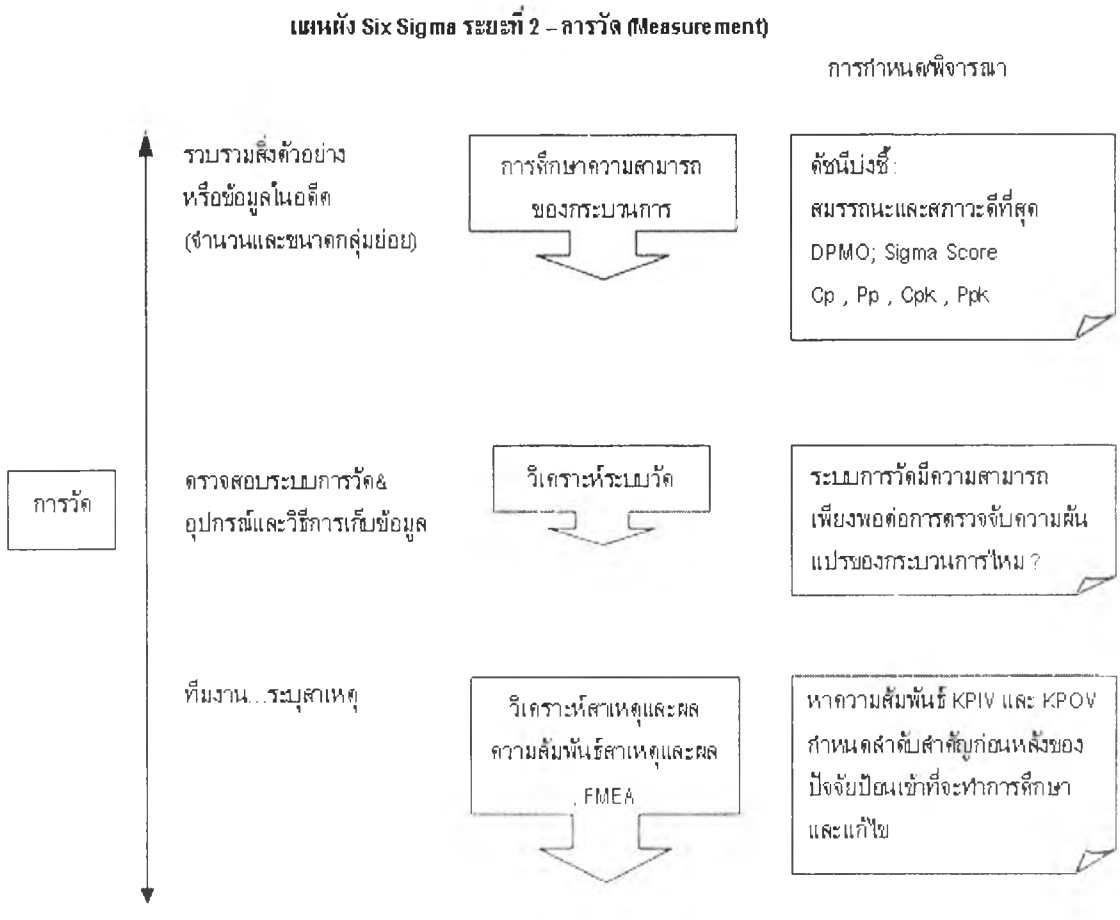
บทที่ 4

การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

4.1 บทนำ



จากแผนผัง ซิกซ์ ซิกม่า ระยะที่ 2 การวัด (Measurement) เครื่องมือที่นำมาใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

- การศึกษาความสามารถของกระบวนการ (Process Capability) เพราะเป็นดัชนีบ่งชี้ให้เห็น สมรรถนะของกระบวนการปัจจุบันก่อนที่จะมีการปรับปรุงซึ่งดัชนีชี้วัดนี้จะใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกับกระบวนการหลังปรับปรุง
- การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis) เพราะก่อนที่จะเริ่มดำเนินการใดๆ ในวิธีการของซิกซ์ ซิกม่า นั้นถ้าผลลัพธ์ (KPIV) ที่เราต้องการ

ปรับปรุงนั้นจำเป็นต้องมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้น ระบบการวัดของเครื่องมือต่าง ๆ ในกระบวนการที่ทำการศึกษาวิจัยจะต้องเป็นระบบการวัดที่ดีมีความแม่นยำถูกต้อง

- การวิเคราะห์หาสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง (FMEA) เพราะเครื่องมือทั้งสามนี้ช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ กล่าวคือช่วยในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจนถึงรากเหง้าของปัญหา (Root Cause) ซึ่งปัญหาต่างๆเหล่านั้นจะเป็นปัจจัยนำเข้าสำคัญที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ของกระบวนการที่ต้องการปรับปรุงโดยมีการกลั่นกรองปัจจัยนำเข้าตามลำดับ

จากขั้นตอนของการนิยามปัญหาทำให้ทราบถึงลักษณะของปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการซึ่งจะนำไปสู่การกำหนดสาเหตุของปัญหาโดยกำหนดปัจจัยนำเข้าสำคัญ (KPIV) ของกระบวนการที่ประกอบด้วยขั้นตอนของการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนที่จะนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้เทคนิคหรือเครื่องมือของซิกซ์ ซิกม่า อื่นๆ หลังจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) พิสูจน์ได้แล้วว่าระบบการวัดของกระบวนการดี จึงนำไปสู่การวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล (C&E Matrix) และการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ของปัญหาต่างๆ ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากขั้นตอนของการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เป็นปัจจัยนำเข้าสำคัญ (KPIV) จะนำไปวิเคราะห์ทางหลักสถิติในขั้นตอนของการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไปมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2 การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R)

ระบบการวัดเป็นเสมือนกลไกในการควบคุมผลิตภัณฑ์และกระบวนการเพื่อเป็นการประกันคุณภาพสู่ลูกค้า กระบวนการวัดมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัดซึ่งมีสาเหตุมาจากทักษะ ความชำนาญและระดับการฝึกฝน วิธีการวัด ชิ้นงานที่วัด สิ่งแวดล้อมในการวัดที่มีสาเหตุมาจากอุณหภูมิ ความชื้น และธรรมชาติ เนื่องจากแต่ละองค์ประกอบมีความไม่เท่ากันจึงเกิดความผันแปรในระบบการวัด

การวิเคราะห์ระบบความแม่นยำของเครื่องมือวัดมีความสำคัญมากเนื่องจากการแก้ปัญหาทางด้านคุณภาพหรือการป้องกันปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องมีความมั่นใจในความเสถียรของเครื่องมือวัด ซึ่งการวิเคราะห์ระบบการวัดมีจุดประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของระบบการวัดในกระบวนการผลิตว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้หรือไม่โดยการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดเพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็น

ชิ้นงาน (Part – to – Part Variation) พนักงานวัด (Appraiser Variation) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation)

ในกระบวนการผลิตครีบระบายความร้อนมีระบบที่เกี่ยวข้องกับระบบเครื่องมือวัดอยู่ 2 ระบบจึงได้วิเคราะห์ความแม่นยำด้วยการศึกษาเครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้อง คือ

1. ระบบการวัดอุณหภูมิภายใน (Internal Thermal)
2. ระบบการวัด ณ กระบวนการ QA. Thermal Checking

4.2.1 การศึกษาความถูกต้องของระบบการวัดอุณหภูมิภายใน (Internal Thermal)

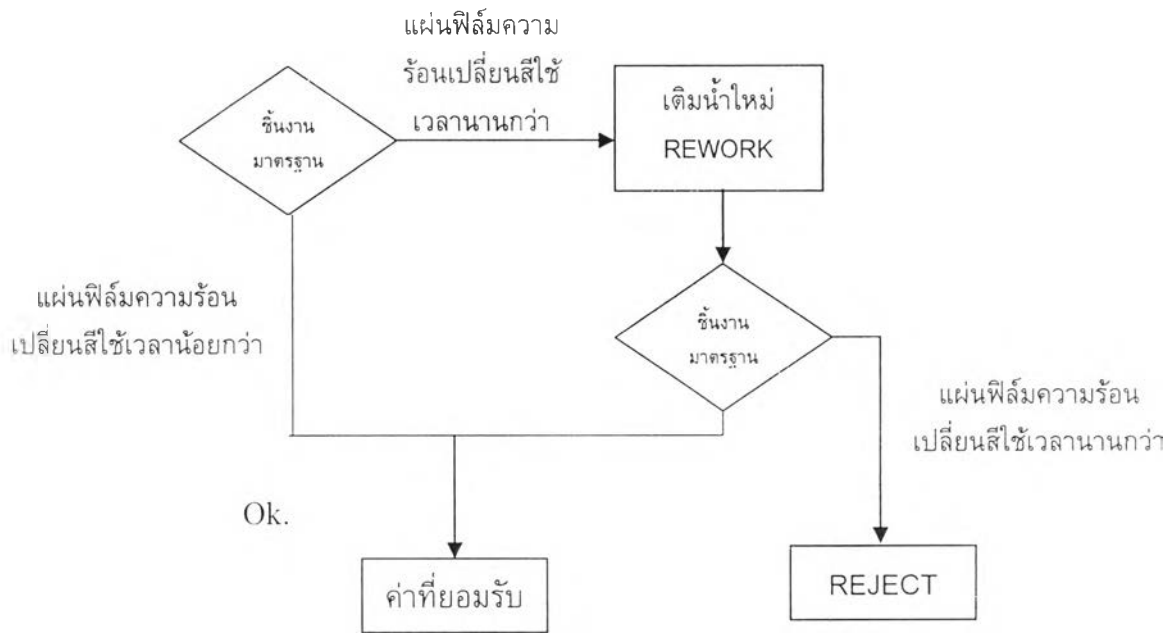
เป็นการพิจารณาและวิเคราะห์หาค่าความแตกต่างเนื่องจากการวัดโดยใช้ชิ้นงานเดียวกันเครื่องมือวัดเดียวกัน และพนักงานเดียวกัน (Repeatability) รวมถึงการหาค่าความแตกต่างของการวัดโดยใช้พนักงานแตกต่างกันแต่ชิ้นงานและเครื่องมือวัดเดียวกัน (Reproducibility) ซึ่งต้องทำการทดสอบระยะเวลาในการถ่ายเทความร้อน (Thermal Test)

4.2.1.1 การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกพนักงานที่มีทักษะและได้รับการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี จำนวนทั้งสิ้น 3 คน
2. คัดเลือกชิ้นงานในกระบวนการผลิตแบบสุ่มที่ผ่านการตรวจสอบในเรื่องอื่นๆแล้วจำนวนทั้งสิ้น 10 ชิ้นงาน
3. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดให้มั่นใจว่าเครื่องมือมีความถูกต้องโดยอ้างอิงจากการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด
4. ทำการทดสอบภายในระยะเวลาการถ่ายเทความร้อนของชิ้นงานจนครบทุกชิ้นและวัดซ้ำอีก 1 ครั้งด้วยวิธีเดียวกัน บันทึกค่าลงในภาคผนวก ค
5. บันทึกค่าลงใน Minitab และหาค่าผลลัพธ์ของ GR & R

4.2.1.2 ข้อกำหนดในการตรวจสอบ แสดงในแผนภาพดังรูปที่ 4.1

- หากชิ้นงานที่ทำการทดสอบใช้ระยะเวลาที่แผ่นฟิล์มความร้อนเปลี่ยนสีน้อยกว่าชิ้นงานมาตรฐานถือว่าชิ้นงานผ่าน (ค่าที่ยอมรับ)
- หากชิ้นงานที่ทำการทดสอบใช้ระยะเวลาที่แผ่นฟิล์มความร้อนเปลี่ยนสีมากกว่าชิ้นงานมาตรฐาน ถือว่าชิ้นงานนั้นต้องนำไปแก้ไขโดยการตัดแล้วเติมน้ำใหม่จากนั้นจึงนำมาทดสอบใหม่อีกครั้ง (Rework)
- หากชิ้นงานที่ผ่านการแก้ไขใช้ระยะเวลาที่แผ่น แผ่นฟิล์มความร้อน เปลี่ยนสีมากกว่าชิ้นงานมาตรฐาน ถือว่าชิ้นงานนั้นไม่ผ่าน (Reject)



รูปที่ 4.1 *แผนภาพการทำงานของระบบวัด*
ในกระบวนการ Internal Thermal Checking

4.2.1.3 ผลของการวิเคราะห์เชิงสถิติ แสดงดังตารางที่ 4.1

*ตารางที่ **4.1** ตารางแสดงผลการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิภายในระบบเก่า*

Gage R&R Study - ANOVA Method

Gage R&R for Measure

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	**DF**	**SS**	**MS**	**F**	**P**
Part ID	9	1.90991	0.212212	10.4685	0.00002
Operator	2	0.05668	0.028340	1.3980	0.27266
Operator*Part ID	18	0.36489	0.020271	1.8404	0.03777
Repeatability	30	0.33045	0.011015		
Total	59	2.66192			

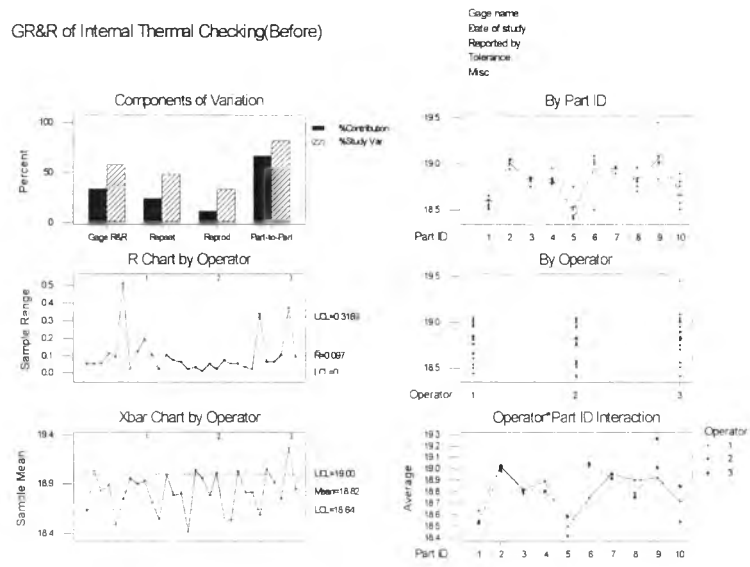
Gage R&R

Source	**VarComp**	**%Contribution (of VarComp)**
Total Gage R&R	0.016047	33.40
Repeatability	0.011015	22.93
Reproducibility	0.005032	10.47
Operator	0.000403	0.84
Operator*Part ID	0.004628	9.63
Part-To-Part	0.031990	66.60
Total Variation	0.048037	100.00

Source	**StdDev (SD)**	**Study Var (5.15*SD)**	**%Study Var (%SV)**
Total Gage R&R	0.126675	0.65238	57.80
Repeatability	0.104952	0.54050	47.89
Reproducibility	0.070934	0.36531	32.36
Operator	0.020085	0.10344	9.16
Operator*Part ID	0.068031	0.35036	31.04
Part-To-Part	0.178858	0.92112	81.61
Total Variation	0.219173	1.12874	100.00

Number of Distinct Categories = 2

แสดงแผนภาพการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ Internal Thermal Checking ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 *แผนภาพการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ Internal Thermal Checking ระบบเก่า*

4.2.1.4 การวิเคราะห์และสรุปผลการของระบบการวัด

ค่าระบบการวัด (Total Gage R&R) 33.40 เปอร์เซ็นต์
ค่าแปรผันมาจากเครื่องมือวัด (Repeatability) 22.93 เปอร์เซ็นต์
ค่าแปรผันมาจากผู้ทำการทดลอง (Reproducibility) 10.47 เปอร์เซ็นต์
ค่าความแปรผันจากชิ้นงาน (Part-To-Part) 66.60 เปอร์เซ็นต์

สามารถสรุปผลได้ว่า ควรทำการปรับปรุงระบบการวัดทั้งระบบเนื่องจากค่าที่วัดได้ มีค่าระบบการวัด (Total Gage R&R) 33.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้

จึงมีความจำเป็นที่ต้องทำการลดความผันแปรเหล่านี้ลง เนื่องจากค่าความผันแปรในระบบการวัดแยกออกได้เป็นความผันแปรในเทอมของความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) มีค่าสูงถึง 22.93 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าความผันแปรในเทอมของความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) มีค่า 10.47 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) มีขนาดใหญ่กว่าเมื่อเทียบกับความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) น่าจะมีสาเหตุมาจาก

- เครื่องมือวัดมีสภาพสึกหรอที่ต้องการการบำรุงรักษา
- เครื่องมือวัดมีการออกแบบที่ทำให้มีความยืดหยุ่นมากเกินไป
- อุปกรณ์ในการยึดจับงาน (จิ๊กและฟิกซ์เจอร์) มีความยืดหยุ่นมากเกินไป อาจต้องออกแบบใหม่หรือต้องการการบำรุงรักษาที่ดีขึ้น
- สิ่งตัวอย่างทีนำมาวัดเพื่อการวิเคราะห์มีความผันแปรภายในชิ้นงานมากเกินไป

ทางทีมงานทำการระดมความคิดได้ข้อสรุปว่าควรทำการปรับปรุงระบบการวัดก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อให้สามารถเกิดความมั่นใจและยอมรับผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป

4.2.2 การเปลี่ยนระบบการวัดของ Internal Thermal Checking เป็นระบบใหม่

จากผลของการศึกษาระบบการวัด (GR&R) ของระบบการวัดแบบเก่าพบว่าค่าของระบบการวัดมีค่าความแปรผันที่เกิดขึ้นสูงมากจึงต้องทำการปรับปรุงระบบการวัดใหม่ก่อนที่จะทำการศึกษาปัญหาในขั้นตอนอื่นๆ จึงได้ทำการปรับปรุงระบบการวัดด้วยการเปลี่ยนระบบการวัดใหม่เป็นระบบที่มีการเพิ่มความแม่นยำโดยการอ่านค่าผลของการถ่ายเทความร้อนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในระบบการวัด

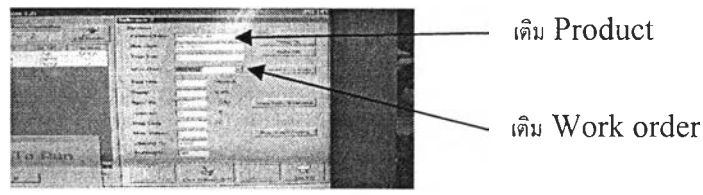
4.2.2.1 วิธีการตรวจสอบ Thermal test

1) เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเลือกโปรแกรม SMTS-001A ,IMTS-1012-1B (ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทีมงานได้เขียนขึ้นมาเพื่อใช้แทนระบบการวัดเดิม) และเข้าไปที่ผลิตภัณฑ์ IMTS- 1012-1B

รูปที่ 4.3 ภาพแสดงการทำงานที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

2) การเตรียมโปรแกรม

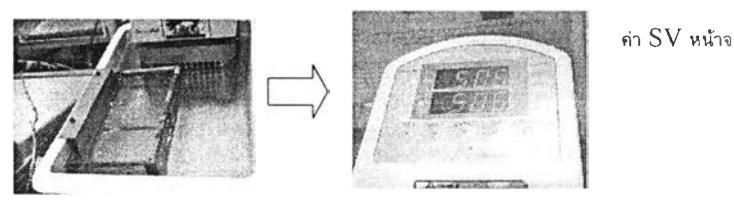
2.1 เลือกผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบในที่นี้คือ IMTS-1012-1B และเติม W/O ที่ต้องการจะตรวจสอบลงในช่องดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 *ภาพแสดงการใช้โปรแกรมที่หน้าจอคอมพิวเตอร์*

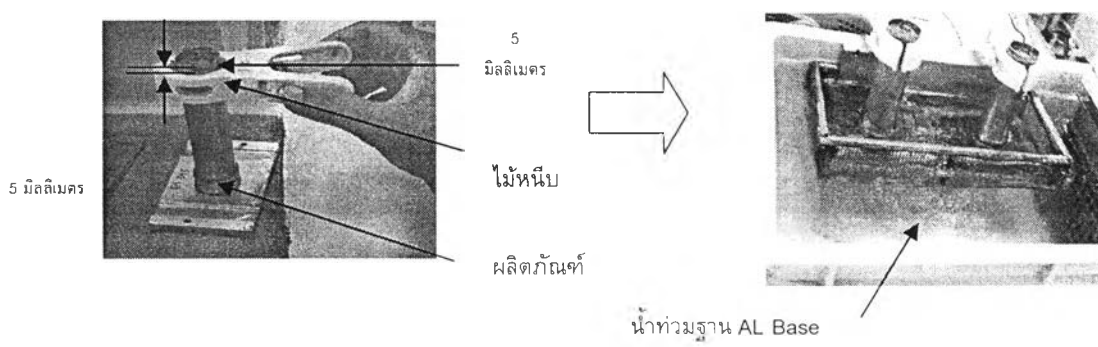
2.2 กดปุ่มหน้าจอจะแสดงดังภาพ กดปุ่ม Enter

3) ตั้งอุณหภูมิน้ำร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส + /- 0.5 องศาเซลเซียส (49.5 -50.5 องศาเซลเซียส) ให้ใส่น้ำอยู่ระดับท่วมตะแกรงประมาณ 30 มิลลิเมตรแล้วรอจนหน้าจอมอนิเตอร์อ่านค่า SV ได้ 50 องศาเซลเซียส +/- 0.5 องศาเซลเซียสดังแสดงในรูปที่ 4.5



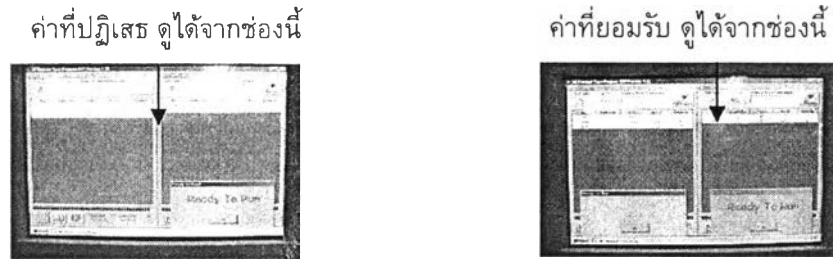
รูปที่ 4.5 *ภาพการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำร้อน*

4) ใช้ไม้หนีบปลายท่อความร้อนโดยให้ต่ำกว่าขอบท่อความร้อนลงมา 5 มิลลิเมตรดังรูปที่ 4.6 จุ่มชิ้นงานลงในอ่างน้ำร้อน (น้ำร้อนจะท่วมที่ฐาน Al Base)



รูปที่ 4.6 *ภาพขั้นตอนการจุ่มชิ้นงานมาตรฐานเพื่อวัดอุณหภูมิ*

เครื่องจะเริ่มทำงานจนกระทั่งเวลาครบ 45 วินาที และจะแสดงผลการตรวจในจอมอนิเตอร์ ดังรูปที่ 4.7



***รูปที่ 4.7** ภาพแสดงค่ายอมรับและปฏิเสธชิ้นงานมาตรฐาน*

4.1 ให้ทำการทดสอบตัวชิ้นงานมาตรฐานก่อนเริ่มทำการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์กับชิ้นงานจริงทุกครั้งโดยตัวชิ้นงานมาตรฐานจะมี 2 ชุด

ชุดที่ 1 คือ ชิ้นงานมาตรฐานดี (OK)

ชุดที่ 2 คือ ชิ้นงานมาตรฐานเสีย (Rj)

หมายเหตุ

- การทดสอบชิ้นงานมาตรฐานดังกล่าวเป็นการทดสอบเพื่อยืนยันสภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ก่อนใช้งาน

4.2 ลำดับการตรวจสอบ

1) ตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานดี 2 ตัวทั้ง 2 ช่อง คือ ถ้าผลที่ได้ "ผ่าน" การทดสอบให้ปฏิบัติข้อ 2) ต่อไปถ้าไม่ผ่านให้พนักงานแจ้งต่อหัวหน้างานหรือวิศวกรผู้ดูแลการผลิต
2) ตรวจสอบชิ้นงานมาตรฐานเสีย 2 ตัว ถ้าผลที่ได้ผ่านการทดสอบ (คือเครื่องสามารถตรวจสอบจับงาน Rj ได้) สามารถเริ่มใช้งานกับการผลิตจริงได้ ถ้าไม่ผ่านให้พนักงานแจ้งต่อหัวหน้างานหรือวิศวกรผู้ดูแลการผลิต

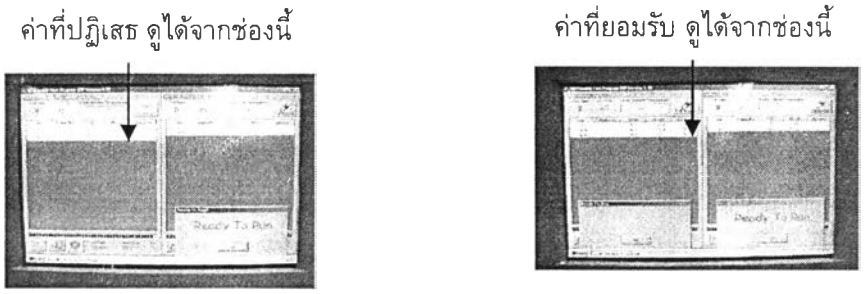
หมายเหตุ

- วิธีการทดสอบและการอ่านค่าให้ดูที่ข้อ 5
- ในกรณีวัดค่าชิ้นงานมาตรฐานดีหรือเสีย ไม่ผ่านให้แจ้งต่อหัวหน้างานทันที

5) เมื่อเครื่องพร้อมให้หนีบไม้หนีบเข้ากับงานทั้ง 2 ช่อง (2 ผลิตภัณฑ์) ดังรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 ภาพแสดงการทดสอบชิ้นงาน

เครื่องจะเริ่มทำงานจนกระทั่งเวลาครบ 45 วินาทีและจะแสดงผลการตรวจในจอมอนิเตอร์ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ภาพแสดงค่ายอมรับและปฏิเสธชิ้นงาน

ข้อกำหนดค่าอุณหภูมิ

เครื่องคอมพิวเตอร์จะประมวลผลการวัดอุณหภูมิที่จุดวัด T1 คือ อุณหภูมิที่ปลายท่อความร้อน (บริเวณไม้หนีบ) ภายในเวลา 45 วินาที ณ.ที่อุณหภูมิที่ไม้หนีบวัดได้ $\geq$46 องศาเซลเซียส หมายความว่าค่าที่ยอมรับค่าอุณหภูมิที่ชิ้นงานนั้น

6) สำหรับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบค่าอุณหภูมิให้ทำการซ่อมแซมชิ้นงาน (Rework)

จุดควบคุม:

- ต้องทำการทดสอบกับชิ้นงานมาตรฐานก่อนเริ่มต้นการทดสอบโดยบันทึกเวลาที่เทปเปลี่ยนสีไว้เป็นค่ามาตรฐาน
- ให้บันทึกเวลาที่เทปเปลี่ยนสีของแต่ละตัวลงในใบตรวจสอบทุกครั้งความลึกของชิ้นงานที่จุ่มลงไปในอ่างน้ำร้อนจะต้องเท่ากับ 30 ± 2 มิลลิเมตร

จากนั้นทำการทดสอบความแม่นยำของระบบการวัดใหม่โดยทำการบันทึกผลจากการทดสอบในภาคผนวก ค ซึ่งแสดงผลของการวิเคราะห์เชิงสถิติ ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 *ตารางแสดงผลการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิภายในระบบใหม่*

Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part ID	9	5.20029	0.577810	233.424	0.00000
Operator	2	0.03601	0.018005	7.274	0.00484
Operator*Part ID	18	0.04456	0.002475	3.622	0.00091
Repeatability	30	0.02050	0.000683		
Total	59	5.30136			

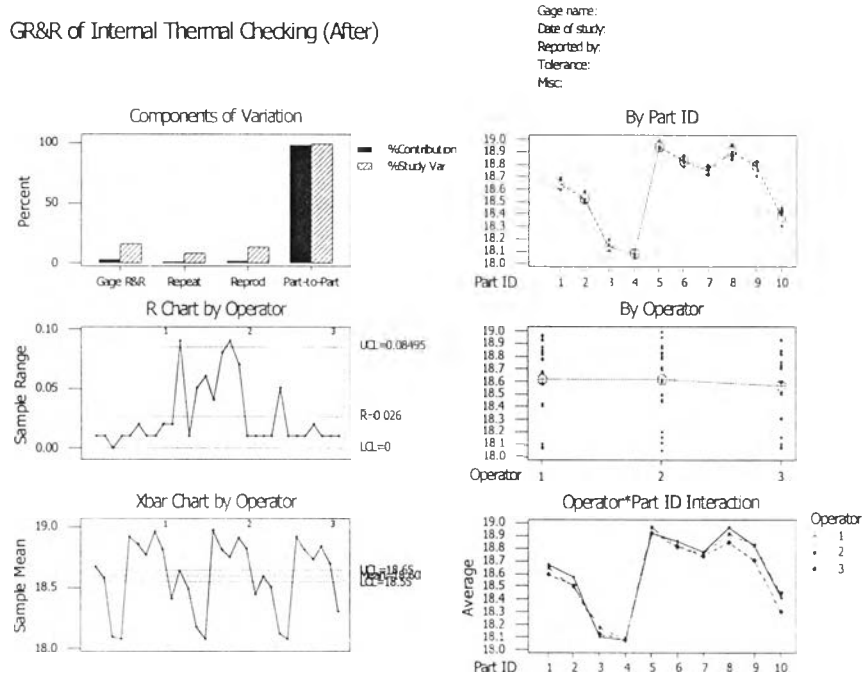
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.002356	2.40
Repeatability	0.000683	0.70
Reproducibility	0.001672	1.70
Operator	0.000776	0.79
Operator*Part ID	0.000896	0.91
Part-To-Part	0.095889	97.60
Total Variation	0.098245	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (5.15*SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.048537	0.24997	15.49
Repeatability	0.026141	0.13462	8.34
Reproducibility	0.040896	0.21062	13.05
Operator	0.027865	0.14351	8.89
Operator*Part ID	0.029934	0.15416	9.55
Part-To-Part	0.309660	1.59475	98.79
Total Variation	0.313441	1.61422	100.00

Number of Distinct Categories = 9

แสดงแผนภาพการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ Internal Thermal Checking ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แผนภาพการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ Internal Thermal Checking

4.2.2.2 การวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ค่าระบบการวัด (Total Gage R&R) 2.40 เปอร์เซ็นต์
ค่าแปรผันมาจากเครื่องมือวัด (Repeatability) 0.70 เปอร์เซ็นต์
ค่าแปรผันมาจากผู้ทำการทดลอง (Reproducibility) 1.70 เปอร์เซ็นต์
ค่าความแปรผันจากชิ้นงาน (Part-To-Part) 97.60 เปอร์เซ็นต์

สามารถสรุปผลได้ว่า ค่าที่วัดได้มีค่าระบบการวัด (Total Gage R&R) เพียง 2.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และจากแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ – R แสดงดังรูปที่ 4.10 หรือจากค่า Number of Distinct Categories ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9 สรุปได้ว่าระบบการวัดนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ค่อนข้างละเอียด นั่นคือสามารถยอมรับในความสามารถของระบบการวัดแบบใหม่นี้ว่ามีความแม่นยำเพียงพอที่จะใช้สำหรับดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

4.2.3 การศึกษาความถูกต้องของระบบการวัด ณ.กระบวนการ QA. Thermal Checking

4.2.3.1 การออกแบบการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด

มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกพนักงานที่มีทักษะและได้รับการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดี จำนวนทั้งสิ้น 3 คน
2. คัดเลือกชิ้นงานในกระบวนการผลิตแบบสุ่มที่ผ่านการตรวจสอบในเรื่องอื่นๆ แล้ว จำนวนทั้งสิ้น 10 ชิ้นงาน
3. ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดให้มั่นใจว่าเครื่องมือมีความถูกต้องโดยอ้างอิงจากการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือวัด
4. ทำการทดสอบภายในระยะเวลาการถ่ายเทความร้อนของชิ้นงานจนครบทุกชิ้นและวัดซ้ำอีก 1 ครั้งด้วยวิธีเดียวกัน (ภาคผนวก ค)
5. บันทึกค่าลงใน Minitab และหาค่าผลลัพธ์ของ GR&R

4.2.3.2 การดำเนินการทดลอง

ซึ่งจะวัดค่าอุณหภูมิตามตำแหน่งต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และแสดงผลการวิเคราะห์ระบบการวัดกระบวนการ QA.Thermal Checking จากโปรแกรม Minitab ดังตารางที่ 4.3, 4.4, 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ

Test condition :

Power heater : 80W

Voltage : 62.0 V. Heat size 20 x 20 mm.

Amp : 1.30 Am

Air in : 15CFM

Cycle testing : 5 Minute start at T1 ³ 30 c.

Position :

T1 = Heater **T4 = Fin**

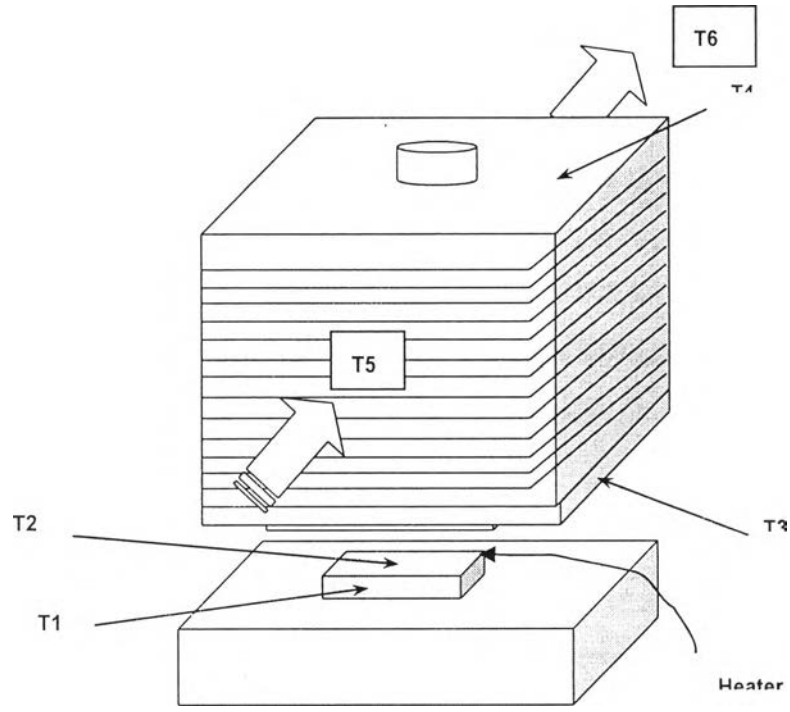
T2 = Surface of Heater **T5 = Air in T2**

T3 = Contact base **T6 = Air out**

Specification :

DT = (T2 - T5) อยู่ที่ประมาณ 25.7 C.

Rt = (T2 - T5) / Power อยู่ที่ประมาณ 0.30 C./W



*รูปที่ **4.11** ภาพแสดงตำแหน่งการวัดค่าอุณหภูมิ*

*ตารางที่ **4.3** ตาราง ANOVA ของการศึกษา GR&R ของการวัดอุณหภูมิ ณ กระบวนการ QA.Thermal Checking*

Two-Way ANOVA Table With Interaction

	DF	SS	MS	F	P
Part	2	16.5633	8.28167	54.9061	0.00124
Operator	2	0.1033	0.05167	0.3425	0.72893
Operator*Part	4	0.6033	0.15083	1.1804	0.38197
Repeatability	9	1.1500	0.12778		
Total	17	18.4200			

ตารางที่ 4.4 ตาราง ANOVA แบบลดรูปของการศึกษา GR&R ของการวัดอุณหภูมิ ณ กระบวนการ QA.Thermal Checking

Two-Way ANOVA Table Without Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Part	2	16.5633	8.28167	61.4040	0.0000
Operator	2	0.1033	0.05167	0.3831	0.6892
Repeatability	13	1.7533	0.13487		
Total	17	18.4200			

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงผลการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิ ณ กระบวนการ QA.Thermal Checking

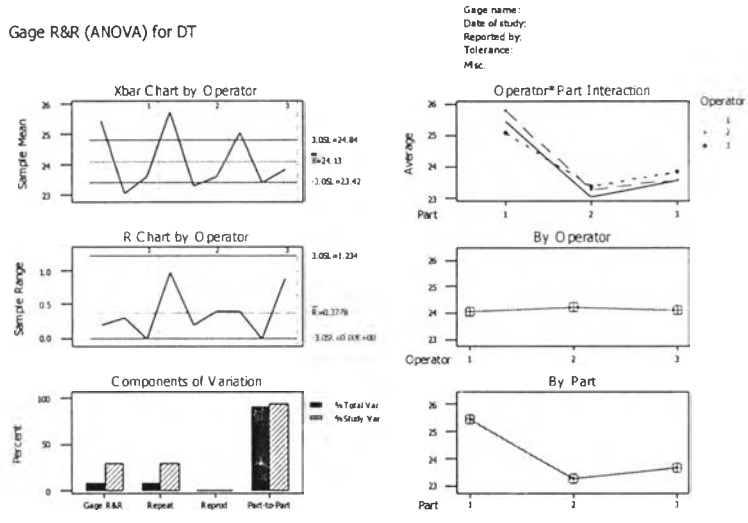
Source	VarComp	StdDev	5.15*Sigma
Total Gage R&R	0.1349	0.36725	1.89133
Repeatability	0.1349	0.36725	1.89133
Reproducibility	0.0000	0.00000	0.00000
Operator	0.0000	0.00000	0.00000
Part-To-Part	1.3578	1.16525	6.00102
Total Variation	1.4927	1.22175	6.29201

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงผลการประเมินเปอร์เซ็นต์ความผันแปรของการวัดอุณหภูมิ ณ กระบวนการ QA. Thermal Checking

Source	%Contribution	%Study Var
Total Gage R&R	9.04	30.06
Repeatability	**9.04**	**30.06**
Reproducibility	**0.00**	**0.00**
Operator	**0.00**	**0.00**
Part-To-Part	**90.96**	**95.38**
Total Variation	100.00	100.00

Number of Distinct Categories = 4

แสดงแผนภาพการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ QA. ≥ Thermal Checking ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงแผนภาพการประเมินความผันแปรของการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ QA.Thermal Checking

4.2.3.4 การวิเคราะห์และสรุปผลของระบบการวัด

ผลการทดลองในตารางที่ 4.5 ได้ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากระบบการวัดทั้งสิ้น 9.04 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเป็นผลที่ได้มาจากความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) เท่ากับ 9.04 เปอร์เซ็นต์ทั้งสิ้นโดยไม่ได้เกิดจากความแปรปรวนที่ได้มาจากความสามารถในการทำเหมือน (Reproducibility) นั่นคือ ความแปรปรวนของระบบการวัดล้วนมีสาเหตุเกิดจากเครื่องมือวัดทั้งสิ้นไม่ได้มีผลมาจากผู้ทำการทดลองเลย

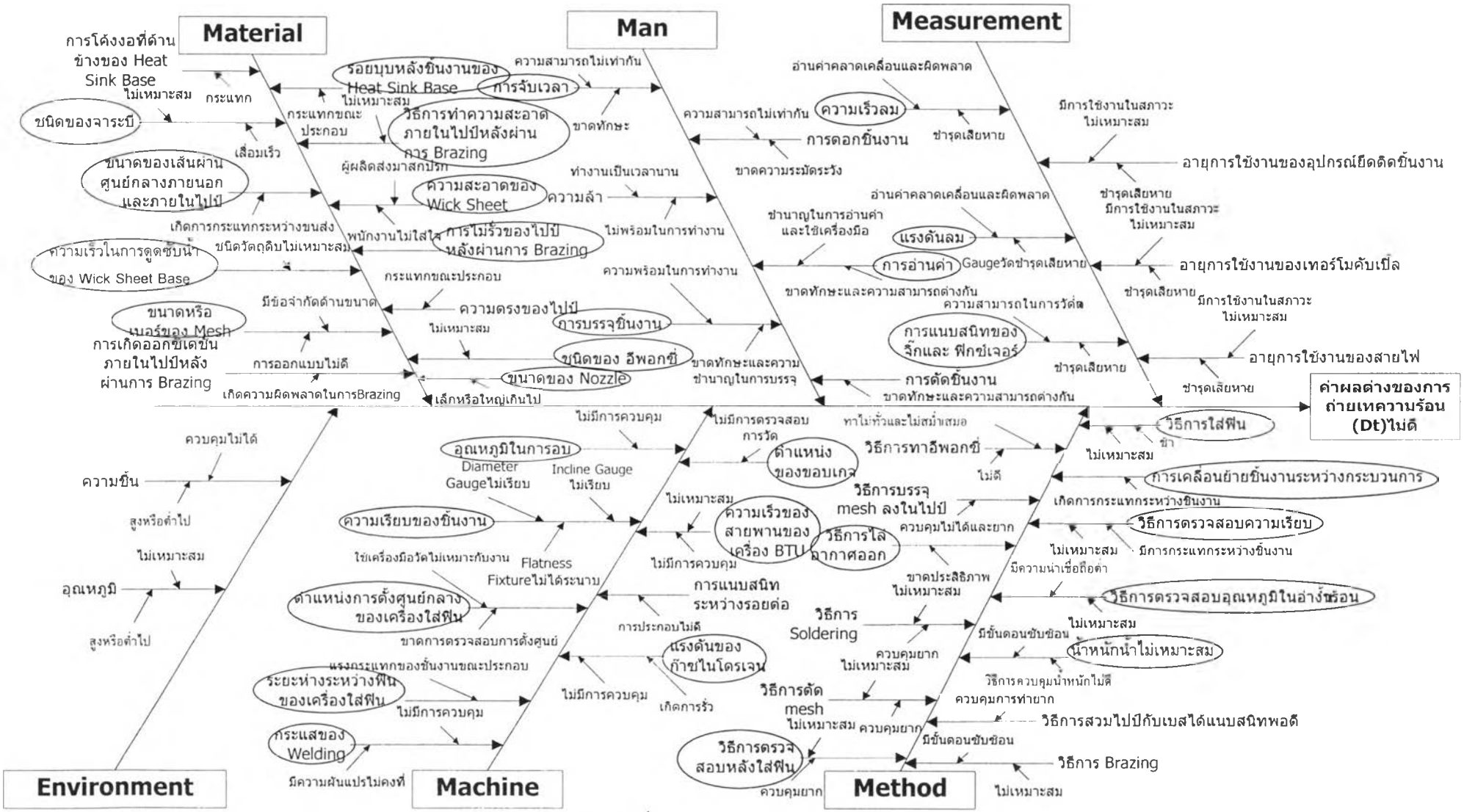
แต่เนื่องจากค่าความแปรปรวนที่เกิดจากระบบการวัดทั้งสิ้นไม่ควรเกิน 7 - 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดได้ ในที่นี้ได้ค่าความแปรปรวนที่เกิดจากระบบการวัดทั้งสิ้น 9.04 เปอร์เซ็นต์ จากแผนภูมิควบคุม $\bar{X}$ – R แสดงดังรูปที่ 4.11 หรือจากค่า Number of Distinct Categories ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4 สรุปได้ว่าระบบการวัดนี้มีความสามารถในการแยกความแตกต่างของค่าวัดได้ดี

นับได้ว่ายังได้ค่าความแปรปรวนที่ไม่มากนักเมื่อทีมงานได้ทำการระดมความคิดโดยคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นค่อนข้างสูงหากมีการเปลี่ยนแปลงระบบการวัด อีกทั้งได้ใช้เทอร์โมคับเปิ้ลที่มีค่าข้อกำหนดที่สูงอยู่แล้ว จึงอนุโลมให้ใช้งานระบบการวัดนี้ได้ต่อไป

เมื่อระบบการวัดทั้ง 2 ระบบมีความน่าเชื่อถือแล้วจึงสามารถดำเนินการตามขั้นตอนถัดไปที่ได้วางแผนไว้ในขั้นตอนของการนิยามปัญหา โดยทำการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผลก่อนเพื่อให้ทราบถึงต้นเหตุของของปัญหาเพื่อให้ได้ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

4.3 การวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

เพื่อค้นพบสาเหตุสำหรับการวิเคราะห์ที่มีโอกาสเป็นไปได้มากที่สุดโดยสร้างภาพความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและจะเกิดในอนาคต ซึ่งต้องเจาะจงถึงเงื่อนไขที่เป็นสาเหตุของข้อกำหนดจากลูกค้าด้วยการระดมความคิดกับทีมงานได้แผนภาพการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram) ดังรูปที่ 4.13 ซึ่งจะได้ปัจจัยนำเข้า (KPIV) ต่างๆ จากนั้นต้องนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อจำแนกว่าปัจจัยนำเข้า (KPIV) ใดที่สามารถควบคุมได้และไม่สามารถควบคุมได้ หากไม่สามารถควบคุมได้ต้องทำการตัดปัจจัยเหล่านั้นทิ้ง โดยจะเฉพาะปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่สามารถควบคุมได้เท่านั้นนำมาพิจารณาแสดงดังตารางที่ 4.6 จากนั้นนำไปทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลของกระบวนการ (KPOV) และปัจจัยนำเข้า (KPIV) ในขั้นตอนต่อไป



รูปที่ 4.13 ผังแสดงเหตุและผล

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงผลค่าตัวแปรนำเข้าที่สามารถควบคุมได้และไม่สามารถควบคุมได้

ตัวแปรนำเข้าที่สามารถควบคุมได้	ตัวแปรนำเข้าทีไม่สามารถควบคุมได้
รอยบุบหลังชิ้นงานของ Heat Sink Base	การโค้งงอที่ด้านข้างของ Heat Sink Base
ความเร็วในการดูดซับน้ำของ Wick Sheet	ความตรงของท่อความร้อน
ความสะอาดของ Wick Sheet	การเกิดออกซิเดชั่นภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing
ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อความร้อน	การแนบสนิทระหว่างรอยต่อ
ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อความร้อน	วิธีการตัดวัสดุพรุน (Mesh)
ขนาดหรือเบอร์ของวัสดุพรุน (Mesh)	วิธีการบรรจุวัสดุพรุน (Mesh) ลงในท่อความร้อน
ขนาดของ Nozzle	วิธีการสวมวามร้อนกับเบสได้แนบสนิทพอดี
วิธีการทำความสะอาดภายในไปป์หลังผ่านการ Brazing	วิธีการ Soldering
การไม่รั่วของท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	วิธีการ Brazing
ชนิดของจาระบี	วิธีการทาอีพอกซี่
ชนิดของอีพอกซี่	ประสิทธิภาพของเทอร์โมคับเปิ้ล
อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบไนโตรเจน	ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ยึดติดชิ้นงาน
ความเร็วของสายพานของเครื่อง BTU	ประสิทธิภาพของสายไฟ
ความเรียบของ Incline Guage	การตัดชิ้นงาน
ความเรียบของ Diameter Guage	การตอกชิ้นงาน
ตำแหน่งของขอบเกจ	ความล้า
แรงดันของก๊าซไนโตรเจน	อุณหภูมิ
กระแสของ Welding	ความชื้น
ตำแหน่งการตั้งศูนย์กลางของเครื่องใส่ฟิน	
ระยะห่างระหว่างฟินของเครื่องใส่ฟิน	
ความเรียบของ Flatness Fixture	
วิธีการไล่อากาศออก	
น้ำหนักน้ำไม่เหมาะสม	
วิธีการตรวจสอบอุณหภูมิในอ่างน้ำร้อน	
วิธีการใส่ฟิน	
วิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟิน	
วิธีการตรวจสอบความเรียบ	
การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ	
การแนบสนิทของจิกซ์และฟิกซ์เจอร์	
แรงดันลม	
ความเร็วลม	
ความสะอาดของเครื่องมือวัด	
การบรรจุชิ้นงาน	
การจับเวลา	
การอ่านค่า	

4.4 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix)

จากตารางจำแนกปัจจัยนำเข้า (KPIV) ได้เลือกเฉพาะปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่สามารถควบคุมได้เท่านั้นมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) ดังแสดงในตารางที่ 4.7 เนื่องจากไม่สามารถปรับปรุงปัจจัยนำเข้า (KPIV) ที่ไม่สามารถควบคุมได้ โดยกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) กับผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV) ดังนี้

0 = ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) กับ ผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV)
1 = ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) กับ ผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV) น้อยมาก
3 = ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) กับ ผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV) ปานกลาง
5 = ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) กับ ผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV) สูง

ในการพิจารณาตามความสัมพันธ์ของปัจจัยนำเข้า (KPIV) กับผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV) นั้นจะให้คะแนนความสัมพันธ์จากการระดมความคิดของทีมงานดังแสดงในตารางที่ 4.8 เมื่อนำคะแนนความสัมพันธ์ของทั้งสองปัจจัยนั้นมาจัดลำดับความสำคัญจากมากไปน้อย โดยการใช้ผังพาเรโตดังแสดงในตารางที่ 4.9 และรูปที่ 4.14 จะทำให้สามารถคัดเลือกเฉพาะปัจจัยนำเข้าที่สอดคล้องกับตัวแปรตอบสนองที่เป็นความต้องการของลูกค้าจริงๆ ซึ่งในที่นี้ได้กำหนดค่าผลลัพธ์ของกระบวนการ (KPOV) ทั้งสิ้น

คือค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) จากนั้นจะนำไปทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องผลผลกระทบ (FMEA) เพื่อเป็นการกลั่นกรองปัจจัยนำเข้าที่มีผลต่อคือค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) และผลของกระบวนการ (KPOV)

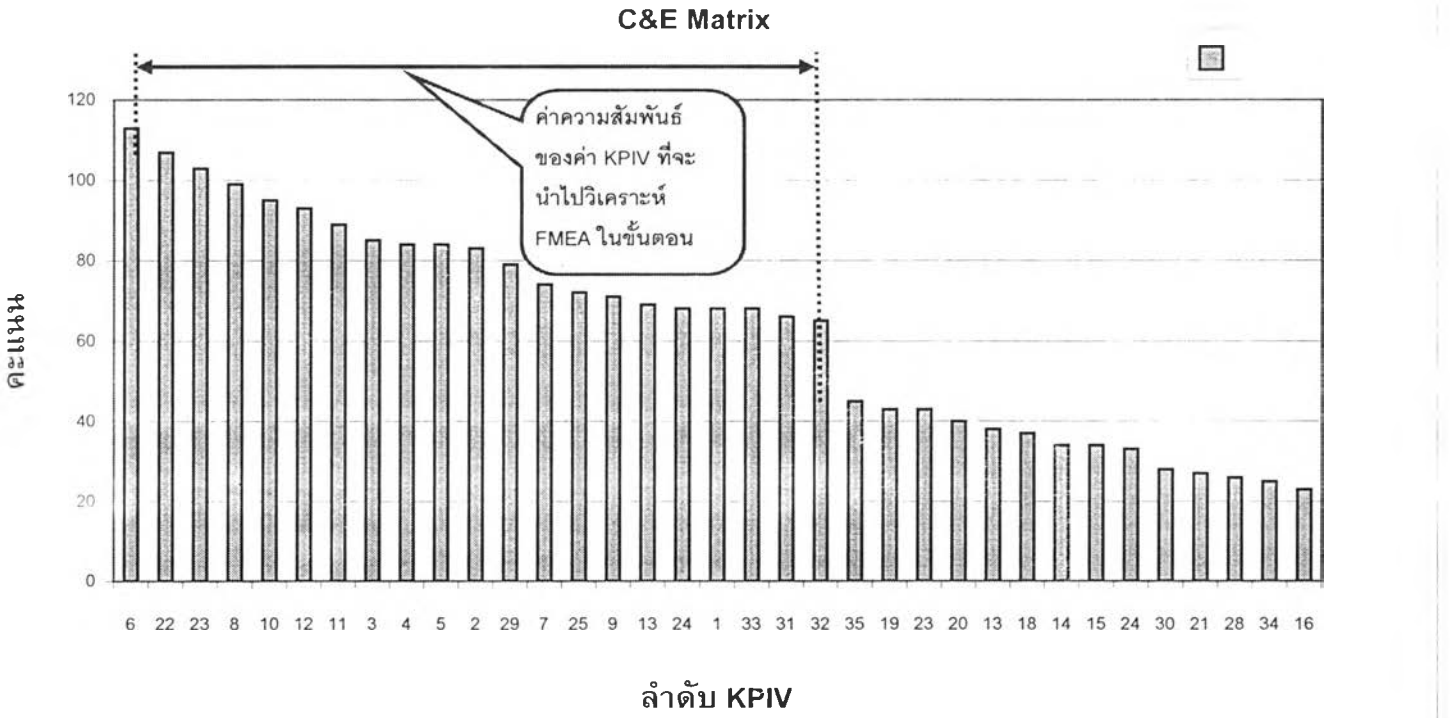
ลำดับ	KPOV		3	3	5	7	9	คะแนน
	Cause	KPIV	การได้ตามขนาดที่ต้องการ (In-Spec)	ระยะเวลาในการ Operate (Time)	การสวมหรือบรรจุได้พอดี (Fit)	การมคุณสมบัติความเป็นท่อ (NCG)	การถ่ายเทความร้อนได้ดี (DT)	
1	Material	รอยบุบหลังซินงานของ Heat Sink Base	1	2	4	3	2	68
2		ความเร็วในการดูดซับน้ำของ Wick Sheet	1	3	1	3	5	83
3		ความสะอาดของ Wick Sheet	3	3	3	1	5	85
4		ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อความร้อน	1	0	3	3	5	84
5		ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อความร้อน	1	0	3	3	5	84
6		ขนาดหรือเบอร์ของวัสดุพรุน (Mesh)	3	3	3	5	5	113
7		ขนาดของ Nozzle	0	1	1	3	5	74
8		วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	3	3	3	3	5	99
9		การไม่รั่วของไปป์หลังผ่านการ Brazing	3	3	1	3	3	71
10		ชนิดของจาระบี	5	3	1	3	5	95
11		ชนิดของอีพอกซี	5	1	1	3	5	89
12	Machine	อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบไนโตรเจน	3	1	3	3	5	93
13		ความเร็วของสายพานของเครื่อง BTU	1	3	1	3	0	38
14		ความเรียบของ Incline Guage	3	1	3	1	0	34
15		ความเรียบของ Diameter Guage	1	3	3	1	0	34
16		ตำแหน่งของขอบเกจ	3	3	1	0	0	23
17		แรงดันของก๊าซไนโตรเจน	1	1	3	3	3	69
18		กระแสของ Welding	1	1	3	1	1	37

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) *ตารางแสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) และผลของกระบวนการ (KPOV)*

ลำดับ	KPOV		3	3	5	7	9	คะแนน
	Cause	KPIV	การได้ตามขนาดที่ต้องการ (In-Spec)	ระยะเวลาในการ Operate (Time)	การสวมหรือบรรจุได้พอดี (Fit)	การมคุณสมบัติความเป็นท่อ (NCG)	การถ่ายเทความร้อนได้ดี (DT)	
19		ตำแหน่งการตั้งศูนย์กลางของเครื่องใส่ฟิน	3	3	5	0	0	43
20		ระยะห่างระหว่างฟินของเครื่องใส่ฟิน	3	3	3	1	0	40
21		ความเรียบของFlatness Fixture	3	1	3	0	0	27
22	Method	วิธีการไล่อากาศออก	3	1	3	5	5	107
23		น้ำหนักน้ำไม่เหมาะสม	3	3	1	5	5	103
24		วิธีการตรวจสอบอุณหภูมิในอ่างน้ำร้อน	1	3	1	1	1	33
25		วิธีการใส่ฟิน	0	3	0	1	3	43
26		วิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟิน	3	1	3	2	3	68
27		วิธีการตรวจสอบความเรียบ	3	1	3	0	5	72
28		การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ	1	3	1	0	1	26
29	Measurement	การแนบสนิทของจิกซ์และฟิกซ์เจอร์	1	3	3	1	5	79
30		แรงดันลม	1	3	0	1	1	28
31		ความเร็วลม	2	3	2	2	3	66
32		ความสะอาดของเครื่องมือวัด	3	1	2	1	4	65
33	Man	การบรรจุชิ้นงาน	4	2	5	1	2	68
34		การจับเวลา	1	5	0	1	0	25
35		การอ่านค่า	3	3	0	0	3	45

ตารางที่ 4.9 ตารางแสดงลำดับของ KPIV ทั้ง 35 อันดับ

ลำดับ	KPIV	คะแนน
6	ขนาดหรือเบอร์ของวัสดุพรุน (Mesh)	113
22	วิธีการไล่อากาศออก	107
23	น้ำหนักน้ำไม่เหมาะสม	103
8	วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	99
10	ชนิดของจาระบี	95
12	อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบไนโตรเจน	93
11	ชนิดของอีพอกซี	89
3	ความสะอาดของ Wick Sheet	85
4	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อความร้อน	84
5	ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อความร้อน	84
2	ความเร็วในการดูดซับน้ำของ Wick Sheet	83
29	การแนบสนิทของจิกซ์และฟิกซ์เจอร์	79
7	ขนาดของ Nozzle	74
25	วิธีการตรวจสอบความเรียบ	72
9	การไม่รั่วของท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	71
13	แรงดันของก๊าซไนโตรเจน	69
24	วิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟิน	68
1	รอยบุบหลังชิ้นงานของ Heat Sink Base	68
33	การบรรจุชิ้นงาน	68
31	ความเร็วลม	66
32	ความสะอาดของเครื่องมือวัด	65
35	การอ่านค่า	45
19	ตำแหน่งการตั้งศูนย์กลางของเครื่องใส่ฟิน	43
23	วิธีการใส่ฟิน	43
20	ระยะห่างระหว่างฟินของเครื่องใส่ฟิน	40
13	ความเร็วของสายพานของเครื่อง BTU	38
18	กระแสของ Welding	37
14	ความเรียบของ Incline Guage	34
15	ความเรียบของ Diameter Guage	34
24	วิธีการตรวจสอบอุณหภูมิในอ่างน้ำร้อน	33
30	แรงดันลม	28
21	ความเรียบของ Flatness Fixture	27
28	การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ	26
34	การจับเวลา	25
16	ตำแหน่งของขอบเกจ	23



*รูปที่ **4.14** ผังพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ*

4.5 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

หลังจากที่ได้พิจารณาเลือกปัจจัยที่สำคัญจากการพิจารณาด้วยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) แล้วในขั้นตอนนี้จะนำปัจจัยเหล่านั้นมาวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นของปัจจัยต่างๆ เหล่านี้พร้อมกับพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นด้วยดังตารางที่ 4.10 โดยเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะคำนึงถึงการให้คะแนนของ Risk Priority Number (RPN) ให้กับแต่ละปัญหา

การคำนวณค่า RPN ได้มาจากผลคูณค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวคือ O x S x D เมื่อ

O = Occurrence คือ ระดับความเสี่ยงของการเกิดปัญหาความล้มเหลวหรือความผิดพลาด

S = Severity คือ ระดับความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานั้นขึ้น

D = Detection คือ ระดับความสามารถในการตรวจจับปัญหานั้นก่อนที่จะส่งมอบงานหรือผลิตภัณฑ์ไปให้ลูกค้า

ค่า O,S และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก 1x1x1 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีน้อยมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมากเช่นกันและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ก่อนส่งมอบให้แก่ลูกค้าอย่างสมบูรณ์

ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก 10x10x10 หมายความว่าความถี่ของการเกิดปัญหานี้มีมากและความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมากรวมถึงความสามารถในการตรวจจับปัญหามีต่ำ

ในการให้คะแนนของทั้ง 3 พารามิเตอร์นั้นจะทำการวิเคราะห์และให้คะแนนโดยการระดมความคิดของทีมงานซึ่งจะมีผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหลาย ๆ ฝ่ายเพื่อที่จะทำการกลั่นกรองให้เหลือเฉพาะปัจจัยที่มีความสำคัญต่อปัญหาจากนั้นทำการใช้ผังพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญดังแสดงในตารางที่ 4.11 และรูปที่ 4.15 ก่อนที่จะนำไปทำการทดสอบสมมติฐานในขั้นตอนของการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาไป

ตารางที่ 4.10 ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB | PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly | FMEA Number: TE-001

PART NO: TS-1164-2 | CUSTOMER: xxx | Date (Orig.): 26/08/2002

FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA | Date (Rev.) : 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
1.Sintering	1.1 ความสะอาดของ Wick Sheet	1.1.1 Wick Sheet ไม่สะอาด	a. มีสิ่งปนเปื้อนอยู่ใน Wick Sheet ที่ได้รับจาก ผู้ผลิต	- ตรวจสอบด้วยสายตา	7	3	4	84	- ตรวจสอบ Incoming Material จากผู้ผลิตทุก Lot	(PM)	30/08/02	- มีสิ่งปนเปื้อนอยู่ใน Wick Sheet ลดลง	7	3	2	42
			b.พนักงานไม่รักษาความสะอาดขณะปฏิบัติงาน	- ตรวจสอบด้วยสายตา	7	2	3	42	- ควบคุมให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนในเอกสาร (POM) อย่างเคร่งครัด	(PE)	30/09/02	- จำนวนของ Wick Sheet ที่สกปรกน้อยลง	7	2	2	28
	1.2 ความเร็วในการดูดซับน้ำของ Wick Sheet	1.2.1 การดูดซับน้ำของ Wick Sheet ช้า	a. ชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิต Wick Sheet ไม่เหมาะสม	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	5	5	200	- พิจารณาหาวัสดุที่ใช้ผลิต Wick Sheet ที่เหมาะสม	(SPC)	15/11/02	- ได้ Wick Sheet ที่มีความสามารถในการดูดซับน้ำดีขึ้น	8	3	4	96
			b. อุณหภูมิของการ อบ Wick Sheet ไม่เหมาะสม	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	4	5	160	- ปฏิบัติตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM) อย่างเคร่งครัด	(SPC)	20/12/02	- การดูดซับน้ำของ Wick Sheet ดีขึ้น	8	3	3	72
	1.3 รอยบุบหลังชิ้นงานของ Heat Sink Base	1.3.1 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนไม่ดี	a. เกิดรอยบุบ ขีดข่วน โค้งงอ จากการผลิต	- ตรวจสอบด้วยสายตาและสัมผัส	7	2	5	70	- ตรวจสอบ Incoming Material จากผู้ผลิตทุก Lot	(PE)	16/09/02	- ได้รับ ชิ้นงานที่มีความบกพร่องน้อยลง	7	1	3	21

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB
PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly
FMEA Number: TE-001
PART NO: TS-1164-2
CUSTOMER: xxx
Date (Orig.): 24/08/2002
FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA
Date (Rev.): 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
1.Sintering (Cont...)	1.3 รอยบุบหลังชิ้นงานของ Heat Sink Base	1.3.2 ทำให้ยากแก่การสวมหรือบรรจุได้พอดี	a. เกิดรอยบุบ ขีดข่วน โค้งงอ จากการผลิต	- ตรวจสอบด้วยสายตาและการสัมผัส	6	3	3	54	- ส่งคืนผู้ผลิตเพื่อทำการเปลี่ยนวัสดุใหม่	(SPC)	16/09/02	- ได้รับ ชิ้นงานที่มีความบกพร่องน้อยลง	6	2	2	24
2.Brazing	2.1 ขนาดหรือเบอร์ของ วัสดุพรุน (mesh)	2.1.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. เกิดจากการกำหนดขนาดหรือเบอร์ไม่เหมาะสม	- ข้อกำหนดจากแผนกออกแบบผลิตภัณฑ์	8	4	6	192	- ทำการออกแบบการทดลอง(DOE) เพื่อหาขนาดหรือเบอร์ของวัสดุพรุน (mesh) ที่เหมาะสม	(R&D)	24/12/02	- ได้ขนาดหรือเบอร์ของ วัสดุพรุน (mesh) ที่เหมาะสม	8	3	3	72
	2.2 ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในไปป์	2.2.1 ทำให้ยากแก่การสวมหรือบรรจุได้พอดี	a. ได้รับวัตถุดิบจากผู้ผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนด	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	7	3	2	42	- ส่งคืนผู้ผลิตเพื่อทำการเปลี่ยนวัสดุใหม่	(PE)	9/09/02	- ได้รับ ชิ้นงานที่มีความบกพร่องน้อยลง	7	3	1	21
	2.3 ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกไปป์	2.3.1 ทำให้ยากแก่การสวมหรือบรรจุได้พอดี	a. ได้รับวัตถุดิบจากผู้ผลิตไม่ได้ตามข้อกำหนด	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	6	2	2	24	- ส่งคืนผู้ผลิตเพื่อทำการเปลี่ยนวัสดุใหม่	(PE)	9/09/02	- ได้รับ ชิ้นงานที่มีความบกพร่องน้อยลง	6	2	1	12
	2.4 ขนาดของ Nozzle	2.4.1 ทำให้คุณสมบัติความเป็นท่อความร้อน (NCG)ลดลง	a. Nozzle เกิดการอุดตัน	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	6	2	4	48	- ตรวจสอบรูของ Nozzle ก่อนการประกอบ	(PE)	3/10/02	- Nozzle ไม่เกิดการอุดตัน	6	2	3	36

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB
PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly
FMEA Number: TE-001
PART NO: TS-1164-2
CUSTOMER: xxx
Date (Orig.): 24/08/2002
FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA
Date (Rev.): 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
2.Brazing (Cont..)	2.5 การบรรจุชิ้นงาน	2.5.1 การสวมหรือบรรจุไม่พอดี	a. พนักงานไม่ปฏิบัติตามมาตรฐานการทำงาน	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	5	2	3	30	- ควบคุมให้พนักงานปฏิบัติตามขั้นตอนในเอกสาร (POM) อย่างเคร่งครัด	(PE)	16/09/02	- ทำให้การสวมหรือบรรจุได้พอดีและง่ายในการประกอบ	5	2	2	20
3.N_2 Baking	3.1 อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบไนโตรเจน	3.1.1 ทำให้ผลิตภัณฑ์ไหม้ (Oxidation)	a. อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบไนโตรเจนสูงเกินไป	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	5	5	200	- ทำการออกแบบการทดลอง(DOE) เพื่อหาอุณหภูมิในการอบของเครื่องอบ N_2 ที่เหมาะสม	(R&D)	6/01/03	- ได้อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบ N_2 ที่เหมาะสม	8	3	4	96
4.Leakage	4.1 การไม่รั่วของท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	4.1.1 ทำให้ไม่มีคุณสมบัติความเป็นท่อความร้อน	a. ท่อความร้อนเกิดการรั่ว	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	7	3	3	63	- หาวิธีการปรับปรุงชิ้นงานเพื่อให้นำกลับไปใช้งานได้	(PE)	29/11/02	- ความถี่ของการเกิดการรั่วของท่อความร้อนลดลง	7	2	2	28
	4.2 แรงดันของก๊าซไนโตรเจน	4.2.1 ทำให้การตรวจสอบการรั่วได้ผลผิดพลาด	a. แรงดันของก๊าซไนโตรเจนต่ำเกินไป	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	7	3	2	42	- ตรวจสอบระดับของแรงดันให้ตรงตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	(PE)	9/12/02	- ในการปฏิบัติงานได้ค่าแรงดันของก๊าซไนโตรเจนที่ถูกต้อง	7	2	2	28
5..Cleaning	5.1 วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	5.1.1 ทำให้คุณสมบัติความเป็นท่อความร้อน (NCG) ลดลง	a. เกิดจากระบวนการ Brazing ไม่ดี	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	5	4	160	- ปรับปรุงกระบวนการ Brazing โดยการเพิ่มวิธีการทำความสะอาด	(PE)	28/11/02	- ทำให้จำนวนของความเป็นท่อความร้อน (NCG) เพิ่มขึ้น	8	3	3	72

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB
PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly
FMEA Number: TE-001
PART NO: TS-1164-2
CUSTOMER: xxx
Date (Orig.): 24/08/2002
FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA
Date (Rev.): 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
5.Cleaning (Cont..)	5.1 วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	5.1.2 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. เกิดสิ่งปนเปื้อนภายในท่อความร้อน	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	6	5	240	- ปรับปรุงกระบวนการ Brazing โดยการเพิ่มวิธีการทำความสะอาด	(PE)	28/11/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	4	2	64
			b. เกิดจากกระบวนการ Brazing ไม่ดี	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	7	3	168	- ปรับปรุงกระบวนการ Brazing โดยการเพิ่มวิธีการทำความสะอาด	(PE)	28/11/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	4	3	96
6.Water Charging-Seasoning	6.1 น้ำหนักน้ำภายในท่อความร้อนไม่เหมาะสม	6.1.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. ความผิดพลาดของพนักงานในการปฏิบัติงาน	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	6	4	192	- ทำการออกแบบการทดลอง(DOE) เพื่อหาน้ำหนักน้ำภายในท่อความร้อนที่เหมาะสม	(R&D)	3/01/03	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	3	4	96
7. Water Charging-Degassing	7.1 วิธีการไล่อากาศออก	7.1.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. การนำชิ้นงานออกจากตู้อบไม่พร้อมกัน	- ไม่มีการควบคุม	8	7	4	224	- หาวิธีการในการไล่อากาศใหม่(Exhaust)	(R&D)	13/12/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	2	4	64

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB
PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly
FMEA Number: TE-001
PART NO: TS-1164-2
CUSTOMER: xxx
Date (Orig.): 24/08/2002
FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA
Date (Rev.): 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
8. Flatness	8.1 วิธีการตรวจสอบความเรียบ	8.1.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a.ได้รับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ดีจากกระบวนการผลิตที่ผ่านมา	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	6	2	3	36	- ทำการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในแต่ละกระบวนการก่อนส่งต่อไปยังกระบวนการถัดไป	(PE)	14/10/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	6	2	2	24
			b. เกิดจากการขนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ	- ไม่มีการควบคุม	6	1	4	24	- เพิ่มมาตรการในการขนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ	(PE)	14/10/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	6	1	2	12
9. Insert Fin	9.1 ชนิดของ อีพอกซี่	9.1.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. ชนิดของอีพอกซี่ไม่เหมาะสม	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	5	4	160	- ทำการออกแบบการทดลอง(DOE) เพื่อหาชนิดของอีพอกซี่ที่เหมาะสม	(PM)	27/12/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	3	3	72
		9.1.2 ทำให้ยากต่อการทำความสะอาดชิ้นงาน	a. ชนิดของอีพอกซี่ไม่เหมาะสม	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	4	6	192	- ทำการออกแบบการทดลอง(DOE) เพื่อหาชนิดของอีพอกซี่ที่เหมาะสม	(PE)	27/12/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	3	2	48

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) *ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง*

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB | PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly | FMEA Number: TE-001

PART NO: TS-1164-2 | CUSTOMER: xxx | Date (Orig.): 24/08/2002

FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA | Date (Rev.): 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
9.Insert Fin (Cont.)	9.2 วิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟิน	9.2.2 ทำให้ลักษณะภายนอกที่ปรากฏไม่ได้ตามข้อกำหนด	a. เกิดจากความผิดพลาดในการปฏิบัติงานของพนักงาน	- ไม่มีการควบคุม	5	2	4	40	-เพิ่มขั้นตอนของวิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟินในเอกสาร (POM)	(PE)	20/09/02	- ได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้า	5	2	3	30
10. Q.A. Thermal Checking	10.1 ชนิดของกรีส	10.1.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. ชนิดของกรีสไม่เหมาะสม	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	8	4	4	128	- ทำการออกแบบการทดลอง(DOE) เพื่อหาชนิดของกรีส ที่เหมาะสม	(QA)	8/10/02	- ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนดีขึ้น	8	2	3	48
			b. พนักงานมีทักษะในการปฏิบัติงานไม่เท่ากัน	- ไม่มีการควบคุม	8	5	4	160	- อบรมพนักงานเพื่อเพิ่มทักษะในการปฏิบัติงานให้ดีขึ้น	(QA)	8/10/02	- การปฏิบัติงานของพนักงานผิดพลาดลดลงและการถ่ายเทความร้อนดีขึ้น	8	4	2	64
	10.2 การแนบสนิทของ จิกซ์และ ฟิกเจอร์	10.2.1 ทำให้การถ่ายเทความร้อนภายในท่อความร้อนไม่ดี	a. จิกซ์และ ฟิกเจอร์ รั่วหรือเสื่อม	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	6	3	2	36	- ตรวจสอบการแนบสนิทของ จิ๊กและ ฟิกเจอร์ให้ได้ตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	(QA)	9/12/02	- ทำให้สามารถวัดค่าของอุณหภูมิในการถ่ายเทความร้อนได้แม่นยำขึ้น	6	1	2	12

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) ตารางการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FAILURE MODE&EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: IMTS-1012-XB
PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly
FMEA Number: TE-001

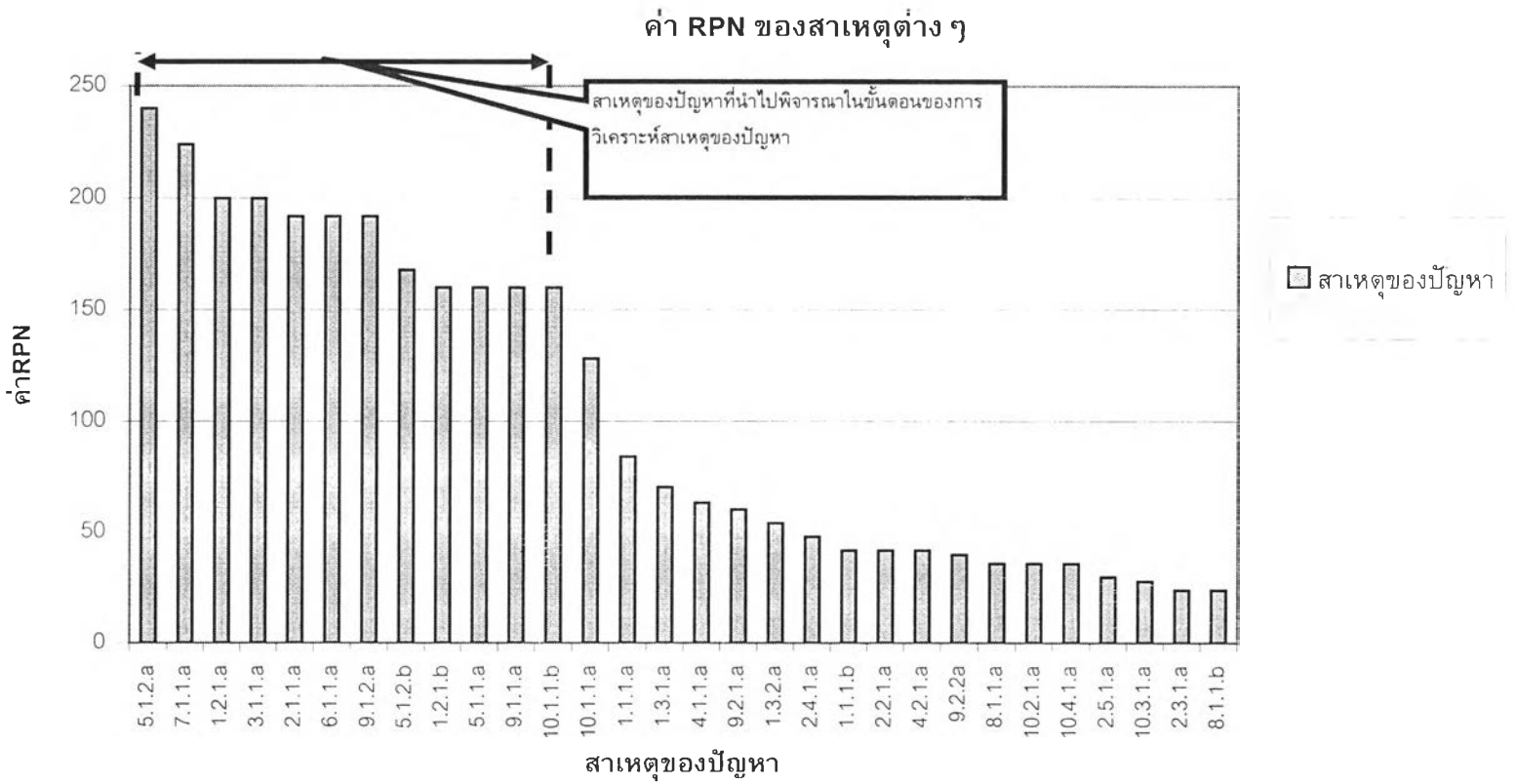
PART NO: TS-1164-2
CUSTOMER: xxx
Date (Orig.): 24/08/2002

FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA
Date (Rev.): 15/01/2003

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION	ACTION BY	CORRECTION DUE DATE	ACTION TAKEN	REVISED STATUS			
					SEV	OCC	DET	RPN					SEV	OCC	DET	RPN
10. Q.A. Thermal Checking	10.3 ความเร็วลม	10.3.1 ทำให้ค่า Dt ที่ได้ผิดพลาดจากความเป็นจริง	a พนักงานปรับตั้งค่าความเร็วลมผิดพลาด	- ควบคุมตามข้อกำหนดในเอกสาร (POM)	7	2	2	28	- กำชับพนักงานให้ปฏิบัติไปตามข้อกำหนด	(QA)	18/10/02	- ทำให้สามารถวัดค่าของอุณหภูมิในการถ่ายเทความร้อนได้แม่นยำขึ้น	7	1	2	14
	10.4 ความสะอาดของเครื่องมือวัด	10.4.1 ทำให้ค่า Dt ที่ได้ผิดพลาดจากความเป็นจริง	a พนักงานไม่ให้ความสำคัญต่อการทำความสะอาด	- ไม่มีการควบคุม	6	3	2	36	- เพิ่มวิธีการทำความสะอาดของเครื่องมือวัดในเอกสารควบคุม (POM)	(QA)	16/11/02	- ทำให้สามารถวัดค่าของอุณหภูมิในการถ่ายเทความร้อนได้แม่นยำขึ้น	6	2	1	12

ตารางที่ 4.11 *ตารางแสดงสาเหตุของปัญหาและค่า RPN*

สาเหตุของปัญหา		ค่า RPN
วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	5.1.2.a	240
วิธีการไล่อากาศออก	7.1.1.a	224
ความเร็วในการดูดซับน้ำของ Wick Sheet	1.2.1.a	200
อุณหภูมิในการอบของเครื่องอบไนโตรเจน	3.1.1.a	200
ขนาดหรือเบอร์ของวัสดุพรุน (Mesh)	2.1.1.a	192
น้ำหนักน้ำภายในท่อความร้อนไม่เหมาะสม	6.1.1.a	192
ชนิดของอีพอกซี่	9.1.2.a	192
วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	5.1.2.b	168
ความเร็วในการดูดซับน้ำของ Wick Sheet	1.2.1.b	160
วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	5.1.1.a	160
ชนิดของอีพอกซี่	9.1.1.a	160
ชนิดของจาระบี	10.1.1.b	160
ชนิดของจาระบี	10.1.1.a	128
ความสะอาดของ Wick Sheet	1.1.1.a	84
รอยบุบหลังชิ้นงานของ Heat Sink Base	1.3.1.a	70
การไม่รั่วของท่อความร้อนหลังผ่านการ Brazing	4.1.1.a	63
วิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟิน	9.2.1.a	60
รอยบุบหลังชิ้นงานของ Heat Sink Base	1.3.2.a	54
ขนาดของ Nozzle	2.4.1.a	48
ความสะอาดของ Wick Sheet	1.1.1.b	42
ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อความร้อน	2.2.1.a	42
แรงดันของก๊าซไนโตรเจน	4.2.1.a	42
วิธีการตรวจสอบหลังใส่ฟิน	9.2.2a	40
วิธีการตรวจสอบความเรียบ	8.1.1.a	36
การแนบสนิทของจิกซ์และฟิกซ์เจอร์	10.2.1.a	36
ความสะอาดของเครื่องมือวัด	10.4.1.a	36
การบรรจุชิ้นงาน	2.5.1.a	30
ความเร็วลม	10.3.1.a	28
ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อความร้อน	2.3.1.a	24
วิธีการตรวจสอบความเรียบ	8.1.1.b	24



รูปที่ 4.15 ผังพาเรโตจัดลำดับความสำคัญของค่า RPN

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ได้นำผลคะแนน RPN ที่ได้ มาจัดเรียงจากมากไปน้อยและพล็อตแผนภูมิพาเรโต เพื่อพิจารณาลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย ดังรูปที่ 4.15 และทำการเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีคะแนน RPN มากกว่า 150 คะแนน เป็นปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่จะนำไปวิเคราะห์และทดสอบสมมติฐานต่อไป โดยปัจจัยนำเข้าที่เลือกมานั้นมีจำนวนทั้งหมด 9 ปัจจัยนำเข้า ดังต่อไปนี้

- การทำความสะอาดท่อความร้อนและวัสดุพรุน
- ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นกลาง
- ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอก
- ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap)
- อุณหภูมิการอบไนโตรเจน
- เวลาในการไล่ก๊าซออก
- ชนิดของอีพอกซี่
- ชนิดของจาระบี
- น้ำหนักน้ำ

4.6 สรุปผลขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุปัญหา

ผลลัพธ์จากขั้นตอนนี้คือ ผลของการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดทั้ง 2 ระบบ ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล และผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล โดยนำผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้ไปใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

4.6.1 ผลจากการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัดทั้ง 2 ระบบ

พบว่าระบบการวัดที่กระบวนการ Internal Thermal Checking มีค่าความผันแปรสูงไม่สามารถยอมรับความสามารถของระบบการวัดนี้ได้จึงต้องทำการเปลี่ยนระบบการวัดใหม่โดยใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยทำการทดสอบค่าการถ่ายเทความร้อนภายในระบบ ในส่วนระบบการวัดที่กระบวนการ QA. Thermal Checking นั้นมีค่าความแปรปรวนที่อยู่ในช่วงที่พอยอมรับได้ (7-10 เปอร์เซ็นต์) และเนื่องจากระบบได้ใช้เทอร์โมคับเปิ้ลที่มีค่าข้อกำหนดที่ค่อนข้างสูงอยู่แล้ว เมื่อคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทางทีมงานจึงอนุโลมให้ใช้งานได้ต่อไป

4.6.2 ผลจากการวิเคราะห์ปัญหาจากสาเหตุและผล (Cause & Effect Diagram)

ได้ปัจจัยนำเข้าซึ่งมีทั้งปัจจัยที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้จากนั้นพิจารณาปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ทั้งสิ้น 35 ปัจจัย มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างผลของกระบวนการ (KPOV) และปัจจัยนำเข้า (KPIV) ด้วยตารางสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) แล้วจัดเรียงลำดับคะแนนตามความสำคัญด้วยผังพาเรโตจึงเหลือปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลต่อตัวแปรตอบสนองเพียง 11 ปัจจัย จากนั้นนำไปวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ต่อไป

4.6.3 ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

จากการนำจัดลำดับความสำคัญด้วยผังพาเรโต ในขั้นตอนการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) พบว่าปัจจัยนำเข้าที่ทดสอบที่สำคัญที่มีแนวโน้มกับผลกระทบต่อค่าความแปรปรวนของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน (Dt) นี้มีทั้งสิ้น 9 ปัจจัย ได้แก่ การทำความสะอาดท่อความร้อนและวัสดุพรุน ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นกลาง ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอก ระยะห่างระหว่างวัสดุพรุนกับท่อความร้อน (Gap) อุณหภูมิการอบไนโตรเจน เวลาในการไล่ก๊าซออก ชนิดของอีพอกซี่ ชนิดของจาระบี น้ำหนักน้ำ ซึ่งปัจจัยที่ได้เลือกทั้งหมดนี้ จะนำไปวิเคราะห์ความมีนัยสำคัญในขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป