

การเจาะเหล็กกล้าด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต



นางสาวชุติมณฑน์ เมธี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2564

THE STEEL DRILLING BY MULTINITE-COATED HIGH SPEED STEEL
DRILL



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Materials Engineering
Suranaree University of Technology
Academic 2021

การเจาะเหล็กกล้าด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต

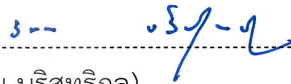
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารธุรกิจ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผศ. ดร.อุษณีย์ กิตกัณธร)

ประธานกรรมการ



(ผศ. ดร.รัตน ประสิทธิ์กุล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(ผศ. ดร.กฤษิต มิตรสมหวัง)

กรรมการ



(ผศ. ดร.เสกสรร ไชยจิตต์)

กรรมการ



(รศ. ดร.ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

และประกันคุณภาพ



(รศ. ดร.พรศิริ จงกล)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

ชุตินพนธ์ เมฆี : การเจาะเหล็กกล้าด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์
(THE STEEL DRILLING BY MULTINITE-COATED HIGH SPEED STEEL DRILL)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตน บริสุทธิกุล, 87 หน้า.

คำสำคัญ: การสึกหรอ/ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง/ตัวแปรการตัดเฉือน/คุณภาพรูเจาะ

การเจาะเป็นกระบวนการสร้างรูบนชิ้นงานเพื่อใช้ประโยชน์จากรูเจาะ เช่น ใช้ในการจับยึดระหว่างชิ้นส่วน การถ่วงน้ำหนัก เป็นต้น ขณะเจาะรูดอกสว่านจะเสียดสีกับชิ้นงานและเศษโลหะจึงเกิดการสึกหรอ การสึกหรอของดอกสว่านส่งผลเสียต่อคุณภาพของรูเจาะ ดังนั้นเพื่อเพิ่มความต้านทานการสึกหรอของดอกสว่าน การปรับปรุงพื้นผิวดอกสว่านด้วยการเคลือบมัลติไนต์จึงน่าจะเป็นตัวเลือกสำหรับช่วยเพิ่มความต้านทานการสึกหรอของดอกสว่าน อย่างไรก็ตามยังไม่มีผลที่แสดงว่าการเคลือบมัลติไนต์ช่วยเพิ่มอายุการใช้งานดอกสว่าน ดังนั้นผลกระทบของการเคลือบมัลติไนต์ต่อความต้านทานการสึกหรอและคุณภาพของรูเจาะด้วยดอกสว่านจึงถูกศึกษาในการศึกษานี้ โดยใช้ดอกสว่าน 2 ประเภท 1) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่เคลือบมัลติไนต์และ 2) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว เพื่อสร้างรูที่มีความลึก 30 มิลลิเมตร บนเหล็กกล้าเกรด SS400 ใช้ความเร็วรอบในการหมุน 800 1100 และ 1400 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 120 135 และ 150 มิลลิเมตรต่อนาทีเป็นตัวแปรในการเจาะ ขณะที่การเจาะมีการวัดแรงบิดและแรงกดด้วยเซ็นเซอร์ตรวจจับแรง และวัดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านโดยเทคนิคภาพซ้อนทับ หลังการเจาะรูเจาะจะถูกนำไปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง วัดความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอก และความหยาบของพื้นผิว ผลการศึกษาพบว่าความแข็งผิวที่สูงกว่าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ทำให้เกิดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดที่ต่ำกว่าเกือบทุกสภาวะการเจาะยกเว้นสภาวะการเจาะกรณีที่มีการกินเนื้อต่อรอบการเจาะสูง นอกจากนี้การสึกหรอบนคมตัดของดอกสว่านส่งผลต่อความหยาบผิวของรูเจาะ

สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษาชุตินพนธ์ เมฆี.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาดร.รัตน บริสุทธิกุล.....

CHUTIMON MAKEE : THE STEEL DRILLING BY MULTINITE-COATED HIGH SPEED
STEEL DRILL. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. RATTANA BORRISUTTHEKUL,
Ph.D., 87 PP.

Keyword: Wear/High Speed Steel Drill Bit/Cutting Parameter/Hole Quality

Drilling is the process to create holes which are used to join the parts on the workpiece. The abrasion between drill bits and workpiece as well as metal chip are causes of wear of drill bits. Wear of drill bits have an adverse effect on the quality of the drilling hole. Thus, multinite coating is introduced in order to increase the wear resistance of the drill bits. However, there is no research works that has been done to reveal the effects of the multinite coating on drill life. Therefore, the effects of the multinite coating on the wear resistance of drill bit and the drill hole quality have been investigated. Two types of drill bits 1) the multinite coated high speed steel drill bits, and 2) the uncoated high speed steel drill bits, were used to create the holes with 30 mm of depth on SS400 steel. The drilling parameters were 800, 1100, and 1400 rpm of rotation speed and 120, 135, and 150 mm/min of the feed rate. The thrust force and the cutting torque during drilling were measured by the force sensor. Also, the flank wear on the drill bits were measured by overlap image technique. Moreover, the diameter, the tolerance of cylindrical, and the surface roughness of the holes were measured. Results showed that the higher surface hardness of the multinite coated high speed steel drill bits led to the lower flank wear in almost drilling conditions except high cutting depth per revolution. In addition, the wear on the cutting edge of the drill affects the surface roughness of the drill hole.

School of Metallurgical Engineering
Academic Year 2021

Student's Signature
Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องด้วยความกรุณาให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำอย่างดียิ่งทั้งในด้านวิชาการ และการดำเนินงานวิจัยจากบุคคลหลายฝ่ายที่ต้องกราบขอบพระคุณ ณ ที่นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตน บริสุทธิกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้สละเวลาอันมีค่ารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ทั้งยังเมตตาให้การอบรม สั่งสอน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งกรุณาให้คำชี้แนะและตรวจพิจารณาแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุษณีย์ กิตติภัทร ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษิต มิตรสมหวัง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสกสรร ไชยจิตต์ กรรมการ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาชี้แนะแนวทาง และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย ตลอดจนศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึงบุคลากรประจำศูนย์เครื่องมือทุกท่านที่ให้ความสะดวกในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท นิฮอน เทคโนโลยี ฮีท เม็นท์ จำกัด ที่มีส่วนในการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านและให้กำลังใจที่ดีเสมอมา อีกทั้งขอขอบคุณนายชวกร เมธี นายสถาพร ศรีนวล ญาติผู้ใหญ่ ลูกพี่ลูกน้องและหน่วยวิจัยการประยุกต์ใช้โลหะวิทยาเพื่อการขึ้นรูปโลหะทุกคนที่ให้คำชี้แนะ ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจให้เสมอมา คุณความดีของวิทยานิพนธ์นี้ทั้งหมดขอยกให้บิดามารดา ครูบาอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน ส่วนข้อบกพร่องทั้งหมดผู้วิจัยขอน้อมรับแต่เพียงผู้เดียว

ชุตินมพันธ์ เมธี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.5 รายการอ้างอิง	5
2 ปรีทัศน์วรรณกรรม.....	6
2.1 การเจาะ.....	6
2.1.1 ดอกสว่าน (Drill bits).....	6
2.1.1.1 ดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (High speed steel drill bit).....	6
2.1.1.2 ดอกสว่านคาร์ไบด์ (Carbide drill bit).....	7
2.1.2 ส่วนประกอบของดอกสว่าน (Parts of Drill Bit).....	7
2.1.3 ตัวแปรการเจาะ.....	8
2.2 การสีกรอ.....	9
2.2.1 กลไกการสีกรอ.....	10
2.3 การสีกรอของดอกสว่าน.....	12
2.4 การปรับปรุงผิวดอกสว่านด้วยกระบวนการมัลติไนต์ (Multinite process).....	13
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
2.6 รายการอ้างอิง.....	19
3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง.....	21
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.1	วัสดุ.....	21
3.1.1.1	ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง (High speed steel drill).....	21
3.1.1.2	เหล็กเพลาเกรด SS400.....	22
3.1.2	อุปกรณ์.....	23
3.1.2.1	อุปกรณ์สำหรับเตรียมชิ้นงานก่อนนำไปทดสอบเจาะด้วยดอกสว่าน.....	23
3.1.2.2	อุปกรณ์สำหรับการเจาะทดสอบ.....	23
3.1.2.3	อุปกรณ์สำหรับการวัดและการตรวจสอบ.....	26
3.2	วิธีการทดลอง.....	28
3.2.1	เตรียมชิ้นงานที่จะเจาะรู.....	28
3.2.2	กระบวนการเจาะ.....	29
3.2.3	วัดขนาดการสึกหรอ.....	31
3.2.4	วัดคุณภาพของรูจากการเจาะ.....	32
4	การเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวมัลติโคต.....	34
4.1	บทนำ.....	34
4.2	วิธีการทดลอง.....	34
4.3	ผลการทดลอง.....	35
4.3.1	การตรวจสอบดอกสว่านด้วยตาเปล่า.....	35
4.3.2	วัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่าน.....	37
4.3.3	แรงกดและแรงบิดของดอกสว่านเมื่อเจาะลงบนชิ้นงาน.....	39
4.3.4	ความหยาบผิวของรูจากการเจาะ.....	41
4.3.5	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูหลังการเจาะ.....	42
4.3.6	ความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะ.....	43
4.4	วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	43
4.5	สรุปผลการทดลอง.....	44
4.6	รายการอ้างอิง.....	44
5	อิทธิพลของตัวแปรการเจาะที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านและคุณภาพของรูเจาะ.....	46
5.1	บทนำ.....	46
5.2	วิธีการทดลอง.....	46
5.3	ผลการทดลอง.....	47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.3.1	การตรวจสอบดอกส่วานด้วยตาเปล่า.....	47
5.3.2	วัดขนาดการสีหรือด้านข้างบนคมตัดของดอกส่วาน.....	51
5.3.3	แรงกดและแรงบิดของดอกส่วาน.....	54
5.3.4	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูหลังการเจาะ.....	56
5.3.5	ความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะ.....	58
5.3.6	ความหยาบผิวของรูจากการเจาะ.....	61
5.4	วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	67
5.5	สรุปผลการทดลอง.....	67
5.6	รายการอ้างอิง.....	67
6	บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	69
6.1	บทสรุป.....	69
6.2	ข้อเสนอแนะ.....	70
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก.	ตัวอย่างโค้ดที่ใช้ในการเจาะชิ้นงานที่ 10 รู.....	71
ภาคผนวก ข.	บทความวิชาการที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา.....	74
ภาคผนวก ค.	รางวัลนำเสนอผลงานวิชาการยอดเยี่ยม.....	84
ประวัติผู้เขียน.....		87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะของดอกสว่าน.....	21
2	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเพลลาขาว SS400	22
3	สมบัติทางกลของเหล็กเพลลาขาว SS400	23
4	ตัวแปรที่ใช้ในการเจาะ (ตามคำแนะนำของผู้ผลิต).....	35
5	ตัวแปรที่ใช้ในการเจาะ (นอกเหนือจากคำแนะนำของผู้ผลิต).....	47



สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูปและ (ก) ความคลาดเคลื่อนเชิงมิติ (ข) ความหยาบผิว.....	1-2
1.2	การสึกหรอของชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยวิธีการ gas-sulphonitriding และที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว.....	4
2.1	ส่วนประกอบสำคัญของดอกสว่านก้านตรง.....	7
2.2	กลไกการสึกหรอเนื่องจากการขัดสี (Abrasive wear)	10
2.3	กลไกการสึกหรอเนื่องจากการยึดติด (Adhesive wear).....	11
2.4	กลไกการสึกหรอเนื่องจากความล้า (Fatigue wear).....	11
2.5	ลักษณะการสึกหรอของดอกสว่าน.....	12
2.6	การวัดขนาดการสึกหรอบนคมตัด	13
2.7	ขนาดการสึกหรอและจำนวนรูที่เจาะได้ของดอกสว่านประกอบด้วย (ก) วิวัฒนาการของการสึกหรอกับจำนวนรู (ข) อายุการใช้งานของดอกสว่านที่ความเร็วตัดต่างกัน.....	14
2.8	การสึกหรอด้านหน้าของดอกสว่าน (Flank face) (a) ดอกสว่าน M2-ST หลังจากเจาะ 48 รู ที่ $V_c = 11$ ม./นาที (b) ดอกสว่าน M42-ST หลังจากเจาะ 10 รู ที่ $V_c = 11$ ม./นาที (c) ดอกสว่าน M35-GR หลังจากเจาะ 1 รู ที่ $V_c = 3$ ม./นาที (d) ดอกสว่าน M35-ALCrN หลังจากเจาะ 1 รู ที่ $V_c = 3$ ม./นาที.....	15
2.9	ความคลาดเคลื่อนของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านแต่ละประเภท.....	15
2.10	ความหยาบผิวของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านแต่ละประเภท.....	16
2.11	การสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดเย็น เจาะลงบนชิ้นงานสามชนิด (ก) UT-Lamellar cast iron (ข) UT-Spheroidal cast iron (ค) UT-SAE1050.....	16
2.12	การสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านการบำบัดเย็นและอุณหภูมิอบคืนตัว 200 องศาเซลเซียส เจาะลงบนชิ้นงานสามชนิด (ก) CTT1-Lamellar cast iron (ข) CTT1- Spheroidal cast iron (ค) CTT1-SAE1050.....	17

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.13 การสีกรหของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านการบำบัดเย็น และอุณหภูมิอบคืนตัว 250 องศาเซลเซียส เจาะลงบนชิ้นงานสามชนิด (ก) CTT2-Lamellar cast iron (ข) CTT2- Spheroidal cast iron (ค) CTT2-SAE1050.....	17
2.14 การลดลของเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสว่าน.....	17
2.15 เปรียบเทียบอายุการใช้งานของดอกสว่านที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิว.....	18
3.1 ลักษณะความถี่ของ (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว.....	22
3.2 เครื่องกลึงรุ่น TOS Galanta SUI 32 A.....	23
3.3 เครื่องกัด 5 แกน (5-axis CNC milling machine) รุ่น DMG Mori DMU-50.....	24
3.4 ชุดอุปกรณ์สำหรับติดตั้งและยึดชิ้นงานบนเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน (Jig & Fixture set).....	24
3.5 เครื่องวัดการหักเหของแสง (Pocket refractometer) ATAGO รุ่น PAL-Grape Must (Brix).....	25
3.6 เครื่องตรวจจับแรง (Force sensor dynamometer) รุ่น Kistler type-9272	25
3.7 ตัวจับดอกสว่าน (Tool holder) รุ่น SK40 DIN69871A.....	26
3.8 ชุดกล้องสเตอริโอ (Stereo microscope) รุ่น SZ61 ติดตั้งร่วมกับกล้องดิจิทัลประมวลผล ภาพ (Digital camera) รุ่น Optika C-P3	26
3.9 เครื่องวัดขนาดสามมิติ (Coordinate Measuring Machine) รุ่น Zeiss spectrum	27
3.10 เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface roughness tester) รุ่น SJ-210 Mitutoyo.....	27
3.11 แผนผังการศึกษาโดยรวม	28
3.12 ลักษณะของชิ้นงานที่จะถูกเจาะ.....	29
3.13 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์บนเครื่องกัด 5 แกน.....	30
3.14 เส้นทางเคลื่อนที่ของดอกสว่านบนชิ้นงาน 1 ชิ้น.....	30
3.15 อุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพ.....	31
3.16 ตัวอย่างภาพถ่ายด้านหน้าดอกสว่าน.....	31
3.17 การวัดการสีกรหด้วยเทคนิคการซ้อนทับภาพ.....	32
3.18 แผนภาพการตัดชิ้นงานด้วยเครื่องกัด EDM แบบลวด.....	33
3.19 การวัดความหยาบผิวของรูเจาะ	33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 20, 50 และ 120 รู (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว.....	36
4.2 การสะสมเศษที่คมตัดของ (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่เคลือบผิว ที่ความคืบหน้าของการเจาะต่าง ๆ.....	37
4.3 การวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากขอบของดอกสว่าน (Flank wear measure)	38
4.4 การสึกหรอด้านข้างของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่เคลือบผิวตามจำนวนรู.....	39
4.5 (ก) แรงกด และ (ข) แรงบิดของดอกสว่านเมื่อเจาะรูที่ 1 และรูที่ 120.....	40
4.6 ค่าเฉลี่ยของ (ก) แรงกดและ (ข) แรงบิดที่ 3-13 วินาทีของดอกสว่านทั้งประเภท.....	40
4.7 ความหยาบผิวเฉลี่ยของพื้นผิวของรูที่เจาะโดยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง เคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่จำนวนการเจาะรูต่าง ๆ.....	41
4.8 ผิวของรูเจาะที่ 1 และ 120 ด้วย (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง- เคลือบผิวมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง- แบบไม่เคลือบผิว.....	41-42
4.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะ ด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ.....	42
4.10 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรู หลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ.....	43
5.1 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต ก่อนใช้งานและหลัง ใช้งานที่ 10, 50 และ 120 รู ดำเนินการเจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบ (ก) 800 (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที.....	48

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.2 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวก่อนใช้งาน และหลังใช้ งานที่ 10, 50 และ 120 รู ดำเนินการเจาะภายใต้อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบ (ก) 800 (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที.....	49
5.3 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตก่อนใช้งานและหลัง ใช้งานที่ 10, 40 และ 120 รู ดำเนินการเจาะภายใต้ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน (ก) 120 (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที.....	50
5.4 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวก่อนใช้งาน และหลังใช้ งานที่ 10, 40 และ 120 รู ดำเนินการเจาะภายใต้ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และ อัตราการป้อน (ก) 120 (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที.....	51
5.5 การวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านที่ระยะ 1 มิลลิเมตร จากขอบของดอกสว่าน (Flank wear measure).....	52
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูเจาะและขนาดการสึกหรอ ของดอกสว่านทั้งสองประเภท (ก) เจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ ความเร็วรอบที่แตกต่างกัน และ (ข) เจาะด้วยความเร็วรอบคงที่ อัตราการป้อนที่แตกต่างกัน.....	53
5.7 (ก) แรงกด และ(ข) แรงบิด เมื่อเจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน.....	54-55
5.8 (ก) แรงกด และ(ข) แรงบิด เมื่อเจาะด้วยความเร็วรอบคงที่ และอัตราการป้อนที่แตกต่างกัน.....	55
5.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง เคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที.....	56-57
5.10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง เคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อน ที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที.....	57-58

สารบัญรูป (ต่อ)

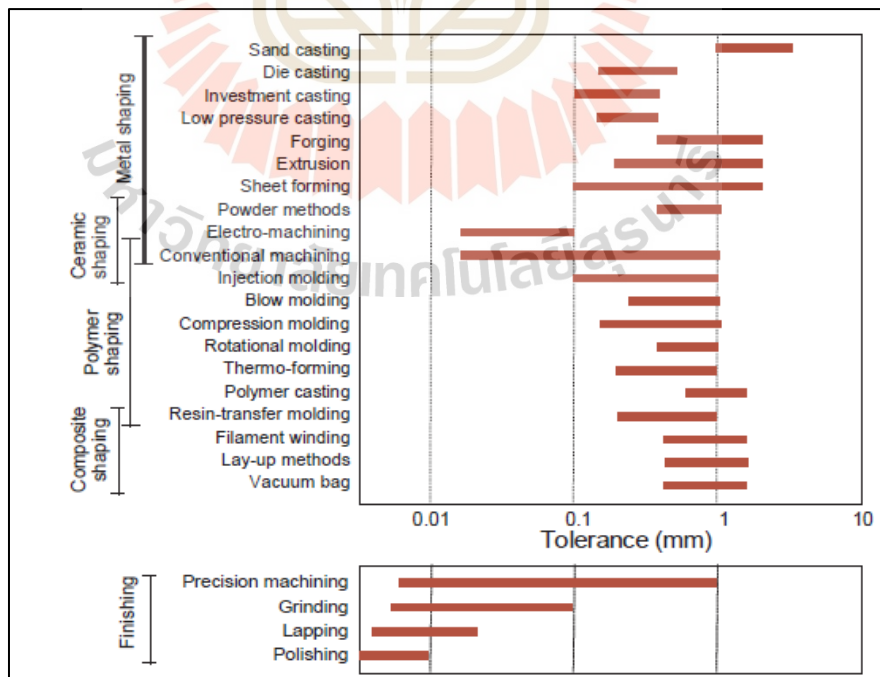
รูปที่	หน้า
5.11 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่าน- เหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง- แบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที.....	59-60
5.12 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่าน- เหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง- แบบไม่เคลือบผิวที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที.....	60-61
5.13 ความหยাবผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง เคลือบผิวมัลติโคต และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน สามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบ ต่อนาที.....	62-63
5.14 ความหยাবผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง เคลือบผิวมัลติโคต และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกัน สามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 140 มิลลิเมตรต่อนาที.....	63-64
5.15 ผิวของรูเจาะที่ 1 หลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง- เคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที.....	65
5.16 ผิวของรูเจาะที่ 1 หลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและ ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อ นาที.....	66

บทที่ 1

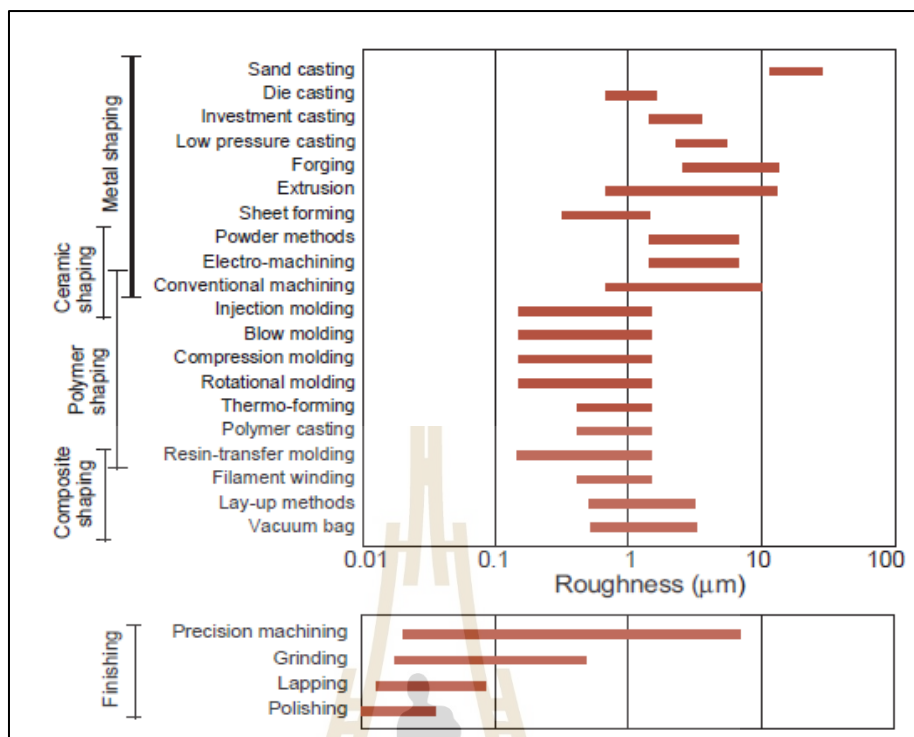
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าหนึ่งในกระบวนการขึ้นรูปโลหะที่มีความสำคัญและนิยมมากในอุตสาหกรรมคือ กระบวนการตัดเฉือน (Machining process) เนื่องจากลักษณะเด่นของกระบวนการตัดเฉือนคือสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนและได้ชิ้นส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนเชิงมิติที่ต่ำ ซึ่งแสดงข้อมูลในรูปที่ 1.1 จากรูปที่ 1.1(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูปและความคลาดเคลื่อนเชิงมิติ จากรูปที่ 1.1(ก) จะเห็นว่ากระบวนการตัดเฉือน (Machining process) สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความคลาดเคลื่อนเชิงมิติได้ต่ำสุดถึง 10 ไมครอน ในขณะที่กระบวนการขึ้นรูปโลหะประเภทอื่น ๆ เช่น กระบวนการหล่อทราย (Sand casting) ความคลาดเคลื่อนเชิงมิติจากการผลิตต่ำสุดแค่ 1,000 ไมครอน นอกจากนี้ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการตัดเฉือนจะมีความหยาบผิวที่ต่ำ แสดงข้อมูลในรูปที่ 1.1(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูปโลหะและความหยาบผิว จากรูปที่ 1.1(ข) เห็นว่าความหยาบผิวของชิ้นงานหลังจากผ่านกระบวนการตัดเฉือน (Machining process) ต่ำสุดที่ประมาณ 0.03 ไมครอน ขณะที่กระบวนการขึ้นรูปโลหะประเภทอื่น ๆ เช่น กระบวนการหล่อทราย ค่าความหยาบผิวของชิ้นงานต่ำสุดได้แค่ 10 ไมครอน



(ก) ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูปและความคลาดเคลื่อนเชิงมิติ



(ข) ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูปโลหะและความหยาบผิว

รูปที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการขึ้นรูปและ (ก) ความคลาดเคลื่อนเชิงมิติ (ข) ความหยาบผิว (Michael F. Ashby, 2005, pp. 195-202)

กระบวนการตัดเฉือน คือกระบวนการที่ทำให้ชิ้นงานได้รูปทรงตามที่ต้องการ โดยตัดเฉือนเนื้อวัสดุส่วนที่ไม่ต้องการออก ด้วยการใช้เครื่องมือตัดแบบต่าง ๆ เช่น การเจาะ กระบวนการตัดเฉือนสามารถแบ่งออกเป็นกระบวนการย่อย ๆ ได้อีกหลายประเภท เช่น การกรึง (Turning) การกัด (Milling) เป็นต้น (Sandvik Coromant Academy, n.d.) การเจาะจัดเป็นกระบวนการพื้นฐานหนึ่งของกระบวนการตัดเฉือน เป็นกระบวนการสำคัญที่ใช้สร้างรูที่มีขนาดที่ตรงตามแบบภายใต้ความคลาดเคลื่อนที่ต่ำ ดอกสว่านถูกนำมาใช้กัดผิวชิ้นงานให้เกิดเป็นรู รูที่ได้จากการเจาะจะใช้ในการยึดจับส่วนประกอบอื่น ๆ เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ เฟอ์นเจอร์ ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการเจาะประสบความสำเร็จ ดอกสว่านต้องสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

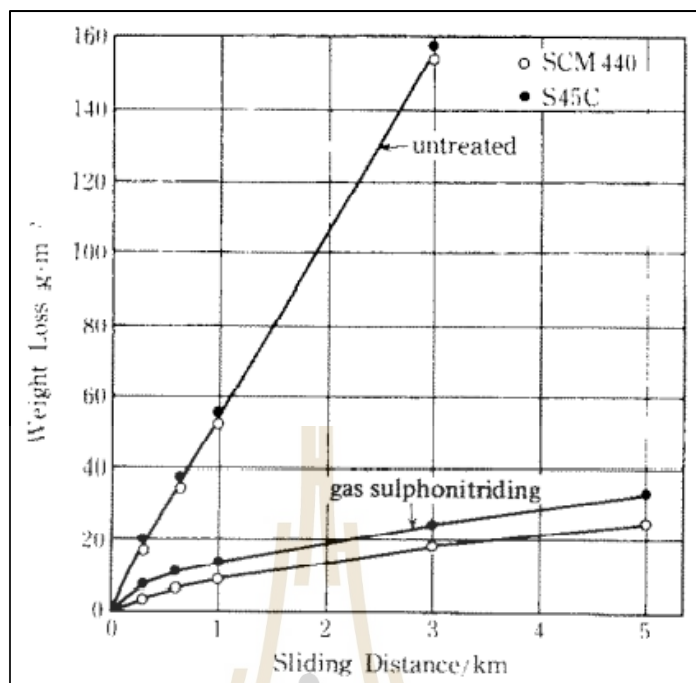
ดอกสว่านที่จะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นจะต้องมีสมบัติพื้นฐานดังต่อไปนี้ (1) มีความแข็งเพื่อให้ทนทานต่อการสึกหรอและการเสียรูป (2) มีความต้านทานต่อการเสียดสี (3) มีความเหนียวเพื่อให้ทนทานต่อแรงกระแทกที่ทำให้ดอกสว่านแตกหัก (4) ไม่ทำปฏิกิริยากับวัสดุชิ้นงาน (5) ทนทานต่อการออกซิเดชันและการแพร่ และ (6) ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว โดยปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาเพื่อให้ดอกสว่านมีสมบัติดังกล่าว คือ วัสดุที่ใช้ในการผลิตดอกสว่าน เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งโดยส่วนใหญ่วัสดุที่นำมาผลิตเป็นดอกสว่านคือ คาร์ไบด์ (Carbide) และเหล็กกล้าความเร็วสูง (High speed steel) ทั้งสองชนิดมี

สมบัติและการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน โดยคาร์ไบด์มีความแข็งที่สูงถึง 2,600 HV จึงสามารถต้านทานการสึกหรอและสามารถทำงานในสภาวะความเร็วสูงได้ดี แต่ข้อจำกัดของคาร์ไบด์คือราคาที่สูง และความแกร่งต่ำ (Toughness) ส่งผลให้เกิดการแตกหักง่าย จากข้อจำกัดนี้เหล็กกล้าความเร็วสูงจึงเป็นตัวเลือกที่สำคัญในการนำมาผลิตเป็นดอกสว่าน เนื่องจากเหล็กกล้าความเร็วสูงมีความแกร่งสูง สามารถทนทานต่อการแตกหักได้ดี รวมไปถึงราคาที่ต่ำกว่ามาก อีกทั้งยังมีความแข็งและการต้านทานการสึกหรอที่รองลงมาจากราคาร์ไบด์อีกด้วย อย่างไรก็ตามการสึกหรอของดอกสว่านขณะใช้งานยังเป็นปัญหาหลักของการเจาะ ทำให้มีความพยายามนำดอกสว่านมาเสริมคุณสมบัติด้วยการใช้กรรมวิธีทางความร้อนหรือโดยการนำเอาวัสดุอื่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมเคลือบบนผิวดอกสว่าน จึงจะเห็นได้จากงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาการสึกหรอของดอกสว่านที่ผ่านการเคลือบผิวต่าง ๆ หรือกระบวนการทางความร้อน เช่นงานของ S.G. Harris et al. (2003); V. Braic et al. (2010) และ Simge AVCI et al. (2020) ได้ใช้กระบวนการเคลือบด้วยไอทางกายภาพ (Physical Vapor Deposition, PVD), การเคลือบด้วยไอทางกายภาพแบบหลายชั้น (PVD multilayered coatings) และการปรับปรุงสมบัติด้วยการบำบัดเย็น (Cryogenic treatment) ตามลำดับ เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติการต้านทานการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง รวมไปถึงศึกษาคุณภาพของงานหลังการเจาะ ซึ่งผลจากการศึกษานี้พบว่ากระบวนการทางความร้อนทั้งสามประเภทสามารถปรับปรุงสมบัติการต้านทานการสึกหรอและยกระดับคุณภาพของงานเจาะให้ดีขึ้น

แม้ว่าการบำบัดเย็นและการเคลือบด้วยไอทางกายภาพนั้นจะเป็นเทคนิคที่ดีในการเพิ่มความสามารถในการต้านทานต่อการสึกหรอแต่ด้วยต้นทุนการเคลือบด้วยไอทางกายภาพสูงทำให้ดอกสว่านที่ผลิตจากเหล็กกล้าความเร็วสูงผ่านการเคลือบด้วยไอทางกายภาพจึงมีราคาแพง ขณะที่การบำบัดเย็นกับดอกสว่านที่ผลิตจากดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงนั้นสามารถเพิ่มความแข็งและความแกร่งได้แต่ไม่สามารถยกระดับความลื่นที่ผิวได้ ด้วยเหตุนี้การปรับปรุงคุณภาพผิวของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่มีต้นทุนถูกและให้สมบัติที่ดีจึงเป็นเรื่องที่ยังท้าทายต่อการค้นหา กระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิงเป็นกระบวนการเคลือบที่ทำให้ผิวโลหะแข็งขึ้นและเพิ่มความลื่นให้กับชิ้นงาน ดังเช่นงานวิจัยของ

ZDZISLAW HAS et al. (1980) ได้ศึกษาผิวของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่เคลือบด้วยกระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิง เพื่อทดแทนกระบวนการเพอร์ไรต์ไนโตรคาร์บูไรซิ่งที่เป็นกระบวนการเกิดมลพิษสูง พวกเขาพบว่ากระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิงสามารถสร้างผิวที่มีสมบัติทางไตรโบโลยีที่ดี และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีราคาที่ถูกกว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการเพอร์ไรต์ไนโตรคาร์บูไรซิ่ง

OSAMU MOMOSE et al. (1987) ได้ศึกษาความต้านทานการสึกหรอของเหล็กกล้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนด้วยวิธีแก๊สซัลโฟไนไตรดิง (Gas-sulphonitriding) โดยนำเหล็กกล้าสองชนิดคือ S45C และ SCM440 ไปปรับปรุงคุณสมบัติทางความร้อนและเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการทางความร้อน พบว่าอัตราการสึกหรอของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงผิวต่ำกว่าอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิวดังแสดงในรูปที่ 1.2 จากรูปที่ 1.2 น้ำหนักที่ลดลงอย่างต่อเนื่องของชิ้นงานที่ไม่ผ่านกระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิง ส่วนชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิงเกิดการสูญเสียน้ำหนักเพียงเล็กน้อยเท่านั้น



รูปที่ 1.2 การสึกหรอของชิ้นงานที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยวิธีการ gas-sulphonitriding และที่ไม่ผ่านการปรับปรุงผิว

จากงานวิจัยทั้งสองบ่งชี้ว่ากระบวนการซัลโฟไนไตรดิงน่าจะให้สมบัติของผิวเหล็กกล้าที่ดีขึ้น แต่จนถึงปัจจุบันยังไม่มีมีการประยุกต์ใช้กระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิงกับการปรับปรุงคุณสมบัติให้กับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง (High speed steel drill)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงต้องการศึกษาผลของการปรับปรุงคุณสมบัติให้กับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงด้วยกระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิง (Gas-sulphonitriding)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) ศึกษาการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตเปรียบเทียบกับดอกสว่านก่อนเคลือบผิว
- 2) ศึกษาคุณภาพของงานเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านก่อนเคลือบผิว

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษานี้จะเลือกใช้วัสดุที่ต้องการเจาะผลิตจากเหล็กเพลลาขาวเกรด SS400 และดอกสว่านที่ใช้เป็นตัวเจาะรูผลิตจากเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สองประเภทคือแบบเคลือบผิวมัลติโคต และแบบไม่เคลือบผิวมัลติโคต โดยตัวแปรการเจาะจะศึกษา

เฉพาะความเร็วรอบ และอัตราการป้อน ขณะทำการเจาะจะมีการตรวจวัดสัญญาณแรงกดและแรงบิด เพื่อนำข้อมูลมาใช้อธิบายปรากฏการณ์การสึกหรอ สำหรับการประเมินการสึกหรอของดอกสว่านจะเลือกใช้เทคนิคตรวจสอบด้วยตาเปล่าและเทคนิคการซ้อนทับภาพพร้อมอุปกรณ์ช่วยวิเคราะห์เท่านั้น ส่วนคุณภาพงานเจาะจะประเมินจาก ความเรียบผิว ขนาดเส้นผ่านกลางรู และค่าความเป็นทรงกระบอกเท่านั้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบถึงความสามารถของกระบวนการผลิตใหม่ที่ใช้ในการปรับปรุงสมบัติของดอกสว่าน ได้แก่ การต้านทานการสึกหรอ คุณภาพของรูจากการเจาะ รวมไปถึงแรงกดและแรงบิดของดอกสว่าน

1.5 รายการอ้างอิง

- Michael F. Ashby (2005). Systematic process selection. *Materials Selection in Mechanical Design Third Edition*.195-202.
- AB Sandvik Coromant. Training Handbook METAL CUTTING TECHNOLOGY.
- S.G. Harris., E.D. Doyle., A.C. Vlasveld., J. Audy. & D. Quick. (2003). A study of the wear mechanisms of TiAlN and TiAlCrN coated high-speed steel twist drills under dry machining conditions. *Wear* 254 (2003); 723–734.
- V. Braic., C.N. Zoita., M. Balaceanu., A. Kiss., A. Vladescu., A. Popescu. & M. Braic. (2010). TiAlN/TiAlZrN multilayered hard coatings for enhanced performance of HSS drilling tools. *Surface & Coatings Technology* 204 (2010); 1925–1928.
- A. Simge., S. Tugrul. & E. Onur. (2020). Effects of different cryogenic treatments on drilling performance of hss drills. *Journal of science and technology a-applied sciences and engineering*,21(1); pp. 223 – 237.
- H. Zdzislaw., G. Jerzy., & J. Wojciech. (1980). Gas sulphonitriding. *Wear*,64(2);333-338.
- M. Osamu. and U. Sosuke. (1987). Gas sulphonitriding steels in a CS₂ and NH₃ atmosphere. *Wear*,126 (1987);19 – 24.

บทที่ 2

ปรีทัศน์วรรณกรรม

กระบวนการเจาะคือกระบวนการสร้างรูบนชิ้นงานที่มีขนาดตามต้องการด้วยเครื่องมือตัดหรือดอกสว่าน รูที่ได้จากการเจาะมักใช้จับยึดส่วนประกอบอื่น ๆ เข้าด้วยกัน เช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องบิน เป็นต้น และงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของสารเคลือบบนดอกสว่านต่อความทนทานและคุณภาพงานเจาะ ดังนั้นเนื้อหาในส่วนของปรีทัศน์วรรณกรรมนี้ จึงประกอบด้วย การทบทวนหลักการและทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องถึงการเจาะ การเคลือบผิว และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจและทราบถึงการพัฒนาการเจาะเป็นปัจจุบัน

2.1 การเจาะ

การเจาะเป็นกระบวนการตัดเฉือนที่ใช้ดอกสว่านสร้างรูบนชิ้นงานโลหะ โดยดอกสว่านถูกกดลงบนชิ้นงานและหมุน ทำให้คมตัดของดอกสว่านติดกับชิ้นงานเพื่อตัดเฉือนเนื้อโลหะ โดยเศษโลหะที่ถูกตัดเฉือนจะไหลตามอกร่องคายเศษ เศษอาจมีทั้งลักษณะที่เป็นเกลียวยาวหรือขนาดเล็ก ขึ้นอยู่กับความสามารถในการเจาะของดอกสว่าน วัสดุชิ้นงาน และตัวแปรต่าง ๆ ของกระบวนการ ขณะเจาะรู รูจากการเจาะมีลักษณะคมที่ด้านทางเข้าและโดยทั่วไปจะมีครีบบที่ด้านทางออก ซึ่งรูเจาะมีหลากหลายประเภท เช่น รูเจาะทะลุ รูตัน รูเกลียว ประเภทของรูที่ต้องการเป็นตัวกำหนดประเภทของดอกสว่านที่เลือกใช้

2.1.1 ดอกสว่าน (Drill bits)

ดอกสว่านสามารถแบ่งได้หลายประเภท หากแบ่งประเภทของดอกสว่านตามเกณฑ์ของวัสดุที่นิยมนำมาผลิต สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (High speed steel drill bit) และดอกสว่านคาร์ไบด์ (Carbide drill bit) โดยทั้งสองประเภทมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันดังนี้

2.1.1.1 ดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (High speed steel drill bit)

เป็นดอกสว่านที่ถูกพัฒนามาจากดอกสว่านเหล็กกล้าคาร์บอนสูง โดยมีส่วนผสมของโลหะผสมพื้นฐาน เช่น โมลิบดีนัม (Molybdenum), โคบอลต์ (Cobalt) เป็นต้น มีคุณสมบัติในการทนทานต่อการเสียดสีและสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการใช้งานในการเจาะ ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเป็นดอกสว่านที่สามารถเจาะวัสดุได้หลากหลายประเภท เช่น เหล็ก ไม้ และนอกจากนี้คุณสมบัติเด่นของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงคือราคาถูกและมีความแข็งแรงสูง ทำให้ทนต่อแรงกระแทก และทนทานต่อการแตกหักได้ (https://en.wikipedia.org/wiki/High-speed_steel)

2.1.1.2 ดอกสว่านคาร์ไบด์ (Carbide drill bit)

เป็นดอกสว่านที่มีความแข็งสูงมาก สามารถคงทนต่ออุณหภูมิที่สูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียสได้ และยังสามารถต้านทานการเสียดสี แต่มีข้อเสียคือมีความเปราะสูงและความสามารถในการทนทานแรงกระแทกต่ำ ทำให้ดอกสว่านคาร์ไบด์แตกหักง่าย ดังนั้นเครื่องจักรที่จะใช้งานร่วมกับดอกสว่านคาร์ไบด์ต้องมีความมั่นคงและแข็งแรง เพื่อป้องกันการแตกร้าวของดอกสว่านขณะใช้งาน นอกจากนี้ดอกสว่านคาร์ไบด์มีราคาแพงมาก จึงเหมาะกับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจงและเจาะจำนวนมาก (<https://en.wikipedia.org/wiki/Carbide>)

จากข้อมูลที่ได้กล่าวถึงไปในข้างต้น ดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีคุณสมบัติเด่นในการทนทานต่อการเสียดสีและทนทานการแตกหัก รวมไปถึงราคาที่ถูกลงกว่าเมื่อเทียบกับดอกสว่านคาร์ไบด์ ทำให้ดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงจึงเป็นตัวเลือกที่นิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย

2.1.2 ส่วนประกอบของดอกสว่าน (Parts of Drill Bit)

เพื่อให้การเรียกบริเวณต่าง ๆ ของดอกสว่านเข้าใจตรงกัน ในเอกสารนี้ผู้วิจัยใคร่ขอให้รายละเอียดพื้นฐานของส่วนประกอบสำคัญของดอกสว่าน (Mecholic, 2017) ดังรูปที่ 2.1 ดังนี้

1) มุมจิก (Point angle) อยู่ส่วนหัวของดอกสว่าน โดยทั่วไปมุมจิกมีขนาด 118 องศา และ 135 องศา แตกต่างกันไปตามการใช้งาน ซึ่งมุมจิกที่มีขนาดเล็ก จะเหมาะกับเหล็กทั่วไปหรือวัสดุอ่อน ส่วนมุมจิกที่มีขนาดใหญ่จะเหมาะกับวัสดุแข็ง

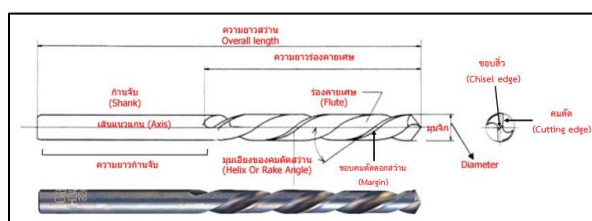
2) คมตัด (Cutting edge) หน้าที่หลักของคมตัดคือตัดเฉือนเนื้อวัสดุ คมตัดที่มีขนาดยาวกว่าจะมีประสิทธิภาพในการตัดที่ดีกว่าคมตัดที่มีขนาดเล็ก แต่บางครั้งความแตกต่างนี้ก็เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย

3) มุมคายเศษหรือมุมเอียงของคมตัดดอกสว่าน (Helix angle) เป็นตัวกำหนดรูปแบบการเกิดเศษและการคายเศษ โดยมุมเกลียวที่มีขนาดใหญ่จะเหมาะกับวัสดุที่อ่อนนุ่มและเกิดเศษยาว แต่ในกรณีที่มีมุมเกลียวมีขนาดเล็กจะเหมาะสำหรับวัสดุแข็งและเกิดเศษสั้น

4) ร่องคายเศษ (Flute) เป็นร่องสำหรับการระบายเศษที่เกิดขึ้นระหว่างการเจาะ โดยร่องคายเศษที่กว้างจะสามารถระบายเศษได้ดีกว่าร่องคายเศษเล็ก

5) ขอบสิ่ว (Chisel edge) อยู่ตรงกลางบริเวณส่วนหัวดอกสว่าน

6) ขอบคมตัดดอกสว่าน (Margin) เป็นตัวกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสว่านและทำหน้าที่เป็นแนวทางในระหว่างการเจาะ



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบสำคัญของดอกสว่านก้านตรง

(http://iitgroup.blogspot.com/2015/06/blog-post_22.html)

2.1.3 ตัวแปรในการเจาะ

ตัวแปรในการเจาะเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จำเป็นต้องเข้าใจและคำนึงถึง เนื่องจากตัวแปรในการเจาะมีอิทธิพลต่อคุณภาพงานเจาะและความทนทานของดอกสว่าน โดยตัวแปรที่ใช้ในการควบคุมการบวนการเจาะหลักๆ มี 4 ตัวแปร ดังต่อไปนี้ (Sandvik Coromant Academy, n.d.)

1) ความเร็วตัด (Cutting speed, V_c) มีหน่วยเป็น (เมตรต่อนาที) ความเร็วตัดคือความเร็วที่คมดอกสว่านปาดผิวโลหะออก เมื่อมีดหมุนครบ 1 รอบ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$V_c = \frac{D_c \pi n}{1000} \quad (1)$$

เมื่อ

- V_c คือ ความเร็วตัด (m/min)
 D_c คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสว่าน (mm)
 π คือ ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 3.14
 n คือ ความเร็วรอบของแกนหมุน (rpm)

2) อัตราการป้อนต่อรอบ (Feed per revolution, F_n) มีหน่วยเป็น (มิลลิเมตรต่อรอบ) อัตราการป้อนต่อรอบคือระยะทางที่ดอกสว่านเจาะเข้าไปในชิ้นงานเมื่อหมุนครบ 1 รอบ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$F_n = \frac{V_f}{n} \quad (2)$$

เมื่อ

- F_n คือ อัตราการป้อนต่อรอบ (mm/rev)
 V_f คือ อัตราการป้อน (mm/min)
 n คือ ความเร็วรอบของแกนหมุน (rpm)

3) ความเร็วรอบของสปินเดิล (Spindle speed, n) มีหน่วยเป็น (รอบต่อนาที) คือความเร็วของแกนหมุนจับดอกสว่าน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$n = \frac{V_c}{\pi D_c} 1000 \quad (3)$$

เมื่อ

- n คือ ความเร็วรอบของแกนหมุน (rpm)
 V_c คือ ความเร็วตัด (m/min)
 π คือ ค่าคงตัวทางคณิตศาสตร์เท่ากับ 3.14
 D_c คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสว่าน (mm)

4) อัตราการป้อน (Penetration rate, V_f) มีหน่วยเป็น (มิลลิเมตรต่อนาที) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4

$$V_f = F_n n \quad (4)$$

เมื่อ

- V_f คือ อัตราการป้อน (mm/min)
 F_n คือ อัตราการป้อนต่อรอบ (mm/rev)
 n คือ ความเร็วรอบของแกนหมุน (rpm)

จากตัวแปรทั้ง 4 ตัวแปรที่แสดงข้างต้นนั้น สำหรับความเร็วตัดและความเร็วรอบของแกนหมุนเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งมีอิทธิพลในกระบวนการเจาะดังนี้

อิทธิพลของความเร็วตัดและความเร็วรอบของแกนหมุนในกระบวนการเจาะมีดังนี้

1. ส่งผลต่อแรงบิดของดอกสว่าน (Cutting torque)
2. เป็นตัวแปรที่กำหนดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด
3. ความเร็วตัดและความเร็วรอบของแกนหมุนสูง จะทำให้เกิดอุณหภูมิที่สูง และเกิดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดอย่างชัดเจน (Flank wear)
4. ความเร็วตัดและความเร็วรอบสูงจะส่งผลดีต่อรูปร่างของเศษที่ได้จากวัสดุเนื้ออ่อนที่เกิดเศษยาว
5. ความเร็วตัดและความเร็วรอบสูงจะส่งผลให้รูที่ได้จากการเจาะมีคุณภาพต่ำ
6. ความเร็วตัดและความเร็วรอบต่ำจะส่งผลให้เศษติด เกิดการคายเศษไม่ดี และใช้เวลาตัดนานขึ้น

ในส่วนของอัตราการป้อนต่อรอบและอัตราการป้อนมีอิทธิพลในกระบวนการเจาะดังนี้

อิทธิพลของอัตราการป้อนงานต่อรอบและอัตราการป้อนในการบวนการเจาะมีดังนี้

1. ส่งผลต่อรูปร่างของเศษ คุณภาพของผิวงาน และคุณภาพของรู
2. อัตราการป้อนงานต่อรอบและอัตราการป้อนที่สูงจะส่งผลให้หักเศษได้ยาก แต่เวลาในการเจาะน้อยลง เครื่องมือตัดสึกหรอน้อย แต่ดอกจะหักง่าย และรูจากการเจาะจะมีคุณภาพต่ำ
3. อัตราการป้อนงานต่อรอบและอัตราการป้อนที่ต่ำจะส่งผลให้เศษยาวขึ้น คุณภาพของรูจากการเจาะจะดี แต่ใช้เวลาในการเจาะนานกว่า

2.2 การสึกหรอ

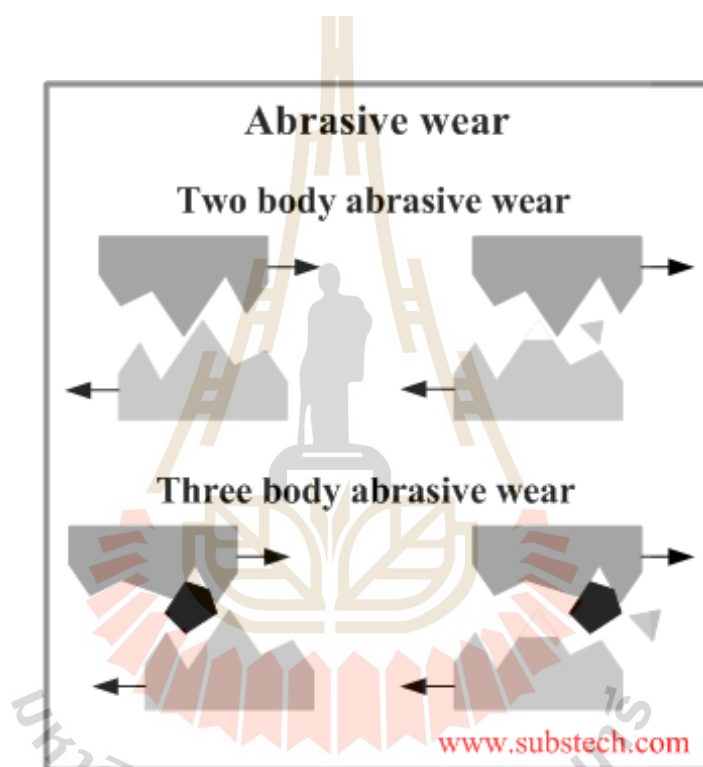
การสึกหรอ หมายถึงการสูญเสียเนื้อวัสดุจากการสัมผัสกันระหว่างสองวัสดุ ซึ่งการสึกหรอที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานที่ลดลง และนำไปสู่การแตกหัก

2.2.1 กลไกการสึกหรอ

โดยทั่วไปแล้วการเกิดการสึกหรอเกิดขึ้นจากสาเหตุหลายประการร่วมกัน แต่สามารถแบ่งตามกลไกการสึกหรอได้เป็น 3 ประเภท คือ Abrasive wear, Adhesive wear และ Fatigue wear (Dr. Dmitri Kopeliovich, 2019)

1) การสึกหรอเนื่องจากการขัดสี (Abrasive wear)

เป็นการสึกหรอที่เกิดจากการเสียดสีกันระหว่างวัสดุที่แข็งกว่ากับวัสดุที่อ่อนกว่า ทำให้เกิดรอยขีดข่วนบนผิวหน้าของวัสดุที่อ่อนกว่า ขนาดของการสึกหรอรูปแบบนี้จะเกิดมากหรือน้อยนั้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแรงกระทำและสัมประสิทธิ์จากแรงเสียดทานด้วย แสดงกลไกการสึกหรอดังรูปที่ 2.2

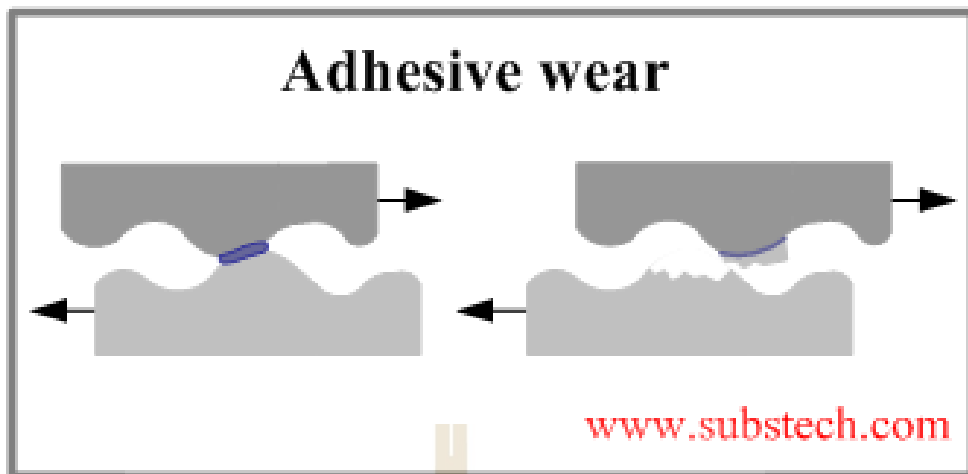


รูปที่ 2.2 กลไกการสึกหรอเนื่องจากการขัดสี (Abrasive wear)

(ที่มา https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=mechanisms_of_wear)

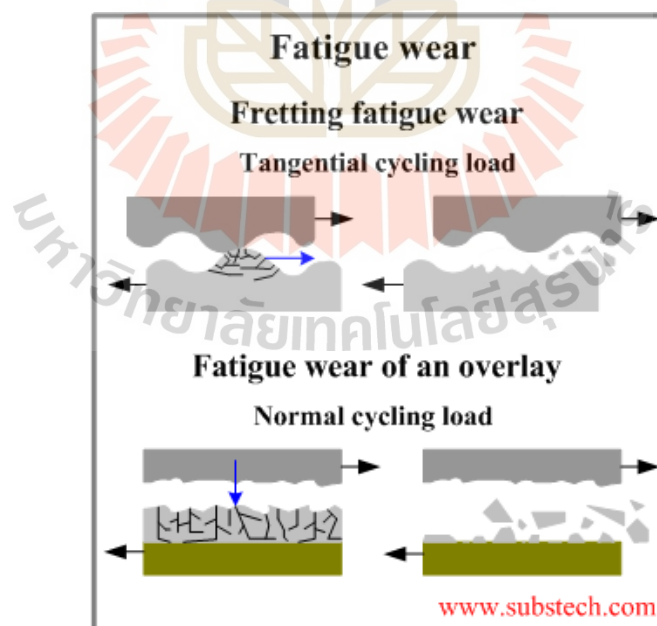
2) การสึกหรอเนื่องจากการยึดติด (Adhesive wear)

เป็นการสึกหรอที่เกิดจากการเลื่อนไถกันของสองวัสดุด้วยแรงกดที่มากเกินไปทำให้ผิวของวัสดุติดกัน เมื่อวัสดุเกิดการเคลื่อนที่ วัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่าจะพาเอาเนื้อของวัสดุที่อ่อนกว่าหลุดออกไปด้วย แสดงกลไกการสึกหรอดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กลไกการสึกหรอเนื่องจากการยึดติด (Adhesive wear)
(ที่มา https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=mechanisms_of_wear)

- 3) การสึกหรอเนื่องจากความล้า (Fatigue wear)
เป็นความเสียหายที่เกิดจากการถูกแรงกระทำซ้ำ ๆ เป็นเวลานาน ส่งผลให้ผิวหน้าของวัสดุเกิดความล้า ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นหลุม (Pit) เช่น รางรถไฟ เพืองเกียร์ เป็นต้น แสดงกลไกการสึกหรอ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กลไกการสึกหรอเนื่องจากความล้า (Fatigue wear)
(ที่มา https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=mechanisms_of_wear)

2.3 การสึกหรอของดอกสว่าน

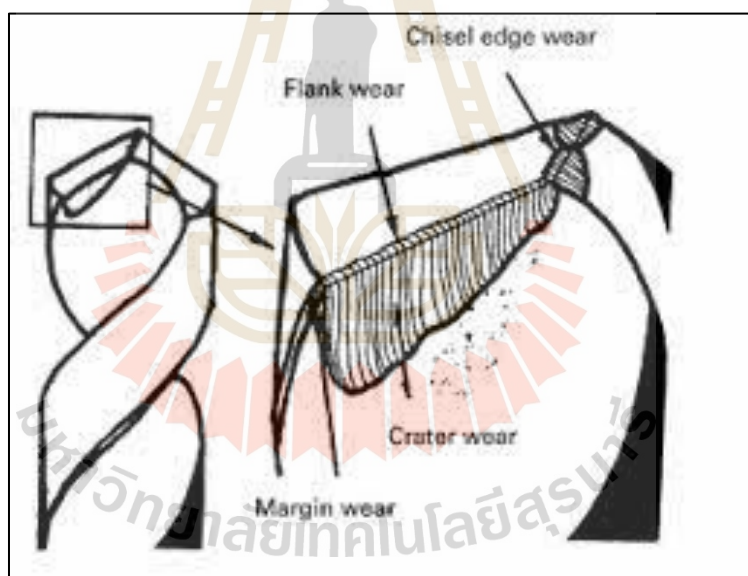
รูปแบบการสึกหรอของดอกสว่านโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ ตามบริเวณของการสึกหรอบนดอกสว่าน (“Tool wear”, Wikipedia, 2021) แสดงดังรูปที่ 2.5

1) การสึกหรอด้านข้างบริเวณคมตัด (Flank wear, VB) เป็นการสึกหรอที่เกิดขึ้นบริเวณคมตัดของดอกสว่านเนื่องจากการเสียดสี ทำให้คมตัดสูญเสียเนื้อโลหะ การสึกหรอด้านข้างจึงส่งผลต่อความแม่นยำของขนาดและคุณภาพผิวสำเร็จ ในทางปฏิบัติโดยทั่วไปจะใช้การสึกหรอด้านข้างเป็นเกณฑ์กำหนดการสึกหรอและกำหนดอายุการใช้งานของดอกสว่าน

2) การสึกหรอบนผิวคายเศษ (Crater wear) เป็นการสึกหรอบริเวณร่องคายเศษเกิดขึ้นใกล้กับคมตัด การสึกหรอมีลักษณะเป็นหลุมหรือเป็นร่องลึกจากการไหลของเศษ ซึ่งอาจเกิดในสภาวะการเจาะที่ความเร็วแกนหมุนที่ต่ำเกินไปหรืออัตราการป้อนที่สูงเกินไป

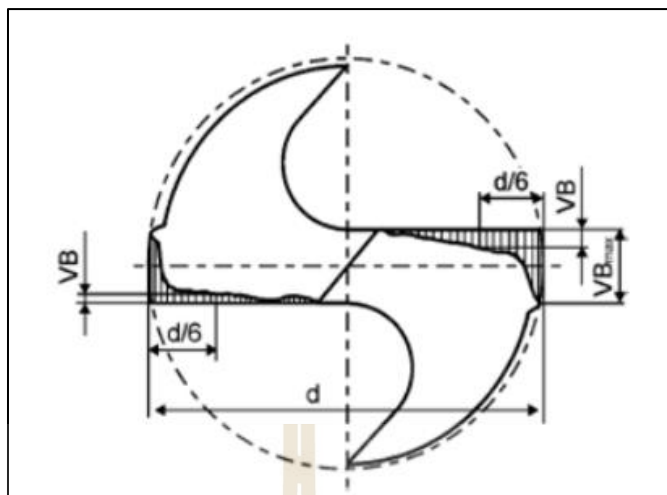
3) การสึกหรอบนขอบส่ว (Chisel edge wear) เป็นการสึกหรอจากการเสียดสีที่เกิดขึ้นบริเวณนำศูนย์ของดอกสว่าน

4) การสึกหรอบริเวณมุมคมตัดหรือขอบของดอกสว่าน (Margin wear) เกิดขึ้นจากการเสียดสี ขนาดการสึกหรอของขอบดอกสว่านที่สูงจะส่งผลต่อผิวสำเร็จของรูหลังการเจาะ



รูปที่ 2.5 ลักษณะการสึกหรอของดอกสว่าน ที่มา (Shrinivas Jadhav et. al., 2016)

ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จะมุ่งเน้นไปที่การสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่าน (Flank wear, VB) เนื่องจากเป็นการสึกหรอหลักของดอกสว่าน ส่งผลต่ออายุการใช้งานของดอกสว่านและคุณภาพของรูหลังการเจาะ โดยวิธีการวัดการสึกหรอด้านข้างบริเวณคมตัดของดอกสว่านมักใช้วิธีการซ้อนทับภาพและกำหนดจุดวัดขนาดขนาดการสึกหรอ (Mehrabad and Pourmostaghimi, 2017) แสดงดังรูปที่ 2.6 โดยทำการวัดระยะปริมาณบนคมตัดที่เกิดการสึกหรอ จุดพิกัดที่วัดระยะคือจุดที่ใกล้กับบริเวณขอบของดอกสว่านหรือปลายคมตัดมากที่สุด (Margin)



รูปที่ 2.6 การวัดขนาดการสึกหรอบนคมตัด (Mehrabad and Pourmostaghimi, 2017)

2.4 การปรับปรุงผิวดอกสว่านด้วยกระบวนการมัลติไนต์ (Multinite process)

การสึกหรอของดอกสว่านขณะใช้งานเป็นปัญหาหลักของการเจาะ การปรับปรุงดอกสว่านด้วยกรรมวิธีทางความร้อน เช่น การเคลือบไอทางกายภาพ (Physical vapor deposition) เป็นการสร้างชั้นฟิล์มเคลือบบนผิวของวัสดุด้วยการตกตะกอนไอของสาร ทำให้ดอกสว่านมีความต้านทานการเสียดสี ซึ่งนำไปสู่ความสามารถในการต้านทานการสึกหรอที่สูงขึ้น (“Physical vapor deposition”, Wikipedia, 2022) แต่เนื่องจากดอกสว่านที่ปรับปรุงด้วยกระบวนการเคลือบไอทางกายภาพมีราคาที่สูงมาก จึงเป็นข้อจำกัดด้านต้นทุน ในปัจจุบันมีกระบวนการทางความร้อนที่มีความสามารถในการเพิ่มความต้านทานการสึกหรอที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังมีราคาถูก เช่น กระบวนการมัลติไนต์

กระบวนการมัลติไนต์หรือกระบวนการแก๊สซัลไฟไนไตรดิง (Multinite process / Gas-Sulphonitriding process) เป็นกระบวนการปรับปรุงคุณสมบัติให้กับวัสดุที่มีหลักการคล้ายกับกระบวนการชุบผิวแข็งแบบแก๊สไนไตรดิง (Gas nitriding process) โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผิวของวัสดุแข็งขึ้น แต่บริเวณใจกลางของชิ้นงานยังคงอ่อนนุ่ม และเพิ่มความลื่นในระหว่างการใช้งานให้กับดอกสว่าน แก๊สที่ใช้ในกระบวนการนี้คือ Carburizing gas (C_2H_2) Nitriding gas ($NH_3 + N_2$) และ Sulphurizing gas (H_2S) ผิวของการเคลือบด้วยกระบวนการนี้ประกอบด้วย ซัลไฟด์เฟส ซัลไฟด์เฟสที่ผสมอยู่ในไนไตรด์เฟส และไนไตรด์เฟสที่ไม่มีซัลไฟด์เฟส โดยผิวของวัสดุที่ปรับปรุงด้วยกระบวนการมัลติไนต์จะมีคุณสมบัติเด่นดังต่อไปนี้

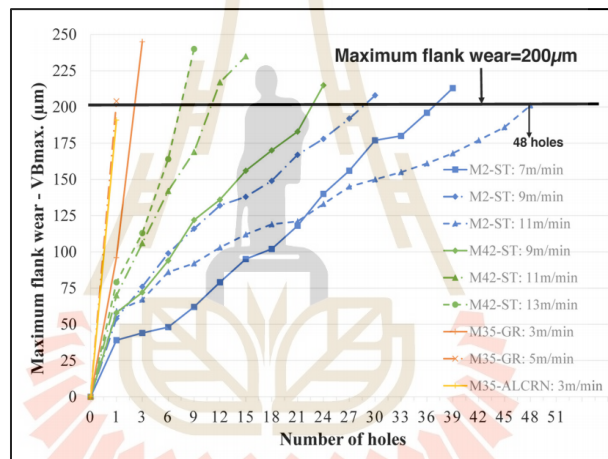
คุณสมบัติเด่นของกระบวนการมัลติไนต์เมื่อนำไปปรับปรุงผิววัสดุ

1. ปรับปรุงความต้านทานต่อการเสียดสี
2. ปรับปรุงความต้านทานต่อการสึกหรอ
3. เพิ่มความลื่นให้กับผิววัสดุ
4. ปรับปรุงความต้านทานต่อความล้า
5. ป้องกันการเกิดเสียงรบกวนจากการเสียดสีระหว่างพื้นผิว
6. ปรับปรุงความสามารถในการถอดแม่แบบ

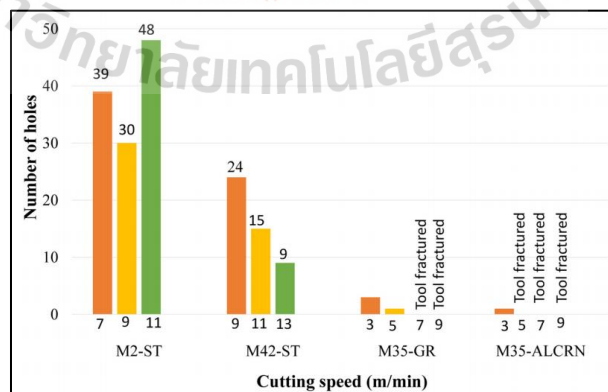
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้เกิดการติดตามงานวิจัยในด้านการเจาะให้เป็นปัจจุบัน หัวข้อนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจาะไว้ดังนี้

Sarmad, A. et al. (2022) ได้ทำการศึกษาการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านการปรับปรุงสมบัติผิวด้วยการบำบัดด้วยไอน้ำ (Steam treatment process) นอกจากนั้นยังมีเกรด M35 ที่ผ่านทั้งการเคลือบผิวด้วย AlCrN และไม่ได้ผ่านการปรับปรุงสมบัติพื้นผิวใด ๆ ในการเจาะเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 จากการศึกษาพบว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M2 ที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยการอบไอน้ำมีอายุการใช้งานที่ดีที่สุด โดยสามารถเจาะได้สูงสุด 48 รู ที่ความเร็วตัด 11 เมตรต่อนาที ในขณะที่ความเร็วตัดเดียวกันนี้ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M42 ที่ผ่านการปรับปรุงคุณสมบัติพื้นผิวแบบเดียวกันสามารถเจาะได้สูงสุดเพียง 15 รู ดังรูปที่ 2.7 และยังพบว่าเกิดการสึกหรออย่างรุนแรงกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M35 ที่ทั้งผ่านการเคลือบผิวและที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิวใด ๆ ดังรูปที่ 2.8

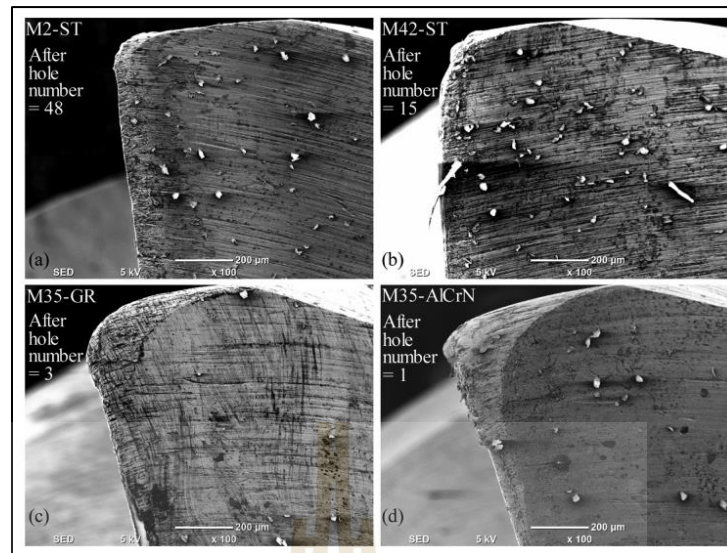


(ก)



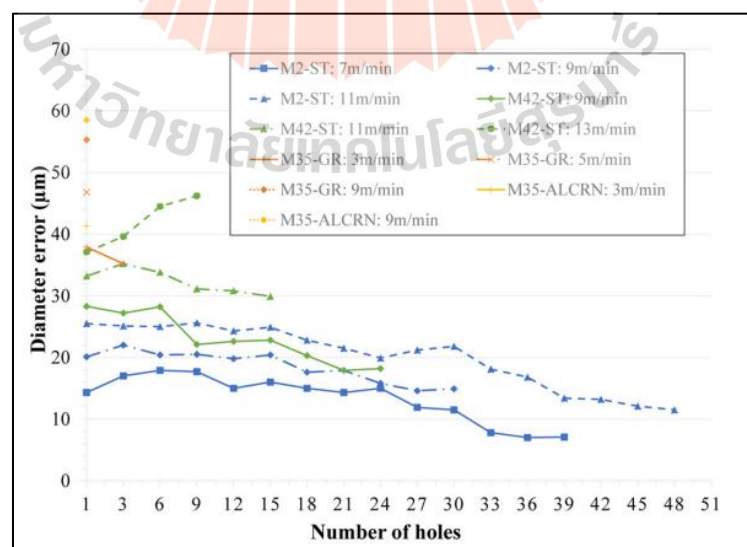
(ข)

รูปที่ 2.7 ขนาดการสึกหรอและจำนวนรูที่เจาะได้ของดอกสว่านประกอบด้วย (ก) วิวัฒนาการของการสึกหรอกับจำนวนรู (ข) อายุการใช้งานของดอกสว่านที่ความเร็วตัดต่างกัน

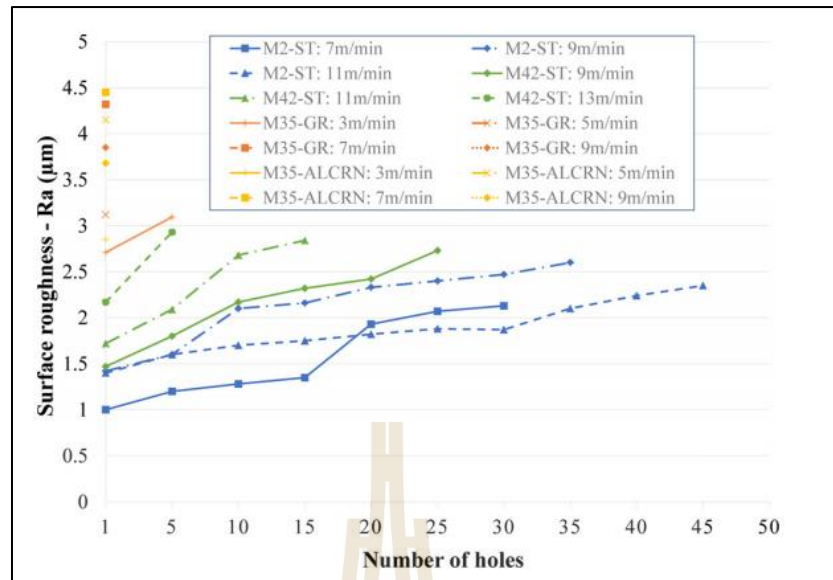


รูปที่ 2.8 การสึกหรอด้านหน้าของดอกสว่าน (Flank face) (a) ดอกสว่าน M2-ST หลังจากเจาะ 48 รู ที่ $V_c = 11$ ม./นาที (b) ดอกสว่าน M42-ST หลังจากเจาะ 10 รู ที่ $V_c = 11$ ม./นาที (c) ดอกสว่าน M35-GR หลังจากเจาะ 1 รู ที่ $V_c = 3$ ม./นาที (d) ดอกสว่าน M35-ALCrN หลังจากเจาะ 1 รู ที่ $V_c = 3$ ม./นาที

ส่วนคุณภาพของรูจากการเจาะนั้นพบว่า รูจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M2 ที่ผ่านการปรับปรุงพื้นผิวด้วยการบำบัดไอออนนั้นมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ ความคลาดเคลื่อนเชิงมิติของรูต่ำสุดที่ 7-25 ไมครอน และความหยาบผิวของรูต่ำสุดที่ 1-2.60 ไมครอน ดังรูปที่ 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ

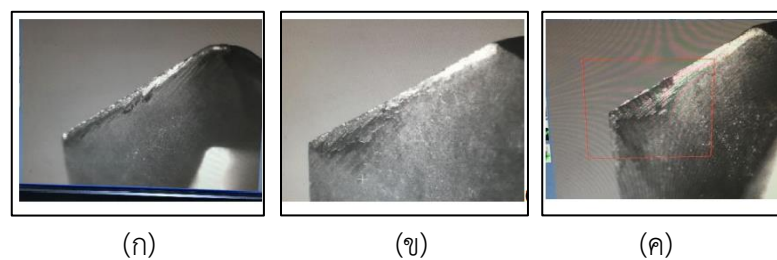


รูปที่ 2.9 ความคลาดเคลื่อนของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านแต่ละประเภท

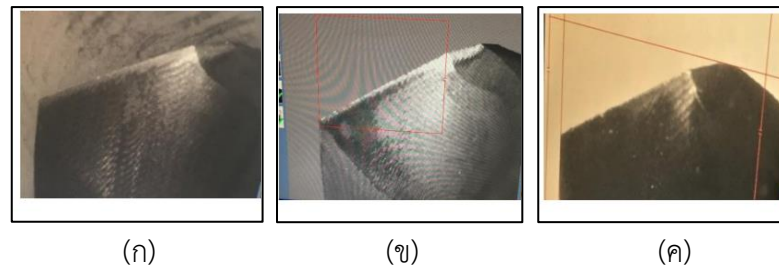


รูปที่ 2.10 ความหยาบผิวของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านแต่ละประเภท

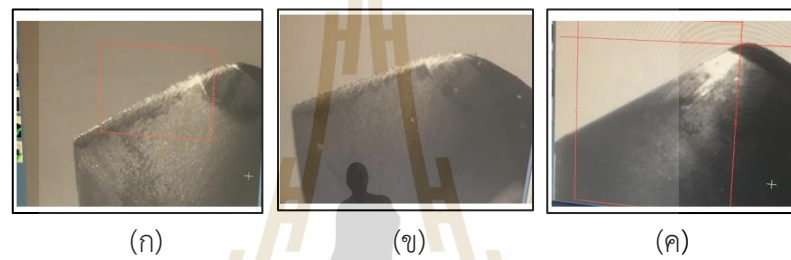
Simge. A. et al. (2020) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงคุณสมบัติของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M2 ด้วยกระบวนการบำบัดด้วยความเย็น (Cryogenic treatment) ที่มีอุณหภูมิอบคืนตัวแตกต่างกันสองระดับคือ 200 องศาเซลเซียส (CTT1) และ 250 องศาเซลเซียส (CTT2) เปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยความเย็น (UT) โดยเจาะวัสดุสามชนิดคือ Lamellar cast iron Spheroidal cast iron และ SAE1050 พบว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยความเย็นจะเกิดการสึกหรอที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยความเย็น โดยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านกระบวนการบำบัดเย็นและอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสเกิดการสึกหรอต่ำที่สุด ดังแสดงการสึกหรอของดอกสว่านทั้งสามประเภทในรูปที่ 2.11 2.12 และ 2.13 นอกจากนี้ดอกสว่านที่ผ่านการบำบัดเย็นและอบคืนตัวที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส (CTT2) ส่งผลต่อการลดลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหลังจากผ่านนำไปเจาะน้อยกว่า เมื่อเทียบกับดอกสว่านที่ผ่านการบำบัดเย็นและอบคืนตัวที่ 200 องศาเซลเซียส (CTT1) และดอกสว่านสว่านที่ไม่ผ่านการบำบัดด้วยความเย็น (UT) ดังแสดงในรูปที่ 2.14



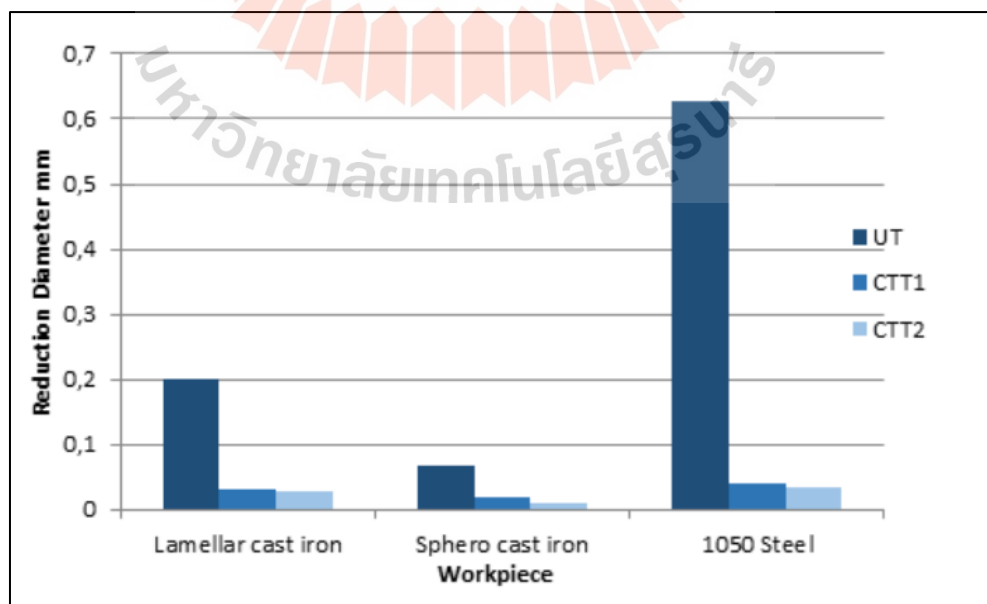
รูปที่ 2.11 การสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่ผ่านการบำบัดเย็นเจาะลงบนชิ้นงาน
(ก) UT-Lamellar cast iron (ข) UT-Spheroidal cast iron (ค) UT-SAE1050



รูปที่ 2.12 การสีกหของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านการบำบัดเย็นและอุณหภูมิอบคืนตัว 200 องศาเซลเซียส เจาะลงบนชิ้นงานสามชนิด (ก) CTT1-Lamellar cast iron (ข) CTT1-Spheroidal cast iron (ค) CTT1-SAE1050

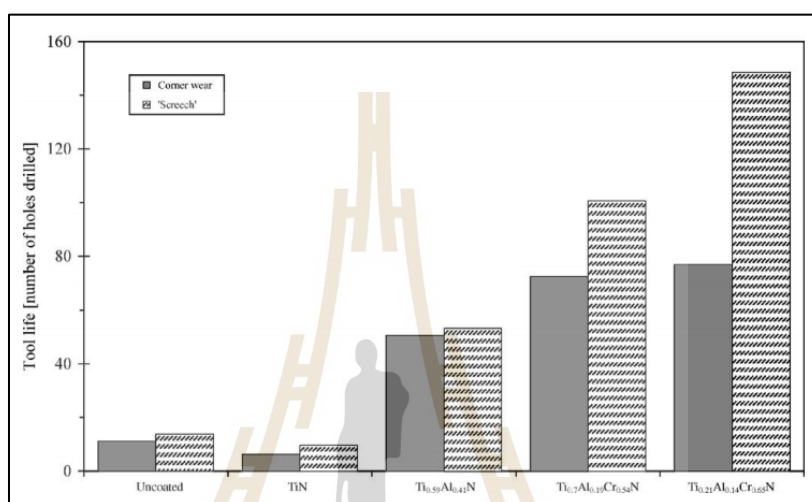


รูปที่ 2.13 การสีกหของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านการบำบัดเย็นและอุณหภูมิอบคืนตัว 250 องศาเซลเซียส เจาะลงบนชิ้นงานสามชนิด (ก) CTT2-Lamellar cast iron (ข) CTT2-Spheroidal cast iron (ค) CTT2-SAE1050



รูปที่ 2.14 การลดลงของเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสว่าน

S.G. Harris. et al. (2003) ได้ศึกษาการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิว TiAlN และ TiAlCrN ที่เจาะเหล็กหล่อเทาในสภาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง โดยในการศึกษาใช้เทคนิคการตรวจสอบเสียงที่เกิดจากการครูด (Scratch) และวัดการขยายตัวของการสึกหรอ พบว่าการเคลือบดอกสว่านด้วย TiN ส่งผลให้อายุการใช้งานของดอกสว่านต่ำกว่าดอกสว่านที่ไม่ผ่านการเคลือบ แต่ในทางตรงกันข้ามดอกสว่านที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย TiAlN และ TiAlCrN มีประสิทธิภาพดีกว่าดอกสว่านแบบไม่เคลือบผิว ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เปรียบเทียบอายุการใช้งานของดอกสว่านที่เคลือบผิวและไม่เคลือบผิว

V. Braic. et al. (2010) ได้ศึกษาการเคลือบผิวแบบหลายชั้น (TiAlN/TiAlZrN multilayered) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงในการเจาะภายใต้สภาวะการตัดเฉือนแบบแห้ง พบว่าการเคลือบผิวหลายชั้นแบบ TiAlN/TiAlZrN ช่วยเพิ่มอายุการใช้งานให้กับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงได้ 2.1 – 2.3 เท่า ซึ่งสูงกว่าการเคลือบผิวชั้นเดียวแบบ TiN TiAlN และTiAlZrN นอกจากนี้การเคลือบแบบหลายชั้นยังต้านทานการสึกหรอของดอกสว่านได้ดีกว่าอีกด้วย

M. Iqbal. et al. (2019) ได้ศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์ในการเจาะที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง โดยควบคุมการเจาะภายใต้อัตราการป้อนที่คงที่และความเร็วรอบการหมุน 3 ระดับ พบว่าดอกสว่านที่ใช้ความเร็วรอบที่สูงจะเกิดการสึกหรอที่มากกว่าเมื่อเทียบกับดอกสว่านที่ใช้ความเร็วตัดต่ำ

N. M. B. M. Mydin. et al. (2020) ได้ศึกษาผลกระทบของพารามิเตอร์การเจาะที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านทั้งสแตนคาร์ไบด์ เจาะบนชิ้นงานอะลูมิเนียม ภายใต้เงื่อนไขการเจาะแบบแห้ง โดยแสดงให้เห็นว่าที่ความเร็วตัดต่ำจะเกิดการสึกหรอแบบขีดสี และทำให้เกิดการพอกติดของเศษที่คมตัด เนื่องจากความสามารถในการกำจัดเศษต่ำ แต่ในกรณีที่มีความเร็วตัดสูงจะเกิดการสึกหรอแบบยึดติดจากความร้อนที่สูงขึ้นอันเป็นผลของอุณหภูมิการตัดสูงซึ่งนำไปสู่การสึกหรอที่สูงกว่า

เมื่อเทียบกับการใช้ความเร็วตัดที่ต่ำ โดย Mydin et al. (2020) ระบุว่าการใช้ความเร็วตัดร่วมกับ อัตราการป้อนที่ต่ำนั้นจะมีประโยชน์ในการปรับปรุงอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้ดีกว่า

จากทั้งสองบทความข้างต้นแสดงให้เห็นว่าความเร็วตัดเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการสึกหรอของ ดอกสว่าน โดยที่ความเร็วตัดสูงจะเกิดการสึกหรอมากกว่าความเร็วตัดต่ำ

M. Uddin. et al. (2018) ได้ศึกษาพารามิเตอร์การเจาะของดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือ ความเร็วสูงเคลือบผิวไทเทเนียมไนไตรด์ ที่มีผลต่อคุณภาพของรูจากการเจาะ แสดงให้เห็นว่าอัตราการป้อนเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการกำหนดขนาดเศษและอัตราการกำจัดเศษของวัสดุจากการเจาะ ซึ่งส่งผลกระทบต่อแรงและคุณภาพของชิ้นงานจากการเจาะ โดยพบว่าเมื่อ อัตราการป้อนที่สูงขึ้น ทั้งแรงกดและแรงบิดจะเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ที่อัตราการป้อนต่ำจากการ เจาะจะมีความคลาดเคลื่อนที่ต่ำ

2.6 รายการอ้างอิง

- AB Sandvik Coromant. Training Handbook METAL CUTTING TECHNOLOGY.
- Shrinivas. J., Jaywant. S., Mukesh. C., and Nilesh. P. (2016). A Review on Drilling of Metal Matrix Composites. International Journal of Current Engineering and Technology; E-ISSN 2277 – 4106, P-ISSN 2347 – 5161
- V. Zakeri Mehrabad and V. Pourmostaghimi. (2017). Tool Wear Modeling in Drilling Process of AISI1020 and AISI8620 using Genetic Programming. Advanced Design and Manufacturing Technology, Vol. 10/ No. 1/ March – 2017
- A. K. Sarmad, S. Sumbul, A. Saqib, H. Amjad, A. Shafiq and S. Mustafa. (2020). Wear performance of surface treated drills in high speed drilling of AISI 304 stainless steel. Journal of Manufacturing Processes, 58(2020);223-235.
- A. Simge., S. Tugrul. & E. Onur. (2020). Effects of different cryogenic treatments on drilling performance of hss drills. Journal of science and technology a-applied sciences and engineering,21(1); pp. 223 – 237.
- S.G. Harris., E.D. Doyle., A.C. Vlasveld., J. Audy. & D. Quick. (2003). A study of the wear mechanisms of TiAlN and TiAlCrN coated high-speed steel twist drills under dry machining conditions. Wear 254 (2003); 723–734.
- V. Braic., C.N. Zoita., M. Balaceanu., A. Kiss., A. Vladescu., A. Popescu. & M. Braic. (2010). TiAlN/TiAlZrN multilayered hard coatings for enhanced performance of HSS drilling tools. Surface & Coatings Technology 204 (2010); 1925–1928.
- M. Iqbal., S. Bahri., and A. Akram. (2019). Effect of cutting parameter on tool wear of HSS tool in drilling of Kevlar composite panel. Materials Science and Engineering 523 (2019) 012078.

- Nur Munirah Binti Meera Mydin, Aishah Najiah Binti Dahnel, Natasha A. Raof, Nor Khairusshima MK, Suhaily Mokhtar. (2020). The Effect of Cutting Parameters on Tool Wear in Drilling Aluminium 7075. ISSN: 0193-4120 Page No. 1274 – 1280.
- M. Uddin., A. Basak., A. Pramanik., S. Singh., G. M. Krolczyk., and C. Prakash. (2018). Evaluating Hole Quality in Drilling of Al 6061 Alloys. Materials · November 2018.



บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

ในบทนี้ผู้วิจัยให้รายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลองที่ใช้ในการศึกษานี้เพื่อตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยในการประเมินความต้านทานการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว และคุณภาพของรูจากการเจาะ โดยรายละเอียดของวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง แสดงดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุ

3.1.1.1 ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง (High speed steel drill)

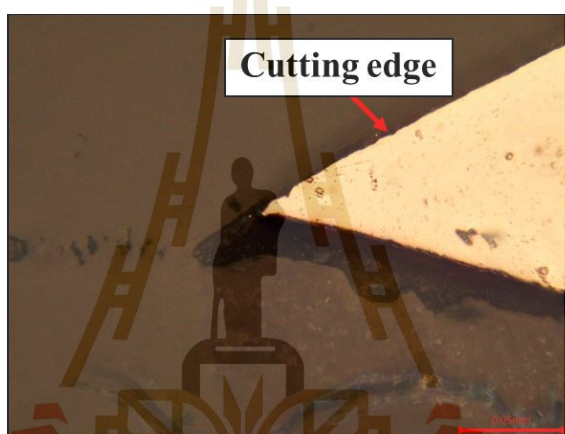
เกรด M2 ผลิตโดยบริษัท นาซี เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด เป็นดอกสว่านก้านตรง (Straight shank drill) ที่ใช้เป็นวัสดุในการเจาะในการศึกษานี้ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (d_1) 6 มิลลิเมตร ความยาวรวมของดอกสว่าน (L_1) 102 มิลลิเมตร และความยาวของฟันคมตัด (L_2) 70 มิลลิเมตร โดยในงานวิจัยนี้ แบ่งดอกสว่านออกเป็น 2 ประเภทคือ ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต ที่ทำการเคลือบโดยบริษัท นิฮอน เทคโนโลยี ทรีทเมนท์ จำกัด และดอกสว่านดังกล่าวเป็นเทคโนโลยีของบริษัท นิฮอน เทคโนโลยี ทรีทเมนท์ จำกัด ข้อมูลลักษณะของดอกสว่านทั้งสองประเภทแสดงดังตารางที่ 1 และลักษณะความถี่ของดอกสว่านทั้งสองประเภทแสดงดังรูปที่ 3.1

ตารางที่ 1 ลักษณะของดอกสว่าน

	Drill bits	
	Multinrite Drills	Uncoated Drills
Surface hardness (HV0.1)	1147.83	722.33
Diameter (mm)	6.49	6.08
Helix angle (degree)	31.5	31.5
Point angle per Teeth (degree)	58.8	59.2
Relief angle (degree)	15	15
Flute width (front), (mm)	4	3.83
Flute width (back), (mm)	3.8	3.59
Run Out (mm)	0.02	0.04
R -Point angle (mm)	4.3	4.66



(ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต



(ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

รูปที่ 3.1 ลักษณะความถี่ของ (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

3.1.1.2 เหล็กเพลลาเกรด SS400

มีส่วนผสมตามมาตรฐานแสดงดังตารางที่ 2 และสมบัติทางกลตามมาตรฐานแสดงดังตารางที่ 3 ใช้เป็นชิ้นงานที่จะถูกเจาะ เหล็กเพลลาเกรด SS400 จัดซื้อในลักษณะเพลลากลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร โดยให้บริษัทผู้ผลิตเลื่อยให้มีขนาดความยาวใกล้เคียงกับ 50 มิลลิเมตร (ยาวกว่า)

ตารางที่ 2 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเพลลาเกรด SS400

	ส่วนผสมทางเคมี				
	C	Si	Mn	P	S
SS400				0.050 Max.	0.050 Max.

หมายเหตุ จาก (<https://www.lekkla.com/product/steel-round-bar/>)

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของเหล็กเพลลาขาว SS400

	Yield Strength (Mpa)			Tensile Strength (MPa)	Elongation %	
	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง < 16 มม.	เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 < Dia ≤ 40 มม.	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง > 40 มม.		เส้นผ่าน ศูนย์กลาง ≤ 25 มม.	เส้นผ่าน ศูนย์กลาง > 25 มม.
SS400	245	235	215	400-510	20	20

หมายเหตุ จาก (<https://www.lekkla.com/product/steel-round-bar/>)

3.1.2 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยตามลักษณะของการทำงาน ซึ่งอธิบายไว้อย่างละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.2.1 อุปกรณ์สำหรับเตรียมชิ้นงานก่อนนำไปทดสอบเจาะด้วยดอกสว่าน

- เครื่องกลึง (Conventional Lathe) รุ่น TOS Galanta SUI 32 A แสดงดังรูปที่ 3.2 ใช้สำหรับเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดและระนาบตามที่ต้องการ ชิ้นงานที่ได้หลังจากการเตรียมต้องมีขนาด 50 มิลลิเมตร หลังจากกลึงให้ได้ขนาดแล้วชิ้นงานจะถูกนำไปเจาะรูด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน เพื่อใช้ในการยึดติดกับเครื่องเซนเซอร์วัดแรง (Force sensor dynamometer) ดังอธิบายลักษณะของเครื่องในหัวข้อ 3.1.2.2



รูปที่ 3.2 เครื่องกลึงรุ่น TOS Galanta SUI 32 A

3.1.2.2 อุปกรณ์สำหรับการเจาะทดสอบ

- เครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน (5-axis CNC milling machine) รุ่น DMG Mori DMU-50 แสดงดังรูปที่ 3.3 ใช้สำหรับเจาะรูเพื่อเปรียบเทียบการสึกหรอระหว่างดอกสว่านเหล็กกล้า

เครื่องมือความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว และใช้สำหรับเจาะรูเพื่อเตรียมชิ้นงานก่อนการทดสอบ



รูปที่ 3.3 เครื่องกัด 5 แกน (5-axis CNC milling machine) รุ่น DMG Mori DMU-50 ที่มา (www.sumipol.com)

- ชุดอุปกรณ์สำหรับติดตั้งและยึดชิ้นงานบนเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน (Jig & Fixture set) แสดงการติดตั้งดังรูปที่ 3.4 หลังจากเตรียมชิ้นงานแล้ว ชิ้นงานจะถูกยึดเข้ากับเครื่องตรวจจับแรงด้วย โดยที่เครื่องตรวจจับแรงก็ติดตั้งอยู่บนแผ่น Fixture ซึ่งทั้งหมดนี้จะวางอยู่บนโต๊ะทำงานในเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน



รูปที่ 3.4 ชุดอุปกรณ์สำหรับติดตั้งและยึดชิ้นงานบนเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน (Jig & Fixture set)

- เครื่องวัดการหักเหของแสง (Pocket refractometer) ATAGO รุ่น PAL-Grape Must (Brix) แสดงดังรูปที่ 3.5 ใช้สำหรับควบคุมความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็นในการเจาะ เพื่อให้ผลของสารหล่อเย็นต่อการศึกษาถูกควบคุมให้คงที่ โดยตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น จะดำเนินการก่อนเริ่มใช้งานเครื่องกัด 5 แกน และควบคุมให้อยู่ระหว่าง 4.9 – 5 องศาบริกซ์



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดการหักเหของแสง (Pocket refractometer) ATAGO รุ่น PAL-Grape Must (Brix)

- เครื่องตรวจจับแรง (Force sensor dynamometer) รุ่น Kistler type-9272 แสดงดังรูปที่ 3.6 ใช้สำหรับตรวจจับแรงที่เกิดขึ้นบนดอกสว่านขณะทำการเจาะลงบนชิ้นงาน โดยเครื่องตรวจจับแรงจะยึดติดกับชิ้นงานสำหรับการเจาะ และติดตั้งอุปกรณ์จับยึดที่ยึดบนเครื่องกัด ซีเอ็นซี 5 แกน ค่าของแรงที่ได้จะแสดงที่หน้าจอบนคอมพิวเตอร์ และข้อมูลที่ได้จากการเจาะจะนำไปประมวลผล เพื่ออธิบายพฤติกรรมที่เกิดขึ้นขณะเจาะ



รูปที่ 3.6 เครื่องตรวจจับแรง (Force sensor dynamometer) รุ่น Kistler type-9272 ที่มา (www.kistler.com)

- ตัวจับดอกสว่าน (Tool holder) รุ่น SK40 DIN69871A ใช้สำหรับจับดอกสว่านในระหว่างกระบวนการเจาะ แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวจับดอกสว่าน (Tool holder) รุ่น SK40 DIN69871A

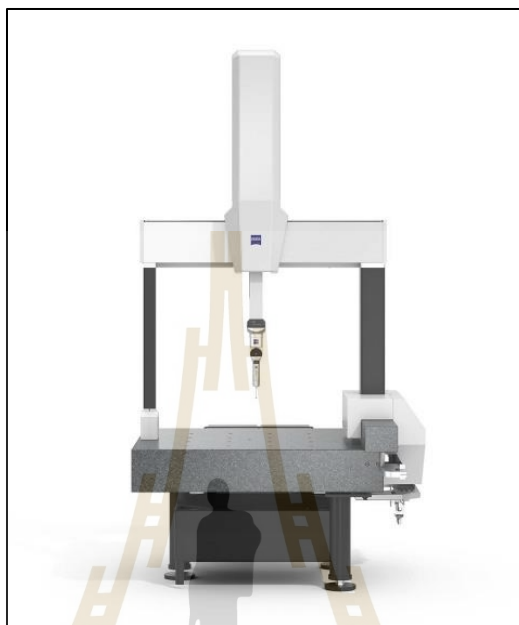
3.1.2.3 อุปกรณ์สำหรับการวัดและการตรวจสอบ

- ชุดกล้องสเตอริโอ (Stereo microscope) รุ่น SZ61 ติดตั้งร่วมกับกล้องดิจิทัลประมวลผลภาพ (Digital camera) รุ่น Optika C-P3 แสดงดังรูปที่ 3.8 ใช้สำหรับถ่ายภาพดอกสว่านก่อนใช้งานและหลังใช้งานเพื่อนำไปเปรียบเทียบการสึกหรอ



รูปที่ 3.8 ชุดกล้องสเตอริโอ (Stereo microscope) รุ่น SZ61 ติดตั้งร่วมกับกล้องดิจิทัลประมวลผลภาพ (Digital camera) รุ่น Optika C-P3

- เครื่องวัดขนาดสามมิติ (Coordinate Measuring Machine) รุ่น Zeiss spectrum แสดงดังรูปที่ 3.9 ใช้สำหรับวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และค่าความเป็นทรงกระบอกของรูจากการเจาะ



รูปที่ 3.9 เครื่องวัดขนาดสามมิติ (Coordinate Measuring Machine) รุ่น Zeiss spectrum ที่มา www.tqscorp.com

- เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface roughness tester) รุ่น SJ-210 Mitutoyo แสดงดังรูปที่ 3.10 ใช้สำหรับวัดค่าความหยาบผิวของรูจากการเจาะ



รูปที่ 3.10 เครื่องวัดความหยาบผิว (Surface roughness tester) รุ่น SJ-210 Mitutoyo

3.2 วิธีการทดลอง

ภาพรวมขั้นตอนการทดลองในการศึกษานี้แสดงดังแผนผังการทำงานของงานวิจัยดังรูปที่

3.11

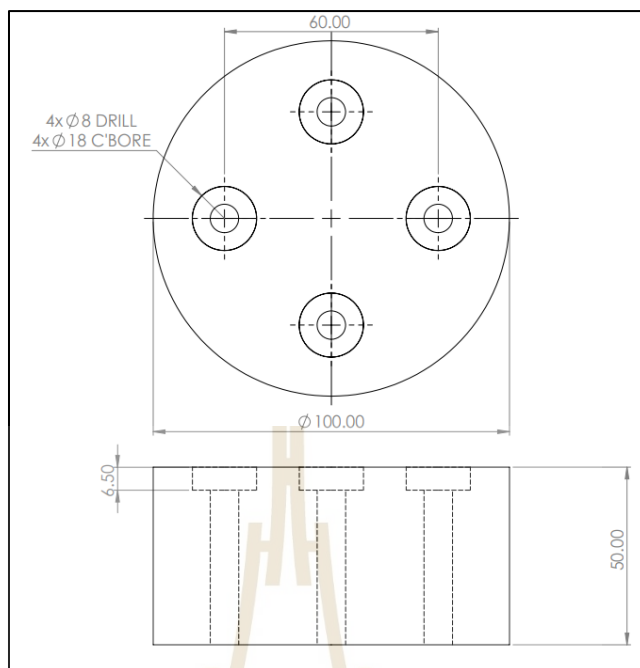


รูปที่ 3.11 แผนผังการศึกษาโดยรวม

จากรูปที่ 3.11 ขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการเตรียมชิ้นงานที่ได้จากการสั่งซื้อให้ได้ขนาดตามที่กำหนด หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการเตรียมติดตั้งบนเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกนเพื่อเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว โดยการเจาะแบ่งออกเป็น 2 ชุดการทดลองคือ (1) เจาะภายใต้ตัวแปรการเจาะตามคำแนะนำของผู้ผลิต และ (2) เจาะภายใต้ตัวแปรการเจาะนอกเหนือจากคำแนะนำของผู้ผลิต ในระหว่างการเจาะมีการวัดแรงบิดและแรงกดที่เกิดขึ้นบนดอกสว่านด้วยชุดเซนเซอร์ตรวจจับแรง และหยุดการเจาะเป็นช่วง ๆ เพื่อตรวจสอบดอกสว่านด้วยตาเปล่า หลังการเจาะแล้วเสร็จทุกรูเจาะแล้วชิ้นงานที่ถูกเจาะจะถูกนำมาตัดเพื่อตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะ ความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะ และความหยาบผิวของรูหลังการเจาะ โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนแสดงดังนี้

3.2.1 เตรียมชิ้นงานที่จะเจาะรู

ก่อนเริ่มกระบวนการเจาะ เหล็กเพลลาเกรด SS400 จะถูกเตรียมให้ได้ขนาด ระบาย และเจาะรูเพื่อยึดกับเครื่องเซนเซอร์ตรวจจับแรง โดยการเตรียมชิ้นงานจะเตรียมด้วยการใช้เครื่องกลึงเพื่อปรับขนาดและระบาย โดยชิ้นงานหลังการเตรียมจะมีความหนา 50 มิลลิเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร จากนั้นนำชิ้นงานไปเจาะรู 4 รู โดยเจาะทะลุชิ้นงาน และคว้านรูเพื่อฝังหัวน็อตด้วยดอกกัด การเจาะเพื่อสร้างรูยึดจะทำด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน แสดงลักษณะของชิ้นงานสมบูรณ์ดังรูปที่ 3.12

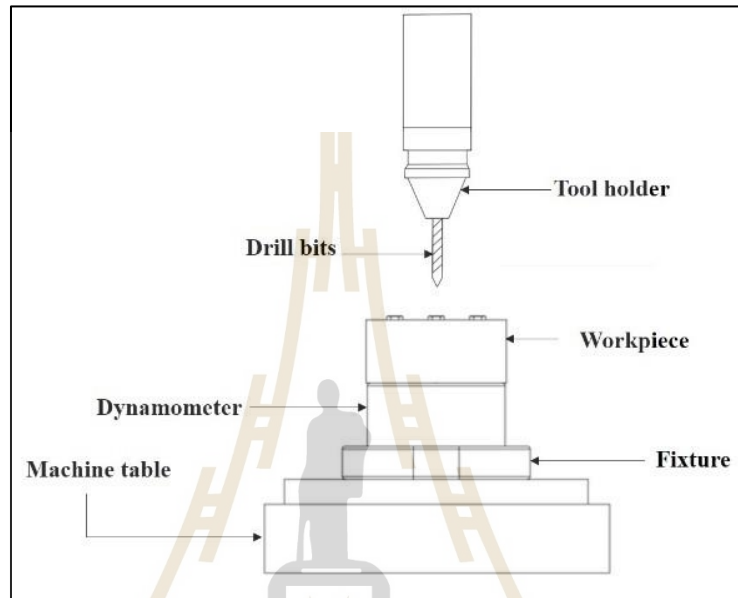


รูปที่ 3.12 ลักษณะของชิ้นงานที่จะถูกเจาะ

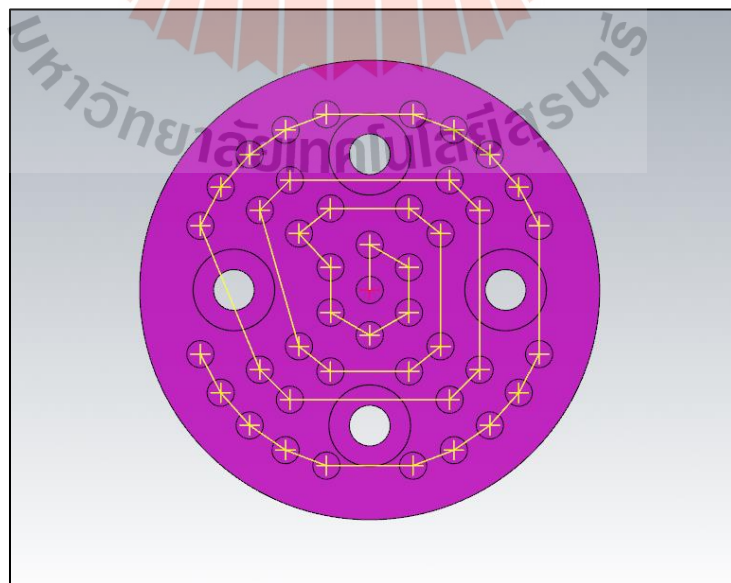
3.2.2 กระบวนการเจาะ

ก่อนการทำการเจาะจะมีการตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็นของเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกนก่อนด้วยเครื่องวัดการหักเหของแสง (Pocket refractometer) โดยควบคุมให้อยู่ระหว่าง 4.9 – 5 องศาปริกซ์ เพื่อให้มั่นใจว่าสารหล่อเย็นไม่มีผลต่อการสึกหรอของดอกสว่าน หลังจากนั้นนำชิ้นงานติดตั้งบนเครื่องเซนเซอร์ตรวจจับแรงที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์จับยึดที่วางบนโต๊ะทำงานในเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน แสดงดังรูปที่ 3.13 เพื่อทำการเจาะทดสอบด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว เส้นทางการเคลื่อนที่ของดอกสว่านเริ่มต้นที่จุดศูนย์กลางของชิ้นงาน โดยกำหนดระยะที่ดอกสว่านห่างจากผิวชิ้นงานก่อนเคลื่อนที่ลงในการเจาะรูแรกด้วยอัตราการป้อนที่กำหนด (Set-up Clearance) คือ +30 มิลลิเมตรเหนือผิวชิ้นงาน ความลึกในการเจาะคือ -30 มิลลิเมตรจากผิวชิ้นงาน การเจาะแบบครั้งเดียวไม่มีการยกดอกสว่านขึ้นคายเศษระหว่างการเจาะจนกว่าจะถึงความลึก -30 มิลลิเมตร เมื่อเจาะไปจนถึงความลึกที่กำหนดแล้วนั้น ดอกสว่านจะหมุนอยู่ที่ตำแหน่งนั้นเป็นเวลา 0.5 วินาที ก่อนจะยกขึ้นมาที่ระยะ +20 มิลลิเมตรเหนือผิวชิ้นงาน เพื่อจะขยับไปรูถัดไปโดยลำดับรูเจาะบนชิ้นงาน 1 ชิ้น แสดงดังรูปที่ 3.14 โค้ดที่ใช้ในการเจาะแสดงในภาคผนวก ก. และในระหว่างการเจาะทั้งแรงกด (Thrust force) และแรงบิด (Torque force) จะถูกวัดด้วยเครื่องเซนเซอร์ตรวจจับแรง (Force sensor dynamometer) ตลอดการเจาะทั้งหมด 120 รู โดยทุก ๆ 10 รู ของการเจาะ ดอกสว่านจะถูกถอดออกจากเครื่องกัด 5 แกน และนำดอกสว่านไปถ่ายภาพเพื่อตรวจสอบดอกสว่านด้วยตาเปล่า และวัดขนาดการสึกหรอของดอกสว่านด้วยเทคนิคการซ้อนทับภาพ ซึ่งรายละเอียดอธิบายไว้ในหัวข้อ 3.2.4 ในงานวิจัยนี้การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ (1) เปรียบเทียบการสึกหรอและคุณภาพของ

รูจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและแบบไม่เคลือบผิวภายใต้เงื่อนไขของตัวแปรการเจาะตามคำแนะนำของผู้ผลิตและ (2) อิทธิพลของตัวแปรการเจาะที่มีผลต่อการการสึกหรอและคุณภาพของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและแบบไม่เคลือบผิวภายใต้ตัวแปรการเจาะนอกเหนือจากคำแนะนำของผู้ผลิตทั้งหมด 5 เงื่อนไขสำหรับรายละเอียดของการทดลองทั้งสองชุด ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในบทที่ 4 และ 5



รูปที่ 3.13 แผนภาพการติดตั้งอุปกรณ์บนเครื่องกัด 5 แกน



รูปที่ 3.14 เส้นทางการเคลื่อนที่ของดอกสว่านบนชิ้นงาน 1 ชั้น

3.2.3 วัดขนาดการสึกหรอ

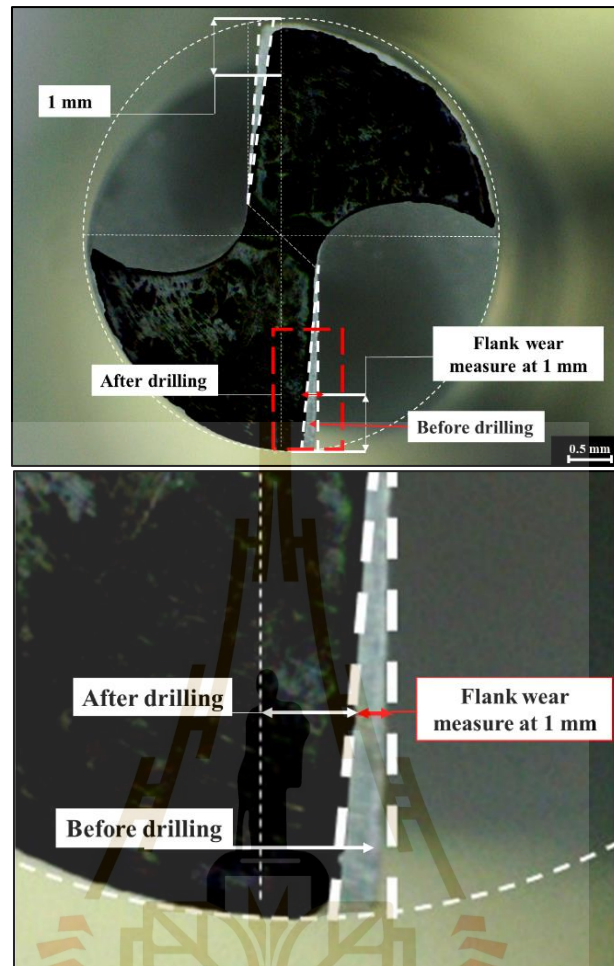
ทุก ๆ การเจาะ 10 รู ดอกสว่านพร้อมอุปกรณ์จับยึดดอกสว่าน (Tool holder) จะถูกถอดออกจากเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน เพื่อนำดอกสว่านไปถ่ายภาพบริเวณที่เกิดการสึกหรอด้วยกล้องสเตอริโอที่วางบนตัวจับแสดงดังรูปที่ 3.15 และได้ภาพดังตัวอย่างในรูปที่ 3.16 หลังจากนั้นนำภาพถ่ายดอกสว่านบริเวณหน้าดอกสว่านก่อนการใช้งานเจาะมาซ้อนทับกับภาพหลังใช้งานเจาะไปได้ 10, 20, ..., 120 รู และทำการวัดขนาดการสึกหรอด้วยเทคนิคการซ้อนทับภาพ โดยวัดขนาดการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนคมตัด จะวัดจุดที่ใกล้กับขอบของดอกสว่านหรือปลายคมตัดมากที่สุด ซึ่งในการทดลองนี้ ผู้วิจัยกำหนดพิกัดวัดขนาดที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากปลายคมตัด แสดงวิธีวัดขนาดการสึกหรอดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพ



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างภาพถ่ายด้านหน้าดอกสว่าน



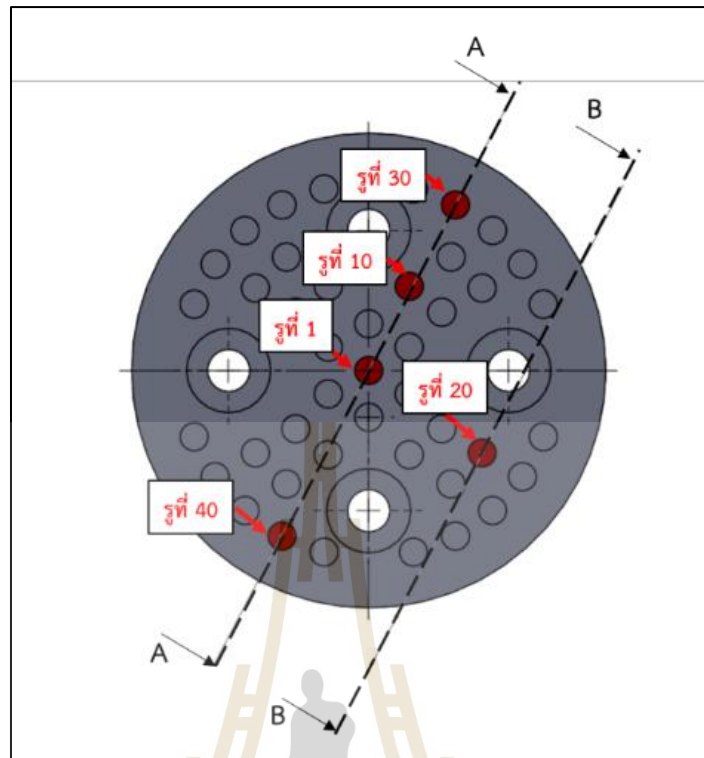
รูปที่ 3.17 การวัดการสึกหรอด้วยเทคนิคการซ้อนทับภาพ

3.2.4 วัดคุณภาพของรูจากการเจาะ

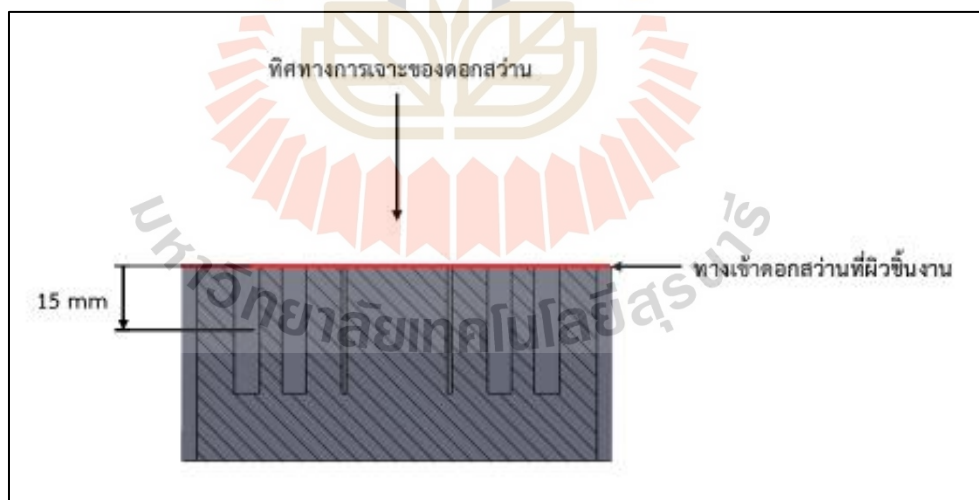
หลังจากเจาะชิ้นงานถูกนำไปตรวจสอบคุณภาพของรู ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.4.1 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความเป็นทรงกระบอกของรูด้วยเครื่องวัดสามมิติ (Coordinate Measuring Machine) วิธีการวัดตามมาตรฐาน DIN ISO 2768 โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเจาะที่ระยะ 5 มิลลิเมตรจากผิวของชิ้นงาน และวัดค่าความเป็นทรงกระบอกของรูที่ระยะ 5 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตรจากผิวของชิ้นงาน

3.2.4.2 วัดความหยาบผิวของรูเจาะโดยเริ่มจากการนำชิ้นงานเจาะไปตัดผ่าครึ่งรูที่เจาะที่ต้องการตรวจสอบด้วยเครื่องกัด EDM แบบลวด (Wire EDM Machine) ในงานวิจัยนี้จะตรวจสอบความหยาบผิวของรูเจาะที่ 1, 10, 20, 30, 40, 50, ..., 120 รู แสดงดังตัวอย่างของการตัดชิ้นงานดังรูปที่ 3.18 หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่ตัดเสร็จแล้ววัดความหยาบผิวของรูเจาะ ซึ่งก่อนวัดต้องสอบทานเครื่องมือวัดความหยาบผิวตามมาตรฐาน ISO1997 และวัดความหยาบผิวรูเจาะจะวัดตามทิศทางการเจาะลงของดอกสว่านโดยเริ่มลากหัวโพรบวัดความหยาบผิวจากผิวบนสุดของการเจาะลึกลงไป 15 มิลลิเมตรจากทางเข้าของดอกสว่านที่ผิวชิ้นงาน แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.18 แผนภาพการตัดชิ้นงานด้วยเครื่องกัด EDM แบบลวด



รูปที่ 3.19 การวัดความหยาบผิวของรูเจาะ

บทที่ 4

การเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงไม่เคลือบผิวและเคลือบผิวมัลติไนต์

4.1 บทนำ

ดอกสว่านเป็นเครื่องมือตัดสำคัญที่ใช้สร้างรูบนชิ้นส่วน ซึ่งดอกสว่านต้องมีความสามารถในการตัดเฉือนที่สูงเพื่อให้การเจาะได้รูเจาะเป็นไปตามข้อกำหนดด้านคุณภาพของรูที่ต้องการ ในระหว่างการเจาะจะพบการสึกหรอของดอกสว่านทั้งในด้านข้างบนคมตัด (Flank wear) บริเวณร่องคายเศษ (Crater wear) และบริเวณของลิ่ว (Chisel wear) การสึกหรอด้านข้างบนคมตัดเป็นการสึกหรอหลักของดอกสว่านในขณะที่ใช้งานและใช้เพื่อกำหนดอายุการใช้งานของดอกสว่านด้วย การสึกหรอด้านข้างบนคมตัดเกิดจากการเสียดสีระหว่างดอกสว่านกับชิ้นงาน ดังนั้นเพื่อเพิ่มความต้านทานการสึกหรอของเครื่องมือ ดอกสว่านต้องมีความแข็งผิวที่สูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานต่ำ และความเหนียวที่ดี เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเหล่านั้น จึงได้มีการศึกษาทดลองเคลือบดอกสว่าน เช่น S.G. Harris et al. (2003) ได้เคลือบดอกสว่านด้วย TiN Ti1-xAlxN และ Ti1-x-yAlxCryN ที่มีโครเมียมค่อนข้างสูงขณะที่ V. Braic et al. (2010) ศึกษาการใช้ดอกสว่านเคลือบด้วยไอระเหยทางกายภาพหลายชั้น (PVD Multilayer) จากงานวิจัยทั้งสองพบว่าการเคลือบบนดอกสว่านด้วยไอทางกายภาพ (PVD) ทั้งการเคลือบชั้นเดียวและการเคลือบหลายชั้นสามารถเพิ่มอายุการใช้งานเครื่องมือของดอกสว่านได้ อย่างไรก็ตามกระบวนการเคลือบด้วยไอทางกายภาพ (PVD) เป็นกระบวนการที่มีราคาแพง ดังนั้น เทคนิคทางเลือกอื่น ๆ ที่สามารถปรับปรุงความต้านทานการสึกหรอของดอกสว่านยังคงได้รับการเสนอและทดสอบ ซึ่งกระบวนการมัลติไนต์ (Multinite process) เป็นหนึ่งในตัวเลือกของเทคนิคทางเลือกในการปรับปรุงความต้านทานการสึกหรอของดอกสว่านที่ทำด้วยเหล็กกล้าความเร็วสูง เนื่องจากผิวเคลือบมัลติไนต์เป็นกระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิงชนิดหนึ่งที่มีสมบัติโดดเด่นหลายประการสำหรับเครื่องมือตัด เช่น (1) แรงเสียดทานต่ำ (2) ปรับปรุงความต้านทานการสึกหรอ (3) ปรับปรุงความทนทานต่อความล้า และ (4) ป้องกันเสียงเสียดสี เป็นต้น จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ Osamu Momose และ Sosuke Uchida (1987) ศึกษาความทนทานต่อการสึกหรอของเหล็กที่เคลือบด้วยกระบวนการแก๊สซัลโฟไนไตรดิง พบว่าการใช้กระบวนการซัลโฟไนไตรดิงด้วยแก๊สสามารถลดอัตราการสึกหรอของเหล็กได้เมื่อเทียบกับเหล็กกล้าที่ไม่เคลือบผิว อย่างไรก็ตามไม่มีงานวิจัยที่ทำขึ้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้การเคลือบมัลติไนต์เพื่อเพิ่มความทนทานต่อการสึกหรอของดอกสว่าน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ศึกษาผลกระทบของการเคลือบมัลติไนต์ต่อการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงและคุณภาพผิวรูจากการเจาะ

4.2 วิธีการทดลอง

การศึกษานี้ใช้ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้า-

ความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวเจาะบนชิ้นงานเหล็กกล้าเกรด SS400 สำหรับเนื้อหาเพิ่มเติมทั้งวัสดุและอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 สำหรับรายละเอียดการทดลองเริ่มจากการเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดดังรูปที่ 3.12 (บทที่ 3) หลังจากนั้นทำการจับยึดชิ้นงานบนอุปกรณ์จับยึดบนเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน พร้อมติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดึงรายละเอียดในบทที่ 3 และติดตั้งดอกสว่านบนตัวจับยึดดอกสว่าน (Tool holder) และนำไปบรรจุบนฐานเครื่องมือในเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน หลังจากนั้นทำการเจาะแบบไม่มีการยกดอกสว่านขึ้นคายเศษระหว่างการเจาะด้วยตัวแปรการเจาะแสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งเป็นตัวแปรการเจาะที่ผู้ผลิตดอกสว่านแนะนำ โดยในระหว่างเจาะทุก ๆ 10 รู ดอกสว่านพร้อมอุปกรณ์จับยึดจะถูกนำออกมาจากเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน เพื่อนำดอกสว่านมาถ่ายภาพบริเวณที่เกิดการสึกหรอและนำภาพถ่ายมาทำการวัดขนาดการสึกหรอด้วยเทคนิคการซ้อนทับภาพ หลังจากเจาะครบทุกรูเจาะตามกำหนดในตารางที่ 4 ชิ้นงานเจาะจะถูกนำมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู ความเป็นทรงกระบอกของรู และความหยาบผิวของรูเจาะ เพื่อเปรียบเทียบการต้านทานการสึกหรอและคุณภาพของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวบนชิ้นงานเหล็กกล้าเกรด SS400 อนึ่งระหว่างการเจาะจะมีการบันทึกแรงบิดและแรงกดด้วยเซนเซอร์ตรวจจับแรงเพื่อใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์ร่วมกับผลการทดลองอื่น ๆ

ตารางที่ 4 ตัวแปรที่ใช้ในการเจาะ

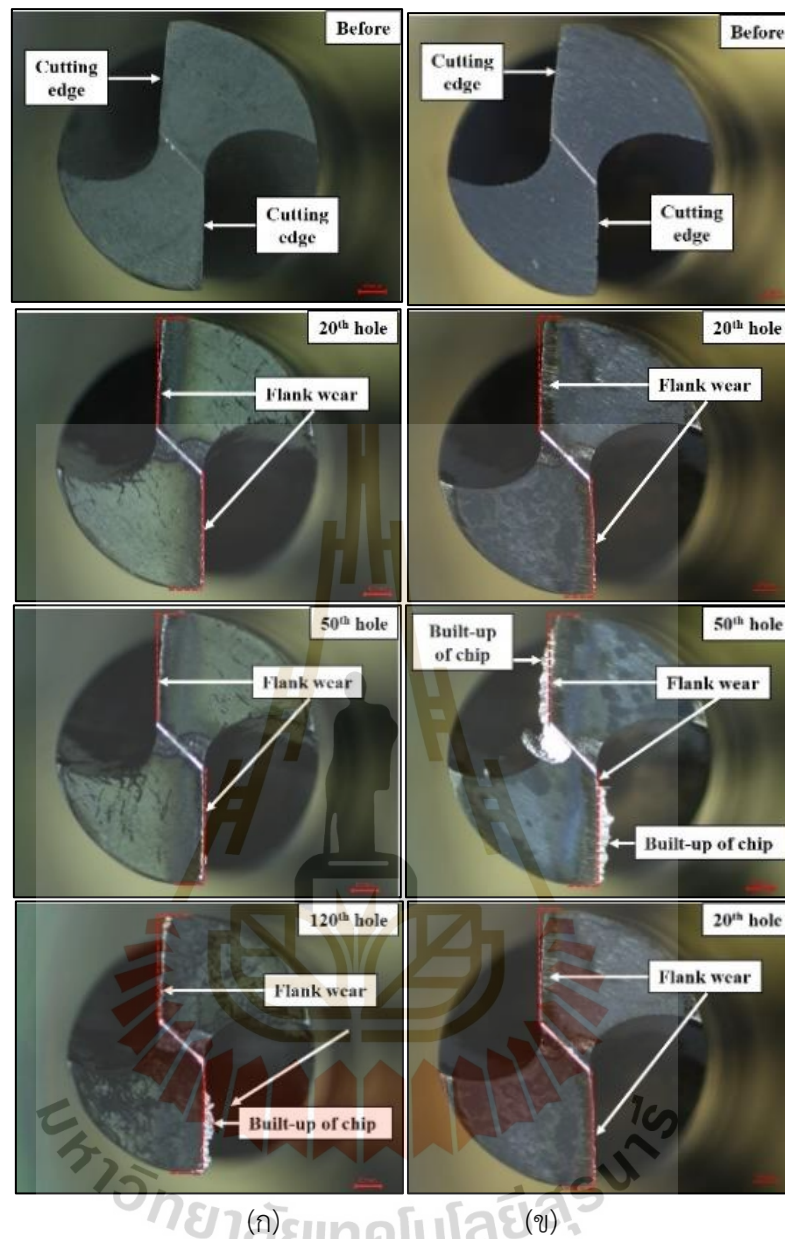
ตัวแปรการเจาะ	ค่า	หมายเหตุ
ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	1,100	ตามคำแนะนำของผู้ผลิตดอกสว่าน
อัตราการป้อน (มิลลิเมตรต่อนาที)	135	ตามคำแนะนำของผู้ผลิตดอกสว่าน
ความลึกของรูเจาะ (มิลลิเมตร)	30	กำหนดโดยผู้วิจัย (เจาะแบบไม่ยกขึ้นเพื่อคายเศษ)
จำนวนรูของการเจาะ	120	กำหนดโดยผู้วิจัย

หมายเหตุ ความเร็วรอบและอัตราการป้อน จาก (<http://nachithailand.com>)

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 การตรวจสอบดอกสว่านด้วยตาเปล่า

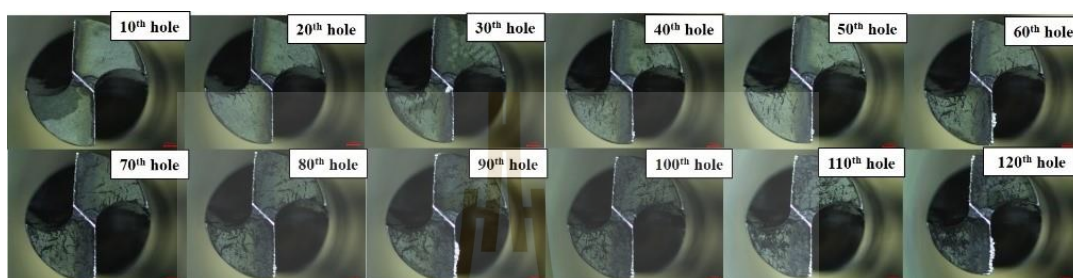
รูปที่ 4.1 แสดงชุดภาพมุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวก่อนการใช้งานเจาะและเจาะได้จำนวนรูต่าง ๆ จากรูปที่ 4.1 จะสังเกตเห็นว่าหลังจากเริ่มต้นใช้งานดอกสว่าน คมตัด (Cutting edge) ของดอกสว่านทั้งแบบเคลือบผิวและแบบไม่เคลือบผิว เกิดการเปลี่ยนแปลงจากเส้นที่มีลักษณะเป็นแนวตรงเป็นแนวซิกแซก โดยหลังจากเจาะผ่านไปแล้ว 20 รู พบการสูญเสียเนื้อวัสดุที่คมตัดของดอกสว่านอย่างมีนัยสำคัญ อีกทั้งการสูญเสียเนื้อวัสดุที่คมตัดก็เพิ่มขึ้นตามจำนวนรูเจาะอีกด้วย ซึ่งการสูญเสียดังกล่าวเรียกว่าการสึกหรอด้านข้างบนคมตัด (Flank wear) โดยจากการเปรียบเทียบระหว่างดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตแสดงในรูปที่ 4.1(ก) และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงไม่เคลือบผิวแสดงในรูปที่ 4.1(ข) พบว่าการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตน้อยกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงไม่เคลือบผิว



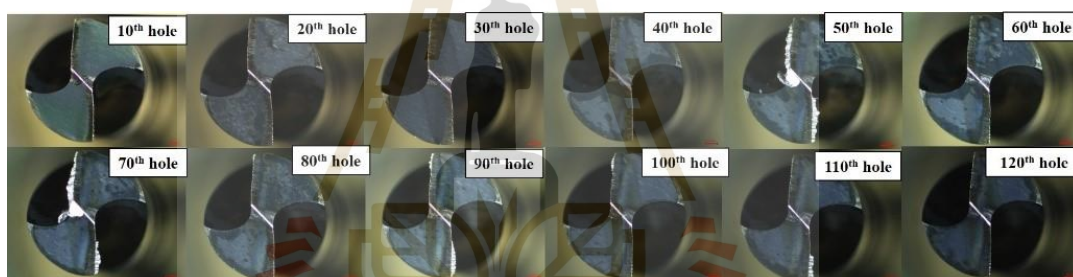
รูปที่ 4.1 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 20, 50 และ 120 รู (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

รูปที่ 4.2 เป็นชุดภาพถ่ายมุมมองด้านหน้าของดอกสว่านทั้งสองประเภท ที่แสดงให้เห็นชั้นสีขาวที่เกาะติดบนคมตัดของดอกสว่าน ซึ่งชั้นสีขาวนี้เกิดจากการสะสมของเศษวัสดุที่คมตัด โดยการสะสมของเศษวัสดุที่คมตัด (Built-Up Edge, BUE) แสดงให้เห็นว่าเศษโลหะจากการตัดเกาะติดบนผิวของเครื่องมือตัด ซึ่งบ่งชี้ว่าผิวของดอกสว่านไม่ลื่นพอให้เศษโลหะไหลตามร่องคายเศษได้ง่าย ๆ เมื่อการสะสมของเศษโลหะมากถึงจุดหนึ่ง เศษที่สะสมอยู่บนคมตัดจะหลุดออกไปและ

อาจจะดึงเอาเนื้อส่วนหนึ่งของดอกสว่านออกไปด้วย การสะสมของเศษวัสดุที่คมตัดนี้จะเกิดขึ้นหลังใช้งานเจาะไปได้ระยะหนึ่งโดยสังเกตได้จากดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตแสดงในรูปที่ 4.2(ก) และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวแสดงในรูปที่ 4.2(ข) พบการสะสมของเศษที่คมตัดหลังจากเจาะผ่านไปแล้ว 50 รู และอย่างไรก็ตามดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติ-โคตเกิดเศษสะสมของเศษโลหะบนคมตัดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว



(ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต



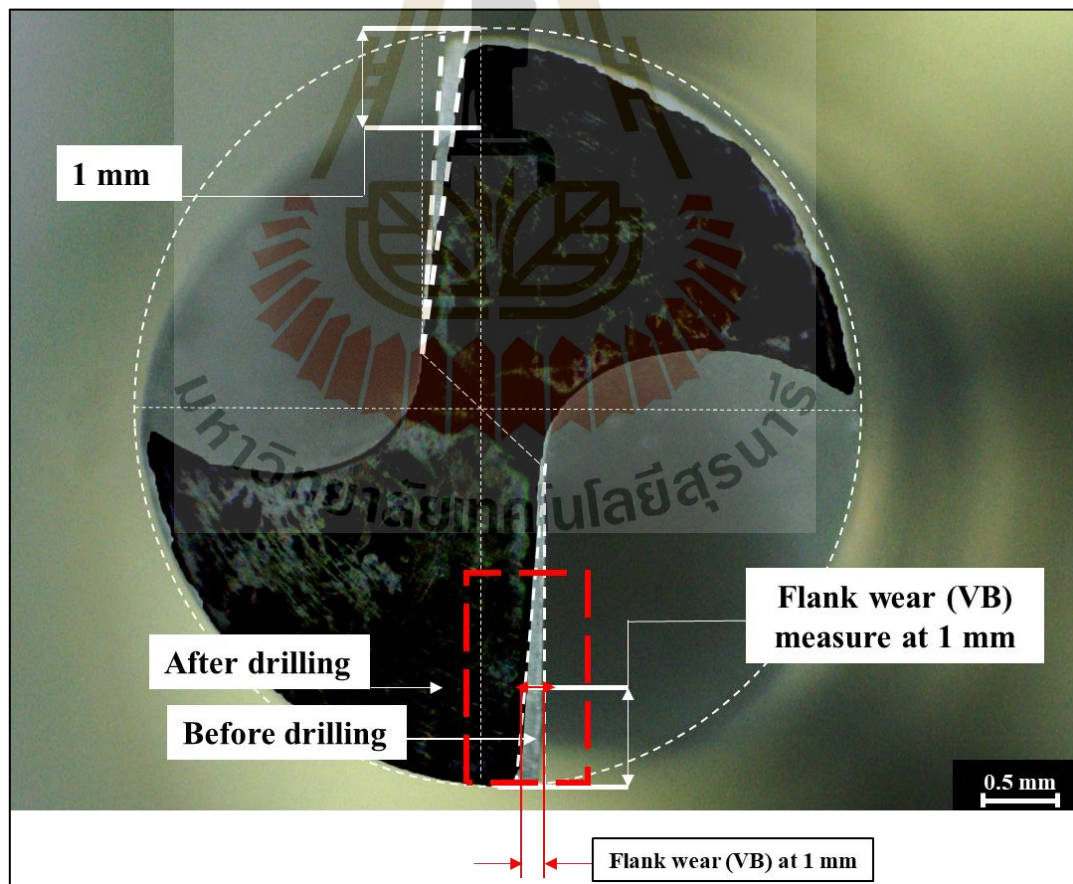
(ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

รูปที่ 4.2 การสะสมเศษที่คมตัดของ (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบมัลติโคต และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่เคลือบผิวที่ความคืบหน้าของการเจาะต่าง ๆ

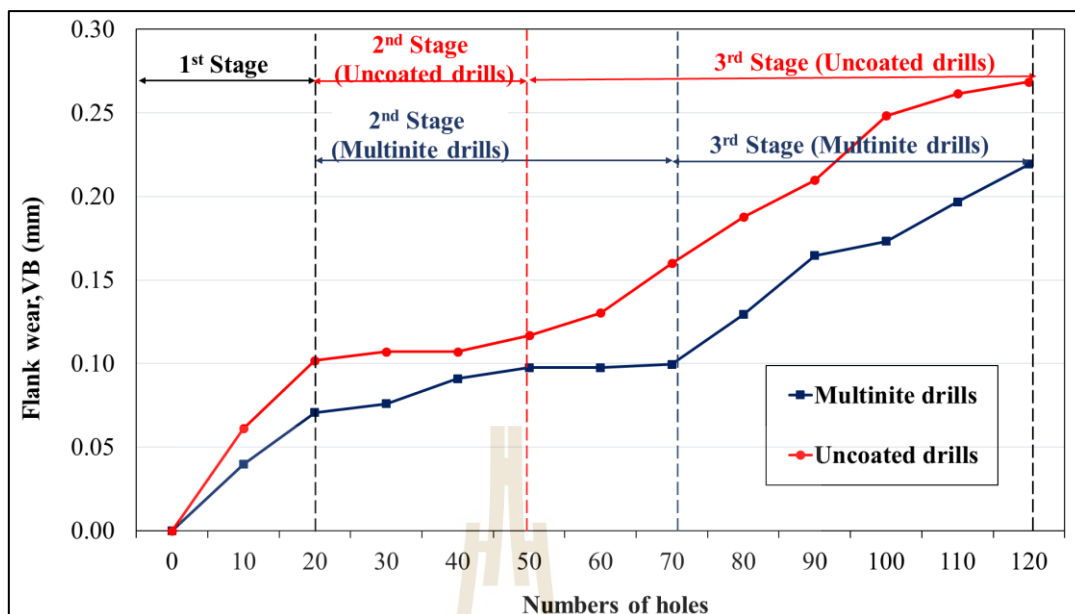
4.3.2 วัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่าน

หลังจากสังเกตดอกสว่านก่อนและหลังใช้งานด้วยตาเปล่าแล้ว ภาพถ่ายของดอกสว่านทั้งสองประเภทจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดโดยใช้เทคนิคภาพซ้อนทับ (Overlap image technique) ดังอธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 โดยวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัด (Flank wear, VB) ที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากขอบของดอกสว่านแสดงดังรูปที่ 4.3 หลังการวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านได้ผลดังรูปที่ 4.4 จากรูปที่ 4.4 พบว่าการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตต่ำกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะเท่ากัน นอกจากนี้การสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านทั้งสองประเภทยังสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ตามความแตกต่างของอัตราการสึกหรอ โดยในช่วงเริ่มต้นการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดมีอัตราการสึกหรอที่สูงอย่างคงที่ เนื่องจากเมื่อนำดอกสว่านที่ยังไม่ผ่านการใช้งานเจาะ เจาะลงบนชิ้นงานทำให้ดอกสว่านเกิดการปรับสภาพเพื่อใช้

งานทำให้เกิดการสึกหรอรวดเร็ว โดยคมตัดของดอกสว่านจะเกิดการเปลี่ยนลักษณะจากลักษณะที่เป็นแนวเส้นตรงเป็นลักษณะที่มีความซิกแซกเล็กน้อย หลังจากนั้นเมื่อเจาะผ่านไปแล้ว 20 รู ดอกสว่านเกิดการสึกหรอเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยแม้จำนวนรูเจาะเพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการสึกหรอที่ใกล้เคียงศูนย์ที่น่าจะเป็นผล เนื่องจากดอกสว่านยังอยู่ในสภาพใหม่หลังการปรับสภาพ หลังจากดอกสว่านเกิดการสึกหรอในช่วงที่อัตราการสึกหรอต่ำไปได้ระยะหนึ่ง การสึกหรอจะเข้าสู่ช่วงที่ 3 (หลังจากเจาะรูไปแล้ว 50-70 รู) ในช่วงนี้อัตราการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจากรูปที่ 4.4 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดอกสว่านแบบเคลือบผิวและไม่เคลือบผิว พบว่าในช่วงเริ่มต้นอัตราการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านเคลือบผิวมีความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวมันสูงกว่าดอกสว่านเคลือบผิว ความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต สำหรับในช่วงอื่นๆ นั้น อัตราการสึกหรอของดอกสว่านทั้งประเภทมีอัตราการสึกหรอที่ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ยังพบว่าการสึกหรอในช่วงที่ 2 ของดอกสว่านเคลือบผิวมีความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตนั้นเกิดขึ้นยาวนานกว่าดอกสว่านเคลือบผิว ความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ซึ่งอัตราการสึกหรอที่ต่ำกว่าในช่วงที่ 1 และการสึกหรอในช่วงที่ 2 นานกว่าของดอกสว่านเคลือบผิว ความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตนี้ บ่งชี้ว่าดอกสว่านเคลือบผิว ความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตมีความทนทานกว่าดอกสว่านเคลือบผิว ความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว



รูปที่ 4.3 การวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากขอบของดอกสว่าน (Flank wear measure)

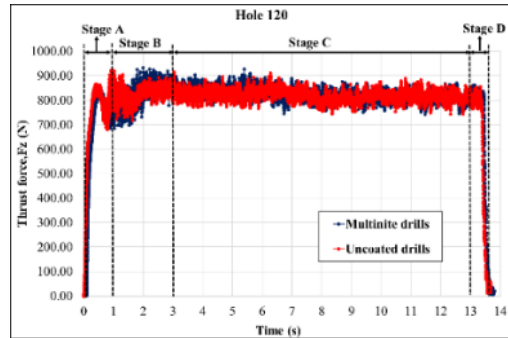
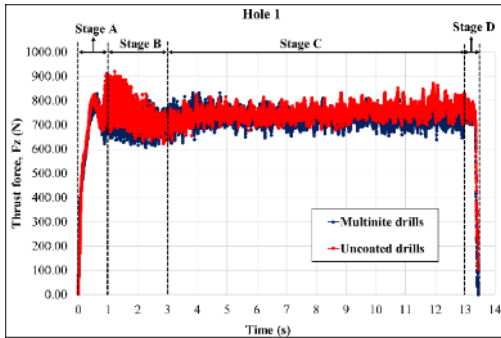


รูปที่ 4.4 การสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่เคลือบผิวตามจำนวนรู

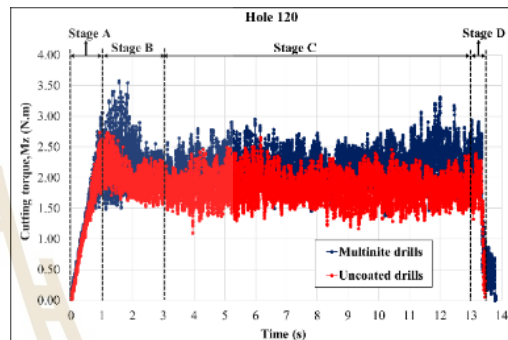
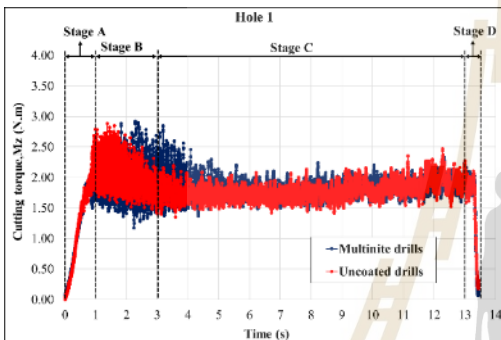
4.3.3 แรงแกตและแรงบิดของดอกสว่านเมื่อเจาะลงบนชิ้นงาน

ตัวอย่างแรงแกตและแรงบิดในระหว่างการเจาะรูแสดงดังรูปที่ 4.5(ก) และ 4.5(ข) ตามลำดับ จากรูปที่ 4.5 จะพบว่าลักษณะของแรงแกตและแรงบิดขณะเจาะหนึ่งรูสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก ๆ กล่าวคือ ชั้น A ทั้งแรงแกตและแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงจุดสูงสุดที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อดอกสว่านเริ่มสัมผัสพื้นผิวชิ้นงานเริ่มมีแรงแกตและแรงบิดด้านการสูญเสียเนื้อโลหะแต่ด้วยปลายดอกสว่านแหลมทำให้แรงแกตและแรงบิดค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งปลายดอกสว่าน (Tip) เจาะทะลุเข้าไปในงานได้ทั้งหมด หลังจากปลายดอกสว่านจมสมบูรณ์ก็จะเข้าสู่ชั้น B ที่ ชั้น B แรงแกตและแรงบิดลดลงจนเข้าสู่สภาวะคงที่ ซึ่งแรงแกตและแรงบิดคงที่จะเกิดในชั้น C แรงแกตและแรงบิดจะคงที่จนกว่าดอกสว่านเจาะถึงระยะความลึกที่กำหนดไว้ และในชั้น D แรงแกตและแรงบิดลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อดอกสว่านเคลื่อนที่ออกจากชิ้นงาน

จากลักษณะแรงแกตและแรงบิดที่เกิดขึ้นนั้น ในชั้น C เป็นขั้นตอนการเจาะที่ดำเนินไปอย่างคงที่และเกิดในขณะการเจาะดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นแรงแกตและแรงบิดในช่วงดังกล่าวจึงเป็นตัวแทนของแรงในการเจาะชิ้นงานที่ดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คำนวณค่าเฉลี่ยของแรงแกตและแรงบิดในช่วงดังกล่าว โดยเลือกใช้เวลาในช่วง 3 – 13 วินาทีของการเจาะที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ ได้ผลดังรูปที่ 4.6 จากรูปที่ 4.6(ก) พบว่าแรงแกตของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์กับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวมีค่าไม่ต่างกันชัดเจน ขณะที่จากรูปที่ 4.6(ข) พบว่าแรงบิดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์สูงกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวเล็กน้อยในทุกๆ การเจาะ

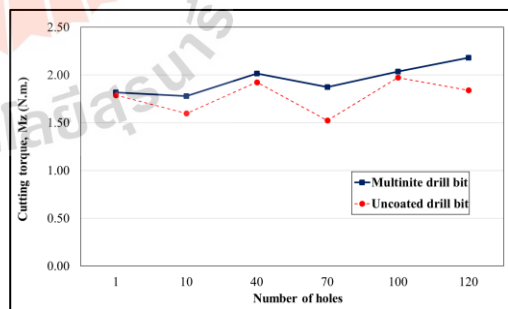
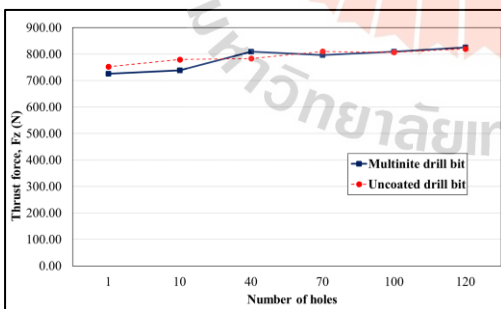


(ก) แรงกดของดอกสว่าน



(ข) แรงบิดของดอกสว่าน

รูปที่ 4.5 (ก) แรงกด และ (ข)แรงบิดของดอกสว่านเมื่อเจาะรูที่ 1 และรูที่ 120



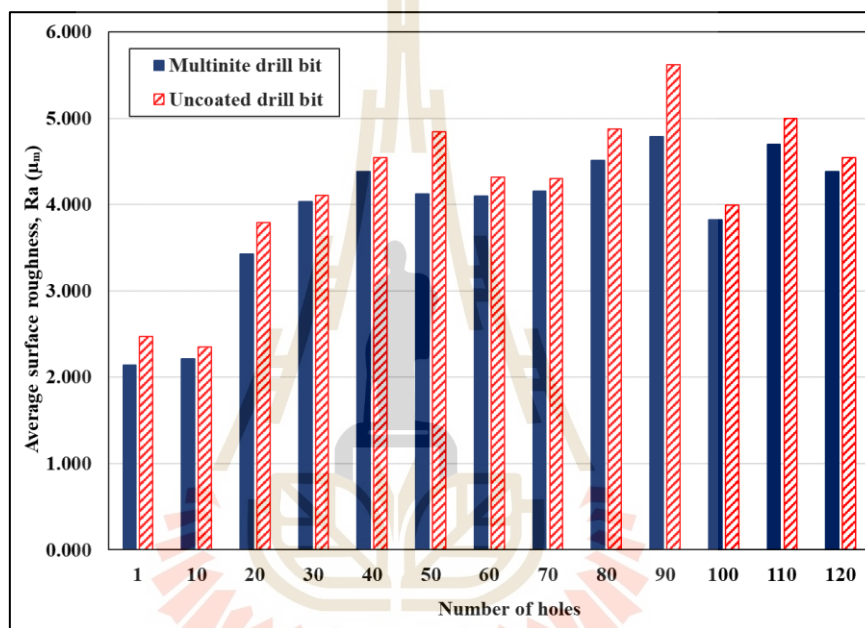
(ก) แรงกด

(ข) แรงบิด

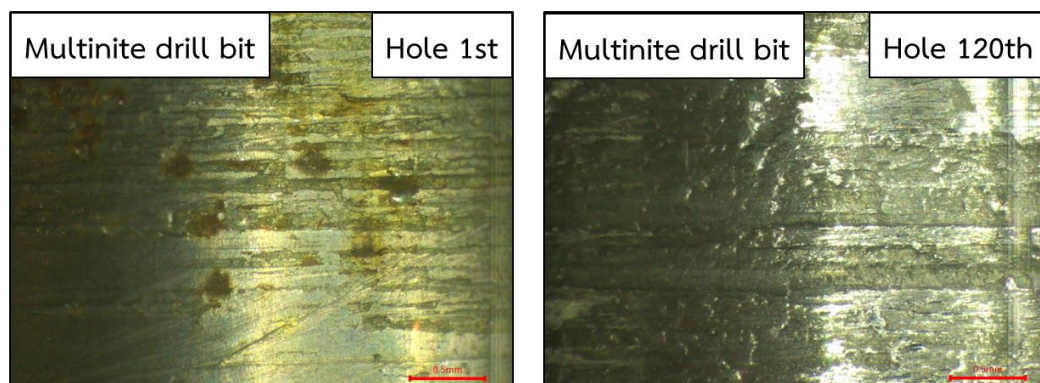
รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของ (ก) แรงกดและ (ข) แรงบิดที่ 3-13 วินาที ของดอกสว่านทั้งประเภท

4.3.4 ความหยาบผิวของรูจากการเจาะ

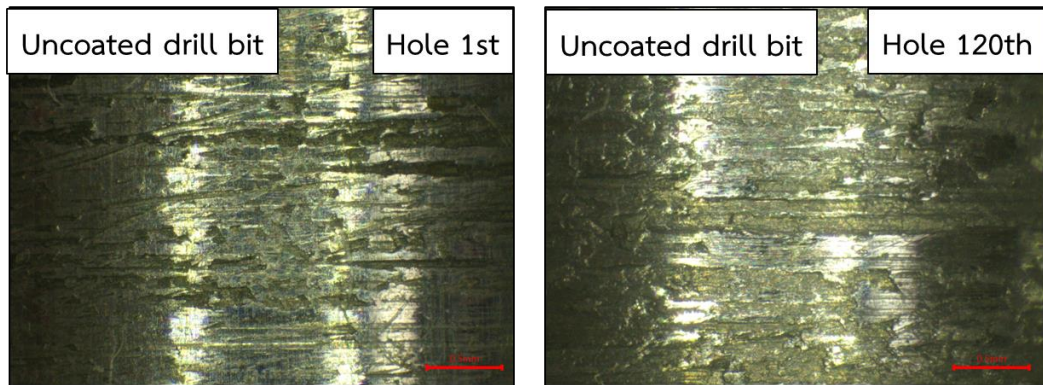
ค่าความหยาบผิวของรูที่เจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 4.7 จากรูปที่ 4.7 พบว่าในช่วงเริ่มต้นความหยาบผิวของรูเจาะด้วยดอกสว่านทั้งสองประเภทมีค่าต่ำ หลังจากนั้นความหยาบผิวของรูเจาะจะเพิ่มขึ้นตามจำนวนรูเจาะและคงที่จนกระทั่งเจาะครบทุกรู โดยความหยาบผิวของรูที่เจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ต่ำกว่าในทุกรูเจาะเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว โดยลักษณะผิวของรูเจาะด้วยดอกสว่านทั้งสองประเภทที่รูเจาะที่ 1 และ 120 แสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ความหยาบผิวเฉลี่ยของพื้นผิวของรูที่เจาะโดยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนการเจาะรูต่าง ๆ



ก. ผิวของรูเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์

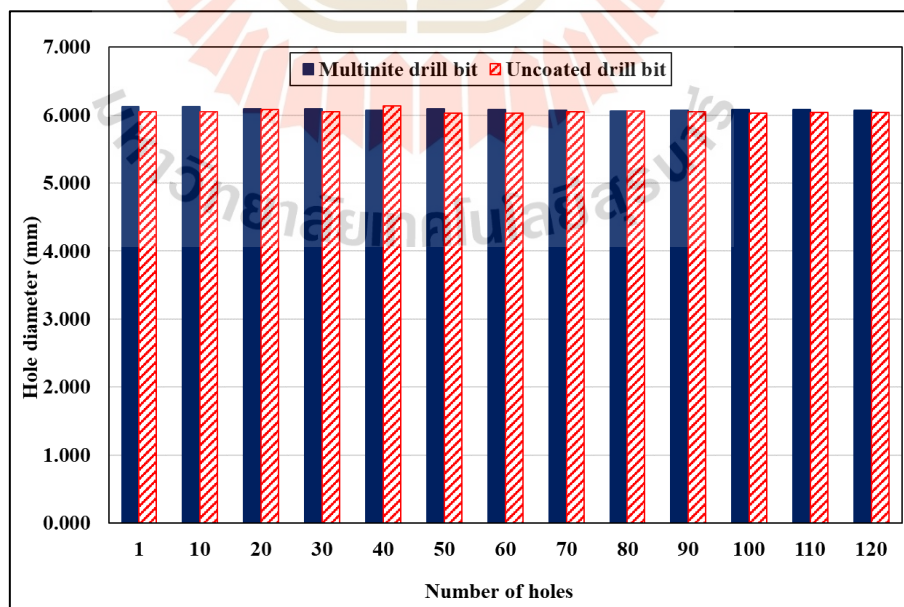


ข. ผิวของรูเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

รูปที่ 4.8 ผิวของรูเจาะที่ 1 และ 120 ด้วย (ก) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และ (ข) ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

4.3.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูหลังการเจาะ

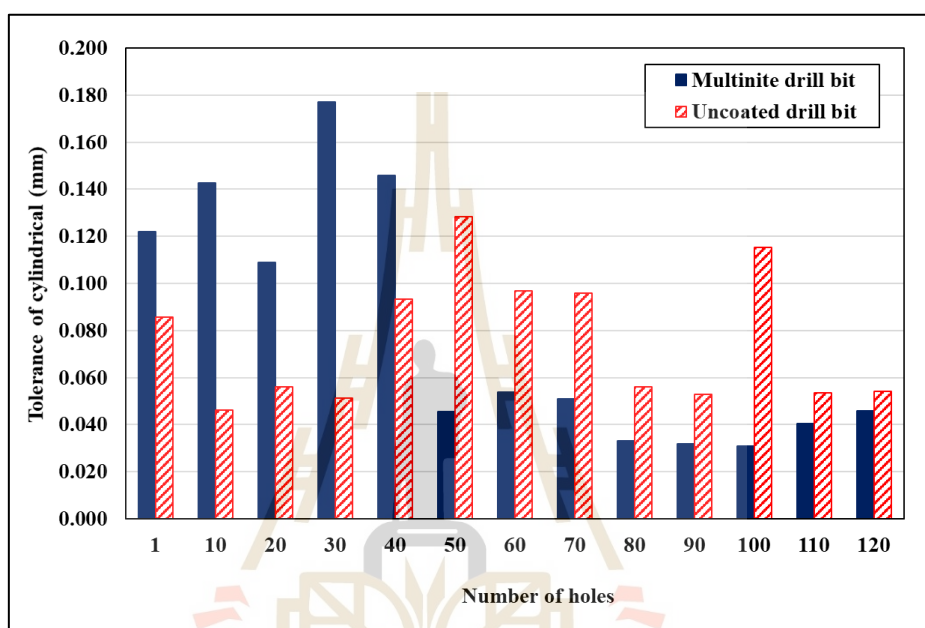
รูปที่ 4.9 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ จากรูปที่ 4.9 พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ใหญ่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวเล็กน้อย ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเกิดจากขนาดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ใหญ่กว่าเล็กน้อย



รูปที่ 4.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ

4.3.6 ความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะ

รูปที่ 4.10 แสดงความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ จากรูปที่ 4.10 พบว่าการเคลือบผิวไม่ส่งผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูเจาะที่ชัดเจน แต่พบว่าในช่วงเริ่มต้นของการเจาะ รูหลังการเจาะมีความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกสูง และความคลาดเคลื่อนลดลงเมื่อจำนวนรูเจาะเพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.10 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่จำนวนรูเจาะต่าง ๆ

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองนั้นพบว่าแรงกดขณะเจาะของดอกสว่านทั้งสองประเภทไม่แตกต่างกัน แต่แรงบิดขณะเจาะแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยแรงบิดจากการเจาะของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ซึ่งแรงบิดที่แตกต่างกันนี้ เกิดจากดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์มีความถี่ที่มากกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว อันเป็นผลจากการเคลือบผิวมัลติไนต์จึงต้องใช้แรงบิดใช้ตัดเนื้อโลหะที่สูงกว่าเพื่อตัดเนื้อเนื้อโลหะออกขณะเจาะรู แต่ด้วยความแข็งผิวที่ดีกว่าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์นั้น ทำให้สามารถต้านทานการเสียดสีได้ดี ส่งผลให้การสึกหรอด้านข้างคมตัดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว และจากผลการทดลองพบเศษสะสมบนคมตัดของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์น้อยกว่าอย่างชัดเจน น่าจะเป็นผล

ของความถี่ของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต ที่สามารถคายเศษและต้านทานการสึกหรอแบบยึดติด (Adhesive wear) ได้ดีกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ซึ่งการสะสมเศษที่น้อยกว่านั้นส่งผลให้คุณภาพผิวของรูที่เจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตมีความหยาบผิวต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ R. Ramaswami (1971), Samad Nadimi Babil Oliaei et al. (2016), และ J. Kümmel et al. (2015) ที่พบว่าเศษที่สะสมอยู่บนคมตัดเป็นสาเหตุหลักที่ส่งผลต่อคุณภาพพื้นผิวของชิ้นงาน

4.5 สรุปผลการทดลอง

ความแข็งผิวที่สูงขึ้นของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต ช่วยลดอัตราการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดในช่วงเริ่มต้นของการเจาะและขยายช่วงเวลาการสึกหรอแบบคงตัวให้กว้างขึ้น และความถี่ที่ต่ำกว่าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต ส่งผลให้การสะสมของเศษบนคมตัดน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว การสะสมของเศษที่น้อยกว่าส่งผลให้คุณภาพผิวของรูเจาะกรณีดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตดีกว่า

4.6 รายการอ้างอิง

- Ian Hutchings and Philip Shipway. (2017). Tribology. Friction and Wear of Engineering Materials. 2nd Edition.
- Stachowiak, G.W. and Batchelor, A.W. (1993). Engineering Tribology. 1st ed. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 871p
- AB Sandvik Coromant. Training Handbook METAL CUTTING TECHNOLOGY.
- V. Zakeri Mehrabad and V. Pourmostaghimi. (2017). Tool Wear Modeling in Drilling Process of AISI1020 and AISI8620 using Genetic Programming. Advanced Design and Manufacturing Technology, Vol. 10/ No. 1/ March – 2017
- S.G. Harris., E.D. Doyle., A.C. Vlasveld., J. Audy. & D. Quick. (2003). A study of the wear mechanisms of TiAlN and TiAlCrN coated high-speed steel twist drills under dry machining conditions. Wear 254 (2003); 723–734.
- M. Osamu. and U. Sosuke. (1987). Gas sulphur nitriding steels in a CS₂ and NH₃ atmosphere. Wear, 126 (1987); 19 – 24.
- R. Ramaswami. (1971). The effect of the built-up-edge (BUE) on the wear of cutting tools. Wear. 18(1971)1-10.
- A. Galip Ulsoy. (2006). Monitoring and Control of Machining. DOI: 10.1007/1-84628-269-1_1.

- N. Z. Karimi., G. Minak., P. Kianfar., H. Heidary. (2015). The effect of chisel edge on drilling-induced delamination.
- Z. Hu., C. Wang., F. Ding., T. Zhang., L. Zheng., X. Zhu. (2021). Drilling Characteristics of Bulk Metallic Glass in Various Cooling Conditions. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-375743/v1>.
- R. Ramaswami (1971). The effect of built-up-edge (BUE) on the wear of cutting tools. *Wear.*,18:1-10.
- Samad Nadimi Babil Oliaei and Yigit Karpat (2016). Investigating the influence of built-up edge on forces and surface roughness in micro scale orthogonal machining of titanium alloy Ti6Al4V. *Materials Processing Technology.*, 235:28-40.
- J. Kümme, DaBrauna, Jens Gibmeiera, Johannes Schneidera, Christian Greinera, Volker Schulzea,b, and Alexander Wanner. (2015). Study on micro texturing of uncoated cemented carbide cutting tools for wear improvement and built-up edge stabilization. *Journal of Materials Processing Technology.*, 215:62-70.

บทที่ 5

อิทธิพลของตัวแปรการเจาะที่ส่งผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านและคุณภาพของรูเจาะ

5.1 บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าการสึกหรอของดอกสว่านในระหว่างการใช้งานเป็นปัญหาที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ซึ่งการสึกหรอของดอกสว่านเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งาน และยังส่งผลเสียต่อคุณภาพของรูหลังการเจาะอีกด้วย ซึ่งในกระบวนการเจาะไม่เพียงแต่วัสดุที่นำมาผลิตเป็นดอกสว่านเท่านั้นที่มีผลต่อความทนทานการสึกหรอของดอกสว่าน การสึกหรออาจลดลงได้หากใช้ตัวแปรในการเจาะที่เหมาะสม โดยจากการศึกษางานวิจัยก่อนหน้า A. Z. Sultan et. al. (2015), Turgay KIVAK et. al. (2012), Saad Waqar et. al. (2016) และ Yahya Hýpman Çelik (2014) ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรการเจาะที่มีผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านและคุณภาพของรูหลังการเจาะในแง่ของความคลาดเคลื่อนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความกลม ความเป็นทรงกระบอก และความหยาบผิวของรูเจาะ โดยการศึกษาของทั้งสามคณะใช้ความเร็วตัดและอัตราการป้อนที่แตกต่างกัน จากการศึกษาทั้งสาม พบว่าการใช้ความเร็วตัดที่สูงจะทำให้การสึกหรอของดอกสว่านเกิดขึ้นอย่างรุนแรง ส่วนในแง่ของคุณภาพของรูเจาะนั้น อัตราการป้อนส่งผลต่อคุณภาพรูเจาะมากกว่าความเร็วรอบ นอกจากนี้ การศึกษาของนักวิจัยซึ่งทดลองใช้การเคลือบผิวด้วยมัลติโน้ตบนดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง ผลที่ได้คือสามารถเพิ่มอายุการใช้งานและคุณภาพงานเจาะดีขึ้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาของนักวิจัยศึกษาภายใต้ตัวแปรการเจาะเฉพาะที่ผู้ผลิตแนะนำ ดังนั้นในงานวิจัยนี้เพื่อให้ทราบถึงผลของตัวแปรการตัดต่อความทนทานของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงและคุณภาพการเจาะ ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัยขึ้นด้วยวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของตัวแปรการเจาะที่มีผลต่อการสึกหรอและคุณภาพของรูของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโน้ตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

5.2 วิธีการทดลอง

การศึกษานี้ใช้ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโน้ตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวเจาะลงบนชิ้นงานเหล็กกล้าเกรด SS400 สำหรับเนื้อหาเพิ่มเติมทั้งวัสดุและอุปกรณ์ ผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 สำหรับการดำเนินการทดลองเริ่มจากการเตรียมชิ้นงานให้ได้ขนาดดังรูปที่ 3.12 (บทที่ 3) หลังจากนั้นนำชิ้นงานที่เตรียมเสร็จแล้วทำการจับยึดชิ้นงานบนอุปกรณ์จับยึดบนเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน พร้อมติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดึงรายละเอียดในบทที่ 3 และติดตั้งดอกสว่านบนตัวจับยึดดอกสว่าน (Tool holder) และนำไปบรรจุบนฐานเครื่องมือในเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน หลังจากนั้นทำการเจาะลึกลงในชิ้นงาน 30 มิลลิเมตร เจาะแบบไม่มีการยกดอกสว่าน

ขึ้นค้ายเศษด้วยตัวแปรการเจาะแสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งเป็นตัวแปรการเจาะที่นอกเหนือจากคำแนะนำของผู้ผลิต โดยในระหว่างการเจาะทุก ๆ 10 รู ดอกสว่านพร้อมอุปกรณ์จับยึดจะถูกนำออกมาจากเครื่องกัดซีเอ็นซี 5 แกน เพื่อถ่ายภาพบริเวณที่เกิดการสึกหรอบนดอกสว่านและนำภาพถ่ายมาทำการวัดขนาดการสึกหรอด้วยเทคนิคการซ้อนทับภาพ หลังจากเจาะครบ 120 รู ชิ้นงานเจาะจะถูกนำมาวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรู ความเป็นทรงกระบอก และความหยาบผิวของรูเจาะ เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรต่าง ๆ การเจาะที่มีผลต่อการสึกหรอและคุณภาพของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวบนชิ้นงานเหล็กกล้าเกรด SS400 นอกจากนี้ในระหว่างการเจาะจะมีการบันทึกแรงบิดและแรงกดด้วยเซนเซอร์ตรวจจับแรงเพื่อใช้เป็นข้อมูลวิเคราะห์ร่วมกับผลการทดลองอื่น ๆ

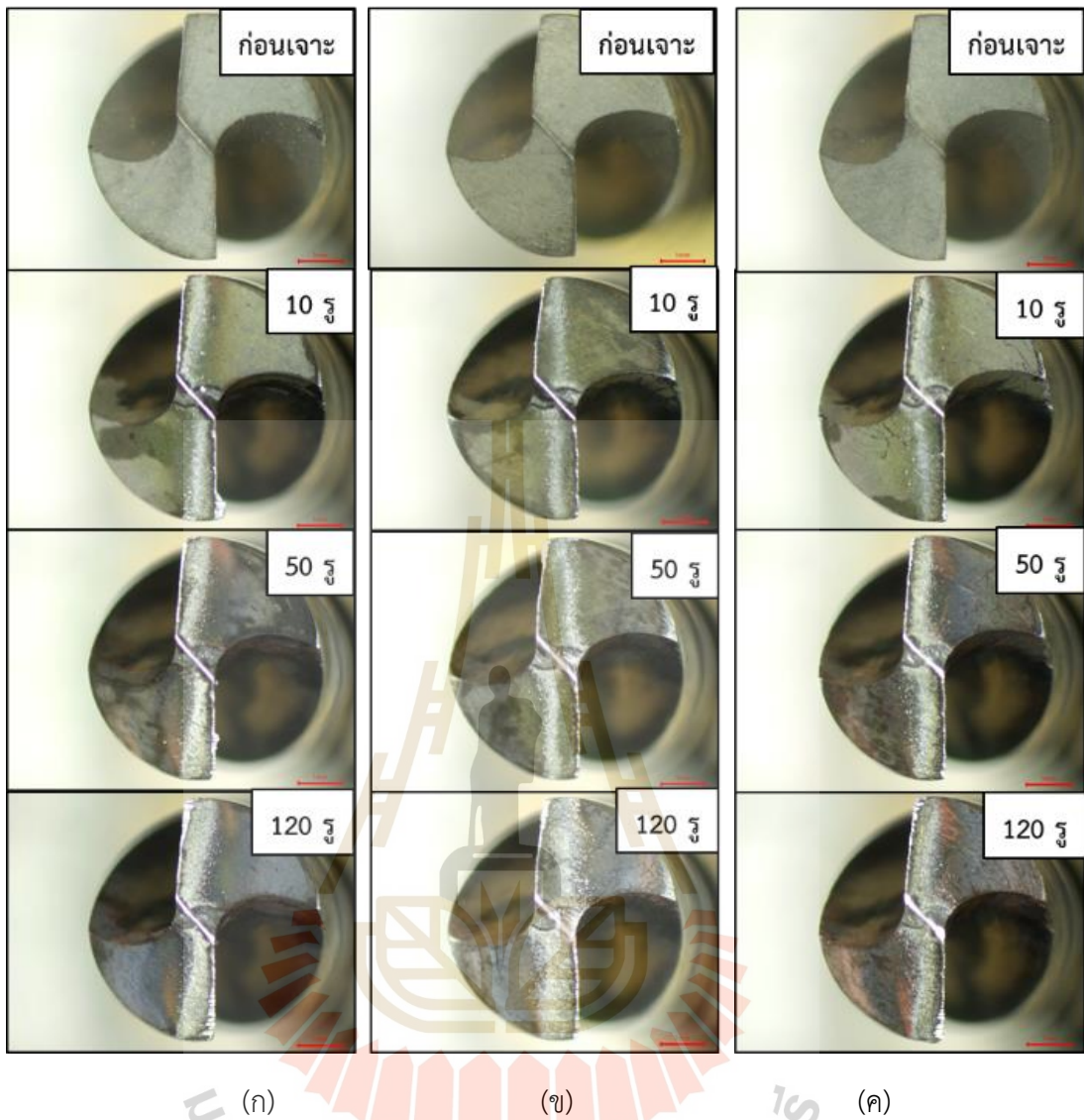
ตารางที่ 5 ตัวแปรที่ใช้ในการเจาะ (นอกเหนือจากคำแนะนำของผู้ผลิต)

การทดลองชุดที่ 1		การทดลองชุดที่ 2	
อัตราการป้อน (มิลลิเมตรต่อนาที)	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)	อัตราการป้อน (มิลลิเมตรต่อนาที)
135	800	1100	120
	1100		135
	1400		150

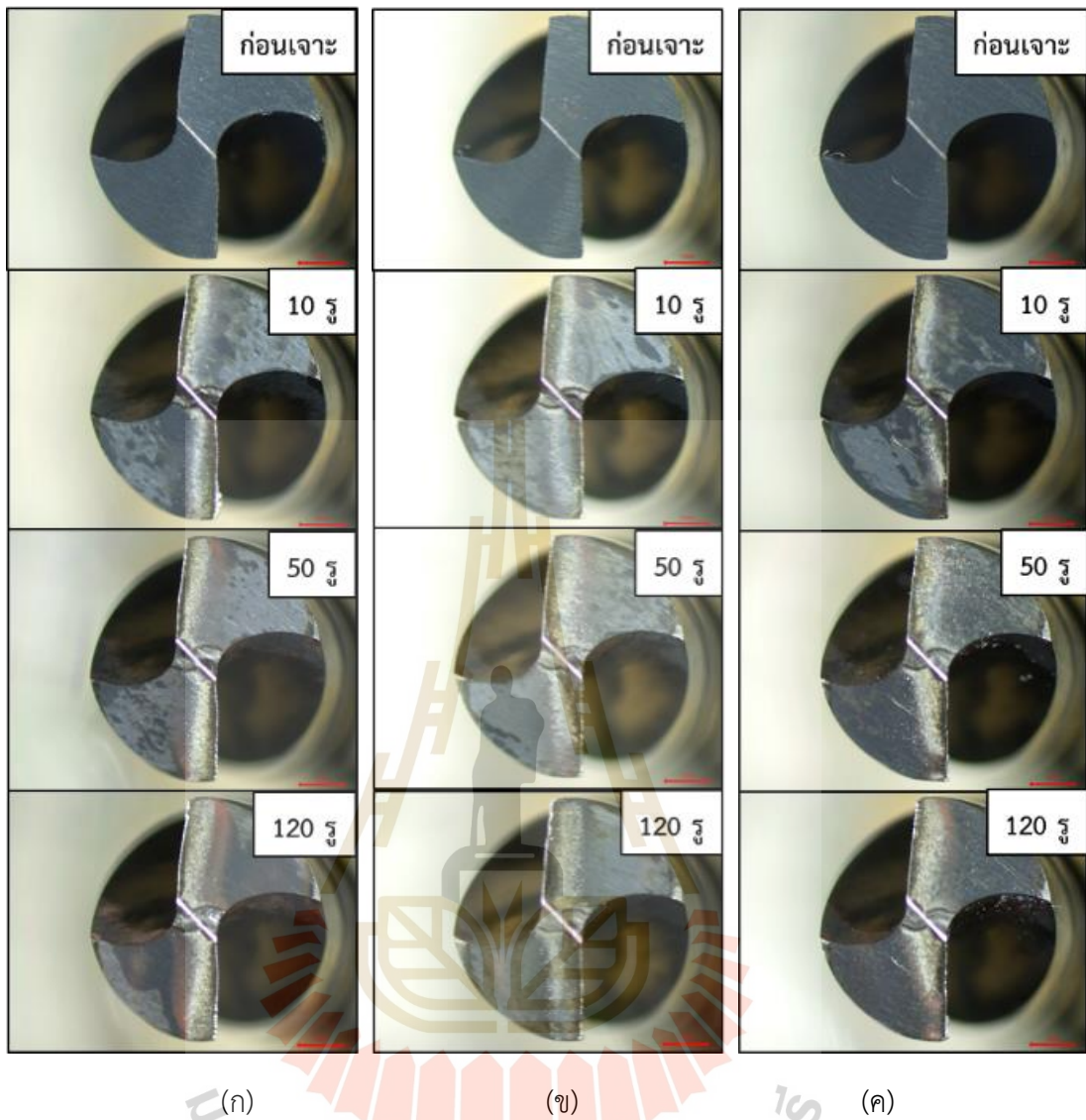
5.3 ผลการทดลอง

5.3.1 การตรวจสอบดอกสว่านด้วยตาเปล่า

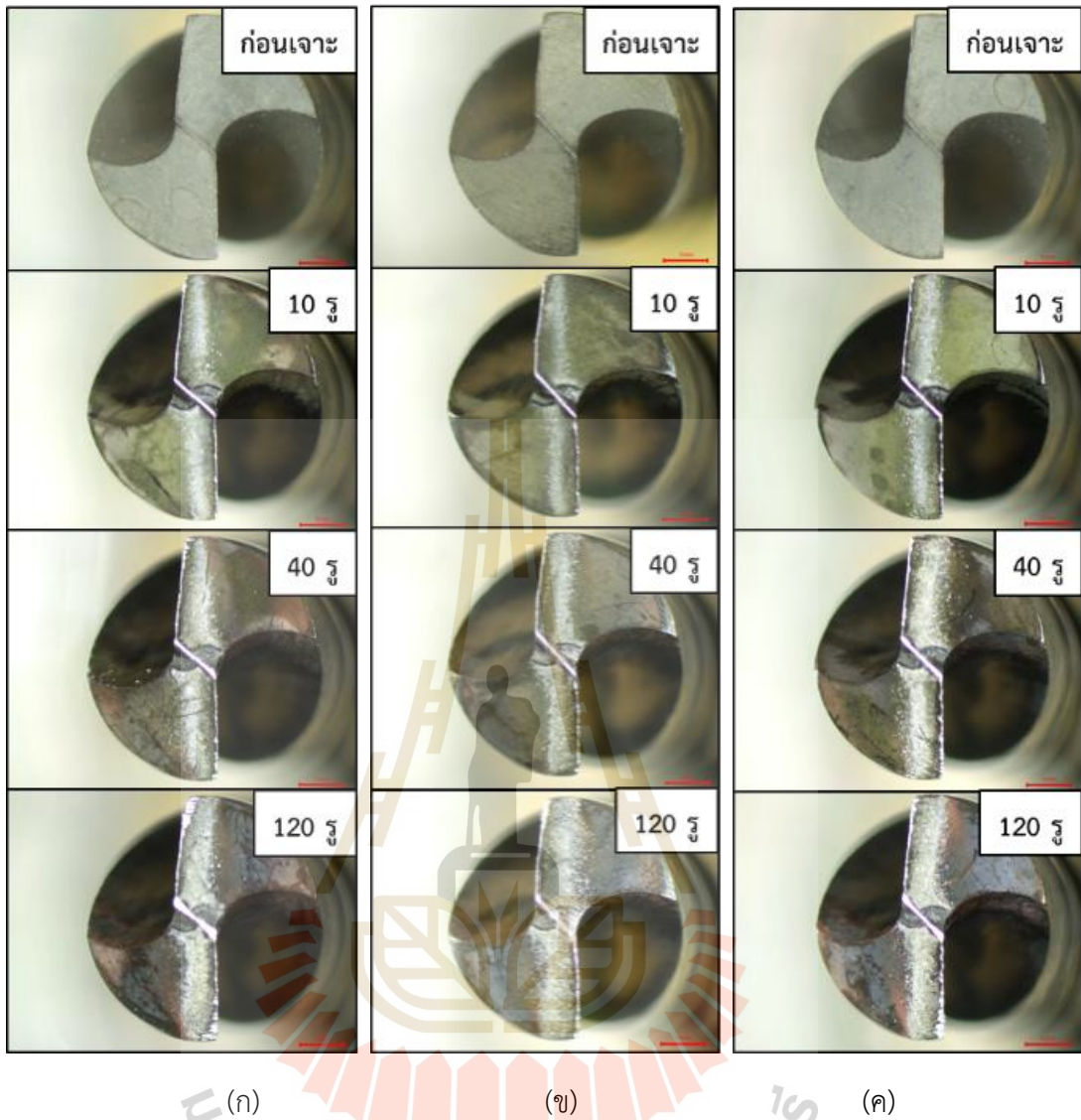
รูปที่ 5.1-5.2 และ รูปที่ 5.3-5.4 แสดงชุดภาพมุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 10 50 และ 120 รู ที่ดำเนินการเจาะภายใต้ความเร็วรอบและอัตราการป้อนที่แตกต่างกันตามลำดับ จากรูปที่ 5.1-5.4 พบว่าไม่ว่าจะใช้สภาวะการเจาะใดในช่วงเริ่มใช้งานดอกสว่านทั้งสองประเภท คมตัดของดอกสว่านยังมีลักษณะเป็นเส้นตรง หลังจากใช้งานไปได้ระยะหนึ่งคมตัดดอกสว่านเกิดการสูญเสียเนื้อกลายเป็นเส้นซิกแซกและการสูญเสียเนื้อโลหะบริเวณคมหลังจะเพิ่มขึ้นตามการใช้งาน โดยเมื่อใช้งานผ่านไปแล้ว 40-50 รู จะพบการสูญเสียเนื้อโลหะบริเวณปลายคมตัดอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบว่าที่ผิวหน้าของดอกสว่านเกิดรอยขุ่นเป็นริ้ว ๆ ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าการสึกหรอที่ด้านหน้าคมตัดเป็นการสึกหรอด้วยกลไกการขัดสี (Abrasive wear) และระหว่างการทดลองเมื่อถอดดอกสว่านมาตรวจสอบและถ่ายภาพยังพบเศษโลหะสะสมบนคมตัด อย่างไรก็ตามด้วยขนาดการสึกหรอของดอกสว่านไม่มากพอที่จะตรวจสอบด้วยตาเปล่าได้ ทำให้ไม่สามารถแยกแยะว่าสภาวะการเจาะใดให้ผิวการสึกหรอมากกว่ากัน ดังนั้นเพื่อให้ทราบผลการสึกหรอเชิงตัวเลข ในผลการทดลองถัดไปจะได้กล่าวถึง



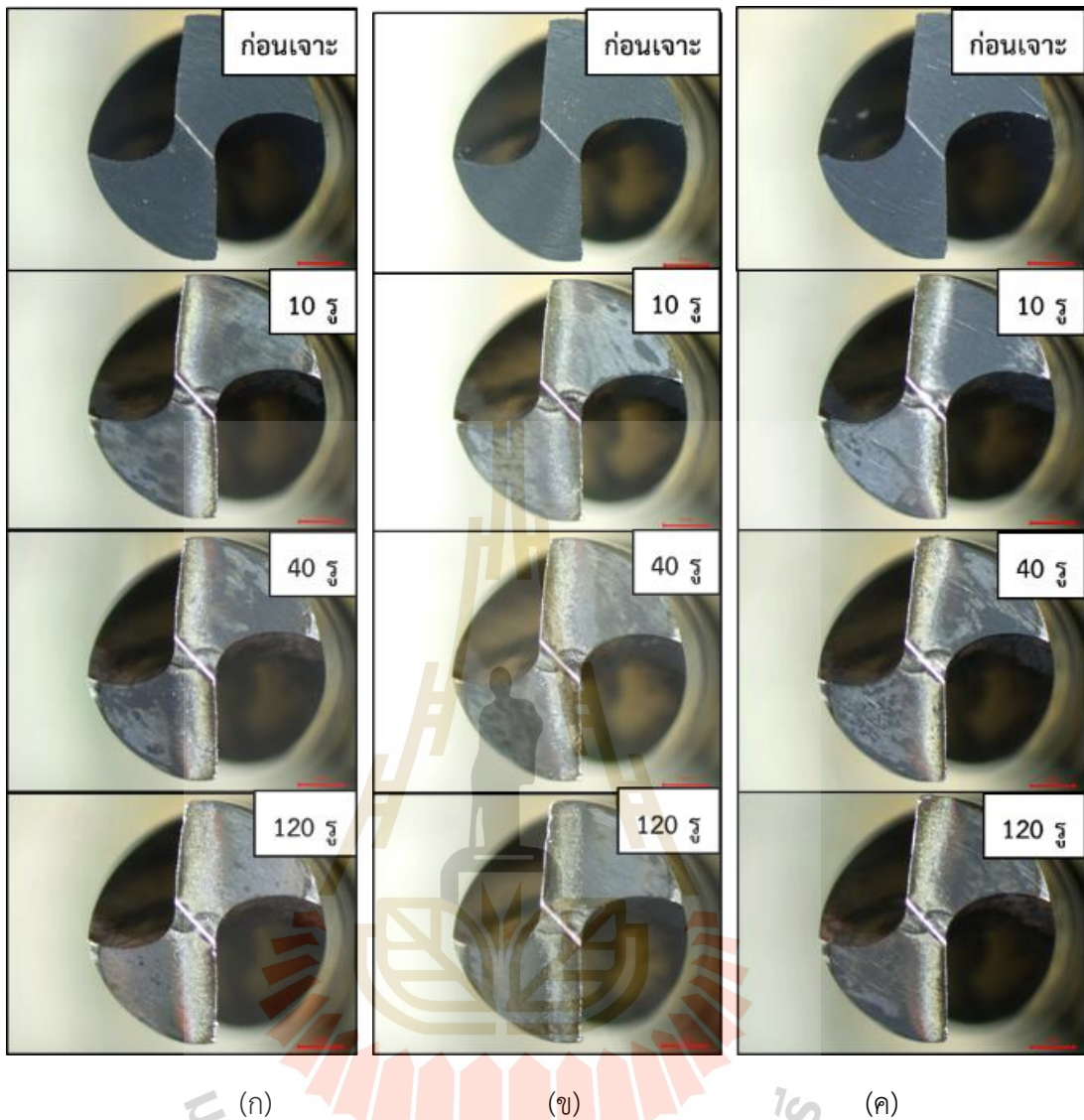
รูปที่ 5.1 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 10, 50 และ 120 รอบ ตําเนินการเจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบ (ก) 800 (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.2 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 10, 50 และ 120 ไร่ ดำเนินการเจาะภายใต้อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบ (ก) 800 (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.3 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 10, 40 และ 120 รู ดำเนินการเจาะภายใต้ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน (ก) 120 (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที

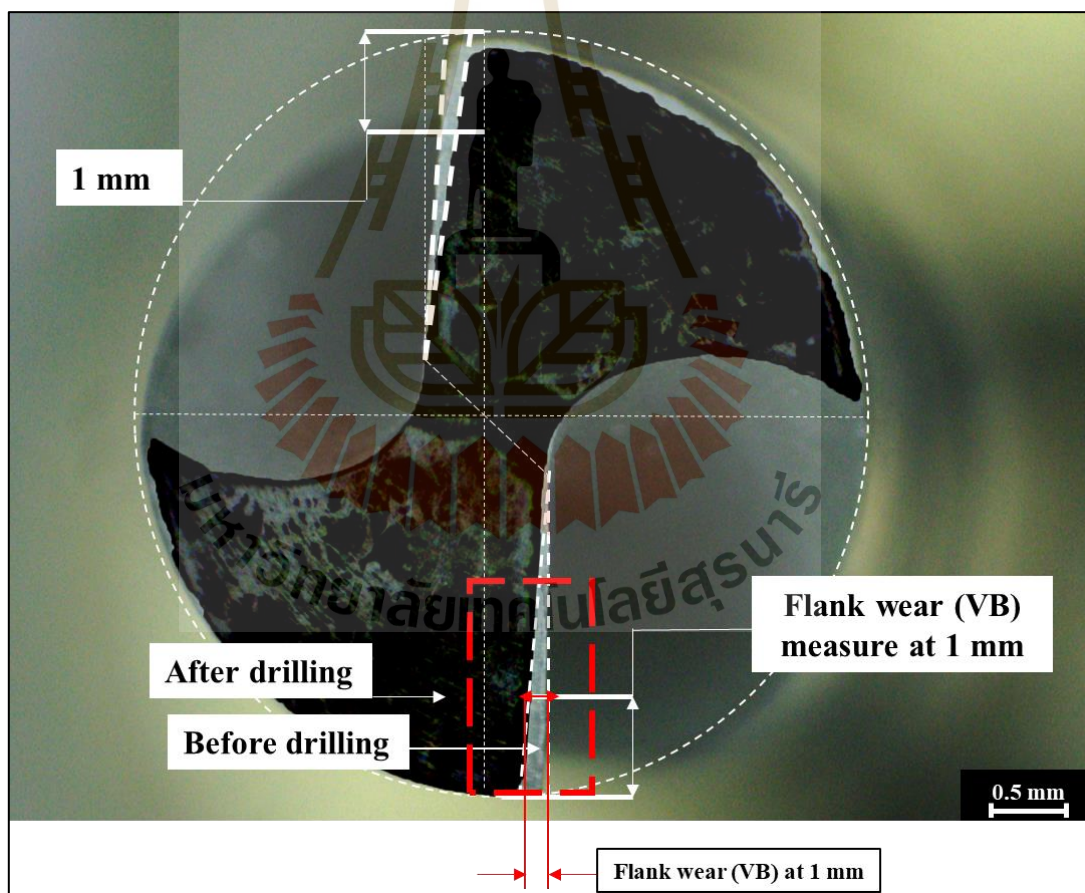


รูปที่ 5.4 มุมมองด้านหน้าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวก่อนใช้งานและหลังใช้งานที่ 10, 40 และ 120 รู ดำเนินการเจาะภายใต้ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน (ก) 120 (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที

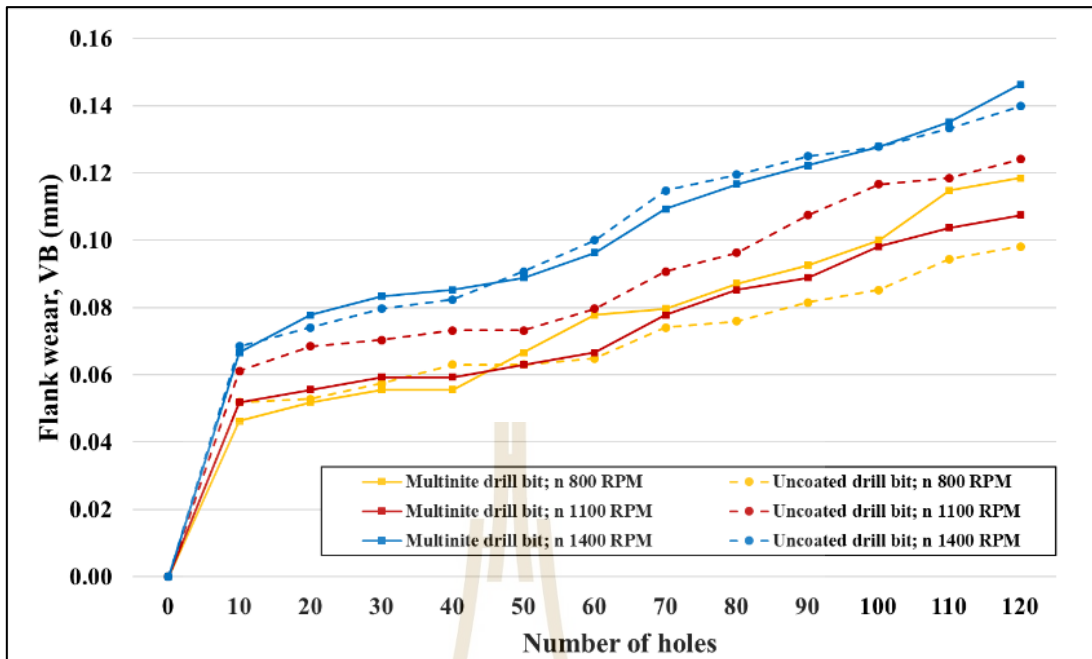
5.3.2 วัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่าน

หลังจากสังเกตดอกสว่านก่อนและหลังใช้งานด้วยตาเปล่าแล้ว ภาพถ่ายด้านหน้าคมตัดของดอกสว่านทั้งสองประเภทจะถูกนำมาประมวลผลเพื่อวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างคมตัดโดยใช้เทคนิคภาพซ้อนทับ ดังอธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 โดยรูปที่ 5.5 แสดงวิธีการวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัด (Flank wear, VB) ที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากขอบของดอกสว่าน และรูปที่ 5.6 แสดงขนาดการสึกหรอของดอกสว่านทั้งสองประเภทเมื่อเจาะไปได้จำนวนรูต่าง ๆ โดย (ก) เจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ ความเร็วรอบที่แตกต่างกัน และ (ข) เจาะด้วยความเร็วรอบคงที่ อัตราการป้อนที่ต่างกัน จากรูปที่ 5.6(ก) และรูปที่ 5.6(ข) เส้นทึบแสดงการสึกหรอของดอกสว่านเคลือบผิวมัลติ

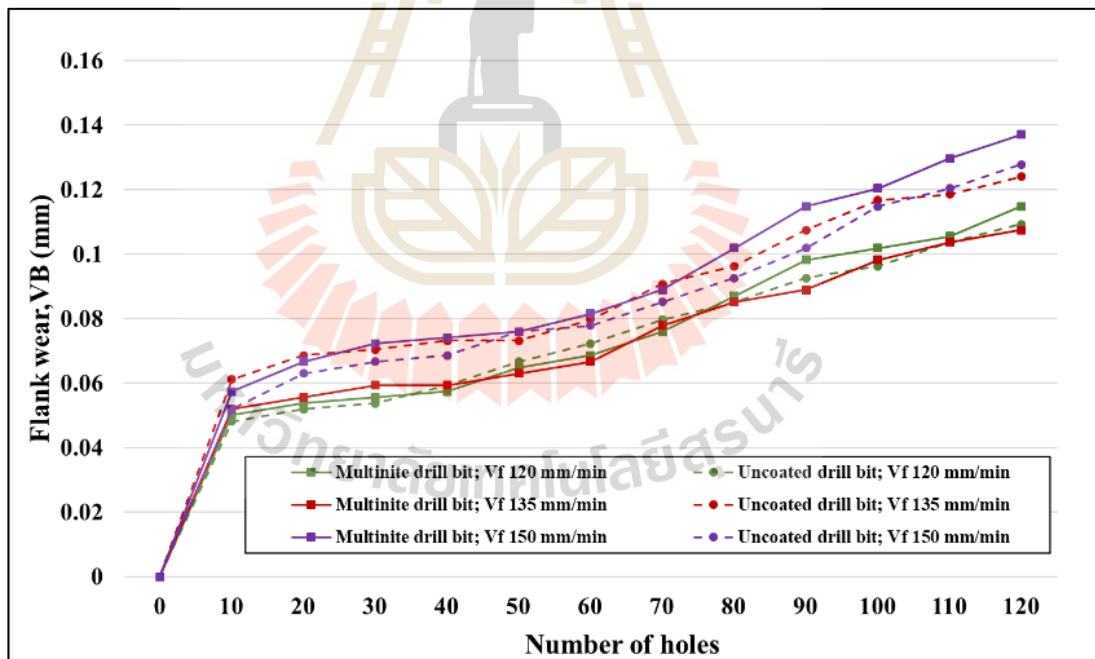
ไนต์ เส้นปะแสดงการสึกหรอของดอกสว่านแบบไม่เคลือบผิวโดยสีของเส้นที่เหมือนกันแสดงสภาวะการเจาะเดียวกัน และเมื่อพิจารณาเส้นกราฟการสึกหรอเพียงเส้นเดียวจะพบว่าขนาดการสึกหรอเพิ่มเมื่อความเร็วรอบที่ใช้เจาะสูงขึ้นและสามารถแบ่งการสึกหรอเป็น 3 ขั้นตอนเช่นเดียวกับการศึกษา ก่อนหน้า (ในบทที่ 4) เมื่อพิจารณาการสึกหรอของดอกสว่านที่เจาะด้วยสภาวะเจาะเดียวกันพบว่า ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ให้อัตราการสึกหรอต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวเกือบทุกสภาวะการเจาะ ยกเว้นการเจาะด้วยความเร็วรอบการเจาะ 1100 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 150 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที ที่อัตราการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์สูงกว่าแบบไม่เคลือบผิว นอกจากนี้ถ้าพิจารณาการกระจายตัวของกราฟการสึกหรอระหว่างที่ปรับเปลี่ยนความเร็วรอบกับปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนพบว่ากรณีที่ปรับเปลี่ยนอัตราการป้อนการกระจายตัวของอัตราการสึกหรอต่ำกว่าการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบภายใต้สภาวะที่ทำการศึกษานี้



รูปที่ 5.5 การวัดขนาดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดของดอกสว่านที่ระยะ 1 มิลลิเมตรจากขอบของดอกสว่าน (Flank wear measure)



(ก)



(ข)

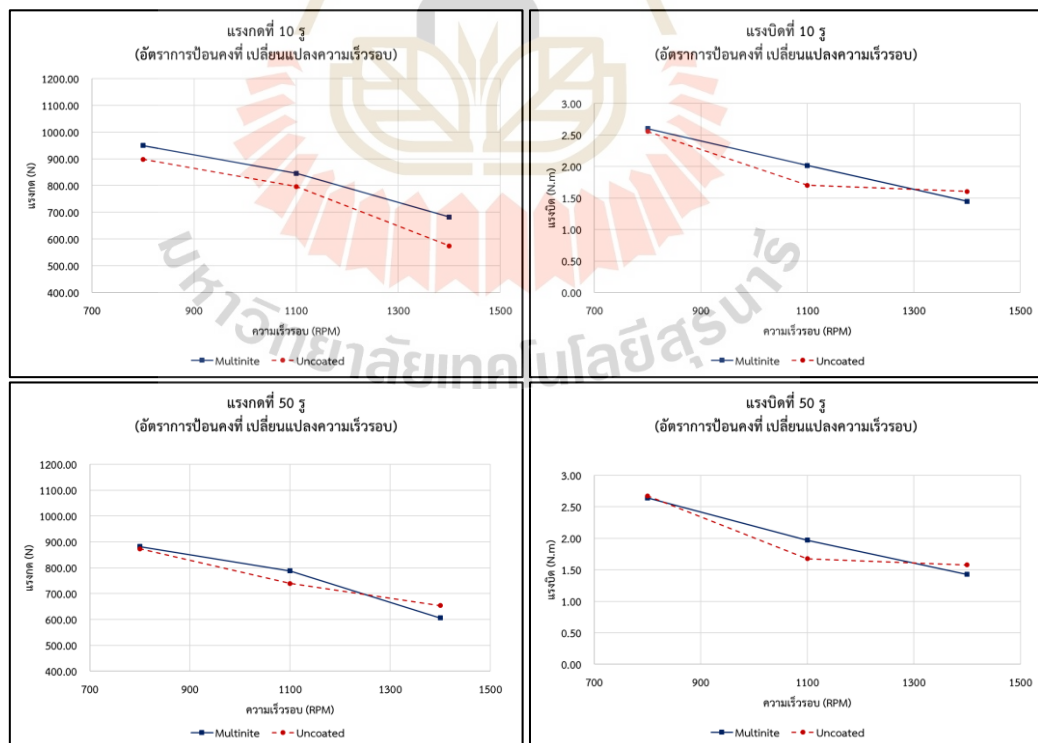
รูปที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูเจาะและขนาดการสึกหรอของดอกสว่านทั้งสองประเภท (ก) เจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ ความเร็วรอบที่แตกต่างกัน และ (ข) เจาะด้วยความเร็วรอบคงที่ อัตราการป้อนที่แตกต่างกัน

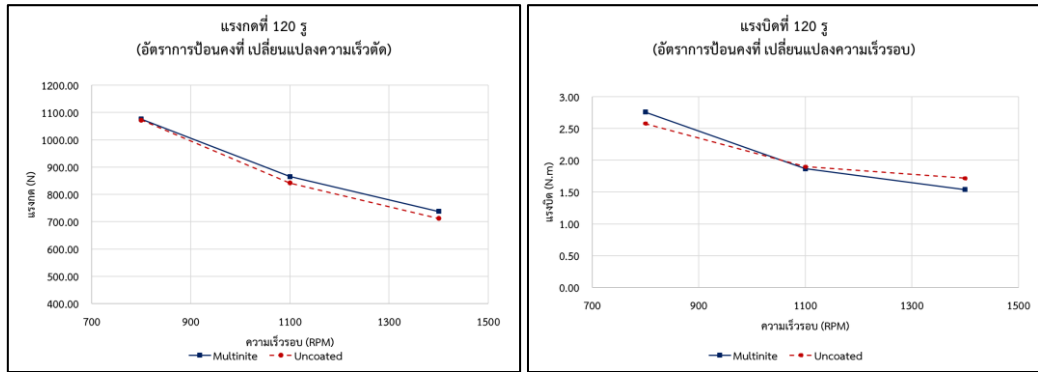
5.3.3 แรงกดและแรงบิดของดอกสว่าน

แรงกดและแรงบิดที่เกิดขึ้นในระหว่างการเจาะนั้นมีลักษณะเช่นเดียวกับการศึกษา ก่อนหน้าผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้ค่าแรงในช่วงที่แรงอยู่ในสภาวะคงตัวที่เกิดขึ้นขณะที่การเจาะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องมาเป็นตัวแทนของแรงกดและแรงบิดในการเจาะ โดยผลแรงกดและแรงบิดในการเจาะด้วยสภาวะการเจาะต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 5.7 และ 5.8 เส้นที่บคือแรงจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต และเส้นปะคือแรงจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว

รูปที่ 5.7(ก) และ 5.7(ข) แสดงแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเจาะด้วยดอกสว่านที่จำนวนรอบเจาะต่าง ๆ ด้วยอัตราการป้อนคงที่และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 5.7(ก) และ 5.7(ข) พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มมากขึ้นทั้งแรงกดและแรงบิดที่เกิดขึ้นบนดอกสว่านทั้งสองประเภทขณะเจาะมีขนาดลดลง และไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนเมื่อเทียบแรงกดและแรงบิดที่เกิดขึ้นบนดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่เจาะด้วยสภาวะการเจาะเดียวกัน

รูปที่ 5.8(ก) และ 5.8(ข) แสดงแรงที่เกิดขึ้นในระหว่างการเจาะด้วยดอกสว่านที่จำนวนรอบเจาะต่าง ๆ ด้วยความเร็วรอบคงที่และอัตราการป้อนที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 5.8(ก) และ 5.8(ข) พบว่าแรงทั้งสองประเภทของดอกสว่านมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแต่ไม่ชัดเจนและ สภาวะการเจาะเดียวกันไม่พบความแตกต่างของแรงกดและแรงบิดที่ชัดเจนของดอกสว่านทั้งสองประเภทขณะเจาะ

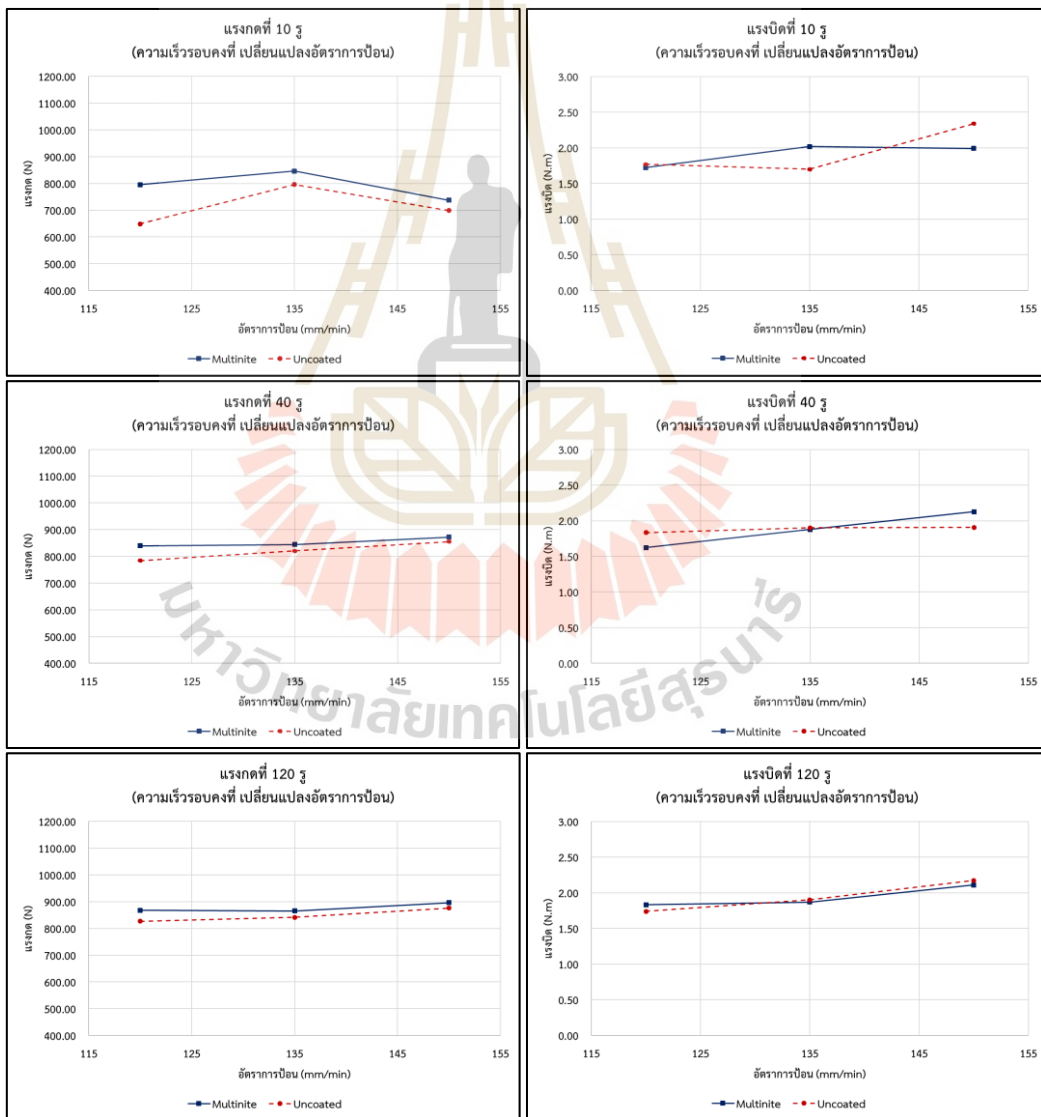




(ก) แรงกต

(ข) แรงบิด

รูปที่ 5.7 (ก) แรงกต และ(ข) แรงบิด เมื่อเจาะด้วยอัตราการป้อนคงที่ และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน



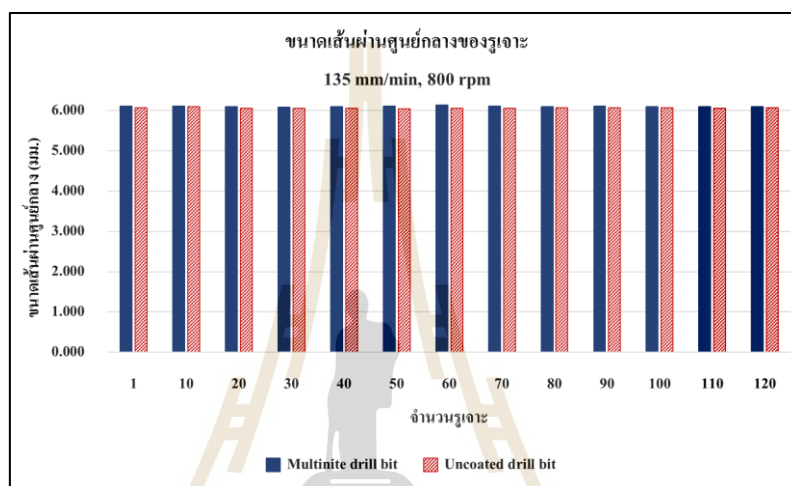
(ก)

(ข)

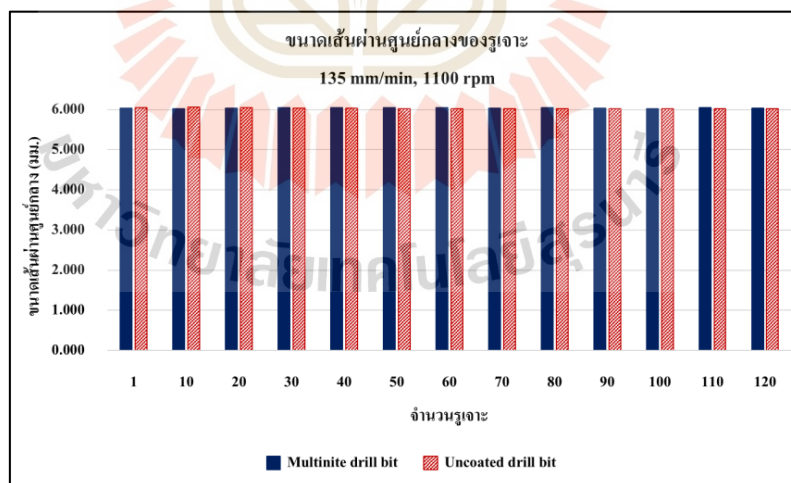
รูปที่ 5.8 (ก) แรงกต และ(ข) แรงบิด เมื่อเจาะด้วยความเร็วรอบคงที่ และอัตราการป้อนที่แตกต่างกัน

5.3.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะ

รูปที่ 5.9 และ รูปที่ 5.10 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต (แท่งสีน้ำเงิน) และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว (แท่งสีชมพู) ที่ความเร็วรอบแตกต่างกันและอัตราการป้อนแตกต่างกัน ตามลำดับจากรูปที่ 5.9 และ 5.10 พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกสว่านทั้งสองประเภทมีขนาดไม่แตกต่างกัน ณ สภาวะการเจาะเดียวกันและพบว่าขนาดของรูเจาะมีขนาดเล็กลงเล็กน้อยเมื่อทำการเจาะเพิ่มมากขึ้นซึ่งน่าจะเป็นผลของการสึกหรอของดอกสว่าน

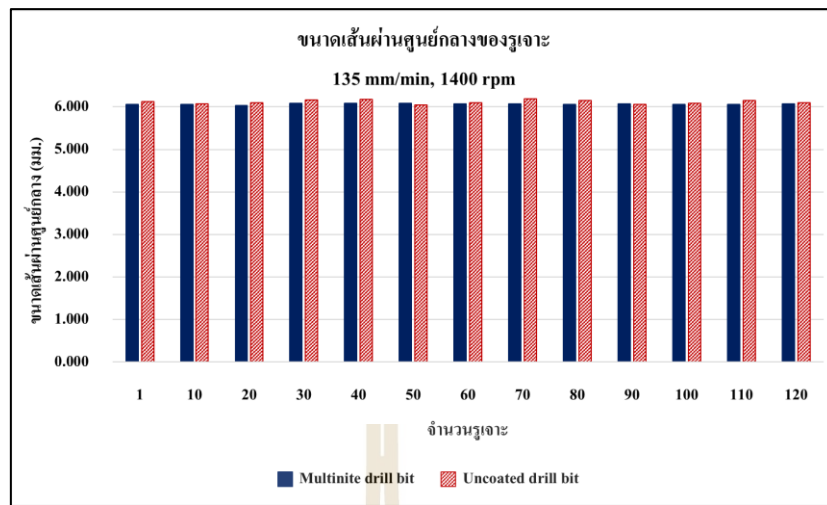


(ก)



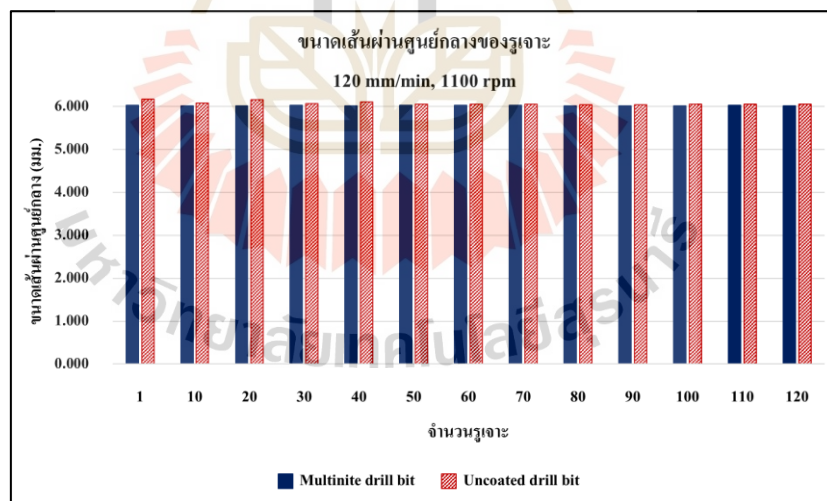
(ข)

รูปที่ 5.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที (ต่อ)



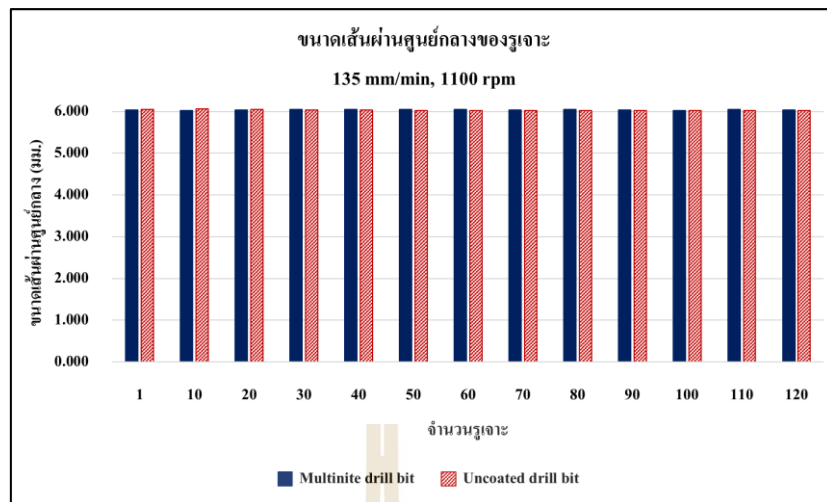
(ค)

รูปที่ 5.9 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที

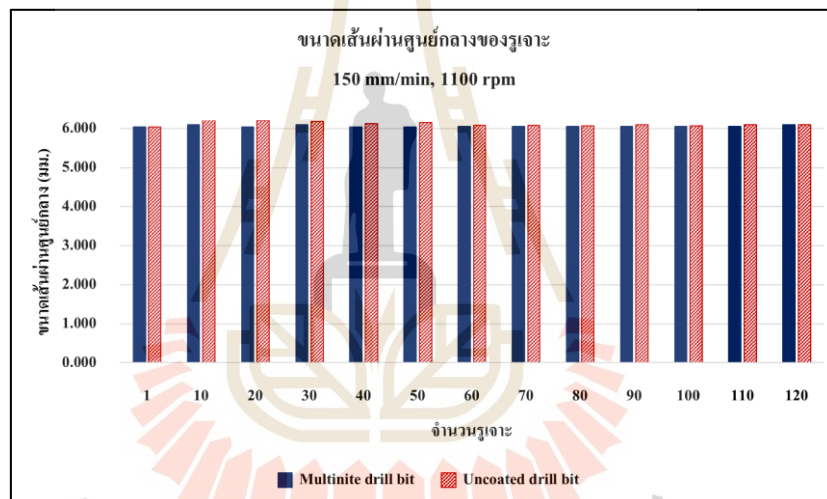


(ก)

รูปที่ 5.10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)



(ข)



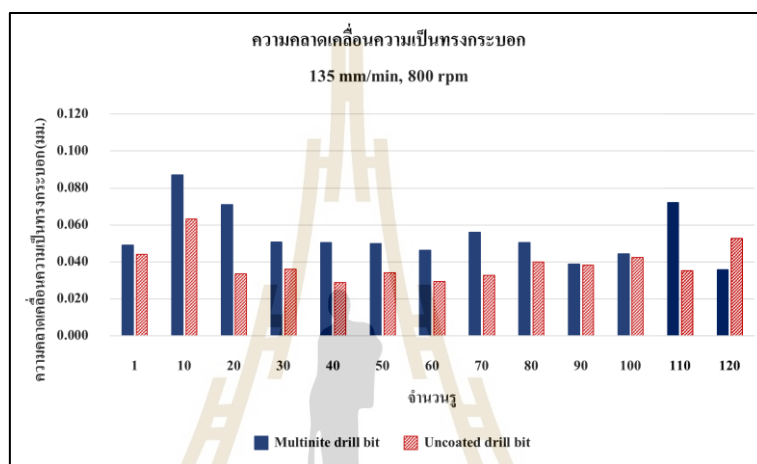
(ค)

รูปที่ 5.10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที

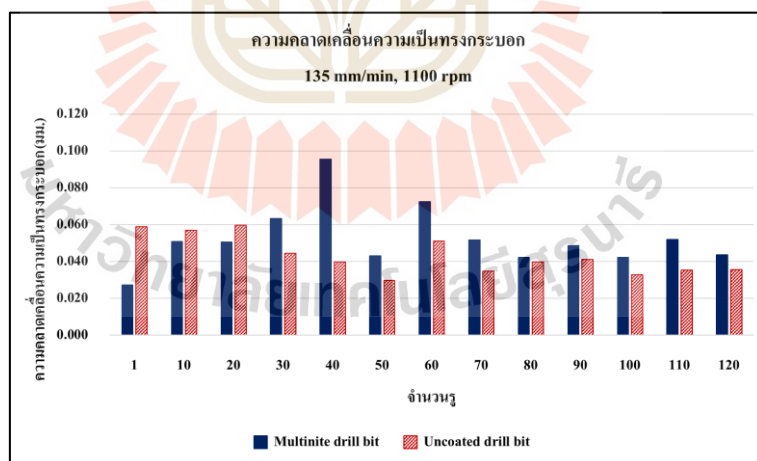
5.3.5 ความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะ

รูปที่ 5.11 และรูปที่ 5.12 แสดงความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนที่แตกต่างกัน และความเร็วรอบที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 5.11 และ 5.12 พบว่าความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะของดอกสว่านทั้งสองประเภทที่ตัวแปรการตัดเดียวกัน ในช่วงเริ่มต้นของการเจาะรูเจาะมีความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอก

ของรูที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากดอกสว่านกำลังปรับสภาพเพื่อใช้งาน และหลังจากดอกสว่านปรับสภาพแล้วความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูลดลง นอกจากนี้ถ้าทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกระหว่างการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์แห้งสีน้ำเงินและการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวแห้งสีชมพู ในรูปที่ 5.11 และ 5.12 ไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจนว่าการเคลือบผิวจะยกระดับความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูให้ลดลง อนึ่งผู้วิจัยไม่พบผลของสภาวะการเจาะต่อความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกที่ชัดเจนเช่นกัน

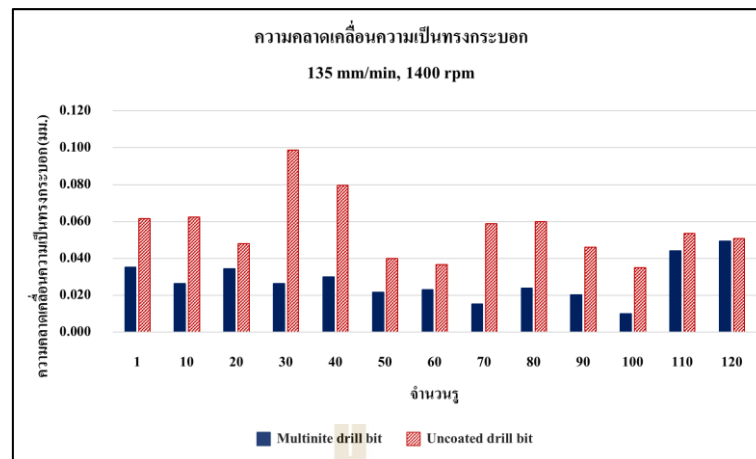


(ก)



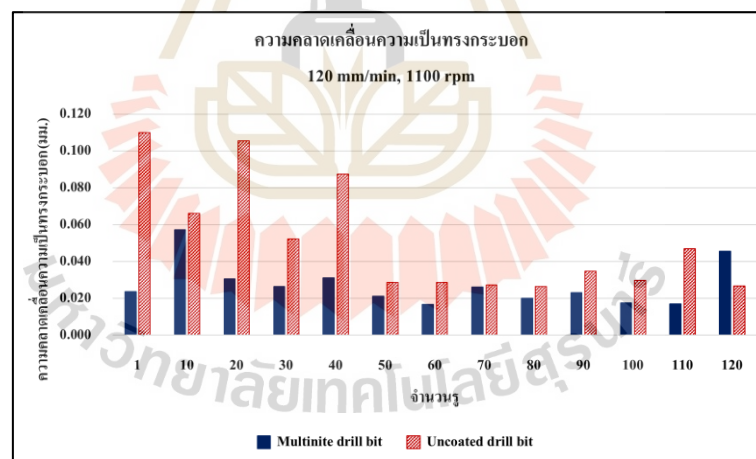
(ข)

รูปที่ 5.11 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่ออนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่ออนาที (ต่อ)



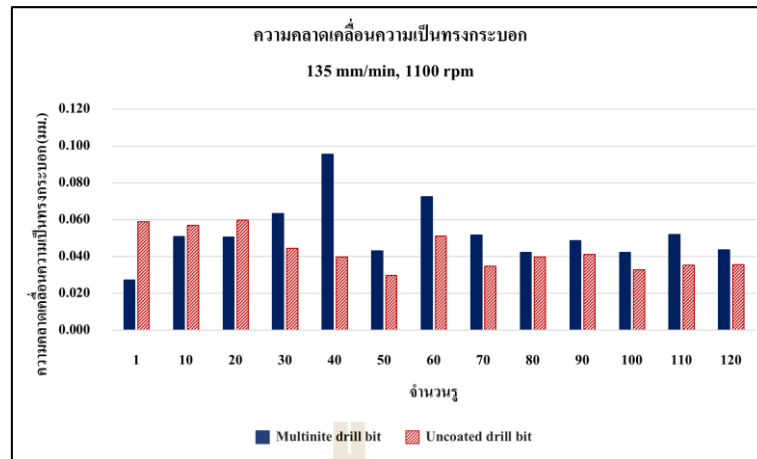
(ค)

รูปที่ 5.11 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้า ความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที

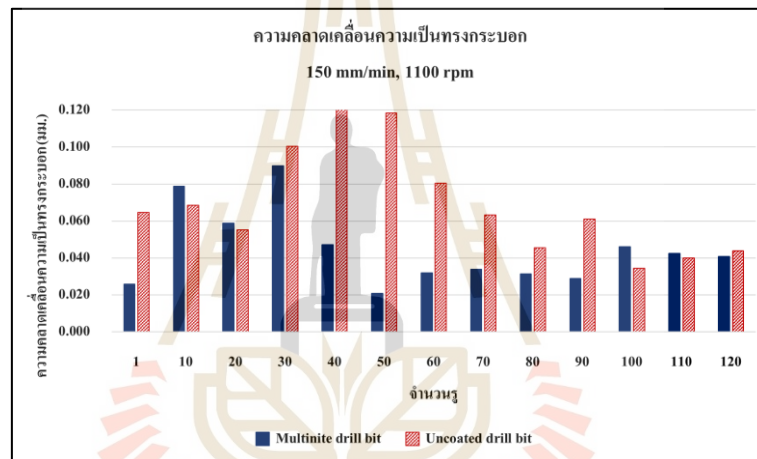


(ก)

รูปที่ 5.12 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้า ความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่ ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)



(ข)



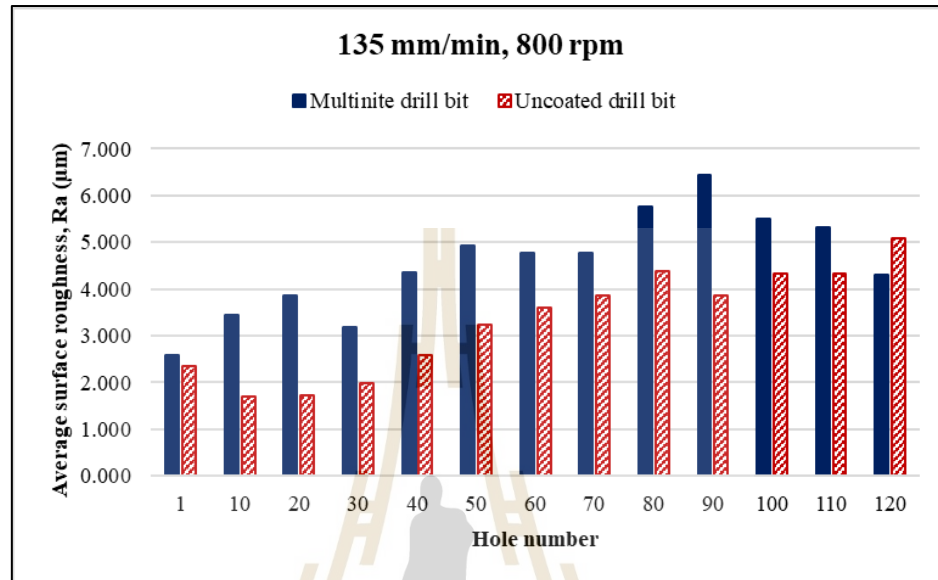
(ค)

รูปที่ 5.12 ความคลาดเคลื่อนความเป็นทรงกระบอกของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้า ความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่ ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที

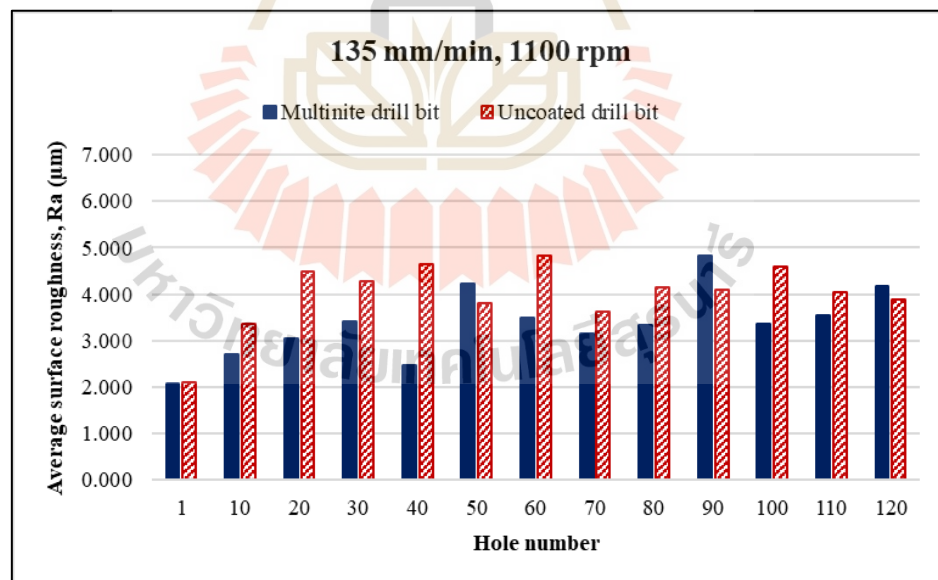
5.3.6 ความหยาบผิวของรูหลังการเจาะ

รูปที่ 5.13 และ 5.14 แสดงความหยาบผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านด้วยความเร็วรอบแตกต่างกันและอัตราการป้อนแตกต่างกัน จากรูปที่ 5.13 และ 5.14 พบว่าในช่วงเริ่มต้นใช้งานดอกสว่านในการเจาะ รูจากการเจาะมีความหยาบผิวต่ำ และความหยาบผิวจะเพิ่มขึ้นตามการใช้งานของดอกสว่านในการเจาะ โดยที่ความหยาบผิวของรูที่เจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวในเกือบทุกสภาวะการเจาะ ยกเว้นการเจาะด้วยความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 150 มิลลิเมตรต่อ

นาที่ ที่ความหยาบผิวของรูเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์มากกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว โดยรูปที่ 5.15 และ 5.16 แสดงผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านทั้งสองประเภทด้วยความเร็วรอบแตกต่างกันและอัตราการป้อนแตกต่างกันที่รูเจาะที่ 1

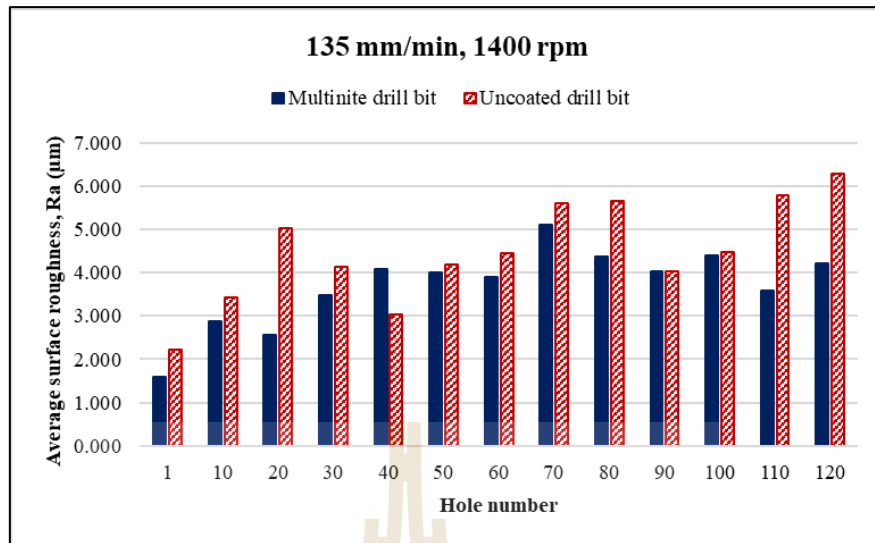


(ก)



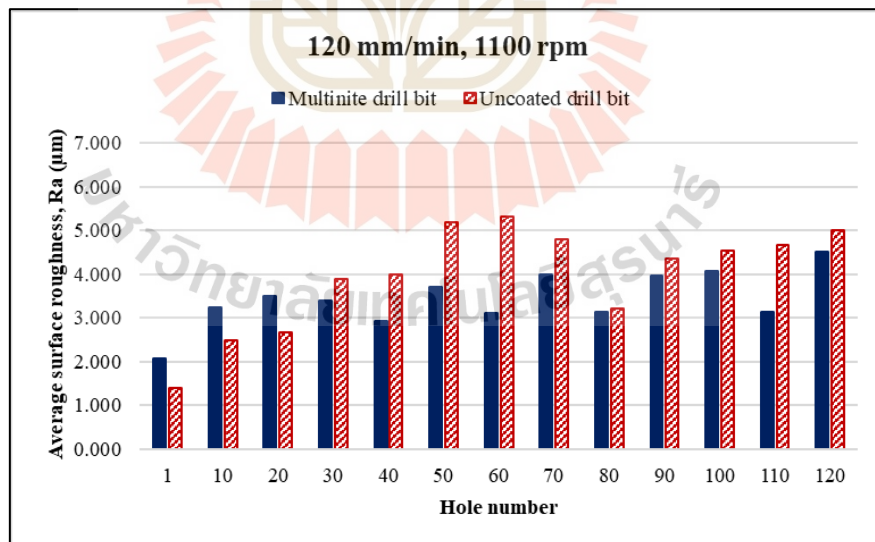
(ข)

รูปที่ 5.13 ความหยาบผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็รรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที (ต่อ)



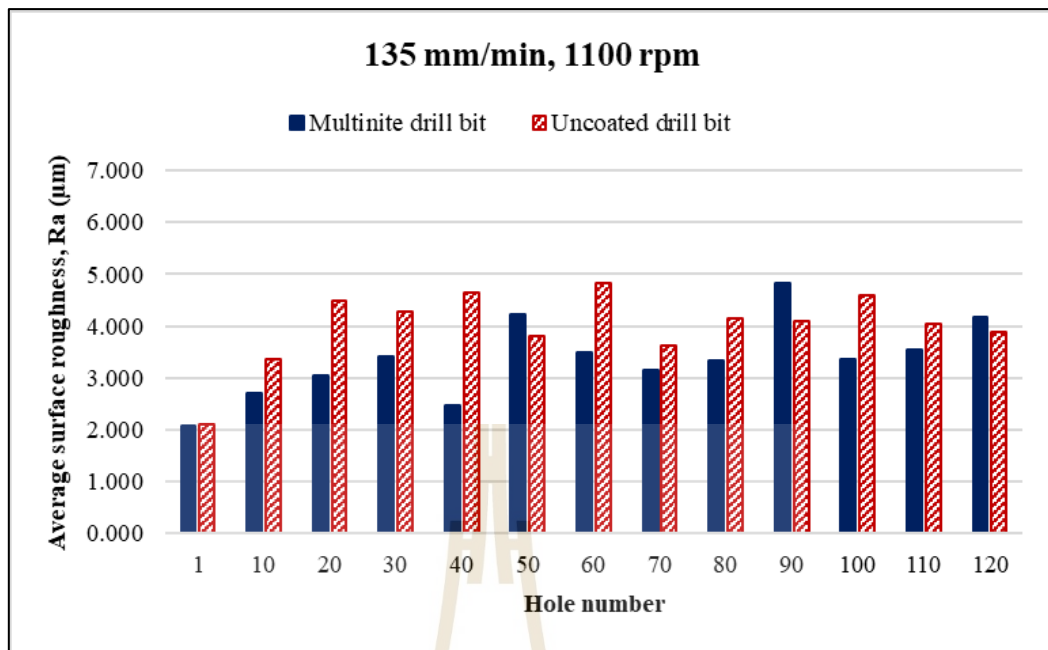
(ค)

รูปที่ 5.13 ความหยาบผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที

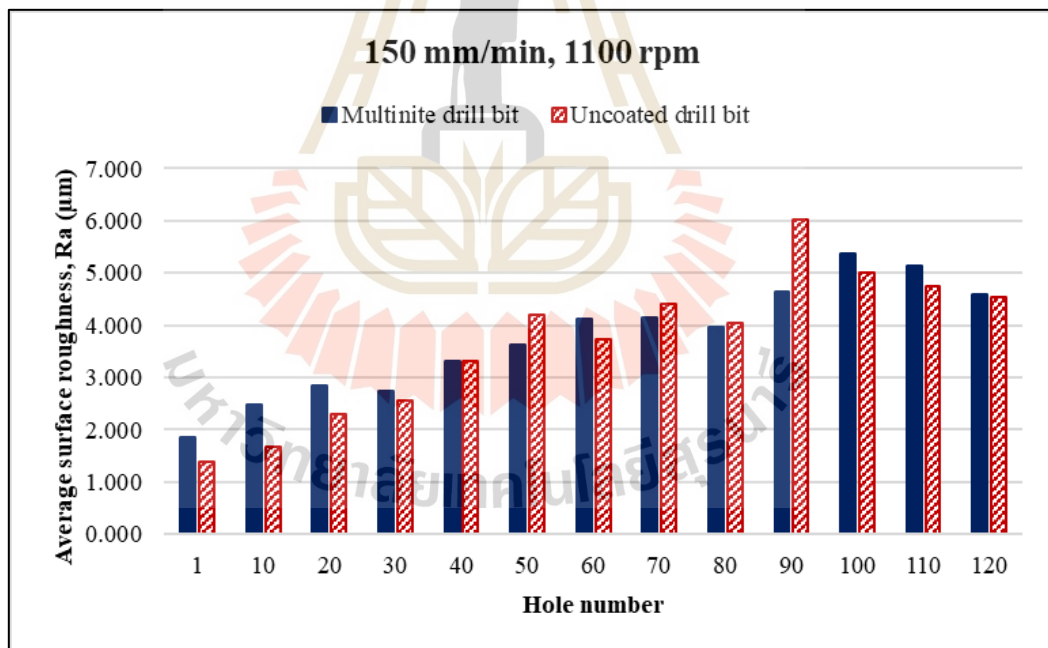


(ก)

รูปที่ 5.14 ความหยาบผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 140 มิลลิเมตรต่อนาที (ต่อ)

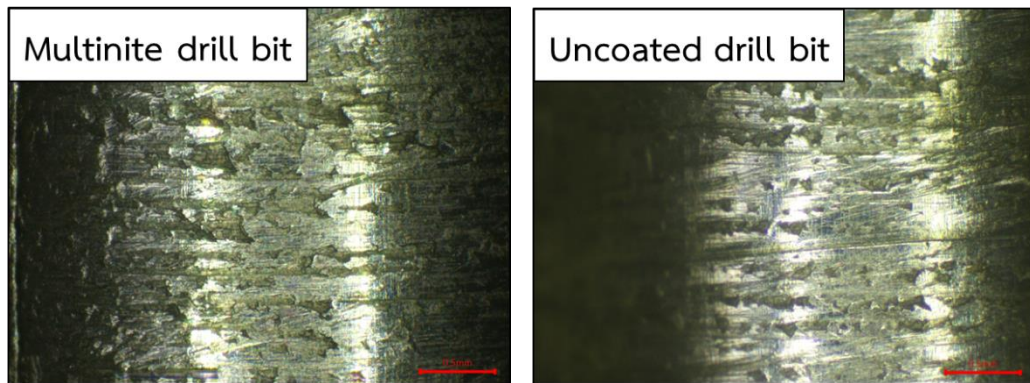


(ข)

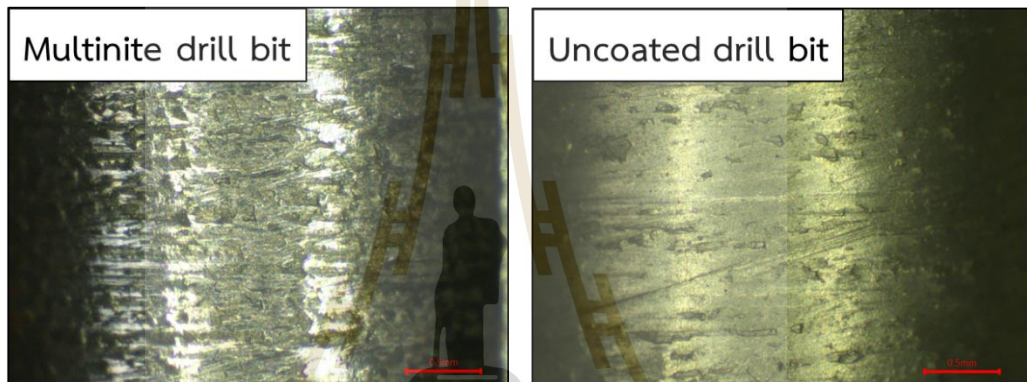


(ค)

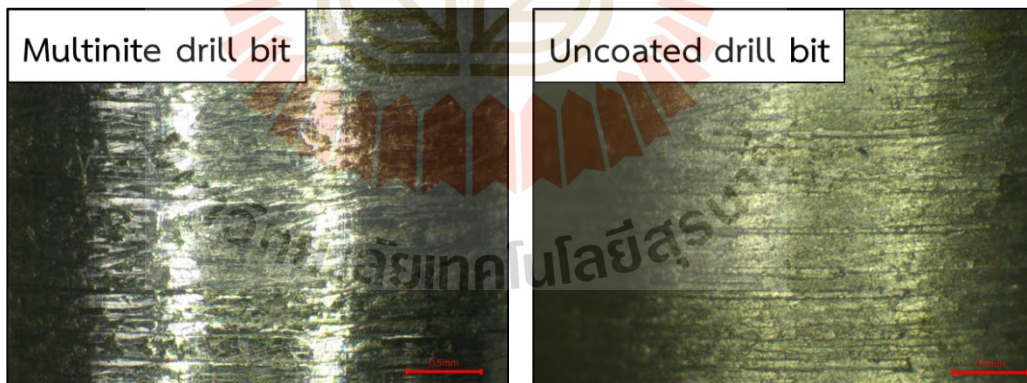
รูปที่ 5.14 ความหยาบผิวของรูหลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 140 มิลลิเมตรต่อนาที



ก. ผิวของรูหลังการเจาะที่อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที

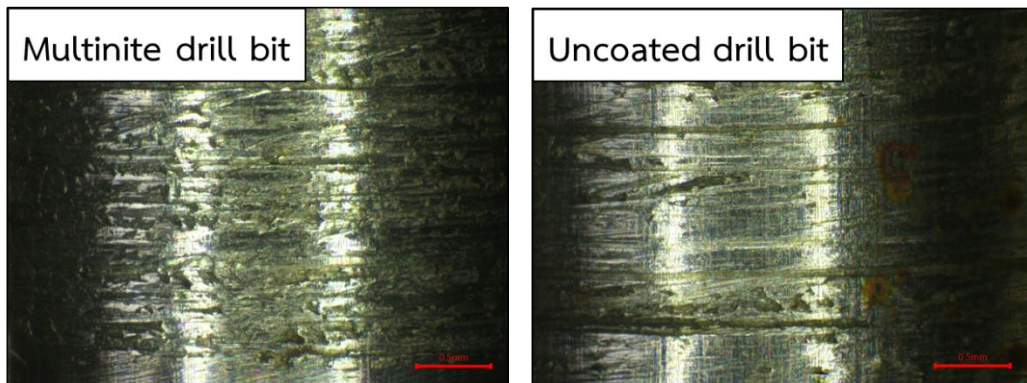


ข. ผิวของรูหลังการเจาะที่อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที

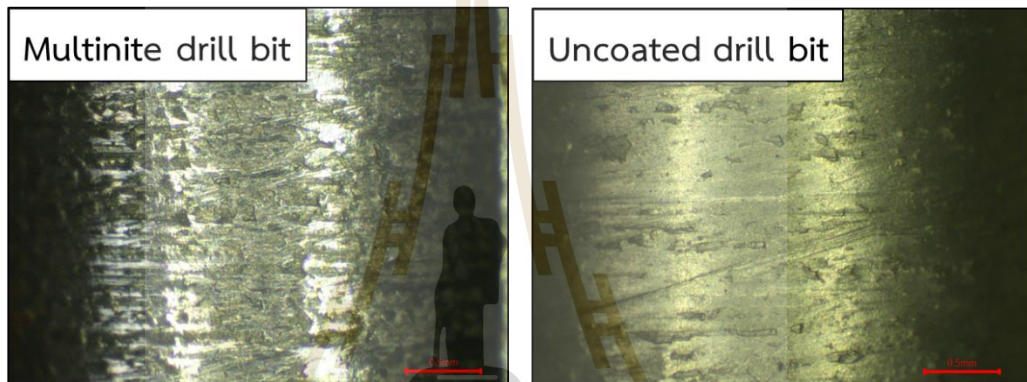


ค. ผิวของรูหลังการเจาะที่อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วรอบ 1400 รอบต่อนาที

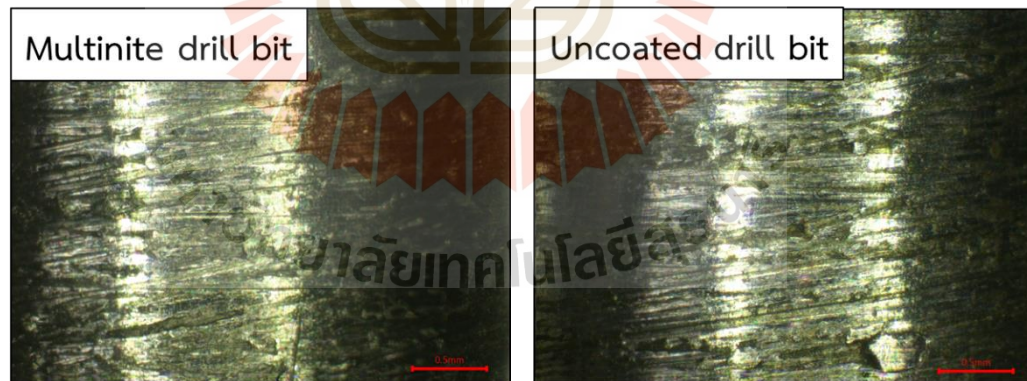
รูปที่ 5.15 ผิวของรูเจาะที่ 1 หลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่อัตราการป้อนคงที่ 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 800, (ข) 1100 และ (ค) 1400 รอบต่อนาที



ก. ผิวของรูหลังการเจาะที่ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 120 มิลลิเมตรต่อนาที



ข. ผิวของรูหลังการเจาะที่ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที



ค. ผิวของรูหลังการเจาะที่ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 150 มิลลิเมตรต่อนาที

รูปที่ 5.16 ผิวของรูเจาะที่ 1 หลังการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติไนต์ และดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวที่ความเร็วรอบคงที่ 1100 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนที่แตกต่างกันสามระดับคือ (ก) 120, (ข) 135 และ (ค) 150 มิลลิเมตรต่อนาที

5.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าเมื่ออัตราการป้อนสูงขึ้น แรงบิดและแรงกดในการเจาะของดอกสว่านทั้งสองประเภทเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แรงบิดและแรงกดในการเจาะที่สูงขึ้นนี้เป็นผลอันเกิดจากดอกสว่านต้องใช้แรงในการตัดเฉือนเนื้อโลหะที่หนามากขึ้น ส่งผลให้เกิดการสึกหรอของดอกสว่านที่เพิ่มขึ้นต่อรอบการหมุนดอกสว่านเท่ากัน ขณะที่การสึกหรอของดอกสว่านจะสูงขึ้นเมื่อใช้ความเร็วรอบในการเจาะสูงขึ้นเมื่ออัตราการป้อนคงเดิมแม้แรงกดและแรงบิดในการเจาะจะลดลงมาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะการเพิ่มความเร็วรอบในการเจาะโดยคงที่อัตราการป้อน ทำให้รอบการหมุนต่อในการเจาะหนึ่งรูสูงขึ้น จึงส่งผลให้การเจาะหนึ่งรูดอกสว่านจึงสึกหรอมากกว่า นอกจากนี้ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตมีการสึกหรอที่น้อยกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิวเกือบทุกสภาวะการเจาะ น่าจะเป็นผลของความแข็งผิวของมัลติโคตที่สูงกว่า ทำให้สามารถต้านทานการเสียดสีได้ดีกว่าเมื่อต้องตัดเฉือนเนื้อโลหะในระยะทางที่มากขึ้นจากการเพิ่มความเร็วรอบ อย่างไรก็ตามการสึกหรอที่สูงกว่าของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตในสภาวะที่ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที และที่อัตราการป้อน 150 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วรอบ 1100 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นสภาวะที่มีการกินเนื้อชิ้นงานต่อรอบการหมุนสูงขึ้น บ่งชี้ว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตไม่เหมาะสมกับการเจาะที่กินเนื้อต่อรอบการหมุนที่สูง ๆ นอกจากนี้ความขรุขระที่คมตัดของดอกสว่านในระหว่างการใช้งานเนื่องจากดอกสว่านเกิดการสึกหรอนั้น ส่งผลให้ผิวของรูเจาะได้รับความเสียหายจากการตัด จึงส่งผลให้ความเรียบผิวแปรเปลี่ยนไปตามการสึกหรอ

5.5 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปว่า ในการเจาะนั้นทั้งอัตราการกินเนื้อต่อรอบการหมุนและรอบการหมุนต่อระยะการเจาะคงที่คือสองตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอของดอกสว่าน โดยอัตราการกินเนื้อต่อรอบหมุนที่สูงกับรอบการหมุนต่อระยะการเจาะคงที่ที่มากขึ้นจะส่งผลให้การสึกหรอสูงเมื่อเจาะไปได้จำนวนรูเท่ากัน นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตมีผิวที่แข็งจึงทนทานกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ไม่เคลือบผิว แต่การเคลือบผิวมัลติโคตไม่เหมาะสมกับการเจาะที่อัตราการกินเนื้อต่อรอบการหมุนที่สูง (แรงบิดและแรงกดสูง) สุดท้ายจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการสึกหรอมีผลต่อคุณภาพผิวที่เจาะ

5.6 รายการอ้างอิง

- A. Z. Sultana., S. Sharifb., and D. Kurniawanb. (2015). Effect of Machining Parameters on Tool Wear and Hole Quality of AISI 316L Stainless Steel in Conventional Drilling. *Procedia Manufacturing* 2 (2015) 202 – 207.

- T. KIVAK., K. HABALI., and U. SEKER. (2012). The Effect of Cutting Paramaters on The Hole Quality and Tool Wear During The Drilling of Inconel 718. G.U. J. Sci., 25(2):533-540 (2012).
- S. Waqar., S. Asad., S. Ahmad., Ch. A. Abbas., and H. Elahi. (2016). Effect of Drilling Parameters on Hole Quality of Ti-6Al-4V Titanium Alloy in Dry Drilling. Materials Science Forum Submitted: 2016-07-13 ISSN: 1662-9752, Vol. 880, pp 33-36, doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.880.33.
- Yahya Hýpman Çelik. (2014). Investigating The Effects Of Cutting Parameters On The Hole Quality In Drilling The Ti-6al-4v Alloy. MTAEC9, 48(5)653(2014), ISSN 1580-2949, UDK 621.95:669.295.
- Ian Hutchings and Philip Shipway. (2017). Tribology. Friction and Wear of Engineering Materials. 2nd Edition.
- Stachowiak, G.W. and Batchelor, A.W. (1993). Engineering Tribology. 1st ed. Elsevier Science, Amesterdam, Netherlands, 871p.
- V. Zakeri Mehrabad and V. Pourmostaghimi. (2017). Tool Wear Modeling in Drilling Process of AISI1020 and AISI8620 using Genetic Programming. Advanced Design and Manufacturing Technology, Vol. 10/ No. 1/ March – 2017.

บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

ดอกสว่านเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการเจาะเพื่อสร้างรูให้กับชิ้นงาน การสึกหรอของดอกสว่านจากการใช้งานเป็นปัญหาสำคัญของการใช้งานดอกสว่าน ด้วยเหตุนี้ความพยายามปรับปรุงคุณภาพผิวของดอกสว่านเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานดอกสว่านยังคงมีอย่างต่อเนื่อง การศึกษานี้ก็เช่นกันเป็นการศึกษาผลของการเคลือบผิวมัลติโคตบนดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูง ด้วยวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว และเพื่อศึกษาคุณภาพของรูจากการเจาะด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตและดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว โดยในการศึกษาจะทำการเจาะเหล็กกล้าเกรด SS400 ด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเกรด M2 เคลือบผิวมัลติโคตและไม่เคลือบผิว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ภายใต้สภาวะการเจาะ ความเร็วรอบการหมุน 800 1100 1400 รอบต่อนาที และอัตราการป้อน 120 135 150 มิลลิเมตรต่อนาที ขณะทำการเจาะมีการหยุดเจาะเพื่อตรวจสอบการสึกหรอของดอกสว่านเป็นระยะ เมื่อเจาะครบ 120 รู ชิ้นงานเจาะจะถูกนำมาตรวจสอบคุณภาพรูเจาะและความหยาบผิว จากการทดลองได้ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

ดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงที่ผ่านการปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการมัลติโคตเกิดการสึกหรอด้านข้างบนคมตัดซึ่งเป็นการสึกหรอหลักที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว โดยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตเกือบทุกสภาวะการเจาะ ยกเว้นสภาวะการเจาะด้วยความเร็วรอบการเจาะ 800 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 135 มิลลิเมตรต่อนาที และความเร็วรอบการเจาะ 1100 รอบต่อนาที อัตราการป้อน 150 มิลลิเมตรต่อนาที ที่อัตราการสึกหรอของดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตสูงกว่าดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงแบบไม่เคลือบผิว ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการปรับปรุงคุณภาพผิวด้วยกระบวนการมัลติโคตทำให้ผิวดอกสว่านแข็งขึ้นมาก ทนต่อการสึกหรอด้วยการขัดสี (Abrasive wear) ซึ่งเป็นกลไกหลักของการสึกหรอของด้านข้างบนคมตัดและพบการสะสมของเศษโลหะเกาะติดที่บริเวณคมตัดน้อยกว่าในกรณีที่มีการปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการมัลติโคต การสะสมของเศษโลหะนี้น่าจะเป็นสิ่งส่งเสริมให้เกิดการสึกหรอในช่วงที่สองสั้นลงในการสึกหรอด้านข้างคมตัด อนึ่งในสภาวะการเจาะที่กินเนื้อชิ้นงานต่อรอบหมุนสูง ๆ เช่นความเร็วรอบต่ำ หรืออัตราการป้อนสูงส่งผลให้แรงกดและแรงบิดเพื่อเจาะชิ้นงานสูงขึ้น ผิวที่แข็งขึ้นของมัลติโคตอาจจะมีความแกร่งไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดการการสึกหรอสูงกว่าแบบไม่เคลือบ นอกจากนี้ทั้งการสึกหรอของคมตัดและการสะสมของเศษโลหะส่งผลให้ความหยาบผิวของชิ้นงานสูงขึ้น ดังนั้นการปรับปรุงผิวดอกสว่านด้วยกระบวนการมัลติโคตจึงยังเป็นวิธีการเพิ่มอายุการใช้งานดอกสว่านและเพิ่มคุณภาพของงานเจาะกรณีที่ใช้รอบตัดที่สูง

6.2 ข้อเสนอแนะ

แม้ว่างานวิจัยจะสามารถยืนยันได้ว่าการเคลือบผิวด้วยมัลติโคตสามารถเพิ่มอายุการใช้งานดอกสว่านได้ในบางช่วงสภาวะการเจาะ แต่ด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตยังไม่ทนต่อการกัดต่อรอบสูง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยและบริษัทผู้พัฒนาดอกสว่านน่าจะร่วมกันพัฒนาดอกสว่านเหล็กกล้าความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคตให้ดียิ่งขึ้นโดยการปรับสภาวะการเคลือบผิว ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีประเด็นที่ต้องการคำยืนยัน เช่น ความสิ้นของดอกสว่านที่เกิดขึ้นในระหว่างการเจาะ ด้วยเหตุนี้ในอนาคตจึงควรจะมีการศึกษาเพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของดอกสว่าน อันจะทำให้ทราบถึงสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของดอกสว่านขณะใช้งานอย่างแม่นยำและยืนยันว่าความสิ้นผิวมีผลต่อการสึกหรอของดอกสว่านหรือไม่



ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างโค้ดที่ใช้ในการเจาะชั้นงานที่ 10 รฐ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตัวอย่างโค้ดที่ใช้ในการเจาะชิ้นงานที่ 10 รู

```
BEGIN PGM WORKDRILL10 MM
BLK FORM CYLINDER Z D+101.6 L+45.8 DIST+1. RI+0
; T4 | HSS/TIN DRILL 8xDc- 6.0
CYCL DEF 247 DATUM SETTING ~
    Q339=+1
PLANE RESET STAY
M129
M126 ;Shortest rotary path on
M01

Q1600=+135 ;Cut Feedrate
Q1601=+1000 ;Plunge Feedrate
Q1602=+2000 ;Retract Feedrate
; --- Start Operation ---
; --- Move To Clear Position ---
TOOL CALL 4 Z S1100
M3
M140 MB MAX
PLANE SPATIAL SPA+0. SPB+0. SPC+0. TURN MBMAX FMAX SEQ+ TABLE ROT
M8
M7
L X+0. Y+0. FMAX
L Z+30. FMAX
CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
CYCL DEF 32.1 T+.0015
CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA+.5
CYCL DEF 200 DRILLING ~
    Q200=+30. ;SET-UP CLEARANCE ~
    Q201=-30. ;DEPTH ~
    Q206=+135 ;FEED RATE FOR PLNGNG ~
    Q202=+30. ;PLUNGING DEPTH ~
    Q210=+0. ;Dwell at top ~
    Q203=+0. ;SURFACE COORDIN
```

Q204=+20. ;2ND SET-UP CLEARANCE ~

Q211=+0.5 ;DWELL TIME AT DEPTH ~

M99

L Y+10. R0 FMAX

M99

L X+8.66 Y+5. R0 FMAX

M99

L Y-5. R0 FMAX

M99

L X+0. Y-10. R0 FMAX

M99

L X-8.66 Y-5. R0 FMAX

M99

L Y+5. R0 FMAX

M99

L X-15.636 Y+12.47 R0 FMAX

M99

L X-8.678 Y+18.019 R0 FMAX

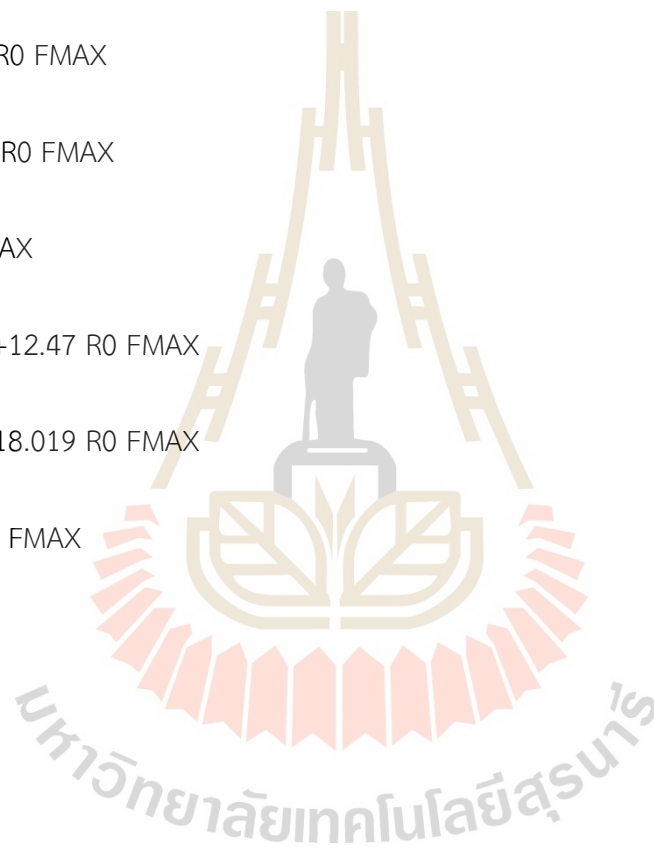
M99

L X+8.678 R0 FMAX

M99

M9

M129





ภาคผนวก ข.

บทความวิชาการที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา

บทความวิชาการที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา


C. Makee, U. Kitkamthorn, P. Mitsomwang, N. Chayapiwut, A. Jaisue, K. Hitoshi, and R. Borrisutthekul, **STUDY THE EFFECTS OF THE MULTINITE COAT OF THE HIGH SPEED STEEL DRILL BIT IN DRILLING**, The Joint International Conference on Applied Physics and Materials Applications & Applied Magnetism and Ferroelectrics (ICAPMA-JMAG-2021) Nongnooch Pattaya International Convention and Exhibition Center (NICE) PATTAYA, THAILAND December 1st-4th, 2021.





Hybrid

ICAPMA-JMAG


2021

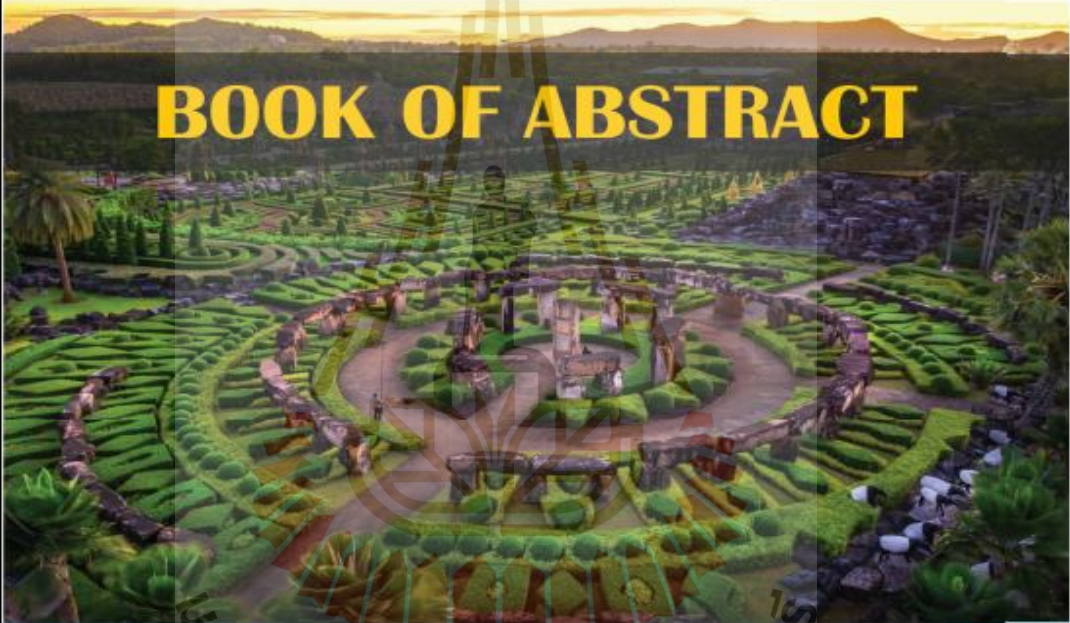







Organized by **i-STEM**

THE JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ON
APPLIED PHYSICS AND MATERIALS APPLICATIONS
 & **APPLIED MAGNETISM AND FERROELECTRICS**
1st - 4th December 2021  Nongnooch Traditional Hall
 Pattaya, Thailand




BOOK OF ABSTRACT


Co-Host:




Co-Organizer:



Sponsor:



Scan here for information



General Chair: Prof. Dr. Rattikorn Yinnirun
 (Chairs of IEEE-Magnetics and ACERS Thailand Chapter)

Website: www.matscitech-thailand.com/2021
E-mail: matscitech.thailand@gmail.com

STUDY THE EFFECTS OF THE MULTINITE COAT OF THE HIGH SPEED STEEL DRILL BIT IN DRILLING

Chutimon Makee¹, Usanee Kitkamthorn¹, Pusit Mitsomwang¹, Nakorn Chayapiwut², Areeya Jaisue², Kabasawa Hitoshi², and Rattana Borrisutthekul^{1,*}

Received:; Revised:; Accepted:

Abstract

Drilling is an important metal manufacturing processes. Drill bits are used in drilling to create holes. Wear of drill bits can have an adverse effect on the quality of the drilling hole. To increase the wear resistance of drill bits, surface modifications have been introduced and studied their effectiveness. Multinite coating is a candidate for surface modification techniques to increase wear resistance of the drill bits. In this study, the effect of multinite coating on the wear resistance of drill bits has been investigated. Two types of 6 mm diameters drill bits, the uncoated high speed steel, and the multinite coated high speed steel drill bits, were used to create the hole with 30 mm in depth on ASTM A36 steel. The drilling parameters were 1,100 rpm of rotation speed and 135 mm/min of the feed rate. The thrust force and the cutting torque during drilling were measured by a force sensor. Flank wear on the drill bits were measured by overlap image technique. Also, the roughness of hole surfaces were investigated. Results showed that the higher surface hardness of multinite coated high speed steel drill bit led to a lower flank wear rate at the beginning of drilling. Consequently, built-up of chip on the multinite coated high speed steel drill bit was less compared to the uncoated one. We conclude that the higher surface hardness of multinite coated high speed steel drill bit improves the wear resistance of drill bit by a decrease of wear rate at the beginning of drilling and a lesser amount of chip built-up on the cutting edge and the surface quality of hole after drilling.

Keywords: Cutting tools, Wear, Tool life, Flank wear, Thrust force and, torque force

¹ School of Metallurgical Engineering, Suranaree University of Technology,
111 University Avenue, Muang District, Nakhon Ratchasima 30000, Thailand

² Nihon Techno Heat Treatment Co.,Ltd., Head Office 39/9 Moo 5 Nong Lalok Subdistrict, Ban Khai District,
Rayong Province 21120, Thailand
Tel: 0-4422-4487; Fax: 0-4422-4482; E-mail: rattana@g.sut.ac.th

* Corresponding author

Study The Effects of The Multinite Coat

Introduction

The drill bits are essential tools used to create the holes on the parts. They must have high machinability in order to perform the drilling process with the good hole quality requirements. During drilling the drill bits are encountered with the tool wears such as flank wear, crater wear, margin wear and chisel wear. Flank wear is the most critical wear found in drill bits and is used to define the tool life. Flank wear is caused by the abrasive action between drill bit and chip. Thus, in order to increase the tool wear resistance, the drill bit must exhibit higher surface hardness, low friction coefficient, and good toughness. To improve those properties, the coating has been proposed and studied. For example, S.G. Harris et al. (2003) investigated the using of TiN, Ti_{1-x}Al_xN and two relatively high chromium content Ti_{1-x}-yAl_xCryN coated drill bits and V. Braic et al. (2010) studied the using of multilayer PVD coated drill bits. They showed that the coating on the drill bits with physical vapor deposition (PVD) both single layer coating and multilayer coating can increase drill bits tool life. However, the physical vapor deposition (PVD) coating process is an expensive process. Thus, the other alternative techniques that can improve wear resistance of drill bits still have been proposed and investigated. Multinite process, a kind of gas sulphur nitriding process, is one of the candidate of alternative techniques to improve wear resistance of drill bits made by high speed steel. The multinite process provides the several outstanding properties for tools such as (1) low friction, (2) improve wear resistance, (3) improve resistance to fatigue, and (4) prevent friction noise, etc. Osamu Momose and Sosuke Uchida (1987) studied the wear resistance of steel coated by gas-sulphur nitriding process. They found that using gas-sulphur nitriding process can reduce the wear rate of steel compared to that of uncoated steel. However, there are no further research works that have been done to study the feasibility of using the multinite coat to improve wear resistance of drill bits. Therefore, in this study, the effects of multinite coat on wear of the high speed steel drill bit and the hole surface quality was investigated.

Materials and Methods

In this study, the high speed steel drill bits made by Nachi Technology Co., Ltd were used. Two types of the high speed steel drill bits were defined into two lots. One was treated by

multinite process at Nihon Techno Heat Treatment, Rayong, Thailand. The other was kept as the original high speed steel drill bit.

Then, surface hardness, drill bit diameter, helix angle, point angle per teeth, relief angle, flute width, run out, and radius of point angle of the drill bits were characterized. The surface hardness of both types of drill bits were tested with Future-Tech FM-800 micro-vickers hardness tester. The characteristics of the drill bit are shown in Table 1.

After that, both types of drill bits 1) multinite coated high speed steel drills, 2) uncoated high speed steel drills, were used to drill the ASTM A36 steel of 100 mm diameters and 50 mm of thickness. The drilling machine used in the study was 5-axis DMG Mori DMU-50. The drilling conditions are shown in Table 2.

Table 1. The characters of the drill bit

	Drill bits	
	Multinite Drills	Uncoated Drills
Surface hardness (HV0.1)	1147.83	722.33
Diameter (mm)	6.49	6.08
Helix angle (degree)	31.5	31.5
Point angle per Teeth (degree)	58.8	59.2
Relief angle (degree)	15	15
Flute width (front), (mm)	4	3.83
Flute width (back), (mm)	3.8	3.59
Run Out (mm)	0.02	0.04
R -Point angle (mm)	4.3	4.66

Table 2. The drilling conditions used in the study

Parameters	Value
Rotation speed (rpm)	1,100
Feed rate (mm/min)	135
Hole depth (mm)	30
Numbers of total holes	120

Study The Effects of The Multinite Coat

During the drilling, thrust force and torque were measured by Kistler 4-component dynamometer (model:9272). The schematic of dynamometer and workpiece setting is shown in Figure 1. After drilling every 10 holes, wear of the drill bit was observed visually and measured by imaging technique using Olympus SZ61 stereo microscope with C-P3 OPTIKA digital camera. Figure 2 shows the example of drill bit image for wear measurement. The overlap image technique to measure the wear as shown in Figure 3 is same as used in works of V. Zakeri Mehrabad and V. Pourmostaghimi (2017) and Issam Abu-Mahfouzby (2003) by using the comparison between the wear image before drilling and after drilling of the drill bits.

After drilling, the workpiece was cut as shown the schematic of cutting in Figure 4(a) and 4(b), in order to measure the surface roughness of the hole surface. The surface roughness testing was performed under ISO1997 with SJ-210 Mitutoyo Surface Roughness Tester.

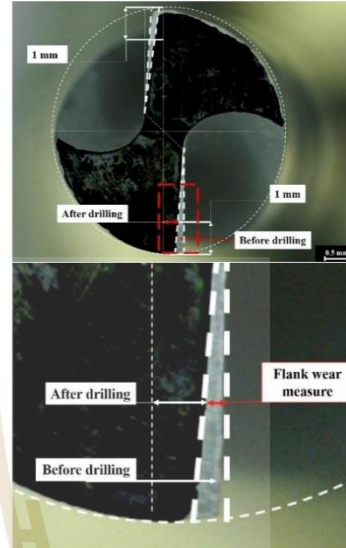


Figure 3. Diagram of wear measurements by overlap image technique

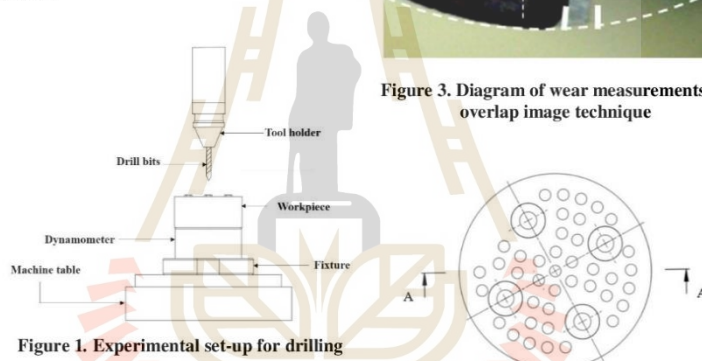


Figure 1. Experimental set-up for drilling

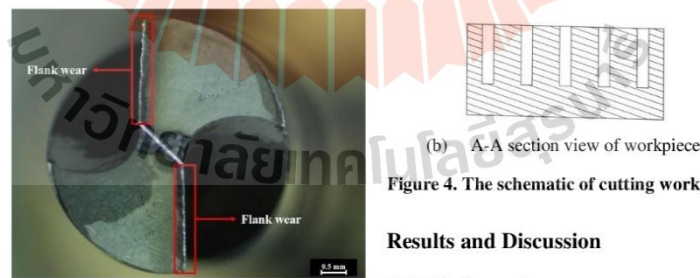


Figure 2. The example of wear image views

Figure 4. The schematic of cutting workpiece

Results and Discussion

Drill bit observation

Figure 5 is a set of high magnification front view images of the multinite coated high speed steel drill bit as in Figure 5(a) and the uncoated

Study The Effects of The Multinite Coat

high speed steel drill bit as in Figure 5(b) taken before and after drilling with 20,50, and 120 holes. The cutting edges of the coated and uncoated drill bits were changed from the straight line to jagged line at the beginning of using drill bit. After drilling for 20 holes, the loss of tool material at cutting edge of drill bit was found significantly. Also, the loss of the materials at cutting edge increased with number of drilling holes. Such loss at the cutting edge is known as the flank wear. By comparing between the multinite coated high speed steel drill bit in Figure 5(a) and uncoated high speed steel drill bit in Figure 5(b), it was found that the flank wear of the multinite coated high speed steel drill bit was less than that of uncoated high speed steel drill bit when using for ASTM A36 steel drilling.

Figure 6 is a set of front view images of the drill bits, showing the built-up of chip at cutting edge. It was found that the white layer stuck on the cutting edge of the drill bit. This white layer is the built-up of chip at cutting edge, observed the built-up of chip on cutting edge of multinite coated high speed steel drill bit as shown in Figure 6(a) and uncoated high speed steel drill bit as shown in Figure 6(b) after using drill bit for drilling at 50th hole. However, the multinite coated high speed steel drill bit exhibits less built-up of chip on the cutting edge compared to the uncoated high speed steel drill bit.

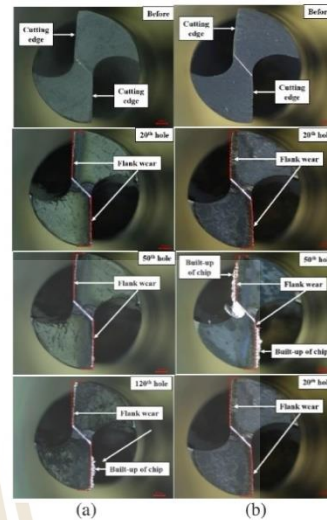


Figure 5. The front view images of the drill bit taken before using and after using with 20, 50, and 120 drilling holes at (a) multinite coated high speed steel drills and (b) uncoated high speed steel drills

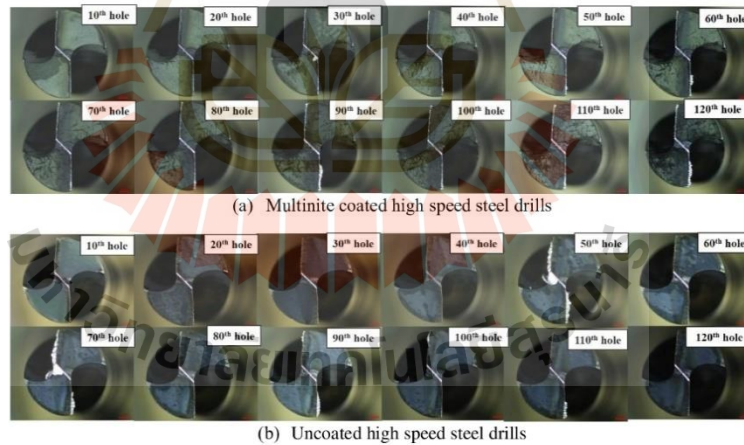


Figure 6. The built-up of chip at cutting edge of (a) multinite coated high speed steel drills and (b) uncoated high speed steel drills at various drilling progress

Wear measurement

After drill bit observation, the image of drill bit was processed to determine the flank wear by using overlap image technique. The relationships between number of the drilled holes and the flank wear of both drill bits are shown in Figure 7. It was found that the flank wear of multinite coated high speed steel drill bit was lower than that of the uncoated high speed steel drill bit at the same number of drilling. Also, the flank wear curves can be divided into 3 stages according to the difference in the wear rate. At the first stage, the flank wear was progressed at almost constant high wear rate. After 20th drilling holes, drill bit was slightly worn at very close to zero wear rate and this is defined as the 2nd stage. Finally, the 3rd stage is defined after 50th - 70th drilling holes. At this stage the flank wear rate increased. Comparing between coated and uncoated drill bits, in first stage, the flank wear rate of uncoated high speed steel drill bit was higher than that of multinite coated high speed steel drill bit. For other stages, both drill bit types were worn at the similar wear rate. Moreover, the 2nd stage of wear of the multinite high speed steel drill bit was longer than that of uncoated high speed steel drill bit. Lower wear rate and longer of the 2nd stage in multinite high speed steel drill bit may be resulted by higher surface hardness of multinite high speed steel drill bit, similar to the results worked of by S. Luyckx and A Love (2004), N.B. Dhokey et al. (2021), and Nuclear-power, (2002).

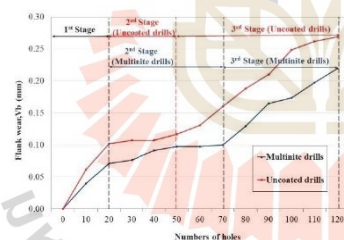


Figure 7. The flank wear of multinite coated high speed steel drills and uncoated high speed steel drills as a function of the number of holes

Thrust force and cutting torque

The thrust force and the cutting torque during drilling 1st hole, and 120th hole were shown in Figure 8(a) and 8(b), respectively. The thrust force and the cutting torque were progressed in four main the stages. Firstly, in stage A, the thrust force and cutting torque were

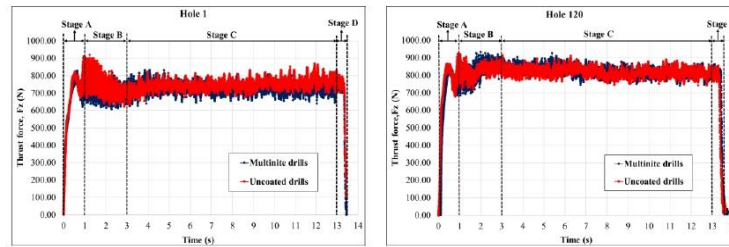
increased rapidly until maximum thrust force and cutting torque. It is occurred when the drill bits start to touch the workpiece surface until of the tip of drill bit was fully penetrated to workpiece. Secondly, in stage B, the thrust force and the cutting torque were decreased until reaching to the steady state of the thrust force and the cutting torque. Then, in stage C, the thrust force and cutting torque was constant until the drill reaches the assigned drilling depth. Fourthly, in stage D, the thrust force and cutting torque was decreased rapidly due to moving out of the drill bits from the workpiece.

From the stages of forces, we are interested in stage C which was the steady state of drilling process. Thus, the average thrust force and cutting torque at 3-13 seconds in various number of drilling holes were shown in Figure 9. From Figure 9(a), it was found that at the initial the thrust force of multinite coated high speed steel drills was lower than that of uncoated high speed steel drills. After 20th hole drilling, thrust force of the multinite coated high speed steel drills was similar to that of uncoated high speed steel drills. Moreover, from Figure 9(b), it was found that the cutting torque of multinite coated high speed steel drills was slightly higher than that of uncoated high speed steel drills. The slightly lower thrust force of multinite coated high speed steel drill bit may be caused by higher hardness of multinite coated high speed steel drill bit. When the cutting edge and face of drill bit were changed, the thrust forces in both drill bits were changed to similar level. However, due to low friction of multinite coated high speed steel drill bit, the less cutting heat generation may be obtained (M. Amiri and Michael M. Khonsari, 2010; G.W. Stachowiak and A.W. Batchelor, 1993). The less heat generation was recognized by slightly high cutting torque ever thought low built-up of chip found. The less heat generation may affect the loss of strength of workpiece which resulted in an easy to cut. Thus, the hardness of multinite coat may be important on wear resistance of high speed steel drill bit by reducing the wear rate at the beginning and decreasing built-up of chip in later stage of drilling process.

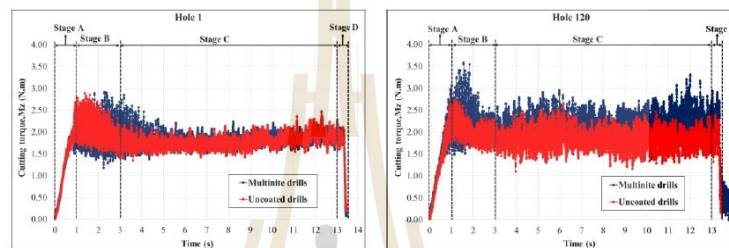
Surface roughness of holes

In term of the hole quality, the surface roughness of the hole surface was measured. Figure 10 shows the hole surface roughness at various number of hole drilling by multinite coated high speed steel drill bit and uncoated high speed steel drill bit. It showed that drilling by the multinite coated high speed steel drill bit produced lower hole surface roughness than by the uncoated high speed steel drill bit.

Study The Effects of The Multinite Coat

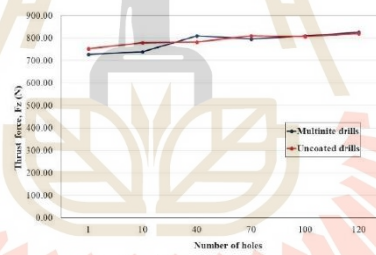


(a) Thrust force of drill bits

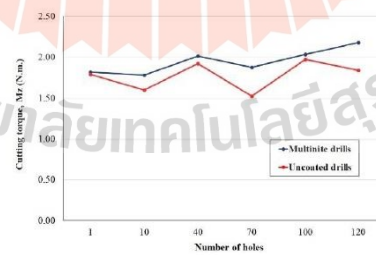


(b) Cutting torque of drill bits

Figure 8. Thrust force and cutting torque of drill bits at 1st hole and 120th hole



(a) Thrust force



(b) Cutting torque

Figure 9. Average of (a) thrust force and (b) cutting torque at 3-13 second

Study The Effects of The Multinite Coat

Also, in first 20th drill holes, the surface roughness of drilled holes were significantly lower than that of drilling more holes. The lower of surface roughness of hole surface drilling by the multinite coated high speed steel drill bit may caused with higher hardness and lesser built up of chip in the multinite coated high speed steel drill bit. Previous study R. Ramaswami (1970), Samad Nadimi Babil Oliaei et al. (2016), and J. Kümmel et al. (2014) showed that the built-up of chips on the cutting edge is main cause of flank wear of cutting tools, and affected to the surface quality of the workpiece. Thus, in this study we refer that the multinite coating increases the surface hardness of drill bit and improve wear resistance as well as the quality of hole surface.

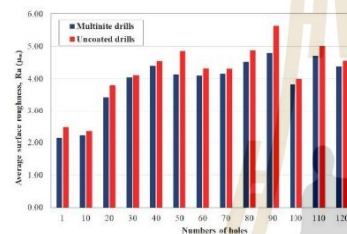


Figure 10. Average surface roughness of holes surface drilled by multinite coated and uncoated high speed steel drills at various number of hole drilling

Conclusions

Higher surface hardness of multinite coated high speed steel drill bit reduces the flank wear rate at the beginning of drilling. Then, due to low wear on the drill bit in case of multinite coated high speed steel drill bit, built-up of chip on the drill bit was less compared to uncoated high speed steel drill bit. Thus, it was concluded that higher surface hardness of multinite coated high speed steel drill bit led to low wear rate on beginning of drilling and less built-up of chip on the cutting edge in later which affects to improves the wear resistance of drill bit and the surface quality of hole after drilling.

Acknowledgement

The authors most grateful to Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand, for all great support for project.

References

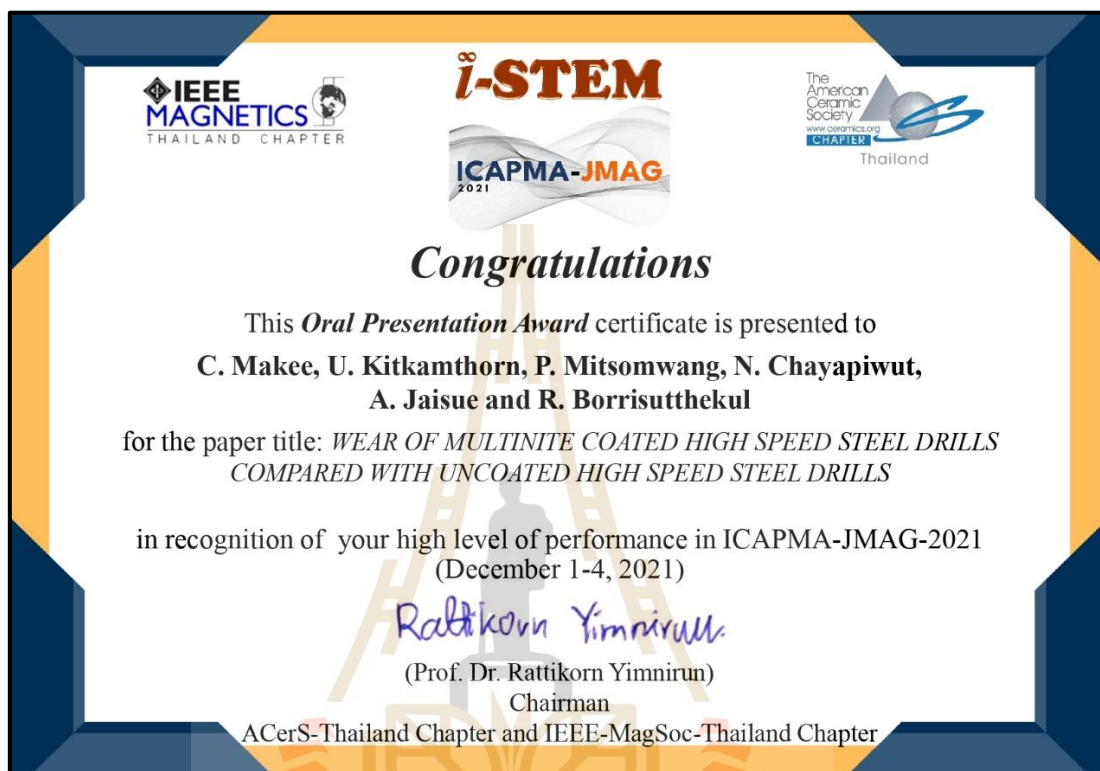
- S.G. Harris, E.D. Doyle, A.C. Vlasveld, J. Audy, and D. Quick. (2003) A study of the wear mechanisms of TiAlN and TiAlCrN coated high-speed steel twist drills under dry machining conditions. *Wear*, 254:723-734.
- V. Braic, C.N. Zotta, M. Balaceanu, A. Kiss, A. Vladescu, A. Popescu, and M. Braic. (2010). TiAlN/TiAlZrN multilayered hard coatings for enhanced performance of HSS drilling tools. *Surface & Coatings Technology*, 204:1925-1928.
- M. Osamu and U. Sosuke. (1987). Gas sulphurionitriding steels in a CS_2 and NH_3 atmosphere. *Wear*, 126:19-24.
- V. Zakeri Mehrabad and V. Pourmostaghimi. (2017). Tool Wear Modeling in Drilling Process of AISI1020 and AISI8620 using Genetic Programming. *Int J Advanced Design and Manufacturing Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 93-100.
- Issam Abu-Mahfouz. (2003). Drilling wear detection and classification using vibration signals and artificial neural network. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 43:707-720.
- S. Luyckx and A. Love. (2004). The relationship between the abrasion resistance and the hardness of FWC-Co alloys. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, SA ISSN 0038-223X/3.00 + 0.00:579-582.
- N.B. Dhokey, S.S. Maske, and P. Ghosh. (2021). Effect of tempering and cryogenic treatment on wear and mechanical properties of hot work tool steel (H13). *Materials Today: Proceedings*, 43:3006-3013.
- Nuclear-power. (2002). Surface Hardness and Wear Resistance. US, United States: Nuclear-power Available from: www.nuclear-power.com. Accessed date: Mar 28, 2022.
- M. Amiri and Michael M. Khonsari. (2010). On the Thermodynamics of Friction and Wear. *Entropy*, 12:1021-1049.
- Stachowiak, G.W. and Batchelor, A.W. (1993). *Engineering Tribology*. 1st ed. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, 871p.
- R. Ramaswami (1971). The effect of built-up-edge (BUE) on the wear of cutting tools. *Wear*, 18:1-10.
- Samad Nadimi Babil Oliaei and Yigit Karpat (2016). Investigating the influence of built-up edge on forces and surface roughness in micro scale orthogonal machining of titanium alloy Ti6Al4V. *Materials Processing Technology*, 235:28-40.
- J. Kümmel, DaBrauna, Jens Gibmeiera, Johannes Schneider, Christian Greiner, Volker Schulze, b, and Alexander Wanner. (2015). Study on micro texturing of uncoated cemented carbide cutting tools for wear improvement and built-up edge stabilization. *Journal of Materials Processing Technology*, 215:62-70.

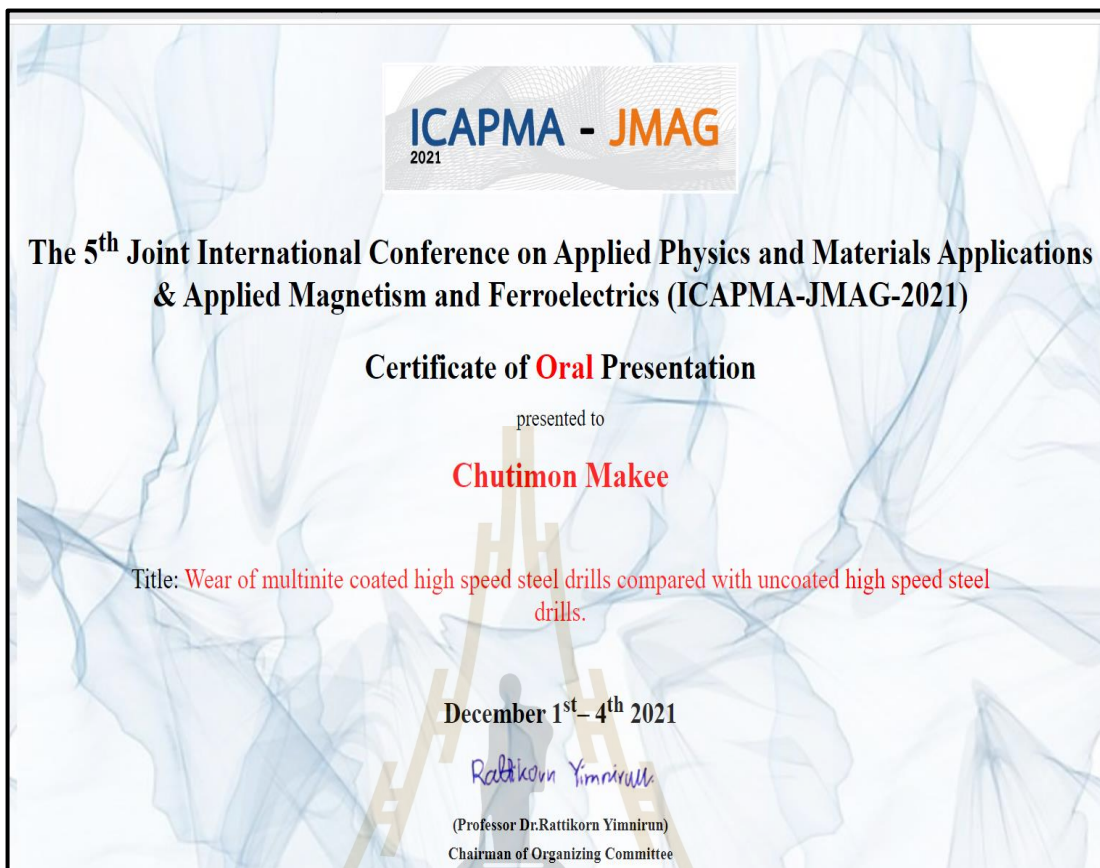
ภาคผนวก ค.

รางวัลนำเสนอผลงานวิชาการยอดเยี่ยม
(Oral Presentation Award)



รางวัลนำเสนอผลงานวิชาการยอดเยี่ยม (Oral Presentation Award)





ประวัติผู้เขียน

นางสาวชุตติมณฑน์ เมธี เกิดเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2540 เกิดที่จังหวัดสุโขทัย สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโลหการ) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปีการศึกษา 2562

ในปี พ.ศ. 2562 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยทำการวิจัยในหัวข้อการเจาะเหล็กกล้าด้วยดอกสว่านเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงเคลือบผิวมัลติโคต ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์คือผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตน บริสุทธิกุล โดยในระหว่างการศึกษาต่อได้มีโอกาสเป็นผู้ช่วยสอนในรายวิชาปฏิบัติการโลหการเครื่องกล และรายวิชาปฏิบัติการกระบวนการผลิตทางโลหการ 2 และได้มีโอกาสช่วยงานในหน่วยวิจัยการประยุกต์ใช้โลหะวิทยาเพื่อการขึ้นรูปโลหะ ส่วนทางด้านวิชาการได้เสนอบทความเข้าร่วมการประชุมวิชาการนานาชาติ The Joint International Conference on Applied Physics and Materials Applications & Applied Magnetism and Ferroelectrics (ICAPMA-JMAG-2021) ในหัวข้อเรื่อง Study the effects of the multinite coat of the high speed steel drill bit in drilling และได้รับรางวัล Oral presentation award



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี