การปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับสีอุตสาหกรรม

พงศกร เกียรติกิตติพงษ์

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ธันวาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยการได้รับความช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้องและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องจาก ดร. ฤฎูวัลย์ จันทรสา อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนและเอาใจใส่ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร. บรรหาญ ลิลา และ ดร. จักรวาล คุณะดิลก อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ผลงาน ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อสุรศักดิ์ คุณแม่สุวรรณา เกียรติกิตติพงษ์ และเพื่อน ๆ ร่วมรุ่นวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ รุ่น 10 ทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา

พงศกร เกียรติกิตติพงษ์

56920612: สาขาวิชา: วิศวกรรมอุตสาหการ; วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)
คำสำคัญ: การวิเคราะห์การถดถอย/ การปรับปรุงกระบวนการ/ กระบวนการบด/ อุตสาหกรรมสี

พงศกร เกียรติกิตติพงษ์: การปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปสำหรับสีอุตสาหกรรม (PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT IN SEMI-PRODUCT FOR INDUSTRIAL PAINTS.) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: ฤฎูวัลย์ จันทรสา, Ph.D., 74 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการผลิต และหาแนวทางในการลดระยะเวลาการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่ใช้ในการผลิตสีสำหรับงานอุตสาหกรรม โดยมุ่งปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B การศึกษาเริ่มต้นจากการประเมินสภาพการผลิตในปัจจุบัน พบว่าค่ามาตรฐานความละเอียดของสีในการผลิตเพื่อให้ได้ค่าความละเอียดตามมาตรฐานไม่เหมาะสม จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนค่ามาตรฐานความละเอียดจากเดิม < 5 μm เป็น < 10 μm และใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการบดสี และค่าความหนืดของสี ผลการศึกษาพบว่าค่าความหนืดตั้งต้นก่อนเริ่มกระบวนการบดมีผลโดยตรงต่อระยะเวลาการผลิตรวม แต่จะแปรผกผันกับปริมาณสารละลายอะโรมาติกในกระบวนการผลิต จึงทำการลดปริมาณสารละลายอะโรมาติกจากเดิม 38.35% เป็น 33.00% ผลการวิจัยพบว่าหลังการปรับเปลี่ยนค่ามาตรฐานความละเอียด และปรับลดปริมาณสารละลายอะโรมาติก เวลาการผลิตผลิตผลิตภัณฑ์ PASTE 050 -T BENTONE A ลดลง 6.0 ชม. จากเวลาการผลิตเดิม 36.0 ชม. หรือคิดเป็น 17.7% และเวลาการผลิตผลิตผลิตภัณฑ์ PASTE 050-T BENTONE B ลดลง 4.5 ชม.จากเวลาการผลิตเดิม 35.0 ชม. หรือคิดเป็น 15.3%

56920612: INDUSTRIAL ENGINEERING; M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)
KEYWORD: REGRESSION ANALYSIS/ PROCESS IMPROVEMENT/ GRINDING/ PAINT INDUSTRY

PONGSAKORN KIAIKITTIPONG: PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT IN SEMI-PRODUCT FOR INDUSTRIAL PAINTS. ADVISOR COMMITTEE: RUEPHUWAN CHANTRASA, Ph.D., 74 P. 2015.

The objective of this research is to study production process and identify solution to reduce time for producing semi-product of the paint industry. This research focuses on studying the production process of PASTE 050-T BENTONE A and PASTE 050-T BENTONE B. The study began with the analysis of the current processes. It was found that the standard fineness of the paints is unsuitable. The study then adjusted its value from < 5 μm to < 10 μm and applied regression analysis to analyze relationship between grinding time and viscosity. Results of this study showed that the viscosities of the product before grinding process directly affect total grinding time, however, it inversely affect amount of aromatic solvent. Therefore, the aromatic solvent used in the process was reduced from 38.35% to 33.00%. The results of this study showed that the adjustment of the standard fineness value and aromatic solvent can reduce the product time of PASTE 050-T BENTONE A from 36 hours by 6.0 hours or 17.7% reduction and that of PASTE 050-T BENTONE B from 35 hours by 4.5 hours or 15.3% reduction.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

สมมติฐานของการวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

ข้อจำกัดของการวิจัย 3

แผนการดำเนินงาน 3

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

แผนภูมิก้างปลา 5

แผนภูมิพาเรโต 6

Why-Why analysis 8

การบดสี 10

ความละเอียด 14

ลักษณะพื้นผิว และความคมชัดของภาพ 15

การวิเคราะห์การถดถอย 17

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

3 วิธีการดำเนินงาน 23

ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ 23

ขั้นตอนการดำเนินงาน 23

สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐาน 24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ข้อมูลสภาพปัจจุบัน	32
	วิเคราะห์และกำหนดประเด็นของปัญหา	36
	เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา	40
	ดำเนินการแก้ไข	45
4	ผลการวิจัย	53
	ผลการดำเนินการแก้ไข	53
	การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์	59
5	สรุปและอภิปรายผล	61
	สรุปผลการวิจัย	61
	อภิปรายผลการวิจัย	61
	ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม		63
ภาคผนวก		64
ภาคผนวก ก		65
ภาคผนวก ข		68
ประวัติย่อของผู้วิจัย		74

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1-1 แผนดำเนินงานโครงการ 4

2-1 ข้อมูลตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต 7

2-2 ช่วงความยาวคลื่น 16

3-1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีการปริมาณการผลิตเรียงจากมากไปน้อย 32

3-2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนครั้งของการผลิตเรียงจากมากไปน้อย 34

3-3 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิต.,,,m และจำนวนครั้งการผลิต 4 อันดับแรก 35

3-4 คะแนนประเมินการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ 37

3-5 ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการบดจากแผนภูมิก้างปลา 39

3-6 ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการบดที่สามารถปรับปรุงได้ 40

3-7 สูตรและกระบวนการผลิต 41

3-8 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A 43

3-9 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A 4 แบชล่าสุด 46

3-10 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE B 4 แบชล่าสุด 46

3-11 เทคนิค 5 Why analysis 51

3-12 สูตรและกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง 52

4-1 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิตหลังการแก้ไข 53

4-2 สรุปข้อมูลหลังการปรับปรุง 55

4-3 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิตของ 2 ผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุง 55

4-4 ข้อมูลตัวอย่างค่าความเรียบของพื้นผิว 60

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปแต่ละชนิดในปี 2014 2

2-1 แผนภูมิก้างปลา 5

2-2 แผนภูมิพาเรโต 8

2-3 วิธีการคิดแบบ Why-Why analysis 9

2-4 การหามาตรการแก้ไข 10

2-5 ขนาดของไฮสปีดอิมเพลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด 11

2-6 ใบพัดที่นิยมใช้กับไฮสปีดอิมเพลเลอร์ 12

2-7 การแตกตัวออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของผงสี 12

2-8 พื้นฐานของเครื่องแซนด์มิลล์ 13

2-9 เครื่องวัดค่าความละเอียด 14

2-10 การอ่านค่าความละเอียด 15

2-11 การทำงานของเครื่องเวฟสแกน 15

2-12 ค่าความเป็นคลื่นที่ความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ 16

2-13 ค่าความเป็นคลื่นของอิทธิพลตำแหน่งการพ่น 17

2-14 แผนภาพการกระจาย 18

2-15 ความสัมพันธ์แบบ (ก) เส้นตรง (ข) ลำดับสอง (ค) ลำดับสาม 19

2-16 ความสัมพันธ์แบบ (ก) กำลัง (ข) เอ็กซ์โปเนนเชียล 20

2-17 ความสัมพันธ์แบบ (ก) Gompertz (ข) Logistic 21

3-1 แผนการดำเนินงาน 24

3-2 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณการผลิตในปี 2014 33

3-3 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนครั้งการผลิตในปี 2014 35

3-4 แผนภูมิก้างปลา 38

3-5 แผนภูมิกระบวนการผลิต 42

3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE A 47

3-7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE B 49

3-8 กราฟจำลองกระบวนการผลิตจากสมการถดถอย 50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE A หลังการปรับปรุง 56

4-2 กราฟระหว่างเวลา และค่าความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE B หลังการปรับปรุง 58

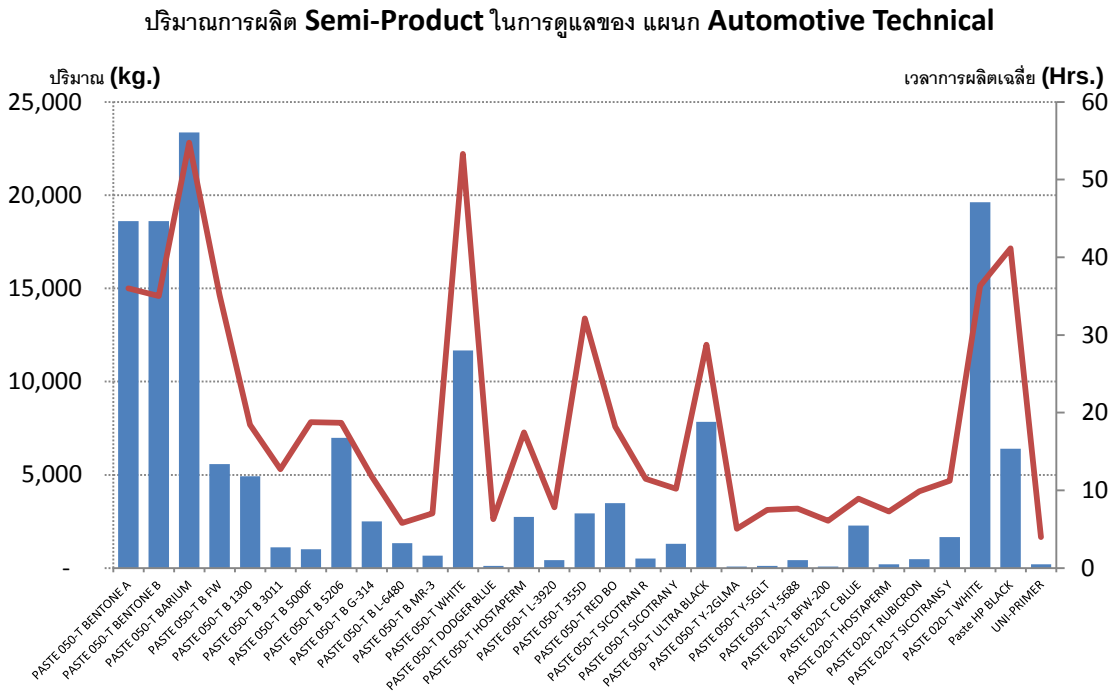
4-3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบค่า Wave scan 59

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาพการแข่งขันที่ค่อนข้างสูงในด้านการผลิต และการอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ส่งผลให้ต้องมีการปรับตัวทั้งในเรื่องกำลังการผลิต ต้นทุนการผลิต และระบบการบริหารงานต่าง ๆ ซึ่งส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญ และเป็นตัวชี้วัดความอยู่รอดของธุรกิจ โดยเฉพาะเรื่องของต้นทุนการผลิต หากสามารถลดต้นทุนการผลิตที่ไม่จำเป็นลงได้ก็จะเป็นการเพิ่มผลกำไรทางอ้อม ส่งผลให้องค์กรมีความมั่นคง และสามารถนำต้นทุนดังกล่าวกลับมาพัฒนาระบบการบริหารงาน หรือระบบการผลิต เพื่อเป็นการพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไป

บริษัทที่ผู้ทำการศึกษาใช้เป็นกรณีตัวอย่าง เป็นบริษัทผลิตสีที่ใช้สำหรับงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยจัดเป็นอุตสาหกรรมเคมีที่มีสารเคมีประเภทสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เป็นส่วนประกอบหลักในการผลิตสี เช่น เรซิ่น (Resin) สารเติมแต่ง (Additive) ผงสี (Pigment) และตัวทำละลาย (Solvent) ซึ่งในกระบวนการผลิตนั้นสารเคมีประเภทเรซิ่น และตัวทำละลายนั้นสามารถที่จะทำการผสมลงในกระบวนการผลิตได้โดยตรง แต่หากทำการผสมสารเคมีประเภทผงสี หรือสารเติมแต่งบางชนิดลงในกระบวนการผลิตโดยตรง โดยไม่มีการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติให้เหมาะสมเสียก่อน จะก่อให้เกิดปัญหาในแง่ของคุณภาพผลิตภัณฑ์โดยตรงได้ จึงต้องมีกระบวนการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติเสียก่อน ซึ่งหนึ่งในกระบวนการที่ทางบริษัทใช้ในการปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของผงสี หรือสารเติมแต่งบางชนิดสามารถทำได้ด้วยกระบวนการบดสี (Grinding) ให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป (Semi-product) ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเพื่อผลิตสินค้าสำเร็จรูป (Finished goods) ต่อไป



ภาพที่ 1-1 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปแต่ละชนิดในปี 2014

จากภาพที่ 1-1 แสดงให้เห็นถึงผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในความดูแลของแผนก Automotive technical ทั้งหมด 31 ผลิตภัณฑ์ โดยแสดงปริมาณการผลิตและระยะเวลาการผลิตเฉลี่ยของแต่ละผลิตภัณฑ์ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จบางชนิดนั้นค่อนข้างมีระยะเวลานาน ซึ่งพบว่าบางผลิตภัณฑ์มีระยะเวลาการบดเฉลี่ยถึง 55 ชม. ซึ่งหากรวมระยะเวลาในขั้นตอนอื่น ๆ เช่น ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ หรือการบรรจุลงถังเพื่อการจัดเก็บ ก็จะใช้ระยะเวลาในการผลิตประมาณ 3 วันต่อ 1 รอบการผลิต จึงได้มีการจัดทำโครงงานนี้ขึ้นเพื่อทำการศึกษาหาวิธีในการลดระยะเวลาในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปด้วยกระบวนการบดสี เพื่อเป็นการเพิ่มผลิตภาพรวมของกระบวนการผลิต และตอบสนองนโยบายต่อของบริษัทในเรื่องของการลดต้นทุน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป สำหรับสีอุตสาหกรรมโดยมุ่งเน้นการลดระยะเวลาการผลิต

สมมติฐานของการวิจัย

สามารถลดระยะเวลากระบวนการบดสีที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ปรับปรุงกระบวนการผลิตเดิมให้มีความเหมาะสม รัดกุมมากยิ่งขึ้น
2. ลดระยะเวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปด้วยกระบวนการบดสี เพิ่มกำลังการผลิตรวมให้กับองค์กร

ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการศึกษากระบวนการผลิต เพื่อลดระยะเวลาการผลิตผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่อยู่ในขอบเขตความรับผิดชอบของแผนก Automotive technical ที่เป็นต้นสังกัดของผู้ทำการวิจัยเท่านั้น

ข้อจำกัดของการวิจัย

ข้อมูลและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ได้จากการทำวิจัยครั้งนี้ เกิดขึ้นจากการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่อยู่ภายใต้การดูแลของแผนก Automotive technical ที่เป็นต้นสังกัดของผู้ทำการวิจัยเท่านั้น และการเก็บข้อมูลการผลิตจำเป็นต้องขอความร่วมมือกับฝ่ายผลิตซึ่งต้องเป็นไปตามแผนการผลิตจริง และอาจส่งผลต่อความต่อเนื่องของการเก็บข้อมูลในระยะเวลาที่จำกัด

แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงานของโครงงานมี ดังนี้

1. ศึกษาสภาพทั่วไป และข้อมูลพื้นฐาน
2. เก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน
3. กำหนดประเด็นของปัญหา
4. เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา
5. ดำเนินการแก้ไขปัญหา
6. วิเคราะห์ผลการดำเนินการ
7. สรุปผลการดำเนินการ
8. จัดทำเอกสารรายงาน

แผนการดำเนินงานสามารถเขียนเป็นตารางแผนดำเนินงานดังตารางที่ 1-1 โดยแสดงระยะเวลาของการดำเนินงานตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558

ตารางที่ 1-1 แผนดำเนินงานโครงการ

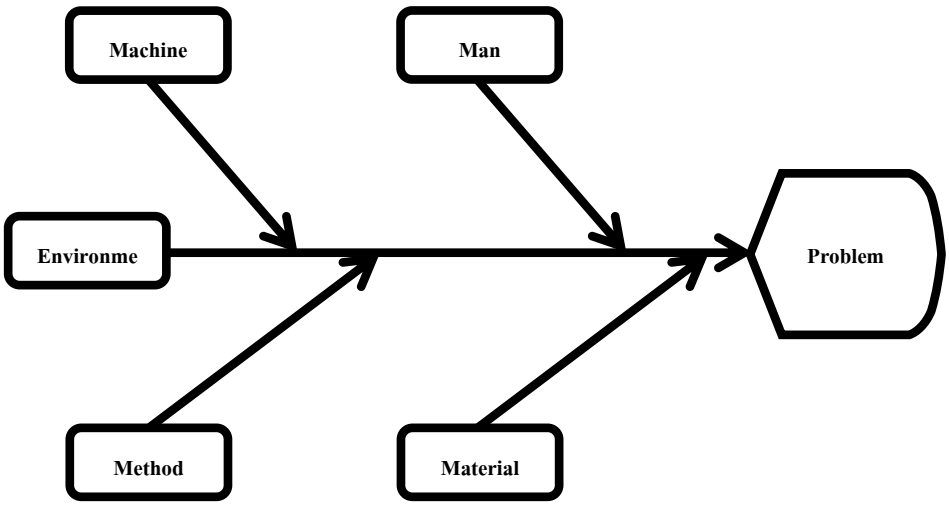
ลำดับ	รายละเอียดการดำเนินการ	ม.ค. 58	ก.พ. 58	มี.ค. 58	เม.ย. 58	พ.ค. 58	มิ.ย. 58	ก.ค. 58	ส.ค. 58
1	ศึกษาสภาพทั่วไป และข้อมูลพื้นฐาน	↔	↔						
2	เก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน		↔	↔					
3	กำหนดประเด็นของปัญหา		↔	↔					
4	เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา			↔	↔				
5	ดำเนินการแก้ไขปัญหา				↔	↔	↔	↔	
6	วิเคราะห์ผลการดำเนินการ						↔	↔	
7	สรุปผลการดำเนินการ							↔	
8	จัดทำเอกสารรายงาน							↔	↔

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แผนภูมิก้างปลา (Fishbone diagram)

สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน (2556) ได้กล่าวว่า แผนภูมิก้างปลา (Fishbone diagram) หรือแผนภูมิอิชิกาว่า (Ishikawa diagram) เป็นแผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่อาจเป็นไปได้ ซึ่งได้รับการพัฒนาในปี ค.ศ. 1943 โดยศาสตราจารย์คาโอรุ อิชิกาว่า แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว โดยส่วนประกอบหลักของแผนภูมิก้างปลาจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนโครงกระดูกที่เป็นตัวปลา ซึ่งได้รวบรวมปัจจัยอันเป็นสาเหตุของปัญหา และส่วนหัวปลาที่เป็นข้อสรุปของสาเหตุที่กลายเป็นตัวปัญหา โดยตามความนิยมจะเขียนหัวปลาอยู่ทางขวามือและตัวปลา (หางปลา) อยู่ทางซ้ายมือเสมอ

ในการค้นหาปัญหาต่าง ๆ มักใช้หลักการ 4M 1E เป็นกลุ่มปัจจัย (Factors) ซึ่ง 4M 1E นี้มาจาก Man, Machine, Material, Method และ Environment โดยสาเหตุของปัญหาหรือตัวปลานั้นจะได้จากการระดมสมองของผู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งอาจมีการประยุกต์ใช้เทคนิคต่าง ๆ เพื่อช่วยในการระดมสมอง เช่น 5Why analysis



ภาพที่ 2-1 แผนภูมิก้างปลา

วิธีการสร้างแผนภูมิก้างปลา

1. กำหนดลักษณะคุณภาพที่เป็นปัญหา

2. เขียนลงทางขวามือของกระดาษพร้อมตีกรอบสี่เหลี่ยม

3. เขียนก้างปลาจากซ้ายไปขวาโดยเริ่มจากกระดูกสันหลังก่อน

4. เขียนสาเหตุหลัก ๆ เติมลงบนเส้นกระดูกสันหลังทั้งบนและล่าง พร้อมกับตีกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อระบุสาเหตุหลัก

5. ในก้างใหญ่ที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาให้ใส่ก้างรองลงไปที่แต่ละปลายก้างรอง ให้ใส่ข้อความที่เป็นสาเหตุรองของแต่ละสาเหตุหลัก

6. ในแต่ละก้างรองที่เป็นสาเหตุรองให้เขียนก้างย่อยที่เข้าใจว่าจะเป็นสาเหตุย่อย ๆ ของสาเหตุรองอันนั้น

7. พิจารณาทบทวนว่าการใส่สาเหตุต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันตามระดับชั้นถูกต้องหรือไม่จากนั้นจึงใส่ข้อมูลเพิ่มเติมให้ครบถ้วน

ประโยชน์ของการใช้แผนภูมิก้างปลา

1. ใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิดของทุกคนที่เป็นสมาชิกกลุ่มคุณภาพอย่างเป็นหมวดหมู่ซึ่งได้ผลมากที่สุด

2. แสดงให้เห็นสาเหตุต่าง ๆ ของปัญหาของผลที่เกิดขึ้นที่มีมาอย่างต่อเนื่องจนถึงสาเหตุสำคัญที่จะนำไปปรับปรุงแก้ไข

3. แผนภูมินี้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ได้มากมายทั้งในหน้าที่การงาน สังคม แม้กระทั่งชีวิตประจำวัน

แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)

สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน (2556) นำเสนอเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตามหลักพาเรโตว่า มาจากนักเศรษฐศาสตร์ที่มีชื่อว่า วิลเฟรโด พาเรโต (Wilfredo pareto) ซึ่งมีชีวิตอยู่ในช่วงปี ค.ศ. 1848-1923 โดยมีความเชื่อว่าสถานการณ์ในโลกหลายอย่างมีแบบแผนเป็นลักษณะ 80 : 20 หมายความว่ามีคน หรือเหตุการณ์ที่จำนวนน้อย (20%) เป็นต้นเหตุของผลลัพธ์ หรือผลกระทบของคน หรือเหตุการณ์ส่วนใหญ่ (80%) จึงควรสนใจไปที่สาเหตุหลัก ๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาโดยปัญหาที่เกิดมากที่สุดจำเป็นที่จะต้องสนใจและทำการแก้ไขด่วน โดยเรียกหลักการนี้ว่า “หลักการพาเรโต” และเรียกการแยกแยะข้อมูลในกราฟแท่งโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยว่า “แผนภูมิพาเรโต (Pareto diagram)”

วิธีการสร้างแผนภูมิพาเรโต

1. ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล

1.1 จัดเรียงข้อมูลจากความถี่มากไปหาน้อย

1.2 คำนวนค่าความถี่สะสม

1.3 คำนวนหาร้อยละสะสมของข้อมูล สำหรับนำไปแสดงในกราฟเส้นของแผนภูมิพาเรโต โดยร้อยละของความถี่สะสมหาได้จากการนำความถี่สะสมของข้อมูลแต่ละชนิด หารด้วยข้อมูลความถี่ทั้งหมด

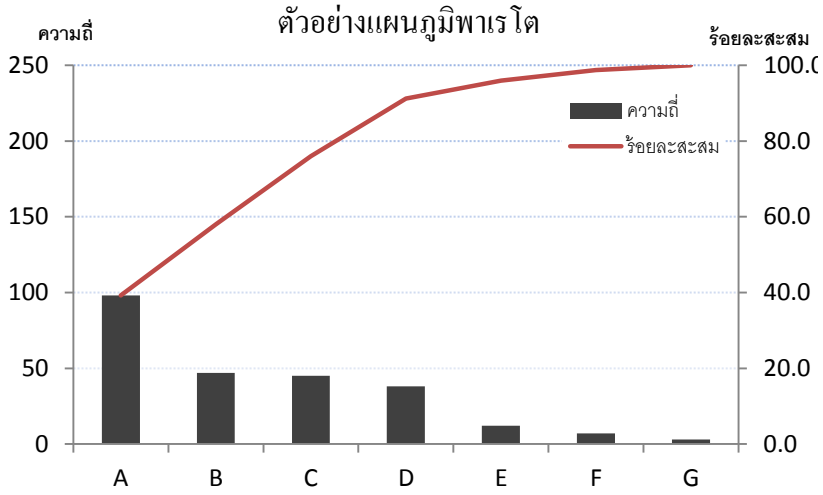
ตารางที่ 2-1 ข้อมูลตัวอย่างแผนภูมิพาเรโต

รายการ	ความถี่	ความถี่สะสม	ร้อยละสะสม
A	98	98	39.2
B	47	145	58.0
C	45	190	76.0
D	38	228	91.2
E	12	240	96.0
F	7	247	98.8
G	3	250	100.0
รวม	250		

2. ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต

2.1 ทำการสร้างแผนภูมิแท่งจากข้อมูลโดยเรียงลำดับข้อมูล จากข้อมูลที่มีความสูงมาก (ความถี่มาก) ไปหาความสูงน้อย (ความถี่น้อย) จากซ้ายไปขวาโดยอ้างอิงจากแกน Y ทางด้านซ้ายของแผนภูมิ

2.2 สร้างกราฟเส้นแสดงความถี่สะสมร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (%) ของข้อมูลโดยอ้างอิงจากแกน Y ทางด้านขวามือของข้อมูล

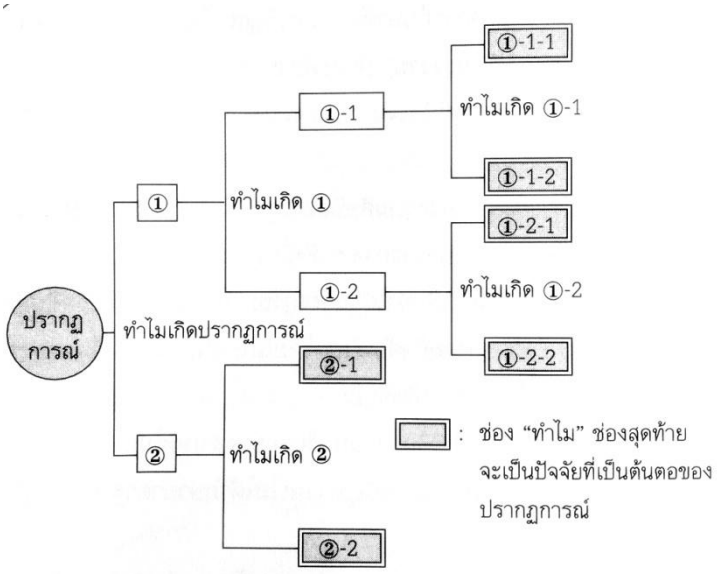


ภาพที่ 2-2 แผนภูมิพาเรโต

โดยประโยชน์ของแผนภูมิพาเรโตนั้นใช้ในการเรียงลำดับปัญหา หรือปัจจัยที่ควรได้รับการแก้ไขเป็นอันดับต้น ๆ ซึ่งวิเคราะห์ได้จากกราฟแท่งในแผนภูมิ ในส่วนของกราฟเส้นที่แสดงร้อยละสะสมนั้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่าปัญหา หรือปัจจัยใด ๆ ที่เรากำลังทำการศึกษาหากได้รับการแก้ไขจนสำเร็จจะสามารถลดผลกระทบลงได้เป็นอัตราส่วนเท่าใด หรือใช้ในการตั้งเป้าหมายในการลดจำนวนผลกระทบในกรณีที่ต้องทำการแก้ไข หรือปรับปรุงในหลาย ๆ ปัจจัย เป็นต้น

Why-Why analysis

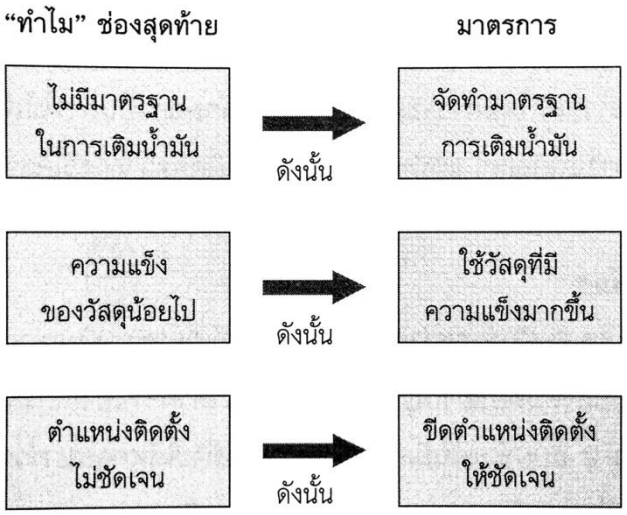
Why-Why analysis เป็นเทคนิคการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนไม่เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่การคิดแบบคาดเดาหรือนั่งเทียนในหนังสือที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดแบบไคเซ็น (การปรับปรุงงาน) มักจะมีประโยค “ให้ถามว่าทำไม 5 ครั้ง” ปรากฏอยู่เสมอ



ภาพที่ 2-3 วิธีการคิดแบบ Why-Why analysis

จากภาพที่ 2-3 เมื่อมีปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้นเราจะหาสาเหตุที่ทำให้เกิดขึ้น โดยตั้งคำถามว่า "ทำไม" สมมติว่าเราได้ปัจจัยมา 2 ข้อ คือ 1 และ 2 เราต้องหาสาเหตุต่อว่า 1 และ 2 เกิดขึ้นได้อย่างไรจากตัวอย่าง เราพบว่าปัจจัยที่ทำให้เกิด 1 คือ 1-1 และ 1-2 ส่วนปัจจัยที่ทำให้เกิด 2 คือ 2-1 และ 2-2 โดยจะทำการตั้งคำถามว่า "ทำไม ทำไม ทำไม" ไปเรื่อย ๆ และในช่องสุดท้ายจะเป็นต้นตอของปัญหาที่นำไปสู่การเกิดขึ้นของปรากฏการณ์ และหากเราคิดมุมกลับเราจะสามารถหามาตรการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้

ซึ่งปัจจัยที่อยู่หลังสุดจะต้องเป็นปัจจัยที่สามารถแปรงกลับมาเป็นมาตรการที่มีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 2-4 อาจกล่าวได้ว่าปัญหาที่พบนั้นไม่ใช่ชิ้นงาน เครื่องมือ หรือเครื่องจักรที่ไม่มีประสิทธิภาพแต่เป็นเรื่องของแนวคิดหรือวิธีปฏิบัติที่ไม่ถูกต้อง เช่น ในเรื่องของขั้นตอนการทำงาน การบำรุงรักษา ดังนั้น ถ้าเราไม่ตั้งคำถามว่า "ทำไม" ไปเรื่อย ๆ เราย่อมไม่สามารถค้นพบมาตรการป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2-4 การหามาตรการแก้ไข

การบดสี (Grinding)

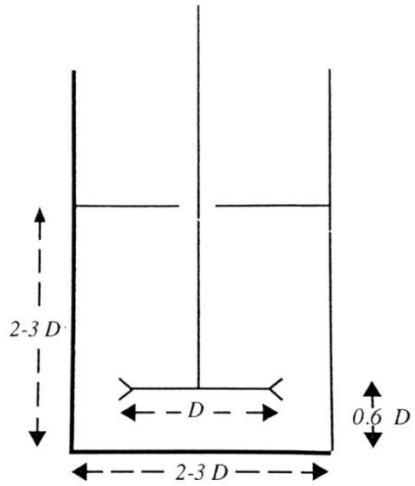
การผลิตสีเชิงอุตสาหกรรมของบริษัทที่ทำการศึกษานั้นเป็นการผลิตสีน้ำมัน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตหลัก ๆ ดังนี้

1. การผสม (Premixing)
2. การบด (Grinding)
3. การปรับความข้นเหลว (Adjustment of consistency)
4. การเทียบสี (Color match)
5. การควบคุมคุณภาพ (Quality control)
6. การบรรจุ (Canning)

โดยในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเสนอเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะทำการผลิตโดยกระบวนการบด เนื่องจากโดยส่วนใหญ่แล้วผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นแม่สี ซึ่งทำการผลิตมาจากส่วนผสมหลักที่เรียกว่า ผงสี และเรซิ่น จำเป็นที่จะต้องผ่านกระบวนการบดให้อนุภาคของผงสีกระจายตัวเข้ากันดี และมีอนุภาคเล็กลงก่อนที่จะนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นตอนต่อไป โดยในกระบวนการบดสีตามการนำเสนอของ อรอุษา สรวารี (2542) มีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

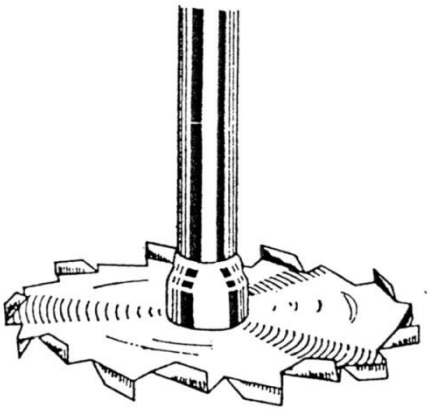
1. การผสม

เป็นการนำผงสีและส่วนประกอบที่เป็นของเหลว เช่น เรซิ่น ตัวทำละลาย สารเติมแต่ง หรือตัวกลางบางส่วนผสมเข้าด้วยกันด้วยเครื่องผสม (Premixers) ชนิดไฮสปีดอิมเพลเลอร์ (High-speed impellers) โดยการใช้เครื่องผสมชนิดนี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ระดับของสีที่บรรจุในภาชนะควรมีระยะเท่ากับความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะผสม ความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดควรเท่ากับ 1/3-1/2 ของความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะผสม และระดับของใบพัดควรอยู่สูงจากก้นภาชนะผสมเป็นระยะทางเท่ากับ 1/3 ของระดับสี เพื่อให้มีระดับของการกระจายตัวของผงสีสูง



ภาพที่ 2-5 ขนาดของไฮสปีดอิมเพลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

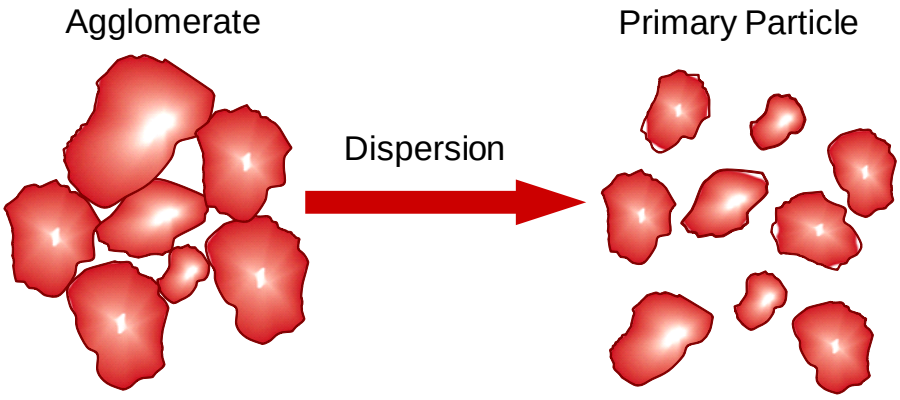
สำหรับใบพัดที่นิยมใช้กับไฮสปีดอิมเพลเลอร์กันมาก นิยมทำจากแผ่นเหล็กกลม และมีขอบที่ลักษณะเหมือนฟันปลา (Steel disc with a scrated edge)



ภาพที่ 2-6 ใบพัดที่นิยมใช้กับไฮสปีดอิมเพลเลอร์

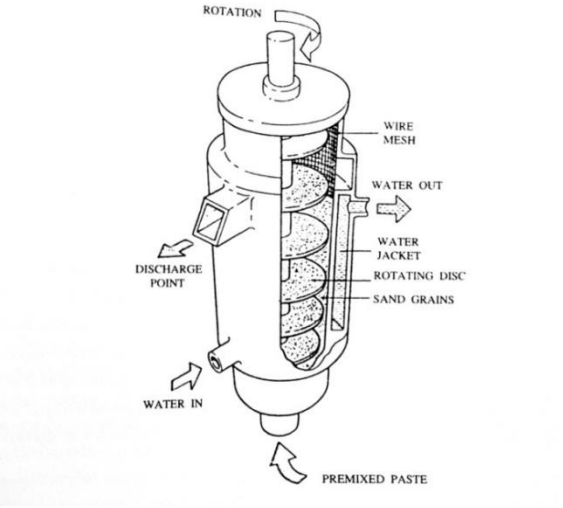
2. การบด

เป็นการลดขนาดอนุภาคของผงสีที่รวมกลุ่มกันอยู่เป็นอนุภาคขนาดใหญ่ที่เรียกว่า อั๊คโกลเมอเรท (Agglomerate) ให้แตกตัวเป็นขนาดเล็กตามที่ต้องการอยู่ที่ระดับไมโครเมตร (Micrometer) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เครื่องบด (Grinding machine)



ภาพที่ 2-7 การแตกตัวออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ ของผงสี

โดยเครื่องบดที่นิยมใช้ในกระบวนการผลิตแม่สีสำหรับสีอุตสาหกรรมประเภทสีน้ำมันนั้น คือ เครื่องบดแบบแซนด์มิลล์ (Sand mill) ซึ่งประสิทธิภาพของเครื่องบดซึ่งทำให้ผงสีเกิดการกระจายตัวจากการเคลื่อนที่ของลูกบด นั้น วัดได้จากอัตราการกระจายตัวของผงสีซึ่งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเล็กลงโดยการใช้ลูกบดทรงกลมขนาดเล็กมาก ๆ และกวนด้วยอัตราความเร็วสูงจะทำให้ได้ผงสีที่มีการกระจายตัวในตัวกลางได้ดี และรวดเร็ว



ภาพที่ 2-8 พื้นฐานของเครื่องแซนด์มิลล์

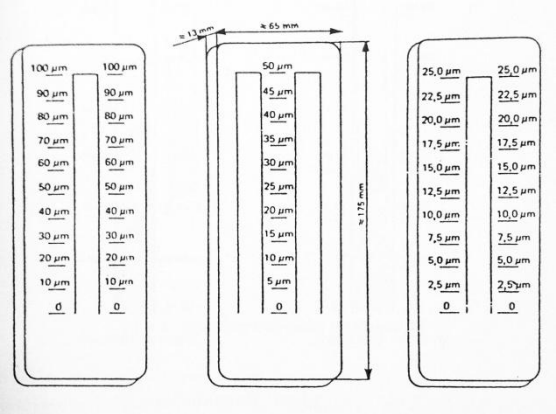
เครื่องแซนด์มิลล์ ประกอบด้วย ภาชนะรูปทรงกระบอกในแนวตั้ง และมีน้ำหล่อเย็นภายนอก (Vertical water-cooled cylindrical chamber) กลางภาชนะมีแกนพร้อมแผ่นทรงกลมหลายแผ่น ซึ่งสามารถหมุนด้วยความเร็วสูง ภายในบรรจุทราย (หรือลูกบด) ซึ่งมีความละเอียด 10-40 mesh หรือลูกแก้ว (Glass ballotini) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5-1.0 มิลลิเมตร

เมื่อทำการบด ผงสีและตัวกลางซึ่งผ่านการผสมมาแล้วจะถูกสูบเข้าที่ก้นของภาชนะ จากนั้นของผสมจะถูกสูบขึ้นไปที่ด้านบนของภาชนะ โดยอาศัยการหมุนของแกน โดยวิธีนี้ผงสีจะถูกกระทำให้กระจายตัวเนื่องจากแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระหว่างที่ผลิตภัณฑ์ผสมถูกสูบขึ้นไปจนกระทั้งถึงด้านบนสุดของภาชนะ ผลิตภัณฑ์จะถูกสูบไปเก็บในถัง หรือภาชนะอื่น ๆ โดยผ่านตะแกรงเพื่อกรองไม่ให้ลูกแก้ว หรือทรายหลุดปะปนออกมากับผลิตภัณฑ์ โดยการใช้แซนด์มิลล์สามารถทำได้อย่างต่อเนื่องนอกจากนี้ยังสามารถล้างทำความสะอาดได้ง่ายโดยผ่านตัวทำละลายที่

ใช้ในการทำความสะอาดเข้าไปจากก้นของภาชนะ ดังนั้น จึงยังนิยมใช้เครื่อแซนด์มิลล์ ในการบดสีกันอยู่จนถึงปัจจุบัน

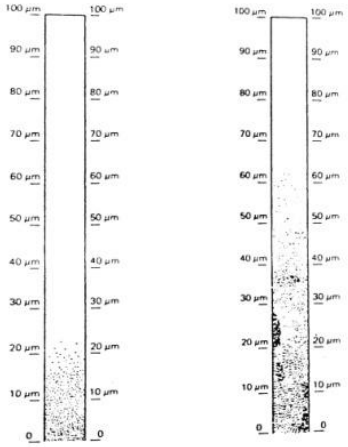
ความละเอียด (Fineness of dispersion or fineness of grind)

อรอุยา สรวารี (2542) กล่าวว่า ในขั้นตอนการบดสีนั้นหลังจากผงสีที่อยู่ในสารยึดติดหรือตัวกลางนั้น ได้ถูกบดจนได้ความละเอียดตามต้องการในระดับหน่วยไมโครเมตรจะต้องมีการทดสอบเพื่อยืนยันค่าความละเอียดด้วยเครื่องวัดค่าความละเอียด โดยเครื่องวัดทำจากเหล็กกล้าชุบแข็งยาวประมาณ 175 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 65 มิลลิมเตร และหนาประมาณ 13 มิลลิเมตร ที่ผิวด้านบนของแท่งเหล็กจะมีหนึ่งร่อง หรือสองร่องกว้างประมาณ 12.5 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 140 มิลลิเมตร ขนานไปกับความยาวของแท่งเหล็ก แต่ระร่องจะมีความลึกจากมากไปหาน้อย เช่น ตั้งต้นความลึกที่ 25, 50 หรือ 100 ไมโครเมตร ที่ปลายด้านหนึ่งจนไปถึง 0 ไมโครเมตรที่ปลายอีกด้านหนึ่ง และมีขีดแสดงความลึกโดยตลอดความยาวดังภาพที่ 2-9



ภาพที่ 2-9 เครื่องวัดค่าความละเอียด

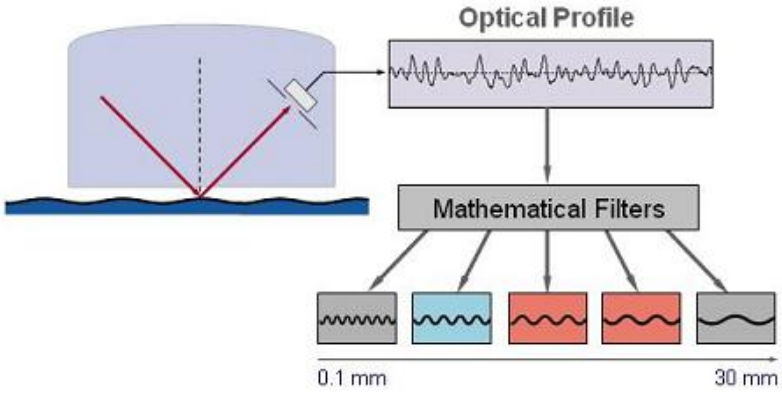
การทดสอบควมละเอียดทำได้โดยวางเครื่องวัดในแนวนอน เทผลิตภัณฑ์ลงในร่องส่วนที่ลึกจนกว่าสีจะล้นออกจากร่องเล็กน้อย นำเหล็กปาด มาวางด้านคมติดพื้นผิวเครื่องวัดตรงปลายร่องส่วนที่ลึกที่สุด โดยให้ด้านยาวของเหล็กปาดขนานกับด้านกว้างของเครื่องมือวัด ปาดเหล็กปาดไปบนเครื่องวัดให้สีเข้าไปอยู่ในร่องจนเต็ม โดยตั้งเหล็กปาดให้ตั้งฉากกับเครื่องมือวัด อ่านค่าความละเอียดโดยมองที่ด้านข้างของเครื่องวัดโดยสังเกตบริเวณในร่องซึ่งเริ่มมองเห็นอนุภาคได้ดังภาพที่ 9-10 แล้วทำการบันทึกค่าความละเอียดที่ได้



ภาพที่ 2-10 การอ่านค่าความละเอียด

ลักษณะพื้นผิว และความคมชัดของภาพ (Appearance and DOI)

อสิ แก้วรุ่งเรือง (2552) ได้นำเสนอว่าด้วยโครงสร้างที่แตกต่างกันของพื้นผิว ทำให้รูปลักษณะของพื้นผิวมองเห็นแตกต่างกัน โดยที่ความเป็นคลื่น (Waviness) ของสีรถยนต์อยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 0.1 ถึง 30 มม. ซึ่งเครื่องเวฟสแกน (Wave-scan) ได้จำลองการรับรู้ด้วยสายตา โดยการตรวจวัดเชิงออฟติกของลักษณะมืด/ สว่าง (Light/ dark pattern) ของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ส่งไปที่ชิ้นตัวอย่างทำมุม 60° และตัวรับแสง (Detector) วัดความเข้มแสงที่สะท้อนกลับมาที่มุมตรงข้าม เครื่องจะทำการตรวจวัดตามแนวเคลื่อนที่ไปตามผิวของตัวอย่าง และวัดโปรไฟล์เชิงออฟติกแบบจุดต่อจุดของผิวตัวอย่างตามระยะที่กำหนด



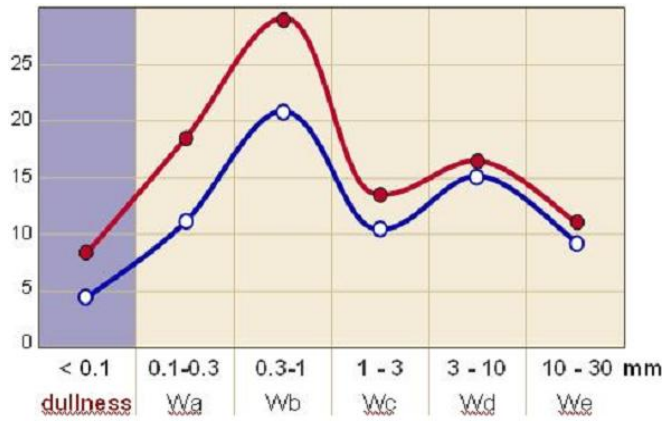
ภาพที่ 2-11 การทำงานของเครื่องเวฟสแกน

เครื่องเวฟสแกนจะวิเคราะห์โครงสร้างต่าง ๆ ตามขนาดและเพื่อที่จะจำลองความละเอียด (Resolution) ของสายตามนุษย์ที่ระยะห่างต่าง ๆ สัญญานที่วัดได้จะถูกแบ่งเป็นระยะต่าง ๆ โดยการคำนวนทางคณิตศาสตร์ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ช่วงความยาวคลื่น

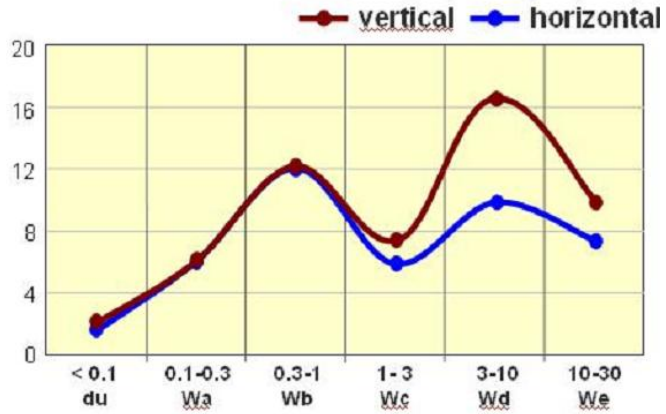
Range	Wave resolution
Wa	0.1 – 0.3 mm.
Wb	0.3 – 1.0 mm.
Wc	1.0 – 3.0 mm.
Wd	3.0 – 10 mm.
We	10 – 30 mm.
SW	0.3 – 1.2 mm. (short wave)
LW	1.2 – 12 mm. (long wave)

ค่า Wa ถึง We ประกอบกันเป็นสเปกตรัมของโครงสร้าง (Structure spectrum) ซึ่งทำให้เราสามารถวิเคราะห์ความเป็นคลื่นได้อย่างละเอียด และปัจจัยที่มีผลต่อค่าเหล่านี้ก็ คือ วัสดุ และลักษณะการเคลือบสี ส่วนโครงสร้างที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 มม. นั้น ส่งผลต่อการรับรู้ด้วยสายตาเครื่องมือจะทำการวัดเป็นค่าการกระเจิงแสง (Diffused light) พารามิเตอร์นี้เรียกว่า “Dullness”



ภาพที่ 2-12 ค่าความเป็นคลื่นที่ความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ

โดยทั่วไปอิทธิพลของตำแหน่งการพ่น หรือการอบจะส่งผลต่อลักษณะพื้นผิวที่ปรากฏ โดยการวางตำแหน่งพื้นผิวในแนวราบจะมีลักษณะการไหล หรือการปรับระดับของสีเคลือบที่ดีกว่า โดยส่งผลต่อคลื่นช่วงยาว Wc และ We ในขณะที่คลื่นช่วงสั้นจะได้รับผลกระทบน้อย



ภาพที่ 2-13 ค่าความเป็นคลื่นของอิทธิพลตำแหน่งการพ่น

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis)

นพพร ธนะชัยขันธ์ (2555) ได้นำเสนอว่าการถดถอย (Regression) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวแปรขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประมาณ หรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรหนึ่งซึ่งเรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent variable) จากตัวแปรอื่นซึ่งเรียกว่า ตัวแปรอิสระ (Independent variable) ซึ่งนิยมแทนตัวแปรตามด้วยสัญลักษณ์ Y และตัวแปรต้นแทนด้วยสัญลักษณ์ X โดยเริ่มต้นที่การเก็บข้อมูลหรือวัดค่าของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม เพื่อนำไปสร้างแผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) ดังภาพที่ 2-14 และสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง เราเรียกสมการที่ได้ว่า สมการถดถอย (Regression equation) การที่จะทราบว่าตัวแปรอิสระหรือตัวพยากรณ์ที่ได้นั้น สามารถพยากรตัวแปรตามได้ดีเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับ สหสัมพันธ์ (R) ซึ่งแสดงถึงสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y กับตัวแปรอิสระ X ค่าสหสัมพันธ์หาได้จากสูตร ดังต่อไปนี้

$$R^2 = \frac{SS_{reg}}{SS_T} \text{ หรือ } R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_T}$$

โดยที่ SS_{reg} แทนผลบวกกำลังสองของการถดถอยจากการวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือ

$$SS_{reg} = \sum_{i=1}^{N} (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

SS_{res} แทนผลบวกกำลังสองของเศษเหลือจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ

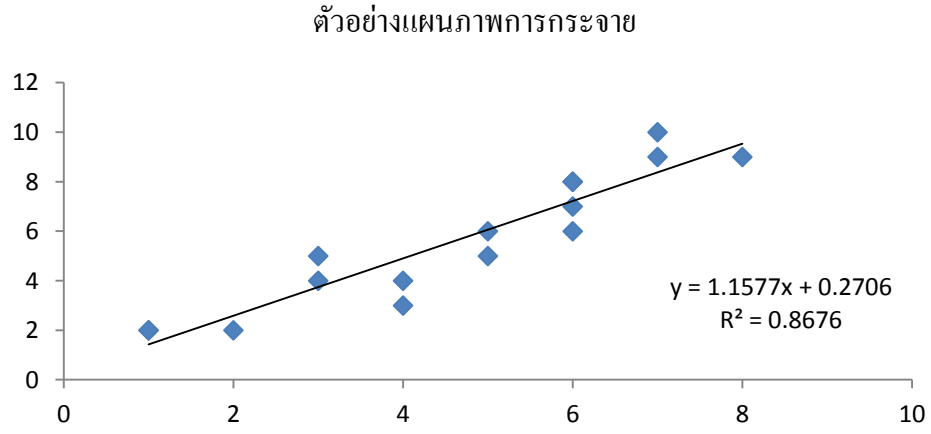
$$SS_{res} = \sum_{i=1}^{N} (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

SS_T แทนผลบวกกำลังสองรวมทั้งหมด จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนหรือ

$$SS_T = \sum_{i=1}^{N} (Y_i - \bar{Y})^2$$

เมื่อ $\hat{Y}_i$ แทนค่าของตัวแปรตาม Y ที่ได้จากการทำนายโดยค่าของแปรอิสระ X_i

ถ้า R^2 มีค่าสูงเท่าใด แสดงว่า ตัวแปรอิสระสามารถใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตามได้ใกล้เคียงมากเท่านั้น เช่น $R^2 = 0.9357$ แสดงว่าตัวแปรอิสระ X ที่ใช้ในการพยากรณ์ตัวแปรตาม Y สามาถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม Y ได้ถึง 93.57%



ภาพที่ 2-14 แผนภาพการกระจาย

จากตัวอย่างภาพที่ 2-14 แสดงตัวอย่างแผนภาพการกระจายซึ่งแสดงเส้นการถดถอย สมการการถดถอยและค่า R^2 ซึ่งเป็นการถดถอยเชิงเส้นตรงอย่างง่าย ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์เขียนเป็นรูปแบบสมการถดถอยได้ ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

โดยที่ Y_i เป็นค่าของตัวแปรตามที่ i

X_i เป็นค่าของตัวแปรอิสระที่ i

β_0 เป็นจุดที่เส้นการถดถอยตัดแกน Y

β_1 เป็นอัตราการเพิ่มหรือลดของ Y เมื่อค่า X เพิ่มหนึ่งหน่วย (slope)

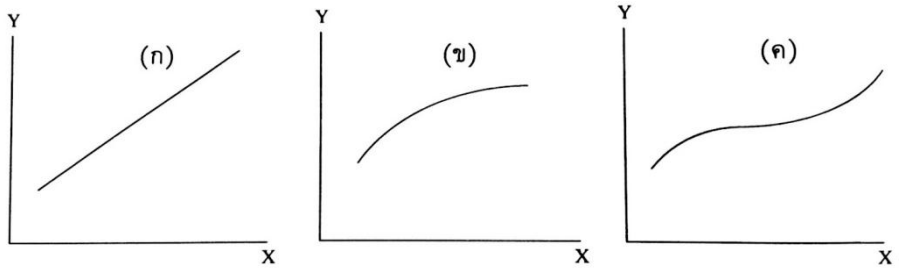
ε_i เป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่ i

ทรงศิริ แต้สมบัติ (2541) กล่าวว่า ในกรณีที่ความสัมพันธ์ระหว่าง X และ Y เป็นแบบเส้นโค้งจะกำหนดรูปแบบการถดถอยแบบเส้นโค้งที่เหมาะสมกับความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นรูปแบบที่ใช้กับความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

1. รูปแบบโพลิโนเมียลลำดับที่ p ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์เขียนเป็นรูปแบบสมการถดถอยได้ ดังนี้

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \ldots \beta_p X^p + \varepsilon$$

โดยที่รูปแบบโพลิโนเมียลลำดับที่ 1 จะหมายถึง ความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ลำดับสองจะเหมาะกับความสัมพันธ์เส้นโค้งหนึ่งโค้ง และลำดับสามจะเหมากับเส้นโค้งสองโค้ง ดังภาพที่ 2-15



ภาพที่ 2-15 ความสัมพันธ์แบบ (ก) เส้นตรง (ข) ลำดับสอง (ค) ลำดับสาม

2. รูปแบบไม่เป็นเส้นตรงที่แปลงให้เป็นรูปแบบเส้นตรงได้หลายรูปแบบ เช่น รูปแบบกำลัง เอ็กซ์โปเนนเชียล เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะความสัมพันธ์เขียนเป็นรูปแบบสมการถดถอยได้ ดังนี้

แบบกำลัง

รูปแบบไม่เป็นเส้นตรง $Y = \beta_0 X^{\beta_1}$

การแปลงตัวแปล $Y' = \ln Y$

$X' = \ln B$

รูปแบบเส้นตรง $Y' = \beta'_0 + \beta_1 X'$

$\beta'_0 = \ln \beta_o$

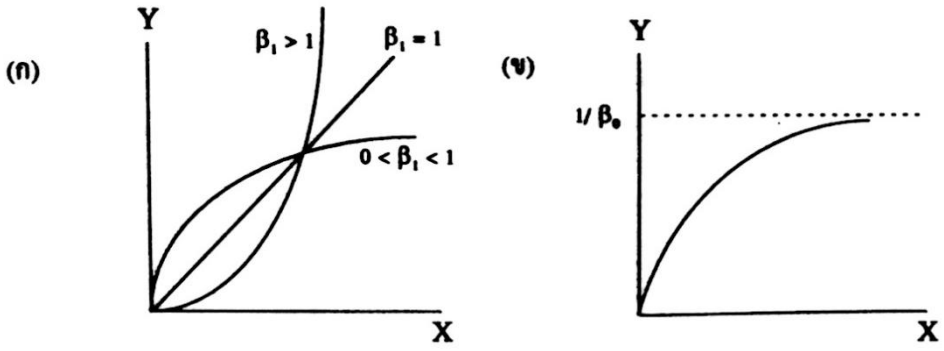
แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

รูปแบบไม่เป็นเส้นตรง $Y = \beta_0 \beta_1^X$

การแปลงตัวแปล $Y' = \ln Y$

รูปแบบเส้นตรง $Y' = \beta'_0 + \beta_1 X'$

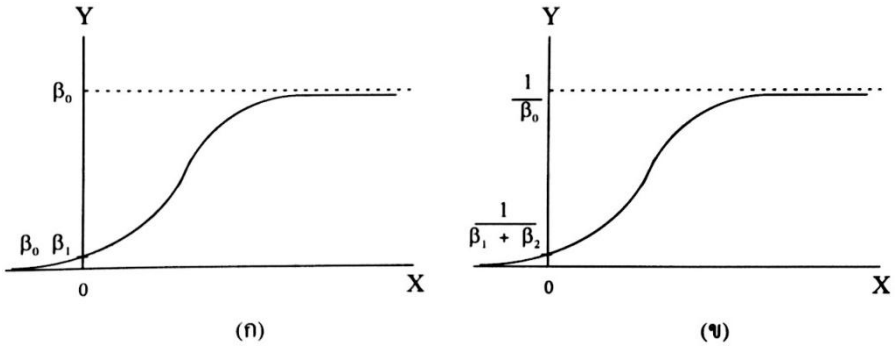
$\beta'_1 = \ln \beta_1$



ภาพที่ 2-16 ความสัมพันธ์แบบ (ก) กำลัง (ข) เอ็กซ์โปเนนเชียล

3. รูปแบบไม่เป็นเส้นตรงที่แปลงเป็นรูปแบบเส้นตรงไม่ได้ ซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น ความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลดัดแปลงแบบ Gompertz แบบ Logistic เป็นต้น การประมาณค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบจะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดนั่น คือ หาค่าประมาณของพารามิเตอร์ที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน SSE มีค่าน้อยที่สุด โดยการหาอนุพันธ์ย่อยของ SSE เทียบกับตัวประมาณแล้วกำหนดให้เท่ากับ 0 ตัวประมาณจะได้จากการแก้สมการที่ได้จากการหาอนุพันธ์ย่อยของ SSE ที่เรียกว่า สมการปกติ เนื่องจากรูปแบบการถดถอยไม่เป็นเส้นตรง การแก้สมการปกติทำได้ยาก ดังนั้น จึงได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตัวเลข (Numerical

analysis) ในการหาตัวประมาณของพารามิเตอร์ วิธีการวิเคราะห์ตัวเลขที่ใช้กันมาก ได้แก่ วิธี Gauss-newton, Steepest descent, Marguart algorithm



ภาพที่ 2-17 ความสัมพันธ์แบบ (ก) Gompertz (ข) Logistic

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริย ไทยแท้ (2554) ได้ทำการศึกษาสภาพแรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็คทรอนิกส์ในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ.2551-2553 โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภาพแรงงานและมูลค่าเพิ่ม ทำการทดสอบสมมติฐานว่ามูลค่าเพิ่มของกลุ่มอุตสาหกรรมไทยเป็นผลโดยตรงกับปัจจัยแรงงาน และศึกษาในเรื่องผลกระทบจากค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาทเพิ่มเติม ซึ่งผลวิจัยสรุปได้ว่าสภาพแรงงานมีค่าสูงสุดในปี 2551 และต่ำสุดในปี 2553 และมีความสัมพันธ์โดยตรงกับมูลค่าเพิ่ม และค่าแรงขั้นต่ำ 300 บาทมีผลทำให้ผลิตภาพแรงงานลดลงประมาณ 30% ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภาพแรงงาน และค่าแรงเป็นแบบผกผัน และเพื่อลดผลกระทบจากการปลดพนักงานบริษัทมีความจำเป็นต้องเพิ่มมูลค่าเพิ่มอย่างน้อย 50%

สิริกร กรมโพธิ์ และนวพร วิสิฐพงศ์พันธ์ (2555) ได้นำเสนอการพยากรณ์เวลาที่ใช้ในการเดินทางในอนาคตโดยการวิเคราะห์การถดถอยจากของข้อมูล GPS ที่ได้ทำการติดตั้งบนรถอาสาสมัครจำนวนมาก และทำการเก็บข้อมูลจราจรจากสภาวะจริง เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถประเมินเวลาที่ต้องใช้ในการเดินทาง และเลือกเส้นทางเพื่อประหยัดเวลาที่ใช้บนท้องถนน ผู้วิจัยมุ่งประเด็นการศึกษาไปในเรื่องหาความสัมพันธ์ระหว่างวัน/ เวลา ความเร็วเฉลี่ยของรถที่ติดตั้ง GPS และการประมาณเวลาในการเดินทาง ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลที่ศึกษามีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งสามารถใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เป็นเชิงเส้นมาใช้ในการทำนายเวลาในการเดินทาง และความเร็วเฉลี่ยจากข้อมูล GPS และสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์เวลาประมาณในการเดินทางได้ถูกต้องประมาณ 86.56% ในช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%

ปรภัค อยู่เนียม ปิยวรรณ บุญเฟื่องฟู และพูลศักดิ์ หลาบสีดา (2553) ได้ทำการศึกษาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิตชุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางน้ำ อันเกิดจากสาเหตุจากแรงต้านทานแรงดันไม่ได้มาตรฐาน โดยการทำการศึกษากระบวนการผลิต และค้นหาสาเหตุจากกระบวนการผลิตโดยใช้แผนภูมิก้างปลา จากนั้นทำการคัดกรองปัจจัยที่คาดว่าส่งผลต่อจำนวนของเสียโดยแบ่งหัวข้อออกเป็นสาเหตุจากวิธีการ เครื่องจักร วัตถุดิบ และพนักงาน ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ไม่นำสาเหตุจากพนักงาน และวัตถุดิบมาทำการศึกษาเนื่องจากสาเหตุจากพนักงานนั้นไม่สามารถควบคุมได้ และสาเหตุจากวัตถุดิบนั้นมีการตรวจสอบอยู่แล้ว จึงนำเพียงปัจจัยจากวิธีการและเครื่องจักรมาทำการศึกษา โดยสาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักรนั้นใช้กระบวนการทดลองแบบปัจจัยเดียวเพื่อยืนยันผล และหาแนวทางแก้ไข จากนั้นใช้การออกแบบการทดลองเชิงเฟกทอเรียลแบบ 2^k เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตชุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางน้ำ ซึ่งการปรับปรุงกระบวนการทั้งหมดสามารถเพิ่มปริมาณชุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางน้ำที่แรงดันผ่านเกณฑ์มาตรฐานจาก 68.6% เป็น 97.1% และ Cpk เพิ่มขึ้นจาก 0.17 เป็น 1.04

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

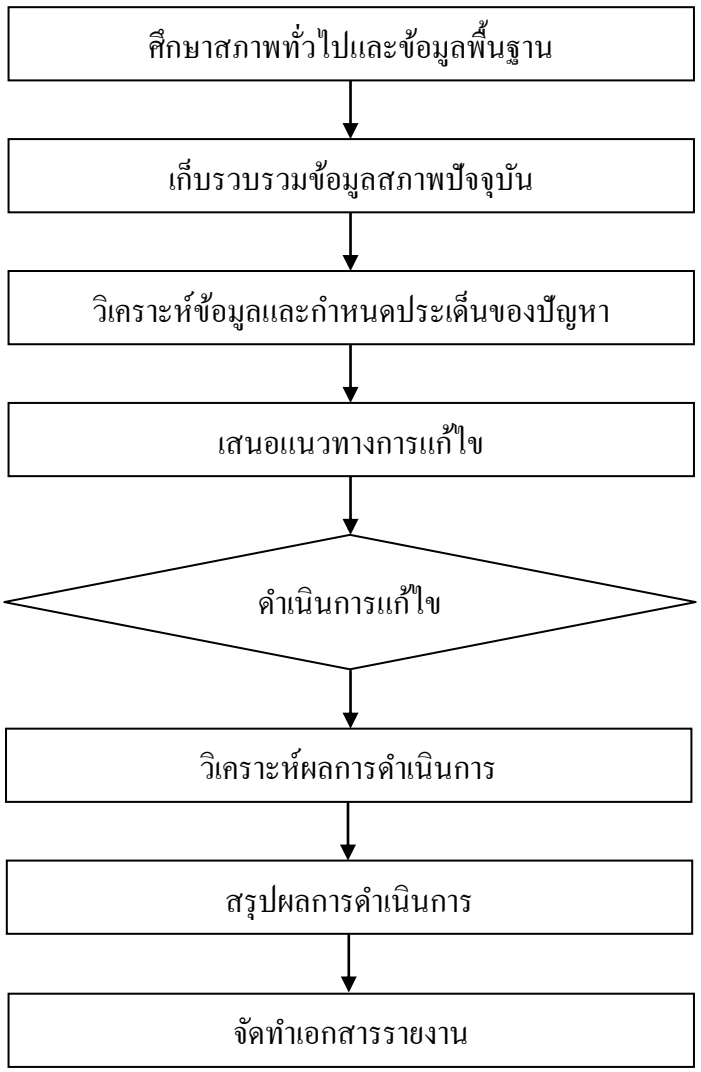
ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

บริษัทตัวอย่างก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1967 ซึ่งเป็นการร่วมทุนกลุ่มสนับสนุนเงินทุนจากประเทศสิงคโปร์ และบริษัทผู้ผลิตสีในประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นผู้สนับสนุนเทคโนโลยีเกี่ยวกับการผลิต เป็นบริษัทผู้ผลิตสีชั้นนำที่ใช้ในงานอาคารบ้านเรือน สีสำหรับสถาปัตยกรรมขนาดใหญ่ งานสีภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น สีสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า สีสำหรับอุปกรณ์อิเล็คโทรนิค ฯลฯ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสีสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์ และชิ้นส่วนรถยนต์ส่งให้กับลูกค้าที่อยู่ภายในประเทศ และภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการแยกส่วนงานผลิตออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ 1) สีสำหรับใช้ในงานอาคาร และสถาปัตยกรรม 2) สีสำหรับงานพ่นซ่อมสีรถยนต์ และ 3) สีสำหรับงานอุตสาหกรรมทั่วไป

ขั้นตอนการดำเนินงาน

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการลดระยะเวลาในการบด (Grinding) PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่กระบวนการ Premix, Grinding และ Letdown เพื่อเป็นการค้นหาและวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดเวลาศูนย์เปล่าในกระบวนการ ซึ่งแผนการดำเนินงานของโครงงานมีทั้งหมด 7 ขั้นตอนและสามารถเขียนเป็นแผนผังการดำเนินงานได้ดังภาพที่ 3-1

1. ศึกษาสภาพทั่วไป และข้อมูลพื้นฐาน
2. เก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน
3. กำหนดประเด็นของปัญหา
4. เสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา
5. ดำเนินการแก้ไขปัญหา
6. วิเคราะห์ผลการดำเนินการ
7. สรุปผลการดำเนินการ
8. จัดทำเอกสารรายงาน



ภาพที่ 3-1 แผนการดำเนินงาน

สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐาน

ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป หมายถึง วัสดุที่ผ่านกระบวนการแปรรูปจากวัตถุดิบมาแล้วแต่ยังไม่เป็นสินค้าสำเร็จรูป โดยในอุตสาหกรรมสี ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป หมายถึง แม่สีชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงสารเคมีบางชนิดที่ไม่สามารถใช้งานได้โดยตรง แต่ต้องนำไปผ่านกระบวนการแปรรูปก่อนนำไปใช้งานในการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นตอนต่อไป โดยมีกระบวนการผลิต ดังนี้

วิธีการ PREMIX

1. การเตรียมถังผลิต

1.1 เลือกถังผสมที่เหมาะสมโดยที่

1.1.1 ใช้ตามที่กำหนดในเอกสารควบคุมการผลิต

1.1.2 เป็นถังที่กำหนดให้ใช้ได้กับเฉดสีที่จะผลิตซึ่งระบุไว้ที่บริเวณถังผลิต

1.1.3 มีขนาดพอเหมาะสมกับปริมาตรที่จะผลิต

1.1.4 กรณีผสมแม่สีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบให้ใช้ถังผลิตที่ระบุคำว่า “TOXIC” ด้วยตัวอักษรสีแดงและ/ หรือ มีเส้นสีแดงคาดบนตัวถัง หรืออุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิต

1.2 ตรวจสอบว่าถังผลิตสะอาดพร้อมใช้โดยมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1.2.1 ฝาถังต้องสะอาดทั้งด้านในและด้านนอก

1.2.2 ถังด้านในจะต้องสะอาดไม่มีสีและฝุ่น

1.2.3 ท่อทองแดงจะต้องสะอาดไม่มีสีและฝุ่น

1.2.4 ขอบฝาถังจะต้องสะอาด

1.3 ติดฉลาก “Paste ID card” สีชมพูที่ถังผลิตโดยต้องมีรายละเอียด ดังนี้

1.3.1 ชื่อของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

1.3.2 เลขที่ “Batch”

1.3.3 เลขที่ “Process order”

1.4 บันทึกรายละเอียด ในส่วนของ Routing ดังนี้

1.4.1 บันทึกหมายเลขถัง และหมายเลขใบพัด

1.4.2 บันทึกเวลาในการทำงาน

1.5 วางสูตรบนแป้นหรือขาตั้งใกล้กับถังผลิตเพื่อตรวจรายการวัตถุดิบก่อนเทลงถังผสมและบันทึกข้อมูลได้ทันที

2. การจัดเตรียมวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิต

2.1 ไม่นำวัตถุดิบที่มีสัญลักษณ์ “Receiving date” สีแดงไปวางซ้อนทับกับวัตถุดิบตัวอื่น ๆ และอุปกรณ์ในการตักสารเคมีต้องไม่ใช้ร่วมกับสารเคมีปกติ

2.2 จัดวางวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่จะผลิตระบุหมายเลขถัง “Process order” และเลขที่ “Batch”

2.3 ตรวจสอบชื่อวัตถุดิบที่จะใช้ให้มีชื่อตรงกับที่ระบุใน “Process order”

2.4 ตรวจนับจำนวน (ถัง) วัตถุดิบที่จะใช้ให้มีน้ำหนักรวมตรงกับที่ระบุใน “Process order” เช่น น้ำหนักที่ระบุ คือ 2,252 กก. = (11 X 200 กก.) + 52 กก. เท่ากับ 11 ถังเต็มบวกเศษ 52 กก.

2.5 กรณีวัตถุดิบที่ใช้มีหลายถังให้ระบุเบอร์บนภาชนะของวัตถุดิบแต่ละถัง ตามจำนวนถังที่ใช้ เช่น ระบุเบอร์ 1 ที่ถังแรกจนถึง 11 ที่ถังที่ 11

2.6 ตรวจสอบเลขที่ “Batch” ของวัตถุดิบที่เตรียมไว้แล้วระบุลงใน “Process order” กรณีมีหลาย “Batch” ระบุให้ครบทุก “Batch”

2.7 ทำเครื่องหมาย “/” หน้าชื่อวัตถุดิบรายการนั้นใน “Process order”

3. การจัดเตรียมเครื่องชั่ง

3.1 เลือกเครื่องชั่งที่มีขนาดเหมาะสมกับน้ำหนักที่ชั่งโดยดูจากตารางน้ำหนัก

3.2 ตรวจสอบว่าผ่านการสอบเทียบโดยดูจากป้ายรับรองวันสอบเทียบที่เครื่องและยังไม่หมดอายุ

3.3 เครื่องชั่งมีสภาพดีพร้อมใช้และได้รับการตรวจสอบประจำวันโดยดูจากตารางเช็คเครื่องชั่งที่ติดกับเครื่องหรือพื้นที่ปฏิบัติงาน

4. การเทส่วนผสม

4.1 ตรวจชื่อวัตถุดิบทุกตัวอักษรก่อน Charge อีกครั้ง แล้ว “/” แต่ละตัวอักษรของวัตถุดิบนั้นใน “Process order”

4.2 ใช้ผ้าป้องกันเส้นใยที่ไม่มีรอยฉีกขาดหรือชำรุดเช็ดทำความสะอาดฝาและตัวถังวัตถุดิบให้สะอาดก่อนเทวัตถุดิบลงถังผลิต

4.3 ก่อนเทปี๊ป ถัง หรือถุงแรกให้พนักงาน ตรวจสอบความถูกต้องของชื่อ วัตถุดิบผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปและถังผลิต

4.4 เทส่วนที่เป็นเศษก่อนแล้วจึงเทถัง หรือถุงโดยที่

4.4.1 กรณีใช้เศษจากถังเป็นเศษไม่เต็มถัง ให้ชั่งน้ำหนักก่อนเทเทียบกับที่ระบุไว้ใน “Material balance record” ก่อนและเมื่อเทแล้วบันทึกน้ำหนักเศษที่เหลือใน “Material balance record”

4.4.2 กรณีใช้เศษจากถังที่ยังเต็มให้ติด “Material balance record” ที่ถังแล้วบันทึกน้ำหนักที่เหลือใน “Material balance record”

4.5 กรณีมีหลายถังให้ทำเครื่องหมายที่ “Process order” จนครบ

4.6 เมื่อเทครบแล้วบันทึกน้ำหนักที่ได้ลงใน “Process order”

4.7 ตรวจนับจำนวนถังหรือถุงของวัตถุดิบที่ใช้ไป และที่เหลืออีกครั้ง

5. ทำการผลิตตามขั้นตอนใน “Process instruction” ที่ระบุในสูตร “Process order” โดยจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกาที่ผนัง

6. เก็บตัวอย่างตามวิธีปฏิบัติงานการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อดำเนินการตรวจสอบตามค่าที่ระบุไว้ใน “Process order” (ขั้นตอนการ Premix) และบันทึกค่าที่ตรวจสอบได้ลงใน “Process order”

วิธีการบด

1. การเตรียมถังผลิต

1.1 เลือกเครื่องบดที่เหมาะสมโดยที่ใช้ตามที่

1.1.1 กำหนดใน “Grinding control plan”

1.1.2 เป็นเครื่องที่กำหนดให้ใช้ได้กับเฉดสีหรือประเภทสีที่จะผลิตซึ่งระบุไว้ที่ “Grinding control plan”

1.1.3 มีขนาดที่เหมาะสมกับปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะบด

1.1.4 กรณีบดแม่สีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ (TOXIC) ให้ใช้เครื่องบดเฉพาะที่ระบุคำว่า “TOXIC” ด้วยตัวอักษรสีแดงและมีเส้นสีแดงคาดบนตัวเครื่องบด

1.2 ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องบด

1.2.1 ระดับลูกแก้วในเครื่องอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่เครื่อง

1.2.2 ชนิดและขนาดลูกแก้วที่ใช้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ที่เครื่อง

1.2.3 ได้รับการล้างสะอาดพร้อมใช้

1.2.4 กรณีจะใช้บดสีที่ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพกำหนดให้ส่งสารละลายในการล้างเครื่องบดตรวจสอบก่อนใช้ ต้องส่งตัวอย่างน้ำล้างเครื่องให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบ

1.2.4.1 กรณีผลผ่านจึงใช้ได้

1.2.4.2 กรณีผลไม่ผ่านต้องล้างใหม่ตามวิธีปฏิบัติงานวิธีการล้างเครื่องบดสี

1.3 บันทึกเบอร์เครื่องบดในถัง “Process order”

1.4 กรณีประเภทของสีที่ผลิตอยู่ในรายชื่อสีที่มีสารต้องห้ามที่ถูกระบุไว้ใน Grinding control plan ให้นำสีดังกล่าวมาบดในเครื่องที่ Production กำหนดไว้เท่านั้น และห้ามนำสีที่ไม่อยู่ในรายชื่อของสารต้องห้ามมาบดในเครื่องดังกล่าว

2. การเตรียมถังรองรับ

2.1 เลือกถังรองรับที่ขนาดเหมาะสมและสะอาด

2.1.1 ฝาถังต้องสะอาดทั้งด้านในและด้านนอก

2.1.2 ถังด้านในจะต้องสะอาดไม่มีสีและฝุ่น

2.1.3 ขอบฝาถังจะต้องสะอาด

2.2 ติดฉลาก “Product ID card” สีชมพูที่ถังรองรับโดยต้องมีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ชื่อของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

2.2.2 เลขที่ “Batch”

2.2.3 เลขที่ “Process order”

3. ดำเนินการผลิตโดยปฏิบัติตามกระบวนการผลิตในสูตร “Process order” และควบคุมตามวิธีปฏิบัติงานการใช้เครื่องบดสีสำหรับการผลิต

3.1 เมื่อนำสีที่เตรียมไว้เข้าทำการบด ให้ทำการเก็บน้ำมันที่ปล่อยออกจากเครื่องบดช่วงต้นผ่านผ้ากรองขนาด 380 Mesh เก็บไว้ ดังนี้

3.1.1 เครื่องบด 100 ลิตร = 30 กก.

3.1.2 เครื่องบด 20 ลิตร = 8 กก.

3.2 ตรวจเช็คความละเอียด (Fineness) และอัตราการไหลของสีผ่านเครื่องบดทุกครั้งเมื่อมีการผ่านจากถังหนึ่งไปอีกถังหนึ่ง (Pass) และวนอยู่ในถังเดียวกัน (Can) โดยบันทึกข้อมูลลงใน “Process grinding control”

3.3 เมื่อบดเสร็จให้ใช้ Solvent ตามที่สูตรระบุล้างจนหมด จากนั้นนำน้ำมันที่เก็บไว้ตามข้อ 3.1 ล้างไล่สารละลายที่ล้างเครื่องลงในสีจนหมด

3.4 บันทึกเวลาบดที่ใช้ในการบดแต่ละเที่ยวโดยบันทึกข้อมูลลงใน Process grinding control

3.5 บันทึกรายละเอียดใน “Process order” ในส่วนของ routing ดังนี้

3.5.1 บันทึกหมายเลขถัง และหมายเลขใบพัด

3.5.2 บันทึกเวลาในการทำงาน

4. ในกรณีต่อไปนี้ให้หยุดเครื่องบดและแจ้งให้หัวหน้างานทราบ

4.1 เมื่ออุณหภูมิของสีบดสูงกว่าที่มาตรฐานหรือสูตรกำหนด

4.2 มีลูกแก้วปนออกมากับสี

4.3 อุณหภูมิกระบอก Xylene สูง

4.4 น้ำเย็นหล่อเครื่องอุณหภูมิเกินที่กำหนด $> 15^{\circ}$ C

5. เก็บตัวอย่างประมาณ 10 ซีซี. จากเครื่องที่ทำการผลิต มาตรวจเช็คความละเอียด (Fineness) ให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนดให้หัวหน้างานตรวจค่าความละเอียดของสินค้านั้น

5.1 ถ้าผลการตรวจสอบผ่านตามค่ามาตรฐานใน Control parameter ใน “Process order” ให้เปลี่ยน “Production ID card” เป็นสีเหลืองโดยกำหนดรายละเอียด ดังนี้

5.1.1 ชื่อของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

5.1.2 เลขที่ “Batch”

5.1.3 เลขที่ “Process order”

5.2 กรณีเครื่องบดขนาด 100 ลิตร ต้องเก็บตัวอย่าง 250 ซีซี ไว้จำนวน 1 กระป๋อง

6. เมื่อผลิตเสร็จให้ทำการล้างตามวิธีปฏิบัติงานเลขที่ PDW 216 วิธีการล้างเครื่องบดสี ขนาด 100 ลิตร MP mill

วิธีการ LET DOWN

1. การเตรียมถังผลิต

1.1 เลือกถังผลิตที่เหมาะสมโดยที่

1.1.1 เป็นถังที่กำหนดให้ใช้ได้กับเฉดสีที่จะผลิตซึ่งระบุไว้ที่บริเวณถังผลิต เช่น Solid, metallic หรือ clear

1.1.2 การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้าย “Clear” (Clear solution) ต้องใช้ถังที่ระบุ “Clear” ข้างถังหรือต้องได้รับการอนุมัติจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ/ หัวหน้างานก่อนทุกครั้ง

1.1.3 มีขนาดพอเหมาะสมกับปริมาตรที่จะผลิต

1.1.4 กรณีผสมสีที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ (TOXIC) ให้ใช้ถังผลิตที่มีระบุคำว่า “TOXIC” ด้วยตัวอักษรสีแดงและ/ หรือมีเส้นสีแดงคาดบนตัวถังหรืออุปกรณ์ที่จะใช้ในการผลิต

1.2 ตรวจสอบว่าถังผลิตสะอาดพร้อมใช้โดยมีหลักเกณฑ์ ดังนี้

1.2.1 ฝาถังต้องสะอาดทั้งด้านในและด้านนอก

1.2.2 ถังด้านในจะต้องสะอาดไม่มีสีและฝุ่น

1.2.3 ท่อทองแดงจะต้องสะอาดไม่มีสีและฝุ่น

1.2.4 ขอบฝาถังจะต้องสะอาด

1.2.5 กรณีที่จะใช้ผลิตสีชนิดที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพแจ้งให้ต้องตรวจสอบสารละลายจากการล้างถังก่อนต้องส่งตัวอย่างน้ำล้างเครื่องให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจก่อน

1.3 ติดฉลาก “Product ID card” สีขาวที่ถังผลิตโดยต้องมีรายละเอียด ดังนี้

1.3.1 ชื่อของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต

1.3.2 เลขที่ “Batch”

1.3.3 เลขที่ “Process order”

1.4 บันทึกเบอร์ถังผลิตลงในสูตรการผลิต

1.5 วางสูตรบนแป้น หรือขาตั้งใกล้กับถังผลิต เพื่อตรวจรายการวัตถุดิบก่อนเทลงถังผสม และบันทึกข้อมูลได้ทันที

2. การจัดเตรียมวัตถุดิบที่จะใช้ในการผลิต

2.1 ไม่นำวัตถุดิบที่มีสัญลักษณ์ “Receiving date” สีแดงไปวางซ้อนทับกับวัตถุดิบตัวอื่น ๆ และอุปกรณ์ในการตักสารเคมีต้องไม่ใช้ร่วมกับสารเคมีปกติ

2.2 จัดวางวัตถุดิบที่จะผลิต มีป้ายชี้บ่งระบุหมายเลขถัง เลข “Process order” และเลขที่ “Batch” ของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิต (ห้ามวางวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่จะผลิตคนละผลิตภัณฑ์รวมกัน)

2.3 ตรวจสอบชื่อวัตถุดิบที่จะใช้ให้มีชื่อตรงกับที่ระบุใน “Process order”

2.4 คำนวณปริมาณการผลิตในแต่ละรายการพร้อมให้หัวหน้าเซ็นกำกับตรวจนับจำนวน (ถัง) วัตถุดิบที่จะใช้ให้มีน้ำหนักรวมตรงกับที่ระบุใน “Process order” เช่น น้ำหนักที่ระบุคือ 2,252 กก. = (11 X 200 กก.) + 52 กก. เท่ากับ 11 ถังเต็มบวกเศษ 52 กก.

2.5 กรณีวัตถุดิบที่ใช้มีหลายถัง ให้ระบุเบอร์บนภาชนะของวัตถุดิบแต่ละถังตามจำนวนถังที่ใช้ เช่น ระบุเบอร์ 1 ที่ถังแรกจนถึง 11 ที่ถังที่ 11

2.6 ตรวจสอบ “Batch no.” ของวัตถุดิบที่เตรียมไว้ แล้วระบุลงใน “Process order”

2.7 ทำเครื่องหมาย “/” หน้าชื่อวัตถุดิบรายการนั้นใน “Process order”

3. การจัดเตรียมเครื่องชั่ง

3.1 เลือกเครื่องชั่งที่มีขนาดเหมาะสมกับโดยดูจากตารางน้ำหนักที่เครื่อง

3.2 ตรวจสอบว่าผ่านการสอบเทียบโดยดูจากป้ายรับรองวันสอบเทียบที่เครื่องและยังไม่หมดอายุ

3.3 เครื่องชั่งมีสภาพดีพร้อมใช้และได้รับการตรวจสอบประจำวันโดยดูจากตารางเช็คเครื่องชั่งที่ติดกับเครื่องหรือพื้นที่ปฏิบัติงาน

4. การเทส่วนผสม

4.1 ตรวจชื่อวัตถุดิบทุกตัวอักษรก่อนเทวัตถุดิบอีกครั้ง แล้ว “/” แต่ละตัวอักษรของวัตถุดิบนั้นใน “Process order”

4.2 ใช้ผ้าป้องกันเส้นใยที่ไม่มีรอยฉีกขาดหรือชำรุดเช็ดทำความสะอาดฝาและตัวถังวัตถุดิบให้สะอาดก่อนเทวัตถุดิบลงถังผลิต

4.3 ก่อนเทปี๊ป ถัง หรือถุงแรก ให้พนักงานตรวจสอบความถูกต้องของชื่อ วัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป และถังผลิต

4.4 เทส่วนที่เป็นเศษก่อน และจึงเทถัง หรือถุงโดยที่

4.4.1 กรณีใช้เศษจากถังเป็นเศษไม่เต็มถังให้ชั่งน้ำหนักก่อนเทเทียบกับที่ระบุไว้ใน “Material balance record” ก่อนและเมื่อเทแล้วบันทึกน้ำหนักเศษที่เหลือใน “Material balance record”

4.4.2 กรณีใช้เศษจากถังที่ยังเต็มให้ติด “Material balance record” ที่ถังแล้วบันทึกน้ำหนักที่เหลือใน “Material balance record”

4.5 กรณีมีหลายถังให้ทำเครื่องหมายที่ “Process order” ให้รู้ว่าเทแล้วกี่ถังจนครบ

4.6 เมื่อเทครบแล้วบันทึกน้ำหนักที่ได้ลงใน “Process order”

4.7 ตรวจนับจำนวนถังหรือถุงของวัตถุดิบที่ใช้ไปและที่เหลืออีกครั้ง

4.8 กรณีมี “Product reprocesses” ให้นำมาเทระหว่าง “Let down” แต่ต้องไม่หมดอายุและมีเอกสารรายงานความผิดปกติแนบ

5. ทำการผลิตตามขั้นตอนใน “Process instruction” ที่ระบุใน “Process order” โดยจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกาที่ผนัง

6. บันทึกรายละเอียดใน “Process order” ดังนี้

6.1 บันทึกหมายเลขถัง และหมายเลขใบพัด

6.2 เวลาในการทำงาน

7. เก็บตัวอย่างตามวิธีปฏิบัติงานการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เพื่อดำเนินการตรวจสอบให้ได้ตามค่ามาตรฐานที่กำหนดที่ระบุในสูตรการผลิตแล้วบันทึกค่าที่ตรวจสอบได้ลงในสูตรการผลิตและรายงานให้หัวหน้าทราบเพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของสูตรการผลิตและเซ็นชื่ออนุมัติ

8. วัดระดับเซ็นติเมตรความสูงของสีจากขอบถังผลิตถึงระดับสีในถังและบันทึกค่าความสูงที่วัดได้ลงในสูตรการผลิตจากนั้นตรวจสอบค่าที่วัดได้เทียบกับเอกสารคู่มือการเทียบน้ำหนักการผลิตโดยค่าที่วัดได้ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนดไว้หากพบว่าระดับความสูงของสีที่วัดได้ไม่สอดคล้องตามมาตรฐานที่กำหนดให้แจ้งหัวหน้าตรวจสอบความผิดปกติ

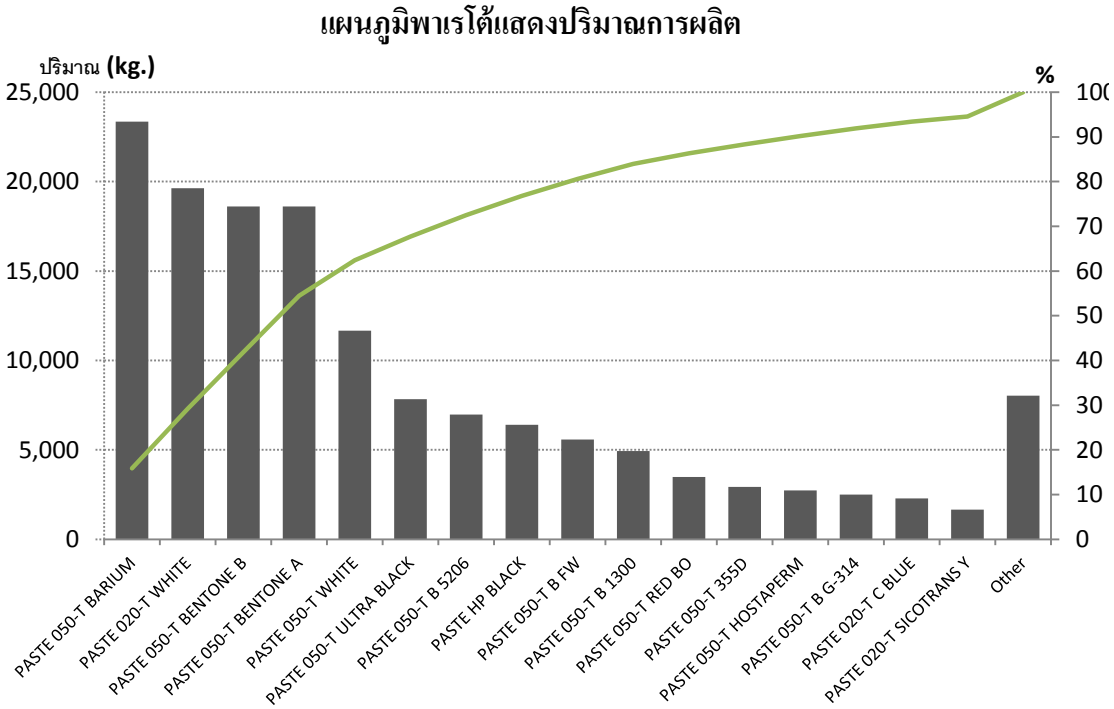
9. เก็บตัวอย่างตามวิธีปฏิบัติงานการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ส่งให้แผนกควบคุมคุณภาพทำการตรวจสอบคุณภาพ

ข้อมูลสภาพปัจจุบัน

จากสภาพปัจจุบันพบว่ามีการผลิต ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่เกี่ยวข้องกับสีสำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ในปี 2014 ทั้งหมดจำนวน 146,813 กก. ดังตารางที่ 3-1 และภาพที่ 3-2 โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุด 4 อันดับแรก คือ PASTE 050-T BARIUM 23,358.4 กก. คิดเป็น 15.87%, PASTE 020 WHITE 19,628.0 กก. คิดเป็น 13.33% PASTE 050-T BENTONE B 18,605.4 กก. คิดเป็น 12.64% และ PASTE 050-T BENTONE A 18,603.6 กก. คิดเป็น 12.64% โดยมีผลรวมเป็น 54.48% ของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปทั้งหมด

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีการปริมาณการผลิตเรียงจากมากไปน้อย

ลำดับ	Product	จำนวน (กก.)	%	% สะสม
1	PASTE 050-T BARIUM	23,358.4	15.87	15.87
2	PASTE 020-T WHITE	19,628.0	13.33	29.20
3	PASTE 050-T BENTONE B	18,605.4	12.64	41.84
4	PASTE 050-T BENTONE A	18,603.6	12.64	54.48
5	PASTE 050-T WHITE	11,662.6	7.92	62.40
6	PASTE 050-T ULTRA BLACK	7,839.0	5.33	67.73
7	PASTE 050-T B 5206	6,979.4	4.74	72.47
8	PASTE HP BLACK	6,397.5	4.35	76.81
9	PASTE 050-T B FW	5,574.5	3.79	80.60
10	PASTE 050-T B 1300	4,930.1	3.35	83.95
11	PASTE 050-T RED BO	3,488.5	2.37	86.32
12	PASTE 050-T 355D	2,929.0	1.99	88.31
13	PASTE 050-T HOSTAPERM	2,737.4	1.86	90.17
14	PASTE 050-T B G-314	2,502.2	1.70	91.87
15	PASTE 020-T C BLUE	2,279.4	1.55	93.42
16	PASTE 020-T SICOTRANS Y	1,662.1	1.13	94.54
17	Other	8,031.43	5.46	100.00

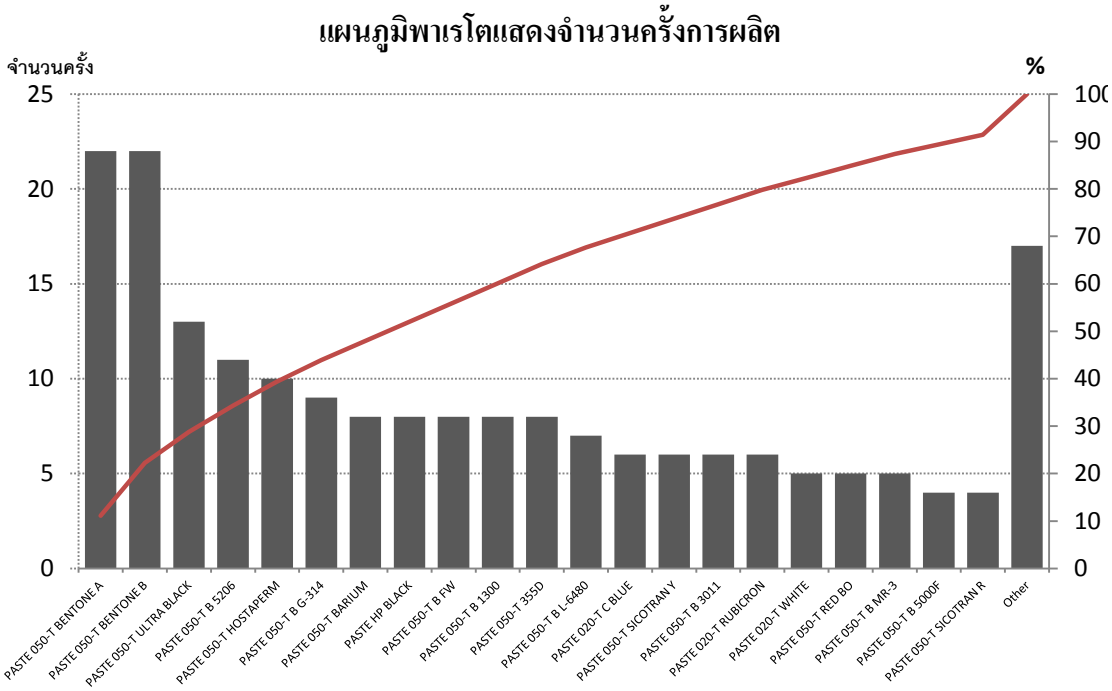


ภาพที่ 3-2 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณการผลิตในปี 2014

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจำนวนครั้งที่ทำการผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปทั้งหมดได้ดังตารางที่ 3-2 และภาพที่ 3-3 โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุด 4 อันดับแรก คือ PASTE 050-T BENTONE A 22 ครั้งคิดเป็น 11.11%, PASTE 050-T BENTONE B 22 ครั้งคิดเป็น 11.11%, PASTE 050-T ULTRA BLACK 13 ครั้งคิดเป็น 6.57%, PASTE 050-T B 5206 11 ครั้ง ครั้งคิดเป็น 5.56% โดยมีผลรวมเป็น 34.34% ของผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปทั้งหมด

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนครั้งของการผลิตเรียงจากมากไปน้อย

ลำดับ	Product	จำนวน (แบช)	%	% สะสม
1	PASTE 050-T BENTONE A	22	11.11	11.11
2	PASTE 050-T BENTONE B	22	11.11	22.22
3	PASTE 050-T ULTRA BLACK	13	6.57	28.79
4	PASTE 050-T B 5206	11	5.56	34.34
5	PASTE 050-T HOSTAPERM	10	5.05	39.39
6	PASTE 050-T B G-314	9	4.55	43.94
7	PASTE 050-T BARIUM	8	4.04	47.98
8	PASTE HP BLACK	8	4.04	52.02
9	PASTE 050-T B FW	8	4.04	56.06
10	PASTE 050-T B 1300	8	4.04	60.10
11	PASTE 050-T 355D	8	4.04	64.14
12	PASTE 050-T B L-6480	7	3.54	67.68
13	PASTE 020-T C BLUE	6	3.03	70.71
14	PASTE 050-T SICOTRAN Y	6	3.03	73.74
15	PASTE 050-T B 3011	6	3.03	76.77
16	PASTE 020-T RUBICRON	6	3.03	79.80
17	PASTE 020-T WHITE	5	2.53	82.32
18	PASTE 050-T RED BO	5	2.53	84.85
19	PASTE 050-T B MR-3	5	2.53	87.37
20	PASTE 050-T B 5000F	4	2.02	89.39
21	PASTE 050-T SICOTRAN R	4	2.02	91.41
22	Other	17	8.59	100.00



ภาพที่ 3-3 แผนภูมิพาเรโตแสดงจำนวนครั้งการผลิตในปี 2014

จากข้อมูลปริมาณการผลิตและจำนวนครั้งในการผลิตผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลระยะเวลาการผลิตในขั้นตอนของการบด ของผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิตและจำนวนครั้งการผลิต 4 อันดับแรกได้ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณการผลิต.,,,m และจำนวนครั้งการผลิต 4 อันดับแรก

No.	Product	Weight (กก.)	Time (Hrs.)	Time (Hrs. /กก.)
1	PASTE 050-T ULTRA BLACK	7,839.0	374	0.048
2	PASTE 050-T BENTONE A	18,603.6	792	0.043
3	PASTE 050-T BENTONE B	18,605.4	770	0.041
4	PASTE 050-T B 5206	6,979.4	206	0.030
5	PASTE 050-T BARIUM	23,358.4	438	0.019
6	PASTE 020-T WHITE	19,628.0	182	0.009

วิเคราะห์และกำหนดประเด็นของปัญหา

จากนั้นนำข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบเพื่อทำการเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทำการปรับปรุงกระบวนการ โดยคำนวนคะแนน ดังนี้คือ

1. ในหัวข้อของปริมาณการผลิต (Weight)

$$\frac{\text{Weight}}{\text{Weight}_{max}} \text{ x } 10$$

Weight_i = ปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ใด ๆ

Weight_{max} = ปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตสูงสุด

2. ในหัวข้อของระยะเวลาการผลิต (Grinding time)

$$\frac{\text{Time}_i}{\text{Time}_{max}} \text{ x } 10$$

Time_i = ระยะเวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์ใด ๆ

Time_{max} = ระยะเวลาการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตสูงสุด

3. ในหัวข้อของจำนวนครั้งการผลิต (Batch)

$$\frac{\text{Batch}_i}{\text{Batch}_{max}} \text{ x } 10$$

Batch_i = จำนวนครั้งการผลิตของผลิตภัณฑ์ใด ๆ

Batch_{max} = จำนวนครั้งการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตสูงสุด

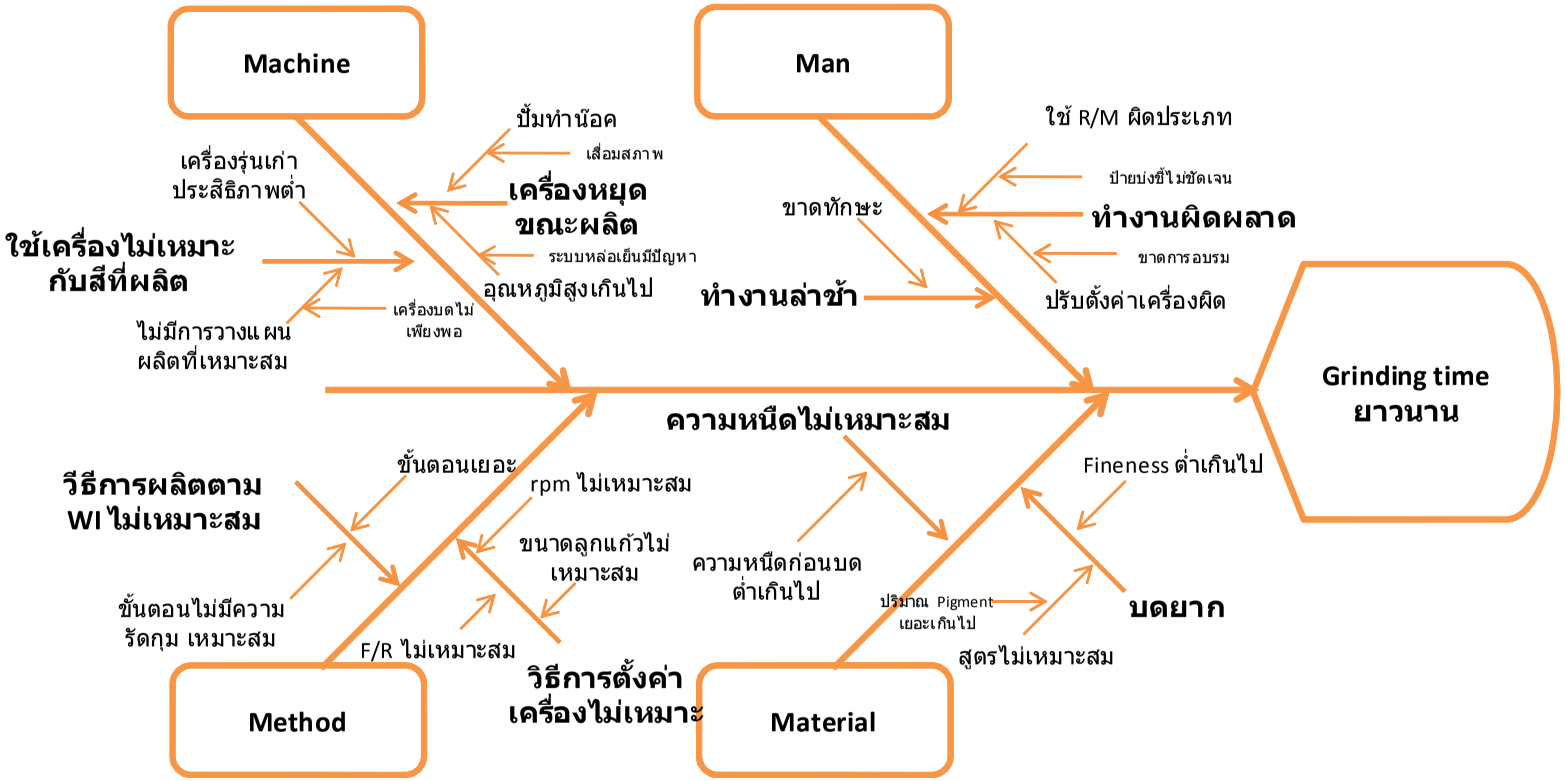
และ $\text{RPN} = \text{Score}_{weight} \text{ x } \text{Score}_{time} \text{ x } \text{Score}_{batch}$

ตารางที่ 3-4 คะแนนประเมินการคัดเลือกผลิตภัณฑ์

No.	Product	Weight (กก.)	Score	Grinding time Hrs./ กก.	Score	จำนวนผลิต (ครั้ง)	Score	RPN
1	PASTE 050-T ULTRA BLACK	7,839.0	3.4	0.048	10.0	13	5.9	201
2	PASTE 050-T BENTONE A	18,603.6	8.0	0.043	8.9	22	10.0	712
3	PASTE 050-T BENTONE B	18,605.4	8.0	0.041	8.7	22	10.0	696
4	PASTE 050-T B 5206	6,979.4	3.0	0.030	6.2	11	5.0	93
5	PASTE 050-T BARIUM	23,358.4	10.0	0.019	3.9	8	3.6	140
6	PASTE 020-T WHITE	19,628.0	8.4	0.009	1.9	5	2.3	37

โดยจะพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีคะแนนรวมสูงที่สุด ได้แก่ PASTE 050-T BENTONE A มีคะแนนรวมเท่ากับ 712 แต่เนื่องจาก PASTE 050-T BENTONE B ที่มีคะแนนรองเป็นลำดับที่ 2 มีคะแนนเท่ากับ 696 มีกระบวนการผลิต และสูตรการผลิตที่เหมือนกันผู้วิจัยจึงได้หยิบมาพิจารณาทั้งสองผลิตภัณฑ์เพื่อทำการปรับปรุงกระบวนการในขั้นตอนต่อไป

จากการระดมความคิดกับพนักงานฝ่ายผลิต และแผนกเทคนิคสามารถเขียนเป็นแผนภูมิก้างปลาเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้ระยะเวลาการบดยาวนานได้ดังภาพที่ 3-4 และจากแผนภูมิก้างปลาเราสามารถสรุปสาเหตุที่อาจเกี่ยวข้องกับการที่ระยะเวลาบดยาวนานได้ดังตารางที่ 3-5



ภาพที่ 3-4 แผนภูมิก้างปลา

ตารางที่ 3-5 ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการบดจากแผนภูมิก้างปลา

ลำดับ	สาเหตุ	ปัจจัยที่อาจจะมีผลกระทบ
1	Man	ป้ายบ่งชี้ไม่ชัดเจน
		ขาดการอบรม
		ขาดทักษะ
2	Machine	ปั๊มเสื่อมสภาพ
		ระบบหล่อเย็นมีปัญหา
		เครื่องบดไม่เพียงพอ
		เครื่องรุ่นเก่าประสิทธิภาพต่ำ
3	Method	ขั้นตอนไม่มีความรัดกุม เหมาะสม
		ปริมาณของลูกแก้วบดสี ไม่เหมาะสม
		ตั้งความดันสีสูง/ ต่ำเกินไป
		ความเร็วรอบสูง/ ต่ำเกินไป
4	Material	ความหนืดสีก่อนบดต่ำเกินไป
		ค่ามาตรฐานความละเอียดต่ำเกินไป
		ปริมาณผงสีในสูตรเยอะเกินไป

โดยผู้วิจัยมีความคิดที่จะไม่นำเอาสาเหตุของเรื่องคน และเครื่องจักรมาทำการแก้ไข เนื่องจากปัจจัยในเรื่องคนนั้นสามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มจำนวนชั่วโมงการฝึกอบรมให้มากขึ้น หรือทำการฝึกอบรมทบทวนอย่างสม่ำเสมอเพื่อลดความผิดพลาดต่าง ๆ ในการทำงาน ส่วนในเรื่องของเครื่องจักรจะมีแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักรในส่วนต่าง ๆ จากแผนกซ่อมบำรุงอยู่แล้ว และทั้งสองส่วนนี้ยังอยู่นอกเหนือความรับผิดชอบจากแผนกต้นสังกัดของผู้วิจัย จึงเหลือเพียงปัจจัยจากวิธีการและวัตถุดิบมาวิเคราะห์หาสาเหตุต่อไป

ตารางที่ 3-6 ปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการบดที่สามารถปรับปรุงได้

ลำดับ	สาเหตุ	ปัจจัยที่อาจจะมีผล
1	Method	ขั้นตอนไม่มีความรัดกุม เหมาะสม
		ปริมาณของลูกแก้วบดสี ไม่เหมาะสม
		ตั้งความดันสีสูง/ ต่ำเกินไป
		ความเร็วรอบสูง/ ต่ำเกินไป
2	Material	ความหนืดสีก่อนบดต่ำเกินไป
		ค่ามาตรฐานความละเอียดต่ำเกินไป

ในส่วนของวิธีการนั้น สามารถทำการปรับปรุงโดยการใช้การออกแบบการทดลอง เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมแต่เนื่องจากการทดลองผลิตนั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาซึ่งจากข้อมูลพบว่า PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B มีจำนวนครั้งการผลิตตลอดทั้งปีเพียง 22 ครั้ง เฉลี่ยเดือนละไม่เกิน 2 ครั้ง ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเก็บข้อมูลเพื่อทำการทดลอง จึงได้ตัดในส่วนของวิธีการออกไป

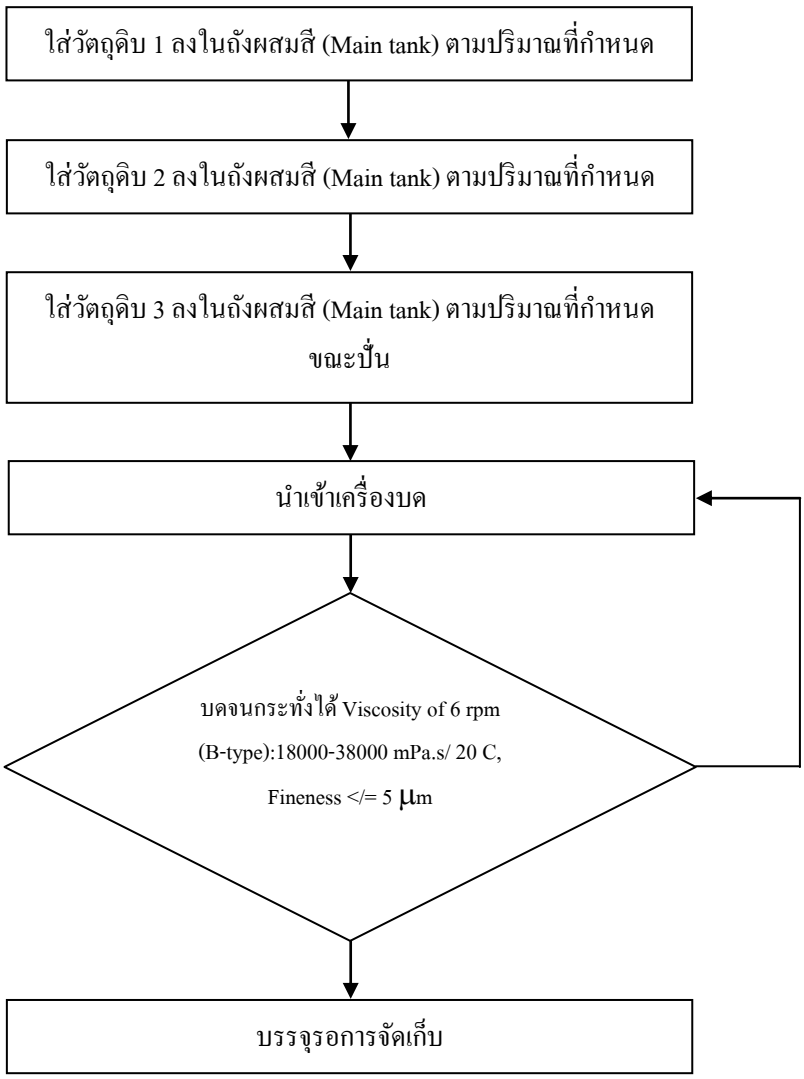
ซึ่งในส่วนของปริมาณผงสีในสูตรมีปริมาณเยอะเกินไปนั้น เราไม่สามารถปรับปรุงได้ เนื่องจากมีผลกระทบต่ออัตราส่วนผงสีต่อเรซิ่นโดยตรง และจะส่งผลกระทบเมื่อนำไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในขั้นตอนต่อไป จึงทำให้เหลือปัจจัยที่เกิดจากวัตถุดิบเท่านั้น โดยผู้ทำการวิจัยจะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ทำการศึกษาคุณลักษณะที่เหมาะสม เพื่อกำหนดค่ามาตรฐานความละเอียด และใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อศึกษาพฤติกรรมของกระบวนการเพื่อกำหนดค่าความหนืดหรือปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่อไป

เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา

จากการศึกษากระบวนการบดโดยรวมการศึกษาขั้นตอนการผลิตและสูตรการผลิตของ PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B ที่มีขั้นตอนแสดงได้ดังตารางที่ 3-7 และภาพที่ 3-5

ตารางที่ 3-7 สูตรและกระบวนการผลิต

No.	Material	Quantity (%)	Process instruction
1	อะคริลิค เรซิ่น	47.00	Premix A. ใส่วัตถุดิบ 1 ลงในถังผสมสี (Main tank) ตามปริมาณที่กำหนด
2	สารละลายอะโรมาติก	38.35	B. ใส่วัตถุดิบ 2 ลงในถังผสมสี (Main tank) ตามปริมาณที่กำหนด เริ่มปั่นแล้วปั่นให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที,_____นาที
3	ผงสี	7.05	C. ค่อย ๆ ใส่วัตถุดิบ 3 ลงในถังผสมสี (Main tank) ขณะปั่นโดยค่อย ๆ ใส่ทีละน้อยจนหมด แล้วปั่นต่อเป็นเวลา 25-30 นาที,_____นาที Grinding D. นำเข้าเครื่องบดจนกระทั่งได้ Viscosity of 6 rpm (B-type): 18,000-38,000 mPa.s/ 20° C =_____mPa.s, Fineness </ = 5 μm =_____μm,
4	สารละลายอะโรมาติก	7.60	Letdown E. หลังจากได้ความละเอียด และ Viscosity ตามที่ต้องการแล้วล้างเครื่องบดด้วยวัตถุดิบ 4



ภาพที่ 3-5 แผนภูมิกระบวนการผลิต

โดยในปัจจุบันพบว่าเฉพาะระยะเวลาการบดใช้เวลาเฉลี่ย 36.0 ชั่วโมงสำหรับ PASTE 050-T BENTONE A และ 35.0 ชม.สำหรับ PASTE 050-T BENTONE B ซึ่งจากการตรวจสอบใบบันทึกการทำงานที่หน้างานพบว่า ในครั้งการผลิตที่ใช้ระยะเวลาการบดนานกว่า 40 ชม. การบด PASTE 050-T BENTONE A เพื่อให้ได้ค่า Fineness ตามที่กำหนดจะใช้จำนวนรอบการบดถึง 33 ชม. และต้องทำการบดเพื่อให้ได้ค่าความหนืดอีก 14 ชม. รวมทั้งสิ้นเป็นระยะเวลาการบดทั้งหมด 47 ชม.

ตารางที่ 3-8 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A

Time (Hour.)	Fineness (μm)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s)	Start time	Stop time
0.0	>50	1.0	650	3,130	13.20	14.20
1.0	>50	1.0	650	-	13.20	14.20
2.0	>50	1.0	650	-	14.20	15.20
3.0	>50	1.0	650	-	15.20	16.20
4.0	40 – 45	1.0	650	-	16.20	17.20
5.0	35 – 40	1.0	650	3,380	9.00	10.00
6.0	30 – 35	1.0	650	-	10.00	11.00
7.0	25 – 30	1.0	650	-	11.00	12.00
8.0	20 – 25	1.0	650	-	12.00	13.00
9.0	15 – 20	1.0	650	-	13.00	14.00
10.0	10 – 15	1.0	650	3,720	14.00	15.00
11.0	5 - 10	1.0	650	-	15.00	16.00
12.0	5 - 10	1.0	650	-	16.00	17.00
13.0	5 - 10	1.0	650	-	17.00	18.00
14.0	5 - 10	1.0	650	-	18.00	19.00
15.0	5 - 10	1.0	650	4,190	19.00	20.00
16.0	5 - 10	1.0	650	-	20.00	21.00
17.0	5 - 10	1.0	650	-	21.00	22.00
18.0	5 - 10	1.0	650	-	22.00	23.00
19.0	5 - 10	1.0	650	-	23.00	24.00
20.0	5 - 10	1.0	650	4,810	0.00	1.00
21.0	5 - 10	1.0	650	-	1.00	2.00
22.0	5 - 10	1.0	650	-	2.00	3.00
23.0	5 - 10	1.0	650	-	3.00	4.00
24.0	5 - 10	1.0	650	-	4.00	5.00

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

Time (Hour.)	Fineness (μm)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s)	Start time	Stop time
25.0	5 - 10	1.0	650	5,840	5.00	6.00
26.0	5 - 10	1.0	650	-	6.00	7.00
27.0	5 - 10	1.0	650	-	7.00	8.00
28.0	5 - 10	1.0	650	-	8.00	9.00
29.0	5 - 10	1.0	650	-	9.00	10.00
30.0	5 - 10	1.0	650	7,540	10.00	11.00
31.0	5 - 10	1.0	650	-	11.00	12.00
32.0	5 - 10	1.0	650	-	12.00	13.00
33.0	<5	1.0	650	-	13.00	14.00
34.0	<5	1.0	650	-	14.00	15.00
35.0	<5	1.0	650	10,080	15.00	16.00
36.0	<5	1.0	650	-	16.00	17.00
37.0	<5	1.0	650	-	17.00	18.00
38.0	<5	1.0	650	-	18.00	19.00
39.0	<5	1.0	650	-	19.00	20.00
40.0	<5	1.0	650	13,610	20.00	21.00
41.0	<5	1.0	650	-	21.00	22.00
42.0	<5	1.0	650	-	22.00	23.00
43.0	<5	1.0	650	-	23.00	24.00
44.0	<5	1.0	650	-	0.00	1.00
45.0	<5	1.0	650	18,810	1.00	2.00
46.0	<5	1.0	650	-	2.00	3.00
47.0	<5	1.0	650	26,700	3.00	4.00

จากข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A ทำให้ทราบว่าจากกระบวนการผลิตเพื่อให้ค่ามาตรฐานความละเอียดที่ <10 μm นั้นสามารถทำการผลิตได้ก่อนที่ค่าความหนืดจะได้ตามมาตรฐานที่กำหนดซึ่งค่าความละเอียดของหลาย ๆ ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปอยู่ที่ <10 μm ซึ่งเมื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปก็ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ เนื่องจากโดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจะถูกใช้พ่นที่ความหนา >10 μm จึงได้มีแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อลดระยะเวลาการผลิต ดังนี้

1. เปลี่ยนค่ามาตรฐานความละเอียด จาก <5 μm เป็น <10 μm โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้ระยะเวลาในการบดเพื่อให้ได้ค่า Fineness สั้นลงกว่าปัจจุบัน

2. ใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต คือ ค่าความหนืด และระยะเวลาที่ใช้ในกระบวน เพื่อให้เห็นแนวโน้มและการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการลดระยะเวลาการบด

ดำเนินการแก้ไข

1. การแก้ไขค่ามาตรฐานความละเอียด

จัดทำเอกสารเพื่อขอเปลี่ยนแปลงค่ามาตรฐานที่ใช้ในกระบวนการผลิตตลอดจนขั้นตอนการควบคุมคุณภาพการผลิต <5 μm เป็น <10 μm ให้หัวหน้างานทำการอนุมัติและทำการแก้ไขข้อมูลที่เกี่ยวข้องลงในระบบเพื่อทำการทดลองการผลิตต่อไป

2. ทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การถดถอย

2.1 ทำการเก็บข้อมูลการผลิตย้อนหลังของ PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B จำนวน 4 แบช ย้อนหลังซึ่งพนักงานฝ่ายผลิตจะทำการเก็บข้อมูลค่าความหนืดทุก ๆ 5 ชม. จากนั้นทำการพล๊อตกราฟระหว่างเวลาต่อค่าความหนืดในกระบวนการผลิต

ตารางที่ 3-9 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A 4 แบชล่าสุด

Time (Hour)	**Viscosity (mPa.s)**			
Lot.	**20141110**	**20141112**	**20141208**	**20141211**
0	3,250	3,140	3,520	3,010
5	4,250	4,940	4,780	4,350
10	6,090	6,420	7,010	6,720
15	9,160	8,890	9,520	9,420
20	12,100	13,010	11,670	12,800
25	17,820	18,620	19,010	17,790
30	24,690	25,160	26,460	25,780
34	28,550	-	-	30,400
35	-	28,820	29,600	-

ตารางที่ 3-10 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE B 4 แบชล่าสุด

Time (Hour)	**Viscosity (mPa.s)**			
Lot.	**20141031**	**20141106**	**20141114**	**20141211**
0	3,290	3,490	3,610	3,380
5	4,410	4,190	4,510	4,290
10	5,960	6,108	5,760	6,020
15	9,080	9,330	9,680	9,450
20	11,900	12,680	13,460	11,820
25	18,020	19,020	19,770	17,490
30	27,060	26,160	26,560	24,780
33	30,040	-	31,440	27,780
34	-	29,740	-	-

2.2 จากนั้นทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการผลิตและค่าความหนืดที่ได้ด้วยโปรแกรม Minitab 16

2.2.1 ผลการวิเคราะห์ Regression analysis ระยะเวลาการผลิตและค่าความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE A

Polynomial regression analysis: viscosity versus time

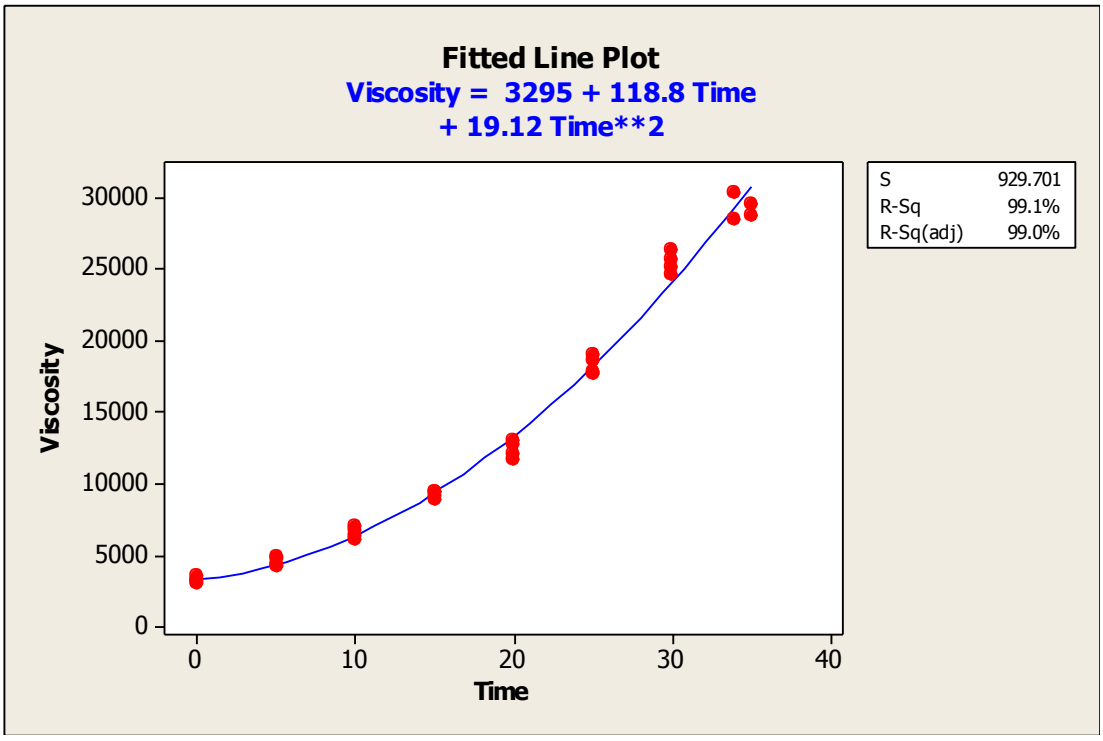
The regression equation is

Viscosity = 3295 + 118.8 Time + 19.12 Time**2

S = 929.701 R-Sq = 99.1% R-Sq(adj) = 99.0%

Analysis of variance

Source	D	FSS	MS	F	P
Regression	2	2666192653	1333096326	1542.32	0.000
Error	29	25065969	864344		
Total	31	2691258622			



ภาพที่ 3-6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE A

Viscosity = 3295 + 118.8Time + 19.12Time^2 คือ สมการถดถอยที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (เวลา) และตัวแปรตาม (ค่าความหนืด) ของกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A

P-Value = 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดและเวลา

R^2 = 99.1% หมายความว่า ผลของค่าความหนืดสามารถอธิบายได้ด้วยเวลา 99.1% โดยเกิดความคลาดเคลื่อนอีก 0.9% ที่อาจจะเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ที่รบกวน หรือเรียกว่าความคลาดเคลื่อน (Error) ซึ่งมีค่าน้อยมากแสดงให้เห็นว่าสมการถดถอยที่ได้สามารถใช้พยากรณ์ค่าความหนืดเหมือนทราบระยะเวลาการผลิตที่ดำเนินไปได้

2.2.2 ผลการวิเคราะห์ Regression analysis ระยะเวลาการผลิตและค่าความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE B

Polynomial regression analysis: viscosity versus time

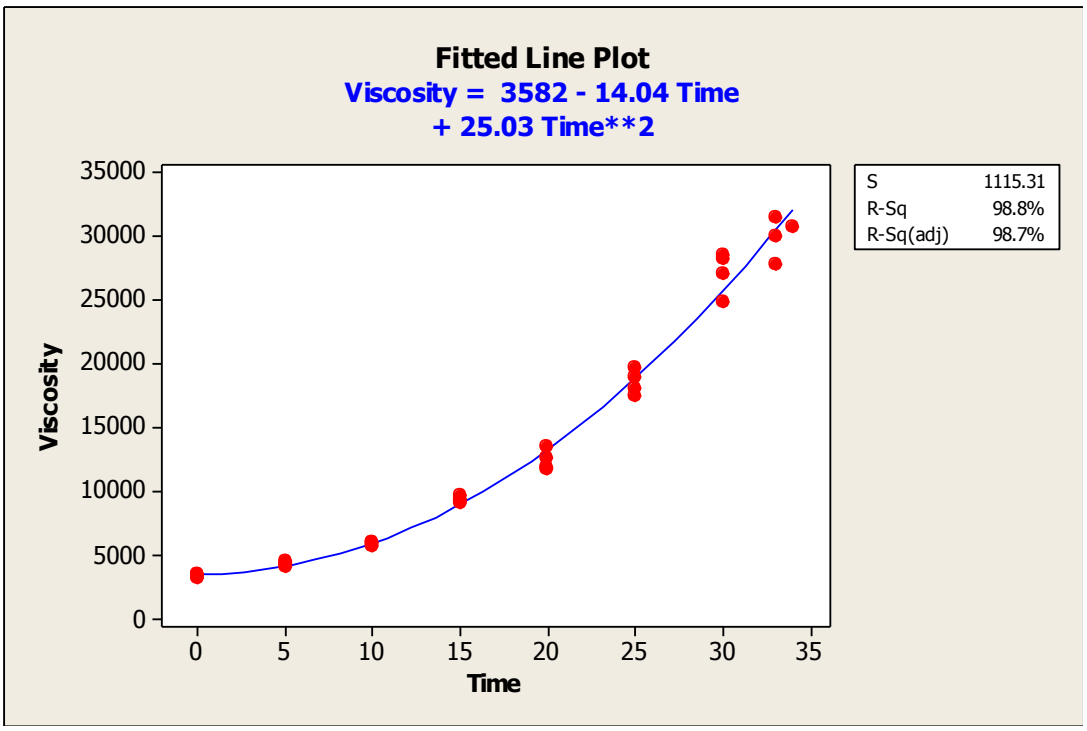
The regression equation is

Viscosity = 3582 - 14.04 Time + 25.03 Time**2

S = 1115.31 R-Sq = 98.8% R-Sq(adj) = 98.7%

Analysis of variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	2954880257	1477440128	1187.74	0.000
Error	29	36073367	1243909		
Total	31	2990953624			



ภาพที่ 3-7 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE B

Viscosity = 3582 -14.04 Time + 25.03 Time^2 คือ สมการถดถอยที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (เวลา) และตัวแปรตาม (ค่าความหนืด) ของกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE B

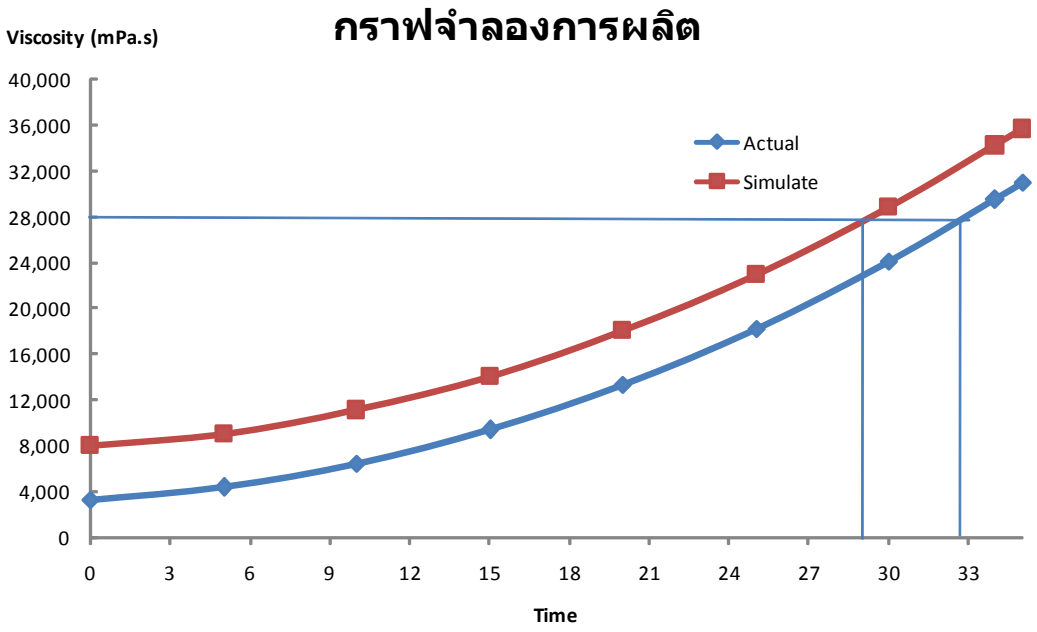
P-Value = 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดและเวลา

R^2 = 98.8% หมายความว่า ผลของค่าความหนืด สามารถอธิบายได้ด้วยเวลา 98.8% โดยเกิดความคลาดเคลื่อนอีก 1.02% ที่อาจจะเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ที่รบกวน หรือเรียกว่าความคลาดเคลื่อน (Error) ซึ่งมีค่าน้อยมากแสดงให้เห็นว่าสมการถดถอยที่ได้สามารถใช้พยากรณ์ค่าความหนืดเหมือนทราบระยะเวลาการผลิตที่ดำเนินไปได้

2.3 จากสมการถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (เวลา) และตัวแปรตาม (ค่าความหนืด) ของกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B สามารถเขียนให้อยู่ในรูปตัวแบบทางคณิตสาสตร์ หรือสมการกำลังสองได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

โดยที่ β_0 หรือ จุดตัดแกนนั้นก็ คือ ค่าความหนืดตั้งต้นที่เวลาการผลิต 0 ชม. หากทำการเพิ่มค่าความหนืดตั้งต้นก่อนเริ่มกระบวนการผลิต และกำหนดค่าความหนืดเป้าหมายเท่ากับ 28,000 mPa.s/ 20°C จะทำให้ระยะเวลาการผลิตลดลงดังตัวอย่าง ซึ่งในปัจจุบันพบว่าค่าเฉลี่ยของความหนืดตั้งต้นอยู่ที่ประมาณ 3,300 mPa.s/ 20°C



ภาพที่ 3-8 กราฟจำลองกระบวนการผลิตจากสมการถดถอย

จากกราฟจะพบว่าหากทำการเพิ่มค่าความหนืดตั้งต้นจากประมาณ 4,000 mPa.s/ 20°C ไปเป็นประมาณ 8,000 mPa.s/ 20°C นั้นจะทำให้ระยะเวลาการผลิตลดลงจากเดิมที่ประมาณ 33 ชม. เหลือเพียงประมาณ 29 ชม. ซึ่งจากการประชุมกับหัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงานโดยใช้เทคนิค 5 Why analysis สำหรับหาแนวทางในการเพิ่มค่าความหนืดตั้งต้นของผลิตภัณฑ์ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3-11 เทคนิค 5 Why analysis

คำถาม	คำตอบ
ทำไมความหนืดต่ำ	เพราะใส่สารละลายอะโรมาติกมาก
ทำไมใส่สารละลายอะโรมาติกมาก	เพื่อให้ได้ความหนืดที่เหมาะสมต่อการไหล
ทำไมต้องมีความหนืดที่เหมาะสมต่อการไหล	เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงสี
ทำไมต้องป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงสี	เพื่อป้องกันการอุดตันของผงสีในเครื่องบด
ทำไมต้องป้องกันการอุดตันสีในเครื่องบด	การอุดตันจะทำให้ไม่สามารถผลิตต่อไปได้

โดยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงพบว่าการอุดตันของผงสีจะเกิดขึ้นได้กับการผลิตที่มีการหยุดการทำงานของปั๊มระหว่างการผลิตเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดการตกตะกอนของสีและส่งผลให้เกิดการอุดตันภายในเครื่องบดเท่านั้น ซึ่งโดยปกติแล้วกระบวนการผลิตนั้นจะทำการผลิตตลอดเวลาเพื่อให้ทันต่อความต้องการ ซึ่งจะไม่มีการหยุดการทำงานของปั๊มโดยเด็ดขาด (ยกเว้นในกรณีอุบัติเหตุ หรือการชำรุดของเครื่องจักร)

จึงได้มีการศึกษาค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ก่อนนำเข้าเครื่องบด พบว่าค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์จะแปลผกผันกับปริมาณสารละลายอโรมาติกที่ใช้ โดยที่ปริมาณสารละลายอะโรมาติก 38.35% นั้นค่าความหนืดที่ได้มีค่าประมาณ 3,000-4,000 mPa.s/ 20^{o}C และหากทำการลดปริมาณสารละลายอโรมาติกลงเหลือ 33.0% จะทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นเป็น 4,500-5,500 mPa.s/ 20^{o}C โดยที่ยังสามารถใช้กระบวนการผสมเช่นเดิมและคาดว่าจะไม่มีผลต่อกระบวนการผลิตจึงได้ทำการปรับเปลี่ยนสูตรการผลิต ดังนี้

ตารางที่ 3-12 สูตรและกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

No.	Material	Quantity (%)	Process instruction
1	อะคริลิคเรซิ่น	47.00	Premix A. ใส่วัตถุดิบ 1 ลงในถังผสมสี (Main tank) ตามปริมาณที่กำหนด
2.	สารละลายอะโรมาติก	33.00	B. ใส่วัตถุดิบ 2 ลงในถังผสมสี (Main tank) ตามปริมาณที่กำหนด เริ่มปั่น แล้วปั่นให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที,_____นาที
3.	ผงสี	7.05	C. ค่อย ๆ ใส่วัตถุดิบ 3 ลงในถังผสมสี (Main tank) ขณะปั่นโดยค่อย ๆ ใส่ทีละน้อย จนหมด แล้วปั่นต่อเป็นเวลา 25-30 นาที,_____นาที Grinding D. นำเข้าเครื่องบดจนกระทั่งได้ Viscosity of 6 rpm (B-type): 18000-38000 mPa.s/ 20°C =_____ mPa.s/20°C, Fineness </=10 μm =_____μm,
4.	สารละลายอะโรมาติก	12.95	Letdown E. หลังจากได้ความละเอียด และ Viscosity ตามที่ต้องการแล้ว ล้างเครื่องบดด้วยวัตถุดิบ 4

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการดำเนินการแก้ไข

หลังจากทำการทดลองผลิต PASTE 050-T BENTONE A โดยใช้มาตรฐานการผลิตอื่น ๆ เช่น ความเร็วรอบที่ 650 รอบ/ นาที ความดันสีที่ 1.0 บาร์ รวมไปถึงขั้นตอนการทำงานอื่น ๆ ตามปกติเพื่อทำการยืนยันผลการปรับเปลี่ยนปริมาณสารละลายอะโรมาติกจากเดิม 38.35% เป็น 33.00% และค่ามาตรฐานความละเอียดของผลิตภัณฑ์จาก <5 μm เป็น < 10μm ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิตหลังการแก้ไข

Time (Hour.)	Fineness (μm)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s/ 20°C)	Start time	Stop time
1	>50	1.0	650	4,910	9:30	10:30
2	>50	1.0	650		10:30	11:30
3	40 – 45	1.0	650		11:30	12:30
4	35 – 40	1.0	650		12:30	13:30
5	30 – 35	1.0	650	6,300	13:30	14:30
6	25 – 30	1.0	650		14:30	15:30
7	20 – 25	1.0	650		15:30	16:30
8	15 – 20	1.0	650		16:30	17:30
9	**5 - 10**	**1.0**	**650**		**17:30**	**18:30**
10	5 - 10	1.0	650	7,340	18:30	19:30
11	5 - 10	1.0	650		19:30	20:30
12	5 - 10	1.0	650		20:30	21:30
13	5 - 10	1.0	650		21:30	22:30
14	5 - 10	1.0	650		22:30	23:30
15	5 - 10	1.0	650	9,090	23:30	0:30

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

Time (Hour.)	Fineness (μm)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s/ 20°C)	Start time	Stop time
16	5 - 10	1.0	650		0:30	1:30
17	5 - 10	1.0	650		1:30	2:30
18	5 - 10	1.0	650		2:30	3:30
19	5 - 10	1.0	650		3:30	4:30
20	5 - 10	1.0	650	11,700	4:30	5:30
21	5 - 10	1.0	650		5:30	6:30
22	5 - 10	1.0	650		6:30	7:30
23	5 - 10	1.0	650		7:30	8:30
24	5 - 10	1.0	650		8:30	9:30
25	5 - 10	1.0	650	16,890	9:30	10:30
26	5 - 10	1.0	650		10:30	11:30
27	5 - 10	1.0	650		11:30	12:30
28	5 - 10	1.0	650		12:30	13:30
29	**5 - 10**	**1.0**	**650**	**24,370**	**13:30**	**14:30**

เราจะพบว่าการบดเพื่อให้ได้ค่าความละเอียดตามที่กำหนดที่ < 10μm จะใช้เวลาทั้งหมด 9 ชม. และต้องทำการบดต่อเพื่อให้ได้ค่าความหนืดตามที่มาตรฐานกำหนดที่ 18,000-3,8000 mPa.s/ 20°C อีก 20 ชม. รวมทั้งสิ้นเป็นระยะเวลาการบดทั้งหมด หรือ 29 ชม. ในเบื้องต้นสามารถลดระยะเวลาการบดลงจากเวลาเฉลี่ย 7 ชม.

จากนั้นทำการขยายผลไปยัง SP M-350-T BENTONE B ซึ่งมีกระบวนการผลิต สูตรการผลิตและค่ามาตรฐานความละเอียดเดียวกันและทำการทดลองผลิตโดยเก็บข้อมูลทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ละ 2 แบช รวมเป็น 4 ผลการปรับปรุง สรุปได้ผลดังตาราง 4-2 ซึ่งค่าความละเอียดอยู่ที่ < 10μm ค่าความหนืดอยู่ในช่วง 18,000-3,8000 mPa.s/ 20°C และระยะเวลาการผลิตที่ลดลงจากเวลาเฉลี่ยเดิม โดยมีข้อมูลความหนืดระหว่างกระบวนการผลิตดังตารางที่ 4-3 ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าได้ตามค่ามาตฐานที่ประมาณชั่วโมงการผลิตที่ 25 เป็นต้นไปแต่พนักงานได้ดำเนินการบดต่อเพื่อควบคุมค่าความหนืดให้ใกล้เคียงกับค่ากลาง ที่ 28,000 mPa.s/ 20°C ได้เป็น

ข้อมูลค่าความหนืด 24,370 mPa.s/ 20°C และ28,200 mPa.s/ 20°C สำหรับ PASTE 050-T BENTONE A 27,350 mPa.s/20°C และ 26,280mPa.s/ 20°C สำหรับ PASTE 050-T BENTONE B

ตารางที่ 4-2 สรุปข้อมูลหลังการปรับปรุง

No.	Product	Lot. No.	Fineness (μm)	Viscosity (mPa.s/20°C)	Time (Hrs.)
1	PASTE 050-T BENTONE A	20150613	< 10	24,370	29.0
2	PASTE 050-T BENTONE A	20150630	< 10	28,200	31.0
3	PASTE 050-T BENTONE B	20150627	< 10	27,350	32.0
4	PASTE 050-T BENTONE B	20150703	< 10	26,280	29.0

ตารางที่ 4-3 ข้อมูลระหว่างกระบวนการผลิตของ 2 ผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุง

Time (Hour)	Viscosity (mPa.s/ 20°C)			
	PASTE 050-T BENTONE A		PASTE 050-T BENTONE B	
Lot.	20150613	20150630	20150627	20150703
0	4,910	5,350	4,570	4,390
5	6,040	6,400	5,800	6,860
10	7,140	7,350	6,940	8,140
15	9,090	9,800	8,700	9,740
20	11,700	12,500	13,610	11,900
25	16,890	17,840	18,470	18,790
29	**24,370**			**26,280**
30		25,610	25,100	
31		**28,200**		
32			**27,350**	

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการผลิต และค่าความหนืดที่ได้ด้วยโปรแกรม Minitab 16

1. ผลการวิเคราะห์ Regression analysis ระยะเวลาการผลิตและค่าความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE A หลังการปรับปรุง

Polynomial regression analysis: viscosity versus time

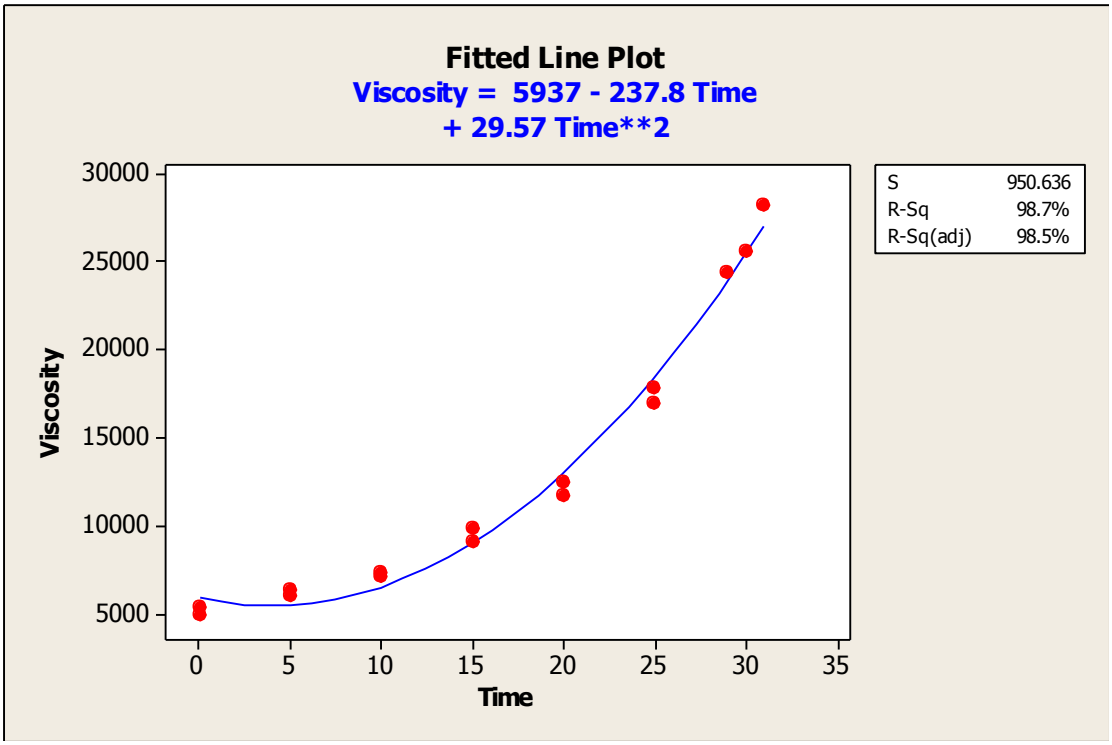
The regression equation is

Viscosity = 5937 - 237.8 Time + 29.57 Time**2

S = 950.636 R-Sq = 98.7% R-Sq(adj) = 98.5%

Analysis of variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	856526193	428263097	473.90	0.000
Error	12	10844500	903708		
Total	14	867370693			



ภาพที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE A หลังการปรับปรุง

Viscosity = 5937 – 237.8Time + 29.57Time^2 คือ สมการถดถอยที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (เวลา) และตัวแปรตาม (ค่าความหนืด) ของกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE A หลังการปรับปรุง

P-Value = 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดและเวลา

R^2 = 98.7% หมายความว่า ผลของค่าความหนืดสามารถอธิบายได้ด้วยเวลา 98.7% โดยเกิดความคลาดเคลื่อนอีก 1.3% ที่อาจจะเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ที่รบกวน หรือเรียกว่าความคลาดเคลื่อน (Error)

2. ผลการวิเคราะห์ Regression analysis ระยะเวลาการผลิตและค่าความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE B หลังการปรับปรุง

Polynomial regression analysis: viscosity versus time

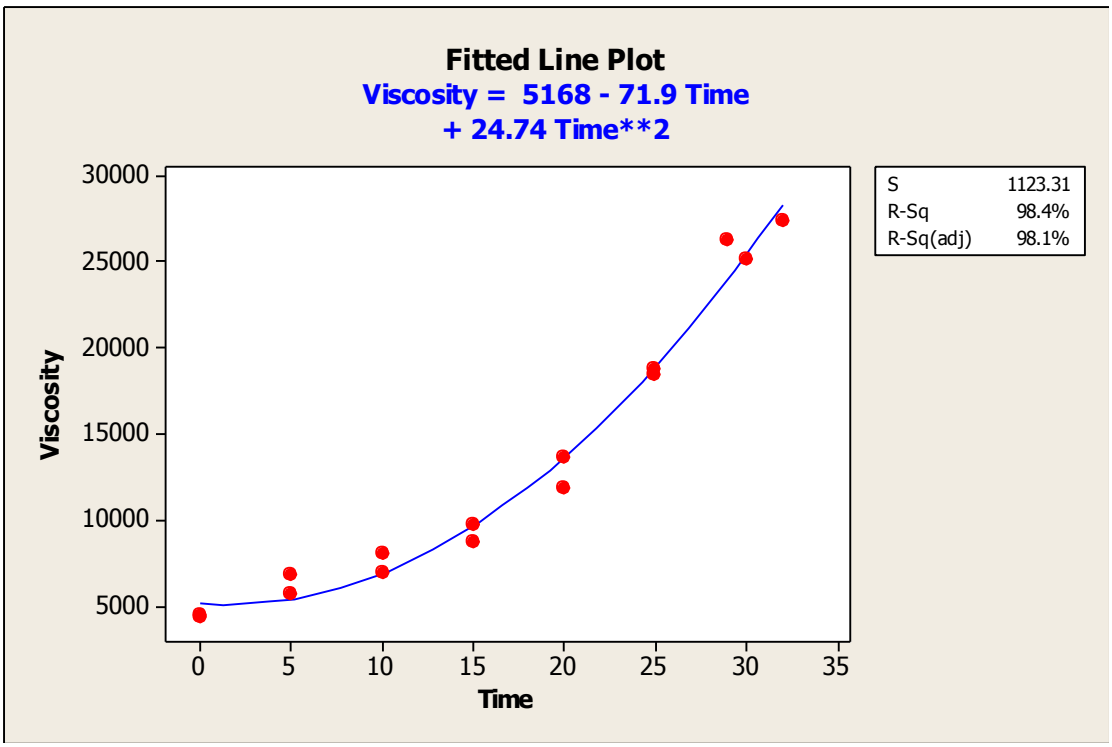
The regression equation is

Viscosity = 5168 - 71.9 Time + 24.74 Time**2

S = 1123.31 R-Sq = 98.4% R-Sq(adj) = 98.1%

Analysis of variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	902594076	451297038	357.65	0.000
Error	12	15142018	1261835		
Total	14	917736093			



ภาพที่ 4-2 กราฟระหว่างเวลา และค่าความหนืดของ PASTE 050-T BENTONE B หลังการปรับปรุง

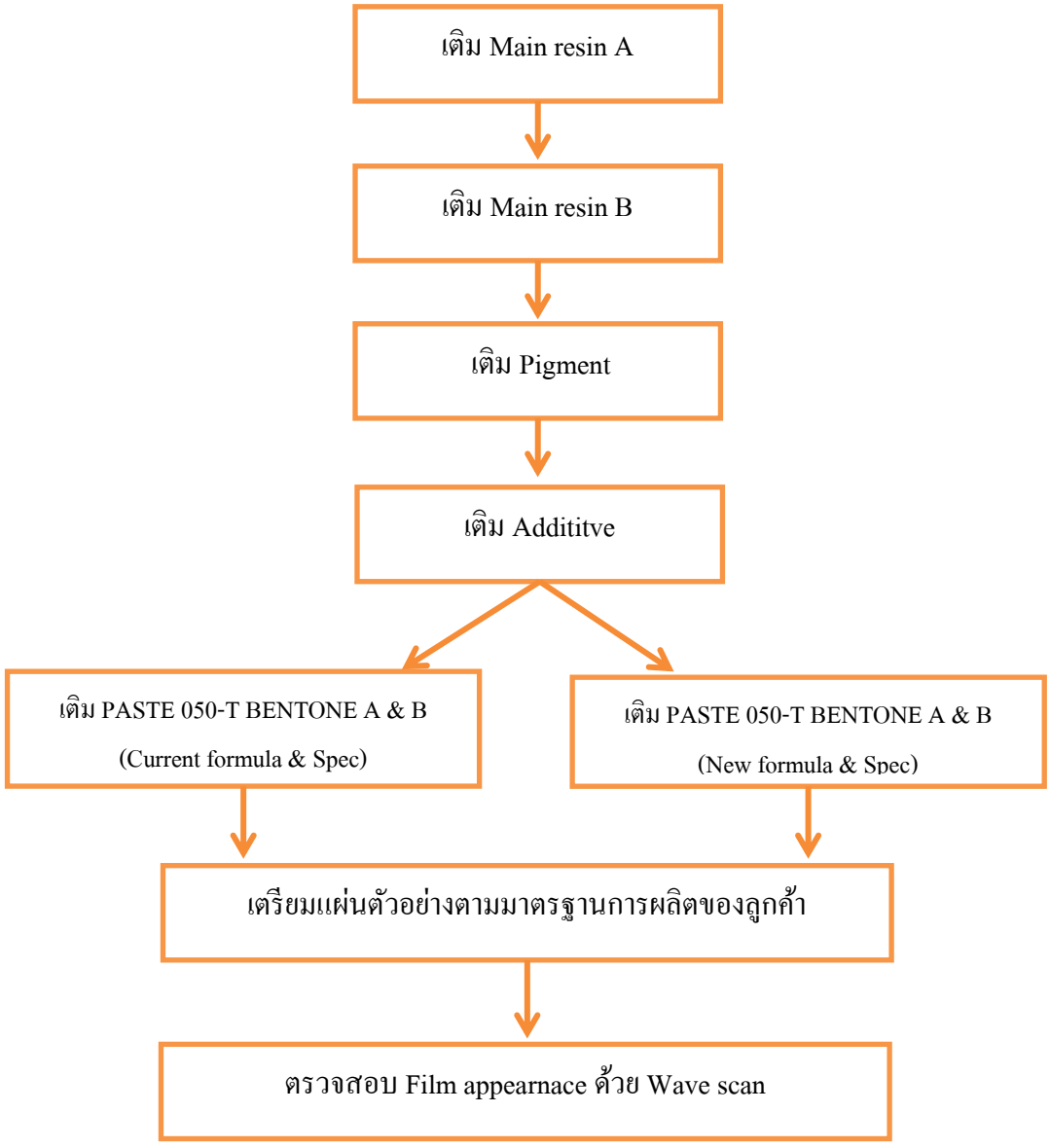
Viscosity = 5168 – 71.9Time + 24.74Time^2 คือ สมการถดถอยที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (เวลา) และตัวแปรตาม (ค่าความหนืด) ของกระบวนการผลิต PASTE 050-T BENTONE B หลังการปรับปรุง

P-Value = 0.00 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดและเวลา

R^2 = 98.4% หมายความว่า ผลของค่าความหนืด สามารถอธิบายได้ด้วยเวลา 98.4% โดยเกิดความคลาดเคลื่อนอีก 1.6% ที่อาจจะเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ ที่รบกวน หรือเรียกว่าความคลาดเคลื่อน (Error)

การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์

จากนั้นได้ทำการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายหลังกระบวนการผลิต โดยนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ATA H-5400 METALIC BASE (18G)-T ว่ามีคุณลักษณะตามที่กำหนดหรือไม่โดยทำการผสมวัตถุดิบหลักอื่น ๆ ให้ครบตามสูตรการผลิต แล้วจึงทำการแยกเติม PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B จากสูตรการผลิตใหม่และสูตรการผลิตเดิม จากนั้นนำไปเตรียมแผ่นตัวอย่างตามมาตรฐานการผลิตของลูกค้าและทดสอบค่า Wave scan ดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการทดสอบค่า Wave scan

ตรวจเช็คความเรียบของสีโดยการวัดค่า Wave scan เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ที่ผลิตด้วยสูตรและค่ามาตรฐานเดิมกับสูตรและค่ามาตรฐานใหม่ผลที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันดังแสดงในตารางที่ 4-4 ซึ่งค่าที่ได้ในส่วนของค่าความเรียบผิว Wa, Wb, Wc และ Wd รวมไปถึงค่าคลื่นช่วงสั้น (SW) และคลื่นช่วงยาว (LW) นั้นมีค่าใกล้เคียงกันสอดคล้องกันทั้งการพ่นชิ้นงานในแนวนอน (Horizontal) และแนวตั้ง (Vertical) แสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสูตรและค่ามาตรานฐานใหม่นั้นสามารถใช้ทดแทนกันได้โดยไม่มีปัญหาในเรื่องของค่าความเรียบผิวของผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดของผลิตภัณฑ์ของสี

ตารางที่ 4-4 ข้อมูลตัวอย่างค่าความเรียบของพื้นผิว

Detail	**Appearance (Wave Scan)**						
	Sample	**Wa**	**Wb**	**Wc**	**Wd**	**LW**	**SW**
Hor.	Current.	13.2	22.4	9.7	11.2	4.1	18.6
	New.	13.3	21.8	10.5	13.1	5.3	18.0
Ver.	Current.	30.4	33.9	16.5	15.5	5.3	27.2
	New.	29.8	33.8	16.1	15.1	5.8	26.5

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทำการปรับปรุงโดยการพิจรณาจากปริมาณการผลิต จำนวนครั้งการผลิต และระยะเวลาการผลิตต่อน้ำหนัก 1 กิโลกรัมพบว่า PASTE 050-T BENTONE A และ PASTE 050-T BENTONE B มีคะแนนประเมินสูงที่สุดเท่ากับ 712 และ 696 คะแนน ตามลำดับและเนื่องจากผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดมีกระบวนการผลิตค่ามาตรฐานการผลิตและสูตรการผลิตเช่นเดียวกันจึงนำผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดนี้มาทำการปรับปรุงแก้ไข

2. การวิเคราะห์สาเหตุที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาการผลิตที่นานด้วยแผนภูมิก้างปลาสามารถสรุปได้ว่าเป็นผลจากตัววัตถุดิบเองซึ่งมีค่ามาตรฐานความละเอียดมีค่าต่ำถึง <5 μm และสูตรการผลิตที่มีปริมาณสารละลายอะโรมาติกเยอะเกินไปค่าความหนืดเริ่มต้นจึงค่อนข้างต่ำ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลานานในการบดเพื่อให้ได้ค่าความหนืดตามค่ามาตรฐาน

3. การแก้ไขนั้นทำได้โดยปรับเปลี่ยนค่ามาตรฐานความละเอียดจาก <5 μm เป็น <10 μm และใช้การวิเคราะห์การถดถอยทำนายพฤติกรรมของกระบวนการระหว่างค่าความหนืดกับระยะเวลาโดยทำการปรับลดปริมาณสารละลายอะโรมาติกจาก 38.35% เป็น 33.0% เพื่อให้ค่าความหนืดเริ่มต้นมีค่าสูงขึ้นจากเดิม 3,000-4,000 mPa.s เป็น 4,500-5,500 mPa.s โดยคงใช้กระบวนการผลิตเดิมสามารถลดระยะเวลาการผลิตลงได้จากเดิมเฉลี่ย 36.0 ชม. เป็น 30.0 ชม. คิดเป็น 6.0 ชม. หรือ 17.7% สำหรับ PASTE 050-T BENTONE A และจากเดิม 35.0 ชม. เป็น 30.5 ชม. คิดเป็น 4.5 ชม.หรือ 15.3% สำหรับ PASTE 050-T BENTONE B

อภิปรายผลการวิจัย

การทำงานวิจัยนี้ผู้จัดทำมีจุดประสงค์ที่จะศึกษากระบวนการผลิตเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงโดยคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนครั้งและปริมาณการใช้ที่มากมาศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงโดยที่ต้องสอดคล้องกับความเป็นไปได้ที่จะทำการปรับปรุงและหน้าที่ความรับผิดชอบของผู้วิจัยโดยหลังจากที่ได้แนวทางการปรับปรุงทั้งในด้านวัตถุดิบ และวิธีการแล้วนั้นในขั้นตอนการทดลองผลิตเพื่อทำการปรับปรุงในเรื่องของวัตถุดิบยังต้องคำนึงถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับตัวผลิตภัณฑ์และกระบวนการทำงานของฝ่ายผลิตเนื่องจากต้องทำการทดลองเก็บข้อมูลจาก

หน้างานจริง หากเกิดความผิดผลาดไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดจะส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิตรวมของฝ่ายผลิตทันทีเนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่นำมาทดลองผลิตนั้นจะถูกนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกหลายชนิด

โดยการวิเคราะห์การถดถอยที่ได้ทำให้ทราบได้ว่าปัจจัยที่สามารถลดระยะเวลาการผลิตลงนั้นสามารถทำได้โดยการเพิ่มความหนืดเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากการทดลองพบว่าสามารถลดระยะเวลาได้จริง ถึงแม้ว่าสมการการถดถอยที่ได้จากการเก็บข้อมูลก่อนการปรับปรุง และหลังการปรับปรุงจะมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเกิดจากการรบกวนจากปัจจัยอื่นที่ไม่สามารถควบคุมได้ หรืออาจเป็นได้จากคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปตามค่าความหนืดส่งผลต่อพฤติกรรมของกระบวนการ

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการปรับปรุงกระบวนการของผลิตภัณฑ์เพียง 2 ชนิดเท่านั้น ซึ่งยังมีผลิตภัณฑ์อื่นอีกหลายชนิดที่มีปริมาณการใช้ที่มากหากสามารถขยายผลไปยังผลิตภัณฑ์อื่นได้ก็จะสามารถเพิ่มกำลังการผลิตรวมของฝ่ายผลิตได้
2. การศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการทำการศึกษาจากอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบโดยตรงของผู้ทำการศึกษาเพียงฝ่ายเดียวหากสามารถทำการศึกษา เพื่อปรับปรุงกระบวนการจากหลาย ๆ ผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ แผนกจะสามารถปรับปรุงกระบวนการได้ดีและมีความรัดกุมยิ่งขึ้น
3. ปัจจัยที่ใช้ทำการผลิตนั้นในความเป็นจริงมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องหากสามารถประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง (Design of experiment) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมก็จะสามารถทำการปรับปรุงกระบวนการต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2549). *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม (ประมวลผลด้วย MINITAB)* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

ทรงศิริ แต้สมบัติ. (2541). *การวิเคราะห์การถดถอย REGRESSION ANALYSIS* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นพพร ธนะชัยขันธ์. (2555). *สถิติเบื้องต้นสำหรับงานวิจัย Basic Statistics for Research* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพ.

ปรภัค อยู่เนียม, ปิยวรรณ บุญเฟื่องฟู และพูลศักดิ์ หลาบสีดา. (2553). *การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้านทานแรงดันของชุดช่วยเหลือผู้ประสบภัยทางน้ำ โดยการออกแบบการทดลอง.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ปริย ไทยแท้. (2554). *การวัดผลิตภาพแรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย* วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิรัช เลิศพรม. (ม.ป.ป.). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบดด้วยโม่บด.* ม.ป.ท.

สิริกร กรมโพธิ์ และนวพร วิสิฐพงศ์พันธ์. (2555). *การทำนายเวลาเดินทางโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น.* ใน *National Conference on Computer Information Technologies 2012* เข้าถึงได้จาก http://tar.thailis.or.th/handle/123456789/507

สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน. (2556). *การบริหารโครงการ: เครื่องมือและเทคนิคในการบริหารโครงการ Project management : tools & techniques.* กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อรอุษา สรวารี. (2542). *สารเคลือบผิว (สี วาร์นิช และแลกเกอร์).* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อสิ แก้วรุ่งเรือง. (2552).*ลักษณะผิวส้ม และความคมชัดของภาพ (Orange peel and DOI) ม.ป.ท.* แผ่นพับ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลก่อนการปรับปรุง

ตารางภาคผนวก ก-1 ข้อมูลการผลิต PASTE 050-T BENTONE A ของปี 2014

No.	Lot.	Batch (kg.)	GD TIME (hrs.)
1	20140312	846	40.00
2	20140422	846	38.00
3	20140502	846	40.00
4	20140507	846	47.00
5	20140523	846	39.00
6	20140609	846	36.00
7	20140613	846	36.00
8	20140616	846	33.00
9	20140618	846	34.00
10	20140709	846	38.00
11	20140710	846	33.00
12	20140826	846	34.00
13	20140903	846	34.00
14	20140910	846	35.00
15	20141001	846	33.00
16	20141003	846	35.00
17	20141022	846	34.00
18	20141022	846	35.00
19	20141110	846	34.00
20	20141112	846	34.00
21	20141208	846	35.00
22	20141211	846	35.00

ตารางภาคผนวก ก-2 ข้อมูลการผลิต PASTE 050-T BENTONE B ของปี 2014

No.	Lot.	Batch (kg.)	GD TIME (hrs.)
1	20140307	846	39.00
2	20140313	846	37.00
3	20140514	846	39.00
4	20140515	846	45.00
5	20140527	846	38.00
6	20140604	846	35.00
7	20140605	846	35.00
8	20140626	846	32.00
9	20140702	846	33.00
10	20170703	846	37.00
11	20140704	846	32.00
12	20140822	846	33.00
13	20140911	846	33.00
14	20140915	846	35.00
15	20140923	846	33.00
16	20140925	846	34.00
17	20141007	846	33.00
18	20141010	846	34.00
19	20141031	846	33.00
20	20141106	846	33.00
21	20141114	846	34.00
22	20141211	846	33.00

ภาคผนวก ข

ข้อมูลหลังการปรับปรุง

ตารางภาคผนวก ข-1 ข้อมูลกระบวนการผลิตหลังการแก้ไข PASTE 050-T BENTONE A lot. 20150613

Time (Hour.)	Fineness (um)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s)	Start time	Stop time
0	>50	1.0	650	4,910	9:30	10:30
1	>50	1.0	650		10:30	11:30
2	40 – 45	1.0	650		11:30	12:30
3	35 – 40	1.0	650		12:30	13:30
4	30 – 35	1.0	650		13:30	14:30
5	25 – 30	1.0	650	6,040	14:30	15:30
6	20 – 25	1.0	650		15:30	16:30
7	15 – 20	1.0	650		16:30	17:30
8	5 - 10	1.0	650		17:30	18:30
9	5 - 10	1.0	650		18:30	19:30
10	5 - 10	1.0	650	7,140	19:30	20:30
11	5 - 10	1.0	650		20:30	21:30
12	5 - 10	1.0	650		21:30	22:30
13	5 - 10	1.0	650		22:30	23:30
14	5 - 10	1.0	650		23:30	0:30
15	5 - 10	1.0	650	9,090	0:30	1:30
16	5 - 10	1.0	650		1:30	2:30
17	5 - 10	1.0	650		2:30	3:30
18	5 - 10	1.0	650		3:30	4:30
19	5 - 10	1.0	650		4:30	5:30
20	5 - 10	1.0	650	11,700	5:30	6:30
21	5 - 10	1.0	650		6:30	7:30
22	5 - 10	1.0	650		7:30	8:30
23	5 - 10	1.0	650		8:30	9:30
24	5 - 10	1.0	650		9:30	10:30
25	5 - 10	1.0	650	16,890	10:30	11:30
26	5 - 10	1.0	650		11:30	12:30
27	5 - 10	1.0	650		12:30	13:30
28	5 - 10	1.0	650		13:30	14:30
29	5 - 10	1.0	650	24,370	14:30	15:30

ตารางภาคผนวก ข-2 ข้อมูลกระบวนการผลิตหลังการแก้ไข PASTE 050-T BENTONE A lot. 20150630

Time (Hour.)	Fineness (um)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s)	Start time	Stop time
0	>50	1	650	5,350	10:40	11:40
1	>50	1	650		11:40	12:40
2	40 – 45	1	650		12:40	13:40
3	35 – 40	1	650		13:40	14:40
4	30 – 35	1	650		14:40	15:40
5	25 – 30	1	650	6,400	15:40	16:40
6	20 – 25	1	650		16:40	17:40
7	15 – 20	1	650		17:40	18:40
8	5 - 10	1	650		18:40	19:40
9	5 - 10	1	650		19:40	20:40
10	5 - 10	1	650	7,350	20:40	21:40
11	5 - 10	1	650		21:40	22:40
12	5 - 10	1	650		22:40	23:40
13	5 - 10	1	650		23:40	0:40
14	5 - 10	1	650		0:40	1:40
15	5 - 10	1	650	9,800	1:40	2:40
16	5 - 10	1	650		2:40	3:40
17	5 - 10	1	650		3:40	4:40
18	5 - 10	1	650		4:40	5:40
19	5 - 10	1	650		5:40	6:40
20	5 - 10	1	650	12,500	6:40	7:40
21	5 - 10	1	650		7:40	8:40
22	5 - 10	1	650		8:40	9:40
23	5 - 10	1	650		9:40	10:40
24	5 - 10	1	650		10:40	11:40
25	5 - 10	1	650	17,840	11:40	12:40
26	5 - 10	1	650		12:40	13:40
27	5 - 10	1	650		13:40	14:40
28	5 - 10	1	650		14:40	15:40
29	5 - 10	1	650		15:40	16:40
30	5 - 10	1	650	25,610	16:40	17:40
31	5 - 10	1	650	28,200	17:40	18:40

ตารางภาคผนวก ข-3 ข้อมูลกระบวนการผลิตหลังการแก้ไข PASTE 050-T BENTONE B lot. 20150627

Time (Hour.)	Fineness (um)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s)	Start time	Stop time
0	>50	1	650	4,570	15:15	16:15
1	>50	1	650		16:15	17:15
2	40 – 45	1	650		17:15	18:15
3	35 – 40	1	650		18:15	19:15
4	30 – 35	1	650		19:15	20:15
5	25 – 30	1	650	5,800	20:15	21:15
6	20 – 25	1	650		21:15	22:15
7	15 – 20	1	650		22:15	23:15
8	5 - 10	1	650		23:15	0:15
9	5 - 10	1	650		0:15	1:15
10	5 - 10	1	650	6,940	1:15	2:15
11	5 - 10	1	650		2:15	3:15
12	5 - 10	1	650		3:15	4:15
13	5 - 10	1	650		4:15	5:15
14	5 - 10	1	650		5:15	6:15
15	5 - 10	1	650	8,700	6:15	7:15
16	5 - 10	1	650		7:15	8:15
17	5 - 10	1	650		8:15	9:15
18	5 - 10	1	650		9:15	10:15
19	5 - 10	1	650		10:15	11:15
20	5 - 10	1	650	13,610	11:15	12:15
21	5 - 10	1	650		12:15	13:15
22	5 - 10	1	650		13:15	14:15
23	5 - 10	1	650		14:15	15:15
24	5 - 10	1	650		15:15	16:15
25	5 - 10	1	650	18,470	16:15	17:15
26	5 - 10	1	650		17:15	18:15
27	5 - 10	1	650		18:15	19:15
28	5 - 10	1	650		19:15	20:15
29	5 - 10	1	650		20:15	21:15
30	5 - 10	1	650	25,100	21:15	22:15
31	5 - 10	1	650		22:15	23:15
32	5 - 10	1	650	27,350	23:15	0:15

ตารางภาคผนวก ข-4 ข้อมูลกระบวนการผลิตหลังการแก้ไข PASTE 050-T BENTONE B lot. 20150703

Time (Hour.)	Fineness (um)	Pressure (Bar)	Speed (rpm)	Viscosity (mPa.s)	Start time	Stop time
0	>50	1.0	650	4,390	11:40	12:40
1	>50	1.0	650		12:40	13:40
2	40 – 45	1.0	650		13:40	14:40
3	35 – 40	1.0	650		14:40	15:40
4	30 – 35	1.0	650		15:40	16:40
5	25 – 30	1.0	650	6,860	16:40	17:40
6	20 – 25	1.0	650		17:40	18:40
7	15 – 20	1.0	650		18:40	19:40
8	5 - 10	1.0	650		19:40	20:40
9	5 - 10	1.0	650		20:40	21:40
10	5 - 10	1.0	650	8,140	21:40	22:40
11	5 - 10	1.0	650		22:40	23:40
12	5 - 10	1.0	650		23:40	0:40
13	5 - 10	1.0	650		0:40	1:40
14	5 - 10	1.0	650		1:40	2:40
15	5 - 10	1.0	650	9,740	2:40	3:40
16	5 - 10	1.0	650		3:40	4:40
17	5 - 10	1.0	650		4:40	5:40
18	5 - 10	1.0	650		5:40	6:40
19	5 - 10	1.0	650		6:40	7:40
20	5 - 10	1.0	650	11,900	7:40	8:40
21	5 - 10	1.0	650		8:40	9:40
22	5 - 10	1.0	650		9:40	10:40
23	5 - 10	1.0	650		10:40	11:40
24	5 - 10	1.0	650		11:40	12:40
25	5 - 10	1.0	650	18,790	12:40	13:40
26	5 - 10	1.0	650		13:40	14:40
27	5 - 10	1.0	650		14:40	15:40
28	5 - 10	1.0	650		15:40	16:40
29	5 - 10	1.0	650	26,280	16:40	17:40

ตารางภาคผนวก ข-5 ข้อมูลค่าความเรียบของพื้นผิวของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปก่อนและหลังการปรับปรุง

Detail		Appearance (Wave Scan)						
		Detail	**Wa**	**Wb**	**Wc**	**Wd**	**LW**	**SW**
Current.		Hor.	13.2	22.4	9.7	11.2	4.1	18.6
		Ver.	30.4	33.9	16.5	13.1	5.3	27.2
PASTE 050-T BENTONE A	20150613	Hor.	13.3	21.8	10.5	15.5	5.3	18.0
		Ver.	29.8	33.8	16.1	15.1	5.8	26.5
	20150630	Hor.	13.7	22.9	10.2	11.9	4.8	19.3
		Ver.	30.9	34.4	17.0	13.8	6.0	27.9
PASTE 050-T BENTONE B	20150627	Hor.	12.7	21.9	9.2	10.9	3.8	18.3
		Ver.	30.1	33.6	16.2	12.9	5.1	27.0
	20150703	Hor.	13.0	22.2	9.5	10.9	3.8	18.3
		Ver.	30.7	34.2	16.8	12.9	5.1	27.0