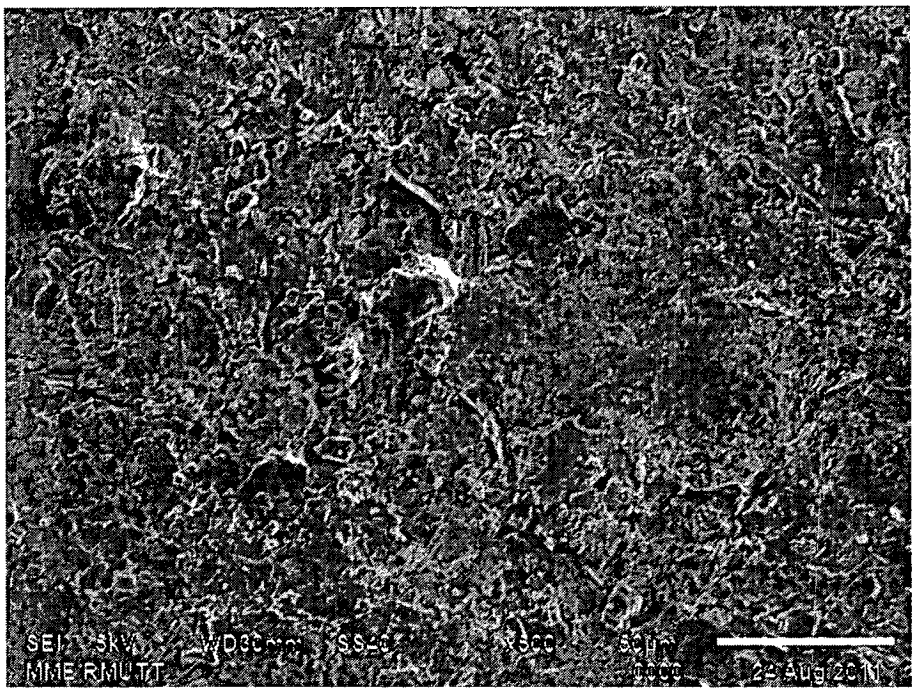
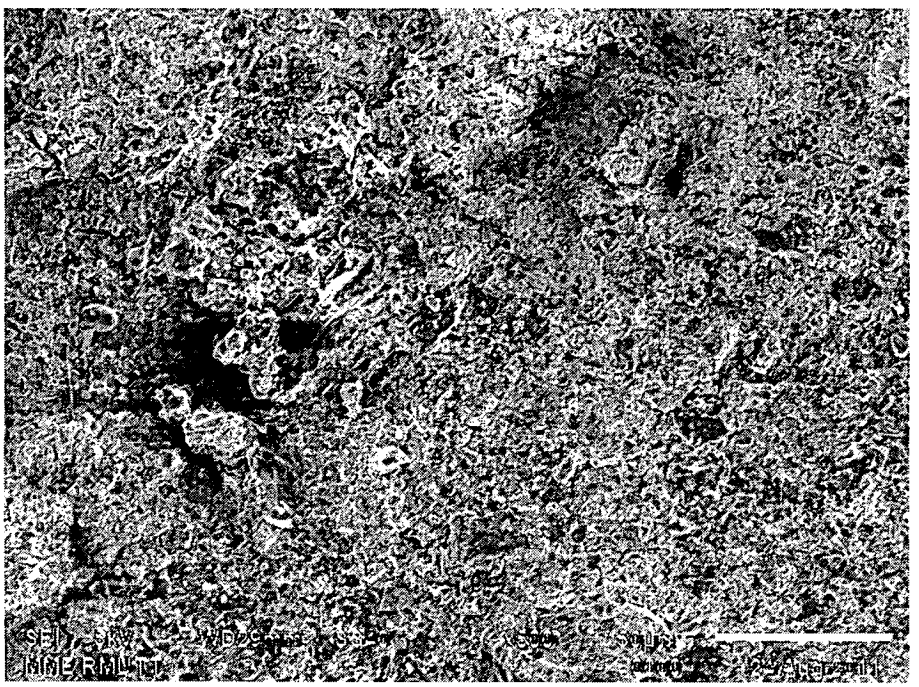
ภาคผนวก ก

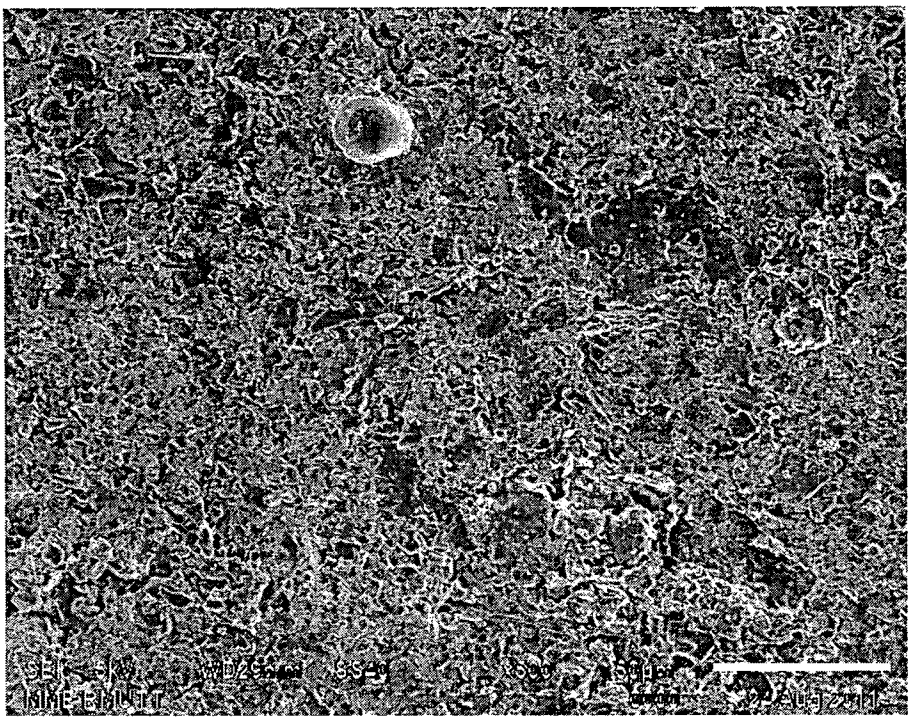
โครงสร้างจุลภาคกระเบื้องบิสกิต จากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)
ที่อัตรากำลังขยาย 500 เท่า ในอัตราส่วนผสมบอลเคลย์ : ตะกอนดินเซรามิค



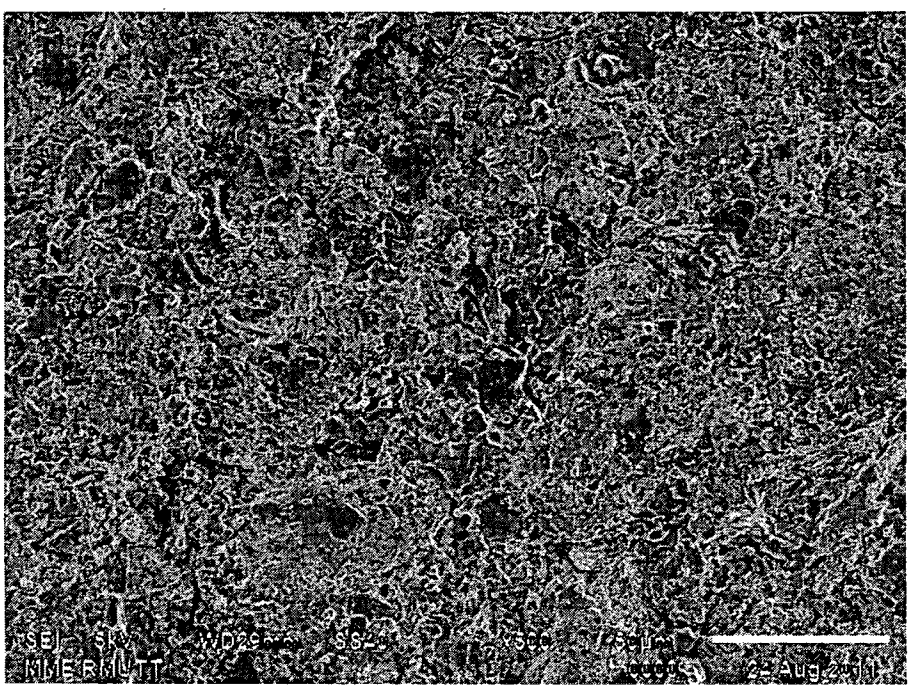
ก.1 บอลเคลย์ 100 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 0 %



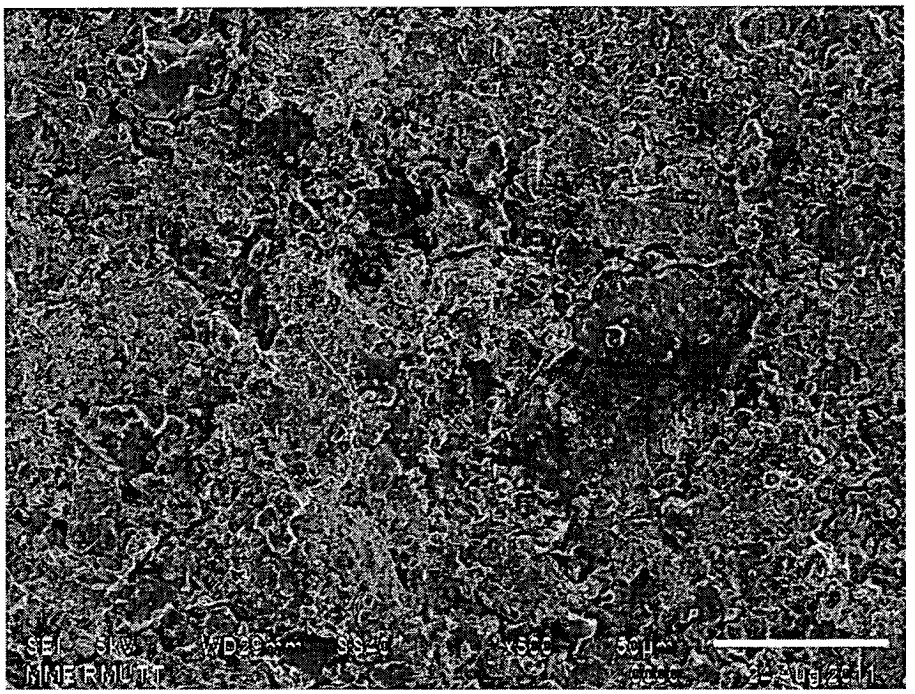
ก.2 บอลเคลย์ 75 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 25 %



ก.3 บอลเคลย์ 50 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 50 %



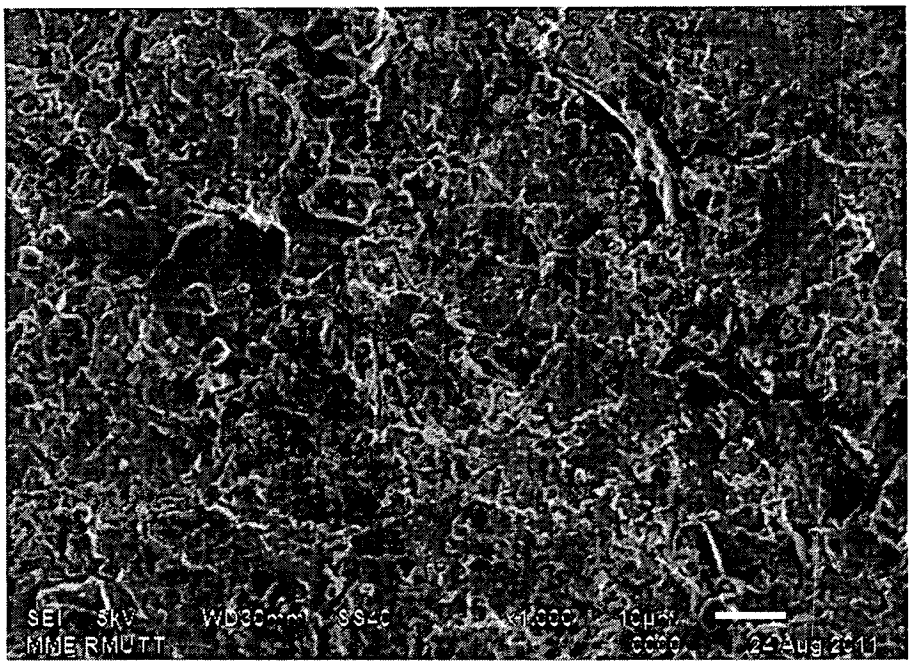
ก.4 บอลเคลย์ 25 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 75 %



ก.5 บอลเคลย์ 0 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 100 %

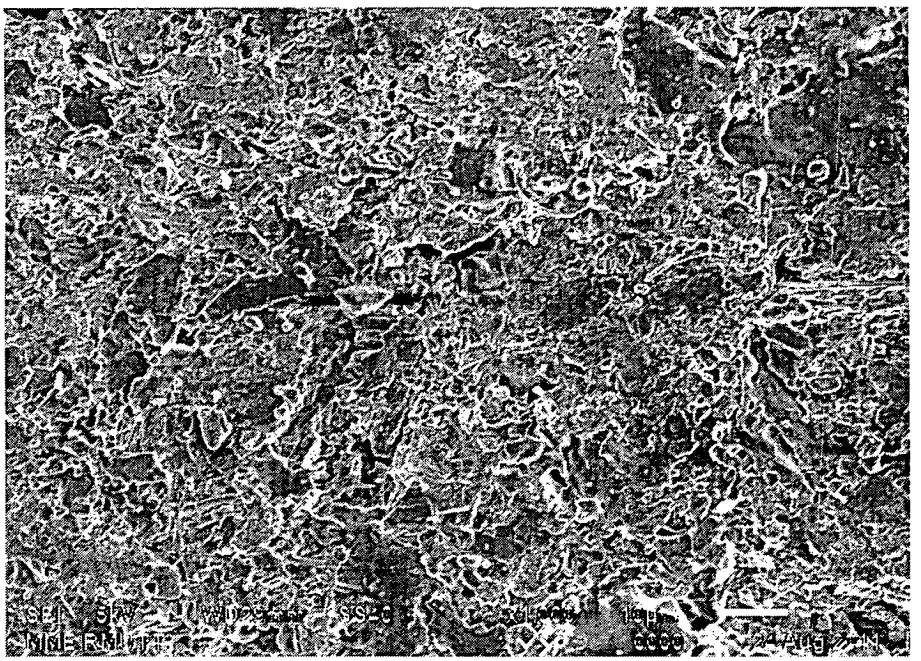
ภาคผนวก ข

โครงสร้างจุลภาคกระเบื้องบิสกิต จากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)
ที่อัตรากำลังขยาย 1,000 เท่า ในอัตราส่วนผสมบอลเคลย์ : ตะกอนดินเซรามิค

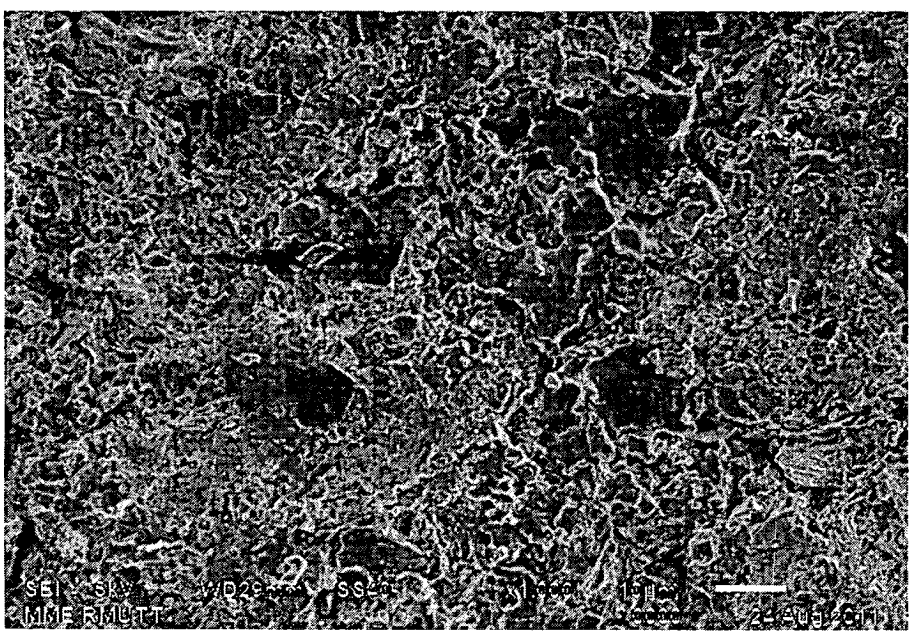


ข.1 บอลเคลย์ 100 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 0 %

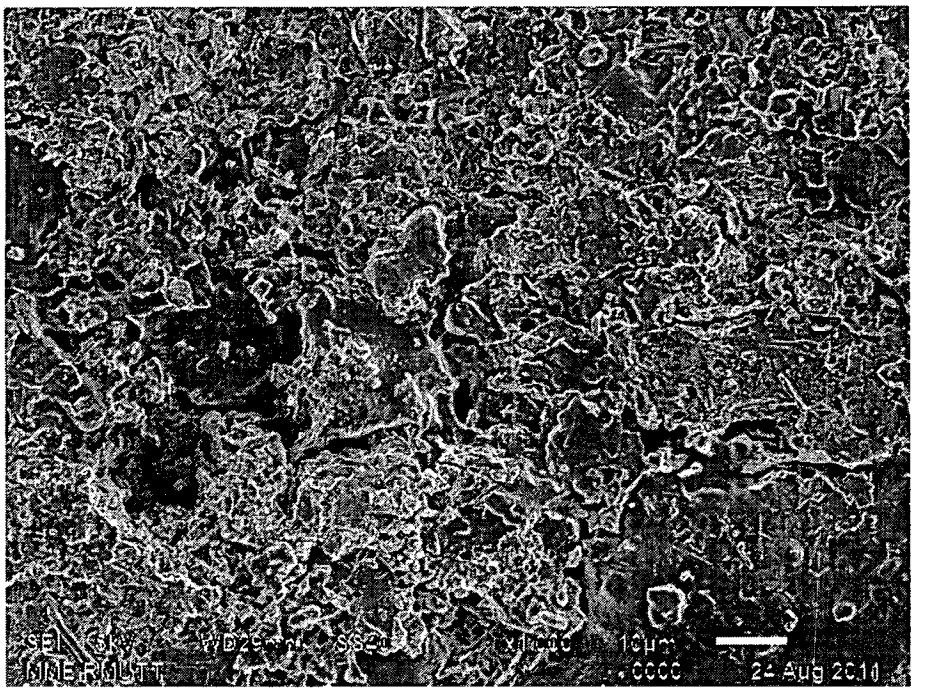
ข.2 บอลเคลย์ 75 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 25 %



ข.3 บอลเคลย์ 50 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 50 %



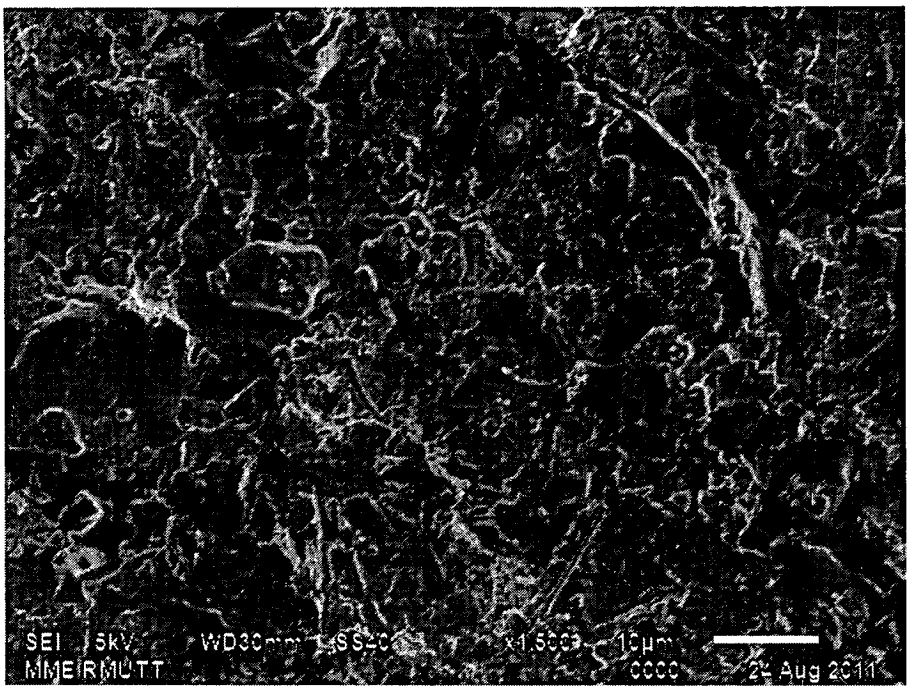
ข.4 บอลเคลย์ 25 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 75 %



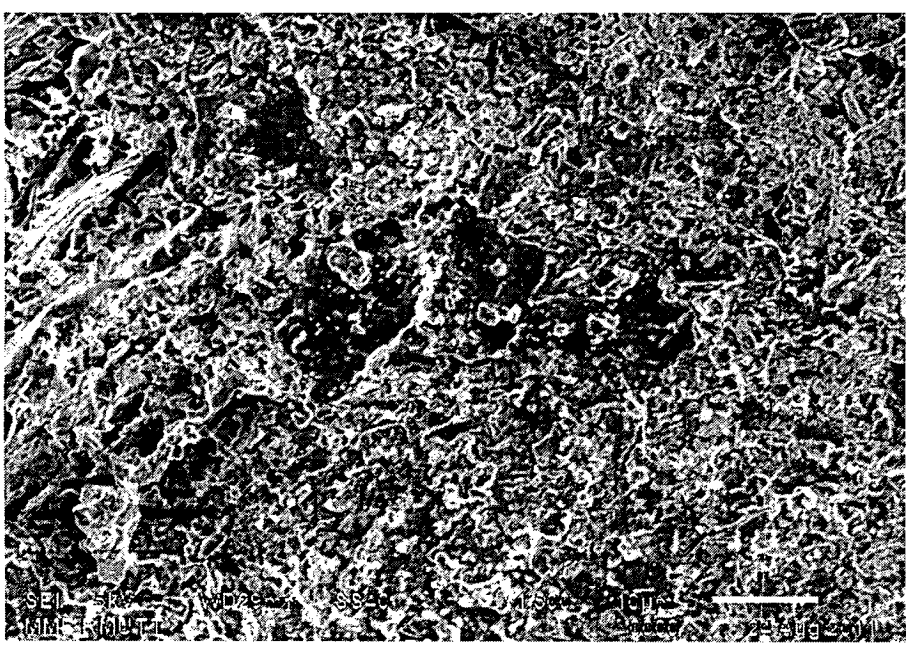
ข.5 บอลเคลย์ 0 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 100 %

ภาคผนวก ค

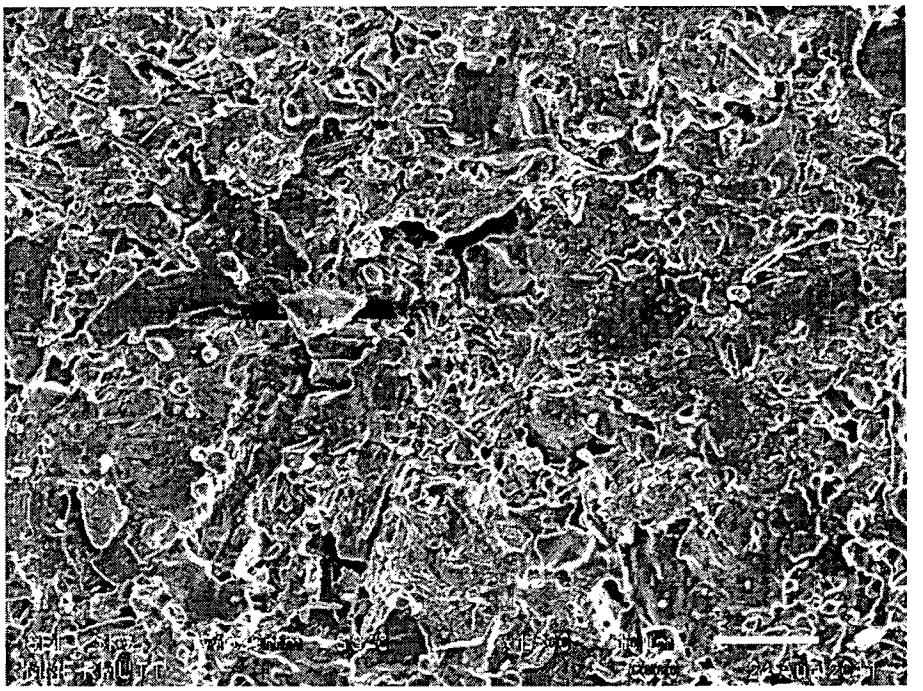
โครงสร้างจุลภาคกระเบื้องบิสกิต จากการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM)
ที่อัตรากำลังขยาย 1,500 เท่า ในอัตราส่วนผสมบอลเคลย์ : ตะกอนดินเซรามิค



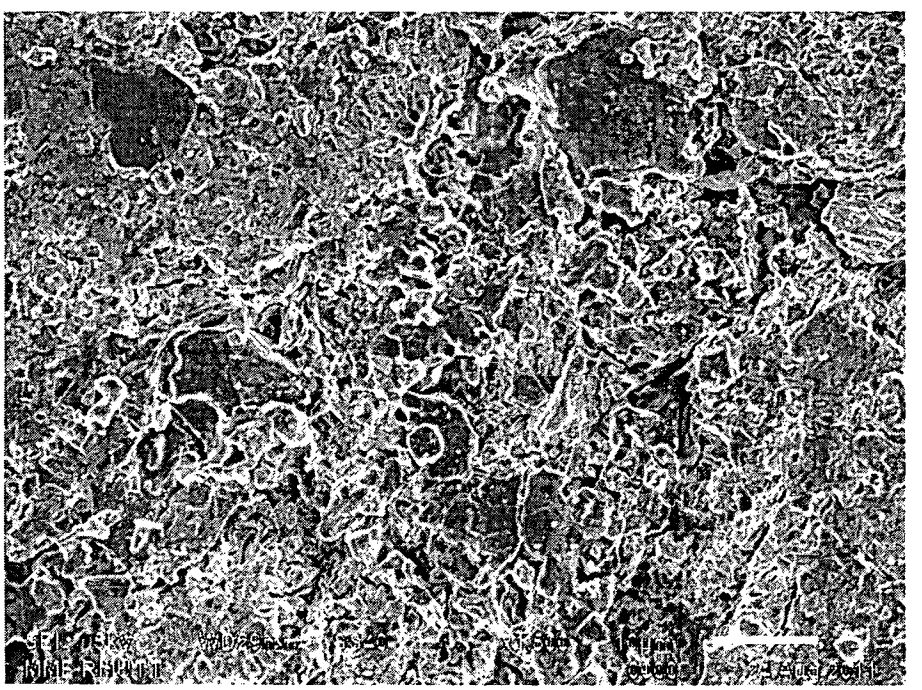
ค.1 บอลเคลย์ 100 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 0 %



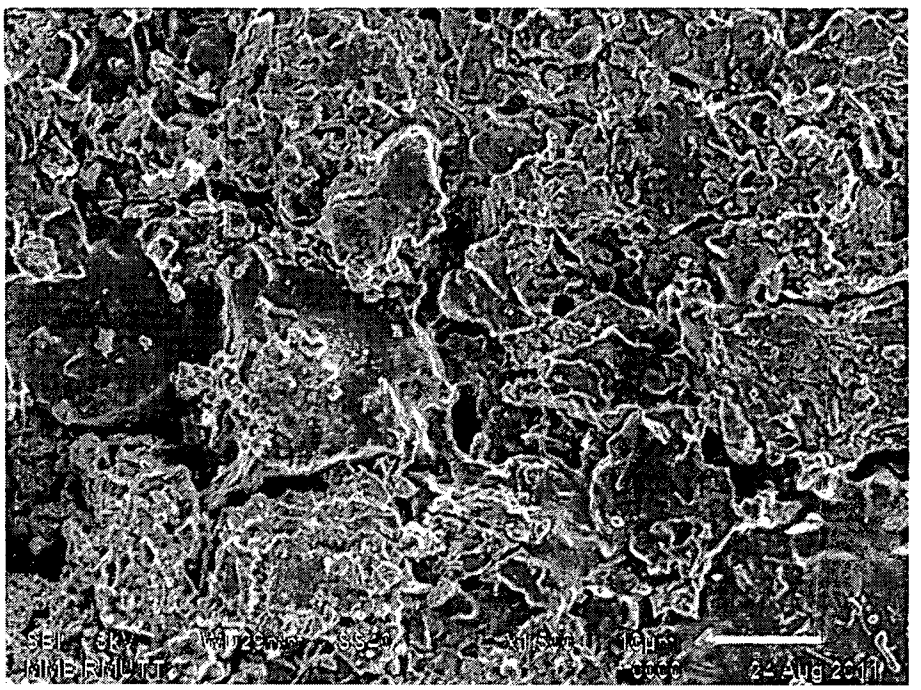
ค.2 บอลเคลย์ 75 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 25 %



ค.3 บอลเคลย์ 50 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 50 %



ค.4 บอลเคลย์ 25 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 75 %



ค.5 บอลเคลย์ 0 % ต่อ ตะกอนดินเซรามิค 100 %

ภาคผนวก ง
ผลงานที่ตรีพิมพ์เผยแพร่

[1] การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี 2555 (IE Networt Conference 2012) 17-19 ตุลาคม 2555 โรงแรมเมธาวลัย ชะอำ อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี หน้า 1787-1793

การใช้ตะกอนดินเซรามิคเป็นส่วนผสมในการผลิตกระเบื้องบุผนัง

Replacement of Ceramic Sludge Waste for Wall tile Porcelain Production

ไพบูลย์ แย้มเผื่อน[1] ปราโมทย์ พูนนายม[2] กิตติพงษ์ กิมะพงศ์[3] สุรชัย กรุดทอง[4*]
กลุ่มการพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
E-mail: Paiboon.y@en.rmutt.ac.th

Paiboon Yaemphuan[1] Pramote Poonnayom[2] Kittipong Kimapong[3] Surachai Krudthong[4*]
[1,2,3,4] Center of Development Material Process , Department of Industrial Engineering ,
Faculty of Engineering , Rajamangala University of Technology Thanyaburi 12110
E-mail: Paiboon.y@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการนำของเสียจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียในโรงงานเซรามิคมาใช้ประโยชน์โดยการนำกลับมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตกระเบื้องบุผนัง ผลการศึกษาลักษณะองค์ประกอบทางเคมีตะกอนดินเซรามิคจากการบำบัดน้ำเสียของโรงงานเซรามิคพบว่ามีสารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์ร้อยละ 67.70 และสารประกอบอะลูมินาออกไซด์ร้อยละ 16.61 ใกล้เคียงวัตถุดิบที่ใช้ในส่วนผสมของกระเบื้องบุผนัง การศึกษาใช้สูตรที่มีส่วนผสมของทัลค์ร้อยละ 60 บอลเคลย์ร้อยละ 40 แปรอัตราส่วนการทดแทนบอลเคลย์ด้วยตะกอนดินเซรามิคเป็นร้อยละ 0 , 25 , 50 , 75 , 100 ตามลำดับ ขึ้นรูปกระเบื้องดิบตัวอย่างขนาด 50 มม.x100 มม.x10 มม.ด้วยแรงอัด 300 บาร์ เผาให้สุกด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นทำการเคลือบผิวและนำมาเผาด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที อีกครั้ง ทดสอบสมบัติกระเบื้องตัวอย่างได้แก่ รูปทรงกระเบื้อง การหดตัวเชิงเส้นของกระเบื้อง ความสอบของกระเบื้อง การดูดซึมน้ำของกระเบื้อง ความทนสารเคมี ความทนการราน ความต้านทานแรงกระแทก ผลการทดสอบกระเบื้องพบว่าปริมาณของตะกอนดินเซรามิคที่เพิ่มขึ้นทำให้การหดตัวเชิงเส้นของกระเบื้อง ความสอบของกระเบื้อง การดูดซึมน้ำของกระเบื้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น การทดสอบความทนสารเคมี ความทนการราน ความต้านทานแรงกระแทก การทดสอบไม่พบการเปลี่ยนแปลง กระเบื้องทดสอบทั้ง 5 สูตรการทดลองผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.613-2529 ที่ใช้สำหรับการผลิตกระเบื้องบุผนังภายใน

คำหลัก ตะกอนดินเซรามิค บอลเคลย์ กระเบื้องบุผนังภายใน

Abstract

This research aims to study the effects of waste water treatment plant from the ceramic to be used and reused as an ingredient in the manufacture of wall tile porcelain. Study the chemical composition of sediments from the wastewater treatment plant ceramics were compound silicon dioxide of 67.70 and a compound of alumina oxide were 16.61 close to the raw materials used in a mixture of wall tile porcelain. The formula containing a mixture of metal milk 60 percent ball clay 40 percent and replacement ratio varies with soil clay ceramic ball as the percentage of 0, 25, 50, 75, 100 respectively, forming the raw tile

size 50 mm x 100 mm x 10 mm with compression at 300 bar, Burned with electric stove and furnace temperature at 1,100 °C for 60 minutes, Glazing and burned with electric stove and furnace temperature at 1,000 °C for 60 minutes again, Property of tile examples after burned include the shape of the tiles. The linear shrinkage of the tiles. The wedging of the tiles. The water absorption of the tiles. Chemical resistance. Crazing and Impact resistance. Test results showed that the amount of ceramic increased sediment. The linear shrinkage of the tiles ,The wedging of the tile , The water absorption of the tiles is increased. Chemical resistance, Crazing resistance and Impact resistance is unchanged. Test the properties five tiles formula TIS 613-2529 standard criteria used for the production of wall tiles inside.
Keywords: Ceramic Sludge Waste, Ball clay, Wall tiles porcelain

1. บทนำ

อุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิคเป็นอุตสาหกรรมที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การขยายตัวด้านกำลังการ ผลิตที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีความต้องการวัตถุดิบในการผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จึงมีความพยายามในการนำวัตถุดิบที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ [1] วิจัยศึกษาวัสดุชนิดใหม่ วัตถุดิบที่มีราคาถูก วัตถุดิบที่เป็นของเสีย หรือการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบบางส่วนหรือทั้งหมดของวัตถุดิบเพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยไม่ทำให้กระบวนการผลิตเปลี่ยนแปลงและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ลดลงจากเดิม [2]

ของเสียจากอุตสาหกรรมเซรามิค ได้แก่ ตะกอนจากการเตรียมวัตถุดิบ การขึ้นรูป การตกแต่งชิ้นงาน ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาทั้งการเผาเคลือบ และการเผาบิสกิต น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต [3] และการขัดผิว ซึ่งโรงงานผลิตเซรามิคจะมีระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้มีค่าตามมาตรฐานก่อนปล่อยออกภายนอกหรือนำกลับมาใช้ ลักษณะของตะกอนดินที่ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียมีลักษณะเป็นเนื้อดินที่มีความละเอียด ส่วนใหญ่ตะกอนดินจะถูกนำไปทิ้งหรือนำไปฝังกลบ การกำจัดตะกอนดินจากการบำบัดน้ำเสียเป็นการสิ้นเปลืองและมีค่าใช้จ่ายในการจัดการมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้น [4]

จากรายงานของสถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม ได้คัดเลือกของเสียและวัสดุเหลือใช้มาดำเนินการศึกษาและจัดทำแนวทางปฏิบัติที่เป็นเลิศโดยตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเซรามิคเป็นหนึ่งในของเสียและวัสดุเหลือใช้ที่ได้ดำเนินการศึกษาและจากฐานข้อมูลกรมโรงงานอุตสาหกรรม ปี 2550 ระบุว่าปริมาณตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเซรามิคที่ขออนุญาตนำออกนอกโรงงานมีประมาณ 7,070 ตัน ซึ่งปริมาณตะกอนดินจากการสำรวจโรงงานในจังหวัดสระบุรีพบว่ามีปริมาณ 21,526 ตัน [5]

จากข้างต้นจึงทำการศึกษาตะกอนดินเซรามิคมาใช้ประโยชน์ โดยงานวิจัยนี้เป็นการนำตะกอนดินเซรามิคมาเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบในการผลิตกระเบื้องบุผนังภายใน เพื่อเป็นทางเลือกในการนำวัตถุดิบที่เป็นของเสียมาใช้ประโยชน์ลดต้นทุนกระบวนการผลิตและการจัดการของเสียให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2. อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุที่ใช้

ทัลค์จากจังหวัดอุตรดิตถ์ การเติมทัลค์ในส่วนผสมของกระเบื้องบุผนัง จะช่วยให้การเผาเร็วขึ้นในช่วงการเผาและช่วงการเย็นตัว [6] , [7] , [8]

บอลเคลย์จากจังหวัดหนองคาย บอลเคลย์เมื่อแห้งจะมีความแข็งแรงสูง มีความหดตัวสูง ช่วงอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงกว้างกว่าดินชนิดอื่น เป็นวัตถุดิบที่ปรับปรุงเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผา [6]

ตะกอนดินเซรามิคจากการขัดกระเบื้อง ทำการอบแห้งและบดละเอียด

ดีฟลอกคูแลนท์ เป็นสารที่ให้อนุภาคเซรามิคแขวนลอยได้ดี โครงสร้างจับตัวกันอย่างหลวมๆ ทำให้น้ำสลิปไหลตัวได้ดี [9]

น้ำ เพื่อทำให้วัตถุดิบรวมเป็นเนื้อเดียวกัน

อัตราส่วนผสมของกระเบื้อง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการนำตะกอนดินเซรามิคมาใช้ในส่วนผสมของกระเบื้องบุผนังภายใน ใช้ทดแทน วัตถุดิบบอลเคลย์ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีด้วยเครื่อง DHF82 Multi-element Rapid Analysis Instrument ในตารางที่1 ตะกอนดินเซรามิคและบอลเคลย์มีปริมาณของซิลิกอนไดออกไซด์ และอะลูมินาออกไซด์ที่ใกล้เคียงกันจึงใช้ตะกอนดินเซรามิคมาทดแทนบอลเคลย์ ในการผลิตกระเบื้องบุผนังภายใน การศึกษาใช้สูตรที่มีส่วนผสมทัลค์ร้อยละ 60 บอลเคลย์ร้อยละ 40 [8] แปรอัตราส่วนการทดแทนบอลเคลย์ด้วยตะกอนดินเซรามิคร้อยละ 0 , 25 , 50 , 75 , 100 ตามลำดับ

ตารางที่1การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	ปริมาณสารประกอบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)							
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2
ทัลค์	58-62	0.04	0.15-0.3	25-27	3-5	-	0.16	0
บอลเคลย์	66-68	20-22	1.3-1.6	0.2-0.4	0.1-0.3	0.1-0.4	2-2.5	0.5-0.7
ตะกอนดิน	67.60	16.61	0.56	2.87	1.65	-	-	0.22

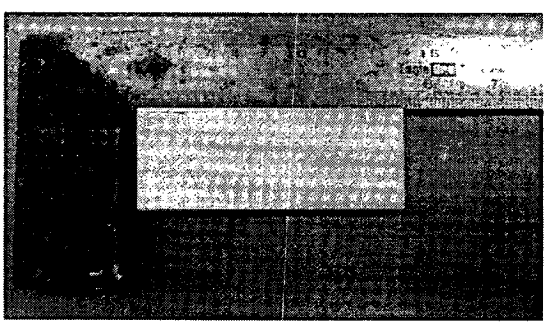
นำวัตถุดิบชั่งตามสูตรที่ออกแบบด้วยเครื่องชั่งยี่ห้อ Sartorius รุ่น BS2202S จากนั้นนำวัตถุดิบทั้งหมดใส่ลงในเครื่อง Ball mill เติมน้ำและสารช่วยการกระจายลอยตัวในปริมาณที่เหมาะสม บดเป็นน้ำสลิปด้วยเครื่อง Ball mill ของไท่หยางอุตสาหกรรมเป็นเวลา 10 นาที นำน้ำสลิปที่ได้ใส่ภาชนะที่เตรียมไว้และทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องจนน้ำสลิปเริ่มแข็งตัว จึงนำมาทำการอบแห้งด้วยเครื่องอบความชื้นของไท่หยางอุตสาหกรรม ที่อุณหภูมิ 150-160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที นำมาบดเป็นผงดินด้วยเครื่องบดของไท่หยางอุตสาหกรรมเป็นเวลา 5 นาที ทำการร่อนผงดินผ่านตะแกรงเพื่อกรองส่วนที่ไม่ต้องการออก การขึ้นรูปกระเบื้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 50 มม.X100 มม.X10 มม. ด้วยเครื่องอัดไฮโดรลิคยี่ห้อ NANNETTI FAENZA-ITALIA แรงอัด 300 บาร์ [8] กระเบื้องทดสอบนำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบความชื้นของไท่หยางอุตสาหกรรม ที่อุณหภูมิ 150-160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 60 นาที ก่อนไปวางบนแผ่นฉนวนความร้อนในเตาไฟฟ้าโดยใช้เตาเผาไฟฟ้ายี่ห้อ PIROMETROL เผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส โดยเผาแช่ไฟเป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำกระเบื้องบิสกิตมาเคลือบผิวและทำการอบเคลือบด้วยเครื่องอบความชื้นของไท่หยางอุตสาหกรรมด้วยอุณหภูมิ 150-160 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีก่อนนำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้า เผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส โดยเผาแช่ไฟเป็นเวลา 60 นาที ทดสอบสมบัติกระเบื้องบุผนังภายในตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก. 613-2529 ในเรื่องของรูปทรงของกระเบื้อง การหดตัวเชิงเส้นของกระเบื้อง ความสอบของกระเบื้อง การดูดซึมน้ำของกระเบื้อง ความทนต่อสารเคมี ความทนการราน ความต้านทานแรงกระแทก [10] เพื่อทำการคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมและแนวโน้มการพัฒนาต่อไป

รูปที่1 กระเบื้องบุผนังภายในที่มีส่วนผสมของตะกอนดินเซรามิค

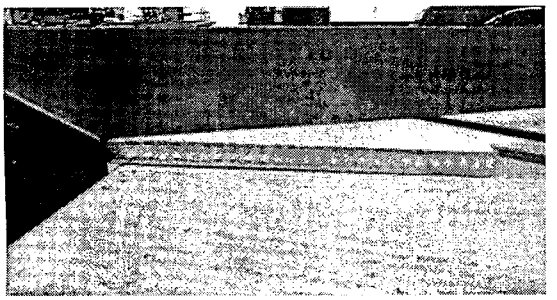
3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การบิดเบี้ยวและความได้ฉาก

วัดความบิดเบี้ยวแผ่นกระเบื้องไปจากแนวระนาบด้วยเหล็กวัดฉากยี่ห้อ Eagle ความบิดเบี้ยวของแผ่นกระเบื้องที่มีส่วนผสมของตะกอนดินเซรามิคในทุกสูตรการทดลองมีความบิดเบี้ยวเพียงเล็กน้อย (รูปที่ 2 a)



(a)



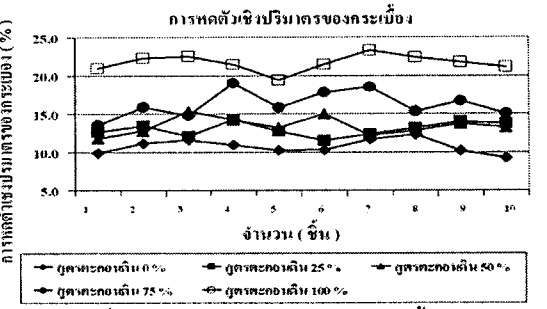
(b)

รูปที่2 (a) การวัดความบิดเบี้ยวและความได้ฉาก และ (b) การวัดการโค้ง เว้า นูนและแอ่นของกระเบื้อง

การวัดผิวหน้ากระเบื้องตามความยาวของเส้นทแยงมุมแผ่นกระเบื้องและการคว่ำแผ่นกระเบื้องแนบไปกับพื้นค่อนข้างสนิท สังเกตได้ในทุกสูตรการทดลองการวัดความได้ฉาก โค้งออก เว้าเข้า นูนขึ้น และแอ่นลง โดยใช้เหล็กวัดฉากยี่ห้อ Eagle ฟิลเลอร์เกจยี่ห้อ JAEGERTOOL ย่านการวัด 0.01-1.00 ม.ม.พบว่าทุกสูตรการทดลอง ความได้ฉาก การโค้งออก เว้าเข้า นูนขึ้นและแอ่นลง (รูปที่ 2b) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก.613-2529 กำหนดขนาดมิติที่ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร ความบิดเบี้ยวตามแนวขอบ โค้งออก เว้าเข้าร้อยละ 0.5 นูนขึ้นร้อยละ 0.4 และแอ่นลงร้อยละ 0.3 ความบิดเบี้ยวตามแนวเส้นทแยงมุมนูนขึ้นร้อยละ 0.3 แอ่นลงร้อยละ 0.2 ตามลำดับ

การหดตัวเชิงปริมาตรของกระเบื้อง

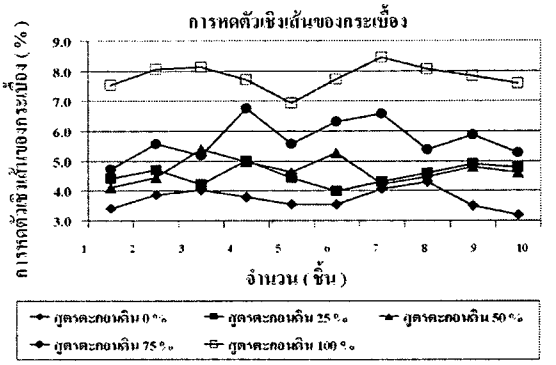
กระเบื้องที่มีส่วนผสมของตะกอนดินเซรามิค มีการหดตัวเชิงปริมาตรที่เพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของตะกอนดินเซรามิคในส่วนผสมมีค่าอยู่ในช่วง 10.76 - 23.49 % (รูปที่ 3) สรุปว่าการเพิ่มขึ้นของตะกอนดินเซรามิคทำให้การหดตัวเชิงปริมาตรของกระเบื้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากในตะกอนดินเซรามิคมีความละเอียดทำให้ปริมาตรรวมของช่องว่างภายในเนื้อกระเบื้องเกิดการเก็บสะสมความชื้นไว้ในปริมาณมาก [11] เมื่อได้รับความร้อนจากการเผาทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นออกจากส่วนผสมในวัตถุดิบ [12] ทำให้การหดตัวเชิงปริมาตรของกระเบื้องมีค่ามาก ผลงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของดนุพล ตันนโยภาส เรื่องผลกระทบการเติมผงหินพัมมิซที่มีต่อสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินสทิ้งพระสำหรับการผลิตกระเบื้องเนื่องจากการเพิ่มปริมาณของหินพัมมิซในเนื้อดินทำให้การหดตัวเชิงปริมาตรของกระเบื้องเพิ่มสูงขึ้นมีผลต่อการอบผนึกของกระเบื้อง [13]



รูปที่3 การหดตัวเชิงปริมาตรของกระเบื้อง

การหดตัวเชิงเส้นของกระเบื้อง

กระเบื้องที่มีส่วนผสมของตะกอนดินเซรามิคมีการหดตัวเชิงเส้นเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มของตะกอนดินเซรามิคในส่วนผสมมีค่าอยู่ในช่วง 3.72 – 8.50 % (รูปที่ 4) สรุปได้ว่าการเพิ่มขึ้นของตะกอนดินเซรามิคมีผลต่อการหดตัวเชิงเส้นของกระเบื้องสอดคล้องกับการหดตัวเชิงปริมาตรของกระเบื้อง



รูปที่4 การหดตัวเชิงเส้นของกระเบื้อง

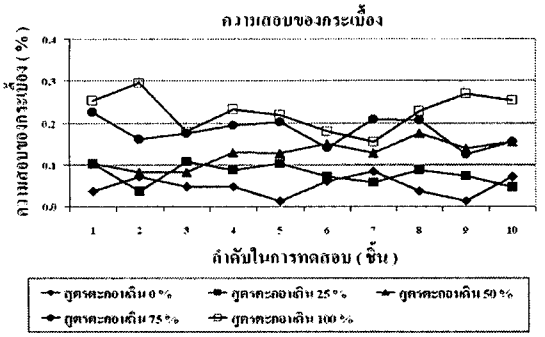
ความสอบของกระเบื้อง

ความสอบของกระเบื้องเป็นการวัดด้านตรงข้ามของกระเบื้องที่สอบเข้าหากันโดยทำการวัดด้านทั้ง 4 และคำนวณหาความสอบจากสูตร

$$\frac{\text{ผลต่างความยาวด้านทั้งสองที่อยู่ตรงข้ามกัน}}{\text{ความยาวเฉลี่ยของด้านทั้งสองที่วัด}} \times 100 \quad (1)$$

งานวิจัยใช้ดิจิตอลเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ยี่ห้อ Mitutodo ในการวัดผลการทดสอบความสอบของกระเบื้องพบว่า

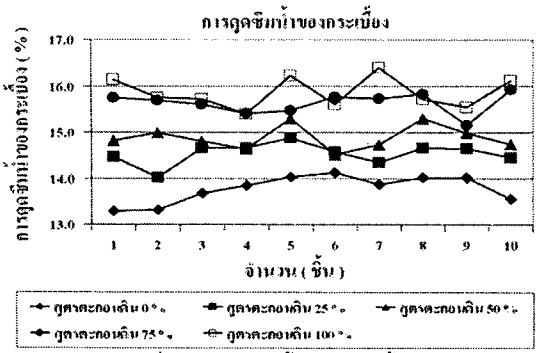
ความสอบของกระเบื้องมีความสอบเพียงเล็กน้อยอยู่ในช่วง 0.01-0.29% ผ่านเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก.613-2529 ความสอบของกระเบื้องไม่เกินร้อยละ 0.5% [10] (รูปที่ 5)



รูปที่5 ความสอบของกระเบื้อง

การดูดซึมน้ำของกระเบื้อง

กระเบื้องที่มีส่วนผสมของตะกอนดินเซรามิคมีค่าการดูดซึมน้ำของกระเบื้องอยู่ในช่วง 13.77 – 15.86 % (รูปที่6) การดูดซึมน้ำของกระเบื้องแปรผันตามปริมาณของตะกอนดินเซรามิคที่เพิ่มขึ้น เมื่อเติมตะกอนดินเซรามิคในปริมาณที่มากขึ้นการดูดซึมน้ำของกระเบื้องมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากตะกอนดินเซรามิคมีพื้นที่ความพรุนจำเพาะสูง จึงเกิดช่องว่างระหว่างอนุภาคขึ้น กระเบื้องทดสอบผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก. 613-2529 ค่าการดูดซึมน้ำของกระเบื้องบุผนังไม่เกินร้อยละ 18 [10]



รูปที่6 การดูดซึมน้ำของกระเบื้อง

ความทนต่อสารเคมี

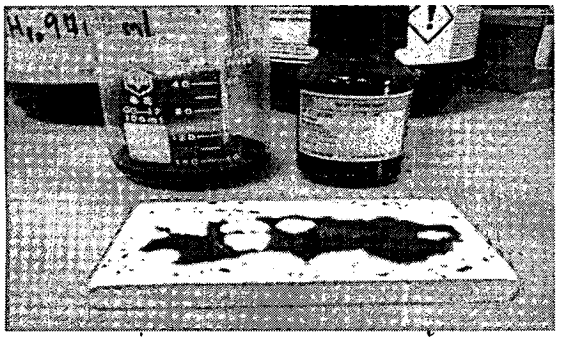
ความทนกรดและความทนด่าง

ทดสอบความทนต่อสารเคมี ความทนกรดใช้กรดไฮโดรคลอริก ความทนด่างใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 3 ผสมกับน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทดสอบกระเบื้องโดยการแช่กระเบื้องให้ 2 ใน 3 ของผิวเคลือบจมในสารละลายทั้งสองเป็นเวลา 7 วันและควบคุมความเข้มข้นของสารละลายให้คงที่ตลอดเวลาทดสอบ (รูปที่ 7) เมื่อครบกำหนด ตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงที่ผิวเคลือบโดยเปรียบเทียบกับผิวเคลือบที่ไม่ได้แช่ ผลการทดสอบกระเบื้องทดสอบไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสารเคมีไปจากเดิมผลการทดสอบผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาห กรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก. 613-2529 [10] ที่ระบุว่าต้องไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากสารเคมี

รูปที่7 การทดสอบความทนต่อสารเคมี

ความทนการราน

นำกระเบื้องทดสอบใส่ตะแกรงวางไว้ในหม้อนึ่งอัดงานวิจัยนี้ใช้หม้อนึ่งอัดยี่ห้อ GABBRIELLI จากนั้นเติมน้ำในหม้อนึ่งอัดและปิดฝาให้แน่น ในระหว่างการต้มจะเปิดท่อเพื่อให้ไอน้ำไล่อากาศภายในจนหมดทำการปิดฝาท่อปล่อยต้มให้น้ำเดือดจนมีความดันประมาณ 100 กิโลปาสคาล รักษาระดับแรงดันไว้ประมาณ 60 นาที หลังจากนั้นหยุดเครื่องแล้วระบายความดันออกช้า ๆจนไม่มีความดันและปล่อยกระเบื้องให้เย็น นำกระเบื้องออกมาทำการทดสอบการรานของกระเบื้อง โดยหยดสารละลายเมทิลีนบลูร้อยละ1 โดยน้ำหนักบนผิวเคลือบและทำการเช็ดสารละลายเมทิลีนบลูออกทดสอบการรานของกระเบื้อง (รูปที่8)

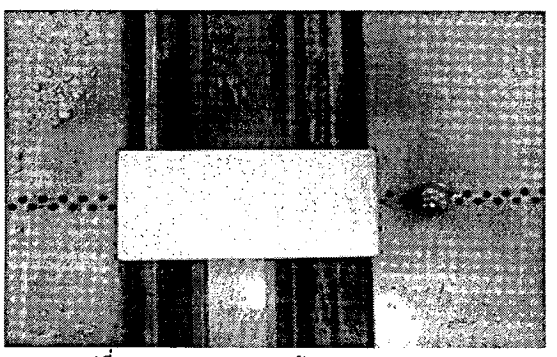


รูปที่8 การทดสอบการรานของกระเบื้อง

ผลการทดสอบกระเบื้องไม่พบการรานของกระเบื้อง ซึ่งผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก.613-2529 [10] ที่ระบุว่าผิวเคลือบของกระเบื้องต้องไม่พบการราน

ความต้านทานแรงกระแทก

นำกระเบื้องวางบนแท่นที่เตรียมไว้ โดยแท่นทั้ง 2 ขนานกัน จากนั้นใช้ลูกเหล็กกลมน้ำหนัก 28.35 กรัม ปล่อยจากระยะความสูงที่ 660 มิลลิเมตร [10] ให้ลูกเหล็กตกลงตรงกลางแผ่นกระเบื้องทดสอบ (รูปที่9) ผลการทดสอบพบว่า ไม่ปรากฏรอยแตกของผิวเคลือบผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องบุผนังภายใน มอก.613-2529 [10] กระเบื้องจะต้องไม่มีสภาพเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม



รูปที่9 การทดสอบความต้านทานแรงกระแทก

4.สรุปผลงานวิจัย

1.ตะกอนดินเซรามิคมีความพรุนตัวมากเนื่องจากมีปริมาณสารประกอบซิลิกอนไดออกไซด์ น้ำสลิปจึงมีความหนืดสูง ต้องใช้น้ำในปริมาณที่มากขึ้นในการผสม

2.ปริมาณตะกอนดินเซรามิคจากงานวิจัยมีปริมาณน้อย ในการผลิตจริงการใช้ปริมาณตะกอนดินเซรามิคในปริมาณมาก การควบคุมคุณภาพกระเบื้องเป็นเรื่องที่สำคัญ

3.กระเบื้องที่มีส่วนผสมของตะกอนดินเซรามิค มีการหดตัวเชิงปริมาตร การหดตัวเชิงเส้น ความสอบ การดูดซึมน้ำที่เพิ่มขึ้น ตามอัตราการเพิ่มของตะกอนดินเซรามิคในส่วนผสม การเพิ่มของตะกอนดินเซรามิคจึงมีผลต่อการควบคุมคุณภาพของกระเบื้องในการนำไปใช้งาน

4.ปริมาณตะกอนดินเซรามิคที่เหมาะสม สำหรับการนำไปใช้ทดแทนบอลเคลย์ ในการผลิตกระเบื้องบุผนังภายในอยู่ที่ไม่เกิน 25 % ของน้ำหนักที่ทดแทนบอลเคลย์เนื่องจากการทดสอบสมบัติการหดตัวเชิงปริมาตรและเชิงเส้นของกระเบื้อง ความสอบของกระเบื้อง การดูดซึมน้ำของกระเบื้องมีค่าน้อยเหมาะสมในการใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

[1] เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ , ชดชนก อัฑฒพงศ์, อลิสา วิเชียรเจริญ และ อัจฉราภรณ์ พรมบุตร.การใช้ของเสียที่เป็นแก้วทดแทนแร่เฟลด์สปาร์ในการผลิตกระเบื้องเซรามิค. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย 20 (1): 39-47.

[2] A.P. Luz, S. Ribeiro. 2007. Use of glass waste as a raw material in porcelain stoneware tile mixtures.Ceramics International 33 :761–765

[3] ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.2554.รูปแบบมาตรฐานการผลิตเซรามิกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อสนับสนุนการส่งออกโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด.

[4] คชินท์ สายอินทวงศ์. 2549. แนวทางการกำจัดของเสียในอุตสาหกรรมเซรามิค.วารสารเซรามิกส์.

[5] สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม.2552. โครงการพัฒนาส่งเสริมการใช้ทรัพยากรแร่ และ โลหะหมุนเวียนเพื่อการพัฒนาอย่างมีดุลยภาพ.

[6] อายุวัฒน์ สว่างผล. 2543. วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์.พิมพ์ครั้งที่1.โรงพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ

[7] www.thaiceramicsociety com. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับวัตถุดิบเซรามิก

[8] ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์.2541. เนื้อดินเซรามิก.พิมพ์ครั้งที่1.โรงพิมพ์โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ

9] สุธรรม ศรีหล่มสัก และ เอกสิทธิ์ นิ่มวิญญา. 2008. การเลือกเติม deflocculants และ focculants ในน้ำสลิป.Ceramic Journal.

10] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.2529. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระเบื้องดินเผาบุผนังภายใน.มอก.613-2529.

11] Soil Physics Properties. Dr.Suchada Sanusan . Soil Resources and environment . Faculty of Agricultural production . Maejo University

12] www.mne.eng.psu.ac.th

13] ดนุพล ตันนโยภาส ปาจรีย์ เกิดกูล สุชาติ จันทร-มณีย์. ผลกระทบของการเติมผงหินพัมมิซ ที่มีต่อสมบัติและโครงสร้างจุลภาคของเนื้อดินสทิ้งพระ สำหรับการผลิตกระเบื้อง.การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ครั้งที่ 8. 22-23 เมษายน 2553