

การศึกษาการใช้เศษแก้วเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ A Study on the Utilization of Cullet for Reducing the Production Cost of Sanitaryware

ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์¹ วิภานันท์ เอียประเสริฐ² และ สรรค์ สยามิภักดิ์³

Panuwat Ruenruangrit,¹ Wipanan Iaprasert² and Sun Sayamipuk³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นถึงการนำเศษแก้วมาใช้ทดแทนแร่ลอย (หินฟันม้า) ในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ โดยมุ่งหวังให้ต้นทุนการผลิตมีมูลค่าต่ำลง ตัวแปรที่นำมาใช้ศึกษาถึงการปรับปรุงส่วนผสม ได้แก่ ปริมาณเศษแก้วและอุณหภูมิที่ใช้เผา ได้แก่ $1,180^{\circ}\text{C}$ และ $1,200^{\circ}\text{C}$ รวมถึงระยะเวลาการเผา ทั้งนี้คุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ยังคงเทียบเท่าเดิม และ/หรือดีขึ้นกว่าวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตปัจจุบัน ดัชนีที่ใช้ชี้วัดถึงการลดลงของต้นทุนการผลิตพิจารณาจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (IRR) อัตราผลตอบแทนขั้นต่ำสุด (MARR) และอัตราผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C) โดยกำหนดให้โครงการมีอายุ 10 ปี ผลการศึกษาพบว่า

สุขภัณฑ์ที่เผา ณ อุณหภูมิ $1,200^{\circ}\text{C}$ จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กล่าวคือ มีการหดตัวร้อยละ 12.16 มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.30 มีค่าโมดูลัสแตกร้าว 38.87 เมกะ ปาสคัลและลักษณะผิวเคลือบไม่มีการร้าว สีขาวมันวาว มีตาหนิรูปพองอากาศเล็กน้อยและมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับสุขภัณฑ์ของบริษัทเอกชนแห่งเซรามิกส์ที่เผา ณ อุณหภูมิ $1,230^{\circ}\text{C}$ มากกว่าสุขภัณฑ์ที่เผา ณ อุณหภูมิ $1,180^{\circ}\text{C}$ สามารถลดต้นทุนค่าวัตถุดิบและเชื้อเพลิงได้ 622,188.88 บาท/ปี โดยมีต้นทุนในการผลิตเศษแก้ว 408,197.85 บาท/ปี เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 1,069,469.25 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 45.97% สูงกว่าอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำสุดซึ่งมีค่าเท่ากับ 10% ต่อปีและอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า 1 เท่ากับ 1.39 ซึ่งมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน เมื่อพิจารณาถึงการวิเคราะห์ความไวพบว่าการนำเศษแก้วเพื่อมาใช้ในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์จะให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่า หากราคาเศษแก้วเพิ่มขึ้นสูงกว่า 2.10 บาท/กิโลกรัม

คำสำคัญ : ผลิตภัณฑ์สุขภัณฑ์เซรามิกส์ เศษแก้ว ต้นทุนการผลิต อัตราผลตอบแทนการลงทุน

ABSTRACT

This thesis focused on the utilization of cullet for reducing the production cost of sanitary ware. The main parameters were firing temperature and cullet. The firing temperatures of $1,180^{\circ}\text{C}$ and $1,200^{\circ}\text{C}$ and

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

² D.Eng. (IE & M) อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล

³ D.Eng. (Structural Engineering) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์พิเศษ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล



firing duration were used for the study. The final products should have the same or more physical and mechanical properties regarding the current production process. Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Minimum Attractive Rate of Return (MARR) and Benefit - Cost Ratio (B/C) were used as indicators for the production cost.

The results showed that the properties of sanitary ware burnt at 1,200°C were in the standardized criteria of sanitary ware products. The values of shrinkage, water absorption and Modulus were 12.16%, .30 and 38.87 M respectively. The sanitary ware was glossy white with small hole bubbles on the surface. The finding showed that the properties of sanitary ware were similar to sanitary ware of Khon kaen Ceramic Company that was burnt at 1,230°C than 1,180°C. The results also indicated that the cost of raw materials and energy was saved about 622,188.88 baht per year, which about 408,197.85 baht a year for the cullet. Regarding the economical analysis, it revealed that the Net Present Value was 1,069,469.25 baht, the Internal Rate of Return was 45.97% which was higher than the Minimum Attractive Rate of Return (10%), and Benefit Cost Ratio was 1.39. Regarding the finding, it is concluded that the utilization of cullet will be very useful and good for sanitary ware production if the price of cullet is lower than 2.10 baht per kilogram.

Keywords : Sanitary Ware, Cullet, Cost of Production, Return on Investment

บทนำ

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศไทยหนึ่งที่สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศ ในแต่ละปีมียอดส่งออกปีละประมาณ 25,000 - 30,000 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2547 จนถึงปี พ.ศ. 2550 ผลิตภัณฑ์เดียวที่ยังคงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ เครื่องสุขภัณฑ์ โดยในปี พ.ศ. 2548 มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 15.79 ปี พ.ศ. 2549 อัตราการขยายตัวร้อยละ 4.34 และในปี พ.ศ. 2550 มีอัตราการขยายตัวร้อยละ 6.18 แต่ปี พ.ศ. 2551 การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ได้รับผลกระทบจากปัญหาภาวะซบเซาของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ในประเทศและปัญหาราคาน้ำมันที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งรัฐมีเป้าหมายต้องการชำระหนี้กองทุนน้ำมันให้หมดโดยเร็วจึงจำเป็นต้องยกเลิกการชดเชยราคาแก๊สหุงต้ม เป็นเหตุให้ราคาขายปลีกแก๊สหุงต้มอยู่ที่ 18.01 บาทต่อกิโลกรัมจากเดิม 16.81 บาทต่อกิโลกรัม ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น จนผู้ผลิตหลายรายหันมานำเข้าสินค้าที่มีราคาถูกจากจีนแทนการผลิตภายในประเทศทำให้การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์ลดลง

โรงงานตัวอย่างที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิกส์ประเภทวิเทียสไชน่า (Vitreous China) ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในปัจจุบัน ได้แก่ สุขภัณฑ์นั่งยอง

ลูกกรงแก้วเซรามิกส์ใช้สำหรับเป็นราวบันไดและม้านั่งบนระเบียง โดยในกระบวนการผลิตจะเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 1,230 - 1,250 °C โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงในการเผาประมาณ 55,000 กิโลกรัมต่อเดือน ผลของการขึ้นราคาแก๊สหุงต้มกิโลกรัมละ 1.20 บาท ทำให้ต้นทุนการผลิตในช่วงต้นปี พ.ศ. 2551 เพิ่มขึ้นประมาณ 65,000 - 67,000 บาทต่อเดือน ทางโรงงานจึงต้องหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตโดยการนำเศษแก้วที่เป็นวัสดุเหลือใช้และมีราคาถูกมาเป็นวัตถุดิบที่ผสมในเนื้อดินและน้ำเคลือบ เพราะเศษแก้วมีองค์ประกอบหลักทางเคมี คือ แคลเซียม โซเดียม และซิลิกา ซึ่งใกล้เคียงกับวัตถุดิบที่ใช้ในงานเซรามิกส์ อีกทั้งเศษแก้วยังมีคุณสมบัติช่วยลดอุณหภูมิการสุกตัวของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ลงได้ อันจะส่งผลให้ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการเผาผลิตภัณฑ์ลง งานวิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้เศษแก้วเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์ เพื่อใช้ในดัชนีชี้วัดการตัดสินใจในการลงทุน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้เศษแก้วเป็นวัตถุดิบในการช่วยลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตเศษแก้วและอัตราผลตอบแทนการลงทุนของการใช้เศษแก้วเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์

3. เพื่อวิเคราะห์ความไวของการลงทุนเศษแก้วในกรณีที่ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนมีการเปลี่ยนแปลง

ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้เศษแก้วเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์ของบริษัทขอนแก่นเซรามิกส์ ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น

2. การวิจัยนี้ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของการใช้เศษแก้วใส่ชนิดโซดาไลม์เป็นอัตราส่วนผสมของการผลิตสุญญากาศเพื่อลดอุณหภูมิการเผาตามแนวทางที่มีผู้ศึกษาไว้อยู่แล้ว คือ อุณหภูมิ 1,200 °C (วิสิทธิ์ และ ธนวิทย์, 2551) และอุณหภูมิ 1,180 °C (ปลายมนัส และ ชวลิต, 2552)

3. การวิจัยนี้ทำการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนของการผลิตเศษแก้ว มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน อัตราผลตอบแทนภายในของการลงทุนและอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน เพื่อใช้เสนอแนะแนวทางการตัดสินใจในการใช้เศษแก้วเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่เน้นการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสถานประกอบการจริง โดยใช้ข้อมูลบางส่วนที่ได้จากสภาพจริง ประกอบกับการคำนวณเพื่อศึกษาถึงกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์ ผลทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของการใช้เศษแก้วเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์ การลงทุนและผลตอบแทนของการผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์ โดยการศึกษาจากข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษาตลอดจนศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลในครั้งนี้ ซึ่งสามารถลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. ทำการศึกษาระบวนการผลิตเศษแก้วและเตรียมเศษแก้วชนิดโซดาไลม์ที่ได้จากการรับซื้อจากผู้ประกอบการธุรกิจซื้อขายวัสดุเหลือใช้ นำมาผ่านการบดหยาบด้วยเครื่องบดแบบลูกกลิ้งคู่ แล้วนำมาบดละเอียดด้วยหม้อบดกรองผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช เพื่อใช้ผสมกับวัตถุดิบอื่นในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์ ตามอัตราส่วนผสมของเนื้อดินและน้ำเคลือบตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมของน้ำดิน

วัตถุดิบ	1,230 °C	1,200 °C	1,180 °C
ดินดำ	8.50	8.50	8.50
ดินแซน	29.50	29.50	29.50
ดินขาวภักตรา	36.50	36.50	32.00
ดินขาวระนอง	8.00	8.00	2.50
ทรายแก้ว	3.50	-	-
หินฟันม้า	14.00	-	-
เศษแก้ว	-	17.50	27.50

ตารางที่ 2 อัตราส่วนผสมของน้ำเคลือบ

วัตถุดิบ	1,230 °C	1,200 °C	1,180 °C
แร่ลอย	37	32	22
ทรายแก้ว	27	27	27
ดินขาวระนอง	8	8	8
เซอร์โคเนียมซิลิเกต	10	10	10
ซิงค์ออกไซด์	2	2	2
แคลเซียมคาร์บอเนต	16	16	16
เศษแก้ว	-	5	15

2. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบสุญญากาศที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,200 °C และ 1,180 °C กับสุญญากาศของโรงงานกรณีศึกษาตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสุญญากาศหนึ่งยong (มอก. 791) ดังนี้

2.1 การทดสอบความหดตัว (Shrinkage test) เป็นวิธีการที่จะบอกถึงความหนาแน่นหรือความสูงตัวของเนื้อดินและทำให้สามารถคำนวณขนาดของผลิตภัณฑ์ภายหลังการเผาได้ถูกต้อง การทดสอบความหดตัวของเนื้อดินโดยทำเป็นแท่งทดสอบ แล้วทดสอบการหดตัวตามความยาว (Linear shrinkage) เพื่อคำนวณหาร้อยละการหดตัวของเนื้อดินจากสูตร



$$\frac{\text{ความยาวก่อนเผา} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวก่อนเผา}} \times 100$$

2.2 การทดสอบการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ทดสอบได้จากตัวอย่างที่เผาแล้วมีความสามารถดูดซึมน้ำได้มากน้อยเท่าไรโดยเปรียบเทียบกับค่าน้ำหนักแห้งของแผ่นทดสอบ

วิธีการเตรียมชิ้นทดสอบ ทบตัวอย่างที่ระดับและตำแหน่งต่างๆ กันเป็นชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นต้องไม่มีรอยร้าวที่เกิดจากการทุบและต้องมีพื้นที่ผิวของแต่ละชิ้นประมาณ 10,000 ตารางมิลลิเมตร โดยมีผิวด้านหนึ่งเคลือบ อีกด้านหนึ่งไม่เคลือบ

วิธีทดสอบ อบชิ้นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิ $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ จนมวลคงที่ ปล่อยให้เย็นในเดซิเกตเตอร์จนถึงอุณหภูมิห้อง จากนั้นรีบชั่งที่ละชิ้นให้ทราบค่าที่แน่นอนถึง 0.1 กรัม เป็นมวลของชิ้นทดสอบแห้ง (M_1) ใส่ชิ้นทดสอบลงในภาชนะที่สามารถปรับค่าความดันได้ ลดความดันลงเหลือ 4 กิโลพาสคัล เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เติมน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ๆ และปล่อยให้เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้องแล้วเทลงในภาชนะดังกล่าวให้ท่วมชิ้นทดสอบ ขณะเติมน้ำกลั่นต้องให้ความดันอยู่ต่ำกว่า 4 กิโลพาสคัล ตลอดเวลาแล้วปล่อยให้อากาศให้เข้าไปในภาชนะ ขยับชิ้นทดสอบในภาชนะอีกใบหนึ่งโดยให้น้ำท่วมชิ้นทดสอบตลอดเวลา เวลาที่ใช้ต้มต้องไม่น้อยกว่า 20 นาที แล้วปล่อยค้างคืนไว้ จากนั้นนำชิ้นมาที่ละชิ้น เช็ดน้ำที่เกาะติดอยู่ด้วยผ้าหมาดที่สะอาด แล้วรีบชั่งทันทีเป็นมวลของชิ้นทดสอบหลังต้มแล้ว (M_2)

วิธีคำนวณ

$$\text{ร้อยละการดูดซึมน้ำ} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$$

เมื่อ M_1 คือ มวลของชิ้นทดสอบอบแห้ง เป็นกรัม
 M_2 คือ มวลของชิ้นทดสอบหลังต้มแล้ว เป็นกรัม

เมื่อทดสอบแล้ว ชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นต้องดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 0.75 และค่าเฉลี่ยการดูดซึมน้ำของชิ้นทดสอบ

ทั้งหมดของแต่ละตัวอย่างต้องไม่เกินร้อยละ 0.50 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

2.3 การทดสอบโมดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture) การเตรียมแท่งทดสอบ ขึ้นรูปเนื้อดินโดยการหล่อเป็นแท่งทดสอบให้มีขนาดหลังเผาประมาณ 12 มิลลิเมตร $\times$ 12 มิลลิเมตร $\times$ 150 มิลลิเมตร จำนวน 10 แท่ง โดยไม่เคลือบและเผาแท่งทดสอบทั้งหมดในเตาเดียวกัน

วิธีการทดสอบ วัดความกว้างและความสูงของแท่งทดสอบให้ได้ค่าละเอียดถึง 0.1 มิลลิเมตรและนำไปทดสอบหาโมดูลัสแตกร้าวในเครื่องทดสอบซึ่งมีจุดรองรับแท่งทดสอบห่างกัน 125 มิลลิเมตร โดยใช้แรงกดประมาณ 50 นิวตันต่อหน้าที่จุดกึ่งกลางแท่งทดสอบจนกระทั่งแท่งทดสอบหัก

วิธีคำนวณหาโมดูลัสแตกร้าวจากสูตร

$$S = \frac{3PL}{2bd^2}$$

เมื่อ S คือ โมดูลัสแตกร้าว
P คือ แรงกดเป็นนิวตัน
L คือ ระยะห่างของจุดรองรับ เท่ากับ 125 มิลลิเมตร
b คือ ความกว้างของแท่งทดสอบเป็น มิลลิเมตร
d คือ ความสูงของแท่งทดสอบเป็น มิลลิเมตร

เมื่อทดสอบตาม มอก. 791 แล้ว ค่าโมดูลัสแตกร้าวต้องไม่น้อยกว่า 35 เมกะพาสคัล

2.4 การรานตัวของเคลือบ (Crazing resistance)

การเตรียมชิ้นทดสอบ โดยทุบตัวอย่างที่ระดับและตำแหน่งต่างๆ กันเป็นชิ้นทดสอบจำนวน 3 ชิ้น โดยแต่ละชิ้นมีพื้นที่ประมาณ 25,000 ตารางมิลลิเมตร มีผิวด้านหนึ่งเคลือบ อีกด้านหนึ่งไม่เคลือบและต้องไม่ร้าวหรือรานซึ่งตรวจได้ด้วยสารละลายเมทิลีนบลู

วิธีทดสอบ หนึ่งชั้นทดสอบ 3 ชั้น ซึ่งจะหุบจากตัวอย่างมาใหม่ๆ ในหม้อหนึ่งอัตราที่มีความดันของไอน้ำระหว่าง 0.33 เมกะพาสคัล ถึง 0.37 เมกะพาสคัล เป็นเวลา 10 ชั่วโมงติดต่อกัน หรือที่ความดันดังกล่าวนี้ 2 ระยะระยะละ 5 ชั่วโมง เสร็จแล้วปล่อยให้ไอน้ำออกทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องแล้วแช่ชั้นทดสอบในสารละลายเมทิลินบลูหรือสารละลายที่คล้ายคลึงกันซึ่งมีสารลดแรงตึงผิว (Wetting Agent) ผสมอยู่ด้วยเล็กน้อยเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 5 ชั่วโมง แล้วนำชั้นมาตรวจพินิจ เมื่อทดสอบตาม มอก. 791 แล้วต้องไม่ร่นตัว

3. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต้นทุนและผลตอบแทนของการลงทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสุญญากาศเซรามิกส์ที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,200 °C และ 1,180 °C

4. ทำการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนผลิตเศษแก้วในกรณีที่ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนมีการเปลี่ยนแปลง

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการใช้เศษแก้วเป็นตัวช่วยลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุญญากาศที่อุณหภูมิ 1,200 °C และ 1,180 °C จากอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกัน แสดงรายละเอียดผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพดังตารางที่ 3 ซึ่งพบว่ามีความสมบัติใกล้เคียงกัน และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบลักษณะทางกลและทางกายภาพ

คุณสมบัติ	1,230 °C	1,200 °C	1,180 °C
ร้อยละการดูดซึมน้ำ	0.31	0.30	0.07
โมดูลัสแตกร้าว (MPa)	36.36	38.87	39.17
ร้อยละการหดตัว	12.08	12.16	12.60
ลักษณะของผิวเคลือบ	ไม่ร่นตัว	ไม่ร่นตัว	ไม่ร่นตัว

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบลักษณะทางกลและทางกายภาพแสดงให้เห็นว่าสุญญากาศที่เผาอุณหภูมิ 1,200 °C

และอุณหภูมิ 1,180 °C สามารถนำไปพัฒนาสู่กระบวนการผลิตในกระบวนการผลิตของโรงงานการศึกษาได้

ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้มีอัตราการผลิตสุญญากาศประเภทหนึ่งยอวันละ 408 ตัว วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนเนื้อดินและส่วนน้ำเคลือบ สำหรับการทำเนื้อดินประกอบด้วย ดินดำ ชุปเปอร์บอล 248.74 กิโลกรัม ดินแซน 863.56 กิโลกรัม ดินขาวพัทลุง 1,068.60 กิโลกรัม ดินขาวระนอง 234.37 กิโลกรัม หวายแก้ว 97.42 กิโลกรัมและหินฟันม้า 368.81 กิโลกรัม รวม 2,881.51 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งวัตถุดิบทั้งหมดเป็นวัตถุดิบสำเร็จรูปลักษณะพร้อมใช้งานโดยนำวัตถุดิบมาผสมในบ่อกวนเพื่อเป็นน้ำดินสำหรับการหล่อขึ้นรูปสุญญากาศ ส่วนวัตถุดิบสำหรับทำน้ำเคลือบประกอบด้วย แร่ลอย (หินฟันม้า) 74 กิโลกรัม หวายแก้ว 54 กิโลกรัม ดินขาวระนอง 16 กิโลกรัม เซอร์โคเนียมซิลิเกต 20 กิโลกรัม ซิงค์ออกไซด์ 4 กิโลกรัม แคลเซียมคาร์บอเนต 32 กิโลกรัม รวมทั้งหมด 200 กิโลกรัมต่อวัน เมื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์จะนำไปเผา ณ อุณหภูมิ 1,230 °C ใช้เวลาเผา 8 ชั่วโมง สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแก๊สสูงตามในการเผา 147.228 กิโลกรัมต่อ 1 เตา ในหนึ่งวันใช้เตาเผา 4 เตา จึงทำการศึกษาในเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อหาแนวทางการจัดการที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4 - 6

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบต้นทุนวัตถุดิบและเชื้อเพลิงการผลิตสุญญากาศเมื่อคิดเป็นรายปี

ต้นทุน (บาท)	1,230 °C	1,200 °C	1,180 °C
วัตถุดิบน้ำดิน	2,198,771.04	2,143,655.28	2,073,483.36
วัตถุดิบน้ำเคลือบ	833,664.00	817,565.00	784,524.00
เชื้อเพลิงในการเผา	3,309,167.20	2,757,593.28	2,647,282.56
รวม	6,341,002.24	5,718,813.36	5,505,289.92

จากตารางที่ 4 พบว่าสุญญากาศเผา ณ อุณหภูมิ 1,200 °C มีการลดลงของต้นทุนค่าวัตถุดิบและเชื้อเพลิงรวมทั้งสิ้น 622,188.88 บาท/ปี และสุญญากาศที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,180 °C



มีการลดลงของต้นทุนค่าวัตถุดิบและเชื้อเพลิงรวมทั้งสิ้น 835,712.32 บาท/ปี เมื่อเทียบกับสุกัณฑ์ของโรงงานกรณีศึกษาที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,230 °C

ตารางที่ 5 ต้นทุนการผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในโครงการผลิตสุกัณฑ์ที่อุณหภูมิ 1,200 °C และ 1,180 °C

ต้นทุน/ปี (บาท)	1,200 °C	1,180 °C
ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร	47,521	64,801
ค่าเศษแก้ว	216,216	339,768
ค่าพลังงานไฟฟ้า	34,088	54,140
ค่าบำรุงรักษาเครื่องจักร	16,772	22,871
ค่าแรงงาน	93,600	140,400
รวม	408,197	557,179

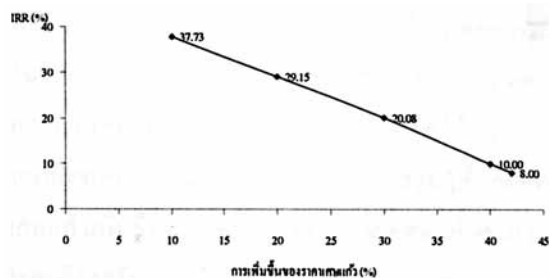
จากตารางที่ 5 พบว่าการผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในโครงการผลิตสุกัณฑ์ที่เผาอุณหภูมิ 1,200 °C มีต้นทุนในการดำเนินการ 408,197 บาทต่อปี และสุกัณฑ์ที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,180 °C มีต้นทุนในการดำเนินการ 557,179 บาทต่อปี สำหรับผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในโครงการ

ตารางที่ 6 ผลตอบแทนการลงทุน

อัตราผลตอบแทนการลงทุน	1,200 °C	1,180 °C
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)	1,069,469.25	993,159.59
อัตราผลตอบแทนภายใน (%)	45.97	34.82
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน	1.39	1.33

จากตารางที่ 6 พบว่า การผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตสุกัณฑ์ที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,200 °C ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าการผลิตสุกัณฑ์ที่เผา ณ อุณหภูมิ 1,180 °C

ผลการวิเคราะห์ความไว จากการศึกษารายการที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของราคาของเศษแก้ว โดยทำการวิเคราะห์ค่า IRR ของการผลิตเศษแก้ว จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเกี่ยวข้องดังกล่าว



ภาพที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความไว กรณีราคาของเศษแก้วเพิ่มขึ้น

จากภาพที่ 1 พบว่า เมื่อราคาของเศษแก้วเพิ่มขึ้นทำให้อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการต่ำลงและราคาของเศษแก้วเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 40 จะส่งผลให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. เศษแก้วเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีราคาถูกเมื่อนำมาใช้ในอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของเนื้อดินและน้ำเคลือบสามารถลดอุณหภูมิการสุกตัวของสุกัณฑ์ลงได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนวัตถุดิบและเชื้อเพลิงลงโดยลักษณะทางกลและทางกายภาพมีความใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับมณฑล และคณะ (2551) ได้กล่าวไว้ว่า เศษแก้วสามารถนำมาเป็นอัตราส่วนผสมในเนื้อดินและเคลือบ ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอมละลายและแทนทรายที่เป็นวัตถุดิบที่ช่วยให้เกิดเนื้อแก้วในผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ทำให้ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังการเผาผลิตภัณฑ์สุกัณฑ์ไม่มีความแตกต่างกัน ช่วยประหยัดพลังงานด้วยการลดอุณหภูมิการเผา และสามารถนำเศษแก้วมาใช้ประโยชน์ทดแทนทรัพยากรจากธรรมชาติได้ ดังนั้นจึงสามารถนำเศษแก้วมาใช้เพื่อลดจุดสุกตัวในกระบวนการผลิตสุกัณฑ์เซรามิคได้โดยแนวทางการตัดสินใจปรับเปลี่ยนอัตราส่วนผสมควรพิจารณาจากคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและปัจจัยที่เสี่ยงต่อการสูญเสียในการผลิตน้อยที่สุด

2. การตัดสินใจลงทุนผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในการบวน การผลิตสุญญากาศต้องมีปัจจัยที่สำคัญคือปริมาณเศษแก้วที่ต้องการ หากต้องการปริมาณมากก็จำเป็นต้องลงทุนมากขึ้น ดังนั้นจึงควรพิจารณาเปรียบเทียบผลประโยชน์ที่ได้รับของแต่ละโครงการว่าคุ้มค่ากับการลงทุนมากน้อยเพียงใด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของสุญญากาศเซรามิกส์เมื่อใช้เศษแก้วในอัตราส่วนผสมเพื่อลดจุดด้อยของสุญญากาศ จากผลการทดสอบคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของสุญญากาศเซรามิกส์ที่ใช้เศษแก้วเป็นตัวช่วยลดจุดด้อยเฉพาะ ณ อุณหภูมิ $1,200^{\circ}\text{C}$ เมื่อเปรียบเทียบกับสุญญากาศของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าจากลักษณะของผิวเคลือบไม่แตกต่างกัน มีการหดตัวมากกว่าร้อยละ 0.08 มีการดูดซึมน้ำน้อยกว่าร้อยละ 0.04 มีค่าโมดูลัสแตกร้าวมากกว่า 2.51 เมกะพาสคัล แสดงให้เห็นว่าสุญญากาศที่เผา $1,200^{\circ}\text{C}$ มีคุณภาพดีกว่าสุญญากาศที่เผา $1,230^{\circ}\text{C}$ เนื่องจากมีการหลอมตัวเป็นเนื้อเดียวกันดีกว่า ส่งผลให้มีความพรุนตัวน้อยกว่าทำให้ดูดซึมน้ำและความชื้นในอากาศได้น้อยกว่า มีความแข็งแรงทนต่อการแตกร้าวจากแรงกดได้ดีกว่า และมีคุณภาพดีกว่าสุญญากาศที่เผา $1,180^{\circ}\text{C}$ ซึ่งมีร้อยละการดูดซึมน้ำน้อยกว่าร้อยละ 0.24 และมีค่าโมดูลัสแตกร้าวมากกว่า 2.81 เมกะพาสคัล แต่มีค่าร้อยละการหดตัวมากกว่าร้อยละ 0.52 ทำให้เสี่ยงต่อการแตกร้าวและการบิดเบี้ยวสูญเสียรูปร่างของผลิตภัณฑ์ สรุปผลการวิเคราะห์ได้ว่ามีสุญญากาศที่เผา $1,200^{\circ}\text{C}$ มีความเหมาะสมกับการผลิตมากกว่าสุญญากาศที่เผา $1,180^{\circ}\text{C}$ และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการลงทุนผลิตเศษแก้วทั้งสองโครงการพบว่า สุญญากาศที่อุณหภูมิ $1,200^{\circ}\text{C}$ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน 408,197.85 บาท/ปี และมีผลตอบแทนจากการลดต้นทุนค่าวัตถุดิบและค่าเชื้อเพลิง 622,188.88 บาท/ปี ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์พบว่า ดัชนีชี้วัดทั้ง 3 ตัวสูงกว่าการผลิตสุญญากาศที่อุณหภูมิ $1,180^{\circ}\text{C}$ โดยมีความคุ้มค่าปัจจุบันสุทธิ

(NPV) 1,069,469.25 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ร้อยละ 45.97 ผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C) 1.39 จึงควรเลือกการผลิตสุญญากาศที่อุณหภูมิ $1,200^{\circ}\text{C}$ ซึ่งใช้เงินลงทุนน้อยกว่าแต่ได้ผลตอบแทนมากกว่า มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนในช่วงระยะเวลา 10 ปี มากกว่า สำหรับผลการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนผลิตเศษแก้วเพื่อใช้ในการผลิตสุญญากาศที่อุณหภูมิ $1,200^{\circ}\text{C}$ สามารถสรุปได้ว่าหากราคาเศษแก้วเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 40 (ราคาเศษแก้วสูงกว่า 2.10 บาท/กิโลกรัม) จะทำให้ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1. การลงทุนผลิตเศษแก้วความหนาแนวทางการลดต้นทุนการผลิตให้น้อยลง อันได้แก่ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต ควรหาเครื่องจักรจากบริษัทผู้ผลิตที่มีราคาถูกลงหรือใช้เครื่องเก่าที่ราคาถูกแต่สามารถใช้งานได้ ซึ่งจะส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนมากขึ้น
2. ควรหาทางป้องกันปัญหาอันเนื่องมาจากปริมาณวัตถุดิบเศษแก้วมีไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้เพื่อการผลิตเศษแก้ว ซึ่งจะส่งผลต่อการผลิตสุญญากาศ ดังนั้นควรหาวิธีการรับซื้อเศษแก้วในช่วงที่ราคาลดลงไว้ให้มากแล้วจัดเก็บเศษแก้วเพื่อสำรองเอาไว้ใช้ในปริมาณที่เพียงพอต่อการผลิตสุญญากาศได้ตลอดทั้งปี

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากคณาจารย์ทุกท่าน อาทิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรรค์ สยามิภักดิ์ อาจารย์ ดร.มานพ ศรีตูลยโชติ อาจารย์ ดร.วิภาณันท์ เอียประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรศิริ จงกล ในการให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง



เอกสารอ้างอิง

ปลายมนัส โสธิฤทธิ์ และชวลิต แก้วเกตุ. (2552). ศึกษาการลดอุณหภูมิในการเผา ผลิตภัณฑ์สุกัณฑ์นึ่งยอ โดยใช้เศษแ้วเป็นส่วนผสมในเนื้อดินและเคลือบขาหีบ กรณีศึกษา : บริษัทขอนแก่นเซรามิค. การศึกษาค้นคว้า วท.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มณฑล วชิรโกเมน ภาณุวัตร รื่นเรืองฤทธิ์ วิพุธ โทศรีแก้ว และ ปวีศา วชิรโกเมน. (2551). การพัฒนาอัตราส่วนผสมเนื้อดินและเคลือบขาหีบผลิตภัณฑ์สุกัณฑ์โดยใช้เศษแ้วเป็นส่วนผสมเพื่อลดอุณหภูมิการเผา กรณีศึกษา : บริษัทขอนแก่นเซรามิค จำกัด. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วิสิทธิ์ บุญคำ และธนวิทย์ ศรีนวล. (2551). การนำเศษแ้วชนิดโซดาไลม์มาเป็นอัตราส่วนผสมในเนื้อดินผลิตภัณฑ์สุกัณฑ์ เพื่อลดอุณหภูมิในการเผา กรณีศึกษา : บริษัทขอนแก่นเซรามิค. การศึกษาค้นคว้า วท.บ. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารโดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร. มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิก. สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์. กรุงเทพฯ: กระทรวงพาณิชย์.

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. “อุตสาหกรรมเซรามิก ปี 2552 : วิถุติการเงินโลก...จุดส่งออกหลุด,” **Business Brier**. ปีที่ 14 ฉบับที่ 2331 วันที่ 24 ตุลาคม 2551