

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

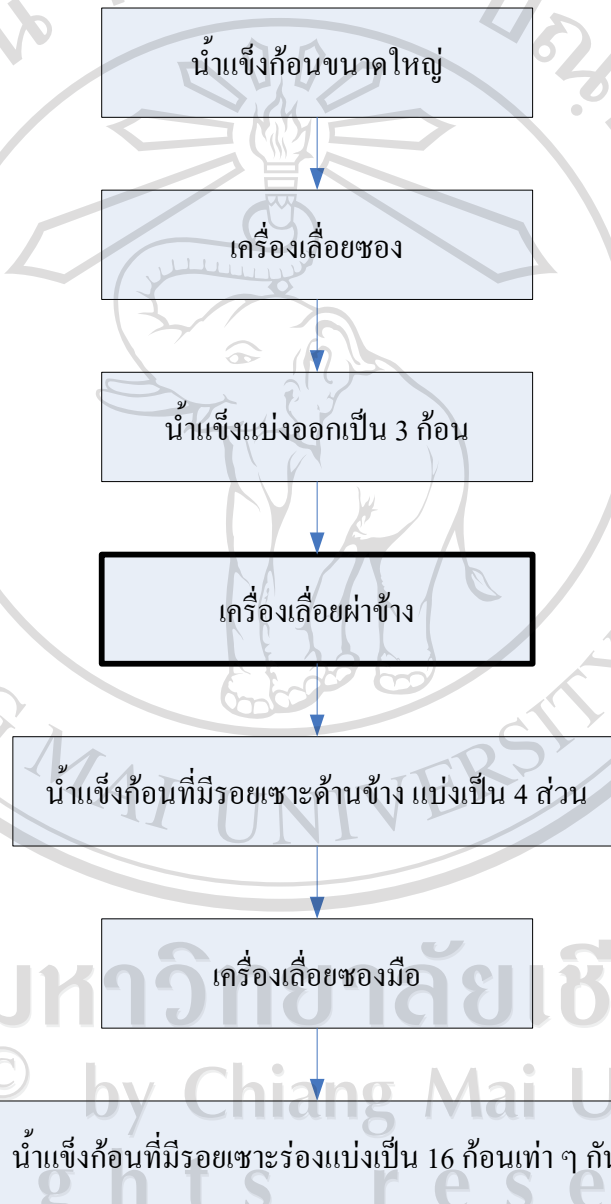
การสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนเครื่องจักรหรือโครงสร้างใด ๆ อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสียหายกับชิ้นส่วนหรือโครงสร้างได้ ไม่ว่าจะเป็นการสั่นสะเทือนเกิดจากธรรมชาติของชิ้นส่วนหรือเกิดจากการกระตุ้นของแรงผันแปรภายนอก ซึ่งหากความถี่ของแรงผันแปรภายนอกตรงกับความถี่ธรรมชาติของชิ้นส่วนหรือโครงสร้างจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง เป็นผลทำให้เกิดการแตกหักและเสียหายได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมไม่ให้เกิดการสั่นสะเทือนที่รุนแรงขึ้นในชิ้นส่วนหรือโครงสร้างที่ทำการออกแบบ

ในกระบวนการผลิตน้ำแข็งขงมือ ขั้นตอนการตัดน้ำแข็งจะประกอบไปด้วยเครื่องจักร 3 เครื่อง คือ เครื่องเลื่อยช่อง เครื่องเลื่อยผ่าข้างและเครื่องเลื่อยขงมือ ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังรูป 1.1 โดยเริ่มจากการนำน้ำแข็งก้อนขนาดใหญ่ ที่ผลิตได้มีขนาดประมาณ 500x250x1500 ลูกบาศก์มิลลิเมตร นำไปตัดเป็น 3 ส่วนด้วยเครื่องเลื่อยช่อง จากนั้นนำส่วนที่ตัดได้นำไปเข้าเครื่องเลื่อยผ่าข้าง เพื่อทำการเซาะร่องเข้าไปด้านข้าง 4 ด้าน ลึกด้านละประมาณ 100 มิลลิเมตร จากนั้นน้ำแข็งจะถูกส่งไปเครื่องเลื่อยขงมือ ซึ่งจะได้น้ำแข็งขงมือทั้งหมด 16 ก้อน

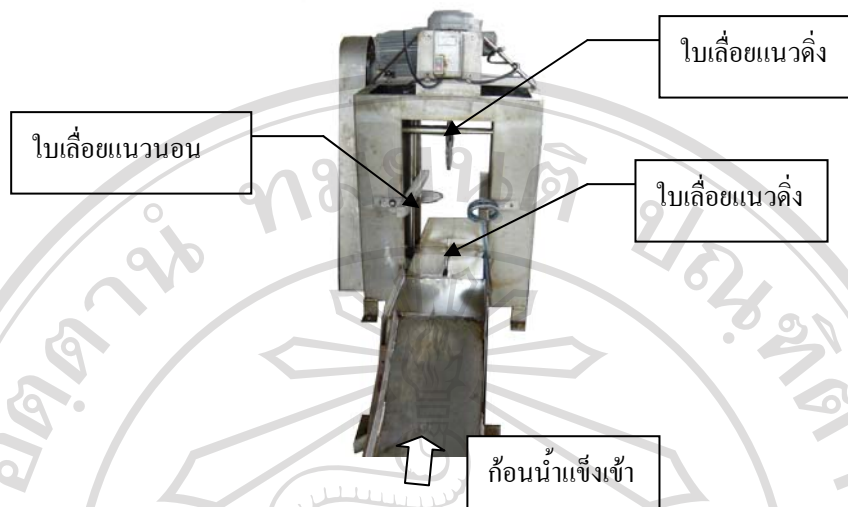
ในกระบวนการผลิตนั้นเครื่องเลื่อยผ่าข้างจะเกิดการเสียหายของใบเลื่อยบ่อย เครื่องเลื่อยผ่าข้างประกอบไปด้วยใบเลื่อยวงเดือนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตรจำนวน 4 ใบ หมุนด้วยความเร็ว ประมาณ 1200 รอบต่อนาที ขับด้วยมอเตอร์ 3 แรงม้าจำนวน 2 ตัว ผ่านสายพานทอดรอบ มอเตอร์ตัวแรกควบคุมใบเลื่อยวงเดือน 2 ใบในแนวตั้ง และมอเตอร์ตัวที่สองควบคุมใบเลื่อยวงเดือน 2 ใบในแนวนอน ดังรูป 1.2 ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นคือ ใบเลื่อยวงเดือนในแนวนอนเกิดการเสียหายบ่อยกว่าแนวอื่น โดยส่วนที่เสียหายอย่างชัดเจน คือ ส่วนรอบคัมยัดใบเลื่อยวงเดือนมีรอยแตก ขนาดประมาณครึ่งวงกลม และมีรอยร้าวเป็นวงกลมรอบแนวคัมยัดใบเลื่อย นอกจากนั้นยังพบว่ามียอยร้าวเป็นเส้นตรงในแนวรัศมีออกจากจุดที่เกิดรอยแตกหลายเส้น ดังรูป 1.3

เนื่องจากใบเลื่อยวงเดือนที่ใช้ในการตัดน้ำแข็งเกิดการเสียหายบริเวณรอบคัมยัดใบเลื่อยวงเดือน จึงมีความเป็นไปได้ที่ในขณะที่ตัดน้ำแข็ง ใบเลื่อยเกิดการแอ่นในแนวตั้งฉากกับระนาบของใบเลื่อย ทำให้บริเวณรอบคัมยัดมีโมเมนต์เปลี่ยนแปลงสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ อันเป็นผลให้ความเค้นเปลี่ยนแปลงสูง จึงเกิดการเสียหายเป็นรอยแตกจากการแอ่นในโหมดการเค้น (Tension mode) ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดการเสียหายดังกล่าวน่าจะมาจากความถี่ธรรมชาติของใบเลื่อยตรงกับความถี่ในการทำงาน จึงเกิดการสั่นพ้อง (Resonance) ในรูปร่างโหมด (Mode shape) ซึ่งได้สอดคล้องกับ

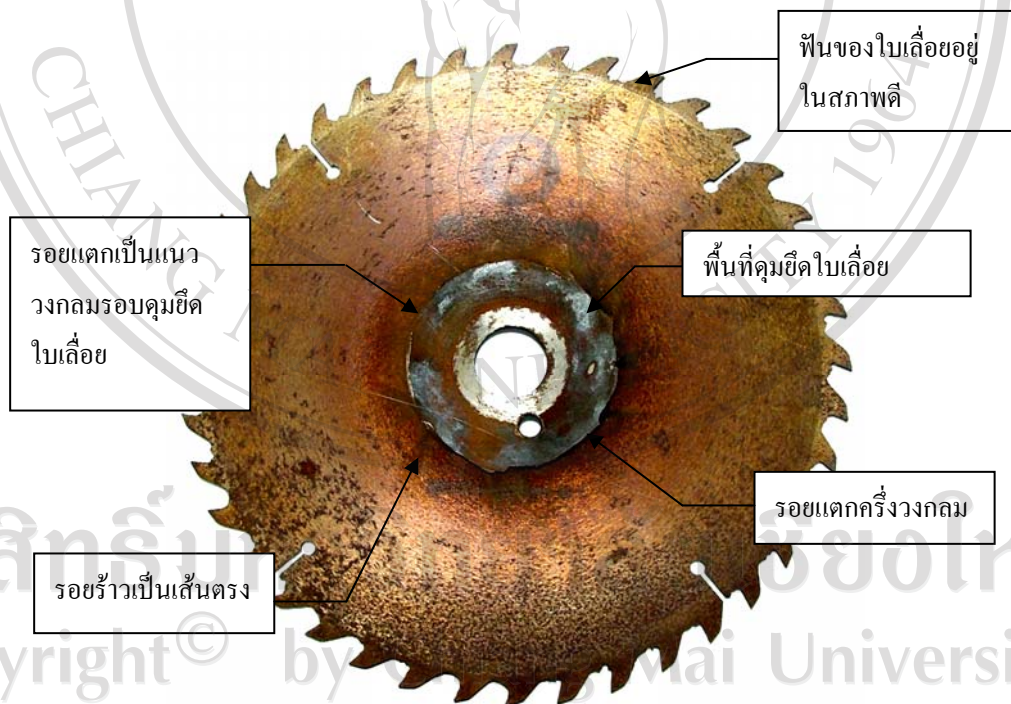
ความเสียหายที่เกิดขึ้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลอง
 กายภาพให้ใกล้เคียงกับใบเลื่อยวงเดือน คือ มีลักษณะเป็นแผ่นบางรูปวงแหวนยึดแน่นแนวขอบ
 ด้านใน และขอบนอกปล่อยอิสระจากนั้นอาศัยวิธีพลังงานของเรย์เล่-ริทซ์ (Rayleigh-Ritz) เพื่อ
 คำนวณหาความถี่ธรรมชาติ และทดลองหารูปปร่างโหมดที่เกิดขึ้นจริง



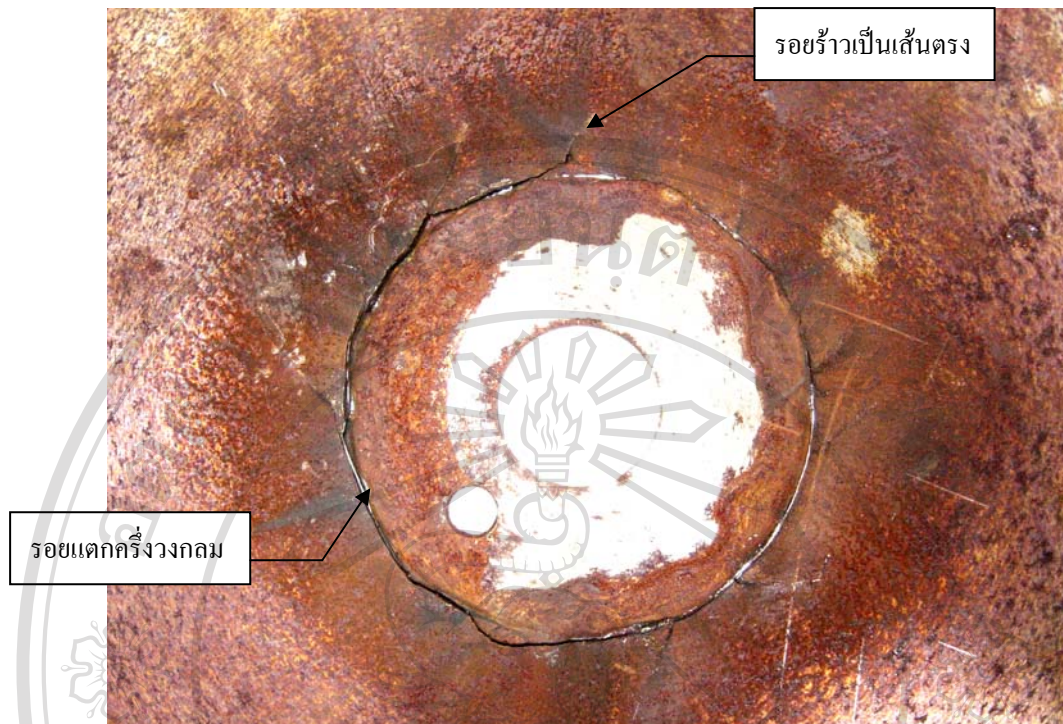
รูป 1.1 ขั้นตอนการผลิตน้ำแข็งของมือ



รูป 1.2 เครื่องตัดน้ำแข็งหุดเลื่อยผ่าข้าง



รูป 1.3 การเสียหายของใบเลื่อยวงเดือน



รูป 1.4 ภาพขยายการเสียหายของใบเลื่อยวงเดือน

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Bani and Saleh (1997) ได้ศึกษาเชิงวิเคราะห์การสั่นในแนวตั้งฉากกับระนาบของแผ่นบางรูปวงกลมซึ่งมีความหนาไม่สม่ำเสมอ โดยใช้วิธีเรย์เล่-ริทซ์ในการประมาณค่าของความถี่ธรรมชาติ และรูปร่างโหมด ในการศึกษาได้ใช้เงื่อนไขขอบแบบยึดแน่น, รองรับแบบง่าย และขอบปล่อยอิสระ ซึ่งใช้วิธีการสร้างอนุกรมแทนความหนาไม่สม่ำเสมอของแผ่นบางเทียบกับความหนาอ้างอิง โดยได้กระจายแบบสุ่มบนแผ่นบาง และแบ่งความหนาเป็น 3 กรณี คือ 1.สมมาตรตามแกน x , y และใช้จุดกลางเป็นจุดอ้างอิง 2.เหมือนกับกรณี 1 แต่เปลี่ยนสมการของความหนาเพื่อเปรียบเทียบ 3.แผ่นบางสมมาตรแกน y แกน ซึ่งหาค่าของความถี่ธรรมชาติใน 3 โหมดแรก โดยเทียบผลที่ได้กับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่หาค่าด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ และ วิธีการวิเคราะห์แบบอื่น ๆ ซึ่งความถี่ธรรมชาติที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน

K. Ramesh *et al.* (1997) ได้ทำการทดลองหาความถี่ธรรมชาติของแผ่นบางรูปวงแหวนที่มีรอยแตกตามแนวรัศมี ซึ่งได้กำหนดให้ยึดขอบด้านในของวงแหวน และสร้างแนวรอยแตกขนาด 0.5 มิลลิเมตร และยาว 25, 40, 60, 75 มิลลิเมตร จำนวน 4, 6, 8, 12 เส้นอย่างสมมาตรตามแนวรัศมี และได้ผลว่าจำนวนรอยแตก และความยาวของรอยแตกมีผลต่อความถี่ธรรมชาติเล็กน้อย แต่ผลการ

ทดลองได้ยืนยันแนวคิดการแพร่กระจายของคลื่น (Wave propagation) ในการวิเคราะห์แบบพลศาสตร์

S.A.Vera *et al.* (1997) ได้ศึกษาเชิงวิเคราะห์ความถี่ธรรมชาติของแผ่นบางรูปวงแหวน โดยมีเงื่อนไขขอบแบบขอบด้านในรองรับอย่างง่าย และขอบด้านนอกยึดแน่น, ขอบด้านในยึดแน่น และขอบด้านนอกรองรับอย่างง่าย, ขอบด้านใน และขอบนอกรองรับอย่างง่าย โดยใช้วิธีหาคำตอบแบบแม่นยำในการหาความถี่ธรรมชาติใน 3 โหมดแรกที่อัตราส่วนของรัศมีขอบด้านนอก และรัศมีขอบด้านในต่าง ๆ ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ 3 โหมดแรกของเงื่อนไขขอบข้างต้นที่สัดส่วนปัวซอง 0.3 และ 1/3

K.M.Liew and B.Yang (1998) ได้ศึกษาเชิงวิเคราะห์การหาความถี่ธรรมชาติของแผ่นรูปวงแหวนโดยการวิเคราะห์ในรูปแบบ 3 มิติ โดยการนำหลักการพลังงานมาใช้ซึ่งได้ใช้หลักพลังงานความเครียดคลัสติก และพลังงานจลน์มาใช้ จากนั้นจึงใช้วิธีของริทซ์ในการหาความถี่ธรรมชาติที่เงื่อนไขขอบแบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

S.A.Vera *et al.* (1998) ได้ศึกษาเชิงวิเคราะห์การสั่นของแผ่นบางโดยวิธีหาผลเฉลยแบบแม่นยำ ในการวิเคราะห์หาความถี่ธรรมชาติของแผ่นบางรูปวงแหวน โดยมีเงื่อนไขขอบแบบขอบด้านใน และขอบนอกอิสระ, ขอบในรองรับแบบง่าย และขอบนอกอิสระ, ขอบในยึดแน่น และขอบนอกอิสระ ใน 3 โหมดแรก และเปรียบเทียบความถี่ธรรมชาติกับอัตราส่วนของรัศมีขอบนอก และรัศมีขอบใน ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความถี่ 3 โหมดแรกของเงื่อนไขขอบข้างต้นที่สัดส่วนปัวซอง 0.3 และ 1/3

Wook Kang *et al.* (2005) ได้ศึกษาเชิงวิเคราะห์การประมาณค่าคำตอบใกล้เคียงอย่างง่ายสำหรับรูปร่างโหนด และความถี่ธรรมชาติของแผ่นบางรูปวงกลมมีคุณสมบัติทางกลแตกต่างใน 2 ทิศทาง โดยใช้วิธีเรย์เล่-ริทซ์ ซึ่งผลที่ได้ใน 5 โหมดแรกความถี่ธรรมชาติมีความคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 วิเคราะห์เชิงทฤษฎีเพื่อหาความถี่ธรรมชาติของแผ่นบางรูปวงแหวนขอบในยึดแน่น และขอบนอกปล่อยอิสระโดยวิธีเรย์เล่-ริทซ์

1.3.2 ทารูปร่างโหนดแท้จริงของแผ่นบางรูปวงแหวนขอบในยึดแน่นและขอบนอกปล่อยอิสระโดยการทดลอง

1.3.3 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์กับการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาใช้นำความถี่ธรรมชาติของแผ่นบางรูปวงแหวนขอบในยึดแน่นและขอบนอกปล่อยอิสระ

1.4.2 ได้รูปร่างโหมดที่แท้จริงของแผ่นบางรูปวงแหวนขอบด้านในยึดแน่นและขอบนอกปล่อยอิสระ

1.4.3 นำผลการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบ และควบคุมความเร็วรอบการตัดของใบเลื่อยวงเดือน

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 วัสดุที่ใช้ในการวิจัยนี้มีลักษณะแบบยืดหยุ่นเชิงเส้น (Linear elastic) เป็นเอกพันธ์ (Homogeneous) และคุณสมบัติทางกลศาสตร์เหมือนกันในทุกทิศทาง (Isotropic material)

1.5.2 แผ่นวงแหวนมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 290 มิลลิเมตร หนา 2 มิลลิเมตรทำจากเหล็กกล้า

1.5.3 ใช้ทฤษฎีของแผ่นบางในการพิจารณาเนื่องขนาดของการสั่นมีค่าน้อยมาก

1.5.4 ศึกษาการสั่นเฉพาะในแนวตั้งฉากกับระนาบแผ่นวงกลมบาง

1.5.5 ใบเลื่อยวงเดือนที่ใช้ในงานวิจัยขนาด 300 มิลลิเมตร 40 ฟัน หนา 2 มิลลิเมตร

1.5.6 ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยเปลี่ยนอัตราส่วนรัศมีขอบในและนอก

1.5.7 การจับยึดงานเป็นในลักษณะกดทับด้านผิวบนและล่างขอบในขึ้นทดสอบ