บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก

การวัดสัญญาณอะคูสติกด้วยการทดลองมีทั้งหมด 4 เงื่อนไข แต่ละเงื่อนไขใช้ดอกสว่าน 3 ดอกทำการเจาะดอกละ 1600 รูเจาะ วัดสัญญาณเป็นช่วงๆ ละ 200 รูเจาะ แต่ละช่วงวัดสัญญาณซ้ำกัน 8 ครั้งตามลำดับที่ของรูเจาะ เลือกบันทึกสัญญาณอะคูสติกของ Energy Count และ Hit นำเสนอในรูปกราฟเปรียบเทียบกับลำดับที่ของรูเจาะ ผลการทดลองจะแสดงให้เห็นถึงขนาดของสัญญาณที่วัดได้ในแต่ละเงื่อนไขของการเจาะและลักษณะสภาพการสึกหรอของดอกสว่านเมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ

4.1.1 อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติก Energy Count และ Hit กับจำนวนรูเจาะของดอกสว่านที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.1

ค่า Energy ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-400 ค่อนข้างคงที่ ช่วงรูเจาะที่ 400-1600 ค่า Energy ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Energy กับจำนวนรูเจาะคือ $y = 21.348x + 81416$ ค่า Energy เพิ่มจากประมาณ 80,000 Energy counts ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมเป็น 115,000 Energy counts ในช่วงรูเจาะที่ 1600

ค่า Count ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-400 ค่อนข้างคงที่ ช่วงรูเจาะที่ 400-1600 ค่า Count ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Count กับจำนวนรูเจาะคือ $y = 37.755x + 63192$ ค่า Count เพิ่มจากประมาณ 63,000 Counts ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมเป็น 130,000 Counts ในช่วงรูเจาะที่ 1600

ค่า Hit ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-600 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ช่วงรูเจาะที่ 400-1200 ค่า Hit ที่วัดได้เพิ่มขึ้นสูงมาก และลดต่ำลงในช่วงรูเจาะที่ 1200-1600 ผลการทดลองตั้งแต่ช่วงรูเจาะที่ 800 ขึ้นไปมีการกระจายตัวมากแนวโน้มความสัมพันธ์ที่ได้ไม่แน่นอน

4.1.2 อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติก Energy Count และ Hit กับจำนวนรูเจาะของดอกสว่านที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.2

การทดลองนี้ไม่สามารถทำการเจาะได้ครบ 1600 รูเจาะ เนื่องจากเมื่อเจาะถึงรูเจาะที่ประมาณ 850-1000 ดอกสว่านเกิดการสึกหรอสูงมากทำให้การป้อนดอกสว่านด้วยวิธีอัตโนมัติแบบปกติไม่สามารถทำได้เพราะกลไกป้อนดอกสว่านอัตโนมัติจะดีดตัวกลับทุกครั้งทำให้รูเจาะที่ได้ไม่ทะลุ จึงทำการป้อนต่อหลังจากรูเจาะที่ 1000 ให้ได้ถึง 1200 รูเจาะด้วยวิธีการใช้มือรั้งคันโยกอัตโนมัติไม่ให้ดีดตัวกลับ ช่วยให้ดอกสว่านเจาะทะลุแผ่นเหล็กได้ในขณะที่อัตราการป้อนยังคงมีค่า 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ เช่นเดิม

ค่า Energy ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1200 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอและชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Energy กับจำนวนรูเจาะคือ $y = 49.912x + 71735$ ค่า Energy เพิ่มจากประมาณ 72,000 Energy counts ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคม เพิ่มเป็น 150,000 Energy counts ในช่วงรูเจาะที่ 1200

ค่า Count ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1200 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Count กับจำนวนรูเจาะคือ $y = 66.255x + 36898$ ค่า Count เพิ่มจากประมาณ 37,000 Counts ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคม เพิ่มเป็น 117,000 Counts ในช่วงรูเจาะที่ 1200

ค่า Hit ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-400 มีการเปลี่ยนแปลงไม่ชัดเจนนักมีค่าเพิ่มขึ้นและลดลง ช่วงรูเจาะที่ 600-1200 ค่า Hit ที่วัดได้ค่อนข้างคงที่คือ เฉลี่ยอยู่ที่ 94 Hits ความสัมพันธ์ที่ได้มีการกระจายไม่ชัดเจนแต่ก็ยังมีลักษณะเชิงเส้น สมการค่าเฉลี่ยของ Hit กับจำนวนรูเจาะคือ $y = 0.042x + 46$

4.1.3 อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติก Energy Count และ Hit กับจำนวนรูเจาะของดอกสว่านที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.3

ค่า Energy ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-800 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีเปลี่ยนแปลง ช่วงรูเจาะที่ 800-1600 ค่า Energy ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มอย่างชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้ในช่วงนี้มีลักษณะเป็นแบบ Exponential สมการค่าเฉลี่ยของ Energy กับจำนวนรูเจาะคือ

y = 73747e^(0.0006x) ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมวัดค่า Energy ได้ประมาณ 74,000 Energy counts เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ค่า Energy ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 370,000 Energy counts ค่า Energy ที่วัดได้ช่วงท้ายมีการกระจายมากขึ้น

ค่า Count ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-800 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ช่วงรูเจาะที่ 800-1600 ค่า Count ที่วัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้ในช่วงนี้มีลักษณะเป็นแบบ Exponential สมการค่าเฉลี่ยของ Count กับจำนวนรูเจาะคือ y = 55799e^(0.0006x) ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมวัดค่า Count ได้ประมาณ 56,000 Counts เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ค่า Count ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 217,000 Counts ค่า Count ที่วัดได้ช่วงท้ายมีการกระจายมากขึ้น

ค่า Hit ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-800 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง คือ เฉลี่ยอยู่ที่ 36 Hits จากนั้นช่วงรูเจาะที่ 800-1200 ค่า Hit ที่วัดได้เพิ่มขึ้นสูงมาก และลดต่ำลงในช่วงรูเจาะที่ 1200-1600 มีการกระจายสูงขึ้น ความสัมพันธ์ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน ค่า Hit ที่วัดได้ช่วงท้ายมีการกระจายมากขึ้น

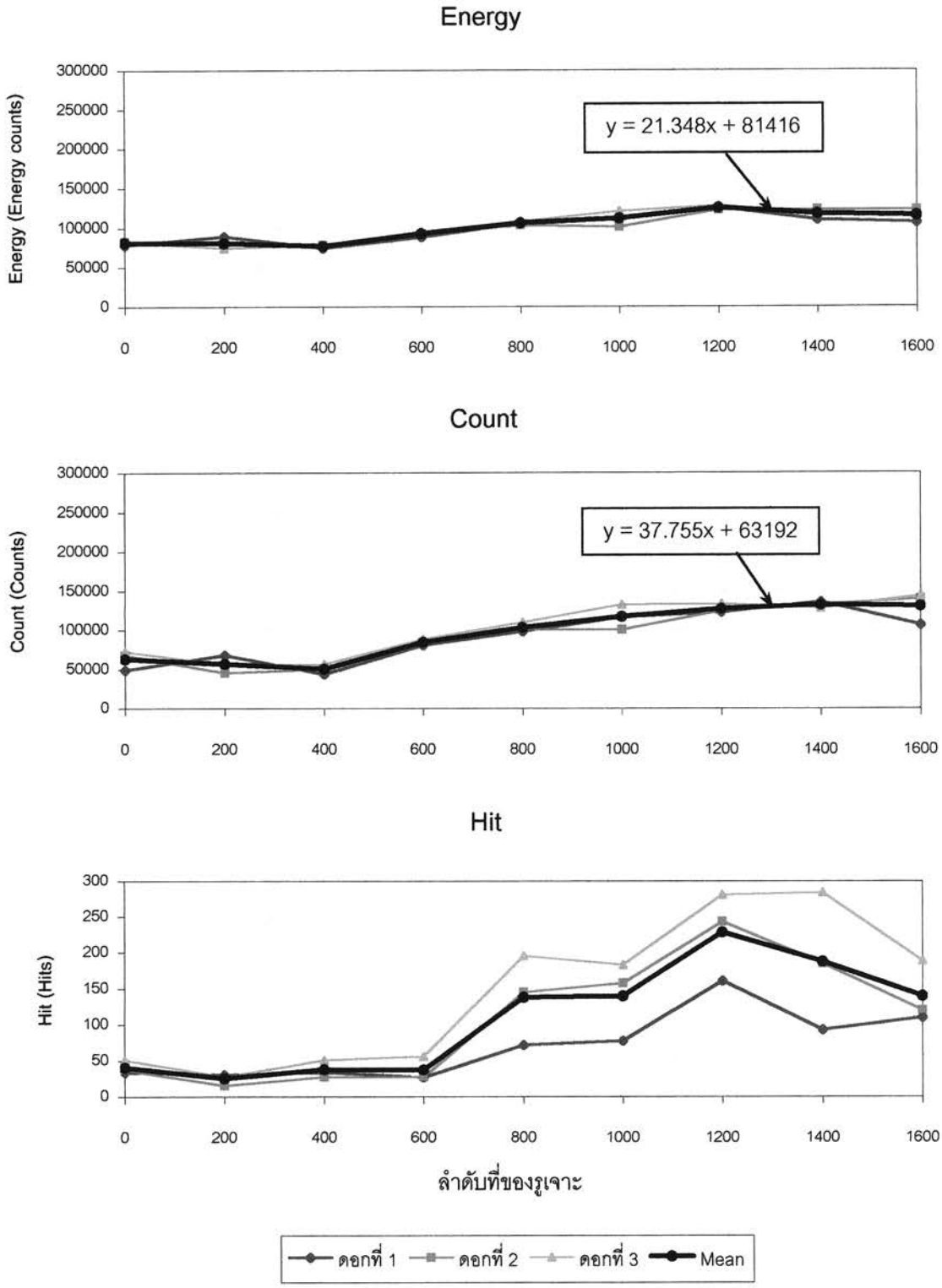
4.1.4 อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอะคูสติก Energy Count และ Hit กับจำนวนรูเจาะของดอกสว่านที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ แสดงอยู่ในรูปที่ 4.4

ค่า Energy ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Energy กับจำนวนรูเจาะคือ y = 2.793x + 78908 ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมวัดค่า Energy ได้ประมาณ 79,000 Energy counts เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ค่า Energy ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 90,000 Energy counts

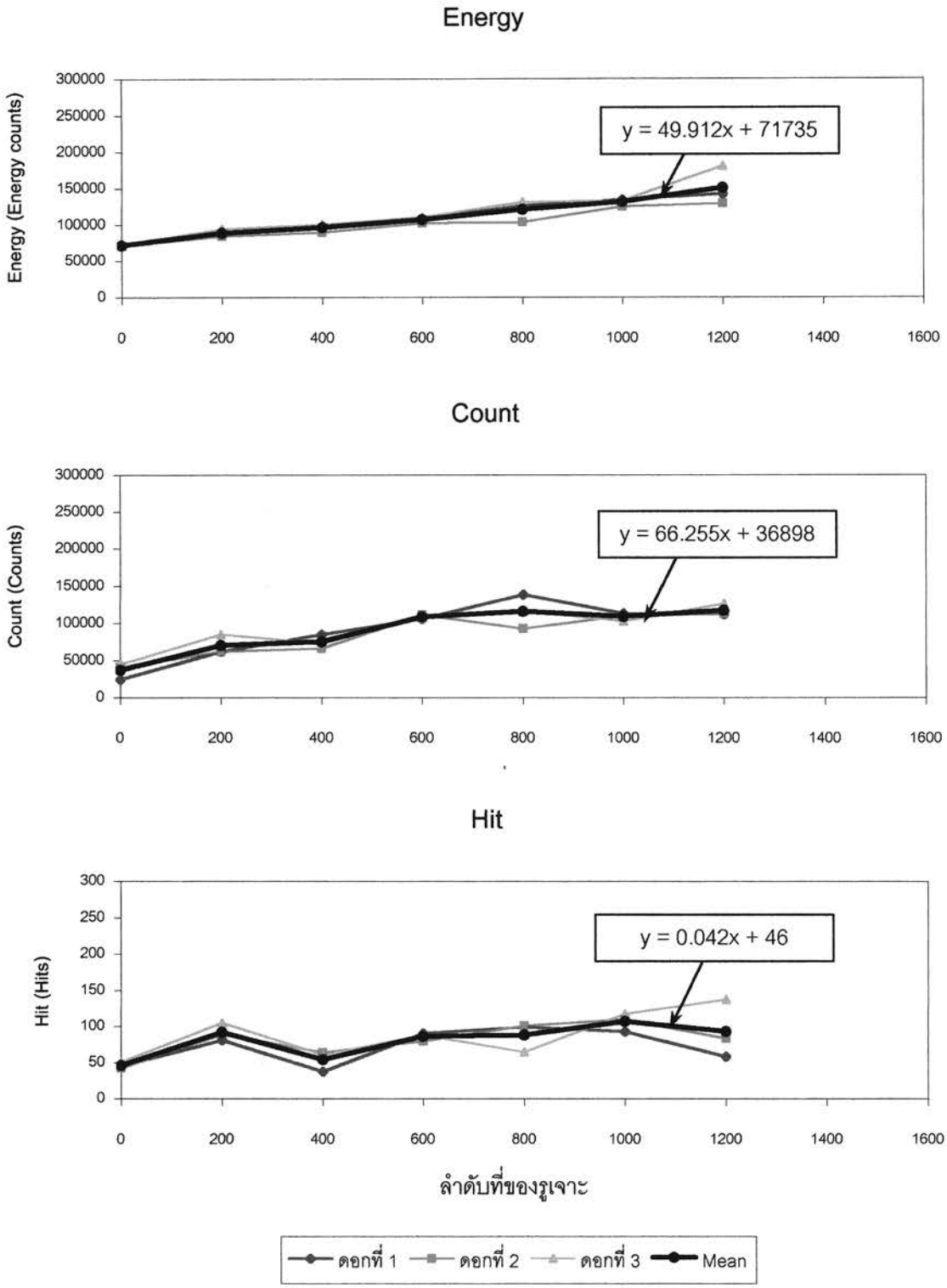
ค่า Count ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Count กับจำนวนรูเจาะคือ y = 13.171x + 46728 ในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมวัดค่า Count ได้ประมาณ 47,000 Counts เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ค่า Count ที่วัดได้เพิ่มขึ้นเป็น 82,000 Counts

ค่า Hit ที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 ค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงการทดลองคือ เฉลี่ยอยู่ที่ 40 Hits ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการของค่าเฉลี่ย Hit กับจำนวนรูเจาะคือ y = 0.002x + 40

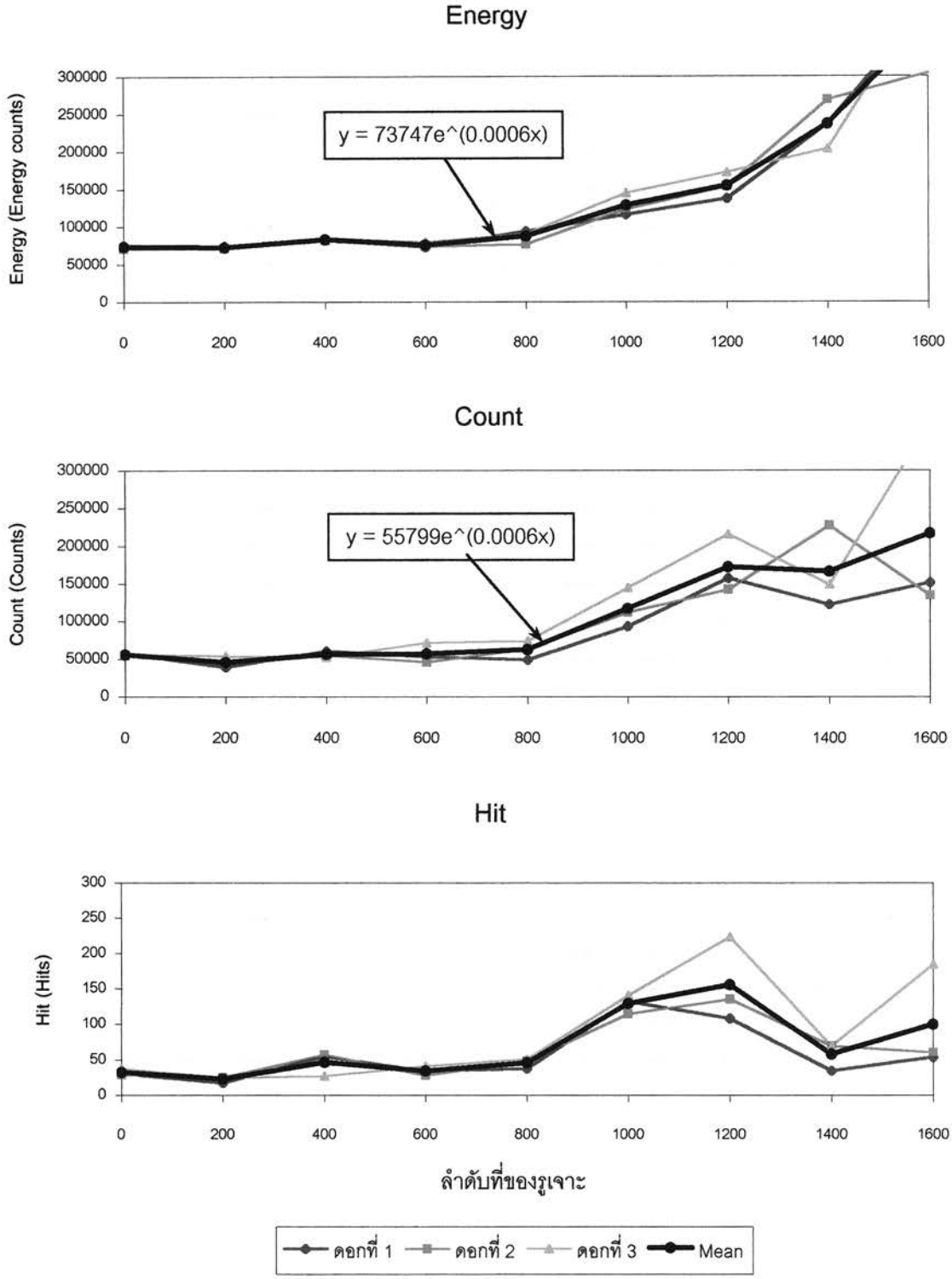


รูปที่ **4.1** ความสัมพันธ์ระหว่าง **Energy Count** และ **Hit** กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ **450** รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน **0.08** มิลลิเมตรต่อรอบ

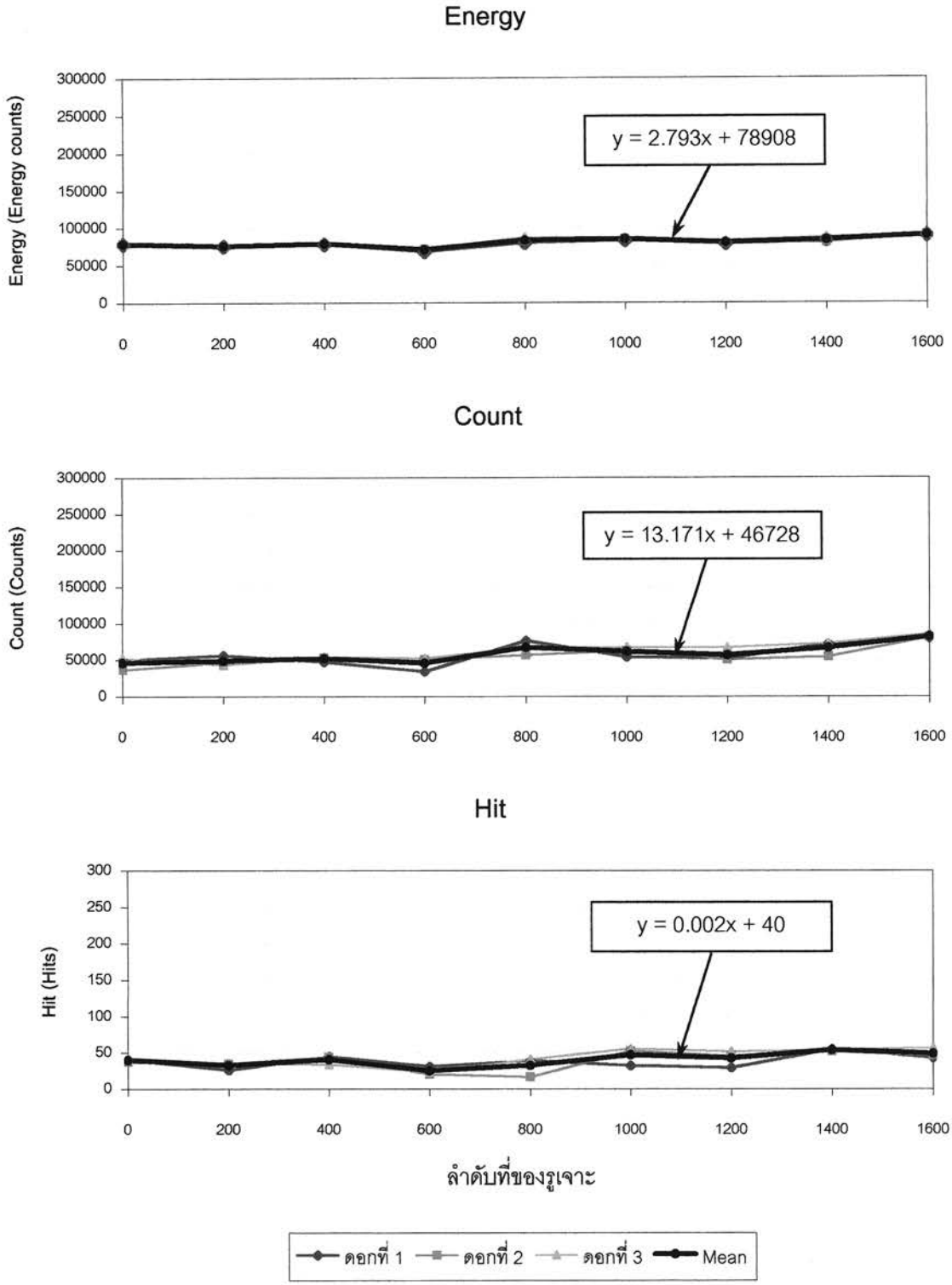
I21048563



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่าง Energy Count และ Hit กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ



รูปที่ **4.3** ความสัมพันธ์ระหว่าง **Energy Count** และ **Hit** กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ **710** รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน **0.08** มิลลิเมตรต่อรอบ

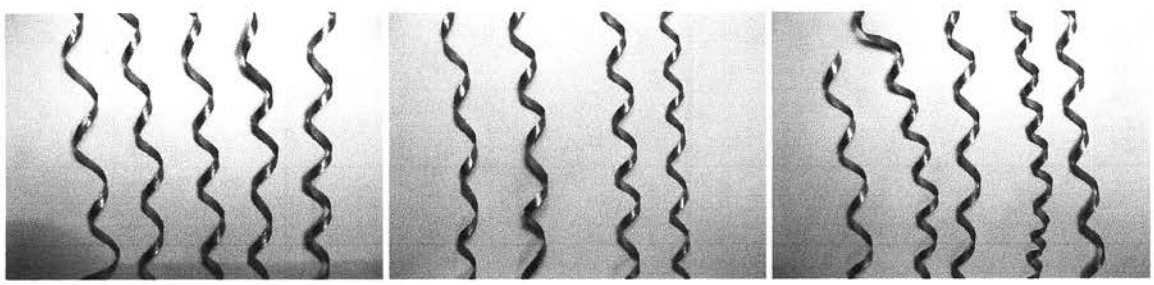


รูปที่ **4.4** ความสัมพันธ์ระหว่าง **Energy Count** และ **Hit** กับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ **710** รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน **0.20** มิลลิเมตรต่อรอบ

4.2 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก

ในการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก ได้เก็บเศษโลหะเพื่อศึกษาสภาพของการเจาะของดอกสว่านเป็นช่วงระยะตามจำนวนรูเจาะ เพื่อช่วยในเปรียบเทียบระหว่างความสัมพันธ์ของสัญญาณอะคูสติกกับลำดับที่ของรูเจาะในแต่ละเงื่อนไข

4.2.1 อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

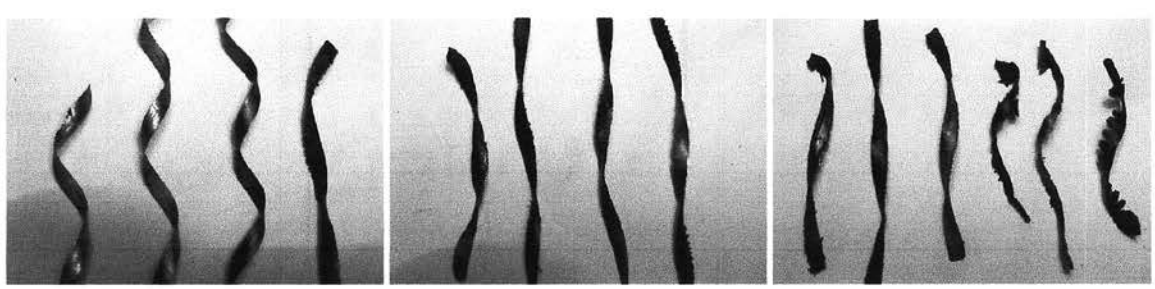


ช่วงรูเจาะที่ 1-400 ช่วงรูเจาะที่ 400-800 ช่วงรูเจาะที่ 800-1600

รูปที่ 4.5 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 1

ตลอดช่วงรูเจาะที่ 1-1600 เศษโลหะที่ได้เป็นเส้นต่อเนื่อง ขนาดเล็ก ยาว อ่อน บางและมีความยืดหยุ่นสูง ไม่ฉีกขาดง่าย ช่วงลำตัวเรียบและบิดกันเป็นเกลียว มีสีเงินวาว ดังแสดงในรูปที่ 4.5

4.2.2 อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ



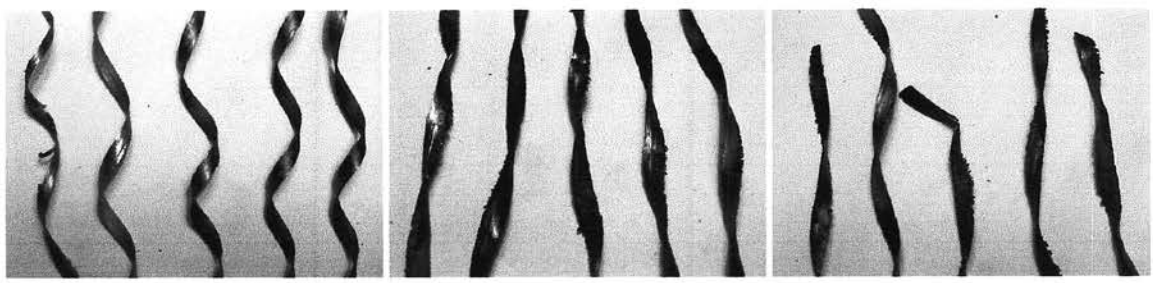
ช่วงรูเจาะที่ 1-400 ช่วงรูเจาะที่ 400-800 ช่วงรูเจาะที่ 800-1200

รูปที่ 4.6 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 2

ช่วงรูเจาะที่ 1-400 เศษโลหะที่ได้เป็นเส้นต่อเนื่อง ขนาดเล็ก ไม่ยาวมากนัก ช่วงลำตัวไม่เรียบ มีสีเงินวาวหรือสีน้ำตาลอ่อน ช่วงรูเจาะที่ 400-800 เศษโลหะที่ได้มีทั้งเส้นต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องปนกัน ขนาดเล็ก หนา แข็งและเปราะ หักง่าย ช่วงลำตัวไม่เรียบและส่วน

ใหญ่ลำตัวไม่ค่อยบิดกันเป็นเกลียว มีสีม่วงน้ำเงินหรือสีน้ำตาลไหม้ ช่วงรูเจาะที่ 800-1200 เศษโลหะที่ได้ส่วนใหญ่เป็นเส้นไม่ต่อเนื่อง ขนาดเล็ก หนา แข็งและเปราะ มักจะหักเป็นเศษเล็กๆ อยู่เสมอ ช่วงลำตัวไม่เรียบ มีสีม่วงน้ำเงินหรือสีน้ำตาลไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6

4.2.3 อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

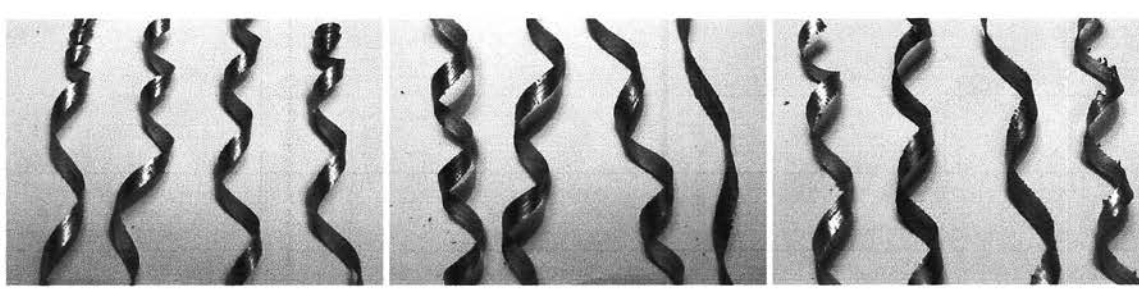


ช่วงรูเจาะที่ 1-400 ช่วงรูเจาะที่ 400-800 ช่วงรูเจาะที่ 800-1600

รูปที่ 4.7 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 3

ช่วงรูเจาะที่ 1-400 เศษโลหะที่ได้เป็นเส้นต่อเนื่อง ขนาดเล็ก อ่อนบาง ยาวและมีความยืดหยุ่นสูง ช่วงลำตัวเรียบและบิดกันเป็นเกลียว มีสีเงินวาวหรือสีน้ำตาลอ่อน ช่วงรูเจาะที่ 400-1600 เศษโลหะที่ได้มีทั้งเส้นต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องปนกัน ขนาดเล็กหรือใหญ่ปนกัน หนา แข็งและเปราะ หักง่าย ช่วงลำตัวไม่เรียบและส่วนใหญ่ลำตัวไม่ค่อยบิดกันเป็นเกลียวมากเหมือนช่วงต้น มีสีม่วงน้ำเงินหรือสีน้ำตาลไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 4.7

4.2.4 อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ



ช่วงรูเจาะที่ 1-400 ช่วงรูเจาะที่ 400-800 ช่วงรูเจาะที่ 800-1600

รูปที่ 4.8 ลักษณะของเศษโลหะจากการทดลองที่ 4

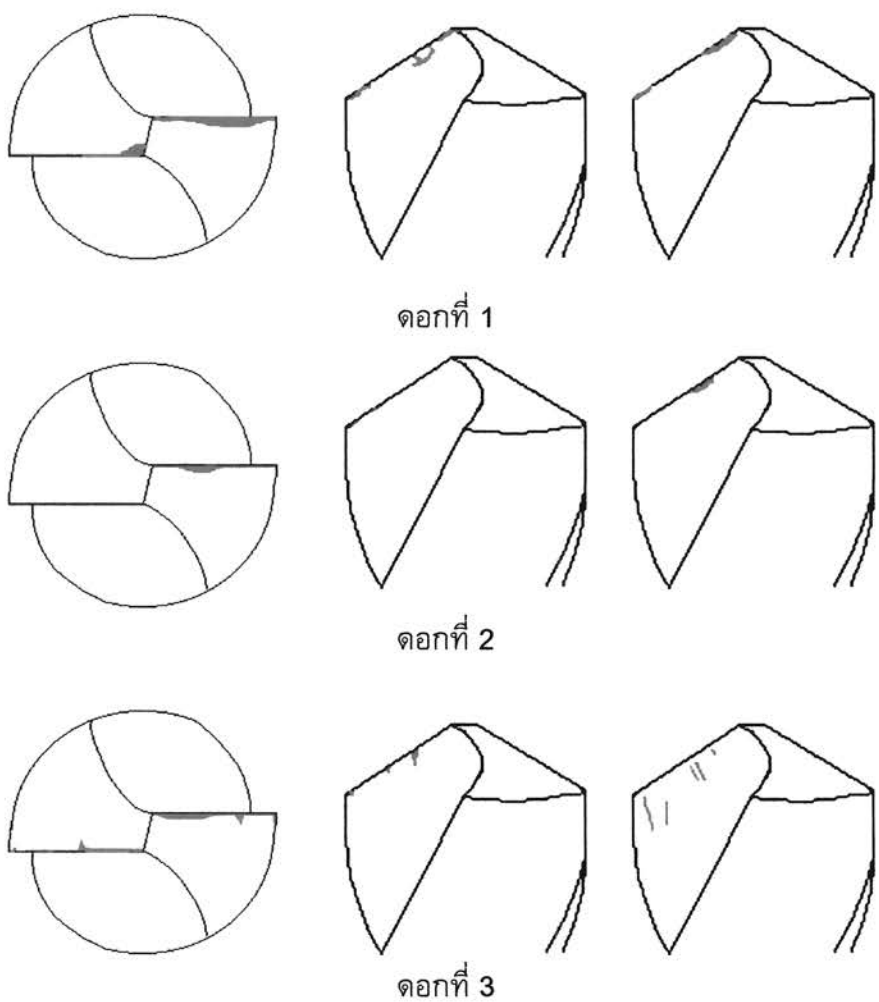
ช่วงรูเจาะที่ 1-800 เศษโลหะที่ได้เป็นเส้นต่อเนื่อง ขนาดเล็ก ยาว อ่อนบางและมีความยืดหยุ่นสูง ไม่ฉีกขาดง่าย ช่วงลำตัวเรียบและบิดกันเป็นเกลียว มีสีเงินวาว ช่วงรูเจาะที่

800-1600 เศษโลหะที่ได้เป็นเส้นต่อเนื่อง ขนาดเล็ก ยาว อ่อนบาง ช่วงลำตัวมีทั้งแบบเรียบและไม่เรียบปนกัน มีสีเงินวาวหรือสีน้ำตาลอ่อน

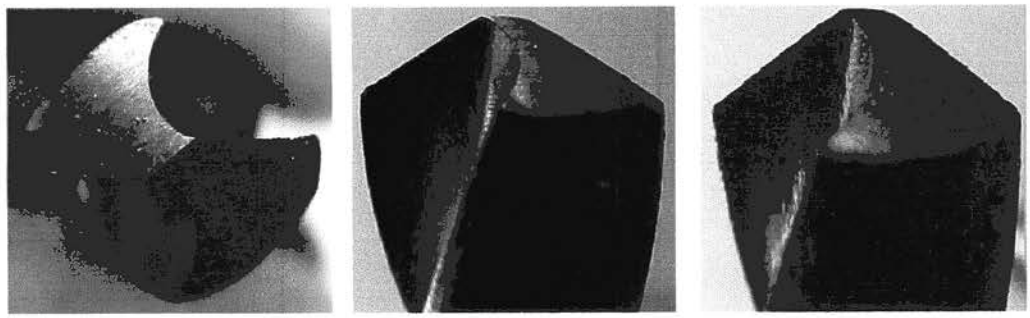
4.3 สภาพการสึกหรอของดอกสว่านจากการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก

4.3.1 อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

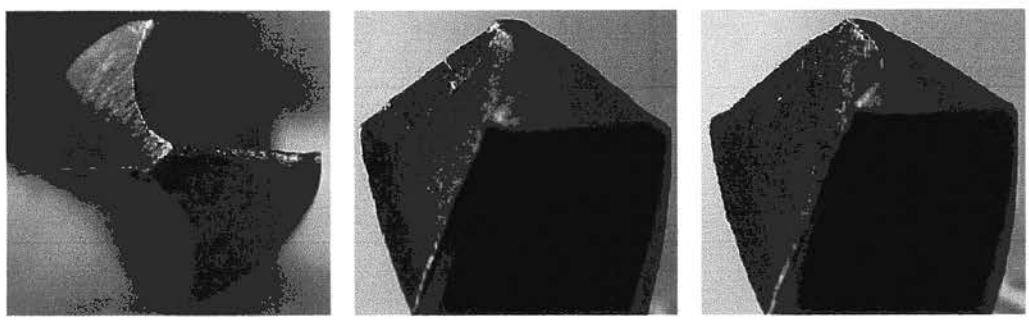
ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยตรงบริเวณคมตัด (Cutting Edge) หลังจากเจาะครบ 1600 รูเจาะ รูปที่ 4.9 แสดงตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่านทั้ง 3 ดอก ขณะที่รูปที่ 4.10 เป็นภาพถ่ายแสดงลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านทั้ง 3 ดอก เทียบกับดอกสว่านใหม่ พบว่าส่วนต่างๆ ของดอกสว่านยังคงมีสภาพดีแม้ว่าจะมีการสึกหรอของคมตัดเล็กน้อย มีลักษณะของการค่อยๆ สูญเสียเนื้อดอกสว่านในรูปของ Flank wear และ Crater wear แต่ยังสามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้



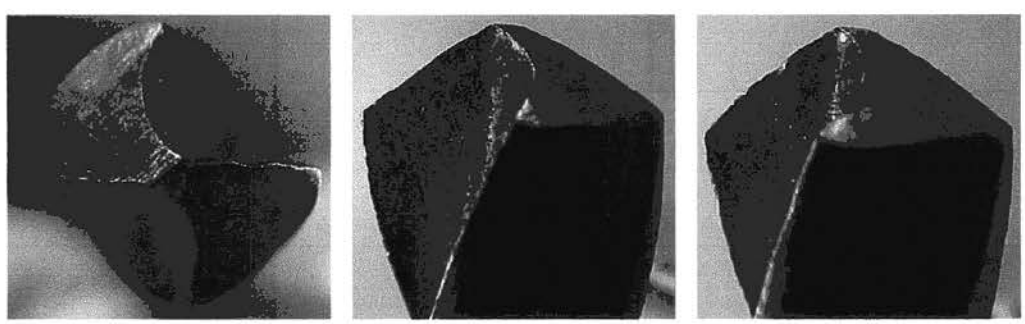
รูปที่ 4.9 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ



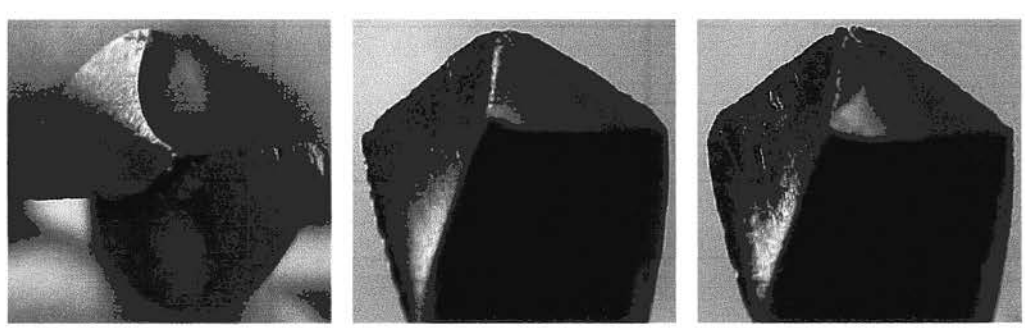
ดอกสว่านใหม่



ดอกที่ 1



ดอกที่ 2



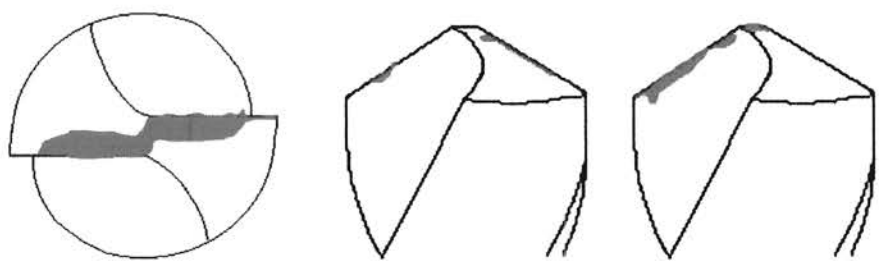
ดอกที่ 3

ด้านบน ด้านหน้า ด้านหลัง

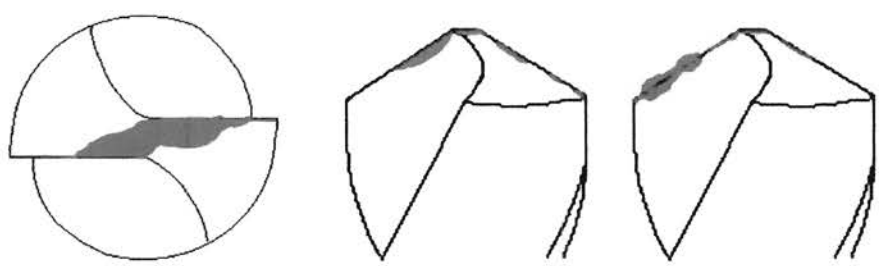
รูปที่ 4.10 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

4.3.2 อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

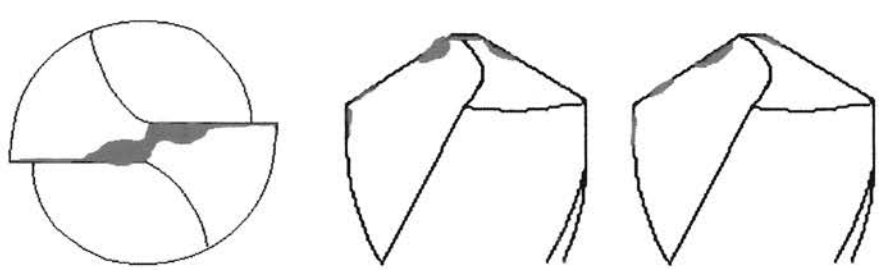
เงื่อนไขนี้ดอกสว่านไม่สามารถทำการทดลองเจาะได้ครบ 1600 รูเจาะ เนื่องจากดอกสว่านเกิดการสึกหรอสูงตรงบริเวณจุดนำศูนย์ (Dead Center) ทำให้ขณะเจาะด้วยวิธีการป้อนอัตโนมัติดอกสว่านดีดตัวกลับขึ้นมาทุกครั้ง การทดลองเจาะรูได้เพียง 1200 รูเจาะ บริเวณคมตัด (Cutting Edge) เกิดการสึกหรอสูง ดังแสดงตำแหน่งและลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านไว้ในรูปที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับ ความเสียหายที่ปลายดอกสว่านมีลักษณะเป็น Flank wear ประกอบรวมกับการแตกบิ่นของคมตัด ดอกสว่านต้องลับปลายดอกใหม่



ดอกที่ 1

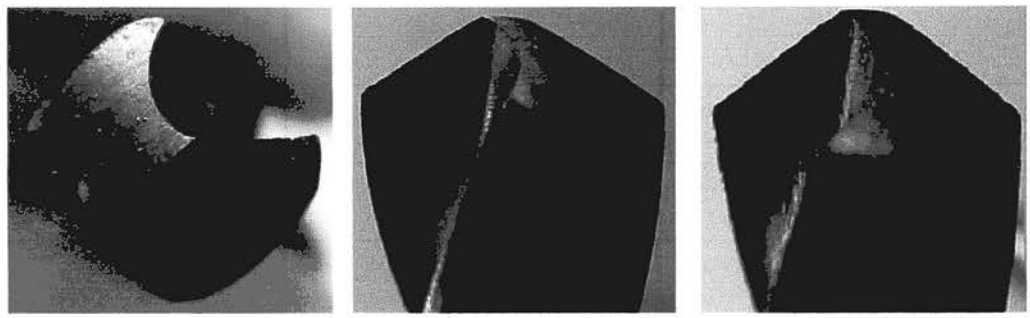


ดอกที่ 2

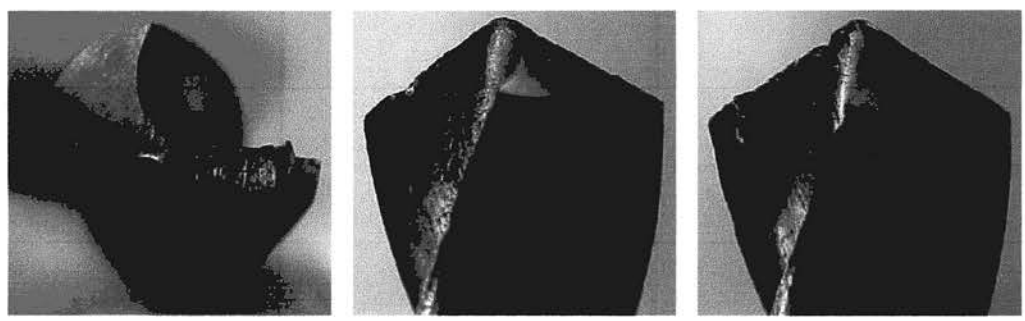


ดอกที่ 3

รูปที่ 4.11 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ



ดอกสว่านใหม่



ดอกที่ 1

ดอกที่ 2

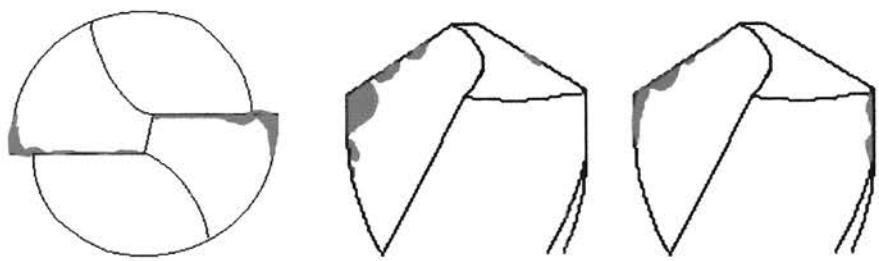
ดอกที่ 3

ด้านบน ด้านหน้า ด้านหลัง

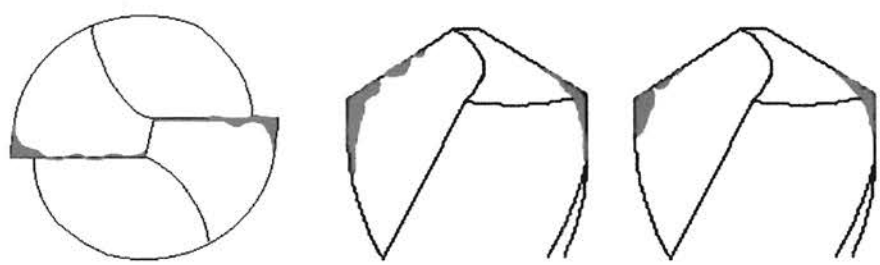
รูปที่ 4.12 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

4.3.3 อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

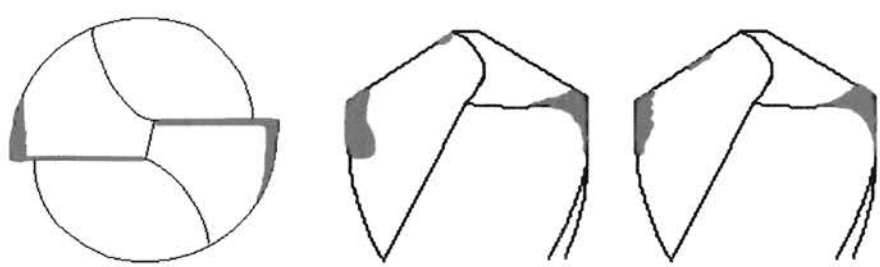
ดอกสว่านเกิดการสึกหรอสูงตรงบริเวณขอบของดอกสว่าน (Margin) และบริเวณคมตัด (Cutting Edge) มีการแตกบิ่นของปลายดอกสว่านรวมถึงการเกาะติดของเศษโลหะ ตำแหน่งและลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านแสดงไว้ในรูปที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ เมื่อทำการเจาะครบ 1600 รูเจาะ พบว่าดอกสว่านไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้อีก เนื่องจากเกิดเสียงดังมากในขณะเจาะและเครื่องเจาะมีอาการสั่น ซึ่งหากทำการเจาะต่อไปอาจทำให้เกิดอันตรายและความเสียหายได้



ดอกที่ 1

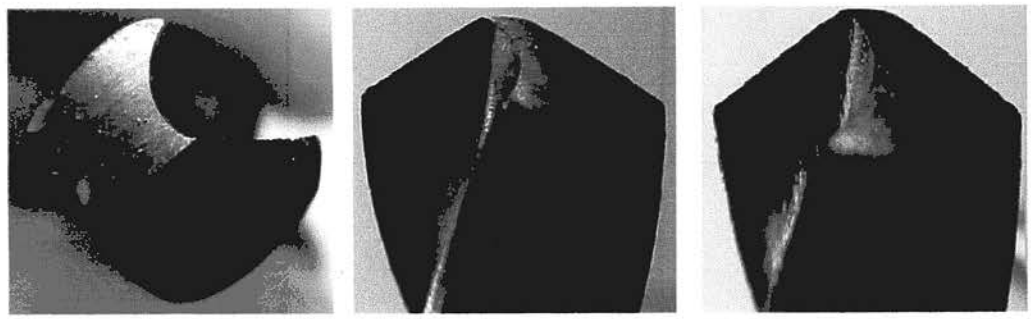


ดอกที่ 2



ดอกที่ 3

รูปที่ 4.13 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ



ดอกสว่านใหม่

ดอกที่ 1

ดอกที่ 2

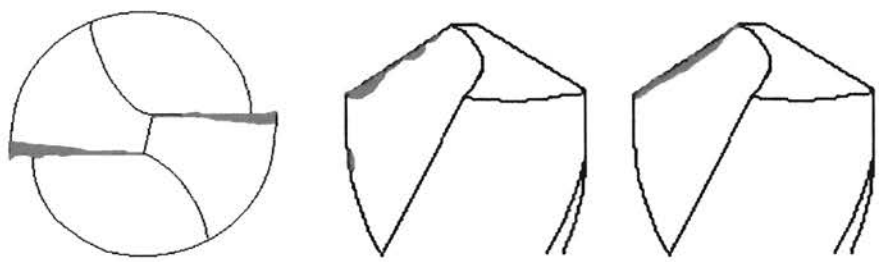
ดอกที่ 3

ด้านบน ด้านหน้า ด้านหลัง

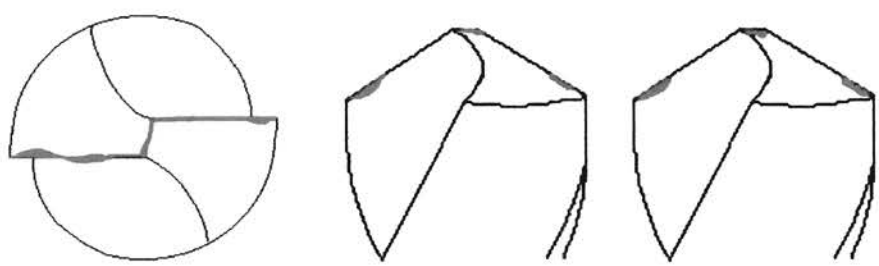
รูปที่ 4.14 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

4.3.4 อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

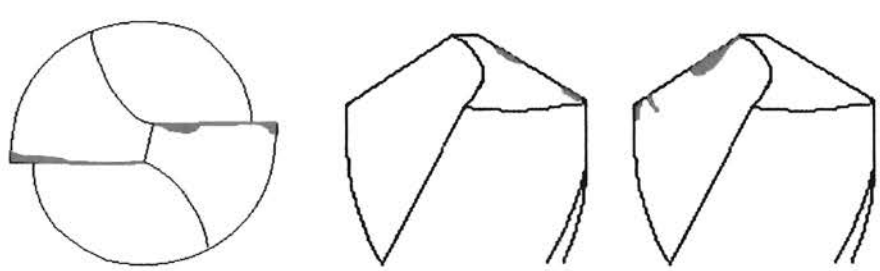
ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยตรงบริเวณคมตัด (Cutting Edge) และจุดนำศูนย์ (Dead Center) อยู่ในลักษณะของ Flank wear เมื่อทำการเจาะครบ 1600 รูเจาะ พบว่าดอกสว่านยังคงมีสภาพดี สามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้ รูปที่ 4.15 แสดงตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่านและรูปที่ 4.16 แสดงลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านจากการทดลองนี้



ดอกที่ 1

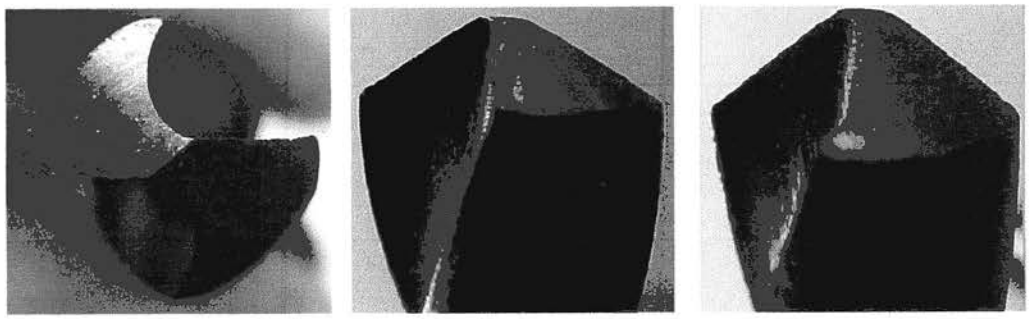


ดอกที่ 2

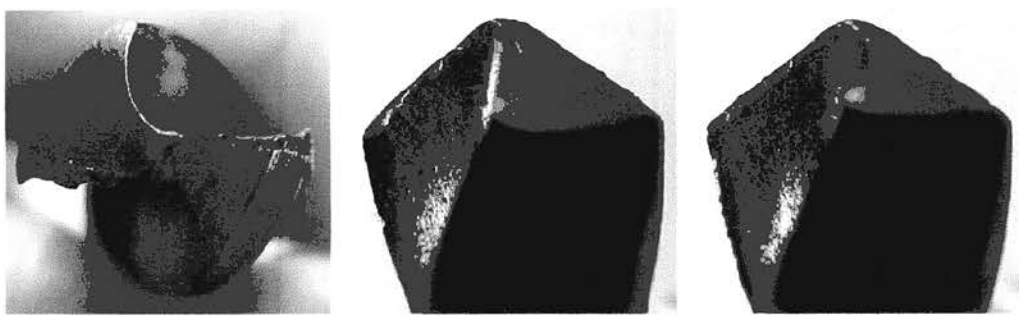


ดอกที่ 3

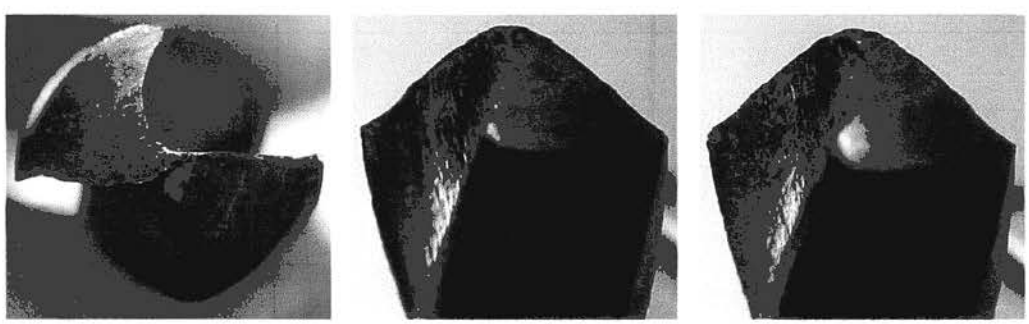
รูปที่ 4.15 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ



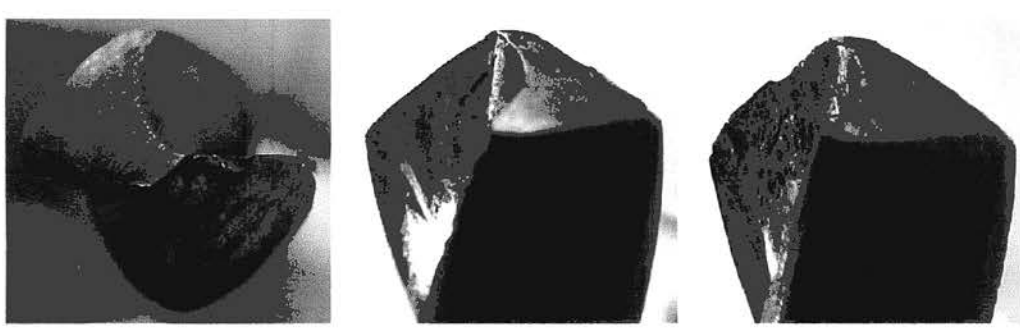
ดอกสว่านใหม่



ดอกที่ 1



ดอกที่ 2



ดอกที่ 3

ด้านบน ด้านหน้า ด้านหลัง

รูปที่ 4.16 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่าน
อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

4.4 ผลการทดลองวัดกำลังงาน

การวัดกำลังงานทำการทดลองทั้งหมด 9 เงื่อนไข แต่ละเงื่อนไขใช้ดอกสว่าน 1 ดอกทำการเจาะ 1600 รูเจาะ วัดกำลังงานเป็นช่วงๆละ 100 รูเจาะ การบันทึกข้อมูลเลือกเก็บเฉพาะค่ากำลังงานสูงสุดที่เครื่องเจาะต้องใช้ในการเจาะแต่ละรู ทำการบันทึกผลซ้ำกัน 10 รูเจาะ แล้วนำมาหาค่ากำลังงานเฉลี่ย สำหรับเป็นข้อมูลในการนำเสนอ

4.4.1 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที

อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

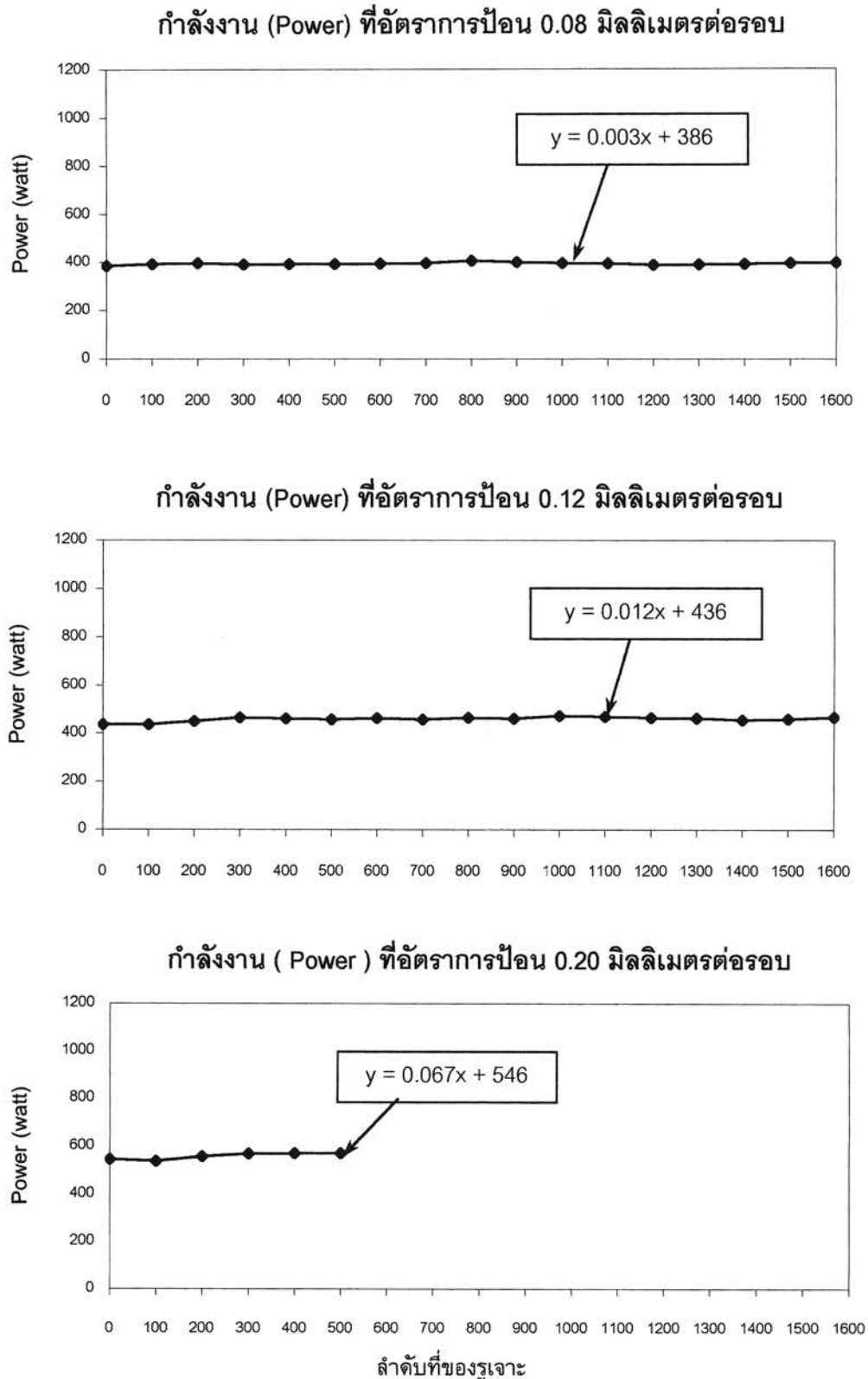
ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 ค่อนข้างคงที่แทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 386-397 วัตต์ ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ $y = 0.003x + 386$ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ พบว่าดอกสว่านยังคงมีสภาพดีแทบไม่มีการสึกหรอสามารถนำไปใช้งานต่อได้

อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 ค่อนข้างคงที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 436-467 วัตต์ ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ $y = 0.012x + 436$ ดังแสดงในรูปที่ 4.17 เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ พบว่าดอกสว่านยังมีสภาพดีเกิดการสึกหรอเล็กน้อยบริเวณคมตัด สามารถนำไปใช้งานต่อได้

อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

การทดลองนี้ไม่สามารถทำการเจาะได้ครบ 1600 รูเจาะ เนื่องจากเมื่อถึงลำดับรูเจาะที่ประมาณ 500-550 ดอกสว่านจะแตกบิ่นอยู่เสมอทำให้ไม่สามารถเจาะจำนวนรูมากตามที่ต้องการได้ กำลังงานที่วัดได้ตลอด 500 รูเจาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 546 วัตต์ เมื่อดอกสว่านแตกบิ่นวัดกำลังงานเฉลี่ยได้ 572 วัตต์ ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ $y = 0.067x + 546$ ดังแสดงในรูปที่ 4.17



รูปที่ **4.17** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที

4.4.2 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที

อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

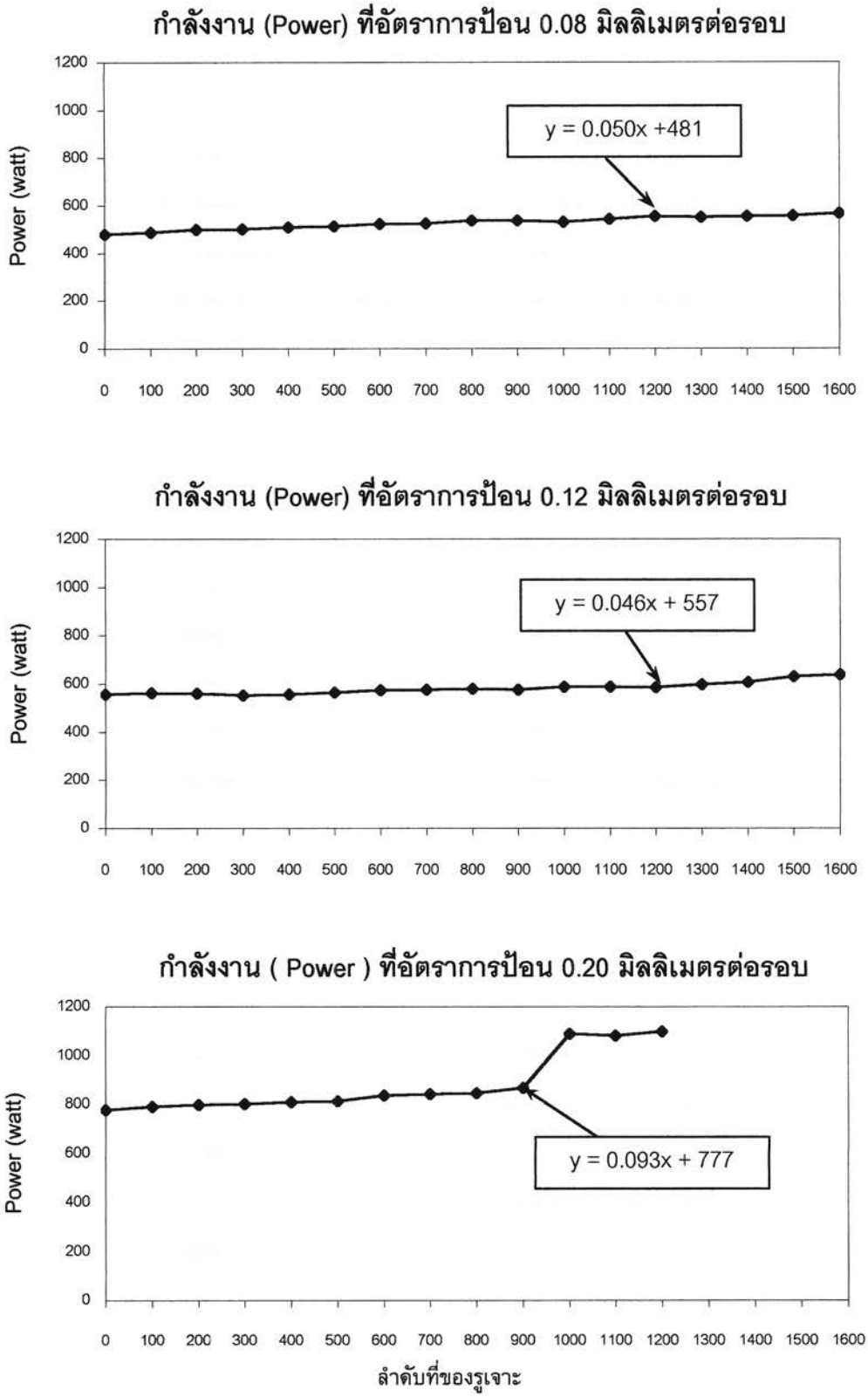
ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ y = 0.050x + 481 กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 481 วัตต์ เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ วัดกำลังงานเฉลี่ยได้ 566 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ดอกสว่านสึกหรอเล็กน้อยตรงบริเวณคมตัด โดยรวมแล้วดอกสว่านยังคงมีสภาพดี สามารถใช้ทำการเจาะต่อไปได้

อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ y = 0.046x + 557 กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 557 วัตต์ เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ วัดกำลังงานเฉลี่ยได้ 640 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยตรงบริเวณคมตัด ส่วนอื่นยังคงมีสภาพดีสามารถนำไปใช้งานต่อได้

อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

การทดลองนี้ไม่สามารถทำการเจาะได้ครบ 1600 รูเจาะ เนื่องจากเมื่อถึงช่วงรูเจาะที่ 850-1000 ดอกสว่านมีการสึกหรอค่อนข้างมากทำให้ไม่สามารถทำการเจาะต่อได้อีก โดยวิธีการป้อนอัตโนมัติ กำลังงานที่วัดได้ลดลงเนื่องจากดอกสว่านเจาะไม่ทะลุแผ่นเหล็ก แต่เมื่อผู้วิจัยทำการป้อนด้วยวิธีใช้มือรั้งคันโยกอัตโนมัติเพื่อไม่ให้ดีดตัวกลับ ทำให้เจาะต่อไปจนครบ 1200 รูเจาะ พบว่ากำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 777 วัตต์ กำลังงานที่วัดได้เมื่อถึงรูเจาะที่ 1200 มีค่าเฉลี่ย 1098 วัตต์ ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ y = 0.093x + 777 ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ดอกสว่านเกิดการสึกหรอสูงมากบริเวณจุดนำศูนย์และคมตัด



รูปที่ **4.18** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ **450** รอบต่อนาที

4.4.3 กำลังงานที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที

อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

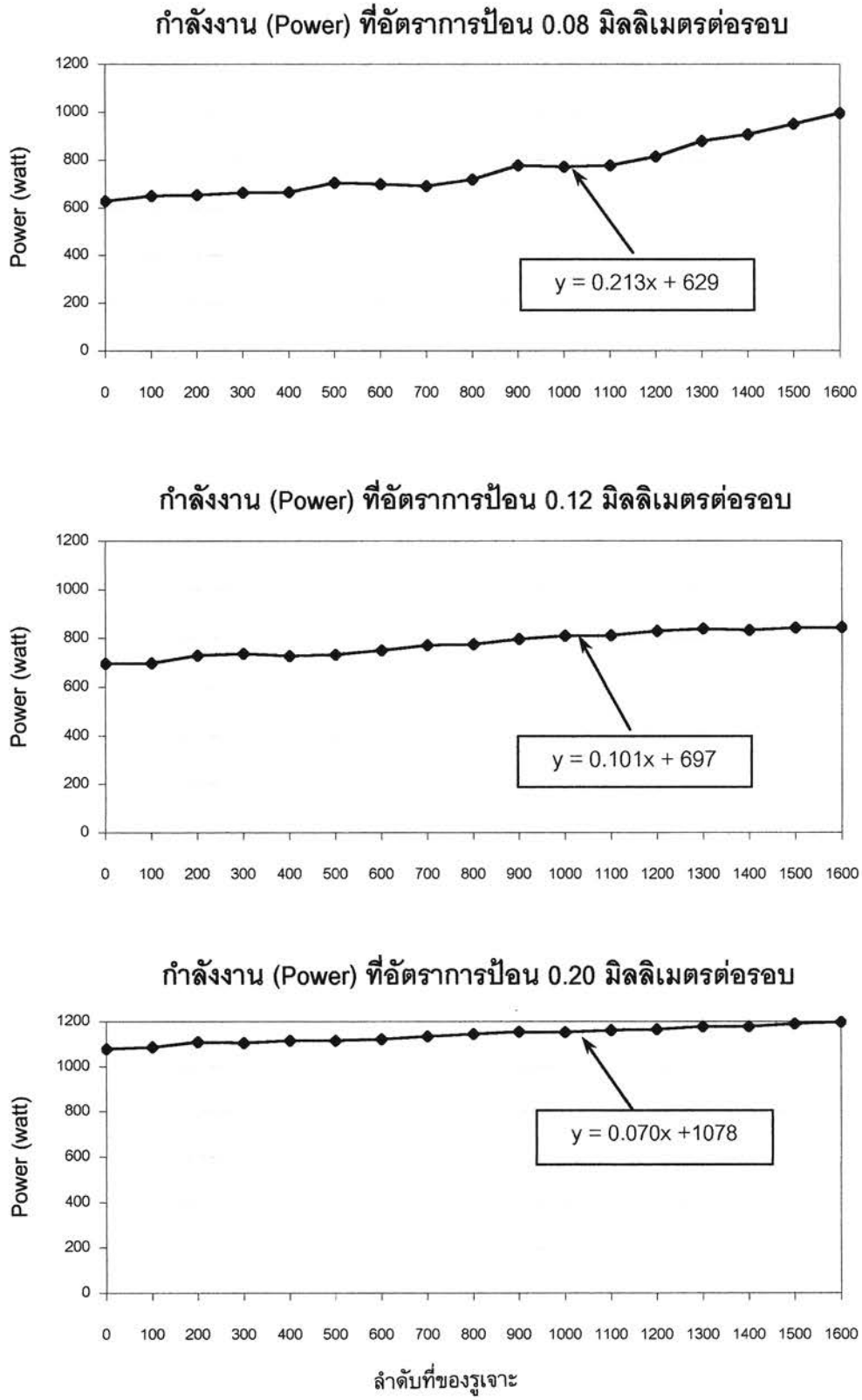
ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ y = 0.213x + 629 กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 629 วัตต์ เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ วัดกำลังงานเฉลี่ยได้ 996 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 ดอกสว่านไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้และเกิดการสึกหรอมากตรงบริเวณขอบของดอกสว่านและบริเวณคมตัด

อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ y = 0.101x + 697 กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 697 วัตต์ เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ วัดกำลังงานเฉลี่ยได้ 845 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 ดอกสว่านเกิดการสึกหรอตรงบริเวณคมตัด ส่วนอื่นยังคงมีสภาพดีสามารถนำไปใช้งานต่อได้

อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

ค่ากำลังงานที่วัดได้ช่วงรูเจาะที่ 1-1600 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน ความสัมพันธ์ที่ได้มีลักษณะเชิงเส้น สมการเฉลี่ยของกำลังงานคือ y = 0.070x + 1078 กำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และคมมีค่าเฉลี่ย 1078 วัตต์ เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ วัดกำลังงานเฉลี่ยได้ 1198 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 4.19 ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยตรงบริเวณคมตัด ส่วนอื่นยังคงมีสภาพดี สามารถนำไปใช้งานต่อได้

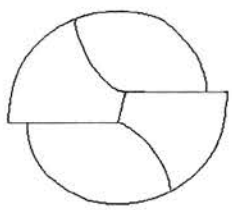
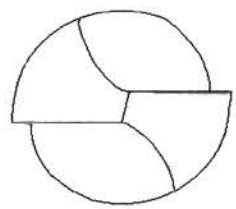
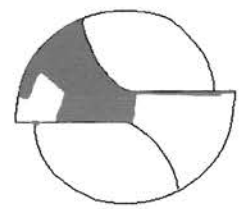


รูปที่ **4.19** ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับลำดับที่ของรูเจาะ ที่อัตราเร็วรอบ **710** รอบต่อนาที

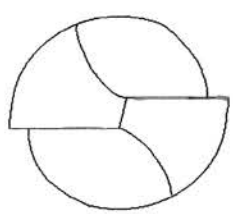
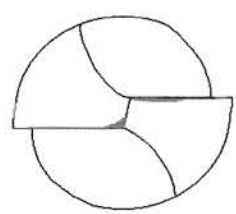
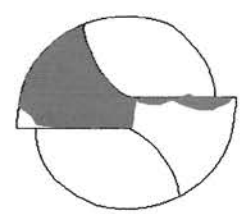
4.5 สภาพการสึกหรอของดอกสว่านจากการทดลองวัดกำลังงาน

ตำแหน่งและภาพถ่ายลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านหลังจากการทดลองวัดกำลังงานที่เงื่อนไขต่างๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.20 และ 4.21 ตามลำดับ

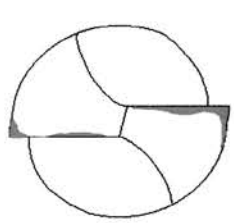
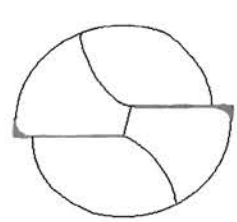
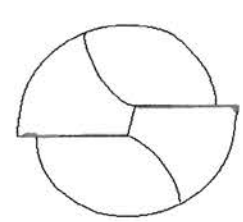
อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที

ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยบริเวณคมตัด	ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยบริเวณคมตัด	ดอกสว่านแตกบิ่น เงื่อนไขนี้ไม่สามารถเจาะต่อได้
		
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที

ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อยบริเวณคมตัด	ดอกสว่านสึกหรอบริเวณคมตัดและจุดนำศูนย์	ดอกสว่านสึกหรอสูงบริเวณจุดนำศูนย์และคมตัด ดอกสว่านไม่สามารถเจาะต่อได้
		
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที

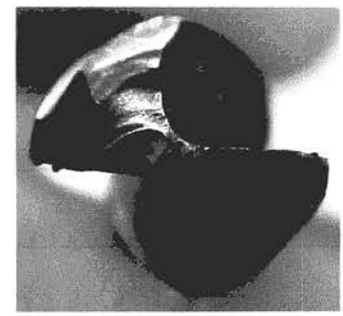
ดอกสว่านสึกหรอสูงบริเวณขอบของดอกสว่านและคมตัด ดอกสว่านไม่สามารถเจาะต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอบริเวณคมตัดและขอบของดอกสว่าน	ดอกสว่านสึกหรอบริเวณคมตัดและจุดนำศูนย์
		
อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ	อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูปที่ 4.20 ตำแหน่งการสึกหรอของปลายดอกสว่านในการทดลองวัดกำลังงาน

อัตราเร็วรอบ 280 รอบต่อนาที

อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

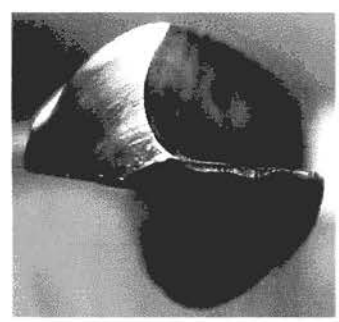
อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ



อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที

อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ



อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที

อัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราการป้อน 0.12 มิลลิเมตรต่อรอบ

อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ

รูปที่ 4.21 ลักษณะการสึกหรอของปลายดอกสว่านในการทดลองวัดกำลังงาน

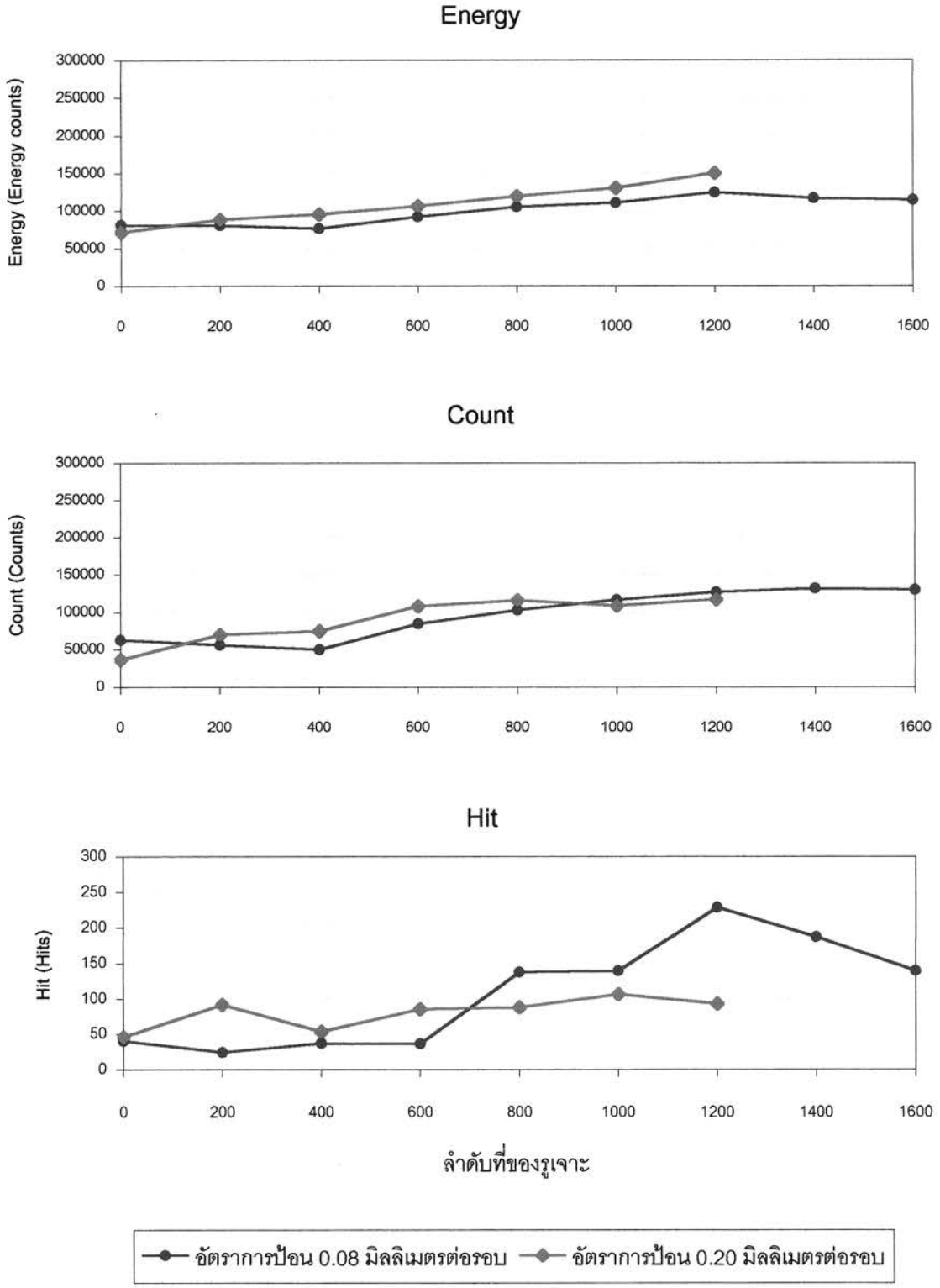
4.6 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ผลการทดลองในรูปที่ 4.22 – 4.24 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของสัญญาณอะคูสติกและกำลังงานเพื่อเปรียบเทียบกับลักษณะสภาพการสึกหรอของดอกสว่านที่เงื่อนไขการเจาะต่างๆ สรุปได้ดังนี้

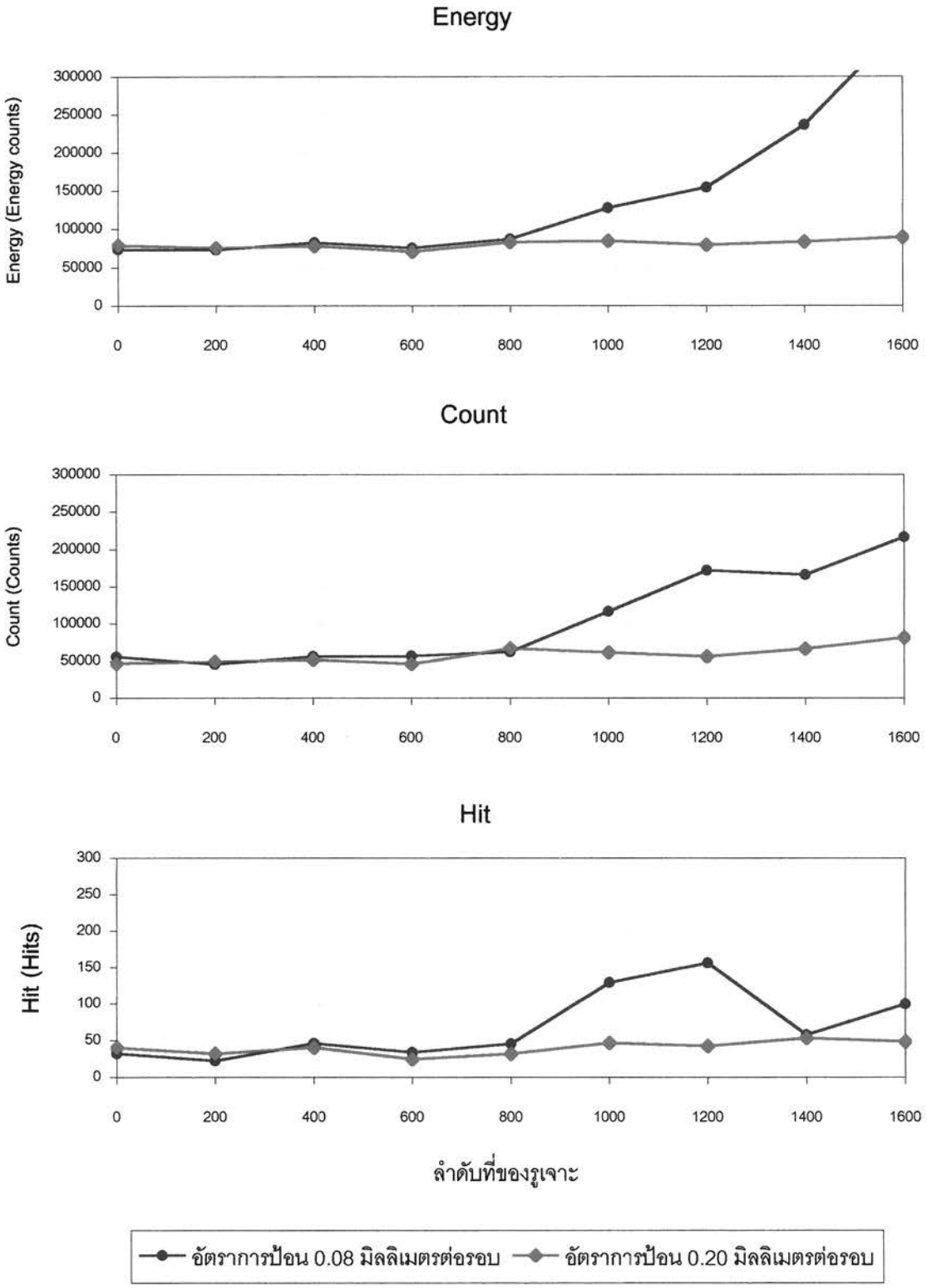
4.6.1 วิเคราะห์ผลการทดลองของสัญญาณอะคูสติก

ที่อัตราเร็วรอบ 450 รอบต่อนาที พบว่าค่า Energy และ Count ที่อัตราการป้อนต่ำมีค่าต่ำกว่าที่อัตราการป้อนสูง ในช่วงรูเจาะที่ 1-600 ที่อัตราการป้อนต่ำดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อย ค่า Energy Count และ Hit จึงแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลง ต่างจากที่อัตราการป้อนสูง ดอกสว่านเกิดการสึกหรออย่างต่อเนื่องทำให้พบว่าตลอดช่วงรูเจาะที่ 1-1200 สัญญาณอะคูสติก Energy Count และ Hit มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน แม้ว่าที่อัตราการป้อนต่ำจะใช้เวลาในการเจาะแต่ละรูเจาะค่อนข้างนาน ซึ่งเป็นผลให้มีระยะเวลาในการปลดปล่อยสัญญาณอะคูสติกยาวนานกว่าที่อัตราการป้อนสูง แต่ที่อัตราการป้อนต่ำดอกสว่านแทบไม่เกิดการสึกหรอและเศษโลหะที่ได้มีความต่อเนื่องและยืดหยุ่นสูงไม่ฉีกขาดง่ายเป็นผลให้แหล่งกำเนิดสัญญาณอะคูสติกในส่วนของเศษโลหะลดลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าการสึกหรอของดอกสว่านมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสัญญาณอะคูสติก

ที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที พบว่าค่า Energy Count และ Hit ที่อัตราการป้อนต่ำและอัตราการป้อนสูงในช่วงรูเจาะที่ 1-600 มีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาที่ดอกสว่านพบว่าในช่วงนี้ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเล็กน้อย จากนั้นในช่วงรูเจาะที่ 600-1600 ที่อัตราการป้อนต่ำดอกสว่านเกิดการสึกหรอค่อนข้างสูงมีลักษณะของการแตกบิ่นของคมตัดและมีการสึกหรอของขอบ (Margin) สูงและเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ลักษณะความเสียหายของดอกสว่านบ่งชี้ถึงอัตราเร็วรอบที่สูงเกินไป [14] ทำให้สัญญาณอะคูสติกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนต่างจากที่อัตราการป้อนสูงซึ่งพบว่าดอกสว่านเกิดการสึกหรอน้อย เป็นผลให้สัญญาณอะคูสติก Energy Count และ Hit มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในกรณีนี้จะเห็นว่าที่อัตราการป้อนต่ำสัญญาณอะคูสติกมีค่าสูงกว่าที่อัตราการป้อนสูง เนื่องมาจากการที่ดอกสว่านเกิดการสึกหรอสูงเป็นผลให้ลักษณะของเศษโลหะที่ได้จากการเจาะมีการเปลี่ยนไปจากเดิมที่เคยมีความต่อเนื่องและความยืดหยุ่นสูงมาเป็นเศษโลหะที่แข็ง เปราะ และแตกหักอยู่เสมอ ทำให้แหล่งกำเนิดสัญญาณอะคูสติกในส่วนนี้เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบคงที่ 450 รอบต่อนาที

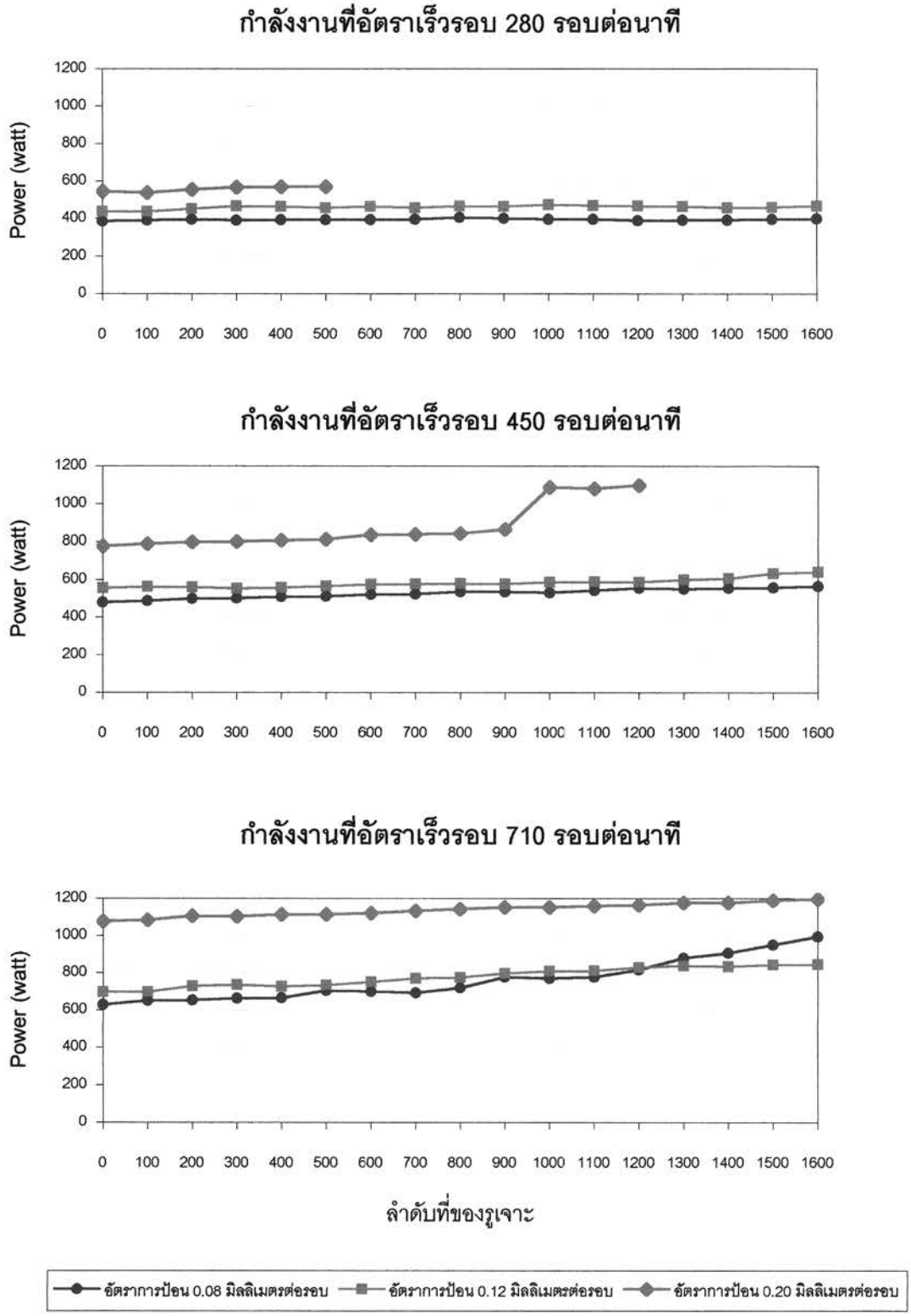


รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสัญญาณอะคูสติกที่อัตราเร็วรอบคงที่ 710 รอบต่อนาที

4.6.2 วิเคราะห์ผลการทดลองของกำลังงาน

เมื่อเปรียบเทียบที่อัตราเร็วรอบคงที่ 280 450 และ 710 รอบต่อนาที พบว่าค่ากำลังงานที่อัตราการป้อนต่ำมีค่าน้อยกว่าที่อัตราการป้อนสูงค่อนข้างชัดเจน เนื่องจากที่อัตราการป้อนต่ำการตัดเนื้อโลหะที่บางกว่าใช้แรงตัดน้อยกว่า ทำให้เครื่องเจาะใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าที่อัตราการป้อนสูง ส่งผลให้ค่ากำลังงานที่วัดได้ต่ำด้วยเช่นกัน

เมื่อพิจารณาในแต่ละเงื่อนไขของการทดลอง พบว่ากำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ทำการเจาะในขณะที่ดอกสว่านยังใหม่และมีความคมสูงมีค่าต่ำกว่ากำลังงานที่เครื่องเจาะใช้ในขณะที่ดอกสว่านทำการเจาะครบ 1600 รูเจาะ ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อดอกสว่านทำการเจาะครบตามจำนวนรูเจาะของในแต่ละเงื่อนไขแล้ว ดอกสว่านในบางเงื่อนไขเกิดการสึกหรอทำให้สูญเสียความคมในบางส่วนไป เช่น คมตัด จุดนำศูนย์หรือขอบคมของดอกสว่าน ทำให้การเจาะในแต่ละครั้งดอกสว่านต้องใช้แรงในการเจาะมากขึ้นซึ่งเป็นผลให้กำลังงานที่ใช้เพิ่มสูงขึ้น สรุปได้ว่ากำลังงานที่เครื่องเจาะใช้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามการสึกหรอของดอกสว่าน และพบว่ากำลังงานที่วัดได้มีความสม่ำเสมอในการเพิ่มขึ้นและมีความแปรปรวนน้อย ความสัมพันธ์ที่ได้ส่วนใหญ่มีลักษณะเชิงเส้น เมื่อมีการสึกหรอมากอัตราการเพิ่มขึ้นของกำลังงานจะสูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบกำลังงานที่อัตราเร็วรอบคงที่ 280 450 และ 710 รอบต่อนาที

4.6.3 การสึกหรอของดอกสว่าน

เนื่องจากการทดลองกระทำที่อัตราเร็วรอบและอัตราการป้อนในช่วงกว้างตามความสามารถเครื่องเจาะ พบว่าสภาพการเจาะบางเงื่อนไขไม่เหมาะสมสำหรับดอกสว่านเหล็กกล้าไฮสปีด ได้แก่ อัตราการป้อน 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ ที่อัตราเร็วรอบ 280 และ 450 รอบต่อนาที ดอกสว่านเกิดความเสียหายในลักษณะการแตกบิ่นเนื่องมาจากอัตราการป้อนที่สูงเกินไป และที่อัตราเร็วรอบ 710 รอบต่อนาที ดอกสว่านมีการสึกหรอที่ขอบของดอกสว่านโดยเฉพาะเมื่ออัตราการป้อน 0.08 มิลลิเมตรต่อรอบ ดอกสว่านมี Margin wear สูงเนื่องมาจากอัตราการป้อนต่ำดอกสว่านใช้เวลาในการเจาะนานเทียบกับอัตราการป้อนที่สูงกว่า 0.12 และ 0.20 มิลลิเมตรต่อรอบ ผลสรุปลักษณะการสึกหรอของดอกสว่านจากการทดลองสัญญาณอะคูสติกและการวัดกำลังงานแสดงไว้ในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 สรุปลักษณะการสึกหรอของดอกสว่านในการทดลองวัดสัญญาณอะคูสติก

อัตราเร็วรอบ	อัตราการป้อน (มิลลิเมตรต่อรอบ)	
(รอบต่อนาที)	0.08	0.2
450	ดอกสว่านสึกหรอเล็กน้อยบริเวณคมตัดและผิวร่องคายเศษโลหะ มีลักษณะเป็น Flank wear และ Crater wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดีสามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอสูงมากบริเวณคมตัดและเกิดการแตกบิ่นของจุดนำศูนย์ มีลักษณะเป็น Flank wear และ Chisel edge wear ดอกสว่านเจาะได้เพียง 1200 รูเจาะ และเกิดความเสียหายจนไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้
710	ดอกสว่านสึกหรอสูงบริเวณคมตัดและมีการแตกบิ่นของขอบของดอกสว่าน รวมถึงมีการเกาะติดของเศษโลหะ ลักษณะรูปแบบการสึกหรอเป็น Flank wear และ Margin wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านเสียหาย ไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอเล็กน้อยบริเวณคมตัด ผิวร่องคาย และจุดนำศูนย์ มีลักษณะเป็น Flank wear Crater wear และ Chisel edge wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดีสามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้

ตารางที่ 4.2 สรุปลักษณะการสึกหรอของดอกสว่านในการทดลองวัดกำลังงาน

อัตราเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราการป้อน (มิลลิเมตรต่อรอบ)		
	0.08	0.12	0.2
280	ดอกสว่านสึกหรอเล็กน้อย บริเวณคมตัด เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดี สามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอเล็กน้อย บริเวณคมตัด เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดี สามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้	ดอกสว่านแตกบิ่นอยู่เสมอ ในเงื่อนไขนี้ทำการเจาะได้เพียง 500 รูเจาะ ดอกสว่านไม่สามารถทำการทดลองต่อได้
450	ดอกสว่านสึกหรอเล็กน้อย บริเวณคมตัดและผิวร่องคาย มีลักษณะเป็น Flank wear และ Crater wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดีสามารถนำไปใช้ไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอบริเวณคมตัดและจุดนำศูนย์ มีลักษณะเป็น Flank wear และ Chisel edge wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดี สามารถนำไปใช้งานหรือทำการเจาะเพิ่มต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอสูง บริเวณคมตัดและมีการแตกบิ่นของจุดนำศูนย์มีลักษณะเป็น Flank wear และ Chisel edge wear ในเงื่อนไขนี้ทำการเจาะได้เพียง 1200 รูเจาะ ดอกสว่านไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้
710	ดอกสว่านสึกหรอสูง บริเวณคมตัดและเกิดการแตกบิ่นที่ขอบของดอกสว่าน มีลักษณะเป็น Flank wear และ Magin wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านเสียหายจนไม่สามารถนำไปใช้งานต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอบริเวณคมตัดแและขอบของดอกสว่าน มีลักษณะเป็น Flank wear และ Margin wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านสามารถนำไปใช้งานต่อได้	ดอกสว่านสึกหรอบริเวณคมตัดและจุดนำศูนย์มีลักษณะเป็น Flank wear และ Chisel edge wear เมื่อเจาะครบ 1600 รูเจาะ ดอกสว่านยังคงมีสภาพดี สามารถนำไปใช้งานต่อได้