

การออกแบบกระบวนการเพิ่มคุณภาพหินแกรนิตฝุ่นเพื่อใช้ทดแทนทรายก่อสร้าง
กรณีศึกษาโรงโม่หินแกรนิตในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และตราด

กลุ่มนวัตกรรมอุตสาหกรรมแร่ กองนวัตกรรมวัสดุและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

1. บทนำ

ปัญหาที่สำคัญ ปัญหาหนึ่งในอุตสาหกรรมโม่ บด ย่อยหิน คือการบริหารจัดการหินฝุ่นที่ได้จากกระบวนการผลิตที่มีเป็นจำนวนมาก ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ คาดการณ์ว่าในประเทศไทยมีหินฝุ่นเกิดขึ้นประมาณ 30-50 ล้านตัน/ปี ถึงแม้ว่าที่ผ่านมาจะมีความพยายามนำหินฝุ่นดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ แต่ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากหินฝุ่นดังกล่าวมีมูลค่าต่ำ และมีคุณภาพไม่ตรงความต้องการของตลาด อีกทั้งผู้ประกอบการยังขาดองค์ความรู้ของกระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพของหินฝุ่นให้เป็นไปตามความต้องการของตลาด ดังนั้น หากสามารถถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพหินฝุ่นให้แก่ผู้ประกอบการได้ จะทำให้การใช้ประโยชน์หินฝุ่นมีความแพร่หลายมากยิ่งขึ้น

โครงการวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพหินฝุ่นโดยเฉพาะหินแกรนิต ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับทราย ให้สามารถทดแทนทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต อีกทั้งยังมีผลการศึกษาจากหลาย ๆ สถาบันการศึกษาแล้ว พบว่า สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทดแทนทรายในการผสมคอนกรีตได้ โดยไม่ทำให้คุณสมบัติของคอนกรีตลดลง แต่หินฝุ่นในแต่ละพื้นที่ มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ไม่สามารถนำมาใช้ทดแทนทรายก่อสร้างได้ทันที มีความจำเป็นต้องนำมาผ่านกระบวนการเพิ่มคุณภาพก่อน

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้ศึกษาได้คัดเลือกแหล่งหินแกรนิต ในพื้นที่ภาคตะวันออก เนื่องจากเป็นแหล่งหินแกรนิตขนาดใหญ่ มีปริมาณหินฝุ่นเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และอยู่ใกล้โครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายในการใช้หินฝุ่นจำนวนนี้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาแนวทางในการเพิ่มคุณภาพหินแกรนิตฝุ่น ในพื้นที่จังหวัด ชลบุรี ระยอง และตราด ให้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตคอนกรีตได้

2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการเพิ่มคุณภาพหินแกรนิตฝุ่น

3. ขอบเขตการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาคุณลักษณะของทรายที่ใช้ในงานคอนกรีตและมาตรฐานการใช้งานของทรายในอุตสาหกรรมคอนกรีต

3.2 ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างหินแกรนิตฝุ่น ในสถานประกอบการโรงโม่ บด ย่อยหินแกรนิต ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และตราด จำนวน 6 ราย ได้แก่ บริษัท นวไพศาลศิลาตราด จำกัด บริษัท เพชรสยามศิลาตราด จำกัด บริษัท ถาวรภูริวิศวะโยธา จำกัด บริษัท สโตนวัน จำกัด(มหาชน) บริษัท สยามสโตน แอ็กกรีเกรท จำกัด และ หจก. ถาวรวิศวะโยธา(บริษัท ถาวรภูริวิศวะโยธา จำกัด ผู้รับโอน)

3.3 วิเคราะห์การกระจายตัวของขนาดตัวอย่างหินแกรนิตฝุ่นด้วยวิธี Sieve Analysis

3.4 เปรียบเทียบ คุณสมบัติของตัวอย่างหินแกรนิตฝุ่น กับ มาตรฐานของทรายแม่น้ำที่ใช้ในงานคอนกรีต

3.5 นำเสนอ Conceptual Design ของกระบวนการเพิ่มคุณภาพหินแกรนิตฝุ่น

3.6 วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

4. คุณสมบัติของทรายที่ใช้ในการผสมคอนกรีต

ตามมาตรฐานวัสดุชนิดเม็ดละเอียด (Fine Aggregates) สำหรับผิวจราจรคอนกรีต กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น กระทรวงมหาดไทย กำหนดคุณสมบัติของทรายที่จะนำมาใช้ในงานคอนกรีต ดังนี้

(1) เป็นทรายน้ำจืดที่หยาบคมแข็งแกร่ง

(2) ปราศจากวัสดุอื่นปะปนอยู่ เช่น วัชพืช ดินเหนียว เปลือกหอย แก้ว ถ่าน เป็นต้น

(3) มีสารอินทรีย์ปะปนอยู่ในทราย เมื่อทดสอบด้วยสารละลาย Sodium hydroxide เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ สีของสารละลายที่ได้จากการทดสอบต้องอ่อนกว่าสีของกระจกเทียบมาตรฐานเบอร์ 3 หรืออ่อนกว่าสารละลาย Potassium Dichromate

(4) มีค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus) อยู่ระหว่าง 2.3-3.1

(5) เมื่อทดสอบการคงตัว (Soundness test) โดยใช้สารละลายโซเดียมซัลเฟต ตามกรรมวิธีรวม 5 วัฏจักร(Cycle) น้ำหนักของทรายมาตรฐานที่หายไปต้องไม่มากกว่าร้อยละ 10

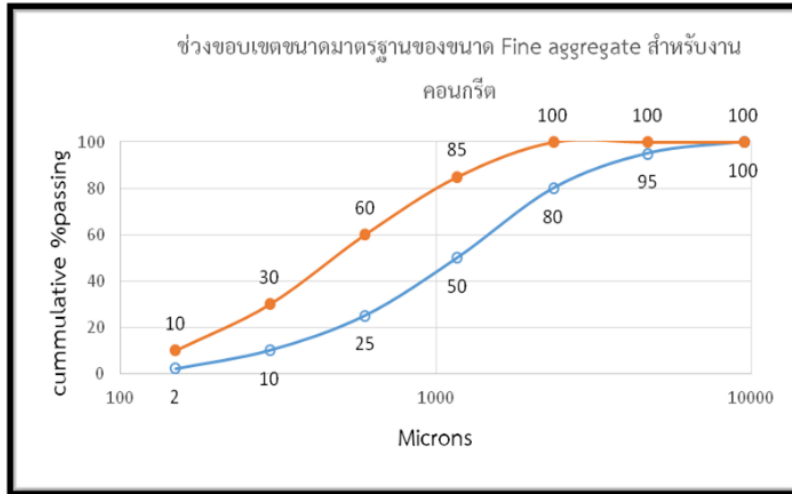
(6) มีส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ไม่เกินร้อยละ 3

(7) เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 33 ได้กำหนดส่วนขนาดคละของมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) ที่ใช้ในงานคอนกรีตตามตารางดังนี้

ขนาดของตะแกรงมาตรฐาน (เมช)	น้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละสะสม (Cumulative %passing) ขอบเขตล่าง-ขอบเขตบน
3/8"	100
เบอร์ 4	95-100
เบอร์ 8	80-100
เบอร์ 16	50-85
เบอร์ 30	25-60

เบอร์ 50	10-30
เบอร์ 100	2-10

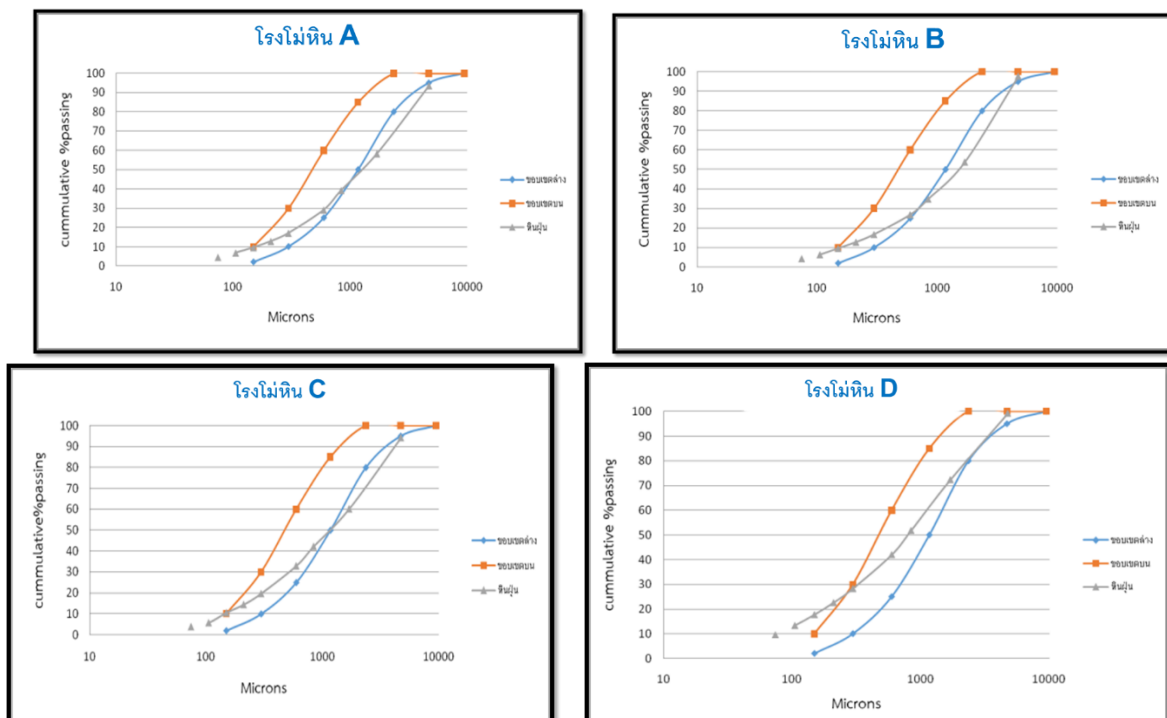
ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละสะสมของมาตรฐานทราย

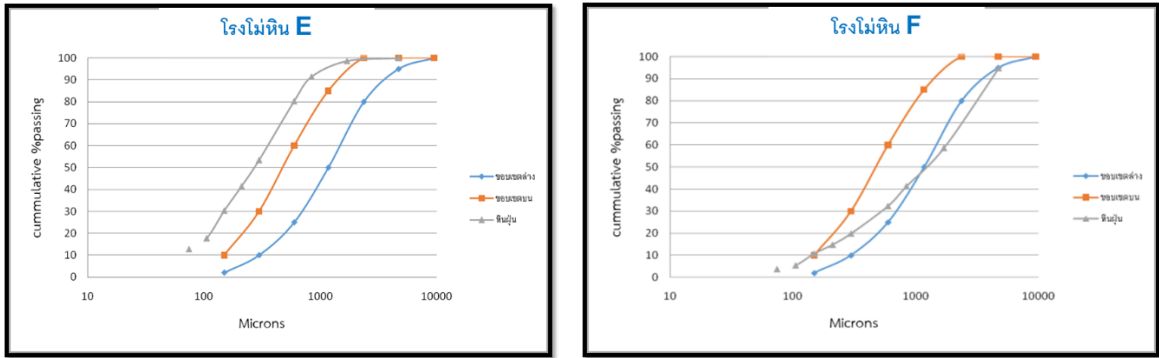


รูปที่ 1 แสดงน้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละสะสมของมาตรฐานทราย

5. คุณสมบัติของหินแกรนิตฝุ่น ในพื้นที่จังหวัด ชลบุรี ระยอง และตราด

จากตัวอย่างหินฝุ่นที่ได้มา นำมาทำ Sieve Analysis เพื่อหากราฟการกระจายตัวของขนาด โดยเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) ตามมาตรฐาน ASTM C 33 ตามคุณสมบัติข้อ 4 (7) ข้างต้น ได้ดังนี้





รูปที่ 2 แสดงน้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละสะสมของหินฝุ่นก่อนปรับปรุงคุณสมบัติเปรียบเทียบกับมาตรฐานทราย

โรงโม่	ค่าโมดูลัสความละเอียด (FM)	%สะสมที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช
โรงโม่หิน A	3.5	4.62
โรงโม่หิน B	3.6	4.27
โรงโม่หิน C	3.4	3.69
โรงโม่หิน D	2.9	9.65
โรงโม่หิน E	1.5	12.77
โรงโม่หิน F	3.4	3.69
มาตรฐาน	2.3-3.1	ไม่เกิน 3 %

ตารางที่ 2 แสดงค่าโมดูลัสความละเอียดและ%สะสมที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมชของหินฝุ่นก่อนปรับปรุงคุณสมบัติ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวอย่างหินฝุ่นกับมาตรฐานการใช้งานดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า

1. ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus (FM)) ของหินฝุ่นยังไม่อยู่ระหว่าง 2.3-3.1
2. ส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ของหินฝุ่นยังมีค่าเกินร้อยละ 3
3. กราฟการกระจายตัวของขนาดของหินฝุ่น ยังไม่อยู่ระหว่างขอบเขตบน-ล่างของกราฟ

มาตรฐานของมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) ตามมาตรฐาน ASTM C 33

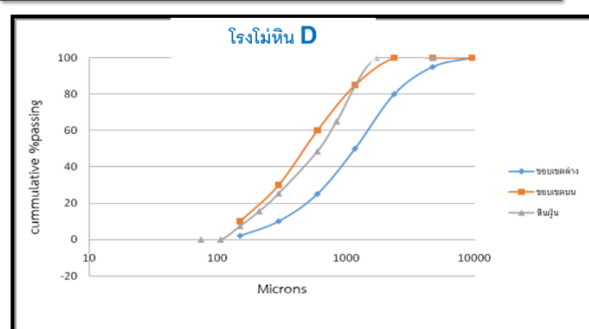
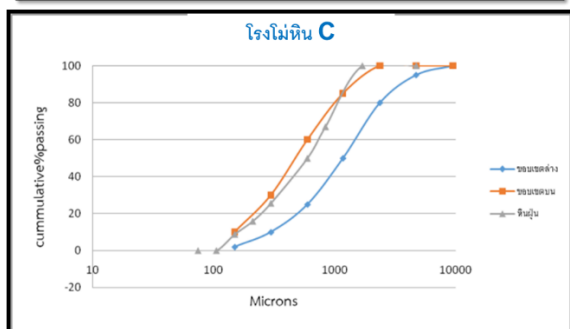
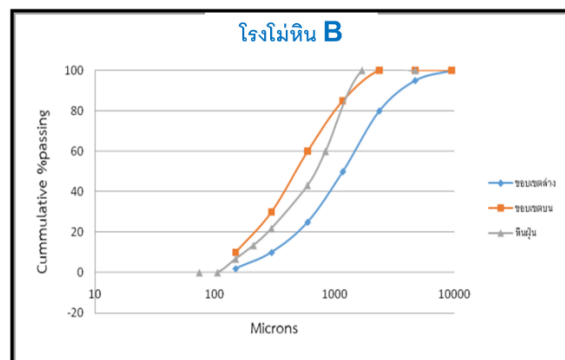
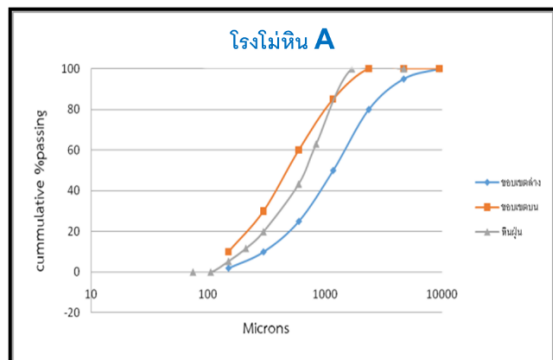
ดังนั้น คณะผู้ศึกษา จึงทดลองเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติหินฝุ่น โดยการทดลองคัดเอาขนาดใหญ่กว่า 1.7 mm. และขนาดเล็กกว่า 105 μm . (140 เมช) ออก ผลปรากฏว่า

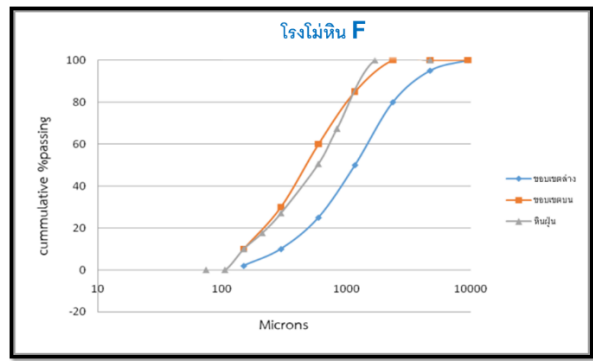
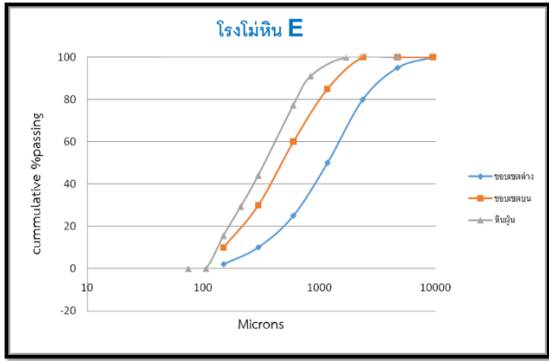
1. ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus (FM)) ของหินฝุ่นอยู่ระหว่าง 2.3-3.1
2. ส่วนที่ผ่านตะแกรง เบอร์ 200 ของหินฝุ่นไม่เกินร้อยละ 3

3. กราฟการกระจายตัวของขนาดของหินฝุ่น อยู่ระหว่างขอบเขตบน-ล่างของกราฟมาตรฐานของมวลรวมละเอียด (Fine Aggregates) ตามมาตรฐาน ASTM C 33 ยกเว้นของโรงโม่โรงโม่หิน E

โรงโม่	ค่าโมดูลัสความละเอียด (FM)	%สะสมที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมช
โรงโม่หิน A	2.7	0
โรงโม่หิน B	2.7	0
โรงโม่หิน C	2.5	0
โรงโม่หิน D	2.5	0
โรงโม่หิน E	1.7	0
โรงโม่หิน F	2.5	0
มาตรฐาน	2.3-3.1	ไม่เกิน 3 %

ตารางที่ 3 แสดงค่าโมดูลัสความละเอียดและ%สะสมที่ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 เมชของหินฝุ่นหลังจากปรับปรุงคุณสมบัติแล้ว





รูปที่ 3 แสดงน้ำหนักที่ผ่านตะแกรงเป็นร้อยละสะสมของหินฝุ่นหลังปรับปรุงคุณสมบัติแล้วเปรียบเทียบกับมาตรฐานทราย

ข้อมูลอีกส่วนที่สำคัญของการศึกษานี้ คือ การทดลองหาสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ต่อวัตถุดิบ(% yield) ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โดยเมื่อทดลองคัดขนาดตัวอย่างของหินฝุ่นที่มีขนาดใหญ่กว่า 1.7 mm. และคัดขนาดตัวอย่างหินฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 105 μm .(140 เมช) ออกแล้ว มีผลการทดลองดังตาราง ที่ 4

โรงโม่หิน	%โดยน้ำหนักของ +1.7 mm. ที่ตัดทิ้ง	%โดยน้ำหนักของ -105 μm . ที่ตัดทิ้ง	%โดยน้ำหนักของ -1.7mm. + 105 μm . ที่เป็น Product
โรงโม่หิน A	41.7	6.88	51.42
โรงโม่หิน B	46.33	6.31	47.36
โรงโม่หิน C	39.94	5.61	54.45
โรงโม่หิน D	27.7	13.4	58.89
โรงโม่หิน F	41.46	5.39	53.15
ค่าเฉลี่ย	39 %	8 %	53 %

ตารางที่ 4 แสดงสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ต่อวัตถุดิบ(% yield)

6. การออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพหินแกรนิตฝุ่น

6.1 แนวคิดพื้นฐานในการออกแบบ ได้แก่

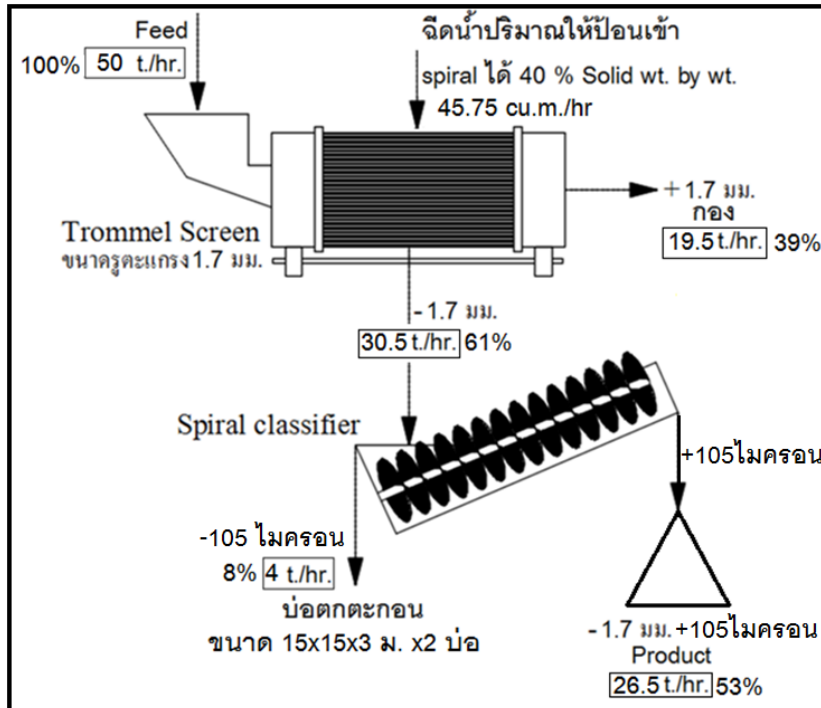
- 1) ออกแบบกระบวนการคัดขนาดเอา -1.7 มม. + 105 μm . ที่เป็น Product
- 2) ใช้เครื่องจักรที่ไม่ซับซ้อน ควบคุมง่าย ไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีทักษะสูงในการควบคุม มี

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating Cost) ต่ำและใช้พลังงานน้อย แต่มีประสิทธิภาพการผลิตที่สูง

6.2 ทางเลือกของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการคัดขนาด ได้แก่ Spiral Classifier Hydro Cyclone Spiral Concentrator และ Vibrating Screen ซึ่งเครื่องจักรที่มีความเหมาะสมตามแนวคิดพื้นฐานที่ได้กล่าวไว้แล้ว คือ Spiral Classifier และ Screen

6.3 การออกแบบกระบวนการปรับปรุงคุณภาพหินแกรนิตฝุ่น

สามารถออกแบบกระบวนการคัดขนาดหินฝุ่นได้ดังนี้



รูปที่ 4 แสดงกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติหินฝุ่นในเชิงพาณิชย์

7. การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

7.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

แนวคิดในการเลือกขนาดเครื่องจักรคือเลือกใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ที่สุดที่มีขายในท้องตลาด เครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการ องค์ประกอบ ดังนี้

เครื่องจักร	จำนวน	motor รวม(kw.)	ราคารวม(บาท)
Trommel Screen	๑	๓๐	๑,๐๐๐,๐๐๐
Spiral Classifier	๑	๔๕	๑,๐๐๐,๐๐๐
Belt Conveyor	๒	๒๐	๒๐๐,๐๐๐
Water Pump	๑	๑.๗๙	๒๐,๐๐๐
Wheel Loader	๑	-	๕,๐๐๐,๐๐๐
Warehouse etc.	-	-	๒,๗๘๐,๐๐๐
รวม	๖	๙๖.๗๙	๑๐,๐๐๐,๐๐๐

ตารางที่ 5 แสดงรายละเอียดของค่าใช้จ่ายในการลงทุน

7.2 Operating Cost ประกอบด้วย

7.2.1 ค่าไฟฟ้า 10.96 บาทต่อตัน (ผลิตภัณฑ์) โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

- ขนาดแรงแม้รวม ของเครื่องจักร คือ 96.79 kw.
- ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน 293 วันต่อปี
- ป้อนหินฝุ่น 400 ตันต่อวัน
- สัดส่วนผลิตภัณฑ์ต่อวัตถุดิบ 53%

7.2.2 ค่าน้ำมันรถตักป้อนหินฝุ่น

เลือกใช้ wheel loader ขนาดใหญ่สุด รุ่น Cat. 993k ขนาด bucket 12.2 cu.m.

Fuel consumption ลิตร/ชม.	ราคาน้ำมัน บาท/ลิตร	ค่าน้ำมันต่อวัน =fuel consumption x ราคาน้ำมัน x hr.
32.2	29	<u>7,470.4</u>

7.2.3 ค่าแรง

จำนวนคน	ค่าแรง/คน/วัน	ค่าแรงต่อวัน
3	300	<u>900</u>

รวมค่าใช้จ่ายแปรผัน คือ **50.4 บาท/ตัน (ผลิตภัณฑ์)**

7.3 ราคาหินฝุ่นที่จะขาย

ราคาหินฝุ่นที่จะขาย (density 1.45 t./cu.m.)	
บาท/cu.m.	บาท/ตัน
300	<u>207</u>

7.4 อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ของธนาคาร = 8 %

7.5 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) = 15,839,666 ล้านบาท

7.6 อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return : IRR) = 29.5%

7.7 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period : PB) ระหว่างปีที่ 4 - 5

7.8 เมื่อทดลองปรับลดราคาขายลงในอัตรา 10% 20% 50% และ 75% พบว่า

ราคาขาย (bath/cu.m.)	ราคาขาย (บาท/ตัน)	NPV. (ล้านบาท)	IRR. (%)	Payback period (ปี)
๓๐๐	๒๐๗	๑๕,๘๓๙,๖๖๖	๒๙.๕	๔.๔
๒๘๐	๑๙๓	๑๒,๕๙๘,๗๓๔	๒๕.๖	๔.๘
๒๖๐	๑๗๙	๙,๓๕๗,๘๐๒	๒๑.๕	๕.๕
๒๔๐	๑๖๖	๖,๑๑๖,๘๗๐	๑๗.๒	๖.๔
๒๒๐	๑๕๒	๒,๘๗๕,๙๓๘	๑๒.๕	๗.๘
๒๐๒.๓	๑๓๙	๐	๘	๑๐
๒๐๐	๑๓๘	-๓๖๔,๙๙๔	๗.๔	

ตารางที่ 6 แสดงราคาขายผลิตภัณฑ์หินฝุ่นที่จุดคุ้มทุน

8. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

8.1 กระบวนการเพิ่มคุณภาพหินแกรนิตฝุ่นในพื้นที่ จังหวัด ตราด ระยอง และชลบุรี สามารถทำได้ โดยการคัดขนาดหินฝุ่นให้มีขนาดระหว่างตั้งแต่ 105 ไมครอน ถึง 1.7 มิลลิเมตร

8.2 เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการเพิ่มคุณภาพ ได้แก่ Trommel Screen , Spiral Classifier Belt Conveyor และ Water Pump

8.3 ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นในการเพิ่มคุณภาพ ได้แก่ เงินลงทุนเบื้องต้นประมาณ 10 ล้านบาท และค่าใช้จ่ายแปรผัน ประมาณ 50 บาทต่อตัน มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4.5 ปี IRR = 29.5 % และ NPV ประมาณ 16 ล้านบาท

8.4 ราคาขายต่ำสุดที่ยังทำให้โครงการมีความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ คือ 139 บาทต่อตัน

8.5 หากสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตหินก่อสร้างให้มี สัดส่วนของปริมาณหินฝุ่นที่มีขนาดโตกว่า 1.7 มิลลิเมตรลดลง จะทำให้ % yield ของกระบวนการเพิ่มคุณภาพสูงขึ้น จะทำให้ต้นทุนการผลิตต่าง ๆ ต่ำลงได้ รวมถึงการลดปริมาณหินฝุ่นในภาพรวมให้ลดลงด้วย