

ระเบียบวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรมสำหรับเครื่องตัดหลอดพลาสติกใส่หมอนบรรเทา การเกิดแผลกดทับด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ A Methodology of Engineering Design for a Plastic Straw Cutting Machine for Pillow Filling to Relieve Pressure Ulcer by QFD

ทศพร อัสวรังษ์¹ วรณลักษณ์ เหล่าทวีทรัพย์^{1*} และทงศักดิ์ คงสินธุ์¹

Tossaporn Assawarungsri¹ Wannalak Laotaweesub^{1*} and Tanongsak Kongsin¹

¹ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม,
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹Department of Mechanical Engineering Technology, College of Industrial Technology,
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

*Corresponding author: wannalak.l@cit.kmutnb.ac.th

Received: December 20, 2024

Revised: June 2, 2025

Accepted: June 9, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องตัดหลอดสำหรับใส่หมอนป้องกันแผลกดทับ ด้วยวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรมลดปัญหาขณะตัดหลอดพลาสติกกระเด็นออกนอกภาชนะรองรับ หลอดบางชิ้นที่ตัดออกมามีลักษณะเป็นปลายแหลม บี้แบน และเมื่อตัดเป็นเวลานานทำให้ผู้ตัดเกิดการเมื่อยล้า จึงประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ด้วยบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) เป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้วิจัยทราบถึงข้อมูลเชิงเทคนิค และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาโครงสร้างฟังก์ชันการทำงาน พบว่าความต้องการที่สำคัญมีค่าน้ำหนักสูง 3 ลำดับแรกคือ รูปแบบการตัด ขั้นตอนการทำงานของผลิตภัณฑ์ และประเภทของมิด ซึ่งพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานทั้งหมดได้นำไปสร้างสรรค์แบบทางเลือกทำการผสมผสานเพื่อเลือกประกอบชิ้นส่วนของทุกระบบเข้าด้วยกันโดยแผนภูมิเมอร์โฟโลจิคอล (Morphological) ได้แบบทางเลือก 3 แนวคิด และประเมินเลือกแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เมทริกซ์ให้คะแนนแนวคิด (Concept Scoring Matrix) จากผลการประเมินจึงได้เครื่องตัดหลอดสำหรับใส่หมอนป้องกันแผลกดทับที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งาน การทำงานของเครื่องใช้ระบบลำเลียงหลอดจากชุดเฟืองลำเลียงเข้าตัดเฉือนกับใบมีด โดยองศาของใบมีดที่เหมาะสมคือ 60 องศา สามารถตัดเฉือนได้คุณภาพของผิวรอยตัดที่ดี ไม่เกิดความเสียหายจากการบี้แบน และเครื่องสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง สามารถตัดหลอดได้ 5,250 ชิ้นต่อนาที และมีสวิตช์ฉุกเฉินสำหรับหยุดการทำงานในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน

คำสำคัญ: การออกแบบเชิงวิศวกรรม การกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ การสร้างสรรค์แนวคิด เครื่องตัดหลอดพลาสติก

Abstract

This research aims to design a tube-cutting machine for pillow fillings used in pressure ulcer prevention, employing an engineering design approach. The study addresses common issues encountered during cutting, including plastic tubes scattering outside the container, some cut tubes having sharp or flattened ends, and operator fatigue from prolonged cutting. The Quality Function Deployment (QFD) technique was applied to optimize the design, utilizing the House of Quality (HOQ) tool to identify technical requirements. The analysis revealed that the three most critical factors, ranked by weight, were cutting method, operational sequence, and blade type. The identified design parameters were synthesized into alternative design concepts through a Morphological Chart, resulting in three potential design concepts. The most suitable concept was then selected using a Concept Scoring Matrix. The final design of the tube-cutting machine meets user requirements and features a conveyor system that transports tubes to the cutting blade. The optimal blade angle was 60 degrees, ensuring high-quality cuts without deformation or damage. Additionally, the machine operates continuously, achieves a cutting capacity of 5,250 tubes per minute, and has an Emergency Switch to stop working in an emergency.

Keywords: engineering design, Quality Function Deployment, conceptual design, plastic straw cutting machine



บทนำ

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ นักออกแบบต้องจัดการกับความต้องการ หน้าที่การทำงาน รูปแบบหรือคุณลักษณะของตัวผลิตภัณฑ์ ขึ้นส่วนต่าง ๆ ที่ต้องเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน โดยในระหว่างกระบวนการออกแบบจำเป็นต้องอาศัยทั้งความคิดสร้างสรรค์ควบคู่กับความรู้ทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมเพื่อค้นหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับจัดการปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งบางครั้งต้องอาศัยองค์ความรู้และประสบการณ์จากการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักออกแบบมือใหม่ที่ต้องดำเนินการออกแบบเชิงวิศวกรรมที่มีความซับซ้อน ทำให้เกิดโอกาสที่จะผิดพลาดได้ง่าย (Janthong, 2012) ได้กล่าวถึง ความซับซ้อนที่เกิดขึ้นในการออกแบบ มีที่มาจากหลายสาเหตุ อาทิ ความต้องการด้านหน้าที่การทำงานของตัวผลิตภัณฑ์ จำนวนของชิ้นส่วนประกอบที่ต้องเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน และเทคโนโลยีที่ใช้ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนา

แนวทางและระเบียบวิธีการปฏิบัติที่ชัดเจน สามารถปฏิบัติตามได้โดยง่ายเพื่อลดความเสี่ยงที่จะเกิดข้อผิดพลาดในระหว่างกระบวนการออกแบบ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความล่าช้าเนื่องจากต้องมีการแก้ไขซ้ำไปซ้ำมา

หลักการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางวิศวกรรมซึ่งมีอยู่หลากหลายวิธี (Yodwangjai, 2015) ได้รวบรวมและเปรียบเทียบเอาไว้ โดยให้ข้อสรุปว่า การออกแบบเชิงวิศวกรรม (engineering design) (Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote, 2007) มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาการออกแบบทางด้านวิศวกรรมเครื่องกล การระบุหน้าที่การทำงานจากภาพรวมจนถึงระดับย่อย พร้อมทั้งค้นหาแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับแก้ปัญหาในลักษณะภาพรวมของแนวคิด ส่วนเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD) (Akao, 2024) ช่วยแปลงความต้องการของลูกค้าสู่คุณลักษณะทางวิศวกรรม ตลอดจนการออกแบบในระดับชิ้นส่วนให้ตอบ

รับกับความต้องการของลูกค้า และหลักการ Axiomatic Design: AD (Suh, 1990) ช่วยลดความซับซ้อนในการออกแบบผ่านการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การทำงานและพารามิเตอร์การออกแบบ หลักการที่กล่าวมานี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ (Assawarungsri & Janthong, 2016; Promsui, 2018; Janthong, 2019) ผลลัพธ์ที่ได้ตอบรับกับความต้องการได้เป็นอย่างดี รวมถึงลดช่วงเวลาในการออกแบบและพัฒนาได้ อย่างไรก็ตาม (Yodwangjai, 2015) กล่าวว่า ในการระบุหลักการการทำงาน และโครงสร้างการทำงาน นั้นยังขาดความชัดเจนเพียงพอในการเชื่อมโยงข้อมูลไปยังเฟสถัดไป นอกจากนั้นการสร้างต้นแบบ (prototype) จำเป็นต้องได้รับข้อมูลมากพอที่จะทดสอบและทวนสอบให้สอดคล้องกับความต้องการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้หลักของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาประยุกต์ผสมผสานเข้าด้วยกัน เพื่อให้การออกแบบครอบคลุมตั้งแต่การแปลงความต้องการลูกค้าเป็นฟังก์ชันที่ต้องการ ค้นหาคุณลักษณะชิ้นส่วน ออกแบบชิ้นส่วน ประกอบกันเป็นผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งได้ต้นแบบที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการ

โดยกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้พบปัญหาจากการสังเกตกลุ่มจิตอาสาในการตัดหลอดสำหรับทำไส้หมอน ป้องกันผลกดทับด้วยกรรไกร หลอดที่ได้จากการตัดด้วยกรรไกรมีลักษณะปลายแหลม บี้แบน และกระเด็นออกนอกภาชนะบรรจุ จึงคิดแนวทางการออกแบบเครื่องตัดหลอดที่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าว มีข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งาน ดังนี้ ต้องการตัดหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ยาว 210 mm ให้มีความยาวท่อนละ 10 mm ปลายหลอดต้องไม่เป็นมุมแหลมหรือบี้แบน ไม่กระเด็นขณะตัดราคาของเครื่องไม่สูงมาก

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบเชิงวิศวกรรม (Pahl et al., 2007) และโมเดลในการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Jänsch & Birkhofer, 2006) ถูกประมวลขึ้นเป็นมาตรฐานโดยสมาพันธ์วิชาชีพวิศวกรรมแห่งสาธารณรัฐเยอรมัน เรียกว่า มาตรฐานวิธีการออกแบบเชิงระบบของผลิตภัณฑ์และระบบทางวิศวกรรม (VDI 2221–Systematic Approach to the Design of

Technical Systems and Products) ซึ่งมุ่งเน้นการแก้ไขปัญหามทางวิศวกรรมอย่างเป็นระบบ เป็นการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ให้สามารถตอบโจทย์ปัญหาและตอบสนองต่อความต้องการ ผ่านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของผู้ออกแบบ โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเชิงระบบมีขั้นตอนพื้นฐาน แบ่งออกเป็น 4 เฟส (1) Task clarification เป็นการจัดการและทำความเข้าใจถึงสิ่งที่ต้องทำ ทีมออกแบบต้องแปลงความต้องการของลูกค้าเป็นข้อมูลทางเทคนิคเพื่อระบุข้อกำหนดของแบบผลิตภัณฑ์ (2) Conceptual Design สร้างแนวคิดการออกแบบจากข้อมูลที่ได้รับ จากนั้นค้นหาหลักการ ทฤษฎี หรือแนวทางการแก้ไขปัญหามาที่สามารถอธิบายถึงหน้าที่การทำงาน โครงสร้างการทำงาน คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ และแนวคิดผลิตภัณฑ์ (3) Embodiment Design ลงรายละเอียดการออกแบบ จากการกำหนดโครงสร้างผลิตภัณฑ์ซึ่งจะพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ (เช่น รูปร่าง ขนาด ตำแหน่งติดตั้ง คุณสมบัติของชิ้นส่วน วัสดุ) นำไปสู่การออกแบบระดับชิ้นส่วน และเลือกแนวคิดให้สอดคล้องกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และ (4) Detail Design จัดเตรียมแบบสั่งผลิต ซึ่งต้องพิจารณาถึงขนาด คุณสมบัติ วัสดุ ขั้นตอนการผลิต ประเมินต้นทุน และข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปสู่กระบวนการออกแบบในขั้นตอนถัดไป

การแปลงหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) (Akao, 2024) มุ่งเน้นที่การตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการแปลงความต้องการของลูกค้าจากเสียงเรียกร้องของลูกค้า (Voice of Customers: VOCs) ให้เป็นความต้องการทางด้านเทคนิคของผลิตภัณฑ์ ไปสู่คุณลักษณะทางวิศวกรรม ต่อเนื่องไปตลอดทั้งกระบวนการ ผ่านการตั้งคำถามว่าอะไร (WHATs) คือสิ่งที่ลูกค้าต้องการหรือวัตถุประสงค์ ส่วนคำตอบที่ต้องตอบให้ได้ว่าทำอย่างไร (HOWs) จึงจะตอบสนองได้ตามวัตถุประสงค์ดังกล่าว วิเคราะห์ความสัมพันธ์ร่วมกันในบ้านแห่งคุณภาพ (House of Quality: HOQ) รูปแบบของ QFD ประกอบด้วย 4 เฟส เริ่มตั้งแต่ (1) การวางแผนผลิตภัณฑ์ (product planning) เป็นการรวบรวมความต้องการของลูกค้า (voice of customers) จากการตอบแบบสอบถาม การสัมภาษณ์ หรือวิธีอื่น ๆ จากนั้นแปลงเป็นความต้องการควบคู่กับการพิจารณาเป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรม ตามด้วยการจัดลำดับความ

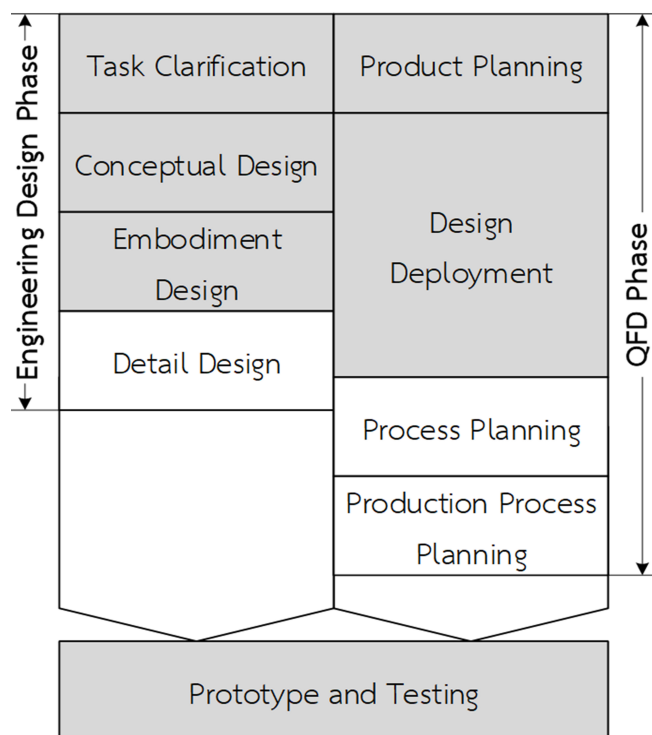
สำคัญ (2) การแปลงการออกแบบ (design deployment) แปลงข้อมูลจากเฟสที่ 1 เป็นระบบย่อย (sub-system) และชิ้นส่วน (parts) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณลักษณะและคุณภาพที่สำคัญ (3) การวางแผนกระบวนการ (process planning) เป็นการเชื่อมโยงการออกแบบไปสู่ความสามารถในการปฏิบัติงาน โดยระบุกระบวนการหลักและย่อย เพื่อให้ทราบถึงตัวแปรที่มีผลต่อการปฏิบัติงานในทุกขั้นตอน และสามารถปรับปรุงงานได้ สุดท้าย (4) การวางแผนปฏิบัติการผลิต (production process planning) เป็นการแสดงรายละเอียดของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิต เช่น การตั้งค่าเครื่องจักร วิธีการควบคุม และการตรวจสอบ เพื่อให้การผลิตได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า

ถึงแม้ว่าในแต่ละวิธีการจะมีแนวทางที่ชัดเจน ยังคงมีข้อจำกัดในการสร้างสรรค์แนวคิดในการออกแบบ รวมถึงข้อจำกัดที่อยู่นอกเหนือความต้องการของลูกค้า มาพิจารณาในระหว่างการดำเนินกิจกรรมการออกแบบในระดับชิ้นส่วนย่อย จึงเป็นเหตุให้ต้องมีการศึกษาเทคนิคการออกแบบต่าง ๆ เพื่อผสมผสานเข้าไปในแนวทางการออกแบบเพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมการออกแบบในระดับชิ้นส่วนให้สามารถตอบรับกับความต้องการของลูกค้าได้ แสดงรายละเอียดดังภาพ 1

กระบวนการออกแบบเครื่องจักรเริ่มจากการเลือกโครงการตามความต้องการของลูกค้า (product discovery) จากนั้นทำการจัดทำแผนการออกแบบ โดยรวบรวมความต้องการของลูกค้าและสร้างข้อกำหนดทางวิศวกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการนั้น ต่อมาใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเพื่อออกแบบผลิตภัณฑ์ และพัฒนาเอกสารคู่มือการใช้งาน และการบำรุงรักษา หากข้อกำหนดไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า จะต้องปรับปรุงหรือล้มเลิกโครงการ (García-León, Rodríguez-Castilla & Quintero-Quintero, 2020) การพัฒนาออกแบบใหม่ของหัวเครื่องอัดสำหรับใช้งานเซรามิกในการพิมพ์ 3 มิติ โดยใช้เทคนิค QFD เพื่อรับประกันคุณภาพที่ต้องการในกระบวนการออกแบบ โดยสร้างแนวคิดต่าง ๆ สำหรับการพิมพ์ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ วิธี QFD ช่วยสร้างข้อกำหนดใหม่สำหรับเครื่องอัดพิมพ์ ซึ่งสามารถรับประกันการออกแบบกลไกหรือชิ้นส่วนใหม่ของเครื่องจักรได้ โดยช่วยแปลงความต้องการของลูกค้าสู่คุณลักษณะทาง

วิศวกรรม ตลอดจนการออกแบบในระดับชิ้นส่วนให้ตอบกับความต้องการของลูกค้า (El Mesbahi, Buj-Corral & El Mesbahi, 2020) ในการออกแบบโครงสร้างเครื่องจักรสำหรับอุปกรณ์ได้น้ำกระบวนการสำคัญในการวิจัยและพัฒนาซึ่งวิธีการออกแบบดั้งเดิมมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ประสิทธิภาพต่ำและความน่าเชื่อถือที่อ่อนแอ จึงมีการใช้วิธี QFD ในการออกแบบเครื่องจักรของอุปกรณ์พลังงานได้น้ำ เพื่อให้การออกแบบมีทิศทางชัดเจนและใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้โมเดลบ้านของคุณภาพ (House of Quality: HoQ) และการวิเคราะห์ไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis: FEA) เพื่อจำลองลักษณะงานทางกล ประกันความแข็งแรงและความน่าเชื่อถือของโครงสร้าง (Lo, Tseng & Chu, 2010) มีการนำเสนอวิธีการใหม่ที่ใช้ QFD ร่วมกับแผนภาพรูปทรง 3D เพื่อสนับสนุนการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายและพัฒนาแล้ว โดยนำความต้องการของลูกค้าเข้ามาพัฒนาแผนภาพผ่าน One-Step QFD ซึ่งทีมจากการตลาด การออกแบบ และการผลิตร่วมกันกำหนดความต้องการจากสามมุมมอง ผลลัพธ์ที่ได้สร้างแนวคิดการออกแบบที่มีความเป็นไปได้สูงในรูปแบบการประกอบ 3D เพื่อการมองเห็นที่ดีกว่า การทดลองแสดงว่าเครื่องมือนี้ช่วยในการสร้างแนวคิดนวัตกรรมได้เร็วขึ้นพร้อมกับรักษาความสามารถในการผลิต

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระเบียบวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทาง VDI 2221 ผสมผสานกับ QFD เพื่อแก้ปัญหาการออกแบบ โดยเริ่มจากในการแปลงความต้องการของลูกค้า สร้างสรรค์แบบทางเลือก และการคัดเลือกแนวคิดที่เหมาะสมสำหรับจัดสร้างเป็นเครื่องต้นแบบประยุกต์ระเบียบวิธีดังกล่าวกับกรณีศึกษาการออกแบบเครื่องตัดหลอดพลาสติกให้มีขนาดสั้นลง เพื่อนำไปใช้เป็นไส้หมอนป้องกันแผลกดทับสำหรับผู้ป่วยติดเตียง



ภาพ 1 เปรียบเทียบโมเดลการออกแบบระหว่างการออกแบบเชิงวิศวกรรม และ QFD

ระเบียบวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ระเบียบวิธีการออกแบบในงานวิจัยนี้ผสมผสานเทคนิค QFD เข้ากับหลักการในการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ การทำความเข้าใจกับปัญหาและสิ่งที่ต้องทำ (problem and task clarification) และการออกแบบแนวคิด (conceptual design) ซึ่งมีขั้นตอนย่อย โดยเริ่มจาก (1) การแปลงความต้องการของลูกค้า (2) การวิเคราะห์คุณลักษณะทางวิศวกรรม (3) การพิจารณาความสัมพันธ์และกำหนดเป้าหมาย ซึ่งแสดงภายในบ้านคุณภาพ จากนั้นดำเนินการ (4) สร้างโครงสร้างฟังก์ชัน (5) สร้างสรรค์แบบทางเลือก และ (6) ประเมินแบบทางเลือกนำไปสู่การสร้างต้นแบบเพื่อทดสอบการทำงาน แสดงขั้นตอนดังภาพ 2

1. การแปลงความต้องการของลูกค้า

การแปลงเสียงเรียกร้องของลูกค้า (ผู้บริโภครู้ใช้และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย) โดยแปลงเสียงเรียกร้องของลูกค้า (VOCs) ให้เป็นความต้องการของลูกค้า (Customer Requirements: CRs) เนื่องจากผู้ออกแบบมักได้รับ

ข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบถ้อยคำที่บรรยายถึงคุณลักษณะหรืออาจเป็นทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและคุณภาพ ดังนั้น การทำความเข้าใจกับปัญหาการออกแบบและสิ่งที่ลูกค้าต้องการ ตลอดจนถึงการแปลงข้อมูลไปเป็นความต้องการของลูกค้า แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ (1) ความต้องการหน้าที่ในการทำงาน (Functional Requirements: FRs) และ (2) คุณสมบัติที่ต้องการ ซึ่งเกิดขึ้นจากการศึกษาการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและการฟังเสียงข้อเรียกร้องของลูกค้า พร้อมทั้งประเมินความสำคัญของความต้องการของลูกค้า (Importance: IMP) โดยให้คะแนน 1 ถึง 5 เพื่อบอกว่าความต้องการข้อใดสำคัญต่อลูกค้ามากน้อยเพียงใด

2. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางวิศวกรรม

การวิเคราะห์คุณลักษณะทางด้านวิศวกรรม (Engineering Characteristics; ECs) เป็นการแปลงความต้องการของลูกค้า (CRs) ไปเป็นพารามิเตอร์ของผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติและสามารถทำงานได้ตามหน้าที่ที่ต้องการ และสามารถวัดค่าได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับหัวข้อ 2.3

3. การกำหนดความสัมพันธ์และค่าเป้าหมาย

ในทุกพารามิเตอร์ของคุณลักษณะทางวิศวกรรม นักออกแบบต้องทำการศึกษาลักษณะที่คู่แข่ง หรือลักษณะการใช้งานผลิตภัณฑ์ที่กำหนด เพื่อกำหนดเป็นค่าเป้าหมาย (target value)

3.1 กำหนดความสัมพันธ์ (correlation matrix) ส่วนของหลังคาบ้าน เป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่มีผลต่อกันและกันว่ามี ความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไร แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ความสัมพันธ์เสริมกัน (“+”) หรือและความสัมพันธ์ขัดแย้งกัน (“-”) นำ ข้อมูลความสัมพันธ์เหล่านี้มาพิจารณาประกอบ เพื่อช่วย ในการออกแบบและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปอย่าง มีประสิทธิภาพและกำหนดความสัมพันธ์ (relationship matrix) ส่วนกลางของบ้าน โดยให้คะแนนความสัมพันธ์ ระหว่างความต้องการของลูกค้ากับคุณลักษณะทางด้าน วิศวกรรมที่แสดงด้วยตัวเลข (1 3 และ 9) แทนความสัมพันธ์ (น้อย ปานกลาง และมาก) เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความพึงพอใจของลูกค้าได้ชัดเจน และเพื่อให้ทราบ ว่า (ECs) มีผลต่อความพึงพอใจของลูกค้ามากน้อยเพียงใด

3.2 คำนวณค่าความสำคัญและกำหนดค่าเป้าหมาย ประกอบด้วยเป้าหมายและความสำคัญของฟังก์ชันการทำงานกับคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรม คำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญแต่ละข้อ เพื่อให้ผู้ออกแบบทราบถึงสิ่งที่ต้องได้การเอาใจใส่เป็นอย่างสูงและต้องคำนึงถึงก่อนหลัง ตามลำดับ อีกทั้งยังช่วยในการตัดสินใจในการออกแบบและพัฒนาให้ตอบสนองความต้องการลูกค้าได้มากที่สุด คำนวณหาความสำคัญและนำคุณลักษณะทางวิศวกรรมทั้งหมดไป กำหนดเป้าหมาย โดยผู้ออกแบบควรพิจารณาจากคะแนน ความสำคัญของคุณลักษณะทางคุณภาพ ร่วมกับการเปรียบเทียบคุณลักษณะทางวิศวกรรมของคู่แข่งเพื่อกำหนดเป้าหมายที่เหมาะสม

4. การสร้างโครงสร้างฟังก์ชันการทำงาน

การสร้างโครงสร้างฟังก์ชันการทำงาน (functional structure) เป็นการวิเคราะห์หน้าที่การทำงาน โดยเน้นไปที่สิ่งที่ต้องการออกแบบและปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข (Ameri, Summers, Mocko & Porter, 2008; Hubka,

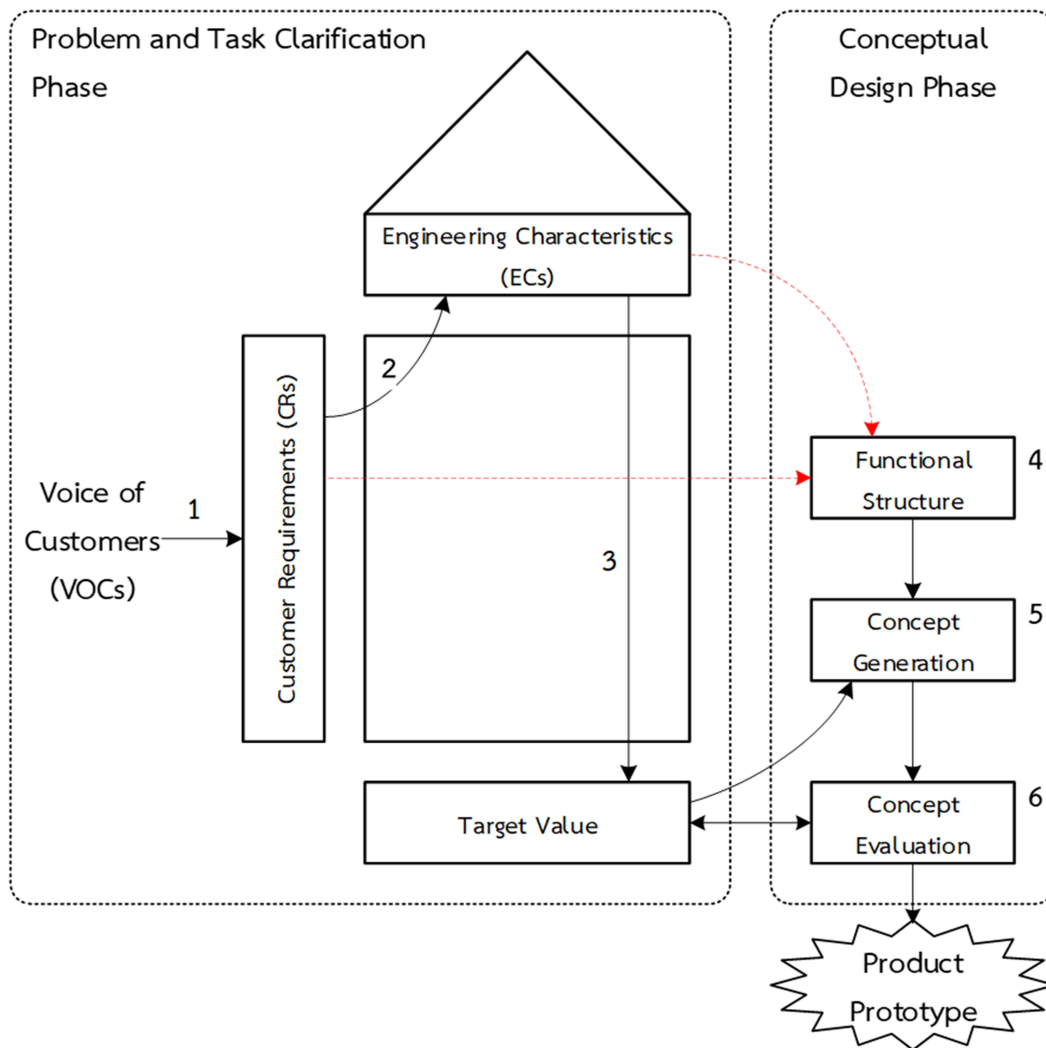
2015) ได้แสดงตัวอย่างและการนำไปประยุกต์ใช้ในการ พิจารณาความซับซ้อนในงานออกแบบ ซึ่งในการวิเคราะห์ หน้าที่การทำงานจะแทนที่ด้วยกล่องสี่เหลี่ยมหรือกล่องดำ (black box) ที่อยู่ในรูปของการเปลี่ยนอินพุต (Input) เป็นเอาต์พุต (Output) ในภาพรวมก่อน จากนั้นทำการ แยกฟังก์ชันการทำงานสู่ระบบย่อยให้สอดคล้องกับความต้องการ ข้อกำหนด และคุณลักษณะทางวิศวกรรม พร้อมทั้ง นำมาเชื่อมโยงกันเป็นแผนผังโครงสร้างฟังก์ชันการทำงาน ของระบบหรือสิ่งที่ต้องการออกแบบ แสดงดังภาพ 3

5. การสร้างสรรค์แบบทางเลือก

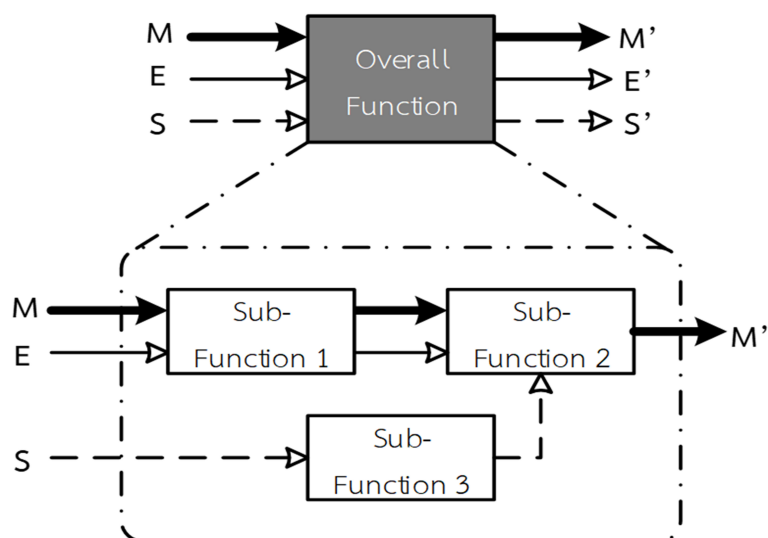
การสร้างแบบทางเลือก (concept generation) (Cross, 2008; Ulrich & Eppinger, 2015) เป็นการสำรวจ หรือค้นหาหลักการการทำงาน (Design Principles) ที่สามารถ ทำให้เกิดกลไกการทำงานตามที่กำหนดของแต่ละฟังก์ชัน ย่อยของผลิตภัณฑ์ ทำการเลือกผสมผสานหลักการ ทำงานของแต่ละระบบฟังก์ชันย่อยเข้าด้วยกัน โดยอาศัยวิธีการ สร้างแผนภูมิออร์โพลอจิคอล (morphological chart) เพื่อสร้างแบบทางเลือกหรือแนวคิด แสดงดังภาพ 4

6. การประเมินแบบทางเลือก

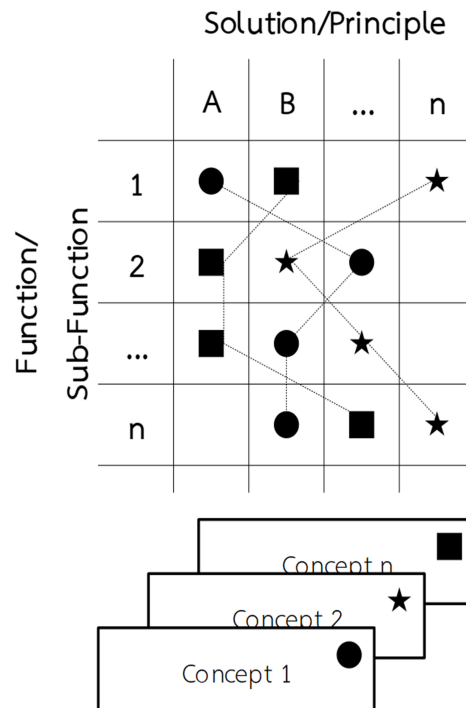
แบบทางเลือกที่ถูกพัฒนาขึ้นจะถูกนำมาประเมิน เพื่อคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด ผู้ออกแบบต้องกำหนดเกณฑ์ให้ ชัดเจนเพื่อเปรียบเทียบแนวคิดเหล่านั้น แนวทางหนึ่งที่ย่าย และมีประสิทธิภาพ คือ การใช้เมทริกซ์ประเมินแนวคิดด้วยการให้คะแนนแนวคิด (concept scoring matrix) (Cross, 2008; Ulrich & Eppinger, 2015) วิธีนี้เป็นการคัดเลือก แนวคิดที่ดีที่สุด โดยนำแนวคิดต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกัน ตามเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นและให้คะแนนตามความเหมาะสมแต่ละ แนวคิด ในทางปฏิบัติจะต้องเลือกผลิตภัณฑ์อ้างอิงมา 1 อย่าง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันและมีกลุ่มลูกค้า เดียวกัน โดยคิดค่าน้ำหนักความสำคัญเป็นเปอร์เซ็นต์ และ แนวคิดผลิตภัณฑ์อ้างอิงกำหนดคะแนนเท่ากับ 3 รวบรวม คะแนนการเปรียบเทียบ ค่าคะแนนที่ได้นำมาพิจารณาจุด เด่นจุดด้อย นำมาคัดกรองต่อแล้วเลือกแนวคิดที่มีคะแนน สูงสุด



ภาพ 2 ระเบียบวิธีการออกแบบ



ภาพ 3 การวิเคราะห์โครงสร้างฟังก์ชันการทำงาน



ภาพ 4 การสร้างสรรค์แบบทางเลือก

กรณีศึกษาการออกแบบเครื่องตัดหลอดพลาสติกใส่หมอน บรรเทาการเกิดแผลกดทับ

1. การแปลงความต้องการของลูกค้า

จากการสอบถามจิตอาสา ร่วมกับการสังเกตพฤติกรรมในการใช้งานกรรไกรตัดหลอดสำหรับใส่หมอนของผู้เข้าร่วมโครงการ สิ่งที่พบ คือ มีผู้เข้าร่วมโครงการ 20-60 คนต่อวัน สลับผลัดเปลี่ยนกันเข้ามา โดยเฉลี่ย 1 คนสามารถตัดได้ประมาณ 28 ชิ้นต่อวันที่ และพบปัญหาที่เกิดขึ้นกับหลอด คือ บางชิ้นเป็นปลายแหลมบีบแบน บางชิ้นกระเด็นออกนอกภาชนะรองรับ อีกทั้งเมื่อตัดเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการเมื่อยล้าต้องหยุดพัก เมื่อสอบถามผู้ดูแลโครงการทำให้ทราบว่าทางโครงการต้องการต้องการอุปกรณ์ตัดที่สามารถตัดหลอดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ยาว 210 mm ให้มีความยาวขึ้นละ 10 mm โดยมีราคาที่ไม่สูงมากนัก

อย่างไรก็ดีกรรไกรตัดหลอดพลาสติกสำหรับใส่หมอนของโครงการต่ออายุหลอด พบว่ามีลักษณะการใช้งานเริ่มต้นจากการดันหลอดให้ชนกับแผ่นพลาสติกที่กำหนดระยะการตัดอยู่ที่ 10 mm ใช้แรงส่งผ่านมือและปลายนิ้วกดบังคับขากรรไกรให้ตัดเหมือนหลอด เมื่อทำการประเมิณกรรไกรตัดของทางโครงการพบว่า ข้อดีที่ต้องคงไว้ใน การออกแบบ คือ มีขั้นตอนการใช้งานที่ง่าย ดูแล

รักษาง่าย เคลื่อนย้ายสะดวก มีความปลอดภัยในการใช้งานและตัดหลอดได้ตามขนาดที่ต้องการ รวมถึงสิ่งต้องได้รับการออกแบบและพัฒนา คือ (1) การกระเด็นของหลอดออกนอกภาชนะรองรับ (2) ตัดหลอดให้ได้จำนวนมากขึ้น ดังนั้นเพื่อให้สามารถระบายหลอดออกจากคลังได้มากขึ้น คณะผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์เพื่อแปลงเป็นหน้าที่ในการทำงานตามความต้องการและหาค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญของความต้องการของลูกค้าในด้านปัจจัยต่อความพึงพอใจแสดงรายละเอียดดังภาพ 5

2. การวิเคราะห์คุณลักษณะทางวิศวกรรม

นำฟังก์ชันการทำงานที่ต้องการ (functional requirements) มาตีความ และแปลงให้เป็นคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรม (engineering characteristics) แสดงดังภาพ 5 เพื่อนำไปสู่การออกแบบชิ้นส่วนในระบบย่อยต่างๆ จากการสร้างโครงสร้างฟังก์ชันการทำงาน (function structure) เพื่อวิเคราะห์ฟังก์ชันจากภาพรวมสู่ฟังก์ชันย่อย

3. การกำหนดความสัมพันธ์และค่าเป้าหมายคุณลักษณะทางวิศวกรรม

จากการวิเคราะห์คุณลักษณะทางวิศวกรรมทั้งหมด 9 ข้อ แต่ละข้อกำหนดความสัมพันธ์ (correlation matrix) ซึ่งทำให้มองเห็นภาพรวมของคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่

มีความสัมพันธ์กัน แสดงดังภาพ 5 (สามเหลี่ยมส่วนบน) และทำการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการของลูกค้านับคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรมด้วยเมทริกซ์ความสัมพันธ์ (relationship matrix) โดยจะเห็นได้ว่าคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรมสามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้านับได้มากกว่าหนึ่งความต้องการ เช่น ประเภหมีดตัด มีความสัมพันธ์กับความต้องการของลูกค้านับ คือ ความสามารถในการตัดตลอดได้จำนวนมาก ให้ 9 คะแนน ตัดตลอดได้ตามขนาดความต้องการให้ 5 คะแนน ปลายหลอดที่ตัดไม่เป็นมุมแหลมหรือป้านให้ 9 คะแนน หลอดไม่กระเด็นขณะตัดให้ 1 คะแนน สามารถใช้งานได้ง่ายให้ 5 คะแนน มีความสะดวกในการขนย้ายให้ 1 คะแนน ดูแลรักษาได้ง่ายให้ 9 คะแนน และมีความปลอดภัยในการใช้งานให้ 1 คะแนน แสดงดังภาพ 5 (ส่วนกลาง)

3.1 คำนวณน้ำหนักความสัมพันธ์นี้ทำการคำนวณเพื่อสรุปลำดับของความสำคัญของฟังก์ชันการทำงานและลักษณะทางด้านวิศวกรรม สรุปได้ว่า ขึ้นส่วนมาตรฐานมีความสำคัญมากที่สุด รองลงมาคือ ขั้นตอนการทำงานของผลิตภัณฑ์ รูปแบบการตัด ประเภหมีดตัด ขนาดผลิตภัณฑ์ ปุ่มนิรภัย ขั้นตอนการทำงานของคน ความยาวหลอด และจำนวนหลอด ตามลำดับ จากนั้นนำคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรมมาแปลงให้เป็นค่าเป้าหมายเพื่อนำไปสู่กระบวนการสร้างโครงสร้างฟังก์ชันในการออกแบบแนวคิดต้นแบบ

3.2 ค่าเป้าหมาย (Target Values: T) ส่วนนี้เป็น การตั้งเป้าหมายในการออกแบบ และพัฒนาว่า ควรมีเป้าหมายอย่างไร การกำหนดเป้าหมายต้องเป็นค่าที่วัดได้ โดยคุณลักษณะทางวิศวกรรมจะเป็นตัวกำหนดโครงสร้างหรือแนวคิดต้นแบบให้สามารถทำงานได้ตรงตามเป้าหมายของคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรมที่กำหนดไว้โดยแปลงคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรมให้เป็นค่าเป้าหมาย เช่น (EC2) ระยะห่างของการตัด (T2) หลอดที่ถูกตัดมีความยาว 10 mm

3.4 การสร้างโครงสร้างฟังก์ชัน

จากคุณลักษณะทางด้านวิศวกรรมดังแสดงในภาพ 5 นำไปวิเคราะห์เพื่อหาฟังก์ชันการทำงานหลัก และฟังก์ชันการทำงานย่อย โดยความสัมพันธ์ระหว่างฟังก์ชันหลักและย่อยจะถูกควบคุมจากคุณลักษณะทางวิศวกรรมกับค่าเป้าหมาย การสร้างบล็อกโอดะแกรมด้วยกล่องดำ (black box) จะช่วยในการแยกความแตกต่างระหว่างฟังก์ชันหลักและฟังก์ชันย่อย โดยมีการสร้างโครงสร้างตั้งแต่

ฟังก์ชันโดยรวม ก่อนจะแยกแสดงให้เห็นฟังก์ชันย่อย ดังภาพ 6 เพื่อนำไปสู่กระบวนการสร้างสรรค์แบบทางเลือก และเพื่อออกแบบชิ้นส่วนของระบบย่อยแต่ละระบบต่อไป

3.5 การสร้างสรรค์แบบทางเลือก

การออกแบบแนวคิดชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ เพื่อตอบสนองต่อฟังก์ชันหลักในการทำงานของระบบและฟังก์ชันการทำงานเสริมเพิ่มเติม โดยการออกแบบนี้มาจากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ รวมถึงดัดแปลงจากอุปกรณ์เครื่องจักรในอุตสาหกรรมอื่น ๆ มาปรับรูปแบบประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม โดยดีไซน์โซลูชันเป็นไปตามเป้าหมาย และนำชิ้นส่วนที่ผ่านการประเมินคัดเลือกมาแล้วมาเลือกประกอบเพื่อผสมผสานระบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยใช้แผนภูมิโมริโฟโลจิคอล จนกระทั่งได้เครื่องตัดหลอดพลาสติกสำหรับใส่หมอนป้องกัน แผลกดทับออกมาเป็น 3 แนวคิด ดังตาราง 1 และแสดงภาพรวมของแบบทางเลือก ดังตาราง 2

3.6 การประเมินแบบทางเลือก

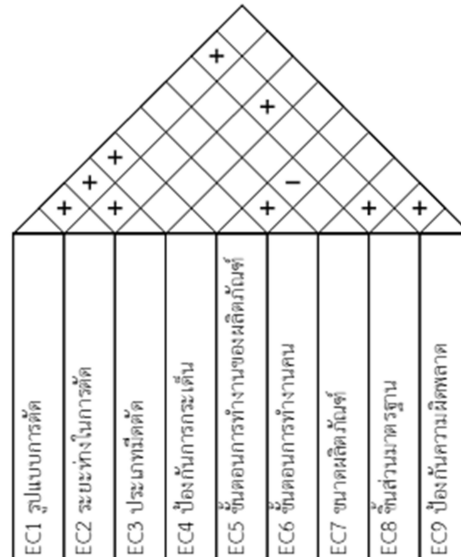
นำแนวคิดทั้ง 3 รูปแบบของเครื่องตัดหลอดพลาสติกมาประเมินเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักเกณฑ์ความต้องการโดยให้คะแนน เรียงลำดับความพึงพอใจจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด โดยนำกรรไกรตัดหลอดที่ใช้โครงการมาเป็นตัวเปรียบเทียบ พร้อมทั้งให้ผู้เข้าร่วมโครงการตัดหลอดมีส่วนร่วมในการประเมินทางเลือก ซึ่งเกณฑ์ในการให้คะแนนจะมีการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์แต่ละข้อ เพื่อช่วยให้การตัดสินใจมีความเหมาะสมและความแม่นยำมากขึ้น หลังจากทำการประเมินแนวความคิด พบว่าผลคะแนนรวมของแนวคิดที่ 1 มีคะแนนสูงสุด ซึ่งแต่ละโมดูลมีประสิทธิภาพและตรงต่อความต้องการ แสดงดังภาพ 7

จากผลการประเมิน “แนวคิดที่ 1” เป็นแบบที่ถูกคัดเลือกให้เป็นแนวคิดที่เหมาะสมที่สุด สำหรับกรณีศึกษานี้ จึงได้ดำเนินการจัดทำแบบรายละเอียดโดยกำหนดรูปร่างขนาดวัสดุที่ใช้ อย่างชัดเจน รวมถึงจัดทำแบบภาพประกอบเพื่ออธิบายตำแหน่งการประกอบของแต่ละชิ้นส่วน แสดงดังภาพ 8 และลักษณะการทำงานของ Design 1 แสดงดังภาพ 9



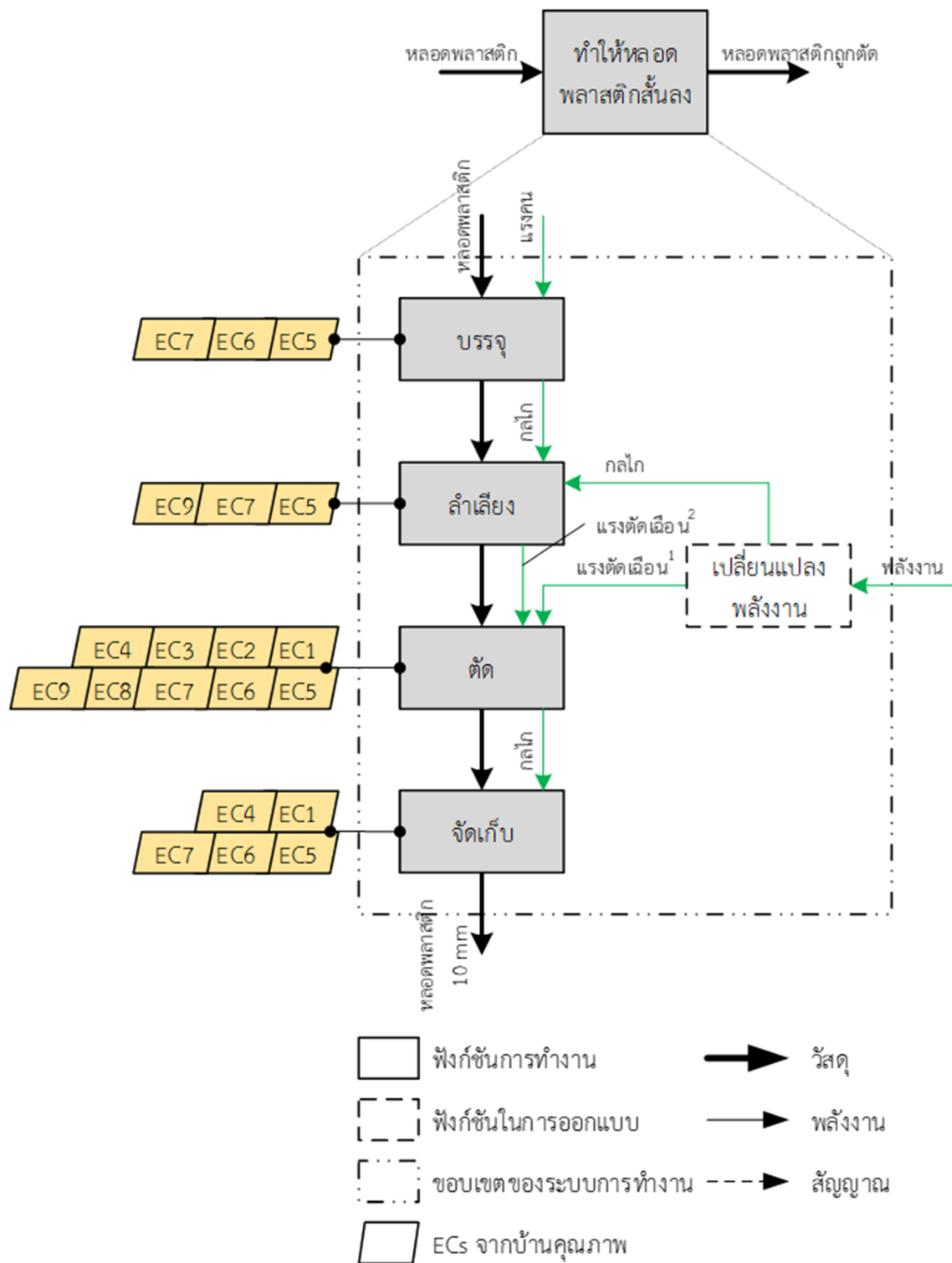
ขั้นตอนการทำงานเดิมและหลอดที่ถูกตัดมีลักษณะแบน

VOCs
1. ตัดหลอดพลาสติก ขนาด ๕.6 mm ยาว 210 mm ให้มีความยาว 10 mm 2. ปลายหลอดตัดไม่ให้เป็นมุมแหลมหรือแบน 3. ไม่กระเด็น 4. ราคาไม่สูงมาก



Customer Requirement		IMP	Engineering Characteristics										กรรไกร (เดิม)
หน้าที่	ตัดหลอดได้จำนวนมากและลดการเสียของหลอดตัดเดือน	5	9	9	9		9	9					2
	ตัดหลอดได้ตามขนาดความยาวที่ต้องการ	5	9	9	9		5			5			5
	ปลายหลอดที่ตัดไม่เป็นมุมแหลมหรือแบน	5	9	9	9		5						2
	หลอดไม่กระเด็นออกขณะตัดเดือน	4.7	5			9	9			5			1
คุณสมบัติ	ใช้งานง่าย	5	5	5	5	5	9		9	5	9		5
	ขนย้ายได้สะดวก	3.7	1		1	5		5	9	5			5
	ดูแลรักษาง่าย	4.5	9	5	9	5		9	9	9	5		5
	มีความปลอดภัยในการใช้งาน	5	5	1	1	1	9	9		9	9		5
ค่าน้ำหนักความสัมพันธ์			252.7	187.5	209.2	113.3	227.3	149	118.8	177.5	112.5		
เป้าหมาย			T1 มากกว่า 200 ชิ้นต่อนาที	T2 ตัดหลอดได้มีความยาว 10 mm	T3 แรงตัดเดือน 50.4 N	T4 ระยะไม่ต่ำกว่า 500 mm	T5 ไม่เกิน 2 ชิ้นต่อ	T6 ไม่เกิน 3 ชิ้นต่อ	T7 ไม่เกิน 700 mm x 700 mm x 1200 mm	T8 ถอดประกอบตามสะดวก	T9 หยุดการทำงาน		

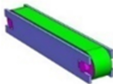
ภาพ 5 บ้านแห่งคุณภาพ



ภาพ 6 โครงสร้างฟังก์ชันการทำงานของเครื่องตัดหลอด

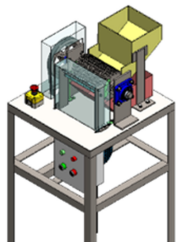
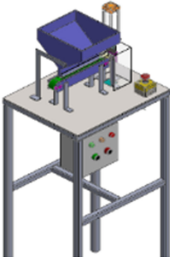
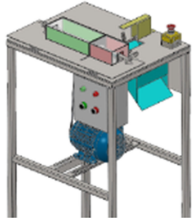
ตาราง 1

Morphological Chart

หน้าที่	ทางเลือกการออกแบบ			
	A	B	C	D
1) บรรจุ				
2) ลำเลียง	 สายพาน	 เฟือง	 แผ่นสไลด์	 ลูกกลิ้ง
3) ตัด	 สไลด์เตอร์	 มีด	 คัตเตอร์	 มีดกลม
3-1) รูปแบบ	 สไลด์เตอร์	 มีด	 คัตเตอร์	 มีดกลม
3-2) ลักษณะ	 ตัดตรงคมเดียว	 ตัดตรงหลายคม	 คมตัดหมุนคู่ไม่มีฟัน	 คมตัดหมุนคงที่
4) จัดเก็บ				

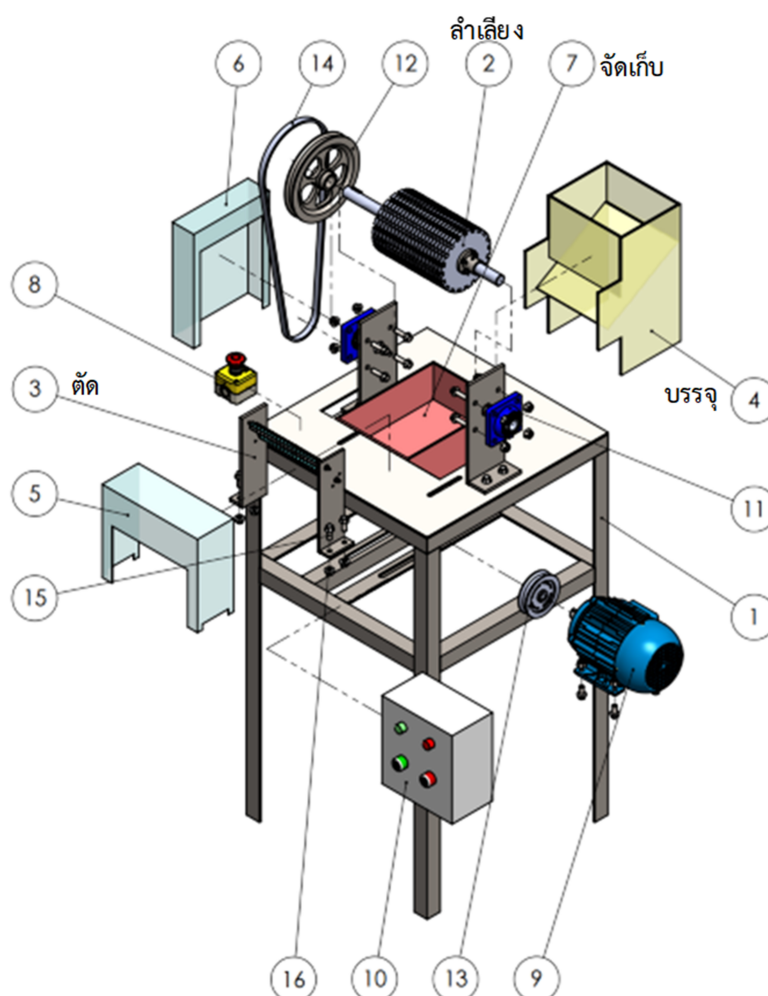
ตาราง 2

แบบทางเลือก

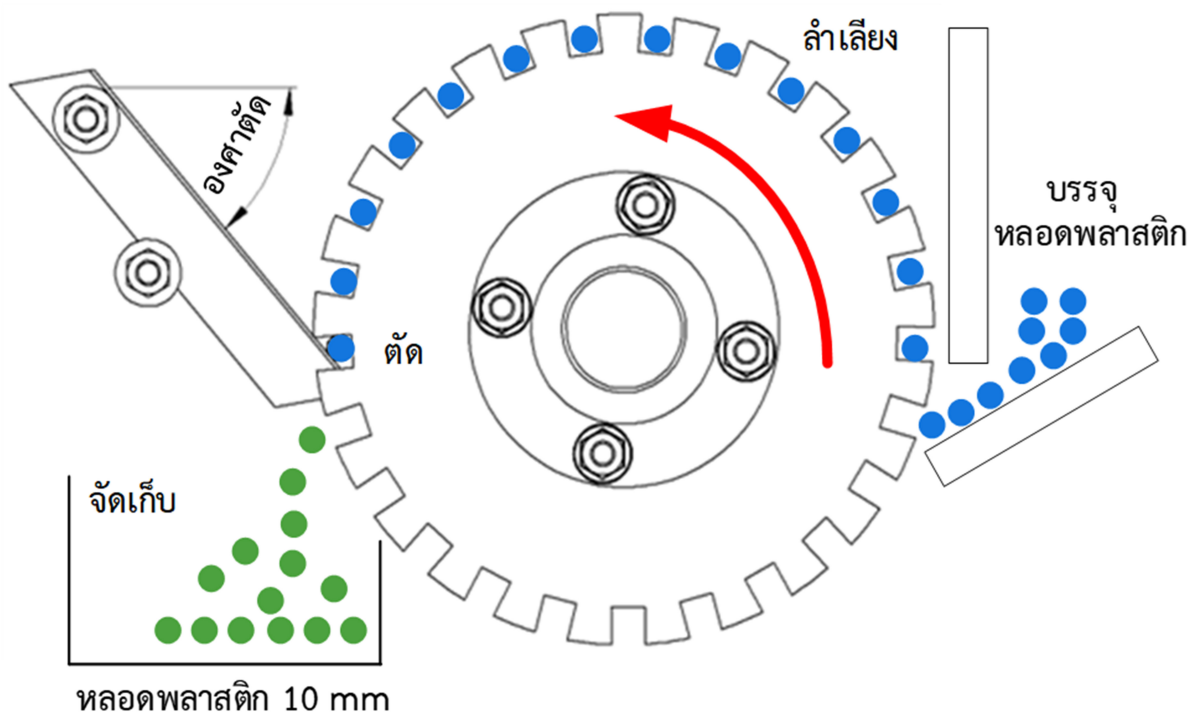
Design 1	Design 2	Design 3
		
ส่วนผสม 1 C+ 2 B+ 3 - 1 A+ 3 - 2B+2B	ส่วนผสม 1A+2A+3-1B+3-2A+4C	ส่วนผสม 1 D+ 2 C+ 3 - 1 C+ 3 - 2D+4C

Criteria	Wt	Ref.		D1		D2		D3	
		R	S	R	S	R	S	R	S
C1 ปริมาณที่ตัดได้	0.20	3	0.6	5	1	4	0.8	4	0.8
C2 โอกาสที่หลุดเสียหาย	0.25	3	0.75	3	0.75	3	0.75	3	0.75
C3 บำรุงรักษา	0.15	3	0.45	2	0.3	1	0.15	2	0.3
C4 ความสะดวกในการใช้งาน	0.15	3	0.45	4	0.6	5	0.75	3	0.45
C5 ความปลอดภัยในการใช้งาน	0.25	3	0.75	5	1.25	5	1.25	5	1.25
Total	1.00	3		3.9		3.7		3.55	
Rank		4		1		2		3	

ภาพ 7 ประเมินแบบทางเลือก



ภาพ 8 รายละเอียดของ Design 1



ภาพ 9 ลักษณะการทำงานของ Design 1

3.7 การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ

เมื่อดำเนินการจัดทำต้นแบบเสร็จแล้ว เครื่องต้นแบบประกอบด้วย มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12/24V บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ชุดโซ่ส่งกำลัง ชุดบรรจุหลอดพลาสติกเข้า/ออก ชุดลำเลียง (แผ่นอะคริลิกซ้อนกัน) และชุดใบมีดตัด ดังแสดงในภาพ 10 (ก) จากนั้นทำการทดสอบการทำงานของต้นแบบเครื่องตัดหลอดพลาสติก โดยการป้อนหลอดพลาสติกความยาว 60 mm ใส่กล่องบรรจุหลอดด้วยคน และปล่อยให้หลอดพลาสติกลำเลียงด้วยเฟืองลำเลียงไปยังใบมีดตัด กำหนดความเร็วรอบที่ 10 รอบต่อนาที ปรับเปลี่ยนองศาตัด 3 มุม ได้แก่ 30 45 และ 60 องศา แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องต้นแบบดังภาพ 9 และค่าเฉลี่ยผลการทดสอบดังตาราง 3

ผลการทดสอบพบว่า ที่มุมตัด 30 และ 45 องศา หลอดบางส่วนไม่ขาดออกจากกัน รวมถึงมีบางส่วนที่ถูกตัดแล้วติดอยู่ระหว่างเฟืองลำเลียง อย่างไรก็ตามที่มุมตัด 60

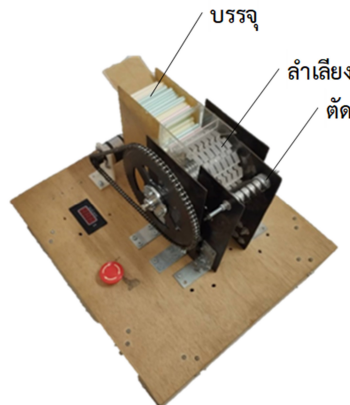
องศา หลอดที่ถูกลำเลียงเข้าตัดเนื่องกับใบมีดสามารถตัดหลอดพลาสติกได้ โดยเกิดความเสียหายน้อย มีคุณภาพของรอยตัดที่ดี และไม่บีบแบน

จากการทดสอบการทำงานต้นแบบชุดตัดหลอดพลาสติกโดยใช้ช่องสกรูตัด ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการตัดเนื่องโดยเปรียบเทียบจากการตั้งใบมีดตัดทั้ง 3 มุม ซึ่งเมื่อพิจารณาจากตารางจะบ่งบอกอย่างชัดเจนว่ามุมมีดตัดที่ 60 องศา มีจำนวนหลอดบีบแบน/เสียรูป และจำนวนหลอดที่ตัดไม่ขาดน้อยกว่าองศาอื่น อีกทั้งยังมีจำนวนหลอดที่ดีเป็นจำนวนมากกว่าการติดตั้งองศาใบมีดที่ 30 และ 45 องศา

ตาราง 3

ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการตัดหลอดพลาสติกที่องศาตัดต่างกัน

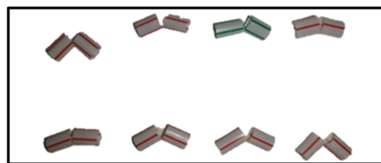
ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการตัดหลอดพลาสติก ที่ความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที (ชิ้น/นาที)			
องศาตัด	หลอดดี	หลอดที่ตัดไม่ขาด	หลอดบี้แบน/เสียรูป
30 องศา	162	25	593
45 องศา	507	34	239
60 องศา	761	17	2



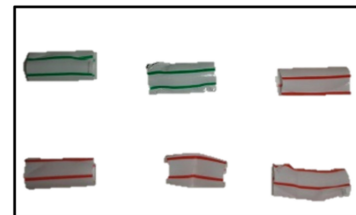
(ก) ต้นแบบเครื่องตัดหลอดพลาสติก



(ข) หลอดดี

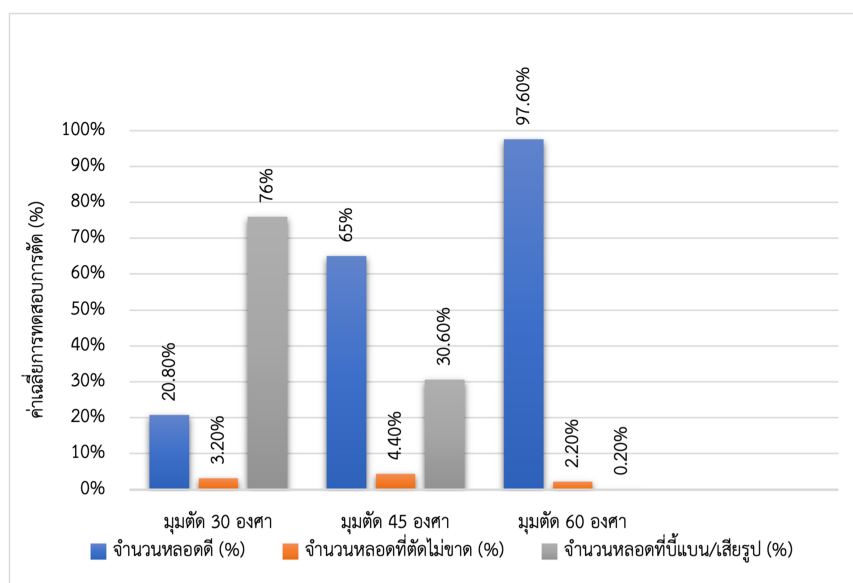


(ค) หลอดที่ตัดไม่ขาด



(ง) หลอดบี้แบน

ภาพ 10 เครื่องต้นแบบและลักษณะของหลอดที่ได้



ภาพ 11 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตัดหลอดพลาสติกที่องศาตัดต่างกัน

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระเบียบวิธีการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD) ที่มุ่งเน้นการตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยการรวบรวมความต้องการ แล้วแปลงให้เป็นข้อมูลเชิงเทคนิคด้วยบ้านแห่งคุณภาพ (HOQ) เพื่อให้ทราบเป้าหมายข้อจำกัด คุณลักษณะทางวิศวกรรม และลำดับก่อนหลังที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค้นหาโครงสร้างฟังก์ชันการทำงานของระบบ ทั้งฟังก์ชันการทำงานหลักและฟังก์ชันการทำงานย่อย ด้วยกล่องดำ (black box) นำพารามิเตอร์ที่ได้ทั้งหมดไปสร้างสรรค์แบบทางเลือกโดยใช้องค์ความรู้ในการแก้ปัญหาทางวิศวกรรมของผู้ออกแบบ ออกแบบชิ้นส่วน และผสมผสานเป็นแบบทางเลือกด้วยแผนภูมิเมอร์โฟโลจิคอล (Morphological Chart) จนได้แบบทางเลือก จากนั้นประเมินเลือกแนวคิดที่เหมาะสม โดยใช้เมทริกซ์ประเมินแนวคิดด้วยการให้คะแนนแนวคิด (concept scoring matrix) สุดท้ายนำแนวคิดที่ได้ไปสร้างเป็นต้นแบบเพื่อทดสอบการทำงาน

ผลการประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีดังกล่าวกับกรณีศึกษา พบว่า การออกแบบมีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน ทั้งยังลดความผิดพลาด การลองผิดลองถูกและเวลาในการดำเนินงาน ทำให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ต้นแบบเครื่องตัดหลอด

พลาสติกทำงานได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า และเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งสามารถตัดหลอดได้จำนวน 780 ชิ้นต่อนาที ผลการทดสอบต้นแบบ พบว่าการตัดหลอดโดยตั้งมุมตัดที่ 60 องศา ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสามารถตัดเดือนได้คุณภาพของรอยตัดที่ดี ไม่เกิดความเสียหาย คิดเป็นจำนวนหลอดดีร้อยละ 97.6 จำนวนหลอดที่ตัดไม่ขาดร้อยละ 2.2 และจำนวนหลอดที่เสียรูร้อยละ 0.2

นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้ออกแบบสามารถค้นพบจุดบกพร่องและสามารถค้นหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งข้อบกพร่องดังกล่าวเกิดขึ้นจาก 2 ปัจจัย คือ การกำหนดค่าเป้าหมายของคุณลักษณะทางวิศวกรรมที่สามารถทำได้ชัดเจนเพียงแคในระดับของผลิตภัณฑ์เท่านั้น ข้อจำกัดด้านวัสดุไม่ได้แปลงเป็นพารามิเตอร์ที่ชัดเจน รวมถึงข้อจำกัดด้านความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นส่วนประกอบ ซึ่งจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อกำหนดวิธีในการแปลงข้อจำกัดเป็นคุณลักษณะทางวิศวกรรม รวมถึงการกระจายค่าเป้าหมายไปสู่การออกแบบที่ระดับชิ้นส่วน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ตามสัญญาเลขที่ Res-CIT0623/2022



References

- Akao, Y. (2024). *Quality function deployment: Integrating customer requirements into product design*. USA: CRC Press.
- Ameri, F., Summers, J. D., Mocko, G. M., & Porter, M. (2008). Engineering design complexity: An investigation of methods and measures. *Research in Engineering Design*, 19, 161–179.
<https://doi.org/10.1007/s00163-008-0053-2>
- Assawarungsri, T., & Janthong, N. (2016). A methodology to designing of an add-on module for automatic machine: Case study gripper module of CNC machining center. *Srinakharinwirot Engineering Journal*, 11(2), 1-13. Retrieved from <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/SwuENGj/article/view/8301/7373>
- Cross, N. (2008). *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*. Wiley. Retrieved from <https://books.google.co.th/books?id=oilCPgAACAAJ>

- El Mesbahi, J., Buj-Corral, I., & El Mesbahi, A. (2020). Use of the QFD method to redesign a new extrusion system for a printing machine for ceramics. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 111, 227–242. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05874-x>
- García-León, R., Rodríguez-Castilla, M., & Quintero-Quintero, W. (2020). Analysis of a molding machine using methodologies and theories of design. *IOP*, 1708(1), 012026.
- Hubka, V. (2015). *Principles of engineering design*. Amsterdam: Elsevier.
- Jänsch, J., & Birkhofer, H. (2006). The development of the guideline VDI 2221-the change of direction. *Presented at the DS 36: Proceedings DESIGN 2006, the 9th International Design Conference*. (pp. 45-52). Dubrovnik: The Design Society
- Janthong, N. (2012). The reduction of complexity in engineering design. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 4(1), 84-99. Retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pnujr/article/view/53726>
- Janthong, N. (2019). Combining QFD and FBS in a Design Methodology of Engineered Products: A Case Study of Woven Bag Clamping Devices. *Srinakharinwirot University Engineering Journal*, 14(1), 33–43. Retrieved from <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/sej/article/view/149401>
- Lo, C.-H., Tseng, K. C., & Chu, C.-H. (2010). One-Step QFD based 3D morphological charts for concept generation of product variant design. *Expert Systems with Applications*, 37(11), 7351–7363. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.028>
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K. H. (2007). *Engineering design: A systematic approach*. Springer London. Retrieved from <https://books.google.co.th/books?id=57aWTCE3gE0C>
- Promsui, K. (2018). An application of axiomatic design and constraints relation matrix in engineering design process. *Srinakharinwirot University Engineering Journal*, 12(2), 71–82. Retrieved from <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/sej/article/view/136859>
- Suh, N. P. (1990). *The principles of design*. UK: Oxford University Press
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2015). *Product design and development*. Retrieved from <https://books.google.co.th/books?id=UGrcoQEACAAJ>
- Yodwangjai, S. (2015). Product Design and Development Process. *Journal of Engineering and Innovation*, 8(1), 131–142. Retrieved from https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/84412/67214 (in Thai)

