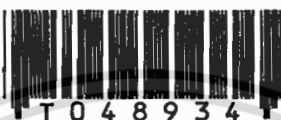


การลดรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

A REDUCTION OF REWORK IN A NON-SOAP DETERGENT
MAKING PROCESS



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 48934
วัน, เดือน, ปี 13 ส.ค. 2547

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2546

ISBN 974 - 324 - 822 - 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**A REDUCTION OF REWORK IN A NON-SOAP DETERGENT
MAKING PROCESS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CHEMICAL ENGINEERING
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT' S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ISBN 974 - 324 - 822 - 6 อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2003

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การลดรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซักฟอก
	ชนิดธรรมดา
นักศึกษา	นางสาวตรีบุรณ ชินสุทธิ
รหัสประจำตัว	44061201
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
พ.ศ.	2546
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ดร. อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ต้องนำรีเวิร์ค (Rework) ซึ่งเป็นผงซักฟอกที่ไม่ได้มาตรฐาน ประมาณ 232 ตัน/เดือน กลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ ทำให้สูญเสียทรัพยากรการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบ พลังงานไฟฟ้า รวมถึงเวลาที่ใช้ในการผลิต และโอกาสในการส่งผงซักฟอกให้ทันตรงตามความต้องการของลูกค้า จากการศึกษาเบื้องต้นและการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยหลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment: DOE) และการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control: SPC) พบว่าสาเหตุหลักของการเกิดรีเวิร์ค คือ เปอร์เซนต์ Active detergent (% AD) ที่หน่วยผสมสารเคมีแต่งไม่ได้ตามมาตรฐาน ปัจจัยหลักที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซนต์ AD คือ ปริมาณการเติมผงพื้นฐานและวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ ซัลเฟต โซดาแอช ไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และการผสมของวัตถุดิบในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ดี จากผลของการดำเนินงานวิจัยโดยการปรับปรุงชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไอเซอร์ สามารถลดจำนวนครั้งที่เปอร์เซนต์ AD ไม่ได้ตามมาตรฐานจาก 3.03 เหลือ 0.29 ครั้ง/สัปดาห์ ทำให้สามารถลดรีเวิร์คได้คิดเป็นเงินประมาณ 720,020 บาท/ปี นอกจากนี้ได้จัดทำวิธีการปฏิบัติงานมาตรฐาน (Standard Operating Procedures: SOPs) เพื่อควบคุม % AD ให้ได้มาตรฐานสำหรับให้พนักงานปฏิบัติต่อไป

Thesis Title	A Reduction of Rework in a Non-soap Detergent Making Process
Student	Miss Radiboon Chinsutthi
Student ID	44061201
Degree	Master of Engineering
Programme	Chemical Engineering
Year	2003
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Anchaleeporn W. Lothongkum

ABSTRACT

Rework, an undesired grade in the detergent plant, of the Unilever Thai Holdings Limited of about 232 ton/month must be reprocessed resulting in wasting production resources, for example, raw materials, electricity including production time and delivery time. Form data analysis using Design of Experiment (DOE) and Statistical Process Control (SPC), it showed that main cause of rework was the deviation of the percentage of active detergent (% AD) from its specification at the post dosing unit. Two significant effects were off-target dosing of base powder and other raw materials, i.e., sulphate, soda ash; and non-homogeneous mixing in the fluidizer. The modifications of the weight feeder and the fluidizer reduced the off-spec percentage of active detergent at the post dosing unit from 3.03 to 0.29 times/week leading to rework reduction. The total cost saving is approximately 720,020 baht/year. Accordingly, the Standard Operating Procedures (SOPs) to control the variation of % AD were written.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้บริหาร บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ที่ให้โอกาสในการทำวิจัยที่โรงงาน คุณคงศักดิ์ พานิช ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงาน นาวาเอกพิชเชนทร์ ต้นประเสริฐ ผู้จัดการฝ่ายผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน คุณสุรเชษฐ์ จันทร์ ผู้จัดการฝ่ายผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา คุณสุขุม ความมานะ หัวหน้าฝ่ายผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา และพนักงานทุกท่าน ตลอดจนทีมงานไคเซ็น (Kaizen) ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆ และกำลังใจตลอดช่วงของการวิจัย

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนการวิจัยบางส่วน ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. อัญชลีพร วาริตสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ แนวความคิดในการแก้ปัญหา รศ.ดร. ปารเมศ ชุติมา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษาด้านการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม อาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รศ.ดร. กอบบุญ หล่อทองคำ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอกราบขอบพระคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ บิดามารดาผู้ให้กำเนิดและสมาชิกในครอบครัว ที่สนับสนุน ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำตลอดมา

รดีบุรณี ชินสุทธิ

22 กรกฎาคม 2546

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	XI
ศัพท์เทคนิค.....	XVI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ประวัติโรงงาน โดยสังเขป.....	1
1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนการทำงานวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาของบริษัท.....	6
2.2 กระบวนการผลิตสารทำความสะอาด (Active detergent: AD).....	8
2.3 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง.....	9
2.4 เครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพ.....	23
2.5 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	27
2.6 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตลับ (Weight feeder).....	30
2.7 ฟลูอิดไอเซออร์.....	33
2.8 เครื่องดักฝุ่น (Dust collector).....	41
2.9 การคำนวณความเร็วลมที่เหมาะสมของเครื่องดักฝุ่น.....	47
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย.....	53
3.1 แหล่งที่มา ปริมาณ และสาเหตุที่เกิดรีเวิร์ค	53
3.2 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่ง สายการผลิตที่ 2	57
3.3 กรณีปริมาณการผสมสารเติมแต่งในหน่วยผสมสารเติมแต่งไม่ได้ ตามมาตรฐานทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน	60
3.4 ค่าผิดพลาดต่างๆ ที่เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ	62
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD ของผงซักฟอกกับค่าคุณภาพอื่นๆ.....	64
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล	68
4.1 การพิสูจน์สาเหตุจากปัจจัยเครื่องจักรด้านชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและ ฟลูอิดเซอร์ที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่ง สายการผลิตที่ 2	68
4.2 ความเร็วลมของเครื่องตักฝุ่นที่ใช้ดูดฝุ่นบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ.....	86
บทที่ 5 บทสรุป.....	89
5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2	89
5.2 สรุปการปรับปรุงแก้ไข.....	89
5.3 ปริมาณรีเวิร์คจาก % AD ไม่ได้ตามมาตรฐานหลังแก้ไขปัญหา	91
5.4 ข้อจำกัดในงานวิจัย.....	92
5.5 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น	93
เอกสารอ้างอิง	95
ภาคผนวก.....	99
ภาคผนวก ก. ข้อมูลรีเวิร์คและผงพื้นฐาน	100
ภาคผนวก ข. วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา.....	105
ภาคผนวก ค. ผลโปรแกรม Minitab.....	106

ภาคผนวก ง. ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution).....	123
ภาคผนวก จ. การคำนวณ	129
ภาคผนวก ฉ. มาตรฐานขั้นตอนการดูแลรักษาเครื่องจักร	139
ภาคผนวก ช. มาตรฐานขั้นตอนการวิเคราะห์ % AD ของผงซักฟอก	147
ประวัติผู้เขียน.....	152



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการทดลองที่มี 2 ปัจจัย	16
2.2 การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (หน่วยเป็นชั่วโมง)	17
2.3 สรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่	18
2.4 ลำดับของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี Cp	28
2.5 ข้อแตกต่างระหว่าง K-Tron Soder กับ Richard Simon	31
2.6 ประเภทของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในหน่วยผสมสารเติมแต่ง.....	31
2.7 ตัวอย่างขนาดอนุภาคและความหนาแน่นของวัตถุดิบที่ผสมกันในฟลูอิดไอเซอร์...	40
2.8 ลักษณะการฟลูอิดไอเซชัน	40
3.1 ค่าความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมายในห้องปฏิบัติการกับกระบวนการผลิต	58
3.2 ผลการพิสูจน์ปัจจัยที่ไม่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน	58
3.3 % AD ของผงซักฟอกที่เปลี่ยนแปลงตามเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่ง น้ำหนักของผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ กรณีปริมาณวัตถุดิบมากกว่า มาตรฐานเมื่อคิดเทียบจากสูตร โอโม	61
3.4 % AD ของผงซักฟอกที่เปลี่ยนแปลงตามเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่ง น้ำหนักของผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ กรณีปริมาณวัตถุดิบน้อยกว่า มาตรฐานเมื่อคิดเทียบจากสูตร โอโม	62
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับค่าคุณภาพอื่นๆ	67
4.1 % AD ของผงซักฟอกเมื่อปริมาณการเติมซัลเฟตและโซดาแอชไม่ได้ตามมาตรฐาน	68
4.2 ตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์	69
4.3 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ	72
4.4 ค่า Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุดิบบนสายพานกับค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ ขณะที่ไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน	72
4.5 ค่า Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน	72
4.6 การปรับระดับช่องเปิดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานกับเปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของ ผงพื้นฐาน	73

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.7	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากความตึงของสายพานตึงไม่ได้มาตรฐานเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของผงพื้นฐาน.....	74
4.8	เปรียบเทียบค่าเป้าหมายและค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลจากระบบควบคุมของคอมพิวเตอร์กับค่าจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน.....	77
4.9	ตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซັกฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอ์กรณีการจ่ายผงซັกฟอกแบบไม่สมดุลกัน.....	79
4.10	ตัวอย่าง % AD ของผงซັกฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอ์กรณีการจ่ายผงซັกฟอกแบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอ์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน.....	80
4.11	ตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซັกฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอ์กรณีการจ่ายผงซັกฟอกแบบไม่สมดุลกันเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอ์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน.....	81
4.12	ตัวอย่างความเร็วลมที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอ์ในสายการผลิตที่ 2	81
4.13	ผลการปรับแควมเปอร์ของลมที่เข้าและออกจากฟลูอิดไอเซอ์.....	85
4.14	เปรียบเทียบความดันและความเร็วลมที่ฟลูอิดไอเซอ์กรณีแผ่นเพลตกับถุงกรองต้นและการสะสมของผงซັกฟอกได้แผ่นเพลตกับกรณีหลังการทำความสะอาดแผ่นเพลตกับถุงกรอง.....	85
4.15	ความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นของเครื่องดักฝุ่นที่วัดได้และความเร็วสุดท้ายของอนุภาคที่จะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกจากการคำนวณที่ตำแหน่งต่างๆ บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดดูดิบ.....	86
ก.1	แหล่งที่มาและปริมาณรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซັกฟอกชนิดธรรมดาตั้งแต่ 1 ธ.ค. 44 - 28 ธ.ค. 44.....	100
ข.1	สารเติมแต่งและหน้าที่ของสารเติมแต่งที่ใช้ในหน่วยผสมสารเติมแต่ง.....	105
ค.1	% AD ที่ได้จากการวิเคราะห์ของพนักงาน.....	106
ค.2	ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD.....	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.3 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีการลำเลียงผงพื้นฐานจากใต้หอดินถึงหน่วยผสมสารเติมแต่ง	109
ค.4 % AD ของผงพื้นฐานจากใต้หอดินถึงหน่วยผสมสารเติมแต่งที่ตำแหน่งต่างๆ.....	110
ค.5 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์	113
ค.6 ANOVA แบบปัจจัยเดียว: กรณีวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ % AD ของผงชักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน	114
ค.7 ANOVA แบบปัจจัยเดียว: กรณีวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ BD ของผงชักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน	114
ค.8 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีจ่ายผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์: พิจารณา % AD.....	116
ค.9 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีจ่ายผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์: พิจารณา BD	117
ค.10 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีผงชักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้มาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์.....	119
ค.11 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีผงชักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์: พิจารณา % AD.....	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค.12 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไซเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเซอร์: พิจารณา BD	121
ง.1 ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution).....	124
ฉ.1 แผ่นตรวจสอบสำหรับบันทึกค่า Belt load.....	140
ฉ.2 QM-Matrix แสดงปัญหาคุณภาพจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตุดิบที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้มาตรฐาน.....	141
ฉ.3 Q-Card แสดงปัญหาคุณภาพจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตุดิบ (Mass flow rate: MF) ที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอก	143
ฉ.4 แผ่นตรวจสอบสำหรับบันทึกอัตราการไหลเชิงมวลที่ตำแหน่งต่างๆ	144
ฉ.5 QM-Matrix แสดงปัญหาคุณภาพจากฟลูอิดไซเซอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้มาตรฐาน.....	145
ฉ.6 Q-Card แสดงปัญหาคุณภาพจากฟลูอิดไซเซอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอก.....	146

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา.....	7
2.2 กระบวนการผลิต โซเดียมซัลโฟเนตอัลคิลเบนซีนที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง.....	8
2.3 รูปแบบของกระบวนการ.....	10
2.4 ตัวอย่างกราฟ Normal probability plot ของส่วนตกค้างแสดงความเป็นปกติของข้อมูล	21
2.5 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองแสดง ความเป็นอิสระของข้อมูล.....	21
2.6 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองแสดง ความไม่เป็นอิสระของข้อมูล.....	22
2.7 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับค่าที่ควรจะเป็นของตัวแปร ตอบสนองแสดงข้อมูลมีค่าความแปรปรวนที่มีเสถียรภาพ.....	22
2.8 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับค่าที่ควรจะเป็นของตัวแปร ตอบสนองแสดงข้อมูลมีค่าความแปรปรวนที่ไม่มีเสถียรภาพจากปัจจัยที่สามารถ ควบคุมได้แต่ไม่ควบคุม.....	23
2.9 ตัวอย่างฮิสโตแกรม.....	24
2.10 ตัวอย่างผังพาเรโต.....	25
2.11 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล.....	26
2.12 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่กระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุม.....	27
2.13 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดดูดิบ.....	30
2.14 ฟลูอิดไอเซอร์ (ก) ฟลูอิดไอเซอร์แบบทั่วไป (ข) กราฟความดันลดและความสูงของเบด	33
2.15 โครงสร้างของฟลูอิดไอเซอร์.....	35
2.16 ลักษณะของแผ่นเพลต (ก) ภาพการมองแบบด้านบนของแผ่นเพลต (ข) รูปบน แผ่นเพลตที่ไหลผ่าน.....	36
2.17 แผนผังทางออกของผงซักฟอกจากฟลูอิดไอเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2.....	38
2.18 ส่วนประกอบบริเวณดงกรอง.....	41
2.19 กระบวนการทำงานของเครื่องคักฝุ่นแบบดงกรอง.....	41
2.20 หลักการทำงานของเครื่องคักฝุ่นแบบดงกรอง.....	42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.21 การออกแบบระบบท่อ (ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่ยอมรับได้ (ค) การออกแบบที่เหมาะสม	43
2.22 การออกแบบกล่อง (Hood) ระบบรวบรวมอนุภาคฝุ่น (ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่เหมาะสม	44
2.23 การออกแบบท่อระบบรวบรวมอนุภาคฝุ่น (ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่เหมาะสม	45
2.24 การออกแบบท่อลมที่เข้าเครื่องดักฝุ่นแบบดงกรอง (ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่เหมาะสม	45
2.25 สมดุลแรงของวัตถุทรงกลม	47
2.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_D และ Re	48
3.1 แหล่งที่มาและปริมาณของวีเวิร์คที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา (1 ธ.ค. 44 – 28 ธ.ค. 44)	53
3.2 สาเหตุและจำนวนครั้งที่เกิดวีเวิร์คที่แหล่ง ก (1 ธ.ค. 44 – 28 ธ.ค. 44)	54
3.3 จำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (1 ม.ค. 45 – 25 พ.ค. 45)	55
3.4 จำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่ง สายการผลิตที่ 2 (1 ม.ค. 45 – 25 พ.ค. 45)	55
3.5 จำนวนครั้งที่ % AD ของผงซักฟอก ไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่ง สายการผลิตที่ 2 ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปีพ.ศ. 2545)	56
3.6 C_p และ C_{pk} ของ % AD ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปีพ.ศ. 2545)	56
3.7 ปัจจัยที่คาดว่ามีส่วนต่อ % AD ของผงซักฟอก ไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสม สารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2	57
3.8 สาเหตุจากปัจจัยเครื่องจักรที่คาดว่ามีส่วนต่อ % AD ของผงซักฟอก ไม่ได้ตามมาตรฐาน ที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 กรณีชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ และฟลูอิดไซเซอร์	59
3.9 อัตราส่วนปริมาณการผสมผงซักฟอก โดยน้ำหนัก	60

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.10 ระบบการควบคุมและค่าผิดพลาดต่างๆ ที่เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบิในหน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2	63
3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ BD	65
3.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % น้ำ	65
3.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % STPP	66
3.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง BD กับ % น้ำ	66
4.1 % AD ของผงซักฟอกแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดิเซอร์	71
4.2 สภาพความสกปรกของอุปกรณ์ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน	74
4.3 ปริมาณวัตถุบิบนสายพานไม่สม่ำเสมอและไม่มียวัตถุบิบนสายพาน	76
4.4 ผงซักฟอกสะสมบริเวณตำแหน่งทางออกที่หยุดการบรรจุ	78
4.5 ตัวอย่างความเร็วลมที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดิเซอร์ในสายการผลิตที่ 2 ..	82
4.6 ลักษณะการจ่ายผงซักฟอกที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดิเซอร์	82
4.7 แผ่นเพลตตัน	84
4.8 การสะสมของผงซักฟอกบนแผ่นเพลต	84
4.9 การสะสมของผงซักฟอกใต้แผ่นเพลต	84
4.10 แผนผังท่อลมดูดฝุ่นจากเครื่องดักฝุ่น ไปที่ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบิในสายการผลิตที่ 2	87
5.1 สาเหตุจากปัจจัยเครื่องจักรที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 กรณีชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบิและฟลูอิดิเซอร์	90
5.2 จำนวนครั้งที่ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน/สัปดาห์ ที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 1 มี.ค. 46	91
5.3 Cp และ Cpk ของ % AD ของผงซักฟอกช่วงก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา	92
5.4 เปอร์เซ็นต์จำนวนข้อมูลร้องเรียนเนื่องจาก % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน	92
ก.1 จำนวนครั้งที่ % AD ของผงพื้นฐานไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยอบแห้งโดยการฉีดเป็นละอองตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปี พ.ศ. 2545)	103
ก.2 % AD ของผงพื้นฐานและผงซักฟอกหลังจากผ่านหน่วยผสมสารเติมแต่ง	104

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค.1 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD.....	108
ค.2 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีการลำเลียงผงพื้นฐานจากใต้หอฉีดยังหน่วยผสมสารเคมีแต่ง.....	110
ค.3 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟตจากบริษัท ไทยเรยอน จำกัด....	111
ค.4 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟตจากบริษัท ลีออคเลย์ จำกัด	112
ค.5 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของโซดาแอชจากบริษัท ไทยโพลีฟอสเฟต เคมีคอล จำกัด	112
ค.6 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซีโอไลต์จากบริษัท พีคิวเคมีคอล จำกัด	113
ค.7 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน.....	115
ค.8 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ BD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน.....	115
ค.9 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีจ่ายผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์: พิจารณา % AD	117
ค.10 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีจ่ายผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์: พิจารณา BD	118
ค.11 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้มาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์.....	119

- ค.12 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีฟังก์ชันฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตุถุคิพสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา % AD..... 122
- ค.13 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีฟังก์ชันฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตุถุคิพสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา BD..... 122



ศัพท์เทคนิค

การวิเคราะห์ความแปรปรวน	Analysis of variance (ANOVA)
การออกแบบการทดลอง	Design of Experiment (DOE)
ขั้นของความอิสระ	Degree of freedom (df)
ขั้นของความอิสระภายในประชากรเดียวกัน	Degree of freedom for error (V_2)
ขั้นของความอิสระระหว่างประชากร	Degree of freedom for treatment (V_1)
ค่าขีดจำกัดบน	Upper Specification Limit (USL)
ค่าขีดจำกัดล่าง	Lower Specification Limit (LSL)
ค่าเฉลี่ยกำลังสอง	Mean square (MS)
ค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในประชากรเดียวกัน	Mean square for error (MS_E)
ค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างประชากร	Mean square for treatment (MS_T)
เครื่องดักฝุ่น	Dust collector
เครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพ	7 QC tools
ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดดูดิบ	Weight feeder
ดัชนีที่สะท้อนการเลื่อนไปจากค่าขีดจำกัดบน	Cpk
และค่าขีดจำกัดล่างของกระบวนการ	
ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการระยะยาว	Pp
ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการระยะสั้น	Cp
ผงซักฟอกที่ไม่ได้มาตรฐาน (รีเวิร์ค)	Rework
ผลรวมกำลังสอง	Sum of square (SS)
ผลรวมกำลังสองทั้งหมด	Sum of square for total (SS_T)
ผลรวมกำลังสองภายในประชากรเดียวกัน	Sum of square for error (SS_E)
ผลรวมกำลังสองระหว่างประชากร	Sum of square for treatment (SS_T)
ระดับนัยสำคัญ	Significant level (α)
วิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ	Statistical Process Control (SPC)
วิธีการปฏิบัติงานมาตรฐาน	Standard Operating Procedures (SOPs)
สถิติทดสอบ	Test statistic (F_0)
สารทำความสะอาด	Active detergent (AD)
ส่วนตกค้าง	Residual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศัพท์เทคนิค (ต่อ)

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	Standard deviation (SD)
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรในระยะยาว	Standard deviation for long term (σ_{LT})
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรในระยะสั้น	Standard deviation for short term (σ_{ST})
หน่วยการอบแห้งโดยการฉีดเป็นละออง	Spray drying unit
หน่วยจัดเก็บผงพื้นฐาน	Base powder handling unit
หน่วยเตรียมวัตถุดิบ	Raw materials handling unit
หน่วยผลิตสเลอรี	Slurry making unit
หน่วยผสมสารเติมแต่ง	Post dosing unit
อันตรกิริยา	Interaction



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ประวัติโรงงานโดยสังเขป [1]

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นบริษัทที่ประสบความสำเร็จในการผลิตและจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภครายใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเป็นบริษัทผู้ผลิตชั้นนำพร้อมกับการพัฒนาประเทศ ซึ่งอาศัยการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ มีสำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และกรุงลอสแอนเจลิส ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยมีกิจการสาขาอยู่ใน 75 ประเทศทั่วโลก เดิมใช้ชื่อ บริษัท ลีเวอร์ บราเธอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ภายหลังได้เปลี่ยนชื่ออย่างเป็นทางการว่า บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ก่อตั้งขึ้นเป็นบริษัทในกลุ่มยูนิลีเวอร์ ในปี พ.ศ. 2475 โดยมีโรงงานแห่งแรกที่ถนนเจริญกรุง หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2525 จึงย้ายโรงงานมาที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง สินค้าที่บริษัทฯ ผลิตแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ส่วนบุคคล และกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม

กระบวนการผลิตผงซักฟอกของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ควบคุมกระบวนการผลิตด้วยระบบคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 โรงงานย่อย คือ โรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา ซึ่งเป็นผงซักฟอกที่ผ่านกระบวนการผสมเป็นสเลอรีและผ่านกระบวนการอบแห้งโดยการฉีดพ่นเป็นละออง และโรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดเข้มข้น ซึ่งนำวัตถุดิบมาผสมกันในรูปของของแข็งทันทีโดยไม่ผ่านกระบวนการผสมเป็นสเลอรีและกระบวนการอบแห้งโดยการฉีดพ่นเป็นละออง ในงานวิจัยนี้ศึกษาในส่วนของโรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาสายการผลิตที่ 2

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด มุ่งมั่นที่จะยกระดับความสามารถในการผลิตสินค้าให้ได้ระดับมาตรฐานสากลจึงพยายามพัฒนากระบวนการผลิตของตนเองอยู่เสมอ บริษัทฯ ตระหนักถึงปัญหาด้านการจัดการ ความสูญเสียที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้นำระบบ Total Productive Maintenance (TPM) จากประเทศญี่ปุ่นมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความชำนาญและประสิทธิภาพในการทำงานทั้งของพนักงานและเครื่องจักร ตลอดจนลดความสูญเสียในการผลิต ประหยัดเวลา แรงงาน และลดต้นทุนการผลิตอย่างต่อเนื่อง บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นหนึ่งในสองบริษัทที่ได้รับรางวัล TPM ระดับ Excellent Award เมื่อ พ.ศ. 2539 และได้รับการมาตรฐานปฏิบัติอย่างต่อเนื่องจนได้รับรางวัล TPM Consistent Commitment Award เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2544 นอกจากนี้ยังมีความมุ่งมั่นอย่างจริงจังที่จะได้รับรางวัลระดับ World Class

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากอุตสาหกรรมผงซักฟอกเป็นลักษณะกึ่งแข่งขันกึ่งผูกขาด ดังนั้นผู้ผลิตแต่ละรายจึงต้องใช้กลยุทธ์ในการแข่งขันทางการตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรักษาหรือพยายามเพิ่มส่วนแบ่งการตลาด เช่น การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพภายใต้กำลังการผลิตที่สูงและต้นทุนต่ำ พัฒนาระบบการผลิตสินค้าต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด บริหารการใช้วัตถุดิบให้เกิดประโยชน์สูงสุด และนำเทคโนโลยีการผลิตใหม่ๆ มาใช้ โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และสิ่งแวดล้อม

ปัญหาของโรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาของ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด คือมีรีเวิร์ค (Rework) สูง สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากผงซักฟอกในกระบวนการผลิตยังไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานจึงต้องนำกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ ทำให้สิ้นเปลืองทรัพยากรการผลิต เช่น วัตถุดิบ พลังงานไฟฟ้า น้ำร้อน เป็นต้น สูญเสียเวลา กำลังการผลิต และผลิตภัณฑ์ปีละจำนวนมาก รวมถึงเสียโอกาสของการขายผลิตภัณฑ์ในเวลาอันรวดเร็ว สูญเสียโอกาสในการส่งผงซักฟอกให้ตรงทันตามความต้องการของลูกค้าและขาดความน่าเชื่อถือในกระบวนการผลิต

คุณภาพของผงซักฟอกชนิดธรรมดาที่สำคัญที่ต้องควบคุม [1] คือ

1. % AD (Active detergent) AD ทำหน้าที่ทำความสะอาดและลดแรงตึงผิว
2. % STPP (Sodium tripolyphosphate) STPP ทำหน้าที่ทำความสะอาดควบคู่กับ AD และลดความกระด้างของน้ำ
3. % เอนไซม์ เอนไซม์ ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์
4. % แคตไอออนิก (Cationic) แคตไอออนิก ทำหน้าที่จัดคราบน้ำมัน
5. % น้ำ น้ำ ทำหน้าที่ตัวทำละลาย
6. ค่า pH
7. อื่นๆ เช่น ความหนืดเหนียวของสิ่งซักฟอก การมีเกลือดีต่างๆ ปนในผงซักฟอก ความสกปรกของผงซักฟอก ความผิดพลาดในการผสมผงซักฟอกที่ต่างตราสินค้ากัน ความผิดพลาดในการผสมวัตถุดิบและสารเติมแต่งในกระบวนการผลิต เป็นต้น

หลักในการตัดสินใจว่าผงซักฟอกมีคุณภาพตามมาตรฐานหรือไม่ คือ คุณภาพที่สำคัญของผงซักฟอกคืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานระหว่างค่าขีดจำกัดบน (Upper Specification Limit: USL) และขีดจำกัดล่าง (Lower Specification Limit: LSL) ค่า USL และ LSL จะแตกต่างกันไปตามสูตรของผงซักฟอกแต่ละตราสินค้า ซึ่งจากค่าเป้าหมายตั้งแต่ค่าขีดจำกัดมีค่า $1.8 (\pm 8.7 \%)$ [1]

ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกของบริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เกิดรีเวิร์คที่ต้องนำกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ประมาณ 232 ดัน/เดือน (ข้อมูลเดือนธันวาคม พ.ศ. 2544 ในเดือนนี้มีการทดลองผลิตผงซักฟอกตราสินค้าใหม่หลายสูตร จึงทำให้เกิดรีเวิร์คปริมาณมากกว่าปกติ) รายละเอียดในภาคผนวก ก.1 ตารางที่ ก.1 คิดเป็นเงินประมาณ 464,000 บาท ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผงซักฟอกด้วยการออกแบบการทดลอง [2-3] และใช้วิธีการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ [4] หาวิธีการปรับปรุงเครื่องจักร กระบวนการผลิตหรือวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ได้มาตรฐานอย่างสม่ำเสมอ และสามารถลดรีเวิร์คที่เกิดจากปัญหาด้านคุณภาพ ซึ่งเป็นการแก้ไขที่ต้นเหตุเช่นเดียวกับหลักการของเทคโนโลยีสะอาด [5] ที่เน้นการแก้ปัญหาที่แหล่งกำเนิดแทนการแก้ไขที่ปลายเหตุ (End of pipe) ซึ่งนำไปสู่ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์และการพัฒนาที่ยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพ คือ ผังพาเรโต ผังแสดงเหตุและผล และแผนภูมิควบคุม รวมทั้งหลักการวิเคราะห์แบบ Why Why วิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติและการออกแบบการทดลอง พบว่าสาเหตุหลักของการเกิดรีเวิร์คคือ เปอร์เซนต์ Active detergent (% AD) ที่หน่วยผสมสารเติมแต่งไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งพบว่าปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของ % AD คือ ปริมาณการเติมผงพื้นฐานและวัตถุดิบอื่นๆ ได้แก่ ซัลเฟต โซดาแอส ไม่ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ และการผสมของวัตถุดิบในฟลูอิดิเซอร์ไม่ดี เนื่องจากปัญหาผงซัฟฟอกที่ไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานเป็นปัญหาเรื้อรังและยังไม่มี การทดลองศึกษาทางวิชาการที่ให้ข้อมูลน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะระบุสาเหตุที่แท้จริง ในปัจจุบันการปฏิบัติงานส่วนใหญ่ที่เกี่ยวกับการดูแลบำรุงรักษาเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ผงซัฟฟอกชนิดธรรมดาจะอาศัยประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเป็นหลัก ยังไม่มีมาตรฐานการทำงานและไม่ได้ระบุจุดวิกฤต (Critical point) ของเครื่องจักรหรือจุดที่ควรดูแลบำรุงรักษาเป็นพิเศษอย่างชัดเจน ซึ่งถ้าสภาพเครื่องจักรไม่เหมาะสมอาจเสี่ยงต่อผลกระทบทางด้านคุณภาพได้ ในงานวิจัยนี้พยายามลดความแปรปรวนคุณภาพของ % AD ของผงซัฟฟอก และหาวิธีการปรับปรุงกระบวนการผลิตและเครื่องจักรตลอดจนสร้างวิธีการปฏิบัติงานมาตรฐาน เพื่อลดปริมาณรีเวิร์คที่เกิดจากปัญหาคุณภาพ คือ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน ลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบ ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตซ้ำ ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเพิ่มกำลังการผลิต และมาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ลดปัญหาของเสียและมลภาวะสิ่งแวดล้อม [6-7] ส่งผลต่อภาพลักษณ์ที่ดีของบริษัท

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ลดรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซัฟฟอกชนิดธรรมดา

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงซัฟฟอกชนิดธรรมดา

1.4.2 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผงซัฟฟอกด้าน % AD ในหน่วยผสมสารเติมแต่งของสายการผลิตที่ 2 ด้วยเครื่องมือสำหรับการควบคุมคุณภาพ รวมทั้งหลักการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์แบบ Why Why การออกแบบการทดลอง และวิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ โดยประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เพื่อลดรีเวิร์ค

1.4.3 ลดความแปรปรวนของคุณภาพผงซักฟอก

1.4.4 ปรับปรุงกระบวนการผลิตและเครื่องจักรจากปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อคุณภาพของผงซักฟอก และเขียนเป็นวิธีการปฏิบัติงานมาตรฐานเพื่อควบคุมคุณภาพของผงซักฟอก

1.5 ขั้นตอนการทำงานวิจัย

1.5.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

1.5.2 ศึกษาการออกแบบการทดลอง การใช้วิธีการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ และโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab

1.5.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลแหล่งที่มาของรีเวิร์ค สาเหตุ และจำนวนครั้งที่เกิดรีเวิร์ค

1.5.4 ศึกษาขั้นตอนและหลักการการทำงานของเครื่องจักร เพื่อรวบรวมปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผงซักฟอก

1.5.5 วางแผนและเก็บข้อมูล

1.5.6 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยการออกแบบการทดลอง หลักสถิติเชิงวิศวกรรม เช่น ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: SD) ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นต้น รวมถึงใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab เพื่อพิสูจน์ปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพล % AD

1.5.7 ปรับปรุงกระบวนการผลิตจากปัจจัยที่มีนัยสำคัญต่อ % AD

1.5.8 สรุปและประเมินผลหลังจากปรับปรุงกระบวนการผลิต

1.5.9 จัดทำวิธีการปฏิบัติงานมาตรฐานในการควบคุมคุณภาพของผงซักฟอก

1.5.10 จัดพิมพ์วิทยานิพนธ์และนำเสนอผลงาน

เนื้อหาวิทยานิพนธ์ประกอบด้วย 5 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึงประวัติของโรงงานโดยสังเขป ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต ขั้นตอนของงานวิจัย และประโยชน์ที่ได้รับ

บทที่ 2 กล่าวถึงกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาของบริษัทฯ กระบวนการผลิตสารทำความสะอาด รวมถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง คือ การออกแบบการทดลอง เครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพ (7 QC tools) การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตลับ ฟลูอิดไซเซอร์ เครื่องดักฝุ่น การคำนวณความเร็วลมที่เหมาะสมของเครื่องดักฝุ่น บริเวณชุดเครื่องน้ำหนักวัดตลับที่หน่วยผสมสารเดิมแต่งสายการผลิตที่ 2 และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย กล่าวถึงการวิเคราะห์แหล่งที่มา ปริมาณและสาเหตุที่เกิดรีเวิร์ค ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเดิมแต่งสายการผลิตที่ 2 กรณีปริมาณ
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผสมสารเติมแต่งในหน่วยผสมสารเติมแต่งไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน และความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับค่าคุณภาพอื่นๆ

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล กล่าวถึงการพิสูจน์ปัจจัยเครื่องจักรของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบดและฟลูอิดไอเซออร์ที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 และความเร็วลมของเครื่องดักฝุ่นบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบด

บทที่ 5 บทสรุป กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 สรุปการปรับปรุงแก้ไข ปริมาณรีเวิร์คจาก % AD ไม่ได้ตามมาตรฐานหลังแก้ไข ปัญหา ข้อจำกัดในงานวิจัย ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.6.1 ลดรีเวิร์ค

1.6.2 ก่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนาด้านคุณภาพส่วนอื่น ได้แก่ % STPP % เอนไซม์ % แคตไอออนิก % น้ำ ค่า pH

1.6.3 สามารถพัฒนากระบวนการผลิตของโรงงานให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง และมีศักยภาพในการผลิตสูงด้วยค่าใช้จ่ายที่ต่ำ

1.6.4 ก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เพิ่มกำลังการผลิต และมาตรฐานคุณภาพของผลิตภัณฑ์

1.6.5 ผู้วิจัยเกิดทักษะในการเรียนรู้วิธีการวางแผนดำเนินงาน และแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานอุตสาหกรรม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาของบริษัทฯ [1, 8]

กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนการผลิตผงซักฟอก (NSD making plant) และส่วนการบรรจุผงซักฟอก (NSD packing plant) ในส่วนการผลิตผงซักฟอกแบ่งเป็น 5 หน่วย ซึ่งมีหน้าที่ดังนี้และแสดงดังรูปที่ 2.1

2.1.1 หน่วยเตรียมวัตถุดิบ (Raw materials handling unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่เตรียมวัตถุดิบต่างๆ ทั้งของเหลวและของแข็งให้พร้อมที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกขั้นต่อไป วัตถุดิบที่ใช้แสดงในภาคผนวก ข. เครื่องจักรหลักประกอบด้วย ถังไซโล ถังเก็บน้ำ ถังเก็บวัตถุดิบที่เป็นของเหลว รวมถึงสายพานลำเลียง (Screw conveyor) และเครื่องผลิตลม (Blower) สำหรับลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่ถังเก็บ

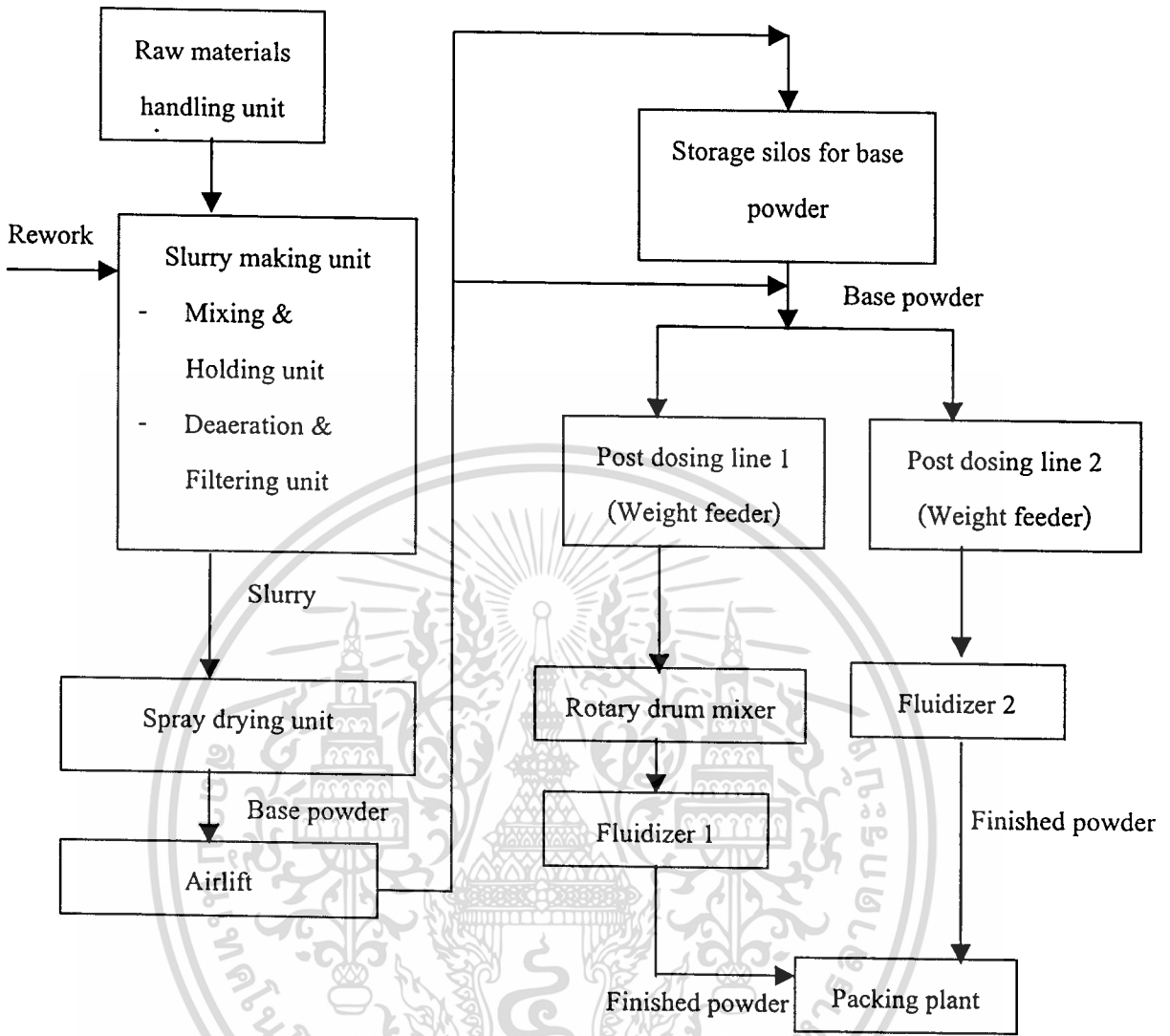
2.1.2 หน่วยผลิตสเลอรี (Slurry making unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนการนำเข้ามาผสมในถังผสมหลัก เพื่อผลิตสเลอรีให้มีความหนาแน่นตามสูตรที่กำหนดของผงซักฟอกแต่ละตราสินค้า ก่อนจะนำไปฉีดในหอน็อค (Spray drying tower) ต่อไป เครื่องจักรหลักประกอบด้วย ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ (Weight feeder) ถังผสมหลัก ถังพักสเลอรี (Slurry holding tank) ตัวกรองแบบหมุน (Rotary filter) Deaerator ถังพัก (Drop tank) ตัวกรองแบบแม่เหล็ก (Magnetic filter) Reitz mill filter เครื่องสูบลมความดันต่ำ (Low pressure pump) และเครื่องสูบลมความดันสูง (High pressure pump)

2.1.3 หน่วยการอบแห้งโดยการฉีดเป็นละออง (Spray drying unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่นำสเลอรีจากกระบวนการผลิตสเลอรีมาทำให้แห้งเป็นผงพื้นฐาน (Base powder) โดยฉีดสเลอรีผ่านสวนทางกับอากาศร้อนจากการเผาก๊าซธรรมชาติ ทำให้สเลอรีสูญเสียความชื้นที่เป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งและได้เป็นผงพื้นฐาน เครื่องจักรหลักประกอบด้วย หอน็อค และหน่วยผลิตอากาศร้อน (Natural gas heating unit)

2.1.4 หน่วยจัดเก็บผงพื้นฐาน (Base powder handling unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่นำผงพื้นฐานจัดเก็บลงถังไซโลแยกตามชนิดของผงซักฟอกก่อนผ่านเข้ากระบวนการผสมสารเติมแต่ง (Additives) ต่อไป เครื่องจักรหลักประกอบด้วย Airlift แร่ง (ตะแกรงคัดกากขนาดใหญ่) Bucket ถังไซโล และสายพานต่างๆ ในการวิเคราะห์ % AD ของผงพื้นฐานจะเก็บตัวอย่างผงพื้นฐานในตำแหน่งที่ออกจาก Airlift ก่อนจะเข้าถังไซโล ความถี่ในการวิเคราะห์ % AD ของผงพื้นฐานในงานวิจัยนี้ประมาณ 20 ครั้ง/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



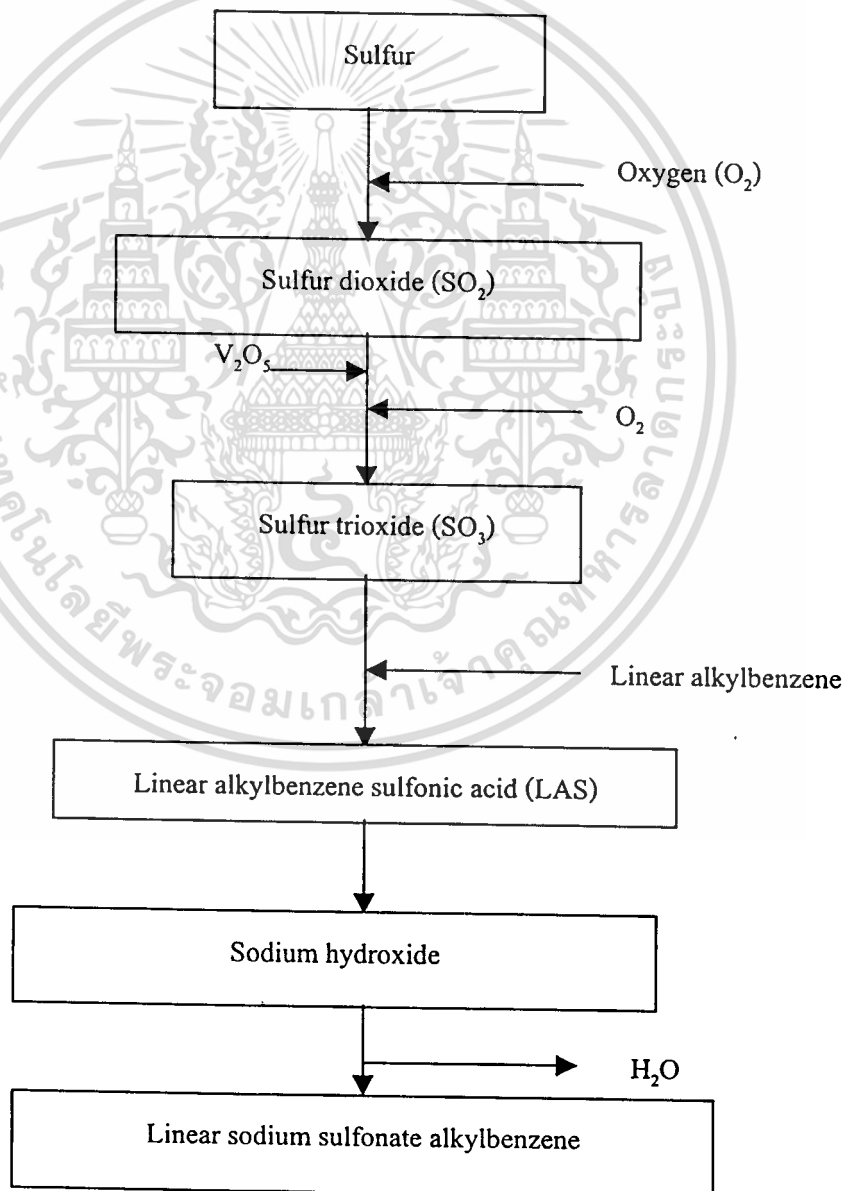
รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา [1]

2.1.5 หน่วยผสมสารเติมแต่ง (Post dosing unit) เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่ผสมผงพื้นฐานกับสารเติมแต่ง เช่น ซัลเฟต โซดาแอช ซีโอไลต์ เอนไซม์ เกล็ดสีม่วง (Cocktail speckles) เกล็ดสีฟ้า (Blue speckles) สารเรืองแสง (Fluorescer) น้ำหอม เป็นต้น เพื่อใช้เสริมคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพของผงซักฟอกให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภค หน้าที่ของสารเติมแต่งแสดงในภาคผนวก ข. ตารางที่ ข.1 ปริมาณการผสมสารเติมแต่งขึ้นกับสูตรของผงซักฟอกและปริมาณผงพื้นฐาน หน่วยนี้แบ่งเป็น 2 สายการผลิต ในสายการผลิตสายที่ 1 ผงพื้นฐานจะถูกผสมสารเติมแต่งจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดดูคิบ แล้วผ่านไปที่เครื่องผสมแบบหมุน (Rotary drum mixer) และฟลูอิดไอเซอร์ (Fluidizer) ตามลำดับ เพื่อให้ส่วนผสมต่างๆ ถูกผสมเข้ากันอย่างดี สำหรับสายการผลิตสายที่ 2 ผงพื้นฐานจะถูกส่งไปฟลูอิดไอเซอร์ก่อนส่งไปยังส่วนการบรรจุผงซักฟอก เนื่องจากสายการผลิตที่ 1 มีกำลังการผลิตสูงกว่าสายการผลิตที่ 2 ดังนั้นเพื่อเพิ่มเวลาในการผสมจึงไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้เครื่องผสมแบบหมุน (Rotary drum mixer) ช่วยในการผสมก่อนที่จะไปผสมในฟลูอิดไอเซอร์ เครื่องจักรหลักประกอบด้วย ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตลับ เครื่องผสมแบบหมุน ฟลูอิดไอเซอร์ และ สายพานต่างๆ ในการวิเคราะห์ % AD ของผงซักฟอกจะเก็บตัวอย่างผงซักฟอกในตำแหน่งที่ออกจากฟลูอิดไอเซอร์ก่อนถึงส่วนการบรรจุผงซักฟอก ความถี่ในการวิเคราะห์ % AD ของผงซักฟอก ในงานวิจัยนี้ประมาณ 20 ครั้ง/วัน

2.2 กระบวนการผลิตสารทำความสะอาด (Active detergent: AD) [1, 8]

รูปที่ 2.2 แสดงกระบวนการผลิตสารทำความสะอาด คือ โซเดียมซัลโฟเนตอัลคิลเบนซีนที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง (Linear sodium sulfonate alkylbenzene)



รูปที่ 2.2 กระบวนการผลิตโซเดียมซัลโฟเนตอัลคิลเบนซีนที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง [1]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 กำมะถันที่หลอมให้เป็นของไหลจะถูกป้อนไปเผากับอากาศความชื้นต่ำในเตาเผาที่อุณหภูมิ 680-700 องศาเซลเซียส เพื่อให้กำมะถันทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้ผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แล้วผ่านหอบรรจุตัวเร่งปฏิกิริยาวานาเดียมเพนตะออกไซด์ (Vanadium pentoxide: V_2O_5) ช่วยเร่งให้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนได้เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ เพื่อส่งเข้าทำปฏิกิริยากับอัลคิลเบนซินที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง (Linear alkylbenzene) ที่ตั้งทำปฏิกิริยาซัลโฟเนเตอร์ (Sulphonator) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นกรดซัลโฟนิก อัลคิลเบนซินที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง (Linear alkylbenzene sulphonic acid: LAS) แล้วทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะได้โซเดียมซัลโฟเนตอัลคิลเบนซินที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรงที่อยู่ในสเลอรีเพื่อใช้ผลิตเป็นผงพื้นฐานต่อไป

2.3 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง [2-3, 9]

การทดลองถูกสร้างขึ้นโดยผู้ทดลองที่ต้องการค้นหาคำตอบจากกระบวนการที่ผู้ทดลองสนใจเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระบวนการ การทดลองในที่นี้หมายถึงการทดสอบที่คาดหมายว่าเมื่อเปลี่ยนตัวแปรป้อนเข้าหรือตัวแปรต้น (Input) ของกระบวนการ จะเป็นผลให้ตัวแปรตอบสนองหรือผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม (Output) มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น วัตถุประสงค์หลักของการทดลอง คือ พัฒนาการกระบวนการให้ความผันแปรภายนอกส่งผลกระทบต่อกระบวนการได้น้อย รวมถึงช่วยในการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่และการพัฒนาปรับปรุงกระบวนการผลิต

ตัวอย่างของการทดลอง เช่น ในงานวิศวกรรมศึกษากระบวนการชุบแข็งโลหะผสมชนิดหนึ่งโดยใช้ตัวกลางในการชุบแข็งต่างกัน คือ กระบวนการชุบแข็งด้วยน้ำมันและกระบวนการชุบแข็งด้วยน้ำเกลือ วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อหาว่าตัวกลางชนิดใดจะให้ค่าความแข็งสูงสุดสำหรับโลหะผสมชนิดนั้น โดยที่วิศวกรกำหนดจำนวนของชิ้นงานที่จะทดสอบค่าความแข็งจากการชุบแข็งแต่ละประเภท ค่าเฉลี่ยของความแข็งของชิ้นงานที่ผ่านการชุบแข็งในแต่ละตัวกลางนี้จะบอกถึงตัวกลางที่ดีที่สุดที่ใช้ในการชุบแข็งโลหะผสม จากการทดลองอาจมีคำถามที่มีความสำคัญเกิดขึ้น เช่น

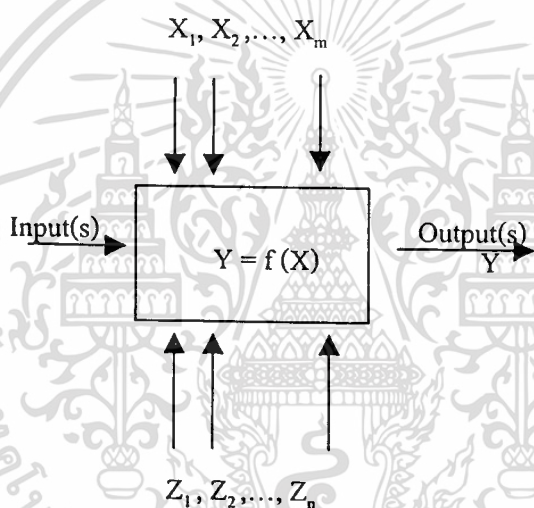
1. มีตัวกลางเพียง 2 ชนิดนี้หรือที่มีผลต่อกระบวนการชุบแข็งนี้
2. มีปัจจัยอื่นๆ อีกหรือไม่ ที่อาจจะมีผลกระทบต่อความแข็งของโลหะผสม
3. จำนวนชิ้นงานทดสอบเท่าไรที่ควรใช้ในการทดสอบตัวกลางแต่ละชนิด
4. ลำดับในการทดลองควรเป็นอย่างไร
5. การวิเคราะห์ข้อมูลควรใช้วิธีการอะไร
6. ความแตกต่างของความแข็งระหว่างการใช้ตัวกลางสองชนิดนี้เท่าไรจึงถือว่าเป็น

นัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำถามทั้งหมดหรือคำถามอื่นๆ จะต้องมีคำตอบที่น่าพอใจก่อนที่การทดลองจะเริ่มขึ้น ดังนั้นในการวางแผนการทดลองต้องพิจารณาทุกขั้นตอนในการทำการทดลองและมีการเตรียมการอย่างมีระบบถึงจะทำให้การทดลองนั้นมีความน่าเชื่อถือได้ จากการทดลองการชุบแข็งถ้าชุบแข็งในน้ำมันใช้ความร้อนค่าหนึ่งกับในน้ำเกลือใช้ความร้อนอีกค่าหนึ่ง เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความแข็งจะไม่สามารถบอกได้ว่าผลของการใช้ตัวกลางแต่ละชนิดในการชุบแข็งมีค่าความแข็งของโลหะต่างกันเท่าไรเนื่องจากใช้ค่าความร้อนแตกต่างกัน และผลของการใช้ความร้อนมีค่าความแข็งต่างกันเท่าไร ดังนั้นต้องระวังว่าวิธีการเก็บข้อมูลมีผลต่อการสรุปผลของการทดลองด้วย

รูปที่ 2.3 แสดงรูปแบบของกระบวนการ ส่วนใหญ่ภาพของกระบวนการเป็นการร่วมกันของเครื่องจักร วิธีการ คน และทรัพยากรอื่นๆ และตัวแปรป้อนเข้า (Input) จะถูกเปลี่ยนรูปเป็นผลลัพธ์ (Output) ซึ่งอาจมีได้ตั้งแต่หนึ่งค่าหรือมากกว่านั้น



โดยที่	X	คือ	ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรป้อนเข้าหรือตัวแปรต้นหรือปัจจัย
	Y	คือ	ตัวแปรตอบสนองหรือผลลัพธ์หรือตัวแปรตาม
	Z	คือ	ตัวแปรรบกวนหรือตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้

รูปที่ 2.3 รูปแบบของกระบวนการ [9]

จากรูปที่ 2.3 พบว่ากระบวนการประกอบด้วยปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable factors) คือ X_1, X_2, \dots, X_m กับปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable factors) คือ Z_1, Z_2, \dots, Z_n

1. ปัจจัยที่ควบคุมได้ หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ในกระบวนการ ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่างๆ ที่คิดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองหรือผลลัพธ์ที่สนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดได้ในกระบวนการ เนื่องจากเกิดจากธรรมชาติของกระบวนการ เช่น เทคโนโลยีไม่ทันสมัยพอหรือต้นทุนในการควบคุมสูงมาก หรือมีความรู้ไม่เพียงพอ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างมาก ผู้ทำการทดลองควรพยายามกำจัดปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ จึงจะเป็นประโยชน์ต่อการทดลอง

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. หาดตัวแปรที่มีผลต่อค่า Y มากที่สุด
2. กำหนดค่า X ที่ทำให้ค่า Y ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ
3. กำหนดค่า X ที่ทำให้ค่า Y มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก
4. กำหนดค่า X ที่ทำให้ค่า Z มีผลน้อยมาก

การออกแบบการทดลองเป็นเครื่องมือสำคัญในระบบงานทางวิศวกรรม สำหรับเพิ่มสมรรถนะของกระบวนการผลิต ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมใหม่ การเพิ่มผลผลิต ลดความผันแปร ลดต้นทุนโดยรวมของกระบวนการ และลดเวลาที่ต้องใช้ในการพัฒนา ถ้าใช้การออกแบบการทดลองกับผลิตภัณฑ์จะช่วยให้กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มีความง่าย มีความน่าเชื่อถือ มีต้นทุนการผลิตต่ำ และระยะเวลาในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่จะสั้น

2.3.1 หลักการออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองเป็นการวางแผนการทดลอง ซึ่งข้อมูลในการทดลองนั้นถูกวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติเพื่อใช้ทำความเข้าใจในข้อมูลและหาผลสรุปของวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ หลักการออกแบบการทดลองมีดังนี้

2.3.1.1 การทำซ้ำ (Replication) คือ การทำการทดลองซ้ำในแต่ละข้อมูลเพื่อกำจัดผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ออกไป การทำซ้ำมีความสำคัญ 2 ประการ คือ ใช้ประมาณค่าความคลาดเคลื่อนในการทดลอง และทำให้การประมาณค่าเฉลี่ยมีความมั่นใจมากขึ้น

2.3.1.2 การทำแบบสุ่ม (Randomization) คือ การให้โอกาสในการเก็บข้อมูลแต่ละตัวเท่ากัน กำจัดความลำเอียงเพื่อกระจายผลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ให้กับข้อมูลทุกระดับในการทดลองเท่าๆ กัน การทำแบบสุ่มสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีดังนี้

- ก. การทำแบบสุ่มอย่างง่าย (Simple randomization)
- ข. การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete randomization)
- ค. การทำแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (Complete randomization within blocks)

2.3.1.3 การบล็อก (Blocking) คือ การจัดกลุ่มการเก็บข้อมูลที่เป็นช่วงเพื่อลดผลจากปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ทำให้การทดลองมีความเที่ยงตรงมากขึ้น การบล็อกส่วนใหญ่เกิดขึ้นเมื่อวัสดุที่ใช้ในการทดลองนั้น ไม่มีความสม่ำเสมอจึงจำเป็นต้องแยกเอาผลของวัสดุที่แตกต่างกันออกไป และจะสนใจผลการทดลองที่เกิดขึ้นในแต่ละบล็อกเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 คำจำกัดความ

2.3.2.1 ปัจจัย (Factor) หมายถึง ตัวแปรต้นหรือสิ่งทีคิดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนองและนำมาพิจารณาในการทดลอง ปัจจัยอาจมีลักษณะเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพก็ได้ ปัจจัยเชิงปริมาณสามารถกำหนดเป็นตัวเลขได้แต่ปัจจัยเชิงคุณภาพกำหนดเป็นตัวเลขไม่ได้ เช่น การทดลองการชุบแข็งโลหะด้วยน้ำมันจะใช้ชนิดของน้ำมันและอุณหภูมิในการชุบแข็งเป็นปัจจัยในการทดลอง ในที่นี้ชนิดของน้ำมันจะมีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพแต่อุณหภูมิในการชุบแข็งมีลักษณะเป็นเชิงปริมาณ ปกติจะใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่แทนปัจจัย เช่น A, B, C เป็นต้น

2.3.2.2 ตัวแปรตอบสนอง (Response variable) หมายถึง ตัวแปรตามหรือตัวแปรที่มีผลจากปัจจัย

2.3.2.3 ระดับของปัจจัย (Level of factor) หมายถึง สภาวะต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งทุกปัจจัยที่ใช้ในการทดลองต้องมีระดับของปัจจัยอย่างน้อยสองระดับ ปกติจะใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กแทนจำนวนระดับของปัจจัย เช่น a แทนจำนวนระดับของปัจจัย A เป็นต้น

2.3.2.4 ปัจจัยรบกวน (Noise factor) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่ได้พิจารณาในการทดลองแต่ส่งผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง

2.3.3 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

2.3.3.1 การกำหนดปัญหา เป็นการระบุว่าความต้องการในกระบวนการคืออะไร และทำความเข้าใจถึงปัญหา ซึ่งเมื่อกำหนดปัญหาได้แล้วก็จะใช้เป็นวัตถุประสงค์ของการทดลอง ในการกำหนดปัญหาจะใช้ความคิดเห็นของหลายฝ่าย เช่น วิศวกร ฝ่ายประกันคุณภาพ ฝ่ายการผลิต ฝ่ายการตลาด ผู้บริหาร ลูกค้า เป็นต้น

2.3.3.2 การเลือกปัจจัยและระดับของปัจจัย ขั้นตอนนี้ต้องใช้ทฤษฎี ประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้จากการทำงานในกระบวนการ และการทดลองที่ได้ทำมาแล้วในอดีต เพื่อพิจารณาว่าปัจจัยใดที่ควรนำมาใช้ในการทดลอง และในแต่ละปัจจัยควรมีช่วง (Range) ในการทดลองเท่าไร เพื่อใช้ระบุระดับของปัจจัย ในการกำหนดระดับของปัจจัยสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทดังนี้

ก. แบบกำหนดตายตัว (Fixed level) หมายถึง การกำหนดระดับของปัจจัยที่สามารถควบคุมได้คงที่แน่นอน

ข. แบบสุ่ม (Random level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าได้แน่นอน ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะเป็นตัวแทนของทั้งปัจจัย ไม่ได้เป็นตัวแทนของระดับใดระดับหนึ่ง

ค. แบบผสม (Mixed level) หมายถึง ระดับของปัจจัยที่เกิดจากแบบกำหนดตายตัวและแบบสุ่มรวมกัน

2.3.3.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง ผู้ทำการทดลองต้องมั่นใจว่าตัวแปรที่เลือกสามารถให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการที่ศึกษา การเก็บข้อมูลของตัวแปรตอบสนองอาจใช้เพียงค่าเดียวหรือหลายค่าก็ได้ และในการวัดค่าจะต้องมีความแม่นยำและถูกต้องของเครื่องมือวัดด้วย ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3.4 การเลือกแบบการทดลอง ต้องพิจารณาขนาดของข้อมูลหรือจำนวนที่ใช้ในการทำซ้ำ การทำแบบสุ่ม และการบล็อก รวมถึงต้นทุนที่ใช้ในการทดลองด้วย

2.3.3.5 การดำเนินการทดลอง ต้องทำตามที่วางแผนไว้ ข้อควรระวังในการทดลอง คือ ความถูกต้องของกระบวนการ เครื่องมือวัด และความสม่ำเสมอในการทดลองเพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

2.3.3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้หลักการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการทดลอง การวิเคราะห์ข้อมูลอาจนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย เช่น โปรแกรม Minitab

2.3.3.7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ สรุปผลของการวิเคราะห์อาจแสดงในรูปแบบกราฟ ตาราง แผนภูมิ และให้ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

2.3.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนทำให้ทราบว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง เช่น น้ำเกลือมีผลต่อกระบวนการหุบแข็ง โลหะผสม หมายถึง น้ำเกลือเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความแข็งของโลหะผสม หลักเกณฑ์สำคัญที่ใช้ในการทดสอบ คือ ผลรวมกำลังสองทั้งหมด (Sum of square for total: SS_T) หรือการแยกความแปรปรวนทั้งหมดของข้อมูลออกตามสาเหตุที่ทำให้ข้อมูลแตกต่างกัน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความแปรปรวนกำลังสองระหว่างประชากรหรือผลรวมกำลังสองระหว่างประชากร (Sum of square for treatment: SS_T) กับความแปรปรวนภายในประชากรเดียวกันหรือผลรวมกำลังสองภายในประชากรเดียวกัน (Sum of square for error: SS_E) ในการวัดความแปรปรวนจากข้อมูลการทดลองจะใช้ตัวประมาณค่าของความแปรปรวนที่ดีที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (Mean square: MS) ดังสมการที่ 2.1

$$MS = \frac{SS}{df} \quad (2.1)$$

โดยที่ SS (Sum of square) คือ ผลรวมกำลังสอง

df (Degree of freedom) คือ ชั้นของความอิสระ

SS เป็นตัวแทนความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเพราะเป็นผลรวมของความแตกต่างของข้อมูลการทดลองทั้งหมด ถ้า SS มีค่ามากทำให้ MS มีค่ามากแสดงว่าข้อมูลการทดลองมีความแปรปรวนสูง ตัวอย่างการใช้ MS แสดงการวัดความแปรปรวนของข้อมูลการทดลอง แสดงในตารางที่ 2.1 โดยใช้ MS หาค่าสถิติทดสอบ (Test statistic: F_0)

ค่า F_0 ใช้พิจารณาว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองและกระบวนการ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างประชากร (MS_{Tr}) และค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในประชากรเดียวกัน (MS_E) ดังสมการที่ 2.2 ถ้า F_0 มีค่ามากแสดงว่าปัจจัยนั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองและกระบวนการมาก

$$F_0 = \frac{MS_{Tr}}{MS_E} \quad (2.2)$$

โดยที่ MS_{Tr} (Mean square for treatment) คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองระหว่างประชากร
 MS_E (Mean square for error) คือ ค่าเฉลี่ยกำลังสองภายในประชากรเดียวกัน

ในการสรุปว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองและกระบวนการ แสดงในสมการที่ 2.3

$$F_0 > F_{\alpha, v1, v2} \quad (2.3)$$

โดยที่ α คือ ระดับนัยสำคัญ (Significant level) เช่น 0.05 หมายถึงที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เป็นต้น ตามหลักสถิติส่วนใหญ่ใช้ α เท่ากับ 0.05
 $V1$ คือ ชั้นของความอิสระระหว่างประชากร หมายถึงความเป็นอิสระระหว่างปัจจัย
 $V2$ คือ ชั้นของความอิสระภายในประชากรเดียวกัน หมายถึงความเป็นอิสระภายในปัจจัยเดียวกัน หรือค่าชั้นของความอิสระของ Error

ถ้า $V1$ มีค่ามากแสดงว่าปัจจัยแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันมาก ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมาก ถ้า $V2$ มีค่ามากแสดงว่าปัจจัยแต่ละตัวไม่เป็นอิสระต่อกัน ทำให้การวิเคราะห์ข้อมูลขาดความน่าเชื่อถือ

$F_{\alpha, v1, v2}$ ได้จากการเปิดตารางการกระจายแบบ F (F distribution) [3] รายละเอียดดูได้จากภาคผนวก ง.

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ค่า P (P value) เป็นสถิติทดสอบลักษณะเดียวกับค่า F_0 แต่ค่า P จะทำนายได้ไม่ละเอียดเท่ากับค่า F_0 ถ้าค่า P น้อยกว่า 0.03 แสดงว่าปัจจัยนี้มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนอง ค่า P คำนวณจากโปรแกรม Minitab

กรณีเปรียบเทียบระหว่างปัจจัย 2 ปัจจัยสามารถใช้การทดสอบแบบ t (t-test) เป็นสถิติทดสอบได้ แต่ความแม่นยำของการวิเคราะห์น้อยกว่าแบบ F_0 และ P การทดสอบแบบ t วิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น ต้องมีการสร้างแบบจำลองเชิงเส้นทางสถิติ (Linear statistical model) เพื่อใช้ผลของค่าของตัวแปรตอบสนองว่าเกิดจากอิทธิพลของปัจจัยใดมากที่สุด ลักษณะแบบจำลองเชิงเส้นทางสถิติจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของแผนการทดลองตามจำนวนปัจจัยที่ใช้ทดลอง เช่น แบบจำลองเชิงเส้นทางสถิติของการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการทดลองกรณีที่มี 2 ปัจจัยใช้สมการที่ 2.4

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (2.4)$$

โดยที่	y_{ijk}	คือ ค่าของตัวแปรตอบสนอง
	i	คือ 1, 2, ..., a (ระดับของปัจจัย A)
	j	คือ 1, 2, ..., b (ระดับของปัจจัย B)
	k	คือ 1, 2, ..., n (จำนวนการทดลองที่ทำซ้ำต่อ 1 เซลล์ เรียกว่า เรพลิเคต (Replicate))
	μ	คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลการทดลองทั้งหมด
	τ_i	คือ ค่าที่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัย A
	β_j	คือ ค่าที่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัย B
	$(\tau\beta)_{ij}$	คือ ค่าที่เกิดจากอิทธิพลของปัจจัยรวม (Interaction) ของ A กับ B
	ε	คือ ความคลาดเคลื่อน

สมมติ μ เท่ากับ 20, τ_i เท่ากับ 30, β_j เท่ากับ 50, $(\tau\beta)_{ij}$ เท่ากับ 20 และ ε เท่ากับ 0.01 ถ้าดูจากตัวเลขที่สมมติแสดงว่าปัจจัย B มีผลกับค่าของตัวแปรตอบสนองมากที่สุดเนื่องจากค่าของ β_j มากที่สุด และจากสมการที่ 2.4 สามารถทำนายค่าของตัวแปรตอบสนองได้เท่ากับ 120.01

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบความเท่ากันของค่าเฉลี่ยแต่ละปัจจัย เพื่อแสดงถึงความมีอิทธิพลหรือความเป็นอิสระระหว่างปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการหาข้อสรุปทางสถิติ เพราะได้คำนวณความแปรปรวนของปัจจัยและตัวแปรต่างๆ ไว้ด้วยกัน ตารางที่ 2.1 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ของการทดลองที่มี 2 ปัจจัย ซึ่งเป็นการสรุปขั้นตอนทั้งหมดของการหาว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อกระบวนการหรือตัวแปรตอบสนอง โดยคำนวณความแปรปรวนของแต่ละปัจจัยและระหว่างปัจจัย โดยปกติการคำนวณเช่นนี้จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เช่น Minitab ซึ่งมีความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลการออกแบบการทดลองรายละเอียดในหนังสืออ้างอิง [2 - 3]

ตารางที่ 2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการทดลองที่มี 2 ปัจจัย [3]

Source of variation	Sum of square (SS)	Degree of freedom (df)	Mean square (MS) MS = SS/df	Test statistic (F_o) $F_o = MS/MS_E$
A	$\frac{\sum_{i=1}^a y_{i..}^2}{bn} - \frac{y_{...}^2}{abn} = SS_A$	a-1	$\frac{SS_A}{a-1} = MS_A$	$\frac{MS_A}{MS_E}$
B	$\frac{\sum_{j=1}^b y_{.j.}^2}{an} - \frac{y_{...}^2}{abn} = SS_B$	b-1	$\frac{SS_B}{b-1} = MS_B$	$\frac{MS_B}{MS_E}$
AB	$\frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij.}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} - SS_A - SS_B = SS_{AB}$	(a-1)(b-1)	$\frac{SS_{AB}}{(a-1)(b-1)} = MS_{AB}$	$\frac{MS_{AB}}{MS_E}$
Error	$SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AB} = SS_E$	ab(n-1)	$\frac{SS_E}{ab(n-1)} = MS_E$	-
Total	$\frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}^2}{n} - \frac{y_{...}^2}{abn} = SS_T$	abn-1	-	-

หมายเหตุ

- ไม่มีการคำนวณ

$$y_{i..} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

$$y_{.j.} = \sum_{i=1}^a \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

$$y_{ij.} = \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

$$y_{...} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n y_{ijk}$$

โดยที่ a คือ จำนวนระดับของปัจจัย A

b คือ จำนวนระดับของปัจจัย B

n คือ จำนวนเรพลิเคตหรือจำนวนข้อมูลทำซ้ำใน 1 เซลล์

ตัวอย่าง ถ้าต้องการพิจารณาว่าอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ขึ้นกับปัจจัย คือ วัสดุ และ/หรือ อุณหภูมิ ตารางที่ 2.2 แสดงการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (หน่วย เป็นชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ (หน่วยเป็นชั่วโมง)

[2]

วัสดุ	อุณหภูมิ (องศาฟาเรนไฮด์)						$y_{i..}$
	15		70		125		
ก	130	155	34	40	20	70	998
	74	180	80	75	82	58	
	$y_{11.} = 539$		$y_{12.} = 229$		$y_{13.} = 230$		
ข	150	188	136	122	25	70	1,300
	159	126	106	115	58	45	
	$y_{21.} = 623$		$y_{22.} = 479$		$y_{23.} = 198$		
ค	138	110	174	120	96	104	1,501
	168	160	150	139	82	60	
	$y_{31.} = 576$		$y_{32.} = 583$		$y_{33.} = 342$		
$y_{.j.}$	1,738		1,291		770		$y_{...} = 3,799$

จากตารางที่ 2.2 และคำจำกัดความหัวข้อ 2.3.2.3 พบว่าค่า a เท่ากับ 3 (วัสดุ ก, ข และ ค), b เท่ากับ 3 (อุณหภูมิ 15, 70 และ 125 องศาฟาเรนไฮด์) และ n เท่ากับ 4 (จำนวนเรพพลิเคต) จากสูตรในตารางที่ 2.1 และข้อมูลในตารางที่ 2.2 สามารถวิเคราะห์ความแปรปรวนของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ได้ดังนี้

$$SS_T = (130)^2 + (155)^2 + (74)^2 + \dots + (60)^2 - \frac{(3,799)^2}{36} = 77,646.97$$

$$SS_{\text{Material}} = \frac{1}{(3)(4)} [(998)^2 + (1,300)^2 + (1,501)^2] - \frac{(3,799)^2}{36} = 10,683.72$$

$$SS_{\text{Temperature}} = \frac{1}{(3)(4)} [(1,738)^2 + (1,291)^2 + (770)^2] - \frac{(3,799)^2}{36} = 39,118.72$$

$$SS_{\text{Interaction}} = \frac{1}{n} [(539)^2 + (229)^2 + \dots + (342)^2] - \frac{(3,799)^2}{36} - 10,683.72 - 39,118.72 = 9,613.78$$

สามารถสรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่โดยใช้โปรแกรม Minitab ได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สรุปการวิเคราะห์ความแปรปรวนของอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ [2]

Source of variation	Sum of square (SS)	Degree of freedom (df)	Mean square (MS) MS = SS/df	Test statistic (F_o) $F_o = MS/MS_E$
Material type	10,683.72	2	5,341.86	7.91
Temperature	39,118.72	2	19,558.36	28.97
Interaction	9,613.78	4	2,403.44	3.56
Error	18,230.75	27	675.21	-
Total	77,646.97	35	-	-

จากตารางที่ 2.3 ค่า F_o ของอันตรกิริยาระหว่างชนิดของวัสดุและอุณหภูมิได้ 3.56 ซึ่งมากกว่า 2.73 (ค่า $F_{0.05,4,27}$ ที่เปิดจากตาราง [3]) โดยที่ระดับนัยสำคัญ คือ 0.05, V1 (ขั้นของความอิสระของอันตรกิริยา) คือ 4 และ V2 (ขั้นของความอิสระของ Error) คือ 27 ดังนั้นสรุปได้ว่าอันตรกิริยาเนื่องจากชนิดของวัสดุและอุณหภูมิมิมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่ เพราะ F_o ของอันตรกิริยาระหว่างชนิดของวัสดุและอุณหภูมิมากกว่า $F_{0.05,4,27}$ ดังสมการที่ 2.3

เมื่อคำนวณ F_o ของชนิดของวัสดุได้ 7.91 และ F_o ของอุณหภูมิมิได้ 28.97 ซึ่งมากกว่า 3.35 (ค่า $F_{0.05,2,27}$ ที่เปิดจากตาราง [3]) โดยที่ระดับนัยสำคัญ คือ 0.05, V1 (ขั้นของความอิสระของวัสดุหรืออุณหภูมิมิ) คือ 2 และ V2 คือ 27 สรุปได้ว่าปัจจัยของชนิดของวัสดุและปัจจัยของอุณหภูมิมิมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่ออายุการใช้งานของแบตเตอรี่เพราะ F_o ของทั้งสองปัจจัยมากกว่า $F_{0.05,2,27}$

2.3.5 การทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design)

แผนการทดลองมีหลายชนิด เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบมีปัจจัยเดียว แบบแฟกทอเรียล แบบลาตินสแควร์ (Latin square design) เป็นต้น แต่ละแบบเหมาะกับการใช้งานแตกต่างกันไป ในงานวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล ซึ่งเป็นการทดลองที่ใช้ศึกษาตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป เช่น ถ้าการทดลองหนึ่งมี 3 ปัจจัย คือ A, B, C โดยแต่ละปัจจัยมีจำนวนระดับเท่ากับ 3, 3 และ 2 ตามลำดับ และมีการทำซ้ำ 2 ครั้ง (2 Replicate) ดังนั้นต้องมีการเก็บข้อมูลทั้งหมด $3 \times 3 \times 2 \times 2$ เท่ากับ 36 การทดลอง โดยทั่วไปแผนการทดลองแบบนี้มีประสิทธิภาพมากเนื่องจากพิจารณาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดของทุกปัจจัย ได้แก่ อิทธิพลของปัจจัยหลัก (Main effect) เช่น ปัจจัย A, B, C เป็นต้น และอิทธิพลของปัจจัยร่วมหรืออันตรกิริยา (Interaction effect) เช่น ความสัมพันธ์ของ AB (หมายถึงตัวแปรตอบสนองของปัจจัย A ขึ้นกับระดับของปัจจัย B และตัวแปรตอบสนองของปัจจัย B ขึ้นกับระดับของปัจจัย A), AC, BC, ABC เป็นต้น งานวิจัยนี้ส่วนใหญ่วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้แผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.6 การทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่ไม่มีอันตรกิริยา

ในการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ที่มีการทดลอง 1 ครั้งต่อเซลล์ (ไม่มีเรพลิเคต) ไม่สามารถหาอันตรกิริยาได้ เพราะชั้นของความอิสระของปัจจัยเท่ากับศูนย์ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าอันตรกิริยาไม่มีผลกับตัวแปรตอบสนองที่สนใจเพื่อสามารถตัดผลของอันตรกิริยาได้ โดยไม่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ข้อมูล การตรวจสอบใช้สมการที่ 2.5 – 2.8

$$SS_N = \frac{\left[\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij} y_{i.} y_{.j} - y_{..} \left(SS_A + SS_B + \frac{y_{..}^2}{ab} \right) \right]^2}{ab SS_A SS_B} \quad (2.5)$$

$$SS_{Residual} = SS_T - SS_A - SS_B \quad (2.6)$$

$$SS_{Error} = SS_{Residual} - SS_N \quad (2.7)$$

เพื่อที่จะทดสอบว่าอันตรกิริยามีผลหรือไม่ จะต้องคำนวณค่า F_0 ดังสมการที่ 2.8 ถ้า $F_0 > F_{\alpha, 1, (a-1)(b-1)-1}$ สามารถตัดผลของอันตรกิริยาได้

$$F_0 = \frac{SS_N}{SS_{Error} / [(a-1)(b-1) - 1]} \quad (2.8)$$

สำหรับการทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัยที่มีอันตรกิริยากว่าแล้วในหัวข้อที่ 2.3.4 ดังตารางที่ 2.2

2.3.7 การทดสอบสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R square: R^2)

ใช้วิเคราะห์ว่าความผันแปรส่วนใหญ่ของข้อมูลที่ได้จากการทดลองเกิดจากปัจจัยที่กำหนดหรือเกิดจากธรรมชาติของกระบวนการ (ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้) มีสูตรดังสมการที่ 2.9

$$R^2 = 1 - \frac{SS_E}{SS_T} \quad (2.9)$$

โดยที่ SS_E คือ ผลรวมกำลังสองของ Error

SS_T คือ ผลรวมกำลังสองของข้อมูลการทดลองทั้งหมด

ถ้าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่า 0.7 แสดงว่าความผันแปรส่วนใหญ่เกิดจากปัจจัยที่กำหนด แต่ถ้ามีค่าต่ำกว่า 0.7 แสดงว่าความผันแปรส่วนใหญ่เกิดจากธรรมชาติของกระบวนการ หรือเกิดจากการออกแบบการทดลองที่ไม่เหมาะสม ซึ่งต้องกลับไปพิจารณาปัจจัยที่ใช้ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองว่ามีอิทธิพลจริงหรือไม่ รวมถึงตรวจสอบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลว่ามีข้อผิดพลาดหรือไม่ และควรออกแบบทำการทดลองใหม่

2.3.8 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง

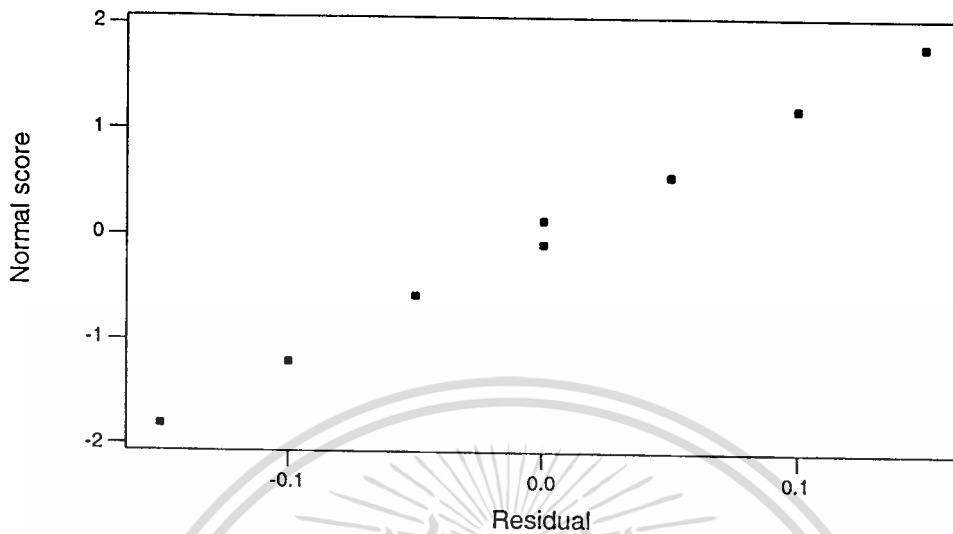
เพื่อยืนยันความถูกต้องและเชื่อถือได้ของข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์นอกจากจะใช้ R^2 แล้ว จะต้องตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองโดยการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual) ซึ่งมี 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ตรวจสอบความเป็นปกติ (Normality) หมายถึง ข้อมูลต้องมีการกระจายแบบปกติ ดูจากกราฟต้องเป็นเส้นตรงเฉียงขึ้นด้านขวาดังรูปที่ 2.4 หรือดูจากฮิสโตแกรมต้องมีการกระจายแบบปกติคือมีลักษณะระฆังคว่ำแบบสมดุล

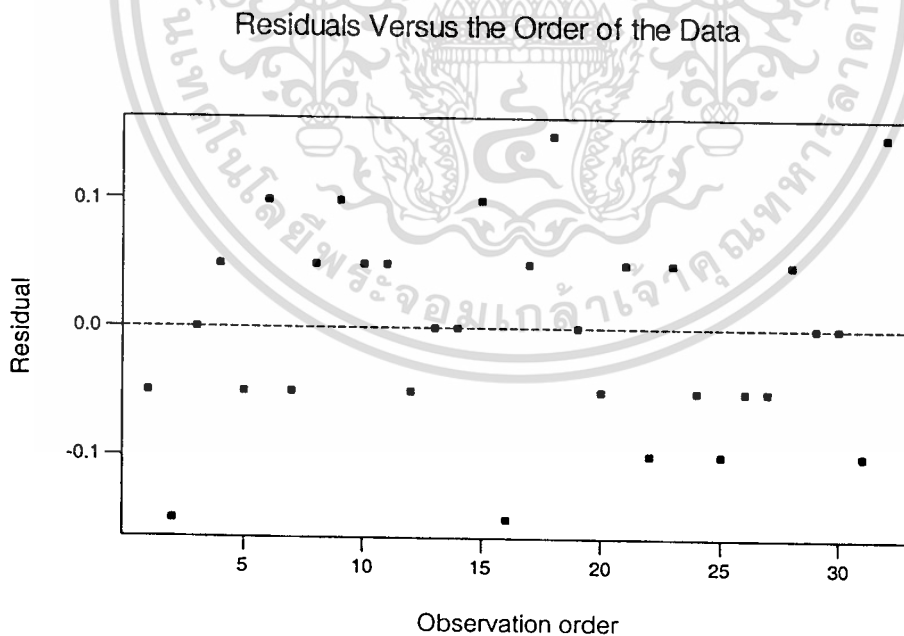
วิธีที่ 2 ตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independence) โดยเขียนส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง ข้อมูลแต่ละตัวต้องมีความเป็นอิสระต่อกันหมายถึงข้อมูลไม่มีความเอนเอียง (Bias) ต่อกัน ดูจากแผนภาพการกระจายต้องไม่มีรูปแบบใดๆ ที่แน่นอน เช่น รูปที่ 2.5 สำหรับรูปที่ 2.6 แสดงความไม่เป็นอิสระของข้อมูลเนื่องจากแผนภาพการกระจายมีรูปแบบที่แน่นอน ในที่นี้เป็นรูปไซน์ (Sine curve)

วิธีที่ 3 ตรวจสอบความมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน (Variance stability) โดยเขียนส่วนตกค้างกับค่าที่ควรจะเป็นของตัวแปรตอบสนอง (Fitted value) ซึ่งค่านี้ขึ้นกับความแตกต่างและความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองว่าเป็นอิสระต่อกันมากน้อยเพียงใด เพื่อยืนยันว่าความแตกต่างของข้อมูลเกิดจากธรรมชาติของกระบวนการหรือปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ โดยดูจากแผนภาพการกระจายต้องไม่มีรูปแบบใดๆ ที่แน่นอน เช่น รูปที่ 2.7 สำหรับรูปที่ 2.8 แสดงว่าข้อมูลมีค่าความแปรปรวนที่ไม่มีเสถียรภาพเนื่องจากแผนภาพการกระจายเกาะกลุ่มกันเป็นช่วงๆ อย่างมีรูปแบบ แสดงว่าข้อมูลเกิดจากปัจจัยที่สามารถควบคุมได้แต่ไม่ได้ควบคุม

Normal Probability Plot of the Residuals



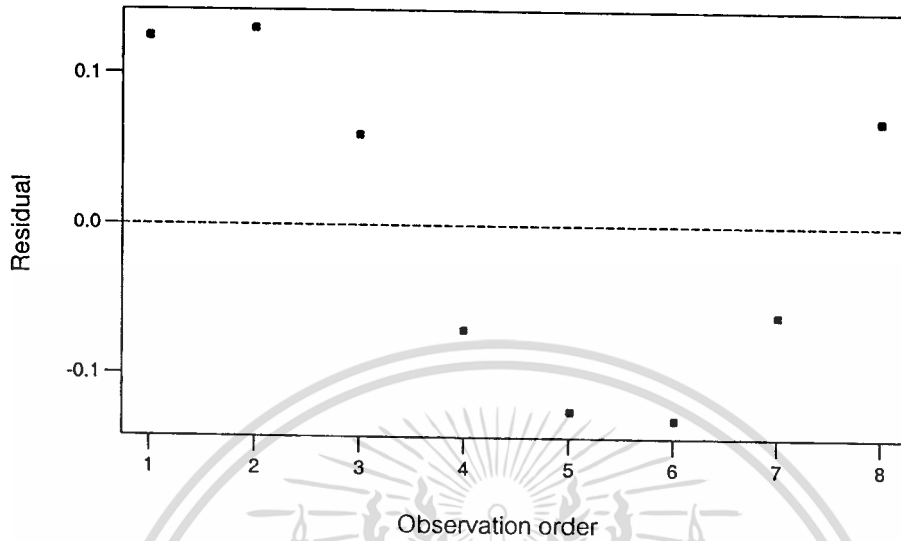
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างกราฟ Normal probability plot ของส่วนตกค้างแสดงความเป็นปกติของข้อมูล [2]



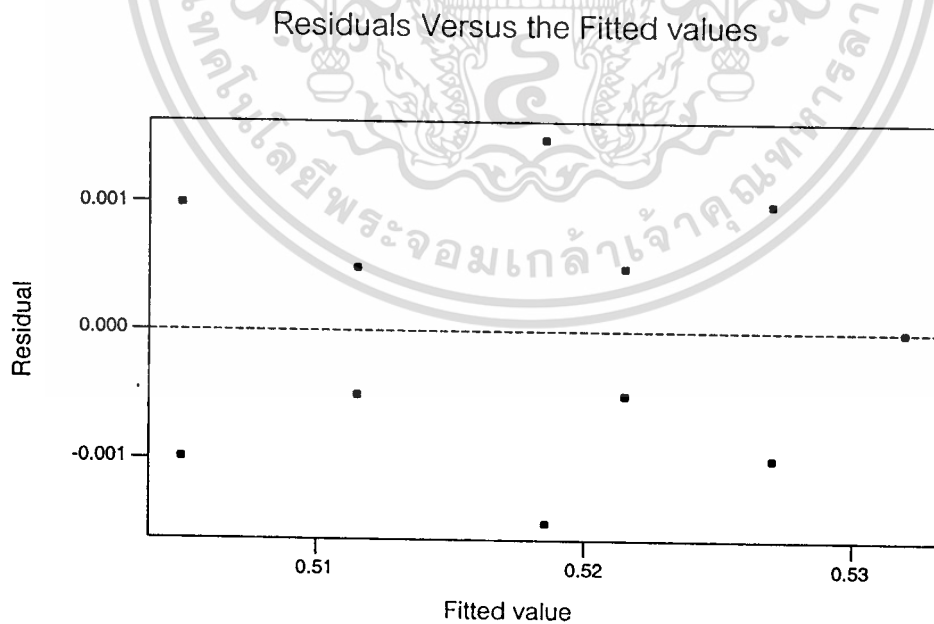
รูปที่ 2.5 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองแสดงความเป็นอิสระของข้อมูล [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Residuals Versus the Order of the Data



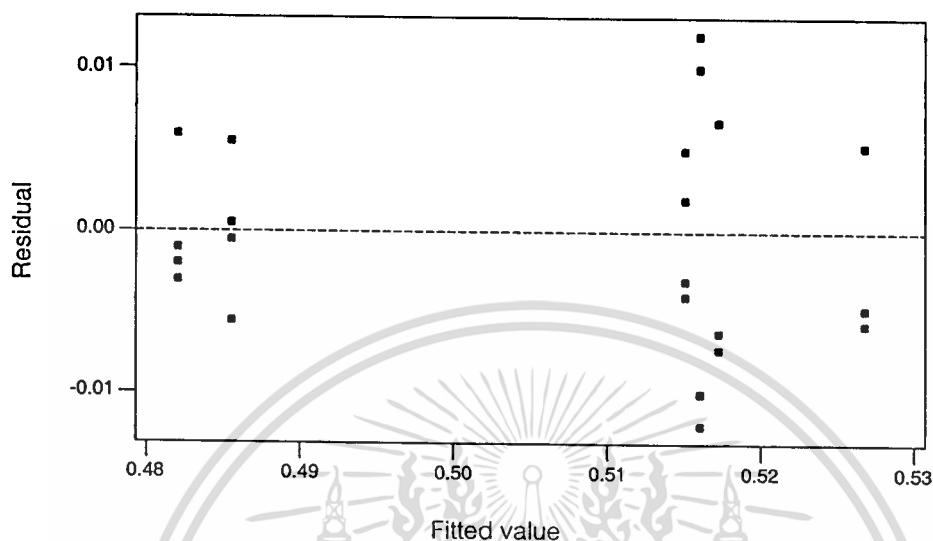
รูปที่ 2.6 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองแสดง
ความไม่เป็นอิสระของข้อมูล [2]



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับค่าที่ควรจะเป็นของตัวแปร

ตอบสนองแสดงข้อมูลมีค่าความแปรปรวนที่มีเสถียรภาพ [2]ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Residuals Versus the Fitted values



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับค่าที่ควรจะเป็นของตัวแปรตอบสนองแสดงข้อมูลมีค่าความแปรปรวนที่ไม่มีเสถียรภาพจากปัจจัยที่สามารถควบคุมได้แต่ไม่ควบคุม [2]

2.4 เครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพ [10-15]

การควบคุมคุณภาพ คือ การบริหารงานในด้านการควบคุมวัตถุดิบและการผลิต เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องและเสียหาย และเพื่อสามารถผลิตสินค้าที่มีคุณภาพด้วยต้นทุนการผลิตที่ต่ำ โดยเฉพาะการยกระดับประสิทธิภาพในการบริหารปัญหาและแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม ดังนั้นเพื่อให้การควบคุมคุณภาพมีประสิทธิภาพ จึงมีการประยุกต์ใช้เทคนิคสำหรับการควบคุมคุณภาพด้วยเครื่องมือ 7 แบบ ช่วยวางแผนและกำหนดเป้าหมายในการปฏิบัติเพื่อการควบคุมกระบวนการ เพื่อประสิทธิผลในการวิเคราะห์ข้อมูล และการปรับปรุงคุณภาพ เครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพมีดังนี้

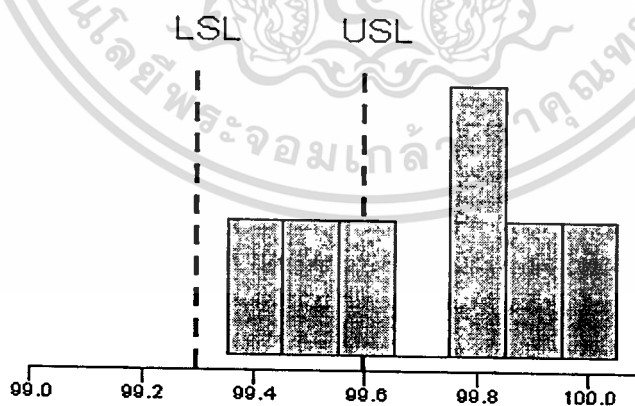
2.4.1 ใบตรวจสอบ (Check sheet) หมายถึง แผ่นกระดาษที่มีการออกแบบเพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมและจำแนกข้อมูลได้ง่าย ทำให้ทราบสภาพของข้อมูลทุกแง่มุม ลักษณะของใบตรวจสอบจะต้องเป็นลักษณะที่ง่ายต่อการจดบันทึกข้อมูล การจำแนกและวิเคราะห์ผล หลักการใช้งานของแผ่นตรวจสอบจะเน้นที่ความสะดวกในการบันทึกและหลีกเลี่ยงการเขียนให้มากที่สุด โดยใช้สัญลักษณ์ต่างๆ แทนการบันทึก เช่น ใช้สัญลักษณ์ ✓ แทนงานที่สามารถยอมรับได้ และใช้

เอกสารเป็นเอกสารที่ส่งวนเวียนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ให้ปฏิบัติตามเงื่อนไขและข้อควรระวังในการใช้งาน ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์ \times แทนของเสียที่เกิดขึ้น เป็นต้น ประโยชน์ของใบตรวจสอบ คือ ช่วยให้การตรวจสอบ การอ่าน หรือสรุปการตรวจสอบรวดเร็วขึ้น และทำให้การสื่อสารและการตัดสินใจในการควบคุมคุณภาพเป็นไปอย่างถูกต้อง การใช้ใบตรวจสอบ เช่น ตรวจสอบการผลิต ตรวจสอบข้อบกพร่อง ตรวจสอบตำแหน่งข้อบกพร่อง เป็นต้น

2.4.2 กราฟ (Graph) เป็นส่วนหนึ่งของรายงานที่ใช้นำเสนอข้อมูลที่ทำให้ผู้อ่านเข้าใจข้อมูลได้ดี สะดวกต่อการแปลความหมาย และสามารถให้รายละเอียดของการเปรียบเทียบได้ดีกว่าการนำเสนอข้อมูลด้วยวิธีอื่น เพราะจากกราฟสามารถมองเห็นถึงลักษณะของข้อมูลต่างๆ ได้ทันที กราฟที่นิยมใช้ ได้แก่ กราฟเส้น กราฟรูปภาพ กราฟแท่ง กราฟวงกลม และแผนภูมิควบคุมคุณภาพ ซึ่งกราฟแต่ละชนิดมีประโยชน์แตกต่างกัน

2.4.3 ฮิสโตแกรม (Histogram) คือ แผนภูมิแท่งชุดหนึ่งที่ใช้ดูความแปรปรวนของกระบวนการโดยไม่ต้องใช้วิธีการสถิติที่ซับซ้อน โดยปกติการหาความแปรปรวนของกระบวนการจะใช้วิธีทางสถิติ เช่น การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน (Variance) เป็นต้น ทำให้เกิดความยุ่งยากกับพนักงานระดับปฏิบัติการ แต่การสังเกตรูปร่างของฮิสโตแกรมจะเป็นการดูความแปรปรวนของกระบวนการว่ามีแนวโน้มอย่างไรเมื่อเทียบกับข้อกำหนด (Specification) ของกระบวนการ โดยความสูงของฮิสโตแกรมแต่ละแท่งแทนจำนวนข้อมูลที่ค่านั้น จากรูปที่ 2.9 พบว่าข้อมูลส่วนใหญ่ไม่อยู่ในข้อกำหนด (LSL – USL: 99.3 - 99.6) แต่จะเกาะกลุ่มกันที่บริเวณมากกว่าค่าขีดจำกัดบน ที่ค่า 99.8 จะมีจำนวนข้อมูลมากที่สุด ยิ่งจำนวนแท่งฮิสโตแกรมมีน้อยแสดงว่าความแปรปรวนของกระบวนการน้อย



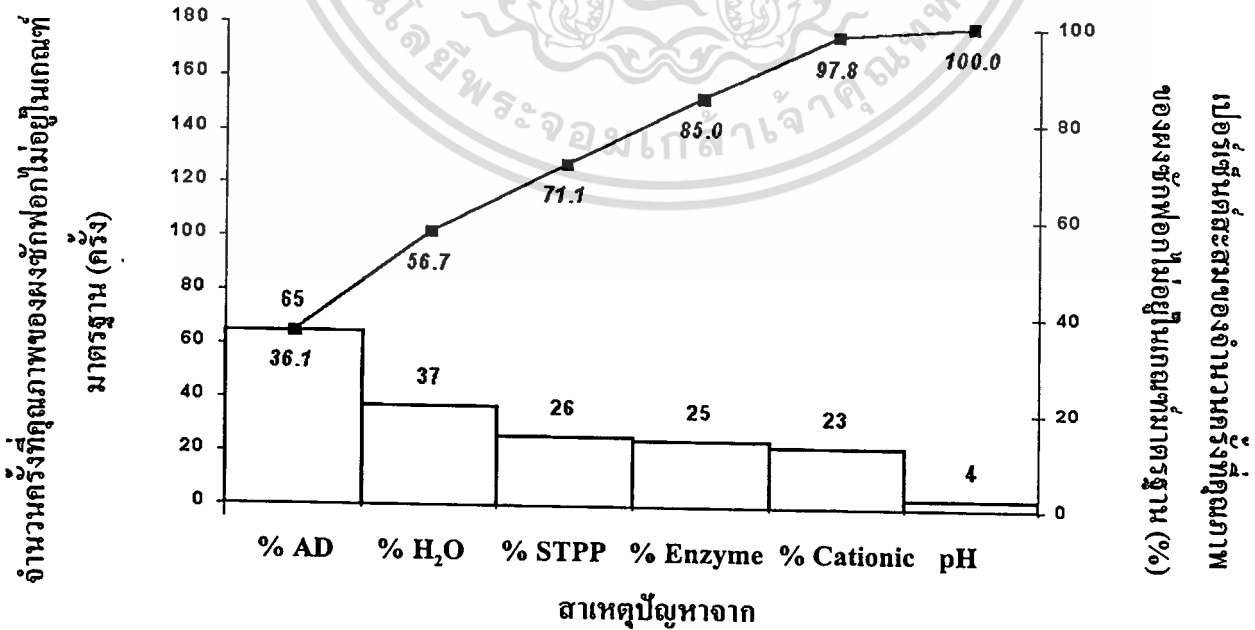
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างฮิสโตแกรม [12]

2.4.4 ผังพาเรโต (Pareto diagram) ผลของปัญหาด้านคุณภาพการผลิตจะปรากฏในรูปของความสูญเสียซึ่งอาจมีสาเหตุต่างๆ ผังพาเรโตแสดงให้เห็นว่าสาเหตุความบกพร่องเพียงไม่กี่สาเหตุก่อความสูญเสียมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

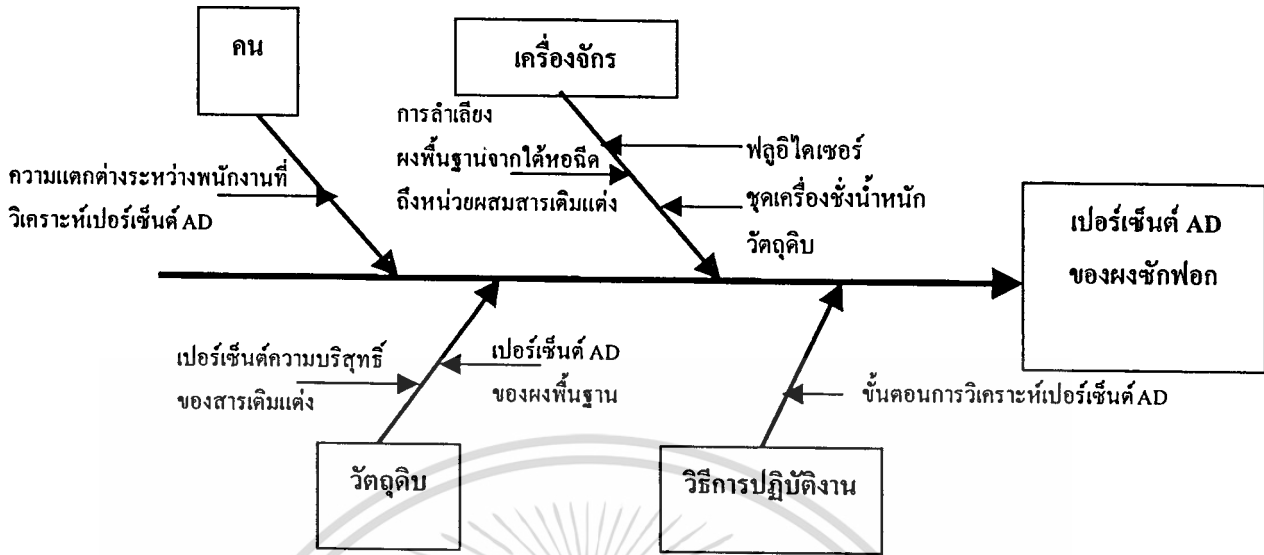
ผังพาเรโตคือกราฟแท่งของข้อมูลชนิดต่างๆ ที่เรียงกันโดยให้กราฟแท่งของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดอยู่ทางซ้ายและเรียงตามลำดับมาทางขวามีค่าที่ลดลง ใช้เปรียบเทียบความสำคัญหรือปริมาณของปัญหาระหว่างข้อมูลชนิดต่างๆ เพื่อแสดงว่าสาเหตุใดเป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุด ผังพาเรโตจะเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น ในการสร้างผังพาเรโตมีวิธีการดังนี้ กำหนดประเภทสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่ต้องการศึกษา กำหนดระยะเวลา เก็บรวบรวมข้อมูลนับจำนวนลักษณะที่จะทำการศึกษาปัญหาเหล่านั้น คำนวณเปอร์เซ็นต์ของประเภทของปัญหาที่เกิดขึ้น เรียงข้อมูลที่นับจำนวนได้จากมากไปหาน้อย ทำเปอร์เซ็นต์สะสมแล้วเขียนกราฟแท่ง โดยให้แกนตั้งด้านซ้ายเป็นจำนวนของแต่ละปัญหาที่เกิดขึ้น แกนตั้งด้านขวาเป็นเปอร์เซ็นต์สะสมของปัญหา แกนนอนเป็นประเภทของปัญหา ให้ความกว้างของแท่งกราฟเท่ากัน เรียงแท่งกราฟที่มีเปอร์เซ็นต์สูงสุดทางซ้ายสุดและเรียงมาด้านขวาตามลำดับของเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง ดังรูปที่ 2.10

2.4.5 ผังแสดงเหตุและผล (Cause and effect diagram) หรือผังก้างปลา ดังรูปที่ 2.11 เป็นผังที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจากสาเหตุต่างๆ ซึ่งควรใช้ผังแสดงเหตุและผลต่อจากผังพาเรโต กล่าวคือหลังจากตัดสินใจที่จะเลือกแก้ปัญหาใดจากการทำผังพาเรโตแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็เป็นการระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหาที่เลือกขึ้นมาจากผังพาเรโต โดยแสดงปัญหาไว้ที่ปลายของแผนภูมิ และระหว่างที่จะถึงปลายของแผนภูมิจะแสดงถึงสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการระดมความคิดจำแนกออกเป็นแขนงเหมือนก้างปลา จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการที่จะดำเนินการควบคุมและปรับปรุงกระบวนการผลิตจากการแก้ไขสาเหตุของปัญหาต่างๆ ที่ทราบ



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างผังพาเรโต

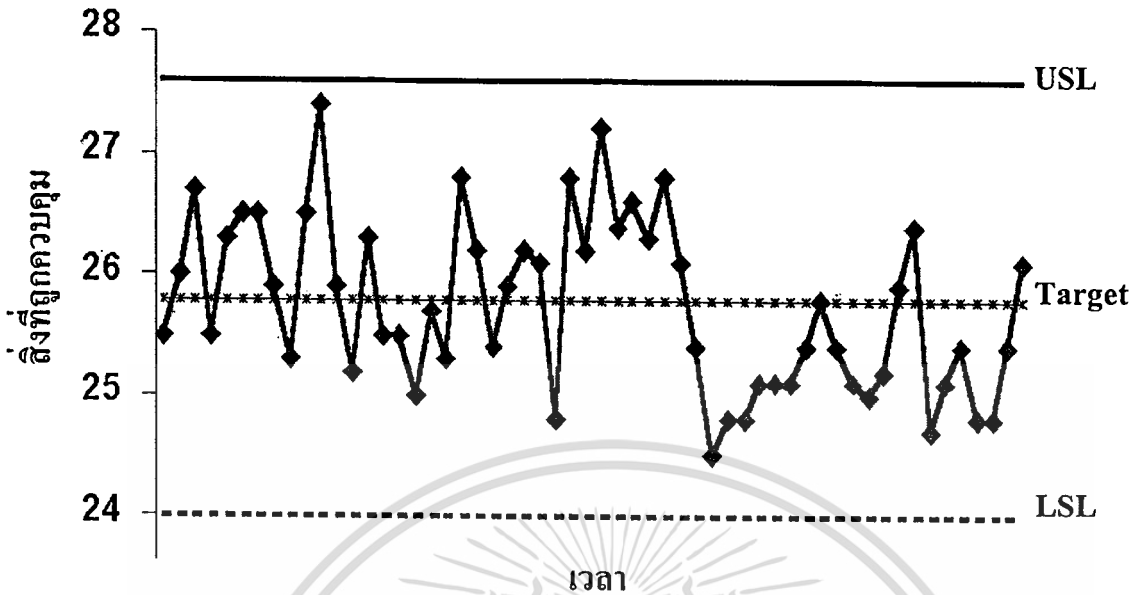
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ความไว้ว่าหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างผังแสดงเหตุและผล

2.4.6 แผนภาพการกระจาย (Scatter diagram) เป็นแผนภาพแสดงลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว เพื่อดูความสัมพันธ์ว่าตัวแปรตัวหนึ่งมีผลต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งอย่างไร ลักษณะของแผนภาพการกระจายโดยทั่วไปแสดงเป็นกราฟโดยให้แกนอนแทนตัวแปรหนึ่ง และแกนตั้งแทนอีกตัวแปรหนึ่ง จากข้อมูลที่ได้จะนำไปเขียนเป็นจุดในกราฟ เพื่อดูความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สนใจ ดังรูปที่ 2.4 – 2.8

2.4.7 แผนภูมิควบคุม (Control chart) เป็นกราฟที่ใช้เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตสามารถจำแนกการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิตระหว่างสาเหตุธรรมชาติกับสาเหตุที่ผิดปกติของกระบวนการออกจากกัน ลักษณะของกราฟแสดงสิ่งที่ต้องการควบคุมโดยเขียนเทียบกับเวลา วัตถุประสงค์หลักของแผนภูมิควบคุมคือ ใช้ควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้รู้ว่าเวลาใดที่มีปัญหาด้านคุณภาพหรือมีแนวโน้มว่ากำลังจะมีปัญหาด้านคุณภาพ เพื่อแก้ไขปรับปรุงกระบวนการผลิตให้กลับสู่สภาพปกติ แผนภูมิควบคุมเป็นเทคนิคเชิงสถิติที่มีความสำคัญอย่างมาก และมีรูปแบบต่างๆ แล้วแต่ลักษณะการควบคุม แผนภูมิควบคุมประกอบด้วยเส้นศูนย์กลางหนึ่งเส้นกับเส้นขอบเขตบนสำหรับการควบคุมช่วงสูงหรือค่าขีดจำกัดบน (USL) และเส้นขอบเขตล่างสำหรับการควบคุมช่วงต่ำหรือค่าขีดจำกัดล่าง (LSL) เมื่อเขียนค่าสมบัติที่แสดงสภาพของกระบวนการผลิตลงไปถ้าจุดทุกจุดอยู่ภายในค่าขีดจำกัดบนและล่าง การเรียงตัวของจุดไม่มีแนวโน้มผิดปกติถือว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ในสภาวะควบคุม แต่ถ้ามีจุดอยู่นอกค่าขีดจำกัดหรือการเรียงตัวของจุดมีแนวโน้มผิดปกติ ถือว่ากระบวนการผลิตไม่อยู่ในสภาวะควบคุม มีสภาพผิดปกติเกิดขึ้น จำเป็นต้องสำรวจค้นหาและกำหนดมาตรการแก้ไข (Corrective action) รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่กระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุม



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างแผนภูมิควบคุมที่กระบวนการผลิตอยู่ในสภาวะที่ถูกควบคุม

ในงานวิจัยนี้นำเครื่องมือ 7 แบบสำหรับการควบคุมคุณภาพ คือ ผังพาเรโต ผังแสดงเหตุและผล และแผนภูมิควบคุม มาประยุกต์ในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล สิ่งที่สำคัญในการค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาการเกิดของเสีย ควรเริ่มจากการสำรวจและติดตามเผ้าดูปรากฏการณ์ของเสียนั้นๆ ซึ่งเครื่องมือทางสถิติเหล่านี้จะช่วยให้การสังเกตติดตามทำได้ถูกต้องและแม่นยำ

2.5 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ [16-18]

ในการบริหารคุณภาพของกระบวนการมีความจำเป็นต้องค้นหาสารสนเทศผ่านทางตัวเลขดัชนีหรือเครื่องมือต่างๆ เพื่อให้ทราบความสามารถของกระบวนการที่บ่งชี้ถึงผลจากการออกแบบกระบวนการและควบคุมกระบวนการ และสามารถชี้ตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมต่อไป

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ หมายถึง การประเมินความผันแปรของกระบวนการและวิเคราะห์ความผันแปรกับข้อกำหนดหรือมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนพิจารณาแหล่งความผันแปรต่างๆ เพื่อหาวิธีลดความผันแปรของกระบวนการต่อไป

2.5.1 ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index: PCI)

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการในรูปของความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิตสามารถวิเคราะห์ด้วยดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ถ้าศึกษาข้อมูลที่เก็บในระยะสั้น ใช้ค่า C_p ดังสมการที่ 2.10 สำหรับข้อมูลที่เก็บในระยะยาว ใช้ค่า P_p ดังสมการที่ 2.11 ค่า C_p และ P_p ยังมีค่าสูงยิ่งดีเพราะแสดงว่ากระบวนการมีความผันแปรต่ำคือกระบวนการมี

ความเสถียรไม่มีการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากลักษณะข้อมูลที่เก็บในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลระยะสั้นจึงพิจารณาเฉพาะค่า C_p

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{ST}} \quad (2.10)$$

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_{LT}} \quad (2.11)$$

โดยที่ σ_{ST} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรในระยะสั้น
 σ_{LT} คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรในระยะยาว

ตารางที่ 2.4 แสดงลำดับของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี C_p

ตารางที่ 2.4 ลำดับของความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการตามค่าดัชนี C_p [16]

ค่าดัชนี C_p	ลำดับของความสามารถของกระบวนการ
$2.00 \leq C_p$	ดีเหลือเชื่อ
$1.67 \leq C_p < 2.00$	ดีเลิศ
$1.33 \leq C_p < 1.67$	ดี
$1.00 \leq C_p < 1.33$	ควรปรับปรุง
$0.67 \leq C_p < 1.00$	ควรปรับปรุงอย่างมาก
$C_p < 0.67$	ควรปรับปรุงแก้ไขอย่างเร่งด่วน

เมื่อ $C_p < 1.33$ แสดงว่ากระบวนการไม่มีความสามารถด้านศักยภาพ ตัวอย่างแนวทางแก้ไขมีดังนี้ [16]

1. การลดความผันแปรของกระบวนการ ด้วยการกำหนดข้อกำหนดเฉพาะของกระบวนการที่ใช้อยู่แล้วใหม่หรือซื้อเครื่องจักรใหม่ นอกจากนี้สามารถแก้ไขด้วยการฝึกอบรมพนักงานใหม่ โดยเฉพาะงานที่ต้องการทักษะจากพนักงาน และกำหนดข้อกำหนดเฉพาะของวัตถุดิบใหม่เพื่อช่วยลดความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติของกระบวนการลง

2. การเพิ่มความกว้างระหว่างค่าขีดจำกัดบนและล่าง ใช้ในกรณีที่พบว่าความกว้างระหว่างค่าขีดจำกัดบนและล่างน้อยเกินไปไม่เหมาะสมกับกระบวนการ

3. การเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่ ในกรณีนี้เป็นการศึกษาถึงความมั่นคงของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความไวน้อยที่สุดต่อการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การคัดแยกผลิตภัณฑ์ ในกรณีนี้จะยอมรับความไม่มีความสามารถของกระบวนการนั้นด้วยการยอมรับค่าใช้จ่ายจากข้อบกพร่อง แต่จะลดค่าร้องเรียนจากลูกค้าด้วยการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (Choosing) เพื่อพยายามคัดแยกผลิตภัณฑ์บกพร่องออกไป การแก้ไขในกรณีนี้ปฏิบัติเมื่อผลิตภัณฑ์มีวงจรอายุไม่ยาวนานและไม่คุ้มทุนสำหรับการลงทุนลดความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติของกระบวนการ

5. จ้างผู้รับเหมาช่วง (Contactor) ผลิตให้ ถ้าไม่มีความคุ้มทุนต่อการลงทุนเพื่อลดความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติของกระบวนการควรแก้ไขด้วยการหาผู้รับเหมาช่วงที่มีกระบวนการผลิตที่มีความสามารถด้านศักยภาพมารับช่วงการผลิตต่อไป

2.5.2 ดัชนีที่สะท้อนการเลื่อนไปจากค่าขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างของกระบวนการ

ดัชนีที่สะท้อนการเลื่อนไปจากค่าขีดจำกัดบนและค่าขีดจำกัดล่างของกระบวนการ เรียกว่า C_{pk} แสดงดังสมการที่ 2.12 C_{pk} เป็นการเลือกค่าต่ำสุดระหว่าง C_{pu} (สมการที่ 2.13) และ C_{pl} (สมการที่ 2.14) ถ้า C_{pk} คิดลบแสดงว่าข้อมูลไม่อยู่ในช่วงควบคุม (ไม่อยู่ในช่วง LSL – USL)

$$C_{pk} = \text{ค่าต่ำสุดระหว่าง } (C_{pu}, C_{pl}) \quad (2.12)$$

$$C_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_{ST}} \quad (2.13)$$

$$C_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_{ST}} \quad (2.14)$$

โดยที่ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

C_p และ C_{pk} ใช้คู่กันเพื่อบอกถึงความสามารถของกระบวนการ

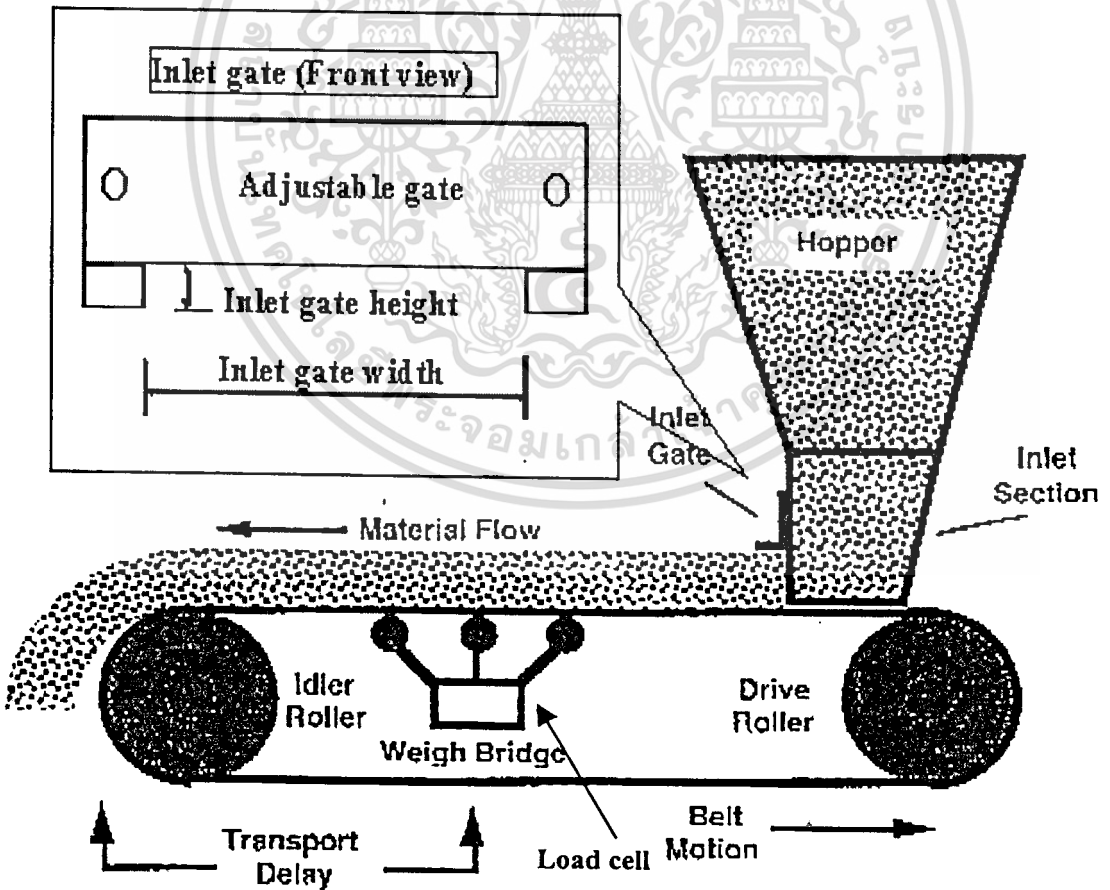
2.6 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ (Weight feeder) [1, 19-23]

ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบใช้ในหน่วยเตรียมวัตถุดิบและใช้เติมสารเติมแต่งในหน่วยผสมสารเติมแต่ง

2.6.1 หลักการของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบเป็นเครื่องจักรที่ใช้วัดอัตราการไหลเชิงมวล (Mass flow rate) ชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบบนสายพานตามเวลาที่กำหนดเพื่อผสมกับผงพื้นฐาน มีส่วนประกอบหลักดังรูปที่ 2.13 คือ

- | | | |
|-------------------------------|-----------|-------------------------------|
| 1. ฮอปเปอร์ (Hopper) | ทำหน้าที่ | บรรจุวัตถุดิบ |
| 2. ช่องเปิด (Gate) | ทำหน้าที่ | เป็นทางออกวัตถุดิบจากฮอปเปอร์ |
| 3. สายพาน (Belt) | ทำหน้าที่ | ลำเลียงวัตถุดิบ |
| 4. ตัวอ่านน้ำหนัก (Load cell) | ทำหน้าที่ | อ่านน้ำหนัก |
| 5. ลูกกลิ้ง (Rollers) | ทำหน้าที่ | ขับเคลื่อนสายพาน |



รูปที่ 2.13 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. K-Tron Soder มี 3 ชนิด ได้แก่ LWF (Loss in Weight Feeder), WBF (Weight Belt Feeder) และ LWB (Loss in Weight Batch)

2. Richard Simon

ตารางที่ 2.5 แสดงข้อแตกต่างระหว่าง K-Tron Soder กับ Richard Simon และตารางที่ 2.6 แสดงประเภทของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในหน่วยผสมสารเติมแต่ง

ตารางที่ 2.5 ข้อแตกต่างระหว่าง K-Tron Soder กับ Richard Simon [1]

K-Tron Soder	Richard Simon
1. ราคาถูกและอุปกรณ์หาได้ง่าย	1. ราคาแพงกว่า หาอุปกรณ์ได้ยาก
2. การตอบสนอง (Sensitive) เร็ว ดังนั้นจึงตอบสนองกับความสกรปรกได้ง่าย สมควรทำความสะอาดและสอบเทียบ (Calibrate) บ่อยกว่า	2. ถ้าสกปรกไม่ค่อยมีปัญหาด้านความแม่นยำ (Accuracy) เนื่องจากตอบสนองได้ช้ากว่า
3. เหมาะกับวัตถุดิบที่มีอัตราการไหลเชิงมวลต่ำๆ หรือที่ใช้ในปริมาณน้อยๆ เช่น เกล็ดสีฟ้า เป็นต้น	3. เหมาะกับวัตถุดิบที่มีอัตราการไหลเชิงมวลสูงๆ หรือที่ใช้ในปริมาณมากๆ เช่น ผงพื้นฐาน โซดาแอช เป็นต้น

ตารางที่ 2.6 ประเภทของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่ใช้ในหน่วยผสมสารเติมแต่ง [1]

วัตถุดิบ	สายการผลิตที่ 1		สายการผลิตที่ 2	
	รหัส (Code)	ประเภท	รหัส (Code)	ประเภท
ผงพื้นฐาน	WF 523	Richard Simon	WF 6000	WBF
ซัลเฟต	WF 578	WBF	WF 6020	WBF
โซดาแอช	WF 539	Richard Simon	WF 6080	WBF
ซีโอไลต์	WF 540	Richard Simon	WF 6040	WBF
เกล็ดสีม่วง	WF 560	Richard Simon	WF 6120	LWF
เอนไซม์	WF 556	Richard Simon	WF 6060	LWF
เกล็ดสีฟ้า	WF 570	LWF	WF 6100	LWF

หมายเหตุ LWB ใช้ในหน่วยเตรียมวัตถุดิบจึงไม่แสดงในตารางที่ 2.6

2.6.3 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ประเภท K-Tron Soder ชนิด WBF

ทำงานโดยเปรียบเทียบค่าเป้าหมายและค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวล ผลต่างที่ได้จะเป็นสัญญาณควบคุม ไปปรับความเร็วมอเตอร์ การทำงานของ WBF ที่มีระบบการควบคุมแบบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ป้อนกลับ (Feedback control) ใช้วิธีวัดค่าตัวแปรที่ต้องการควบคุมโดยตรงและส่งสัญญาณควบคุมไปปรับกระบวนการภายหลังการตรวจพบความคลาดเคลื่อนในการควบคุม ใช้เครื่องควบคุมชนิด PI (Proportional Plus Integral controller) เหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่มีเวลาในการตอบสนองน้อย และถ้า Start up บ่อยๆ จะเกิด Overshoot และ Offset มาก ดังนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบจึงควรปรับให้ Overshoot แคบลง

ตัวแปรที่สำคัญของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

1. อัตราการไหลเชิงมวล (Mass flow rate: Q) ของวัตถุดิบมีหน่วยเป็น (kg/h)
2. ความเร็วมอเตอร์ (Motor speed) มีหน่วยเป็น รอบ/นาที (rpm)
3. Belt load (q) คือ น้ำหนักของวัตถุดิบที่ตกลงบนสายพาน (kg/m) คำนวณจากสมการที่

2.15

$$q = \text{พื้นที่ที่น้ำหนักของวัตถุดิบตกลง (Cross section area: m}^2\text{)} \times \text{ความหนาแน่นของวัตถุดิบ (kg/m}^3\text{)} \quad (2.15)$$

4. ความเร็วสายพาน (Belt speed: v) (m/min) คำนวณจากสมการที่ 2.16

$$v = \frac{\left(\frac{Q \text{ kg}}{60 \text{ min}} \right)}{\left(\frac{q \text{ kg}}{m} \right)} \quad (2.16)$$

5. ค่า Span ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ใช้ปรับเพื่อลดค่าความผิดพลาดของตัวอ่านน้ำหนัก (Load cell) ปกติค่า Span จะคงที่ตลอด จะปรับเมื่อมีการสอบเทียบ

6. ความเร็วเริ่มต้น (Initial speed) ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ปรับเพื่อลด Overshoot ช่วง Start up ค่านี้เหมาะสมกับอัตราการไหลเชิงมวลที่ค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นถ้าอัตราการไหลเชิงมวลเปลี่ยนแต่ค่าความเร็วเริ่มต้นยังคงที่อยู่ อาจทำให้เกิด Overshoot มาก

7. ค่า Initial gain (Integral time) ปรับเพื่อลด Offset ของกระบวนการผลิต จะเหมาะสมกับอัตราการไหลเชิงมวลที่ค่าใดค่าหนึ่งเท่านั้นเช่นเดียวกับค่าความเร็วเริ่มต้น ยิ่งค่า Initial gain น้อยจะทำให้ Offset ลดลง แต่ถ้าน้อยเกินไปอาจเกิด Overshoot ได้

อัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบ ค่า Span ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ความเร็วเริ่มต้นของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ และค่า Initial gain เป็นค่าที่สามารถกำหนดได้ (Input) ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ส่วนความเร็วมอเตอร์ Belt load และความเร็วสายพาน เป็นค่าที่แสดงผล (Output) ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

2.6.4 ปัญหาที่พบบ่อยของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

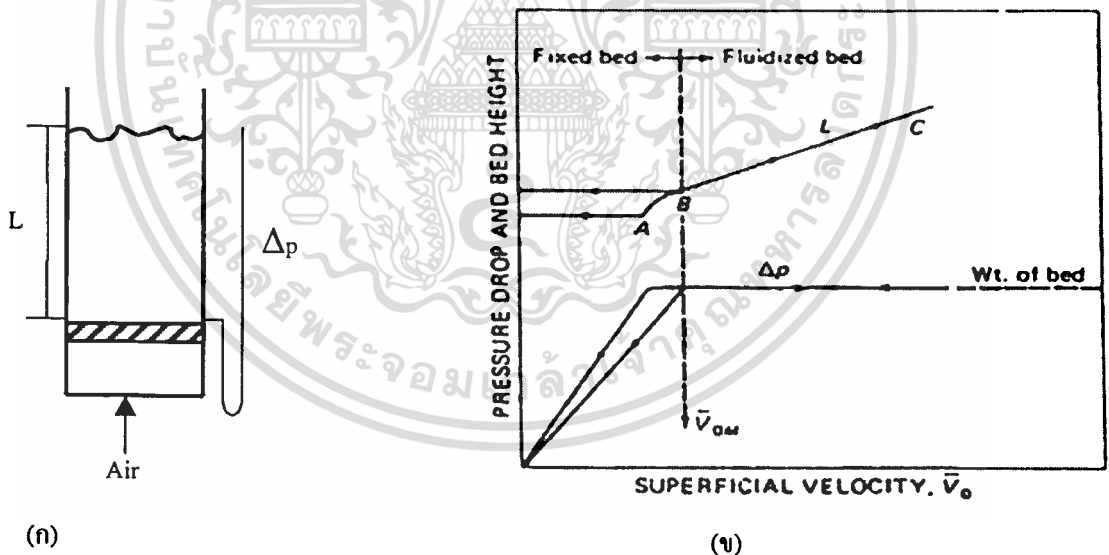
เอกสารนี้เป็นชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบขาดความแม่นยำ เนื่องจากไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การติดตั้งชุดเครื่องซั่งน้ำหนักวัดดูคิบไม่เหมาะสม
2. ขาดการบำรุงรักษาที่ดีพอ
3. การเลือกชุดเครื่องซั่งน้ำหนักวัดดูคิบไม่เหมาะสมกับวัดดูคิบที่ใช้ ถ้าเปรียบเทียบระหว่าง K-Tron Soder ชนิด WBF กับ LWF กรณีวัดดูคิบที่ใช้ในปริมาณมากควรใช้ชนิด WBF วัดดูคิบที่ใช้ในปริมาณน้อยควรใช้ชนิด LWF
4. สภาพแวดล้อมบริเวณชุดเครื่องซั่งน้ำหนักวัดดูคิบมีการสั่นสะเทือนมาก เช่น มีเครื่องจักรขนาดใหญ่ติดตั้งใกล้ๆ ชุดเครื่องซั่งน้ำหนักวัดดูคิบ

2.7 ฟลูอิดไอเซออร์

2.7.1 หลักการของฟลูอิดไอเซออร์ [24-28]

หลักการของฟลูอิดไอเซออร์ คือ การทำให้อนุภาคของแข็งมีสภาพคล้ายของไหลโดยการให้แวนลอยในก๊าซหรือของเหลว รูปที่ 2.14 (ก) พิจารณาคอลัมน์ที่บรรจุอนุภาคหรือเม็ดของแข็งภายในคอลัมน์สูง L ส่วนล่างคอลัมน์มีแผ่นเพลต (Plate) ซึ่งเป็นตะแกรงทำหน้าที่กระจายการไหลของอากาศให้สม่ำเสมอตลอดพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อเป่าผ่านชั้นของอนุภาคของแข็ง



รูปที่ 2.14 ฟลูอิดไอเซออร์ [24]

(ก) ฟลูอิดไอเซออร์แบบทั่วไป (ข) กราฟความดันลดและความสูงของเบด

จากรูปที่ 2.14 (ข) เริ่มต้นให้อากาศไหลเข้าด้านล่างของฟลูอิดไอเซออร์ ที่อัตราการไหลต่ำๆ อากาศจะไหลผ่านอนุภาคของแข็งไปโดยไม่ทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ สถานะนี้เรียกว่า เบดนิ่ง (Fixed bed) ถ้าอนุภาคมีขนาดเล็กมากๆ การไหลตามช่องระหว่างอนุภาคจะเป็นแบบราบเรียบ (Laminar flow) และความดันลดจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วอากาศ (Superficial velocity: \bar{V}_{0m}) ถ้าอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้พิมพ์ใช้จะต้องขออนุญาตในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วการไหลของอากาศเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อวัดผลต่างของความดันลดของชั้นอนุภาคของแข็ง (Pressure drop: ΔP) พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความดันลดเป็นไปตามรูปที่ 2.14 (ข) ที่ความเร็วค่าหนึ่งความดันลดในเบดจะเท่ากับแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อเบด ถ้าเพิ่มความเร็วขึ้นจากความเร็วนี้ อนุภาคจะเริ่มขยับตัว คือ จุด A และเมื่อเพิ่มความเร็วไปเรื่อยๆ อนุภาคจะสามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระภายในคอลัมน์ การเคลื่อนไหวของอนุภาคนี้มีลักษณะเหมือนกำลังแขวนลอยอยู่ในอากาศที่ไหลผ่าน (Dynamic suspension) สภาวะที่ชั้นของอนุภาคเปลี่ยนสภาพจากอยู่นิ่งเป็นสภาพแขวนลอยนี้ เรียกว่า ฟลูอิดไรซ์เบด (Fluidized bed) หรือเรียกว่าเกิดฟลูอิดไรเซชัน (Fluidization) สภาพของฟลูอิดไรซ์เบดที่ตำแหน่ง B เป็นสภาพกึ่งกลางระหว่างสภาพเบดนิ่งกับสภาพการถูกพัดพาด้วยอากาศ (Pneumatic conveyor) เมื่อเลยจุด B ไปและเพิ่มความเร็ว ความดันลดจะคงที่แต่ความสูงของเบดจะเพิ่มขึ้นตามความเร็ว ความดันลดเป็นผลจากอากาศไหลผ่านชั้นของอนุภาค โดยได้หักผลความดันลดของแผ่นตะแกรงออกแล้ว

ในขณะที่เกิดฟลูอิดไรเซชันนั้น อนุภาคจะเคลื่อนไหวระจัดกระจายในลักษณะแขวนลอย และมีคุณสมบัติการไหลคล้ายของเหลว เมื่อมองจากภายนอกพบว่าที่ผิวของฟลูอิดไรซ์เบดมีลักษณะคล้ายของเหลวที่กำลังเดือด ถ้าต่อท่อไว้กับคอลัมน์ที่ระดับผิวบนของฟลูอิดไรซ์เบด เม็ดของแข็งที่อยู่สูงเกินกว่าระดับนี้จะไหลออกได้เช่นเดียวกับของเหลว และถ้าเพิ่มความเร็วของอากาศที่เป่าผ่านชั้นอนุภาคให้สูงขึ้นจนมากกว่าความเร็วสุดท้ายของการตกโดยอิสระของอนุภาค (Terminal velocity: u_t) อนุภาคที่บรรจุอยู่ทั้งหมดจะถูกเป่าลอยปลิวไปกับอากาศ ฟลูอิดไรเซชันส่วนใหญ่เป็นระบบอากาศกับของแข็งมากกว่าของเหลวกับของแข็ง

ข้อดีของฟลูอิดไรเซชัน [24, 26]

1. ควบคุมง่าย เนื่องจากอนุภาคไหลแบบของไหล
2. สามารถควบคุมอุณหภูมิในฟลูอิดไรเซอร์ได้อย่างทั่วถึงและค่อนข้างคงที่ จึงลดปฏิกิริยาข้างเคียงที่ไม่ต้องการได้ ทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดีและสม่ำเสมอ
3. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนในฟลูอิดไรเซอร์มีค่าสูงมาก ดังนั้นการระบายความร้อนหรือการให้ความร้อนแก่อนุภาคในระหว่างที่เกิดปฏิกิริยาคายหรือดูดความร้อนจึงเป็นไปได้ง่าย ทำให้ประสิทธิภาพของฟลูอิดไรเซอร์สูงยิ่งขึ้น
4. เนื่องจากการชนกันเองของอนุภาคและการชนกันกับผนังของฟลูอิดไรเซอร์ ทำให้อากาศและอนุภาคที่อยู่ภายในถูกกวนและมีการเคลื่อนที่แบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ดังนั้นความหนาของชั้นฟิล์มลดลง จากทฤษฎีของฟิล์ม (Film theory) ความหนาของชั้นฟิล์มแสดงถึงความต้านทานที่มีต่อการถ่ายเทของโมเมนตัม ความร้อน และมวล นอกจากนี้อนุภาคที่บรรจุในฟลูอิดไรเซอร์มีขนาดเล็กจึงมีพื้นที่ผิวมากขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาเคมี
5. เหมาะสำหรับการผสมของอนุภาคขนาดใหญ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

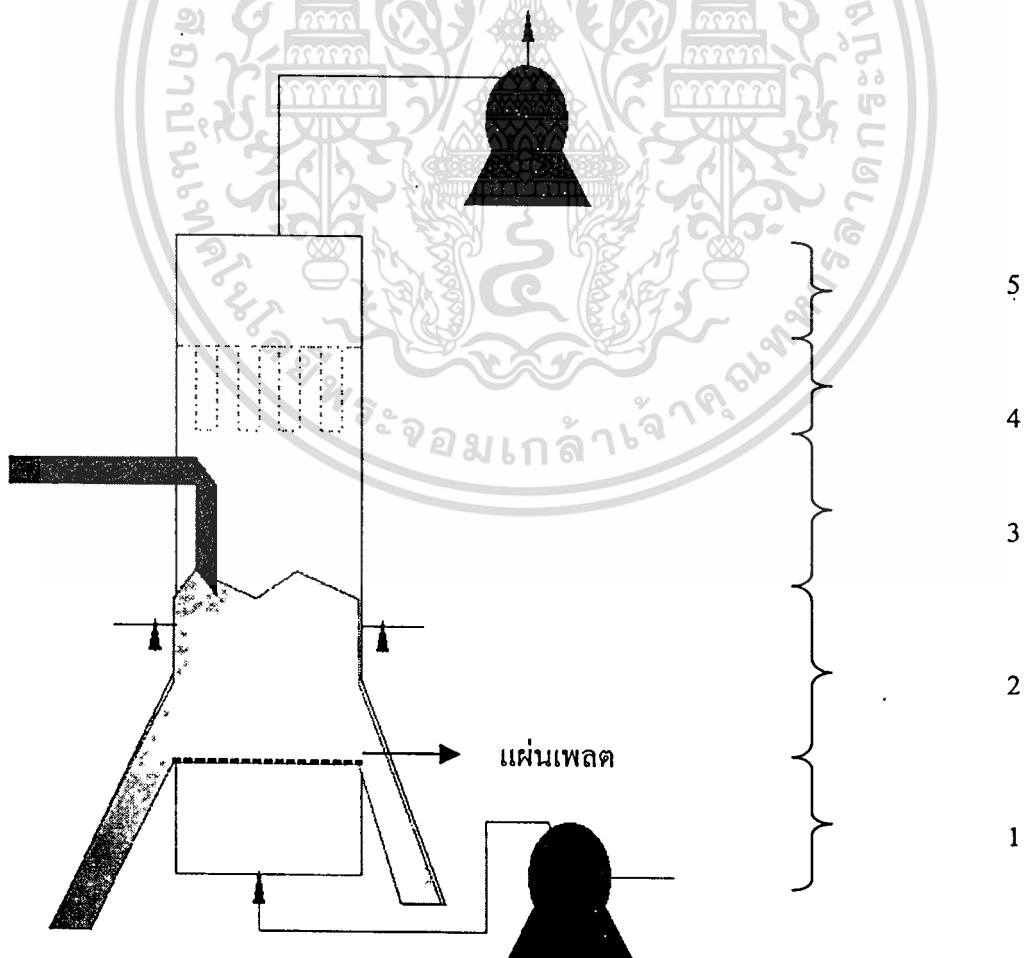
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียของฟลูอิดไอเซชัน [24, 26]

1. ถ้ามีการเติมและดึงอนุภาคของแข็งเข้าและออกจากฟลูอิดไอเซชันอย่างต่อเนื่อง อนุภาคจะเคลื่อนที่ปั่นป่วนและปะปนกันอย่างทั่วถึง ทำให้อนุภาคผสมอย่างรวดเร็ว ดังนั้นอนุภาคที่เพิ่มเติมเข้ามาใหม่จึงมีโอกาสเล็ดลอดออกไปได้ ทำให้เวลาที่อยู่ในฟลูอิดไอเซชัน (Residence time) ของอนุภาคไม่เท่ากัน และอาจส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์
2. อนุภาคอาจเสื่อมสภาพด้วยความร้อนหรือถูกพาออกไปพร้อมอากาศ
3. เกิดการฟุ้งกระจายของฟลูอิดไอเซชัน เนื่องจากการขัดสีของอนุภาค
4. กรณีใช้ฟลูอิดไอเซชันกับผงหรืออนุภาคขนาดเล็กส่วนใหญ่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นในการติดตั้งระบบแยกฝุ่นออกจากอากาศ

2.7.2 โครงสร้างของฟลูอิดไอเซชันในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา [1]

รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างของฟลูอิดไอเซชันในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา แบ่งเป็น 5 ส่วนหลัก ส่วนที่ 1 เป็นทางเข้าของลม ซึ่งไม่ควรมียุทูปอนุภาคปน ส่วนที่ 2 เป็นส่วนที่อนุภาคอยู่ในฟลูอิดไอเซชัน ส่วนที่ 3 เป็นทางเข้าของอนุภาค ส่วนที่ 4 เป็นส่วนของถุงกรอง และส่วนที่ 5 เป็นทางออกของลมสะอาด

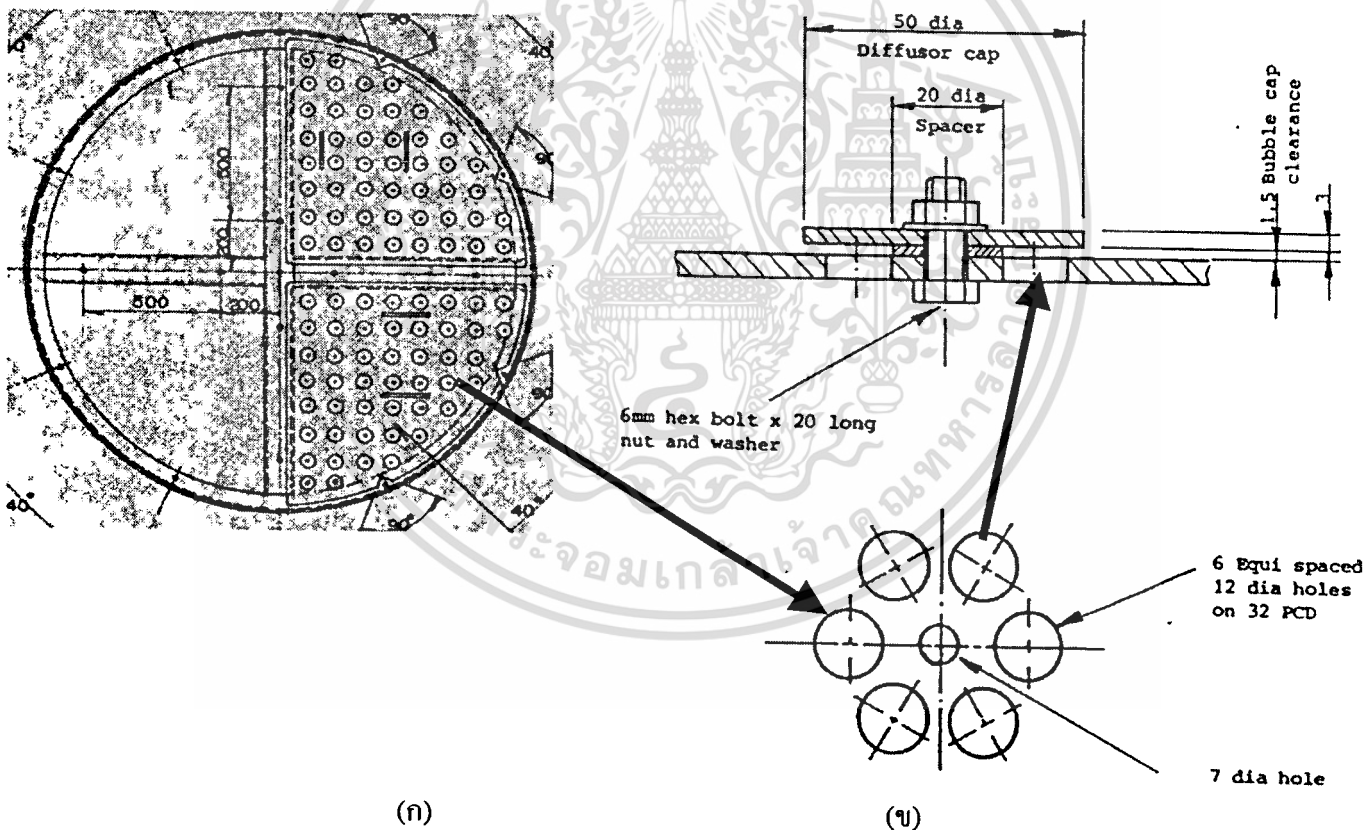


รูปที่ 2.15 โครงสร้างของฟลูอิดไอเซชัน [1] ที่การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุดิบต่างๆ จากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ จะถูกผสมกันในฟลูอิดไอเซออร์เพื่อผลิตเป็นผงซักฟอก จากรูปที่ 2.15 เครื่องผลิตลมจะส่งลมเข้าด้านล่างผ่านแผ่นเพลตเพื่อช่วยในการผสม จากนั้นลมจะไหลออกทางด้านบนโดยผ่านถุงกรอง และได้ลมที่สะอาดสู่บรรยากาศ เมื่อวัตถุดิบผสมกันในฟลูอิดไอเซออร์ตามเวลา (Residence time) ที่เหมาะสมแล้วจะได้ผงซักฟอกออกจากฟลูอิดไอเซออร์และถูกลำเลียงไปส่วนการบรรจุ

โครงสร้างของฟลูอิดไอเซออร์มีดังนี้

1. ทางเข้าของลม (Air inlet) มี 1 ทางเข้า โดยมีเครื่องผลิตลมติดตั้งที่ตำแหน่งท่อทางเข้าของลม และมีแคมเปอร์ (Damper) เพื่อปรับปริมาณลมที่ใช้ในการผสมวัตถุดิบ
2. แผ่นเพลต ทำหน้าที่กระจายลมที่เข้ามาให้สม่ำเสมอ (Uniform) ลักษณะเป็นแผ่นกลมมีรู ชนิด Bubble cap รูปที่ 2.16 (ก) แสดงภาพการมองแบบด้านบน (Top view) ของแผ่นเพลต และ (ข) รูปบนแผ่นเพลตที่ให้ลมผ่าน



รูปที่ 2.16 ลักษณะของแผ่นเพลต [1]

(ก) ภาพการมองแบบด้านบนของแผ่นเพลต (ข) รูปบนแผ่นเพลตที่ให้ลมผ่าน

3. ตัวอ่านน้ำหนัก (Load cell) ทำหน้าที่อ่านน้ำหนักอนุภาคในฟลูอิดไอเซออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทางเข้าของวัตถุดิบ ที่มาจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ มี 1 ทาง โดยต่อท่อเข้ามาที่กลางฟลูอิดไซเซอร์เพื่อประสิทธิภาพในการผสมที่ดี

5. ทางออกของผงซักฟอก รูปที่ 2.17 แสดงแผนผังทางออกของผงซักฟอกจากฟลูอิดไซเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2 โดยที่วงกลมเล็กในวงกลมใหญ่แทนทางออกของผงซักฟอกจากฟลูอิดไซเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2 มี 9 และ 10 ทาง ตามลำดับ ผงซักฟอกที่ออกจากฟลูอิดไซเซอร์จะผ่านสายพานเพื่อลำเลียงไปส่วนการบรรจุตามสายการผลิตต่างๆ เช่น F1, D1 เป็นต้น

6. ถุงกรอง (Bag filter) ทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองที่มาพร้อมกับลมก่อนจะออกสู่บรรยากาศ ฝุ่นที่เกาะถุงกรองจะถูกเคาะออกโดยที่เคาะถุงกรอง (Pulse jet) ตามจังหวะเวลา ระยะเวลาในการเคาะแต่ละครั้งห่างกันประมาณ 20 วินาที

7. ทางออกของลม มี 1 ทาง โดยใช้เครื่องดูดลมออกจากฟลูอิดไซเซอร์ และมีแคมเปอร์ปรับปริมาณลมที่ออกจากฟลูอิดไซเซอร์ เพื่อใช้ควบคุมความดันสูญญากาศในฟลูอิดไซเซอร์ ถ้าปรับแคมเปอร์ให้เปิดสุด 100 % เครื่องดูดลมจะต้องการพลังงานมากขึ้นเพื่อดูดลมออก ซึ่งเป็นการเปลืองพลังงานเกินความจำเป็น และทำให้ความเร็วลมในการผสมสูงเกินค่ามาตรฐาน (ค่ามาตรฐานของความเร็วลม คือ 0.32 - 0.50 เมตร/วินาที) ส่งผลให้อุณหภูมิแตกหักและน้ำหอมระเหยเนื่องไ้การทำงานที่ถูกต้องของฟลูอิดไซเซอร์ในสายการผลิตที่ 2 [1]

1. เครื่องจักรทุกตัว เช่น เครื่องผลิตลม เครื่องดูดลม ที่เคาะถุงกรอง ตัวอ่านน้ำหนัก เป็นต้น ทำงานตามปกติ

2. ความดันสูญญากาศในฟลูอิดไซเซอร์อยู่ระหว่าง -5 ถึง -10 มิลลิเมตรน้ำ

3. ความดันลดของถุงกรอง 25 - 150 มิลลิเมตรน้ำ

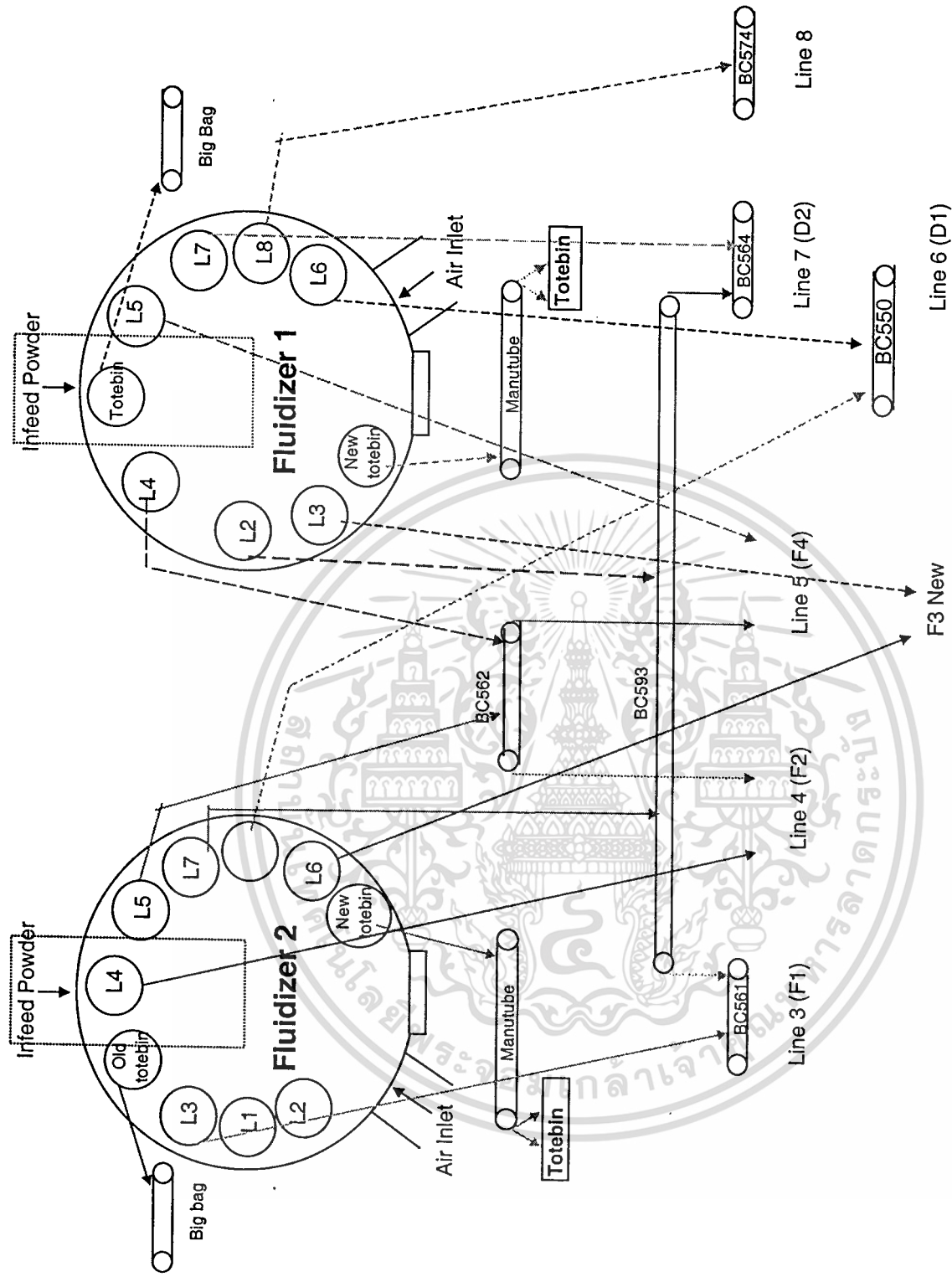
4. ความดันลดของแผ่นเพลตต้องมากกว่า 25 % ของความดันลดของเบด (ผงซักฟอก)

5. ความสูงของผงซักฟอกในฟลูอิดไซเซอร์อยู่ระหว่าง 0.8 - 1.2 เมตร และน้ำหนักของผงซักฟอกในฟลูอิดไซเซอร์จะขึ้นกับความหนาแน่นของผงซักฟอก (Bulk density: BD) ความสูงของผงซักฟอกและพื้นที่หน้าตัดของฟลูอิดไซเซอร์

6. ความเร็วลมในฟลูอิดไซเซอร์อยู่ระหว่าง 0.32 - 0.50 เมตร/วินาที

7. เวลาที่เหมาะสมที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไซเซอร์อยู่ระหว่าง 1.5 - 3.0 นาที และต้องไม่เกิน 10 นาที ถ้าเกิน 10 นาที ต้องหยุดการทำงานของฟลูอิดไซเซอร์ไม่เช่นนั้นคุณภาพของผงซักฟอกจะถูกทำลาย เช่น อุณหภูมิของผงซักฟอกแตกทำให้ BD ของผงซักฟอกเพิ่มขึ้น หรือเกิดการระเหยของน้ำหอม ดังนั้นต้องหยุดการทำงานของฟลูอิดไซเซอร์เมื่อเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไซเซอร์นานเกิน 10 นาที

8. รูของแผ่นเพลตต้องไม่อุดตัน เพื่อให้ลมไหลผ่านได้สะดวกและสม่ำเสมอ ส่วนบนกับส่วนใต้แผ่นเพลตต้องไม่มีผงซักฟอกอุดตันหรือสะสม
 เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ ใช้เฉพาะงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- Fluidizer 1**
- L2 BC593 F1,D2
- L3 Direct F3
- L4 BC562 F2,F4
- L5 Direct F4
- L6 D1 New
- L7 BC564 D2
- L8 BC574 L8
- Fluidizer 2**
- L1 No use
- L2 NO use
- L3 BC561 F1
- L4 Direct F2
- L5 BC562 F2,F4
- L6 F3 New
- L7 BC593 D2,F1
- L Blank

แผนผังทางออกของผงที่พอกจากลู่อัดเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2 [1]

รูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับใช้งานในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นได้
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่และ/หรือใช้ข้อมูลในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ

9. ดงกรงต้องไม่ตันและไม่ขาดเป็นรู
10. การพ่นน้ำหอมต้องฉีดเป็นละอองฝอย
11. ปริมาณผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละทางออกของฟลูอิดไซเซอร์ต้องสมดุลกันเนื่องจากมีผลต่อการผสมที่ดีภายในฟลูอิดไซเซอร์

ขั้นตอนการทำงานของฟลูอิดไซเซอร์ [1]

1. ก่อนเริ่มการทำงานของฟลูอิดไซเซอร์ ต้องแน่ใจว่าไม่มีคนอยู่ในฟลูอิดไซเซอร์
 2. เริ่มการทำงานของเครื่องผลิตลมและเครื่องดูดลม
 3. เริ่มการทำงานของชุดเครื่องซังน้ำหนักวัตถุบ
 4. เมื่อได้เวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไซเซอร์ตามมาตรฐานแล้ว (ดูจากความสูงของผงซักฟอก เช่น 0.8 เมตร) จึงเริ่มการทำงานของสายพานที่ใช้ลำเลียงผงซักฟอกไปส่วนการบรรจุ
- ปัญหาที่พบบ่อยของฟลูอิดไซเซอร์ [1, 28]

1. การผสมภายในฟลูอิดไซเซอร์ไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากรูทางเข้าของลมที่แผ่นเพลตตัน จึงขัดขวางการไหลของลมและเกิดความดันลุดที่แผ่นเพลตมาก ดังนั้นควรทำความสะอาดส่วนบนและส่วนใต้แผ่นเพลตเพื่อไม่ให้มีผงซักฟอกสะสมอยู่
2. มีอนุภาคปนกับลมที่ออกจากฟลูอิดไซเซอร์ ดังนั้นควรหยุดฟลูอิดไซเซอร์เพื่อตรวจสอบสภาพของดงกรง เช่น อาจมีรูรั่ว หรือดงกรงอุดตันเพราะที่เคาะดงกรงไม่ทำงาน ทำให้ความดันในฟลูอิดไซเซอร์สูง (ไม่เป็นความดันสูญญากาศ) จึงมีอนุภาคออกมาจากฟลูอิดไซเซอร์ เป็นต้น
3. ถ้าเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไซเซอร์นานเกิน 10 นาที คุณภาพของผงซักฟอกจะถูกทำลาย
4. ปริมาณผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละทางออกของฟลูอิดไซเซอร์ไม่สมดุลกัน เนื่องจากอัตราการดึงผงซักฟอกแต่ละทางออกของฟลูอิดไซเซอร์ต่างกัน ทำให้การผสมของวัตถุบในฟลูอิดไซเซอร์ไม่ดี
5. เกิดการแยกชั้นในฟลูอิดไซเซอร์ เนื่องจากขนาดอนุภาคที่ผสมแตกต่างกันมาก

ตารางที่ 2.7 แสดงตัวอย่างขนาดอนุภาคและความหนาแน่นของวัสดุคิบที่ผสมกันในฟลูอิดเซออร์

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างขนาดอนุภาคและความหนาแน่นของวัสดุคิบที่ผสมกันในฟลูอิดเซออร์

วัสดุคิบ	ขนาดอนุภาค (μm)	ความหนาแน่น (kg/m^3)
ผงพื้นฐานของบรีสคัลเลอร์	585	401
ซัลเฟต	145	1,444
โซดาแอช	207	994
ซีโอไลท์	535	251
เกล็ดคีม่วง	737	699
เอนไซม์	562	1,083
เกล็ดสีฟ้า	752	633

ทฤษฎีของ Geldart [28] แบ่งลักษณะการฟลูอิดเซออร์เป็น 4 กลุ่ม แยกตามขนาดของอนุภาค ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ลักษณะการฟลูอิดเซออร์ [28]

กลุ่ม	ขนาดอนุภาค (μm)	ลักษณะการฟลูอิดเซออร์	ตัวอย่าง
A	30 – 100	เป็นการขยายตัวของอนุภาค (Particulate expansion of bed) ของอนุภาคขนาดเล็กที่ความหนาแน่นน้อยกว่า $1,400 \text{ kg/m}^3$	ตัวเร่งปฏิกิริยา
B	100 – 800	เป็นการเดือด (Bubbling) ที่ความเร็วมากกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซออร์	ทราย
C	20	อนุภาคเกาะกลุ่มกัน (Fine cohesive powder) ยากต่อการเกิดฟลูอิดเซออร์ เพราะอนุภาคขนาดเล็กมาก	อนุภาคขนาดเล็กของซิลิกา
D	1,000	เป็นฟอง (Bubble) ขณะเดือดมีขนาดใหญ่	แป้งสาลี

จากตารางที่ 2.8 พบว่าวัสดุคิบที่ถูกต้องผสมในฟลูอิดเซออร์ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาอยู่ในกลุ่ม B ซึ่งถ้าต้องการให้เกิดการผสมกันได้ดีและป้องกันการแยกชั้นของวัสดุคิบในฟลูอิดเซออร์ทำได้โดยใช้ความเร็วลมในการผสมให้มากกว่าความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิดเซออร์ (0.32 เมตร/วินาที [1])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

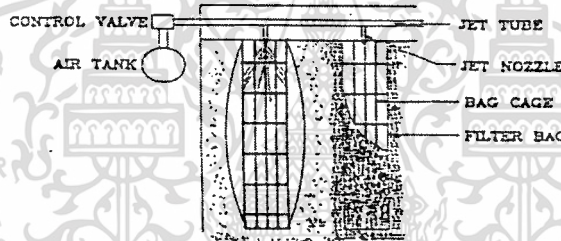
2.8 เครื่องดักฝุ่น (Dust collector) [1, 29-33]

เครื่องดักฝุ่นใช้กำจัดอนุภาคที่ออกมาจากชุดเครื่องซึ่งนำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไอเซอร์ ความแม่นยำของชุดเครื่องซึ่งนำหนักวัตถุดิบในการซึ่งวัตถุดิบจะขึ้นกับประสิทธิภาพของเครื่องดักฝุ่น

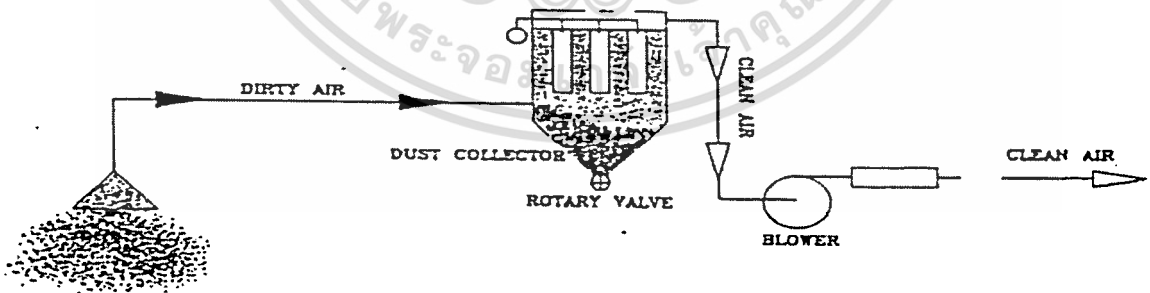
ระบบของเครื่องดักฝุ่นที่นิยมใช้ ได้แก่ แบบแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational force) แบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) แบบหอสเปรย์ (Scrubber) แบบตกตะกอนด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic precipitator) และแบบถุงกรอง (Bag filter) [29] ในงานวิจัยนี้จะยกตัวอย่างแบบถุงกรอง เนื่องจากเป็นระบบที่ใช้ดักอนุภาคที่มาจากชุดเครื่องซึ่งนำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไอเซอร์

2.8.1 ระบบและขั้นตอนการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง [1]

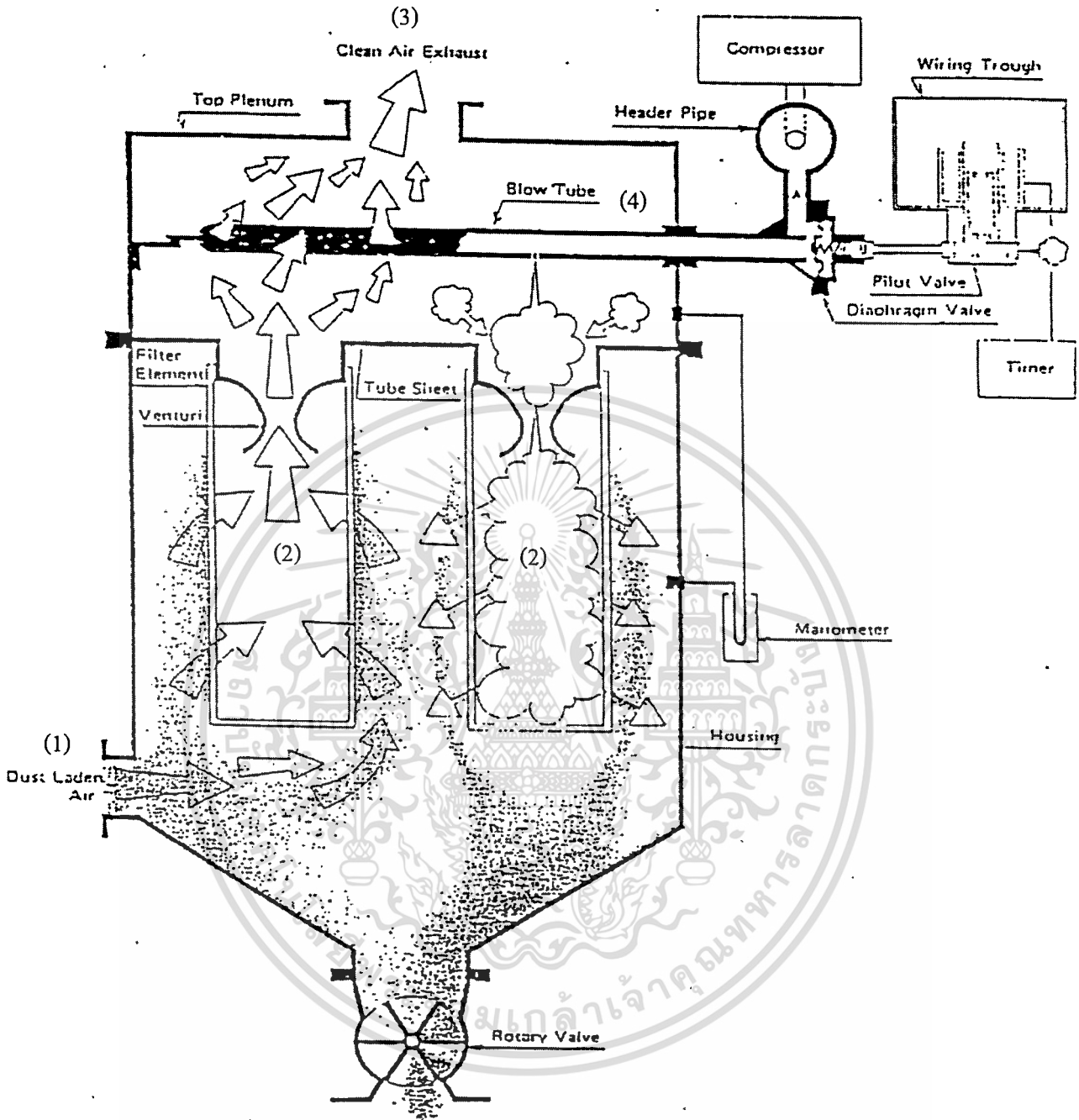
รูปที่ 2.18 แสดงส่วนประกอบบริเวณถุงกรอง รูปที่ 2.19 แสดงกระบวนการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง และรูปที่ 2.20 แสดงหลักการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง



รูปที่ 2.18 ส่วนประกอบบริเวณถุงกรอง [1]



รูปที่ 2.19 กระบวนการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบถุงกรอง [1]



รูปที่ 2.20 หลักการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบฉงกรอง [1]

เครื่องดักฝุ่นจะดูดอนุภาคจากตำแหน่งที่เกิด โดยอนุภาคถูกดูดมาตามท่อจนถึงเครื่องดักฝุ่น ด้วยเครื่องดูดลม ลมจะผ่านเข้าไปในฉงกรอง อนุภาคที่มากับลมจะถูกดักไว้บนผิวนอกของฉงกรอง ลมที่ได้รับการกรองอนุภาคแล้วซึ่งเป็นลมสะอาด จะออกจากเครื่องดักฝุ่น ในการป้องกันการอุดตันของ ฉงกรองจะต่อท่อลมมาที่ที่เกาะฉงกรองซึ่งอยู่ที่ปากฉงกรอง แล้วใช้ลมอัดย้อนกลับให้เกิดการสั่นของ ฉงกรองเพื่อให้อนุภาคที่เกาะที่ผิวนอกของฉงกรองตกลงส่วนล่างของเครื่องดักฝุ่น

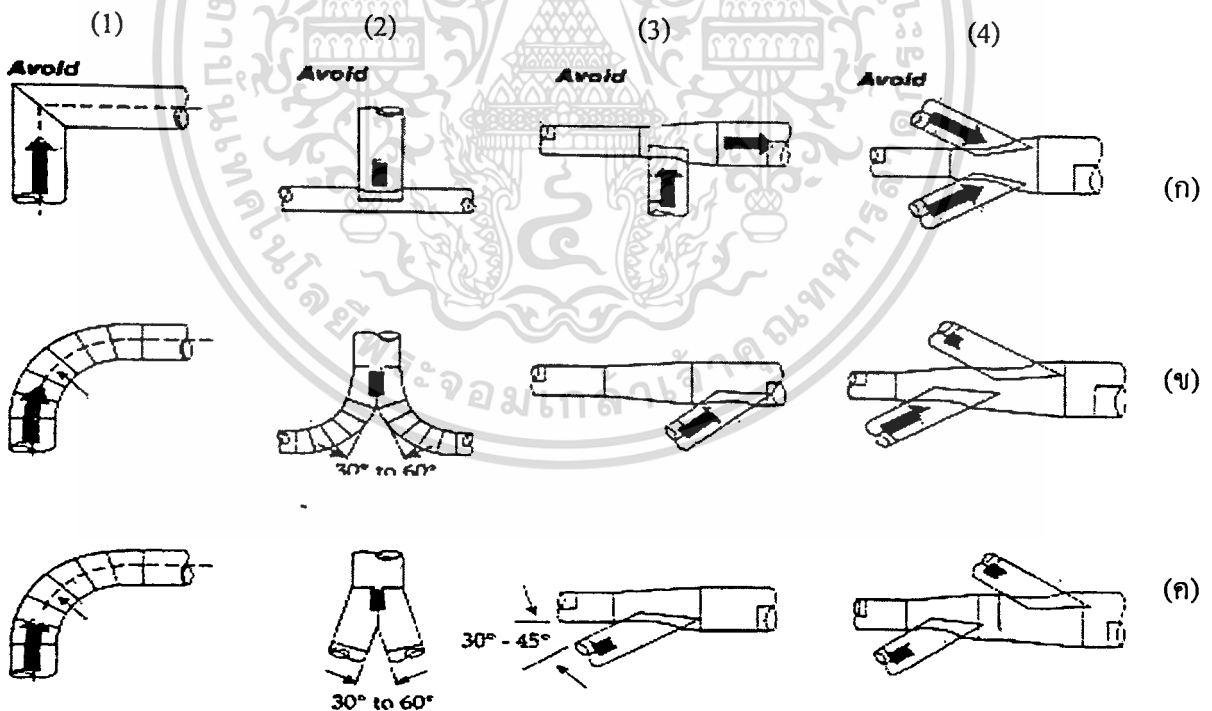
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2 หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องดักฝุ่น [1, 30-31]

2.8.2.1 ต้องตรวจสอบสภาพถุงกรองเพราะถ้าถุงกรองรั่วหรือยืดหยุ่นมากเกินไปจะทำให้ความดันลดของถุงกรองต่ำผลคือลมที่ออกจากเครื่องดักฝุ่นจะสกปรกมีฝุ่นมาก แต่ถ้าถุงกรองตันความดันลดของถุงกรองจะสูงลมไม่ออกจากเครื่องดักฝุ่น นอกจากนี้ควรเลือกชนิดของถุงกรองให้เหมาะสมกับขนาดและธรรมชาติของอนุภาคด้วย เช่น อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 30 ไมครอน ควรใช้ผ้ากรองชนิดที่มีน้ำหนัก 400 กรัม/ตารางเมตร เป็นต้น [1]

2.8.2.2 ในการเลือกขนาดหรือกำลังของเครื่องดูดลมต้องคำนึงถึงความดันลดที่จะเกิดกับถุงกรอง แรงเสียดทานบริเวณผิวท่อ ปริมาตรของลมที่ต้องการได้ในเครื่องดักฝุ่น ความดันและอุณหภูมิของลมที่เข้าเครื่องดักฝุ่น

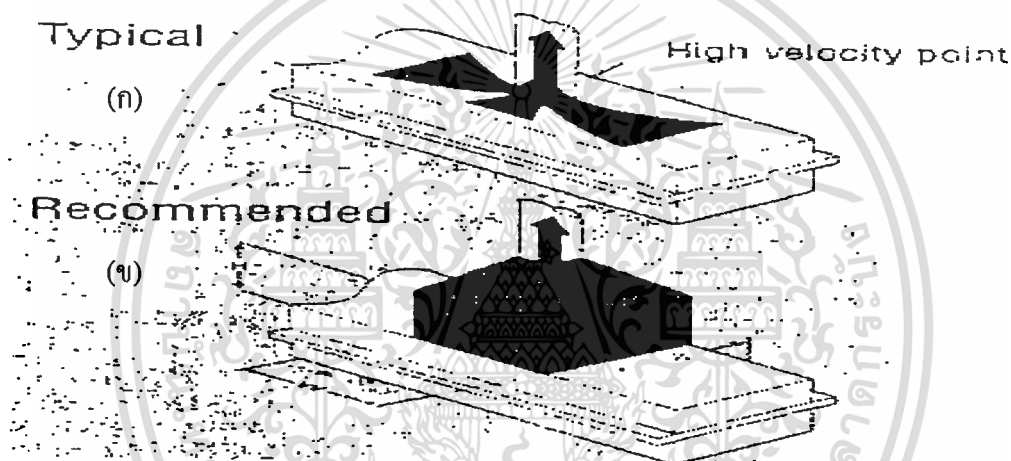
2.8.2.3 จาก Rules of thumb กล่าวว่า ถ้าท่ออง 90 องศา จะทำให้เกิดความดันลดบริเวณจุดโค้ง ประมาณ 127 เซนติเมตรน้ำ รูปที่ 2.21 แสดงการออกแบบระบบท่อในลักษณะต่างๆ รูปที่ ก.1 - ก.3 เป็นการออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยงเพราะเป็นระบบท่อที่มีท่อองมาก และควรหลีกเลี่ยงการออกแบบระบบท่อแบบลมปะทะกันโดยตรงเพราะจะทำให้เกิดความดันลด ดังรูปที่ ก.4



รูปที่ 2.21 การออกแบบระบบท่อ (ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่ยอมรับได้ (ค) การออกแบบที่เหมาะสม [30]

2.8.2.4 ถ้าความเร็วของลมสูงเกินไปอาจทำให้เกิดการขัดสีระหว่างท่อและอนุภาค แต่ถ้าความเร็วของลมต่ำเกินไปอาจทำให้อนุภาคอุดตันบริเวณท่อ

2.8.2.5 การออกแบบท่อระบบรวบรวมอนุภาคฝุ่นที่ถูกต้องควรต่อเป็นกล่อง สี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีฝาครอบ (Hood) ด้านบนของชุดเครื่องซั่งน้ำหนักวัดดูดับโดยทำมุม 45 องศา จากบริเวณที่ต้องการดูดฝุ่น ดังรูปที่ 2.22 (ข) สำหรับระบบเครื่องดักฝุ่นจากชุดเครื่องซั่งน้ำหนักวัดดูดับในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาไม่ควรต่อท่อจากบริเวณที่ต้องการดูดโดยตรงแบบที่ปฏิบัติอยู่ทั่วไปดังรูปที่ 2.22 (ก) เนื่องจากความเร็วบริเวณจุดต่อจะมีความเร็วสูงทำให้วัดดูดับถูกดูดไปพร้อมกับฝุ่นด้วย รายละเอียดการออกแบบศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิง [31]



รูปที่ 2.22 การออกแบบกล่อง (Hood) ของระบบรวบรวมอนุภาคฝุ่น [30]

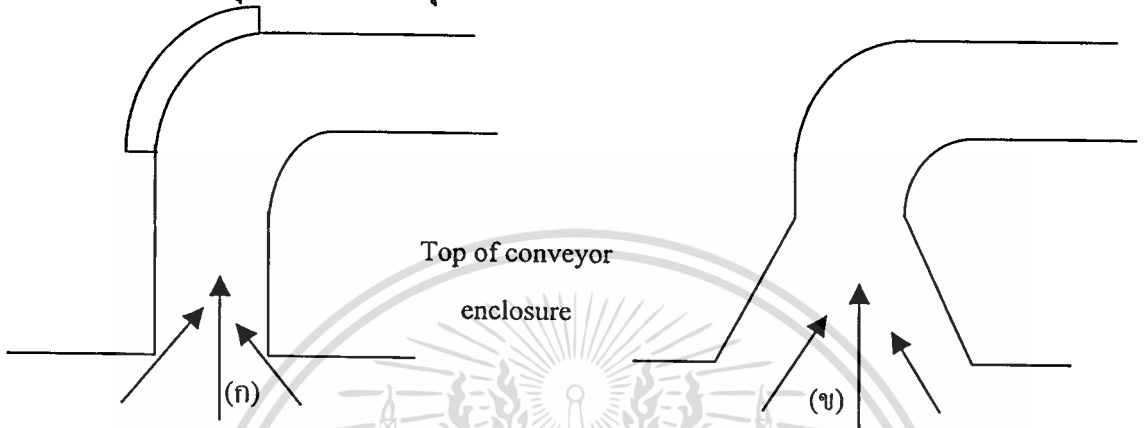
(ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่เหมาะสม

รูปที่ 2.23 แสดงการออกแบบท่อระบบรวบรวมอนุภาคฝุ่น กรณีที่ตำแหน่งดูดฝุ่นอยู่ใกล้กับช่องอ ต้องออกแบบดังรูปที่ 2.23 (ข) โดยให้ตำแหน่งท่อดูดฝุ่นทำมุมอย่างน้อย 45 องศา กับผิวท่อ เพื่อให้ลมที่เข้ามามีความเร็วต่ำและไม่ดูดวัดดูดับขึ้นไปด้วย และยังช่วยลดการขัดสีระหว่างผิวท่อกับอนุภาค ในรูปที่ 2.23 (ก) เป็นการออกแบบท่อที่ควรหลีกเลี่ยง เนื่องจากลมที่มาจากความเร็วสูงทำให้เกิดการขัดสีระหว่างผิวท่อกับอนุภาค

2.8.2.6 รูปที่ 2.24 แสดงการออกแบบท่อลมที่เข้าเครื่องดักฝุ่นแบบดงกรอง จากรูปที่ 2.24 (ก) ถ้าติดครีบบ (Baffle) บังบริเวณทางลมเข้า จะทำให้ทิศทางการไหลลงส่วนล่างของฮอปเปอร์และมืออนุภาคติดขึ้นไปกับลม นอกจากนี้อนุภาคจะขัดสีกับผิวของฮอปเปอร์และดงกรอง นับว่าเป็นการออกแบบที่ไม่ดี ดังนั้นควรลดความเร็วลมให้ช้าลงโดยติดตั้ง "Ladder vane" ซึ่งเป็นครีบบชนิดหนึ่งทำหน้าที่กระจายลม

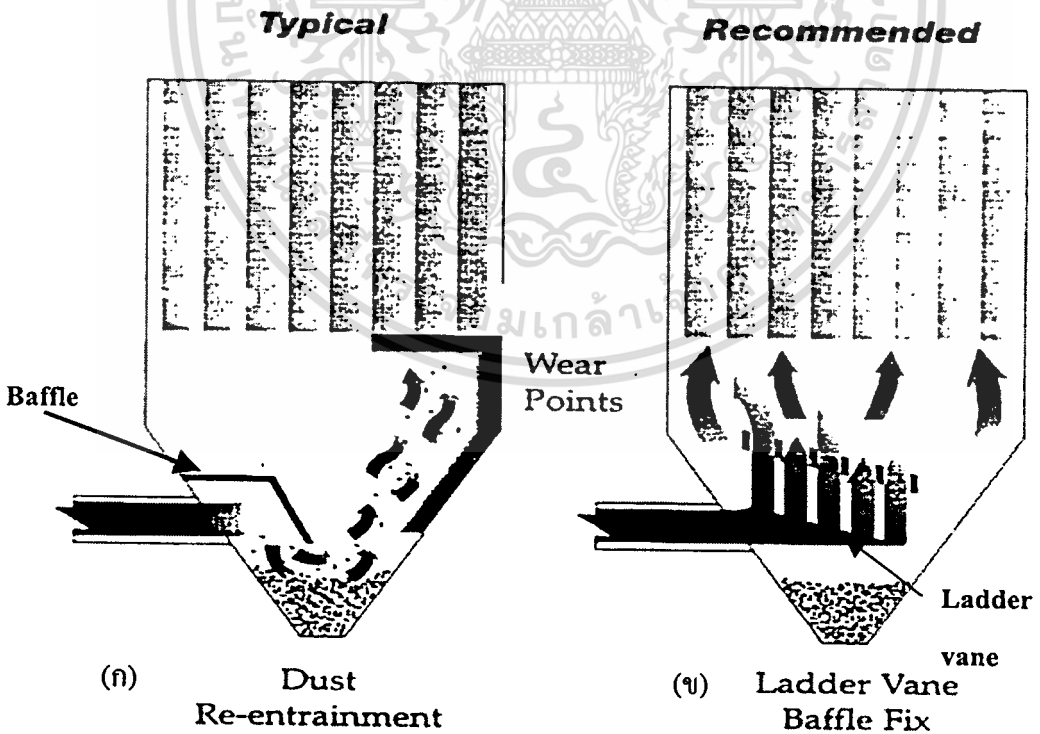
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้สม่ำเสมอในฮอปเปอร์ ดังรูปที่ 2.24 (ข) ซึ่งจะสามารถช่วยลดการขัดสีระหว่างอนุภาคกับผิวของฮอปเปอร์และถังกรองได้ และทำให้อนุภาคที่มากับลมตกลงไปด้านล่างของฮอปเปอร์จึงช่วยลดฝุ่นก่อนจะผ่านถังกรองด้วย ข้อควรระวังอย่าปล่อยให้บริเวณด้านล่างฮอปเปอร์มีอนุภาคเกาะมากเกินไป เพราะจะทำให้ลมที่เข้ามาพัดอนุภาคเหล่านี้ไปที่ถังกรอง



รูปที่ 2.23 การออกแบบท่อรวบรวมอนุภาคฝุ่น [30]

(ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่เหมาะสม



รูปที่ 2.24 การออกแบบท่อลมที่เข้าเครื่องดักฝุ่นแบบถังกรอง [30]

(ก) การออกแบบที่ควรหลีกเลี่ยง (ข) การออกแบบที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเครื่องคัดฝุ่นแบบถุงกรอง [32]

1. ประสิทธิภาพในการจับอนุภาคสูงกว่าเครื่องคัดฝุ่นแบบอื่นๆ 95 – 99 % แม้ว่าจะเป็นอนุภาคละเอียดขนาดเล็กลงกว่า 15 ไมครอน
2. ไม่จำเป็นต้องใช้น้ำช่วย
3. เหมาะกับการกรองอนุภาคจากปริมาณลมที่ค่อนข้างมาก ความเข้มข้นของอนุภาคในระดับต่ำถึงปานกลาง เช่น ฝ้ายสักหลายระดับความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นได้ประมาณ 16 – 28 ลูกบาศก์เซนติเมตร/ (ตารางเมตร · วินาที)

ข้อเสียของเครื่องคัดฝุ่นแบบถุงกรอง [32]

1. ต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ดูดและรวบรวมอนุภาค (Hood)
2. เงินลงทุนค่อนข้างสูง
3. ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบดูดรวบรวมอนุภาคฝุ่นค่อนข้างสูง
4. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาค่อนข้างสูง
5. ต้องติดตามการทำงานของถุงกรอง โดยสังเกตจากผลต่างความดันลดของถุงกรองประมาณ 25 – 150 มิลลิเมตรน้ำ เพื่อทราบปัญหาการรั่วเสียหายของถุงกรอง

6. ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งพอสมควร

ปัญหาการเสื่อมสภาพของถุงกรองที่พบบ่อยมีสาเหตุจาก [30]

1. ทางกล เนื่องจากถุงกรองยืดหยุ่นเกินไป ทิศทางในการติดตั้งถุงกรองไม่เหมาะสม ขาดการยืดหยุ่น การห้อยตัวของถุงกรองไม่ดี ความดันลดที่ถุงกรองสูงเกินไป เกิดการเสียดสีระหว่างอนุภาคกับถุงกรอง

2. ทางความร้อน เนื่องจากลมที่เข้ามามีอุณหภูมิสูง

3. ทางเคมี เนื่องจากความเป็นกรดหรือด่างจากสารเคมีที่เข้ามากับลม

การทำความสะอาดถุงกรองมากเกินไปหรือการทำงานของที่เคาะถุงกรองถี่เกินไป จะทำให้ถุงกรองสะอาดมากจนฝุ่นที่มีขนาดเล็กมากอาจแทรกตัวที่รูถุงกรองได้ทำให้ถุงกรองตันและเสื่อมสภาพเร็ว

2.8.3 ตำแหน่งที่ควรตรวจสอบประจำวัน [30]

2.8.3.1 ตรวจสอบความดันลดของถุงกรองและที่เคาะถุงกรองว่าอยู่ในสภาพเหมาะสมหรือไม่

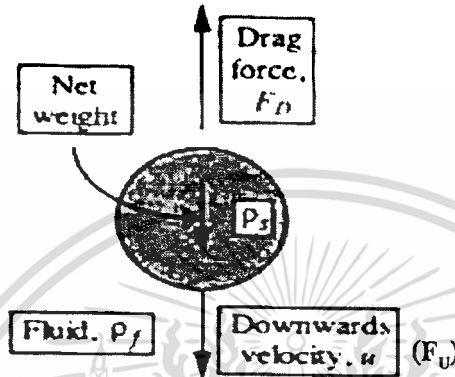
2.8.3.2 ตรวจสอบการทำงานของระบบเดมเปอร์ว่าอยู่ในตำแหน่งที่ลมเพียงพหรือไม่

2.8.3.3 กำจัดฝุ่นที่สะสมอยู่ในฮอปเปอร์

2.8.3.4 ตรวจสอบลมที่ออกจากถุงกรองว่ามีอนุภาคปริมาณมากน้อยขนาดไหน

2.9 การคำนวณความเร็วลมที่เหมาะสมของเครื่องดักฝุ่น [24, 33]

เนื่องจากความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตูดิบขึ้นกับความสะอาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตูดิบ จึงต้องติดตั้งเครื่องดักฝุ่นเพื่อใช้ตูดิบจากวัดตูดิบ ความเร็วลมที่ใช้ตูดิบของเครื่องดักฝุ่นต้องเพียงพอในการดูดเฉพาะฝุ่นโดยไม่ดูดวัดตูดิบไปด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องคำนวณความเร็วลมที่เหมาะสมในการดูดฝุ่น รูปที่ 2.25 แสดงสมดุลแรงของวัตถุทรงกลม



รูปที่ 2.25 สมดุลแรงของวัตถุทรงกลม [33]

จากรูปที่ 2.25 แรงจากน้ำหนัก (Net weight: F_G) แรงต้านทานการไหล (Drag force: F_D) และแรงจากความเร็ว (Downwards velocity: F_U) คำนวณจากสมการ 2.17 - 2.19 ตามลำดับ

$$F_G = \frac{\pi D^3}{6} (\rho_s - \rho_f) g \quad (2.17)$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_f u^2 \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \quad (2.18)$$

$$F_U = \frac{d}{dt} \left(\frac{\pi D^3 \rho_s u}{6} \right) \quad (2.19)$$

สามารถทำสมดุลแรงของวัตถุทรงกลมได้ดังสมการที่ 2.20

$$\frac{\pi D^3}{6} (\rho_s - \rho_f) g - F_D = - \frac{d}{dt} \left(\frac{\pi D^3 \rho_s u}{6} \right) \quad (2.20)$$

โดยที่ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (m)

ρ_s คือ ความหนาแน่นของอนุภาค (kg/m^3)

ρ_f คือ ความหนาแน่นของลม (kg/m^3)

u คือ ความเร็วของอนุภาค (m/s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s^2)
 C_D คือ สัมประสิทธิ์ Drag (Drag coefficient)

จากสมการที่ 2.20 เมื่อความเร็วของอนุภาคคงที่ จะได้

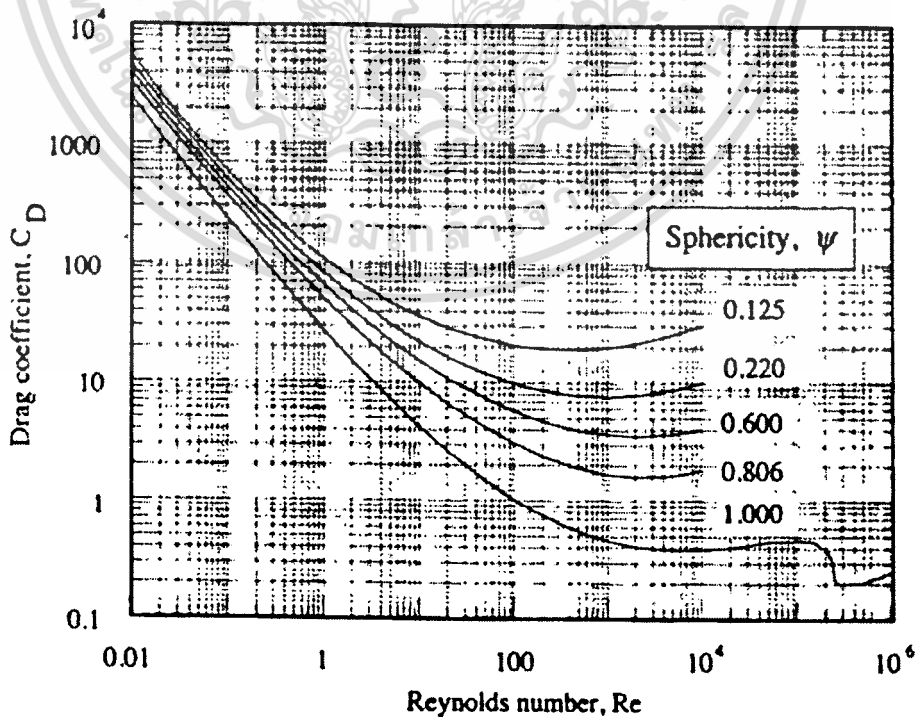
$$F_D = \frac{\pi D^3}{6} (\rho_s - \rho_f) g \quad (2.21)$$

จากสมการที่ 2.18 และสมการที่ 2.21 สามารถหาความเร็วสุดท้ายของอนุภาค (Terminal velocity: u_t) ที่ตกลงด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ดังสมการที่ 2.22 ดังนั้นความเร็วลมที่ใช้ดูดอนุภาคของเครื่องดักฝุ่นที่เหมาะสมจะต้องมากกว่าความเร็วสุดท้ายนี้

$$u_t = \sqrt[3]{\frac{4}{3} \left(\frac{Re g \mu}{C_D \rho_f^2} (\rho_s - \rho_f) \right)} \quad (2.22)$$

- โดยที่ Re คือ ค่าเรย์โนลด์ (Reynolds number)
 μ คือ ความหนืดของลม ($kg/m \cdot s$)

ความสัมพันธ์ระหว่าง C_D และ Re แสดงในรูปที่ 2.26 โดยที่ Ψ แทนค่าความเป็นทรงกลมของอนุภาค (Sphericity) ในงานวิจัยอนุภาคส่วนใหญ่เป็นทรงกลม จึงใช้ Ψ เท่ากับ 1



รูปที่ 2.26 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_D และ Re [33]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยรัตน์ ศรีรสพานิช [34] ศึกษากระบวนการบริหารการผลิต เพื่อควบคุมความสูญเสียในโรงงานผลิตแผ่นโฟมอีวีเอ และได้นำเสนอปัญหา รวมถึงแนวทางปรับปรุงด้านการจัดองค์กรและหน้าที่ปฏิบัติงาน การวางแผนการผลิต การควบคุมคุณภาพ การควบคุมการผลิต การควบคุมคลังสินค้า และการควบคุมต้นทุน ส่งผลให้โรงงานมีระบบการบริหารที่ดี สามารถควบคุมการสูญเสียได้ โดยเฉพาะความสูญเสียในกระบวนการผลิต เช่น รีเวิร์ค เป็นต้น

พิพัฒน์ ศรีธรรมวงศ์ [35] ศึกษาและวิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและประกอบรถบรรทุก เช่น ความแปรปรวนด้านคุณภาพระหว่างกระบวนการผลิต การจัดลำดับการผลิตที่ไม่ดีและการแก้ไขงาน ความผันแปรในการออกแบบและการผลิต ผลิตภัณฑ์บกพร่องเนื่องจากการบริหารไม่เข้มงวด ผลิตชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามข้อกำหนด เป็นต้น ซึ่งความแปรปรวนในการผลิตเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความสูญเปล่า ต้องแก้ไขงาน สูญเสียต้นทุนที่ไม่เกิดผลผลิตและได้งานคุณภาพต่ำ เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้พัฒนาวิธีการวิเคราะห์ความสูญเปล่าในกระบวนการที่เกิดจากเวลาการผลิต การปรับปรุงโครงสร้างองค์กร การควบคุมพัสดุคงคลังโดยเทคนิคการวิเคราะห์แบบ ABC การปรับปรุงเทคนิคการผลิต การควบคุมคุณภาพโดยใช้แผนภูมิควบคุม P และ C การควบคุมความสูญเปล่าทางด้านแรงงาน และจัดทำมาตรฐานการทำงาน

จากการวิจัยสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตจากเดิม 40.4 % เพิ่มขึ้นเป็น 61.4 % อัตราผลิตภัณฑ์บกพร่องลดลงจาก 23.3 % เป็น 4.5 % ลดระยะทางการขนถ่ายวัสดุจาก 1,210 เมตร เป็น 1,025 เมตร ลดแรงงานจาก 29 คน เป็น 22 คน และประสิทธิภาพการทำงานโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 43.8 %

พิทักษ์ เต็มแสงเลิศ [36] งานวิจัยนี้ใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นแบบหลายเชิง (Multiple linear regression) ในการวิเคราะห์หาตัวแปรต่างๆ ที่มีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของ Bulk density (BD) ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา จากการศึกษาพบว่าตัวแปรที่มีผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของ BD และสามารถปรับค่าได้โดยไม่มีผลกระทบต่อกำลังการผลิตและคุณภาพผงซักฟอก คือ อันตรกิริยา (Interaction) ระหว่างความดันภายในหอดูดและความดันที่เครื่องสูบลมความดันสูง จากการปรับค่าความสัมพันธ์ของอันตรกิริยาดังกล่าว สามารถลดความแปรปรวนของ BD ลงได้ 33.33 % เทียบกับความแปรปรวนของค่า BD ก่อนเริ่มการศึกษา

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวกับการออกแบบการทดลองมีดังนี้

Osborne และ Mark Albert [37] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาสภาวะการฉีดที่มีผลต่อขนาดมิติที่ต่างกันของงานไดแคสติ้ง (Die casting) โดยศึกษากับชิ้นงานความหนา 4 มิลลิเมตร เปรียบเทียบกับชิ้นงานที่มีขนาดบางมาก จากการทดลองพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่องานฉีดทดลองความหนา 4 มิลลิเมตร คือ การออกแบบทางน้ำหล่อเย็น ความเร็วของน้ำหล่อเย็นที่ทางเข้ารอบเวลาการฉีดของงานไดแคสติ้ง ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อชิ้นงานที่มีขนาดบางมาก คือ เวลาที่งานคงอยู่ในแม่พิมพ์

ชนะ สุพัฒสร [38] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาการลดความสูญเสียในกระบวนการผลิตของเล่นไม้ โดยวิเคราะห์ปัญหาแยกตามทรัพยากรการผลิตและกำจัดสาเหตุของความสูญเสียเหล่านั้น พบว่าความสูญเสียเกิดจากวิธีการทำงานและวิธีการตรวจสอบที่ผิดพลาด ตลอดจนไม่สามารถใช้ทรัพยากรการผลิตของโรงงาน เช่น วัตถุดิบ เครื่องจักร เป็นต้น ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้ เช่น ไม่สามารถใช้เครื่องจักรให้เต็มกำลังการผลิตได้ เป็นต้น

สุขชีพ โลพันธ์ศรี [39] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาการใช้ใบมีดกลึงสำเร็จรูปที่เป็นวัสดุคาร์ไบด์เคลือบผิวและวัสดุเซรามิกในการกลึงชิ้นงานที่เป็นวัสดุเหล็กหล่อสีเทา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอัตราการป้อนวัสดุและความเร็วการตัดของใบมีดกลึงที่มีต่อความสึกหรอของใบมีดและความเรียบผิวของชิ้นงานสำหรับงานกลึงละเอียด และศึกษาอายุการใช้งานที่กำหนดจากความสึกหรอของมีดกลึงและความเรียบผิวของชิ้นงาน เพื่อให้ได้เงื่อนไขการตัดที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด

จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนวัสดุและความเร็วการตัดของใบมีดกลึงการสึกหรอก็จะเพิ่มมากขึ้น โดยที่อัตราการป้อนวัสดุมีผลกระทบน้อยกว่าความเร็วการตัดของใบมีดกลึง นอกจากนี้เมื่ออัตราการป้อนวัสดุเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเรียบของผิวชิ้นงานลดลง

สุชาติ ชิวสารณ์ [40] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยการควบคุมการผลิตที่มีผลต่อคุณสมบัติของชิ้นงานอะลูมิเนียมในกระบวนการฉีดแบบไดแคสติ้ง ได้แก่ ระยะเวลาเคลื่อนที่ของลูกสูบในช่วงการเคลื่อนที่ช้า ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบในช่วงการเคลื่อนที่ช้าและเร็ว ความดันในการอัดชิ้นงานในช่วงการแข็งตัว และเวลาในการปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัวในแม่พิมพ์ โดยมุ่งเน้นผลทางด้านคุณภาพ

จากการทดลองพบว่าค่าตัวแปรที่ทำให้เกิดคุณภาพชิ้นงานที่ดี คือ ระยะเวลาเคลื่อนที่ของลูกสูบในช่วงการเคลื่อนที่ช้าเท่ากับ 320 มิลลิเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่ของลูกสูบในช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ช้าและเร็วเท่ากับ 0.17 และ 3.30 เมตร/วินาที ตามลำดับ ความดันในการอัดชิ้นงานในช่วงการแข็งตัวเท่ากับ 800 บาร์ และเวลาในการปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัวในแม่พิมพ์เท่ากับ 10 วินาที

โฆยิต สุขก้องวารี [41] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์ (Flow line) และโคลด์ชัต (Cold shut) ในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง ซึ่งจากการออกแบบการทดลองแบบปัจจัยมีค่าตายตัว (Fixed effect model) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์จะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์คงที่ และเวลาการพ่นน้ำหล่อเย็นหน้าแม่พิมพ์จะทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์ที่เหมาะสม คือ 6.7 - 7.2 ลิตร/นาที เวลาการพ่นน้ำหล่อเย็นหน้าแม่พิมพ์ที่เหมาะสม คือ 2 วินาที และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ภายหลังการพ่นน้ำหล่อเย็นหน้าแม่พิมพ์ที่เหมาะสม คือ 131 - 140 องศาเซลเซียส ชิ้นงานที่ได้จะมีความแข็งอยู่ที่ 104 BHN (Brinell hardness) และมีโครงสร้างยูเทคติกที่ละเอียด

ทรงพล พิเชษฐ์วัฒนา [42] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงและหาเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ งานวิจัยนี้ใช้แผนภาพแสดงเหตุและผลและการออกแบบการทดลองแบบแฟกทอเรียล พบว่าสภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้หัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์มีค่าแรงดึงสูงสุด คือ อัตราส่วนผสมของสารยึดเหนี่ยว A:B เป็น 4:1 อุณหภูมิในการอบหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ 300 องศาฟาเรนไฮด์ และเวลาในการอบ 16 นาที

กฤษดา อัสวรุ่งแสงกุล [9] ออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวในกระบวนการตัดชิ้นตอนสุดท้ายของการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดรอยบิ่นและรอยร้าวในกระบวนการตัดชิ้นตอนสุดท้ายของการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ งานวิจัยนี้ใช้แผนภาพแสดงเหตุและผลและการออกแบบการทดลองแบบครึ่งหนึ่งของวิธีแฟกทอเรียล พบว่าความเร็วรอบในการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ที่เหมาะสม คือ 8,500 รอบ/นาที ควรใช้ความถี่ในการลับมีดทุกๆ การตัดหนึ่งครั้ง และทิศทางในการตัดหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ที่เหมาะสมต้องตัดจากด้านโพลสู่อันเทเปอร์

สุรสิทธิ์ ทองทวีชัยกิจ [43] ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการตัดทรงกระบอกในแต่ละขั้นตอนย่อยสำหรับกระบวนการเจียรไนทรงกระบอก (แบบยันศูนย์) ที่มีผลต่อความหยาบผิว โดยอาศัยการออกแบบการทดลองทางสถิติ จากการศึกษาพบว่าการใช้เวลานี้ใช้ระยะเวลาหนึ่งหลังการเจียรไนไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.83 วินาที และอัตราการป้อนล้อยินเจียรในเข้าหาชิ้นงานในช่วงการเจียรในละเอียดพิเศษเท่ากับ 0.699 มิลลิเมตรต่อนาที ถึงทำให้ค่าความหยาบผิวต่ำลง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

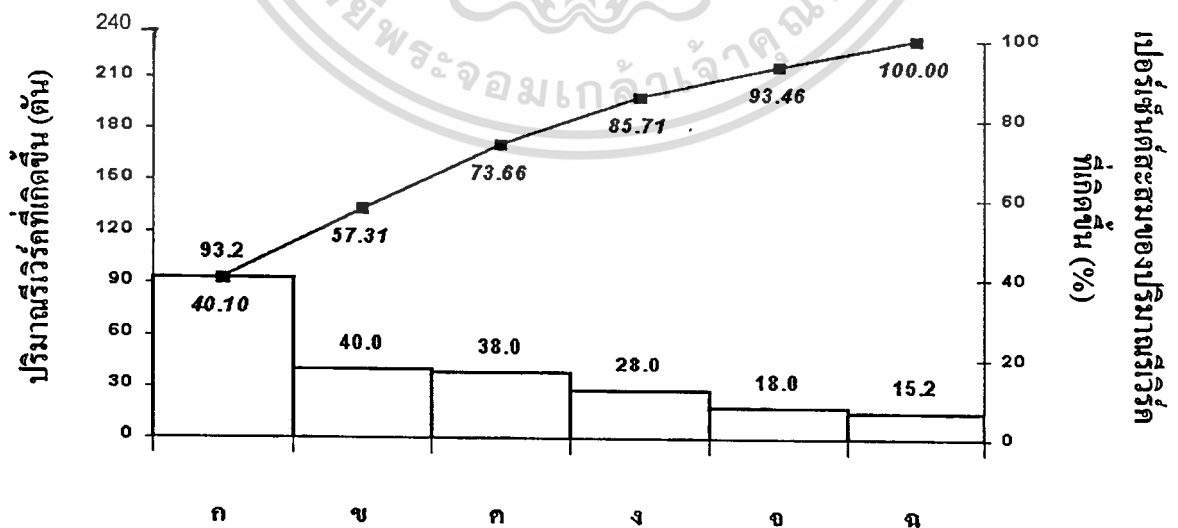
บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานแบ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ การออกแบบ การทดลอง โปรแกรมสำเร็จรูป Minitab กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา การทำงานของ เครื่องจักรต่างๆ และรวบรวมข้อมูล ตั้งแต่ 1 ธ.ค. 44 – 31 ส.ค. 45 ช่วงแก้ไขปัญหาโดยการ ปรับปรุงชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไซเซอร์ ตั้งแต่ 1 ก.ย. 45 – 28 ธ.ค. 45 และช่วงติดตาม ผลการแก้ไขปัญหา ตั้งแต่ 29 ธ.ค. 45 – 1 มี.ค. 46

3.1 แหล่งที่มา ปริมาณ และสาเหตุที่เกิดรีเวิร์ค

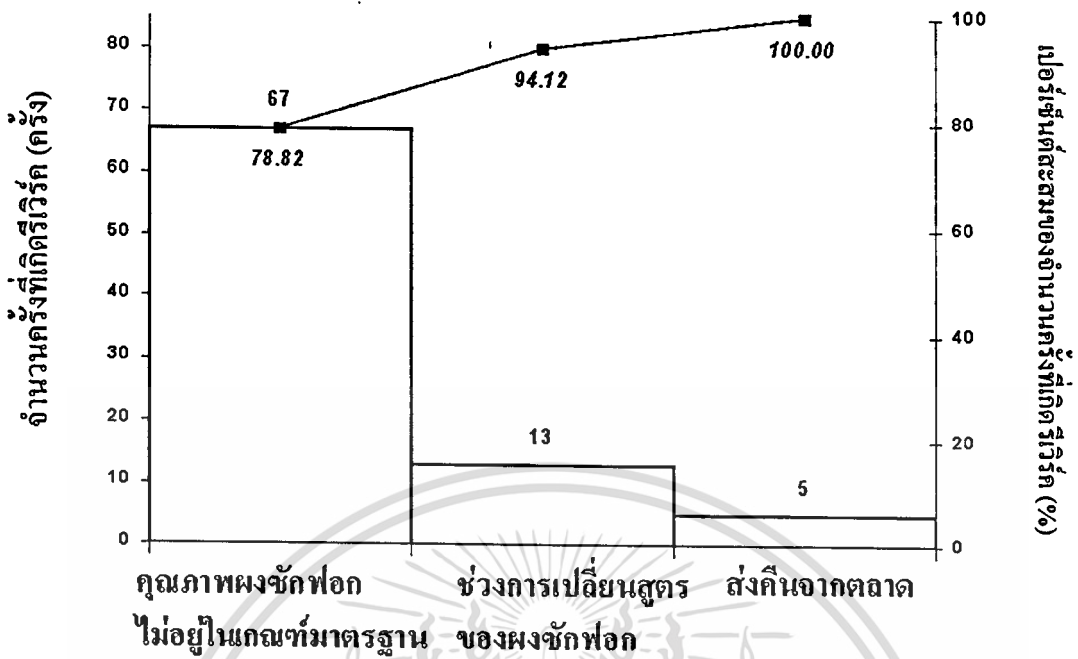
รูปที่ 3.1 เป็นผังพาเรโตแสดงแหล่งที่มาและปริมาณของรีเวิร์คที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา ตั้งแต่ 1 ธ.ค. 44 – 28 ธ.ค. 44 พบว่าปริมาณรีเวิร์คที่เกิดขึ้นทั้งหมด 232 ตัน/เดือน (ดังภาคผนวก ก.1 ตารางที่ ก.1) พบว่าแหล่ง ก เป็นแหล่งที่เกิดรีเวิร์คมากที่สุด 93.20 ตัน/เดือน หรือ 40.10 % หลังจากการวิเคราะห์ปัญหาที่แหล่ง ก พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากคุณภาพ ของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมากที่สุด 67 ครั้ง หรือ 78.82 % ดังรูปที่ 3.2 สาเหตุรอง คือ ช่วงการเปลี่ยนสูตรของผงซักฟอก เนื่องจากต้องทำความสะอาดฟลูอิดไซเซอร์ ฮอปเปอร์และ สายพานเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผงซักฟอก สาเหตุที่สาม คือ จากผงซักฟอกที่ส่งคืนจากตลาด เนื่องจากสินค้าน้ำหนักต่ำกว่ามาตรฐาน กล่องผงซักฟอกบุบ ซองบรรจุแตก ไม่ได้ระบุวันเดือนปีที่ ผลิตข้างภาชนะบรรจุ



รูปที่ 3.1 แหล่งที่มาและปริมาณของรีเวิร์คที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (1 ธ.ค. 44 – 28 ธ.ค. 44)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

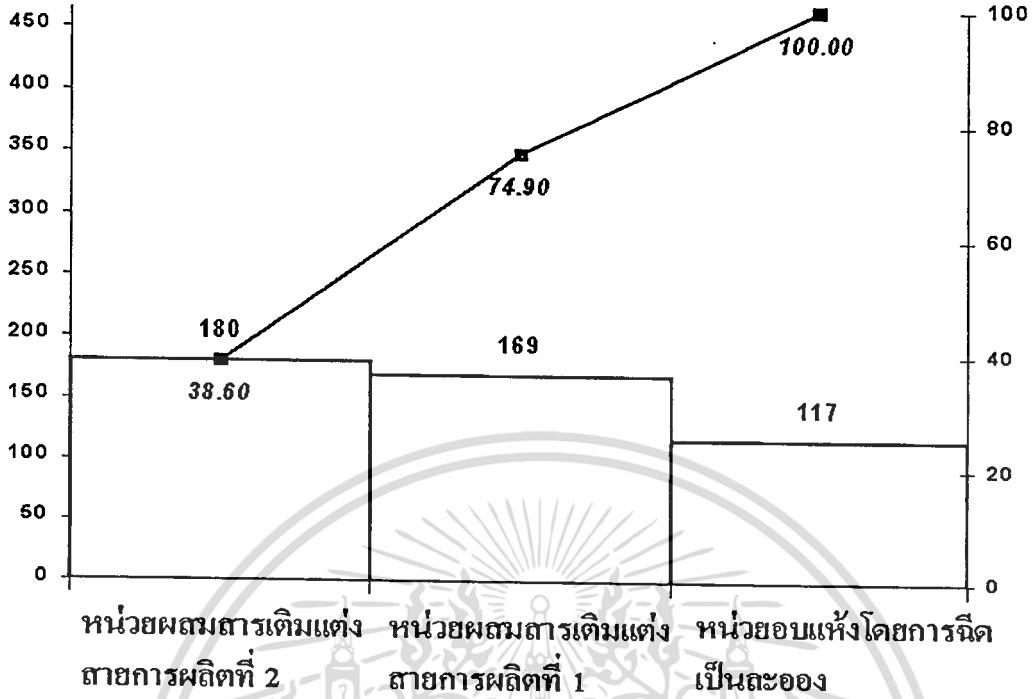


รูปที่ 3.2 สาเหตุและจำนวนครั้งที่เกิดรีเวิร์คที่แหล่ง ก (1 ธ.ค. 44 – 28 ธ.ค. 44)

รูปที่ 3.3 แสดงจำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 25 พ.ค. 45 โดยจำนวนครั้งที่เกิดในหน่วยผสมสารเดิมแต่งทั้งสองสายการผลิตใกล้เคียงกันสมควรที่ต้องแก้ปัญหาทั้งสองสายการผลิต แต่ในงานวิจัยนี้จะแก้ปัญหาเฉพาะที่สายการผลิตที่ 2 และใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาสายการผลิตที่ 1 ต่อไป จากรูปที่ 3.4 พบว่าในสายการผลิตที่ 2 เกิดปัญหาคุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจาก % AD มากที่สุด คือ 36.1 % มีค่าเฉลี่ยประมาณ 3.03 ครั้ง/สัปดาห์ ดังรูปที่ 3.5 โดยที่ความถี่ในการวิเคราะห์ % AD ในผงซักฟอกเฉลี่ย 20 ครั้ง/วัน หรือ 140 ครั้ง/สัปดาห์ ค่า Cp และ Cpk ของ % AD ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 แสดงดังรูปที่ 3.6 จากค่า Cp แสดงว่าควรปรับปรุงกระบวนการเพื่อแก้ปัญหาคุณภาพของผงซักฟอกเกี่ยวกับ % AD อย่างมาก งานลำดับต่อไปคือการหาปัจจัยในกระบวนการผลิตที่มีผลต่อคุณภาพของผงซักฟอกด้าน % AD ที่หน่วยผสมสารเดิมแต่งสายการผลิตที่ 2 โดยใช้ผังแสดงเหตุและผล

โดยปกติเมื่อพนักงานวิเคราะห์ % AD พบว่า % AD ของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะแจ้งให้พนักงานฝ่ายผลิตทราบเพื่อให้ปรับปรุงกระบวนการผลิต เช่น เพิ่มหรือลดอุณหภูมิในหอฉีด หรือ ปรับอัตราส่วนการผสมสารเดิมแต่งในหน่วยผสมสารเดิมแต่ง เป็นต้น เพื่อให้ % AD อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน หลังจากที่ฝ่ายผลิตปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตแล้วพนักงานวิเคราะห์จะวิเคราะห์ % AD ใหม่อีกครั้ง (Recheck) ซึ่งถ้า % AD ยังไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานจะต้องนำผงซักฟอกกลุ่มนั้นไปทำรีเวิร์ค แต่ถ้า % AD อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานแล้วไม่ต้องนำผงซักฟอกไปทำรีเวิร์ค ในงานวิจัยนี้ใช้จำนวนครั้งของการ Recheck เป็นตัวแทนของจำนวนครั้งที่เกิดรีเวิร์ค

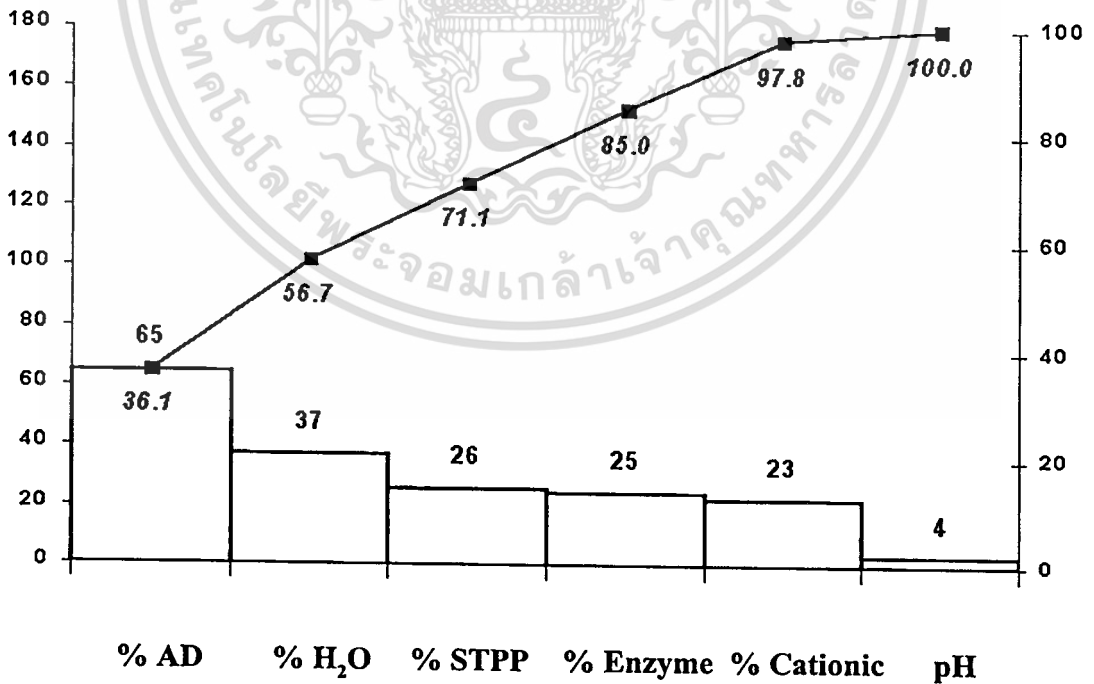
จำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ครั้ง)



(%) ร้อยละของผงซักฟอกที่ใช้ในแต่ละหน่วย (ร้อยละ)

รูปที่ 3.3 จำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (1 ม.ค. 45 – 25 พ.ค. 45)

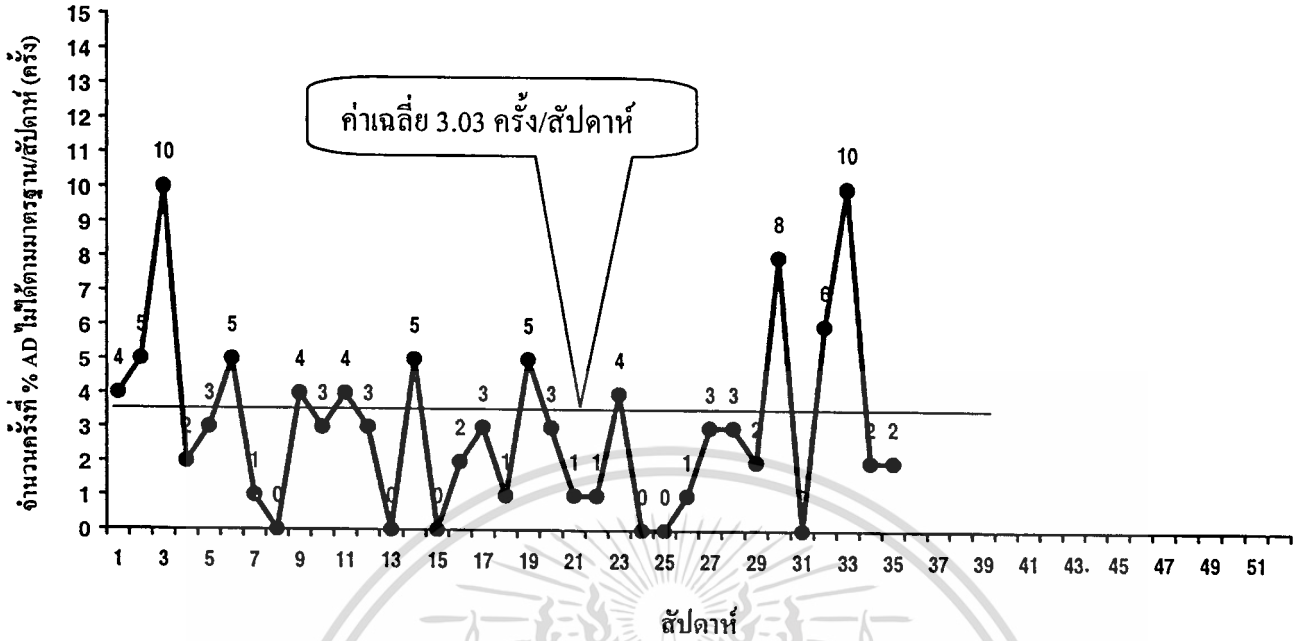
จำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ครั้ง)



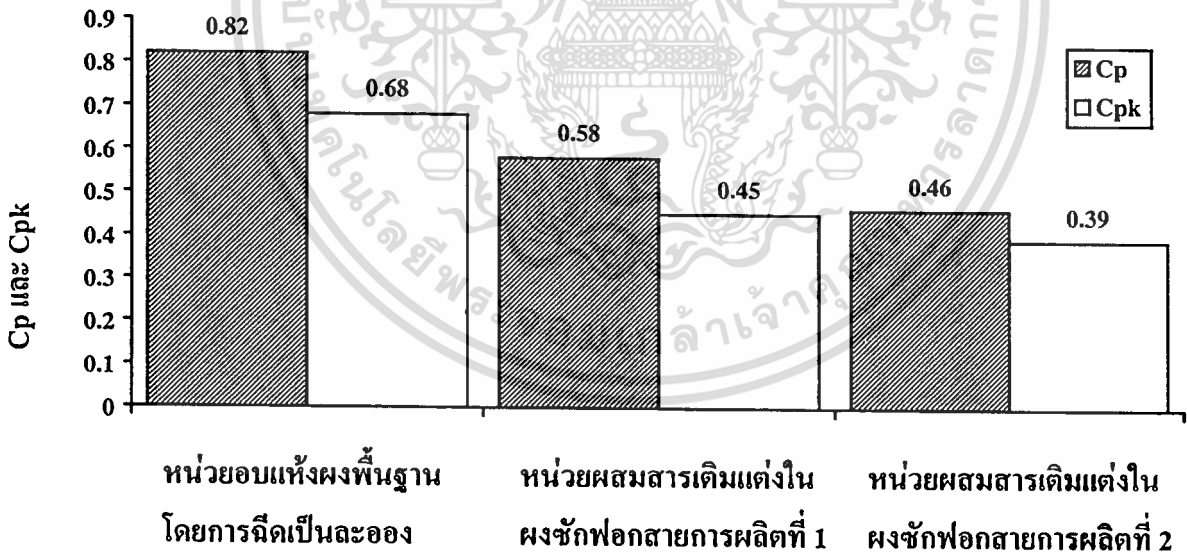
(%) ร้อยละของผงซักฟอกที่ใช้ในแต่ละหน่วย (ร้อยละ)

รูปที่ 3.4 จำนวนครั้งที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่ง สายการผลิตที่ 2 (1 ม.ค. 45 – 25 พ.ค. 45)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 จำนวนครั้งที่ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปีพ.ศ. 2545)

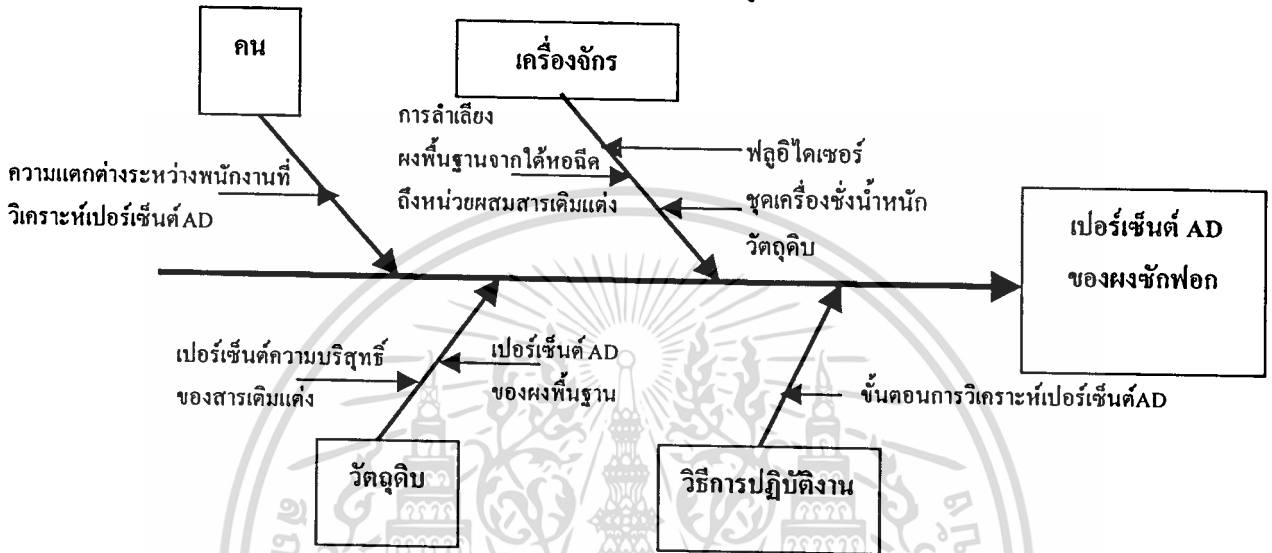


รูปที่ 3.6 Cp และ Cpk ของ % AD ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปีพ.ศ. 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2

การหาปัจจัยหลักที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 จำแนกเป็น 4 ปัจจัยหลัก คือ คน วัตถุดิบ วิธีการปฏิบัติงาน และเครื่องจักร ซึ่งแต่ละปัจจัยหลักสามารถแยกออกเป็นปัจจัยย่อยได้ตามผังแสดงเหตุและผล ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2

จากรูปที่ 3.7 จะเลือกปัจจัยเครื่องจักรได้แก่ ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดเซอร์มาศึกษา และเพื่อยืนยันว่าปัจจัยจากเครื่องจักรมีผลต่อ % AD จึงได้ศึกษาความแตกต่างของ % AD ของผงซักฟอกระหว่างการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Lab scale) กับในกระบวนการผลิตดังตารางที่ 3.1 พบว่าค่าความเบี่ยงเบนของ % AD ในห้องปฏิบัติการและในกระบวนการผลิตจากค่าเป้าหมายเท่ากับ 2.01 % และ 11.76 % ตามลำดับ เนื่องจากเครื่องจักรเป็นส่วนหลักของกระบวนการผลิต ดังนั้นเมื่อค่าความเบี่ยงเบนของ % AD ในกระบวนการผลิตสูงกว่าค่าจากห้องปฏิบัติการ จึงแสดงว่าปัจจัยจากเครื่องจักรมีผลต่อ % AD ส่วนปัจจัยหลักอื่นๆ ในรูปที่ 3.7 ที่ไม่ได้เลือกมาศึกษา เนื่องจากได้พิสูจน์แล้วว่าไม่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน วิธีและผลการพิสูจน์แสดงดังตารางที่ 3.2

จากการศึกษากระบวนการผลิตและการทำงานของเครื่องจักร และทฤษฎีในบทที่ 2 ทำให้คาดว่าปัจจัยเครื่องจักรด้านชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดเซอร์ น่าจะมีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 ดังรูปที่ 3.8 โดยใช้การ

วิเคราะห์ปัญหาแบบ Why Why วิธีการพิสูจน์ว่าแต่ละปัจจัย คือ เครื่องจักรด้านชุดเครื่องชั่งน้ำหนัก วัตถุดิบและฟลูอิดไฮดรอลิกมีผลต่อ % AD ของผงชกฟอกหรือไม่ แสดงในบทที่ 4

ตารางที่ 3.1 ค่าความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมายในห้องปฏิบัติการกับกระบวนการผลิต

ชนิด	ค่าความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมายในห้องปฏิบัติการ	ค่าความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมายในกระบวนการผลิต
โอโม	2.55 %	10.23 %
โอโม	1.85 %	8.76 %
โอโม	1.15 %	4.18 %
บริสพาวเวอร์	2.32 %	17.77 %
บริสพาวเวอร์	2.90 %	14.45 %
บริสพาวเวอร์	0.29 %	9.85 %
บริสพาวเวอร์	3.04 %	17.10 %
ค่าเฉลี่ย	2.01 %	11.76 %

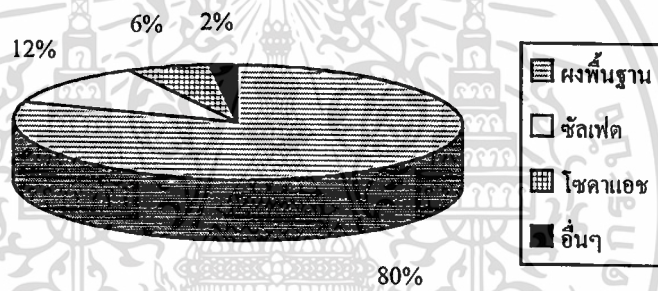
ตารางที่ 3.2 ผลการพิสูจน์ปัจจัยที่ไม่มีผลต่อ % AD ของผงชกฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	เครื่องมือที่ใช้ในการพิสูจน์	สรุปผล
คน	ความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD	DOE โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ (ภาคผนวก ก.1)	ความแตกต่างระหว่างพนักงานไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ % AD จึงไม่ส่งผลต่อ % AD ของผงชกฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน
เครื่องจักร	การลำเลียงผงพื้นฐานจากได้อหอดึงถึงหน่วยผสมสารเติมแต่ง	DOE โดยใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ (ภาคผนวก ก.2)	เครื่องจักรด้านการลำเลียงผงพื้นฐานจากได้อหอดึงถึงหน่วยผสมสารเติมแต่งไม่มีผลต่อ % AD ของผงชกฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน
วัตถุดิบ	1. เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเติมแต่ง 2. % AD ของผงพื้นฐาน	1. การทดสอบแบบ t (t-test) และ SPC (ภาคผนวก ก.3) 2. SPC (ภาคผนวก ก.2)	1. เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเติมแต่งได้ตามข้อกำหนด 2. % AD ของผงพื้นฐานไม่มีผลต่อ % AD ของผงชกฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน
วิธีการปฏิบัติงาน	ขั้นตอนการวิเคราะห์ % AD	มาตรฐานขั้นตอนในการวิเคราะห์ % AD (ภาคผนวก ข)	เนื่องจากบริษัทฯ มีคู่มือที่เป็นมาตรฐานการวิเคราะห์ % AD ที่จัดทำโดยจากผู้เชี่ยวชาญด้านนี้ ดังนั้นขั้นตอนการวิเคราะห์ % AD จึงไม่มีผลต่อ % AD ของผงชกฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กรณีปริมาณการผสมสารเติมแต่งในหน่วยผสมสารเติมแต่งไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

กระบวนการผลิตในหน่วยผสมสารเติมแต่งส่วนใหญ่เป็นการผสมสารเติมแต่งระหว่างของแข็งกับของแข็งที่อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส จึงไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี ส่วนน้ำหอมที่เป็นของเหลวใช้ปริมาณน้อยมากประมาณ 0.20 % จึงไม่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยา นอกจากนี้ AD อยู่ในเนื้อของผงพื้นฐานอย่างเดียว ในสารเติมแต่งจะไม่มี AD จึงคำนวณ % AD คิดเทียบจากน้ำหนักได้ (Weight by weight) ตัวอย่างการคำนวณ % AD แสดงในภาคผนวก จ.1 กล่าวได้ว่าวัตถุดิบที่ใช้ในปริมาณมากในการผสมจะมีผลต่อ % AD โดยตรง รูปที่ 3.9 แสดงอัตราส่วนปริมาณการผสมผงซักฟอกโดยน้ำหนัก พบว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักปริมาณการผสมระหว่างผงพื้นฐานต่อสารเติมแต่งประมาณ 80:20



รูปที่ 3.9 อัตราส่วนปริมาณการผสมผงซักฟอกโดยน้ำหนัก

วัตถุดิบที่ใช้ในปริมาณมากในการผสม ได้แก่ ผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ ตามลำดับ มีผลต่อ % AD โดยตรง ดังนั้นถ้าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบทำงานผิดพลาดจะทำให้อัตราส่วนการผสมไม่ได้ตามข้อกำหนดซึ่งจะกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอก ตารางที่ 3.3 และ ตารางที่ 3.4 แสดง % AD ของผงซักฟอกที่เปลี่ยนแปลงตามเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักของผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ กรณีปริมาณวัตถุดิบมากกว่ามาตรฐานและน้อยกว่ามาตรฐาน ตามลำดับ สามารถจำแนกกรณี % AD ไม่ได้ตามมาตรฐานได้ 2 กรณี ดังนี้

1. กรณี % AD สูงกว่าค่า USL เกิดจาก
 - 1.1 ปริมาณผงพื้นฐานมากกว่าที่กำหนดไว้
 - 1.2 ปริมาณสารเติมแต่งน้อยกว่าที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรณี % AD ต่ำกว่าค่า LSL เกิดจาก

2.1 ปริมาณผงพื้นฐานน้อยกว่าที่กำหนดไว้

2.2 ปริมาณสารเติมแต่งมากกว่าที่กำหนดไว้

ตารางที่ 3.3 % AD ของผงซักฟอกที่เปลี่ยนแปลงตามเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่ง น้ำหนักของผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ กรณีปริมาณวัตถุดิบมากกว่า มาตรฐานเมื่อคิดเทียบจากสูตร โอโม

% ความผิดพลาด ของชุดเครื่องชั่ง น้ำหนักในกรณีที่ ปริมาณวัตถุดิบ มากกว่า มาตรฐาน	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: ผงพื้นฐาน	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: ซัลเฟต	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: โซดาแอช	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: ซีโอไลต์
0.04	+0.04	-0.0057	-0.0055	-0.0013
0.08	+0.08	-0.0112	-0.0109	-0.0023
0.10	+0.10	-0.0139	-0.0135	-0.0028
0.20	+0.20	-0.0276	-0.0268	-0.0054
0.70	+0.70	-0.0961	-0.0934	-0.0185
0.80	+0.80	-0.1097	-0.1068	-0.0211
0.90	+0.90	-0.1234	-0.1201	-0.0237
1.00	+1.00	-0.1371	-0.1334	-0.0263
3.00	+3.00	-0.4109	-0.4010	-0.0785
5.00	+5.00	-0.6847	-0.6699	-0.1306
7.00	+7.00	-0.9585	-0.9403	-0.1828
9.00	+9.00	-1.2324	-1.2121	-0.2349
11.00	+11.00	-1.5062	-1.4855	-0.2871

หมายเหตุ เครื่องหมาย (-) หมายถึง % AD ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย (ค่าเฉลี่ยของ LSL และ USL)
เครื่องหมาย (+) หมายถึง % AD สูงกว่าค่าเป้าหมาย

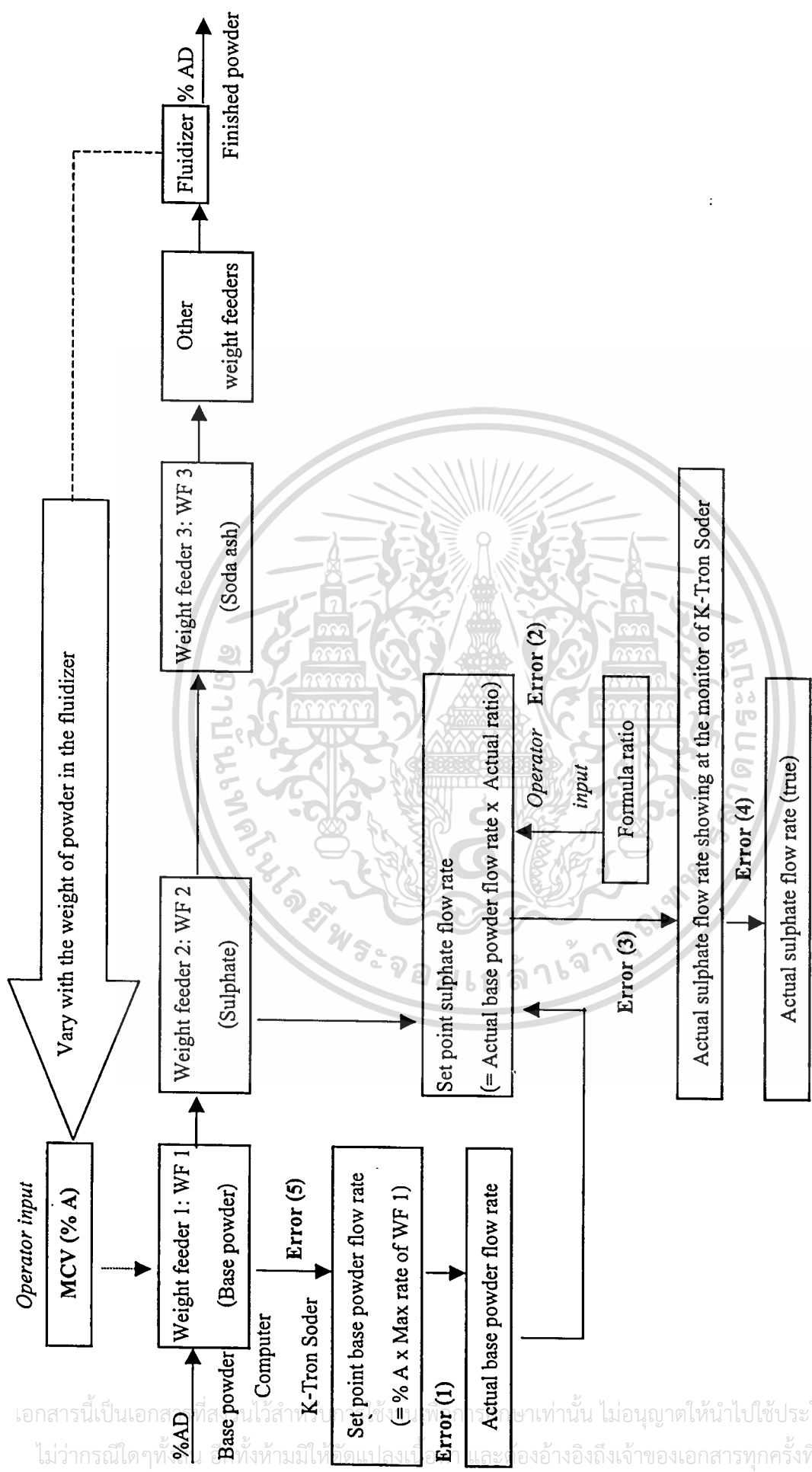
ตารางที่ 3.4 % AD ของผงซักฟอกที่เปลี่ยนแปลงตามเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่ง น้ำหนักของผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ กรณีปริมาณวัตถุดิบน้อยกว่า มาตรฐานเมื่อคิดเทียบจากสูตร โอโม

% ความผิดพลาด ของชุดเครื่องชั่ง น้ำหนักในกรณีที่ ปริมาณวัตถุดิบ น้อยกว่า มาตรฐาน	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: ผงพื้นฐาน	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: ซัลเฟต	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: โซดาแอช	% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมายที่เกิดจาก ความผิดพลาดของชุด เครื่องชั่งน้ำหนัก: ซีโอไลต์
0.04	-0.04	+0.0057	+0.0055	+0.0013
0.08	-0.08	+0.0112	+0.0109	+0.0023
0.10	-0.10	-0.0139	+0.0135	+0.0028
0.20	-0.20	+0.0276	+0.0268	+0.0054
0.70	-0.70	+0.0961	+0.0934	+0.0185
0.80	-0.80	+0.1097	+0.1068	+0.0211
0.90	-0.90	+0.1234	+0.1201	+0.0237
1.00	-1.00	+0.1371	+0.1334	+0.0263
3.00	-3.00	+0.4109	+0.4010	+0.0785
5.00	-5.00	+0.6847	+0.6699	+0.1306
7.00	-7.00	+0.9585	+0.9403	+0.1828
9.00	-9.00	+1.2324	+1.2121	+0.2349
11.00	-11.00	+1.5062	+1.4855	+0.2871

หมายเหตุ เครื่องหมาย (-) หมายถึง % AD ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย (ค่าเฉลี่ยของ LSL และ USL)
เครื่องหมาย (+) หมายถึง % AD สูงกว่าค่าเป้าหมาย

3.4 ค่าผิดพลาดต่างๆ ที่เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

ระบบการควบคุมและค่าผิดพลาดต่างๆ (Error) ที่เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบใน หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 ซึ่งมีผลต่อ % AD แสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ระบบการควบคุมและค่าผิดพลาดต่างๆ ที่เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบในหน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2

จากรูปที่ 3.10 ผงพื้นฐานจะถูกผสมกับวัตถุดิบ เช่น ซัลเฟต โซดาแอช เป็นต้น โดยพนักงานควบคุมจะปรับค่าเปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลเชิงมวลสูงสุดของผงพื้นฐาน (Manual Control Value: MCV) เพื่อใช้กำหนดคปริมาตรวัตถุดิบ แต่ต้องพิจารณาปริมาณผงพื้นฐานที่มีอยู่ รวมทั้งน้ำหนักของผงซักฟอกในฟลูอิดไอเซอร์ต้องทันกับอัตราการบรรจุผงซักฟอก ค่า MCV นี้จะไปกำหนดค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของผงพื้นฐาน (Set point base powder mass flow rate) ค่าผิดพลาด (Error) ต่างๆ ที่เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบในหน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 ซึ่งมีผลต่อ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน มีดังนี้

ค่าผิดพลาดที่ 1 เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของผงพื้นฐานกับค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลของผงพื้นฐาน (Actual base powder mass flow rate)

พนักงานควบคุมจะใส่ค่าสัดส่วนการผสมสารเติมแต่งแตกต่างกันไปตามสูตรของผงซักฟอกแต่ละตราสินค้า กรณีที่คุณภาพของผงซักฟอกไม่ได้มาตรฐานพนักงานควบคุมจะปรับค่าสัดส่วนให้ต่างจากค่าสัดส่วนการผสมสารเติมแต่งตามสูตรของบริษัทฯ (Formula ratio) เพื่อปรับคุณภาพของผงซักฟอกให้ได้มาตรฐาน ซึ่งเป็นการปรับแบบชั่วคราว

ค่าผิดพลาดที่ 2 เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าสัดส่วนการผสมสารเติมแต่งตามสูตรของบริษัทฯ กับค่าสัดส่วนจริง (Actual ratio) ที่พนักงานควบคุมใส่ ค่าสัดส่วนจริงที่พนักงานควบคุมใส่กับค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลของผงพื้นฐานจะเป็นตัวกำหนดค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซัลเฟต โซดาแอช เป็นต้น

ค่าผิดพลาดที่ 3 เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซัลเฟต โซดาแอช เป็นต้น กับค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบอื่นๆ

ค่าผิดพลาดที่ 4 เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบอื่นๆ ที่แสดงผลบนหน้าจอ K-Tron Soder กับค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบอื่นๆ ที่ใช้จริง

ค่าผิดพลาดที่ 5 เกิดจากการส่งค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบจากคอมพิวเตอร์ไปยังชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

ความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักวัตถุดิบมีผลต่อ % AD ทั้งนี้ความสะอาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและการสอบเทียบเป็นสิ่งที่ช่วยเพิ่มความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

งานวิจัยนี้ทำที่สายการผลิตที่ 2 จึงศึกษาเฉพาะชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบประเภท K-Tron Soder ชนิด WBF ที่ใช้สำหรับวัตถุดิบปริมาณมาก เช่น ผงพื้นฐาน ซัลเฟต โซดาแอช เป็นต้น

3.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD ของผงซักฟอกกับค่าคุณภาพอื่นๆ

ความสัมพันธ์กับค่าคุณภาพอื่นๆ ได้แก่ BD % น้ำ % STPP แสดงได้ดังนี้

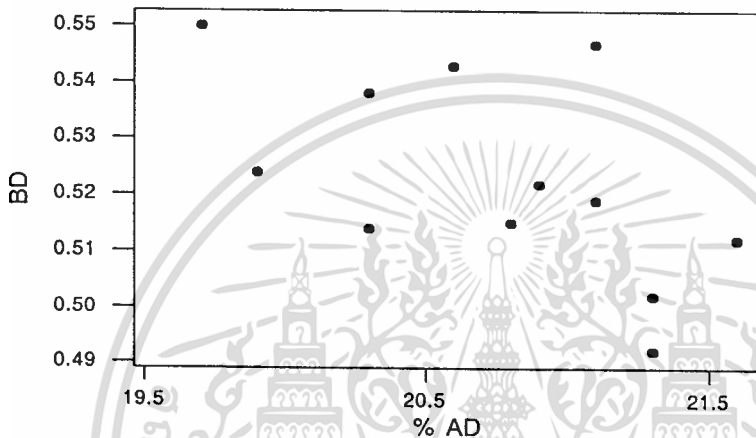
3.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ BD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

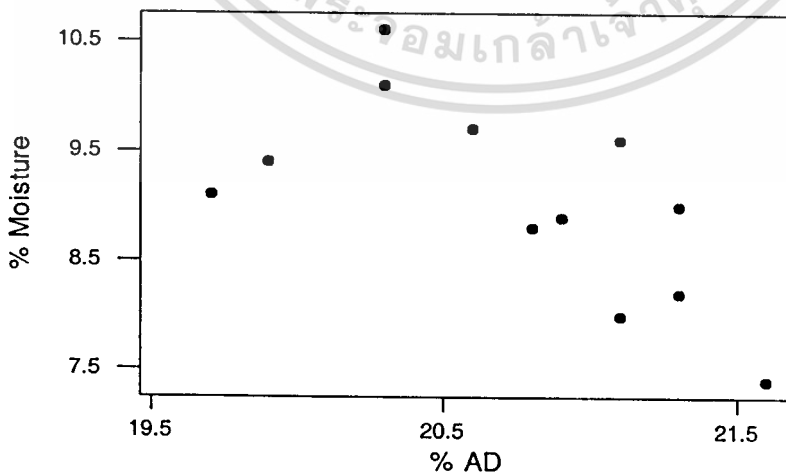
จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab พบว่าที่ความชื้น 90 % ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ BD เป็นลักษณะแปรผกผันกัน แสดงในรูปที่ 3.11

3.5.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % น้ำ

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab พบว่าที่ความชื้น 95 % ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % น้ำ เป็นลักษณะแปรผกผันกัน แสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ BD

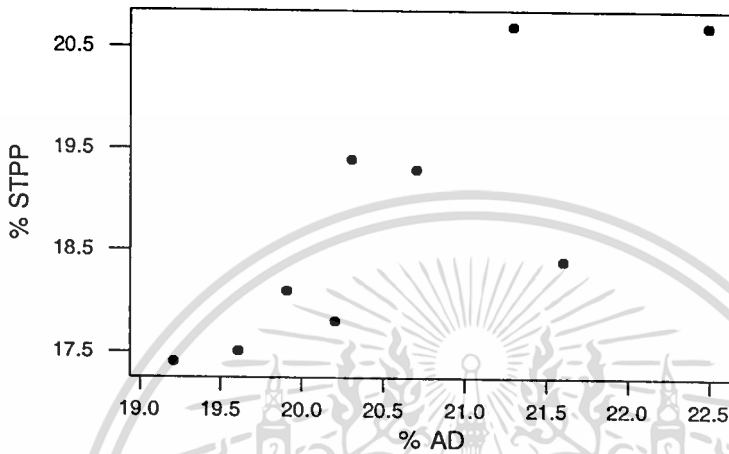


รูปที่ 3.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

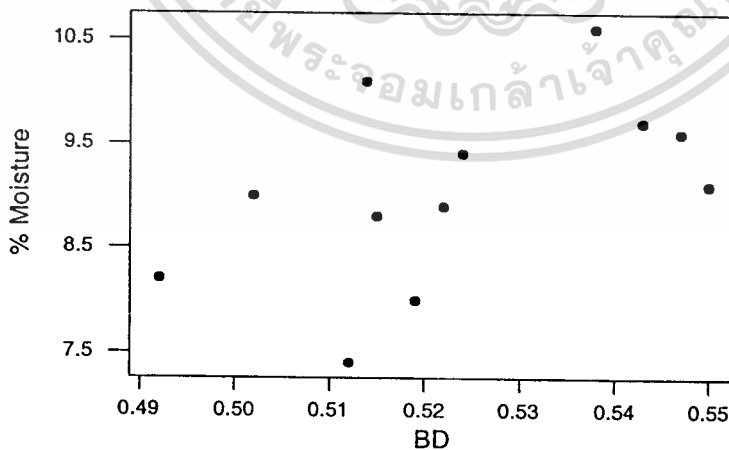
3.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % STPP

จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab พบว่าที่ความเชื่อมั่น 90 % ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % STPP เป็นลักษณะแปรตามกัน แสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ % STPP

ความสัมพันธ์ระหว่าง BD กับ % น้ำ จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab พบว่าที่ความเชื่อมั่น 90 % เป็นลักษณะแปรตามกัน แสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ความสัมพันธ์ระหว่าง BD กับ % น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 สรุปความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับค่าคุณภาพอื่นๆ

ตารางที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับค่าคุณภาพอื่นๆ

ความสัมพันธ์	Pearson correlation
% AD และ BD	-0.563
% AD และ % น้ำ	-0.633
% AD และ % STPP	0.840
BD และ % น้ำ	0.519

หมายเหตุ เครื่องหมาย (-) หมายถึง แปรผกผันกัน
 เครื่องหมาย (+) หมายถึง แปรตามกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การพิสูจน์สาเหตุจากปัจจัยเครื่องจักรด้านชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไอเซอร์ที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2

จากการวิเคราะห์ปัญหาแบบ Why Why ที่ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไอเซอร์ ในรูปที่ 3.8 ผลการพิสูจน์แต่ละสาเหตุแสดงได้ดังนี้

4.1.1 ปริมาณการเติมผงพื้นฐานและวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซัลเฟต โซดาแอช ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

ผลการพิสูจน์ จากการวิเคราะห์ทางเคมีในตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณการเติมซัลเฟตและโซดาแอชไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน และเนื่องจากไม่สามารถวิเคราะห์ทางเคมีหาปริมาณผงพื้นฐานที่ใช้เติมได้ ดังนั้นจะพิจารณาจากตารางที่ 3.3 ซึ่งพบว่าถ้าปริมาณการเติมผงพื้นฐานไม่ได้ตามมาตรฐาน จะส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอกโดยตรง เช่น ถ้าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานในกรณีที่ปริมาณผงพื้นฐานมากกว่ามาตรฐาน 11 % ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมายเท่ากับ 11 %

ตารางที่ 4.1 % AD ของผงซักฟอกเมื่อปริมาณการเติมซัลเฟตและ โซดาแอชไม่ได้ตามมาตรฐาน

การทดลองครั้งที่	1			2		
	ค่าเป้าหมาย	ค่าจริง	% ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย	ค่าเป้าหมาย	ค่าจริง	% ความเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย
ชนิดวัตถุดิบ						
ซัลเฟต	20.22	19.91	-1.51	20.73	20.28	-2.17
โซดาแอช	10.00	8.65	-13.50	5.88	4.54	-22.79
% AD ของผงซักฟอก	19.82	20.08	+1.31	20.34	20.00	-1.69

สรุป ปริมาณการเติมผงพื้นฐานและวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซัลเฟต โซดาแอช ไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

4.1.2 วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์ทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

ผลการพิสูจน์ เมื่อวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์ ทำให้ % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ % AD ไม่สม่ำเสมอ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน จากตารางที่ 4.2 และจากกราฟวิเคราะห์ข้อมูลด้วย DOE ดังภาคผนวก ก.4 พบว่า % AD และ BD ของผงซักฟอกตราสินค้า TCC-Malay ในแต่ละตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดไอเซอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเพื่อให้การพิจารณาผล % AD ได้ง่ายขึ้นจึงแสดงเป็นกราฟในรูปที่ 4.1 พบว่า % AD ของผงซักฟอกแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์ส่วนใหญ่สูงกว่าค่าเป้าหมาย (ค่าเฉลี่ยของ LSL และ USL) ยกเว้นที่ L1 มีค่าน้อยกว่าค่าเป้าหมาย จากตารางที่ 4.2 % AD ที่ได้ยังอยู่ในมาตรฐาน แต่ BD ที่ L3 และ L5 มากกว่า USL (550 kg/m^3) ซึ่งเกิดจากวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์เนื่องจากความดันลดของถุงกรองระดับความสูงของผงซักฟอกและความดันในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์

ตำแหน่ง (รูปที่ 2.17)	L1			L3			L5			New totebin		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
การทดลองครั้งที่												
% AD	21.2	21.0	20.9	22.5	22.9	22.7	22.9	23.1	23.1	22.9	22.5	22.8
% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่า เป้าหมาย 22.0 (LSL - USL: 20.2 - 23.8)*	-3.64	-4.55	-5.00	2.27	4.09	3.18	4.09	5.00	5.00	4.09	2.27	3.64
BD (kg/m^3)	520	510	520	590	590	590	590	580	580	520	520	510
% ความเบี่ยงเบนของ BD จากค่าเป้าหมาย 510 kg/m^3 (LSL - USL: 470 - 550)*	2.0	0.0	2.0	15.7	15.7	15.7	15.7	13.7	13.7	2.0	2.0	0.0
เวลาที่ผงซักฟอกอยู่ใน ฟลูอิดไอเซอร์ (1.5 - 10 นาที)	3.08	3.93	4.53	3.08	3.93	4.53	3.08	3.93	4.53	3.08	3.93	4.53
ความดันลดของ ถุงกรอง (25 - 150 mm. H_2O)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
ความสูงของ ผงซักฟอก (0.8 - 1.2 m.)	0.50	0.55	0.60	0.50	0.55	0.60	0.50	0.55	0.60	0.50	0.55	0.60
ความดันใน ฟลูอิดไอเซอร์ (-5 ถึง -10 mm. H_2O)	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ *เครื่องหมาย (-) หมายถึง % AD ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย
เครื่องหมาย (+) หมายถึง % AD สูงกว่าค่าเป้าหมาย

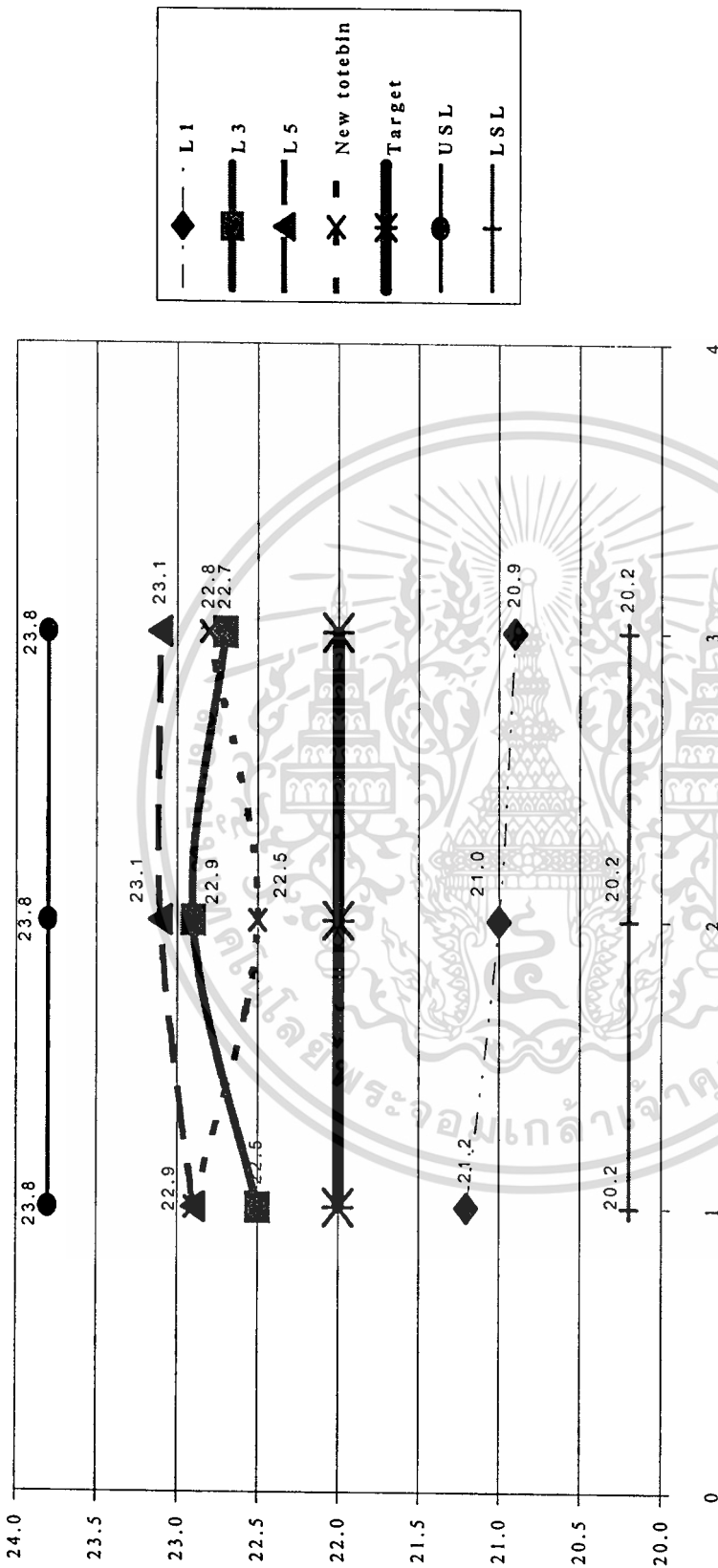
สรุป จากตารางที่ 4.2 พบว่าเมื่อเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไดเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ % AD และ BD ของผงซักฟอก ที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไดเซอร์ มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไดเซอร์ ส่งผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

4.1.3 ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบทำงานผิดปกติทำให้ปริมาณการเติมผงพื้นฐานและวัตถุดิบอื่นๆ เช่น ซัลเฟต โซดาแอช ไม่ได้ตามมาตรฐาน

ในกรณีนี้จะศึกษาเฉพาะชุดเครื่องชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบที่มีผลต่อ % AD มากๆ ได้แก่ ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน ซัลเฟต และ โซดาแอช

ผลการพิสูจน์ ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (% Error) ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบก่อนและหลังสอบเทียบกับค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุดิบ ซึ่งถ้าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบมีความผิดพลาดจะส่งผลให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน นอกจากนี้ในการตรวจสอบว่าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบทำงานผิดพลาดหรือไม่ดูจากค่า Belt load ขณะที่ไม่ มีวัตถุดิบอยู่บนสายพาน ค่า Belt load ควรเข้าใกล้ศูนย์ ถ้าค่า Belt load มากกว่าศูนย์มากเท่าไรแสดงว่าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบมีความผิดพลาดมาก ตารางที่ 4.4 แสดงค่า Belt load ขณะที่ไม่ มีวัตถุดิบบนสายพานกับค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน ซึ่งถ้าค่า Belt load ขณะที่ไม่ มีวัตถุดิบบนสายพานมากกว่าค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ แสดงว่าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบมีความผิดพลาดมากกว่า 2 % ต้องสอบเทียบ [1] จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่า Belt load ขณะที่ไม่ มีวัตถุดิบบนสายพานของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักโซดาแอชมากกว่าค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ ดังนั้นควรสอบเทียบชุดเครื่องชั่งน้ำหนักโซดาแอช ค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน รายละเอียดการคำนวณค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีวัตถุดิบบนสายพานแสดงในภาคผนวก จ.2 ตารางที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Belt load ขณะที่มีและไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน

สรุป ถ้าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบมีความผิดพลาด ส่งผลให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน แก้ไขโดยจัดทำแผ่นตรวจสอบ (Check sheet) ค่า Belt load ขณะที่ไม่ มีวัตถุดิบบนสายพานเพื่อไม่ให้มากกว่าค่าสูงสุดที่ยอมรับได้ แสดงในภาคผนวก ฉ.1 ถ้าค่า Belt load ขณะที่ไม่ มีวัตถุดิบบนสายพานสูงกว่าค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีวัตถุดิบบนสายพานจะต้องทำการสอบเทียบชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบนั้น



ครั้งที่ทำการทดลอง

%AD ของผลิตภัณฑ์แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไฮเซอร์

รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีคนนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรอ์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุคิ

ชุดเครื่องชั่งน้ำหนัก	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/h)	% ความผิดพลาด ก่อนสอบเทียบ	% ความผิดพลาด หลังสอบเทียบ
ผงพื้นฐาน	21,000	3.13	0.05
ซัลเฟต	3,500	5.42	0.22
โซดาแอส	2,884	7.02	0.05

หมายเหตุ การเทียบความผิดพลาดเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวล

ตารางที่ 4.4 ค่า Belt load ขณะที่ไม่ม่่วัดคิบนสายพานกับค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้
ขณะที่ไม่มีวัดคิบนสายพาน

ชุดเครื่องชั่งน้ำหนัก ครั้งที่	ผงพื้นฐาน			ซัลเฟต			โซดาแอส		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ค่า Belt load ขณะ ไม่มีวัดคิบน สายพาน (kg/m)	-0.163	-0.025	-0.513	0.053	0.066	0.452	0.252	0.241	0.322
ค่า Belt load สูงสุด ที่ยอมรับได้ ขณะ ไม่มีวัดคิบน สายพาน (kg/m)	1.000	1.000	1.000	0.100	0.100	0.100	0.230	0.230	0.230

หมายเหตุ ค่า Belt load ขณะที่ไม่ม่่วัดคิบนสายพานเป็นลบ แสดงว่าระบบการทำงานของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุคิอาจผิดปกติ กรณีค่าเป็นบวกแสดงว่ามีวัดคิบนสายพานบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุคิ ค่า Belt load ขณะที่ไม่ม่่วัดคิบนสายพานควรมีค่าใกล้ศูนย์

ตารางที่ 4.5 ค่า Belt load ขณะที่มีและไม่มีวัดคิบนสายพาน

ชุดเครื่องชั่งน้ำหนัก ครั้งที่	ผงพื้นฐาน			ซัลเฟต			โซดาแอส		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ค่า Belt load ขณะ มีวัดคิบน สายพาน (kg/m)	47.534	52.582	48.226	7.349	6.920	6.848	11.286	11.162	10.672
ค่า Belt load ขณะ ไม่มีวัดคิบน สายพาน (kg/m)	-0.163	-0.025	-0.513	0.053	0.066	0.452	0.252	0.241	0.322

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ระดับของช่องเปิด (Gate) อยู่ตำแหน่งต่ำเกินไปทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติทำงานผิดปกติ

ผลการพิสูจน์ ระดับของช่องเปิดอยู่ตำแหน่งต่ำเกินไป ทำให้วัดคุณสมบัติออกจากสอปเปอร์ ปริมาณน้อยดังนั้นมอเตอร์ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติจะหมุนเร็วมากขึ้นเพื่อควบคุมให้อัตราการไหลเชิงมวลคงที่ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรเร็วก่อนกำหนด ดังนั้นถ้าปรับระดับตำแหน่งของช่องเปิดให้สูงขึ้นจะช่วยให้ปริมาณวัดคุณสมบัติบนสายพานมากขึ้น การทำงานของมอเตอร์หมุนช้าลงทำให้ความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติมากขึ้นและเครื่องจักรไม่เสื่อมสภาพเร็วก่อนกำหนด ตารางที่ 4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการปรับระดับช่องเปิดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน

ตารางที่ 4.6 การปรับระดับช่องเปิดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานกับเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลของผงพื้นฐาน

ระดับของช่องเปิด	% ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน
ต่ำ	-2.36
สูง	-1.30

สรุป ที่ระดับของช่องเปิดสูงชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติทำงานได้แม่นยำยิ่งกว่าที่ระดับของช่องเปิดต่ำเพราะมอเตอร์ทำงานช้าลง แต่ถ้าปรับระดับช่องเปิดตำแหน่งสูงเกินไป จะทำให้วัดคุณสมบัติออกมาปริมาณมาก แล้วจะไหลออกจากสายพานด้านข้างไปติดที่อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ลูกกลิ้งตัวอ่านน้ำหนัก เป็นต้น ทำให้อุปกรณ์สกปรกได้และมีผลโดยตรงต่อความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติ ดังนั้นควรพิจารณาดำเนินการปรับระดับช่องเปิดที่เหมาะสมและทำเครื่องหมายถาวรไว้

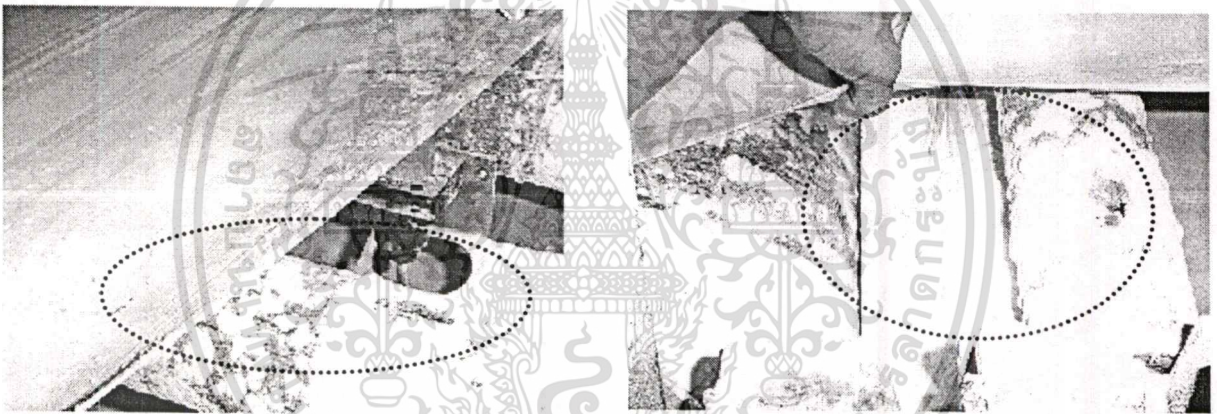
4.1.5 ความตึงของสายพานไม่ได้มาตรฐานทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติทำงานผิดปกติ

ผลการพิสูจน์ ตารางที่ 4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากความตึงของสายพานไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งเกิดจากความสกปรกของสายพาน ลูกกลิ้งหน้าและหลัง ตัวปรับความตึงสายพาน และตัวปาดสายพาน ดังรูปที่ 4.2 ความสกปรกของอุปกรณ์ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดคุณสมบัติเกิดจากความถี่ในการทำสะอาดไม่เหมาะสม และการออกแบบระบบลมดูดไม่มีประสิทธิภาพ รวมถึงอุปกรณ์อื่นๆ อยู่ในสภาพผิดปกติ เช่น ที่ล๊อคสายพาน (Bracket) ล๊อคไม่แน่น ทำให้ความตึงของสายพานไม่ได้มาตรฐาน ส่งผลให้ความแม่นยำ

ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบดลงทำให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบดมากขึ้น

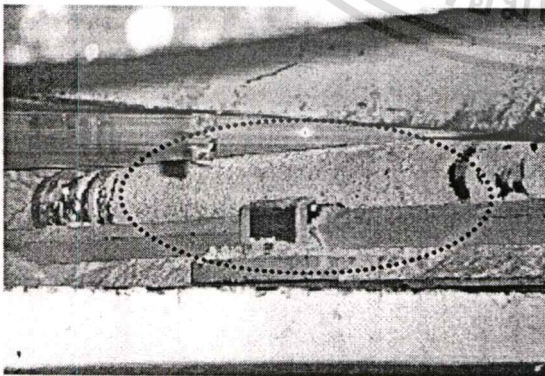
ตารางที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานที่เกิดขึ้นจากความตึงของสายพานตึงไม่ได้มาตรฐานเมื่อเทียบกับค่าเป้าหมายของอัตราการใช้พลังงานของผงพื้นฐาน

กรณี	% ความผิดพลาดของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน
ก่อนปรับความตึงสายพาน	12.99
หลังปรับความตึงสายพานให้ได้มาตรฐาน	0.69

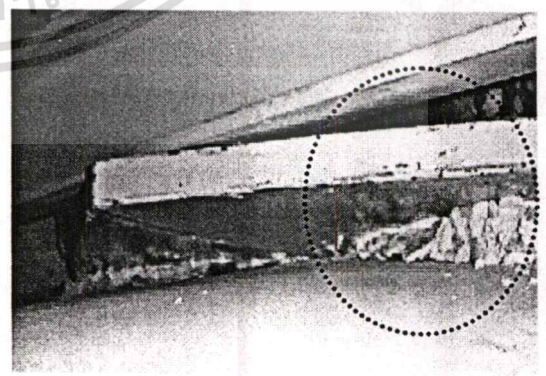


(ก) สายพานสกปรก

(ข) ลูกกลิ้งสกปรก



(ค) ตัวปรับความตึงสายพานสกปรก



(ง) ตัวปาดสายพานสกปรก

เอกสารรูปที่ 4.2 อธิบายถึงความสำคัญของการปรับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานให้เข้าใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป ความตึงของสายพานไม่ได้มาตรฐานรวมถึงความตึงสายพานด้านซ้ายและขวาไม่เท่ากัน จะทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิต่างงานผิดปกติ แก้ไขโดยทำมาตรฐานการตรวจสอบและกำหนดมาตรฐานความถี่ในการทำความสะอาดชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิตันใน QM-Matrix และ Q-Card ดังภาคผนวก จ.2 เช่น ทำความสะอาดชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิตัน 1 ครั้ง/กะ และติดตั้งระบบทำความสะอาดชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานอัตโนมัติที่ถูกกลิ้งหน้าและหลัง รวมทั้งออกแบบชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานให้สามารถทำการสอบเทียบได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ นอกจากนี้ควรออกแบบและติดตั้งระบบท่อลมดูดให้เหมาะสมตามข้อกำหนดดังกล่าวแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.8.2.3, 2.8.2.5 และ 2.8.2.6

4.1.6 สายพานลื่น (Slip) ทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิต่างงานผิดปกติ

ผลการพิสูจน์ ความผิดปกติของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิตันอาจเกิดจากในบรรยากาศบริเวณนั้นมีความชื้นทำให้สายพานชื้นและเกิดการลื่น หรือเกิดจากสายพานหย่อนเพราะการปรับความตึงสายพานครั้งแรกไม่เหมาะสม หรือเกิดจากสายพานยึดเนื่องจากอายุการใช้งานนาน

สรุป สายพานลื่นทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิต่างงานผิดปกติเนื่องจากมอเตอร์ไม่จับสายพานเพราะสายพานชื้น แก้ไขโดยติดตั้งหลังคาถล่มเพื่อไม่ให้ลมที่มีความชื้นพัดผ่านเข้ามาบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิตัน และกำหนดตำแหน่งการปรับความตึงสายพานครั้งแรก

4.1.7 ระยะเวลาอ่านน้ำหนักของตัวอ่านน้ำหนักไม่เหมาะสมทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิต่างงานผิดปกติ

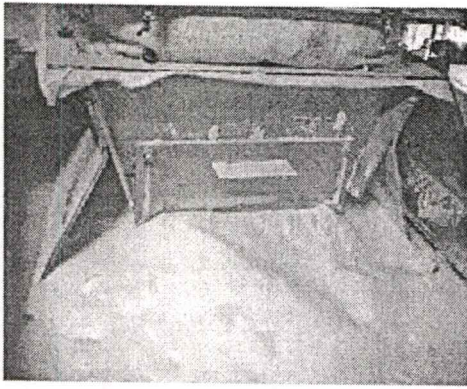
ผลการพิสูจน์ ระยะเวลาอ่านน้ำหนักของตัวอ่านน้ำหนักไม่เหมาะสมเนื่องจากลูกกลิ้งอ่านน้ำหนักกระดืบ

สรุป เนื่องจากการคำนวณค่า Belt load ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิตัน (kg/m) ต้องใช้ระยะเวลาอ่านน้ำหนักของตัวอ่านน้ำหนัก ดังนั้นถ้าระยะเวลาอ่านน้ำหนักของตัวอ่านน้ำหนักไม่เหมาะสมจะทำให้ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดตุลิต่างงานผิดปกติ แก้ไขโดยปรับระดับลูกกลิ้งอ่านน้ำหนักให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมและจัดทำมาตรฐานการตรวจสอบระดับลูกกลิ้งอ่านน้ำหนักใน QM-Matrix ดังภาคผนวก จ.2 เช่น ตรวจสอบว่าหลังการทำความสะอาดลูกกลิ้งอ่านน้ำหนักอยู่ในสภาพที่ปรับตั้งไว้ครั้งแรกหรือไม่

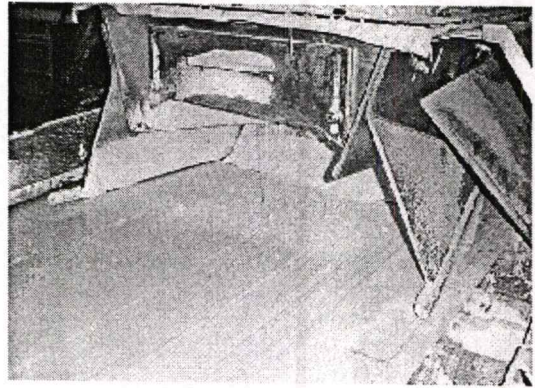
4.1.8 ปริมาณวัดตุลิตันบนสายพานไม่สม่ำเสมอหรือไม่วัดตุลิตันบนสายพานทำให้ปริมาณการเติมวัดตุลิตันไม่ได้ตามมาตรฐาน

ผลการพิสูจน์ รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณวัดตุลิตันบนสายพานไม่สม่ำเสมอและไม่วัดตุลิตันบนสายพาน เนื่องจากการติดตั้งระดับของสวิทช์ในฮอปเปอร์อยู่ในระดับที่ต่ำเกินไป ดังนั้นเมื่ออัตราการผลิตสูงๆ จะทำให้ปริมาณวัดตุลิตันมีไม่ทันต่อความต้องการ และยังเป็นเพราะสวิทช์ในฮอปเปอร์ไม่ทำงานเนื่องจากมีความสกปรก นอกจากนี้การที่วัดตุลิตันเกาะกันอุดตันอยู่ในฮอปเปอร์และไม่ไหลลงมา จะทำให้ปริมาณวัดตุลิตันบนสายพานไม่สม่ำเสมอหรือไม่วัดตุลิตันบนสายพาน

นอกจากนี้การที่วัดตุลิตันเกาะกันอุดตันอยู่ในฮอปเปอร์ และไม่ไหลลงมา จะทำให้ปริมาณวัดตุลิตันบนสายพานไม่สม่ำเสมอหรือไม่วัดตุลิตันบนสายพาน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ปริมาณวัตถุดิบบนสายพานไม่สม่ำเสมอ



(ข) ไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน

รูปที่ 4.3 ปริมาณวัตถุดิบบนสายพานไม่สม่ำเสมอและไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน

สรุป ปริมาณวัตถุดิบบนสายพานไม่สม่ำเสมอหรือไม่มีวัตถุดิบบนสายพาน ทำให้ปริมาณการเติมวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน แก๊วโดยย้ายระดับของสวิทช์ (เซ็นเซอร์) ในฮอปเปอร์ให้สูงขึ้น รวมถึงกำหนดมาตรฐานความถี่ในการทำความสะอาดสวิทช์ในฮอปเปอร์ใน QM-Matrix ในภาคผนวก ฉ.2 เช่น ทำความสะอาด 1 ครั้ง/เดือน สำหรับปัญหาวัตถุดิบเกาะกันอยู่ในฮอปเปอร์ไม่ไหลลงมา แก๊วโดยติดตั้งอุปกรณ์เกาะไว้บริเวณที่มีการอุดตัน หรือติดตั้งกระบอกสูบลมที่ด้านข้างของฮอปเปอร์ และติดตั้งระบบลมอัดโดยใช้โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve) ในการควบคุม [44]

4.1.9 ระบบควบคุมของหน่วยผสมสารเติมแต่งทำงานผิดปกติทำให้ปริมาณการเติมวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน

ผลการพิสูจน์ การที่ระบบควบคุมของหน่วยผสมสารเติมแต่งทำงานผิดปกติเกิดจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบรับค่าเป้าหมายของอัตราการผลิตมวลจากระบบคอมพิวเตอร์ผิดพลาดค่าผิดพลาดที่ 5 (Error 5) เพราะชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบขาดความแม่นยำ ดังรูปที่ 3.10 สำหรับการแสดงผลระหว่างค่าเป้าหมาย (Set point) กับค่าจริง (Actual) ของอัตราการผลิตมวลของวัตถุดิบอื่นๆ ที่ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบผิดพลาดแสดงเป็นค่าผิดพลาดที่ 3 (Error 3) จากตารางที่ 4.8 พบว่าเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนระหว่างค่าเป้าหมายของอัตราการผลิตมวลจากระบบคอมพิวเตอร์กับค่าจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน และเปอร์เซ็นต์ความเบี่ยงเบนระหว่างค่าเป้าหมายกับค่าจริงของอัตราการผลิตมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานมีค่าน้อยจึงยอมรับได้ ค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้คือน้อยกว่า $\pm 2\%$ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าเป้าหมายและค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลจากระบบควบคุมของคอมพิวเตอรืกับค่าจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน

ครั้งที่	ค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลจากระบบคอมพิวเตอร์ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	% ความเบี่ยงเบนระหว่างค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลจากระบบคอมพิวเตอร์กับค่าจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน*	ค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	% ความเบี่ยงเบนระหว่างค่าเป้าหมายกับค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน**
1	20,100	20,100	0.00	20,093	+0.03
2	22,500	22,494	+0.03	22,455	+0.17
3	18,000	18,012	-0.07	18,019	-0.04
4	19,500	19,480	+0.10	19,461	+0.10

หมายเหตุ *เครื่องหมาย (+) และ (-) คือ ค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลจากระบบคอมพิวเตอร์มากกว่าและน้อยกว่าค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน ตามลำดับ

**เครื่องหมาย (+) และ (-) คือ ค่าเป้าหมายของอัตราการไหลเชิงมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานมากกว่าและน้อยกว่าค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลจากชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน ตามลำดับ

สรุป ระบบควบคุมของหน่วยผสมสารเติมแต่งทำงานปกติจึงไม่มีผลให้ปริมาณการเติมวัตถุดิบไม่ได้ตามมาตรฐาน แต่ในกรณีที่ถ้าเกิดปัญหานี้จะทำให้ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐานจึงป้องกันโดยจัดทำแผนตรวจสอบเพื่อบันทึกอัตราการไหลเชิงมวลที่ตำแหน่งต่างๆ ดังภาคผนวก จ.3 เช่น บันทึกค่าเป้าหมายและค่าจริงของอัตราการไหลเชิงมวลจากระบบคอมพิวเตอร์และชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ และควรมีการสุ่มตรวจสอบทุก 3 - 4 เดือน/ครั้ง

4.1.10 เวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์ (Residence time) ไม่ได้ตามมาตรฐาน (น้อยกว่า 1.5 หรือมากกว่า 3.0 นาที) ทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์

ผลการพิสูจน์ มาตรฐานที่เหมาะสมของเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์ประมาณ 1.5 - 3.0 นาที แต่ไม่ควรเกิน 10 นาที กรณีหยุดการบรรจุผงซักฟอกแล้วยังมีผงซักฟอกค้างอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์จะทำให้เวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์นานกว่ามาตรฐาน แต่ในกรณีที่อัตราการบรรจุผงซักฟอกมากกว่าอัตราการผลิตผงซักฟอกจะทำให้เวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์ต่ำกว่ามาตรฐาน โปรแกรมการคำนวณเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2 แสดงในภาคผนวก จ.3

สรุป จากผลการพิสูจน์ในภาคผนวก จ.3 พบว่าเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์ แก้ไขโดยติดตั้งระบบสัญญาณเตือนกรณีระดับผงซักฟอกต่ำกว่าระดับ 0.8 เมตร (ระดับมาตรฐานคือ 0.8 - 1.2 เมตร) เพื่อป้องกันเวลาที่

ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดเซอร์ต่ำกว่ามาตรฐาน สำหรับน้ำหนักของผงซักฟอกที่เหมาะสมในฟลูอิดเซอร์ขึ้นอยู่กับค่า BD ความสูงของผงซักฟอก และพื้นที่หน้าตัดในฟลูอิดเซอร์ วิธีการคำนวณน้ำหนักของผงซักฟอกที่เหมาะสมในฟลูอิดเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2 แสดงในภาคผนวก จ.4 ถ้าเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดเซอร์นานเกิน 10 นาที โดยไม่มีการบรรจุต้องแจ้งให้พนักงานฝ่ายผลิตหยุดการทำงานของฟลูอิดเซอร์ เพื่อไม่ให้คุณภาพของผงซักฟอกถูกทำลาย ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

ข้อเสนอแนะ ควรวางแผนการผลิตร่วมกับส่วนการบรรจุผงซักฟอกเพื่อให้อัตราการจ่ายสัมพันธ์กับอัตราการผลิตผงซักฟอก

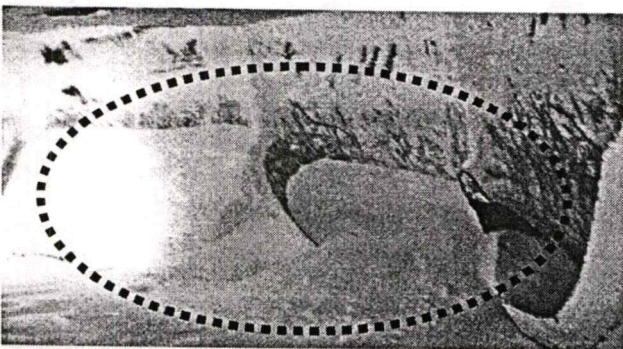
4.1.11 ตัวอ่านน้ำหนักในฟลูอิดเซอร์อ่านน้ำหนักไม่ถูกต้องทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์

ผลการพิสูจน์ สาเหตุของตัวอ่านน้ำหนักในฟลูอิดเซอร์อ่านน้ำหนักไม่ถูกต้องเนื่องจากขาดการสอบเทียบ และสภาพอุปกรณ์ของฟลูอิดเซอร์ เช่น ข้อต่อ (Flexible joint) ที่ทำหน้าที่อ่านน้ำหนักไม่สามารถทำงานได้ เพราะหมดอายุการใช้งาน

สรุป ตัวอ่านน้ำหนักในฟลูอิดเซอร์อ่านน้ำหนักไม่ถูกต้องทำให้การผสมวัตถุดิบในฟลูอิดเซอร์ไม่ดี แก้ไขโดยกำหนดแผนการสอบเทียบตัวอ่านน้ำหนักในฟลูอิดเซอร์ทุก 1 ปี และจัดทำมาตรฐานความถี่ในการตรวจสอบฟลูอิดเซอร์ในรูปแบบ QM-Matrix และ Q-Card ดังภาคผนวก จ.4 เช่น ตรวจสอบ Flexible joint 1 ครั้ง/อาทิตย์

4.1.12 ผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์ไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์

ผลการพิสูจน์ สาเหตุของผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์ไม่สมดุลกัน เนื่องจากหยุดการบรรจุผงซักฟอกบางตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดเซอร์ ทำให้มีผงซักฟอกสะสมบริเวณตำแหน่งทางออกข้างนั้น ดังรูปที่ 4.4 ทำให้ % AD และ BD ที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์ไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงว่าวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์



รูปที่ 4.4 ผงซักฟอกสะสมบริเวณตำแหน่งทางออกที่หยุดการบรรจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดง % AD และ BD กรณีการจ่ายผงซักฟอกตราสินค้าโอโมโนในแต่ละตำแหน่งทางออกแบบไม่สมดุลกันถึงแม้ว่าเงื่อนไขอื่น ๆ เช่น ความเร็วลม ความดันในฟลูอิดไซเซอร์ จะได้ตามมาตรฐาน จากตารางพบว่า % AD และ BD ที่ได้ยังอยู่ในมาตรฐานแต่แนวโน้ม % AD ใน L6 จะมากกว่าที่ New totebin ส่วนแนวโน้ม BD ที่ L6 น้อยกว่าที่ New totebin ซึ่งสอดคล้องกับรูปที่ 3.11 คือ ความสัมพันธ์ระหว่าง % AD กับ BD ซึ่งเป็นลักษณะแปรผกผันกัน ถ้า BD สูง % AD จะต่ำ จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย DOE ดังภาคผนวก ก.5 พบว่า % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดไซเซอร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ตารางที่ 4.10 แสดง % AD กรณีการจ่ายผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดไซเซอร์แบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่น ๆ ในฟลูอิดไซเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน พบว่า % AD ที่ตำแหน่ง L3, L4 และ New totebin ได้ตามมาตรฐาน แต่ % AD ที่ตำแหน่ง New totebin มากกว่า L3 และ L4 ตารางที่ 4.11 แสดง % AD และ BD ของผงซักฟอกแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเซอร์กรณีการจ่ายผงซักฟอกแบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่น ๆ ในฟลูอิดไซเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน พบว่าที่ตำแหน่ง L3 % AD และ BD ได้ตามมาตรฐาน แต่ L4 ส่วนใหญ่ % AD และ BD ไม่ได้ตามมาตรฐาน ตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.5 แสดงความเร็วลมที่ตำแหน่งทางออกต่างๆ ของฟลูอิดไซเซอร์ในสายการผลิตที่ 2 พบว่าการกระจายความเร็วลมที่แต่ละตำแหน่งไม่เท่ากัน

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเซอร์ กรณีการจ่ายผงซักฟอกแบบไม่สมดุลกัน

ตำแหน่ง	L6				New totebin			
	1		2		1		2	
การทดลองครั้งที่	1	2	1	2	1	2	1	2
การทำซ้ำ (Replicate)	1	2	1	2	1	2	1	2
% AD ของผงซักฟอก	21.79	21.62	20.55	21.25	19.72	19.70	19.58	19.45
% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมาย 20.00 (18.20 – 21.80)*	8.95	8.10	2.75	6.25	-1.40	-1.50	-2.10	-2.75
BD ของผงซักฟอก (kg/m ³)	472	497	502	507	548	533	548	543
% ความเบี่ยงเบนของ BD จากค่าเป้าหมาย 510 kg/m ³ (470 – 550)*	-7.45	-2.55	-1.57	-0.59	7.45	4.51	7.45	6.47
ความดันลดของถุงกรอง (25 – 150 mm. H ₂ O)	90	90	90	90	90	90	90	90
ความสูงของผงซักฟอก (0.8 – 1.2 m.)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ความเร็วลม (0.32 – 0.50 m/s)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ความดันในฟลูอิดไซเซอร์ (-5 ถึง -10 mm. H ₂ O)	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9

หมายเหตุ BD ของผงพื้นฐานขณะเก็บข้อมูลเท่ากับ 411 kg/m³ (มาตรฐาน 300 – 420 [1])

มาตรฐาน % AD ของผงซักฟอก คือ 18.20 – 21.80

% AD ของผงพื้นฐานขณะเก็บข้อมูลเท่ากับ 26.10 (มาตรฐาน 24.30 – 27.90 [1])

การเปลี่ยนแปลง % AD ของผงพื้นฐานขึ้นอยู่กับสูตรของผงซักฟอก

* เครื่องหมาย (-) หมายถึง % AD และ BD ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่าง % AD ของผงซีกฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูไคเตอร์ที่มีการจ่ายผงซีกฟอกแบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูไคเตอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน

ตำแหน่ง	L3				L4				New totebin		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
การทดลองครั้งที่	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
การทำซ้ำ (Replicate)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
%AD	19.25	18.69	18.69	18.99	18.71	19.26	18.68	18.42	21.32	21.69	20.79
% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมาย	-3.75	-6.55	-6.55	-5.05	-6.45	-3.70	-6.60	-7.90	6.60	8.45	3.95
20.00 (18.20 – 21.80)*											
ความดันลดของถุงกรอง (25 – 150 mm. H ₂ O)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
ความเร็วลม (0.32 – 0.50 m/s)	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2
ความสูงของผงซีกฟอก (0.8 – 1.2 m.)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ความดันในฟลูไคเตอร์ (-5 ถึง -10 mm. H ₂ O)	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5

หมายเหตุ %AD ของผงพื้นฐานขณะเก็บข้อมูลเท่ากับ 24.40 (มาตรฐาน 24.40 – 29.60 [1])

*เครื่องหมาย (-) หมายถึง %AD ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย DOE ดังภาคผนวก ก.5, ก.6 และ ก.7 พบว่าจากตัวอย่างในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์ % AD และ BD ของผงซักฟอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อการจ่ายผงซักฟอกไม่สมดุลกัน เมื่อการจ่ายผงซักฟอกสมดุลกันและเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน และเมื่อการจ่ายผงซักฟอกไม่สมดุลกันและเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์ กรณีการจ่ายผงซักฟอกแบบไม่สมดุลกันเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน

ตำแหน่ง	L3				L4			
	1		2		1		2	
การทดลองครั้งที่	1	2	1	2	1	2	1	2
การทำซ้ำ (Replicate)	1	2	1	2	1	2	1	2
% AD	19.32	19.07	18.26	18.00	17.73	17.61	20.90	21.04
% ความเบี่ยงเบนของ % AD จากค่าเป้าหมาย 20.00 (18.20 – 21.80)*	-3.40	-4.65	-8.70	-10.00	-11.35	-11.95	4.50	5.20
BD (kg/m ³)	517	507	507	517	527	517	456	466
% ความเบี่ยงเบนของ BD จากค่าเป้าหมาย 510 kg/m ³ (470 – 550)*	1.37	-0.59	-0.59	1.37	3.33	1.37	-10.59	-8.63
ความดันลดของดงกรอง (25 – 150 mm. H ₂ O)	50	50	50	50	50	50	50	50
ความสูงของผงซักฟอก (0.8 – 1.2 m.)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ความดันในฟลูอิดไอเซอร์ (-5 ถึง -10 mm. H ₂ O)	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5	-5.5

หมายเหตุ BD ของผงพื้นฐานขณะเก็บข้อมูลเท่ากับ 401 kg/m³ (มาตรฐาน 310 – 410 [1])

% AD ของผงพื้นฐานขณะเก็บข้อมูลเท่ากับ 24.40 (มาตรฐาน 24.40 – 29.60 [1])

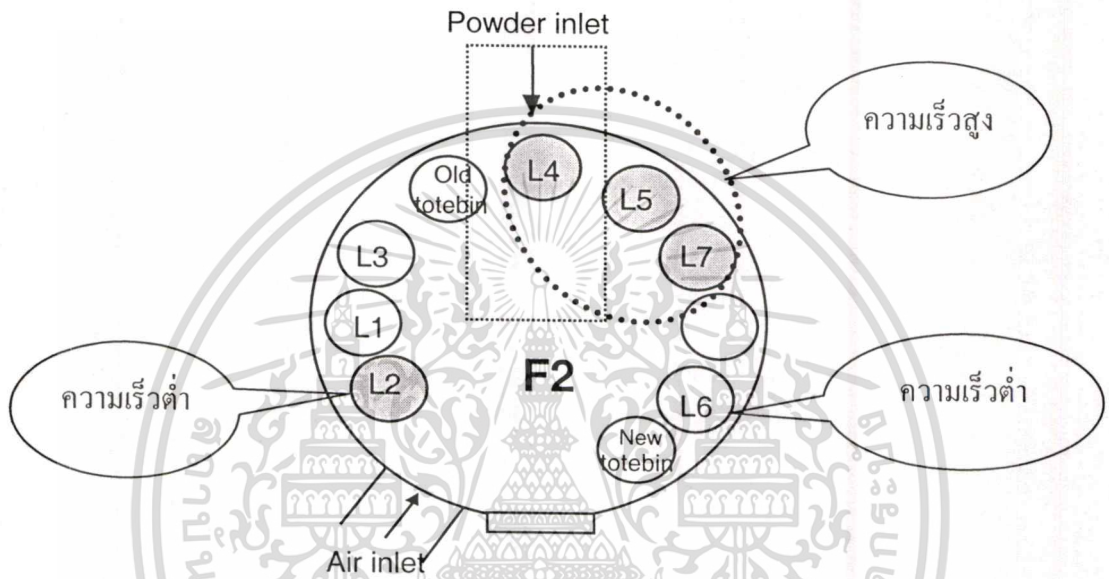
*เครื่องหมาย (-) หมายถึง % AD และ BD ต่ำกว่าค่าเป้าหมาย

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างความเร็วลมที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์ในสายการผลิตที่ 2

ความสูงของผงซักฟอก (0.8 – 1.2 m.)	ตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์	น้ำหนักของผงซักฟอก (kg)	ตำแหน่งแคมเปอร์ของลมที่เข้าฟลูอิดไอเซอร์	ตำแหน่งแคมเปอร์ของลมที่ออกฟลูอิดไอเซอร์	ความเร็วลม (0.32–0.50 m/s)	ความดัน (-5 ถึง -10 mm. H ₂ O)	ความดันลดของดงกรอง (25–150 mm. H ₂ O)
0.8 - 0.9	L2	1,500	50	40	0.1	-6	50
0.8 - 0.9	L6	1,500	50	40	0.1	-6	50
0.8	L4, 5, 7	1,470	50	40	0.7	-6	50

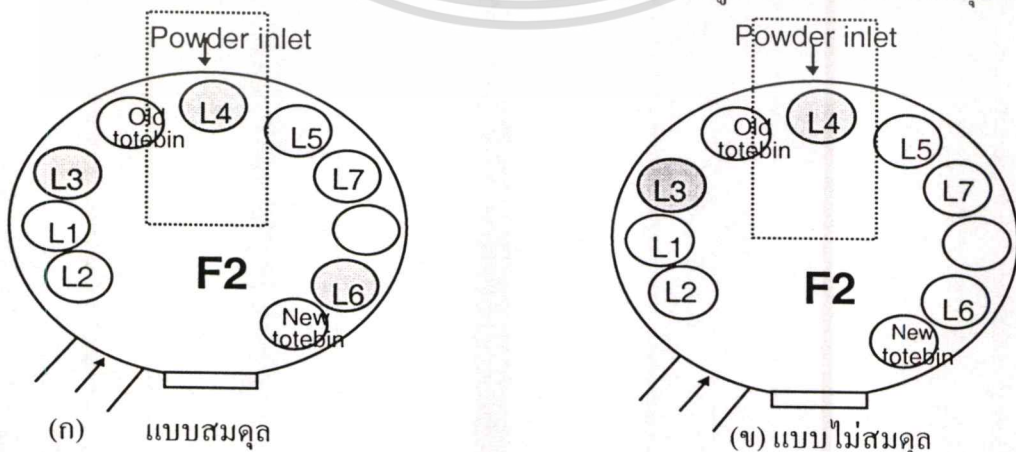
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป จากตารางที่ 4.10 และ 4.11 เมื่อเปรียบเทียบการจ่ายผงซักฟอกแบบสมดุลและไม่สมดุล พบว่าการจ่ายผงซักฟอกแบบสมดุลค่า % AD และ BD ได้ตามมาตรฐานมากกว่าการจ่ายแบบไม่สมดุล ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าถ้าผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกไม่สมดุลกัน จะทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์ อย่างไรก็ตามถึงแม้จะจ่ายผงซักฟอกแบบสมดุลแต่ถ้าแผ่นเพลตดันการกระจายความเร็วลมในแต่ละตำแหน่งของฟลูอิดไอเซอร์จะไม่เท่ากัน ทำให้ประสิทธิภาพการผสมวัตถุดิบในฟลูอิดไอเซอร์ไม่ดี จึงต้องทำความสะอาดแผ่นเพลตเป็นประจำ



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างความเร็วลมที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์ในสายการผลิตที่ 2

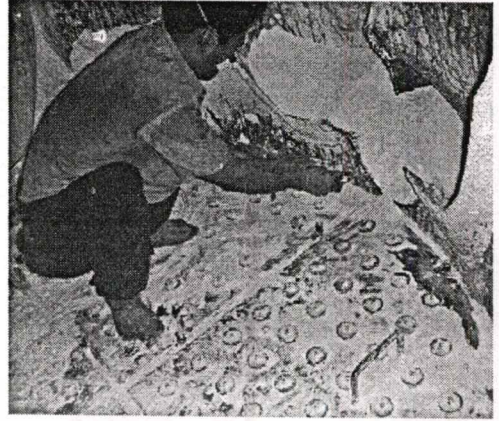
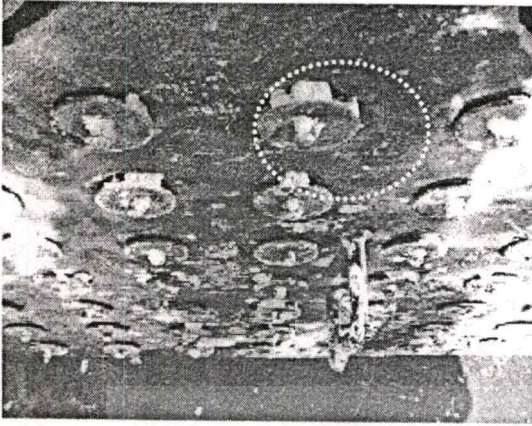
ข้อเสนอแนะ ควรวางแผนการผลิตร่วมกับส่วนการบรรจุผงซักฟอกเพื่อให้มีการจ่ายผงซักฟอกที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบสมดุลดังรูปที่ 4.6 (ก) สำหรับรูปที่ 4.6 (ข) แสดงลักษณะการจ่ายผงซักฟอกที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซอร์แบบไม่สมดุล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.13 ความเร็วลมที่ใช้ผสมวัตถุดิบที่ฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดี

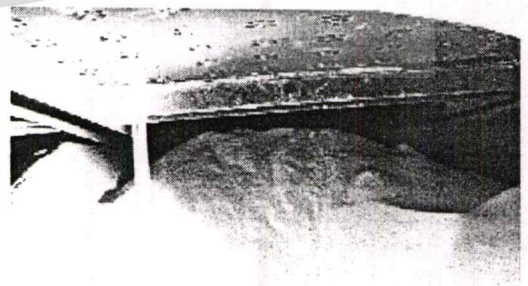
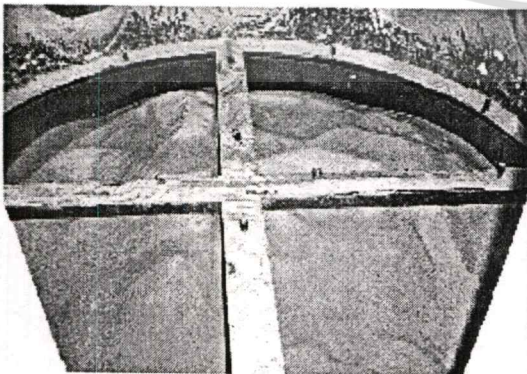
ผลการพิสูจน์ สืบเนื่องจากข้อที่ 4.1.12 ถึงแม้การจ่ายผงชัฟฟอกจะสมดุลแต่ถ้าความเร็วลมที่ฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานวัตถุดิบจะผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์ (มาตรฐานความเร็วลมที่ฟลูอิดไอเซอร์ คือ 0.32 – 0.50 เมตร/วินาที) สาเหตุที่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานเนื่องจากแผ่นเพลตตันเพราะมีกากผงชัฟฟอกค้างบนแผ่นเพลตมากจนสะสมตัวเป็นก้อนแข็ง ดังรูปที่ 4.7 ทำให้ลมที่เข้ามาไหลผ่านแผ่นเพลตได้ไม่สะดวก นอกจากนี้เพราะถุงกรองในฟลูอิดไอเซอร์ตันเนื่องจากที่เคาะถุงกรอง (Pulse jet) ไม่ทำงาน จึงหวั่นในการเคาะถุงกรองไม่เหมาะสม ถุงกรองเสื่อมสภาพ และการปรับแดมเปอร์ (Damper) ของลมที่เข้าและออกจากฟลูอิดไอเซอร์ไม่เหมาะสม ตารางที่ 4.13 แสดงผลการปรับแดมเปอร์ พบว่าถ้าปรับตำแหน่งแดมเปอร์ของลมที่เข้ามากขึ้นจะทำให้ความเร็วลมสูงขึ้น เช่น ที่ระดับความสูงของผงชัฟฟอก 1.0 เมตร ถ้าตำแหน่งแดมเปอร์ของลมที่เข้าฟลูอิดไอเซอร์เท่ากับ 50 ความเร็วลมที่ฟลูอิดไอเซอร์จะเท่ากับ 0.5 เมตร/วินาที ซึ่งสูงกว่าความเร็วลมที่ฟลูอิดไอเซอร์ 0.3 เมตร/วินาที เมื่อตำแหน่งแดมเปอร์ของลมที่เข้าฟลูอิดไอเซอร์เป็น 30 และถ้าปรับตำแหน่งแดมเปอร์ของลมที่ออกมากขึ้นจะทำให้ความดันสูญญากาศในฟลูอิดไอเซอร์สูงขึ้น แต่ถ้าความดันสูญญากาศในฟลูอิดไอเซอร์สูงกว่ามาตรฐานจะทำให้ถุงกรองตันเร็วขึ้น พบว่าที่ตำแหน่งแดมเปอร์ของลมที่เข้าและออกเดียวกันแต่ระดับความสูงของผงชัฟฟอกต่างกันทำให้ความเร็วลมและความดันสูญญากาศในฟลูอิดไอเซอร์แตกต่างกัน ดังนั้นควรปรับตำแหน่งแดมเปอร์ให้เหมาะสมกับระดับความสูงของผงชัฟฟอกเพื่อใช้ควบคุมความเร็วลมและความดันสูญญากาศในฟลูอิดไอเซอร์ นอกจากนี้การสะสมของผงชัฟฟอกบนและใต้แผ่นเพลต ดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ จะทำให้ลมที่เข้าและออกจากฟลูอิดไอเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานตารางที่ 4.14 แสดงความเร็วลมและความดันในฟลูอิดไอเซอร์เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรณีแผ่นเพลตกับถุงกรองตันและมีการสะสมของผงชัฟฟอกใต้แผ่นเพลต กับกรณีหลังการทำความสะอาดแผ่นเพลตกับถุงกรองแล้ว พบว่าถ้าแผ่นเพลตและถุงกรองสะอาดจะทำให้เงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ได้ตามมาตรฐาน และจากตารางที่ 4.2 พบว่า ถ้าเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไอเซอร์ เช่น ความสูงของผงชัฟฟอก และความดันในฟลูอิดไอเซอร์ เป็นต้น ไม่ได้ตามมาตรฐานจะทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซอร์ด้วย



รูปที่ 4.7 แผ่นเพลตตัน



รูปที่ 4.8 การสะสมของผงซักฟอกบนแผ่นเพลต



รูปที่ 4.9 การสะสมของผงซักฟอกใต้แผ่นเพลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการปรับแอมเปอร์ของลมที่เข้าและออกจากฟลูอิดเซอร์

ความสูงของ ผงชักฟอก (0.8 – 1.2 m.)	ตำแหน่ง แอมเปอร์ของ ลมที่เข้า ฟลูอิดเซอร์	ตำแหน่ง แอมเปอร์ของ ลมที่ออก ฟลูอิดเซอร์	ความดันใน ฟลูอิดเซอร์ (-5 ถึง -10 mm. H ₂ O)	ความเร็วลม ในฟลูอิดเซอร์ (0.32-0.50 m/s)	ความดันลด ของถุงกรอง (25-150 mm. H ₂ O)	ความดันใต้ แผ่นเพลต (< 50 mm. bar)
1.0	50	50	-7 ถึง -10	0.5	75	35
0.9	30	50	-10 ถึง -13	0.3	75	40
1.0	30	50	-8 ถึง -11	0.3	75	40
0.8	50	40	-8 ถึง -10	0.4	75	30
0.9	75	25	-2 ถึง -3	0	50	40

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเงื่อนไขการทำงานที่เหมาะสมของระดับความสูงของผงชักฟอกที่ 0.8 เมตร ต้องใช้ตำแหน่งแอมเปอร์ของลมเข้าและออกเป็น 50 % และ 40 % ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบความดันและความเร็วลมที่ฟลูอิดเซอร์กรณีแผ่นเพลตกับถุงกรองต้น และมีการสะสมของผงชักฟอกใต้แผ่นเพลตกับกรณีหลังการทำความสะอาด แผ่นเพลตกับถุงกรอง

ค่าที่วัด	ค่ามาตรฐาน	กรณีแผ่นเพลตกับถุงกรอง ต้นและมีผงชักฟอกสะสม ใต้แผ่นเพลต	กรณีหลังการทำ สะอาดแผ่นเพลตกับ ถุงกรอง
ความดันในฟลูอิดเซอร์ (mm. H ₂ O)	-5 ถึง -10	-0.28 ถึง -1.12	-7
ความเร็วลมในฟลูอิดเซอร์ (m/s)	0.32 - 0.50	NA	0.40
ความดันลดของถุงกรอง (mm. H ₂ O)	25 - 150	10	35
ความสูงของผงชักฟอก (m.)	0.8 - 1.2	0.5	0.95 - 1.00

หมายเหตุ NA ไม่มีการเก็บข้อมูลเนื่องจากไม่มีตำแหน่งที่สามารถวัดความเร็วลมได้

สรุป ถ้าความเร็วลมที่ฟลูอิดเซอร์ที่ใช้ผสมวัตถุดิบ ความสูงของผงชักฟอก ความดันในฟลูอิดเซอร์ และความดันลดของถุงกรองในฟลูอิดเซอร์ไม่ได้ตามมาตรฐาน จะทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีที่ฟลูอิดเซอร์ดังตารางที่ 4.2, 4.9 - 4.11 ซึ่งแก้ไขโดยกำหนดมาตรฐานการทำ ความสะอาดฟลูอิดเซอร์และมาตรฐานการตรวจสอบแผ่นเพลตกับถุงกรอง (ดังภาคผนวก จ.4) เปลี่ยนถุงกรองที่เสื่อมสภาพ แก้ไขที่เคาะถุงกรองให้สามารถทำงานได้ปกติ และกำหนดตำแหน่งแอมเปอร์ของลมที่เข้าและออกจากฟลูอิดเซอร์ให้เหมาะสมเพื่อใช้ควบคุมความดันและความเร็วลมที่ฟลูอิดเซอร์ให้ได้ตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ความเร็วลมของเครื่องดักฝุ่นที่ใช้ดูดฝุ่นบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบ

รูปที่ 4.10 แสดงแผนผังท่อลมดูดฝุ่น (เส้นประ) จากเครื่องดักฝุ่นไปที่ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบแต่ละเครื่องในสายการผลิตที่ 2 ตารางที่ 4.15 แสดงความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นของเครื่องดักฝุ่นที่วัดได้และความเร็วสุดท้าย (Terminal velocity: u_t) ของอนุภาคที่จะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกซึ่งได้จากการคำนวณที่ตำแหน่งต่างๆ บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบ (ตามตำแหน่งอ้างอิงจากรูปที่ 4.10) ซึ่งคือค่าความเร็วลมต่ำสุดของเครื่องดักฝุ่นที่ใช้ดูดฝุ่นบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบ วิธีคำนวณความเร็วสุดท้ายแสดงในภาคผนวก จ.5 ตามทฤษฎีในบทที่ 2 หัวข้อ 2.9 รหัสของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบแสดงในตารางที่ 2.6 เครื่องดักฝุ่นจะสามารถดูดฝุ่นจากวัดถุดิบได้เมื่อความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นจากวัดถุดิบของเครื่องดักฝุ่นต้องมากกว่าความเร็วสุดท้ายของอนุภาคที่จะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก

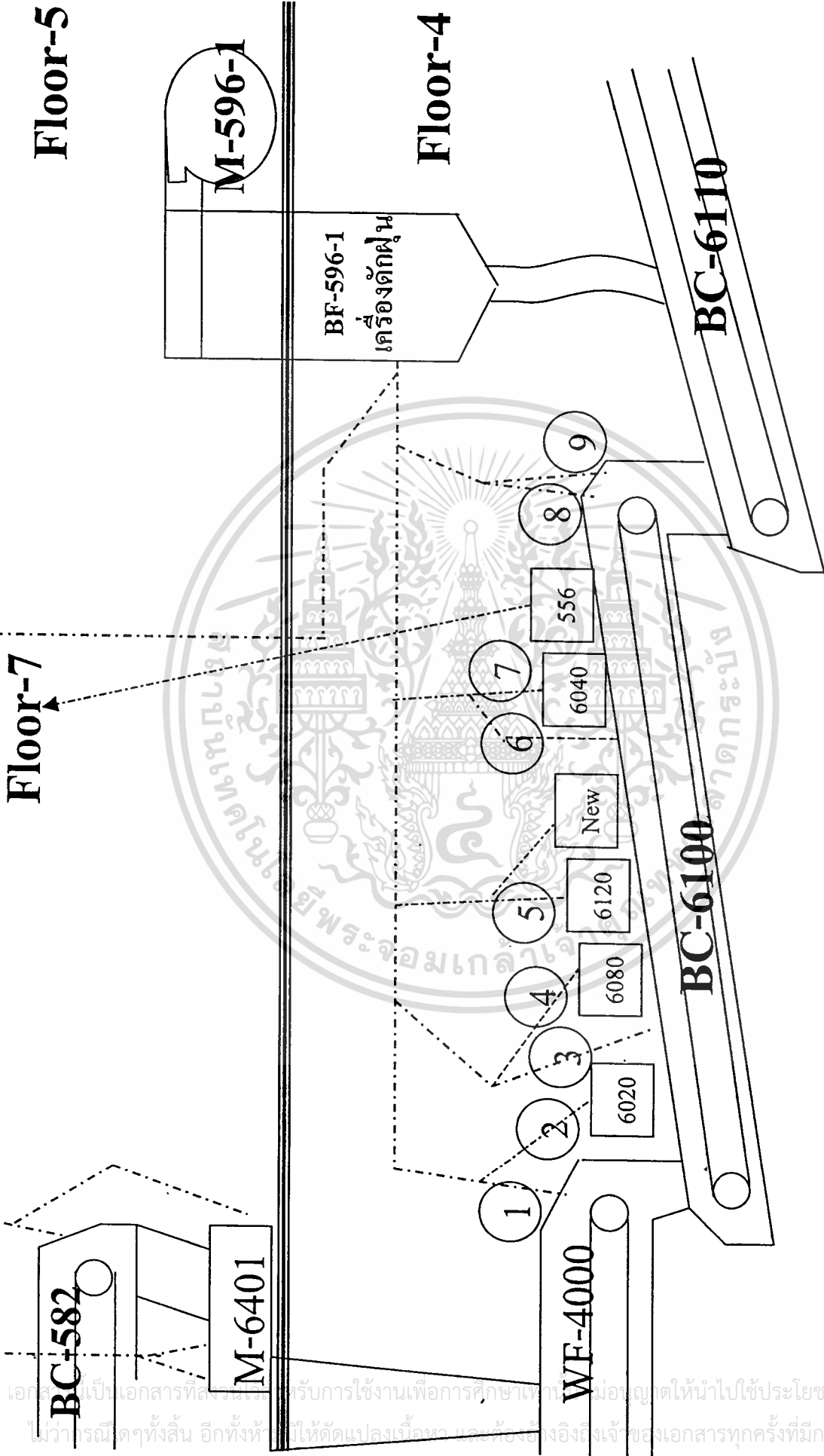
ข้อเสนอแนะ ถ้าความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นตำแหน่งใดน้อยกว่าความเร็วสุดท้ายของอนุภาคที่จะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก ต้องเพิ่มความเร็วลมตำแหน่งนั้น โดยเพิ่มกำลังของเครื่องดูดลม นอกจากนี้ควรออกแบบและติดตั้งระบบท่อลมดูดให้เหมาะสมตามข้อกำหนดในบทที่ 2 หัวข้อ 2.8.2.3, 2.8.2.5 และ 2.8.2.6 เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดักฝุ่นบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบให้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 4.15 ความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นของเครื่องดักฝุ่นที่วัดได้และความเร็วสุดท้ายของอนุภาคที่จะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลกจากการคำนวณที่ตำแหน่งต่างๆ บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบ

ตำแหน่ง (รูปที่ 4.10)	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อลมดูด (m.)	ขนาดของ Hood (m. x m.)	ชนิดอนุภาค	ความเร็วลมที่วัดได้ (m/s)	ความเร็วสุดท้ายที่ได้จากการคำนวณ (m/s)
1	0.1016	ไม่มี Hood	ผงพื้นฐาน TCC-Thai	12.418	1.30
2	0.0762	0.1270 x 0.3302	ซิลิเกต	1.638	0.58
3	0.1016	0.2032 x 0.5588	วัดถุดิบจากสายพานหลัก (BC 6100)	5.645	1.30
4	0.0762	0.1270 x 0.3302	โซดาแอส	1.965	0.75
5	0.1016	ไม่มี Hood	เกล็ดสีม่วง	8.467	2.50
6	0.1016	0.1270 x 0.3302	วัดถุดิบจากสายพานหลัก (BC 6100)	22.076	1.30
7	0.0762	ไม่มี Hood	ซีโอไลต์	15.052	0.85
8	0.1016	0.1778 x 0.5588	วัดถุดิบจากสายพานหลัก (BC 6100)	0.783	1.50
9	0.1016	0.1778 x 0.5588	วัดถุดิบจากสายพานหลัก (BC 6100)	1.106	1.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน เพื่อการวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แผนผังท่อลมดูดฝุ่นจากเครื่องตัดฝุ่นไปที่ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุบับในสายการผลิตที่ 2

จากตารางที่ 4.15 พบว่าความเร็วลมที่ใช้ในตำแหน่งที่ 8 และ 9 ยังไม่เพียงพอต่อการดูดฝุ่นจากวัดดุจิบเนื่องจากความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นของเครื่องดักฝุ่นที่วัดได้น้อยกว่าความเร็วสุดท้ายของอนุภาคที่จะตกลงตามแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นต้องเพิ่มความเร็วลมที่ตำแหน่งนี้ให้มากกว่า 1.50 เมตร/วินาที โดยเพิ่มกำลังของเครื่องดูดลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2

ปัจจัยที่มีผลต่อ % AD ของผงซักฟอกที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 แสดงในรูปที่ 5.1 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 3.8 ปัจจัยที่สามารถตัดออกได้ คือ ระบบควบคุมของหน่วยผสมสารเติมแต่งทำงานผิดปกติ

5.2 สรุปการปรับปรุงแก้ไข

จากการวิเคราะห์ในรูปที่ 5.1 จึงปรับปรุงชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบและฟลูอิดไซเซอร์ ดังนี้

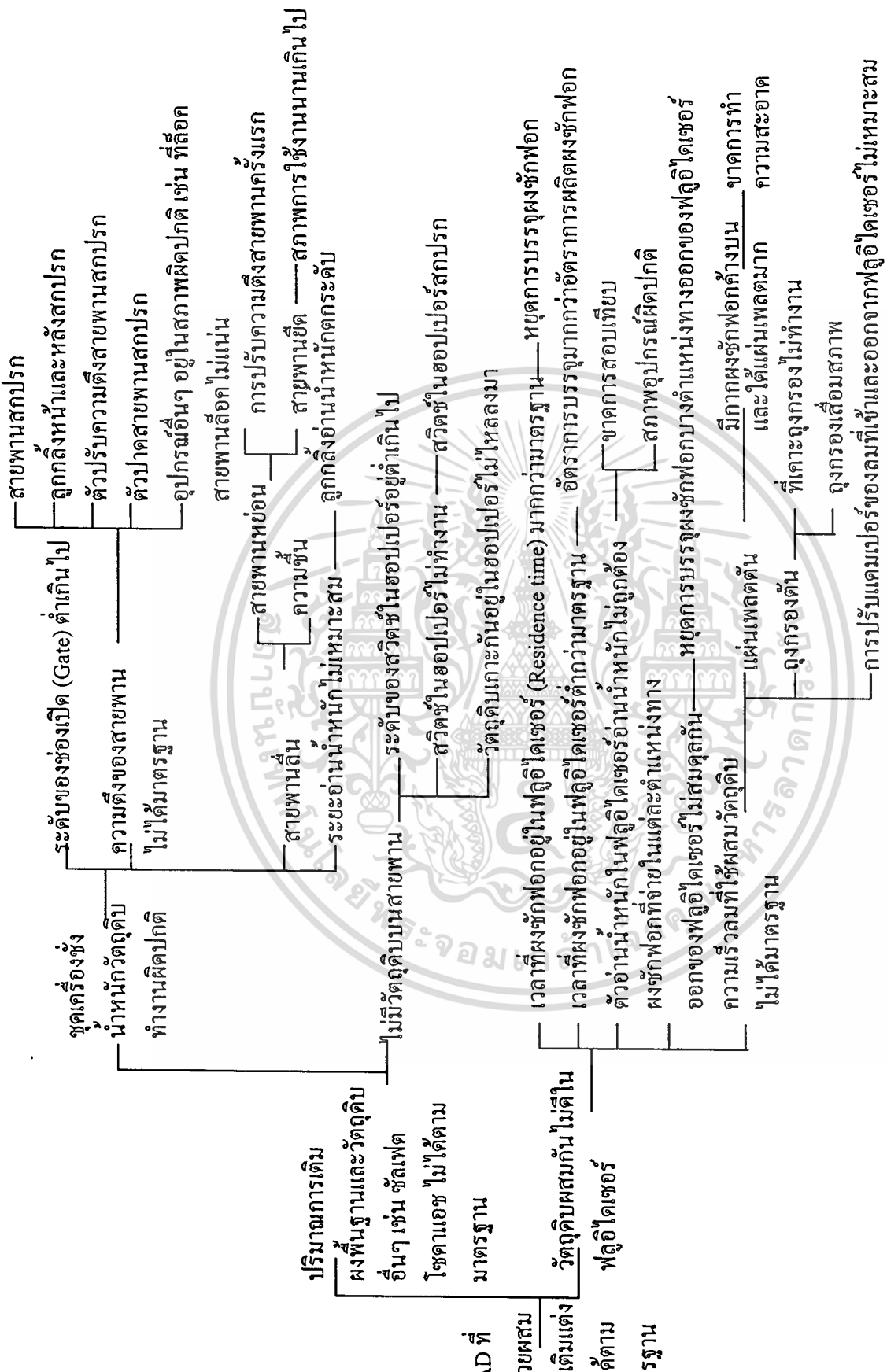
5.2.1 ปริมาณการเติมผงพื้นฐานและวัตถุดิบอื่นๆ ไม่ได้ตามมาตรฐานจึงปรับปรุงชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ตัวอย่างการปรับปรุงแก้ไขชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ

- การปรับระดับของช่องเปิด (Gate) ให้สูงขึ้น
- การติดตั้งชุดทำความสะอาดลูกกลิ้งของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบโดยอัตโนมัติ
- การทำแผ่นตรวจสอบชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ เช่น ตรวจสอบสายพาน ความตึงของสายพาน ความสะอาดของลูกกลิ้ง และความสะอาดของตัวปาดสายพาน เป็นต้น
- การย้ายตำแหน่งสวิทช์ในฮอปเปอร์ให้สูงขึ้นในตำแหน่งที่เหมาะสม
- การออกแบบชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบให้สามารถตรวจสอบความสะอาดด้วยตาเปล่าได้ง่าย (Visual control)

5.2.2 การผสมวัตถุดิบในฟลูอิดไซเซอร์ไม่ดีจึงปรับปรุงฟลูอิดไซเซอร์ ตัวอย่างการปรับปรุงแก้ไขฟลูอิดไซเซอร์

- การทำแผ่นตรวจสอบฟลูอิดไซเซอร์ เช่น ตรวจสอบความดัน ความเร็วลม ความดันลดของถุงกรอง เป็นต้น
- การติดตั้งระบบสัญญาณเตือนกรณีระดับผงซักฟอกต่ำกว่าระดับ 0.8 เมตร
- การกำหนดแผนการสอบเทียบตัวอ่านน้ำหนัก
- การวางแผนการผลิตร่วมกับส่วนการบรรจุผงซักฟอกเพื่อให้อัตราการบรรจุสัมพันธ์กับอัตราการผลิตผงซักฟอก
- การกำหนดความถี่ในการทำความสะอาดแผ่นเพลตเป็น 1 ครั้ง/สัปดาห์ (เดิม 1 ครั้ง/เดือน)
- การลดความถี่ในการทำงานของที่เคาะถุงกรองเพื่อให้ถุงกรองทำงานดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการดำเนินงานและออกจากรายงานการดำเนินงาน การดำเนินการปรับปรุงแก้ไขไม่ถือว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

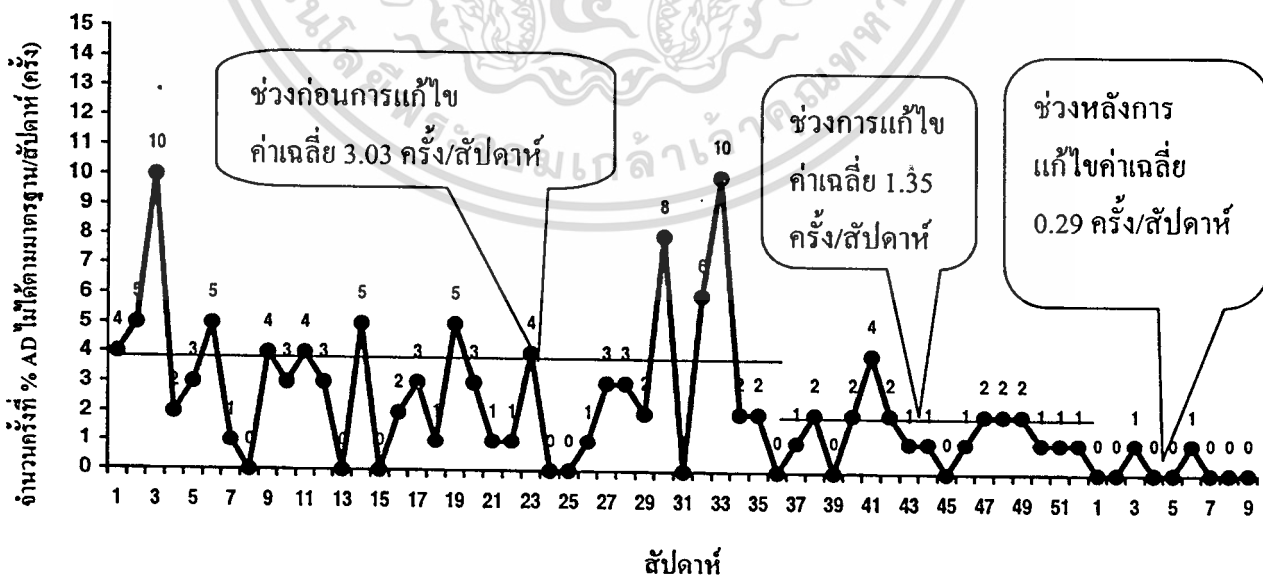


รูปที่ 5.1 สาเหตุจากปัจจัยเครื่องจักรที่มีผลต่อ % AD ของผงซังฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 2 กรณีชุดเครื่องจักรนำหน้ากวัดดูดซับและฟลูอิเดเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มีอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

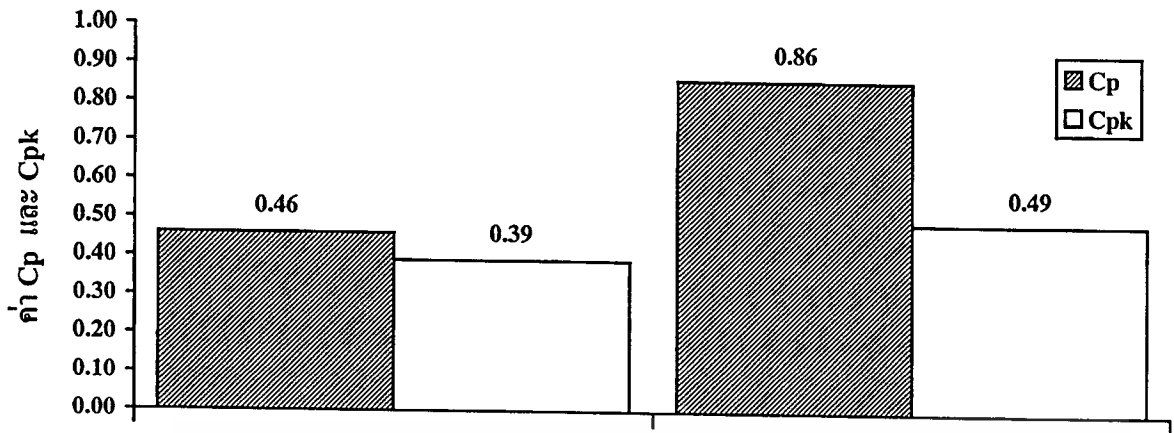
5.3 ปริมาณรีเวิร์คจาก % AD ไม่ได้ตามมาตรฐานหลังแก้ไขปัญหา

รูปที่ 5.2 แสดงจำนวนครั้งที่ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน/สัปดาห์ ที่หน่วยผสมสารเคมีแต่งของสายการผลิตที่ 2 ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 1 มี.ค. 46 (สัปดาห์ที่ 1 - 52 ปีพ.ศ. 2545 และ 1- 9 ปีพ.ศ. 2546) โดยแบ่งเป็น 3 ช่วง ก่อนแก้ไขปัญหา ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปีพ.ศ. 2545) ช่วงแก้ไขปัญห ตั้งแต่ 1 ก.ย. 45 – 28 ธ.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 36 - 52 ปีพ.ศ. 2545) และช่วงติดตามผลการแก้ไขปัญห ตั้งแต่ 29 ธ.ค. 45 – 1 มี.ค. 46 (สัปดาห์ที่ 1 - 9 ปีพ.ศ. 2546) จากรูปพบว่าก่อนแก้ไขปัญหจำนวนครั้งที่ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐานเฉลี่ย 3.03 ครั้ง/สัปดาห์ ช่วงแก้ไขปัญหเฉลี่ย 1.35 ครั้ง/สัปดาห์ แต่หลังจากแก้ไขปัญหโดยการปรับปรุงชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบให้มีความแม่นยำในการเติมวัตถุดิบ เช่น การปรับระดับของช่องเปิดให้สูงขึ้น การติดตั้งชุดทำความสะอาดลูกกลิ้งของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบโดยอัตโนมัติ เป็นต้น รวมทั้งการปรับปรุงฟลูอิดเซอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผสมวัตถุดิบ เช่น การติดตั้งระบบสัญญาณเตือนกรณีระดับผงซักฟอกต่ำกว่าระดับ 0.8 เมตร การลดความถี่ในการทำงานของที่เคาะถุงกรอง เป็นต้น ทำให้จำนวนครั้งที่ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน/สัปดาห์ ลดลงเหลือ 0.29 ครั้ง/สัปดาห์ จำนวนครั้งที่ลดลงคิดเป็น 90 % เมื่อเทียบกับก่อนแก้ไขปัญห หลังแก้ไขปัญหาค่า Cp และ Cpk ของ % AD ของผงซักฟอกเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 5.3 แต่ก็ยังอยู่ในช่วงที่แนะนำให้ปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างมาก นอกจากนี้พบว่าหลังการแก้ไขปัญหานี้ข้อมูลการร้องเรียนผลิตภัณฑ์เนื่องจาก % AD ที่ไม่ได้ตามมาตรฐานภายในบริษัทฯ (Non Conformance: NC) ลดลง ดังรูปที่ 5.4 ผลของงานวิจัยนี้บริษัทฯ สามารถประหยัดเงินจากการลดปริมาณรีเวิร์คได้ประมาณ 720,020 บาท/ปี



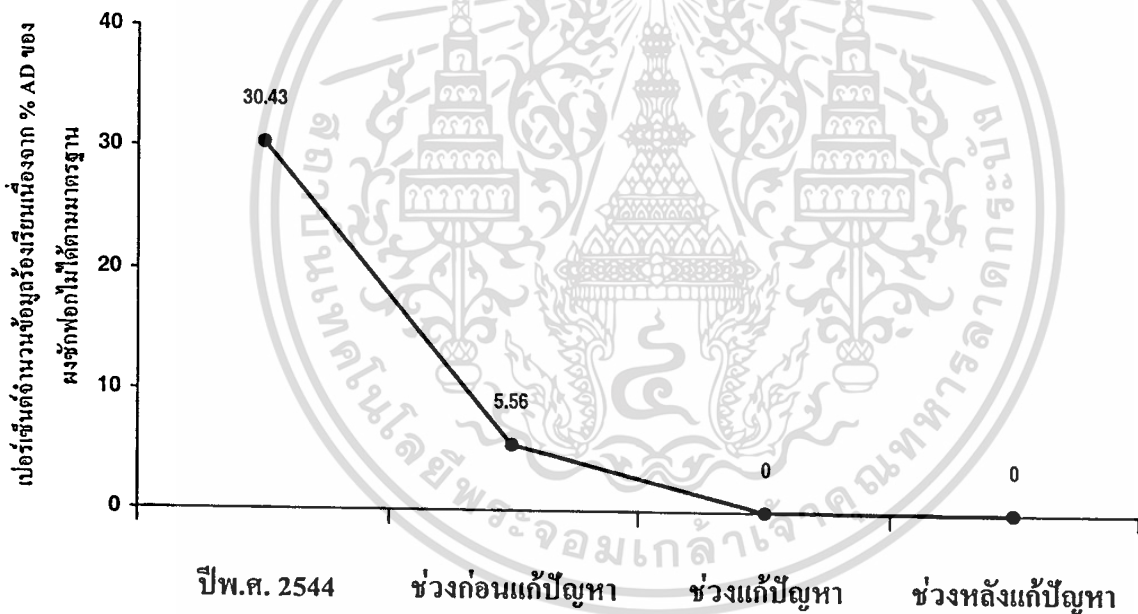
รูปที่ 5.2 จำนวนครั้งที่ % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน/สัปดาห์ ที่หน่วยผสมสารเคมีแต่งสายการผลิตที่ 2 ตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 1 มี.ค. 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก่อนแก้ไขปัญหา (1 ม.ค. 45 - 31 ส.ค. 45) หลังแก้ไขปัญหา (29 ธ.ค. 45 - 1 มี.ค. 46)

รูปที่ 5.3 Cp และ Cpk ของ % AD ของผงซักฟอกช่วงก่อนและหลังการแก้ไขปัญหา



รูปที่ 5.4 เปอร์เซ็นต์จำนวนข้อมูลร้องเรียนเนื่องจาก % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

5.4 ข้อจำกัดในงานวิจัย

5.4.1 ผู้วิจัยไม่สามารถตรวจสอบ (Sampling test) เกี่ยวกับชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดดูดิบได้ในระหว่างที่เครื่องจักรทำงาน เพราะในการตรวจสอบต้องการพนักงานช่วยอย่างต่ำ 2 คนและผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องจักรอีก 1 คน ซึ่งเวลาที่เครื่องจักรไม่ทำงานมี 1 ครั้งต่ออาทิตย์และต้องให้พนักงานและผู้เชี่ยวชาญว่างตรงกัน ในการตรวจสอบแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเป็นชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน ต้องใช้พนักงานอย่างต่ำ 3 คน เนื่องจากต้องรองผงพื้นฐาน ประมาณ 200 – 500 กิโลกรัม และใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง

5.4.2 ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งผู้วิจัยไม่สามารถควบคุมตัวแปรทั้งหมดได้ เพราะตัวแปรมีจำนวนมาก เช่น วัตถุประสงค์แต่ละจุดที่มาจากผู้ขายแตกต่างกัน สภาพของเครื่องจักร (เช่น เครื่องจักรเสีย เป็นต้น) อัตราการผลิต อัตราการบรรจุผงชักฟอก เป็นต้น

5.4.3 การเก็บข้อมูลไม่สามารถเก็บจำนวนมากได้ เนื่องจากสถานะของกระบวนการผลิตควบคุมได้ยาก เช่น ความสูงของผงชักฟอกในฟลูอิดไอเซอร์ เป็นต้น และต้องใช้เวลาในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้ง เช่น ในการตรวจสอบความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุประสงค์ การทดลองปรับแคมเปอร์ของลมที่เข้าและออกในฟลูอิดไอเซอร์ เป็นต้น นอกจากนี้พนักงานในการวิเคราะห์ % AD และจำนวนพนักงานในการช่วยเก็บข้อมูลมีจำกัด และระยะเวลาในการรอผลวิเคราะห์ % AD แต่ละครั้งนานประมาณ 1 อาทิตย์

5.5 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

5.5.1 ควรปฏิบัติตามวิธีแก้ไขปัญหาและข้อเสนอแนะในบทที่ 2 และบทที่ 4 โดยเฉพาะด้านชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุประสงค์ ฟลูอิดไอเซอร์ และเครื่องคักฝุ่น ตลอดจนตรวจสอบและปฏิบัติตามแผน QM-Matrix ในภาคผนวก ฉ. เพราะเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรให้ได้ตามมาตรฐาน ช่วยลดความแปรปรวนด้าน % AD ของผงชักฟอกรวมถึงค่าคุณภาพอื่นๆ เช่น % STPP % เอนไซม์ Bulk Density (BD) เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณรีเวิร์กลดลง

5.5.2 ในการทำความสะอาดควรถ่ายผงชักฟอกที่สะสมในฟลูอิดไอเซอร์ออกให้หมด เช่น บริเวณบนและใต้แผ่นเพลต ตำแหน่งทางออกของผงชักฟอกที่ฟลูอิดไอเซอร์ เป็นต้น เพื่อให้น้ำหนักผงชักฟอกที่หน้าจอรระบบคอมพิวเตอร์มีค่าเป็นศูนย์สัมพันธ์กับระดับความสูงของผงชักฟอก เนื่องจากถ้ามีผงชักฟอกสะสมหรือค้างในตำแหน่งทางออกของผงชักฟอกที่ฟลูอิดไอเซอร์ จะทำให้น้ำหนักผงชักฟอกที่หน้าจอรระบบคอมพิวเตอร์มีค่าเป็น 200 กิโลกรัม แต่เมื่อระดับความสูงของผงชักฟอกจะมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งในการปฏิบัติงานจริงพนักงานควบคุมการผลิตจะอ่านน้ำหนักผงชักฟอกในฟลูอิดไอเซอร์ที่หน้าจอรคอมพิวเตอร์อย่างเดียว ทำให้อาจเข้าใจผิดว่ามีผงชักฟอกอยู่ในระดับที่เหมาะสมแล้ว

บริษัทฯ ควรแก้ไขรูปฟลูอิดไอเซอร์ที่แสดงน้ำหนักผงชักฟอกบนหน้าจอรคอมพิวเตอร์กับน้ำหนักผงชักฟอกจริงในฟลูอิดไอเซอร์ให้สอดคล้องกัน เช่น ที่ระดับความสูง 0.8 เมตร น้ำหนักของผงชักฟอกในฟลูอิดไอเซอร์ประมาณ 1,900 กิโลกรัม แต่รูปฟลูอิดไอเซอร์ที่แสดงน้ำหนักผงชักฟอกบนหน้าจอรคอมพิวเตอร์บ่งชี้ว่าผงชักฟอกในฟลูอิดไอเซอร์กำลังจะล้น ในความจริงฟลูอิดไอเซอร์ยังสามารถรับผงชักฟอกได้อีกจนถึง 1.2 เมตร หรือประมาณ 2,400 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.3 ควรอบรมพนักงานให้เข้าใจหน้าที่การทำงานของเครื่องจักรในส่วนที่รับผิดชอบ ให้ดียิ่งขึ้นและอาจมีการสอบวัดผลเป็นระยะๆ เพื่อเพิ่มทักษะในการทำงานตลอดจนการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าด้วยตนเองกรณีที่เครื่องจักรเกิดการขัดข้องเบื้องต้น

5.5.4 หลังการแก้ไขปัญหาค่า C_p และ C_{pk} ของ % AD ของผงซักฟอกเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 5.3 แต่ก็ยังอยู่ในช่วงที่แนะนำให้ปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างมาก สามารถเพิ่มค่า C_p และ C_{pk} ของ % AD ของผงซักฟอกตามหัวข้อที่ 2.5.1



เอกสารอ้างอิง

- [1] ข้อมูลการดำเนินงานและข้อมูลส่วนกลางของ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด
- [2] ปารเมศ ชุติมา. การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2545.
- [3] Douglas C. Montgomery. **Design and Analysis of Experiments**. 4th ed. New York: John Wiley & Sons., 1997.
- [4] กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2542.
- [5] สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. คู่มือเทคโนโลยีสะอาด สำหรับประชาชน 2543. 2543.
- [6] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ. ความสูญเสีย 7 ประการ (7 Wastes). 2542.
- [7] นากาโยชิ นากาชิมา (แปลโดย ลัดดาวัลย์ มิ่งกรมรัตน์ และเรียบเรียงโดย ธนากร เกียรติบันลือ). กิจกรรม ZD (Zero Defect) การลดของเสียในกระบวนการผลิตให้เป็น ศูนย์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2545.
- [8] George T. Austin. **Shreve's Chemical Process Industries**. 5th ed. Singapore: McGraw-Hill., 1984.
- [9] กฤษดา อัครรุ่งแสงกุล. การปรับปรุงคุณภาพหัวอ่านเขียนข้อมูลของฮาร์ดดิสก์โดยประยุกต์ ใช้การออกแบบการทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม อุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2542.
- [10] Hajime Karatsu and Toyoki Ikeda. **Mastering the Tools of QC**. Singapore: PHP International (S) Pte. Ltd.
- [11] โครงการสนับสนุนเทคนิคอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). คิวซี เทคนิค ภาคทฤษฎีและชุด 76 คำถาม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2528.
- [12] รศ. เสรี ยูนิพันธ์ และคณะ. การควบคุมคุณภาพเชิงวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2522.
- [13] คัตซึยะ โฮโซดามิ (แปลและเรียบเรียงโดย วีรพงษ์ เกลิมจิระรัตน์). การแก้ปัญหาแบบคิวซี วิธีการแก้ปัญหาในงานตามแบบฉบับญี่ปุ่น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2532.
- [14] พรพิมล ศรีมิ่งขวัญชัย. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตร SPQ สำหรับวิศวกร. โครงการส่งเสริมคุณภาพ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)., 2539.

- [15] อีโตชิ กุเมะ (แปลและเรียบเรียงโดย วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์). **วิธีทางสถิติเพื่อการพัฒนาคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 3.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2537.
- [16] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Analysis: PCA).** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2544.
- [17] James M. Wheeler. **Getting Started: Six-Sigma Control of Chemical Operations.** 79 – 81. *Chemical Engineering Progress.*, June 2002.
- [18] นพณรงค์ ศิริเสถียร. **การปรับปรุงคุณภาพผิวของผลิตภัณฑ์กระบระยยนต์โดยอาศัยแนวทางซิกซ์ซิกม่า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี., 2543.
- [19] สุเชียร เกียรติสุนทร. **พื้นฐานวิศวกรรมระบบควบคุมในกระบวนการอุตสาหกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2537.
- [20] Patrick Keegan and Fred Willis. **Sanitary Feeders Minimize Product Contamination.** 117 - 124. *Chemical Engineering.*, June 1999.
- [21] Jeff C. Siblik. **Cut the Cost of Bulk-Solids Flow Measurement.** 57 - 62. *Chemical Engineering Progress.*, June 1998.
- [22] Elizabeth A. Knight and John R. Pugh. **Properly Select Level-Measurement Devices for Bulk Solids.** 50 - 60. *Chemical Engineering Progress.*, February 1996.
- [23] David H. Wilson. **How to Troubleshoot and Maintain Your Feeder.** 9 – 13. *PBE International.*, March 2002.
- [24] Warren L. McCabe, Julian C. Smith and Peter Harriott. **Unit Operations of Chemical Engineering.** 5th ed. Singapore: McGraw-Hill., 1993.
- [25] Martin Rhodes. **Introduction to Particle Technology.** 1st ed. Canada: John Wiley & Sons., 1998.
- [26] วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. **คู่มืออุปกรณ์การผลิตในอุตสาหกรรมเคมี.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2538.
- [27] Christi J. Geankoplis. **Transport Process and Unit Operations.** 3rd ed. Singapore: Prentice Hall., 1993.
- [28] J.M. Coulson and J.F. Richardson. **Chemical Engineering Volume 2: Particle Technology and Separation Processes.** 4th ed. Great Britain: Pergamon Press., 1993.
- [29] สมบูรณ์ พันเลิศจันรรจ์. **การศึกษาสมรรถนะของเครื่องเก็บฝุ่นไซโคลน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2530.

- [30] BHA Group, Inc. **Air Pollution Control Maintenance Seminar Reference Book.**
- [31] American Conference of Government Industrial Hygienists. **Industrial Ventilation a Manual of Recommended Practice.** Michigan., 1970.
- [32] วิวัฒน์ คัมพะพานิชกุล ธวัชชัย ชรินพานิชกุล หทัยชนก ครุยะบรรเลง และณัฐพร โทณานนท์. **โครงการวิจัยเพื่อพัฒนาและทดสอบระบบป้องกันการแพร่กระจายของอนุภาคฝุ่นโดยใช้ตาข่ายเปียก.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2545.
- [33] James O. Wilkes. **Fluid Mechanics for Chemical Engineers.** 1st ed. USA: Prentice Hall., 1999.
- [34] ชัยรัตน์ ตริวิธสานิช. **ระบบการบริหารการผลิตเพื่อควบคุมการสูญเสียในโรงงานผลิตแผ่นโฟมอีวีเอ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2534.
- [35] พิพัฒน์ ศรีธรรมวงศ์. **การวิเคราะห์ความสูญเสียเปล่าในกระบวนการผลิต กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนและประกอบรถยนต์บรรทุก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2541.
- [36] พิทักษ์ เต็มแสงเลิศ. **การลดความแปรปรวนของ Bulk density ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง., พ.ศ.2544.
- [37] Osborne and Mark Albert. **Analysis of the Effects of Die Casting Pressure Control on Casting Dimensional Variability.** Ph.D. Thesis Ohio: The Ohio State University.
- [38] ชนะ สุพัฒสร. **การลดและควบคุมความสูญเสียในอุตสาหกรรมของเล่นไม้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2539.
- [39] สุขชีพ โลพันธ์ศรี. **เงื่อนไขการกลึงเหล็กหล่อสีเทาด้วยมีดกลึงคาร์ไบด์เคลือบผิวและมีดกลึงเซรามิก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2539.
- [40] สุชาติ ชิวสารณ์. **ผลกระทบของปัจจัยการควบคุมที่มีต่อสมบัติของอะลูมิเนียมในกระบวนการฉีดแบบไดแคสติง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2539.
- [41] โหมยิต สุขก้องวารี. **อิทธิพลของอุณหภูมิต่อโฟลว์ไลน์และโคลด์ชัตในกระบวนการฉีดอะลูมิเนียมแบบไดแคสติง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [42] ทรงพล พิเศษฐ์วัฒนา. การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., พ.ศ.2541.
- [43] สุรสิทธิ์ ทองทวีชัยกิจ. อิทธิพลของอัตราการป้อนและความเร็วรอบของชิ้นงานในแต่ละขั้นตอนย่อยของการเจียรระไนทรงกระบอกที่มีผลต่อความหยาบผิว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย., พ.ศ.2542.
- [44] Zukai Funryutaikiki (แปลและเรียบเรียงโดย ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล). 151 กรณีศึกษาการแก้ปัญหาฝุ่นผงของเครื่องจักรอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2543.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลรีเวิร์คและผงพื้นฐาน

ก.1 ข้อมูลรีเวิร์ค

ตารางที่ ก.1 แหล่งที่มาและปริมาณรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา ตั้งแต่ 1 ธ.ค. 44 - 28 ธ.ค. 44

วัน/เดือน/ปี	กะ	ปริมาณ ผงซักฟอก ที่ผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณรีเวิร์คที่เกิดขึ้น (ตัน)						ปริมาณรีเวิร์ค ที่เกิดขึ้นทั้งหมด (ตัน)
			จากใต้ Airlift (แหล่ง ง)*	จากแรง 1 และ 2 (แหล่ง ค)*	จากใต้ สายพานชั้น 4 (แหล่ง ข)*	จากใต้ สายพาน ชั้นอื่นๆ (แหล่ง ฉ)*	การถ่ายผงซักฟอกที่ ฟลูอิดไอเซอร์ชั้น 3 (แหล่ง จ)*	เอาผงซักฟอก ขึ้นชั้น 3 (แหล่ง ก)*	
12/01/2544	1	528	0.8	0.8	2.0	0.0	0.8	0.0	4.4
12/01/2544	2	11,828	0.0	0.0	1.2	0.0	1.2	0.0	2.4
12/01/2544	3	9,422	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/02/2544	1	5,938	0.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.8
12/02/2544	2	12,184	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
12/02/2544	3	8,506	0.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
12/03/2544	1	9,012	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
12/03/2544	2	10,648	0.4	0.0	0.0	0.4	0.8	0.0	1.6
12/03/2544	3	8,438	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	1.6
12/04/2544	1	5,370	0.4	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	2.0
12/04/2544	2	6,686	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	1.6
12/04/2544	3	8,642	0.0	1.2	0.0	0.8	0.0	0.0	2.0
12/05/2544	1	8,580	0.4	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0	1.6
12/05/2544	2	9,108	0.4	0.4	1.2	0.8	0.0	0.0	2.8
12/05/2544	3	6,524	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/06/2544	1	7,422	0.0	3.2	0.0	0.0	1.6	4.0	8.8
12/06/2544	2	6,977	0.4	0.0	0.8	0.4	0.0	2.0	3.6
12/06/2544	3	5,180	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
12/07/2544	1	หยุดการผลิตเนื่องจากทำความสะอาด							
12/07/2544	2	6,180	0.4	0.4	0.8	0.0	0.0	4.0	5.6
12/07/2544	3	8,221	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
12/08/2544	1	9,564	1.6	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	4.8
12/08/2544	2	9,940	0.4	0.0	0.4	0.4	0.0	0.0	1.2
12/08/2544	3	7,582	0.4	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	2.0
12/09/2544	1	9,996	1.2	1.2	1.6	0.0	0.8	0.0	4.8
12/09/2544	2	10,088	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	4.0	5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แหล่งที่มาและปริมาณรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา
ตั้งแต่ 1 ธ.ค. 44 - 28 ธ.ค. 44 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	กะ	ปริมาณ ผงซักฟอก ที่ผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณรีเวิร์คที่เกิดขึ้น (ตัน)						ปริมาณรีเวิร์ค ที่เกิดขึ้นทั้งหมด (ตัน)
			จากใต้ Airlift (แหล่ง ง)*	จากแรง 1 และ 2 (แหล่ง ค)*	จากใต้ สายพานชั้น 4 (แหล่ง ข)*	จากใต้สายพาน ชั้นอื่นๆ (แหล่ง ฉ)*	การถ่ายผงซักฟอกที่ ฟลูอิดไอเซอร์ชั้น 3 (แหล่ง จ)*	เอาผงซักฟอก ชั้นชั้น 3 (แหล่ง ก)*	
12/09/2544	3	7,116	0.8	0.0	1.2	0.0	0.4	0.0	2.4
12/10/2544	1	9,986	0.4	0.0	0.4	0.0	0.8	8.0	9.6
12/10/2544	2	8,480	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
12/10/2544	3	10,002	0.0	1.6	1.6	0.0	0.0	6.0	9.2
12/11/2544	1	10,464	0.0	0.8	0.8	0.0	0.0	2.0	3.6
12/11/2544	2	9,327	0.0	0.8	0.8	0.4	1.6	0.0	3.6
12/11/2544	3	11,036	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.6
12/12/2544	1	13,070	0.4	1.2	1.2	0.0	0.0	8.0	10.8
12/12/2544	2	12,720	0.4	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	2.0
12/12/2544	3	11,910	0.4	0.8	1.2	0.0	0.0	0.0	2.4
12/13/2544	1	10,602	0.4	1.2	0.0	0.8	0.4	10.0	12.8
12/13/2544	2	8,268	0.0	0.8	0.0	0.0	4.8	0.0	5.6
12/13/2544	3	8,204	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
12/14/2544	1	10,352	0.8	1.2	2.0	0.4	0.0	4.0	8.4
12/14/2544	2	9,256	0.8	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	1.6
12/14/2544	3	10,764	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
12/15/2544	1	หยุดการผลิตเนื่องจากทำความสะอาด							
12/15/2544	2	9,732	0.0	3.2	1.2	0.8	0.0	0.0	5.2
12/15/2544	3	10,196	0.8	0.0	0.8	0.0	0.0	2.0	3.6
12/16/2544	1	9,096	0.4	0.0	1.6	0.0	0.0	4.0	6.0
12/16/2544	2	9,272	0.4	0.8	1.2	0.4	0.0	0.0	2.8
12/16/2544	3	8,816	0.4	0.4	0.8	0.4	0.0	0.0	2.0
12/17/2544	1	9,564	1.6	0.8	2.4	0.0	1.6	0.0	6.4
12/17/2544	2	10,688	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
12/17/2544	3	10,874	0.4	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	1.2
12/18/2544	1	8,232	0.8	0.0	0.8	0.0	2.0	8.0	11.6
12/18/2544	2	9,816	0.0	0.8	1.2	1.6	0.0	6.0	9.6
12/18/2544	3	9,378	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 แหล่งที่มาและปริมาณรีเวิร์คในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา
ตั้งแต่ 1 ธ.ค. 44 - 28 ธ.ค. 44 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	กะ	ปริมาณ ผงซักฟอก ที่ผลิตได้ (ตัน)	ปริมาณรีเวิร์คที่เกิดขึ้น (ตัน)					ปริมาณรีเวิร์ค ที่เกิดขึ้นทั้งหมด (ตัน)		
			จากใต้ Airlift (แหล่ง ง)*	จากแรง 1 และ 2 (แหล่ง ค)*	จากใต้ สายพานชั้น 4 (แหล่ง ข)*	จากใต้สายพาน ชั้นอื่นๆ (แหล่ง ฉ)*	การถ่ายผงซักฟอกที่ ฟลูอิคเซอร์ชั้น 3 (แหล่ง จ)*		เอาผงซักฟอก ขึ้นชั้น 3 (แหล่ง ก)*	
12/19/2544	1	9,699	2.0	0.0	0.8	0.8	0.0	6.8	10.4	
12/19/2544	2	9,084	0.0	1.2	0.4	1.2	0.0	0.0	2.8	
12/19/2544	3	6,074	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.4	
12/20/2544	1	2,108	0.8	0.4	0.8	0.8	0.0	6.4	9.2	
12/20/2544	2	9,694	0.0	0.8	0.4	0.8	0.0	0.0	2.0	
12/20/2544	3	5,652	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/21/2544	1	4,758	1.6	0.8	0.8	0.4	1.2	8.0	12.8	
12/21/2544	2	12,408	0.0	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0	1.6	
12/21/2544	3	10,694	0.4	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	
22 - 23	หยุดการผลิตเนื่องจากการติดตั้งโปรแกรมการผสมระบบใหม่									
12/24/2544	1	2,208	2.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	
12/24/2544	2	7,502	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/24/2544	3	8,796	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/25/2544	1	12,048	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/25/2544	2	10,256	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/25/2544	3	9,396	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/26/2544	1	11,084	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/26/2544	2	11,000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/26/2544	3	10,744	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/27/2544	1	7,952	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/27/2544	2	8,534	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/27/2544	3	8,544	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/28/2544	1	7,566	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12/28/2544	2	9,362	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	
12/28/2544	3	หยุดการผลิตเนื่องจากหยุดวันปีใหม่								
รวม		664,948	28.00	38.00	40.00	15.20	18.00	93.20	232.40	
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)			12.05	16.35	17.21	6.54	7.75	40.10	0.03**	

หมายเหตุ * เรียงตัวอักษรไทย (ก, ข, ค, ง, จ และ ฉ) ตามปริมาณรีเวิร์คที่เกิดขึ้นทั้งหมดจากมากไปน้อย
NA ไม่มีข้อมูลจากบริษัทฯ

** เทียบกับปริมาณผงซักฟอกที่ผลิตได้ทั้งหมดนั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

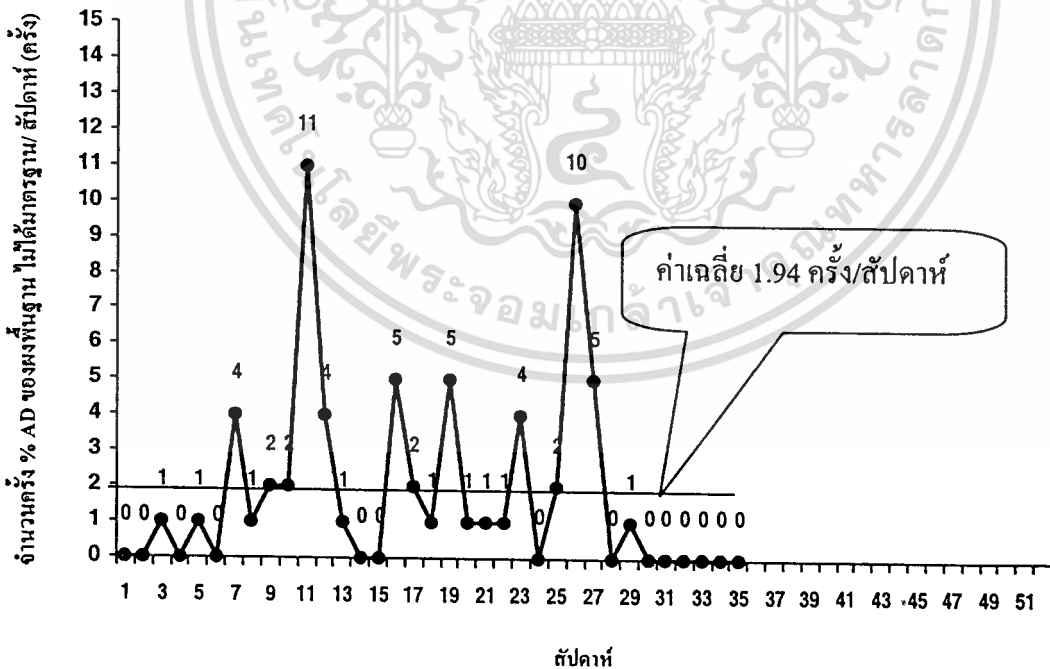
ก.2 การพิสูจน์ปัจจัยวัตถุดิบด้าน % AD ของผงพื้นฐาน

สิ่งที่แสดงว่าปัจจัยวัตถุดิบด้าน % AD ของผงพื้นฐานไม่มีผลต่อ % AD ของผงชั๊กฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน คือ

1. จำนวนครั้งที่ % AD ของผงพื้นฐานไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยอบแห้งโดยการฉีดเป็นละอองตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 ประมาณ 1.94 ครั้ง/สัปดาห์ (รูปที่ ก.1) ซึ่งต่ำกว่าจำนวนครั้งที่ % AD ของผงชั๊กฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน (3.03 ครั้ง/สัปดาห์)

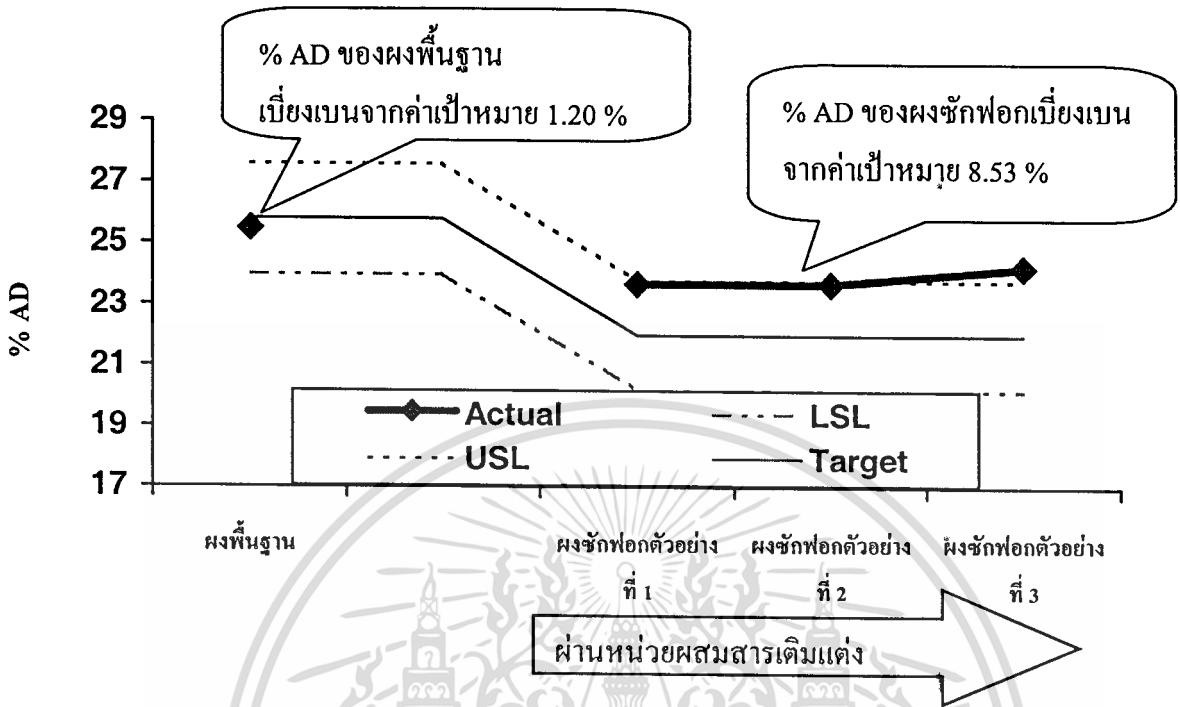
2. ค่า C_p และ C_{pk} ของ % AD ที่หน่วยอบแห้งโดยการฉีดเป็นละอองสูงกว่าค่า C_p และ C_{pk} ของ % AD ที่หน่วยผสมสารเติมแต่งสายการผลิตที่ 1 และ 2 ดังรูปที่ 3.6

นอกจากนี้ในทางปฏิบัติถ้า % AD ของผงพื้นฐานไม่ได้ตามมาตรฐาน เมื่อเข้าหน่วยผสมสารเติมแต่งจะมีการปรับสูตรการผสมสารเติมแต่ง เพื่อแก้ปัญหา % AD ไม่ได้ตามมาตรฐาน จึงไม่เกิดรีเวิร์กเนื่องจาก % AD ของผงพื้นฐาน รูปที่ ก.2 แสดง % AD ของผงพื้นฐานและผงชั๊กฟอกหลังจากผ่านหน่วยผสมสารเติมแต่ง เมื่อเก็บตัวอย่างภายในชั่วโมงเดียวกัน พบว่า % AD ของผงพื้นฐานเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย 1.20 % แต่เมื่อผ่านหน่วยผสมสารเติมแต่งแล้วจะเบี่ยงเบนจากค่าเป้าหมาย 8.53 % ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า % AD ของผงพื้นฐานไม่มีผลต่อ % AD ของผงชั๊กฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน



รูปที่ ก.1 จำนวนครั้งที่ % AD ของผงพื้นฐานไม่ได้ตามมาตรฐานที่หน่วยอบแห้งโดยการฉีดเป็นละอองตั้งแต่ 1 ม.ค. 45 – 31 ส.ค. 45 (สัปดาห์ที่ 1 - 35 ปี พ.ศ. 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 % AD ของผงพื้นฐานและผงชักฟอกหลังจากผ่านหน่วยผสมสารเติมแต่ง

ภาคผนวก ข.

วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

วัตถุดิบที่ใช้ในหน่วยเตรียมวัตถุดิบและหน่วยผสมสารเติมแต่งในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา มีดังนี้

1. สารลดแรงตึงผิวหรือสารทำความสะอาด (Active detergent: AD) ได้แก่ โซเดียมซัลโฟเนตอัลคิลเบนซีนที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง (Linear sodium sulphonate alkylbenzene)
2. สารลดความกระด้างของน้ำ เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium tripolyphosphate) ซีโอไลต์ เป็นต้น
3. สารรักษาความเป็นด่าง เช่น โซเดียมซิลิเกต โซดาแอชหรือโซเดียมคาร์บอเนต เป็นต้น
4. สารป้องกันสิ่งสกปรกย้อนกลับเข้าเนื้อผ้า เช่น โซเดียมคาร์บอกซิลเมทิลเซลลูโลส (Sodium carboxymethyl cellulose: SMC) เป็นต้น
5. สารทำน้ำหนักร เช่น แคลไซต์ (Calcite) ซัลเฟต เป็นต้น
6. สารประกอบอื่นๆ ประเภทสารเติมแต่ง เช่น สารเพิ่มความสดใส สารกันหอม สารเพิ่มฟอง เอนไซม์ น้ำหอม สารช่วยทำให้ผ้านุ่ม เป็นต้น

ตารางที่ ข.1 แสดงสารเติมแต่งและหน้าที่ของสารเติมแต่งที่ใช้ในหน่วยผสมสารเติมแต่งในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

ตารางที่ ข.1 สารเติมแต่งและหน้าที่ของสารเติมแต่งที่ใช้ในหน่วยผสมสารเติมแต่ง [1, 8]

วัตถุดิบ	หน้าที่
ซัลเฟต	สารทำน้ำหนัก
โซดาแอช	สารรักษาความเป็นด่าง
ซีโอไลต์	สารลดความกระด้างของน้ำ
เอนไซม์	ย่อยสลายโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ขจัดคราบบนผ้า ช่วยให้ผ้านุ่มขึ้น
เกล็ดสีม่วง (Cocktail speckles)	สารเพิ่มความสดใส
เกล็ดสีฟ้า (Blue speckles)	สารเพิ่มความสดใส
สารเรืองแสง (Florescer)	สารเพิ่มความสดใส
น้ำหอม	สารให้กลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดูแลของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลโปรแกรม Minitab

ก.1 การพิสูจน์ปัจจัยคนด้านความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD

การพิสูจน์ความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD หรือเรียกว่าการวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA) [18] มีขั้นตอนดังนี้

1. สุ่มเลือกพนักงานที่วิเคราะห์ % AD 2 คน (A และ B) ซึ่งพนักงานแต่ละคนได้ผ่านการฝึกอบรมและผ่านการสอบประเมินผลแล้ว
2. วิเคราะห์ผงซ้กฟอกตราสินค้าต่างกัน 8 ชนิด
3. ให้พนักงาน 1 คนวิเคราะห์ % AD 2 ครั้งต่อ 1 ตัวอย่างผงซ้กฟอก (2 Replicate)
4. ทำการทดลองตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้จากการออกแบบการทดลอง ได้ผลการทดลองดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 % AD ที่ได้จากการวิเคราะห์ของพนักงาน

ลำดับการทดลอง	พนักงานวิเคราะห์ % AD (Operator)	ตัวอย่างผงซ้กฟอก (Part)	% AD
1	A	1	24.1
2	A	2	20.0
3	A	3	24.5
4	A	4	22.4
5	A	5	23.2
6	A	6	19.1
7	A	7	23.4
8	A	8	23.5
9	B	1	24.3
10	B	2	20.2
11	B	3	24.4
12	B	4	22.4
13	B	5	23.2
14	B	6	19.2
15	B	7	23.6
16	B	8	23.4
17	A	1	24.2
18	A	2	20.3

ตารางที่ ค.1 % AD ที่ได้จากการวิเคราะห์ของพนักงาน (ต่อ)

ลำดับการทดลอง	พนักงานวิเคราะห์ % AD (Operator)	ตัวอย่างผงชักฟอก (Part)	% AD
19	A	3	24.5
20	A	4	22.3
21	A	5	23.3
22	A	6	18.9
23	A	7	23.5
24	A	8	23.4
25	B	1	24.1
26	B	2	20.1
27	B	3	24.3
28	B	4	22.5
29	B	5	23.2
30	B	6	19.2
31	B	7	23.4
32	B	8	23.7

ตารางที่ ค.2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ ค.1 ด้วยโปรแกรม Minitab โดยใช้การทดลองแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย

ตารางที่ ค.2 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD

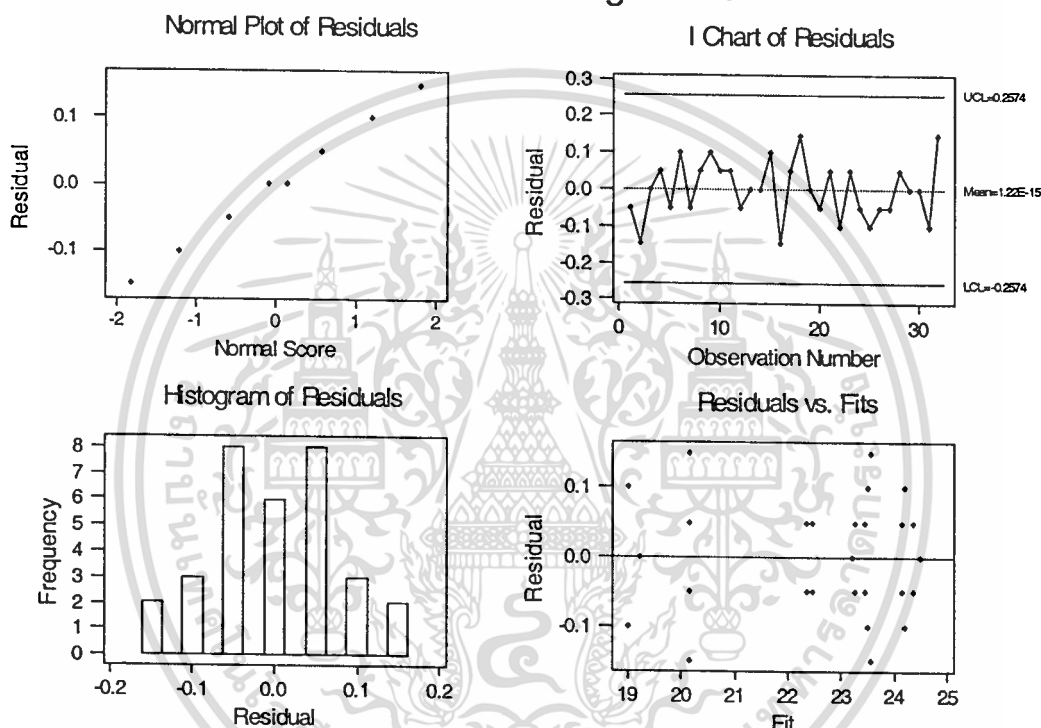
Effect	df	SS	MS	F_0	P	V_1	V_2	$F_{0.05, V_1, V_2}$	Result	R^2
Operators	1	0.0112	0.0112	0.95	0.345	1	16	4.49	Not sig	0.998
Parts	7	104.2188	14.8884	1253.76	0.000	7	16	2.66	Sig	
Opr.*Parts	7	0.0788	0.0113	0.95	0.499	7	16	2.66	Not sig	
Error	16	0.1900	0.0119	-	-	-	-	-	-	
Total	31	104.4988	-	-	-	-	-	-	-	

จากตารางที่ ค.2 พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ค่า F_0 ของพนักงานวิเคราะห์ % AD (0.95) น้อยกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของพนักงานวิเคราะห์ % AD (4.49) รวมถึง F_0 ของอันตรกิริยาระหว่างพนักงานวิเคราะห์ % AD กับตัวอย่างผงชักฟอก (0.95) มีค่าน้อยกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของอันตรกิริยาระหว่างพนักงานวิเคราะห์ % AD กับตัวอย่างผงชักฟอก (2.66) จึงสรุปได้ว่าความแตกต่างระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนักงานไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ % AD แต่ค่า F_0 ของตัวอย่างผงซักฟอก (1253.76) มีค่ามากกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของตัวอย่างผงซักฟอก (2.66) แสดงว่าตัวอย่างผงซักฟอกมีผลต่อ % AD เนื่องจากใช้ตัวอย่างผงซักฟอกคนละสูตรกันจึงทำให้ % AD ต่างกัน สำหรับการตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง แสดงดังรูปที่ ค.1 พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระ และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ค่า R^2 ในตารางที่ ค.2 มากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อมูลนี้มีความพอเพียงในการสรุปผลได้

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ค.1 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีความแตกต่างระหว่างพนักงานที่วิเคราะห์ % AD

ค.2 การพิสูจน์ปัจจัยเครื่องจักรด้านการลำเลียงผงพื้นฐานจากใต้หอดิจถึงหน่วยผสมสารเติมแต่ง

การพิสูจน์ปัจจัยนี้เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงพื้นฐานและเวลาใดๆ ที่เก็บผงพื้นฐาน ใช้ DOE ในการพิสูจน์ และใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังตารางที่ ค.3 วัตถุประสงค์เพื่อต้องการตรวจสอบว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เช่น แรง ถังไซโล สายพานต่างๆ เป็นต้น ที่ใช้ลำเลียงผงพื้นฐานจากใต้หอดิจถึงหน่วยผสมสารเติมแต่งทำให้ % AD ของผงพื้นฐานเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่ ถ้า % AD ของผงพื้นฐานมีความแปรปรวนมากจะมีผลกระทบต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน โดยใช้การออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยที่ 1 ตำแหน่ง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เก็บตัวอย่างผงพื้นฐาน 3 ตำแหน่ง (3 ระดับ) ได้แก่ บริเวณที่ออกจาก Airlift บริเวณใต้ไซโล และ ที่ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน ' ซึ่งแต่ละตำแหน่งที่เก็บผงพื้นฐานแทนเครื่องจักรที่ใช้ลำเลียงผงพื้นฐานจากใต้หอฉีดถึงหน่วยผสมสารเติมแต่ง โดย % AD ของผงพื้นฐานที่แต่ละตำแหน่งแสดงในตารางที่ ค.4 และปัจจัยที่ 2 คือ เวลาที่เก็บผงพื้นฐาน ประกอบด้วย 2 ระดับ จากตารางที่ ค.3 พบว่าค่า F_0 ของทุกตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงพื้นฐาน (0.37) น้อยกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของทุกตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงพื้นฐาน (19) สรุปได้ว่าตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงพื้นฐานไม่ทำให้ % AD ของผงพื้นฐานมีความแปรปรวนมากจึงไม่ส่งผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

เนื่องจากทำการทดลองเพียง 1 Replicate เพราะข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ ความเสี่ยงอันตรายในการเก็บตัวอย่าง อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์ จึงไม่สามารถหาอันตรกิริยาระหว่างตำแหน่งและเวลาได้ แต่ได้พิสูจน์แล้วว่า การทดลองนี้สามารถตัดผลของอันตรกิริยาได้ โดยใช้สมการที่ 2.5 - 2.8 โดยคำนวณหาค่า F_0 ของอันตรกิริยาซึ่งได้เท่ากับ 1.44 และเปิดตาราง [3] หาค่า $F_{0.05, 1, 1}$ ของอันตรกิริยาได้เท่ากับ 161.4 ดังนั้นค่า F_0 ของอันตรกิริยาน้อยกว่าค่า $F_{0.05, 1, 1}$ ของอันตรกิริยาจึงสามารถปฏิเสธการมีอันตรกิริยาได้

จากตารางที่ ค.3 กรณีของเวลาใดๆ ที่เก็บผงพื้นฐานนั้น ในการทดลองมีจังหวะที่ตรงกับการเปลี่ยนหม้อผสมผงพื้นฐาน จึงเห็นว่าเวลามีผลต่อความแปรปรวน % AD ของผงพื้นฐาน แต่ข้อมูลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ พบว่า % AD ของผงพื้นฐานทั้งสองหม้อผสมยังอยู่ในมาตรฐาน สรุปได้ว่าเวลาไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง % AD ของผงพื้นฐาน จึงไม่ส่งผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน รูปที่ ค.2 แสดงการตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระ แต่จากรูปมีลักษณะมีรูปแบบเนื่องจากจำนวนข้อมูลการทดลองน้อยจึงทำให้การกระจายของข้อมูลเด่นชัด ในทางสถิติถือว่าข้อมูลมีความเป็นอิสระ มีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ค่า R^2 ในตารางที่ ค.3 มากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อมูลนี้มีความพอเพียงในการสรุปผลได้

ตารางที่ ค.3 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีการลำเลียงผงพื้นฐานจากใต้หอฉีดถึงหน่วยผสมสารเติมแต่ง

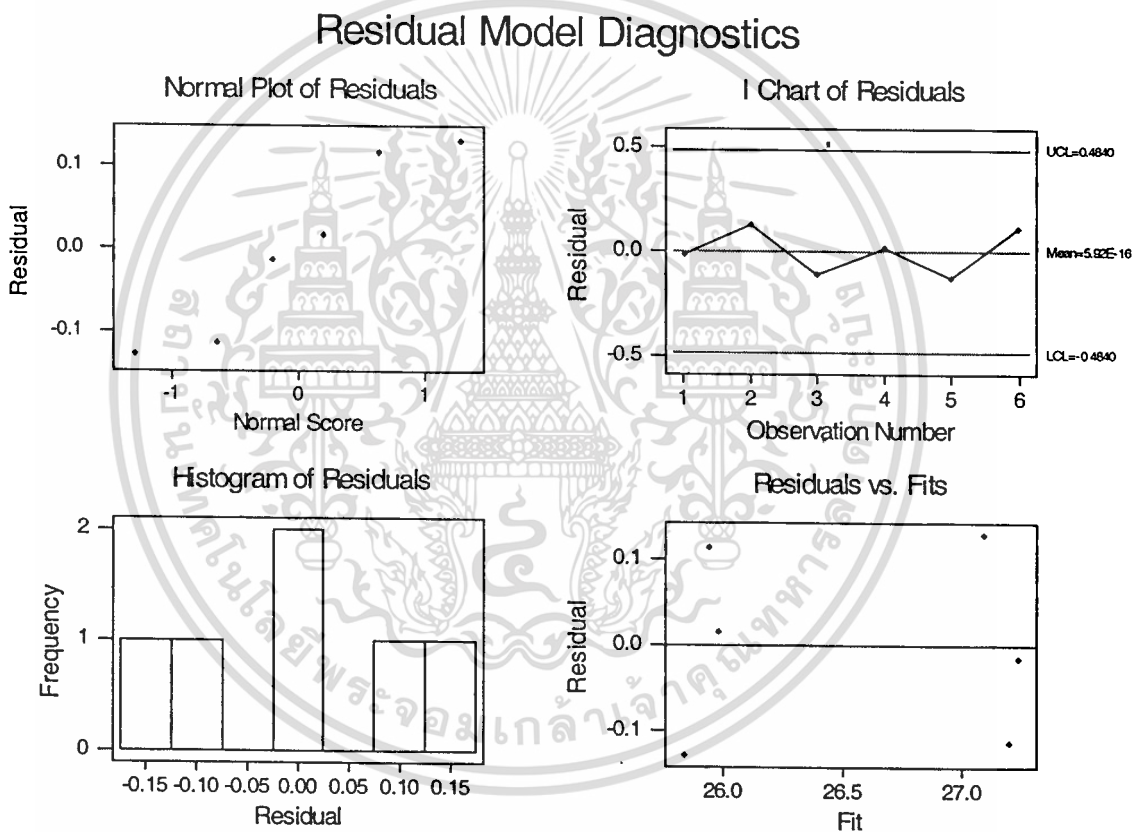
Effect	df	SS	MS	F_0	P	V_1	V_2	$F_{0.05, V_1, V_2}$	Result	R^2
Positions	2	0.0224	0.0112	0.37	0.730	2	2	19.00	Not sig	0.975
Times	1	2.3814	2.3814	78.46	0.013	1	2	18.51	Sig	
Error	2	0.0607	0.0304	-	-	-	-	-	-	
Total	5	2.4645	-	-	-	-	-	-	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 % AD ของผงพื้นฐานจากได้หอนี้คิดถึงหน่วยผสมสารเติมแต่งที่ตำแหน่งต่างๆ

% AD	เวลาที่ 1	เวลาที่ 2
บริเวณที่ออกจาก Airlift	27.22	25.99
บริเวณใต้ไซโล	27.22	25.70
ที่จุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน	27.08	26.05

หมายเหตุ ในการเก็บผงพื้นฐานแต่ละครั้ง ช่วงเวลาในการเก็บแต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 15 นาที เพื่อให้ผงพื้นฐานที่เก็บได้เป็นชนิดเดียวกัน แต่เนื่องจากเวลาที่ 1 และ 2 ห่างกันประมาณ 1 ชั่วโมง % AD ที่ได้จึงแตกต่างกันเนื่องจากเป็นผงพื้นฐานต่างห่อผสม



รูปที่ ค.2 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีการลำเลียงผงพื้นฐานจากได้หอนี้คิดถึงหน่วยผสมสารเติมแต่ง

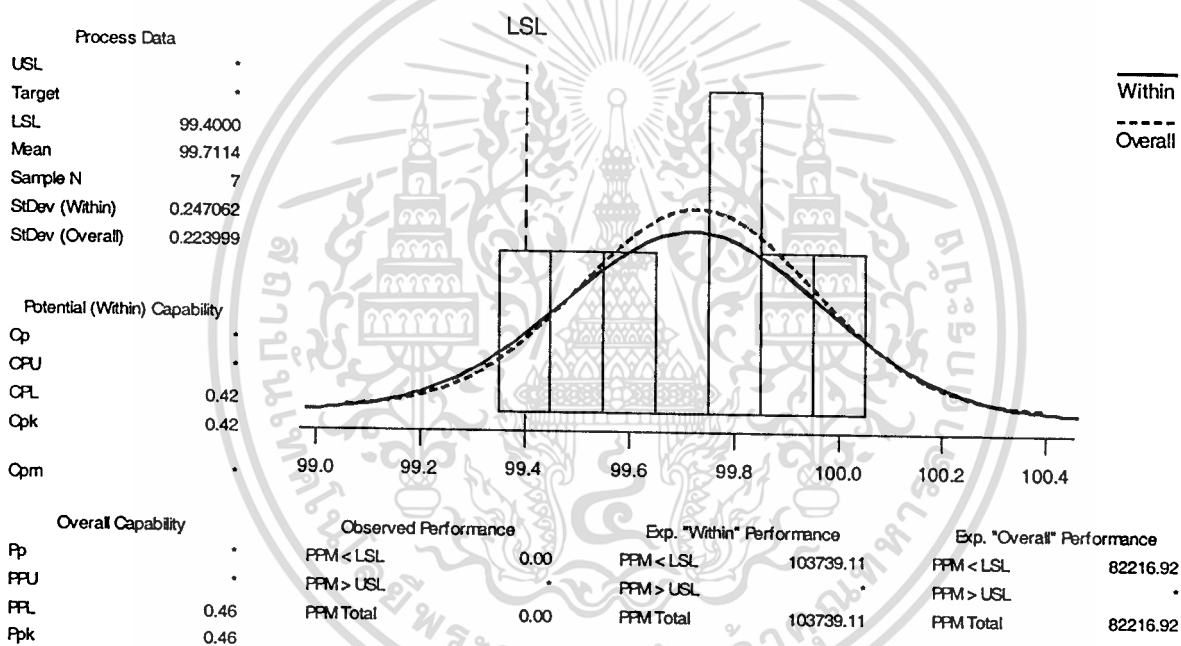
ค.3 การพิสูจน์ปัจจัยวัตถุดิบด้านเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเติมแต่ง

ใช้การทดสอบแบบ t (t-test) และ SPC ในการพิสูจน์ ในการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเติมแต่งใช้โปรแกรม Minitab รูปที่ ค.3 และ ค.4 แสดงผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์จากซัลเฟตของบริษัท ไทยเรยอน จำกัด และบริษัทลือคเคย์ จำกัด ตามลำดับ รูปที่ ค.5 แสดงผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของโซดาแอสจากบริษัท ไทยโพลีฟอสเฟตเคมีคอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

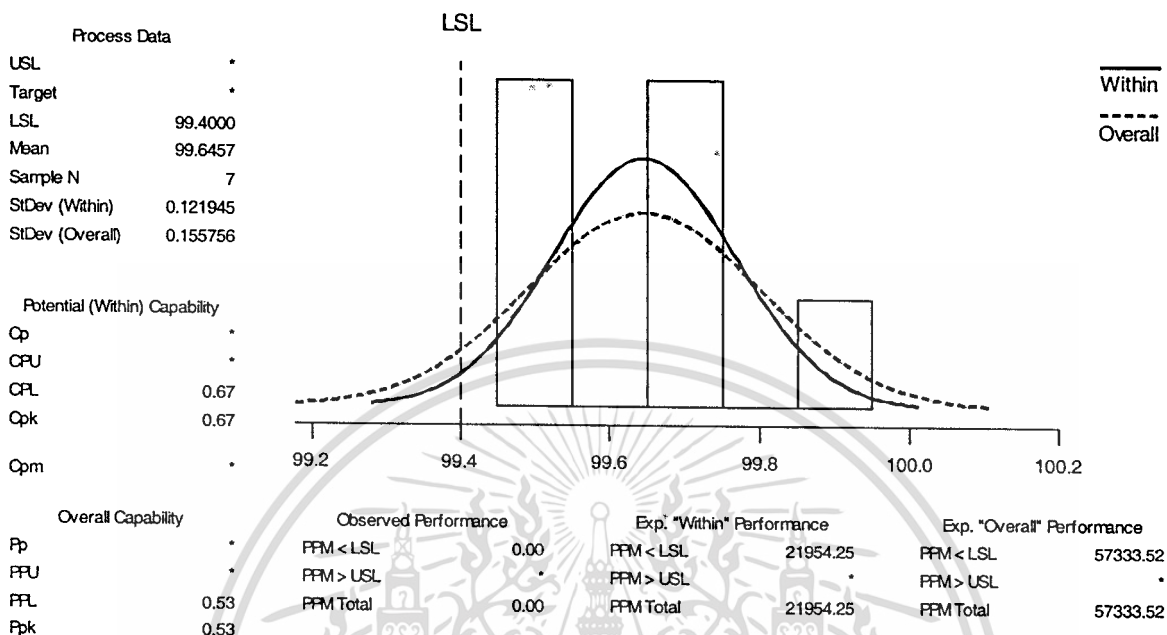
จำกัด รูปที่ ค.6 แสดงผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซีโอไลต์จากบริษัท พีคิวเคมีคอล จำกัด ไม่ได้วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเติมแต่งชนิดอื่นๆ ที่ใช้ในปริมาณน้อย เช่น เกล็ดสีฟ้า เอ็มไซม์ เป็นต้น เพราะคาดว่าไม่ส่งผลกับ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน จากตารางที่ ค.5 เมื่อพิจารณาค่า P ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าค่า P น้อยกว่า 0.03 ค่าเฉลี่ย (Mean) อยู่ในข้อกำหนด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อย จึงสรุปได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเติมแต่งที่ใช้จากแต่ละบริษัทผู้ขายอยู่ในข้อกำหนด

Process Capability Analysis for Thai Rayon



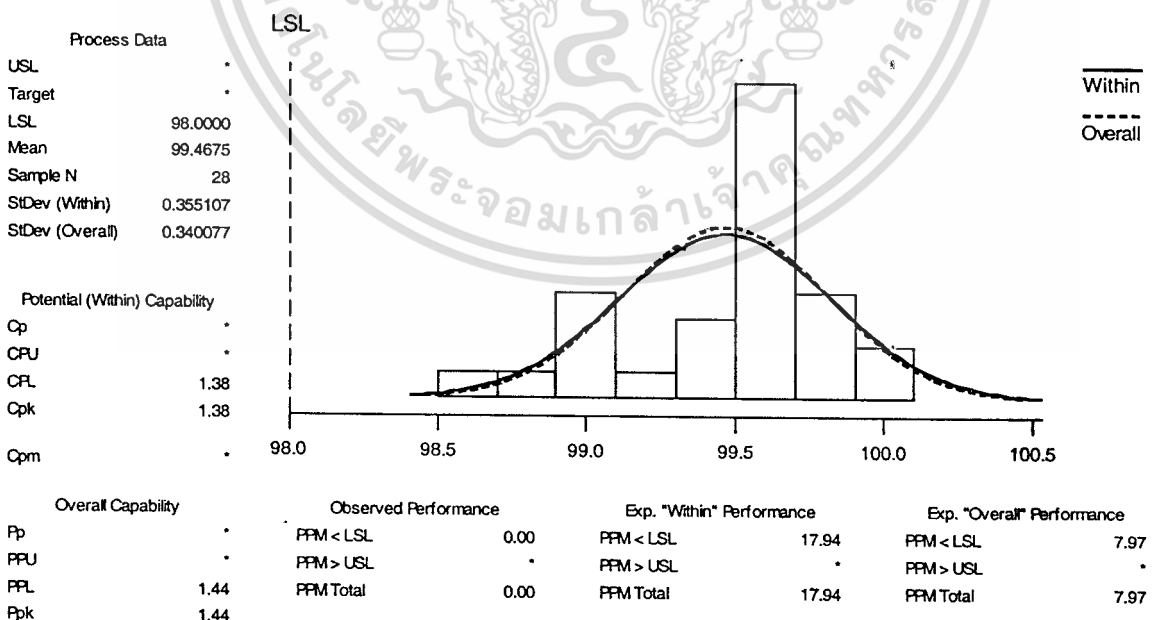
รูปที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟตจากบริษัท ไทยเรยอน จำกัด

Process Capability Analysis for Loxley



รูปที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟตจากบริษัท ด็อกเสย์ จำกัด

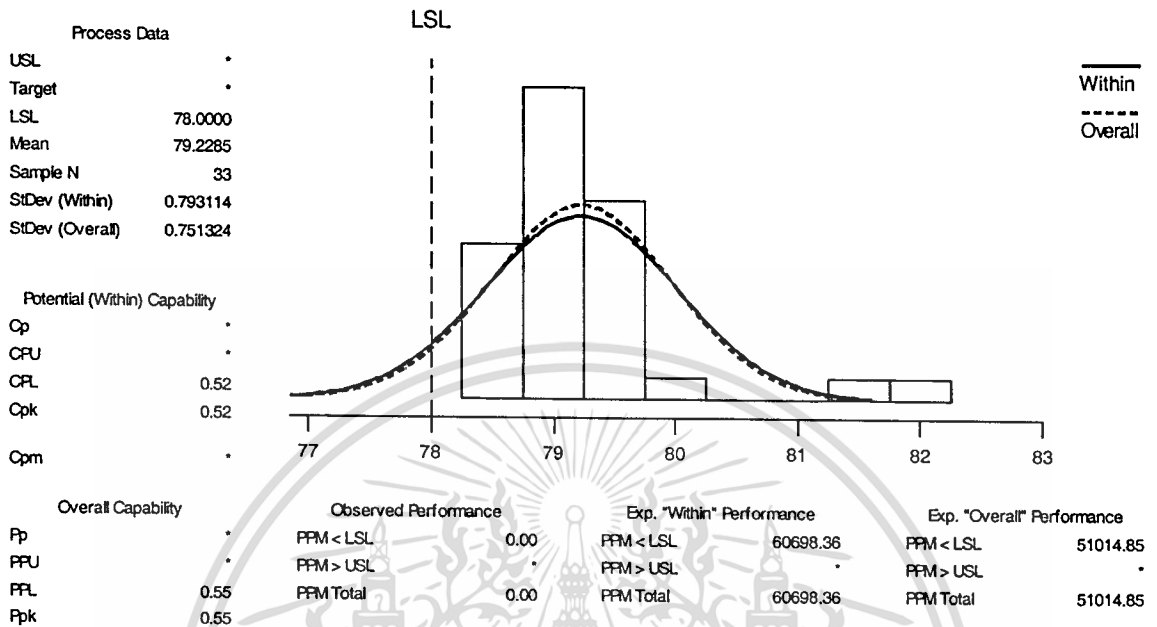
Process Capability Analysis for Soda ash



รูปที่ ค.5 ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของโซดาแอสจากบริษัท ไทยโพลีฟอสเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับ จำกัดสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Process Capability Analysis for Zeolite



รูปที่ ๓.๖ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซีโอไลต์จากบริษัท พีคิวเคมีคอล จำกัด

ตารางที่ ๓.๕ สรุปผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์ ในปี พ.ศ. ๒๕๔๕ ด้วยโปรแกรม Minitab

ตารางที่ ๓.๕ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของซัลเฟต โซดาแอช และซีโอไลต์

สารเคมีแต่ง	บริษัท	ข้อกำหนดต่ำสุด ของ % ความบริสุทธิ์	ค่าเฉลี่ยของ % ความบริสุทธิ์	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของ % ความบริสุทธิ์	ค่า P จากการ ทดสอบแบบ t (t-test)
ซัลเฟต	ไทยเรxon	99.40	99.71	0.22	0.004
ซัลเฟต	ลือคเลย์	99.40	99.65	0.15	0.002
โซดาแอช	ไทยโพลิฟอสเฟต เคมีคอล	98.00	99.47	0.34	0.000
ซีโอไลต์	พีคิวเคมีคอล	78.00	79.23	0.75	0.000

จากรูปที่ ๓.๓ – ๓.๖ และตารางที่ ๓.๕ พบว่าเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์ของสารเคมีแต่งได้ตามข้อกำหนด จึงไม่ส่งผลต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.4 การพิสูจน์กรณีวัตถุประสงค์ผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเคอร์เมื่อเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

จากตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่าง % AD และ BD ของผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเคอร์เมื่อเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ เช่น ความดันลดของถุงกรอง ความสูงของผงซักฟอก ความดันในฟลูอิดไซเคอร์ เป็นต้น ไม่ได้ตามมาตรฐาน การพิสูจน์กรณีนี้ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบปัจจัยเดียว คือ ตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดไซเคอร์ (Position) ประกอบด้วย 4 ระดับ คือ L1, L3, L5 และ New totebin แต่ละระดับมี 3 Replicate ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab กรณี % AD และ BD แสดงดังตารางที่ ค.6 และตารางที่ ค.7 ตามลำดับ จากตารางที่ ค.6 กรณี % AD พบว่าค่า F_0 ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงซักฟอก (82.25) มากกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงซักฟอก (4.07) และจากตารางที่ ค.7 กรณี BD พบว่าค่า F_0 ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงซักฟอก (196.9) มากกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงซักฟอก (4.07) จึงสรุปได้ว่าเมื่อเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้ % AD และ BD ของผงซักฟอก ที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเคอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวัตถุประสงค์ผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเคอร์ ทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน สำหรับการตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ ค.7 และ ค.8 พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระ และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน รวมถึงค่า R^2 ในตารางที่ ค.6 และตารางที่ ค.7 มากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อมูลนี้มีความพอเพียงในการสรุปผลได้

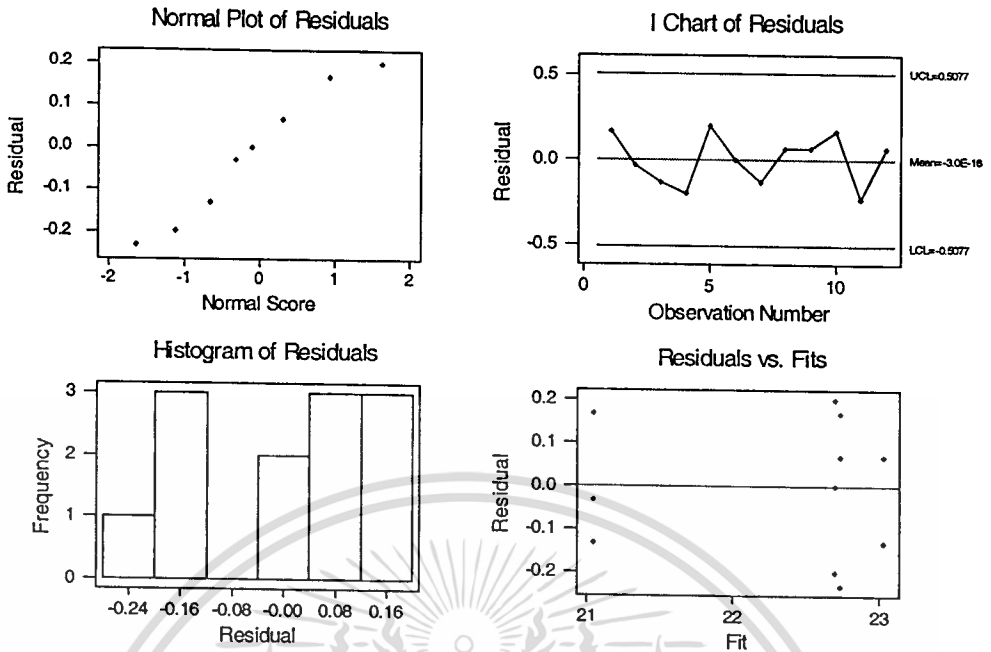
ตารางที่ ค.6 ANOVA แบบปัจจัยเดียว: กรณีวัตถุประสงค์ผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเคอร์เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

Effect	df	SS	MS	F_0	P	V_1	V_2	$F_{0.05, V_1, V_2}$	Result	R^2
Positions	3	7.4025	2.4675	82.25	0	3	8	4.07	Sig	0.97
Error	8	0.2400	0.0300	-	-	-	-	-	-	
Total	11	7.6425	-	-	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ค.7 ANOVA แบบปัจจัยเดียว: กรณีวัตถุประสงค์ผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเคอร์เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ BD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

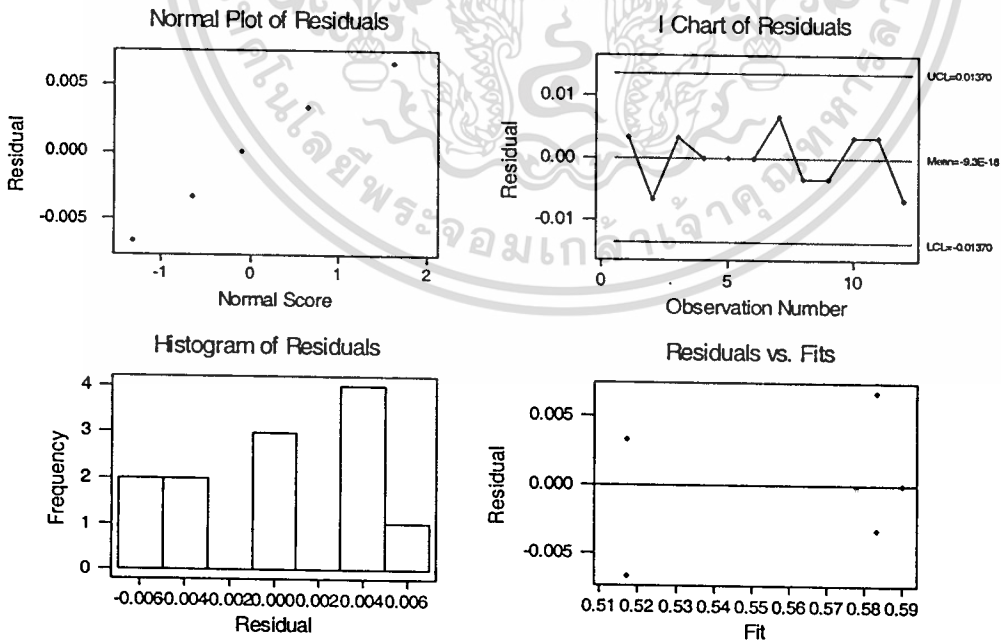
Effect	df	SS	MS	F_0	P	V_1	V_2	$F_{0.05, V_1, V_2}$	Result	R^2
Positions	3	0.0148	0.0049	196.9	0	3	8	4.07	Sig	0.99
Error	8	0.0002	0.000025	-	-	-	-	-	-	
Total	11	0.01497	-	-	-	-	-	-	-	

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ค.7 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีวัดคุณสมบัติผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไฮดรอลิก เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไฮดรอลิกไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ %AD ของผงซักฟอก ไม่ได้ตามมาตรฐาน

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ค.8 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีวัดคุณสมบัติผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไฮดรอลิก เนื่องจากเงื่อนไขต่างๆ ในฟลูอิดไฮดรอลิกไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้ BD ของผงซักฟอก ไม่ได้ตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.5 การพิสูจน์กรณีผงชักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์

ตารางที่ 4.9 แสดงตัวอย่าง % AD และ BD กรณีการจ่ายผงชักฟอกตราสินค้าโอโมในแต่ละตำแหน่งทางออกไม่สมดุลกันแม้ว่าเงื่อนไขอื่นๆ เช่น ความดันลคของถุงกรอง ความสูงของผงชักฟอก ความเร็วลม ความดันในฟลูอิดเซอร์ ได้ตามมาตรฐาน การพิสูจน์กรณีนี้ใช้การออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ตำแหน่งทางออกของผงชักฟอกที่ฟลูอิดเซอร์ (Position) ประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ L6 และ New totebin แต่ละระดับมี 2 Replicate ปัจจัยที่ 2 คือ เวลา ประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ เวลาที่ 1 และเวลาที่ 2 ซึ่งเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งห่างกันประมาณ 5 นาที ผลการวิเคราะห์ % AD และ BD จากโปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ ค.8 และ ค.9 ตามลำดับ จากตารางที่ ค.8 กรณี % AD พบว่าค่า F_0 ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงชักฟอก (85.22) มากกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงชักฟอก (7.71) และจากตารางที่ ค.9 กรณี BD พบว่าค่า F_0 ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงชักฟอก (65.42) มากกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงชักฟอก (7.71) สรุปได้ว่าเมื่อผงชักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์ไม่สมดุลกัน ทำให้ % AD และ BD ของผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์ สำหรับเวลาในการเก็บข้อมูลที่ต่างกันและอันตรกิริยาระหว่างตำแหน่งกับเวลาไม่มีผลต่อ % AD และ BD เพราะค่า F_0 ของทั้ง 2 กรณีน้อยกว่าค่า $F_{0.05, V_1, V_2}$

ตารางที่ ค.8 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีจ่ายผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา % AD

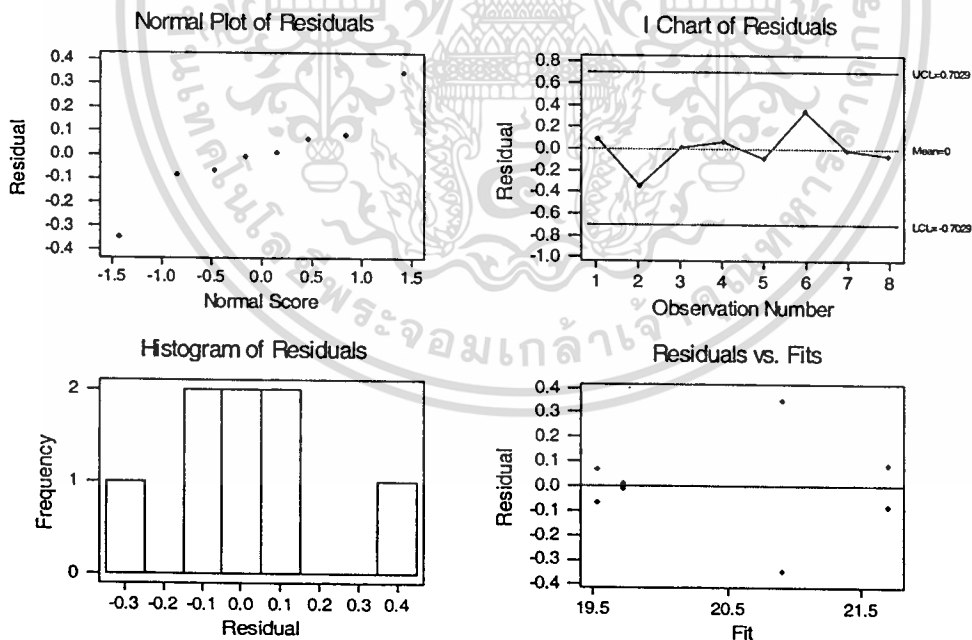
Effect	df	SS	MS	F_0	P	V_1	V_2	$F_{0.05, V_1, V_2}$	Result	R^2
Positions	1	5.7122	5.7122	85.22	0.001	1	4	7.71	Sig	0.96
Times	1	0.5000	0.5000	7.46	0.052	1	4	7.71	Not sig	
Positions* Times	1	0.1860	0.1860	2.78	0.171	1	4	7.71	Not sig	
Error	4	0.2681	0.0670	-	-	-	-	-	-	
Total	7	6.6664	-	-	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ค.9 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีง่ายผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่ง
ทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์:
พิจารณา BD

Effect	df	SS	MS	F _o	P	V ₁	V ₂	F _{0.05, V₁, V₂}	Result	R ²
Positions	1	0.0057245	0.0057245	65.42	0.001	1	4	7.71	Sig	0.95
Times	1	0.0001125	0.0001125	1.29	0.320	1	4	7.71	Not sig	
Positions* Times	1	0.0003125	0.0003125	3.57	0.132	1	4	7.71	Not sig	
Error	4	0.0003500	0.0000875	-	-	-	-	-	-	
Total	7	0.0064995	-	-	-	-	-	-	-	

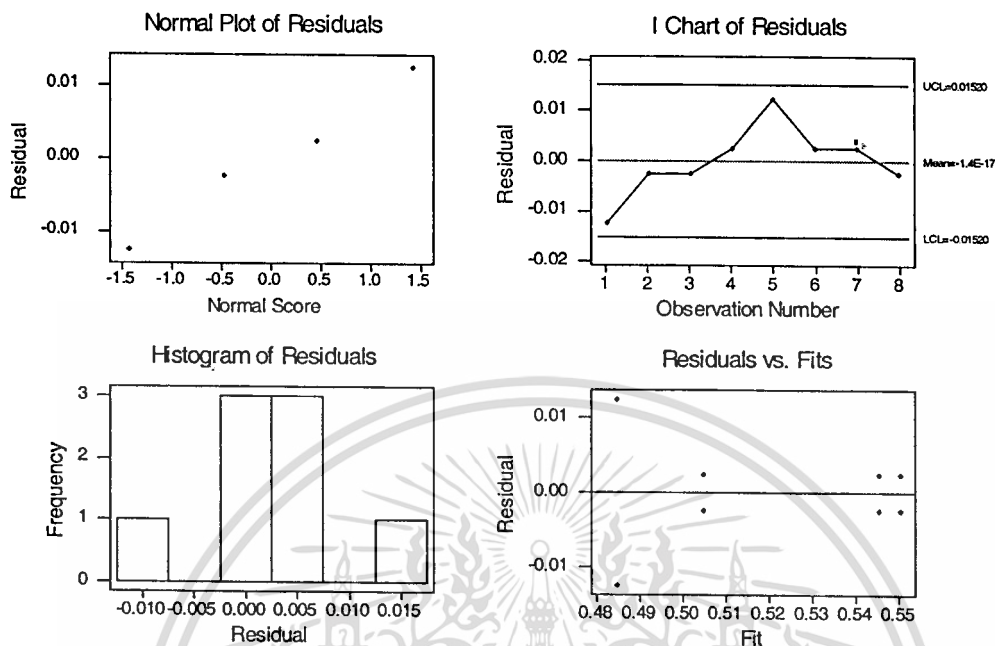
การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ ค.9 และ ค.10 พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระ และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ค่า R² ในตารางที่ ค.8 และ ค.9 มากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อมูลนี้มีความพอเพียงในการสรุปผลได้

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ค.9 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีง่ายผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่ง
ทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์:
พิจารณา % AD

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ค.10 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีจ่ายผงซักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเคอร์แบบไม่สมดุลกันทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเคอร์: พิจารณา BD

ค.6 การพิสูจน์กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเคอร์แบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ได้มาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้มาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเคอร์

ตารางที่ 4.10 แสดงตัวอย่าง % AD ในแต่ละตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดไซเคอร์กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกแบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ได้มาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน การพิสูจน์ใช้การออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ตำแหน่งทางออกของผงซักฟอกที่ฟลูอิดไซเคอร์ ประกอบด้วย 3 ระดับ ได้แก่ L3, L4 และ New totebin มี 2 Replicate ปัจจัยที่ 2 คือ เวลาประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ เวลาที่ 1 และเวลาที่ 2 ซึ่งเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งห่างกันประมาณ 5 นาที ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ ค.10 จากตารางพบว่าค่า F_0 ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงซักฟอก (79.83) มากกว่า $F_{0.05, v_1, v_2}$ ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงซักฟอก (5.14) จึงสรุปได้ว่าเมื่อผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเคอร์แบบสมดุลกันและเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไซเคอร์ได้มาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ % AD ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้ในพิธีการเท่านั้น เมื่อมีผู้ใช้ใหม่ให้แจ้งบริษัทผู้ขาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

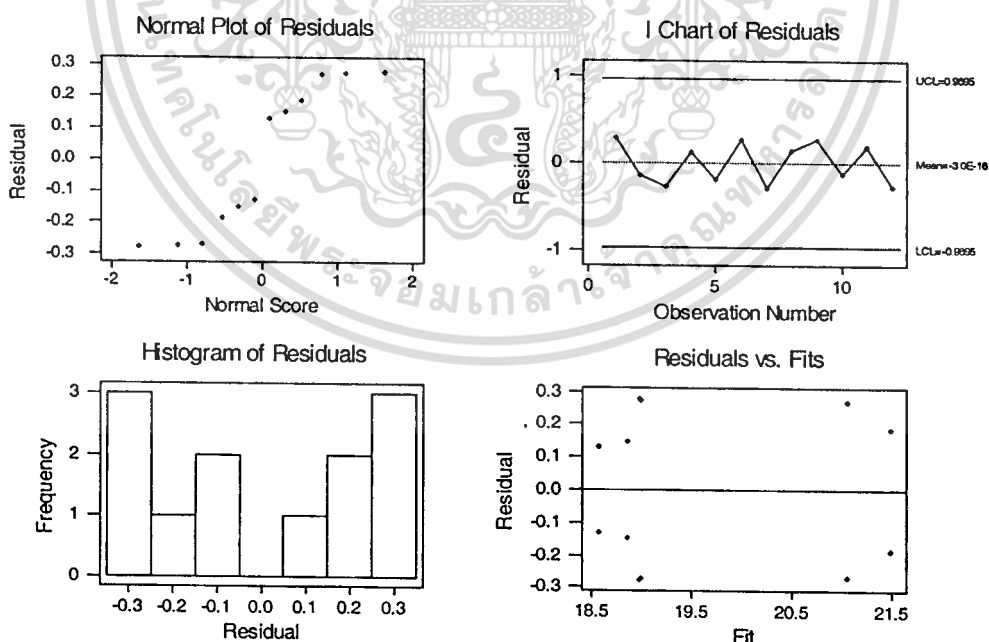
ผงซักฟอกที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเซอร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเซอร์ สำหรับเวลาในการเก็บข้อมูลที่ต่างกันและอันตรกิริยาระหว่างตำแหน่งกับเวลาไม่มีผลต่อ % AD เพราะค่า F_0 น้อยกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$

การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ ค.11 พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระ และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ค่า R^2 ในตารางที่ ค.10 มากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อมูลนี้มีความพอเพียงในการสรุปผลได้

ตารางที่ ค.10 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเซอร์แบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไซเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้มาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเซอร์

Effect	df	SS	MS	F_0	P	V_1	V_2	$F_{0.05, V_1, V_2}$	Result	R^2
Positions	2	15.9955	7.9978	79.83	0.000	2	6	5.14	Sig	0.965
Times	1	0.3400	0.3400	3.39	0.115	1	6	5.99	Not sig	
Positions*Times	2	0.0641	0.0321	0.32	0.738	2	6	5.14	Not sig	
Error	6	0.6011	0.1002	-	-	-	-	-	-	
Total	11	17.0008	-	-	-	-	-	-	-	

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ค.11 การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไซเซอร์แบบสมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไซเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้มาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไซเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.7 การพิสูจน์กรณีผงชักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซออร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซออร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซออร์

ตารางที่ 4.11 แสดงตัวอย่าง % AD และ BD ในแต่ละตำแหน่งทางออกของผงชักฟอกที่ฟลูอิดไอเซออร์กรณีการจ่ายผงชักฟอกในแต่ละตำแหน่งทางออกแบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซออร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน การพิสูจน์ใช้การออกแบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย ปัจจัยที่ 1 คือ ตำแหน่งทางออกของผงชักฟอกที่ฟลูอิดไอเซออร์ ประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ L3 และ L4 ปัจจัยที่ 2 คือ เวลา ประกอบด้วย 2 ระดับ ได้แก่ เวลาที่ 1 และเวลาที่ 2 ซึ่งเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแต่ละครั้งห่างกันประมาณ 5 นาที ผลการวิเคราะห์ % AD และ BD จากโปรแกรม Minitab แสดงดังตารางที่ ค.11 และ ค.12 ตามลำดับ จากรูปที่ ค.12 พบว่าในแผนภาพการกระจายของส่วนตกค้างกับลำดับการทดลองเป็นลักษณะกราฟชายนันแสดงถึงความไม่เป็นอิสระกัน จึงไม่สามารถวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูลจากตารางที่ ค.11 (% AD) แต่เนื่องจากการวิเคราะห์ในหัวข้อ ค.4 – ค.5 ทั้ง % AD และ BD ให้ผลสรุปสอดคล้องกัน ดังนั้นจึงใช้ตารางที่ ค.12 วิเคราะห์และสรุปผลแทนตารางที่ ค.11 จากตารางที่ ค.12 กรณี BD พบว่าค่า F_0 ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงชักฟอก (16.81) มากกว่า $F_{0.05, V_1, V_2}$ ของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างผงชักฟอก (7.71) จึงสรุปได้ว่าเมื่อผงชักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซออร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดไอเซออร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐาน ทำให้ % AD และ BD ของผงชักฟอก ที่แต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดไอเซออร์มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าวัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดไอเซออร์

จากตารางที่ ค.12 กรณีของเวลาในการเก็บข้อมูลที่ต่างกันและอันตรกิริยาระหว่างตำแหน่งกับเวลามีผลต่อ BD นั้น เนื่องจากในการทดลองมีจังหวะที่ตรงกับการเปลี่ยนหม้อผสมผงชักฟอกแต่ยังเป็นผงพื้นฐานตราสินค้าเดียวกัน จึงไม่ส่งผลต่อ BD ของผงชักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐาน

ตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลองแสดงดังรูปที่ ค.13 พบว่าข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ มีความเป็นอิสระ และมีเสถียรภาพของค่าความแปรปรวน ค่า R^2 ในตารางที่ ค.12 มากกว่า 0.7 ดังนั้นข้อมูลนี้มีความพอเพียงในการสรุปผลได้

ตารางที่ ค.11 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุคืบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา % AD

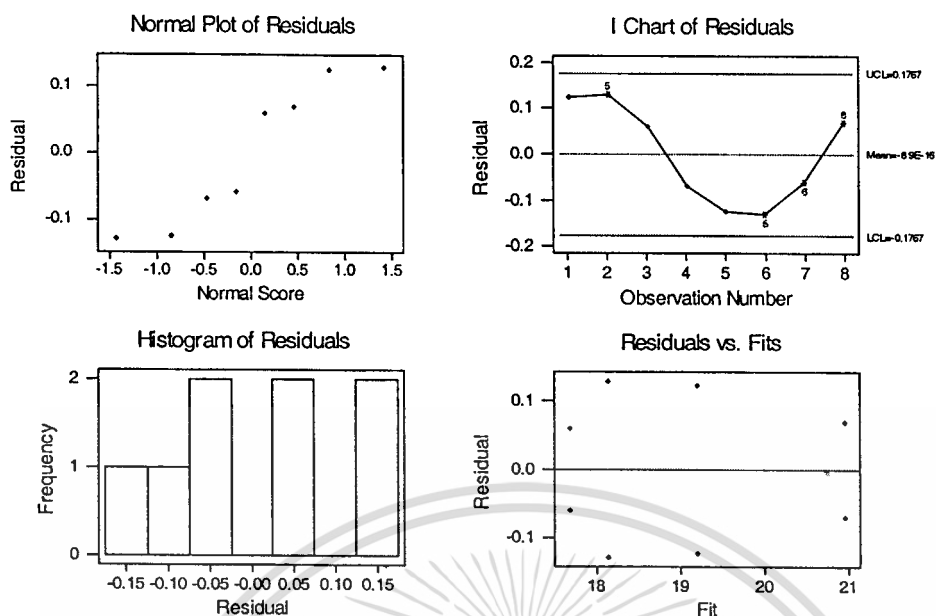
Effect	df	SS	MS	F _o	P	V ₁	V ₂	F _{0.05,V₁,V₂}	Result	R ²
Positions	1	0.8646	0.8646	42.15	0.003	1	4	7.71	Sig	0.994
Times	1	2.4976	2.4976	121.76	0.000	1	4	7.71	Sig	
Positions* Times	1	9.5266	9.5266	464.43	0.000	1	4	7.71	Sig	
Error	4	0.0821	0.0205	-	-	-	-	-	-	
Total	7	12.9709	-	-	-	-	-	-	-	

ตารางที่ ค.12 ANOVA แบบแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย: กรณีผงซักฟอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุคืบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา BD

effect	df	SS	MS	F _o	P	V ₁	V ₂	F _{0.05,V₁,V₂}	Result	R ²
Positions	1	0.0008405	0.0008405	16.81	0.015	1	4	7.71	Sig	0.958
Times	1	0.0018605	0.0018605	37.21	0.004	1	4	7.71	Sig	
Positions* Times	1	0.0018605	0.0018605	37.21	0.004	1	4	7.71	Sig	
Error	4	0.0002000	0.0000500	-	-	-	-	-	-	
Total	7	0.0047615	-	-	-	-	-	-	-	

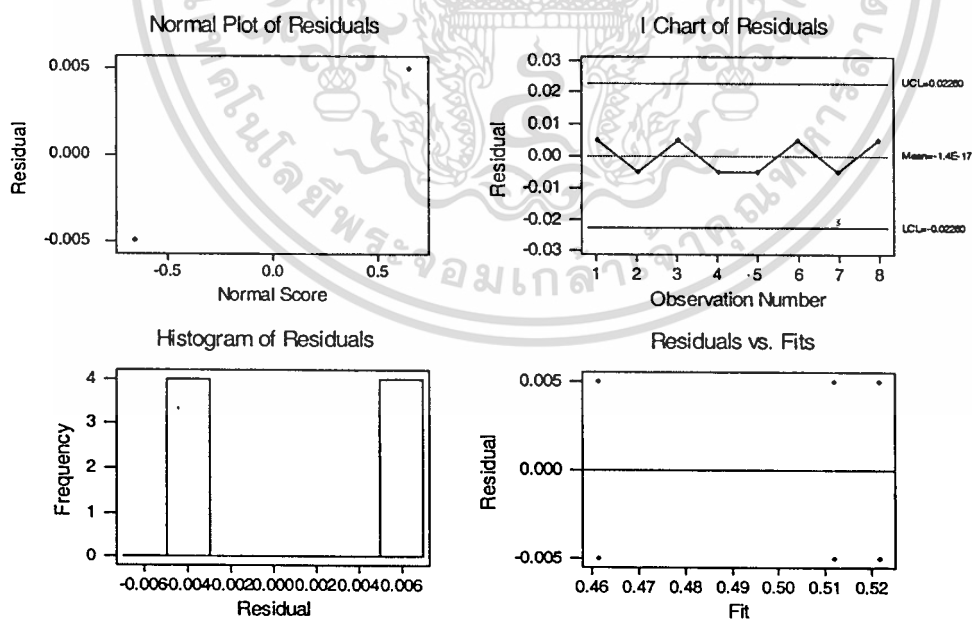
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ๑๒ การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีฟังก์ชันพอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา % AD

Residual Model Diagnostics



รูปที่ ๑๓ การตรวจสอบความพอเพียงของแบบจำลอง: กรณีฟังก์ชันพอกที่จ่ายออกในแต่ละตำแหน่งทางออกของฟลูอิดเซอร์แบบไม่สมดุลกันเมื่อเงื่อนไขอื่นๆ ในฟลูอิดเซอร์ได้ตามมาตรฐานแต่ความเร็วลมไม่ได้ตามมาตรฐานทำให้วัตถุดิบผสมกันไม่ดีในฟลูอิดเซอร์: พิจารณา BD

ภาคผนวก ง.

ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution)

ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution) [3] แสดงดังตารางที่ ง.1 ตัวอย่างการใช้ตารางที่
ง.1 ถ้าต้องการค่า $F_{0.05,3,8}$ มีวิธีการดังนี้

1. เปิดตารางของ $F_{0.05, V_1, V_2}$
2. กำหนดค่า V_1 เท่ากับ 3 (แถวแนวนอน) และค่า V_2 เท่ากับ 8 (แถวแนวตั้ง)
3. ได้ค่า $F_{0.05,3,8}$ เท่ากับ 4.07



ตารางที่ ง.1 ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution) [3]

IV. Percentage Points of the F Distribution*

ν_1 ν_2	Degrees of Freedom for the Numerator (ν_1)																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	5.83	7.50	8.20	8.58	8.82	8.98	9.10	9.19	9.26	9.32	9.41	9.49	9.58	9.63	9.67	9.71	9.76	9.80	9.85
2	2.57	3.00	3.15	3.23	3.28	3.31	3.34	3.35	3.37	3.38	3.39	3.41	3.43	3.43	3.44	3.45	3.46	3.47	3.48
3	2.02	2.28	2.36	2.39	2.41	2.42	2.44	2.44	2.44	2.44	2.45	2.46	2.46	2.46	2.47	2.47	2.47	2.47	2.47
4	1.81	2.00	2.05	2.06	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08	2.08
5	1.69	1.85	1.88	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87
6	1.62	1.76	1.78	1.79	1.79	1.78	1.78	1.78	1.77	1.77	1.77	1.76	1.76	1.75	1.75	1.75	1.74	1.74	1.74
7	1.57	1.70	1.72	1.72	1.71	1.71	1.70	1.70	1.69	1.68	1.68	1.68	1.67	1.67	1.66	1.66	1.65	1.65	1.65
8	1.54	1.66	1.67	1.66	1.66	1.65	1.64	1.64	1.63	1.63	1.62	1.62	1.61	1.60	1.60	1.59	1.58	1.58	1.58
9	1.51	1.62	1.63	1.63	1.62	1.61	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.57	1.56	1.56	1.55	1.54	1.54	1.53	1.53
10	1.49	1.60	1.60	1.59	1.59	1.58	1.57	1.56	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.52	1.51	1.51	1.50	1.49	1.48
11	1.47	1.58	1.58	1.57	1.56	1.55	1.54	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.49	1.48	1.47	1.47	1.46	1.45
12	1.46	1.56	1.56	1.55	1.54	1.53	1.52	1.51	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.45	1.44	1.43	1.42
13	1.45	1.55	1.55	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.44	1.43	1.42	1.42	1.41	1.40
14	1.44	1.53	1.53	1.52	1.51	1.50	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.41	1.41	1.40	1.39	1.38
15	1.43	1.52	1.52	1.51	1.49	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.43	1.41	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36
16	1.42	1.51	1.51	1.50	1.48	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.41	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34
17	1.42	1.51	1.50	1.49	1.47	1.46	1.45	1.44	1.43	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33
18	1.41	1.50	1.49	1.48	1.46	1.45	1.44	1.43	1.42	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32
19	1.41	1.49	1.49	1.47	1.46	1.44	1.43	1.42	1.41	1.41	1.40	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.30
20	1.40	1.49	1.48	1.47	1.45	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.29
21	1.40	1.48	1.48	1.46	1.44	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.28
22	1.40	1.48	1.47	1.45	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.39	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28
23	1.39	1.47	1.47	1.45	1.43	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.35	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.28	1.27
24	1.39	1.47	1.46	1.44	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.38	1.36	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.26
25	1.39	1.47	1.46	1.44	1.42	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.29	1.28	1.27	1.25
26	1.38	1.46	1.45	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.37	1.35	1.34	1.32	1.31	1.30	1.29	1.28	1.26	1.25
27	1.38	1.46	1.45	1.43	1.42	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.27	1.26	1.24
28	1.38	1.46	1.45	1.43	1.41	1.40	1.39	1.38	1.37	1.36	1.34	1.33	1.31	1.30	1.29	1.28	1.27	1.25	1.24
29	1.38	1.45	1.45	1.43	1.41	1.40	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.32	1.31	1.30	1.29	1.27	1.26	1.25	1.23
30	1.38	1.45	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34	1.32	1.30	1.29	1.28	1.27	1.26	1.24	1.23
40	1.36	1.44	1.42	1.40	1.39	1.37	1.36	1.35	1.34	1.33	1.31	1.30	1.28	1.26	1.25	1.24	1.22	1.21	1.19
60	1.35	1.42	1.41	1.38	1.37	1.35	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.27	1.25	1.24	1.22	1.21	1.19	1.17	1.15
120	1.34	1.40	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.30	1.29	1.28	1.26	1.24	1.22	1.21	1.19	1.18	1.16	1.13	1.10
∞	1.32	1.39	1.37	1.35	1.33	1.31	1.29	1.28	1.27	1.25	1.24	1.22	1.19	1.18	1.16	1.14	1.12	1.08	1.00

ν = degrees of freedom
 * Adapted with permission from *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 1, 3rd edition by E. S. Pearson and H. O. Hartley, Cambridge University Press, Cambridge, 1966.

ตารางที่ ง.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution) [3] (ต่อ)

IV. Percentage Points of the F Distribution (continued)

$F_{0.05, \nu_1, \nu_2}$	Degrees of Freedom for the Numerator (ν_1)																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3	161.4	185.1	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.47	19.48	19.49	19.50
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.47	19.48	19.49	19.49	19.50	19.50	18.51	19.00	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.59	8.55	8.53
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.59	8.55	8.53	8.53	8.53	10.13	9.55	6.59	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.72	5.69	5.66
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.72	5.69	5.66	5.66	5.66	7.71	6.94	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	6.61	5.79	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.67	3.67	5.99	5.14	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.23	3.23	5.59	4.74	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.93	2.93	5.32	4.46	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.71	2.71	5.12	4.26	3.74	3.51	3.36	3.25	3.17	3.11	3.06	3.02	2.95	2.89	2.82	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.58	2.54	2.54	4.96	4.10	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.45	2.40	2.40	4.84	3.98	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.35	2.30	2.30	4.75	3.89	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.27	2.19	2.19	4.67	3.81	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.20	2.11	2.11	4.60	3.74	3.27	3.04	2.89	2.78	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.11	2.11	2.11	4.54	3.68	3.22	2.99	2.84	2.73	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.06	4.49	3.63	3.17	2.94	2.79	2.68	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	2.01	4.45	3.59	3.13	2.90	2.75	2.64	2.57	2.51	2.45	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.96	1.96	4.41	3.55	3.09	2.86	2.71	2.60	2.53	2.47	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.93	4.38	3.52	3.06	2.83	2.68	2.57	2.50	2.44	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.84	1.84	4.35	3.49	3.03	2.80	2.65	2.54	2.47	2.41	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.87	1.81	1.81	4.32	3.47	3.01	2.78	2.63	2.52	2.45	2.39	2.33	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.85	1.78	1.78	4.30	3.44	2.99	2.76	2.61	2.50	2.43	2.37	2.31	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	4.28	3.42	2.97	2.74	2.59	2.48	2.41	2.35	2.29	2.21	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	4.26	3.40	2.95	2.72	2.57	2.46	2.39	2.33	2.27	2.19	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	4.24	3.39	2.94	2.71	2.56	2.45	2.38	2.32	2.26	2.18	2.10	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	4.23	3.37	2.92	2.69	2.54	2.43	2.36	2.30	2.24	2.16	2.08	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	4.21	3.35	2.90	2.67	2.52	2.41	2.34	2.28	2.22	2.14	2.06	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.55	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	4.20	3.34	2.89	2.66	2.51	2.40	2.33	2.27	2.21	2.13	2.05	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.02	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	4.18	3.33	2.88	2.65	2.50	2.39	2.32	2.26	2.20	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	4.17	3.32	2.87	2.64	2.49	2.38	2.31	2.25	2.19	2.11	2.03	1.95	1.90	1.86	1.81	1.76	1.70	1.64
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	4.08	3.23	2.79	2.56	2.41	2.30	2.23	2.17	2.11	2.03	1.95	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	1.59	1.53
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	4.00	3.15	2.71	2.48	2.33	2.22	2.15	2.09	2.03	1.95	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	1.59	1.53	1.47
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25	3.92	3.07	2.63	2.40	2.25	2.14	2.07	2.01	1.95	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	1.59	1.53	1.43	1.35
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	3.84	3.00	2.56	2.33	2.17	2.06	1.99	1.93	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	1.59	1.53	1.43	1.32</	

ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution) [3] (ต่อ)

IV. Percentage Points of the F Distribution (continued)

ν_1	ν_2	Degrees of Freedom for the Numerator (ν_1)																				∞
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	100	1018		
1	647.8	799.5	864.2	899.6	921.8	937.1	948.2	956.7	963.3	968.6	976.7	984.9	993.1	997.2	1001	1006	1010	1014	1018	1018		
2	38.51	39.00	39.17	39.25	39.30	39.33	39.36	39.37	39.39	39.40	39.41	39.43	39.45	39.46	39.46	39.46	39.47	39.48	39.50	39.50		
3	17.44	16.04	15.44	15.10	14.88	14.73	14.62	14.54	14.47	14.42	14.34	14.25	14.17	14.12	14.08	14.04	14.04	13.99	13.95	13.90		
4	12.22	10.65	9.98	9.60	9.36	9.20	9.07	8.98	8.90	8.84	8.75	8.66	8.56	8.51	8.46	8.41	8.36	8.31	8.26	8.26		
5	10.01	8.43	7.76	7.39	7.15	6.98	6.85	6.76	6.68	6.62	6.52	6.43	6.33	6.28	6.23	6.18	6.12	6.07	6.02	6.02		
6	8.81	7.26	6.60	6.23	5.99	5.82	5.70	5.60	5.52	5.46	5.37	5.27	5.17	5.12	5.07	5.01	4.96	4.90	4.85	4.85		
7	8.07	6.54	5.89	5.52	5.29	5.12	4.99	4.90	4.82	4.76	4.67	4.57	4.47	4.42	4.36	4.31	4.25	4.20	4.14	4.14		
8	7.57	6.06	5.42	5.05	4.82	4.65	4.53	4.43	4.36	4.30	4.20	4.10	4.00	3.95	3.89	3.84	3.78	3.73	3.67	3.67		
9	7.21	5.71	5.08	4.72	4.48	4.32	4.20	4.10	4.03	3.96	3.87	3.77	3.67	3.61	3.56	3.51	3.45	3.39	3.33	3.33		
10	6.94	5.46	4.83	4.47	4.24	4.07	3.95	3.85	3.78	3.72	3.62	3.52	3.42	3.37	3.31	3.26	3.20	3.14	3.08	3.08		
11	6.72	5.26	4.63	4.28	4.04	3.88	3.76	3.66	3.59	3.53	3.43	3.33	3.23	3.17	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88	2.88		
12	6.55	5.10	4.47	4.12	3.89	3.73	3.61	3.51	3.44	3.37	3.28	3.18	3.07	3.02	2.96	2.91	2.85	2.79	2.72	2.72		
13	6.41	4.97	4.35	4.00	3.77	3.60	3.48	3.39	3.31	3.25	3.15	3.05	2.95	2.89	2.84	2.78	2.72	2.66	2.60	2.60		
14	6.30	4.86	4.24	3.89	3.66	3.50	3.38	3.29	3.21	3.15	3.05	2.95	2.84	2.79	2.73	2.67	2.61	2.55	2.49	2.49		
15	6.20	4.77	4.15	3.80	3.58	3.41	3.29	3.20	3.12	3.06	2.96	2.86	2.76	2.70	2.64	2.59	2.52	2.46	2.40	2.40		
16	6.12	4.69	4.08	3.73	3.50	3.34	3.22	3.12	3.05	2.99	2.89	2.79	2.68	2.63	2.57	2.51	2.45	2.38	2.32	2.32		
17	6.04	4.62	4.01	3.66	3.44	3.28	3.16	3.06	2.98	2.91	2.82	2.72	2.62	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.25	2.25		
18	5.98	4.56	3.95	3.61	3.38	3.22	3.10	3.01	2.93	2.87	2.77	2.67	2.56	2.50	2.44	2.38	2.32	2.26	2.19	2.19		
19	5.92	4.51	3.90	3.56	3.33	3.17	3.05	2.96	2.88	2.81	2.72	2.62	2.51	2.45	2.39	2.33	2.27	2.20	2.13	2.13		
20	5.87	4.46	3.86	3.51	3.29	3.13	3.01	2.91	2.84	2.77	2.68	2.57	2.46	2.41	2.35	2.29	2.22	2.16	2.09	2.09		
21	5.83	4.42	3.82	3.48	3.25	3.09	2.97	2.87	2.80	2.73	2.64	2.53	2.42	2.37	2.31	2.25	2.18	2.11	2.04	2.04		
22	5.79	4.38	3.78	3.44	3.22	3.05	2.93	2.84	2.76	2.70	2.60	2.50	2.39	2.33	2.27	2.21	2.14	2.08	2.00	2.00		
23	5.75	4.35	3.75	3.41	3.18	3.02	2.90	2.81	2.73	2.66	2.57	2.47	2.36	2.30	2.24	2.18	2.11	2.04	1.97	1.97		
24	5.72	4.33	3.72	3.38	3.15	2.99	2.87	2.78	2.70	2.64	2.54	2.44	2.33	2.27	2.21	2.15	2.08	2.01	1.94	1.94		
25	5.69	4.29	3.69	3.35	3.13	2.97	2.85	2.75	2.68	2.61	2.51	2.41	2.30	2.24	2.18	2.12	2.05	1.98	1.91	1.91		
26	5.66	4.27	3.67	3.33	3.10	2.94	2.82	2.73	2.65	2.59	2.49	2.39	2.28	2.22	2.16	2.09	2.03	1.95	1.88	1.88		
27	5.63	4.24	3.65	3.31	3.08	2.92	2.80	2.71	2.63	2.57	2.47	2.36	2.25	2.19	2.13	2.07	2.00	1.93	1.85	1.85		
28	5.61	4.22	3.63	3.29	3.06	2.90	2.78	2.69	2.61	2.55	2.45	2.34	2.23	2.17	2.11	2.05	1.98	1.91	1.83	1.83		
29	5.59	4.20	3.61	3.27	3.04	2.88	2.76	2.67	2.59	2.53	2.43	2.32	2.21	2.15	2.09	2.03	1.96	1.89	1.81	1.81		
30	5.57	4.18	3.59	3.25	3.03	2.87	2.75	2.65	2.57	2.51	2.41	2.31	2.20	2.14	2.07	2.01	1.94	1.87	1.79	1.79		
40	5.42	4.05	3.46	3.13	2.90	2.74	2.62	2.53	2.45	2.39	2.29	2.18	2.07	2.01	1.94	1.88	1.80	1.72	1.64	1.64		
60	5.29	3.93	3.34	3.01	2.79	2.63	2.51	2.41	2.33	2.27	2.17	2.06	1.94	1.88	1.82	1.74	1.67	1.58	1.48	1.48		
120	5.15	3.80	3.21	2.89	2.67	2.52	2.39	2.30	2.22	2.16	2.05	1.94	1.82	1.76	1.69	1.61	1.53	1.43	1.31	1.31		
∞	5.02	3.69	3.12	2.79	2.57	2.41	2.29	2.19	2.11	2.05	1.94	1.83	1.71	1.64	1.57	1.48	1.39	1.27	1.10	1.10		

(continued)

ตารางการกระจายแบบ F (F Distribution) [3] (ต่อ)

IV. Percentage Points of the F Distribution (continued)

ν_1	ν_2	Degrees of Freedom for the Numerator (ν_1)																∞	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40		60
1	4052	4995.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.00	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

ตารางที่ ง.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

การคำนวณ

จ.1 ตัวอย่างการคำนวณ % AD ของผงซักฟอก

กำหนด

$$1. \text{ % AD ของผงพื้นฐาน} = 25$$

หมายถึง ผงพื้นฐาน 100 กิโลกรัม มี AD 25 กิโลกรัม

2. อัตราส่วนปริมาณการผสมระหว่างผงพื้นฐานต่อสารเติมแต่งโดยน้ำหนักประมาณ 80:20

3. ในสารเติมแต่งไม่มี AD

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น % AD ของผงซักฟอก} &= 80 \times 25 / 100 \\ &= 20 \end{aligned}$$

การคำนวณ % STPP ของผงซักฟอกทำนองเดียวกับ % AD ของผงซักฟอก

จ.2 โปรแกรมการคำนวณค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีวัตถุติดบนสายพาน

จากหัวข้อที่ 4.1.3 ค่า Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุติดบนสายพาน สามารถใช้บอกความแม่นยำของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุได้ ถ้าค่านี้มากกว่าศูนย์มากเท่าไรแสดงว่าชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุผิดพลาดมากเท่านั้น ถ้าค่า Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุติดบนสายพานมีค่าสูงเกินค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีวัตถุติดบนสายพานแสดงว่าต้องทำการสอบเทียบชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุนั้น

กำหนด

1. เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุเท่ากับ $\pm 2\%$ [1]
2. อัตราการไหลเชิงมวล (kg/h) = Belt load (kg/m) x Belt speed (m/min) x (60 min/h)
3. ความผิดพลาด (%) = $[1 - (\text{อัตราการไหลเชิงมวลจริง} / \text{อัตราการไหลเชิงมวลจากหน้าจอชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุ})] \times 100$
4. อัตราการไหลเชิงมวลจริง = อัตราการไหลเชิงมวลจากหน้าจอชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุ - อัตราการไหลเชิงมวลที่เกิดจากการมีค่า Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุติดบนสายพาน

จากข้อกำหนดที่ 2 - 4 จะได้สมการที่ จ.1 และ จ.2

ความผิดพลาด (%) = (อัตราการไหลเชิงมวลที่เกิดจากการมีค่า Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุคิบบนสายพาน/อัตราการไหลเชิงมวลจากหน้าจอลูกเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุคิบบ) x 100 (จ.1)

ความผิดพลาด (%) = (Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุคิบบนสายพาน/Belt load ขณะที่วัตถุคิบบนสายพาน) x 100 (จ.2)

ดังนั้น Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุคิบบนสายพาน แสดงดังสมการที่ จ.3

Belt load ขณะที่ไม่มีวัตถุคิบบนสายพาน = (ความผิดพลาด (%) x Belt load ขณะที่วัตถุคิบบนสายพาน)/ 100 (จ.3)

จากสมการที่ จ.3 ใช้โปรแกรม Excel คำนวณค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีวัตถุคิบบนสายพานได้ดังนี้

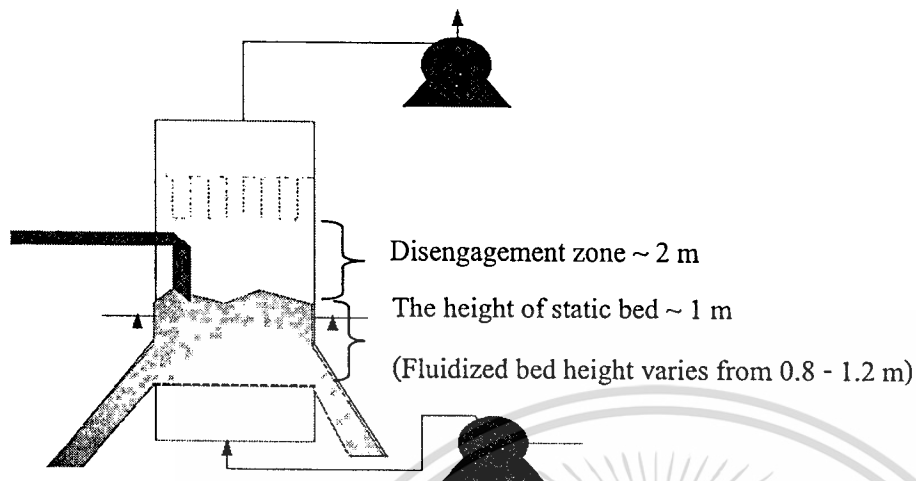
Input

- | | |
|--|--------------|
| 1. เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุคิบบ | ± 2 % |
| 2. ค่า Belt load ขณะที่ไม่มีผงพื้นฐานบนสายพานของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐาน | 50.5727 kg/m |
| 3. ค่า Belt load ขณะที่ไม่มีชัลเฟตบนสายพานของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักชัลเฟต | 4.7617 kg/m |
| 4. ค่า Belt load ขณะที่ไม่มีโซดาแอชบนสายพานของชุดเครื่องชั่งน้ำหนักโซดาแอช | 11.2860 kg/m |

Output

- | | |
|---|------------|
| 1. ค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีผงพื้นฐานบนสายพาน | 1.011 kg/m |
| 2. ค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีชัลเฟตบนสายพาน | 0.095 kg/m |
| 3. ค่า Belt load สูงสุดที่ยอมรับได้ขณะที่ไม่มีโซดาแอชบนสายพาน | 0.026 kg/m |

จ.3 โปรแกรมการคำนวณเวลาที่ผงซักฟอกอยู่ในฟลูอิดไอเซอร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2



Minimum residence time 1.5 mins

Stop fluidizing air when the residence time > 10 mins

Mean residence time in the fluidizer

(1.5 - 3 mins; maximum 10 mins)

Fluidizer number	#1 (VS546)	#2 (VS529)
Number of filter bags	58	52
Diameter of filter bags (m)	0.11	0.11
Length of filter bags (m)	1.83	1.83
Diameter of fluidizers (m)	2.0	1.8

Formula Mean residence time = (Fluidizer volume x BD)/(Average of packing rate throughput)

Fluidizer #1	Cross section area	3.14	m ²
Input	Height of powder	1.00	m
	Bulk density (BD)	500	kg/m ³
	Average of packing rate throughput	27	ton/h
Output	Mean residence time	3.49	mins
Fluidizer #2	Cross section area	2.55	m ²
Input	Height of powder	1.00	m
	Bulk density (BD)	500	kg/m ³
	Average of packing rate throughput	62	ton/h
Output	Mean residence time	1.23	mins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.4 โปรแกรมการคำนวณน้ำหนักของผงซักฟอกที่อยู่ในฟลูอิดไอเซออร์ของสายการผลิตที่ 1 และ 2

Formula Weight of powder in the fluidizer = (Height of powder x BD x Cross section area of the fluidizer)

Input

Bulk density (BD)	500	kg/m ³
Height of powder	0.8	m

Output

Weight of detergent in fluidizer No. 1	1,257	kg
Weight of detergent in fluidizer No. 2	1,018	kg

จ.5 โปรแกรมการคำนวณความเร็วลมต่ำสุดหรือความเร็วสุดท้าย (Terminal velocity: u_t)

ของเครื่องดักฝุ่นที่ใช้ดูดฝุ่นบริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดถุดิบ

เครื่องดักฝุ่นจะสามารถดูดฝุ่นจากวัดถุดิบได้ต้องให้ความเร็วลมที่ใช้ดูดฝุ่นจากวัดถุดิบ

ของเครื่องดูดฝุ่นมากกว่า u_t

1. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักผงพื้นฐานชนิด TCC-Thai (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 1)

Acceleration of gravity 9.81 m/s²

Cross section area of a particle 2.689E-07 m²

Input

Density of air 1.16425 kg/m³ at T = 30.85 °C

Density of raw material 401 kg/m³

Diameter of a particle 5.850E-04 m

Cross section area of the main tube 8.111E-03 m²

Velocity of measuring air 11 m/s

Viscosity of air 1.870E-05 kg/(m·s) at T = 30.85 °C

Cross section area of a measuring tube 9.156E-03 m²

Output Actual air velocity 12.418 m/s

จากนั้นสมมติค่า u_t เพื่อคำนวณ C_D โดยใช้สมการที่ 2.22 โดยค่า C_D ที่คำนวณได้ต้องไม่แตกต่างกับค่า C_D ที่ได้จากรูปที่ 2.26 เกิน 3 % ถ้าไม่ใกล้เคียงต้องกำหนด u_t ใหม่

Input สาร Guess for terminal velocity (u_t) ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output	Reynolds number (Re)	47.348
Output	Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	1.555
Input	Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	1.540
Output	Error of C_D (< 3 %)	0.970

2. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักซัลเฟต (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 2)

Acceleration of gravity	9.81	m/s^2
Cross section area of a particle	1.65E-08	m^2
Input		
Density of air	1.16425	kg/m^3 at $T = 30.85^\circ C$
Density of raw material	1,444	kg/m^3
Diameter of a particle	1.450E-04	m
Cross section area of the main tube	4.194E-02	m^2
Velocity of measuring air	7.500	m/s
Viscosity of air	1.87E-05	$kg/(m \cdot s)$ at $T = 30.85^\circ C$
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03	m^2
Output	Actual air velocity	1.638 m/s
Input	Guess for terminal velocity (u_t)	0.580 m/s
Output	Reynolds number (Re)	5.236
Output	Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	6.987
Input	Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	7.000
Output	Error of C_D (< 3 %)	0.186

3. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณสายพานหลัก BC 6100 (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 3)

Acceleration of gravity	9.81	m/s^2
Cross section area of a particle	2.69E-07	m^2
Input		
Density of air	1.16425	kg/m^3 at $T = 30.85^\circ C$
Density of raw material	401	kg/m^3 } Based on base powder
Diameter of a particle	5.850E-04	m } ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cross section area of the main tube	8.111E-03 m ²
Velocity of measuring air	5.000 m/s
Viscosity of air	1.870E-05 kg/(m·s) at T = 30.85 °C
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03 m ²
Output Actual air velocity	5.645 m/s
Input Guess for terminal velocity (u_t)	1.300 m/s
Output Reynolds number (Re)	47.348
Output Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	1.555
Input Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	1.540
Output Error of C_D (< 3 %)	0.970

4. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักโซดาแอส (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 4)

Acceleration of gravity	9.81 m/s ²
Cross section area of a particle	3.37E-08 m ²
Input	
Density of air	1.16425 kg/m ³ at T = 30.85 °C
Density of raw material	994 kg/m ³
Diameter of a particle	2.070E-04 m
Cross section area of the main tube	4.194E-02 m ²
Velocity of measuring air	9.00 m/s
Viscosity of air	1.870E-05 kg/(m·s) at T = 30.85 °C
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03 m ²
Output Actual air velocity	1.965 m/s
Input Guess for terminal velocity (u_t)	0.750 m/s
Output Reynolds number (Re)	9.666
Output Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	4.105
Input Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	4.100
Output Error of C_D (< 3 %)	0.116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรกีดกันทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักเกล็ดสีม่วง (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 5)

Acceleration of gravity	9.81	m/s^2
Cross section area of a particle	4.268E-07	m^2
Input		
Density of air	1.16425	kg/m^3 at $T = 30.85^\circ\text{C}$
Density of raw material	699	kg/m^3
Diameter of a particle	7.370E-04	m
Cross section area of the main tube	8.111E-03	m^2
Velocity of measuring air	7.5	m/s
Viscosity of air	1.870E-05	$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ at $T = 30.85^\circ\text{C}$

Cross section area of a measuring tube	9.156E-03	m^2
Output	Actual air velocity	8.467 m/s
Input	Guess for terminal velocity (u_t)	2.500 m/s
Output	Reynolds number (Re)	114.713
Output	Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	0.924
Input	Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	0.950
Output	Error of C_D (< 3 %)	2.685

6. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณสายพานหลัก BC 6100 (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 6)

Acceleration of gravity	9.81	m/s^2
Cross section area of a particle	2.689E-07	m^2
Input		
Density of air	1.16425	kg/m^3 at $T = 30.85^\circ\text{C}$
Density of raw material	401	kg/m^3 } Based on base powder
Diameter of a particle	5.850E-04	m } Based on base powder
Cross section area of the main tube	4.562E-03	m^2
Velocity of measuring air	11	m/s
Viscosity of air	1.870E-05	$\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$ at $T = 30.85^\circ\text{C}$
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03	m^2

Output Actual air velocity สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา 22.076 m/s แต่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input	Guess for terminal velocity (u_t)	1.300 m/s
Output	Reynolds number (Re)	47.348
Output	Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	1.555
Input	Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	1.540
Output	Error of C_D (< 3 %)	0.970

7. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณชุดเครื่องชั่งน้ำหนักซีโพลิต (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 7)

Acceleration of gravity	9.81 m/s ²
Cross section area of a particle	2.249E-07 m ²
Input	
Density of air	1.16425 kg/m ³ at T = 30.85 °C
Density of raw material	251 kg/m ³
Diameter of a particle	5.350E-04 m
Cross section area of the main tube	4.562E-03 m ²
Velocity of measuring air	7.5 m/s
Viscosity of air	1.870E-05 kg/(m·s) at T = 30.85 °C
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03 m ²
Output	Actual air velocity
	15.052 m/s
Input	Guess for terminal velocity (u_t)
	0.850 m/s
Output	Reynolds number (Re)
	28.312
Output	Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22
	2.078
Input	Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26
	2.100
Output	Error of C_D (< 3 %)
	1.028

8. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณสายพานหลัก BC 6100 (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 8)

Acceleration of gravity	9.81 m/s ²
Cross section area of a particle	2.508E-07 m ²
Input	
Density of air	1.16425 kg/m ³ at T = 30.85 °C

Density of raw material 556 kg/m³ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Diameter of a particle	5.650E-04 m
Cross section area of the main tube	9.935E-02 m ²
Velocity of measuring air	8.5 m/s
Viscosity of air	1.870E-05 kg/(m·s) at T = 30.85 °C
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03 m ²
Output Actual air velocity	0.783 m/s
Input Guess for terminal velocity (u_t)	1.500 m/s
Output Reynolds number (Re)	52.765
Output Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	1.565
Input Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	1.600
Output Error of C_D (< 3 %)	2.170

9. โปรแกรมการคำนวณ u_t บริเวณสายพานหลัก BC 6100 (จากรูปที่ 4.10 คือ ตำแหน่งที่ 9)

Acceleration of gravity	9.81 m/s ²
Cross section area of a particle	2.508E-07 m ²
Input	
Density of air	1.16425 kg/m ³ at T = 30.85 °C
Density of raw material	556 kg/m ³
Diameter of a particle	5.650E-04 m
Cross section area of the main tube	9.935E-02 m ²
Velocity of measuring air	12 m/s
Viscosity of air	1.870E-05 kg/(m·s) at T = 30.85 °C
Cross section area of a measuring tube	9.156E-03 m ²
Output Actual air velocity	1.106 m/s
Input Guess for terminal velocity (u_t)	1.500 m/s
Output Reynolds number (Re)	52.765
Output Calculated Drag coefficient (C_D) from Eq. 2.22	1.565
Input Drag coefficient (C_D) from Fig. 2.26	1.600
Output Error of C_D (< 3 %)	2.170

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.6 การคำนวณเงินที่ประหยัดได้

เงินที่ประหยัดได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. จากค่าจ้างพนักงาน

ในกรณีที่ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานต้องตรวจสอบ % AD อีกครั้ง ซึ่งเวลาในการ Recheck แต่ละครั้งต้องหยุดการผลิตประมาณ 40 นาที ทำให้สูญเสียในลักษณะค่าจ้างพนักงานทั้งส่วนการผลิต และการบรรจุผงซักฟอก

โดยที่ ค่าจ้างพนักงานส่วนการผลิตผงซักฟอกเฉลี่ย	75	บาท/(ชั่วโมง/คน)
ค่าจ้างพนักงานส่วนการบรรจุผงซักฟอกเฉลี่ย	99	บาท/(ชั่วโมง/คน)
จำนวนพนักงานในส่วนการผลิตผงซักฟอกใน 1 กะ	12	คน
จำนวนพนักงานในส่วนการบรรจุผงซักฟอกใน 1 กะ	66	คน
ดังนั้นค่าจ้างพนักงานทั้งหมดต่อกะ	$= (12 \times 75) + (66 \times 99) = 7,456$ บาท/ชั่วโมง	

งานวิจัยนี้ลดจำนวนครั้งที่ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้ตามมาตรฐานจาก 3.03 เหลือ 0.29 ครั้ง/สัปดาห์ ซึ่งลดได้ประมาณ 2.74 ครั้ง/สัปดาห์

ดังนั้นเงินที่ประหยัดได้จากค่าจ้างพนักงาน

$$= (7,456 \text{ บาท/ชั่วโมง}) \times (1/60 \text{ ชั่วโมง/นาที}) \times (40 \text{ นาที/ครั้ง}) \times (2.74 \text{ ครั้ง/สัปดาห์}) \times (52 \text{ สัปดาห์/ปี})$$

708,221 บาท/ปี

2. จากค่าใช้จ่ายที่ต้องนำรีเวิร์คกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ (Reprocess)

เงินที่ต้องสูญเสียจาก Reprocess [1] 2,000 บาท/ตัน

(จากค่าวัตถุดิบ ค่าพลังงานไฟฟ้า และค่าน้ำร้อน)

งานวิจัยนี้สามารถลดปริมาณรีเวิร์คจาก 5.9 ตัน/ปี

% AD ของผงซักฟอกไม่ได้มาตรฐาน (ข้อมูลจาก NC ปี 2545 - 2546 [1])

ดังนั้นเงินที่ประหยัดได้จาก Reprocess $= 2,200 \times 5.9 = 11,800$ บาท/ปี

ดังนั้นเงินที่ประหยัดได้ทั้งหมด $= 708,221 + 11,800 = 720,021$ บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ.
มาตรฐานขั้นตอนการดูแลรักษาเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉ.2 QM-Matrix และ Q-Card ที่แสดงปัญหาคอมพิวเตอร์ซึ่งนำพนักวิจัยที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงชักรอกไม่ได้มาตรฐาน

ตารางที่ ฉ.2 และ ฉ.3 แสดง QM-Matrix และ Q-Card ของปัญหาคุณภาพจากชุดเครื่องซึ่งนำพนักวิจัยที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงชักรอกไม่ได้มาตรฐาน ตามลำดับ

ตารางที่ ฉ.2 QM-Matrix แสดงปัญหาคุณภาพจากชุดเครื่องซึ่งนำพนักวิจัยที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงชักรอกไม่ได้มาตรฐาน

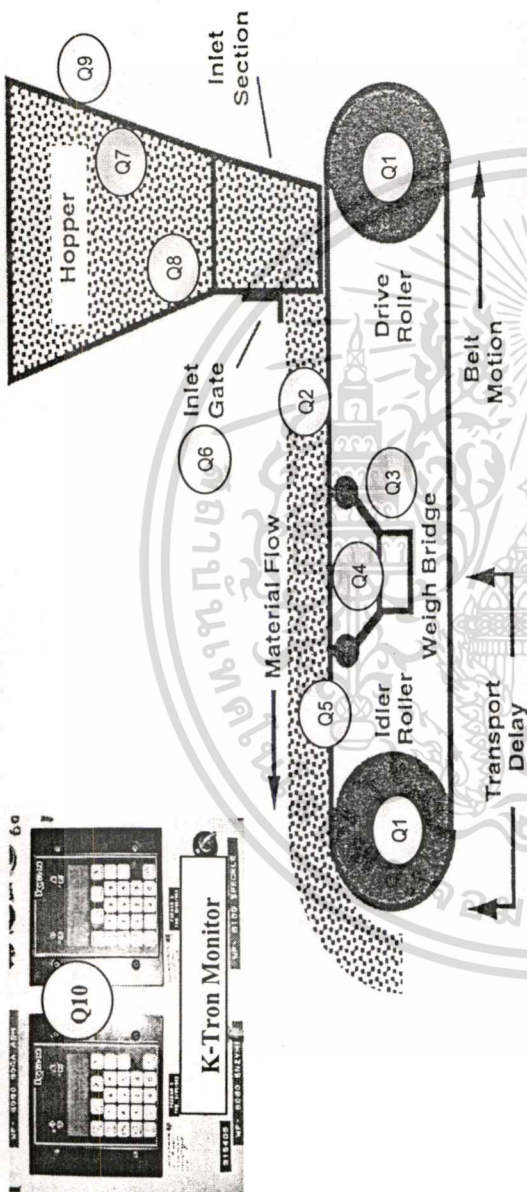
ลำดับ	สถานะรายการ	ลักษณะรายการ	Tag No.	Floor	เครื่องจักร	ปัญหาที่ส่งผลกระทบ	แนวทางป้องกัน	ผู้ปฏิบัติ	ระยะเวลา
1	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	Base weight feeder อานคัดถาดเคลื่อน ทำให้ AD แกร่ง	Calibrate ให้ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน	Instrument	6 เดือน
2	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	ผงพื้นฐานหดรอกที่ Roller มาก Belt load เพิ่ม ทำให้ฐานพื้นฐานน้อยลง เกิด AD ต่ำ	ทำความสะอาด Roller และ Feeder ให้สะอาด	Operator	1 สัปดาห์
3	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	การตั้งสูงกับสายพาน Belt load เพิ่ม ทำให้ผงพื้นฐานน้อยลง เกิด AD ต่ำ	ปรับการตั้งให้สูงถึง 2 มิลลิเมตร	Post dosing opr.	ทุกๆ
4	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	Belt load ขณะที่ไม่ได้ตั้งพื้นฐานสายพานที่หนักขึ้น ทำให้พื้นฐานน้อยลง เกิด AD ต่ำ	ตรวจสอบ Belt load ซึ่งไม่เกิน 1 กิโลกรัม/เมตร	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
5	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	Load cell, ที่ปิดลง, ห่อลมติด, Oil damper มีทั้งพื้นฐานและ ทำให้ AD แกร่ง	ทำความสะอาด	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
6	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	ถูกตั้งอานน้ำหนักกระดืบ ทำให้ฐาน Mass flow rate เกิด AD แกร่ง	ปรับระดับลูกกลิ้งอานน้ำหนักให้เหมาะสม	Instrument	6 เดือน
7	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	Weight feeder สายพาน ที่ให้ความหนาแน่นสายพานที่ไม่ตรงกัน ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบความถี่สายพาน 2 ครั้งต่อทั้งวัน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
8	Base powder dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	เกา (Gate) ที่ลอคสายพาน (Bracke) ยึดไม่แน่นทำให้เดินพื้นฐานผิด AD แกร่ง	ตรวจสอบเกาและที่ลอคสายพาน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
9	Base powder dosing	การไหลของวัสดุจากชอปปเปอร์	H 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	การกำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดในชอปปเปอร์ไม่เหมาะสม	ตรวจสอบค่าสูงสุดและต่ำสุดในชอปปเปอร์ให้สอดคล้องการเดิน	Operator	ทุกครั้งที่เกิดปัญหา
10	Base powder dosing	การไหลของวัสดุจากชอปปเปอร์	H 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	เดินสูงเกินไปส่งผลต่อปริมาณสายพานของถาดที่ต่ำกว่าของเครื่องสายพาน ทำให้ AD ต่ำ	ทำความสะอาดทางออกชอปปเปอร์	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
11	Base powder dosing	การไหลของวัสดุจากชอปปเปอร์	H 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	มีทั้งพื้นฐานและขนาดของชอปปเปอร์มีค่า Low level switch มีทั้งพื้นฐานและทำให้ AD ต่ำ	ทำความสะอาดด้านในของชอปปเปอร์	Post dosing opr.	2 เดือน
12	Base powder dosing	การไหลของวัสดุจากชอปปเปอร์	H 523, 6000	#4	Base powder feeder 1 & 2	ระบบ Air knocker ไม่ทำงานทำให้เดินพื้นฐานไม่ต่อเนื่อง เกิด AD ต่ำ	ตรวจสอบระบบการทำงานของ Air knocker	Post dosing opr.	ทุกๆ
13	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	Weight feeder คลาดเคลื่อน ทำให้ AD แกร่ง	Calibrate ให้ได้ถูกต้องตามมาตรฐาน	Instrument fitter	6 เดือน
14	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	ใส่ดามเปอร์ที่ Roller มาก Belt load เพิ่ม ทำให้จ่ายชอปปเปอร์น้อย เกิด AD สูง	ทำความสะอาด Roller และ Feeder ให้สะอาด	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
15	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	การตั้งสูงกับสายพาน Belt load เพิ่ม ทำให้จ่ายชอปปเปอร์น้อย เกิด AD สูง	เช็คระยะห่างการตั้งสายพาน ทั้ง 2 มิลลิเมตร	Post dosing opr.	ทุกๆ
16	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	Belt load ขณะที่ไม่ได้ตั้งความหนาแน่นสายพาน ทำให้จ่ายชอปปเปอร์น้อย เกิด AD สูง	ตรวจสอบ Belt load ซึ่งไม่เกินกว่า 0.1 กิโลกรัม/เมตร	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
17	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	Load cell, ที่ปิดลง, ห่อลมติด, Oil damper มีทั้งพื้นฐานและ ทำให้ AD แกร่ง	ทำความสะอาด	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
18	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	ลูกกลิ้งอานน้ำหนักกระดืบ ทำให้ฐาน Mass flow rate เกิด AD แกร่ง	ปรับระดับลูกกลิ้งอานน้ำหนักให้เหมาะสม	Instrument	6 เดือน
19	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	Weight feeder สายพาน ที่ให้ความหนาแน่นสายพานที่ไม่ตรงกัน ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบความถี่สายพาน 2 ครั้งต่อทั้งวัน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
20	Soda ash dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	เกา, ที่ลอคสายพาน (Bracke) ยึดไม่แน่นทำให้เดินพื้นฐานผิด AD แกร่ง	ตรวจสอบเกาและที่ลอคสายพาน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
21	Soda ash dosing	การไหลของวัสดุจากชอปปเปอร์	H 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	มีก้อนแข็งที่ขาทางออก เครื่องชอปปเปอร์ต่อเนื่อง เกิด AD สูง	ทำความสะอาดและที่ลอคสายพาน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
22	Soda ash dosing	การไหลของวัสดุจากชอปปเปอร์	H 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	มีใส่ดามเปอร์ขนาดสูงและ Level switch ทำให้ไม่ทำงานชอปปเปอร์ข้างเกิด AD สูง	ทำความสะอาดตามค่าและตัว Level switch	Post dosing opr.	2 เดือน

ตารางที่ ๑.2 QM-Matrix แสดงปัญหาคุณภาพจากชุดเครื่องมือทั้งหมดที่สังเกตพบต่อ % AD ของผงซักฟอกไม่ได้มาตรฐาน (ต่อ)

ลำดับ	สถานะกระบวนการ	ลักษณะกระบวนการ	Tag No.	Floor	เครื่องจักร	ปัญหาที่สังเกตพบ	แนวทางป้องกัน	ผู้ปฏิบัติ	ระยะเวลา
23	Soda ash dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	H 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	ระบบ Air knocker ไม่ทำงานทำให้เพิ่มโซดาแอสชในต่อเนื่อง เกิด AD สูง	ตรวจสอบการการทำงานของ Air knocker	Post dosing opr.	ทุกกะ
24	Soda ash dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	H 539, 6080	#4	Soda ash feeder 1 & 2	การกำหนดจุดสูงสุดและต่ำสุดในฮอปเปอร์ไม่เหมาะสม	กำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดในฮอปเปอร์ให้สอดคล้องต่อการผลิต	Operator	ทุกครั้งที่เกิดปัญหา
25	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	Weight feeder ผิดพลาดเล็กน้อย ทำให้ AD แกร่ง	Calibrate ให้ถูกต้องตามมาตรฐาน	Instrument fiter	6 เดือน
26	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	ซิลเฟตออกกะละมีที่ Roller มาก Belt load เพิ่ม ทำให้จ่ายซิลเฟตน้อย เกิด AD สูง	ทำความสะอาด Roller และ Feeder ให้สะอาด	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
27	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	การที่ถังตกกับสายพาน Belt Load เพิ่ม ทำให้จ่ายซิลเฟตน้อย เกิด AD สูง	เช็คระยะห่างการตั้งสายพาน ห่าง 2 มิลลิเมตร	Post dosing opr.	ทุกกะ
28	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	Belt load ขณะที่ไม่มีซิลเฟตบนสายพานมีน้ำหนักที่ขึ้น ทำให้จ่ายซิลเฟตน้อย เกิด AD สูง	ตรวจสอบ Belt load ต้องไม่เกินกว่า 0.1 กิโลกรัม/เมตร	Post Dosing opr.	1 สัปดาห์
29	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	Load call, ที่ปัดลม, ขอลมดูด, Oil damper มีซิลเฟตสะสม ทำให้ AD แกร่ง	ทำความสะอาด	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
30	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	ถูกสั่งจ่ายน้ำหนักกะละมี ทำให้ย้อน Mass flow rate เกิด AD แกร่ง	ปรับระดับถูกสั่งจ่ายน้ำหนักให้เหมาะสม	Instrument	6 เดือน
31	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	Weight feeder สมบูรณ์ทำให้กรมรสสายพานวิ่งผิดปกติได้มาตรฐาน (ไม่ทำกัน 2 ราง เกิด AD แกร่ง	ตรวจสอบความแข็งแรงสายพาน 2 รางต้องเท่ากัน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
32	Sulphate dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	เกา, ที่ถือสายพาน (Bracket) ล็อคไม่แน่นทำให้ซิลเฟตล้นเกิด AD แกร่ง	ตรวจสอบเกาและที่ถือสายพาน	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
33	Sulphate dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	มีก้อนแข็งติดขวางทางออก เครื่องซีลเพดไม่ต่อเนื่อง จ่ายน้อย เกิด AD สูง	ทำความสะอาดทางออกฮอปเปอร์	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
34	Sulphate dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	มีซิลเฟตสะสมตามผนังและ Level switch ทำให้ไม่ทำงานซิลเฟตขาดช่วง AD สูง	ทำความสะอาดผนังและ Level switch	Post dosing opr.	2 เดือน
35	Sulphate dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	WF 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	การกำหนดจุดสูงสุดและต่ำสุดของ Level switch ในฮอปเปอร์ไม่เหมาะสม	กำหนดค่าสูงสุดและต่ำสุดในฮอปเปอร์ให้สอดคล้องต่อการผลิต	Operator	ทุกครั้งที่เกิดปัญหา
36	Sulphate dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	H 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	มีก้อนแข็งติดขวางทางออก เครื่องซีลเพดไม่ต่อเนื่อง จ่ายซิลเฟตน้อยเกิด AD สูง	ทำความสะอาดทางออกฮอปเปอร์	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
37	Sulphate dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	H 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	มีซิลเฟตสะสมตามผนังและตัว Level switch ทำให้ไม่ทำงานซิลเฟตขาดช่วงเกิด AD สูง	ทำความสะอาดผนังและตัว Level switch	Post dosing opr.	2 เดือน
38	Sulphate dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	H 578, 6020	#4	Sulphate feeder 1 & 2	ระบบ Air knocker ไม่ทำงาน ทำให้เติมซิลเฟดไม่ต่อเนื่อง เกิด AD สูง	ตรวจสอบการการทำงานของ Air knocker	Post dosing opr.	ทุกกะ
39	Zeolite dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 540, 6040	#4	Zeolite feeder 1 & 2	Weight feeder ผิดพลาดเล็กน้อย ทำให้ AD แกร่ง	Calibrate ให้ถูกต้องตามมาตรฐาน	Instrument fiter	6 เดือน
40	Zeolite dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 540, 6040	#4	Zeolite feeder 1 & 2	ซิลโอที่พอกกะละมีที่ Roller มาก Belt load เพิ่ม ทำให้จ่ายซิลโอได้น้อยเกิด AD สูง	ทำความสะอาด Roller และ Feeder ให้สะอาด	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
41	Zeolite dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 540, 6040	#4	Zeolite feeder 1 & 2	การตั้งถังตกกับสายพาน Belt load เพิ่ม ทำให้จ่ายซิลโอได้น้อยเกิด AD สูง	เช็คระยะห่างการตั้งสายพาน ห่าง 2 มิลลิเมตร	Post dosing opr.	ทุกกะ
42	Zeolite dosing	ความถูกต้องในการเติม	WF 540, 6040	#4	Zeolite feeder 1 & 2	Belt load ขณะที่ไม่มีซิลโอใส่บนสายพานมีน้ำหนักที่ขึ้น ทำให้จ่ายซิลโอได้น้อยเกิด AD สูง	ตรวจสอบ Belt load ต้องไม่เกินกว่า 0.1 กิโลกรัม/เมตร	Post dosing opr.	1 สัปดาห์
43	Zeolite dosing	การใส่ผงซักฟอกจากฮอปเปอร์	WF 540, 6040	#4	Zeolite feeder 1 & 2	ระบบ Air knocker ไม่ทำงานทำให้เติมซิลโอไม่ต่อเนื่อง เกิด AD สูง	ตรวจสอบการการทำงานของ Air knocker	Post dosing opr.	ทุกกะ

ญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q-Card : จุดตรวจสอบป้องกันปัญหาคุณภาพกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อ %AD ของผงซังค์ฟอก



จุดตรวจสอบ	หัวข้อตรวจสอบ	มาตรฐาน	ความถี่	ตรวจสอบโดย
Base Feeder 2				
Q1	WF 6000	ผงพื้นฐานต้องไม่พอกสะสมที่ Roller มาก	1 สัปดาห์	Operator
Q2	WF 6000	การตั้งต้องไม่กดทับสายพาน	ทุกกะ	Post Dosing Opr.
Q3	WF 6000	Load cell, ที่ปัดผง, ทอลมดูด, Oil damper ต้องไม่มีพื้นฐานสะสม และชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัดดูต้องไม่สกปรก	1 สัปดาห์	Post Dosing Opr.
Q4	WF 6000	ลูกกลิ้งอ่านน้ำหนักต้องไม่ตกรดับ	6 เดือน	Instrument
Q5	WF 6000	สายพานไม่ตึงจนเกินไป และต้องไม่เบียดข้าง	1 สัปดาห์	Post Dosing Opr.
Q6	WF 6000	เกา (Gate), ที่ลีดสายพาน (Bracket) ต้องลีดคให้แน่น	1 สัปดาห์	Post Dosing Opr.
Q7	WF 6000	เติมผงพื้นฐานสม่ำเสมอและต้องไม่มีก้อนผงสะสมขวางทางออก	1 สัปดาห์	Post Dosing Opr.
Q8	WF 6000	ไม่มีผงพื้นฐานหรือฝุ่นสะสมตามผนังฮอปเปอร์มาก (ใกล้ Low level)	2 เดือน	Post Dosing Opr.
Q9	WF 6000	ระบบ Air knocker ทำงานปกติ	ทุกกะ	Post Dosing Opr.
Q10	Belt load WF	ตรวจสอบ Belt load ขณะที่ไม่เริ่มพื้นฐานสายพานต้องไม่เกิน 1 กิโลกรัม/เมตร	1 สัปดาห์	Post Dosing Opr.



ฉ.4 QM-Matrix และ Q-Card ที่แสดงปัญหาคุณภาพจากฟลูอิดเซอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงชั๊กฟ็อกไม่ได้มาตรฐาน

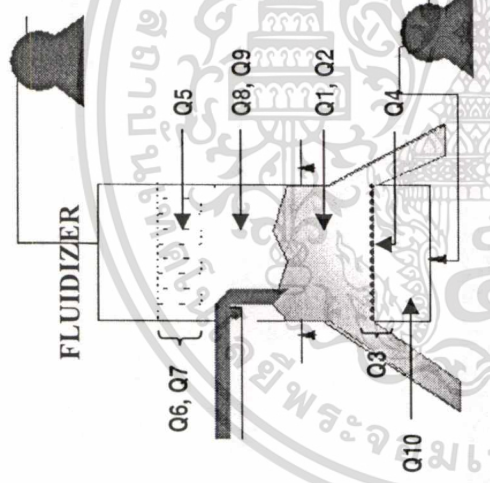
ตารางที่ ฉ.5 และ ฉ.6 แสดง QM-Matrix และ Q-Card สำหรับปัญหาคุณภาพจากฟลูอิดเซอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงชั๊กฟ็อกไม่ได้มาตรฐาน ตามลำดับ

ตารางที่ ฉ.5 QM-Matrix แสดงปัญหาคุณภาพจากฟลูอิดเซอร์ที่ส่งผลกระทบต่อ % AD ของผงชั๊กฟ็อกไม่ได้มาตรฐาน

ลำดับ	สถานะกระบวนการ	ลักษณะกระบวนการ	Tag No.	Floor	เครื่องจักร	ปัญหาที่ส่งผลกระทบ	แนวทางป้องกัน	ผู้ปฏิบัติ	ระยะเวลา
1	Fluidization	การทำงานเครื่องจักรปกติ	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	เครื่องจักร (Inlet/outlet fan, lead cell, pulse jet, filter) ทั้งหมดปกติ ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องจักร/Calibrate lead cell	PD Opr./Instrument	1 สัปดาห์
2	Fluidization	Residence time (RT)	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	การปรับผงให้ Peaking ถัดมาทั้งใน Fluidizer ถัดมา Low level (1200 kg) AD แกร่ง	พบสัญญาณ Low level ให้นำบุคลากรเข้ามาตรวจสอบ	Packing Opr.	ทุกครั้งที่เกิดปัญหา
3	Fluidization	Residence time (RT)	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ความสูงของผงใน Fluidizer ไม่อยู่ระหว่าง 0.8 - 1.2 ม. ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบความสูงของฟลูอิดเซอร์	Operator	ทุกครั้งที่เกิดปัญหา
4	Fluidization	Residence time (RT)	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	RT ไม่อยู่ระหว่าง 1.5-10 นาที ทำให้ส่งชั๊กฟ็อกแตกแห้งเกินไป หรือระเหยเกิด AD แกร่ง	ถ้าเกิน 10 นาทีต้องหยุดลมเข้า	Operator	ทุกครั้งที่เกิดปัญหา
5	Fluidization	การระดมตัวจากผงชั๊กฟ็อกภายใน	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	บนและใต้แผ่นฟลัดจึงส่งชั๊กฟ็อกติดและลม ทำให้เกิด AD แกร่ง	เข้าปรึกษากับช่าง Fluidizer opk (สง.หิน, ข้อตกลงของช่าง, ทางลมเข้า)	ผู้ช่วย Operator	1 สัปดาห์, เมื่อบริษัท
6	Fluidization	ลมเป่าเข้า	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	รูของแผ่นฟลัดอุดตัน ทำให้ลมเข้าน้อย ผงสะสมใต้แผ่น AD แกร่ง	ทำความสะอาดแผ่นฟลัด	Post Dosing Opr.	2 สัปดาห์
7	Fluidization	ระบบการทำงานของ Pulse jet	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ความถี่ในการแกว่งของไม่ถี่ 20 วินาที ทำให้ฝุ่นกองสะสม AD แกร่ง	ตรวจสอบความถี่ในการแกว่งของลม ในแต่ละชั่วโมง	Operator	2 สัปดาห์
8	Fluidization	ระบบการทำงานของถุงกรอง	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ความดันลม (Diff. pressure) ในถุงกรองไม่อยู่ใน 25-150 mm H ₂ O ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบความถี่ในถุงกรอง	Post Dosing Opr.	ทุกครั้ง
9	Fluidization	ระบบการทำงานของถุงกรอง	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ถุงกรองขึ้นและขาดเป็นรู ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบความถี่ในถุงกรอง	Post Dosing Opr.	2 สัปดาห์
10	Fluidization	ระดับสัญญาณคานาฟลูอิดเซอร์	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ระดับ Vacuum ใน Fluidizer ไม่อยู่ระหว่าง -5 ถึง -10 mm.H ₂ O ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบระดับ Vacuum อยู่ในช่วง -5 ถึง -10 mm.H ₂ O	Post Dosing Opr.	ทุกครั้ง
11	Fluidization	ความเร็วลมที่ใช้ลม	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ความเร็วลมไม่อยู่ในช่วง 0.32-0.60 เมตร/วินาที ทำให้ลมเกินไม่เกิด AD แกร่ง	ตรวจสอบความเร็วลมต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน	Instrument	1 สัปดาห์
12	Fluidization	การรับตัวของชั๊กฟ็อก	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	การพ่นฟ็อกไม่เต็มเป็นผลของท่อและแปรรูปที่ติดตั้งของชั๊กฟ็อกไม่ตามมาตรฐานทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบการปรับรับฟ็อก	Post Dosing Opr.	2 สัปดาห์
13	Fluidization	ปริมาณการจับผงชั๊กฟ็อกในเตตระทางออกของฟลูอิดเซอร์	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ผงชั๊กฟ็อกที่จับออกในแต่ละช่องทางออกไม่สมดุลกัน ออกช่องทางออกใดช่องทางออกหนึ่งมากเกินไป ทำให้ AD แกร่ง	วางแผนการผลิตส่งชั๊กฟ็อกพร้อมกับการปรับแรงชั๊กฟ็อก	Packing Opr.	1 สัปดาห์
14	Fluidization	ความดันใต้แผ่นฟลัด	VS 546, 6200	#4	Fluidizer	ความดันใต้แผ่นฟลัด > 60 mm.bar ทำให้ AD แกร่ง	ตรวจสอบความดันใต้แผ่นฟลัดต้อง < 60 mm.bar	Post Dosing Opr.	ทุกครั้ง



Q-Card : จุดตรวจสอบป้องกันปัญหาคุณภาพจากกระบวนการที่ส่งผลกระทบต่อ %AD ของผงชัฟฟอก



จุดตรวจสอบ	หัวข้อตรวจสอบ	มาตรฐาน	ความถี่	ตรวจสอบโดย
Fluidization I				
Q1	VS-6203	น้ำหนักผงชัฟฟอกที่จ่ายให้ Packing ในฟลูอิดไดเซอรัต้องไม่ต่ำกว่า Low level (1200 kg)	ตลอดเวลา	Paking Opr.
Q2	VS-6203	ความสูงของผงชัฟฟอกในฟลูอิดไดเซอรัต้องอยู่ระหว่าง 0.8-1.2 ม.	ตลอดเวลา	Operator
Q3	VS-6203	บนและใต้แผ่นแพลตต้องไม่มีผงชัฟฟอกอุดตัน	1 สัปดาห์ / เปลี่ยน Brand	ผู้ช่วย Operator
Q4	VS-6203	รูของแผ่นแพลตต้องไม่อุดตัน ลมต้องเข้ามาเสมอ	2 สัปดาห์	Post Dosing Opr.
Q5	VS-6203	ความถี่ในการเกาะถูกรองต้องได้ 20 วินาที/ครั้ง	2 สัปดาห์	Operator
Q6	VS-6203	ความดัน (Diff. pressure) ในถุงกรองต้องอยู่ในระหว่าง 25-150 mm.H ₂ O	ทุกกะ	Post Dosing Opr.
Q7	VS-6203	ถุงกรองต้องไม่ตันหรือขาดเป็นรู	2 สัปดาห์	Post Dosing Opr.
Q8	VS-6203	ระดับสูญญากาศในฟลูอิดไดเซอรัต้องอยู่ระหว่าง -5 ถึง -10 mm.H ₂ O	ทุกกะ	Post Dosing Opr.
Q9	VS-6203	ความเร็วลม ต้องอยู่ในช่วง 0.32-0.50 เมตร/วินาที	1 สัปดาห์	Instrument
Q10	VS-6203	ความดันใต้แผ่นแพลตน้อยกว่า 50 mm.bar	ทุกกะ	Post Dosing Opr.





ภาคผนวก ข.
มาตรฐานขั้นตอนการวิเคราะห์ % AD ของผงซักฟอก [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 หลักการ

สารละลายของตัวอย่างถูกนำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานแคตไอออนิกแอกทีฟ (Hyamine 1622) ในระบบที่มี 2 เฟส คือ น้ำและคลอโรฟอร์ม โดยใช้สารละลายผสมระหว่าง Cationic dye (Dimidium bromide) กับ Anionic dye (Disulphine blue V) เป็นอินดิเคเตอร์ โดย Anionic surfactant ที่มีอยู่ในสารละลายตัวอย่างจะเกิดเกลือเมื่อทำปฏิกิริยากับ Cationic dye ซึ่งเกลือที่ได้จะละลายในชั้นคลอโรฟอร์มกลายเป็นสีชมพู เมื่อไทเทรตสารละลายตัวอย่างด้วย Hyamine 1622 Hyamine cation จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับ Dimidium cation (Disulphine blue V) ในเกลือที่ละลายได้ในคลอโรฟอร์ม และถึงจุดยุติเมื่อสารละลายในชั้นคลอโรฟอร์มเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นสีเทาฟ้า โดยจุดยุติที่ได้ต้องเป็นจุดที่ปริมาตร Titrant ที่เติมลงไป ทำให้สีชมพูในชั้นของคลอโรฟอร์มหายไปเปลี่ยนเป็นสีเทาฟ้า แต่ถ้าเติม Titrant มากเกินไปสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าเข้มหรือสีน้ำเงินหรือสีเขียว ซึ่งแสดงว่าเลยจุดยุติไปแล้ว

หมายเหตุ: ถ้าตัวอย่างที่นำมาทดสอบมี Anionic detergent หลายชนิดผสมกันอยู่ วิธีนี้จะเป็นการหาปริมาณ Anionic detergent ทั้งหมดรวมกัน ถ้า Anionic detergent ที่มีอยู่เป็น Hydrolysable และ Non-hydrolysable anionic detergent ควรใช้วิธีทดสอบตาม UMA B. b. 21.2 [1]

ข.2 สารเคมี

1. Hyamine 1622: 0.004 M ละลาย Hyamine 1622 1.80 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

หมายเหตุ: Hyamine 1622 เป็นชื่อการค้าของ Benzenethonium chloride ซึ่งผลิตโดย Rohm and Hass Co. จัดจำหน่ายโดย Hopkin and Williams, Freshwater Read, Chadwell Heath, Essex และ UK

2. Mixed indicator stock solution: ละลาย Dimidium bromide 0.5 กรัม และ Disulphine blue V 0.25 กรัม ในสารละลายเอทานอลร่อน 10 % โดยปริมาตร 20 – 30 มิลลิลิตร แล้วเทสารละลายที่ได้ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยสารละลายเอทานอลร่อน 10 % โดยปริมาตร

หมายเหตุ: Dimidium bromide และ Disulphine blue V (ส่วนใหญ่เรียกว่า Erioglancine หรือ Alphazurine G) จัดจำหน่ายโดย BDH Chemical Ltd. Poole, Dorset และ UK โดย Disulphine blue V จะให้จุดยุติที่ปรากฏชัดเจนกว่า Disulphine blue VN ซึ่งใช้ใน CIA

3. Acid indicator solution: ผสม Mixed indicator stock solution 20 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร แล้วเทสารละลายที่ได้ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นเติม 5 N H_2SO_4 20 มิลลิลิตร

4. $CHCl_3$: Technical grade หรือ Analytical grade

เอกสารนี้เป็น หมายเหตุ: หลักแจ้งการเปิดให้สารระเหยออกสู่อากาศโดยไม่จำเป็นต้องใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Phenolphthalein: 0.5 % ในสารละลายเอทานอล 96 % โดยปริมาตร

ข.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. อุปกรณ์มาตรฐานของห้องทดลอง
2. ขวดแก้วที่ใช้ในการไทเทรตหา % AD

ข.4 วิธีการ

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างให้ใกล้เคียง 0.01 M ประมาณ 5 กรัม (W) บันทึกน้ำหนักที่ได้ นำตัวอย่างที่ได้มาละลายด้วยน้ำกลั่นร้อนจนกระทั่งละลาย

หมายเหตุ: การละลายด้วยน้ำร้อนจะทำให้ตัวอย่างละลายได้ดีขึ้น

2. เทสารละลายใส่ในขวดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

หมายเหตุ: สารละลายที่ได้ต้องเป็นกลางหรือเป็นเบส ทดสอบได้โดยหยด Phenolphthalein 1 – 2 หยด จะได้สารละลายสีชมพู ถ้าจำเป็นต้องทำให้เป็นกลาง ทำได้โดยการเติม 0.1 N โซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไปเล็กน้อย

3. ปิเปตสารละลายที่ได้มา 5 มิลลิลิตร (V) ใส่ในขวดที่จะทำการไทเทรต อาจเจือจางด้วยน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร เพื่อให้สามารถสังเกตสีของสารละลายได้ง่ายขึ้น

หมายเหตุ: ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้ในการไทเทรตขึ้นอยู่กับการกะปริมาณของสารแอนไอออนิกแอกทีฟที่มีอยู่ในตัวอย่าง โดยปริมาตรที่ปิเปตมา ควรมีปริมาณสารแอนไอออนิกแอกทีฟ 0.02 – 0.06 มิลลิอิควิวาเลนต์ เพื่อให้แน่ใจว่าปริมาตรของ Titrant ที่ใช้ในการไทเทรตจะอยู่ในช่วง 5 – 15 มิลลิลิตร

4. เติมสารละลาย Acid indicator และกลอโรฟอร์มอย่างละ 10 มิลลิลิตร

5. เขย่าขวดโดยปิดด้วยจุกยางและไทเทรตด้วยสารละลาย Hyamine 1622 โดยไทเทรตทีละ 0.5 – 1.0 มิลลิลิตร เขย่าแต่ละครั้งหลังการเติมสารละลาย Hyamine 1622 เมื่อใกล้ถึงจุดยุติให้เติมลงไปครั้งละ 1 หยด จนกระทั่งสารละลายในชั้นคลอโรฟอร์มเปลี่ยนสีจากสีชมพูเป็นสีเทาฟ้า

หมายเหตุ: ควรเปิดฝาจุกขวดไทเทรตเป็นครั้งคราว เพื่อระบายแรงดันภายในขวด

6. บันทึกปริมาตรของ Hyamine 1622 ที่ใช้ในการไทเทรต (CC)

ข.5 การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{Total Active Detergent (\% AD)} &= \frac{\text{CC} \times \text{M} \times \text{MMW} \times 500 \times 100}{1000 \times \text{W} \times \text{V}} \\ &= \frac{\text{CC} \times \text{M} \times \text{MMW} \times 50}{\text{W} \times 5} \end{aligned}$$

เมื่อ W คือ น้ำหนักของตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็น M สารที่ คือ Molarity of Hyamine 1622 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ: สารละลาย Hyamine 1622 ที่เตรียมได้ต้องทำการเทียบมาตรฐาน โดยใช้ Sodium lauryl sulphate ตามวิธีการเทียบมาตรฐานของ Standard reagents

MMW คือ น้ำหนักโมเลกุลของ Anionic active detergent

V คือ ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้ (5 มิลลิลิตร)

CC คือ ปริมาตรของ Hyamine 1622 ที่ใช้ในการไทเทรต

หมายเหตุ: การคำนวณเฉพาะ Breeze power ให้คิดดังนี้

$$\text{Corrected AD} = \frac{\% \text{ AD} + (\% \text{ Cationic} \times \text{MMW of Anionic})}{\text{MMW of Cationic}}$$

$$= \frac{\% \text{ AD} + (\% \text{ Cationic} \times 344)}{307}$$

กรณี SLES 70 %

$$\begin{aligned} \text{Target \% AD} &= 70 \% \\ &= \frac{5 \text{ (cc)} \times 384 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 70} = 1.0971 \\ &= \frac{10 \text{ (cc)} \times 384 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 70} = 2.1942 \\ &= \frac{15 \text{ (cc)} \times 384 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 70} = 3.2914 \end{aligned}$$

ดังนั้นน้ำหนักที่ควรชั่งของ SLES อยู่ในช่วง 1.0971 - 3.2914

กรณี SACTOL

$$\begin{aligned} \text{Target \% AD} &= 32 \% \\ &= \frac{5 \text{ (cc)} \times 292.35 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 32} = 1.8272 \\ &= \frac{10 \text{ (cc)} \times 292.35 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 32} = 3.6544 \\ &= \frac{15 \text{ (cc)} \times 292.35 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 32} = 5.4816 \end{aligned}$$

ดังนั้นน้ำหนักที่ควรชั่งของ SACTOL อยู่ในช่วง 1.8272 - 5.4816

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณี AD Paste

Target % AD = 50 %

$$= \frac{5 \text{ (cc)} \times 344 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 50} = 1.3760$$

$$= \frac{10 \text{ (cc)} \times 344 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 50} = 2.7522$$

$$= \frac{15 \text{ (cc)} \times 344 \times 0.004 \times 500 \times 100}{1,000 \times 5 \times 50} = 4.1280$$

ดังนั้นน้ำหนักที่ควรชั่งของ AD Paste อยู่ในช่วง 1.3760 - 4.1280



ประวัติผู้เขียน

นางสาวรติบุรณ ชินสุทธิ เกิดเมื่อวันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเมื่อปี พ.ศ. 2543 มีประสบการณ์การฝึกงานกับกองตรวจสอบพลังงาน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยระหว่างเดือนมกราคม – ตุลาคม พ.ศ. 2542 ทำปริญญานิพนธ์ในระดับปริญญาตรีเรื่อง กรณีศึกษาการตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม ขณะที่ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ทำวิทยานิพนธ์ที่ บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เมื่อจบการศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 2 เรื่อง ได้แก่ การอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุม (Energy Conservation in the Designed Buildings and Factories) และ การตรวจสอบพลังงานที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนเขาแหลม (Energy Auditing at Khao Leam Hydro Power Plant) ในวารสาร RSU JET วิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต Volume 5 Number 1 2001

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ระหว่างศึกษาต่อระดับปริญญาโท ได้แก่ การลดปริมาณผงซักฟอกที่ไม่ได้มาตรฐานในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา (The Reduction of Rework in a Non-soap Detergent Process) ในวารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ฉบับที่ 1 ปีที่ 11 เดือนเมษายน พ.ศ. 2546

ปัจจุบันทำงานตำแหน่งวิศวกร โครงการที่บริษัท โตโย-ไทย คอร์ปอเรชั่น จำกัด