

‘การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ The Development of Community Products Type Interlocking Concrete Paving Blocks from Waste Materials in the Ceramic Tile Industry

ภัทรพล เรืองศรี* จตุรงค์ เลหาพะเพ็ญแสง** และ ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา**
Pattarapol Ruengsri Chaturong Louhapensang and Songwut Egwutvongsa

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ 2) เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ 3) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ และ 4) เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ โดยการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มาทำการศึกษาและพัฒนาวัสดุด้วยกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรอน โดยมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสาน โดยใช้หลักทฤษฎีวัสดุเชิงวิศวกรรมมาใช้ในการศึกษาวิจัย ซึ่งจากผลการศึกษาระบบการใช้ประโยชน์ พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 สูตร PCS7 ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรอนที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (ขนาดอนุภาค 11.65 ไมครอน) มีความเหมาะสมมากที่สุด ซึ่งวัสดุที่ได้มีลักษณะเป็นรูปฟรอนขนาดเล็กที่ผิวและมีผิวเรียบ มีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 57.61 เมกะปาสกาล และมีการใช้ปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์อยู่ที่อัตราส่วน ร้อยละ 70 โดยจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ได้แก่ รูปแบบที่ 2 ซึ่งมีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55) และจากผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) พบว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 ทุกรายการ และในส่วนของการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่า ในส่วนของกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ มีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46) ในส่วนของกลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อก

* อาจารย์พิเศษ สาขาวิชาออกแบบเซรามิกส์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
E-mail: pattarapol.r1988@gmail.com

** อาจารย์ประจำ ภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสานปูพื้น มีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44) และในส่วนของกลุ่มผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37)

ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้ว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) สามารถนำมาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์และพัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนที่มีความแข็งแรง ทนทาน ด้วยวิธีการอัดแบบ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ น่าสนใจ มีลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดี ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ 827-2531 ที่ได้กำหนดไว้ รวมถึงสามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี

ABSTRACT

This research aims 1) to study the utilization of waste materials in the ceramics industry, 2) to develop the community products type Interlocking Concrete Paving Blocks from waste materials in the ceramic tile industry, 3) to evaluate the efficiency of the community products type Interlocking Concrete Paving Blocks from waste materials in the ceramic tile industry, and 4) to assess the level of satisfaction towards the community products type Interlocking Concrete Paving Blocks from waste materials in the ceramic tile industry. By the ceramic waste materials type Rolled tile (after burning) was conducted to study and development the materials using the porous ceramics utilization process with Portland cement type 1 as the binder which the materials engineering theory's principle was used in this study. The results of the study of utilization process found that the utilization process 1: PCS7 formula in the porous ceramics with small particles form (particle size of 11.65 microns) had the most appropriate. The obtained material is small size of porous at the surface and smooth surface. The compressive strength is 57.61 MPa and the amount of ceramic waste materials used was 70 Percentage From the development of community product type Interlocking Concrete Paving Blocks found that the most appropriate product model was Model 2 with evaluation value in the most appropriate criteria ($\bar{X}$ = 4.51, S.D. = 0.55). And from the results of testing products according to industrial standards (TIS) found that community products type Interlocking Concrete Paving Blocks from waste materials in the ceramic tile industry passed industrial standards No. 827-2531 in all items and in the extent of the results of the satisfaction level assessment towards community products type Interlocking Concrete Paving Blocks from waste materials in the ceramic tile industry revealed that there were the highest satisfaction level in all parts include the group of people involved in ceramic waste ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46), the manufacturer and supplier of community products type Interlocking Concrete Paving Blocks ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44), and the persons who interested in community products type Interlocking Concrete Paving Blocks ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37) respectively.

The study concluded that the ceramic waste materials type Rolled tile (after burning) can be introduced to utilization process and develop to be porous ceramics with hardness and durable by compression molding method. It can be used as a guideline for development community products type Interlocking Concrete Paving Blocks with exotic and interesting shapes, good physical characteristics and mechanical properties, passed the specified industrial standards No.827-2531 and can be used in commercial production and distribution as well.

คำสำคัญ: วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ เซรามิกส์พรุน กำลังรับแรงอัด คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

Keywords: Ceramic waste, Porous ceramic, Compressive strength, Interlocking concrete paving blocks

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการในเขตกรุงเทพมหานครและภูมิภาคเพิ่มขึ้น โดยจากผลสรุปสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรมไทยในปัจจุบัน มีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นจากปี 2559 แล้วประมาณ 4,253 โรงงาน (เพิ่มขึ้นจากปี 2558) ซึ่งจากสถิติดังกล่าวบ่งบอกว่าประเทศไทยในอนาคตมีแนวโน้มที่จะมีโรงงานอุตสาหกรรมเปิดตัวเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม, 2559: 1) เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีวัตถุดิบและทรัพยากรที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตภาคอุตสาหกรรมและภาคการเกษตรมากมาย ซึ่งแนวโน้มในการเกิดโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ นั้นไม่ได้บ่งบอกว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาและเป็นแหล่งอุตสาหกรรมการผลิตที่สำคัญในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพียงเท่านั้น แต่ยังสามารถบ่งบอกได้ว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่มีแหล่งทรัพยากรและวัตถุดิบทางธรรมชาติในการนำมาใช้ผลิตในระบบอุตสาหกรรมมากมาย เช่น กลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับพืช และกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับวัสดุโลหะและโลหะ เช่น กลุ่มแก้ว กลุ่มเครื่องปั้นดินเผา กลุ่มซีเมนต์ และกลุ่มเหล็ก เป็นต้น (ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2555: 1-14) แต่ในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมประเภทดังกล่าวยังไม่มีการบริหารจัดการหรือมีมาตรการในการกำจัดกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเท่าที่ควร ส่งผลให้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้ทรัพยากรและวัตถุดิบทางธรรมชาติมีวัสดุเหลือใช้ (Waste) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตคงค้างเป็นจำนวนมาก

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ พบว่าในปัจจุบันวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ที่เกิดจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์มีเป็นจำนวนมาก และบางประเภทไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ (Reuse) หรือนำมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ในด้านอื่นๆ ได้มากเท่าที่ควร จึงทำให้ในปัจจุบันมีกากของเสียหรือวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์จากโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น และยังไม่มีแนวทางในการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุดังกล่าวได้เท่าที่ควร อีกทั้งวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ยังมีความแข็งแรงทนทาน สามารถทนความร้อนและรอยขีดข่วนได้ดี ซึ่งมีคุณสมบัติเชิงกลที่สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าวในปัจจุบันยังคงมีการใช้ปูนซีเมนต์ ทราย และหินฝุ่นเป็นวัสดุหลักในการขึ้นรูป โดยมีลักษณะทางกายภาพและรูปแบบที่ยังไม่มีความแปลกใหม่หรือน่าสนใจเท่าที่ควร ซึ่งตัวผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะเป็นรูปทรงเรขาคณิต

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาแนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์มาทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้น (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม, 2556: 45-55)

โดยแนวทางที่ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย คือ การศึกษาและทดลองนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูน โดยจะมีเนื้อพื้นหลักเป็นวัสดุเซรามิกส์ ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) และมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์เป็นวัสดุประสาน (กวี, 2558: 370) ซึ่งผู้วิจัยต้องการนำแนวทางดังกล่าวที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีลักษณะทางกายภาพที่แปลกใหม่ น่าสนใจ รวมถึงมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี อีกทั้งยังเป็นการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์
2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์
3. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์
4. เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

สมมติฐานการวิจัย

การนำวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์มาทำการศึกษา วิเคราะห์และทดลอง โดยผ่านกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูนที่เหมาะสม สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีรูปแบบที่แปลกใหม่และน่าสนใจ มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ รวมถึงมีลักษณะทางกายภาพและมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถนำมาใช้ในกระบวนการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี

วิธีการศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ โดยนำกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูนที่มีความสอดคล้องและเหมาะสมมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าว ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ ซึ่งในกรณีศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บริษัท เคนไซ ซีรามิกส์ อินดัสตรี จำกัด โดยเป็นบริษัทที่มีการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทกระเบื้องเซรามิกส์ปูพื้นและผนังเป็นหลัก

ทั้งนี้วัสดุหลักที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัย ได้แก่ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตและไม่ผ่านตามมาตรฐานหรือเกณฑ์ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ โดยกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูนที่มีวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ดังกล่าวมาเป็นองค์ประกอบหลักนั้น จะมีการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 มาใช้เป็นวัสดุประสาน เพื่อช่วยในการยึดเกาะและขึ้นรูปวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนด้วยวิธีการอัดแบบ ซึ่งปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 มีความสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชน

ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทดังกล่าวมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพของวัสดุในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ซึ่งจากการศึกษาวิจัยในส่วนของการกระบวนการใช้ประโยชน์ที่มีการนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์มาพัฒนาให้อยู่ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรอนนั้น อาจทำให้สามารถนำวัสดุดังกล่าวมาช่วยลดปริมาณหรือใช้ทดแทนวัสดุหลักของผลิตภัณฑ์ชุมชนเดิม เช่น ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ หินทราย และหินปูนได้เป็นอย่างดี (สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม, 2556: 45) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรอน โดยใช้หลักการหาอัตราส่วนผสมแบบตาราง Line blend percentages

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวัดวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) เพื่อดูแนวโน้มและผลการศึกษาจากกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรอนที่เหมาะสม รวมถึงวิเคราะห์และเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลในด้านต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา)

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่า บริษัทที่เป็นกรณีศึกษา มีวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมรวมทั้งหมด มีปริมาณรวม 203.25 ตันต่อเดือน โดยแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ที่มีตำหนิและไม่ผ่านมาตรฐานทั้งหมด มีปริมาณรวม 158.25 ตันต่อเดือน เศษวัตถุดิบที่มีขนาดใหญ่ไม่ผ่านตะแกรง มีปริมาณรวม 35 ตันต่อเดือน และเศษวัตถุดิบต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการผลิต มีปริมาณรวม 10 ตันต่อเดือน โดยวัสดุเหลือใช้ที่มีปริมาณมากที่สุด คือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (ก่อนเผา) มีปริมาณ 101 ตันต่อเดือน ซึ่งวัสดุดังกล่าวสามารถนำมาบดใช้ในการผลิตซ้ำได้ทั้งหมด และรองลงมาคือ เศษกระเบื้องเซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) (ดังแสดงในภาพที่ 1) มีปริมาณ 57.25 ตันต่อเดือน โดยปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากมีลักษณะการบิ่น แตก ร้าว และมีเฉดสีไม่ตรงตามมาตรฐาน (STD) ที่กำหนดไว้ ซึ่งได้มีการนำเศษกระเบื้องเซรามิกส์ดังกล่าวมาบดและใช้ซ้ำในปริมาณที่น้อย เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งานหรือการผลิตเท่านั้น

ทั้งนี้ส่งผลให้บริษัทดังกล่าว ยังคงมีปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ในปริมาณมากและไม่สามารถนำมาใช้ได้ทั้งหมด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการวิเคราะห์และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล เพื่อดูศักยภาพของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทดังกล่าวในการนำมาประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้ดียิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดต่างๆ ไว้ดังนี้

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา)

ผู้วิจัยได้ทำการสุ่มตัวอย่างวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) เพื่อส่งไปทดสอบและวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพของวัสดุ ด้วยเทคนิค XRF (X-Ray Fluorescence) โดยจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ประกอบไปด้วยแร่ธาตุหลักๆ อยู่ 2 ชนิด ได้แก่ ซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) โดยมีร้อยละ 67.20 และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) มีร้อยละ 21.25 โดยซิลิกาออกไซด์มีคุณสมบัติเด่นในการช่วยเสริมโครงสร้างให้วัสดุมีความแข็งแรง สามารถยึดเกาะกันได้ดี ส่วนอลูมิเนียมออกไซด์มีคุณสมบัติเด่นในการเพิ่มความแข็งแกร่ง สามารถทนความร้อนและรอยขีดข่วนได้ดี ดังนั้นจะเห็นว่าวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ที่มีซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) และอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) เป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณที่มากนั้น เมื่อนำมาใช้ร่วมกับวัสดุอื่นจะส่งผลให้วัสดุที่เกิดขึ้นใหม่มีคุณสมบัติที่ดีในด้านของความแข็งแรง ทนทาน รวมถึงยังสามารถทนความร้อนและรอยขีดข่วนได้ดี (วรพงษ์, 2555: 35)

2. การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา)

จากการศึกษาและสำรวจวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) เบื้องต้น พบว่า วัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มีลักษณะที่ยังไม่สามารถนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากมีความละเอียดหรือขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันมากเกินไป ดังนั้นวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทดังกล่าวจึงจำเป็นต้องนำไปผ่านกระบวนการบดย่อยให้มีขนาดที่ใกล้เคียงกัน โดยหลังจากทำการบดย่อยเสร็จแล้วผู้วิจัยได้นำวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์มาทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.36 มิลลิเมตร เพื่อให้วัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มีขนาดที่เหมาะสมและสอดคล้องตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน เลขที่ มอก. 566-2528 ก่อนที่จะนำมาใช้ในการศึกษาวิจัย (กวี, 2558: 372)

ทั้งนี้ขนาดอนุภาคโดยรวมของวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) หลังจากผ่านกระบวนการบดย่อยมาแล้วนั้น พบว่า วัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทดังกล่าว มีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอยู่ 2 ลักษณะ (ดังแสดงในภาพที่ 2) คือ มีอนุภาคขนาดเล็ก และมีอนุภาคขนาดปานกลาง - ขนาดใหญ่ ซึ่งจากขนาดอนุภาคของวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) สามารถสรุปได้เป็น 2 ลักษณะ โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างขนาดอนุภาคของวัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) หลังทำการบด

2.1 วัสดุเคลือบใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) อนุภาคขนาดเล็ก (มีปริมาณร้อยละ 85-90 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีความละเอียดมาก ผู้วิจัยจึงทำการส่งตัวอย่างวัสดุเพื่อทดสอบและวิเคราะห์หาขนาดและการกระจายขนาดอนุภาควัสดุ (Particle Size Distribution) โดยใช้เทคนิค

Laser diffraction ซึ่งจากผลการทดสอบและวิเคราะห์ พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) อนุภาคขนาดเล็ก มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย อยู่ที่ 11.65 ไมครอน

2.2 วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) อนุภาคขนาดใหญ่ (มีปริมาณร้อยละ 10-15 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) เนื่องจากวัสดุดังกล่าวมีความละเอียดน้อยและมีลักษณะเป็นเม็ดหรือเป็นก้อนขนาดเล็ก ผู้วิจัยจึงใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper) ในการวัดหาขนาดอนุภาคเฉลี่ยโดยรวมของวัสดุดังกล่าว ซึ่งจากผลการสุ่มตัวอย่างการวัดขนาดอนุภาค พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) อนุภาคขนาดใหญ่ มีขนาดอนุภาคเฉลี่ย อยู่ที่ 2-4 มิลลิเมตร

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้นในส่วนของการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุเชิงคุณภาพและผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทดังกล่าว มีคุณสมบัติและมีลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสม สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาวิจัยและทดลองกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูนได้เป็นอย่างดี

3. การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา)

จากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูน (กวี, 2558: 370) ที่จะนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนั้น พบว่า วัสดุเซรามิกส์พูนเป็นวัสดุที่อยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีส่วนเมตริกซ์หรือเนื้อพื้น (Matrix phase) เป็นเซรามิกส์ โดยเป็นวัสดุที่มีรูพรุนอยู่เป็นจำนวนมากในเนื้อของวัสดุที่มีความต่อเนื่องกัน ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ซึ่งขนาดอนุภาคของวัสดุดังกล่าวมีผลต่อขนาดรูพรุนหรือความพรุนตัวในเนื้อของวัสดุ โดยจะมีลักษณะทางกายภาพที่สอดคล้องกับวัสดุประเภทคอนกรีตพูน (Porous concrete) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีคอนกรีตที่มีรูพรุนต่อเนื่องกันโดยไม่มีมวลละเอียดหรือทรายเป็นส่วนผสม เพื่อต้องการให้เกิดเป็นโพรงที่ต่อเนื่องกันอยู่ภายในเนื้อของคอนกรีต โดยมีจุดประสงค์ในการให้น้ำสามารถไหลผ่านลงไปได้และช่วยในการระบายความร้อนได้ดี รวมถึงยังมีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบา (อำพล, 2556: 4) ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มาพัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนที่มีความพรุนตัวและมีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับวัสดุประเภทคอนกรีตพูน เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาวัสดุดังกล่าวเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีความแข็งแรง ทนทาน มีลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดี สามารถนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและทดลองนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูนทั้งหมด 2 กระบวนการ (ดังแสดงในตารางที่ 1) ได้แก่ กระบวนการที่ 1 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พูนที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (ใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ อนุภาคขนาดเล็ก) และกระบวนการที่ 2 คือ กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พูนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ (ใช้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ อนุภาคขนาดใหญ่) โดยทั้ง 2 กระบวนการดังกล่าวจะมีการใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 มาเป็นวัสดุประสาน และใช้การขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดแบบเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในปัจจุบัน

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของวัสดุประเภทเซรามิกส์พูน รวมถึงทำการคัดเลือกและเตรียมชิ้นตัวอย่างวัสดุเซรามิกส์พูนที่มีความเหมาะสมส่งทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดเป็นรายสูตร (ดังแสดงในตารางที่ 1) ซึ่งในแต่ละสูตรจะมีการส่งทดสอบสูตรละ 3 ตัวอย่าง ตามมาตรฐาน มอก. 15 เล่ม 12-2532 และทำการบ่ม (บ่มน้ำ) อย่างน้อยเป็นเวลา 14 วัน (ก่อนทำการทดสอบวัสดุ) (คมสัน, 2555: 68) โดยผลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนหาค่ากำลังรับแรงอัดของวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนทั้ง 2 กระบวนการ มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดกระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา)

กระบวนการใช้ประโยชน์	อัตราส่วนผสมวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต แบบ Line blend percentages (%) (วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์)									
กระบวนการ / สูตรที่	สูตร 1 PCS 1	สูตร 2 PCS 2	สูตร 3 PCS 3	สูตร 4 PCS 4	สูตร 5 PCS 5	สูตร 6 PCS 6	สูตร 7 PCS 7	สูตร 8 PCS 8	สูตร 9 PCS 9	น้ำบริสุทธิ์ (ร้อยละ)
กระบวนการที่ 1 (PCS) (อนุภาคขนาดเล็ก)	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10	15
	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์พูน (เมกะปาสคาล)									
	70.21	67.39	67.18	65.54	62.26	60.24	57.61	37.07	ขึ้นรูป ไม่ได้	-
กระบวนการใช้ประโยชน์	อัตราส่วนผสมวัสดุเซรามิกส์คอมโพสิต แบบ Line blend percentages (%) (วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) : ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์)									
กระบวนการ / สูตรที่	สูตร 1 PCL 1	สูตร 2 PCL 2	สูตร 3 PCL 3	สูตร 4 PCL 4	สูตร 5 PCL 5	สูตร 6 PCL 6	สูตร 7 PCL 7	สูตร 8 PCL 8	สูตร 9 PCL 9	น้ำบริสุทธิ์ (ร้อยละ)
กระบวนการที่ 2 (PCL) (อนุภาคขนาดใหญ่)	10:90	20:80	30:70	40:60	50:50	60:40	70:30	80:20	90:10	15
	ค่าเฉลี่ยกำลังรับแรงอัดของวัสดุเซรามิกส์พูน (เมกะปาสคาล)									
	ขึ้นรูป ไม่ได้	ขึ้นรูป ไม่ได้	ขึ้นรูป ไม่ได้	ขึ้นรูป ไม่ได้	78.07	59.96	36.88	16.15	ขึ้นรูป ไม่ได้	-

จากข้อมูลการวิเคราะห์และทดสอบวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนจากกระบวนการใช้ประโยชน์ทั้ง 2 กระบวนการข้างต้น พบว่า วัสดุประเภทเซรามิกส์พูนในแต่ละกระบวนการใช้ประโยชน์ มีลักษณะทางกายภาพและมีคุณสมบัติเชิงกล ในส่วนของค่ากำลังรับแรงอัดที่แตกต่างกัน ซึ่งจากข้อมูลการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของกำลังรับแรงอัดของวัสดุนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลผลการทดสอบดังกล่าว มาทำการเปรียบเทียบค่าตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน มอก. เลขที่ 827 - 2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยระบุว่าต้องมีค่ากำลังรับแรงอัดไม่ต่ำกว่า 40 เมกะปาสคาล (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531: 6) ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกระบวนการใช้ประโยชน์และเพื่อหาสูตรวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมผ่านตามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

3.1 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พูนที่มีอนุภาคขนาดเล็ก โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะเป็นรูปพูนขนาดเล็กที่ผิว และมีผิวเรียบ ซึ่งสูตรที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ PCS7 มีค่ากำลังรับแรงอัด 57.61 เมกะปาสคาล และมีการใช้ปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) อยู่ที่ร้อยละ 70

3.2 กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปเซรามิกส์พูนที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ โดยวัสดุที่ได้มีลักษณะโปร่ง มีรูปพูนขนาดกลาง-ขนาดใหญ่ และมีผิวขรุขระ ซึ่งสูตรที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ PCL6 มีค่ากำลังรับแรงอัด 59.96 เมกะปาสคาล และมีการใช้ปริมาณวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) อยู่ที่ร้อยละ 60

ผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาและทดลองนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรูน พบว่า กระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ทั้ง 2 กระบวนการ นั้น มีความสอดคล้องและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงมีลักษณะทางกายภาพและมีคุณสมบัติเชิงกลในส่วนของการรับแรงอัดผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน มอก. เลขที่ 827 – 2531 ซึ่งกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 สูตรที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ สูตรที่ 7 (PC57) มีค่ากำลังรับแรงอัด 57.61 เมกะปาสคาล และ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 สูตรที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ สูตรที่ 6 (PCL6) มีค่ากำลังรับแรงอัด 59.96 เมกะปาสคาล

ทั้งนี้จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากการลงพื้นที่และผลการวิเคราะห์ในข้อที่ 2 การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) พบว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทดังกล่าวหลังทำการบดย่อยและทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2.36 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐาน มอก. 566-2528 แล้ว จะมีขนาดอนุภาคที่แตกต่างกันอยู่ 2 ลักษณะ คือ อนุภาคขนาดเล็ก มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 11.65 ไมครอน และมีปริมาณร้อยละ 85-90 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด) และอนุภาคขนาดใหญ่ มีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 2-4 มิลลิเมตร มีปริมาณร้อยละ 10-15 ของวัสดุหลังทำการบดทั้งหมด)

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ที่นำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์ฟรูนนั้น กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 ที่มีการใช้วัสดุเหลือใช้ เซรามิกส์อนุภาคขนาดเล็ก มีปริมาณมากกว่ากระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 ที่มีการใช้วัสดุเหลือใช้ เซรามิกส์อนุภาคขนาดใหญ่ถึงร้อยละ 85-90 ส่งผลให้เมื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตในชุมชนระยะยาว กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 2 อาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชน เนื่องจากมีปริมาณที่น้อยและไม่คุ้มค่าในการผลิตในปริมาณมาก เพราะฉะนั้นกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 สูตร PC57 ที่มีลักษณะเป็นฟรูนขนาดเล็กที่ผิวและมีพื้นผิวเรียบเสมอกัน (ดังแสดงในภาพที่ 3) จึงมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าวมากที่สุด ทั้งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และด้านการนำมาเข้าสู่กระบวนการผลิตจริงในเชิงอุตสาหกรรมชุมชน



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะทางกายภาพของวัสดุเซรามิกส์ฟรูนที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (สูตร PC57)

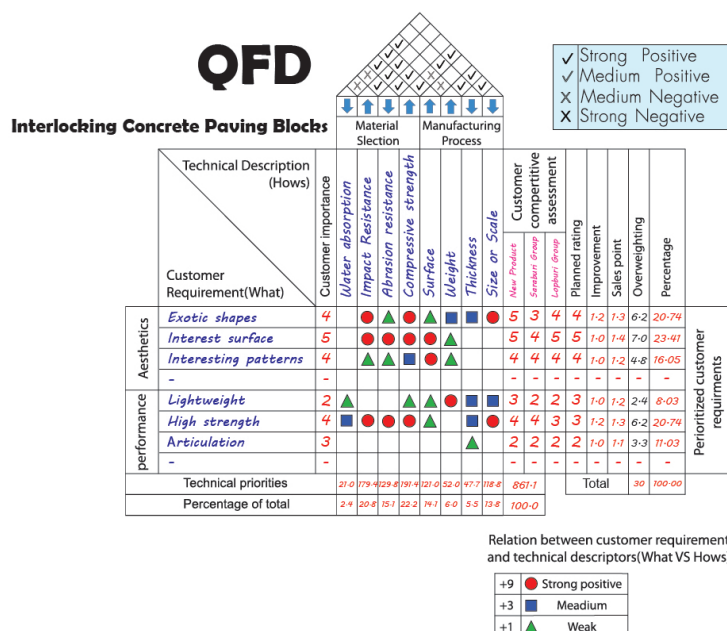
1. ผลการวิเคราะห์การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากข้อมูลเอกสารและจากการลงพื้นที่เพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ดังแสดงในภาพที่ 4) พบว่า ในปัจจุบันกระบวนการผลิตคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในชุมชนแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่ 1 ใช้คนในการขึ้นรูปทุกกระบวนการ และรูปแบบที่ 2 ใช้เครื่องจักรในการขึ้นรูปและใช้คนช่วยในบางกระบวนการ โดยทั้งสองรูปแบบมีแม่พิมพ์เหล็กเป็นตัวแบบในการผลิตเป็นหลัก ซึ่งมีความแตกต่างกันในส่วนขนาดและวิธีการใช้ที่เหมาะสมกับคนหรือเครื่องจักร รวมถึงวัตถุดิบต่างๆ ที่นำมาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ก็มีการใช้วัตถุดิบและอัตราส่วนเช่นเดียวกัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าว ในปัจจุบันกลุ่มตัวอย่างจะมีความต้องการและให้ความสำคัญเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ ในการตัดสินใจเลือกซื้อหรือใช้งานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (อดุลย์, 2550: 64) โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 กลุ่มผู้บริโภคหรือผู้ที่มีความสนใจต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีรูปทรงที่แปลกใหม่ มีพื้นผิวและลวดลายที่น่าสนใจ และในกลุ่มที่ 2 กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงและทนทานสูง รวมถึงต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีน้ำหนักเบา (มีน้ำหนักที่น้อยลงจากเดิม) และมีการจัดเรียงประสานกันได้สนิท



ภาพที่ 4 แสดงการลงพื้นที่ชุมชนเพื่อศึกษาและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ชุมชน
ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้นำความต้องการของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม หรือ Voice of the Customer ข้างต้นมาทำการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ โดยใช้เทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) เพื่อใช้ในการนำมาวิเคราะห์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยและตรงตามความต้องการของกลุ่มตัวอย่างเป็นหลัก ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดผลการวิเคราะห์เทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพไว้ดังนี้



ภาพที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นตามหลักของ QFD

จากข้อมูลการวิเคราะห์เทคนิคหลักการแปลงหน้าที่ผลิตภัณฑ์เชิงคุณภาพ (ดังแสดงในภาพที่ 5) ผู้วิจัยได้จัดลำดับความสำคัญตามความต้องการของกลุ่มตัวอย่างหรือ VOC (Voice of the Customer) และจากผลการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวสามารถนำมาพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ได้ โดยมีการจัดลำดับความสำคัญ 2 ลำดับ ดังนี้

ลำดับที่ 1 คือ พัฒนาให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่ และมีพื้นผิวที่น่าสนใจ

ลำดับที่ 2 คือ พัฒนาให้มีความแข็งแรงสูง ทนทาน และมีน้ำหนักเบา

จากข้อมูลความต้องการของกลุ่มตัวอย่างข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกลำดับความสำคัญลำดับแรกมาใช้เป็นแนวทางหลักในการนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยนำหลักการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือหลัก Triz40 มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าว ซึ่งจากการผลวิเคราะห์ด้วยหลักการ Triz40 ผู้วิจัยขอเสนอแนวทางต่างๆ ที่นำมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นไว้ดังนี้

ส่วนที่ 1 พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปทรงที่สามารถนำมาต่อประสานกันได้ทุกด้าน ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม

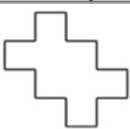
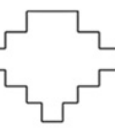
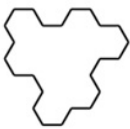
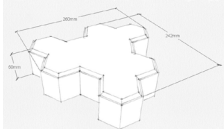
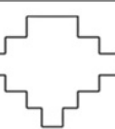
ส่วนที่ 2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีตัวล็อกหรือมีลักษณะการล็อกที่สนิทในตัว เพื่อให้สามารถนำมาต่อขยายความยาว ความกว้าง และเพิ่มจำนวนชิ้นงานให้เหมาะสมและสอดคล้องกับพื้นที่ที่นำไปใช้งานได้

ส่วนที่ 3 พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้สามารถนำมาจัดเรียงประสานได้หลายรูปแบบ โดยสามารถทำให้เกิดลวดลายใหม่ได้ในแต่ละพื้นที่ที่นำไปใช้งานจริง ด้วยการใช้ผลิตภัณฑ์รูปทรงเดิม

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบรูปทรงและมิติของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยอาศัยข้อมูลการวิเคราะห์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้างต้น เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าวให้มีความเหมาะสมและตรงตามความต้องการของกลุ่มตัวอย่างมากที่สุด ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวความคิด

เกี่ยวกับลวดลายเครื่อง จักสานประเภทต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปทรงของผลิตภัณฑ์ชุมชน โดยทำการศึกษา ลักษณะของลวดลายเครื่อง จักสาน (วิบูลย์, 2539: 6) ที่มีความแตกต่างกันในส่วนของมิติลวดลาย เพื่อดึงเอกลักษณ์ และลักษณะเด่นหรือส่วนสำคัญของลวดลายเครื่องจักสานมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปทรงของผลิตภัณฑ์ชุมชนให้ มีความแปลกใหม่และน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

ซึ่งจากผลการประเมินแบบร่างผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยมีแบบร่าง ผลิตภัณฑ์ ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 5 ท่าน มีทั้งหมด 3 แบบ คือ แบบร่างที่ 24, 29 และ 30 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ ชุมชน ซึ่งตรงกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531: 6)

แบบร่าง / ชื่อลาย	ลักษณะของลวดลาย	จุดที่น่าสนใจ	การดัดทอนรูปร่าง	การดัดแปลงรูปร่าง	แบบร่างผลิตภัณฑ์
แบบร่างที่ 24 - ลายยี่สิบสี่เหลี่ยม					
แบบร่างที่ 29 - ลายประทุนเรือ					
แบบร่างที่ 30 - ลายประทุนเรือ					

ภาพที่ 6 แสดงแบบร่างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์

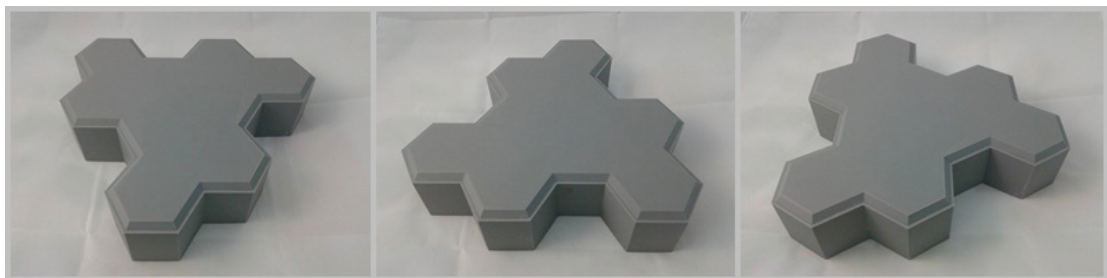
ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขนาดและระยะของแบบร่างผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปู พื้นที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบ (ดังแสดงในภาพที่ 6) และทำการสร้าง หุ่นจำลอง โดยใช้การย่อขนาดชิ้นงานให้มีอัตราส่วน 1:5 เซนติเมตร จำนวนรูปแบบละ 6 ชิ้น เพื่อใช้ในการตรวจสอบ รูปแบบ ขนาด สัดส่วน มุมมอง และลักษณะการเชื่อมต่อกันในแต่ละชิ้น และเพื่อใช้ในการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์ คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (อุตมศักดิ์, 2549: 203) โดยหุ่นจำลองทั้ง 3 รูปแบบ (ดังแสดงในภาพที่ 7) ได้มีการใช้เทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติระบบ FDM หรือ Fused Deposition Modeling โดยหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ทั้ง 3 รูปแบบ ผู้วิจัยขอเสนอ รายละเอียดต่างๆ ไว้ดังนี้



ภาพที่ 7 แสดงรูปแบบของหุ่นจำลองผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 1-3 (มุมมองทัศนียภาพ)

จากผลการประเมินรูปแบบผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 1-3 (ดังแสดงในภาพที่ 7) ตามกรอบแนวคิดทฤษฎีหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ในส่วนของเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์เชิงอุตสาหกรรม ทั้ง 12 ด้าน (อุดมศักดิ์, 2549: 10) ซึ่งได้แก่ หน้าที่ใช้สอย ความปลอดภัย ความแข็งแรง ทนทาน ความประหยัด วัสดุ โครงสร้าง ความสะดวกสบายในการใช้ ความสวยงาม มีลักษณะเฉพาะ กรรมวิธีการผลิต การซ่อมแซมและบำรุงรักษา และการขนส่ง พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ได้ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านออกแบบผลิตภัณฑ์มากและมีความเหมาะสมมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปแบบที่ 2 ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมตามหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ($\bar{X} = 4.51$, S.D. = 0.55) และรูปแบบที่ได้ผลการประเมินรองลงมา ได้แก่ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปแบบที่ 1 และ รูปแบบที่ 3 โดยมีค่าการประเมินอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมาก ($\bar{X} = 4.26$, S.D. = 0.67) และ ($\bar{X} = 3.99$, S.D. = 0.78) ตามลำดับ

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า รูปแบบของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้ดีมากที่สุด คือ ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างหุ่นจำลองเท่าขนาดจริง (Mock ups) จำนวน 1 ชิ้น (ดังแสดงในภาพที่ 8) เพื่อใช้ในการตรวจสอบรูปแบบ ขนาด สัดส่วน มุมมองต่างๆ และเพื่อใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง โดยผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดต่างๆ ไว้ดังนี้



ภาพที่ 8 แสดงหุ่นจำลอง (Mock ups) ของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์ที่ 29)

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2531: 3) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ รวมถึงเพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพของวัสดุเซรามิกส์พูนที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 โดยมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าวมีรายละเอียดในการวิเคราะห์และทดสอบทั้งหมด 5 ประเภท (ดังแสดงในตารางที่ 2)

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ เพื่อใช้ในการส่งวิเคราะห์และทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 ซึ่งจากผลการวิเคราะห์และทดสอบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดไว้ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

ลำดับ / รายละเอียด	ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลจากการทดสอบ (มิลลิเมตร)						ผลการทดสอบ
	ขนาดและมิติ			การลบลม		ความได้ฉาก	
	กว้าง	ยาว	หนา	ด้านที่ 1	ด้านที่ 2	ด้านข้างกับผิวล่าง	
1. ลักษณะทั่วไป	มีเนื้อแน่น ไม่ร้าว ชั้นผิวหน้ามีลักษณะที่เรียบ และมีสีสม่ำเสมอ						ผ่าน
2. ขนาดและมิติ	230.51	246.27	57.78	-	-	-	ผ่าน
3. การลบลม	-	-	-	6.75	4.77	-	ผ่าน
4. ความได้ฉาก	-	-	-	-	-	0.80	ผ่าน
5. ความต้านแรงอัด	996.25 เมกะปาสกาล (ค่าเฉลี่ยของชิ้นตัวอย่างทั้งหมด 5 ชิ้น)						ผ่าน

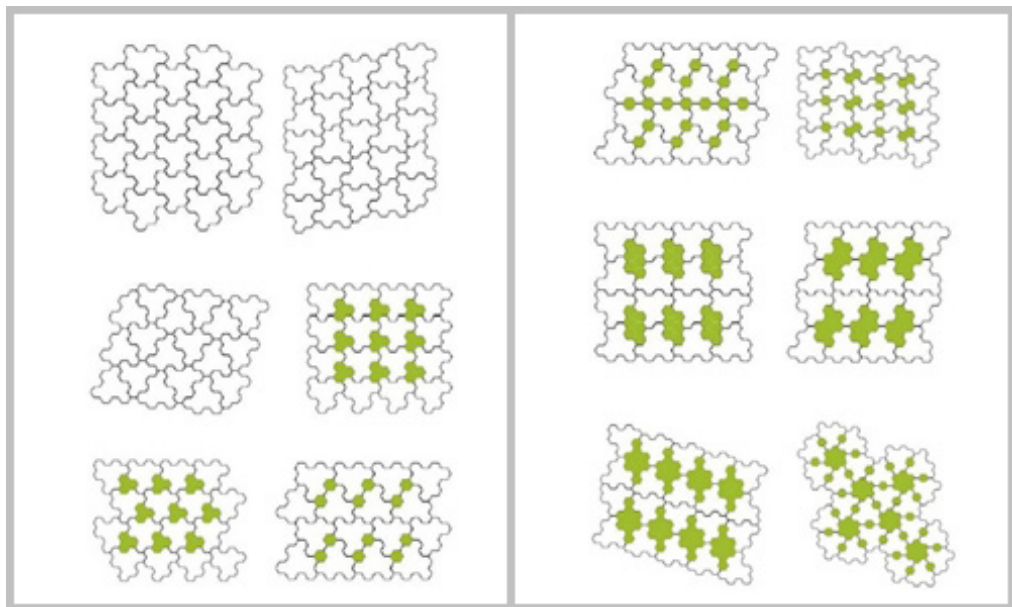
จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ที่ได้ทำการทดสอบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์นั้น ผ่านตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทุกรายการ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 1 วัสดุประเภทเซรามิกส์พูน สูตร PCS7 นั้น (ดังแสดงในภาพที่ 9) มีประสิทธิภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจริงได้เป็นอย่างดี

จากรูปแบบของผลิตภัณฑ์ข้างต้น ผู้วิจัยได้ทำการทดลองจัดเรียงประสานผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ที่ได้ทำการพัฒนาขึ้น (ดังแสดงในภาพที่ 10) เพื่อดูลักษณะการใช้งานจริงของตัวผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองจัดเรียงประสานตามรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำได้นั้นมีทั้งหมด 12 รูปแบบ โดยสามารถนำไปใช้งานได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 สำหรับใช้งานปูพื้นถนน ทางเดิน ลานจอดรถ หรือทางเท้าต่างๆ เพื่อใช้สำหรับตกแต่ง พื้นทางเดิน และเพื่อใช้สำหรับรองรับน้ำหนักจากคน สัตว์ สิ่งของ และพาหนะ เป็นต้น โดยมีรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ



ภาพที่ 9 แสดงผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ (วัสดุเซรามิกส์พูน)



ภาพที่ 10 แสดงรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

ลักษณะที่ 2 สำหรับใช้งานปูบนพื้นหญ้า เพื่อให้เกิดลวดลายระหว่างช่องว่าง ทำให้เป็นการเพิ่มความแปลกใหม่และน่าสนใจได้มากยิ่งขึ้น โดยมีรูปแบบการจัดเรียงประสานของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจาก วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ได้ทั้งหมด 9 รูปแบบ

3. ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้อง เซรามิกส์ในส่วนของวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ กระบวนการใช้ประโยชน์ และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภท

คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นนั้น พบว่า มีประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่มีความสอดคล้องและเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยดังกล่าวอยู่หลายส่วน โดยกลุ่มประชากรที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มเพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ได้อย่างครอบคลุมและครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ ดังนี้

- 1) กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ได้แก่ บริษัทที่เป็นกรณีศึกษา
- 2) กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (จำนวน 3 กลุ่ม)
- 3) กลุ่มผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (จำนวน 50 คน)

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยขอเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ไว้ดังนี้

3.1 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในส่วนของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์

จากผลการประเมินผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่า มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.52, S.D. = 0.46) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านการลด (Reduce) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.57, S.D. = 0.48)
2. ด้านการใช้ซ้ำ (Reuse) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.59, S.D. = 0.54)
3. ด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.92, S.D. = 0.21)
4. ด้านการซ่อมบำรุง (Repair) มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.00, S.D. = 0.63)

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า วัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) เมื่อนำมาเข้าสู่กระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูน กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 นั้นสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านการพัฒนาวัสดุใหม่ประเภทเซรามิกส์พูน และด้านการนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น รวมถึงแนวทางการพัฒนาวัสดุประเภทเซรามิกส์พูนที่เกิดจากกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังสามารถช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ได้ด้วยส่วนหนึ่ง ซึ่งเป็นการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมากลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสมมากที่สุด

3.2 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในส่วนของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นด้วยวิธีการอัดแบบ และส่งทดสอบประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ผ่านตามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองให้ตัวแทนสมาชิกกลุ่มชุมชนผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์มาทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยอ้างอิงจากกระบวนการผลิตจริงในชุมชน

จากผลการประเมินผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่า มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.44) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00)
2. ด้านความปลอดภัย มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\bar{X}$ = 4.50, S.D. = 0.58)
3. ด้านความแข็งแรง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)
4. ด้านความสะดวกสบายในการใช้ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)
5. ด้านความสวยงาม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00)
6. ด้านราคา มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)
7. ด้านวัสดุ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.29)
8. ด้านกรรมวิธีการผลิต มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.10, S.D. = 0.78)
9. ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.58)
10. ด้านการขนส่ง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.58)

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ สามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ รวมถึงตัววัสดุประเภทเซรามิกส์พูนจากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 โดยมีปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ประเภทที่ 1 เป็นวัสดุประสานผสมกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ที่มีอนุภาคนาตินั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีความแปลกใหม่และน่าสนใจได้ รวมถึงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังมีลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่ดี ผ่านตามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ที่นำมาพัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์พูน สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้มีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพที่ดี สามารถสร้างความพึงพอใจให้กับกลุ่มชุมชนในส่วนของผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

3.3 ผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในส่วนของผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น

จากผลการประเมินผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่า มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.80, S.D. = 0.37) โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ผลและจำแนกเป็นรายด้าน มีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความต้องการของผู้บริโภค มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.87, S.D. = 0.33)
2. ด้านต้นทุนของผู้บริโภค มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.74, S.D. = 0.44)
3. ด้านความสะดวกในการซื้อ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.95, S.D. = 0.21)
4. ด้านการสื่อสาร มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มีความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.66, S.D. = 0.49)

ทั้งนี้จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ สามารถนำมาใช้ในการผลิตและจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งวัสดุประเภทเซรามิกส์พูน สามารถนำมาสร้างความแปลกใหม่ น่าสนใจ และสามารถนำมาต่อยอดให้กับผลิตภัณฑ์รูปแบบเดิมได้ รวมถึงผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์จากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น กลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น และกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ อันได้แก่ บริษัทที่เป็นกรณีศึกษา สามารถสรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ ที่มีการนำวัสดุประเภทเซรามิกส์พูน มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้น มีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.80, 4.63, 4.52 และมีค่า S.D. = 0.37, 0.44, 0.46) ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า ผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ สามารถตอบสนองความต้องการของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม มีผลการศึกษาวิจัยที่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย และสามารถนำผลจากการศึกษาวิจัยนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นในรูปแบบอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพมากที่สุด รวมถึงสามารถใช้เป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยลดปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ได้ด้วยส่วนหนึ่ง

การสรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ ผู้วิจัยได้แบ่งการสรุปและอภิปรายผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษากระบวนการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

จากการสรุปผลการศึกษาระบบการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่ากระบวนการใช้ประโยชน์ในรูปแบบของเซรามิกส์พูนที่มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นมากที่สุด ได้แก่ กระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 โดยวัสดุดังกล่าวมีลักษณะเป็นรูปพูนขนาดเล็กที่ผิวและมีพื้นผิวเรียบเสมอกัน และมีค่ากำลังรับแรงอัดอยู่ที่ 57.48 Mpa ซึ่งกระบวนการใช้ประโยชน์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เพื่อช่วยแก้ปัญหาปริมาณวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ และเพื่อนำวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) มาแปรรูปนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle) ในรูปของวัสดุเซรามิกส์พูน รวมถึงนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการนำวัสดุดังกล่าวมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นให้กับกลุ่มผู้ผลิตและจำหน่ายต่อไปได้อย่างดี

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

จากการสรุปผลการศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและลงพื้นที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตจริงในพื้นที่ชุมชน ซึ่งในแต่ละชุมชนนั้นมีกระบวนการผลิตที่คล้ายคลึงกันเป็นส่วนใหญ่ทั้งในด้านวัตถุดิบและวิธีการขึ้นรูป โดยจะมีความแตกต่างกันในส่วนของการใช้คนและเครื่องจักรมาช่วยในการขึ้นรูปเท่านั้น ซึ่งจากการศึกษารูปแบบและปัญหาของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ผู้วิจัยได้เลือกความต้องการให้มีรูปทรงที่แปลกใหม่และมีพื้นผิวที่น่าสนใจ รวมถึงมีความแข็งแรงและทนทานสูง เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น โดยกำหนดให้มีการนำวัสดุประเภทเซรามิกส์พูน

จากกระบวนการใช้ประโยชน์ กระบวนการที่ 3 สูตร PCS7 มาใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าว ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบของผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์พบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ รูปแบบที่ 2 (แบบร่างผลิตภัณฑ์แบบที่ 29) ซึ่งมีค่าการประเมินโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นรูปแบบดังกล่าวตามเกณฑ์ข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เลขที่ 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น เพื่อทำการทดสอบลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมก่อนนำไปประยุกต์ใช้ในการใช้งานจริง

3. การประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

จากการสรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 พบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวผ่านการทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 เรื่องคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นทุกรายการ ส่งผลให้วัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ประเภทกระเบื้องรีด (หลังเผา) ที่พัฒนาเป็นวัสดุประเภทเซรามิกส์พูน เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นนั้น สามารถนำมาใช้งานได้จริง รวมถึงมีประสิทธิภาพผ่านตามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ได้เป็นอย่างดี

4. การประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์

จากการสรุปผลการประเมินระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์ พบว่า ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ กลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับวัสดุเหลือใช้เซรามิกส์ ได้แก่ บริษัทที่เป็นกรณีศึกษา กลุ่มผู้ผลิตและผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น (ให้กลุ่มชุมชนทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จริง) และกลุ่มผู้ที่มีความสนใจผลิตภัณฑ์คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น มีความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทคอนกรีตบล็อกประสานปูพื้นจากวัสดุเหลือใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องเซรามิกส์อยู่ในเกณฑ์ที่มีระดับความพึงพอใจมากที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการของประชากรและกลุ่มตัวอย่างในด้านของรูปทรง พื้นผิว ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกลได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- กวี หวังนิเวศน์กุล. 2558. **วัสดุวิศวกรรม**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ รุ่งแสงการพิมพ์.
- คมสัน มาลีสี. 2555. **ปฏิบัติการคอนกรีตเทคโนโลยี**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด มิน เซอร์วิส ซัพพลาย.
- วรพงษ์ เทียมสอน. 2555. **เซรามิกเพื่อการก่อสร้างและเซรามิกเพื่องานเทคนิค**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- วิบูลย์ ลี้สุวรรณ. 2539. **เครื่องจักรกลในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮ้าส์.
- ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย. 2555. **บัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์สารสนเทศโรงงานอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2559. **สถิติโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ขยายกิจการ และเลิกกิจการ ในรอบปี 2551 – 2559.** กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2531. **มาตรฐานเลขที่ มอก. 827-2531 คอนกรีตบล็อกประสานปูพื้น.** กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2556. **หลักเกณฑ์คุณสมบัติของเสียที่เหมาะสมในการนำมาใช้ประโยชน์ในระดับอุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

อดุลย์ จาตุรงค์กุล. 2550. **พฤติกรรมผู้บริโภค.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อำพล วงศ์ษา และวันชัย สะตะ. 2556. **การใช้เศษวัสดุเป็นส่วนผสมในคอนกรีตพูน.** วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดมศักดิ์ สาริบุตร. 2549. **เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.