

การลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์

โดยการประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกมา

The Reduction of Defective Parts for the Spindle Motor Assembly Process

by Applying the Six Sigma Approach

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ ของฮาร์ดดิสก์ขนาด 2.5 นิ้วที่ใช้กับแล็ปท็อปคอมพิวเตอร์ จากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่า กระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเท่ากับ 6,294.36 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นของการผลิต (DPPM) และกระบวนการผลิตมีค่า C_{pk} เท่ากับ 1.03 งานวิจัยเริ่มต้นจากการศึกษากระบวนการผลิต ทำการประเมินความสามารถของระบบการวัด จัดตั้งทีมงานดำเนิน โครงการซิกซ์ ซิกมา เพื่อทำการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาโดยแผนภาพแสดงเหตุและผล หาความรุนแรงของปัญหาด้วยการวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ (FMEA) ต่อคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ทำการปรับปรุงเพื่อลดของเสียที่เกิดจากสาเหตุที่มีค่า RPN สูงสุด 5 สาเหตุแรก และจัดทำมาตรการควบคุมและป้องกันปัญหา โดยปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตคือความสูงของปีก Hub ไม่ได้ตามข้อกำหนดเฉพาะ ผลจากการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา คือ ความเร็วในการกด Hub และแรงที่ใช้ในการกด Hub ในการปรับปรุงกระบวนการด้วยการออกแบบการทดลองแบบ 2 ปัจจัยเพื่อการปรับตั้งค่าความเร็วและแรงในการกด Hub ที่เหมาะสม หลังการปรับปรุงมีปริมาณของเสียลดลงเป็น 3,542 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นของการผลิต และกระบวนการผลิตมีค่า C_{pk} เพิ่มขึ้นเป็น 1.97

คำสำคัญ: ซิกซ์ ซิกมา กระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ FMEA

Abstract

The objective of this research is to apply the Six Sigma approach to reduce the defectives in the spindle motor assembly process for 2.5-inch hard disk drives of laptop computer. According to the previous production data, the defectives of the process before implement the Six Sigma approach is 6,294.36 defective parts per million (DPPM), and C_{pk} is 1.03. The research starts with studying the process, conducting Gauge Repeatability and Reproducibility (GR&R), setting the Six Sigma team for brainstorming and using FMEA technique to analysis and identify the potential problems in the spindle motor assembly process for hard disk drive. Then, improve the process, the five highest risk priority number (RPN) of each failure are selected in order to formulate the corrective actions. The process encounters the problem of hub flange height not within its specification limits. A two-factor factorial experiment with the significant level at 0.05 is conducted in order to determine the

optimum setup conditions. By implementing Six Sigma, the defects in spindle motor assembly process could be reduced to 3,542 DPPM and C_{pk} could be increased to 1.97.

Keywords: Six Sigma, spindle motor, FMEA

ความนำ

ซิกซ์ ซิกมา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน

อิเล็กทรอนิกส์มีการแข่งขันกันสูงมาก กลยุทธ์อย่างหนึ่งที่ต้องคัดสรรทางธุรกิจใช้เพื่อให้สามารถอยู่รอดและเจริญเติบโตต่อไปคือการสร้างความเชื่อมั่นและสร้างความพึงพอใจสูงสุดให้กับลูกค้า โดยการยกระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซึ่งทำได้โดยใช้วิธีการควบคุมคุณภาพในระดับซิกซ์ ซิกมา (Six Sigma)

ซิกซ์ ซิกมา คือ แนวทางการพัฒนาองค์กรที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งหลายองค์กรที่นำไปใช้ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถเพิ่มขีดความสามารถของกระบวนการทางด้านธุรกิจได้เป็นอย่างดี ด้วยเป้าหมายที่ท้าทาย คือ 3.4 ความผิดพลาดใน 1 ล้านครั้งของการทำงาน ทั้งนี้องค์กรสามารถบรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติขั้นสูงที่มีระเบียบแบบแผนในการปฏิบัติอย่างชัดเจน (วชิรพงษ์ สาลีสิงห์, 2548)

เทคนิคซิกซ์ ซิกมา มุ่งเน้นการกำจัดข้อบกพร่องในกระบวนการและเชื่อมโยงหลักการพื้นฐานของธุรกิจ สถิติและวิศวกรรมศาสตร์ ให้บรรลุผลตามเป้าหมายด้วยการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อสร้างผลกำไรโดยการกำจัดความแปรปรวนทำให้ลดความสูญเสียและเป็นการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า (วิทยา สุหฤทดำรง และคณะ, 2545)

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ ของฮาร์ดดิสก์ขนาด

2.5 นิ้วที่ใช้กับแล็ปท็อปคอมพิวเตอร์ ซึ่งกระบวนการผลิตก่อนการปรับปรุงมีปริมาณของเสียเท่ากับ 6,294.36 ชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นของการผลิต ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการแข่งขัน จึงได้ดำเนินการวิจัยเพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตด้วยวิธีการประยุกต์แนวคิดของซิกซ์ ซิกมา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาญชัย บวร โชคชัย (2545) ได้ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตตามแนวทางซิกซ์ ซิกมา เพื่อลดปริมาณของเสียที่เกิดจากค่า Pitch Static Attitude (PSA) ของแกนจับหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ พบว่า หลังการปรับปรุงสามารถลดของเสียได้ คิดเป็นร้อยละ 77.63

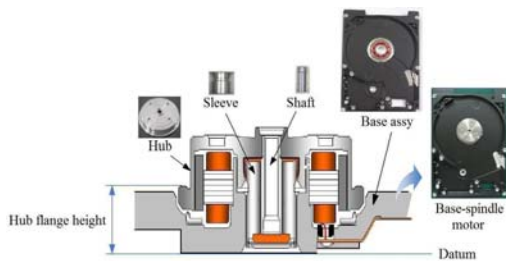
นवलพรรณ ใจงาม (2543) ได้ศึกษาการลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทกระแสไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้แนวทางซิกซ์ ซิกมา โดยหลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต พบว่า อัตราส่วนข้อบกพร่องลดลงจาก 31,600 DPPM เป็น 7,890 DPPM

ทรงพล พิเศษจิววัฒนา (2541) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงดึงระหว่าง Slider และ Flexure ของหัวอ่านเขียนข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และเสนอแนวทางเพื่อเพิ่มคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูล

สปินเดิลมอเตอร์

สปินเดิลมอเตอร์ (spindle motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำหน้าที่ในการจับแผ่นจานแม่เหล็กของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยควบคุมความเร็วรอบให้หมุนได้ตามกำหนด ทั้งนี้เพื่อให้การเขียนและการอ่านข้อมูล

เป็นไปอย่างแม่นยำและได้ความจุข้อมูลที่มาก ความสูงของปีก Hub เป็นสิ่งที่ผู้ผลิตสปินเดิลมอเตอร์จำเป็นต้องควบคุม หากความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ จะทำให้หัวอ่านไม่สามารถทำงานได้ รวมถึงทำให้เกิดปัญหาและความผิดพลาดในการอ่านและเขียนข้อมูลได้



ภาพ 1 Spindle Motor

วิธีดำเนินการวิจัย

การปรับปรุงกระบวนการผลิตตาม

แนวทางซิกซ์ ซิกมา

วิธีการทางซิกซ์ ซิกมา จะปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ จุดของการปฏิบัติงาน โดยการประยุกต์ใช้หลักการทางสถิติที่มีระเบียบแบบแผนในการปฏิบัติ ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แนวทางของซิกซ์ ซิกมาในองค์กรนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 5 ขั้นตอน คือ (1) การนิยามปัญหา (2) การวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา (3) การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา (4) การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ (5) การควบคุมกระบวนการผลิต (ชนากร เกียรติ บันลือ, 2543)

โดยในขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหานั้น จะใช้เทคนิค FMEA มาใช้เพื่อช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบของเสียและผลกระทบต่อคุณภาพที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

เทคนิค FMEA มีขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ

1. ศึกษาแผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart)
2. ตั้งเกณฑ์การประเมินความรุนแรงของข้อบกพร่อง (Severity, S) โอกาสในการเกิดข้อบกพร่อง (Occurrence, O) และการประเมินความเป็นไปได้ในการตรวจพบ (Detection, D) เพื่อดำเนินการประเมินความเสี่ยงของข้อบกพร่อง (Risk Priority Number, RPN) โดยประเมินค่า S, O และ D ซึ่งค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็ม มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 จากนั้นคำนวณค่า RPN ซึ่งเป็นผลคูณระหว่างค่า S, O และ D ที่ได้ประเมิน RPN = $S \times O \times D$ (1)

3. การวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุของปัญหา และการควบคุมในปัจจุบัน
4. ใช้เทคนิค PFMEA วิเคราะห์รูปแบบของเสียและผลกระทบ
5. ปรับปรุงและเปรียบเทียบผล RPN (Forrest, 1999)

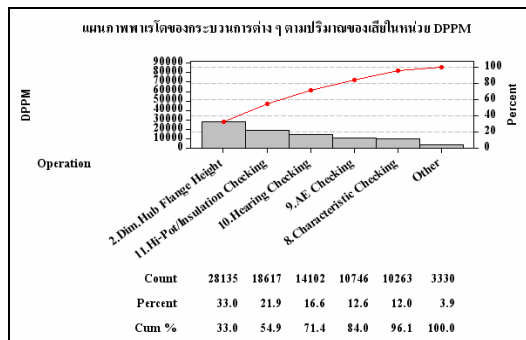
การดำเนินงานวิจัยและผลการวิจัย

การนิยามปัญหา

ขั้นตอนการนิยามปัญหาเป็นการสำรวจสภาพการดำเนินงานทางการผลิตและพิจารณาที่มาของปัญหา โดยเริ่มจากการจัดตั้งทีมงานดำเนิน โครงการซิกซ์ ซิกมา ซึ่งประกอบด้วย ผู้จัดการฝ่ายผลิต หัวหน้าฝ่ายผลิต ผู้จัดการฝ่ายควบคุมการผลิต วิศวกรควบคุมการผลิต วิศวกรฝ่ายประกันคุณภาพ และผู้วิจัย

ทีมงานศึกษากระบวนการประกอบสปินเดิลมอเตอร์ โดยอาศัยเครื่องมือแผนภาพกระบวนการ (process map) และเก็บข้อมูลการผลิตในระยะเวลา 3 เดือน เพื่อกำหนดหาค่าสัดส่วนของเสีย มีหน่วยเป็นชิ้นในหนึ่งล้านชิ้นของการผลิต (defective parts per million -- DPPM) แล้วนำข้อมูลมาเขียนแผนภาพพาเรโตแสดง

ปริมาณของเสียในขั้นตอนต่าง ๆ ดังแสดงใน
ภาพ 2



ภาพ 2 แผนภาพพารโตแสดงปริมาณของเสียใน
ขั้นตอนต่าง ๆ

จากภาพ 2 จะเห็นว่าขั้นตอนการกดปีก
Hub มีของเสียมากที่สุดถึง 33 % เมื่อเทียบกับ
ขั้นตอนอื่นในสายการผลิต ดังนั้นขั้นตอนการ
กดปีก Hub จึงควรได้รับการปรับปรุงก่อน
ของเสียในขั้นตอนการกด Hub นี้ จะ
เป็นชิ้นงานที่มีความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตาม
ข้อกำหนดเฉพาะ โดยข้อกำหนดเฉพาะของ
ความสูงของปีก Hub เท่ากับ 4.223 ± 0.024
มิลลิเมตร ในการตรวจสอบว่าความสูงของปีก
Hub ตรงตามข้อกำหนดเฉพาะหรือไม่นั้น จะใช้
หัววัด (probe) วัดความสูงจำนวน 3 หัว วัดความ
สูงของปีก Hub จำนวน 3 ตำแหน่ง ตำแหน่งที่
วัดดังแสดงในรูปที่ 3 ชิ้นงานจะเรียกว่าของดี
หากความสูงของปีก Hub ทั้งสามตำแหน่งตรง
ตามข้อกำหนดเฉพาะ



ภาพ 3 ตำแหน่งในการวัดความสูงของปีก Hub
ทั้ง 3 ตำแหน่ง

ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ขั้นตอนนี้เป็นการหาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ
(KPIV) ของกระบวนการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหา
สาเหตุที่แท้จริงของปัญหา สิ่งจำเป็นที่ต้องพิจารณาเป็น
อันดับแรกของขั้นตอนนี้คือ การประเมินความสามารถ
ของระบบการวัด (gauge repeatability and
reproducibility--GR&R) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ,
2542) ซึ่งได้สรุปผลการประเมินความสามารถของระบบ
การวัดไว้ในตาราง 1

จากการวิเคราะห์ระบบการวัดความสูงของปีก
Hub พบว่าค่าระบบการวัด (Total GR&R) ของหัววัดที่ 1
2 และ 3 มีค่าน้อยกว่า 10% นั่นคือความสามารถของ
ระบบการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้

จากนั้นทีมงานได้ระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์
สาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนภาพแสดงเหตุและผลของความ
สูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนด ดังแสดงใน
ภาพ 4 เพื่อหาปัจจัยนำเข้าที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วทำการ
พิจารณาเลือกเฉพาะปัจจัยนำเข้าที่สำคัญมาพิจารณา
จำนวนทั้งสิ้น 29 ปัจจัย

ตาราง 1

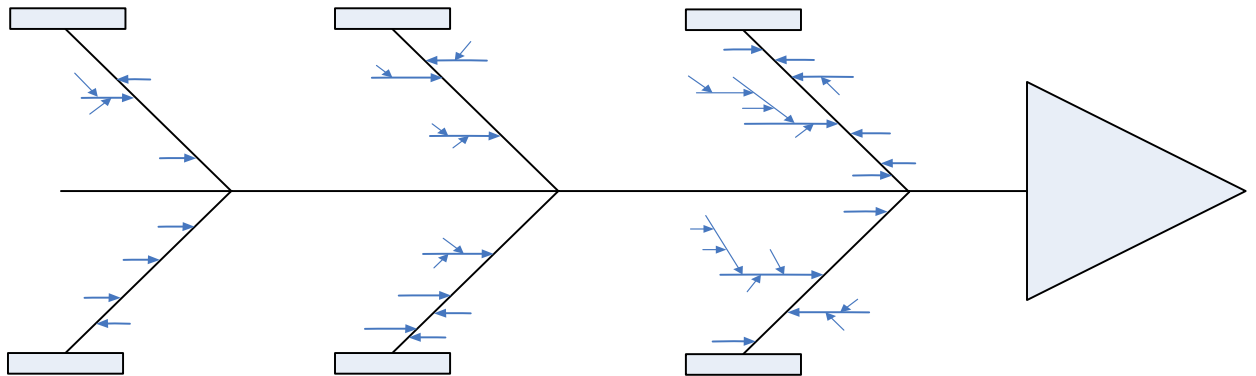
สรุปผลการประเมินความสามารถของระบบการวัด

	หัววัด		
	Probe	Probe	Probe
	No.1	No.2	No.3
ค่าระบบการวัด(Total)	0.51	1.15	0.63
Gauge R&R)			
ค่าแปรผันมาจากเครื่องมือ	0.50	1.13	0.63
วัด(Repeatability)			
ค่าแปรผันจากผู้ทำการ	0.01	0.02	0.00
ทดลอง(Reproducibility)			
ค่าความแปรผันจากชิ้นงาน	99.49	98.85	99.37
(Part- To- Part)			

นำปัจจัยทั้ง 29 ปัจจัยมาวิเคราะห์ลักษณะ
ข้อบกพร่องและผลกระทบ (FMEA) ที่เกิดขึ้นใน

กระบวนการผลิตเพื่อกลั่นกรองให้เหลือแต่ปัจจัยที่สำคัญ โดยทีมงานซิกซ์ ซิกมาระดมความคิดเพื่อบอกถึงผลกระทบที่เกิดจากข้อบกพร่อง สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง การควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และข้อเสนอแนะที่จะนำไปปฏิบัติ รวมถึงทำการประเมินค่า S, O, D

แต่ละสาเหตุ จากนั้นจะนำค่าของ S, O, D ของแต่ละสาเหตุมาคูณกันซึ่งจะทำให้ได้ค่า RPN และจะเลือกปัจจัยที่มีค่า RPN สูงที่สุดเพียง 5 ปัจจัย เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป การวิเคราะห์ข้อบกพร่องของปัจจัยที่มีค่า RPN สูงที่สุดได้แสดงในตาราง 2



ภาพ 4 แผนภาพแสดงเหตุและผล

การวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

นำปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุด 5 ปัจจัย มาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาเพื่อที่จะหาทราบสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อความสูงของปีก Hub โดยแนวทางการวิเคราะห์นั้นจะวิเคราะห์ทีละสาเหตุ ทีละปัจจัย (one factor at a time) โดยใช้การอ่านค่า

วิธีการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยความสูงของปีก Hub ของสองประชากร ก่อนและหลังการปรับปรุง (2 sample t-test) เลือกชิ้นตัวกลางที่ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บข้อมูลของแต่ละปัจจัยมาปัจจัยละ 300 สอบเทียบวัด แล้ววิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน แสดงไว้ในตาราง 3

ความหนัก

การ

ผู้	ผู้	ไม่แนบสนิท
อุณหภูมิ	การวางเบสบนพีกเจอร์	
ความชื้น	ความเร็วในการวางเบส	
สิ่งแวดล้อม	ไม่มีแนวสำหรับวางตำแหน่งเข็ม	
	การสวมระหว่าง sleeve OD และ Base ID แน่น/หลวม	เข็มอยู่ในพนักงานไม่สะอาดเข็ม
	วิธีการ	

ตาราง 2

การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่อง

FUNCTION OF PROCESS	FAILURE MODE	EFFECT OF FAILURE	CAUSE OF FAILURE	CURRENT CONTROLS	CURRENT STATUS				RECOMMENDED CORRECTIVE ACTION
					S	O	D	RPN	
เครื่อง Dock	2. แสงของ UV ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด	กาวที่มอดเตอร์ไม่แห้งขึ้นงานไม่ได้ตามข้อกำหนด HUB เกิดการ Height หรือ Low	ระยะโฟกัสของหลอด UV โกลเกินไป	ไม่มี	7	3	9	189	ตรวจสอบระยะโฟกัสของหลอด UV ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน
	ความเร็วของการกด Hub	ความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนด เฉพาะ	ปรับตั้งค่าความเร็วของเครื่อง Dock ไม่เหมาะสม	ไม่มี	6	6	9	324	ทำ DOE เพื่อกำหนดการปรับตั้งเครื่อง Dock ที่เหมาะสม
	แรงที่ใช้ในการกด Hub มากหรือน้อยเกินไป	ความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนด เฉพาะ	สปริงเกิดการสึกหรอ และแรงที่ใช้ในการกด Hub ไม่เหมาะสม	ไม่มี	7	5	9	315	ทำ DOE เพื่อกำหนดแรงในการกด Hub และตรวจสอบคุณภาพของสปริง
	การกด Hub ไม่ได้ระนาบ	ความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนด เฉพาะ	ประกอบขาตัมไม่ได้ระนาบ	ไม่มี	8	4	9	288	ปรับตั้งขาตัมให้ได้ระนาบก่อนปฏิบัติงาน
	แสงของ UV ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด	กาวที่มอดเตอร์ไม่แห้งความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนด เฉพาะ	ระยะโฟกัสของหลอด UV โกลเกินไป	ไม่มี	7	3	9	189	ตรวจสอบระยะโฟกัสของหลอด UV ก่อนเริ่มปฏิบัติงาน
	ความเข้มแสงของเครื่อง UV น้อยเกินไป	กาวที่มอดเตอร์ไม่แห้งความสูงของปีก Hub ไม่ตรงตามข้อกำหนด เฉพาะ	ความเข้มของแสง UV น้อยเกินไป	ไม่มี	5	4	9	180	ทำมาตรฐานในการวัดความเข้มของ UV และปรับตั้งค่าความเข้มให้เหมาะสม

ตาราง 3

สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

สาเหตุของปัญหา	การทำงานในปัจจุบัน	การทำงานที่ปรับปรุง	การทดสอบสมมติฐาน			ผลการทดสอบ
			$H_0: \mu_1 = \mu_2$ $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$	P Value ของ	P Value ของ	
			หวัคคี่ 1	หวัคคี่ 2	หวัคคี่ 3	
ความเร็วของการกด Hub	0.65 cm/s (ความเร็วระดับต่ำ)	1.15 cm/s (ความเร็วระดับสูง)	0.016	0.001	0.114	ปฏิเสธ H_0
แรงที่ใช้ในการกด Hub	2 บาร์	5 บาร์	0.495	0.042	0.000	ปฏิเสธ H_0
การกด Hub ไม่ได้ระนาบ	Cover rubber ที่ใช้ในปัจจุบัน	Cover rubber แบบใหม่	0.116	0.201	0.114	ยอมรับ H_0
แสง UV ไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด	มุมของการยิงแสงยูวีเท่ากับ 30 องศา	มุมของการยิงแสงยูวีเท่ากับ 45 องศา	0.088	0.061	0.115	ยอมรับ H_0
ความเข้มแสงของเครื่อง UV	ความเข้มแสง 50%	ความเข้มแสง 100%	0.330	0.833	0.884	ยอมรับ H_0

จากตาราง 2 จะเห็นว่า มีเพียง 2 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงของปีก Hub อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 คือ ความเร็วของการกด Hub และแรงในการกด Hub

การปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงของปีก Hub สองปัจจัย ได้นำมาออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลอง 2-Factor Design (Two-way ANOVA) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้ง (setup) เครื่องจักร ซึ่งกำหนดให้ความเร็วของการกด Hub ที่ 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ กลาง และสูง แรงกด Hub ที่ 4 ระดับ คือ 2 3 4 และ 5 บาร์ โดยมีจำนวนซ้ำ 30 ตัวอย่าง และกำหนดนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังแสดงในตาราง 4

จากตารางจะเห็นว่าค่า Sig. หรือ P Value ของอิทธิพลร่วม (interaction) ของห้วกตทั้งสามต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปว่าอิทธิพลร่วมไม่มีผลต่อค่าความสูงของปีก Hub เมื่อพิจารณาปัจจัยหลัก (main factor) พบว่า มีเพียงความดันที่กด Hub เท่านั้นที่ ค่า Sig. ต่ำว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปว่าความดันที่กด Hub มีผลต่อความสูงของปีก Hub

ตาราง 4

การวิเคราะห์ความแปรปรวน สำหรับห้วกตที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2.024E-03 ^a	11	1.840E-04	3.141	.000
Intercept	6438.504	1	6438.504	1.1E+08	.000
SPEED	2.142E-04	2	1.071E-04	1.828	.162
PRESSURE	1.228E-03	3	4.094E-04	6.989	.000
SPEED * PRESSURE	5.816E-04	6	9.693E-05	1.655	.131
Error	2.039E-02	348	5.858E-05		
Total	6438.526	360			
Corrected Total	2.241E-02	359			

a. R Squared = .090 (Adjusted R Squared = .062)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.164E-03 ^a	11	1.058E-04	1.545	.114
Intercept	6440.823	1	6440.823	9.4E+07	.000
SPEED	8.493E-05	2	4.246E-05	.620	.538
PRESSURE	7.197E-04	3	2.399E-04	3.503	.016
SPEED * PRESSURE	3.592E-04	6	5.987E-05	.874	.514
Error	2.383E-02	348	6.848E-05		
Total	6440.848	360			
Corrected Total	2.499E-02	359			

a. R Squared = .047 (Adjusted R Squared = .016)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1.526E-03 ^a	11	1.388E-04	1.246	.255
Intercept	6440.476	1	6440.476	5.8E+07	.000
SPEED	1.788E-04	2	8.942E-05	.803	.449
PRESSURE	9.426E-04	3	3.142E-04	2.822	.039
SPEED * PRESSURE	4.049E-04	6	6.749E-05	.606	.725
Error	3.875E-02	348	1.113E-04		
Total	6440.516	360			
Corrected Total	4.027E-02	359			

a. R Squared = .038 (Adjusted R Squared = .007)

ผลการทดสอบ Duncan's multiple rank test สำหรับความดันที่กด Hub พบว่า ค่าของปัจจัยที่เหมาะสมที่จะปรับตั้งค่าความดันที่กด Hub คือ ที่ระดับ 5 บาร์ เนื่องจากจะทำให้ค่าเฉลี่ยความสูงของปีก Hub เข้าใกล้ค่ากลางของข้อกำหนดเฉพาะของความสูงของปีก Hub

การควบคุมกระบวนการ

ปรับปรุงกระบวนการโดยวิธีการต่าง ๆ ที่ทีมได้แนะนำ เช่นปรับระดับความดันของเครื่องกด Hub ให้มีค่าความดันที่ระดับ 5 บาร์ ใช้แผนภูมิควบคุม และจัดทำแผนการบำรุงรักษา เป็นต้น หลังจากนั้นเก็บข้อมูลการวัดค่าของ Hub เป็นระยะเวลา 3 เดือน

การอภิปรายผล

ขั้นตอนการนิยามปัญหา

เป็นการวิเคราะห์ในเบื้องต้นว่าในสายการผลิตนี้มีขั้นตอนใดที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด โดยการศึกษาพบว่า ขั้นตอนการกดปีก Hub มีของเสียมากที่สุด

ขั้นตอนการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหา

ในการประเมินความสามารถของระบบการวัดพบว่า ระบบการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นระบบการวัดที่สามารถยอมรับได้ และเมื่อวิเคราะห์ปัญหาจากแผนภาพแสดงเหตุและผล ทำให้ได้ปัจจัยนำเข้าซึ่งมีทั้งหมด 29

ปัจจัย จากนั้นนำมาวิเคราะห์ด้วย FMEA ตามกระบวนการผลิตเพื่อเป็นการค้นหาปัจจัยที่สำคัญ ซึ่งได้เลือกปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุด 5 ปัจจัย

ขั้นตอนการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

จากปัจจัยที่มีค่า RPN สูงสุด 5 ปัจจัย ทำการวิเคราะห์ที่สาเหตุ โดยใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานความเท่ากันของค่าเฉลี่ยความสูงของปีก Hub ของสองประชากร ก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ยความสูงของปีก Hub อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 คือ ความเร็วของการกด Hub และแรงในการกด Hub

ขั้นตอนของการปรับปรุงแก้ไข

กระบวนการ

จากการออกแบบการทดลอง โดยทำการทดลอง 2-Factor Design (Two-way ANOVA) เพื่อหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมในการปรับตั้งเครื่องจักร

สรุปได้ว่าแรงที่เหมาะสมในการกด Hub คือ 5 บาร์ และได้นำค่านี้ไปปรับใช้งานจริงในกระบวนการผลิต

ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการผลิต

ได้นำเทคนิคของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (statistical process control--SPC) มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ใช้ในกระบวนการและจัดการบำรุงรักษาที่ผลแบบทุกคนมีส่วนร่วม (total productive maintenance--TPM) หลังจากที่ได้ทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะของทีมงานซิกซ์ ซิกมา และการนำ SPC และ TPM มาใช้ในกระบวนการผลิตแล้ว ทำให้ของเสียลดลงจาก 6,294.36 DPPM เป็น 3,542 DPPM และกระบวนการผลิตมีค่า C_{pk} เพิ่มขึ้นจาก 1.03 เป็น 1.97



เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2542) *การวิเคราะห์ระบบการวัด*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ชาญชัย บวรโชคชัย. (2545). *การลดของเสียแขนจับหัวอ่านด้วยวิธีการซิกซ์ ซิกมา กรณีศึกษากระบวนการผลิตแขนจับหัวอ่าน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทรงพล พิเศษฐ์วัฒนา. (2541). *การประยุกต์การออกแบบการทดลองในการปรับปรุงคุณภาพของแรงดึงของหัวอ่านเขียนข้อมูล ในฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนากร เกียรติบันลือ. (2543). FMEA การวิเคราะห์ความล้มเหลวในการผลิต. *วารสาร Industrial Technology Review*, 73, หน้า 101-105.

- นวลพรรณ ใจงาม. (2543). การลดของเสียที่เกิดจากการถ่ายเทไฟฟ้าสถิตในกระบวนการประกอบหัวอ่านโดยใช้
ระเบียบวิธีซิกซ์ ซิกม่า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
วชิรพงษ์ สาลีสิงห์. (2548). ปฏิบัติกระบวนการทำงานด้วยเทคนิค Six Sigma, ฉบับ Champion และ Black Belt.
กรุงเทพฯ: บ. ศิริวัฒนา อินเทอร์เน็ต จำกัด (มหาชน).
วิทยา สุหฤทธดำรง และก้องเดชา บ้านมะหิงษ์. (2545). Six Sigma กลยุทธ์การสร้างผลกำไรขององค์กรระดับโลก.
กรุงเทพฯ: ท็อป.
Forrest, W. B. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. U.S.A.: John
Wiley & sons.

