

การศึกษาพัฒนากระบวนการประกอบตลับลูกปืนในชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Heds Stack Assembly) โดยกาอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet ตามหลักการการออกแบบสำหรับซิกส์ซิกม่า: IDOV

CASE STUDY OF BEARING GLUE PROCESS UV CURE DEVELOPMENT IN HEADS STACK ASSEMBLY (HSA) BY DESIGN FOR SIX SIGMA : IDOV

อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี^{#1}

[#]บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต / สาขาการจัดการอุตสาหกรรม / สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

¹e-mail: amarinw1410sexy@gmail.com

บทคัดย่อ - งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนและพัฒนาพารามิเตอร์ทางด้านสมรรถนะที่สำคัญ เช่น Bearing Height, Bearing Pitch, Bearing Roll ให้มีค่า Cpk > 1.33 สำหรับการพัฒนากระบวนการประกอบตลับลูกปืนของชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Heds Stack Assembly : HSA) ตามแนวทาง Design for Six Sigma : IDOV โดยมีจุดมุ่งหมายของการพัฒนา เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ในอนาคต และออกแบบโดยมุ่งเน้นตามความต้องการของลูกค้า ผลจากการศึกษา พบว่ากระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยใช้กาอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet (UV-Cure Glue) ที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้น สามารถลดต้นทุนต่อหน่วยเมื่อเทียบกับกระบวนการประกอบลูกปืนใน HSA โดยใช้กาอบแห้งด้วยความร้อน (Thermal-Cure Glue) เดิมได้ 6.77 เปอร์เซ็นต์ จากเป้าหมาย 10 เปอร์เซ็นต์ และมีจุดคุ้มทุนการผลิต HSA เท่ากับ 1,766 ชิ้น หรือใช้เวลาผลิต 0.32 วัน (7.68 ชั่วโมง) หลังจากเสร็จสิ้นการพัฒนาความสามารถของกระบวนการในพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น Bearing Height, Bearing Pitch และ Bearing Roll ของกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยกาอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet ค่า Cpk > 1.33 ซึ่งผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดทางด้านคุณภาพของลูกค้าและหน่วยงานพัฒนา

คำสำคัญ - แนวทางการออกแบบสำหรับซิกส์ซิกม่า

Abstract - The objective of this study is to reduce bearing installation cost, and to increase important capability parameters such as, bearing height, bearing pitch, and bearing roll in order to increase the overall process capability (Cpk > 1.33) of bearing installed in Head Stack Assembly (HSA) by applying Design for Six Sigma (DFSS). DFSS aims to prevent reoccurring of production process problems of the existing/future products. The design is based on customer requirements. The result of the study found that unit cost of bearing UV-Cure Glue process of bearing assembly in HSA can be reduced by 6.77% in comparison with Thermal-Cure Glue process. However, the initial cost reduction target was set at 10%. The breakeven unit of the new process is 1,766 pieces or 0.32 day (7.68 hours) in production time. After the completion of the

process capability (Cpk) development, important capability parameters such as, bearing height, bearing pitch, bearing roll were calculated with the result of overall process capability greater than 1.33 which is a quality pass of customer and development team requirement.

Keywords - Design for Six Sigma (DFSS).

1. บทนำ

ในปัจจุบัน องค์กร หน่วยงาน และบริษัททำธุรกิจโดยมีเป้าหมายหรือจุดประสงค์ในการทำธุรกิจที่แตกต่างกันตามวิสัยทัศน์ (Vision) และ พันธกิจ (Mission) ที่แต่ละบริษัทได้กำหนดไว้ โดยมีเกณฑ์การชี้วัดที่ต่างกัน ซึ่งองค์กร หน่วยงาน และบริษัทส่วนมากมักมีจุดประสงค์ในการทำธุรกิจ คือ การทำให้องค์กรมีผลประกอบการดีหรือมีผลกำไรสูงสุด สมการโดยทั่วไปของผลกำไร คือ ผลกำไร = รายขาย - ต้นทุน การที่จะทำให้องค์กรหรือหน่วยงานมีผลกำไรสูงสุดนั้นสามารถทำได้หลายแนวทาง แนวทางที่นิยมกัน คือการเพิ่มปริมาณยอดขายโดยคงรายขาย และลดต้นทุนการผลิตโดยผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ซึ่งสามารถเพิ่มยอดขายได้จริงและยังสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งยังสามารถลดรายจ่ายต่อหน่วยได้อื่นเนื่องจากผลของ Economic of Scale ซึ่งสามารถเพิ่มความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อคุณภาพของสินค้า ในส่วนของต้นทุนการปรับปรุงคุณภาพ สามารถลดต้นทุนและเพิ่ม Productivity เช่น การลดชิ้นงาน Rework, Scrap และต้นทุนในการรับรองคุณภาพ

อุตสาหกรรมการผลิต Hard Disk Drive ในปัจจุบันนี้ มีการแข่งขันอย่างสูงในด้านต่างๆ เช่น ด้านคุณภาพ ราคาและต้นทุน เป็นต้น ดังนั้น องค์กรต่างๆ จำเป็นต้องมีการพัฒนาปรับปรุงทั้งในด้านคุณภาพ ต้นทุนของกระบวนการ และตัวผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและความอยู่รอดขององค์กร กระบวนการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ขึ้นอยู่กับความพร้อมทางด้านทรัพยากร เงินทุน บุคลากร และวัฒนธรรมขององค์กรนั้นๆ เช่น Toyota Production System (TPS), Lean Manufacturing, Value Engineering (VE), Kaizen, Six Sigma, Design for Six Sigma (DFSS) และอื่นๆ

กระบวนการประกอบตลับลูกปืน (Bearing) ใน HSA มี 2 วิธี คือ
1) กระบวนการประกอบ ตลับลูกปืน ใน HSA โดยใช้กาวอบแห้งด้วยความร้อน (Thermal-Cure Glue) และ 2) กระบวนการประกอบ ตลับลูกปืนด้วย Tolerance Ring (T-Ring) โดยทั้ง 2 กระบวนการนี้มีจุดเด่น-จุดด้อยในด้านคุณภาพ และต้นทุนดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 ต้นทุนต่อหน่วยของกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA

ดังนั้น ผู้ศึกษาจึงสนใจแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และกระบวนการตามแนวทาง Six Sigma แบบ DFSS IDOV [1-10] ของชุดประกอบหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ (Heads Stack Assembly : HSA) ในกระบวนการประกอบตลับลูกปืน (Bearing) โดยใช้กาวอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet (UV-Cure Glue) เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาในอนาคต และออกแบบตามความต้องการของลูกค้าจากกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยกาวอบแห้งด้วยความร้อน (Thermal-Cure Glue) และสามารถพัฒนา พารามิเตอร์ทางด้าน สมรรถนะที่สำคัญ เช่น Bearing Height, Bearing Pitch, Bearing Roll ให้มีค่า Cpk > 1.33

2. วิธีการดำเนินงาน

กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยใช้กาวอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet (UV-Cure Glue) ตามแนวทาง DFSS : IDOV

1. เป้าหมายทางด้านคุณภาพ

ดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) มีค่า > 1.33 หรือโอกาสการเกิดของเสียน้อยกว่า 63.4 ชิ้นในล้านชิ้น ใน CTQ (Critical to Quality) ที่สำคัญ เช่น Bearing Height, Bearing Pitch, Bearing Roll ตามข้อกำหนดของหน่วยงาน

2. เป้าหมายทางด้านการลดต้นทุน

ลดต้นทุนของกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยใช้กาวอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet (UV-Cure Glue) เมื่อเทียบกับกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยใช้กาวอบแห้งด้วยความร้อน (Thermal-Cure Glue) ลง 10 เปอร์เซ็นต์

วิธีการปรับปรุงพัฒนากระบวนการใหม่ตามหลัก DFSS: IDOV โดยผู้ศึกษาสามารถสรุปกิจกรรมและเครื่องมือในการพัฒนากระบวนการประกอบ Bearing UV-Cure Glue ตาม Step หรือ Phase ดังต่อไปนี้

2.1 I (Identify) Phase

ทำ Project Charter ตามตารางที่ 1 และ Primary Metric หน่วยชี้วัดหลักที่ใช้เป็นเกณฑ์ใน Project ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 1 Project Charter ใน DFSS และ Six Sigma DMAIC เพื่อใช้ในการ Brain Storming

Bearing UV-Cure Glue	
PROBLEM STATEMENT	GOAL STATEMENT
1. High Unit Cost at Bearing Installation Process Due to Many Bearing Fixtures. Glue Process Thermal Cure Cost is Higher than T-Ring Process 0.14 \$/HSA.	1. 10% Bearing Attach Process Cost Reduction/Unit. 2. Maintain CTQ Cpk > 1.33 ; Brg_H, Brg_P and Brg_R.
DELIVERABLE DUE DATE	TEAM MEMBERS
1. Fixture & Station Design/Sep - Nov 10 2. Procurement /Dec 10 3. Fabrication & Assembly/Jan - April 11 4. Debug & Optimization/May - Jun 11 5. Qualification Build & Summary/Aug 11	1. Project Leader : Kun S. 2. Project Member : Monchai S. 3. Project Member : Rathaphom K. 4. Project Member : Amarin W. 5. Advisor : Channarong A. 6. Champion : Prapan A. 7. Customer : Manufacturing/ Maintenance/Quality /Replication/ Industrial Engineer.

ตารางที่ 2 Project Key Metrics ใน DFSS และ DMAIC

Project Key Metrics ใน DFSS และ DMAIC
Primary Metric: 1. Unit Cost Reduction (10 cent/HSA) 2. Bearing Parameters - Bearing Height Cpk > 1.33 - Bearing Pitch Cpk > 1.33 - Bearing Roll Cpk > 1.33
Secondary Metrics : 1. Other Bearing Parameters - Bearing Push Out - Bearing Torque 2. Mechanical CTQ (PSA/RSA/Tip Height/Tip Pitch/Tip Roll)
Customers Group: Manufacturing/Maintenance/Quality/Replication/Industrial Engineer

หลังจากทำ Project Charter แล้วจึงเริ่มต้นจาก QFD และ Structure Diagram ในส่วนของ QFD โดยเป็นเครื่องมือที่แปลงความต้องการของลูกค้า ซึ่งลูกค้าในที่นี้ คือ Manufacturing, Maintenance, Quality, Replication และ Industrial Engineer แปลงมาอยู่ในรูปของ Engineering Spec. หรือ System ในการศึกษาให้ผู้ทำการศึกษาได้จัดทำ QFD 1st House ดังตารางที่ 3 เพื่อแปลงความต้องการของลูกค้าให้อยู่ในรูปของคุณลักษณะทางเทคนิคหรือ Critical to Quality (CTQ)

จาก Pareto Chart ในรูปที่ 2 แสดงการจำแนกความสำคัญของ Critical to Quality (CTQ) ตามหลักการของ Pareto 80/20 พบว่ามี CTQ ที่สำคัญ 20 เปอร์เซ็นต์ มีความสำคัญ 80 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ Bearing Height, Bearing Pitch, Bearing Roll, Dimension of Common Base Design และ Dimension of Cartridge New Design

ตารางที่ 5 KPOVs และ KPIVs ที่สำคัญเพื่อใช้หา Transfer Function

Item	KPOVs	KPIVs
1. Materials	1.1 Bearing	1.1.1 Design Shape
		1.1.2 Dimension/Tolerance
	1.2 Hook up	1.2.1 Leverage From Last Model
2. Mechanic Sub System	2.1 Bearing Fixture	2.1.1 Bearing Fixture Designed
	2.2 Moving Mechanism	2.2.1 Nozzle Position
		2.2.2 Speed
	2.3 Dispenser	2.3.1 Nozzle Diameter
		2.3.2 Pressure
		2.3.3 Dispense Cycle Time
		2.3.4 Flow Rate
		2.3.5 Glue Volume
	2.4 UV Generator	2.4.1 UV Intensity
		2.4.2 Curing Time
		2.4.3 UV Distance

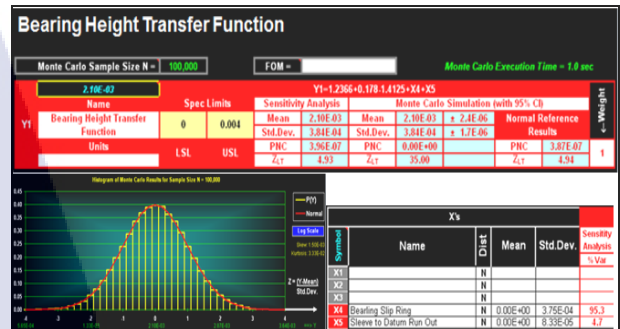
2.3 O (Optimize) Phase

KPOV 1st การวิเคราะห์ KPIVs ที่มีผลกระทบต่อ Bearing Height มากที่สุดโดยใช้หลักการของ Tolerance Analysis ตามแนวทาง Monte Carlo Simulation ดังแสดงผลดังในรูปที่ 2 นั่นคือ Bearing Slip Ring ที่มีค่า Sensitivity Analysis 95.3 เปอร์เซนต์ ค่า PNC (Probability of Non-Conformance to Specification) เท่ากับ 3.96 ซึ่งสามารถคาดคะเนของเสียที่จะเกิดขึ้นกับ Bearing Height เท่ากับ 3.96 ชิ้นในล้านชิ้น Cpk = 1.64 โดยเกณฑ์อยู่ที่ Cpk > 1.33 ผลที่ออกมาผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้น Tolerance ของ KPIVs มีความเหมาะสมสำหรับ KPOV

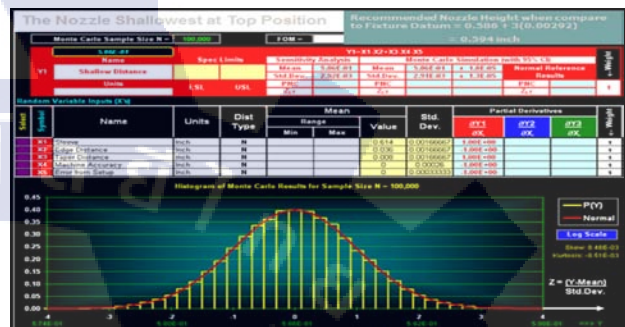
KPOV 2nd สามารถหาค่าได้เท่ากับ 0.586" ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00291" ดังแสดงในรูปที่ 24 ผลลัพธ์ข้างต้นนี้ สามารถหาหาค่าความลึกสูงสุดของเข็มเท่ากับ $0.586 + (3 \times 0.00291) = 0.594$ " โดยที่ระยะลึกของร่องกาวเท่ากับ 0.61" แสดงว่า 0.586" เป็นระยะลึกของเข็มที่เหมาะสมโดยที่หัวเข็มไม่กระทบกับระยะต่ำสุดของร่องกาวบนค่าเบี่ยงเบน 0.00291" Tolerance $\pm 3\sigma$ โดยผลการคำนวณความลึกของเข็มขณะทำการฉีดการเทียบกับผิวด้านบนของ HSA โดยใช้หลักการของ Statistical Tolerance ดังแสดงผลดังในรูปที่ 3

KPOV 3rd สามารถหาค่าได้เท่ากับ 0.567" ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.00291" ดังแสดงในรูปที่ 25 ผลลัพธ์ข้างต้นนี้ สามารถหาหาค่าความลึกสูงสุดของเข็มเท่ากับ $0.586 + (3 \times 0.00260) = 0.5748$ " โดยที่ระยะลึกของร่องกาวเท่ากับ 0.617" แสดงว่า 0.5748" เป็นระยะลึกของเข็มที่เหมาะสมโดยที่หัวเข็มไม่กระทบกับระยะต่ำสุดของร่องกาวบนค่าเบี่ยงเบน 0.00260" (Tolerance $\pm 3\sigma$) โดยผลการคำนวณความลึกของเข็มขณะทำการฉีดการเทียบกับผิวด้านล่างของ HSA โดยใช้หลักการของ Statistical Tolerance ดังแสดงในรูปที่ 4

KPOV 4th พบว่า ไม่มีขนาดตามที่ต้องการ แต่มีขนาดเล็กกว่า คือ 0.0095" ทาง Project Team จึงทำการเลือกหัวเข็มขนาด 0.0095" สำหรับกระบวนการใหม่นี้ โดยผลคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็ม โดยใช้หลักการของ Tolerance Analysis ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 2 ผลการจำลองโอกาสการเกิดของ Bearing Height และ ผลการวิเคราะห์ KPIVs ตามแนวทาง Monte Carlo Simulation



รูปที่ 3 การคำนวณความลึกของเข็มขณะทำการฉีดการเทียบกับผิวด้านบนของ HSA ตามแนวทาง Monte Carlo Simulation



รูปที่ 4 การคำนวณความลึกของเข็มขณะทำการฉีดการเทียบกับผิวด้านล่างของ HSA ตามแนวทาง Monte Carlo Simulation



รูปที่ 5 การคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเข็มตามแนวทาง Monte Carlo Simulation

2.4 V (Validate) Phase

หลังจากที่ได้มีการกำหนดค่าที่เหมาะสมให้แก่ KPIVs ในแต่ละ KPOV แล้วจึงทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลจากการกำหนดค่า KPIVs ที่เหมาะสม จากการทดลองประกอบ Cartridge ลงใน Hook Up ผลการทดลองสรุปดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการทดลองในรูปค่ากลาง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าดัชนีความสามารถในแต่ละกระบวนการประกอบตลับลูกปืน

CTQ	Mean		
	Bearing Install UV-Cure Glue	Bearing Install T-Ring	Bearing Install Thermal-Cure Glue
Bearing Height	0.000199	0.000074	0.000002
Bearing Pitch	0.03450	0.06800	-0.01970
Bearing Roll	0.00257	-0.01510	-0.00928

CTQ	Sigma		
	Bearing Install UV-Cure Glue	Bearing Install T-Ring	Bearing Install Thermal-Cure Glue
Bearing Height	0.000260	0.000428	0.000273
Bearing Pitch	0.02560	0.03015	0.03350
Bearing Roll	0.03889	0.03690	0.04316

CTQ	Cpk		
	Bearing Install UV-Cure Glue	Bearing Install T-Ring	Bearing Install Thermal-Cure Glue
Bearing Height	2.30	1.48	2.46
Bearing Pitch	1.50	0.91	1.30
Bearing Roll	1.69	1.67	1.47

จากตารางที่ 6 KPOV ที่สำคัญคือ 1) Bearing Height 2) Bearing Pitch และ 3) Bearing Roll พบว่า กระบวนการประกอบ Bearing UV-Cure Glue มีค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของทั้ง 3 KPOVs มากกว่า 1.33 ผ่านเกณฑ์ประเมิน

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบต้นทุนของกระบวนการประกอบตลับลูกปืนลงใน HSA ในแต่ละวิธีการประกอบพร้อมทั้งรายละเอียดของต้นทุนรวมในแต่ละวิธีการประกอบ

Bearing Install Cost	Thermal-Cure Glue Cost/Unit	UV-Cure Glue without Sleeve Cost/Unit	Delta Cost
Total Direct Controlled Costs	\$0.407	\$0.325	\$0.082
Fixed Costs	\$0.345	\$0.345	\$0.000
Other Variable Costs	\$0.423	\$0.423	\$0.000
Scrap Cost	\$0.037	\$0.037	\$0.000
Total Cost	\$1.212	\$1.130	\$0.082
Cost Compare		\$0.082	

จากตารางที่ 7 พบว่ากระบวนการประกอบ Bearing UV-Cure Glue สามารถลดต้นทุนการประกอบต่อหน่วยได้ 0.082 US\$ หรือ 6.77 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับกระบวนการประกอบ Bearing Thermal-Cure Glue เนื่องจากสามารถลด Direct Control Cost ได้ 0.082 US\$/Unit แต่การลดต้นทุนรวมยังต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 10 เปอร์เซ็นต์

สำหรับ จุดคุ้มทุนของกระบวนการประกอบ Bearing UV-Cure Glue หลังจากผ่าน Validate Phase นั้น จากสมการ

$$\text{ปริมาณผลิต } X = F/(P-V)$$

F = ต้นทุนคงที่ = ค่าใช้จ่าย , Scalar Robot + UV Generator and Chamber = 1,000,000 ฿ = 33,333.33 US\$

$$P = 30 \text{ US$/Unit}$$

$$V = 10 + 1.130 = 11.130 \text{ US$/Unit}$$

$$\text{ดังนั้น ปริมาณผลิต } X = F/(P-V) = 33,333.33/(30-11.130) = 1766.45 = 1767 \text{ Unit}$$

ดังนั้นต้องมีการผลิต HSA มากกว่า 1767 ชิ้น จึงจะคุ้มทุน หรือผลิต HSA = 1767/5514 = 0.32 วัน (7.68 ชั่วโมง)

3. สรุป

จากการศึกษา พบว่า กระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยกาอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet พบว่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) มีค่ามากกว่า 1.33 ตามเกณฑ์ข้อกำหนดของลูกค้า และหน่วยงานพัฒนาด้านต้นทุนต่อหน่วยกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยกาอบแห้งด้วยแสง Ultraviolet สามารถลดต้นทุนเมื่อเทียบกับกระบวนการประกอบตลับลูกปืนใน HSA โดยกาอบแห้งด้วยความร้อน (Bearing Thermal-Cure Glue) ได้ 6.77 เปอร์เซ็นต์ จากเป้าหมาย 10 เปอร์เซ็นต์ และมีจุดคุ้มทุนการผลิตที่ HSA 1,767 ชิ้น หรือ ใช้เวลาผลิต 0.32 วัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Arash, Shahin, "Design for Six Sigma (DFSS) : Lessons Learned from World-Class Companies", *Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 4(1), pp. 48-59, 2008.
- [2] Ida, Gemyr ; et al, "Exploring Design for Six Sigma from the Viewpoint of Robust Design Methodology", *Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, vol. 1(3), pp. 295-305, 2005.
- [3] Soderborg, "Design for Six Sigma at Ford", *Six Sigma Forum Magazine*, vol. 4(1), pp. 15-22, 2004.
- [4] Andrew, D. Sleeper. (2006). *Design for Six Sigma Statistics*. Colorado : McGraw-Hill.
- [5] Cristine, B. Tayntor. (2007). *Six Sigma Software Development*. (2nd ed) New York : Auerbach Publication.
- [6] Dai, Gil Lee ; and Nam, Pyo Suh. (2006). *Axiomatic Design and Fabrication of Composite Structures : Applications in Robots, Machine Tools, and Automobiles*. New York : Oxford University Press.
- [7] Tennant, G.(2002). *Design for Six Sigma*. Macao : Gower Publishing.
- [8] ณัฐนารี สุขเสกสรรค์ ; และ กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2548). "การลดความผันแปรของ Arm Height หัวอ่านฮาร์ดดิส". *การประชุมวิชาการทางงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2548*. (2548). กรุงเทพฯ.
- [9] Banuelas, Ricardo ; and Antony, Jiju. (2004) "Six Sigma or Design for Six Sigma Rail Delivery Project". *Winter Simulation Conference (WSC)*, Texas.
- [10] Charles, Huber ; and Glenn, H. Mazur. (2003). *QFD and Design for Six Sigma (Online)*. Available: http://www.mazur.net/works/qfd_dfss.pdf [2003, February 20].