การปรับปรุงกระบวนการบดน้ำยาเคลือบเซรามิกส์สำหรับกระเบื้องปูพื้นและบุผนังตามกระบวนการแก้ไขปัญหา

Improving Ceramic Glaze-Slip Production Process for Floor and Wall Tiles by Problem Solving Methodology

ธีรพันธ์ นกยูงทอง [1*] , ทศพล เกียรติเจริญผล[2], ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาธรรมศาสตร์

E-mail: Terapan999@hotmail.com*

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Teerapan Nokyongtong[1*], Tossapol Kiatcharoenpol[2], Tritos Laosirihongthong[1]

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thammasat University[1].

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang[2]

E-mail: Terapan999@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการบดน้ำยาเคลือบเซรามิกส์สำหรับใช้เป็นวัตถุดิบเคลือบผิวกระเบื้องปูพื้นและบุผนังโดยใช้กระบวนการแก้ไขปัญหาแบบเชิงระบบ (Systematic Problem Solving Process) ซึ่งในอุตสาหกรรมผลิตกระเบื้องปูพื้นและบุผนังนั้นต้นทุนด้านพลังงานจะเป็นส่วนหลักเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆ และในปัจจุบันต้นทุนส่วนนี้คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบดแต่ละครั้งโดยเฉลี่ย 67.49 กิโลวัตต่อตัน ขั้นตอนการศึกษาจะเริ่มจากการกำหนดปัจจัยที่สามารถนำมาอธิบายผลของการบด ซึ่งวัดค่าเป็นเปอร์เซ็นกาก (% Residue) ของน้ำยาเคลือบ โดยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการบดประกอบด้วย ก) ปริมาณลูกบดในหม้อบด ข) ส่วนผสมของลูกบดที่ขนาดต่างๆ และ ค) ปริมาณวัตถุดิบที่ทำการบด จากนั้นจึงใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคเทอเรียล (2^K Factorial Design) เพื่อนำไปสู่การหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรข้างต้น ผลการศึกษาพบว่า พลังงานที่ใช้ในการบดจะสามารถลดลงได้ร้อยละ 25 ภายใต้เงื่อนไขการผลิต คือ ใช้ปริมาณลูกบดร้อยละ 50 ของปริมาตรหม้อบด โดยมีส่วนผสมของลูกบดที่ขนาดต่างๆ คือ ลูกบดขนาด 20 มม. 25 มม. 30 มม. 40 มม. และ 50 มม. ในอัตราส่วน 11:26:26:26:11 และ ปริมาณวัตถุดิบในการบดร้อยละ 25 ของปริมาตรหม้อบด โดยใช้เวลาในการบดเพียง 9 ชั่วโมง ซึ่งจากเดิมที่ใช้เวลาในการบด 12 ชั่วโมง

คำสำคัญ กระบวนการบดน้ำยาเคลือบ, การแก้ไขปัญหาแบบเชิงระบบ, การออกแบบการทดลอง

Abstract

This independent study has objectives for reducing of grinding time for the ceramic glaze slip. Moreover, we apply utilizing a systematic problem solving concept of Problem solving. Ceramic tile industrials have energy that is determining factor of overhead cost 67.49 kwH average per ton. The scope of study included ball milling process for the glaze and it aimed to find input the factors that can explain result of milling and the % residue. The factor that is to study is ball volume, ball ratio and material load. Then we apply 2^K factorial experiment and multi-factors linear regression for analysis to obtain optimal process. The study was able to recommend setting of ball volume at 50%, ball size ratio for 20mm : 25mm : 30mm : 40mm : 50mm are 11 : 26 : 26 : 26 : 11, and material volume 25%. This condition can reduce of grinding time from

12 hours to 9 hours. Finally the result of the energy consumption can reduce 25% and it can keep a quality of glaze slip. For the conclusion a ball volume, a ball ratio and a material load was a factor for the grinding time.

Keywords: Glaze grinding, Systematic Problem Solving, Design of Experiment

1. บทนำ

การดำเนินธุรกิจในสภาวะ ที่ตลาดมีการแข่งขันกันอย่างรุนแรงในปัจจุบัน จำเป็นอย่างยิ่งที่องค์กรจะต้องให้ความสำคัญกับการเพิ่มประสิทธิภาพและการลดต้นทุนเพราะจะสามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตต่อไปได้ **[1]** จากการสำรวจสภาพปัจจุบันในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบการผลิต ส่วนมากยังไม่ได้รับการแก้ไขได้อย่างถาวร เนื่องจากผู้ที่รับผิดชอบจะอาศัยประสบการณ์การทำงานเป็นหลัก ทำให้ไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงปัญหาให้เข้าถึงปัญหาที่แท้จริงได้ **[2]** สำหรับการศึกษานี้ จะเสนอตัวอย่างของกระบวนการแก้ไขแบบเป็นระบบที่ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ การตั้งนิยามของปัญหา, การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียด, การพิจารณาทางเลือกในการแก้ไขปัญหา, ประเมินทางเลือกที่ดีที่สุด, และการให้คำแนะนำและติดตามผล [3, 5] โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ คือ การออกแบบการทดลองเพื่อกำหนดสภาวะการทำงานที่เหมาะสมที่สุดในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการบด ซึ่งเป็นต้นทุนหลักของกระบวนการนี้

2. แนวคิดพื้นฐานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

กระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบมีพื้นฐานมาจากกระบวนการแก้ปัญหาโดยทั่วไปซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้กับทุกๆประเภทของปัญหา วิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบประกอบด้วยห้าขั้นตอนดังต่อไปนี้ [3,5,6]

ขั้นตอน 1: การตั้งนิยามของปัญหา การตั้งนิยามของปัญหาเป็นการค้นหาปัญหาที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาและเมื่อพบปัญหาที่เหมาะสมแล้วก็อธิบายปัญหานั้นอย่างชัดเจนเช่นต้นทุนการผลิตสูง อัตราการผลิตต่ำ หรืออัตราการผลิตของเสียสูง เป็นต้นขั้นตอนนี้ต้องกำหนดเกณฑ์วัดผลความสำเร็จด้วย เช่นต้นทุนการผลิตต้องลดลง5% เป็นต้น

ขั้นตอน 2 : การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียด

ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหารวมถึงข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ ขั้นตอน 3 : การพิจารณาทางเลือกในการแก้ไขปัญหา ขั้นตอนนี้คือการนำเสนอทางเลือกทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่ เพื่อระบุทางเลือกที่เป็นไปได้

ขั้นตอน 4 : ประเมินทางเลือกและเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด ขั้นตอนนี้ประกอบด้วยการประเมินทางเลือกอย่างมีระบบและการเลือกคำตอบที่ดีที่สุดโดยได้นำเสนอวิธีการเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด

ขั้นตอน5 : การให้คำแนะนำและติดตามผลเมื่อได้นำวิธีการทำงานที่ดีที่สุด มาใช้ในการทำงานจริงแล้วขั้นตอนต่อมาคือการติดตามผลว่าวิธีการทำงานใหม่นี้มีประสิทธิผลตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการตั้งนิยามของปัญหาหรือไม่อีกเป้าหมายหนึ่งของขั้นตอนนี้คือเพื่อติดตามระวังปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน

2.2 เครื่องมือที่ใช้กับข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อการวิเคราะห์ทางสถิติ

การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติจะต้องได้รับการฝึกอบรมเพื่อให้สามารถนำมาใช้แยกแยะสาเหตุของความผันแปรที่เป็นไปได้ แล้วทำการลดความผันแปรหรือข้อบกพร่องนั้น การวิเคราะห์กระบวนการและการเจาะลึกในแผนภูมิและกราฟต่างๆ จะสามารถช่วยหารากเหง้าของปัญหา ในหลายกรณีที่ข้อมูลไม่ชัดเจนมากนัก หรือหากเราต้องการระดับการพิสูจน์ที่สูงขึ้นจากเครื่องมือต่าง ๆ ที่แค่แสดงให้เห็นภาพ เราสามารถนำเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางสถิติที่ซับซ้อนมากขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องมือหลาย

อย่าง โดยเครื่องมือทางสถิติที่สำคัญในการปรับปรุงกระบวนการได้แก่ ก) การทดสอบการมีนัยสำคัญในเชิงสถิติ ข) การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ และ ค) การออกแบบการทดลอง [4]

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการนี้ เป็นขั้นตอนการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดจำนวนชั่วโมงในการบดสำหรับการบดน้ำยาเคลือบเซรามิกส์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้เลือกหัวข้อปัญหาจากกระบวนการบดน้ำยาเคลือบเซรามิกส์ โดยเริ่มต้นจากแนวนโยบายหลัก ที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนการผลิต ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่ความพยายามในการเพิ่มประสิทธิภาพการบดของหม้อบดโดยทำความเข้าใจกับกระบวนการ ได้ดังนี้

3.1 ศึกษากระบวนการผลิตและตั้งนิยามของปัญหา

งานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้วิธีการคัดเลือกหัวข้อปัญหาจากกระบวนการผลิตน้ำยาเคลือบที่มีอยู่ในโรงงานกระเบื้องเซรามิกส์ โดยเริ่มต้นจากแนวนโยบายหลักของบริษัทที่มีเป้าหมายการลดต้นทุนการผลิต หลังจากนั้นทำการศึกษาขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำยาเคลือบและกำหนดปัญหาโดยใช้เครื่องมือทางสถิติในการกำหนดปัญหา จากการวิเคราะห์ได้คัดเลือกหัวข้อการเพิ่มประสิทธิภาพการบดด้วยหม้อบดซึ่งเป็นกระบวนการหลักในขั้นตอนการเตรียมน้ำยาเคลือบ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งเน้นไปที่ความพยายามในการลดค่าพลังงาน ซึ่งจะมีตัววัดในกระบวนการที่เกี่ยวข้องและเป็นตัวชี้นำค่าพลังงานนั่นคือรอบเวลาในการทำงานแต่ละครั้ง

3.2 การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียด

เป็นการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อศึกษาทำความเข้าใจถึงผลของตัวแปรแต่ละตัวที่ได้คัดเลือกมาเพื่อคัดกรองตัวแปรหรือพิสูจน์หาตัวแปรที่สำคัญที่สุดในกระบวนการที่เป็นสาเหตุต้นตอของปัญหาที่นิยามไว้ โดยเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการวัดผลซึ่งเป็นข้อมูลที่รวบรวมมาเพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุง แล้วทำการศึกษาอาการของปัญหา เพื่อหาความเชื่อมโยงกลับไปถึงสาเหตุในกระบวนการที่เป็นต้นเหตุแห่งความผันแปร เครื่องมือทางสถิติที่ใช้คือ การทดสอบสมมติฐาน โดยเบื้องต้นใช้การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ครั้งละหนึ่งตัวแปร โดยเริ่มจากศึกษาผลของระดับปริมาณของลูกบดในหม้อบด จากนั้นจึงศึกษาสัดส่วนของลูกบดและปริมาณของวัตถุดิบที่ทำการบด

3.3 การพิจารณาทางเลือกในการแก้ไขปัญหา

ขั้นตอนนี้ คือ การนำเสนอทางเลือกที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่โดยในขั้นตอนนี้จะมีการตั้งกลุ่มทำงานที่ประกอบด้วยตัวแทนจากฝ่ายผลิต,ฝ่ายส่งเสริมการผลิต,ฝ่ายวิจัยและพัฒนาและฝ่ายควบคุมคุณภาพ ในการระดมความคิดเพื่อระบุแนวทางเลือกที่เป็นไปได้เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา

3.4 การออกแบบปรับปรุงกระบวนการ

การออกแบบวิธีการทดลองนั้นใช้หลักการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลในขอบข่ายการศึกษานี้ ตั้งเป้าหมายไว้ที่การให้ได้ผลลัพธ์ของการบดที่ดีที่สุดและมีการใช้รอบเวลาและพลังงานในการบดต่ำที่สุด โดยมีเป้าหมายคือ ขนาดอนุภาคของน้ำยาเคลือบเซรามิกส์มีขนาดน้อยกว่า 45 ไมคอน หรือมีจำนวนกาก(%Residue)ค้างตะแกรงขนาด 325 mesh น้อยกว่าร้อยละ 0.3 ของปริมาณน้ำยาเคลือบ ใช้เวลาในการบดลดลง 10% และใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับกระบวนการบดของหน่วยงานเตรียมน้ำยาเคลือบ โดยมีตัวแปรเอ้าท์พุทของกระบวนการเป็นจำนวนกาก(%Residue)และใช้ปัจจัยวิกฤติในการผลิตเป็น ก) ส่วนผสมของลูกบดที่ขนาดต่าง ๆ ข) สัดส่วนของลูกบดต่อปริมาตรหม้อบด ค) สัดส่วนวัตถุดิบต่อปริมาตรหม้อบด และ ง) รอบเวลาในการบด

3.5 การควบคุมและติดตามผล

เป็นขั้นตอนการวางแผนและออกแบบระบบการควบคุมกระบวนการ เพื่อรักษาระดับการปรับปรุงให้เป็นผลระยะยาว โดยการเฝ้าติดตามถึงปัจจัยการผลิตที่ได้รับการออกแบบมาว่ามีผลต่อผลิตภัณฑ์อย่างไร เพื่อคอยควบคุมตัวแปรสำคัญ ๆ ให้อยู่ในช่วงมาตรฐานใหม่ที่เป็นระดับการทำงานที่ค้นพบในขั้นตอนการปรับปรุง จนมั่นใจว่า

ความสำเร็จที่ได้เป็นผลมาจากการปรับปรุงที่กระบวนการนั้นจริง ๆ

4. ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบดที่ตรวจพบทั้ง 4 ปัจจัยจำเป็นจะต้องทำการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการโดยมีขั้นตอนต่อไปนี้

4.1.การวิเคราะห์ปัญหาและรายละเอียด

จากการศึกษาหน่วยงานเตรียมน้ำยาเคลือบ พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาจากกระบวนการบดน้ำยาเคลือบ ซึ่งเกิดจากใช้เวลาในการบดนานเพื่อให้น้ำยาเคลือบมีคุณภาพตามข้อกำหนด แต่ถ้าน้ำยาเคลือบไม่ได้ตามข้อกำหนดก็จะพบปัญหาด้านคุณภาพ คือ เคลือบสากโดย defect นี้เกิดจากกระบวนการบดที่ไม่มีประสิทธิภาพของหม้อบด (Milling process) ที่เป็นการบดด้วยหม้อบด (Ball mill) ในแนวนอน โดยมีผนังของหม้อบดเป็นอลูมินา(Alumina liners) และ ลูกบด อลูมินา (Alumina ball) และหมุนตามแนวนอน โดยค่าที่ใช้วัดความสากของน้ำยาเคลือบก็คือ ค่าเปอร์เซ็นของกากค้างตะแกรงขนาด 45ไมคอน ในที่นี้จะเรียกว่าค่า %residue

4.2 การพิจารณาทางเลือกในการแก้ไขปัญหา (Search for possible solutions)

ปัจจัยที่นำมาศึกษาซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการบดได้แก่ ก).ปริมาณของลูกบดในหม้อบด ข). ขนาดของลูกบดและสัดส่วนแต่ละขนาดที่เติมลงในหม้อบด ค)ปริมาณของวัตถุดิบที่บด และ ง)เวลาในการบด จากปัจจัยเหล่านี้พบว่ามีตัวแปรเป็นจำนวนมากเกินกว่าที่จะสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการทดลองแบบ Factorial Experiment ได้ในคราวเดียวได้ และเพื่อเป็นการคัดเลือกตัวแปรที่มีนัยสำคัญมาทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาจุดที่ดีที่สุดของกระบวนการบด(Optimization) ผู้ศึกษาจึงเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวแปรเดี่ยวด้วยวิธีการทดสอบสมมติฐาน (One factor at a time) เพื่อทำการคัดกรองตัวแปร โดยเริ่มจากการทดสอบตัวแปรอินพุทต่างๆ ก่อนที่จะออกแบบการทดลองแบบ Factorial Experiment เพื่อหา Process optimization

4.3 การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกับปัญหา (Analyze)

ปัจจัยที่ทำการศึกษาที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของการบดโดยใช้ค่า %residue ของน้ำยาเคลือบเป็นตัวชี้วัดได้แก่ ก)ปริมาณของลูกบดในหม้อบด ข).ปริมาณของวัตถุดิบที่บด และ ค) ขนาดของลูกบดและสัดส่วนแต่ละขนาดที่เติมลงในหม้อบด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงตัวแปรเดี่ยว ด้วยการทดสอบสมมุติฐานเพื่อคัดกรองตัวแปร โดยใช้การวิเคราะห์แบบ One Way ANOVA โดยเริ่มจากการศึกษาผลของปริมาณของลูกบดในหม้อบด โดยเลือกระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 1) ปริมาณลูกบดที่ 45% ของปริมาตรหม้อบด ระดับ 2) ปริมาณลูกบดที่ 50% ของปริมาตรหม้อบด และ ระดับ 3) ปริมาณลูกบดที่ 55% ของปริมาตรหม้อบด จากนั้นศึกษาปริมาณวัตถุดิบที่ทำการบด โดยเลือกระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 1) ปริมาณวัตถุดิบที่ 20% ของปริมาตรหม้อบด ระดับที่ 2) ปริมาณวัตถุดิบที่ 25 % ของปริมาตรหม้อบด และ ระดับที่ 3 ปริมาณวัตถุดิบที่ 30% ของปริมาตรหม้อบด จากนั้นศึกษาขนาดของลูกบดและสัดส่วนแต่ละขนาดที่เติมลงในหม้อบด โดยเลือกระดับปัจจัยเป็น 3 ระดับ คือ ระดับ 1) ขนาดลูกบด 20:30:40:50 มม. เท่ากับ 25:25:25:25 ระดับ 2) ขนาดลูกบด 30:40:50 มม. เท่ากับ 25:50:25 และระดับ 3) ขนาดลูกบด 20:25:30:40:50 มม.เท่ากับ11:26:26:26:11 แล้วนำผลมาวิเคราะห์โดย One Way ANOVA พบว่า แต่ละปัจจัย ซึ่งได้แก่ ก) ปริมาณลูกบด ข) ปริมาณวัตถุดิบที่ทำการบด และ ค) ขนาดของลูกบดและสัดส่วนแต่ละขนาด เป็นปัจจัยที่มีผลต่อ % Residue ของน้ำยาเคลือบ อย่างมีนัยสำคัญ (P-value < 0.05) โดยควรที่จะเลือกระดับของปริมาณลูกบดที่ 50 % , ระดับวัตถุดิบที่ 20% และ ส่วนผสมของลูกบดขนาด 20 :25 : 30: 40: 50 มม. เท่ากับ 11:26:26:26:11ซึ่งจะสามารถคาดหวัง % residue ของน้ำยาเคลือบน้อยกว่า0.3 % จากวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อ

ต้องการหาสภาวะของการบดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อหาเวลาในการบดที่น้อยที่สุดและยังคงรักษาคุณภาพของน้ำยาเคลือบให้คงเดิม ดังนั้นทางผู้ศึกษาได้ทำการออกแบบการทดลองแบบ 2^k Factorial Experiment

4.4 การปรับปรุงกระบวนการ (Improvement)

หลังจากศึกษาปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อผลตอบสนองได้แล้วนั้น จึงได้นำแต่ละปัจจัยมาออกแบบการทดลองเพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุด ตามระดับของปัจจัยโดยวิธีการ 2^k Factorial Experiment ด้วยโปรแกรม Minitab โดยเลือกปัจจัยที่จะทำการศึกษาทั้งหมด 3 ปัจจัย ดังต่อไปนี้

ก) ปริมาณวัตถุดิบที่ทำการบด เลือก ที่ระดับ 25% และ 30% ของปริมาตรหม้อบด

ข) สัดส่วนลูกบดใน Ball mill เลือกที่ระดับ 2และระดับ 3

ค) เวลาในการบดเลือกที่ 8 ชั่วโมง และ 10 ชั่วโมง และผลตอบสนองคือ ค่า%Residue ของน้ำยาเคลือบ และเลือกระดับลูกบดที่ 50% ของปริมาตรหม้อบด โดยวิเคราะห์ครบทุกตัวแปรเพื่อพิจารณานัยสำคัญของแต่ละตัวแบบ ได้แก่ตัวแบบเดี่ยวประกอบด้วย Grinding time , Ball ratio และ %Material load เทอม two-way interaction ประกอบด้วย Grinding time * Ball ratio ,Grinding time*%material load และ Ball ratio*%material load เทอม three-way interaction มีเพียง 1 เทอม คือ Grinding time*Ball ration *%Material load โดยผลลัพธ์ของค่า Sum Square และ P-valueได้ค่าดังตารางที่ 4.1

ตารางที่4.1 แสดงAnalysis of Variance for %residue

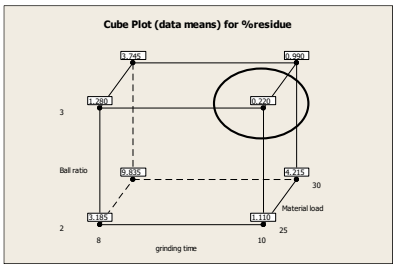
Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
MainEffec	3	111.97	111.97	37.32	60.90	0.00
2-Way	3	21.26	21.26	7.09	11.56	0.00
3-Way	1	0.86	0.86	0.86	1.40	0.27
Res.Error	8	4.90	4.90	0.61		
PureError	8	4.90	4.90	0.61		
Total	15	138.98				

จากตาราง ANOVA เมื่อพิจารณาจากค่า P-value พบว่า ตัวแบบที่ส่งผลต่อค่า %Residue ที่ระดับนัยสำคัญ α = 0.05 คือ Main Effect ทั้งสามตัวแบบ(P-Value <0.05) และ 2-way interaction ทั้งสามเทอม (P-value <0.05) ส่วน 3-way interaction นั้นไม่ส่งผลต่อค่า % Residue อย่างมีนัยสำคัญ จากผลของการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะของแต่ละปัจจัย ประกอบด้วย เวลาในการบด (Grinding time) ,อัตราส่วนลูกบดแต่ละขนาด(Ball ratio) และ ปริมาณวัตถุดิบที่ทำการบด (%Material load) สรุปได้ว่า ปัจจัยทั้ง3 และปฏิกิริยาร่วมแต่ละปัจจัย ส่งผลต่อค่า %residue ของน้ำยาเคลือบ อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติที่ระดับ α = 0.05 ทำให้ทราบสภาวะของปัจจัยเหล่านี้ที่เหมาะสม ซึ่งจะนำมาใช้หาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการบดในลำดับต่อไป

4.5 เสนอแนะแนวทางในการปรับตั้งกระบวนการบดน้ำยาเคลือบ

จากวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่จะทำการลดเวลาในการบดน้ำยาเคลือบให้ใช้เวลาน้อยที่สุดโดยยังคงรักษาคุณภาพของน้ำยาเคลือบคงเดิม การวิเคราะห์ Main Effect plot และ Interaction plot เป็นการวิเคราะห์เพียงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสามที่ส่งผลต่อค่า %residue และสามารถแนะนำเพื่อหาจุดที่ดีที่สุดได้เพียงแค่พยายามเลือก % Material load ที่ต่ำๆ ประมาณไม่เกิน 25 % และ Ball ratio ที่ระดับ3 ที่ทำให้มีช่องว่างระหว่าง ball น้อย ส่งผลต่อ

ประสิทธิภาพในการบดและเพื่อให้การหาสภาวะ การทำงานของการบดให้ดีที่สุด ก็จะทำการวิเคราะห์ด้วยกราฟ Cube Plot และหาความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการเชิงเส้นของแต่ละปัจจัย ได้ผลดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1แสดง Cube Plot ของ grinding time ,Ball ratio และ Material load ต่อ %residue

จากรูปที่4.1 แสดงกราฟ Cube plot สรุปได้ว่าค่า %residue ที่ดีที่สุด (ค่าน้อยที่สุด) คือ 0.22% โดยจะต้องตั้งค่าเวลาบด (grinding time) ไว้ที่ 10 ชั่วโมง ball ratio ที่ใช้คือ ระดับ 3 และวัตถุดิบที่จะทำการบด(Material load) คือ 25% ของปริมาตรหม้อบด และได้ตัวแบบคณิตศาสตร์ของทุกปัจจัยสรุปได้ดังนี้

%residue =-82.1162 +3.34125(grinding time) +6.17250(Ball ratio) + 4.6375(Material load) +0.97(grinding time*Ball ratio) - 0.262(grinding time*Material load) - 0.652 (Ball ratio*Material load) และจากการหาจุดที่ดีที่สุดด้วย Response Optimizer จะได้ว่า เวลาที่น้อยที่สุด (Grinding time) ที่ทำให้ได้ค่า %residue =0.2 คือ 9 ชั่วโมง โดยจะต้องเติมปริมาณ วัตถุดิบที่ 25% ของปริมาตรหม้อบด และ Ball ratio ระดับ 3 คือ อัตราส่วนลูกบดแต่ขนาด ดังนี้

Size : 20mm : 25mm : 30mm : 40mm : 50mm

Ratio: 11 % : 26 % : 26 % : 26 % : 11%

ซึ่งถ้าบดด้วย condition นี้ จะทำให้ลดเวลาบดลงจาก 12 ชั่วโมง ได้ประมาณ 25 %

4.6 การควบคุมกระบวนการ (Control)

จากคำตอบที่ได้จากการทดลอง และตัวแบบคณิตศาสตร์ ทำการผลิตตามเงื่อนไขที่ได้เลือกเอาไว้อีกจำนวน 5 แบทช์ เพื่อยืนยันผลการทดลองโดยผลการทำงานแบบใหม่เป็นที่น่าพอใจ จากนั้นจึงทำแผนการควบคุม และทำการฝึกอบรมให้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานในหน่วยงาน ในลำดับต่อไป

5. สรุปผลการศึกษา

การปรับปรุงคุณภาพตามแนวทางการแก้ปัญหา (Problem solving) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ โดยนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการบดน้ำยาเคลือบของอุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้นและบุผนัง โดยมีวัตถุประสงค์ คือ การลดต้นทุนในการผลิตด้านพลังงานไฟฟ้า ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของผลผลิตของกระบวนการบดน้ำยาเคลือบนี้ คือ ค่าเปอร์เซ็นกาก (%residue)ของตัวน้ำยาเคลือบ ในขั้นตอนกำหนดปัญหา ทำให้ทราบสภาพปัจจุบันของกระบวนการบดได้ชัดเจน และยังพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกินความจำเป็น อันเนื่องมาจากการบดวัตถุดิบซ้ำเนื่องมาจากคุณภาพที่ยังไม่ได้ตามข้อกำหนด หรือใช้เวลาในการบดนานเพราะไม่ทราบสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการบด ดังนั้นจึงใช้เทคนิคต่างๆทางสถิติในการแก้ปัญหา เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการบด เพื่อให้ได้กระบวนการบดที่มีประสิทธิภาพ โดยจะสามารถลดเวลาในการบดในแต่ละแบทช์ของการผลิต และยังคงรักษาคุณภาพของผลผลิตตามมาตรฐาน และ จากการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่สำคัญ 3 ปัจจัยคือ เวลาในการบด อัตราส่วนของลูกบดแต่ละขนาด และปริมาณของวัตถุดิบที่ทำการบด ทำให้ทราบสภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยเหล่านี้ที่ทำให้ได้ผลผลิต คือ ค่าเปอร์เซ็นกาก(%residue) ของน้ำยาเคลือบ ดังนี้ อัตราส่วนของลูกบดแต่ละขนาดที่เหมาะสมคือ 20 มม. : 25 มม. : 30 มม. : 40 มม. : 50 มม. เท่ากับ 11% : 26% : 26% : 26% : 11% โดยใช้ชั่วโมงบด 9 ชั่วโมง และวัตถุดิบที่จะทำการบดต้องอยู่ที่ 25 % ของปริมาตรหม้อบด และปริมาณของลูกบดต้องอยู่ที่ 50% ของปริมาตรหม้อบดด้วย ซึ่งเมื่อคิดเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแล้ว ทำให้สามารถประหยัดไฟฟ้าได้ถึง 25% ผลการปรับปรุงกระบวนการบดน้ำยาเคลือบในครั้งนี้ จึงเป็นการยืนยันถึงประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา(Problem Solving) และยังแสดงให้เห็นถึงวิธีการ ขั้นตอนของการนำไปประยุกต์ใช้ ในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ รวมทั้งยังนำเครื่องมือทางสถิติต่างๆ มาประยุกต์ใช้

ตามกระบวนการแก้ไขปัญหา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก ภาควิชาอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง,กลยุทธ์การผลิต/การปฏิบัติเพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขัน. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพมหานคร,.2553.

[2] อัมพวรรณ จิรอาภาวงศ์, ตรีทศ เหล่าศิริหงษ์ทอง, และทศพล เกิรติเจริญผล,การประยุกต์ใช้วิธีการ DMAIC สำหรับปรับปรุงกระบวนการผลิตสุขภัณฑ์เซรามิกส์, วิศวกรรมสาร ฉบับวิจัยและพัฒนา, ปีที่ 19 ฉบับที่ 4, 2551

[3] พิศุทธิ์ พงศ์ชัยฤกษ์. 2556. ประโยชน์ และการประยุกต์ใช้วิศวกรรมวิธี ,วิศวกรรมสาร มก.ฉบับที่ 83 ปีที่ 26 ม.ค. – มี.ค.,2556

[4] DouglasC. Mongomery.2 0 0 8 . Design and Analysis of Experiment , John wiley & Sons

[5] Durward K. Sobek II, Vikas K. Jain The Engineering Problem-Solving Process .Montana State University,2004

[6] Jennifer Docktor and Kenneth Heller. Assessment of Student Problem Solving Processes. School of Physics and Astronomy, University of Minnesota, Minneapolis,2010

.