenous Mill) และไฮโดรไซโคลน(Hydrocyclone) แต่ที่ปากทางออกจากหม้อบดจะมีหน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่ คือ ตะแกรง(Screen)ขนาด 6 มิลลิเมตร ติดอยู่ด้วย ซึ่งวงจรที่ประกอบด้วยหน่วยกระบวนการต่างๆเหล่านี้ แสดงได้ดังรูปที่ 3.2

หน่วยกระบวนการบดแร่ เป็นการบดแร่ที่ใช้หม้อบดเป็นแบบกึ่งการบดแร่ด้วยตัวแร่เอง(Semi-autogenous Mill) ซึ่งขนาดของหม้อบด คือ

เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 ฟุต ความยาว 5 ฟุต
ปริมาตร 14-15 ลบ.เมตร
การออกแบบหม้อบด(Mill Design) 24 ตัน/ชั่วโมง
ขนาดตะแกรงที่ปากทางออกหม้อบด 6 มิลลิเมตร

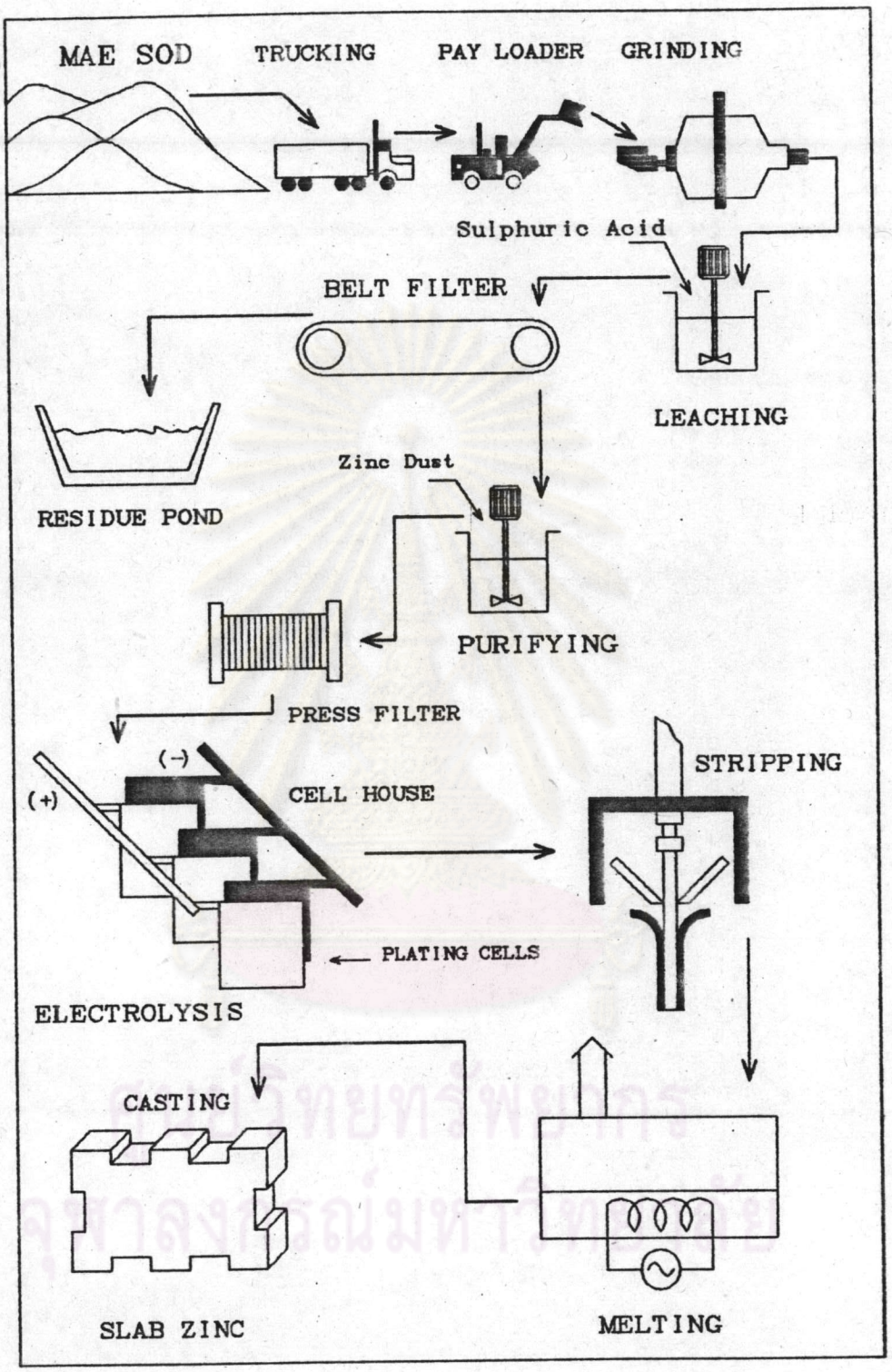
หน่วยกระบวนการคัดขนาดแร่ ในวงจรการบดแร่ โรงงานผลิตสังกะสี แห่งนี้ ใช้ไฮโดรไซโคลนเป็นอุปกรณ์ในการคัดขนาดแร่ ซึ่งขนาดของไฮโดรไซโคลนที่ใช้งานอยู่ในขณะนี้ คือ

เส้นผ่าศูนย์กลางไซโคลน(Cyclone Dia.) 10 นิ้ว
ขนาดของทางเข้าแร่ป้อน(Inlet dia.) 3 นิ้ว
ขนาดของทางออกแร่ละเอียด(Vortex dia.) 3-4 นิ้ว
ขนาดของทางออกแร่หยาบ(Apex dia.) 2-2.75 นิ้ว
ความดันของการป้อนแร่(Pressure Drop) 0.7-1.3 บาร์
ความยาวทรงกระบอก(Cylinder Length) 15 นิ้ว
มุมกรวย(Cone Angle) 15 องศา

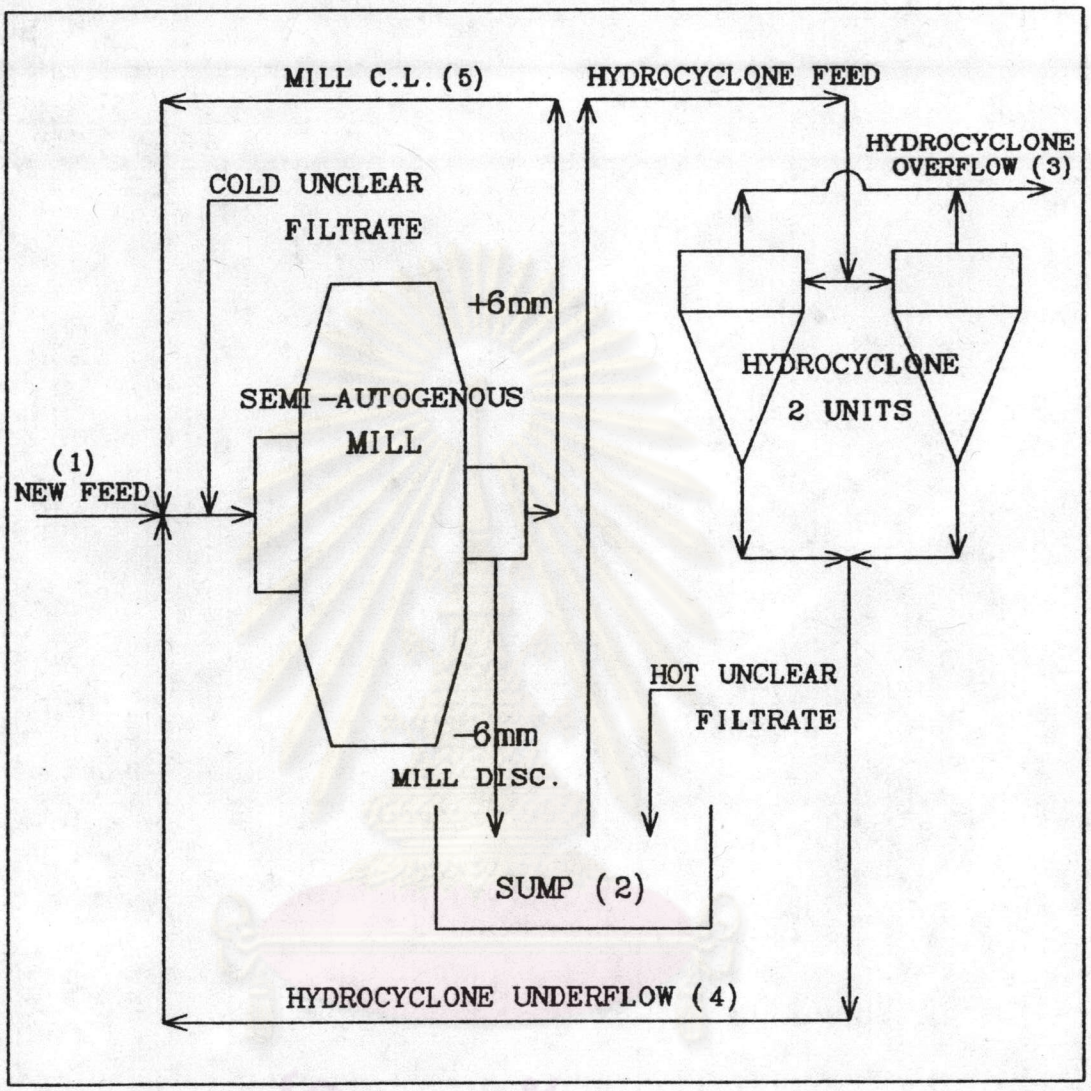
ของเหลวซึ่งเป็นตัวกลางในการคัดขนาดและการบดแร่ในวงจรการบดแร่นี้ เป็นสารละลายสังกะสีซัลเฟต($ZnSO_4$)ที่ได้จากขั้นตอนการละลายสังกะสี(Leaching Plant) ซึ่งการใช้สารละลายสังกะสีซัลเฟตเป็นตัวกลางนี้ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำที่กลับเข้าสู่ขั้นตอนการละลายสังกะสี ของแร่ละเอียดซึ่งเป็นผลที่ได้จากวงจรการบดแร่ โดยสารละลายสังกะสีซัลเฟต($ZnSO_4$)นี้มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.2-1.3 เติมเข้าสู่วงจรการบดแร่ที่ปากทางเข้าหม้อบด(Cold Unclear Filtrate) และเติมในถังพักก่อนเข้าสู่ไฮโดรไซโคลน(Hot Unclear Filtrate)

หน่วยของค่าต่างๆข้างต้น และหน่วยของค่าต่างๆที่ใช้ในการคำนวณของโปรแกรมการจำลองแบบต่อไป เป็นหน่วยซึ่งใช้ในการทำงานภายในโรงงานผลิตสังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด แห่งนี้

สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดเครื่องมือและอุปกรณ์ในวงจรการบดแร่นี้ เป็นความลับของทางบริษัทฯ ไม่อาจเปิดเผยโดยละเอียดได้ในที่นี้ ผู้ที่สนใจโปรดติดต่อโดยตรงที่ บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด จ.ตาก



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการผลิตสังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด



รูปที่ 3.2 วงจรการบดแร่สังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรีจำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ข้อมูลอื่นๆของวงจรที่จะต้องนำไปใช้

เนื่องจากวงจรการบดแร่นี้มีการแสดงผลของการทำงานบางอย่างออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ทำให้การเก็บข้อมูลบางตัว จะได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ คือ

อัตราการป้อนแร่ (ตัน/ชั่วโมง)
กระแสไฟขับหม้อบด (แอมแปร์)
ความดันเข้าไฮโดรไซโคลน (บาร์)

และในแต่ละครั้งที่เก็บข้อมูล จะทำการเก็บตัวอย่างพร้อมๆกันไปได้ด้วย 5 จุดตัวอย่าง(หมายเลขจุดตัวอย่างดังรูปที่ 3.2) คือ

จุดที่ (1) : แร่ป้อนเข้าวงจร(New Feed)
จะสามารถจัดเก็บตัวอย่างเพื่อหาค่าความชื้น และการกระจายของขนาด(Size Distribution)ได้

จุดที่ (2) : แร่ออกจากหม้อบดเข้าไฮโดรไซโคลน(Mill Disc.-Hydrocyclone Feed)
จะสามารถจัดเก็บตัวอย่างเพื่อหา การกระจายของขนาด (Size Distribution)ได้

จุดที่ (3) : แร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลน(Hydrocyclone Overflow)
จะสามารถจัดเก็บตัวอย่างเพื่อหา การกระจายของขนาด (Size Distribution) และความหนาแน่น(Density) ได้

จุดที่ (4) : แร่หยาบจากไฮโดรไซโคลน(Hydrocyclone Underflow)
จะสามารถจัดเก็บตัวอย่างเพื่อหา การกระจายของขนาด (Size Distribution) และความหนาแน่น(Density) ได้

จุดที่ (5) : แร่จากหม้อบดที่ต้องนำกลับไปบดซ้ำ(Mill Circulating Load)
จะสามารถจัดเก็บตัวอย่างเพื่อหา การกระจายของขนาด (Size Distribution) และความหนาแน่น(Density) ได้

3.4 มวลสมดุล

ในการคำนวณหาค่าตัวแปรของการจำลองแบบของหน่วยกระบวนการในวงจรการบดแร่ต้องใช้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการไหล(Flow rate) และส่วนประกอบ(Composition) ของสายแร่ที่เข้าและออกจากหน่วยกระบวนการนั้น การวัดอัตราการไหลของวงจรส่วนมากจะวัดที่แร่ป้อน(Feed) และผลที่ได้(Product) และจะวัดสายแร่ภายในวงจรอีกหนึ่งสายหรือมากกว่าในบางกรณี ส่วนอัตราการไหลที่เหลือจะถูกคำนวณจากลักษณะเฉพาะที่วัด คือ การกระจายของขนาดของตัวอย่างที่เก็บจากจุดที่เหมาะสม ซึ่งการคำนวณนี้จะอาศัยหลักการของมวลสมดุล คือ

อัตราการไหลของแร่ที่เข้าสู่ระบบ = อัตราการไหลของแร่ออกจากระบบ

และเมื่อไม่มีการทำให้ส่วนประกอบเปลี่ยนไป(ในที่นี้คือการบด,ลดขนาดแร่)

ส่วนประกอบของแร่ที่เข้าสู่ระบบ = ส่วนประกอบของแร่ที่ออกจากระบบ

จากการเก็บข้อมูลและตัวอย่างของวงจรการบดแร่สังกะสี บริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด จ.ตาก ซึ่งมีแผนผังแสดงวงจรการบดแร่เพื่อการคำนวณหาอัตราการไหลและการกระจายของขนาดในสายต่างๆของวงจร แสดงได้ดังรูปที่ 3.3 โดย

A = อัตราการป้อนแร่ (ตัน/ชั่วโมง)
a = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่ป้อน
B = อัตราการป้อนแร่เข้าหม้อบด (ตัน/ชั่วโมง)
b = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่เข้าหม้อบด
C = อัตราการไหลของแร่ออกจากหม้อบด (ตัน/ชั่วโมง)
c = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่ออกจากหม้อบดเข้าตะแกรง
D = อัตราการไหลของแร่ละเอียดจากตะแกรงลงบ่อพัก และป้อนเข้าไฮโดรไซโคลน (ตัน/ชั่วโมง)
d = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่ละเอียดจากตะแกรงลงบ่อพัก และป้อนเข้าไฮโดรไซโคลน

E = อัตราการไหลของแร่หยาบจากตะแกรงกลับเข้าหม้อบด (ตัน/ชั่วโมง)

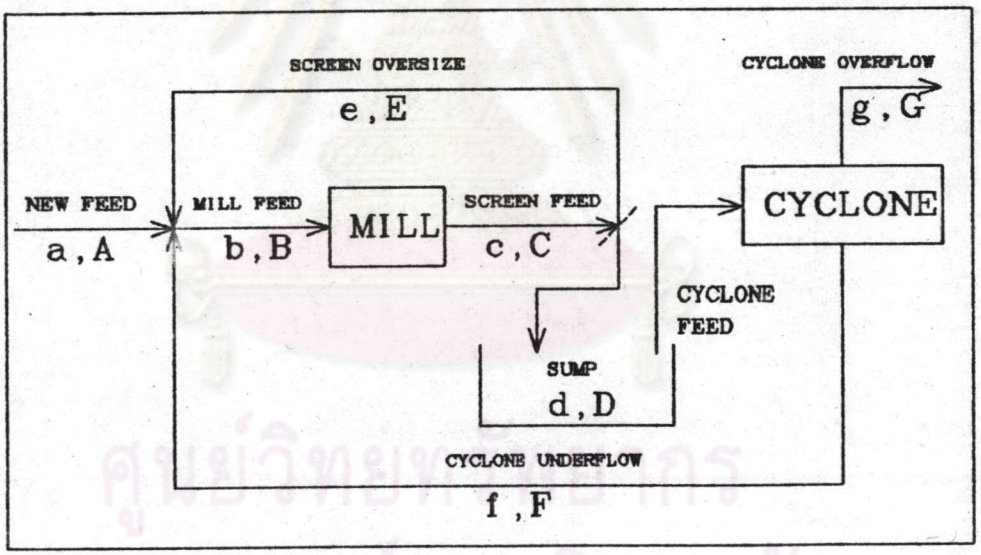
e = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่หยาบจากตะแกรงกลับเข้าหม้อบด

F = อัตราการไหลของแร่หยาบจากไฮโดรไซโคลนกลับเข้าหม้อบด (ตัน/ชั่วโมง)

f = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่หยาบจากไฮโดรไซโคลนกลับเข้าหม้อบด

G = อัตราการไหลของแร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลน (ตัน/ชั่วโมง)

g = เปอร์เซ็นต์การกระจายของขนาดในแร่ละเอียดจากไฮโดรไซโคลน



รูปที่ 3.3 วงจรการบดแร่เพื่อการคำนวณหาอัตราการไหลและการกระจายของขนาดในสายต่างๆของวงจร

อัตราการไหลของแร่ป้อน(A)และแร่หยาบจากตะแกรงกลับเข้าหม้อบด(E) ได้จากการเก็บข้อมูลจากวงจร และการกระจายของขนาดในแร่ป้อน(a) แร่ละเอียดจากตะแกรงลงบ่อพักเข้าไฮโดรไซโคลน(d) แร่ละเอียดที่ได้จากไฮโดรไซโคลน(g) แร่หยาบจากไฮโดรไซโคลนกลับเข้าหม้อบด(f) และแร่หยาบจากตะแกรงกลับเข้าหม้อบด(e) ได้จากการเก็บตัวอย่างจากวงจรมาทำการวิเคราะห์หาการกระจายของขนาดในห้องทดลองปฏิบัติการ

จากหลักการมวลสมดุล เมื่อให้ทั้งวงจรการบดแร่เป็นระบบหนึ่ง ดังนั้น

อัตราการไหลของแร่ป้อนเข้าสู่วงจร = อัตราการไหลของผลที่ได้จากวงจร

$$A = E$$

ดังนั้นค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลและตัวอย่างจากวงจร คืออัตราการไหล A, E, G และการกระจายของขนาด a, d, e, f, g จะสามารถคำนวณหาค่าอื่นๆได้โดย

3.4.1 อัตราการไหลและการกระจายของขนาดในแร่ที่เข้าและออกจากไฮโดรไซโคลน

จากหลักการของมวลสมดุล จะได้ว่า

$$D = F + G$$

และ $$d.D = f.F + g.G$$

ค่าของ E, d, g, f ได้จากการเก็บข้อมูลและตัวอย่างจากวงจร ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่า D, F ได้ โดยการปรับแก้(Adjustment)ค่าผิดพลาด(Error) ใช้วิธีการสัดส่วนธรรมดา(Simple proportional adjustment) คือ

BETA = ผลรวมของ$(d-f).(g-f)$/ผลรวมของ$(e-f)^2$

DELTA = d-BETA.g-(1.0-BETA).f

d_{adj} = d - DELTA/2

g_{adj} = g + DELTA/2

f_{adj} = f + DELTA/2

ซึ่งการคำนวณนี้จะได้ทั้งค่า D, F และค่าของ d, f, g ที่ปรับแก้แล้ว

3.4.2 อัตราการไหลและการกระจายของขนาดในแร่ที่เข้าและออกจากตะแกรง

จากหลักการของมวลสมดุล จะได้ว่า

$$C = D + E$$

และ $$c.C = d.D + e.E$$

ค่าของ d, D ได้จากการคำนวณในข้อ 3.4.1 และค่า e, E ได้จากการเก็บข้อมูลและตัวอย่างจากวงจร ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่า c, C ได้

3.4.3 อัตราการไหลและการกระจายของขนาดในแร่ที่เข้าและออกจากหม้อบด

จากหลักการของมวลสมดุล จะได้ว่า

$$B = C = A + E + F$$

และ $$b.B = a.A + e.E + f.F$$

ค่าของ f, F, C ได้จากการคำนวณในข้อ 3.4.1 และ3.4.2 ส่วนค่าของ a, A, E, G ได้จากการเก็บข้อมูลและตัวอย่างจากวงจร ดังนั้นจะสามารถคำนวณหาค่า b, B ได้

จากการคำนวณโดยอาศัยหลักของมวลสมดุลทั้งหมดนี้ จะเห็นว่า สามารถคำนวณหาอัตราการไหลและการกระจายของขนาดในสายแร่ต่างๆในวงจรได้ครบทุกสายแร่ ซึ่งอาจถือได้ว่าการเก็บข้อมูลและตัวอย่างจากวงจรเพียงพอในการคำนวณแล้ว