

การพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอัดโพลีเอทิลีนเทนโฟม

นายภาณุวัฒน์ อนันตวิรุฬห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MANUFACTURING SPECIFICATION TOLERANCE DEVELOPMENT FOR
POLYURETHANE FOAM COMPRESSION MOLDING PRODUCT

Mr.Phanuwat Anantawirun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์
ขึ้นรูปอัดโพลีเอทิลีนโพรเพน

โดย

นายภาณุวัฒน์ อนันตวิรุฬห์

สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร)

ภาณุวัฒน์ อนันตวิรุฬห์ : การพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอัด
โฟลียูรีเทนโฟม (MANUFACTURING SPECIFICATION TOLERANCE
DEVELOPMENT FOR FOAM COMPRESSION MOLDING PRODUCT) อ.ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์: ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, 108 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) พัฒนาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปของแม่พิมพ์สำหรับ
ผลิตภัณฑ์ผ้าหลังคา ซึ่งเป็นส่วนประกอบของการผลิตผ้าหลังคารถยนต์ของโรงงานตัวอย่าง (2)
เพื่อลดของเสียโฟมแตกในกระบวนการผลิตผ้าหลังคา

โดยได้ศึกษางานวิจัยนี้เริ่มจาก (1) ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับกระบวนการอัดขึ้นรูป
ผ้าหลังคา (2) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาขึ้นงานผ้าหลังคากับของเสียโฟมแตก (3)
ศึกษาความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับของเสียโฟมแตก (4) คำนวณหาระยะห่างการอัดขึ้น
รูปที่สัมพันธ์กับความผันแปรของความหนาขึ้นงานที่ได้ โดยใช้หลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิควิธี
Root Sum of Square และ Dynamic Root Sum of Square (5) เปรียบเทียบของเสียโฟมแตก
ก่อนและหลังการปรับระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงาน

จากการศึกษาพบว่า (1) ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปสำหรับขึ้นงานผ้าหลังคาภายหลัง
การศึกษาเท่ากับ 3.545 ± 0.231 มิลลิเมตร ขณะที่ระยะห่างเดิมมีค่าเท่ากับ 3.500 ± 0.300
มิลลิเมตร (2) กระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาก่อนการศึกษามีค่า C_p, C_{pk} เดิมเท่ากับ (0.86,
0.41) เพิ่มขึ้นเป็นค่า C_p, C_{pk} ใหม่เท่ากับ (1.18, 1.07) และ (3) ปริมาณของเสียโฟมแตกลดลง
จาก 3.54% เป็น 0.96% หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 72.88 หลังจากการปรับปรุง

ภาควิชา ...วิศวกรรมอุตสาหการ..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ... ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....
ปีการศึกษา2551.....

#4971507521: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS: HEADLINING / TOP CEILING / COMPRESSION FOAM / TOLERANCE
STUDY/ SHIM THICKNESS/ STOPPER.

PHANUWAT ANANTAWIRUN: MANUFACTURING SPECIFICATION TOLERANCE
DEVELOPMENT FOR POLYURETHANE FOAM COMPRESSION MOLDING PRODUCT.
ADVISOR: ASST. PROF. DR. SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D, 108 pp.

This research aimed (1) to improve the tolerance of compression molding for headlining manufacturer which is component part of the vehicle, (2) to reduce the defect of foam headlining crack.

The study started (1) to study the parameter related to compression molding, (2) to study the relationship between foam headlining thickness and crack problem. (3) to study compressive distance related with foam headlining thickness and crack, (4) to determine the mold compression distant allowance using the root sum of squares (RSS) and dynamic root sum of squares (DRSS), (5) to implement production and compare to previous study.

The result of study found that (1) the distance allowance of mold compression was 3.545 ± 0.235 millimeter whereas the existing distance allowance was 3.500 ± 0.300 millimeter and difference is 0.045 ± 0.065 millimeter. (2) the process capabilities (C_p , C_{pk}) of the foam headlining compression molding were improved from (0.86, 0.41) to (1.18, 1.07) respectively., and (3) the quantity of foam crack defect was reduced from 3.54% to 0.96% or was reduced by 72.88% after improvement.

DepartmentIndustrial Engineering.....	Student's Signature.....
Field of Study.....Industrial Engineering.....	Advisor's Signature.....
Academic Year2008.....	

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ กาญจนา กาญจนสุนทร ที่กรุณาช่วยแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ มารดาและทุกคนในครอบครัวที่ช่วยเป็นกำลังใจและสนับสนุนความช่วยเหลือด้านการศึกษแก่ผู้วิจัยเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนสามารถศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณ บริษัท ชัมมิท โอโตซีท อินดัสตรี จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำการวิจัย ตลอดจนข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ พี่ๆ น้องๆ รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.6 ตารางแสดงขั้นตอนดำเนินงานวิจัย.....	4
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ขอบเขตค่าเผื่อที่เหมาะสม.....	5
2.2 หลักการวิเคราะห์ค่าเผื่อ.....	6
2.2.1 วิธีทางสถิติ (Statistical Method).....	6
2.2.2 วิธีการแบบ Worst Case Limits.....	8
2.3 ทฤษฎีประยุกต์ใช้ของทากูชิ.....	8
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
3 การศึกษาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา.....	12
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน.....	12
3.2 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานตัวอย่าง.....	12
3.3 โครงสร้างวัตถุดิบประกอบผ้าหลังคา.....	14
3.4 กระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์.....	15

3.4.1	กระบวนการผลิตผ้าหลังคาทั้ง 4 ขั้นตอน แสดงเป็นแผนภูมิการไหล	16
3.4.2	รายละเอียดแต่ละกระบวนการผลิตผ้าหลังคา	17
3.5	สภาพปัญหาที่พบสำหรับกรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง	22
3.5.1	สภาพปัญหาทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาผ้าหลังคา	22
3.6	ศึกษาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องโฟมแตก	27
3.6.1	สาเหตุจากความดันอัดเครื่องจักร	27
3.6.2	สาเหตุจากระยะการสีหรือของแม่พิมพ์บริเวณสต็อปเปอร์	28
3.6.3	สาเหตุจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน	28
3.7	ผลกระทบของปัญหากรณีศึกษา	31
4	วิธีการดำเนินงานวิจัยพัฒนาข้อกำหนดการผลิต	32
4.1	การจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดลอง	32
4.2	ศึกษาความดันอัดเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน	36
4.3	ศึกษาระยะการสีหรือแม่พิมพ์ที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน	37
4.4	ศึกษาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน	38
4.5	การหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา	40
4.5.1	การหาค่าเฉลี่ยความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา	41
4.5.2	การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับ ของเสียโฟมแตก	41
4.5.3	การหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมกับชิ้นงานผ้าหลังคา	43
4.6	ศึกษาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปด้วยเทคนิคต่างๆ	46
4.6.1	รูปแบบคำนวณด้วยวิธีแบบ Root sum of squares	46
4.6.2	รูปแบบคำนวณด้วยวิธีการ Dynamic Root Sum of Squares	47
4.7	การสรุปของเสียโฟมแตกก่อนปรับปรุงเปรียบเทียบกับหลังการปรับปรุง	47
5	สรุปผลการดำเนินงานวิจัย	50
5.1	ผลความสัมพันธ์ระหว่างความดันอัดเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน	50
5.2	ผลความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน	51
5.3	ผลความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน	53
5.3.1	ผลความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนปรับปรุง	53

5.3.2 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปหลังปรับปรุง.....	56
5.3.3 ผลการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงโคมแตกก่อนและหลังปรับปรุง.....	60
5.4 ผลการกำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา.....	61
5.4.1 ผลของความหนาชิ้นงานเฉลี่ยก่อนปรับปรุง.....	61
5.4.2 ผลการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับของเสียโคมแตก.....	63
5.4.3 ผลแสดงสัดส่วนของเสียโคมแตกก่อนปรับปรุง.....	63
5.5 ผลการหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานที่เหมาะสมกับงานจริง.....	66
5.5.1 ผลการคำนวณระยะห่างการอัดขึ้นรูป.....	69
5.6 ผลการคำนวณหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปโดยวิธีการแบบ RSS.....	71
5.6.1 ผลแสดงสัดส่วนของเสียโคมแตกหลังปรับปรุง.....	75
5.7 ผลการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าเผื่อแบบ DRSS.....	77
5.8 สรุปผลการเปรียบเทียบระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานก่อนและหลังการปรับปรุง.....	78
5.8.1 ผลการปรับปรุงความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการผลิตผ้าหลังคา.....	78
5.8.2 สรุปผลค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา.....	81
6 บทวิจารณ์และสรุปผลการวิจัย.....	82
6.1 บทวิจารณ์.....	81
6.2 สรุปผลโครงการวิจัย.....	84
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	84
6.4 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	85
รายการอ้างอิง.....	87
ภาคผนวก.....	89
ภาคผนวก ก ค่าผลการทดสอบความสัมพันธ์แต่ละปัจจัยกับความหนาชิ้นงาน.....	89
ภาคผนวก ข รูปแบบตารางแสดงการบันทึกผลของเสียโคมแตก.....	96
ภาคผนวก ค ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโคมแตกในแต่ละระยะห่างการอัดขึ้นรูป.....	100
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	108

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลแสดงจำนวนของเสียผ้าหลังค้ำสำหรับรถยนต์ตัวอย่างรุ่น A.....	23
ตารางที่ 3.2	ค่าเผื่อความหนาชิ้นงานทางลูกค้ำกำหนด.....	26
ตารางที่ 3.3	รายละเอียดของสาเหตุแห่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาโฟมแตก.....	30
ตารางที่ 4.1	รูปแบบการเก็บข้อมูลความดันเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	36
ตารางที่ 4.2	รูปแบบการเก็บข้อมูลระยะการสึกหรอที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	37
ตารางที่ 4.3	รูปแบบการเก็บข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	39
ตารางที่ 4.4	รูปแบบการเก็บข้อมูลระดับความรุนแรงโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	39
ตารางที่ 4.5	การเคลื่อนที่ของระยะห่างเฉลี่ย.....	43
ตารางที่ 4.6	รูปแบบการบันทึกข้อมูลของเสียโฟมแตก.....	44
ตารางที่ 4.7	รูปแบบการบันทึกความหนาชิ้นงานเฉลี่ยที่มีผลต่อโฟมแตกหลังปรับปรุง.....	45
ตารางที่ 4.8	รูปแบบค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนและหลังปรับปรุง.....	46
ตารางที่ 4.9	รูปแบบการบันทึกความสามารถของกระบวนการเปรียบเทียบก่อน และหลังปรับปรุง.....	49
ตารางที่ 5.1	ผลข้อมูลความดันเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	50
ตารางที่ 5.2	ผลข้อมูลระยะการสึกหรอแม่พิมพ์ที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	52
ตารางที่ 5.3	ผลข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง.....	53
ตารางที่ 5.4	ผลระดับความรุนแรงโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง.....	55
ตารางที่ 5.5	ผลข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง.....	57
ตารางที่ 5.6	ผลระดับโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง.....	59
ตารางที่ 5.7	ผลสัดส่วนของเสียโฟมแตกก่อนปรับปรุง.....	64
ตารางที่ 5.8	ระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังค้ำ.....	67
ตารางที่ 5.9	การบันทึกระยะห่างการอัดขึ้นรูปในระยะเวลาต่างๆ กับ ของเสียโฟมแตก.....	68
ตารางที่ 5.10	ผลข้อมูลความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง.....	73
ตารางที่ 5.11	ผลสัดส่วนของเสียโฟมแตกหลังปรับปรุง.....	75
ตารางที่ 5.12	ผลการเปรียบเทียบข้อมูลความสามารถกระบวนการก่อนและ หลังปรับปรุง.....	79
ตารางที่ 5.13	ผลสรุปค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนและหลังปรับปรุง.....	81

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิตกับค่าเผื่อ Groover, M. P. (2007).....	5
รูปที่ 3.1 ผลิตรกณฑ์ประเภทเบาเบาะนั่งและโครงสร้างของโรงงานตัวอย่าง.....	13
รูปที่ 3.2 ผลิตรกณฑ์ประเภทชิ้นงานที่ผ่านการตัดของโรงงานตัวอย่าง.....	13
รูปที่ 3.3 โครงสร้างวัตถุดิบผ้าหลังคาแต่ละชั้น.....	14
รูปที่ 3.4 กระบวนการผลิตผ้าหลังคาทั้ง 4 ชั้นตอน แสดงเป็นแผนภูมิการไหล.....	16
รูปที่ 3.5 การป้อนโฟมผ่านเครื่องจักร.....	17
รูปที่ 3.6 การรีดกาวลงบนแผ่นโพลีเอทิลีนโฟม.....	18
รูปที่ 3.7 การจัดวางแผ่นกระดาษย่นกับแผ่นไฟเบอร์กลาส.....	18
รูปที่ 3.8 การฉีดพ่นละอองน้ำบนแผ่นโพลีเอทิลีนโฟม.....	18
รูปที่ 3.9 การโปรยเส้นใยไฟเบอร์ลงบนแผ่นโพลีเอทิลีนโฟม.....	19
รูปที่ 3.10 การประกบ Covering Nonwoven ลงบนแผ่นโพลีเอทิลีนโฟม.....	19
รูปที่ 3.11 การอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา.....	20
รูปที่ 3.12 ชิ้นงานผ้าหลังคาที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป.....	20
รูปที่ 3.13ก การวางชิ้นงานบน Checking Fixture.....	21
รูปที่ 3.13ข การตัดของเครื่องจักร.....	21
รูปที่ 3.14 ชิ้นงานผ้าหลังคาที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป.....	21
รูปที่ 3.15 แผนภาพพาเรโตสำหรับจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง.....	24
รูปที่ 3.16 ตำแหน่งโฟมแตกของชิ้นงานผ้าหลังคา.....	24
รูปที่ 3.17 ลักษณะข้อบกพร่องโฟมนิ่ม.....	25
รูปที่ 3.18 ลักษณะข้อบกพร่องกาวทะลุ.....	25
รูปที่ 3.19 ตำแหน่งชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตก.....	26
รูปที่ 3.20 สาเหตุความดันอัดขึ้นรูปที่ส่งผลต่อโฟมแตก.....	27
รูปที่ 3.21 การสีกรอของแม่พิมพ์ที่ส่งผลต่อโฟมแตก.....	28
รูปที่ 3.22 สาเหตุระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อโฟมแตก.....	29
รูปที่ 4.1 เครื่องมือตรวจวัดความร้อนแม่พิมพ์.....	33
รูปที่ 4.2 เครื่องมือวัดความหนาของแม่พิมพ์บริเวณสตีปเปอร์.....	34
รูปที่ 4.3 เครื่องมือวัดความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา.....	35
รูปที่ 4.4 ตำแหน่งการวัดความหนาชิ้นงานผ้าหลังคาก่อนการทดลอง.....	36
รูปที่ 4.5 บริเวณการสีกรอจากการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา.....	37

รูปที่ 4.6	บริเวณการวัดความหนาของชิ้นงาน.....	38
รูปที่ 4.7	แผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับหลักการศึกษาค่าเผื่อการผลิต.....	40
รูปที่ 4.8	ระยะห่างการอัดขึ้นรูปของแม่พิมพ์.....	42
รูปที่ 4.9	การเปรียบเทียบลักษณะการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ก่อนและหลังปรับปรุง.....	48
รูปที่ 5.1	กราฟความสัมพันธ์ความดันเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	51
รูปที่ 5.2	กราฟความสัมพันธ์จำนวนครั้งการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน.....	52
รูปที่ 5.3	ระดับโคมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ยแบบ Scatter Diagram ก่อนปรับปรุง.....	55
รูปที่ 5.4	ความสัมพันธ์ความรุนแรงโคมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ย ก่อนปรับปรุง.....	56
รูปที่ 5.5	ระดับโคมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ยแบบ Scatter Diagram หลังปรับปรุง.....	59
รูปที่ 5.6	ความสัมพันธ์ความรุนแรงโคมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ย หลังปรับปรุง.....	60
รูปที่ 5.7	ผลการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงโคมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ย.....	60
รูปที่ 5.8	กราฟแสดง Normal Probability Test.....	61
รูปที่ 5.9	แผนภูมิ Histogram ความหนาชิ้นงานผ้าหลังคาก่อนปรับปรุง.....	62
รูปที่ 5.10	ความผิดปกติของกระบวนการก่อนปรับปรุง.....	66
รูปที่ 5.11	ความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับสัดส่วนของเสียโคมแตก.....	71
รูปที่ 5.12	กราฟแสดงสัดส่วนของเสียหลังปรับปรุง.....	77
รูปที่ 5.13	ความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุง.....	80
รูปที่ 5.14	ความสามารถของกระบวนการผลิตหลังปรับปรุง.....	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องด้วยอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์มีแนวโน้มการเจริญเติบโต จากการขยายฐานการผลิตไปยังประเทศต่างๆ โดยยังมีประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตรถบรรทุกขนาด 1 ตัน ขนาดใหญ่ที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ด้วยปัจจัยการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงขึ้นนั้น ทำให้ผู้ผลิตคำนึงถึงต้นทุนที่ต่ำลงโดยให้ความสนใจด้านคุณภาพลดลง พบปัญหาคือ ผลิตภัณฑ์ผ้าหลังคารถยนต์เกิดข้อบกพร่องโฝมแตก เกิดจากความผิดปกติของกระบวนการผลิต ได้แก่ ความหนาชิ้นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากข้อกำหนดของลูกค้า มีของเสียเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ อันเกิดจากความดันของเครื่องจักร ระยะการสึกหรอของแม่พิมพ์ ระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน จึงควรมีการกำหนดหรือหาวิธีสำหรับการลดความแปรปรวน เพื่อทำให้เกิดของเสียจากกระบวนการอัดขึ้นรูปลดลง และค่าเผื่อการผลิตชิ้นงานผ้าหลังคาใหม่ให้เกิดความเหมาะสมกับกระบวนการผลิตจริงมากที่สุด ทั้งนี้ถ้าการผลิตชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ และไม่น่าเชื่อถือ อันมีผลกระทบต่อการสูญเสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงานขึ้นมาทดแทน ดังนั้นการพัฒนาค่าเผื่ออย่างเหมาะสมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับกับผู้ผลิตในอุตสาหกรรมไทย ผู้วิจัยจึงศึกษาหาแนวทางความเป็นไปได้ ขั้นตอน และวิธีการพัฒนาค่าเผื่อที่เหมาะสม เพื่อเป็นพื้นฐานในการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ประเภทผ้าหลังคารถยนต์

สำหรับการกระบวนการผลิตจึงควรมีการกำหนดค่าเผื่อที่ได้จากการทดลองมาควบคุมการผลิตเพื่อไม่ให้เกินกว่าข้อกำหนดของลูกค้า สามารถดำเนินการปฏิบัติได้หลากหลายรูปแบบเพื่อพัฒนาค่าเผื่อโดยใช้เทคนิคทางสถิติแบบ Root Sum of Squares (RSS) หรือ Dynamic root Sum of Squares (DRSS) หรือ Monte Carlo Simulation เป็นต้น

งานวิจัยการพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการผลิตชิ้นงานผ้าหลังคานี้ ไม่ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายสำหรับวงการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ภายในประเทศ ซึ่งพนักงานทุกคนควรตระหนักเกี่ยวกับแนวทางการแก้ปัญหาที่กระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มความสามารถของกระบวนการผลิต จึงเกิดงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อคาดหวังว่าให้ผู้ที่สนใจนำมาประยุกต์ใช้กับลักษณะงานที่ใกล้เคียงกัน ของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์อื่นๆได้อย่างเหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. พัฒนาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาให้สัมพันธ์กับข้อบกพร่องโฟมแตก
2. เพื่อลดของเสียโฟมแตกในกระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์

1.3 สมมติฐานและขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานมีสมมติฐานและขอบเขตวิจัยดังนี้

1. สมมติฐานการทดลองโดยกำหนดให้อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปขึ้นงานมีการควบคุมคงที่ 125 ± 5 °C ก่อนการทดลองทุกครั้ง
2. สมมติฐานการทดลองโดยกำหนดให้ระยะเวลาการอัดขึ้นรูปขึ้นงานมีการควบคุมคงที่ 35 ± 5 วินาที ก่อนการทดลองทุกครั้ง
3. วิเคราะห์ข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานผ้าหลังคาสำหรับรถยนต์รุ่น A
4. ศึกษาค่าเผื่อที่เหมาะสมของระยะห่างการอัดขึ้นรูปสำหรับงานผ้าหลังคาจากมีการทดสอบ
5. กำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมกับข้อบกพร่องโฟมแตก
6. เปรียบเทียบค่าเผื่อที่ได้จากวิธีการต่างๆ ดังนี้
 - 6.1 วิธีการเชิงสถิติแบบ Root Sum of Squares (RSS)
 - 6.2 วิธีการเชิงสถิติแบบ Dynamic Root Sum of Square (DRSS)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับดังนี้

1. เป็นแนวทางในการลดต้นทุนขึ้นงานผ้าหลังคา เพื่อนำไปเป็นกลยุทธ์แข่งขันในอุตสาหกรรมขึ้นส่วนยานยนต์
2. ลดความสูญเสียเวลาจากการผลิตขึ้นงานทดแทนของเสียมเติมในกระบวนการผลิต
3. นำมาใช้เป็นหลักการควบคุมเพื่อลดของเสียโฟมแตกในกระบวนการผลิตกับรถยนต์รุ่นอื่นๆ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. ศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัย และเก็บรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องโฟมแตกเปรียบเทียบกับความหนาขึ้นงานผ้าหลังคาหลังจากอัดขึ้นรูป
2. สสำรวจงานวิจัยอื่นๆ และศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตผ้าหลังคา
3. ทดสอบระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานผ้าหลังคาตามหลักการค่าเฉลี่ย 3 ซีกม่า
4. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานผ้าหลังคาและข้อบกพร่องโฟมแตก
5. นำผลจากการศึกษาที่ได้ไปทดลองระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับงานจริงด้วยหลักการ RSS
6. ติดตามผลการทดลองค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาแต่ละระยะห่างที่กำหนดขึ้นเปรียบเทียบกับสัดส่วนข้อบกพร่องโฟมแตก
7. สรุปผลการวิจัย พร้อมข้อเสนอแนะ
8. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

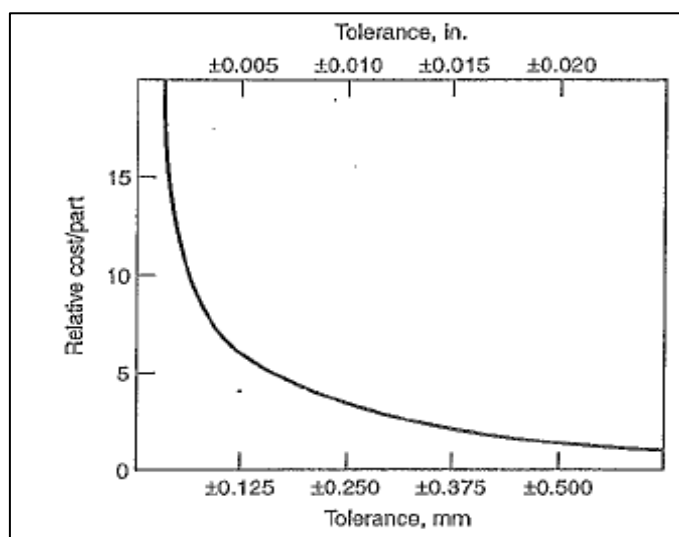
1.6 ตารางแสดงขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	ขั้นตอนการดำเนินงาน	2007	2008												
		ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	
1	ศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัยและรวบรวมข้อมูลข้อบกพร่องโพลีเมตต์เปรียบเทียบกับความหนาชั้นงานผ้าหลังคาหลังจากการอัดขึ้นรูป	1-30													
2	สำรวจงานวิจัยอื่นๆและศึกษาสภาพปัจจุบันของกระบวนการผลิตผ้าหลังคา			15-31											
3	ทดลองระยะห่างการอัดขึ้นรูปชั้นงานผ้าหลังคาจากการวิเคราะห์ด้วยหลักการ 3 ซิกม่า					1-30									
4	ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปชั้นงานผ้าหลังคาและข้อบกพร่องโพลีเมตต์								1-14						
5	นำผลการศึกษาที่ได้ไปทดลองระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับงานจริงด้วยหลักการ Root Sum of Squares										15-14				
6	ติดตามผลการทดลองค่าเพื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปชั้นงานผ้าหลังคาเปรียบเทียบกับสัดส่วนข้อบกพร่องโพลีเมตต์											15-30			
7	สรุปผลการวิจัยพร้อมข้อเสนอแนะ													1-15	
8	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์													15-30	

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ค่าเผื่อมีความสำคัญกับคุณภาพของชิ้นงาน การออกแบบทางวิศวกรรมมีการกำหนดขนาดและส่วนประกอบต่างๆภายใต้ความแปรปรวนซึ่งส่งผลต่อหน้าที่และสมรรถนะ ควรออกแบบค่าเผื่อให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งค่าเผื่อแคบจะมีผลต่อต้นทุนที่เกิดขึ้นซึ่งจะสัมพันธ์กับความสามารถของกระบวนการ โดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าเผื่อกับต้นทุนการผลิตนั้นจะแสดงดังรูปที่ 2.1 ดังจะเห็นได้ว่าค่าเผื่อที่แคบลงย่อมส่งผลต่อต้นทุนที่สูงขึ้น เหตุผลเหล่านี้มีส่วนทำให้ขั้นตอนการดำเนินงานมากยิ่งขึ้น อาจต้องการข้อกำหนดหลากหลายประเภทมากขึ้น ในการออกแบบค่าเผื่อ และเครื่องจักรสำหรับการผลิต ควรต้องมีความเที่ยงตรง และมีราคาเครื่องจักรที่สูงด้วยเช่นกัน



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนการผลิตกับค่าเผื่อ Groover, M. P. (2007)

2.1 ขอบเขตค่าเผื่อที่เหมาะสม (Natural Tolerance Limits)

การออกแบบค่าเผื่อควรสอดคล้องกับความสามารถของกระบวนการ จุดมุ่งหมายที่เจาะจงคือค่าเผื่อที่กำหนดสำหรับขนาดของผลิตภัณฑ์ เช่น ± 0.025 mm. (± 0.001 in.) เป็นต้น การกำหนดขนาดขึ้นอยู่กับความสามารถของกระบวนการที่มีระดับนัยสำคัญที่กว้างกว่าค่าเผื่อ ซึ่งค่าเผื่อที่กำหนดควรมีช่วงเปิดกว้างมากกว่าเดิม อาจส่งผลกระทบต่อของเสียที่เกิดขึ้น และการกำหนดค่าเผื่อที่เหมาะสมต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ด้วย ซึ่งควรมีค่าเผื่อมากกว่าค่าความสามารถของกระบวนการ โดยขอบเขตบน-ล่างที่กำหนดสำหรับผลิตภัณฑ์ ควรอยู่ในระดับ 99.73% บนพื้นฐานค่าเผื่อ กับระดับ 0.27% ที่อยู่นอกเหนือขอบเขต บน-ล่าง ซึ่งทั่วไปการเพิ่มค่าเผื่อจะช่วยลดเปอร์เซ็นต์ของส่วนที่ข้อบกพร่อง

การออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมในทางวิศวกรรมเพื่อให้ได้ค่าเผื่อที่เหมาะสมกับแต่ละผลิตภัณฑ์ ควรคำนึงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างค่าเผื่อ กับขีดจำกัดบน-ล่าง ดังแสดงให้เห็นในสมการที่ 2.1

$$C_p = PCI = \frac{T}{6\sigma} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

เมื่อ PCI = ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index)

T = ระยะเวลาเผื่อ

6σ = ขอบเขตค่าเผื่อที่เหมาะสม

2.2 หลักการวิเคราะห์ค่าเผื่อ

แนวทางและทฤษฎีในการวิเคราะห์ค่าเผื่อที่สำหรับค่าคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบมีด้วยกันหลายหลายรูปแบบด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และน่าเชื่อถือมีอยู่ 3 วิธีด้วยกัน

2.2.1 วิธีทางสถิติ (Statistical Method)

1. วิธี Root Sum Square (RSS)

ในการวิเคราะห์ค่าเผื่อ(Tolerance) ด้วยวิธีทางสถิติ เป็นที่นิยมใช้กันเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นวิธีที่เป็นเหตุเป็นผล เพราะมีการเก็บข้อมูลความน่าจะเป็นทั้งหมดของค่าเผื่อ ชิ้นงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายใต้การกระจายข้อมูลแบบนอร์มอล ซึ่งสมการพื้นฐานที่ใช้กันมีดังนี้

$$\sigma_{assy} = \left[\sum \sigma_i^2 \right]^{1/2} \quad i = 1, 2, 3, \dots\dots\dots n \quad \text{-----} (2.2)$$

เมื่อ σ_{assy} คือ ค่าเบี่ยงมาตรฐานประกอบ

σ_i คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นส่วนประกอบ

วิธีการ RSS ทำให้สามารถวิเคราะห์แต่ละชิ้นส่วน คำนึงถึงความสามารถในการผล (Process Capability, C_p) ซึ่งทำให้การวิเคราะห์ค่าเผื่อ (Tolerance) มีความเป็นจริงมากที่สุด แต่

วิธีนี้มีจุดด้อย คือ ไม่ได้คำนึงถึงระยะเวลาของความสามารถในกระบวนการผลิต (Short Term) สำหรับการประกอบชิ้นส่วนมีสมการดังนี้

$$\sigma_{Gap} = \sqrt{\left[\frac{T_e}{3C_p}\right]^2 + \sum_{i=1}^m \left[\frac{T_{p_i}}{3C_{p_i}}\right]^2} \quad \text{----- (2.3)}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

เมื่อ σ_{Gap} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่องว่างประกอบ

T_e คือ ค่าเผื่อของชิ้นงานส่วนหลัก

T_{p_i} คือ ค่าเผื่อเริ่มต้น

2. วิธี Dynamic Root Sum of Square

การวิเคราะห์ค่าเผื่อแบบ DRSS เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติ เช่นเดียวกับ RSS แต่มีความแตกต่างกันตรงที่วิธี DRSS ขึ้นอยู่กับความสามารถการผลิตระยะยาว (Long Term Process Capability, C_{pk}) ซึ่งถูกเลื่อนค่าเฉลี่ยออกไป 1.5 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (1.5σ) ดังสมการด้านล่างนี้

$$\sigma_{Gap} = \sqrt{\left[\frac{T_e}{3C_{pk}}\right]^2 + \sum_{i=1}^m \left[\frac{T_{p_i}}{3C_{pk_i}}\right]^2} \quad \text{----- (2.4)}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

เมื่อ σ_{Gap} คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของช่องว่างประกอบ

T_e คือ ค่าเผื่อของชิ้นงานส่วนหลัก

T_{p_i} คือ ค่าเผื่อเริ่มต้น

2.2.2. วิธีการแบบ Worst Case Limits

วิธีนี้เป็นการวิเคราะห์ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการค่าเผื่อที่ประกอบกันในแต่ละชั้นส่วน เป็นเส้นตรงเป็นการวิเคราะห์ที่ในเชิงป้องกันและเป็นที่ยอมรับใช้กันมานานสำหรับค่าเผื่อของส่วนประกอบ แต่ละชั้นจะถูกกำหนดขอบเขตที่ยอมรับได้ที่บนและล่าง ซึ่งเป็นขีดจำกัดสูงสุดหรือต่ำสุดเท่านั้นซึ่งสมการประกอบมีดังนี้

$$WC_{\max} = \sum (N_{pi} + T_{pi}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{----- (2.6)}$$

$$WC_{\min} = \sum (N_{pi} - T_{pi}) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{----- (2.7)}$$

เมื่อ N_{pi} คือ ขนาดกลางหรือขนาดเป้าหมาย

T_{pi} คือ ค่าเผื่อเริ่มต้น

$$T_{wc} = \sum T_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad \text{----- (2.8)}$$

เมื่อ T_{wc} คือ ค่าเผื่อประกอบที่ได้มาจากวิธี Worst Case

T_i คือ ค่าเผื่อของชั้นส่วนประกอบ

การออกแบบทางวิศวกรรมควรจะต้องทราบถึงความสัมพันธ์ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์ที่ให้การออกแบบค่าเผื่อปัจจัยส่วนของต้นทุนและส่วนอื่นที่ใช้กับกระบวนการผลิตในรูปแบบของการกำหนดค่าเผื่อที่กว้างซึ่งไม่คุ้มค่าคุ้มค่ากับการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์จริง

2.3 ทฤษฎีประยุกต์ใช้ของทากูชิ

นิยามของทาง ทากูชิ กล่าวว่า “ต้นทุนผลิตภัณฑ์ที่สูญเสียจากเวลาที่ผลิตภัณฑ์ถูกปล่อยเพื่อส่งมอบ” เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นจาก ต้นทุนการดำเนินงาน ของเสียจากการผลิต การซ่อมบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายการซ่อมแซม ความไม่พอใจของลูกค้า การได้รับบาดเจ็บจากการออกแบบที่ผิดพลาด และอื่นๆ ส่วนข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์จะแสดงให้เห็นก่อนส่งมอบสินค้า โดยของเสียที่เกิดขึ้นจะได้มาจากเศษที่เหลือใช้ ข้อบกพร่องต่างๆของผลิตภัณฑ์ สิ่งเหล่านี้จะเกิดเป็นต้นทุนการผลิตทั้งสิ้น หรือมีต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากชิ้นงานไม่ได้คุณภาพ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งมาจากการกำหนดค่าเผื่อที่ตั้งไว้ไม่เหมาะสม ถึงแม้คุณสมบัติของวัตถุดิบจะมีขนาดไม่ได้ตามที่ออกแบบไว้นั้น จะไม่ส่งผลกระทบต่อเมื่อมีการบวกระยะเผื่อให้มากกว่าเดิม ในความสูญเสียที่สัมพันธ์กันโดยทั่วไป มีส่วนของขนาดชิ้นงานเข้ามา

เกี่ยวข้อง เมื่อขนาดมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทำให้เกิดความสูญเสียที่เพิ่มขึ้น ตามหลักการของ Loss Function แสดงเป็นสมการดังนี้ Groover, M. P. (2007)

$$L(x) = k(x-N)^2 \quad \text{----- (2.9)}$$

เมื่อ $L(x)$ = ค่าความสูญเสีย (Loss Function)

k = ค่าคงที่ของสัดส่วนระหว่างค่าความสูญเสียที่ยอมรับได้

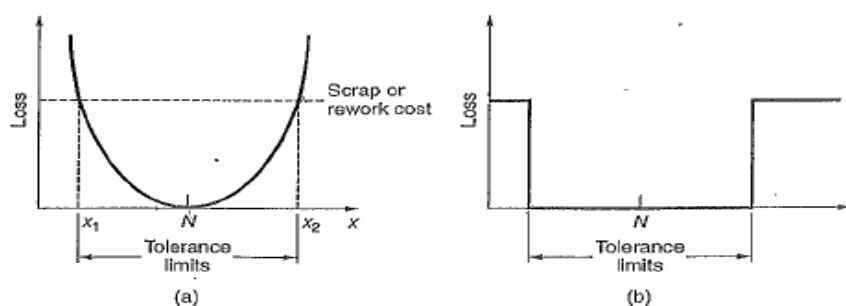
กำลังสองของระยะจากขีดจำกัดถึงค่าเผื่อเป้าหมาย

x = ค่าเผื่อ (Tolerance)

N = ค่าเผื่อเป้าหมาย (Nominal Tolerance)

(x_2-N) = ค่าความสูญเสียที่ยอมรับได้

$-(x_1-N)$ = ระยะจากขีดจำกัดถึงค่าเผื่อเป้าหมาย



ก) แสดงค่าเผื่อรูปแบบสมการกำลังสอง

ข) แสดงขอบเขตค่าเผื่อที่ยอมรับได้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หนึ่งในความสัมพันธ์ของความสามารถในผลิตเชิงวิศวกรรม คือ พัฒนาหลักการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้น่าเชื่อถือ และเป็นที่ยอมรับ ขณะกระบวนการผลิตที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่าเผื่อเชิงสถิติ สำหรับการพยากรณ์ผลกระทบต่อค่าเผื่อที่กำหนดขึ้นระหว่างดำเนินการประกอบ วัตถุประสงค์ คือ การยอมรับปัญหาสำหรับการผลิต ขณะยังคงมีการบำรุงรักษา โดยได้รับความน่าเชื่อถือ นั้นมันเป็นส่วนที่ช่วยผลักดันไปด้วยกัน Koenig, D.T. (1987)

ค่าเผื่อที่กำหนดแล้วนั้นนั้นเป็นชิ้นส่วนสมบูรณ์ ที่มีการออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง การวิเคราะห์ค่าความเค้น และความเครียดถูกกำหนดขึ้นตามขนาดและรูปร่าง ค่าเผื่อถูกใช้อย่างแน่นอนหลังจากผลิตชิ้นส่วนอื่นอย่างเหมาะสมที่ขนาด รูปร่าง โดยส่วนมากการกำหนดค่าเผื่อนั้นควรหลีกเลี่ยง กำหนดค่าเผื่อที่กว้าง ควรกำหนดให้เล็กกว่าชิ้นส่วนที่นำไปใช้ร่วมกัน ซึ่งสัมพันธ์กับส่วนการออกแบบค่าเผื่อ ในระหว่างการออกแบบค่าเผื่อเพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ โดยมีการตัดสินใจหาระดับที่ยอมรับได้ของชิ้นส่วนนั้น และปัญหาที่สำคัญเลย คือการกำหนดค่าเผื่อในด้านที่มีผลกระทบน้อยที่สุดเหมาะกับงาน และผลิตภัณฑ์ควรมีคุณภาพดี โดยเป้าหมายควรคำนึงถึงต้นทุนการผลิตต่อหน่วยที่เหมาะสม อายุการใช้งาน(ผู้บริโภค, บริการ, มลภาวะ) และคุณภาพที่สูญเสียจะน้อยลง William, Y. F. (1995)

การออกแบบค่าเผื่อของผลิตภัณฑ์ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดนั้นควรคำนึงความสูญเสียด้านคุณภาพ ที่กล่าวถึงคือ ข้อบกพร่องที่ทุกคนรับรู้เกี่ยวกับการสื่อสาร ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ควรใช้ 2 ภาษาในบริษัทนั้น คือ ภาษาด้านการเงิน และภาษาที่เกี่ยวข้องทุกสิ่งทุกอย่าง ภาษาของเงิน เช่น กำไร ความสูญเสียต่างมากมาย เหมาะกับการจัดการระดับสูง และ ภาษาของสิ่งที่คิด เช่น ความแปรปรวน และอื่นๆ เหมาะกับระดับวิศวกร และการจัดการระดับต่ำ กับการจัดการระดับกลางเป็น แบบสองภาษาเป็นการเชื่อมโยงความสื่อสารสองระดับ คือระดับล่างกับระดับบนให้บรรลุผลสำเร็จ การลดความสูญเสียด้านคุณภาพทาง ดร.ทาคุชิได้นิยามหลักการ คือ ความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์สามารถลดลงได้โดยการลดความแปรปรวนในกระบวนการผลิต และลดความแปรปรวนด้านต้นทุน ความสูญเสียเกิดขึ้นนั้น อยู่ที่ความสามารถในการผลิตไม่ตรงตามมูลค่าที่ตั้งไว้ เนื่องจากคุณลักษณะของกระบวนการผลิตไม่มีเสถียรภาพ การผลิตที่นิยมกัน คิดว่าถ้าคำนึงถึงการกำหนดขนาดภายนอก ไม่เหมาะสมกับส่วนต่างที่อยู่ภายใน แต่ถ้ามีการกำหนดให้ทุกส่วนทั้งภายในและภายนอก เหมาะสมกัน ควรมีการกำหนดเส้นขอบเขตในระบบสามารถที่บ่งบอกถึงการตัดสินใจได้ง่าย Messina, W. S. (1991)

ภายหลังมีการออกแบบค่าเผื่อที่กำหนด ควรมีการควบคุมอย่างต่อเนื่องด้วยวิธีการทางสถิติ โดยอาศัยหลักการ SPC (Statistical Process Control) สำหรับควบคุมความแปรปรวนที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการผลิตและพัฒนาคุณภาพ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ทางด้วยกัน Doty, L.A. (1990)

1. จัดเตรียมเป็นรูปของแต่ละสถานะในกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพอยู่ตลอดเวลา
2. จัดเตรียมข้อมูลสำหรับแก้ไขของสาเหตุที่เกิดขึ้น และปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตผ้าหลังคาให้ดีขึ้น
3. ตัวชี้วัดความสามารถของกระบวนการ อะไรคือสาเหตุที่แท้จริงของกระบวนการผลิตที่ควรนำไปแก้ไขแก้ไขให้เหมาะสมและมีการจัดกิจกรรมปรับปรุงกระบวนการอย่างสม่ำเสมอหลังจาก

กระบวนการอยู่ในสภาวะปกติซึ่งการออกแบบการกำหนดค่าเผื่อมีการศึกษาและวิจัยกันอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ค่าเผื่อที่ยอมรับได้ และค่าเผื่อที่ยอมรับไม่ได้ โดยมีตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวกับค่าเผื่อ ซึ่งใช้เทคนิคสำหรับหาค่าที่เหมาะสม ดังนี้

พิวัฒน์ เนาวรัตน์ภุชชัย (2545) งานวิจัยสำหรับศึกษาหาค่าความหนาเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของหัวอ่านเขียน และแผ่นกาวที่ใช้ในการผลิต จากนั้นศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะประกอบชิ้นงานกับของเสียโดยอาศัยแนวความคิด Loss Function เพื่อทำการทดลองประกอบที่เหมาะสมสำหรับการทำงานจริง จัดสรรค่าเผื่อและขนาดสำหรับออกแบบเครื่องมือ และวิเคราะห์ค่าเผื่อโดยเทคนิควิธี Worst Case Limit เทคนิควิธีทางสถิติ ได้แก่ วิธี Root Sum of Squares (RSS) และวิธี Dynamic Sum of Squares (DRSS) และเทคนิควิธี Monte Carlo Simulation ด้วยโปรแกรมช่วยคอมพิวเตอร์ “Crystal Ball” หลังจากนั้นทำการสร้างแบบจำลองปัญหาเลียนแบบงานจริง และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างจำลองปัญหากับงานจริง ผลการวิจัยพบว่าการจัดสรรค่าเผื่อและขนาดสำหรับชิ้นส่วนของเครื่องมือในกระบวนการเชื่อมติด เมื่อนำชิ้นส่วนต่างๆมาประกอบกันจะได้ระยะประกอบใหม่เท่ากับ 0.01270 ± 0.0294 นิ้ว ซึ่งแตกต่างจากระยะประกอบเก่าเท่ากับ 0.01000 ± 0.00330 นิ้ว ผลต่างเท่ากับ 0.00270 ± 0.00036 นิ้ว ทำให้ค่าเผื่อและขนาดที่ถูกออกแบบใหม่ ทำให้สามารถลดของเสียลงได้ถึง 82%

รณชัย ศิริโรจนกุล (2541) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการหาค่าเผื่อที่เหมาะสมที่สุด ที่มีต้นทุนการประกอบต่ำที่สุดพร้อมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนการประกอบของค่าเผื่อที่ออกแบบกับค่าเผื่อที่ทำการจัดสรรใหม่และวิเคราะห์ความไวในกรณีคู่ค่าเผื่อกรณีต้นทุนแปรผันเปลี่ยนแปลงและความไวในกรณีคู่ค่าเผื่อเปลี่ยนแปลงไปโดยการหาค่าเผื่อที่เหมาะสมที่สุดจากชิ้นส่วนเพลลาและชิ้นส่วนประกอบเครื่องสูบน้ำมันรถยนต์ ใช้รูปแบบฟังก์ชันต้นทุนค่าเผื่อในรูปแบบ Reciprocal และทำการจัดสรรค่าเผื่อโดยใช้วิธีการกราฟานต์มัลติพลายเออร์

บทที่ 3

การศึกษาปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา

3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

บริษัทกรณีศึกษา ได้เริ่มก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2512 จากการเป็นร้านเล็กๆ 1 คูหา โดยในช่วงแรก จะรับบริการเรื่องการซ่อมแซมเบาะรถจักรยานยนต์และรถยนต์ ต่อมาเมื่อมีลูกค้ามากขึ้น ได้ขยายกิจการเป็น 3 คูหาและมีการขยายกิจการตามรายละเอียดดังนี้

- ปี 2520 มีการแยกตัวไปทำธุรกิจเกี่ยวกับเบาะมอเตอร์ไซด์
- ปี 2529 มีการแยกตัวไปทำธุรกิจเกี่ยวกับงาน BODY ยานยนต์
- ปี 2531 ได้มีการผลิตชิ้นส่วน SEAT AND TRIMMING PART ส่งออกไปยังต่างประเทศ
- ปี 2533 ขยายกิจการออกมาเป็นบริษัทกรณีศึกษา (สาขาบางพลี)
- ปี 2534 SAS เปิดทำการโรงงานที่นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง
- ปี 2536 ขยายกิจการออกมาเป็นบริษัทกรณีศึกษา (สาขากิ่งแก้ว) ปัจจุบันเป็นสำนักงานใหญ่
- ปี 2545 ขยายกิจการออกมาเป็นบริษัทในเครือกว่า 10 สาขา
- ปี 2549 ขยายกิจการไปต่างประเทศ ได้แก่ เวียดนาม จีนและอินเดีย






บริษัทฯ ได้ดำเนินการทางธุรกิจเกี่ยวกับอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ เช่น DOORTRIM, SUNVISOR, INSULATOR HOOD, INSULATOR DASH, SEAT, FENDER, FLOOR MAT, FLOOR CARPET, HEADLINING, TRUNK LID, TRUNK SIDE ฯลฯ โดยมีลูกค้าคือ TOYOTA, NISSAN, MITSUBISHI, HONDA, FORD, MAZDA, ISUZU, HINO เป็นต้น

3.2 ผลกระทบของโรงงานตัวอย่าง

บริษัทฯ มีผลิตภัณฑ์หลักส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนภายในรถยนต์จำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1. ประเภทเบาะที่นั่ง และโครงเบาะรถยนต์ (Seat & Frames) เช่น Foam, Covering, Frame, Mechanism, Plastic Part
2. ประเภทชิ้นงานภายในรถยนต์แบบมีการตัด (Trimming) เช่น Insulation, Overhead, Floor Carpet, Exterior

ผลิตภัณฑ์ของบริษัทจะเน้นการผลิตชิ้นส่วนภายในรถยนต์แต่ละประเภทก่อนนำมาประกอบเข้าด้วยกันกับโครงสร้างรถยนต์ดังแสดงในรูปที่ 3.1

Covering	Frame	Foam	Mechanism	Plastic part
<ul style="list-style-type: none"> Leather covering PVC covering Fabric covering 	<ul style="list-style-type: none"> Back Frame Cushion frame Armrest frame Headrest frame 	<ul style="list-style-type: none"> Pad FR/RR back Pad cushion Pad armrest Pad headrest 	<ul style="list-style-type: none"> Slide and Track Recliner Locking Height Adjuster 	<ul style="list-style-type: none"> Recline cover Slide knob Cover seat
				

รูปที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ประเภทเบาะนั่งและโครงสร้างของโรงงานตัวอย่าง

ส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ที่เป็นรายได้หลักให้แก่บริษัทฯ จะเน้นหนักไปกับชิ้นส่วนรถยนต์ประเภทบรรทุกขนาดไม่เกิน 1 ตัน ที่ประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.2

Insulation	Overhead	Floor	Interior	Exterior
<ul style="list-style-type: none"> Insulation Dash (Inner / Outer) Insulator Hood Insulator Floor Insulator Roof Heat Shield 	<ul style="list-style-type: none"> Headliner Sun visor Grip Handle Coat Hook Console Roof 	<ul style="list-style-type: none"> Floor mat Floor carpet <ul style="list-style-type: none"> Felt backing Foam backing 	<ul style="list-style-type: none"> Door Trim Parcel shelf Lid passenger Trim Back panel (upper / lower) Opening trim Wood Printing 	<ul style="list-style-type: none"> Shield splash Under cover Rod hood support Battery Tray Lid spare tire Trim trunk Mud guard
				

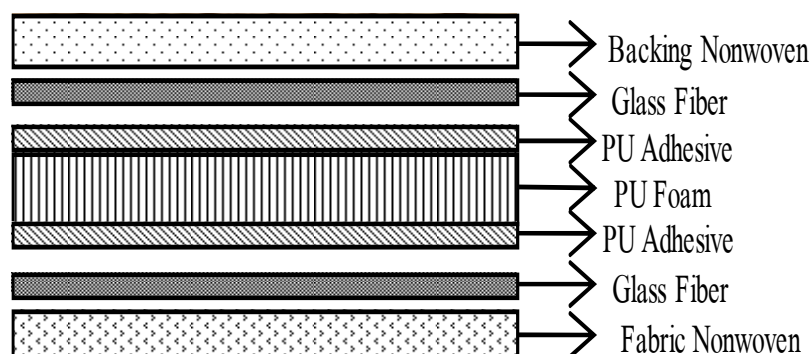
รูปที่ 3.2 ผลิตภัณฑ์ประเภทชิ้นงานที่ผ่านการตัดของโรงงานตัวอย่าง

3.3 โครงสร้างวัสดุติดประกอบผ้าหลังคา (Headlining Structure)

ผ้าหลังคามีส่วนประกอบของวัสดุแต่ละชั้นต่างๆดังนี้

- (1) Backing Nonwoven ลักษณะเป็นผ้ากำมะหยี่สีขาวยาวบางๆเคลือบด้วยแผ่นฟิล์ม Polyethylene (PE) ทำหน้าที่สำหรับป้องกันเนื้อกาวยาวผ่านชั้นของ Nonwoven ติดบริเวณแม่พิมพ์ขณะอัดขึ้นรูปชิ้นงาน
- (2) Glass Fiber ลักษณะเป็นม้วนสีขาวยาวคล้ายกับม้วนเชือกฟาง (Fiber Roving) ส่วนอีกแบบหนึ่งเป็นลักษณะคล้ายแผ่นตาข่ายสีขาว (Fiber Sheet) ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงของชิ้นงานผ้าหลังคาในกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน
- (3) Polyurethane Adhesive ลักษณะเป็นกาวประเภท Polyurethane (PU) ใช้น้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้กาวเกิดการแข็งตัวก่อนผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา โดยทั่วไป Polyurethane Foam (PU Foam) ทำหน้าที่เป็นประสานแต่ละชั้นของวัสดุติดให้ยึดติดกันอย่างเหนียวแน่น
- (4) Polyurethane Foam ลักษณะเป็นแผ่นคล้ายกับแผ่นขนมปัง ทำหน้าที่เป็นแกนกลางสำหรับขึ้นรูปผ้าหลังคารถยนต์
- (5) Fabric Nonwoven ลักษณะเป็นผ้ากำมะหยี่ (Fabric) ผ่านการถักให้ได้ตามลวดลายที่ต้องการ ทำหน้าที่ปกคลุมส่วนบนสุดของชิ้นงานผ้าหลังคา

ผ้าหลังคามีการแสดงโครงสร้างในแต่ละชั้นดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างวัสดุติดประกอบผ้าหลังคาแต่ละชั้น

3.4 กระบวนการผลิตผ้าหลังคารถยนต์

ปัจจุบันทางโรงงานตัวอย่างมีกระบวนการผลิตผ้าหลังคา ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งสำหรับประกอบรถยนต์รุ่นต่างๆ หน้าที่การทำงานของผ้าหลังคารถยนต์ คือ ใช้สำหรับกันเสียงที่เข้าสู่ห้องโดยสาร และกันความร้อนที่แผ่เข้าบริเวณภายในห้องโดยสาร มีกรรมวิธีการผลิต แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้คือ

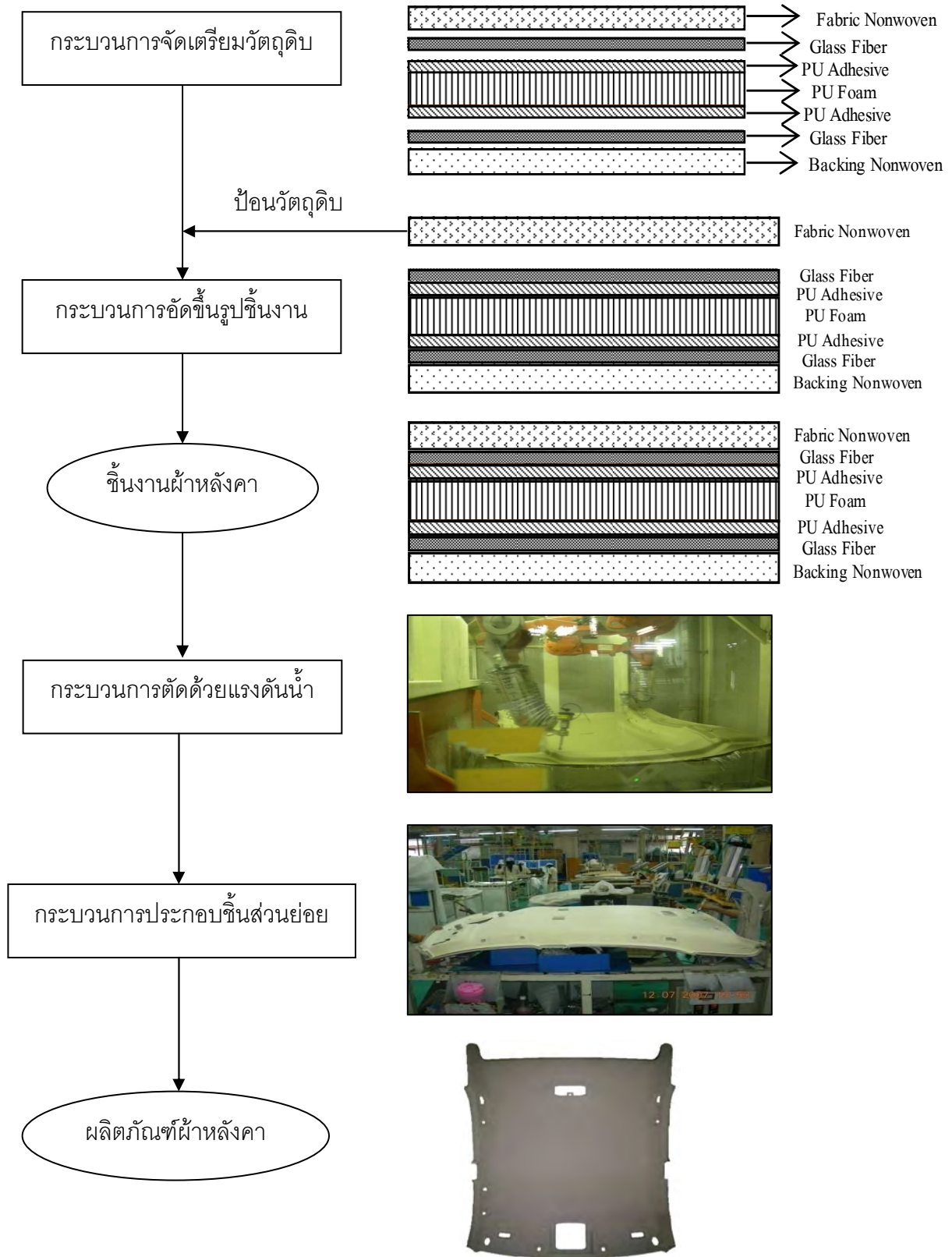
1. กระบวนการจัดเตรียมวัสดุผ้าหลังคา (Material Preparation) กระบวนการจัดเตรียมวัสดุเป็นการนำวัตถุดิบจากสถานที่จัดเก็บไปวางอยู่ในแต่ละสถานีเพื่อพร้อมดำเนินการในการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา

2. กระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน (Forming Process) กระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานโดยการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิเท่ากับ $135\pm 5^{\circ}\text{C}$ ความดันการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา เท่ากับ 125 ± 5 บาร์ ระยะเวลาการอัดขึ้นรูป เท่ากับ 35 ± 5 วินาทีต่อครั้งการอัดขึ้นรูป

3. กระบวนการตัดด้วยแรงดันน้ำ (Water Jet Process) กระบวนการนี้ คือการนำชิ้นงานผ้าหลังคาที่ผ่านการอัดขึ้นรูปไปตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ โดยใช้เครื่องจักรแรงดันน้ำตัดชิ้นงานผ้าหลังคาเพื่อทำให้ไม่เกิดช่องว่างระหว่างการประกอบชิ้นงานอื่นๆ น้อยที่สุด (Less Assembly Gap)

4. กระบวนการประกอบชิ้นส่วน (Component Parts Process) กระบวนการนี้ คือการนำชิ้นงานผ้าหลังคาที่ผ่านกระบวนการตัดด้วยแรงดันน้ำมาประกอบกับโฟมขึ้นเล็กๆ (Pad Foam), Backing Nonwoven สีขาว และพลาสติกประเภท Polypropylene (PE) เพื่อเสริมความแข็งแรงและลดเสียงรบกวน อันเกิดจากสาเหตุการเสียดสีของผ้าหลังคากับโครงเหล็กของหลังคารถยนต์

3.4.1 กระบวนการผลิตผ้าหลังคาทั้ง 4 ขั้นตอน แสดงเป็นแผนภูมิการไหลได้ดังในรูปที่ 3.4



3.4.2 รายละเอียดแต่ละกระบวนการผลิตผ้าหลังคา จำแนกได้ 4 ขั้นตอน

- 1.กระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบ
- 2.กระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา
- 3.กระบวนการตัดด้วยแรงดันน้ำ
- 4.กระบวนการประกอบชิ้นส่วนย่อย

1) กระบวนการจัดเตรียมวัตถุดิบ

การจัดเตรียมวัตถุดิบในแต่ละสถานีของกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา ประกอบด้วยวัสดุในการผลิต ได้แก่ PU Foam, PU Adhesive, Fiber Glass, Fabric Nonwoven, Backing Nonwoven วัสดุต่างนี้จะเตรียมอยู่ในแต่ละสถานี เพื่อง่ายและสะดวกต่อการผลิต

2) กระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา จำแนกได้เป็น 9 ขั้นตอน ดังนี้

(2.1) ป้อนวัตถุดิบโพลียูรีเทนโฟม (PU Foam) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นสี่เหลี่ยม เข้าไปยังสายพานลำเลียงดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การป้อนโฟมผ่านเครื่องจักร

(2.2) สายพานลำเลียงนำแผ่นโพลียูรีเทนโฟมผ่านเข้าสู่ ลูกกลิ้งทวน (Roller Machine) สำหรับปรับความบริเวณผิวด้านบน และ ด้านล่างของแผ่นโพลียูรีเทนโฟม ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การรีดกาวลงบนแผ่นโฟลียูรีเทนโฟม

(2.3) ป้อนวัตถุดิบ Backing Brown Paper พร้อมเสริมด้วยไฟเบอร์กลาสชนิดแผ่นไว้ขอบทั้งสี่ด้านของ Backing โดยสายพานลำเลียง PU Foam Sheet จะผ่านเข้ากระบวนการก่อน ต่อจากนั้นจึงนำวัตถุดิบ Backing Brown Paper ผ่านสายพานลำเลียงต่อจากวัตถุดิบ PU Foam ดังแสดงในรูปที่ 3.7



Backing Brown Paper

รูปที่ 3.7 การจัดวางแผ่นกระดาษย่นกับแผ่นไฟเบอร์กลาส

(2.4) เครื่องจักรฉีดพ่นละอองน้ำลงบนแผ่นโฟลียูรีเทนโฟม (PU Foam Sheet) และ Backing Brown Paper ขณะที่ยังงานกำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 การฉีดพ่นละอองน้ำบนแผ่นโฟลียูรีเทนโฟม

(2.5) โปรยไฟเบอร์กลาส (Fiber Glass) ที่มีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ ความยาวประมาณ 60 เซนติเมตร (โดยผ่านกระบวนการตัดให้มีเส้นที่เล็กลง) ลงบนวัสดุพีวีเอช PU Foam Sheet และ Backing Brown Paper ขณะที่ยังงานกำลังเคลื่อนที่อยู่บนสายพานลำเลียง ดังแสดงในรูปที่ 3.9



Fiber Glass

รูปที่ 3.9 การโปรยเส้นใยไฟเบอร์ลงบนแผ่นโพลียูรีเทนโฟม

(2.6) นำแผ่นโพลียูรีเทนโฟม (PU Foam Sheet) และ Backing Brown Paper ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านสายพานพานลำเลียงออกมาไปประกอบเข้าด้วยกันกับผ้ากำมะหยี่ (Covering Nonwoven) ซึ่งจัดเตรียมไว้บริเวณด้านท้ายของกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา ดังแสดงในรูปที่ 3.10



Covering Nonwoven

รูปที่ 3.10 การประกบ Covering Nonwoven ลงบนแผ่นโพลียูรีเทนโฟม

(2.7) นำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการแต่ละสถานี เข้าไปยังแม่พิมพ์สำหรับอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ผ้าหลังด้วยความร้อนประมาณ 135 ± 5 องศา และระยะเวลา 35 ± 5 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา

(2.8) นำชิ้นงานผ้าหลังคาออกจากแม่พิมพ์ จากนั้นจะถูกตรวจสอบจากฝ่ายควบคุมคุณภาพก่อนจัดเก็บลงชั้นวาง (Rack) ดังแสดงในรูปที่ 3.12

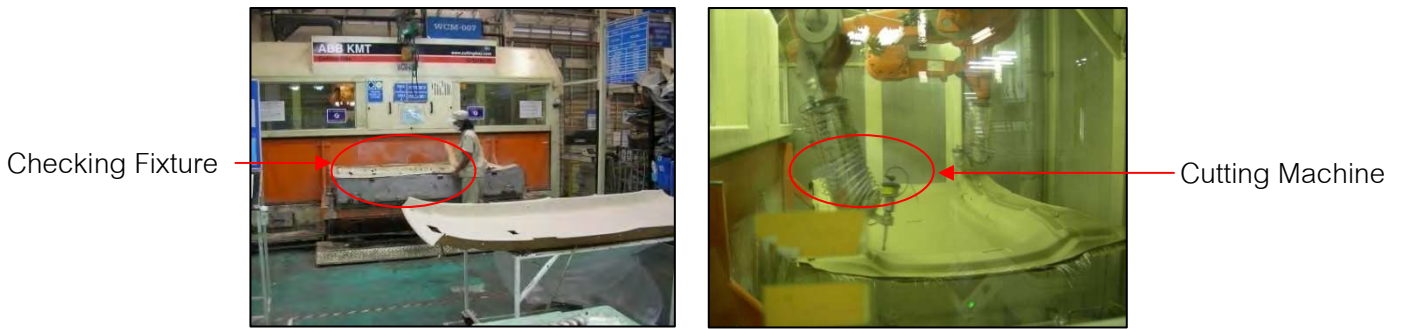


รูปที่ 3.12 ชิ้นงานผ้าหลังคาที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป

(2.9) บรรจุผ้าหลังคาใส่ชั้นเก็บชิ้นงาน (Rack) เพื่อให้ผ้าหลังคาคายความร้อนเพื่อทำให้ชิ้นงานก่อน ผ่านกระบวนการตัดด้วยแรงดันน้ำ

3) ขั้นตอนกระบวนการตัดชิ้นงานด้วยแรงดันน้ำ มีเพียง 1 ขั้นตอน ดังนี้

(3.1) พนักงานนำชิ้นงานผ้าหลังคา วางไว้ที่โมลด์ตรวจสอบ (Checking Fixture) ของรุ่นที่ต้องการตัด ก่อนจะนำเข้าเครื่องตัดด้วยแรงดันน้ำ (Water-Jet Machine) เพื่อตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดตามต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 (ก), 3.13 (ข)

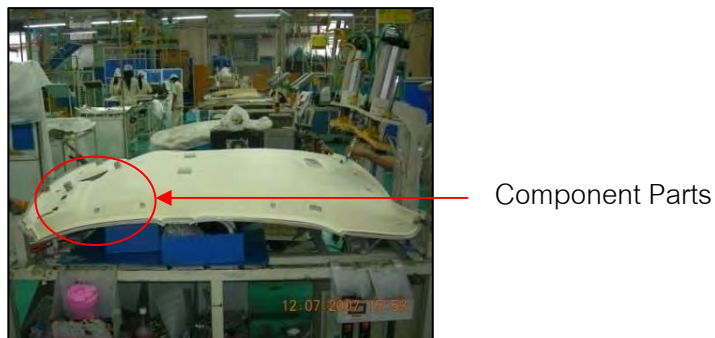


รูปที่ 3.13 (ก) การวางชิ้นงานบน C/F

รูปที่ 3.13 (ข) การตัดของเครื่องจักร

4) กระบวนการประกอบชิ้นส่วนย่อย

(4.1) นำชิ้นงานประกอบชิ้นส่วนย่อย (Component Parts) ได้แก่พวก Clip Foam และ Clip Plastic ของแต่ละรุ่นเข้าไปตรวจสอบกับ Checking Fixture เพื่อความถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ชิ้นงานผ้าหลังคาที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูป

(4.2) นำเครื่องเป่ามาทำความสะอาดชิ้นงานผ้าหลังคา ก่อนบรรจุใส่ถุงพลาสติก

(4.3) ตรวจสอบความสะอาดของชิ้นงานทุกครั้งก่อนบรรจุลงในถุงพลาสติก

3.5 สภาพปัญหาที่พบสำหรับกรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง

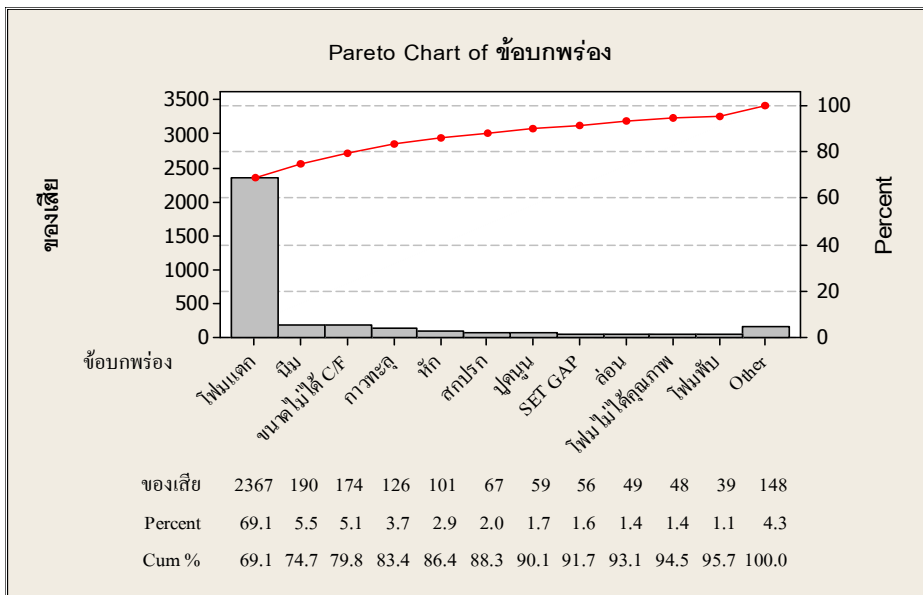
3.5.1 สภาพปัญหาทั่วไปที่ข้องเกี่ยวกับกรณีศึกษา

สภาพปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกรณีศึกษาได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตอัดขึ้นรูป ซึ่งมีความสอดคล้องกับปัญหาข้อบกพร่องโฟมแตกของโรงงานตัวอย่างที่เข้าไปศึกษา จากกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาพบว่ามีปัญหาจากข้อบกพร่องต่างๆมากมาย เช่น ข้อบกพร่องโฟมแตก ข้อบกพร่องโฟมนิ่ม ข้อบกพร่องกาวทะลุ ขนาดไม่ได้ขนาดตาม C/F (Checking Fixture) เป็นต้น แสดงในตารางที่ 3.1

จากการรวบรวมข้อมูลของเสียกระบวนการผลิตผ้าหลังคาของโรงงานตัวอย่าง แล้วนำไปวิเคราะห์ตามหลักการพาเรโตสำหรับจัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น และหาแนวทางการแก้ไขต่อไปแสดงในรูปที่ 3.14

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจำนวนของเสียผ้าหลังคาล้างสำหรับรถยนต์ตัวอย่าง รุ่น A

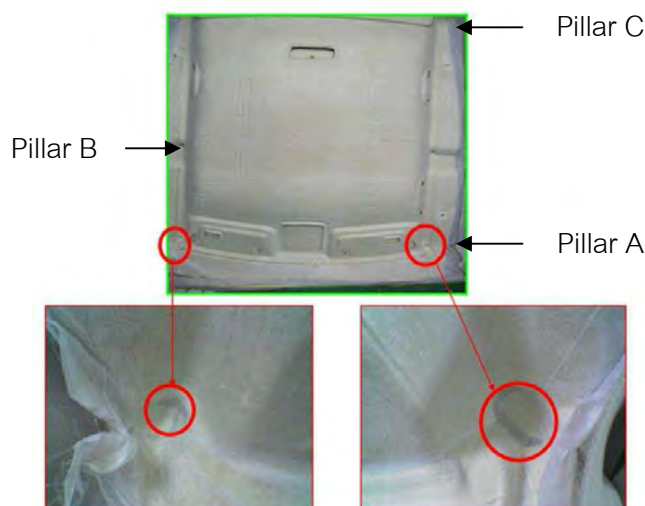
ข้อบกพร่อง / เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	รวม	เปอร์เซ็นต์	กระบวนการ
โฟมแตก	279	353	598	191	383	158	151	254	2367	9.94	ตัดชิ้นรูป
ขนาดไม่ได้ C/F	6	9	6	16	45	45	14	33	174	0.73	ตัดด้วยแรงดันน้ำ
นิ่ม	17	2	5	70	56	10	23	7	190	0.8	ตัดชิ้นรูป
กาวทะลุ	4	5	-	15	3	35	39	25	126	0.53	ตัดชิ้นรูป
หัก	5	4	6	2	24	31	19	10	101	0.42	ตัดชิ้นรูป
ปูดนูน	9	2	4	14	8	9	8	5	59	0.25	ตัดชิ้นรูป
สกปรก	11	10	6	6	8	6	13	7	67	0.28	ประกอบชิ้นส่วนย่อย
SET GAP	10	14	7	6	5	9	2	3	56	0.24	ตัดชิ้นรูป
ล่อน	3	9	4	8	3	4	7	11	49	0.21	ตัดชิ้นรูป
โฟมไม่ได้คุณภาพ	-	48	-	-	-	-	-	-	48	0.2	จัดเตรียมวัตถุดิบ
เป็นจิบ	2	3	-	5	-	4	11	6	31	0.13	ตัดชิ้นรูป
กระดาษพับ	6	1	3	6	-	2	11	6	35	0.15	ตัดชิ้นรูป
โฟมพับ	5	8	3	10	6	4	1	2	39	0.16	ตัดชิ้นรูป
แก้ไขMold	-	6	-	-	-	-	-	13	19	0.08	ตัดชิ้นรูป
ยุบ	3	8	7	-	9	-	1	3	31	0.13	ตัดชิ้นรูป
เปียกน้ำ	-	-	-	-	-	32	-	-	32	0.13	ตัดด้วยแรงดันน้ำ
รวมจำนวนของเสีย (1)	360	482	649	349	550	349	300	385	3,424	14.38	X
จำนวนชิ้นงานผลิต (2)	2,354	3,190	4,161	2,897	2,478	3,510	2,773	2,460	17,202		
เปอร์เซ็นต์ของเสีย(1)/(2) PPM	152,931	151,097	155,972	120,469	221,953	99,430	108,186	156,504	199,047		



รูปที่ 3.15 แผนภาพพาเรโตสำหรับจัดลำดับความสำคัญของข้อบกพร่อง

จากรูปที่ 3.15 เห็นได้ว่าข้อบกพร่องต่างๆ ได้ถูกจัดลำดับความสำคัญ โดยอันดับหนึ่งข้อบกพร่องของโพลีแตกเกิดขึ้นถึง 69.1% และอันดับสองข้อบกพร่องโพลีมีมเกิดขึ้น 5.5% และอันดับสาม ข้อบกพร่องขนาดไม่ได้ C/F เกิดขึ้น 5.1% และอันดับสี่ ข้อบกพร่องกาวทะเลเกิดขึ้น 3.7% โดยแสดงรายละเอียดดังนี้

1. โพลีแตก ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา คือ การอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา หลังจากผ่านกระบวนการเกิดโพลีแตกขึ้นบริเวณมุมชิ้นงานผ้าหลังคาทั้งสองด้าน (บริเวณ Pillar A) ดังแสดงตามรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ตำแหน่งโพลีแตกของชิ้นงานผ้าหลังคา

2. ชี้นงานนิ่ม ข้อบกพร่องเกิดขึ้นกับกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา คือ ชี้นงานที่เตรียมพร้อมสำหรับเข้าผลิตในกระบวนการผลิตนั้น ค่าความแข็งของแผ่นโฟมทั่วทั้งแผ่นไม่ผ่านมาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนด คือ 38 ± 0.3 CSNumber หรือ สภาวะแวดล้อมในการผลิตไม่คงที่ เช่น อุณหภูมิของกระบวนการอัดขึ้นรูป ระยะเวลาการอัดขึ้นรูปขึ้นงาน เป็นต้น หรืออีกนัยหนึ่ง คือ การเก็บแผ่นโฟมไว้ในสถานที่ที่ไม่เหมาะสมส่งผลต่อโครงสร้างทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่สามารถนำเข้ากระบวนการตัดด้วยแรงดันน้ำต่อไปได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.17

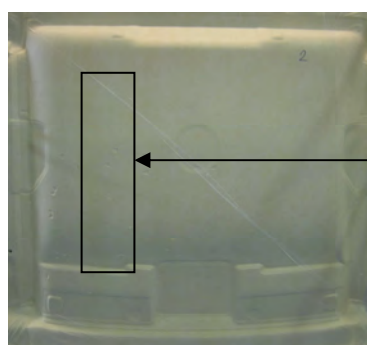


ลักษณะคล้ายคลื่น

รูปที่ 3.17 ลักษณะข้อบกพร่องโฟมนิ่ม

3. ขนาดไม่ได้ตามแม่พิมพ์ (Checking Fixture) ข้อบกพร่องเกิดกับกระบวนการตัดด้วยแรงดันน้ำ สัมพันธ์กับการออกแบบแม่พิมพ์ (Mould Design) โดยตำแหน่งจับยึดขึ้นงานเพื่อตรวจสอบ (Datum Point) เกิดการเคลื่อนตัวออกจากจุดกำหนด (Datum Line) ซึ่งกระทบต่อการตัดขึ้นงานที่คลาดเคลื่อน

4. กาวทะลุ ข้อบกพร่องเกิดขึ้นกับกระบวนการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา คือ ชี้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว เกิดกาวทะลุจากชั้นผิวของขึ้นงานด้านในซีม หรือทะลุออกมา ส่งผลต่อขึ้นงาน โดยมิสามารถที่จะนำกลับไปใช้งานต่อได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.18



ตำแหน่งกาว

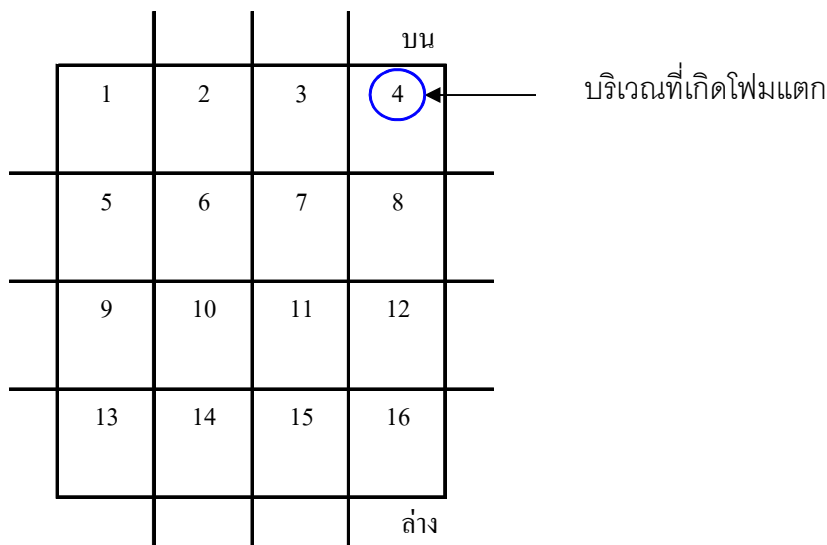
รูปที่ 3.18 ลักษณะข้อบกพร่องกาวทะลุ

ข้อบกพร่องทั้ง 4 หัวข้อที่สรุปมาข้างต้น มีประเด็นสอดคล้องกับการพัฒนาค่าเพื่อข้อกำหนดการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ผ้าหลังคา ได้แก่ ข้อบกพร่องโฟมแตกเป็นหัวข้อหลัก อันเนื่องจากข้อบกพร่องอื่นๆ ส่วนใหญ่ไม่ได้เกิดขึ้นจากกระบวนการอัดขึ้นรูปโพลียูรีเทนโฟม พิจารณาจากแผนภาพวาเรโตเกิดปริมาณของเสียโฟมแตก ประมาณ 9.94% ปัญหาข้อบกพร่องดังกล่าวนี้ สามารถดำเนินการตามหลักการพัฒนาค่าเพื่อข้อกำหนดผลิตภัณฑ์ขึ้นรูปอัดให้เหมาะสมที่สุด จากการผลิตผ้าหลังคาในกระบวนการอัดขึ้นรูป มีเกณฑ์การพิจารณาค่าเพื่อข้อกำหนดการขึ้นรูปอัดโพลียูรีเทนโฟม การเปรียบเทียบข้อมูลการอัดขึ้นรูปของทางลูกค้ากำหนด กับข้อมูลด้านความหนาขึ้นงานในตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่อง ซึ่งผู้ผลิตผ้าหลังคารถยนต์มีการแสดงความหนาขึ้นงานผ้าหลังคาก่อนการปรับปรุง นำข้อมูลเดิมมาเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาค่าเพื่อข้อกำหนดการผลิตขึ้นใหม่ ดังแสดงในตารางที่ 3.2

รุ่น	ด้านหน้า (มิลลิเมตร)		ด้านหลัง (มิลลิเมตร)		ค่าเผื่อ (มิลลิเมตร)
	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่ง 4	ตำแหน่ง 13	ตำแหน่ง 16	
A	3.5		3.5		±0.3

ตารางที่ 3.2 ค่าเผื่อความหนาขึ้นงานทางลูกค้ากำหนด

จากข้อกำหนดในตารางที่ 3.2 นั้น มีการระบุถึงตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตกบ่อยครั้ง เพื่อให้ข้อมูลที่เก็บบันทึกมีความน่าเชื่อถือ ได้มีระบุตำแหน่งให้ทราบถึงการศึกษาข้อบกพร่องโฟมแตกในรถยนต์รุ่น A กรณีศึกษาในโรงงานตัวอย่าง เพื่อเป็นแก้ไขปัญหาที่ตรงวัตถุประสงค์ ดังแสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ตำแหน่งที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตกสำหรับรถยนต์รุ่นที่ศึกษา

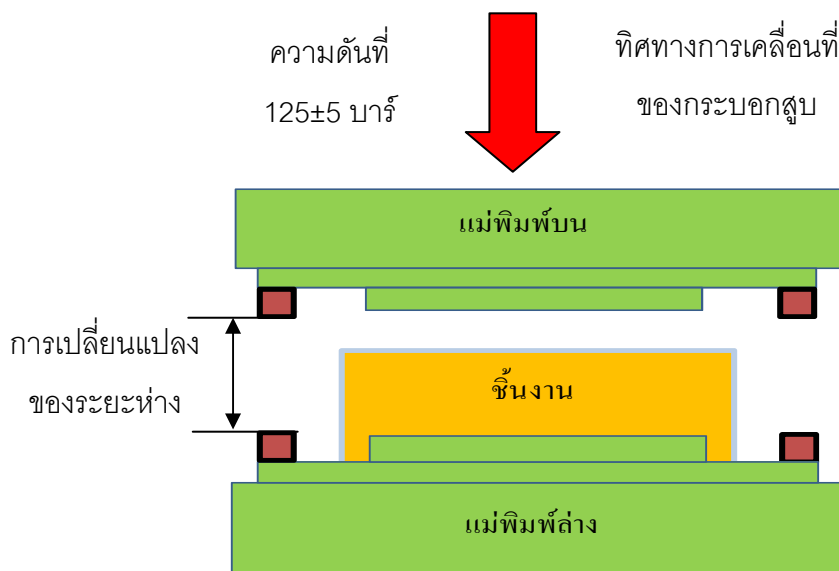
3.6 ศึกษาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องโฟมแตก

จากการจัดลำดับแผนภูมิพาเรโตข้อบกพร่องโฟมแตกที่เกิดขึ้นมีทั้งหมด 69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานเป็นส่วนใหญ่ จึงได้มีการศึกษาถึงสาเหตุที่เกิดขึ้น ดังนี้

การศึกษาดำเนินการเกี่ยวกับข้อบกพร่องโฟมแตกนั้น นำข้อมูลที่ได้รับการบันทึกจากโรงงานตัวอย่างมาดำเนินการวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลความดันเครื่องจักร ระยะการสึกหรอแม่พิมพ์บริเวณสตอปเปอร์ และระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา สามารถศึกษาว่าปัจจัยทั้งหมดส่งผลต่อการเกิดของเสียโฟมแตกมากน้อยเพียงใด โดยมีการแบ่งปัจจัยที่เป็นสาเหตุได้ดังนี้

3.6.1 สาเหตุจากความดันอัดของเครื่องจักร

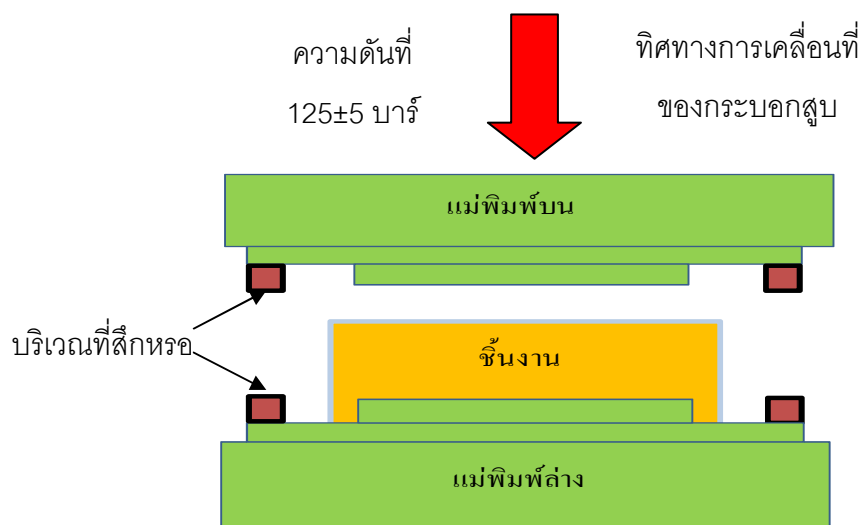
จากการผลิตชิ้นงานผ้าหลังคาในแต่ละรุ่นจะมีการปรับตั้งความดันอัดขึ้นรูปที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะแม่พิมพ์หรือชิ้นงาน ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความดันอัดเครื่องจักรกับความหนาชิ้นงาน โดยศึกษาถึงความดันอัดเครื่องจักรที่ปรับเปลี่ยนมีผลต่อการแตกของโฟมผ้าหลังคามากน้อยแค่ไหน ค่ามาตรฐานความดันเครื่องจักรที่กำหนดจากทางโรงงานตัวอย่าง เท่ากับ 125 ± 5 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 สาเหตุความดันอัดขึ้นรูปที่ส่งผลต่อโฟมแตก

3.6.2 สาเหตุจากระยะการสีกรของแม่พิมพ์บริเวณสต๊อปเปอร์

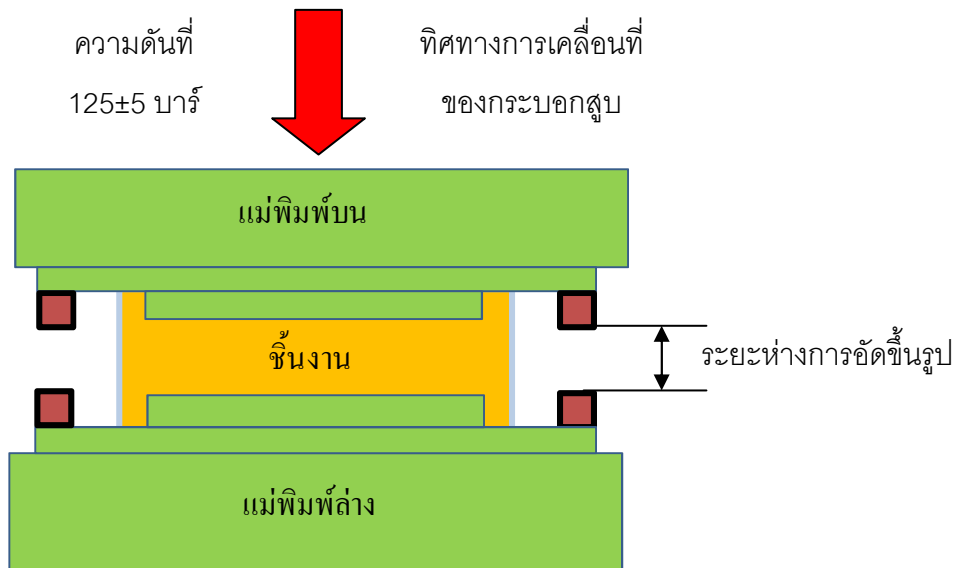
ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสีกรของสต๊อปเปอร์กับจำนวนครั้งสะสมการอัดขึ้นรูป เป็นการศึกษาถึงระยะการสีกรของสต๊อปเปอร์ มีผลต่อการแตกของโฟมผ้าหลังคามากน้อยแค่ไหน โดยค่ามาตรฐานจำนวนครั้งการอัดขึ้นรูปมาตรฐานที่มีการทดลองจากโรงงานตัวอย่างเท่ากับ 2,000 ครั้งต่อปรับแต่งแม่พิมพ์บริเวณสต๊อปเปอร์ (ซึ่งไม่มีการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงแม่พิมพ์) การสีกรของแม่พิมพ์จากการอัดขึ้นรูปบ่อยครั้งบริเวณสต๊อปเปอร์ทั้งด้านบนและล่างนั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.21 มีผลต่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาที่เปลี่ยนแปลงไป และส่งผลกระทบต่อขอบร่องโฟมแตก



รูปที่ 3.21 สาเหตุการสีกรของแม่พิมพ์ที่ส่งผลต่อเสียโฟมแตก

3.6.3 สาเหตุจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

จากกระบวนการอัดขึ้นรูปมีส่วนเกี่ยวข้องกับสาเหตุการเกิดโฟมแตกมากที่สุด อันเนื่องจากการอัดขึ้นรูป (Headlining Forming) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผ้าหลังคา ซึ่งการผลิตผ้าหลังคาให้ได้ตามขนาดที่ลูกค้ากำหนดนั้นควรมีการกำหนดระยะห่างที่เหมาะสม เพื่อการกระบวนการผลิตได้ผ้าหลังคาที่มีคุณภาพ การศึกษาสาเหตุได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา เป็นการศึกษาความหนาชิ้นงาน ซึ่งมีผลกระทบต่อขอบร่องโฟมแตกมากน้อยเพียงใด มีมาตรฐานความหนาชิ้นงานกำหนด เท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 สาเหตุระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ส่งผลต่อโฟมแตก

จากรูปที่ 3.22 ระยะห่างการอัดขึ้นรูปจะมีแนวโน้มไปในทิศทางบวก (ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างขึ้น) หรือทิศทางลบ (ระยะห่างการอัดขึ้นรูปแคบลง) นั้นมีโอกาสที่ทำให้เกิดของเสียได้เสมอ การบ่งบอกได้ว่าโฟมแตกมากหรือน้อยเพียงใด ควรมีการทดลองเพื่อหาข้อสรุปของสาเหตุนี้ซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป

จากการระบุสาเหตุของปัญหาพบว่าแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องโฟมแตก ซึ่งไม่สามารถทำการทดลองปัจจัยทั้งหมดได้แต่อย่างไรก็ดี ปัจจัยอันเป็นสาเหตุทำให้เกิดของเสียนั้น สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ปัจจัยที่ได้ควบคุม
2. ปัจจัยที่ไม่ได้ควบคุม

จากการพิจารณาปัจจัยต่างๆแล้วพบว่า ปัจจัยค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานซึ่งสอดคล้องกับของเสียโฟมแตก หลังจากผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้วนั้น เกิดเป็นปัจจัยเดียวที่ไม่ได้ควบคุมเนื่องจากไม่ได้เคยทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม กับของเสียโฟมแตกอย่างจริงจังมาก่อน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรง ดังนั้นจึงให้ความสำคัญ และเป็นที่มาของงานวิจัยนี้

สำหรับปัจจัยที่ได้นำมาควบคุมแล้ว และไม่ได้เลือกมาทำการวิจัยในครั้งนี้อย่างได้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของสาเหตุแห่งปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาโฟมแตก

ปัจจัย	ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ควบคุมได้	ควบคุมไม่ได้
1.ความดันอัดเครื่องจักร	ความดันอัดเครื่องจักร	ความหนาขึ้นงานหลังจากอัดขึ้นรูป	อุณหภูมิสำหรับทดลองเท่ากับ 135 ± 5 C ระยะเวลาการอัดขึ้นรูปสำหรับทดลอง เท่ากับ 35 ± 5 วินาที	ความหนาขึ้นงานหลังจากมีการปรับความดันขึ้นเรื่อยๆ เพื่อดูแนวโน้มสำหรับกำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป
2.ระยะการสีกหรือห่อแม่พิมพ์บริเวณสตอปเปอร์	ระยะการสีกหรือแม่พิมพ์บริเวณสตอปเปอร์	ความหนาขึ้นงานหลังจากอัดขึ้นรูป	อุณหภูมิสำหรับทดลองเท่ากับ 135 ± 5 C ระยะเวลาการอัดขึ้นรูปสำหรับทดลอง เท่ากับ 35 ± 5 วินาที ความดันอัดขึ้นรูปสำหรับทดลอง เท่ากับ 125 ± 5 บาร์	ความหนาขึ้นงานหลังจากมีการอัดขึ้นรูปไปเรื่อยๆ เพื่อดูแนวโน้มระยะการสีกหรือสำหรับกำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป
3.ระยะห่างการอัดขึ้นรูป	ระยะห่างระหว่างแม่พิมพ์	ความหนาขึ้นงานหลังจากอัดขึ้นรูป	อุณหภูมิสำหรับทดลองเท่ากับ 135 ± 5 C ระยะเวลาการอัดขึ้นรูปสำหรับทดลอง เท่ากับ 35 ± 5 วินาที ความดันอัดสำหรับทดลอง เท่ากับ 125 ± 5 บาร์	ความหนาขึ้นงานหลังจากได้มีการอัดขึ้นรูป และนำไปกำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม

			จำนวนครั้งสะสมในการอัดขึ้นรูปที่ 4,000 ครั้งต่อการบำรุงรักษาแม่พิมพ์	
--	--	--	--	--

3.7 ผลกระทบของปัญหากรณีศึกษา

1. สูญเสียเวลาในการปฏิบัติงานของพนักงานในไลน์การผลิต สำหรับการมาปฏิบัติงานบ่อยครั้ง เพื่อทดแทนของเสียที่เกิดจากข้อบกพร่องต่างๆ เช่น ข้อบกพร่องโฟมนิ่ม โฟมเป็นคลื่น กาวทะลุ เป็นต้น

2. เกิดค่าใช้จ่ายสำหรับผลิตงานซ้ำซ้อนเพื่อมาทดแทนส่วนที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตก โฟมนิ่ม กาวทะลุ และอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาค่าใช้จ่ายที่กำหนดขึ้นรูปอัดโพลียูรีเทนโฟมที่เหมาะสม โดยส่วนใหญ่ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น มาจาก 3. ส่วนหลักๆ คือ ค่าแรง ค่าวัตถุดิบ และ ค่าเสียต่างๆ เช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าวัตถุดิบสิ้นเปลือง เป็นต้น

3. ไม่สามารถดำเนินการส่งชิ้นงานแผ่นโพลียูรีเทนโฟมสำหรับกลุ่มตัวอย่าง (Sample size) ที่เกิดผลกระทบข้อบกพร่องโฟมแตก โฟมนิ่ม กาวทะลุ ข้อบกพร่องอื่นๆ กลับคืน (Claim) ไปยังผู้ผลิตชิ้นงานแผ่นโพลียูรีเทนโฟมได้ เนื่องจากผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว และความรุนแรงเกิดขึ้นมาก จนไม่สามารถนำกลับมาปรับปรุงได้ (Rework) ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บหรือขนส่งเพื่อไปทำลาย

4. ส่งมอบสินค้าผ้าหลังคาไปยังลูกค้าไม่ทันกำหนด เนื่องจากมีวัตถุดิบไม่เพียงพอกับกำลังการผลิตผ้าหลังคา ซึ่งต้องมีการจ่ายวัตถุดิบจากพัสดุเข้าไปทดแทนของที่เสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

บทที่ 4

วิธีการดำเนินงานวิจัยพัฒนาข้อกำหนดการผลิต

การพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการขึ้นรูปอัดโพลีเอทิลีนโพรไมล์ให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตผ้า หลังคานั้นจำเป็นต้องเก็บข้อมูลพื้นฐาน อันประกอบด้วย ปัจจัยที่เกิดขึ้นกับกระบวนการอัดขึ้นรูปโพลีเอทิลีนโพรไมล์ ได้แก่ ระยะห่างการอัดขึ้นรูป ความดันเครื่องจักร ระยะการสึกหรอของสตีปเปอร์ และความหนาของชิ้นงานโพรไมล์ ซึ่งจะสัมพันธ์กับระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา โดยปกติระยะการอัดขึ้นรูปที่ไม่เหมาะสมส่งผลต่อของเสียในกระบวนการผลิต การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับของเสียโพรไมล์แตก ความสัมพันธ์ ระหว่างความดันเครื่องจักรกับของเสียโพรไมล์แตก และ ความสัมพันธ์ ระหว่างระยะการสึกหรอแม่พิมพ์ เพื่อให้การอัดขึ้นรูปผ้าหลังคานั้นเกิดคุณภาพดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา ดังนั้นระยะการอัดขึ้นรูปชิ้นงานที่เหมาะสมมีระดับความรุนแรงของเสียที่ยอมรับได้ มีการปรับปรุงแม่พิมพ์หรืออุปกรณ์เสริมเข้ามาเพื่อสนับสนุนการทดลองนี้ พร้อมนำเทคนิควิเคราะห์ค่าเผื่อโดยใช้เทคนิควิธีการต่างๆ เช่น รูปแบบทางสถิติ (Statistics) แบบ Root Sum Square (RSS) หรือ Dynamic Root Sum Square (DRSS) ซึ่งวิธีการเหล่านี้สามารถทำนายของเสียที่เกิดขึ้นได้ โดยมีการพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการผลิตที่ยอมรับได้จากการทดลองในแต่ละวิธี ทั้งยังมีการปรับแต่งบริเวณแม่พิมพ์ใหม่ เพื่อให้เกิดการยอมรับในการพัฒนาค่าเผื่อข้อกำหนดการผลิต โดยการกำหนดระยะการอัดขึ้นรูปใหม่นั้น ควรมีการวิเคราะห์ถึงปัจจัยดังกล่าวมาข้างต้นให้ครอบคลุม ทำการปรับแต่งบริเวณแม่พิมพ์ ควบคู่กับการจัดทำแบบจำลองระยะห่างการอัดขึ้นรูปในระดับต่างๆ เพื่อให้สามารถกำหนดค่าเผื่อสำหรับทดลองปฏิบัติจริง และเก็บผลการทดลอง หลังจากนั้นจึงทำการสรุปผลแบบจำลองปัญหาภัยของเสียข้อบกพร่องโพรไมล์แตก โดยพิจารณาการปฏิบัติงานจริงและผลการทดลองจากของเสียเดิมเปรียบเทียบกับของเสียใหม่

4.1 การจัดเตรียมเครื่องมือสำหรับการทดลอง

1. แม่พิมพ์

การจัดเตรียมแม่พิมพ์เพื่อใช้สำหรับการทดลองมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความสะอาดแม่พิมพ์ก่อนล่วงหน้าการทดลอง 1 วัน เพื่อทำความสะอาดคราบขาวซึ่งติดบริเวณผิวของแม่พิมพ์ให้สะอาดก่อนดำเนินการผลิต

2. จัดเก็บแม่พิมพ์ในห้องเก็บชิ้นส่วนอุปกรณ์ ป้องกันฝุ่นและอันตรายจากการปฏิบัติงานในส่วนอื่นๆ

3. การติดตั้งแม่พิมพ์ด้านบน และด้านล่างเข้ากับเครื่องกดขนาด 1,600 ตัน มีความคุมปัจจัยแวดล้อม ดังนี้

- อุณหภูมิแม่พิมพ์ควบคุมความร้อน $135 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- ระยะเวลากดอัดขึ้นรูป 35 ± 5 วินาที (ควบคุมจากนาฬิกาจับเวลา)
- ความดันมีการควบคุม 120-130 บาร์ แต่เนื่องจากความดันการอัดขึ้นงาน

ผลกระทบต่อการอัดขึ้นรูป มีการทดลองเพื่อหาข้อมูลความดันเหมาะสมสำหรับการนำมาปฏิบัติ

4. นำเครื่องมือสำหรับตรวจวัดความร้อนของแม่พิมพ์ก่อนการผลิต เพื่อลดผลกระทบในการผลิต ซึ่งมีผลจากการขยายตัวของแม่พิมพ์และชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เครื่องมือตรวจวัดความร้อนแม่พิมพ์

5. ตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุแม่พิมพ์ก่อนการทดลอง เพื่อยืนยันความถูกต้องสำหรับอุปกรณ์ที่นำมาใช้ทดลอง และข้อมูลที่ถูกรวบรวมมีความน่าเชื่อถือเพียงพอ จากคุณสมบัติแม่พิมพ์ตรวจสอบได้จากใบ Certificate จากโรงงานตัวอย่าง

คุณสมบัติทั่วไปของ Al_2O_3

- 1.ความต้านทานการสึกกร่อนสูง (High Wear Resistance)
- 2.ความแข็งแรงสูง (High Strength)
- 3.การนำไฟฟ้าดี(Good Electrical Conductivity)
- 4.จุดหลอมละลายสูง (High Melting Point)

Density	=	4250-4300	Kg/m ³
Vickers Hardness at 20°C	=	2000-2200	Gpa
Young's Modulus	=	400-490	Gpa
Transverse rupture stress	=	1100	Mpa
Coefficient of thermal expansion	=	7.5-8.0	10 ⁻⁶ /K
Thermal Conductivity	=	17	W/m.K
Electrical Resistivity	=	90	10 ⁻⁶ ohm.m
Average grain size	=	1-3	Micron
Bending Strength: 3 point bending	=	780	Mpa
Bending Strength: 4 point bending	=	785	Mpa
Fracture Toughness:K _{1c}	=	4-4.5	Mpa.m ^{1/2}

2.เวอร์เนียคาลิเปอร์วัดระยะความหนาของแผ่นเหล็กทรง หรือ Stopper เพื่อเป็นการป้องกันวัสดุที่ผิดขนาดออกจากการผลิตก่อนนำมาทดลองจริง เครื่องมือที่นำมาใช้วัดความหนาจะมีความละเอียดของเครื่องมือวัดที่จุดทศนิยม 2 ตำแหน่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.2



รูป 4.2 เครื่องมือวัดความหนาของแม่พิมพ์บริเวณสต็อปเปอร์

3. ได้ออลเกจวัดความหนาของชิ้นงาน (Thickness Gage) เริ่มวัดหลังจากชิ้นงานผ่านการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน เครื่องมือที่ใช้วัดความหนามีความละเอียด ± 0.05 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 เครื่องมือวัดความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา

การศึกษابัจจัยที่เกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องโฟมแตก โดยการนำข้อมูลที่ได้รับการบันทึกจากโรงงานตัวอย่างมาดำเนินการศึกษา ได้แก่ ความดันเครื่องจักรอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ระยะการสีกหรือแม่พิมพ์บริเวณสต็อปเปอร์ และระยะห่างการอัดขึ้นรูป ว่าปัจจัยใดส่งผลกระทบต่อของเสียโฟมแตกได้บ้าง

-ปัจจัยความดันอัดของเครื่องจักรที่ผลต่อความหนาชิ้นงาน

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความดันอัดเครื่องจักรกับระยะเวลาการอัดขึ้นรูป เป็นการศึกษาระยะเวลาการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ที่มีผลต่อการโฟมแตกมากน้อยแค่ไหน มาตรฐานความดันเครื่องจักรที่กำหนดจากทางโรงงานตัวอย่าง เท่ากับ 125 ± 5 บาร์

-ปัจจัยระยะการสีกหรือของแม่พิมพ์ที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสีกหรือของสต็อปเปอร์กับจำนวนครั้งสะสมการอัดขึ้นรูป เป็นการศึกษาระยะการสีกหรือของแม่พิมพ์บริเวณสต็อปเปอร์ มีผลต่อการแตกของโฟมผ้าหลังคามากน้อยแค่ไหน

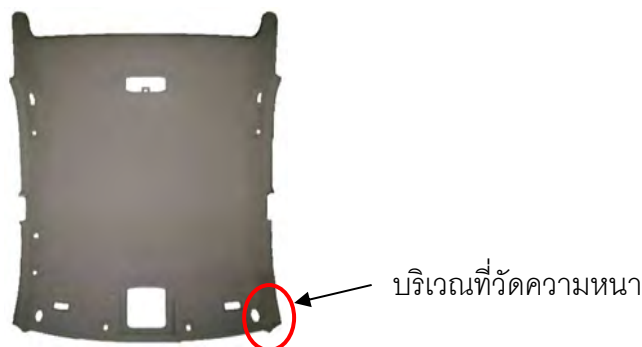
-ปัจจัยระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานและของเสียโฟมแตก ว่ามีผลกระทบมากน้อยเพียงใด โดยมาตรฐานความหนาชิ้นงานที่ลูกค้ากำหนด เท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร

4.2 ศึกษาความดันอัดเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

1. เก็บรวบรวมชิ้นงานจำนวน 30 ตัวอย่าง จากการปรับความดันตั้งแต่ 120 – 130 บาร์ โดยการกำหนดค่าคงที่ของอุณหภูมิการผลิตที่ 135 ± 5 °C และระยะเวลาการอัดขึ้นรูป 35 ± 5 วินาที

2. นำเครื่องมือได้ออลเกจวัดความหนาชิ้นงานบริเวณที่เกิดโฟมแตกจำนวน 30 ตัวอย่าง ทุกระยะความดันอัดเครื่องจักรตั้งแต่ 120-130 บาร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งการวัดความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา

3. บันทึกค่าความหนาชิ้นงานเฉลี่ยที่มีผลต่อความดันเครื่องจักร ลงในตารางที่ 4.1

ความดันเครื่องจักร (บาร์)	ความหนาชิ้นงาน (มิลลิเมตร)
120	
121	
122	
123	
124	
125	
126	
127	
128	
129	
130	

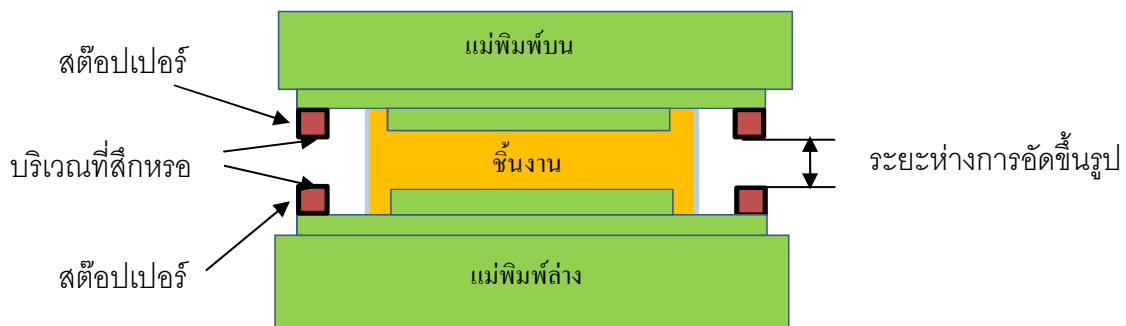
ตารางที่ 4.1 รูปแบบการเก็บข้อมูลความดันเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

4. ข้อมูลในตารางที่ 4.1 นำไปวิเคราะห์ด้วยกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างความดันเครื่องจักรกับความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานผ้าหลังคา

5. กำหนดเป็นเกณฑ์ในการปรับตั้งความดันเครื่องจักร ก่อนมีการทดลองเพื่อหาระยะห่างการอัดชิ้นรูปผ้าหลังคา

4.3 ศึกษาระยะเวลาการสีกรอแม่พิมพ์ที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

1. เก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนครั้งการอัดชิ้นรูปสะสมจากกระบวนการผลิตจริง มีการตั้งขอบเขตจำนวนครั้งสะสมตั้งแต่ 500 – 5000 ครั้ง แสดงในตารางการเก็บข้อมูลจำนวนครั้งสะสมการอัดชิ้นรูปกับระยะเวลาการสีกรอแม่พิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงบริเวณการสีกรอจากการอัดชิ้นรูปชิ้นงานหลังคา

2. บันทึกค่าระยะเวลาการสีกรอที่มีผลต่อความหนาเฉลี่ยชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

จำนวนครั้งสะสม สำหรับอัดชิ้นรูป(ครั้ง)	ระยะเวลาการสีกรอ (มิลลิวเมตร)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิวเมตร)
500		
1000		
1500		
2000		
2500		
3000		
3500		
4000		
4500		
5000		

ตารางที่ 4.2 รูปแบบการเก็บข้อมูลระยะเวลาการสีกรอที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

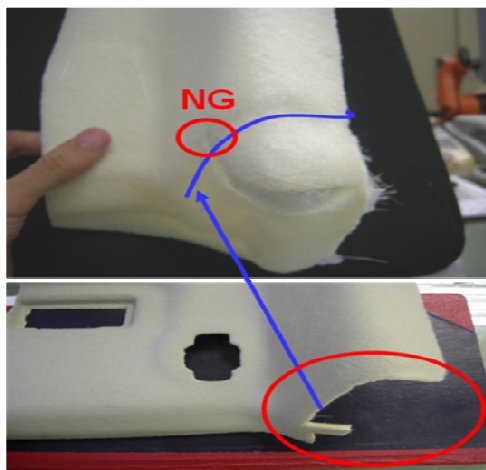
3.วิเคราะห์ข้อมูลด้วยกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการอัดขึ้นรูปที่มีผลกระทบต่อระยะเวลาการสีกหรือแม่พิมพ์กับความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา

4.กำหนดเกณฑ์การบำรุงรักษาด้วยการปรับเปลี่ยนวัสดุ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ (ระยะเวลาการสีกหรือที่มีการบำรุงรักษามีจำนวนครั้งสะสมการอัดขึ้นรูปที่ 2,000 ครั้ง)

4.4 ศึกษาระยะเวลาห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

1.เก็บรวบรวมข้อมูลความหนาชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตกจากกลุ่มตัวอย่าง 50กลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม โดยการเลือกเฉพาะชิ้นงานที่เกิดโฟมแตกเท่านั้นในแต่ละกลุ่ม

2.นำได้ออลเกจวัดความหนาชิ้นงานในบริเวณที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตกในแต่ละกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 3 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (โดยอ้างอิงการวัดจากตำแหน่งที่เกิดบ่อยครั้ง คือ ด้านขวาของชิ้นงานผ้าหลังคา)



รูปที่ 4.6 บริเวณการวัดความหนาของชิ้นงาน

3.บันทึกค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานที่ผลต่อความหนาชิ้นงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.3

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
1	100		
2	100		
3	100		
4	100		
5	100		
⋮	100		
⋮	100		
⋮	100		
49	100		
50	100		

ตารางที่ 4.3 การเก็บข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

4. นำข้อมูลจากตารางที่ 4.3 มาวิเคราะห์ด้วยกราฟ Scatter Diagram เพื่อจัดลำดับความรุนแรงของเสียโฟมแตก

5. บันทึกข้อมูลระดับความรุนแรงโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ระดับการแตกของชิ้นงาน	จำนวนโฟมแตก (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
ระดับ 1	0-2	
ระดับ 2	3-5	
ระดับ 3	6-9	
ระดับ 4	10-12	

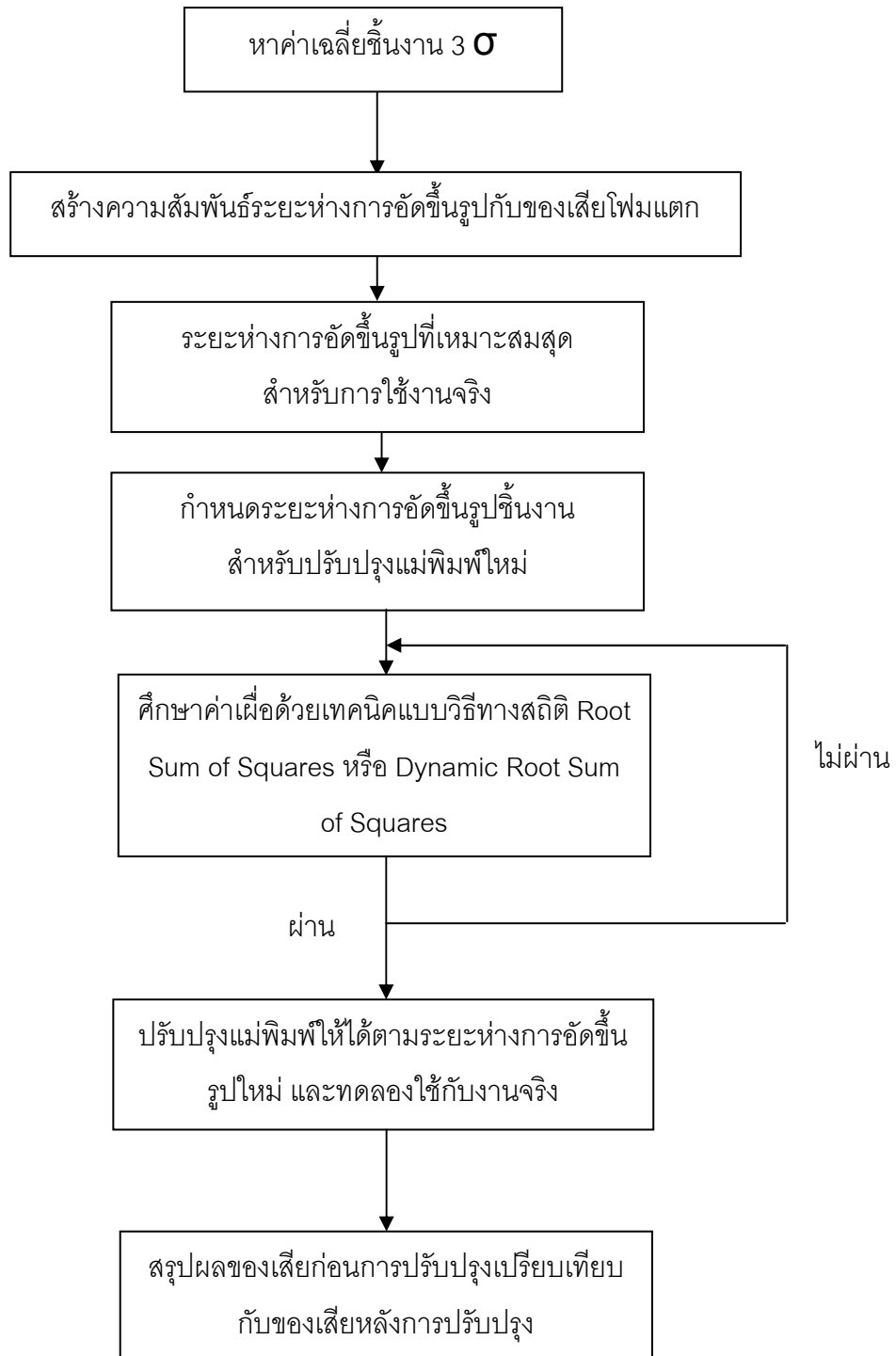
ตารางที่ 4.4 รูปแบบการเก็บข้อมูลระดับความรุนแรงโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

6. เปรียบเทียบผลระดับความรุนแรงโฟมแตกระหว่างก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุง

4.5 การหาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา

การดำเนินการวิจัยเพื่อนำสู่การศึกษาเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ
ตามแต่ละลำดับขั้นตอนที่กำหนด ดังแสดงในรูปที่ 4.7

โดยปฏิบัติ



รูปที่ 4.7 แผนภาพแนวคิดเกี่ยวกับหลักการศึกษาค่าเผื่อการผลิต

4.5.1 การหาค่าเฉลี่ยความหนาขึ้นงานผ้าหลังคา

สำหรับการหาค่าความหนาขึ้นงานเฉลี่ย แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำข้อมูลความหนาขึ้นงานก่อนการทดลองที่เกิดจากของเสียโฟมแตกจำนวน 50 กลุ่มตัวอย่าง มาหาค่าความหนาขึ้นงานเฉลี่ย ความหนาขึ้นงานจะสัมพันธ์กับระยะห่างการอัดขึ้นรูป
2. หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความหนาขึ้นงานหลังผ่านการอัดขึ้นรูป (σ_T) คำนวณโดยโปรแกรม Minitab 15
3. นำข้อมูลจากโปรแกรม Minitab 15 ไปทดสอบการกระจายตัวข้อมูลความหนาขึ้นงานผ้าหลังคา เป็นแบบการแจกแจงปกติหรือไม่
4. นำข้อมูลไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย 3σ โดยใช้สูตร ดังนี้

$$FG = \text{Average Thickness} \pm 3\sigma_{\text{Gap}}$$

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานกว้างสุด (FG.max)} = \text{Average Thickness} + 3\sigma_{\text{Gap}}$$

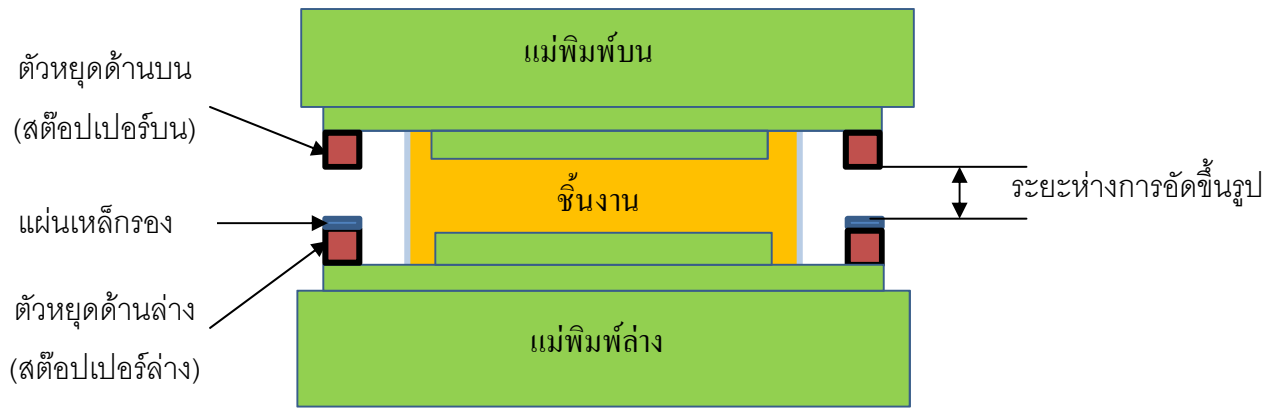
$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานกลาง (FG.min)} = \text{Average Thickness}$$

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานแคบสุด (FG.min)} = \text{Average Thickness} - 3\sigma_{\text{Gap}}$$

5. กำหนดระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาจากการคำนวณใน ข้อ 4 เพื่อนำไปทดลองกับการปฏิบัติงานจริง

4.5.2 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับของเสียโฟมแตก

ในการประกบแม่พิมพ์เพื่ออัดขึ้นรูปขึ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 จำเป็นต้องกำหนดระยะการกดอัดขึ้นงานที่เหมาะสม ดังนั้นระยะห่างกดอัดเพื่อขึ้นรูปขึ้นงานผ้าหลังคาส่งผลต่อกระทบของเสียโฟมแตก เราเรียกระยะนี้ว่า “ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงาน” (Forming Gap Piece: FG)



รูปที่ 4.8 ระยะห่างการอัดขึ้นรูปของแม่พิมพ์

สำหรับการหาความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับของเสียโฟมแตก แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน

1. นำค่าเฉลี่ยความหนาชิ้นงาน 3σ จัดระดับการเพิ่มระยะห่างการอัดขึ้นรูปจากแคบสุด ไปยัง มากสุด โดยพิจารณาจากการเพิ่มทีละน้อย หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละอันตรภาคชั้น)

2. คำนวณการหาอันตรภาคชั้นในแต่ละระยะการอัดขึ้นรูป จากสูตร

$$\text{ระยะห่างที่ปรับเพิ่มแต่ละอันตรภาคชั้น} = \pm (\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างสุด} - \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกลาง} \times 100) / (\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปค่ากลาง}) \dots\dots\dots \text{สมการ 4.1}$$

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปแต่ละอันตรภาคชั้น} = \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปค่ากลาง} + \text{ระยะห่างที่ปรับเพิ่มแต่ละอันตรภาคชั้น (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)}$$

3. บันทึกอันตรภาคชั้นของระยะห่างการอัดขึ้นรูปจากการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

การเคลื่อนที่ของระยะห่างเฉลี่ย	ระยะห่างการอัดขึ้นรูป หน่วยเป็นมิลลิเมตร
3.342+ ชั้นที่ 4 + ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 5 (%)	
3.342+ ชั้นที่ 3 + ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 4 (%)	
3.342+ ชั้นที่ 2 + ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 3 (%)	
3.342+ ชั้นที่ 1 + ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 2 (%)	
3.342+ ชั้นที่ 0 + ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 1 (%)	
3.342+ ระยะห่างปรับเพิ่มชั้น 0 (%)	
3.342- ชั้นที่ 0 - ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 1 (%)	
3.342- ชั้นที่ 1 - ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 2 (%)	
3.342- ชั้นที่ 2 - ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 3 (%)	
3.342- ชั้นที่ 3 - ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 4 (%)	
3.342- ชั้นที่ 4 - ระยะห่างปรับเพิ่มชั้นที่ 5 (%)	

ตารางที่ 4.5 การเคลื่อนที่ของระยะห่างเฉลี่ย

4. นำเป็นหลักเกณฑ์เพื่อใช้สำหรับทดลองกับกระบวนการผลิตจริง

4.5.3 การหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมกับชิ้นงานผ้าหลังคา

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปเหมาะสมสุด จำเป็นต้องหาข้อมูลของเสียก่อนการปรับปรุง ที่ได้จากระยะห่างการอัดขึ้นรูปเดิม โดยมีการปรับแม่พิมพ์ให้มีความสัมพันธ์กับระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่กำหนด ภายใต้สภาวะการทดลองของกลุ่มตัวอย่างที่เหมือนกัน จำนวนตัวอย่างเท่ากัน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. นำแม่พิมพ์ไปปรับแต่งระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนการทดลองอัดขึ้นรูปชิ้นงานซึ่งทราบว่าเป็นโอกาสสำหรับระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานกว้างและแคบที่สุดจากหัวข้อ 4.3.2 กำหนดค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปโดยแบ่งตามอันตรายภาคชั้นของระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เคลื่อนที่

2. นำแผ่นเหล็กรองมาตามขนาดที่ต้องการปรับเพิ่มระยะการอัดขึ้นรูปจากค่ากลางขึ้นไปเป็นจำนวน 5 อันตรภาคชั้น ตามขนาดที่ปรับเพิ่มในตารางที่ 4.5 สำหรับในกรณีที่ปรับลดทำได้ 2 กรณี

กรณีที่ 1 ปรับลดลงโดยการตั้งของเครื่องกดอัดขึ้นรูปซึ่งสามารถควบคุมได้ยุ่งยากกว่าการเพิ่มแผ่นเหล็กรอง

กรณีที่ 2 ปรับแต่งแม่พิมพ์บริเวณสตีปเปอร์โดยการขัดหรือเจียรระโนผิวด้านบนออกซึ่งได้ความเที่ยงตรงกว่ากรณีแรก

3. ติดตั้งแม่พิมพ์บน – ล่างเข้ากับเครื่องกดอัดขึ้นรูป (Forming Machine) แรงดันที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์อยู่ระหว่างค่าความดันเท่าดับ 120-130 บาร์

4. ทำการอุ่นแม่พิมพ์ด้วยความร้อนด้วยอุณหภูมิ 130-140 องศาเซลเซียส วัดด้วยเกจวัดอุณหภูมิ

5. นำชิ้นงานผ้าหลังคาผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปเป็นจำนวน 50 กลุ่มตัวอย่าง ในแต่ละอันตรภาคชั้น เว้นแต่ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีค่าต่ำกว่า 3.2 มิลลิเมตร หรือ สูงกว่า 3.8 มิลลิเมตร ไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากเกินข้อกำหนดทางลูกค้า

6. บันทึกผลจากการทำงานจริงในกระบวนการผลิตผ้าหลังคา และเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบของเสียโฟมแตก ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ระยะการอัดขึ้นรูป เท่ากับ มิลลิเมตร

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	15	100			
2	2	100			
3	5	100			
4	5	100			
5	11	100			
6	5	100			
7	4	100			
8	20	100			
9	15	100			
10	14	100			

ตารางที่ 4.6 รูปแบบการบันทึกข้อมูลของเสียโฟมแตก

7. นำชิ้นงานสัดส่วนโฟมแตกจากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 50 กลุ่มตัวอย่าง ในและอันตรายภาค
ชั้นมาวัดหาความหนาชิ้นงานเฉลี่ยด้วยเครื่องวัดได้ออลเกจ การเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อวัดหาความ
หนาเฉลี่ยชิ้นงาน แต่ละระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมที่สุด

8. บันทึกความหนาชิ้นงานเฉลี่ยในระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมที่สุด ทั้งหมด 50 กลุ่ม
ตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.7

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
1	100		
2	100		
3	100		
4	100		
5	100		
⋮	100		
⋮	100		
⋮	100		
49	100		
50	100		

ตารางที่ 4.7 รูปแบบการบันทึกความหนาชิ้นงานเฉลี่ยที่มีผลต่อโฟมแตกหลังปรับปรุง

9. นำข้อมูลความหนาชิ้นงานเฉลี่ยไปคำนวณเพื่อให้ระยะห่างค่าเพื่อการอัดขึ้นรูปที่
เหมาะสม ด้วยวิธีแบบ Root Sum of Squares และ Dynamic Root Sum of Squares

4.6 ศึกษาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปด้วยเทคนิคต่างๆ

4.6.1 รูปแบบคำนวณด้วยวิธีแบบ Root sum of squares

การคำนวณระยะห่างการอัดขึ้นรูปด้วยวิธี Root Sum of Squares มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.เก็บรวบรวมข้อมูลความหนาชิ้นงานเฉลี่ยหลังการปรับปรุงที่เกิดจากโฟมแตก (ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมสุดกว่าทุกระดับของระยะห่างการอัดขึ้นรูปห้าหลังคา) จากจำนวนการทดลองทั้งหมด 50 กลุ่มตัวอย่าง

2.นำข้อมูลค่าเผื่อจุดสูงสุดและต่ำสุดของความหนาชิ้นงานเฉลี่ยหลังการปรับปรุง มาคำนวณในสูตร RSS ดังแสดงในสมการที่ 4.2

$$\text{ค่าความแปรปรวน } (\sigma^2) = (\text{Tolerance}/3C_p)^2 \quad \text{สมการที่..... 4.2}$$

$$\text{เมื่อ } C_p = 1 \text{ สำหรับระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ยอมรับได้ที่ } \pm 3\sigma$$

การคำนวณค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป

$$\sigma_{\text{thickness}} = \sqrt{\sum(\text{Variance})}$$

$$\text{ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป} = \pm 3\sigma$$

3.บันทึกค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปหลังปรับปรุงเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปเดิม			ระยะห่างการอัดขึ้นรูปใหม่		
ขนาดกลาง	ค่าเผือบน	ค่าเผือล่าง	ขนาดกลาง	ค่าเผือบน	ค่าเผือล่าง
มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร

ตารางที่ 4.8 รูปแบบค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนและหลังปรับปรุง

4. นำค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปหลังการปรับปรุงไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงในโรงงานตัวอย่าง

4.6.2 รูปแบบคำนวณด้วยวิธีการ Dynamic Root Sum of Squares

การคำนวณระยะห่างการอัดขึ้นรูปด้วยวิธี Root Sum of Squares มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลความหนาขึ้นงานเฉลี่ยหลังการปรับปรุงที่เกิดจากโฟมแตก (ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมสุดกว่าทุกระดับของระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา) จากจำนวนการทดลองทั้งหมด 50 กลุ่มตัวอย่าง

2. นำข้อมูลค่าเผื่อจุดสูงสุดและต่ำสุดของความหนาขึ้นงานเฉลี่ยหลังการปรับปรุง มาคำนวณในสูตร RSS ดังแสดงในสมการที่ 4.3

$$\text{ค่าความแปรปรวน } (\sigma^2) = (\text{Tolerance}/3C_{pk})^2 \quad \text{สมการที่.....4.3}$$

$$\text{เมื่อ } C_{pk} = 1.5 \text{ สำหรับระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ยอมรับได้ที่ } \pm 3\sigma$$

การคำนวณค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป

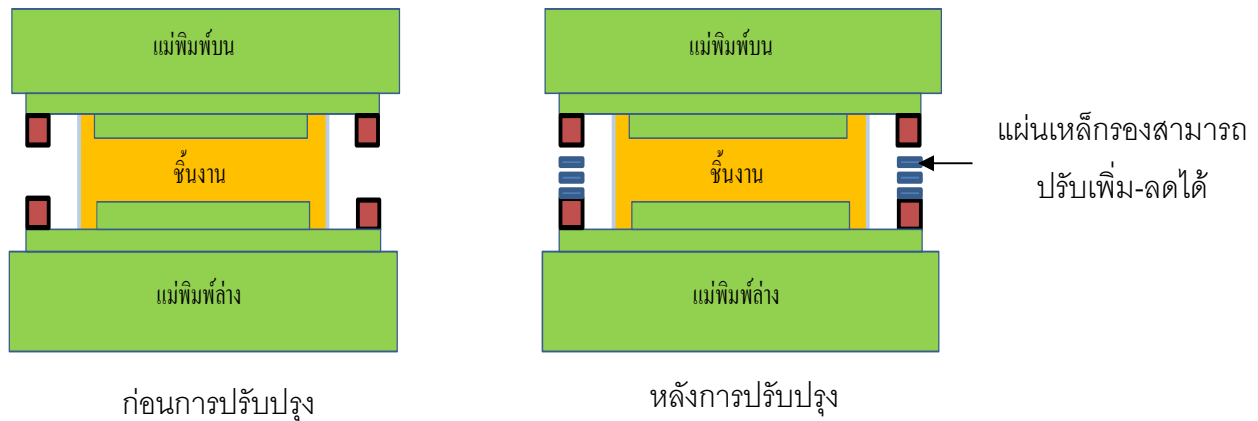
$$\sigma_{\text{thickness}} = \sqrt{\sum(\text{Variance})}$$

$$\text{ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป} = \pm 3\sigma$$

4.7 การสรุปของเสียโฟมแตกก่อนปรับปรุงเปรียบเทียบกับหลังการปรับปรุง

-ลักษณะการศึกษาค่าเฉลี่ยหลักการวิเคราะห์ โดยการเก็บข้อมูลในแต่ละ ตำแหน่ง

ระหว่างความหนาเดิมที่มีแผ่นอลูมิเนียมรองบริเวณสตีปเปอร์ด้านล่าง กับอีกลักษณะหนึ่งเป็นความหนาใหม่ที่มีแผ่นเหล็กรองบริเวณสตีปเปอร์ด้านล่างเช่นกัน แต่สามารถปรับเปลี่ยนค่าความเผื่อโดยปรับแต่งแผ่นเหล็กมากขึ้น หรือน้อยลงขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ของการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบลักษณะการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน ก่อน และ หลังการปรับปรุง

-ลักษณะการพิจารณาดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการหลักการวิเคราะห์เพื่อสังเกตความสามารถของกระบวนการผลิต ทัวไปของงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์จะอยู่ที่ค่าประมาณ 3σ หรือ ดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (Cpk) เท่ากับ 1.00 ซึ่งจะยอมรับได้ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ซึ่งจากการคำนวณค่า Cpk สามารถดำเนินการโดยบันทึกข้อมูลและประมวลผลโดยโปรแกรม Minitab15 แล้วมีการเปรียบเทียบกันระหว่างกราฟที่เกิดขึ้นด้วยความหนาเดิม และความหนาใหม่ กล่าวสรุปผลการ

-ลักษณะการพิจารณาความแปรปรวนของกระบวนการผลิต หลักการวิเคราะห์ เพื่อสังเกตพบว่าโดยปกติค่าความแปรปรวนขึ้นอยู่กับระดับของเสียโฟมแตกที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะการอัดขึ้นรูปมาตรฐานระยะการอัดขึ้นรูปจะมีค่าอยู่ที่ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร ซึ่งก่อนการทดลองเกิดของเสียเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ คือ 20,000 ชิ้นในล้านชิ้น ตามเป้าหมายคุณภาพที่โรงงานตัวอย่างกำหนดไว้ (Quality Target) ซึ่งโดยการบันทึกข้อมูลก่อนการทดลองที่ได้เกิดจากการประมวลผลในโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 15

จากข้อมูลมีการดำเนินการสรุปผลของเสียโฟมแตกหลังการปรับปรุงด้วยวิธีการดังนี้

1. นำข้อมูลค่าความหนาชิ้นงานเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ไปคำนวณหาความสามารถของกระบวนการโดยเปรียบเทียบกับค่าเผื่อความหนาชิ้นงานของลูกค้า เท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร

2. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณในโปรแกรม Minitab 15 เพื่อแสดงความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Cp) และ ความสามารถด้านสมรรถนะภาพของกระบวนการ หรือใช้สูตรคำนวณ ดังนี้

$$C_p = (USL - LSL)/6\sigma$$

เมื่อ USL = ขอบเขตบนสุดที่ยอมรับได้

LSL = ขอบเขตต่ำสุดที่ยอมรับได้

3. บันทึกข้อมูลความสามารถของกระบวนการก่อนการปรับปรุงเปรียบเทียบกับหลังการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 4.9

หัวข้อ	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง
n		
\bar{x}		
S.D within		
C_p		
C_{pk}		

ตารางที่ 4.9 รูปแบบการบันทึกความสามารถของกระบวนการเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

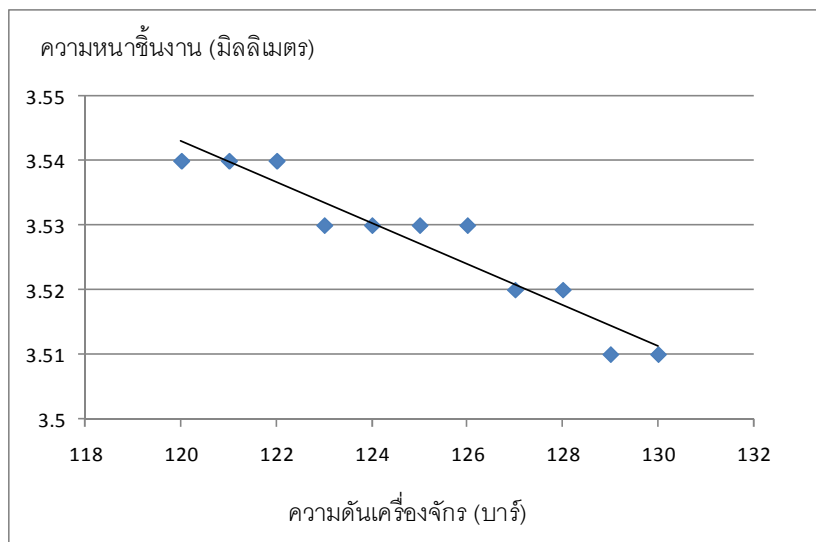
5.1 ผลความสัมพันธ์ระหว่างความดันอัดเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความดันเครื่องจักรกับความหนาชิ้นงาน ผ่านหลังคา พบว่าความดันเครื่องจักรลดลงมีผลกระทบต่อความหนาชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น การกำหนดค่าความดันที่เหมาะสม ศึกษาจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เพื่อให้การทดลองผลิตชิ้นงานผ่านหลังคามีของเสียพอมแต่น้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ความดันเครื่องจักร	ความหนาชิ้นงาน
(บาร์)	(มิลลิเมตร)
120	3.54
121	3.54
122	3.54
123	3.53
124	3.53
125	3.53
126	3.53
127	3.52
128	3.52
129	3.51
130	3.51

ตารางที่ 5.1 ผลข้อมูลระหว่างความดันเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

ผลดังแสดงในตารางที่ 5.1 นั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าจากการทดลองผลิตชิ้นงานในแต่ละความดันเครื่องจักร พบว่ามาตรฐานสำหรับความดันเครื่องจักรขณะอัดขึ้นรูปชิ้นงาน เท่ากับ 125 ± 5 บาร์ ซึ่งแสดงค่าความหนาชิ้นงานอยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องพอมแตก จึงบ่งบอกถึงการนำค่ามาตรฐานความดันมาประยุกต์ใช้กับการทดลองจริงและแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันอัดเครื่องจักรกับความหนาชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 กราฟความสัมพันธ์ความดันเครื่องจักรที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

จากรูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเครื่องจักรกับความหนาชิ้นงาน พบว่าความดันในกระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงตามลักษณะงาน ศึกษาจากข้อมูลความดันเครื่องจักรมีค่าเพิ่มขึ้นส่งผลต่อความหนาชิ้นงานลดลง และกระทบโดยตรงไปต่อข้อบกพร่องโพมแตก

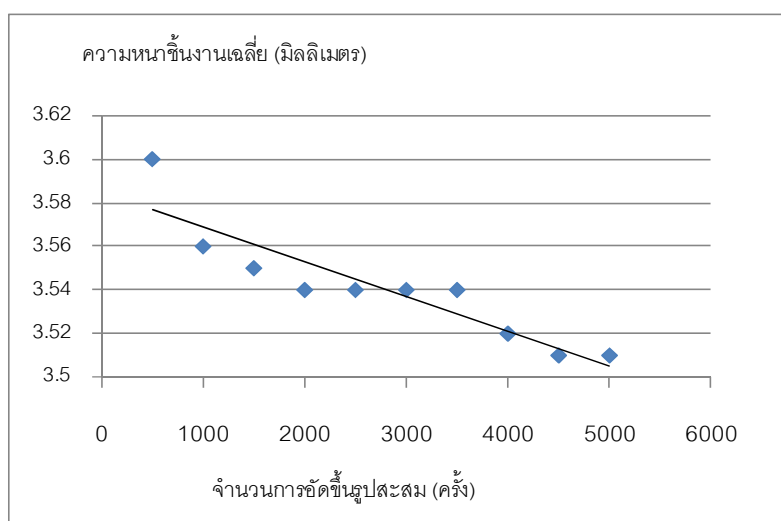
5.2 ผลความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสึกหรอบริเวณสตีปเปอร์กับความหนาชิ้นงานผ้าหลังคา พบว่าระยะการสึกหรอแม่พิมพ์มากขึ้นมีผลกระทบต่อความหนาชิ้นงานที่ลดลง การกำหนดค่าระยะการสึกหรอที่เหมาะสม ศึกษาจากจำนวนครั้งสะสมในการอัดขึ้นรูปผลิตจริงเพื่อทำให้การทดลองผลิตชิ้นงานผ้าหลังคามีของเสียโพมแตกน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5.2

จำนวนครั้งสะสม	ระยะการสึกหรอ	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย
สำหรับอัดขึ้นรูป(ครั้ง)	(มิลลิเมตร)	(มิลลิเมตร)
500	-	3.6
1000	-	3.56
1500	-	3.55
2000	-	3.54
2500	-	3.54
3000	-	3.54
3500	-	3.54
4000	0.02	3.52
4500	0.03	3.51
5000	0.05	3.51

ตารางที่ 5.2 ผลข้อมูลระยะการสึกหรอแม่พิมพ์ที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

จากตารางที่ 5.2 ข้อมูลการบันทึกค่าระยะการสึกหรอแม่พิมพ์บริเวณสโตปเปอร์ พบว่ามาตรฐานระยะการสึกหรอแม่พิมพ์ เท่ากับ 2,000 ครั้งต่อการซ่อมแซม การปรับเปลี่ยนวัสดุในการทดลองจากอลูมิเนียมเป็นเหล็กแผ่น ระยะการสึกหรอแม่พิมพ์ลดลงมีผลกระทบต่อความหนาชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น การปรับปรุงแม่พิมพ์ด้วยวิธีนี้ ทำให้ระยะการสึกหรอเริ่มมีการซ่อมแซมแม่พิมพ์อยู่ที่ 4,000 ครั้งต่อการซ่อมแซม จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะการสึกหรอของสโตปเปอร์กับความหนาชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์จำนวนครั้งการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

จากรูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการสึกหรอของแม่พิมพ์บริเวณสตีปเปอร์กับความหนาชิ้นงาน พบว่าระยะเวลาการอัดสะสมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อความหนาชิ้นงานลดลง จากการเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาจุดเหมาะสมที่ควรเปลี่ยนสตีปเปอร์ทุก 4,000 ครั้งการอัดขึ้นรูป (ถ้าเริ่มมีการใช้วัสดุเป็นแผ่นเหล็กทดแทนอลูมิเนียม)

5.3 ผลความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงาน

5.3.1 ผลความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนปรับปรุง

การนำข้อมูลซึ่งเก็บรวบรวมไว้มาวิเคราะห์ แล้วจึงนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับข้อบกพร่องโฟมกับความหนาของชิ้นงานผ้าหลังคา กำหนดค่าที่ได้ทำการศึกษามีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโฟมแตกหรือไม่ จึงนำมากำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องข้องกับการผลิต เพื่อนำไปใช้สำหรับทดลองผลิตชิ้นงานผ้าหลังคา โดยมีการเก็บบันทึกข้อมูลก่อนการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.3

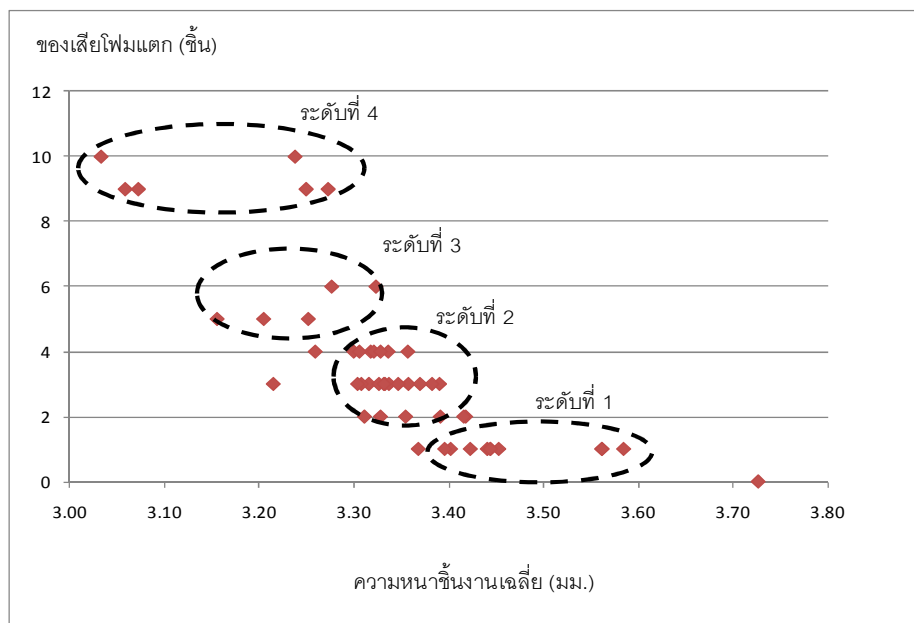
กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
1	100	3.56	1
2	100	3.32	3
3	100	3.21	5
4	100	3.25	9
5	100	3.33	3
6	100	3.42	1
7	100	3.30	4
8	100	3.26	4
9	100	3.28	6
10	100	3.24	10
11	100	3.32	4
12	100	3.31	4
13	100	3.39	3
14	100	3.34	4
15	100	3.32	4

ตารางที่ 5.3 ผลข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
16	100	3.44	1
17	100	3.44	1
18	100	3.25	5
19	100	3.32	6
20	100	3.16	5
21	100	3.42	2
22	100	3.36	4
23	100	3.33	2
24	100	3.31	2
25	100	3.38	3
26	100	3.31	3
27	100	3.33	4
28	100	3.56	1
29	100	3.42	2
30	100	3.34	3
31	100	3.33	3
32	100	3.33	3
33	100	3.30	3
34	100	3.06	9
35	100	3.40	1
36	100	3.45	1
37	100	3.73	0
38	100	3.03	10
39	100	3.40	1
40	100	3.35	2
41	100	3.22	3
42	100	3.39	2
43	100	3.27	9
44	100	3.44	1
45	100	3.36	3
46	100	3.35	3
47	100	3.37	1
48	100	3.07	9
49	100	3.37	3
50	100	3.59	1
Total	5000	3.34	177

ตารางที่ 5.3(ต่อ) แสดงผลข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง

ข้อมูลความหนาชิ้นงานในตารางที่ 5.4 นำมาแสดงเป็นระดับความรุนแรงของเสียโฟมแตก สามารถแบ่งได้ 4 ระดับ เห็นได้ว่าระดับความรุนแรงของเสียโฟมแตกยิ่งมากขึ้น ความหนาชิ้นงานเฉลี่ยลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงระดับโฟมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ยแบบ Scatter Diagram ก่อนปรับปรุง

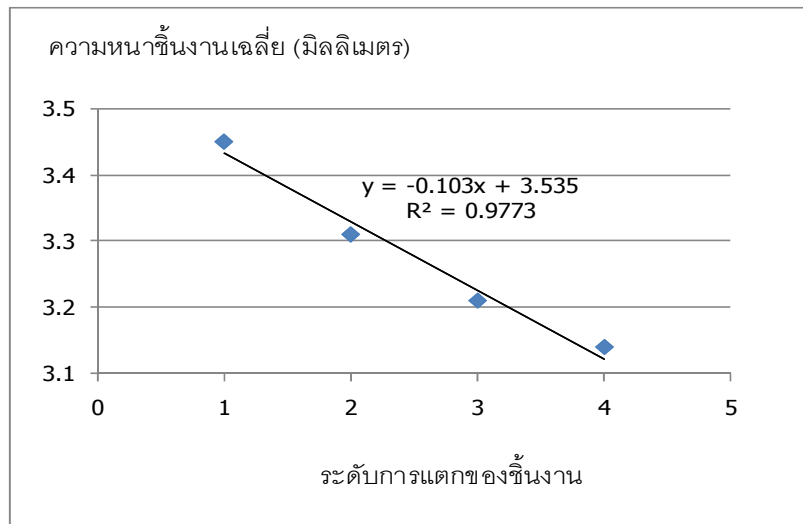
จากผลตารางที่ 5.4 สามารถนำมากำหนดเป็นระดับการแตกของชิ้นงานโฟม กับความหนาชิ้นงานเฉลี่ยแต่ละระดับก่อนการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.4

ระดับการแตกของชิ้นงาน	จำนวนโฟมแตก (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
ระดับ 1	0-2	3.45
ระดับ 2	3-5	3.31
ระดับ 3	6-9	3.21
ระดับ 4	10-12	3.14

ตารางที่ 5.4 แสดงผลระดับความรุนแรงโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง

ผลดังแสดงในตารางที่ 5.4 นั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการบันทึกค่าจากการทดลองผลิตชิ้นงานในแต่ละระดับความรุนแรงโฟมแตก พบว่ามาตรฐานสำหรับระดับโฟมแตกที่ยอมรับได้ คือไม่เกินกว่า 2 ชิ้นต่อล็อต มีการแสดงค่าความหนาชิ้นงานอยู่ในช่วงที่ไม่ส่งผลกระทบต่อข้อบกพร่องโฟมแตก จึงบ่งบอกถึงการ

กำหนดระยะห่างการอัดขึ้นรูป เพื่อนำไปใช้กับการทดลองจริง ดังแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างระดับการแตกของชิ้นงานกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ย ดังแสดงในรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ความรุนแรงโคมแตกกับความหนาชิ้นงานเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง

จากกราฟความสัมพันธ์ความรุนแรงของโคมแตกลดลง ความหนาชิ้นงานเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น ทำให้ทราบแนวโน้มสำหรับการพัฒนาค่าเผื่อไปในทิศทางระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เพิ่มขึ้น

5.3.2 ข้อมูลความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปหลังปรับปรุง

การนำข้อมูลซึ่งเก็บรวบรวมไว้มาวิเคราะห์ แล้วจึงนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับข้อบกพร่องโคมกับความหนาของชิ้นงานผ้าหลังคา กำหนดค่าที่ได้ทำการศึกษาที่มีผลกระทบต่อข้อบกพร่องโคมแตกหรือไม่ จึงนำมากำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิต เพื่อนำไปใช้สำหรับทดลองผลิตชิ้นงานผ้าหลังคา โดยมีการเก็บบันทึกข้อมูลหลังการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 5.6

จากตารางที่ 5.5 ค่าระดับโคมแตกกับความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง นำมาวิเคราะห์สรุปเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับโคมแตกกับความหนาชิ้นงาน แสดงให้เห็นได้ว่า ความหนาชิ้นงานเพิ่มขึ้น ส่งผลกระทบบต่อระดับของเสียโคมแตกลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5.5

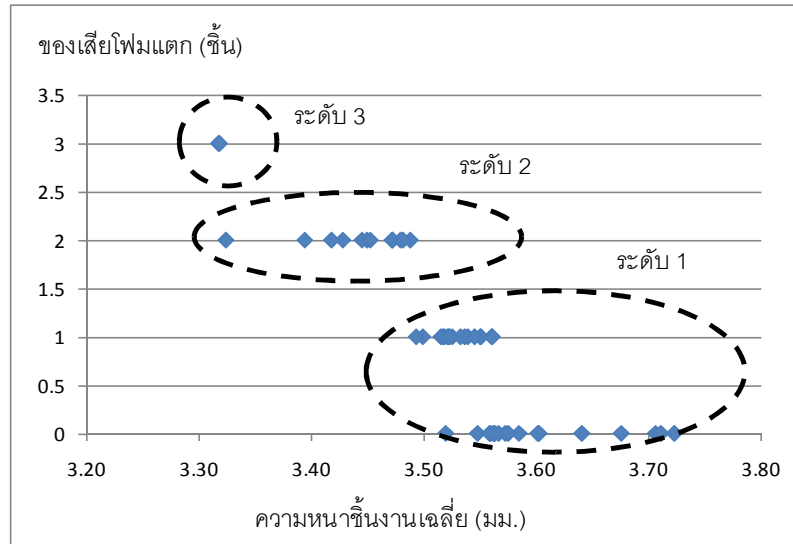
กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย(มม.)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
1	100	3.55	1
2	100	3.56	1
3	100	3.71	0
4	100	3.56	0
5	100	3.52	1
6	100	3.39	2
7	100	3.68	0
8	100	3.56	1
9	100	3.47	2
10	100	3.52	1
11	100	3.45	2
12	100	3.59	0
13	100	3.57	0
14	100	3.53	1
15	100	3.52	1
16	100	3.54	1
17	100	3.56	0
18	100	3.52	1
19	100	3.53	1
20	100	3.55	1
21	100	3.52	1
22	100	3.55	0
23	100	3.43	2
24	100	3.56	0
25	100	3.42	2

ตารางที่ 5.5 แสดงผลข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย(มม.)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
26	100	3.57	0
27	100	3.56	0
28	100	3.47	2
29	100	3.32	3
30	100	3.71	0
31	100	3.45	2
32	100	3.45	2
33	100	3.54	1
34	100	3.32	3
35	100	3.50	1
36	100	3.49	1
37	100	3.56	0
38	100	3.48	2
39	100	3.60	0
40	100	3.60	0
41	100	3.64	0
42	100	3.56	1
43	100	3.55	1
44	100	3.49	2
45	100	3.72	0
46	100	3.48	2
47	100	3.32	2
48	100	3.58	0
49	100	3.52	1
50	100	3.52	0
Total	5000	3.53	48

ตารางที่ 5.5(ต่อ) แสดงผลข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่มีผลต่อความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง

ข้อมูลความหนาขึ้นงานในตารางที่ 5.6 นำมาแสดงเป็นระดับความรุนแรงของเสียโฟมแตก สามารถแบ่งได้ 3 ระดับ เห็นได้ว่าระดับความรุนแรงของเสียโฟมแตกยิ่งมากขึ้น ความหนาขึ้นงานเฉลี่ยลดลง ดังแสดงในรูปที่ 5.5



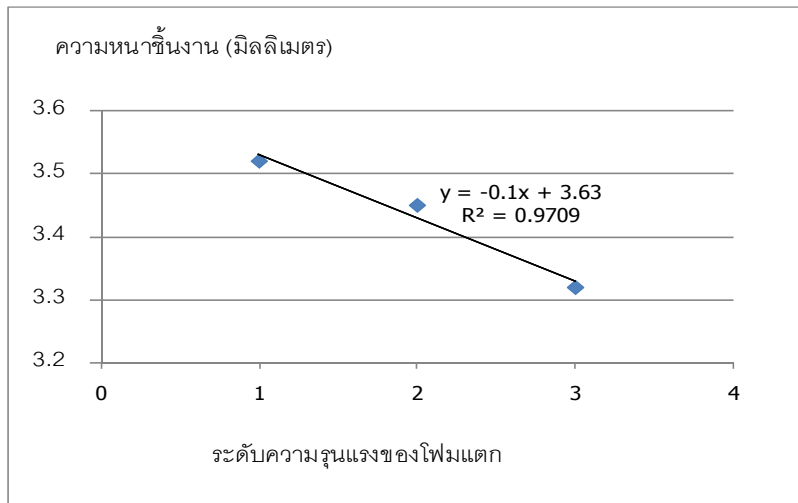
รูปที่ 5.5 แสดงระดับโฟมแตกกับความหนาขึ้นงานเฉลี่ยแบบ Scatter Diagram หลังปรับปรุง

จากผลตารางที่ 5.6 สามารถนำมากำหนดเป็นระดับการแตกของขึ้นงานโฟม กับความหนาขึ้นงานเฉลี่ยแต่ละระดับก่อนการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 5.6

ระดับการแตกของขึ้นงาน	จำนวนโฟมแตก (ชิ้น)	ความหนาขึ้นงานเฉลี่ย (มิลลิเมตร)
ระดับ 1	0-1	3.52
ระดับ 2	2	3.45
ระดับ 3	3	3.32

ตารางที่ 5.6 แสดงผลระดับโฟมแตกที่มีผลต่อความหนาขึ้นงานหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 5.6 แสดงให้เห็นถึงระดับการแตกของขึ้นงานที่ลดลงหลังการปรับปรุง เมื่อความหนาขึ้นงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จากก่อนการปรับปรุง จำนวนโฟมแตกในแต่ละระดับสามารถนำไปแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 5.6

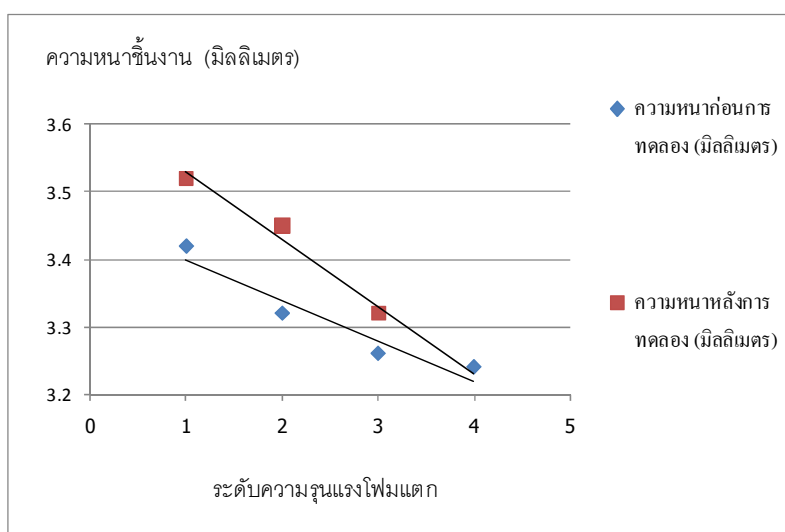


รูปที่ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ความรุนแรงไฟมแตกกับความหนาขึ้นงานเฉลี่ยหลังปรับปรุง

จากกราฟความสัมพันธ์ความรุนแรงของไฟมแตกลดลง ความหนาขึ้นงานเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้น ทำให้ทราบแนวโน้มสำหรับการพัฒนาค่าเพื่อไปในทิศทางระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เพิ่มขึ้น

5.3.3 ผลการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงไฟมแตกก่อนและหลังปรับปรุง

เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบระดับความรุนแรงไฟมแตกก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าแนวโน้มระดับความรุนแรงไปในทิศทางความหนาขึ้นงานเฉลี่ยที่ลดลง ทั้งก่อนและหลังปรับปรุง ดังแสดงในรูปที่ 5.7 ดังนั้นการศึกษามุ่งเน้นการพัฒนาค่าเพื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปในทิศทางบวกก่อนเสมอ เพื่อง่ายต่อการทดลอง



รูปที่ 5.7 แสดงผลการเปรียบเทียบระดับความรุนแรงไฟมแตกกับความหนาขึ้นงานเฉลี่ย

5.4 ผลการกำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา

5.4.1 ผลของความหนาของชิ้นงานเฉลี่ยก่อนปรับปรุง

จากการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา โดยเกิดจากการสุ่มชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่องโฟมแตกจำนวน 50 กลุ่มชิ้นงานตัวอย่าง โดยวัดความหนาแต่ละกลุ่มชิ้นงานตัวอย่างกลุ่มละ 100 ชิ้นงาน และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab 15 แสดงผลความหนาของชิ้นงานผ้าหลังคาที่เกิดขึ้นดังนี้

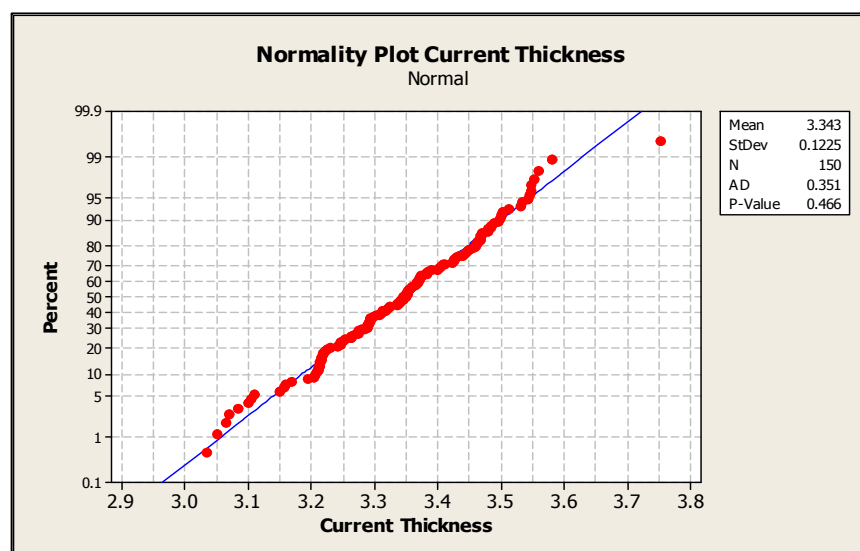
- ระยะห่างการอัดรูปชิ้นงานที่เก็บบันทึกข้อมูลก่อนการปรับปรุง

ความหนาของชิ้นงาน = ระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน

ความหนาชิ้นงานผ้าหลังคาโดยเฉลี่ย ($\sigma_{\text{Thickness}}$) มีค่าเท่ากับ 3.343 มิลลิเมตร

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\sigma_{\text{Thickness}}$) มีค่าเท่ากับ 0.1225 มิลลิเมตร

จากข้อมูลที่ศึกษานำมาใช้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ ควรมีการทดสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลเสียก่อนทุกครั้ง ก่อนนำไปใช้ในกระบวนการความคิดอื่นๆต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 กราฟแสดง Normal Probability Test

พิจารณาการแจกแจงแบบปกติ

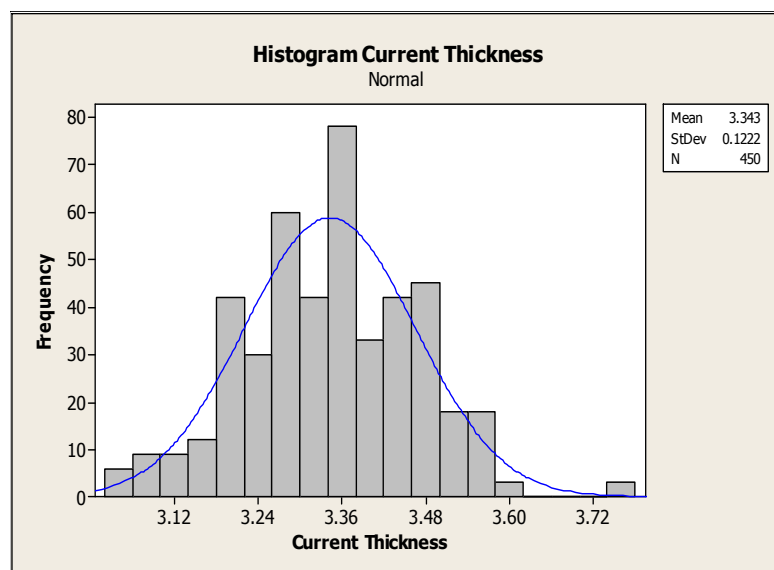
P-value ของค่าความหนาขึ้นงานก่อนการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 0.486 ดังนั้นเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับระดับนัยสำคัญ 0.05 P-value มีค่ามากกว่า α สรุปได้ว่าลักษณะของข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ข้อมูลดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมนำมาใช้ทำแผนภูมิควบคุมและคำนวณความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ

สรุปผลการทดลอง

ค่าเฉลี่ยความหนาขึ้นงานผ้าหลังคาเดิม เท่ากับ 3.343 มิลลิเมตร

ค่าเผื่อ ($\pm 3\sigma_{\text{Thickness}}$) เท่ากับ ± 0.3672 มิลลิเมตร

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.1225 มิลลิเมตร



รูปที่ 5.9 แสดงแผนภูมิ Histogram ความหนาขึ้นงานผ้าหลังคา ก่อนปรับปรุง

จากแผนภูมิแบบ Histogram ลักษณะของกราฟจะมีทรงสูงๆต่ำๆสลับกันไปไม่แน่นอนคล้ายกับหิวมีชีหัก ซึ่งกราฟลักษณะนี้อาจเกิดจากข้อมูลมีความแปรปรวน ในแต่ละความหนาขึ้นงาน ซึ่งการลดความแปรปรวนนี้ ทำได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานกับของเสียโฟมแตกที่เหมาะสมหลังการปรับปรุง เพื่อให้กราฟแสดงในรูปที่ 5.7 มีผลความแปรปรวนลดลง

5.4.2 ผลการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับของเสียโฟมแตก

จากข้อมูลเริ่มต้นหัวข้อที่ 5.1 ได้ทราบระยะห่างการอัดขึ้นรูปซึ่งเทียบเท่ากับความหนาขึ้นงานหลังจากอัดขึ้นรูป (Mean) และทราบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความหนาขึ้นงานผ้าหลังคา ($\sigma_{\text{Thickness}}$)

$$\begin{aligned} \text{จากสูตรค่าเฉลี่ยขึ้นงาน ของ } 3\sigma_{\text{avg.}} &= \bar{X} + 3\sigma \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1} \\ &= \bar{X} - 3\sigma \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ } \sigma_{\text{avg.}} &\text{ จากข้อมูลก่อนการปรับปรุง เท่ากับ 0.1225 มิลลิเมตร} \\ \bar{X} &\text{ จากข้อมูลก่อนการปรับปรุง เท่ากับ 3.342 มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานกว้างสุด (FG.Max.)} &= 3.342 + 3(0.1225) \\ &= 3.342 + 0.3675 \\ &= 3.7095 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานกลาง (FG.)} = 3.342 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานแคบสุด (FG.Min.)} &= 3.342 - 3(0.1225) \\ &= 3.342 - 0.3675 \\ &= 2.9745 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

5.4.3 ผลแสดงสัดส่วนโฟมแตกก่อนปรับปรุง

จากการรวบรวมข้อมูลความหนาขึ้นงานก่อนการปรับปรุง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับความหนาขึ้นงานผ้าหลังคาหลังการปรับปรุง โดยการบันทึกค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูป ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 5.7 ได้ผลลัพธ์แสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนการปรับปรุง

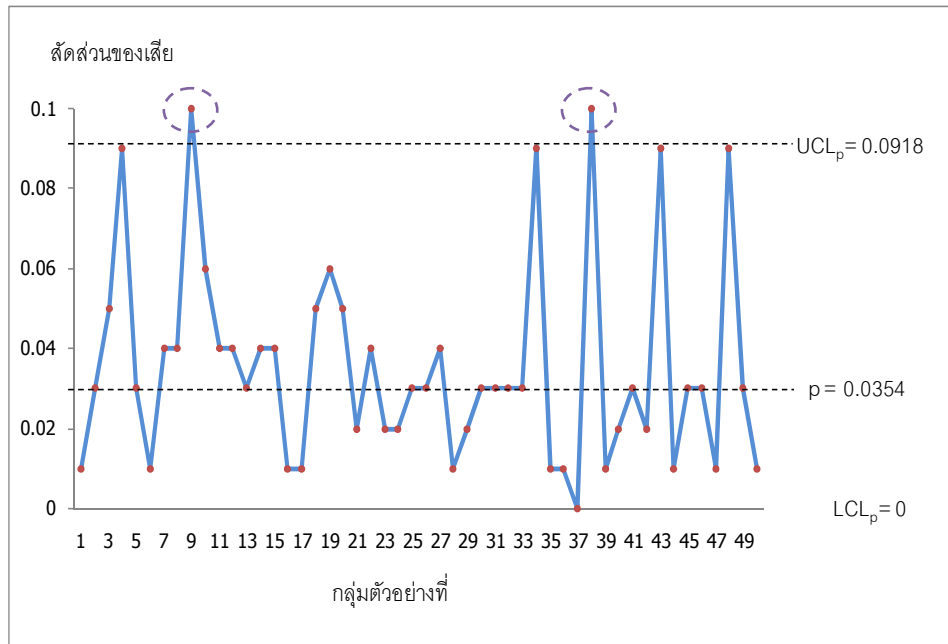
กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	PPM
1	11	100	1	0.0100	1.00	10000
2	15	100	3	0.0300	3.00	30000
3	17	100	5	0.0500	5.00	50000
4	2	100	9	0.0900	9.00	90000
5	11	100	3	0.0300	3.00	30000
6	4	100	1	0.0100	1.00	10000
7	10	100	4	0.0400	4.00	40000
8	18	100	4	0.0400	4.00	40000
9	19	100	10	0.1000	10.00	100000
10	22	100	6	0.0600	6.00	60000
11	3	100	4	0.0400	4.00	40000
12	7	100	4	0.0400	4.00	40000
13	16	100	3	0.0300	3.00	30000
14	20	100	4	0.0400	4.00	40000
15	2	100	4	0.0400	4.00	40000
16	8	100	1	0.0100	1.00	10000
17	1	100	1	0.0100	1.00	10000
18	6	100	5	0.0500	5.00	50000
19	7	100	6	0.0600	6.00	60000
20	16	100	5	0.0500	5.00	50000
21	1	100	2	0.0200	2.00	20000
22	3	100	4	0.0400	4.00	40000
23	4	100	2	0.0200	2.00	20000
24	5	100	2	0.0200	2.00	20000
25	7	100	3	0.0300	3.00	30000
26	1	100	3	0.0300	3.00	30000
27	9	100	4	0.0400	4.00	40000
28	10	100	1	0.0100	1.00	10000
29	15	100	2	0.0200	2.00	20000
30	2	100	3	0.0300	3.00	30000

ตารางที่ 5.7 แสดงผลสัดส่วนของเสียโฟมแตกก่อนปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	PPM
31	15	100	3	0.0300	3.00	30000
32	2	100	3	0.0300	3.00	30000
33	5	100	3	0.0300	3.00	30000
34	5	100	9	0.0900	9.00	90000
35	11	100	1	0.0100	1.00	10000
36	5	100	1	0.0100	1.00	10000
37	4	100	0	0.0000	0.00	0
38	20	100	10	0.1000	10.00	100000
39	15	100	1	0.0100	1.00	10000
40	14	100	2	0.0200	2.00	20000
41	1	100	3	0.0300	3.00	30000
42	2	100	2	0.0200	2.00	20000
43	7	100	9	0.0900	9.00	90000
44	18	100	1	0.0100	1.00	10000
45	18	100	3	0.0300	3.00	30000
46	3	100	3	0.0300	3.00	30000
47	1	100	1	0.0100	1.00	10000
48	12	100	9	0.0900	9.00	90000
49	12	100	3	0.0300	3.00	30000
50	15	100	1	0.0100	1.00	10000
รวม		5000	177	0.0354	3.54	35400

ตารางที่ 5.7 (ต่อ) แสดงผลสัดส่วนของเสียโฟมแตกก่อนปรับปรุง

ตารางที่ 5.7 ผลสัดส่วนของเสียโฟมแตกก่อนการปรับปรุง นำมาวิเคราะห์เพื่อควบคุมของเสียไม่ให้เกิดเกินกว่าขอบเขตที่กำหนด จากการคำนวณค่าโดยการคำนวณ ซึ่งได้ค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ด้านบน (UCL_p) เท่ากับ 0.092 และค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ด้านล่าง (UCL_p) เท่ากับ 0 โดยมีค่าเฉลี่ย (p) เท่ากับ 0.0354 ดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แสดงความผิดปกติของกระบวนการก่อนปรับปรุง

5.5 ผลการหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมกับงานจริง

จากการทดลองนำผลการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตมาวิเคราะห์โดยการคำนวณด้วยค่าเผื่อแบบ Root Sum of Square (RSS) สามารถนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนดเป็นค่าระยะการอัดขึ้นรูปได้ ซึ่งทราบโอกาสระยะการอัดขึ้นรูปขึ้นงานเกิดอยู่ในช่วงค่า 3.2 ถึง 3.8 มิลลิเมตร (โดยค่าระยะการอัดขึ้นรูป 3.2-3.8 มิลลิเมตร เป็นค่าเผื่อที่ยอมรับได้ต่ำสุดและสูงสุดจากลูกค้า) ดังนั้นจึงทำการตั้งค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานสมมติโดยมีการปรับขึ้นทีละ 2 เปอร์เซ็นต์ เพื่อความสอดคล้องกับระยะการอัดขึ้นรูปมีค่าสูงสุด 11 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด -11 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 5.8

การเคลื่อนที่ของระยะห่างเฉลี่ย	ระยะห่างการอัดขึ้นรูป หน่วยเป็นมิลลิเมตร
3.342+11%(0.3675)	3.71
3.342+8%(0.2674)	3.61
3.342+6%(0.2)	3.54
3.342+4%(0.1337)	3.48
3.342+2%(0.0668)	3.41
3.342+0%(0)	3.34
3.342-2%(-0.0668)	3.28
3.342-4%(-0.1337)	3.21
3.342-6%(-0.2)	3.14
3.342-8%(-0.2674)	3.07
3.342-11%(-0.3675)	2.97

ตารางที่ 5.8 แสดงระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา

จากตารางที่ 5.7 ผู้ดำเนินการวิจัยได้แสดงค่าสมมติที่เพิ่มขึ้นทีละ 2 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 0.06 มิลลิเมตรนั้น เนื่องจากการปรับเพิ่มค่า สามารถทำได้โดยการเสริมแผ่นเหล็กที่จัดเตรียมไว้ เข้าไปยึดติดบริเวณ Stopper ด้านล่างของแม่พิมพ์ด้วยสกรูหรือเชื่อมติดกับแม่พิมพ์ สำหรับการปรับตั้งความหนาแผ่นเหล็ก Shim ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมเทียบกับปริมาณของเสียโฟมแตกที่พบในกระบวนการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 5.9

ระยะการอัดขึ้นรูป(mm.)	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนของเสียโม่แตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสีย	ของเสียที่ยอมรับได้	ของเสียชิ้นงานโม่แตก (PPM)
3.71	5000	17	0.0034	20000	3400
3.61	5000	33	0.0066	20000	6600
3.54	5000	48	0.0096	20000	9600
3.48	5000	115	0.0230	20000	23000
3.41	5000	123	0.0246	20000	24600
3.34	5000	133	0.0266	20000	26600
3.28	5000	167	0.0334	20000	33400
3.21	5000	267	0.0534	20000	53400
3.15	-	-	-	-	-
3.07	-	-	-	-	-
2.97	-	-	-	-	-

ตารางที่ 5.9 แสดงการบันทึกระยะห่างการอัดขึ้นรูปในระยะต่างๆ กับ ของเสียโม่แตก

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ผู้วิจัยไม่นำมาศึกษานั้น คือระยะการอัดขึ้นรูปของชิ้นงานที่ค่า 2.97, 3.07 และ 3.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ เนื่องจากเป็นค่าเผื่อที่เกินกว่าข้อกำหนดจากลูกค้า ซึ่งระบุไว้ในเอกสารทางวิศวกรรม โดยอ้างอิงค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูป เท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร ค่าความเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่สามารถควบคุมได้อยู่ที่อยู่นอกเหนือจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.2 ถึง 3.8 มิลลิเมตร จะไม่นำมาพิจารณา โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ตามข้อมูลที่เก็บบันทึกแล้วนั้น พบว่าช่วงระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่แคบส่งผลทำให้เกิดของเสียจำนวนมาก แต่เมื่อเทียบกับช่วงระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่กว้าง ซึ่งมีระยะห่างการอัดขึ้นรูปตั้งแต่ค่าเท่ากับ 3.21 ขึ้นไปจนถึง 3.71 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่กำหนดขึ้น เพื่อทำการทดลอง พบว่าจำนวนของเสียไม่เกิน 20,000 PPM อยู่ที่ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ค่า 3.54 ถึง 3.71 มิลลิเมตร แต่ระยะห่างการอัดขึ้นรูปเหมาะสมสุดที่จะนำมาพิจารณาค่าเผื่อการผลิตอยู่ที่ค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.54 มิลลิเมตร

หมายเหตุ: แสดงผลสัดส่วนของเสียในแต่ละระยะห่างการอัดขึ้นรูป ในภาคผนวก ง

5.5.1 ผลการคำนวณระยะห่างการอัดขึ้นรูป

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างที่สุด } (D_{\max}) = (((\text{ระยะห่างมากที่สุด-น้อยสุด}) \times (\text{ระดับของเสียที่ยอมรับได้} - \text{สัดส่วนของเสียของระยะห่างมากที่สุด}))/ (\text{สัดส่วนของเสียน้อยสุด-มากที่สุด}) + \text{ระยะห่างมากที่สุด})$$

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปแคบที่สุด } (D_{\min}) = (((\text{ระยะห่างมากที่สุด-น้อยสุด}) \times (\text{ระดับของเสียที่ยอมรับได้} - \text{สัดส่วนของเสียของระยะห่างมากที่สุด}))/ (\text{สัดส่วนของเสียน้อยสุด-มากที่สุด}) + \text{ระยะห่างน้อยสุด})$$

$$\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกลาง } (D_{\text{nominal}}) = (\text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างที่สุด} / \text{ระยะการอัดขึ้นรูปแคบที่สุด}) / 2$$

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่กว้างสุด เท่ากับ (Maximum Compression molding) อยู่ในช่วงระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.71 มิลลิเมตร สามารถคำนวณหาได้ดังนี้ ดังนั้นระดับของเสียที่ยอมรับได้ (20,000 PPM)

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างที่สุด } (D_{\max}) &= [((3.71-3.61) \times (20000-3400)) / (6600-3400)] + 3.71 \\ &= 4.23 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปแคบที่สุด } (D_{\min}) &= [((3.28-3.21) \times (20000-53400)) / (31000-53400)] + 3.21 \\ &= 3.31 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

จากการคำนวณพบว่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างสุดได้ค่าเพื่อเกินระยะห่างการอัดขึ้นรูปจริงของลูกค้ำจึงไม่นำมาพิจารณาเพื่อทำการศึกษา

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่กว้างที่สุด เท่ากับ (Maximum Compression molding) อยู่ในช่วงระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.61 มิลลิเมตร สามารถคำนวณหาได้ดังนี้ โดยระดับของเสียที่ยอมรับได้ที่ 20,000 PPM

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างที่สุด } (D_{\max}) &= [((3.61-3.54) * (20000-6600)) / (9400-6600)] + 3.61 \\ &= 3.92 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปแคบที่สุด } (D_{\min}) &= [((3.28-3.21) * (20000-53400)) / (31000-53400)] + 3.21 \\ &= 3.31 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

จากการคำนวณพบว่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างสุดที่ค่า 3.61 มิลลิเมตรได้ค่าเผื่อเกินระยะห่างการอัดขึ้นรูปจริงของลูกค้ำจึงไม่นำมาพิจารณาเพื่อทำการศึกษา

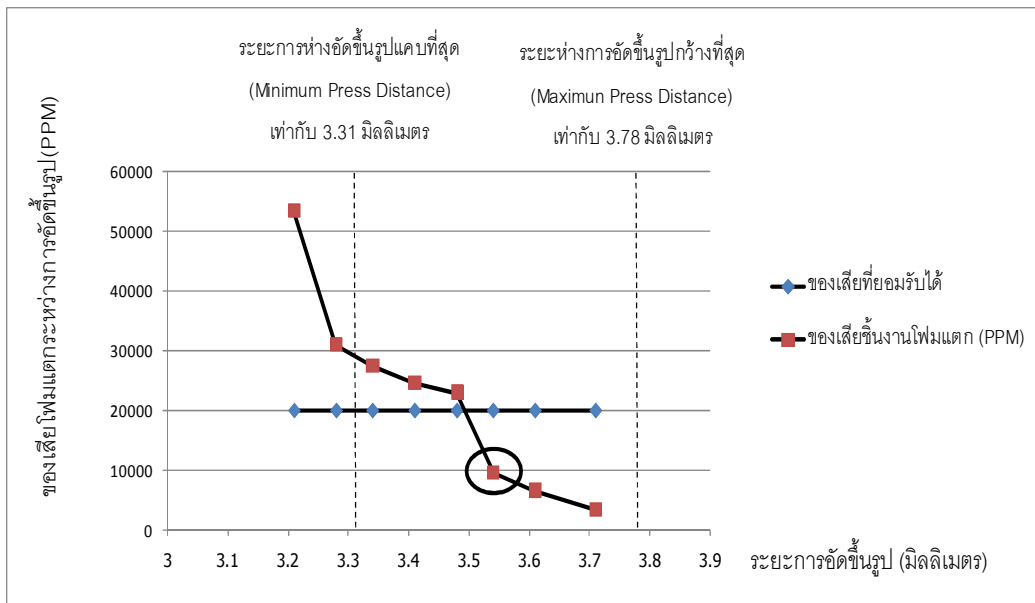
ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่กว้างสุด เท่ากับ (Maximum Compression molding) อยู่ในช่วงระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.54 มิลลิเมตร สามารถคำนวณหาได้ดังนี้ โดยแสดงระดับของเสียที่ยอมรับได้ที่ 20,000 PPM

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างที่สุด } (D_{\max}) &= [((3.54-3.61) * (20000-9600)) / (6600-9600)] + 3.54 \\ &= 3.78 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปแคบที่สุด } (D_{\min}) &= [((3.28-3.21) * (20000-53400)) / (31000-53400)] + 3.21 \\ &= 3.31 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกลาง } (D_{\text{nominal}}) &= (3.78+3.31)/2 \\ &= 3.545 \text{ มิลลิเมตร} \end{aligned}$$

จากการคำนวณพบว่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปกว้างสุดที่ค่า 3.545 มิลลิเมตร จะมีระยะห่างการอัดขึ้นรูปเหมาะสมที่สุด เมื่อเทียบกับของเสียโคมแตกที่ 20,000 ชิ้นในล้านชิ้น (PPM) ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปกับสัดส่วนของเสียโฟมแตก

จากข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ผู้วิจัยไม่นำมาศึกษานั้น คือระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานที่ค่า 2.97, 3.07 และ 3.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ เนื่องจากเป็นค่าเผื่อที่เกินกว่าข้อกำหนดจากลูกค้าที่กำหนดไว้ในเอกสารทางวิศวกรรม อ้างอิงค่าเท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปสามารถควบคุมไม่ให้อยู่นอกเหนือจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.2 ถึง 3.8 มิลลิเมตร จะไม่นำมาพิจารณา โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ตามข้อมูลที่เก็บบันทึกแล้วนั้น พบว่าช่วงระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่แคบ ทำให้เกิดของเสียโฟมแตก แต่เมื่อเทียบกับช่วงระยะการอัดขึ้นรูปที่กว้าง ซึ่งมีระยะห่างการอัดขึ้นรูปตั้งแต่ค่าเท่ากับ 3.31 ขึ้นไปจนถึง 3.78 มิลลิเมตร จากข้อมูลระยะห่างการอัดขึ้นรูปพบว่าจำนวนของเสียไม่เกิน 15,000 PPM ในกระบวนการผลิตผ้าหลังคา จะมีค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปอยู่ที่ 3.545 มิลลิเมตร

5.6 ผลการคำนวณหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปโดยวิธีการแบบ RSS

$$\text{ค่าความแปรปรวน } (\sigma^2) = (\text{Tolerance}/3C_p)^2$$

เมื่อ $C_p = 1$ สำหรับระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ยอมรับได้ที่ $\pm 3\sigma$

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= [(3.545-3.31)/(3)^2] \\ &= 0.055/9 \\ &= 0.006 \end{aligned}$$

การคำนวณค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{thickness}} &= \sqrt{\Sigma(\text{Variance})} \\ &= \sqrt{0.006} \\ &= 0.077\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป} &= \pm 3\sigma \\ &= \pm (3 \times 0.077) \\ &= \pm 0.231 \text{ มิลลิเมตร}\end{aligned}$$

การปรับเพิ่มระยะห่างการอัดขึ้นรูปจากเดิมค่ากลางเท่ากับ 3.5 มิลลิเมตร เป็น 3.545 มิลลิเมตร จะได้ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปเดิมเท่ากับ ± 0.5 มิลลิเมตร เป็นระยะห่างการอัดขึ้นรูปใหม่ เท่ากับ ± 0.231 มิลลิเมตร ทำให้เกิดสัดส่วนของเสีย เท่ากับ 9,600 ชิ้นในล้านชิ้น ในระดับสัดส่วนของเสียที่ยอมรับได้ที่ 20,000 PPM ดังนั้นผลของความหนาขึ้นงานที่นำมาพิจารณา หลังจากการปรับปรุงระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้นงานที่ 3.545 มิลลิเมตร แสดงข้อมูลความหนาขึ้นงานเฉลี่ยในตารางที่ 5.10

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย(มม.)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
1	100	3.55	1
2	100	3.56	1
3	100	3.71	0
4	100	3.56	0
5	100	3.52	1
6	100	3.39	2
7	100	3.68	0
8	100	3.56	1
9	100	3.47	2
10	100	3.52	1
11	100	3.45	2
12	100	3.59	0
13	100	3.57	0
14	100	3.53	1
15	100	3.52	1
16	100	3.54	1
17	100	3.56	0
18	100	3.52	1
19	100	3.53	1
20	100	3.55	1
21	100	3.52	1
22	100	3.55	0
23	100	3.43	2
24	100	3.56	0
25	100	3.42	2
26	100	3.57	0
27	100	3.56	0
28	100	3.47	2
29	100	3.32	3
30	100	3.71	0

ตารางที่ 5.10 แสดงผลข้อมูลความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่างที่	จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	ความหนาชิ้นงานเฉลี่ย(มม.)	ของเสียโฟมแตก (ชิ้น)
31	100	3.45	2
32	100	3.45	2
33	100	3.54	1
34	100	3.32	3
35	100	3.50	1
36	100	3.49	1
37	100	3.56	0
38	100	3.48	2
39	100	3.60	0
40	100	3.60	0
41	100	3.64	0
42	100	3.56	1
43	100	3.55	1
44	100	3.49	2
45	100	3.72	0
46	100	3.48	2
47	100	3.32	2
48	100	3.58	0
49	100	3.52	1
50	100	3.52	0
Total	5000	3.53	48

ตารางที่ 5.10 (ต่อ) แสดงผลข้อมูลความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง

ผลข้อมูลหลังการปรับปรุงที่ระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงาน 3.54 มิลลิเมตร ได้ค่าความหนาชิ้นงานเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากเดิม 3.34 เป็น 3.53 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าการศึกษาความหนาชิ้นงานเฉลี่ยจะสัมพันธ์กับปัจจัยที่กำหนดขึ้น โดยพบว่าความหนาที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อสัดส่วนของเสียโฟมแตกที่ลดลง

5.6.1 ผลแสดงสัดส่วนของเสียโคมแตกหลังปรับปรุง

สำหรับข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงจากเดิม 0.1225 เหลือ 0.086 แสดงให้เห็นว่าการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้คงที่ เช่น ความดันเครื่องจักร ระยะเวลาสีหรือของแม่พิมพ์ และระยะเวลาการอัดขึ้นรูป สำหรับการปรับเพิ่มระยะห่างการอัดขึ้นรูปขึ้น โดยไม่ให้มีการเลื่อนไปจากค่าเฉลี่ยเดิมของลูกค้ำมากเกินไป ทำให้สัดส่วนของเสียในกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุงลดลง ดังแสดงในตารางที่ 5.11

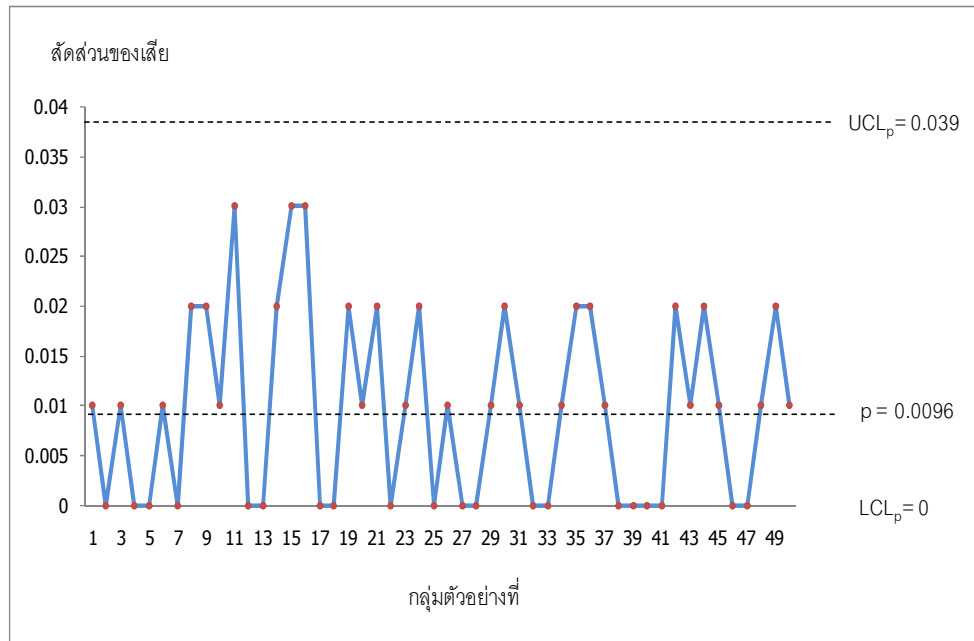
กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (n)	จำนวนของเสีย (n)	สัดส่วนของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	PPM
1	11	100	1	0.0100	1.00	10000
2	15	100	0	0.0000	0.00	0
3	17	100	1	0.0100	1.00	10000
4	2	100	0	0.0000	0.00	0
5	11	100	0	0.0000	0.00	0
6	4	100	1	0.0100	1.00	10000
7	10	100	0	0.0000	0.00	0
8	18	100	2	0.0200	2.00	20000
9	19	100	2	0.0200	2.00	20000
10	22	100	1	0.0100	1.00	10000
11	3	100	3	0.0300	3.00	30000
12	7	100	0	0.0000	0.00	0
13	16	100	0	0.0000	0.00	0
14	20	100	2	0.0200	2.00	20000
15	2	100	3	0.0300	3.00	30000
16	8	100	3	0.0300	3.00	30000
17	1	100	0	0.0000	0.00	0
18	6	100	0	0.0000	0.00	0
19	7	100	2	0.0200	2.00	20000
20	16	100	1	0.0100	1.00	10000

ตารางที่ 5.11 แสดงผลสัดส่วนของเสียโคมแตกหลังปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (n)	จำนวนของเสีย (n)	สัดส่วนของเสีย	เปอร์เซ็นต์ของเสีย	PPM
21	1	100	2	0.0200	2.00	20000
22	3	100	0	0.0000	0.00	0
23	4	100	1	0.0100	1.00	10000
24	5	100	2	0.0200	2.00	20000
25	7	100	0	0.0000	0.00	0
26	1	100	1	0.0100	1.00	10000
27	9	100	0	0.0000	0.00	0
28	10	100	0	0.0000	0.00	0
29	15	100	1	0.0100	1.00	10000
30	2	100	2	0.0200	2.00	20000
31	15	100	1	0.0100	1.00	10000
32	2	100	0	0.0000	0.00	0
33	5	100	0	0.0000	0.00	0
34	5	100	1	0.0100	1.00	10000
35	11	100	2	0.0200	2.00	20000
36	5	100	2	0.0200	2.00	20000
37	4	100	1	0.0100	1.00	10000
38	20	100	0	0.0000	0.00	0
39	15	100	0	0.0000	0.00	0
40	14	100	0	0.0000	0.00	0
41	1	100	0	0.0000	0.00	0
42	2	100	2	0.0200	2.00	20000
43	7	100	1	0.0100	1.00	10000
44	18	100	2	0.0200	2.00	20000
45	18	100	1	0.0100	1.00	10000
46	3	100	0	0.0000	0.00	0
47	1	100	0	0.0000	0.00	0
48	12	100	1	0.0100	1.00	10000
49	12	100	2	0.0200	2.00	20000
50	15	100	1	0.0100	1.00	10000
รวม		5000	48	0.0096	0.96	9600

ตารางที่ 5.11 (ต่อ) แสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกหลังปรับปรุง

ผลลัพธ์สัดส่วนของเสียชิ้นงานโคมแตกหลังการปรับปรุง นำมาวิเคราะห์เพื่อควบคุมของเสียไม่ให้เกิดเกินกว่าขอบเขตที่กำหนด จากการคำนวณค่าโดยการคำนวณ ซึ่งได้ค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ด้านบน (UCL_p) เท่ากับ 0.039 และค่าขอบเขตที่ยอมรับได้ด้านล่าง (LCL_p) เท่ากับ 0 โดยมีค่าเฉลี่ย (p) เท่ากับ 0.0096 ดังแสดงในรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงสัดส่วนของเสียหลังปรับปรุง

จากกราฟเห็นว่าสัดส่วนของเสียไม่ตกอยู่นอกเส้นควบคุม แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตยังคงปกติ ไม่พบสิ่งผิดปกติภายในกระบวนการ

5.7 ผลการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ค่าเผื่อแบบ Dynamic Root Sum of Squares

การประยุกต์ระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีแบบ DRSS แสดงค่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ใกล้เคียงกันกับวิธีแบบ Root Sum Squares แต่การนำแต่ละวิธีมาประยุกต์ต้องขึ้นอยู่กับความถนัด และข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการวิเคราะห์ โดยแสดงรายละเอียดวิธีการคำนวณ ดังนี้

สมการ Dynamic Root Sum of Squares ของระยะห่างการอัดขึ้นรูป สมการแสดงด้านล่างนี้

$$\text{ค่าความแปรปรวน } (\sigma^2) = (\text{Tolerance}/3C_{pk})^2$$

เมื่อ $C_{pk} = 1.5$ สำหรับระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ยอมรับได้ที่ $\pm 4.5\sigma$

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= [(3.542-3.31)^2/(4.5)^2] \\ &= 0.054/20.25 \\ &= 0.0027\end{aligned}$$

การคำนวณค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{thickness}} &= \sqrt{\Sigma(\text{Variance})} \\ &= \sqrt{0.0027} \\ &= 0.052\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป} &= \pm 3\sigma \\ &= \pm (3 \times 0.052) \\ &= \pm 0.155 \text{ มิลลิเมตร}\end{aligned}$$

จากผลการคำนวณค่าเผื่อแบบวิธี Dynamic Root Sum of Squares พบว่าค่าเผื่อกลางสามารถนำไปปฏิบัติกับระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา โดยนำไปปฏิบัติในค่าบวกมากกว่า เนื่องจากการทดลองวิเคราะห์โดยรวมค่าเผื่อกลางด้านบวก จะทำให้เกิดของเสียน้อยกว่า ค่าเผื่อกลางด้านลบ

5.8 สรุปผลการเปรียบเทียบระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานก่อนและหลังการปรับปรุง

5.8.1 ผลการปรับปรุงความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการผลิตผ้าหลังคา

จากการศึกษาความสามารถของกระบวนการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคา (Process capability) หรืออีกนัยหนึ่งเป็นการศึกษาอัตราส่วนระหว่างความผันแปรโดยสาเหตุธรรมชาติของกระบวนการกับช่วงความกว้างของ Specification ผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 5.4 โดยพบว่าหลังการปรับปรุง ค่าความหนาชิ้นงานเฉลี่ยกระบวนการมีค่าสูงขึ้นโดยขยับมาทางด้านค่าเป้าหมายมากขึ้นจากเดิม 3.34 เป็น 3.53 ซึ่งแสดงว่ากระบวนการเข้าใกล้ค่าเป้าหมายหรือค่ากลางของเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (3.5) มากขึ้น และค่า S.D. นั้นมีค่าลดลงจากเดิม S.D เท่ากับ 0.113 เป็น 0.087 ซึ่งหมายถึงข้อมูลมีความเบี่ยงเบนน้อยลงกว่าตอนก่อนปรับปรุง

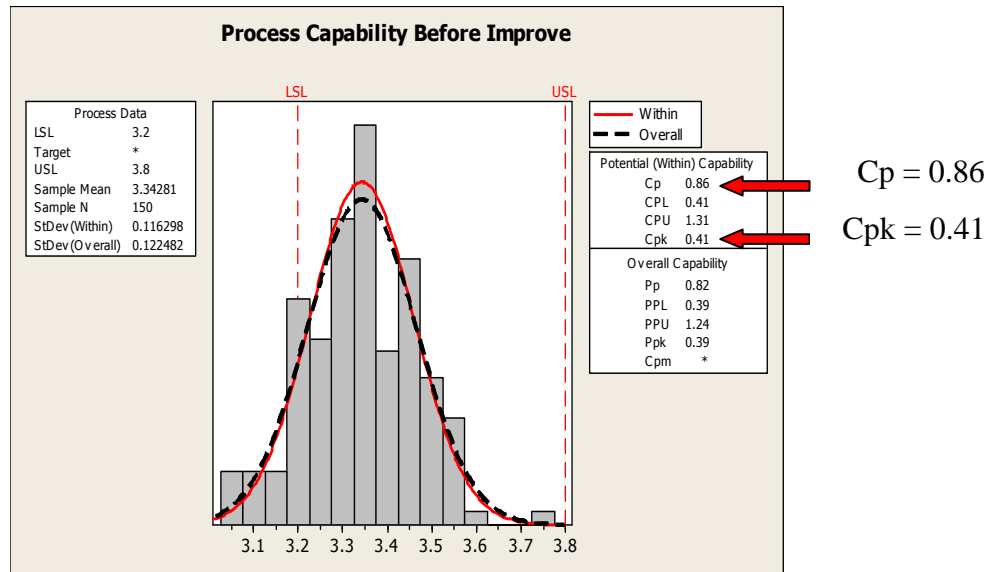
นอกจากนี้หลังจากดำเนินการปรับปรุงกระบวนการและการกำหนดมาตรฐานการทำงาน ค่า Cp สูงขึ้นจากเดิม 0.41 เป็น 1.18 แสดงถึงกระบวนการทดลองระยะการอัดขึ้นรูปมีความสามารถที่จะให้ค่าการทดลองสอดคล้องตามข้อกำหนดของมาตรฐาน (3.2-3.8) มากขึ้น หรือ ค่าความสามารถของกระบวนการสูงขึ้น เนื่องจากค่า S.D.ลดลง

แต่อย่างไรก็ตามหลังปรับปรุง พบว่า Cp กับ Cpk ยังมีค่าไม่เท่ากันเนื่องจาก ค่าเฉลี่ยของกระบวนการยังไม่ตรงกับค่าเป้าหมายหรือค่ากลางของเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (3.5) ดังนั้นหากจะทำการปรับปรุงต่อไปจำเป็นต้อง shift กระบวนการมาทางด้านค่าเป้าหมายหรือค่ากลางของเกณฑ์มาตรฐาน กำหนดและลดค่าความผันแปรหรือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของกระบวนการทดสอบลง ปรับปรุง โดยแสดงผลสรุปดังตารางที่ 5.12

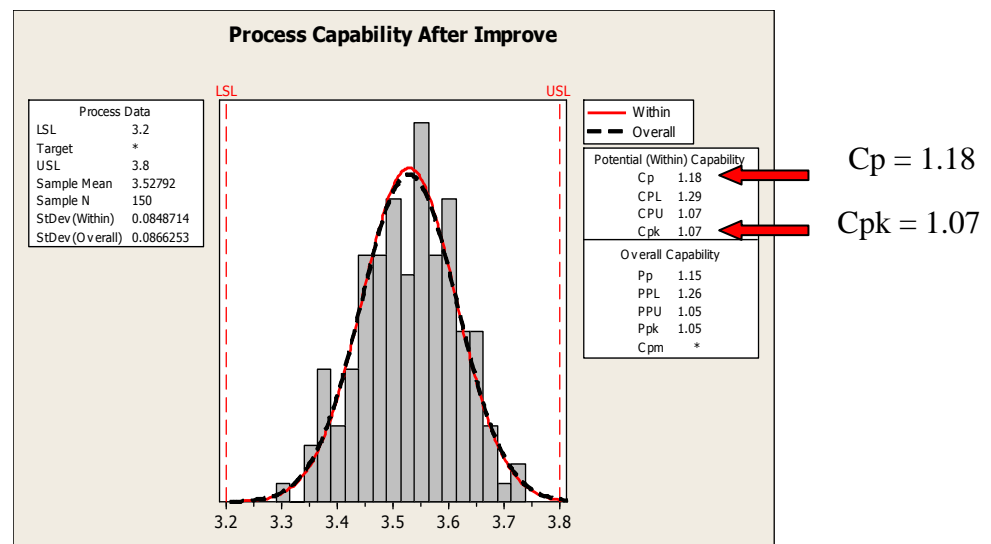
ข้อมูล	ก่อนทำการปรับปรุง	หลังทำการปรับปรุง
n	5000	5000
\bar{X}	3.34	3.53
S.D. within	0.1225	0.086
Cp	0.86	1.18
Cpk	0.41	1.07

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการเปรียบเทียบข้อมูลความสามารถกระบวนการก่อนและหลังการปรับปรุง

จากตารางที่ 5.12 นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลการศึกษาความสามารถของกระบวนการด้วย Minitab 15 ก่อนและหลัง แสดงในรูปที่ 5.13 และ 5.14



รูปที่ 5.13 แสดงความสามารถของกระบวนการผลิตก่อนปรับปรุง



รูปที่ 5.14 แสดงความสามารถของกระบวนการผลิตหลังปรับปรุง

5.8.2 สรุปผลค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคา

ข้อมูลทั้งหมดสามารถนำมากำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปผ้าหลังคาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นหลักการพื้นฐานสำหรับศึกษาเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ผ้าหลังคารุ่นอื่นๆ ดังแสดงการเปรียบเทียบก่อนและหลังในตารางที่ 5.13

ระยะการอัดขึ้นรูปเดิม			ระยะการอัดขึ้นรูปใหม่		
ขนาดกลาง	ค่าเผื่อบน	ค่าเผื่อล่าง	ขนาดกลาง	ค่าเผื่อบน	ค่าเผื่อล่าง
มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร	มิลลิเมตร
3.5	0.3	0.3	3.545	0.231	0.231

ตารางที่ 5.13 แสดงผลสรุปค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนและหลังปรับปรุง

บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานผ้าหลังคาให้เหมาะสมที่สุด และลดปริมาณของเสียโฟมแตกชิ้นงานผ้าหลังคาโดยใช้พื้นฐานการคำนวณทางสถิติด้วยหลักการวิเคราะห์ค่าเผื่อแบบ RSS มาใช้สำหรับการพิจารณา

6.1 บทวิจารณ์

จากผลการวิจัยในครั้งนี้ อาจมีผลการวิจัยบางส่วนที่ไม่ตรงกับแนวคิดและทฤษฎีซึ่งเป็นผลมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของเสียโฟมแตก จากแผนภาพเหตุและผลซึ่งได้มาจากกระบวนการระดมความคิดของแต่ละส่วนงานในโรงงานตัวอย่าง ถือเป็นข้อมูลลักษณะนามธรรม ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่เป็นสาเหตุแต่ไม่ได้ทำการควบคุม ดังนั้นปัจจัยค่าเผื่ออาจไม่ได้เป็นตัวแปรเพียงตัวเดียวในการหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม อาจเกิดจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ดีไซน์ของแม่พิมพ์ วัตถุดิบสำหรับใช้ผลิตผ้าหลังคา เป็นต้น

2. การหาระยะห่างอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม สามารถใช้สมการเชิงสถิติแบบ RSS ดังแสดงในตารางที่ 5.5 มาจากแบ่งช่วงการทดลองระยะห่างการอัดขึ้นรูปชิ้นงานทีละ 2 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนตัวอย่างต่อหนึ่งระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 50 กลุ่มๆละ 100 ชิ้น ทำให้ลักษณะเส้นกราฟจากการทดลองจึงเป็นชั้นลงเรื่อยๆ ตามปริมาณของเสีย ดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.9 กล่าวถึงลักษณะการทดลองจริง ถ้าในกระบวนการมีค่าเลื่อนออกไปจากค่าเป้าหมายในทางบวก เกิดของเสียที่หลุดออกจาก Specification ของลูกค้าเป็นจำนวนมาก แต่ในการทดลองกับกระบวนการผลิตผ้าหลังคาพบว่าค่าที่หลุดออกไปคือ ค่าความหนาชิ้นงานที่เกินกว่า 3.8 มิลลิเมตร ซึ่งจากขอบเขตการวิจัยนำมาศึกษาเพียงโฟมแตกเท่านั้น สำหรับกรณีนี้ทางโรงงานตัวอย่างสามารถนำชิ้นงานผ้าหลังคามาดัดขึ้นรูปซ้ำเพื่อให้ได้ความหนาตามต้องการ

3. ผลลัพธ์ของเสียที่ได้จากการการปรับปรุงโดยการเสริมแผ่นเหล็ก ยังคงเกิดความแปรปรวนอยู่ เนื่องด้วยการยึดติดแผ่นเหล็กด้วยสกรูนั้น อาจส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของแผ่น Shim ได้ หลังมีการใช้งานไปเป็นระยะเวลาหลายๆ คือเกิดการสึกหรอบริเวณแผ่น Shim และ Stopper ด้านล่าง ซึ่งเกิดความคลาดเคลื่อนจากระยะห่างการอัดขึ้นรูปจริงไป ทำให้ชิ้นงานมีค่าความหนาลดลง

4. ผลลัพธ์ของเสียโฟมแตกส่วนหนึ่งอาจแก้ไขเพิ่มเติมเพื่อการลดปัญหาอย่างถาวรได้นั้น ควรมีการวิเคราะห์หิในส่วนของ การออกแบบแม่พิมพ์ จะสามารถช่วยลดของบกพร่องการแตกของโฟม บริเวณนี้ได้

5. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่นำมาปฏิบัติงานจริง ซึ่งถูกกำหนดค่าเผื่อและขนาดไว้แล้ว มีเพียง 5 ชุด ถือว่าเป็นจำนวนค่อนข้างน้อย เนื่องจากมีข้อกำหนดด้านค่าใช้จ่ายในการสั่งทำ ทำให้ผลลัพธ์ของเสีย ที่ได้อาจไม่ตรงกับความเป็นจริง เมื่อทำการผลิตปริมาณมาก (Mass Production) เพราะการกระจายของข้อมูลต่างๆ และค่าเฉลี่ยมีความไม่คงที่แน่นอน

6. จำนวนตัวอย่างในการทดลองโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ถูกจัดเตรียมมามีปริมาณ น้อย เพียง 50 ล็อตๆ ละ 100 ชิ้นเท่านั้น อันเนื่องมาจากระยะเวลาในการวิจัยมีจำกัด เนื่องแต่ครั้งต้องมีการออกเอกสารขอการทดลองผลิตจากโรงงานตัวอย่างก่อนทุกครั้ง และทำการทดลองเพียงสายการผลิต เดียว ดังนั้นหากทำการทดลองโดยใช้จำนวนตัวอย่างในปริมาณที่มากกว่านี้ จะทำให้ผลการทดลองมีความ ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

7. งานวิจัยนี้ได้มีการเก็บข้อมูลของเสียโฟมแตก และนำมาศึกษาเพื่อปรับปรุงระยะห่างการอัดขึ้น รูปให้เหมาะสมที่สุด นั้นมีค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่แคบกว่าเดิม คือต้องการลดความแปรปรวนที่จะเกิดขึ้น จึงได้มีควบคุมปัจจัยอื่นๆ ให้ได้ด้วย เช่น ความดันอัดของเครื่องจักร ระยะการสึกหรอบริเวณสต็อป เพอร์ ควรมีการเสริมด้วยแผ่นเหล็กรองเพื่อเป็นมาตรฐานก่อนทำการผลิตดังนี้

1. ความดันของเครื่องจักรที่อัดขึ้นรูปชิ้นงาน อยู่ในขีดควบคุมจำกัด 125 ± 5 บาร์ ตามข้อมูล ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมจะสัมพันธ์กับความดันที่ 121 บาร์

2. ระยะการสึกหรอของสต็อปเพอร์ควรเริ่มดำเนินการปรับปรุงหรือเปลี่ยนวัสดุใหม่ ตั้งแต่จำนวน ระยะการอัดขึ้นรูปสะสม 4,000 ครั้งขึ้นไป (ถ้ามีการเสริมด้วยแผ่นเหล็กรองตั้งแต่เริ่มดำเนินการผลิต)

3. ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมอยู่ที่ค่าเผื่อกลาง เท่ากับ 3.545 มิลลิเมตร จากการศึกษา แนวโน้มการผลิตควรมีความหนาชิ้นงานเฉลี่ยสูงขึ้น ดังนั้นเพื่อให้ลดข้อบกพร่องโฟมแตกลงควรมีการปรับ ค่าเผื่อการผลิตไปในทิศทางบวก (ค่าเฉลี่ยชิ้นงานสูงขึ้น) แต่ไม่ควรเกินขอบเขตบนสุดที่กำหนดไว้ คือ 3.77 มิลลิเมตร

การปรับ Condition ตามข้อกำหนดต่างๆนี้อาจต้องใช้สูญเสียเวลาในการติดตั้ง และเพิ่มต้นทุนในการทดลองเบื้องต้นเพิ่มขึ้น (Pre Trial)

6.2 สรุปผลโครงการงานวิจัย

1. การพัฒนาค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปสำหรับชิ้นงานผ้าหลังคา เริ่มจากการทดลองระยะห่างการอัดขึ้นรูปต่างๆ จากการทดลองจริง ซึ่งสามารถหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสมมีค่ากลางเท่ากับ 3.545 มิลลิเมตร มีค่าเผื่อเท่ากับ ± 0.231 มิลลิเมตร การปรับเพิ่มระยะห่างการอัดขึ้นรูปตามที่กล่าวไว้ข้างต้นได้ความหนาชิ้นงานเฉลี่ยหลังจากผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปจากเดิมเท่ากับ 3.34 เป็น 3.53 มิลลิเมตร สามารถลดของเสียจากโฟมแตกลงได้ 72.88 %

2. การทดลองจากการปรับปรุงแม่พิมพ์โดยการเสริมแผ่นเหล็กบริเวณสต๊อปเปอร์ด้านล่าง (Shim Thickness) เพื่อลดความแปรปรวนจากการสึกหรอของแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดของเสียโฟมแตก การปรับปรุงกระบวนการด้วยรูปแบบนี้ สามารถลดความแปรปรวนโดยการอัดขึ้นรูปสะสมชิ้นงานผ้าหลังคาจากเดิม 2,000 ครั้ง/50 ล็อตการผลิต เป็น 4,000 ครั้ง/50 ล็อตการผลิต

3. ความสามารถกระบวนการผลิต คือ ดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการพัฒนาขึ้นจากปัจจุบัน ซึ่งมีการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่า Cpk ของกระบวนการผลิตจากเดิม 1.5 σ เป็น 3 σ

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับกระบวนการผลิตระยะห่างการอัดขึ้นรูปจริง มีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับของเสียโฟมแตก นอกเหนือจากปัจจัยค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เป็นหัวข้อศึกษาหลัก ส่วนปัจจัยอื่นๆ เช่น ความดันของเครื่องจักร ระยะการสึกหรอของเครื่องจักร และระยะห่างการอัดขึ้นรูป เป็นต้น ปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ จึงควรมีการควบคุมปัจจัยให้คงที่ตามมาตรฐานกำหนดทุกครั้ง

2. งานวิจัยนี้เน้นการกำหนดค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูปโดยการปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องมือวัด ซึ่งข้อมูลที่บันทึกได้มาจากการทดลองปฏิบัติงานจริง แล้วนำค่าที่ได้ไปประมวลผลเพื่อนำไปกำหนดค่าเผื่อต่อไป จึงเป็นการไม่สะดวกเมื่อนำไปใช้งานจริงในกระบวนการหรือกับรุ่นอื่นๆ ควรทำโปรแกรมขึ้นมาช่วยเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3. การขยายผลไปกับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นๆ ที่มีรูปร่างแม่พิมพ์ และขนาดของชิ้นงานที่แตกต่างกัน ควรมีการเก็บเป็นประวัติให้ตรวจสอบถึงแนวโน้มของเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคตกับขนาดหรือรูปร่างแม่พิมพ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

4. ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เกินกว่าระดับที่ยอมรับได้ เกิดขึ้นมาจากปัจจัยค่าเผื่อของอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับแต่งแม่พิมพ์ สำหรับการปฏิบัติผลิตงานจริงจึงควรมีการตรวจสอบระยะห่างการอัดขึ้นรูปก่อนทำการผลิตทุกครั้งที่มีการอัดขึ้นรูป

5. การดำเนินงานวิจัยนี้จะมุ่งพิจารณาในขอบเขตของเสียโพลีเมตเท่านั้น จะไม่ได้นำข้อมูลเรื่องของเสียที่เกิดจากความหนาชิ้นงานไม่ได้ตามมาตรฐานมาใช้ในพิจารณาเพื่อหาระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม เพื่อให้งานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้นควรมีการเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนนี้เพื่อให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6.4 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1. การพิจารณาความดันการอัดขึ้นรูปและระยะการสีกหรือชิ้นงานไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณค่าเผื่อระยะห่างการอัดขึ้นรูป แต่เพื่อเป็นการศึกษาแนวทางในการพัฒนาสำหรับนำไปกำหนดระยะห่างการอัดขึ้นรูปเท่านั้น

2. การปรับความดันอัดเพิ่มมากขึ้นมีผลต่อความหนาชิ้นงานอย่างเดียวเท่านั้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเครื่องจักร ระยะเวลาการอัดขึ้นรูป ระยะการสีกหรือ และระยะห่างการอัดขึ้นรูป เนื่องจากมีการกำหนดค่าคงที่ไว้ก่อนการทดลองทุกครั้ง ดังนี้

- อุณหภูมิที่ใช้สำหรับการทดลอง ควบคุมเท่ากับ 135 ± 5 °C
- ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการทดลอง ควบคุมเท่ากับ 35 ± 5 วินาที
- ระยะการสีกหรือที่ใช้สำหรับการทดลอง ควบคุมเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตรต่อครั้งการบำรุงรักษา
- ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ใช้สำหรับ ควบคุมเท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร

3.การกำหนดระยะเวลาการสีกหรือมีผลต่อความหนาขึ้นงานอย่างเดียวนั้น โดยไม่เกี่ยวข้องกับ อุณหภูมิเครื่องจักร ระยะเวลาการอัดขึ้นรูป ความดันเครื่องจักร และระยะห่างการอัดขึ้นรูป เนื่องจากมีการ กำหนดค่าคงที่ไว้ก่อนการทดลองทุกครั้ง ดังนี้

- อุณหภูมิที่ใช้สำหรับการทดลอง ควบคุมเท่ากับ 135 ± 5 °C
- ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการทดลอง ควบคุมเท่ากับ 35 ± 5 วินาที
- ความดันเครื่องจักรที่ใช้สำหรับการทดลอง ควบคุมเท่ากับ 125 ± 5 บาร์
- ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ใช้สำหรับ ควบคุมเท่ากับ 3.5 ± 0.3 มิลลิเมตร

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติงานวิศวกรรม เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. สถิติงานวิศวกรรม เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2545.

พิพัฒน์ เนาวรัตน์กุลชัย. การจัดสรรค่าเพื่อและขนาดสำหรับเครื่องมือในกระบวนการเชื่อมติดของ ชิ้นงาน แผ่นหัวอ่านเขียน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

รณชัย ศิโรเวฐกุล. การจัดสรรค่าเพื่อเหมาะสมที่สุดสำหรับการประกอบ เพลาและเครื่องสูบน้ำมัน รถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

วันรัตน์ จันทกิจ. 17 คู่มือนักคิด Problem Solving Device. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2547.

วันรัตน์ จันทกิจ. 17 คู่มือนักคิด Problem Solving Device. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2549.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และ จันทรา จันทโร. สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Doty, L.A. Statistical Process Control. 1st ed. pp 50-53. United States of America: Industrial Press, 1990.

Douglas, C. Montgomery. Introduction to Statistic Quality Control. 4th ed. pp 350-369. Singapore: John Wiley & Son, 2001.

Fowlkes, W.Y. and Creveling, C.M. Engineering Methods for Robust Product Design Using Taguchi Method in Technology and Product Development. 1st ed. pp 75-83. Singapore: Addison-Wesley Publishing, 1995.

Groover, M.P. Fundamental of Modern Manufacturing; Material, Process and System. Student ed. pp 263-272. Singapore: John Wiley & Son, 2007.

Messina, W.S. Statistic Quality Control for Manufacturing Managers.1st ed. pp 87-93. Singapore:
John Wiley&Sons, 1991.

Walpole, M.Y. Probability & Statistics for Engineers&Scientists.7th ed. United States of America:
Prentice Hall, 2002.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก**ค่าผลการทดสอบความสัมพันธ์แต่ละปัจจัยกับความหนาขึ้นงาน**

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเครื่องจักรกับความหนาขึ้นงาน

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งสะสมกับความหนาขึ้นงาน

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงค่าระดับการแตกของขึ้นงานใหม่กับความหนาขึ้นงาน (ก่อนปรับปรุง)

ตารางที่ ก.4 ตารางแสดงค่าระดับการแตกของขึ้นงานใหม่กับความหนาขึ้นงาน (หลังปรับปรุง)

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันเครื่องจักรกับความหนาชิ้นงาน

ความดัน กลุ่มตัวอย่าง	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
1	3.54	3.54	3.53	3.53	3.54	3.53	3.53	3.51	3.52	3.51	3.52
2	3.54	3.53	3.55	3.53	3.53	3.54	3.53	3.52	3.52	3.51	3.50
3	3.54	3.53	3.55	3.53	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.51	3.51
4	3.55	3.54	3.54	3.54	3.53	3.53	3.53	3.51	3.52	3.51	3.52
5	3.55	3.54	3.55	3.52	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.49	3.51
6	3.55	3.55	3.54	3.53	3.53	3.54	3.53	3.52	3.51	3.51	3.51
7	3.54	3.54	3.53	3.52	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.52	3.51
8	3.54	3.54	3.55	3.53	3.53	3.52	3.53	3.52	3.52	3.51	3.51
9	3.53	3.54	3.53	3.53	3.53	3.53	3.54	3.52	3.52	3.51	3.51
10	3.55	3.53	3.54	3.53	3.54	3.53	3.53	3.53	3.51	3.51	3.52
11	3.54	3.54	3.54	3.53	3.52	3.53	3.53	3.53	3.53	3.50	3.51
12	3.55	3.54	3.54	3.53	3.54	3.54	3.53	3.52	3.52	3.51	3.51
13	3.55	3.54	3.53	3.53	3.53	3.52	3.53	3.53	3.52	3.51	3.51
14	3.54	3.53	3.53	3.53	3.52	3.53	3.53	3.52	3.53	3.51	3.52
15	3.54	3.53	3.55	3.53	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.51	3.50

ตารางที่ ก.1(ต่อ) ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างความดันเครื่องจักรกับความหนาชิ้นงาน

ความดัน กลุ่มตัวอย่าง	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
16	3.55	3.54	3.55	3.54	3.53	3.53	3.53	3.51	3.52	3.51	3.51
17	3.54	3.53	3.54	3.53	3.54	3.53	3.53	3.52	3.53	3.51	3.52
18	3.54	3.54	3.55	3.53	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.50	3.52
19	3.54	3.53	3.53	3.53	3.52	3.54	3.52	3.53	3.52	3.51	3.51
20	3.54	3.54	3.53	3.53	3.53	3.52	3.54	3.52	3.53	3.51	3.51
21	3.54	3.54	3.54	3.53	3.53	3.54	3.54	3.51	3.52	3.50	3.51
22	3.54	3.53	3.54	3.53	3.53	3.52	3.52	3.52	3.52	3.51	3.52
23	3.54	3.54	3.54	3.52	3.53	3.53	3.53	3.52	3.51	3.51	3.51
24	3.54	3.54	3.54	3.53	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.51	3.50
25	3.54	3.53	3.54	3.53	3.54	3.53	3.53	3.52	3.51	3.52	3.51
26	3.54	3.53	3.54	3.53	3.53	3.53	3.53	3.52	3.51	3.51	3.50
27	3.53	3.54	3.55	3.54	3.53	3.53	3.53	3.51	3.52	3.51	3.50
28	3.54	3.55	3.54	3.53	3.53	3.53	3.53	3.53	3.54	3.52	3.51
29	3.54	3.54	3.53	3.52	3.54	3.52	3.53	3.53	3.51	3.52	3.52
30	3.54	3.54	3.54	3.53	3.52	3.53	3.53	3.52	3.51	3.51	3.50
ค่าเฉลี่ย	3.54	3.54	3.54	3.53	3.53	3.53	3.53	3.52	3.52	3.51	3.51

ตารางที่ ก.2 ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งสะสมกับความหนาชั้นงาน

จำนวนครั้งสะสม กลุ่มตัวอย่างที่	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
1	3.60	3.55	3.54	3.54	3.53	3.54	3.53	3.52	3.51	3.51
2	3.59	3.56	3.55	3.53	3.55	3.54	3.54	3.52	3.51	3.50
3	3.60	3.56	3.55	3.54	3.53	3.53	3.53	3.52	3.51	3.51
4	3.61	3.56	3.56	3.55	3.54	3.55	3.53	3.52	3.51	3.52
5	3.60	3.57	3.55	3.54	3.55	3.54	3.55	3.52	3.50	3.52
6	3.59	3.57	3.56	3.54	3.55	3.53	3.54	3.52	3.50	3.50
7	3.60	3.58	3.56	3.54	3.54	3.54	3.55	3.51	3.50	3.51
8	3.60	3.57	3.55	3.54	3.53	3.54	3.54	3.51	3.51	3.51
9	3.60	3.56	3.55	3.55	3.53	3.54	3.54	3.52	3.51	3.50
10	3.59	3.56	3.54	3.54	3.55	3.54	3.53	3.52	3.51	3.51
11	3.60	3.56	3.54	3.54	3.53	3.54	3.54	3.52	3.50	3.50
12	3.60	3.55	3.55	3.54	3.54	3.53	3.53	3.51	3.51	3.51
13	3.60	3.57	3.55	3.54	3.54	3.54	3.55	3.52	3.52	3.51
14	3.60	3.56	3.55	3.55	3.55	3.54	3.54	3.51	3.52	3.51
15	3.60	3.56	3.55	3.54	3.55	3.54	3.55	3.52	3.51	3.51

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) ตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งสะสมกับความหนาขึ้นงาน

จำนวนครั้งสะสม กลุ่มตัวอย่างที่	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
16	3.60	3.55	3.54	3.55	3.54	3.54	3.55	3.52	3.51	3.51
17	3.60	3.56	3.56	3.54	3.54	3.53	3.53	3.52	3.52	3.51
18	3.60	3.55	3.55	3.54	3.54	3.54	3.53	3.51	3.51	3.52
19	3.60	3.57	3.55	3.54	3.54	3.54	3.55	3.52	3.51	3.51
20	3.60	3.57	3.55	3.55	3.54	3.53	3.54	3.52	3.51	3.51
21	3.60	3.56	3.54	3.54	3.55	3.54	3.54	3.52	3.51	3.51
22	3.60	3.55	3.55	3.54	3.54	3.53	3.54	3.51	3.52	3.52
23	3.60	3.56	3.55	3.54	3.54	3.54	3.54	3.51	3.51	3.50
24	3.61	3.56	3.56	3.54	3.54	3.54	3.55	3.52	3.51	3.52
25	3.60	3.56	3.55	3.55	3.55	3.54	3.53	3.51	3.51	3.51
26	3.60	3.57	3.55	3.54	3.54	3.54	3.54	3.52	3.51	3.51
27	3.60	3.56	3.55	3.54	3.55	3.54	3.54	3.51	3.51	3.51
28	3.60	3.56	3.55	3.54	3.54	3.53	3.53	3.52	3.50	3.50
29	3.60	3.56	3.55	3.54	3.54	3.53	3.53	3.53	3.50	3.50
30	3.60	3.56	3.55	3.54	3.55	3.54	3.54	3.52	3.51	3.50
รวม	3.60	3.56	3.55	3.54	3.54	3.54	3.54	3.52	3.51	3.51

ตารางที่ ก.3 ตารางแสดงค่าระดับการแตกของชิ้นงานโฝมกับความหนาชิ้นงานก่อนปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่างที่	ล็อต	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ความหนาเฉลี่ย	ชิ้นงานแตก
1	11	3.56	3.46	3.67	3.56	1
2	15	3.22	3.44	3.29	3.32	3
3	17	3.05	3.29	3.27	3.21	5
4	2	3.47	3.03	3.25	3.25	9
5	11	3.35	3.24	3.41	3.33	3
6	4	3.45	3.40	3.42	3.42	1
7	10	3.07	3.37	3.46	3.30	4
8	18	3.07	3.35	3.35	3.26	4
9	19	3.27	3.22	3.34	3.28	6
10	22	3.29	3.08	3.34	3.24	10
11	3	3.30	3.44	3.21	3.32	4
12	7	3.26	3.41	3.25	3.31	4
13	16	3.48	3.37	3.32	3.39	3
14	20	3.37	3.21	3.43	3.34	4
15	2	3.40	3.34	3.22	3.32	4
16	8	3.53	3.50	3.29	3.44	1
17	1	3.34	3.48	3.51	3.44	1
18	6	3.29	3.15	3.31	3.25	5
19	7	3.22	3.44	3.31	3.32	6
20	16	3.11	3.15	3.20	3.16	5
21	1	3.53	3.22	3.50	3.42	2
22	3	3.35	3.25	3.47	3.36	4
23	4	3.32	3.37	3.29	3.33	2
24	5	3.35	3.29	3.29	3.31	2
25	7	3.38	3.48	3.28	3.38	3
26	1	3.55	3.21	3.17	3.31	3
27	9	3.35	3.32	3.32	3.33	4
28	10	3.54	3.56	3.59	3.56	1
29	15	3.21	3.54	3.50	3.42	2
30	2	3.34	3.19	3.48	3.34	3
31	15	3.22	3.46	3.30	3.33	3
32	2	3.35	3.29	3.36	3.33	3
33	5	3.28	3.37	3.26	3.30	3
34	5	3.03	3.04	3.10	3.06	9
35	11	3.35	3.37	3.49	3.40	1
36	5	3.43	3.45	3.47	3.45	1
37	4	3.46	3.97	3.75	3.73	0
38	20	3.01	3.06	3.03	3.03	10
39	15	3.43	3.41	3.36	3.40	1
40	14	3.25	3.35	3.47	3.35	2
41	1	3.27	3.21	3.16	3.22	3
42	2	3.38	3.58	3.21	3.39	2
43	7	3.50	3.22	3.11	3.27	9
44	18	3.43	3.35	3.55	3.44	1
45	18	3.26	3.39	3.42	3.36	3
46	3	3.21	3.46	3.36	3.35	3
47	1	3.32	3.38	3.40	3.37	1
48	12	3.06	3.05	3.11	3.07	9
49	12	3.37	3.39	3.36	3.37	3
50	15	3.47	3.55	3.74	3.59	1
Total					3.34	177

ตารางที่ ก.4 ตารางแสดงระดับการแตกของชิ้นงานโฝมกับความหนาชิ้นงานหลังปรับปรุง

กลุ่มตัวอย่างที่	ล็อต	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ความหนาเฉลี่ย	ชิ้นงานแตก
1	11	3.58	3.50	3.57	3.55	1
2	15	3.54	3.52	3.63	3.56	1
3	17	3.81	3.59	3.73	3.71	0
4	2	3.60	3.58	3.50	3.56	0
5	11	3.64	3.56	3.36	3.52	1
6	4	3.37	3.45	3.36	3.39	1
7	10	3.72	3.57	3.74	3.68	0
8	18	3.61	3.47	3.60	3.56	1
9	19	3.44	3.46	3.52	3.47	2
10	22	3.55	3.37	3.63	3.52	1
11	3	3.41	3.45	3.49	3.45	2
12	7	3.65	3.46	3.64	3.59	0
13	16	3.54	3.68	3.50	3.57	0
14	20	3.63	3.42	3.53	3.53	1
15	2	3.49	3.56	3.51	3.52	2
16	8	3.55	3.60	3.46	3.54	1
17	1	3.51	3.65	3.52	3.56	0
18	6	3.44	3.56	3.56	3.52	1
19	7	3.62	3.43	3.55	3.53	1
20	16	3.49	3.65	3.51	3.55	1
21	1	3.43	3.56	3.58	3.52	1
22	3	3.60	3.46	3.58	3.55	0
23	4	3.41	3.50	3.37	3.43	2
24	5	3.51	3.51	3.67	3.56	0
25	7	3.46	3.39	3.41	3.42	2
26	1	3.65	3.61	3.44	3.57	0
27	9	3.60	3.60	3.49	3.56	0
28	10	3.50	3.52	3.41	3.47	2
29	15	3.35	3.22	3.39	3.32	3
30	2	3.85	3.67	3.61	3.71	0
32	2	3.37	3.39	3.59	3.45	2
33	5	3.29	3.49	3.57	3.45	2
34	5	3.47	3.69	3.46	3.54	1
35	11	3.29	3.34	3.32	3.32	3
36	5	3.42	3.53	3.56	3.50	1
37	4	3.62	3.48	3.38	3.49	1
38	20	3.53	3.54	3.61	3.56	0
39	15	3.34	3.62	3.48	3.48	2
40	14	3.65	3.57	3.59	3.60	0
41	1	3.66	3.60	3.55	3.60	0
42	2	3.65	3.61	3.66	3.64	0
43	7	3.59	3.55	3.54	3.56	1
44	18	3.65	3.47	3.51	3.55	1
45	18	3.56	3.46	3.45	3.49	2
46	3	3.78	3.76	3.63	3.72	0
47	1	3.42	3.45	3.58	3.48	2
48	12	3.21	3.37	3.39	3.32	2
49	12	3.55	3.60	3.58	3.58	0
50	15	3.51	3.59	3.47	3.52	1
Total					3.53	48

ภาคผนวก ข
รูปแบบตารางแสดงการบันทึกผลของเสียโฟมแตก

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงรูปแบบการบันทึกของเสียโฟมแตกในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงใบบันทึกผลการตรวจสอบในกระบวนการผลิต

ชื่อเอกสาร	ใบบันทึกผลการตรวจสอบในระหว่างกระบวนการผลิต		
Doc. Name	ขั้นตอนการผลิตอัดขึ้นรูป	ชื่อผลิตภัณฑ์	Headlining
รุ่นผลิต	A	Revision No.	2
วันที่ออกใช้	10/01/2547	จำนวนผลิต	100
Lot ผลิต	2	วันที่ผลิต	30/8/51
Part No.	8A61-40221-AGW	หมายเหตุ	เวลาในการอัดขึ้นรูป 35 วินาที Step 2

ลักษณะข้อบกพร่อง

A	ชิ้นงานมีจิบ หรือรอยขยับ	L	วางผ้าผิดพลาด	
B	ชิ้นงานขุ่นและปูดนูน	M	ชิ้นงานสกปรก, เปื้อนหรือรอยค่างเบียด	
C	ชิ้นงานอ่อนนุ่ม	N	ชิ้นงานเป็นคลื่น	
D	ชิ้นงานมีรอยเบียดค่าง หรือรอยสกปรก	O	ผ้ามีรอยตำหนิ	ลักษณะการบันทึก
E	ชิ้นงานเป็นลายเส้นที่เห็น	P	โฟมไม่ได้ขนาด	0 ผ่าน
F	ชิ้นงานมีกาวทะลุเนื้อผ้า	Q	กระดาษไม่ได้ขนาด	X ไม่ผ่าน
G	ผ้าและกระดาษหลุดล่อนออกจากบอร์ด	R	ผ้าไม่ได้ขนาด	X ₀ ซ่อมผ่าน
H	โฟมบริเวณขอบชิ้นงานเว้าแหว่ง หรือแตกหัก	S	กาวทะลุผ้า	
I	รู Locator ไม่ตรงตำแหน่ง Center	T	ไม่ได้เสริมไฟเบอร์ซีท	
J	ชิ้นงานต้องมีตำหนิที่ N/G.	U	กระดาษเกิดรอยขาด	
K	กระดาษติดด้าน			

ตำแหน่งของข้อบกพร่อง

			บน
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
			ล่าง

ลำดับ	ผลการตรวจสอบ	ข้อบกพร่อง	ตำแหน่ง
1	OK	-	
2	OK	-	
3	OK	-	
4	OK	-	
5	OK	-	
6	OK	-	
7	OK	-	
8	OK	-	
8	OK	-	
9	OK	-	
10	OK	-	
11	N/G	H	1,4
12	N/G	H	1,4
13	N/G	H	1,4
14	OK	-	
15	OK	-	

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ตารางแสดงใบบันทึกผลการตรวจสอบในกระบวนการผลิต

ชื่อเอกสาร		ใบบันทึกผลการตรวจสอบในระหว่างกระบวนการผลิต					
Doc. Name		ขั้นตอนการผลิตขั้นรูป		ชื่อผลิตภัณฑ์		Headlining	
ลำดับ	ผลการตรวจสอบ	ข้อบกพร่อง	ตำแหน่ง	ลำดับ	ผลการตรวจสอบ	ข้อบกพร่อง	ตำแหน่ง
14	OK	-		48	OK	-	
15	OK	-		49	OK	-	
16	OK	-		50	OK	-	
17	OK	-		51	OK	-	
18	OK	-		52	OK	-	
19	OK	-		53	OK	-	
20	OK	-		54	OK	-	
21	OK	-		55	N/G	H	1,4
22	OK	-		56	OK	-	
23	OK	-		57	OK	-	
24	OK	-		58	N/G	H	1,4
25	OK	-		59	N/G	H	1,4
26	OK	-		60	N/G	H	1,4
27	OK	-		61	N/G	H	1,4
28	OK	-		62	N/G	H	1,4
29	OK	-		63	OK	-	
30	OK	-		64	OK	-	
31	OK	-		65	OK	-	
32	OK	-		66	OK	-	
33	OK	-		67	OK	-	
34	OK	-		68	OK	-	
35	N/G	F	6	69	OK	-	
36	N/G	F	6	70	OK	-	
37	OK	-		71	OK	-	
38	OK	-		72	OK	-	
39	OK	-		73	OK	-	
40	OK	-		74	OK	-	
41	OK	H	1,4	75	OK	-	
42	OK	H	1,4	76	OK	-	
43	OK	H	1,4	77	OK	-	
44	OK	-		78	OK	-	
45	OK	-		79	OK	-	
46	OK	-		80	OK	-	
47	N/G	C	5,9	81	OK	-	

ตารางที่ ข.1 (ต่อ) ตารางแสดงใบบันทึกผลการตรวจสอบในกระบวนการผลิต

ชื่อเอกสาร		ใบบันทึกผลการตรวจสอบในระหว่างกระบวนการผลิต		
Doc. Name	ขั้นตอนการผลิตชิ้นรูป	ชื่อผลิตภัณฑ์	Headlining	
ลำดับ	ผลการตรวจสอบ	ข้อบกพร่อง	ตำแหน่ง	
82	OK	-		
83	N/G	H	1,4	
84	N/G	H	1,5	
85	OK	-		
86	OK	-		
87	OK	-		
88	OK	-		
89	OK	-		
90	OK	H	1,4	
91	OK	H	1,4	
92	OK	H	1,4	
93	OK			
94	OK	H	1,4	
95	OK	H	1,5	
96	OK	-		
97	OK	-		
98	OK	-		
99	OK	-		
100	OK	-		
จำนวนตรวจสอบทั้งหมด		100		
จำนวนชิ้นงานบกพร่อง		17		
เปอร์เซ็นต์บกพร่อง				
ผู้ปฏิบัติงาน				
1 สีนแก้ว				
2 ไพศาล				
3 พงษ์สวัสดิ์				

ภาคผนวก ค**ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกในแต่ละระยะห่างการอัดขึ้นรูป**

ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกในระดับ 3.71

ตารางที่ ค.2 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกในระดับ 3.61

ตารางที่ ค.3 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกในระดับ 3.48

ตารางที่ ค.4 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกในระดับ 3.41

ตารางที่ ค.5 ตารางแสดงสัดส่วนของเสียโฟมแตกในระดับ 3.21-3.34

ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงข้อบกพร่องของเสียโฟมแตกในระดับ 3.71 มิลลิเมตร

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	11	100	0	0	0
2	15	100	0	0	0
3	17	100	1	0.01	10000
4	2	100	0	0	0
5	11	100	0	0	0
6	4	100	1	0.01	10000
7	10	100	0	0	0
8	18	100	0	0	0
9	19	100	2	0.02	20000
10	22	100	1	0.01	10000
11	3	100	0	0	0
12	7	100	0	0	0
13	16	100	0	0	0
14	20	100	1	0.01	10000
15	2	100	0	0	0
16	8	100	0	0	0
17	1	100	0	0	0
18	6	100	0	0	0
19	7	100	1	0.01	10000
20	16	100	1	0.01	10000
21	1	100	0	0	0
22	3	100	0	0	0
23	4	100	1	0.01	10000
24	5	100	0	0	0
25	7	100	0	0	0
26	1	100	1	0.01	10000
27	9	100	0	0	0
28	10	100	0	0	0
29	15	100	1	0.01	10000
30	2	100	0	0	0
31	15	100	1	0.01	10000
32	2	100	0	0	0
33	5	100	0	0	0
34	5	100	1	0.01	10000
35	11	100	0	0	0
36	5	100	0	0	0
37	4	100	1	0.01	10000
38	20	100	0	0	0
39	15	100	0	0	0
40	14	100	0	0	0
41	1	100	0	0	0
42	2	100	0	0	0
43	7	100	1	0.01	10000
44	18	100	0	0	0
45	18	100	1	0.01	10000
46	3	100	0	0	0
47	1	100	0	0	0
48	12	100	1	0.01	10000
49	12	100	0	0	0
50	15	100	0	0	0
รวม		5000	17	0.0034	3400

ตารางที่ ค.2 ตารางแสดงข้อบกพร่องของเสียโฟมแตกในระดับ 3.61 มิลลิเมตร

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	13	100	0	0	0
2	16	100	0	0	0
3	3	100	1	0.01	10000
4	2	100	0	0	0
5	14	100	0	0	0
6	4	100	1	0.01	10000
7	10	100	0	0	0
8	18	100	1	0.01	10000
9	19	100	2	0.02	20000
10	22	100	1	0.01	10000
11	24	100	1	0.01	10000
12	7	100	0	0	0
13	16	100	0	0	0
14	20	100	2	0.02	20000
15	2	100	2	0.02	20000
16	8	100	2	0.02	20000
17	1	100	0	0	0
18	10	100	0	0	0
19	9	100	1	0.01	10000
20	16	100	1	0.01	10000
21	2	100	1	0.01	10000
22	3	100	0	0	0
23	4	100	1	0.01	10000
24	5	100	2	0.02	20000
25	7	100	0	0	0
26	1	100	1	0.01	10000
27	9	100	1	0.01	10000
28	10	100	0	0	0
29	15	100	1	0.01	10000
30	2	100	0	0	0
31	15	100	1	0.01	10000
32	2	100	0	0	0
33	4	100	0	0	0
34	5	100	1	0.01	10000
35	11	100	1	0.01	10000
36	5	100	2	0.02	20000
37	4	100	1	0.01	10000
38	18	100	0	0	0
39	5	100	0	0	0
40	14	100	0	0	0
41	1	100	0	0	0
42	2	100	2	0.02	20000
43	7	100	1	0.01	10000
44	18	100	1	0.01	10000
45	18	100	0	0	0
46	3	100	0	0	0
47	1	100	0	0	0
48	5	100	0	0	0
49	8	100	1	0.01	10000
50	10	100	0	0	0
รวม		5000	33	0.0066	6600

ตารางที่ ค.3 ตารางแสดงข้อบกพร่องของเสียโฟมแตกในระดับ 3.48 มิลลิเมตร

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	15	100	1	0.01	10000
2	13	100	2	0.02	20000
3	17	100	2	0.02	20000
4	2	100	4	0.04	40000
5	7	100	3	0.03	30000
6	4	100	1	0.01	10000
7	8	100	3	0.03	30000
8	9	100	3	0.03	30000
9	16	100	5	0.05	50000
10	22	100	4	0.04	40000
11	3	100	3	0.03	30000
12	7	100	3	0.03	30000
13	16	100	3	0.03	30000
14	20	100	2	0.02	20000
15	2	100	2	0.02	20000
16	8	100	1	0.01	10000
17	1	100	1	0.01	10000
18	6	100	5	0.05	50000
19	7	100	3	0.03	30000
20	16	100	3	0.03	30000
21	1	100	2	0.02	20000
22	3	100	4	0.04	40000
23	4	100	2	0.02	20000
24	5	100	2	0.02	20000
25	11	100	2	0.02	20000
26	15	100	2	0.02	20000
27	17	100	2	0.02	20000
28	2	100	1	0.01	10000
29	11	100	2	0.02	20000
30	4	100	2	0.02	20000
31	10	100	2	0.02	20000
32	18	100	1	0.01	10000
33	19	100	1	0.01	10000
34	22	100	5	0.05	50000
35	3	100	1	0.01	10000
36	5	100	1	0.01	10000
37	4	100	1	0.01	10000
38	20	100	7	0.07	70000
39	15	100	1	0.01	10000
40	14	100	2	0.02	20000
41	1	100	3	0.03	30000
42	2	100	1	0.01	10000
43	7	100	2	0.02	20000
44	1	100	1	0.01	10000
45	2	100	2	0.02	20000
46	3	100	1	0.01	10000
47	1	100	1	0.01	10000
48	2	100	5	0.05	50000
49	12	100	1	0.01	10000
50	15	100	1	0.01	10000
รวม		5000	115	0.023	23000

ตารางที่ ค.4 ตารางแสดงข้อบกพร่องของเสียโฟมแตกในระดับ 3.41 มิลลิเมตร

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	7	100	3	0.03	30000
2	5	100	3	0.03	30000
3	11	100	2	0.02	20000
4	17	100	4	0.04	40000
5	11	100	3	0.03	30000
6	5	100	1	0.01	10000
7	10	100	3	0.03	30000
8	18	100	3	0.03	30000
9	19	100	7	0.07	70000
10	22	100	4	0.04	40000
11	3	100	3	0.03	30000
12	7	100	2	0.02	20000
13	16	100	2	0.02	20000
14	20	100	3	0.03	30000
15	5	100	2	0.02	20000
16	8	100	3	0.03	30000
17	33	100	1	0.01	10000
18	6	100	5	0.05	50000
19	7	100	3	0.03	30000
20	16	100	3	0.03	30000
21	5	100	2	0.02	20000
22	3	100	4	0.04	40000
23	4	100	2	0.02	20000
24	5	100	2	0.02	20000
25	7	100	2	0.02	20000
26	1	100	2	0.02	20000
27	9	100	2	0.02	20000
28	10	100	1	0.01	10000
29	15	100	2	0.02	20000
30	2	100	2	0.02	20000
31	15	100	3	0.03	30000
32	2	100	1	0.01	10000
33	5	100	1	0.01	10000
34	5	100	5	0.05	50000
35	11	100	2	0.02	20000
36	5	100	3	0.03	30000
37	4	100	1	0.01	10000
38	20	100	5	0.05	50000
39	15	100	1	0.01	10000
40	14	100	2	0.02	20000
41	2	100	3	0.03	30000
42	3	100	1	0.01	10000
43	5	100	2	0.02	20000
44	13	100	1	0.01	10000
45	18	100	1	0.01	10000
46	9	100	2	0.02	20000
47	1	100	1	0.01	10000
48	17	100	5	0.05	50000
49	12	100	1	0.01	10000
50	15	100	1	0.01	10000
รวม		5000	123	0.0246	24600

ตารางที่ ค.5 ตารางแสดงข้อบกพร่องของเสียโฟมแตกในระดับ 3.21-3.34 มิลลิเมตร

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.21 มิลลิเมตร

ทดลอง n = 3 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	5	100	4	0.04	40000
2	11	100	6	0.06	60000
3	15	100	6	0.06	60000
รวม		300	16	0.16	160000

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.28 มิลลิเมตร

ทดลอง n = 4 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	5	100	3	0.03	30000
2	11	100	2	0.02	20000
3	15	100	3	0.03	30000
4	2	100	4	0.04	40000
รวม		400	12	0.12	120000

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.34 มิลลิเมตร

ทดลอง n = 4 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง	ล็อต	จำนวนตัวอย่าง (ชิ้น)	จำนวนของเสียโฟมแตก (ชิ้น)	สัดส่วนของเสียโฟมแตก	PPM
1	5	100	2	0.02	20000
2	11	100	2	0.02	20000
3	15	100	3	0.03	30000
4	2	100	3	0.03	30000
รวม		400	10	0.1	100000

วิธีการคำนวณเพื่อเทียบเท่าหาของเสียโฟมแตกของการทดลอง เนื่องจากการเก็บข้อมูลก่อนการทดลองทราบว่าระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่แคบส่งผลต่อของเสียโฟมแตกที่สูงขึ้น ดำเนินการทดลองเพื่อพิสูจน์ถึงข้อมูลเหล่านั้น

ของเสียโฟมแตกเทียบเท่า = (จำนวนของเสียโฟมแตกจริง x จำนวนชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมด) / จำนวนชิ้นงานตัวอย่าง

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.21 มิลลิเมตร

$$\text{ของเสียโฟมแตกเทียบเท่า} = (16 \times 5000) / 300 = 267 \text{ ชิ้น}$$

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.28 มิลลิเมตร

$$\text{ของเสียโฟมแตกเทียบเท่า} = (12 \times 5000) / 400 = 150 \text{ ชิ้น}$$

ระยะห่างการอัดขึ้นรูปที่ 3.34 มิลลิเมตร

$$\text{ของเสียโฟมแตกเทียบเท่า} = (10 \times 5000) / 400 = 125 \text{ ชิ้น}$$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภาณุวัฒน์ อนันตวิรุฬห์ เกิดเมื่อวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2525 ที่จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2547 และได้เข้ารับการศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2549