การออกแบบแผนการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนอลูมีเนียมก่อนนำเข้ากระบวนการ

A Design of Inspection Sampling Plans for Incoming Aluminum Parts

บรรหาญ ลิลา[1*], จักรวาล คุณะดิลก[2]
[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี 20130,
E-mail: Blila@buu.ac.th*

Banhan Lila[1*] Jakrawarn Kunadilok[2]
[1,2]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Burapha University, Chonburi
E-mail: Blila@buu.ac.th*

บทคัดย่อ

คุณภาพของชิ้นส่วนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการดำเนินการผลิต การตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนก่อนนำเข้าสู่กระบวนการต้องมีสมรรถนะในระดับที่ยอมรับได้ทั้งต่อผู้จัดส่งและผู้รับด้วยต้นทุนการตรวจสอบที่เหมาะสม งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและประยุกต์แผนการสุ่มตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนอลูมีเนียมก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเข็มขัดนิรภัยรถยนต์ ด้วยการสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกแผนจาก MIL STD 105E ประมวลผลด้วย Visual C++ สำหรับการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบไม่ต่อเนื่อง ผลจากการประยุกต์พบว่า สามารถตรวจจับชิ้นงานเสีย ณ จุดตรวจรับได้เพิ่มจาก 32.53% เป็น 82.08% ของชิ้นส่วนที่เสียทั้งหมด ส่งผลให้ปัญหาชิ้นงานไม่มีคุณภาพหลุดเข้าไปสู่กระบวนการลดลงจาก 7.20% เป็น 0.99% ต้นทุนจากปัญหาคุณภาพชิ้นส่วนนำเข้าลดลงเฉลี่ย 682,000 บาทต่อเดือน จึงเห็นได้ว่าการออกแบบและประยุกต์เครื่องมือที่เหมาะสมในการตรวจสอบชิ้นส่วนก่อนนำเข้าสู่กระบวนการสามารถลดปัญหาและต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์กับกระบวนการอื่นต่อไป

คำหลัก แผนการสุ่มตรวจสอบ ชิ้นส่วนอลูมีเนียม ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

Abstract

Quality of parts is a significant factor affecting the subsequence operations. The acceptable performance of an incoming inspection with reasonable cost is required. This paper presents a design and an implementation of the inspection plans for incoming aluminum parts of a safety belt production process. The decision support system written in C++ were designed and used for inspecting of attribute quality characteristics. The application in the screening process indicated that 82.08% of defectives were found at the incoming inspection station compared to only 32.53% previously. This improvement resulted in the reduction of the leakages of defective parts into the production process from 7.20% to 0.99%. Consequently, cost related to the quality problem was decreased by the average of 682,000 baht per month which could be viewed as a solid evidence and a guideline for implementation such techniques in the similar situations.

Keywords: Inspection Plan, Aluminum Parts, Decision Support System

1. บทนำ

ความเข้มแข็งขององค์กรเป็นผลโดยตรงจากความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าซึ่งต้องการทั้งประสิทธิภาพการจัดการและคุณภาพของกระบวนการอันจะนำไปสู่การผลิตสินค้าและบริการที่มีสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าได้ต่อไป การจัดการด้านคุณภาพจึงถูกกำหนดเป็นนโยบายตั้งแต่ยุคเริ่มต้นของการพัฒนาอุตสาหกรรมดังหลักฐานที่ปรากฏใน [5] ซึ่งเป็นการกำหนดนโยบายการจัดการของ William Cooper Proctor หลานของผู้ก่อตั้งบริษัท Procter & Gamble ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1887 ว่า “งานแรกของพวกเราคือการผลิตสินค้าคุณภาพที่ลูกค้าจะต้องซื้อแล้วซื้ออีก ด้วยกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและประหยัด อันจะทำให้พวกเรามีกำไรมาแบ่งปันกัน” การจัดการด้านคุณภาพมีการดำเนินการต่อเนื่องตลอดมาดังพบได้จากการสำรวจงานวิจัยที่ลงพิมพ์ในวารสาร Production and Operations Management ของ Roger, Kevin, and Dongli [6] ซึ่งบ่งชี้ว่ามีการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพตั้งแต่การกำหนดนโยบายด้าน TQM การวิเคราะห์ผลการประยุกต์เครื่องมือกับกรณีศึกษาด้านการผลิต การบริการ กรอบรางวัลคุณภาพ ตลอดจนการประเมินสมรรถนะด้านคุณภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่ง [6] และ [7] พบว่าการควบคุมคุณภาพตั้งแต่การนำเข้าวัตถุดิบ ระหว่างกระบวนการ และ ก่อนการนำส่งสินค้า จะช่วยลดต้นทุนการดำเนินการและปัญหาที่อาจกระทบต่อลูกค้าได้อย่างมีนัยสำคัญ [1], [2] และ [3] กล่าวถึงเครื่องมือที่นิยมประยุกต์ในทางปฏิบัติคือการสุ่มตรวจสอบ (Inspection) ด้วยการวิธีการ Mistake-Proofing, การตรวจสอบ 100% และการสุ่มตรวจ (Sampling Inspection) และ การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (SPC) ทั้งการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบต่อเนื่องด้วยแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับและ Mistake-Proofing ในรูปแบบของ Poka-Yoke หรือ Go-NoGo gages ต่าง ๆ และการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบไม่ต่อเนื่องด้วยการประยุกต์แผนการสุ่มเพื่อการยอมรับ (Acceptance Sampling Plan) อย่างแพร่หลาย การออกแบบของแผนการสุ่มนิยมใช้แนวทางของ MIL-STD 105D, MIL-STD 105E ซึ่งปัจจุบันได้มีการดัดแปลงโดย American Society of Quality Control (ASQC) เป็น ANSI/ASQC Z1.4 [8] และ [9] หรือเป็นการออกแบบตามมาตรฐานของบริษัทแม่ซึ่งผ่านการทดสอบว่าใช้ได้ผลมาแล้วระยะเวลาหนึ่ง [1], [2] และ [3]

งานวิจัยนี้ศึกษาในส่วนของการประยุกต์แผนการสุ่มเพื่อการยอมรับ ตามมาตรฐานของ MIL-STD 105E กับการตรวจสอบคุณภาพชิ้นส่วนก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตซึ่งพบว่ามีการใช้โดย [1], [2], [3] และ [4] แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควรเนื่องจากระดับคุณภาพขาเข้าของชิ้นส่วนมีความผันแปรทำให้สมรรถนะของแผนการสุ่มอาจไม่เหมาะสมในบางช่วงเวลาของการใช้งาน แผนการสุ่มตรวจสอบจึงต้องมีสมรรถนะด้านความเสี่ยงของการใช้งานต่ำทั้งของผู้นำส่งชิ้นส่วน (Producer’s Risk, α) และ ของผู้รับชิ้นส่วน(Consumer’s Risk, β) ทั้งนี้ในการสร้างแผนและประเมินสมรรถนะมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ยุ่งยากและเกิดความผิดพลาดได้ง่ายหากผู้สร้างแผนขาดความชำนาญ เพื่อแก้ปัญหานี้ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกแผนจาก MIL STD 105E ประมวลผลด้วย Visual C++ แสดงผลบน MS Excel สำหรับการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบไม่ต่อเนื่อง การเลือกแผนพิจารณาจากสมรรถนะด้านความเสี่ยง α และ β, ค่าเฉลี่ยคุณภาพหลังการสุ่มตรวจสอบ (Average Outgoing Quality, AOQ) และ ค่าเฉลี่ยจำนวนตัวอย่างสุ่มรวม (Average Total Inspection, ATI)

2. คุณภาพและแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับ

แผนการสุ่มตัวอย่างเป็นวิธีการที่ใช้ตรวจสอบและตัดสินใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในการประกันคุณภาพมาเป็นเวลานาน ซึ่งรวมถึงผลิตภัณฑ์ที่เป็นชิ้นส่วนที่นำเข้ามาสู่กระบวนการ (Incoming Materials) ผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการ (Work in Process) และ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Outgoing Products) [9] การประยุกต์การสุ่มตัวอย่างที่พบบ่อยได้แก่การสุ่มตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่ได้รับก่อนที่จะนำเข้าสู่กระบวนการผลิต วัตถุดิบเหล่านี้มักจะถูกส่งมาครั้งละจำนวนมากมีหน่วยนับเป็นล๊อต (Lot) การสุ่มทำโดยการชักตัวอย่างวัตถุดิบจำนวนหนึ่งจากล๊อตเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพตามที่กำหนด และข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบจะถูกใช้ในการพิจารณาว่าวัตถุดิบทั้งล๊อตมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับได้

หรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลการตัดสินจะมีเพียงสองอย่างเท่านั้นคือ ยอมรับ (Accept) หรือไม่ยอมรับ (Reject) ล๊อตที่ยอมรับจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป ในขณะที่ล็อตที่ไม่ได้รับการยอมรับอาจถูกนำไปทำอย่างใดอย่างหนึ่งตามวิธีการของการกำจัดล๊อต (Lot-Disposition Action)

แผนการสุ่มตรวจสอบแบ่งตามเกณฑ์คุณลักษณะทางคุณภาพแบ่งตามลักษณะของกระบวนการของแผนการสุ่มตัวอย่างได้แก่แผนการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นเดียว (Single Sampling Plan, SSP) แบบสองชั้น (Double-Sampling Plan, DSP) แบบหลายชั้น (Multiple-Sampling Plan, MSP) และแบบลำดับขั้น (Sequential-Sampling Plan)

จากการสำรวจงานวิจัยเบื้องต้นพบว่ามีการประยุกต์แผนการสุ่มในงานอุตสาหกรรม เช่น สาธิตา เผื่อนเอี่ยม, 2550 [1] ได้ปรับปรุงแผนการสุ่มตรวจสอบความถูกต้องของการบรรจุสินค้า CKD ลงลังก่อนส่งไปให้ลูกค้าในต่างประเทศ เพื่อเพิ่มสมรรถนะของแผนการสุ่มและลดภาระงานของพนักงาน ชัยทัต เวียงหฤทัย, 2550 [2] ออกแบบแผนการสุ่มจากมาตรฐานของ MIL-STD-105E ในการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ต่อเนื่องของชิ้นส่วนโซ่ราวลิ้นรถยนต์ สุกิจ วัตรศรีวานิช และ บรรหาญ ลิลา, 2552 [3] ออกแบบ Poka-Yoke เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะแบบต่อเนื่องและแผนการสุ่มตามมาตรฐานของ MIL-STD-105E เพื่อตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบไม่ต่อเนื่องของชิ้นส่วนอลูมีเนียมก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต แต่ก็พบว่าแผนการสุ่มจำเป็นต้องมีการสับเปลี่ยนอยู่เสมอเนื่องจากความสามารถด้านคุณภาพของผู้จัดส่งชิ้นส่วนมีความผันแปร ดังนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในลักษณะเดียวกันกับที่พัฒนาโดย ภัทรพล นวลสมศรี, วนิดา ประสมทรัพย์ และสุจิตรา ทีปกร. 2552, [4] น่าจะช่วยให้การเลือกแผนการสุ่มมีเหมาะสมต่อการใช้งานทำได้สะดวกมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีตัวอย่างงานวิจัยจำนวนมากที่พยายามนำเสนอการพัฒนาของแผนการสุ่มตรวจสอบในการจัดการคุณภาพ เช่น Marvin, Kim, and Park, 2009 [7] ได้นำเสนองานวิจัยซึ่งเน้นการเลือกนโยบายการสุ่มตัวอย่างมาตรวจสอบเพื่อลดต้นทุนด้านคุณภาพและต้นทุนการตรวจสอบไปพร้อมกันด้วยการบูรณาการข้อมูลด้านคุณภาพระหว่างฝ่ายขายและผู้ผลิตชิ้นส่วนของบริษัทกรณีศึกษา Belmiro and Pedro, 2008 [8] ออกแบบแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับแบบ SSP และแบบ DSP ที่มุ่งเน้นให้ความคลาดเคลื่อนหรือความเสี่ยงจากการตัดสินใจด้วยแผนการสุ่มมีค่าน้อยที่สุด Andreas et al, 2011 [10] นำเสนอการออกแบบและประยุกต์แผนการสุ่มเพื่อการยอมรับในการควบคุมความเข้มข้นของ Escherchia coli O157 ในเนื้อสัตว์เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานของการควบคุมคุณภาพในออสเตรเลีย Vellaisamy, Sankar and Taniguchi, 2003 [11] และ Aminzadeh, 2008 [14] เสนอแผนการสุ่มตรวจสอบสำหรับการตรวจติดตามกระบวนการที่ไม่อิสระ โดยการประยุกต์ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของความเสี่ยงในการตัดสินใจที่เป็นผลมาจากกระบวนการก่อนหน้า (Autoregressive Moving Average, ARMA) โดย [11] ใช้แผนการสุ่มตรวจสอบแบบ DSP ในขณะที่ [14] ใช้แผนการสุ่มแบบลำดับขั้น Muhammad, 2011 [12] และ Pearn and Chien-Wei, 2006 [13] นำเสนอการออกแบบแผนการสุ่มที่บูรณาการการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์เพื่อให้ได้แผนการสุ่มที่มีประสิทธิภาพและประหยัดในเวลาเดียวกัน โดย [12] พิจารณาการตรวจสอบชิ้นส่วนที่สั่งเข้ามาแบบ EOQ การตรวจสอบเป็นแบบทำลายทิ้ง ในขณะที่ [13] ประยุกต์กับการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบต่อเนื่อง

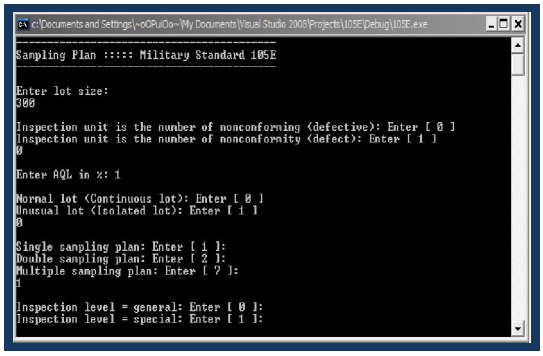
งานวิจัยที่ได้กล่าวถึงโดยสังเขปนี้ทุกงานได้กล่าวถึงความสำเร็จในการช่วยลดปัญหาด้านคุณภาพ ลดต้นทุนและเพิ่มศักยภาพในการจัดการด้านคุณภาพทั้งสิ้น จึงเห็นได้ว่าความต้องการใช้งานของแผนการสุ่มยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการออกแบบและสร้างแผนการสุ่มก็ยังคงมีความยุ่งยากโดยเฉพาะกับพนักงานผู้ปฏิบัติงานซึ่งโดยปกติจะมีทักษะทางด้านการวิเคราะห์ทางสถิติที่จำกัด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางการสร้างวิเคราะห์และเลือกแผนการสุ่มเพื่อการยอมรับเพื่อแก้ปัญหาประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนอลูมีเนียมเสีย ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตและได้สร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยประเมินแผนการสุ่มตรวจสอบ ซึ่งจะช่วยให้การสร้างแผนการสุ่มตรวจสอบมีความสะดวกและถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3. การออกแบบและการสร้างระบบสนับสนุนการเลือกแผนการสุ่มตรวจสอบจาก MIL-STD-105E

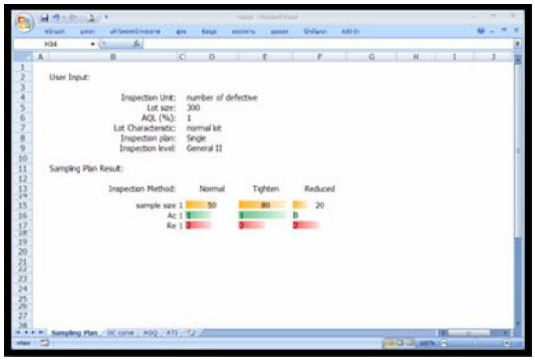
3.1 ความสามารถของระบบ

ทีมวิจัยออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกแผนจาก MIL STD 105E เขียนด้วย Visual C++ แสดงผลบน MS Excel สำหรับการตรวจสอบคุณลักษณะทางคุณภาพแบบไม่ต่อเนื่อง โดยเน้นให้ผู้ใช้สร้างแผนได้สะดวกเพียงป้อนข้อมูล Acceptable Quality Level (AOQ) ระหว่าง 0.1% ถึง 10%, Lot Size (N), ประเภทล๊อต (Continuous หรือ Isolated), รูปแบบแผนการสุ่ม (ระหว่าง SSP, DSM หรือ MSP) และ ประเภทของการตรวจสอบ (General จากระดับ I - III หรือ Special จากระดับ I - IV) ผ่านหน้าต่าง C++ ซึ่งรันบน MS DOS ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างหน้าต่างสำหรับป้อนข้อมูลของ C++

จากนั้นระบบจะกำหนดแผนการสุ่มจากฐานข้อมูลซึ่งสร้างบน Notepad และแสดงผลลัพธ์ซึ่งได้แก่ขนาดตัวอย่างสุ่ม (n) และเกณฑ์การยอมรับล๊อต (c หรือ Ac) บน MS Excel 2007 ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างหน้าต่างผลลัพธ์บน MS Excel 2007

นอกจากนี้ระบบยังสามารถแสดงกราฟสมรรถนะของแผนการสุ่มประกอบด้วย OC Curve, AOQ, AOQL, ATI และ ASN เพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้เลือกแผน

3.2 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลตารางของ MIL-STD-105E สร้างและบันทึกบน Notepad ถูกเรียกใช้งานด้วยรหัสของ C++

3.3 การตรวจสอบและทดสอบระบบ

การตรวจสอบความถูกต้องของระบบทำโดยการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์จากระบบและผลลัพธ์การสร้างแผนด้วยมือ และทดสอบใช้งานกับปัญหาตัวอย่างจำนวน 30 กรณี

4. ปัญหากรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานำชิ้นส่วน 4 ประเภท ได้แก่ ชิ้นส่วนที่ทำจากพลาสติก โลหะ อลูมีเนียม และชิ้นส่วนจ้างประกอบ เข้าสู่กระบวนการเพื่อทำการผลิตเป็นเข็มขัดนิรภัยรถยนต์ [3] โดยก่อนนำเข้าสู่กระบวนการทางโรงงานจะมีการตรวจสอบชิ้นงานทั้งลักษณะภายนอกและขนาดต่าง ๆ ซึ่งจากข้อมูลย้อนหลังดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่ายังมีชิ้นส่วนเสียที่ถูกตรวจพบที่จุดตรวจสอบจำนวน 669 ชิ้น และ มีตรวจพบในกระบวนการผลิตจำนวน 731 ชิ้น รวม 1400 ชิ้น หรือ คิดเป็นสัดส่วนการตรวจพบ (งานวิจัยนี้จะใช้เป็นประสิทธิภาพการตรวจจับของเสีย) เพียงร้อยละ 47.8 ของชิ้นส่วนเสียทั้งหมด สัดส่วนการตรวจพบชิ้นส่วนเสียดังแสดงในรูปที่ 3

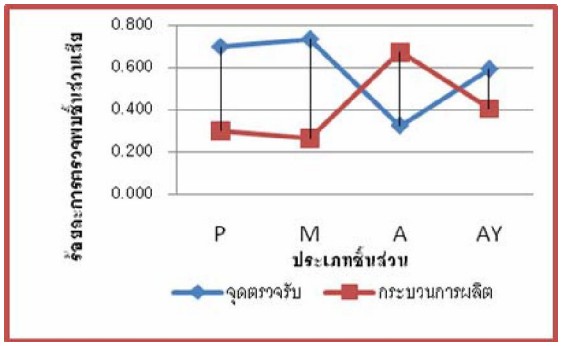
ตารางที่ 1 ข้อมูลการตรวจสอบชิ้นส่วน

ชิ้นส่วน	จำนวนที่ตรวจ	การตรวจพบชิ้นส่วนเสีย			
		จุดตรวจรับ		กระบวนการผลิต	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
P	5800	158	0.699	68	0.301
M	2500	144	0.735	52	0.265
A	7500	259	0.325	537	0.675
AY	3950	108	0.593	74	0.407

หมายเหตุ : A = พลาสติก M = โลหะ A = อลูมีเนียม
AY = ชิ้นส่วนจ้างประกอบ

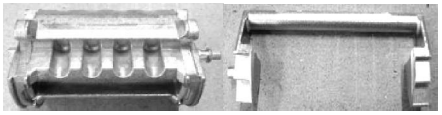
นอกจากนี้ยังพบว่าชิ้นส่วนอลูมีเนียมมีจำนวนมากที่สุด รับจากผู้จัดส่งเป็นล๊อตขนาดเฉลี่ย 300 ชิ้น จำนวน

7500 ชิ้น ประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสียต่ำที่สุด คือตรวจจับได้เพียง 259 ชิ้น จากทั้งหมด 796 ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 32.53 เท่านั้น จากตารางที่ 1 ประเมินได้ว่าสัดส่วนของเสียแยกตามประเภทชิ้นส่วนได้ ร้อยละ 3.9, 7.8, 10.6 และ 4.6 สำหรับประเภท พลาสติก โลหะอลูมีเนียม และชิ้นส่วนจ้างประกอบ ตามลำดับ รูปที่ 3 บ่งชี้ว่าประสิทธิภาพการตรวจจับ ณ จุดตรวจสอบของชิ้นส่วนอลูมีเนียมต่ำที่สุด ทำให้พบชิ้นส่วนเสียในกระบวนการประกอบสูงถึง 537 ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 67.5 ส่วนใหญ่เป็นชิ้นส่วนที่เสียเพราะลักษณะภายนอก



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสีย

ดังนั้นแนวทางการลดของเสียในล๊อตและการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบของชิ้นส่วนอลูมีเนียมจึงเป็นประเด็นเร่งด่วน งานวิจัยนี้นำเสนอเฉพาะแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสียเท่านั้น โดยเริ่มจากการศึกษาลักษณะของชิ้นส่วนซึ่งพบว่าเป็นชิ้นส่วนแกนหมุนและตัวล๊อคเข็มขัดนิรภัยถยนต์ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ชิ้นส่วนแกนหมุน (ขาว) และตัวล๊อค (ซ้าย)

วิธีการตรวจสอบ ณ จุดตรวจสอบปัจจุบันมีการตรวจสอบ 2 วิธี คือการใช้เครื่องมือ POKA-YOKE ในการตรวจสอบขนาด และ การสุ่มชิ้นงาน 1 ชิ้นมาตรวจสอบด้วยเครื่อง Coordination Measuring (CMM) และใช้การสุ่มตรวจสอบแบบชั้นเดียว กำหนด n=5 ชิ้นต่อล๊อต ยอมรับล๊อตเมื่อไม่พบของเสีย (c=0)

จากข้อมูลในตารางที่ 1 ประเมินได้ว่าสัดส่วนของเสีย (p) ของชิ้นส่วนอลูมีเนียมมีค่าเท่ากับ 0.106 สมรรถนะของแผนการสุ่มปัจจุบันเมื่อประเมินจากความน่าจะเป็นในการยอมรับล๊อต P_a ของแผนการสุ่มจากสมการที่ (1) AOQ จากสมการที่ (2) และ ATI จากสมการที่ (3) จะได้ P_a = 0.57, *AOQ* = 0.06 และ *ATI* = 132 ชิ้น ดัชนีทั้ง 3 อธิบายปัญหาประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสีย ณ จุดตรวจสอบ โดยเฉพาะโอกาสในการยอมรับล๊อตจากการสุ่มตรวจสอบร้อยละ 57 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่าโอกาสนี้เท่ากับ 67.5 มีค่าไม่ต่างจากทางทฤษฎีมากนัก

$$P_a = P\{d \le c\} = \sum_{d=0}^{c} \frac{n!}{d!(n-d)!} p^d (1-p)^{n-d} \quad (1)$$

$$AOQ = \frac{P_a p(N-n)}{N} \quad (2)$$

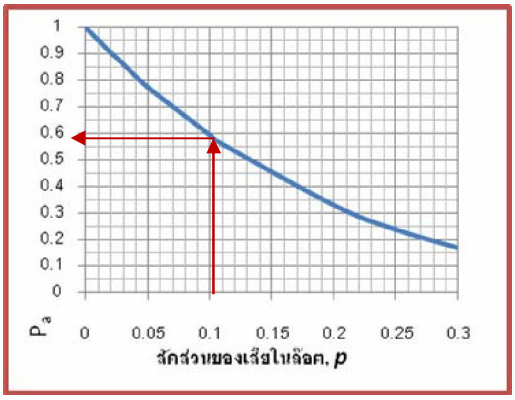
$$ATI = n + (1-P_a)(N-n) \quad (3)$$

เมื่อ d คือจำนวนชิ้นส่วนเสีย c คือเกณฑ์ในการยอมรับ n คือขนาดตัวอย่างสุ่ม N คือขนาดล๊อต p สัดส่วนของเสียในล๊อต

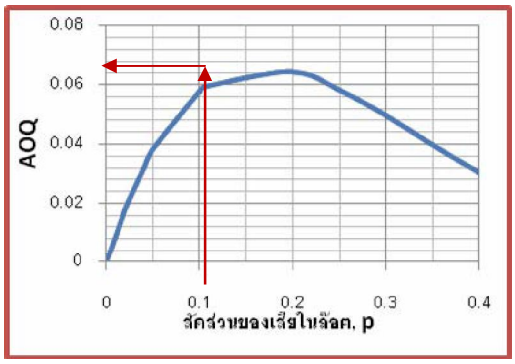
ค่า *AOQ* = 0.06 บ่งชี้ว่าโดยเฉลี่ยหลังการตรวจสอบจะยังคงมีของเสียปนในล๊อตเข้าสู่กระบวนการผลิตร้อยละ 6 หรือจากข้อมูลชิ้นส่วนอลูมีเนียมที่ได้รับจำนวน 7500 ชิ้น ประมาณได้ว่าจะมีของเสียปน 446 ชิ้น (ตารางที่ 1 เป็นข้อมูลจริงมีของเสีย 537 ชิ้น) แผนการสุ่มนี้จะส่งผลให้มีจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมดที่ต้องตรวจสอบเฉลี่ย 132 ชิ้น ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนและเวลาในการตรวจสอบโดยตรง จากสมการที่ (1) สามารถสร้างเส้นโค้งคุณลักษณะดำเนินการ (OC Curve) กราฟแสดง AOQ และ ATI ของแผนการสุ่มนี้ได้ดังรูปที่ 5, 6 และ 7 ตามลำดับ

จึงเห็นได้ว่าแผนการสุ่มที่ใช้สำหรับตรวจสอบลักษณะภายนอก n=5 และ c=0 นั้น ไม่เหมาะสมกับการตรวจสอบล๊อตชิ้นส่วนอลูมีเนียม

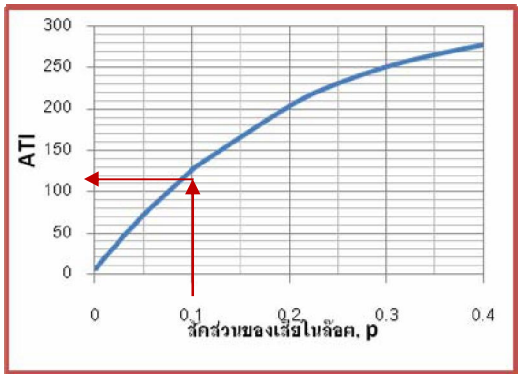
งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอทางเลือกแผนการสุ่มตรวจสอบจาก MIL-STD-105E พร้อมทั้งวิเคราะห์สมรรถของแต่ละแผนด้วยระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นเพื่อความสะดวกในการประเมินดัชนี P_a, AOQ, ATI ของแต่ละแผน



รูปที่ 5 เส้นโค้ง OC ของแผนการสุ่ม n=5, c=0



รูปที่ 6 AOQ ของแผนการสุ่ม N=300, n=5, c=0



รูปที่ 7 ATI ของแผนการสุ่ม N=300, n=5, c=0

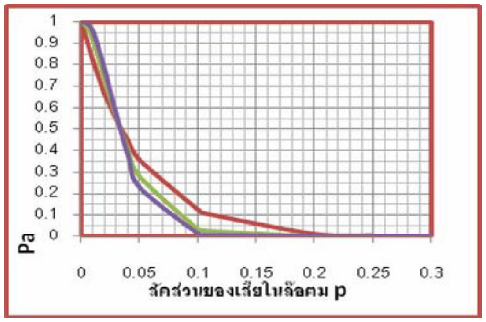
5. การแก้ปัญหากรณีศึกษา

การแก้ปัญหาของกรณีศึกษานี้มีการสำเสนอเป็น 2 แนวทางคือ แนวทางที่ 1 การแก้ปัญหาเชิงป้องกันระยะยาวโดยการกำหนดนโยบายคุณภาพและการควบคุมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการของผู้ผลิตชิ้นส่วน ซึ่งรายละเอียดจะไม่กล่าวในงานวิจัยนี้ แนวทางที่ 2 การแก้ปัญหาระยะสั้นโดยเสนอแผนการสุ่มตรวจสอบประเภท General Level I, II และ III สำหรับแผน Nornal, Tightened และ Reduced กำหนด AQL= 1% ได้แผนดังแสดงในตารางที่ 2

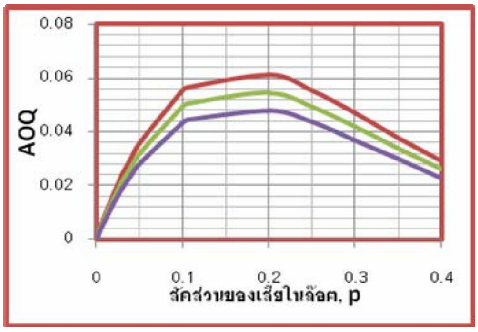
ตารางที่ 2 แผนการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนอลูมีเนียมที่นำเสนอ

แผน	ระดับการตรวจสอบ		
	I	II	III
	F	H	J
Normal	20/0	50/1	80/2
Tightened	20/0	80/1	125/2
Reduced	5/0	20/1	50/1

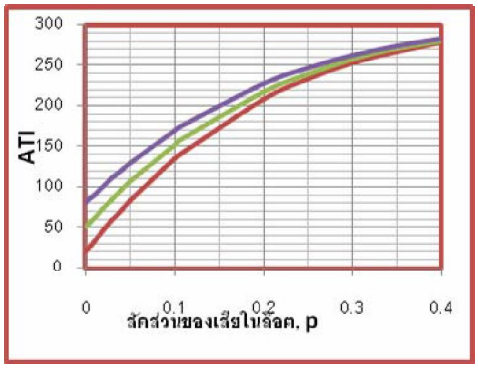
ตัวเลขในตารางที่ 2 เช่น 20/0 ของแผนการสุ่มแบบ Normal ระดับ I หมายถึง n=20, c=0 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใช้แผน n=5 และ c=0 ในการตรวจสอบแบบเดิมนั้นเทียบเท่าได้กับแผนแบบ Reduced ที่นำเสนอนี้ ซึ่งจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อผู้จัดส่งชิ้นส่วนมีประวัติคุณภาพดีและมีผลการตรวจสอบเป็นไปตามเกณฑ์การสับเปลี่ยนแผน (Switching Rule) [8] ซึ่งในกรณีศึกษานี้ไม่เป็นจริง สมรรถนะของแผนการสุ่มแบบ Normal ทั้ง 3 ระดับดังแสดงในรูปที่ 8, 9 และ 10



รูปที่ 8 เส้นโค้ง OC ของแผนการสุ่มที่นำเสนอ



รูปที่ 9 AOQ ของแผนการสุ่มที่นำเสนอ



รูปที่ 10 ATI ของแผนการสุ่มที่นำเสนอ

จากรูปที่ 8, 9 และ 10 เป็นสมรรถนะสำหรับการตรวจสอบแบบ Normal เมื่อขนาดล็อต *N= 300* และ n/c เท่ากับ 20/0, 50/1 และ 80/2 จากเส้นบนลงล่าง สำหรับรูปที่ 8 และ 9 ส่วนรูปที่ 10 เป็นเส้นจากล่างขึ้นบน ซึ่งจะพบว่ามีค่าสมรรถนะดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนการสุ่มตรวจสอบชิ้นส่วนอลูมีเนียมที่นำเสนอ

ดัชนี	ระดับการตรวจสอบ		
	I	II	III
β	0.106	0.026	0.007
AOQ	0.056	0.050	0.044
ATI	140	157	174

เมื่อผ่านการพิจารณาแล้วทีมงานผู้รับผิดชอบจากโรงงานกรณีศึกษาเลือกแผนการสุ่มตรวจสอบระดับ I คือ n=20 และ c=0 เนื่องจากไม่ต้องการเพิ่มภาระงานของพนักงานมากนัก ในขณะที่มี β ประมาณ 0.106 ซึ่งยอมรับได้ และ AOQ ของทั้ง 3 แผนไม่ต่างกันมากนัก จากนั้นประยุกต์แผนที่เลือกกับการตรวจสอบชิ้นส่วนอลูมีเนียมและติดตามเก็บข้อมูลจำนวน 10 ล็อต

6. อภิปรายผล

จากชิ้นส่วนที่ตรวจสอบตามแผน n=20, c=0 จำนวน 10 ล็อตติดต่อกัน รวม 3126 ชิ้น พบว่ามีล็อตที่ถูก Reject 7 ล็อต พบชิ้นส่วนเสียที่จุดตรวจสอบรวม 142 ชิ้น ทุกล็อตที่ถูกปฏิเสธผู้จัดส่งต้องทำการคัดเลือก 100% และทดแทนหรือซ่อมชิ้นส่วนเสีย พบชิ้นส่วนเสียหลุดเข้าสู่กระบวนการจำนวน 31 ชิ้น ดังนั้นชิ้นส่วนเสียทั้งหมดใน 10 ล็อตที่ตรวจสอบนี้เท่ากับ 173 ชิ้น คิดเป็นสัดส่วนของเสีย (*p*) เท่ากับ 0.055 ซึ่งลดลงจากก่อนหน้า (0.106) ประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสียที่จุดตรวจสอบได้ร้อยละ 82.08 และ มีชิ้นส่วนเสียหลุดเข้าสู่กระบวนการร้อยละ 0.99

จากผลลัพธ์ของการประยุกต์แผนนี้จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสีย ณ จุดตรวจสอบเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 32.53 เป็นร้อยละ 82.08 และสามารถลดชิ้นส่วนอลูมีเนียมเสียที่หลุดเข้าสู่กระบวนการจากร้อยละ 7.2 เป็นร้อยละ 0.99 โดยผลลัพธ์นี้มีค่าดีกว่าผลที่คาดว่าจะได้รับทางทฤษฎีเมื่อ แผน n=20, c=0 ถูกใช้ในการตรวจสอบ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการกำหนดนโยบายคุณภาพและการควบคุมเพื่อป้องกันระยะยาวส่งผลให้ผู้จัดส่งชิ้นส่วนมีการควบคุมคุณภาพชิ้นส่วนก่อนส่งดีขึ้นซึ่งส่งผลให้สัดส่วนของเสีย (*p*) ในล็อตลดลงจาก 0.106 เป็น 0.055 ประกอบกับการเพิ่มความระมัดระวังในการทำงานของพนักงานส่งผลให้การตรวจสอบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อมูลก่อนการปรับปรุงบ่งชี้ค่า *p = 0.106* และหลังการปรับปรุง *p = 0.055* ของล็อตของชิ้นส่วนอลูมีเนียมที่ส่งมา บ่งชี้ว่าการกำหนด AQL=1% ของโรงงานกรณีศึกษานั้นยังไม่ได้รับการตอบสนองจากผู้ผลิตชิ้นส่วน ดังนั้นการสร้างแผนการสุ่มจึงต้องพิจารณาจาก β เป็นหลัก และยังคาดเดาได้ว่าการสับเปลี่ยนแผนการสุ่มระหว่างแบบ Normal และ Reduced จะยังไม่เกิดขึ้นจนกว่าคุณภาพของผู้ผลิตจะดีขึ้นถึงระดับ AQL ที่กำหนด

7. สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยนี้สรุปได้ว่าการสุ่มตรวจสอบเพื่อการยอมรับยังคงเป็นเครื่องมือที่มีความจำเป็นต่อการจัดการด้านคุณภาพ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแผนการสุ่มจาก MIL-STD-105E พร้อมทั้งสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกแผนการสุ่มเพื่อลดความยุ่งยากด้านเอกสารและการประเมินสมรรถนะของแต่ละแผน จากการประยุกต์กับการแก้ปัญหากรณีศึกษาพบว่าสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการตรวจจับชิ้นส่วนเสีย ณ จุดตรวจสอบได้อย่างมีนัยสำคัญทำให้มีของเสียหลุดเข้ากระบวนการผลิตน้อยลง ส่งผลให้ต้นทุนด้านคุณภาพลดลงได้เฉลี่ย 682,000 บาทต่อเดือน [3] อย่างไรก็ตาม

การปรับปรุงคุณภาพของผู้ผลิตชิ้นส่วนเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาบูรพา ด้วยทุนอุดหนุนการวิจัยและพัฒนาประจำปีงบประมาณ 2552 สัญญาทุนเลขที่ 57/2552

เอกสารอ้างอิง

[1] สาธิตา เผื่อนเอี่ยม. 2550. การประเมินและปรับปรุงแผนการสุ่มตัวอย่างสำหรับตรวจสอบในอุตสาหกรรมบรรจุชิ้นส่วนรถยนต์แยกประกอบเพื่อส่งออกต่างประเทศ (CKD). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการจัดการการขนส่งและจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[2] ชัยทัต เวียงหฤทัย. 2550. การปรับปรุงแผนการสุ่มตรวจรับเข้าวัตถุดิบ โดยดัดแปลงจาก MIL-STD-100E. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

[3] สุกิจ วัตรศรีวานิช และ บรรหาญ ลิลา. 2552. การปรับปรุงแผนการตรวจสอบชิ้นงานก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตชิ้นส่วนเข็มขัดนิรภัยรถยนต์. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, ขอนแก่น, 21-22 ตุลาคม 2552: หน้า .

[4] ภัทรพล นวลสมศรี, วนิดา ประสมทรัพย์ และ สุจิตรา ทีปกร. 2552. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างเพื่อการยอมรับตามมาตรฐาน MIL-STD-105E. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา, หน้า 40-55.

[5] James R.E. and William M.L. 2005. The Management and Control of Quality, Thomson South-Western, Singapore; 3-4.

[6] Roger S., Kevin L., and Dongli Z. 2005. Evolution of Quality: First Fifty Issues of Production and Operations Management. Production and Operations Management, Vol. 14, No.4 : 468-481.

[7] Marvin R., Kim D., and Park E. 2009. A Sampling Policy for the Reduction of Quality Cost and Improvement of Accepted Percentage in Company L. The Asian Journal on Quality, Vol. 10, No. 3 : 99-113.

[8] Belmiro P. and Pedro M. 2008. An Optimization-Based Approach for Designing Attribute Acceptance Sampling Plans. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 25, No. 8 : 824-841.

[9] Douglas C. M. 2005. Introduction to Statistical Quality Control (5th ed.). John Wiley International, U.S.A : 646-709.

[10] Andreas K., Glen M., Robert B. and IAN J. 2011. Assumptions of Acceptance Sampling and the Implications for Lot Contamination: Escherichia coli O157 in Lots of Australian Manufacturing Beef. Journal of Food Protection, Vol. 74, No. 4 : 539-544.

[11] Vellaisamy P., Sankar S. and Taniguchi M. 2003. Estimation and Design of Sampling Plans for Monitoring Dependent Production Processes. Methodology and Computing in Applied Probability, Vol. 5, No.1 : 85-108.

[12] Muhammad A.. 2011. Economic Order Quantity with Imperfect Quality, Destructive Testing Acceptance Sampling, and Inspection Errors. Advances in Management & Applied Economics, Vol.1, no.2 : 59-75.

[13] Pearn WL. and Chien-Wei W. 2006. Variables Sampling Plans with PPM Fraction of Defectives and Process Loss Consideration. Journal of the Operational Research Society, Vol.57: 450-459.

[14] Aminzadeh M. S. 2008. Sequential and Non-Sequential Acceptance Sampling Plans for Autocorrelated Processes using ARMA(p,q) Models. Comput Stat, Vol.24 : 95-111.