

การประยุกต์ใช้ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

APPLICATION OF GD<sup>3</sup> IN VALUE ENGINEERING FOR PLASTIC-PART  
DESIGN

สุรเชษฐ์ ศิริลาพานิช  
SURACHET SIRILAPPANICH

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. ๒๕๕๑

KMITL-2008-EN-M-060-182

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์ใช้ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

APPLICATION OF GD<sup>3</sup> IN VALUE ENGINEERING FOR PLASTIC-PART  
DESIGN



สุรเชษฐ์ ศิริลาภพานิช

SURACHET SIRILAPPANICH

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 87854

วัน,เดือน,ปี..... 19 ส.ค. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-EN-M-060-182

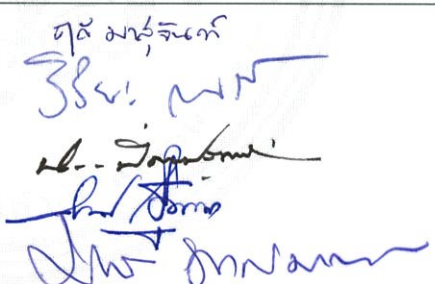
**COPYRIGHT 2008**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก  
Thesis Title Application of GD<sup>3</sup> in Value Engineering for Plastic-Part Design  
นักศึกษา นายสุรเชษฐ์ ศิริลาพานิช  
รหัสประจำตัว 46061707  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ประภาส อุคคกิม่าพันธุ์  
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2008-EN-M-060-182

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ฤดี	มาสุจินท์	
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	
รศ.ดร.ประเสริฐ	ปิ่นปฐมรัฐ	
รศ.สุพรรณ	กุลพานิชย์	
รศ.ประภาส	อุคคกิม่าพันธุ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2551 เวลา 09.00-11.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 5

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2551

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ GD <sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก
นักศึกษา	นายสุรเชษฐ์ ศิริลาภพานิช
รหัสนักศึกษา	46061707
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2551
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ประภาส อุดคกิมานันท์

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีการป้องกันปัญหาล่องหน้าในวิศวกรรมคุณค่าของการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยใช้วิธีการ GD<sup>3</sup> สำหรับการควบคุมและค้นหาปัญหาในการทำวิศวกรรมคุณค่าในช่วงเริ่มต้นการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยลักษณะเด่นของวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้คือ การใช้วิธีการ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งสามารถประเมินปัญหาทางด้านคุณภาพได้เที่ยงตรงแม่นยำจากการลดต้นทุนของการทำวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกและสามารถทำให้สมรรถนะการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกดีขึ้นในช่วงของการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และยังสามารถใช้ในการควบคุมความสามารถของกระบวนการทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะใช้หลักการของ GD<sup>3</sup> ซึ่งประกอบด้วย การออกแบบที่ดี (Good Design) การพิจารณาที่ดี (Good Discussion) การตรวจดูที่ดี (Good Dissection) ในการควบคุม ค้นหาปัญหา แนวทางในการแก้ไข และการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่ามีคุณภาพตรงตามที่พยากรณ์ไว้หรือไม่ ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้แสดงถึงวิธีการและผลของคอมพิวเตอร์ซิมูเลชัน (Computer Simulation) เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการที่ยังไม่มีการควบคุมและค้นหาปัญหาล่องหน้า

**Thesis Title**     Application of GD<sup>3</sup> in Value Engineering for Plastic-Part Design  
**Student**             Mr. Surachet Sirilappanich  
**Student ID.**         46061707  
**Degree**                Master of Engineering  
**Program**             Instrumentation Engineering  
**Year**                    2008  
**Thesis Advisor**    Assoc.Prof Prapart Ukakimapurn

### **ABSTRACT**

This thesis proposes method of defensive problem in advance in value engineering of product plastic design. We use method of GD<sup>3</sup> for the control and find a problem in doing value engineering product plastic design prototype. The salient feature of the proposed method that presents in this thesis is to use method of GD<sup>3</sup> for value engineering in product plastic design which enables the accurate estimation a problem of the quality accurate from cost reduction of doing value engineering in product plastic design and can make product design plastic process performance capability improvement during of product design prototype and still can use in control process capability of procedure in short-term and the long-term. This thesis employs principle of GD<sup>3</sup> which compose GD-1 (Good Design), GD-2 (Good Discussion) and GD-3 (Good Dissection) in the control and find a problem .The guide line in the improvement and the test for final check of good quality straight according to forecast. This thesis presents shown to method and the various computer simulation result to verify the proposed method as comparing with method that still has no the control and find a problem in advance .

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ปรีक्षा  
รศ.ประภาส อุคคิมานันท์ ที่ให้คำชี้แนะช่วยแก้ไขปัญหาลดจนองค์ความรู้และประสบการณ์ที่ดี  
มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ไสว พงศ์สวัสดิ์ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิจัยมาโดยตลอด

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้เป็นกำลังใจและสนับสนุน  
ในการศึกษามาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่  
กล่าวมาทั้งหมด ขอขอบพระคุณ

สุรเชษฐ์ ศิริลาภพานิช

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VIII
สารบัญตาราง.....	XI
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....</b>	<b>5</b>
2.1 ความหมายและหลักการของการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	5
2.1.1 การออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	5
2.1.2 การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิต.....	6
2.1.3 การออกแบบที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอย.....	6
2.1.4 การออกแบบที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค.....	6
2.1.5 การออกแบบที่มีคุณค่าทางความงาม.....	6
2.2 วงจรของผลิตภัณฑ์ (The product cycle).....	6
2.3 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	8
2.4 การวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	11
2.4.1 การวิเคราะห์แบบ (Design Analysis).....	11
2.4.2 ประเภทของการวิเคราะห์ (Types of Analysis).....	11
2.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการออกแบบกับความต้องการของลูกค้า...12	

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.4 การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	12
2.5 มาตรฐานการออกแบบของผลิตภัณฑ์พลาสติก .....	12
2.5.1 ข้อกำหนดเฉพาะ และขนาดของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเต็ค.....	13
2.5.2 แนวคิดในการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	17
2.5.3 ผลที่ได้ของการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	20
2.5.4 ข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์ พลาสติก.....	22
2.6 ความหมายและแนวความคิดของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	22
2.6.1 ความหมายของความสามารถของกระบวนการ.....	22
2.6.2 ความมีเสถียรภาพของกระบวนการ.....	24
2.6.3 แนวความคิดในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	27
2.6.4 ตัวแบบของการศึกษาความสามารถของกระบวนการ.....	33
2.6.5 ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ $C_p$ และ $P_p$ .....	36
2.6.6 ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ $C_{pk}$ และ $P_{pk}$ .....	36
2.6.7 การปฏิบัติการแก้ไขเมื่อกระบวนการไม่มีความสามารถด้านสมรรถนะ....	41
2.6.8 ดัชนีของความต้องการความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ.....	43
2.7 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	43
2.7.1 วิศวกรรมคุณค่า.....	43
2.7.2 กฎเบื้องต้นของ VE.....	44
2.7.3 หลักการของ VE.....	46
2.7.4 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	49
2.7.4.1 ข้อเสนอในการลดต้นทุน.....	49
2.7.5 การเปรียบเทียบระดับของคุณค่าและช่องว่างของการลดต้นทุน.....	49
2.7.6 ข้อกำหนดเฉพาะ และขนาดของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเต็ค จากการ วิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าในช่วงของการออกแบบผลิตภัณฑ์ ต้นแบบ.....	51
2.7.7 แนวคิดในการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบผลิตภัณฑ์	

# สารบัญ(ต่อ)

หน้า

พลาสติกด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า.....	54
2.7.8 ผลที่ได้ของการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบด้วยการวิเคราะห์ วิศวกรรมคุณค่า.....	58
2.7.9 ข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จากการวิเคราะห์การออกแบบ ผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยวิศวกรรมคุณค่า.....	60
<b>บทที่ 3 GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่า.....</b>	<b>62</b>
3.1 แนวคิดของ GD <sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่า (Concept of GD <sup>3</sup> for Value Engineering).....	62
3.2 GD-1 การออกแบบที่ดี ( Good Design).....	65
3.2.1 หลักการของการออกแบบที่ดี.....	65
3.2.2 แบบฟอร์มการตรวจสอบการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกของการ ออกแบบที่ดี.....	67
3.3 GD-2 การพิจารณาที่ดี (Good Discussion).....	68
3.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการของ DRBFM .....	71
3.4 GD-3 การตรวจดูที่ดี (Good Dissection).....	75
<b>บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....</b>	<b>79</b>
4.1 บทนำ.....	79
4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	79
4.3 การทดลอง.....	86
4.3.1 GD <sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่า.....	86
4.3.1.1 GD-1 การออกแบบที่ดี (Good Design).....	86
4.3.1.2 GD-2 การพิจารณาที่ดี (Good Discussion).....	87
4.3.1.3 GD-3 การตรวจดูที่ดี (Good Dissection).....	89
4.3.2 การออกแบบฟังก์ชันการประกอบตามแนวคิดของ GD <sup>3</sup> .....	91
4.3.3 ข้อกำหนดเฉพาะ และขนาดของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค จากการ วิเคราะห์ GD <sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบ ผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	92
4.3.4 การตรวจสอบข้อมูลของชิ้นงานแนวคิด GD <sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่า	

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	96
4.3.5 ผลที่ได้ของการตรวจสอบข้อมูล GD <sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่า สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	100
4.3.6 ข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จาก GD <sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการ ออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	102
<b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>105</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	105
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	105
<b>เอกสารอ้างอิง.....</b>	<b>107</b>
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>108</b>
<b>ประวัติผู้เขียน.....</b>	<b>116</b>

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วงจรของผลิตภัณฑ์.....	7
2.2 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก.....	10
2.3 ชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค (ค) (Garnish Front Deck) และ โมเดลต้นแบบ (ก), (ข).....	13
2.4 เงื่อนไขการทดสอบชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค.....	14
2.5 วิธีการตรวจจับอุณหภูมิของชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล.....	15
2.6 ชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค สำหรับการทดสอบ.....	15
2.7 ภาคตัด A-A ของฟังก์ชันที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์.....	16
2.8 แสดงรายละเอียดของชิ้นงานทดสอบและภาคตัดของฟังก์ชันที่ออกแบบตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์สำหรับตรวจสอบช่องว่างระหว่างซีลย์ยางและกระจกหน้าของรถ.....	17
2.9 กราฟแสดงผลของ Cpk ,Ppk และค่าของเสียในกระบวนการที่ออกแบบตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์.....	20
2.10 สภาวะของกระบวนการ [3].....	25
2.11 (ก) ลักษณะของความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ.....	26
2.11 (ข) ลักษณะของความผันแปรจากสาเหตุพิเศษธรรมชาติ.....	27
2.12 กระบวนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	28
2.13 ความผันแปรของการศึกษาแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว.....	29
2.14 ความสัมพันธ์ของความสามารถของกระบวนการแบบ ST และ LT.....	30
2.15 ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของความผันแปรแบบ ST และ LT.....	31
2.16 ความผันแปรสำหรับความสามารถของกระบวนการ.....	32
2.17 บทสรุปแนวคิดการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	32
2.18 ตัวแบบการศึกษาความสามารถของกระบวนการ.....	33
2.19 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ.....	34
2.20 ความสัมพันธ์ของ Cpk กับพารามิเตอร์ k.....	37
2.21 ความสัมพันธ์ของ $C_{pk}$ กับ $C_{pu}$ และ $C_{pl}$ .....	38
2.22 ความสัมพันธ์ของ $C_{pk}$ กับ $C_p$ .....	39
2.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านสมรรถนะกับด้านศักยภาพ.....	41
2.24 ความสัมพันธ์ของความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการทั้งแบบระยะสั้นและ ระยะยาว.....	42

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 ความสัมพันธ์ของความผันแปรตามค่าดัชนี Cpk และ Ppk.....	42
2.26 ชี้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค (ก) (Garnish Front Deck) และ โมเดลต้นแบบ (ก), (ข) สำหรับการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์.....	51
2.27 เงื่อนไขการทดสอบชี้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค(วิศวกรรมคุณค่า).....	52
2.28 วิธีการตรวจจับอุณหภูมิของชี้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล (วิศวกรรมคุณค่า).....	53
2.29 ชี้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค สำหรับการทดสอบ(วิศวกรรมคุณค่า).....	53
2.30 ภาคตัด A-A ของฟังก์ชันที่ออกแบบโดยวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า.....	54
2.31 แสดงรายละเอียดของชี้นงานทดสอบและภาคตัดของฟังก์ชันที่ออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยการวิเคราะห์ด้วยวิศวกรรมคุณค่าสำหรับตรวจสอบช่องว่างชี้นงานและ กระจกหน้าของรถ.....	55
2.32 กราฟแสดงผลของ Cpk ,Ppk และค่าของเสียในกระบวนการที่ออกแบบด้วย การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า.....	58
3.1 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับงานวิจัย.....	63
3.2 กระบวนการของ GD <sup>3</sup> .....	64
4.1 แสดงชี้นงานต้นแบบสำหรับทดลอง.....	79
4.2 รถยนต์ต้นแบบและส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องสำหรับทดสอบ.....	82
4.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ และ โปรแกรม CATIA V4.....	82
4.4 โปรแกรม MINITAB Release 13 สำหรับประมวลผล.....	83
4.5 อุปกรณ์การตรวจวัด (ฟิลเลอร์เกจ) สำหรับวัดช่องว่าง(GAP).....	83
4.6 แม่พิมพ์ Prototype สำหรับทดสอบ.....	84
4.7 เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 850 tons .....	84
4.8 เครื่องทดสอบ Heat cycle resistance .....	85
4.9 วัสดุเม็ดพลาสติก PP-TD20 สีดำ.....	85
4.10 แสดงภาคตัดของวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบที่ต้องปรับปรุงด้วย GD <sup>3</sup> .....	86
4.11 แสดงภาคตัดของวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบที่ปรับปรุงด้วย GD <sup>3</sup> .....	91
4.12 โมเดลต้นแบบ (ก), (ข) สำหรับการวิเคราะห์ด้วยแนวคิดของ GD <sup>3</sup> .....	92
4.13 เงื่อนไขการทดสอบชี้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค(GD <sup>3</sup> ).....	93

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 วิธีการตรวจจับอนุหภูมิของชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเค็ค ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล(GD <sup>3</sup> ).....	93
4.15 ชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเค็ค สำหรับการทดสอบ(GD <sup>3</sup> ).....	94
4.16 ภาคตัด A-A ของฟังก์ชันที่ปรับปรุงการออกแบบโดย GD <sup>3</sup> .....	95
4.17 GD <sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อแนวคิดใน การตรวจสอบ ช่องว่างชิ้นงานและกระจกหน้าของรถ.....	96
4.18 กราฟแสดงผลของ Cpk ,Ppk และค่าของเสียในกระบวนการที่ออกแบบด้วย GD <sup>3</sup> .....	100
4.19 แสดงผลของต้นทุนเทียบกับเวลาเมื่อใช้ GD <sup>3</sup> สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนใหม่.....	103

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 (ก) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างซีลย์ยางและกระจกหน้ารถของฟังก์ชัน ที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-15.....	18
2.1 (ข) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างซีลย์ยางและกระจกหน้ารถของฟังก์ชัน ที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 16-30.....	19
2.2 ความผันแปรจากสาเหตุต่างๆในมุมมองของปรมาจารย์คุณภาพ.....	26
2.3 ค่าแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี $C_{pk}$ .....	40
2.4 ค่าแนะนำสำหรับค่าของดัชนี $C_{pk}$ และ $P_{pk}$ .....	43
2.5 การเพิ่มขึ้นของคุณค่า.....	46
2.6 (ก) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระจกหน้ารถของฟังก์ชัน ที่ออกแบบด้วยการวิเคราะห์หวิศกรรมคุณค่าจากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-15.....	56
2.6 (ข) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระจกหน้ารถของฟังก์ชัน ที่ออกแบบด้วยการวิเคราะห์หวิศกรรมคุณค่าจากตัวอย่างชิ้นงานที่ 16-30.....	57
3.1 แบบฟอร์มการตรวจสอบการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกที่ดี (Part Design Checklist).....	67
3.2 แผ่นงาน DRBFM.....	70
3.3 แผ่นงาน DRBTR .....	78
4.1 แสดงแบบบันทึกข้อมูล GD-1 หรือ Good Design.....	80
4.2 แสดงแบบบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบ GD-2 หรือ Good Discussion.....	81
4.3 แสดงแบบบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบ GD-3 หรือ Good Dissection.....	81
4.4 แสดงการตรวจสอบข้อมูล GD-1 หรือ Good Design.....	87
4.5 DRBFM สำหรับ GD-2.....	88
4.6 DRBTR สำหรับ GD-3 ในการทดสอบ.....	90
4.7 (ก) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระจกหน้ารถ ของ GD <sup>3</sup> จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-15.....	98
4.7 (ข) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระจกหน้ารถ ของ GD <sup>3</sup> จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 15-30.....	99

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันออกแบบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ เช่นการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic Part Design) ในช่วงโปรโตไทป์ (Prototype) จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแบบของการลดต้นทุนในขณะที่ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการที่จะนำมาใช้สำหรับลดต้นทุนในการออกแบบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์พลาสติกคือการทำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering , VE)[1]ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาของการนำวิศวกรรมคุณค่ามาใช้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์ คือ การลดลงของความเชื่อถือได้ (Reliability) และเสถียรภาพ (Stability) ของการออกแบบที่ดี (Good Design) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการขาดการป้องกันปัญหาล่วงหน้าหรือความพยายามที่จะค้นหาต้นตอของปัญหาก่อนที่จะเกิดปัญหานั้น ทำให้มีต้นทุนแฝงเพิ่มขึ้นจากการลดลงของความเชื่อถือได้และเสถียรภาพของการออกแบบที่ดี

เทคนิคการป้องกันปัญหาล่วงหน้าหรือ GD<sup>3</sup>[2]คือรูปแบบของการค้นหาปัญหาและควบคุมแบบหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้เนื่องจากเทคนิคการป้องกันปัญหาล่วงหน้าหรือ GD<sup>3</sup> เป็นวิธีการค้นหาปัญหาจากการทำ GD-2, การพิจารณาที่ดี (Good Discussion) โดยดูแบบงานที่ถูกออกแบบจาก GD-1, การออกแบบที่ดี (Good Design) กับการค้นหาปัญหาจากการ GD-3, การตรวจดูที่ดี (Good Dissection) โดยดูจากชิ้นงานหลังทำการทดสอบนั้นจะเรียกว่า GD-2 กับ GD-3 ซึ่งจากเทคนิคที่กล่าวมานั้นจะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ ความเชื่อถือได้ และเสถียรภาพของการออกแบบที่ดีซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำวิศวกรรมคุณค่าได้

### 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาระบบการปรับปรุงการผลิตด้านคุณภาพจากการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์ซึ่งเปลี่ยนไปอยู่ในรูปแบบของการลดต้นทุนในขณะที่ทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ โดยวิธีการที่จะนำมาใช้สำหรับลดต้นทุนในการออกแบบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์พลาสติกคือการทำวิศวกรรมคุณค่าซึ่งการทำวิศวกรรมคุณค่าดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำมาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์ทำให้ขาดการป้องกันปัญหาล่วงหน้าหรือความพยายามที่จะค้นหาต้นตอของปัญหาก่อนที่จะเกิดปัญหานั้นซึ่งการทำวิศวกรรมคุณค่าจะมุ่งเน้นไปที่การลดต้นทุนจนทำให้การควบคุมและการค้นหาปัญหาลดน้อยลงซึ่งส่งผลให้ ทำให้มีต้นทุนแฝงเพิ่มขึ้นจากการลดลงของความเชื่อถือได้และเสถียรภาพของการออกแบบที่ดี ดังนั้นใน

วิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอวิธีการ GD<sup>3</sup> สำหรับการควบคุมและค้นหาปัญหาล่วงหน้าจากการทำวิศวกรรมคุณค่ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์ ซึ่งสามารถที่จะช่วยให้ความเชื่อถือได้และเสถียรภาพของระบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีสมรรถนะที่ดีขึ้น

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ข้อดีของวิศวกรรมคุณค่า คือ การมุ่งเน้นการลดต้นทุนเพื่อเพิ่มผลกำไรให้มากขึ้น ยังสามารถทำให้ต้นทุนต่ำได้มากที่สุดเท่าที่ไร้คุณค่าของงานก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น จนบางครั้งการทำวิศวกรรมคุณค่าส่งผลจนทำให้คุณภาพต่ำลง และไม่ได้เป็นสิ่งที่มีส่วนช่วยอะไรทางด้านเทคนิคเลย และในปัจจุบัน วิศวกรรมคุณค่าถูกนำมาใช้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์อย่างแพร่หลายเพื่อเป็นการลดต้นทุนตั้งแต่เริ่มการออกแบบ แต่ถ้าผู้ออกแบบขาดความรู้ความชำนาญในการทำวิศวกรรมคุณค่าและมุ่งเน้นที่จะลดต้นทุนจากการออกแบบจนทำให้ความเชื่อถือได้และเสถียรภาพของระบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกลดลงนั้นก็ทำให้เกิดต้นทุนแฝงและสมรรถนะของการออกแบบลดต่ำลงจนทำให้เกิดการผลิตของเสีย ในช่วงของการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass Production) ได้

การแก้ปัญหาข้างต้นนี้ เราจะใช้เทคนิคการป้องกันปัญหาล่วงหน้าหรือ GD<sup>3</sup> ในการปรับปรุงรูปแบบของการค้นหาปัญหาและควบคุมการทำวิศวกรรมคุณค่าที่ถูกนำมาใช้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์โดยการทำ GD-2, การพิจารณาที่ดีโดยดูแบบงานที่ถูกออกแบบจาก GD-1, การออกแบบที่ดี กับการค้นหาปัญหาจากการ GD-3, การตรวจดูที่ดี โดยดูจากชิ้นงานหลังทำการทดสอบนั้นจะเรียกว่า GD-2 กับ GD-3

### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

วิธีการป้องกันปัญหาล่วงหน้าในวิศวกรรมคุณค่าของการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกโดยใช้วิธีการ GD<sup>3</sup> ซึ่งในปัจจุบันมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์กันอย่างแพร่หลาย คิดค้นโดย ทัดสีฮิโกะ โยชิมูระ[2]แห่งบริษัทโตโยต้ามอเตอร์ เมื่อปี พ.ศ. 2545 สำหรับนำมาใช้เกี่ยวกับงานตรวจสอบความเชื่อถือได้ของรถยนต์ โดยการค้นหาจุดอ่อนต่างๆ ของการออกแบบแล้วพยากรณ์ว่าจะเกิดเหตุผิดปกติหรือไม่เมื่อสินค้าไปอยู่ในมือลูกค้าแล้ว และสำหรับในวิทยานิพนธ์นี้จะนำวิธีการ GD<sup>3</sup> มาประยุกต์ใช้กับการควบคุม ค้นหา และการพยากรณ์ปัญหาในการทำวิศวกรรมคุณค่าในช่วงเริ่มต้นการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic Part Design Prototype Event) โดยลักษณะเด่นของวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้คือ การใช้วิธีการ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกซึ่งสามารถประเมินปัญหาทางด้านคุณภาพได้

เที่ยงตรงแม่นยำจากการลดต้นทุนของการทำวิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก และสามารถทำให้สมรรถนะการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกดีขึ้นในช่วงของการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และยังสามารถใช้ในการควบคุมความสามารถของกระบวนการทั้งในระยะสั้น (Short-Term)[3]และระยะยาว (Long-Term)[3] โดยการควบคุมความสามารถของกระบวนการในระยะสั้นคือข้อมูลเซตย่อย (Subset) ของกระบวนการที่ได้รับการรวบรวมขึ้นมาในช่วงเวลาสั้นๆ ที่เพียงพอต่อการกำจัดสาเหตุความผันแปรที่ผิดปกติออกไปได้ (ประมาณ 10-29ตัว) และการควบคุมความสามารถของกระบวนการในระยะยาวคือข้อมูลเซตย่อย (Subset) ของกระบวนการที่ได้รับการรวบรวมขึ้นมาในช่วงระยะเวลายาวพอที่จะรวบรวมสาเหตุของความผันแปรไว้ได้ทั้งหมด (ประมาณ 30-200ตัว) วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะใช้หลักการของ GD<sup>3</sup> ซึ่งประกอบด้วย การออกแบบที่ดี (Good Design) การพิจารณาที่ดี (Good Discussion) การตรวจดูที่ดี (Good Dissection) ในการควบคุม ค้นหาปัญหา แนวทางในการแก้ไข และการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่ามีคุณภาพตรงตามที่พยากรณ์ (Forecast) ไว้หรือไม่ ซึ่งในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้แสดงถึงวิธีการตรวจสอบข้อมูล วิธีการทดสอบจากโมเดลจำลองและผลของคอมพิวเตอร์ซิมูเลชัน (Computer Simulation) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์เปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการที่ยังไม่มีการควบคุมและค้นหาปัญหาล่วงหน้า

## 1.5 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการในการควบคุมและการค้นหาปัญหาของผลกระทบจากวิศวกรรมคุณค่า ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยใช้วิธีการ GD<sup>3</sup> หรือ GD-1 การออกแบบที่ดี GD-2 การพิจารณาที่ดี และ GD-3 การตรวจดูที่ดีเปรียบเทียบกับวิธีการแบบพื้นฐานที่ยังไม่มีการควบคุมและค้นหาปัญหาล่วงหน้า โดยนำตัวอย่างชิ้นงานที่เคยประสบความสำเร็จมาแล้วมาเป็นตัวอย่างการทดสอบสำหรับวิธีการของงานวิจัยนี้ จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลของความสามารถของกระบวนการด้วยโปรแกรม MINITAB[4]ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับหาค่าความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการโดยการจำลองระบบในการหาขอบเขตการควบคุมและค้นหาปัญหา ผลที่ได้แสดงความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการ[3](Process capability) ของวิธีการ GD<sup>3</sup> ที่นำมาควบคุมและค้นหาปัญหาจากผลกระทบจากวิศวกรรมคุณค่า ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก และต้นทุนกับของเสียที่ลดลง เปรียบเทียบกับวิธีการพื้นฐานที่มีการควบคุมผลกระทบจากวิศวกรรมคุณค่า ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกเท่านั้น

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย และพื้นฐานของการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งประกอบด้วย พื้นฐานการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic Part Design) พื้นฐานของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering, VE) และผลกระทบจากวิศวกรรมคุณค่า ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

บทที่ 3 กล่าวถึงการใช้ GD<sup>3</sup> ซึ่งประกอบด้วย การออกแบบที่ดี (Good Design) การพิจารณาที่ดี (Good Discussion) การตรวจดูที่ดี (Good Dissection) ในการควบคุม ค้นหาปัญหา และแบบจำลองของระบบที่ใช้ในการหาค่าสมรรถนะ

บทที่ 4 กล่าวถึงการหาค่าสมรรถนะของระบบ พารามิเตอร์ที่ใช้และผลที่ได้จากการจำลองระบบ เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอสามารถช่วยให้ระบบมีสมรรถนะที่ดีขึ้น

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## บทที่ 2

# ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัยและการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิจัย และพื้นฐานของระบบการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกของชิ้นงานชื่อ กรานิช ฟรอนต์เด็ค (Garnish Front Deck) ในส่วนของฟังก์ชันการประกอภกับกระจกหน้าของรถกระบะขนาด 1 คัน เราจะศึกษาความสามารถของกระบวนการในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีการออกแบบที่ดีในอดีตที่ผ่านมา โดยวิธีการนำชิ้นงานไปประกอภกับกระจกหน้าของรถยนต์และเก็บข้อมูลโดยการวัดช่องว่าง (Gap) ระหว่างตัวชิ้นงานกับกระจกหน้า ซึ่งค่าจากการวัดที่ได้จะนำมาประมวลผลด้วยโปรแกรม MINITAB[4] และวิเคราะห์ความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการ[3] (Process Capability Analysis) หาค่า Cpk[3](ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้น) , Ppk[3](ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้น) และ ค่าของเสียจากกระบวนการ[3] เปรียบเทียบกับวิธีการที่ออกแบบด้วยการทำวิศวกรรมคุณค่าตั้งแต่เริ่มการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วง โปรโตไทป์ (Prototype) เพื่อหาต้นทุนแฝงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบจากการทำวิศวกรรมคุณค่าตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มการออกแบบ ซึ่งเนื้อหาทั้งหมดนี้จำเป็นสำหรับการศึกษา และประเมินประสิทธิภาพของระบบการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในปัจจุบัน

### 2.1 ความหมายและหลักการของการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก คือการผสมผสานอย่างลงตัวของความเป็นวิทยาศาสตร์ (Science) กับความเป็นศิลปะ (Art) ผสมกลมกลืนกันจนเป็นเนื้อเดียวกันในอัตราส่วนที่เท่าๆกัน 50 : 50 เช่น การออกแบบรถยนต์ จะมีการผสมผสานของความเป็นวิทยาศาสตร์และความเป็นศิลปะ เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีสุนทรียะในการใช้งาน ความเป็นวิทยาศาสตร์ คือ ประสิทธิภาพเครื่องดีประหยัดเชื้อเพลิง มีระบบความปลอดภัย มีอัตราเร่งดี เป็นต้น ความเป็นศิลปะก็คือ รูปร่างมีความลงตัว สีสนุกใจ ภายในรถตกแต่งสวยงาม อุปกรณ์ภายในดูน่าใช้

ในการออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติกใหม่ สิ่งที่จะช่วยให้ทีมงานนักออกแบบประสบความสำเร็จ เมื่อต้องการจะออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ดี คือ

#### 2.1.1 การออกแบบที่สัมพันธ์กับคุณภาพของผลิตภัณฑ์พลาสติก

การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกควรจะต้องพิจารณาถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นประการแรก เพื่อจะได้ออกแบบให้ได้ความคงทนถาวรมากขึ้น หรือการออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้เพียงชั่วคราวของผลิตภัณฑ์นั้น เพราะการออกแบบจะต้องคำนึงถึงวัสดุและเวลาการผลิตไปพร้อมกันถ้าออกแบบโดยไม่ได้ศึกษาถึงคุณภาพตามเป้าหมายของการผลิตแล้ว ก็ไม่สามารถออกแบบที่เหมาะสมได้

### 2.1.2 การออกแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุและกระบวนการผลิต

เครื่องมือที่ใช้ในการผลิต เช่น เครื่องจักรกลหรือเครื่องทุ่นแรงอื่น ๆ ย่อมเหมาะสมกับวัสดุอย่างหนึ่ง ทำให้การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องพิจารณาถึงวัสดุและกระบวนการผลิตไปพร้อมกัน

### 2.1.3 การออกแบบที่สัมพันธ์กับหน้าที่ใช้สอย

หน้าที่ใช้สอยของผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น เป็นสิ่งจำเป็นที่ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณา แม้การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องจักรกลซับซ้อน ผู้ออกแบบจะไม่รู้ระบบการทำงานผลิตภัณฑ์นั้นทั้งหมดก็ควรจะรู้การทำงานของผลิตภัณฑ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ

### 2.1.4 การออกแบบที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค

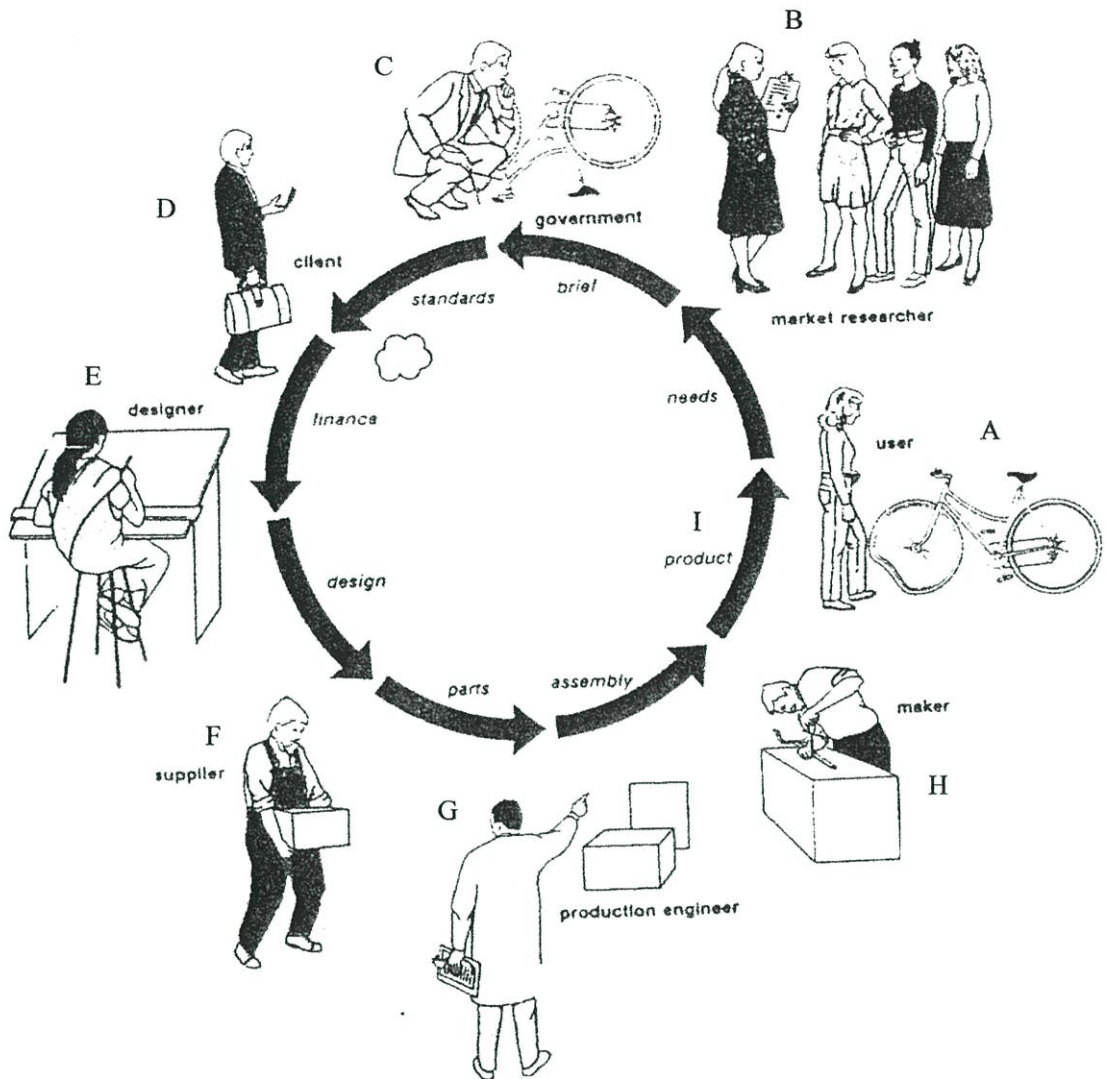
การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกที่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้บริโภค อาจจะพิจารณาได้สองแง่คือ ความต้องการที่สอดคล้องกับชีวิตความเป็นอยู่และความต้องการที่สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ ความต้องการของผู้บริโภคยังเกี่ยวข้องกับสภาพเศรษฐกิจโดยตรงอีกด้วย ถ้าสภาพสังคมที่มีกำลังเศรษฐกิจต่ำ การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกที่มีคุณภาพสูง ราคาสูง หรือเน้นความงามทางการออกแบบมากจนผลิตภัณฑ์นั้นราคาสูง การออกแบบเช่นนี้อาจจะไม่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคได้

### 2.1.5 การออกแบบที่มีคุณค่าทางความงาม

เรื่องคุณค่าทางความงามกับการออกแบบได้กล่าวขำไว้อีก เพื่อให้ออกแบบตระหนักถึงความงามที่เด่นชัดร่วมสมัย และมีความคิดสร้างสรรค์แฝงอยู่ในการออกแบบแต่ละชิ้น นอกจากนั้นแล้ว ความประณีตบรรจงในการออกแบบหรือในผลิตภัณฑ์ยังเป็นคุณค่าส่วนหนึ่งของความงามอีกด้วย

## 2.2 วงจรของผลิตภัณฑ์ (The product cycle)

การทำงานด้านการออกแบบได้ขยายกว้างไปจากระดับการทำงานเพียงลำพังไปสู่การทำงานร่วมกับนักออกแบบคนอื่น ๆ และบุคคลที่เกี่ยวข้องกับงานในส่วนต่าง ๆ การทำงานที่เชื่อมโยงกันเช่นนี้ทำให้เกิดการสร้างงานที่เป็นลักษณะของความสัมพันธ์ของหน่วยงานอื่น จุดเกิดจากความสัมพันธ์นี้เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของผลิตภัณฑ์ หรือความไม่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์กับสภาพการใช้งาน



รูปที่ 2.1 วงจรของผลิตภัณฑ์[5]

- A. กลุ่มใช้งานจะกำหนดความต้องการและความจำเป็น
- B. ความจำเป็นดังกล่าวจะถูกนำมาสู่กลุ่มนักการตลาด ผู้กำหนดทิศทางหรือขอบเขตงาน
- C. ขอบเขตของงานจะเป็นข้อจำกัดซึ่งใช้ควบคุมมาตรฐานของงานและมีความสอดคล้องกับกฎหมาย
- D. ลูกค้าหรือผู้ว่าจ้างจะสนับสนุนหรือช่วยส่งเสริม โครงการของงานให้เป็นไปตามขอบเขตของเงินทุน
- E. นักออกแบบจะต้องรับเงื่อนไขทั้งหมดและกำหนดทิศทางการออกแบบและขอบเขตของการออกแบบ จากนั้นเริ่มปฏิบัติการออกแบบ
- F. แหล่งข้อมูล วัสดุ และส่วนประกอบต่าง ๆ ในการออกแบบและผลิตเป็นหน้าที่ของตัวแทนการจัดจำหน่าย

G. กระบวนการในการผลิตและการแยกส่วนต่าง ๆ จะเป็นงานฝ่ายวิศวกร

H. ผู้รับเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อนำไปสร้างผลงาน คือ ฝ่ายผลิต

I. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปจะถูกส่งไปสู่ระบบตลาดเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและจะเริ่มเข้าสู่ในตำแหน่ง A

กิจกรรมของการออกแบบจะเริ่มจากการวางแผน วิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาสนับสนุนแนวคิด และเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด หลังจากนั้นจะเป็นการทำงานร่วมกับฝ่ายผลิต ฝ่ายการตลาด วิเคราะห์ผลงานการออกแบบตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ใน การออกแบบ ผลิตภัณฑ์ ค่าเผยแพร่ประชาสัมพันธ์สินค้าและบริการต่อไป

### 2.3 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

โดยภาพรวมแล้วกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกประกอบด้วย 8 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนแนวคิดผลิตภัณฑ์ใหม่ (Product concept) ซึ่งได้รับอิทธิพลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น การค้นคว้าวิจัย แนวคิดจากสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ พัฒนาจากผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของลูกค้า ข้อเสนอแนะหรือข้อวิจารณ์จากบุคคลหลายระดับในโรงงาน และความคิดเห็นจากร้านค้าทั่ว ๆ ไป

2. ขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study) ซึ่งกระบวนการออกแบบในขั้นนี้เป็น การกลั่นกรองข้อมูลต่าง ๆ ก่อนที่จะนำมาใช้ในการตัดสินใจในการออกแบบต่อไปและสิ่งเหล่านั้น ได้แก่ ศักยภาพของตลาดและความสามารถในการผลิต การประเมินค่านงบประมาณ จุดมุ่งหมาย และนโยบายของบริษัท ถ้าข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้มีคำตอบอย่างชัดเจนและพอใจแล้ว นักออกแบบก็สามารถดำเนินการต่อไปได้

3. ขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) ซึ่งนักออกแบบพยายามสร้างรูปแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ดีที่สุด และสอดคล้องกับความต้องการมากที่สุด กระบวนการออกแบบในขั้นนี้อาจต้องเกี่ยวกับคนอื่น ๆ ในบริษัทด้วย อันนำไปสู่การเกิดปัญหาต่อไป ดังนั้น การทำงานเป็นคณะ และการประสานงาน ตลอดจนการสื่อสารเป็นสิ่งสำคัญ

4. ขั้นตอนการสร้างต้นแบบ (Prototype build) ซึ่งขั้นตอนนี้ต้องคำนึงถึงธรรมชาติของผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นสามารถจับต้องได้หรือมีโครงร่าง เราก็สามารถสร้างรูปจำลองเพื่อเหตุผลทางการตลาดและการปฏิบัติการผลิต ตัวอย่างเช่น การสร้างแบบ (Model) ใช้สำหรับการสร้างรถยนต์เป็นต้น ดังนั้นในการสร้างต้นแบบจะต้องพิจารณาถึงรายละเอียดของรูปแบบรายการ เช่น วัสดุ ขนาด รูปร่าง สัดส่วน เป็นต้น

5. ขั้นตอนของการทดสอบและทดลอง (Test and Trials) ซึ่งเป็นขั้นตอนเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ ก่อนที่จะตัดสินใจครั้งสุดท้าย ดังนั้นการทดสอบและการทดลองจะดำเนินถึงถึงเหล่านี้คือ

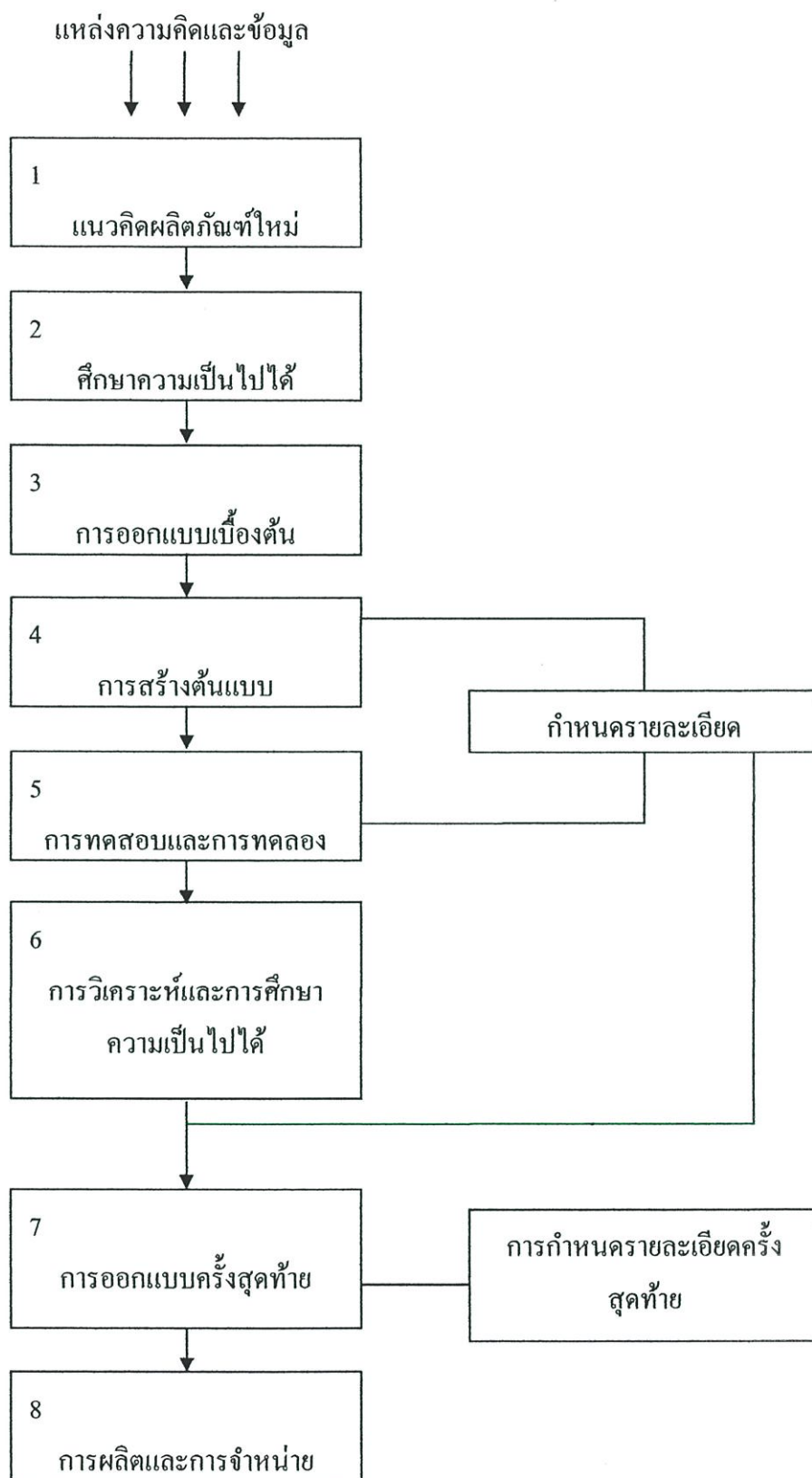
5.1 การตลาด (Marketing) เพื่อตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้นว่า ตลาดมีความต้องการในแง่ของขนาด รูปร่าง ชนิด หรือใคร ที่ไหน เมื่อไร บริษัทต่าง ๆ พยายามสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์จำนวนมาก ก็เพื่อทดสอบความต้องการทางด้านตลาดด้วย

5.2 ด้านเทคนิค (Technical) ต้นแบบต้องมีการทดสอบเพื่อประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ในสภาพปัจจุบันมีสิทธิ์เลือกซื้อและใช้ผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์นั้นมีข้อบกพร่องลูกค้าย่อมมีอำนาจในการต่อรอง หรือปฏิเสธการซื้อต่อไปด้วย

6. ขั้นตอนการวิเคราะห์และศึกษาความเป็นไปได้ครั้งสุดท้าย (Analysis and Final Feasibility Study) ผลและข้อมูลต่าง ๆ ในขั้นตอนนี้ นำมาวิเคราะห์และประเมินผลสรุป ข้อมูลทางด้านตลาดจะเป็นตัวบ่งชี้คุณค่าของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์หรือไม่ในแง่ของการจำหน่าย และอาจจะมีการแก้ไขผลิตภัณฑ์ในแง่ของลักษณะรูปร่างหรือออกแบบใหม่การประเมินทางด้านเทคนิค อาจมีผลในการยกเลิกโครงการ หรือในการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้ามีความต้องการให้เกิดการเปลี่ยนแปลงใหม่ การเริ่มต้นในขั้นที่ 5 (การทดสอบและทดลอง) จึงมีความจำเป็นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้มีความมั่นใจว่า มีการปรับปรุงแก้ไขแบบตามที่ตลาดต้องการและมีความสมบูรณ์ตามหลักวิชาการด้วย

7. ขั้นตอนการออกแบบครั้งสุดท้าย (Final Product Design) กิจกรรมของการออกแบบครั้งสุดท้าย จะเกี่ยวข้องกับการระบุคุณสมบัติในรายละเอียดผลิตภัณฑ์จะผลิตออกมาได้อย่างไร หรือสิ่งที่ต้องใช้มีอะไรบ้าง เราอาจคิดว่ากระบวนการออกแบบสิ้นสุดลงแค่นี้ แต่การผลิตก็เป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของกระบวนการด้วย ถึงแม้ว่าการวางแผนและการเตรียมการได้กระทำอย่างรอบคอบแล้วก็ตาม แต่ยังมีปัญหาแฝงอยู่ในขั้นตอนของการออกแบบครั้งสุดท้าย ดังนั้นการออกแบบควรเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคนหลายฝ่ายเข้าร่วมด้วย และการออกแบบจึงเป็นส่วนหนึ่งของการผลิตด้วยเช่นกัน

8. ขั้นตอนการผลิตและจำหน่าย (Product and Supply) เป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกัน ทั้งในด้านการออกแบบและการผลิต เพื่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่จะออกมา ซึ่งเราอาจกล่าวได้ว่า กระบวนการทั้ง 8 ขั้นตอนนี้จะใช้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ บางครั้งผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงของผลิตภัณฑ์เดิมก็ได้ในลักษณะนี้ ขั้นตอนบางขั้นตอนของกระบวนการอาจข้ามไปได้อย่างไรก็ตามขั้นตอนทั้ง 8 ดังกล่าว เป็นส่วนที่พิจารณาเห็นว่าสมบูรณ์เหมาะสมที่สุดถึงแม้ว่าเราอาจจะไม่ใช่ขั้นตอนทั้งหมดในเงื่อนไขดังกล่าวแล้วก็ตาม แต่ก็ครอบคลุมในกระบวนการออกแบบเช่นกัน



รูปที่ 2.2 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก[5]

## 2.4 การวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก[5]

### 2.4.1 การวิเคราะห์แบบ (Design Analysis)

การวิเคราะห์แบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก หมายถึง กรรมวิธีสำหรับการหาค่า และ ศึกษาตรวจสอบสภาวะเงื่อนไขที่เป็นตัวกำหนดความเป็นไปได้ตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของงานที่ออกแบบนั้น ในขั้นตอนนี้คุณลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับการออกแบบนั้น จะถูกพิจารณาในแง่มุมต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วนทุกสัดส่วนตลอดไปจนถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ทั้งทางตรงและทางอ้อม

### 2.4.2 ประเภทของการวิเคราะห์ (Types of Analysis)

ผลิตภัณฑ์ใด ๆ ที่ได้รับการออกแบบให้มีสมรรถภาพในการทำงานดีเป็นเลิศมีระบบกลไกดีเยี่ยม มีความทนทานแข็งแรงที่สุด อาจไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้เลยก็ได้ ถ้าหากผลิตภัณฑ์นั้นไม่ให้ความปลอดภัยเพียงพอแก่ผู้ใช้ในงานที่ได้รับการออกแบบขึ้น ในทำนองเดียวกันผลิตภัณฑ์อาจไม่เป็นที่ยอมรับในท้องตลาดเพราะราคาสูงเกินไป ทั้งนี้การออกแบบมุ่งแต่จะใช้ของที่ดีที่สุด กรรมวิธีที่ดีที่สุดซึ่งก็ทำให้ราคาต้นทุนสูง ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์แบบจึงไม่ได้อยู่ที่ความสมบูรณ์ที่จะได้รับจุดมุ่งหมายของการวิเคราะห์มุ่งไปที่การหาค่าความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์นั้นว่ามีค่าสูงเข้าใกล้เป้าหมายหรือ Concept เพียงใด ในการวิเคราะห์นักออกแบบผลิตภัณฑ์จะต้องตัดสินใจด้วยข้อกำหนด ขอบเขตบังคับซึ่งเป็นที่ยอมรับในวงการอาชีพและในทางวิชาการ ในบรรดาสิ่งที่จะต้องนำมาเป็นหลักในการพิจารณาวิเคราะห์ที่สำคัญ ได้แก่

1. เออร์โกโนมิกส์ (Ergonomic) เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างคนและสภาพแวดล้อมในการทำงาน
2. การวิเคราะห์ตลาด (Marketing Analysis)
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ (Comparative Product Analysis)
4. ต้นแบบและหุ่นจำลอง (Prototype and Model)
5. การวิเคราะห์ลักษณะกายภาพ (Physical Analysis)
6. การวิเคราะห์ประโยชน์ใช้สอย (Function Analysis)
7. การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis)
8. การวิเคราะห์ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม (Environmental Effect Analysis)
9. การวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Analysis)
10. การประยุกต์เทคโนโลยี (Technology Application)
11. ความงาม (Aesthetic)

งานออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการการวิเคราะห์ทั้ง 11 ประเภท การเลือกวิเคราะห์จากประเภทใดขึ้นอยู่กับความต้องการของนักออกแบบและสิ่งผูกมัด

ความจำเป็นต่าง ๆ ของงานนั้นๆ ผู้ที่มีประสบการณ์จะสามารถเลือกประเภทการวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องตรงเป้าหมาย โดยไม่ทำให้เสียเวลาล่าช้าวิเคราะห์กันผิดผู้ผิดทาง

### 2.4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการออกแบบกับความต้องการของลูกค้า

สิ่งสำคัญในการสนองความต้องการของลูกค้านั้นก็คือ คุณภาพที่ลูกค้าต้องการจะต้องนำมาใช้ในการออกแบบ คุณภาพที่ลูกค้าต้องการนี้ เรียกว่า “คุณภาพทางการตลาด” (Market Quality) และคุณภาพที่ได้รับจากการออกแบบ เรียกว่า “คุณภาพทางการออกแบบ” (Design Quality) เมื่อออกแบบเสร็จแล้วจะมีการจัดหาและการผลิตติดตามมา ดังนั้น เพื่อให้ทันวันส่งมอบ กำหนดวันรับเขียนแบบ (Drawing) จึงมีความสำคัญมากเพื่อทำให้เกิดผลกำไรท่านจะต้องออกแบบเพื่อให้ต้นทุนต่ำกว่าราคาขาย

ในกิจกรรมการออกแบบ จะต้องให้ความสนใจต่อความต้องการของลูกค้าซึ่งได้แก่คุณภาพ กำหนดส่งมอบและราคา ดังนั้น ท่านต้องรับรู้ความต้องการของลูกค้า และใช้ความพยายามเพื่อสนองความต้องการนั้น ถ้าการออกแบบไม่ดี จะเกิดปัญหาในขั้นตอนการจัดหาและขั้นตอนการผลิต ซึ่งอาจเกิดผลเสียตามมา เมื่อส่งมอบผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าไปแล้ว

เราสามารถคำนวณต้นทุนได้โดยง่ายจากค่าใช้จ่ายของแต่ละรายการที่ออกแบบไว้แต่เนื่องจากเรามักไม่มีเวลาพอไว้ให้คำนวณหลังจากการออกแบบเสร็จสมบูรณ์แล้ว ดังนั้นจะต้องใช้ความพยายามให้ดีที่สุดเพื่อให้ต้นทุนต่ำตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบ ในขณะที่เดียวกันก็ต้องคำนึงถึง “คุณภาพทางการตลาดด้วย”

### 2.4.4 การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก รูปร่างขนาดจะถูกกำหนดด้วยแบบเขียนซึ่งแสดงถึงวัสดุและส่วนประกอบต่าง ๆ เป็นรายการส่วนประกอบที่ใช้ ตลอดจนแสดงสมรรถนะในรูปของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ (เรียกว่าข้อกำหนดเฉพาะ)

โดยปกติในโรงงานจะมีวิศวกรอาชีพทำหน้าที่ออกแบบ ซึ่งผู้ออกแบบ ผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายที่แตกต่างกันไป ดังนั้นเพื่อให้การสื่อสารเกี่ยวกับ “คุณภาพทางการออกแบบ” เป็นไปอย่างถูกต้อง จึงต้องใช้แบบเขียนช่วยระบุความชัดเจนให้แก่ฝ่ายจัดหาและฝ่ายผลิต

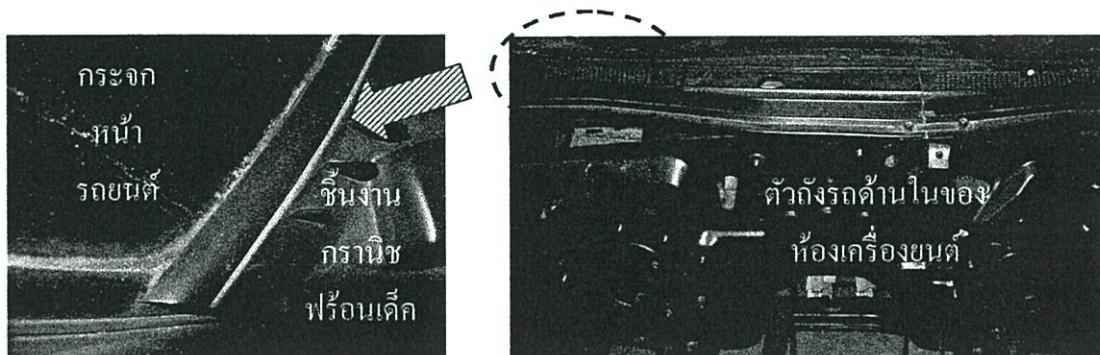
สมรรถนะของผลิตภัณฑ์จะถูกกำหนดโดย “มาตรฐานผลิตภัณฑ์พลาสติก” (Plastic Product Standard) หรือ “ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์พลาสติก” (Plastic Product Specifications)

## 2.5 มาตรฐานการออกแบบของผลิตภัณฑ์พลาสติก

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงมาตรฐานที่จำเป็นในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก หรือข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์พลาสติกจากหัวข้อที่ 2.4.4 ซึ่งจะอธิบายถึงพื้นฐานการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก สูตรและค่าทางด้านวิศวกรรมพลาสติกที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานตัวอย่างที่เคย

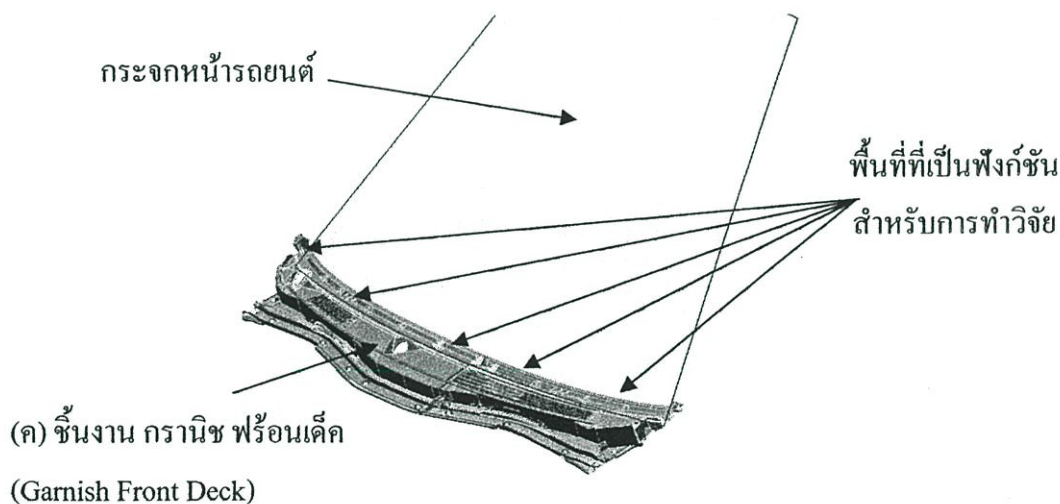
ประสบความสำเร็จมาแล้ว นำมาทำการศึกษารูปแบบฟังก์ชันและขอบเขตของการออกแบบเพื่อหาค่าสมรรถนะของกระบวนการ โดยใช้ชิ้นงาน โมเดลต้นแบบชื่อ กรานิช ฟร็อนต์เด็ค (Garnish Front Deck) ในส่วนของฟังก์ชันเกี่ยวกับการประกอบกับกระจกหน้าของรถกระบะขนาด 1 ตัน ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแสดงให้เห็นมาตรฐานผลิตภัณฑ์พลาสติกของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนต์เด็ค ที่ใช้ประกอบกับกระจกหน้าของรถกระบะ 1 ตัน

### 2.5.1 ข้อกำหนดเฉพาะ และขนาดของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนต์เด็ค



(ก) รายละเอียดชิ้นงาน โมเดลต้นแบบ

(ข) ชิ้นงาน โมเดลต้นแบบและส่วนประกอบอื่นๆ



(ก) ชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนต์เด็ค

(Garnish Front Deck)

รูปที่ 2.3 ชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนต์เด็ค (ก) (Garnish Front Deck) และ โมเดลต้นแบบ (ก), (ข)

1. วัสดุเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) PP-TD20 (โพลีโพรไพลีน, Polypropylene) ผสมสารเสริมแข็ง 20 % และสีของวัสดุเป็นสีดำ
2. ความหนาทั่วไป = 2.5 มิลลิเมตร
3. น้ำหนักชิ้นงาน =  $820 \pm 10$  กรัม
4. สีชิ้นงานเป็นสีดำ (Black Color)
5. ขนาดชิ้นงาน กว้าง 200 มิลลิเมตร x ยาว 1,380 มิลลิเมตร x สูง 60 มิลลิเมตร

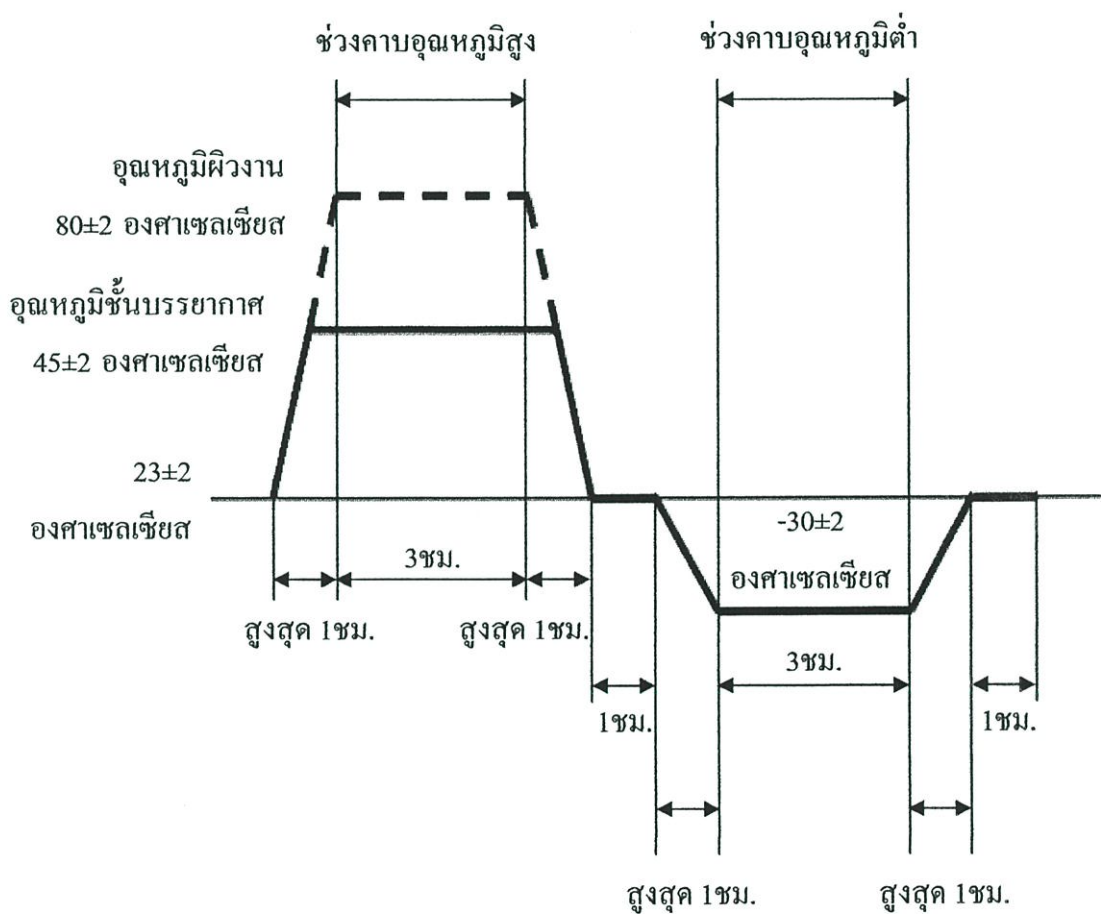
6. ทำหน้าที่ประกอบกับกระจกหน้ารถยนต์ป้องกันน้ำและความชื้นเข้าสู่ชิ้นส่วนตัวถังภายในห้องเครื่องยนต์

7. ชิ้นงานปราศจากรอยบุบ, เส้นรอยต่อจากการฉีด และรอยการไหลของน้ำพลาสติก

8. ต้องผ่านการทดสอบการต้านทานความร้อนโดยมีการทดสอบดังนี้ (ISO 62)

8.1 การทดสอบต้องทดสอบในห้องที่มีอุณหภูมิห้อง  $23 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 5$  % เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

8.2 มีการทดสอบการบิดตัวของชิ้นงานด้วยการอบร้อน-เย็น เป็นจำนวน 3 รอบ โดยในแต่ละรอบมีเงื่อนไขดังรูป

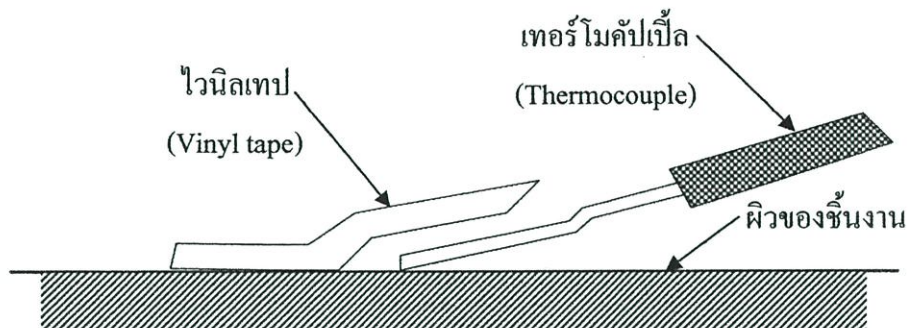


รูปที่ 2.4 เงื่อนไขการทดสอบชิ้นงาน กรานิช ฟร้อนเด็ค (ที่มา ISO 62)

8.3 จากรูปที่ 2.4 ในการทดสอบช่วงอุณหภูมิสูงซึ่งหลังจากอบจนได้อุณหภูมิที่ชั้นบรรยากาศ หรือ 45 องศาเซลเซียส ผิวของชิ้นงานควรจะให้ความร้อนด้วย เครื่องอินฟราเรดเรย์แลมป์ (Infrared rays lamps) และทดสอบต่อที่ อุณหภูมิ  $80 \pm 2$  องศาเซลเซียส โดย

อุณหภูมิผิวของชิ้นงานสามารถตรวจจับได้ด้วย เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) ดังรูปที่

2.5

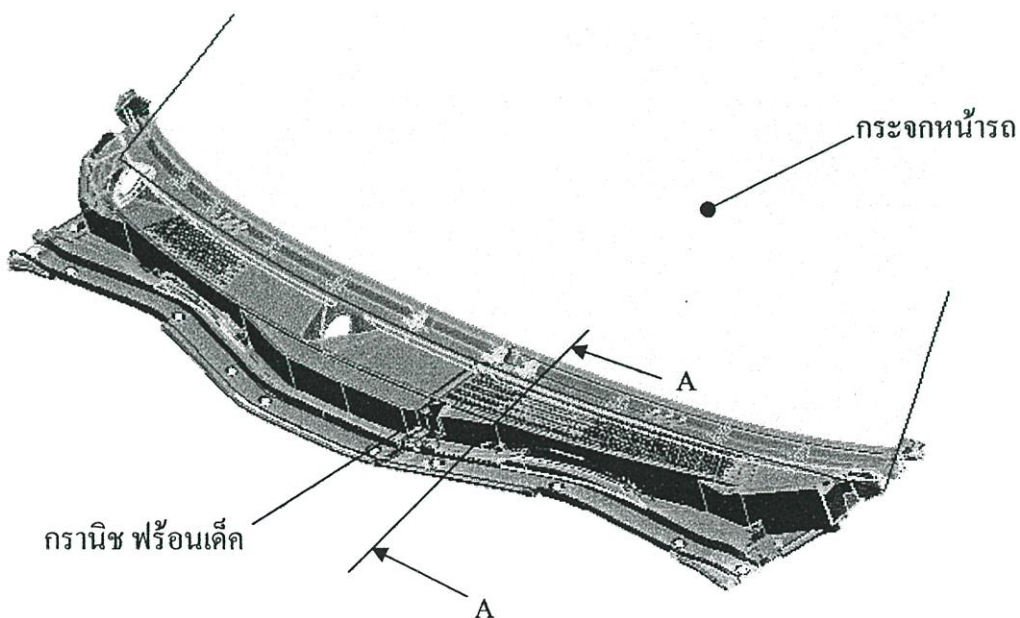


รูปที่ 2.5 วิธีการตรวจจับอุณหภูมิของชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเต็ค ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล (ที่มา ISO 62)

8.4 ในรายงานผลการทดสอบจะต้องไม่มีการขยายตัว, การหดตัวหรือการบิดแ่นที่จะทำให้มีการเบียดหรือเกิดช่องว่างระหว่างตัวชิ้นงานกับชิ้นส่วนอื่น เช่น กระจกหน้ารถ

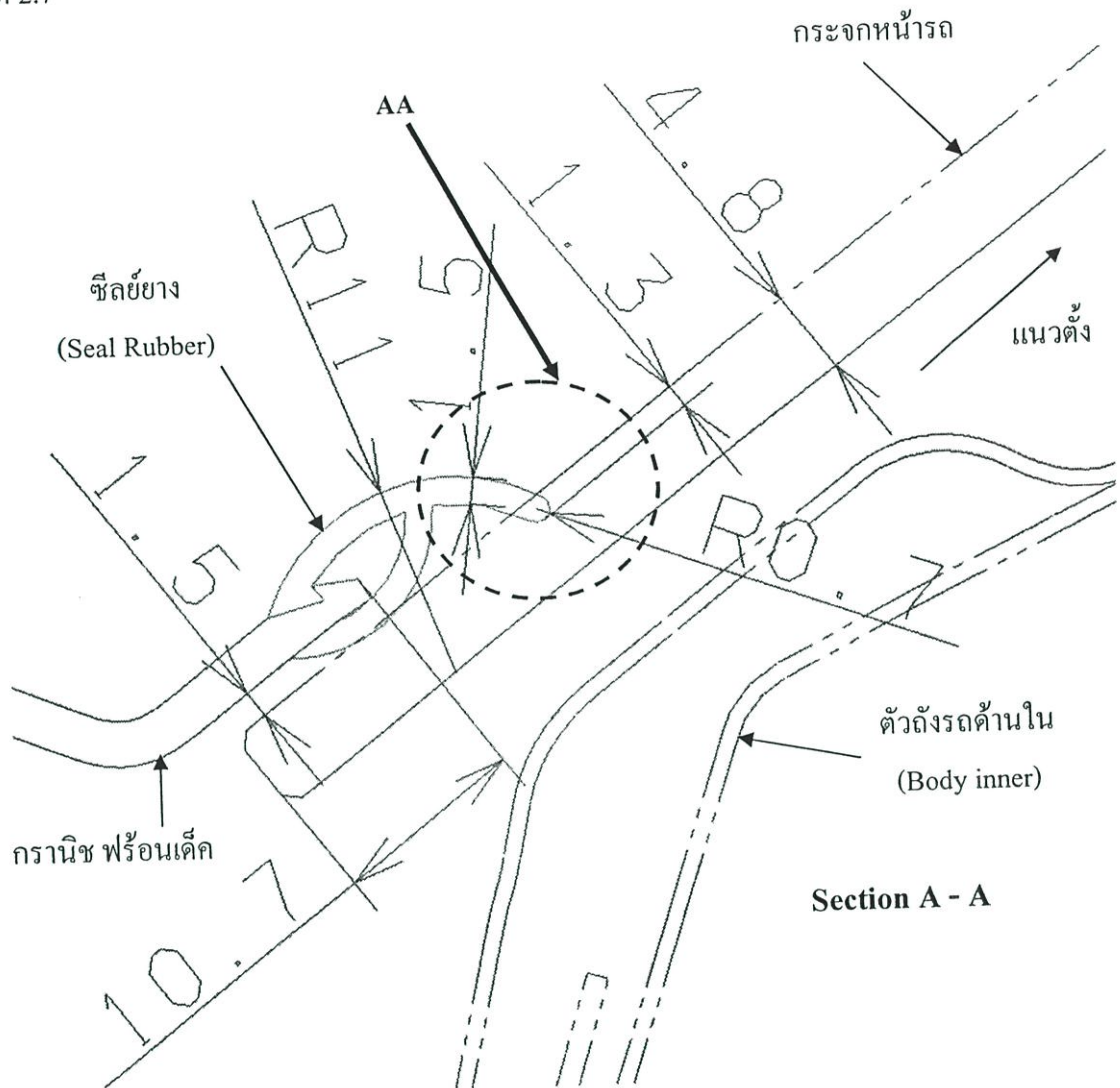
9. ขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดพลาสติก (Plastic Injection Process)

10. ต้องผ่านข้อกำหนดเฉพาะ ของวัสดุที่เป็นชิ้นส่วนพลาสติก สำหรับชิ้นงานพลาสติกที่อยู่ด้านนอกของรถยนต์ (Exterior Part) (Directive 2000/53/EC of The European Parliament and of The Council on End of Life Vehicles.)[6]



รูปที่ 2.6 ชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเต็ค สำหรับการทดสอบ

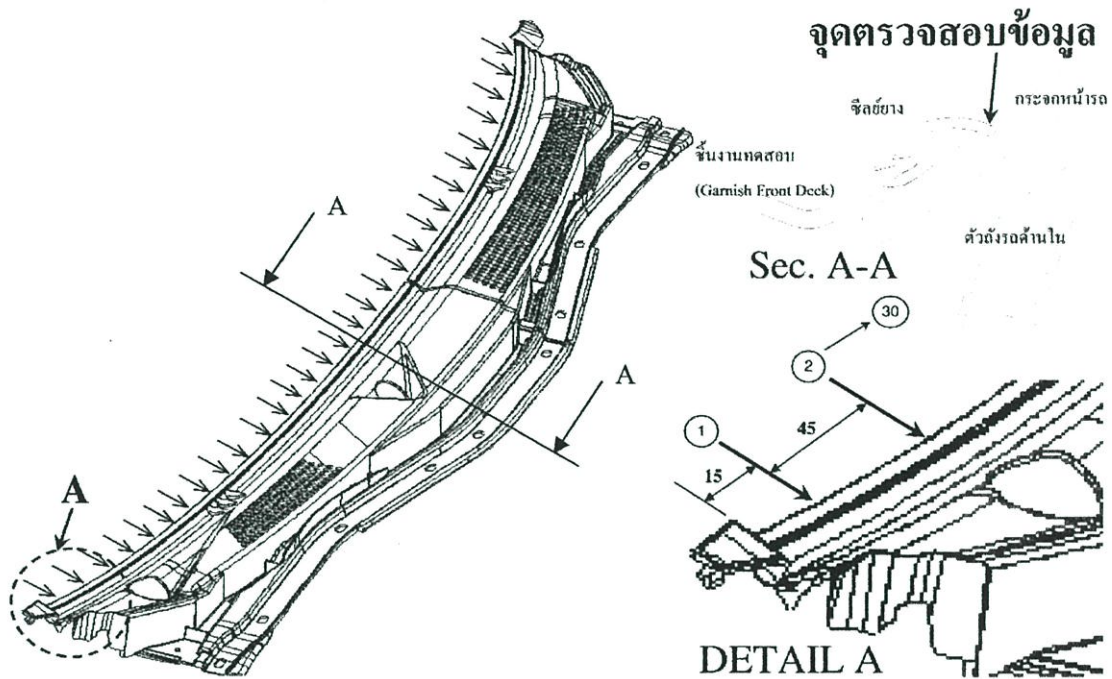
จากรูปที่ 2.6 จะแสดงชิ้นงานสำหรับการทดสอบและชิ้นงานที่เกี่ยวข้องสำหรับทำภาคตัดของชิ้นงานเพื่อแสดงขนาดที่ต้องควบคุมของชิ้นงานที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ภาคตัด A-A ของฟังก์ชันที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 2.7 จะมีการควบคุมชิ้นงาน โดยที่ การประกอบบริเวณ AA ปลายของซีลยางจะต้องประกอบกับกระจกหน้าของรถยนต์โดยให้มีช่องว่างเท่ากับ  $0 \pm 0.2$  มิลลิเมตร รัศมีความโค้งของกระจกหน้ารถในแนวตั้งเท่ากับ 8200(R8200), รัศมีความโค้งของกระจกหน้ารถในแนวนอนเท่ากับ 4500(R4500) โดยซีลยางมีความหนาที่ 1.5 มิลลิเมตร ทำการออกแบบให้ปลายซ้อนทับกับกระจกประมาณ 1.3 มิลลิเมตร เพื่อใช้ประโยชน์ของฟังก์ชันความยืดหยุ่นของยางในการลดหรือปิดช่องว่างจากการประกอบบนตัวรถจริง และตัวซีลยางจะมีฟังก์ชันการประกอบกับชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ก ขาวตลอดแนวแกนนอนดังรูปที่ 2.7

2.5.2 แนวคิดในการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์พลาสติก



รูปที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของชั้นงานทดสอบและภาคตัดของฟังก์ชันที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์สำหรับตรวจสอบช่องว่างระหว่างซีลซียางและกระเบื้องหน้าของรถ

ในการหาค่าความสามารถของกระบวนการในการวัดระดับคุณภาพและความต้องการในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องมีการตรวจสอบข้อมูล โดยการวัดค่าช่องว่างระหว่างซีลซียางและกระเบื้องหน้าของรถยนต์สำหรับการนำข้อมูลไปคำนวณหาค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ  $C_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะสั้น) และ  $P_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะยาว) และค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนแฝงจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเงื่อนไขในการวัดค่าดังนี้ (ดังรูปที่ 2.8)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) ของจุดตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ  $0 \pm 0.2$  มิลลิเมตร
  2. ตัวอย่างชั้นงานสำหรับตรวจสอบข้อมูลขั้นต่ำ 30 ชิ้น (จากรูปที่ 2.13)
  3. บริเวณและจำนวนจุดในการตรวจสอบทั้งหมด 30 จุด/ชิ้น โดยวิธีการตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 2.8 DETAIL A
  4. ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดฟิลเลอร์เกจ (Filler gauge) ซึ่งมีความหนาในแต่ละแผ่นตั้งแต่ 0.01-1.0 มิลลิเมตร
- ผลการตรวจสอบข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2.1(ก), (ข)

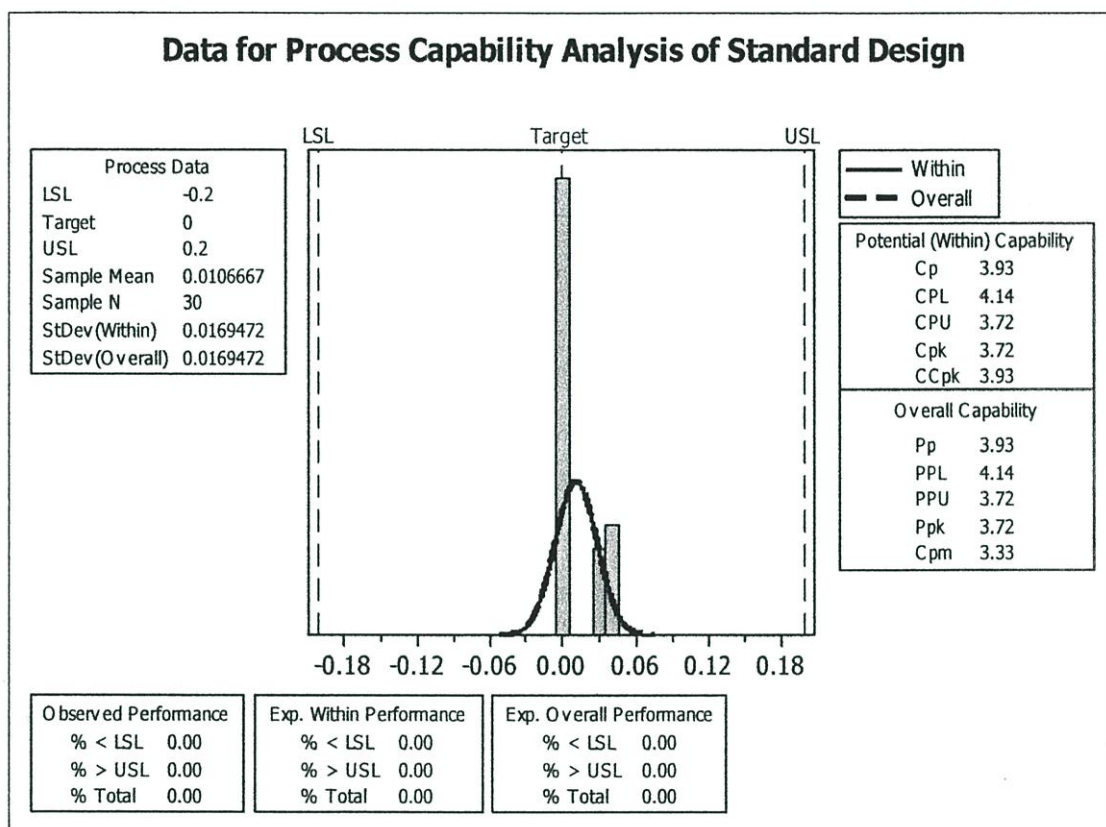
จุดตรวจสอบ \ ชิ้นงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0
5	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
7	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0
10	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
12	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0.04	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0.04	0	0.04	0
16	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
17	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
18	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0
19	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
24	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0
25	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
26	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 2.1(ก) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างซี่ล้อยางและกระจกหน้ารถของฟังก์ชันที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-15

จุดตรวจสอบ \ ชั้นงาน	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04
5	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
6	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
7	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0	0	0	0
10	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
12	0.04	0	0.04	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0.04	0	0.04
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0.04
16	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
17	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
18	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0
19	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
24	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0
25	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
26	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 2.1(ข) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างซีลียงและกระจกหน้ารถของฟังก์ชันที่ออกแบบ  
ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากตัวอย่างชั้นงานที่ 16-30

จากตารางที่ 2.1(ก), (ข) นำข้อมูลการตรวจสอบช่องว่างระหว่างซี่ล้อยางและกระจกหน้ารถของฟังก์ชันที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-30 มาคำนวณหาค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ  $C_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะสั้น) และ  $P_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะยาว) และค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนแฝงจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม MINITAB Release 13 ได้ผลดังนี้



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงผลของ  $C_{pk}$ ,  $P_{pk}$  และค่าของเสียในกระบวนการที่ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์

2.5.3 ผลที่ได้ของการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์พลาสติก จากกราฟในรูปที่ 2.9 ค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อธิบายได้ดังนี้

#### 1. ในส่วนของ Process Data

1.1 LSL(Lower Specification Limit) = -0.2 มิลลิเมตร, พิกัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะ

1.2 Target = 0 มิลลิเมตร ,ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

1.3 USL(Upper Specification Limit) = 0.2 มิลลิเมตร, พิกัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะ

- 1.4 Sample Mean = 0.010667, ค่าเฉลี่ยของพิกัด
- 1.5 Sample N = 30 ชิ้น, ตัวอย่างชิ้นงานที่ทำการสุ่มตัวอย่าง
- 1.6 StDev(Within) = 0.0169472, ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยระยะสั้น
- 1.7 StDev(Overall) = 0.0169472, ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยระยะยาว

## 2. ในส่วนของ Potential(Within) Capability

- 2.1 Cp = 3.93 คือค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.93
- 2.2 CPL = 4.14 คือขอบเขตล่างของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 4.14
- 2.3 CPU = 3.72 คือขอบเขตบนของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.72
- 2.4 Cpk = 3.72 คือค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.72 ซึ่งเป็นค่าที่ดีเหลือเชื่อ (ตารางที่ 2.4) สำหรับสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้น

## 3. ในส่วนของ Overall Capability

- 3.1 Pp = 3.93 คือค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.93
- 3.2 PPL = 4.14 คือขอบเขตล่างของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 4.14
- 3.3 PPU = 3.72 คือขอบเขตบนของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.72
- 3.4 Ppk = 3.72 คือค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.72 ซึ่งเป็นค่าที่ดีเหลือเชื่อ (ตารางที่ 2.4) สำหรับสมรรถนะของกระบวนการระยะยาว
- 3.5 Cpm = 3.33 คือค่ากลางของพิกัดข้อกำหนดเฉพาะซึ่งแสดงดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 3.33

## 4. ในส่วนของ Exp. Overall Performance

- 4.1 % < LSL = 0 % เปอร์เซ็นต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิกัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว
- 4.2 % > USL = 0 % เปอร์เซ็นต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่สูงกว่าพิกัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว

4.3 % Total = 0% ผลรวมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัด้านล่าง และสูงกว่าพิคัด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว

#### 5. ในส่วนของ Exp. Within Performance

5.1 % < LSL = 0 % เปอร์เซ็นต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

5.2 % > USL = 0 % เปอร์เซ็นต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่สูงกว่าพิคัด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

5.3 % Total = 0 % ผลรวมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัด้านล่าง และสูงกว่าพิคัด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

#### 2.5.4 ข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์พลาสติก

จากกราฟในรูปที่ 2.9 จะใช้ค่าสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้น,  $C_{pk} = 3.72$  และค่าสมรรถนะของกระบวนการระยะยาว,  $P_{pk} = 3.72$  เป็นค่าพารามิเตอร์บ่งชี้หรือชี้วัดความต้องการทางด้านคุณภาพและสมรรถนะของกระบวนการในการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass Production) ซึ่งค่า  $C_{pk}$  และ  $P_{pk}$  ที่ได้จากกระบวนการนี้เป็นฟังก์ชันของกระบวนการที่มีค่าสูงเกินความต้องการของโรงงานในการผลิตเป็นจำนวนมาก (Function  $\uparrow\uparrow$ ) ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุงโดยวิธีการลดต้นทุนลงด้วยวิธีการของวิศวกรรมคุณค่า ส่วนรายละเอียดของมาตรฐานการชี้วัดค่าสมรรถนะของกระบวนการและวิธีการของวิศวกรรมคุณค่าในการลดต้นทุนจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

### 2.6 ความหมายและแนวความคิดของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงความหมายคำดัชนี ตัวแปร ค่าพารามิเตอร์ ซึ่งในการบริหารคุณภาพของกระบวนการนั้น มีความจำเป็นต้องค้นหาสารสนเทศผ่านทางตัวเลขดัชนีหรือเครื่องมือต่างๆ เพื่อให้รับทราบถึงความสามารถของกระบวนการที่บ่งชี้ถึงผลจากการออกแบบกระบวนการดังกล่าว ตลอดจนการควบคุมกระบวนการที่บ่งชี้ถึงผลจากการควบคุมกระบวนการ ทั้งนี้เพื่อการตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมต่อไป โดยวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะวางขอบเขตที่จะขอกกล่าวเฉพาะการศึกษาและวิเคราะห์ถึงความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการเท่านั้น

เนื้อหาจะกล่าวถึงความหมายของความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการ ความมีเสถียรภาพของกระบวนการ ตลอดจนแนวความคิดในการวิเคราะห์ความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการ ดังนี้

#### 2.6.1 ความหมายของความสามารถของกระบวนการ

นักวิชาการและสมาคมวิชาชีพจำนวนมากภายใต้พยายามสรุปถึงความหมายของความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) ไว้ อาทิ Montgomery (1996, p. 431) ได้นิยามไว้ว่า ความสามารถของกระบวนการ จะหมายถึงความสม่ำเสมอ (Uniformity) ของกระบวนการ ซึ่งจะทำให้การวัดได้จากค่าความผันแปรของผลที่ได้ (output) จากกระบวนการ โดยอาจจำแนกออกได้ 2 ประเภทคือ ความผันแปรโดยธรรมชาติในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และความผันแปรตลอดช่วงเวลา ในขณะที่ ASQC (1996, p.93) ได้นิยามไว้อย่างสั้น ๆ ว่า ความสามารถของกระบวนการ คือ “พิกัดที่แสดงถึงความผันแปรที่เครื่องมือหรือกระบวนการหนึ่งดำเนินการภายใต้ความผันแปรต่าง ๆ ที่ประเมินจากสถานะที่หลากหลาย” (The limits within which a tool or process operates based upon minimum variability as governed by the prevailing circumstances) และได้ขยายความหมายเพิ่มเติมสำหรับคำว่า “สถานะที่หลากหลาย (The prevailing circumstances) ว่าเป็นความผันแปรภายในของกระบวนการหนึ่งซึ่งประกอบด้วย พนักงานคนเดียว วัตถุดิบจากแหล่งเดียว และอื่นๆ ซึ่งมีความแตกต่างไปจากกระบวนการที่ประกอบด้วยพนักงานหลาย ๆ คน วัตถุดิบจากหลาย ๆ แหล่ง และอื่น ๆ ซึ่งถ้ามีการประเมินความผันแปรภายในภายใต้สถานะที่จำกัดมาก ๆ (Restricted circumstance) แล้ว ก็มีความจำเป็นต้องรวมเอาแหล่งความผันแปรที่มีโอกาสก่อให้เกิดความผันแปรที่ไม่สามารถกำจัดทิ้งไว้ในการศึกษาด้วย

อย่างไรก็ตาม นิยามที่กล่าวไว้ค่อนข้างละเอียด และครอบคลุมมากกว่านิยามอื่น ๆ จะเป็นนิยามของ Juran และ Gryna ดังที่ Juran and Gryna (1998,p.16.14)[3] และ Juran and Gryna (1993,p.393)[3] ได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้

กระบวนการ (Process) คือ องค์ประกอบที่แน่นอนประการหนึ่งของเครื่องจักร อุปกรณ์ วิธีการ วัตถุดิบ และพนักงานที่ก่อให้เกิดการผลิต (Unique combination of machine, tools, methods, materials and people engaged in production)

ความสามารถ (capability) คือ ความสามารถที่ขึ้นอยู่กับสมรรถนะที่ได้รับการทดสอบเพื่อให้บริการผลลัพธ์ที่สามารถวัดได้ (Competence, based on tested performance, to achieve measurable results)

ดังนั้น ความสามารถของกระบวนการ (process capability) หมายความว่า ความผันแปรโดยธรรมชาติที่ได้รับการวัดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ศึกษา (The measured, inherent variation of the product turned out by a process) โดยที่ Juran and Gryna (1993, p.393)[3] ได้ขยายความเพิ่มเติมไว้ว่า ความสามารถที่ได้รับการวัด (Measured capability) จะหมายถึง ค่าความสามารถของกระบวนการที่ได้รับการประเมินผ่านข้อมูลซึ่งเป็นผลมาจากการวัดงานที่ได้รับการผลิตจากกระบวนการที่ศึกษา และความสามารถโดยธรรมชาติ (Inherent capability) จะหมายถึง ความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากกระบวนการที่อยู่ภายใต้สถานะการควบคุม

นอกจากนี้ ผู้สนใจยังสามารถศึกษานิยามของความสามารถของกระบวนการได้จาก AIAG (1995, p.79)[3] Amsden et al. (1986, p. 133)[3] Kane (1989, p. 267)[3] Mitra (1998, p. 378)[3] Western Electric Inc. (1984, p. 34)[3] และ Wheeler and Chamber (1986, p. 125)[3]

หลังจากที่ได้นิยามถึงความหมายของความสามารถของกระบวนการแล้ว ลำดับต่อไปจะมานิยามถึงความหมายของการศึกษาความสามารถของกระบวนการ และการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ โดย Montgomery (1996, p.431-432)[3] ได้แยกความแตกต่างในความหมายของคำทั้งสองไว้ค่อนข้างชัดเจน กล่าวคือ การศึกษาความสามารถของกระบวนการ[3] (Process capability study) จะหมายถึง การกำหนดตัวพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการ แล้วทำการวัดเพื่อการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงค่าของพารามิเตอร์ดังกล่าว และถ้าข้อมูลอยู่ในสภาวะภายใต้การควบคุมก็จะทำการอนุมานทางสถิติสำหรับกระบวนการที่ศึกษาต่อไป และอาจจะเรียกการศึกษานี้ว่า การกำหนดลักษณะของผลิตภัณฑ์ (Product characterization) สำหรับการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ(Process capability analysis) จะหมายถึง การประเมินความผันแปรของกระบวนการ (อาจอยู่ในรูปของฟังก์ชันความน่าจะเป็นที่จะระบุทั้งรูปทรง ค่ากลางและปริมาณการกระจายของการแจกแจง) และวิเคราะห์ความผันแปรนี้กับข้อกำหนดหรือสเปกของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนพิจารณาถึงแหล่งความผันแปรต่าง ๆ เพื่อหาทางลดความผันแปรที่ศึกษาต่อไป นอกจากนี้ นักวิชาการบางท่าน อาทิ Mitra (1998, p.374)[3] และ Harry (1997, p 9-10)[3] ได้สรุปความหมายของการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการให้อยู่ในรูปง่าย ๆ ว่า หมายความว่า การหาค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าว ในขณะที่นักวิชาการบางท่าน อาทิ Western Electric Inc (1984, p. 34-36)[3] กลับถือว่าคำทั้งสองมีความหมายใกล้เคียงกันจนไม่มีความจำเป็นต้องพิจารณาแยกคำทั้งสองออกจากกัน

สำหรับในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะถือว่าคำทั้งสองมีความแตกต่างกันคือ การรักษาความสามารถของกระบวนการ จะครอบคลุมถึงการกำหนดพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ และการประเมินค่าความผันแปรของพารามิเตอร์ดังกล่าว ในขณะที่การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จะครอบคลุมถึงการรักษาความผันแปรของพารามิเตอร์เทียบกับข้อกำหนดเฉพาะหรือสเปกของผลิตภัณฑ์ และกำหนดสาเหตุของความผันแปรเพื่อการลดความผันแปรของกระบวนการต่อไป

## 2.6.2 ความมีเสถียรภาพของกระบวนการ

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการควบคุมกระบวนการ ดังแสดงรูปที่ 2.10



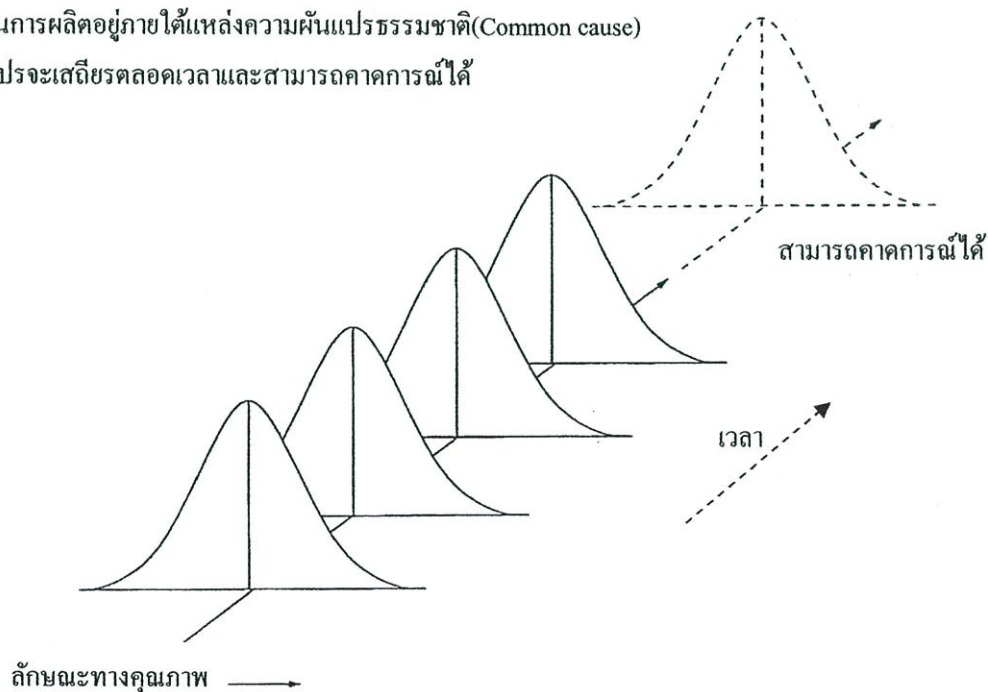
ปรมาจารย์คุณภาพ	มุมมอง	สาเหตุความผันแปร	
		สาเหตุธรรมชาติ	สาเหตุพิเศษธรรมชาติ
ดร. วอลเตอร์ ชิวฮาร์ต (Dr. Walter A. Shewhart)	สถิติ	สาเหตุแบบสุ่ม (random cause)	สาเหตุที่กำหนดได้ (assignable cause)
ดร.เอ็ดเวิร์ด เดมมิ่ง (Dr. Edward W. Demming)	การบริหาร	สาเหตุธรรมชาติ (common cause)	สาเหตุพิเศษธรรมชาติ (special cause)
ดร. โจเซฟ จูราน (Dr. Joseph M. Juran)	ระบบ	สาเหตุเรื้อรัง (chronic)	สาเหตุแบบครั้งคราว (sporadic cause)
ลักษณะเฉพาะของตัวแบบ		คาดการณ์ตัวแบบได้	คาดการณ์ตัวแบบไม่ได้

### ตารางที่ 2.2 ความผันแปรจากสาเหตุต่างๆในมุมมองของปรมาจารย์คุณภาพ[3]

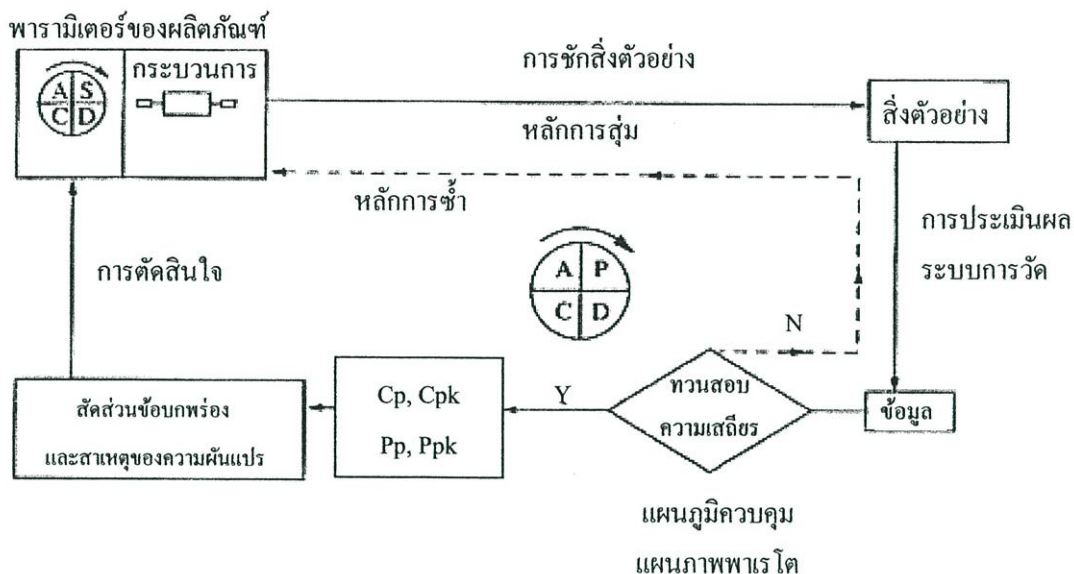
ความผันแปรที่มีสาเหตุจากธรรมชาติจะมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญคือสามารถคาดการณ์ตัวแบบได้เนื่องจากมีความเสถียรภาพดังแสดงในรูปที่ 2.11 (ก) ในขณะที่ความผันแปรที่มีสาเหตุพิเศษธรรมชาติ จะมีลักษณะที่ไม่สามารถคาดการณ์ตัวแบบได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (ข)

ถ้ากระบวนการผลิตอยู่ภายใต้แหล่งความผันแปรธรรมชาติ(Common cause)

ความผันแปรจะเสถียรตลอดเวลาและสามารถคาดการณ์ได้

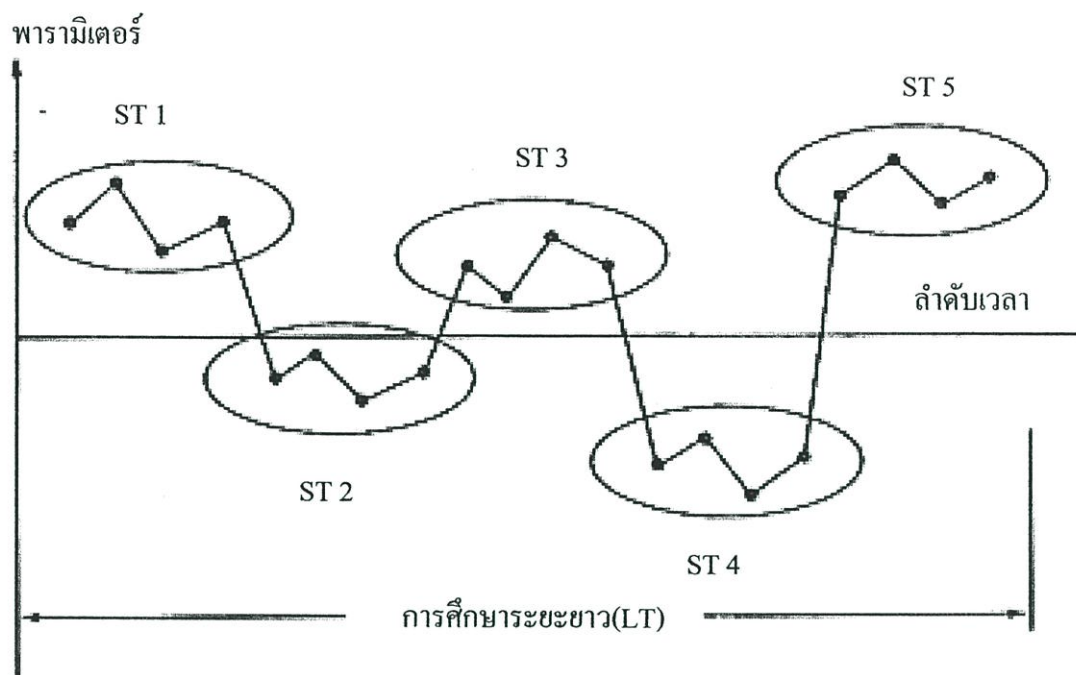


รูปที่ 2.11 (ก) ลักษณะของความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติ[3]



รูปที่ 2.12 กระบวนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ[3]

กระบวนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่แสดงในรูปที่ 2.12 นี้ อาศัยแนวความคิดกระบวนการตัดสินใจทางสถิติ โดยผู้สนใจในรายละเอียดสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากกิตติศักดิ์[3] บทที่ 2 และจากกระบวนการวิเคราะห์ดังกล่าวนี้ จะพบว่าการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะอยู่ภายใต้แนวความคิดความมีเสถียรภาพของกระบวนการ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้วิเคราะห์จะต้องทำความเข้าใจถึงพฤติกรรมของความผันแปรที่อาจจำแนกออกเป็นลักษณะของความผันแปรโดยธรรมชาติในช่วงระยะเวลาสั้นๆ (Short Term - ST) ซึ่งจะแสดงถึงความสามารถในการซ้ำหรือรีพีทเทบิลิตี้ (Repeatability) ของกระบวนการ โดย Harry and Lawson (1998)[3] ได้นิยามความหมายของช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (ST) นี้ว่าเป็นเซตย่อย (Subset) ของกระบวนการที่ได้รับการรวบรวมขึ้นมาในช่วงเวลาสั้นๆ ที่เพียงพอต่อการกำจัดสาเหตุความผันแปรที่ผิดปกติออกไปได้ และโดยปกติจะใช้สารสนเทศจากการศึกษานี้สำหรับกำหนดความผันแปรภายใต้สถานะที่ดีที่สุด(Entitlement)ของกระบวนการ

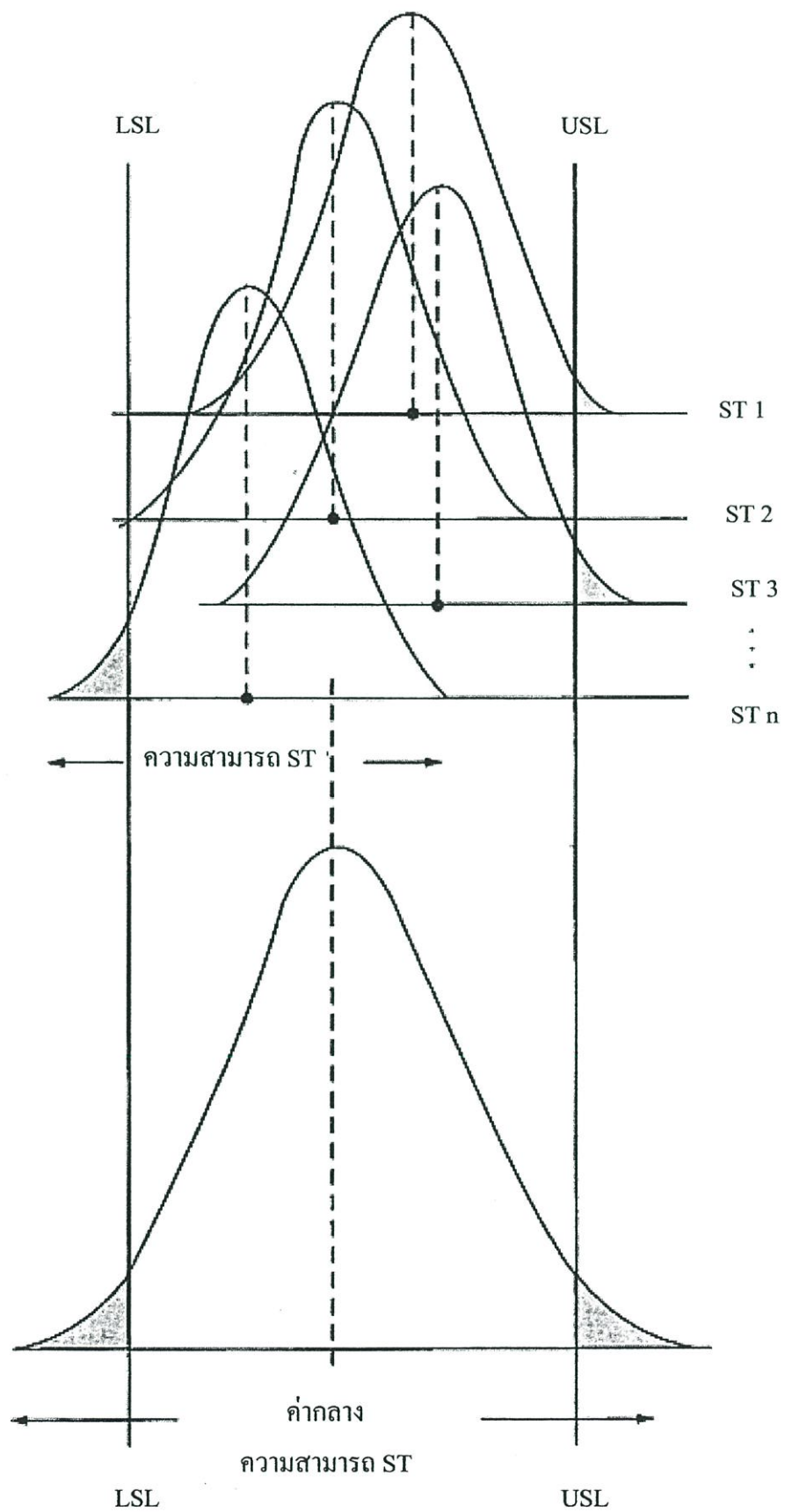


รูปที่ 2.13 ความผันแปรของการศึกษาแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว[3]

จากรูปที่ 2.13 ได้แสดงให้เห็นว่าขนาดของความผันแปรของกระบวนการในระยะเวลาสั้นจะมีความใกล้เคียงหรือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ แต่ถ้าหากมีการศึกษาในระยะเวลาที่ยาว (Long Term-LT) ขึ้นแล้ว จะพบว่าขนาดความผันแปรจะมีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากความผันแปรระหว่างเวลาที่เกิดขึ้นที่จะแสดงถึงความสามารถในการทำเหมือน หรือ รีโพรดิวซิบิลิตี้ (Reproducibility) ของกระบวนการ โดย Harry and Lawson (1998)[3] ให้นิยามความหมายของช่วงระยะเวลายาว (LT) นี้ว่าเป็นเซตย่อย (Subset) ของกระบวนการที่ได้รับการรวบรวมขึ้นมาในช่วงระยะเวลายาวพอที่จะรวบรวมสาเหตุของความผันแปรไว้ทั้งหมด และ Harry and Lawson (1998)[3] ยังได้แนะนำให้ใช้ข้อมูลจำนวนประมาณ 30-200 ตัว สำหรับการศึกษาระยะเวลายาว

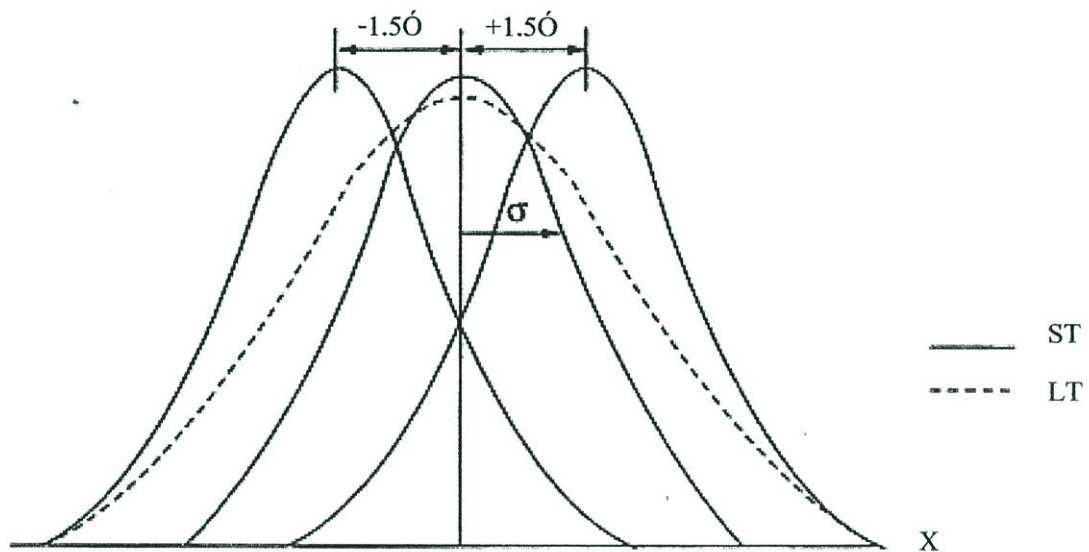
นอกจากนี้แล้ว Harry and Lawson (1998)[3] ยังได้แสดงถึงความสัมพันธ์ของความผันแปรของกระบวนการจากการศึกษาระยะสั้น (ST) และการศึกษาระยะยาว (LT) ดังรูปที่ 2.14 และได้กำหนดความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของความสามารถของกระบวนการทั้งสองดังรูปที่ 2.15 โดยจะพบว่าการศึกษาแบบระยะยาว (LT) จะเป็นความผันแปรที่ได้มาจากความผันแปรระหว่างช่วงเวลาของการศึกษา หรือรีโพรดิวซิบิลิตี้ที่เกิดมาจากความเบี่ยงเบนของความผันแปรแบบระยะสั้น (ST) ขนาด  $\pm 1.5$  เท่าของค่ารีพิทเทบิลิตี้ หรือ  $\pm 1.5\sigma$  รอบค่ากลางหรือค่าเซตตั้ง (Setting) ของกระบวนการ กล่าว คือ

$$LT = ST \pm 1.5\sigma \quad (2.1)$$



รูปที่ 2.14 ความสัมพันธ์ของความสามารถของกระบวนการแบบ ST และ LT [3]

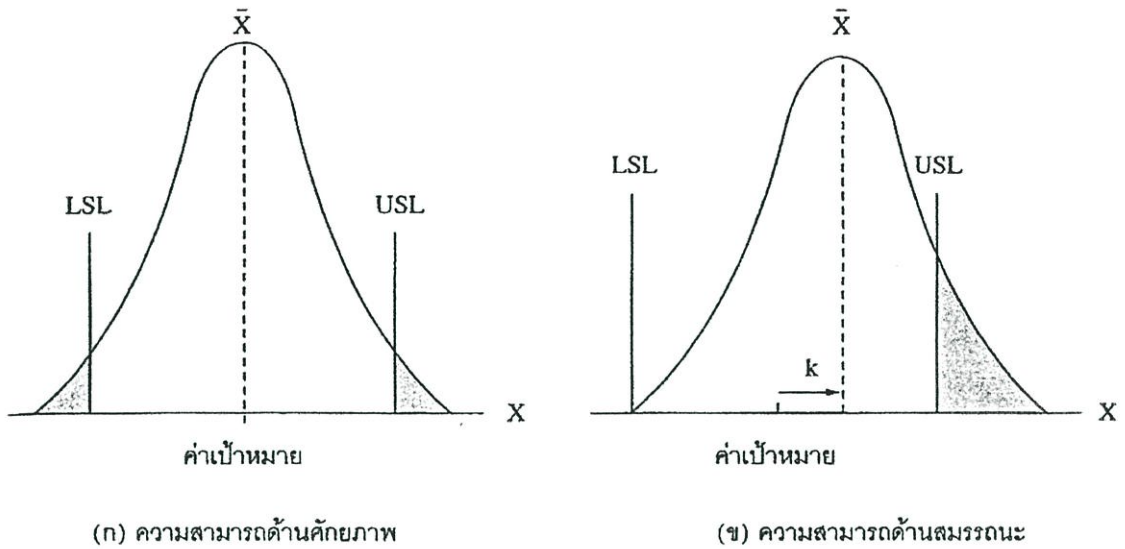
โดยผลจากการศึกษานี้เอง ทำให้พบว่าถ้าหากมีการประเมินความสามารถของกระบวนการแล้ว ก็ควรจะมีการศึกษาภายใต้ การศึกษาระยะยาว (LT) เพื่อจะให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่สะท้อนความเป็นจริงมากที่สุด



รูปที่ 2.15 ความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ของความผันแปรแบบ ST และ LT [3]

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนี้ จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหรือข้อกำหนดว่าจะพิจารณาค่าเซตตั้งของกระบวนการหรือไม่ในกรณีที่กำหนดค่าให้ค่าเซตตั้งของกระบวนการหรือค่าเฉลี่ยของกระบวนการอยู่ในตำแหน่งค่าเป้าหมาย (กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ไม่ได้ศึกษาถึงผลกระทบจากค่าเฉลี่ยของกระบวนการ) แล้ว จะเรียกหาความสามารถของกระบวนการที่ได้เฉพาะเจาะจงว่า ความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ (Process Potential Capability) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ก) แต่ถ้าหากการศึกษาให้ความสนใจถึงค่าเซตตั้งที่เป็นจริงของกระบวนการแล้ว จะเรียกหาความสามารถของกระบวนการที่ได้ว่า ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ (Process Performance Capability) ดังแสดงในรูปที่ 2.16 (ข) ซึ่งจะได้มีการกล่าวถึงรายละเอียดของการวิเคราะห์ด้านดัชนีต่างๆ ในหัวข้อต่อไป

ดังนั้น ภายใต้แนวความคิดที่กระบวนการมีเสถียรภาพเพื่อให้เกิดคุณสมบัติด้านความสามารถในการคาดการณ์ได้แล้ว จะทำการศึกษาความสามารถของกระบวนการทั้งในรูปของความสามารถด้านศักยภาพ[3] และความสามารถด้านสมรรถนะ[3] ที่ประกอบด้วยการศึกษาทั้งแบบ ST และ LT ดังสรุปในรูปที่ 2.17 โดยในการศึกษา LT นั้นอนุโลมให้กระบวนการอยู่ภายนอกการควบคุมก็ได้ (ดู Fasser and Bretter (1992) p. 274-5)[3]



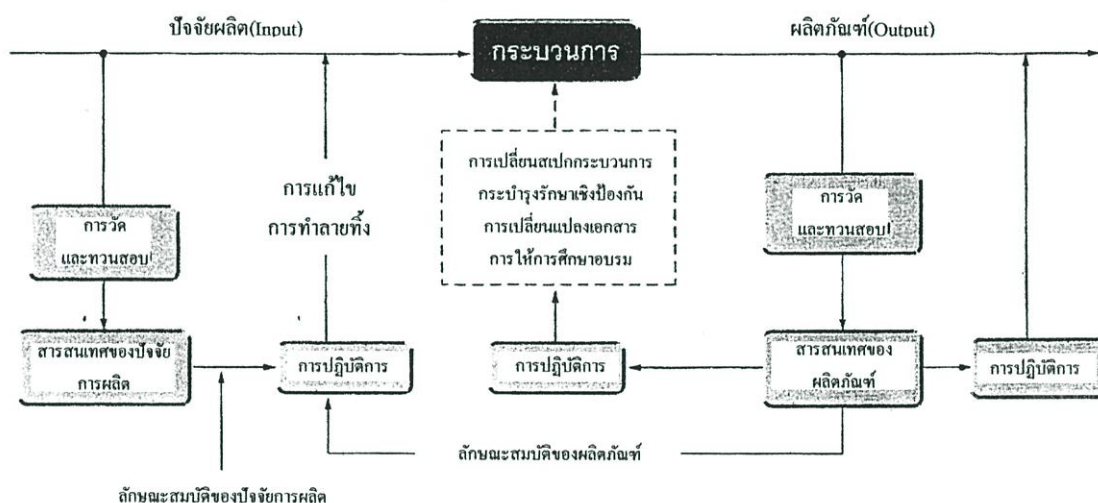
รูปที่ 2.16 ความผันแปรสำหรับความสามารถของกระบวนการ[3]

“ภาพถ่าย”		“ภาพถ่าย”
Cp	Pp	ความสามารถด้านศักยภาพ
Cpk	Ppk	ความสามารถด้านสมรรถนะ
ST การศึกษาภายใต้ การควบคุมเชิงสถิติ	LT การศึกษาภายใต้ สภาพจริงของ กระบวนการ (อาจไม่อยู่ภายใต้ การควบคุมเชิงสถิติก็ได้)	

รูปที่ 2.17 บทสรุปแนวคิดการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ[3]

#### 2.6.4 ตัวแบบของการศึกษาความสามารถของกระบวนการ

กิตติศักดิ์[3] ได้เสนอตัวแบบการศึกษาความสามารถของกระบวนการดังรูปที่ 2.17 ซึ่งจะพบว่าในการศึกษาความสามารถของกระบวนการนี้จะได้จากการวัดพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ และจะต้องมีการทวนสอบระบบการวัดเพื่อให้ได้สารสนเทศมากที่สุดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เพื่อตัดสินใจปฏิบัติการกับผลิตภัณฑ์ที่ได้ พร้อมกับการตัดสินใจปฏิบัติการกับพารามิเตอร์ของกระบวนการ อาทิ การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการ การดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับอุปกรณ์และเครื่องจักร การเปลี่ยนแปลงระบบเอกสารสำหรับวิธีปฏิบัติการทำงาน ตลอดจนการให้การศึกษาและการฝึกอบรมพนักงานใหม่ ฯลฯ นอกจากนี้สารสนเทศที่ได้จากผลิตภัณฑ์ยังสามารถป้อนกลับไปยัง ปัจจัยผลิต (Input) เพื่อการป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับกระบวนการได้



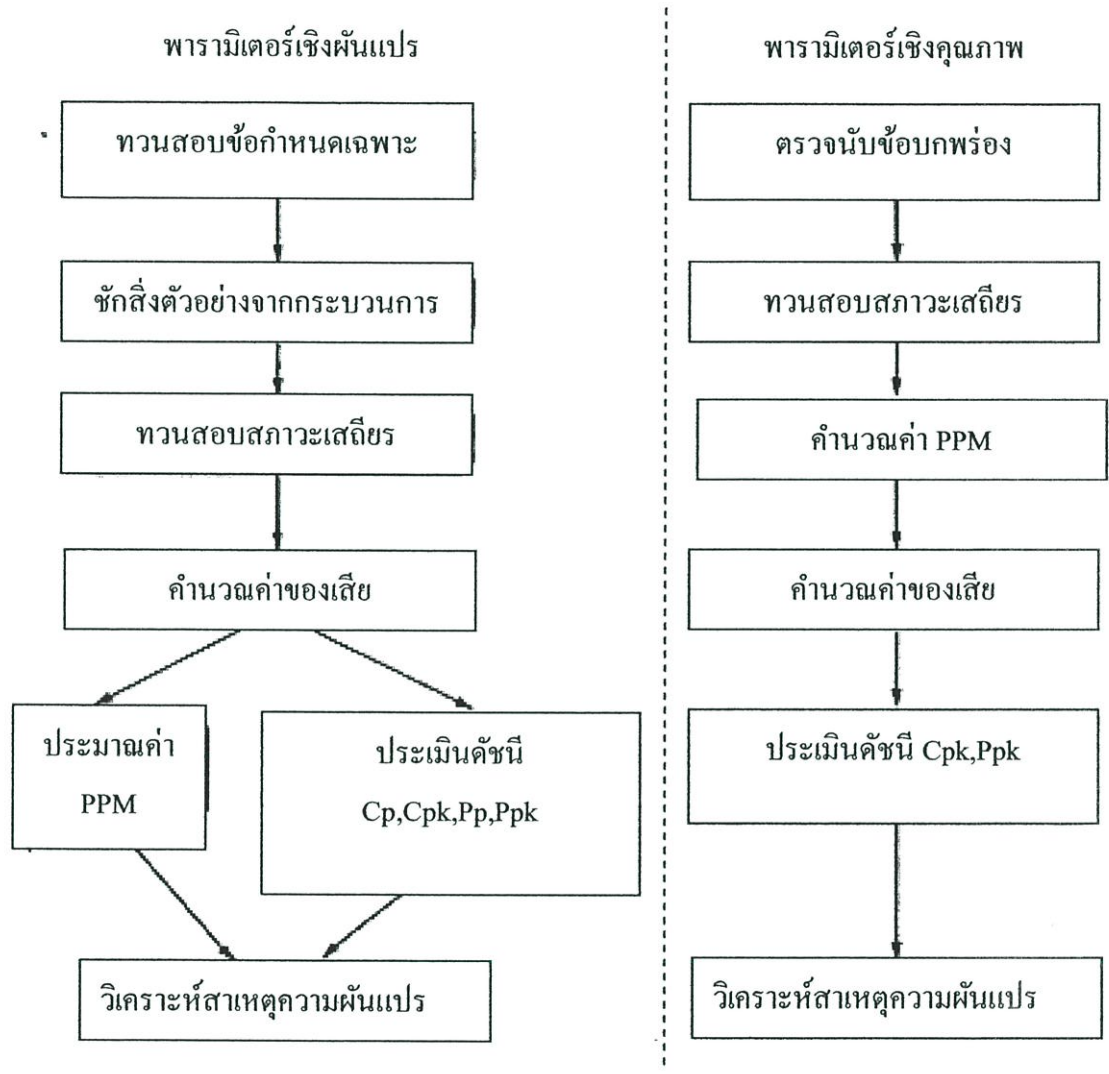
รูปที่ 2.18 ตัวแบบการศึกษาความสามารถของกระบวนการ[3]

ในการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ มีขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้คือ

1. การทวนสอบข้อกำหนดเฉพาะหรือสเปก ซึ่งสามารถดำเนินการได้จากการทวนสอบแบบ (Design output) ของผลิตภัณฑ์และทบทวนข้อตกลงกับลูกค้าว่ายอมรับข้อกำหนดเฉพาะดังกล่าวหรือไม่
2. การซักสิ่งตัวอย่างจากกระบวนการ ทั้งแบบระยะสั้นและแบบระยะยาว
3. การทวนสอบสถานะเสถียรภาพของกระบวนการ โดยอาศัยแผนภูมิควบคุม เพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จากสิ่งตัวอย่างอยู่ภายใต้การควบคุมเชิงสถิติสำหรับกำหนดคุณสมบัติได้ในด้านความสามารถการคาดการณ์ได้หรือไม่
4. การประเมินค่ามาตรฐานของสเปก (Z-score) และ

5. การประเมินค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ พร้อมการวิเคราะห์สาเหตุของความผันแปร เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการที่กล่าวนี้สรุปได้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ[3]

การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนี้จัดเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากของโปรแกรมการปรับปรุงคุณภาพโดยรวม โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนี้สามารถใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อาทิ

1. การคาดการณ์ว่ากระบวนการมีความสามารถในการผลิตได้ตามข้อกำหนดเฉพาะได้ดีเพียงใด
2. การช่วยเหลือพนักงานหรือนักวิจัยพัฒนาในการตัดสินใจเลือกหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการ

3. การช่วยกำหนดความถี่ของการชักสิ่งตัวอย่างเพื่อการเฝ้าพิทักษ์กระบวนการ
4. การกำหนดความต้องการด้านสมรรถนะสำหรับอุปกรณ์ใหม่
5. การเลือกผู้ส่งมอบ และควบคุมผู้ส่งมอบ
6. การวางแผนลำดับขั้นตอนของกระบวนการผลิตเมื่อมีอิทธิพลร่วม (Interaction effect) ของกระบวนการ
7. การลดความผันแปรในกระบวนการผลิต
8. การลดต้นทุนคุณภาพ (Cost of quality) ด้วยการลดต้นทุนด้านข้อบกพร่องด้านคุณภาพอันเนื่องมาจากการลดปริมาณข้อบกพร่องของกระบวนการลง

ดังนั้น การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการนี้จึงเป็นกลวิธีที่มีความสำคัญมากต่อการประยุกต์เพื่อการบริหารคุณภาพตามวงจรคุณภาพของระบบของบริหารคุณภาพทั้ง ISO/QA 9000 กล่าวคือตั้งแต่การออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบกระบวนการ การคัดเลือกผู้ส่งมอบ การวางแผนการผลิต การผลิต การตรวจสอบหลังการผลิต การหีบห่อ การเก็บรักษา ตลอดจนการบริการหลังขาย

โดยสรุปแล้วความหมายของคำว่า “ความสามารถของกระบวนการ” ที่กำหนดให้หมายความถึงความผันแปรจากสาเหตุธรรมชาติที่ได้รับการวัดของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการที่ศึกษานอกจากนี้ยังได้นิยามความหมายของ “การรักษาความสามารถของกระบวนการ” ว่าหมายถึง การกำหนดตัวพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากกระบวนการแล้วทำการวัดเพื่อการรวบรวมข้อมูลที่แสดงถึงค่าของพารามิเตอร์ดังกล่าว ในขณะที่ “การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ” จะหมายความถึง การประเมินความผันแปรของกระบวนการ และวิเคราะห์ความผันแปรนี้กับข้อกำหนดหรือสเปกของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนพิจารณาถึงแห่งความผันแปรต่าง ๆ เพื่อหาทางลดความผันแปรที่ศึกษาต่อไป

ในการศึกษาและวิเคราะห์ความผันแปรนี้จะดำเนินการได้ภายใต้ช่วงระยะเวลาศึกษาสั้น ๆ (ST) หรือช่วงระยะเวลาศึกษาที่ยาว (LT) ซึ่งอาจกำหนดความสัมพันธ์ของความผันแปรจากการศึกษาทั้งสองแบบได้ว่า  $LT = ST \pm 1.5\sigma$  โดยการศึกษาช่วงระยะเวลาศึกษาสั้น ๆ ต้องศึกษาภายใต้สภาวะที่มีเสถียรภาพของกระบวนการเพื่อให้ข้อมูลมีคุณสมบัติด้านความสามารถในการคาดการณ์ได้ โดยการทวนสอบ สำหรับการศึกษาระยะเวลาศึกษาที่ยาว จะทำการศึกษาภายใต้สภาพจริงของกระบวนการจึงสามารถอนุมูล้อมสำหรับการศึกษาภายใต้ สภาวะออกนอกการควบคุมของกระบวนการได้ นอกจากนี้แล้ว การศึกษาและวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการยังแบ่งออกได้เป็นความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ และความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

ในด้านตัวแบบของการศึกษาความสามารถของกระบวนการนี้ จะพิจารณาได้จากการเลือกค่าพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ การทวนสอบระบบการวัดเพื่อให้ข้อมูลมีสารสนเทศ

เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ให้มากที่สุด จากนั้นจะมีการตัดสินใจเพื่อปฏิบัติการแก้ไขเฉพาะหน้ากับผลิตภัณฑ์พร้อมกับการวิเคราะห์ความผันแปรอันเนื่องมาจากระบวนการเพื่อการตัดสินใจปฏิบัติการกับพารามิเตอร์ของกระบวนการสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการต่อไป

### 2.6.5 ดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ $C_p$ และ $P_p$

การปรับปรุงคุณภาพมีความจำเป็นต้องกำหนดตัววัดที่จะทำให้ผู้เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงการลดความผันแปรรอบค่าเป้าหมายอย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุดังกล่าวนี้เอง Osuga (1964)[3] จึงได้กำหนดให้วัดความสามารถของกระบวนการในรูปของความผันแปรของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต ซึ่งถือเป็นดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ (Process capability index ; PCI) โดยให้นิยามว่า

$$PCI = \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ยอมรับให้เกิด}}{\text{ความสามารถของกระบวนการ}} \quad (2.2)$$

โดย Osuga (1964)[3] เรียก PCI สำหรับการศึกษาระยะสั้นว่า ดัชนี  $C_p$  ดังนั้น

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{ST}} \quad (2.3)$$

สำหรับดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการในระยะยาว จะแทนด้วยดัชนี  $P_p$  โดย

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_{LT}} \quad (2.4)$$

โดยสมการ (2.3) และ (2.4) ใช้สำหรับการประเมินค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการ เมื่อข้อกำหนดเฉพาะมีพิสัยความคลาดเคลื่อนอนุโลมแบบสองด้าน

### 2.6.6 ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ $C_{pk}$ และ $P_{pk}$

จากที่ได้กล่าวถึงดัชนี  $C_p$  ที่เป็นตัววัดความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการมาแล้วในหัวข้อ 2.6.5 โดยที่ดัชนีดังกล่าวจะสะท้อนเพียงแค่ผลจากการออกแบบ (คือค่าการกระจายของผลิตภัณฑ์เนื่องมาจากระบวนการ) เท่านั้น แต่มิได้สะท้อนถึงผลจากการควบคุม (คือ ค่าตำแหน่งของกระบวนการ)แต่อย่างใด ทำให้ผู้วิเคราะห์ไม่ทราบถึงผลที่เป็นจริงจากกระบวนการ

Kane (1986)[3] และ Kane (1989, p.272-3)[3] ได้กำหนดให้ใช้ดัชนีสะท้อนถึงค่าการเลื่อนไปจากค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะของตำแหน่งของกระบวนการ และเรียกว่า  $C_{pk}$  โดยที่  $k$  มาจาก Katayori ในภาษาญี่ปุ่น ที่มีความหมายถึงความเบี่ยงเบนไปหรือการเลื่อนออกไป

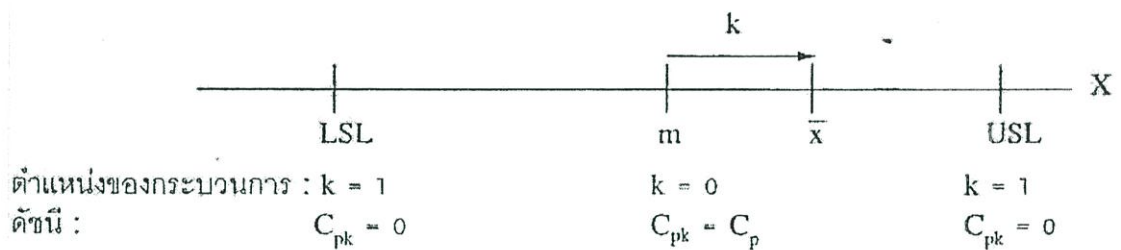
เมื่อ  $k = \frac{\text{ระยะระหว่างตำแหน่งของกระบวนการจากค่ากลางของสเปก}}{\frac{1}{2} \text{ ของความคลาดเคลื่อนอนุโลม}}$

$$= \frac{2|m - \bar{x}|}{USL - LSL} \quad (2.5)$$

โดย  $m = \frac{USL - LSL}{2} \quad (2.6)$

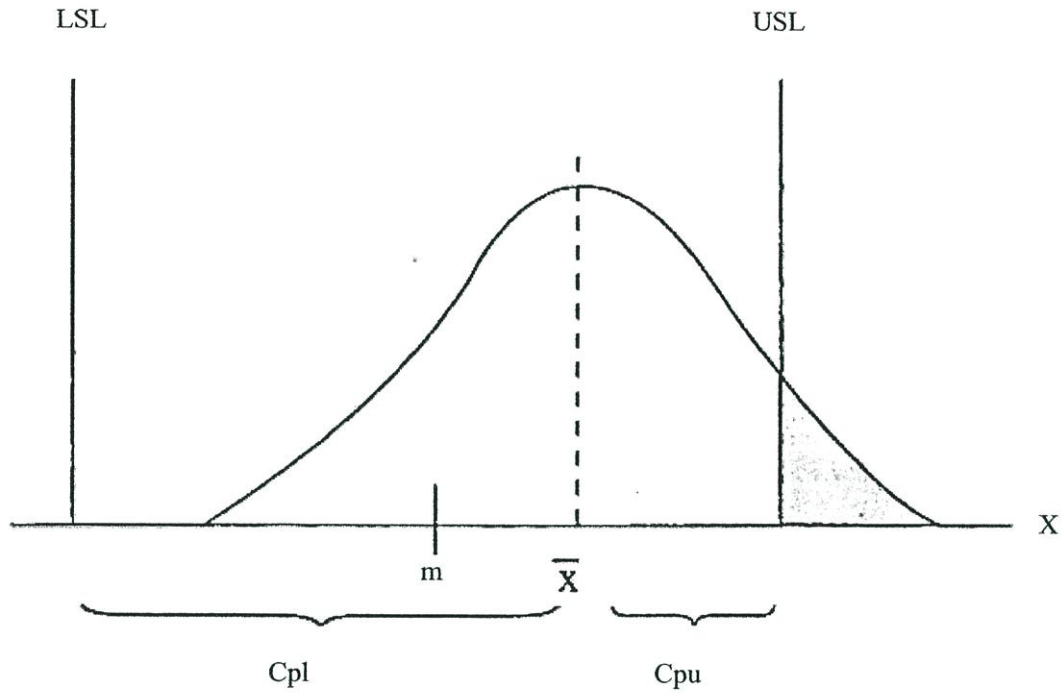
ดังนั้น  $C_{pk} = C_p (1 - k) \quad (2.7)$

ผู้ที่สนใจการพิสูจน์สูตรสมการ (2.7) ศึกษาได้จาก Bothe (1997, p.338-340) ความสัมพันธ์ของสมการ (2.7) แสดงได้ด้วยรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ความสัมพันธ์ของ  $C_{pk}$  กับพารามิเตอร์  $k$

นอกจากการประเมินค่าดัชนี  $C_{pk}$  จากสมการ (2.7) แล้ว ยังอาจจะประเมินค่าผ่านดัชนีชี้วัดความสามารถของกระบวนการ (PCI) ดังที่เคยแสดงไว้ในสมการที่ (2.2) โดยในกรณีนี้ตำแหน่งของกระบวนการมีจำเป็นต้องอยู่ที่ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะจึงพิจารณาแยกกันระหว่างพิกัดด้านบนและพิกัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะ ดังแสดงความสัมพันธ์ในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ความสัมพันธ์ของ  $C_{pk}$  กับ  $C_{pu}$  และ  $C_{pl}$  [3]

โดยที่

$$PCI = \frac{\text{ความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ยอมให้เกิด}}{\text{ความสามารถของกระบวนการ}} \quad (2.8)$$

ทำการพิจารณาค่า PCI เพียงครั้งหนึ่งของความสามารถของกระบวนการ และเรียก PCI สำหรับพิกต์ด้านบนและพิกต์ด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะว่า  $C_{pu}$  และ  $C_{pl}$  โดยลำดับดังนี้

$$\begin{aligned} C_{pu} &= \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{ST}} \\ &= \frac{1}{3} Z_{USL,ST} \end{aligned} \quad (2.9)$$

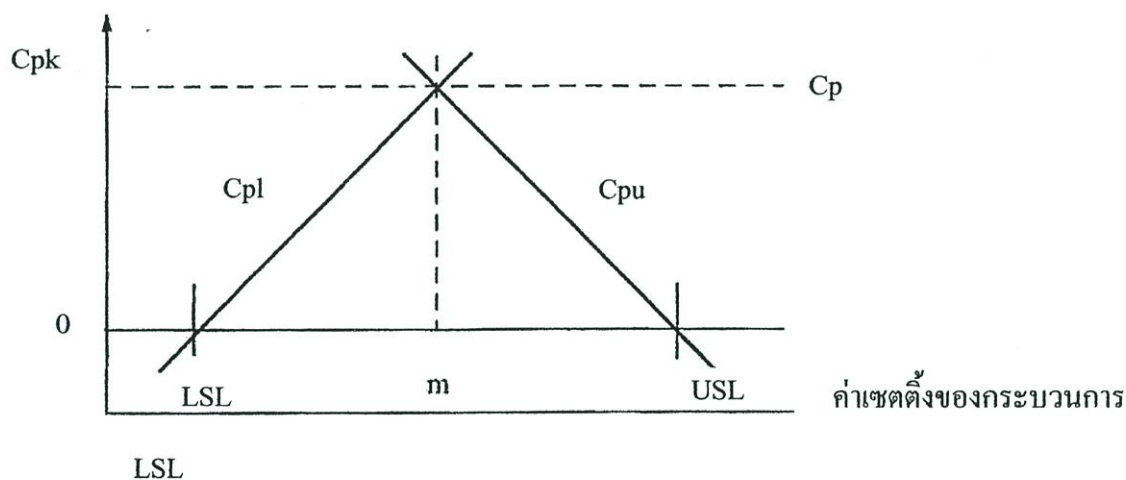
และ

$$\begin{aligned} C_{pl} &= \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{ST}} \\ &= \frac{1}{3} Z_{LSL,ST} \end{aligned} \quad (2.10)$$

ในการแสดงดัชนีทางสถิติ มักแสดงในเทอมที่ระบุถึงปัญหาเพื่อการแก้ไข ดังนั้น ค่าดัชนี PCI ดังรูปที่ 2.20 นี้จึงแสดงได้ด้วยค่าดัชนีให้ค่าต่ำกว่า (ในหัวข้อนี้คือ  $C_{pu}$ ) ถึงจะแสดงถึงปัญหาของการควบคุมกระบวนการที่ควรได้รับการปรับแก้ ดังนั้น

$$C_{pk} = \min \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_{ST}}, \left[ \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_{ST}} \right] \right] \quad (2.11)$$

ดัชนี  $C_{pk}$  ที่ได้นี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญต่อการตัดสินใจทั้งสองประการ คือความแม่นยำ (Precision) ,ที่อธิบายผ่านค่า  $C_p$  และค่าความถูกต้อง (Accuracy) ที่อธิบายผ่านค่า  $k$  และค่า  $C_{kp}$  ควรจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.00 (คุณภาพระดับ 3 $\sigma$ )[3] หรือถ้าหากมีความเหมาะสมกว่าแล้ว ควรจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.33 (คุณภาพระดับ 4 $\sigma$ )[3] ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ซึ่งจะพบว่าค่า  $C_{pk}$  มีค่ามากที่สุดที่ค่า  $C_p$  นอกจากนี้แล้ว Montgomery(1996, p. 441)[3] ยังได้กำหนดค่าดัชนี  $C_{pk}$  ที่เหมาะสมกับกระบวนการแบบต่างๆ ในตารางที่ 2.3 สำหรับ AIAG (1995)[3] ที่ใช้กำหนดมาตรฐานระบบการบริการคุณภาพ QS9000 นั้นถือว่า  $C_{pk}$  ควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 1.33



รูปที่ 2.22 ความสัมพันธ์ของ  $C_{pk}$  กับ  $C_p$  [3]

ประเภทของกระบวนการ	ค่าดัชนีที่ต่ำที่สุดสำหรับ Cpk		ระดับคุณภาพ (ระยะสั้น)
	ข้อกำหนดเฉพาะ แบบพิทักด้านเดียว	ข้อกำหนดเฉพาะ แบบพิทักสองด้าน	
กระบวนการทั่วไป(ใช้งานอยู่)	1.25	1.33	4 $\sigma$
กระบวนการทั่วไป(ใหม่)	1.45	1.50	4.5 $\sigma$
กระบวนการที่เกี่ยวกับความ ปลอดภัย(ใช้งานอยู่)	1.45	1.50	4.5 $\sigma$
กระบวนการที่เกี่ยวกับความ ปลอดภัย(ใหม่)	1.60	1.67	5 $\sigma$

ตารางที่ 2.3 ค่าแนะนำสำหรับค่าที่ต่ำที่สุดของดัชนี  $C_{pk}$  [3]

สำหรับการประเมินค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะยาว สามารถประเมินได้เช่นเดียวกับการศึกษาแบบระยะสั้น เพียงแต่ใช้ค่า  $\hat{\sigma}_{LT}$  ในการประเมินค่าความผันแปรของกระบวนการแทนค่า  $\hat{\sigma}_{ST}$

กำหนดให้  $P_{pk}$  = ดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะยาว

$$\text{ดังนั้น} \quad P_{pk} = P_p (1-k) \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ} \quad P_{pk} &= \min \left[ \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_{LT}}, \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_{LT}} \right] \\ &= \min [P_{pu} ; P_{pl}] \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\text{หรือ} \quad P_{pk} = \frac{1}{3} \min [Z_{USL,LT} ; Z_{LSL,LT}] \quad (2.14)$$

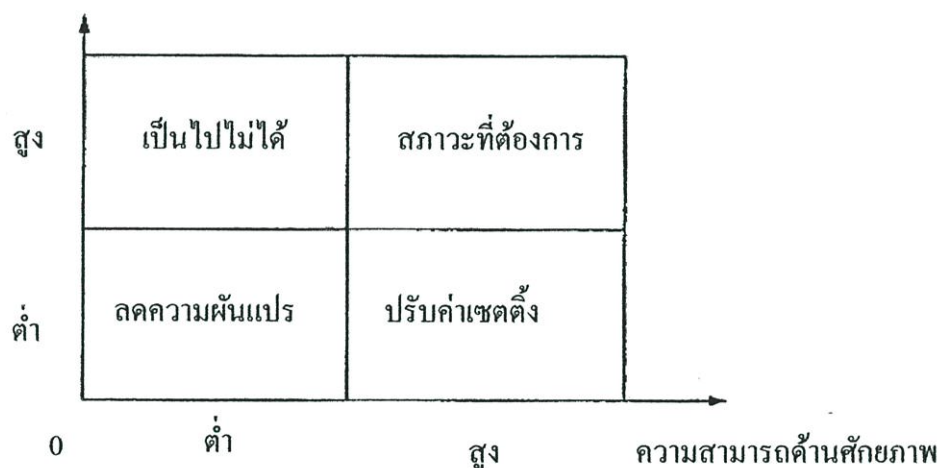
$$\text{เมื่อ} \quad P_{pu} = \frac{USL - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_{LT}} \quad (2.15)$$

$$\text{และ} \quad P_{pl} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\hat{\sigma}_{LT}} \quad (2.16)$$

### 2.6.7 การปฏิบัติการแก้ไขเมื่อกระบวนการไม่มีความสามารถด้านสมรรถนะ

ในการพิจารณาความสามารถของกระบวนการเพื่อการปฏิบัติการแก้ไข กรณีกระบวนการไม่มีความสามารถนั้นสามารถสรุปได้ด้วยรูปที่ 2.23 กล่าวคือ ในกรณีที่ความสามารถด้านสมรรถนะมีค่าต่ำและความสามารถด้านศักยภาพมีค่าต่ำด้วย ก็มีความจำเป็นต้องดำเนินการลดความผันแปรของกระบวนการลงด้วยการออกแบบใหม่ เพื่อให้กระบวนการมีความมั่นคงต่อความเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถควบคุมได้ หรืออาจจะออกแบบค่ากำหนดของปัจจัยของกระบวนการที่มีอยู่แล้วเสียใหม่ รวมถึงการออกแบบอุปกรณ์จับยึด (Jig and Fixture) เสียใหม่ รวมถึงการแก้ไขด้วยการฝึกอบรมพนักงานใหม่ด้วย อย่างไรก็ตามในกรณีที่ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการมีค่าต่ำ แต่ความสามารถของกระบวนการด้านศักยภาพมีค่าสูงแล้ว แสดงว่ามีปัญหาด้านการควบคุมกระบวนการ จึงมีความจำเป็นต้องหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเซตตั้งของกระบวนการแล้วทำการปรับค่าเซตตั้งเพื่อให้ความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการมีค่าสูงขึ้น

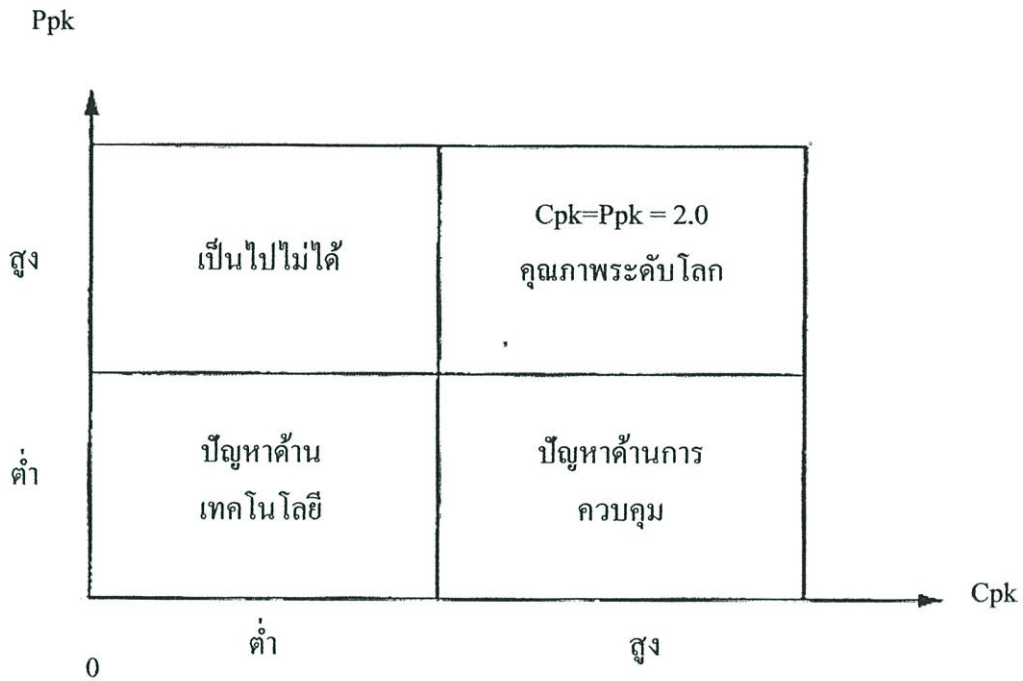
ความสามารถด้านสมรรถนะ



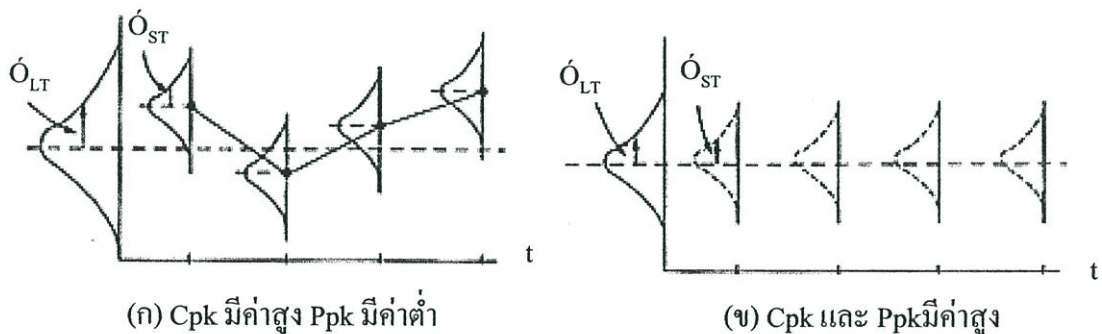
รูปที่ 2.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถด้านสมรรถนะกับด้านศักยภาพ[3]

นอกจากนี้แล้ว ในการวิเคราะห์เพื่อการปรับปรุงความสามารถของกระบวนการนี้ ควรมีการพิจารณารวมกันถึงดัชนีความสามารถของกระบวนการทั้งการศึกษาแบบระยะสั้นและระยะยาว (ดังรูปที่ 2.24) ด้วย ซึ่งหากพบว่า  $C_{pk}$  และ  $P_{pk}$  มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าแสดงว่ากระบวนการดังกล่าวขาดความสามารถอันเนื่องมาจากการออกแบบกระบวนการ จึงมีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความผันแปรของกระบวนการแล้วทำการกำหนดค่าที่เหมาะสมเพื่อลดขนาดความผันแปรของกระบวนการลง จึงถือว่าปัญหาดังกล่าวนี้เป็นปัญหาด้านเทคโนโลยี แต่ถ้าหากเป็นกรณีที่  $P_{pk}$  มีค่าต่ำ แต่  $C_{pk}$  มีค่าสูงแล้ว แสดงว่ากระบวนการดังกล่าวมีปัญหาด้านการควบคุมค่อนข้างมาก กล่าวคือ ความผันแปรที่เกิดขึ้นตามระบุในดัชนี  $P_{pk}$  มีสาเหตุสำคัญมาจากค่าเซตตั้ง

ของกระบวนการ (ดังรูปที่ 2.25) จึงมีความจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าเซตตั้งของกระบวนการแล้วทำการปรับค่าให้อยู่ที่ค่าเหมาะสมแล้วทำการควบคุมไว้ เพื่อพยายามทำให้  $C_{pk} = P_{pk} = 2.00$  (คือ คุณภาพระดับ 6 $\sigma$ )[3] ที่ถือเป็นคุณภาพระดับโลก (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมจาก Shunta (1995)[3] และ Harry and Lawson (1998)[3])



รูปที่ 2.24 ความสัมพันธ์ของความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการทั้งแบบระยะสั้นและระยะยาว[3]



รูปที่ 2.25 ความสัมพันธ์ของความผันแปรตามค่าดัชนี  $C_{pk}$  และ  $P_{pk}$  [3]

## 2.6.8 ดัชนีของความต้องการความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ

สำหรับ โรงงานอุตสาหกรรมจะมีค่าดัชนีชี้วัดความต้องการสำหรับความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการในการออกแบบการผลิตหรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ดังนี้

ค่าดัชนี Cpk & Ppk	ระดับสมรรถนะของกระบวนการ	ความต้องการด้านอุตสาหกรรม
$Cpk, Ppk < 1.33$	เลว	ต่ำกว่าข้อกำหนดเฉพาะ
$1.33 \leq Cpk, Ppk \leq 2.0$	ดี	ค่าเป้าหมาย
$2.0 < Cpk, Ppk$	ดีเหลือเชื่อ	สูงกว่าข้อกำหนดเฉพาะ

ตารางที่ 2.4 ค่าแนะนำสำหรับค่าของดัชนี  $C_{pk}$  และ  $P_{pk}$  [3]

## 2.7 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

### 2.7.1 วิศวกรรมคุณค่า

หลักของการของวิศวกรรมคุณค่า, VE(Value Engineering)[1]คือความพยายามแบบรวมพลัง (Organize Effort) ซึ่งทุ่มเทให้การวิเคราะห์หน้าที่ของสินค้าหรืองานบริการเพื่อให้บรรลุหน้าที่ที่จำเป็นอย่างแน่นอนด้วยต้นทุนตลอดวงจรชีวิตที่ต่ำที่สุด

#### 1. จุดสำคัญของคำจำกัดความ

##### 1.1 ความพยายามแบบรวมพลัง

ในการทำให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่านั้น จำเป็นต้องมีประสบการณ์และความรู้ที่กว้างขวางเนื่องจากไม่ว่าจะเป็นสินค้าหรืองานบริการอะไรก็ตาม ล้วนเกิดขึ้นได้จากความพยายามของบุคคลจำนวนมากทั้งจากภายในและภายนอกวิสาหกิจ เมื่ออยู่ในสภาวะที่นวัตกรรมทางเทคโนโลยีเป็นไปอย่างก้าวหน้า ข้อมูลข่าวสารก็มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะเป็นบุคคลที่เก่งสักปานใดก็ตาม ก็คงจะรู้ทั้งหมดไม่ได้ เพราะฉะนั้นสาขาของความชำนาญก็จะถูกแบ่งย่อยลงมากขึ้น

ฉะนั้น VE จะรวบรวมประสานความรู้ทางเทคโนโลยีที่ดีที่สุดของสาขาความชำนาญต่าง ๆ (Team Design) เพื่อดำเนินการจริงตามแผนปฏิบัติให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่า

### 1.2 การวิเคราะห์หน้าที่

สาเหตุของความล้มเหลวในการทำงานอะไรก็ตาม ส่วนใหญ่จะเป็นผลมาจากการละเลยในเหตุผลอย่างใดอย่างหนึ่งที่ควรจะทำตั้งแต่เริ่มแรก เพราะฉะนั้นเพื่อให้ได้ผลที่ดีจึงควรกำหนดแผนหรือวิธีการที่ควรจะทำล่วงหน้า แล้วดำเนินการตามแผนอย่างแน่วแน่ ใน VE นั้นมีขั้นตอนชุดหนึ่งที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลในการแก้ปัญหา ระบบรวมเรียกชื่อว่า วิธีค้นคว้าเชิงหน้าที่ (Function Approach) โดยการใช้หน้าที่ที่จะให้บรรลุเป็นฐานเพื่อให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่าเหนือกว่า ซึ่งเป็นหัวใจของกิจกรรม VE ที่ทำให้เป็นวิธีแก้ปัญหาที่มีคุณสมบัติพิเศษ

### 1.3 สินค้าหรืองานบริการ

VE คือ วิธี (Approach) ที่ตั้งใจเพิ่มคุณค่าให้สูงขึ้น มีวัตถุประสงค์ที่เฉพาะตายตัว ดังนั้นถ้าเป็นสิ่งที่มีการลงทุนบางอย่างเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์แล้วสิ่งนั้นก็จะเป็นเป้าหมายของ VE ได้

### 1.4 เพื่อให้บรรลุหน้าที่ที่จำเป็นได้อย่างแน่นอน

สิ่งที่ผู้ใช้ต้องการไม่ใช่สิ่งของหรือรูปร่างภายนอก แต่เป็นหน้าที่ที่จะได้จากสิ่งของนั้น หน้าที่ที่จำเป็นที่นี้หมายถึง หน้าที่ที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งกิจกรรม VE ที่ทำทั้งหมดจะมุ่งเน้นที่การตอบสนองความต้องการของผู้ใช้เพียงพอ จุดเริ่มต้นของกิจกรรม VE คือ การรู้อย่างชัดเจนว่าหน้าที่ที่ผู้ใช้ต้องการคืออะไร หน้าที่ที่ผู้ใช้ต้องการกับระดับของการบรรลุผล (สมรรถนะ ความเชื่อถือได้ การบำรุงรักษาง่าย อายุการใช้งาน ความปลอดภัย การใช้งานได้ง่าย ระดับชั้นของสินค้า) จะต้องบรรลุได้อย่างไม่พลาดและแน่นอน

### 1.5 ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตที่ต่ำที่สุด

ในการที่จะรักษาผลกำไรของวิสาหกิจไว้และทำให้ขยายเพิ่มขึ้นได้นั้น ต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด เป็นสิ่งจำเป็น แต่อีกด้านหนึ่ง การที่จะให้ผู้ใช้นิยมและได้รับความพึงพอใจสูงสุดจากสินค้าที่นำเสนอ นั้น นอกจากจะต้องมีราคาต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับของผู้อื่นแล้ว ยังจำเป็นจะต้องมีค่าใช้จ่ายระหว่างการใช้งานต่ำที่สุดด้วยเพื่อให้ต้นทุนในการจัดหา (ราคา) ต่ำที่สุดนั้น ค่าใช้จ่ายในการพัฒนา ค่าใช้จ่ายในการจัดหา ค่าใช้จ่ายในการผลิต และค่าใช้จ่ายในการจัดจำหน่ายจะต้องต่ำที่สุด เพื่อให้ต้นทุนตลอดวงจรชีวิตต่ำที่สุดนั้น ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ค่าบำรุงรักษา และค่ากำจัดทิ้งจะต้องต่ำสุด ถ้าไม่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ขอดีเยี่ยมภายใต้เงื่อนไขทางด้านเทคนิคให้ได้ ค่าใช้จ่ายในการใช้งานก็จะต่ำที่สุดไม่ได้

### 2.7.2 กฎเบื้องต้นของ VE

ใน VE มีกฎเบื้องต้น 5 ข้อ คือ

(กฎข้อที่ 1) การคิดคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญ

- (กฎข้อที่ 2) การใช้หน้าที่เป็นฐาน (Base) ในการคิด
- (กฎข้อที่ 3) การเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการสร้างสรรค์
- (กฎข้อที่ 4) การใช้ Team Design
- (กฎข้อที่ 5) การเพิ่มคุณค่า

เนื้อหาของกฎเหล่านี้เพียงแต่ดูชื่อก็คงพอเข้าใจ แต่เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าหรือการปฏิบัติจริง จะได้อธิบายกฎแต่ละข้อดังต่อไปนี้

1. กฎว่าด้วยการคิดคำนึงถึงผู้ใช้เป็นสำคัญคิดในฐานะของผู้ใช้ในอุดมคติ

ทำอย่างไรจึงจะได้รับเลือกจากผู้ใช้นั้น ไม่มีวิธีไหนดีเท่ากับการผลิตสิ่งของที่ใช้ซึ่งชื่นชอบและตรงตามความต้องการ คือการเข้าใจประเด็นได้อย่างถูกต้องว่า “สิ่งที่ผู้ใช้ต้องการนั้นคืออะไร และคิดว่าผู้ใช้อยากได้อะไร” แล้วจึงทำการผลิตสิ่งของให้ได้รับความพึงพอใจอย่างเต็มที่ตามนั้น ใน VE จะคิดในฐานะของผู้ใช้ในอุดมคติ ตั้งแต่สิ่งของที่ทำการผลิตยังอยู่ในมือของตนเอง เป็นกิจกรรมที่มุ่งหวังเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความพึงพอใจ นอกจากนี้แล้วยังต้องรักษาผลกำไรของวิสาหกิจไว้และขยายให้เพิ่มพูนขึ้น ซึ่ง VE จะเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่ง

2. กฎว่าด้วยการใช้หน้าที่เป็นฐานในการคิดตั้งอยู่บนความคิดที่มีหน้าที่เป็นฐานอยู่ตลอดเวลา

เมื่อตั้งคำถามว่า “สิ่งนั้นผลิตขึ้นมาเพื่ออะไร” “การทำงานนั้นทำเพื่ออะไร” ก็อาจจะถูกมองว่าเป็นคำถามของคนสติไม่ดี แต่ในกรณีที่ใช้ VE เพื่อการแก้ปัญหา นั้นเป็นทัศนคติที่สำคัญยิ่งสิ่งที่ผู้ใช้ต้องการนั้น ไม่ใช่ตัวสิ่งของ แต่ผู้ใช้ต้องการการทำงานที่จะได้จากสิ่งของนั้น กล่าวคือต้องการ “หน้าที่” นอกจากความรู้ความต้องการของผู้ใช้แล้ว ยังมีความหมายที่สำคัญอีกอย่างคือ การขยายความคิดสร้างสรรค์ของเราให้กว้างขวางขึ้น VE ตั้งอยู่บนความคิดที่ว่า “หน้าที่ต้องมาก่อนโครงสร้าง” แล้วจึงขยายการออกความคิดอย่างอิสระเพื่อผลิตสิ่งของที่ดีและพิเศษกว่า กล่าวได้ว่าเป็นทัศนคติพื้นฐานอย่างใดอย่างหนึ่งในการเข้าหาปัญหาด้วย VE

3. กฎว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยการสร้างสรรค์ใช้ความพยายามอย่างไม่ท้อถอยในการสร้างสรรค์

ถ้าค้นหาวิธีที่ดีกว่าไม่ได้ การปรับปรุงก็จะทำไม่ได้ การค้นหาวิธีดังกล่าวให้ได้จะต้องทำอย่างไร การค้นหาที่ว่านั้นมีอยู่ 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่หนึ่ง คือการค้นหาวิธีที่ดีที่สุดที่คนอื่น ใช้อยู่แล้วแต่เราไม่รู้ให้ได้ก่อนแล้วทำการเปลี่ยนแปลงวิธีนั้น การที่จะทำเช่นนี้ได้จะเป็นต้องรวบรวมข้อมูลข่าวสารอย่างจริงจัง

วิธีที่สอง คือการค้นหาวิธีใหม่ที่ดีกว่าด้วยพลังกำลังของตนเองให้ได้สิ่งนี้จะทำได้ด้วยพลังสร้างสรรค์ที่มีอย่างเหลือเฟือ โดยการออกความคิดระดมสมองอย่างจริงจัง และการจะทำเช่นนี้ได้จะต้องใช้ข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นมากมาย

4. กฎว่าด้วยการใช้ Team Design รวบรวมประสานเทคโนโลยีที่ดีที่สุด

ใน VE นั้นจะไม่แก้ปัญหาแต่เพียงผู้เดียว แต่เป็นการปรับปรุงโดยการรวบรวมประสานเทคนิคที่ดีที่สุดของทุก ๆ สาขาวิชา สิ่งนี้จะเป็นโอกาสที่ดีในการสร้างความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วให้แก่บุคลากรพร้อม ๆ ทำให้เกิดข้อเสนอปรับปรุงที่ดีเยี่ยม กล่าวคือ ทักษะคติพื้นฐานของ VE ก็คือ “การไม่เป็นผู้วิเศษแต่เพียงผู้เดียว แต่จะอาศัยพลังของคนนับพันคน”

5. กฎว่าด้วยการเพิ่มคุณค่าการมุ่งแก้ปัญหาโดยการคิดจาก 2 ด้านคือ ด้านหน้าที่และด้านต้นทุนอยู่เป็นนิจ ซึ่งคุณค่าที่ว่าก็คือระดับความพอใจในขณะนั้น

สูตรของคุณค่า	①	②	③	④
$V = \frac{F}{C}$	→	↑	↑	↑
	↓	↓	→	↑

ตารางที่ 2.5 การเพิ่มขึ้นของคุณค่า [1]

- เมื่อ V (Value-คุณค่า) เป็นระดับความพอใจ  
 F (Function-หน้าที่) เป็นขนาดของประโยชน์ที่ได้รับ  
 C (Cost-ค่าใช้จ่าย) เป็นขนาดของเงินที่จ่ายไป

โดยอธิบายความสัมพันธ์จากตารางที่ 2.5 ได้ดังนี้

- ① สิ่งของที่ให้หน้าที่เหมือนกัน และซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายที่ถูกลง
- ② สิ่งของที่ให้หน้าที่ที่ยอดเยียมกว่า และซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายที่ถูกลง
- ③ สิ่งของที่ซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายเท่ากัน แต่ให้หน้าที่ที่ยอดเยียมกว่า
- ④ สิ่งของที่ซื้อมาด้วยค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้นเล็กน้อย แต่หน้าที่ก็ยอดเยี่ยม

### 2.7.3 หลักการของ VE

1. การรวบรวมข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับสิ่งที่เป็นเป้าหมายของ VE (Collection of Information Related to VE Object)

ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับคุณค่านั้น ก่อนอื่นจะต้องเข้าใจเนื้อหาสาระของปัญหานั้นเป็นอย่างดี กล่าวคือ สินค้าหรืองานบริการที่ได้รับการคัดเลือกเป็นเป้าหมายของ VE ผลิดขึ้นมาโดยมี

ความต้องการอะไรเป็นต้นต่อ มีปัญหาหรือข้อจำกัดด้านเทคนิค ด้านการจัดซื้อ ด้านการผลิต และด้านการขายอย่างไรบ้างนอกจากนั้นแล้ว เพื่อให้ผู้ใช้ได้รับความพึงพอใจสูง จะต้องทำการเพิ่มเติมอะไรจึงจะเหมาะสม นั่นคือจะต้องรู้และเข้าใจอย่างถ่องแท้ถึงหัวข้อความต้องการที่จำเป็นในการปรับปรุงคุณค่าของสิ่งนั้น ๆ รวมถึงจะต้องรับรู้และเข้าใจถึงความสัมพันธ์และโครงสร้างขององค์ประกอบทุกส่วนที่รวมเป็นสิ่งที่เป้าหมาย

ข้อมูลข่าวสารดังกล่าวเหล่านี้เป็นแหล่งความรู้ที่สำคัญและเป็นกุญแจของกิจกรรม VE ซึ่งจะต้องรู้อย่างไม่มีตกหล่นในการออกแบบสินค้าหรืองานบริการใหม่ที่มีคุณค่า

## 2. การกำหนดคำจำกัดความของหน้าที่ (Function Definition)

การรู้อย่างแจ่มแจ้งว่าหน้าที่ที่จะต้องให้บรรลุนั้นคืออะไร

## 3. การจัดระเบียบของหน้าที่ (Function Systematization)

การที่ไม่มอง “สิ่งของ” ว่าเป็นเพียง “สิ่งของ” เฉย ๆ แต่ต้องออกความคิดอย่างสร้างสรรค์จากหน้าที่ที่จะต้องให้บรรลุ แล้วขยายขอบข่ายความคิดนี้ให้กว้างขวางขึ้นจนได้สินค้าที่สอดคล้อง นี่คือจุดเด่นที่สุดของ VE

## 4. การวิเคราะห์ต้นทุนแยกตามหน้าที่ (Cost Analysis By Function)

เพื่อให้กิจกรรม VE ดำเนินการไปอย่างได้ผลนั้น จำเป็นจะต้องทำหน้าที่หรือสาขาของหน้าที่ที่มีคุณค่ามีความชัดเจนแล้วจึงทำกิจกรรมตามลำดับ ในที่นี้จะต้องเข้าใจว่าการให้บรรลุ หน้าที่แต่ละอย่างที่ได้กำหนดคำจำกัดความแล้ว ในปัจจุบันนี้มีต้นทุนเท่าไร และสาขาไหนมีหน้าที่ของต้นทุนเท่าไรเพื่อใช้เป็นกุญแจหรือแนวทางในการตัดสินใจเรื่องคุณค่า เนื่องจากทุก ๆ สาขาของหน้าที่ประกอบด้วยหน้าที่จำนวนมากรวมกันเป็นกลุ่ม ดังนั้นต้นทุนของแต่ละสาขาของหน้าที่ก็คือผลรวมของต้นทุนแยกตามหน้าที่แต่ละอย่าง นอกจากนั้นแล้ว ต้นทุนแยกตามหน้าที่สามารถวิเคราะห์ได้จากค่าใช้จ่ายที่ใช้เพื่อให้บรรลุหน้าที่นั้น (ค่าแปรรูป ค่าแรง) เมื่อรู้ว่าการบรรลุหน้าที่นั้นมีค่าใช้จ่ายเท่าไร ก็สามารถตัดสินใจได้ง่ายกว่าในการบรรลุหน้าที่นั้นควรมีต้นทุนที่เหมาะสมสักเท่าไร

## 5. การประเมินหน้าที่ (Function Evaluation)

ขั้นตอนการประเมินหน้าที่ของ VE นั้น เป็นกระบวนการพัฒนาความคิดที่ทำให้กิจกรรม VE มีความโดดเด่น ซึ่งไม่มีปรากฏในเทคนิคการปรับปรุงอื่น ๆ นั่นคือจะต้องพยายามเลิกเป็นนักคิดแบบทำเท่าที่ทำได้ และเปลี่ยนมาเป็นกำหนดเป้าหมายชัดเจนเพื่อให้เกิดขวัญและการกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกว่า “อยากทำ” จนทำให้เป็นการปรับปรุงที่ไม่ “ฝืน” ความเป็นจริงในที่สุด สิ่งที่สำคัญในที่นี้ก็คือ ไม่เพียงแต่รู้ว่าหน้าที่นั้นมี “ต้นทุนเท่าไร” แต่จะต้องรู้ว่า “ควรเป็นเท่าไร” ด้วย แล้วทำการประเมิน “ต้นทุนที่ควรจะเป็น” นั้น หลักของการประเมินให้ใช้วิธีการเปรียบเทียบทั้งหมด ดังนั้นเพื่อให้สามารถทำได้ดังที่กล่าวมาแล้ว ก็จะต้องมีข้อมูลข่าวสารมาก ๆ มีความรู้สึกจากประสาททั้ง 5 ที่เฉียบแหลมและมีพลังความคิดสร้างสรรค์ที่มีคุณภาพสูง

#### 6. การคัดเลือกสาขาที่เป็นเป้าหมาย (Selection of Object Field)

เพื่อให้ได้รับผลสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาและความพยายาม การที่จะเลือกเอาหน้าที่ใดมาเป็นเป้าหมายในการปรับปรุงนั้น ทำได้โดยการใช้ “ต้นทุนควรเป็นเท่าไร” กับต้นทุนปัจจุบัน รวมต้นทุน 2 อย่างเป็นพื้นฐานในการคิด นอกจากนี้แล้วก็ต้องพิจารณาเพิ่มเติมว่าจะทำการปรับปรุงสักเท่าไร และจะทำกิจกรรมการปรับปรุงตามลำดับอย่างไรจึงจะดี ซึ่งเป็นการกำหนดเป้าหมายที่แน่นอนในการปรับปรุงด้วย VE

#### 7. การออกความคิด (Idea Generation)

ในขั้นตอนการออกความคิดนี้ จะแสดงออกซึ่งความสามารถของความคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มที่ เพื่อให้เกิดสินค้าหรืองานบริการที่มีคุณค่าความคิดสร้างสรรค์ต้องอาศัยความรู้ประสบการณ์ในอดีต และต้องแสดงออกซึ่งความสามารถของการวิเคราะห์และการสังเคราะห์ ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในการทำกิจกรรม VE เพราะไม่ว่าจะทำการวิเคราะห์หน้าที่ได้อย่างดีเยี่ยมเพียงใดก็ตาม แต่ถ้าไม่มีความคิดดี ๆ เพื่อการแก้ไขปัญหาก็จะจบลงด้วยความล้มเหลว

#### 8. การประเมินโดยสังเขป (Summary Evaluation)

เพื่อให้สามารถขยายขอบข่ายของความคิด และสามารถค้นพบข้อเสนอดีกว่าได้นั้น ในขั้นตอนการออกความคิดจึงได้ดำเนินการ โดยละเว้นจากความคิดแบบยึดติดหรือห้ามมีการวิจารณ์ใด ๆ ทั้งสิ้น และให้ออกความคิดมาก ๆ อย่างเป็นอิสระ เพราะฉะนั้น ความคิดที่ได้ในขั้นตอนการออกความคิดนี้จะมีจำนวนมากแต่เนื่องจากการออกความคิดอย่างเป็นอิสระ ทั้งความคิดที่ดีและไม่ดีก็จะปนกันอยู่โดยธรรมชาติ ซึ่งจะคัดเลือกเอาความคิดที่ใช้ได้จากความคิดเหล่านั้นในภายหลัง

#### 9. การจัดทำให้เป็นรูปธรรม (Concretization)

ความคิดที่ได้มาจากผลของการประเมิน โดยสังเขป จะนำไปสู่ข้อเสนอเลยไม่ได้ เนื่องจากว่าในความคิดต่าง ๆ เหล่านี้ยังมีข้อเสนอกำพวก โครงสร้าง รูปร่าง วัสดุ กรรมวิธีการผลิต หรือขนาดผสมอยู่ด้วย ฉะนั้น เพื่อรวบรวมความคิดต่าง ๆ เหล่านี้เป็นข้อเสนอสั่งที่จะใช้ทดแทน ก็จะต้องทำการผนวกสิ่งเหล่านี้เข้าด้วยกัน ซึ่งหมายถึงการสังเคราะห์เข้าด้วยกันนั่นเอง นอกจากนี้แล้วผลของการสังเคราะห์ ก็จะต้องทำอย่างรอบคอบและระมัดระวังอย่าให้มีสิ่งที่ไม่พึงประสงค์ใหม่เกิดขึ้น และถ้าหากมีสิ่งไม่พึงประสงค์เกิดขึ้น ก็จะต้องวางมาตรการเพื่อขจัดจุดอ่อนนั้น

#### 10. การประเมินโดยละเอียด (Detailed Evaluation)

ในขั้นตอนนี้ จะพิจารณาข้อเสนอสั่งที่จะใช้ทดแทนจำนวนหนึ่งซึ่งสรุปผลหลังจากได้ดำเนินงานตาม VE Job Plan ที่ต่อเนื่องกัน โดยพิจารณาอย่างละเอียดถึงความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค และทำการคัดเลือกเอาข้อเสนอสั่งที่สอดคล้องตรงต่อความพึงพอใจของผู้ใช้ในกรณีนี้ เพื่อให้ข้อเสนอสั่งที่จะใช้ทดแทนถูกนำไปสู่การปฏิบัติจริงนั้น จำเป็นต้องรวบรวมตัวอย่างจริงในอดีตหรือความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประกันความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค ในบางครั้งอาจจะต้องจัดทำเป็นแบบจำลอง (Model) เพื่อทำการทดลองก็มี

นอกจากนี้แล้วเพื่อให้มีความชัดเจนว่าการปรับปรุงนั้นมีผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ คือลดต้นทุนได้มากน้อยเพียงใด ก็จำเป็นต้องมีการคำนวณต้นทุนอย่างละเอียดด้วย

#### 2.7.4 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

จากหัวข้อที่ 2.5.4 ซึ่งเป็นข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบบนมาตรฐานผลิตภัณฑ์พลาสติกว่าสมรรถนะฟังก์ชันการประกอบกับกระจกหน้ารถจากรูปที่ 2.6 และ 2.7 ของ กรานิช ฟร็อนเด็ค มีค่าสูงเกินความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมในการผลิตเป็นจำนวนมาก (Function ↑↑) โดยพิจารณาจากค่า  $Cpk = 3.72$  และ  $Ppk = 3.72$  (จากตารางที่ 2.4) ดังนั้น จึงต้องมีการปรับปรุง โดยการลดต้นทุนลงด้วยวิธีการของวิศวกรรมคุณค่า โดยนำหลักการและวิธีการในการทำวิศวกรรมคุณค่าที่กล่าวมาแล้วนั้นมาทำข้อเสนอลดต้นทุนดังนี้

**2.7.4.1 ข้อเสนอในการลดต้นทุน :** ยกเลิกการใช้ซีลยางในการประกอบระหว่างซีลยางกับกระจกหน้ารถของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค

ราคาขายชิ้นงานทั้งหมด = 100 บาท/คัน, ต้นทุนของซีลยาง = 10 บาท/คัน

1. ระยะเวลาในการผลิต 8 ปี
2. ปริมาณการผลิต 18,000 คัน/เดือน
3. ดังนั้น สามารถลดต้นทุนได้ตลอดระยะเวลาการผลิต 8 ปี = 17,280,000 บาท (8 ปี x 12 เดือน x 18,000 คัน x 10 บาท/คัน)

ต้นทุนของเวลาในกระบวนการในการประกอบจากการทำงานซึ่งใช้เวลาในการประกอบ = 60 วินาที/คัน

1. สามารถลดต้นทุนสำหรับค่ากระบวนการในการประกอบได้ = 6,842,880 บาท (60 วินาที x 18,000 คัน x 8 ปี x 12 เดือน x 0.066(อัตราค่ากระบวนการในการประกอบต่อวินาที))

ผลรวมการลดต้นทุน = ค่าวัสดุ(ซีลยาง) + ค่ากระบวนการการทำงาน = 24,122,880 บาท

#### 2.7.5 การเปรียบเทียบระดับของคุณค่าและช่องว่างของการลดต้นทุน

จากผลรวมการลดต้นทุนของกิจกรรมในหัวข้อ 2.7.4.1 สามารถนำมาประเมินระดับของคุณค่าเพื่อเปรียบเทียบระดับของคุณค่าและช่องว่างของการลดต้นทุนระหว่างการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานกับการออกแบบด้วยการวิเคราะห์การลดต้นทุนตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยวิศวกรรมคุณค่าได้ดังนี้

ต้นทุนรวมของชิ้นงาน(ออกแบบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์)ทั้งหมด (8 ปี) = 196,922,880 บาท

ต้นทุนรวมของชิ้นงานหลังกระบวนการวิศวกรรมคุณค่าเสร็จสิ้น (8ปี) = 196,922,880-24,122,880 = 172,280,000 บาท

## 1. ระดับของคุณค่า [1]

F	C	V
< สาขาหน้าที่ >	< ค่าการประเมินหน้าที่ / ต้นทุนปัจจุบัน >	< ระดับของคุณค่า >
F1(มาตรฐานออกแบบ)	197 ล้านบาท / 197 ล้านบาท	1.0
F2(วิศวกรรมคุณค่า)	172.3 ล้านบาท / 197 ล้านบาท	0.875

โดยที่ ค่าประเมินหน้าที่ = ต้นทุนปัจจุบันทั้งหมด - ต้นทุนจากการทำวิศวกรรมคุณค่า

การประเมินระดับของคุณค่าโดยการหาสัดส่วนระหว่าง ค่าการประเมินหน้าที่กับต้นทุนปัจจุบัน (ดัชนีคุณค่า) ถ้าสัดส่วนมีค่าต่ำจำเป็นต้องเพิ่มคุณค่า

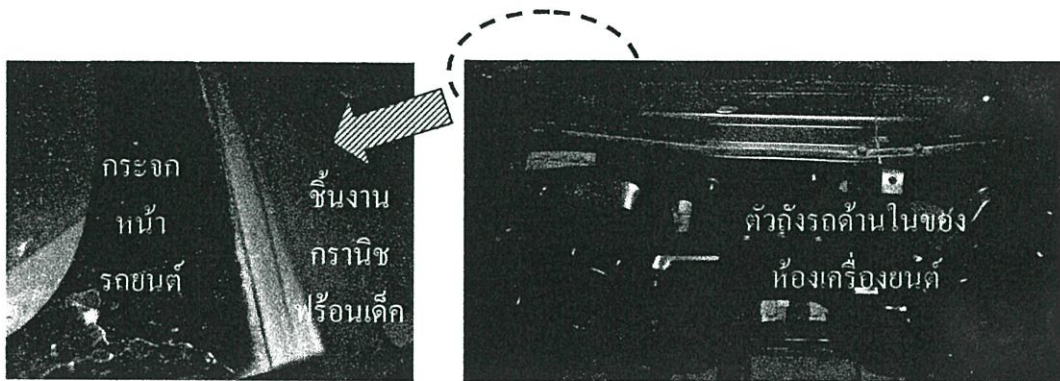
## 2. การหาช่องว่างของการลดต้นทุน [1]

	C - F	
< สาขา > หน้าที่	< ต้นทุนปัจจุบัน - ต้นทุนเป้าหมาย >	< ช่องว่างของ > การลดต้นทุน
F1(มาตรฐานออกแบบ)	(197 ล้านบาท - 197 ล้านบาท)	0.0 บาท
F2(วิศวกรรมคุณค่า)	(197 ล้านบาท - 172.3 ล้านบาท)	24.7 ล้านบาท

การที่จะรู้ว่าควรลดต้นทุนเท่าไรเพื่อเพิ่มคุณค่านั้น ทำได้โดยการหาช่องว่างของการลดต้นทุนซึ่งหาได้จากผลต่างระหว่างต้นทุนปัจจุบันกับต้นทุนเป้าหมาย (ค่าการประเมินหน้าที่) ถ้าช่องว่างมากแสดงว่าความจำเป็นในการปรับปรุงสูง จากหัวข้อการประเมินหน้าที่ของระดับคุณค่ามีดัชนี = 0.875 และช่องว่างของการลดต้นทุน = 24.7 ล้านบาท ซึ่งพิจารณาจากมูลค่าของผลต่างการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานมีคุณค่าสูง

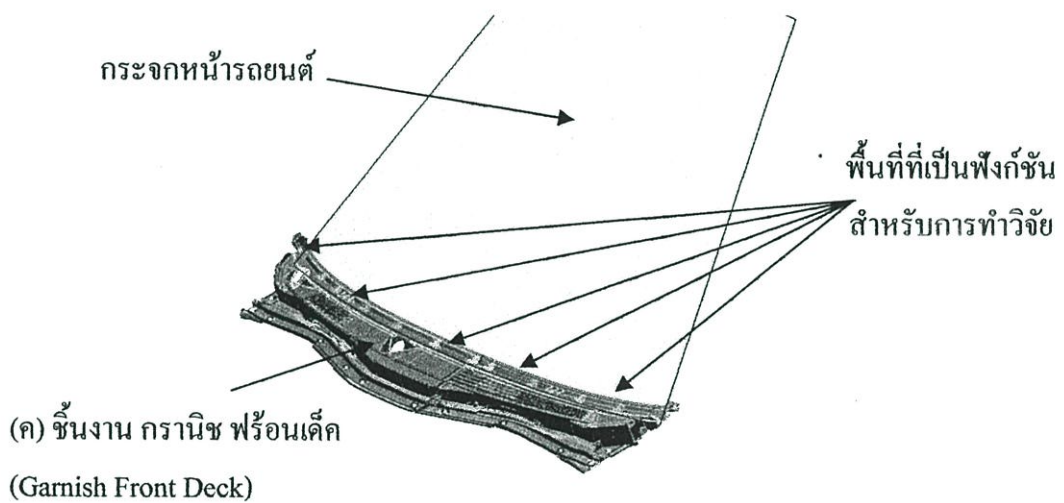
### 2.7.6 ข้อกำหนดเฉพาะ และขนาดของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนต์เด็ค จากการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าในช่วงของการออกแบบผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า และข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์พลาสติก ค่าทางด้านวิศวกรรมพลาสติกที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงานโดยใช้ตัวอย่างที่เคยประสบความสำเร็จมาแล้ว นำมาทำการศึกษารูปแบบและขอบเขตของการออกแบบเพื่อหาค่าสมรรถนะของกระบวนการ โดยใช้ชิ้นงานต้นแบบชื่อ กรานิช ฟร็อนต์เด็ค (Garnish Front Deck) ในส่วนของฟังก์ชันเกี่ยวกับการประกอบกับกระจกหน้าของรถกระบะขนาด 1 ตันดังรูปที่ 2.26 ซึ่งแสดงให้เห็นผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนต์เด็ค ที่ใช้ประกอบกับกระจกหน้าของรถกระบะ 1 ตัน เพื่อใช้ในการตัดสินใจสำหรับการออกแบบที่ดีต่อไป



(ก) รายละเอียดชิ้นงาน โมเดลต้นแบบ

(ข) ชิ้นงาน โมเดลต้นแบบและส่วนประกอบอื่นๆ

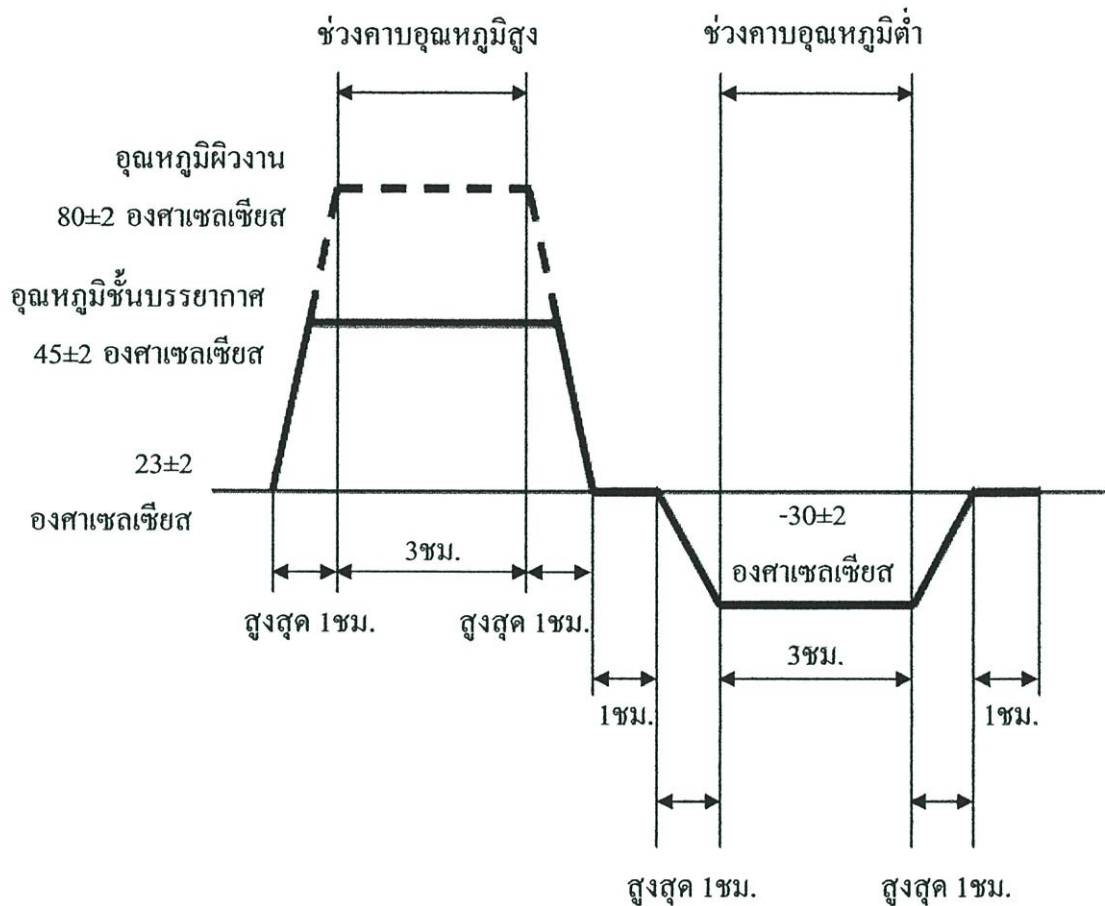


รูปที่ 2.26 ชิ้นงาน กรานิช ฟรอนต์เด็ค (ค) (Garnish Front Deck) และ โมเดลต้นแบบ (ก), (ข) สำหรับการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าในการออกแบบผลิตภัณฑ์

1. วัสดุเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) PP-TD20 (โพลีโพรพิลีน, Polypropylene) ผสมสารเสริมแข็ง 20 % และสีของวัสดุเป็นสีดำ
2. ความหนาทั่วไป = 2.5 มิลลิเมตร
3. น้ำหนักชิ้นงาน =  $820 \pm 10$  กรัม
4. สีชิ้นงานเป็นสีดำ (Black Color)
5. ขนาดชิ้นงาน กว้าง 200 มิลลิเมตร x ยาว 1,380 มิลลิเมตร x สูง 60 มิลลิเมตร
6. ทำหน้าที่ประกอปกับกระจกหน้ารถยนต์ป้องกันน้ำและความชื้นเข้าสู่ชิ้นส่วนตัวถังภายในห้องเครื่องยนต์
7. ชิ้นงานปราศจากรอยบุบ, เส้นรอยต่อจากการฉีด และรอยการไหลของน้ำพลาสติก
8. ต้องผ่านการทดสอบการต้านทานความร้อนโดยมีการทดสอบดังนี้ (ISO 62)

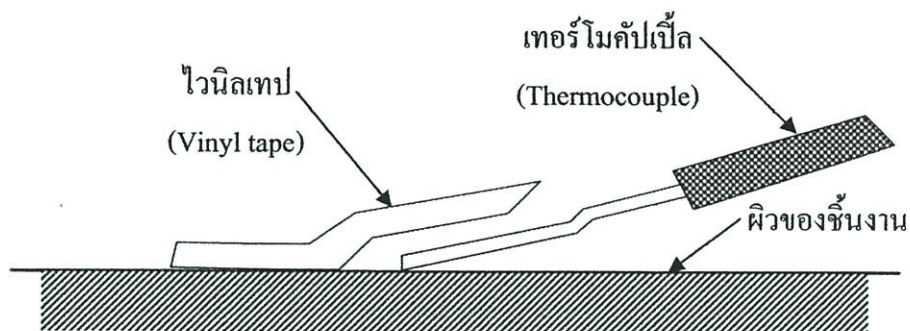
8.1 การทดสอบต้องทดสอบในห้องที่มีอุณหภูมิห้อง  $23 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 5$  % เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ

8.2 มีการทดสอบการบิดตัวของชิ้นงานด้วยการอบร้อน-เย็น เป็นจำนวน 3 รอบ โดยในแต่ละรอบมีเงื่อนไขดังรูป



รูปที่ 2.27 เงื่อนไขการทดสอบชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ก(วิศวกรรมคุณค่า)(ที่มา ISO 62)

8.3 จากรูปที่ 2.27 ในการทดสอบช่วงอุณหภูมิสูงซึ่งหลังจากอบจนได้อุณหภูมิที่ชั้นบรรยากาศ หรือ 45 องศาเซลเซียส ผิวของชิ้นงานควรจะให้ความร้อนด้วย เครื่องอินฟราเรดเรย์แลมป์ (Infrared rays lamps) และทดสอบต่อที่ อุณหภูมิ  $80 \pm 2$  องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิผิวของชิ้นงานสามารถตรวจจับได้ด้วย เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) ดังรูปที่ 2.28

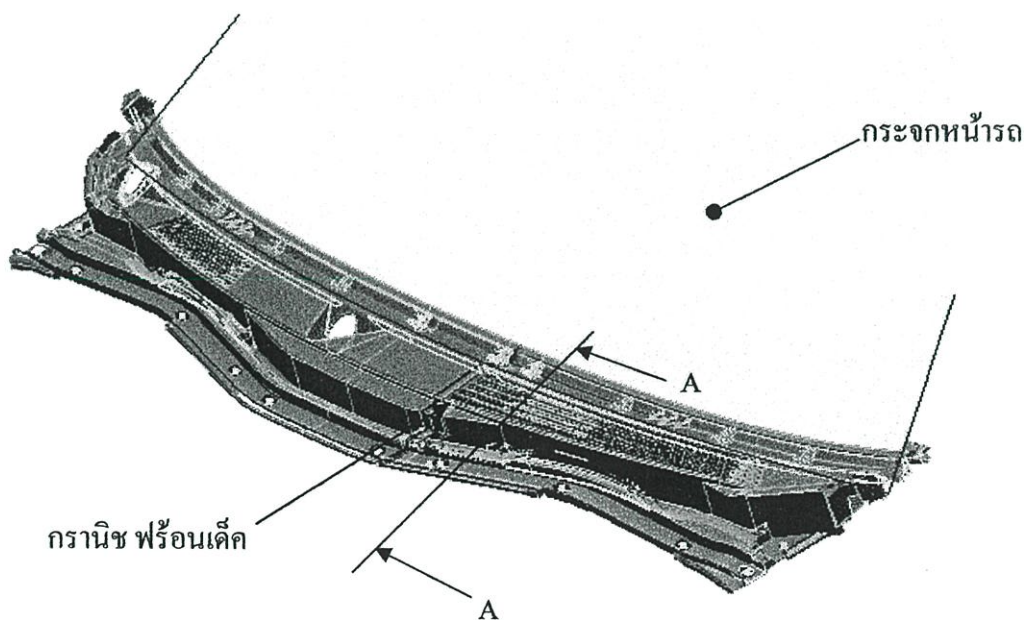


รูปที่ 2.28 วิธีการตรวจจับอุณหภูมิของชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล (วิศวกรรมคุณค่า) (ที่มา ISO 62)

8.4 ในรายงานผลการทดสอบจะต้องไม่มีการขยายตัว, การหดตัวหรือการบิดแ่นที่จะทำให้มีการเบียดหรือเกิดช่องว่างระหว่างตัวชิ้นงานกับชิ้นส่วนอื่น เช่น กระจกหน้ารถ

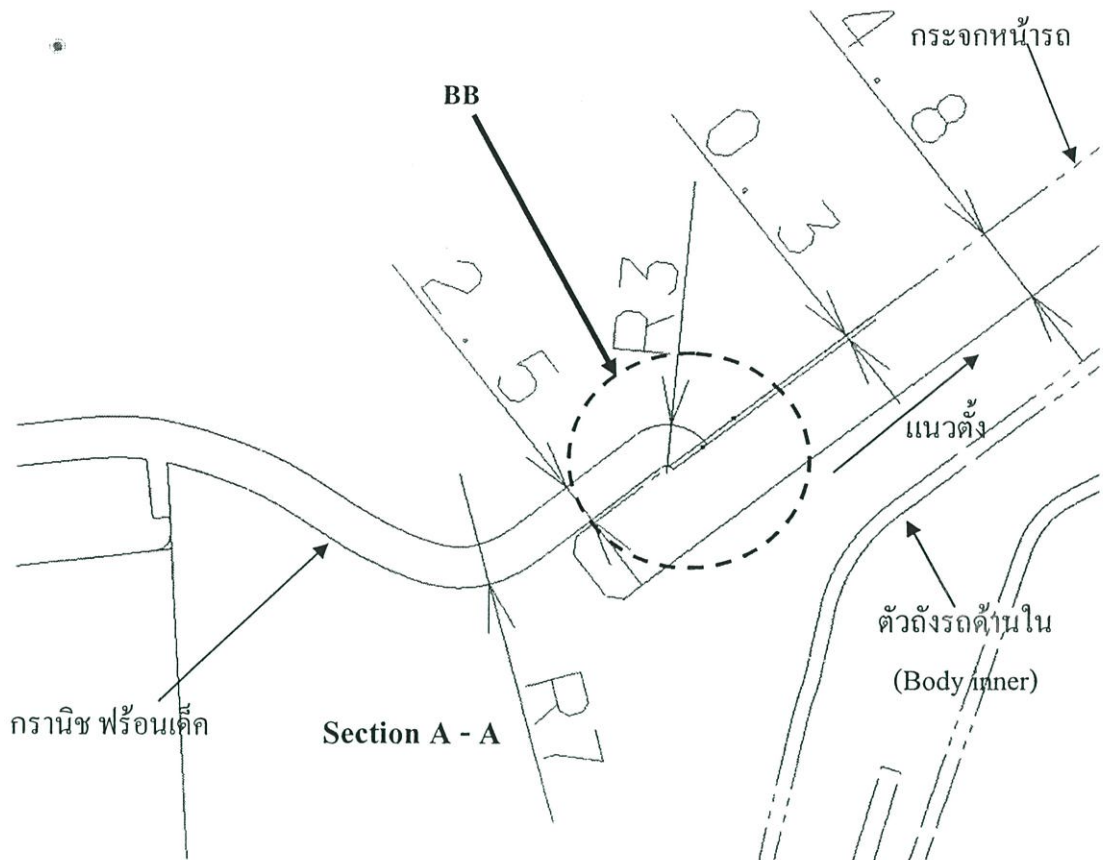
9. ขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดพลาสติก (Plastic Injection Process)

10. ต้องผ่านข้อกำหนดเฉพาะ ของวัสดุที่เป็นชิ้นส่วนพลาสติก สำหรับชิ้นงานพลาสติกที่อยู่ด้านนอกของรถยนต์ (Exterior Part) (Directive 2000/53/EC of The European Parliament and of The Council on End of Life Vehicles.)[6]



รูปที่ 2.29 ชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค สำหรับการทดสอบ (วิศวกรรมคุณค่า)

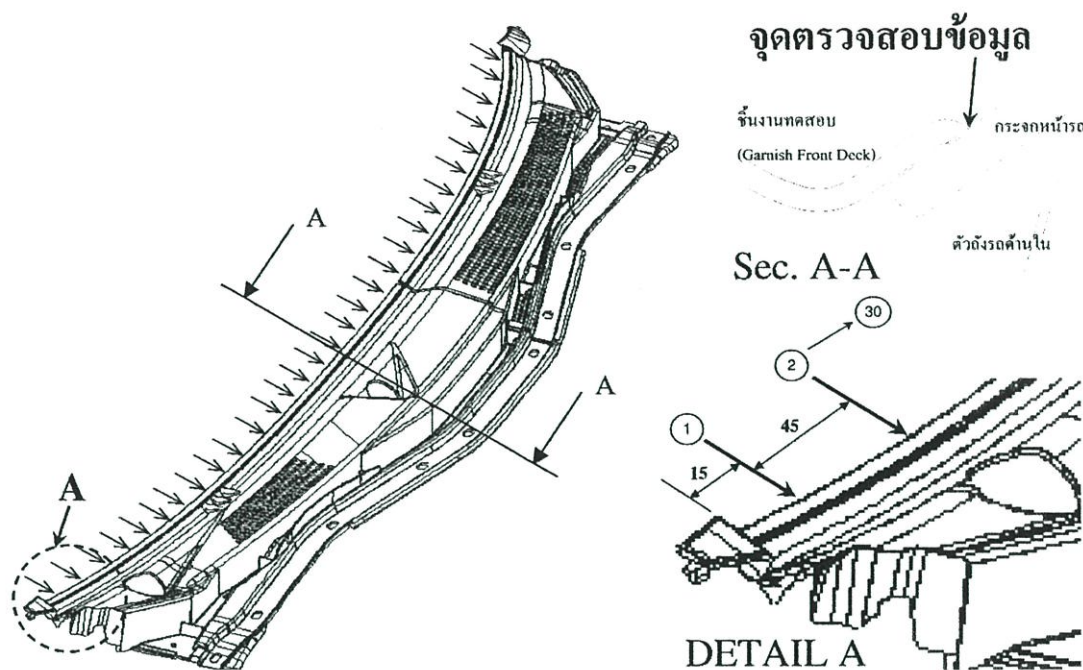
จากรูปที่ 2.29 จะแสดงชิ้นงานสำหรับการทดสอบและชิ้นงานที่เกี่ยวข้องสำหรับทำภาคตัดของชิ้นงานเพื่อแสดงขนาดที่ต้องควบคุมของชิ้นงานที่ออกแบบ โดยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 ภาคตัด A-A ของฟังก์ชันที่ออกแบบโดยวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า

จากรูปที่ 2.30 จะมีการควบคุมชิ้นงานโดยที่ การประกอบบริเวณ BB ปลายชิ้นงานจะต้อง ประกอบกับกระจกหน้าของรถยนต์โดยให้มีช่องว่างเท่ากับ  $0 \pm 0.2$  มิลลิเมตร รัศมีความโค้งของ กระจกหน้ารถในแนวตั้งเท่ากับ 8200(R8200), รัศมีความโค้งของกระจกหน้ารถในแนวนอนเท่ากับ 4500(R4500) โดยปลายชิ้นงานมีความหนาที่ 2.5 มิลลิเมตร ทำการออกแบบให้ปลายซ้อนทับกับ กระจก 0.3 มิลลิเมตร เพื่อใช้ประโยชน์ของฟังก์ชันความแข็งของพลาสติกในการลดหรือปิด ช่องว่างจากการประกอบบนตัวรถจริง และปลายของชิ้นงานจะมีฟังก์ชันการประกอบกับกระจก หน้ารถยาวตลอดแนวแกนอนดังรูปที่ 2.30

2.7.7 แนวคิดในการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยการวิเคราะห์ วิศวกรรมคุณค่า



รูปที่ 2.31 แสดงรายละเอียดของชั้นงานทดสอบและภาคตัดของฟังก์ชันที่ออกแบบผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์ด้วยวิศวกรรมคุณค่าสำหรับตรวจสอบช่องว่างชั้นงานและกระจกหน้าของรถ

ในการหาค่าความสามารถของกระบวนการในการวัดระดับคุณภาพและความต้องการในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องมีการตรวจสอบข้อมูลโดยการวัดค่าช่องว่างระหว่างปลายชั้นงานและกระจกหน้าของรถยนต์สำหรับการนำข้อมูลไปคำนวณหาค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ  $C_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะสั้น) และ  $P_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะยาว) และค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนแฝงจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเงื่อนไขในการวัดค่าดังนี้ (ดังรูปที่ 2.31)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) ของจุดตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ  $0 \pm 0.2$  มิลลิเมตร

2. ตัวอย่างชั้นงานสำหรับตรวจสอบข้อมูลขั้นต่ำ 30 ชั้น

3. บริเวณและจำนวนจุดในการตรวจสอบทั้งหมด 30 จุด/ชิ้น โดยวิธีการตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 2.30 DETAIL A

4. ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดฟิลเลอร์เกจ (Filler gauge) ซึ่งมีความหนาในแต่ละแผ่นตั้งแต่ 0.01-1.0 มิลลิเมตร

ผลการตรวจสอบข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2.6(ก), (ข)

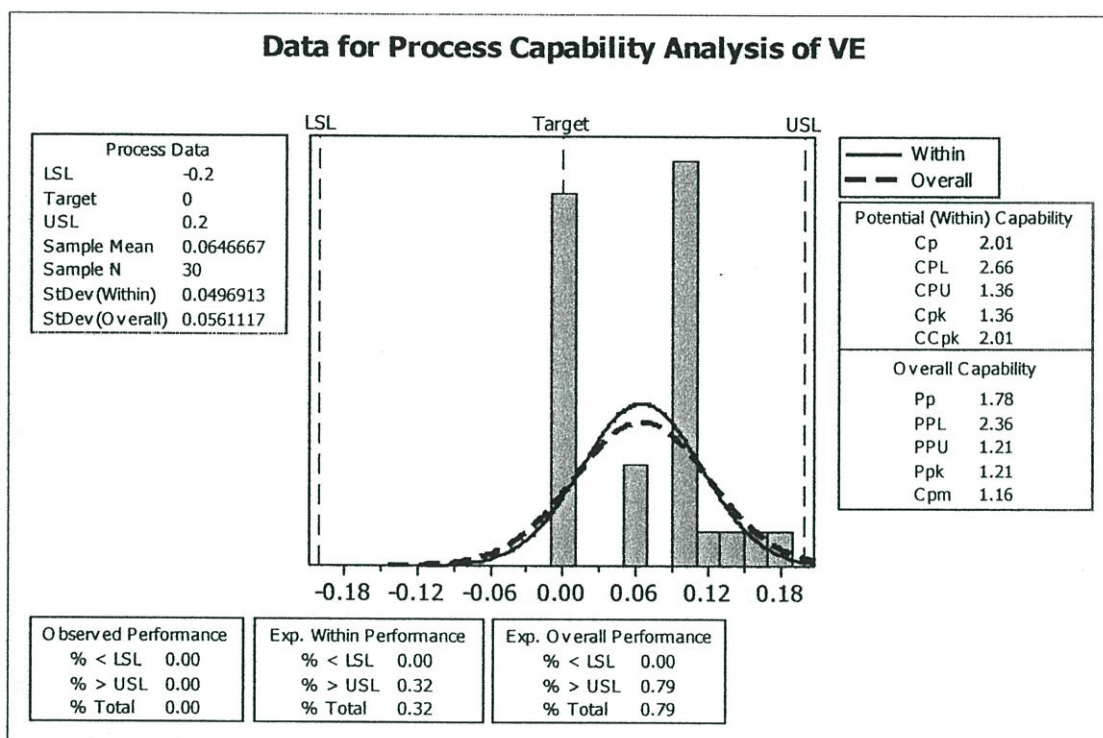
ชั้นงาน จุดตรวจสอบ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.1	0.18	0.1	0.08	0.18	0.1	0.1	0.18	0.1	0.08	0.18	0.1	0.1	0.18	0.1
2	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0
3	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1
4	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1
5	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13
6	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0
7	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1
8	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1
9	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0
10	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06
11	0.06	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0
12	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1
13	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12
14	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0
15	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1
21	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05
22	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06
23	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1
24	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1
25	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09
26	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09
27	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0
28	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16
29	0.16	0	0.09	0.1	0	0.06	0.16	0	0.09	0.1	0	0.06	0.16	0	0.09
30	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09

ตารางที่ 2.6(ก) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชั้นงานและกระจกหน้ารถของฟังก์ชันที่  
ออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าจากตัวอย่างชั้นงานที่ 1-15

ชั้นงาน จุดตรวจสอบ	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0.08	0.18	0.1	0.1	0.18	0.1	0.08	0.18	0.1	0.1	0.18	0.1	0.08	0.18	0.1
2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1
3	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1
4	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1
5	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13	0.1	0.1	0.13
6	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0
7	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1	0	0.13	0.1
8	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1
9	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0
10	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06	0	0.1	0.06
11	0.06	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0	0.06	0	0
12	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1	0	0.06	0.1
13	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12
14	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0	0.12	0.1	0
15	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0	0	0.12	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.1
21	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05	0.1	0	0.05
22	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06
23	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1	0.06	0.05	0.1
24	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1	0.1	0.06	0.1
25	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09	0.1	0.1	0.09
26	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09	0.09	0.1	0.09
27	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0	0.09	0.09	0
28	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16	0	0.09	0.16
29	0.1	0	0.06	0.16	0	0.09	0.1	0	0.06	0.16	0	0.09	0.1	0	0.06
30	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09	0.18	0.16	0.09

ตารางที่ 2.6(ข) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชั้นงานและกระจกหน้ารถของฟังก์ชันที่  
ออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าจากตัวอย่างชั้นงานที่ 16-30

จากตารางที่ 2.6(ก), (ข) นำข้อมูลการตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระจกหน้ารถของฟังก์ชันที่ออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าจากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-30 มาคำนวณหาค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ  $C_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะสั้น) และ  $P_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะยาว) และค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนแฝงจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม MINITAB Release 13[4] ได้ผลดังนี้



**รูปที่ 2.32** กราฟแสดงผลของ  $C_{pk}$ ,  $P_{pk}$  และค่าของเสียในกระบวนการที่ออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า

### 2.7.8 ผลที่ได้ของการตรวจสอบข้อมูล จากการออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า

จากกราฟในรูปที่ 2.32 ค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อธิบายได้ดังนี้

#### 1. ในส่วนของ Process Data

1.1 LSL(Lower Specification Limit) = -0.2 มิลลิเมตร, พิกัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะ

1.2 Target = 0 มิลลิเมตร ,ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

1.3 USL(Upper Specification Limit) = 0.2 มิลลิเมตร, พิกัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะ

1.4 Sample Mean = 0.0646667, ค่าเฉลี่ยของพิกัด

- 1.5 Sample N = 30 ชิ้น, ตัวอย่างชิ้นงานที่ทำการสุ่มตัวอย่าง  
 1.6 StDev(Within) = 0.0496913, ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยระยะสั้น  
 1.7 StDev(Overall) = 0.0561117, ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยระยะยาว

## 2. ในส่วนของ Potential(Within) Capability

- 2.1  $C_p = 2.01$  คือค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 2.01  
 2.2  $C_{PL} = 2.66$  คือขอบเขตล่างของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 2.66  
 2.3  $C_{PU} = 1.36$  คือขอบเขตบนของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.36  
 2.4  $C_{pk} = 1.36$  คือค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.36 ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่ดี (ตารางที่ 2.4) สำหรับสมรรถภาพของกระบวนการวิศวกรรมคุณค่าระยะสั้น

## 3. ในส่วนของ Overall Capability

- 3.1  $P_p = 1.78$  คือค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.78 ค่าดัชนีแสดงถึงระบบการออกแบบมีศักยภาพที่ดีสำหรับแนวคิด  
 3.2  $P_{PL} = 2.36$  คือขอบเขตล่างของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 2.36  
 3.3  $P_{PU} = 1.21$  คือขอบเขตบนของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.21  
 3.4  $P_{pk} = 1.21$  คือค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.21 ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่เลว (ตารางที่ 2.4) แสดงความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการที่ยังต้องทำการทบทวนเพื่อลดต้นทุนแฝงจากการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass Production) ด้วยวิธีการ GD<sup>3</sup> เพื่อค้นหาปัญหาและพยากรณ์ปัญหาจากการทำวิศวกรรมคุณค่ากับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3  
 3.5  $C_{pm} = 1.16$  คือค่ากลางของพิสัยข้อกำหนดเฉพาะซึ่งแสดงดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.16

## 4. ในส่วนของ Exp. Overall Performance

- 4.1  $\% < LSL = 0 \%$  เปอร์เซ็นต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิสัยด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว  
 4.2  $\% > USL = 0.79 \%$  เปอร์เซ็นต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่สูงกว่าพิสัยด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว

4.3 % Total = 0.79% ผลรวมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัดด้านล่าง และสูงกว่าพิคัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว

#### 5. ในส่วนของ Exp. Within Performance

5.1 % < LSL = 0 % เปอร์เซนต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

5.2 % > USL = 0.32 % เปอร์เซนต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่สูงกว่าพิคัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

5.3 % Total = 0.32 % ผลรวมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัดด้านล่าง และสูงกว่าพิคัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

### 2.7.9 ข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จากการวิเคราะห์การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกด้วยวิศวกรรมคุณค่า

จากกราฟในรูปที่ 2.32 จะใช้ค่าสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้น,  $C_{pk} = 1.36$  และค่าสมรรถนะของกระบวนการระยะยาว,  $P_{pk} = 1.21$  เป็นค่าพารามิเตอร์บ่งชี้หรือชี้วัดความต้องการทางด้านคุณภาพและสมรรถนะของกระบวนการในการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass Production) ซึ่งค่า  $C_{pk} = 1.36$  (ตารางที่ 2.4) ที่ได้จากกระบวนการนี้เป็นฟังก์ชันของกระบวนการที่มีค่าเหมาะสมตามความต้องการของโรงงานในการผลิตเป็นจำนวนมาก (ฟังก์ชันและต้นทุนเหมาะสม) แต่ค่า  $P_{pk} = 1.21$  (ตารางที่ 2.4) ที่ได้จากกระบวนการนี้มีค่าไม่เหมาะสมตามความต้องการของโรงงานในการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยพิจารณาจาก % ของเสีย (Exp. Overall Performance) = 0.79% จากการผลิตในระยะยาว ซึ่งสามารถแสดงความสูญเสียในรูปแบบต้นทุนแฝงได้ดังนี้

ต้นทุนแฝงจากการผลิตของเสีย = % ของเสีย x ราคาชิ้นงานของวิศวกรรมคุณค่า x ปริมาณการผลิตทั้งหมด

$$= 0.79 \% \times 100 \text{ บาท} \times 18,000 \text{ ชิ้น} \times 12 \text{ เดือน} \times 8 \text{ ปี}$$

$$= 1,365,120 \text{ บาท} \quad (2.17)$$

ต้นทุนแฝงจากกระบวนการของเสีย = % ของเสีย x ค่ากระบวนการของวิศวกรรมคุณค่า x ปริมาณการผลิตทั้งหมด

$$= 0.79 \% \times 60 \text{ วินาที} \times 0.066 \text{ บาท} \times 18,000 \text{ ชิ้น} \times 12 \text{ เดือน} \times 8 \text{ ปี}$$

$$= 54,059 \text{ บาท} \quad (2.18)$$

ต้นทุนแฝงรวม = (2.17) + (2.18) = 1,419,179 บาท

ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเสนอวิธีการ GD<sup>3</sup> [2] เพื่อค้นหาและป้องกันปัญหาล้นหน้าจากการพยากรณ์เพื่อลดต้นทุนแฝงลง สำหรับการปรับปรุงสมรรถนะของกระบวนการให้สมดุลย์ระหว่างการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกตามมาตรฐานการออกแบบกับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยการวิเคราะห์ห้วงวิศวกรรมคุณค่าที่จะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 3

## บทที่ 3

# GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่า

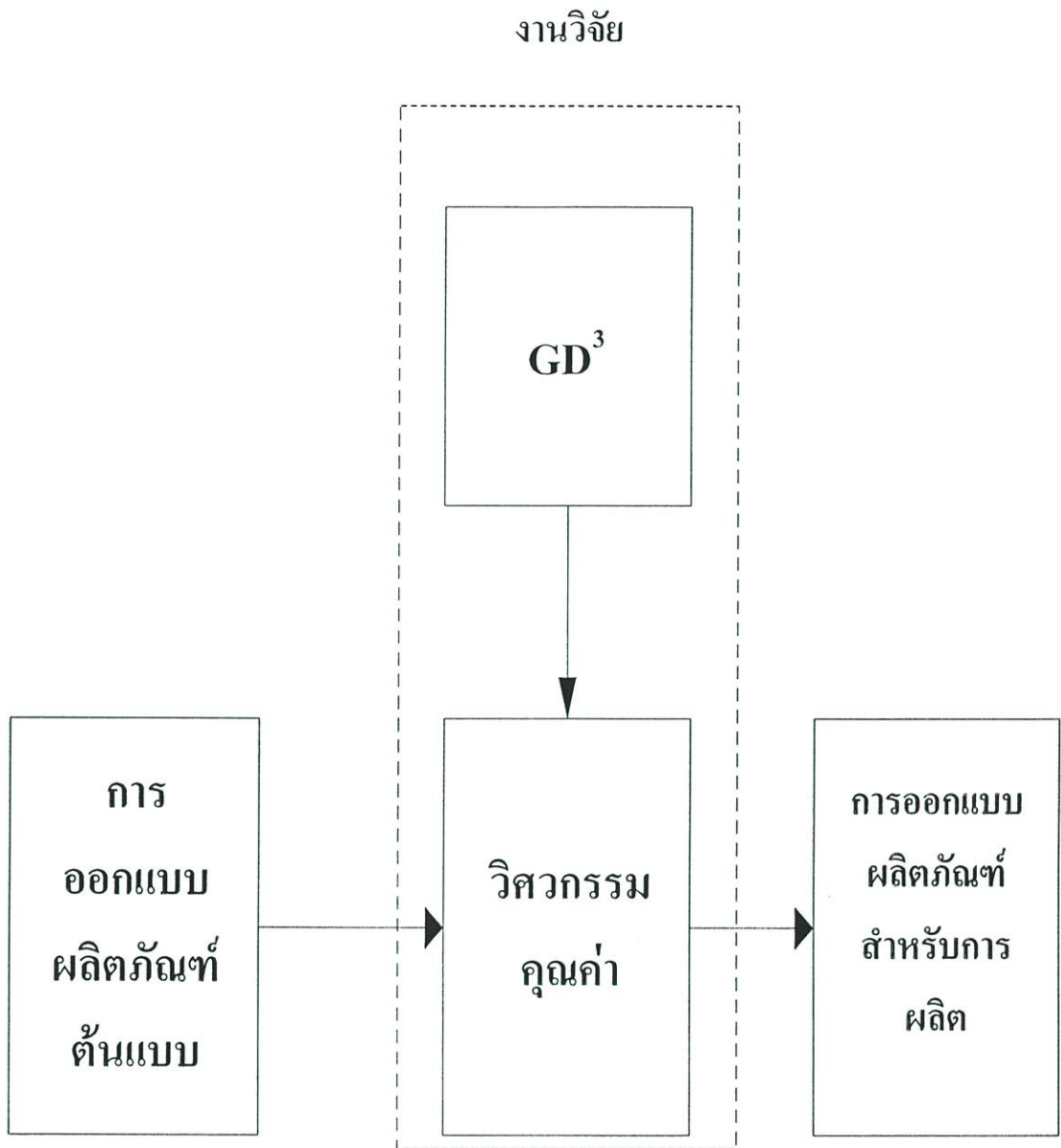
ข้อดีของวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering , VE)[1] คือ การมุ่งเน้นการลดต้นทุนเพื่อเพิ่มผลกำไรให้มากขึ้น ยังสามารถทำให้ต้นทุนต่ำได้มากที่สุดเท่าที่ไร้คุณค่าของงานก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น จนบางครั้งการทำวิศวกรรมคุณค่าส่งผลจนทำให้คุณภาพต่ำลง และไม่ได้เป็นสิ่งที่มีส่วนช่วยอะไรทางด้านเทคนิคเลย และในปัจจุบัน วิศวกรรมคุณค่า ถูกนำมาใช้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic Part Design) ในช่วงโปรโตไทป์ (Prototype) อย่างแพร่หลายเพื่อเป็นการลดต้นทุนตั้งแต่เริ่มการออกแบบ แต่ถ้าผู้ออกแบบขาดความรู้ความชำนาญในการทำวิศวกรรมคุณค่า และมุ่งเน้นที่จะลดต้นทุนจากการออกแบบจนทำให้ความเชื่อถือได้ และเสถียรภาพ (Stability) ของระบบในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกกลดลงนั้นก็ทำให้เกิดต้นทุนแฝงและสมรรถนะของการออกแบบลดต่ำลงจนทำให้เกิดการผลิตของเสียในช่วงของการผลิตแบบจำนวนมาก (Mass Production) ได้

การแก้ปัญหาข้างต้นนี้ เราจะใช้เทคนิคการป้องกันปัญหาล่วงหน้าหรือ GD<sup>3</sup> [2] ในการปรับปรุงรูปแบบของการค้นหาปัญหา ควบคุมและพยากรณ์ปัญหาจากการทำวิศวกรรมคุณค่าที่ ถูกนำมาใช้กับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกในช่วงโปรโตไทป์โดยการทำ Good Discussion (GD-2, การพิจารณาที่ดี) โดยดูแบบงานที่ถูกออกแบบจาก Good Design (GD-1, การออกแบบที่ดี) กับการค้นหาปัญหาจากการ Good Dissection (GD-3, การตรวจดูที่ดี) โดยดูจากชิ้นงานหลังทำการทดสอบนั้นจะเรียกว่า Good Discussion กับ Good Dissection

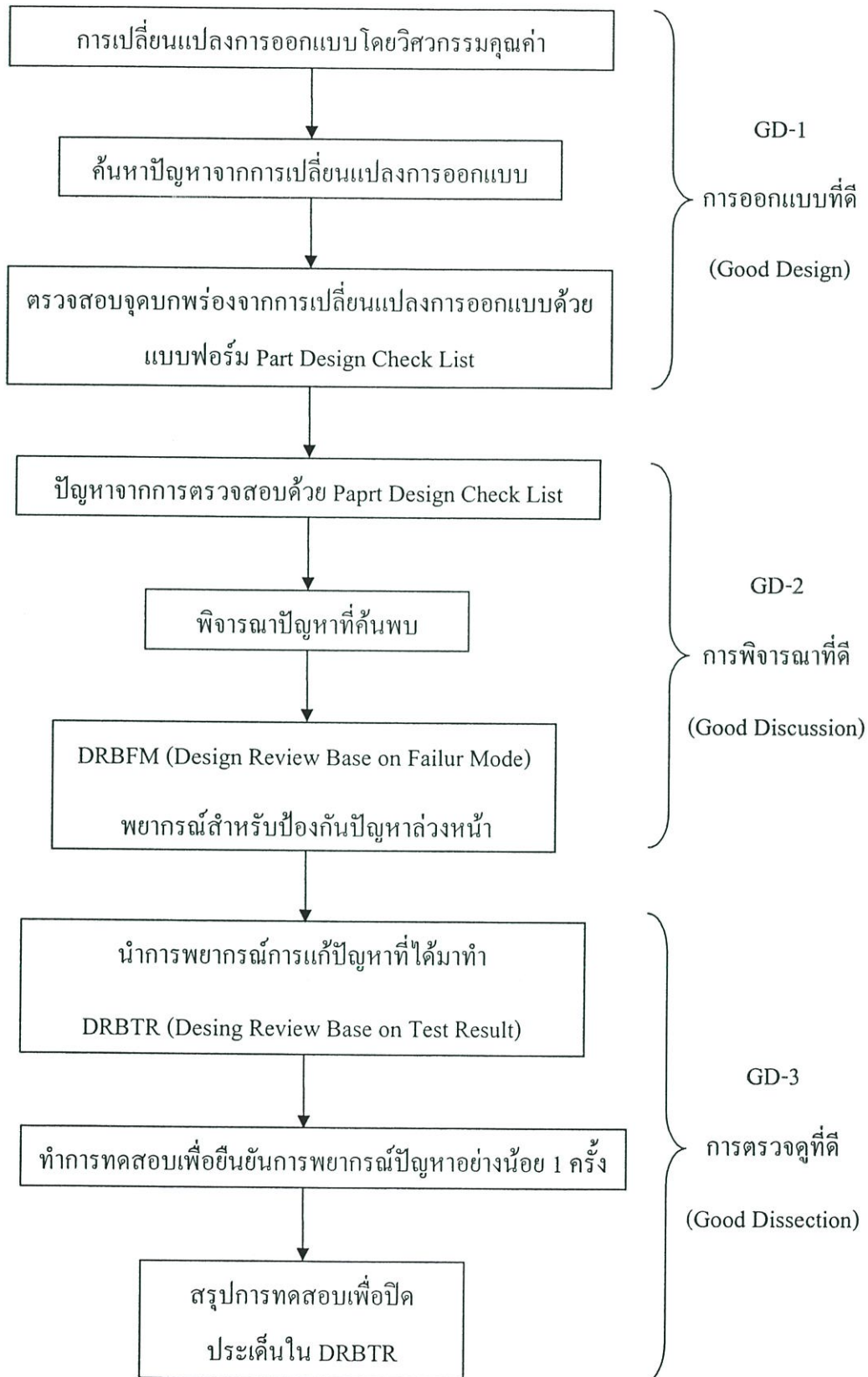
ในบทที่ 3 นี้จะกล่าวถึงวิธีการ GD<sup>3</sup> [2] ซึ่งได้แก่ GD-1 การออกแบบที่ดี (Good Design) ด้วยการ ใช้ Part Design Check List Form [2] ตรวจสอบแบบงานการออกแบบ นำผลการตรวจสอบที่ได้มาทำ Good Discussion (GD-2, การพิจารณาที่ดี) ด้วยแผ่นงาน DRBFM [2] ทำการจำลองระบบการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าผลที่ได้ตรงตามที่ทำ Good Discussion (GD-2, การพิจารณาที่ดี) หรือไม่ด้วยแบบฟอร์ม DRBTR [2] ซึ่งเป็นวิธีการ Good Dissection (GD-3, การตรวจดูที่ดี) ที่ได้ นำเสนอ

### 3.1 แนวคิดของ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่า (Concept of GD<sup>3</sup> for Value Engineering)

ในหัวข้อนี้จะแสดงในส่วนของแนวคิดของ GD<sup>3</sup> เพื่อวิศวกรรมคุณค่า ซึ่งประกอบไปด้วยแนวคิดและวิธีการของ GD<sup>3</sup> กับกระบวนการวิธีคิดของ GD<sup>3</sup> ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 กระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกสำหรับงานวิจัย

รูปที่ 3.2 กระบวนการของ GD<sup>3</sup>

## 3.2 GD-1 การออกแบบที่ดี ( Good Design)

### 3.2.1 หลักการของการออกแบบที่ดี

หลักการเบื้องต้นในการรักษาไว้ซึ่งความเชื่อถือได้ (Reliability) ที่เรียกว่า การไม่เปลี่ยนแปลง รวมทั้งจะกล่าวถึงความคิดที่ว่า การเปลี่ยนแปลงเป็นต้นตอของปัญหา วิธีการที่จะทำให้ต้นตอของปัญหาลดน้อยลง กับวิธีที่จะช่วยให้ทราบถึงต้นตอของปัญหาได้อย่างชัดเจน โดยการนำเสนอเงื่อนไขในการออกแบบหรือที่เรียกว่า การออกแบบที่ดี ที่จะทำให้ต้นตอของปัญหาลดน้อยลง

1. หลักการเบื้องต้นในการรักษาไว้ซึ่งความเชื่อถือได้คือ “การไม่เปลี่ยนแปลง” ดังนั้นพื้นฐานของความเชื่อถือได้คือการไม่เปลี่ยนแปลงคือถ้าไม่มีเปลี่ยนแปลงการออกแบบที่เคยประสบผลสำเร็จมาก่อนก็จะไม่เกิดปัญหา แต่แน่นอนว่าถึงแม้ว่าจะไม่มีเปลี่ยนแปลงการออกแบบ แต่การเปลี่ยนแปลงของตลาดหรือการออกแบบชิ้นส่วนที่ทำงานร่วมกัน ก็อาจจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ ดังนั้นถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ขึ้น การปรับเปลี่ยน (Modification) ที่น้อยที่สุดคือพื้นฐานของการป้องกันปัญหาเกี่ยวกับความเชื่อถือได้

กล่าวคือ ต้นตอของปัญหานั้นเกิดจากสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไปหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ดังนั้นสิ่งผิดปกติของกระบวนการคือ “สิ่งที่เปลี่ยนไปหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น”

### 2. อย่าทำการเปลี่ยนแปลง 2 จุดในเวลาเดียวกัน

นอกเหนือจากความสามารถในการค้นหาปัญหาแล้ว ระบบที่มีการเพิ่มเทคนิคใหม่ ๆ เข้าไปเรื่อย ๆ จะเกิดปัญหาขึ้นอย่างแน่นอน ในปัจจุบันมีระบบทดสอบที่มีประสิทธิภาพและราคาแพง ที่สามารถตรวจหาสิ่งผิดปกติได้ทุกอย่าง แต่ถึงแม้ว่าระบบนี้จะมีประสิทธิภาพสูงแค่ไหนก็ตาม ระบบนี้ก็ไม่ได้ให้ผลที่นอกเหนือจากข้อมูลทางประสิทธิภาพด้านการตลาดต่าง ๆ ที่พวกเรามีอยู่แล้ว ดังนั้นในการเปลี่ยนแปลงแบบจะต้องกระทำอย่างเข้มงวดในการออกแบบไม่ว่าจะเพื่อความปลอดภัยหรือเพิ่มความรู้สึกที่ดีขึ้นก็ตาม แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงในหลาย ๆ จุดก็จะทำให้เกิดต้นตอของปัญหาใหม่ ๆ ตามมาเสมอ ดังนั้นจากคำกล่าวที่ว่า “อย่าทำการเปลี่ยนแปลง 2 จุด ในเวลาเดียวกัน” จึงมีความสำคัญมาก

### 3. ทำเงื่อนไขของการออกแบบที่ดีให้ชัดเจนแล้วไม่เปลี่ยนแปลงเงื่อนไขนั้น

การมุ่งหมายที่จะไม่ให้มีการออกแบบที่ไม่จำเป็น และทำให้มีกระบวนการออกแบบที่เสถียรนั้น ก่อนอื่นหลักการพื้นฐานคือจะต้องมีการออกแบบที่แน่นอน โดยให้มีจุดก่อให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด กล่าวคือ

3.1 โดยเบื้องต้นแล้วต้องต้องทำเงื่อนไขต่าง ๆ ในการออกแบบที่ดีให้ชัดเจนและต้องไม่เปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้

3.2 จะต้องทำให้สิ่งที่เปลี่ยนแปลงซึ่งมีต้นตอของปัญหาอยู่สามารถมองเห็นได้ง่ายเหล่านี้เป็นวิธีที่ทำให้ต้นตอของปัญหาคุณภาพในกระบวนการออกแบบมองเห็นได้ง่าย

#### 4. การนำเอาเทคนิคของคนที่มีชื่อเสียงด้านการออกแบบมาทำเป็นเอกสาร

ในการออกแบบที่ได้จากประสบการณ์ในอดีตนั้น มักจะมีมาตรฐานที่บันทึกรายละเอียดของสิ่งที่เป็นในการออกแบบหรือหัวข้อในการตรวจสอบ และแน่นอนว่าผู้ออกแบบก็ได้ออกแบบโดยยึดตามสิ่งต่าง ๆ ที่จำเป็นเหล่านี้อย่างครบถ้วนและออกแบบตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่ถึงแม้จะปฏิบัติตามสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้แล้วก็ตามก็ยังเกิดปัญหาด้านคุณภาพตามมาอยู่เสมอ

โดยทั่วไปมักจะมีนักออกแบบอยู่ 2 ประเภทที่ต่างกัน คือ นักออกแบบที่ปัญหามักจะเกิดได้ง่าย กับ นักออกแบบที่ปัญหาไม่ค่อยเกิด ทำไมจึงเป็นเช่นนี้ นักออกแบบทั้งสองประเภทมีอะไรที่แตกต่างกัน ผู้ออกแบบที่ปัญหาไม่ค่อยเกิดนั้นนอกจากจะปฏิบัติตามมาตรฐานแล้วยังปฏิบัติตามข้อกำหนดที่ว่า “สิ่งนี้ห้ามทำโดยเด็ดขาด” อย่างเคร่งครัดอีกด้วย สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ถ้าจัดทำเป็นตัวเลขที่แน่นอนหรือเป็นเอกสารที่จะเป็น “การกำหนดเงื่อนไขของการออกแบบที่ดี” นั้นเอง ซึ่งก็จะเหมือนกับกรบันทึกเทคนิคของคนที่มีชื่อเสียงเอาไว้ คือไม่ใช่บันทึกเฉพาะด้านเทคนิคเท่านั้นยังต้องบันทึกสิ่งที่อยู่เบื้องหลังเอาไว้ด้วย ซึ่งก็ถือว่าเป็นสิ่งที่ยากลำบาก

#### 5. ใช้ประสบการณ์ที่เคยประสบผลสำเร็จให้เกิดประโยชน์

ในขณะที่ทำการออกแบบสินค้าชิ้นใดชิ้นหนึ่ง ในบริษัทก็จะมีแบบชิ้นงาน (Drawing) ของสินค้าต่าง ๆ ที่คล้ายกันอยู่มากมาย ถ้านำแบบชิ้นงานเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ก็จะเรียกว่า “ใช้ประสบการณ์ที่เคยประสบผลสำเร็จให้เกิดประโยชน์” ซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องรวบรวมผลที่เคยประสบความสำเร็จ รวมทั้งสาเหตุที่ทำให้เกิดความสำเร็งนั้นด้วย ถ้ามองสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ก็จะสามารถมองเห็นค่าตัวเลขที่ “ช่วงนี้เป็นช่วงที่ถูกต้องของการออกแบบ” และใช้ค่านั้นเป็น “เงื่อนไขของการออกแบบที่ดี (หัวข้อการออกแบบที่ต้องปฏิบัติตาม)” การทำสิ่งนี้เพียงอย่างเดียวก็สามารถที่จะลดปัญหาที่เกี่ยวกับคุณภาพลงได้

#### 6. ใช้ประสบการณ์ของความผิดพลาดให้เกิดประโยชน์

เงื่อนไขที่ทำให้ประสบผลสำเร็จจะต้องประกอบไปด้วย 3 เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- 6.1 มีสภาพแวดล้อมของการแบ่งปันข้อมูลความผิดพลาด
- 6.2 ทักษะคติของผู้ออกแบบต่อความผิดพลาด
- 6.3 รู้ขีดจำกัดที่ทำให้เกิดความล้มเหลว

#### 7. บทสรุปเกี่ยวกับ Good Design

หลักการพื้นฐานของการบริหารการป้องกันล่วงหน้า นั่นก็คือ การทำให้สามารถมองเห็นรากเหง้าของปัญหาได้ด้วยตา ซึ่งกระบวนการนี้คือ Good Design (การออกแบบที่ดี) ที่เป็นหนึ่งในหลักการของ GD<sup>3</sup>, Good Design ก็คือ การทำเงื่อนไขการออกแบบที่ดีให้กระจ่างและไม่เปลี่ยนแปลงสิ่งนั้น สำหรับสิ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงก็ให้ค้นหาสิ่งที่เป็นต้นตอของปัญหาแล้วพุ่งเป้าไปที่สิ่งนั้น จากแนวคิดดังกล่าวจึงสามารถที่จะพัฒนาหลักการ “การทำให้มองเห็นต้นตอของปัญหา” รวมทั้ง “วิธีในการค้นหาจุดของปัญหา” ในผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำการออกแบบมาจากการ

ออกแบบที่ดี ซึ่งวิธีการนี้เรียกว่า Good Discussion (การอภิปรายถกเถียงที่ดี) ที่จะนำเสนอในหัวข้อต่อไป พร้อมกับหลักการ Good Dissection (การตรวจดูที่ดี) ที่จะนำเสนอในหัวข้อต่อไปเช่นกัน

### 3.2.2 แบบฟอร์มการตรวจสอบการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกของการออกแบบที่ดี

จากหลักการการออกแบบที่ดีที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 3.2.1 สามารถนำมาสรุปเป็นแบบฟอร์มทำการตรวจสอบแบบในหัวข้อต่างๆของ Part Design Check List (สำหรับตรวจสอบการออกแบบที่ดี) และตรวจสอบในจุดที่ต้องเปลี่ยนแปลงอย่างละเอียดเพื่อหาจุดกังวลเพื่อป้องกันปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงแบบ

#### Part Design Checklist

for injection molded engineering thermoplastic

##### Material Selection Requirements

- |                                      |                  |                  |                       |          |
|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|----------|
| <input type="checkbox"/> LOADS       | ___ Magnitude    | ___ Durabon      | ___ Impact            | ___ Wear |
| <input type="checkbox"/> ENVIRONMENT | ___ Temperature  | ___ Humidity     | ___ Cleaning agent    |          |
|                                      | ___ Lubricants   | ___ U.V. light   |                       |          |
| <input type="checkbox"/> SPECIAL     | ___ Transparency | ___ Flammability | ___ Warpage/Shrinkage |          |
|                                      | ___ Cost         | ___ Agency test  |                       |          |

##### Part Details Review

- |   |                       |                      |                                      |               |
|---|-----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> RAD II         | ___ Sharp corners     | ___ Ribs             | ___ Bosses                           | ___ Lettering |
| <input type="checkbox"/> WALL THICKNESS |                       |                      |                                      |               |
| • Material                              | ___ Strength          | ___ Electrical       | ___ Flammability                     |               |
| • Flow                                  | ___ Flow length       | ___ Too thin         | ___ Thin to thick                    |               |
|   | ___ Picture framing   | ___ Orientation      |                                      |               |
| • Uniformity                            | ___ Thick areas       | ___ Thin area        |                                      |               |
| <input type="checkbox"/> RIBS           | ___ Radii             | ___ Draft            | ___ Height                           | ___ Spacing   |
|   | ___ Base thickness    |                      |                                      |               |
| <input type="checkbox"/> BOSSES         | ___ Radii             | ___ Draft            | ___ Inside diameter/outside diameter |               |
|   | ___ Base thickness    | ___ Length/diameter  |                                      |               |
| <input type="checkbox"/> WELD LINES     | ___ Proximity to load | ___ Strength vs load | ___ Visual area                      |               |
| <input type="checkbox"/> DRAFT          | ___ Draw polish       | ___ Texture depth    | ___ 1/2 degree(minimum)              |               |
| <input type="checkbox"/> TOLERANCE      | ___ Part geometry     | ___ Material         | ___ Tool design                      |               |
|   |                       |                      | (across parting line, slides)        |               |

##### Assembly Considerations

- |   |  |                              |                       |
|---|--|------------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> PRESS FIT                | ___ Tolerances   | ___ Long-term retention      | ___ Hoop stress       |
| <input type="checkbox"/> SNAP FIT                 | ___ Allowable strain                                   | ___ Assembly force           |                       |
|   | ___ Tapered beam                                       | ___ Multiple assembly        |                       |
| <input type="checkbox"/> SCREWS                   | ___ Thread-cutting vs forming                          | ___ Avoid countersinks       |                       |
| <input type="checkbox"/> MOLDED THREAD            | ___ Avoid feather-edges, sharp coners and pipe threads |                              |                       |
| <input type="checkbox"/> ULTRASONICS              | ___ Energy director                                    | ___ Shear joint interference |                       |
|   | ___ Wall thickness                                     | ___ Hermetic seal            |                       |
| <input type="checkbox"/> ADHESIVE & SOLVENT BONDS | ___ Shear vs. butt joint                               | ___ Compatibility            |                       |
|   | ___ Trapped vapors                                     |                              |                       |
| <input type="checkbox"/> GENERAL                  | ___ Interfit tolerances                                | ___ Stack tolerances         | ___ Thermal expansion |
|   | ___ Care with rivets and molded-in inserts             | ___ Component compatibility  |                       |

##### Mold Concerns

- |                                  |                      |                       |                           |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> WARPAGE | ___ Cooling(corners) | ___ Ejector placement |                           |
| <input type="checkbox"/> GATE    | ___ Type             | ___ Size              | ___ Location              |
| <input type="checkbox"/> RUNNERS | ___ Size and shape   | ___ Sprue size        | ___ Balance flow          |
|                                  | ___ Cool slug well   | ___ Sharp corners     |                           |
| <input type="checkbox"/> GENERAL | ___ Draft            | ___ Part ejection     | ___ Avoid thin/long cores |

ตารางที่ 3.1 แบบฟอร์มการตรวจสอบการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกที่ดี (Part Design Checklist) [2]

จากตารางที่ 3.1 แสดงแบบฟอร์มการตรวจสอบการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกที่ดี (Part Design Checklist) สำหรับตรวจสอบเงื่อนไขการออกแบบที่ดีของชิ้นงานพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ฉีด เพื่อค้นหาปัญหาจากการออกแบบ โดยแบ่งออกเป็น 4 หัวข้อดังนี้

1. ความต้องการข้อกำหนดเฉพาะของวัสดุที่ใช้ขึ้นรูป ใช้สำหรับตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุ สำหรับใช้ขึ้นรูปโดยกระบวนการฉีดพลาสติก เช่น การรับแรง ทนแรงกดอัด ทนแรงดึง ความคงทนต่อสภาวะแวดล้อม การติดไฟ การลุกไหม้ รวมทั้งราคาของวัสดุ
2. รายละเอียดเกี่ยวกับข้อกำหนดเฉพาะของการออกแบบโครงสร้าง ใช้สำหรับตรวจสอบโครงสร้างการออกแบบพลาสติก เช่น การออกแบบความแข็งแรงโดยการใส่ริ้วรอยให้กับงานที่เป็นมุมเพื่อป้องกันการฉีกขาด, การออกแบบความหนาของชิ้นงานในแต่ละจุดเพื่อให้สัมพันธ์กับฟังก์ชันการใช้งานและการฉีดพลาสติก, ความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ยอมรับให้เกิดจากการออกแบบ และการพิจารณาการหดตัวของชิ้นงานซึ่งส่งผลกับขนาดชิ้นงานที่จะเสียรูป, มุมเปิดของโครงสร้างงานสำหรับการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์
3. การพิจารณาเกี่ยวกับการประกอบ เช่น ความคลาดเคลื่อนอนุโลมที่ยอมรับให้เกิดจากการประกอบ, การประกอบในระยะยาว
4. ความกังวลเกี่ยวกับการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดในเรื่องของระบบหล่อเย็น, ทางเข้าของน้ำพลาสติก, การปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

### 3.3 GD-2 การพิจารณาที่ดี (Good Discussion)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง การพัฒนาวิธี DRBFM (Design Review Base on Failur Mode) ที่ใช้เป็นวิธีการค้นหาจุดของปัญหาโดยพิจารณาแบบชิ้นงานจากการทดลองผลิต ก่อนอื่นให้มุ่งเน้นไปที่จุดที่มีการเปลี่ยนแปลง จุดที่เปลี่ยนแปลงก็คือ จุดที่ผู้ออกแบบของบริษัทผู้ผลิตทำการเปลี่ยนแปลงเอง หรือมีการเปลี่ยนแปลงสถานที่ (ผู้ผลิต , ลูกค้า) ซึ่งจะต้องระมัดระวังทั้งสองส่วนนี้ และหลังจากนั้นในการมองหาสถานะของความล้มเหลว ไม่ควรใช้คำพูดทั่ว ๆ ไป เช่น “เกิดความล้มเหลวเกี่ยวกับ...” แต่ควรเขียนอย่างชัดเจนถึงจุดเปลี่ยนแปลงและความสัมพันธ์เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนั้น เช่น “เกิดความล้มเหลวได้อย่างไร” ซึ่งถ้าทำได้ก็จะมีข้อสรุปที่ชัดเจน และสามารถสรุปได้ถึง “ข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบ”, “ข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบ” และ “ข้อปฏิบัติสำหรับกระบวนการผลิต” ให้ถามคำถามว่า

1. ในสิ่งที่ทำการเปลี่ยนแปลงไปนั้น มีสิ่งที่ยังกังวลอะไรบ้าง ?
2. มีสิ่งอื่น ๆ ที่น่าเป็นห่วงอีกหรือไม่ ?
3. สิ่งที่ยังกลั่น จะเกิดขึ้นเร็วในเงื่อนไขอย่างไร (สาเหตุ) ?
4. มีสาเหตุอื่น ๆ อีกหรือไม่ ?

5. สิ่งเหล่านั้นมีผลกระทบอย่างไรต่อลูกค้า ?
6. มีผลกระทบอื่น ๆ ตามมาอีกหรือไม่ ?
7. ในการป้องกันไม่ให้อุบัติการณ์ที่กังวลนั้นเกิดขึ้นจริง ได้ทำการแก้ไขไปแล้วอย่างไรบ้าง ?
8. มีแนวทางอื่นอีกหรือไม่ ที่จะต้องทำในการแก้ไขปัญหาเหล่านั้น ?

สิ่งที่กล่าวไว้ข้างต้นก็คือกระบวนการในการค้นหาปัญหาจากการใช้ “Good Discussion” ให้ทำการพิจารณากันเกี่ยวกับสิ่งนั้น เพื่อค้นหาปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจากคำถามข้างต้นจะนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบแบบฟอร์ม DRBFM (Design Review Base on Failure Mode) ที่ใช้เป็นวิธีในการค้นหาจุดของปัญหา และทำการพยากรณ์ปัญหาเพื่อแก้ไข



### 3.3.1 ขั้นตอนการดำเนินการของ DRBFM (ตารางที่ 3.2)

{1} แยกชิ้นส่วนประกอบและทำการตรวจสอบ (จุดสำคัญคือชิ้นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง) ให้ดูแบบชิ้นงานจนถึงแบบของชิ้นส่วน และทำการตรวจสอบชิ้นส่วนย่อยกับแบบของชิ้นส่วนนั้น ๆ

{2} ให้มุ่งเน้นที่จุดเปลี่ยนแปลง (การเปลี่ยนแปลงแบบ และสิ่งอื่น ๆ ที่เปลี่ยนแปลง) ปัญหา มักจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแบบที่เคยใช้มาก่อน ในการใช้งาน DRBFM ให้มีประสิทธิภาพนั้น ก่อนอื่นจะต้องหาจุดเปลี่ยนแปลงให้ได้และทำการมุ่งเน้นไปที่จุดเปลี่ยนแปลงนั้น เพื่อหาปัญหา ในขั้นตอนนั้นให้หาจุดทั้งหมดที่คิดว่ามีผลกระทบต่อการทำงานของชิ้นส่วนในกรณีนี้จะต้องให้ความสำคัญกับสิ่งอื่น ๆ ที่เปลี่ยนไปด้วย ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการใช้งาน, รูปร่างของชิ้นส่วน, การเปลี่ยนแปลงวัสดุ, การเปลี่ยนแปลงชนิดของน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

{3} ในช่องของหน้าที่ (Function) ของชิ้นส่วนนั้น ให้บันทึกหน้าที่ของชิ้นส่วนย่อยลงไป ในขั้นตอนนี้จะทำการพิจารณาหน้าที่ตามปรกติของชิ้นส่วนต่าง ๆ ให้ตรวจสอบแบบงานกับชิ้นส่วนอย่างละเอียด และทำการตรวจสอบอย่างทั่วถึงเกี่ยวกับหน้าที่ของระบบโดยรวม ถึงความสัมพันธ์ระหว่างกันของชิ้นส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ นอกจากนี้ในกรณีที่มีการทำ DRBFM ในช่วงเวลาที่มีแต่แบบร่างของชิ้นงาน โดยที่ยังไม่มีรายละเอียดของชิ้นส่วนนั้น ให้ทำการพิจารณาโดยเน้นไปที่หน้าที่ของระบบโดยรวม

{4} บันทึกสิ่งที่มีความกังวล (สถานะของความล้มเหลว) เกี่ยวกับการออกแบบ ณ ที่นี้จะกำหนดสภาพแวดล้อมการใช้งานของชิ้นส่วนให้ชัดเจน (จุดสำคัญ คือสภาพแวดล้อม หรือการใช้งานที่เปลี่ยนแปลงไป) ก่อนที่จะทำการค้นหาว่ามีจุดเปลี่ยนแปลงใดบ้างที่มีความกังวลอยู่นั้น ก่อนอื่นจะต้องค้นหาว่าลูกค้าจะใช้งานชิ้นส่วนนั้น ๆ ในสภาพแวดล้อมอย่างไร จากการตรวจสอบว่าชิ้นส่วนที่เราสนใจนั้นถูกใช้งานโดยมีความเครียด (Stress หรือเงื่อนไขสภาพการใช้งาน) เป็นอย่างไร ก็จะทำให้ทราบถึงจุดที่เรากังวลว่าจะเกิดความล้มเหลวในหน้าที่ของชิ้นส่วน หรือการล้มเหลวในหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

การบันทึกข้อมูลข้อมูลนั้นจะบันทึกเกี่ยวกับจุดที่เปลี่ยนแปลงในรูปแบบของ “ความล้มเหลวของหน้าที่” กับ “ความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์” ซึ่งก่อนอื่น จะต้องคำนึงถึงเงื่อนไขของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ชิ้นงานจะถูกใช้งาน หลังจากนั้นจะต้องคิดในมุมมองของลูกค้า ว่ามีข้อกังวลอะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งที่เปลี่ยนแปลงไป (การเปลี่ยนแปลงแบบสภาพการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป)

ในการพิจารณาสถานะของความล้มเหลว ไม่ควรคิดถึงเฉพาะการแตกหัก , การเปลี่ยนรูป และการสึกหรอเท่านั้น แต่ควรจะคำนึงถึงประเด็นอื่น ๆ ในฐานะของลูกค้าด้วย เช่น “เสียงผิดปกติไป” หรือ “ความยาก – ย่ำในการใช้งาน” หรืออื่น ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความล้มเหลวในหน้าที่และความล้มเหลวในฐานะที่เป็นผลิตภัณฑ์

ในการหาสถานะของความล้มเหลวโดยคนคนเดียวและในเวลาสั้น ๆ นั้นเป็นการยากที่จะค้นหาได้อย่างครบถ้วน แต่ในขั้นตอนต่อไปก็ยังสามารถทำการพิจารณาโดยใช้ DRBFM ต่อได้

ดังนั้นอย่าเพิ่งกังวลถึงหัวข้อที่หายไปแล้วอย่าลืมว่าให้ทำตัวเองเสมือนเป็นลูกค้าในการค้นหาสถานะของความล้มเหลวก็พอ ในตอนเริ่มค้นหานี้ จะทำการค้นหาถึงจุดที่มีความกังวล (สถานะของความล้มเหลว) กับสาเหตุ อย่าไปยึดติดกับด้านใดด้านหนึ่ง ให้ค้นหาสิ่งที่ออกมาจากความคิดของเราเอง ถ้ามีสิ่งที่คาดไว้ตั้งแต่ต้นว่าจะเป็นสิ่งที่ก่อปัญหา (ปัจจัย, สาเหตุ) ผุดขึ้นมาในความคิด ก็ให้บันทึกลงในแถว “สาเหตุ” ของการล้มเหลวของหน้าที่, การล้มเหลวของผลิตภัณฑ์ แต่ว่าจะต้องไม่มองข้ามหรือละเลยจุดที่เป็นกังวล (สถานะของความล้มเหลว) ซึ่งก็จำเป็นจะต้องทำการตรวจสอบเข้าไปเข้ามาหลายรอบ เพื่อหาว่ามีจุดกังวลอื่น ๆ อีกหรือไม่

{5} เน้นไปที่จุดที่มีการเปลี่ยนแปลง และบันทึกเกี่ยวกับจุดที่มีความกังวลว่าจะเกิดขึ้นในกรณีอย่างไรได้บ้าง แล้วบันทึกสาเหตุของความล้มเหลวของหน้าที่กับความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์ลงไป ในส่วนที่เกี่ยวกับสาเหตุของสถานะความล้มเหลว จะเป็นกุญแจสำคัญที่บ่งบอกถึงความสามารถในการค้นหาหัวข้อที่มีรายละเอียดลึกลงไป เช่น “ข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบ” “ข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบ” และ “ข้อปฏิบัติสำหรับกระบวนการผลิต” ซึ่งไม่ควรเป็นคำพูดทั่ว ๆ เช่น “...เสีย” แต่จะต้องเขียนรายละเอียดของจุดที่เปลี่ยนกับความสัมพันธ์ เช่น “การเสียนั้นเกิดที่ไหนและเกิดอย่างไร” ลงไปในแผนงาน

ให้ทำการพิจารณา “ชิ้นส่วน” และ “แบบชิ้นงาน” อย่างละเอียด ไม่ควรบันทึกลงเป็นคำศัพท์เดี่ยว ๆ แต่ควรบันทึกเป็นข้อความลงไป ซึ่งเป็นการเขียนเป็น “ข้อความ” จะทำให้นึกภาพตามได้ และสามารถเข้าใจสภาพความเป็นจริงของปัญหาได้ดีขึ้น

{6} บันทึกเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้น ให้บันทึกหัวข้อต่าง ๆ ที่เป็นการวิเคราะห์ระดับความรุนแรง โดยมองตั้งแต่ชิ้นส่วนประกอบจนถึงเป็นระบบโดยรวม และพิจารณาถึงต่าง ๆ โดยสมมุติว่าตัวเองเป็นลูกค้า

{7} วิเคราะห์ระดับความสำคัญเพื่อให้ตระหนักถึงปัญหาที่มีระดับความสำคัญสูงสุด ในการวิเคราะห์ระดับความสำคัญนั้น ไม่ได้หมายถึงการวิเคราะห์เพื่อทำให้ “ข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบ” “ข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบ” “ข้อปฏิบัติสำหรับกระบวนการผลิต” มีน้อยลง โดยการตัดหัวข้อที่มีระดับความสำคัญต่ำออกไปเรื่อย ๆ แต่จะต้องทำการวิเคราะห์หน้าที่ของระบบโดยรวม เพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่มีระดับความสำคัญสูง เช่น “ปัญหาการเรียกสินค้าคืน” หรือ “ปัญหา PL” เป็นต้น ในขั้นตอนนี้จะแบ่งระดับความสำคัญออกเป็น 3 ระดับ (A, B, C) ในหัวข้อที่มีระดับความสำคัญต่ำก็ให้ตรวจสอบอย่างครบถ้วนว่ามีจุดของปัญหาหรือไม่ด้วย

{8} ทำการบันทึกว่าได้มีการออกแบบอย่างไรเพื่อขจัดจุดที่เป็นกังวล ในขณะที่เริ่มต้นทำ DRBFM ให้ทำการบันทึกหัวข้อที่รวมอยู่ในการออกแบบอยู่แล้ว เช่น สิ่งที่ต้องปฏิบัติตามในการออกแบบ, ตามมาตรฐานการออกแบบ, ตามแผนตรวจสอบ หรือตามการป้องกันการเกิดซ้ำ เป็นต้น รวมทั้งบันทึกหัวข้อที่ได้จากการตรวจสอบการออกแบบซึ่งทำมาก่อนหน้า รวมถึงสาเหตุของ

ปัญหาที่รู้สึกกังวลอยู่ และแนวทางแก้ไขปัญหานั้นในขณะที่ทำการตรวจสอบการออกแบบ ย่อมจะต้องมีจุดของปัญหาบางอย่างที่ไม่สามารถแก้ไขได้เนื่องจากเงื่อนไขในการออกแบบ

{9} มุ่งเน้นไปที่จุดเปลี่ยนแปลง รวมทั้งสิ่งที่ไม่ได้ถูกบันทึกไว้ในแผนงานเพื่อพิจารณาถึงจุดที่เป็นกังวล หลังจากนั้นให้นึกไว้ในหัวเลยว่า ชิ้นส่วนจะถูกใช้งานเงื่อนไขหรือสภาพแวดล้อมอย่างไร แล้วให้คิดถึงความกังวลที่มีต่อจุดที่ได้เปลี่ยนแปลง (เน้นที่จุดที่เปลี่ยนแปลงในการออกแบบ และสิ่งอื่น ๆ ที่จะเปลี่ยนไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนั้น) แล้วให้ผู้ร่วมทำ DRBFM ทุกคนช่วยกันคิด โดยใช้มุมมองของลูกค้านำเพื่อค้นหาสิ่งที่กังวลต่าง ๆ ให้ได้ สำหรับคนเพียงคนเดียวนั้น การหาจุดที่มีความกังวล (สถานะความล้มเหลว) ในเวลาอันสั้นให้ได้ครบถ้วนอาจจะเป็นการยาก แต่ถ้าผู้เข้าร่วมทุกคนทำการพิจารณาจากหลาย ๆ มุมมอง ก็จะสามารถค้นหาหัวข้อของสถานะความล้มเหลวที่ไม่ได้ถูกบันทึกในแผนงานของ DRBFM ได้อย่างแน่นอน ในแผนงานของ DRBFM จะมีช่องแยกออกมาสำหรับบันทึกสิ่งที่เป็นกังวลเกี่ยวกับจุดที่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถบันทึกความเห็นต่าง ๆ ที่ได้จากการทำ DRBFM ลงไปได้ และการแยกช่องออกมาก็ทำให้มองเห็นได้ชัดเจนถึงหัวข้อที่มีมุมมองต่างไปจากที่เคยมีอยู่ ทั้งยังเพิ่มความเป็นไปได้ที่จะก้าวไปสู่การค้นหาสิ่งใหม่ ๆ

{10} มุ่งเน้นไปที่จุดที่เปลี่ยนแปลง พิจารณาเพื่อหาจุดที่มีความกังวลในกรณีใดบ้างรวมทั้งหาสาเหตุของการล้มเหลวของหน้าที่ และความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์ (สถานะความล้มเหลว) ในการทำ DRBFM นั้นให้ผู้เข้าร่วมทุกคนทำการพิจารณาจากหลายมุมมองเกี่ยวกับทุกหัวข้อที่ได้ถูกบันทึกไว้ในแผนงาน DRBFM นั้น ๆ รวมทั้งสาเหตุอื่น ๆ ที่แตกต่างออกไป ในแผนงานจะมีช่องแยกออกมาเหมือนกับในส่วนของกรบันทึกสถานะความล้มเหลว ซึ่งก็จะสามารถทำการบันทึกเพิ่มเติมได้ ในการพิจารณาเกี่ยวกับสาเหตุของจุดที่มีความกังวล (สถานะของความล้มเหลว) จำเป็นที่จะต้องดึงเอาความคิดของผู้เข้าร่วมออกมาจนกระทั่งมองเห็นสภาพของปัญหาอย่างชัดเจน ซึ่งถ้าสาเหตุนั้นมีความซับซ้อนมากจนทำให้ไม่สามารถหาสาเหตุที่แท้จริงได้ ก็ขอแนะนำให้ใช้ FTA มาช่วยในการค้นหา (FTA = Fault Tree Analysis เป็นวิธีการในการแตกสาเหตุของสถานะความล้มเหลวหนึ่ง ออกเป็นสาขาแบบต้นไม้ เพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหา) ถ้าผลของการตรวจสอบเกี่ยวกับสาเหตุของความล้มเหลวที่เป็นชิ้นส่วนที่ทำการศึกษาที่มีความชัดเจน และสามารถพิจารณาเกี่ยวกับ “ข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบ” “ข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบ” “ข้อปฏิบัติสำหรับกระบวนการผลิต” ได้ ก็จะสามารถกำหนดวิธีในการแก้ไขปัญหายังเป็นรูปธรรมได้

นอกจากนี้ยังมีความจำเป็นต้องตรวจสอบความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วย ในกรณีที่วิธีการควบคุมวัสดุ หรือเงื่อนไขในการผลิตมีโอกาสที่จะทำให้ประสิทธิภาพของชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน ก็จะต้องทำการพิจารณาอย่างครบถ้วนเกี่ยวกับสาเหตุต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตนั้น ๆ

FTA คืออะไร เป็นวิธีการในการแตกแขนงเหตุการณ์ (Event) ที่ไม่ต้องการ (เช่นสาเหตุของความล้มเหลว เป็นต้น) แล้วทำการประเมินทั้งทางด้านทฤษฎีและด้านตัวเลขจากการคำนวณ ซึ่งมีประโยชน์มากในการค้นหาสาเหตุ เป็นวิธีที่ Mr. Watson ทำการพัฒนาขึ้นที่ห้องทดลองของบริษัทโทรศัพท์เบลล์ (Bell Telephone) และถูกนำไปใช้โดยบริษัทโบอิงในการวิเคราะห์ความเชื่อถือได้ของระบบจรวด (Missile) ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ

{11} ทำการอภิปรายซ้ำอีกครั้งเกี่ยวกับผลกระทบต่อลูกค้า สำหรับผลกระทบต่อลูกค้า นั้น ผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับลูกค้าก็น่าจะรู้ดีกว่าคนอื่น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้คนในกระบวนการถัดไปที่ใกล้ชิดกับลูกค้าเป็นคนทำการวิเคราะห์ซ้ำอีกครั้ง

{12} ทำการตรวจสอบหัวข้อในการออกแบบที่ได้ทำไว้แล้วเพื่อขจัดสิ่งที่เป็นกังวลออกไป ในแผนงานของ DRBFM จะมีหัวข้อของสิ่งที่ได้ทำการออกแบบไว้แล้ว หรือหัวข้อที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ก่อนการออกแบบ ซึ่งจะยึดตามหัวข้อที่ต้องปฏิบัติตามในการออกแบบ หรือแผ่นตรวจสอบตามมาตรฐานการออกแบบที่มีการบันทึกไว้ในขั้นตอนการออกแบบ การทำ DRBFM นั้นจะทำการวิเคราะห์รายละเอียดเกี่ยวกับหัวข้อที่ได้มีการออกแบบไว้ในขั้นตอนของการออกแบบ และจะค้นหาหัวข้ออื่น ๆ หรือวิธีการในการแก้ไขปัญหาที่ออกแบบหรือการทดสอบไม่สามารถทำได้ออกมา ซึ่งจากผลของการพิจารณากัน ก็จะสามารถตัดหัวข้อที่มีการสรุปแล้วว่า การออกแบบที่ทำไว้นั้นสามารถป้องกันหรือแก้ไขปัญหาได้ออกไป ซึ่งจากผลดังกล่าว ในขั้นตอนนี้ก็จะทำให้ปัญหาเฉพาะเกี่ยวกับจุดที่เปลี่ยนแปลงมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

{13} ทำการพิจารณาทุกจุดที่มีความกังวลจากการเปลี่ยนแปลงรวมถึงสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงทุกหัวข้อ เพื่อค้นหาวิธีการออกแบบและวิธีการทดสอบทำการพิจารณาโดยตรวจสอบสาเหตุทุกหัวข้อที่เขียนอยู่ในแผนงาน DRBFM ให้ละเอียด แล้วค้นหาวิธีการออกแบบ วิธีการทดสอบ และวิธีการควบคุมกระบวนการผลิต และทำการรวบรวม “ข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบ (เพื่อการแก้ไข โดยการออกแบบ)” “ข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบ (สิ่งที่ต้องเพิ่มไปในการทดสอบ)” และ “ข้อปฏิบัติสำหรับกระบวนการผลิต” ให้ชัดเจน

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับความแข็งแกร่งนั้น ให้ทำการตรวจสอบโดยคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความปลอดภัย (Safety Factor) หรือใช้ข้อมูลการใช้งานมาพิจารณาส่วนการพิจารณาเกี่ยวกับค่าเผื่อสำหรับขนาด (Dimension Allowance) ก็ให้ตรวจสอบจากคำแนะนำในแบบชิ้นงาน หรือจากความสามารถของกระบวนการ หนึ่งสำหรับหัวข้อที่มีปัญหาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเวลา ที่ต้องทำการยืนยันด้วยการทดลองนั้น ก็ให้ทำการวิเคราะห์สภาพการเปลี่ยนแปลง หรือทำการทดลองเกี่ยวกับอุณหภูมิหรือเวลา และให้กำหนดวิธีการที่ชัดเจนออกมา

ในแต่ละขั้นตอนไม่ควรทำการรวบรวมทีละ 2-3 หัวข้อแล้วทำการวิเคราะห์แต่จำเป็นต้องทำการพิจารณาทีละหัวข้อของทุกสาเหตุ โดยพิจารณาชิ้นงานและแบบงานอย่างละเอียดถี่ถ้วน ในกรณีที่มีความเห็นไม่ตรงกัน ถึงแม้ว่าจะเจอในหัวข้อต่อไปก็ตาม ก็ต้องย้อนกลับมายังจุดเดิมที่มี

ความกังวล (สถานะของความล้มเหลว) แล้วทำการวิเคราะห์ใหม่ สำหรับวิธีการป้องกันที่ได้ทำการพิจารณาไว้แล้วนั้น มีความจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเลือกหัวข้อที่ต้องทำการตรวจสอบ และจะต้องเขียนลงในแผ่นงาน DRBFM อย่างชัดเจน หากไม่มีการตัดสินใจก็จะทำให้มีการบ้านเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ และทำให้ไม่สามารถขยับไปขั้นตอนต่อไปได้

ขั้นตอนที่กำลังทำการพิจารณาเกี่ยวกับจุดที่มีความกังวล(สถานะของความล้มเหลว) และสาเหตุ นั้น ก็จะมีหัวข้อต่าง ๆ ออกมามากมาย ดังนั้นในการจัดการเกี่ยวกับการอภิปราย จึงจำเป็นต้องทำให้หัวข้อของข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบและหัวข้อของข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบมีความชัดเจนส่วนมากมักจะเห็นข้อสรุปที่ให้ทำการทดสอบโดยทดสอบความทนทาน (Endurance Test) อยู่เสมอ ๆ แต่ก่อนที่จะทดสอบความทนทานนั้น ก่อนอื่นจำเป็นต้องมี “การออกแบบที่ดีตามหลักการพื้นฐาน” นอกจากนี้ ถ้ามีการใช้การคำนวณหรือใช้คำแนะนำในแบบงานมาเสริม ก็อาจจะช่วยลดขั้นตอนการทดสอบลงได้

ข้อแตกต่างระหว่างรายการตรวจสอบ (Checklist) กับ DRBFM ก็คือ ในรายการตรวจสอบนั้นจะเป็นหัวข้อ “เงื่อนไขที่ต้องปฏิบัติตามร่วมกัน” แต่ DRBFM จะหมายถึง “สิ่งที่ค้นพบและเป็นเงื่อนไขเฉพาะของการออกแบบนั้น” ดังนั้นในการบันทึกแผ่นงาน DRBFM จึงไม่ควรบันทึกข้อความกว้าง ๆ อย่างเช่น “ให้ยึดตามมาตรฐานการออกแบบ” “ให้ยึดตามมาตรฐานคุณภาพ” หรือ “ให้ทำการทดสอบความทนทานทุกชนิด” แต่จะต้องบันทึกข้อความที่ชัดเจน เช่น “ในส่วนของ ... นั้น จะต้องทำให้ R มีค่าเป็น 0.5” หรือว่า “หลังการทดสอบความทนทานจากการใช้งานแล้ว ให้ทำการวัดขนาดของส่วนที่มีการเคลื่อนไหว” เป็นต้น

ซึ่งถ้ามีการวิเคราะห์จนถึงขั้นตอนนี้แล้ว จุดของปัญหาที่เป็นหัวข้อเฉพาะของชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงและวิธีในการป้องกันก็จะมีชัดเจนขึ้นมา แต่ทว่าพิจารณาได้ถูกทำโดยการวิเคราะห์ชิ้นส่วนประกอบแต่ละชิ้น ดังนั้นจึงมีโอกาที่จะมองข้ามปัญหาที่เกิดขึ้นตรงส่วนต่อของชิ้นส่วนนั้นกับชิ้นส่วนอื่น ซึ่งก็ควรจะระมัดระวัง โดยย้อนกลับไปที่ “มีจุดกังวลอื่น ๆ อีกหรือไม่” และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของชิ้นส่วนที่อยู่รอบข้าง หรือความสัมพันธ์กับระบบโดยรวม

{14} บันทึกแผนกที่รับผิดชอบ ผู้รับผิดชอบ และระยะเวลาที่กำหนด หลังจากบันทึกหัวข้อของข้อปฏิบัติสำหรับการออกแบบและข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบที่ได้จากการพิจารณาเกี่ยวกับแนวทางในการแก้ไขแล้ว ให้ทำการกำหนดตัวผู้รับผิดชอบพร้อมกำหนดระยะเวลา

### 3.4 GD-3 การตรวจดูที่ดี (Good Dissection)

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงความสำคัญของการตรวจดูที่ดี และหลังจากนั้นจะอธิบายเกี่ยวกับ DRBTR ซึ่งเป็นวิธีในการค้นหาจุดที่ทำให้เกิดปัญหาโดยใช้การดูผลการทดสอบควบคู่ไปกับการ

ทบทวนการออกแบบ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว หลักการนี้จะใช้หลักคิดเดียวกับ DRBFM การทบทวนการออกแบบที่มีการ “ตรวจดูที่ดี”

1. หลักการพื้นฐานของการค้นหาปัญหาคือการตรวจดูที่ดี Good Dissection คือหลักการของการตั้งใจทำการทบทวนการออกแบบ โดยมี “การตรวจดูที่ดี” คือ DRBFM จะใช้ในการทบทวนการออกแบบ โดยผู้ที่ทำการออกแบบจะมาทำการพิจารณา (Discussion) กัน เพื่อหาจุดต่าง ๆ ที่เป็นปัญหา (จุดอ่อน) แต่ในหัวข้อนี้จะหมายถึงการมุ่งเน้นไปที่การตรวจดูที่ดีหลังจากนั้นจะทำการทบทวนการออกแบบเพื่อหาจุดที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อไป ซึ่งช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำ ก็คือเวลาหลังการทดสอบเสร็จสิ้นที่บริษัทผู้ผลิตหรือบริษัทลูกค้า

2. การทดสอบเป็นวิธีที่ทรงพลังในการค้นหาปัญหา เราไม่ควรคิดว่าการทดสอบเป็นขั้นตอนที่ใช้แค่ตัดสินว่าผ่าน – ไม่ผ่านเท่านั้นแต่ควรคิดว่ามันเป็นวิธีการที่จะช่วยค้นหาปัญหา ก็จะทำให้ประโยชน์ของการทดสอบมีมากขึ้น ในการค้นหาปัญหา สิ่งแรกที่ต้องทำตั้งแต่ในขั้นตอนการวางแผนก็คือ จะทำการทดสอบอย่างไร ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะไปเชื่อมโยงกับแถวตั้งใน DRBFM ที่เรียกว่าข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบ ในขั้นตอนนี้ไม่ได้หมายถึงการทดสอบตามมาตรฐานเท่านั้น แต่ยังหมายถึงวิธีการค้นหาปัญหาอื่น ๆ ที่อาจจะมีผลกระทบของการออกแบบ หรือมีผลต่อวัสดุนั้น ๆ และจะต้องมีการวางแผนงานเอาไว้ล่วงหน้าด้วย

3. ต้องทำการตรวจดูอย่างถี่ถ้วน ทั้งในขณะที่ทำการทดสอบและหลังการทดสอบ แล้วถามตัวเองว่า “มีปัญหาอื่น ๆ อีกหรือไม่”, “จริง ๆ แล้วการทดสอบนี้ดีแล้วหรือ”, “มีจุดที่ถ้าทำการเปลี่ยนแปลงแล้วดีกว่าหรือไม่” หรืออื่น ๆ แล้วให้ผู้ออกแบบทำการทบทวนการออกแบบร่วมกับผู้รับผิดชอบจากผู้ผลิตชิ้นส่วนหรือลูกค้าเพื่อทำการค้นหาปัญหา

3.1 ดูในจุดที่มองเห็นถ้าชิ้นงานที่ใช้ทดสอบเกิดการแตกหัก ทุกคนก็คงตั้งใจดูตรงจุดนั้นอย่างแน่นอน แต่คงมีน้อยคนที่จะดูสิ่งที่อยู่นอกเหนือจุดแตกหักนั้นอย่างเข้มงวด ซึ่งการดูในทุก ๆ จุดที่มองเห็นได้นั้นเป็นสิ่งที่ฝึกฝนค่อนข้างยาก

3.2 ดูในจุดที่มองไม่เห็นด้วยให้ทำการแยกส่วน หรือตัดส่วนที่ไม่สามารถมองเห็นออกมาทำการตรวจสอบด้วย

3.3 ดูโดยการนำมาเปรียบเทียบ ดูโดยการนำมาเรียงหากตรวจสอบโดยการดูชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวแล้วรู้สึกว่ามีเพียงพอ ก็ให้นำเอาชิ้นส่วนที่ยังไม่ได้ทดสอบ หรือนำเอาผลการทดสอบอื่น ๆ มาเปรียบเทียบ หรือนำมาเรียงดูด้วย อาจจะทำให้หาความแตกต่างได้เด่นชัดขึ้น

3.4 การลองวัดดูโดยใช้วิธีการง่าย ๆ สิ่งที่สำคัญในที่นี้คือ “วิธีการที่ง่าย ๆ” ในปัจจุบันมีเครื่องมือวัดระดับสูงซึ่งบางที่ผู้ทดสอบก็จะนำชิ้นส่วนใส่ในเครื่องวัดทันทีซึ่งไม่สามารถตรวจดูชิ้นงานได้ขณะที่เครื่องทำการวัดเลยทำให้ไม่เจอสาเหตุของปัญหาค้างนั้นจากมุมมองของการค้นหาปัญหา อาจจะใช้วิธีการที่ง่าย ๆ ก็ได้ แต่มีความจำเป็นต้องทำต่อหน้าหรือในที่ที่สามารถมองเห็นได้

สิ่งที่สำคัญมากในกระบวนการนี้คือ จะต้องไม่ตัดสินใจด้วยตนเองต่อสิ่งที่ตัวเองรู้สึก ตลอดจนผู้ที่อยู่รอบข้างก็ไม่ต้องตัดสินใจอย่างฉ้อฉล ถ้ามีสิ่งที่ตัวเองรู้สึกได้ก็ควรเขียนบันทึกเอาไว้ และหลังจากนั้นค่อยทำการตรวจสอบผลพร้อมกับทำการพิจารณาอย่างถี่ถ้วนเพื่อรวบรวมข้อมูลและทำการค้นหาจุดของปัญหาต่อไป

## Design Review Based on Test Result

No.	ตำแหน่ง ชิ้นส่วน	ลักษณะ ของผลการ ทดสอบ	การเปรียบเทียบ ทดสอบ ในอดีต	สาเหตุที่สืบเนื่อง	ขั้นตอนในการเกิดผลกระทบ	ผลกระทบ ต่อลูกค้า	ข้อสรุปจาก ผู้ทดสอบ	DRBTR					ผู้รับ ความ ผิด พลาด						
				DRBTR มีสาเหตุ ถึง 4 ข้อ พร้อม	DRBTR มีสาเหตุ ถึง 4 ข้อ พร้อม	ผลกระทบ ต่อลูกค้า		ข้อสรุป การทดสอบ ครั้งก่อน	ข้อสรุป การทดสอบ เมื่อ เวลา แรก	ข้อสรุป การทดสอบ เมื่อ เวลา แรก	ข้อสรุป การทดสอบ เมื่อ เวลา แรก	ข้อสรุป การทดสอบ เมื่อ เวลา แรก	ข้อสรุป การทดสอบ เมื่อ เวลา แรก						

ตารางที่ 3.3 แผนงาน DRBTR [2]

## บทที่ 4

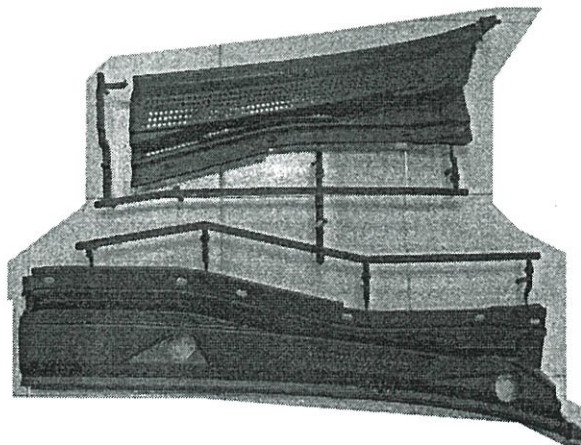
### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 บทนำ

จากการทดสอบและการตรวจสอบข้อมูลที่ผ่านมาในบทที่ 2 ด้วยแบบตัวอย่างชิ้นงานต้นแบบที่ออกแบบด้วยวิศวกรรมคุณค่าซึ่งนำมาประกอบและตรวจสอบข้อมูลการประกอบออกมาเป็นค่าดัชนีตัวเลข โดยใช้ชิ้นงานตัวอย่างทั้งหมด 30 ชิ้น จุดตรวจสอบภายในชิ้นงานแบ่งเป็น 30 จุด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปตรวจสอบสมรรถนะของกระบวนการทั้งระยะสั้นและระยะยาวด้วยโปรแกรม MINITAB Release 13 หลังจากได้ค่า Cpk (ระยะสั้น) และ Ppk (ระยะยาว) จากผลที่ได้นำมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับความต้องการทางด้านโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อลดต้นทุนแฝงซึ่งจากผลการตรวจสอบข้อมูลในบทที่ 2 การวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่าจำเป็นต้องมีการพยากรณ์หรือการป้องกันปัญหาล่วงหน้าอย่างละเอียดด้วยวิธีการ GD<sup>3</sup> เพื่อป้องกันปัญหาที่จะตามมาหลังจากการผลิตสินค้า(Mass Production) ซึ่งจะทำให้เกิดของเสียหรือต้นทุนแฝงจากการออกแบบเพื่อการควบคุมสมรรถนะของกระบวนการระยะยาวได้ไม่ดีพอ โดยในบทนี้จะทำการทดลองและปรับปรุงค่าสมรรถนะของชิ้นงานด้วยวิธีการ GD<sup>3</sup> โดยใช้ชิ้นงานต้นแบบที่ออกแบบด้วยวิศวกรรมคุณค่ามาค้นหาปัญหาและแก้ปัญหาเกี่ยวกับสมรรถนะของชิ้นงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 4.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้สำหรับทดสอบ



รูปที่ 4.1 แสดงชิ้นงานต้นแบบสำหรับทดลอง

## 2. แบบบันทึกผลการทดสอบ Part Design Check List สำหรับ GD-1 หรือ Good Design

### Part Design Checklist

for injection molded engineering thermoplastic

#### Material Selection Requirements

- |                                      |                  |                  |                       |          |
|--------------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|----------|
| <input type="checkbox"/> LOADS       | ___ Magnitude    | ___ Durabon      | ___ Impact            | ___ Wear |
| <input type="checkbox"/> ENVIRONMENT | ___ Temperature  | ___ Humidity     | ___ Cleaning agent    |          |
|                                      | ___ Lubricants   | ___ U.V. light   |                       |          |
| <input type="checkbox"/> SPECIAL     | ___ Transparency | ___ Flammability | ___ Warpage/Shrinkage |          |
|                                      | ___ Cost         | ___ Agency test  |                       |          |

#### Part Details Review

- |   |                       |                      |                                      |               |
|---|-----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> RAD II         | ___ Sharp corners     | ___ Ribs             | ___ Bosses                           | ___ Lettering |
| <input type="checkbox"/> WALL THICKNESS |                       |                      |                                      |               |
| • Material                              | ___ Strength          | ___ Electrical       | ___ Flammability                     |               |
| • Flow                                  | ___ Flow length       | ___ Too thin         | ___ Thin to thick                    |               |
|   | ___ Picture framing   | ___ Orientation      |                                      |               |
| • Uniformity                            | ___ Thick areas       | ___ Thin area        |                                      |               |
| <input type="checkbox"/> RIBS           | ___ Radii             | ___ Draft            | ___ Height                           | ___ Spacing   |
|   | ___ Base thickness    |                      |                                      |               |
| <input type="checkbox"/> BOSSES         | ___ Radii             | ___ Draft            | ___ Inside diameter/outside diameter |               |
|   | ___ Base thickness    | ___ Length/diameter  |                                      |               |
| <input type="checkbox"/> WELD LINES     | ___ Proximity to load | ___ Strength vs load | ___ Visual area                      |               |
| <input type="checkbox"/> DRAFT          | ___ Draw polish       | ___ Texture depth    | ___ 1/2 degree(minimum)              |               |
| <input type="checkbox"/> TOLERANCE      | ___ Part geometry     | ___ Material         | ___ Tool design                      |               |
|   |                       |                      | (across parting line,slides)         |               |

#### Assembly Considerations

- |  |   |                              |                       |
|--|---|------------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> PRESS FIT                   | ___ Tolerances  | ___ Long-term retention      | ___ Hoop stress       |
| <input type="checkbox"/> SNAP FIT                    | ___ Allowable strain                                  | ___ Assembly force           |                       |
|  | ___ Tapered beam                                      | ___ Multiple assembly        |                       |
| <input type="checkbox"/> SCREWS                      | ___ Thread-cutting vs forming                         | ___ Avoid countersinks       |                       |
| <input type="checkbox"/> MOLDED<br>THREAD            | ___ Avoid feather-edges,sharp coners and pipe threads |                              |                       |
| <input type="checkbox"/> ULTRASONICS                 | ___ Energy director                                   | ___ Shear joint interference |                       |
|  | ___ Wall thickness                                    | ___ Hermetic seal            |                       |
| <input type="checkbox"/> ADHESIVE &<br>SOLVENT BONDS | ___ Shear vs. butt joint                              | ___ Compatibility            |                       |
|  | ___ Trapped vapors                                    |                              |                       |
| <input type="checkbox"/> GENERAL                     | ___ Interfit tolerances                               | ___ Stack tolerances         | ___ Thermal expansion |
|  | ___ Care with rivets and molded-in inserts            | ___ Component compatibility  |                       |

#### Mold Concerns

- |                                  |                      |                       |                           |
|----------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> WARPAGE | ___ Cooling(corners) | ___ Ejector placement |                           |
| <input type="checkbox"/> GATE    | ___ Type             | ___ Size              | ___ Location              |
| <input type="checkbox"/> RUNNERS | ___ Size and shape   | ___ Sprue size        | ___ Balance flow          |
|                                  | ___ Cool slug well   | ___ Sharp corners     |                           |
| <input type="checkbox"/> GENERAL | ___ Draft            | ___ Part ejection     | ___ Avoid thin/long cores |

ตารางที่ 4.1 แสดงแบบบันทึกข้อมูล GD-1 หรือ Good Design [2]

3. แบบบันทึกผลการทดสอบ DRBFM (Design Review Base on Failure Mode) สำหรับ GD-2 หรือ Good Discussion

**Design Review Based on Failure Mode**  
(สำหรับการออกแบบใหม่หรือการเปลี่ยนแปลง)

ที่: \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_  
วันที่: \_\_\_\_\_

No.	ชื่อผู้เสนอจุดเปลี่ยนแปลง	หน้าที่	ชื่อผู้จัดทำ		ชื่อผู้ตรวจ		วัตถุประสงค์/รายละเอียด/ข้อสงสัยในการออกแบบ, การออกแบบ, การตรวจสอบ, และการควบคุมอื่นๆ	ชื่อผู้ดำเนินการ DRBFM				ผลการตรวจ	
			ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้ดำเนินการ	ผู้ตรวจสอบ		ผู้ดำเนินการ	ผู้ตรวจสอบ				

ตารางที่ 4.2 แสดงแบบบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบ GD-2 หรือ Good Discussion [2]

4. แบบบันทึกผลการทดสอบ DRBTR (Design Review Base on Test Result) สำหรับ GD-3 หรือ Good Dissection

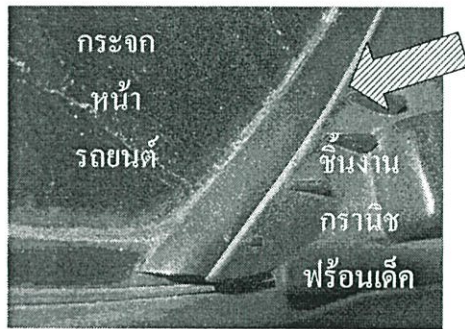
**Design Review Based on Test Result**

ที่: \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_  
วันที่: \_\_\_\_\_

No.	ส่วนงานต้นทาง	ชื่อผู้เสนอจุดเปลี่ยนแปลง	การเปลี่ยนแปลง/ข้อสงสัย	ชื่อผู้จัดทำ		วัตถุประสงค์/รายละเอียด/ข้อสงสัยในการออกแบบ, การออกแบบ, การตรวจสอบ, และการควบคุมอื่นๆ	ชื่อผู้ดำเนินการ DRBTR				ผลการตรวจ	
				ผู้จัดทำ	ผู้ตรวจสอบ		ผู้ดำเนินการ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้ดำเนินการ	ผู้ตรวจสอบ		

ตารางที่ 4.3 แสดงแบบบันทึกข้อมูลและผลการทดสอบ GD-3 หรือ Good Dissection [2]

### 5. รถยนต์ต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ



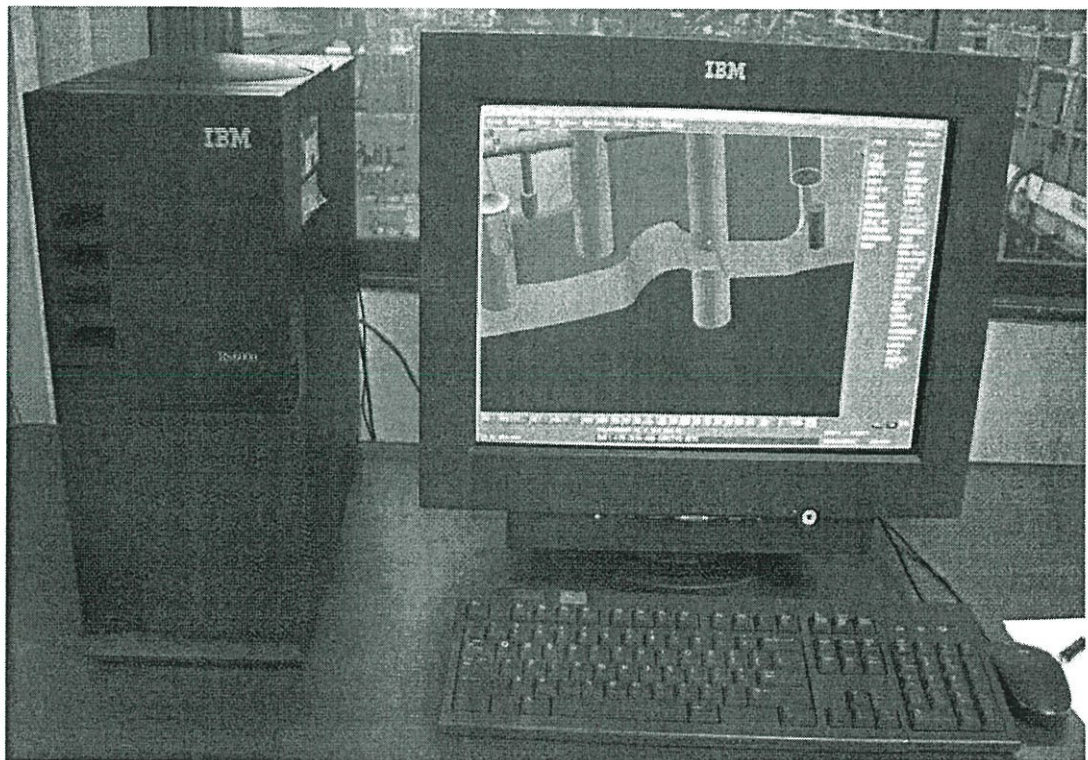
(ก) รายละเอียดชิ้นงาน โมเดลต้นแบบ



(ข) ชิ้นงาน โมเดลต้นแบบและส่วนประกอบอื่นๆ

### รูปที่ 4.2 รถยนต์ต้นแบบและส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องสำหรับทดสอบ

### 6. เครื่องคอมพิวเตอร์ และ โปรแกรม CATIA V4 สำหรับการออกแบบและแก้ไข



รูปที่ 4.3 เครื่องคอมพิวเตอร์ และ โปรแกรม CATIA V4



9. แม่พิมพ์ Prototype สำหรับทดสอบและหาปัญหาสำหรับการสร้างแม่พิมพ์



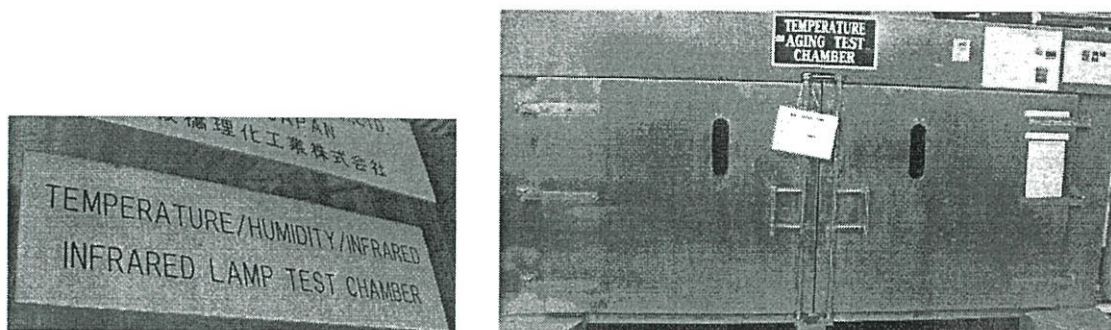
รูปที่ 4.6 แม่พิมพ์ Prototype สำหรับทดสอบ

10. เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 850 tons



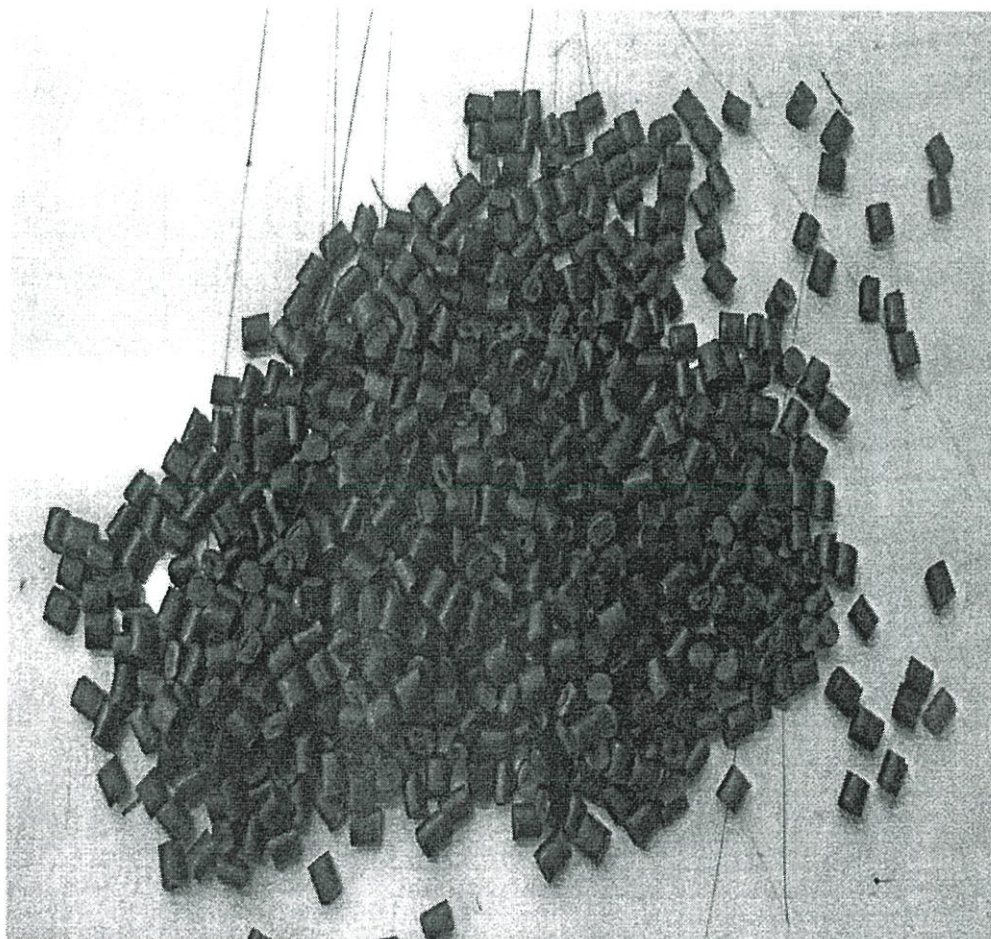
รูปที่ 4.7 เครื่องฉีดพลาสติกขนาด 850 tons

11. เครื่องทดสอบ Heat cycle resistance



รูปที่ 4.8 เครื่องทดสอบ Heat cycle resistance

12. วัสดุเม็ดพลาสติก PP-TD20 สีดำ สำหรับทดสอบ

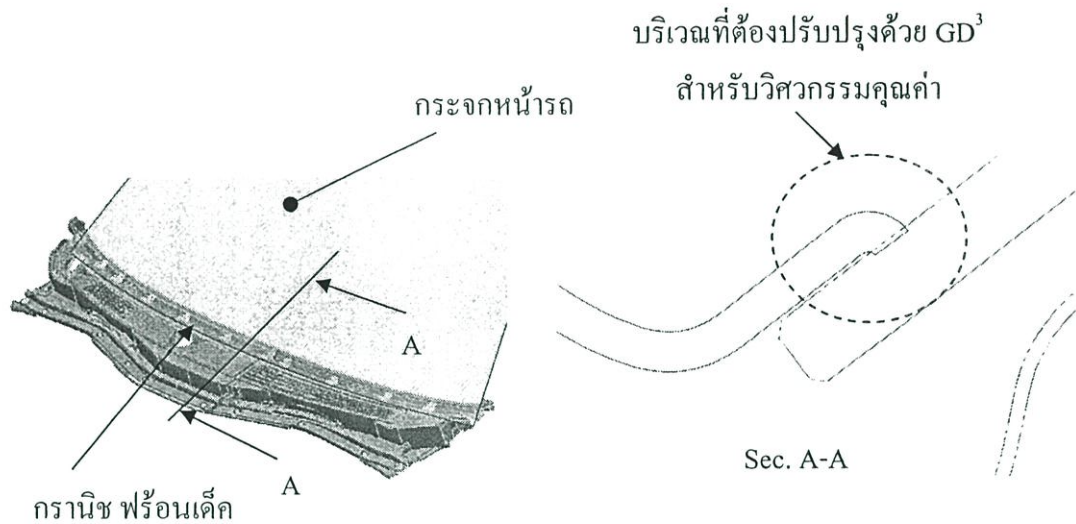


รูปที่ 4.9 วัสดุเม็ดพลาสติก PP-TD20 สีดำ

### 4.3 การทดลอง

#### 4.3.1 GD<sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่า

จากบทที่ 2 ผลการตรวจสอบในหัวข้อที่ 2.7.9 ค่า  $C_{pk} = 1.36$  และ  $P_{pk} = 1.21$  ซึ่ง  $C_{pk}$  มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่า  $P_{pk}$  ยังไม่ผ่าน ดังนั้น ต้องมีการปรับปรุงสมรรถนะของกระบวนการในระยะยาวเพื่อป้องกันปัญหาล่วงหน้าด้วย GD<sup>3</sup> ด้วยแนวคิดดังนี้



รูปที่ 4.10 แสดงภาคตัดของวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบที่ต้องปรับปรุงด้วย GD<sup>3</sup>

4.3.1.1 GD-1 การออกแบบที่ดี (Good Design) จากรูปที่ 4.10 ใน Sec. A-A นำฟังก์ชันของการออกแบบด้วยการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่ามาปรับปรุงและตรวจสอบด้วย Part Design check list ฟอรัม เพื่อตรวจสอบและค้นหาปัญหาจากการออกแบบ

## Part Design Checklist

for injection molded engineering thermoplastic

### Material Selection Requirements

<input checked="" type="checkbox"/> LOADS	<input checked="" type="checkbox"/> Magnitude	<input checked="" type="checkbox"/> Durabon	<input checked="" type="checkbox"/> Impact	<input checked="" type="checkbox"/> Wear
<input checked="" type="checkbox"/> ENVIRONMENT	<input checked="" type="checkbox"/> Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> Humidity	<input checked="" type="checkbox"/> Cleaning agent	
	<input checked="" type="checkbox"/> Lubricants	<input checked="" type="checkbox"/> U.V. light		
<input checked="" type="checkbox"/> SPECIAL	<input checked="" type="checkbox"/> Transparency	<input checked="" type="checkbox"/> Flammability	<input checked="" type="checkbox"/> Warpage/Shrinkage	
	<input checked="" type="checkbox"/> Cost	<input checked="" type="checkbox"/> Agency test		

### Part Details Review

<input checked="" type="checkbox"/> RAD II	<input checked="" type="checkbox"/> Sharp corners	<input checked="" type="checkbox"/> Ribs	<input type="checkbox"/> Bosses	<input type="checkbox"/> Lettering
<input checked="" type="checkbox"/> WALL THICKNESS				
• Material	<input checked="" type="checkbox"/> Strength	<input checked="" type="checkbox"/> Electrical	<input checked="" type="checkbox"/> Flammability	
• Flow	<input checked="" type="checkbox"/> Flow length	<input checked="" type="checkbox"/> To thin	<input type="checkbox"/> Thin to thick	
	<input type="checkbox"/> Picture framing	<input type="checkbox"/> Orientation		
• Uniformity	<input type="checkbox"/> Thick areas	<input type="checkbox"/> Thin area		
<input checked="" type="checkbox"/> RIBS	<input checked="" type="checkbox"/> Radii	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	<input checked="" type="checkbox"/> Height	<input checked="" type="checkbox"/> Spacing
	<input checked="" type="checkbox"/> Base thickness			
<input checked="" type="checkbox"/> BOSSES	<input checked="" type="checkbox"/> Radii	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	<input checked="" type="checkbox"/> Inside diameter/outside diameter	
	<input checked="" type="checkbox"/> Base thickness	<input checked="" type="checkbox"/> Length/diameter		
<input checked="" type="checkbox"/> WELD LINES	<input checked="" type="checkbox"/> Proximity to load	<input checked="" type="checkbox"/> Strength vs load	<input checked="" type="checkbox"/> Visual area	
<input checked="" type="checkbox"/> DRAFT	<input checked="" type="checkbox"/> Draw polish	<input checked="" type="checkbox"/> Texture depth	<input checked="" type="checkbox"/> 1/2 degree (minimum)	
<input type="checkbox"/> TOLERANCE	<input checked="" type="checkbox"/> Part geometry	<input checked="" type="checkbox"/> Material	<input checked="" type="checkbox"/> Tool design (across parting line, slides)	

### Assembly Considerations

<input type="checkbox"/> PRESS FIT	<input checked="" type="checkbox"/> Tolerances	<input checked="" type="checkbox"/> Long-term retention	<input type="checkbox"/> Hoop stress
<input checked="" type="checkbox"/> SNAP FIT	<input checked="" type="checkbox"/> Allowable strain	<input checked="" type="checkbox"/> Assembly force	
	<input checked="" type="checkbox"/> Tapered beam	<input checked="" type="checkbox"/> Multiple assembly	
<input checked="" type="checkbox"/> SCREWS	<input type="checkbox"/> Thread-cutting vs forming	<input type="checkbox"/> Avoid countersinks	
<input checked="" type="checkbox"/> MOLDED THREAD	<input checked="" type="checkbox"/> Avoid feather-edges, sharp corners and pipe threads		
<input checked="" type="checkbox"/> ULTRASONICS	<input type="checkbox"/> Energy director	<input type="checkbox"/> Shear joint interference	
	<input type="checkbox"/> Wall thickness	<input type="checkbox"/> Hermetic seal	
<input checked="" type="checkbox"/> ADHESIVE & SOLVENT BONDS	<input checked="" type="checkbox"/> Shear vs. butt joint	<input type="checkbox"/> Compatibility	
	<input type="checkbox"/> Trapped vapors		
<input type="checkbox"/> GENERAL	<input checked="" type="checkbox"/> Interfit tolerances	<input type="checkbox"/> Stack tolerances	<input type="checkbox"/> Thermal expansion
	<input type="checkbox"/> Care with rivets and molded-in inserts	<input checked="" type="checkbox"/> Component compatibility	

### Mold Concerns

<input checked="" type="checkbox"/> WARPAGE	<input checked="" type="checkbox"/> Cooling (corners)	<input checked="" type="checkbox"/> Ejector placement	
<input checked="" type="checkbox"/> GATE	<input checked="" type="checkbox"/> Type	<input checked="" type="checkbox"/> Size	<input checked="" type="checkbox"/> Location
<input checked="" type="checkbox"/> RUNNERS	<input checked="" type="checkbox"/> Size and shape	<input checked="" type="checkbox"/> Sprue size	<input checked="" type="checkbox"/> Balance flow
	<input checked="" type="checkbox"/> Cool slug well	<input checked="" type="checkbox"/> Sharp corners	
<input checked="" type="checkbox"/> GENERAL	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	<input checked="" type="checkbox"/> Part ejection	<input checked="" type="checkbox"/> Avoid thin/long cores

## ตารางที่ 4.4 แสดงการตรวจสอบข้อมูล GD-1 หรือ Good Design [2]

4.3.1.2 GD-2 การพิจารณาที่ดี (Good Discussion) จากตารางที่ 4.4 พบปัญหาในส่วนของ การทบทวนรายละเอียดของชิ้นงานเกี่ยวกับความแข็งแรง โดยทั่วไปของวัสดุที่ไม่เหมาะสมกับฟังก์ชัน ของการประกอบในลักษณะนี้ทำให้การประกอบระหว่างตัวชิ้นงานกับกระจกหน้าของรถยนต์ที่มีความ โด่งซึ่งอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ในระยะยาวดังนั้นเราจะนำปัญหาที่ตรวจสอบและพบเจอได้นี้มา พยายามการแก้ไขปัญหารวมทั้งพิจารณาและทบทวน โดยละเอียดด้วย DRBFM หรือ GD-2 ซึ่ง ได้อธิบายวิธีการอย่างละเอียดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3

## Design Review Based on Failure Mode

(สำหรับการออกแบบใหม่หรือการเปลี่ยนแปลงแบบ)

No. ENG-P-EX01  
วันที่จัดทำ เดือนเมษายน 2007  
วันที่แก้ไข \_\_\_\_\_

รุ่น COTA  
ระบบ งานเชื่อมพลาสติก

No.	ชื่อชิ้นส่วน / จุดที่เปลี่ยนแปลง	หน้าที่	จุดที่กังวลจากการเปลี่ยนแปลง	ชื่อผู้จัดทำ		ชื่อทีมงาน DR		ชื่อผู้รับผิดชอบ (ผลจาก DRBFM)				ผลการแก้ไข	
				ผู้จัดทำ	ตรวจสอบ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้ตรวจสอบ	ผู้รับผิดชอบ	ผู้รับผิดชอบ	ผู้รับผิดชอบ	ผู้รับผิดชอบ		
				ระดับความรุนแรง	ผลกระทบกับลูกค้า	ทำอย่างไรเพื่อขจัดจุดที่กังวล (หัวข้อที่ต้องปฏิบัติตามในการออกแบบ, มาตรฐานการออกแบบ, แผนตรวจสอบอื่นๆ)	ระดับความสำคัญ	ชื่อผู้รับผิดชอบ การออกแบบ ที่แสดงใน DRBFM	ชื่อผู้รับผิดชอบ การทดสอบ ที่แสดงใน DRBFM	ชื่อผู้รับผิดชอบ การบริหารการผลิต ที่แสดงใน DRBFM	ชื่อผู้รับผิดชอบ การผลิต		
I	การขึ้นพรีอน เด็ด/เปลี่ยน วัสดุจากบาง เป็นวัสดุจาก ตัวขึ้นงาน	เชื่อมช่องว่าง ระหว่างกระจก กับตัวขึ้นงาน	เกิดช่องว่างระหว่างกระจก หน้ากับทั้งชั้นการกีด แบนของซิลิโคนที่ ประกอบกับตัวขึ้นงาน	ปานกลาง	มีความขึ้น เซลล์ต่ำถึง ด้านใน	ออกแบบขึ้นงาน ให้เป็นทั้งชั้นที่ ซัดแน่นเหมือนกึ่ง ซิลิโคนและใช้ ซิลิโคนพลาสติก ขึ้นงานพลาสติก เป็นทั้งชั้นกีด แบนอีกด้วย การออกแบบขึ้นงาน ออกแบบขึ้นงาน ด้วยวิธีการวิศวกรรมคุณค่า	B	ก.ค.	ทดสอบ heal cycle resistance ตามหัวข้อ 2.5.1 ในบทที่ 2 และนำไปประกอบกับ รถคันแม่เพื่อ ตรวจสอบช่องว่าง ระหว่างชั้นงานกับ ตัวกระจกหน้ารถ	ก.ย.	ความทนทานหน้า บริเวณที่เป็นทั้งชั้น ซัดแน่นให้อยู่ที่ 0.5±0.1 มิลลิเมตร	หลังการผลิตจริง เป็นต้นไป	เสร็จสิ้น

ตารางที่ 4.5 DRBFM สำหรับ GD-2 [2]

**4.3.1.3 GD-3 การตรวจดูที่ดี (Good Dissection)** จากตารางที่ 4.5 ทำการทดสอบจาก ตาราง DRBFM ที่เรียกว่าข้อปฏิบัติสำหรับการทดสอบเพื่อยืนยันแนวคิดของ GD-2 ซึ่งได้อธิบาย วิธีการอย่างละเอียดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4

## Design Review Based on Test Result

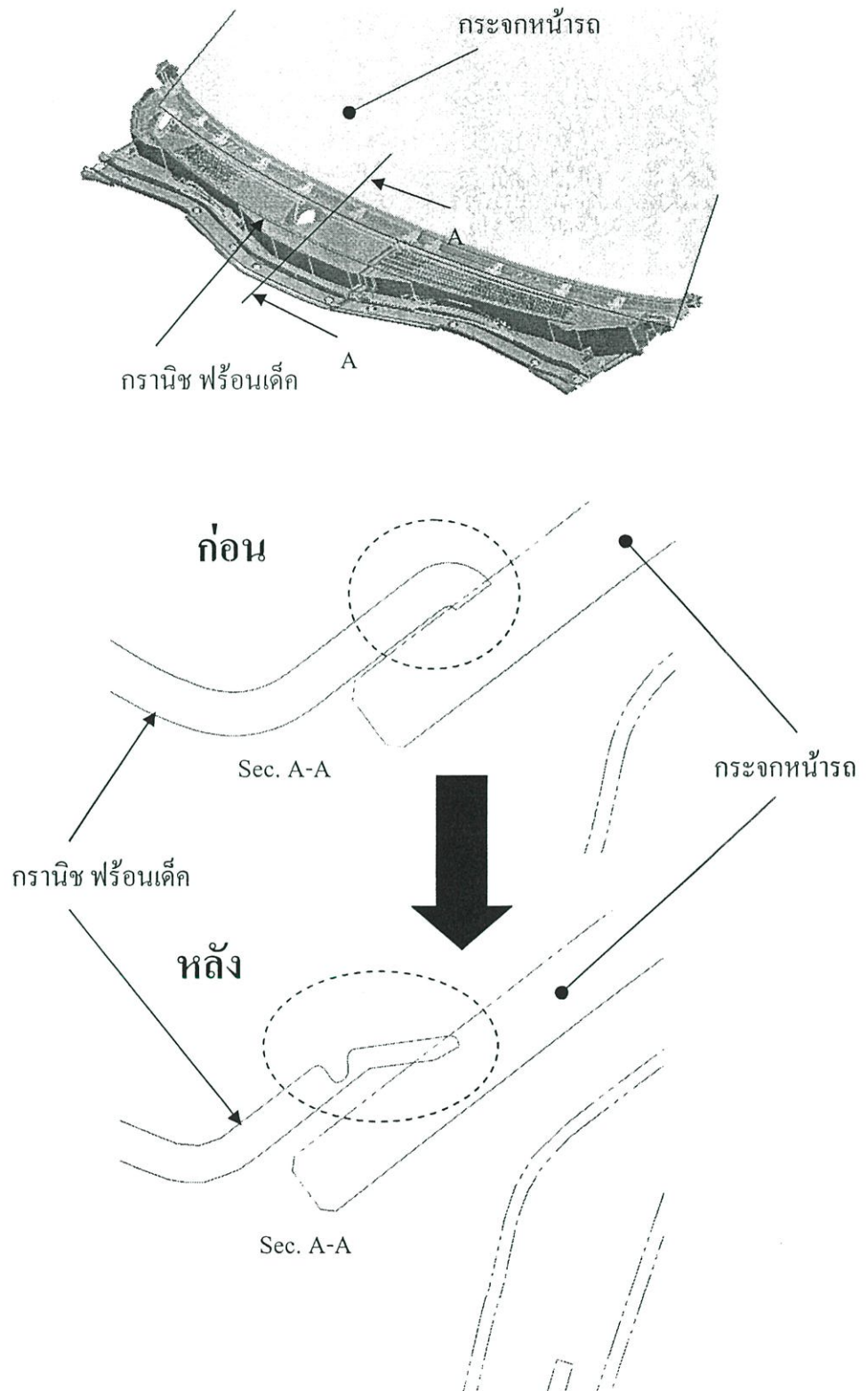
ชื่อ  
ชิ้นส่วน

Gamish Front Deck  
ทดสอบ ความทนทาน สำหรับการยึดหยุ่น  
ของพลาสติก บริเวณฟองขึ้นการประกอบ

No.	ตำแหน่ง ชิ้นส่วน	ลักษณะ ของผลสอบ	การเปรียบเทียบ กับผลสอบ ในอดีต	สาเหตุที่สันนิษฐาน	ขั้นตอนในการเกิดผลกระทบ		ผลกระทบ ต่อลูกค้า	ข้อสรุปจาก ผู้ทดสอบ	DRBTR					
					ข้อลูกค้า	ข้อข้อบกพร่อง			ข้อปฏิบัติสำหรับ การออกแบบ	ผู้รับ ผิดข้อ- ระยะ เวลา	ข้อปฏิบัติสำหรับ การทดสอบ ครั้งต่อไป	ผู้รับ ผิดข้อ- ระยะ เวลา	ข้อปฏิบัติสำหรับ กระบวนการผลิต	ผู้รับ ผิดข้อ- ระยะ เวลา
I	บริเวณจุด ประกบ ระหว่าง ชิ้นงานกับ กระจกหน้า	ทดสอบการ เสียดสีและ ความยึดหยุ่น หลังจากโดน ความร้อนและ ความเย็นเป็น ระยะเวลาตาม วางในการประกอบ	ความแข็งแรง ความหนาของ พลาสติกเกิดการ บิดตัวเมื่อโดน ความร้อนและ ความเย็นเป็น ระยะเวลาตาม วางในการประกอบ	คาร์สติที่เหมาะสมของ ฟองขึ้นการประกอบ ค่าความหนาที่ไม่ทำให้เกิด รอยข่วนในขณะที่ทำการ กดทับกับกระจกรวมทั้งค่า ซ้อนทับกันระหว่างกระจก และชิ้นงาน	คุณภาพของชิ้นงานและอายุการใช้งาน สั้นลง	ความขึ้นใน ตัวถังด้านใน ของรถ	สามารถควบคุม ของว่างให้อยู่ใน ค่ามาตรฐานได้โดย กำหนดเป็น มาตรฐานการออก แบบสำหรับการ ออกแบที่ตีใน เงื่อนไขที่กำหนด ให้	ออกแบบโดย คำนวณความหนา สำหรับการยึดหยุ่น ของฟองขึ้นของ ชิ้นงาน การซ้อนทับ ของชิ้นงานกับตัว กระจกเพื่อประโยชน์ ในการควบคุมช่องว่าง	5.ค.'07	ทดสอบความ แข็งแรงของชิ้น งานหลังจากการ อบด้วยอุณหภูมิ ร้อน-เย็น และนำ ไปประกอบเพื่อ ตรวจสอบช่องว่าง	ก.พ.'08	ควบคุมน้ำหนัก ชิ้นงาน ขนาด และความหนาขึ้น งานให้ได้ (0.5±0.1 มิลลิเมตร	ผู้รับ ผิดข้อ- ระยะ เวลา	ผู้รับ ผิดข้อ- ระยะ เวลา

ตารางที่ 4.6 DRBTR สำหรับ GD-3 ในการทดสอบ [2]

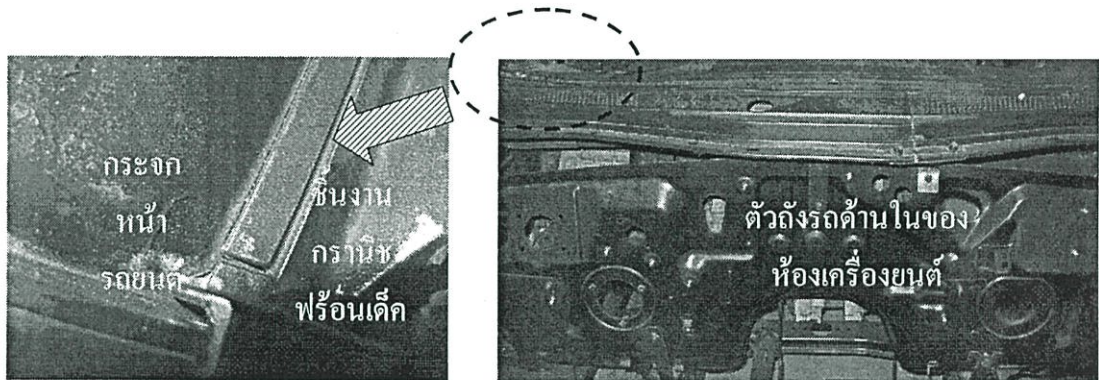
#### 4.3.2 การออกแบบฟังก์ชันการประกอบตามแนวคิดของ GD<sup>3</sup>



รูปที่ 4.11 แสดงภาคตัดของวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบที่ปรับปรุงด้วย GD<sup>3</sup>

#### 4.3.3 ข้อกำหนดเฉพาะ และขนาดของชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค จากการวิเคราะห์ GD<sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง GD<sup>3</sup> สำหรับวิศวกรรมคุณค่าเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกและข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์พลาสติก ค่าทางด้านวิศวกรรมพลาสติกที่เกี่ยวข้องกับชิ้นงาน นำมาหาค่าสมรรถนะของกระบวนการ โดยปรับปรุงชิ้นงานต้นแบบชื่อ กรานิช ฟร็อนเด็ค (Garnish Front Deck) ในส่วนของฟังก์ชันเกี่ยวกับการประกอบกับกระจกหน้าของรถกระบะขนาด 1 ตันดังรูปที่ 4.11

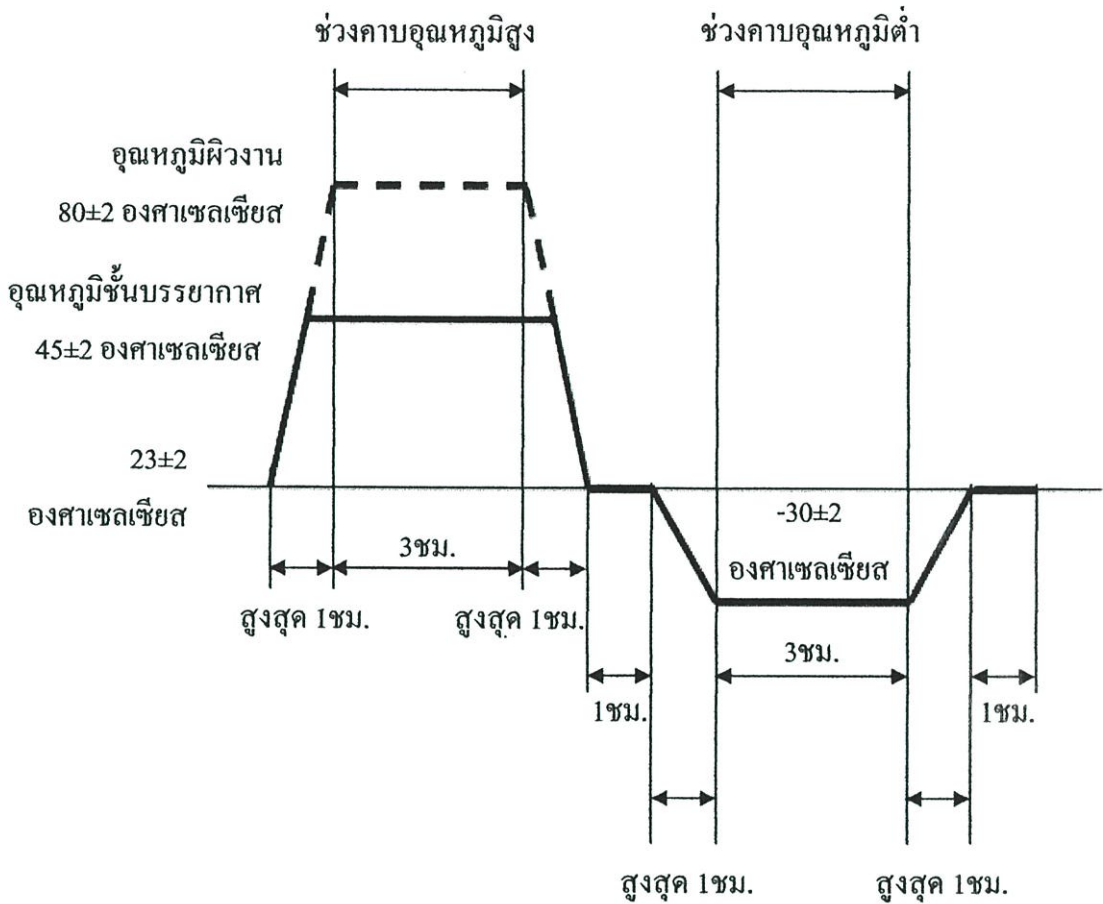


(ก) รายละเอียดชิ้นงาน โมเดลต้นแบบ

(ข) ชิ้นงาน โมเดลต้นแบบและส่วนประกอบอื่นๆ

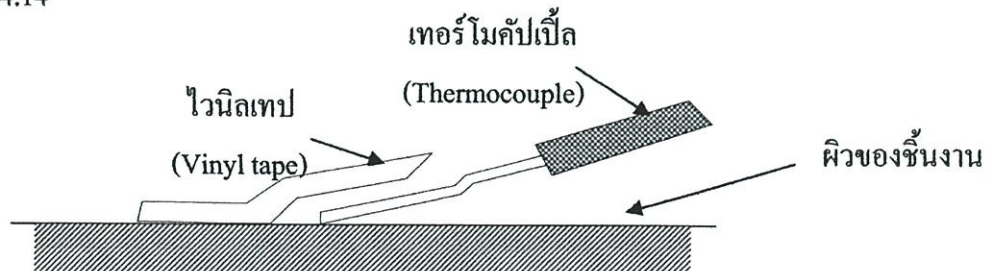
รูปที่ 4.12 โมเดลต้นแบบ (ก), (ข) สำหรับการวิเคราะห์ด้วยแนวคิดของ GD<sup>3</sup>

1. วัสดุเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics) PP-TD20 (โพลีโพรพิลีน, Polypropylene) ผสมสารเสริมแข็ง 20 % และสีของวัสดุเป็นสีดำ
2. ความหนาทั่วไป = 2.5 มิลลิเมตร
3. น้ำหนักชิ้นงาน =  $820 \pm 10$  กรัม
4. สีชิ้นงานเป็นสีดำ (Black Color)
5. ขนาดชิ้นงาน กว้าง 200 มิลลิเมตร x ยาว 1,380 มิลลิเมตร x สูง 60 มิลลิเมตร
6. ทำหน้าที่ประกอบกับกระจกหน้ารถยนต์ป้องกันน้ำและความชื้นเข้าสู่ชิ้นส่วนตัวถังภายในห้องเครื่องยนต์
7. ชิ้นงานปราศจากรอยยุบ, เส้นรอยต่อจากการฉีด และรอยการไหลของน้ำพลาสติก
8. ต้องผ่านการทดสอบการต้านทานความร้อน โดยมีการทดสอบดังนี้ (ISO 62)
  - 8.1 การทดสอบต้องทดสอบในห้องที่มีอุณหภูมิห้อง  $23 \pm 2$  องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์  $50 \pm 5$  % เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการทดสอบ
  - 8.2 มีการทดสอบการบิดตัวของชิ้นงานด้วยการอบร้อน-เย็น เป็นจำนวน 3 รอบ โดยในแต่ละรอบมีเงื่อนไขดังรูป



รูปที่ 4.13 เงื่อนไขการทดสอบชิ้นงาน กรานิช ฟร็อนเด็ค (GD<sup>3</sup>) (ที่มา ISO 62)

8.3 จากรูปที่ 4.13 ในการทดสอบช่วงอุณหภูมิสูงซึ่งหลังจากอบจนได้อุณหภูมิที่ชั้นบรรยากาศ หรือ 45 องศาเซลเซียส ผิวของชิ้นงานควรจะให้ความร้อนด้วย เครื่องอินฟราเรดเรย์แลมป์ (Infrared rays lamps) และทดสอบต่อที่ อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิผิวของชิ้นงานสามารถตรวจจับได้ด้วย เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) ดังรูปที่ 4.14

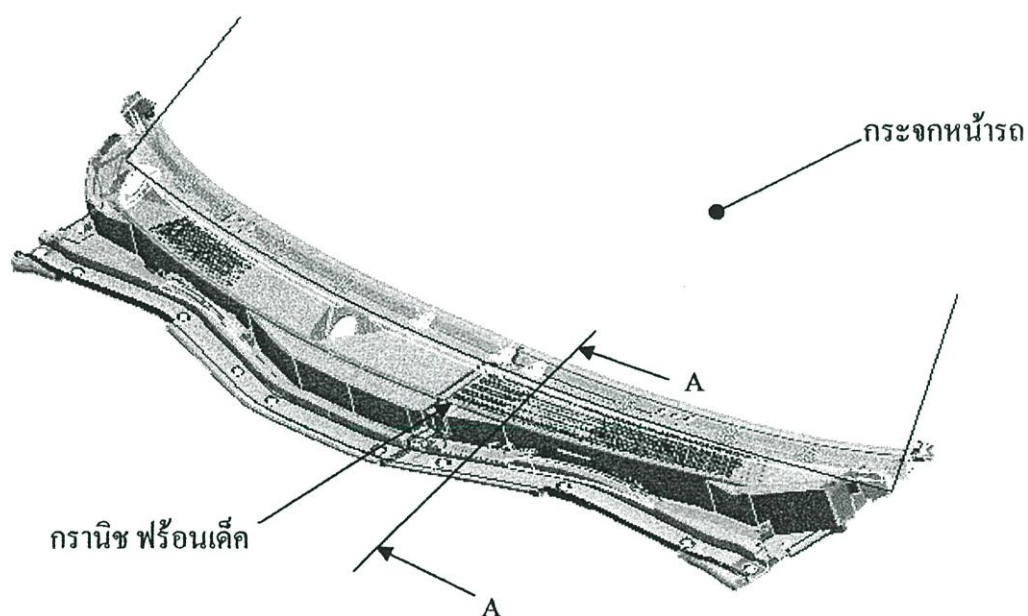


รูปที่ 4.14 วิธีการตรวจจับอุณหภูมิของชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเด็ค ด้วยเทอร์โมคัปเปิ้ล (GD<sup>3</sup>) (ที่มา ISO 62)

8.4 ในรายงานผลการทดสอบจะต้องไม่มีการขยายตัว, การหดตัวหรือการบิดแ่นที่จะทำให้มีการเบียดหรือเกิดช่องว่างระหว่างตัวชิ้นงานกับชิ้นส่วนอื่น เช่น กระจกหน้ารถ

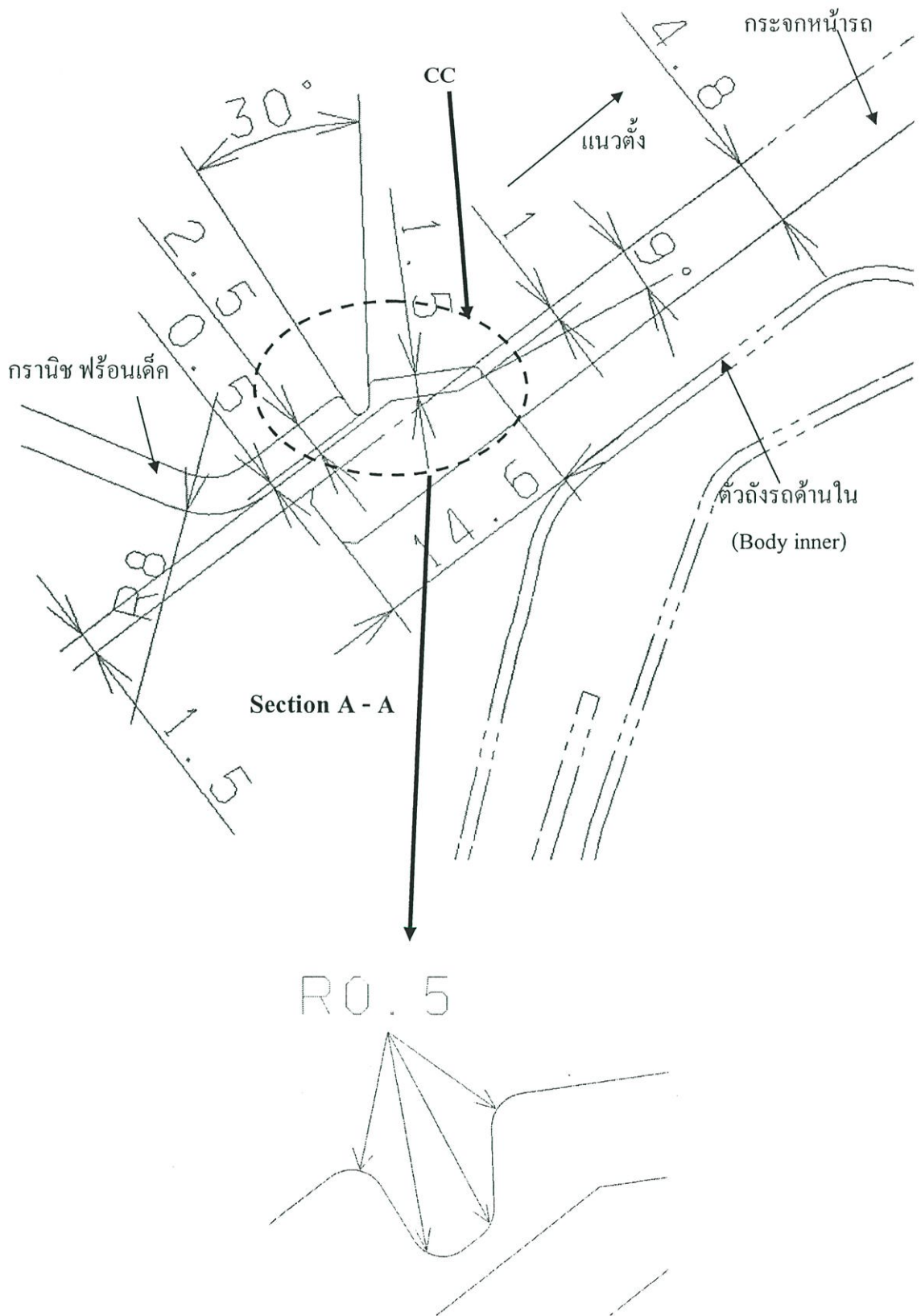
9. ขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดพลาสติก (Plastic Injection Process)

10. ต้องผ่านข้อกำหนดเฉพาะ ของวัสดุที่เป็นชิ้นส่วนพลาสติก สำหรับชิ้นงานพลาสติกที่อยู่ด้านนอกของรถยนต์ (Exterior Part) (Directive 2000/53/EC of The European Parliament and of The Council on End of Life Vehicles.)[6]



รูปที่ 4.15 ชิ้นงานกรานิช ฟร็อนเต็ค สำหรับการทดสอบ(GD<sup>3</sup>)

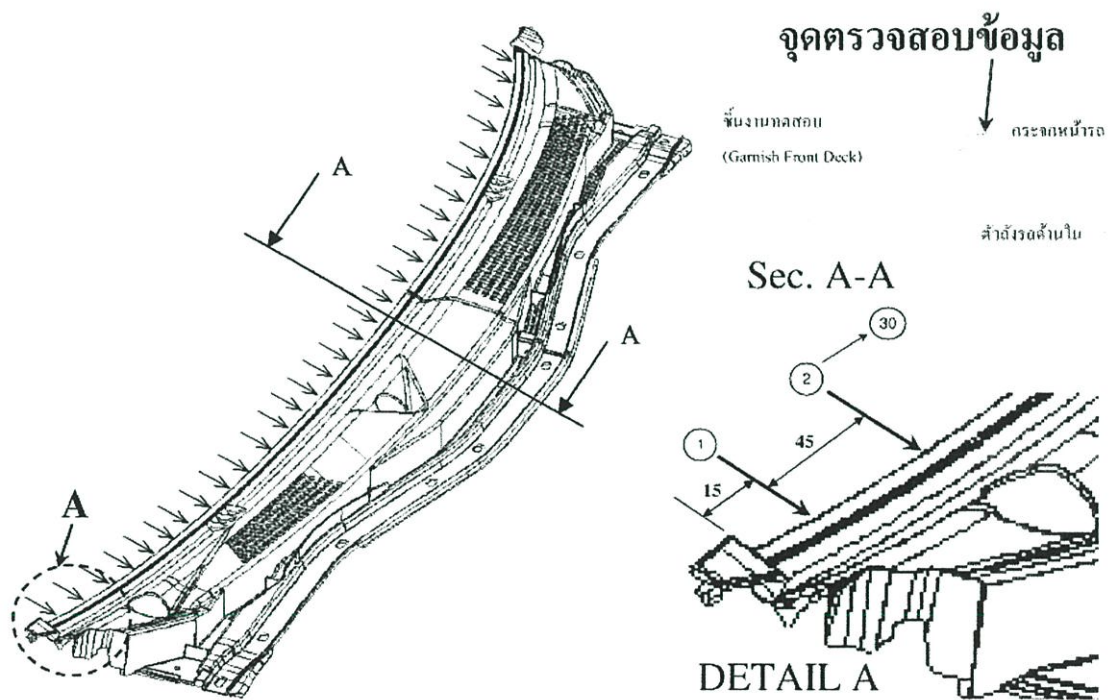
จากรูปที่ 4.15 จะแสดงชิ้นงานสำหรับการทดสอบและชิ้นงานที่เกี่ยวข้องสำหรับทำภาคตัดของชิ้นงานเพื่อแสดงขนาดที่ต้องควบคุมของชิ้นงานที่ออกแบบโดยวิธีการ GD<sup>3</sup> ดังแสดงในรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ภาคตัด A-A ของฟังก์ชันที่ปรับปรุงการออกแบบโดย GD<sup>3</sup>

จากรูปที่ 4.16 จะมีการควบคุมชิ้นงานโดยที่ การประกอบบริเวณ CC ปลายชิ้นงานจะต้อง ประกอบกับกระจกหน้าของรถยนต์โดยให้มีช่องว่างเท่ากับ  $0\pm 0.2$  มิลลิเมตร รัศมีความโค้งของ กระจกหน้ารถในแนวตั้งเท่ากับ 8200(R8200), รัศมีความโค้งของกระจกหน้ารถในแนวนอนเท่ากับ 4500(R4500) โดยปลายชิ้นงานมีความหนาที่ 1.5 มิลลิเมตร ทำการออกแบบให้ปลายซ้อนทับกับ กระจก 1.0 มิลลิเมตรและทำมุมซ้อนทับกับกระจก 9 องศา เพื่อใช้ประโยชน์ของฟังก์ชันความแข็ง ของพลาสติกในการลดหรือปิดช่องว่างจากการประกอบบนตัวรถจริง และปลายของชิ้นงานจะมี ฟังก์ชันการประกอบกับกระจกหน้ารถยาวตลอดแนวแกนนอน

**4.3.4 การตรวจสอบข้อมูลของชิ้นงานแนวคิด GD<sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบ ผลิตภัณฑ์พลาสติก**



**รูปที่ 4.17 GD<sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกเพื่อแนวคิดในการ ตรวจสอบช่องว่างชิ้นงานและกระจกหน้าของรถ**

ในการหาค่าความสามารถของกระบวนการในการวัดระดับคุณภาพและความต้องการในการ ผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมจึงต้องมีการตรวจสอบข้อมูลโดยการวัดค่าช่องว่างระหว่างปลาย ชิ้นงานและกระจกหน้าของรถยนต์สำหรับการนำข้อมูลไปคำนวณหาค่าดัชนีความสามารถด้าน สมรรถนะของกระบวนการ  $C_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะสั้น) และ  $P_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะ ยาว) และค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนแฝงจากกระบวนการผลิต ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยมีเงื่อนไขในการวัดค่าดังนี้ (ดังรูปที่ 4.17)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนอนุโลม (Tolerance) ของจุดตรวจสอบข้อมูลทั้งหมดเท่ากับ  $0 \pm 0.2$  มิลลิเมตร
  2. ตัวอย่างชิ้นงานสำหรับตรวจสอบข้อมูลขั้นต่ำ 30 ชิ้น
  3. บริเวณและจำนวนจุดในการตรวจสอบทั้งหมด 30 จุด/ชิ้น โดยวิธีการตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 4.17 DETAIL A
  4. ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดฟิลเลอร์เกจ (Filler gauge) ซึ่งมีความหนาในแต่ละแผ่นตั้งแต่ 0.01-1.0 มิลลิเมตร
- ผลการตรวจสอบข้อมูลแสดงดังตารางที่ 4.7 (ก), (ข)

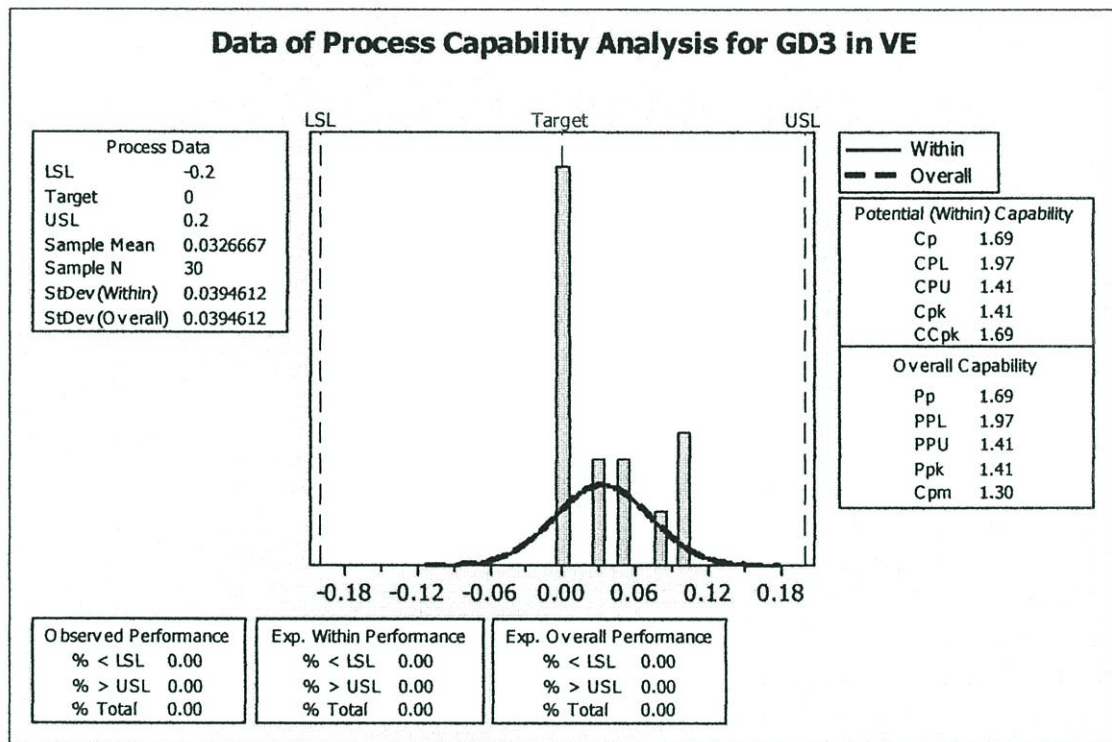
จุดตรวจสอบ \\\\ ชั้นงาน	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03
2	0.03	0.03	0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0
3	0.03	0	0	0	0.03	0	0.03	0	0	0	0.03	0	0.03	0	0
4	0	0	0.03	0.05	0	0	0	0	0.03	0.05	0	0	0	0	0.03
5	0.05	0.03	0.05	0.1	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.1	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05
6	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.05
7	0.1	0.05	0.09	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.09	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.09
8	0.1	0.09	0	0.08	0.1	0.09	0.1	0.09	0	0.08	0.1	0.09	0.1	0.09	0
9	0.08	0	0	0.05	0.08	0	0.08	0	0	0.05	0.08	0	0.08	0	0
10	0.05	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04
14	0	0.04	0.09	0	0	0.04	0	0.04	0.09	0	0	0.04	0	0.04	0.09
15	0	0.09	0.08	0.03	0	0.09	0	0.09	0.08	0.03	0	0.09	0	0.09	0.08
16	0.03	0.08	0.1	0.05	0.03	0.08	0.03	0.08	0.1	0.05	0.03	0.08	0.03	0.08	0.1
17	0.05	0.1	0.15	0	0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0	0.05	0.1	0.05	0.1	0.15
18	0	0.15	0.15	0	0	0.15	0	0.15	0.15	0	0	0.15	0	0.15	0.15
19	0	0.15	0.1	0	0	0.15	0	0.15	0.1	0	0	0.15	0	0.15	0.1
20	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0.1
21	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0
22	0.1	0	0.07	0.1	0.1	0	0.1	0	0.07	0.1	0.1	0	0.1	0	0.07
23	0.1	0.07	0.04	0.08	0.1	0.07	0.1	0.07	0.04	0.08	0.1	0.07	0.1	0.07	0.04
24	0.08	0.04	0.04	0.03	0.08	0.04	0.08	0.04	0.04	0.03	0.08	0.04	0.08	0.04	0.04
25	0.03	0.04	0	0	0.03	0.04	0.03	0.04	0	0	0.03	0.04	0.03	0.04	0
26	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05
27	0	0.05	0.07	0	0	0.05	0	0.05	0.07	0	0	0.05	0	0.05	0.07
28	0	0.07	0	0	0	0.07	0	0.07	0	0	0	0.07	0	0.07	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0.09

ตารางที่ 4.7(ก) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชั้นงานและกระจกหน้ารถของ GD<sup>3</sup> จากตัวอย่างชั้นงานที่ 1-15

จุดตรวจสอบ ชั้นงาน	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.05	0.05
2	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0	0.03	0.03	0.03
3	0	0.03	0	0.03	0	0	0	0.03	0	0.03	0	0	0	0.03	0
4	0.05	0	0	0	0	0.03	0.05	0	0	0	0	0.03	0.05	0	0
5	0.1	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.1	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.1	0.05	0.03
6	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.05	0.1	0.1	0.05
7	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.09	0.1	0.1	0.05	0.1	0.05	0.09	0.1	0.1	0.05
8	0.08	0.1	0.09	0.1	0.09	0	0.08	0.1	0.09	0.1	0.09	0	0.08	0.1	0.09
9	0.05	0.08	0	0.08	0	0	0.05	0.08	0	0.08	0	0	0.05	0.08	0
10	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0.05	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0
14	0	0	0.04	0	0.04	0.09	0	0	0.04	0	0.04	0.09	0	0	0.04
15	0.03	0	0.09	0	0.09	0.08	0.03	0	0.09	0	0.09	0.08	0.03	0	0.09
16	0.05	0.03	0.08	0.03	0.08	0.1	0.05	0.03	0.08	0.03	0.08	0.1	0.05	0.03	0.08
17	0	0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0	0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0	0.05	0.1
18	0	0	0.15	0	0.15	0.15	0	0	0.15	0	0.15	0.15	0	0	0.15
19	0	0	0.15	0	0.15	0.1	0	0	0.15	0	0.15	0.1	0	0	0.15
20	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0.1
21	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1
22	0.1	0.1	0	0.1	0	0.07	0.1	0.1	0	0.1	0	0.07	0.1	0.1	0
23	0.08	0.1	0.07	0.1	0.07	0.04	0.08	0.1	0.07	0.1	0.07	0.04	0.08	0.1	0.07
24	0.03	0.08	0.04	0.08	0.04	0.04	0.03	0.08	0.04	0.08	0.04	0.04	0.03	0.08	0.04
25	0	0.03	0.04	0.03	0.04	0	0	0.03	0.04	0.03	0.04	0	0	0.03	0.04
26	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0	0
27	0	0	0.05	0	0.05	0.07	0	0	0.05	0	0.05	0.07	0	0	0.05
28	0	0	0.07	0	0.07	0	0	0	0.07	0	0.07	0	0	0	0.07
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0

ตารางที่ 4.7(ข) ข้อมูลตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระจกหน้ารถของ G<sup>3</sup> จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 16-30

จากตารางที่ 4.7(ก), (ข) นำข้อมูลการตรวจสอบช่องว่างระหว่างปลายชิ้นงานและกระชกหน้ารถของ GD<sup>3</sup> จากตัวอย่างชิ้นงานที่ 1-30 มาคำนวณหาค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการ  $C_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะสั้น) และ  $P_{pk}$  (สำหรับกระบวนการระยะยาว) และค่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเพื่อนำมาคำนวณหาต้นทุนแฝงจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม MINITAB Release 13[4] ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลของ  $C_{pk}$ ,  $P_{pk}$  และค่าของเสียในกระบวนการที่ออกแบบด้วย GD<sup>3</sup>

### 4.3.5 ผลที่ได้ของการตรวจสอบข้อมูล GD<sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

จากกราฟในรูปที่ 4.18 ค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ความสามารถและสมรรถนะของกระบวนการทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อธิบายได้ดังนี้

#### 1. ในส่วนของ Process Data

1.1 LSL (Lower Specification Limit) = -0.2 มิลลิเมตร, พิกัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะ

1.2 Target = 0 มิลลิเมตร, ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะ

1.3 USL (Upper Specification Limit) = 0.2 มิลลิเมตร, พิกัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะ

1.4 Sample Mean = 0.00326667, ค่าเฉลี่ยของพิกัด

- 1.5 Sample N = 30 ชิ้น, ตัวอย่างชิ้นงานที่ทำการสุ่มตัวอย่าง  
 1.6 StDev (Within) = 0.0394612, ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยระยะสั้น  
 1.7 StDev (Overall) = 0.0394612, ค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยระยะยาว

## 2. ในส่วนของ Potential (Within) Capability

- 2.1 Cp = 1.69 คือค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.69  
 2.2 CPL = 1.97 คือขอบเขตล่างของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.97  
 2.3 CPU = 1.41 คือขอบเขตบนของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.41  
 2.4 Cpk = 1.41 คือค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.41 ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่ดี (ตารางที่ 2.4) สำหรับสมรรถภาพของกระบวนการวิศวกรรมคุณภาพระยะสั้น

## 3. ในส่วนของ Overall Capability

- 3.1 Pp = 1.69 คือค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.69 ค่าดัชนีแสดงถึงระบบการออกแบบมีศักยภาพที่ดีสำหรับแนวคิด  
 3.2 PPL = 1.97 คือขอบเขตล่างของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.97  
 3.3 PPU = 1.41 คือขอบเขตบนของค่าดัชนีความสามารถด้านศักยภาพของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.41  
 3.4 Ppk = 1.41 คือค่าดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะยาวซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.41 ซึ่งเป็นค่าดัชนีที่ดี (ตารางที่ 2.4)  
 3.5 Cpm = 1.30 คือค่ากลางของพิสัยข้อกำหนดเฉพาะซึ่งแสดงดัชนีความสามารถด้านสมรรถนะของกระบวนการแบบระยะสั้นซึ่งมีค่าดัชนีเท่ากับ 1.30

## 4. ในส่วนของ Exp. Overall Performance

- 4.1 % < LSL = 0 % เปอร์เซนต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิสัยด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว  
 4.2 % > USL = 0 % เปอร์เซนต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่สูงกว่าพิสัยด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว  
 4.3 % Total = 0% ผลรวมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิสัยด้านล่าง และ สูงกว่าพิสัยด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะยาว

## 5. ในส่วนของ Exp. Within Performance

5.1 % < LSL = 0 % เปอร์เซนต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัดด้านล่างของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

5.2 % > USL = 0 % เปอร์เซนต์สัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่สูงกว่าพิคัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

5.3 % Total = 0 % ผลรวมของสัดส่วนผลิตภัณฑ์บกพร่องที่อยู่ต่ำกว่าพิคัดด้านล่าง และ สูงกว่าพิคัดด้านบนของข้อกำหนดเฉพาะในระยะสั้น

#### 4.3.6 ข้อสรุปการตรวจสอบข้อมูล จาก GD<sup>3</sup> ในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

จากกราฟในรูปที่ 4.18 จะใช้ค่าสมรรถนะของกระบวนการระยะสั้น, Cpk = 1.41 และค่าสมรรถนะของกระบวนการระยะยาว, Ppk = 1.41 เป็นค่าพารามิเตอร์บ่งชี้หรือชี้วัดความต้องการทางด้านคุณภาพและสมรรถนะของกระบวนการในการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass Production) ซึ่งค่า Cpk = 1.41 (ตารางที่ 2.4) ที่ได้จากกระบวนการนี้เป็นฟังก์ชันของกระบวนการที่มีค่าเหมาะสมตามความต้องการของโรงงานในการผลิตเป็นจำนวนมาก (ฟังก์ชันและต้นทุนเหมาะสม) และค่า Ppk = 1.41 (ตารางที่ 2.4) ที่ได้จากกระบวนการนี้มีค่าเหมาะสมตามความต้องการของโรงงานในการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยพิจารณาจาก % ของเสีย (Exp. Overall Performance) = 0% จากการผลิตในระยะยาว ซึ่งสามารถแสดงลดความสูญเสียในรูปแบบต้นทุนแฝงได้ดังนี้

ต้นทุนแฝงจากการผลิตของเสีย = % ของเสีย x ราคาชิ้นงานของวิศวกรรมคุณค่า x ปริมาณการผลิตทั้งหมด

$$= 0.79 \% \times 100 \text{ บาท} \times 18,000 \text{ ชิ้น} \times 12 \text{ เดือน} \times 8 \text{ ปี} \\ = 1,365,120 \text{ บาท} \quad (4.1)$$

ต้นทุนแฝงจากกระบวนการของเสีย = % ของเสีย x ค่ากระบวนการของวิศวกรรมคุณค่า x ปริมาณการผลิตทั้งหมด

$$= 0.79 \% \times 60 \text{ วินาที} \times 0.066 \text{ บาท} \times 18,000 \text{ ชิ้น} \times 12 \text{ เดือน} \times 8 \text{ ปี} \\ = 54,059 \text{ บาท} \quad (4.2)$$

ดังนั้น วิธีการ GD<sup>3</sup> สามารถลดต้นทุนแฝงรวม = (4.1) + (4.2) = 1,419,179 บาท

จากค่า  $Cpk = 1.41$  และ  $Ppk = 1.41$  ซึ่ง  $Cpk$  และ  $Ppk$  มีค่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน การป้องกันปัญหาล่วงหน้าด้วย  $GD^3$  เป็นการตรวจสอบว่าชิ้นงานจะได้คุณภาพตามที่เราได้พยากรณ์ไว้และเราได้สรุปเป็นกราฟเปรียบเทียบต้นทุนเมื่อเทียบกับเวลาดังตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.19

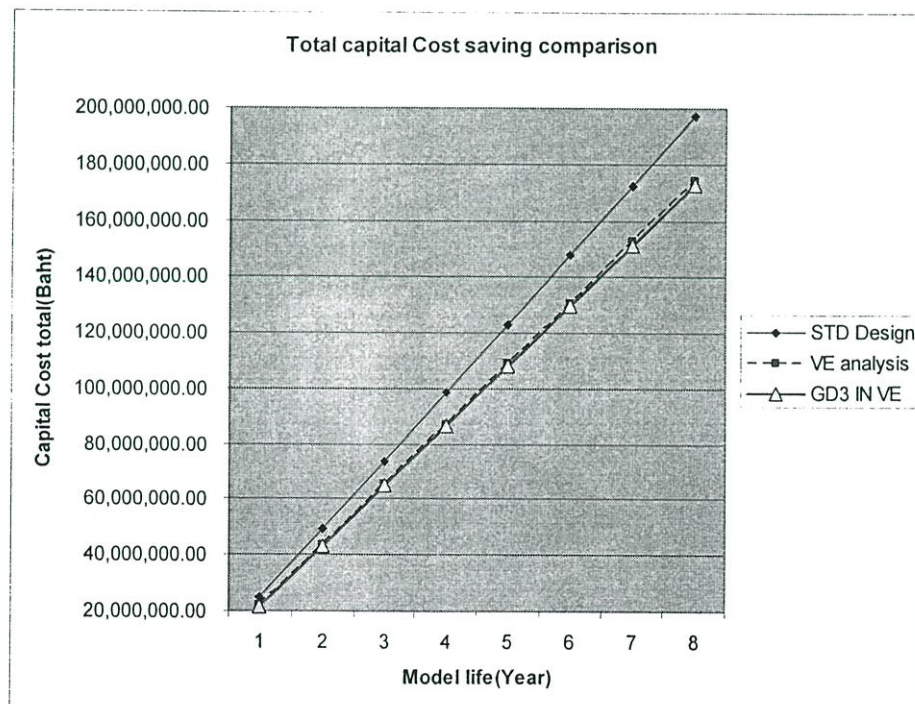
Model life (Year)	Capital cost(Baht)		
	Standardization Design (1)	VE analysis (2)	$GD^3$ in VE (3)
1	24,615,360.00	21,777,397.34	21,600,000.00
2	49,230,720.00	43,554,794.68	43,200,000.00
3	73,846,080.00	65,332,192.02	64,800,000.00
4	98,461,440.00	87,109,589.36	86,400,000.00
5	123,076,800.00	108,886,986.70	108,000,000.00
6	147,692,160.00	130,664,384.04	129,600,000.00
7	172,307,520.00	152,441,781.38	151,200,000.00
8	196,922,880.00	174,219,178.72	172,800,000.00
<b>Total save cost</b>		22,703,701.28	<b>1,419,178.72</b>
	(1)	(1)-(2)	(2)-(3)

Remark : Volumn 18.000 unit/Month

Garnish Front deck(Injection) = 100 Baht/Pc.

Rubber seal = 10 Baht/Pc.

ตารางที่ 4.8 ตารางเปรียบเทียบเวลากับต้นทุนในระยะยาวด้วยแนวคิด  $GD^3$



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลของต้นทุนเทียบกับเวลาเมื่อใช้  $GD^3$  สำหรับการออกแบบชิ้นส่วนใหม่

จากตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.19 เปรียบเทียบให้เห็นว่าการนำวิธีการ GD<sup>3</sup> มาป้องกันปัญหา  
ล่วงหน้าในวิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกสามารถลดต้นทุนลงได้  
12.25% จากต้นทุนทั้งหมด ซึ่งสามารถลดต้นทุนแฝงที่เกิดจากวิธีการการวิเคราะห์วิศวกรรมคุณค่า  
ในการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกเพียงอย่างเดียวซึ่งสามารถลดต้นทุนลงได้เพียง 11.53% จาก  
ต้นทุนทั้งหมด

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการวิจัย

เทคนิควิธีการในการพัฒนาที่ผ่านมาไม่ว่าจะเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก (Plastic Part Design) หรือการออกแบบไปควบคู่กับการลดต้นทุนด้วยวิธีการทำวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering , VE) คือจะทำการออกแบบและสร้างชิ้นงานทดสอบก่อน หลังจากนั้นจะทำการทดสอบ และจากผลการทดสอบที่ได้ก็จะนำไปเป็นข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) แล้วทำการแก้ไขการออกแบบเพื่อทำชิ้นงานทดสอบ และตรวจสอบด้วยการทดสอบซึ่งกระบวนการเช่นนี้ต้องทำซ้ำไปซ้ำมาหลายรอบถึงจะได้สิ่งที่ถูกต้องและไม่ทราบว่าจะจบเมื่อไหร่จนเป็นสิ่งที่ไม่มีสิ้นสุด (Endless)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอเทคนิควิธีการในการแก้ปัญหาซึ่งทำได้โดยในขั้นตอนการออกแบบให้พยากรณ์ถึงจุดของปัญหาแล้วทำการป้องกันปัญหาล่วงหน้าเพื่อไม่ให้ปัญหาที่พยากรณ์ไว้เกิดขึ้นด้วย GD<sup>3</sup> ซึ่ง GD-1 หรือ Good Design (การออกแบบที่ดี) ที่นำมาใช้นี้คือการค้นหาจุดของปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงการออกแบบ ซึ่งเป็นการนำแบบฟอร์ม Part Design Check List มาทบทวนการออกแบบและค้นหาปัญหาเบื้องต้นตามมาตรฐานการออกแบบ ขั้นตอนต่อมานำ Part Design Check List ไปพิจารณาในหัวข้อที่ต้องปรับปรุงเพื่อป้องกันปัญหาล่วงหน้าด้วย แบบฟอร์ม DRBFM (Design Review Base on Failure Mode) โดยละเอียด ในหัวข้อ GD-2 หรือ Good discussion (การพิจารณาที่ดี) และต้องทำการทดสอบอย่างน้อยหนึ่งครั้งด้วยหัวข้อ GD-3 หรือ Good dissection (การตรวจดูที่ดี) ด้วยแบบฟอร์มDRBTR (Design Review Base on Test Result) แต่ว่าการทดสอบนี้ไม่ได้เป็นการทดสอบเพื่อสร้างคุณค่า (เพื่อทำให้คุณภาพสูงขึ้น ไปจนถึงความต้องการ) แต่เป็นการทดสอบครั้งสุดท้ายเพื่อตรวจสอบว่าชิ้นงานมีคุณภาพตรงตามที่ได้พยากรณ์ไว้

### 5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในการทบทวนการออกแบบเพื่อป้องกันปัญหาล่วงหน้าอย่างละเอียดนั้น ถ้ามีความคิดเห็นที่มากเกินไปก็จะกลายเป็นการเพิ่มภาระให้ทำงานมากเกินไป และท้ายที่สุดชิ้นงานก็ไม่ได้ถูกทำการแก้ไข คุณภาพก็ไม่ได้ดีขึ้นซึ่งในขณะที่ทบทวนการออกแบบด้วย DRBFM (Design Review Base on Failure Mode) และต้องทำการตัดสินใจเกี่ยวกับการออกแบบ ควรจะพิจารณาว่า “มีสิ่งที่สามารถตัดสินใจได้เลยในขณะนี้หรือไม่ (Good Decision)” ซึ่งควรจะเหลือแต่หัวข้อที่ตัดสินใจไม่ได้จริงๆ

เท่านั้นเพื่อนำมาคิดทบทวนอย่างละเอียดและแก้ไขในภายหลังได้ โดยเฉพาะปัญหาที่เกี่ยวกับตัวเลขทางวิศวกรรม จะต้องมีการพิจารณาอย่างเข้มงวดและต้องมีการตัดสินใจทันทีที่ผลทดสอบออกมา

งานวิจัยฉบับนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมด้านการออกแบบทั้งยังสามารถใช้อ้างอิงในงานวิจัยเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคตได้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] อิโรชิ ซึจียา และคณะ 2547 **รากฐานของวิศวกรรมคุณค่า** แปลโดย เชื้อววิทย์ ชัมศิริกุล.  
กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [2] ทัดสีอิโกะ โยชิมุระ 2549 **GD<sup>3</sup> สุดยอดวิธีป้องกันปัญหาล่วงหน้า** แปลโดย  
รศ. ดร.เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [3] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. **การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ** พิมพ์ครั้งที่ 4  
กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2549
- [4] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. **การวิเคราะห์ระบบการวัด[ประมวลผลด้วย MINITAB]** พิมพ์  
ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 2550
- [5] นิรัช สุดสังข์. **ออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเคียนสโตรน์. 2548
- [6] Thaiauto Exterior Part. "End of life vehicles." [Online]. Available :  
[http://www.thaiauto.or.th/ngv/information\\_new1.asp](http://www.thaiauto.or.th/ngv/information_new1.asp). 2000

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. Teerawat Thepmanee, Surachet Sirilappanich, Sawai Pongswatd and Prapart Ukakimapurn, “Application of GD<sup>3</sup> in Value Engineering for Plastic-Part Design,” International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2008), pp. 1908-1912, COEX, Seoul, Korea, October 14(Tue.) – 17(Fri.), 2008.


Final Program & Digest



# ICCAS 2008

International Conference on  
Control, Automation and Systems

October 14(Tue.) - 17(Fri.), 2008  
COEX, Seoul, Korea

 **ICROS** Institute of Control, Robotics and Systems  
in conjunction with KRC 2008

**Application of GD<sup>3</sup> in Value Engineering for Plastic-Part Design**

Teerawat Thepmanee, Surachet Sirilappanich, Sawai Pongswatd and Prapart Ukakimapam

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand  
 (Tel : +66-2-739-2406; E-mail: surachet.sir@thaisummit.co.th, klsawai@kmitl.ac.th)

**Abstract:** This paper presents the technique in way engineering value that comes to apply for designing of product plastic. The technique analyzes the data of designing by GD<sup>3</sup> and measures defensive problem in advance of engineering value. Consequently, the technique can prevent the problem and control the designing relate to engineering value before build a mold for product. For acquire knowledge give with the work and can design the product that can have picture stability. Moreover, This technique can decrease material loss, time operation and inventory.

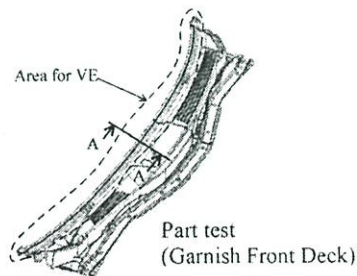
**Keywords:** GD<sup>3</sup>, Value Engineering, Plastic-Part Design

**1. INTRODUCTION**

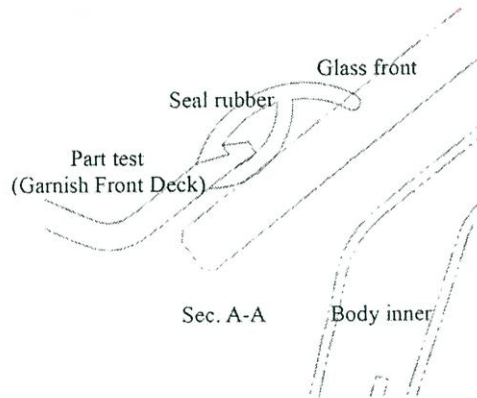
A designing plastic component or designing plastic products is designed by theory which depends on the stability and standard. Thus, if the designer designs with upland standard, more than necessary machine tool in component. In addition, designing has the time rather limits because building engineering the worth component. That designs have no or, rather a little and building engineering the worth. That don't succeed to make the capital and the procedure produce that absorb to overlap happen make lose the worth of the component. By now worth engineering of the work will happen after build tool machine in work production becomes the one period of time. Make must lose the worth of the work goes to in machine tool production. This paper presents defensive measure problem lead in advance and GD<sup>3</sup> technique to check the reliability of worth engineering which apply for product plastic design. Thus, the technique can helpful to increase the efficiency, build the worth component. Moreover, it can decrease material loss and time operation.

**2. PLASTIC-PART DESIGNING**

This paper will be use part test for understand method of process which initial design prototype use standardize design structural and last concept design ago for good concept design as Fig. 1 .



(a) Part test



(b) Section of function part design

Fig.1 Part test and section of function part design.

After design prototype finished. We make prototype part sample 30 pcs for process capability analysis shown by section 4.1. From discuss result Cpk (short-term) and Ppk(long-term) of Product are 3.72 which over spec. of production manufacturing. So we shall be use method of this paper for analysis find value.

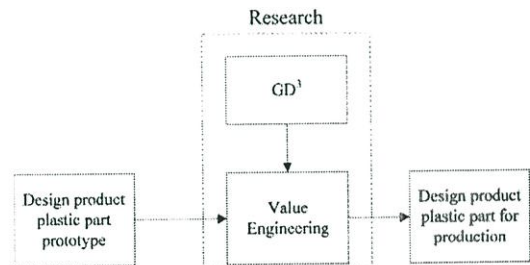


Fig.2 Flow of Design part plastic product Develop.

**3.1 Concept of VE (Value Engineering)**

VE is method for improvement things and job etc. Which Value is equal to

$$Value = \frac{Function}{Cost} \tag{1}$$

VE realize customer's requirement of function and quality by low cost and increase commercial value. The paper focuses optimize over quality, specification and reduce the cost much more. The value is obtained

$$Value(\uparrow) = \frac{Function(\rightarrow)}{Cost(\downarrow)} \tag{2}$$

Proposal: Eliminate of Protector Seal at Garnish Front Deck.

Cost Merit of material: 10 Baht/Unit

1. Cost saving: 8 years of life
2. Volume: 18,000 units/month
3. So, cost saving all model life: 17,280,000 Baht (8x12x18,000x10)

Cost Merit of Man hour assembly time: 60 sec./Unit

1. Man hour saving cost : 6,842,880 Baht (60 x 18,000 x 8 x 12 x 0.066)
- Total Saving Cost: material + Man hour = 24,122,880 Baht

After use VE concept, the testing results of the 30 prototypes can be shown in section 4.2

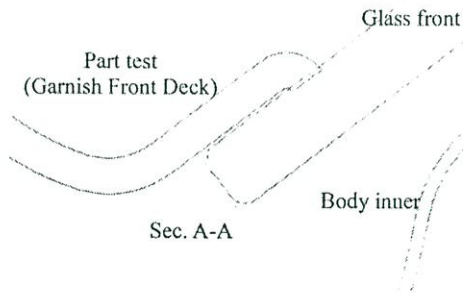


Fig. 3 Part test and section of VE analysis.

**3.2 Good Design (GD-1)**

Condition designing good clearly and don't modify that thing. For the thing, that has the change give seek the thing etc. The stump has of a problem already gazes to aim go to at that thing.

shown detail from Fig. 3 review design.

**Part Design Checklist**

for injection molded engineering thermoplastic			
<b>Material Selection Requirements</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> LOADS	<input checked="" type="checkbox"/> Magnitude	<input checked="" type="checkbox"/> Duration	<input checked="" type="checkbox"/> Impact <input checked="" type="checkbox"/> Wear
<input checked="" type="checkbox"/> ENVIRONMENT	<input checked="" type="checkbox"/> Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> Humidity	<input checked="" type="checkbox"/> Cleaning agent
<input checked="" type="checkbox"/> SPECIAL	<input checked="" type="checkbox"/> Lubricants	<input checked="" type="checkbox"/> U.V. light	<input checked="" type="checkbox"/> Agency test
	<input checked="" type="checkbox"/> Transparency	<input checked="" type="checkbox"/> Flammability	<input checked="" type="checkbox"/> Warpage/Shrinkage
	<input checked="" type="checkbox"/> Cost	<input checked="" type="checkbox"/> Agency test	
<b>Part Details Review</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> RAO II	<input checked="" type="checkbox"/> Sharp corners	<input checked="" type="checkbox"/> Ribs	<input checked="" type="checkbox"/> Bosses <input checked="" type="checkbox"/> Letticing
<input checked="" type="checkbox"/> WALL THICKNESS	<input checked="" type="checkbox"/> Strength	<input checked="" type="checkbox"/> Electrical	<input checked="" type="checkbox"/> Flammability
	<input checked="" type="checkbox"/> Flow	<input checked="" type="checkbox"/> Flow length	<input checked="" type="checkbox"/> To thin <input checked="" type="checkbox"/> Thin to thick
	<input checked="" type="checkbox"/> Uniformity	<input checked="" type="checkbox"/> Picture framing	<input checked="" type="checkbox"/> Orientation
<input checked="" type="checkbox"/> RIBS	<input checked="" type="checkbox"/> Thick areas	<input checked="" type="checkbox"/> Thin area	<input checked="" type="checkbox"/> Height <input checked="" type="checkbox"/> Spacing
	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	
<input checked="" type="checkbox"/> BOSSES	<input checked="" type="checkbox"/> Base thickness	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	<input checked="" type="checkbox"/> Inside diameter/outside diameter
	<input checked="" type="checkbox"/> Radii	<input checked="" type="checkbox"/> Length/diameter	
<input checked="" type="checkbox"/> WELD LINES	<input checked="" type="checkbox"/> Proximity to load	<input checked="" type="checkbox"/> Strength vs load	<input checked="" type="checkbox"/> Visual area
<input checked="" type="checkbox"/> DRAFT	<input checked="" type="checkbox"/> Draw polish	<input checked="" type="checkbox"/> Texture depth	<input checked="" type="checkbox"/> 12 degrees (minimum)
<input checked="" type="checkbox"/> TOLERANCE	<input checked="" type="checkbox"/> Part geometry	<input checked="" type="checkbox"/> Material	<input checked="" type="checkbox"/> Tool design (across parting line slides)
<b>Assembly Considerations</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> PRESS FIT	<input checked="" type="checkbox"/> Tolerances	<input checked="" type="checkbox"/> Long term retention	<input checked="" type="checkbox"/> Hoop stress
<input checked="" type="checkbox"/> SNAP FIT	<input checked="" type="checkbox"/> Allowable strain	<input checked="" type="checkbox"/> Assembly force	
	<input checked="" type="checkbox"/> Tapered beam	<input checked="" type="checkbox"/> Multiple assembly	
<input checked="" type="checkbox"/> SCREWS	<input checked="" type="checkbox"/> Thread-cutting vs torring	<input checked="" type="checkbox"/> Avoid countersinks	
<input checked="" type="checkbox"/> MOLDED THREAD	<input checked="" type="checkbox"/> Avoid feather-edges, sharp corners and pipe threads		
<input checked="" type="checkbox"/> ULTRASONICS	<input checked="" type="checkbox"/> Energy director	<input checked="" type="checkbox"/> Shear joint interference	
	<input checked="" type="checkbox"/> Wall thickness	<input checked="" type="checkbox"/> Hemic seal	
<input checked="" type="checkbox"/> ADHESIVE & SOLVENT BONDS	<input checked="" type="checkbox"/> Shear vs. butt joint	<input checked="" type="checkbox"/> Compatibility	
	<input checked="" type="checkbox"/> Trapped vapors		
<input checked="" type="checkbox"/> GENERAL	<input checked="" type="checkbox"/> Interfit tolerances	<input checked="" type="checkbox"/> Stack tolerances	<input checked="" type="checkbox"/> Thermal expansion
	<input checked="" type="checkbox"/> Care with rivets and molded-in inserts	<input checked="" type="checkbox"/> Component compatibility	
<b>Mold Concerns</b>			
<input checked="" type="checkbox"/> WARPAGE	<input checked="" type="checkbox"/> Cooling (corners)	<input checked="" type="checkbox"/> Ejector placement	<input checked="" type="checkbox"/> Location
<input checked="" type="checkbox"/> GATE	<input checked="" type="checkbox"/> Type	<input checked="" type="checkbox"/> Size	<input checked="" type="checkbox"/> Balance flow
<input checked="" type="checkbox"/> RUNNERS	<input checked="" type="checkbox"/> Size and shape	<input checked="" type="checkbox"/> Sprue size	
	<input checked="" type="checkbox"/> Cool slug well	<input checked="" type="checkbox"/> Sharp corners	
<input checked="" type="checkbox"/> GENERAL	<input checked="" type="checkbox"/> Draft	<input checked="" type="checkbox"/> Part ejection	<input checked="" type="checkbox"/> Avoid thinking cores

From table1, Design Part check list table shows Good Design for VE. We could be discuss from section 4.2 by Cpk(short-term) = 1.33 is Pass which shown this Good Design concept of VE concept. But function Assembly considerations by shown on table 1 must be improvement for Ppk(long-term) which request more over 1.33 .

**3.3 Good Discussion (GD-2)**

Review this section by method DRBFM (Design Review Base on Failure Mode) by define as DRBFM that equal to FMEA + Design Review or change "controller to problem seeking"

And summary problem point on this part from change design area of VE concept. The DRBFM for Good Discussion can be shown by table 2. From Design Review Based on Failure Mode discuss Design for VE Analysis assembly considerations we could be discuss from section 4.2 by Ppk(Long-term) = 1.21(Ppk ≥ 1.33 is Pass) which shown Good Design concept of VE concept. But for long term must be improvement for Ppk(Long-term).So we must be change concept assembly considerations for this structure design which shown by section 4.3 .

**3.4 Good Dissection (GD-3)**

Review this section by method DRBTR(Design Review Base on Test Result) and summary dissection point on this part. The DRBTR for Good Dissection can be shown by table 3.

From Design Review Based on Test Result Discuss Design for VE Analysis assembly considerations and review design by GD-1, GD-2 which after change design assembly point .We must be review design by GD-3 for confirm concept change of GD<sup>3</sup> in VE which result of Ppk(Long-term) = 1.41 (Ppk ≥ 1.33 is Pass) shown by section 4.3 which is optimization Requirement for good concept and shown comparison of optimization by Table 4 .

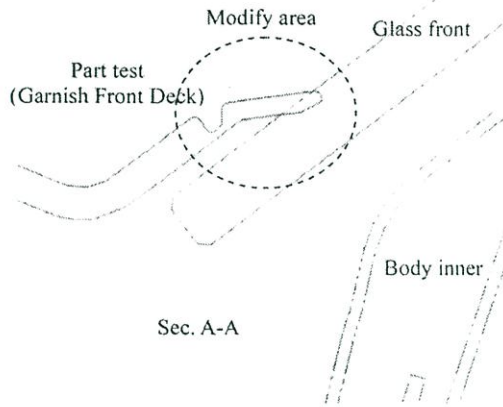


Fig. 4 Part test and section of GD<sup>3</sup> in VE.

When GD<sup>3</sup> in VE by this concept could be shown result after test prototype 30 pcs. by section 4.3

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

4.1 Result Standardize Design Concept

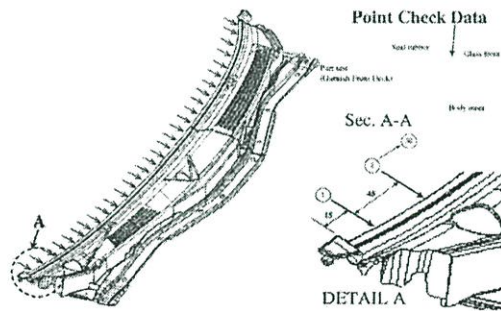


Fig. 5 Detail part test and section of function part design for checking data gap between seal rubber and glass front

From Fig. 5, the data of standard part design are analyzed in process capability. The test conditions are defined in 30 parts, 30 check points/part (show in DETAIL A). The specifications for checking are defined in tolerance = ±0.2mm, USL (upper specification limit) = +0.2 mm. Center target = 0 mm, LSL(lower specification limit) = -0.2mm. All of data are analyzed in MINITAB

program. The results can be shown in Fig. 6. The results show the center target (gap=0 mm.) and data deviation is 0.04 mm. Moreover, the results show Cpk(Short-term) = 3.72, Pass (Cpk ≥ 1.33) and Ppk(Long-term)= 3.72. So that is Pass (Ppk ≥ 1.33). Whereas, it is over for manufacturing production (F↑↑). The VE must be used for the improvements.

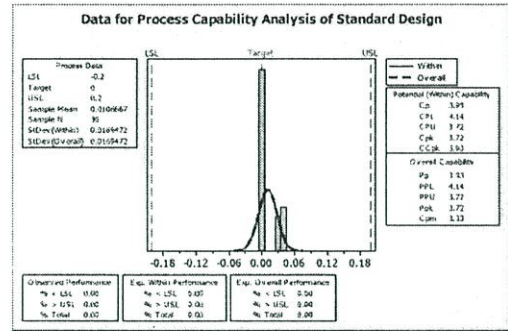


Fig. 6 Process Capability Analysis of standard design.

4.2 Result Design of VE

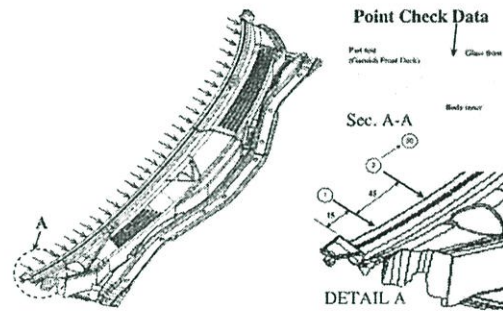


Fig. 7 Detail part test and section of VE analysis for checking gap data between Garnish front deck and glass front.

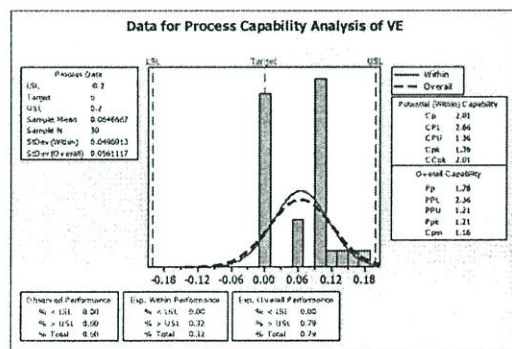


Fig. 8 Process Capability Analysis of VE from table 2.

From Fig. 7 the result of data checking with VE are analyzed in process capability. The specifications are same as standardize design concept. The results can be shown in Fig. 8. The data will be spread from center target (gap = 0 mm) to near USL (gap = 0.2 mm) and maximum data = 0.18 mm which spread of graph chance to over USL specification high (reference graph USL area from Fig. 8). The results show Cpk(Short-term) = 1.36, that is Pass (Cpk ≥ 1.33). Whereas, Ppk(Long-term) = 1.21 (Ppk ≥ 1.33 is Pass). Then the range of these parts is stability for Cpk, but un-stability process for Ppk. The GD<sup>3</sup> must be used for improvement.

4.3 Result GD<sup>3</sup> in VE

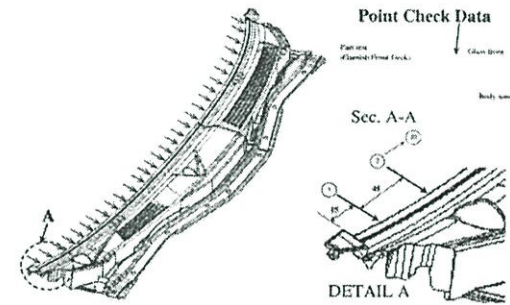


Fig. 9 Detail part test and section of GD<sup>3</sup> in VE for checking data gap between Garnish front deck and glass front.

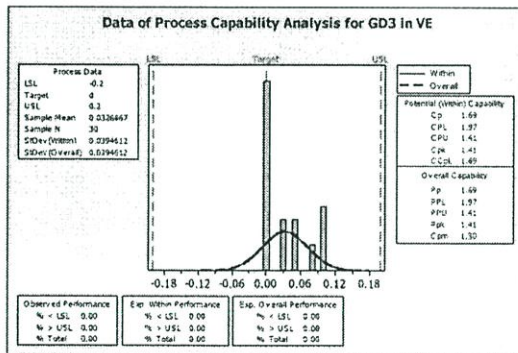


Fig. 10 Process Capability Analysis of GD<sup>3</sup> in VE.

From Fig. 9 the data of part design are checked with GD<sup>3</sup> in VE. Then check the process capability in the same condition. The results can be shown in the Fig. 10, which data are spread from center target (gap = 0 mm) to near USL (gap = 0.2 mm.), that differ VE analysis. In addition, the maximum data = 0.15 mm. Cpk(Short-term) = 1.41 is Pass (Cpk ≥ 1.33), and Ppk(Long-term) = 1.41 is Pass (Ppk ≥ 1.33). Then, ranges of these parts are stability for Cpk and Ppk process. So, the concept balances of cost and manufacturing production.

Table 4 Comparison between standard design, VE analysis for long-term and GD<sup>3</sup> in VE for long-term.

Model life (Years)	Capital cost(Baht)		
	Standardize Design (1)	VE analysis (2)	GD <sup>3</sup> in VE (3)
1	24,515,460.00	21,777,397.44	21,600,000.00
2	49,790,720.00	43,554,794.88	43,200,000.00
3	74,546,080.00	65,332,192.32	64,800,000.00
4	99,461,440.00	87,109,589.76	86,400,000.00
5	123,076,800.00	108,886,987.20	108,000,000.00
6	147,092,160.00	130,664,384.64	129,600,000.00
7	172,807,520.00	152,441,782.08	151,200,000.00
8	196,922,880.00	174,219,179.52	172,800,000.00
Total save cost (8 Years)		22,703,701.28	1,419,178.72
	(1)	(2)-(2)	(3)-(3)

Remark: Volume 15,000 unit/Model  
Garnish Front deck/Injection = 100 Baht/Pc.  
RPM/Sec = 10 Baht/Sec

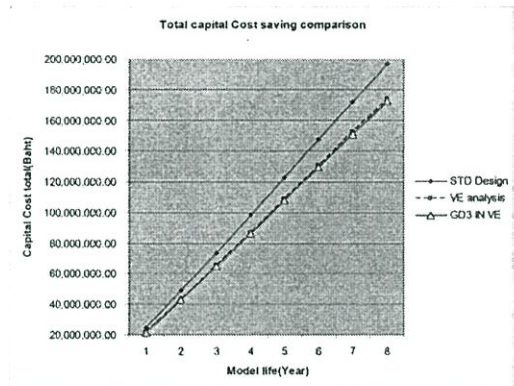


Fig. 11 GD<sup>3</sup> in VE Comparison with VE analysis and standardize Design.

Table 4 and Fig. 11 can be shown the comparison of capital cost for standardization, VE analysis and GD<sup>3</sup> in VE. In addition, they show optimization of GD<sup>3</sup> in VE with VE analysis.

5. CONCLUSIONS

This paper presents the idea in defensive measure problem lead in advance or GD<sup>3</sup> come to analyze way engineering worth data in advance of designing develops plastic products. Defensive measure problem lead in advance come to analyze in the part of worth engineering, which can decrease the time in products development builds the reliability together with enhance the quality of product plastic design. Moreover, the technique can apply to develop of plastic products designing, which are worthy more and more.

REFERENCES

- [1] Minitab Inc. (2000), MINITAB User's Guide: Data Analysis and Quality Tools, Release 13.
- [2] IBM (1985) Process Control, Capability and Improvement, 3<sup>rd</sup> printing, The Quality Institute, Connecticut, USA, August 1985.
- [3] Tatsuhiro Yoshimura "TOYOTA-SHIKI MIZEN BOSHI SHUHO GD<sup>3</sup>", JUSE Press, Ltd., 2002.



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย สุรเชษฐ์ ศรีลาภพานิช
วัน เดือน ปีเกิด	13 พฤษภาคม 2520 ที่จังหวัดสุพรรณบุรี
ที่อยู่	114 หมู่ที่3 ตำบลมดแดง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี 72140 Surachet.Sir@thaisummit.co.th
ประวัติการศึกษา	2544 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2551 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ.2544-2546	วิศวกรออกแบบด้าน AUTOMOTIVE PART INTERIOR บ.ซัมมิทอโตซีทอินคัสทรี จำกัด
พ.ศ.2546-ปัจจุบัน	วิศวกรออกแบบด้าน AUTOMOTIVE PLASTIC PART INTERIOR บ.ไทยซัมมิทแหลมฉบังอโตพาร์ท จำกัด
พ.ศ.2551	นำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง APPLICATION OF GD <sup>3</sup> IN VALUE ENGINEERING FOR PLASTIC-PART DESIGN, ของงาน ICCAS 2008 ที่ประเทศเกาหลี