บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการดำเนินการมีดังนี้

3.1.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบและการพัฒนาเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

3.1.2 ออกแบบเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

3.1.3 สร้างเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.1.4 ศึกษาและทดสอบสมรรถนะการลอยแร่ของเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

3.1.5 สรุปผลการทดลอง

3.2 วัสดุและอุปกรณ์

3.2.1 ตัวอย่างแร่

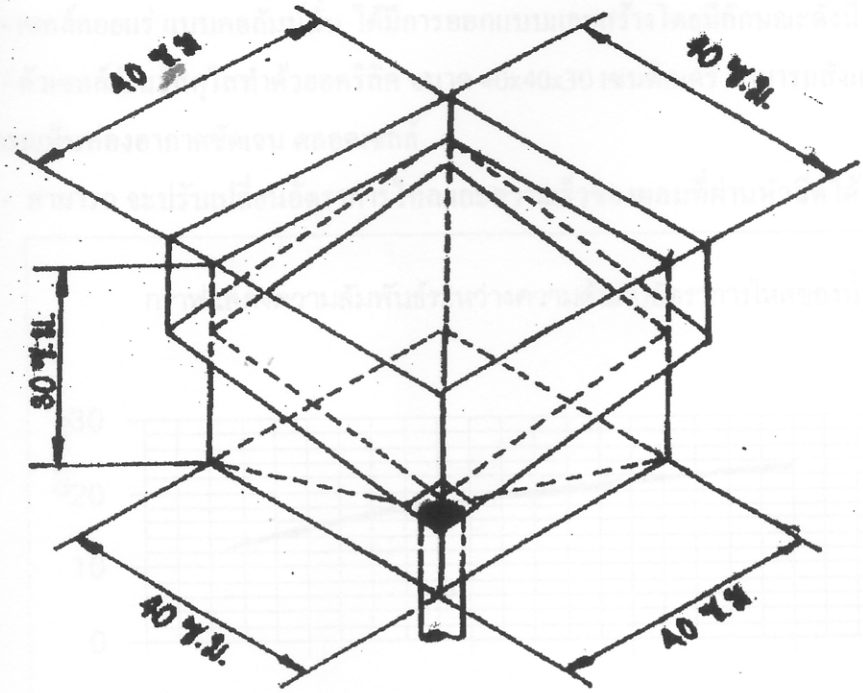
ใช้ตัวอย่างแร่เพื่อที่จะทำการศึกษาสมรรถนะการทำงานของเครื่องมือที่ออกแบบและสร้างขึ้นมานี้ โดยการทดสอบการลอยแร่โดยแร่ที่ใช้ในการทดลองเป็นแร่ แบไรต์ (Barite : $BaSO_4$) ขนาดอนุภาค – 200 เมช (Tyler) จากเหมือง P&S Barite จังหวัดนครศรีธรรมราช

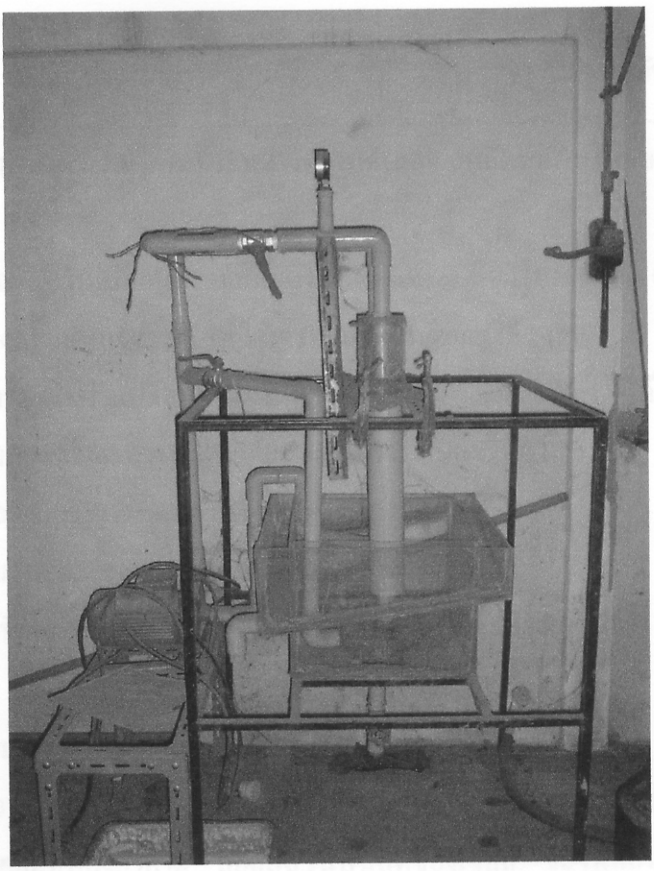
3.2.2 สารเคมี

- น้ำยาเคลือบผิวแร่ (Collector) : โซเดียมโอลีเอท ปริมาณ 200 กรัมต่อตันแร่คงที่ตลอดทุกการทดลอง
- น้ำยาเคลือบฟองอากาศ (Frother) : Terpineol ปริมาณ 10 กรัมต่อตันแร่คงที่ตลอดทุกการทดลอง
- น้ำยาปรับสภาพ ความเป็นกรด – ด่าง : โซเดียมไบคาร์บอเนตเพื่อทำการปรับสภาพก่อนการลอยแร่ให้มีค่า pH เท่ากับ 8 คงที่ตลอดทุกการทดลอง

3.2.3 อุปกรณ์

- ถังกวนปรับสภาพผิวแร่ (Conditioning tank) : เป็นถังโลหะรูปทรงกรวยมีความจุ 10 ลิตร ด้านบนของถังติดตั้งเครื่องกวนแร่แบบพัดที่สามารถปรับความเร็วรอบได้ ด้านล่างของถังประกอบติดกับวาล์ว เปิด – ปิด เพื่อให้ของผสมป้อนลงสู่เซลล์ลอยแร่
- เครื่องสูบของผสม (Slurry pump) : ขนาดอัตราการไหลสูงสุด 1,340 ลิตรต่อชั่วโมง โดยเทียบจากกราฟรูปที่ 3.1
- โครงเหล็กรองรับเซลล์ลอยแร่ : เป็นโครงเหล็กรูปทรงสี่เหลี่ยม



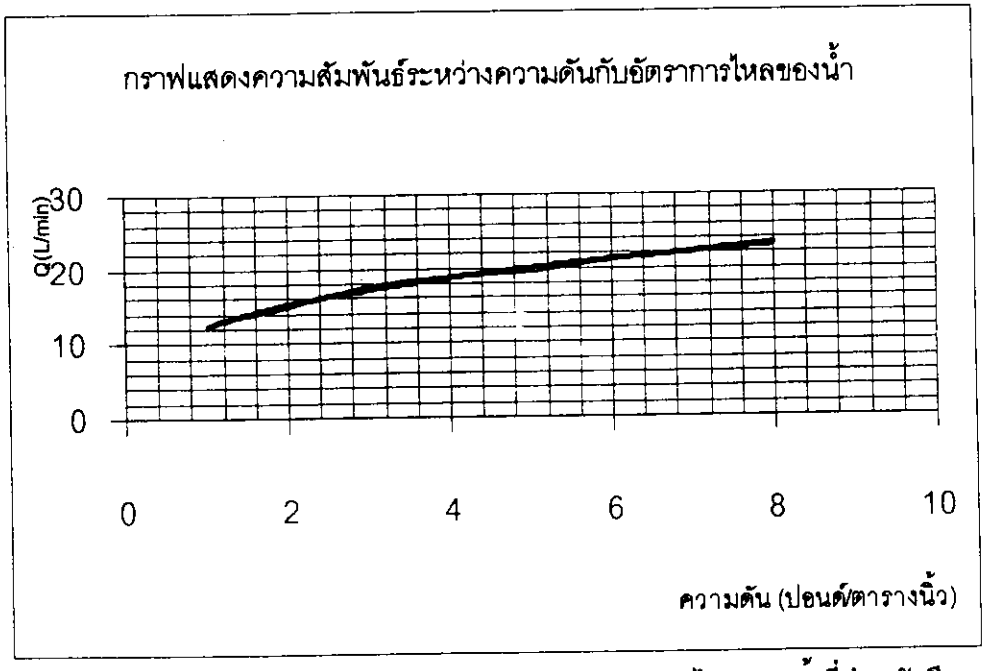


รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

- เซลล์ลอยแร่ แบบคอลัมน์สั้น ได้มีการออกแบบและสร้างโดยมีลักษณะดังนี้

- ตัวเซลล์เป็นวัสดุใสทำด้วยอคริลิค ขนาด 40x40x30 เซนติเมตร สามารถสังเกตการทำงานได้ สามารถเห็นฟองอากาศชัดเจน ตลอดเซลล์

- สามารถ จะปรับเปลี่ยนอัตราการไหลและความเร็วของผสมที่ผ่านหัวฉีดได้



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเกจ กับอัตราการไหลของน้ำที่ผ่านหัวฉีด

- สามารถจะปรับเปลี่ยนความลึกของ downcomer ที่จุ่มในเซลล์ได้ เพื่อประโยชน์ของการนำมาศึกษา ทดลองลอยสินแร่ต่าง ๆ ให้ได้เกรดและการเก็บแร่ได้สูงสุด

- สามารถจะปรับเปลี่ยนเส้นผ่านศูนย์กลางของ downcomer ได้เพื่อประโยชน์ของการนำมาศึกษาทดลองลอยสินแร่ต่าง ๆ ให้ได้เกรดและการเก็บแร่ได้สูงสุด

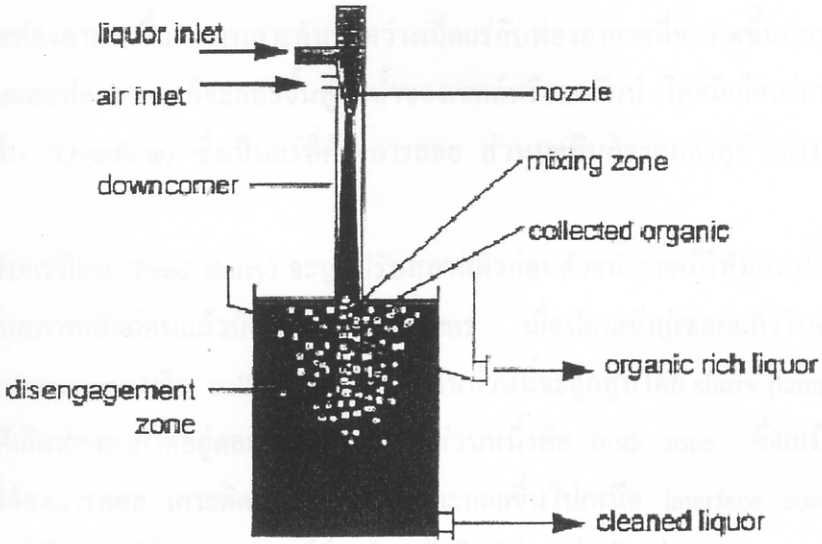
- สามารถที่จะทำการทดลองได้อย่างต่อเนื่อง

- การนำแร่ลอยและแร่จมออกจากเซลล์ทำได้ง่าย

- ใช้วัสดุที่หาง่ายและราคาถูก สามารถสร้างได้เองในประเทศ

3.3 ส่วนประกอบของเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

3.3.1 ส่วนนำหัวแร่ออก (Concentrate discharge) จะเป็นส่วนที่อยู่ด้านบนสุดของตัวเซลล์ หลังจากหัวแร่ที่ลอยติดฟองอากาศ ลอยสู่ส่วนบนสุดของเซลล์ จะไหลล้นออกทางส่วนนำหัวแร่ออก (ดูรูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 แสดงหลักการทำงานของเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น (Evans และคณะ : 1994).

3.3.2 ส่วนท่อป้อนหัวฉีดและเครื่องสูบของผสม (Downcomer nozzle and slurry pump) ส่วนของ downcomer จะเป็นท่อ PVC สามารถปรับเปลี่ยนขนาดความลึก และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ตรงส่วนบนสุดของ downcomer จะถูกปิดไว้ โดยมีหัวฉีดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3/8 นิ้ว สอดลงมา และเจาะรูไว้ 4 รู เพื่อเป็นช่องอากาศเข้าตรงบริเวณข้าง ๆ ที่ตอนปลายของ dowmcomer หัวฉีดจะถูกต่อหมุนเวียนของผสมจากเซลล์ลอยแร่ เพื่อให้การลอยแร่เป็นไปอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถปรับอัตราการไหลของไหล จากเกจวัดความดันได้

3.3.3 ถังกวนปรับสภาพ (Conditioning tank) เป็นถังกวนที่มีส่วนเป็น by part ซึ่งจะเป็นส่วนที่มีการปรับสภาพผิวแร่ก่อนการลอยแร่ แร่ที่ปรับสภาพแล้วจะป้อนลงสู่ cell ลอยแร่ต่อไป

3.4 หลักการทำงานของเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

การทำงานของเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น จะแตกต่างไปจากเซลล์ลอยแร่โดยสิ้นเชิง และเนื่องจากว่าเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์ ได้ถูกพัฒนามาจากเครื่องแบบคอลัมน์ ดังนั้น เครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น จึงมีส่วนที่คล้ายแบบคอลัมน์บางส่วน คือ เซลล์จะไม่มีใบพัดกวนแร่ให้เกิดสภาวะปั่นป่วน แต่ส่วนที่แตกต่างไปก็คือ ลักษณะรูปร่างที่ติดตั้ง แล้วใช้พื้นที่น้อยกว่า และลักษณะการเกิดฟองอากาศ โดยการทำงานของเครื่องลอยแร่ แบบคอลัมน์สั้นนั้นของผสมจะถูกสูบให้ผ่านหัวฉีด (Nozzle) เข้าสู่ตอนบนสุดของ downcomer ของผสมที่ออกจากหัวฉีดจะมีความเร็วสูง ทำให้

บริเวณรอบหัวฉีดมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ดังนั้น จึงทำให้เกิดแรงดันอากาศจากบริเวณภายนอก downcomer โดยผ่าน ทางรูอากาศที่เจาะไว้รอบ ๆ downcomer อากาศที่ถูกดึงนี้ จะถูกผสมเข้ากับของผสมป้อนทางตอนปลายของ downcomer นี้เอง ผิวน้ำใน downcomer ซึ่งมีอยู่ในระดับหนึ่ง ก็จะเกิดฟองอากาศขึ้น การเกาะกันระหว่างเม็ดแร่กับฟองอากาศที่จะเกิดขึ้นก่อนเป็นอันดับแรก ของผสมและฟองอากาศก็จะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำของเซลล์หรือคอลัมน์ โดยมีเม็ดแร่เกาะติดขึ้นมาด้วยและไหลล้น (Overflow) ซึ่งเป็นแร่ที่ต้องการลอย ส่วนมลทินก็จะตกลงสู่ข้างล่างเป็นส่วนจม (Underflow)

สำหรับแร่ป้อน (Feed slurry) จะถูกปรับสภาพผิวก่อนด้วยน้ำยาเคมีให้มีสมบัติในการลอยดีขึ้นในถังปรับสภาพเสียก่อนแล้วป้อนเข้าสู่เซลล์ลอยแร่ เมื่อป้อนเข้าสู่เซลล์แล้วในตัวเซลล์ก็จะประกอบด้วย slurry zone หรือ collection zone ซึ่งในส่วนนี้จะถูกสูบโดย slurry pump หมุนเวียนสู่หัวฉีดเพื่อให้เกิดฟองอากาศอยู่ตลอดเวลา และอีกส่วนหนึ่งคือ froth zone ซึ่งเหมือนกับแบบคอลัมน์ แร่ที่ต้องการลอย เกาะติดกับฟองอากาศและลอยขึ้นไปเหนือ interface zone และไหลออกไปยังส่วนที่เก็บหัวแร่ที่ froth zone นี้ก็จะไหลล้นไปสู่ส่วนเก็บหัวแร่

3.5 การทดสอบสมรรถนะ ของเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

เพื่อให้เข้าใจกลไกการทำงานของเครื่อง จึงได้ทำการทดลองลอยแร่โดยเปรียบเทียบกับตัวแปรต่าง ๆ โดยตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่

- ความลึกของ downcomer จากระดับน้ำ
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง downcomer
- ขนาดของแร่ป้อน
- อัตราการไหลของ slurry ที่ผ่านหัวฉีด
- ขนาดของเซลล์
- % solid ของแร่ป้อน

โดยในการทดลองนี้ จะทำการศึกษาถึงผลของความลึกของ downcomer จากระดับน้ำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ downcomer และ % solid ของแร่ป้อน เปรียบเทียบกันโดยใช้ การเก็บแร่ได้ เป็นตัวเปรียบเทียบ เนื่องจากว่าได้เคยมีผู้ศึกษาตัวแปรอื่น ๆ มาก่อนแล้ว (เชษฐพงษ์และสมโชค, 2536) และจากระยะเวลาในการวิจัยที่มีอยู่อย่างจำกัด และตัวแปรทั้งสามตัวนี้มีผลต่อการลอยแร่มาก

การทดลองใช้วิธีการทดสอบการลอยแร่ขั้นตอนเดียว (Batch test) แล้วสังเกตผล โดยตัวอย่างที่ใช้ จะเป็นแร่แบไรต์ ขนาด – 200 เมช (Tyler) และจะมีการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการลอยแร่ให้คงที่คือ

- ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการลอยแร่

- โซเดียมโอลีเอท 200 กรัมต่อตันแร่
- Terphineol 10 กรัมต่อตันแร่

- pH เท่ากับ 8 ปรับสภาพโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต
- เวลาที่ใช้ในการปรับสภาพหัวแร่ 10 นาที

ค่าตัวแปรคงที่เหล่านี้ ส่วนหนึ่งได้มาจากข้อมูลที่มีผู้ศึกษาไว้แล้วและได้นำค่าตัวแปรเหล่านี้ไปทำการทดสอบการลอยแร่โดยใช้เซลล์ลอยแร่เชิงกล ขนาดห้องปฏิบัติการ เพื่อทำการวิเคราะห์ผลว่าปริมาณน้ำยาเคมีที่ใช้นั้นมีความเหมาะสมในการลอยแร่หรือไม่

ผลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ 3.1 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าปริมาณน้ำยาเคมีที่ใช้ มีความเหมาะสมในการลอยแร่

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการลอยแร่โดยใช้เซลล์ลอยแร่เชิงกลขนาดห้องปฏิบัติการ และใช้ปริมาณสารเคมีดังนี้ Sodium oleate 200 กรัมต่อตัน Terphineol 10 กรัมต่อตัน pH = 8 % solid = 15 % เวลาในการปรับสภาพผิวแร่ 10 นาที เวลาลอยแร่ 10 นาที

การทดลองครั้งที่	น้ำหนักแบไรต์ (กรัม)	น้ำหนักแบไรต์ที่ลอย (กรัม)	แบไรต์ (%)
1	200	185	92.5
2	200	193.5	96.75
3	200	192	96
		% การเก็บแร่ได้ เฉลี่ย=	95.08

ในขั้นตอนของการลอยแร่ด้วยเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้นนี้ จะแตกต่างจากการลอยแร่โดยใช้เซลล์ลอยแร่ธรรมดา เนื่องจากว่ามีหลักการทำงานที่แตกต่างกันอย่างมาก โดยก่อนอื่นจะต้องทำการปรับสภาพของน้ำภายในเซลล์ก่อนโดยใช้โซเดียมไบคาร์บอเนต ปรับสภาพ pH ให้เป็น 8 ทำการวัด pH โดยใช้กระดาษ pH (pH paper) การที่ต้องปรับสภาพ pH ของน้ำในเซลล์ก่อนนั้น ก็เนื่องจากว่า ถ้าไม่ปรับสภาพน้ำเมื่อของผสมลงไปในเซลล์ pH ก็จะเจือจางไม่เหมาะสมต่อการลอยแร่ ผลของการลอยแร่ก็ไม่ดี

เมื่อปรับสภาพน้ำในเซลล์แล้ว ก็จะมาเริ่มทำการปรับสภาพผิวแร่โดยเติมน้ำลงในถัง ปรับสภาพ เปิดใบพัดกวน ปรับความเร็วรอบ 3000 รอบต่อนาที แล้วเติมแร่ที่เตรียมไว้ลงไป ควบคุม % solid ที่ 38 – 40 % ปรับสภาพ pH ให้เป็น 8 จากนั้นเติม โซเดียมโอลีเอต 200 กรัมต่อตันแร่ และ

terpineol 10 กรัม ต่อตันแร่ลงไป กวนปรับสภาพ 10 นาที จากนั้นก็เปิดวาล์วปล่อยของผสมลงสู่เซลล์ให้ได้ % solid ในเซลล์ตามที่ต้องการ

การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ตอนคือ การหาค่า % solid ที่เหมาะสมในการลอยแร่ และการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการลอยแร่

3.5.1 การหาค่า % solid ที่เหมาะสมในการลอยแร่แบไรต์ ด้วยเครื่องลอยแร่แบบคอลัมน์สั้น

ในการทำการทดลองแปรค่า % solid ในเซลล์ลอยแร่นี้ก็จะทำการทดลองโดยใช้ตัวแปรความลึกของ downcomer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ downcomer อัตราการไหลของของผสม ปริมาณสารเคมี เวลาในการปรับสภาพผิวแร่ คงที่ตลอดทุกการทดลองโดยจะทำการแปรค่า % solid ในเซลล์ลอยแร่คือ 5, 7.5 และ 10 % solid พร้อมทั้งแปรค่าเวลาในการลอยแร่ เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของ % solid และเวลาในการลอยแร่มาใช้ทดลองและศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งผลการทดลองได้แสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

3.5.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลของความลึก downcomer

หลังจากเลือกค่า % solid ที่เหมาะสมแล้วก็ทำการลอยแร่โดยการปรับสภาพผิวแร่ แล้วลอยแร่โดยการแปรค่าความลึกของ downcomer ซึ่งค่าความลึกของ downcomer ก็คือระยะที่ downcomer จุ่มอยู่ในน้ำนั่นเอง วิธีการแปรค่าก็คือเลือก downcomer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาค่าหนึ่งซึ่งแต่ละขนาดจะมีความลึก 3 ค่า คือ 12 , 18 และ 24 เซนติเมตรซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2

3.5.3 การทดลองเพื่อศึกษาผลของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ downcomer

ในการทำการทดลองแปรค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ downcomer นี้ก็ทำการทดลองเหมือนกับการทดลองเพื่อศึกษาผลความลึกของ downcomer โดยเมื่อทำการทดลองค่าความลึกทุกค่าแล้วก็เอา downcomer ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอีกค่าหนึ่งมาเปลี่ยน โดยการทดลองนี้ได้แปรค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ downcomer ไว้ 3 ค่าคือ 6.35, 7.62 และ 10.16 เซนติเมตร ซึ่งผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.3