

การผสมรวมเทคนิค QFD และ FBS ในระเบียบวิธีการออกแบบสำหรับผลิตภัณฑ์

เชิงวิศวกรรม กรณีศึกษา: อุปกรณ์จับยึดกระสอบพลาสติกสาน

Combining QFD and FBS in a Design Methodology of Engineered Products: A Case Study of Woven Bag Clamping Devices

ณัฐวุฒิ จันทรง^{1*} ศิวยาญ เฉลิมภาค¹

ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Nattawut Janthong^{1*} Siwayu Chaloeiphak¹

Department of Production Engineering King Mongkut's University of Technology North Bangkok

1518 Pracharat 1 Road, Wongsawang, Bangsue, Bangkok 10800

*Corresponding author: Email: nattawut.j@eng.kmutnb.ac.th

(Received: October 19, 2018; Accepted: January 20, 2019)

บทคัดย่อ

การแก้ไขปรับปรุงแบบเป็นกิจกรรมที่มีความจำเป็นในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้ได้แบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับ แต่อย่างไรก็ตาม กิจกรรมดังกล่าวก็ทำให้เกิดการสูญเสียทรัพยากร เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดข้อผิดพลาด งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment : QFD) และ การออกแบบชิ้นส่วนตามฟังก์ชัน (Function - Behaviour - Structure : FBS) เพื่อพัฒนาขั้นตอนการออกแบบที่สามารถนำไปสู่การกำหนดปัญหาและข้อจำกัดของการออกแบบได้อย่างชัดเจนตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นกระบวนการออกแบบ ผลจากการประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษา การออกแบบอุปกรณ์จับยึดกระสอบพลาสติกสาน การแก้ไขปรับปรุงแบบผลิตภัณฑ์เกิดขึ้นเพียง 1 ครั้ง หลังจากการทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และผลการนำอุปกรณ์ไปใช้เคลื่อนย้ายบรรจุภัณฑ์น้ำหนัก 50 กิโลกรัม ภายในคลังสินค้าพบว่าการปฏิบัติงานสามารถดำเนินการได้โดยใช้พนักงานเพียง 1 คน โดยไม่ต้องใช้แรงจากร่างกาย จากผลดังกล่าวทำให้สามารถลดได้ทั้งจำนวนแรงงานและอาการบาดเจ็บของพนักงาน

คำสำคัญ: การออกแบบเชิงวิศวกรรม การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ การออกแบบชิ้นส่วนตามฟังก์ชัน

ABSTRACT

A redesign is a crucial activity in engineering design process in order to achieve good product designs. However, this leads to resource consume. In order to reducing risk in design process, this paper presents the application of Quality function deployment (QFD) and Function-Behaviour-Structure (FBS) techniques to develop a design methodology that can leading to clearly define design problems and constraints at the beginning of design process. An implementation to the case study showed that a design revision occurs only 1 time after the prototype test. The result of using the device to move the 50 kg weight package in the warehouse found that the operation can be carried out using only 1

employee without having to use force from the body. As a result, it can reduce both the number of workers and injuries of employees.

Keyword: Engineering Design, Quality function deployment, Functional-Behavior-Structure.

1. บทนำ

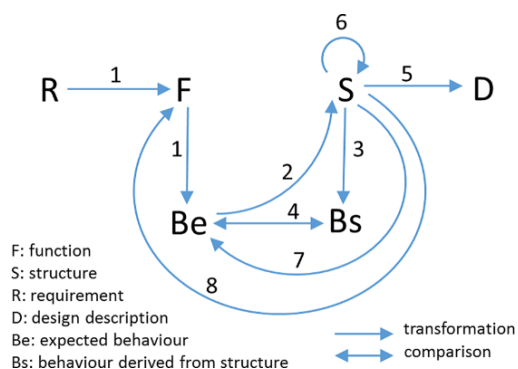
การออกแบบเป็นกิจกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกต่อการปฏิบัติงาน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม การออกแบบจำเป็นต้องอาศัยทั้งความคิดสร้างสรรค์และสายตาญาณควบคู่กันเพื่อค้นหาแนวทางที่เหมาะสมที่จะจัดการปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งต้องอาศัยทั้งการส่งส่งองค์ความรู้และประสบการณ์จากการทำงานมาอย่างยาวนาน เนื่องจากการออกแบบเป็นงานที่ต้องใช้ทักษะและต้องผ่านการฝึกฝนทำซ้ำจนเกิดความชำนาญ ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของการเป็นนักออกแบบอาชีพที่สามารถผลิตผลงานที่ดีที่สุด ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาแนวทางและระเบียบปฏิบัติที่ชัดเจน ปฏิบัติตามได้ง่ายเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดข้อผิดพลาดในระหว่างกระบวนการออกแบบ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ต้องมีการแก้ไขซ้ำไปมาเป็นวัฏจักรทำให้เกิดความล่าช้าในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบสิ่งประดิษฐ์เชิงวิศวกรรมที่มีความซับซ้อนซึ่งมีโอกาที่จะเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย โมเดลกระบวนการออกแบบจึงถูกพัฒนาขึ้นโดย [1], [2] จนในที่สุดได้มีการรวบรวมและประมวลเป็นมาตรฐานโดยสมาคมวิศวกรแห่งสหรัฐอเมริกา เรียกว่า มาตรฐานวิธีการออกแบบเชิงระบบของผลิตภัณฑ์และระบบทางวิศวกรรม [3] ซึ่งมีรูปแบบเป็นแผนภูมิการไหล (Flow chart) เพื่ออธิบายลำดับกิจกรรมการออกแบบ นอกจากนั้นยังมีการพัฒนาโมเดลอีกลักษณะหนึ่งที่มีแก่นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อกำหนดและแนวคิดการออกแบบด้วยเมตริกซ์ [4], [5] ซึ่งได้รับการยอมรับและได้มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในภาคอุตสาหกรรม แต่อย่างไรก็ตาม

ในแต่ละวิธีการถึงแม้จะมีแนวทางที่ชัดเจนแต่ก็ยังคงมีข้อจำกัดในด้านการสร้างแนวคิดในการออกแบบระดับขั้นส่วนย่อย เนื่องจากยังขาดแนวทางในการพิจารณาข้อจำกัดภายนอกจากความต้องการของลูกค้ารวมถึงข้อจำกัดภายในที่เกิดจากการส่งผ่านระหว่างกันในการออกแบบระดับขั้นส่วน [6] จึงเป็นเหตุผลให้ต้องมีการศึกษาเทคนิคต่าง ๆ เพื่อผสมผสานเข้าไปในแนวทางปฏิบัติด้านการออกแบบเพื่อให้เกิดการพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ อย่างเป็นระบบในกระบวนการออกแบบ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในการแปลง “ความต้องการของลูกค้า” เป็น “คุณลักษณะทางวิศวกรรม” คือ วิธีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality function deployment : QFD) พัฒนาขึ้นโดย Akao [5] เพื่อให้ผลงานจากการดำเนินกิจกรรมการออกแบบตรงตามความต้องการหรือความคาดหวังของลูกค้า ทำให้สินค้าที่พัฒนาขึ้นประสบความสำเร็จในทางการตลาด ซึ่งคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่กำหนดขึ้นจะถูกแปลงต่อไปเป็นฟังก์ชันต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่จำเป็น และรายละเอียดของขั้นส่วนที่ต้องออกแบบ [7], [8], [9] โดยแสดงอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า “บ้านคุณภาพ (House of Quality : HOQ)” ซึ่งพบว่าวิธีการดังกล่าวนี้ยังขาดแนวทางการพิจารณาข้อจำกัดในการออกแบบที่เป็นรูปธรรม กล่าวคือ ไม่ได้มีการระบุหรือบ่งชี้ข้อจำกัดที่สัมพันธ์กับการทำงานของแต่ละฟังก์ชันอย่างชัดเจน ซึ่งอาจส่งผลให้การออกแบบขั้นส่วนไม่อยู่ภายใต้ขอบเขตข้อจำกัดการทำงานและสาเหตุให้ต้องทำการออกแบบหลาย ๆ ครั้ง เพื่อดำเนินการแก้ไขสำหรับนักออกแบบที่ขาดประสบการณ์ [10] จากการค้นพบในประเด็นดังกล่าว จึงได้ดำเนินการผสมผสานทฤษฎี

การวิเคราะห์ Function - Behaviour - Structure หรือเรียกโดยย่อว่า FBS พัฒนาโดย Gero [11] ซึ่งสามารถรองรับต่อการกำหนดข้อจำกัดการออกแบบในระดับชิ้นส่วน โดยรูปที่ 1 แสดงกระบวนการของโมเดล FBS เริ่มต้นด้วยการกำหนดฟังก์ชันการทำงานของชิ้นส่วน (Function) และกำหนดสมรรถนะเป้าหมาย (Expected Behaviour : Be) ของฟังก์ชันนั้น เปรียบได้กับการกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรม ในขั้นตอนนี้เองที่สามารถกำหนดข้อจำกัดการใช้งาน (Constraints : Cs) ควบคู่ไปกับสมรรถนะเป้าหมายเพื่อลดขอบเขตโครงสร้าง (Structure : S) หรือดีไซด์ทางเลือกที่เป็นไปได้ในการออกแบบ และเมื่อดีไซด์ทางเลือกถูกสร้างขึ้นจะมีการประเมินค่าสมรรถนะจริงของแต่ละดีไซด์ทางเลือก (Structure Behaviour : Bs) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าสมรรถนะเป้าหมายที่กำหนด กระบวนการดังกล่าวนี้จะมีการวนซ้ำเป็นวัฏจักรจนกระทั่งได้ดีไซด์ชิ้นส่วนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และข้อจำกัดในการออกแบบ



รูปที่ 1 กรอบการทำงานภายใต้โมเดล FBS [12]

นอกจากนั้น Gero [13] ยังได้เสริมอีกว่าโมเดล FBS ที่พัฒนาขึ้นนี้จะทำให้นักออกแบบสามารถเข้าใจรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างฟังก์ชันการทำงานและชิ้นส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ทำการออกแบบได้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย

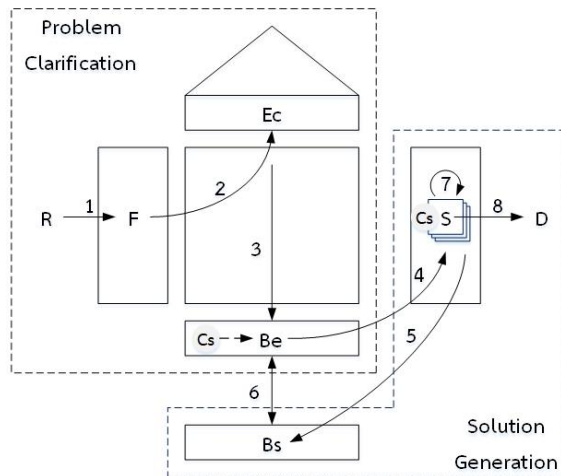
ดังนั้น เพื่อรองรับต่อการนำข้อจำกัดทั้งจากภายในและภายนอกเข้าสู่การพิจารณาในกระบวนการออกแบบ เทคนิค QFD และ FBS จึงถูกผสมผสานเข้าด้วยกันใน

การพัฒนาแนวทางให้นักออกแบบสามารถดำเนินกิจกรรมการออกแบบโดยไม่มองข้ามหรือละเลยการพิจารณาข้อจำกัดในระดับต่าง ๆ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดข้อผิดพลาดและการสูญเสียทรัพยากรในกระบวนการสร้างสรรค์ผลงาน

3. เปรียบเทียบวิธีการออกแบบ

การดำเนินกิจกรรมการออกแบบก็เปรียบเสมือนกับกระบวนการแก้ไขปัญา ซึ่งมีองค์ประกอบ 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนของการทำความเข้าใจต่อปัญหาเพื่อให้วัตถุประสงค์ของการออกแบบต่าง ๆ มีความกระจ่างชัด (Problem clarification) และส่วนของการค้นหาแนวทางการออกแบบที่สามารถเป็นคำตอบให้กับโจทย์ปัญหาที่ได้รับนั้นได้ (Solution Generation) ซึ่งทั้ง 2 ส่วนดังกล่าวสามารถที่จะดำเนินการพัฒนาในแบบคู่ขนานกัน กล่าวคือ เมื่อนักออกแบบค้นพบแนวทางการออกแบบเบื้องต้นแล้ว จากนั้นก็ดำเนินการประเมินเทียบกับเกณฑ์กำหนดต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบดูว่าแนวทางดังกล่าวอยู่ภายใต้เงื่อนไขกำหนดครบถ้วนหรือไม่ ในแต่ละครั้งของการทำตามกระบวนการนี้นักออกแบบจะพบช่องว่าง (Gap) หรือบางส่วนที่ยังไม่สอดคล้องกับข้อกำหนด นักออกแบบก็จะเริ่มออกแบบเพิ่มเติมไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดก็จะได้ “แบบสุดท้าย” ที่สามารถตอบโจทย์ปัญหาได้ทั้งหมด ภายใต้กระบวนการดังกล่าวนี้สามารถทำให้มั่นใจได้ว่าการพัฒนาแนวคิดการออกแบบจะไม่ออกนอกกรอบของปัญหา

จากแนวคิดดังกล่าว เทคนิค QFD จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ในส่วนของการทำความเข้าใจปัญหา และเชื่อมโยงเข้ากับเทคนิค FBS ในส่วนของการพัฒนาแบบทางเลือกเพื่อตอบโจทย์ปัญหา ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 โมเดลการประยุกต์เทคนิค QFD และ FBS สำหรับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ซึ่งแนวทางในการดำเนินกิจกรรมการออกแบบภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว สามารถแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นหน้าที่และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่ต้องการออกแบบ

การแปลงความต้องการของลูกค้า (ผู้บริโภค ผู้บริหาร ผู้ใช้ และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย) เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมากที่สุดในกระบวนการออกแบบ เนื่องจากนักออกแบบมักได้รับข้อมูล “ความต้องการ (Need)” ที่ยังไม่ชัดเจนมากนักเมื่อรับโจทย์ครั้งแรก ดังนั้นสิ่งแรกที่ต้องดำเนินการคือการพยายามทำความเข้าใจว่าอะไรคือสิ่งที่ลูกค้าต้องการ และแปลงข้อมูลเหล่านั้นไปเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ โดยแบ่งออกเป็น “หน้าที่และข้อจำกัดการใช้งานของผลิตภัณฑ์ (Product’s function and constraints)” และ “คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ (Product’s attribute)” ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการกำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการออกแบบเพื่อให้ทุก ๆ ขั้นตอนของการออกแบบมีขอบเขตการดำเนินงานที่ชัดเจน

3.2 การกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรม

การกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรม (Engineering Characteristics) เป็นขั้นตอนที่นักออกแบบต้องพยายาม

คิดไตร่ตรองเพื่อค้นหาว่ามี พารามิเตอร์อะไรบ้างที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมีคุณสมบัติและสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่กำหนด และที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ พารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านั้นต้องสามารถวัดได้

3.3 การกำหนดค่าเป้าหมายคุณลักษณะทางวิศวกรรม

ในทุก ๆ พารามิเตอร์ของคุณลักษณะทางวิศวกรรม นักออกแบบต้องทำการศึกษาลักษณะที่คู่แข่ง หรือ ลักษณะการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่กำหนด รวมถึงค่าความปลอดภัยในการใช้งาน (Safety factor) ต่าง ๆ เพื่อกำหนดเป็นค่าเป้าหมาย (Target) หรือ พฤติกรรมที่คาดหวัง (Expected behavior) ของการใช้งานผลิตภัณฑ์ถึงขั้นตอนนี้จะทำให้นักออกแบบเข้าใจถึง “วัตถุประสงค์ และ เป้าหมาย” ของการออกแบบได้อย่างชัดเจน

3.4 การสร้างสรรค์แบบทางเลือก

การสร้างแบบทางเลือกต่าง ๆ เปรียบเสมือนกับการต่อภาพจิ๊กซอร์ กล่าวคือ เป็นการสำรวจหรือค้นหาและเลือกแบบหรือหลักการทำงาน (Design principles) ที่สามารถทำให้เกิดกลไกการทำงานตามหน้าที่ที่กำหนดของแต่ละหน้าที่การทำงานย่อย (ฟังก์ชันย่อย) ของผลิตภัณฑ์ และเมื่อนักออกแบบทำการเลือกผสมผสานหลักการทำงานของแต่ละฟังก์ชันย่อยเหล่านั้น แบบผลิตภัณฑ์ทางเลือกต่าง ๆ ที่เป็นไปได้จะถูกพัฒนาขึ้นโดยขั้นตอนนี้จะอาศัยวิธีการสร้างแผนภูมิเมอร์โฟโรจิคอล (Morphological chart) เพื่อแสดงภาพความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันย่อยและหลักการทำงานต่าง ๆ ที่สามารถทำให้เกิดกลไกการทำงานของฟังก์ชันนั้น ๆ รวมถึงแบบผลิตภัณฑ์ทางเลือกต่าง ๆ ที่ได้จากการผสมผสานหลักการทำงานของฟังก์ชันต่าง ๆ ที่ละส่วน

3.5 การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก

แบบทางเลือกที่ถูกพัฒนาขึ้นจะถูกนำมาประเมินสมรรถนะคุณลักษณะทางวิศวกรรม ตามพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่กำหนด เพื่อให้ทราบค่าสมรรถนะจริง (Structure behavior) ซึ่งการประเมินในขั้นตอนนี้

สามารถทำได้โดยการคำนวณ หรือการใช้ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรม

3.6 การเปรียบเทียบสมรรถนะจริงกับสมรรถนะเป้าหมาย

ค่าสมรรถนะจริงของแต่ละแบบทางเลือกที่ได้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าพฤติกรรมที่คาดหวังหรือค่าเป้าหมายที่กำหนดขึ้นของแต่ละพารามิเตอร์ในคุณลักษณะทางวิศวกรรม แบบทางเลือกใดที่มีค่าสมรรถนะจริงต่ำกว่าค่าเป้าหมาย แบบทางเลือกเหล่านั้นจะถูกตัดออกจากระบบ เนื่องจากมีสมรรถนะทางเทคนิคที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดหรือความต้องการของลูกค้า ซึ่งถูกแปลงเป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรม

3.7 การประเมินคัดเลือกแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดระหว่างแบบทางเลือก

แบบทางเลือกทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการคัดกรองด้วยข้อกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรม จะถูกนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างกัน เพื่อตัดสินใจเลือกแบบทางเลือกที่ดีที่สุดจากทางเลือกทั้งหมดที่มี โดยใช้ “พุ่มเมตริกซ์ (Pugh matrix)” การประเมินจะเริ่มต้นด้วยการกำหนดทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งขึ้นมาเป็น “ทางเลือกอ้างอิง (Datum)” เพื่อเปรียบเทียบกับทางเลือกอื่น ๆ ตามเกณฑ์การประเมินต่าง ๆ จากนั้นทำการเปรียบเทียบแบบทางเลือกกับแบบอ้างอิงตามลำดับเกณฑ์การประเมิน โดยพิจารณาว่าคุณสมบัติของทางเลือกนั้น “ดีกว่า (+1)” หรือ “แย่กว่า (-1)” หรือ “เทียบเท่ากับ (0)” แบบอ้างอิง และแบบทางเลือกใดที่มีคะแนนสูงสุดจะถูกพิจารณาว่าเป็นทางเลือกที่มีความเหมาะสมที่สุด

3.8 การจัดทำแบบรายละเอียด

แบบที่ได้รับการคัดเลือก จะถูกนำมาจัดทำเป็นแบบรายละเอียด เพื่อนำไปสู่การพัฒนาต้นแบบ โดยแบบรายละเอียดจะมีการกำหนดรูปร่าง ขนาด วัสดุที่ใช้ อย่างชัดเจน เพื่อส่งต่อให้กับทีมพัฒนาต้นแบบหรือส่วนงานผลิต เป็นผู้ดำเนินการสร้างต้นแบบต่อไป

4. กรณีศึกษา : การออกแบบอุปกรณ์จับยึดกระสอบพลาสติกสาน

การขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในกระสอบพลาสติกสาน เช่น น้ำตาล เกลือ ปุ๋ย อาหารสัตว์ เป็นต้น โดยมีน้ำหนักบรรจุสูงสุด 50 กิโลกรัม ยังคงพบเห็นการใช้แรงงานคนอย่างน้อย 2-3 คน สำหรับการขนย้ายขึ้นและลงจากรถบรรทุก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ประกอบการขนาดเล็ก และขนาดเล็ก รวมถึงผู้จำหน่ายค้าปลีกในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 3 และแน่นอนพนักงานมักเกิดอาการบาดเจ็บจากการปฏิบัติงานดังกล่าวซ้ำ ๆ ต่อเนื่องเป็นเวลานานอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้



รูปที่ 3 วิธีการลำเลียงกระสอบพลาสติกสาน

ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีเครื่องทุ่นแรงหลากหลายประเภทที่มีการใช้อยู่โดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็น รอก เคลน รถฟอร์คลิฟท์ เป็นต้น แต่พบว่าอุปกรณ์เหล่านั้นไม่สามารถยกย้ายผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในกระสอบพลาสติกสานเป็นรายกระสอบโดยไม่ต้องอาศัยแรงงานในการยกขึ้นวางหรือแขวนไว้บนอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านั้นได้ ซึ่งแตกต่างจากบรรจุภัณฑ์ที่เป็นกระสอบป่านที่สามารถใช้ตะขอเกี่ยวเพื่อพลิกกลับด้านหรือหิ้วได้ แต่สำหรับกระสอบพลาสติกสานแล้วการใช้วิธีการดังกล่าวจะทำให้ทั้งบรรจุภัณฑ์ และตัวสินค้าได้รับความเสียหายอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ดังนั้นการออกแบบอุปกรณ์จับยึดกระสอบที่สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต้นกำลังประเภทต่าง ๆ ในการยกย้ายดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อลดการใช้งานแรงงานคน ลดอาการบาดเจ็บ และเพิ่มรูปแบบการใช้งานอุปกรณ์ทุ่นแรงต่าง ๆ ในการยกย้าย

สินค้าที่บรรจุอยู่ในกระสอบพลาสติกสานเป็นรายกระสอบ ได้โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อตัวสินค้า

4.1 การแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นหน้าที่ และคุณสมบัติของอุปกรณ์จับยึดกระสอบพลาสติกสาน

คำถามสำคัญของการออกแบบคือ ทำอย่างไรถึงจะสามารถใช้เครื่องทุ่นแรงที่มีอยู่ในการลำเลียงกระสอบพลาสติกสาน โดยเครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ ประกอบด้วย รอก เคน รถโฟคลิฟท์ เป็นต้น ผลจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ยังขาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับยึดกระสอบพลาสติกสาน ที่ไม่ทำให้กระสอบเสียหาย เพื่อใช้ร่วมกับอุปกรณ์ดังกล่าว

ทีมออกแบบจึงได้ดำเนินการศึกษาในรายละเอียด เพื่อจัดทำข้อสรุป “หน้าที่และคุณสมบัติ” ของอุปกรณ์จับยึด ดังกล่าว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หน้าที่และคุณสมบัติของอุปกรณ์จับยึด

ความต้องการ		ข้อจำกัด
หน้าที่การทำงาน		
1	เกี่ยวแขวนกับรอกหรือเคน	ขนาดตะขอ
2	ยึดแน่นกับกระสอบขณะยก	ผิวกระสอบ
คุณสมบัติของอุปกรณ์		
1	ใช้งานง่าย	ใช้งานมือเดียว
2	น้ำหนักเบา	วัสดุ
3	ราคาไม่แพง	ต้นทุน

4.2 การกำหนดคุณลักษณะทางวิศวกรรมของอุปกรณ์

เมื่อทราบหน้าที่และคุณสมบัติของอุปกรณ์แล้วสิ่งที่ต้องดำเนินการต่อคือการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการออกแบบ พร้อมทั้งระบุความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ และหน้าที่และคุณสมบัติของอุปกรณ์ ซึ่งพารามิเตอร์เหล่านี้ต้องสามารถกำหนดวิธีการวัดผลเชิงปริมาณได้ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางวิศวกรรมของอุปกรณ์

ความต้องการ		คุณลักษณะทางวิศวกรรม				
		ขนาดตะขอ	แรงบีบ	จำนวนชิ้นตอนการใช้	น้ำหนักอุปกรณ์	จำนวนชิ้นส่วน
หน้าที่	เกี่ยวตะขอเคน	×				
	ยึดกระสอบ		×			
คุณสมบัติ	ใช้งานง่าย	×		×		
	น้ำหนักเบา				×	×
	ราคาไม่แพง					×

4.3 การกำหนดค่าเป้าหมายคุณลักษณะทางวิศวกรรม

ค่าเป้าหมายจะได้มาจากการศึกษารายละเอียดของข้อจำกัดต่าง ๆ รวมถึงเป้าหมายการใช้งานของลูกค้า และแปลงออกมาเป็นค่าเป้าหมายเชิงวิศวกรรม ของแต่ละพารามิเตอร์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งนอกจากการกำหนดค่าเป้าหมายแล้ว ในขั้นตอนนี้จะดำเนินการวิเคราะห์การมีผลกระทบซึ่งกันและกันระหว่างแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อให้ทราบถึงข้อขัดแย้ง (Contradiction) ที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นในกระบวนการออกแบบ ดังแสดงในรูปที่ 4

4.4 การสร้างสรรค์แบบทางเลือก

การสร้างทางเลือกในการออกแบบ จะเริ่มจากการแบ่งหน้าที่ของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นเป็นหน้าที่ย่อย เพื่อให้เกิดความง่ายต่อการค้นหาหลักการและแนวทางในการออกแบบ โดยหน้าที่ ด้านเกี่ยวแขวนกับรอก หรือ เคน สามารถแบ่งออกเป็น 2 หน้าที่ย่อย และหน้าที่ ด้านการยึดกระสอบให้แน่นสามารถแบ่งออกเป็น 4 หน้าที่ย่อย ซึ่งแนวทางการออกแบบเพื่อรองรับต่อหน้าที่ย่อยต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในแผนภูมิเมอร์โฟโรจิกคอล ดังแสดงในรูปที่ 5

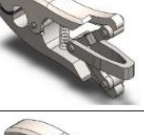
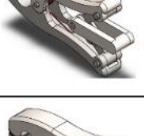
ความต้องการ		คุณลักษณะทางวิศวกรรม				
		ขนาดตะขอ	แรงบีบ	จำนวนชิ้นตอนการใช้	น้ำหนักอุปกรณ์	จำนวนชิ้นส่วน
หน้าที่	เกี่ยวตะขอเครน	x				
	ยึดกระสอบ		x			
คุณสมบัติ	ใช้งานง่าย	x		x		
	น้ำหนักเบา				x	x
	ราคาไม่แพง					x
เป้าหมาย		10	491	1	1000	10
หน่วยวัด		mm	N	step	g	pcs

รูปที่ 4 ค่าเป้าหมายและความสัมพันธ์ของ
คุณลักษณะเชิงวิศวกรรม

หน้าที่		ทางเลือกในการออกแบบ			
			a	b	c
เกี่ยว	เกี่ยวแขวน	1			
	ยึดกับกลไกหนีบ				
ยึดกระสอบให้แน่นขณะยกย้าย	ขยายแรงหนีบกระสอบ	2			
	สร้างแรงหนีบเบื้องต้น	3			
	หนีบกระสอบ	4			
	จับปลายกระสอบ	5			

รูปที่ 5 หลักการทางเลือกในการออกแบบอุปกรณ์

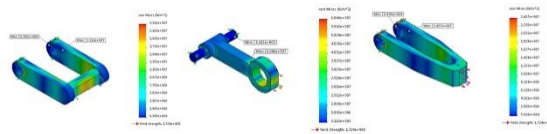
การสร้างสรรค์แบบทางเลือกสำหรับการออกแบบอุปกรณ์จับยึดพลาสติกสานดังกล่าว สามารถทำได้โดยการผสมผสานหลักการทางเลือกต่าง ๆ ของแต่ละหน้าที่ย่อย โดยผลจากการผสมผสานทางเลือกที่เป็นไปได้สำหรับกรณีศึกษานี้มีทั้งหมด 4 แบบทางเลือก ดังแสดงในรูปที่ 6

แบบทางเลือก		ส่วนผสมทางเลือก				
D1		1a	2a	3a	4a	5c
D2		1a	2a	3b	4a	5c
D3		1b	2a	3a	4a	5c
D4		1c	2a	3b	4a	5c

รูปที่ 6 แบบทางเลือกอุปกรณ์จัดยึดกระสอบพลาสติกสาน

4.5 การประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก

ทุกแบบทางเลือกจะถูกนำมาประเมินสมรรถนะทางเพื่อค้นหาจุดในการปรับปรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของแต่ละชิ้นส่วน โดยในกรณีศึกษานี้ ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงวิศวกรรมเพื่อตรวจสอบจุดอ่อนของชิ้นส่วนและการตรวจสอบจุดอ่อนของชุดอุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 7 ซึ่งผลการประเมินของแบบทางเลือกทั้ง 4 แบบมีความแข็งแรงเพียงพอต่อการรับแรง 491 N โดยไม่มีชิ้นส่วนใดเกิดการเสียรูป



รูปที่ 7 ตัวอย่างการประเมินสมรรถนะแบบทางเลือก

4.6 การเปรียบเทียบสมรรถนะจริงกับสมรรถนะเป้าหมาย

สมรรถนะเป้าหมายที่สำคัญสำหรับกรณีศึกษานี้คือความสามารถในการหนีบก้นน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่บรรจุในกระสอบพลาสติกสาน ซึ่งมีน้ำหนักสูงสุดคือ 50 กิโลกรัม ซึ่งสัมพันธ์กับการค่าพารามิเตอร์สำหรับคุณลักษณะทางวิศวกรรมคือค่าแรงบีบเป้าหมายต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 491 N ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

จากผลการประเมินพบว่าในทุก ๆ แบบทางเลือกมีสมรรถนะที่สอดคล้องกับค่าเป้าหมาย และแต่ละแบบทางเลือกก็มีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากกลไกหลักที่มีส่วนของการสร้างแรงเป็นรูปแบบเดียวกัน ส่วนที่แตกต่างกันเป็นเพียงชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่แขวนเกี่ยวข้อต่อเท่านั้น

4.7 การประเมินคัดเลือกแบบ

แบบทางเลือกทั้ง 4 แบบ จะถูกนำมาเปรียบเทียบระหว่างกัน โดยใช้ความต้องการของลูกค้าซึ่งได้ถูกแปลงเป็นหน้าที่และคุณสมบัติของอุปกรณ์เป็นเกณฑ์ในการประเมิน เพื่อเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกรณีศึกษานี้ โดยใช้ “พุ่มเมตริกซ์” และกำหนดให้ “แบบ D1” เป็นแบบอ้างอิง เพื่อเปรียบเทียบกับแบบทางเลือก

อื่น ๆ คือ “แบบ D2” “แบบ D3” และ “แบบ D4” ผลการประเมินได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะการออกแบบ

คุณลักษณะทางวิศวกรรม	ขนาดตะขอ	แรงบีบ	จำนวนชิ้นตอนใช้งาน	น้ำหนักอุปกรณ์	จำนวนชิ้นส่วนประกอบ
เป้าหมาย	$\geq$	$\geq$	$=$	$\leq$	$\leq$
	10	491	1	1000	10
	Mm	N	step	g	Pcs
แบบทางเลือก	D1	10	875	1	<600
	D2	10	875	1	<600
	D3	20	875	1	<600
	D4	20	875	1	<600

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบแบบทางเลือก

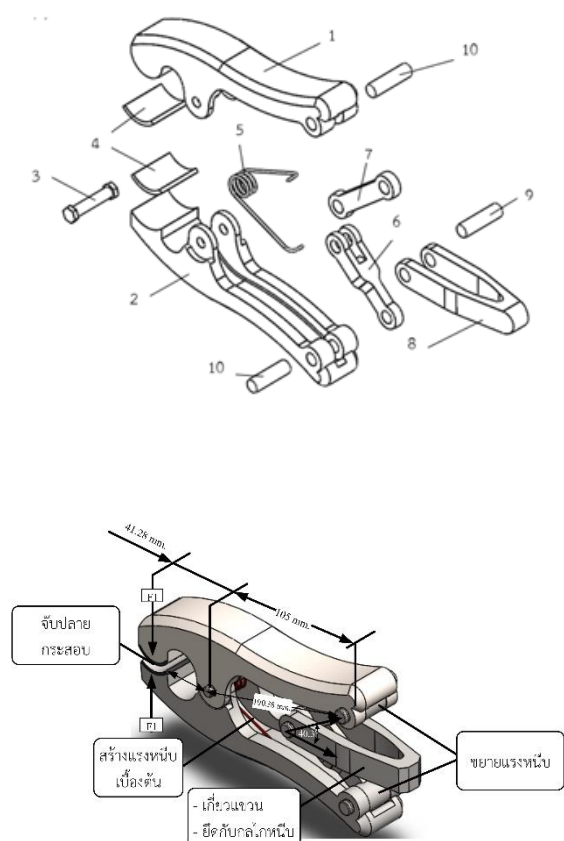
เกณฑ์การประเมิน		แบบทางเลือก			
		(Ref.)			
หน้าที่	เกี่ยวตะขอเครน	0	0	-1	0
	ยึดกระสอบ	0	0	0	0
คุณสมบัติ	ใช้งานง่าย	0	-1	0	-1
	น้ำหนักเบา	0	0	0	0
	ราคาไม่แพง	0	0	0	0
รวมคะแนน		0	-1	-1	-1

จากผลการเปรียบเทียบพบว่า “แบบ D1” ซึ่งถูกเลือกเป็นแบบอ้างอิง เป็นแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดเมื่อเทียบกับแบบทางเลือกอื่น กล่าวคือ เมื่อพิจารณาด้านการเกี่ยวตะขอพบว่า “แบบ D3” มีจุดอ่อนด้านการควบคุมจุดศูนย์รวมของน้ำหนัก และเมื่อพิจารณาด้านการใช้งานง่าย พบว่า “แบบ D2” มีจุดอ่อนคือการเลือกใช้

สปริงดันในการสร้างแรงบีบ เนื่องจากเมื่อออกแรงบีบปากของอุปกรณ์จะเปิดได้ในขอบเขตที่จำกัดกว่าการเลือกใช้สปริงติด และ “แบบ D4” มีจุดอ่อนในลักษณะเดียวกันกับ “แบบ D2” และยังมีจุดอ่อนอีกประการคือเมื่อผู้ใช้ต้องการเกี่ยวตะขอต้องใช้เวลาเสียดำแหน่ง ทำให้เกิดความเสถียรน้อยกว่าแบบอ้างอิง

4.8 การจัดทำแบบรายละเอียดเพื่อการผลิตต้นแบบ

ผลจากการประเมิน “แบบ D4” เป็นแบบที่ได้ถูกคัดเลือกให้เป็นแบบที่เหมาะสมที่สุด สำหรับกรณีศึกษาจึงได้ดำเนินการจัดทำแบบรายละเอียด โดยกำหนดรูปร่าง ขนาด วัสดุที่ใช้ อย่างชัดเจน รวมถึงจัดทำแบบภาพประกอบ เพื่ออธิบายตำแหน่งการประกอบของแต่ละชิ้นส่วน ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบบภาพประกอบอุปกรณ์จับยึดกระสอบ
พลาสติกสาน

โดยชิ้นส่วนหมายเลข 1 และ 2 เป็นชิ้นส่วนที่ใหญ่ที่สุด ผู้ออกแบบจึงเลือกใช้ วัสดุอลูมิเนียม 5086-H32 เพื่อให้มีน้ำหนักเบา ชิ้นส่วนหมายเลข 3, 5 และ 10 ถูกเลือกใช้เป็นชิ้นส่วนมาตรฐานที่สามารถหาซื้อได้ง่าย ชิ้นส่วนหมายเลข 4 เลือกใช้วัสดุแผ่นยาง เพื่อเพิ่มแรงเสียดทานหรือกันลื่นในขณะยก และชิ้นส่วนหมายเลข 6, 7 และ 8 เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ในการขยายแรงบีบในขณะยก ซึ่งต้องมีความทนทานสูง ผู้ออกแบบจึงเลือกใช้ วัสดุ AISI 316

4.9 การทดสอบการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบ

เมื่อดำเนินการจัดทำต้นแบบแล้วเสร็จ ได้นำอุปกรณ์ดังกล่าวไปทำการทดสอบการใช้งานจริง โดยการแขวนเข้ากับครนภายในโรงงาน ดังแสดงในรูปที่ 9 และสรุปผลการใช้งานอุปกรณ์ต้นแบบได้แสดงไว้ในตารางที่ 5



รูปที่ 9 การทดสอบการใช้งาน

ตารางที่ 5 สรุปผลการทดสอบอุปกรณ์

หัวข้อทดสอบ		ผลการทดสอบ	
		D1 (1 ชุด)	D1 (2 ชุด)
1	การยกน้ำหนัก 50 kg	✓	✓
2	ความง่ายต่อการใช้งาน	✓	✓
3	ความปลอดภัย	✗	✓

ผลจากการทดสอบพบว่าเมื่อพนักงานใช้อุปกรณ์เพียงชุดเดียวในการยกหิ้วกระสอบพลาสติกสาน นอกจากอุปกรณ์จะเป็นส่วนที่ต้องรับภาระงานแล้วปลายกระสอบเองก็จะเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ต้องรับน้ำหนัก 50 กิโลกรัม ด้วยเช่นกัน ซึ่งอาจมีความเสี่ยงที่จะทำให้

ปลายกระสอบขาดและหลุดร่วงลงมาขณะเคลื่อนย้าย ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงแบบเพิ่มเติม โดยใช้หลักการเดียวกับไม้หนีบเสื้อ คือจัดทำแขนเกี่ยวกับอุปกรณ์หนีบจำนวน 2 ชุด เพื่อให้เกิดการกระจายภาระงานของปลายกระสอบ ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าสามารถลดความเสี่ยงต่อการขาดของกระสอบ แต่ต้องเพิ่มขั้นตอนการใช้งานจากการหนีบ 1 ครั้ง เป็นการหนีบเพิ่มขึ้น 2 ครั้ง (ยอมรับได้) และทำให้ต้นทุนของอุปกรณ์ดังกล่าวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าอีกด้วย ในประเด็นด้านต้นทุนนี้อาจต้องมีการปรับปรุงการออกแบบอีกครั้งหนึ่ง

5. สรุป

ถึงแม้ว่าจะมีวิธีการออกแบบที่อธิบายขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมอย่างเป็นระบบ แต่อย่างไรก็ตาม ก็ไม่ได้รับประกันว่าเมื่อดำเนินการตามขั้นตอนดังกล่าวแล้ว จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีในครั้งเดียว ซึ่งเป็นลักษณะโดยธรรมชาติของกระบวนการออกแบบ ที่ต้องมีการทำซ้ำเพื่อแก้ไขและปรับปรุงจนกระทั่งได้ผลลัพธ์ที่เป็นที่ยอมรับ ซึ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียทรัพยากรเป็นจำนวนมากตามจำนวนครั้งของการทำซ้ำเพื่อแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยเหตุนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคนิค QFD เชื่อมโยงกับเทคนิค FBS เพื่อพัฒนาเป็นขั้นตอนการออกแบบ ที่สามารถนำไปสู่การแปลความเพื่อกำหนดโจทย์ปัญหาและขอบเขตของการออกแบบได้อย่างชัดเจน กล่าวคือ การแปลงความต้องการเป็นหน้าที่และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ และคุณลักษณะทางวิศวกรรม รวมทั้งมีการบ่งชี้ข้อจำกัดของการออกแบบไว้ตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการ ทำให้ความเสี่ยงในการเกิดข้อผิดพลาดลดลงและนำไปสู่การลดจำนวนการทำซ้ำกระบวนการออกแบบ

ผลการประยุกต์ใช้เทคนิคดังกล่าวกับกรณีศึกษา การออกแบบอุปกรณ์จับยึดกระสอบพลาสติกสาน พบว่านักออกแบบสามารถค้นพบจุดบกพร่องและสามารถค้นหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว และอุปกรณ์ที่ออกแบบสามารถใช้งานได้ตรงตามโจทย์ที่กำหนด ซึ่งข้อพบพร่องดังกล่าวเกิดขึ้นจาก 2 ปัจจัยหลักคือ การ

กำหนดค่าเป้าหมายของคุณลักษณะทางวิศวกรรมสามารถทำได้ชัดเจนเพียงแคในระดับของผลิตภัณฑ์นั้น ทำให้ขอบเขตการค้นหาแนวทางในการออกแบบในระดับชิ้นส่วนย่อยนั้นมีขอบเขตที่กว้าง และข้อจำกัดด้านวัสดุบรรจุภัณฑ์ไม่ได้แปลงเป็นพารามิเตอร์ของคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่ชัดเจน ซึ่งจำเป็นต้องมีทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อกำหนดวิธีการในการแปลงข้อจำกัดเป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรม รวมถึงกระจายค่าเป้าหมายไปสู่การออกแบบระดับชิ้นส่วน

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. J. French, “Conceptual Design for Engineers,” London, Springer, 1999
- [2] G. Pahl and W. Beitz, “Engineering Design,” London, Springer, 1999.
- [3] VDI, “VDI 2221- Systematic Approach to the Design of Technical Systems and Products”, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1993.
- [4] N. P. Suh, “The Principles of Design,” New York, Oxford University Press, 1990.
- [5] A. Yoji, “Development History of Quality Function Deployment,” the Customer Driven Approach to Quality Planning and Deployment. Minato, Tokyo: Asian Productivity Organization, 1994.
- [6] ศิกฤทธิ์ พรหมสุ้ย และ ณัฐวุฒิ จันทร์ทอง. “การประยุกต์ Axiomatic Design และเมทริกซ์ข้อจำกัดในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม” วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ปีที่ 12 (ฉบับที่ 2) : 1-10, 2560.
- [7] มณฑล ศาสนนันท์, “การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมยั่งยืน,” ปีที่ 10 (ฉบับที่ 2), 2550.

- [8] พงศกร ดำเกาะ, “การพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการแปลงหน้าที่ทางคุณภาพ (QFD),” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 2552.
- [9] E. S. Jaiswal, “ A Case Study on Quality Function Deployment (QFD) ,” Journal of Mechanical and Civil Engineering, vol. 3, no.6, pp. 27-35, 2012.
- [10] ณัฐฤติ จันทร์ทอง. “การลดความซับซ้อนในการออกแบบเชิงวิศวกรรม” วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. ปีที่4 (ฉบับที่ 1) : 84-99, 2555.
- [11] J. S. Gero, “Design Prototypes : A Knowledge Representation Schema for Design,” AI Magazine, vol. 11, no. 4, pp. 26-36, 1990.
- [12] C. Comotti, D. Regazzoni, C. Rizzi and A. Vitali, “Additive Manufacturing to Advance Functional Design: An Application in the Medical Field,” Journal of Computing and Information Science in Engineering, vol. 17, no. 3, 2017.
- [13] J. S. Gero and U. Kannengiesser, “ The situated function - Behaviour - structure framework,” Design Studies, vol. 25, no. 4, pp. 373-391, 2004.