คำนำ

ทรายแก้วเป็นหนึ่งในทรัพยากรแร่ธรรมชาติที่สำคัญ เป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อาทิ อุตสาหกรรมแก้วและกระจก อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมเซรามิก โดยประเทศไทยมีการผลิตทรายแก้วเพื่อความต้องการใช้ในประเทศปีละประมาณ 1.5 ถึง 2.0 ล้านตัน ขณะที่ปริมาณสำรองทรายแก้วที่สามารถทำเหมืองได้มีอยู่ไม่มากนัก ประกอบกับกระแสการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ทวีความรุนแรงขึ้น ทำให้การขยายพื้นที่ทำเหมืองแร่ต่างๆ รวมถึงทรายแก้วเป็นไปได้ยาก ดังนั้น หากไม่มีการเตรียมพร้อมในการสร้างความมั่นคงทางวัตถุดิบในอนาคตให้แก่ภาคอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบอาจสูญเสียความสามารถในการแข่งขันได้

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม ในฐานะที่เป็นหน่วยงานบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรแร่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ รวมทั้งสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ของภาคอุตสาหกรรม จึงได้ดำเนินการศึกษาและประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้นในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นทรายถมที่ดิน เพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ด้วยเทคโนโลยีแต่งแร่ เพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ดังนั้น จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยในเชิงลึกต่อในโครงการนี้ เพื่อพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก โดยสำรวจ ศึกษาข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย คัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ ศึกษาทดลองทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) และระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) เพื่อพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก รวมทั้งทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติในกระบวนการผลิตแก้วและกระจก โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อผลักดันให้เกิดการใช้วัตถุดิบทดแทนดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ และสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้อุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

นิยามศัพท์

หัวแร่	หมายถึง	แร่มลทินที่เป็นแร่หนักที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าทราย
แร่คละ	หมายถึง	ทรายส่วนใหญ่ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำ จึงถูกแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเคลื่อนออกไปตามราง
หางแร่	หมายถึง	ทรายละเอียดที่ผสมกับน้ำเป็นส่วนใหญ่
ค่าโมดูลัสความละเอียด (Fineness Modulus F.M.)	หมายถึง	ตัวเลขดัชนีที่เป็นปฏิภาคโดยประมาณกับขนาดเฉลี่ยของก้อนวัสดุในมวลรวม โดยที่ F.M. = (1/100)(ผลบวกเปอร์เซ็นต์สะสมของมวลรวมที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐาน) เป็นค่าที่ไม่มีหน่วยเป็นตัวบ่งบอกว่าลักษณะทรายนั้นหยาบหรือละเอียด ค่าโมดูลัสความละเอียดไม่สามารถใช้บอกขนาดคละของมวลรวมได้ แต่สามารถใช้ควบคุมความสม่ำเสมอของมวลรวมที่ผลิตจากแหล่งเดียวกัน ทรายที่มี F.M. คือทรายที่มีความหยาบมาก
%solid	หมายถึง	เปอร์เซ็นต์น้ำหนักของของแข็งในน้ำหนักทั้งหมด

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้มีเนื้อหาประกอบด้วยหลักการและเหตุผล วัตถุประสงค์ ขอบเขตการดำเนินงาน กลุ่มเป้าหมาย ระยะเวลาดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 หลักการและเหตุผล

ทรายเป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ เป็นวัตถุดิบขั้นพื้นฐานที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมแก้วและกระจก อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นต้น การใช้ประโยชน์ทรายขึ้นอยู่กับขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมี โดยประเภทของทรายจำแนกตามการใช้ประโยชน์ที่สำคัญ ได้แก่ (1) ทรายก่อสร้าง ซึ่งใช้ในการผสมคอนกรีตเพื่อทำโครงสร้างและพื้นอาคารสิ่งก่อสร้าง ทรายชนิดนี้มีขนาดต่างๆ กันส่วนใหญ่เป็นทรายหยาบ มีแร่อื่นเป็นมลทินปะปนและฝังอยู่ในเม็ดทราย ราคา 100-150 บาทต่อตัน (2) ทรายถม ซึ่งใช้ในการถมที่ ทรายชนิดนี้มีขนาดต่างๆ กันส่วนใหญ่เป็นทรายละเอียด มีมลทินหรือสิ่งเจือปนสูง ส่วนใหญ่เป็นทรายที่เป็นผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ราคา 40 - 80 บาทต่อตัน และ (3) ทรายแก้วหรือทรายซิลิกา ส่วนใหญ่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักที่สำคัญในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมเซรามิก เป็นทรายละเอียดคุณภาพสูง มีสีขาวสะอาด มีปริมาณซิลิกา (SiO_2) สูง มีมลทินหรือสิ่งเจือปนต่ำ ราคา 400 - 700 บาทต่อตัน

จากข้อมูลเบื้องต้นของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ พบว่า ประเทศไทยมีการผลิตทรายแก้วเพื่อตอบสนองความต้องการใช้ในประเทศปีละ 1.5 - 2.0 ล้านตัน ขณะที่ปริมาณสำรองทรายแก้วที่สามารถทำเหมืองได้มีอยู่ไม่มากนัก ประกอบกับกระแสการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ทวีความรุนแรงขึ้น ทำให้การขยายพื้นที่ทำเหมืองแร่ต่างๆ รวมถึงทรายแก้วเป็นไปได้ยาก ดังนั้น หากไม่มีการเตรียมพร้อมในการสร้างความมั่นคงทางวัตถุดิบในอนาคตให้แก่ภาคอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบอาจสูญเสียความสามารถในการแข่งขันได้

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ในฐานะที่เป็นหน่วยงานบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรแร่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ รวมทั้งสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ของภาคอุตสาหกรรม ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการสร้างหลักประกันความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศดังกล่าว จึงได้ดำเนินการศึกษาและประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้นในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นทรายถมที่ดิน เพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ด้วยเทคโนโลยีแต่งแร่ เพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ดังนั้น โครงการนี้ จึงมุ่งที่ศึกษาวิจัยในเชิงลึกเพื่อพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก มีเป้าหมายหลักเพื่อผลักดันให้เกิดการใช้วัตถุดิบทดแทนดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ และสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้อุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ โดยสำรวจ ศึกษาข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย คัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ ศึกษาทดลองทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) และระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) เพื่อพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ซึ่งหากสามารถทดแทนทรายแก้วธรรมชาติได้ 50,000 ตันต่อปี จะก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ไม่น้อยกว่า 15 ล้านบาทต่อปี

1.2 วัตถุประสงค์

โครงการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกซึ่งดำเนินการในปีงบประมาณ 2553 มีวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

(1) เพื่อศึกษาข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย

(2) เพื่อศึกษา ทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างให้มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้ โดยพิจารณาคัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ

(3) เพื่อดำเนินการหรือปฏิบัติการส่งเสริมให้มีการนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน

(1) สำรวจ ศึกษา และรวบรวมข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิระหว่างปี 2550 - 2552 หรือข้อมูลล่าสุดที่มีอยู่

(2) คัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ 1 แหล่ง โดยพิจารณาจากปริมาณ/ขนาดของแหล่ง คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ฯ รวมทั้งความร่วมมือของผู้ประกอบการทรายก่อสร้าง

(3) ศึกษา ทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ จากแหล่งทรายก่อสร้างที่ได้รับการคัดเลือก ด้วยเทคโนโลยีแต่งแร่ ให้มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale)

(4) ศึกษา ทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ด้วยเทคโนโลยีแต่งแร่ให้มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้ ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) ที่โรงแต่งแร่ที่ให้ความร่วมมือในการศึกษาทดลอง ปริมาณตัวอย่างไม่น้อยกว่า 100 ตัน โดยนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพไปทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรมแก้วและกระจกที่ให้ความร่วมมือไม่น้อยกว่า 1 โรงงาน

(5) จัดสัมมนาเผยแพร่ผลสรุปโครงการ เพื่อส่งเสริมให้มีการนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก พร้อมจัดทำ CD/DVD เพื่อเผยแพร่ประชาสัมพันธ์โครงการ จำนวน 200 ชุด

1.4 กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่จะได้รับประโยชน์โดยตรงจากผลการศึกษาของโครงการนี้ ได้แก่ ผู้ประกอบการทรายก่อสร้าง และผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

1.5 ระยะเวลาดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงานโครงการ 200 วัน ตั้งแต่วันที่ 30 กันยายน 2553 ถึงวันที่ 18 เมษายน 2554

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย

(2) เทคโนโลยีแต่งแร่ที่ใช้เพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างให้มีคุณภาพสูงขึ้น สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้

(3) โรงงานต้นแบบที่นำเทคโนโลยีแต่งแร่มาใช้ในการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างให้มีคุณภาพสูงขึ้น และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้ ไม่น้อยกว่า 1 โรงงาน

(4) โรงงานต้นแบบที่มีการนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้ว/กระจก ไม่น้อยกว่า 1 โรงงาน

ตัวชี้วัด

ผลผลิต/ผลลัพธ์/ผลกระทบ	ตัวชี้วัด	เป้าหมาย	
		จำนวน	หน่วยนับ
ผลผลิต (Outputs)	*เชิงปริมาณ*		
	1) รายงานข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย	1	รายงาน
	2) เทคโนโลยีแต่งแร่ที่ใช้เพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างให้มีคุณภาพสูงขึ้น สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้	1	เทคโนโลยี
	เชิงคุณภาพ		
	1) โรงงานที่นำเทคโนโลยีแต่งแร่มาใช้ในการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ให้มีคุณภาพสูงขึ้น และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้	1	โรงงาน
ผลลัพธ์ (Outcomes)	1) ผู้ประกอบการแก้ว/กระจกนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตแก้ว/กระจก	1	โรงงาน
	2) ผลพลอยได้ฯ มีการนำมาเพิ่มคุณภาพและใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกเพิ่มขึ้นทุกปี	20,000	ตันต่อปี
ผลกระทบ (Impacts)	1) อุตสาหกรรมแก้วและกระจก รวมถึงอุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ มีความมั่นคงทางวัตถุดิบด้านปริมาณและคุณภาพที่เพียงพอต่อความต้องการใช้เพิ่มขึ้น ลดการใช้ทรายแก้วธรรมชาติ		
	2) อุตสาหกรรมแก้วและกระจกมีต้นทุนที่ลดลง (จากการใช้วัตถุดิบทดแทน)		

บทที่ 2

ทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

บทที่ 2
ทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

ในบทนี้มีเนื้อหาประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปของทรายก่อสร้างและแหล่งทรายก่อสร้างในประเทศไทย และการเกิดผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

2.1 ทรายก่อสร้างและแหล่งทรายก่อสร้างในประเทศไทย

2.1.1 ทรายก่อสร้าง

ทรายก่อสร้างใช้ประโยชน์ในงานก่อสร้างหลายๆ ด้าน อาทิ งานโครงสร้างคอนกรีต งานก่อ งานฉาบ งานเท โดยทั่วไปทรายที่ใช้เพื่อการก่อสร้างจะต้องมีการตรวจสอบสมบัติเบื้องต้น เช่น รูปร่างและขนาดของเม็ดทราย ลักษณะของเนื้อทรายโดยรวม การเกาะกลุ่มและการเชื่อมประสานกันของเม็ดทราย สีของทราย ปริมาณของแร่หรือเศษหินปนเปื้อน (อาทิ แร่ไมกา เฟลด์สปาร์ หินดินดาน) เป็นต้น คุณสมบัติทรายที่เหมาะสำหรับการก่อสร้างต้องเป็นทรายที่สะอาด มีเม็ดทรายที่แข็งทนทานต่อการสึกกร่อนผุพัง มีมลทินหรือสารประกอบอย่างอื่นอยู่น้อย โดยเฉพาะทรายสำหรับผสมคอนกรีต ต้องประกอบด้วยแร่ควอตซ์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05 – 2.00 มิลลิเมตร มีช่วงค่าโมดูลัสความละเอียด 1.34 – 4.00 และต้องมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมวลผสมคอนกรีต มอก. 566–2528 กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2528 ดังแสดงในภาคผนวก ก

2.1.2 แหล่งทรายก่อสร้างในประเทศไทย

แหล่งทรายก่อสร้างสามารถจำแนกได้ตามแหล่งที่พบ โดยแบ่งเป็น 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งทรายแม่น้ำ และแหล่งทรายบก (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543-2550)

1) <u>แหล่งทรายแม่น้ำ</u> เป็นแหล่งทรายน้ำจืดที่สะสมตัวในบริเวณปากแม่น้ำ ลำคลอง และร่องห้วย พบสะสมตัวในบริเวณท้องน้ำ (Channel floor) สันดอนกลางลำน้ำ (Sand bar) โค้งน้ำด้านในที่งอกยื่นออกมา (Point bar) ริมตลิ่ง (River bank) ชายฝั่งลำน้ำ (River terrace) และที่ราบน้ำท่วมถึงสองข้างลำน้ำ (Flood plain) โดยแหล่งทรายที่สะสมตัวในบริเวณที่ราบจะแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างกว่าบริเวณที่อยู่สูงใกล้ต้นน้ำ เนื่องจากธรรมชาติการไหลของทางน้ำที่มักเปลี่ยนจากทางน้ำสายตรงและแคบเนื่องจากกระแสน้ำแรงความเร็วสูงไปเป็นทางน้ำคดโค้งและกว้างในบริเวณที่ราบอันเป็นผลมาจากความเร็วของกระแสน้ำที่ลดลง

ลักษณะทรายที่สะสมตัวในร่องลำน้ำ โค้งน้ำ ริมตลิ่ง และสันดอนกลางน้ำ มักเป็นทรายสะอาดคุณภาพดี ขนาดละเอียดถึงหยาบและมีกรวดปน โดยสัดส่วนของกรวดปนน้อยลงและมีขนาดเล็กลงเมื่อไกลออกไปจากบริเวณต้นน้ำ แต่เม็ดทรายจะมีความกลมมนและการคัดขนาดที่ดีขึ้น จัดว่าเป็นพื้นที่ศักยภาพสูงของแหล่งทรายก่อสร้างคุณภาพดี

สำหรับลักษณะทรายที่สะสมตามลานชายฝั่งลำน้ำ จะเป็นชั้นทรายที่มีกรวดปะปนมากและอยู่ในระดับสูงจากที่ราบน้ำท่วมถึงเป็นพื้นที่ศักยภาพต่ำไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์มากนักเช่นเดียวกับทรายที่สะสมตัวตามที่ราบน้ำท่วมถึง ซึ่งเป็นทรายที่ถูกพัดพามาสะสมตัวตามที่ลุ่มหลังแนวคันดินธรรมชาติ (Natural ridge) ในช่วงฤดูน้ำหลาก มักเป็นทรายละเอียดปนดิน โดยส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่เหมาะสมกับการเกษตรโดยเฉพาะนาข้าวและพืชสวน

2) <u>แหล่งทรายบก</u> เป็นแหล่งทรายที่เกิดจากการสะสมตัวจากการไหลของลำน้ำ ต่อมาทิศทางการไหลของน้ำเปลี่ยนไปออกไปจากแหล่งสะสมทราย ซึ่งสามารถจำแนกทรายบกได้เป็น 2 ประเภท <u>ดังนี้</u>

(1) ทรายบกริมแม่น้ำ หมายถึง ทรายที่สะสมตัวบริเวณตลิ่ง มีลักษณะเป็นพื้นที่กว้างขวางสองฝั่งลำน้ำ โดยอยู่ห่างจากลำน้ำปัจจุบันไม่เกิน 1 กิโลเมตร เป็นพื้นที่อยู่ภายใต้ปัจจัยข้อจำกัดด้านสิ่งแวดล้อม และกำหนดขอบเขตพื้นที่ไว้สำหรับเป็นแหล่งทรายก่อสร้างสำรองเท่านั้น ปัจจุบันบางแห่งยังเป็นพื้นที่สาธารณะ และบางแห่งกลายเป็นพื้นที่กรรมสิทธิ์ หรือพื้นที่มีเอกสารสิทธิ์

(2) ทรายบกไม่ติดกับแม่น้ำ หมายถึง บริเวณแหล่งสะสมทรายที่ห่างจากขอบแม่น้ำปัจจุบันไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร การประกอบการขุดตักและดูดทรายบกภายในที่ดินกรรมสิทธิ์สามารถกระทำได้โดยดำเนินการตามพระราชบัญญัติการขุดดินและถมดิน พ.ศ. 2543 และพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

จากการสำรวจข้อมูลทุติยภูมิที่มีอยู่ในประเทศไทยพบว่า ข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างในประเทศไทยล่าสุดที่มีอยู่ คือ ข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างระหว่างปี พ.ศ. 2543 ถึง พ.ศ. 2550 ของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่ได้จากการวิเคราะห์และประเมินแหล่งทรายก่อสร้างโดยได้ตัดพื้นที่ที่ไม่สามารถดำเนินการเป็นสถานประกอบการได้ ตามข้อกำหนดของกฎหมาย ระเบียบและข้อบังคับ ได้แก่ เขตชุมชน สาธารณสถาน แหล่งน้ำ ระบบสาธารณูปโภค พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ พื้นที่อุทยานแห่งชาติ/เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า/สงวนแห่งชาติเขตอนุรักษ์ พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 35% (แหล่งทรายแม่น้ำ) สิ่งก่อสร้าง/ชลประทาน/เขื่อน สะพาน (แหล่งทรายแม่น้ำ) และสถานีสูบน้ำดิบเพื่อทำน้ำประปา รวมทั้งได้ประเมินพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ทรายก่อสร้างในแต่ละแหล่งทั้งแหล่งทรายแม่น้ำและแหล่งทรายบก โดยได้จัดลำดับความเหมาะสมเป็น 3 ลำดับ ได้แก่ 1) ความเหมาะสมสูง 2) ความเหมาะสมปานกลาง และ 3) ความเหมาะสมต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2 ตามลำดับ ตามเกณฑ์การพิจารณาให้ค่าคะแนนความเหมาะสมของแหล่งทราย ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และ 2.4

ตารางที่ 2.1 ค่าช่วงคะแนนที่ใช้ในการจัดระดับความเหมาะสมของแหล่งทราย (แหล่งทรายแม่น้ำ) (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543-2550)

ระดับที่	ระดับความเหมาะสม	ช่วงของคะแนน
1	ความเหมาะสมสูง	141 – 200
2	ความเหมาะสมปานกลาง	81 – 140
3	ความเหมาะสมต่ำ	20 - 80

ตารางที่ 2.2 ค่าช่วงคะแนนที่ใช้ในการจัดระดับความเหมาะสมของแหล่งทราย (แหล่งทรายบก) (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543-2550)

ระดับที่	ระดับความเหมาะสม	ช่วงของคะแนน
1	ความเหมาะสมสูง	99 – 140
2	ความเหมาะสมปานกลาง	57 – 98
3	ความเหมาะสมต่ำ	14 - 56

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับการให้ค่าคะแนนในการจัดลำดับความเหมาะสมของแหล่งทราย (แหล่งทรายแม่น้ำ) (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543-2550)

ปัจจัย	เกณฑ์ในการพิจารณา	ค่าคะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1. ความลึกของชั้นทรายจากผิวดิน	- ระดับความลึกน้อยกว่า 10 เมตร - ระดับความลึก 10 – 20 เมตร - ระดับความลึกมากกว่า 20 เมตร	10 5 1	3
2. ความหนาของชั้นทราย	- มีชั้นทรายหนามากกว่า 5 เมตร - มีชั้นทรายหนา 3 – 5 เมตร - มีชั้นทรายหนามากกว่า 3 เมตร	10 5 1	3
3. ประเภทเนื้อดิน*	- กลุ่มดินเนื้อละเอียด - กลุ่มดินเนื้อปานกลาง - กลุ่มดินเนื้อหยาบ	10 5 1	3
4. ความลาดชันของพื้นที่	- ระดับความลาดชัน 0 – 8% - ระดับความลาดชัน 9 – 16% - ระดับความลาดชัน 17 – 35%	10 5 1	3
5. พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร	- พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 - พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรชั้นที่ 2 - พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรชั้นที่ 3	10 5 1	2
6. พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	- พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 - พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 และ 4 - พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2	10 5 1	2
7. เขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ	- พื้นที่นอกเขตป่าสงวนแห่งชาติ - พื้นที่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตเกษตรกรรม - พื้นที่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตเศรษฐกิจ	10 5 1	1

หมายเหตุ: * คำอธิบายเพิ่มเติมประเภทเนื้อดิน

- กลุ่มดินเนื้อละเอียด ประกอบด้วย ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Silty Clay) ดินเหนียวเชิงทราย (Sand Clay) ดินร่วนเชิงดินเหนียว (Clay Loam) และดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทรายแป้ง (Sity Clay Loam)
- กลุ่มดินเนื้อปานกลาง ประกอบด้วย ดินร่วนปนดินเหนียวเชิงทราย (Sandy Clay Loam) ดินร่วน (Loam) ดินร่วนเชิงทรายแป้ง (Silt Loam) ดินทรายแป้ง (Silt)
- กลุ่มดินเนื้อหยาบ ประกอบด้วย ดินทราย (Sand) ดินทรายเชิงร่วน (Loam Sand) และดินร่วนเชิงทราย (Sand loam)

ตารางที่ 2.4 เกณฑ์ในการพิจารณาสำหรับการให้ค่าคะแนนในการจัดลำดับความเหมาะสมของแหล่งทราย (แหล่งทรายบก) (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543-2550)

ปัจจัย	เกณฑ์ในการพิจารณา	ค่าคะแนน	ค่าถ่วงน้ำหนัก
1. ขนาดพื้นที่ศักยภาพที่เหมาะสม	- มีพื้นที่มากกว่า 1.0 ตร.กม. - มีพื้นที่ 0.5 – 1.0 ตร.กม. - มีพื้นที่น้อยกว่า 0.5 ตร.กม.	10 5 1	3
2. ความลึกของชั้นทรายจากผิวดิน	- ระดับความลึกน้อยกว่า 10 เมตร - ระดับความลึก 10 – 20 เมตร - ระดับความลึกมากกว่า 20 เมตร	10 5 1	3
3. ความหนาของชั้นทราย	- มีชั้นทรายหนามากกว่า 5 เมตร - มีชั้นทรายหนา 3 – 5 เมตร - มีชั้นทรายหนามากกว่า 3 เมตร	10 5 1	3
4. พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกษตร	- พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรชั้นที่ 3 และชั้นที่ 4 - พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรชั้นที่ 2 - พื้นที่เหมาะสมสำหรับการเกษตรชั้นที่ 3	10 5 1	2
5. พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ	- พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 - พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 และ 4 - พื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2	10 5 1	2
6. เขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ	- พื้นที่นอกเขตป่าสงวนแห่งชาติ และพื้นที่ซึ่งไม่อยู่ในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 - พื้นที่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตเกษตรกรรม - พื้นที่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตเศรษฐกิจ	10 5 1	1

จากข้อมูลของสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2543-2550) พบว่า พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ทั่วประเทศเฉพาะที่ได้มีการเจาะสำรวจ มีปริมาณสำรองทรายก่อสร้างประมาณ 26,556.90 ล้านลบ.ม เป็นปริมาณสำรองทรายก่อสร้างในภาคกลางประมาณ 8,107.73 ล้านลบ.ม. ภาคเหนือประมาณ 12,796.85 ล้านลบ.ม. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 5,652.32 ล้านลบ.ม ขณะที่ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ยังไม่มีการเจาะสำรวจ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) <u>ภาคกลาง</u>

ธรณีสัณฐานภาคกลางเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งประกอบด้วยแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ซึ่งไหลจากภูเขาสูงทางภาคเหนือของประเทศ โดยพัดพาตะกอนทรายมา

สะสมตัวในพื้นที่ตอนล่างที่เคยอยู่ใต้ระดับน้ำทะเลมาก่อนจนกลายเป็นพื้นที่ราบกว้างโผล่เหนือระดับน้ำทะเล การทับถมและสะสมตัวของตะกอนทรายนี้ นอกจากจะเกิดจากการกระทำของแม่น้ำที่ไหลจากที่สูงทางภาคเหนือ ยังเกิดจากการกระทำของแม่น้ำที่ไหลจากที่สูงทางด้านตะวันตก และตะวันออกที่ล้อมรอบที่ราบภาคกลางด้วย แม่น้ำทางด้านตะวันตกที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำสะแกกรัง ส่วนแม่น้ำทางด้านตะวันออกที่สำคัญ ได้แก่ แม่น้ำป่าสัก แม่น้ำลพบุรี และแม่น้ำบางปะกง จนในที่สุดเกิดต่อเนื่องเป็นที่ราบผืนเดียวกันทั้งบริเวณตอนบน และตอนล่าง

พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคกลาง มีจำนวน 12 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสระบุรี จังหวัดลพบุรี จังหวัดชัยนาท จังหวัดอุทัยธานี จังหวัดนครปฐม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดนครนายก โดยมีรายละเอียดพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคกลางรายจังหวัดแสดงดังตารางที่ 2.5 และรูปที่ 2.1 โดยความหนารวมของชั้นทรายแหล่งทรายหมายเลข 1 3 4 6 7 10 11 12 14 16 17 18 19 20 และ 21 ประมาณความหนารวมของชั้นทรายจากข้อมูลเจาะสำรวจทราย แหล่งทรายหมายเลข 2 5 8 และ 9 ประมาณความหนารวมของชั้นทรายจากสถานประกอบการขุดตักและดูดทรายในพื้นที่ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข) และแหล่งทรายหมายเลข 13 และ 15 ประมาณความหนารวมของชั้นทรายจากข้อมูลหลุมเจาะน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรธรณี (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

ตารางที่ 2.5 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคกลางรายจังหวัด (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2543 และ 2550)

แหล่งทราย	ความหนารวมของชั้นทราย (เมตร)	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดนนทบุรี	ไม่มีข้อมูล	175.87	ความเหมาะสมสูง	2.496
			ความเหมาะสมปานกลาง	65.797
			ความเหมาะสมต่ำ	0.446
จังหวัดปทุมธานี	ไม่มีข้อมูล	61.12	ความเหมาะสมสูง	18.962
			ความเหมาะสมปานกลาง	0.095
			ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดสระบุรี	ไม่มีข้อมูล	2.70	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
			ความเหมาะสมปานกลาง	0.869
			ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดลพบุรี	ไม่มีข้อมูล	43.00	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
			ความเหมาะสมปานกลาง	61.659
			ความเหมาะสมต่ำ	0.030
จังหวัดชัยนาท	ไม่มีข้อมูล	1,062.24	ความเหมาะสมสูง	108.033
			ความเหมาะสมปานกลาง	327.960
			ความเหมาะสมต่ำ	6.643
จังหวัดอุทัยธานี	ไม่มีข้อมูล	382.80	ความเหมาะสมสูง	37.018
			ความเหมาะสมปานกลาง	122.100
			ความเหมาะสมต่ำ	0.407
จังหวัดนครปฐม	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
			ความเหมาะสมปานกลาง	52.060
			ความเหมาะสมต่ำ	2.280
แหล่งทรายหมายเลข 1 (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา)	15.5	337	ไม่มีข้อมูล	21.79
แหล่งทรายหมายเลข 2 (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา)	15	301	ไม่มีข้อมูล	20.05
แหล่งทรายหมายเลข 3 (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดอ่างทอง)	21	274	ไม่มีข้อมูล	13.02
แหล่งทรายหมายเลข 4 (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา)	23.5	389	ไม่มีข้อมูล	16.57
แหล่งทรายหมายเลข 5 (จังหวัดอ่างทอง)	18	287	ไม่มีข้อมูล	15.96

ตารางที่ 2.5 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคกลางรายจังหวัด (ต่อ)

แหล่งทราย	ความหนารวมของชั้นทราย (เมตร)	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
แหล่งทรายหมายเลข 6 (จังหวัดอ่างทอง)	16	136	ไม่มีข้อมูล	8.45
แหล่งทรายหมายเลข 7 (จังหวัดอ่างทอง)	15	261	ไม่มีข้อมูล	17.37
แหล่งทรายหมายเลข 8 (จังหวัดอ่างทอง)	13	215	ไม่มีข้อมูล	16.53
แหล่งทรายหมายเลข 9 (จังหวัดอ่างทอง)	12	70	ไม่มีข้อมูล	5.80
แหล่งทรายหมายเลข 10 (จังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดอ่างทอง)	18	177	ไม่มีข้อมูล	9.85
แหล่งทรายหมายเลข 11 (จังหวัดสิงห์บุรี)	7.5	101	ไม่มีข้อมูล	13.46
แหล่งทรายหมายเลข 12 (จังหวัดสิงห์บุรี)	6	46	ไม่มีข้อมูล	7.80
แหล่งทรายหมายเลข 13 (จังหวัดสิงห์บุรี)	30	218	ไม่มีข้อมูล	7.28
แหล่งทรายหมายเลข 14 (จังหวัดสุพรรณบุรี)	18	566	ไม่มีข้อมูล	31.44
แหล่งทรายหมายเลข 15 (จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดสิงห์บุรี)	55	1,161	ไม่มีข้อมูล	21.08
แหล่งทรายหมายเลข 16 (จังหวัดสุพรรณบุรี)	7	74	ไม่มีข้อมูล	10.59
แหล่งทรายหมายเลข 17 (จังหวัดสุพรรณบุรี)	12	417	ไม่มีข้อมูล	34.69
แหล่งทรายหมายเลข 18 (จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดอ่างทอง)	27	494	ไม่มีข้อมูล	18.33
แหล่งทรายหมายเลข 19 (จังหวัดสุพรรณบุรี)	18.5	349	ไม่มีข้อมูล	18.80
แหล่งทรายหมายเลข 20 (จังหวัดสุพรรณบุรี)	17	322	ไม่มีข้อมูล	18.93
แหล่งทรายหมายเลข 21 (จังหวัดนครนายก)	7	185	ไม่มีข้อมูล	26.48

หมายเหตุ: แหล่งทรายหมายเลข 1 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลบ้านแถว ตำบลเจ้าเจ็ด ตำบลบางจระเข้ ตำบลสามกอ ตำบลชายนา อำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

แหล่งทรายหมายเลข 2 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลบ้านกุ่ม ตำบลบางชะนี ตำบลบางบาล ตำบลไทรน้อย ตำบลวัดยม ตำบลสะพานไทย ตำบลมหาพราหมณ์ อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

แหล่งทรายหมายเลข 3 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลลาดน้ำเค็ม ตำบลบ้านแค ตำบลกุฎี อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และตำบลโผงเผง อำเภอป่าโมก จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 4 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลผักไห่ ตำบลลาดชิด ตำบลหนองน้ำใหญ่ ตำบลหน้าโคก ตำบลอำมฤต อำเภอผักไห่ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

แหล่งทรายหมายเลข 5 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลมหาดไทย ตำบลคลองวัว ตำบลจำปาหล่อ อำเภอเมือง ตำบลนรสิงห์ ตำบลเอกราช อำเภอป่าโมก และตำบลสี่ร้อย ตำบลไผ่ดำพัฒนา อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 6 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลมหาดไทย ตำบลศาลาแดง ตำบลคลองวัว อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 7 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลราชสิงห์ ตำบลเทวราช อำเภอไชโย และตำบลอินทรประมูล อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 8 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลหนองแม่ไก่ ตำบลทางพระ ตำบลโคกพุทรา ตำบลคำหยาด ตำบลอ่างแก้ว อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 9 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลแสวงหา อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 10 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลคอทราย ตำบลค่ายบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี และตำบลห้วยไผ่ อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 11 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลโพสังโฆ ตำบลท่าข้าม อำเภอค่ายบางระจัน ตำบลไม้ดัด ตำบลสิงห์ อำเภอบางระจัน และตำบลบางกระบือ ตำบลต้นโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี

แหล่งทรายหมายเลข 12 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลงิ้วราย ตำบลน้ำตาล ตำบลทับยา อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

แหล่งทรายหมายเลข 13 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลห้วยชัน ตำบลทับยา อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

แหล่งทรายหมายเลข 14 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลปากน้ำ ตำบลเดิมบาง ตำบลเขาพระ ตำบลโคกช้าง อำเภอเดิมนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งทรายหมายเลข 15 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลโคกช้าง ตำบลทุ่งคลี อำเภอเดิมนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี และตำบลพักทัน ตำบลสระแจง อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี

แหล่งทรายหมายเลข 16 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลยางนอน ตำบลเขาดิน อำเภอเดิมนางบวช และตำบลวังลึก อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งทรายหมายเลข 17 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลดอนปรู ตำบลปลายนา ตำบลศรีประจันต์ ตำบลวังน้ำซับ อำเภอศรีประจันต์ ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งทรายหมายเลข 18 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลศรีประจันต์ ตำบลวังยาง อำเภอศรีประจันต์ ตำบลดอนมะสัง อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี และตำบลสามตะโก้ ตำบลสาวร้องไห้ อำเภอวิเศษชัยชาญ จังหวัดอ่างทอง

แหล่งทรายหมายเลข 19 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลดอนตาล ตำบลโคกโคเฒ่า อำเภอเมือง ตำบลจระเข้ใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งทรายหมายเลข 20 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลตะค่า ตำบลองครักษ์ ตำบลจระเข้ใหญ่ อำเภอบางปลาม้า จังหวัดสุพรรณบุรี

แหล่งทรายหมายเลข 21 ตั้งอยู่บริเวณ ตำบลป่าขะ ตำบลเขาเพิ่ม ตำบลศรีกะอาง อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก

จังหวัดกรุงเทพมหานคร จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดสมุทรสาคร ไม่ปรากฏว่ามีพื้นที่ที่มีศักยภาพทรัพยากรทรายที่มีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์

รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ภาคกลาง
(สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

2) ภาคเหนือ

ธรณีสัณฐานภาคเหนือ ประกอบด้วยเทือกเขาสูงต่อเนื่องกันหลายเทือกเขา ส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะสัณฐานเป็นแนวยาวติดต่อกับแนวเทือกเขาหิมาลัย บริเวณที่อยู่ระหว่างเทือกเขานี้เป็นที่ราบลุ่มระหว่างหุบเขา อันเป็นแหล่งกำเนิดของทางน้ำที่สำคัญหลายสายที่ไหลลงไปสู่ทางตอนใต้ของประเทศ ตามลักษณะความลาดชันของแนวสันเขาทางน้ำที่ไหลไปทางทิศเหนือ ได้แก่ แม่น้ำฝาง แม่น้ำกก แม่น้ำจัน และแม่น้ำอิง ซึ่งแม่น้ำเหล่านี้จะไหลลงสู่แม่น้ำโขงต่อไป ส่วนทางน้ำที่ไหลลงทางทิศใต้ ได้แก่ แม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ซึ่งแม่น้ำทั้ง 4 สายนี้เป็นสาขาที่สำคัญของแม่น้ำเจ้าพระยา บริเวณระหว่างแนวเขาเหล่านี้จะเป็นแอ่งที่ราบหุบเขา (valley plain) และที่ราบลุ่มริมน้ำ (fluvial plain) กระจายตัวอยู่ทั่วไปหลายแห่ง ซึ่งเป็นแหล่งทรายที่กระจายอยู่ทั่วไป

พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคเหนือ มีจำนวน 16 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดลำพูน จังหวัดลำปาง จังหวัดตาก จังหวัดสุโขทัย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดพิจิตร จังหวัดเชียงราย จังหวัดพะเยา จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน โดยมีรายละเอียดพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคเหนือรายจังหวัดแสดงดังตารางที่ 2.6 และรูปที่ 2.2

ตารางที่ 2.6 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคเหนือรายจังหวัด (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2544 และ2545)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดแม่ฮ่องสอน	1.73	ความเหมาะสมสูง	0.061
		ความเหมาะสมปานกลาง	34.564
		ความเหมาะสมต่ำ	7.214
จังหวัดเชียงใหม่ (ทรายแม่น้ำ)	18.11	ความเหมาะสมสูง	39.002
		ความเหมาะสมปานกลาง	134.281
		ความเหมาะสมต่ำ	3.748
จังหวัดลำพูน (ทรายแม่น้ำ)	10.19	ความเหมาะสมสูง	38.795
		ความเหมาะสมปานกลาง	97.398
		ความเหมาะสมต่ำ	2.353
จังหวัดลำปาง (ทรายบก)	38.33	ความเหมาะสมสูง	7.816
		ความเหมาะสมปานกลาง	0.512
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี

ตารางที่ 2.6 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคเหนือรายจังหวัด (ต่อ)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดลำปาง (ทรายแม่น้ำ)	10.96	ความเหมาะสมสูง	31.089
		ความเหมาะสมปานกลาง	274.916
		ความเหมาะสมต่ำ	0.689
จังหวัดตาก (ทรายแม่น้ำ)	48.96	ความเหมาะสมสูง	121.313
		ความเหมาะสมปานกลาง	53.803
		ความเหมาะสมต่ำ	0.339
จังหวัดสุโขทัย (ทรายบก)	134.67	ความเหมาะสมสูง	330.500
		ความเหมาะสมปานกลาง	0.985
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดสุโขทัย (ทรายแม่น้ำ)	9.64	ความเหมาะสมสูง	45.254
		ความเหมาะสมปานกลาง	113.218
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดกำแพงเพชร (ทรายบก)	770.39	ความเหมาะสมสูง	218.446
		ความเหมาะสมปานกลาง	57.644
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดกำแพงเพชร (ทรายแม่น้ำ)	93.33	ความเหมาะสมสูง	86.567
		ความเหมาะสมปานกลาง	147.203
		ความเหมาะสมต่ำ	1.896
จังหวัดนครสวรรค์ (ทรายบก)	3,521.67	ความเหมาะสมสูง	407.425
		ความเหมาะสมปานกลาง	439.965
		ความเหมาะสมต่ำ	1.315
จังหวัดนครสวรรค์ (ทรายแม่น้ำ)	62.11	ความเหมาะสมสูง	196.092
		ความเหมาะสมปานกลาง	278.951
		ความเหมาะสมต่ำ	19.260
จังหวัดเพชรบูรณ์	43.46	ความเหมาะสมสูง	0.950
		ความเหมาะสมปานกลาง	0.857
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดพิษณุโลก	1,484.83	ความเหมาะสมสูง	163.221
		ความเหมาะสมปานกลาง	55.329
		ความเหมาะสมต่ำ	0.023
จังหวัดอุตรดิตถ์	190.96	ความเหมาะสมสูง	23.499
		ความเหมาะสมปานกลาง	16.757
		ความเหมาะสมต่ำ	0.012

ตารางที่ 2.6 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคเหนือรายจังหวัด (ต่อ)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดพิจิตร	5,974.73	ความเหมาะสมสูง	28.563
		ความเหมาะสมปานกลาง	453.257
		ความเหมาะสมต่ำ	47.172
จังหวัดเชียงราย	272.75	ความเหมาะสมสูง	6.714
		ความเหมาะสมปานกลาง	11.690
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดพะเยา	41.34	ความเหมาะสมสูง	3.798
		ความเหมาะสมปานกลาง	0.035
		ความเหมาะสมต่ำ	0.002
จังหวัดแพร่	45.31	ความเหมาะสมสูง	7.605
		ความเหมาะสมปานกลาง	6.469
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดน่าน	23.38	ความเหมาะสมสูง	0.041
		ความเหมาะสมปานกลาง	2.395
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี

รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ภาคเหนือ (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

3) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ธรณีสัณฐานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบสูง (Plateau) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ เทือกเขาอยู่ที่ราบสูงโคราชทางด้านตะวันตก ได้แก่ เทือกเขาเพชรบูรณ์ และดงพญาเย็น ขอบที่ราบสูงด้านทิศใต้ ประกอบด้วยทิวเขาสันกำแพง และพนมดงรัก เป็นขอบเขาสูงชันเอียงเทไปหาแอ่งทางด้านทิศเหนือ ส่วนขอบแอ่งด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกเป็นแนวเทือกเขาในประเทศลาว ที่ราบสูงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือถูกแบ่งออกด้วยเทือกเขาภูพานที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ–ตะวันออกเฉียงใต้ เกิดเป็นแอ่งย่อย 2 แอ่ง คือ แอ่งอุดร–สกลนคร ทางด้านทิศเหนือ และแอ่งโคราช–อุบล ทางด้านทิศใต้ แม่น้ำในแอ่งนี้มีขนาดเล็กและเป็นสายสั้นๆ ซึ่งเกิดจากเทือกเขาภูพาน มีการทรุดตัวของแผ่นดินทำให้เกิดหนองน้ำกระจายอยู่ทั่วไป แม่น้ำบริเวณนี้ส่วนใหญ่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาที่เป็นขอบแอ่งทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตก ได้แก่ แม่น้ำมูลที่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาสันกำแพง แม่น้ำชีที่มีต้นกำเนิดจากเทือกเขาเพชรบูรณ์ แม่น้ำมูลและแม่น้ำชีผ่านที่ราบตอนกลางบรรจบรวมเป็นแม่น้ำขนาดใหญ่ไหลลงสู่แม่น้ำโขงทางด้านทิศตะวันออก ตะกอนกรวดทรายในลุ่มแม่น้ำมูลชั้นตะกอนมีความหนาและแผ่กระจายกว้างไปตลอด 2 ฝั่งแม่น้ำ โดยมีความกว้างทางด้านทิศเหนือมากกว่าทิศใต้ และแผ่กระจายตัวมากขึ้นเมื่อเข้าใกล้ปากแม่น้ำด้านตะวันออก ตะกอนกรวดทรายในลุ่มแม่น้ำชีแผ่กระจายไม่กว้าง การคัดขนาดไม่ดี นอกจากนี้ยังมีชายฝั่งลุ่มน้ำเกิดขึ้นหลายระดับ ถัดจากบริเวณลุ่มแม่น้ำมูลและแม่น้ำชี

ธรณีวิทยาโดยทั่วไป ประกอบด้วยหินตะกอนของกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) ซึ่งเป็นชั้นหินสีแดงสะสมตัวบนภาคพื้นทวีปเป็นส่วนใหญ่ ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน และหินกรวดมน โดยชั้นหินเอียงลาดเล็กน้อย ทรายเกิดจากการผุพังของหินทรายชุดโคราช ถูกพัดพาสะสมตัวบริเวณลุ่มแม่น้ำมูลและแม่น้ำชี พบการกระจายตัวของหินเกลืออยู่ทั่วไป มีซากดึกดำบรรพ์ปรากฏอยู่ในหินกลุ่มโคราชหลายหมวด ที่มีชื่อเสียง ได้แก่ ซากดึกดำบรรพ์ของพวกไดโนเสาร์ คาดว่ามีอายุอยู่ในยุคครีเทเชียสตอนต้น (ประมาณ 68 ล้านปี)

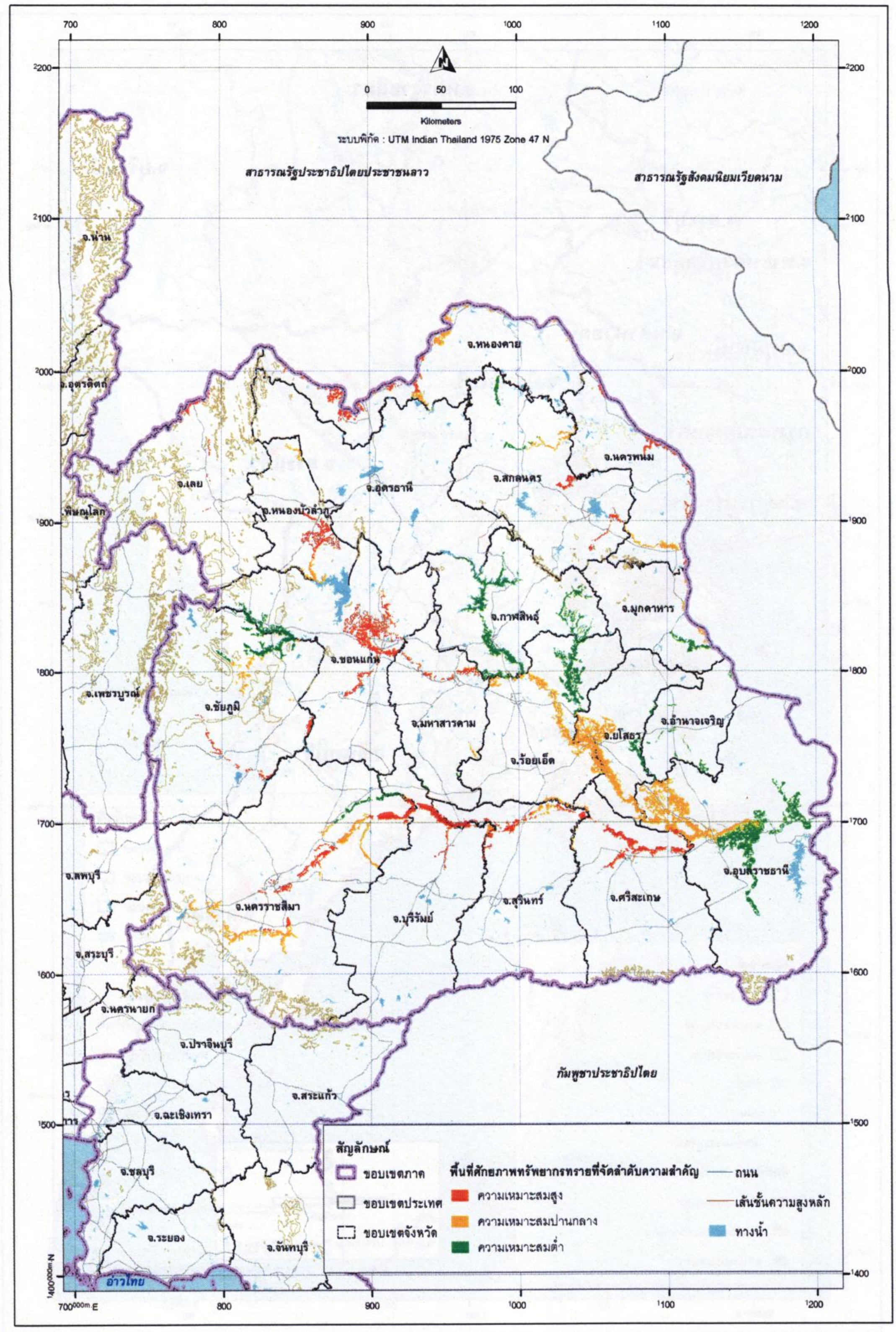
พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีจำนวน 19 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดนครพนม จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดยโสธร จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดเลย จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดอุดรธานี จังหวัดหนองคาย จังหวัดสกลนคร และจังหวัดมหาสารคาม โดยมีรายละเอียดพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือรายจังหวัดแสดงดังตารางที่ 2.7 และรูปที่ 2.3

ตารางที่ 2.7 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือรายจังหวัด (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547 และ 2549)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดกาพสินธุ์	3.43	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	ไม่มี
		ความเหมาะสมต่ำ	431.05
จังหวัดนครพนม	3.00	ความเหมาะสมสูง	185.56
		ความเหมาะสมปานกลาง	81.24
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดมุกดาหาร	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	11.31
		ความเหมาะสมปานกลาง	43.53
		ความเหมาะสมต่ำ	52.96
จังหวัดยโสธร	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	416.40
		ความเหมาะสมต่ำ	63.19
จังหวัดอำนาจเจริญ	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	ไม่มี
		ความเหมาะสมต่ำ	51.59
จังหวัดร้อยเอ็ด		ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	351.59
		ความเหมาะสมต่ำ	227.21
จังหวัดอุบลราชธานี	72.86	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	612.38
		ความเหมาะสมต่ำ	537.43
จังหวัดเลย	ไม่มีข้อมูล	ความเหมาะสมสูง	79.18
		ความเหมาะสมปานกลาง	ไม่มี
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดชัยภูมิ	626.98	ความเหมาะสมสูง	64.69
		ความเหมาะสมปานกลาง	69.33
		ความเหมาะสมต่ำ	179.47
จังหวัดนครราชสีมา	1,139.21	ความเหมาะสมสูง	213.91
		ความเหมาะสมปานกลาง	307.42
		ความเหมาะสมต่ำ	48.30

ตารางที่ 2.7 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือรายจังหวัด (ต่อ)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดบุรีรัมย์	300.98	ความเหมาะสมสูง	117.67
		ความเหมาะสมปานกลาง	21.83
		ความเหมาะสมต่ำ	10.98
จังหวัดสุรินทร์	380.32	ความเหมาะสมสูง	160.60
		ความเหมาะสมปานกลาง	29.56
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดศรีสะเกษ	469.81	ความเหมาะสมสูง	214.92
		ความเหมาะสมปานกลาง	19.97
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดขอนแก่น	889.22	ความเหมาะสมสูง	358.25
		ความเหมาะสมปานกลาง	6.52
		ความเหมาะสมต่ำ	79.84
จังหวัดหนองบัวลำภู	407.12	ความเหมาะสมสูง	131.200
		ความเหมาะสมปานกลาง	72.360
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดอุดรธานี	1.40	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	0.71
		ความเหมาะสมต่ำ	ไม่มี
จังหวัดหนองคาย	831.71	ความเหมาะสมสูง	202.30
		ความเหมาะสมปานกลาง	212.49
		ความเหมาะสมต่ำ	1.08
จังหวัดสกลนคร	348.05	ความเหมาะสมสูง	72.34
		ความเหมาะสมปานกลาง	50.67
		ความเหมาะสมต่ำ	51.02
จังหวัดมหาสารคาม	178.23	ความเหมาะสมสูง	69.60
		ความเหมาะสมปานกลาง	10.80
		ความเหมาะสมต่ำ	8.72



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

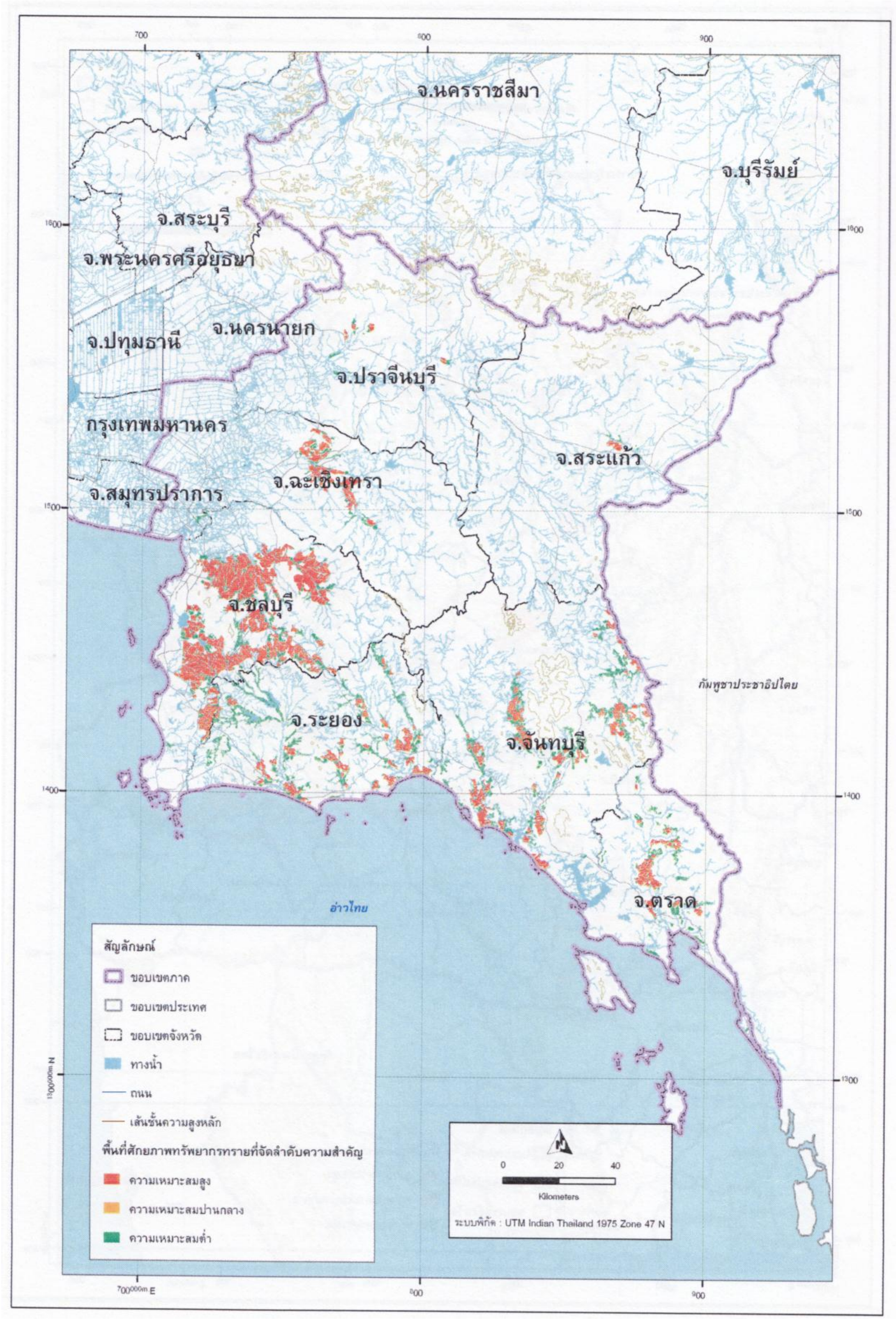
4) ภาคตะวันออก

ธรณีสัณฐานของภาคตะวันออกครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ตอนใต้ของเทือกเขาเพชรบูรณ์และขอบที่ราบสูงโคราช ต่อเนื่องลงมาจนถึงขอบอ่าวไทยตอนบน โดยมีทิวเขาบรรทัดเป็นแนวพรมแดนด้านตะวันออกระหว่างประเทศไทยกับประเทศกัมพูชา ทางตอนบนของภาคเป็นที่ราบลอนคลื่นระหว่างเทือกเขาที่เป็นขอบที่ราบสูงกับเทือกเขาตอนกลางของภาค พื้นที่ราบบริเวณนี้ขนานไปกับแนวแม่น้ำลำธารสายหลักซึ่งประกอบไปด้วยที่ราบตะกอนน้ำพา ตอนล่างของภาคเป็นพื้นที่ลอนคลื่นสลับที่ราบที่ต่อเนื่องมาจากบริเวณภูเขาปรากฏเป็นแนวแคบๆ ขนานไปกับชายฝั่งทะเล ตั้งแต่จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี จนถึงจังหวัดตราด บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นที่ราบอยู่ระหว่างพื้นที่เชิงเขาหรือพื้นที่ลอนคลื่นขนานไปกับชายฝั่งทะเลตะวันออก เกิดจากการสะสมตัวของตะกอนน้ำทะเลที่รุกเข้ามาในแผ่นดินในอดีต ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่สันทราย (Sand Ridge) พื้นที่ลากูน (Lagoon) ดินดอนสามเหลี่ยม (Delta) โดยดินดอนสามเหลี่ยมพบอยู่บริเวณปากแม่น้ำด้านตะวันออกของภาค ได้แก่ ปากแม่น้ำบางปะกง ปากแม่น้ำระยอง ปางแม่น้ำประแส ปากแม่น้ำจันทบุรี และปากแม่น้ำเวฬุ ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่น้ำทะเลท่วมถึง บริเวณสันทรายและพื้นที่ลากูนจะปรากฏให้เห็นเป็นแนวแคบๆ บริเวณชายฝั่งตะวันตกในเขตจังหวัดชลบุรีและระยอง

พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออก มีจำนวน 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดปราจีนบุรี จังหวัดฉะเชิงเทรา จังหวัดชลบุรี จังหวัดระยอง จังหวัดสระแก้ว จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด โดยมีรายละเอียดพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออกรายจังหวัดแสดงดังตารางที่ 2.8 และรูปที่ 2.4

ตารางที่ 2.8 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันออกรายจังหวัด (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดปราจีนบุรี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	59.48
		ความเหมาะสมปานกลาง	80.11
		ความเหมาะสมต่ำ	12.59
จังหวัดฉะเชิงเทรา	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	96.20
		ความเหมาะสมปานกลาง	119.63
		ความเหมาะสมต่ำ	25.71
จังหวัดชลบุรี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	692.15
		ความเหมาะสมปานกลาง	ไม่มี
		ความเหมาะสมต่ำ	111.28
จังหวัดระยอง	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	171.97
		ความเหมาะสมปานกลาง	67.72
		ความเหมาะสมต่ำ	153.48
จังหวัดสระแก้ว	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	12.55
		ความเหมาะสมปานกลาง	24.41
		ความเหมาะสมต่ำ	6.75
จังหวัดจันทบุรี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	232.09
		ความเหมาะสมปานกลาง	13.33
		ความเหมาะสมต่ำ	145.12
จังหวัดตราด	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	72.54
		ความเหมาะสมปานกลาง	213.29
		ความเหมาะสมต่ำ	53.14



รูปที่ 2.4 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ภาคตะวันออก
(สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

5) <u>ภาคตะวันตก</u>

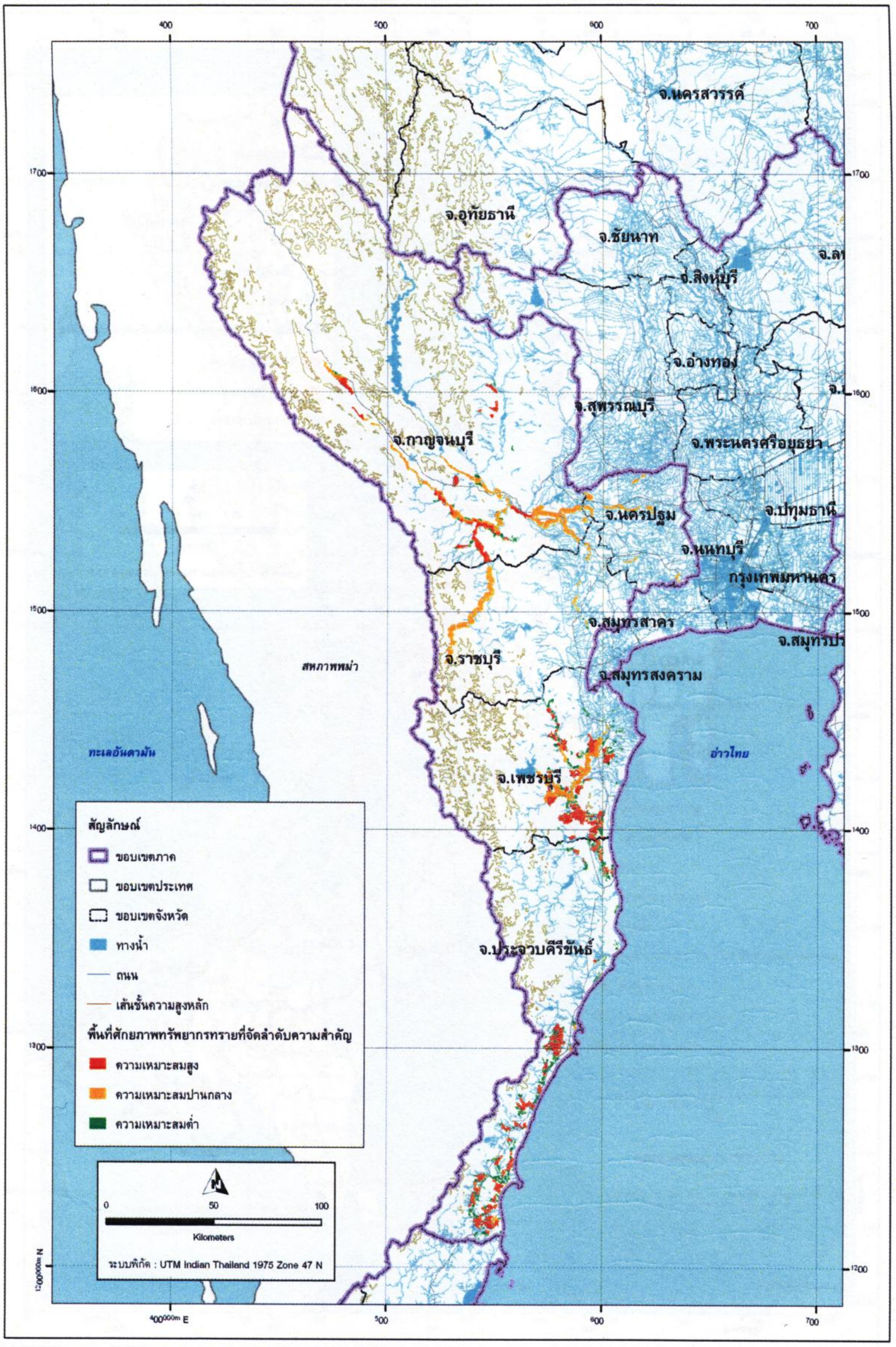
ธรณีสัณฐานภาคตะวันตก พื้นที่บริเวณนี้ประกอบด้วยเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนด้านตะวันตกยาวต่อเนื่องลงมา ทางใต้เป็นพรมแดนกั้นระหว่างประเทศไทยกับประเทศพม่า เทือกเขาเหล่านี้ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ–ใต้ ระดับความสูงของเทือกเขาที่ยาวต่อเนื่องจะค่อยๆ ลดต่ำลงกลายเป็นภูเขาโดดๆ สลับกับพื้นที่ลอนคลื่น และเอียงลาดเทลงสู่ที่ราบลุ่มภาคกลางซึ่งอยู่ด้านตะวันออก เนื่องจากภูเขาบริเวณนี้เป็นหน้าผาชันจึงทำให้มีที่ราบหุบเขา และที่ราบลุ่มริมแม่น้ำแคบๆ กระจายตัวอยู่ทั่วไป ทางน้ำเกิดจากเทือกเขาถนนธงชัยหลายสาย ได้แก่ แม่น้ำแควใหญ่ และแม่น้ำแควน้อย ซึ่งไหลรวมกันเป็นแม่น้ำแม่กลอง นอกจากนี้ยังมีแม่น้ำเมย ซึ่งเป็นแม่น้ำกั้นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศพม่า และแม่น้ำสะแกกรัง ซึ่งไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้บรรจบกับแม่น้ำเจ้าพระยา

ในพื้นที่ภาคตะวันตกมีชั้นหินสำคัญประกอบด้วยหินตะกอนและหินแปร หินตะกอนประกอบด้วย หินเชิร์ต หินดินดาน หินทราย และหินทรายชนิดซับเกรย์แวกสลับกับชั้นหินปูน โดยมีทรายแดงและหินกรวดมนวางตัวอยู่ชั้นบนหินแปร เช่น หินไนส์ หินชีสต์ หินแคลก์ซิลิเกต หินควอตซ์ไซต์ หินอ่อน เป็นต้น โดยหินแปรเหล่านี้ปรากฏอยู่บริเวณเทือกเขาตอนใต้ บริเวณอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และบริเวณจังหวัดกำแพงเพชรตามแนวลำน้ำแควใหญ่กับแควน้อย ชั้นหินเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดของทรายก่อสร้าง

พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันตก มีจำนวน 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดราชบุรี จังหวัดเพชรบุรี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีรายละเอียดพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันตกรายจังหวัดแสดงดังตารางที่ 2.9 และรูปที่ 2.5

ตารางที่ 2.9 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคตะวันตกรายจังหวัด (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดกาญจนบุรี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	133.01
		ความเหมาะสมปานกลาง	275.89
		ความเหมาะสมต่ำ	33.65
จังหวัดราชบุรี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	ไม่มี
		ความเหมาะสมปานกลาง	137.80
		ความเหมาะสมต่ำ	9.26
จังหวัดเพชรบุรี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	177.57
		ความเหมาะสมปานกลาง	136.74
		ความเหมาะสมต่ำ	74.42
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	211.24
		ความเหมาะสมปานกลาง	10.18
		ความเหมาะสมต่ำ	112.01



รูปที่ 2.5 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ภาคตะวันตก
(สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

6) <u>ภาคใต้</u>

ธรณีสัณฐานของภาคใต้ ลักษณะพื้นที่บริเวณนี้ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ภาคใต้ตอนบนมีลักษณะธรณีสัณฐานประกอบด้วยเทือกเขาตะนาวศรีที่ทอดตัวยาวจากทางด้านตะวันตกของจังหวัดกาญจนบุรีลงมาถึงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยทิวเขาที่ต่อเนื่องลงไปทางทิศใต้มีลักษณะการวางตัวในแนวเหนือ–ใต้ มีลักษณะแคบและเรียวจากชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกไปชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก และแยกเป็น 2 แนว โดยแนวตะวันตกอยู่ในประเทศพม่า ส่วนแนวตะวันออก คือ เทือกเขาภูเก็ตที่วางตัวในแนวเหนือ–ใต้ ครอบคลุมพื้นที่ของจังหวัดชุมพร ระนอง พังงา ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช กระบี่ และตรัง นอกจากนี้ยังมีเทือกเขานครศรีธรรมราชที่วางตัวแนวเหนือ–ใต้ พาดผ่านจังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดตรัง ยาวลงไปถึงจังหวัดสตูล และบรรจบกับแนวเทือกเขาสันกะลาคีรีที่วางตัวในแนวตะวันออก–ตะวันตก ซึ่งเป็นพรมแดนระหว่างประเทศไทยกับประเทศมาเลเซีย ในบริเวณเทือกเขาเหล่านี้ปรากฏที่ราบระหว่างหุบเขา และที่ราบลอนคลื่นอยู่ทั่วไป และพบมากบริเวณตอนกลางของภาค มีระดับความสูงค่อยๆ ลดลงและลาดต่ำลงสู่ทะเล มีแม่น้ำสายสั้นๆ ไหลผ่าน แล้วไปออกทะเลที่อ่าวไทย เช่น แม่น้ำปัตตานี แม่น้ำสายบุรี เป็นต้น ลักษณะชายฝั่งทะเลทางภาคใต้มีลักษณะราบเรียบต่อเนื่องกันไป บริเวณที่ถัดเข้าไปในแผ่นดินมีร่องรอยของชายฝั่งทะเลระดับต่ำ (low marine terrace) ชายหาดเดิมและที่ราบลุ่มปรากฏให้เห็นเป็นบริเวณกว้าง บริเวณชายฝั่งด้านตะวันออกบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช ลงไปถึงจังหวัดพัทลุงต่อกับจังหวัดสงขลา เป็นทะเลสาบลำปำ และทะเลสาบสงขลา ซึ่งเกิดจากการถดถอยออกไปของน้ำทะเลในอดีต ชายฝั่งทะเลทางทิศตะวันตกเป็นชายฝั่งที่มีลักษณะแคบ ความลาดเอียงค่อนข้างชัน มีลักษณะเว้าแหว่ง ประกอบด้วยอ่าวและเกาะเป็นจำนวนมาก

ภาคใต้เป็นพื้นที่ที่มีการสะสมตัวของหินตะกอน (sedimentary rock) หลายยุค หินตะกอนยุคเก่าบางส่วนมีการถูกแปรสภาพเป็นหินแปร (metamorphic rock) ประกอบด้วย หินไนส์ (gneiss) หินไมกาชีสต์ (mica - schist) ส่วนหินตะกอนที่ยังไม่ถูกแปรสภาพ ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินดินดานปนกรวด และหินปูน ปรากฏซากดึกดำบรรพ์ ที่สามารถบ่งบอกอายุหินว่าอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียน–แคมเบรียน (230 – 570 ล้านปี) ในตะกอนยุคใหม่เป็นช่วงเวลาที่มีการผุพังของชั้นหินอย่างรุนแรงทำให้เกิดการทับถมตะกอนของชั้นทราย และกรวด รวมทั้งแร่ดีบุก เกิดทั้งบนบก และริมฝั่งทะเล โดยมีหินแกรนิตเหล่านี้เป็นตัวการสำคัญในการกำเนิดแร่ และแหล่งทรายก่อสร้าง

พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคใต้ มีจำนวน 12 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดชุมพร จังหวัดระนอง จังหวัดพังงา จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง จังหวัดสงขลา จังหวัดสตูล จังหวัดปัตตานี จังหวัดยะลา และจังหวัดนราธิวาส โดยมีรายละเอียดพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคใต้รายจังหวัดแสดงดังตารางที่ 2.10 และรูปที่ 2.6

จากข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างในแต่ละภาคทั่วประเทศสามารถแสดงเป็นพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ทั่วประเทศได้ดังรูปที่ 2.7

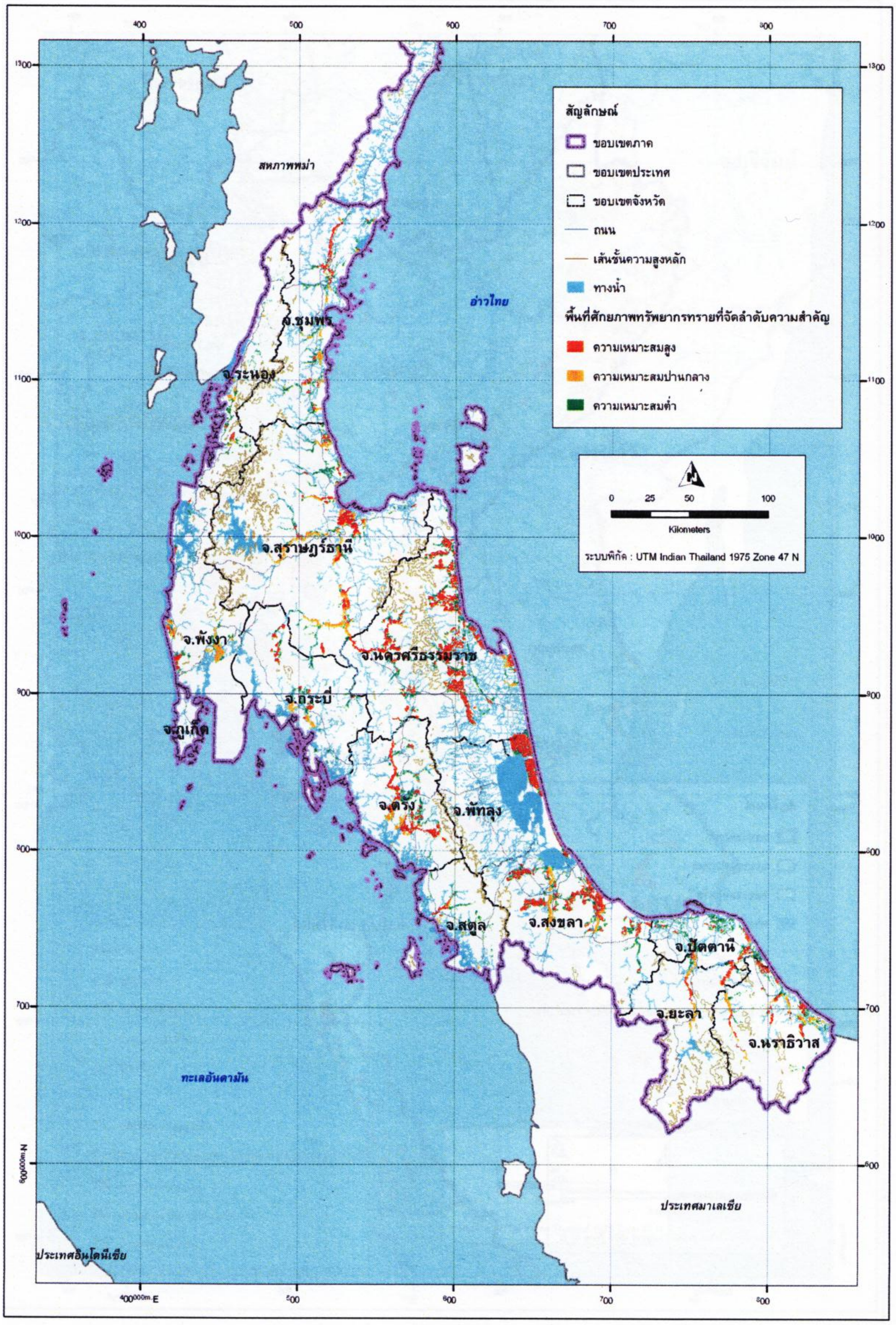
ตารางที่ 2.10 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคใต้รายจังหวัด (สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดชุมพร	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	70.17
		ความเหมาะสมปานกลาง	69.58
		ความเหมาะสมต่ำ	81.02
จังหวัดระนอง	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	10.24
		ความเหมาะสมปานกลาง	28.16
		ความเหมาะสมต่ำ	58.62
จังหวัดพังงา	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	35.24
		ความเหมาะสมปานกลาง	78.66
		ความเหมาะสมต่ำ	43.73
จังหวัดสุราษฎ์ธานี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	156.06
		ความเหมาะสมปานกลาง	244.51
		ความเหมาะสมต่ำ	122.67
จังหวัดนครศรีธรรมราช	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	623.49
		ความเหมาะสมปานกลาง	31.18
		ความเหมาะสมต่ำ	178.89
จังหวัดกระบี่	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	44.10
		ความเหมาะสมปานกลาง	32.81
		ความเหมาะสมต่ำ	54.01
จังหวัดตรัง	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	163.11
		ความเหมาะสมปานกลาง	54.13
		ความเหมาะสมต่ำ	74.71
จังหวัดสงขลา	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	473.78
		ความเหมาะสมปานกลาง	88.04
		ความเหมาะสมต่ำ	144.25
จังหวัดสตูล	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	18.79
		ความเหมาะสมปานกลาง	13.03
		ความเหมาะสมต่ำ	39.44
จังหวัดปัตตานี	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	45.17
		ความเหมาะสมปานกลาง	10.27
		ความเหมาะสมต่ำ	85.20

ตารางที่ 2.10 พื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการใช้ประโยชน์ภาคใต้รายจังหวัด (ต่อ)

แหล่งทราย	มีปริมาณทรายก่อสร้าง (ล้านลบ.ม.)	ระดับความเหมาะสม	พื้นที่ (ตร.กม.)
จังหวัดยะลา	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	56.20
		ความเหมาะสมปานกลาง	46.60
		ความเหมาะสมต่ำ	14.43
จังหวัดนราธิวาส	ไม่มีการเจาะสำรวจ	ความเหมาะสมสูง	93.55
		ความเหมาะสมปานกลาง	74.57
		ความเหมาะสมต่ำ	61.16

หมายเหตุ: จังหวัดพัทลุง และจังหวัดภูเก็ตไม่ปรากฏว่ามีพื้นที่ที่มีศักยภาพทรัพยากรทรายที่มีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์



รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ภาคใต้
(สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

รูปที่ 2.7 แผนที่แสดงแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ประโยชน์ทั่วประเทศ
(สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2550)

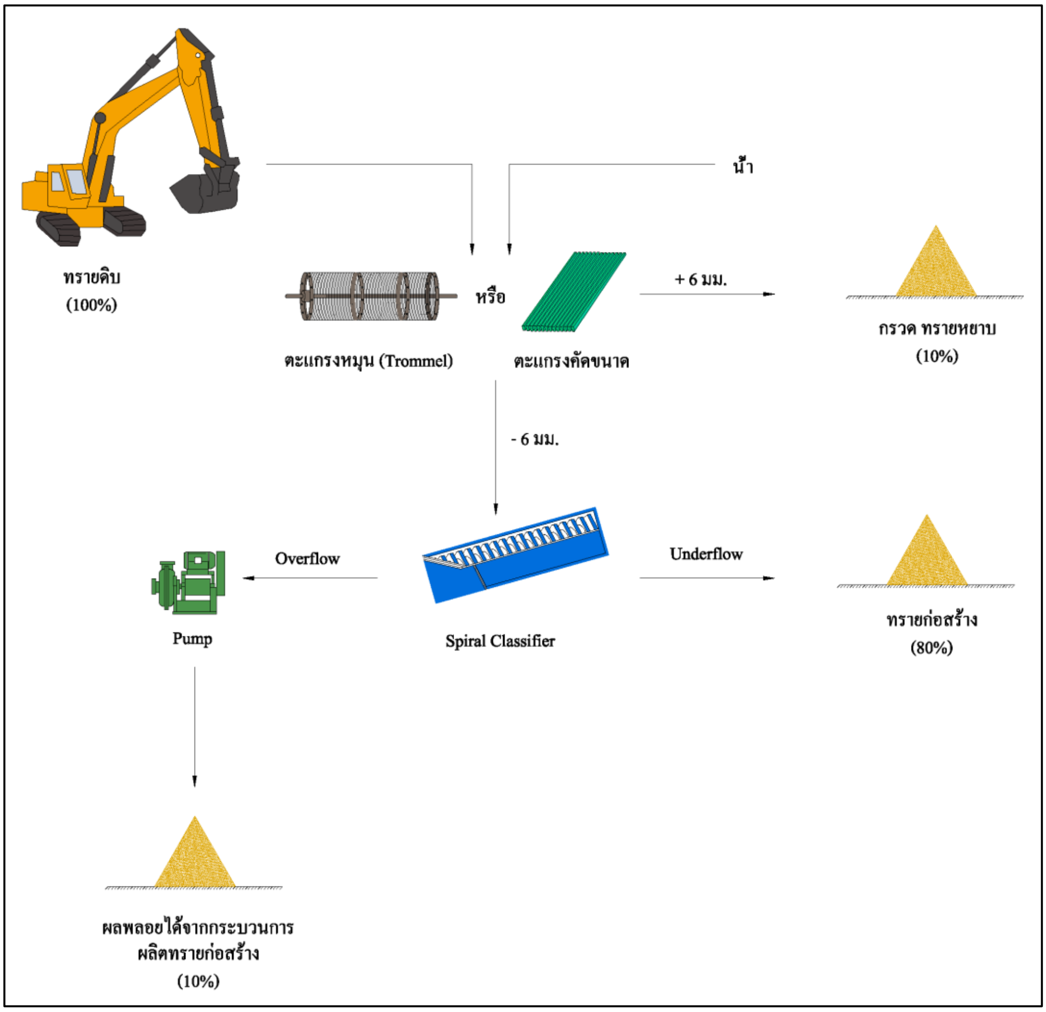
2.2 ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย

ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง เป็นผลพลอยได้ (By-product) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง โดยทั่วไปมีขั้นตอนการผลิต ดังนี้ รถตักล้อยางตักทรายดิบใส่รถบรรทุก รถบรรทุกทรายดิบนำทรายมาใส่ตะแกรงหมุน (Trommel) หรือตะแกรงคัดขนาด (Sizing Screens) ที่มีขนาดช่อง 6 มม. เพื่อกำจัดก้อนหิน กรวดทรายขนาดหยาบ จากนั้นทรายที่ผ่านตะแกรงหมุนหรือตะแกรงคัดขนาดมาเข้า Spiral Classifier ซึ่งจะได้ส่วนที่หยาบ (Underflow) ที่มาลงสายพานลำเลียง (Belt Conveyor) ลำเลียงไปยังกองเก็บแร่เป็นทรายก่อสร้าง ส่วนที่เบา (Overflow) จะถูกสูบไปที่บ่อกักเก็บ ส่วนนี้คือ “ผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง” ที่มีส่วนประกอบเป็นทราย 60–80% และมีมลทินหรือสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ดิน กรวด เป็นต้น รูปที่ 2.8 แสดงกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างและการเกิดผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง สำหรับตัวอย่างทรายดิบ ทรายก่อสร้าง กรวดและทรายหยาบ และผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างแสดงดังรูปที่ 2.9

จากข้อมูลของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด พบว่า ในกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างจากทรายดิบ 100% จะได้ผลผลิตเป็นทรายก่อสร้างประมาณ 80% กรวดและทรายหยาบ 10% และผลพลอยได้ประมาณ 10% ซึ่งปัจจุบันผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างส่วนใหญ่ใช้เป็นทรายถมที่ มีราคาประมาณ 40 – 80 บาทต่อตัน

จากการประเมินข้อมูลเบื้องต้น กรณีที่มีการผลิตทรายก่อสร้างในพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างทั้งหมดในประเทศไทย คาดว่าจะมีปริมาณสำรองผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทยเกิดขึ้นทั้งหมดประมาณ 4,200 ล้านตัน โดยคำนวณจากปริมาณสำรองของแหล่งทรายก่อสร้างทั้งหมดในประเทศไทยที่มีประมาณ 26,556.9 ล้านลบ.ม. ซึ่งทรายก่อสร้างที่เป็นทรายดิบก่อนการผ่านกระบวนการผลิตจะมีความหนาแน่นประมาณ 1.580336 ตันต่อลบ.ม. ดังนั้น จะได้ปริมาณทรายก่อสร้างที่เป็นทรายดิบประมาณ 41,968.8 ล้านตัน และจากปริมาณทรายก่อสร้างที่เป็นทรายดิบดังกล่าว จะได้ปริมาณทรายก่อสร้างที่ผ่านกระบวนการผลิต 33,575.0 ล้านตัน (80% ของปริมาณทรายดิบ) และจะได้ผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างประมาณ 4,196.8 ล้านตัน (10% ของปริมาณทรายดิบ)

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเฉพาะแหล่งทรายก่อสร้างที่มีการผลิตในปัจจุบัน รวมถึงแหล่งที่เคยเป็นแหล่งผลิตทรายก่อสร้าง คาดว่าปัจจุบันมีผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย 30 – 40 ล้านตัน



รูปที่ 2.8 กระบวนการผลิตทรายก่อสร้างและ
การเกิดผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

(ก) ทรายดิบ

(ข) ทรายก่อสร้าง

(ค) กรวดและทรายหยาบ

(ง) ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างทรายดิบ ทรายก่อสร้าง กรวดและทรายหยาบ และผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มคุณภาพ
ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

บทที่ 3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างมีส่วนประกอบเป็นทราย 60–80% และมีมลทินหรือสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ดิน กรวด เป็นต้น ทำให้ไม่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้ การพัฒนาหรือเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ต้องทำให้ผลพลอยได้ฯ มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีเหมือนหรือใกล้เคียงทรายแก้ว โดยเทคโนโลยีที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาหรือเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ได้แก่ เทคโนโลยีการแต่งแร่ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการคัดขนาดแยกมลทินหรือสิ่งเจือปน โดยเทคโนโลยีแต่งแร่ที่มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาหรือเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ได้แก่ การคัดขนาดด้วยตะแกรง การปรับ %solid ด้วยไฮโดรไซโคลน การแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 การคัดขนาดด้วยตะแกรง

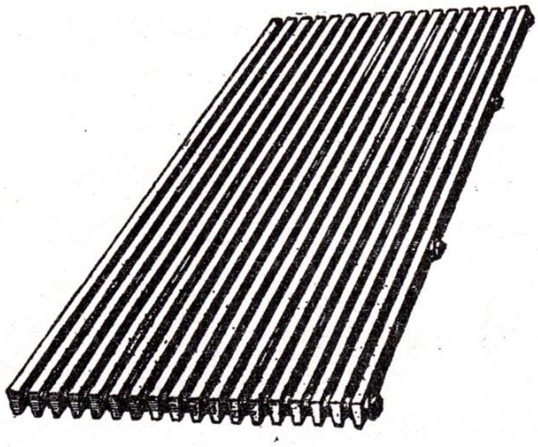
การคัดขนาดด้วยตะแกรง เป็นการนำแร่ไปผ่านตะแกรงซึ่งมีช่องต่างๆ ตามที่ต้องการ ตะแกรงเหล่านี้อาจติดอยู่กับที่หรือเคลื่อนไหวได้ ช่องบนตะแกรงทำขึ้นได้โดยการเจาะรูบนแผ่นเหล็กหรือนำแท่งเหล็กมาวางเรียงกัน หรือนำลวดขนาดต่างๆ มาสานเป็นช่องก็ได้ การคัดขนาดด้วยตะแกรงสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การคัดขนาดแบบแห้ง และการคัดขนาดแบบเปียกโดยใช้น้ำช่วย ซึ่งเป็นการเติมน้ำลงไปเพื่อช่วยให้แร่ขนาดเล็กลอดผ่านตะแกรงได้ดีกว่าการคัดขนาดแบบแห้ง โดยแร่ที่ค้างอยู่บนตะแกรง เรียกว่า แร่โตเกินขนาด (Oversize) ส่วนแร่ที่ลอดผ่านรูตะแกรงลงไปได้ เรียกว่า แร่เล็กเกินขนาด (Undersize)

ในการแต่งแร่ แร่ที่จะนำไปแยกด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ หากนำมาคัดขนาดด้วยตะแกรงให้เหมาะสมเสียก่อน จะทำให้การแต่งแร่ด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ นั้น สามารถแยกแร่ได้สะอาดยิ่งขึ้น

แบบของตะแกรง (Screen types) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) <u>ตะแกรงแบบอยู่กับที่</u> (Stationary Screens) ตะแกรงแบบนี้จะไม่มีการเคลื่อนไหวใดๆ ใช้กับการคัดขนาดแร่หยาบขั้นต้น ซึ่งเป็นแร่ที่ขุดได้จากเหมืองก่อนจะนำไปป้อนลงในช่องเก็บแร่เพื่อทำการบดหยาบขั้นต้น ตะแกรงแบบนี้ทำด้วยเหล็กแท่งที่ทนทาน (Grizzly) ซึ่งมักจะนิยมใช้

เหล็กมาวางเรียงขนานกัน อาจจะระยะห่างตั้งแต่ 30 ซม. และเล็กจนไปถึง 20 มม. ดังแสดงใน รูปที่ 3.1

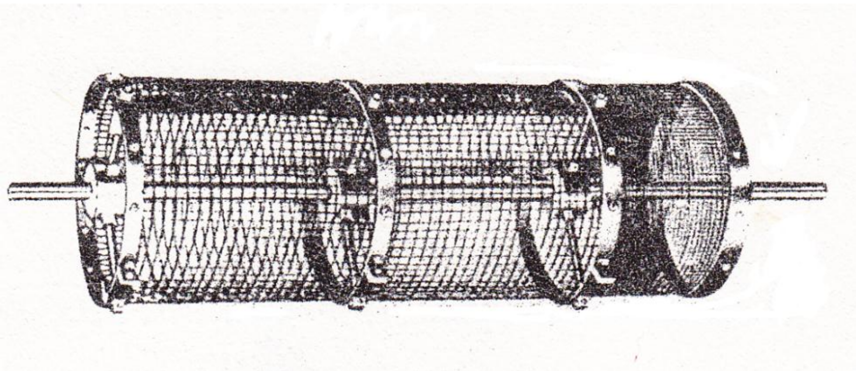


รูปที่ 3.1 ตะแกรงอยู่กับที่ (Grizzly)
(นิคม โชติกานนท์, 2536)

2) <u>ตะแกรงแบบเคลื่อนที่</u> (Moving screens) ตะแกรงแบบนี้ตัวตะแกรงมีการเคลื่อนไหว และรูปร่างของตะแกรงอาจจะเป็นสี่เหลี่ยมหรือม้วนเป็นทรงกระบอก เช่น ตะแกรงหมุน และตะแกรงสั่น เป็นต้น

ตะแกรงหมุน (Revolving screens) ตะแกรงหมุนเป็นตะแกรงแบบเก่าที่นิยมใช้กันมาก อาจจะรู้จักในชื่อของ Trommel ตะแกรงแบบนี้ใช้ได้ทั้งแบบเปียกและแห้ง แร่จะถูกป้อนเข้าที่ปลายด้านหนึ่งและไหลออกอีกด้านหนึ่งสำหรับแร่ที่ขนาดใหญ่ ส่วนแร่ขนาดเล็กจะลอดรูตะแกรงเป็นช่วงๆ ลักษณะของตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกหมุนที่ความเร็วรอบต่ำ สามารถคัดขนาดแร่ได้ตั้งแต่ 55 มม. ถึง 6 มม. ถ้าขนาดเล็กกว่านี้จะต้องใช้แบบเปียก เช่น ในการคัดขนาดทรายขนาดต่างๆ ความเร็ว 15 – 20 รอบต่อนาที เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ตะแกรงสั่น (Vibrating screens) เป็นตะแกรงที่ใช้กันมากในการแต่งแร่สามารถคัดขนาดแร่ได้ตั้งแต่ 25 มม. จนถึง 25 ไมครอน หรือ 25 ซม. จนถึง 5 มม.การคัดขนาดแร่หยาบจะใช้กลไกที่ทำให้สั่นด้วยการทำจุดศูนย์กลางเยื้องศูนย์ เหมาะสำหรับการป้อนแร่หยาบกว่า 4 ซม. แต่ถ้าต่ำกว่านี้จะใช้หลักความไม่สมดุลย์ของพูลเล่ (Pulley) ความเร็วที่ใช้ 600 – 3,000 รอบต่อนาที ช่วงสั่นน้อยกว่า 25 มม.



รูปที่ 3.2 ตะแกรงหมุน (Trommel)
(นิคม โชติกานนท์, 2536)

3.2 การปรับ %solid ด้วยไฮโดรไซโคลน

ไฮโดรไซโคลนเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการปรับ %solid ของแร่ป้อน และยังเป็นเครื่องมือสำหรับแยกน้ำออกจากทรายด้วย โดยมีขนาดตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงไม่กี่มิลลิเมตร จนถึงเส้นผ่านศูนย์กลางถึง 100 นิ้ว อัตราส่วนของความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดตั้งแต่ 1 หรือ 2:1 จนกระทั่ง 8 หรือ 10:1 การใช้ประโยชน์ไฮโดรไซโคลน คือ ทำหน้าที่กำจัดฝุ่นละอองหรือตะกอนฝุ่น (Desilming) กำจัดตะกอนหยาบ (Degritting) คัดขนาด (Classification) แต่งแร่ (Separation or Concentration) ชะล้าง (Washing) ไฮโดรไซโคลนมีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ส่วน ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.3)

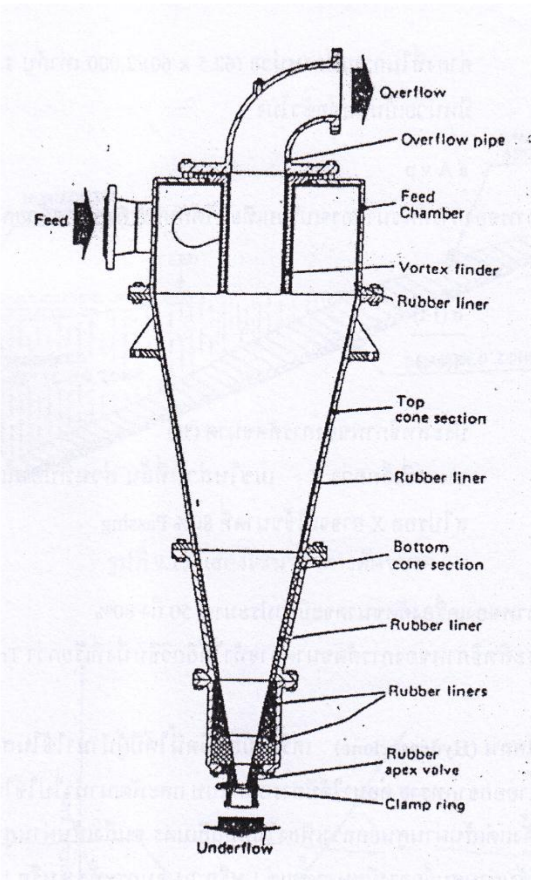
1) ช่องป้อนเข้า (Feed Nozzle) เป็นทางเข้าของสิ่งที่ป้อนเข้าสู่ไฮโดรไซโคลนด้วยแรงดันคงที่ ทำให้เกิดการหมุนเวียนภายในไซโคลน ช่องป้อนนี้จะมีแนวสัมผัสกับตัวไซโคลนพอดี

2) ช่องบนและแผ่นปิด (Top and End Plate) ส่วนบนของไฮโดรไซโคลนจะถูกปิดด้วยแผ่นปิด โดยที่ท่อล้นออก (Overflow) อยู่ในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางออกในแนวดิ่ง

3) ช่องทางออกของขนาดละเอียด (Overflow Nozzle or Vortex Finder) เป็นช่องทางออกของขนาดละเอียด (Undersize) โดยต่อเป็นท่อจากแผ่นปิด

4) ตัวไซโคลน (Cyclone Body or Cone Section) ลักษณะเป็นรูปกรวยมีมุมประมาณ 10 ถึง 20 องศา ถ้ามุมเล็กๆ เหมาะสำหรับการแต่งแร่ขนาดละเอียด

5) ช่องทางออกของขนาดหยาบ (Underflow Nozzle or Vortex Orifice) เป็นทางออกของขนาดหยาบซึ่งอยู่ตอนล่างสุด



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone)
(รศ.ดร.ภิญโญ มีชำนะ, 2552)

ไฮโดรไซโคลน ใช้หลักความแตกต่างของอัตราการจมตัวของของแข็งในไฮโดรไซโคลน เมื่อป้อนแร่ผสมน้ำในอัตราส่วนที่พอเหมาะเข้าไปในไฮโดรไซโคลน จะทำให้เกิดการไหลวนรอบผนังไฮโดรไซโคลน ในระยะใกล้แนวแกนจะมีความดันต่ำ ช่วงแนวแกนจะเปิดออกทั้งด้านบนและด้านล่าง แร่ที่มีขนาดเม็ดละเอียดจะไหลวนและถูกดันออกด้านล่าง ความเร็วของอนุภาคจะขึ้นอยู่กับอัตราการจมตัว และอัตราการจมตัวจะขึ้นอยู่กับขนาด น้ำหนัก และความถ่วงจำเพาะของอนุภาค ถ้าแร่หรืออนุภาคมีน้ำหนักมาก จะทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลางสามารถเอาชนะแรงโน้มถ่วง อนุภาคจะติดไหลตามผนังไฮโดรไซโคลนจมลงสู่ตอนล่าง แต่ถ้าแรงหนีศูนย์กลางน้อย แรงถ่วงจะดึงเข้าสู่ศูนย์กลาง แนวแกนซึ่งเป็นโซนของความดันต่ำทำให้เกิดการยกตัวของอนุภาคออกทางช่องบน (Vortex Finder)

3.3 การแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล

การแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล เป็นการแต่งแร่ด้วยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity Concentration) ชนิดหนึ่ง การแต่งแร่โดยกรรมวิธีนี้อาศัยสมบัติทางความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ของแร่และมลทินเป็นสำคัญ โดยที่แร่ต่างชนิดกันเมื่อขนาดเท่ากันหรือไล่เลี่ยกัน แร่ที่มีความถ่วงจำเพาะ (ถ.พ.) สูงจะมีน้ำหนักมากกว่าแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำๆ ด้วยน้ำหนักที่แตกต่างกันนี้ สามารถนำมาใช้แยกแร่เหล่านั้นออกจากกันได้ แต่การที่จะแยกแร่ให้ได้ผลดีนั้นย่อมขึ้นอยู่กับค่าความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะของแร่นั้นๆ ด้วย กล่าวคือ ถ้าความความถ่วงจำเพาะแตกต่างกันมาก ก็สามารถแยกออกจากกันได้ผลดีด้วยวิธีง่ายๆ แต่ถ้าความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกัน ก็ต้องอาศัยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง และต้องควบคุมสภาวะการแยกให้เหมาะสม จึงจะได้ผลดี

ขอบเขตการแยกโดยอาศัยความแตกต่างของ ถ.พ. หรือพิกัดการแยกแร่ (concentration criterion number) โดยวิธีนี้ได้ อาจพิจารณาได้จากการคำนวณดังนี้

$$\text{พิกัดการแยกแร่} = \frac{\text{ความถ่วงจำเพาะของแร่หนัก} - 1}{\text{ความถ่วงจำเพาะของแร่เบา} - 1}$$

ในกรณีที่ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการแยก ถ้าผลลัพธ์มีค่าต่ำกว่า 1.25 จะไม่สามารถแยกโดยอาศัยหลักการนี้ได้ การแยกจะได้ผลดีเมื่อผลลัพธ์มีค่าสูง และอนุภาคแร่ที่มีขนาดเล็กหรือละเอียดมากจำเป็นต้องอาศัยความแตกต่างของ ถ.พ. มากยิ่งขึ้น

เครื่องสไปรอลมีลักษณะเป็นเกลียว โดยมีชั้นแยกแร่วางตั้งอยู่ในแนวดิ่งหลายๆ ชั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ตัวรางของเครื่องสไปรอลทำด้วยไฟเบอร์กลาส ซึ่งมีความลื่นและทนต่อการเสียดสีเป็นอย่างดี นิยมใช้กันมากในการแต่งแร่ในอุตสาหกรรม เพราะสามารถรับการป้อนแร่ได้ปริมาณมาก ต้นทุนต่ำ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม ตารางที่ 3.1 แสดงข้อดี-ข้อเสียของการแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล

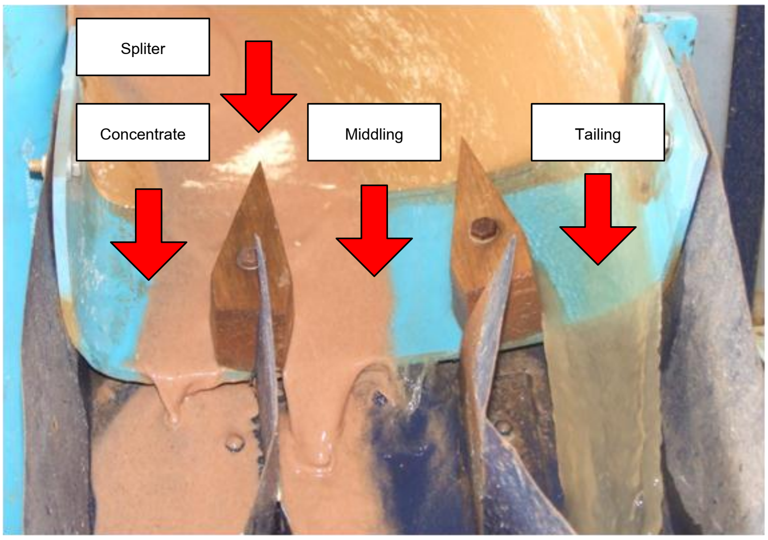
ตารางที่ 3.1 ข้อดี-ข้อเสียของการแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล

ข้อดี	ข้อเสีย
– อัตราการป้อนแร่สูง (High Capacity) เมื่อเปรียบเทียบกับโต๊ะสั่นแยกแร่ – ใช้เงินลงทุนต่ำต่อระยะเวลาการใช้งาน – ใช้พลังงานน้อย การใช้พลังงานจะใช้สำหรับการขับปั๊มเพื่อป้อนแร่เข้าสู่เครื่องเท่านั้น – มีระบบการทำงานที่ไม่มีเครื่องกลไกซับซ้อนยุ่งยาก ไม่มีส่วนประกอบที่ต้องเคลื่อนไหวทำให้เกิดส่วนที่สึกหรอน้อย การดูแลรักษาง่าย – มีพื้นผิวทนทานต่อการขัดสี เพราะส่วนใหญ่ทำด้วยไฟเบอร์กลาส – มีความสามารถแยกแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะใกล้เคียงกันได้ – ใช้พื้นที่การทำงานน้อยต่อเครื่อง สามารถซ้อนกันสองหรือสามเครื่องในพื้นที่ชุดเดียวกันได้ – อุปกรณ์มีราคาไม่แพง ถ้าสามารถสร้างขึ้นในประเทศไทย – ใช้จำนวนคนงานน้อย – ไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม	– ถ้าน้ำในกระบวนการแต่งแร่ขุ่น อาจต้องใช้ไฮโดรไซโคลนช่วยแยกตะกอนแขวนลอย (slime) ออกจากแร่ป้อนก่อน

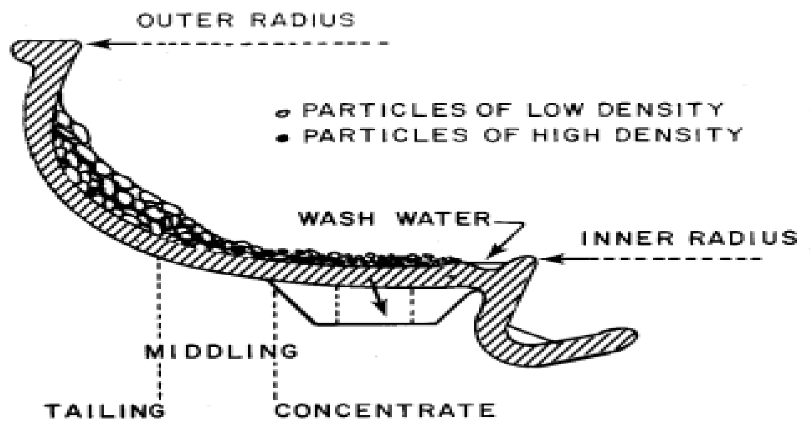
รูปที่ 3.4 เครื่องสไปรอล ที่กลุ่มแต่งแร่และใช้ประโยชน์แร่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

หลักการที่ใช้แยกแร่หนักออกจากแร่เบาด้วยเครื่องสไปรอล ใช้หลักของแรงโน้มถ่วงและแรงหนีศูนย์กลาง โดยที่ส่วนประกอบของเครื่องสไปรอลไม่มีการเคลื่อนไหวขณะทำงาน น้ำผสมแร่ที่มีความหนาแน่นระหว่าง 15 - 45 เปอร์เซ็นต์จะถูกป้อนที่ชั้นสูงสุด และปล่อยให้ไหลลงตามรางของเครื่องสไปรอล ลักษณะการไหลมี 2 แบบ คือ (1) ไหลลงในแนวแกนตั้งด้วยการกระทำจากแรงโน้มถ่วง และ (2) ไหลในแนวรัศมีของรางด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ทำให้อนุภาคแร่ที่มีความหนาแน่นต่ำจะเคลื่อนออกจากศูนย์กลางตามแรงเหวี่ยง ส่วนอนุภาคที่มีความหนาแน่นสูงจะเคลื่อนที่อยู่ใกล้ศูนย์กลาง โดยปกติอนุภาคที่มีความหนาแน่นสูงจะมีแนวโน้มที่จะเคลื่อนที่อยู่ด้านในหรือใกล้ศูนย์กลาง แต่ขนาดของอนุภาคก็มีส่วนสำคัญที่มีผลต่อการแยกกล่าวคือ อนุภาคที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากัน แต่มีขนาดต่างกันอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะเคลื่อนที่อยู่ด้านในมากกว่าอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ เมื่อแร่ไหลลงมาจนถึงปลายรางแร่จะถูกแยกออกที่ท้ายรางโดยมีที่คั่นแยกแร่ที่มีลักษณะเป็นลิ่มเป็นตัวแยกหัวแร่กับหางแร่ออกจากกัน ดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 ส่วนแรงที่เกิดขึ้นบนเม็ดกรวดทรายและเม็ดแร่หนักได้แสดงตามรูปที่ 3.7

การที่จะทำให้เครื่องสไปรอลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น การป้อนแร่ต้องมีการควบคุมให้ความหนาแน่นของน้ำผสมแร่ที่ป้อนคงที่ ขนาดของอนุภาคควรมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ และควบคุมปริมาตรของแร่ที่ป้อนให้คงที่ เครื่องสไปรอลส่วนใหญ่ใช้ในการแต่งแร่เพื่อแต่งแร่ให้ได้หัวแร่ขั้นต้น ก่อนที่จะนำหัวแร่นี้ไปทำให้มีความสะอาดเพิ่มขึ้นด้วยการใช้เครื่องแต่งแร่ชนิดอื่น

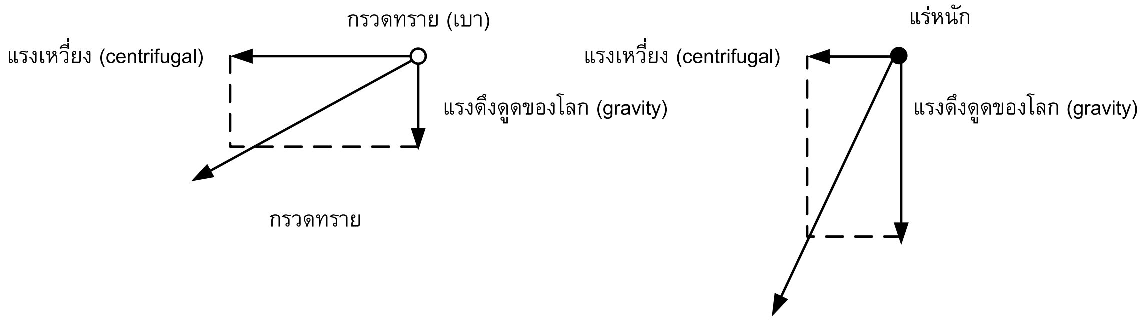


รูปที่ 3.5 ลักษณะการไหลของแร่ในเครื่องสไปรอล



รูปที่ 3.6 ลักษณะการไหลของอนุภาคแร่ที่แยกโดยเครื่องสไปรอล

(รศ.ดร.ภิญโญ มีชำนะ, 2552)



รูปที่ 3.7 เส้นแรงที่เกิดกับเม็ดแร่ในการแยกแร่ด้วยสไปรอล
(รศ.ดร.ภิญโญ มีชำนะ, 2552)

บทที่ 4

การศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้
จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง
ในระดับห้องปฏิบัติการ

บทที่ 4
การศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับห้องปฏิบัติการ

ในบทนี้มีเนื้อหาประกอบด้วยการคัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างเพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก และการศึกษาทดลองเพื่อเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการทดลอง ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การคัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง

การคัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ได้พิจารณาคัดเลือกจากปริมาณ/ขนาดของแหล่ง คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ฯ รวมทั้งความร่วมมือของผู้ประกอบการ โดยได้คัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้าง 1 แหล่ง คือ แหล่งอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1) แหล่งทรายก่อสร้างตั้งอยู่บริเวณ หมู่ที่ 6 ตำบลคลองกิ่ว อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ประมาณ 1,200 ไร่ มีปริมาณสำรองทรายก่อสร้างประมาณ 150,000 ตัน ขนาดเม็ดทรายส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 16 เมช หรือ 30 เมช โดยมีการกระจายขนาดของอนุภาคแสดงในตารางที่ 4.1 ทรายบริเวณนี้เป็นทรายที่เกิดจากการผุพังของหินแกรนิต และผ่านกระบวนการพัดพาทางธรรมชาติ อาทิ ลมและกระแสน้ำมาสะสมตัวโดยเขาชมพู่ ชั้นทรายบ้านบึงมีลักษณะเป็นสีชมพูอ่อน ไม่พบเปลือกดิน หนาเฉลี่ยประมาณ 2.5 เมตร เม็ดทรายส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ (SiO_2 มีขนาดละเอียดตอนบนและมีขนาดปานกลางและหยาบในตอนล่าง) และมีเม็ดทรายขนาดใหญ่ (Quartz) ที่ผุพังจากหินแกรนิตอยู่กับที่ ชั้นนี้หนาเฉลี่ยประมาณ 8 เมตร ดินขาวในชั้นนี้เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก ส่วนชั้นสุดท้ายจะเป็นชั้นหินแกรนิตสด แข็งแกร่ง ซึ่งหินแกรนิตนี้ส่วนใหญ่นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับก่อสร้าง หรือเรียกว่าหินก่อสร้างนั่นเอง

2) ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง มีทรายและสิ่งเจือปนอื่นๆ ได้แก่ กรวดและทรายหยาบที่มีขนาดมากกว่า 30 เมช ประมาณ 5% ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 30 เมช (ทรายก่อนเข้าเครื่องสไปรอล) ประมาณ 89% และฝุ่นละเอียดประมาณ 6% แต่ไม่มีแร่เฟลด์สปาร์ และไมกา ทำให้ง่ายต่อการแต่งด้วยเครื่องสไปรอล

3) องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในแหล่งนี้ พบว่า มี SiO_2 98.43% Al_2O_3 0.23% Fe_2O_3 0.14% ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการใช้เทคโนโลยีแต่งแร่เพื่อเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้ว

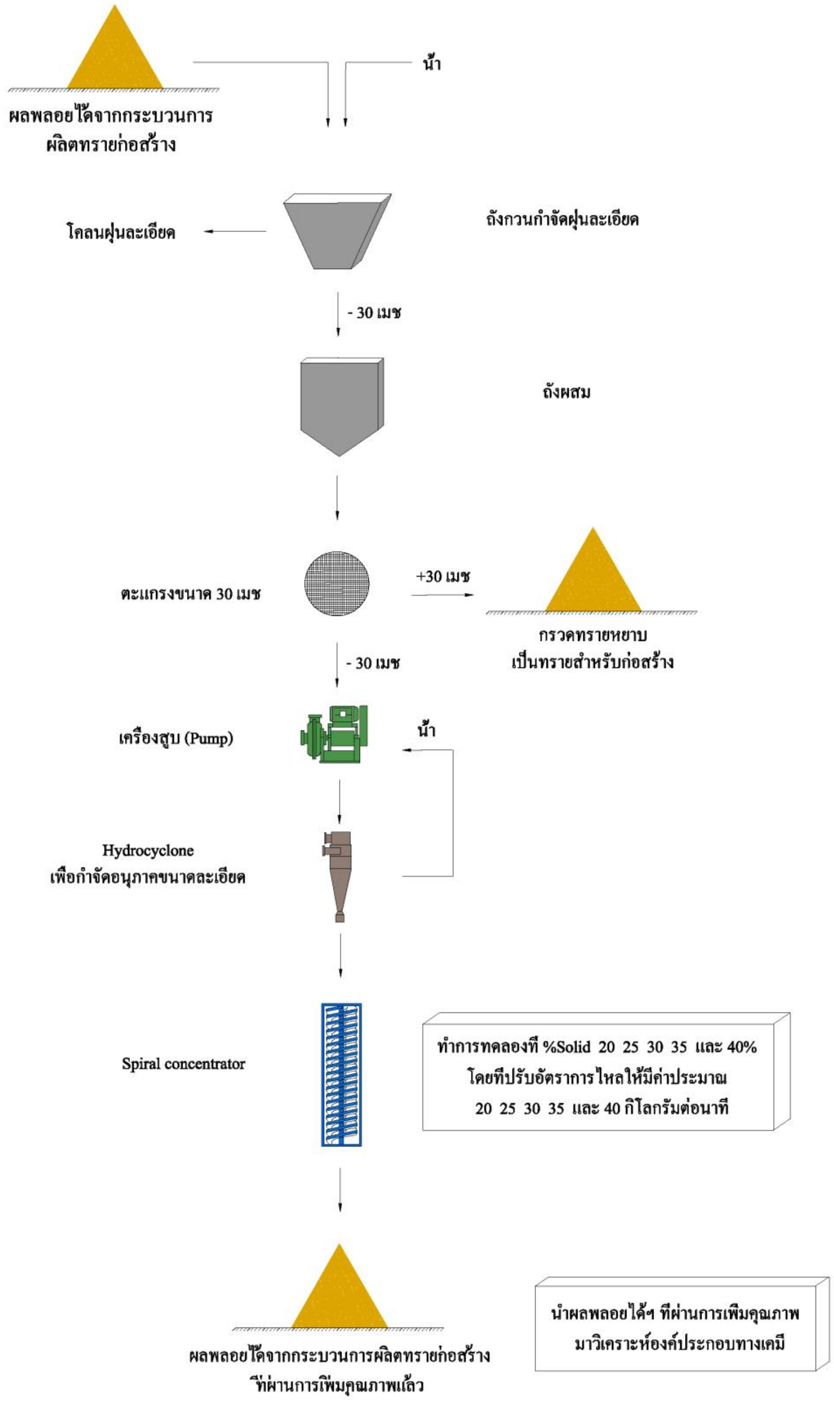
4) บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด ได้ให้ความร่วมมือในการศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง โดยอนุเคราะห์ผลพลอยได้ฯ ของบริษัทฯ เพื่อใช้ในการศึกษาทดลอง

ตารางที่ 4.1 การกระจายขนาดของอนุภาคแหล่งทรายอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี

ตัวอย่าง	Cumulative %Passing						
	3/8" (9.5 mm)	**4 เมช (4.75 mm)**	**8 เมช (2.36 mm)**	**16 เมช (1.18 mm)**	**30 เมช (600 µm)**	**50 เมช (300 µm)**	**100 เมช (150 µm)**
1	100.00	100.00	99.70	97.89	95.47	87.01	49.24
2	100.00	100.00	99.46	98.10	95.39	86.45	45.80
3	100.00	100.00	99.74	98.42	96.84	90.26	46.05
4	100.00	100.00	98.60	83.19	97.23	47.34	25.49
5	100.00	95.98	85.45	51.70	32.82	18.58	9.60

4.2 วิธีการทดลอง

การเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่มีกรวดทรายหยาบที่มีขนาดมากกว่า 30 เมช ประมาณ 5% ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 30 เมช (ทรายก่อนเข้าเครื่องสไปรอล) ประมาณ 89% และฝุ่นละเอียดประมาณ 6% เป็นองค์ประกอบ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก จำเป็นต้องทำให้ผลพลอยได้ฯ มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับทรายแก้วธรรมชาติที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก โดยเทคโนโลยีที่มีความเป็นไปได้ในการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ เป็นการแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล โดยมีรายละเอียดของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และขั้นตอนในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนผังกระบวนการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ด้วยเทคโนโลยีการแต่งแร่โดยเครื่องสไปรอล

4.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) มีดังนี้

1) ตะแกรง (Screen) ขนาด 30 เมช (300 ไมครอน)
2) ถังกวนกำจัดฝุ่นละเอียด
3) ถังผสม
4) เครื่องสูบ (Pump) ขนาด 2 แรงม้า (Hp)
5) ท่อยางขนส่งของผสม ขนาด 2 นิ้ว
6) ไฮโดรไซโคลน ขนาด 3 นิ้ว
7) เครื่องสไปรอล (Spiral Concentrator) ที่กลุ่มแต่งแร่และใช้ประโยชน์แร่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ กระทรวงอุตสาหกรรม อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ มีความกว้าง 24 นิ้ว สูง 3 เมตร

4.2.2 ขั้นตอนในการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) มีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) <u>การเตรียมผลพลอยได้ฯ</u>

การเตรียมผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างมาทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ โดยทำการล้างด้วยน้ำ (deslime) เพื่อกำจัดฝุ่นละเอียด ดินโคลน โดยการกวนในถังแล้วปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที รินน้ำโคลนออก ส่วนที่หยาบนำมาผ่านตะแกรงเบอร์ 30 เมช (300 ไมครอน) ส่วนที่หยาบกว่าตะแกรง 30 เมชเป็นกรวดและทรายหยาบ ส่วนที่ละเอียดผ่านตะแกรง 30 เมช นำมาเข้าถังผสมกับน้ำแล้วสูบเข้าไฮโดรไซโคลนด้วยเครื่องสูบ (pump)

2) <u>การปรับ %solid และกำจัดอนุภาคละเอียดด้วยไฮโดรไซโคลน</u>

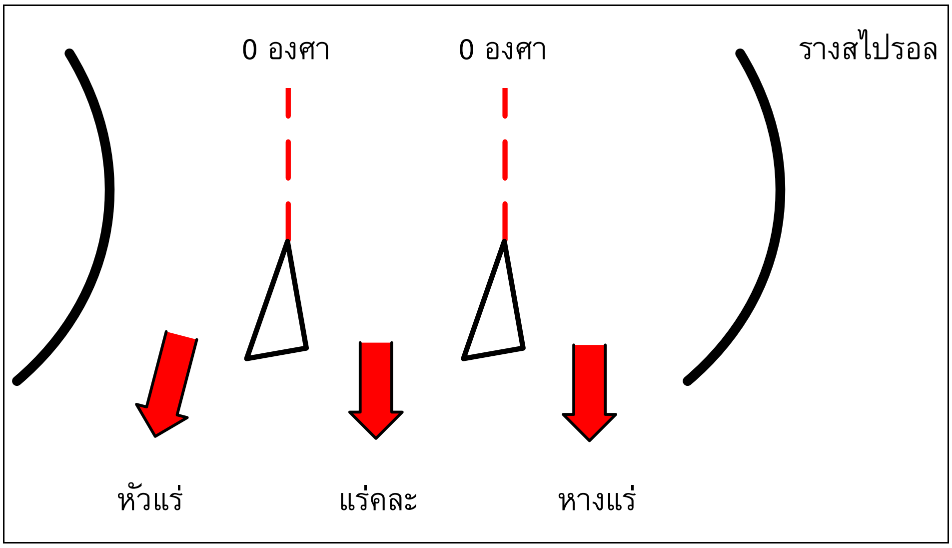
ไฮโดรไซโคลน เป็นเครื่องคัดขนาดที่ใช้ปรับ %solid และแยกน้ำออกจากทราย โดยอนุภาคขนาดละเอียดจะออกทางท่อ overflow ที่มีน้ำเป็นส่วนใหญ่ จึงสามารถปรับ %solid ของของผสมได้ด้วยการปรับวาล์ว (valve) บนท่อ overflow ส่วนท่อ underflow ที่มีทรายเป็นส่วนใหญ่จะไปเข้าเครื่องสไปรอล

3) <u>การแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล</u>

การแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอลเป็นการอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ เพื่อแยกแร่หนักออกจากแร่เบาได้ โดยแร่หนักจะเป็นหัวแร่จะเป็นแร่มลทินที่มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่าทราย ขณะที่แร่เบาจะเป็นแร่คละที่เป็นผลพลอยได้ฯ ที่ใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้ว ส่วนหางแร่

จะเป็นทรายละเอียดที่ผสมกับน้ำเป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษาของที่ปรึกษาพบว่า เครื่องสไปรอลสามารถทำงานได้เมื่อ %solid ของแร่ป้อนมีค่า 15% - 40% และอัตราการไหลของของผสมซึ่งประกอบด้วยผลพลอยได้ฯ และน้ำ 15 - 40 กิโลกรัมต่อนาที ดังนั้นการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ โดยเครื่องสไปรอล จึงทำการทดลองโดยทำการเปลี่ยนแปลงค่า %solid ให้มีค่า 20% 25% 30% 35% และ 40% ตามลำดับ และให้มีอัตราการไหลของของผสม 20 25 30 35 และ 40 กิโลกรัมต่อนาที โดยที่อัตราการไหลของของผสม 40 กิโลกรัมต่อนาที เป็นอัตราการไหลสูงสุดที่เครื่องสไปรอลที่ใช้ในการทดลองสามารถทำงานได้ มีค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละเท่ากับ 0 องศา และค่ามุมที่คั่นแยกแร่คละและหางแร่เท่ากับ 0 องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.2

นอกจากนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มคุณภาพของแร่คละจึงกำหนดการทดลองให้มีการปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ โดยได้กำหนดอัตราการไหลของของผสมค่าต่างๆ ที่ 20% 25% และ 30% solid และปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละ ได้แก่ 3 5 10 15 และ 17 องศา



รูปที่ 4.2 การทดลองปรับค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ แร่คละ และหางแร่ที่ 0 องศา

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ผลการเตรียมผลพลอยได้ฯ

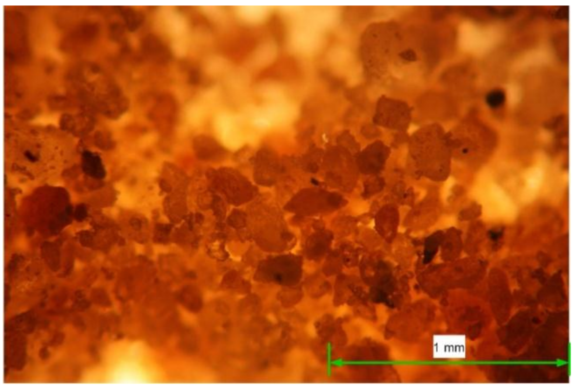
ผลการเตรียมผลพลอยได้ฯ ด้วยการล้างและผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3 และ 4.4 สำหรับการกระจายขนาดของอนุภาคผลพลอยได้ฯ ก่อนและหลังการล้าง แสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.5 โดยจากการศึกษาการทำงานของเครื่องสไปรอลพบว่า ขนาดของอนุภาคที่เหมาะสมสำหรับการแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอลโดยทั่วไปอยู่ในช่วงระหว่าง 14 ถึง 200

เมช ซึ่งจะเห็นได้ว่า การกระจายขนาดของอนุภาคผลพลอยได้ฯ ก่อนการล้าง (deslime) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 48 ถึง 150 เมช คิดเป็น 54.3% ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถใช้เครื่องสไปรอลในการเพิ่มคุณภาพได้ ขณะเดียวกันการกระจายขนาดของอนุภาคผลพลอยได้ฯ หลังการล้าง ส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในช่วง 48 ถึง 150 เมช คิดเป็น 59.4% และอนุภาคขนาด -150 เมช มีปริมาณลดลง ซึ่งเกิดจากฝุ่นละอองหรือโคลนที่มีอนุภาคขนาดเล็กถูกชะล้างออกไป ซึ่งส่งผลดีต่อการใช้เครื่องสไปรอลเนื่องจากอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกันมากยิ่งขึ้น

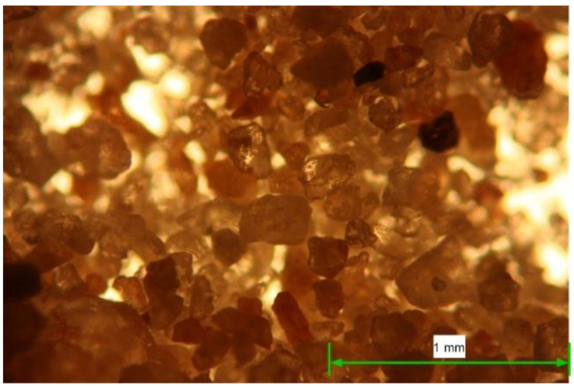
(ก) ตัวอย่างผลพลอยได้ฯ ก่อนการล้าง

(ข) ตัวอย่างผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการล้างและตะแกรงขนาด 30 เมช

รูปที่ 4.3 ตัวอย่างผลพลอยได้ฯ ที่ทำการทดลอง



(ก) ตัวอย่างผลพลอยได้ฯ ก่อนการล้าง

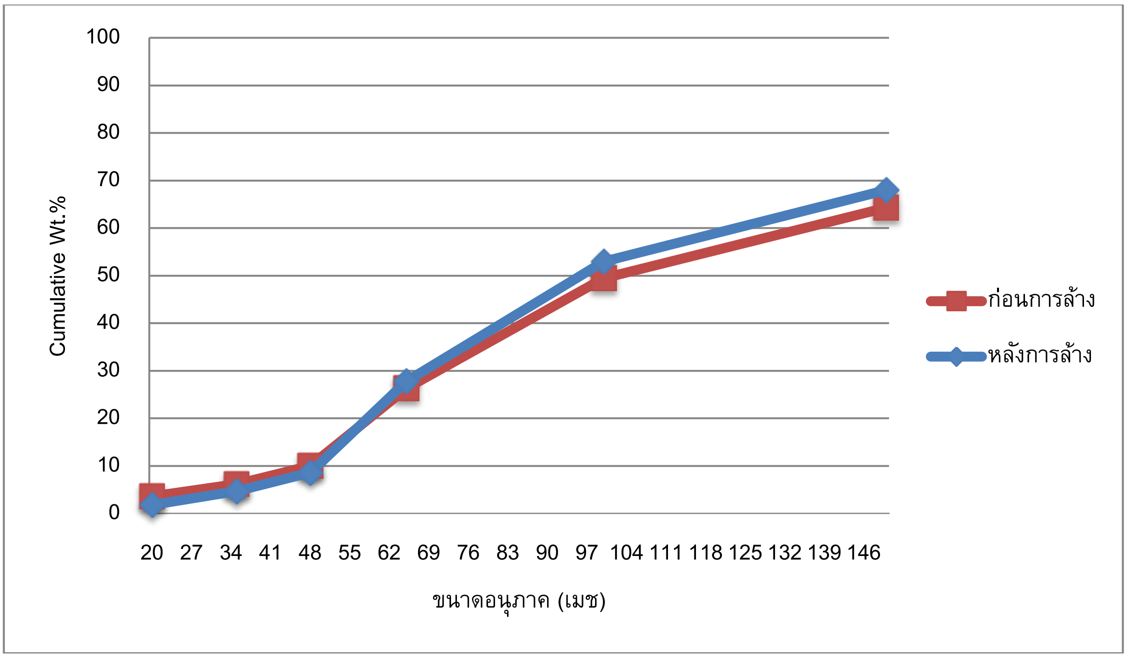


(ข) ตัวอย่างผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการล้างและตะแกรงขนาด 30 เมช

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างผลพลอยได้ฯ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 50 เท่า

ตารางที่ 4.2 การกระจายตัวขนาดของอนุภาคผลพลอยได้ฯ ก่อนและหลังการล้างผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช

เมช	ก่อนการล้าง		หลังการล้าง	
	Wt. Retained %	Cumulative Wt. %	Wt. Retained %	Cumulative Wt. %
+20	3.6	3.6	1.8	1.8
-20+35	2.6	6.2	2.9	4.7
-35+48	3.8	10	3.9	8.6
-48+65	16.3	26.3	19.2	27.8
-65+100	23.2	49.5	25.2	53
-100+150	14.8	64.3	15	68
-150	35.8	100	32	100
Total	100	-	100	-



รูปที่ 4.5 การกระจายตัวขนาดของอนุภาคผลพลอยได้ฯ ก่อนและหลังการล้างผ่านตะแกรงขนาด 30 เมช

จากการทดลองพบว่าผลพลอยได้ฯ ประกอบด้วยกรวดและทรายหยาบที่มีขนาดมากกว่า 30 เมช ประมาณ 5% ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 30 เมช (ทรายก่อนเข้าเครื่องสไปรอล) ประมาณ 89% และฝุ่นละเอียด (slime) 6% จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง XRF (X-Ray Fluorescence) ของผลพลอยได้ฯ ก่อนการล้าง (deslime) และหลังการล้างและผ่านตะแกรง 30 เมช พบว่า ค่า SiO_2 ก่อนและหลังการล้างมีค่าใกล้เคียงกัน ขณะที่ Al_2O_3 Fe_2O_3 และ LOI หลังการล้างมีค่าลดลง ดังแสดงในตารางที่ 4.3 (ดูรายละเอียดผลวิเคราะห์ในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ฯ ก่อนและหลังการล้างผ่านตะแกรง 30 เมช

องค์ประกอบทางเคมี (%)	**ผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง**	
	ก่อนการล้าง	**หลังการล้าง และผ่านตะแกรง 30 เมช**
Silicon dioxide (SiO_2)	98.43	98.74
Aluminum oxide (Al_2O_3)	0.23	0.12
Iron oxide (Fe_2O_3)	0.14	0.11
Calcium oxide (CaO)	0.01	0.01
Magnesium oxide (MgO)	< 0.01	< 0.01
Loss on Ignition (LOI)	0.43	0.28
Sodium oxide (Na_2O)	< 0.01	< 0.01
Potassium oxide (K_2O)	0.13	0.06
Titanium dioxide (TiO_2)	0.28	0.22
Phosphorus pentoxide (P_2O_5)	< 0.01	0.03

4.3.2 ผลการแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล

1) <u>ผลการศึกษาตัวแปรอัตราการไหลของของผสมและ %solid</u>

ผลการทดลองเมื่อกำหนดอัตราการไหลของของผสมที่ป้อนเข้าเครื่องสไปรอลให้มีค่าตั้งแต่ 20 – 40 กิโลกรัมต่อนาที และเปลี่ยนแปลง %solid ของแร่ป้อนตั้งแต่ 20% 25% 30% 35% และ 40% อัตราการไหลของของผสมที่ไหลออกมาจากเครื่องสไปรอล ในส่วนของหัวแร่ แร่คละ และหางแร่ แสดงได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อัตราการไหลของของผสมหัวแร่ แร่คละ และหางแร่เมื่อเปลี่ยนแปลง %solid

อัตราการไหลของของผสมแร่ป้อน (กก.ต่อนาที)	อัตราการไหลของของผสมที่ออกจากเครื่องสไปรอล (กก.ต่อนาที)														
	หัวแร่ ที่ %solid					แร่คละ ที่ %solid					หางแร่ ที่ % solid				
	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
20	1.6	1.6	1.5	-1/	-1/	3.8	4.2	10.8	-1/	-1/	14.6	14.2	7.7	-1/	-1/
25	1.6	1.7	1.6	-1/	-	6.5	4.4	11.0	-1/	-1/	16.9	18.9	12.4	-1/	-1/
30	1.7	1.9	1.7	2.1	-1/	6.5	9.5	14.0	13.5	-1/	21.8	18.6	14.3	14.4	-1/
35	1.8	1.8	1.7	2.5	-1/	10.2	12.2	21.0	16.4	-1/	23.0	21.0	17.3	16.1	-1/
40	1.9	1.8	2.0	2.1	2.7	15.0	20.0	25.0	27.0	29.1	23.1	18.2	13.2	10.9	8.2

หมายเหตุ 1/ หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากที่ค่า %solid สูงมักมีการอุดตันของทรายในท่อก่อนเข้าเครื่องสไปรอล

จากข้อมูลในตารางที่ 4.4 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

(1) ปริมาณของผสมที่ไหลออกมาในส่วนของหัวแร่และแร่คละแปรผันโดยตรงกับ %solid ของแร่ป้อน โดยเมื่ออัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนมีค่าคงที่ แต่ทำการเปลี่ยนแปลง %solid ของแร่ป้อน พบว่า เมื่อเพิ่ม %solid ของแร่ป้อนจะทำให้อัตราการไหลของของแข็งในของผสมที่ออกมาในส่วนของหัวแร่และแร่คละมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจาก %solid มากขึ้นทำให้ความหนาแน่น (density) ของของแข็งในของผสมมากขึ้น ทำให้ผลพลอยได้ฯ กระจายตัวในรางของเครื่องสไปรอลในส่วนของหัวแร่และแร่คละมากขึ้น สำหรับในส่วนของหางแร่นั้นจะเป็นน้ำทั้งหมดหรือมีผลพลอยได้ฯ ปะปนอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

(2) ปริมาณของผสมที่ไหลออกมาในส่วนของแร่คละแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน โดยเมื่อกำหนดให้ %solid ของแร่ป้อนให้คงที่ แล้วเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน พบว่า ปริมาณของผสมที่ไหลออกมาในส่วนของแร่คละมีปริมาณลดลงเมื่ออัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนลดลง เพราะว่าปริมาณของผสมถูกป้อนเข้าเครื่องสไปรอลน้อยลง และเมื่ออัตราการไหลของของผสมลดลง ยังส่งผลให้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของผสมลดลง ของผสมจึงไม่สามารถกระจายตัวออกมาได้เต็มรางของเครื่องสไปรอล

เมื่อได้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของของผสมจากเครื่องสไปรอลกับ %solid และอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนแล้ว ได้ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อนำมาอบแห้งหาน้ำหนักของแข็งที่ได้หลังจากการผ่านเครื่องสไปรอล ผลการทดลองเมื่อกำหนดอัตราการไหลของของผสมที่ป้อนเข้าเครื่องสไปรอลให้มีค่าตั้งแต่ 20 – 40 กิโลกรัมต่อนาที และเปลี่ยนแปลง %solid ของแร่ป้อนตั้งแต่ 20% 25% 30% 35% และ 40% อัตราการไหลของของแข็งที่ไหลออกมาในส่วนของหัวแร่และแร่คละ (ในส่วนของหางแร่นั้นจะเป็นน้ำทั้งหมดหรือมีของแข็งปะปนอยู่เพียงเล็กน้อยเท่านั้น) แสดงได้ดังตารางที่ 4.5

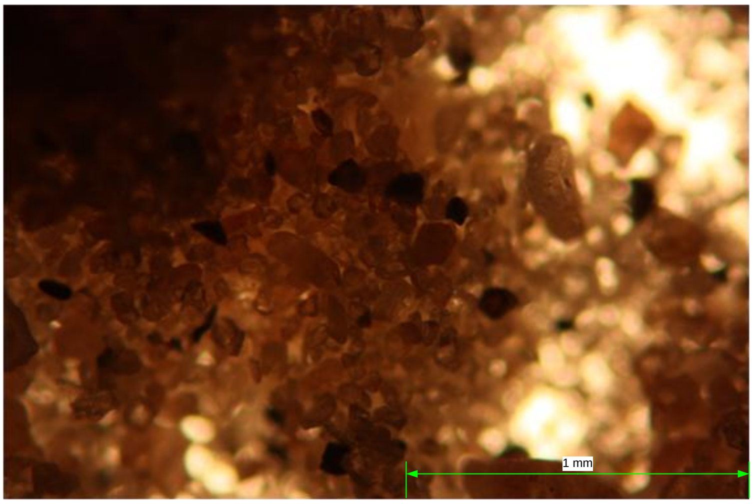
ตารางที่ 4.5 อัตราการไหลของของแข็งหัวแร่และแร่คละเมื่อเปลี่ยนแปลง %solid

อัตราการไหลของของผสมแร่ป้อน (กก.ต่อนาที)	**อัตราการไหลของของแข็งที่ออกจากเครื่องสไปรอล (กก.ต่อนาที)**									
	หัวแร่ ที่ %solid					**แร่คละ ที่ %solid**				
	20	**25**	**30**	**35**	**40**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
20	1.0	1.1	0.9	-[1/]	-[1/]	3.0	3.9	5.1	-[1/]	-[1/]
25	1.1	1.0	1.0	-[1/]	-[1/]	3.9	5.2	6.5	-[1/]	-[1/]
30	1.0	1.2	1.1	1.4	-[1/]	5.0	6.3	7.9	9.1	-[1/]
35	0.9	1.2	1.2	1.6	-[1/]	6.1	7.6	9.3	10.6	-[1/]
40	1.2	1.2	1.3	1.3	1.8	6.8	8.8	10.7	12.7	14.2

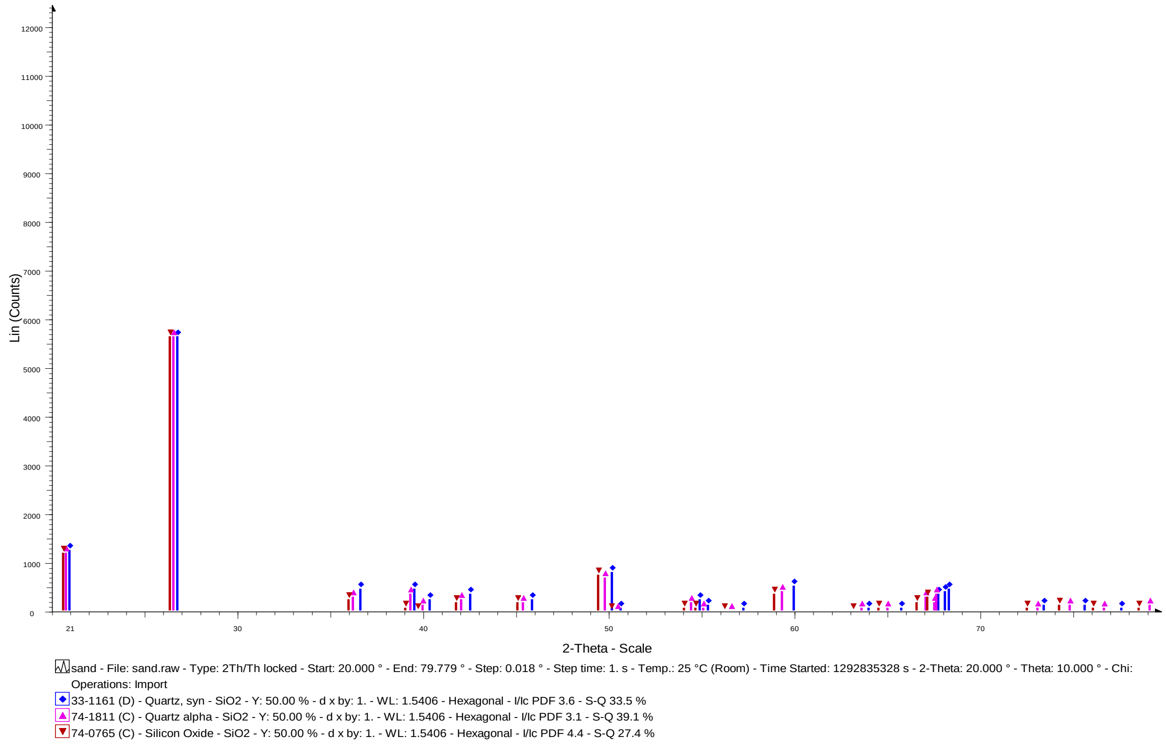
หมายเหตุ 1/ หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากที่ค่า %solid สูงมักมีการอุดตันของทรายในท่อก่อนเข้าเครื่องสไปรอล

จากข้อมูลในตารางที่ 4.5 สามารถสรุปผลการทดลองได้ คือ ปริมาณของแข็งที่เป็นผลพลอยได้ฯ ที่ออกมาในส่วนของแร่คละแปรผันโดยตรงกับ %solid ของแร่ป้อน และแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน โดยเมื่อ %solid และอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ของแข็งที่เป็นผลพลอยได้ฯ ออกมาในส่วนของแร่คละเพิ่มมากขึ้นด้วย เนื่องจากผลพลอยได้ฯ ถูกป้อนเข้าสู่เครื่องสไปรอลมากขึ้น เมื่ออัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน และ %solid มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ของผสมมีความหนาแน่นมากขึ้น มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เกิดจากการไหลมากขึ้น ดังนั้น ผลพลอยได้ฯ จึงไปอยู่ในส่วนของแร่คละมากขึ้นด้วย

เมื่อนำแร่หนักในส่วนที่เป็นหัวแร่มาขยายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า แร่หนักในส่วนที่เป็นหัวแร่มีสีดำ ขนาดประมาณ 0.1 – 0.3 มม. ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และเมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง XRD (X-Ray Diffractometer) พบว่า มีเฟสของ Quartz syn-SiO_2, Quartz alpha-SiO_2 และ Silicon Oxide-SiO_2 จะเห็นว่าไม่มีเฟสของแร่หนัก อาจเกิดจากปริมาณของแร่หนักในหัวแร่มีสัดส่วนที่น้อยกว่าซิลิกามาก เครื่องมือจึงไม่สามารถหาเฟสได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างหัวแร่ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 50 เท่า



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์แร่หนักในหัวแร่ด้วยเครื่อง XRD (X-Ray Diffractometer)

2) <u>ผลการศึกษาการปรับมุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละที่องศาต่างๆ</u>

ผลการทดลองเมื่อปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละ โดยกำหนดอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนค่าต่างๆ และเปลี่ยนแปลง %solid ของแร่ป้อนตั้งแต่ 20% 25% และ 30% อัตราการไหลของของแข็งในส่วนของหัวแร่และแร่คละแสดงได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 อัตราการไหลของของแข็งหัวแร่และแร่คละ เมื่อปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละ

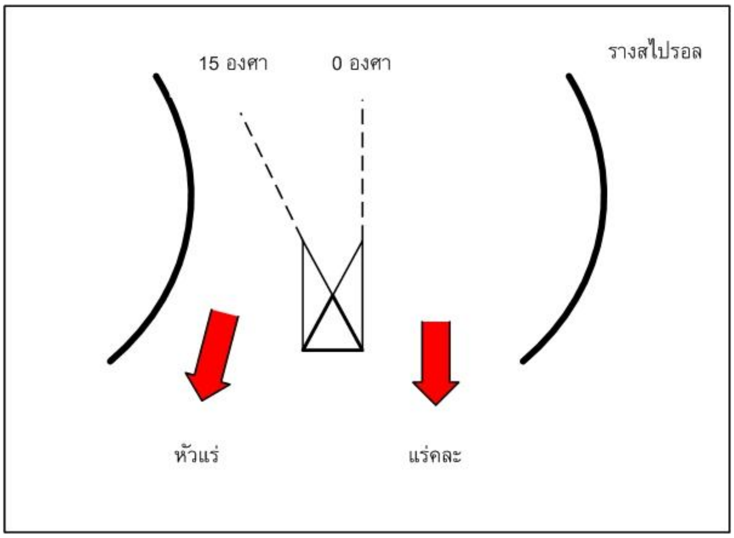
	อัตราการไหลของของแข็งที่ออกจากเครื่องสไปรอล (กก.ต่อนาที)													
	หัวแร่			แร่คละ			% yield	หัวแร่			แร่คละ			% yield
	ค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละไปทางซ้าย (องศา)							ค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละไปทางขวา (องศา)						
	10º	15º	17º	10º	15º	17º		3º	5º	10º	3º	5º	10º	
อัตราการไหลของผสมของแร่ป้อนที่ 20 กก.ต่อนาที														
ที่ 20 %solid	0.55	-[1/]	-[1/]	4.45	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	2.18	-[1/]	-[1/]	2.82	-
ที่ 25 %solid	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-
ที่ 30 %solid	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-
อัตราการไหลของผสมของแร่ป้อนที่ 25 กก.ต่อนาที														
ที่ 20 %solid	-[1/]	0.34	-[1/]	-[1/]	4.66	-[1/]	93.20	0.75	-[1/]	-[1/]	4.25	-[1/]	-[1/]	85.00
ที่ 25 %solid	0.48	-[1/]	-[1/]	5.77	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	2.17	-[1/]	-[1/]	4.08	-
ที่ 30 %solid	0.54	-[1/]	-[1/]	6.96	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	2.16	-[1/]	-[1/]	5.34	-
อัตราการไหลของผสมของแร่ป้อนที่ 30 กก.ต่อนาที														
ที่ 20 %solid	-[1/]	0.34	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	94.33	0.80	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	86.67
ที่ 25 %solid	0.56	-[1/]	-[1/]	6.94	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	2.46	-[1/]	-[1/]	5.04	-
ที่ 30 %solid	0.65	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-[1/]	-
อัตราการไหลของผสมของแร่ป้อนที่ 35 กก.ต่อนาที														
ที่ 20 %solid	-[1/]	-[1/]	0.31	-[1/]	-[1/]	6.69	95.57	-[1/]	1.73	-[1/]	-[1/]	5.27	-[1/]	75.29
ที่ 25 %solid	0.59	-[1/]	-[1/]	8.16	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	2.51	-[1/]	-[1/]	6.24	-
ที่ 30 %solid	0.58	-[1/]	-[1/]	9.92	-[1/]	-[1/]	-	-[1/]	-[1/]	2.61	-[1/]	-[1/]	7.89	-

ตารางที่ 4.6 อัตราการไหลของของแข็งหัวแร่และแร่คละ เมื่อปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละ (ต่อ)

	อัตราการไหลของของแข็งที่ออกจากเครื่องสไปรอล (กก.ต่อนาที)													
	หัวแร่			แร่คละ			% yield	หัวแร่			แร่คละ			% yield
	ค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละไปทางซ้าย (องศา)							ค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่และแร่คละไปทางขวา (องศา)						
	10°	15°	17°	10°	15°	17°		3°	5°	10°	3°	5°	10°	
อัตราการไหลของผสมของแร่ป้อนที่ 40 กก.ต่อนาที														
ที่ 20 %solid	-[1/]	0.43	-[1/]	-[1/]	7.75	-[1/]	94.63	-	1.60	-	-[1/]	6.40	-[1/]	80.00
ที่ 25 %solid	0.57	-[1/]	-[1/]	9.34	-[1/]	-[1/]	-	-	-[1/]	2.60	-[1/]	-[1/]	7.40	-
ที่ 30 %solid	0.52	-[1/]	-[1/]	11.48	-[1/]	-[1/]	-	-	-[1/]	2.68	-[1/]	-[1/]	9.32	-

หมายเหตุ 1/ หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลอง

จากตารางที่ 4.6 ในส่วนที่ไม่มีผลการทดลอง เนื่องจากในระหว่างการทดลองได้ปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่โดยให้ของแข็งหรือผลพลอยได้ฯ ในส่วนของแร่คละมีส่วนผสมของแร่หนักให้น้อยที่สุดด้วยการสังเกตด้วยตาเปล่า (แถบการไหลของของผสมด้านในสไปรอลที่มีแร่หนักมากจะมีสีดำหรือเทา) เพื่อให้ได้แร่คละที่เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วตามข้อกำหนดของโรงงานผลิตแก้วและกระจก ตัวอย่างเช่น ที่อัตราการไหลของของผสม 25 กิโลกรัมต่อนาที ที่ 20 %solid ได้ทำการทดลองปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางซ้าย 15 องศา (ดูรูปที่ 4.8) เพราะถ้าปรับเป็น 17 องศา จะมีแร่หนักไหลเข้ามาทางแร่คละมากขึ้น ทำให้แร่คละที่ได้มามีเปอร์เซ็นต์ของมลทิน เช่น เหล็ก เป็นต้นมากขึ้น



รูปที่ 4.8 การทดลองปรับค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ที่ 15 องศา

จากข้อมูลในตารางที่ 4.6 สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

(1) เปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ได้ (%yield) ของของแข็งที่เป็นผลพลอยได้ฯ ในส่วนของแร่คละประมาณ 80 – 95% ขึ้นอยู่กับค่าตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง คือ อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน % solid และมุมปรับที่คั่นแยกหัวแร่

(2) เมื่ออัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของของผสมในหัวแร่และแร่คละจะมีค่ามากขึ้นด้วย โดย

– เมื่อปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางซ้าย อัตราการไหลของของผสมของหัวแร่จะลดลง แต่อัตราการไหลของของผสมของแร่คละมากขึ้น

– เมื่อปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางขวา อัตราการไหลของของผสมของหัวแร่จะมากขึ้น แต่อัตราการไหลของของผสมของแร่คละลดลง

เมื่อนำแร่คละที่อัตราการไหลของของผสมและ %solid ที่ค่าต่างๆ ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เหล็กด้วยวิธี AA (Atomic Absorption Spectroscopy) พบว่า ที่ %solid เท่ากับ 20% เมื่ออัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์เหล็ก (%Fe) ในแร่คละมีแนวโน้มลดลง เพราะอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนมากขึ้น จะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางกระทำต่อทรายมากขึ้น ทำให้แร่หนักมีโอกาสไหลสู่ช่องหัวแร่มากขึ้น ผลการทดลองมีแนวโน้มทำนองเดียวกัน เมื่อ %solid เท่ากับ 25% แต่เมื่อ %solid เท่ากับ 30% และ 35% เมื่ออัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อนเพิ่มขึ้น %Fe ในแร่คละมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อค่า %solid เพิ่มขึ้น สัดส่วนของแข็งที่เป็นทรายและแร่หนักมลทินในแร่ป้อนมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.7 (ดูรายละเอียดผลวิเคราะห์ในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.7 %Fe ที่ได้จากแร่คละที่อัตราการไหลของของผสมที่ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่และแร่คละที่ 0 องศา และ %solid ที่ค่าต่างๆ

อัตราการไหลของของผสม (กก.ต่อนาที)	**%solid ที่ 20**	**%solid ที่ 25**	**%solid ที่ 30**	**%solid ที่ 35**	**%solid ที่ 40**
	เปอร์เซ็นต์เหล็ก (%)				
20	0.113	0.117	0.107	-1/	-1/
25	0.100	0.113	0.110	-1/	-1/
30	0.100	0.097	0.123	0.083	-1/
35	0.110	0.113	0.127	0.093	-1/
40	0.093	0.090	0.107	0.127	0.077

หมายเหตุ 1/ หมายถึง ไม่ได้ทำการทดลองเนื่องจากที่ค่า %solid สูงมักมีการอุดตันของทรายในท่อก่อนเข้าเครื่องสไปรอล

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.7 สามารถพิจารณาหาตัวแปรที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์เหล็ก (%Fe) ในแร่คละที่มีค่าต่ำที่สุด โดยเงื่อนไขที่ทำให้ %Fe น้อยกว่า 0.100% มี 6 กรณี ได้แก่

1) อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน 40 กก.ต่อนาที ที่ 40% solid มี %Fe ในแร่คละเท่ากับ 0.077

2) อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน 30 กก.ต่อนาที ที่ 35% solid มี %Fe ในแร่คละเท่ากับ 0.083

3) อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน 40 กก.ต่อนาที ที่ 25% solid มี %Fe ในแร่คละเท่ากับ 0.090

4) อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน 35 กก.ต่อนาที ที่ 35% solid มี %Fe ในแร่คละเท่ากับ 0.093

5) อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน 40 กก.ต่อนาที ที่ 20% solid มี %Fe ในแร่คละเท่ากับ 0.093

6) อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน 30 กก.ต่อนาที ที่ 25% solid มี %Fe ในแร่คละเท่ากับ 0.097

และเมื่อนำแร่คละที่ได้จากการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน %solid และค่ามุมคั่นแยกหัวแร่และแร่คละในเงื่อนไขต่างๆ ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธี XRF (X-ray Fluorescent) ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่คละซึ่งเป็นผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพด้วยเทคโนโลยีแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอลแสดงได้ดังตารางที่ 4.8 (ดูรายละเอียดผลวิเคราะห์ในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยวิธี X-ray Fluorescent (XRF)

องค์ประกอบทางเคมี (%)	**ก**	**ข**	**ค**	**ง**	**จ**	**ฉ**	**ช**	**ซ**	**ฌ**	**ญ**
Silicon dioxide (SiO_2)	99.37	99.45	99.46	99.29	99.43	99.34	99.39	99.47	99.51	99.45
Aluminum oxide (Al_2O_3)	0.16	0.12	0.10	0.08	0.10	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08
Iron oxide (Fe_2O_3)	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05
Calcium oxide (CaO)	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	< 0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Magnesium oxide (MgO)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Loss on Ignition (LOI)	0.17	0.16	0.15	0.19	0.18	0.17	0.16	0.16	0.13	0.13
Sodium oxide (Na_2O)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Potassium oxide (K_2O)	0.11	0.07	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05
Titanium dioxide (TiO_2)	0.04	0.05	0.07	0.05	0.05	0.06	0.05	0.03	0.06	0.02
Phosphorus pentoxide (P_2O_5)	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01

(ก) อัตราการไหลของผสม 30 กก.ต่อนาที ที่ 25% solid ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ 0 องศา

(ข) อัตราการไหลของผสม 30 กก.ต่อนาที ที่ 35% solid ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ 0 องศา

(ค) อัตราการไหลของผสม 35 กก.ต่อนาที ที่ 35% solid ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ 0 องศา

(ง) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 20% solid ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ 0 องศา

(จ) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 25% solid ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ 0 องศา

(ฉ) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 40% solid ค่ามุมคั่นแยกหัวแร่ 0 องศา

(ช) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 20% solid ปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางซ้าย 15 องศา

(ซ) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 20% solid ปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางขวา 5 องศา

(ฌ) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 25% solid ปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางซ้าย 10 องศา

(ญ) อัตราการไหลของผสม 40 กก.ต่อนาที ที่ 25% solid ปรับค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ไปทางขวา 10 องศา

เมื่อเปรียบเทียบผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับห้องปฏิบัติการกับข้อกำหนดของวัตถุดิบทรายแก้วด้านองค์ประกอบทางเคมีของโรงงานแก้วและกระจกที่ให้ความร่วมมือ ได้แก่ บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) และบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพโดยการแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วสำหรับโรงงานได้

4.4 สรุปผลการทดลองและความเป็นไปได้เบื้องต้น

ผลการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่แหล่งทรายก่อสร้าง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด ที่มีขนาดอนุภาคผลพลอยได้ฯ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 48 ถึง 150 เมช (300 ไมครอน ถึง 106 ไมครอน) มีองค์ประกอบทางเคมี SiO_2 98.43% Al_2O_3 0.23% และ Fe_2O_3 0.14% พบว่า ผลพลอยได้ฯ สามารถนำมาเพิ่มคุณภาพโดยการแต่งด้วยเครื่องสไปรอลให้มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทรายแก้วที่ใช้ในโรงงานแก้วและกระจกได้ โดยก่อนที่จะนำผลพลอยได้ฯ มาเพิ่มคุณภาพด้วยการแต่งแร่โดยเครื่องสไปรอล จะทำการล้างฝุ่นละอองและดินโคลนออก (Deslime) นำมาคัดขนาดด้วยตะแกรงให้มีขนาดน้อยกว่า 30 เมช แล้วนำมาเข้าเครื่องสูบ (pump) ไปสู่ไฮโดรไซโคลนเผื่อปรับ %solid และกำจัดอนุภาคละเอียด จากนั้นป้อนผลพลอยได้ฯ จาก underflow ของเครื่องไฮโดรไซโคลน เข้าเครื่องสไปรอล โดยตัวแปรสำคัญในการแต่งแร่โดยเครื่องสไปรอล ได้แก่ อัตราการไหลของของผสมของแร่ป้อน %solid และค่ามุมปรับที่คั่นแยกหัวแร่ ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพผลพลอยได้ฯ ที่ต้องการเปอร์เซ็นต์ซิลิกา (SiO_2) สูง เปอร์เซ็นต์เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และเปอร์เซ็นต์อลูมินาออกไซด์ (Al_2O_3) ต่ำ จากผลการทดลองเงื่อนไขที่เหมาะสม คือ อัตราการไหลของของผสม 30 – 40 กิโลกรัมต่อนาที %solid 20 – 40% ค่ามุมที่คั่นแยกหัวแร่ 5 ถึง 15 องศา ซึ่งจะได้ผลพลอยได้ฯ ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทรายแก้วที่ใช้ในโรงงานแก้วและกระจก โดยในการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการการแต่งด้วยเครื่องสไปรอลมีเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ได้ (%yield) ของผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพประมาณ 80 – 95%

ดังนั้น ผลการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า สามารถเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ โดยการแต่งด้วยเครื่องสไปรอลให้มีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วสำหรับโรงงานแก้วและกระจกได้ จึงมีความเป็นไปได้สูงมากในการพัฒนาการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) ซึ่งการศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ มีรายละเอียดในบทที่ 5

บทที่ 5

การศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับโรงงานต้นแบบ

บทที่ 5
การศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับโรงงานต้นแบบ

การศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) มีเนื้อหาประกอบด้วยวิธีการทดลอง ผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 วิธีการทดลอง

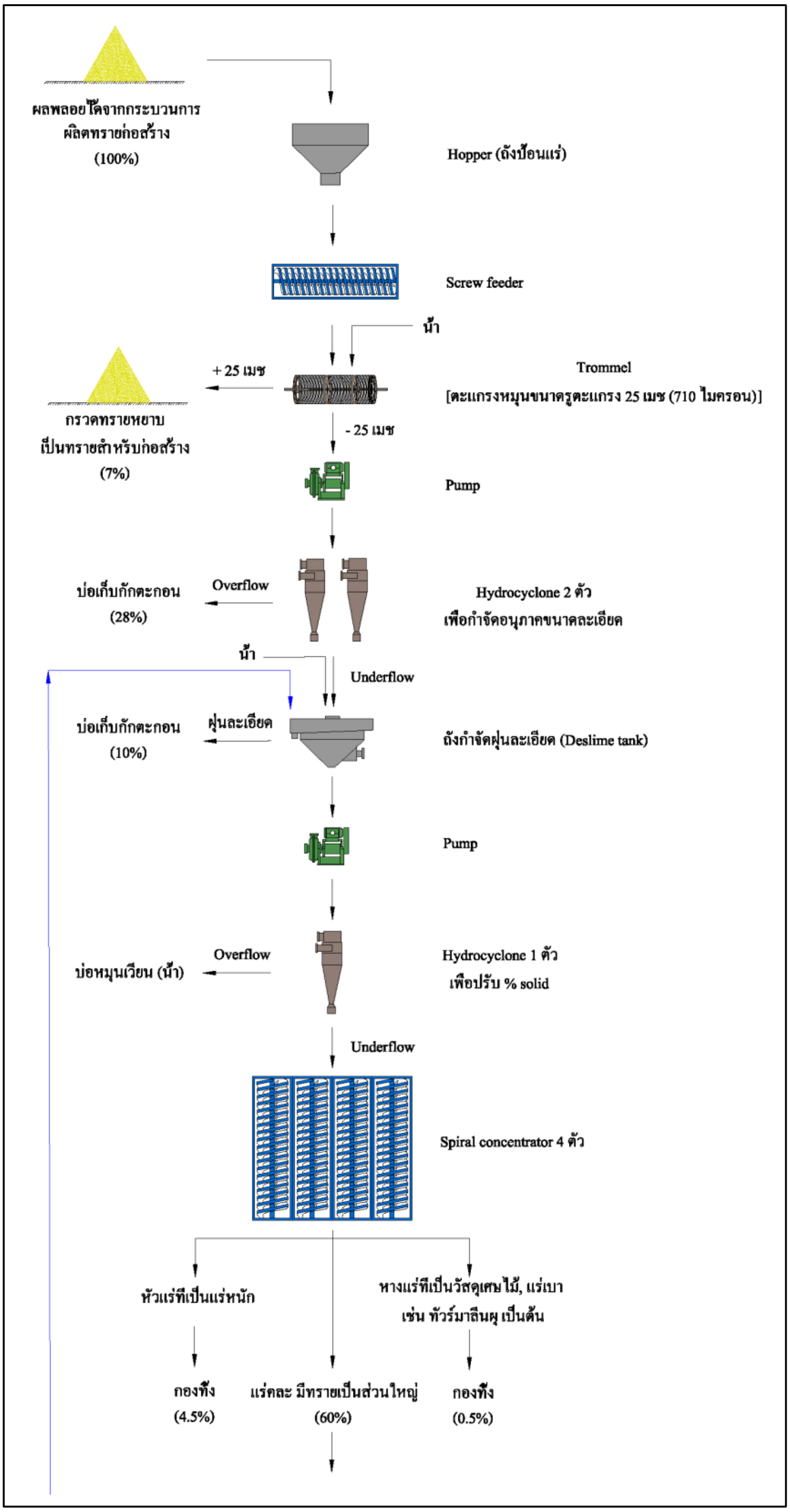
5.1.1 สถานที่ทดลองในระดับโรงงานต้นแบบ

การศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) ได้รับความร่วมมือจากบริษัท แอดวานซ์มิเนอรัล เซอร์วิส จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 136/10 ต.คลองกิ่ว อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี 20220 ซึ่งเป็นโรงแต่งทรายแก้ว และเฟลด์สปาร์

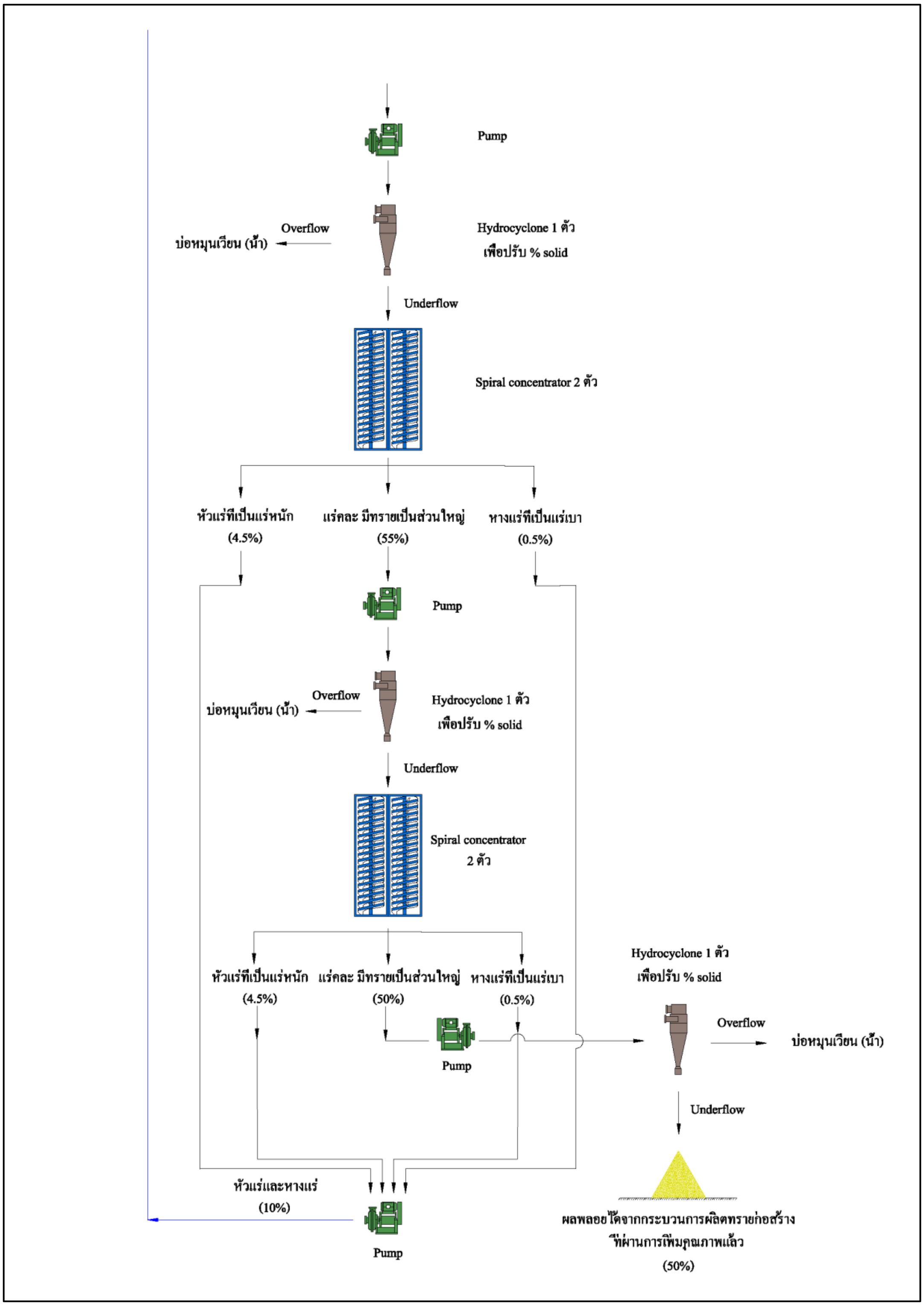
5.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

การศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) เป็นการศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ที่ใช้ปริมาณตัวอย่างในการศึกษาทดลองมากกว่า 3,000 ตัน เพื่อให้ผลการทดลองมีความถูกต้องมากขึ้น ดังนั้น จำเป็นต้องออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ให้สามารถรองรับการศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในปริมาณดังกล่าวได้ โดยเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) มีดังนี้

1) ถังป้อนแร่ (Hopper)
2) เครื่องป้อนแร่แบบเกลียว (Screw feeder)
3) ตะแกรงหมุน (Trommel)
4) เครื่องสูบ (Pump)
5) ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone)
6) ถังกำจัดฝุ่นละเอียด (Deslime tank)
7) เครื่องสไปรอล (Spiral concentrator)



รูปที่ 5.1 กระบวนการแต่งแร่เพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับโรงงานต้นแบบ



รูปที่ 5.1 กระบวนการแต่งแร่เพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในระดับโรงงานต้นแบบ (ต่อ)

5.1.3 ขั้นตอนในการทดลอง

ขั้นตอนการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1

โดยมีขั้นตอนที่สำคัญ 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) <u>การกำจัดกรวดและทรายหยาบ</u>

ผลพลอยได้ฯ จะถูกป้อนเข้าสู่ถังป้อนแร่ (Hopper) ลงสู่เครื่องป้อนแร่แบบเกลียว (screw feeder) มาเข้าตะแกรงหมุนขนาดรูตะแกรง 25 เมช (710 ไมครอน) เพื่อกำจัดกรวดทรายหยาบ ส่วนที่ผ่านตะแกรงจะถูกสูบเข้าไฮโดรไซโคลนด้วยเครื่องสูบ (pump)

2) <u>การปรับ %solid และกำจัดอนุภาคละเอียดด้วยไฮโดรไซโคลน</u>

ส่วนที่ผ่านตะแกรงหมุนเข้าไฮโดรไซโคลนขนาด 5 นิ้ว 2 ตัว เพื่อกำจัดอนุภาคละเอียด ส่วนที่เป็น underflow จากไฮโดรไซโคลน เข้าถังกำจัดฝุ่นละเอียด จากนั้นก็จะถูกเครื่องสูบ (pump) สูบไปเข้าไฮโดรไซโคลนขนาด 8 นิ้วเพื่อปรับ %solid และส่วนที่เป็น underflow ก็มาเข้าเครื่องสไปรอล

3) <u>การแต่งแร่ด้วยเครื่องสไปรอล</u>

ส่วนที่เป็น underflow จากไฮโดรไซโคลนมาเข้าเครื่องสไปรอล 4 ตัว จากเครื่องสไปรอลจะมีทรายที่อยู่ในส่วนของแร่คละ (middling) ส่วนที่เป็นแร่หนักอยู่ในส่วนที่เป็นหัวแร่ทิ้งไป พร้อมด้วยส่วนที่เป็นหางแร่ที่เป็นพวกวัสดุเศษไม้แร่เบา ทรายที่อยู่ในส่วนของแร่คละจะถูกปั๊มเข้าไฮโดรไซโคลนกับเครื่องสไปรอลอีก 2 ครั้งเพื่อให้ได้ทรายที่สะอาดมีแร่มลทินน้อยลง

5.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ สามารถสรุปในประเด็นสำคัญได้ ดังนี้

1) <u>การกระจายของขนาดอนุภาค</u>

การกระจายของขนาดอนุภาคผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในการทดลองระดับโรงงานต้นแบบ พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ มีขนาดอนุภาคส่วนใหญ่อยู่ในช่วง -50+70 เมช ถึง -100+140 เมช และไม่มีขนาดอนุภาคมากกว่า 30 เมช ในผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ เนื่องจากถูกคัดทิ้งด้วยตะแกรงหมุนขนาดรูตะแกรง 25 เมช ดังแสดงในตารางที่ 5.1 และเมื่อเปรียบเทียบกับทรายแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมีการกระจายขนาดของอนุภาคใกล้เคียงกับมาตรฐานทรายแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก โดยมีเพียงขนาด -140 เมช ที่เกินเกณฑ์มาตรฐานในบางตัวอย่างที่ทำการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.2

2) <u>องค์ประกอบทางเคมี</u>

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในการทดลองระดับโรงงานต้นแบบ พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ มี %SiO_2 เพิ่มขึ้น ขณะที่มี %Al_2O_3 %Fe_2O_3 %TiO_2 %CaO %MgO %K_2O %Na_2O และ %LOI ลดลง ดังแสดงในตารางที่ 5.3 และเมื่อเปรียบเทียบกับทรายแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับมาตรฐานทรายแก้วที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก แม้ว่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีบางรายการเกินเกณฑ์มาตรฐาน เช่น มี %Fe_2O_3 มากกว่า 0.090% และมี TiO_2 มากกว่า 0.10% เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 5.4

3) <u>เปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ได้ (%yield)</u>

ในการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ของแหล่งทรายก่อสร้างอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด ในระดับโรงงานต้นแบบ พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่เป็นวัตถุดิบในการทดลอง 100% เมื่อผ่านกระบวนการเพิ่มคุณภาพ จะได้ผลผลิตที่เป็นผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ 50% (%yield เท่ากับ 50%) กรวด และทรายหยาบ (+25 เมช) 7% ทรายละเอียด (-140 เมช) 38% และทรายสิ่งเจือปนคัดทิ้ง (concentrate&tailing) 5%

ตารางที่ 5.1 การกระจายของขนาดอนุภาคผลพลอยได้ฯ ก่อนและที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ

ขนาด (เมช)	% น้ำหนักผลพลอยได้ฯ ก่อนการเพิ่มคุณภาพ			% น้ำหนักผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ		
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3
+ 30	7.29	7.34	8.48	-	-	-
- 30+40	4.54	4.57	7.48	0.50	1.22	1.59
- 40+50	11.26	11.55	13.87	7.50	10.34	12.08
- 50+70	17.71	15.31	16.24	22.39	22.37	24.46
- 70+100	23.47	23.18	22.46	33.15	34.65	34.46
- 100+140	16.89	17.09	15.87	24.09	23.22	20.86
- 140+200	18.86	10.92	6.85	12.37	7.39	5.30
- 200	-	10.04	8.76	-	0.79	1.25

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบการกระจายขนาดระหว่างทรายแก้วของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกกับผลพลอยได้ฯ ก่อนและที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ

ขนาด (เมช)	% น้ำหนักในทรายแก้วของอุตสาหกรรมแก้วและกระจก	% น้ำหนักผลพลอยได้ฯ ก่อนการเพิ่มคุณภาพ	% น้ำหนักผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ
+ 30	≤ 0.5	1.77 - 15.46	0
- 30+40	≤ 5.0	1.06 - 13.47	0.19 - 2.97
- 140+200	≤ 12	4.38 - 31.26	3.58 - 15.00
- 200	≤ 2	1.43 - 28.08	0.45 - 2.00

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ฯ ก่อนและที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ

เปอร์เซ็นต์	ผลพลอยได้ฯ ก่อนการเพิ่มคุณภาพ					ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ				
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4	ตัวอย่างที่ 5
SiO_2	98.351	97.585	97.690	98.340	96.220	99.457	99.310	99.320	99.350	99.315
Al_2O_3	0.412	0.574	0.850	0.300	1.420	0.170	0.391	0.373	0.370	0.370
Fe_2O_3	0.245	0.320	0.219	0.180	0.356	0.100	0.107	0.098	0.095	0.107
TiO_2	0.386	0.180	0.268	0.130	0.240	0.000	0.031	0.027	0.025	0.029
CaO	0.001	0.016	0.010	0.010	0.001	0.010	0.001	0.003	0.010	0.001
MgO	0.006	0.004	0.010	0.280	0.006	0.000	0.010	0.010	0.005	0.006
K_2O	0.065	0.622	0.213	0.200	0.320	0.040	0.050	0.040	0.040	0.032
Na_2O	0.016	0.002	0.040	0.020	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LOI	0.510	0.620	0.700	0.540	1.420	0.140	0.150	0.150	0.140	0.140

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างทรายแก้วของอุตสาหกรรมแก้วและกระจกกับผลพลอยได้ฯ ก่อนและที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ

เปอร์เซ็นต์	อุตสาหกรรมแก้วและกระจก	ผลพลอยได้ฯ ก่อนการเพิ่มคุณภาพ	ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ
SiO_2	$\geq$ 99.20	96.22 - 98.351	99.31 - 99.45
Al_2O_3	$\leq$ 0.40	0.30 - 1.42	0.17 - 0.39
Fe_2O_3	$\leq$ 0.09	0.18 - 0.356	0.092 - 0.107
TiO_2	$\leq$ 0.10	0.13 - 0.38	$\leq$ 0.31
LOI	$\leq$ 0.40	0.51 - 1.42	$\leq$ 0.15

5.3 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่แหล่งทรายก่อสร้าง อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด ในระดับโรงงานต้นแบบ พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับโรงงานต้นแบบ มีการกระจายของขนาดและองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานของทรายแก้วที่ใช้อุตสาหกรรมแก้วและกระจก แม้ว่าขนาดและองค์ประกอบทางเคมีบางรายการจะเกินเกณฑ์มาตรฐาน เช่น มีทรายที่ละเอียดเกินกว่า 140 เมช มากกว่า 12% มี Fe_2O_3 มากกว่า 0.090% มี TiO_2 มากกว่า 0.10% เป็นต้น แต่จากการประสานความร่วมมือกับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแก้วและกระจก พบว่า มีความเป็นไปได้ในการนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้ โดยบริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมกระจก และบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมแก้ว ได้ให้ความร่วมมือในการนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพดังกล่าวมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตกระจก/แก้วของบริษัทฯ (รายละเอียดในบทที่ 6)

บทที่ 6

การนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

บทที่ 6
การนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ในบทนี้มีเนื้อหาประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแก้วและกระจก และผลการนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

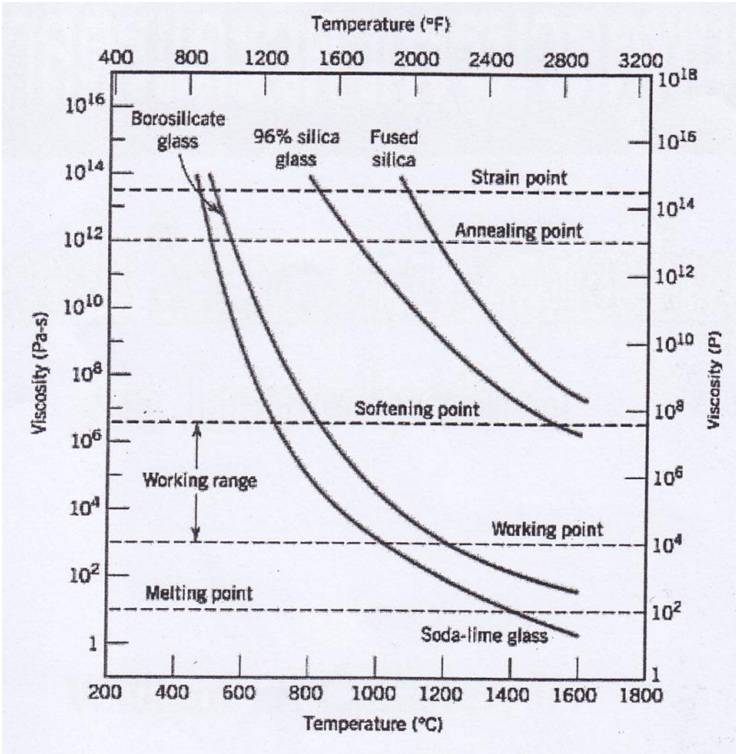
6.1 กระบวนการผลิตแก้วและกระจก

แก้ว เป็นสภาวะอย่างหนึ่งของสารที่มีการจัดเรียงโครงสร้างอย่างไม่เป็นระเบียบ หรือสูญเสียโครงสร้างที่เป็นผลึก (amorphous) แตกต่างจากของแข็งโดยทั่วไปที่มีโครงสร้างเป็นรูปผลึก (crystalline) จัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยปกติสารที่หลอมเหลว เมื่อถูกทำให้เย็นลงอย่างช้าๆ จะกลายเป็นของแข็งที่มีโครงสร้างโมเลกุลเรียงเป็นระเบียบที่เรียกว่าผลึก แต่ถ้าการลดอุณหภูมินั้นถูกกระทำอย่างรวดเร็วทันที ของเหลวนั้นจะกลายเป็นของแข็งที่ไม่มีโครงสร้างที่เป็นผลึกเรียกว่า อัญรูป อะตอมในโมเลกุลจะเรียงกันอยู่อย่างสับสน วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้วจะหลอมเหลวรวมกันเป็นเนื้อแก้ว เมื่อทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วจะทำให้เนื้อแก้วหลังกระบวนการหลอมมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีความหนืดสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดการแข็งตัว (William D. Callister, 2005) ผลผลิตของแก้วมีหลายชนิด เช่น **กระจก** ขวดแก้ว หลอดไฟ ใยแก้ว เป็นต้น สำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้ว และกระบวนการผลิตแก้ว สามารถสรุปได้ ดังนี้

<u>วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้ว</u>

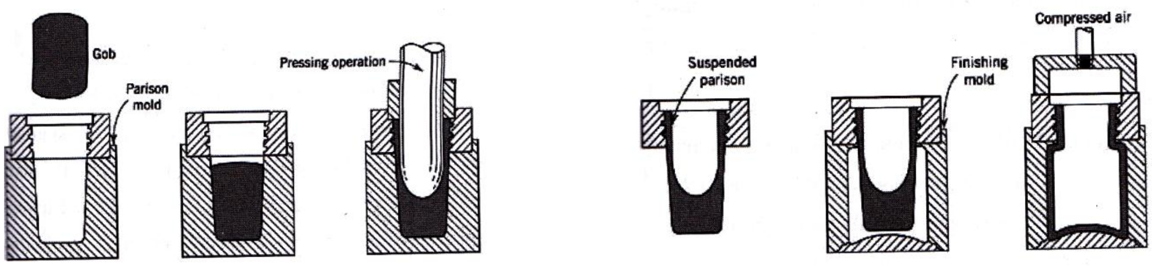
1) ทรายแก้ว (silica sand) มีสมบัติทำให้เกิดเนื้อแก้ว
2) หินปูน (limestone) มีสมบัติทำให้เนื้อแก้วคงทน
3) โดโลไมต์ (dolomite, $CaMg(CO_3)_2$) มีสมบัติทำให้เนื้อแก้วคงทน
4) เฟลด์สปาร์ (feldspar) มีสมบัติช่วยในการหลอมละลายของทรายแก้ว
5) โซดาแอช (soda ash, Na_2CO_3) ไม่ใช่วัตถุดิบจากธรรมชาติ เป็นสารเคมีสังเคราะห์ มีสมบัติช่วยในการหลอมละลายของทรายแก้ว และลดอุณหภูมิในการหลอม
6) สารอื่นๆ ขึ้นอยู่กับสมบัติของแก้ว เช่น บอแรกซ์ (borax) โลหะออกไซด์ สารประกอบซัลเฟต เป็นต้น

7) ขวดแก้ว เศษแก้ว (cullet) มีสมบัติทำให้เกิดเนื้อแก้วอีกทั้งยังช่วยลดพลังงาน ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดปัญหาโลกร้อน และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 6.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอุณหภูมิ

(William D.Callister, Jr., 2005)



(ก) เทคนิคการกด (pressing) (ข) เทคนิคการเป่า (blowing)

รูปที่ 6.2 เทคนิคการกดและเป่าสำหรับการผลิตขวดแก้ว

(William D.Callister, Jr., 2005)

<u>กระบวนการผลิตแก้ว</u> มีขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ ดังนี้

1) การหลอม (melting) ในเตาหลอม (tank furnace) เป็นกระบวนการต่อเนื่อง โดยเป็นการให้ความร้อนแก่วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแก้วที่ผ่านการคัดขนาดมาผสมรวมกัน จนเกิดการหลอมเหลวในเตาหลอมที่อุณหภูมิประมาณ 1,500 - 1,600 องศาเซลเซียส การใช้งานผลิตภัณฑ์แก้วส่วนใหญ่จะคำนึงถึงความโปร่งใสของเนื้อแก้ว ดังนั้น การผลิตจำเป็นต้องควบคุมให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อเดียวและปราศจากรูพรุนซึ่งอาจเกิดขึ้นจากฟองแก๊สที่เกิดในช่วงของการผลิต การทำให้เป็นเนื้อเดียวกันอย่างสมบูรณ์นั้นได้จากการผสมและหลอมเหลววัตถุดิบที่สมบูรณ์ มีการควบคุมความหนืดของเนื้อแก้วให้เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดรูพรุนจากฟองแก๊ส

2) การขึ้นรูป (shaping or forming) การขึ้นรูปแก้วจำเป็นต้องพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด (Viscosity) และอุณหภูมิ (Temperature) สำหรับแก้วชนิดนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.1 โดยมีจุดสำคัญที่เกี่ยวเนื่องกับการขึ้นรูป ดังนี้

– จุดหลอมเหลว (melting point) เป็นอุณหภูมิที่แก้วมีค่าความหนืด 10 Pa-s (100 P) แก้วมีความหนืดต่ำเป็นของไหลที่เรียกได้ว่าเป็นของเหลวโดยสมบูรณ์

– จุดขึ้นรูป (working point) เป็นอุณหภูมิที่ค่าความหนืดเท่ากับ 10^3 Pa-s (10^4 P) สามารถขึ้นรูปแก้วได้โดยง่ายที่ค่าความหนืดนี้

– จุดอ่อนตัว (softening point) เป็นอุณหภูมิที่มีค่าความหนืดเท่ากับ 10^6 Pa-s (10^7 P) เป็นอุณหภูมิสูงสุดที่แก้วจะสามารถถูกจับเคลื่อนย้ายได้โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปร่าง

– จุดอบอ่อน (annealing point) เป็นอุณหภูมิที่ค่าความหนืดเท่ากับ 10^{12} Pa-s (10^{13} P) ที่อุณหภูมินี้การแพร่ของอะตอมเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ความเค้นตกค้างจะถูกกำจัดไปอย่างรวดเร็วภายในเวลา 15 นาที

– จุดแข็งตัว (strain point) เป็นอุณหภูมิที่ค่าความหนืดเท่ากับ 3×10^{13} Pa-s (3×10^{14} P) สำหรับอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดแข็งตัว แก้วจะมีการแตกหักเมื่อถูกแรงกระทำ

การขึ้นรูปแก้วโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิจุดขึ้นรูปและจุดอ่อนตัว ซึ่งอุณหภูมิจะเป็นค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับส่วนผสมของแก้ว เช่น แก้วโซดาไลม์มีจุดอ่อนตัวเท่ากับ 700 ºC แก้ว 96% ซิลิกามีจุดอ่อนตัวเท่ากับ 1,550 ºC เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 6.1 การขึ้นรูปแก้วมี 4 วิธี ได้แก่ การกด (pressing) การเป่า (blowing) การดึง (drawing) และการผลิตเส้นใย (fiber forming) โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) การกด (pressing) ใช้ในการผลิตชิ้นงานที่มีความหนา เช่น จาน หรือแผ่นแก้ว เป็นต้น โดยชิ้นงานของแก้วจะถูกขึ้นรูปโดยใช้แรงดันจากแท่นกด อัดลงในแม่พิมพ์ที่ทำด้วยเหล็กหล่อเคลือบด้วยแกรไฟต์ ซึ่งแม่พิมพ์จะถูกทำให้ร้อนไว้ก่อนเพื่อที่จะได้ผิวของผลิตภัณฑ์แก้วที่

เรียบสม่ำเสมอเพราะแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เนื้อแก้วไหลแนบสนิทกับผิวแม่พิมพ์ได้ดี ดังแสดงในรูปที่ 6.2 (ก)

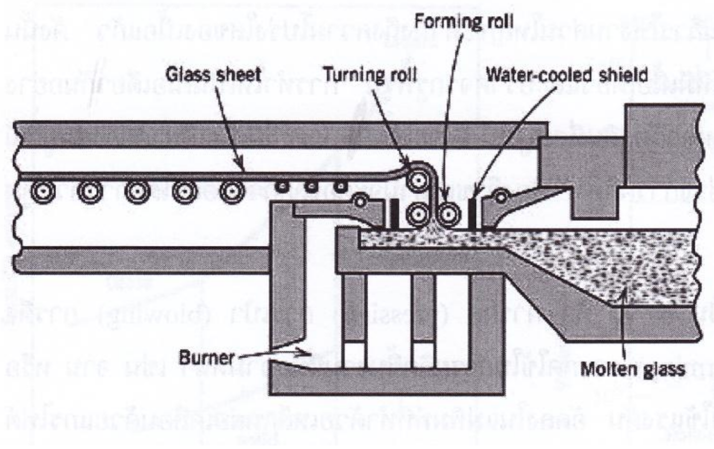
(2) การเป่า (blowing) ใช้ในการผลิตชิ้นงานที่มีความหนาของผนังแก้วบางมีช่องว่างภายในมาก เช่น ขวดแก้ว หลอดไฟ เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปการผลิตชิ้นงานดังกล่าว ก้อนแก้วดิบจะถูกขึ้นรูปร่างอย่างหยาบโดยการอัด (pressing) ขึ้นรูปในแม่พิมพ์ จากนั้นชิ้นงานหยาบจะถูกนำไปใส่ในแม่พิมพ์สำหรับเป่า และถูกเป่าด้วยลมจากภายในตัวชิ้นงานทำให้ผนังของชิ้นงานเป็นไปตามรูปร่างของแม่พิมพ์นั้น ดังแสดงในรูปที่ 6.2 (ข)

(3) การดึง (drawing) เป็นการขึ้นรูปแก้วที่มีลักษณะเป็นแผ่น หลอด แท่ง หรือเป็นเส้นใย ซึ่งมีขนาดพื้นที่หน้าตัดคงที่ โดยน้ำแก้วหลอมเหลวจะถูกดึงด้วยเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 6.3 ซึ่งแผ่นแก้วอาจผลิตโดยการรีดร้อนก็ได้ ความเรียบและลักษณะพื้นผิวของแก้วสามารถพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยวิธี float process คือ น้ำแก้วจะถูกปล่อยลงสู่อ่างโลหะ (Float Bath or Tin Bath) ซึ่งบรรจุโลหะดีบุกหลอมเหลวที่มีคุณสมบัติหนักกว่าน้ำแก้ว โดยน้ำแก้วจะไหลเป็นสายเรียบลอยตัวบนผิวของโลหะดีบุกหลอมเหลวภายใต้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม ส่งผลให้ผิวทั้ง 2 ด้านของกระจกที่ได้ขนานกันและเรียบสนิท หลังจากนั้นกระจกแผ่นจะค่อยๆ ถูกทำให้เย็นขณะที่ไหลผ่านมาทางปลายอ่างโลหะดีบุกหลอมเหลว และเมื่อกระจกแข็งตัวจะถูกนำไปผ่านกรรมวิธีทางความร้อนอีกครั้งในกระบวนการอบอ่อน (annealing) ซึ่งเรียกว่า lehr เพื่อกำจัดความเค้น (stress) ที่หลงเหลืออยู่ ดังแสดงในรูปที่ 6.4

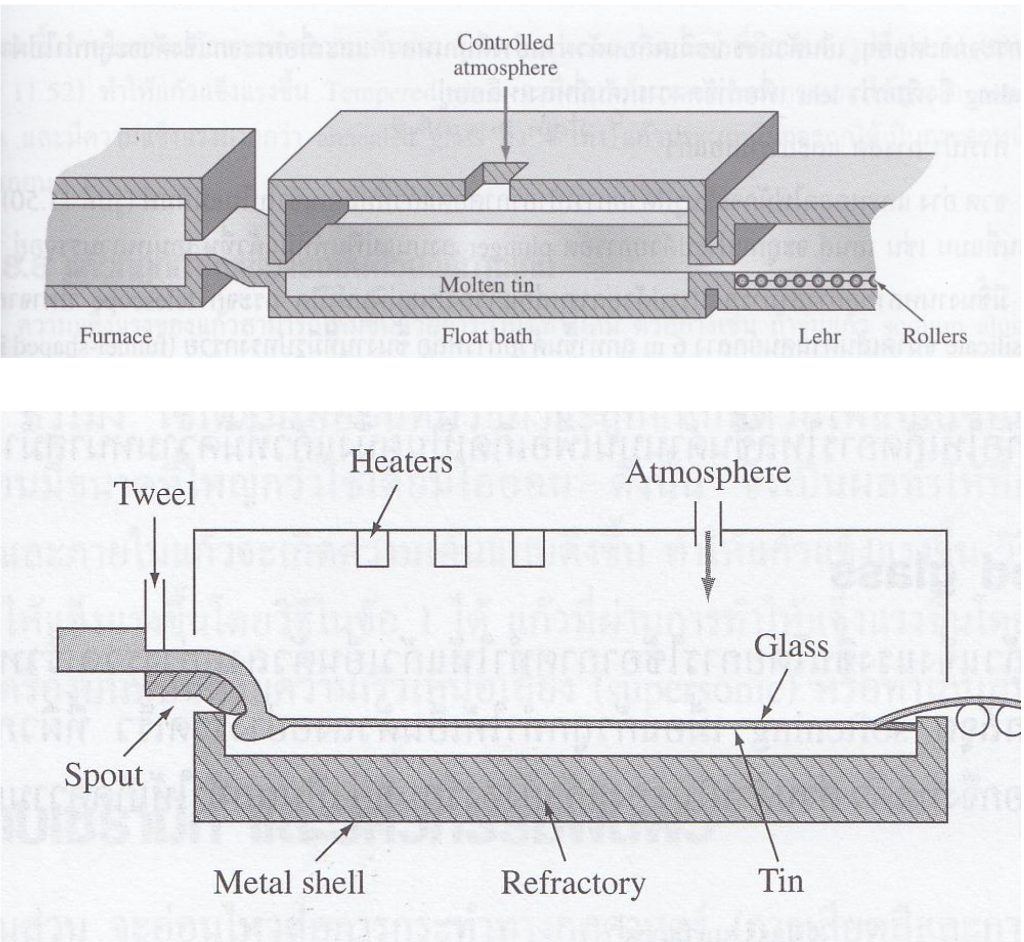
(4) การขึ้นรูปเป็นเส้นใย (fiber forming) เป็นกระบวนการดึงขึ้นรูปอย่างต่อเนื่องที่ซับซ้อน แก้วหลอมเหลวจะถูกบรรจุในภาชนะที่ทำด้วยแพลทินัม เส้นใยจะถูกสร้างโดยดึงแก้วหลอมเหลวผ่านรูเปิดขนาดเล็กๆ หลายๆ รูที่ก้นภาชนะ ที่สำคัญคือ จำเป็นต้องควบคุมความหนืดของแก้ว โดยควบคุมอุณหภูมิของภาชนะ และรูเปิดเล็กๆ นั้น

3) การอบอ่อน (annealing) เมื่อแก้วเย็นตัวจากอุณหภูมิสูง จะเกิดความเค้นตกค้างภายในเรียกว่า ความเค้นจากความร้อน (thermal stress) เกิดจากความแตกต่างระหว่างอัตราการเย็นตัว ทำให้เกิดการหดตัวที่ไม่เท่ากันระหว่างพื้นผิวภายนอกและบริเวณเนื้อภายใน ความเค้นจากความร้อนนี้มีผลอย่างมากต่อสมบัติทางกลของแก้ว เช่น แก้วมีความเปราะ ซึ่งจะทำให้ความแข็งแรงของวัสดุต่ำลง และในบางกรณีทำให้เกิดการแตกหักขึ้นได้ เรียกว่าเกิดการช็อกเนื่องจากความร้อน (thermal shock) เป็นต้น ดังนั้น การหลีกเหลี่ยงการเกิดความเค้นจากความร้อน คือ การให้มีการเย็นตัวของชิ้นงานอย่างช้าๆ แต่หากเกิดความเค้นนี้แล้ว เราสามารถลดปริมาณความเค้นได้โดยกรรมวิธีทางความร้อนที่เรียกว่า การอบอ่อน (annealing) โดยให้ความร้อนไปถึงจุดอ่อนตัวแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงช้าๆ จนถึงอุณหภูมิห้อง

4) การตบแต่ง (finishing) และการตรวจสอบควบคุมคุณภาพ เป็นกระบวนการสุดท้ายก่อนนำผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย เช่น การทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ (cleaning) การขัด (polishing) การตัด (cutting) เป็นต้น



รูปที่ 6.3 กระบวนการขึ้นรูปแผ่นแก้วโดยการดึงขึ้นรูปอย่างต่อเนื่อง
(William D.Callister, Jr., 2005)



รูปที่ 6.4 กระบวนการผลิตกระจกแผ่นเรียบโดยวิธี float process
(William F. Smith and Javad Hashemi, 2008)

6.2 ผลการนำผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

6.2.1 ผลการทดลองในอุตสาหกรรมกระจก

สถานที่ทดลอง

การศึกษาทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมกระจกได้รับความร่วมมือจากบริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นหนึ่งในบริษัทสาขาระดับใหญ่ของบริษัท อาซาฮีกลาส จำกัด ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นโรงงานผู้ผลิตกระจกโฟลตแห่งแรกในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2506 มีจำนวนโรงงานรวม 3 แห่ง ได้แก่ โรงงานที่จังหวัดสมุทรปราการ จังหวัดชลบุรี และจังหวัดระยอง โดยโรงงานที่ใช้ในการศึกษาทดลองในโครงการคือ โรงงานที่จังหวัดสมุทรปราการ ที่อยู่ 200 หมู่ที่ 1 ถนนสุขสวัสดิ์ ตำบลปากคลองบางปลากด อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ 10290 (ดูรายละเอียดที่ www.agc-flatglass.co.th) ปัจจุบันบริษัทฯ เป็นผู้ผลิตกระจกแผ่นสำหรับติดตั้งในอาคารและโครงสร้างต่าง ๆ นอกจากนี้ยังผลิตกระจกสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ อุตสาหกรรมตกแต่ง อุตสาหกรรมกระจกเงา เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องใช้อื่นๆ ผลิตภัณฑ์กระจกของบริษัทฯ มี 4 กลุ่มผลิตภัณฑ์ ดังนี้ (ที่มา: www.agc-flatglass.co.th)

1) กระจกโฟลต (Float glass) หรือกระจกแผ่นเรียบที่ผลิตด้วยกระบวนการ float process แสดงดังรูปที่ 6.4 มีทั้งชนิดใส (Clear Float Glass) และสีตัดแสง (Tinted Float Glass) เช่น สีชาดำ สีเขียวเข้ม สีฟ้าเข้ม สียูโรบรอนซ์ สียูโรเกรย์ เป็นต้น

2) กระจกเงา (Mirror) ได้แก่ กระจกเงามิโรเทคหลังสีเขียว หลังสีขาว หลังสีเขียวเข้ม

3) กระจกสะท้อนแสง (Heat Reflective Glass) มีการเคลือบกระจกได้คงทนและบางมากจนมองผ่านได้จึงทำให้ได้กระจกสะท้อนแสงที่มีคุณภาพสูงทั้งด้านการสะท้อนแสงและความคงทนถาวรของชั้นผิวโลหะที่เคลือบ ได้แก่ กระจกสะท้อนแสงโซลาร์แทค โซลาร์แทคพลัส โซลาร์แทคเอชทีซันเนอร์จี สต๊อปโซล และพลานิเบลจี

4) กระจกชนิดอื่นๆ ได้แก่ กระจกลวดลาย กระจกแพทเทิร์น กระจกเสริมลวด กระจกนิรภัยเทปเปอร์ กระจกฉนวนความร้อน กระจกนิรภัยลามิเนต กระจกชนิดบางพิเศษ กระจกชนิดใสพิเศษ กระจกชนิดผิวเรียบพิเศษ

ขั้นตอนในการทดลอง

บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) ได้ศึกษาทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตกระจกโฟลตใสหรือกระจกใสแผ่นเรียบ มอก. 880–2547 ดังแสดงรายละเอียดในภาคผนวก จ ซึ่งผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพดังกล่าวมีสมบัติใกล้เคียงกับข้อกำหนดคุณลักษณะทราย

แก้วที่ใช้ในการผลิตกระจกของบริษัทฯ ดังแสดงในตารางที่ 6.1 โดยมีขั้นตอนในการศึกษาทดลอง คือ นำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ มาผสมกับทรายแก้วที่บริษัทฯ ใช้อยู่เดิม โดยมีอัตราส่วนการผสมจาก 5% ถึง 55% เป็นเวลา 52 วัน เนื่องจากทางบริษัทฯ ต้องการควบคุมคุณภาพกระจกไม่ให้เบี่ยงเบนจนเกินไป เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนทันทีอาจส่งผลให้น้ำแก้วเมื่อหลอมแล้วไม่เป็นเนื้อเดียวกันทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบคุณลักษณะของผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับโรงงานต้นแบบกับทรายแก้วที่ใช้ใน บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)

สมบัติ	ทรายแก้วที่ใช้ในบริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)	ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ
ขนาดน้อยกว่า 140 เมช (0.106 มม.)	$\leq$ 12.00%	$<$15.00%
% moisture content	$\leq$ 5.0%	$<$ 5.00%
SiO_2	$\geq$ 99.2%	99.30-99.40%
Fe_2O_3	$\leq$ 0.09%	0.09-0.11%
Al_2O_3	$\leq$ 0.40%	0.30-0.40%
LOI	$\leq$ 0.40%	$<$ 0.15%

<u>ผลการทดลอง</u>

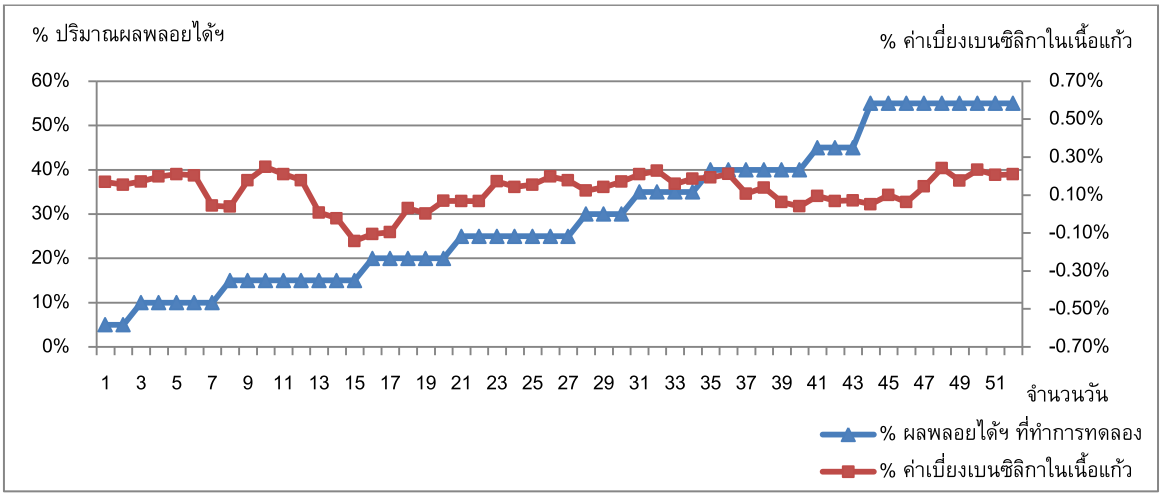
จากตารางที่ 6.2 และรูปที่ 6.5 จะเห็นว่าค่าเบี่ยงเบนของ SiO_2 อยู่ในช่วง -0.14 ถึง 0.24% ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการผลิตกระจกแผ่นใสของบริษัทฯ และจากการตรวจสอบคุณภาพของกระจกแผ่นเรียบใสที่ใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพเป็นวัตถุดิบ พบว่า มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กระจกแผ่นเรียบใสของบริษัทฯ และไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์กระจกแผ่นเรียบใสที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ ดังนั้น ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพดังกล่าวสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติสำหรับการผลิตกระจกเรียบใสได้ในอัตราส่วนที่สูงเท่ากับ 55% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 6.2 การใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพที่ บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน)

วันที่	% การใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ	% ปริมาณทรายแก้ว ที่ใช้อยู่เดิม	% ค่าเบี่ยงเบน SiO_2 ในเนื้อกระจก
1	5	95	0.17
2	5	95	0.15
3	10	90	0.17
4	10	90	0.20
5	10	90	0.21
6	10	90	0.20
7	10	90	0.04
8	15	85	0.04
9	15	85	0.18
10	15	85	0.25
11	15	85	0.21
12	15	85	0.18
13	15	85	0.01
14	15	85	-0.02
15	15	85	-0.14
16	20	80	-0.10
17	20	80	-0.10
18	20	80	0.03
19	20	80	0.00
20	20	80	0.07
21	25	75	0.07
22	25	75	0.07
23	25	75	0.17
24	25	75	0.14
25	25	75	0.15
26	25	75	0.20
27	25	75	0.18
28	30	70	0.12
29	30	70	0.14
30	30	70	0.17

ตารางที่ 6.2 การใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพที่ บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) (ต่อ)

วันที่	% การใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ	% ปริมาณทรายแก้วที่ใช้อยู่เดิม	% ค่าเบี่ยงเบน SiO_2 ในเนื้อกระจก
31	35	65	0.21
32	35	65	0.23
33	35	65	0.16
34	35	65	0.19
35	40	60	0.19
36	40	60	0.21
37	40	60	0.11
38	40	60	0.14
39	40	60	0.06
40	40	60	0.04
41	45	55	0.10
42	45	55	0.07
43	45	55	0.07
44	55	45	0.05
45	55	45	0.10
46	55	45	0.06
47	55	45	0.15
48	55	45	0.24
49	55	45	0.18
50	55	45	0.23
51	55	45	0.21
52	55	45	0.21



รูปที่ 6.5 การเปรียบเทียบ % การใช้ผลพลอยได้ฯ และ % ค่าเบี่ยงเบนซิลิกาในเนื้อกระจก

6.2.2 ผลการทดลองในอุตสาหกรรมแก้ว

สถานที่ทดลอง

การศึกษาทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วได้รับความร่วมมือจากบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีฐานการผลิต 2 แห่ง ได้แก่ โรงงานราฎร์บูรณะ ที่อยู่ 15 หมู่ 1 ถนนราษฎร์บูรณะ แขวงราษฎร์บูรณะ เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140 และโรงงานบางพลี ที่อยู่ 78 หมู่ 3 ซอยวัดศรีวารีน้อย ถนนบางนา-ตราด กม.18 ตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ 10540 โดยโรงงานที่ใช้ในการศึกษาทดลองในโครงการคือ โรงงานบางพลี ปัจจุบันบริษัทฯ เป็นผู้ผลิตบรรจุภัณฑ์แก้วสำหรับอุตสาหกรรมเบียร์ วิสกี้ ไวน์ เครื่องดื่มเกลือแร่ เครื่องดื่มบำรุงกำลัง น้ำอัดลม โซดา น้ำดื่ม อาหาร และยา มีกำลังการผลิตบรรจุภัณฑ์แก้ว 2,040 ตันต่อวัน

ขั้นตอนในการทดลอง

บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) ได้ศึกษาทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตขวดแก้วสีชา ซึ่งผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพดังกล่าวมีสมบัติตามข้อกำหนดคุณลักษณะทรายแก้วที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตขวดแก้วสีชาของบริษัทฯ ดังแสดงในตารางที่ 6.3 โดยมีขั้นตอนในการศึกษาทดลอง คือ นำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาผสมกับทรายแก้วที่บริษัทฯ ใช้อยู่เดิม ตามอัตราส่วนการผสมต่างๆ เพื่อควบคุมคุณภาพของขวดแก้วสีชาให้ได้ตามมาตรฐานบริษัท โดยเพิ่มอัตราส่วนการใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติ จาก 25% ถึง 100% เป็นระยะเวลา 16 วัน โดยคงที่ที่ 100% เป็นระยะเวลา 13 วัน และลดลงจาก 100% ถึง 25% เป็นระยะเวลา 9 วัน รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 38 วัน เนื่องจากทางบริษัทต้องการควบคุมคุณภาพไม่ให้เบี่ยงเบนจนเกินไป เพราะถ้ามีการเปลี่ยน

อัตราส่วนทันทีอาจส่งผลให้น้ำแก้วเมื่อหลอมแล้วไม่เป็นเนื้อเดียวกันทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการผลิต การศึกษาทดลองครั้งนี้ได้ดำเนินงานในกระบวนการผลิตขวดแก้วดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 6.1 แสดงดังรูปที่ 6.2

ตารางที่ 6.3 การเปรียบเทียบคุณลักษณะต่างๆ ของผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับโรงงานต้นแบบกับทรายแก้วที่ใช้ใน บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)

สมบัติ	**ทรายแก้วที่ใช้ใน บริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน)**	**ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ**
ขนาด > 18 เมช	< 0.1%	0.0%
ขนาด > 30 เมช	< 1%	0.02%
ขนาด > 40 เมช	< 5%	0.78%
ขนาด < 200 เมช	< 2%	1.38%
SiO_2	> 98.5%	99.28%
Al_2O_3	< 0.5%	0.30%
Fe_2O_3	< 0.20%	0.01%
Cr_2O_3	< 0.0006%	0.0000%

<u>ผลการทดลอง</u>

จากการตรวจสอบคุณภาพของผลผลิตที่เป็นขวดแก้วสีชาที่ใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพเป็นวัตถุดิบ พบว่า มีสมบัติผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ขวดแก้วสีชาของบริษัทฯ และไม่มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ขวดแก้วสีชาที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ ดังนั้น ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพดังกล่าว สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติสำหรับผลิตขวดแก้วสีชาได้ 100%

6.2.3 สรุปผลการทดลอง

การดำเนินงานนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้รับความร่วมมือจาก บริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) และบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) จากผลการทดลอง พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตกระจกใสแผ่นเรียบได้ถึง 55% โดยน้ำหนัก และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตขวดแก้วสีชาได้ถึง 100% โดยน้ำหนัก

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

บทที่ 7
สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

ปัจจุบันปริมาณสำรองทรายแก้วธรรมชาติที่สามารถทำเหมืองได้ในประเทศไทยมีปริมาณลดน้อยลง ประกอบกับกระแสการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้ทวีความรุนแรงขึ้น ทำให้การขยายพื้นที่ทำเหมืองแร่ต่างๆ รวมถึงทรายแก้วเป็นไปได้ยาก ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันในอนาคตของอุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ อาทิ อุตสาหกรรมแก้วและกระจก อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมเซรามิก กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ในฐานะที่เป็นหน่วยงานบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรแร่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ รวมทั้งสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ของภาคอุตสาหกรรม จึงได้ดำเนินการศึกษาและประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้นในการพัฒนาวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติ ผลการศึกษาเบื้องต้น พบว่า มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ (By-product) จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นทรายถมที่ดิน ด้วยเทคโนโลยีแต่งแร่ เพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติ ดังนั้น จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัยในเชิงลึกต่อในโครงการนี้ เพื่อพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก มีเป้าหมายหลักเพื่อผลักดันให้เกิดการใช้วัตถุดิบทดแทนดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ และสร้างความมั่นคงด้านวัตถุดิบให้อุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ โดยได้สำรวจ ศึกษาข้อมูลแหล่งทรายก่อสร้างและผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย คัดเลือกแหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ ศึกษาทดลองทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) และระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) เพื่อพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก รวมทั้งได้ทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติในกระบวนการผลิตแก้วและกระจกของโรงงานผลิตแก้วและกระจกที่ให้ความร่วมมือ ตลอดจนจัดสัมมนาถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก

ผลการศึกษาที่สำคัญของโครงการ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) ทรายก่อสร้างสามารถจำแนกตามแหล่งที่พบได้เป็น 2 แหล่ง ได้แก่ แหล่งทรายแม่น้ำและแหล่งทรายบก จากข้อมูลการเจาะสำรวจโดยสำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พบว่า ทรายก่อสร้างในประเทศไทยมีปริมาณสำรองรวมประมาณ 26,556.9 ล้านลบ.ม. เป็นปริมาณสำรองทรายก่อสร้างในภาคกลางประมาณ 8,107.73 ล้านลบ.ม. ภาคเหนือประมาณ 12,796.85 ล้านลบ.ม. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 5,652.32 ล้านลบ.ม. ขณะที่ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ยังไม่มีการเจาะสำรวจ

2) การผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่จากทรายดิบ 100% จะได้ทรายก่อสร้าง 80% กรวดทรายหยาบ 10% และผลพลอยได้ฯ ที่เป็นเศษทรายทิ้งหรือทรายถม 10% ดังนั้น จากการประเมินข้อมูลเบื้องต้น กรณีที่มีการผลิตทรายก่อสร้างในพื้นที่แหล่งทรายก่อสร้างทั้งหมดในประเทศไทย คาดว่าจะมีปริมาณสำรองผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทยเกิดขึ้นทั้งหมดประมาณ 4,200 ล้านตัน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาเฉพาะแหล่งทรายก่อสร้างที่มีการผลิตในปัจจุบัน รวมถึงแหล่งที่เคยเป็นแหล่งผลิตทรายก่อสร้าง คาดว่าปัจจุบันมีผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย 30 – 40 ล้านตัน

3) แหล่งทรายก่อสร้างที่มีศักยภาพในการพัฒนาคุณภาพผลพลอยได้ฯ ที่ได้คัดเลือกเพื่อศึกษาทดลองการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจก ได้แก่ แหล่งอำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ของบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้าง จำกัด โดยได้พิจารณาจากปริมาณ/ขนาดของแหล่ง คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้ฯ รวมทั้งความร่วมมือของผู้ประกอบการ ซึ่งผลพลอยได้ฯ ในแหล่งมีทราย และสิ่งเจือปนอื่นๆ ได้แก่ กรวดและทรายหยาบที่มีขนาดมากกว่า 30 เมช ประมาณ 5% ทรายที่มีขนาดเล็กกว่า 30 เมช (ทรายก่อนเข้าเครื่องสไปรอล) ประมาณ 89% และฝุ่นละเอียด (slime) 6% แต่ไม่มีแร่เฟลด์สปาร์ และไมกา ทำให้ง่ายต่อการเพิ่มคุณภาพด้วยเทคโนโลยีการแต่งแร่

4) การศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) ได้ดำเนินการศึกษาทดลองที่โรงประลองแร่ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ อ.พระประแดง จ.สมุทรปราการ โดยการใช้ตะแกรงคัดขนาด ไฮโดรไซโคลน และเครื่องสไปรอล ผลการศึกษาทดลอง พบว่า สามารถเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ที่มีทรายและสิ่งเจือปนอื่นๆ ผสมกัน จนมีขนาด คุณภาพ และองค์ประกอบทางเคมีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของทรายแก้วที่ใช้ในการผลิตแก้วและกระจก

5) การศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot scale) ได้ดำเนินการศึกษาทดลองที่โรงแต่งแร่ของบริษัท แอดวานซ์มิเนอรัล เซอร์วิส จำกัด ต.คลองกิ่ว อ.บ้านบึง จ.ชลบุรี ซึ่งได้ให้ความร่วมมือในการศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ผลการศึกษาทดลอง พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพในระดับโรงงานต้นแบบ มีการกระจายของขนาดและองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานของทรายแก้วที่ใช้

อุตสาหกรรมแก้วและกระจก แม้ว่าขนาดและองค์ประกอบทางเคมีบางรายการจะเกินเกณฑ์มาตรฐาน เช่น มีทรายที่ละเอียดเกินกว่า 140 เมช มากกว่า 12% มี Fe_2O_3 มากกว่า 0.090% เป็นต้น โดยมี %yield เท่ากับ 50% (ผลพลอยได้ฯ ที่เป็นวัตถุดิบ 100% เมื่อผ่านกระบวนการเพิ่มคุณภาพจะได้ผลผลิตที่เป็นผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ 50%)

6) การศึกษาทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาทดลองใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกได้รับความร่วมมือจากบริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) และบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) จากผลการทดลองพบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ สามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตกระจกใสแผ่นเรียบของบริษัท กระจกไทยอาซาฮี จำกัด (มหาชน) ได้ถึง 55% โดยน้ำหนัก และสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในกระบวนการผลิตขวดแก้วสีชาของบริษัท อุตสาหกรรมทำเครื่องแก้วไทย จำกัด (มหาชน) ได้ถึง 100% โดยน้ำหนัก

7) การประเมินความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ พบว่า การเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ เพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมแก้วและกระจกมีความเป็นไปได้สูงมาก โดยจากการประเมินต้นทุนการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ พบว่า ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพสามารถแข่งขันได้กับทรายแก้วธรรมชาติ นอกจากนี้ ปริมาณสำรองทรายแก้วธรรมชาติที่ลดลง ขณะที่ความต้องการใช้ทรายแก้วของอุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพจะเป็นวัตถุดิบทดแทนทางเลือกที่สำคัญของอุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ โดยจากการประเมินข้อมูลเบื้องต้น พบว่า มีผลพลอยได้หรือเศษทรายทิ้งจากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในประเทศไทย 30 – 40 ล้านตัน ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำมาเพิ่มคุณภาพเพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วได้ไม่น้อยกว่า 15 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 7,500 ล้านบาท ทั้งนี้ การเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ในแต่ละแหล่ง อาจมีต้นทุนและเทคนิคที่แตกต่างขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทั้งทางกายภาพและทางเคมีของผลพลอยได้ฯ ในแหล่งนั้นๆ

8) ผลการจัดสัมมนาถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ ให้แก่ผู้ประกอบการ นักวิชาการ และเจ้าหน้าที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ มีผู้เข้าร่วมสัมมนาฯ รวม 155 คน โดยผู้ที่เข้าร่วมสัมมนาเกือบทั้งหมดสามารถนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการประกอบการ/ดำเนินธุรกิจได้ (ดูภาคผนวก ฉ)

7.2 ข้อเสนอแนะ

1) <u>ด้านการศึกษาวิจัย</u>

– ควรมีการศึกษาทดลองเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตทรายก่อสร้างในแหล่งอื่นๆ ที่มีศักยภาพเพิ่มเติม เนื่องจากแต่ละแหล่งอาจมีองค์ประกอบทั้งทางกายภาพและทางเคมีของผลพลอยได้ฯ ที่แตกต่างกัน

– ควรมีการศึกษาทดลองนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ เช่น อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมเซรามิก เป็นต้น เพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติในอุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ

– ควรมีการศึกษาทดลองเพื่อนำเศษทรายละเอียด (-140 เมช) ที่เหลือจากกระบวนการเพิ่มคุณภาพผลพลอยได้ฯ (38% ของปริมาณผลพลอยได้ฯ ก่อนการเพิ่มคุณภาพ) มาใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2) <u>ด้านนโยบาย/มาตรการ</u> ภาครัฐควรส่งเสริมให้มีการใช้ผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติในทุกอุตสาหกรรมที่ใช้ทรายแก้วเป็นวัตถุดิบ เพื่อลดการใช้ทรายแก้วธรรมชาติ และเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อประเทศ โดยกำหนดแนวทาง/มาตรการ/สิทธิประโยชน์ รวมถึงกระบวนทางกฎหมายที่ส่งเสริมและเอื้ออำนวยให้เกิดการนำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพ มาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้วธรรมชาติ ทั้งในส่วนของผู้ประกอบการที่นำผลพลอยได้ฯ มาเพิ่มคุณภาพเพื่อเป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้ว และผู้ประกอบการที่นำผลพลอยได้ฯ ที่ผ่านการเพิ่มคุณภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนทรายแก้ว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- นิคม โชติกานนท์. **การแต่งแร่.** พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2536.
- ภิญโญ มีชำระ. **Mineral and Process Engineering, เอกสารประกอบการบรรยาย ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
- ศิริชัย โพธิตาปนะ และชาญเดช พิศิษฐ์ไพบูลย์. **ทรายทำแบบหล่อโลหะ งานหล่อโลหะ และทำแบบไม้.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ, 2538.
- สมคิด ปราบภัย. **อะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปกโตรสโคปี และการใช้งานเครื่องอะตอมมิค แอบซอร์บชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2542.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการจัดการข้อมูลเพื่อการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมและการฟื้นฟูแหล่งทราย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 12 จังหวัด.** (จังหวัดเลย ชัยภูมิ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ขอนแก่น หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย สกลนคร และมหาสารคาม), 2549.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมการใช้ทรัพยากรทราย.** 2550.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมจากการใช้ทรัพยากรทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 จังหวัด.** (จังหวัดร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ ยโสธร อุบลราชธานี อำนาจเจริญ มุกดาหาร และนครพนม), 2547.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมและการฟื้นฟูแหล่งทรายภาคกลาง 10 จังหวัด.** (จังหวัดกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร นนทบุรี ปทุมธานี สระบุรี ลพบุรี ชัยนาท และอุทัยธานี), 2543.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมและฟื้นฟูแหล่งทรายภาคกลาง 5 จังหวัด.** (จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี สุพรรณบุรี และนครนายก), 2543

บรรณานุกรม (ต่อ)

- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมและการฟื้นฟูแหล่งทรายภาคเหนือ.** (จังหวัดเพชรบูรณ์ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ พิจิตร เชียงราย พะเยา แพร่ และน่าน), 2545.
- สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **โครงการวางแผนการจัดการสิ่งแวดล้อมและฟื้นฟูแหล่งทรายภาคเหนือ.** (จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง ตาก สุโขทัย กำแพงเพชร และนครสวรรค์), 2544.
- สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ณรงค์ ยืนยงหัตถภรณ์ อภิรัฐ ธีรภาพวิเศษพงษ์ และเอกภพ ศรีเรืองฤทธิ์. **รายงานผลการศึกษาทดลอง การแต่งแร่พลวงเปอร์เซ็นต์ต่ำจากประเทศสหภาพเมียนมาร์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร, 2550
- เสถียร สุคนธ์พงเผ่า. **บริบทใหม่การบริหารจัดการแหล่งทรายน้ำจืดในประเทศไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี, 2547.
- อัศวิน ไตรญาณ. **รายงานสำรวจแหล่งทรายแก้วจังหวัดภูเก็ต ตรัง และนครศรีธรรมราช.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: กรมทรัพยากรธรณี, 2515.
- Christopher W. Sinton. **Raw materials for glass and ceramics.** 2nd. New Jersy: John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- Dash et al.. **Mathematical modeling of separation characteristics of a coal-washing spiral.** International journal of mineral processing. 2007, 84:118-132
- John M. Currie. **Unit operations in mineral processing.** 2nd. British Columbia: CSM; 1978.
- Kempnich R.J.. **Coal preparation- a world review. In: Proceedings of the 20th International Coal Preparation Conference.** 2003.
- Michael Silva. Placer gold recovery method. 1st. California: **California department of conservation division of mines and geology.** 1986.
- Mishra B.K.. **A preliminary study of particle separation in spiral concentrators using DEM. International journal of mineral processing.** 2010 January 13, 2010.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- Norman L. Weiss. **SME mineral processing handbook. 1st. New York: American institute of mining metallurgical and petroleum engineering.** Inc, 1985.
- Osborne D.G.. **Fine coal cleaning by gravity method: a review of current practice. Coal preparation.** 1986.
- Available from http://www.dss.go.th/dssweb/st-articles/files/pep_2_2546_microwave.pdf
- Available from http://www.eg.mahidol.ac.th/.../ChE303-1%20Bulk%20Density%20Determination. Pdf
- Available from: http://www.kkw.rmutr.ac.th/dream8/pdf/lab.../Sieve%20Analysis.pdf
- Available from: http://www2.onep.go.th/Naturalresources/soil/sand/sand04b.htm
- R.Q. Honaker, M. Jain, B.K. Parekh, M. Saracoglu. **Ultrafine coal cleaning using spiral concentrators. Mineral Engineering. 2007** Aug 11, 20:1315-9
- Richard O. Burt. **Gravity concentration technology. 5th. New York: Elsevier science publishing company,** Inc, 1984.
- Richards et al.. Gravity **separation of ultra-fine (-0.1 mm) minerals using spiral separators.** Mineral Engineering. 2000.
- William D. Callister, Jr. **Materials Science and Engineering An Introduction.** Tops.2005.
- William F. Smith and Javad Hashemi. **Materials Science and Engineering 4/e**.McGraw-hill.2008.
- Wills B.A.. **Mineral processing technology.** 1992.