

การลดปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานในกระบวนการผลิต
ผงซักฟอกสูตรเข้มข้น



T119179

ปณต โกเสนตอ
ปทุมวดี เศรษฐสิโรตม์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **119179**
วัน,เดือน,ปี. - 6 S.A. 2554

b.....
i.....

ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**REDUCTION OF OVERSIZE BASE POWDER IN CONCENTRATED
LAUNDRY POWDER DETERGENT PROCESS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์เรื่อง การลดปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานในกระบวนการผลิต
ผงซักฟอกสูตรเข้มข้น
โดย นายปณต โกเสนตอ
นางสาวปทุมวดี เศรษฐสิโรตม์
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญาานิพนธ์

อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ

ประธานกรรมการ

(รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

สุรัตน์ อารีรัตน์

กรรมการ

(ผศ.ดร.สุรัตน์ อารีรัตน์)

บุญชัย โชติวิริยาณิชย์

กรรมการ

(อ.บุญชัย โชติวิริยาณิชย์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	การลดปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้น
โดย	นายปณต โกเสนตอ นางสาวปทุมวดี เศรษฐสิโรตม์
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษาพบผงพื้นฐานที่ได้จากการผสมวัตถุดิบหลักมีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน (% Oversize) 37 wt% จึงต้องหยุดการผลิตประมาณวันละ 2 ชั่วโมง เพื่อคัดและคัดลดขนาดของผงพื้นฐาน เพราะผงพื้นฐานขนาดใหญ่ทำให้ผงซักฟอกมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำและมีประสิทธิภาพการซักล้างลดลง เป้าหมายของโครงการนี้คือลดและควบคุมปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานให้อยู่ระหว่าง 20-25 wt% จากการวิเคราะห์โดยใช้แผนผังกระบวนการ การระดมสมอง และ Causes and effect matrix สรุปได้ว่าปัจจัยสำคัญต่อการลดขนาดของผงพื้นฐาน ได้แก่ อัตราการไหลของลิเนียร์อัลทิลเบนซินซัลโฟเนต (LAS) ที่เข้าถังผสมผงพื้นฐาน ความเร็วรอบของใบกวนที่ถังผสมผงพื้นฐาน ชนิดและตำแหน่งของหัวฉีดที่ถังผสมผงพื้นฐาน การแก้ปัญหาทำโดย 1) เปลี่ยนหัวฉีดที่ถังผสมผงพื้นฐานจากแบบใช้แรงเหวี่ยงเป็นแบบพ่นฝอย และปรับระยะหัวฉีดที่ตำแหน่งเหนือแกนเพลลาของถังผสมผงพื้นฐานจาก 10 ซม. เป็น 45 ซม. พบว่าสามารถลด % Oversize ได้ 15% ของการผลิตผงพื้นฐาน 1 ตันเพราะทำให้การกระจายของ LAS ที่เข้าถังผสมผงพื้นฐานดีขึ้น 2) ควบคุม % NDOM (Non-dissolved organic matter) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงปริมาณสารแขวนลอยปนเปื้อนที่ขัดขวางการไหลของ LAS ไม่เกิน 1.2 wt% 3) กำหนด % Oversize ที่ยอมรับได้ในสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของถังผสมผงพื้นฐานที่สร้างขึ้น และปรับอัตราการไหลของ LAS หรือความเร็วรอบของใบกวนในกระบวนการผลิตตามค่าที่ได้จากการคำนวณจากปฏิบัติการแก้ไขทั้งสามวิธีนี้สามารถลดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานจาก 37 wt% เหลือประมาณ 20 wt% และคำนวณมูลค่าส่วนต่างของค่าเสียโอกาสจากการหยุดผลิตเพื่อลดขนาดของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่เทียบกับก่อนการปฏิบัติการแก้ไขได้ประมาณ 30.24 ล้านบาท/ปี

Report Title	Reduction of Oversize Base Powder in Concentrated Laundry Powder Detergent Process	
By	Mr. Panot	Kosentor
	Miss Patumwadee	Sretsiro
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Chemical Engineering	
Year	2010	
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum	

ABSTRACT

A concentrated laundry powder process in this case study faced the oversize base powder of 37 wt% from raw material mixing process leading to downtime about 2 hours a day to reduce size of the oversize base powder. The oversize base powder brought about oversize detergent powder, resulting in lower water solubility and washing efficiency. The target of this work was to reduce and control the oversize base powder to 20-25 wt%. According to process analysis using process mapping, brainstorming, and causes and effect matrix, it was found that possible significant variables were flow rate of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) and agitator speed at base powder mixing tank, types and positions of nozzles in base powder mixing tank. All of the countermeasures were 1) changing 4 centrifugal nozzles at the base powder mixing tank to spray nozzles for a better spray pattern, subsequently adjusting the nozzle positions above the shaft at the center of the base powder mixing tank from 10 to 45 cm; 2) controlling the percentage of NDOM (non-dissolved organic matter) or the amount of suspended contaminants, which impeded flow of LAS, not exceed 1.2 wt%; 3) setting an acceptable percentage of base powder oversize, then controlling LAS flow rate and agitator speed in accordance with the calculated values from the process simulation equation. The aforementioned corrective actions could reduce the oversize base powder from 37 to 20 wt%. The opportunity cost due to 2-h downtime per day based on the oversize base powder before this work was equivalent to 30.24 million baht per year.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้โอกาสทำโครงการงานในบริษัท

คุณประชา โภคีธายุคต์ ผู้อำนวยการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือนและเครื่องใช้ส่วนบุคคล คุณทรรศศิลา อู่สุวรรณ ผู้จัดการโรงงานกลุ่มผลิตภัณฑ์ซักล้าง คุณสถาพร ทองอยู่ หัวหน้างานแผนกผสมผงซักฟอกเข้มข้น คุณวันชัย ลมออน Mini-company Leader Base Powder NTR Mixing และพนักงานห้องปฏิบัติการฝ่ายการพัฒนากระบวนการผลิตและห้องปฏิบัติการควบคุมการผลิตทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำโครงการ

รศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำปรึกษาและกรุณาตรวจแก้ไข
ปริญญาณิพนธ์

ปณต โทเสนต์
ปทุมวดี เศรษฐสิโรตม์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของ โครงการงาน.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของ โครงการงาน.....	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ผงซักฟอกและกระบวนการผลิต.....	3
2.2 การสร้างแกนมูลของผงซักฟอก.....	7
2.3 กลไกการทำความสะอาดของผงซักฟอก.....	11
2.4 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ.....	12
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับถังผสม.....	13
2.6 ลักษณะเฉพาะของผงพื้นฐาน.....	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	17
3.1 ศึกษาทฤษฎีและกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ.....	17
3.2 กำหนดเปอร์เซ็นต์ของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน (% Oversize) ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานก่อนการดำเนินงาน.....	17
3.3 วิเคราะห์ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดผงพื้นฐานที่มี ขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน.....	17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ระดับ สำหรับปัจจัยที่เลือกจาก Causes and effect matrix	18
3.5 การทดสอบผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานและการสร้างสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer	18
3.6 ทดสอบสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer และคำนวณ % Oversize หลังการดำเนินงาน	18
3.7 สรุปผลการดำเนินงาน	19
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์ผล	20
4.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ	20
4.2 ปัจจัยปัจจัยในกระบวนการผลิตที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดผงพื้นฐานขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานในส่วนการผลิตผงพื้นฐาน	20
4.3 ผลการทดสอบการลด % Oversize	24
4.4 สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer และการทดสอบ	26
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	34
ภาคผนวก ข การคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	35
ภาคผนวก ค สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer และการคำนวณความคลาดเคลื่อนของสมการ	36
ภาคผนวก ง ข้อมูลดิบ	38

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 Causes and effect matrix แสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่า มีผลต่อการเกิด Oversize เมื่อคิดเชิงเศรษฐศาสตร์	22
4.1 Causes and effect matrix แสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่า มีผลต่อการเกิด Oversize เมื่อคิดเชิงเศรษฐศาสตร์ (ต่อ).....	23
4.2 % Oversize จากกระบวนการผลิตและจากการคำนวณด้วยค่าที่ยอมรับได้	29
ง.1 % Oversize ของผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักด้วยมือก่อนการดำเนินงาน	38
ง.2 % Oversize ที่อัตราการไหลของ LAS ต่างๆ.....	38
ง.3 % Oversize ที่อัตราการไหลของ NI-CBSX ต่างๆ	39
ง.4 % Oversize ที่ความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer ต่างๆ	39
ง.5 ค่าเฉลี่ยของ % Oversize ที่อัตราการไหลของ LAS และ % NDOM ต่างๆ	39
ง.6 ค่าเฉลี่ยของ % Oversize ที่ความเร็วรอบของใบกวนและ % NDOM ต่างๆ	40

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของสารลดแรงตึงผิว.....	5
2.2 การสร้างแกรนูลจากการรวมตัวกันของผงวัตถุติดกับตัวประสาน	7
2.3 การสร้างนิวเคลียสระดับอนุภาค.....	8
2.4 การเกาะตัวกันของ Agglomerates	8
2.5 กลไกการเกิดเม็ด.....	9
2.6 การเคลือบผิว (Coating).....	9
2.7 การสร้างชั้น (Layering).....	10
2.8 การแตก และการสร้างรูปใหม่ของแกรนูล	10
2.9 การถ่ายเทมวลเนื่องจากการเสียดสี	10
2.10 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ	13
2.11 ถังผสมแบบ Ploughshare mixer	14
2.12 ถังผสมแบบ Fukae mixer	15
2.13 ลักษณะของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน	16
4.1 วัตถุติดหลักที่เติมในเครื่องผสมใน ส่วนการผลิตผงพื้นฐาน	20
4.2 แผนภาพกระบวนการและปัจจัยที่ทำให้เกิด Oversize ที่ส่วนการผลิตผงพื้นฐาน.....	21
4.3 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลแสดงปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด ผงพื้นฐานขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน	22
4.4 กราฟแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด Oversize	23
4.5 ค่าเฉลี่ย 4 แบทซ์ ของ % Oversize กับปัจจัยต่างๆ	24
4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %Oversize กับ %NDOM (Agitator speed = 85 rpm).....	25
4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Oversize กับ % NDOM (LAS flow rate = 2,650 kg/h).....	26
4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Oversize กับอัตราการไหลของ LAS	27
4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %Oversize กับความเร็วรอบของ ใบกวนของ Ploughshare mixer.....	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของสมการจำลอง

ภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer (K) กับ % NDOM28



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นบริษัทผลิตสินค้าอุปโภคและบริโภค เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน แชมพูสระผม ครีมอาบน้ำ สบู่ ยาสีฟัน และไอศกรีม ผงซักฟอกที่บริษัทผลิตมี 2 ประเภท คือ ผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน (Standard laundry powder detergent) และสูตรเข้มข้น (Concentrated laundry powder detergent)

ผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน คือ ผงซักฟอกที่ผ่านกระบวนการผสมวัตถุดิบเป็นสเลอรีและส่งเข้าขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอยได้ผงพื้นฐาน (Base powder) ซึ่งต่างจากผงซักฟอกสูตรเข้มข้นที่นำวัตถุดิบซึ่งเป็นของแข็งและของเหลวมาผสมกันด้วยเครื่องผสมแล้วได้ผงพื้นฐาน โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการอบแห้งแบบพ่นฝอย ผงพื้นฐานจากทั้งสองกระบวนการผลิตจะถูกผสมกับสารเติมแต่งต่างๆ ตามสูตรของผงซักฟอกที่กระบวนการ Post dosing แล้วส่งเข้าขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ นอกจากความแตกต่างด้านกระบวนการผลิตแล้ว ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นมีปริมาณสารเติมแต่ง เช่น สารซักฟอก และสารเพิ่มแรงซักมากกว่าผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน จึงใช้ในปริมาณน้อยและใช้เวลาในการซักล้างน้อยกว่า ตามมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) แบ่งผงซักฟอกสูตรเข้มข้นเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ชนิดซักฟอกด้วยมือ ชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า และชนิดซักฟอกด้วยมือและเครื่องซักผ้า

จากข้อมูลที่แผนกการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ พบว่าเครื่องผสมวัตถุดิบแบบ Ploughshare mixer (PSM) มีกำลังการผลิตสูง ใช้พลังงาน และเวลาในการผสมน้อยกว่าเครื่องผสมแบบ Fukae mixer แต่จะได้ผงพื้นฐานขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานที่บริษัทกำหนด ปริมาณ 37 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ผงพื้นฐานขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานจาก Fukae mixer ประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ทำให้บริษัทต้องหยุดการผลิตทุก 3-4 ชั่วโมง รวมประมาณวันละ 2 ชั่วโมง เพื่อคัดผงพื้นฐานขนาดใหญ่ (Oversize) ออกแล้วคัดขนาดก่อนนำกลับเข้ากระบวนการผลิต ทำให้ผลิตภาพ (Productivity) ลดลง ถ้าผงพื้นฐานมีขนาดใหญ่ผงซักฟอกที่ได้จะมีความสามารถในการละลายน้ำต่ำและมีประสิทธิภาพ

การชักล้างลดลง และยังมีค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density: BD) ต่ำ โครงการนี้ต้องการทราบปัจจัยหรือตัวแปรที่สำคัญต่อขนาดของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานของบริษัทจากกระบวนการผลิตผงชักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดชักฟอกด้วยมือ เพื่อหาแนวทางลดปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานให้อยู่ระหว่าง 20-25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

1.2 วัตถุประสงค์

ลดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานของบริษัทในกระบวนการผลิตผงชักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดชักฟอกด้วยมือ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงชักฟอกสูตรเข้มข้น กลไกการสร้างแกรนูลของผงพื้นฐาน ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.3.2 กำหนดเปอร์เซ็นต์ของผงพื้นฐานของผงชักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดชักฟอกด้วยมือที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดมาตรฐาน (% Oversize) ของบริษัทก่อนการดำเนินงาน

1.3.3 วิเคราะห์ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการเกิดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน เช่น ขั้นตอนการปั่นผสมวัตถุดิบ ขั้นตอนการคัดขนาด เป็นต้น

1.3.4 ออกแบบการทดลอง

1.3.5 หาภาวะของปัจจัยในกระบวนการผลิตที่ทำให้ปริมาณ % Oversize อยู่ระหว่าง 20-25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และคำนวณ % Oversize หลังการดำเนินงาน

1.3.6 วิเคราะห์ สรุปผล และจัดทำรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 สามารถลดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานในกระบวนการผลิตผงชักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดชักฟอกด้วยมือ

1.4.2 สามารถลดการใช้ทรัพยากรและต้นทุนการผลิต

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผงซักฟอกและกระบวนการผลิต [1-2]

ผงซักฟอก คือ เกลือโซเดียมซัลโฟเนตของไฮโดรคาร์บอน ครอบคลุมถึงผงซักฟอกที่มีลักษณะเป็นผง เม็ดขนาดเล็ก หรือเกล็ดอัดขึ้นรูป กึ่งแข็งกึ่งเหลว แท่ง หรือลักษณะอื่น แต่ไม่ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ซักผ้าชนิดเหลว ผงซักฟอกเป็นสารซักล้างที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนสบู่ สำหรับใช้ซักผ้า มีสารลดแรงตึงผิวชนิดสังเคราะห์และ/หรือชนิดธรรมชาติเป็นส่วนประกอบหลัก ผงซักฟอกจะทำงานต่างจากสบู่เมื่อใช้ใต้น้ำกระด้าง หากใช้สบู่ใต้น้ำกระด้างจะเกิดสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสบู่กับไอออนของแคลเซียมกับแมกนีเซียมใต้น้ำกระด้าง โดยสารประกอบที่เกิดขึ้นจะตกตะกอนทำให้สบู่มีฟองน้อยลงและความสามารถในการทำความสะอาดลดลง แต่สำหรับผงซักฟอกจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำกระด้างบางส่วนและได้สารประกอบที่มีทั้งสารที่ละลายน้ำได้และสารแขวนลอยกระจายปะปนกันอยู่ในน้ำซึ่งมีผลต่อการทำความสะอาดไม่มากนัก

ชนิดของผงซักฟอก [3-4]

แบ่งตามสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ที่เป็นส่วนประกอบได้ 4 ประเภท

1. ผงซักฟอกประเภทแอนไอออนิก (Anionic) มีสารลดแรงตึงผิวเป็นไอออนลบ สามารถชำระล้างคราบสกปรกประเภทคีนโคลนออกจากผ้าฝ้ายและเส้นใยธรรมชาติอื่นๆ ได้ดีเป็นพิเศษ มีฟองมาก และจะทำงานได้ดีในน้ำที่มีอุณหภูมิสูง
2. ผงซักฟอกประเภทแคตไอออนิก (Cationic) มีสารลดแรงตึงผิวเป็นไอออนบวก นิยมใช้ผสมน้ำยาปรับผ้านุ่มมากกว่าสารซักฟอก เนื่องจากประจุบวกสามารถสร้างความสมดุลหลังการซักผงซักฟอกส่วนใหญ่มักใช้สารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิก
3. ผงซักฟอกประเภทนอนไอออนิก (Nonionic) มีสารลดแรงตึงผิวที่ไม่เกิดการแตกตัวเป็นไอออน มีฟองน้อย ทำงานได้ดีในทุกสภาพน้ำ ไม่จำเป็นต้องเติมสารที่ทำให้ให้น้ำอ่อนเหมือนผงซักฟอก

ประเภทแอนไอออนิก ผงซักฟอกประเภทนอนไอออนิกมีความสามารถในการชำระคราบไขมันออกจากพอลิเอสเทอร์ และเส้นใยสังเคราะห์อื่นๆ ได้ดีเป็นพิเศษ

4. ผงซักฟอกประเภทแอมโฟเทอริก (Amphoteric) มีสารลดแรงตึงผิวประเภทละลายน้ำแล้วจะไม่แตกตัวเป็นไอออนจึงไม่มีประจุ ผงซักฟอกประเภทนี้มีสมบัติต่างกันตั้งแต่ละลายน้ำได้จนไม่ละลายน้ำ ประเภทที่ไม่ละลายน้ำมักใช้เป็นตัวดับฟองและตัวกระทำอิมัลชัน (Emulsifier) ส่วนประเภทที่ละลายน้ำมักใช้เป็นสารทำความสะอาด แต่เนื่องจากมีฟองน้อยจึงมักใช้คู่กับสารลดแรงตึงผิวประเภทลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต (Linear alkylbenzene sulfonate: LAS) หรือสารลดแรงตึงผิวประเภทแอนไอออนิกอื่นๆ

แบ่งตามกระบวนการผลิตได้ 2 ประเภท [4]

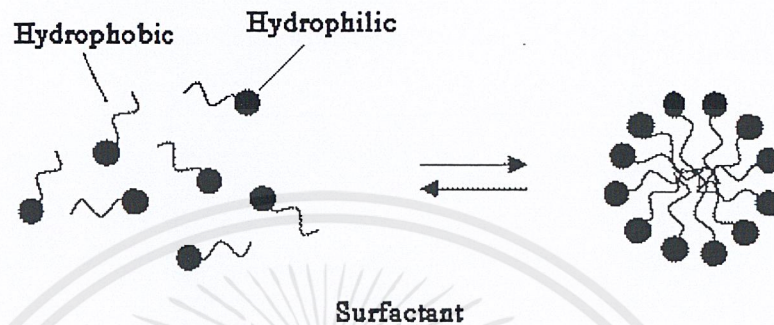
1. ผงซักฟอกสูตรมาตรฐาน (Standard laundry powder detergent) ได้แก่
 - 1.1 ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือ
 - 1.2 ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า
 - 1.3 ผงซักฟอกสูตรมาตรฐานชนิดซักฟอกด้วยมือและเครื่องซักผ้า
2. ผงซักฟอกสูตรเข้มข้น (Concentrated laundry powder detergent) ได้แก่
 - 2.1 ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ
 - 2.2 ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยเครื่องซักผ้า
 - 2.3 ผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือและเครื่องซักผ้า

ส่วนประกอบของผงซักฟอก [4-5]

ส่วนประกอบหลักของผงซักฟอก

1. สารลดแรงตึงผิว (Surfactants) มีประมาณร้อยละ 12-30 ของผงซักฟอก เป็นสารประกอบประเภทแอมฟิฟิลิก (Amphiphilic) คือ สารประกอบที่มีสองส่วนในโมเลกุลเดียวกัน คือ มีทั้งส่วนที่ชอบน้ำหรือไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) ซึ่งมักจะเป็นไฮโดรคาร์บอนโซ่ตรงที่มีอะตอมของคาร์บอน 8-20 อะตอม และส่วนที่ไม่ชอบน้ำหรือไฮโดรโฟบิก (Hydrophobic) ที่มีประจุซึ่งอาจเป็นได้ทั้งประจุบวกหรือประจุลบหรืออาจเป็นกลาง สารลดแรงตึงผิวเป็นสารที่ทำให้วัสดุเปียกน้ำได้ง่าย และทำให้สิ่ง

สกปรกหลุดออกมาเป็นอนุภาคเล็กๆ จากนั้นสิ่งสกปรกอนุภาคเล็กจะถูกล้อมรอบด้วยสารลดแรงตึงผิว สารลดแรงตึงผิวที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ ลิเนียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต



รูปที่ 2.1 ลักษณะของสารลดแรงตึงผิว [6]

2. สารลดความกระด้างของน้ำ (Builders) มีประมาณร้อยละ 30-50 ของผงซักฟอก สารนี้ไม่ได้ช่วยให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเนื้อผ้าโดยตรง แต่จะช่วยให้สารลดแรงตึงผิวมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยจะรักษาสมดุลความเป็นกรด-เบสของน้ำ และช่วยลดความกระด้างของน้ำลง ซึ่งทำให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเนื้อผ้าได้โดยง่าย สารที่นิยมใช้ เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate: STPP) และซีโอไลต์ เป็นต้น ผงซักฟอกในประเทศไทยบางสูตรนิยมใช้ซีโอไลต์ (Zeolite) แทนสารโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตที่มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำ

3. สารที่ทำหน้าที่กันสนิมหรือสารรักษาระดับความเป็นเบส (Alkaline builders) มีประมาณร้อยละ 5-10 ของผงซักฟอก ทำหน้าที่รักษาความเป็นเบสของผงซักฟอกตลอดการซัก ช่วยป้องกันการเกิดสนิมของชิ้นส่วนโลหะ เช่น ซิป กระดุม สารกันสนิมที่นิยม เช่น โซเดียมซิลิเกต และโซเดียมคาร์บอเนต

4. สารเพิ่มความสดใส (Optical brightening agents) มีสมบัติดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ทำให้เกิดการเรืองแสงและสะท้อนเข้าตา ทำให้ผ้าดูขาวสดใส ตัวอย่างสารเพิ่มความสดใส เช่น ไทโนปัลดีเอ็มเอส (Tinopal DMS)

5. สารกันคราบดิน (Anti-soil redeposition agent) มีประมาณร้อยละ 0.5-1 ของผงซักฟอก ป้องกันสิ่งสกปรกกลับมาเกาะผ้า ปัจจุบันนิยมใช้โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethyl cellulose)

ส่วนประกอบของผงซักฟอก

1. โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulphate) เป็นสารที่ป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของผงซักฟอก
2. สารเพิ่มฟอง (Suds booster) เป็นสารที่จะทำให้ผงซักฟอกเกิดฟองกับน้ำได้ดีเมื่อใช้ร่วมกับสารลดแรงตึงผิว นิยมใช้สำหรับผงซักฟอกชนิดซักฟอกด้วยมือ
3. สารฟอกและสารฟอกต้นตอ (Bleach precursor) รวมทั้งสารคงสภาพสำหรับสารฟอกต้นตอ (Stabilizer for bleach precursor) หมายถึง สารซึ่งเมื่อละลายในน้ำจะเกิดสารฟอกขึ้น
4. สารช่วยการละลาย (Hydrotrope) เป็นสารที่ทำให้ผงซักฟอกละลายในน้ำได้ดีขึ้น
5. สารกันหมอง (Anti-tarnishing agent) เป็นสารที่ช่วยให้สิ่งซักล้างส่วนที่เป็นโลหะไม่หมองคล้ำ
6. แอนติออกซิแดนต์ (Anti-oxidant) หรือตัวต้านออกซิเดชันเป็นสารที่ทำให้ส่วนประกอบบางอย่างของผงซักฟอกมีปฏิกิริยากับออกซิเจนช้าลง
7. เอนไซม์ (Enzyme) เป็นสารอินทรีย์ที่มีสมบัติช่วยย่อยโมเลกุลของโปรตีนหรือแป้งหรือไขมันให้เป็นหน่วยย่อยๆ ได้
8. น้ำหอม
9. สี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ดูสวยงาม
10. สารช่วยขยับสิ่งสกปรก (Soil releasing agent) เป็นสารที่ช่วยให้สิ่งสกปรกที่ติดผ้าหลุดออกง่ายขึ้น
11. สารต้านจุลินทรีย์ (Anti-microbial compound) เป็นสารที่ช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
12. สารละมุน (Mildness additive) เป็นสารที่ช่วยให้ผงซักฟอกไม่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง
13. สารคงสภาพการเก็บรักษา (Storage stabilizer) เป็นสารที่ช่วยให้เก็บผงซักฟอกไว้ได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ
14. สารช่วยให้ผ้านุ่ม (Fabric softening agent) เป็นสารที่ช่วยทำให้ผ้านุ่มหลังจากซักแล้ว
15. สารกันไฟฟ้าสถิต (Anti-static agent) เป็นสารที่ช่วยลดประจุไฟฟ้าสถิตที่เกิดขึ้นบนผ้า

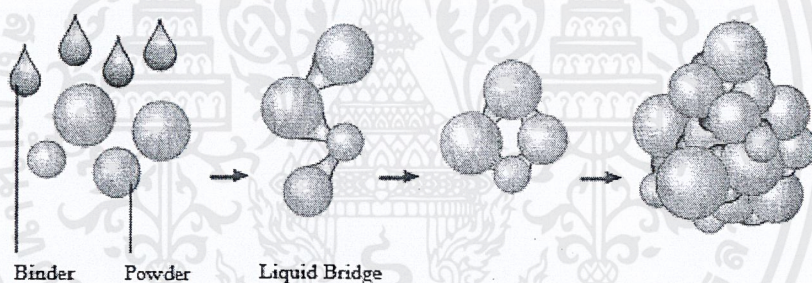
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16. สารกันการกัดกร่อน (Anti-corrosion agent) เป็นสารที่ช่วยลดการกัดกร่อนส่วนที่เป็นโลหะของเสื้อผ้า

17. น้ำ

2.2 การสร้างแกรนูลของผงซักฟอก [7-12]

กระบวนการเกิดเม็ด เป็นกระบวนการก่อตัวเกิดเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ (Coarse particles) จากการรวมตัวกันของผงวัตถุติด (Powder) โดยใช้ตัวประสาน (Binder) ซึ่งส่วนมากมักจะเป็นของเหลว สร้างพันธะภายใน (Liquid bridge) ระหว่างผงวัตถุติดกับตัวประสาน อนุภาคขนาดใหญ่ที่เกิดขึ้น เรียกว่า เม็ดหรือแกรนูล (Granule) การเกิดแกรนูลจะเกิดได้โดยการสร้างพันธะระหว่างผงวัตถุติดกับตัวประสานดังรูปที่ 2.2 หากปริมาณของผงวัตถุติดมากเกินไป แกรนูลที่ได้จะมีขนาดเล็ก ในทางกลับกันหากมีปริมาณของตัวประสานมากเกินไปจะได้แกรนูลขนาดใหญ่

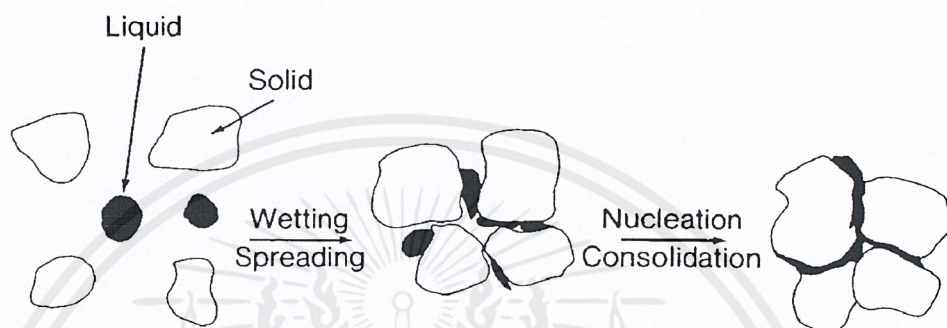


รูปที่ 2.2 การสร้างแกรนูลจากการรวมตัวกันของผงวัตถุติดกับตัวประสาน [7]

กลไกที่เกิดระหว่างการสร้างแกรนูล สามารถอธิบายได้ด้วย 2 กลไก ดังนี้ [8]

1. การสร้างนิวเคลียสระดับอนุภาค (Nucleation of particles) ดังรูปที่ 2.3 โดยการรวมตัวกันของผงวัตถุติด และการสร้างพันธะระหว่างผงวัตถุติดกับตัวประสานได้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เรียกอนุภาคที่เกิดขึ้นว่า Agglomerate ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่าแกรนูล ขั้นตอนนี้จะเกิดมากในช่วงแรกของกระบวนการสร้างแกรนูล เนื่องจากต้องมีการสร้างพันธะระหว่างผงวัตถุติดกับตัวประสานก่อนที่จะเกิดแกรนูล

2. การรวมตัวกันของ Agglomerates (Coalescence between agglomerates) ดังรูปที่ 2.4 คือ การเกาะรวมตัวกันของ Agglomerates ที่เกิดจากการสร้างนิวเคลียสระดับอนุภาคด้วยตัวประสานในกลไกนี้อนุภาคที่เกิดขึ้นจะมีขนาดใหญ่ขึ้นมากเทียบกับกลไกแรก และจะเกิดในช่วงหลังของกระบวนการสร้างแกรนูล



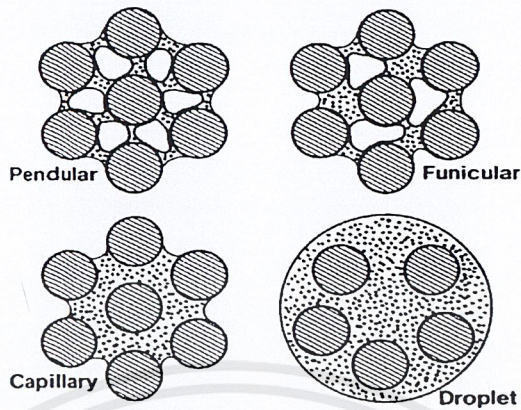
รูปที่ 2.3 การสร้างนิวเคลียสระดับอนุภาค [9]



รูปที่ 2.4 การเกาะตัวกันของ Agglomerates [9]

การสร้างแกรนูลสามารถแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.5

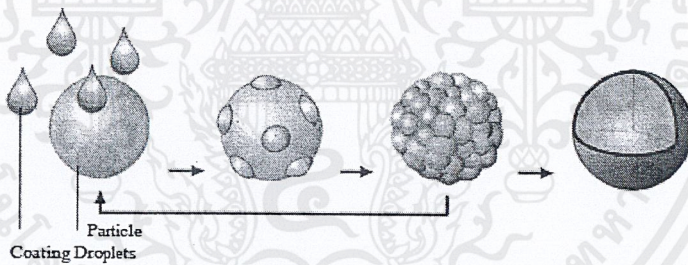
1. Pendular state คือ ขั้นที่มีปริมาณตัวประสานต่ำ มีการสร้างพันธะระหว่างผงวัตถุกับตัวประสานเกิดขึ้น แต่แรงยึดเหนี่ยวระหว่างพันธะมีค่าน้อย ทำให้แกรนูลในขั้นตอนนี้แตกได้ง่าย
2. Funicular state คือ ขั้นที่มีปริมาณตัวประสานมากขึ้น มีการสร้างพันธะมากขึ้น ทำให้ภายในแกรนูลมีลักษณะเหมือนรูพรุน
3. Capillary state คือ ขั้นที่มีตัวประสานเต็มทุกช่องว่างภายในแกรนูล
4. Droplet state คือ ขั้นที่มีตัวประสานมากเกินไป ทำให้มีลักษณะคล้ายสเลอรี



รูปที่ 2.5 กลไกการเกิดเม็ด [9]

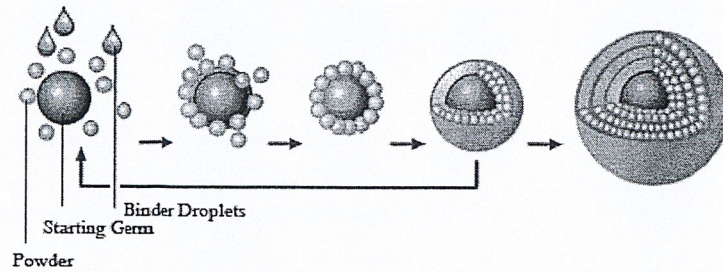
กลไกการสร้างแกรนูลลักษณะอื่นๆ

1. การเคลือบผิว (Coating) ดังรูปที่ 2.6 คือ การใช้ของเหลวซึ่งเป็นตัวประสานเคลือบผิวของแกรนูล กลไกนี้จะเกิดในกระบวนการที่มีการเติมตัวประสานอีกครั้งหลังจากสร้างแกรนูลแล้ว



รูปที่ 2.6 การเคลือบผิว [10]

2. การสร้างชั้น (Layering) ดังรูปที่ 2.7 เหมือนการเคลือบผิว แต่สารที่เคลือบผิวของแกรนูลเป็นอนุภาคขนาดเล็ก และกลไกนี้จะเกิดในกระบวนการที่มีการเติมอนุภาคหลังจากการสร้างแกรนูล



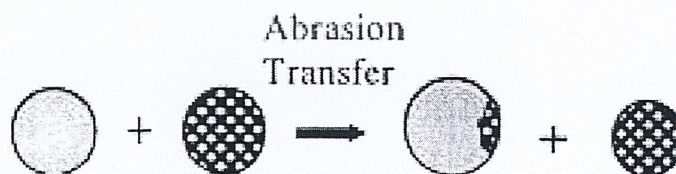
รูปที่ 2.7 การสร้างชั้น [11]

3. การแตกและสร้างรูปใหม่ของแกรนูล (Breakage and reshaping) ดังรูปที่ 2.8 เป็นการควบคุมขนาดของแกรนูลไม่ให้มีขนาดใหญ่เกินไป โดยใช้ใบตัด (Chopper) ซึ่งมีลักษณะเหมือนใบมีดตัดลดขนาดของแกรนูลโดยสร้างแรงเฉือนให้มากพอที่จะสามารถทำลายพันธะระหว่างอนุภาคกับตัวประสานได้ นอกจากนี้หากในกระบวนการสร้างแกรนูลมีแกรนูลเกิดมากเกินไป อาจทำให้เกิดการชนกันขณะที่เครื่องสร้างเม็ดยังทำงานอยู่ และทำให้แกรนูลแตกได้เช่นกัน



รูปที่ 2.8 การแตก และการสร้างรูปใหม่ของแกรนูล [12]

4. การถ่ายเทมวลเนื่องจากการเสียดสี (Abrasion transfer) ดังรูปที่ 2.9 เป็นการถ่ายเทมวลระหว่างแกรนูลเนื่องจากการเสียดสีกัน โดยการถ่ายเทนี้อาจทำให้อนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น เล็กลง หรือไม่เปลี่ยนแปลงก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะของการถ่ายเท



รูปที่ 2.9 การถ่ายเทมวลเนื่องจากการเสียดสี [12]

สมบัติของสารที่มีผลต่อการสร้างแกรนูล

1. Liquid carrying capacity (LCC) คือ ความสามารถในการดูดซับของเหลวของของแข็ง ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นพิจารณาว่า LCC ของวัตถุดิบที่ใช้ผลิตผงพื้นฐานคือ ซีโอไลต์ซึ่งทำหน้าที่สร้างแกรนูลจากการดูดซับสารละลายลิเธียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต ถ้าซีโอไลต์มีค่า LCC ต่ำ จะดูดซับลิเธียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตได้น้อยลง ทำให้เสมือนมีลิเธียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตในกระบวนการมากเกินไป ดังนั้นลิเธียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตจะรวมตัวกับวัตถุดิบที่เป็นของแข็งอื่นๆ และเกิด Oversize (ค่า LCC ของซีโอไลต์จาก Supplier ที่บริษัทใช้อยู่ ประมาณ 31 wt%)

2. % Non-dissolved organic matter (% NDOM) คือ ปริมาณสารแขวนลอยบนเปื้อนที่มีโอกาสขัดขวางการไหลของลิเธียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตและการฉีดลิเธียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตด้วย Spray nozzles จึงเกิดการเกาะตัวกับวัตถุดิบที่เป็นของแข็งต่างๆ ในกระบวนการและเกิดผงพื้นฐานขนาดใหญ่

2.3 กลไกการทำความสะอาดของผงซักฟอก [12]

1. การทำให้สิ่งสกปรกและพื้นผิวเปียก (Wetting) ใช้สารลดแรงตึงผิวซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีส่วนที่ละลายน้ำได้และส่วนที่ไม่ละลายน้ำไม่ได้ โดยโมเลกุลส่วนที่ไม่ละลายน้ำจะถูกแรงผลักรวมออกไปจับสิ่งสกปรก โมเลกุลของสารลดแรงตึงผิวจะเรียงตัวอยู่ที่ผิวของน้ำทำให้พื้นผิวเปียก
2. การสะเทิน (Neutralization) ส่วนใหญ่สิ่งสกปรกจะมีฤทธิ์เป็นกรด แต่เนื่องจากการทำความสะอาดจะเกิดได้ดีในสภาพที่เป็นเบส จึงต้องทำให้เกิดการสะเทินและปรับสภาพให้เป็นเบสก่อนเริ่มกลไกทำความสะอาด
3. การชะล้างสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิว (Detergency) จะอาศัยสมบัติการลดแรงตึงผิวระหว่างสิ่งสกปรกกับพื้นผิวของสารลดแรงตึงผิว
4. การละลายน้ำ (Dissolving) สิ่งสกปรกบางชนิดสามารถขจัดออกได้โดยการละลายในน้ำ
5. การเปลี่ยนสภาพเป็นสบู่ (Saponifiable) ไขมันต่างๆ เมื่อทำปฏิกิริยากับเบสจะแปรสภาพเป็นสบู่ซึ่งสามารถละลายหรือแขวนลอยในน้ำได้

6. การแขวนลอยในน้ำ (Emulsion) เป็นสารประเภทน้ำมันที่ไม่สามารถละลายในน้ำแต่สามารถขจัดออกได้โดยสารลดแรงตึงผิว สารซักฟอกจะเอาส่วนที่เป็น โมเลกุลที่ละลายได้ในน้ำมัน (Hydrophobic) เข้าไปทำให้น้ำมันแขวนลอยและกระจายอยู่ในน้ำ

7. การป้องกันการกลับเข้าจับใหม่ (Suspension or prevention of redeposition) สารประเภทซิลิเกต (Silicate) จะป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกที่ถูกขจัดออกและไม่ละลายน้ำกลับมารวมตัวกันแล้วเข้าไปจับเส้นใยของเสื้อผ้าได้อีก ดังนั้นสิ่งสกปรกจะแขวนลอยอยู่ในน้ำและถูกขจัดออกไป

2.4 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ [12]

กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือของบริษัท รูปที่ 2.10 ใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติที่เรียกว่า SCADA (Supervisory control and data acquisition) เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตและปริมาณการใส่วัตถุดิบในขั้นตอนต่างๆ

2.4.1 ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่เป็นของแข็งตามมาตรฐานที่บริษัทกำหนดไว้สำหรับแต่ละสูตร แล้วจึงปล่อยลงถึงผสม

2.4.2 ผสมวัตถุดิบที่เป็นของแข็งเข้าด้วยกัน จากนั้นจึงฉีดสารตั้งต้นที่เป็นของเหลว เช่น Linear alkylbenzene sulfonate และ NI-CBSX (สารเพิ่มความขาว) เป็นต้น แล้วปั่นผสมตามเวลาตามมาตรฐานที่บริษัทกำหนด

2.4.3 ลำเลียงผงพื้นฐานที่ได้ผ่านสายพานไปยังเครื่องลำเลียงผงพื้นฐานด้วยอากาศ (Air lift) และเครื่องคัดขนาด ผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่เกินมาตรฐานจะถูกนำไปบดลดขนาดโดยใช้ Cutter แล้วจึงลำเลียงไปยัง Air lift เพื่อคัดขนาดอีกครั้ง

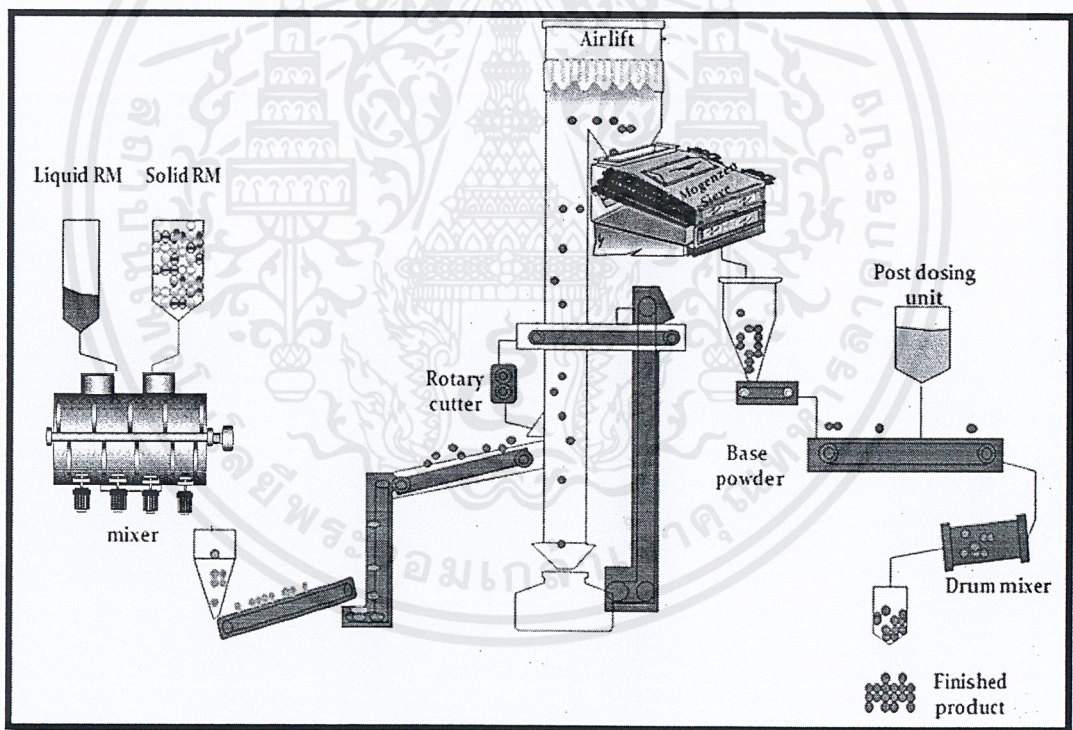
2.4.4 ส่งผงพื้นฐานไปเติมสารเติมแต่ง เช่น เกล็ดสี เอมไซม์ เป็นต้น จากนั้นจึงส่งเข้า Drum mixer แล้วเติมน้ำหอมและได้ผงซักฟอก จากนั้นเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อตรวจสอบสมบัติต่างๆ เทียบกับมาตรฐานของบริษัทที่กำหนดไว้

2.4.5 บรรจุผลิตภัณฑ์ผงซักฟอกที่ผ่านการตรวจสอบ เพื่อจัดจำหน่ายต่อไป

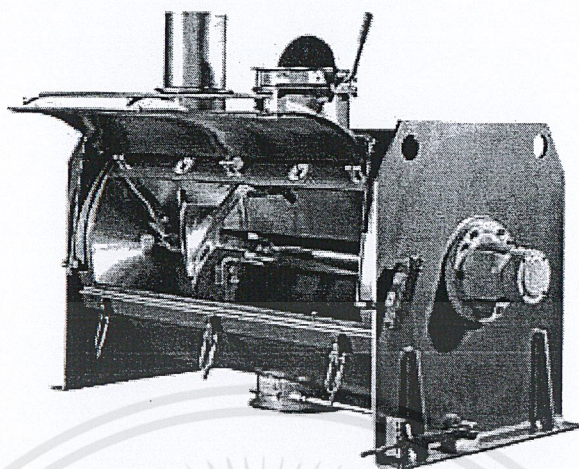
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับถังผสม

Ploughshare mixer (PSM) [13-14]

Ploughshare mixer (PSM) (รูปที่ 2.11) เป็นถังผสมแบบหนึ่งที่ใช้ในการผลิตผงพื้นฐานสำหรับผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักมือ ทำหน้าที่เป็นทั้งถังผสม (Mixer) และเครื่องสร้างเม็ด (Granulator) ในเครื่องเดียวกัน มีลักษณะเป็นถังผสมที่วางในแกนนอน ตรงแกนกลางเป็นเพลลา (Shaft) และมีใบเฉือน (Ploughshare) ติดที่แขนของเพลลาแกนกลาง ซึ่งจะกวาดไปรอบถังผสมในแนวรัศมี ทำหน้าที่ปั่นผสมวัตถุดิบให้เข้ากันได้ด้วยความเร็วรอบใบกวาดประมาณ 85 rpm ทำให้วัตถุดิบเคลื่อนไหวขึ้นลงและเคลื่อนไปด้านข้างอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังมีชุดใบตัด (Chopper) ติดอยู่ที่ด้านล่างของถังผสมเพื่อทำให้แกรนูลที่มีขนาดใหญ่แตกตัวและป้องกันไม่ให้ผงพื้นฐานมีขนาดใหญ่เกินไป



รูปที่ 2.10 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ [12]



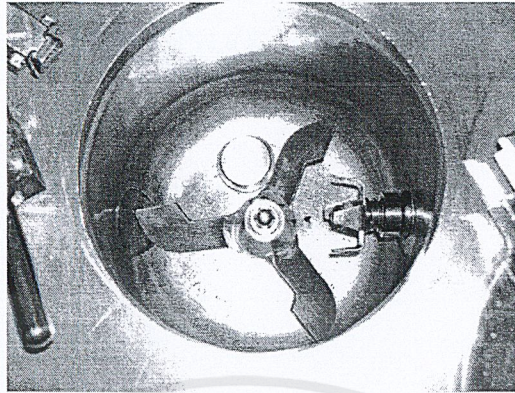
รูปที่ 2.11 ถังผสมแบบ Ploughshare mixer [14]

นอกจากนี้ ถ้าต้องการให้ใบกวนกวาดทั่วตัวถัง ถังผสมจะต้องมีรูปร่างเป็นทรงกลมหรือเป็นรูปตัวซี (C) เนื่องจากถังรูปตัวซีที่มีส่วนบนแบนราบทำให้สะดวกในการติดตั้งอุปกรณ์เสริม เช่น ฮอปเปอร์ที่ใช้เทวัสดุเข้าถังผสม

Ploughshare mixer ทำงานโดยใช้รูปร่าง ตำแหน่ง และความเร็วรอบการหมุนของอุปกรณ์การผสม และหลักกลศาสตร์ของการไหลของวัสดุ โดยสร้างแรงหมุนในแนวแกนทำให้วัสดุคืบที่แม้ว่าจะมีหลายขนาดถูกกระจายออกไปแล้วผสมกันทุกทิศทาง Ploughshare mixer สามารถใช้ได้กับวัสดุที่เป็นผงละเอียดจนถึงวัสดุที่เหนียวเป็ยก นอกจากนี้ยังใช้กับวัสดุที่ขึ้น และเกาะกันเป็นก้อน หรือวัสดุที่เกาะกันเป็นเม็ด นิยมใช้ในการผสมเม็ดสีเข้ากับวัสดุผง การผสมและทำให้วัสดุแตกตัวในขณะเดียวกัน หรือการผสมก้อนไขมันเข้ากับแป้ง เป็นต้น

Fukae mixer (FKM) [15]

เป็นเครื่องสร้างเม็ดแบบผสมสามารถสร้างแกรนูลจากการผสมระหว่างตัวประสานที่มีความหนาแน่นสูงกับอนุภาคได้โดยใช้แรงเฉือนและความเร็วรอบของใบกวนสูง (High shear and speed agitator) ใบกวนทำหน้าที่ทั้งปั่นผสมสารและตัด (Chopper) เพื่อไม่ให้เกิดแกรนูลขนาดใหญ่เกินไป ความเร็วรอบของใบกวนประมาณ 100 - 500 rpm และต่ำกว่าความเร็วรอบของ Chopper ซึ่งอยู่ที่ประมาณ 1,000 - 3,000 rpm รูปที่ 2.12 แสดงถังผสมแบบ Fukae mixer



รูปที่ 2.12 ถังผสมแบบ Fukae mixer [15]

จากความต้องการเพิ่มกำลังการผลิตของกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้น บริษัทจึงใช้ถังผสมแบบ Ploughshare mixer แทน Fukae mixer ที่มีข้อจำกัด ดังนี้

- ปริมาณการผลิตต่อเบตช์ (Batch size) ต่ำกว่าถังผสมแบบ Ploughshare mixer
- เนื่องจากเป็นถังผสมในแนวตั้ง (Vertical mixer) จึงมีมอเตอร์ขนาดใหญ่และใช้พลังงานสูง
- ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมาก

หลังจากที่เปลี่ยนใช้ Ploughshare mixer เนื่องจากใบตัดของ Ploughshare mixer มีขนาดเล็กและไม่มีความคมจึงไม่สามารถตัดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่เหมือน Fukae mixer ได้ ทำให้เกิด Oversize มาก

2.6 ลักษณะเฉพาะของผงพื้นฐาน

ลักษณะเฉพาะของผงพื้นฐานของผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักด้วยมือที่บริษัทพิจารณา เช่น % Oversize, % Fine (เปอร์เซ็นต์ของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่และเล็กกว่ามาตรฐาน) % Active detergent (% AD) ความหนาแน่นรวม เป็นต้น

2.6.1 % Oversize คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานต่อผงพื้นฐานทั้งหมด ดังสมการ

$$\% \text{ Oversize} = \frac{O}{T} \times 100\% \quad (2.1)$$

O : น้ำหนักของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานของบริษัท

T : น้ำหนักของผงพื้นฐานทั้งหมด

วิธีการหาและเก็บตัวอย่าง % Oversize ศึกษาได้จากบทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน



รูปที่ 2.13 ลักษณะของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน

2.6.2 Bulk density คือ ความหนาแน่นรวมของผงพื้นฐาน มีความสำคัญต่อต้นทุนการผลิต ผงซักฟอก ความหนาแน่นรวมของผงซักฟอกแปรผันตรงกับ ความหนาแน่นรวมของผงพื้นฐาน ถ้าความหนาแน่นรวมของผงซักฟอกมีค่าต่ำมากจะต้องเพิ่มปริมาณที่บรรจุลงผลิตภัณฑ์มากขึ้นเพื่อให้ได้น้ำหนักตามที่ระบุซึ่งจะทำให้เกิด Give away

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีและกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ

- ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับผงซักฟอก
- ศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นของบริษัท และผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ
- ศึกษากลไกการสร้างแกรนูลของผงพื้นฐาน
- ศึกษาเครื่องมือ/อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแกรนูล เช่น เครื่องผสมแบบ Fukae mixer และ Ploughshare mixer

3.2 กำหนดเปอร์เซ็นต์ของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน (% Oversize) ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานก่อนการดำเนินงาน

เก็บและบันทึกข้อมูลปริมาณของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานของการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือก่อนการดำเนินงาน เพื่อคำนวณเปรียบเทียบกับมาตรฐานของบริษัท ซึ่งบริษัทกำหนดมาตรฐานของ % Oversize ไม่เกิน 25 wt%

ขั้นตอนการหา % Oversize คือ ชั่งผงพื้นฐานประมาณ 900-1,000 กรัม และร่อนโดยใช้ตะแกรงมาตรฐานของบริษัท (20 เมช ขนาดรูเปิด 1.2 มิลลิเมตร) แล้วชั่งน้ำหนัก % Oversize คือผงพื้นฐานที่ไม่ผ่านตะแกรง การคำนวณดังสมการที่ (2.1)

3.3 วิเคราะห์ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน

3.3.1 เขียนแผนภาพกระบวนการ (Process mapping) และระบุปัจจัยที่เกี่ยวข้องทุกขั้นตอนในกระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ

3.3.2 วิเคราะห์ขั้นตอนในกระบวนการที่มีผลต่อการเกิด Oversize แล้วเขียน Process mapping เฉพาะส่วนการผลิตผงพื้นฐาน โดยละเอียด และระดมสมองเขียนแผนภูมิแสดงสาเหตุและผล

3.3.3 เขียน Causes and effect matrix ระดมสมอง และสร้างกราฟสมมติฐานความมีนัยสำคัญ ของปัจจัยตามลำดับคะแนน เพื่อคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยในกระบวนการผลิต ผงพื้นฐานที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด Oversize สำหรับทดสอบในกระบวนการผลิตต่อไป

3.4 ออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ระดับ สำหรับปัจจัยที่เลือกจาก Causes and effect matrix (ทดสอบแต่ละปัจจัยที่ระดับสูง (+) และระดับต่ำ (-) และมีจำนวนการ ทดสอบซ้ำเท่ากับ 4)

3.5 การทดสอบผลของปัจจัยในกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่ กว่ามาตรฐานและการสร้างสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer

3.5.1 ปรับค่าของปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Causes and effect matrix ที่ Ploughshare mixer โดยจะคำนวณ % Oversize จากตัวอย่างของผงพื้นฐานที่เก็บจาก 4 แบทซ์สำหรับการ ปรับค่าของแต่ละปัจจัยที่ทดสอบระดับสูง และจากอีก 4 แบทซ์ของการทดสอบปัจจัยนั้นที่ระดับต่ำ

3.5.2 การคำนวณ % Oversize (โครงการนี้ตั้งเป้า % Oversize ต้องไม่เกิน 20-25 wt%)

3.5.3 สร้างกราฟแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการผลิตต่างๆ ที่ทดสอบ และ % Oversize ที่เกิดขึ้น จากนั้นวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญของปัจจัยการผลิตที่เกิด % Oversize ไม่เกิน 20-25 wt%

3.5.4 สร้างสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer ที่ประกอบด้วยปัจจัยที่เกิด % Oversize ไม่เกิน 20-25 wt%

3.6 ทดสอบสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer และคำนวณ % Oversize หลังการดำเนินงาน

3.6.1 กำหนด % Oversize ที่ยอมรับได้ในสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer

3.6.2 คำนวณภาวะปฏิบัติการจากสมการ (ปัจจัยการผลิตของ Ploughshare mixer ที่เกิด % Oversize ตามค่าที่ยอมรับได้ที่กำหนดคือ ไม่เกิน 20-25 wt%)

3.6.3 ผลิตผงพื้นฐานด้วยค่าภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer ตามค่าที่คำนวณได้จาก สมการ ซึ่งมาจากปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเกิดผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน

3.6.4 เปรียบเทียบ % Oversize จากกระบวนการผลิต กับ % Oversize จากการคำนวณด้วย
ค่าที่ยอมรับได้เพื่อการยอมรับหรือการปรับสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer

3.7 สรุปผลการดำเนินงาน



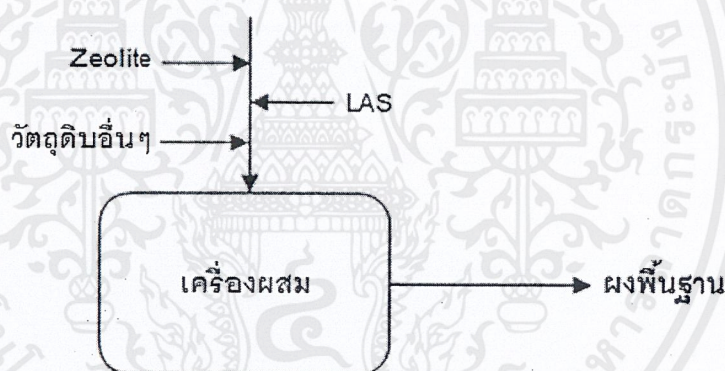
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์ผล

4.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ

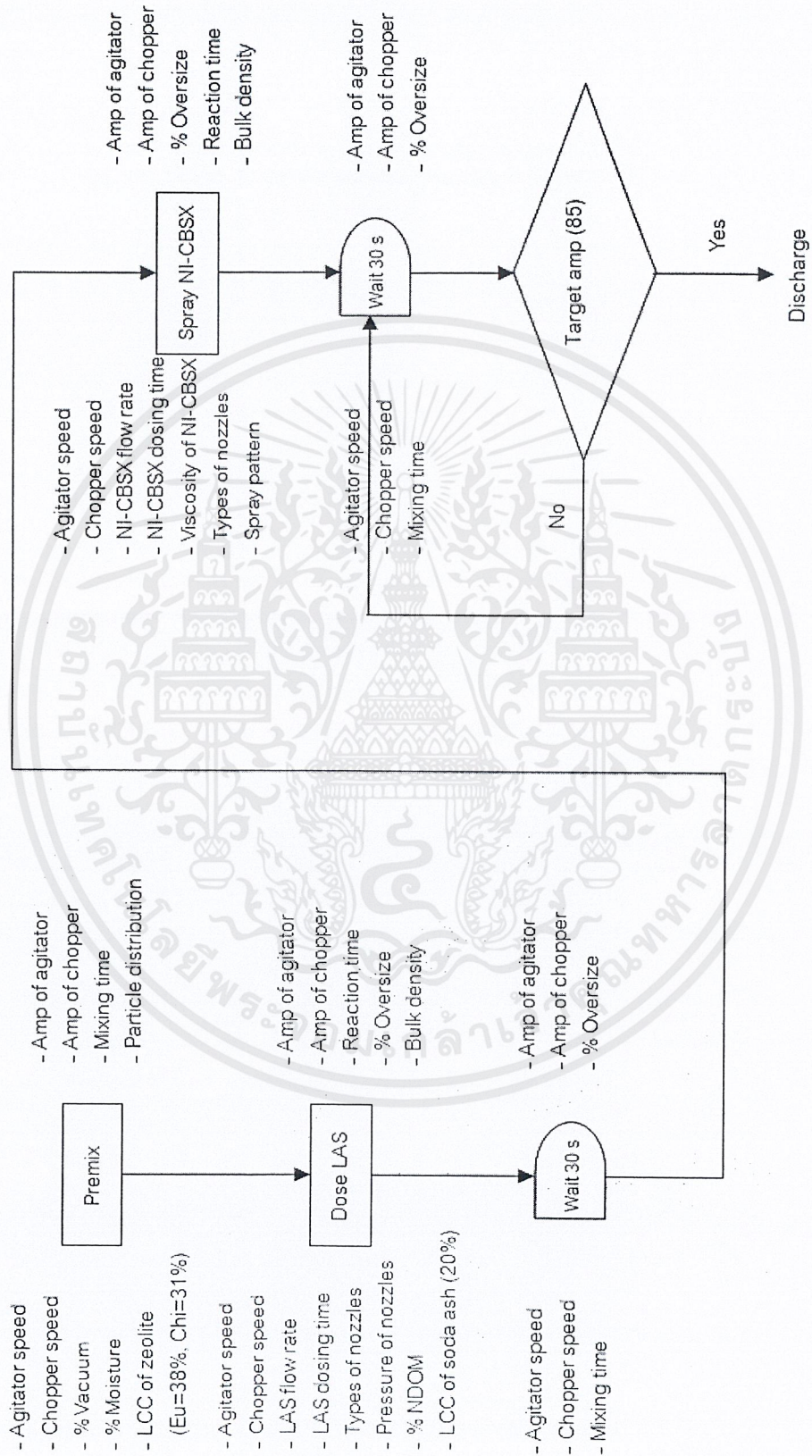
กระบวนการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ กระบวนการผลิตผงพื้นฐานซึ่งเป็นส่วนการผสมวัตถุดิบทั้งของแข็งและของเหลวด้วยเครื่องผสม และกระบวนการการ Post dosing ที่ผสมผงพื้นฐานกับสารเติมแต่งตามสูตรของผงซักฟอกแต่ละชนิด แล้วจึงนำเข้ากระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์ รูปที่ 4.1 แสดงวัตถุดิบหลักที่เติมลงเครื่องผสมของส่วนการผลิตผงพื้นฐาน จากการเก็บข้อมูลที่แผนกการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ พบว่า ส่วนการผลิตผงพื้นฐานเกิด Oversize 37 wt%



รูปที่ 4.1 วัตถุดิบหลักที่เติมในเครื่องผสมในส่วนการผลิตผงพื้นฐาน

4.2 ปัจจัยในกระบวนการผลิตที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดผงพื้นฐานขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานในส่วนการผลิตผงพื้นฐาน

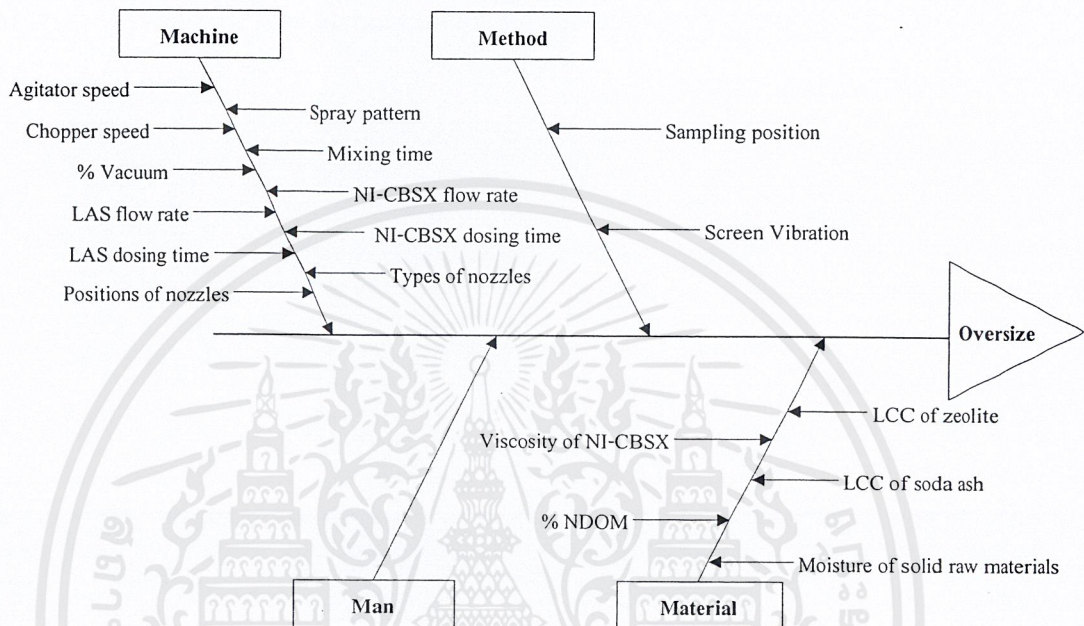
แผนภาพของกระบวนการผลิตผงพื้นฐาน และแผนภูมิแสดงสาเหตุและผล ปัจจัยขาเข้าและค่าของปัจจัยอื่นที่เป็นผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภาวะของปัจจัยดังกล่าวโดยละเอียดเนื่องจากเป็นขั้นตอนสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกิด Oversize แสดงดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



รูปที่ 4.2 แผนภาพกระบวนการและปัจจัยที่ทำให้เกิด Oversize ที่ส่วนการผลิตผงพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพกระบวนการผลิตผงพื้นฐาน แผนภูมิแสดงสาเหตุและผล และการระดมสมอง จัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด Oversize ด้วย Causes and effect matrix ดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 แผนภูมิแสดงสาเหตุและผลแสดงปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดผงพื้นฐานขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 4.1 Causes and effect matrix แสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด Oversize เมื่อคิดเชิงเศรษฐศาสตร์

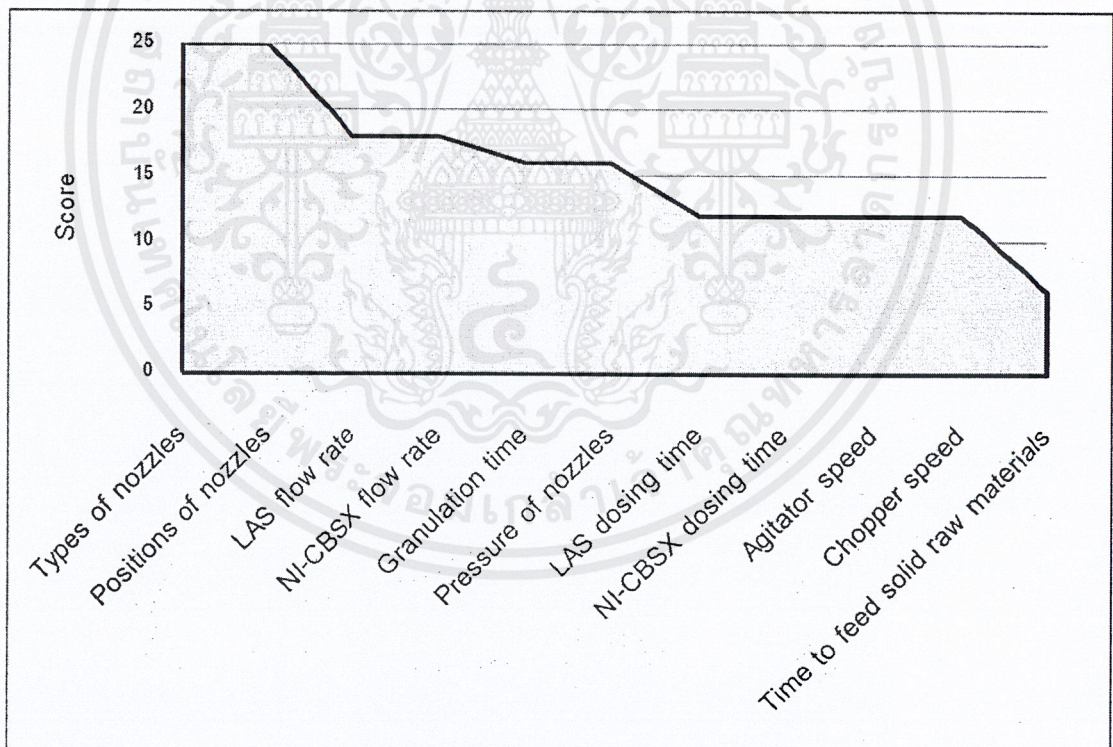
No.	Process input	% Oversize	BD	Total	Rank
		5	5	5x5 = 25	
1	Time to feed solid raw materials	2.5	2.5	6.25	5
2	LAS dosing time	4	3	12	4
3	NI-CBSX dosing time	4	3	12	4
4	Granulation time	4	4	16	3
5	LAS flow rate	4.5	4	18	2
6	NI-CBSX flow rate	4.5	4	18	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 Causes and effect matrix แสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด Oversize เมื่อเกิดเชิงเศรษฐศาสตร์ (ต่อ)

No.	Process input	% Oversize	BD	Total	Rank
		5	5	5x5 = 25	
7	Pressure of nozzles	4	4	16	3
8	Agitator speed	3	4	12	4
9	Chopper speed	3	4	12	4
10	Types of nozzles	5	5	25	1
11	Positions of nozzles	5	5	25	1

หมายเหตุ คะแนนเต็มรวมเท่ากับ คะแนนเต็มของ Oversize 5 คะแนน คูณกับคะแนนเต็มของ Bulk density 5 คะแนน (50% ของคะแนนเต็มเท่ากับ 12.5 คะแนน)



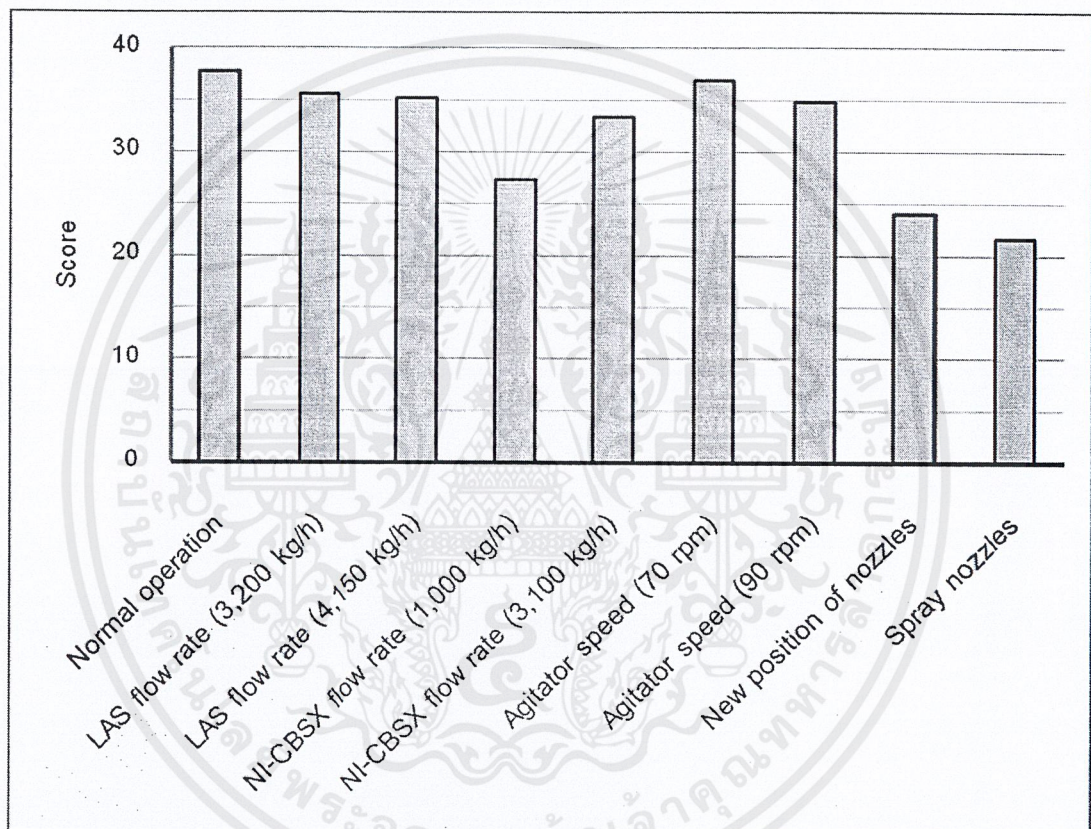
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิด Oversize

จาก Causes and effect matrix และการจัดลำดับความสำคัญ เลือกปัจจัยที่มีคะแนนมากกว่า 50% ของคะแนนเต็ม คือ 12.5 คะแนน ได้แก่ อัตราการไหลของ LAS อัตราการไหลของ NI-CBSX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง และชนิดของหัวฉีดใน Ploughshare mixer และปัจจัยที่มีความสะดวกในการทดสอบค่าในกระบวนการ ได้แก่ ความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer มาทดสอบหาความสัมพันธ์ของปัจจัยนั้นๆ (ที่ระดับสูงและระดับต่ำ) กับ % Oversize ที่เกิดขึ้น และเปรียบเทียบกับการผลิตตามภาวะการผลิตปกติ (Normal operation) ดังรูปที่ 4.5

4.3 ผลการทดสอบการลด % Oversize



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ย 4 แบบทซ์ ของ % Oversize กับปัจจัยต่างๆ

การคำนวณ % Oversize แสดงวิธีในภาคผนวก ก จากรูปที่ 4.5 ปัจจัยที่สามารถลด % Oversize ลง 10% จากค่า % Oversize ตามภาวะการผลิตปกติก่อนการดำเนินงาน (37%) ได้แก่

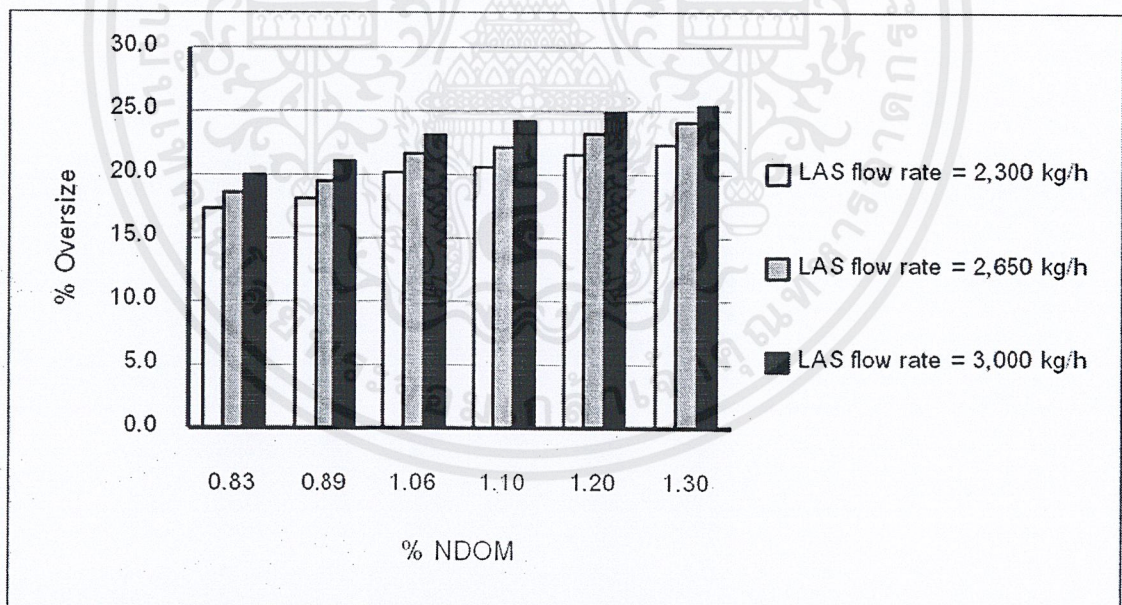
1. การลดอัตราการไหลของ NI-CBSX จาก 3,100 kg/h เป็น 1,000 kg/h
2. การเปลี่ยนหัวฉีดจากแบบใช้แรงเหวี่ยงเป็นแบบพ่นฝอย
3. การปรับระยะหัวฉีดที่ตำแหน่งเหนือแกนเพลลาของถังผสมผงพื้นฐานจาก 10 ซม. เป็น 45 ซม. เพราะทำให้การกระจายของลิเนียร์อัลทิลเบนซินซัลโฟเนตที่เข้าถังผสมผงพื้นฐานดีขึ้น

หมายเหตุ เฉพาะการเปลี่ยนประเภทของหัวฉีดและการปรับระยะหัวฉีด บริษัทได้ทำมาก่อนในถังผสมแบบ Fukae mixer

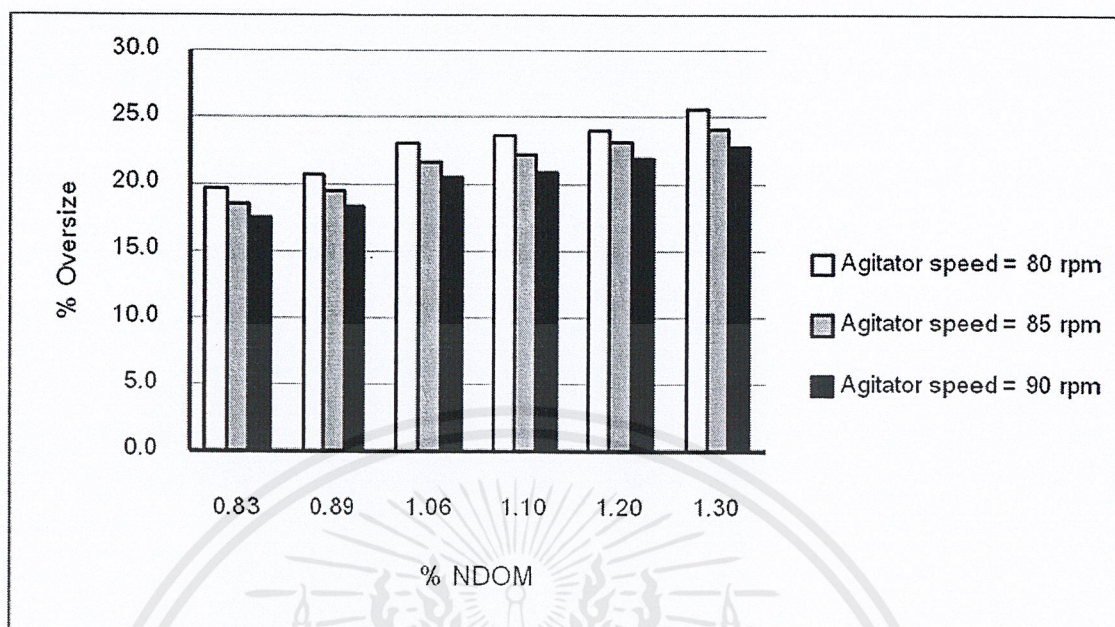
ดังนั้น จึงใช้ปัจจัยดังกล่าวเป็นแนวทางในการทดสอบกับ Ploughshare mixer ดังนี้

1. อัตราการไหลของ NI-CBSX เท่ากับ 1,000 kg/h
2. ชนิดของหัวฉีดที่ใช้เป็นแบบพ่นฝอย
3. ระยะของหัวฉีดเหนือแกนเพลลาของถังผสมผกพื้นฐานเท่ากับ 45 เซนติเมตร

แต่กลับพบว่าเมื่อใช้ลิเียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต Lot ใหม่ กับปัจจัยเหล่านี้ ปริมาณ Oversize ที่ได้เมื่อปรับปัจจัยดังกล่าวไม่ค่อยคงที่ ดังนั้นจึงทดสอบเพิ่มเติมกับอัตราการไหลของลิเียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต ความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer และ % Non-dissolved organic matter (% NDOM) ซึ่งเป็นปริมาณสารแขวนลอยปนเปื้อนที่มีโอกาสขัดขวางการไหลของลิเียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต และการฉีดลิเียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตด้วย Spray nozzles ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 4.6 และ 4.7



รูปที่ 4.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %Oversize กับ %NDOM (Agitator speed = 85 rpm)

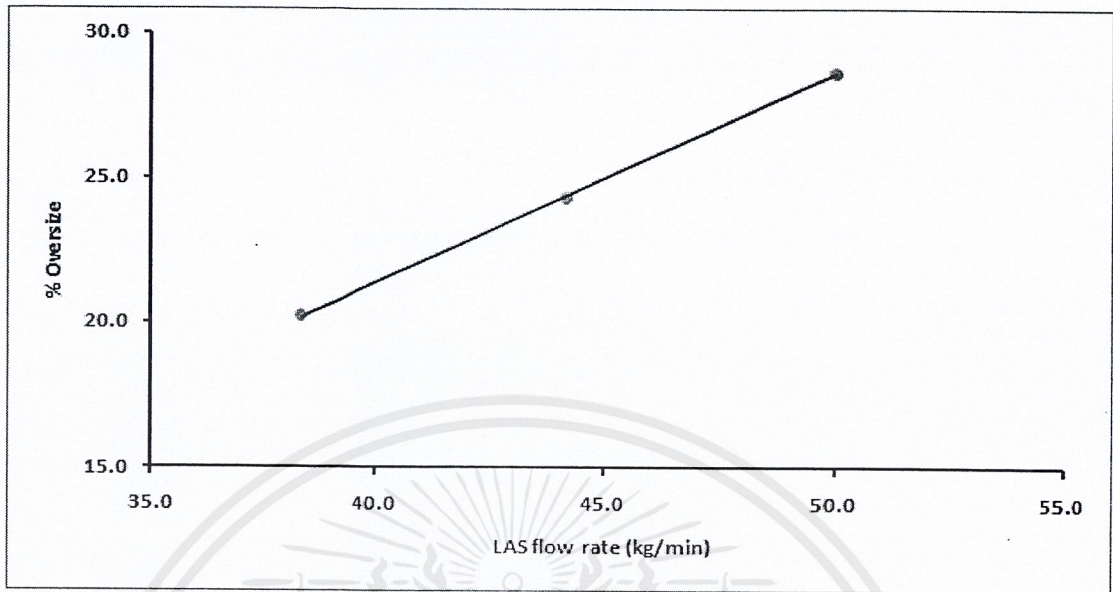


รูปที่ 4.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Oversize กับ % NDOM (LAS flow rate = 2,650 kg/h)

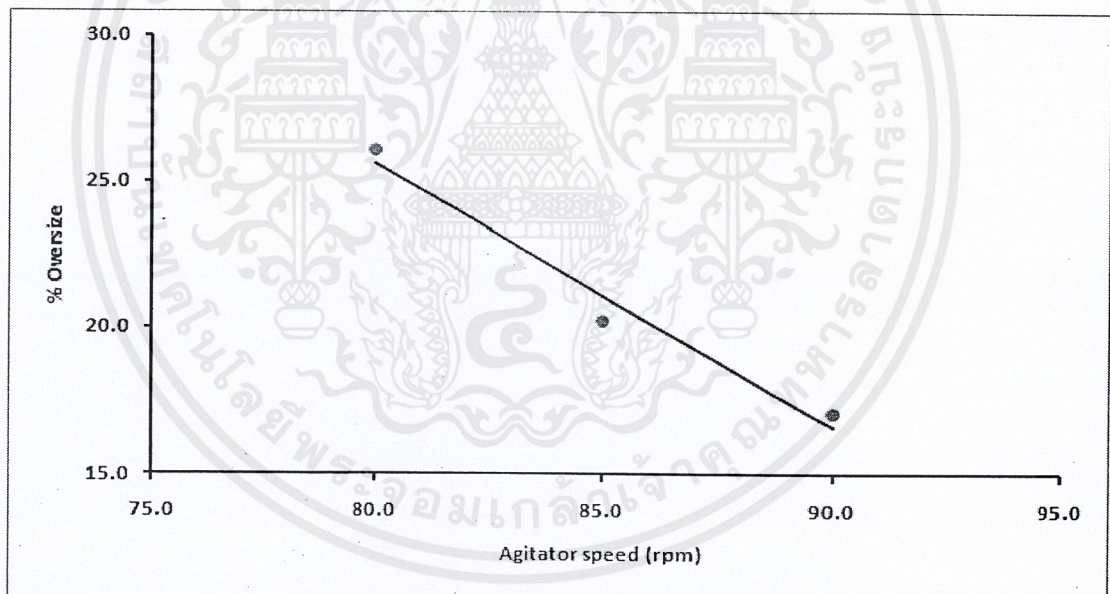
จากรูปที่ 4.6 และ 4.7 พบว่าการเกิด % Oversize สูงขึ้น เมื่อ % NDOM เพิ่มขึ้น เพราะมีสารปนเปื้อนรบกวนการฉีดลิเอร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตด้วย Spray nozzles แต่เนื่องจากต้องการควบคุม % Oversize ให้อยู่ระหว่าง 20-25 wt% ดังนั้นทำได้โดยปรับอัตราการไหลของลิเอร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตให้ต่ำลง (ดังรูปที่ 4.6) และการเพิ่มความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer เพราะการปั่นเป็นละอองและการผสมจะดีกว่า แต่ต้องระวังว่าการปรับอัตราการไหลของลิเอร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตต่ำลงจะเพิ่มเวลาในการผลิตต่อกะ (Productivity ลดลง) ดังนั้นเพื่อความสะดวกของพนักงานในการตั้งค่าอัตราการไหลของลิเอร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต หรือความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer จึงใช้สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer ที่ข้อกำหนดว่า % Oversize ต้องอยู่ระหว่าง 20-25 wt%

4.4 สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer และการทดสอบ

รูปที่ 4.8 และ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง % Oversize กับอัตราการไหลของลิเอร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตและความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer



รูปที่ 4.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Oversize กับอัตราการไหลของ LAS



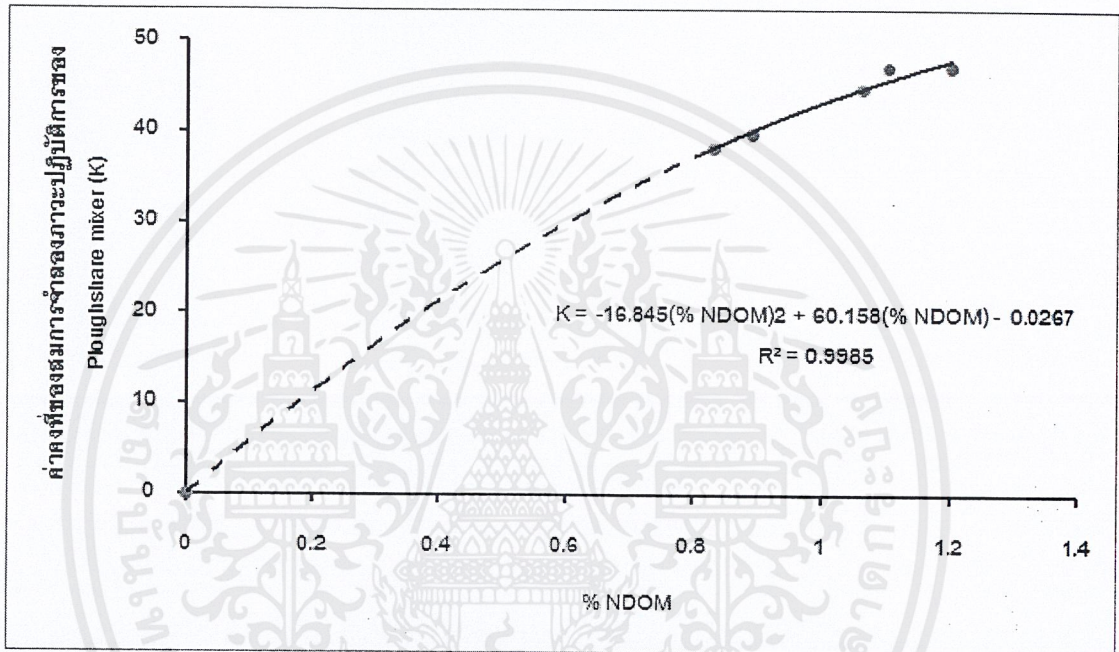
รูปที่ 4.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง % Oversize กับความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer

หมายเหตุ การทดลองในรูปที่ 4.8 และ 4.9 ทำซ้ำ 3 ครั้ง

จากรูปที่ 4.8 และ 4.9

$$\begin{aligned} \% \text{ Oversize} &= \alpha \quad (\text{LAS flow rate/Agitator speed}) \\ &= K (\text{LAS flow rate/Agitator speed}) \end{aligned}$$

K คือ ค่าคงที่ของสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer และมีความสัมพันธ์กับ % NDOM เชิงสมการพหุนาม ซึ่งหาได้จากรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่ของสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer (K) กับ % NDOM

หมายเหตุ % NDOM ที่ใช้หาค่า K จากกราฟในรูปที่ 4.10 (ไม่เกิน 2.5 wt% เป็นค่าที่ทำให้ค่า K สูงสุด)

กำหนด % Oversize ที่ยอมรับได้ในสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของถังผสมผงพื้นฐานที่สร้างขึ้น และอัตราการไหลของ LAS หรือความเร็วรอบของใบกวน (และคำนวณกลับเป็น % Oversize เพราะไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของ LAS ได้แน่นอน) จะได้ความเร็วรอบของใบกวนหรืออัตราการไหลของ LAS ที่คำนวณได้จากสมการ เพื่อใช้ตั้งค่าปัจจัยนั้นที่หน่วยผลิตผงพื้นฐาน เปรียบเทียบค่า % Oversize จากการคำนวณด้วยค่า % Oversize ที่ยอมรับได้กับค่าที่ได้จากกระบวนการผลิต พบว่ามีความคลาดเคลื่อน 3.7% ดังตารางที่ 4.2 (ยอมรับได้เพราะไม่เกิน 5.5% วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.2 % Oversize จากกระบวนการผลิตและจากการคำนวณด้วยค่าที่ยอมรับได้

% Oversize จากการผลิต	ค่า % Oversize ที่ยอมรับได้	ผลต่าง
22.1	23.9	1.8
20.2	18.6	1.6
17.1	16.3	0.8
23	25.1	2.1
21	19.5	1.5
18	17.1	0.9
ค่าเฉลี่ยของผลต่าง		1.5
ความคลาดเคลื่อน		3.7%

ดังนั้น สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer แสดงได้ดังนี้

$$O = K (L_f / A_s) \quad (4.1)$$

- O : % Oversize ที่ยอมรับได้ (20-25 wt%)
- K : ค่าคงที่ที่เกิด % Oversize (จากรูปที่ 4.10)
- L_f : อัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต (kg/min) ปรับได้ในช่วง 0-60 kg/min
- A_s : ความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer (rpm) ปรับได้ในช่วง 70-95 rpm

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

1. ปฏิบัติการแก้ไขเบื้องต้นเพื่อลด % Oversize ทำได้ดังนี้

- กำหนดอัตราการไหลของ NI-CBSX เท่ากับ 1,000 kg/h
- เปลี่ยนหัวฉีดที่ถังผสมผงพื้นฐานจากแบบใช้แรงเหวี่ยงเป็นแบบพ่นฝอย และปรับระยะหัวฉีด

ที่ตำแหน่งเหนือแกนเพลลาของถังผสมผงพื้นฐานจาก 10 ซม. เป็น 45 ซม.

2. การควบคุม % Oversize ให้ไม่เกิน 20-25 wt% ปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ได้แก่

- อัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต
- ความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer
- % NDOM (Non-dissolved organic matter) ของลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต

สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer ที่สร้างขึ้นในโครงการนี้สามารถคำนวณอัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต หรือความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer ที่ % NDOM ต่างๆ (เมื่อ % NDOM ไม่เกิน 1.2 wt%) เพื่อใช้ตั้งค่าในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานได้โดย % Oversize ยอมรับได้ที่ 20-25 wt%

3. คำนวณมูลค่าส่วนต่างของค่าเสียโอกาสหลังการดำเนินงานเทียบกับก่อนการปฏิบัติการแก้ไขที่เกิดผงพื้นฐานขนาดใหญ่ 37 wt% ได้ประมาณ 30.24 ล้านบาท/ปี (แสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ข)

ข้อเสนอแนะ

1. บริษัทควรตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานของการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดอื่น ถ้าพบว่ามีปริมาณมากเกิน 25 wt% อาจใช้แนวทางตามโครงการนี้
2. บริษัทควรตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานอย่างสม่ำเสมอโดยใช้แผนภาพควบคุม

3. บริษัทควรตรวจสอบ % NDOM ของลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตให้เร็ว 1 วันก่อนใช้ผลิตผงพื้นฐาน เพื่อสามารถคำนวณค่าอัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต หรือความเร็วรอบใบกวนของ Ploughshare mixer สำหรับการตั้งค่าในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

4. บริษัทควรศึกษาความหนืดของลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต เพราะความหนืดเป็นสมบัติหนึ่งที่มีผลต่อการไหลและการฉีดลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนต จึงอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Oversize

5. บริษัทอาจทดลองใช้ซีโอไลต์ที่มีค่า LCC สูงกว่าที่ใช้ในปัจจุบัน (31 wt%) เพราะ LCC แสดงความสามารถในการดูดซับของเหลวของแข็งซึ่งจะช่วยลด % Oversize ได้ ถ้าซีโอไลต์ที่มีค่า LCC ต่ำจะดูดซับลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตได้น้อยลง ดังนั้นทำให้เสมือนมีลิเนียร์อัลคิลเบนซีนซัลโฟเนตในกระบวนการมากเกินไป ซึ่งจะไปรวมตัวกับวัตถุดิบที่เป็นของแข็งอื่นๆ และเกิด Oversize สูงขึ้น แต่ไม่ควรใช้ซีโอไลต์ที่มีค่า LCC สูงกว่า 31 wt% กับ Fukae mixer เพราะ Fukae mixer มีใบตัดขนาดใหญ่และคม ผงพื้นฐานที่ได้จึงมีขนาดค่อนข้างเล็กอยู่แล้ว ดังนั้นยังถ้าใช้ซีโอไลต์ที่มีค่า LCC สูงกว่า 31 wt% อาจทำให้เกิดผงพื้นฐานที่ขนาดเล็กกว่ามาตรฐานได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ผงซักฟอกและชนิดของผงซักฟอก

Available: http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlInes056/synthetic_detergent.htm (6/7/2553)

[2] Austin, T.G., **Shreve's Chemical Process Industries**, 5th ed. Singapore: McGraw – Hill, 1984.

[3] ผงซักฟอกและส่วนประกอบของผงซักฟอก

Available: <http://bkw.ac.th/content/snet5/topic8/powder.html> (6/7/2553)

[4] สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. มาตรฐานอุตสาหกรรมผงซักฟอก.

Available: <http://www.tisi.go.th/notices/pdf/a78-2549.pdf> (6/7/2553)

[5] ส่วนประกอบหลักของผงซักฟอก

Available: <http://www.school.net.th/library/webcontest2003/100team/dlInes056/refect.htm> (6/7/2553)

[6] โครงสร้างของสารลดแรงตึงผิว

Available: [http://www.ualberta.ca/~csp/JPPS8\(2\)/C.Rangel-Yagui/solubilization.htm](http://www.ualberta.ca/~csp/JPPS8(2)/C.Rangel-Yagui/solubilization.htm) (2/5/2554)

[7] การสร้างแกรนูลจากการรวมตัวกันของอนุภาคขนาดเล็กกับตัวประสาน

Available: <http://www.glatt.com/cm/en/process-technologies/agglomerationgranulation/spray-agglomeration.html> (15/7/2553)

[8] Papiya Roy, Rajesh Khanna, Duvvuri Subbarao, **Granulation Time in Fluidized Bed**

Granulators, Powder Technology. 199 (2010) 95–99.

[9] **Granulation mechanism**

Available: <http://dissertations.ub.rug.nl/FILES/faculties/science/1997/j.a.westerhuis/c1.pdf> (11/7/2553)

[10] การเคลือบผิว (Coating)

Available: <http://www.glatt.com/cm/en/process-technologies/coating/fluid-bed-coating.html> (6/7/2553)

[11] การสร้างชั้น (Layering)

Available: <http://www.glatt.com/cm/en/process-technologies/pelletizing/layering/dry-powder.html> (7/7/2553)

- [12] เอกสารบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด. กระบวนการผลิตผงซักฟอก.
- [13] J.R. Jones, D.J. Parker, J. Bridgwater, *Axial Mixing in A Ploughshare Mixer*, Powder Technology. 178 (2007) 73-86.
- [14] **Ploughshare mixer**
Available: <http://www.directindustry.com/prod/lodige/batchmixer-20200-44485.html>
(12/7/2553)
- [15] **Fukae mixer**
Available: <http://www.ahlmachinery.com/24591.html> (12/7/2553)



ภาคผนวก ก
ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน (% Oversize)

1. เก็บตัวอย่างผงพื้นฐานและชั่งน้ำหนัก
2. ร่อนผงพื้นฐานผ่านตะแกรง 20 เมช (ขนาดรูเปิด 1.2 มิลลิเมตร) แล้วชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานขนาดใหญ่ที่ไม่ผ่านตะแกรง แทนค่าในสมการ ดังนี้

$$\% \text{ Oversize} = \frac{O}{T} \times 100\%$$

O : น้ำหนักของผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่กว่ามาตรฐานของบริษัท

T : น้ำหนักของตัวอย่างผงพื้นฐานทั้งหมด

เช่น เก็บตัวอย่างผงพื้นฐาน 1,000 กรัม และน้ำหนักผงพื้นฐานขนาดใหญ่ที่ไม่ผ่านตะแกรงร่อน 250 กรัม ดังนี้

$$\% \text{ Oversize} = \frac{250}{1,000} \times 100 \% = 25 \%$$

ภาคผนวก ข

การคำนวณความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

- กำลังการผลิตผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักฟอกด้วยมือ 36,000 ตัน/ปี
- แผนการผลิต 90 วัน/ปี
- ดังนั้นต้องผลิต 400 ตัน/วัน

เนื่องจากใช้ถังผสม 3 ถัง ที่มีขนาดต่างกัน

ถังผสมแบบ Ploughshare mixer สามารถผลิตผงพื้นฐานได้ 130 ตัน/วัน

- เวลาการผลิต 1 วัน (24 ชั่วโมง)
- เวลาการผลิตผงพื้นฐานต่อตัน (แบบซัฟ) เท่ากับ 1,440 นาที/130 ตัน 11 นาที/ตัน
- ราคาผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักด้วยมือ 28,000 บาท/ตัน

เมื่อ % Oversize มากกว่า 37 wt% (ก่อนการดำเนินงาน) จะหยุดกระบวนการผลิตเฉลี่ยประมาณ 135 นาที/วัน ประมาณ 12 ตัน/วัน

คิดเป็นส่วนต่างของค่าเสียโอกาสจากการหยุดผลิตเพื่อลดขนาดของผงพื้นฐาน

$(12 \text{ ตัน/วัน}) \times (28,000 \text{ บาท/ตัน}) = 336,000 \text{ บาท/วัน}$ 30.24 ล้านบาท/ปี

ภาคผนวก ค

สมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer
และการคำนวณความคลาดเคลื่อนของสมการ

$$O = K (L_f / A_s)$$

- O : % Oversize ที่ยอมรับได้ (20-25 wt%)
K : ค่าคงที่การเกิด % Oversize (จากรูปที่ 4.10 บทที่ 4)
 L_f : อัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต (kg/min) ปรับได้ในช่วง
0-60 kg/min
 A_s : ความเร็วรอบของใบกวนของ Ploughshare mixer (rpm) ปรับได้ในช่วง
70-95 rpm

1. กำหนด % Oversize ที่ยอมรับได้ ประมาณ 20- 25 wt% เช่น 20 wt%
2. กำหนดอัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนต หรือความเร็วรอบของใบกวน เช่น 85 rpm และ % NDOM ของลิเนียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตที่ใช้ เท่ากับ 1
3. จากรูปที่ 4.10 K เท่ากับ 41
4. แทนค่าลงสมการที่ 4.1 บทที่ 4 ดังนั้น $20 = 41(L_f/85)$

$$L_f = 41.5 \text{ kg/min (2,487 kg/h)}$$

ตั้งค่าอัตราการไหลของลิเนียร์อัลคิลเบนซินซัลโฟเนตจากที่คำนวณได้ในกระบวนการผลิต

การคำนวณความคลาดเคลื่อน

$$\frac{\sum |(X_o - X_c)|}{\sum X_o + \sum X_c} \times 100\% = E \quad (\text{ก.1})$$

E = ค่าความคลาดเคลื่อนของสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer

X_o = % Oversize จากการผลิต

X_c = % Oversize จากการคำนวณด้วยสมการ

การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของสมการจำลองภาวะปฏิบัติการของ Ploughshare mixer ที่ยอมรับได้มากที่สุด

- ใช้ X_c เท่ากับ 22.5 wt% เพราะ % Oversize เบี่ยงเบนจากการคำนวณได้สูงสุด 2.5 wt% และยังคงได้ % Oversize อยู่ระหว่าง 20-25 wt%
- X_o ต้องไม่เกิน 20 และ 25 wt% เพราะเป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของ % Oversize ที่ยอมรับได้ ดังนั้น แทนค่าลงสมการ (ก)

$$\frac{|(20 - 22.5) + (25 - 22.5)|}{(22.5 + 25) + (22.5 + 20)} \times 100 = 5.5 \%$$

ภาคผนวก ง

ข้อมูลดิบ

ตารางที่ ง.1 % Oversize ของผงซักฟอกสูตรเข้มข้นชนิดซักด้วยมือก่อนการดำเนินงาน

ตำแหน่ง จำนวนกะ	ตำแหน่ง				ค่า Oversize เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	
1	35.20	36.40	35.90	38.70	36.55
2	36.40	37.20	37.60	39.50	37.68
3	34.20	35.00	33.90	37.10	35.05
4	36.10	38.00	37.10	39.50	37.68
ค่าเฉลี่ย					36.74

หมายเหตุ ตำแหน่งที่ 1 โกล้อมอเตอร์ของใบกวนของ Ploughshare mixer
 ตำแหน่งที่ 2 ตรงหัวฉีดโกล้อมอเตอร์ของใบกวนของ Ploughshare mixer
 ตำแหน่งที่ 3 ตรงหัวฉีดห่างจากมอเตอร์ของใบกวนของ Ploughshare mixer
 ตำแหน่งที่ 4 ตรงข้ามกับมอเตอร์ของใบกวนของ Ploughshare mixer

ตารางที่ ง.2 % Oversize ที่อัตราการไหลของ LAS ต่างๆ

อัตราการไหลของ LAS (kg/h)	การทดลองที่				ค่า Oversize เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	
2,300	33.20	32.40	31.50	30.40	31.88
2,650	34.10	33.40	32.90	35.10	33.88
3,000	35.00	32.50	35.40	34.10	34.25
3,200	35.50	34.90	38.70	34.90	36.00
4,150	35.70	35.40	38.00	37.00	36.53

ตารางที่ ง.3 % Oversize ที่อัตราการไหลของ NI-CBSX ต่างๆ

อัตราการไหลของ NI-CBSX (kg/h)	การทดลองที่				ค่า Oversize เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	
800	25.40	24.82	25.71	23.89	24.96
1,000	27.15	25.81	26.84	27.00	26.70
3,100	35.00	34.50	35.40	34.10	34.75

ตารางที่ ง.4 % Oversize ที่ความเร็วรอบของ ใบกวนของ Ploughshare mixer ต่างๆ

ความเร็วรอบของ ใบกวน(rpm)	การทดลองที่				ค่า Oversize เฉลี่ย (%)
	1	2	3	4	
70	35.50	35.40	36.00	34.50	35.35
80	34.20	35.10	34.80	35.00	34.78
90	34.00	34.50	33.50	33.65	33.91

ตารางที่ ง.5 ค่าเฉลี่ยของ % Oversize ที่อัตราการไหลของ LAS และ % NDOM ต่างๆ

อัตราการไหลของ NI-CBSX = 800 kg/h ความเร็วรอบของใบกวน = 85 rpm						
อัตราการไหลของ LAS (kg/h)	% NDOM					
	0.83	0.89	1.06	1.10	1.20	1.30
3,000.0	20.0	21.1	23.1	24.2	24.9	25.4
2,650.0	18.6	19.5	21.7	22.2	23.2	24.1
2,300.0	17.3	18.1	20.2	20.6	21.6	22.4

หมายเหตุ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

ตารางที่ ๖.6 ค่าเฉลี่ยของ % Oversize ที่ความเร็วรอบของใบกวนและ % NDOM ต่างๆ

อัตราการผลิตของ NI-CBSX = 800 kg/h						
อัตราการผลิตของ LAS = 2,650 kg/h						
ความเร็วรอบของใบกวน (rpm)	% NDOM					
	0.83	0.89	1.06	1.10	1.20	1.30
80.0	19.7	20.7	23.1	23.6	24.0	25.6
85.0	18.6	19.5	21.7	22.2	23.2	24.1
90.0	17.5	18.4	20.5	20.9	21.9	22.8

หมายเหตุ ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง

