บทที่ 5
ข้อเสนอแนะการประกันคุณภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง

ในปัจจุบันการประกันคุณภาพได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง ในการผลิตของวงการอุตสาหกรรม เพราะในการบริหารการผลิตต้องให้ลูกค้ามีความมั่นใจว่าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพ มีการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ตามจำนวน และกำหนดเวลาที่ตกลงกันไว้และลูกค้ามีความต้องการสินค้าราคาถูก ซึ่งการประกันคุณภาพที่ดี มีส่วนทำให้ความต้องการของลูกค้าต่างๆเหล่านี้สัมฤทธิ์ผล

ภายใต้ภาวะการแข่งขันทางอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มทวีความเข้มข้นมากขึ้น ความอยู่รอดทางธุรกิจ บริษัทจะต้องแข็งแกร่งทั้งเชิงรุกและเชิงรับ ในเชิงรุกคือ การพัฒนาเทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ และ วัตถุดิบชนิดใหม่ๆ เชิงรับคือ การปรับโครงสร้างการผลิตให้สามารถป้อนสินค้าคุณภาพดี ราคาถูก ให้แก่ลูกค้าได้ในเวลาที่ลูกค้าต้องการ ดังนั้นผู้ผลิตทางอุตสาหกรรมจำเป็นต้องพัฒนาตัวเองเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับผู้ผลิตทั้งในประเทศ และ ต่างประเทศ การแข่งขันกันเช่นนี้ คุณภาพสินค้าและบริการถือเป็นหัวใจสำคัญของความสำเร็จ กิจกรรมคุณภาพ การประกันคุณภาพ การควบคุมคุณภาพ ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะช่วยให้ผู้ผลิตสามารถพัฒนาคุณภาพสินค้าให้สูงขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง

จากการศึกษากิจกรรมคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง ได้พบว่าปัญหาคุณภาพสำคัญคือ

1. คุณภาพของหัวอ่านและบันทึกสัญญาณแม่เหล็กมีความผันแปรสูงและ คุณสมบัติของหัวอ่านและบันทึกสัญญาณแม่เหล็กไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้าต้องการ

2. ความผิดพลาดและจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ไม่สามารถตรวจสอบหาสาเหตุของปัญหาได้ว่าเกิดขึ้นที่ขั้นตอนใดของกระบวนการผลิต เนื่องจากโรงงานตัวอย่าง ขาดการควบคุมและดำเนินการเกี่ยวกับคุณภาพในแต่ละขั้นตอนอย่างเข้มงวด

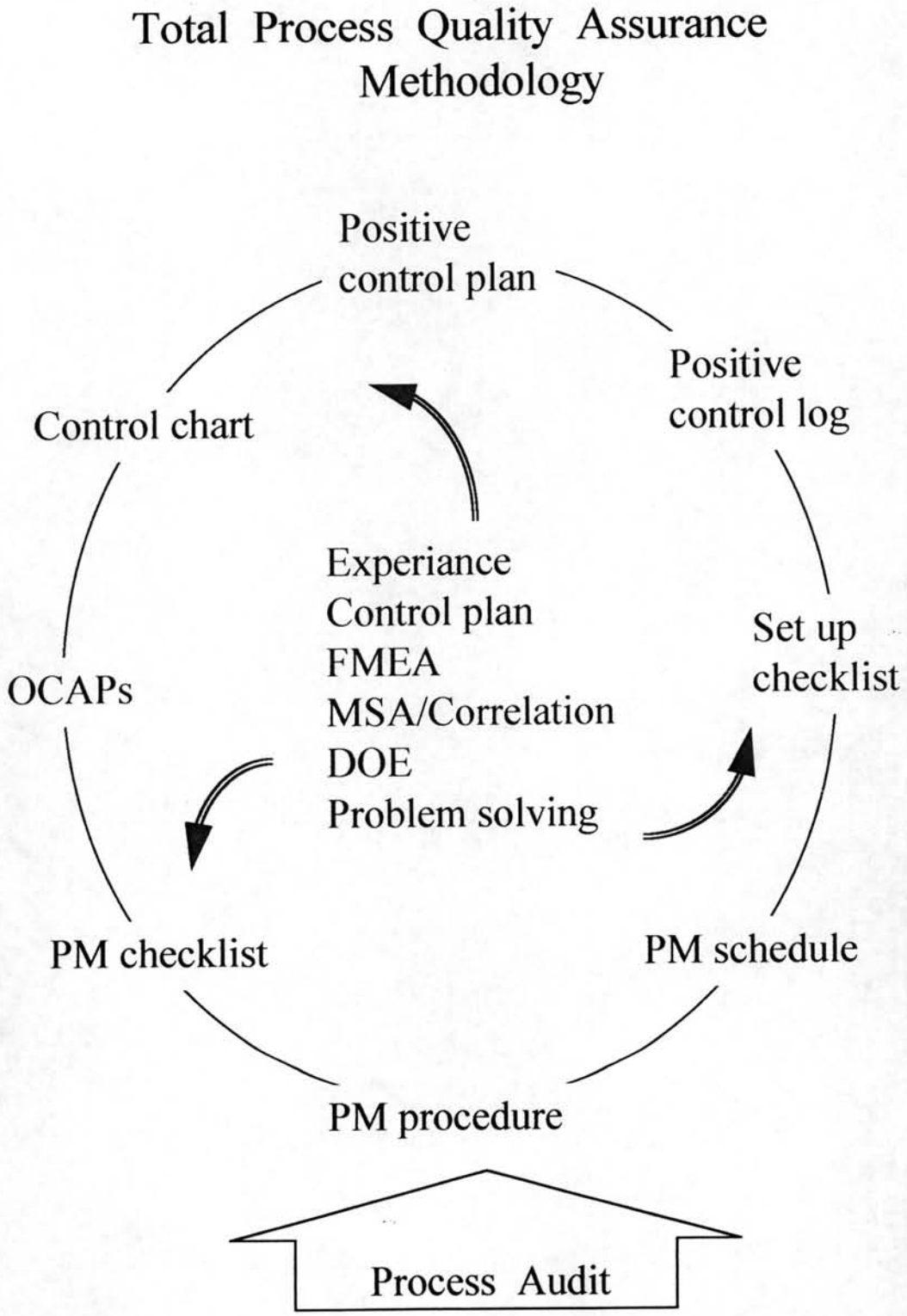
3. โรงงานตัวอย่างไม่มีการจัดทำแผนการควบคุมกระบวนการผลิตอย่างเหมาะสม ทำให้ไม่สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่องและ ได้มาตรฐาน

4. การแก้ปัญหาในกระบวนการผลิต เมื่อมีผลิตภัณฑ์บกพร่องเกิดขึ้นหรือเกิดเงื่อนไขที่ออกนอกการควบคุมของแผนภูมิการควบคุม ไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร

5. ในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่างไม่มีการศึกษาสมรรถภาพของระบบการวัดทำให้เกิดความผันแปรเนื่องจากการวัด ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหา การปฏิเสธผลิตภัณฑ์ที่ดี ยอมรับผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง พร้อมทั้งปัญหา สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างเครื่องมือวัด

การประกันคุณภาพในกระบวนการผลิตของ โรงงานตัวอย่างที่มีประสิทธิภาพคือ กิจกรรมต่างๆที่มีขึ้นในกระบวนการผลิตเพื่อประเมินคุณภาพโดยผู้ตรวจสอบอิสระที่ไม่เกี่ยวข้องกับงานนั้น ทั้งนี้เพื่อให้เหล่าผู้บริหารและลูกค้าเพิ่มความเชื่อมั่นว่ากิจกรรมที่เกี่ยวกับคุณภาพดำเนินไปด้วยดี โดยจะมีกระบวนการในการประเมินคุณภาพและรายงานผลเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่น ซึ่งโดยทั่วไปการประกันคุณภาพจะมีบทบาทที่เกี่ยวเนื่องกับการควบคุมคุณภาพ การประกันคุณภาพจะรวมถึงการวิเคราะห์ถึงสาเหตุความผิดพลาดในการควบคุมคุณภาพและมีส่วนร่วมในการปรับปรุงแก้ไขด้วย

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ กระบวนการผลิตและกิจกรรมคุณภาพของโรงงานตัวอย่าง ผู้วิจัยพบว่าการที่จะสามารถเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้บริหารและลูกค้าในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์โรงงานตัวอย่างจะต้องมีการพัฒนา การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพให้มากขึ้น พร้อมทั้งจะต้องมีการปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ความผันแปรของผลิตภัณฑ์ลดลงและผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของลูกค้าและ โรงงานจะต้องมีการสำรวจคุณภาพอย่างเหมาะสม เพื่อให้มั่นใจได้ว่ากิจกรรมคุณภาพในกระบวนการผลิตดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะในปัจจุบันความต้องการของลูกค้ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เกณฑ์กำหนดทางด้านคุณภาพมีการเข้มงวดมากขึ้น เวลาในการส่งมอบต้องรวดเร็วขึ้น สัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์ต้องลดลง และ ราคาของผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน ดังนั้นเพียงแต่การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพคงที่ตลอดเวลาไม่เพียงพอที่จะทำให้ธุรกิจคงอยู่ในตลาดซึ่งมีการแข่งขันอย่างสูงในปัจจุบันได้ แนวทางที่จะทำให้ลูกค้ามีความมั่นใจในกิจกรรมคุณภาพของโรงงานตัวอย่างคือ มีการควบคุมคุณภาพ การปรับปรุงคุณภาพ และ การสำรวจคุณภาพ อย่างมีระบบ ซึ่งผู้วิจัยจะใช้คำเรียกระบบนี้ว่า วิธีการประกันคุณภาพในกระบวนการผลิตโดยรวม (Total Process Quality Assurance Methodology : TPQAM)



ภาพที่ 5.1 วิธีการประกันคุณภาพในกระบวนการผลิตโดยรวม

5.1 แผนการควบคุมกระบวนการผลิต

วิธีการประกันคุณภาพในกระบวนการผลิตโดยรวม จะเริ่มจากการกำหนดแผนการควบคุมกระบวนการผลิตขึ้นมาก่อน แผนการควบคุมกระบวนการผลิตจะช่วยให้โรงงานตัวอย่างสามารถผลิตสินค้าได้คุณภาพตามความต้องการของลูกค้า แผนการควบคุมกระบวนการผลิตจะเป็นการรวบรวมรายละเอียดต่างๆในระบบของการผลิต เพื่อที่จะมีผลทำให้กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์มีการกระจายน้อยที่สุดแต่แผนการควบคุมกระบวนการผลิตจะไม่ครอบคลุมถึง รายละเอียดของการปฏิบัติการของพนักงานที่ทำงานในสายการผลิต วิธีการนี้สามารถจะนำไปใช้กับกระบวนการผลิตที่คล้ายกันได้ แผนการควบคุมกระบวนการผลิตจะรวบรวมเอาทุกๆส่วนของกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของกระบวนการผลิตเข้าด้วยกันและจะเป็นเอกสารที่สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาตามความเหมาะสม แผนการควบคุมกระบวนการผลิตจะอธิบายถึงสิ่งที่ต้องการให้ปฏิบัติในแต่ละส่วนของ กระบวนการผลิตเพื่อที่จะให้ความมั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกจากในแต่ละส่วนของกระบวนการ มีคุณภาพและอยู่ในความควบคุม ในระหว่างการผลิตแผนการควบคุมกระบวนการผลิตจะบ่งชี้ถึงการตรวจสอบกระบวนการผลิตและ วิธีการควบคุมที่ใช้สำหรับควบคุมพารามิเตอร์ที่สำคัญของกระบวนการ การพัฒนาแผนการควบคุมการผลิต จะถูกกระทำโดยบุคคลที่มีส่วนเกี่ยวข้องจากฝ่ายต่างๆ เช่น วิศวกรคุณภาพ วิศวกรกระบวนการผลิต วิศวกรผลิตภัณฑ์ วิศวกรทดสอบผลิตภัณฑ์ ฝ่ายการตลาด แผนการควบคุมกระบวนการผลิตช่วงแรกๆ จะอยู่บนพื้นฐานของความต้องการของลูกค้า ลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดว่า พารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งรวมทั้งพารามิเตอร์ ของผลิตภัณฑ์ และ พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิต พารามิเตอร์ใดบ้างที่จะต้องถูกทำการตรวจสอบ ทดสอบ ข้อมูลต่างๆในแผนการควบคุมกระบวนการผลิต จะมีรายละเอียดต่างๆดังต่อไปนี้

1. การกำหนดประเภทของแผนการควบคุมกระบวนการผลิต ว่าเป็น Prototype , Pre-Launch หรือ Production .

2. หมายเลขของแผนการควบคุมกระบวนการผลิต เพื่อที่จะสามารถติดตามได้ง่าย และแผนการควบคุมนี้ จะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเรื่อยๆตามความเหมาะสม ดังนั้นหมายเลขจึงสามารถเปลี่ยนแปลงไปได้เรื่อยๆ หมายเลขนี้จะแบ่งแยกตามลักษณะของกระบวนการผลิต และ มีหมายเลขของการเปลี่ยนแปลงกำกับด้วย เช่น สำหรับการประกอบหัวอ่านและบันทึกสัญญาณแม่เหล็ก หมายเลขที่บ่งบอกถึงแผนการควบคุมนี้ คือ HGA - XXX

HGA คือ การประกอบหัวอ่านและบันทึกสัญญาณแม่เหล็ก

XXX คือ หมายเลขกำกับที่บ่งชี้ ถึง การเปลี่ยนแปลง เช่น 001 เป็น การเปลี่ยนแปลงครั้งที่ 1 เป็นการพัฒนาแผนการควบคุมการผลิตครั้งแรก

3. รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ หรือ กระบวนการผลิตที่จะต้องถูกควบคุม

4. รายชื่อของผู้ทำการพัฒนา แผนการควบคุมการผลิต และ เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ เพราะบางกรณีจะมีข้อสงสัยจากผู้นำแผนการควบคุมนี้ไปใช้ ผู้ที่พัฒนาแผนการควบคุมนี้ขึ้นมาจะสามารถอธิบายในรายละเอียดได้ เพื่อให้การนำเอาแผนการควบคุมนี้ไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและ ถูกต้อง

5. รายชื่อบุคคลในทีมที่ช่วยกันพัฒนาแผนการควบคุมกระบวนการผลิตขึ้นมา

6. วันที่แผนการควบคุมกระบวนการผลิตถูกพัฒนาขึ้นมาเป็นครั้งแรก

7. วันที่แผนการควบคุมการผลิตได้ถูกเปลี่ยนแปลงครั้งล่าสุด

8. ชื่อของกระบวนการผลิต เป็นการบอกชื่อของกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน สามารถอ้างอิงได้จากไดอะแกรมการไหล

9. เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละกระบวนการผลิต

10. หมายเลข ใส่หมายเลขที่สามารถอ้างอิงไปยังเอกสารที่เกี่ยวข้องหรือข้อความที่เกี่ยวข้องได้

11. พารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ เป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามข้อมูลทางวิศวกรรม จะต้องมีการแสดงรายการของพารามิเตอร์เหล่านี้ทุกพารามิเตอร์ ในแผนการควบคุมกระบวนการผลิต และ พารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกตรวจสอบ หรือ ทดสอบ ในระหว่างกระบวนการผลิตปกติ

12. พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิต ซึ่งจะเป็นตัวแปรของกระบวนการผลิตที่มีผลต่อพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตจะถูกทำการตรวจวัดเช่นเดียวกัน ทีมจะต้องทำการบ่งชี้ถึง พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตที่จะต้องถูกทำการควบคุมเพื่อที่จะทำให้ความผันแปรของผลิตภัณฑ์มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

13. เกณฑ์กำหนด และ ค่าคาดเคลื่อนได้ของแต่ละ พารามิเตอร์ผลิตภัณฑ์ และ พารามิเตอร์กระบวนการผลิต

14. เทคนิคในการวัดหรือประเมินผล เป็นการบ่งชี้ถึงเครื่องมือวัดหรือเครื่องทดสอบที่ใช้สำหรับแต่ละพารามิเตอร์ เครื่องมือวัดเหล่านี้ควรจะได้รับการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วย

15. จำนวนการสุ่มตัวอย่างและ ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง

16. วิธีการควบคุมพารามิเตอร์แต่ละชนิด ทีมจะทำการวิเคราะห์ว่าวิธีการควบคุมประเภทใดจะมีประสิทธิภาพสำหรับแต่ละพารามิเตอร์ วิธีการควบคุมจะต้องมีเอกสารกำกับอย่างชัดเจน

17. รายงานสมรรถภาพของกระบวนการผลิต (Cpk)

18. รายงาน การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA)

CONTROL PLAN

☐ Prototype ☐ Pre-launch ■ Production						Originator : Jakrapong K.				Latest Eng. Change :				
Control Plan Number : HGA 001						Key Contact / Phone : Ext 2373				Date (Orig) : 01-May		Date (Rev.) :		
Product / Process Description : Head Gimbal Assembly						Core Team : Thanongsak , Wichien , Peera , Virote , Somyot								
Process No.	Process descrip.	Machines / Tools	Characteristics			Methods						Report		
			No.	Product	Process	Prod./Proc. Specification	Measurement Technique	Sample Size	Sample Freq.	Control Method		Cpk.	MSA	
1	ABS inspection			Visual		AY 90020	H Microscope	20(0,1)	All lot	P Chart				
2	Depo inspection			Visual		AY 90040	H Microscope	20(0,1)	All lot	P Chart				
3	Wire bond	Wire bonder			Power	AY 90050	Control panel	1	Once/shift	Positrol log		Yes	Yes	
					Force		Gram gage	1	Once/shift	Positrol log		Yes	Yes	
					Time		Control panel	1	Once/shift	Positrol log		Yes	Yes	
4	Wire pull test	Pull tester		Pull streng.		QA 90161	Pull tester	5	Twice/shift	XbarR Chart		Yes	Yes	
5	Conformal coat	C/C machine			Pressure	AY 90060	Control panel	1	Once/shift	Positrol log		Yes	Yes	
6	Flex bond	Flex bond system			Pressure	AY 90070	Control panel	1	Once/shift	Positrol log		Yes	Yes	
					UV intensity		Intensity meter	1	Once/shift	Positrol log		Yes	Yes	
					IR profile		Profile	1	Once/shift	Positrol log				
7	Flex pull test	Pull tester		Pull streng.		QA 90161	Pull tester	5	Once/shift	XbarR Chart		Yes	Yes	
8	Staking	Staking machine				AY 90080	L Microscope							

Note :

ฟอร์มนี้ควบคุมโดยระบบคุณภาพ ISO 9001 : 2000 ห้ามนำออกนอกบริษัทฯ

CONTROL PLAN

☐ Prototype	☐ Pre-launch	■ Production	Originator : Jakrapong K.	Latest Eng. Change :	
Control Plan Number : HGA 001			Key Contact / Phone : Ext 2373	Date (Orig) : 01-May	Date (Rev.) :
Product / Process Description : Head Gimbal Assembly			Core Team : Thanongsak , Wichien , Peera , Virote , Somyot		

Process No.	Process descrip.	Machines / Tools	Characteristics			Methods					Report	
			No.	Product	Process	Prod./Proc. Specification	Measurement Technique	Sample Size	Sample Freq.	Control Method	Cpk.	MSA
9	XY audit	Profile projector		X dim.		QA 90171	Profile projector	5	Twice/shift	XbarR Chart	Yes	Yes
				Y dim.			Profile projector	5	Twice/shift	XbarR Chart	Yes	Yes
10	Magnetic test	Magnetic tester		Resolution		MT90440	Guzix system	100%	All lot		Yes	Yes
				Pulse width								
				2F								
				1F								
				Bit shift								
11	100% H Inspect.	H Microscope		Visual		VL 90470	H Microscope	100%	All lot	Positrol log		
12	QA Gate	H Microscope		Visual		QA 90471	H Microscope	20(0,1)	All lot	P Chart		
13	100% L Inspect.	L Microscope		Visual		VL 90480	L Microscope	100%	All lot	Positrol log		
14	QA Gate	L Microscope		Visual		QA 90481	L Microscope	20(0,1)	All lot	P Chart		

Note :

ฟอร์มนี้เป็นเอกสารที่ควบคุมโดยระบบ ISO 9001:2000 หน้า 5.2.2

5.2 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

หลังจากมีการกำหนดแผนกควบคุมกระบวนการผลิตอย่างชัดเจนแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่ทีมจะต้องช่วยกันพัฒนาขึ้นมาคือ การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เป็นเทคนิคในการวิเคราะห์เพื่อที่จะประกันว่า ข้อบกพร่องต่างๆที่เป็นไปได้ และสาเหตุต่างๆที่เกี่ยวข้องและสามารถทำให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นได้ จะถูกนำมาพิจารณาและทำการป้องกัน ทีมจะทำการรวบรวมเอาความคิด ความรู้ ความชำนาญของสมาชิกแต่ละคน เพื่อสรุปถึงการป้องกันข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้น และเพื่อเป็นการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นด้วย FMEA ในกระบวนการผลิตจะมีส่วนสำคัญคือ การบ่งชี้ถึงศักยภาพของกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการที่จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง มีการประเมินถึงผลกระทบของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่มีผลกระทบต่อลูกค้า บ่งชี้ถึงปัญหาของกระบวนการผลิตที่เป็นไปได้ บ่งชี้ถึงพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตที่จะต้องถูกควบคุม เพื่อที่จะลดอัตราของผลิตภัณฑ์บกพร่องที่จะเกิดขึ้นและ การสอบพบข้อบกพร่องในกรณีมีข้อบกพร่องเกิดขึ้น การรวบรวมข้อบกพร่องทั้งหมดที่เป็นไปได้แล้วกำหนดลำดับความสำคัญก่อนหลังในการปฏิบัติ ปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง หลังจากนั้นทีม (บุคคลจากฝ่ายต่างๆที่เกี่ยวข้อง) จะต้องรวบรวมผลลัพท์ทั้งหมดให้เป็นเอกสารเพื่อกำหนดให้เป็นมาตรฐานและสามารถที่จะอ้างอิงได้ในอนาคต FMEA จะเป็นเครื่องมือในการแลกเปลี่ยนความคิดระหว่างบุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตและสนับสนุนการทำงานเป็นทีมด้วย FMEA เป็นเครื่องมือหรือเอกสารที่ต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอ จะมีการศึกษาในทุกๆกระบวนการผลิต การทบทวน การวิเคราะห์กระบวนการผลิตใหม่ การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต การใช้ FMEA สามารถทำให้ทีมคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ทำให้มีการแก้ปัญหา มีการตรวจพบปัญหา และ พบศักยภาพของกระบวนการผลิตที่อาจจะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง การที่ทีมสามารถบ่งชี้ถึงสาเหตุของปัญหาทำให้ทีมสามารถจะป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้ และ ผลสุดท้ายก็สามารถจะลดสัดส่วนของผลิตภัณฑ์บกพร่องได้ การพัฒนา FMEA ในกระบวนการผลิต ทีมสามารถจะเริ่มจากแผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต เพราะแผนภูมิการไหลจะบ่งบอกถึงแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตทั้งหมดที่จำเป็น เอกสาร FMEA จะประกอบด้วยรายละเอียดที่สำคัญดังนี้

1. ตัวเลขอ้างอิงของเอกสาร FMEA เพื่อที่จะสามารถอ้างอิงและสืบหาได้ง่าย การกำหนดตัวเลขนี้ควรจะกำหนดตัวอักษรหรือตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับแต่ละกระบวนการผลิต เพื่อง่ายในการจดจำและค้นหาเอกสาร

2. ชื่อของกระบวนการผลิตที่จะทำการวิเคราะห์ โดยจะแยกเป็นแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต สามารถที่จะใช้แผนภูมิการไหลเป็นเอกสารอ้างอิงได้

3. ชื่อและเบอร์โทรศัพท์ของผู้ที่ทำการพัฒนา FMEA ขึ้นมาเพื่อเป็นประโยชน์ในการติดต่อในกรณีที่ผู้ที่นำเอา FMEA ไปใช้เกิดปัญหาหรือข้อสงสัย

4. วันที่ที่ FMEA ถูกพัฒนาขึ้นมา และ วันที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงครั้งล่าสุด

5. ชื่อของบุคคลที่เกี่ยวข้องที่ร่วมกันสร้าง FMEA ขึ้นมา

6. รายละเอียดโดยทั่วไปของกระบวนการผลิตที่จะทำการวิเคราะห์ พร้อมด้วยจุดประสงค์ที่จะต้องมีกระบวนการผลิตนั้น

7. การบ่งลักษณะของกระบวนการผลิต ที่จะสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่บกพร่อง ไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งจะรวมถึงการทำให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่องในกระบวนการผลิตต่อไป หรือผลที่ก่อให้เกิดข้อบกพร่องจากกระบวนการหน้า ในการคาดการณ์นี้จะอยู่บนพื้นฐานที่ว่าวัสดุนำเข้าจะต้องมีสภาพดี ยอมรับได้ ศักยภาพของข้อบกพร่องที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นได้จะต้องถูกบ่งชี้

8. เป็นการบ่งบอกถึงผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีผลกระทบต่อลูกค้า ลูกค้าในที่นี้จะรวมถึงกระบวนการผลิตถัดไปหรือผู้ใช้ผลิตภัณฑ์

9. ประเมินปริมาณของผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า โดยทั่วไปจะมีการให้คะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 10 โดย 1 จะมีผลกระทบน้อยที่สุด และ คะแนน 10 จะมีผลกระทบมากที่สุด

10. การบ่งชี้ว่าข้อบกพร่องสามารถที่จะเกิดขึ้นได้อย่างไร อธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ขึ้น อธิบายในลักษณะของสิ่งที่สามารถควบคุมและสามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้ถูกต้องได้

11. บ่งบอกถึงความบ่อยของการเกิดข้อบกพร่อง การประเมินจะให้คะแนนเป็น 1 ถึง 10 เช่นเดียวกัน คะแนน 1 จะหมายถึง การเกิดข้อบกพร่องมีความถี่น้อยมาก คะแนน 10 หมายถึง การเกิดข้อบกพร่องที่มีความถี่สูงมาก ในกรณีนี้อาจสามารถกำหนดคะแนนได้จาก ข้อมูลทางสถิติหรือข้อมูลย้อนหลัง เช่น ค่า Cpk ค่า PPM หรือ ข้อมูลจากแผนภูมิพาเรโต

12. การอธิบายถึงการควบคุมกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน เพื่อที่จะสามารถรับทราบถึงข้อมูลการเกิดข้อบกพร่องของผลิตภัณฑ์ และ เพื่อที่จะหาทางแก้ไขให้ถูกต้องหรือหาทางป้องกันข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นได้

13. การประเมินถึงโอกาศของการควบคุมกระบวนการผลิตที่จะสามารถสอบพบข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้น ก่อนที่ผลิตภัณฑ์บกพร่องจะผ่านกระบวนการผลิตนั้นไป การประเมินจะให้คะแนนเป็น 1 ถึง 10 คะแนน 1 หมายถึง ข้อบกพร่องง่ายต่อการสอบพบ และ 10 หมายถึง ข้อบกพร่องจะยากต่อการสอบพบ

14. การประเมินลำดับก่อนหลังในการที่จะปฏิบัติการ ปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งจะเป็นผลจากการคูณกันระหว่าง ตัวเลขปริมาณผลกระทบของข้อบกพร่องที่มีต่อลูกค้า ตัวเลขความบ่อยของการเกิดข้อบกพร่องและตัวเลขของความสามารถในการสอบพบข้อบกพร่องที่จะเกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการผลิต ผลของตัวเลขที่มีค่ามากที่สุดจะได้รับการปรับปรุงแก้ไขก่อน

15. เมื่อมีการกำหนดลำดับก่อนหลังของการปรับปรุงแก้ไขแล้ว การปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องจะถูกกระทำในกรณีที่มีค่าผลของตัวเลขมากที่สุดก่อน ตัวปัญหานั้นเกิดขึ้นแล้วผู้เกี่ยวข้องมีประสบการณ์มีความเข้าใจปัญหานั้นเป็นอย่างดี ก็สามารถปฏิบัติการแก้ไขได้ทันที และ ถูกต้องถ้าปัญหานั้นผู้เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ไม่มีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และ ชัดเจน เทคนิคการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เป็นทางหนึ่งที่สามารถอธิบายสาเหตุของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จุดประสงค์ของการปรับปรุงแก้ไขคือ เพื่อที่จะทำให้ ค่าความบ่อยของการเกิดข้อบกพร่องหรือ ค่าคะแนนความสามารถในการสอบพบผลิตภัณฑ์บกพร่องมีค่าน้อยลง

16. กำหนดผู้รับผิดชอบในการปรับปรุงแก้ไข และ วัน เวลาที่ปฏิบัติการนั้นคาดว่าจะเสร็จสิ้น

17. ใส่รายละเอียดในการปฏิบัติการ และ วันเวลาที่ถูกกำหนดในการปฏิบัติการ

18. ผลลัพธ์ของการปรับปรุงแก้ไข หลังจากที่มีการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว ให้มีการบันทึกผลผลลัพท์ของการปรับปรุงแก้ไขด้วยการคำนวนผลของค่า RPN ผลของ RPN จะต้องถูกทำการทบทวนซึ่งอาจจะต้องมีการปฏิบัติปรับปรุงแก้ไข ในส่วนอื่นๆอีกถ้าจำเป็น

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ การนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพและให้มีความมั่นใจว่าการปฏิบัติการต่างๆได้ถูกกระทำอย่างเหมาะสม วิศวกรและบุคคลที่เกี่ยวข้องจะต้องมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง

FMEA

☐ **Design** ☒ **Process**

Process : HGA Assembly Prepared By : Jakrapong K. FMEA Date (Orig.) : May 24th ,1994 FMEA No. HGA - WBO - 002

Core Team : Supakit , Suwit , Wichet , Yunyong , Luechon , Thawat , Sunti , Krittaya , Sura , Suphot , Ravadee , Nataporn. Date (Rev.) : DEC. 1st , 1994

Process Functional Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	S E V	Potential Cause / Mechanism of Failure	O C C	Current Process Control	D E T	R P N	Recommended Actions	Responsibility and Target Completion Date	Action Results: Action Taken	S E V	O C C	D E T	R P N
Wire bond	1. Non sticking on pad	- Open circuit	8	1.Cappillary worn out/ damaged. 2. Improper parameters ; - Time. - Power. - Force. 3. Contamination on pad. 4. Glassivation cover pad.	4	Positol Log.	3	96	1. The m/c setting should be cross checked and monitoring. 2. Perform Design of Experiment to optimize process parameters. 3. Clean pad prior to bonding. 4. Correct data and feedback to IQA.	Supakit Yunyong Luechon	Done Done Done	8	2	3	48
	2. Broken wire.	- Open circuit.	8	1.Cappillary worn out/ damaged. 2. Improper parameters ; - Time. - Power. - Force. 3. Wire damaged.	3	Positol Log.	3	72	- The m/c setting should be cross checked and monitoring. 2. Perform Design of Experiment to optimize process parameters. 3. Correct data and feedback to IQA.	Supakit Yunyong Luechon	Done Done Done	8	2	3	48
	3. Shorting wire.	- Short circuit.	8	1. Handling problem.	2	Positol Log.	3	48	1. The procedure shall be followed.	Tawat					
	4. Bond off pad.	- Short circuit.	8	1. Handling problem.	2	Positol Log.	3	48	1. The procedure shall be followed.	Tawat					
	5. Bond size.	- Reliability.	10	1.Cappillary worn out/ damaged. 2. Improper parameters ; - Time. - Power. - Force.	3	Positol Log.	3	90	1. The m/c setting should be cross checked and monitoring. 2. Perform Design of Experiment to optimize process parameters.	Supakit Yunyong	Done Done	10	2	3	60

ANSI/ASQC Q9000-1-1994 ตามมาตรฐาน

FMEA

☐ **Design** ☒ **Process**

Process : HGA Assembly Prepared By : Jakrapong K. FMEA Date (Orig.) : May 24th ,1994 FMEA No. HGA - WBO - 002

Core Team : Supakit , Suwit , Wichet , Yunyong , Luechon , Thawat , Sunti , Krittaya , Sura , Suphot , Ravadee , Nataporn. Date (Rev.) : DEC. 1st , 1994

Process Functional Requirements	Potential Failure Mode	Potential Effect of Failure	S E V	Potential Cause / Mechanism of Failure	O C C	Current Process Control	D E T	R P N	Recommended Actions	Responsibility and Target Completion Date	Action Results: Action Taken	S E V	O C C	D E T	R P N
	6. Pad damaged .	- Reliability	10	1.Cappillary worn out/ damaged. 2. Improper parameters ; - Time. - Power. - Force. 3. Matalization on die pad is weakness.	2	Positol Log.	3	60	1. The m/c setting should be cross checked and monitoring. 2. Perform Design of Experiment to optimize process parameters. 3. Collect data and feedback to IQA and wafer fabrication.	Supakit Yunyong Luechon	Done Done Done	10	1	3	30
	7. Wire pull strength out of control.	- Reliability.	10	1.Cappillary worn out/ damaged. 2. Improper parameters ; - Time. - Power. - Force. 3. Contamination on pad. 4. Glassivation cover pad.	6	Xbar-R chart	3	180	1. The m/c setting should be cross checked and monitoring. 2. Perform Design of Experiment to optimize process parameters. 3. Clean pad prior to bonding. 4. Correct data and feedback to IQA.	Supakit Yunyong Luechon	Done Done Done	10	3	3	90

5.3 การวิเคราะห์ระบบการวัด

ในการวางแนวทางในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้น สามารถทำให้จำนวนผลิตภัณฑ์บกพร่องมีจำนวนลดน้อยลง สิ่งหนึ่งที่วิศวกรผู้ที่เกี่ยวข้อง หรือ ทีมที่ทำงานด้วยกันต้องทำการพิจารณาและให้ความสนใจคือ ระบบการวัด ระบบการวัดจะต้องมีความถูกต้องแม่นยำ เที่ยงตรง ในช่วงการวัดที่เราให้ความสนใจ พร้อมทั้งมีเสถียรภาพ สามารถที่จะวัดผลิตภัณฑ์ได้ถูกต้องตลอดทุกช่วงเวลาและระบบการวัดจะต้องมีความละเอียดที่เหมาะสมที่จะใช้วัดมิติหรือฟังก์ชั่นของผลิตภัณฑ์ในแต่ละประเภท เทคนิคที่จำเป็นในการที่จะทำให้มั่นใจว่าระบบการวัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือ การวิเคราะห์ระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบการวัด เป็นวิธีการที่ใช้ประเมินระบบการวัดว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำ เที่ยงตรง มีการกระจายน้อย การวิเคราะห์ระบบการวัด จะพิจารณาถึง วิธีการวัด เครื่องมือวัด พนักงานที่ทำการวัด และปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องว่าสามารถยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งทีมจะต้องเป็นผู้กำหนดว่า เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ใดบ้างที่จำเป็นจะต้องทำการวิเคราะห์ระบบการวัด ทีมสามารถใช้เทคนิคนี้ในการประเมินและศึกษา เครื่องมือวัดใหม่ วิธีการวัดใหม่ เปรียบเทียบผลการวัดระหว่างเครื่องมือวัดแต่ละเครื่อง เปรียบเทียบผลการวัดระหว่างพนักงานที่ทำการวัดแต่ละคน เปรียบเทียบผลการวัดระหว่างเครื่องมือวัดก่อนและหลังการบำรุงรักษา ซ่อมบำรุง หรือ ปรับเทียบ

เนื่องจากการวัดมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยให้การผลิตทางอุตสาหกรรมประสบผลสำเร็จ คุณภาพของระบบการวัดในการผลิต ผลการวัดมีความสำคัญมาก ถ้าระบบการวัดมีคุณภาพไม่ดีจะทำให้เกิดความแปรปรวนและ การกระจายของการวัดสูงซึ่งจะเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการวัด กระบวนการวิเคราะห์ระบบการวัดที่ดีจะทำให้เข้าใจถึงการกระจายที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของกระบวนการวัด การประเมินคุณภาพของระบบการวัด คือ การทดลองปฏิบัติเพื่อให้ทราบถึงการกระจายของระบบการวัด และ ทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของการวัด

คุณภาพของระบบการวัด สามารถบ่งบอกลักษณะได้ด้วยคุณสมบัติทางสถิติ เป็นความรับผิดชอบของผู้บริหารที่จะให้ความมั่นใจว่า ระบบการวัดแต่ละระบบมีการใช้คุณสมบัติทางสถิติที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ พร้อมทั้งกำหนดเกณฑ์ในการยอมรับของแต่ละคุณสมบัติทางสถิติด้วย ระบบการวัดแต่ละระบบอาจจะไม่ได้ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติที่เหมือนกัน แต่จะมีคุณสมบัติทางสถิติบางอย่างที่ระบบการวัดแต่ละระบบต้องมี คือ

1. ระบบการวัดต้องอยู่ในการควบคุมทางสถิติ การกระจายของระบบการวัดจะเกิดจากสาเหตุปกติ (Common causes) เท่านั้น ไม่ได้เกิดจากสาเหตุพิเศษ (Special causes)

2. การกระจายของระบบการวัดจะต้องมีค่าน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการกระจายของการผลิต

3. การกระจายของระบบการวัด จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าความคาดเคลื่อนของเกณฑ์กำหนด

4. ค่าการเพิ่มการวัดจะต้องมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับค่าความคาดเคลื่อนของเกณฑ์กำหนด

5. คุณสมบัติทางสถิติของระบบการวัดจะเปลี่ยนไป เมื่อมีการเปลี่ยนพารามิเตอร์หรือมิติที่ถูกวัด เมื่อความคาดเคลื่อนของเกณฑ์กำหนดของมิติลดลง จะทำให้การกระจายของการวัดสัมพันธ์มีค่ามากขึ้น

ระบบการวัดแต่ละระบบ เครื่องมือวัดแต่ละชิ้นที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะต้องถูกทำการประเมินว่า มีคุณภาพเพียงพอที่จะวัด มิติ หรือ พารามิเตอร์แต่ละชนิด การประเมินจะเป็นลักษณะของการทดสอบว่า ระบบการวัดมีคุณสมบัติทางสถิติเหมาะสมตามที่ผู้บริหารตั้งเกณฑ์กำหนดไว้หรือไม่ การวิเคราะห์ระบบการวัดจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรก จะเป็นการทดสอบว่า ระบบการวัดมีคุณสมบัติทางสถิติเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดทางสถิติ สำหรับกิจกรรมการวัดแต่ละประเภทหรือไม่ ถ้าระบบการวัดถูกยอมรับ ก็จะสามารถนำไปใช้ในการผลิตได้ ถ้าระบบการวัดถูกปฏิเสธ ระบบการวัดนั้นต้องมีการปรับปรุง หรือ สับเปลี่ยน เพื่อให้ได้ระบบการวัดที่เหมาะสมกว่า ในขั้นตอนที่สอง จะเป็นการทดสอบซ้ำในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้มั่นใจว่าระบบการวัดยังสามารถวัดได้ถูกต้องเป็นที่ยอมรับแม้เวลาจะผ่านไป ถ้าไม่มีการทดสอบซ้ำจะไม่สามารถประเมินได้ว่า ระบบการวัดยังอยู่ในสภาพที่ยอมรับได้หรือไม่ แม้ว่าเครื่องมือวัดจะมีการปรับเทียบหรือบำรุงรักษาอย่างดีก็ตาม

การทดสอบระบบการวัดจะต้องถูกระบุลงในเอกสารอย่างสมบูรณ์ เอกสารจะประกอบด้วย

1. ตัวอย่างที่เกิดจากการทดสอบจริง

2. เกณฑ์กำหนดในการคัดเลือก พารามิเตอร์ หรือ มิติ ที่จะทำการวัด สภาพแวดล้อมในการวัด

3. กำหนดวิธีการเก็บ ข้อมูล บันทึก และวิเคราะห์ข้อมูล

4. กำหนด แนวคิด และ ศัพท์ทางเทคนิคที่จำเป็น

5. ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้ตัวงานมาตรฐาน จะต้องมีการกำหนดวิธีการในการใช้และเก็บรักษาตัวงานมาตรฐานด้วย

ช่วงเวลาในการประเมินระบบการวัด ผู้ที่รับผิดชอบในการประเมิน ผู้ที่รับผิดชอบในการทดสอบ ผู้ที่รับผิดชอบในการปรับปรุงแก้ไขระบบการวัด จะถูกกำหนดโดยผู้บริหารของบริษัท

มีวิธีการอย่างหลากหลายที่จะสามารถประเมินระบบการวัดได้ ทางเลือกของแต่ละวิธีการจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆอย่าง โดยทั่วไปจะพิจารณาเป็นกรณีของแต่ละระบบการวัด ในการพิจารณา คัดเลือก หรือ พัฒนาวิธีการประเมินระบบการวัดจะประกอบด้วย

1. ต้องมีการใช้ตัวงานมาตรฐานหรือไม่ ซึ่งตัวงานมาตรฐานต้องสามารถสอบเทียบถึงสถาบันมาตรฐานและเทคโนโลยีแห่งชาติ (NIST : National Institute of Standard and Technology) ต้องมีการพิจารณาระดับของตัวงานมาตรฐาน ตัวงานมาตรฐานจะใช้ในการประเมินความถูกต้องของระบบการวัดถ้าไม่มีตัวงานมาตรฐาน การประเมินจะทำได้เฉพาะการศึกษาการกระจายของระบบการวัดเท่านั้น ไม่สามารถประเมินความถูกต้องได้

2. การวิเคราะห์ระบบการวัดในขั้นตอนที่ 2 สิ่งสำคัญที่ต้องตระหนักคือ พนักงานที่ทำการวัดจะต้องทำการวัดในลักษณะที่เป็นปกติ ใช้วิธีการตามปกติที่ทำอยู่เป็นประจำ โดยไม่คิดว่าการวัดนั้นมีอะไรที่พิเศษ

3. ค่าใช้จ่ายในการทดสอบ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบ

5. จะต้องมีการกำหนดวิธีการวิเคราะห์ระบบการวัดให้เป็นมาตรฐานในการที่จะเปรียบเทียบ กำหนดว่าระบบการวัด เครื่องมือวัด แต่ละประเภทมีความเหมาะสม มีประสิทธิภาพในการวัดหรือไม่ คือ การใช้ตัวงานมาตรฐานเป็นตัวงานอ้างอิง การใช้เครื่องมือวัดวัดตัวงานมาตรฐานทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่าเครื่องมือวัดใดมีประสิทธิภาพในการวัด เครื่องมือวัดใดจะต้องมีการปรับปรุง

7. การทดสอบขั้นตอนที่ 2 จะต้องมีความบ่อยมากน้อยเพียงใด การตัดสินใจจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางสถิติของระบบการวัดแต่ละประเภท

ทีมจะต้องมีการกำหนดเกี่ยวกับการศึกษาวิเคราะห์ระบบการวัด ในขั้นตอนแรกจะต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่สำคัญของแต่ละกระบวนการผลิต พารามิเตอร์นี้จะประกอบด้วยทั้งพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์และพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิต และ มีการกำหนดเครื่องมือวัดที่ใช้วัดพารามิเตอร์แต่ละประเภท ซึ่งเครื่องมือวัดเหล่านี้จะต้องถูกทำการศึกษาและ วิเคราะห์ การวิเคราะห์ระบบการวัดจะประกอบด้วย

1. ความละเอียดของการวัด ความละเอียดของเครื่องมือวัดเป็นสิ่งแรกที่จะต้องพิจารณาในการวิเคราะห์ระบบการวัด เครื่องมือวัดจะต้องมีความละเอียดของการวัดที่เหมาะสม ความ

ละเอียดของการวัดสามารถจะพิจารณาได้จากหน่วยของการวัดจากเครื่องมือที่น้อยที่สุด ที่สามารถที่จะสอบพบการกระจาย ความแปรปรวนของระบบการผลิตหรือไม่ โดยทั่วไปแล้วความละเอียดของการวัดจะพิจารณาความละเอียดของเครื่องมือวัดซึ่งจะต้องมีค่าไม่เกิน 10 เปอร์เซนต์ของค่าคลาดเคลื่อนของเกณฑ์กำหนด เช่น มิติมีค่าเกณฑ์กำหนด 2 ถึง 3 นิ้ว ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของเกณฑ์กำหนดคือ 3 - 2 = 1 นิ้ว เครื่องมือวัดที่เหมาะสมในการใช้วัดมิตินี้ต้องมีความละเอียดอย่างน้อย 10 เปอร์เซนต์ หรือ 0.1 นิ้ว

2. ความถูกต้องของการวัด (Gage Accuracy) ความถูกต้องของการวัดจะเป็นความแตกต่างระหว่าง ค่าเฉลี่ยของการวัดกับค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานอาจจะได้มาจากค่าของตัวงานมาตรฐานหรือค่าเฉลี่ยของการวัดที่ได้มาจากเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้อง

3. การวัดซ้ำ (Gage Repeatability) การวัดซ้ำ เป็นการกระจายที่เกิดขึ้นจากการวัดเมื่อใช้เครื่องมือวัดชิ้นเดียว วัดพารามิเตอร์จากผลิตภัณฑ์ชิ้นเดียวกันหลายๆครั้ง

4. การผลิตซ้ำ (Gage Reproducibility) การผลิตซ้ำเป็นการกระจายของการวัดของค่าเฉลี่ยของการวัดเมื่อใช้พนักงานวัดหลายคนใช้เครื่องมือวัดเดียวกัน วัดพารามิเตอร์จากผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน

5. เสถียรภาพของการวัด (Gage Stability) เสถียรภาพของการวัดเป็นการกระจายของการวัดที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องมือวัดตัวงานมาตรฐานในช่วงเวลาที่ต่างกัน

6. คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของการวัด (Gage Linearity) คุณสมบัติเชิงเส้นตรงของการวัดเป็นความแตกต่างของค่าความถูกต้องของการวัด ตลอดช่วงของการวัดที่ใช้งาน

ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนา เวิร์คชีต (Worksheet) สำหรับใช้วิเคราะห์ระบบการวัด เวิร์คชีตนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป เอกซ์เซล (Excel) เวิร์คชีตเหล่านี้ประกอบด้วย

1. เวิร์คชีตของการวัดซ้ำและการผลิตซ้ำ (Gage repeatability and reproducibility worksheet) , ภาพที่ 5.4

2. เวิร์คชีตของการประเมินความถูกต้องและค่าเชิงเส้นตรง (Gage accuracy and linearity worksheet) , ภาพที่ 5.5

3. เวิร์คชีตของการศึกษาสหสัมพันธ์ (Correlation worksheet) , ภาพที่ 5.6

ผู้วิจัยได้นำเวิร์คชีตทั้ง 3 ทดลองใช้ที่กระบวนการวัดมิติ X การทดลองใช้เวิร์คชีตของการวัดซ้ำและการผลิตซ้ำ ใช้พนักงานที่มีหน้าที่ในการวัด 3 คน เครื่องมือวัดคือ โปรไฟล์โปรเจคเตอร์ (Profile Projector) ใช้ผลิตภัณฑ์ 10 ชิ้นและวัดผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้นชิ้นละ 3 ครั้ง ดังภาพที่ 5.7 ข้อมูลที่ได้จากเวิร์คชีต จะเห็นว่าพนักงานที่มีความแม่นยำในการวัดมากที่สุดคือ ปาริฉัตร

พนักงานที่มีความแม่นยำในการวัดน้อยที่สุดคือ สนธยา ซึ่งสามารถดูได้จากค่าพิสัยเฉลี่ยของแต่ละคน ถ้ามองในส่วนของค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่เกิดขึ้นจากการวัด กนกพรและปาริฉัตร จะมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใกล้เคียงกัน แต่สนธยาจะมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัดมากกว่า เมื่อวิเคราะห์ในแง่ของการควบคุมทางสถิติจะมีการคำนวนค่าของ ค่าควบคุมพิสัย ถ้าค่าพิสัยมีค่าน้อยกว่าค่าควบคุมพิสัยจะถือว่าการทดลองนี้เป็นที่ยอมรับ ไม่มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ถ้าค่าพิสัยค่าใดค่าหนึ่งมีค่ามากกว่าค่าควบคุมพิสัย จะแสดงว่าการทดลองมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น จะต้องมีการวัดผลิตภัณฑ์ชิ้นนั้นซ้ำใหม่อีกครั้งหนึ่งเพื่อที่จะได้รับข้อมูลใหม่แทนข้อมูลเก่าที่ผิดพลาด การวัดผลิตภัณฑ์ซ้ำนั้นจะต้องวัด 3 ครั้งและพนักงานต้องวัดใหม่ทั้ง 3 คน หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบอีกครั้งว่าค่าพิสัยอยู่ในการควบคุมหรือไม่ จากการคำนวนค่าการวัดซ้ำและการผลิตซ้ำ (R&R) พบว่า (R&R) มีค่าเท่ากับ 25.33 เปอร์เซนต์ ซึ่งยังอยู่ในเงื่อนไขที่ยอมรับได้ โดยจะมีค่าของการวัดซ้ำ 14.43 เปอร์เซนต์และค่าของการผลิตซ้ำประมาณ 10.90 เปอร์เซนต์ ในการปรับปรุงระบบการวัดให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อลดความผิดพลาดของการวัด การปรับปรุงสามารถจะวิเคราะห์เพื่อหาความสำคัญก่อนหลังได้จากข้อมูล ในกรณีนี้จะพบว่าพนักงานชื่อสนธยามีความผิดพลาดในการวัดมากที่สุด เพราะมีการกระจายของการวัดมากที่สุดและมีค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัดต่างจากพนักงานอื่นๆ สาเหตุของการวัดผิดพลาดอาจเกิดขึ้นได้จาก วิธีการวัดที่แตกต่างไปจากพนักงานอื่นๆหรือการใช้เครื่องมือวัดที่ไม่ถูกต้อง จากเวิร์คชีตสามารถที่จะทราบถึงประสิทธิภาพของการวัดซ้ำและผลิตซ้ำว่ามีความเหมาะสมที่จะใช้ในการวัดพารามิเตอร์หรือมิติต่างๆหรือไม่ และ ยังสามารถจะทราบได้ว่าสาเหตุที่ทำให้การวัดซ้ำและผลิตซ้ำมีการกระจายของการวัดเกิดจากปัจจัยใด ซึ่งจะทำให้สามารถวางแนวทางการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างถูกต้อง

การนำเวิร์คชีตการศึกษาความถูกต้อง และ ลักษณะเชิงเส้นตรงของระบบการวัดไปใช้ในกรณีนี้จะใช้ตัวงานมาตรฐาน 5 ตัว โดยตัวงานจะมีค่าครอบคลุมถึงตลอดช่วงของเกณฑ์กำหนดและให้พนักงานทำการวัดตัวงานมาตรฐานแต่ละตัว ตัวละ 10 ครั้ง แล้วคำนวนค่าเฉลี่ยเลขคณิตนำเอาค่าเฉลี่ยเลขคณิตไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ค่าที่ได้จะเป็นค่าความถูกต้องของการวัด เปอร์เซนต์ของความถูกต้องสามารถคำนวนได้จากค่าเฉลี่ยของค่าความถูกต้องทั้งหมด การคำนวนค่าเชิงเส้นตรงสามารถคำนวนได้จากการหาค่าความชัน (Slope) ที่เกิดขึ้นจากการพลอตกราฟระหว่าง ค่าของตัวงานมาตรฐานซึ่งจะอยู่ในแกน X และค่าของความถูกต้องซึ่งจะอยู่ในแกน Y ค่าความชันที่ได้จะเป็นเปอร์เซนต์ของค่าเชิงเส้นตรง จากการนำเวิร์คชีตของความถูกต้องและเชิงเส้นตรงของการวัด จะพบว่าระบบการวัดที่ทำการศึกษามีประสิทธิภาพในการวัด สามารถยอมรับได้ทั้งในแง่ของความถูกต้องและค่าเชิงเส้นของการวัด ดังภาพที่ 5.8

เวิร์คชีตของการศึกษาสหสัมพันธ์ของเครื่องมือวัด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย สามารถนำไปใช้ในการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือวัดชนิดเดียวกัน ระหว่างพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน ระหว่างเครื่องมือวัดคนละชนิดกัน ในกรณีศึกษาผู้วิจัยได้ทำการศึกษาสหสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดมิติ X ดังภาพที่ 5.9 เป็นการศึกษาสหสัมพันธ์ของโปรไฟล์โปรเจคเตอร์ และ สมาร์ทสโคป (Smart Scope) โดยเทียบกับตัวงานมาตรฐาน การตัดสินว่าเครื่องมือวัดมีคุณสมบัติด้านสหสัมพันธ์เหมาะสมหรือไม่สามารถดูได้จากค่า R-Squareในวงการอุตสาหกรรมทางอิเลคทรอนิคส์โดยทั่วไปจะยอมรับที่ 90 เปอร์เซนต์หรือมากกว่า ซึ่งในกรณีของการศึกษาโปรไฟล์โปรเจคเตอร์และสมาร์ทสโคป จะเห็นว่าเครื่องมือทั้งสองมีค่าของ R-Square ที่สามารถยอมรับได้

Gage repeatability and reproducibility worksheet.

Part Name		**Parameter**		**Date**	
Tester Name		**Specification**		**Engineer**	
Tester No.		**Measured Unit**		**Location**	

Comparison		Kanokporn				Parichat				Sontaya			
Sample	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Range	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Range	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Range
1				0.00				0.00				0.00
2				0.00				0.00				0.00
3				0.00				0.00				0.00
4				0.00				0.00				0.00
5				0.00				0.00				0.00
6				0.00				0.00				0.00
7				0.00				0.00				0.00
8				0.00				0.00				0.00
9				0.00				0.00				0.00
10				0.00				0.00				0.00
Totals	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			R-bar	#DIV/0!			R-bar	#DIV/0!			R-bar	#DIV/0!

Sum A	0.00	Sum B	0.00	Sum C	0.00
Average A	#DIV/0!	Average B	#DIV/0!	Average C	#DIV/0!

Test For Control

Upper Control Limit for Range = D4 * Average of R-bar

D4 = 3.27 for 2 trials or 2.57 for 3 trials , enter the appropriate D4 value : 3.270

If any individual Range exceeds this limit , the measurement or reading should be reviewed, repeated, corrected or discarded as appropriate, and the new averages and Range should be computed.

UCL-Range	#DIV/0!
Range of average	#DIV/0!
Average of R-bar	#DIV/0!

Statistical Control #DIV/0!

Measurement System/Gauge Capability Analysis

Repeatability

Enter the name of the parameter for comparison

Standard variation of repeatability = Average of R-bar / d2

d2 = 1.128 for 2 trials or 1.693 for 3 trials. 1.128

Repeatability

Standard Deviation #DIV/0!

Variance #DIV/0!

Reproducibility

Enter the name of the parameter for comparison

Standard variation of reproducibility = Range of average / d2

d2 = 1.41 for 2 comparisons or 1.91 for 3 comparisons 1.910

Reproducibility

Standard Deviation #DIV/0!

Variance #DIV/0!

Total Repeatability & Reproducibility

Total Standard Deviation #DIV/0!

Specification tolerance = USL - LSL

Enter the Specification Tolerance

Total Variability Spread @ 99% #DIV/0!

Total % of Tolerance consumed by measurement error #DIV/0!

Total Variability Spread @ 99% #DIV/0! 0

Explanation of Total Variation

% of Total Measurement Error Due To Repeatability:

% of Total Measurement Error Due To Reproducibility:

% of Total Gauge Variability		% R&R
0.0000	#DIV/0!	#DIV/0!
0.0000	#DIV/0!	#DIV/0!
Total %	#DIV/0!	#DIV/0!

Explanation of Repeatability

		Repeatability Variance		% of Repeatability
0.0000	Repeatability on	Kanokporn	#DIV/0!	#DIV/0!
0.0000	Repeatability on	Parichat	#DIV/0!	#DIV/0!
0.0000	Repeatability on	Sontaya	#DIV/0!	#DIV/0!
		Average	#DIV/0!	#DIV/0!

Recommended acceptance :

If %R&R is :

<= 10% , gage system OK.

>10 to 30% , may be acceptable based upon important of application, cost of gage , cost of repairs , etc.

> 30% ,Gage system needs improvement. Make every effort to identify the problems and have them corrected.

Disposition

%R&R		Mark #
<=10%	Accept.	
>10% to 30%	Conditional acceptance	
>30%	Reject	

Name : _____

Date : _____

Note ; _____

Revised : Mar 22 , 95

ภาพที่ 5.4 เวิร์คชีตของการวัดซ้ำ และ การผลิตซ้ำ

Gage accuracy and linearity worksheet.

Part Name		Parameter		Date	
Tester Name		Specification		Engineer	
Tester No.		Measured Unit		Location	

Accuracy & Linearity Data

Specification Tolerance	6.000

Std. Val.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Accuracy
											#DIV/0!	#DIV/0!
											#DIV/0!	#DIV/0!
											#DIV/0!	#DIV/0!
											#DIV/0!	#DIV/0!
											#DIV/0!	#DIV/0!

Accuracy

Goodness of fit (R-Squared)	#DIV/0!
Slope (Accuracy)	#DIV/0!
Intercept (Acuracy)	#DIV/0!

Observed average

Goodness of fit (R-Squared)	#DIV/0!
Slope (Measured output)	#DIV/0!
Intercept (Measured output)	#DIV/0!

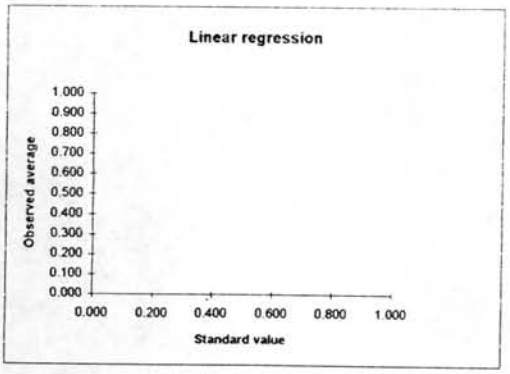
Accuracy		
Std.	Acc.	% Acc.
0.00	0.00	0.00%
0.00	0.00	0.00%
0.00	0.00	0.00%
0.00	0.00	0.00%
0.00	0.00	0.00%
Average	0.00	0.0%

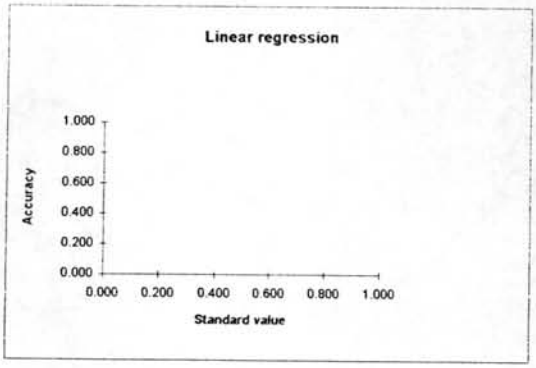
Linear regression	
<Meas. output>	<Accuracy>
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!
#DIV/0!	#DIV/0!

<_> : Predicted value

% Accuracy 0.0%

% Linearity #DIV/0!





Guidelines for acceptable of gage accuracy and gage linearity

< 5% , gage system OK.

5% to 10% , may be acceptable based upon important of application, cost of gage , cost of repairs , etc.

> 10% ,Gage system needs improvement. Make every effort to identify the problems and have them corrected.

Disposition

%Accuracy or % Linearity.		Mark #
< 5%	Accept.	
5% to 10%	Conditional acceptance	
> 10%	Reject	

Name : _____

Date : _____

Note ; _____

Revised : Mar 8,95

ภาพที่ 5.5 เวิร์คชีตของความถูกต้อง และ คุณสมบัติเชิงเส้นตรง

Gage Correlation Worksheet.

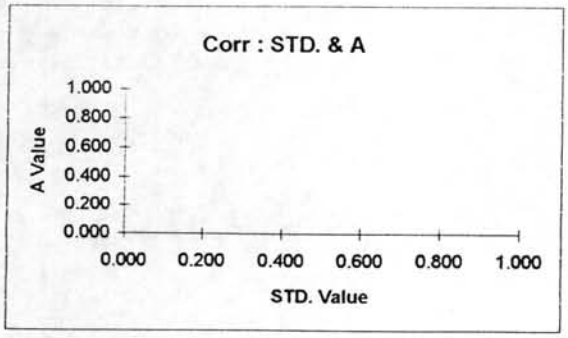
Part Name		Parameter		Date	
Tester Name		Specification		Engineer	
Tester No.		Measured Unit		Location	

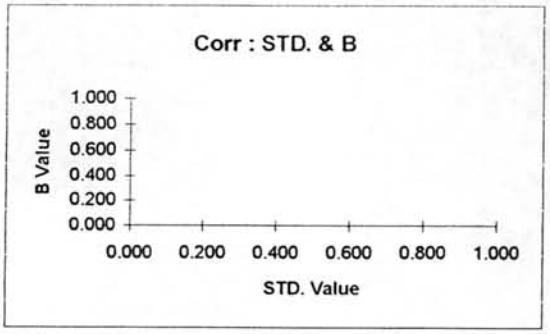
Comparison		A					B				
NO.	Std. Value	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Average	Delta	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Average	Delta
1					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
2					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
3					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
4					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
5					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
6					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
7					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
8					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
9					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
10					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
11					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
12					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
13					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
14					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
15					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
16					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
17					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
18					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
19					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
20					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
21					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
22					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
23					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
24					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!
25					#DIV/0!	#DIV/0!				#DIV/0!	#DIV/0!

Corr : STD & A	
R-squared	#DIV/0!
Slope	#DIV/0!
Y-intercept	#DIV/0!

Corr : STD & B	
R-squared	#DIV/0!
Slope	#DIV/0!
Y-intercept	#DIV/0!

Delta AVG.	#DIV/0!	#DIV/0!
Delta SD.	#DIV/0!	#DIV/0!





Acceptability :

If R-squared : >= 90%, then no justification needed

< 90%, then justification required

Disposition	R-squared		Mark #
	>= 90%	Accept	
	<90%	Reject	

Name : _____

Date : _____

ภาพที่ 5.6 เวิร์คชีตของการศึกษา สหสัมพันธ์

Gage repeatability and reproducibility worksheet.

Part Name	AAA	**Parameter**	X dimension	**Date**	18-May
Tester Name	Profile projector	**Specification**	147 - 153	**Engineer**	Jakrapong K
Tester No.	#3	**Measured Unit**	mil	**Location**	XXX

Comparison		Kanokporn				Parichat				Sontaya		
Sample	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Range	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Range	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Range
1	152.37	152.00	152.16	0.37	152.52	152.69	152.65	0.17	152.72	153.07	153.28	0.55
2	149.45	149.17	149.29	0.28	149.03	148.82	149.05	0.23	149.64	149.39	149.44	0.25
3	150.11	150.21	150.76	0.65	150.66	150.46	150.57	0.20	150.67	150.80	150.62	0.18
4	151.48	151.44	151.44	0.04	151.32	151.45	151.64	0.31	151.74	151.73	151.12	0.63
5	149.45	149.27	149.41	0.18	149.07	148.69	148.72	0.38	149.33	149.74	149.99	0.67
6	148.87	148.80	148.96	0.15	148.92	148.72	148.67	0.25	149.46	148.73	149.26	0.73
7	150.03	150.15	149.74	0.41	150.22	149.84	150.03	0.38	150.30	150.38	150.55	0.25
8	149.58	149.84	149.18	0.66	149.26	149.19	149.42	0.23	150.17	149.83	149.57	0.60
9	150.34	150.00	150.20	0.34	150.17	150.29	150.49	0.33	150.76	150.89	150.93	0.17
10	150.26	150.98	150.89	0.72	150.98	150.78	151.01	0.22	150.81	151.15	150.36	0.79
Totals	1501.93	1501.87	1502.03	3.81	1502.15	1500.95	1502.25	2.69	1505.61	1505.73	1505.11	4.82
			R-bar	0.38			R-bar	0.27			R-bar	0.48

Sum A	4505.83	Sum B	4505.35	Sum C	4516.44
Average A	150.19	Average B	150.18	Average C	150.55

Test For Control

Upper Control Limit for Range = D4 * Average of R-bar

D4 = 3.27 for 2 trials or 2.57 for 3 trials , enter the appropriate D4 value : 2.570

If any individual Range exceeds this limit , the measurement or reading should be reviewed, repeated, corrected or discarded as appropriate, and the new averages and Range should be computed

UCL-Range	0.97
Range of average	0.37
Average of R-bar	0.38

Statistical Control OK --->>> to Proceed

Measurement System/Gauge Capability Analysis

Repeatability

Enter the name of the parameter for comparison: Gage

Standard variation of repeatability = Average of R-bar / d2

d2 = 1.128 for 2 trials or 1.693 for 3 trials. 1.693

Repeatability

Standard Deviation	0.223
Variance	0.050

Reproducibility

Enter the name of the parameter for comparison: Operator

Standard variation of reproducibility = Range of average / d2

d2 = 1.41 for 2 comparisons or 1.91 for 3 comparisons 1.910

Reproducibility

Standard Deviation	0.194
Variance	0.037

Total Repeatability & Reproducibility

Specification tolerance = USL - LSL

Enter the Specification Tolerance: 6.0000

Total Standard Deviation	0.295
Total Variability Spread @ 99%	1.520

Total % of Tolerance consumed by measurement error: 25.33%

Total Variability Spread @ 99%: 1.5199 mil

Explanation of Total Variation

% of Total Measurement Error Due To Repeatability:

% of Total Measurement Error Due To Reproducibility:

	% of Total Gauge Variability	% R&R
Gage	56.95%	14.43%
Operator	43.05%	10.91%
Total %	100.00%	25.33%

Explanation of Repeatability

Gage Repeatability on

Gage Repeatability on

Gage Repeatability on

		Repeatability Variance	% of Repeatability
Operator	Kanokporn	0.416	55.17%
Operator	Parichat	0.207	27.46%
Operator	Sontaya	0.665	88.21%
	Average	0.429	56.95%

Recommended acceptance :

If %R&R is :

<= 10% , gage system OK.

>10 to 30% , may be acceptable based upon important of application, cost of gage , cost of repairs , etc.

> 30% ,Gage system needs improvement. Make every effort to identify the problems and have them corrected.

Disposition

%R&R		Mark #
<=10%	Accept.	
>10% to 30%	Conditional acceptance	#
>30%	Reject	

Name : Jakrapong K

Date : May-18

Note ; _____

Revised : Mar 22 , 95

ภาพที่ 5.7 การนำเวิร์คชีตของการวัดซ้ำและผลิตซ้ำไปประยุกต์ใช้

Gage accuracy and linearity worksheet.

Part Name	AAA	Parameter	X dimension	Date	01-May
Tester Name	Profile projector	Specification	147 - 153	Engineer	Jakrapong K
Tester No.	#3	Measured Unit	mil	Location	XXX

Accuracy & Linearity Data

Specification Tolerance	6.000

Std. Val.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Average	Accuracy
147.500	147.23	147.56	147.92	147.53	147.57	147.74	147.88	147.19	147.31	147.50	147.543	-0.043
148.300	148.63	148.38	148.30	148.37	148.74	148.37	148.46	148.06	148.30	148.52	148.412	-0.112
149.700	149.57	150.14	149.30	150.08	149.57	149.57	149.58	150.12	149.58	149.72	149.724	-0.024
151.700	152.11	151.82	151.90	152.09	152.28	151.61	151.46	151.77	151.80	151.83	151.866	-0.166
153.100	153.15	152.68	152.94	153.19	153.52	153.10	153.15	153.14	153.34	153.45	153.165	-0.065

Accuracy

Goodness of fit (R-Squared)	8.22%
Slope (Accuracy)	-0.007
Intercept (Acuracy)	0.979

Observed average

Goodness of fit (R-Squared)	99.95%
Slope (Measured output)	1.007
Intercept (Measured output)	-0.979

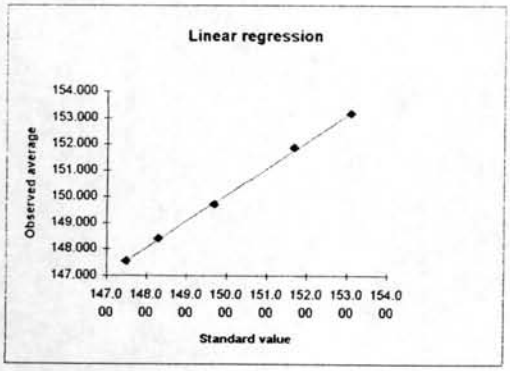
Accuracy		
Std.	Acc.	% Acc.
147.50	0.04	0.71%
148.30	0.11	1.87%
149.70	0.02	0.39%
151.70	0.17	2.76%
153.10	0.06	1.08%
Average	0.08	1.4%

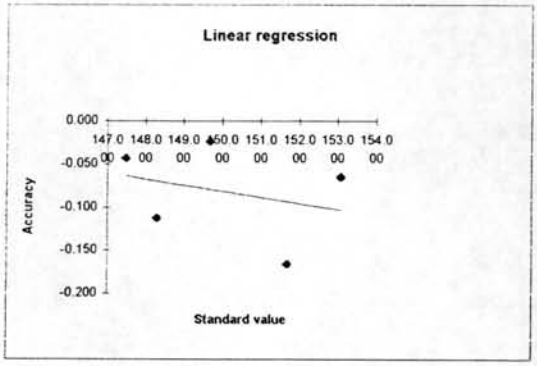
Linear regression	
<Meas. output>	<Accuracy>
147.564	-0.064
148.369	-0.069
149.779	-0.079
151.793	-0.093
153.203	-0.103

<__> : Predicted value

% Accuracy	1.4%

% Linearity	0.71%





Guidelines for acceptable of gage accuracy and gage linearity

< 5% , gage system OK.

5% to 10% , may be acceptable based upon important of application, cost of gage , cost of repairs , etc.

> 10% ,Gage system needs improvement. Make every effort to identify the problems and have them corrected.

Disposition

%Accuracy or % Linearity.		Mark #
< 5%	Accept.	#
5% to 10%	Conditional acceptance	
> 10%	Reject	

Name : Jakrapong K

Date : 01-May

Note ; _____

Revised : Mar 8,95

ภาพที่ 5.8 การนำเวิร์คชีตของความถูกต้องและคุณสมบัติเชิงเสนตรงไปประยุกต์ใช้

Gage Correlation Worksheet.

Part Name	AAA	Parameter	X dimension	Date	01-Jun
Tester Name	Profile & Smart scope	Specification	147 - 153	Engineer	Jakrapong K
Tester No.	#3 & #9	Measured Unit	mil	Location	XXX

Comparison		A	Profile projector #3				B	Smart scope #9			
NO.	Std. Value	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Average	Delta	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Average	Delta
1	148.48	148.45	148.84	147.85	148.38	0.10	148.47	148.35	148.57	148.46	0.01
2	150.63	150.36	150.71	150.65	150.58	0.06	150.48	150.89	150.69	150.68	-0.05
3	148.78	148.53	148.86	148.88	148.76	0.03	148.88	148.95	148.85	148.89	-0.11
4	147.28	147.21	147.52	146.82	147.18	0.10	147.36	147.24	147.30	147.30	-0.02
5	150.28	150.14	150.41	150.39	150.31	-0.03	150.12	150.24	150.27	150.21	0.07
6	149.25	149.54	149.34	149.20	149.36	-0.11	149.48	149.06	149.40	149.31	-0.06
7	151.97	152.21	152.16	152.17	152.18	-0.21	151.97	151.94	151.94	151.95	0.02
8	149.20	149.59	149.36	149.48	149.47	-0.28	149.18	149.26	149.14	149.19	0.00
9	149.96	150.13	150.64	149.91	150.23	-0.26	150.09	149.91	150.07	150.02	-0.06
10	149.48	149.44	149.17	149.31	149.30	0.17	149.43	149.40	149.55	149.46	0.02
11	150.89	150.84	150.68	151.01	150.84	0.05	150.91	150.91	150.89	150.90	-0.01
12	148.26	148.33	148.44	148.23	148.34	-0.08	148.35	148.44	148.27	148.35	-0.09
13	150.33	150.51	150.07	150.64	150.41	-0.08	150.18	150.49	150.20	150.29	0.04
14	149.83	149.90	149.80	149.95	149.88	-0.05	149.72	149.91	149.86	149.83	0.00
15	150.24	150.42	150.01	150.47	150.30	-0.06	150.07	150.35	150.14	150.19	0.05
16	149.24	149.49	149.28	149.42	149.40	-0.16	149.18	149.28	149.38	149.28	-0.04
17	149.40	149.34	149.43	149.30	149.36	0.05	149.60	149.44	149.52	149.52	-0.12
18	149.30	149.69	148.83	149.03	149.18	0.11	149.18	149.34	149.29	149.27	0.03
19	149.67	149.40	150.18	149.51	149.70	-0.02	149.81	149.67	149.83	149.77	-0.09
20	150.50	150.40	150.39	150.47	150.42	0.08	150.64	150.53	150.74	150.64	-0.14
21	148.77	148.74	149.28	148.77	148.93	-0.17	148.76	148.84	148.74	148.78	-0.01
22	149.62	149.57	149.74	149.75	149.68	-0.07	149.63	149.45	149.74	149.61	0.01
23	148.45	148.68	148.35	148.62	148.55	-0.10	148.40	148.59	148.28	148.42	0.03
24	151.26	150.95	151.25	150.77	150.99	0.28	151.32	151.38	151.32	151.34	-0.08
25	149.34	150.24	149.38	149.49	149.70	-0.36	149.33	149.41	149.24	149.33	0.01

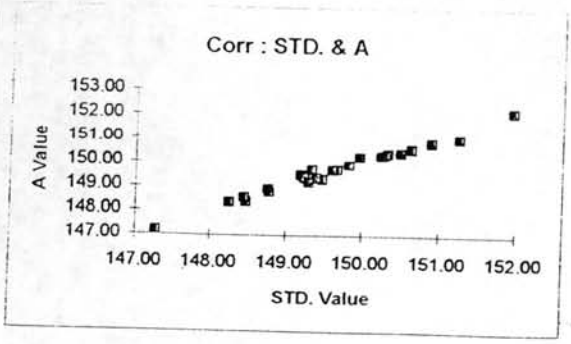
Corr : STD & A

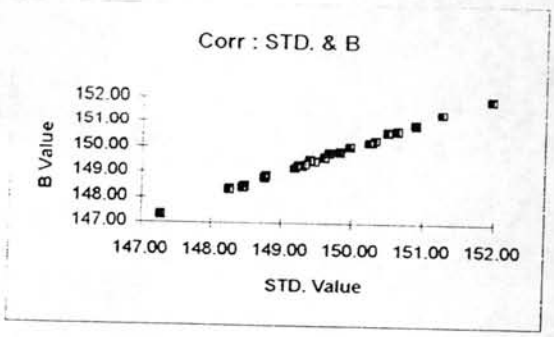
R-squared	0.97914
Slope	0.99375
Y-intercept	0.97594

Corr : STD & B

R-squared	0.99682
Slope	0.99707
Y-intercept	0.46223

Delta AVG.	-0.041	-0.023
Delta SD.	0.149	0.058





Acceptability :

If R-squared : >= 90%, then no justification needed

< 90%, then justification required

Disposition

R-squared		Mark #
>= 90%	Accept	#
<90%	Reject	

Name : Jakrapong K

Date : Jun-01

ภาพที่ 5.9 การนำเวิร์คชีตของการศึกษาสหสัมพันธ์ไปประยุกต์ใช้

5.4 การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลอง เป็นเครื่องมือทางคุณภาพที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น มีผลิตภัณฑ์บกพร่องลดน้อยลง การออกแบบการทดลองเป็นการวางแผนอย่างมีระบบในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ในกระบวนการผลิต กับ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากกระบวนการผลิตว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร การออกแบบการทดลองสามารถจะนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น การปรับปรุงคุณภาพ การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต การลดเวลาวัฏจักรการผลิต ผู้วิจัยได้ทำการนำเอาเทคนิคของการออกแบบการทดลองไปประยุกต์ใช้ที่กระบวนการผลิตการเชื่อมสายไฟ เพื่อที่จะเพิ่มความแข็งแรงของจุดเชื่อมสายไฟ เนื่องจากโรงงานตัวอย่างได้รับข้อมูลป้อนกลับจากลูกค้าว่า ความแข็งแรงของจุดเชื่อมสายไฟไม่ได้ตามมาตรฐานซึ่งโดยปกติแล้วลูกค้าจะต้องการค่า Cpk ที่มากกว่า 1.33 บุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตได้ทำการประชุมกันเพื่อหาวิธีการที่จะปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้น ซึ่งประกอบด้วย หัวหน้างานฝ่ายผลิต หัวหน้างานฝ่ายคุณภาพ วิศวกรกระบวนการผลิต วิศวกรคุณภาพ วิศวกรซ่อมบำรุง เจ้าหน้าที่ฝ่ายวางแผนการผลิต วิธีการจะเริ่มจากการกำหนดปัญหาที่จะต้องแก้ไขปรับปรุง มีการทำความเข้าใจปัญหาอย่างถ่องแท้ และ กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดลองอย่างชัดเจน วัตถุประสงค์นี้ต้องสามารถวัดได้ ในลักษณะของ ระดับคุณภาพ ประสิทธิภาพ และ ต้องมีการพิจารณาว่าวัตถุประสงค์นั้นมีความเป็นไปได้แค่ไหน สิ่งสำคัญที่ต้องมีการพิจารณาคือ วิธีการวัด เพื่อที่จะสามารถประเมินผลการปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง การวิเคราะห์ระบบการวัดจึงมีความจำเป็นมาก ต้องมีความมั่นใจว่าระบบการวัดนั้นมีประสิทธิภาพพอที่จะใช้วัดทั้ง พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตและพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ ถ้าระบบการวัดไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จะต้องถูกทำการปรับปรุงแก้ไข ขั้นตอนต่อไปคือ การกำหนดพารามิเตอร์ที่มีผลต่อผลตอบสนองทางด้านคุณภาพที่ต้องการจะประเมิน ทีมจะต้องมีการระดมสมอง ระดมความคิด เพื่อบ่งชี้ถึงพารามิเตอร์เหล่านี้ทั้งหมดที่เป็นไปได้ พารามิเตอร์จะถูกแยกออกเป็น 2 ประเภทคือ พารามิเตอร์ที่จะต้องถูกกำหนดค่าที่แน่นอนและพารามิเตอร์ที่สามารถควบคุมค่าได้ สามารถปรับเปลี่ยนค่าได้ จากนั้นจะทำการกำหนดระดับของพารามิเตอร์ที่จะทำการปรับเปลี่ยนและจำนวนระดับของพารามิเตอร์ การกำหนดระดับของพารามิเตอร์นี้จะขึ้นอยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางเทคนิคและความปลอดภัย ขั้นตอนต่อไปคือการเลือกรูปแบบการทดลองที่เหมาะสมและจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสม หัวใจสำคัญของการเลือกรูปแบบของการทดลองคือ รูปแบบนั้นต้องสามารถศึกษาถึงรูปแบบต่างๆของพารามิเตอร์ที่เราต้องการได้ จากนั้นจะเป็นการทดลองตามรูปแบบที่ถูกกำหนดไว้ การทำตารางเก็บข้อมูลที่เหมาะสมจะเป็นแนวทางที่ดีที่สามารถจะป้องกันปัญหาการเก็บข้อมูลที่ผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้

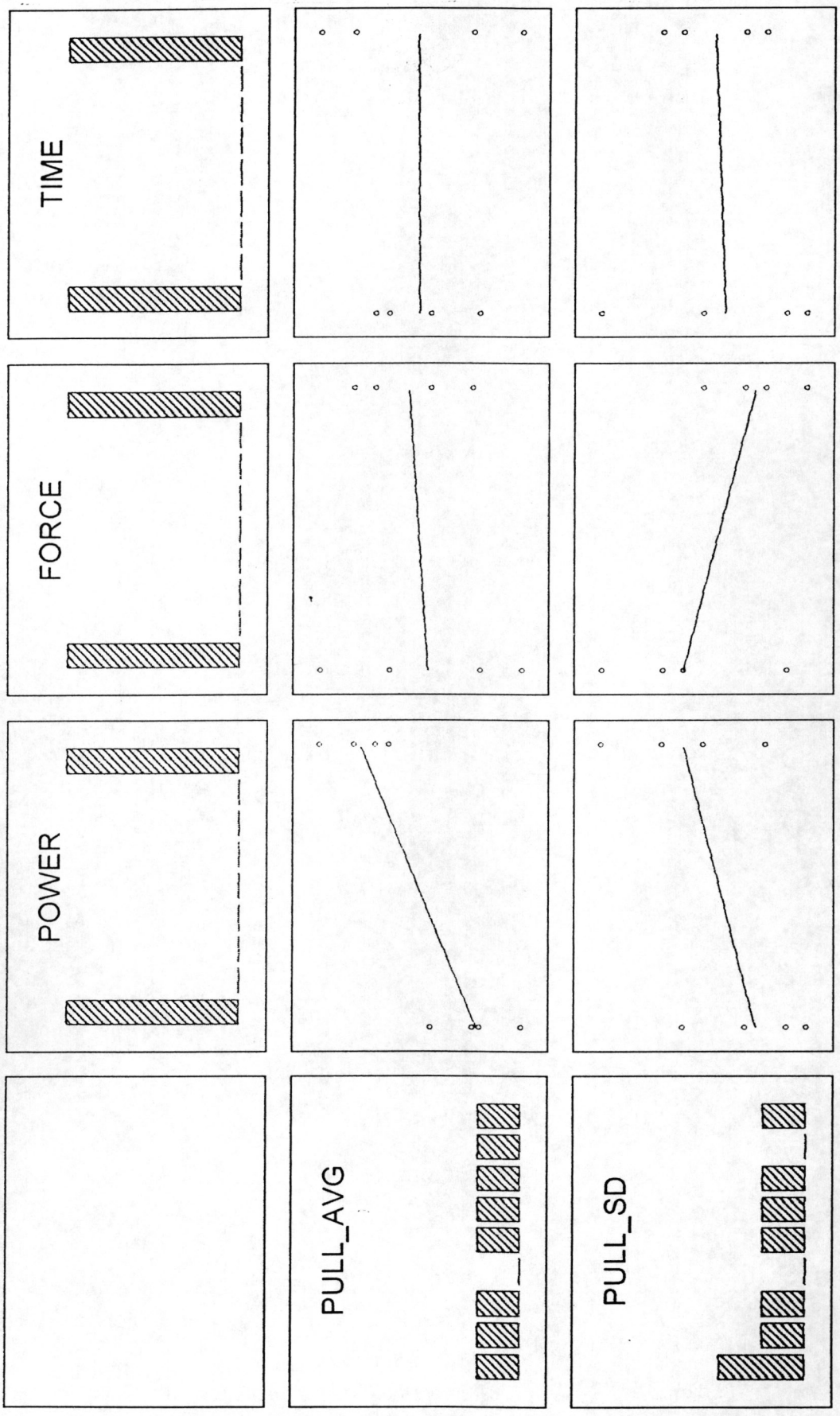
ในระหว่างการทดลองและป้องกันปัญหาเกี่ยวกับการกำหนดระดับของพารามิเตอร์ที่ผิดพลาด ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจะทำให้เราได้ผลสรุปที่ไม่ถูกต้อง หลังจากที่ทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้ว จะเป็นขั้นตอนของการนำข้อมูลไปวิเคราะห์และสรุปผล ข้อมูลจากการวิเคราะห์ว่าพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตใดมีผลต่อผลตอบสนองทางคุณภาพต่างๆอย่างไรบ้าง จากข้อมูลที่ได้สามารถทำให้ทราบว่าการปรับพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตแต่ละชนิดอยู่ในระดับใด เพื่อที่จะได้ผลตอบสนอง สำหรับพารามิเตอร์ที่มีผลจะถูกปรับไว้ในระดับที่ดีที่สุด และ พารามิเตอร์ที่ไม่มีผลต่อผลตอบสนองที่ศึกษาจะถูกปรับไปที่จุดที่ประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด จากนั้นจะเป็นการทดลองซ้ำเพื่อยืนยันว่าผลการทดลองสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้จริง จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองนำเทคนิคการออกแบบการทดลองไปประยุกต์ใช้ที่กระบวนการผลิต การเชื่อมสายไฟ โดยที่มีจุดประสงค์ของการทดลองคือ ต้องการที่จะเพิ่มความแข็งแรงของจุดเชื่อมให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้และต้องการกระจายที่เกิดขึ้นของความแข็งแรงของจุดเชื่อมน้อยที่สุด จากผลการระดมความคิดกับผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตพบว่า พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตที่จะต้องทำการศึกษาคือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมสายไฟ (Power) , แรงที่ใช้ในการเชื่อมสายไฟ (Force) และ เวลาที่ใช้ในการเชื่อมสายไฟ (Time) ระดับของแต่ละพารามิเตอร์ที่จะปรับในการทดลองคือ กำลังไฟฟ้า 10 และ 15 มิลลิวัตต์ แรงที่ใช้ในการเชื่อมสายไฟ 20 และ 25 กรัม และ เวลาที่ใช้ในการเชื่อมสายไฟ 12 และ 10 มิลลิวินาที จากพารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตและระดับที่จะต้องถูกปรับ เมื่อนำมาออกแบบการทดลองจะได้จำนวนการทดลองทั้งหมด 8 รูปแบบ จากนั้นได้ทำการปรับพารามิเตอร์ตามการทดลองที่ออกแบบไว้ แล้วเก็บข้อมูลจากการทดลองละ 10 ข้อมูล นำไปหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละการทดลอง ก็จะได้ผลการทดลองตามตาราง หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่า พารามิเตอร์ที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของค่าความแข็งแรงของจุดเชื่อมมากที่สุดคือ กำลังไฟฟ้า รองลงมาคือ แรงและเวลาในการเชื่อมสายไฟ ตามลำดับ และพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการกระจายของค่าความแข็งแรงของจุดเชื่อมคือ กำลังไฟฟ้าและแรงที่ใช้ในการเชื่อมสายไฟ ส่วนเวลาที่มีผลต่อค่าการกระจายของความแข็งแรงของจุดเชื่อมน้อยมาก จากการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะนี้สามารถทำให้สรุปได้ว่าในกระบวนการผลิตควรจะปรับพารามิเตอร์ลักษณะใด ด้วยระดับเท่าใดจึงจะทำให้ได้ผลลัพท์ที่ต้องการที่ดีที่สุด การศึกษาปฏิกริยาร่วมของพารามิเตอร์ (Interaction) ทำให้เข้าใจเกี่ยวกับการที่พารามิเตอร์ทำงานร่วมกันแล้วมีผลกระทบต่อผลตอบสนองทางคุณภาพ ทำให้สามารถปรับระดับของพารามิเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อที่จะลดความอ่อนไหว (Sensitivity) ของผลตอบสนองทางคุณภาพ

	1 POWER	2 FORCE	3 TIME	4 PULL_AVG	5 PULL_SD	6 BLOCK
1	10.000	20.000	12.000	19.000	3.600	1.000
2	15.000	20.000	12.000	32.000	4.500	1.000
3	10.000	25.000	12.000	26.000	3.500	1.000
4	15.000	25.000	12.000	34.000	4.000	1.000
5	10.000	20.000	16.000	13.000	4.100	1.000
6	15.000	20.000	16.000	42.000	4.200	1.000
7	10.000	25.000	16.000	20.000	3.800	1.000
8	15.000	25.000	16.000	37.000	3.700	1.000

STAT. EXPERIM. DESIGN	ANOVA for main effects and two-way interactions (doe-wb.sta) 2**(3-0) design of resolution R = FULL PULL_AVG; Mean = 27.8750 Sigma = 10.02051				
Effect	SS	df	MS	F	p
1:POWER	561.1250	1	561.1250	91.61224	.066272
2:FORCE	15.1250	1	15.1250	2.46939	.360791
3:TIME	.1250	1	.1250	.02041	.909666
12	36.1250	1	36.1250	5.89796	.248668
13	78.1250	1	78.1250	12.75510	.173803
23	6.1250	1	6.1250	1.00000	.500000
Residual	6.1250	1	6.1250		

STAT. EXPERIM. DESIGN	ANOVA for main effects and two-way interactions (doe-wb.sta) 2**(3-0) design of resolution R = FULL PULL_SD; Mean = 3.92500 Sigma = .3370036				
Effect	SS	df	MS	F	p
1:POWER	.245000	1	.245000	49.00000	.090334
2:FORCE	.245000	1	.245000	49.00000	.090334
3:TIME	.005000	1	.005000	1.00000	.500000
12	.045000	1	.045000	9.00000	.204833
13	.245000	1	.245000	49.00000	.090334
23	.005000	1	.005000	1.00000	.500000
Residual	.005000	1	.005000		

ภาพที่ 5.10 ข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลของการออกแบบการทดลอง



ภาพที่ 5.11 การศึกษาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ด้วยกราฟ

Wire Bond Parameters Set Up		
Parameter	Specification	Propose
Power	10 +- 5	15 +- 1
Force	20 +- 5	25 +- 1
Time	15 +- 3	12

ภาพที่ 5.12 การปรับพารามิเตอร์ก่อนและหลังการทดลอง

Wire bond parameters set up									
Power	10+-5	mW.							
Force	20+-5	Gram							
Time	15+-3	mSec							
Data									
33.1	24.7	17.1	22.2	20.2	28.5	22.1	23.7	34.0	18.9
22.8	20.6	33.7	25.4	13.4	23.4	20.2	16.3	23.7	20.4
18.4	23.5	21.0	19.6	23.3	34.0	27.1	18.1	28.6	29.4
27.7	22.5	36.8	20.7	24.8	17.8	20.9	23.8	33.0	23.7
27.2	24.7	31.5	22.2	30.0	35.9	22.1	35.0	17.6	25.2
24.6	35.6	28.5	21.2	28.1	16.5	12.2	30.1	11.7	21.4
18.5	27.3	30.1	33.9	25.4	45.6	34.9	25.8	17.7	25.5
27.8	27.4	20.0	22.2	26.9	21.8	17.8	29.3	23.9	27.4
23.1	22.2	28.5	21.1	19.4	29.4	30.9	22.1	19.8	36.5
29.7	30.8	16.7	26.6	27.1	18.0	31.1	27.1	26.8	22.5
18.4	18.9	25.0	19.1	27.9	24.4	19.8	16.1	26.6	19.8
13.5	23.1	24.6	23.0	23.2	28.8	30.2	35.8	19.0	17.1
34.9	22.0	32.0	21.5	18.8	27.6	31.5	24.1	23.8	25.9
26.5	20.8	21.1	31.0	28.9	30.1	20.8	22.9	30.3	25.6
38.2	21.0	28.1	19.1	15.3	20.1	28.4	34.5	29.1	31.8
Average	**24.92**								
SD	**5.89**								
Spec	**MIn 10**								
Cpu	**N/A**								
Cpl	**0.84**								
Cpk	**0.84**								

ภาพที่ 5.13 ข้อมูลและดรรชนีสมรรถภาพกระบวนการผลิตก่อนการออกแบบการทดลอง

Wire bond parameters set up									
Power	15+-1	mW.							
Force	25+-1	Gram							
Time	12	mSec							
Data									
31.6	29.5	30.2	28.8	31.7	25.4	29.5	25.6	25.1	24.2
26.4	19.5	34.3	21.7	28.6	20.5	30.8	35.0	28.4	26.8
34.0	32.2	30.3	32.5	24.5	31.8	31.0	27.9	33.9	30.3
31.1	36.9	25.2	25.4	23.0	19.9	21.4	33.2	28.2	27.7
27.0	33.3	27.9	31.0	23.5	32.1	36.1	31.7	38.1	24.4
35.7	29.9	21.9	27.4	25.6	25.4	34.2	34.3	29.4	31.0
37.1	27.1	27.0	28.2	35.2	29.1	23.6	34.6	30.1	34.3
32.8	32.2	31.4	32.7	27.7	27.8	37.0	30.6	33.6	35.3
30.1	30.7	24.3	28.7	35.6	28.6	37.0	31.2	31.5	26.9
31.8	37.3	30.9	41.2	25.5	31.1	32.3	28.2	27.3	20.1
31.3	32.6	34.5	25.0	30.2	21.6	30.8	27.5	30.4	29.1
31.6	28.4	21.4	32.6	31.7	31.6	38.2	37.2	36.7	36.2
29.3	15.9	32.2	29.7	27.6	25.0	28.7	32.1	34.5	32.4
31.2	26.6	20.2	26.8	27.7	24.9	25.7	29.6	23.1	35.8
26.7	35.0	22.8	34.3	28.1	29.0	33.3	29.1	37.0	29.1
Average	**29.69**								
SD	**4.56**								
Spec	**Min 10**								
Cpu	**N/A**								
Cpl	**1.44**								
Cpk	**1.44**								

ภาพที่ 5.14 ข้อมูลและดรรชนีสมรรถภาพกระบวนการผลิตหลังการออกแบบการทดลอง

5.5 ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาคุณภาพ

การแก้ไขปัญหาทางด้านคุณภาพอย่างมีระบบและขั้นตอนที่ดีจะทำให้ปัญหาต่างๆ ถูกแก้ไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ทำการเสนอแนะแนวทางในการแก้ปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็น 5 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนการวางแผน (Planning) เริ่มจากการบ่งชี้ถึงปัญหาที่จะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข ข้อมูลเหล่านี้จะได้มาจากข้อมูลที่เก็บจากกระบวนการตรวจสอบในกระบวนการผลิต ซึ่งข้อมูลสามารถแสดงผลออกมาในรูปของพาเรโต ปัญหาสามารถจะเกิดขึ้นได้อย่างหลากหลายรูปแบบ เมื่อนำปัญหามาจัดเรียงในรูปแบบของพาเรโตแล้ว สามารถที่จะพิจารณาได้ว่าปัญหาใดควรจะได้รับการแก้ไขก่อน จากนั้นจะเป็นการพิจารณาว่าปัญหาที่เลือกที่จะแก้ไขนั้นมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นที่กระบวนการผลิตใดบ้าง จากข้อมูลการตรวจสอบ จะสามารถสรุปได้ว่ากระบวนการผลิตใดสามารถที่จะเกิดปัญหาได้มากที่สุด เมื่อได้ว่ากระบวนการใดสามารถที่จะมีศักยภาพในการก่อให้เกิดปัญหามากที่สุดแล้ว จากนั้นจะเป็นการพิจารณาส่วนประกอบของกระบวนการผลิตในด้านของ คน เครื่องจักร วิธีการ การวัด และ วัสดุ ว่าส่วนประกอบใดมีโอกาสในการที่จะก่อให้เกิดปัญหาได้มากที่สุด ซึ่งสามารถที่จะพิจารณาได้จากการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหมาะสม ในขั้นตอนนี้สามารถนำเทคนิคต่างๆมาประยุกต์ใช้ได้เช่น การวิเคราะห์ระบบการวัด การศึกษาการแยกส่วนการกระจาย การพิจารณาการไหลของกระบวนการผลิต การศึกษา สหสัมพันธ์ของเครื่องมือวัด หลังจากได้ข้อมูลที่ชัดเจนและทำการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเหมาะสมแล้วจะทำให้ทราบว่า ส่วนประกอบใดของกระบวนการผลิตที่มีโอกาสที่จะทำให้เกิดปัญหาทางด้านคุณภาพมากที่สุด โดยการใช้เทคนิค พาเรโต

2. ขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้ในการแก้ไขปัญหา (Feasibility) เมื่อทราบถึงสาเหตุของปัญหาแล้ว แนวความคิดในการแก้ไขปัญหาสามารถเกิดขึ้นได้อย่างหลากหลาย สิ่งที่จะต้องทำการพิจารณาคือ การกำหนดลำดับก่อนของกิจกรรมในการแก้ไขปัญหา แนวทางในการพิจารณาจะใช้หลักว่า กิจกรรมใดที่ทำได้ง่ายแต่มีผลในการแก้ไขปัญหามากจะถูกกระทำก่อน กิจกรรมใดที่ทำได้ยากแต่มีผลในการแก้ไขปัญหาน้อยจะถูกกระทำทีหลัง กิจกรรมในการปรับปรุงแก้ไขจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ กิจกรรมที่ทำได้ทันที ผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตมีความเข้าใจและสามารถปฏิบัติได้ทันที เช่นการกระทำตามเอกสารปฏิบัติการ การเคลื่อนย้ายวัสดุที่เหมาะสม การปรับเทียบเครื่องมือวัด การปฏิบัติงานตามความสามารถของพนักงาน การป้อนกลับข้อมูลทางด้านปัญหาคุณภาพ กิจกรรมอีกอย่างหนึ่งคือ กิจกรรมที่ไม่สามารถทำได้ทันที เพราะผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตยังไม่เข้าใจปัญหาจากกระบวนการผลิตอย่างถ่องแท้ ในกรณีนี้ต้องอาศัยเทคนิคของการออกแบบการทดลองเข้ามาช่วย ในการศึกษาผลกระทบต่างๆของพารามิเตอร์ของ

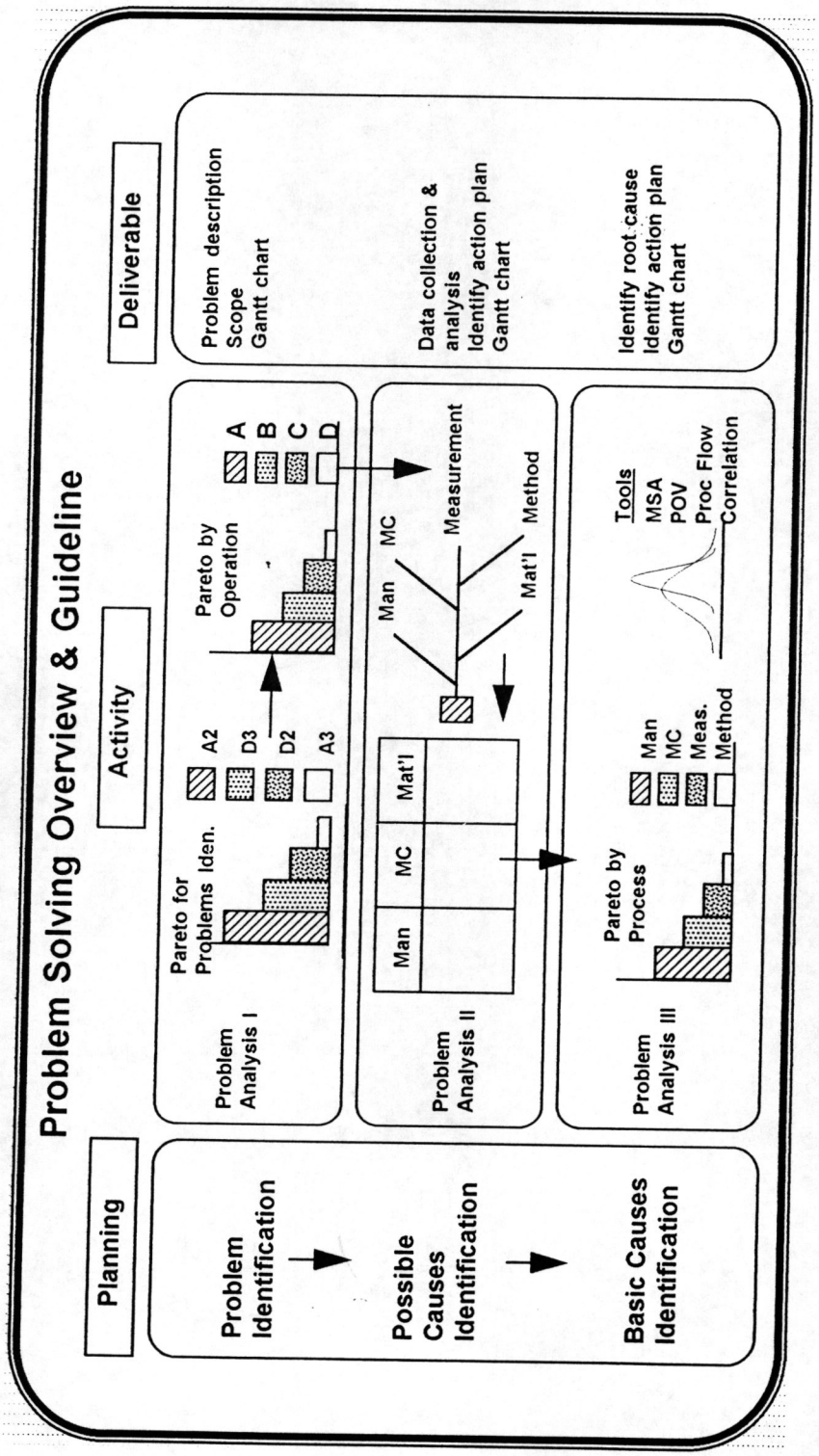
กระบวนการผลิตต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หลังจากทำการศึกษาแล้วจะทำให้ทราบว่า พารามิเตอร์ของกระบวนการผลิตควรจะถูกปรับอย่างไรจึงจะทำให้มีปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

3. ขั้นตอนการศึกษาเพื่อความมั่นใจ (Confirmation) เป็นการศึกษาว่า กิจกรรมที่ถูกกระทำไปแล้วนั้นมีผลลัพธ์เป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ ปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลงหรือไม่ ในขั้นตอนนี้จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลมากพอสมควร เพื่อที่จะได้ข้อมูลมากพอในการที่จะสรุปว่ากระบวนการผลิตมีการปรับปรุงให้ดีขึ้นจริงหรือไม่ และ กระบวนการผลิตสามารถปรับเปลี่ยนไปใช้วิธีการใหม่ๆที่ถูกนำเสนอไปได้หรือไม่

4. ขั้นตอนการนำไปใช้ (Implementation) หลังจากที่ทำการศึกษาและมีความมั่นใจแล้วว่าวิธีการใหม่ที่ สามารถจะลดปัญหาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้และสามารถจะนำไปใช้ได้จริงในกระบวนการผลิตขั้นตอนต่อไปคือ การนำเอาวิธีการใหม่ไปใช้จริงในกระบวนการผลิต ในขั้นตอนนี้จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงเอกสารการปฏิบัติการเพื่อให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น จากนั้นต้องมีการฝึกอบรมใหม่ให้กับพนักงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้พนักงานสามารถจะปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง

5. ขั้นตอนในการตรวจสอบผล (Monitor Result) การตรวจสอบผลจะรวมถึง การสำรวจคุณภาพในกระบวนการผลิต การตรวจวัดผลิตภัณฑ์บกพร่อง การควบคุมผลิตภัณฑ์บกพร่อง การควบคุมเครื่องมือวัด การควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆทั้งพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์และพารามิเตอร์กระบวนการผลิต

การวางขั้นตอนการแก้ไขปัญหาทางคุณภาพอย่างมีระบบ จะทำให้กระบวนการผลิตมีการปรับปรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 5.15.1 ขั้นตอนการแก้ไขปัญหาคุณภาพ

Problem Solving Overview & Guideline

Feasibility

Priority Identification

↓

Immediately fix & Experiment

Activity

Effort & Impact Analysis

Gantt Chart

Act	Own	S	F	WW
POV				
DOE				
MSA				

Immediately fix

- Compliance Issues
  - Procedure
  - Handling
  - Calibration
  - Capability
- Defect feed back to Operator.

Proceed on Experiment

↓

1. Identify factor and response
2. Interrelationship study
3. Screening experiment
4. Optimization ; CCD , RSM

Deliverable

Action plan
Priority list
Fix-now list
Experiment list
Gantt chart

Factor & Response Interrelationship
Screening model
Optimization model
Conclusion
Recommendation
Action plan
Gantt chart

Problem Solving Overview & Guideline

Confirmation	Activity		Deliverable
Effectiveness &Verification	Immediately fix Trade off study for the fix effectiveness study	Verification of Experiment results 1. Large sample size 2. Production feasibility	Verification results Recommendation Implementation plan Trade off , Gantt chart
Implementation			
Implementation	Corrective action implem. Implement the fix and evaluate results.	Corrective action implem. Evaluate effect on trade off	Completion on schedule Improve yield.
Monitor result			
Monitoring & Control	Compliance audit Visual defects tracking&control Inspection capability& control	Statistical process control Process control Gage control	Process review report Standardize & stable process

5.6 แผนการควบคุมเชิงบวก

การควบคุมคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความมั่นใจของลูกค้าที่จะมีความเชื่อว่า ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพเหมาะสมตามที่ลูกค้าต้องการ การควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิต จะรวมถึงการควบคุมองค์ประกอบต่างๆในกระบวนการผลิตให้ประกอบกิจกรรมต่างๆตามที่ได้ถูกกำหนดไว้เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี การควบคุมจะรวมถึง การควบคุมคุณภาพของวัสดุ เครื่องจักร บุคคลากร วิธีการ และ เครื่องมือวัด ขั้นตอนของการควบคุมคุณภาพจะเริ่มจากการพัฒนาแผนการควบคุมเชิงบวก ซึ่งเป็นการรวบรวมเอาพารามิเตอร์ที่สำคัญของแต่ละกระบวนการผลิตเอาไว้ พร้อมทั้งเงื่อนไขที่สำคัญของกระบวนการผลิต มีการบ่งชี้ว่าแต่ละพารามิเตอร์และแต่ละเงื่อนไขของกระบวนการผลิตสามารถจะตรวจวัดได้อย่างไร ต้องทำการตรวจวัดเมื่อไหร่ และ ใครคือผู้ที่รับผิดชอบในการวัด ในแผนการนี้อาจจะมีการกล่าวถึงการใช้แผนภูมิควบคุมว่ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้ที่จุดใดบ้างของกระบวนการผลิตและแผนภูมินั้นควรมีลักษณะเช่นไร ข้อมูลของพารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับแต่ละกระบวนการผลิตนั้นสามารถที่จะนำมาจาก การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ในบางกรณี แผนภูมิการควบคุมไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ในกรณีของการเก็บข้อคุณภาพของผลิตภัณฑ์โดยใช้แผนภูมิควบคุมสัดส่วนบกพร่อง (P Chart) โดยทั่วไปแล้วแผนภูมิควบคุมสัดส่วนบกพร่องต้องการจำนวนของการสุ่มตัวอย่างค่อนข้างมากจึงไม่มีความรวดเร็วในการทำกิจกรรม ในการปรับปรุงแก้ไข วิธีการที่ใช้ได้ดีในการที่จะบันทึกข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์และ สามารถที่จะทำกิจกรรมในการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างรวดเร็วกว่าคือ การพัฒนาใช้แผ่นบันทึกเชิงบวก แผ่นบันทึกเชิงบวกจะใช้ในการบันทึกค่าของพารามิเตอร์ที่สำคัญ เงื่อนไขที่สำคัญของกระบวนการผลิต ข้อมูลคุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามที่กำหนดอยู่ในแผนการควบคุมเชิงบวกแผ่นบันทึกเชิงบวกจะเป็นเอกสารที่ต้องเก็บรักษาไว้ใกล้กับเครื่องจักร พร้อมทั้งแผนภูมิควบคุมที่จำเป็นด้วย เพื่อเป็นการสะดวกในการที่จะค้นหาข้อมูลต่างๆของเครื่องจักรนั้น เพื่อให้การควบคุมมีความสมบูรณ์และเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งที่จำเป็นอีกอย่างที่ต้องมีการพิจารณาพัฒนาขึ้นคือ แผนการปฏิบัติเมื่อพบเงื่อนไขออกนอกการควบคุม (Out of Control Action Plans : OCAPs) แนวทางการปฏิบัติเมื่อพบเงื่อนไขออกนอกการควบคุมจะมีลักษณะเป็นแผนการไหลของการตัดสินใจในการปรับปรุงแก้ไข ซึ่งจะมีการบ่งชี้ถึงเงื่อนไขต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้นได้และแนวทางในการตัดสินใจที่ถูกต้อง สิ่งเหล่านี้จะถูกรวบรวมจากข้อมูลทางเทคนิคและประสบการณ์ของวิศวกร ซึ่งจะทำให้ผู้ที่อยู่ในกระบวนการผลิตมีความสะดวกในการปฏิบัติการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ สามารถทำได้ทันทีถ้ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทำให้การปฏิบัติการมีมาตรฐาน บุคคลที่เกี่ยวข้องไม่ทำตามประสบการณ์ของตนเองซึ่งมีอย่างหลากหลาย และ จะเป็นสาเหตุที่ทำให้การกระจายของกระบวน

การผลิตมีค่าสูงขึ้น เมื่อกระบวนการผลิตได้ถูกปรับพารามิเตอร์ให้อยู่ณ.จุดที่ดีที่สุดแล้ว การควบคุมกระบวนการผลิตให้มีสภาพเช่นนี้ตลอดไปมีความสำคัญมาก การใช้วิธีการควบคุมทางสถิติการพัฒนาแผนการควบคุมเชิงบวกขึ้นมาจะทำให้การควบคุมเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ แผนการควบคุมเชิงบวกจะกำหนดว่า พารามิเตอร์ใดบ้างในกระบวนการผลิตที่จะต้องถูกควบคุมและตรวจวัด พารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกตรวจวัดได้อย่างไร ใช้วิธีการใด ใครเป็นผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจวัด การตรวจวัดจะต้องถูกกระทำเมื่อใด แผนการควบคุมเชิงบวกจะต้องถูกเก็บไว้ข้างๆเครื่องจักรที่ถูกควบคุม เมื่อมีการปฏิบัติตามแผนแล้วข้อมูลต่างๆจะถูกบันทึกไว้ในแผ่นบันทึกเชิงบวกและแผนการควบคุมเชิงบวก จะต้องมีการกำหนดวิธีการในการใช้ควบคุมกระบวนการผลิตด้วย

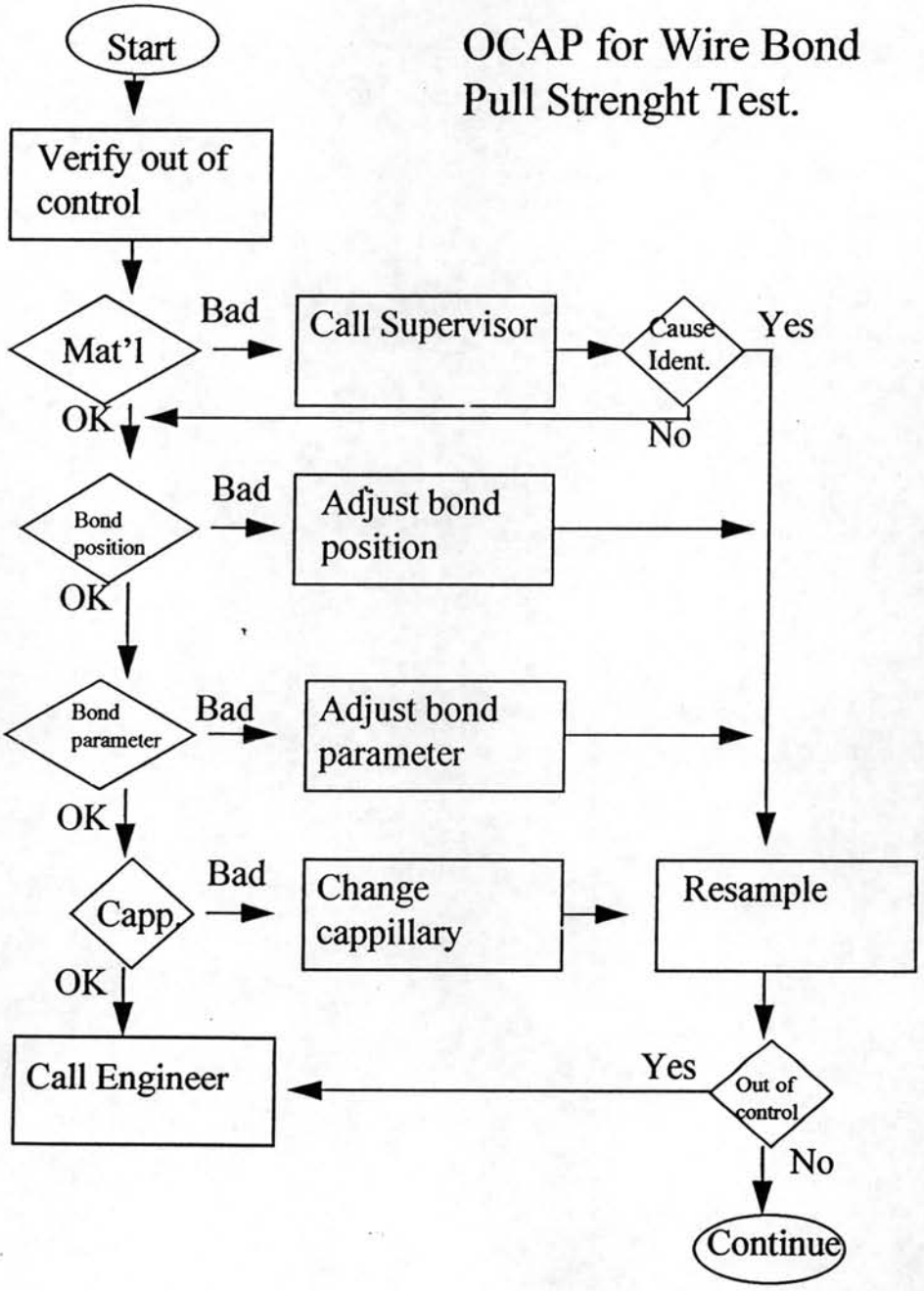
ตารางที่ 5.16 แสดงการควบคุมกระบวนการ

Alpha 1482 Positrol Plan

Process : Wire bond		**Equipment : Alpha 1482**					**FMEA : Yes**	
Prepared by :		**Approved by :**					**Date :**	
	Set Up	Process parameters					Output Attr.	PM
What	Set up Checklist	Bond force	Bond power	Bond time	Cappillary lifetime		Visual Inspection	PM
How	Refer to Set up Checklist	Gram gage	Check Control panel	Check Control panel	Check Counter		Microscope 10X	PM Procedure
Who	Technician Engineer	Technician	Operator	Operator	Operator		OPerator	PM Technician
When	Per setup Checklist	Start of Shift	Start of Shift	Start of Shift	Start of Shift		100%	PM Schedule
Type of Control	Set up Checklist	Positrol log	Positrol log	Positrol log	Positrol log		P Chart	PM Checklist

Alpha 1482 Positrol Log

			Process parameters						
Date	Time		Bond force	Bond power	Bond time	Cappillary		Comment	Operator
	Time	Shift	(25+-1 Gm.)	(15+-1 mW)	(12 mSec.)	lifetime (500K)			

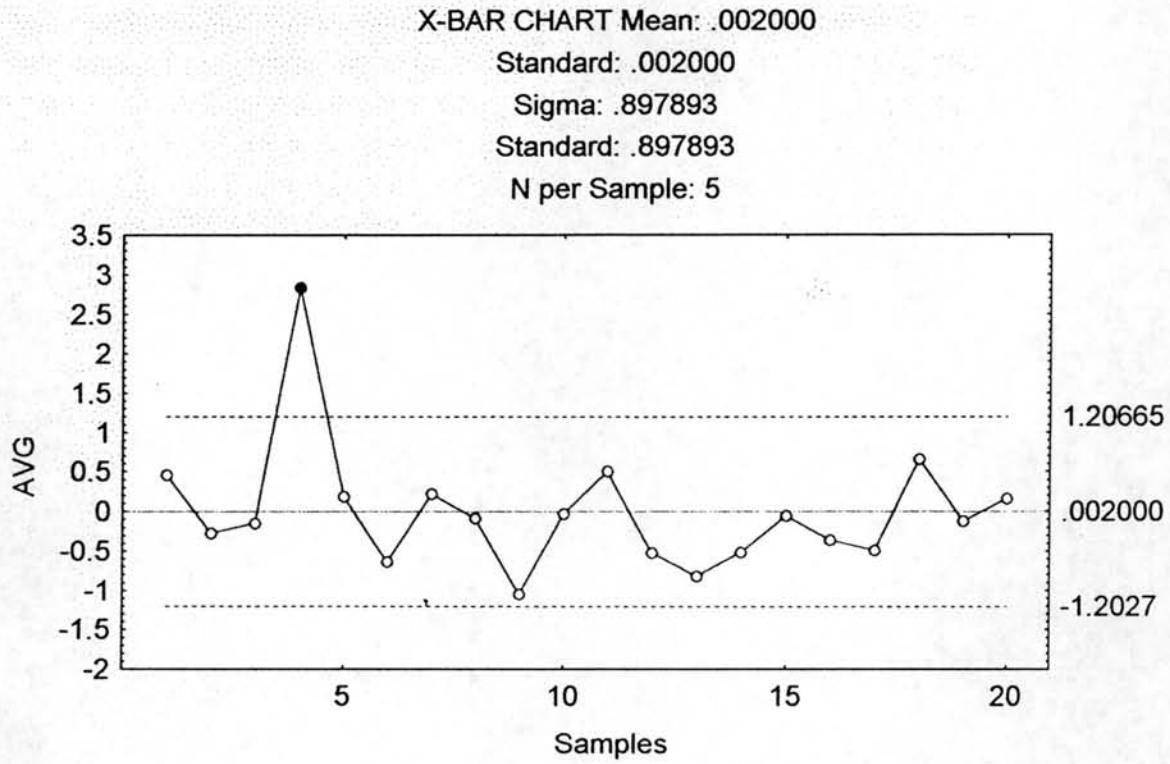


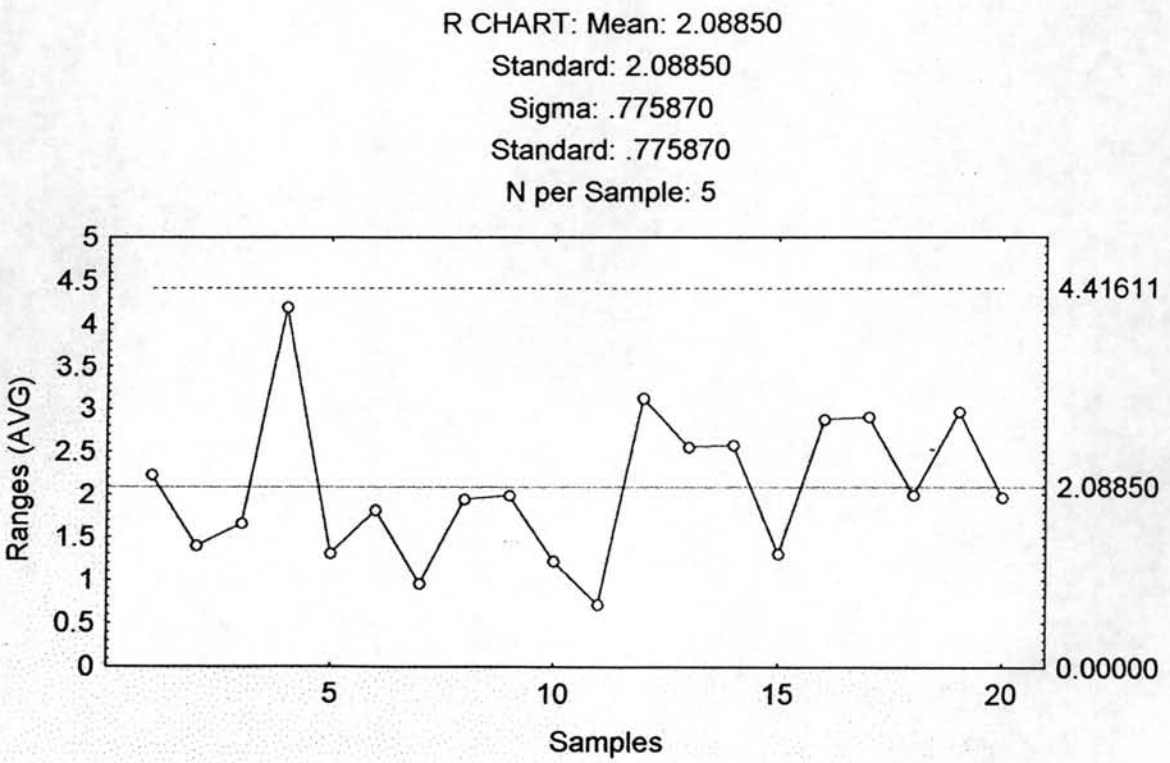
ภาพที่ 5.18 แผนการปรับปรุงแก้ไขเมื่อมีเงื่อนไขออกนอกการควบคุม

5.7 แผนการควบคุม

แผนภูมิการควบคุม เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างยิ่งของระบบควบคุมกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามแผนภูมิการควบคุมจะถูกเลือกสำหรับพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องถูกควบคุม ถ้าไม่มีการกำหนดอย่างถูกต้องแล้ว แผนภูมิควบคุมจะไม่ได้ถูกใช้อย่างมีประสิทธิภาพ การเลือกแผนภูมิการควบคุมอย่างถูกต้องนั้น จะขึ้นอยู่กับความรู้ทางด้านเทคนิคของกระบวนการผลิตและความรู้ทางสถิติในการเลือกชนิดของแผนภูมิควบคุม การเลือกใช้แผนภูมิควบคุมข้อมูลคุณภาพถ้าตัวอย่างงานที่สุ่มมีน้อยเกินไป จะไม่มีประสิทธิภาพสำหรับกระบวนการผลิตที่มีค่าของเปอร์เซนต์ของเสียน้อย การเลือกใช้แผนภูมิควบคุมข้อมูลที่วัดได้เช่นแผนภูมิค่าเฉลี่ยและพิสัยจะไม่มีประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตที่มีสมรรถภาพและมีเสถียรภาพ สิ่งเหล่านี้เป็นเหตุผลที่สำคัญในการพิจารณาในการใช้แผนภูมิควบคุม การเลือกแผนภูมิควบคุมมาใช้ไม่ถูกต้องจะนำไปสู่การตัดสินใจทางวิศวกรรมหรือทางธุรกิจที่ผิดพลาด

การคัดเลือกแผนภูมิควบคุม กลุ่มของข้อมูลที่สุ่มขึ้นมาจะต้องมีการพิจารณาในแง่ของความต้องการ ราคา และ ความเสี่ยงของการยอมรับ ตัวอย่างของการสุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนมาก จะทำให้แผนภูมิควบคุมสามารถตรวจวัดความเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยได้ดี แต่จะทำให้ราคาของการสุ่มตัวอย่างมีค่ามากขึ้น โดยทั่วไปแล้วแผนภูมิค่าเฉลี่ยและพิสัยจะเป็นแผนภูมิที่ใช้กัน โดยทั่วไปและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในบางสถานการณ์การใช้แผนภูมิควบคุมชนิดอื่นอาจจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งกว่า เส้นควบคุมของแผนภูมิควบคุมโดยทั่วไปจะถูกกำหนดที่ +/- 3 sigma (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน) จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยข้อมูลจะถูกคำนวนจากอย่างน้อย 25 กลุ่มข้อมูลโดยสาเหตุของปัญหาพิเศษ (assignable Causes) ถูกกำจัดออกจากกลุ่มข้อมูลแล้ว ในกรณีที่มีเครื่องจักรหลายเครื่อง แผนภูมิการควบคุมจะต้องมีการแยกออกจากกันในแต่ละเครื่องจักร เส้นควบคุมจะต้องถูกคำนวนแยกตามเครื่องจักรเช่นเดียวกัน กฎต่างๆที่ใช้ในการพิจารณาเงื่อนไขการออกนอกการควบคุมจะถูกพิจารณาบนพื้นฐานของความน่าจะเป็น แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีจุดของข้อมูลอยู่นอกเส้นควบคุมแล้วจะถือว่า ข้อมูลนั้นอยู่ในเงื่อนไขที่ออกนอกการควบคุม เงื่อนไขที่ออกนอกการควบคุมที่ถูกพัฒนาขึ้นนอกเหนือจากเส้นควบคุมนั้น สามารถพัฒนาขึ้นมาได้โดยอยู่บนพื้นฐานของความน่าจะเป็น กฎต่างๆเหล่านั้นจะขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตและกฎที่ถูกเลือกขึ้นมาจะต้องถูกทำให้เป็นเอกสารอย่างถูกต้อง





ภาพที่ 5.19 แผนภูมิควบคุม

Guide to attribute control chart selection

Chart type	Purpose	Usage	Subgroup size
Fraction Defective (P)	Monitor the fraction of defect of subgroup (units rejected/ units inspected)	Usually used at inspection points where one or several product characteristics are inspected results in acc/rej decision for the units.	Variable subgroup size Subgroup size must be large enough to have a high prob. that at least one unit is present in the subgroup.
Number of Defective (nP)	Monitor the number of defect in the subgroup	Subgroup size is fixed , eliminating the need of recalculate the control limits for each subgroup.	Subgroup size must be constant.
Number of defect per subgroup (c)	Monitor the number of defect in each subgroup.	Used to monitor the number of defects in a unit	Subgroup size is one unit that could have several defects. Subgroup size must be constant.
Average number of defect per unit. (u)	Monitor the average of number of defects in a unit.	Used to monitor average number of defects in a unit.	Subgroup includes several units and the size may vary.

ตารางที่ 5.1 การคัดเลือกแผนภูมิควบคุม (Attribute Data)

Guide to variable control chart selection

Chart type	Purpose	Usage	Subgroup size
Average (X bar)	Monitor the average of a process or product characteristic across time.	Moderate to high volume continuous production when a sample of more than 3 units can be selected every few hours.	n > 3
Range (R)	Monitor the variability of a process or product characteristic across time.	Used with a Xbar chart when sample size is 10 or smaller .	3< n < 11
Standard Deviation (S)	Monitor the variability of a process or product characteristic across time.	Used together with Xbar charts when sample size more than 10	n > 10
Individual and Moving Range (X & MR)	Monitor the variability of a process or product characteristic across time. Assumes past and present data are equality important.	Low-volume production that requires long periods of time to obtain a single sample, or when only a single sample is meaningful, or for a batch process with excess batch - to batch variation .	n = 1

ตารางที่ 5.2 การคัดเลือกแผนภูมิควบคุม (Variable Data)

5.8 การควบคุมเครื่องจักร

การควบคุมเครื่องจักรในกระบวนการผลิตให้สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญในการสร้างความมั่นใจว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจากเครื่องจักรมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้ การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นกิจกรรมที่สามารถทำให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนที่เครื่องจักรจะชำรุด เสียหาย แล้วก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพื่อให้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันมีมาตรฐานและเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสิ่งที่จะต้องถูกกำหนดคือ การปฏิบัติการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะต้องถูกกำหนดให้เป็นเอกสาร เพื่อให้พนักงานสามารถที่จะปฏิบัติการบำรุงรักษาเป็นไปในแนวทางเดียวกันเป็นมาตรฐาน ไม่ก่อให้เกิดความผิดพลาดในการปฏิบัติการ หลังจากที่มีการกำหนดเอกสารเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันอย่างชัดเจนแล้ว ลำดับต่อไปคือ การกำหนดช่วงเวลาในการทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เนื่องจากกระบวนการผลิตโดยทั่วไปมีเครื่องจักรจำนวนมาก ดังนั้นการกำหนดช่วงเวลาในการบำรุงรักษาเครื่องจักรแต่ละเครื่องจึงมีความจำเป็น การกำหนดช่วงเวลาจะทำให้มีการใช้งานพนักงานอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วงเวลานี้จะถูกกระจายเฉลี่ยออกไปทั้งปี ช่วงเวลาของการบำรุงรักษาสามารถกำหนดได้จาก คำแนะนำจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักร หรือ การพิจารณาจากการเก็บข้อมูลของเครื่องจักรนั้นแล้ว พิจารณาช่วงเวลาจากข้อมูลเหล่านั้น การเข้าไปบำรุงรักษาเครื่องจักรตามกำหนดเวลาที่วางแผนไว้ทำให้เครื่องจักรถูกบำรุงรักษาก่อนที่จะชำรุด สิ่งจำเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องทำการพิจารณาคือ การพัฒนาใบตรวจสอบของการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ใบตรวจสอบนี้จะต้องมีการระบุหมายเลขเครื่องจักร ช่วงเวลาในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ผู้ที่ทำการบำรุงรักษา รายการต่างๆของส่วนประกอบของเครื่องจักรที่ต้องถูกบำรุงรักษา เช่น การปรับ การทำความสะอาด การเปลี่ยน การหล่อลื่น ข้อมูลต่างๆเหล่านี้จะถูกบันทึกไว้อย่างชัดเจนเพื่อที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ในโอกาสต่อไป

การควบคุม การบำรุงรักษาเครื่องจักรอย่างมีระบบ จะทำให้ผู้บริหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งลูกค้ามีความมั่นใจว่า ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาจากเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

PM master plan ' 1995

Machine	Model	S/N	Frequency	Month											
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Wire bonder #1	Alpha 1482	AAA001	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #2	Alpha 1482	AAA002	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #3	Alpha 1482	AAA003	Once/QTR		#			#			#			#	
Wire bonder #4	Alpha 1482	AAA004	Once/QTR		#			#			#			#	
Wire bonder #5	Alpha 1482	AAA005	Once/QTR			#			#			#			#
Wire bonder #6	Alpha 1482	AAA006	Once/QTR			#			#			#			#
Wire bonder #7	Alpha 1482	AAA007	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #8	Alpha 1482	AAA008	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #9	Alpha 1482	AAA009	Once/QTR		#			#			#			#	
Wire bonder #10	Alpha 1482	AAA010	Once/QTR		#			#			#			#	
Wire bonder #11	Alpha 1482	AAA011	Once/QTR			#			#			#			#
Wire bonder #12	Alpha 1482	AAA012	Once/QTR			#			#			#			#
Wire bonder #13	Alpha 1482	AAA013	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #14	Alpha 1482	AAA014	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #15	Alpha 1482	AAA015	Once/QTR		#			#			#			#	
Wire bonder #16	Alpha 1482	AAA016	Once/QTR		#			#			#			#	
Wire bonder #17	Alpha 1482	AAA017	Once/QTR			#			#			#			#
Wire bonder #18	Alpha 1482	AAA018	Once/QTR			#			#			#			#
Wire bonder #19	Alpha 1482	AAA019	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bonder #20	Alpha 1482	AAA020	Once/QTR	#			#			#			#		

Alpha 1482 PM Checklist

Machine NO. :						Performed by :				
Date performed :						Next Due Date :				
No.	Items	Condition					Action				Remark
		Good	Worn out	Broken	Missing	Dirty	Clean	Lubricate	Replace	Align	
1	Auto sensor										
	a. Brush										
	b. Rubber skirting										
	c. Sensor										
	d. Bearing										
	e. Gear										
	f. Connector										
2	In loader										
	a. Air connector.										
	b. Tubing										
	c. Air cylinder										
	d. Gear										
	f. Bearing										
	g. Sensor										

ภาพที่ 5.21 ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ก่อนที่จะมีการผลิตงานจริงในกระบวนการผลิต จะต้องมีการปรับแต่งเครื่องจักรเพื่อให้พารามิเตอร์ต่างของเครื่องจักรเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่จะถูกผลิตขึ้นมา เพราะว่าผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปจะมีอยู่อย่างหลากหลายประเภท ถ้าพารามิเตอร์ของเครื่องจักรที่ใช้ผลิตไม่เหมาะสม จะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่มีคุณภาพตามที่ต้องการ พารามิเตอร์ที่สำคัญทุกพารามิเตอร์จะต้องถูกปรับไว้ในระดับที่ถูกกำหนดโดยวิศวกร ใบตรวจสอบการปรับเครื่องจักรจะต้องถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้พนักงานสามารถปรับเครื่องจักรได้อย่างถูกต้องและเป็นมาตรฐาน ใบตรวจสอบการปรับเครื่องจักรจะต้องมีการระบุชื่อพนักงานที่ทำการปรับเครื่องจักร เวลาที่ปรับเครื่องจักร หมายเลขเครื่องจักร พารามิเตอร์ที่จะต้องถูกปรับ ระดับของพารามิเตอร์ที่จะต้องถูกปรับ พร้อมทั้งเครื่องมือวัดที่ใช้ เมื่อมีการปรับเครื่องจักรในเงื่อนไขที่ถูกต้องก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพตามที่คาดการณ์เอาไว้

Alpha 1482 Set Up Checklist

Date :		
Shift :		
M/C model :		
1. Customer :		
2. Build sheet No. :		
3. Product type :		
4. Lot traveller No. :		
5. Wire size :		
6. Cappillary type :		
7. Bond power :		
8. Bond force :		
9. Bond time :		
10. Wire bond quality :	**Sample size :**	**Defect :**
11. Wire bond pull strength :	**Sample size :**	**Xbar :**
		Range :
Technician name :	**Date :**	

ภาพที่ 5.22 ใบตรวจสอบการปรับเครื่องจักร

5.9 การสำรวจคุณภาพ

หลังจากที่มีการปรับปรุงกระบวนการผลิต ตลอดจนควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ในเงื่อนไขที่เหมาะสมแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่จะทำให้มั่นใจได้ว่ากระบวนการผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีคุณภาพคือ การสำรวจคุณภาพของกระบวนการผลิต การสำรวจคุณภาพมีจุดประสงค์หลักคือ สร้างความมั่นใจว่า กิจกรรมทางคุณภาพต่างๆถูกดำเนินไปอย่างถูกต้องและเหมาะสม

การสำรวจคุณภาพ เป็นกิจกรรมอิสระกระทำขึ้นเพื่อปรับเทียบว่ากิจกรรมต่างๆที่กระทำอยู่นั้นเป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ ผู้สำรวจคุณภาพจำเป็นต้องเป็นบุคคลอิสระที่ไม่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้น ส่วนใหญ่แล้วการสำรวจคุณภาพจะถูกกระทำ โดยองค์กรต่างๆเพื่อที่จะประเมินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพภายในองค์กรนั้น วัตถุประสงค์ของการสำรวจคุณภาพโดยทั่วไปจะประกอบด้วย เพื่อสร้างความมั่นใจว่ากิจกรรมคุณภาพต่างๆเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ผลิตภัณฑ์ถูกผลิตตามกระบวนการที่ถูกกำหนดไว้ พนักงานปฏิบัติตามเอกสารการปฏิบัติการที่กำหนดไว้ เอกสารการปฏิบัติการมีความถูกต้องสมบูรณ์เพียงพอ พนักงานสามารถปฏิบัติตามได้ ระบบข้อมูลต่างๆที่บันทึกเกี่ยวกับข้อมูลทางคุณภาพมีความถูกต้อง ข้อบกพร่องต่างๆที่ถูกตรวจพบจะต้องถูกระบุและปรับปรุงแก้ไขโดยบุคคลที่รับผิดชอบ ด้วยระบบการสำรวจคุณภาพที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมจะทำให้ผู้บริหารและลูกค้ามีความมั่นใจว่า คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกจากกระบวนการผลิตมีคุณภาพที่ดี เป็นไปตามความต้องการของลูกค้า

การวางแผนปฏิบัติการในการสำรวจคุณภาพสามารถทำได้โดยแบ่งออกเป็น ขั้นตอนหลักดังนี้คือ การเริ่มต้นสำรวจคุณภาพ การวางแผนสำรวจคุณภาพ การรายงานการสำรวจคุณภาพ และการเสร็จสมบูรณ์ของการสำรวจคุณภาพ พื้นฐานของการสำรวจคุณภาพนั้นจะมีการเริ่มต้นจากกลุ่มคนในองค์กร มีความคิดริเริ่มขึ้นในการที่จะประเมินกิจกรรมทางคุณภาพของกระบวนการผลิตแล้วได้รับการอนุมัติจากผู้บริหารระดับสูง การสำรวจคุณภาพที่มีประสิทธิภาพจะต้องเป็นความคิดริเริ่มและเป็นความต้องการของผู้บริหารระดับสูงเพราะสามารถที่จะมั่นใจได้ว่ากิจกรรมจะได้รับการสนับสนุนในด้านของทรัพยากรต่างๆอย่างเพียงพอและ สิ่งบกพร่องที่ตรวจพบจะต้องถูกปรับปรุงแก้ไขอย่างจริงจัง แผนงานของการสำรวจคุณภาพจะต้องมีการจัดเตรียมขึ้นเพื่อให้ผู้บริหารระดับสูงทราบถึงกิจกรรมต่างๆในการสำรวจคุณภาพ ผู้สำรวจคุณภาพและรายละเอียดในการทำกิจกรรมนั้นๆ ส่วนสำคัญของแผนงานจะประกอบด้วย

1. ขอบเขตและจุดประสงค์ของการสำรวจคุณภาพ
2. กำหนดกระบวนการผลิตที่จะต้องได้รับการสำรวจคุณภาพ
3. ผู้สำรวจคุณภาพ

4. แผนกำหนดการซึ่งจะประกอบด้วย วันเริ่มต้น วันสิ้นสุด ในการสำรวจคุณภาพ การสำรวจคุณภาพ จะต้องเป็นไปตามแผนกำหนดการที่กำหนดไว้ซึ่งจะต้องมีการจัดเตรียมกิจกรรมต่างๆอย่างมีแบบแผน เพื่อป้องกันความขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ หรือทำให้เกิดความขัดแย้งน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ กระบวนการผลิตต่างๆจะได้รับการสำรวจตามแผนการปฏิบัติการนั้น เนื่องจากกิจกรรมต่างๆได้ถูกกำหนดไว้อย่างมากมาย การจัดลำดับก่อนหลังของกิจกรรมต่างๆจึงมีความจำเป็น การสำรวจคุณภาพจะมีลักษณะเป็นการสุ่ม วิธีการสุ่มควรจะเป็นวิธีการอย่างไรจะต้องมีการพิจารณาเพื่อจะทำให้การสำรวจคุณภาพมีประสิทธิภาพ รายละเอียดปลีกย่อยต่างๆจะต้องได้รับความสนใจ เอกสารในการสำรวจคุณภาพจะต้องถูกจัดทำขึ้นซึ่งจะประกอบด้วย แผนภูมิการไหลของกระบวนการผลิต ใบตรวจสอบสำหรับรายงานผลของการสำรวจคุณภาพ ผู้สำรวจคุณภาพจะต้องปฏิบัติกิจกรรมต่างๆอย่างมีเป้าหมายที่แน่นอน การตัดสินใจต่างๆจะต้องอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลที่เพียงพอและเป็นไปตามความเป็นจริงไม่ใช้ความรู้สึกหรืออารมณ์ในการตัดสินใจ ในการกระทำเช่นนี้จะสามารถลดความคิดเห็นที่ขัดแย้งหรือแนวคิดที่แตกต่างไป โดยทั่วไปแล้วผู้สำรวจคุณภาพจะเป็นผู้พิจารณาถึงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ในกระบวนการผลิตและพยายามค้นหาสาเหตุที่จะก่อให้เกิดปัญหา การกระทำในลักษณะนี้จะทำให้ผู้สำรวจคุณภาพสามารถให้ข้อแนะนำต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้ ผู้สำรวจคุณภาพจะต้องมีพื้นฐานการศึกษาและประสบการณ์ที่เพียงพอ เพื่อที่จะสามารถเรียนรู้และเข้าใจถึงกระบวนการผลิตที่เข้าไปตรวจสอบในแง่ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต เช่น พนักงานฝ่ายผลิต วิธีการผลิต วัสดุที่ใช้ในกระบวนการผลิต เครื่องจักร ระบบการวัด ตลอดจนเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ถ้าผู้สำรวจคุณภาพไม่มีพื้นฐานที่ดีแล้ว จะไม่สามารถทำให้บุคคลที่เกี่ยวข้องให้การยอมรับและนับถือความคิด คำแนะนำ ผู้สำรวจควรจะได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับมนุษยสัมพันธ์ในการสำรวจคุณภาพด้วย

หัวใจของการปฏิบัติการสำรวจคุณภาพคือ การเก็บ การวิเคราะห์ และ การประเมินข้อมูลและสามารถสรุปผลจากข้อมูลได้ ข้อมูลดังกล่าวนั้นจะรวมถึงข้อมูลที่ได้จากการสำรวจคุณภาพ ซึ่งผู้สำรวจคุณภาพได้พบเห็นในกระบวนการผลิตเองและจากการเข้าไปสัมภาษณ์ บุคคลต่างๆที่อยู่ในกระบวนการผลิต ข้อมูลที่เก็บมานั้นจะถือว่าสมบูรณ์เพียงพอก็ต่อเมื่อ นำข้อมูลเหล่านั้นไปให้บุคคลที่ไม่ได้เข้ามาเก็บข้อมูลเองแต่มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการผลิตเพียงพอ นำไปวิเคราะห์แล้วผลการวิเคราะห์ออกมาเหมือนกัน ได้ผลสรุปออกมาในแนวเดียวกัน

ในการสำรวจคุณภาพนั้นไม่ใช่การนำเครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งไปใส่ไว้ใน กระบวนการผลิตเพื่อที่จะเก็บข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ถ้าในกระบวนการผลิตนั้นไม่มีพนักงานฝ่ายผลิตทำงานอยู่เลยมีเฉพาะเครื่องจักรก็จะไม่มีปัญหา แต่ถ้ากระบวนการผลิตนั้นมีคนทำงานอยู่ด้วย อาจ

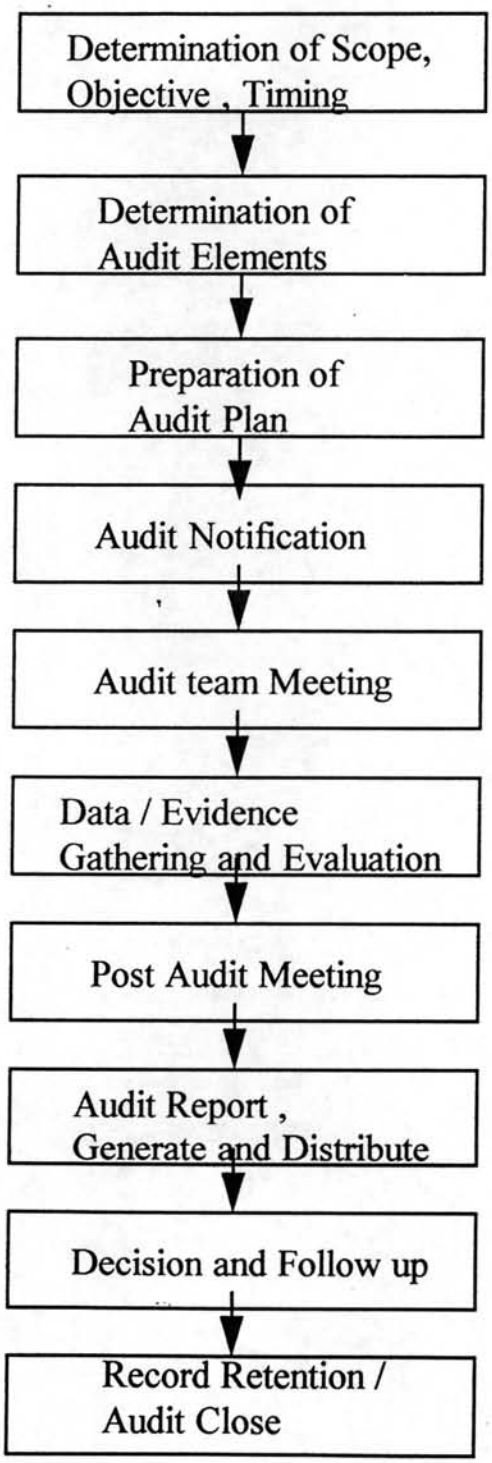
จะเกิดข้อโต้แย้งและไม่พอใจเกิดขึ้นได้ อย่างไรก็ตามผู้สำรวจคุณภาพต้องคำนึงถึงภาวะจิตใจของพนักงานที่ทำงานอยู่ในกระบวนการผลิตนั้นถ้ากระบวนการผลิตนั้นมีคนทำงานอยู่ด้วย ในทางปฏิบัติแล้วความสัมพันธ์ระหว่างผู้สำรวจคุณภาพและพนักงานที่ทำงานอยู่ในกระบวนการนั้น อาจจะกลับกลายเป็นไปในทางลบได้ ข้อบกพร่องที่ตรวจพบในการสำรวจคุณภาพบางครั้งจะไม่ได้รับการยอมรับ ผู้สำรวจคุณภาพต้องพยายามกระทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อที่จะได้รับความร่วมมือจากทุกคนที่เกี่ยวข้อง มีการปรึกษาหารือซึ่งกันและกัน ผู้ถูกสำรวจคุณภาพและผู้สำรวจคุณภาพจะต้องยึดถือปฏิบัติตามแนวทางต่อไปนี้คือ การกำหนดเหตุผลและจุดประสงค์ของการสำรวจคุณภาพนั้นจะต้องได้รับการปรึกษาและ ได้รับความเห็นชอบจากผู้บริหารระดับสูงสามารถอธิบายให้พนักงานระดับหัวหน้า ช่างเทคนิค รับทราบได้ว่าการสำรวจคุณภาพเพื่ออะไร ไม่ใช่เพียงแต่ว่าอธิบายว่าผู้บริหารระดับสูงต้องการให้มีการสำรวจคุณภาพเท่านั้น ถ้าเป็นไปได้ผู้บริหารระดับสูงควรจะเป็นผู้อธิบายวัตถุประสงค์ของการสำรวจคุณภาพให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้องเพื่อที่จะสามารถได้รับความร่วมมือจากบุคคลเหล่านั้น การหลีกเลี่ยงบรรยากาศของการว่ากล่าวเป็นสิ่งจำเป็นมากสิ่งที่ทำให้ความสัมพันธ์อันดีของมนุษย์ต้องเลวร้ายลงคือ การหาบุคคลที่จะว่ากล่าวแทนที่จะหาทางปรับปรุงสิ่งต่างๆให้ดีขึ้น ผู้สำรวจคุณภาพและผู้บริหารเองอาจจะต้องพบกับเหตุการณ์เช่นนี้ การว่ากล่าวบุคคลนั้นไม่เพียงแต่จะทำให้บุคคลที่ถูกว่ากล่าวไม่พอใจและเกิดความขัดแย้งเกิดขึ้นแล้วยังอาจทำให้แหล่งข้อมูลต่างๆที่มีประโยชน์สูญหายไปด้วย รายงานของการสำรวจคุณภาพและข้อเสนอแนะต้องเป็นลักษณะของการแก้ไขปรับปรุง สิ่งที่ก่อให้เกิดปัญหาไม่ใช่เน้นไปที่บุคคล จะเป็นประโยชน์อย่างมากถ้าหัวหน้าในแต่ละกระบวนการผลิตจะร่วมทำการสำรวจคุณภาพด้วย ซึ่งจะช่วยในการกำจัดข้อขัดแย้งที่อาจจะตามมาภายหลังเพราะในการสำรวจคุณภาพนั้นสิ่งใด ที่ผู้สำรวจคุณภาพเห็น หัวหน้างานก็จะเห็นเช่นเดียวกัน ถ้าการสำรวจคุณภาพต้องใช้เวลาหลายวัน การทบทวนหัวข้อปฏิบัติการให้ถูกต้องของการสำรวจคุณภาพกับผู้ถูกสำรวจเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ การแสดงถึงข้อมูลที่เก็บมาและบทสรุปต่างๆทำให้สามารถทดสอบบทสรุปและข้อเสนอแนะว่าเป็นไปในแนวทางที่ถูกต้องหรือไม่สิ่งสำคัญอีกอย่างหนึ่งของการสำรวจคุณภาพคือ การประชุมหลังการสำรวจคุณภาพ ซึ่งจะต้องกระทำร่วมกับผู้บริหาร ในการประชุมนี้ผู้สำรวจคุณภาพจะแสดงข้อมูลต่างๆที่ได้จากการสำรวจคุณภาพและผู้บริหารจะวางแผนในการปรับปรุงแก้ไข ในขณะเดียวกันผู้บริหารสามารถที่จะชี้ถึงจุดบกพร่องของผู้สำรวจคุณภาพโ ดยใช้ข้อมูลที่ได้รับจากผู้สำรวจคุณภาพนั้น

ผลของการสำรวจคุณภาพควรจะถูกจัดทำให้เป็นเอกสารหรือรายงานและต้องมีการทบทวนกับผู้บริหารในช่วงของการประชุมหลังการสำรวจคุณภาพเกี่ยวกับกิจกรรมต่างๆในการสำรวจ รายงานนั้นอาจเป็นการร่วมมือกันระหว่างผู้สำรวจและผู้ถูกสำรวจ ในรายงานโดยทั่วไปแล้วจะ

เป็นรายงานของสิ่งบกพร่องที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการโต้แย้งหรือความไม่พอใจเกิดขึ้น ด้วยเหตุที่ว่าส่วนที่ดี ถูกต้อง ซึ่งปกติมีอยู่บ้างไม่ถูกรวมอยู่ในรายงานด้วย รายงานของการสำรวจคุณภาพจะเริ่มต้นด้วยผลสรุปของกระบวนการผลิตโดยทั่วไป ซึ่งจะไม่รายงานเฉพาะข้อบกพร่องแต่จะรายงานถึงโอกาสในการปรับปรุงข้อบกพร่องด้วย สิ่งบกพร่องเล็กๆน้อยๆในกระบวนการผลิตต้องมีการทบทวนและรายงานในส่วนที่เป็นประโยชน์และสร้างสรรค์ รายงานของการสำรวจคุณภาพจะถูกวิเคราะห์บนพื้นฐานของการพิจารณาว่าข้อบกพร่องที่พบนั้นจะมีผลกระทบต่อกิจกรรมอื่นๆอย่างไร คำแนะนำในรายงานจะต้องอยู่บนพื้นฐานของความเป็นจริง ในทางปฏิบัติในรายงานต้องไม่อ้างถึงชื่อบุคคล ต้องรายงานเฉพาะสถานการณ์ที่เป็นจริงเท่านั้น

การนำเสนอรายงานของการสำรวจคุณภาพ รูปแบบของรายงานจะต้องได้รับความเห็นชอบจากบุคคลที่เกี่ยวข้องรวมทั้งบุคคลที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการปรับปรุงแก้ไข ความก้าวหน้าของกิจกรรมการปรับปรุงแก้ไขจะต้องถูกนำเสนอต่อผู้บริหารระดับสูง รายงานการสำรวจคุณภาพจะต้องถูกส่งไปยังผู้ที่เกี่ยวข้องให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ และไม่ควรช้ากว่า 1 สัปดาห์หลังการประชุมการสำรวจคุณภาพ การสำรวจคุณภาพจะเสร็จสมบูรณ์ก็ต่อเมื่อรายงานถูกส่งไปยังผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้สำรวจคุณภาพต้องหลีกเลี่ยงที่จะเข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องกับการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่บกพร่องหรือพยายามให้มีการปรับปรุงเกิดขึ้น ผู้บริหารในพื้นที่ที่รับผิดชอบจะต้องเป็นผู้ร่างแผนงานสำหรับการปฏิบัติปรับปรุงแก้ไข สำหรับข้อบกพร่องแต่ละข้อที่พบหรือให้ข้อเสนอแนะ การปฏิบัติลักษณะนี้ทำให้มั่นใจได้ว่าการสำรวจคุณภาพเป็นสิ่งสำคัญ ผู้บริหารให้ความสนใจ ผู้สำรวจคุณภาพจะต้องมีหน้าที่ในการติดตามข้อเสนอแนะและกิจกรรมในการปรับปรุงแก้ไขว่าเป็นไปตามแผนที่กำหนดไว้หรือไม่ ในบางโอกาสในระหว่างที่มีการสำรวจคุณภาพไม่สามารถที่จะทราบสาเหตุของข้อบกพร่องได้ว่าเกิดจากสาเหตุใด ซึ่งสาเหตุของข้อบกพร่องอาจจะเกิดจากกระบวนการผลิตอื่นๆและมีผลต่อเนื่องถึงกระบวนการผลิตที่ผู้สำรวจคุณภาพเข้าไปสำรวจ อย่างไรก็ตามรายงานที่ส่งให้แก่ผู้บริหารที่รับผิดชอบในกระบวนการผลิตที่ได้รับการสำรวจควรระบุถึงลำดับขั้นตอนที่ต้องการในการค้นหาสาเหตุของปัญหา

การประกันคุณภาพของการสำรวจคุณภาพในกระบวนการสำรวจคุณภาพ สามารถนำหลักการของการประกันคุณภาพมาใช้เป็นประโยชน์ได้ การประเมินการสำรวจคุณภาพ รวมถึงความชำนาญของผู้สำรวจคุณภาพ ความเป็นอิสระของการสำรวจคุณภาพ การบันทึกข้อมูลจริงสำหรับการสำรวจคุณภาพ การใช้รายงานการสำรวจคุณภาพให้มีประโยชน์ ความสามารถในการแก้ไขปัญหามนุษย์สัมพันธ์ การเก็บรักษาบันทึกของการสำรวจคุณภาพและอีกสิ่งหนึ่ง ที่สำคัญคือการยอมรับข้อมูลป้อนกลับของผู้รับผิดชอบในกระบวนการผลิตที่ถูกทำการสำรวจคุณภาพ



ภาพที่ 5.23 ไดอะแกรมการไหลของการสำรวจคุณภาพ

Process Audit master plan ' 1995

Process	Process Owner	Auditor	Frequency	Month											
				Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
ABS Inspection	Paiboon	Surasak C	Once/QTR	#			#			#			#		
Depo Inspection	Paiboon	Surasak C	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire bond	Chalermpol	Surasak C	Once/QTR	#			#			#			#		
Wire pull test	Chalermpol	Surasak C	Once/QTR	#			#			#			#		
Conformmal coat	Chalermpol	Surasak C	Once/QTR		#			#			#			#	
Flex bond	Therdpun	Surasak C	Once/QTR		#			#			#			#	
Flex pull test	Therdpun	Surasak C	Once/QTR		#			#			#			#	
Staking	Therdpun	Surasak C	Once/QTR		#			#			#			#	
XY dimension audit	Wirot	Surasak C	Once/QTR			#			#			#			#
Magnetic test	Kriengkrai	Surasak C	Once/QTR			#			#			#			#
High power inspection	Pradit	Surasak C	Once/QTR			#			#			#			#
Low power inspection	Pradit	Surasak C	Once/QTR			#			#			#			#

Product and process quality checklist

Process : **Auditor :** **Date :**

Question	Yes	No	Remark
1. Are there sufficient personnel identified to cover :			
1.1 Control plan requirements.			
1.2 Engineering performance testing.			
1.3 Problem resolution analysis.			
2. Is there a documented training program that :			
2.1 Includes all employees?			
2.2 Lists whose been trained?			
2.3 Provides a training schedule?			
3. Has training been completed for :			
3.1 Statistical process control?			
3.2 Process capability study?			
3.3 Problem solving?			
4. Is each operation provided with process instructions that are			
keyed to the control plan?			
5. Are standard operator instructions available at each			
operation?			
6. Were operator/team leaders involved in developing standard			
operator instructions?			
7. Do inspection instructions include :			
7.1 Easily understood engineering performance specifications?			
7.2 Test frequencies?			
7.3 Sample sizes?			
7.4 Reaction plan?			
7.5 Documentations?			
8. Are visual aids :			
8.1 Easily understood?			
8.2 Available?			
8.3 Accessible?			
8.4 Approved?			
8.5 Dated and current?			
9. Is there a procedure to implement , maintain and establish			
reaction plan for statistical control chart?			

ภาพที่ 5.25.1 ใบตรวจสอบการสำรวจคุณภาพ

Product and process quality checklist

Process : **Auditor :** **Date :**

Question	Yes	No	Remark
10. Is there an effective root cause analysis in place?			
11. Have provisions been made to place the lastest drawings			
and specifications at the point of inspection?			
12. Are forms/logs available for appropriate personnel to record			
inspection results?			
13. Have provisions been made to place the following at the			
monitored operations :			
13.1 Inspection gages?			
13.2 Gage instructions?			
13.3 Reference samples?			
13.4 Inspection logs?			
14. Have provisions been made to certify and routinely calibrate			
gages and test equipments?			
15. Have required measurement system capability studied been :			
15.1 Completed?			
15.2 Acceptable?			
16. Is there a procedure to identify , segregate and control			
nonconforming products to prevent shipment?			
17. Are rework/repair procedures available?			
18. Is there a procedure to requalify , repaired/reworked			
material?			
19. Is there an appropriate lot traceability system?			
20. Are periodic audits of product/process planned and			
implemented?			
Reference : Advance Product Quality Planning and Control ,			
Russell Jacobs , Radley Smith and Dan Reid , 1994.			

ภาพที่ 5.25.2 ใบตรวจสอบการสำรวจคุณภาพ

การประกันคุณภาพในกระบวนการผลิตของโรงงานตัวอย่าง จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนด้วยกันคือ การปรับปรุงคุณภาพอย่างต่อเนื่อง การควบคุมคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพและ การสำรวจคุณภาพ ถ้ากิจกรรมทั้งสามถูกปฏิบัติอย่างมีระบบสอดคล้องซึ่งกันและกัน มีการนำเอาเครื่องมือทางคุณภาพมาใช้ในแต่ละขั้นตอนอย่างถูกต้องเหมาะสม จะสามารถสร้างความมั่นใจให้กับทุกคนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตตลอดจนผู้บริหารระดับสูงและลูกค้าได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตออกมาจากกระบวนการผลิตนั้นมีคุณภาพเป็นไปตามที่ลูกค้าต้องการ