



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การจำลองผลเชิงตัวเลขของเครื่องสไลด์ผลไม้แบบแกนนอนด้วยการวิเคราะห์ความเค้นและการจำลองแบบพลวัต

Numerical simulation of horizontal axis small sweet potato slicing machine using stress analysis and dynamics simulation

วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล*

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

Werayoot Lahamornchaiyakul*

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus Phitsanulok 65000

* Corresponding author.

E-mail: werayootrmutl@gmail.com; Telephone: 0620621219

วันที่รับบทความ 13 มีนาคม 2564; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 1 19 เมษายน 2564 ; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 28 พฤษภาคม 2564

วันที่ตอบรับบทความ 9 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบชุดใบมีดของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนด้วยเทคนิคทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ขั้นตอนการจำลองเชิงตัวเลขการสไลด์ของชุดใบมีดของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนโดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autodesk Inventor Professional 2014 ซึ่งเครื่องสไลด์ในงานวิจัยที่จำลองเป็นเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงล้อขับเคลื่อนใบมีดเท่ากับ มิลลิเมตร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษา การออกแบบและ 100 วิเคราะห์จุดหมุนของชุดส่งกำลังใบมีดเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน โดยเน้นคำนวณหาตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับการออกแบบโครงสร้างหลักและรูปทรงต่าง ๆ ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน ซึ่งระบบการออกแบบเริ่มต้นจากการคำนวณหาขนาดรูปทรงเบื้องต้น และชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนได้แก่ ฐานโครงสร้าง, เพลา และชุดใบมีด งานวิจัยนี้จึงได้นำระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์แบบไม่เชิงเส้นมาประยุกต์ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์และการวิเคราะห์จุดหมุนในการขับเคลื่อนใบมีดตัดมาเป็นกรณีศึกษา โดยใช้เทคนิคทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อทำการออกแบบชิ้นส่วนงานในส่วนของการวิเคราะห์ความเค้น (Stress Analysis) และการจำลองแบบพลวัต จากผลการศึกษาและวิจัยในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและพัฒนาของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนได้ต่อไป

คำสำคัญ

การจำลองผลเชิงตัวเลข การวิเคราะห์ผลทางไฟไนต์เอลิเมนต์ วิเคราะห์ความเครียด การจำลองการเคลื่อนที่

Abstract

This research presents the design and analysis of the horizontal axis small sweet potato slicing machine using finite element analysis technique from the Autodesk Inventor Professional software version 2014. The research modeling is 100 mm diameter for driving of cutting blade. The objective of this study is to design and analyze the rotational points of the horizontal axis small sweet potato slicing machine with emphasis on finding optimum parameters for the design of the

horizontal axis small sweet potato slicing machine structure. The system was design, analyzed, and calculated for the suitable geometries of the main body structure, shaft and blade cut model. This research applies a linear finite element method to simulate and analyze a cutting rotation process of sweet potato as the case study. Thereafter the finite element analysis technique was used in this study by using stress analysis and dynamics simulation. The appropriated mesh of each model section was generated for modeling analysis computation. Therefore, this study can be used to study the horizontal axis small sweet potato slicing machine. Nevertheless, the improvement of higher performance would be needed for development of better horizontal axis small sweet potato slicing machine system.

Keywords

numerical simulation; finite element analysis; stress analysis; dynamics simulation

1. คำนำ

เนื่องด้วยประเทศไทยเป็นประเทศที่เน้นงานด้านเกษตรกรรมเป็นหลัก จึงส่งผลให้รัฐบาลมีการสนับสนุนให้เกิดธุรกิจชุมชนขึ้น โดยจัดส่งเสริมสินค้า OTOP ทั่วประเทศ จากนั้นนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นสนับสนุนให้ประเทศไทยเป็นครัวโลก ซึ่งจะเห็นได้ว่าพฤติกรรมกรรมการบริโภคของคนไทยในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก [1] โดยให้ความสำคัญกับอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น และทางภาครัฐยังออกมาให้การสนับสนุนธุรกิจประเภทนี้อีกด้วย โดยมีนโยบาย เช่น หนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เป็นการนำวัตถุดิบที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์เพื่อจำหน่ายภายในประเทศและส่งออก เป็นการสร้างรายได้ให้กับชุมชน การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพมีความจำเป็นที่รัฐบาลต้องการจะสนับสนุน เพราะตลาดในเอเชียมีความต้องการอาหารประเภทคบเคี้ยวที่มาจากมันฝรั่งและพืชในกลุ่มเดียวกันเป็นจำนวนมาก มันฝรั่งจึงนับได้ว่าเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยมอีกชนิดหนึ่งและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นจากผู้บริโภคอย่างรวดเร็ว ซึ่งปัจจุบันนี้กรรมวิธีการผลิตมันฝรั่งจะใช้กรรมวิธีการผลิตแบบดั้งเดิมซึ่งตรงกับงานวิจัยของนพดล และวีระยุทธ [2] โดยใช้แรงงานคนเป็นส่วนใหญ่ในการผลิต ส่งผลให้เกิดปัญหาตามมา เช่น ความล่าช้าในการผลิต การเพิ่มกำลังการผลิต ความเมื่อยล้าของพนักงานซึ่งปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องมีการแก้ไขอย่างเร่งด่วน โดยการนำหลักทางวิชาการและเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในกระบวนการผลิต ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นจากอดีตจนถึงปัจจุบัน กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรมักจะพบอุปสรรคในการพัฒนากระบวนการผลิตหลากหลายประการ โดยเฉพาะการผลิตมันฝรั่งบาง ๆ ที่ยังคงต้องใช้

แรงงานคนและมีสไลด์ให้มันเป็นแผ่นบาง จึงทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นบ่อยครั้ง โดยเฉพาะจะเกิดอุบัติเหตุมีดบาด 7-8 ครั้งต่อคนต่อปี ซึ่งตรงกับงานวิจัยของสิทธิบุรณ์ และคณะ [1]

งานวิจัยของ วิรัตน์ [3,4] ได้มีข้อกำหนดในการออกแบบเครื่องหั่นมันสำปะหลังเป็นแผ่นบาง ๆ ซึ่งมีหลายแบบ โดยจะขึ้นอยู่กับที่การออกแบบระบบการทำงานว่าต้องการทำงานแบบไหน หรือต้องการใช้งานแบบใดให้ตรงตามท้องตลาดต้องการ ถ้าออกแบบโดยเน้นการใช้งานสะดวก ในปัจจุบันนิยม 2 แบบ คือ มีการจัดเรียงใบมีดหมุนแบบแกนนอน และแบบแกนตั้ง แต่ในปัจจุบันนิยมแบบแกนตั้ง เพราะทำงานง่ายและสะดวก หรือเน้นที่การออกแบบให้ได้มันฝรั่งแบบต่างๆ เช่น รูปทรงแผ่นบางเรียบ รูปทรงแผ่นรอนใหญ่ และรูปทรงแผ่นรอนเล็ก ในการออกแบบสิ่งที่สำคัญคือต้นกำลังที่จะส่งให้ชุดใบมีดสไลด์ ในปัจจุบันการออกแบบเครื่องสไลด์มันฝรั่งนิยมใช้เครื่องยนต์และมอเตอร์ อยู่ที่จำขนาดการผลิตและขนาดของโครงสร้างของตัวเครื่อง ในการสไลด์ หรือ (การฝาน) หัวมันทั้งในส่วนมันสำปะหลัง หรือมันเทศ จะใช้ความเร็วรอบในการฝาน (หั่น) หรือการสไลด์อยู่ที่ 50 รอบต่อนาทีซึ่งตรงกับงานวิจัยของประดิษฐ์ งานวิจัยของวิรัตน์ [4] งานวิจัยของ Tawakalitu Bola Onifade [5] ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องสไลด์กล้วยแบบ 3 Hopper โดยทำการออกแบบรูปทรงของชิ้นส่วนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และทำการทดสอบระบบ งานวิจัยของ Thomas Alias และคณะ [6] ได้ทำการศึกษาการออกแบบและทำการสร้างเครื่องปอกเปลือกและเครื่องตัดด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และงานวิจัยของ Guide S Ganyani และคณะ [7] ได้ทำการศึกษาการหั่นและการสไลด์ผัก โดยมีขั้นตอนในการวิจัยคือ ทำการคำนวณหาตัวแปรที่เหมาะสมด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ หลังจากนั้นจึงได้ทำการออกแบบระบบการทำงานและออกแบบรูปทรงของโครงสร้างเพื่อ

คำนวณหาความแข็งแรงทางโครงสร้างด้วยหลักการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ดำเนินการเพื่อทำการศึกษารูปแบบคำนวณสำหรับคำนวณหาตัวแปรทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมของการออกแบบและทำการออกแบบเพื่อคำนวณหาความแข็งแรงทางโครงสร้างด้วยหลักการไฟไนต์เอลิเมนต์ พร้อมทั้งทำการจำลองระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องสไลด์มันฝรั่ง เพื่อนำผลลัพธ์เชิงตัวเลขจากการจำลองและวิเคราะห์ที่คำนวณหาได้จากการออกแบบ ไปทำการปรับปรุงโครงสร้างการทำงาน ระบบการทำงานให้เกิดความเหมาะสมต่อการทำงานจริงของเครื่องสไลด์มันต่อไป

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อทำการศึกษาและออกแบบเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน

2.2 เพื่อจำลองการหมุนที่ส่งผลต่อความถี่ธรรมชาติ (Natural frequency) ในเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน

2.3 เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ ที่เกิดจากการหมุนและส่งถ่ายแรงไปยังกลไกของการสไลด์บนเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน

2.4 เพื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบของรอบการหมุนต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อแรงในการสไลด์ ความเครียดในชิ้นงานของการหมุน และความถี่ธรรมชาติ

2.5 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนากระบวนการสไลด์ผลผลิตทางการเกษตรในชนิดอื่น ๆ ต่อไป

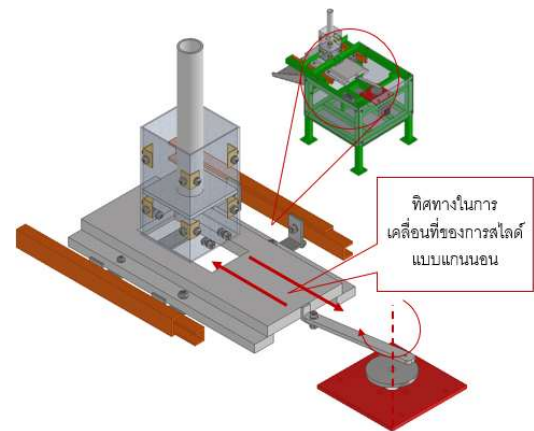
3. ขอบเขตงานวิจัย

ทำการออกแบบรูปทรงโครงสร้างด้วยระบบสมการทางคณิตศาสตร์ และทำการขึ้นรูปชิ้นงานสามมิติจากตัวแปรที่คำนวณได้ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน หลังจากนั้นนำแบบจำลองกลไกการเคลื่อนที่ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งที่ได้จากการออกแบบ มาทำการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์เพื่อจำลองผลเชิงตัวเลขและทำการจำลองการเคลื่อนที่ในรอบการหมุนต่าง ๆ และคำนวณหาค่าความเครียดและค่าความถี่ธรรมชาติที่เกิดจากรอบการหมุน และทำการสรุปผลการทดสอบ

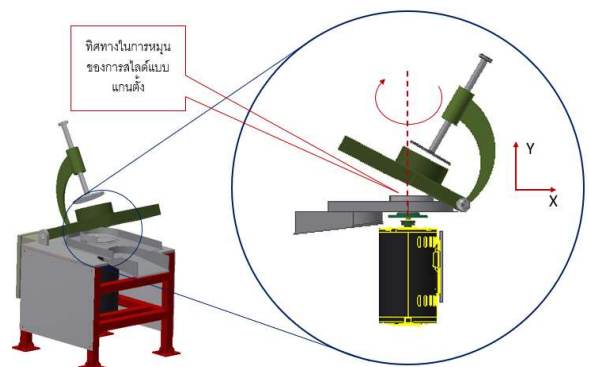
4. ทฤษฎีการออกแบบ

4.1 เครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน

เครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน หมายถึง เครื่องที่ใช้ในการสไลด์มันฝรั่งให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางขนานกับแกนหมุน ส่วนเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนตั้ง จะทำการตัดเฉือนผลมันด้วยชุดใบมีดที่หมุนรอบแกน Y ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 1 ในงานวิจัยนี้ จะทำศึกษาเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือทุนแรงในอุตสาหกรรมครัวเรือน ดังแสดงในรูป 2 และ 3 ซึ่งเป็นวิธีการนำมัน (sweet potato) เข้ามายังเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน เมื่อผลมันเข้ามายังแท่นชุดตัวกดมันในตำแหน่งที่ต้องการแล้ว แกนกดจะกดลงมายังใบมีดสไลด์เพื่อให้ได้ชิ้นงานแผ่นมันสไลด์ตามต้องการ ดังแสดงในรูป 4



ก. ตัวอย่างการสไลด์แบบแกนนอน

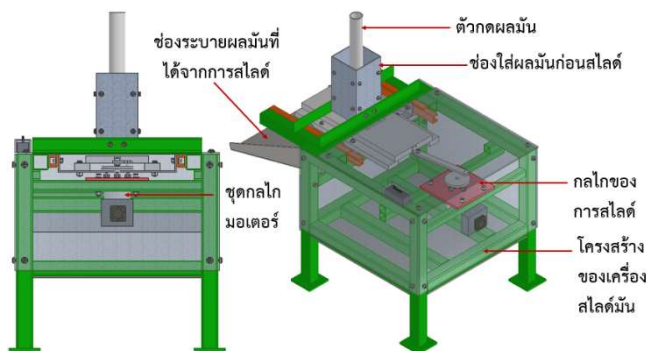


ข. ตัวอย่างการสไลด์แบบแกนตั้ง

รูปที่ 1 เครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน



รูปที่ 2 เครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนสำหรับงานวิจัย



รูปที่ 3 องค์ประกอบของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างแผ่นมันฝรั่งที่ได้จากการสไลด์ [8]

4.2 ทฤษฎีพื้นฐานทางกลศาสตร์

ความเครียด (Strain) เมื่อวัสดุได้รับแรงภายนอกมากระทำ ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างไปในทิศทางที่แรงมากระทำ เช่น เมื่อวัสดุอยู่ภายใต้แรงดึงก็จะยืดออก (Elongation) และเมื่อวัสดุอยู่ภายใต้แรงอัดก็จะหดเข้า (Contraction) [9]

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (1)$$

เมื่อ ε คือ ความเครียด
 L_0 คือ ความยาวเดิมของวัสดุ
 L คือ ความยาวใหม่ ภายหลังจากที่ได้รับแรงภายนอกมากระทำ

ความเค้น (Stress) แรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุที่มีต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แต่เนื่องจากความไม่เหมาะสมทางปฏิบัติ และความยากในการวัดหาค่านี้ เราจึงมักจะพูดถึงความเค้นในรูปของแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ [9] ด้วยเหตุผลที่ว่า แรงกระทำภายนอกมีความสมดุลกับแรงต้านทานภายใน การหาค่าความเค้นสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

เมื่อ σ คือ ความเค้น (Stress) มีหน่วยเป็น (Pa) หรือ N/m^2
 F คือ แรงภายนอกที่กระทำ มีหน่วยเป็น (N)
 A คือ พื้นที่ภาคตัดขวางที่แรงกระทำ มีหน่วยเป็น (m^2)

โดยทั่วไปความเค้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ [9]

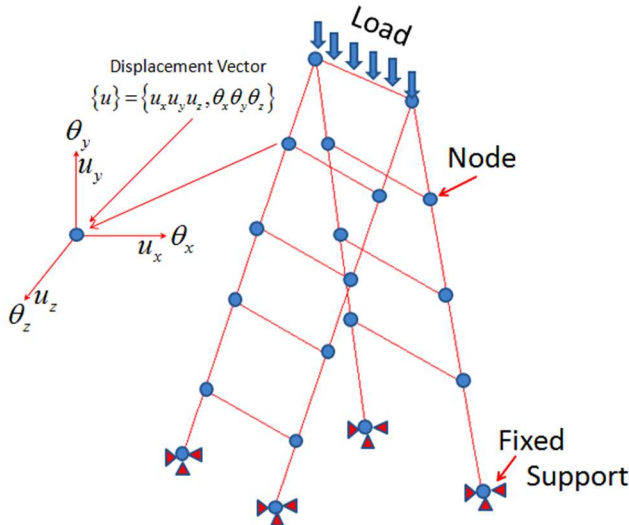
1. ความเค้นแรงดึง (Tensile Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงดึงมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง โดยพยายามจะแยกเนื้อวัสดุให้แยกขาดออกจากกัน

2. ความเค้นแรงอัด (Compressive Stress) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงกดมากระทำตั้งฉากกับพื้นที่ภาคตัดขวาง เพื่อพยายามอัดให้วัสดุมีขนาดสั้นลง

3. ความเค้นแรงเฉือน (Shear Stress) ใช้สัญลักษณ์ τ เกิดขึ้นเมื่อมีแรงมากระทำให้ทิศทางขนานกับพื้นที่ภาคตัดขวาง

4.3 วิธีการทำงานของไฟไนต์เอลิเมนต์

หลักการทำงานของระบบการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขทางไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิจัยนี้ สามารถทำการอธิบายพฤติกรรมของแรงที่กระทำลงบนโครงสร้างของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้าง Finite Element Analysis [9]

จากรูปที่ 4 โครงสร้างไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่ประกอบไปด้วย Node และ element แล้วพิจารณาเฉพาะ 1 node จะพบว่าระดับขั้นความเสรี (Degree of Freedom, DOF) มี 6 ทิศทาง คือ การเลื่อนขนานในแนวแกน x, y, z ประกอบด้วยทิศทางการเคลื่อนที่ทั้งหมด 3 ทิศทาง และ Three Translations คือ u_x, u_y, u_z ตลอดจนการหมุนรอบตัวเอง (Three rotations) หรือการหมุนรอบแกน x, y, z ซึ่งประกอบด้วยทิศทางการเคลื่อนที่ทั้งหมด 3 ทิศทาง คือ $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ [9,10]

โดยที่ $\{u\}$ คือ เวกเตอร์การจัด เมื่อได้รูปแบบของระบบสมการระดับขั้นความเสรี (DOF) มาแล้ว หลังจากนั้นจะต้องทำการคำนวณหาค่าตัวประกอบการคูณ k เพื่อให้อยู่ในรูปแบบสมการที่เป็นแบบเมทริกซ์ คือ

$$[k]_e \{u\}_e = \{f\}_e \quad (3)$$

ค่า $\{f\}$ คือ ค่าของแรงที่เข้ามากระทำต่อเอลิเมนต์จะ

ส่งผลให้โหนดมีการเคลื่อนที่ $\{u\}$ ด้วย แต่เนื่องจากแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ จะประกอบไปด้วยเหล่าของโหนดและเอลิเมนต์ขนาดเล็ก ๆ ประกอบกัน ดังนั้นสมการจึงต้องอยู่ในรูปทั่วไปที่สามารถทดแทนโครงสร้างทั้งหมดในรูปสมการเมทริกซ์ได้ คือ

$$[k]\{u\} = \{F\} \quad (4)$$

สุดท้ายจะได้สมการที่มีตัวแปรที่ไม่รู้ค่าที่อยู่ในรูปแบบของสมการเมทริกซ์แล้วโปรแกรมจะนำค่าของสมการเหล่านี้ไปคำนวณจนได้ค่าการกระจัดของโหนดจะได้ค่าของค่าความเค้นและความเครียด

4.4 ระบบสมการพื้นฐานของการเคลื่อนที่

แบบจำลองพลวัต เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการจำลองและออกแบบระบบกลไกการเคลื่อนที่ของเครื่องจักรกลประเภทต่าง ๆ ซึ่งโมดูลนี้มีประโยชน์อย่างมากในภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบัน เพราะได้เข้ามาช่วยในเรื่องของการแสดงการเคลื่อนที่เชิงพฤติกรรมที่เกี่ยวกับองค์ประกอบทางจลนศาสตร์การเคลื่อนที่ของชุดกลไก รวมไปถึงขั้นตอนในการกำหนดตำแหน่งหรือพิกัดของความเร็วและค่าความเร่งหรือระบบของแรงของการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ของเครื่องจักรกล [11] โดยปกติแล้วคำว่าพลวัต (Dynamics) จะเป็นการศึกษาที่ว่าด้วยมวลและแรงของการเคลื่อนที่ในกลไก ซึ่งการพิจารณาระบบสามารถแสดงในรูปแบบของระบบสมการพื้นฐานที่เข้ามาเป็นแปรในการอธิบายพฤติกรรมของการเคลื่อนที่ในเบื้องต้น ซึ่งแสดงได้ดังสมการที่ 5 [12]

$$F = Ma \quad (5)$$

เมื่อ	F	คือ	แรงภายนอก
	M	คือ	มวลของวัตถุ
	a	คือ	ความเร่ง

เมื่อทำการศึกษาและพิจารณาการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's law) ดังนั้นรูปแบบของสมการตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 6 [12]

$$F = M \frac{dv}{dt} \quad (6)$$

เมื่อทำการพิจารณารูปแบบของสมการทั้งสอง สามารถที่จะกำหนดความเร่งเป็นฟังก์ชันของความเร็วได้ดังสมการที่ 7 [12]

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{F}{M} \quad (7)$$

เมื่อทำการรวมรูปแบบของความเร่ง หลังจากนั้นจะสามารถกำหนดรูปแบบของความเร็วได้ดังสมการที่ 8 [12]

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{F}{M} t \quad (8)$$

เมื่อ t คือ เวลา หลังจากนั้นทำการรวมรูปแบบของความเร่ง หลังจากนั้นจะสามารถกำหนดตำแหน่งได้ดังสมการที่ 9 [12]

$$x = \frac{1}{2} = \frac{F}{M} t^2 \quad (9)$$

โดยที่ x คือทิศทางของแรงในแนวแกนที่การสไลด์เกิดการเคลื่อนที่ไปและกลับ

5. การคำนวณและการออกแบบ

5.1 คำนวณหาอัตราส่วนความเร็วในการสไลด์

การออกแบบระบบการหมุนสำหรับงานวิจัยนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงรอบการหมุนของมอเตอร์และกำลังงานที่จะส่งไปยังมูเล่ [13] ซึ่งสามารถคำนวณและทำการออกแบบได้ดังนี้

จากสมการ

$$V_R = \frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (10)$$

โดยที่ V_R คือ อัตราส่วนความเร็ว
 N_1 คือ ความเร็วรอบมูเล่ มอเตอร์ (RPM.)

N_2 คือ ความเร็วรอบของเพลาส่งกำลัง (RPM.)
 D_1 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของมูเล่ มอเตอร์ (mm.)
 D_2 คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อส่งกำลังในส่วนของเพลาส่งกำลัง (mm.)

$$\text{จะได้ } V_R = \frac{1,400 \text{ rpm}}{300 \text{ rpm}} = 4.67$$

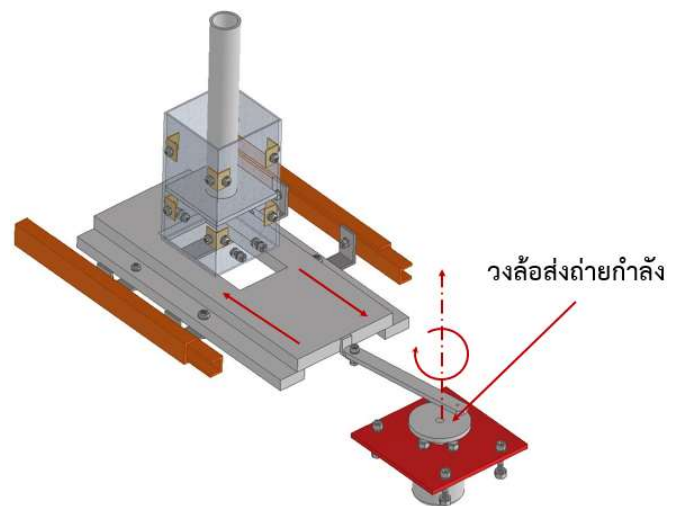
5.2 คำนวณหาขนาดวงล้อส่งถ่ายกำลัง

จากค่าของอัตราส่วนของความเร็วที่ได้จากการคำนวณสามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อส่งถ่ายกำลังที่ใช้งานกับส่งกำลังได้จากสมการที่ 11

$$\text{จากสมการ } D_2 = D_1 V_R \quad (11)$$

$$D_2 = 35 \times 4.67 = 163.45 \text{ mm}$$

ดังนั้นเลือกใช้ขนาด 160 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เส้นผ่านศูนย์กลางวงล้อส่งถ่ายกำลังและกลไกที่ออกแบบ

5.3 คำนวณหาความเร็วในการเคลื่อนที่ของกลไก

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของกลไกสไลด์ของเครื่องสไลด์มันในงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 12

จากสมการ

$$V = \frac{\pi D_1 N_1}{60} \quad (12)$$

จะได้
$$V = \frac{\pi \times 0.035 \times 1,400}{60} = 2.57 \text{ m/s}$$

5.4 คำนวณหาแรงเฉือนที่เกิดขึ้น

การคำนวณหาแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในการตัดเฉือนผลมันฝรั่ง
ในงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 13
จากสมการ

$$\tau_p = \frac{F_p}{A_p} \quad (13)$$

โดยที่ F_p คือ แรงที่ต้องการในการตัดเฉือน (N)
 A_p คือ พื้นที่ภายใต้แรงเฉือน (m^2)
 τ_p คือ ความเค้นเฉือนบนผลมัน (N / m)
ซึ่งสามารถคำนวณค่า F ได้จากสมการที่ 14
จากสมการ

$$F_p = A_p \tau_p \quad (14)$$

5.4.1 คำนวณหาพื้นที่ภายใต้แรงเฉือน

พื้นที่ภายใต้แรงเฉือนสามารถคำนวณได้จากสมการที่
15 ซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางผลมันฝรั่งเฉลี่ยที่วัดได้จากงานวิจัยอยู่
ที่ 80 มิลลิเมตร หรือ 0.08 เมตร ดังนั้นจะมีพื้นที่ภายใต้แรง
เฉือนดังนี้ คือ

จากสมการ

$$A_p = \frac{\pi d^2}{4} \quad (15)$$

$$A_p = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 0.08^2}{4} = 0.005024 \text{ m}^2$$

5.4.2 คำนวณหาความเร็วเชิงมุมในการหมุนของวงล้อ ส่งถ่ายกำลัง

ความเร็วในการหมุนของวงล้อส่งถ่ายกำลังในงานวิจัยนี้
สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 16 [5]

จากสมการ

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \quad (16)$$

จะได้
$$\omega = \frac{2 \times \pi \times 300}{60} = 31.4 \text{ rad/s}$$

ดังนั้นความเร็วเชิงมุมในการหมุนเท่ากับ 31.4 rad/s

5.4.3 คำนวณหาแรงในการขับ

คำนวณหาแรงในการขับของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังได้จาก
สมการที่ 17 ดังนี้คือ

จากสมการ

$$F_p = ma \quad (17)$$

โดยที่ m คือ น้ำหนักของวงล้อส่งถ่ายกำลัง (kg)
โดยที่น้ำหนักของวงล้อส่งถ่ายกำลังใน
งานวิจัยมีค่าน้ำหนักที่วัดได้เท่ากับ 0.2 kg
 a คือ ค่าความเร่งเชิงเส้น (m/s^2)

โดยที่ค่าความเร่งเชิงเส้นสามารถคำนวณได้จาก
สมการที่ 18 [5]

จากสมการ

$$a = r\omega^2 \quad (18)$$

ดังนั้น ระบบของกลไกของแรงในการขับเคลื่อนชุดวงล้อ
ส่งถ่ายกำลังจะได้ดังนี้คือ

$$F_p = 0.2 \times 31.4^2 \times 0.08 = 15.78 \text{ N}$$

ดังนั้นจะได้ค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้นในระบบของการตัดเฉือน
ผลมันฝรั่งดังนี้คือ

$$\tau_p = \frac{15.78 \text{ N}}{0.005024 \text{ m}^2} = 3,140 \text{ N/m}^2$$

5.5 คำนวณหาพลังงานที่ต้องการของเครื่องสไลด์

การคำนวณหาพลังงานที่ต้องการสำหรับเครื่องสไลด์มัน
ฝรั่งขนาดเล็กในงานวิจัยนี้ สามารถคำนวณได้จากสมการที่
19 [5] ดังนี้คือ

จากสมการ

$$P_{Cutting} = V_{Cut} F_P \quad (19)$$

โดยที่ V_{Cut} สามารถคำนวณหาได้ดังสมการที่ 20

จากสมการ

$$V_{Cut} = \omega r \quad (20)$$

ดังนั้น $V_{Cut} = 31.4 \times 0.08 = 2.512 \text{ m/s}$

ดังนั้นพลังงานที่ต้องการสำหรับเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กจะได้

$$P_{Cutting} = 2.512 \times 15.78 = 40 \text{ Watt}$$

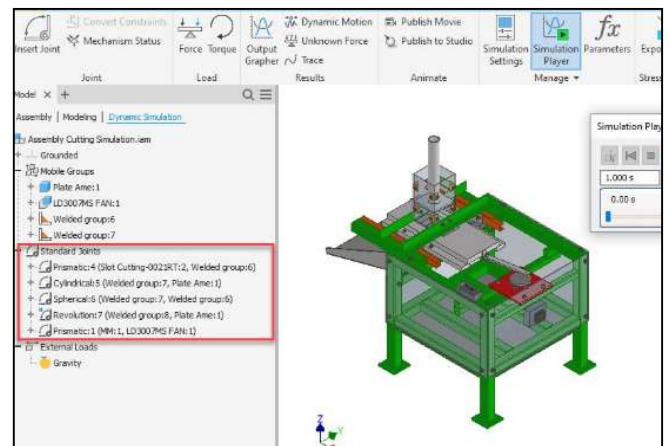
ในการออกแบบระบบพลังงานในงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่า Power factor เท่ากับ 2 ดังนั้นพลังงานที่ต้องการใช้ในการตัดเฉือนมันฝรั่งก็คือ $P_{Cutting} = 40 \times 2 = 80 \text{ Watt}$

6. ขั้นตอนการวิจัย

หลังจากการคำนวณหาตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการจำลองผลของการเคลื่อนที่โดยใช้โมดูลการจำลองแบบพลวัต (Dynamics Simulation) ของโปรแกรม Autodesk Inventor Professional Version 2014 มาทำการจำลองการเคลื่อนที่และทำการคำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดเฉือนมันฝรั่ง หลังจากนั้นจะทำการป้อน (Export) แรงที่เกิดขึ้นในกระบวนการจำลองผลแบบพลวัตมาคำนวณหาค่าความเค้นและค่าความเครียดที่เกิดขึ้นกับวงล้อส่งถ่ายกำลังที่เชื่อมต่อกับชุดมอเตอร์ด้วยโมดูลการวิเคราะห์ความเค้นของโปรแกรม Autodesk Inventor Professional Version 2014 และส่วนสุดท้ายจะอาศัยรอบการหมุนที่วงล้อส่งถ่ายกำลังมากำหนดให้กับแบบจำลองเพื่อทำการจำลองผลของค่าความถี่ธรรมชาติที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการหมุนและนำผลการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบกัน โดยข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยสามารถแจกแจงรายการอย่างละเอียดได้ดังนี้

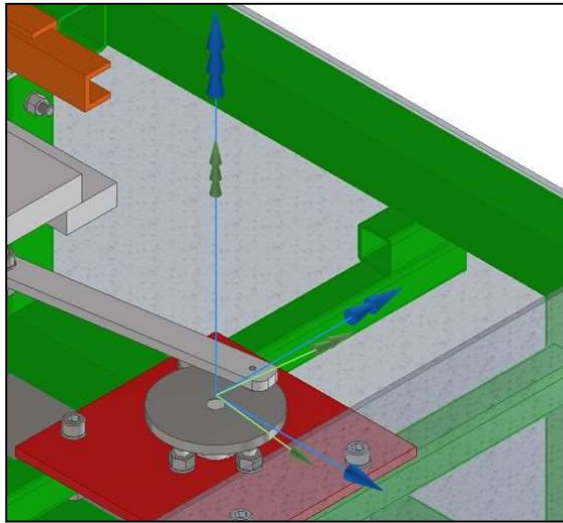
6.1 การจำลองผลของการเคลื่อนที่แบบพลวัต (Dynamics Simulation)

หลังจากที่ได้ทำการออกแบบชิ้นส่วน 3 มิติในส่วนของแคด (CAD) ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งเรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งที่ได้จากการออกแบบมาทำการประกอบขึ้นรูปงานเข้าด้วยกัน หลังจากได้ทำการประกอบเครื่องสไลด์มันฝรั่งเสร็จเรียบร้อยแล้วจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 2 หลังจากนั้นจึงเข้าสู่โมดูลการจำลองผลแบบพลวัต โดยผู้วิจัยจะเริ่มต้นการสร้างกระบวนการวิเคราะห์จากการคลิกที่แท็บสถานะแวดล้อม (Environment) ในส่วนของเมนูบาร์ของชุดโปรแกรมสำเร็จรูปออโต้เดรส อินเวนเตอร์ โปรเฟสชันแนล เวอร์ชัน 2014 (Autodesk Inventor Professional Version 2014) เพื่อเข้าสู่หน้าต่างการจำลองการเคลื่อนที่แบบพลวัตดังที่แสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงหน้าต่างของโมดูลการจำลองการเคลื่อนที่แบบพลวัต

หลังจากเข้าสู่หน้าต่างโมดูลการจำลองผลแบบพลวัตแล้วโปรแกรมการจำลองผลแบบพลวัต จะทำการสร้างจุดต่อมาตรฐาน (Standard Joint) ให้กับชิ้นส่วนการเคลื่อนที่ในเบื้องต้น หลังจากนั้นให้ทำการแก้ไขในส่วนของจุดต่อ (Joint) เพิ่มเติมสำหรับการหมุนของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลัง ดังที่แสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงจุดต่อ (Joint) สำหรับการหมุนของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลัง

หลังจากนั้นให้ทำการเข้าไปแก้ไขในส่วนของกลไกการหมุน (Revolution) ซึ่งในการวิจัยได้ทำการกำหนดข้อมูลของรอบการหมุนเพื่อใช้สำหรับการเปรียบเทียบแรงที่เกิดขึ้นในการเคลื่อนที่สไลด์ดังนี้คือ 100, 150, 200, 250 และ 300 รอบต่อนาที (RPM) หลังจากนั้นทำการแปลงรอบการหมุนของมอเตอร์ให้อยู่ในหน่วยองศาต่อวินาที (deg/s) จะได้ผลลัพธ์การแปลงดังตารางที่ 1

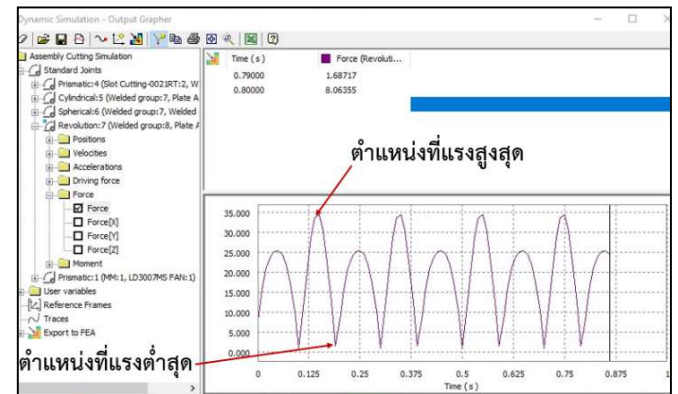
จากรูปที่ 9 เป็นการแสดงผลพล็อตในระหว่างการเคลื่อนที่ในรูปแบบของกราฟแรงกระทำ ซึ่งแสดงในขณะที่โปรแกรมเริ่มทำการคำนวณผลในช่วงเวลา 1 นาที ที่รอบการหมุน 300 รอบต่อนาที และผลลัพธ์ที่รอบการหมุนอื่น ๆ ที่ได้จำลองในแต่ละรอบการหมุนตามตารางที่ 1 สามารถทำการสรุปผลลัพธ์ของกราฟแรงที่เกิดขึ้นในการสไลด์ได้ดังรูปที่ 10

จากรูปที่ 10 เป็นการแสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์จากการจำลองผลเชิงตัวเลขด้วยการจำลองผลแบบพลวัตของแรงที่เกิดขึ้นในกระบวนการสไลด์ในงานวิจัย ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ตัวแปรของกลไกระบบการความเร็วรอบการหมุนมีผลกระทบโดยตรงที่ทำให้แรงสไลด์มีค่าที่สูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟที่รอบการหมุน 300 RPM

จากตารางที่ 1 นำตัวแปรที่ได้มาทำการป้อนลงสู่โปรแกรมในส่วนของการแก้ไขรูปแบบการหมุนของกลไกการเคลื่อนที่ หลังจากนั้นจึงทำการจำลองการหมุนจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 9

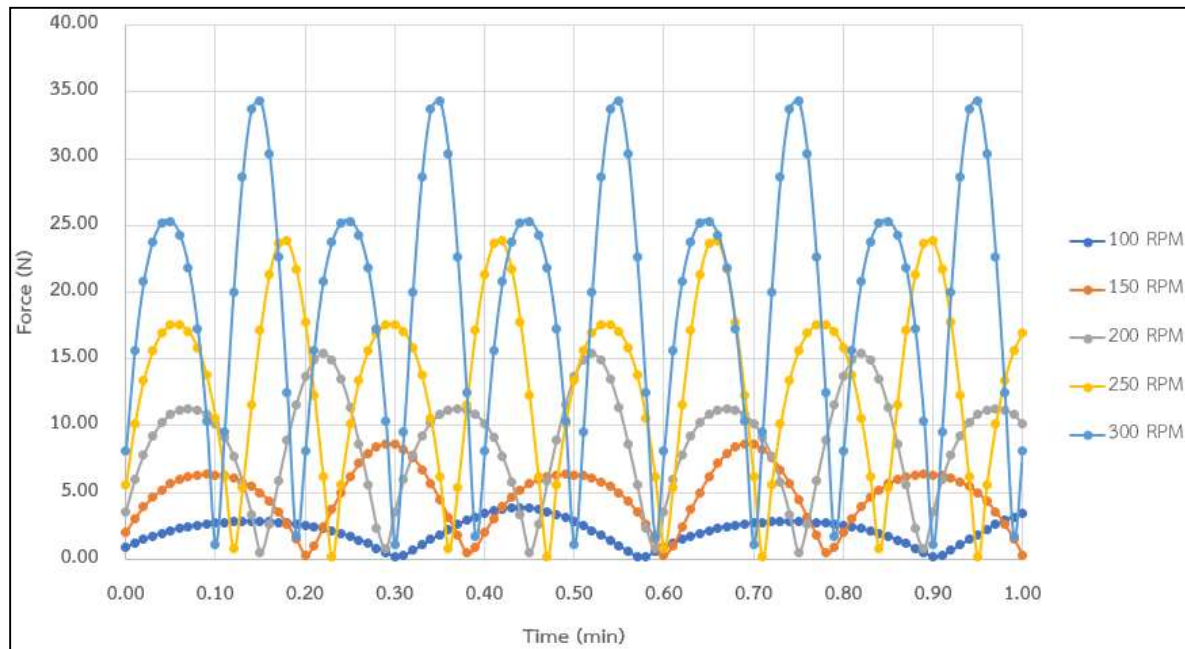
ตารางที่ 1 การแปลงรอบการหมุนให้อยู่ในหน่วย deg/s

รอบการหมุน (RPM)	องศาต่อวินาที (deg/s)
100	600
150	900
200	1,200
250	1,500
300	1,800

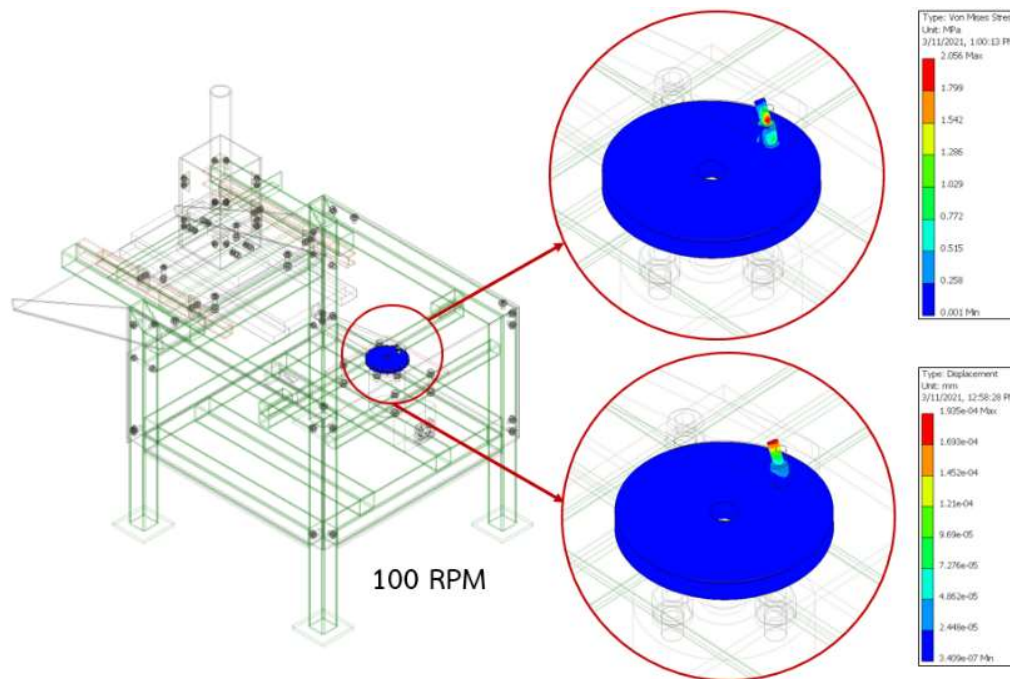


รูปที่ 9 แสดงกราฟการจำลองการหมุนของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลัง

จากรูปที่ 10 พบว่าแรงกระทำจะมีลักษณะการเคลื่อนที่ในแบบรูปคลื่นที่มีลักษณะขึ้น-ลง โดยค่าแรงที่เกิดขึ้น จะมีค่าเริ่มต้นที่ 0 ในตำแหน่งค่าเริ่มต้นการหมุน ไปจนถึงตำแหน่งที่เกิดแรงสูงสุดและกลับมาสู่ตำแหน่งเดิมในจุดเริ่มต้นที่มีค่าต่ำสุดในแต่ละรอบการหมุน และสามารถสรุปแรงสูงสุดในแต่ละรอบการหมุนได้ดังนี้ คือ ที่รอบการหมุน 100 รอบต่อนาที ได้แรงสูงสุด 3.84 นิวตัน, ที่รอบการหมุน 150 รอบต่อนาที ได้แรงสูงสุด 8.57 นิวตัน, ที่รอบการหมุน 200 รอบต่อนาที ได้แรงสูงสุด 15.37 นิวตัน, ที่รอบการหมุน 250 รอบต่อนาที ได้แรงสูงสุด 23.81 นิวตัน และที่รอบการหมุน 300 รอบต่อนาที ได้แรงสูงสุด 34.29 นิวตัน ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยมือที่รอบการหมุนสูงสุด 300 รอบต่อนาที พบว่าได้ค่าแรงในการขับเคลื่อนของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังเพียง 15.78 นิวตัน แต่การคำนวณหาด้วยการจำลองผลแบบพลวัตที่รอบการหมุน 300 รอบต่อนาที เท่ากับ 34.29 นิวตัน จากค่าแรงในการขับเคลื่อนของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังใหม่ที่คำนวณได้ สามารถนำมาหาค่ากำลังงานของมอเตอร์ใช้งานใหม่ได้ที่ 172 วัตต์



รูปที่ 10 แสดงกราฟของแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการหมุน



รูปที่ 11 ค่าความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังที่รอบการหมุน 100 รอบต่อนาที

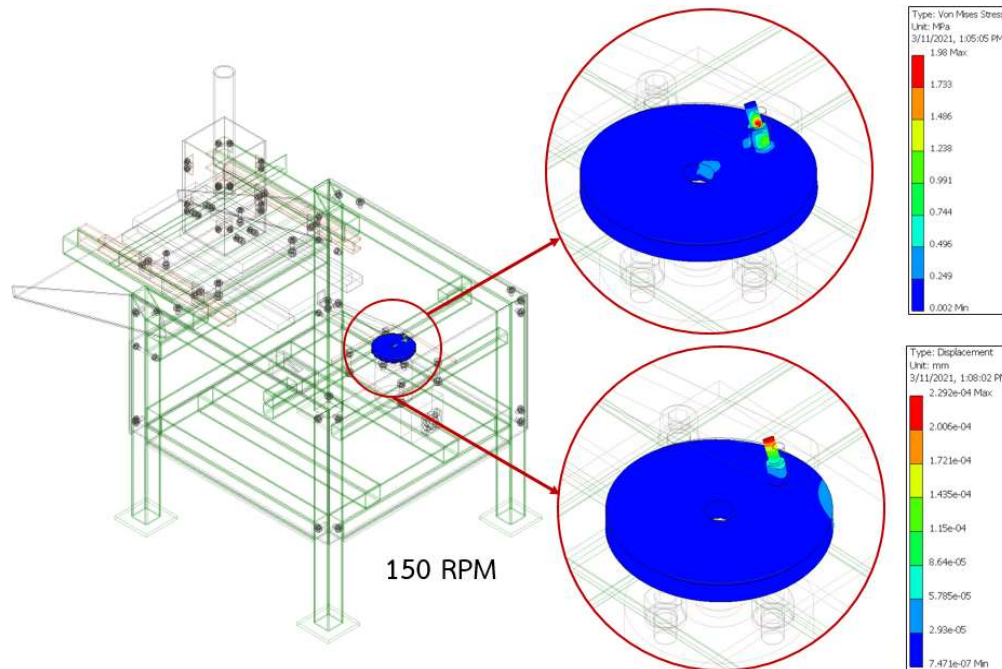
6.2 การคำนวณค่าความเค้นและการโก่งงอ

หลังจากที่ได้แรงในการขับของชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังในแต่ละรอบการหมุนที่ได้จากการคำนวณในส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่แบบพลวัต หลังจากนั้นจึงทำการป้อนผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองผลแบบพลวัตไปยังการวิเคราะห์ผล

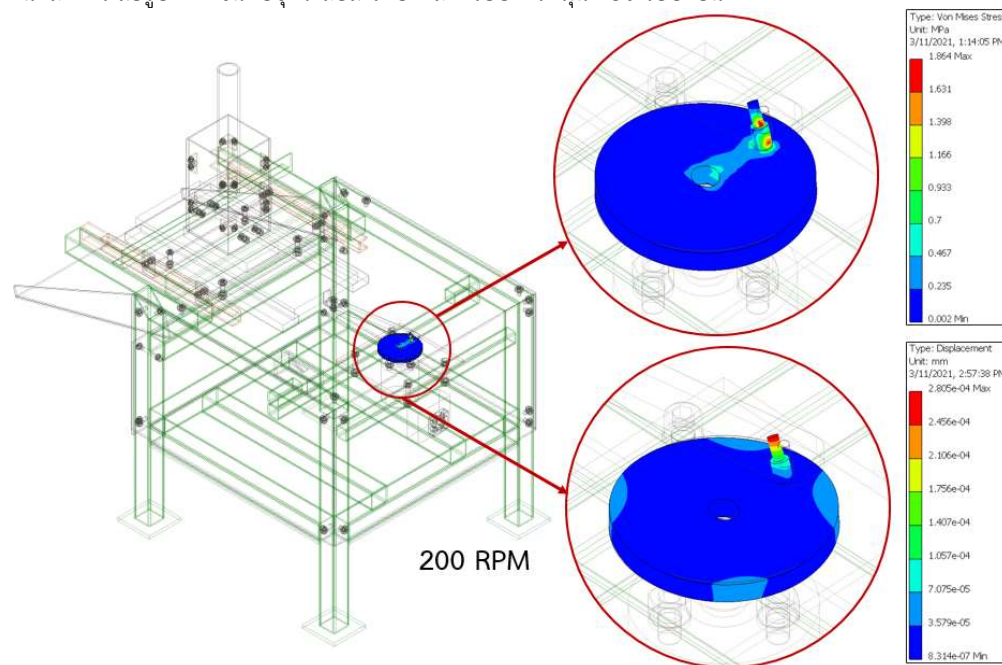
ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ (Export Result to FEA) จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 11-15 และในส่วนของการคำนวณของโมดูลการวิเคราะห์ความเค้นจะต้องกำหนดคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการออกแบบวงล้อส่งถ่ายกำลัง โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดเป็น วัสดุสแตนเลส (Stainless Steel) ที่มีค่าคุณสมบัติของวัสดุดังนี้ คือ

โมดูลัสความยืดหยุ่น (Elastic Modulus) มีค่าเท่ากับ 200,000 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร, อัตราส่วนปัวซอง (Poisson's Ratio) มีค่าเท่ากับ 0.26, โมดูลัสของแรงเฉือน (Shear Modulus) มีค่าเท่ากับ 79,000 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร, ค่าความ

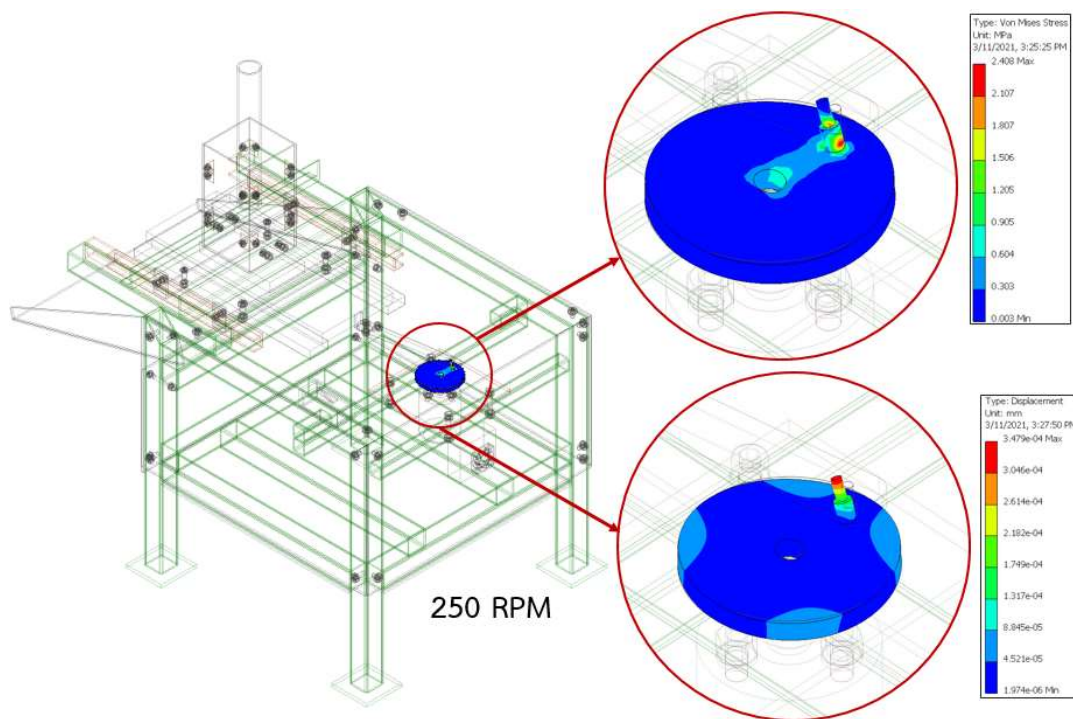
หนาแน่น (Mass Density) มีค่าเท่ากับ 8,000 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และค่าความแข็งแรงคราก (Yield Strength) มีค่าเท่ากับ 206.807 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร



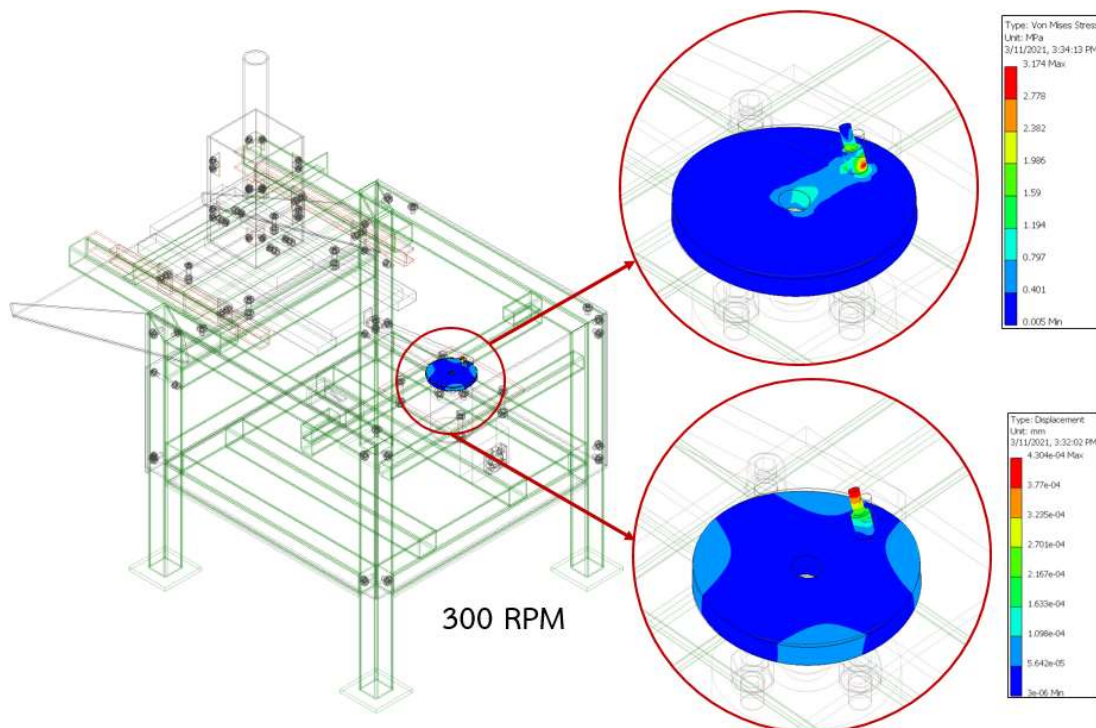
รูปที่ 12 ค่าความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังที่รอบการหมุน 150 รอบต่อนาที



รูปที่ 13 ค่าความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังที่รอบการหมุน 200 รอบต่อนาที



รูปที่ 14 ค่าความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังที่รอบการหมุน 250 รอบต่อนาที



รูปที่ 15 ค่าความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งถ่ายกำลังที่รอบการหมุน 300 รอบต่อนาที

จากรูปที่ 11 ถึง 15 เป็นการแสดงค่าความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งถ่ายกำลัง ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าความเค้นที่เกิดขึ้นในแบบจำลองในแต่ละรอบการหมุนจะ

ส่งผลต่อความเสียหายในแต่ละรอบการหมุนแตกต่างกัน โดยสามารถสรุปผลลัพธ์การวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการหมุนได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความเค้นและการโก่งงอที่เกิดขึ้นในวงล้อส่งกำลัง

รอบการหมุน (RPM)	ความเค้นพอนมิสเสสสูงสุด (Max Von miss Stress) (Mpa)	การขจัด (Displacement) (mm)
100	2.056	0.0001935
150	1.980	0.0002292
200	1.864	0.0002805
250	2.408	0.0003479
300	3.174	0.0004304

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่าความเค้นที่เกิดขึ้นกับชุดวงล้อส่งกำลังภายในงานวิจัยนี้มีค่าที่แตกต่างกัน โดยที่รอบการหมุน 100 รอบต่อนาที ทำให้เกิดค่าความเค้นสูงสุดที่จุดเชื่อมต่อกับกลไกสไลด์สูงกว่ารอบการหมุน 150 และ 200 รอบต่อนาที เนื่องจากแรงที่เกิดจากรอบการหมุน 100 รอบต่อนาที ยังไม่ส่งผลต่อการกระจายความเค้นไปยังพื้นที่รอบ ๆ จุดเชื่อมต่อกับกลไกสไลด์มากเพียงพอ ซึ่งต่างจากรอบการหมุน 150 และ 200 รอบต่อนาที ที่ทำให้เกิดแรงกระจายมากกว่าจึงทำให้ค่าความเค้นไม่ไปกระจุกอยู่พื้นที่เริ่มต้น ทำให้ค่าความเค้นน้อยกว่ารอบการหมุน 100 รอบต่อนาที และเมื่อทำการเพิ่มความเร็วยังสูงขึ้น พบว่าค่าความเค้นเริ่มสูงขึ้นและมีการกระจายตัวไปรอบ ๆ พื้นที่จุดเชื่อมต่อกับกลไกสไลด์ ดังรูปที่ 13 และ 14

6.3 การวิเคราะห์ค่าความถี่ธรรมชาติ

หลังจากทำการจำลองผลด้วยการจำลองการเคลื่อนที่แบบพลวัตและคำนวณหาความเค้นและการโก่งงอที่เกิดขึ้นกับวงล้อส่งกำลังภายในการสไลด์ ในส่วนหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะทำการศึกษาผลกระทบของรอบการหมุนต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการสั่นของโครงสร้างเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอน โดยค่าวัสดุที่กำหนดให้กับโครงสร้างของเครื่องสไลด์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3

จากรูปที่ 16 เป็นการแสดงขั้นตอนในกระบวนการสร้างเมชเอลิเมนต์ของแบบจำลองการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลขขององค์ประกอบของเครื่องสไลด์มันฝรั่งทั้งโครงสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 3 ซึ่งรูปแบบเอลิเมนต์ที่ทำการสร้างขึ้นมีจำนวนเท่ากับ 1,654,657 และมีจำนวนของโหนดเท่ากับ 2,746,795 โดยจะได้ผลลัพธ์ที่

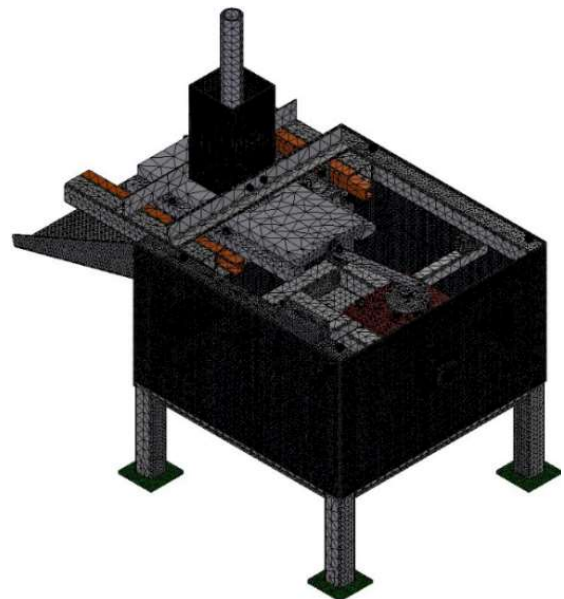
เกิดขึ้นในแต่ละรอบการหมุนของแต่ละรูปร่างการสั่นของการวิเคราะห์ผลเชิงตัวเลข (Mode shape) โดยผลลัพธ์ความถี่ที่เกิดขึ้น สามารถแสดงผลลัพธ์เชิงตัวเลขได้ดังรูปที่ 17-21

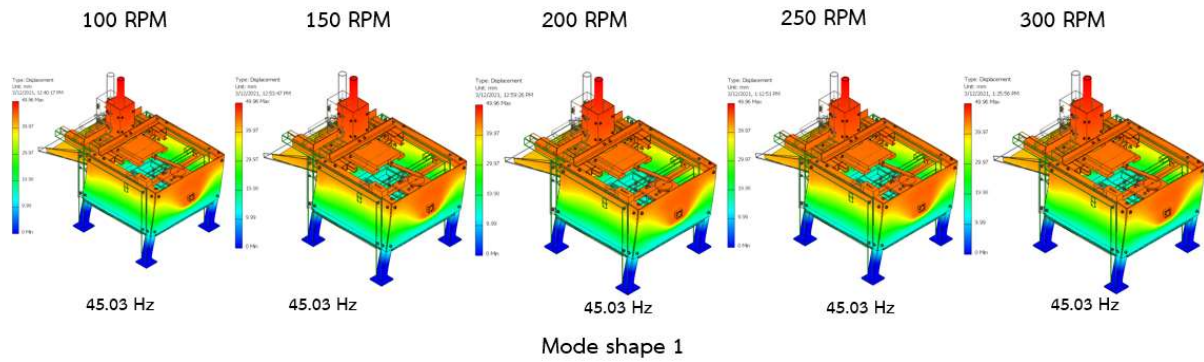
โดยผลลัพธ์และค่าตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขในส่วนของการสั่นจะแสดงผลในย่านความถี่ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของกลไกและรอบการหมุน

ตารางที่ 3 วัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติ

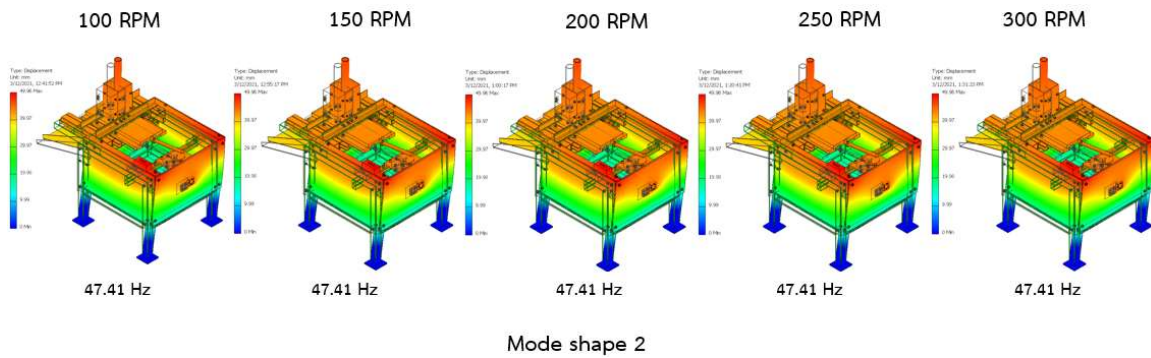
แบบจำลอง	วัสดุ
โครงสร้างหลัก	เหล็ก (AISI 304)
นัท+สกรู	สแตนเลส (Stainless)
ชุดโบริดสไลด์	สแตนเลส (Stainless)
ชุดใส่ผลมันฝรั่งก่อนการสไลด์	สแตนเลส (Stainless)
ตัวกดผลมันฝรั่ง	สแตนเลส (Stainless)
ช่องระบายผลมันฝรั่ง	สแตนเลส (Stainless)
แผ่น Frame รอบเครื่อง	อะคริลิก (Acrylic)
ชุดกลไกสไลด์	เหล็ก (AISI 304)

หลังจากทำการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุดังตารางที่ 3 แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือขั้นตอนการกำหนดเอลิเมนต์ให้กับแบบจำลองวิเคราะห์ แสดงได้ดังรูปที่ 16

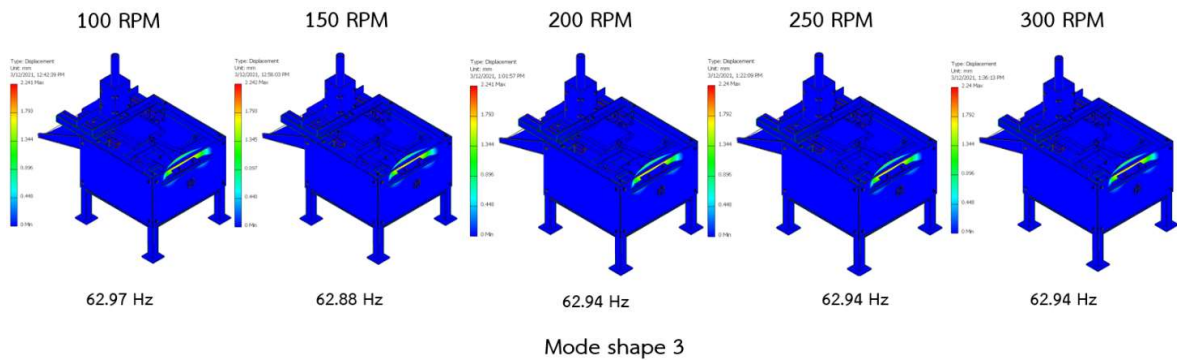
**รูปที่ 16** แสดงเมชเอลิเมนต์ของโครงสร้างเครื่องสไลด์มันฝรั่ง



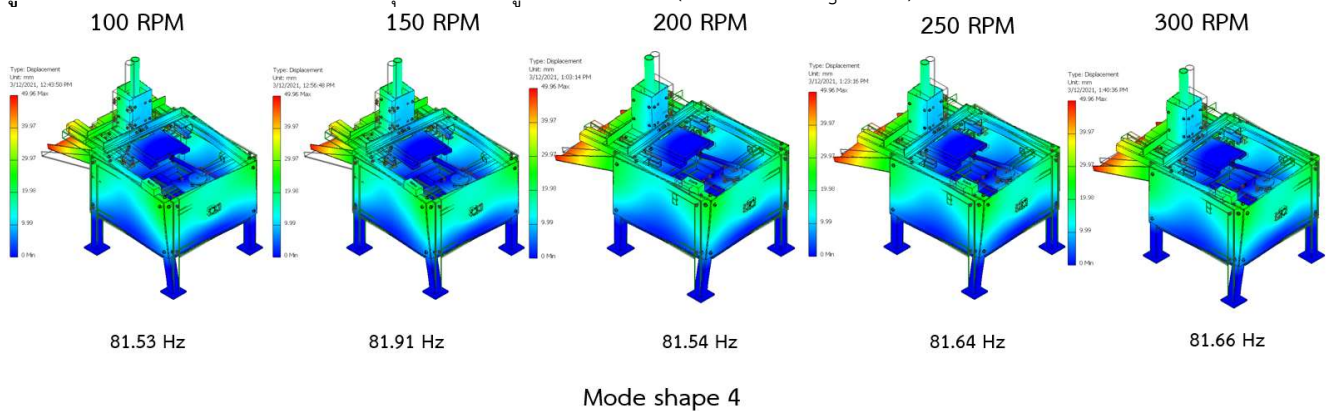
รูปที่ 17 แสดงผลลัพธ์ในแต่ละรอบการหมุนในส่วนรูปร่างการสั่นที่ 1 (Frame sway mode)



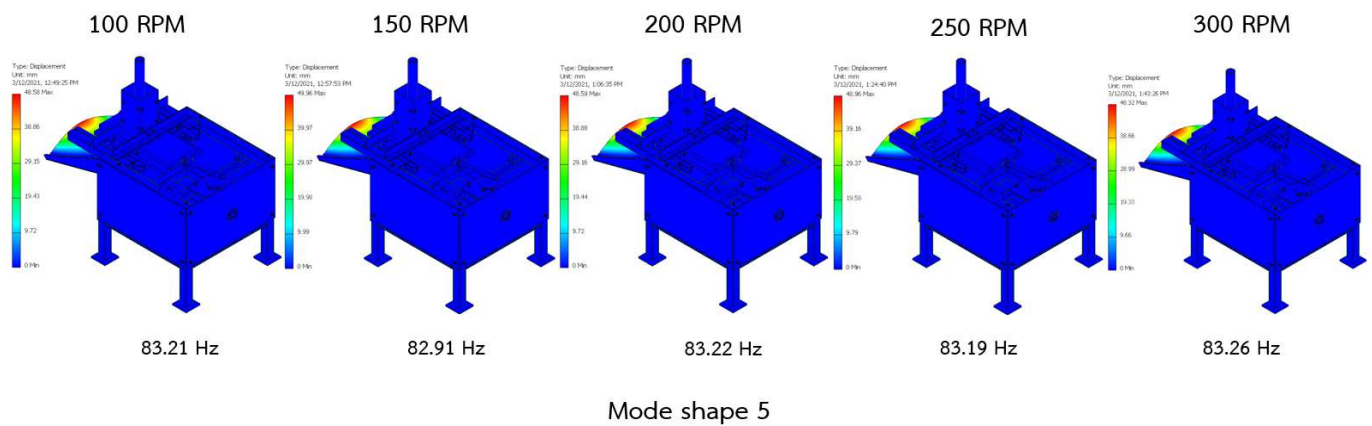
รูปที่ 18 แสดงผลลัพธ์ในแต่ละรอบการหมุนในส่วนรูปร่างการสั่นที่ 2 (Frame sway mode)



รูปที่ 19 แสดงผลลัพธ์ในแต่ละรอบการหมุนในส่วนรูปร่างการสั่นที่ 3 (Frame bending mode)



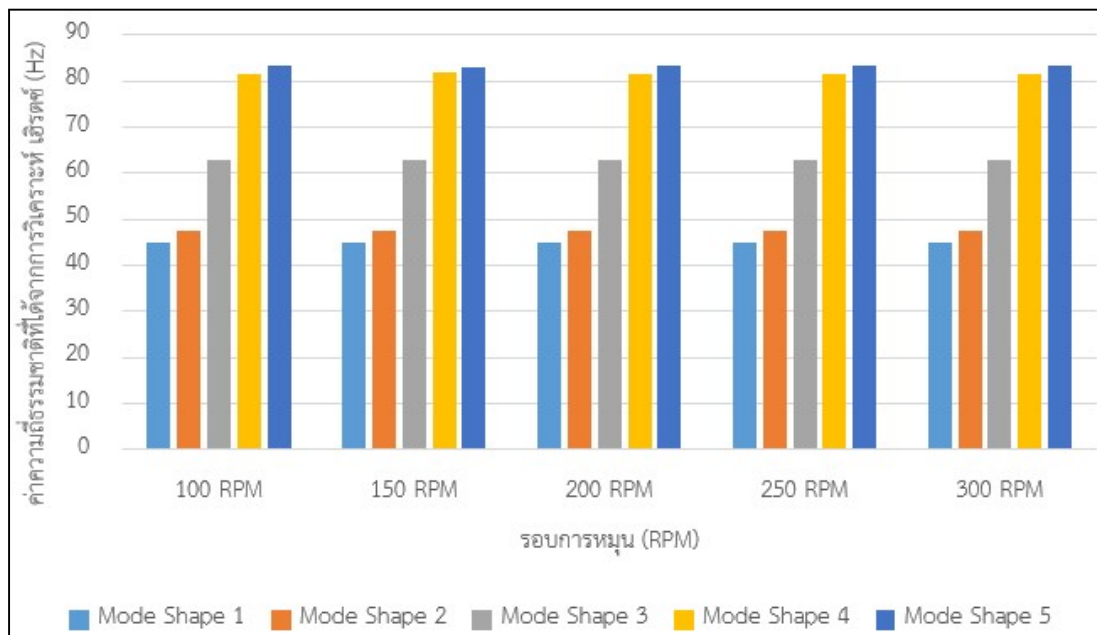
รูปที่ 20 แสดงผลลัพธ์ในแต่ละรอบการหมุนในส่วนรูปร่างการสั่นที่ 4 (Frame flexible mode)



รูปที่ 21 แสดงผลลัพธ์ในแต่ละรอบการหมุนในส่วนของ Mode Shape ที่ 5 (Frame bending mode)

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบรูปร่างการสั่น

รูปร่างการสั่น (Mode Shape)	ค่าความถี่ธรรมชาติที่ได้จากการวิเคราะห์ เฮิร์ตซ์ (Hz)				
	100 RPM	150 RPM	200 RPM	250 RPM	300 RPM
1	45.03	45.03	45.03	45.03	45.03
2	47.41	47.41	47.41	47.41	47.41
3	62.97	62.88	62.94	62.94	62.94
4	81.53	81.91	81.54	81.64	81.66
5	83.21	82.91	83.22	83.19	83.26



รูปที่ 21 แสดงผลลัพธ์ค่าความถี่ธรรมชาติในแต่ละรูปร่างการสั่น

การวิเคราะห์การสั่นสะเทือนทางกล ค่าตัวแปรการวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปตัวแปรทางคณิตศาสตร์คือ ขนาดความถี่ และแอมพลิจูด [14] จากผลลัพธ์การวิเคราะห์การคำนวณหาความถี่ธรรมชาติในงานวิจัยที่ได้จากโปรแกรม

และทำการสรุปผลในแต่ละรูปร่างการสั่นดังตารางที่ 3 จะได้ผลลัพธ์การเปรียบเทียบในแต่ละรอบของกลไกการหมุนดังรูปที่ 21 ผลจากการศึกษาของการวิเคราะห์หาค่าความถี่ธรรมชาติของค่าความถี่ธรรมชาติกับรอบของกลไกการหมุนที่ใช้ใน

กระบวนการสไลด์มันฝรั่ง จะได้ค่าความถี่ธรรมชาติจำนวน 5 โหมด โดยทำการวิเคราะห์ที่ย่านความถี่ 0-200 เฮิร์ตซ์ (Hz) ซึ่งจะได้รูปแบบของการสั่นสะเทือนที่ใช้เปรียบเทียบกับ 3 โหมด กล่าวคือ โหมดที่มีการแกว่งตัวหรือการงอตัวเกิดขึ้นในทิศทางแนบระนาบของโครงสร้างเครื่องสไลด์ (Frame sway mode), โหมดที่มีลักษณะของการโก่งงอของโครงสร้างเครื่องสไลด์ (Frame bending mode) และโหมดที่แสดงการยืดหยุ่นของโครงสร้างเครื่องสไลด์ (Frame flexible mode) โดยผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ในลักษณะของพฤติกรรมทั้ง 3 โหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 17 ถึง 21 และพบว่าในแต่ละรอบการหมุนส่งผลให้ย่านความถี่ธรรมชาติที่เกิดขึ้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันในแต่ละรอบการหมุนของกลไกการสไลด์ เนื่องจากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดช่วงของรอบการหมุนของกลไกมีช่วงไม่ห่างกันมากนัก จึงทำให้แรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ที่ส่งผลต่อการสั่นของเครื่องสไลด์มันฝรั่งมีผลลัพธ์ของช่วงความถี่ธรรมชาติในแต่ละรูปร่างการสั่นจึงมีค่าไม่ต่างกันมากนักในการจำลองผลเชิงตัวเลข

7. สรุปผลและวิจารณ์ผล

ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้โมดูลการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบพลวัตในการจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกสไลด์ของเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็ก พบว่าค่าแรงที่เกิดขึ้นจากการสไลด์จะขึ้นอยู่กับรอบการหมุนที่ใช้ในการสไลด์สไลด์มันฝรั่ง และผลของแรงที่เกิดขึ้นสามารถทำการคำนวณหาค่าลัมบ์เตอร์ช่วงล้อส่งถ่ายกำลังที่ต้องการได้อย่างถูกต้องและมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณผลด้วยมือ โดยคำนวณได้ค่า F_p เท่ากับ 15.37 นิวตัน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงแรงที่เกิดขึ้นในช่วงของรอบการหมุน 150, 200 และ 250 รอบต่อนาที ที่ได้ค่าแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ในการสไลด์สูงสุดที่ 8.87, 15.37 และ 23.81 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนความเร็วรอบการหมุนที่ 300 รอบต่อนาที ไม่ได้ปรากฏผลการคำนวณเนื่องจากผู้วิจัยเห็นว่า ค่าตัวแปรที่คำนวณได้ในส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่แบบพลวัตมีค่าใกล้เคียงกับตัวแปรการคำนวณที่ F_p เท่ากับ 15.78 นิวตัน ดังนั้นจึงเลือกที่จะแสดงเฉพาะส่วนที่มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณผลด้วยมือเพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของการคำนวณ ดังแสดงผลในรูปที่ 10 และผลจากแรงที่เกิดขึ้นสามารถทำการป้อนแรงในส่วนของการวิเคราะห์การเคลื่อนที่แบบพลวัตเข้ามามีค่าคำนวณยังโมดูล

การวิเคราะห์ความเค้น เพื่อจำลองผลในเรื่องของค่าความเค้นและการโก่งงอที่เกิดขึ้นกับจุดต่อ ในส่วนของการหมุนที่สัมพันธ์ไปกับการจำลองของการเคลื่อนที่ในส่วนของการจำลองพลวัตหลังจากนั้นจึงนำความสัมพันธ์ของรอบการหมุนและคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ออกแบบให้กับกลไกและโครงสร้างเครื่องสไลด์มันฝรั่ง มาทำการจำลองการสั่นในย่านความถี่ 0-200 เฮิร์ตซ์ พบว่ารูปแบบของการสั่นสะเทือนจะเกิดขึ้นอยู่ใน 3 โหมด คือ โหมดที่มีการแกว่งตัวหรือการงอตัวเกิดขึ้นในทิศทางแนบระนาบของโครงสร้างเครื่องสไลด์ (Frame sway mode), โหมดที่มีลักษณะของการโก่งงอของโครงสร้างเครื่องสไลด์ (Frame bending mode) และโหมดที่แสดงการยืดหยุ่นของโครงสร้างเครื่องสไลด์ (Frame flexible mode) ซึ่งพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในส่วน ของ Frame sway mode จะเกิดขึ้นกับรูปร่างการสั่นที่ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 17 และรูปที่ 18 ส่วนพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแบบ Frame bending mode จะเกิดขึ้นกับรูปร่างการสั่นที่ 3 และ 5 ดังแสดงในรูปที่ 19 และรูปที่ 21 และพฤติกรรมที่เกิดขึ้นแบบในแบบ Frame flexible mode จะเกิดขึ้นกับรูปร่างการสั่นที่ 4 ดังรูปที่ 20 จากผลการทดสอบและการออกแบบเครื่องสไลด์มันฝรั่งขนาดเล็กแบบแกนนอนในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปทำการประยุกต์และทำการพัฒนาต่อยอดในการออกแบบเครื่องสไลด์สำหรับวัสดุและผลไม้ทางการเกษตรในด้านอื่น ๆ ได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของทุนอุดหนุนงานวิจัยงบประมาณแผ่นดิน 2559 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลกที่ได้ให้ความอนุเคราะห์การใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรม Autodesk Inventor Professional 2014, โปรแกรมจำลองค่าความเค้น และโปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่แบบพลวัต งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] สิทธิบุรณ์ ศิริพรอัครชัย, วุฒิศักดิ์ กาวินัน, อริยะ แสนทวีสุข. เครื่องสไลด์กล้วยตามแนวยาวของผล. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 2555; 14(3): 17-28.
- [2] นพดล ตรีรัตน์, วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. *โครงการวิจัย*

- ประยุกต์ใช้งานวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์. รายงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม ภาค 2. พิษณุโลก. 2558.
- [3] วิรัตน์ หวังเชือกกลาง. การศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลัง แบบใบมีดโยกสำหรับผลิตชิ้นมันเส้น [วิทยานิพนธ์]. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2547.
- [4] วิรัตน์ หวังเชือกกลาง. เครื่องหั่นชิ้นมันเส้น. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: เชียงใหม่; 2555. หน้า 148-155.
- [5] Tawakalitu BO. Design and fabrication of a three-hopper plantain slicing machine. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*, 2016; 17(1): 61-80.
- [6] Thomas A, Manu E, Navneeth K, Harikrishnan VK. Design and fabrication of peeling and cutting machine. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2019; 14(14): 12-15.
- [7] Guide SG, Tawanda M. Design of an automated vegetable cutter and slicer. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Pilsen. Czech Republic*; 2019. 46-60.
- [8] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล, สราวุธ คงสวัสดิ์, มารุต เกตุแก้ว. การออกแบบเครื่องสไลด์มันเทศสำหรับชุมชน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ งบประมาณแผ่นดิน 2559. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 2559.
- [7] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. การออกแบบแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ ด้วยเทคนิคการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์. การประชุมวิชาการข่วงงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2554, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ มหาวิทยาลัยศรีปทุม: ชลบุรี; 2554.
- [8] ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี, สถาพร วังฉาย. *SolidWorks/Cosmos Work*. กรุงเทพฯ; 2549. หน้า 130.
- [9] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. การออกแบบและจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. พิษณุโลก; 2564. หน้า 275-276.
- [10] ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี, สถาพร วังฉาย. *Solid Works/Cosmos Work*. กรุงเทพฯ; 2549. หน้า 130.
- [11] วีระยุทธ หล้าอมรชัยกุล. การออกแบบและจำลองกระบวนการผลิตด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์. พิษณุโลก; 2564. หน้า 275-276.
- [12] Younis W. *Autodesk Inventor Professional 2011*. First publication. USA: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2010.
- [13] จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร, มาโนช ริทินโย. การออกแบบและสร้างเครื่องตีเกลียวเส้นด้าย. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*, 2558; 8(2): 116-123.
- [14] ธวัช กองสี, ธวัชชัย คุณะโครต, อภินันท์ อรุโสมณ. ผลกระทบของระดับแรงดันสารทำความเย็นและความเสียหายทางกลต่อสัญญาณการสั่นในเครื่องปรับอากาศ. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*, 2563; 14(3): 23-33.