บทที่ 5
การปรับปรุงกระบวนการผลิต

ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต จะทำการพิจารณาปัญหาหรือข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูงก่อน โดยปัญหาหรือข้อบกพร่อง และสาเหตุต่าง ๆ ได้ระบุค่า RPN ไว้ในตารางที่ 4.4 ซึ่งเรียงตามลำดับค่า RPN จากสูงมาต่ำ ดังนี้น ปัญหาหรือข้อบกพร่อง ที่สมควรจะถูกทำนำมาพิจารณาเป็นอันดับต้น ๆ ได้แก่

1. เกิดรอยร้าว (Crack) บริเวณแนวการขึ้นรูป
2. ค่า PSA มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
3. การเกิดการปนกันของผลิตภัณฑ์แบบต่าง ๆ
4. ค่า Gram Load มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
5. ค่า First torsion ของค่า Resonance ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

ในบทนี้ จะได้แสดงรายละเอียดการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยจะอธิบายถึงวิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุของแต่ละปัญหา วิธีการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องหรือปัญหาเหล่านี้หลังจากทราบสาเหตุของแต่ละข้อบกพร่องหรือปัญหาแล้ว ดังนี้

5.1 การแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง Crack

5.1.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุของข้อบกพร่อง Crack

สำหรับข้อบกพร่อง Crack นี้ คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้หลักการ "การวิเคราะห์ปัญหา" และออกแบบการทดลองเพื่อทดลองยืนยันถึงสาเหตุที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ ได้แสดงในแบบฟอร์ม CAN No. SP-1/99 ดังนี้

FMEA Cause Analysis

FMEA CAN No. :	SP-1/99	Date : 2 กรกฎาคม 2542
Analyst :	ศิริพันธ์,สิทธิชัย	
Ref FMEA No. :	SP-240/0799	
Failure Mode :	Crack บริเวณแนวการขึ้นรูป	
Purpose :	เพื่อต้องการหาสาเหตุของข้อบกพร่อง Crack ที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์รุ่น 240	
Procedure :	รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว	
Result :	รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว	
Conclusion :	ตัวแปรที่มีผลอย่างยิ่งต่อข้อบกพร่อง Crack ได้แก่ ค่าความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch โดยค่าความหนาที่มีค่าประมาณ 0.013 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack ไม่ว่าจะทำการผลิตจากเครื่องจักรใดก็ตาม ในขณะที่กลุ่มที่มีความหนาที่มีค่าประมาณ 0.022 มิลลิเมตร และ 0.033 มิลลิเมตร ไม่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack เลย ไม่ว่าจะผลิตจากเครื่องจักรใด ๆ ก็ตาม ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch ที่มีค่าประมาณ 0.010 ถึง 0.016 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack นี้ได้	

กระบวนการในการวิเคราะห์มีขั้นตอนดังนี้

1. การบรรยายลักษณะของปัญหา

กระบวนการนี้เป็นการบรรยายว่า ปัญหาที่สนใจอยู่นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร รายละเอียดของลักษณะของปัญหาแสดงดังนี้

คำถาม	สิ่งที่เป็นปัญหา	สิ่งที่ไม่เป็นปัญหา
อะไรคือปัญหา	ผลิตภัณฑ์ Suspension รุ่น 240 เกิดข้อบกพร่องแบบ Crack โดยเกิดเป็นรอยร้าวหรือแตก บริเวณแนวการขึ้นรูปของ Pad Form	ไม่พบในผลิตภัณฑ์รุ่น 298 และ ผลิตภัณฑ์รุ่น 289
ปัญหาพบที่ไหน	เกิดบริเวณปลายชิ้นงาน ถูกตรวจพบที่กระบวนการ Stamping เป็นกระบวนการแรก	ไม่พบบริเวณอื่นของตัวงาน ไม่พบที่กระบวนการอื่น ๆ ก่อนกระบวนการ Stamping
ปัญหาพบเมื่อไร	สังเกตพบได้ครั้งแรกวันที่ 26 มิถุนายน 2542 เมื่อทำการสุ่มตรวจสอบข้อบกพร่องในกระบวนการ Stamping	ไม่พบก่อนข้อบกพร่องนี้มาก่อนในกระบวนการผลิต
ขอบเขตของปัญหาแค่ไหน	พบว่ามีปริมาณของข้อบกพร่อง Crack เป็นจำนวนมากในหลายรุ่น (Lot) การผลิต แต่บางรุ่นก็พบเป็นจำนวนน้อย ในแต่ละเครื่องจักร	ไม่พบว่าเกิดปัญหานี้มีปริมาณของข้อบกพร่องนี้ทุก ๆ รุ่นการผลิต ในทุก ๆ เครื่องจักร

2. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหานี้ ได้ทำการระบุโดยใช้เทคนิค "IS/IS NOT" หรือการเปรียบเทียบกับสิ่งที่ไม่เป็นปัญหา ประสบการณ์ในการทำงานที่ผ่านมา และข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติม โดยได้สรุปถึงสาเหตุที่เป็นไปได้ดังนี้

2.1 ความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch ของผลิตภัณฑ์ รุ่น 240 ที่มีความหนาที่น้อยกว่ารุ่น 298 เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องนี้

2.2 กระบวนการ Etching ผลิตงานรุ่น 240 ที่มีความหนาที่ตำแหน่ง Partial Etch น้อยกว่าปกติในหลายรุ่น ทำให้เกิดข้อบกพร่องนี้

2.3 ความกว้างของตำแหน่ง Pad Form ของผลิตภัณฑ์รุ่น 240 น้อยกว่าผลิตภัณฑ์รุ่น 289 ทำให้เกิดข้อบกพร่องนี้

2.4 เครื่องจักรคนละหมายเลขมีผลทำให้เกิดข้อบกพร่องนี้

3. ประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

กระบวนการนี้ เป็นการทำการตรวจสอบสาเหตุที่เป็นไปที่ได้ระบุไว้ในข้อ 2 กับข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ระบุไว้ในข้อ 1 รวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ด้วย จากการประเมิน พบว่า

3.1 ความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch ที่มีความหนาน้อย น่าจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหานี้มากที่สุด และ

3.2 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เป็นสาเหตุอันดับรองลงมา ดังนั้น จึงจะได้ทำการพิสูจน์ถึงสมมติฐานนี้ต่อไป

4. ดำเนินการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

จากสมมติฐานที่ได้จากการประเมิน จะได้ดำเนินการพิสูจน์เพื่อยืนยันว่าสาเหตุของปัญหานี้มาจากความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch และ/หรือ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต หรือไม่อย่างไร เนื่องจากเป็นการศึกษาถึงตัวแปร 2 ตัวที่มีผลต่อสิ่งที่ต้องการ ดังนี้จึงเลือกใช้ DOE หรือการออกแบบการทดลองมาทำการดำเนินการพิสูจน์

การดำเนินการพิสูจน์ใช้การทดลองในลักษณะของ Factorial Design มี 2 ตัวแปรที่สนใจคือ

4.1 ความหนาที่ตำแหน่ง Partial Etch และ

4.2 เครื่องจักรคนละหมายเลขกัน

ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดการทดลองดังนี้

1. นิยามของปัญหา

นิยามของปัญหานี้เป็นนิยามเดียวกับที่ได้ระบุไว้แล้วในเบื้องต้นคือ "ผลิตภัณฑ์ Suspension รุ่น 240 เกิดข้อบกพร่องแบบ Crack โดยเกิดเป็นรอยร้าวหรือแตก บริเวณแนวการขึ้นรูปของ Pad Form"

2. กำหนดตัวแปรที่สนใจ

ตัวแปรที่สนใจมี 2 ตัวแปร คือ

1. ความหนาที่ตำแหน่ง Partial Etch และ
2. เครื่องจักรคนละหมายเลขกัน

3. กำหนดตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองที่สนใจคือ การเกิดปัญหาข้อบกพร่อง Crack กับตัวชิ้นงาน ไม่ว่า Crack จะมีความยาวเท่าใดก็ตาม

4. แบบการทดลอง

ใช้การทดลองในลักษณะของ Factorial Design โดยกำหนดระดับของแต่ละตัวแปรดังนี้

1. ความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch มี 3 ระดับ คือ

กลุ่มที่ 1 มีความหนาประมาณ 0.013 มิลลิเมตร (0.010 – 0.016 มิลลิเมตร)

กลุ่มที่ 2 มีความหนาประมาณ 0.022 มิลลิเมตร (0.019 – 0.025 มิลลิเมตร)

กลุ่มที่ 3 มีความหนาประมาณ 0.030 มิลลิเมตร (0.027 – 0.033 มิลลิเมตร)

2. เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมี 2 เครื่องคือเครื่องหมายเลข 5 และเครื่องหมายเลข 7

ดังนั้น จะมีเงื่อนไขในการทดลอง ดังนี้

เงื่อนไข	กลุ่มความหนา	หมายเลขเครื่องจักร
1	1 (0.133 มม.)	5
2	1 (0.133 มม.)	7
3	2 (0.022 มม.)	5
4	2 (0.022 มม.)	7
5	3 (0.030 มม.)	5
6	3 (0.030 มม.)	7

ตารางที่ 5.1 แสดงเงื่อนไขต่าง ๆ ในการทดลอง

5. ดำเนินการทดลอง

เลือกทำการทดลองซ้ำ ทั้งหมด 100 ตัวในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

6. ผลการทดลอง

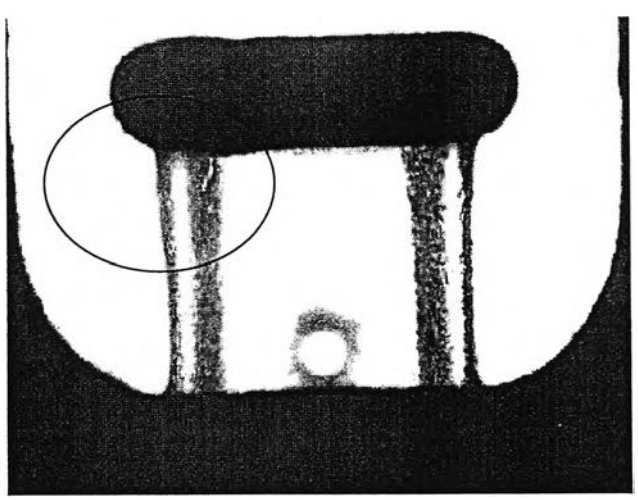
จากการตรวจสอบชิ้นงานทุกตัวในการทดลอง แล้วบันทึกจำนวนชิ้นงานที่เกิดข้อบกพร่อง Crack สรุปเป็นจำนวนร้อยละ ได้ดังตารางที่ 5.2

เงื่อนไข	กลุ่มความหนา	หมายเลขเครื่องจักร	จำนวนข้อบกพร่อง Crack แสดงเป็นร้อยละ
1	1 (0.133 มม.)	5	52.0
2	1 (0.133 มม.)	7	23.6
3	2 (0.022 มม.)	5	0.0
4	2 (0.022 มม.)	7	0.0
5	3 (0.030 มม.)	5	0.0
6	3 (0.030 มม.)	7	0.0

ตารางที่ 5.2 แสดงจำนวนข้อบกพร่อง Crack ในแต่ละเงื่อนไข

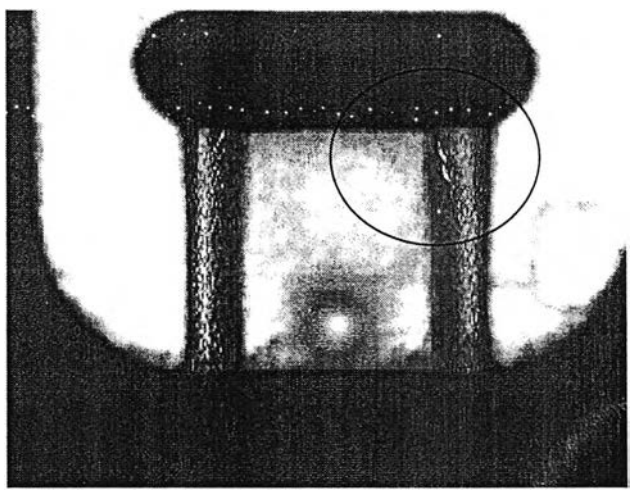
ตัวอย่างรูปการเกิดข้อบกพร่อง Crack ในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

เงื่อนไขที่ 1 ความหนากลุ่ม 1 (0.013 มม.) และ เครื่องจักรหมายเลข 5



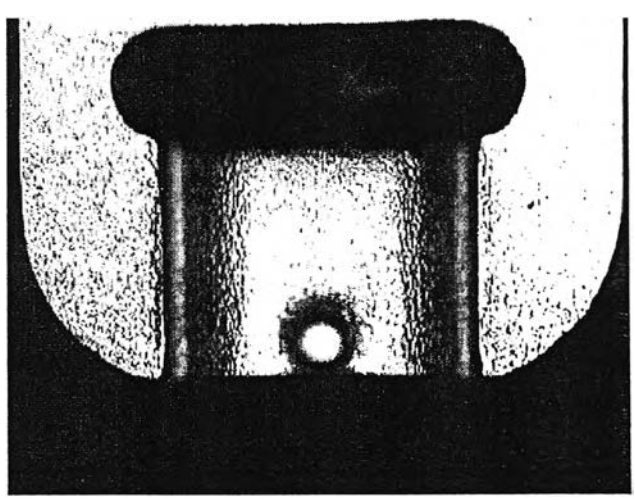
รูปที่ 5.1 แสดงรูปชิ้นงานในการทดลองในเงื่อนไขที่ 1

เงื่อนไขที่ 2 ความหนากลุ่ม 1 (0.013 มม.) และ เครื่องจักรหมายเลข 7



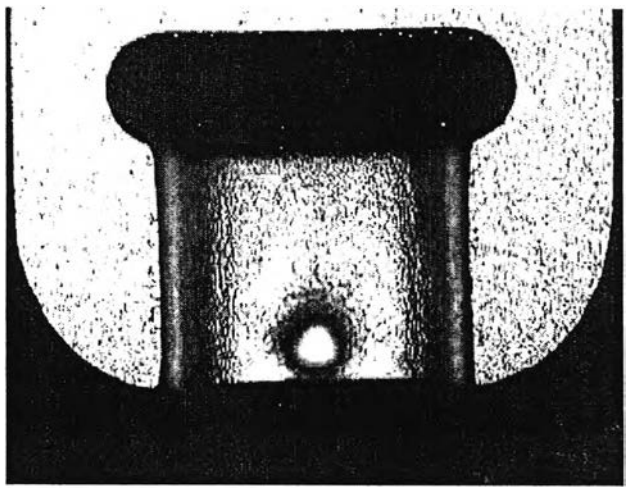
รูปที่ 5.2 แสดงรูปชิ้นงานในการทดลองในเงื่อนไขที่ 2

เงื่อนไขที่ 3 ความหนากลุ่ม 2 (0.022 มม.) และ เครื่องจักรหมายเลข 5



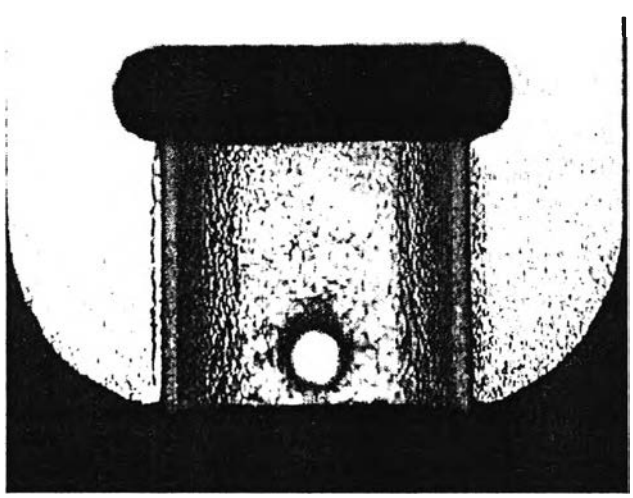
รูปที่ 5.3 แสดงรูปชิ้นงานในการทดลองในเงื่อนไขที่ 3

เงื่อนไขที่ 4 ความหนากลุ่ม 2 (0.022 มม.) และ เครื่องจักรหมายเลข 7



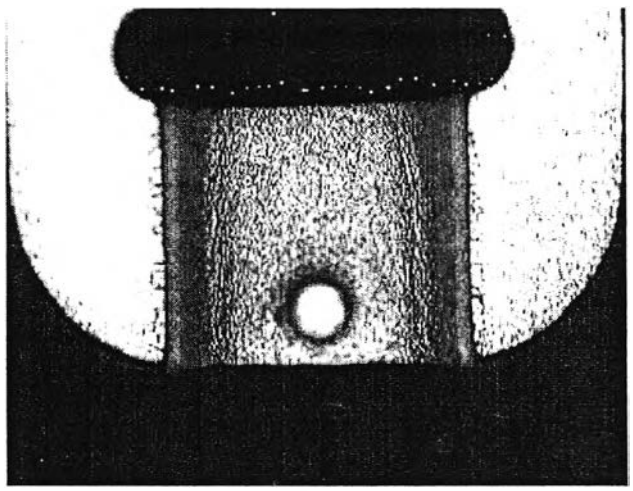
รูปที่ 5.4 แสดงรูปชิ้นงานในการทดลองในเงื่อนไขที่ 4

เงื่อนไขที่ 5 ความหนากลุ่ม 3 (0.030 มม.) และ เครื่องจักรหมายเลข 5



รูปที่ 5.5 แสดงรูปชิ้นงานในการทดลองในเงื่อนไขที่ 5

เงื่อนไขที่ 6 ความหนากลุ่ม 3 (0.030 มม.) และ เครื่องจักรหมายเลข 7



รูปที่ 5.6 แสดงรูปชิ้นงานในการทดลองในเงื่อนไขที่ 5

7. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1.2 พบว่า ตัวแปรที่มีผลอย่างยิ่งต่อข้อบกพร่อง Crack ได้แก่ ค่าความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch โดยค่าความหนาที่มีค่าประมาณ 0.013 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack ไม่ว่าจะทำการผลิตจากเครื่องจักรใดก็ตาม ในขณะที่กลุ่มที่มีความหนาที่มีค่าประมาณ 0.022มิลลิเมตร และ 0.033 มิลลิเมตร ไม่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack เลย ไม่ว่าจะผลิตจากเครื่องจักรใด ๆ ก็ตาม

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch ที่มีค่าประมาณ 0.010 ถึง 0.016 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack นี้ได้

และจากข้อกำหนดของลูกค้าที่กำหนดให้ค่าความหนาของ Partial Etch มีค่าระหว่าง 0.014 มิลลิเมตร ถึง 0.026 มิลลิเมตร ดังนั้นควรจะเปลี่ยนข้อกำหนดในการผลิตใหม่เป็น ความหนาของ Partial Etch ต้องมีค่าระหว่าง0.019 มิลลิเมตร ถึง 0.025 มิลลิเมตร

5.1.2 การดำเนินการแก้ไขปัญหาข้อบกพร่อง Crack

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง Crack คือ ค่าความหนาของชิ้นงานที่ตำแหน่ง Partial Etch ที่มีความบางโดยมีค่าต่ำกว่า 0.016 มิลลิเมตร สำหรับเงื่อนไขการผลิตในปัจจุบัน ดังนั้น จึงได้ดำเนินการเพื่อปรับปรุง ดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงค่าควบคุมในการผลิตสำหรับค่าความหนาของชิ้นงานบริเวณตำแหน่ง Partial Etch ดังแสดงในตารางที่ 5.3

	ชื่อตัวแปร	ค่าที่ต้องการ	ค่าความเผื่อ	ค่าควบคุมสูงสุด	ค่าควบคุมต่ำสุด
เดิม	Partial Etch	-0.20	+/-0.06	-0.14	-0.26
ใหม่	Partial Etch	-0.22	+/-0.03	-0.19	-0.25

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าควบคุมใหม่ของตัวแปร Partial Etch

2. แก้ไขเอกสารการทำงาน เพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดใหม่

5.2 การแก้ไขข้อบกพร่อง Gram Load

5.2.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

ปัญหาค่า Gram Load ที่มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดนั้น คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้หลักการ "การวิเคราะห์ปัญหา" รายละเอียดต่าง ๆ ได้แสดงในแบบฟอร์ม CAN No. GL-1/99 ดังนี้

FMEA Cause Analysis

FMEA CAN No. :	GL-1/99	**Date : 26 สิงหาคม 2542**
Analyst :	ศิริพันธ์,กอบโชติ	**Dept :**
Ref FMEA No. :	GL-240/0799	
Failure Mode :	ค่า Gram Load มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	
Purpose :	1. ทำการหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุดของปัญหานี้	
Procedure :	ใช้แนวทางของ "การวิเคราะห์ปัญหา" รายละเอียดแสดงในเอกสารที่แนบ	
Result :	ดูรายละเอียดในเอกสารที่แนบ	
Conclusion :	ค่า Gram Load ที่ได้จากกระบวนการ Roller Forming มีค่ากระจายมาก ทำให้เครื่อง Infrared Adjust ทำการปรับค่ายากขึ้น	

กระบวนการในการวิเคราะห์

1. บรรยายลักษณะของปัญหา

กระบวนการนี้เป็นการบรรยายว่า ปัญหาที่สนใจอยู่นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร รายละเอียดของลักษณะของปัญหาแสดงดังนี้

คำถาม	สิ่งที่เป็นปัญหา	สิ่งที่ไม่เป็นปัญหา
อะไรคือปัญหา	ค่า Gram Load ของผลิตภัณฑ์รุ่น 240 มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า รวมทั้งผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ด้วย	
ปัญหาพบที่ไหน	พบที่กระบวนการ IR ในส่วนของการวัดค่างานที่เข้าเครื่องจักร เป็นกระบวนการแรก และถูกพบอีกครั้งที่การตรวจสอบที่ QA Gate.	
ปัญหาพบเมื่อไร	พบตั้งแต่เริ่มการผลิตในผลิตภัณฑ์รุ่นนี้ ไม่ว่าจะเป็นการผลิตแบบ Prototype หรือ Mass Production.	
ขอบเขตของปัญหาแค่ไหน	พบว่ามักจะเกิดขึ้นค่อนข้างสม่ำเสมอและต่อเนื่องมาตลอด	

2. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

คณะผู้เชี่ยวชาญจากส่วนงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ทำการการระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหานี้ ได้ทำการระบุโดยใช้จากประสบการณ์ในการทำงานที่ผ่านมา และข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติม สาเหตุที่เป็นไปได้มีดังนี้

2.1 เครื่องมือวัดค่า Gram Load หรือ Gram Tester ที่เครื่อง Infrared Adjust นั้น วัดค่าได้ไม่ถูกต้อง

2.2 ชิ้นงานที่มีค่ามาตรฐานที่ใช้เทียบ มีค่าที่ไม่สัมพันธ์กับค่าของลูกค้า

2.3 ชิ้นงานที่ได้มาจากกระบวน Roller Forming มีค่า Gram Load ที่มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

3. ประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินสาเหตุต่าง ๆ ที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ กับข้อมูลต่าง ๆ ที่มี เพื่อตรวจสอบหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุด ผลจากการประเมินมีความเห็นดังนี้

3.1 จากข้อมูลที่ได้จากการแผ่นตรวจสอบการทำ R&R ของเครื่องมือวัดทั้งสองที่ พบว่ามีการทำ R&R อยู่เสมอ จึงไม่น่าจะมีสาเหตุมาจากเครื่องมือวัดอ่านค่าไม่ถูกต้อง

3.2 จากการส่งชิ้นงานมาตรฐานที่ใช้ภายในโรงงาน ไปทำการตรวจสอบกับเครื่องมือวัดของลูกค้า พบว่าค่าที่อ่านได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3.3 ชิ้นงานที่มาจากกระบวนการ Roller Forming มักจะมีค่าที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด พบว่ามีค่า Gram Load ที่กระจายมาก โดยใช้ข้อมูลจากการวัดค่า Gram Load ก่อนการตัดงานที่เครื่อง Infrared Adjust ซึ่งค่า Gram Load ที่มีการกระจายนี้ จะส่งผลให้กับเครื่อง Infrared Adjust ทำการปรับค่า Gram Load ยากขึ้น ทำให้ชิ้นงานมีค่าความแปรปรวนสูงและจะทำให้ไม่ผ่านการตรวจสอบที่ QA Gate. ดังนั้นสาเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุด

4. ดำเนินการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

ในที่นี้ จะได้ดำเนินการพิสูจน์และแก้ไขโดยการนำแผนภูมิควบคุมมาทำการควบคุมค่า Gram Load ที่ออกจากกระบวนการ Roller Forming นี้ ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อ 2.3 การแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง Gram Load.

5.2.2 การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง Gram Load

คณะผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่า การใช้เทคนิคของ SPC มาช่วยในการควบคุมกระบวนการผลิตที่กระบวนการ Roller Forming นั้น จะเป็นวิธีการที่จะช่วยให้ค่า Gram Load มีการกระจายน้อยลงได้ อีกทั้งในขณะนั้น โรงงานตัวอย่างได้มีการเริ่มต้นศึกษา การนำเทคนิค SPC มาใช้ในโรงงานตัวอย่าง ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการนำเทคนิค SPC มาใช้ควบคุมกระบวนการผลิต ของกระบวนการ Roller Forming โดยจะเริ่มจากการนำแผนภูมิควบคุมมาใช้ก่อน ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ในการลดค่าการกระจายก่อน และจะได้ดำเนินการหาสืบสวนเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้ค่าที่ทำการวัดออกนอกเขตควบคุมในภายหลัง รายละเอียดการดำเนินการนำแผนภูมิควบคุมมาใช้มีดังนี้

1. เลือก แผนภูมิควบคุมเป็นเป็นแบบ แผนภูมิค่าเฉลี่ยและพิสัย (X-bar R Chart)

ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย (X-bar R Chart)

1. ลักษณะคุณภาพที่จะทำการควบคุม
   ลักษณะคุณภาพที่จะทำการควบคุมคือ ค่า Gram Load ที่ได้จากกระบวนการ Gram Form I (Roller Forming)

2. ทำการเก็บบันทึกข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้
   2.1 จำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่มข้อมูล จะมีทั้งหมด 9 ข้อมูล โดยกลุ่มข้อมูล 1 กลุ่มหมายถึงงานที่ถูกบรรจุอยู่ใน Case 1 Case.
   2.2 ความถี่ในการเก็บข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลทุก Case
   2.3 จำนวนของกลุ่มตัวอย่าง โดยจะเก็บตัวอย่างข้อมูลใน 1 กะการทำงาน
   2.4 ดังนั้นแผนภูมิควบคุมที่จะใช้ จึงใช้แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยและพิสัย (X-bar, R Chart)
   ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ แสดงในตารางที่ 1.1

3. ทำการคำนวณผลรวม ค่าเฉลี่ย และพิสัย ของแต่ละกลุ่มย่อย
   ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด = 2.997
   ค่าพิสัยเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด = 0.348
   และข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ แสดงในตารางที่ 5.4

Statistic Process Control Data Record

กระบวนการ Roller Forming รุ่นผลิตภัณฑ์ 240 จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม 9

ค่าที่สนใจ Gram Load หมายเลขเครื่องจักร 3 ความถี่ ทุก Case

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Time																								
Case No		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	
Pcs No.	1	3.12	3.02	2.88	3.07	3.00	3.01	3.00	3.18	3.10	2.91	2.89	3.10	3.15	3.00	2.91	2.84	2.90	3.05	2.94	3.04	3.05	3.08	
	2	3.13	3.12	2.89	2.94	2.94	3.01	2.95	3.28	3.10	2.78	2.86	3.15	2.98	3.08	3.09	2.94	2.85	3.00	2.87	3.16	3.00	3.00	
	3	3.14	3.00	2.72	3.10	2.91	3.08	2.97	3.09	2.90	2.79	2.93	2.95	2.84	3.05	3.15	2.76	2.78	3.14	2.86	3.28	3.14	3.01	
	4	3.00	3.11	2.98	3.10	3.08	2.94	2.94	3.14	2.80	3.19	3.18	2.86	3.05	2.94	2.89	2.88	3.05	2.80	3.00	3.24	3.19	2.95	
	5	2.80	2.90	2.93	3.05	3.05	3.00	2.88	3.19	2.89	2.95	2.96	3.05	3.16	3.10	2.94	2.81	3.16	2.87	2.96	3.02	3.20	2.89	
	6	3.00	2.80	2.89	2.94	3.15	3.08	3.00	2.91	2.90	2.67	2.98	3.19	3.27	2.85	2.87	2.95	3.13	2.90	3.19	3.27	3.00	2.95	
	7	2.97	2.76	2.94	2.79	3.10	3.15	2.90	2.84	3.00	3.02	2.84	3.25	3.15	3.17	2.98	3.16	2.84	3.00	2.80	3.18	2.95	2.89	
	8	3.06	2.91	2.84	3.02	3.05	2.89	3.14	3.19	2.96	3.12	3.03	3.16	3.07	2.98	3.00	2.74	2.74	3.10	2.86	2.91	2.95	2.97	
	9	3.04	2.88	2.80	3.00	2.93	3.18	2.90	3.00	2.97	2.74	2.90	3.05	3.19	3.08	2.94	3.25	3.11	3.10	2.86	2.80	3.01	2.90	
																								Average
Average		3.03	2.94	2.87	3.00	3.02	3.04	2.96	3.09	2.96	2.91	2.95	3.08	3.10	3.03	2.97	2.93	2.95	3.00	2.93	3.10	3.05	2.96	2.994
Range		0.34	0.36	0.26	0.31	0.24	0.29	0.27	0.44	0.30	0.52	0.34	0.39	0.43	0.32	0.28	0.51	0.42	0.34	0.39	0.48	0.25	0.19	0.348

ตารางที่ 5.4 แสดงข้อมูลและค่าเฉลี่ย ของข้อมูลที่ได้จากการบันทึก

4. คำนวณค่าเฉลี่ยของพิสัย (R-bar) และพิกัดควบคุมสำหรับแผนภูมิควบคุมพิสัย (R)

   ค่าเฉลี่ยของพิสัย (R-bar) สำหรับข้อมูลกลุ่มนี้คือ 0.18

   สำหรับจำนวนตัวอย่างในรุ่นมี 9 ตัว ดังนั้นจะได้ค่าคงที่ต่าง ๆ ดังนี้

   A2 = 0.337

   D3 = 0.184

   D4 = 1.816

   ทำการคำนวณค่าควบคุมดังนี้

   ค่าควบคุมพิสัยด้านบน = D4 * R-bar = 1.816 x 0.352 = 0.632

   ค่าควบคุมพิสัยด้านล่าง = D3 * R-bar = 0.184 x 0.352 = 0.064

5. ทำการแบ่งสเกลและพล็อตจุดลงในแผนภูมิควบคุมพิสัย (R)
6. ลากเส้นพิกัดเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมพิสัย (R)
7. ตีความหมายแผนภูมิควบคุมพิสัย (R)

   จากการเปรียบเทียบค่าควบคุมพิสัย ค่าพิสัยของข้อมูลแต่ละกลุ่ม พบว่า ค่าพิสัยของข้อมูลในทุกกลุ่มไม่อยู่นอกเหนือไปจากค่าควบคุม ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยพิสัยนี้ได้เลย

8. ทำการคำนวณค่าควบคุมเฉลี่ย (X-bar)

   ทำการคำนวณค่าควบคุมดังนี้

   ค่าควบคุมเฉลี่ยด้านบน = X-Bar + A2R = 2.994 + (0.337 x 0.348) = 3.112

   ค่าควบคุมเฉลี่ยด้านล่าง = X-Bar - A2R = 2.994 - (0.337 x 0.348) = 2.877

9. ทำการแบ่งสเกลและพลอตจุดลงในแผนภูมิควบคุมเฉลี่ย (X-bar)
10. ลากเส้นพิกัดเพื่อสร้างแผนภูมิควบคุมเฉลี่ย (X-bar)
11. ตีความหมายแผนภูมิควบคุมเฉลี่ย (X-bar)

    จากการเปรียบเทียบค่าควบคุมค่าเฉลี่ยกับ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละกลุ่ม พบว่า มีค่าเฉลี่ยของข้อมูลในกลุ่มของ กลุ่มที่ 1-3 มีค่าต่ำกว่าค่าควบคุมเฉลี่ยด้านล่าง ดังนั้นจึงจะทำการตัดข้อมูลกลุ่มนี้ออก และทำการคำนวณค่าเฉลี่ย และพิสัยใหม่ ดังตารางที่ 5.5

Statistic Process Control Data Record

กระบวนการ Roller Forming รุ่นผลิตภัณฑ์ 240 จำนวนข้อมูลในแต่ละกลุ่ม 9

ค่าที่สนใจ Gram Load หมายเลขเครื่องจักร 3 ความถี่ ทุก Case

No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Time																								
Case No		1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	
Pcs No.	1	3.12	3.02		3.07	3.00	3.01	3.00	3.18	3.10	2.91	2.89	3.10	3.15	3.00	2.91	2.84	2.90	3.05	2.94	3.04	3.05	3.08	
	2	3.13	3.12		2.94	2.94	3.01	2.95	3.28	3.10	2.78	2.86	3.15	2.98	3.08	3.09	2.94	2.85	3.00	2.87	3.16	3.00	3.00	
	3	3.14	3.00		3.10	2.91	3.08	2.97	3.09	2.90	2.79	2.93	2.95	2.84	3.05	3.15	2.76	2.78	3.14	2.86	3.28	3.14	3.01	
	4	3.00	3.11		3.10	3.08	2.94	2.94	3.14	2.80	3.19	3.18	2.86	3.05	2.94	2.89	2.88	3.05	2.80	3.00	3.24	3.19	2.95	
	5	2.80	2.90		3.05	3.05	3.00	2.88	3.19	2.89	2.95	2.96	3.05	3.16	3.10	2.94	2.81	3.16	2.87	2.96	3.02	3.20	2.89	
	6	3.00	2.80		2.94	3.15	3.08	3.00	2.91	2.90	2.67	2.98	3.19	3.27	2.85	2.87	2.95	3.13	2.90	3.19	3.27	3.00	2.95	
	7	2.97	2.76		2.79	3.10	3.15	2.90	2.84	3.00	3.02	2.84	3.25	3.15	3.17	2.98	3.16	2.84	3.00	2.80	3.18	2.95	2.89	
	8	3.06	2.91		3.02	3.05	2.89	3.14	3.19	2.96	3.12	3.03	3.16	3.07	2.98	3.00	2.74	2.74	3.10	2.86	2.91	2.95	2.97	
	9	3.04	2.88		3.00	2.93	3.18	2.90	3.00	2.97	2.74	2.90	3.05	3.19	3.08	2.94	3.25	3.11	3.10	2.86	2.80	3.01	2.90	
																								Average
Average		3.03	2.94		3.00	3.02	3.04	2.96	3.09	2.96	2.91	2.95	3.08	3.10	3.03	2.97	2.93	2.95	3.00	2.93	3.10	3.05	2.96	3.000
Range		0.34	0.36		0.31	0.24	0.29	0.27	0.44	0.30	0.52	0.34	0.39	0.43	0.32	0.28	0.51	0.42	0.34	0.39	0.48	0.25	0.19	0.352

ตารางที่ 5.5 แสดงข้อมูลและค่าเฉลี่ย ของข้อมูลที่ได้จากการบันทึก หลังจากมีการปรับปรุงข้อมูลแล้ว

12. ทบทวนค่าพิกัดควบคุม X-bar และ R

จากการคำนวณใหม่ จะได้ค่าพิกัดควบคุมดังนี้คือ

ค่าควบคุมพิสัยด้านบน = D4 * R-bar = 1.816 x 0.352 = 0.640 (~0.64)

ค่าควบคุมพิสัยด้านล่าง = D3 * R-bar = 0.184 x 0.352 = 0.065 (~0.06)

ค่าควบคุมเฉลี่ยด้านบน = X-Bar + A2R = 3.000 + (0.337 x 0.352) = 3.119 (~3.12)

ค่าควบคุมเฉลี่ยด้านล่าง = X-Bar - A2R = 3.001 - (0.337 x 0.352) = 2.881 (~2.88)

13. สร้างแผนภูมิ X-bar และ R ลงในแบบฟอร์ม ดังแสดงในตารางที่ 5.6

14. ทบทวนค่าพิกัดควบคุม X-bar และ R

จากการคำนวณใหม่ จะได้ค่าพิกัดควบคุมดังนี้คือ

ค่าควบคุมพิสัยด้านบน = D4 * R-bar = 1.816 x 0.352 = 0.640 (~0.64)

ค่าควบคุมพิสัยด้านล่าง = D3 * R-bar = 0.184 x 0.352 = 0.065 (~0.06)

ค่าควบคุมเฉลี่ยด้านบน = X-Bar + A2R = 3.000 + (0.337 x 0.352) = 3.119 (~3.12)

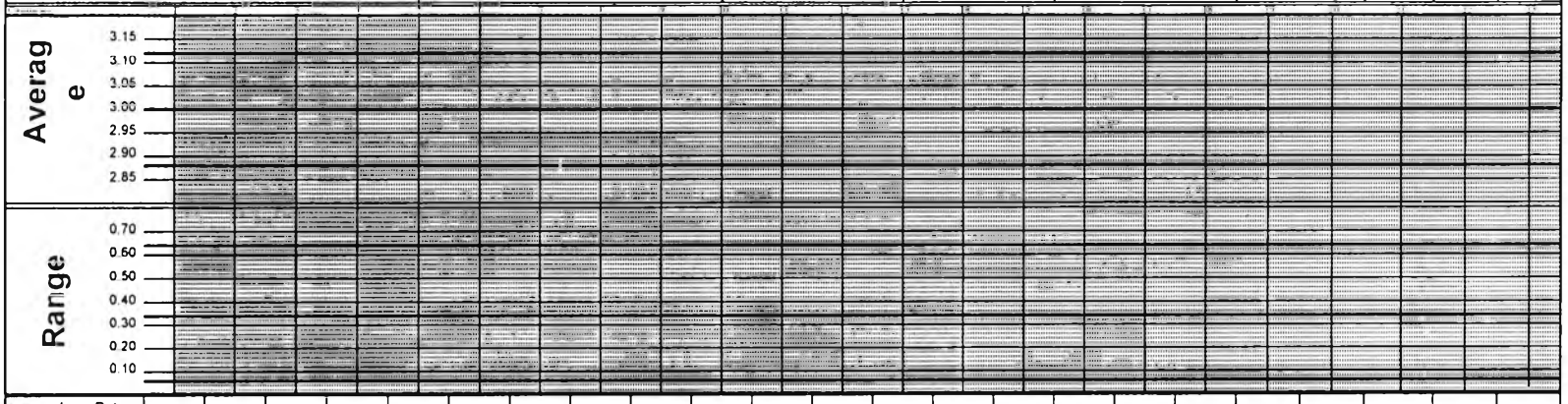
ค่าควบคุมเฉลี่ยด้านล่าง = X-Bar - A2R = 3.001 - (0.337 x 0.352) = 2.881 (~2.88)

15. สร้างแผนภูมิ X-bar และ R ลงในแบบฟอร์ม ดังแสดงในตารางที่ 5.6

CONTROL CHART FOR VARIABLE

STATISTICAL PROCESS CONTROL

Roller Forming	Cell No. :	M/C No. :	Specification :	Chart No. :	Control Limit	UCL/USL	CL/SL	LCL/LSL
Parameter :	Model :	Die No. :	Gage :	Sample size :	X-Bar			
		Punch No. :	Unit of Measure :	Frequancy :	Range			



...../...../..... Date																								
Time																								
Lot No.																								
Case No.																								
Reading 1																								
2																								
3																								
4																								
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
Average (X-Bar)																								
Range																								

Group	Date	Time	Action	By	Date	Time	Action	By

ตารางที่ 5.6 แสดงแบบฟอร์ม แผนภูมิควบคุม ค่าเฉลี่ย พิสัย (X-bar R Chart)

2. ดำเนินการจัดทำเอกสารสำหรับการใช้แผนภูมิควบคุมมาปฏิบัติงานที่กระบวนการ Roller Forming โดยกำหนดสาระสำคัญดังนี้

2.1 กระบวนการที่ใช้คือ กระบวนการ Roller Forming

2.2 ค่าที่สนใจคือ ค่า Gram Load

2.3 ดำเนินการใช้กับผลิตภัณฑ์รุ่น 240 ก่อน

2.4 ค่า Gram Load สำหรับควบคุมคือ

ค่าควบคุม ค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 2.88 ถึง 3.12 กรัม

ค่าควบคุม ค่าพิสัย อยู่ระหว่าง 0.06 ถึง 0.640 กรัม

2.5 ความถี่ในการตรวจสอบคือ วัดทุก Case ในการผลิตในแต่ละรุ่นการผลิต

2.6 จำนวนในการตรวจสอบคือ 9 ตัวต่อ Case

2.7 กำหนดลักษณะกราฟซึ่งแสดงความผิดปกติดังนี้

2.7.1 มี 1 จุดอยู่นอกเส้นควบคุม

2.7.2 มี 7 จุดเรียงติดกันในแนวเหนือหรือใต้เส้นควบคุม

2.7.3 มี 7 จุดเรียงติดกันในลักษณะเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างต่อเนื่อง

2.7.4 มีลักษณะเป็นวัฏจักรหรือวงจรการเกิดขึ้นซ้ำ ๆ อย่างชัดเจน

2.7.5 มีการเปลี่ยนแปลงอย่างผิดปกติ เช่นการกระโดดของข้อมูลอย่างฉับพลัน

2.7.6 ไม่มีการกระจายของข้อมูลเลย

หากพบลักษณะผิดปกติดังกล่าว ให้ทำการหยุดการผลิตชั่วคราว และเรียกผู้รับผิดชอบไปทำการตรวจสอบ

2.8 หากมีการแก้ไขใด ๆ ให้ทำการบันทึกไว้ในแบบฟอร์มที่กำหนดด้วย

5.3 การแก้ไขข้อบกพร่อง PSA

5.3.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

ปัญหาค่า PSA ที่มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดนั้น คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้หลักการ "การวิเคราะห์ปัญหา" และออกแบบการทดลองเพื่อทดลองยืนยันถึงสาเหตุที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ ได้แสดงในแบบฟอร์ม CAN No. OT-1/99 ดังนี้

FMEA Cause Analysis

FMEA CAN No. : OT-1/99 **Date : 30 สิงหาคม 2542**

Analyst : ศิริพันธ์

Ref FMEA No. : OT-240/0799

Failure Mode : ค่า PSA ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด

Purpose :
1. เพื่อหาสาเหตุหลักที่มีผลกระทบกับค่า PSA.
2. หาค่าของตัวแปรที่เหมาะสมในการพัฒนาค่า PSA. ให้ได้ผลดีที่สุด

Procedure : รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว

Result : รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว

Conclusion :
1.ตัวแปรที่มีผลต่อค่า PSA คือ Pitch_A และ Predict
2. ค่าที่เหมาะสมในการผลิตคือ

Pitch_A = -0.80 +/-0.15

Predict = -2.05 +/-0.15

กระบวนการในการวิเคราะห์

1. บรรยายลักษณะของปัญหา

กระบวนการนี้เป็นการบรรยายว่า ปัญหาที่สนใจอยู่นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร รายละเอียดของลักษณะของปัญหาแสดงดังนี้

คำถาม	สิ่งที่เป็นปัญหา	สิ่งที่ไม่เป็นปัญหา
อะไรคือปัญหา	ผลิตภัณฑ์ Suspension รุ่น 240 มักจะมีค่า PSA ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ไม่พบในผลิตภัณฑ์รุ่น 298 และ ผลิตภัณฑ์รุ่น 289
ปัญหาพบที่ไหน	ถูกตรวจพบที่กระบวนการ Laser Welding จากเครื่อง Laser Welding หมายเลข 7 และ 8 โดยการสุ่มวัด	ไม่พบเมื่อทำการผลิตจากเครื่อง Laser Welding หมายเลข 3 ขณะที่ทำการผลิต Prototype
ปัญหาพบเมื่อไร	พบตั้งแต่เริ่มการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น 240 ในลักษณะ Mass Production เป็นต้นมา	ไม่พบเมื่อทำการผลิตในลักษณะ Prototype
ขอบเขตของปัญหาแค่ไหน	พบว่า มักจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ	

2. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

การระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหานี้ ได้ทำการระบุโดยใช้จากประสบการณ์ในการทำงานที่ผ่านมา การคำนึงถึง 4M และข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติม โดยสรุปถึงสาเหตุที่เป็นไปได้มีดังนี้

2.1. เครื่อง Laser Welding ที่ใช้ในการผลิตระหว่างงาน Mass Production และ Prototype ให้ค่า PSA ที่ต่างกัน

2.2. ค่า Pitch_A และ ค่า Predict_Angle ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่เหมาะสมกับค่า PSA

2.3. ค่า Pitch_A และ ค่า Predict_Angle ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่เหมาะสมกับค่า PSA ที่ได้จากเครื่อง Laser Welding หมายเลข 7 และ 8 ในงาน Mass Production

2.4 เครื่องมือวัดอ่านค่าได้ไม่ถูกต้อง

2.5 ชิ้นงานที่มีค่ามาตรฐานที่ใช้เทียบ มีค่าที่ไม่สัมพันธ์กับค่าของลูกค้า

3. ประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

กระบวนการนี้ เป็นการทำการตรวจสอบสาเหตุที่เป็นไปที่ได้ระบุไว้ในข้อ 2 กับข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้ระบุไว้ในข้อ 1 รวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ด้วย จากการประเมิน พบว่า ปัจจุบันจำเป็นต้องใช้เครื่อง Laser Welding หมายเลข 7 และ หมายเลข 8 ทำการผลิต และไม่ทราบค่าต่าง ๆ ของเครื่องหมายเลข 3 ที่ใช้ในการผลิตครั้งที่แล้ว ดังนั้นไม่ว่าสาเหตุจะมาจากเครื่องจักรหรือไม่ก็ตาม เราไม่สามารถปรับเปลี่ยนค่าของเครื่อง Laser Welding ได้ การหาค่า Pitch_A และ ค่า Predict Angle ที่เหมาะสม จะสามารถกระทำได้ง่ายกว่า ดังนั้น จะได้ดำเนินการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่า Pitch_A และค่า Predict Angle เป็นสาเหตุหรือไม่ และดำเนินการหาค่า Pitch_A และค่า Predict Angle ที่เหมาะสมต่อไป และจากการตรวจสอบค่ามาตรฐานและเครื่องมือวัด ไม่พบว่าผิดปกติแต่อย่างใด

4. ดำเนินการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

เนื่องจากเป็นการศึกษาถึงตัวแปร 2 ตัวที่มีผลต่อสิ่งที่ต้องการ ดังนี้จึงเลือกใช้ DOE หรือการออกแบบการทดลองมาทำการดำเนินการพิสูจน์

การดำเนินการพิสูจน์ใช้การทดลองในลักษณะของ Factorial Design โดยมี 2 ตัวแปรที่สนใจคือ

4.1 ค่า Pitch_A ที่ได้จาก Arm

4.2 ค่า Predict ที่ได้จาก Gimbal

ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดการทดลองดังนี้

1. นิยามของปัญหา " ผลิตภัณฑ์ Suspension รุ่น 240 มักจะมีค่า PSA ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด "

2. กำหนดตัวแปรที่สนใจ

ตัวแปรที่สนใจมี 2 ตัวแปร คือ

2.1. ค่า Pitch_A ที่ได้จาก Arm

2.2. ค่า Predict ที่ได้จาก Gimbal

3. กำหนดตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองที่สนใจคือ ค่า PSA ที่วัดหลังการเชื่อม

4. ออกแบบการทดลอง

ใช้การทดลองในลักษณะของ Factorial Design โดยกำหนดระดับของแต่ละตัวแปรดังนี้

1.ค่า Pitch_A มี 2 ระดับ

กลุ่มที่ A1 ค่า Pitch_A ประมาณ -0.8 +/-0.1

กลุ่มที่ A2 ค่า Pitch_A ประมาณ -0.4 +/-0.1

2.ค่า Predict Angle มี 3 ระดับ

กลุ่มที่ G1 ค่า Predict Angle ประมาณ –1.55 +/- 0.10

กลุ่มที่ G2 ค่า Predict Angle ประมาณ –2.00 +/- 0.10

กลุ่มที่ G3 ค่า Predict Angle ประมาณ –2.35 +/- 0.10

ดังนั้น จะมีเงื่อนไขในการทดลอง ดังนี้

เงื่อนไข	ค่า Pitch_A	ค่า Predict Angle
1	A1	G1
2	A1	G2
3	A1	G3
4	A2	G1
5	A2	G2
6	A2	G3

ตารางที่ 5.7 แสดงเงื่อนไขต่าง ๆ ในการทดลอง

5. ดำเนินการทดลอง

เลือกทำการทดลองซ้ำ ในแต่ละเงื่อนไข โดยจะทำการทดลองเป็นจำนวน 40 ครั้งในแต่ละเงื่อนไข ดังนั้น จะมีข้อมูลทั้งหมด 240 ข้อมูล

6. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.8

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A1-1	A1	B1	1	-0.8	-1.45	-1.287
A1-1	A1	B1	2	-0.83	-1.42	-1.287
A1-1	A1	B1	3	-0.77	-1.5	-1.428
A1-1	A1	B1	4	-0.8	-1.52	-1.405
A1-1	A1	B1	5	-0.78	-1.53	-1.515
A1-1	A1	B1	6	-0.85	-1.45	-1.541
A1-1	A1	B1	7	-0.87	-1.41	-1.357
A1-1	A1	B1	8	-0.82	-1.45	-1.519
A1-1	A1	B1	9	-0.79	-1.51	-1.478
A1-1	A1	B1	10	-0.76	-1.61	-1.567
A1-1	A1	B1	11	-0.85	-1.58	-1.534
A1-1	A1	B1	12	-0.79	-1.49	-1.473
A1-1	A1	B1	13	-0.76	-1.51	-1.611
A1-1	A1	B1	14	-0.77	-1.53	-1.482
A1-1	A1	B1	15	-0.75	-1.48	-1.523
A1-1	A1	B1	16	-0.8	-1.45	-1.565
A1-1	A1	B1	17	-0.76	-1.47	-1.529
A1-1	A1	B1	18	-0.84	-1.41	-1.589
A1-1	A1	B1	19	-0.74	-1.54	-1.535
A1-1	A1	B1	20	-0.75	-1.49	-1.523
A1-2	A1	B1	1	-0.74	-1.59	-1.544
A1-2	A1	B1	2	-0.8	-1.45	-1.57
A1-2	A1	B1	3	-0.83	-1.4	-1.436
A1-2	A1	B1	4	-0.85	-1.36	-1.331
A1-2	A1	B1	5	-0.84	-1.43	-1.672
A1-2	A1	B1	6	-0.84	-1.43	-1.388

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A1-2	A1	B1	7	-0.71	-1.57	-1.441
A1-2	A1	B1	8	-0.68	-1.52	-1.513
A1-2	A1	B1	9	-0.73	-1.51	-1.418
A1-2	A1	B1	10	-0.66	-1.48	-1.617
A1-2	A1	B1	11	-0.71	-1.69	-1.459
A1-2	A1	B1	12	-0.64	-1.45	-1.345
A1-2	A1	B1	13	-0.66	-1.27	-1.339
A1-2	A1	B1	14	-0.66	-1.49	-1.417
A1-2	A1	B1	15	-0.64	-1.43	-1.432
A1-2	A1	B1	16	-0.65	-1.47	-1.408
A1-2	A1	B1	17	-0.68	-1.41	-1.433
A1-2	A1	B1	18	-0.68	-1.66	-1.5
A1-2	A1	B1	19	-0.61	-1.68	-1.5
A1-2	A1	B1	20	-0.6	-1.54	-1.484
A1-3	A1	B2	1	-0.71	-1.77	-1.733
A1-3	A1	B2	2	-0.71	-1.93	-1.651
A1-3	A1	B2	3	-0.76	-1.98	-1.671
A1-3	A1	B2	4	-0.73	-1.89	-1.835
A1-3	A1	B2	5	-0.74	-1.99	-1.913
A1-3	A1	B2	6	-0.76	-1.99	-1.889
A1-3	A1	B2	7	-0.74	-1.94	-1.722
A1-3	A1	B2	8	-0.72	-1.99	-1.838
A1-3	A1	B2	9	-0.68	-2	-1.918
A1-3	A1	B2	10	-0.68	-1.86	-1.944
A1-3	A1	B2	11	-0.75	-2.06	-1.894
A1-3	A1	B2	12	-0.73	-1.85	-1.912
A1-3	A1	B2	13	-0.72	-1.87	-1.803

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A1-3	A1	B2	14	-0.74	-2.03	-1.807
A1-3	A1	B2	15	-0.72	-1.96	-1.881
A1-3	A1	B2	16	-0.77	-2.05	-1.868
A1-3	A1	B2	17	-0.84	-1.96	-1.715
A1-3	A1	B2	18	-0.78	-1.81	-1.876
A1-3	A1	B2	19	-0.72	-1.85	-1.716
A1-3	A1	B2	20	-0.72	-1.94	-1.751
A1-4	A1	B2	1	-0.83	-2.03	-1.604
A1-4	A1	B2	2	-0.89	-2.03	-1.744
A1-4	A1	B2	3	-0.88	-2.03	-1.78
A1-4	A1	B2	4	-0.89	-1.98	-1.96
A1-4	A1	B2	5	-0.83	-1.96	-1.695
A1-4	A1	B2	6	-0.86	-2.01	-1.839
A1-4	A1	B2	7	-0.91	-2.19	-1.957
A1-4	A1	B2	8	-0.86	-2.1	-1.872
A1-4	A1	B2	9	-0.83	-2.18	-1.937
A1-4	A1	B2	10	-0.85	-2.08	-2.082
A1-4	A1	B2	11	-0.83	-2.11	-1.948
A1-4	A1	B2	12	-0.86	-2.1	-1.883
A1-4	A1	B2	13	-0.8	-2.07	-2.05
A1-4	A1	B2	14	-0.8	-2.01	-2.048
A1-4	A1	B2	15	-0.83	-2.06	-1.938
A1-4	A1	B2	16	-0.79	-2.13	-1.85
A1-4	A1	B2	17	-0.8	-2.07	-1.852
A1-4	A1	B2	18	-0.86	-2.16	-1.919
A1-4	A1	B2	19	-0.83	-2.1	-1.698
A1-4	A1	B2	20	-0.8	-2.18	-1.739

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A1-5	A1	B3	1	-0.93	-2.4	-2.069
A1-5	A1	B3	2	-0.82	-2.39	-2.227
A1-5	A1	B3	3	-0.95	-2.31	-2.142
A1-5	A1	B3	4	-0.94	-2.42	-2.298
A1-5	A1	B3	5	-0.96	-2.49	-2.325
A1-5	A1	B3	6	-0.82	-2.41	-2.334
A1-5	A1	B3	7	-0.87	-2.55	-2.257
A1-5	A1	B3	8	-0.87	-2.44	-2.251
A1-5	A1	B3	9	-0.84	-2.48	-2.237
A1-5	A1	B3	10	-0.86	-2.34	-2.33
A1-5	A1	B3	11	-0.79	-2.42	-2.387
A1-5	A1	B3	12	-0.86	-2.57	-2.357
A1-5	A1	B3	13	-0.86	-2.55	-2.356
A1-5	A1	B3	14	-0.85	-2.42	-2.148
A1-5	A1	B3	15	-0.86	-2.38	-2.35
A1-5	A1	B3	16	-0.89	-2.45	-2.222
A1-5	A1	B3	17	-0.91	-2.51	-2.262
A1-5	A1	B3	18	-0.84	-2.42	-2.248
A1-5	A1	B3	19	-0.81	-2.56	-2.282
A1-5	A1	B3	20	-0.85	-2.49	-2.119
A1-6	A1	B3	1	-0.78	-2.51	-2.14
A1-6	A1	B3	2	-0.82	-2.57	-2.068
A1-6	A1	B3	3	-0.83	-2.57	-2.092
A1-6	A1	B3	4	-0.86	-2.71	-2.179
A1-6	A1	B3	5	-0.85	-2.52	-2.062
A1-6	A1	B3	6	-0.82	-2.45	-2.17
A1-6	A1	B3	7	-0.76	-2.75	-2.222

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A1-6	A1	B3	8	-0.75	-2.38	-2.287
A1-6	A1	B3	9	-0.76	-2.58	-2.423
A1-6	A1	B3	10	-0.79	-2.52	-2.174
A1-6	A1	B3	11	-0.75	-2.62	-2.256
A1-6	A1	B3	12	-0.76	-2.74	-2.412
A1-6	A1	B3	13	-0.82	-2.41	-2.306
A1-6	A1	B3	14	-0.73	-2.48	-2.293
A1-6	A1	B3	15	-0.76	-2.51	-2.097
A1-6	A1	B3	16	-0.81	-2.41	-2.158
A1-6	A1	B3	17	-0.86	-2.55	-2.287
A1-6	A1	B3	18	-0.84	-2.54	-2.196
A1-6	A1	B3	19	-0.75	-2.4	-2.36
A1-6	A1	B3	20	-0.75	-2.42	-1.974
A2-1	A2	B1	1	-0.42	-1.5	-1.609
A2-1	A2	B1	2	-0.34	-1.32	-1.659
A2-1	A2	B1	3	-0.41	-1.53	-1.839
A2-1	A2	B1	4	-0.42	-1.54	-1.55
A2-1	A2	B1	5	-0.44	-1.28	-1.659
A2-1	A2	B1	6	-0.43	-1.5	-1.609
A2-1	A2	B1	7	-0.37	-1.5	-1.809
A2-1	A2	B1	8	-0.38	-1.36	-1.746
A2-1	A2	B1	9	-0.36	-1.39	-1.738
A2-1	A2	B1	10	-0.43	-1.53	-1.638
A2-1	A2	B1	11	-0.42	-1.38	-1.647
A2-1	A2	B1	12	-0.44	-1.44	-1.603
A2-1	A2	B1	13	-0.46	-1.42	-1.559
A2-1	A2	B1	14	-0.44	-1.36	-1.573

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A2-1	A2	B1	15	-0.56	-1.34	-1.467
A2-1	A2	B1	16	-0.49	-1.44	-1.522
A2-1	A2	B1	17	-0.56	-1.51	-1.564
A2-1	A2	B1	18	-0.48	-1.54	-1.8
A2-1	A2	B1	19	-0.42	-1.58	-1.756
A2-1	A2	B1	20	-0.4	-1.57	-1.642
A2-2	A2	B1	1	-0.42	-1.44	-1.7
A2-2	A2	B1	2	-0.45	-1.39	-1.807
A2-2	A2	B1	3	-0.46	-1.37	-1.748
A2-2	A2	B1	4	-0.48	-1.25	-1.749
A2-2	A2	B1	5	-0.45	-1.38	-1.742
A2-2	A2	B1	6	-0.45	-1.39	-1.64
A2-2	A2	B1	7	-0.44	-1.49	-1.692
A2-2	A2	B1	8	-0.43	-1.44	-1.622
A2-2	A2	B1	9	-0.44	-1.48	-1.87
A2-2	A2	B1	10	-0.44	-1.32	-1.677
A2-2	A2	B1	11	-0.38	-1.34	-1.81
A2-2	A2	B1	12	-0.44	-1.18	-1.474
A2-2	A2	B1	13	-0.46	-1.45	-1.722
A2-2	A2	B1	14	-0.44	-1.44	-1.767
A2-2	A2	B1	15	-0.45	-1.46	-1.69
A2-2	A2	B1	16	-0.42	-1.41	-1.647
A2-2	A2	B1	17	-0.49	-1.47	-1.7
A2-2	A2	B1	18	-0.47	-1.58	-1.82
A2-2	A2	B1	19	-0.5	-1.59	-1.661
A2-2	A2	B1	20	-0.48	-1.54	-1.785
A2-3	A2	B2	1	-0.43	-1.86	-1.845

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A2-3	A2	B2	2	-0.4	-1.91	-2.106
A2-3	A2	B2	3	-0.43	-1.82	-1.984
A2-3	A2	B2	4	-0.49	-1.95	-2.136
A2-3	A2	B2	5	-0.5	-1.9	-2.003
A2-3	A2	B2	6	-0.47	-1.83	-2.17
A2-3	A2	B2	7	-0.46	-1.86	-2.134
A2-3	A2	B2	8	-0.45	-1.94	-2.05
A2-3	A2	B2	9	-0.46	-1.91	-2.082
A2-3	A2	B2	10	-0.44	-1.92	-2.156
A2-3	A2	B2	11	-0.46	-1.93	-2.078
A2-3	A2	B2	12	-0.49	-1.87	-2.088
A2-3	A2	B2	13	-0.42	-1.82	-2.146
A2-3	A2	B2	14	-0.43	-1.9	-1.993
A2-3	A2	B2	15	-0.41	-1.92	-2.072
A2-3	A2	B2	16	-0.48	-1.94	-1.885
A2-3	A2	B2	17	-0.45	-1.95	-2.052
A2-3	A2	B2	18	-0.42	-1.86	-2.14
A2-3	A2	B2	19	-0.4	-2.03	-2.06
A2-3	A2	B2	20	-0.38	-1.92	-2.139
A2-4	A2	B2	1	-0.49	-2.04	-1.88
A2-4	A2	B2	2	-0.47	-1.91	-1.96
A2-4	A2	B2	3	-0.5	-2.07	-2.06
A2-4	A2	B2	4	-0.49	-1.99	-2.17
A2-4	A2	B2	5	-0.51	-1.95	-2.13
A2-4	A2	B2	6	-0.54	-2.05	-2.02
A2-4	A2	B2	7	-0.5	-1.98	-1.92
A2-4	A2	B2	8	-0.49	-2.09	-2.04

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A2-4	A2	B2	9	-0.5	-2.07	-2.4
A2-4	A2	B2	10	-0.52	-2.03	-2.07
A2-4	A2	B2	11	-0.5	-2.07	-2.11
A2-4	A2	B2	12	-0.46	-2.04	-2.12
A2-4	A2	B2	13	-0.43	-1.91	-2.03
A2-4	A2	B2	14	-0.41	-2.09	-2.05
A2-4	A2	B2	15	-0.44	-2.06	-2.03
A2-4	A2	B2	16	-0.5	-1.97	-1.92
A2-4	A2	B2	17	-0.45	-2.06	-2.14
A2-4	A2	B2	18	-0.4	-2.06	-2.05
A2-4	A2	B2	19	-0.45	-2.07	-2.01
A2-4	A2	B2	20	-0.4	-2.04	-1.99
A2-5	A2	B3	1	-0.53	-2.35	-2.002
A2-5	A2	B3	2	-0.48	-2.45	-2.241
A2-5	A2	B3	3	-0.59	-2.42	-2.087
A2-5	A2	B3	4	-0.53	-2.42	-2.169
A2-5	A2	B3	5	-0.51	-2.41	-2.236
A2-5	A2	B3	6	-0.52	-2.42	-2.247
A2-5	A2	B3	7	-0.52	-2.4	-2.235
A2-5	A2	B3	8	-0.39	-2.43	-2.403
A2-5	A2	B3	9	-0.41	-2.31	-2.286
A2-5	A2	B3	10	-0.45	-2.32	-2.306
A2-5	A2	B3	11	-0.45	-2.44	-2.199
A2-5	A2	B3	12	-0.38	-2.41	-2.094
A2-5	A2	B3	13	-0.4	-2.4	-2.404
A2-5	A2	B3	14	-0.48	-2.45	-2.245
A2-5	A2	B3	15	-0.46	-2.5	-2.19

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

ชื่องาน	ระดับค่า Pitch_A	ระดับค่า Predict	ตัวที่	ค่า Pitch_A	ค่า Predict	ค่า PSA
A2-5	A2	B3	16	-0.48	-2.46	-2.161
A2-5	A2	B3	17	-0.45	-2.34	-2.224
A2-5	A2	B3	18	-0.41	-2.33	-2.293
A2-5	A2	B3	19	-0.4	-2.52	-2.298
A2-5	A2	B3	20	-0.45	-2.43	-2.199
A2-6	A2	B3	1	-0.45	-2.35	-2.137
A2-6	A2	B3	2	-0.44	-2.36	-2.406
A2-6	A2	B3	3	-0.46	-2.35	-2.326
A2-6	A2	B3	4	-0.44	-2.48	-2.294
A2-6	A2	B3	5	-0.42	-2.3	-2.369
A2-6	A2	B3	6	-0.44	-2.37	-2.457
A2-6	A2	B3	7	-0.43	-2.32	-2.361
A2-6	A2	B3	8	-0.34	-2.37	-2.483
A2-6	A2	B3	9	-0.37	-2.31	-2.375
A2-6	A2	B3	10	-0.37	-2.32	-2.371
A2-6	A2	B3	11	-0.37	-2.36	-2.37
A2-6	A2	B3	12	-0.45	-2.3	-2.391
A2-6	A2	B3	13	-0.36	-2.42	-2.53
A2-6	A2	B3	14	-0.37	-2.3	-2.459
A2-6	A2	B3	15	-0.38	-2.42	-2.404
A2-6	A2	B3	16	-0.45	-2.41	-2.384
A2-6	A2	B3	17	-0.46	-2.36	-2.491
A2-6	A2	B3	18	-0.41	-2.31	-2.516
A2-6	A2	B3	19	-0.41	-2.41	-2.334
A2-6	A2	B3	20	-0.38	-2.39	-2.352

ตารางที่ 5.8 แสดงผลการทดลอง สำหรับการวิเคราะห์ปัญหา PSA (ต่อ)

7. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง นำมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. หาค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่า PSA โดยผลที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป ได้แก่

Response: PSA

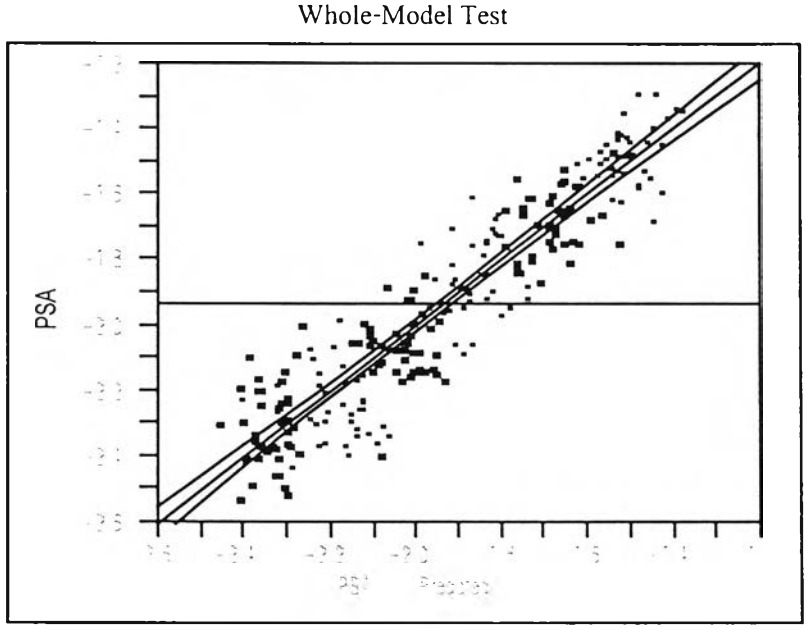
Summary of Fit

RSquare	0.863754
RSquare Adj	0.862604
Root Mean Square Error	0.116891
Mean of Response	-1.93393
Observations (or Sum Wgts)	240

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Pitch_A	1	1	2.722887	199.2818	<.0001
Predict	1	1	19.297435	1412.334	<.0001

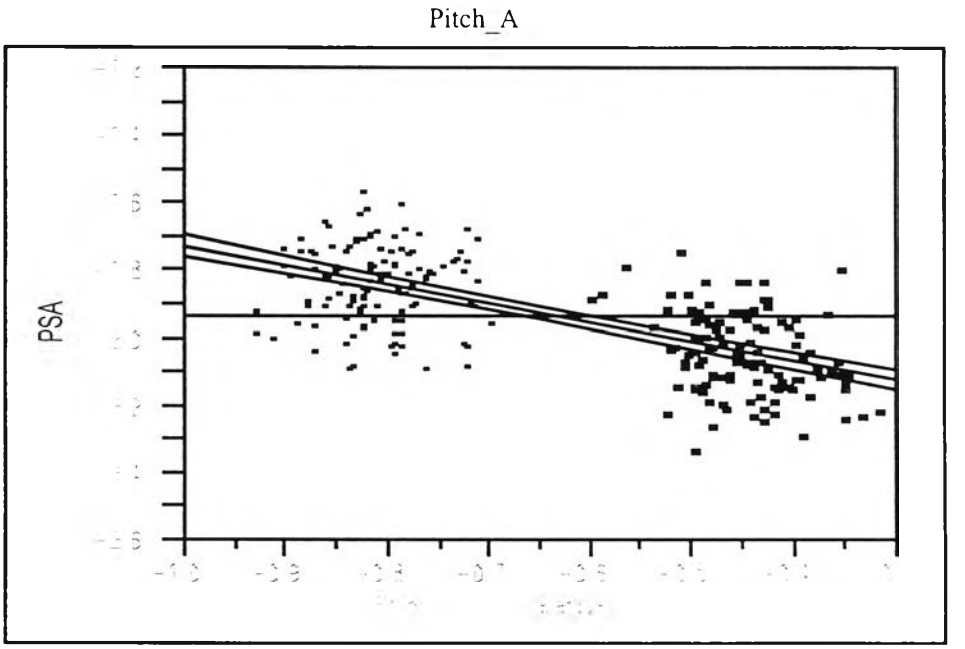
Whole-Model Test



รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า PSA Predict และค่า PSA

Analysis of Variance

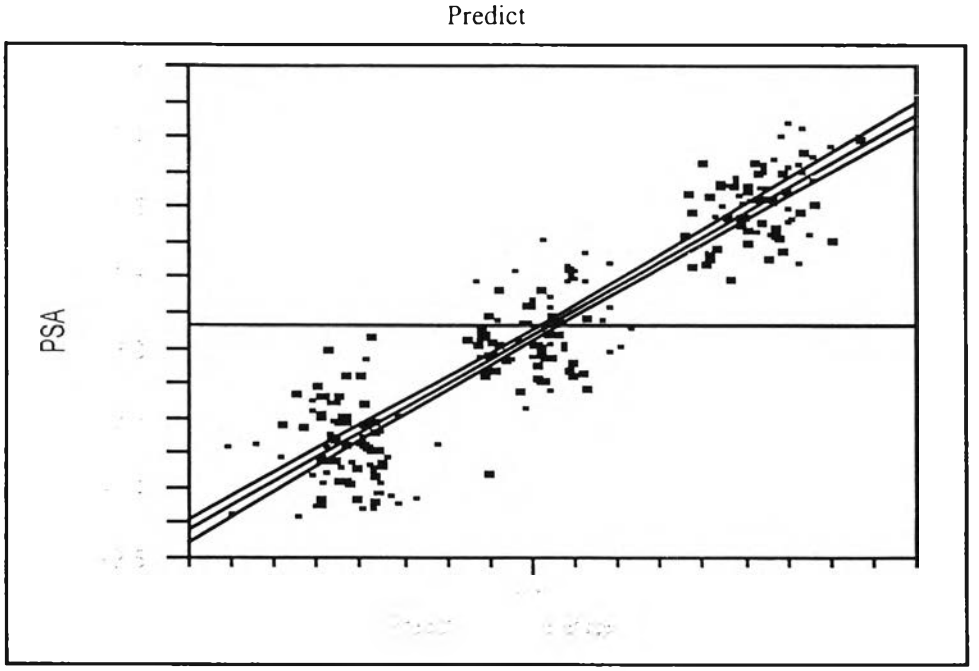
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	2	20.529439	10.2647	751.2510
Error	237	3.238250	0.0137	Prob>F
C Total	239	23.767689		<.0001



รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Pitch A และค่า PSA

Effect Test

Sum of Squares	F Ratio	DFProb>F
2.7228875	199.2818	1<.0001



รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Predict และค่า PSA

Effect Test

Sum of Squares	F Ratio	DF	Prob>F
19.297435	1412.334	1	<.0001

และเขียนเป็นตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ดังตารางที่ 5.9

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Level of Pitch_A	1	1	0.202769	16.3091	<.0001
Level of Predict	2	2	19.25063	774.1843	<.0001

ตารางที่ 5.9 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

เราพบว่า ทั้ง ตัวแปร Pitch_A และตัวแปร Predict ต่างยังเป็นตัวแปรหลักสำหรับค่า PSA ในผลิตภัณฑ์รุ่น 240

2. ทำการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่า PSA กับตัวแปร Pitch_A และ Predict โดยผลที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป แสดงความสัมพันธ์ดังนี้

PSA = (-0.92) + (-0.56 x Pitch_A) + (0.70 x Predict)

3. ทำการเปรียบเทียบค่า PSA จริง กับค่าที่ได้จากการคำนวณตามความสัมพันธ์ข้างต้น พบว่ามีความสัมพันธ์กัน โดยมีค่า R2 = 0.86

4. ดังนั้น เราจะใช้ความสัมพันธ์ที่ได้ มาหาค่าที่เหมาะสมในการผลิต โดยค่า PSA ที่ต้องการคือ –0.19 +/- 0.20 โดยแสดงค่าที่ได้จากความสัมพันธ์ดังตารางที่ 5.10

5. จากตารางที่ 5.10 เมื่อคำนึงถึงความสามารถในกระบวนการผลิต และปริมาณคงค้างในการผลิต และค่าของตัวแปรที่สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ได้ เราจึงเลือกค่า Pitch_A และ Predict มากำหนดเป็นข้อกำหนดในการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น 240 ดังแสดงในตารางที่ 5.11

ชื่อตัวแปร	ค่าที่ต้องการ	ค่าความเผื่อ	ค่าควบคุมสูงสุด	ค่าควบคุมต่ำสุด
Pitch_A	-0.80	+/-0.15	-0.65	-0.95
Predict	-2.15	+/-0.15	-2.00	-2.30

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าตัวแปรที่เราต้องการสำหรับใช้ในการผลิต

	ค่า Predict															
ค่า Pitch_A	-1.65	-1.70	-1.75	-1.80	-1.85	-1.90	-1.95	-2.00	-2.05	-2.10	-2.15	-2.20	-2.25	-2.30	-2.35	-2.40
-0.45	-1.82	-1.86	-1.89	-1.93	-1.96	-2.00	-2.03	-2.07	-2.10	-2.14	-2.17	-2.21	-2.24	-2.28	-2.31	-2.35
-0.50	-1.80	-1.83	-1.87	-1.90	-1.94	-1.97	-2.01	-2.04	-2.08	-2.11	-2.15	-2.18	-2.22	-2.25	-2.29	-2.32
-0.55	-1.77	-1.80	-1.84	-1.87	-1.91	-1.94	-1.98	-2.01	-2.05	-2.08	-2.12	-2.15	-2.19	-2.22	-2.26	-2.29
-0.60	-1.74	-1.77	-1.81	-1.84	-1.88	-1.91	-1.95	-1.98	-2.02	-2.05	-2.09	-2.12	-2.16	-2.19	-2.23	-2.26
-0.65	-1.71	-1.75	-1.78	-1.82	-1.85	-1.89	-1.92	-1.96	-1.99	-2.03	-2.06	-2.10	-2.13	-2.17	-2.20	-2.24
-0.70	-1.68	-1.72	-1.75	-1.79	-1.82	-1.86	-1.89	-1.93	-1.96	-2.00	-2.03	-2.07	-2.10	-2.14	-2.17	-2.21
-0.75	-1.66	-1.69	-1.73	-1.76	-1.80	-1.83	-1.87	-1.90	-1.94	-1.97	-2.01	-2.04	-2.08	-2.11	-2.15	-2.18
-0.80	-1.63	-1.66	-1.70	-1.73	-1.77	-1.80	-1.84	-1.87	-1.91	-1.94	-1.98	-2.01	-2.05	-2.08	-2.12	-2.15
-0.85	-1.60	-1.63	-1.67	-1.70	-1.74	-1.77	-1.81	-1.84	-1.88	-1.91	-1.95	-1.98	-2.02	-2.05	-2.09	-2.12
-0.90	-1.57	-1.61	-1.64	-1.68	-1.71	-1.75	-1.78	-1.82	-1.85	-1.89	-1.92	-1.96	-1.99	-2.03	-2.06	-2.10
-0.95	-1.54	-1.58	-1.61	-1.65	-1.68	-1.72	-1.75	-1.79	-1.82	-1.86	-1.89	-1.93	-1.96	-2.00	-2.03	-2.07
-1.00	-1.52	-1.55	-1.59	-1.62	-1.66	-1.69	-1.73	-1.76	-1.80	-1.83	-1.87	-1.90	-1.94	-1.97	-2.01	-2.04
-1.05	-1.49	-1.52	-1.56	-1.59	-1.63	-1.66	-1.70	-1.73	-1.77	-1.80	-1.84	-1.87	-1.91	-1.94	-1.98	-2.01
-1.10	-1.46	-1.49	-1.53	-1.56	-1.60	-1.63	-1.67	-1.70	-1.74	-1.77	-1.81	-1.84	-1.88	-1.91	-1.95	-1.98

หมายเหตุ ค่าที่อยู่ในสีทึบ หมายถึงค่า PSA ที่อยู่ในข้อกำหนดที่ต้องการ

ตารางที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ของค่า Pitch_A และ Predict กับค่า PSA

5.3.2 การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง PSA

จากสาเหตุที่ทราบได้จากการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงได้กำหนดวิธีการในการแก้ไขปัญหา ค่า PSA ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร Pitch_A โดยใช้ค่า Pitch_A ดังนี้

	ชื่อตัวแปร	ค่าที่ต้องการ	ค่าความเผื่อ	ค่าควบคุมสูงสุด	ค่าควบคุมต่ำสุด
เดิม	Pitch_A	-0.80	+/-0.20	-0.60	-1.00
ใหม่	Pitch_A	-0.80	+/-0.15	-0.65	-0.95

ตารางที่ 5.12 แสดงค่าของ Pitch_A ที่ใช้เป็นข้อกำหนดใหม่

2. เปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร Predict โดยใช้ค่า Predict ดังนี้

	ชื่อตัวแปร	ค่าที่ต้องการ	ค่าความเผื่อ	ค่าควบคุมสูงสุด	ค่าควบคุมต่ำสุด
เดิม	Predict	-1.75	+/-0.20	-1.95	-1.55
ใหม่	Predict	-2.05	+/-0.15	-1.90	-2.20

ตารางที่ 5.13 แสดงค่าของ Pitch_A ที่ใช้เป็นข้อกำหนดใหม่

3. แก้ไขเอกสารการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับค่าที่ได้กำหนดใหม่
4. เพิ่มการสุ่มตัวอย่าง โดยเปลี่ยนมาใช้ระดับคุณภาพที่ 0.65 AQL

5.4 การแก้ไขข้อบกพร่อง Mix (การปนกันระหว่างงานรุ่นต่าง ๆ)

5.4.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

ปัญหาการเกิดการปนกันของงานรุ่นต่าง ๆ คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้หลักการ "การวิเคราะห์ปัญหา" และการระดมความคิด เพื่อประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ ได้แสดงในแบบฟอร์ม CAN No. OT-1/99 ดังนี้

FMEA Cause Analysis

FMEA CAN No. : OT-1/99 **Date :**

Analyst : ศิริพันธ์,ณรงค์

Ref FMEA No. : OT-240/0799

Failure Mode : เกิดการปนกันระหว่างงานรุ่นต่าง ๆ

Purpose : เพื่อต้องการหาสาเหตุของการเกิดการปนกันระหว่างงานรุ่นต่าง ๆ

Procedure : รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว

Result : รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว

Conclusion :

1. มีชิ้นงานในผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ วางอยู่บนโต๊ะปฏิบัติงาน และพนักงานเกิดความเผอเรอหรือประมาทนำมาทำการผลิต
2. มีการปนกันมาของผลิตภัณฑ์ก่อนทำการผลิตที่กระบวนการ Infrared Adjust

<u>กระบวนการในการวิเคราะห์</u>

1. บรรยายลักษณะของปัญหา

กระบวนการนี้เป็นการบรรยายว่า ปัญหาที่สนใจอยู่นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร รายละเอียดของลักษณะของปัญหาแสดงดังนี้

คำถาม	สิ่งที่เป็นปัญหา	สิ่งที่ไม่เป็นปัญหา
อะไรคือปัญหา	ผลิตภัณฑ์ Suspension รุ่น 240 ถูกปนมาด้วยผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ โดยเฉพาะรุ่น 225	
ปัญหาพบที่ไหน	เกิดที่กระบวนการ Final Inspection เป็นส่วนมาก และยังพบที่กระบวนการ Infrared Adjust ด้วย	
ปัญหาพบเมื่อไร	สังเกตพบได้ครั้งแรกวันที่ 26 มิถุนายน 2542 เมื่อทำการสุ่มตรวจสอบข้อบกพร่องในกระบวนการ Stamping	
ขอบเขตของปัญหาแค่ไหน	ปริมาณที่ถูกพบไม่มากนัก	

2. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

ข้อบกพร่องนี้ เป็นข้อบกพร่องที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยทั่วไปกับทุกผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต คณะผู้เชี่ยวชาญจากส่วนงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ทำการการระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของปัญหานี้ โดยใช้การระดมสมอง เทคนิคของ "ผังก้างปลา" โดยคำนึงถึง 4M ประสบการณ์ในการทำงานที่ผ่านมา และข้อมูลอื่น ๆ เพิ่มเติม โดยสรุปสาเหตุที่เป็นไปได้ มีดังนี้

2.1 ที่กระบวนการ Infrared Adjust ยังมีชิ้นงานในผลิตภัณฑ์รุ่นเดิมก่อนที่จะเปลี่ยนมาเป็นผลิตภัณฑ์รุ่นปัจจุบันวางอยู่ในบริเวณโต๊ะทำงาน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากการเป็นตัวงานที่ไม่สามารถใช้งานได้แต่ไม่ได้นำไปกำจัด และพนักงานเกิดความเข้าใจผิด และเผอเรอนำมาทำ

การผลิต โดยอาจจะลักษณะของผลิตภัณฑ์มีลักษณะที่คล้ายกัน ไม่มีความแตกต่างกันกันอย่างชัดเจน

2.2 ที่กระบวนการ Infrared Adjust มีการนำงานที่ใช้ในการตรวจสอบโดยการสุ่มตัวอย่างมาคืนกับรุ่นการผลิตที่ไม่ใช้รุ่นของมัน และขาดการตรวจสอบก่อนการคืนรุ่นการผลิต

2.3 มีการปนกันมาของงานอยู่ก่อนแล้วก่อนเข้ากระบวนการ Infrared Adjust โดยอาจจะมาจากกระบวนการ Roller Forming หรือกระบวนการอื่น ๆ

3. ประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินสาเหตุต่าง ๆ ที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ กับข้อมูลต่าง ๆ ที่มี เพื่อตรวจสอบหาสาเหตุที่เป็นไปได้มากที่สุด ผลจากการประเมินมีความเห็นดังนี้

3.1 เนื่องจากปัจจุบันมีการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลงการรุ่นของผลิตภัณฑ์ในแต่ละเครื่องจักรบ่อยครั้ง อีกทั้งลักษณะของชิ้นงานก็มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันในหลาย ๆ รุ่นของผลิตภัณฑ์ ทำให้มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดการปนกันของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิตได้ หากพนักงานเกิดความประมาท เผอเรอ และขาดความระมัดระวังในการทำงาน ดังสาเหตุที่ 2.1 และ 2.2

3.2 ในแต่ละกระบวนการผลิตใช้การตรวจสอบโดยวิธีการสุ่มตรวจระหว่างการผลิต ดังนั้นอาจจะมีการหลุดรอดจากการตรวจสอบได้ จึงมีความเป็นไปได้ที่จะพบว่า มีการปนกันมาของชิ้นงานก่อนเข้ากระบวนการผลิตที่ Infrared Adjust ตามสาเหตุที่ได้ประเมินไว้ดังข้อ 2.3

4. ดำเนินการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

ดำเนินการหาข้อมูลต่าง ๆ โดยการสุ่มตรวจ การสอบถามจากพนักงาน ผลปรากฏว่า

1. พนักงานจำนวนมากไม่สามารถตอบคำถามเรื่องความแตกต่างระหว่างรุ่นของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง ทราบเพียงบางส่วนเท่านั้น
2. จากการสุ่มตรวจที่ชิ้นงานก่อนเข้ากระบวนการ Infrared Adjust ของผลิตภัณฑ์รุ่น 240 พบว่า มีการปนกันมาของผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นด้วย
3. จากการสุ่มตรวจงานหลังกระบวนการ Infrared Adjust เฉพาะรุ่นการผลิตที่ตรวจสอบแล้วว่าไม่มีการปนกันมาก่อนเข้ากระบวนการ Infrared Adjust พบว่ามีการปนกันของผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นด้วย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สาเหตุทั้งข้อ 2.1 2.2 และ 2.3 มีความเป็นไปได้ทั้งสิ้น

5.4.2 การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง Mix

จากสาเหตุดังที่ได้กล่าวมาแล้ว คณะผู้เชี่ยวชาญได้ลงความเห็นว่า ควรจะทำการแก้ไขโดยการให้ความรู้ ความเข้าใจ กับพนักงาน และเพิ่มความระมัดระวังยิ่งขึ้น และหาวิธีการอื่น ๆ ที่เหมาะสมในการป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้น เทคนิค POKA-YOKE เป็นเทคนิคที่ง่ายและมีต้นทุนไม่สูงมากนัก และสามารถป้องกันความผิดพลาดได้ดี และเหมาะสมกับการแก้ไขปัญหานี้ ดังนั้นจึงได้นำเทคนิคของ POKA-YOKE มาช่วยในการออกแบบเพื่อป้องกันการปนกันของชิ้นงาน ดังนั้นจึงได้ดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

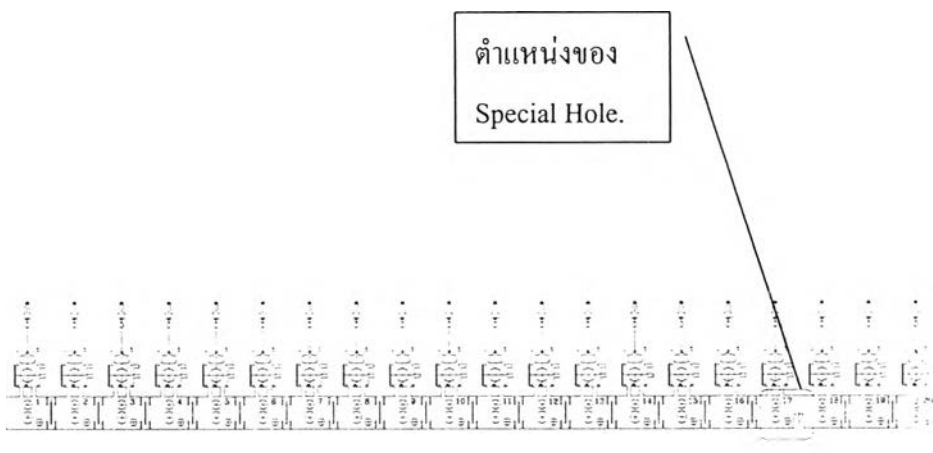
1. ทำการอบรม ให้ความรู้ ความเข้าใจถึงลักษณะความแตกต่างของผลิตภัณฑ์รุ่นต่าง ๆ โดยแผนกฝึกอบรมเป็นผู้รับผิดชอบ

2. ระบุวิธีการทำงานสำหรับการนำชิ้นงานที่นำไปทำการตรวจสอบมาคืน Lot โดยมีสาระสำคัญดังนี้
   2.1 ให้ทำการตรวจสอบหมายเลขของรุ่นการผลิต และลักษณะของชิ้นงานร่วมกันทั้งพนักงานจากฝ่ายคุณภาพและพนักงานฝ่ายผลิต ทั้งก่อนการนำไปตรวจสอบและหลังการตรวจสอบ
   2.2 การนำงานไปตรวจสอบต้องระบุให้ชัดเจนถึงหมายเลขรุ่นของผลิตภัณฑ์ รุ่นของการผลิต หมายเลขเครื่องจักรที่ใช้
   2.3 การนำงานมาคืน ให้นำมาคืนที่เครื่องจักรที่ทำการผลิตที่ได้ระบุไว้ในใบนำไปตรวจสอบโดยตรง และทำการตรวจสอบร่วมกันของพนักงานฝ่ายคุณภาพและพนักงานฝ่ายผลิต

3. ระบุวิธีการทำงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงรุ่นของผลิตภัณฑ์ในการผลิต ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้
   3.1 ก่อนการดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ ต้องไม่มีผลิตภัณฑ์รุ่นเดิมอยู่บริเวณเครื่องจักรหรือโต๊ะทำงานทั้งสิ้น
   3.2 แม้ว่าทราบแล้วว่ากำลังจะดำเนินการเปลี่ยนแปลงรุ่นการผลิตแล้ว ห้ามมิให้นำผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่เข้าไปวางไว้ในบริเวณเครื่องจักรหรือโต๊ะทำงาน
   3.3 ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงรุ่นการผลิตหรือไม่ก็ตาม ห้ามมิให้มีผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ ที่มิใช่รุ่นที่กำลังทำการผลิตอยู่วางอยู่ในบริเวณเครื่องจักรหรือโต๊ะทำงานเดียวกัน

4. ใช้เทคนิค "POKA-YOKE" หรือเทคนิคกันโง่ เนื่องจากเป็นเทคนิคที่จะช่วยในการป้องกันการเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ โดยเทคนิคกันโง่นี้จะช่วยป้องกันความผิดพลาดจากการที่มี

ตัวงานปนมาก่อนเข้ากระบวนการและป้องกันพนักงานหยิบงานผิดรุ่นมาใส่ปฏิบัติงาน วิธีการก็คือ ทำการเพิ่มช่องที่บริเวณ Strip ของชิ้นงาน โดยจะเรียกช่องนี้ว่าง Safety Hole ซึ่งจะตรงกับตำแหน่งของหมุดที่จะทำการใส่ไว้ใน Jig ที่ใช้สำหรับนำชิ้นงานมาวางเพื่อนำเข้าเครื่อง Infrared adjust โดยที่ผลิตภัณฑ์แต่ละรุ่นก็จะมีตำแหน่งของช่องนี้แตกต่างกันออกไป ซึ่งหากมีการนำผลิตภัณฑ์รุ่นอื่นมาใช้แล้ว ก็จะไม่สามารถนำมาใส่ Jig ที่ใช้ในเครื่องจักรนั้น ๆ ได้ ลักษณะของช่องการผลิตดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 แสดงตำแหน่งของของ Special Hole ของผลิตภัณฑ์รุ่น 240

5.5.การแก้ไขข้อบกพร่อง Resonance

5.5.1 การวิเคราะห์หาสาเหตุ

ปัญหาค่า Resonance ที่มักจะไม่เป็นไปตามข้อกำหนดนั้น คณะผู้เชี่ยวชาญได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุ โดยใช้หลักการ "การวิเคราะห์ปัญหา" และออกแบบการทดลองเพื่อทดลองยืนยันถึงสาเหตุที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้ โดยรายละเอียดต่าง ๆ ได้แสดงในแบบฟอร์ม CAN No. GL-2/99 ดังนี้

FMEA Cause Analysis

FMEA CAN No. :	GL-2/99 **Date :**
Analyst :	ศิริพันธ์
Ref FMEA No. :	GL-240/0799
Failure Mode :	ค่า Resonance ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด
Purpose :	1. เพื่อหาสาเหตุที่มีผลกับค่า Resonance 2. หาค่าของตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่า Resonance ที่ดีที่สุด
Procedure :	รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว
Result :	รายละเอียดแสดงไว้ในเอกสารที่แนบมาด้วยแล้ว
Conclusion :	1.ตัวแปรที่มีผลต่อค่า Resonance คือ Bend Location หรือระยะการเกิดการโก่งตัว 2. ค่าที่ทำให้ได้ค่า Resonance ที่ดีที่สุดคือ ค่าระหว่าง 3.20 +/- 0.20

<u>กระบวนการในการวิเคราะห์</u>

1. บรรยายลักษณะของปัญหา

กระบวนการนี้เป็นการบรรยายว่า ปัญหาที่สนใจอยู่นั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร รายละเอียดของลักษณะของปัญหาแสดงดังนี้

คำถาม	สิ่งที่เป็นปัญหา	สิ่งที่ไม่เป็นปัญหา
อะไรคือปัญหา	ผลิตภัณฑ์ Suspension รุ่น 240 มักจะมีค่า First torsion ของ Resonance ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด	ผลิตภัณฑ์รุ่นอื่น ๆ มีข้อบกพร่องนี้เช่นกันแต่เป็นปริมาณที่น้อยกว่า
ปัญหาพบที่ไหน	ถูกตรวจพบที่กระบวนการ Gram Forming จากการสุ่มตรวจสอบ	
ปัญหาพบเมื่อไร	พบตั้งแต่เริ่มการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่น 240 ตั้งแต่การผลิตแบบ Prototype	
ขอบเขตของปัญหาแค่ไหน	พบว่า มักจะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ	ไม่ได้เกิดในลักษณะเป็นครั้งคราว

2. ระบุสาเหตุที่เป็นไปได้

จากข้อมูลพบว่า ข้อบกพร่องนี้เริ่มเป็นตั้งแต่การผลิตแบบ Prototype แล้ว ซึ่งขณะนั้นยังอาจจะไม่ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นคณะผู้เชี่ยวชาญจึงมีความเห็นว่าให้ทำการทดลองเพื่อกำหนดค่าตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่า First torsion ของ ค่า Resonance ที่ดีที่สุด

จากปัจจุบันมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องสำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น 240 คือ Bend location โดยมีค่าควบคุมคือ เมื่อมีการเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์รุ่น 257 พบว่า มีตัวแปรที่ควบคุมอื่นอีกคือ Bump Height ดังนั้น จึงมีความเห็นว่า สาเหตุที่เป็นไปได้คือ ค่า Bend location และค่า Bump height ไม่เหมาะสม

3. ประเมินสาเหตุที่เป็นไปได้

จากข้อมูลและประสบการณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์รุ่นต่าง ๆ พบว่าเดิมจะมีการควบคุมแค่ตัวแปร Bend location เท่านั้น ดังนั้นค่า Bend location จึงน่าจะเป็นตัวแปรที่มีผลแน่นอน และตัวแปร Bump height ที่เพิ่มขึ้นมาสำหรับบางผลิตภัณฑ์อาจจะเป็นสาเหตุที่สำคัญด้วยก็ได้ ดังนั้นจึงเห็นว่าควรจะให้ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ตัวแปรทั้งสองนี้

4. ดำเนินการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุที่แท้จริง

การดำเนินการพิสูจน์ใช้การทดลองในลักษณะของ Factorial Design โดยมี 2 ตัวแปรที่สนใจคือ

1. ค่า Bend location

2. ค่า Bump Height

ซึ่งมีขั้นตอนและรายละเอียดการทดลองดังนี้

1. นิยามของปัญหา "ค่า First torsion ของค่า Resonance มักจะเกินค่าควบคุม"

2. กำหนดตัวแปรที่สนใจ

ตัวแปรที่สนใจมี 2 ตัวแปร คือ

2.1. ค่า Bend location

2.2. ค่า Bump height

3. กำหนดตัวแปรตอบสนอง

ตัวแปรตอบสนองที่สนใจคือ ค่า First torsion ของค่า Resonance

4. ออกแบบการทดลอง

เนื่องจากเป็นการศึกษาถึงตัวแปร 2 ตัวที่มีผลต่อสิ่งที่ต้องการ ดังนี้จึงเลือกใช้ DOE หรือการออกแบบการทดลองมาทำการดำเนินการพิสูจน์

ใช้การทดลองในลักษณะของ Factorial Design โดยกำหนดระดับของแต่ละตัวแปรดังนี้

1.ค่า Bend location มี 6 ระดับ

กลุ่มที่ 2.800 ค่า Bend location 2.800 +/- 0.02

กลุ่มที่ 2.900 ค่า Bend location 2.900 +/- 0.02

กลุ่มที่ 3.000 ค่า Bend location 3.000 +/- 0.02

กลุ่มที่ 3.100 ค่า Bend location 3.100 +/- 0.02

กลุ่มที่ 3.200 ค่า Bend location 3.200 +/- 0.02

กลุ่มที่ 3.300 ค่า Bend location 3.300 +/- 0.02

กลุ่มที่ 3.400 ค่า Bend location 3.400 +/- 0.02

2.ค่า Bump height มี 3 ระดับคือ

กลุ่มที่ 0.070 ค่า Bump height ประมาณ 0.070 +/- 0.02

กลุ่มที่ 0.090 ค่า Bump height ประมาณ 0.090 +/- 0.02

กลุ่มที่ 0.110 ค่า Bump height ประมาณ 0.011 +/- 0.02

ดังนั้น จะมีเงื่อนไขในการทดลอง ดังนี้

เงื่อนไข	กลุ่ม Bend location	กลุ่ม Bump height
1	2.800	0.070
2	2.800	0.090
3	2.800	0.110
4	2.900	0.070
5	2.900	0.090
6	2.900	0.110
7	3.000	0.070
8	3.000	0.090
9	3.000	0.110
10	3.100	0.070
11	3.100	0.090
12	3.100	0.110
13	3.200	0.070
14	3.200	0.090
15	3.200	0.110
16	3.300	0.070
17	3.300	0.090
18	3.300	0.110
19	3.400	0.070
20	3.400	0.090
21	3.400	0.110

ตารางที่ 5.14 แสดงเงื่อนไขต่าง ๆ ในการทดลอง

5. ดำเนินการทดลอง

เลือกทำการทดลองซ้ำ ในแต่ละเงื่อนไข โดยจะทำการทดลองเป็นจำนวน 2 ครั้งในแต่ละเงื่อนไข

6. ผลการทดลอง

ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1.2

เงื่อนไข	กลุ่ม Bend location	กลุ่ม Bump height	Bend location	Bump Height	First torsion
1	2.800	0.070	2.812	0.077	6.548
2	2.800	0.090	2.803	0.088	5.890
3	2.800	0.110	2.790	0.125	5.124
4	2.800	0.070	2.787	0.087	4.815
5	2.800	0.090	2.806	0.077	6.154
6	2.800	0.110	2.819	0.125	5.124
7	2.900	0.070	2.901	0.080	3.804
8	2.900	0.090	2.903	0.106	3.956
9	2.900	0.110	2.918	0.094	4.052
10	2.900	0.070	2.894	0.069	4.052
11	2.900	0.090	2.911	0.096	4.125
12	2.900	0.110	2.911	0.126	4.235
13	3.000	0.070	3.019	0.077	3.256
14	3.000	0.090	2.997	0.089	3.094
15	3.000	0.110	2.988	0.128	3.142
16	3.000	0.070	3.013	0.084	3.324
17	3.000	0.090	3.015	0.105	3.198
18	3.000	0.110	3.002	0.124	3.251
19	3.100	0.070	3.096	0.086	2.541
20	3.100	0.090	3.090	0.093	2.413

ตารางที่ 5.15 แสดงผลการทดลอง การวิเคราะห์ปัญหา Resonance

เงื่อนไข	กลุ่ม Bend location	กลุ่ม Bump height	Bend location	Bump Height	First torsion
21	3.100	0.110	3.099	0.114	2.159
22	3.100	0.070	3.118	0.053	2.510
23	3.100	0.090	3.081	0.073	2.248
24	3.100	0.110	3.102	0.119	2.255
25	3.200	0.070	3.191	0.062	1.714
26	3.200	0.090	3.214	0.108	1.731
27	3.200	0.110	3.181	0.112	1.842
28	3.200	0.070	3.203	0.069	1.945
29	3.200	0.090	3.207	0.078	1.956
30	3.200	0.110	3.216	0.094	2.012
31	3.300	0.070	3.289	0.067	2.589
32	3.300	0.090	3.309	0.076	2.410
33	3.300	0.110	3.286	0.123	2.200
34	3.300	0.070	3.301	0.071	2.420
35	3.300	0.090	3.289	0.075	2.810
36	3.300	0.110	3.304	0.127	2.987
37	3.400	0.070	3.418	0.057	3.745
38	3.400	0.090	3.409	0.076	3.912
39	3.400	0.110	3.415	0.100	3.967
40	3.400	0.070	3.415	0.083	4.089
41	3.400	0.090	3.385	0.084	3.670
42	3.400	0.110	3.392	0.125	3.560

ตารางที่ 5.15 แสดงผลการทดลอง การวิเคราะห์ปัญหา Resonance (ต่อ)

7. สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลอง นำมาทำการวิเคราะห์ดังนี้

1. หาค่าตัวแปรที่มีผลต่อค่า First torsion โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ผลที่ได้เป็นดังนี้

Response: First torsion

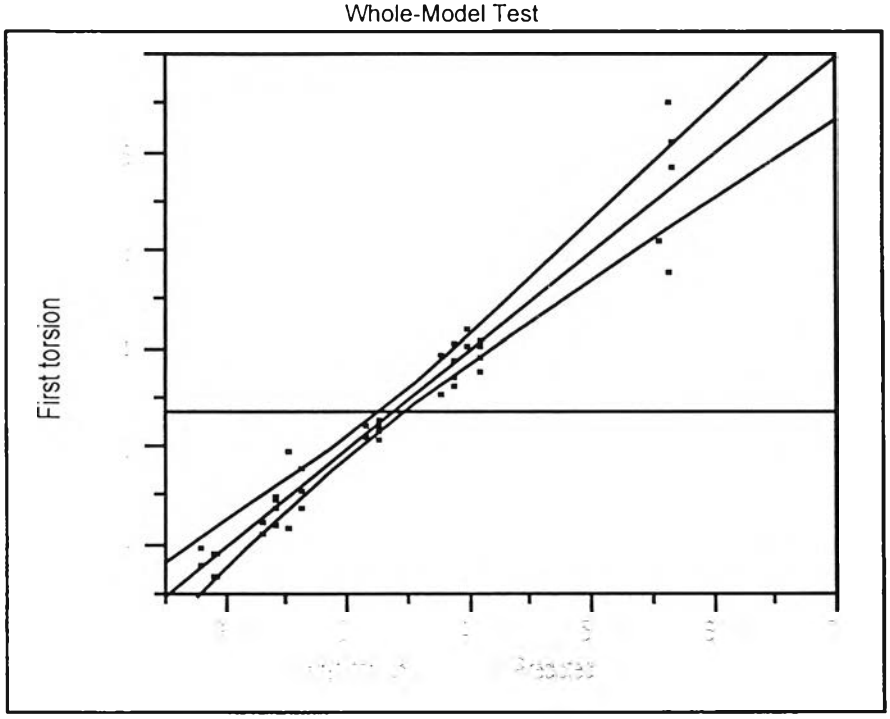
Summary of Fit

RSquare	0.947575
RSquare Adj	0.934866
Root Mean Square Error	0.311409
Mean of Response	3.353071
Observations (or Sum Wgts)	42

Effect Test

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Bend_level	6	6	57.726905	99.2120	<.0001
Bump_level	2	2	0.115982	0.5980	0.5558

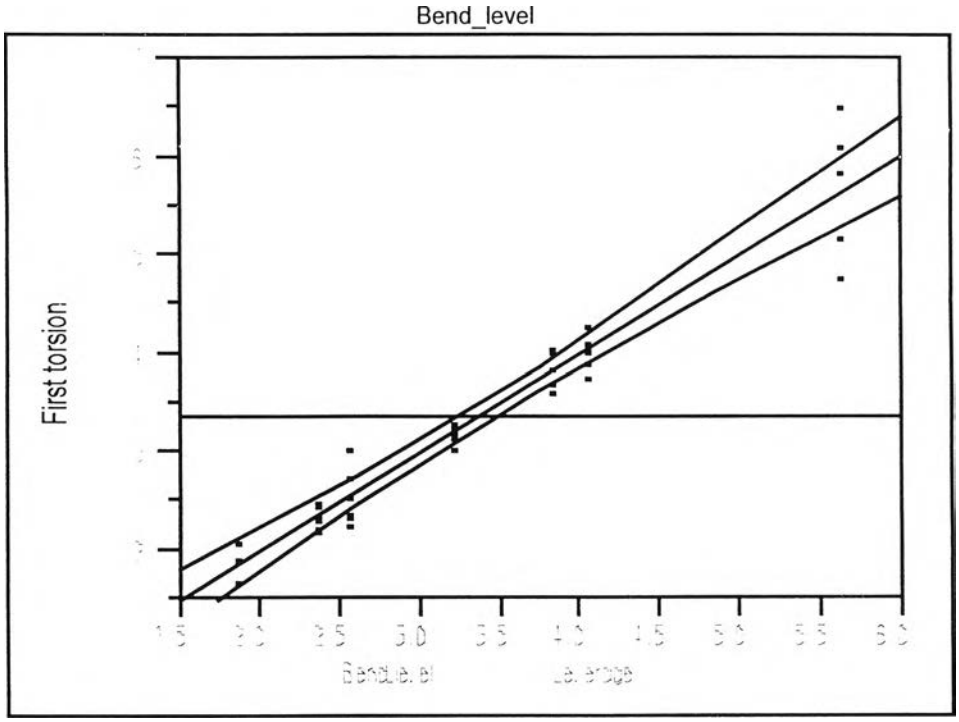
Whole-Model Test



รูปที่ 5.11 แสดงความสัมพันธ์ค่า First Torsion กับค่าที่พยากรณ์

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	8	57.842887	7.23036	74.5585
Error	33	3.200196	0.09698	Prob>F
C Total	41	61.043083		<.0001



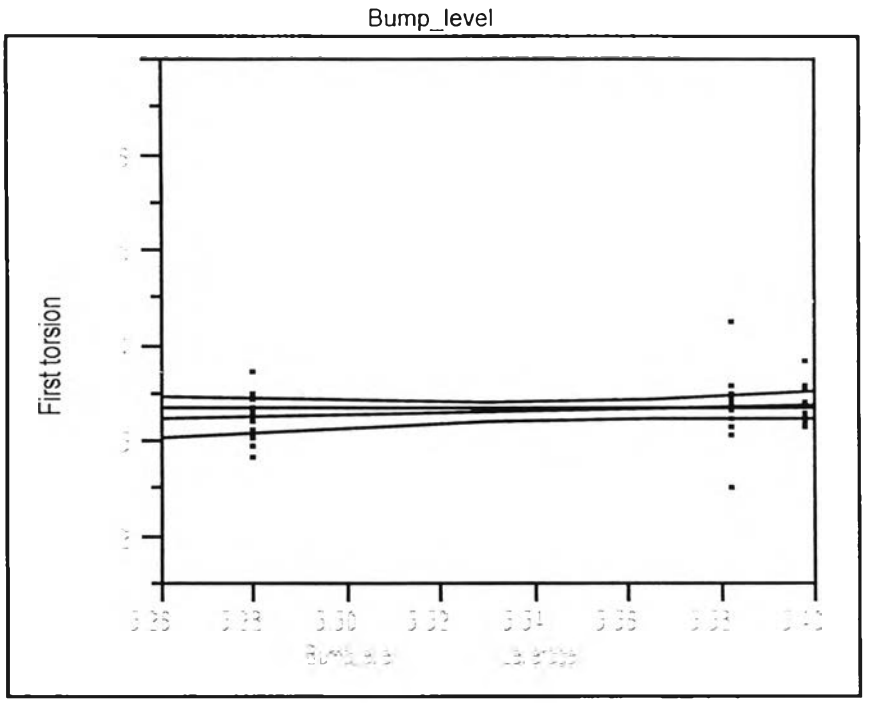
รูปที่ 5.12 แสดงความสัมพันธ์ค่า First Torsion กับระดับของ Bend Location

Effect Test

Sum of Squares	F Ratio	DF	Prob>F
57.726905	99.2120	6	<.0001

Least Squares Means

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
2.8	5.609166667	0.1271322380	5.60917
2.9	4.037333333	0.1271322380	4.03733
3	3.210833333	0.1271322380	3.21083
3.1	2.354333333	0.1271322380	2.35433
3.2	1.866666667	0.1271322380	1.86667
3.3	2.569333333	0.1271322380	2.56933
3.4	3.823833333	0.1271322380	3.82383



รูปที่ 5.13 แสดงความสัมพันธ์ค่า First Torsion กับระดับของ Bump Height

Effect Test

Sum of Squares	F Ratio	DF	Prob>F
0.11598186	0.5980	2	0.5558

Least Squares Means

Level	Least Sq Mean	Std Error	Mean
0.07	3.382285714	0.0832275863	3.38229
0.09	3.397642857	0.0832275863	3.39764
0.11	3.279285714	0.0832275863	3.27929

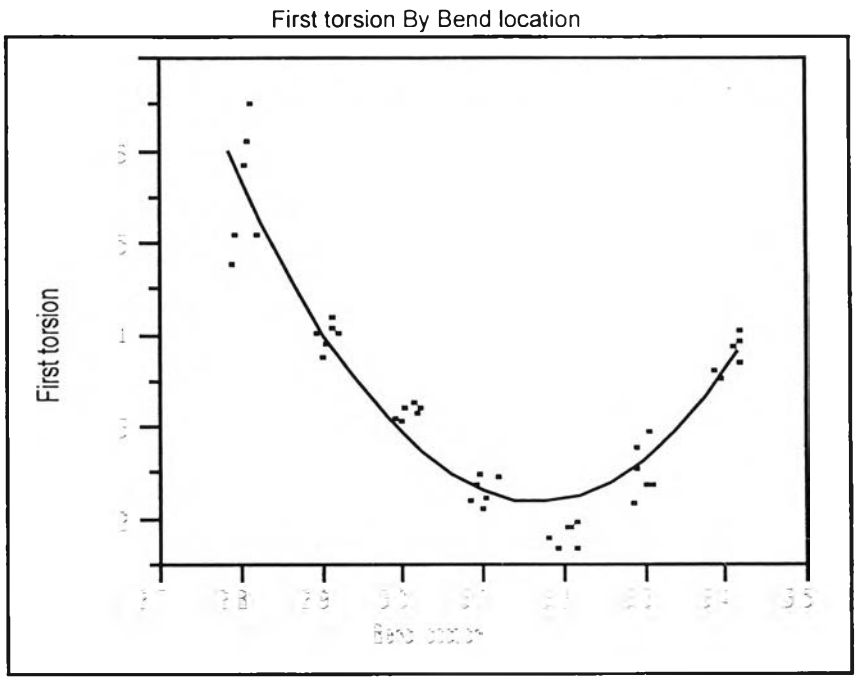
เขียนเป็นตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ดังตารางที่ 5.16

Source	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob>F
Bend_level	6	6	57.72691	99.212	<.0001
Bump_level	2	2	0.115982	0.598	0.5558

ตารางที่ 5.16 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน

เราพบว่า มีเพียงตัวแปร Bend location เท่านั้นที่มีผลกระทบกับค่า First torsion ของค่า Resonance

2.ทำการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่า PSA กับตัวแปร Pitch_A และ Predict โดยผลที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป แสดงความสัมพันธ์ดังนี้



รูปที่ 5.14 แสดงลักษณะความสัมพันธ์ค่า First Torsion กับค่าของ Bend Location

Polynomial Fit degree=2

First torsion = 263.958 – 165.198 Bend location + 26.0649 Bend location^2

Summary of Fit

RSquare	0.898065
RSquare Adj	0.892838
Root Mean Square Error	0.399436
Mean of Response	3.353071
Observations (or Sum Wgts)	42

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	2	54.820673	27.4103	171.7989
Error	39	6.222409	0.1595	Prob>F
C Total	41	61.043083		<.0001

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob>|t|
Intercept	263.95836	16.7472	15.76	<.0001
Bend location	-165.1984	10.82182	-15.27	<.0001
Bend location^2	26.064858	1.742479	14.96	<.0001

เราพบว่า ค่า Bend location และค่า First torsion มีความสัมพันธ์เป็นลักษณะเส้นโค้ง ดังแสดงในผลที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป โดยมีค่า R Square เท่ากัน 0.89

3. จากกราฟที่แสดงจากโปรแกรม เราจะพบว่า ค่า First torsion ที่ต่ำที่สุด จะเกิดจากค่า Bend location ที่มีค่าอยู่ในช่วง 3.200 +/- 0.02

4. เมื่อคำนึงถึงความสามารถในกระบวนการผลิตที่ผ่านมา ดังนั้นจึงกำหนดค่าควบคุมของตัวแปร Bend location ดังนี้

ชื่อตัวแปร	ค่าที่ต้องการ	ค่าความเผื่อ	ค่าควบคุมสูงสุด	ค่าควบคุมต่ำสุด
Bend location	3.200	+/-0.200	3.400	3.000

ตารางที่ 5.17 แสดงค่าตัวแปรที่เราต้องการสำหรับใช้ในการผลิต

5.5.2 การดำเนินการแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง Resonance

การดำเนินการเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง Resonance มีดังนี้

1. เปลี่ยนแปลงค่าของตัวแปร Bend Location โดยใช้ค่า Bend Location ดังนี้

	ชื่อตัวแปร	ค่าที่ต้องการ	ค่าความเผื่อ	ค่าควบคุมสูงสุด	ค่าควบคุมต่ำสุด
เดิม	Bend location	3.100	+/-0.200	3.300	2.900
ใหม่	Bend location	3.200	+/-0.200	3.400	3.000

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าของ Pitch_A ที่ใช้เป็นข้อกำหนดใหม่

2. แก้ไขเอกสารการทำงานต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับค่าที่ได้กำหนดใหม่