



การตรวจสอบการเสียหายของมีดกลึงด้วยสัญญาณอคูสติกอิมิชชัน

Monitoring of Cutting Tool Defect using Acoustic Emission Signals in Turning Process

ดอน แก้วดก^{1*}, เทอดศักดิ์ ใจงาม¹, ฐณัฐ พิณรัตน์¹ และ พรชัย นิเวศน์รังสรรค์²

¹ ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตขั้นสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

² ห้องปฏิบัติการวิจัยด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเชิงประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น

1771/1 ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง แขวงสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

*ติดต่อ: don@tni.ac.th, +66-2763-2600 ต่อ 2942

บทคัดย่อ

การประเมินอายุการใช้งานของคมตัดมีดกลึงโดยทั่วไปใช้การอ้างอิงข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตเป็นหลัก ในทางปฏิบัติคมตัดอาจจะไม่สึกหรอตามข้อกำหนดเนื่องจากเงื่อนไขการตัดที่ต่างกัน เป็นเหตุให้เกิดต้นทุนการผลิตที่สูงไปจากการหยุดใช้งานและเปลี่ยนคมตัดใหม่ การศึกษานี้ได้ทำการทดลองการตัดเฉือนของคมตัดโดยกำหนดเงื่อนไขสมมุติ เพื่อหาระยะเวลาการตัดเฉือนที่ส่งผลให้คมตัดเกิดการสึกหรอจริง โดยทำการทดลองตัดเฉือนเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง S40C ด้วยมีดอินเสิร์ท บนเครื่องกลึง ซีเอ็นซี ยี่ห้อโมริเซกิ รุ่น ดุราเทิร์น ติดตามและตรวจสอบความเสียหายของคมตัดจากอุปกรณ์ตรวจวัดระดับสัญญาณอคูสติกอิมิชชัน ที่เงื่อนไขการจำลองที่ต่างกัน ประกอบด้วยคมตัดปกติ คมตัดที่มีความเสียหายที่ผิวด้านข้าง และคมตัดที่แตกหักบริเวณปลาย สัญญาณอคูสติกอิมิชชันถูกบันทึกและเก็บเป็นไฟล์ร่วมกับสัญญาณการสั่นสะเทือน และสัญญาณรอบการทำงาน สัญญาณอคูสติกอิมิชชันและสัญญาณการสั่นสะเทือนจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคบนโดเมนเวลาในรูปแบบค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ และเทคนิคการวิเคราะห์บนโดเมนความถี่ด้วยการแปลงฟูเรียร์อย่างรวดเร็ว จากการทดลองพบว่า สัญญาณอคูสติกอิมิชชันไม่ถูกรบกวนด้วยการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่มีความถี่ต่ำจึงทำให้ การใช้สัญญาณอคูสติกอิมิชชันสามารถใช้ทำนายความเสียหายของคมตัดมีดกลึงได้ดีกว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนในทุกเงื่อนไขของการจำลอง โดยการใช้วิธีการตรวจสอบการเสียหายของคมตัดด้วยสัญญาณอคูสติกอิมิชชันจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้มีการใช้งานคมตัดได้อย่างเต็มประสิทธิภาพส่งผลให้สามารถลดต้นทุนการผลิตได้

คำหลัก: คมตัดมีดกลึง มีดอินเสิร์ท การเสียหายของคมตัด สัญญาณการสั่นสะเทือน อคูสติกอิมิชชัน

Abstract

The life time prediction of cutting tool is generally uses reference data from the manufacturer. In practically, the cutting edge may not be wear as the reference data due to different cutting conditions. This causes cost of production to be lost due to the discontinuation and replacement of the new cutting edge. This study demonstrates the simulated tool wear with various conditions in order to find the machining time that causes damage. On the medium carbon steel S40C with turning insert on Mori Seiki CNC turning machine DuraTurn 2030 series. The equipment was monitored and inspected of cutting edge damage from the acoustic signaling equipment at various machining



conditions such as normal, flank wears, and nose wears. Acoustic emission signals were recorded and saved into file for further analysis. These signals were calculated using time domain technique for example; statistical parameters of absolute value of mean, root mean square, standard deviation and kurtosis. Based on the result, it is found that acoustic emission signal is not affected on machine vibration at low frequency. Thus, the use of acoustic emission signal could be used to predict tool wear conditions. The acoustic imaging is one way to achieve optimum cutting performance, resulting in lower production cost.

Keywords: Cutting edge, Turning insert, Tool wear, Vibration signal, Acoustic emission

1. บทนำ

เม็ดเงินมีดอินเสิร์ตที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมการผลิต การลดต้นทุนการผลิตด้วยการใช้คมตัดให้คุ้มค่ามากที่สุดจึงเป็นสิ่งจำเป็น แต่ปัจจุบันอุตสาหกรรมมักนิยมประเมินสภาพคมตัดด้วยระยะเวลาการใช้งานเป็นตัวกำหนดการเปลี่ยนคมตัดใหม่ซึ่งบางกรณีคมตัดยังสามารถใช้งานได้อยู่ การพัฒนาระบบที่ใช้ประเมินสภาพของคมตัดจึงมีความจำเป็นเพื่อให้สามารถใช้คมตัดอย่างคุ้มค่าและลดต้นทุนการผลิตอีกทางหนึ่งด้วย การสึกหรอของคมตัดก่อให้เกิดความเสียหายโดยตรงที่ชิ้นงาน ทำให้ผิวชิ้นงานเสีย ไม่ได้ขนาด ผิวไม่เรียบ เป็นต้น การสึกหรอของคมตัดแบ่งได้หลายประเภท เช่น การสึกหรอที่ผิวหลบ (Flank wear) การสึกหรอที่ผิวคาย (Crater wear) การสึกหรอลักษณะแหว่ง (Notch wear) การแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal cracking) เป็นต้น งานวิจัยส่วนใหญ่จะศึกษาการประเมินสภาพการสึกหรอที่ผิวหลบและที่ผิวคาย เนื่องจากเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นมากกว่าของคมตัด [1]

การประเมินสภาพของคมตัดมักจะใช้จากการกำหนดระยะเวลาการใช้งานเช่น กำหนดจากระยะเวลา หรือจำนวนชิ้นงานที่ผลิต เป็นต้น ซึ่งวิธีนี้คมตัดอาจจะยังไม่สึกหรอ การประเมินสภาพโดยช่างเครื่องซึ่งวิธีการนี้เป็นเทคนิคเฉพาะบุคคลที่ใช้ทั้งประสบการณ์และประสาทสัมผัสมาใช้เพื่อประเมินสภาพคมตัดซึ่งบางกรณีอาจเป็นการคาดเดาของผู้ประเมิน วิธีการประเมินสภาพคมตัดได้

มีการพัฒนาโดยประยุกต์การใช้เซนเซอร์หรือหัววัดหรือเซนเซอร์ประเภทต่าง ๆ มาตรวจวัดสัญญาณที่บันทึกได้และทำการวิเคราะห์พร้อมทั้งประเมินสภาพของคมตัด หัววัดแต่ละประเภทก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน บางประเภทจำเป็นต้องแก้ไขเครื่องจักรเพื่อที่จะติดตั้งหัววัด บางประเภทแค่ติดตั้งบนผิวของเครื่องจักร เป็นต้น หัววัดที่นิยมใช้เช่น หัววัดกระแส หัววัดแรง ไมโครโฟน หัววัดการสั่นสะเทือน หัววัดอนุภาคอิมพัลส์ และการตรวจสอบด้วยภาพ เป็นต้น [2]

เทคนิคการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากหัววัดต่าง ๆ นิยมใช้วิธีการวิเคราะห์สัญญาณที่ใช้กันทั่วไป สัญญาณที่บันทึกได้จากหัววัดจะเป็นสัญญาณบนโดเมนเวลาที่แอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงตามเวลา เทคนิคที่นิยมใช้เช่น เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณ และค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณ เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และค่าพลังงาน นอกจากนี้การใช้เทคนิคการแปลงฟูเรียร์เร็ว (Fast Fourier Transform, FFT) ก็มีการประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน สัญญาณเสียง และสัญญาณอนุภาคอิมพัลส์ ซึ่งก็สามารถใช้ประเมินสภาพคมตัดได้ [3]

การประยุกต์ใช้วิธีการทางโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) เช่น ชั้นตอนวิธี Adaptive resonance theory (ART) and Self-Organising Map (SOM) [3,4] ซึ่งสามารถที่จะประเมินสภาพคมตัดได้ดี

นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายเพื่อประเมินผิวของชิ้นงานร่วมกับการตรวจสอบสัญญาณเสียง [2] ก็สามารถจะประเมินสภาพคมตัดได้แต่การใช้การถ่ายภาพจะมีความยุ่งยากในการติดตั้งกล้องซึ่งไม่สะดวกในการใช้งานและการประมวลผลจะมีขั้นตอนที่ซับซ้อนมากกว่าการใช้สัญญาณจากหัววัดต่าง ๆ

การศึกษานี้จะใช้หัววัดอคูสติกอิมิชันเพื่อตรวจวัดสัญญาณอคูสติกอิมิชันจากหัววัดที่ติดตั้งอยู่บนป้อมมีดในเครื่องกลึง CNC สัญญาณที่บันทึกได้จะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิคบนโดเมนเวลาและเทคนิคบนโดเมนความถี่เพื่อประเมินสภาพของคมตัดที่เงื่อนไขต่าง ๆ

2. อคูสติกอิมิชัน

อคูสติกอิมิชัน (Acoustic Emission, AE) เป็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นภายในวัสดุเมื่อคลื่นยืดหยุ่น (Elastic wave) ชั่วขณะเกิดขึ้นเนื่องจากการปลดปล่อยพลังงานภายในเนื้อวัสดุ

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ต่าง

| พารามิเตอร์ | สมการ |
|---------------------|--|
| ค่าสัมบูรณ์ | $X_i = x_i $ (1) |
| ค่าสัมบูรณ์เฉลี่ย | $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ (2) |
| ค่ารากกำลังสอง | $RMS = \frac{1}{n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n}}$ (3) |
| ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน | $STD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$ (4) |
| ค่าความเบ้ | $Skew = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{STD}\right)^3$ (5) |
| ค่าความโด่ง | $Kurt = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{X_i - \bar{X}}{STD}\right)^4$ (6) |
| ค่า Crest factor | $CF = \frac{\max(X_i)}{RMS}$ (7) |

คลื่นอคูสติกอิมิชันจะมีลักษณะเหมือนคลื่นทั่วไปที่จะเคลื่อนที่ไปในตัวกลาง เมื่อถึงขอบเขตใด ๆ จะเกิดการสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน การเปลี่ยนโหมด เป็นต้น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปในตัวกลางที่ซับซ้อนพลังงานของคลื่นจะสูญเสียไปและจะทำให้แอมพลิจูดของคลื่นลดลงคลื่นชนิดนี้สามารถตรวจวัดด้วยหัววัดอคูสติกอิมิชันซึ่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่าช่วงของสัญญาณการสั่นสะเทือนมาก สัญญาณอคูสติกอิมิชันจะมีความถี่ในช่วง 0.1 – 1 MHz ทำให้สัญญาณรบกวนช่วงความถี่ต่ำช่วงการสั่นสะเทือนจะไม่รบกวนสัญญาณอคูสติกอิมิชันนี้ การวิเคราะห์สัญญาณสามารถใช้เทคนิคการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ของสัญญาณ และค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ดังสมการที่ (1) – (7) ในตารางที่ 1 เมื่อ x_i เป็นข้อมูลที่เวลาใด ๆ

การวิเคราะห์บนโดเมนความถี่จะได้สัญญาณที่มีขนาดแอมพลิจูดเทียบกับความถี่ เทคนิคที่นิยมใช้คือเทคนิคการแปลงฟูเรียร์เร็ว และค่าความเข้มข้นของสเปกตรัมกำลัง (Power Spectrum Density, PSD) เป็นอีกเทคนิคที่นิยมใช้โดยเป็นการวิเคราะห์ความเข้มข้นของพลังงานของสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงตามความถี่ มีหน่วยเป็น กำลัง (Power) หรือ พลังงาน ต่อ Hz สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ

$$X(\omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt \quad (8)$$

$$\phi(\omega) = |X(\omega)|^2 = \left| \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i\omega t} dt \right|^2 \quad (9)$$

เมื่อ

$X(\omega)$ คือ ผลการแปลงฟูเรียร์เร็ว

$\phi(\omega)$ คือ ความเข้มข้นของสเปกตรัมกำลัง

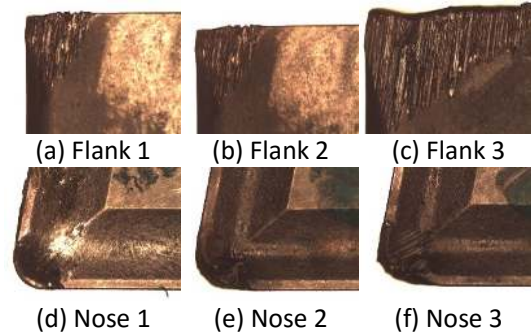
$x(t)$ คือ แอมพลิจูดที่เวลาใด ๆ

ω คือ ความถี่ในหน่วยเรเดียนต่อวินาที

งานวิจัยนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์สัญญาณบนโดเมนเวลาและโดเมนความถี่วิเคราะห์สัญญาณอคูสติกอิมพัลส์ชันเพื่อใช้ในการทำนายสภาพของคมตัดบนเครื่องกลึง CNC โดยสัญญาณทั้งหมดจะถูกบันทึกเป็นไฟล์และนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อการประเมินสภาพของคมตัด

3. การทดลอง

สัญญาณอคูสติกอิมพัลส์ชันจะถูกบันทึกจากหัววัด Kistler Piezotron 8152 พร้อมชุดขยายสัญญาณ Piezotron coupler 5125 ที่ติดตั้งอยู่ด้านบนของชุดจับป้อมมีดที่ตำแหน่งตั้งฉากกับตัวมีด (หรือ แกน y) คมตัดที่ใช้เป็นเม็ดมีด insert รุ่น ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น CNMG120408 UTI20T และตัวมีด รุ่น PCLNR2525M12 ที่มีเม็ดมีดมีสภาพต่าง ๆ เช่น เม็ดมีดปกติ (Normal) เม็ดมีดสึกหรอที่ผิวหลบ 3 ระดับ (Flank 1, Flank 2 & Flank 3) และเม็ดมีดสึกหรอที่ปลาย 3 ระดับ (Nose 1, Nose 2 & Nose 3) ซึ่งเม็ดมีดกลึงที่สึกหรอนี้เป็นเม็ดมีดที่ผ่านการใช้งานผลิตจนสึกหรอแล้วแสดงดังรูปที่ 1 การศึกษานี้เครื่องกลึง CNC ยี่ห้อ Mori Seiki รุ่น DuraTurn2030 จะทำงานที่เงื่อนไข ความเร็วตัด (Cutting speed) 100 m/min อัตราการป้อน (Feed rate) 0.3 mm/rev และ ระยะป้อนลึก (Depth of cut) 1.5 mm/rev คมตัดจะตัดชิ้นงานต่อเนื่อง โดยชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบนี้เป็นเหล็กเหนียว ST40 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 60 mm ยาว 70 mm ชิ้นงานจะถูกตัดอย่างต่อเนื่องยาว 45 mm ชุดทดลอง ชิ้นงาน เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2 สัญญาณอคูสติกอิมพัลส์ชันจะถูกบันทึกจากชุดเก็บสัญญาณที่อัตราสุ่ม 1 MHz ที่ความยาวข้อมูลเท่ากับ 10^5 ข้อมูล พร้อมทั้งบันทึกเป็นไฟล์ประมาณ 10 ไฟล์เพื่อวิเคราะห์ผลในภายหลัง



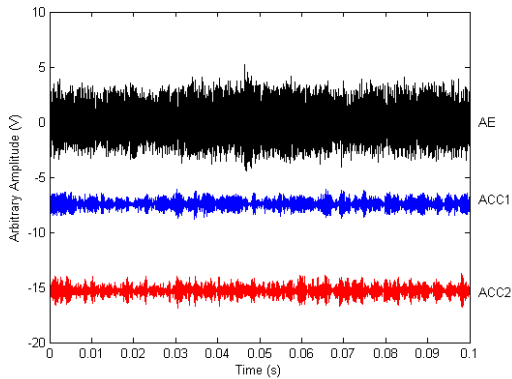
รูปที่ 1 เงื่อนไขการจำลองการสึกหรอของคมตัด



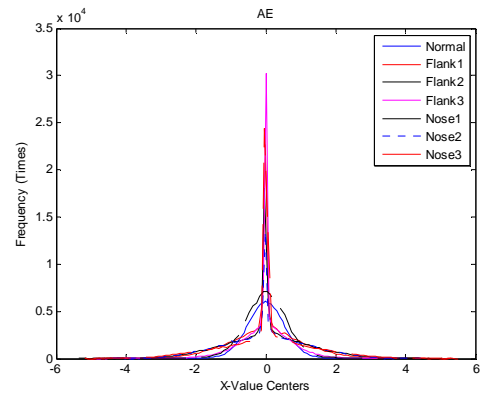
รูปที่ 2 ชุดอุปกรณ์การทดลองและเครื่องมือ

4. ผลการทดลอง

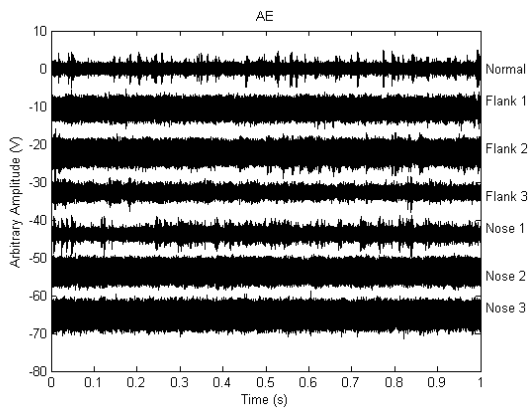
ตัวอย่างสัญญาณอคูสติกอิมพัลส์ชันที่ตำแหน่งตั้งฉากกับคมตัด (AE) และสัญญาณการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งแนวแกนของคมตัด (ACC1) และตำแหน่งตั้งฉากกับคมตัด (ACC2) บันทึกจากเครื่องกลึง CNC ขณะทำงานเมื่อคมตัดมีสภาพสึกหรอที่ผิวหลบ Flank1 แสดงดังรูปที่ 3 สัญญาณที่บันทึกได้เป็นสัญญาณบนโดเมนเวลาที่มีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงตามเวลา สัญญาณอคูสติกอิมพัลส์ชันจะมีแอมพลิจูดที่มากกว่าสัญญาณการสั่นสะเทือนทั้งสองแกน สัญญาณการสั่นสะเทือนมีแอมพลิจูดค่อนข้างต่ำซึ่งบางครั้งใกล้เคียงกับสัญญาณรบกวนจึงทำให้การวิเคราะห์ผลอาจผิดพลาดได้



รูปที่ 3 ตัวอย่างสัญญาณอนุสติกอิมีชันและสัญญาณการสั่นสะเทือนของคมตัดที่สึกหรอที่ผิวทลบ Flank1



รูปที่ 5 ตัวอย่างกราฟการกระจายตัวของสัญญาณที่เงื่อนไขการจำลองคมตัดแบบต่าง ๆ



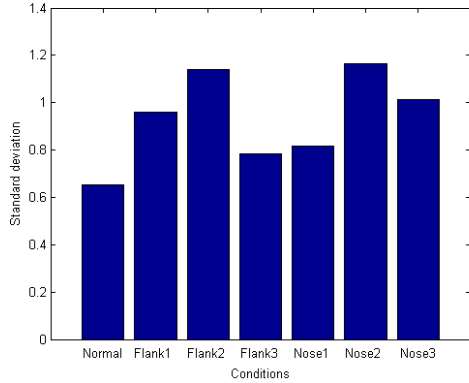
รูปที่ 4 ตัวอย่างสัญญาณอนุสติกอิมีชันที่เงื่อนไขการจำลองคมตัดแบบต่าง ๆ

ตัวอย่างสัญญาณอนุสติกอิมีชันที่บันทึกขณะคมตัดทำงานที่เงื่อนไขการจำลองต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4 เมื่อคมตัดมีการสึกหรอสัญญาณจะมีแอมพลิจูดที่สูงขึ้น สัญญาณที่คมตัดปกติจะเห็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นชั่วขณะเป็นช่วง ๆ ซึ่งน่าจะเกิดจากกระบวนการตัดระหว่างมีดและชิ้นงาน ซึ่งสัญญาณของการสึกหรอที่ปลายมีด Nose1 ก็จะมีลักษณะสัญญาณเช่นเดียวกัน

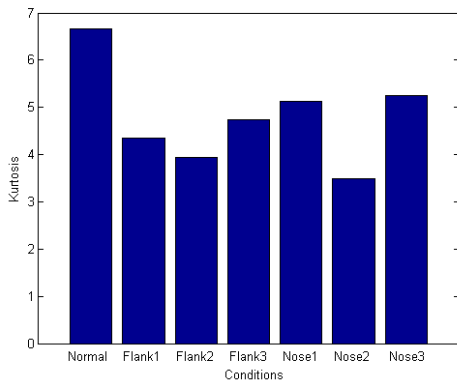
เมื่อนำสัญญาณรูปที่ 4 ของแต่ละเงื่อนไขมาเขียนกราฟการกระจายตัวของสัญญาณจะได้ผลดังรูปที่ 5 สัญญาณที่คมตัดปกติและสัญญาณที่คมตัดสึกหรอที่ปลาย Nose1 จะมีการกระจายตัวแบบระฆังคว่ำ ส่วนเงื่อนไขอื่น ๆ จะมีค่าสูงมากที่ตำแหน่งกึ่งกลางหรือที่ตำแหน่งที่ค่าสัญญาณมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และจะเห็นการกระจายของข้อมูลค่อนข้างกว้างซึ่งจะมีผลต่อค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความโค้ง เมื่อนำสัญญาณที่เงื่อนไขต่าง ๆ มาวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติและพารามิเตอร์ของสัญญาณดังสมการที่ (1)-(7) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่สามารถใช้ประเมินสภาพของคมตัดได้เกือบทุกค่ายกเว้นค่าความเบ้ และค่า Crest factor เนื่องจากสัญญาณมีการกระจายตัวของข้อมูลแบบมาตรฐาน ข้อมูลไม่เบ้ไปทางใดทางหนึ่ง

กราฟแท่งที่เปรียบเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความโค้งเทียบกับเงื่อนไขการจำลองต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ จะเห็นว่าสัญญาณของคมตัดที่ปกติจะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดและสัญญาณของมีดที่สึกหรอแบบต่าง ๆ จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความโค้งดังรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า ค่าความโค้งจะมีค่าลดลงเมื่อมีดมีการสึกหรอที่เพิ่มขึ้น แต่การใช้ค่าพารามิเตอร์เดียวเพื่อใช้ประเมินสภาพคมตัดไม่ชัดเจน

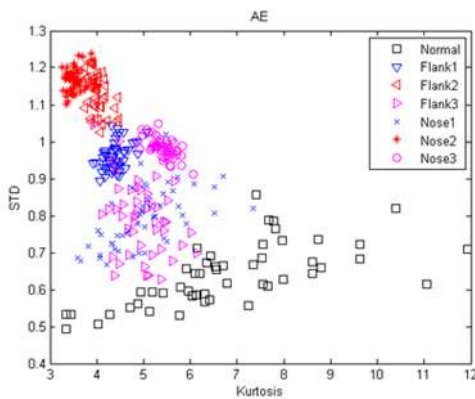
นักเนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์บางกรณีมีค่าใกล้เคียงกันมาก



รูปที่ 6 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณอคูสติกอิมิชชันที่เงื่อนไขการจำลองคมตัดแบบต่าง ๆ



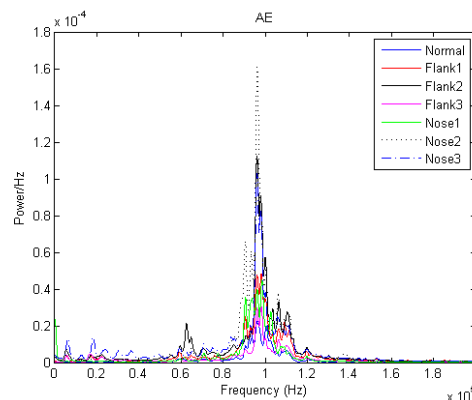
รูปที่ 7 ค่าความโด่งของสัญญาณอคูสติกอิมิชชันที่เงื่อนไขการจำลองคมตัดแบบต่าง ๆ



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและค่าความโด่ง

การใช้การวิเคราะห์แบบค่าพารามิเตอร์แบบ 2 ค่าจะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์และเงื่อนไขของคมตัดดังกราฟรูปที่ 8 จากกราฟพบว่า เมื่อคมตัดเกิดสึกหรือจะทำให้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติลดลงแต่ค่าความโด่งจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการกระจายตัวของสัญญาณดังรูปที่ 5 และลักษณะของสัญญาณดังรูปที่ 4 ถ้าสัญญาณมีเหตุการณ์ชั่วขณะเกิดขึ้นจะทำให้ค่าความโด่งเพิ่มขึ้นดังสัญญาณของคมตัดปกติจะมีค่าความโด่งมีค่าค่อนข้างกระจายกว่ากรณีอื่น ๆ นอกจากนี้การใช้ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น ค่าสัมบูรณ์ของสัญญาณเฉลี่ย และ ค่า RMS เทียบกับค่าความโด่ง จะได้แนวโน้มของคำตอบลักษณะเดียวกันกับรูปที่ 8

สัญญาณอคูสติกอิมิชชันดังรูปที่ 4 เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคบนโดเมนความถี่พบว่า ค่าความเข้มข้นสเปกตรัมกำลังของสัญญาณที่เงื่อนไขคมตัดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 9 ที่มีแกนตั้งเป็นความเข้มข้นสเปกตรัมกำลัง และแกนนอนเป็นความถี่ สัญญาณจะมีค่าความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเมื่อคมตัดเกิดการสึกหรือขึ้น ความถี่หลักที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดจะอยู่ในช่วง 80000 – 120000 Hz ซึ่งสามารถนำมาใช้ประเมินสภาพของคมตัดได้ ซึ่งความถี่ช่วงนี้น่าจะเกี่ยวข้องกับกระบวนการตัดและเสียดสีระหว่างมีดและชิ้นงาน



รูปที่ 9 กราฟค่าสเปกตรัมกำลังที่เงื่อนไขการจำลองคมตัดแบบต่าง ๆ



5. สรุป

การประยุกต์ใช้สัญญาณอนุสติกอิมิซันเพื่อตรวจสอบการสึกหรอของคมตัดได้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ประเมินสภาพของคมตัดได้ สัญญาณอนุสติกอิมิซันมีความซับซ้อนมากและเป็นสัญญาณที่มีความถี่ค่อนข้างสูง จึงทำให้การประมวลผลสัญญาณจะมีระยะเวลาที่นานกว่าการวิเคราะห์สัญญาณการสั่นสะเทือน การใช้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติเพียงค่าเดียวบางครั้งอาจจะไม่สามารถประเมินสภาพคมตัดได้ทุกกรณี แต่การใช้การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแต่ละเงื่อนไขการจำลองทำให้เห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการสึกหรอของคมตัดและจะเห็นรวมกันเป็นกลุ่ม การใช้การวิเคราะห์ความถี่ก็สามารถใช้ประเมินสภาพของคมตัดได้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบความถี่ช่วงที่เกี่ยวกับกระบวนการของคมตัดซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วง 80000 – 120000 Hz โดยการสึกหรอของมีดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้แอมพลิจูดของสัญญาณช่วงความถี่ดังกล่าวเพิ่มขึ้น การศึกษาต่อไปยังจำเป็นต้องเพิ่มการจำลองที่เงื่อนไขอื่น ๆ เพิ่มเติมเช่น การเปลี่ยนความเร็วการตัด การป้อน และความลึกของการตัดขึ้นงานเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและพัฒนาวิธีการประเมินสภาพคมตัดที่เหมาะสม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณวชิรวิทย์ สงสุวรรณที่ช่วยพัฒนาเครื่องมือ อุปกรณ์ และโปรแกรมเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษานี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Jesus, R. R. R., Gilberto, H. R., Ivan, T. V. and Carlos, J. C. J., (2003) Driver current analysis for sensorless tool breakage monitoring of CNC milling machines, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 43, Issue 15, pp. 1529-1534.

[2] Das, S., Roy, R. and Chattopadhyay, A. B., (1996) Evaluation of wear of turning carbide inserts using neural networks, International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 36, Issue 7, pp. 789-797.

[3] Silva, R. G., Reuben, R. L., Baker, K.J. and Wilcox, S. J., (1998) Tool wear monitoring of turning operations by neural network and expert system classification of feature set generated from multiple sensors, Vol. 12, Issue. 2, pp. 319-332.

[4] Carolan, T. A., Kidd, S. R., Hand, D. P., Wilcox, S. J., Wilkinson, P., Barton, J. S., Jones, J. D. C. and Reuben, R. L., (1997) Acoustic emission monitoring of tool wear during the face milling of steels and aluminium alloys using a fibre optic sensor, Part 2: energy analysis, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol. 211, Issue. 4, pp. 299-309.

[5] Carolan, T. A., Kidd, S. R., Hand, D. P., Wilcox, S. J., Wilkinson, P., Barton, J. S., Jones, J. D. C. and Reuben, R. L., (1997) Acoustic emission monitoring of tool wear during the face milling of steels and aluminium alloys using a fibre optic sensor, Part 2: frequency analysis, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol. 211, Issue. 4, pp. 311-318.

[6] Mannan, M. A., Kassim, A. A. and Jing, M. (2000) Application of image and sound analysis techniques to monitor the condition of cutting tools, Pattern Recognition Letters, Vol. 21, Issue 11, pp. 969-979.