



### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จุดมุ่งหมายในการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาผลของตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลน ซึ่งได้แก่ ความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อน ความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อน ขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลน และ ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลน ที่มีต่อประสิทธิภาพการคัดขนาดดินขาวด้วยไฮโดรไซโคลนขนาด 2 นิ้ว ในแง่ขนาดที่แยกได้ ความหมดจดในการคัดขนาด และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวที่อยู่ในส่วนละเอียด โดยกำหนดแบบแผนการทดลองเป็นแบบ  $2^4$  แฟกตอเรียล ตัวแปรแต่ละตัวเป็นตัวแปรแบบเจาะจง และมีระดับของแฟกเตอร์ 2 ระดับ สำหรับแบบแผนการทดลองจะเป็นแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ วิธีวิเคราะห์ผลการทดลองจะใช้การวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์ โดยมีเกณฑ์สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเชิงสถิติของการทดลอง คือค่าการกระจายแบบเอฟ และใช้การวิเคราะห์แบบหยุดถอยเส้นตรง เพื่อคำนวณหารูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ จากการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปผล และมีข้อเสนอแนะดังนี้คือ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

- 1) ผลการศึกษาลักษณะทางแร่วิทยาของดินขาวแบบฉบับภาคสี่แม่เป็น ระนอง พบว่าดินขาวที่นำมาศึกษาวิจัย ประกอบด้วยแร่ดินกลุ่มแร่เคโอลิไนต์ ซึ่งได้แก่แร่เคโอลิไนต์ ชนิดผลึกไร้ระเบียบ และ แอสลอสไซต์ ที่มีขนาด 1-3 ไมครอน เป็นส่วนใหญ่ แร่ที่อยู่รวมกันได้แก่แร่ไมกาชนิดมัสโคไวต์ และเซริไซต์ ควออร์ตซ์ กิบบิไซต์ แอลไบต์ เซอร์คอน โลมอไนต์ และอิลเมไนต์
- 2) ผลของตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่มีต่อขนาด  $d_{50}$  พบว่า ขนาด  $d_{50}$  จะมีขนาดเล็กลง เมื่อความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนสูงขึ้น ความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อนต่ำลง ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลนเล็กลง และ ขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลนใหญ่ขึ้น
- 3) ผลการวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์ และหยุดถอยเส้นตรงของขนาด  $d_{50}$  พบว่าตัวแปรทำงานและปฏิภานสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำงานที่เหมาะสมและมีผลต่อขนาด  $d_{50}$  เรียงตามลำดับความสำคัญก่อนหลังดังนี้คือ

- ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลน (VF)
- ขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลน (A)
- $VF * A$
- ความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อน (S)
- $S * A$
- ความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อน (P)
- $S * VF$
- $S * VF * A$

รูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ ของความสัมพันธ์ระหว่างขนาด  $d_{50}$  และ ตัวแปรทำงานและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่เหมาะสมคือ

$$d_{50} = 6.24 + 0.07(VF) - 0.67(A) + 0.04(VF*A) - 1.10(S) + 0.19(S*A) - 0.06(P) + 0.18(S*VF) - 0.03(S*VF*A)$$

4) ผลของตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่มีต่อความหมดจดของการคัดขนาด พบว่าความหมดจดของการคัดขนาดดีขึ้น เมื่อความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนสูงขึ้น ความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อนต่ำลง ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลนใหญ่ขึ้น และขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลนเล็กลง

การเปลี่ยนแปลงตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนมีผลต่อความหมดจดของการคัดขนาดน้อยมาก และไม่มีผลสำคัญเชิงสถิติพอที่จะทำการวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์และพหุคูณถอยเส้นตรง เพื่อหาลำดับความสำคัญของตัวแปรทำงานและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำงานที่มีผลต่อความหมดจดของการคัดขนาด และรูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ดังกล่าว

5) ผลของตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลน ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวรวมขนาด -10 และ -2 ไมครอน ที่อยู่ในส่วนละเอียด พบว่าเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวรวมขนาด -10 และ -2 ไมครอน ที่อยู่ในส่วนละเอียดมากขึ้น เมื่อความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนต่ำลง ความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อนสูงขึ้น ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลนใหญ่ขึ้น และขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลนเล็กลง

6) ผลการวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์ และพหุคูณถอยเส้นตรงของ เปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวรวมที่อยู่ในส่วนละเอียด พบว่าตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่เหมาะสม และมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวรวม เรียงตามลำดับความสำคัญก่อนหลังดังนี้คือ

- ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลน (VF)
- ขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลน (A)

รูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวรวม ที่อยู่ในส่วนละเอียด และตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่เหมาะสมคือ

$$REC = 18.50 + 3.70(VF) - 4.96(A)$$

7) ผลการวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์ และพหุคูณถอยเส้นตรงของ เปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวขนาด -10 ไมครอน ที่อยู่ในส่วนละเอียด พบว่าตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่เหมาะสม และมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวขนาด -10 ไมครอน เรียงตามลำดับความสำคัญก่อนหลังดังนี้คือ

- ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลน (VF)
- ขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลน (A)
- ความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อน (S)

รูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวขนาด -10 ไมครอน ที่อยู่ในส่วนละเอียด และตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่เหมาะสมคือ

$$R10 = 24.41 + 5.64(VF) - 8.11(A) + 1.50(S)$$

8) ผลการวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์ และพหุคูณถอยเส้นตรงของ เปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวขนาด -2 ไมครอน ที่อยู่ในส่วนละเอียด พบว่าตัวแปรทำงานและปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนที่เหมาะสม และมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาว ขนาด -2 ไมครอน เรียงตามลำดับความสำคัญก่อนหลังดังนี้คือ

- ขนาดทางออกส่วนละเอียดของไฮโดรไซโคลน (VF)
- ขนาดทางออกส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลน (A)
- $VF * A$

รูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ของความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์การเก็บดิน  
 ขนาด -2 ไมครอน ที่อยู่ในส่วนละเอียด และ ตัวแปรทำงานและปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง  
 ตัวแปรทำงานของไฮโดรไฮโคลนที่เหมาะสม คือ

$$R2 = - 124.21 - 1.90(VF) - 18.66(A) + 1.17(VF*A)$$

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

1) จากผลการศึกษา ลักษณะทางแร่วิทยาของดินขาวแบบฉบับหาดส้มแป้น ระบุ  
 พบว่า ดินขาวที่นำมาศึกษาวิจัย ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ชนิดผลึกไว้ระเบียบ และแอสลอสไฮต์  
 เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งทำให้ดินขาวแบบฉบับหาดส้มแป้นด้วยคุณสมบัติที่ดีที่จะพัฒนา ไปใช้ในอุตสาหกรรม  
 กระดาษที่ใช้ดินขาวเป็นตัวเคลือบ ( Paper Coating Kaolin ) แต่อาจจะพัฒนาไปใช้ใน  
 อุตสาหกรรมกระดาษที่ใช้ดินขาวเป็นตัวเติม ( Paper Filler Kaolin ) ได้ (45) นอกจากนี้  
 แร่แอสลอสไฮต์ที่มีอยู่ในดินขาว อาจจะพัฒนานำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกขั้นดี เช่น ปอร์ซเลน  
 ได้ เนื่องจากส่วนผสมของแร่เคโอลิไนต์และแอสลอสไฮต์ที่เหมาะสม ทำให้ความขาวสว่างของ  
 ผลิตภัณฑ์หลังจากการเผา ( Fired Brightness ) ดีขึ้น (2) แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการพัฒนาดินขาว  
 ไปใช้ในอุตสาหกรรมดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ต้องคำนึงถึงการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพ  
 และเคมีอื่น ๆ ให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดเป็นมาตรฐานของแต่ละขั้นคุณภาพด้วย

2) จากผลการศึกษาตัวแปรทำงานของไฮโดรไฮโคลนที่มีต่อขนาด  $d_{50}$  พบว่าตัว  
 แปรทำงานของไฮโดรไฮโคลนทุกตัวแปรมีผลต่อขนาด  $d_{50}$  ด้วยทั้งหมดทั้งสิ้น ดังนั้นการคัด  
 ขนาดดินขาวด้วยไฮโดรไฮโคลนขนาด 2 นิ้ว จึงเป็นเรื่องละเอียดอ่อน และจำเป็นที่จะต้อง  
 ควบคุมเงื่อนไขการคัดขนาด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความดันลด และความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่  
 ป้อนแก่ไฮโดรไฮโคลน ให้คงที่อย่างใกล้ชิด เพราะความสม่ำเสมอของขนาดและการกระจาย  
 ขนาดของดินขาวที่ได้จากการคัดขนาดมีความสำคัญมาก

ความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนเข้าสู่ไฮโดรไฮโคลนขนาด 2 นิ้วที่เหมาะสมอยู่  
 ในช่วง 20-50 ปอนด์/ตารางนิ้ว (82) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด  $d_{50}$  ที่ต้องการ แต่ในทางปฏิบัติ  
 พบว่า ที่ความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนสูงกว่า 40 ปอนด์/ตารางนิ้ว ต้องใช้ระบบปั๊มที่ต้นพอเพื่อ  
 ควบคุมความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนให้คงที่ตามที่ต้องการ ความแปรปรวน (Fluctuation)  
 ของความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อน อาจเกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณน้ำดินขาวที่ป้อนให้แก่ปั๊มไม่เพียงพอ  
 และระดับน้ำดินขาวในถังพักน้ำดินขาวก่อนที่จะป้อนแก่ปั๊ม (Feed Pump Sump) ไม่คงที่

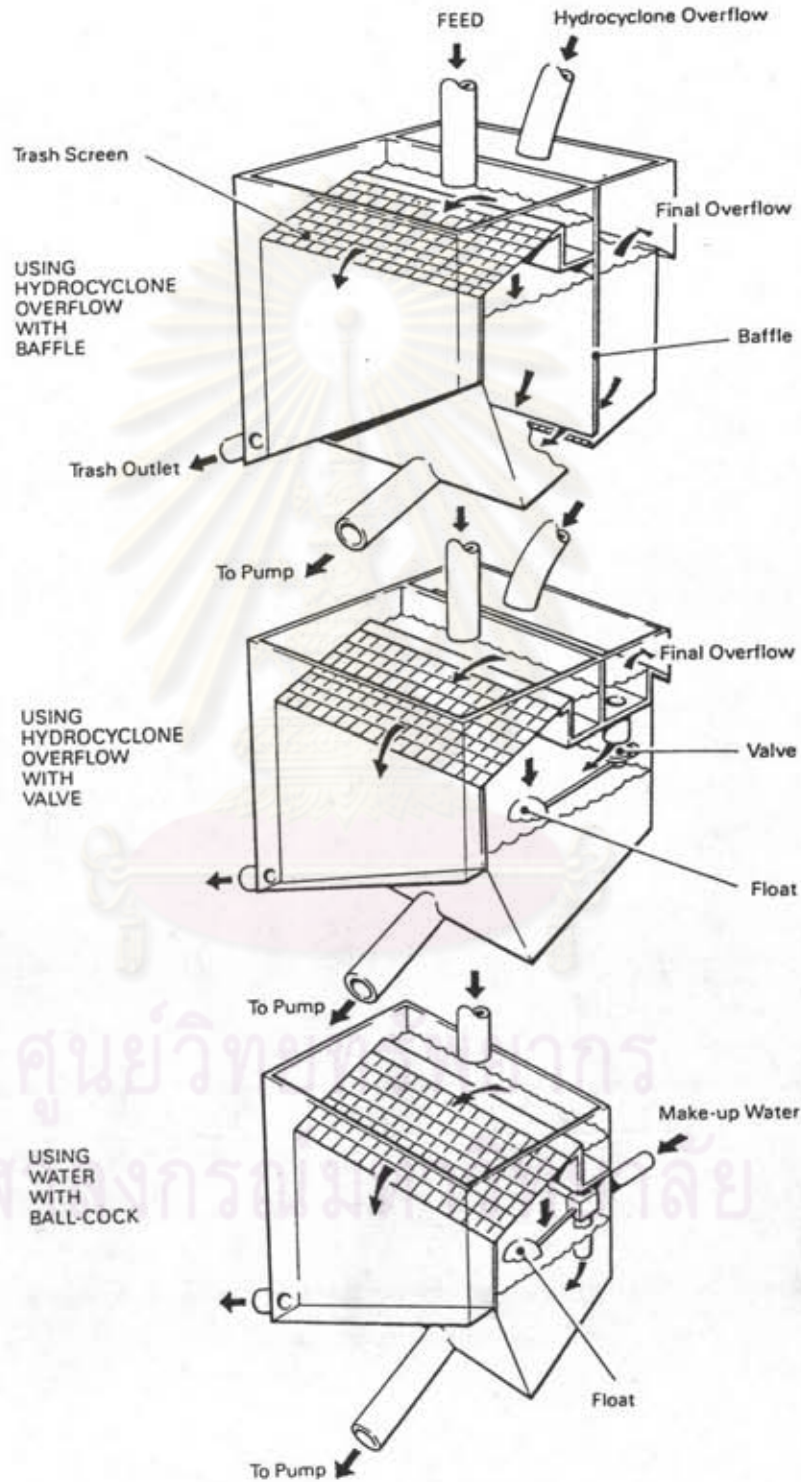
ซึ่งสามารถแก้ไขได้ โดยการติดตั้งถังพักน้ำดินขาวก่อนที่จะป้อนแก๊ม ดังรูปที่ 5.1 นอกจากนี้ การอุดตันของทางเข้าแร่ป้อนและทางออกส่วนหางของไฮโดรไซโคลน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ ความดันลดของน้ำดินขาวที่ป้อนไม่คงที่ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการติดตั้งตะแกรงกรองขยะใน น้ำดินขาวที่ป้อนลงในถังพักน้ำดินขาวก่อนที่จะป้อนแก๊มดังรูปที่ 5.1 และ 5.2

การควบคุมความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อนแก่ไฮโดรไซโคลนให้คงที่ ทำได้โดย การเตรียมน้ำดินขาวในถังหรือบ่อกวน ก่อนที่จะป้อนลงถังพักน้ำดินขาว และป้อนแก๊มต่อไป



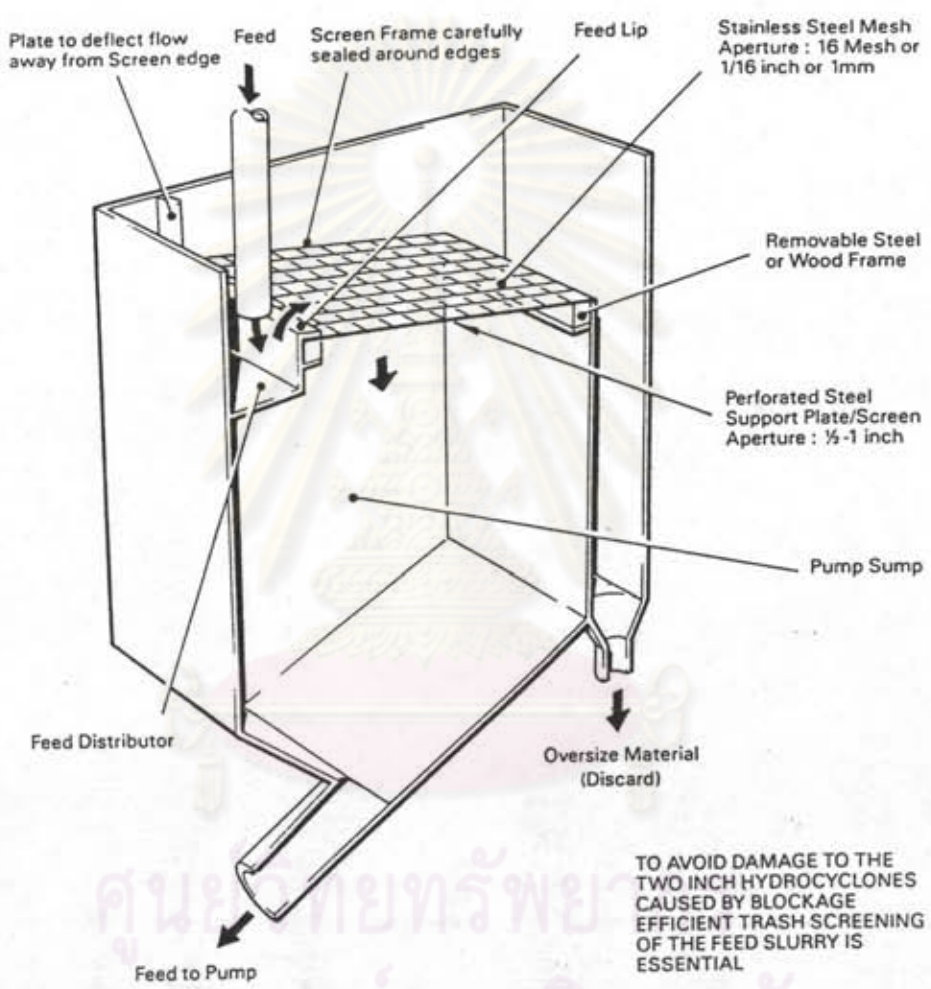
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUGGESTED METHODS FOR MAINTAINING CORRECT LEVEL IN HYDROCYCLONE FEED PUMP SUMP



รูปที่ 5.1 การติดตั้งถังพักน้ำดินขาวก่อนที่จะไปนแก้ม (82)

TRASH SCREENING  
SUGGESTED ARRANGEMENT FOR TRASH SCREEN



รูปที่ 5.2 การติดตั้งตะแกรงกรองขยะในน้ำดินขาว ที่ป้อนลงในถังพักน้ำดินขาวก่อนที่จะป้อนแก่ปั๊ม (82)

3) จากผลการวิเคราะห์แบบวาเรียนซ์ของขนาด  $d_{50}$  และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาว ที่อยู่ในส่วนละเอียด พบว่าขนาดทางออกส่วนละเอียดและส่วนหยาบ รวมทั้งปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างขนาดทางออกส่วนละเอียดและส่วนหยาบของไฮโดรไซโคลน มีผลต่อขนาด  $d_{50}$  และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาว ที่อยู่ในส่วนละเอียด มากกว่าความดันลด และความเข้มข้นของน้ำดินขาวที่ป้อน นั่นคือ มิติต่าง ๆ ของไฮโดรไซโคลนขนาดเล็ก ซึ่งเป็นเทคโนโลยีระดับพื้นฐานของการคัดขนาดดินขาวมีความสำคัญมาก และปัจจุบันก็ยังคงนำเข้าเทคโนโลยีดังกล่าว ดังนั้นความเข้าใจอันถ่องแท้ทางด้านเทคนิค (Technical Know-How) จึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการออกแบบมิติของไฮโดรไซโคลนขนาดเล็ก และแบบแผนการทดลองแบบแฟกตอเรียล ที่ใช้ในการวิจัยนี้ น่าจะเป็นแนวทางเบื้องต้นสำหรับการศึกษา ออกแบบ และสร้างไฮโดรไซโคลนขนาดเล็ก อันจะนำไปสู่การพึ่งพาตนเองทางเทคโนโลยีต่อไป

รูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบหยุดถอยเส้นตรงของขนาด  $d_{50}$  และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาว ที่อยู่ในส่วนละเอียด สามารถนำไปใช้ทำนายหาขนาด  $d_{50}$  และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาว ที่อยู่ในส่วนละเอียด ด้วยความแม่นยำระดับหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีตัวแปรของไฮโดรไซโคลนหลายตัวที่ไม่ได้ทำการศึกษา และอาจจะมีผลต่อขนาด  $d_{50}$  และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาว ที่ทำนายได้ ดังนั้นขอบเขตของรูปแบบสมการทำนายทางคณิตศาสตร์ที่ได้ จึงเหมาะสมสำหรับทำนายหาขนาด  $d_{50}$  และเปอร์เซ็นต์การเก็บดินขาวที่อยู่ในส่วนละเอียด ในสภาวะเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองวิจัยนี้ เท่านั้น

4) จากผลการศึกษาตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลน ที่มีต่อความหยาบของการคัดขนาด พบว่าการเปลี่ยนแปลงตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลนมีผลต่อความหยาบของการคัดขนาดน้อยมาก ดังนั้นสำหรับไฮโดรไซโคลนขนาดหนึ่ง ๆ ความหยาบของการคัดขนาดไม่ใช้พารามิเตอร์พื้นฐานสำคัญที่จะใช้ในการหาประสิทธิภาพการคัดขนาด และไม่ควรมานำมาพิจารณาในเทอมของตัวแปรทำงานของไฮโดรไซโคลน