การออกแบบและสร้างเครื่องผสมยาเส้นที่มีสัมฤทธิผลสูง

พิษณุ มนัสปิติ[1*] และ ศิลปชัย วัฒนเสย[2]
มหาวิทยาลัยรังสิต อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000

บทคัดย่อ

คุณภาพของยาเส้นที่ผลิตในระดับท้องถิ่นนอกจากขึ้นอยู่กับวัตถุดิบแล้ว ปัจจัยหลักอีกประการหนึ่งก็คือความสม่ำเสมอของเนื้อยาเส้นที่ผ่านการผสม ปัจจุบันอุตสาหกรรมในภาคส่วนนี้ยังต้องพึ่งพาบุคคลเพื่อทำหน้าที่ผสมยาเส้นเป็นหลัก นอกจากเป็นงานที่หนักแล้ว ความสม่ำเสมอของการผสมก็ยังต้องขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญของผู้ปฏิบัติด้วย คณะผู้ทำงานวิจัยจึงได้ตั้งเป้าหมายที่จะออกแบบและสร้างเครื่องจักรขึ้นมาให้มีสัมฤทธิผลทัดเทียมกับผู้ปฏิบัติงาน เครื่องจักรที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาจะต้องมีความแข็งแรงและมีกำลังเพียงพอที่จะใช้งานได้อย่างยาวนาน การวิจัยนี้จึงยึดกระบวนการออกแบบเครื่องมือกลเป็นหลักเพื่อตอบสนองความต้องการดังกล่าว โดยสร้างแบบที่เป็นรูปธรรมขึ้นก่อนส่งไปยังส่วนการออกแบบเครื่องจักรต่อไป หากเครื่องจักรที่สร้างขึ้นเกิดความผิดพลาดหรือมีข้อบกพร่อง ผู้ออกแบบจะนำกลับไปทบทวนและแก้ไข เมื่อแล้วเสร็จจึงจะทดสอบเครื่องจักรเพื่อทำให้การผสมเนื้อยาเกิดความสม่ำเสมอ ผลของการวิจัยพบว่าสามารถยืนยันสัมฤทธิผลของเครื่องจักรโดยสามารถลดผู้ปฏิบัติงานลงจาก 8 คนเหลือเพียง 2 คน และลดเวลาการดำเนินการจาก 1 ชั่วโมง 45 นาที เหลือเพียง 30 นาที จึงกล่าวได้ว่ากระบวนการออกแบบเครื่องมือและการสร้างเครื่องจักรสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องจักรอุปกรณ์เพื่อใช้ทดแทนผู้ปฏิบัติงานได้ในสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

คำสำคัญ : ยาเส้นผสม / การออกแบบเครื่องจักร / รูปทรง / ใบกวน / กระบวนการทางสถิติ / ทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม

* *Corresponding Author : pmanaspiti@yahoo.com*

1 *อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*

2 *อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต*

Design and Development of an Effective Tobacco Blending Machine

Pissanu Manaspiti[1*] and Sinlapachai Watthanasoei[2]

Rangsit University, Muang District, Patumtani 12000

Abstract

Quality of locally mixed tobacco depends not only on the quality of raw materials but also on the consistency of the blending process. Thai local tobacco industry mainly uses labor to do all the mixing, which is a laborious and time-consuming process. Tobacco uniformity and homogeneity also rely almost solely on skills and experiences of workers. To alleviate this dependency, this research designed and developed a machine to effectively substitute the workforce. Among the most important desired characteristics, the machine must have sufficient power and be reliable in the long run. To satisfy these requirements, a standard machine design procedures were followed. Prior to the standard procedures, however, a modern design technique, including conceptual and embodiment designs to determine which function is a main consideration was implemented to assure the satisfaction of all the objectives. During the design, work was periodically reviewed to see if drawbacks, if any, could be eliminated or suppressed. Upon completion, the machine was tested against its objectives. The test results showed that the desired effectiveness was reached; number of workers could be reduced from eight to two, while blending time could be reduced from 1 hour and 45 minutes to 30 minutes. The procedures adopted in this research may be inferred to other similar design tasks.

Keywords : Tobacco Blend / Machine Design / Profile / Agitator / Embodiment Design / TRIZ

* *Corresponding Author : pmanaspiti@yahoo.com*

1 *Lecturer, Department of Industrial Engineering, College of Engineering.*

2 *Lecturer, Department of Industrial Engineering, College of Engineering.*

1. บทนำ

การบริโภคยาสูบสามารถกระทำได้โดยหลากหลายวิธีการ ไม่ว่าจะเป็นการสูบบุหรี่มวน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป การสูบด้วยการสูดดมสารระเหยนิโคตินโดยตรงในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่เรียกกันว่า “บุหรี่ไฟฟ้า” การสูบแบบคาบกล้อง (Pipe Tobacco) หรือการนำใบยาสูบมามวนกับกระดาษหรือใบไม้บางชนิดด้วยตนเองแล้วสูบ เนื่องจากสามารถกำหนดปริมาณยาสูบหรือเลือกผสมยาที่จะนำมาใช้ได้ตามรสนิยมของตนเองได้ นอกจากนี้ยังมีวิธีการบริโภคโดยการอมละลายสารโดยตรง มักพบในคนชราที่ยังรับประทานหมากพลูอยู่ หรือในกลุ่มโลกตะวันตกที่ผู้คนมีมายาคติว่าการบริโภคแบบนี้เป็นการแสดงออกถึงความเป็นชายชาตรี เช่น นักกีฬาเบสบอลหรือนักกีฬาอเมริกันฟุตบอลในสหรัฐอเมริกา เป็นต้น แต่ไม่ว่าจะใช้วิธีบริโภคยาสูบวิธีใด ย่อมมีส่วนผสมที่เรียกว่า “ยาเส้น” เสมอ

แม้จะทราบกันดีว่าการบริโภคยาสูบย่อมบั่นทอนสุขภาพทั้งของตนเองและผู้อื่น และมีแนวโน้มของการบริโภคลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมนี้ แต่คณะผู้วิจัยก็ยังเห็นสมควรที่จะทำงานวิจัยเรื่องนี้ สาเหตุประการแรกคือ ผู้ประกอบการไม่คิดที่จะเลิกกิจการในทันทีตราบเท่าที่ยังจำหน่ายได้และมีกำไร แม้จะมีเครื่องจักรผลิตยาเส้น ทำให้ลดผู้ปฏิบัติงานหรือแรงงานลงก็ตาม ประการที่สอง แม้ในอนาคตการบริโภคยาสูบจะลดลงและผู้ประกอบการจะต้องทยอยปิดกิจการในที่สุด แต่ผู้ประกอบการก็ยังคงต้องการเวลาในการปรับตัวเพื่อเปลี่ยนกิจการ (Phased out) ย่อมต้องมีกลวิธีชะลอการหยุดผลิตให้ช้าลง การผลิตจึงยังคงมีอยู่ในอีกระยะเวลานานพอสมควร และประการสุดท้าย ยาเส้นสำหรับการมวนสูบและการสูบแบบคาบกล้องมักมีปริมาณนิโคตินต่ำกว่าบุหรี่มาก การเปลี่ยนพฤติกรรมการสูบบุหรี่ทั้งหลายให้มาเป็นการมวนสูบหรือการคาบกล้องก็จะช่วยลดอันตรายต่อสุขภาพได้มากขึ้น

การผสมยาเส้นนั้นจะมีขั้นตอนหลายอย่าง ตั้งแต่การผสมใบยาต่างชนิดให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน การคัดแยกสิ่งแปลกปลอม การนวดเคล้า การวางใบยาที่พันกัน การจัดเก็บพักใบยาและบันทึกข้อมูลของใบยาที่ผสมสำเร็จ ท้ายสุดคือการแบ่งยาเส้นนำมาบรรจุหีบห่อพร้อมจำหน่าย แต่งานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาเพียง การสร้างเครื่องจักรที่ใช้ผสมใบยาดิบต่างชนิดให้เข้ากันเพื่อลดการใช้แรงงานคนเท่านั้น

2. การออกแบบและจัดสร้าง

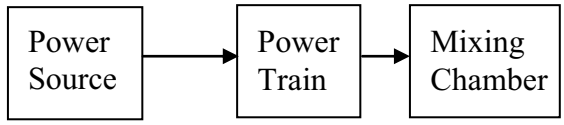
เพื่อให้เครื่องมือที่ออกมามีความสามารถและสมรรถนะ Urich et al. [4] ได้ชี้แนะขั้นตอนที่จะช่วยให้เกิดความพิถีพิถันตั้งแต่แรกเริ่มของกระบวนการออกแบบและพัฒนา โดยในเฟสของการวางแนวทางการออกแบบ (Conceptual Design) เริ่มด้วยการนิยามโจทย์ของการออกแบบ (Problem Definition) หาเป้าหมายในการแก้ปัญหา คณะผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการและผู้ปฏิบัติงาน พบว่าเป้าหมายหลักของการออกแบบและพัฒนาในครั้งนี้คือการผสมยาเส้นต่างชนิดให้คลุกเคล้ากันอย่างสม่ำเสมอ ในเวลาอันรวดเร็ว โดยไม่ทำลายเนื้อยาเส้นให้ป่นสลาย และสามารถกำจัดหรือลดแรงงานหรือการต้องพึ่งพาประสบการณ์และความรู้สึกของผู้ปฏิบัติงานเป็นตัวกำหนดคุณภาพ แม้ว่าคุณสมบัติที่พึงประสงค์ของผู้ผสมใบยาจะต้องครอบคลุมหลายหน้าที่ด้วยกัน นับตั้งแต่การผสมใบยาต่างชนิดให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แยกสิ่งปลอมปน นวดเคล้า ตรวจดูการพันกันของใบยา การควบคุมความชื้น การคลุกเคล้าด้วยสารปรุงแต่งทางรสและกลิ่น การบรรจุหีบห่อ การชั่งน้ำหนักและการกำกับเอกสาร งานวิจัยนี้จะมุ่งออกแบบและพัฒนาเครื่องมือขึ้นมาเพื่อทดแทนแรงงานคนในเรื่องของการผสมใบยาต่างชนิดกันให้เข้ากันอย่าสม่ำเสมอ ดังนั้น ตัววัดความสำเร็จของการแก้ปัญหาจะอยู่ที่คุณภาพที่มีคือความสม่ำเสมอและเวลาหรือพลังงานที่ใช้ในการผสมใบยา

ขั้นต่อมาคือการคิดหาวิธีวางแนวทางการออกแบบ (Concept Generation) ในการออกแบบที่จะสนองความต้องการย่อมต้องมีหน้าที่หลัก (Function) ภารกิจนี้มีเป้าหมายหลักก็คือการผสมคลุกเคล้าใบยาต่างชนิดให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอและมีเป้าหมายรอง (Subfunctions) ได้แก่ การป้อนใบยาเข้าไปทำการผสม การนำใบยาที่ผสมเสร็จแล้วออกมา การป้องกันไม่ให้มีสิ่งอื่นใดเข้าไปปะปนในระหว่างการผสมทั้งเพื่อความปลอดภัย และความบริสุทธิ์ของส่วนผสมเอง คณะผู้วิจัยอาศัยหลักของสถาบันออกแบบของ Pahl et al. [2] มาใช้ทำให้เห็นว่าปัจจัยหลัก

ที่สามารถบรรลุหน้าที่ต่างๆ ที่กล่าวมาไม่ว่าหลักหรือรองได้มาจากการใช้พลังงาน (Energy) การเคลื่อนที่ของวัสดุ (Material Flow) หรือการเคลื่อนที่ของสัญญาณ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการแก้ปัญหาเชิงนวัตกรรม (TRIZ) ที่มองเครื่องมือที่ช่วยให้บรรลุผลในการแก้ปัญหาว่าประกอบไปด้วย วิธีทางกล (Mechanical) การใช้เสียง (Acoustic) การใช้การแปรเปลี่ยนทางอุณหภูมิ การใช้สารหรือกระบวนการทางเคมี (Chemical) การอาศัยไฟฟ้า แม่เหล็กและคลื่นต่างๆ และการพึ่งพากระบวนการทางชีววิทยา (Biological) เมื่อมาพิจารณาถึงวัตถุที่จะนำมาดำเนินการ ซึ่งเป็นของแข็งที่มีลักษณะเป็นฝอย การใช้เสียงเข้ามากระทำจะไม่บังเกิดผลใดๆ ที่ปรารถนา เช่นเดียวกันกับการใช้ไฟฟ้าแม่เหล็กและคลื่นต่างๆ มากระทำก็จะไม่ให้การตอบสนองใดๆ ต่อวัสดุ หรือการใช้กระบวนการทางเคมีหรือชีวภาพก็เป็นสิ่งต้องห้ามเช่นเดียวกันกับการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิ เพราะจะก่อความปนเปื้อนหรือการเปลี่ยนแปลงต่อสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่พึงประสงค์ ดังนั้น วิธีที่เหมาะสมมากที่สุดคือวิธีทางกลที่มีทั้ง การเคลื่อนไหว การสั่นสะเทือน และการคลุกเคล้า โดยเฉพาะการคลุกเคล้า (Mixing หรือ Blending) ที่กลายเป็น “*Action Verb*” ที่เหมาะสมมากที่จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ (Design Conceptualization)

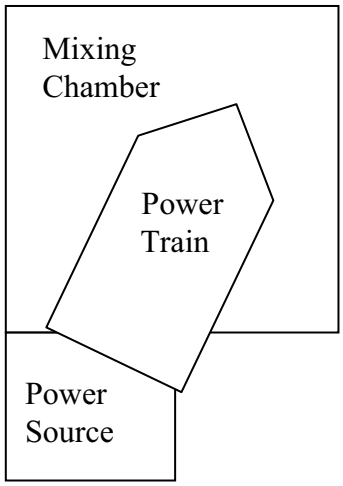
การคลุกเคล้า (Mixing หรือ Blending) มีหลายวิธี เช่น การหาวัตถุง่ายๆ เช่น ท่อพลาสติก ใบพัดของพัดลมเก่าๆ ฯลฯ มาลองหมุนกวนดูเพื่อให้เห็นผลที่พึงจะเกิดขึ้นอย่างคร่าวๆ ว่ามีความเป็นไปได้มากน้อยเพียงใด ในวงการการออกแบบเรียกว่า “Proof-of-Concept” ในการนี้ผู้ออกแบบจะสามารถประเมินความเป็นไปได้ของแนวทางต่างๆ เพื่อเลือกแนวทางที่ดีที่สุดมาดำเนินการในขั้นที่เป็นรูปธรรมต่อไป หรือถ้าการออกแบบมีคณะทำงาน ผู้นำคณะอาจจะจัดให้มีการระดมสมอง (Brainstorming) เพื่อให้สมาชิกในคณะออกความเห็นซึ่งอาจมีแนวความคิดที่มาจาก Proof-of-Concept หรือความคิดสร้างสรรค์ในหมู่สมาชิกเอง และท้ายสุดคณะทำงานจะต้องลงมติเลือกแนวความคิดที่ดีที่สุดออกมา อย่างไรก็ตามการดำเนินการแนวทางนี้จะต้องใช้เวลา กำลังความคิดและงบประมาณมากเหมาะกับโครงการขนาดใหญ่หรือการผลักดันเชิงพาณิชย์ Dieter [1] ได้แสดงถึงกรอบของ “SCAMPER” ที่จะช่วยลดทอนภาระความยากลำบากและค่าใช้จ่ายในการควานหา แนวทางการออกแบบที่เหมาะสม เทคนิคหนึ่งในนั้นคือการ “Adapt” หรือการนำเอาแนวทางในอดีตหรือการแก้ปัญหาที่เทียบเคียงกันได้ มาปรับปรุงปรับแต่งให้เป็นแนวทางแก้ไขโจทย์ที่กำลังเผชิญอยู่ โดยการรวบรวมสารสนเทศต่างๆ ด้วยการใช้คำ เช่น “ใบกวน (Agitator)” หรือ คำอื่นๆ เช่น Propeller, Stirrer, Invigorator ฯลฯ เป็นคำ Keyword ในการค้น จากการสืบค้นจะพบรูปแบบของใบกวนในแบบต่างๆ ซึ่งจะนำไปสู่ขั้นตอนของ Embodiment Design

ขั้นตอนของ Embodiment Design ในลำดับแรก คือ การวางสถาปัตยกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Architecture) ด้วยการแจงองค์ประกอบโดยสังเขปออกมา โดยผ่าน “Schematic Diagram” ที่ยึด Function เป็นหลัก การแจกแจงองค์ประกอบจะได้เป็นสามส่วนตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพโครงร่างของเครื่องผสมยาเส้น

จากรูปที่ 1 Power Source คือแหล่งที่ให้พลังงาน เช่น เครื่องยนต์ มอเตอร์ หรือปั๊มลม ฯลฯ Power Train หรือชุดส่งผ่านกำลังซึ่งอาจจะเป็นเฟือง โซ่ หรือสายพาน ฯลฯ ส่วนสุดท้ายคือ Mixing Chamber เป็นส่วนที่เป็น Function หลักคือการผสมยาเส้นเกิดขึ้น เมื่อได้ Schematic Diagram แล้วขั้นตอนต่อมาคือการพยายามจัดองค์ประกอบทั้งสามให้อยู่ร่วมกันในเชิงเรขาคณิต (Geometric Layout) ดังรูปที่ 2 ที่แสดงให้เห็นถึง Power Source, Power Train และ Mixing Chamber



รูปที่ 2 การจัดวางเชิงเรขาคณิตของเครื่องผสมยาเส้น

ลำดับต่อไปของ Embodiment Design คือ Configuration Design จะเป็นขั้นตอนในการเลือกว่าชิ้นส่วนต่างๆ และวัตถุที่ใช้ควรเป็นอะไร มีสมบัติหรือมิติเป็นเท่าไร ขั้นแรกต้องประมาณการกำลังของมอเตอร์ซึ่งอย่างน้อยที่สุดจะต้องมีกำลังรับภาระน้ำหนักของยาเส้นที่อยู่ใน Chamber ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 6 กิโลกรัมได้ และรัศมีของใบกวนก็ต้องมีความยาวไม่เกิน 8 เซนติเมตรเพราะจะเกิดแรงบิดเป็น 4.24 N.m ในเบื้องต้นอัตราการทดของรอก (Pulleys) กำหนดไว้ที่ 1:3 นั่นก็หมายถึงความเร็วรอบประมาณ 480 รอบต่อนาที (ร.ต.น., rpm) หรือหนึ่งในสามของความเร็วรอบของมอเตอร์มาตรฐานหนึ่งเฟส (220 V, 50 Hz) ซึ่งเท่ากับ 1440 rpm ดังนั้นกำลังขั้นต่ำสุดสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$P = \frac{2\pi TN}{60} \approx 220\,watts \qquad \textbf{(1)}$$

มีการเผื่อกำลังมอเตอร์เป็น 1/2 แรงม้า (373 W) ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากการที่ไม่ทราบแรงบิด (Torque) สูงสุดจริง และอีกส่วนหนึ่งก็คือในทางปฏิบัติไม่มีเหตุผลที่จะสั่งทำมอเตอร์ขนาดเฉพาะ การเลือกใช้ของมาตรฐาน (Standard Component) ที่วางขายในท้องตลาดจะมีขนาดที่แพร่หลาย คือ 1/8, 1/4, 1/2, ...แรงม้าจึงสะดวกเหมาะสมที่สุด ขนาดที่เล็กที่สุดที่เพียงพอกับกำลังต่ำสุดที่ต้องการคือ 1/2 แรงม้า ซึ่งมากกว่าความต้องการขั้นต่ำเกือบเท่าตัว

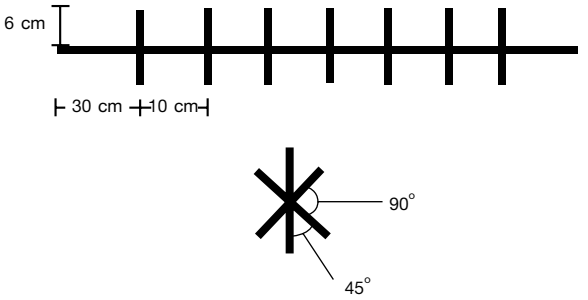
การคำนวณขนาดของเพลาของใบกวน ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหลักของ Chamber ทำได้โดยใช้วิธี Free Body Diagram (FBD) ซึ่งจะได้โมเมนต์ดัดเป็น 29.43 N.m การเลือกวัสดุเพลาจากมาตรฐานที่มีในตลาดคือเลือกเหล็กเพลาขาว (Cold-finished Steel Bar) มอก. 864-2532 ที่มี Tensile Strength เป็น 170 MPa จาก [7] ขนาดของเพลาสามารถคำนวณได้โดยสมการต่อไปนี้

$$d = 3\sqrt{\left[\frac{32(S.F)}{\pi S_y}\sqrt{M^2+T^2}\right]} \qquad \textbf{(2)}$$

เมื่อ S_y คือ Tensile Strength และ S.F. คือ Safety Factor ในที่นี้เลือกให้เป็น 3 ซึ่งเป็นค่าเดียวกันกับที่ทางอุตสาหกรรมยานยนต์นิยมใช้กัน สมการนี้ให้ค่า d = 17.48 mm จึงเลือกใช้เพลาขนาด 1 นิ้ว (25.4 mm) เนื่องจากเป็นขนาดมาตรฐานที่หาซื้อได้ง่าย

สำหรับ Bearing เมื่อนำ Load ที่ออกแบบไปเทียบเคียงกับ Catalogue มาตรฐานพบว่า เมื่อเลือก Ball Bearing ขนาด Inside Diameter เป็น 41 มิลลิเมตร จะให้อายุการใช้งานเป็น 755.11 $\times$ 10^3 ล้านรอบซึ่งเพียงพอกับการใช้งาน

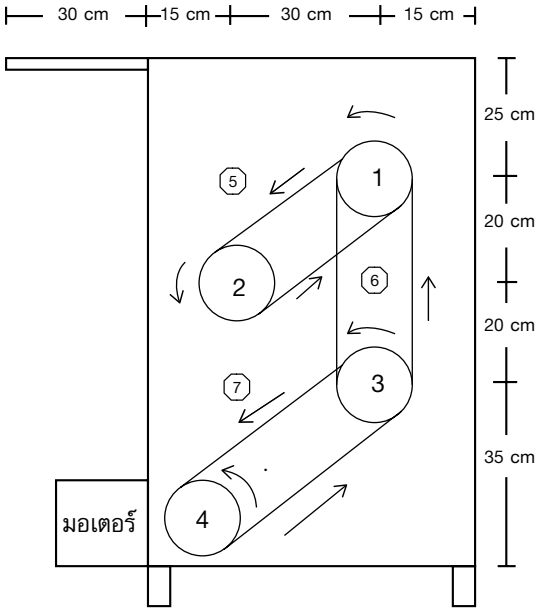
ส่วนใบกวนนั้นได้มีการศึกษาและทบทวนแบบต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรม พบว่าแต่ละแบบจะเหมาะสมกับงานที่ต่างกัน ปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงก็คือความสะดวกในการผลิต (Manufacturability) ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำหรับการผลิตแบบชิ้นเดียว (One of the Kind) ที่มีราคาในการจัดหา Special Tooling หรือ Jigs and Fixtures หรือ Molds หรือ Dies ฯลฯ สูงอย่าง ไม่สมเหตุสมผล ในการนี้จึงตัดสินใจเลือกแบบที่สามารถผลิตได้จาก Machine Shop ทั่วไปได้ ดังรูปที่ 3 แสดง “Morphology” หรือ Sketch หรือรูปร่างสังเขปของใบกวนที่นำมายกร่างในการออกแบบ



รูปที่ 3 รูปร่างสังเขปของใบกวนผสมยาเส้น

ลักษณะสำคัญของแนวความคิดนี้คือ การผลิต (Manufacturability) ที่ง่าย

รายละเอียดของส่วนที่เหลืออื่นๆ รวมถึงการวางมิติของตัวเรือน และการวางตำแหน่งระบบการส่งกำลัง ได้บรรจุไว้ในรูปที่ 4 เมื่อนำแบบและชิ้นส่วนที่คำนวณมาแล้วมาออกแบบและจัดทำ จะได้ตัวเครื่องและส่วนประกอบต่างๆ ดังรูปที่ 5 และ 6



รูปที่ 4 แบบโดยละเอียดของส่วนต่างๆ ที่ใช้ผลิต

รูปที่ 5 ใบกวนผสมที่ผลิตจัดทำ

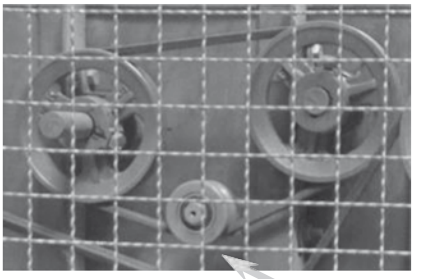
รูปที่ 6 เครื่องผสมยาเส้นเมื่อเสร็จสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

3. ผลการทดสอบเครื่องจักรและผลสัมฤทธิ์

เมื่อสร้างเครื่องจักรเสร็จ คณะผู้วิจัยได้ทดสอบการใช้งานของเครื่องจักร ผลการทดสอบเผยให้เห็นข้อบกพร่องในการใช้งาน ผู้ออกแบบและจัดทำจึงได้ทบทวน (Review) และสรุปประเด็นสำคัญได้แก่ ความไม่ปลอดภัยเนื่องจากการที่ลูกรอก (Pulleys) วางอยู่ในตำแหน่งเปิดซึ่งอาจจะทำอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานหรือผู้ที่อยู่ใกล้เคียง ดังนั้นเพื่อลดการเกิดอุบัติเหตุ ทางผู้ออกแบบและจัดทำจึงได้ออกแบบและจัดทำตะแกรงป้องกัน (Safeguard) ครอบชุดลูกรอกดังกล่าวดังรูปที่ 7

ในส่วนของชุดขับ พบว่าหลังจากการลองเดินเครื่อง (Test run) เป็นเวลานานจะเกิดการหย่อนของสายพานก่อเสียงดังรำคาญและเป็นสัญญาณที่จะเกิดความเสียหายเมื่อใช้งานไปนานๆ จากการตรวจสอบในรายละเอียด พบว่าสามารถแก้ไขได้โดยการใส่ “รอกสะพาน” (Idler) เพิ่มไปในตำแหน่งที่จะใส่ลูกรอกและทำการเลือกแบบและขนาด Pulley ที่เหมาะสม ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 ตะแกรงป้องกันชุดลูกรอก



รูปที่ 8 กลไกปรับความตึงสายพาน

ในส่วนของการใช้งาน พบว่ามีความยากลำบากในการนำใบยาออกจากเครื่อง หลังจากพยายามวิเคราะห์และทดลอง การเสริมเพลาเพิ่มขึ้นอีกอันหนึ่งดังรูปที่ 9 จะสามารถแก้ปัญหานั้นได้

รูปที่ 9 เพลากวนที่เสริมเพื่อช่วยการขับยาเส้นออกมา

ส่วนผลสัมฤทธิ์ของ Function หลักในที่นี้คือการเป็นเนื้อเดียวกันของเนื้อยาสูบ โดยที่แต่เดิมใช้คนงานที่มีความชำนาญ 8 คน ใช้เวลาผสมคลุกเคล้า 1 ชั่วโมง 45 นาที จากการทดสอบเครื่องพบว่าเวลาผสมลดลงเหลือไม่เกิน 30 นาที ในขณะเดียวกันสามารถลดจำนวนคนงานได้เหลือ 2 คนจาก 8 คน ก่อนที่ส่วนผสมยาเส้นทั้งหมดจะรวมกันเป็นเนื้อเดียว ซึ่งคิดเป็นเวลาที่ใช้ลดลงจากเดิมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

4. สรุปและเสนอแนะ

เครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีสมรรถนะเป็นที่น่าพอใจโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อเป้าหมายที่ต้องการประหยัดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการกวนใบยาในปริมาณและอัตราส่วนผสมเดียวกันให้คลุกเคล้าเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากสามารถลดจำนวนพนักงานจาก 8 คนเหลือ 4 คน และลดเวลาจากเดิม 105 นาทีเหลือเพียง 30 นาที อย่างไรก็ตามนอกจากน้ำหนักเครื่องโดยรวม 150 กิโลกรัมที่สามารถปรับลดลงได้อีก ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ยังมีอีกสองประเด็นที่ควรค่าแก่การทำวิจัยเพื่อพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น ประเด็นแรก คือ รูปร่าง (Profile) ของใบกวนและ

การทดลองเพื่อหารอบการหมุนของใบกวนที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งอาจจะรวมถึงการลองสลับทิศทางการหมุนของแต่ละใบ เพราะนอกจากจะช่วยเรื่องความเป็นเนื้อเดียวของใบยาแล้ว ความบอบช้ำของใบยายังลดน้อยลงอีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

1. Dieter, G.E., 2000, Engineering Design, 3rd ed., McGrawhill, Singapore.

2. Pahl, G. and Beitz, W., 1996, Engineering Design, 2nd ed., Springer-Verlag, New York.

3. Norton, R.L., 1996, Machine Design an Integrated Approach, Prentice Hall, United States of America.

4. Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D., 2008, Product Design and Development, McGrawhill, Singapore.

5. https://www.youtube.com/watch?v= xDyAIU-KAj8.

6. Patents : US 20070187651 A1, Method for mixing powder, agitation apparatus, and method for manufacturing honeycomb structured body, Available : http://www.google.com/patents/US20070187651.

7. Industrial Mixer : Wikipedia, Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Industrial __mixer.