

## การลดของเสียในกระบวนการผลิตเครื่องระบายความร้อน

โดยประยุกต์ใช้วิธีการ 6 $\sigma$ 

ปารเมศ ชูติมา และ ธนียา ล้มชูเชื้อ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 022186847 หรือ 016232794 โทรสาร 022513969

E-mail: cparames@chula.ac.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำหลักการของ 6 $\sigma$  มาประยุกต์เพื่อลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเครื่องระบายความร้อน โดยเริ่มต้นจากการค้นหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมให้กับปัจจัยนำเข้าหลัก โดยการนำเอา 5 เฟสของ 6 $\sigma$  มาใช้ ซึ่งจะส่งผลให้ค่าผลลัพธ์ของกระบวนการดีขึ้น ตามด้วยการนำเอาของเสียมาปรับปรุงแก้ไข โดยการเคาะเบาๆ ซึ่งทำให้เกิดความสม่ำเสมอของวัสดุพูนกับท่อความร้อน ส่งผลให้ของเสียลดลงประมาณ 35% จากของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตพบว่า กระบวนการสามารถผลิตเครื่องระบายความร้อนมีค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนลดลง จากประมาณ 22°C เหลือประมาณ 19°C (ถ้าความแตกต่างนี้มีค่าน้อย การระบายความร้อนเกิดขึ้นได้ดีขึ้น ทำให้มีของเสียลดลง) และสามารถประมาณมูลค่าความสูญเสียที่ลดลงได้เป็นเงินเท่ากับ 1,108,250 บาท โดยพิจารณาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2545 ถึงเดือนธันวาคม 2546

## Abstract

This research is the application of 6 $\sigma$  concepts to reduce defects in a heat sink tower production process. It begins with the well-known 5 phases of 6 $\sigma$  to identify the appropriate levels for the key process input variables. This results in improved performance of the process. After that to obtain further improvement, an additional activity is added to the process, i.e. defects are soft knocking to smoothen the gap between mesh and heat pipe of the heat sink. It is found that defects can be reduced around 35% of the total by adding this step. In addition, the process can produce the heat sink tower that has average heat transfer difference reducing from 22°C to 19°C. This can convert to 1,108,250 baths of monetary loss from May 2002 to December 2003.

## 1. บทนำ

เนื่องจากการแข่งขันของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการแข่งกันอย่างสูงในกลุ่มอุตสาหกรรมประเภทนี้ ดังนั้นองค์กรที่จะสามารถยืนหยัดอยู่ได้จำเป็นต้องมีการพัฒนาองค์กรของตนในด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเอาเทคนิคหรือหลักการทางด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรมเข้ามาประยุกต์เพื่อลดต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการผลิต แนวทางที่ผ่านมานั้นจะเป็นลักษณะของการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับสภาวะการแข่งขันในโลกปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตชิ้นส่วนของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการและเทคโนโลยีค่อนข้างบ่อย ดังนั้นในการพัฒนาหรือปรับปรุงระบบการทำงานนั้น จึงจำเป็นต้องพิจารณาในส่วนของคุณภาพและผลลัพธ์ที่ได้ประกอบด้วย ซึ่งกฎเกณฑ์สำคัญที่จะช่วยให้การดำเนินการขององค์กรเหล่านี้มีประสิทธิภาพนั้นคือ การพัฒนาอย่างก้าวกระโดด แนวทางหนึ่งที่จะทำให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ที่อาจจะดูแล้วไกลเกินเอื้อมสำหรับบางบริษัทได้ก็คือ การนำเอาหลักการและเทคนิคของ 6 $\sigma$  มาประยุกต์ ซึ่งมีเป้าหมายสูงสุดคือ เพื่อให้บริษัทสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างก้าวกระโดดทั้งในด้านของระบบการทำงานหรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ และแนวทางนี้กำลังได้รับความนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ปัจจุบัน

งานวิจัยนี้มุ่งไปที่อุปกรณ์ระบายความร้อนภายในคอมพิวเตอร์ (Heat Sink Tower) ซึ่งการผลิตในปัจจุบันมีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก และส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขันของบริษัทการศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต และใช้แนวทางของ 6 $\sigma$  มาประยุกต์ ซึ่งขอบเขตการศึกษาจะเน้นเฉพาะผลิตภัณฑ์เครื่องระบายความร้อน (Heat Sink Tower) เพียงรุ่นเดียวเท่านั้น ซึ่งรุ่นนี้เป็นรุ่นที่มียอดการผลิตต่อปีสูงสุดและตลาดยังให้ความนิยมอยู่ การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการจะทำได้โดยใช้กระบวนการทดสอบค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนเป็นหลัก (การถ่ายเทความร้อนคือ

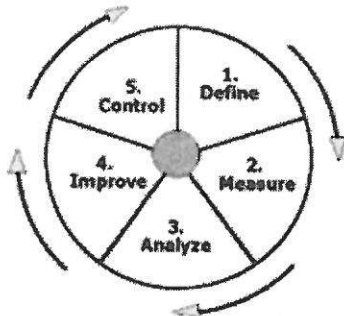
RECEIVED 18 June, 2003

ACCEPTED 7 January, 2004

หมายถึง การที่ผลต่างนี้มีค่าน้อย) สำหรับการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติจะใช้โปรแกรม Minitab เข้ามาช่วย

จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดของเสียในอุตสาหกรรมด้วยวิธีการ 6 $\sigma$  พบว่า บริษัทซีเคสามารถลดของเสียจาก 1,800 DPPM (Defective Parts Per Million) เหลือประมาณ 550 DPPM ในกระบวนการหอดอกว่าที่ Flip-Chip [8] การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง 6 $\sigma$  กับการจำลองแบบปัญหาที่มีการนำกลวิธีทางสถิติมาใช้ได้ถูกกล่าวไว้โดย Ferrin, Marthin และ Miller [6] รวมถึงได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดเก็บฐานข้อมูล เพื่อปรับปรุงและแก้ไขให้ความสามารถของกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์ดีขึ้นในงานของ Goh [7] จากตัวอย่างดังกล่าวเป็นที่ประจักษ์ว่า อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้นำเอาใช้นแนวทางของ 6 $\sigma$  มาใช้ในการลดของเสียกันอย่างแพร่หลาย โดยส่วนใหญ่จะทำให้เราทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลและเงื่อนไขที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีอิทธิพล ซึ่งจะนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิต การลดความเสียหาย และทำให้ได้รับผลประโยชน์ตอบแทนอย่างคุ้มค่าจากการลงทุนเพื่อปรับปรุงคุณภาพ [1, 2, 4]

## 2. แนวทางในการดำเนินงานวิจัย



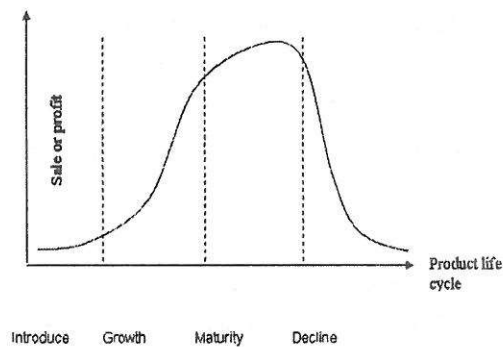
รูปที่ 1 แนวทาง 5 เฟสของ 6 $\sigma$

การดำเนินงานวิจัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 เฟสหลักตามแนวทางของ 6 $\sigma$  [5] ดังแสดงในรูปที่ 1 กล่าวคือ (1) ขั้นตอนของการกำหนดแผนงานในการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น (Define Phase) ซึ่งจะเกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในสายการผลิต การกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย การพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบันโดยพิจารณาจากปริมาณของเสียในปัจจุบัน และการศึกษากระบวนการผลิตโดยภาพรวมจากแผนภาพอธิบายกระบวนการ (Process Mapping); (2) ขั้นตอนของการวัดเพื่อหาสาเหตุของปัญหา (Measurement Phase) ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (Gauge R&R) การวิเคราะห์หาสาเหตุและผลกระทบของกระบวนการที่เลือกโดยใช้ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) และตารางแสดง

ความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล (Cause & Effect Matrix) รวมถึงการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode & Effect Analysis, FMEA) โดยขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์คือ การกรองเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (Key Process Input Variable, KPIV) เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป; (3) ขั้นตอนของการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (Analyze Phase) เป็นการนำเอาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIV) ที่ได้จากผลการวิเคราะห์ด้วย FMEA มาทดสอบความมีนัยสำคัญของปัจจัยนำเข้าด้วยเครื่องมือทางสถิติ เช่น การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) หรือการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) แล้วก็วิเคราะห์ผลเพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญที่จะนำไปทำการทดลองในขั้นตอนถัดไป; (4) ขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (Improve Phase) เป็นขั้นตอนที่เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการดำเนินการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญและตัวแปรตอบสนองที่ต้องการ (ในงานวิจัยนี้คือ ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อน) ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดตัวแปรและข้อจำกัดที่อาจส่งผลกระทบต่อ การทดลอง การกำหนดขั้นตอนการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูล การทำการทดลองตามแผนการที่วางไว้ และการวิเคราะห์สรุปผลการทดลอง จากนั้นทำการทดสอบเพื่อยืนยันผล (Confirmation & Implementation) เพื่อยืนยันข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ข้างต้นก่อนที่จะนำผลที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจริง; และ (5) ขั้นตอนของการควบคุมกระบวนการผลิต (Control Phase) ซึ่งจะเกี่ยวกับการพิจารณาเลือกแผนภูมิควบคุมที่เหมาะสมให้กับตัวแปรควบคุม โดยจะมีการกำหนดวิธีการวัด ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ความถี่ในการวัด และวิธีการแก้ไขเมื่อเกิดปัญหาว่าค่าที่ควบคุมไม่ได้ตกอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ

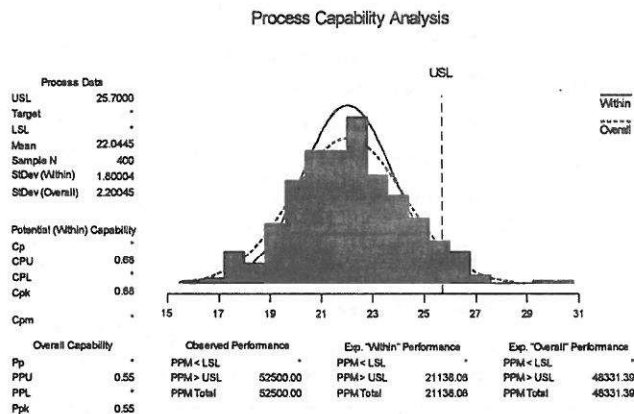
## 3. การดำเนินการและผลการวิจัย

**ขั้นตอนของการนิยามปัญหา:** เป็นการพิจารณาถึงที่มาของปัญหา ซึ่งเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ในด้านการศึกษาถึงช่วงอายุต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ดังรูปที่ 2 การวิเคราะห์นี้ทำให้เห็นถึงแนวโน้มของตลาด ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์เริ่มออกสู่ตลาดไปจนถึงในช่วงท้ายสุดที่ตลาดเริ่มอิ่มตัว จากการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่นำมาศึกษานี้โดยฝ่ายการตลาดของบริษัท พบว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวยังคงอยู่ในช่วงที่ตลาดมีความต้องการอย่างมาก แต่ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเดียวกัน นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิตมีค่าสูงมากอีกด้วย ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อโรงงานวิจัยเพื่อปรับปรุงผลิตภัณฑ์เครื่องระบายความร้อนเป็นสิ่งที่จะต้องดำเนินการดำเนินงานของบริษัทอย่างมาก



รูปที่ 2 กราฟช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ [4]

อีกประเด็นที่สำคัญของขั้นตอนการนิยามปัญหานั้นก็คือ การศึกษา พิจารณาของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตย่อยต่างๆ จากการกระบวนการผลิตและการคำนวณหาผลรวมของสัดส่วนของเสีย วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตดังรูปที่ 3 เพื่อให้ทราบถึงสถานะของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน โดยจะ



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิต

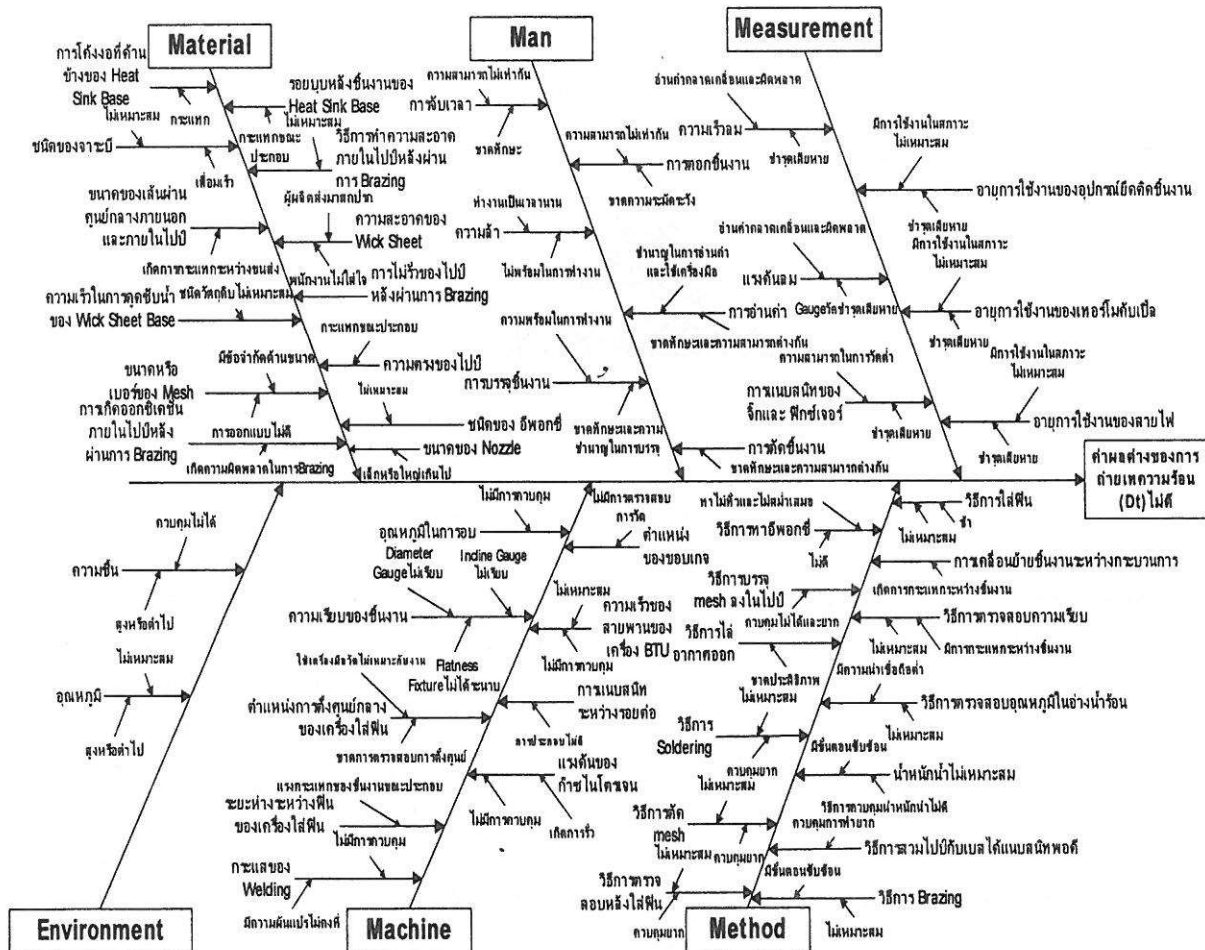
ซึ่งพบว่า ค่าของความสามารถของกระบวนการ ( $C_{pk}$ ) ต่ำมาก (เท่ากับ 0.68) เมื่อเทียบกับค่าของขีดจำกัดบน  $USL = 25.7$  และมีค่าเฉลี่ยของผลต่างของการถ่ายเทความร้อนอยู่ที่  $22^{\circ}\text{C}$  ดังนั้นจึงไม่เป็นที่น่าแปลกใจว่า มีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากจากกระบวนการนี้

**ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา:** การหาปัจจัยนำเข้าสำคัญ (KPIV) ของกระบวนการ เกิดขึ้นจากการระดมสมองร่วมกันในที่งานที่มีทักษะและความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา ซึ่งอาจแฝงตัวอยู่ในกระบวนการ หรืออาจถูกกลบเกล็นในการพิจารณาที่เคยทำมาก่อนหน้านี้ก็ได้ สิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับแรกของขั้นตอนนี้ก็คือ การวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด (GR&R) ซึ่งพบว่า ระบบการวัดอุณหภูมิภายในปัจจุบันยังไม่เหมาะสม (ความผันแปรของ Gage R&R เทียบกับความผันแปรทั้งหมด  $> 30\%$ ) จึงทำให้มีค่าความผิดพลาดจากการวัดค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงระบบการวัดอุณหภูมิภายในเสียใหม่ให้เป็นระบบที่ดี โดยการเขียนขั้นตอน

การปฏิบัติงานมาตรฐานและจัดการฝึกอบรมให้กับพนักงานวัดที่เกี่ยวข้อง ส่วนระบบการวัดที่กระบวนการตรวจสอบความร้อน (Thermal Checking) เป็นการทำงานที่เหมาะสมอยู่แล้ว (ความผันแปรของ Gage R&R เทียบกับความผันแปรทั้งหมด  $< 30\%$ ) จึงไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอะไรเกิดขึ้น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สาเหตุและผลของปัญหาโดยใช้แผนภูมิกระดูกปลา (Fishbone Diagram) ดังรูปที่ 4 เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด แล้วทำการพิจารณาเลือกเฉพาะปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ โดยกำหนดว่าจะต้องเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้เท่านั้น การทำงานในขั้นตอนนี้จะให้แต่ละคนในที่งานมีหน้าที่จะต้องอภิปรายถึงเหตุผลสนับสนุนต่างๆ ให้สมาชิกในที่ฟัง หลังจากนั้นจะมีการลงคะแนนว่าปัจจัยดังกล่าวสมควรจะนำเข้าไปพิจารณาในขั้นตอนต่อไปหรือไม่ (Nominal Group Technique [5]) ซึ่งทำให้มีปัจจัยที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด 35 ปัจจัย หลังจากนั้นจึงทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้า (KPIV) และผลของกระบวนการ (KPOV) โดยใช้ตารางวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง

สาเหตุและผล (C&E Matrix [5]) ดังรูปที่ 5 และเพื่อเป็นการถ่วงดุลของปัจจัยนำเข้า (KPIV) อีกระดับหนึ่ง จึงได้นำเอาค่าระดับคะแนนความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้มาพล็อตลงบนผังพารโอด ซึ่งทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของปัจจัยตามระดับคะแนนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีคะแนนสูง และกลุ่มที่มีคะแนนน้อย ดังนั้นจึงได้นำเอาปัจจัยที่อยู่ในกลุ่มแรกทั้งหมดจำนวน 21 ปัจจัยมาวิเคราะห์ต่อในด้านของลักษณะข้อบกพร่องผลกระทบ (FMEA) ในกระบวนการผลิตเพื่อเป็นการถ่วงดุลของปัจจัยนำเข้า (KPIV) ให้เหลือเฉพาะที่มีความสำคัญจริงๆ เท่านั้น ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งทำให้เหลือปัจจัยที่มีค่า Risk Priority Number (RPN) สูงมากอยู่จำนวน 9 ปัจจัยเท่านั้น และปัจจัยที่เราจะนำไปทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาต่อไป (ข้อควรระวังสำหรับขั้นตอนนี้ก็คือ KPIV ที่ได้จากการถ่วงดุลการถ่วงดุล)

ดังกล่าวข้างต้นนี้ เป็นกระบวนการที่ส่วนใหญ่ได้มาจากการระดมสมองของทีมงาน ซึ่งถ้าทีมงานเป็นทีมงานที่ค่อยๆ ประสพการณ์ หรือต้องเร่งรีบในการพิจารณา ก็จะทำให้ KPIV ผลลัพธ์ที่ออกมาอาจจะไม่สามารถนำไปสู่การปรับปรุงอย่างมากก็เป็นไปได้ นอกจากนั้นทีมงานจะต้องช่วยกันกำหนดเกณฑ์มาตรฐานในการให้คะแนนอีกด้วย เพราะแต่ละคนจะต้องลงคะแนนให้กับประเด็นต่างๆ ที่เกิดขึ้น ถ้าขาดการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานแล้ว อาจจะทำให้คะแนนที่แต่ละคนให้มีความหลากหลายมาก และขั้นตอนนี้ในบางครั้งจะต้องเสียเวลาอย่างมาก ดังนั้นจึงขอเน้นว่า ทีมงานที่เข้าร่วมในขั้นตอนนี้จะต้องคัดจากผู้มีความรู้และมีประสบการณ์ในเรื่องนี้จริงๆ ซึ่งอาจจะเป็นคนจากภายนอกบริษัทก็ได้)



รูปที่ 4 แผนภูมิแก๊งปลา

| ลำดับ | KPOV     |                                                   | 3                               | 3                           | 5                                  | 7                                      | 9                                      | คะแนน |
|-------|----------|---------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------|
|       | Cause    | KPIV                                              | การป้องกัน<br>ทางที่<br>จ้องจาว | ระยะเวลา<br>ที่<br>Operator | การควบคุม<br>การ<br>บรรจุ<br>วัสดุ | การ<br>ควบคุม<br>การ<br>บรรจุ<br>วัสดุ | การ<br>ควบคุม<br>การ<br>บรรจุ<br>วัสดุ |       |
|       |          |                                                   | (In-Spec)                       | (Time)                      | (Fit)                              | (NCG)                                  | (DT)                                   |       |
| 1     | Material | รอยร้าวที่ฐานของ Heat Sink Base                   | 1                               | 2                           | 4                                  | 3                                      | 2                                      | 58    |
| 2     |          | ความเรียบในการเชื่อม 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     |          | ขนาดของรอยร้าว วัดด้วย (Merh)                     | 3                               | 3                           | 3                                  | 5                                      | 5                                      | 113   |
| 7     |          | ขนาดของ Nozzle                                    | 0                               | 1                           | 1                                  | 3                                      | 5                                      | 74    |
| 8     |          | วิธีการทำความสะอาดภายในท่อความร้อนด้วยการ Brazing | 3                               | 3                           | 3                                  | 3                                      | 5                                      | 99    |
| 9     |          | การไม่เรียบของท่อความร้อนด้วยการ Brazing          | 3                               | 3                           | 1                                  | 3                                      | 3                                      | 71    |
| 10    |          | ชนิดของ สารเคมี                                   | 5                               | 3                           | 1                                  | 3                                      | 5                                      | 95    |
| 11    |          | ชนิดของ อิเล็กตรอน                                | 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 Gauge                        | 3                               | 1                           | 3                                  | 1                                      | 0                                      | 34    |
| 15    |          | ความเรียบของ Diameter Gauge                       | 1                               | 3                           | 3                                  | 1                                      | 0                                      | 34    |
| 16    |          | ตำแหน่งของรอยเชื่อม                               | 3                               | 3                           | 1                                  | 0                                      | 0                                      | 23    |
| 17    |          | แรงดันของก๊าซไนโตรเจน                             | 1                               | 1                           | 3                                  | 3                                      | 3                                      | 69    |
| 18    |          | การเชื่อม Welding                                 | 1                               | 1                           | 3                                  | 1                                      | 1                                      | 37    |

| ลำดับ | KPOV        |                                       | 3                               | 3                           | 5                                  | 7                                      | 9                                      | คะแนน |
|-------|-------------|---------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------|
|       | Cause       | KPIV                                  | การป้องกัน<br>ทางที่<br>จ้องจาว | ระยะเวลา<br>ที่<br>Operator | การควบคุม<br>การ<br>บรรจุ<br>วัสดุ | การ<br>ควบคุม<br>การ<br>บรรจุ<br>วัสดุ | การ<br>ควบคุม<br>การ<br>บรรจุ<br>วัสดุ |       |
|       |             |                                       | (In-Spec)                       | (Time)                      | (Fit)                              | (NCG)                                  | (DT)                                   |       |
| 19    |             | ตำแหน่งการตั้งศูนย์ของเครื่องปั๊ม     | 3                               | 3                           | 5                                  | 0                                      | 0                                      | 43    |
| 20    |             | ระยะห่างระหว่างชิ้นของเครื่องปั๊ม     | 3                               | 3                           | 3                                  | 1                                      | 0                                      | 40    |
| 21    |             | ความเรียบของ Flatness Fixture         | 3                               | 1                           | 3                                  | 0                                      | 0                                      | 27    |
| 22    | Method      | วิธีการใส่พลาสติก                     | 3                               | 1                           | 3                                  | 5                                      | 5                                      | 107   |
| 23    |             | น้ำหนักน้ำไม่เหมาะสม                  | 3                               | 3                           | 1                                  | 5                                      | 5                                      | 103   |
| 24    |             | วิธีการตรวจสอบอุณหภูมิในอ่างน้ำร้อน   | 1                               | 3                           | 1                                  | 1                                      | 1                                      | 33    |
| 25    |             | วิธีการปั๊ม                           | 0                               | 3                           | 0                                  | 1                                      | 3                                      | 43    |
| 26    |             | วิธีการตรวจสอบการปั๊ม                 | 3                               | 1                           | 3                                  | 2                                      | 3                                      | 68    |
| 27    |             | วิธีการตรวจสอบความเรียบ               | 3                               | 1                           | 3                                  | 0                                      | 5                                      | 72    |
| 28    |             | การเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างกระบวนการ | 1                               | 3                           | 1                                  | 0                                      | 1                                      | 25    |
| 29    | Measurement | การนับชิ้นของ ชิ้นส่วน และ ชิ้นส่วน   | 1                               | 3                           | 3                                  | 1                                      | 5                                      | 79    |
| 30    |             | แรงดันลม                              | 1                               | 3                           | 0                                  | 1                                      | 1                                      | 28    |
| 31    |             | ความเรียบ                             | 2                               | 3                           | 2                                  | 2                                      | 3                                      | 66    |
| 32    |             | ความสะอาดของเครื่องมือวัด             | 3                               | 1                           | 2                                  | 1                                      | 4                                      | 65    |
| 33    | Man         | การบรรจุชิ้นงาน                       | 4                               | 2                           | 5                                  | 1                                      | 2                                      | 58    |
| 34    |             | การจับเวลา                            | 1                               | 5                           | 0                                  | 1                                      | 0                                      | 25    |
| 35    |             | การอ่านค่า                            | 3                               | 3                           | 0                                  | 0                                      | 3                                      | 45    |

รูปที่ 5 การวิเคราะห์ปัญหาจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุและผล



ตารางที่ 4.10 วิศวกรรมการวิเคราะห์ผลกระทบ

FAILURE MODE & EFFECTS ANALYSIS PROCESS

PART NAME: MTS-1012-28

PROCESS NAME: Tower Heat Sink Assembly

FMEA Number: TE-001

PART NO: TS-1164-2

CUSTOMER: xxx

Date (Orig.): 26/08/2003

FMEA COMMITTEE: PM, PE, SPC, R&D, QA

Date (Rev.): 19/01/2004

| 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 | REMOVED STATUS  |   |   |    |    |
|---------------------|----------------------------|------------------------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------|---|---|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------|-----------------|---|---|----|----|
|                     |                            |                                          |                  |                                   | S              | C | R |                               |                                   |                     |              | S               | C | R |    |    |
| 1.Binning           | 1.1 ความร้อนของ Wick Sheet | 1.1.1 Wick Sheet ไม่สม่ำเสมอ             | อ. มีรดา มีพินิจ | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | 7              | 3 | 4 | 34                            | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | (PM)                | 20/08/03     | - มีรดา มีพินิจ | 7 | 3 | 42 |    |
|                     |                            |                                          | บ. พงษ์ภวณ       | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | 7              | 2 | 3 | 42                            | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | (PE)                | 20/08/03     | - มีรดา มีพินิจ | 7 | 2 | 28 |    |
|                     | 1.2 ความร้อนของ Wick Sheet | 1.2.1 ความร้อนของ Wick Sheet ไม่สม่ำเสมอ | อ. มีรดา มีพินิจ | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | 8              | 5 | 6 | 200                           | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | (SPC)               | 19/11/03     | - มีรดา มีพินิจ | 8 | 5 | 96 |    |
|                     |                            |                                          | บ. พงษ์ภวณ       | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | 8              | 4 | 5 | 160                           | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | (SPC)               | 20/11/03     | - มีรดา มีพินิจ | 8 | 4 | 72 |    |
|                     | 1.3 ความร้อนของ Wick Sheet | 1.3.1 ความร้อนของ Wick Sheet ไม่สม่ำเสมอ | อ. มีรดา มีพินิจ | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | 7              | 2 | 6 | 70                            | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | (PE)                | 19/08/03     | - มีรดา มีพินิจ | 7 | 1 | 3  | 21 |
|                     |                            |                                          | บ. พงษ์ภวณ       | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | 7              | 1 | 3 | 21                            | - ตรวจอุณหภูมิ Wick Sheet ก่อนใช้ | (PE)                | 19/08/03     | - มีรดา มีพินิจ | 7 | 1 | 3  | 21 |

รูปที่ 6 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA)

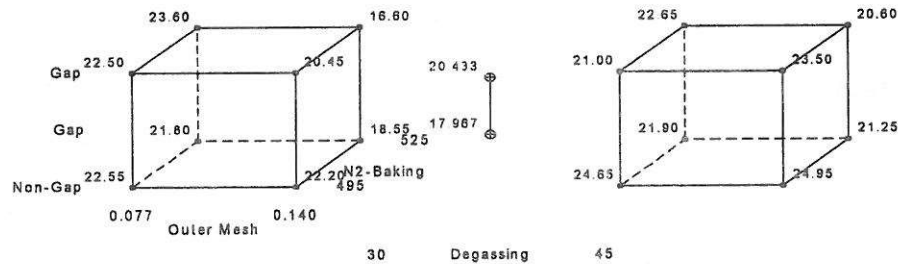
ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา: เป็นการอธิบายถึงปัจจัยนำเข้าและระดับของปัจจัยที่จะใช้ในการทดสอบสมมติฐาน รวมถึงขั้นตอนในการทำการทดลองอีกด้วย ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญทั้ง 9 ปัจจัย จากการพิจารณาขั้นตอนการวิเคราะห์กำหนดสาเหตุของปัญหา ได้แก่ การทำความสะอาดท่อความร้อนและวัสดุพูน ขนาดช่องว่างของวัสดุพูน (Mesh) ชั้นกลาง ขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอก ระยะห่างระหว่างวัสดุพูนกับท่อความร้อน (Gap) อุณหภูมิในการอบไนโตรเจน เวลาในการไล่ก๊าซออก ชนิดของฮีฟอกซ์ ชนิดของจาระบี และน้ำหนักของน้ำ จากการทดสอบทางสถิติกับข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้วิธีของ Plackett-Burman พบว่า 30 สิ่งตัวอย่างพอเพียงที่จะนำมาใช้ในการทดลองแบบที่ละปัจจัย (One-Factor-at-a-Time) หลังจากที่ได้เก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงทำการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบของแบบจำลองโดยการวิเคราะห์ค่าส่วนตกค้าง (Residual Plot) หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ย และทดสอบสมมติฐานทั้งค่าความแปรปรวนและค่าเฉลี่ยที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ซึ่งพบ 4 ปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรผลตอบอย่างมีนัยสำคัญ คือ ขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอก ระยะห่างระหว่างวัสดุพูนกับท่อความร้อน อุณหภูมิในการอบไนโตรเจน และเวลาในการไล่ก๊าซออก

ขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการ: เพื่อนำเอาผลจาก

ขั้นตอนก่อนหน้าไปทำการปรับปรุงกระบวนการ เราเริ่มต้นด้วยการทดลองซึ่งใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2<sup>4</sup> ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้งและเพิ่มการทดลองที่จุดศูนย์กลาง (Center Points) เข้าไป 3 จุดเพื่อให้สามารถหาค่าความผิดพลาดจากการทดลองได้ (รูปที่ 7 จากโปรแกรม Minitab) การออกแบบการทดลองชนิดนี้ทำให้จำนวนของการทดลองมีค่าน้อยที่สุด พร้อมกันนั้นยังสามารถวิเคราะห์ว่าพื้นผิวผลตอบตรงที่ทำการทดลองนั้นมีลักษณะเป็นส่วนโค้งอยู่หรือไม่ได้อีกด้วย [3] ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ ANOVA แสดงในรูปที่ 8 ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ ปัจจัยหลัก (Main Effects) ที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง คือ ขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอก อุณหภูมิในการอบไนโตรเจน และเวลาในการไล่ก๊าซออก ซึ่งแสดงเป็นตารางสรุปได้ดังตารางที่ 1 และอันตรกิริยา (Interaction Effects) ที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนอง คือ ขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอกกับอุณหภูมิในการอบไนโตรเจน (Outer Mesh \* N2-Baking) และขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอกกับเวลาในการไล่ก๊าซออก (Outer Mesh \* Degassing)

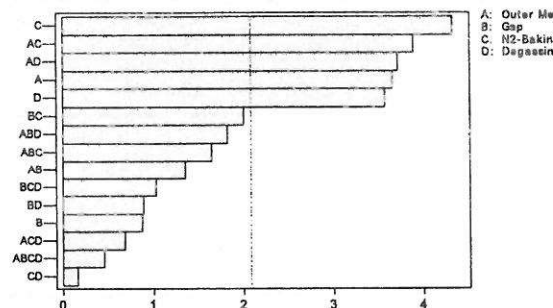
● Centerpoint  
● Factorial Point

Cube Plot (data means) for Dt



รูปที่ 7 การออกแบบการทดลอง

Pareto Chart of the Standardized Effects  
(response is Dt, Alpha = 05)



รูปที่ 8 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

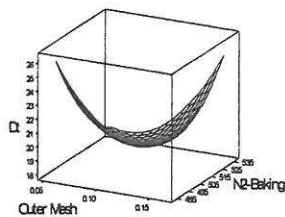
ตารางที่ 1 ปัจจัยที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

| ปัจจัย                                  | ระดับ |      | หน่วย        |
|-----------------------------------------|-------|------|--------------|
|                                         | 1     | 2    |              |
| ขนาดช่องว่างของวัสดุพรุน (Mesh) ชั้นนอก | 0.077 | 0.14 | มิลลิเมตร    |
| อุณหภูมิการอบไนโตรเจน                   | 495   | 525  | องศาเซลเซียส |
| เวลาในการไล่ก๊าซออก                     | 30    | 45   | วินาที       |

เนื่องจากการทดลองนี้มีลักษณะของส่วนโค้ง (Curvature) เกิดขึ้น โดยดูจากค่า P-Value ของจุดศูนย์กลางที่มีนัยสำคัญ ซึ่งทำให้เราไม่สามารถที่จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่มีการเพิ่มการทดลองที่จุดศูนย์กลางมาวิเคราะห์ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้การออกแบบส่วนประสมกลางที่มีการเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Central Composite Design with Center Points) มาช่วยในการวิเคราะห์เพื่อหา

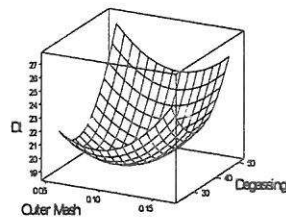
ระดับที่เหมาะสมของปัจจัยต่างๆ ที่มีนัยสำคัญแทน [3] ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองที่จุดศูนย์กลาง 6 ครั้ง จุดที่อยู่ตรงมุมของรูปลูกบาศก์ 8 จุด และจุดตามแนวแกนอีก 6 จุด (+1.68179 หรือ -1.68179) รวมการทดลองทั้งหมดเท่ากับ 20 การทดลอง หลังจากทำการทดลองแล้วได้นำเอาผลตอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์พื้นผิวผลตอบ ซึ่งแสดงในรูปที่ 9

Surface Plot between Outer Mesh & N2-Baking



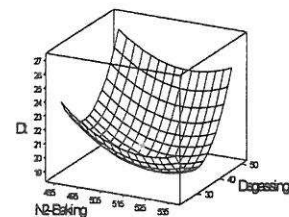
Hold values: Degassin: 37.5

Surface Plot between Outer Mesh & Degassing



Hold values: N2-Bakin: 510.0

Surface Plot between N2-Baking & Degassing



Hold values: Outer Mesh: 0.1085

### รูปที่ 9 พื้นผิวผลตอบแทน

จากนั้นจึงนำไปพื้นผิวผลตอบแทนไปวิเคราะห์เพื่อหาระดับของปัจจัยที่ดีที่สุดสำหรับการปรับค่าปัจจัยที่มีนัยสำคัญ ซึ่งทำให้ได้ค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนของความสามารถของกระบวนการที่ต่ำที่สุด คือ  $19.07^{\circ}\text{C}$  โดยต้องเปลี่ยนขนาดช่องว่างของวัสดุพูน

ชั้นนอกให้เป็นเบอร์ที่มีขนาด 165 ในขณะที่อุณหภูมิในการอบไนโตรเจนอยู่ที่  $510^{\circ}\text{C}$  และเวลาในกระบวนการไล่ก๊าซออกควรใช้เวลาอยู่ที่ 34.62 วินาที (ประมาณ 35 วินาที) ดังแสดงในรูปที่ 10

| 1           | Hi  | Outer Me | N2-Bakin | Degassin  |
|-------------|-----|----------|----------|-----------|
| D           | Cur | 0.1615   | 535.2269 | 50.1134   |
| 0.69761     | Lo  | [0.1085] | [510.0]  | [34.6213] |
|             |     | 0.0555   | 484.7731 | 24.8866   |
| Dt          |     |          |          |           |
| Minimum     |     |          |          |           |
| y = 19.0717 |     |          |          |           |
| d = 0.69761 |     |          |          |           |

### รูปที่ 10 ระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัจจัยทั้งสาม

ก่อนนำพารามิเตอร์ที่หาได้จากการทดลองไปใช้จริงในกระบวนการผลิต เราจะต้องทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองเสียก่อน โดยทำการทดลองซ้ำที่จุดดังกล่าวอีก 10 ครั้ง พบว่าค่าที่ได้จากการทดลองซ้ำนี้ไม่แตกต่างจากค่าที่ได้จากการทำการทดลองก่อนหน้านี้อย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่จะใช้ในการปรับตั้งกระบวนการนี้เป็นค่าที่ใช้ได้ ซึ่งทำให้ค่าดัชนีวัดความสามารถของกระบวนการ ( $C_{pk}$ ) เท่ากับ 0.71 เพิ่มขึ้นจากเดิมก่อนการปรับปรุงประมาณ 0.03 ค่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นเท่ากับ 21,483.13 PPM ซึ่งลดลงจากเดิมประมาณ 21,848.26 PPM และค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่อุปกรณ์ระบายความร้อนมีค่าเท่ากับ 19.58 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าที่ลดลงจากเดิม ดังนั้นสภาวะของปัจจัยทั้งสามคือ ขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอกเป็นเบอร์ที่มีขนาด 165 อุณหภูมิการอบไนโตรเจนเท่ากับ 510 องศาเซลเซียส และเวลาในการไล่ก๊าซออกเท่ากับ 34.62 นาที จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริงในกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนมีค่าที่ลดลงจากเดิม

**ขั้นตอนการควบคุมการผลิต:** ในการควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อให้กระบวนการผลิตสามารถผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามข้อกำหนดของลูกค้า นั้น จะต้องอาศัยเทคนิคการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติมาประยุกต์ใช้ เพื่อเป็นการตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในกระบวนการแล้วทำให้ผลลัพธ์ของกระบวนการดีขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนขนาดช่องว่างของวัสดุพูนชั้นนอก จากเบอร์ 100 ให้เป็นเบอร์ 165 นั้น เป็นค่าที่สามารถกำหนดได้ตายตัว และไม่ทำให้เกิดความผันแปรเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้แผนภูมิควบคุมสำหรับปัจจัยนี้ ส่วนการควบคุมอุณหภูมิการอบไนโตรเจนนั้น เนื่องจากปัจจัยนี้เป็นปัจจัยที่มีค่าเป็นตัวเลขที่สามารถวัดได้ ดังนั้นจึงทำการควบคุมโดยใช้แผนภูมิควบคุม  $\bar{X} - R$  เพื่อตรวจจับและควบคุมสิ่งผิดปกติที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจากแผนภูมิควบคุมดังกล่าว พบว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิการอบไนโตรเจนอยู่ที่ประมาณ  $511.6^{\circ}\text{C}$  ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้คือ  $510^{\circ}\text{C}$

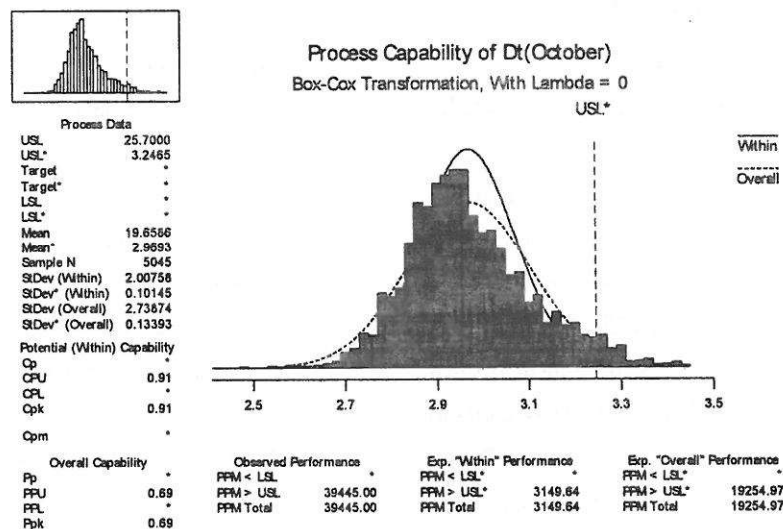


สำหรับปัจจัยด้านเวลาในการไล่ก๊าซออกก็จะใช้แผนภูมิควบคุม

$\bar{X} - R$  เพื่อตรวจจับและควบคุมสิ่งผิดปกติที่จะเกิดขึ้นเช่นกัน ซึ่งจากแผนภูมิควบคุมพบว่า ค่าเฉลี่ยของเวลาในการไล่ก๊าซออกอยู่ที่ประมาณ 34.96 วินาที ซึ่งมีค่าใกล้เคียงและเป็นไปตามค่าที่กำหนดไว้คือ 34.62 วินาที

จากการดำเนินงานตามแนวคิดของ 6 $\sigma$  ในรอบแรกพบว่า ค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างมากตามที่คาดหวังไว้ ทีมงานจึงได้ติดต่อกับบริษัทแม่ที่อยู่ต่างประเทศเพื่อขอความช่วยเหลือ เนื่องจากบริษัทแม่มีผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งได้รับคำตอบจากบริษัทแม่ว่า การที่มีของเสียเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตมากนั้น ส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ลูกค้าต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีข้อกำหนดทางวิศวกรรม (Specification) สูงขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน นอกจากนั้นกระบวนการผลิตในประเทศ

ไทยจะต้องถูกปรับใหญ่เพื่อที่จะให้สามารถตอบสนองต่อข้อกำหนดทางวิศวกรรมดังกล่าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่กระนั้นก็ตามจากข้อมูลการวิเคราะห์ที่ให้กับบริษัทแม่ไป บริษัทแม่พบว่า พารามิเตอร์ต่างๆ ที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสม ดังนั้นแทนที่เราจะปรับปรุงกระบวนการผลิต เราควรจะทำปรับปรุงที่ตัวผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียแทน ดังนั้นวงจรของ 6 $\sigma$  ก็ได้ถูกเริ่มต้นใหม่ โดยครั้งนี้เน้นไปที่ตัวผลิตภัณฑ์แทน จากการวิเคราะห์พบว่า การเคาะเบาๆ 2-3 ครั้งที่ทำความร้อนหลังจากประกอบผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว เพื่อปรับความสม่ำเสมอของระยะห่างระหว่างวัสดุพูนกับท่อความร้อน สามารถช่วยลดจำนวนของผลิตภัณฑ์เสียลงได้ หลังจากนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตหลังทำการปรับปรุงแก้ไข พบว่าค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการมีค่าเป็น 0.91 ซึ่งเป็นค่าที่เพิ่มขึ้นจากก่อนทำการปรับปรุงกระบวนการ และมีปริมาณของเสียลดลงเหลือเพียง 19,255 PPM เท่านั้น (รูปที่ 11)



รูปที่ 11 การวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการผลิตหลังการปรับปรุง

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนหลังทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานพบว่า บริษัทสามารถลดความสูญเสียลงได้ทั้งสิ้น 1,108,250 บาท ซึ่งเป็นผลมาจากทั้งการปรับปรุงกระบวนการทำงานด้วยการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ทำให้สามารถลดปริมาณของเสียได้ประมาณ 56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทั้งนี้เกิดขึ้นจากการซ่อมแซมชิ้นงานด้วยวิธีการปรับความสม่ำเสมอของวัสดุพูนกับท่อความร้อนโดยการเคาะเบาๆ 2-3 ครั้งได้ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์จากของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งขั้นตอนนี้ก็ได้ถูกเติมเข้าไปในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว แต่เนื่องจากธรรมชาติของกระบวนการ

ผลิตครีบบระบายความร้อนยังคงมีของเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดขึ้นมาจากเทคโนโลยีการผลิตที่เปลี่ยนไป จึงมีความคุ้มค่าที่จะดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์วิธีการทาง 6 $\sigma$  สำหรับกระบวนการนี้ อีก โดยในครั้งนี้เราอาจจะปรับทำการปรับใหญ่ให้กับกระบวนการผลิต ปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลักของกระบวนการ (KPOV) ตัวอื่นๆ นอกเหนือจากค่าผลต่างของการถ่ายเทความร้อนซึ่งได้ทำมาแล้วในงานวิจัยนี้ หรือปรับปรุงที่ตัวผลิตภัณฑ์เองก็ตาม ผู้วิจัยคาดว่าหลังจากการประยุกต์วิธีการทาง 6 $\sigma$  ในครั้งต่อไปก็จะนำทำให้บริษัทสามารถลดปริมาณของเสียลงจากเดิมได้อีก

มีบทเรียนหลายประการที่ผู้วิจัยได้รับจากงานวิจัยนี้ และต้องการกล่าวเตือนเพื่อให้พนักงานหรือทีมงานที่ต้องการนำเอาแนวคิดของ 6 $\sigma$  ไปประยุกต์กับงานที่ทำอยู่ได้ตระหนักถึงก็คือ 6 $\sigma$  เป็นเพียงแค่กรอบของแนวคิดที่จะพาเราไปสู่เป้าหมายสูงสุดขององค์กรเท่านั้น ดังนั้นผู้ที่อ้างตนเองว่าได้นำเอาแนวคิดของ 6 $\sigma$  ไปใช้กับระบบงานขององค์กรจึงไม่จำเป็นที่จะต้องบรรลุถึงเป้าหมายนั้นเสมอไป (ค่า  $C_{pk}$  = 2) จริงๆ แล้วแนวคิดของ 6 $\sigma$  มีความคล้ายคลึงกับการทำกิจกรรมกลุ่ม QCC อย่างมาก แต่แตกต่างกันที่การใช้เครื่องมือทางสถิติขั้นสูงที่มีความเข้มข้นกว่า มีโครงสร้างการบริหารบุคคลที่ชัดเจนกว่า และยังมีการแบ่งเฟสการทำงานออกเป็น 5 เฟสที่ชัดเจนอีกด้วย ซึ่งทำให้ทีมงานไม่สับสนและทราบถึงเครื่องมือขั้นต่ำที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาในแต่ละเฟสได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือ ควรจะมีการวางแผนของวัฏจักรของ 6 $\sigma$  เป็นจำนวนน้อยที่สุด (ดีที่สุดคือทำรอบเดียวได้ผลสัมฤทธิ์ผล ซึ่งเปรียบเสมือนการปรับปรุงอย่างก้าวกระโดดนั่นเอง) แต่ถ้ายังไม่สามารถแก้ปัญหาให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ เฟสต่างๆ ก็จะต้องหมุนซ้ำไปเรื่อย ๆ ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับวงจร PDCA ของเคมมิ่งนั่นเอง

การที่องค์กรจะบรรลุถึงเป้าหมายสูงสุดของ 6 $\sigma$  ได้จะต้องมีโครงสร้างพื้นฐานหลายประการมารองรับ ตัวอย่างเช่น ความรู้และประสบการณ์ของทีมงาน ซึ่งในองค์กรที่ทำ 6 $\sigma$  อย่างเต็มรูปแบบจะต้องส่งบุคลากรประมาณ 10% ไปฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับ 6 $\sigma$  เป็นเวลา 4 เดือน [6] แต่ที่บริษัทกรณีศึกษานี้ไม่มีพนักงานคนใดได้รับการฝึกอบรมเช่นนี้มาก่อนเลย นอกจากนั้นความรู้พื้นฐานของพนักงานก็ยังไม่มาก ส่วนใหญ่จบแค่ ปวส. เท่านั้น ทำให้ความสามารถในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทั้งในด้านสถิติและเทคนิคการผลิตถูกจำกัดลงอย่างมาก ประการที่สองคือ ขาดการนำเอา 6 $\sigma$  มาประยุกต์ใช้เป็นแผนกลยุทธ์ขององค์กร ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นของผู้บริหารสูงสุด ที่บริษัทกรณีศึกษานี้ผู้จัดการฝ่ายโรงงานเท่านั้นที่เห็นความสำคัญของการนำเอาแนวคิดของ 6 $\sigma$  มาใช้ แต่ยังไม่ได้มีการรายงานการดำเนินงานต่างๆ ให้ผู้บริหารสูงสุดทราบอย่างเป็นทางการ ดังนั้นสิทธิประโยชน์หรือสิ่งตอบแทนที่ทีมงานควรได้ก็ยังไม่มียอะไรที่เป็นรูปธรรม ส่งผลให้พนักงานที่เข้าร่วมในงานวิจัยนี้มีการทำงานแบบอาสาสมัครเท่านั้น ดังนั้นจึงทำให้ทีมงานขาดความมุ่งมั่นและแรงจูงใจที่จะเอาชนะปัญหา อีกประเด็นหนึ่งก็คือ ปัญหาของการดึงเอาบุคลากรจากแผนกอื่นเข้าร่วมทีม เนื่องจากไม่มีโครงสร้างการทำงานลักษณะเป็นโครงการมารองรับ ดังนั้นบุคลากรจึงต้องยอมเสียสละเวลาส่วนตัว (พักเที่ยง หรือช่วงเย็นหลังเลิกงาน) ในการประชุมระดมสมองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งบางครั้งก็เกิดผลกระทบต่องานหลักของตนเอง เป็นต้น จากตัวอย่างข้างต้นนี้แสดงให้เห็นถึงปัญหาและอุปสรรคเป็นจำนวนมากที่บริษัทจะต้องแก้ไขก่อนที่จะไปถึงเป้าหมายของ 6 $\sigma$  ได้ในอนาคต

### รายการอ้างอิง

- [1] ชานุชัย บวรโชคชัย “การลดของเสียแขนงจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขนงจับหัวอ่าน” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2545.
- [2] นवलพรรณ ใจงาม “การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้ระเบียบวิธีซิกซ์ซิกมา” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2542.
- [3] ปารเมศ ชูติมา “การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม” พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2545.
- [4] อธิธา เก่งวินิจ “การหาประยุกต์การออกแบบการทดลองเพื่อการปรับปรุงดัชนีคุณภาพของมูมที่กระทำระหว่างตัวงานกับฮาร์ดดิสก์ในอุตสาหกรรมแขนงจับยึดหัวอ่านเขียน” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2544.
- [5] Ferrin, D.M., Marthin, D., and Miller, J., 2002. “Six Sigma and Simulation, So What’s the Correlation?” Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 2002, pp.1439 -1443.
- [6] Forrest, W.B. “Implementing Six Sigma Smarter Solutions Using Statistical Methods” John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [7] Goh, T.N. “Perspectives on statistical quality engineering” The TQM Magazine 11, 1999, pp. 461 – 466.
- [8] Yam, H.S. “Reduction of Flip Chip Defect in Glue Filling Process. (n.p.)” Seagate Technology (Mimeographed), 1999.