



## การแต่งทรายจากกระบวนการผลิตแร่ดินขาวระนองเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก Beneficiation of waste-sand from Ranong Kaolin production for ceramics Industries

วิริยะ ทองคำอยู่<sup>1</sup> และ วิษเนศวร์ ดাঁคอง<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

\*Corresponding Author; Email: wikhanet.d@psu.ac.th

### บทคัดย่อ

ทรายจากกระบวนการผลิตแร่ดินขาว จากแหล่งแร่ดินขาวหาดส้มแป้น ในจังหวัดระนอง ปัจจุบันขายเป็นทรายก่อสร้างทั่วไป งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทดลองการแต่งทราย ให้สามารถนำไปใช้ทดแทนทรายแก้วในอุตสาหกรรมเซรามิกเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของทรายโดยทำการศึกษา แร่วิทยา การบดแร่ การคัดขนาด การขัดด้วยกรด การลอยแร่ และการแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่าวิธีการแยกทรายด้วยแม่เหล็กโดยเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ Frantz Isodynamic Magnetic สามารถปรับปรุง %SiO<sub>2</sub> ของทรายป้อนจาก 79.83 % เป็น 98.8% ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ทดแทนการใช้ทรายแก้วได้ แต่อย่างไรก็ดี ขนาดและความสม่ำเสมอของเม็ดทราย ก็เป็นอีกปัจจัยสำคัญหนึ่งที่มีผลต่อการใช้ทรายแก้วในอุตสาหกรรม

### ABSTRACT

The wasted sand from Kaolinite ore processing plant in Hadsompaen deposit, Ranong province. Nowadays, Kaolinite-wasted sand used for general construction only. This research aimed to beneficiation to improving qualities for ceramics industries by studying mineralogy, grinding, sizing, bleaching, flotation and electromagnetic separation. The study found that, the sand dressed by magnetic separation with Frantz Isodynamic Magnetic Separator is the best way to process Kaolin-wasted sand in case of SiO<sub>2</sub> from 79.83% to 98.8 % able to use instead of Silica sand in ceramics industries. However, size and distribution of sand are significant factor for Silica sand industries.

**คำสำคัญ:** การแต่งทราย ทรายจากแร่ดินขาว ทรายทดแทนทรายแก้ว

**Keywords:** Sand beneficiation, Kaolinite ore sand, Alternative Silica sand

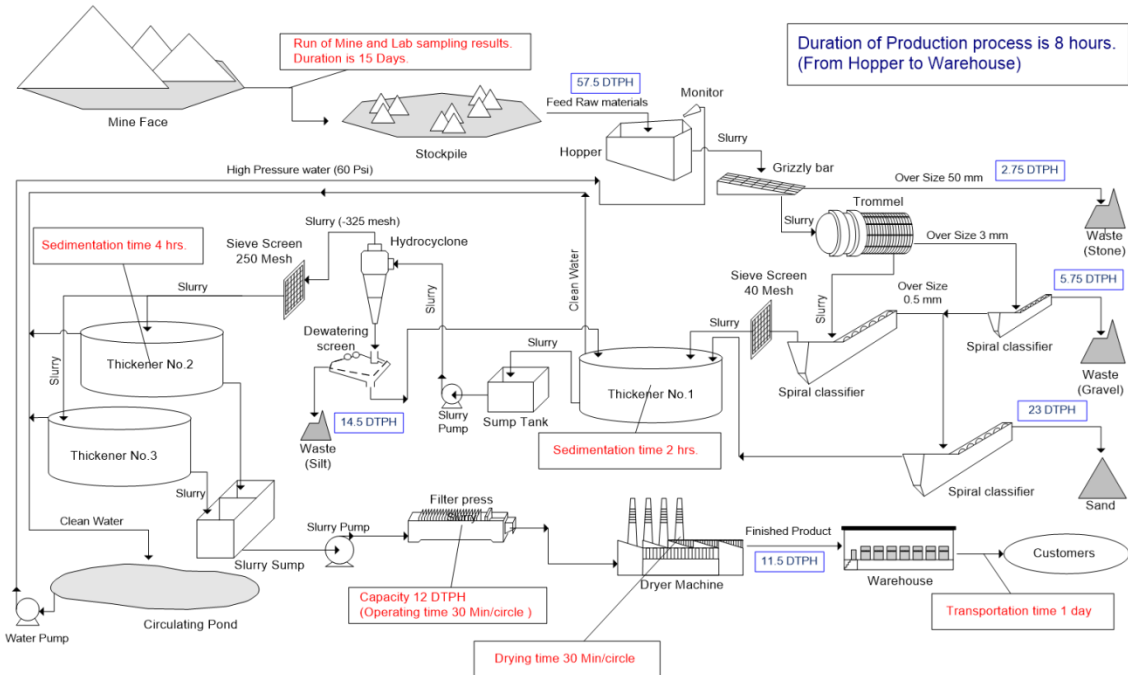
## บทนำ

แร่ควอตซ์ (Quartz) สูตรทางเคมี  $\text{SiO}_2$  เป็นแร่ที่กำเนิดอยู่ในกลุ่มเทคโทซิลิเกต โดยเป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญที่สุด ส่วนมากพบในหินอัคนีที่มีซิลิกาสูง เช่น แกรนิต ไรโอไลต์ และเพกมาไทต์ นอกจากนั้นยังพบในหินแปร จำพวกไนส์ ซีสต์ และหินตะกอนจำพวกหินทราย แร่ควอตซ์ชนิดสีขาวหรือไม่มีสี โดยทั่วไปถ้ามีปริมาณมากพอและไม่มีส่วนอื่นปน นิยมใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ในรูปของทรายแก้ว (Silica Sand) ใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ผสมดินเหนียวใช้ทำอิฐ ผงขัด หรือกระดาษทราย (อนุพล, 2543) หรือแม้แต่ใช้งานในอุตสาหกรรมเซรามิก จะเป็นส่วนผสมของน้ำยาเคลือบเซรามิกเพื่อเคลือบผิวให้เป็นมันและมีลักษณะวาวคล้ายแก้ว จะใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อของผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทเครื่องสุขภัณฑ์ เพื่อป้องกันการหดตัวของชิ้นงาน ซึ่งองค์ประกอบของทรายที่ใช้ในงานเซรามิกต้องมีปริมาณซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 และปริมาณเหล็ก  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ไม่เกินร้อยละ 0.01 (พิชญและคณะ, 2548)

ทรายจากกระบวนการแต่งแร่ดินขาวหาดส้มแป้น อำเภอมือง จังหวัดระนอง เป็นแร่พลอยได้จากกระบวนการล้างและแต่งแร่ดินขาวชนิดเคโอลิไนต์แบบปฐมภูมิ (Primary Deposit Kaolinite) ที่เกิดจากการผุพังแปรสภาพของแร่และหินเดิม (พิชญและคณะ, 2548) จากกระบวนการล้างแร่ดินขาวนี้ทำให้ได้ทราย

ปริมาณมากกว่าร้อยละ 40 ซึ่งปัจจุบันขายใช้เป็นทรายงานหล่อและทรายงานฉาบในอุตสาหกรรมก่อสร้างเท่านั้น งานวิจัยนี้จึงทดลองการนำทรายดังกล่าว ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท มินเนอรัล รีซอร์สเซส ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด มาแต่งแร่เพื่อใช้ทดแทนทรายแก้ว สำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก เพื่อเพิ่มมูลค่าทรายต่อไป

โดยทั้งนี้กระบวนการแต่งแร่ เริ่มจากการขนแร่ดิบจากหน้าเหมือง ป้อนเข้าสู่ Hopper จากนั้นจะถูกฉีกด้วยหัวฉีกน้ำแรงดันสูง เป็นของไหลลงสู่ตะแกรง (Grizzly bar) ซึ่งจะคัดขนาดหินที่โตกว่า 50 มิลลิเมตร ออกจากกระบวนการ ส่วนขนาดที่เล็กกว่า 50 มิลลิเมตร จะเข้าสู่ตะแกรงหมุน (Trommel) ซึ่งจะคัดขนาดที่โตกว่า 3 มิลลิเมตร ออกจากกระบวนการ ขนาดที่เล็กกว่า 3 มิลลิเมตร จะไหลเข้าสู่เครื่องคัดขนาดแบบเกลียว (Spiral classifier) ซึ่งจะคัดขนาดกรวด (Gravel) ออกมา ส่วนขนาดที่เล็กกว่า 3 มิลลิเมตร จะเข้าสู่เครื่องคัดขนาดแบบเกลียวอีกตัว ซึ่งจะคัดขนาดที่ 0.5 มิลลิเมตร ขนาดที่เล็กกว่าจะไหลผ่านตะแกรง เข้าสู่ถังเกรอะ (Thickener) ส่วนที่โตกว่า 0.5 มิลลิเมตร จะไหลเข้าสู่เครื่องคัดขนาดแบบเกลียวชุดสุดท้าย ซึ่งคัดขนาดทรายออกมา ส่วนที่ไม่ใช่ทรายจะไหลเข้าสู่ถังเกรอะ เพื่อเข้าสู่กระบวนการแต่งแร่ดินขาวต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนผังกระบวนการแต่งแร่ดินขาวระนอง ของบริษัท มินเนอรัล รีซอร์สเซส ดีเวลอปเม้นท์ จำกัด

### วิธีดำเนินการวิจัย

ทราจจากกระบวนการผลิตแร่ดินขาวระนอง ถูกสุ่มซักตัวอย่างในระหว่างการผลิต (รูปที่ 2) โดยตัวอย่างทรายเป็นดังกล่าว เป็นทรายจากการผลิตดินขาวที่มีค่าอัตราการหล่อตัว (Casting Rate) ที่ดีที่สุดเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกชนิดเครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitaryware)



รูปที่ 2 การเก็บตัวอย่างทรายจากกระบวนการผลิต

ตัวอย่างจะถูกสุ่มเพื่อนำมาศึกษาแร่วิทยา (Mineralogy) ผ่านกล้องจุลทรรศน์ และอาศัยการนับเม็ด เพื่อประเมินคุณภาพเบื้องต้น โดยทรายที่นำมาใช้ในงานวิจัยมีขนาดเริ่มต้นที่ -16 เมช นำมาบด คัดขนาด และศึกษากระบวนการแต่งแร่ดังนี้

### 1. การบด (Grinding)

การวิจัยใช้การบดแบบเปียก เพื่อลดขนาดทรายตัวอย่าง โดยใช้เครื่องบดแบบ Jar Mill ใช้หม้อและลูกบดแบบเซรามิก ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยใช้ตัวอย่างน้ำหนัก 1 กิโลกรัม ที่ 70 %solids บดเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 3 ชุดเครื่องบดแบบ Jar Mill

## 2. การคัดขนาด (Classification)

คัดขนาดทรายแบบเปียก ก่อนและหลังจากผ่านการบดแล้ว โดยใช้ตะแกรง 16, 40, 70 และ 200 เมช

## 3. การขัดผิวทรายในน้ำที่ผสมกรดเกลือ (Bleaching)

ขัดผิวทรายขนาด -16+40 เมช ด้วยน้ำผสมกรดเกลือ (HCl) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน คือ 1%, 3% และ 5% HCl ที่ของผสม 50 % solids เป็นระยะเวลา 30 นาที แล้ววิเคราะห์ผลเบื้องต้นโดยการนับเม็ด

## 4. การลอยแร่ (Flotation)

ทำการลอยแร่แบบ Froth Flotation เพื่อแยกแร่ที่ปะปนมากับทรายออกจากกัน โดยใช้ทรายขนาด -16+40 เมช และ -40+70 เมช กับเครื่องลอยแร่ขนาดห้องปฏิบัติการ ยี่ห้อ WEMCO ขนาดเซลล์ 3 ลิตร (รูปที่ 4) และใช้สารเคมีในการลอยแร่ดังนี้

- สารเคลือบผิว (Collector) ใช้เป็น Aerofloat 845 (Anionic, Alkyl Succinamate) ที่ปริมาณ 1.33 กิโลกรัมต่อตันแร่ ในการลอย stage 1 และ 1.67 กิโลกรัมต่อตันแร่ ในการลอย stage 2

- สารเคลือบฟอง (Frother) ใช้ Pine Oil 0.5 มิลลิลิตร

- สารปรับสภาพ pH= 2-3 คือ กรดซัลฟิวริก

## วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างทรายที่จะนำมาลอย เพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณ Collector ที่จะใช้ โดยการลอยแร่ใน Stage 1 ใช้ปริมาณ Collector 1.33 กิโลกรัมต่อตัน

2. ปรับ pH ให้อยู่ที่ 2-3 จากนั้นเติม collector และ Frother ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ใช้

Conditioning time เท่ากับ 5 นาที จากนั้นเปิดฟองอากาศ แล้วตักฟองออก

3. นำส่วนที่จมไปลอยต่อใน Stage 2 โดยปรับ ปริมาณ Collector เป็น 1.67 กิโลกรัมต่อตัน ส่วนปริมาณ Frother และ pH คงเดิม จากนั้นนอบแห้งส่วนที่จม ชั่งน้ำหนัก และวิเคราะห์ผลเบื้องต้นโดยการนับเม็ด



รูปที่ 4 เครื่องลอยแร่ขนาดห้องปฏิบัติการ

## 5. การแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า

ทำการแยกมลทินออกจากทราย โดยอาศัยสมบัติติดแม่เหล็กของมลทิน โดยใช้ทรายขนาด -70+200 เมช เครื่องแยกแร่โดยอาศัยสมบัติการติดแม่เหล็ก ยี่ห้อ Frantz Isodynamic Magnetic Separator (รูปที่ 5) ซึ่งตัวอย่างทรายป้อนต้องผ่านการอบให้แห้งก่อน เนื่องจากเครื่องแยกแร่นี้เป็นเครื่องแยกแม่เหล็กแบบแห้ง โดยการทดลองอาศัยมุมลาด 12 องศา มุมเอียง 20 องศา ความเร็วในการป้อนโดยประมาณ 2.6 กรัมต่อนาที และใช้กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ จากนั้นวิเคราะห์ผลเบื้องต้นโดยการนับเม็ด



รูปที่ 5 เครื่องแยกแร่โดยอาศัยสมบัติการติดแม่เหล็ก  
Frantz Isodynamic Magnetic Separator

MOHAMMED-NOOR et al. (2004) ได้ทำการศึกษการแต่งทรายที่  $\text{SiO}_2$  เปรอ์เซ็นต์ต่ำให้มีค่าสูงขึ้น โดยอาศัยการลอยแร่ และใช้เครื่องแยกแร่ด้วยแม่เหล็ก ส่วนอีกการทดลองใช้ โตะสั่น และเครื่องแยกแร่ด้วยแม่เหล็ก พบว่า ทรายที่ได้นั้นมี  $\% \text{SiO}_2$  สูงขึ้น  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ต่ำลง และยังทำให้โลหะหนักอื่นๆ น้อยลงได้อีกด้วย

ข้อมูลจากการแต่งทรายทั้งหมดจะถูกนำมาประมวลผล วิเคราะห์ผลเพิ่มเติมโดยวิธีการ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) และสรุปหาวิธีการแต่งแร่ที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

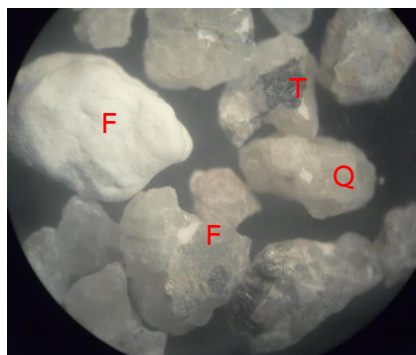
ตารางที่ 1 ค่าคุณภาพเฉลี่ย XRF ของทรายที่เก็บตัวอย่างจากกระบวนการผลิตดินขาวระนอง

Chemical Composition	%
$\text{SiO}_2$	91.70
$\text{Al}_2\text{O}_3$	5.10
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.29
$\text{TiO}_2$	0.01

## ผลการวิจัยและวิจารณ์

### 1. การศึกษาแร่วิทยา

จากการศึกษาพบว่า ทรายที่เก็บตัวอย่างได้จากกระบวนการแต่งแร่ดินขาว มีขนาดตั้งแต่ 0.5 ถึง 3 มิลลิเมตร เมื่อส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ (ดังรูปที่ 6) พบว่าประกอบไปด้วย แร่ควอตซ์ (Q) เป็นส่วนใหญ่ มีแร่เฟลด์สปาร์ (F) ไมกา (M) ดินขาว (K) ทัวร์มาลีน (T) ปะปนอยู่



รูปที่ 6 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 40X ของตัวอย่างทรายที่เก็บจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษาแร่วิทยายังพบอีกว่ามีทรายบางส่วนยังไม่แยกขาดจากมลทิน หรือที่เรียกว่า ยังไม่แตกตัวเป็นอิสระ (Liberation) ซึ่งจำเป็นต้องทำการแต่งแร่ต่อไป ทั้งนี้จากการส่งตัวอย่างทรายที่ผ่านการเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยวิธี XRF พบว่ามีค่าคุณภาพดังตารางที่ 1

Chemical Composition	%
CaO	0.01
MgO	0.04
$\text{K}_2\text{O}$	1.20
$\text{Na}_2\text{O}$	0.01

หากเราต้องการปรับปรุงคุณภาพของทราย เพื่อนำไปใช้กับอุตสาหกรรมเซรามิก ก็จะต้องเพิ่มค่าคุณภาพของ  $\text{SiO}_2$  ให้มากขึ้น รวมทั้งลดค่า  $\text{Al}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ดังตารางที่ 2 จะเห็นว่าหากพิจารณาที่เกรด 2 ซึ่งเป็นทรายสำหรับ

วัตถุดิบเซรามิก ก็จะต้องมีค่า  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  และ  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

**ตารางที่ 2** คุณสมบัติของทรายแก้วตามมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (U.S. Bureau of Standards, Specifications for Glass sands) (เบญจวรรณ, 2525)

เกรด	ซิลิกา	อะลูมินา	เฟอร์ริกออกไซด์	แคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียม	ประโยชน์
	( $\text{SiO}_2$ ) ต่ำสุด	( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) สูงสุด	( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) สูงสุด	ออกไซด์ (CaO + MgO) สูงสุด	
เกรด 1	99.8	0.1	0.02	0.1	ทำแว่นตา (Optical)
เกรด 2	98.5	0.5	0.035	0.2	แก้วทนไฟและเครื่องถ้วยชาม
เกรด 3	95.0	4.0	0.035	0.5	แก้วชนิดดี
เกรด 4	98.5	0.5	0.06	0.5	แผ่นแก้วบาง แท่งแก้วกลม แก้วขัดให้เป็นเงามัน
เกรด 5	95.0	4.0	0.08	0.5	-
เกรด 6	98.0	0.5	0.3	0.5	กระจกสีเขียว กระจกหน้าต่าง
เกรด 7	95.0	4.0	0.3	0.5	กระจกสีเขียว (Green glass)
เกรด 8	98.0	0.5	1.0	0.5	กระจกสีอำพัน (Amber glass)
เกรด 9	95.0	4.0	1.0	0.5	กระจกสีอำพัน (Amber glass)

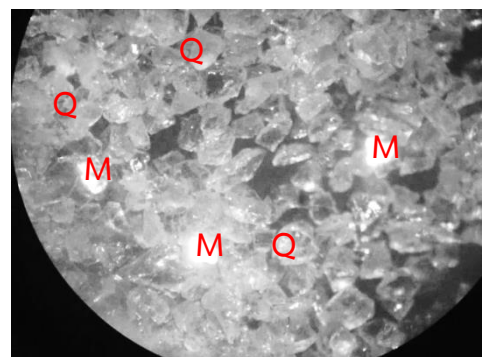
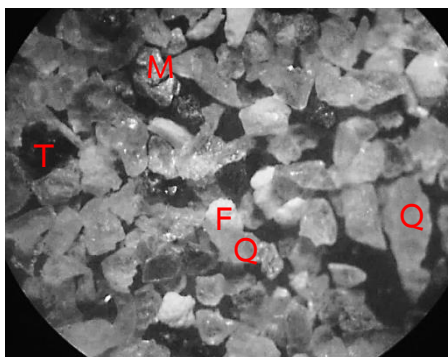
หน่วย : %

ตัวอย่างทรายถูกนำไปทดสอบตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้ทรายมีขนาดเล็กกลง จากนั้นคัดขนาดด้วยตะแกรงแบบเปียก และนำไปส่องผ่านกล้อง

เป็น 98.5, 0.5 และ 0.035% ตามลำดับ แต่ในกรณีของค่า % $\text{Al}_2\text{O}_3$  เป็นการตกลงกันระหว่างผู้ใช้งานและผู้ขายมากกว่า เนื่องจากหากค่า  $\text{Al}_2\text{O}_3$  มาก ก็จะทำให้ลดความโปร่งแสง และหลอมยาก (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2550)

จุลทรรศน์ กำลังขยาย 40X และส่มนับเม็ดทราย พบว่า ทรายมีการแตกตัวเป็นอิสระจากมลทินมากขึ้น ดังรูปที่

7



**รูปที่ 7** ทรายตัวอย่าง ขนาด -40+70 เมช เปรียบเทียบก่อนบด (ซ้าย) และหลังบด (ขวา)

จากรูปที่ 7 สามารถเปรียบเทียบการแตกตัวของทรายระหว่างก่อนและหลังการบด โดยประกอบด้วยแร่ควอตซ์ (Q) แร่เฟลด์สปาร์ (F) ไมกา (M) ทัวร์มาลีน (T) แยกตัวเป็นอิสระชัดเจน และเมื่อ

แยกส่วนพิจารณาตามการคัดขนาด นับเม็ดทรายผ่านกล้องจุลทรรศน์ ดังผลในตารางที่ 3 พบว่าทรายขนาด -16+40 เมช แยกตัวเป็นอิสระได้ดีที่สุด นำไปผ่านกระบวนการลอยแร่ต่อไป

**ตารางที่ 3** ผลการนับเม็ดทรายหลังผ่านกระบวนการบด

Size	Silica SiO <sub>2</sub>	Non-liberate SiO <sub>2</sub>	Mica	Tourmaline	Feldspar
-16+40 เมช	93.17	6.33	0.17	0.17	0.17
-40+70 เมช	86.50	0.00	13.17	0.33	0.00
-70+200 เมช	79.83	0.00	19.17	1.00	0.17

หน่วย %

## 2. การแต่งแร่โดยอาศัยการขจัดด้วยกรด

จากการคัดขนาดหลังจากการบดพบว่า ทรายที่ขนาด -16+40 เมช มี %SiO<sub>2</sub> มากที่สุด จึงนำมาผ่านกระบวนการขจัดด้วยกรด ที่ความเข้มข้น 1%, 3% และ

5% HCl ได้ผลพบว่า ทรายที่ผ่านการขจัดด้วยกรด ให้ผลการทดลองที่ไม่แตกต่างกัน และอาจมีข้อผิดพลาดจากการสุ่มนับเม็ด ดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ผลการนับเม็ดทรายหลังผ่านการขจัดด้วยกรด

Size -16+40 เมช	Silica SiO <sub>2</sub>	Non-liberate SiO <sub>2</sub>	Mica	Tourmaline	Feldspar
ก่อนขจัด	93.17	6.33	0.17	0.17	0.17
1% HCl	89.00	3.50	5.33	2.17	0.00
3% HCl	90.33	3.67	5.33	0.50	0.17
5% HCl	90.50	3.83	3.67	0.33	0.00

หน่วย %

จากงานวิจัยของ สุนทรและณรงค์ (2518) ใช้วิธีการขจัดผิวทรายในน้ำประปาเช่นเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่าความสะอาดของทรายใกล้เคียงกันมาก โดยเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด คือ ใช้กรดเกลือเข้มข้น 1% ใช้เวลา 30 นาที สามารถปรับปรุง %SiO<sub>2</sub> ได้จาก 94.37% เป็น 98.07% และ %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ลดลงจาก 0.40% เหลือ 0.28% แต่อย่างไรก็ดี การเพิ่มขึ้นของ %SiO<sub>2</sub> หรือการลดลงของ %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ก็อาจเป็นผลมาจาก การแตกตัวเป็นอิสระของทรายเช่นกัน

## 3. การลอยแร่

ทรายที่ใช้กระบวนการลอยเป็นทรายขนาด -16+40 เมช (ที่ผ่านการขจัดด้วยกรด 1% HCl) และ -40+70 เมช โดยมีจุดประสงค์เพื่อกำจัดแร่อื่นออกจากทราย ทำการลอยเป็น 2 Stage พบว่าหลังจากนำมาลอยแร่มี %Silica เพิ่มขึ้น และสามารถทำให้แร่ Mica และ Tourmaline ลดลงได้ ดังผลในตารางที่ 5 และ 6

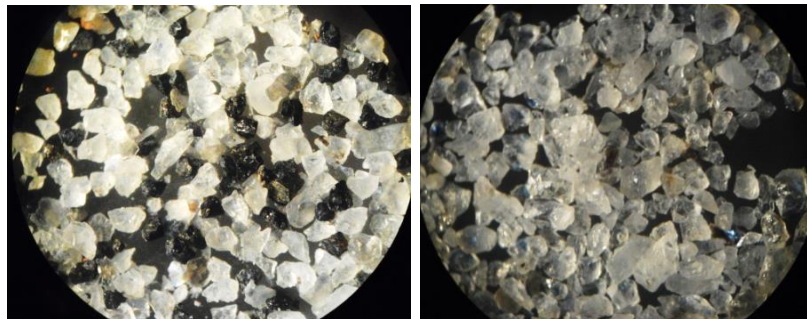
**ตารางที่ 5** ผลการนับเม็ดทรายหลังผ่านการลอยแร่ ของทรายขนาด -16+40 เมช (ที่ผ่านการขัดด้วยกรด 1%HCl)

Size -16+40 เมช (ขัด 1%HCl)	Silica SiO <sub>2</sub>	Mica	Tourmaline	Feldspar
ทรายป้อน	93.17	5.70	0.50	0.17
ส่วนลอย St.1	3.00	0.00	71.00	26.00
ส่วนลอย St.2	5.50	0.00	72.50	22.00
ส่วนจม	94.83	0.00	5.00	0.17

หน่วย %

ทรายที่ลอยจาก Stage 1 ก็จะมีการปนของแร่ดำค่อนข้างมาก ในขณะที่ทรายที่จมจากกระบวนการลอยแร่ จะมีความสะอาดขึ้นหลังจากผ่าน

กระบวนการลอยที่เหมาะสม (เล็กและเกียรติพิพัฒนา, 2543) ดังรูปที่ 8



**รูปที่ 8** ทรายในส่วนลอย Stage 1 (รูปบน) และทรายในส่วนจม (รูปล่าง) ของแร่ขนาด -16+40 เมช

**ตารางที่ 6** ผลการนับเม็ดทรายขนาด -40+70 เมช หลังผ่านการลอยแร่

Size -40+70 เมช	Silica SiO <sub>2</sub>	Mica	Tourmaline	Feldspar
ทรายป้อน	86.50	13.17	0.33	0.00
ส่วนลอย St.1	35.67	33.33	30.67	0.33
ส่วนลอย St.2	54.33	44.33	1.33	0.00
ส่วนจม	94.50	5.33	0.17	0.00

หน่วย %

#### 4. การแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า

การแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ใช้ทรายแห้งขนาด -70+200 เมช ป้อนเข้าเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้าแบบ Frantz Isodynamic Separation เนื่องจากทรายขนาดเล็ก มีโอกาสแตกตัวเป็นอิสระจากมลทินสูงกว่าขนาดใหญ่(Sundararajan et al., 2009)

แต่อย่างไรก็ดี ทรายขนาด -200 เมช ยังไม่ถูกนำมาทดลองในงานวิจัยนี้ และทรายขนาด -70+200 เมช ไม่ผ่านการแต่งแร่แบบใดๆมาก่อน พบว่าการแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้ %SiO<sub>2</sub> มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทำการนับเม็ดแร่เพื่อประเมินเบื้องต้นแล้ว ได้ค่าดังตารางที่ 7



ตารางที่ 7 ผลการนับเม็ดทรายขนาด -40+70 เมช หลังผ่านเครื่องแยกแม่เหล็ก

Size -40+70 เมช	Silica SiO <sub>2</sub>	Mica	Tourmaline	Feldspar
ทรายป้อน	79.83	19.17	1.00	0.17
หัวแร่	97.16	2.67	0.00	0.17

หน่วย %



รูปที่ 9 ทรายขนาด -70+200 เมช ที่ผ่านการแต่งด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้า

รูปที่ 9 เป็นแร่ที่ผ่านการแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 40X ซึ่งจะพบว่าทรายค่อนข้างสะอาด มีแร่สีดำ หรือแร่อื่น ปนอยู่ค่อนข้างน้อย

ทั้งนี้ เนื่องจากแร่ขนาด -70+200 เมช ที่ผ่านการแต่งด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้า มีสัดส่วนของ %SiO<sub>2</sub> ที่เพิ่มขึ้นมาก จึงได้ส่งวิเคราะห์ค่า XRF ได้ผลดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าคุณภาพ XRF ของทรายขนาด -70+200 เมช ที่ผ่านการแต่งด้วยเครื่องแยกแม่เหล็กไฟฟ้า

Chemical Composition	%
SiO <sub>2</sub>	98.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.09
TiO <sub>2</sub>	0.01

Chemical Composition	%
CaO	0.01
MgO	0.01
K <sub>2</sub> O	0.05
Na <sub>2</sub> O	0.01

### สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าวิธีการที่ได้ผลดีที่สุด คือ การแยกด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้เครื่องแยกแม่เหล็กแบบ Frantz Isodynamic Magnetic กับทรายขนาด -70+200 เมช และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของทรายแก้วตามมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (U.S. Bureau of Standards, Specifications for Glass sands) เกรด 2 จะพบว่าทรายที่ได้จากการ

ทดลองใกล้เคียงกับมาตรฐานทรายแก้วสหรัฐอเมริกา แต่มี %Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> และ %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> สูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย สามารถนำไปใช้งานสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิกได้ แต่ต้องคำนึงถึง %Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ด้วย เนื่องจากอาจมีผลต่อสีของชิ้นงานหลังการเผาได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีทรายที่ไม่ได้ทดลอง คือ ทรายหลังการบดขนาด +16 เมช ซึ่งหากสามารถนำไปใช้จริง ก็จะต้องมีการบดเป็นวงจรรอบปิด เพื่อนำทรายขนาดที่เหมาะสมไปใช้งานต่อไป

รวมทั้งเรื่องขนาดความสม่ำเสมอของเม็ดทราย ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ต้องคำนึงถึงเช่นเดียวกัน

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท มินเนอรัล รีซอร์สเซส ดีเวลลอปเม้นท์ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างแร่ทราย และให้ความอนุเคราะห์การทดสอบทรายด้วยวิธีการ X-ray fluorescence spectrometry (XRF) และขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ ที่สนับสนุนทุนและเครื่องมือในการวิจัย

### เอกสารอ้างอิง

دنول دننننننن. (2543). แร่วิทยา. (พิมพ์ครั้งที่ 1). สงขลา: ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. หน้า 229-230.

เบญจวรรณ จารุกาลีส. (2525). ทรายแก้ว. เอกสารเศรษฐกิจธรณีวิทยา. 35: 23-24.

พิษณุ บุญนวล และคณะ. (2548). ยุทธศาสตร์การเฉพาะแร่ของประเทศไทย (แร่ยิปซัม ดินขาว บอลเคลย์ เฟลด์สปาร์ และทรายแก้ว). ใน: รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษายุทธศาสตร์การเฉพาะแร่ของ

ประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา: 12-1 – 12-9

เล็ก สีคง และเกียรติพัฒน์ ณ นคร. (2543). การแต่งแร่ควอตซ์จากแร่ทิ้งของกระบวนการแต่งแร่ดินขาว. วารสารสงขลานครินทร์. 22(1): 84-93.

สุนทร เพ็ญทอง และ ณรงค์ หล่อใจ. (2518). รายงานการทดลองแต่งทรายแก้ว จ.สงขลา และ จ. สตูล. สงขลา กรมทรัพยากรธรณี สำนักงานทรัพยากรธรณี เขต 1. หน้า 1-13

Mohammed-Noor, N., and Al-Maghrabi, H. (2004). Improvement of Low-Grade Silica Sand Deposits In Jeddah Area. Journal of King Saud University JKAU. Engg. Sciences. 15(2): 113-128.

Sundararajan, M., Ramaswamy, S., and Raghavan, P. (2009). Evaluation for the Beneficiability of White Silica Sands from the Overburden of Lignite Mine situated in Rajpardi district of Gujarat, India. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering 8(9): 701-713.

