

สัญญาณอะคูสติกกับลักษณะการกินเนื้อและการสึกหรอของดอกสว่าน

Relationship between Acoustic signal with Characteristic of Cutting and Drill Wear

ชัยโรจน์ คุณพนชกิจ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถ.พญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สรรวิต อยู่วัฒนา

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทคัดย่อ

วิธีการอะคูสติกอิมิตชันถูกนำมาศึกษาความสัมพันธ์ของสัญญาณอะคูสติกกับลักษณะการกินเนื้อและการสึกหรอของดอกสว่าน เพื่อให้สามารถแสดงผลได้ขณะทำงาน การศึกษากระทำโดยทดลองเจาะรูแผ่นเหล็กกล้า SS400 ด้วยดอกสว่านไฮสปีดแบบบิด การทดลองได้เปลี่ยนแปลงอัตราเร็วรอบ 3 อัตราเร็วรอบคือ 280 450 และ 710 รอบต่อนาที และเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อน 3 อัตราการป้อน คือ 0.08 0.12 และ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ โดยทดลองเงื่อนไข 3 ดอก และใช้ดอกสว่านเจาะรู ดอกละ 400 รูเจาะ และเลือกวิเคราะห์การสะสมของสัญญาณ ENERGY COUNT และ HIT เป็นช่วงๆ เว้นช่วงละ 50 รูเจาะ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วรอบกับสัญญาณ ENERGY และ COUNT มีผลน้อยกว่าเมื่อเทียบกับอัตราการป้อน โดยที่อัตราการป้อนต่ำกว่าจะมีค่า ENERGY และ COUNT สูงกว่าที่อัตราการป้อนสูง ขณะที่อัตราเร็วรอบมีผลต่อสัญญาณ HIT ชัดเจนกว่า เพราะที่อัตราเร็วรอบต่ำเศษโลหะจากการเจาะจะไม่ต่อเนื่อง ทำให้ค่า HIT สูงกว่าเมื่ออัตราเร็วรอบสูงซึ่งมีเศษโลหะแบบต่อเนื่อง ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติกกับการสึกหรอของดอกสว่านยังไม่เด่นชัดเนื่องจากระดับความสึกหรอที่ทดลองยังมีค่าน้อย แต่ก็มีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์นำสัญญาณอะคูสติกมาใช้บอกลักษณะการกินเนื้อและ/หรือ การสึกหรอของดอกสว่านสำหรับระบบการผลิตอัตโนมัติ

1. บทนำ

งานเกี่ยวกับการขึ้นรูปชิ้นงานได้นำเอาเครื่องจักรกลอัตโนมัติมาใช้ในการผลิต ปัญหาหนึ่งของการใช้เครื่องจักรกลอัตโนมัติคือการบ่งบอกอายุการใช้งานของอุปกรณ์ เช่น มีดกลึง หัวกัด หินเจียรไน หรือ ดอกสว่าน ซึ่งมีการสึกหรอไปเรื่อยๆ เมื่อถูกใช้งาน การใช้สมการความสัมพันธ์เบื้องต้นของอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ก็เป็นเพียงอายุการใช้งานเฉลี่ย หรือ การใช้ประสิทธิภาพของบุคคลที่มีความสามารถเฉพาะตัว เพื่อกำหนดอายุของอุปกรณ์ก็ไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุด ดังนั้นถ้าสามารถที่จะบอกอายุการใช้งานได้ใกล้เคียงขึ้นสำหรับอุปกรณ์แต่ละชิ้น ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการผลิตดีขึ้น เพราะเมื่อเกิดการ

สึกหรอซึ่งจะมีผลต่อขนาดของชิ้นงานทำให้ชิ้นงานไม่ได้ขนาดที่ต้องการ หรือมีผลกระทบต่อเครื่องจักรกลเอง วิธีการตรวจวัดในลักษณะที่เครื่องจักรกลกำลังทำงาน จะทำให้สามารถใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ ได้จนถึงค่าที่กำหนดไว้

ในบทความนี้ได้เลือกศึกษาการสึกหรอของดอกสว่านเพราะยังมีการศึกษากันน้อยโดยจะใช้วิธีการอะคูสติกอิมิตชันซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (NDT) ที่ตรวจจับพลังงานความยืดหยุ่นที่ปลดปล่อยออกมาเพื่อใช้เป็นตัวบ่งบอกปริมาณการสึกหรอซึ่งจะสามารถแสดงผลได้ที่เวลานั้นได้เลย

2. ทฤษฎี

2.1 อะคูสติกอิมิตชัน

วิธีการอะคูสติกอิมิตชันคือ การตรวจจับพลังงานความยืดหยุ่น (Elastic energy) ที่วัสดุปลดปล่อยพลังงานภายในออกมาเมื่อวัสดุเกิดการเสียรูป (deformation) แบบ plastic หรือมีการฉีกขาดออกจากกันของพันธะระหว่างโมเลกุล ปรากฏการณ์ที่แสดงคลื่น อะคูสติกออกมาให้เห็น เช่น การเคลื่อนที่หรือแตกของเปลือกโลกที่บริเวณหนึ่งแล้วเกิดแผ่นดินไหวแผ่กว้างออกไป การคลาก (yielding) การเคลื่อนตัวของอะตอมและการไถลระหว่างระนาบของ lattice (dislocation and slip line) การขยายตัวของการแตกร้าว (crack propagation) การขาดของเส้นใย (fiber breakage) นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับความเสียหายของเนื้อวัสดุ เช่น คาวิเทชัน (cavitation) การเปลี่ยนสถานะ และ ความเสียดทาน

เนื่องจากคลื่นอะคูสติกแผ่ขยายออกจากแหล่งกำเนิดกว้างไปเรื่อยๆ ทำให้สะดวกต่อการติดตั้งตัวตรวจวัด (transducer) ตรวจสอบโครงการขนาดใหญ่ๆ ได้

2.2 ลักษณะอะคูสติกสัญญาณ

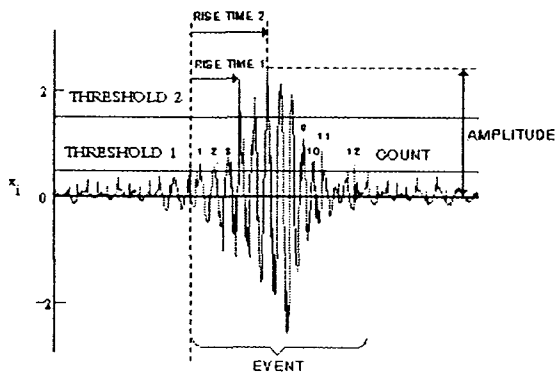
ลักษณะของสัญญาณอะคูสติกโดยทั่วไปจะเหมือนกับสัญญาณของแผ่นดินไหวคือมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเทียบกับเวลา เริ่มต้นจากแอมพลิจูดของสัญญาณน้อยๆ แล้วเพิ่มมากขึ้นจนถึงค่าสูงสุดแล้วกลับลดลงอีก สัญญาณอะคูสติกจะมีแอมพลิจูดมากหรือน้อยขึ้นกับ

ความรุนแรงของการเสียหายของเนื้อวัสดุ เนื่องจากสัญญาณ อะคูสติคที่ตรวจวัดได้จากตัวตรวจวัดมีแอมพลิจูดของสัญญาณต่ำจึงต้องขยายสัญญาณ โดยการกำหนดค่าอัตราขยาย (gain) จากนั้นเครื่องตรวจวัดสัญญาณอะคูสติคจะทำการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณ แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้มาอาจมีคลื่นรบกวน (noise) ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดค่าขีดเริ่มเปลี่ยน (threshold เช่น threshold1) เพื่อเป็นการคัดเลือกวิเคราะห์เฉพาะสัญญาณที่มีแอมพลิจูดสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ส่วนสัญญาณที่มีแอมพลิจูดต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนจะถือว่าเป็นคลื่นรบกวนซึ่งทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากขึ้น โดยค่าขีดเริ่มเปลี่ยนที่จะกำหนดนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์กับอัตราการขยาย ลักษณะของสัญญาณซึ่งสามารถนำมาจำแนกประเภทของสัญญาณและปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดสัญญาณได้มีดังต่อไปนี้ [1]

Count คือ จำนวนครั้งที่สัญญาณอะคูสติคที่มีแอมพลิจูดสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน1 (threshold1) และเมื่อสัญญาณเริ่มมีแอมพลิจูดสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนเพิ่มต่อเนื่องไปเรื่อยๆ แล้วค่อยๆลดลงจนมีแอมพลิจูดต่ำกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน คลื่นอะคูสติคกลุ่มนี้เรียกว่า Event

Rise time คือช่วงเวลาระหว่างที่สัญญาณเริ่มมีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับค่าขีดเริ่มเปลี่ยน1 (threshold1) ครั้งแรกกับสัญญาณที่มีค่าสูงกว่าหรือเท่ากับค่าขีดเริ่มเปลี่ยน2 threshold2 (Rise time 1) หรือกับสัญญาณที่มีค่าแอมพลิจูดสูงสุด (Rise time 2)

เมื่อเนื้อวัสดุมีความเสียหายรุนแรงเช่นการคราก การร้าว จะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมามากในแต่ละ Event ดังนั้นในสภาพนี้แต่ละ Event จะกินระยะเวลาานานกว่าเมื่อมีการปลดปล่อยพลังงานน้อย และโดยทั่วไปก็จะมีแอมพลิจูดสูง ดังนั้นก็จะมีจำนวน count มากตามไปด้วย



รูปที่ 1 ลักษณะรูปคลื่นและลักษณะต่างๆของสัญญาณ

2.3 ตัวแปรของลักษณะต่างๆของสัญญาณอะคูสติค

ลักษณะอื่นๆ ของสัญญาณที่สามารถนำมาบ่งบอกลักษณะของปรากฏการณ์อะคูสติคที่ตรวจวัด เช่น

1) Cumulative count คือจำนวนครั้งรวมทั้งนับเมื่อสัญญาณมีแอมพลิจูดสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยน ดังรูปที่ 1 จะเห็นว่าสัญญาณช่วงแรกและช่วงหลังมีแอมพลิจูดต่ำ เป็นสัญญาณของคลื่นรบกวน เพื่อหลีกเลี่ยงจึงต้องตั้งค่าขีดเริ่มเปลี่ยนให้สูงกว่านั้นและจะเริ่มนับเมื่อสัญญาณมีแอมพลิจูดสูงกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนเท่านั้นดังรูปจะเห็นว่า มี 12 count

2) Count rate คือจำนวนครั้งสะสมที่สัญญาณมีแอมพลิจูดสูงกว่าค่าขีดเริ่มเปลี่ยนต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Cumulative count per unit time) แสดงถึงอัตราเร็วในการเกิดสัญญาณ

3) Cumulative event คือจำนวนกลุ่มของสัญญาณที่เกิดจากการปล่อยคลื่นอะคูสติค ดังรูปที่ 1 จะแสดงกลุ่มของสัญญาณ 1 กลุ่มก็คือจะเริ่มเมื่อสัญญาณสูงกว่าขีดเริ่มเปลี่ยนและหยุดเมื่อสัญญาณสุดท้ายต่ำกว่าขีดเริ่มเปลี่ยน

4) Event rate คือจำนวนกลุ่มของสัญญาณที่เกิดจากการปล่อยคลื่นอะคูสติค ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Cumulative event per unit time) แสดงถึงอัตราการเกิดการเสียหายของวัสดุ

5) Amplitude คือค่าสูงสุดของสัญญาณอะคูสติคในแต่ละ event ดังแสดงในรูปที่ 1 จะเห็นว่า count ที่ 6 จะมีแอมพลิจูดสูงสุดเมื่อเทียบกับ count อื่นๆ ใน event เดียวกัน ดังนั้นความสูงของแอมพลิจูดของ count ที่ 6 ก็คือแอมพลิจูดของ event นั้น ซึ่งสามารถบอกถึงความเข้มของแหล่งกำเนิดคลื่น ทำให้สามารถแยกแยะ ขนาด ชนิด และระยะทางจากแหล่งกำเนิด รวมทั้งยังอาจใช้การกระจายของแอมพลิจูดที่พบว่ามีความสัมพันธ์กับกลไกการเสียหายของวัสดุบางชนิด

6) Energy คือพลังงานของคลื่นอะคูสติคที่เทียบได้จากการอินทิเกรตแรงดันไฟฟ้ากำลังสองเทียบกับเวลาแล้วหารด้วยความต้านทานไฟฟ้าของอุปกรณ์ตรวจวัด ดังสมการ

$$U = \frac{1}{R} \int_0^t V^2(t) dt$$

โดยที่ U คือ ค่าพลังงาน

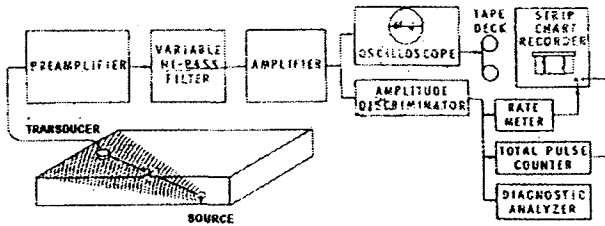
R คือ ความต้านทานไฟฟ้าของอุปกรณ์ตรวจวัด

t คือ เวลา

V(t) คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าจากอุปกรณ์ตรวจวัด ที่เวลา t

2.4 ระบบที่ใช้ในการตรวจสอบอะคูสติคอีมิสชัน

ระบบที่ใช้ในการตรวจสอบอะคูสติคอีมิสชันประกอบด้วยตัวตรวจวัดสัญญาณอะคูสติค (Acoustic Emission transducer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงคลื่นความยืดหยุ่นเป็นสัญญาณไฟฟ้า ปกติใช้วัสดุไพโซอิเล็กทริก (piezoelectric) เช่น PZT (Lead zirconite Titanite Ceramics) เป็นตัวรับคลื่นความยืดหยุ่นนี้ แต่เนื่องจากสัญญาณที่ออกจาก ตัวตรวจวัด (Transducer) นั้นต่ำมาก จึงต้องมีการขยายสัญญาณเพื่อรักษาเสถียรภาพ โดยตัวขยายขั้นต้น (Preamplifier) จะขยายสัญญาณทำให้สามารถส่งสัญญาณได้เป็นระยะทางไกลๆ จากนั้นสัญญาณก็จะเข้าตัวกรองสัญญาณ (Filter) เนื่องจากสัญญาณที่ตรวจวัดได้นั้นมีสัญญาณทางกลและสัญญาณไฟฟ้าปนมาด้วย จึงต้องกรองเอาเฉพาะสัญญาณอะคูสติคในช่วงที่ใช้งานเท่านั้นซึ่งมักมีความถี่มากกว่า 10 กิโลเฮิรต์ แล้วผ่านเข้าตัวขยายสัญญาณหลัก (Amplifier) ขยายสัญญาณอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นก็สามารถพิจารณาสัญญาณได้จากทั้งออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) โดยตรง และจากตัวจำแนกสัญญาณ (Amplitude Discriminator) ซึ่งจะแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลแล้วผ่านไปสู่ตัววิเคราะห์สัญญาณต่างๆเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป ดังแสดงโดยแผนผังในรูปที่ 2 [2]



รูปที่ 2 แผนผังของระบบที่ใช้ในการตรวจสอบด้วยอะคูสติคอิมีชัน

3 การทดลอง

การทดลองจะใช้ดอกสว่านบิดเจาะรูที่เงื่อนไขต่าง ๆ จำนวน มาก ๆ วัตถุประสงค์เป็นระยะเพื่อหาความสัมพันธ์ของสัญญาณกับ จำนวน รูเจาะ

3.1 การวัดสัญญาณ

ตั้งค่าอัตราการขยาย 25 เดซิเบล และค่าขีดเริ่มเปลี่ยน 40 เดซิเบล ซึ่งเป็นค่าแนะนำช่วงความไวปานกลาง เริ่มทดลองโดยการหัก ไลด์อินสอกกราไฟต์ Pentel ขนาด 0.5 มิลลิเมตร แบบความเข้ม B ก่อน ทำการเจาะประมาณ 5 ถึง 10 ครั้ง บนแผ่นเหล็กสำหรับเจาะรูตรง ตำแหน่งด้านขวาของรูเจาะติดกับรูเจาะ เพื่อนำไปเป็นค่าอ้างอิงเพื่อ ปรับเทียบ แล้วทำการเจาะด้วยเครื่องเจาะอัตโนมัติ

เนื่องจากไม่สามารถวัดความลึกหรือที่แท้จริงของดอกสว่าน ได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้จำนวนรูเจาะเป็นตัวบอกความลึกหรือของ ดอกสว่าน ซึ่งจะถือว่าดอกสว่านที่ทำการเจาะแผ่นเหล็กได้จำนวนมาก กว่าจะสึกหรอมากกว่าในช่วงแรกที่ยังไม่ได้ใช้งาน หรือเจาะแผ่นเหล็ก ได้จำนวนรูน้อยกว่าที่เงื่อนไขเดียวกัน การวัดสัญญาณอะคูสติคขณะ เจาะจะเลือกวิเคราะห์สัญญาณเป็นช่วง เพื่อเป็นตัวบอกขนาดความ ลึก หรือ ช่วงละ 50 รูเจาะ ซึ่งถือได้ว่าดอกสว่านมีการสึกหรอต่างกันมาก พอสมควร และแต่ละช่วงนั้นจะนำสัญญาณมาพิจารณา 5 รูเจาะ เพื่อ รวบรวมลักษณะเชิงสถิติในการบ่งชี้ลักษณะของสัญญาณแต่ละช่วง เพราะในช่วงระยะสั้นๆ นี้ เมื่อเทียบกับช่วง 50 รูเจาะ แล้วจะถือว่า 5 รู เจาะที่ต่อเนื่องกันนี้เป็นช่วงเดียวกัน เช่น สัญญาณจากรูเจาะที่ 1 ถึง 5 ถือเป็นตัวแทนของดอกสว่านใหม่ สัญญาณจากรูเจาะที่ 51 ถึง 55 ถือ เป็นตัวแทนของรูเจาะที่ 51 และสัญญาณจากรูเจาะที่ 101 ถึง 105 ถือ เป็นตัวแทนของรูเจาะที่ 101

โดยจะทำการทดลองเปลี่ยนอัตราการป้อน 3 ระดับ คือ 0.2 0.12 และ 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบและเปลี่ยนอัตราเร็วรอบ 3 ระดับ คือ 710 450 และ 280 รอบต่อนาที การกำหนดนี้ยึดตามขีดจำกัดของ เครื่องเจาะและข้อมูลเงื่อนไขการใช้งานทั่วไปของดอกสว่านแบบบิด ทั้งนี้เพื่อศึกษาความแตกต่างกันของสัญญาณอะคูสติคขณะทำการเจาะที่ อัตราเร็วรอบและอัตราการป้อนที่แตกต่างกัน โดยจะทำการทดลองด้วย ดอกสว่าน 3 ดอก ต่อ 1 เงื่อนไขการทดลอง แต่เงื่อนไขการทดลองที่ อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ ไม่สามารถทำการทดลองได้เพราะอัตราเร็วรอบต่ำไม่สัมพันธ์กับอัตรา การป้อนที่สูงเกินไปทำให้ดอกสว่านเสียหายขณะเจาะ

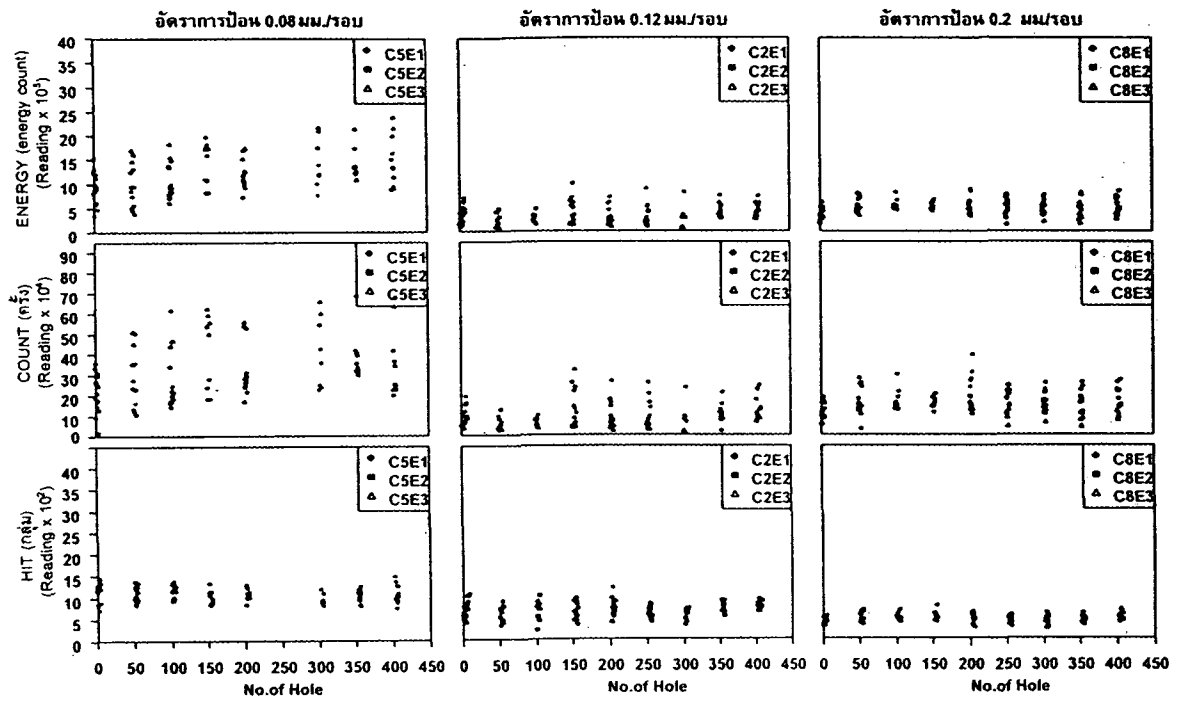
4 สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทดลอง

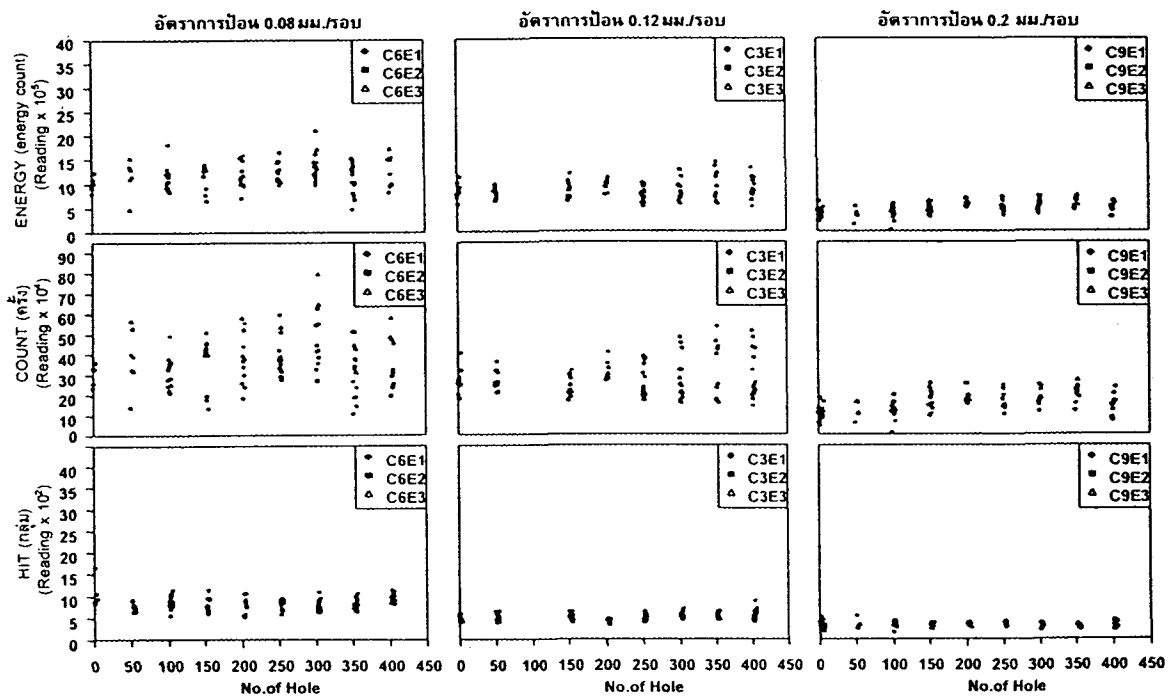
พบว่าลักษณะทั้งสามของสัญญาณคือ ENERGY COUNT และ HIT เมื่อพิจารณาที่อัตราเร็วรอบคงที่ อัตราการป้อนต่ำค่าจะสูง กว่าที่อัตราการป้อนสูงอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 สัญญาณ ENERGY กับ COUNT เมื่อพิจารณาที่อัตราการป้อนคงที่ ค่า สัญญาณไม่แตกต่างกันเด่นชัดนักที่อัตราเร็วรอบต่างกัน ส่วน HIT ที่ ความเร็วรอบต่ำจะมีค่าของข้อมูลสูงกว่าความเร็วรอบสูงอย่างเห็น ได้ ชัด ดังแสดงในรูปที่ 5 และ 6 แต่เมื่อพิจารณาค่าของสัญญาณเทียบกับ ลำดับที่ของรูเจาะ จากรูปที่ 3 ถึง 6 พบว่าแนวโน้มยังไม่ชัดเจน เนื่องจากที่ 400 รูเจาะ ความสึกหรอมีน้อยทำให้สภาพการเจาะไม่แตก ต่างจากดอกสว่านใหม่มากนักจึงทำให้สัญญาณไม่แตกต่างกันชัดเจน ตามลำดับที่ของรูเจาะ แต่เมื่อพิจารณาดอกสว่าน ที่เงื่อนไขอัตราเร็ว รอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ และอัตรา เร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ เงื่อนไข ไขละ 1 ตัวอย่างเจาะเพิ่มเป็น 1300 รูเจาะ ดังแสดงในรูปที่ 7 และ 8 พบว่าค่าของสัญญาณ ENERGY และ COUNT น่าจะเพิ่มขึ้นตามลำดับ ที่ของรูเจาะชัดเจนขึ้น

จากผลการทดลองข้างต้นของค่า ENERGY และ COUNT น่าจะเกิดจากที่อัตราการป้อนแตกต่างกันระยะทางในการกินเนื้อ โลหะดอกสว่านต่างกัน คือที่อัตราการป้อนต่ำระยะทางในการกินเนื้อ โลหะมากกว่า จึงมีการฉีกขาดของเนื้อโลหะเป็นระยะทางมากกว่าทำให้ พลังงานที่ปลดปล่อยออกมามีมากกว่าถ้าคิดว่าลักษณะของการกินเนื้อ โลหะเป็นแบบเดียวกัน แต่ที่อัตราการป้อนเท่ากันมีระยะทางการกิน เนื้อเท่ากันทำให้สัญญาณ ENERGY และ COUNT ที่ได้ไม่แตกต่างกัน มากนัก สำหรับเงื่อนไขอัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และอัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการ ป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ สัญญาณที่ได้มีค่าต่ำและสม่ำเสมอ ส่วน เงื่อนไขอัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตร ต่อรอบ และอัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ สัญญาณที่ได้มีค่าสูงกว่ามาก ซึ่งส่วนหนึ่งน่าจะเป็น ผลมาจากลักษณะการกินเนื้อโลหะซึ่งสังเกตได้จากเศษโลหะ จากการ ทดลองพบว่าเงื่อนไขอัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ และอัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ การตัดเนื้อโลหะสม่ำเสมอได้เศษโลหะเป็นแบบ ต่อเนื่อง พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจึงมีเฉพาะส่วนที่ดอกสว่านตัด เนื้อโลหะ แต่เงื่อนไขอัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ และอัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการ ป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ ลักษณะการกินเนื้อโลหะเป็นแบบไม่ต่อ เนื่อง สัญญาณได้จากพลังงานที่ปลดปล่อยจากพื้นที่ในการฉีกขาดและ แดกหักของเศษโลหะ ทำให้สัญญาณที่ได้มีค่าสูงกว่า

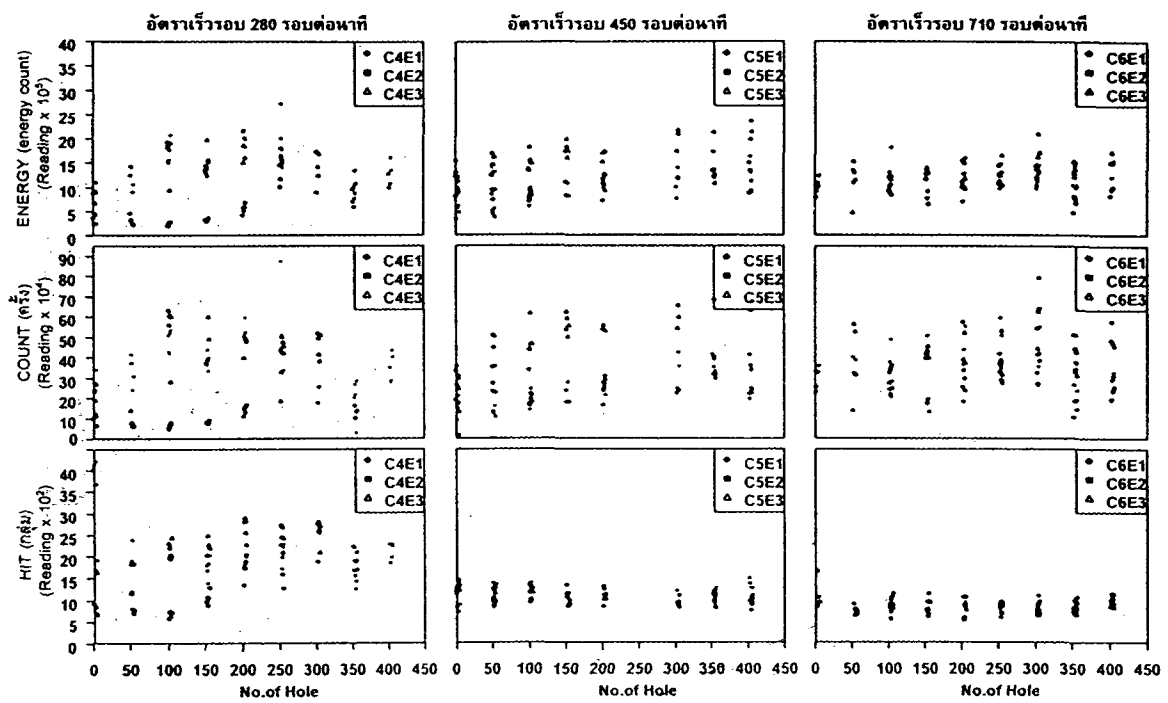
ผลการทดลองได้บ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ของสัญญาณอะคูสติค กับลักษณะการกินเนื้อและการสึกหรอของดอกสว่าน ซึ่งยังเป็นที จะต้องสะสมผลการทดลองเพื่อให้มีข้อมูลจำนวนมากในการกำหนดรูปแบบความสัมพันธ์ของสัญญาณในเชิงประยุกต์ที่แน่นอน



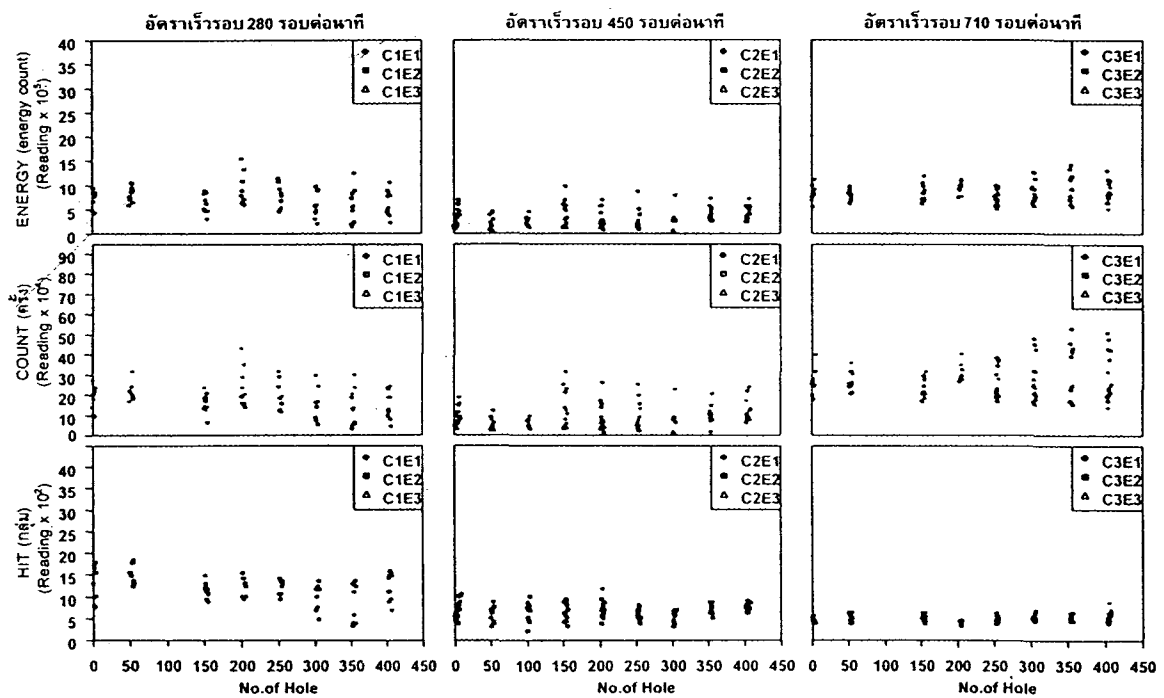
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง ENERGY COUNT และ HIT กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที ช่วง 400 รูเจาะ



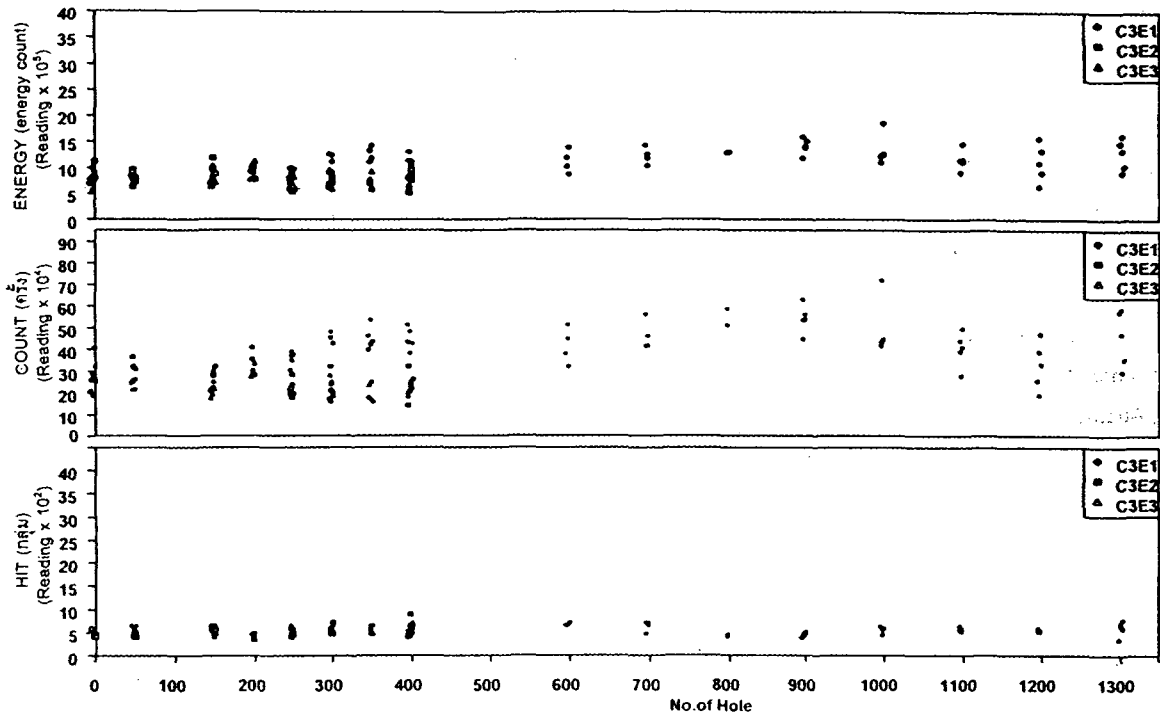
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง ENERGY COUNT และ HIT กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที ช่วง 400 รูเจาะ



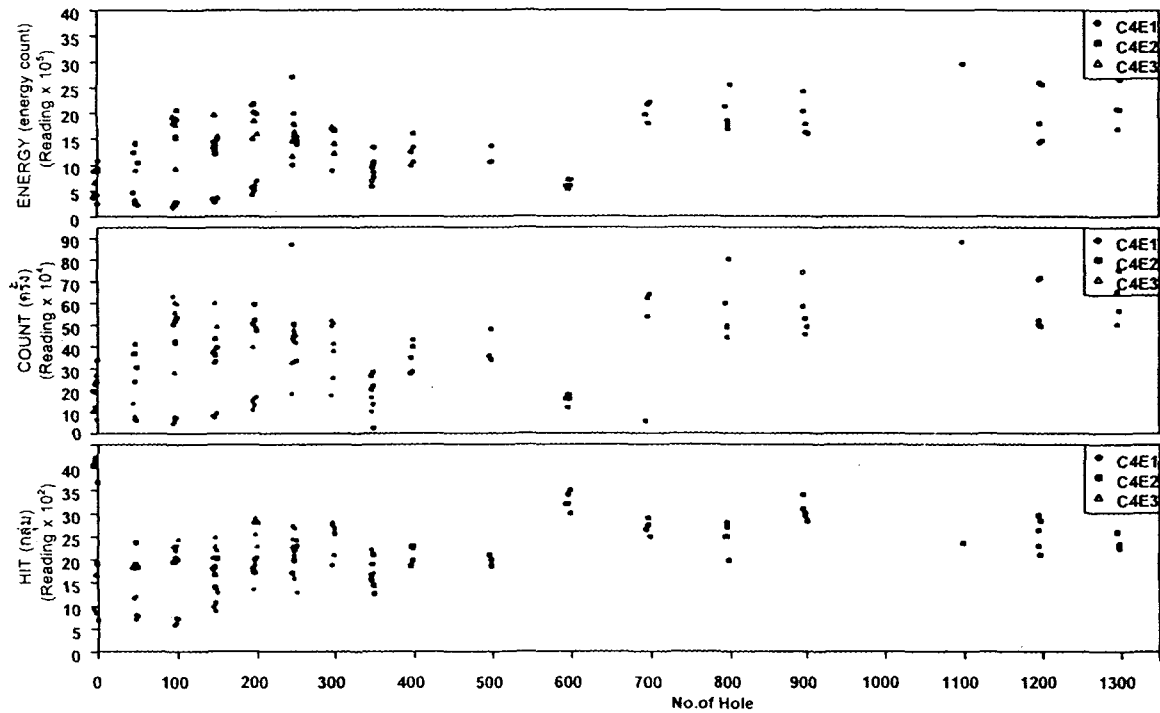
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ENERGY COUNT และ HIT กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ ช่วง 400 รูเจาะ



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง ENERGY COUNT และ HIT กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ ช่วง 400 รูเจาะ



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง ENERGY COUNT และ HIT กับลำดับที่ของรูเจาะ สำหรับดอกสว่าน c3e1 ช่วง 1300 รูเจาะ



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง ENERGY COUNT และ HIT กับลำดับที่ของรูเจาะ สำหรับดอกสว่าน c4e2 ช่วง 1300 รูเจาะ

เอกสารอ้างอิง

- [1] LOCAN320 User's Manual. Physical acoustics corporation, November 1990
- [2] Jack C. Spanner, "Acoustic Emission Techniques and Applications", U.S.A.,1974.
- [3] Kenneth W. Yee.,Donald S. Blomquist "Checking Toolwear by Time Domain Analysis" Manufacturing Engineering, May 1982, pp.74-76.
- [4] E.N. Diei.; D.A. Dornfeld, "Acoustic Emission Sensing of Tool Wear in Face Milling", ASME Journal of Engineering for Industry, August 1987.