

การศึกษาอิทธิพลของด้ายที่มีพิระนาบเอียง ในการตัดด้วยพunch
ที่มีระนาบตรง สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง
เกรด JAC590RN และ JAC780Y

INFLUENCE OF INCLINED PLANE DIE
ON FLAT PUNCH ON SHEARING PROCESS OF
HIGH STRENGTH STEELS: JAC590RN AND JAC780Y

ชานี ทองมาก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การศึกษาอิทธิพลของสายที่มีผิวระนาบเอียง ในการตัดด้วยพันธ์
ที่มีระนาบตรง สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง
เกรด JAC590RN และ JAC780Y


ชานี ทองมาก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาอิทธิพลของดาบที่มีผิวระนาบเอียง ในการตัดด้วย 펀ช์ที่มีผิวระนาบ
ตรง สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด JAC590RN และ JAC780Y
Influence of Inclined Plane Die on Flat Punch on Shearing Process of High
Strength Steels: JAC590RN and JAC780Y

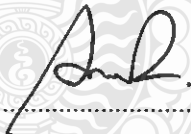
ชื่อ - นามสกุล นายชำนาญ ทองมาก
สาขาวิชา วิศวกรรมการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กุลชาติ จุลเพ็ญ, D.Eng.
ปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีชัย ค่อสกุล, Dr.-Ing.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเรียง, วศ.ค.)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยะ ปราณิตพลกรัง, D.Eng.)


..... กรรมการ
(อาจารย์กุลชาติ จุลเพ็ญ, D.Eng.)

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิวกร อ่างทอง, Ph.D.)

วันที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาอิทธิพลของคายที่มีผิวระนาบเอียง ในการตัดด้วยพันธที่มีผิวระนาบตรง สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด JAC590RN และ JAC780Y
ชื่อ – นามสกุล	นายธานี ทองมาก
สาขาวิชา	วิศวกรรมการผลิต
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์กุลชาติ จุลเพ็ญ, D.Eng.
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัด ที่ใช้พันธตรง ตัดชิ้นงานลงบนคายที่มีระนาบเอียง โดยวัสดุเป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงสำหรับชิ้นส่วนยานยนต์ โดยมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบรอยตัด 2 แบบ คือ การตัดเฉาะ และการตัดเฉือน

การวิจัยกระบวนการตัดเฉือนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ใช้วัสดุในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ 2 เกรด คือ JAC590RN และ JAC780Y ความหนา 1 มิลลิเมตร ตัดชิ้นงานที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกันคือ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาเหล็ก โดยใช้คมตัดพันธตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และการตัดเฉือน ทำการตัดชิ้นงานขนาดความกว้าง 33 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร ให้คายทำมุมเอียง 0, 5 และ 15 องศา เมื่อเทียบกับแนวระนาบ

ผลการทดลองกระบวนการตัดเฉาะเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN และ JAC780Y พบว่า ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคายมีผลต่อส่วนประกอบของขอบตัด โดยที่ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคายต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะมีผลทำให้ระยะการตัดเฉือนมากขึ้น แต่ระยะของส่วนโค้งมน ระยะการนิกขาด และส่วนครีบกมจะน้อยลง แต่เมื่อช่องว่างระหว่างคมตัดที่มากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์มีผลทำให้ระยะส่วนโค้งมนเพิ่มมากขึ้น และระนาบคายที่เหมาะสมคือระนาบคาย 0 ถึง 5 องศา ส่วนช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสมสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN อยู่ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และวัสดุเกรด JAC780Y อยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และทั้งสองวัสดุไม่เกิดครีบกมในทุกช่องว่างระหว่างคมตัด ในกรณีของกระบวนการตัดเฉือนทั้งสองวัสดุ พบว่าระนาบคายที่เหมาะสมที่สุดที่จะไม่เกิดครีบกมในตัดเฉือนคือไม่เกิน 5 องศา และช่องว่างที่เหมาะสมของคมตัดพันธและคายอยู่ที่ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่ระนาบคายที่ 0 องศาจะเกิดครีบกม 1.9 และ 2.78 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุตามลำดับ ส่วนระนาบคายเอียง 15 องศา เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะทำให้เกิดครีบกม 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

คำสำคัญ: กระบวนการตัดด้วยแม่พิมพ์ เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ขอบตัดชิ้นงาน

Thesis Title	Influence of Inclined Plane Die on Flat Punch on Shearing Process of High Strength Steels: JAC590RN and JAC780Y
Name – Surname	Mr.Chamni Thongmark
Program	Manufacturing Engineering
Thesis Advisor	Mr.Kunlachart Junlapen, D.Eng.
Academic Year	2015

ABSTRACT

This research studied the effect of clearances between punch and die on an inclined plane die of blanking-piercing and shearing processes. Materials used in the investigation were high strength steels for automotive industry.

JAC590RN and JAC780Y with 1 mm in thickness considered as the high tensile material for automotive industry were studied. In the investigation, the clearances between punch and die were varied 5, 10, 15 and 20%t respectively. A direct flat punch having 25 mm in diameter was employed in the blanking-piercing process, and the blank, 33 mm in width and 40 mm in length, was used for the shearing process. The inclined plane die with the angle of inclination equal to 0, 5 and 15 degree was employed for both processes.

The results from the blanking-piercing process of JAC590RN and JAC780Y indicated that the clearances between punch and die had a very significant effect on the shearing edge. In case of the clearance between punch and die with lower than 10%t, the rollover zone, fracture zone and the burr height would be reduced. On the other hand, if the die clearance was bigger than 20 % t, the rollover zone would be increased. Furthermore, 0-5 degrees of the angle of inclination provided the most suitable number for achieving a good quality of the blank-piercing process. The suitable clearances between punch and die were 15%t and 20%t for JAC590RN and JAC780Y respectively, and no burr was observed for both materials during the experiment. In case of the shearing process, the die inclined plane with lower than 5 degree and the clearances between 5-10%t were the suitable number because no burr was occurred. For the 0 degree plane, burr zone could be observed about 1.9 and 2.78%t respectively. For the 15 degree plane with the clearance more than 15%t, burr zone was about 10%t.

Keywords: shearing process, high strength steel, cutting edge

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์กุลชาติ จุลเพ็ญ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริชัย ต่อสกุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยยะ ปรานีตพลกรัง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาสพิรุฬห์ ศรีสำเร็จ ผู้ทรงคุณวุฒิ ตลอดจนคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีทุกท่าน ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณนักศึกษาช่วยเก็บข้อมูล คือ นายเจตริน ศรีคำพา นายเอกรัตน์ ทองรวม และนายโสภณ นิลเพ็ชร์ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยบันทึกผลจนได้ความสมบูรณ์ของงาน

ขอบคุณทีมงาน ช่างแม่พิมพ์ นายสมชาย สุธรรมมา นายเอกสิทธิ์ อยู่โภชนา นายพรศักดิ์ พวกเกาะ ที่ช่วยทำแม่พิมพ์ และทดสอบแม่พิมพ์ ตลอดจนการทดลองเพื่อให้ได้ชิ้นงานมาสู่กระบวนการวิจัย บริษัทไทยอโต้ เพรสพาร์ท จำกัด ที่สนับสนุน วัสดุทำแม่พิมพ์ และวัสดุชิ้นงานในการทำการทดลอง

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา บ่มเพาะจนผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักการมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อถนอม คุณแม่อุรัตน์ พี่จันทนา พี่ชานาญ ที่ช่วยอบรมสั่งสอน ให้มีความมุ่งมั่นจนประสบความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ และประสบความสำเร็จในการทำงาน ตลอดจนช่วยสนับสนุนเงินทุนในการศึกษา และการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ชานี ทองมาก

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญรูป	(9)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	13
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	13
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	14
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	14
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
2.1 วัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง.....	17
2.2 กระบวนการตัดขึ้นรูปโลหะ.....	19
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกลไกการตัด (Blanking Mechanism).....	20
2.4 ระยะกินลึก (Penetration).....	23
2.5 ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด (Cutting Clearance).....	24
2.6 แรงตัดเฉือน.....	27
2.7 การลดแรงตัด.....	27
2.8 การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด.....	28
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	33
3.1 แผนการดำเนินงาน.....	33
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	35
3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุในการดำเนินการวิจัย.....	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย (ต่อ)	
3.4 วิธีการดำเนินงาน.....	44
3.5 ปัจจัยการทดลอง.....	44
3.6 การทดสอบแม่พิมพ์.....	45
3.7 การทดลองและการบันทึกผลการทดลอง.....	46
3.8 การเปรียบเทียบผล.....	49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	51
4.1 วิเคราะห์ผลจากกระบวนการตัดเจาะ.....	51
4.2 วิเคราะห์ผลจากกระบวนการตัดเฉือน.....	61
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	75
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	75
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	76
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก ก คุณสมบัติทางกลของวัสดุ.....	79
ภาคผนวก ข การคำนวณที่เกี่ยวข้อง.....	82
ภาคผนวก ค แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	85
ภาคผนวก ง ภาพแสดงผลการทดลองการตัดเจาะ.....	98
ภาคผนวก ฉ ภาพแสดงการทดลองการตัดเฉือน.....	103
ภาคผนวก ช ผลการทดลองการตัดแผ่นเจาะ.....	108
ภาคผนวก ซ ผลการทดลองการตัดเฉือน.....	121
ภาคผนวก ฌ ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่.....	140
ประวัติผู้เขียน.....	159

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกลของเหล็กกล้าประเภทต่างๆ.....	18
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ที่ความหนา 1 มิลลิเมตร..	19
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานช่องว่างระหว่างคมตัดของวัสดุชนิดต่างๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน.....	26
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y.....	43
ตารางที่ 4.1 ตำแหน่งในการวิเคราะห์รอยขอบตัด.....	53
ตารางที่ 4.2 ภาพขอบตัดที่ระนาบ 0,10 และ 15 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์.....	55
ตารางที่ 4.3 ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย ในกระบวนการตัดเจาะ ที่ระนาบต่างกัน.....	60
ตารางที่ 4.4 ภาพตัดด้านหน้าของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน.....	62
ตารางที่ 4.5 ภาพตัดด้านข้างของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน มุมคมตัดคาย 5 องศา.....	67
ตารางที่ 4.6 ภาพตัดด้านข้างของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน มุมคมตัดคาย 15 องศา.....	70
ตารางที่ 4.7 ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย ในกระบวนการตัดเฉือน ที่ระนาบต่างกัน.....	74

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1	ประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ แบ่งตามความสัมพันธ์ของ ความแข็งแรงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัว..... 18
รูปที่ 2.2	ชิ้นงานที่ได้จากการตัด Blanking และ Piercing..... 19
รูปที่ 2.3	ชิ้นงานที่ได้จากการตัดเฉือน (Shearing)..... 20
รูปที่ 2.4	การทำงานของแม่พิมพ์ตัด..... 21
รูปที่ 2.5	การนিক্ষาดของโลหะ..... 21
รูปที่ 2.6	สี่ขั้นตอนที่โลหะนিক্ষาดออกจากกัน..... 22
รูปที่ 2.7	สามขั้นตอนที่โลหะนিক্ষาดออกจากกัน..... 23
รูปที่ 2.8	ห้าขั้นตอนที่โลหะนিক্ষาดออกจากกัน..... 23
รูปที่ 2.9	ส่วนประกอบของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัด..... 24
รูปที่ 2.10	ส่วนการตัดเฉือนและส่วนนিক্ষาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสม..... 24
รูปที่ 2.11	ส่วนการตัดเฉือนและส่วนนিক্ষาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่มากเกินไป..... 25
รูปที่ 2.12	ส่วนการตัดเฉือนและส่วนนিক্ষาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อยเกินไป..... 25
รูปที่ 2.13	ส่วนการตัดเฉือนและส่วนนিক্ষาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่เอียงศูนย์..... 26
รูปที่ 2.14	ทิศทางแรงที่กระทำขณะตัด โลหะ..... 27
รูปที่ 2.15	การตัดเอียงของคมตัดแม่พิมพ์ตัวผู้..... 27
รูปที่ 2.16	การใส่มุมตัดเฉือนเพื่อลดแรงตัดสำหรับตัดแผ่นเปล่าและรู..... 28
รูปที่ 2.17	การสึกหรอที่เกิดขึ้นของพินซ์และคาย..... 28
รูปที่ 2.18	ค่าความสูงครีป โลหะชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน..... 29
รูปที่ 2.19	แรงตัดชิ้นงานที่วัดได้จากแม่พิมพ์ตัดที่ระยะช่องว่างคมตัดต่างกัน..... 30
รูปที่ 2.20	ค่าความสูงครีป โลหะชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน..... 31
รูปที่ 2.21	สัดส่วนของขอบตัดเมื่อทำการตัดเจาะด้วยพินซ์ที่ระนาบคายเอียงต่างกัน..... 32
รูปที่ 3.1	แผนภาพแสดงกระบวนการในการทำวิจัย..... 34
รูปที่ 3.2	ขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการตัดแผ่นเปล่า(Blanking Process)..... 35
รูปที่ 3.3	ทิศทางารตัดของแม่พิมพ์ และระนาบคายเอียงที่ทำการตัดด้วยพินซ์ตรง..... 35
รูปที่ 3.4	ชุดแม่พิมพ์ สำหรับคมตัดคายระนาบ 0 องศา..... 36

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.5	ชุดแม่พิมพ์ สำหรับคมตัดดากระนาบ 5 องศา..... 36
รูปที่ 3.6	ชุดแม่พิมพ์ สำหรับคมตัดดากระนาบ 15 องศา..... 37
รูปที่ 3.7	Insert ดาย ในระนาบเอียง 0,5 และ 15 องศา..... 37
รูปที่ 3.8	ชุดพันธั้ระนาบตรง..... 37
รูปที่ 3.9	กระบวนการตัดเฉือนของแม่พิมพ์ตัด..... 38
รูปที่ 3.10	ขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการตัดเฉือน (Shearing Process)..... 38
รูปที่ 3.11	คมตัดแม่พิมพ์ตัวบน ระนาบตรง..... 39
รูปที่ 3.12	คมตัดแม่พิมพ์ตัวล่างที่ระนาบเอียงต่างๆ..... 39
รูปที่ 3.13	เครื่องไฮดรอลิคเพรส ที่ใช้ในการทดลอง..... 39
รูปที่ 3.14	เรซินชนิดใส เบอร์ 024..... 40
รูปที่ 3.15	ท่อพลาสติก PVC และ วาสลิน ใช้เป็นแบบหล่อเรซิน..... 40
รูปที่ 3.16	เครื่องตัดทดสอบชิ้นงาน..... 41
รูปที่ 3.17	เครื่องขัดชิ้นงานแบบจานหมุน..... 41
รูปที่ 3.18	กระดาษทรายเบอร์ต่างๆ..... 42
รูปที่ 3.19	กล้องจุลทรรศน์ Optical Microscopes..... 43
รูปที่ 3.20	ขนาดวัสดุก่อนการป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์..... 43
รูปที่ 3.21	การจับยึดแม่พิมพ์กับเครื่องจักรเพื่อทดลองกระบวนการตัดเฉือน..... 45
รูปที่ 3.22	ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน..... 45
รูปที่ 3.23	ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉาะ..... 45
รูปที่ 3.24	ส่วนประกอบของขอบตัด ในตารางบันทึกผลการทดลอง..... 46
รูปที่ 3.25	ตำแหน่งในการวัดชิ้นงานของแม่พิมพ์ตัดเฉาะ..... 47
รูปที่ 3.26	ตำแหน่งการส่องกล้องเพื่อบันทึกผลการทดลอง..... 47
รูปที่ 3.27	ตำแหน่งการตัดชิ้นงานในแต่ละจุด..... 48
รูปที่ 3.28	ตำแหน่งในการวัดชิ้นงานจากแม่พิมพ์ในกระบวนการตัดเฉือน..... 48
รูปที่ 3.29	ตำแหน่งการส่องกล้องของชิ้นงานจากกระบวนการตัดเฉือน..... 49
รูปที่ 3.30	ส่วนประกอบของขอบตัดตามตารางบันทึกผลการทดลอง..... 49

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.31	ตัวอย่างกราฟที่ได้จากค่าเฉลี่ยของรอยขอบตัด.....	50
รูปที่ 4.1	ตำแหน่งในการวิเคราะห์ห้รอยขอบตัด.....	52
รูปที่ 4.2	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 0 องศา.....	53
รูปที่ 4.3	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 0 องศา.....	54
รูปที่ 4.4	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 5 องศา.....	55
รูปที่ 4.5	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 5 องศา.....	57
รูปที่ 4.6	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 15 องศา.....	58
รูปที่ 4.7	การตัดเฉือนไม่พร้อมกันของคมตัดพื้นที่ที่ตกลงบนระนาบตายเอียง.....	59
รูปที่ 4.8	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 15 องศา.....	59
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ความหนาชิ้นงานกับระนาบตายเอียง ในกระบวนการตัดเจาะ....	61
รูปที่ 4.10	ลักษณะการตัดเฉือนของชิ้นงาน.....	61
รูปที่ 4.11	ตำแหน่งในการตรวจวัดชิ้นงาน.....	62
รูปที่ 4.12	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 0 องศา.....	63
รูปที่ 4.13	ขอบตัด Shearing วัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์.....	64
รูปที่ 4.14	ขอบตัด Shearing วัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์.....	64
รูปที่ 4.15	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 0 องศา.....	66
รูปที่ 4.16	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 5 องศา.....	68
รูปที่ 4.17	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 5 องศา.....	69
รูปที่ 4.18	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 15 องศา.....	71
รูปที่ 4.19	สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 15 องศา.....	73
รูปที่ 4.20	ความสัมพันธ์ของความหนาชิ้นงานกับระนาบตายเอียง ในกระบวนการตัดเฉือน.....	74

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

θ	=	ระนาบคดโค้ง
σ_u	=	ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุ (Ultimate Tensile Strength)
σ_o	=	ค่าความแข็งแรงที่จุดครากของวัสดุ (Yield Strength)
%E	=	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว
n	=	ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความแข็งแรงจากความเครียด (Strain Hardening Experiment)
P	=	แรงที่ใช้ในการตัด
σ_r	=	ความต้านทานการตัดเฉือนของวัสดุ
r	=	รัศมีของวงกลม
t	=	ความหนาของวัสดุ
t'	=	ความหนาที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเอียงองศาของระนาบคด
L	=	ความยาวในการตัด
HSS	=	เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง
AHSS	=	เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเป็นพิเศษ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผู้ผลิตยานยนต์มีการแข่งขันที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง หนึ่งในประเด็นที่ผู้ผลิตยานยนต์ใช้เป็นจุดขายคือ ECO Car ในการผลิต ECO Car ได้นอกจากจะต้องให้รถยนต์มีขนาดเล็กลงแล้ว ยังต้องออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงเท่าเดิมแต่น้ำหนักลดลง [1, 2] เพื่อให้ได้มาตรฐาน European Standard ทำให้วัสดุที่ใช้ต้องมีความแข็งแรงสูงขึ้นเพื่อให้สามารถรับแรงกระทำต่างๆ ต่อตัวรถได้เหมือนเดิมสามารถผ่านมาตรฐานความปลอดภัยได้ [3] จะเห็นได้ว่าเมื่อทิศทางการใช้เหล็กแผ่นในอุตสาหกรรมยานยนต์มีความต้องการใช้เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงยิ่งยวดเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลกระทบต่อผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศไทย คือ ความสามารถในการขึ้นรูปลดลง ทำให้เกิดการปริแตกของชิ้นงาน การคิดตัวกลับหลังการขึ้นรูป[4] การตัดเฉือนยากขึ้น [5] อายุการใช้งานของคมตัดแม่พิมพ์สั้น [6] เป็นต้น กระบวนการตัดเฉือน (Shearing Process) ที่ดีจะต้องได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพหรือมีขนาดที่เที่ยงตรง เพื่อให้ได้คุณภาพตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีจำนวนมากในกระบวนการผลิต จึงจำเป็นต้องออกแบบแม่พิมพ์ตัดเฉือนที่มีคุณภาพ เพื่อให้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เพื่อลดเวลาในการซ่อมบำรุง และลดต้นทุนในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน

ในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ตัดจะใช้วัสดุคมตัดในการทำแม่พิมพ์ชนิด SKD11 ถ้าใช้วัสดุที่มีความแข็งมากกว่านี้ ก็ส่งผลต่อต้นทุนในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงช่องว่างของคมตัดแม่พิมพ์ (Clearance) และมุมคมตัดคายที่เหมาะสม ซึ่งแม่พิมพ์ตัดเฉือนที่ดี ต้องคำนึงถึงคุณภาพชิ้นงาน คือ ครีบคมมีความสูงไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน และมีส่วนเรียบตรงที่มากที่สุดเพื่อให้ได้ขนาดชิ้นงานที่แม่นยำมากที่สุด [7]

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ตัด เพื่อศึกษากระบวนการตัดชิ้นงาน โดยเปรียบเทียบรอยตัดของชิ้นงานระหว่างเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง โดยการกำหนดช่องว่างระหว่างคมตัดซึ่งเป็นตัวกำหนดค่าระยะห่างระหว่างพันธ์และคาย (Punch & Die) ที่ระดับต่างๆกัน และกำหนดมุมคมตัดคายในองศาที่ต่างกัน เพื่อศึกษาอิทธิพลของมุมคมตัดคายแบบต่างๆ โดยมีการกำหนดกระบวนการตัดเฉือน เป็น 2 รูปแบบ คือ การตัดเจาะ และ การตัดเฉือน แล้วนำไปวิเคราะห์ค่าช่องว่างระหว่างคมตัดและมุมองศาคายที่เหมาะสม ความสูงของครีบคมชิ้นงานไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับความหนาชิ้นงาน เพื่อให้สอดคล้องกับการใช้งานในอุตสาหกรรม ในการทดลองจึงใช้วัสดุชิ้นงาน

เป็น เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด 590MPa และ 780MPa ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร และใช้วัสดุทำคมตัดเป็นเหล็ก SKD11 ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบรอยขอบตัดชิ้นงานสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดในกระบวนการตัดแบบต่างๆ
- 1.2.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของมุมคมตัดคายแบบต่างๆ
- 1.2.4 เพื่อศึกษาการเกิดครีบกมที่ช่องว่างระหว่างคมตัดที่ต่างกัน
- 1.2.5 เพื่อศึกษาการเกิดครีบกมที่ระนาบคายเอียงที่ต่างกัน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาส่วนประกอบขอบขอบตัดจากกระบวนการตัด 2 รูปแบบ คือ กระบวนการตัดเจาะ และ กระบวนการตัดเฉือน
- 1.3.2 ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัด
 - 1.3.2.1 วัสดุทำคมตัดเป็นเหล็ก SKD11 โดยใช้ความแข็งที่ 58-61 HRC
 - 1.3.2.2 กระบวนการตัดเจาะ ใช้พื้นที่หน้าตัดตรงเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร
 - 1.3.2.3 การตัดเฉือนใช้พื้นที่หน้าตัดตรง สี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร และ ยาว 75 มิลลิเมตร
 - 1.3.2.4 ระนาบคายเอียงทำมุมกับแนวระนาบ 0, 5 และ 15 องศา
 - 1.3.2.5 ระยะการกดลึกของพื้นที่ตรงเมื่อเทียบกับแนวระนาบ 7 มิลลิเมตร
- 1.3.3 วัสดุทำชิ้นงาน
 - 1.3.3.1 เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN
 - 1.3.3.2 เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC780Y
 - 1.3.3.3 ความหนาวัสดุ 1 มิลลิเมตร
- 1.3.4 กำหนดช่องว่างระหว่างคมตัดให้สอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [8, 9, 10, 11, 12, 13] เป็น 5 ระดับคือ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาวัสดุ
- 1.3.5 ทำการตัดชิ้นงานโดยไม่ใช้สารหล่อลื่น โดยใช้ความเร็วที่ใช้ในการตัดคงที่ เท่ากับ 20 มิลลิเมตร / วินาที

1.3.6 จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองกระบวนการตัดเจาะ

1.3.6.1 การตัดเจาะวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดเจาะที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ที่ระนาบคาย 0 องศา เป็นจำนวน 3 ชิ้น แล้วนำมาส่องกล้องกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดส่วนประกอบของขอบตัด

1.3.6.2 การตัดเจาะวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดเจาะที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ที่ระนาบคาย 5 องศา เป็นจำนวน 3 ชิ้น แล้วนำมาส่องกล้องกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดส่วนประกอบของขอบตัด

1.3.6.3 การตัดเจาะวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดเจาะที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ที่ระนาบคาย 15 องศา เป็นจำนวน 3 ชิ้น แล้วนำมาส่องกล้องกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดส่วนประกอบของขอบตัด

1.3.7 จำนวนชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองกระบวนการตัดเฉือน

1.3.7.1 การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดเจาะที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ที่ระนาบคาย 0 องศา เป็นจำนวน 3 ชิ้น แล้วนำมาส่องกล้องกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดส่วนประกอบของขอบตัด

1.3.7.2 การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดเจาะที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ที่ระนาบคาย 5 องศา เป็นจำนวน 3 ชิ้น แล้วนำมาส่องกล้องกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดส่วนประกอบของขอบตัด

1.3.7.3 การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดเจาะที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ที่ระนาบคาย 15 องศา เป็นจำนวน 3 ชิ้น แล้วนำมาส่องกล้องกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดส่วนประกอบของขอบตัด

1.3.8 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลงานวิจัย สำหรับกระบวนการตัดเจาะ

1.3.8.1 อิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคายที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัดจากกระบวนการตัดเจาะ

1.3.8.2 อิทธิพลของระนาบคายเอียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด จากกระบวนการตัดเจาะ

1.3.8.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระนาบคายเอียงกับช่องว่างระหว่างคมตัด ในกระบวนการตัดเจาะ

1.3.9 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลงานวิจัย สำหรับกระบวนการตัดเฉือน

1.3.9.1 อิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัดจากกระบวนการตัดเฉือน

1.3.9.2 อิทธิพลของระนาบคายเอียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด จากกระบวนการตัดเฉือน

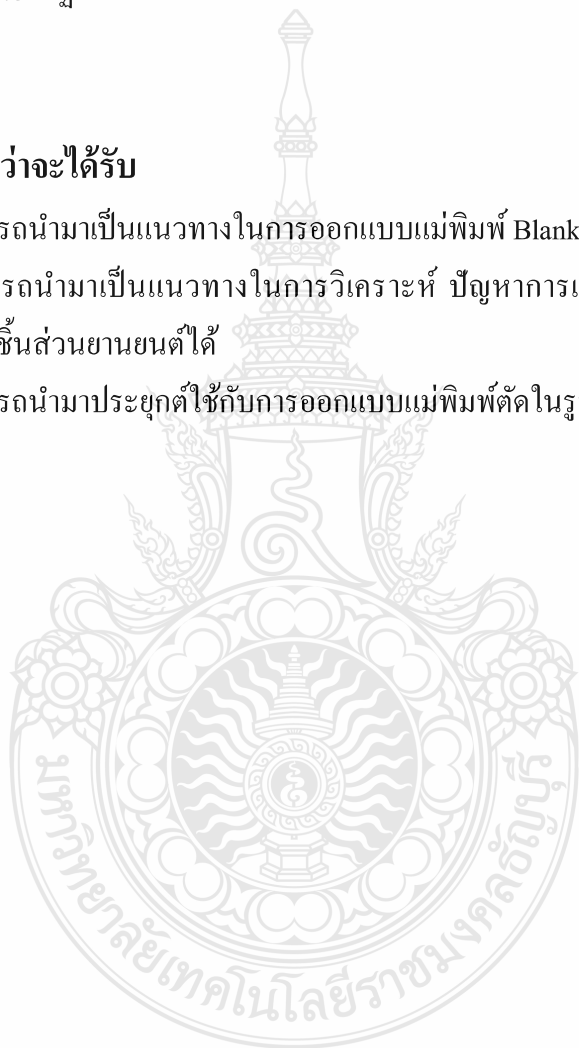
1.3.9.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระนาบคายเอียงกับช่องว่างระหว่างคมตัด ในกระบวนการตัดเฉือน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำมาเป็นแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์ Blanking, Piercing และ Cutting

1.4.2 สามารถนำมาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ ปัญหาการเกิดครีบกมของชิ้นงาน ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ได้

1.4.3 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบแม่พิมพ์ตัดในรูปแบบอื่นๆได้



บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากที่ทราบถึงวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัยในบทที่ 1 แล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นช่วยในการออกแบบการทดลอง และช่วย ตัดสินใจในการสรุปผลการทดลองในบทต่อไป

2.1 วัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

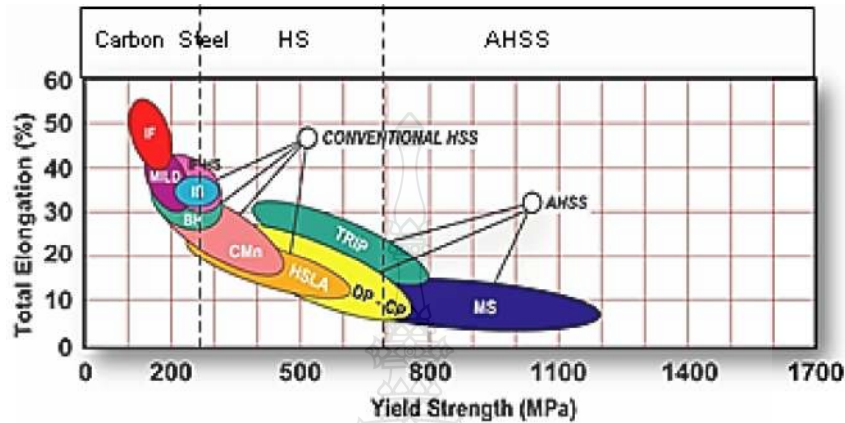
International Iron & Steel Institute ได้จัดการประชุมร่วมกันระหว่างบริษัทผู้ผลิตเหล็กจาก ทั่วโลก เพื่อกำหนดประเภทเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยพิจารณาจากสมบัติทางด้าน โลหะ วิทยา และสมบัติทางกลของวัสดุ จากการประชุมดังกล่าวสามารถแบ่งประเภทเหล็กเป็นประเภทใหญ่ ได้ 3 ประเภทดังแสดงในรูปที่ 2.1 คือ

- 1) เหล็กกล้าคาร์บอน (Mild Steel or Low Strength Steel)
- 2) เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (HSS)
- 3) เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเป็นพิเศษ (AHSS)

โดยเหล็กที่มีค่าความแข็งแรงดึง (Tensile strength) น้อยกว่า 270 MPa จะจัดอยู่ในประเภท เหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กที่มีค่าความแข็งแรงดึงระหว่าง 270 ถึง 700 MPa จะเป็นเหล็ก HSS และถ้าค่า ความแข็งแรงดังกล่าวมีค่ามากกว่า 700 MPa ก็จะจัดอยู่ในกลุ่มเหล็ก AHSS ซึ่งโดยปกติเหล็ก HSS จะ มีโครงสร้างแบบเฟสเดียว (Single Phase) ที่เป็นเฟอร์ไรท์ (Ferrite) ส่วนเหล็ก AHSS จะมีโครงสร้าง พื้นฐานเป็นแบบหลายเฟส (Multi-Phase) ซึ่งอาจประกอบด้วย เฟอร์ไรท์ มาร์เทนไซต์ (Martensite) เบไนท์ (Bainite) และ / หรือ มีส่วนผสมของออสเทนไนท์ (Austenite) [14] รวมอยู่ด้วย

จากรูปที่ 2.1 จะพบว่าเมื่อค่าความแข็งแรงของวัสดุเพิ่มสูงขึ้น เเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Elongation (%)) ของวัสดุจะลดลง และเมื่อค่าความแข็งแรงของวัสดุสูงตามทฤษฎี ค่าความแข็งแรงก็จะ แปรผันตามด้วยรายงานของ Takita และคณะ [15] ได้กล่าวถึงการใช้ HSS เป็นวัสดุคืบในการผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์ในประเทศญี่ปุ่นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งก็ทำให้น้ำหนักของรถยนต์รุ่นใหม่ที่ถูก ผลิตออกมามีน้ำหนักลดลงด้วยการใช้งานของเหล็กกลุ่มดังกล่าว จะพิจารณาถึงลักษณะการใช้งาน ของชิ้นส่วนยานยนต์นั้นเช่นชิ้นส่วนเสริมแรงของประตูรถ กันชนรถ และในอีกหลายชิ้นส่วน จะใช้ เหล็กที่มีค่าความแข็งแรงไม่เกิน 590 MPa ส่วนกรณีเหล็กที่มีค่าความแข็งแรงเกินนี้จะใช้สำหรับผลิต ชิ้นส่วนที่มีรูปปร่างง่าย ไม่ซับซ้อน เพื่อป้องกันการติดตัวกลับของชิ้นงานหลังการขึ้นรูปอันเนื่องมาจาก

ค่าความแข็งแรงที่เพิ่มสูงขึ้น นอกจากปัญหาการติดตัวกลับ และความสามารถในการขึ้นรูปที่ลดต่ำลง แล้ว ค่าความแข็งแรงที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้ต้องเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูป และต้องปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือ เพื่อใช้ในการขึ้นรูปให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น



รูปที่ 2.1 ประเภทของเหล็กที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ แบ่งตามความสัมพันธ์ของความแข็งแรง และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว[14]

ตารางที่ 2.1 สมบัติทางกลของเหล็กกล้าประเภทต่างๆ[16]

วัสดุ	σ_u (N/mm ²)	σ_o (N/mm ²)	%E	n
JSC980Y	1,027	620	18.7	0.12
JSC780Y	823	558	19.0	0.12
JSC590R	600	446	26.2	0.14
JSC440W	455	320	33.8	0.18
JSC390W	389	283	35.8	0.18
JSC270C	333	223	41.2	0.19

σ_u = ค่าความแข็งแรงดึงสูงสุดของวัสดุ (Ultimate Tensile Strength)

σ_o = ค่าความแข็งแรงที่จุดครากของวัสดุ (Yield Strength)

%E = ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว

n = ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มความแข็งแรงจากความเครียด (Strain Hardening Experiment)

สำหรับวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นเกรด JAC590RN และ JAC780Y โดย The Japan Iron and Steel Federation Standard (JFS Standard) ได้อธิบายว่า เหล็กทั้งสองอย่างได้ตามมาตรฐาน JFS A3011 (2014) เป็นเหล็กเคลือบ Galvanneal และสามารถทนแรงดึงสูงโดยการปรับปรุงคุณสมบัติด้านการขึ้นรูปเพื่อใช้ในโครงสร้างของชิ้นส่วนยานยนต์ เน้นการใช้งานที่ต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยมีคุณสมบัติทางกลตามตารางที่ 2.2

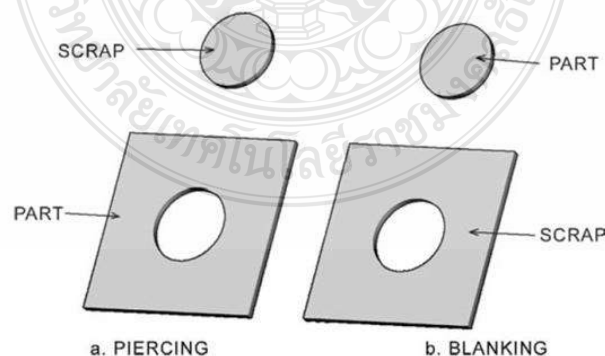
ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ที่ความหนา 1-1.2 มิลลิเมตร [17]

วัสดุ	σ_u (N/mm ²)	σ_o (N/mm ²)	%E
JAC590RN	≥ 590	420-570	16-31
JAC780Y	≥ 780	400-625	13-26

2.2 กระบวนการตัดขึ้นรูปโลหะ

กระบวนการตัดขึ้นรูปโลหะ แสดงในรูปที่ 2.2 สามารถแบ่งได้เป็นหลายกระบวนการด้วยกัน ตามชนิดของกรรมวิธีการตัดและการนำไปใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดรูปร่างเป็นชิ้นงานต่างๆ โดยสามารถแบ่งการตัดขึ้นรูป[18]ได้ดังนี้

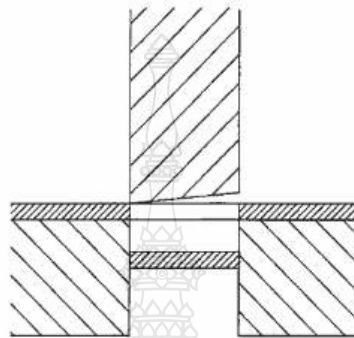
2.2.1 กระบวนการตัดแผ่นชิ้นงาน (Blanking) การตัดแผ่นโลหะออกเป็นรูปร่างต่างๆ ในกระบวนการนี้ ชิ้นงานที่ถูกตัดออกมาจากม้วนโลหะ (Coil) จะเรียกเป็นแผ่นชิ้นงานเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่อไป เช่น กระบวนการลากขึ้นรูป เป็นต้น



รูปที่ 2.2 ชิ้นงานที่ได้จากการตัด Blanking และ Piercing [19]

2.2.2 กระบวนการตัดรู (Piercing) การตัดแผ่นโลหะแบบนี้ จะเป็นการนำไปใช้งาน ส่วนที่หลุดออกจากแผ่นม้วนโลหะ จะเป็นเศษที่ไม่ได้ใช้งาน (Scrap)

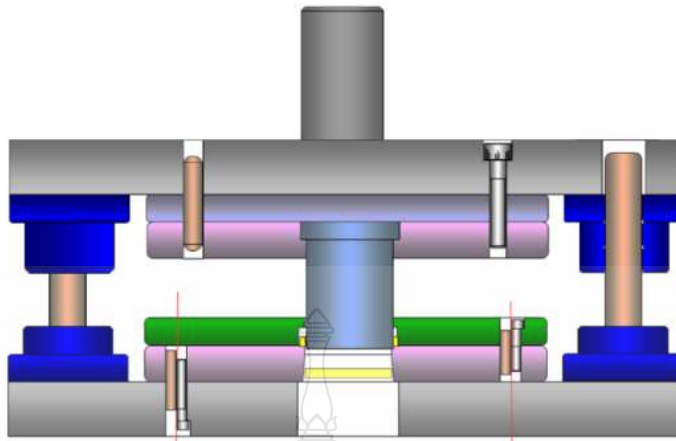
2.2.3 กระบวนการตัดเฉือน (Shearing) ตามรูปที่ 2.3 เป็นการเฉือนชิ้นงานออกจากกัน โดยที่คมตัดทั้งสอง หรือฟันซี่กับดาบจะทำการตัดชิ้นงานในลักษณะคล้ายกับการใช้กรรไกร [6]



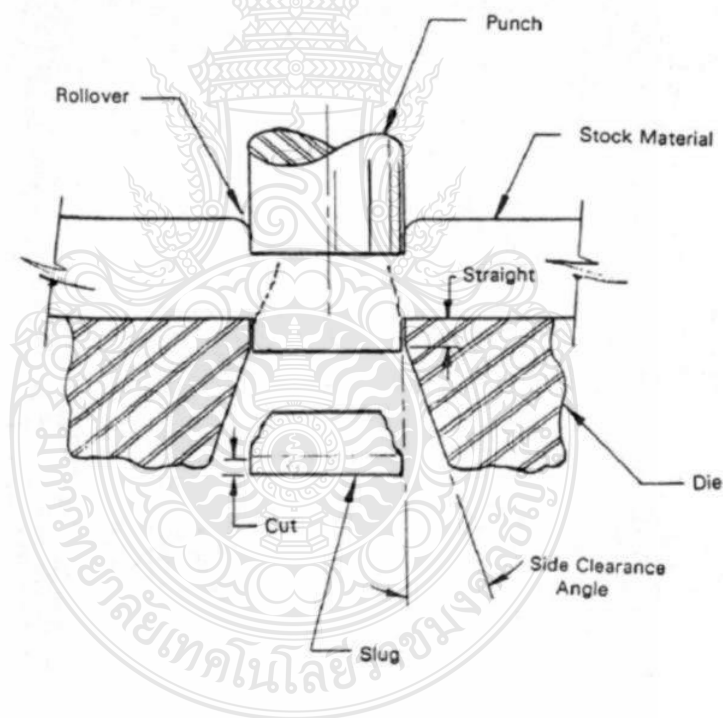
รูปที่ 2.3 ชิ้นงานที่ได้จากการตัดเฉือน (Shearing)[19]

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกลไกการตัด (Blanking Mechanism)

กระบวนการตัดในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะเพื่อทำเป็นสินค้าสำเร็จรูปนั้น เป็นขบวนการที่ง่ายที่สุดได้ถูกทำขึ้นมาก่อนเพื่อนำชิ้นงานที่ได้ไปทำในขบวนการต่อไป หรือแม้แต่การควบคุมขนาดของชิ้นงานสำเร็จรูปก่อนที่จะนำไปเข้าสู่งานประกอบชิ้นส่วน โดยมีกระบวนการตัดเฉือนหลักๆ 3 กระบวนการด้วยกัน คือ การตัดแผ่นเปล่า (Blanking) การตัดเจาะ (Piercing) และการตัดขาด (Cutting) ซึ่งกระบวนการตัดเฉือนทั้ง 3 แบบ ใช้คมตัดของฟันซี่และดาบ กดลงที่ชิ้นงาน ทำให้เกิดแรงเฉือน โดยแรงที่เท่ากันอยู่ตรงข้ามกัน ตัดผ่านช่องว่างเล็กๆ เรียกว่า ช่องว่างระหว่างคมตัด (Clearance) ขั้นตอนของการตัดโลหะแผ่น เริ่มจากฟันซี่ลงมาสัมผัสที่ชิ้นงาน และกดลงมาในดาบผ่านช่องว่างระหว่างคมตัด จนเลยจุดความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Strength) จนวัสดุเกิดการฉีกขาดออกจากกัน[20] ดังรูปที่ 2.5



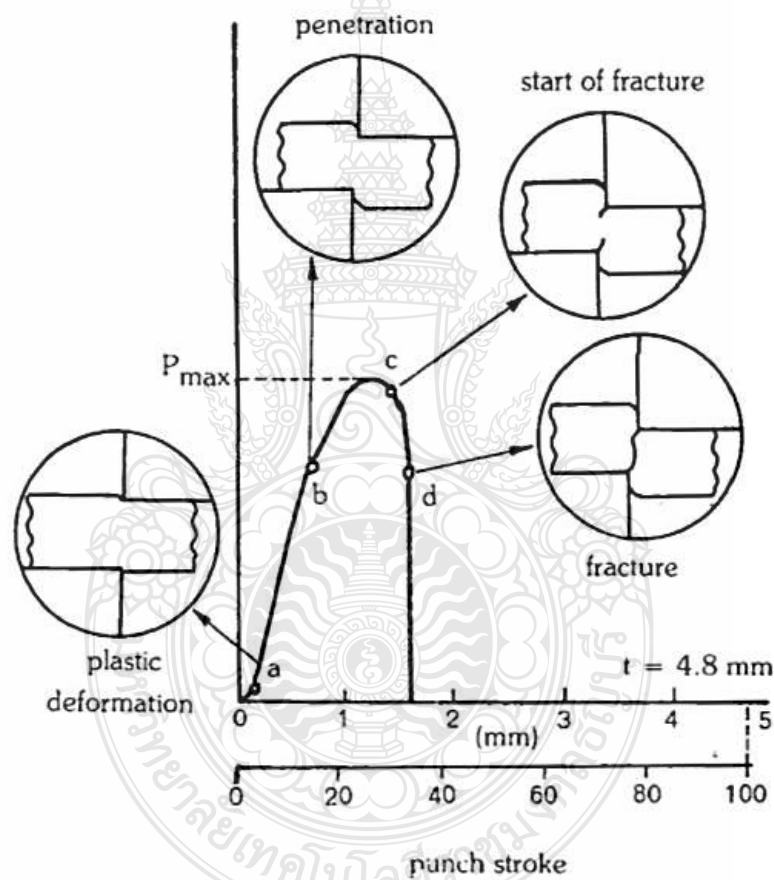
รูปที่ 2.4 การทำงานของแม่พิมพ์ตัด[21]



รูปที่ 2.5 การฉีกขาดของโลหะ [20]

ลำดับตัดเฉือนสามารถอธิบายได้ ในรูปที่ 2.6 เมื่อพUNCHเริ่มสัมผัสชิ้นงานที่จุด a ซึ่งอยู่ในช่วงขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Plastic Deformation) วัสดุยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อทำการให้แรงกดไปจนถึงจุด b ชิ้นงานเริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เกิดให้เห็นลักษณะของส่วน โคนังมน (Die Roll) ซึ่ง

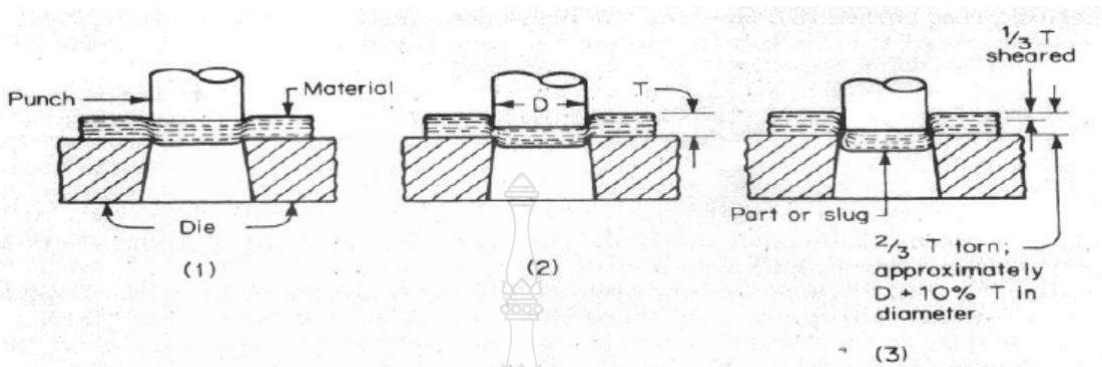
เกิดจากการกดของพินช์เข้าสู่โพรงคายทำให้เกิดแรงดึงของวัสดุ และถ้าให้แรงกระทำมากขึ้นจนถึงจุด c จะเกิดการตัดเฉือนเนื่องจากแรงกดของพินช์และแรงต้านของคายที่กระทำกับวัสดุเกิดเป็นส่วนเรียบตรงของการตัดเฉือน (Shear Surface) เมื่อให้แรงเพิ่มขึ้นอีกวัสดุจะเกิดการฉีกขาดออกจากกันที่จุด d และจะขาดอย่างต่อเนื่องจนวัสดุหลุดออกจากกัน การฉีกขาดของวัสดุจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับระยะช่องว่างระหว่างคมตัด (Clearance) ระหว่างพินช์และคาย ถ้าช่องว่างมากไปหรือน้อยไปจะทำให้มีผลต่อแรงที่ใช้ในการตัดงาน และส่งผลต่อการสึกหรอของพินช์และคาย นอกจากนี้ ชิ้นงานเกิดครีปเช่นกัน[22]



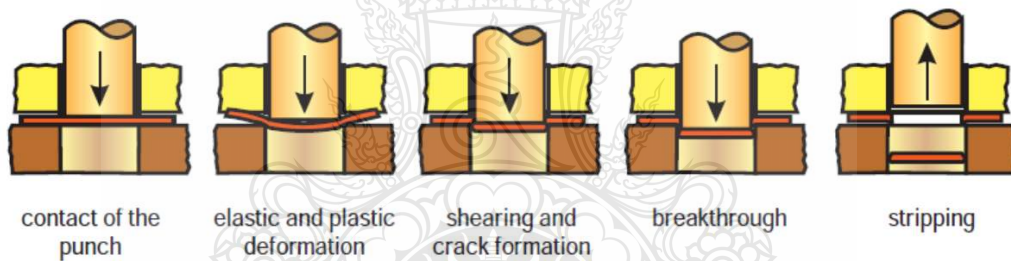
รูปที่ 2.6 สี่ขั้นตอนที่โลหะฉีกขาดออกจากกัน[20]

- a = พินช์เริ่มกดลงบนเนื้อ โลหะอยู่ในช่วงขีดจำกัดความยืดหยุ่น
- b = พินช์เคลื่อนที่กดลงบนชิ้นงานจนเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของวัสดุ
- c = โลหะเริ่มฉีกขาด
- d = การฉีกขาดอย่างต่อเนื่องของเนื้อโลหะ

ตำราบางเล่ม อาจแบ่งการตัดออกเป็น 3 ขั้นตอน แสดงในรูปที่ 2.7 หรือ 5 ขั้นตอน แสดงในรูปที่ 2.8 แต่ยังคงเป็นหลักการเดียวกันกับ รูปที่ 2.6



รูปที่ 2.7 สามขั้นตอนที่โลหะถูกขูดออกจากกัน[23]



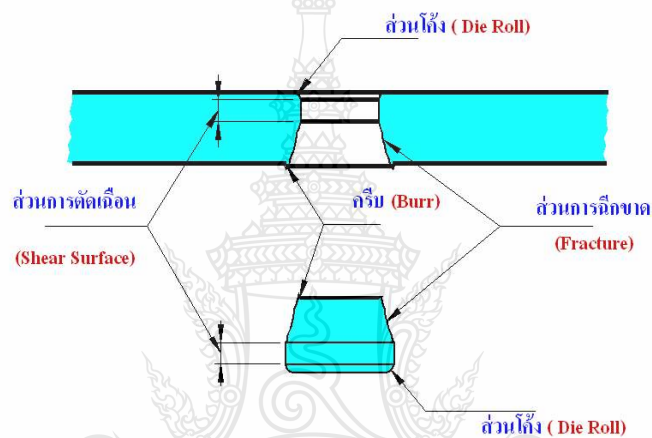
รูปที่ 2.8 ห้าขั้นตอนที่โลหะถูกขูดออกจากกัน[19]

2.4 ระยะกินลึก (Penetration)

ระยะกินลึก หมายถึง ระยะที่ขอบคมตัดของแท่งพunch และดาบกดกินลึกลงไปบนเนื้อโลหะ จนกระทั่งรอยแตกเริ่มปรากฏขึ้น ระยะกินลึกหาได้จากระยะความสูงของหน้าตัดเฉือนร่วมกับระยะความสูงของส่วนโค้งมน ระยะกินลึกนั้นตามปกติจะพุดกัน ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุที่ถูกตัด โดยโลหะที่มีความแข็งจะได้ระยะกินลึกน้อย ดังนั้นโลหะแข็งจะมีระยะโค้งมนและระยะหน้าตัดเฉือนน้อย ระยะกินลึกที่เหมาะสมของเหล็กกล้าคาร์บอนรีดเย็น จะอยู่ที่ 22-38 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ[24]

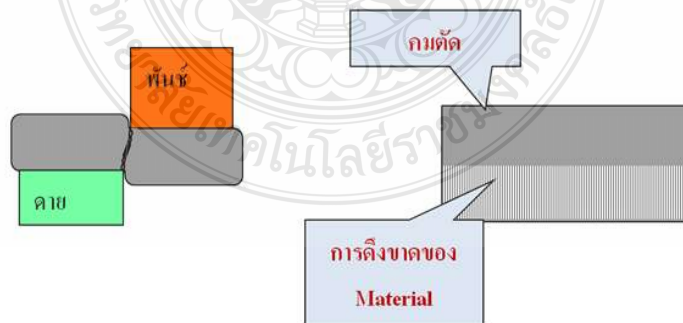
2.5 ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด (Cutting Clearance)

ช่องว่างคมตัดระหว่างพินซ์และคาย[25] (Clearance) มีผลต่อการตัดโลหะแผ่น ของแม่พิมพ์มาก ถ้าเลือกช่องว่างไม่เหมาะสมจะมีผลทำให้การผลิตชิ้นงานออกมาไม่ดี โดยขนาดของช่องว่างระหว่างพินซ์และคาย มักเรียกกันทั่วไปเป็นเปอร์เซ็นต์ความหนาของชิ้นงานที่ใช้ในการตัด โดยสามารถวิเคราะห์หรือขอบตัดได้จากช่องว่างระหว่างคมตัดเป็น 4 ลักษณะด้วยกัน คือ ช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสม ช่องว่างระหว่างคมตัดที่มากเกินไป ช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อยเกินไป และช่องว่างระหว่างคมตัดที่พินซ์และคายเอียงศูนย์กลางกัน



รูปที่ 2.9 ส่วนประกอบของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัด[21]

2.5.1 กรณีที่ระยะช่องว่างคมตัดที่เหมาะสม (Optimum Cutting Clearance)

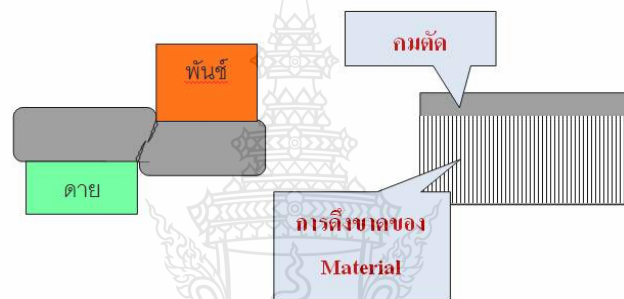


รูปที่ 2.10 ส่วนการตัดเฉือนและส่วนฉีกขาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสม[21]

จากรูปชิ้นงานที่ได้จากสภาพการตัดที่เหมาะสม จากสถานะในขั้นตอนแรกของการเปลี่ยนรูป (Plastic Deformation) ระหว่างพื้นผิวจะทำให้เกิดรอยโค้งมน (Die Roll) ขึ้นที่ขอบของชิ้นงาน รอยการตัดเฉือน (Shear Surface) จะมีลักษณะเป็นแนวตรงเป็นมัน เกิดจากการกดลึกลงมาในโพรงของคาย (Penetration) โดยระยะของรอยตัดเฉือนจะอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของความหนาวัสดุและรอยฉีกขาดจะเกิดในขั้นตอนที่ 3 และ 4 หลังจากการแตกของวัสดุจะเกิดครีบกม (Burr)

2.5.2 กรณีของระยะช่องว่างระหว่างคมตัดมากเกินไป (Excessive Cutting Clearance)

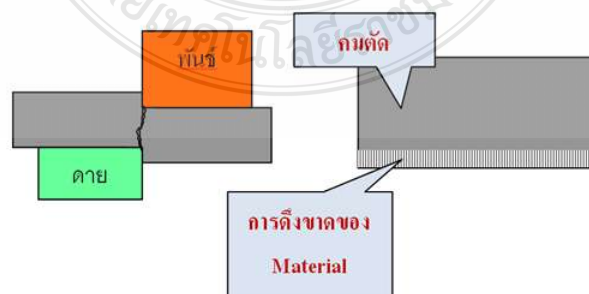
เมื่อช่องว่างระหว่างคมตัดมาก สังเกตได้จากส่วนโค้งมนของชิ้นงานจะใหญ่และรอยตัดเฉือนจะแคบลงและไม่มีความสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ส่วนการตัดเฉือนและส่วนฉีกขาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่มากเกินไป[21]

ซึ่งเมื่อเกิดรอยฉีกขาดที่กว้าง อาจส่งผลให้ถึงรอยตัดแอ่น ทำให้เกิดครีบกม (Burr) ขึ้นที่ขอบรอยตัดชิ้นงาน

2.5.3 กรณีระยะช่องว่างคมตัดน้อย (Insufficient Cutting Clearance)

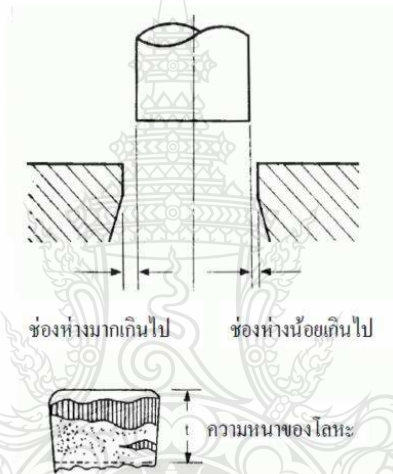


รูปที่ 2.12 ส่วนการตัดเฉือนและส่วนฉีกขาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อยเกินไป[21]

เมื่อช่องว่างของคมคัตน้อย สภาพของรอยตัดเฉือนจะมาก หรือมีรอยกว้าง ดังแสดงในรูปที่ 2.12 เนื่องจากช่องว่างระหว่างคมคัตน้อยเกินไป ทำให้มีมุมชันในการฉีกขาดมากขึ้น ถ้ารอยฉีกขาดไม่มาบรรจบกันทำให้เกิดรอยตัดเฉือนที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดรอยตัดเฉือนที่สอง (Second Shear)

2.5.4 กรณีของพันธและคายเยื้องศูนย์กลางกัน

กรณีตำแหน่งของพันธและคายเยื้องศูนย์กลางกันทำให้การรับแรงของวัสดุไม่เท่ากันทุกด้าน ซึ่งจะส่งผลให้รอยตัดเฉือนไม่เหมือนกันทุกด้านเนื่องจากช่องว่างของคมคัตที่ไม่เท่ากัน โดยด้านที่ช่องว่างของคมคัตน้อยอาจเกิดรอยตัดเฉือนที่สอง และด้านที่ช่องว่างของคมคัตมากก็จะเกิดส่วนโค้งมนที่มากและเกิดครีบกมสูง



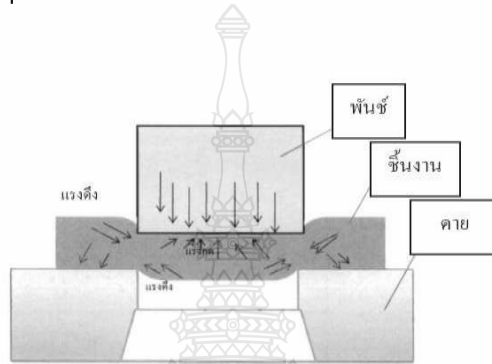
รูปที่ 2.13 ส่วนการตัดเฉือนและส่วนฉีกขาดของช่องว่างระหว่างคมคัตที่เยื้องศูนย์กลาง[20]

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานช่องว่างระหว่างคมคัตของวัสดุชนิดต่างๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน[20]

ค่าช่องว่างที่ถูกต้องเหมาะสมของโลหะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อด้านของความหนาแผ่นวัสดุ		
วัสดุ	งานรูปร่างไม่กลม	งานรูปร่างกลม
เหล็ก		
เหล็กคาร์บอนต่ำ	3%	2%
แข็งปานกลาง	4%	2%
แข็ง	5%	3%
เหล็กซิลิกอน	4% – 5%	3%
สแตนเลส	5% – 8%	4% – 6%

2.6 แรงตัดเฉือน

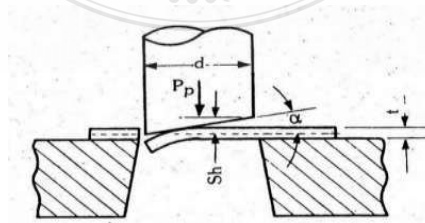
แรงของเครื่องจักรที่ส่งมาให้กับแม่พิมพ์บริเวณพื้นที่กดชิ้นงานให้ผ่านคานด้วยแรงที่กดลงบนผิววัสดุ พร้อมกับเกิดแรงต้านจากคาน จึงทำให้วัสดุถูกเฉือนจนขาดออกจากกัน ชิ้นงานที่ได้จะมีลักษณะเหมือนฟันและคาน เมื่อแรงกดเกิดที่พื้นที่ แรงกระทำต่างๆก็จะเกิดกับเนื้อวัสดุ ในบริเวณหน้าทีหน้าสัมผัสของพื้นที่กระทำกับเนื้อวัสดุ และบริเวณคมตัดของพื้นที่และคานจะเกิดแรงดึงขึ้นที่ชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.14



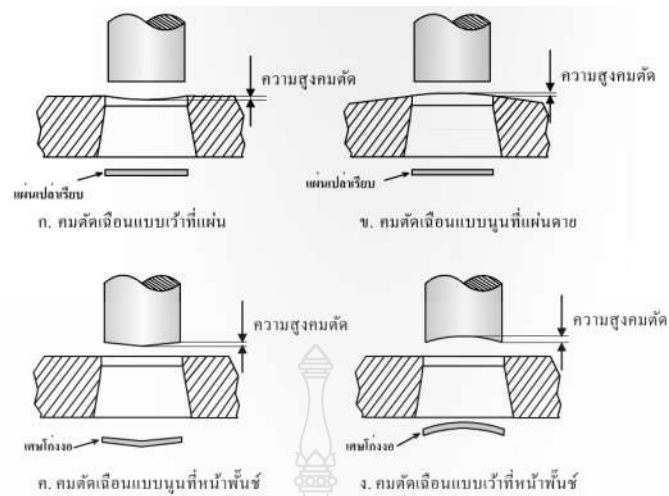
รูปที่ 2.14 ทิศทางแรงที่กระทำขณะทำการตัดโลหะ[26]

2.7 การลดแรงตัด

กระบวนการตัดเฉือนต้องใช้แรงในการกระทำค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับกระบวนการอื่นๆ เนื่องจากต้องทำให้วัสดุขาดออกจากกัน ยิ่งแรงในการตัดมากจะทำให้เกิดเสียงดังและการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรรุนแรงในขณะที่เกิดรอยแตกของวัสดุมาบรรจบกัน การลดแรงตัดเป็นสิ่งสำคัญ ทำให้ลดความเสี่ยงที่จะทำให้แม่พิมพ์หรือเครื่องจักรเสียหาย สามารถทำได้โดยการหลีกเลี่ยงการตัดชิ้นงานที่พร้อมกันตลอดความยาวรอบรูป ซึ่งสามารถทำได้โดยการเอียงมุมคมตัดของพื้นที่หรือคาน หรือที่เรียกว่า มุมตัดเฉือน (Shear Angle)[6] ดังแสดงในรูปที่ 2.15 และ รูปที่ 2.16



รูปที่ 2.15 การเอียงของคมตัดแม่พิมพ์ตัวผู้[20]



รูปที่ 2.16 การใส่มุมตัดเฉือนเพื่อลดแรงตัดสำหรับการตัดแผ่นเปล่าและการเจาะรู[6]

2.8 การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด

การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัดส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นบริเวณ ใกล้กับคมตัดและผิวหน้าฟันซ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.17 สามารถแบ่งการสึกหรอได้เป็น 4 กลุ่ม[5, 6, 27] คือ

2.8.1 การสึกหรอด้านข้าง (Flank Wear) จะเกิดที่ผิวด้านข้างตามแนวยาวหรือแนวแกนของฟันซ์และคาย การสึกหรอด้านนี้มีความสำคัญ เนื่องจากจะมีผลต่อขนาดชิ้นงานสำเร็จ เพราะจะทำให้ขนาดฟันซ์และคายบริเวณคมตัดเปลี่ยนไป คือ ฟันซ์จะมีขนาดเล็กลง และคายจะมีขนาดใหญ่ขึ้น



รูปที่ 2.17 การสึกหรอที่เกิดขึ้นของฟันซ์และคาย[27]

2.8.2 การสึกหรอตรงคมตัด (Edge Wear) จะเกิดขึ้นตรงมุมของคมตัด และเกิดก่อนการสึกหรอด้านข้าง การสึกหรอของคมตัดจะมีผลต่อขนาดของครีป (Burr) บนชิ้นงาน เพราะถ้าคมตัดสึกหรอ การตัดจะไม่สมบูรณ์

2.8.3 การสึกหรอด้านหน้า (Face Wear) เกิดจากการที่ผิวค้ำหน้าของฟันและคายบริเวณใกล้ๆคมตัดเกิดการกระแทกซ้ำๆ

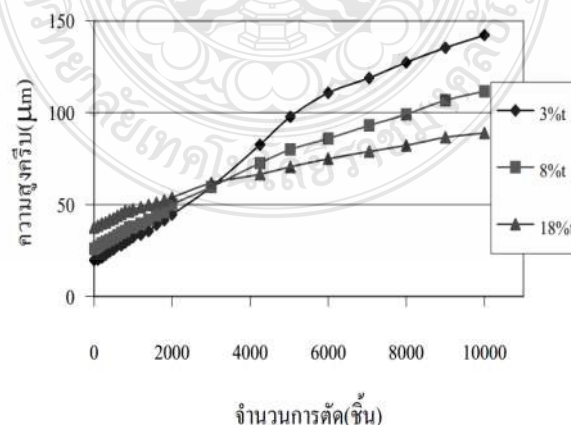
2.8.4 การสึกหรอแบบเครเตอร์ (Crater Wear) เกิดจากการกระแทกซ้ำๆระหว่างฟันซี่กับผิวหน้าชิ้นงาน คล้ายกับการสึกหรอด้านหน้า แต่จะเกิดห่างจากขอบคมตัดและบริเวณใกล้ศูนย์กลางฟัน เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนรูปแบบยืดหยุ่น (Elastic Deformation) ของชิ้นงานขณะทำการตัดเฉือน

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับแม่พิมพ์ตัดเป็นจำนวนมาก โดยที่ทำการศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีอิทธิพลในกระบวนการตัด ได้แก่ การศึกษาระยะช่องว่างของฟันซี่และคาย ชนิดของวัสดุชิ้นงาน ชนิดของวัสดุแม่พิมพ์ การศึกษาการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการตัดเฉือนสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง โดยจะทำการเปรียบเทียบคุณภาพของขอบตัด จากแม่พิมพ์ตัดในกระบวนการตัดเจาะ และกระบวนการตัดเฉือน ผู้วิจัยจึงได้รวบรวม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาเป็นข้อมูลเพื่อประกอบการวิจัย โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังนี้

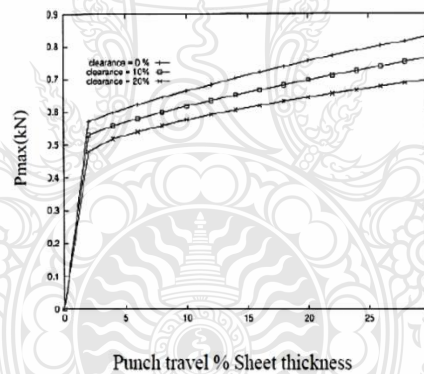
2.9.1 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับช่องว่างระหว่างคมตัด

ตัวแปรแรก ที่เป็นส่วนสำคัญสำหรับคุณภาพของขอบตัดคือ ช่องว่างระหว่างฟันซี่และคายมีผลต่อคุณภาพของขอบตัดเป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.18 ค่าความสูงครีปโลหะชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน[10]

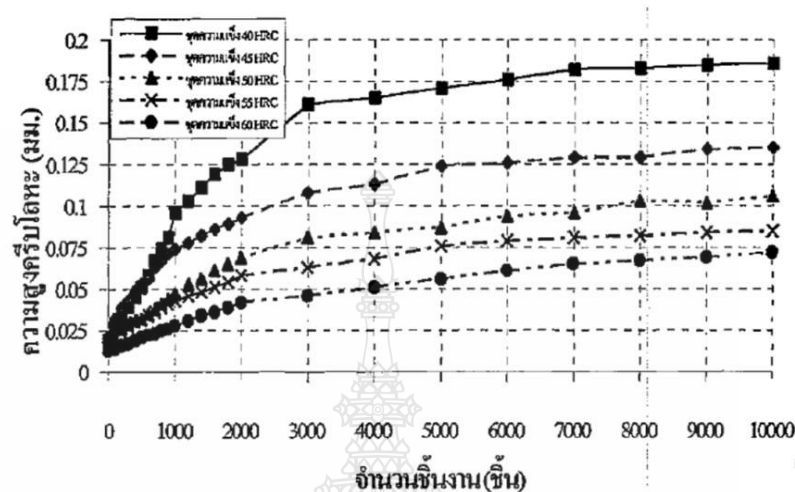
โดยณัฐศักดิ์ พรพูนศิริ[10] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างของแม่พิมพ์ที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด โดยลักษณะการศึกษาเป็นการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีช่องว่างระหว่างฟันซ์และดาบในระดับต่างกันคือ 3, 8 และ 18 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แม่พิมพ์ตัดทำจากเหล็ก JIS SKD11 ชุบแข็ง 60 HRC วัสดุงานเป็นเหล็กแผ่นไร้สนิม SUS430 จากผลการทดลองพบว่าช่วงต้น การสึกหรอของฟันซ์ที่ช่องว่างระดับต่างๆกัน ไม่ต่างกันมาก เนื่องจากฟันซ์ยังคงมีความแข็งและอัตราการสึกหรอน้อย แต่เมื่อทำการทดลองไปได้ระยะหนึ่ง ช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ อัตราการสึกหรอของฟันซ์จะเกิดสูงที่สุด เนื่องจากช่องว่างที่น้อย เกิดการเสียดสีที่สูง ทำให้เกิดการสึกหรอที่มาก ทำให้เกิดครีบกมชิ้นงานมากขึ้น ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Goijaert, Govaert และ Baaiens[28] ที่ทำการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างคมตัดที่มีผลต่อลักษณะของรอยตัดที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน ในการทดลองได้ใช้วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าไร้สนิม X30Cr13 ความหนา 1 มิลลิเมตร โดยใช้ช่องว่างของคมตัดที่ 1, 3, 6, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และยังได้ข้อสรุปว่า ที่ช่องว่างของคมตัดขนาดเล็กจะใช้แรงในการตัดชิ้นงานมากกว่า ช่องว่างของคมตัดที่มากกว่า



รูปที่ 2.19 แรงตัดชิ้นงานที่วัดได้จากแม่พิมพ์ตัดที่ระยะช่องว่างคมตัดต่างกัน[28]

ตัวแปรที่สอง ที่มีอิทธิพลต่อรอยตัดคือ วัสดุในการทำแม่พิมพ์ ซึ่ง พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์ และคณะ[12] ทำการศึกษาวัดวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ 4 ชนิด คือ S50C, SKH51, SKS3 และ SKD11 ทำการชุบแข็งที่ 59 ± 1 HRC ทำการตัดวัสดุชิ้นงานเป็น SPCC โดยได้ศึกษาอิทธิพลของชนิดวัสดุทำแม่พิมพ์ที่มีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด ซึ่งผลปรากฏว่า วัสดุ S50C ที่มีโครงสร้างความแข็งพื้นฐานอ่อนจะสึกหรอมากที่สุด และ วัสดุ SKD11 สึกหรอน้อยที่สุด ทั้งนี้สรุปได้ว่า ปริมาณคาร์บอนที่ผสมอยู่ใน

เนื้อวัสดุที่ต่างกัน เมื่อมีการชุบแข็ง อัตราการเกิดคาร์ไบด์ซึ่งทำให้ความแข็งจุลภาคของเหล็กสูงตามไปด้วย

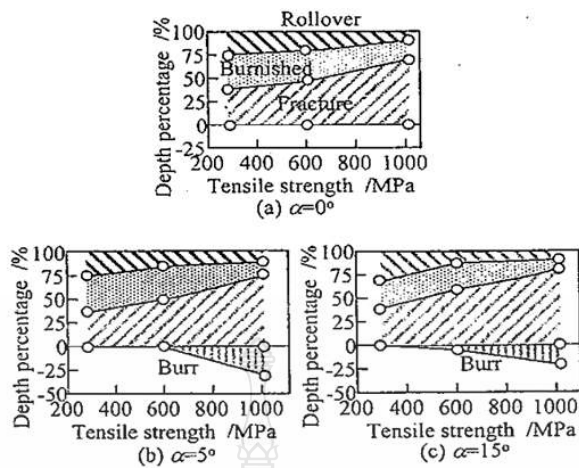


รูปที่ 2.20 ค่าความสูงคริบโลหะชันงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน[12]

ตัวแปรที่สาม ที่มีผลต่อคุณภาพของรอยตัดคือ แรงกดและแรงปลดชันงาน โดยกุลชาติ [5] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของแรงปลดชันงานที่มีผลต่อการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัด ให้แรงปลดชันงาน 5 ระดับคือ 0, 4.1, 9.9, 21.7 และ 45 เปอร์เซ็นต์ของแรงตัด วัสดุแม่พิมพ์เป็น SKD11 ที่ความแข็ง 60 ± 1 HRC ใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุ ตัดชันงานวัสดุ SPCC หนา 2 มิลลิเมตร จากการทดลองปรากฏว่า แรงปลดชันงานที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 9.9-21.7 เปอร์เซ็นต์ของแรงตัด แต่ถ้าใช้แรงปลดชันงานที่สูงร้อยละ 45 ของแรงตัดจะต้องใช้แรงในการตัดมากขึ้น

2.9.2 งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับองศาการตัดและเปรียบเทียบรอยตัด

ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่เติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน มีการนำเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงมาใช้กันอย่างกว้างขวาง Yohei ABE และ Shigehiro NAKANOSHITA[8] ได้ทำการศึกษาการตัดเจาะของพันธตรงบนด้ายที่ลาดเอียง โดยใช้วัสดุเป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 270, 590 และ 980MPa ความหนา 1.4 มิลลิเมตร และใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 7, 12, 16 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุ มุมคมตัดด้ายที่ 0, 5 และ 15 องศา เมื่อทำการทดลองปรากฏว่า เหล็กที่มีความแข็งแรงสูง ช่องว่างระหว่างคมตัดต้องมากขึ้นเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เพื่อให้คุณภาพรอยตัดที่ดี เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงองศาการตัด ของคมตัดด้ายปรากฏว่า ที่มุมคมตัดด้าย 0 องศา ชันงานไม่เกิดคริบคม แต่ถ้าเพิ่มองศาคมตัดด้ายเป็น 5 และ 15 องศา วัสดุที่มีความแข็งแรงสูงจะเกิดคริบคม



รูปที่ 2.21 สัดส่วนของขอบตัดเมื่อทำการตัดเฉาะด้วยฟันซี่ที่ระนาบคายเอียงต่างกัน

การศึกษาเกี่ยวกับระนาบการตัดในประเทศไทยมีให้ศึกษาหลายเรื่องเช่น สมชาย ทองเทศ [29] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของมุมเอียงที่มีผลต่อการตัดเฉาะ โดยทำการตัดทองเหลืองตามมาตรฐาน JIS H3100 C2801 P 1/4H ความหนา 1 มิลลิเมตร ปรากฏว่า ส่วนของรอยตัดเฉาะมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อมีการเอียงองศาการตัดเฉาะ ไม่เกิดครีบกมที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 0.05 แต่มีแรงตัดเฉาะสูง และแรงจะลดลงเมื่อมีการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัด สอดคล้องกับ การสร้างชุดการสอนเรื่องผลของแรงตัด เมื่อฟันซี่และคายมีมุมตัดต่างๆกัน และผลของแรงตัดเมื่อระยะเผื่อของฟันซี่ต่างๆกัน โดย ภร นนทะสน[30] ได้อธิบายว่า เมื่อทำการตัดอะลูมิเนียม AA6111-T4 หนา 1.5 มิลลิเมตร รูปร่างของฟันซี่เอียงเท่ากับ $2.0t$ กับคาย $0t$ แรงที่ใช้ในการตัดลดลง 66 เปอร์เซ็นต์ ในจุดนี้ตรงกับคำอธิบายของ จุลศิริ[18] กล่าวไว้ว่า ในการตัดทั่วไป ผิวหน้าของคมตัดฟันซี่และคายจะแบนเรียบ หรือขนานกัน ซึ่งแบบนี้จะทำให้ต้องใช้แรงในการตัดมาก เพราะแรงจะเกิดพร้อมกันทุกจุด เราสามารถลดแรงในการตัดได้ โดยการออกแบบคมตัดของฟันซี่ให้มีมุม ซึ่งทำให้ไม่เกิดแรงพร้อมกันทุกจุด

ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษากระบวนการตัดเฉาะที่เกี่ยวกับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ในการตัดด้วยฟันซี่ตรง และระนาบคายเอียง ซึ่งในอุตสาหกรรมป็นชิ้นส่วนยานต์ มีลักษณะการตัดเฉาะแบบนี้ค่อนข้างมาก และเกิดปัญหาคุณภาพของขอบตัดที่ไม่ดี เกิดครีบกมในกระบวนการตัด ทำให้ต้องเสียเวลาในการกำจัดครีบกม ทำให้มีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้นจึงได้มีแนวคิด ที่จะทำการศึกษาการอิทธิพลของคายที่มีผิวระนาบเอียง ในการตัดเฉาะด้วยฟันซี่ที่มีระนาบตรง สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้

บทที่ 3

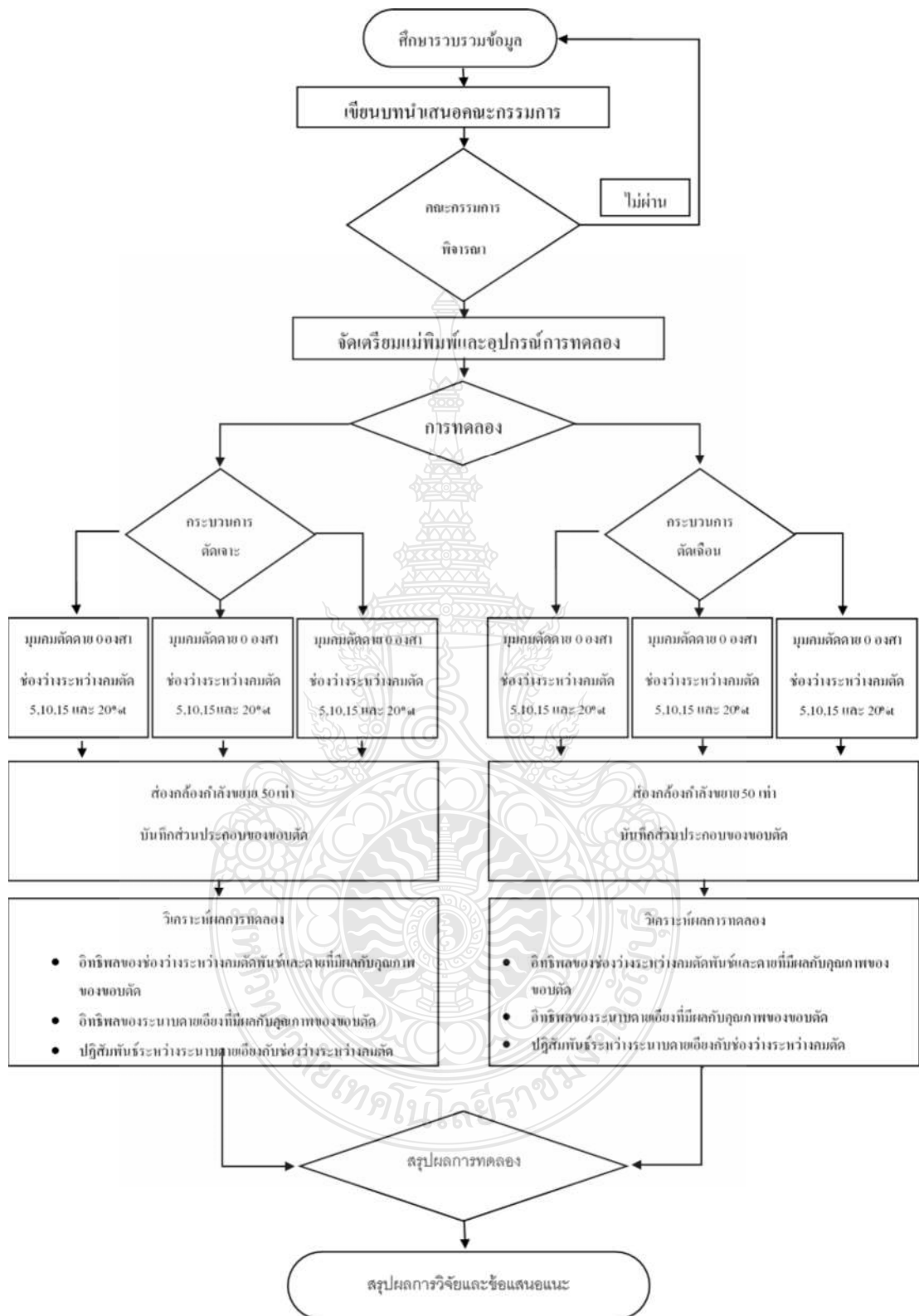
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อ เปรียบเทียบรอยขอบตัดของชิ้นงานเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างของคมตัดที่ต่างกัน และมุมคมตัดคายต่างๆ ทำการตัดเฉือนเหล็ก ความแข็งแรงสูง 590MPa และ 780MPa เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัยนี้ จำเป็นต้องศึกษาและออกแบบการทดลอง ทำการเก็บบันทึกข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ผล โดยมี ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

- 1) แผนการดำเนินงาน
- 2) เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- 3) ขั้นตอนการเตรียมวัสดุในการดำเนินการวิจัย
- 4) วิธีการดำเนินงาน
- 5) ปัจจัยของการทดลอง
- 6) การทดสอบแม่พิมพ์
- 7) การทดลองและบันทึกผลการทดลอง
- 8) การเปรียบเทียบผล

3.1 แผนการดำเนินงาน

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมาย จำเป็นต้องทำแผนการศึกษาและเก็บข้อมูลในการวิจัย และทำการทดลองเพื่อนำผลมาสรุปผลงาน โดยมีขั้นตอนในการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เริ่มจากการศึกษาหาข้อมูลในการทำการวิจัยและนำเสนอคณะกรรมการ สอบ หัวข้องานวิจัย เมื่อผ่านการพิจารณาแล้ว เริ่มสร้างแม่พิมพ์ตัดและจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ในการทดลองกระบวนการตัดแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ กระบวนการตัดเจาะ และกระบวนการตัดเฉือน วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเกรด JAC590RN และ JAC780Y ทำการตัดด้วยพันธที่มีระนาบตรง ตัดลง บนคานที่มีระนาบเอียง 0, 5 และ 15 องศา เมื่อเทียบกับแนวระนาบ ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธ์และ คายที่ใช้ในการทดลองอยู่ที่ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เมื่อทำการตัดทดลอง ชิ้นงานโดยแม่พิมพ์เสร็จแล้ว นำมาส่งด้วยกล่องที่มีกำลังขยาย 50 เท่า เพื่อวัดระยะส่วนประกอบของ ขอบตัด ทำการสรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะในการทดลอง

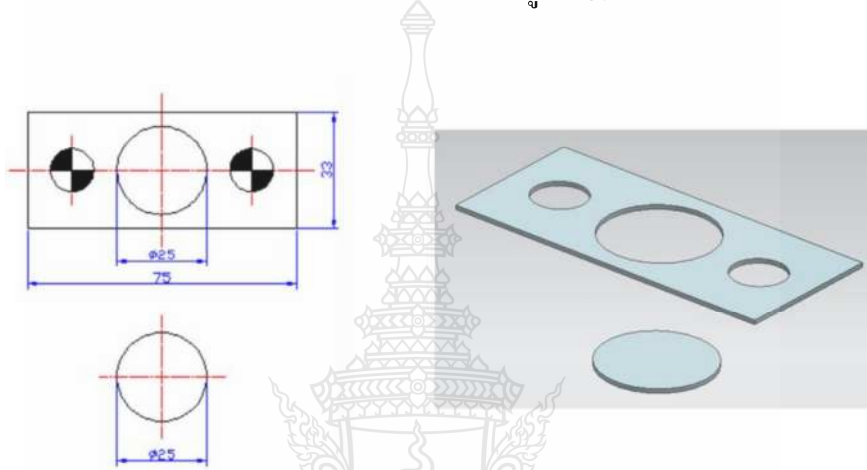


รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงกระบวนการในการทำวิจัย

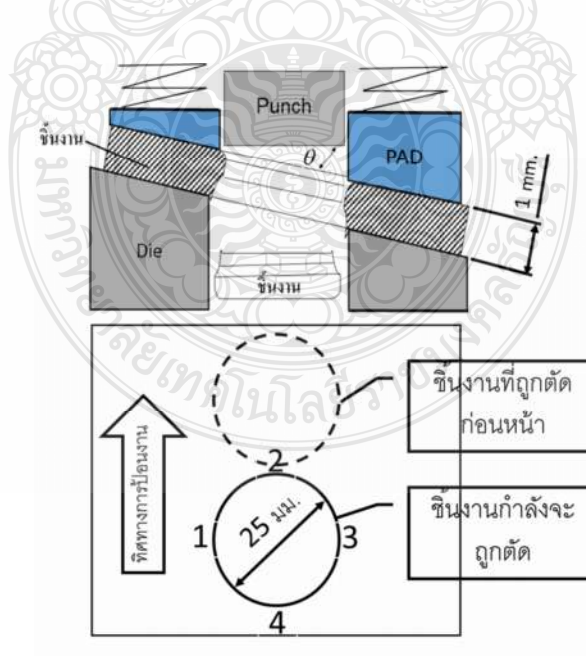
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ชุดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองกระบวนการตัดเจาะ

เป็นแม่พิมพ์สำหรับตัดเจาะชิ้นงาน โดยออกแบบให้ตัดเหล็กความหนา 1 มิลลิเมตร ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และได้ชิ้นงาน กว้าง 33 มิลลิเมตร และยาว 75 มิลลิเมตร ในการควบคุมความขนาดของชิ้นงานใช้ Locator Pin 2 จุด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ลักษณะของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเจาะ แสดงในรูปที่ 3.2



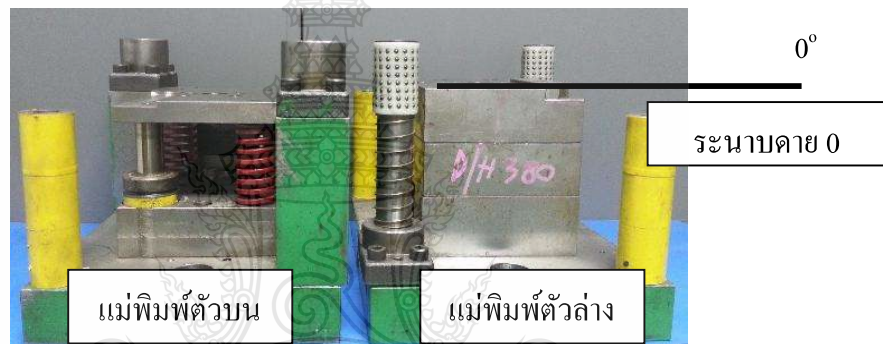
รูปที่ 3.2 ขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการตัดแผ่นเปล่า (Blanking Process)



รูปที่ 3.3 ทิศทางการตัดของแม่พิมพ์ และระนาบคายเอียงที่ทำการตัดด้วยฟันซี่ตรง

ในการออกแบบแม่พิมพ์ตัดจะใช้พันธังที่ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด และออกแบบให้ชุดตายสามารถถอดเปลี่ยนชิ้นส่วนมาตรฐานได้ โดยแผ่น Die Plate จะทำมุม 0, 5 และ 15 องศา กับแนวระดับ ในกรณีที่ต้องการทดลองกระบวนการ Cutting ในชุดแม่พิมพ์ตัดจะสามารถใส่ Insert ตัดที่ตัวแม่พิมพ์ได้ โดยเป็นกระบวนการต่อเนื่องกัน ซึ่งแม่พิมพ์จะมีองค์ประกอบตามรูปที่ 3.3

ชุดแม่พิมพ์ตัดจะ ทำการออกแบบให้ชิ้นส่วนตายมาตรฐานสามารถถอดเปลี่ยนได้ตาม Die plate ที่มุมองศาต่าง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4, 3.5 และ 3.6 ทำการเจียรนัยคมตัดตายให้ได้องศาเดียวกับ Die plate และมีขนาดของช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ในส่วนของพันธังที่ใช้ในกระบวนการตัดจะ ใช้พันธังตรง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.8



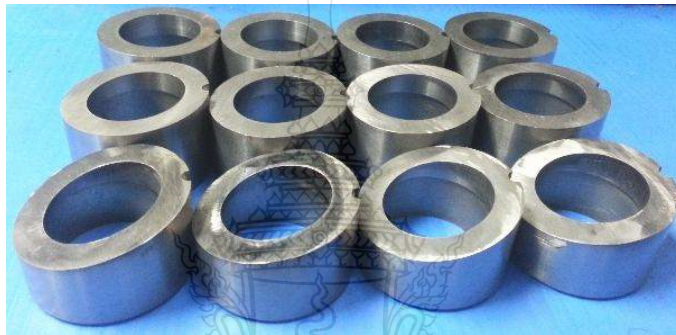
รูปที่ 3.4 ชุดแม่พิมพ์ สำหรับคมตัดตายระนาบ 0 องศา



รูปที่ 3.5 ชุดแม่พิมพ์ สำหรับคมตัดตายระนาบ 5 องศา



รูปที่ 3.6 ชุดแม่พิมพ์ สำหรับคมตัดคายระนาบ 15 องศา



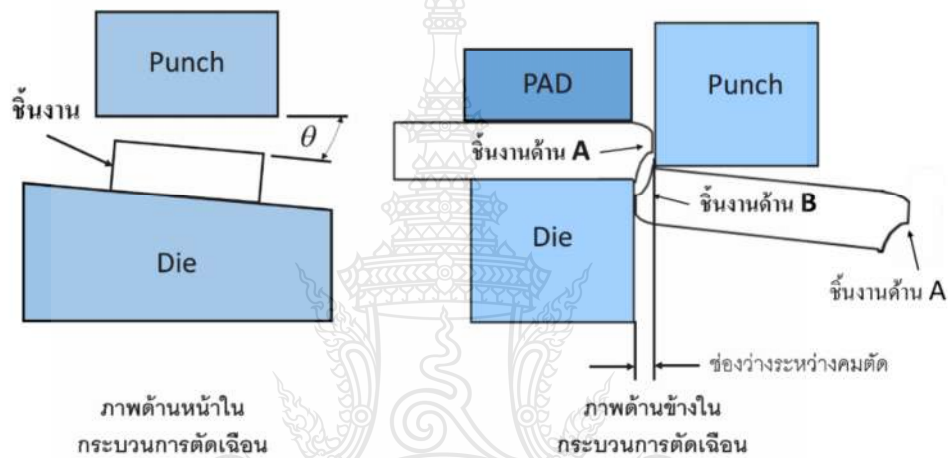
รูปที่ 3.7 Insert คาย ในระนาบเอียง 0, 5 และ 15 องศา



รูปที่ 3.8 ชุดพื้นที่ระนาบตรง

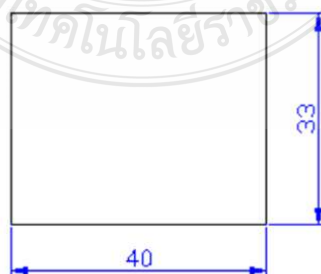
3.2.2 ชุดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองกระบวนการตัดเฉือน

ในกระบวนการตัดเฉือน ได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ตามรูปที่ 3.9 โดยทำการออกแบบให้มีแผ่นจับยึดชิ้นงานเพียงด้านเดียว และอีกด้านทำการปล่อยอิสระ ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือนมีขนาดตามรูปที่ 3.10 ชุดแม่พิมพ์ตัวบนเป็นพันธที่มีระนาบตรง ตามรูปที่ 3.11 และแม่พิมพ์ตัวล่างเอียง ตามรูปที่ 3.12 โดยทำมุมเอียงเมื่อเทียบกับแนวระนาบเท่ากับ 0, 5 และ 15 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัดทำการปรับแต่งที่แม่พิมพ์ตัวล่าง โดยให้ได้ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธ และคายที่ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาชิ้นงาน



รูปที่ 3.9 กระบวนการตัดเฉือนของแม่พิมพ์ตัด

ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือนจะมีความกว้าง 33 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขนาดของชิ้นงานที่ได้จากการตัดเฉือน (Shearing Process)



รูปที่ 3.11 คมตัดแม่พิมพ์ตัวบน ระบายตรง



รูปที่ 3.12 คมตัดแม่พิมพ์ตัวล่างที่ระบายเอียงต่างๆ

3.2.3 เครื่องปั๊มไฮดรอลิก

ในการทดลองใช้เครื่องปั๊มไฮดรอลิกขนาด 30 ตันยี่ห้อ FUJIOKA มีความเร็วในการตัดที่ 20 มิลลิเมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เครื่องไฮดรอลิกเพรส ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.4 เรซินหล่องานชนิดใส เบอร์ 024

ใช้ในการหล่อชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเจาะ และกระบวนการตัดเฉือน เพื่อรักษาส่วนประกอบของคมตัดให้สมบูรณ์ก่อนที่จะทำการวัดส่วนประกอบของขอบตัด แสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 เรซินชนิดใส เบอร์ 024

3.2.5 ท่อพลาสติก PVC

ท่อพลาสติก PVC ขนาด 1.5 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว ใช้เป็นแบบในการหล่อชิ้นงานเพื่อรักษาสภาพส่วนประกอบของขอบตัด และวาสลีนใช้สำหรับทาขอบด้านในของท่อพลาสติกเพื่อป้องกันการถอดชิ้นงานออกเมื่อเรซินแข็งตัว ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ท่อพลาสติก PVC และ วาสลีน ใช้เป็นแบบในการหล่อเรซิน

3.2.6 เครื่องตัดชิ้นงานทดสอบ

เครื่องตัดทดสอบชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ใช้ในการตัดชิ้นงานที่ได้จากการหล่อ คุณสมบัติของเครื่องตัดชิ้นงานจะช่วยไม่ให้เกิดรอยใหม่ของขอบชิ้นงานที่ได้จากการตัด และไม่เกิดการเอียงของแนวการตัด



รูปที่ 3.16 เครื่องตัดทดสอบชิ้นงาน

3.2.7 เครื่องขัดชิ้นงานแบบจานหมุน

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการขัดผิวชิ้นงานตามรูปที่ 3.17 โดยทำการขัดให้มีความเรียบผิวเสมอกับเนื้อเรซิน ก่อนที่จะนำไปขัดกับกระดาษทรายเบอร์ต่างๆ



รูปที่ 3.17 เครื่องขัดชิ้นงานแบบจานหมุน

3.2.8 กระดาษทราย

กระดาษทรายที่ใช้ในการขัดรอยตัด ก่อนทำการส่วนประกอบของขอบตัด ในการขัดไล่จากความหยาบผิวน้อยไปมาก ตามเบอร์ ดังนี้ 400, 800, 1000 และ 1200 ดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 กระดาษทรายเบอร์ต่างๆ

3.2.9 กล้องจุลทรรศน์ Optical Microscopes และคอมพิวเตอร์

กล้องส่องขอบตัด ยี่ห้อ Dino รุ่น AM4113T DinoLite Pro แสดงในรูปที่ 3.19 ใช้ในการส่องและวัดส่วนประกอบของตัดชิ้นงาน ที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน โดยใช้กำลังขยาย 50 เท่า รายละเอียดคุณสมบัติของกล้องจุลทรรศน์ ดังนี้

Resolution: 1.3M pixels

Adjustable magnification: 10x~50x, 200x

Built-in 8 white-light LED illumination (software switchable)

MicroTouch snapshot

Frame rate: up to 30fps

Interface: High speed USB image transmission (PC)

Dimension: 10 cm (Height) *3.2CM (R)

Weight: 90g

Software: DinoCapture

With measurement & Calibration capability

Support Operation System: Windows Vista, XP, or Windows Server 2003



รูปที่ 3.19 กล้องจุลทรรศน์ Optical Microscopes

3.3 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุในการดำเนินการวิจัย

วัสดุชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 590MPa และ 780MPa มีคุณสมบัติทางกลดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติทางกลของวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y

วัสดุ	ความหนา (มม.)	ค่าความแข็งแรงดึง (MPa)	เปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%)	Yield ratio (%)
590 MPa	1	622	25	534
780 MPa	1	913	15	608

ในการเตรียมชิ้นงานเป็นแผ่นวัสดุเพื่อป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์ตัด โดยมีขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร กว้าง 33 มิลลิเมตร ยาว 240 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ขนาดวัสดุก่อนการป้อนเข้าสู่แม่พิมพ์

3.4 วิธีการดำเนินงาน

ในการทดลอง จะใช้กระบวนการตัดเฉือน 2 แบบ คือ การตัดเจาะ และการตัดเฉือน โดยใช้ พันช์หน้าตัดตรง และมุมคายเอียง ภายใต้วแปรงดังต่อไปนี้

3.4.1 ตัวแปรงที่

1) สำหรับการตัดเจาะใช้พันช์หน้าตัดตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ซึ่งงานที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร เท่ากับขนาดของพันช์

2) สำหรับการตัดเฉือนใช้พันช์หน้าตัดตรง สี่เหลี่ยมขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 75 มิลลิเมตร ซึ่งต้องออกแบบให้ขนาดที่โตกว่าชิ้นงาน เพื่อที่จะตัดชิ้นงานให้ขาดออกจากกันได้ โดยชิ้นงานที่ได้จากการตัดเฉือนขนาด กว้าง 33 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร

3) วัสดุทำพันช์และคาย เป็น JIS SKD11 ความแข็ง 58-60 HRC

4) ใช้ความเร็วในการตัด 20 มิลลิเมตร / วินาที

5) ไม่ใช้สารหล่อลื่นในการตัดชิ้นงาน

6) ระยะกดลิกของพันช์ตัดเจาะและพันช์ตัดเฉือน 7 มิลลิเมตร

3.4.2 ตัวแปรที่แปรเปลี่ยน

1) วัสดุที่ใช้ทดลองคือ เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 590MPa และ 780MPaหนา 1 มิลลิเมตร

2) ช่องว่างของพันช์และคาย 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

3) มุมคมตัดคายที่ 0, 5 และ 15 องศา

3.5 ปัจจัยของการทดลอง

ในขั้นตอนของการทดลองถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการวิจัย ซึ่งมีปัจจัยในการทดลองดังนี้

1) ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัด โดยวัสดุทำคมตัดเป็นเหล็ก SKD11 ความแข็งที่ 58-61 HRC สามารถถอดประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ เพื่อเปลี่ยนระนาบคายได้ตามที่กำหนด

2) วัสดุทำชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ที่ใช้ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์เกรด JAC590RN และ JAC780Y ความหนาหนา 1 มิลลิเมตร

3) เครื่องจักรที่ใช้ในการป้อนขนาด 30 ตัน อุปกรณ์การหล่อเรซิน และ เครื่องตัดชิ้นงานจากการหล่อ และ นำมาส่งด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 50 เท่า

3.6 การทดสอบแม่พิมพ์

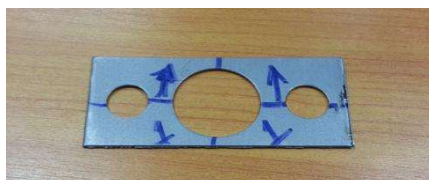
เมื่อติดตั้งแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องปั๊มเสร็จแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.21 ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดสอบแม่พิมพ์ ซึ่งการทดสอบแม่พิมพ์มีวัตถุประสงค์เพื่อยืนยันการทำงานและความสมบูรณ์ของแม่พิมพ์ก่อนทำการทดลอง ซึ่งการทดลองแม่พิมพ์ตัดสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญคือ แนวคมตัดของแม่พิมพ์ต้องได้ระยะห่างระหว่างคมตัดที่เท่ากัน ระยะกินลึกของคมตัด ระยะการยุบตัวของสปริงแผ่นเหยียบ เป็นต้น เมื่อทำการทดลองจนมั่นใจว่าแม่พิมพ์มีคุณภาพตรงตามที่กำหนด คือ ช่องว่างระหว่างคมตัดของแม่พิมพ์อยู่ในค่าเป้าหมายตรงตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง จึงดำเนินการทดลองตัดชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.22 และรูปที่ 3.23 และบันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองต่อไป



รูปที่ 3.21 การจับยึดแม่พิมพ์กับเครื่องจักรเพื่อทดลองกระบวนการตัดเฉือน



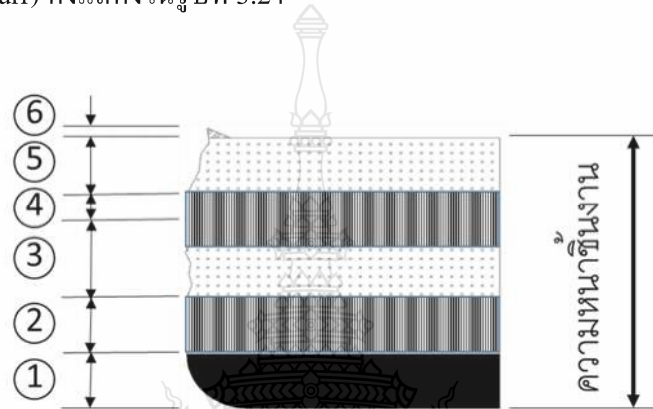
รูปที่ 3.22 ชิ้นงานจากกระบวนการตัดเฉือน



รูปที่ 3.23 ชิ้นงานจากกระบวนการตัดเจาะ

3.7 การทดลองและบันทึกผลการทดลอง

เมื่อทำการทดสอบแม่พิมพ์แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการทดลอง ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการดำเนินการวิจัย เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมาย จึงได้จัดทำตารางการเก็บผลการทดลองเพื่อเก็บค่า ส่วนประกอบของรอยตัดชิ้นงาน ซึ่งประกอบด้วย ส่วน โคน้มน (Die Roll), ส่วนเรียบตรง (Shear Surface), ส่วนฉีกขาด (Fracture Surface) และ ส่วนครีบกม (Burr) ดังแสดงในรูปที่ 3.24



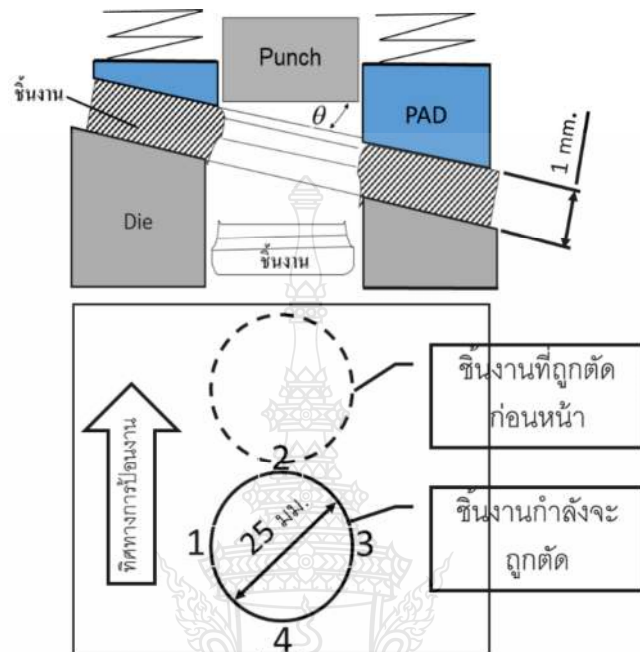
รูปที่ 3.24 ส่วนประกอบของขอบตัด ในตารางบันทึกผลการทดลอง

- 1) ส่วนโคน้มน (Die Roll)
- 2) ส่วนการตัดเฉียงที่ 1 (Shear Surface 1)
- 3) ส่วนฉีกขาดที่ 1 (Fracture Surface 1)
- 4) ส่วนการตัดเฉียงที่ 2 (Shear Surface 2)
- 5) ส่วนฉีกขาดที่ 2 (Fracture Surface 2)
- 6) ส่วนครีบกม (Burr)

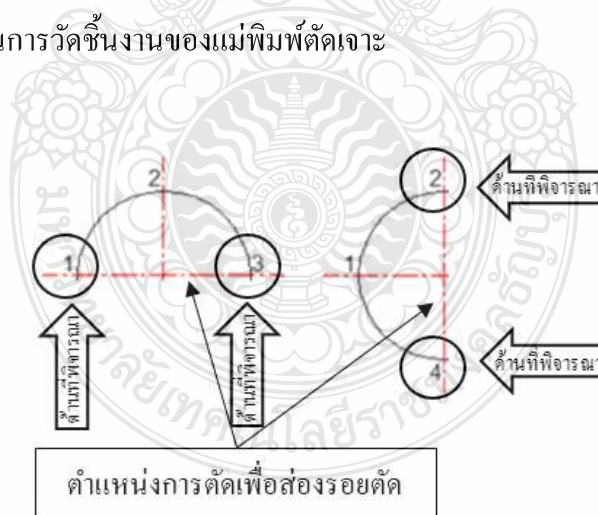
3.7.1 การทดลองและการบันทึกผลการทดลองสำหรับกระบวนการตัดเจาะ

การทดลองกระบวนการตัดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN และ JAC780Y จากกระบวนการตัดเจาะ ที่ใช้คมตัดพันธุ์ตรง เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร และคายทำองศาถันแนวระนาบ 0, 5 และ 15 องศา ที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.25 ทำการทดสอบจำนวน 6 ชิ้น ซึ่งชิ้นที่ 1, 2 และ 3 เมื่อนำมาหล่อเรซิน และตัดออกมาขัดผิวเพื่อวัดส่วนประกอบของรอยตัดจะได้ค่าสำหรับบันทึกผลการทดลองในตำแหน่งที่ 1 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นในการตัด และตำแหน่งที่ 3 ซึ่งเป็นจุดสุดท้าย ในส่วนของชิ้นที่ 4, 5

และ 6 เมื่อนำมาตัดจะได้รอยตัดของตำแหน่งที่ 2 และ ตำแหน่งที่ 4 ซึ่งอยู่ตรงกึ่งกลางของแม่พิมพ์ตัด ดังแสดงในรูปที่ 3.26 และ รูปที่ 3.27

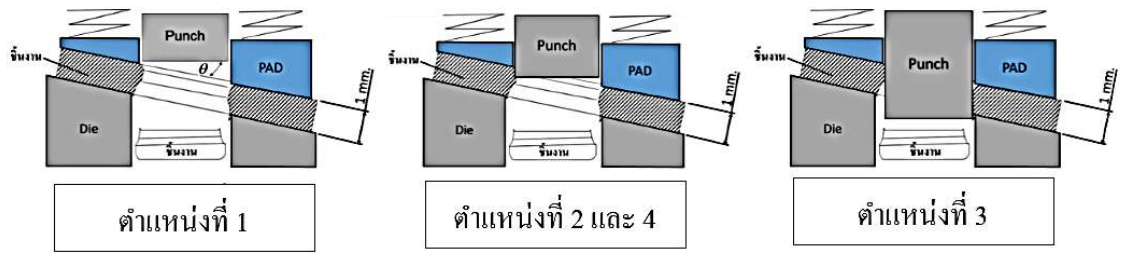


รูปที่ 3.25 ตำแหน่งในการวัดชิ้นงานของแม่พิมพ์ตัดเจาะ



รูปที่ 3.26 ตำแหน่งการส่องกล้องเพื่อบันทึกผลการทดลอง

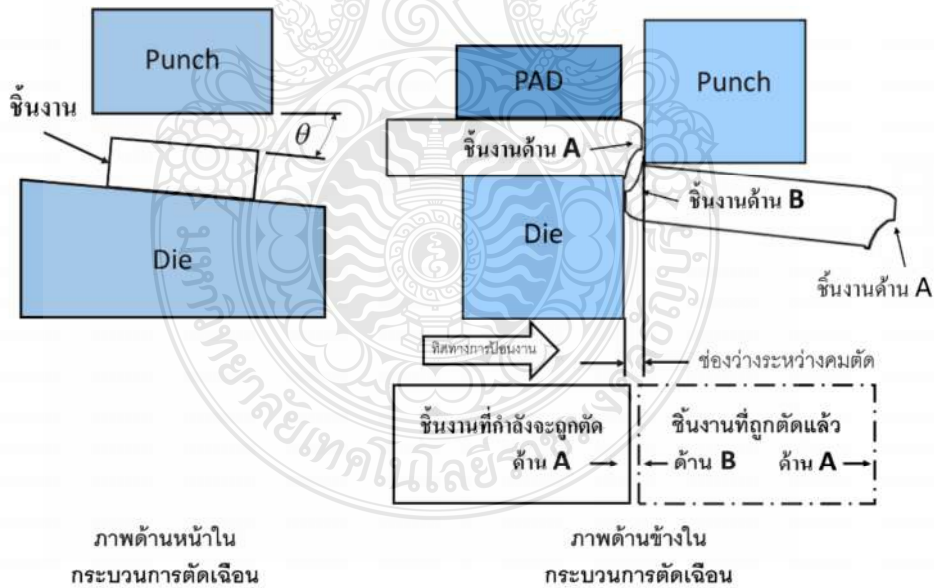
ตำแหน่งที่ 1 จุดเริ่มต้นในการตัด ตำแหน่งที่ 2 และ 4 จุดกึ่งกลางในการตัด
ตำแหน่งที่ 3 จุดสุดท้ายในการตัด



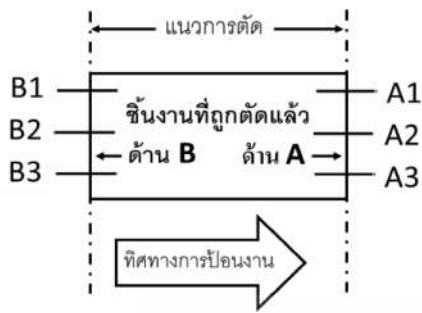
รูปที่ 3.27 ตำแหน่งการตัดชิ้นงานในแต่ละจุด

3.7.2 การทดลองและการบันทึกผลการทดลองสำหรับกระบวนการตัดเฉือน

การทดลองกระบวนการตัดเฉือนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN และ JAC780Y ที่คมตัดพันธุ์ตรง และคายทำองศาเกินแนวระนาบ 0, 5 และ 15 องศา ที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน ทำการตัดชิ้นงานจำนวน 6 ชิ้นในทุกๆช่องว่างระหว่างคมตัด และระนาบคายเอียงตามขอบเขตการทดลอง แสดงในรูปที่ 3.28 จากนั้น นำมาทำการวัดรอยตัดเฉือนดังแสดงในรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.28 ตำแหน่งในการวัดชิ้นงานจากแม่พิมพ์ในกระบวนการตัดเฉือน



ตำแหน่ง A1,B1 คือ จุดเริ่มต้นในกระบวนการตัดเฉือน

ตำแหน่ง A2,B2 คือ จุดกึ่งกลางของแม่พิมพ์ในกระบวนการตัดเฉือน

ตำแหน่ง A3,B3 คือ จุดสุดท้ายในกระบวนการตัดเฉือน

รูปที่ 3.29 ตำแหน่งการส่งกลึงของชิ้นงานจากกระบวนการตัดเฉือน

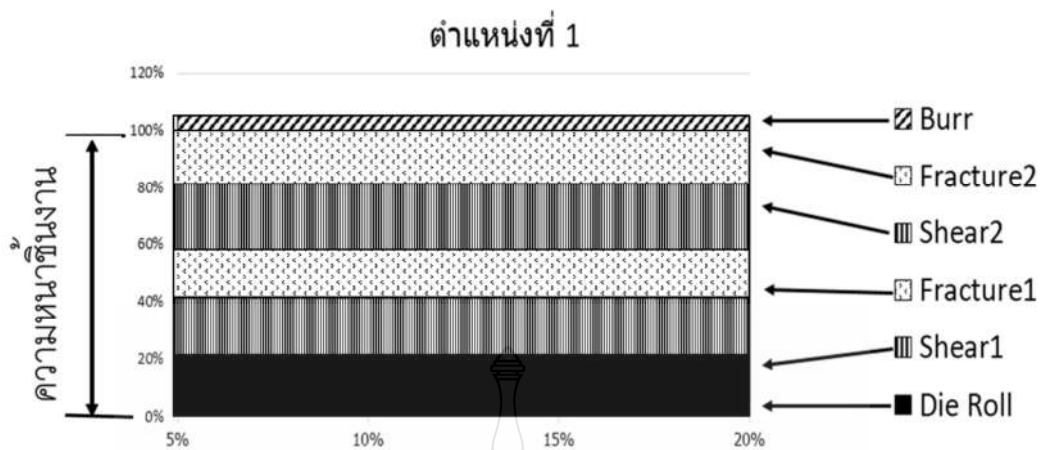
3.8 การเปรียบเทียบผล

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการทดลอง จะทำการเก็บค่าส่วนประกอบของขอบตัดตามรูปที่ 3.30 และนำมาบันทึกผลการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของคานที่มีผิวระนาบเอียงในการตัดด้วยฟันซ์ที่มีระนาบตรง สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN และ JAC780Y ดังแสดงในรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.30 ส่วนประกอบของขอบตัดตามตารางบันทึกผลการทดลอง

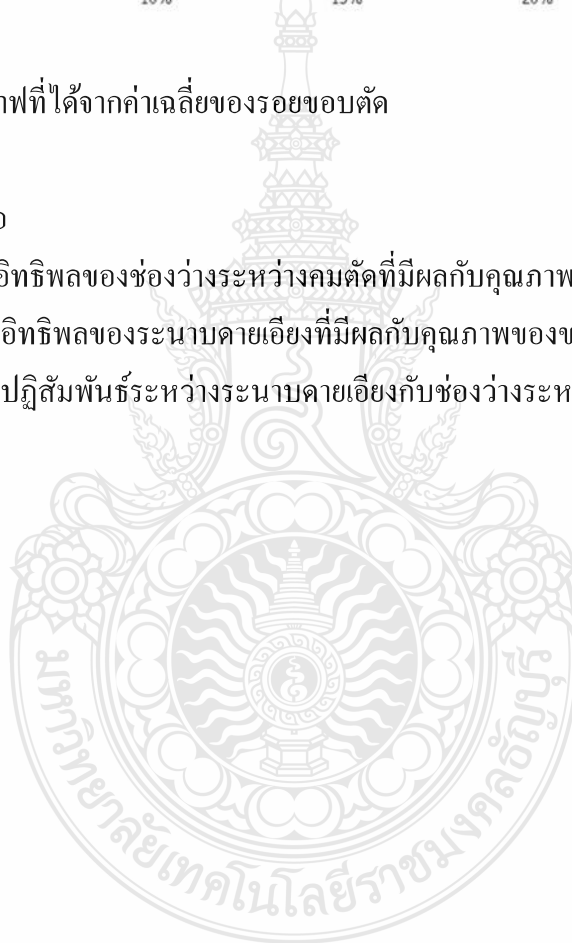
- 1) ส่วน โค้กงมน (Die Roll)
- 2) ส่วนการตัดเฉือนที่ 1 (Shear Surface 1)
- 3) ส่วนฉีกขาดที่ 1 (Fracture Surface 1)
- 4) ส่วนการตัดเฉือนที่ 2 (Shear Surface 2)
- 5) ส่วนฉีกขาดที่ 2 (Fracture Surface 2)
- 6) ส่วนครีบกม (Burr)



รูปที่ 3.31 ตัวอย่างกราฟที่ได้จากค่าเฉลี่ยของรอยขอบตัด

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) ศึกษาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด
- 2) ศึกษาอิทธิพลของระนาบคายเอียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด
- 3) ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระนาบคายเอียงกับช่องว่างระหว่างคมตัด



บทที่ 4

ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำการวิจัยต้องการเปรียบเทียบรอยตัดจากกระบวนการตัดเฉาะและกระบวนการตัดเฉาะของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง ซึ่งปัญหาของผู้วิจัยที่ได้ทำงานในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนปั๊มขึ้นรูปโลหะ พบเจอคือ ชิ้นงานมีปัญหาครีบกมเกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ทำให้ต้องสูญเสียแรงงานในการกำจัดครีบกมในขั้นตอนสุดท้ายก่อนการส่งมอบให้ลูกค้า โดยเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงมีปัญหาเนื่องจากเป็นวัสดุใหม่ที่เข้ามาทดแทนวัสดุเดิมที่เคยใช้ในภาคอุตสาหกรรม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วัสดุเกรด JAC590RN และ JAC780Y มาทำการทดลองตัดที่ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน โดยชิ้นทดสอบมีความหนา 1 มิลลิเมตร มุมของคมตัดฟันซ์ตรง และคมตัดของคายทำมุม 0, 5 และ 15 องศา เมื่อเทียบกับแนวระนาบ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการวิจัย ในการทดลองผู้วิจัยจะทำการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัด และอิทธิพลของมุมคมตัดคายที่ต่างกัน โดยการเก็บข้อมูลที่ผ่านมา และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องสำหรับการวิเคราะห์ผลการวิจัย ซึ่งในทฤษฎีได้กล่าวถึงระยะการกินลึกของชิ้นงาน ที่เกิดจากฟันซ์กดตัดชิ้นงาน ได้ส่วน โค้งมนและรอยตัดเฉาะสำหรับเหล็กเกรด 22-38 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ [18, 24] และผู้วิจัยต้องการให้มีส่วนของครีบกมน้อยที่สุด เพื่อให้สอดคล้องกับการแก้ปัญหาในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลการทดลองได้ ดังต่อไปนี้

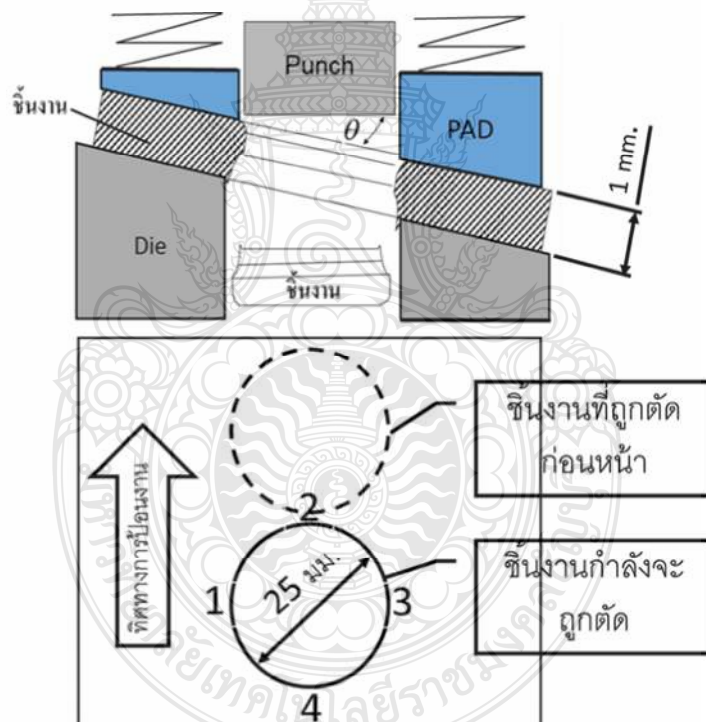
- 1) อิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด
- 2) อิทธิพลของระนาบคายเอียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด
- 3) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระนาบคายเอียงกับช่องว่างระหว่างคมตัด

4.1 วิเคราะห์ผลจากกระบวนการตัดเฉาะ

4.1.1 อิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัดจากกระบวนการตัดเฉาะ สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

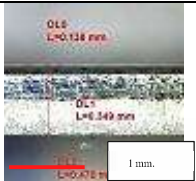
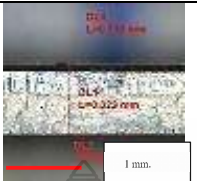
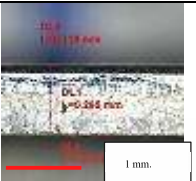
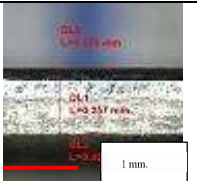
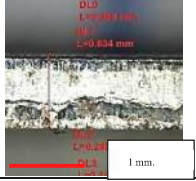
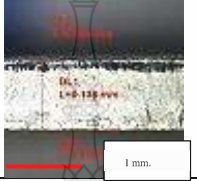

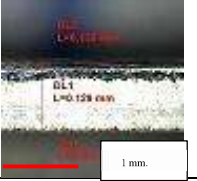
การทดลองกระบวนการตัดเฉาะจากรูปที่ 4.1 เมื่อนำมาส่องด้วยกล้องจะได้ภาพขอบตัดดังตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า ช่องว่างระหว่างคมตัด $C = 5, 10, 15$ และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในระนาบคายที่ $\theta = 0$ องศา สามารถตัดชิ้นงานออกมาได้ดี โดยไม่เกิดครีบกมของชิ้นงาน และไม่เกิดรอยตัดเฉาะขึ้นที่สอง เนื่องจากระนาบคายที่ 0 องศา มีแรงที่ส่งผ่านหน้าตัดตรง

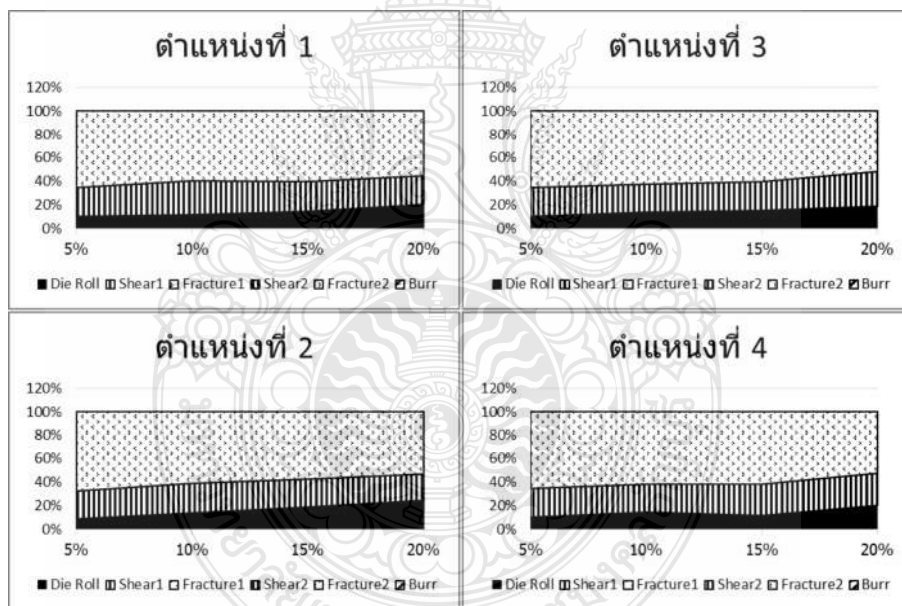
ของพื้นที่ ลงบนชิ้นงานมีความสม่ำเสมอทั้งรอบๆรัศมีพื้นที่และรัศมีตาย ที่ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคายน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะได้ระยะกินลึกมากกว่า 32-38 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคายที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ได้ระยะกินลึก 39 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่ได้ส่วนโค้งมนที่มากขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างคมตัดที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อทดลองใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคายที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ได้ระยะกินลึกที่ 45 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และได้ส่วนโค้งมนที่มากกว่าช่องว่างระหว่างคมตัด 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แสดงว่าช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุมีค่ามากเกินไป ดังนั้นช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัสดุ JAC590RN ที่ระนาบคาย 0 องศา คือ ช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ซึ่งได้แสดงเป็นรูปกราฟผังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งในการวิเคราะห์รอยขอบตัด

ตารางที่ 4.1 ภาพตัดด้านหน้าของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดแผ่นเปล่า (Blanking Process)

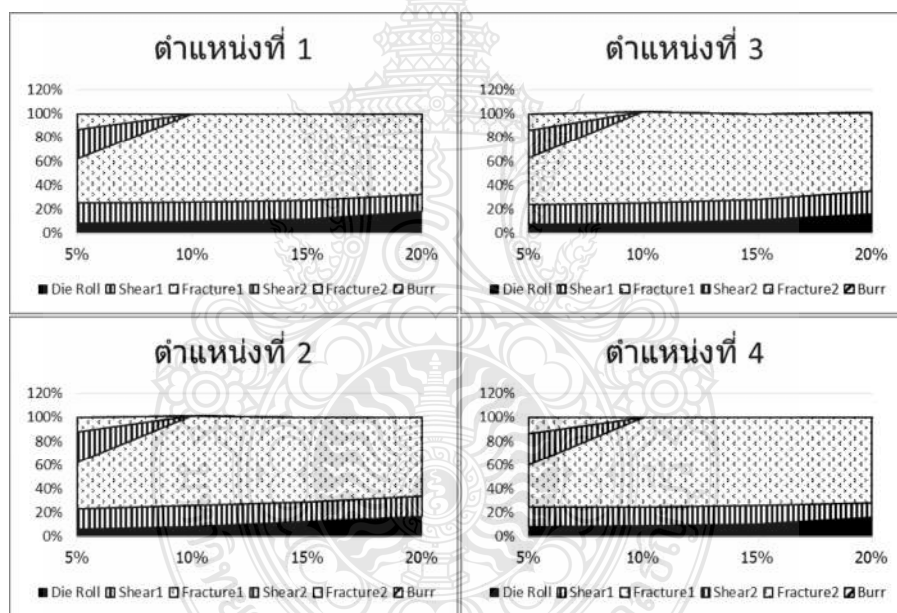
วัสดุ	ภาพขอบตัด Blanking มุมคมตัดคาย 0 องศา (θ)			
	5%	10%	15%	20%
JAC590RN				
JAC780Y				



รูปที่ 4.2 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดคาย 0 องศา

เมื่อทำการทดลองตัดเจาะ วัสดุ JAC780Y ที่ระนาบคาย 0 องศา ปรากฏว่าส่วนประกอบของขอบตัดแตกต่างจากวัสดุ JAC590RN อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 กรณีใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะเกิดรอยตัดเฉียงที่ 2 ขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายน้อยเกินไป จึงทำให้การแตกหักของวัสดุไม่มาบรรจบกันพอดี

เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และตาย เป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุปรากฏว่าได้คุณภาพของรอยขอบตัดที่ดีขึ้น คือ ไม่เกิดรอยตัดเฉียงที่สองขึ้น ระยะกินลึกอยู่ที่ 28 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จากนั้นได้ทำการทดลองเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่าได้ระยะกินลึกที่ 33 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากเมื่อวัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น ส่งผลให้ส่วนโค้งมนของขอบตัดน้อยลง จากคุณสมบัติทางกลของวัสดุ ที่มีค่าความต้านทานแรงดึงที่มากขึ้น ทำให้การแตกหักของวัสดุ สามารถทำได้ง่ายส่งผลให้ ระยะของส่วนแตกหักของรอยตัดมีมากขึ้นตามคุณสมบัติของวัสดุ ส่งผลให้ส่วนการตัดเฉียงน้อยลงไปด้วย ในส่วนของครีบกมปรากฏว่า ไม่เกิดครีบกมทุกช่องว่างระหว่างคมตัดที่ได้ทำการทดลอง ระยะช่องว่างของคมตัดที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในกรณีที่ใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะทำให้เกิดรอยตัดเฉียงที่สองเกิดขึ้น



รูปที่ 4.3 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 0 องศา

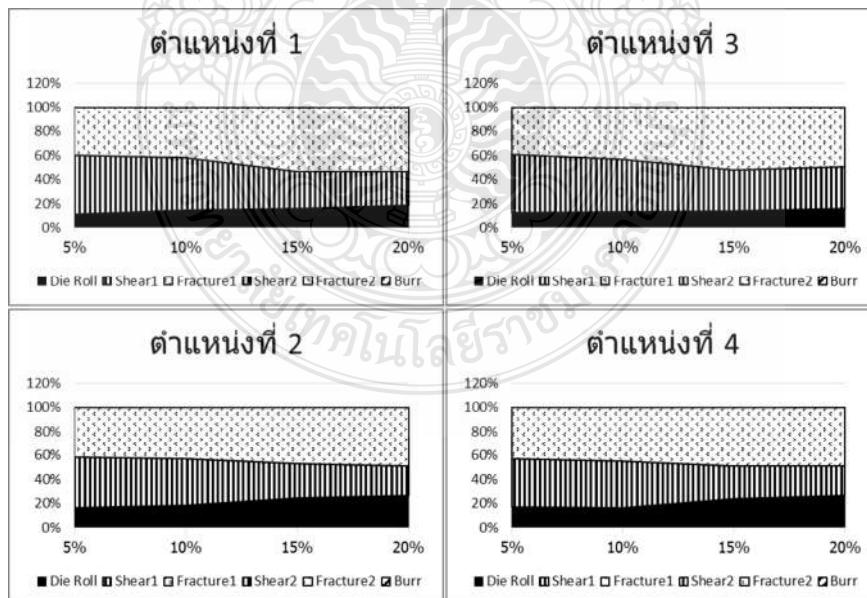
4.1.2 อิทธิพลของระนาบตายเฉียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด ในกระบวนการตัดเจาะ

จากการทดลองตัดเจาะชิ้นงานที่ระนาบตายเฉียงต่างๆ ตามรูปที่ 4.1 พบว่าคุณภาพของขอบตัดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในทุกๆ ระยะของช่องว่างระหว่างคมตัด ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เนื่องจากกลไกการตัดเฉือนในชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงโดยชิ้นงานจะเริ่มตันถูกตัดเฉือนจากตำแหน่งที่ 1 และสิ้นสุดของการตัดเฉือนในตำแหน่งที่ 3 เกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ทำให้ความเค้นที่

เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง การเริ่มเกิดรอยแตกในเนื้อวัสดุเป็นไปได้ยากขึ้น ส่งผลทำให้มีระยะการตัดเฉือนในเนื้อชิ้นงานมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าองศาของระนาบคดามีผลอย่างชัดเจนต่อคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน ดังนั้น เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาคุณภาพขอบตัดของชิ้นงานในอุตสาหกรรม จึงต้องมีการหาองศาและช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสม โดยการเปรียบเทียบคุณภาพของขอบตัดในส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง ส่วนฉีกขาด และครีบคม ที่เกิดจากกระบวนการตัดเฉือน

ตารางที่ 4.2 ภาพขอบตัดที่ระนาบ 0, 10 และ 15 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์

วัสดุ	ภาพขอบตัดชิ้นงานที่ระนาบคดต่างๆ (θ)		
	0°	5°	15°
JAC590RN			
JAC780Y			

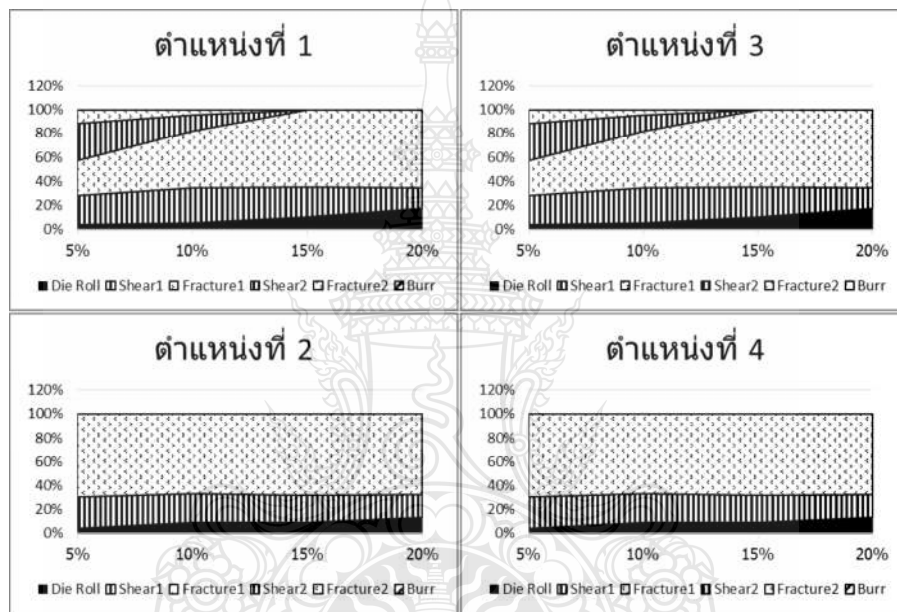


รูปที่ 4.4 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดคด 5 องศา

จากรูปที่ 4.4 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานที่ระนาบคาย $\theta = 5$ องศา สำหรับวัสดุ JAC590RN เมื่อเปรียบเทียบกับระนาบคายที่ 0 องศา (รูปที่ 4.2) ที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน พบว่าในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ขอบตัดมีการเปลี่ยนแปลงของระยะตัดเฉือนเพิ่มขึ้น ระยะกินลึกในตำแหน่งที่ 1 และ 3 อยู่ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน จุดกึ่งกลางของการตัดในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ได้ระยะกินลึกที่ 58 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน แต่ถ้าใช้ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดของฟันซ์และคาย มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายในการตัดในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ได้ระยะกินลึก 57 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในส่วนตำแหน่งการตัดเฉือนที่ 2 และ 4 เป็นจุดการตัดเฉือนที่อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของแม่พิมพ์พอดี โดยที่ผลรวมของส่วนโค้งมนและส่วนเรียบตรง จะอยู่ที่ 56 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน เมื่อทดลองใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ในตำแหน่งเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการตัดที่ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ได้ผลรวมของส่วนโค้งมนและส่วนเรียบตรง 47 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ที่จุดกึ่งกลางของการตัด ได้ระยะกินลึกที่ 52 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และที่ช่องว่างระหว่างคมตัดของฟันซ์และคาย 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะได้ระยะกินลึกในตำแหน่งที่ 1 และ 3 คิดเป็น 48 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จุดกึ่งกลางของการตัดในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ได้ระยะกินลึกที่ 50 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่เหมาะสมที่สุดของการตัดวัสดุ JAC590RN ที่ระนาบคาย 5 องศา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากถ้าเพิ่มช่องว่างที่มากขึ้นจะเกิดส่วนโค้งมนที่มากขึ้นตามลำดับ อาจส่งผลให้เกิดครีบกมได้ หากใช้งานแม่พิมพ์เป็นระยะเวลานาน

เมื่อนำมาทำการเปรียบเทียบรอยตัดสำหรับวัสดุ JAC780Y ในการตัดเฉือนที่ระนาบคายเอียง ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ซึ่งมีความแข็งที่มากขึ้นปรากฏว่า ขอบตัดของชิ้นงานมีความแตกต่างอย่างชัดเจน เมื่อเทียบกับวัสดุ JAC590RN เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดของฟันซ์และคาย น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุปรากฏว่าในตำแหน่งที่ 1 และ 3 เกิดรอยตัดเฉือนที่ 2 ขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ช่องว่างระหว่างคมตัดมีน้อยเกินไป และในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของแม่พิมพ์ ไม่ปรากฏรอยตัดเฉือนที่สอง แสดงให้เห็นว่า เมื่อแรงเค้นที่ฟันซ์กระทำกับชิ้นงานค่อยๆ ลดลงขณะชิ้นงานเริ่มขาดออกจากกัน จนความเค้นน้อยที่สุดในตำแหน่งกึ่งกลางของชิ้นงานจะทำให้ได้องค์ประกอบของขอบตัดที่สมบูรณ์ คือไม่มีรอยตัดเฉือนที่สอง แต่เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดระหว่างฟันซ์และคาย 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในทุกตำแหน่งที่การตัดไม่ปรากฏรอยตัดเฉือนที่สอง ตำแหน่งที่ 1 และ 3 ได้ระยะกินลึก 33-35 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ตำแหน่งที่ 2 และ 4 ได้ระยะกินลึกที่ 31 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และเมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่

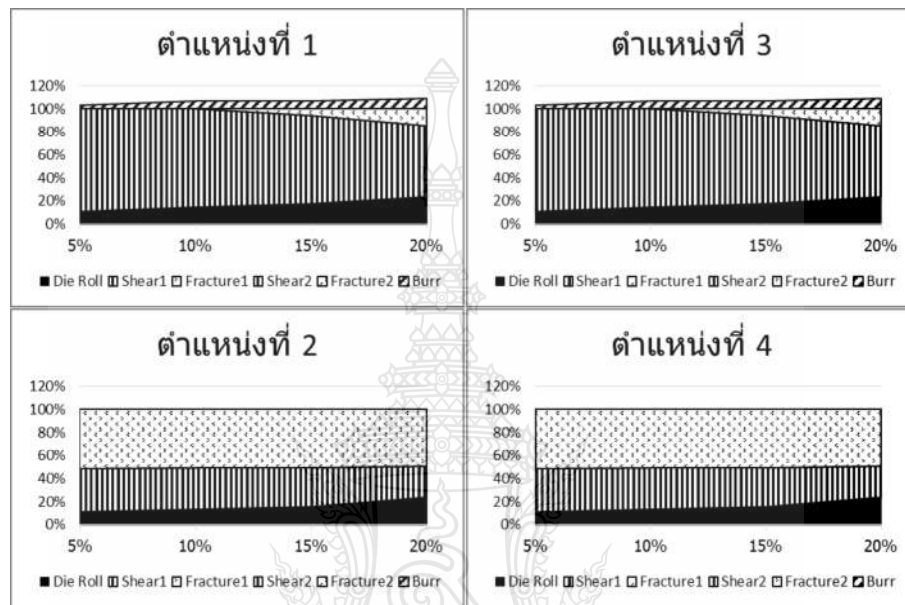
20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ระยะกินลึก 34 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ได้ระยะกินลึก 32 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จึงสามารถสรุปได้ว่า ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายมีผลต่อคุณภาพของขอบตัด และ องศาของการตัดมีผลต่อรอยตัดเฉือน เช่นเดียวกัน โดยเมื่อเพิ่มระนาบคายเอียงมาที่มุม 5 องศา สำหรับช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัสดุ JAC780Y อยู่ที่ 15-20 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากไม่เกิดรอยตัดเฉือนที่สองเกิดขึ้น และทุกช่องว่างระหว่างคมตัดไม่เกิดครีบกม



รูปที่ 4.5 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดคาย 5 องศา

จากนั้นทำการตัดชิ้นงานที่ระนาบคาย $\theta = 15$ องศา ดังแสดงในรูปที่ 4.6 จากการทดลองตัดวัสดุ JAC590RN ที่ระนาบคายเอียง 15 องศา ที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน ในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ขอบตัดมีการเปลี่ยนแปลงของระยะตัดเฉือนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ระยะกินลึกมีมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และเกิดครีบกม 3-7 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากช่องว่างระหว่างคมตัดของฟันซ์และคายน้อยเกินไป และครีบกมที่ได้จากช่องว่างที่น้อยเกินไปเกิดได้จากวัสดุไม่ได้แตกหักออกจากกัน ทำให้คมตัดฟันซ์ดันเนื้อวัสดุออกจากชิ้นงานจนกลายเป็นครีบกม ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ระยะกินลึก 48 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่ไม่เกิดครีบกมในตำแหน่งนี้ซึ่งเป็นจุดกึ่งกลางของการตัด และเมื่อใช้ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด

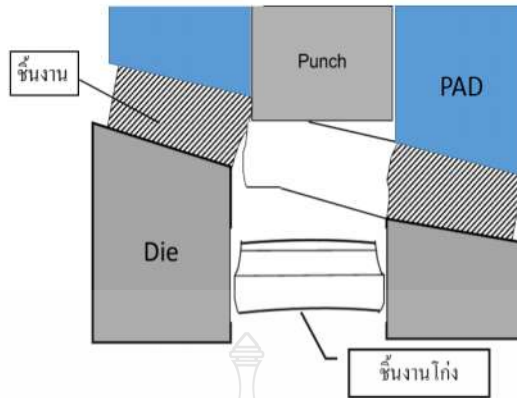
มากกว่า 15-20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ตำแหน่งที่ 1 และ 3 จะมีผลรวมของส่วนโค้งมนและการตัดเฉียงลดลงเมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่ 85เปอร์เซ็นต์ แต่จะเกิดครีบสูงขึ้น 7-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 ระยะกินลึกอยู่ที่ 48-50 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และไม่เกิดครีบคมในตำแหน่งนี้



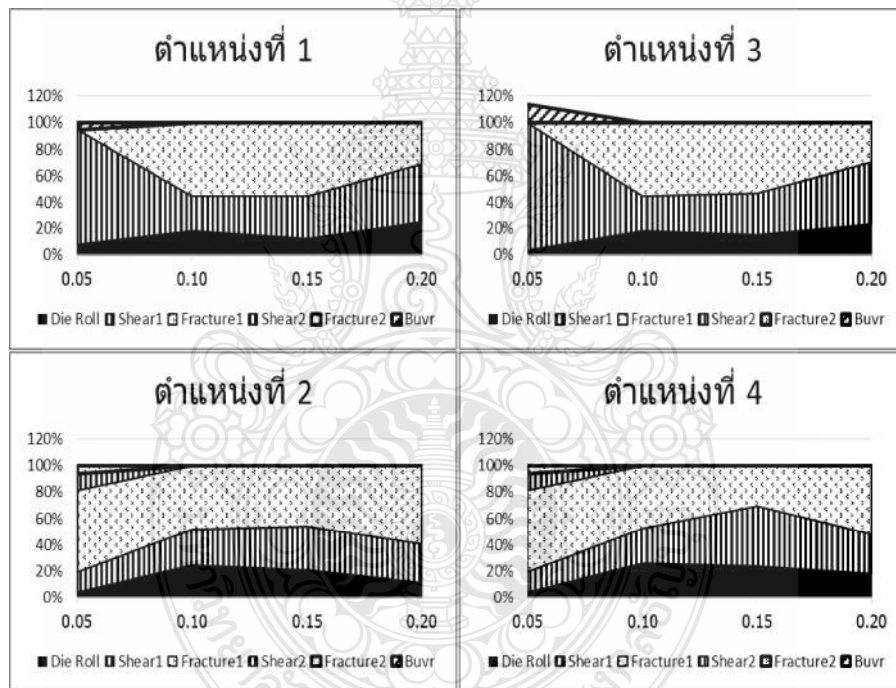
รูปที่ 4.6 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดคาย 15 องศา

ผลกระทบของมุมคายที่เอียงถึง 15 องศา ทำให้ชิ้นงานที่ได้จากการตัดเกิดการแอ่นตัวมีการตัดโค้งเปลี่ยนตามรูปที่ 4.7 เนื่องจากการตัดเฉียงที่เกิดขึ้นไม่พร้อมกันอันเนื่องจากระนาบเอียงของคาย ทำให้ผิวหน้าฟันซ์ในจังหวะที่ตกลงมาในคายทำหน้าที่เหมือนเป็นการกดตัดแผ่นชิ้นงานให้ไหลตามลงมาก่อนที่คมตัดฟันซ์ในตำแหน่งที่ 3 ทำการตัดสิ้นสุดลง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่เหมาะสมที่สุดในกระบวนการตัดเจาะที่ระนาบคายเอียง 15 องศา คือ 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่กรณีในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์โดยทั่วไป กำหนดไว้ให้ยอมรับความสูงของครีบคมได้ ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ดังนั้น ช่องว่างระหว่างคมตัด ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของวัสดุก็สามารถใช้ได้ ในอุตสาหกรรมยานยนต์ ในส่วนของการตัดแผ่นเปล่า (Blanking Process) ผู้วิจัย ไม่แนะนำให้ใช้ระนาบคายเอียงที่ 15 องศา ทำการตัดด้วยฟันซ์ตรง เนื่องจากชิ้นงานแผ่นเปล่าอาจโค้งงอเสียรูป ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการขึ้นรูปวัสดุในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.7 การตัดเฉือนไม้พร้อมกันของคมตัดพื้นที่ตกลงบนระนาบคายเอียง



รูปที่ 4.8 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 15 องศา

ในส่วน of วัสดุ JAC780Y เมื่อทำการตรวจวัดขอบตัดชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 ปรากฏว่า ส่วนประกอบของขอบตัดมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับวัสดุ JAC590RN ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า กรณีที่ตายมีระนาบเอียง 15 องศา ที่ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคาย 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ระยะกินลึกในตำแหน่งที่ 1 และ 3 มีถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากช่องว่างระหว่างคม

ตัดที่น้อยเกินไป และเกิดครีบคมในตำแหน่งนี้ 5-13 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากแรงเค้นที่ พันซ์กดลงบนจุดๆเดียวทำให้เกิดการเหินขึ้นงานลงบนคมตัดคายอย่างต่อเนื่อง ครีบคมที่เกิดขึ้นเป็น ผลจากช่องว่างระหว่างคมตัดพันซ์และคายที่น้อยเกินไป ทำให้เกิดครีบคมได้จากที่พันซ์ดันเนื้อวัสดุ ออกจากชิ้นงานจนเกิดเป็นครีบคม ส่วนในตำแหน่งที่ 2 และ 4 เกิดมีรอยตัดเหินที่สองเกิดขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างคมตัดพันซ์และคายน้อยเกินไปเช่นกัน

เมื่อทำการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดพันซ์และคายมาที่ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ของความ หนาวัสดุ ไม่เกิดรอยตัดเหินที่สองในทุกตำแหน่งการตัด ระยะกินลึกในทุกตำแหน่ง อยู่ที่ 44-54 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เมื่อทำการเพิ่มช่องว่างไปจนถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ได้ระยะกินลึกในตำแหน่งที่ 1 และ 3 เพิ่มขึ้นเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่จะมี ส่วนโค้งมนที่มากขึ้น เกิดได้จากช่องว่างระหว่างคมตัดของพันซ์และคายที่มีมากเกินไป ส่วนใน ตำแหน่งที่ 2 และ 4 ได้ระยะกินลึกที่ 40-48 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

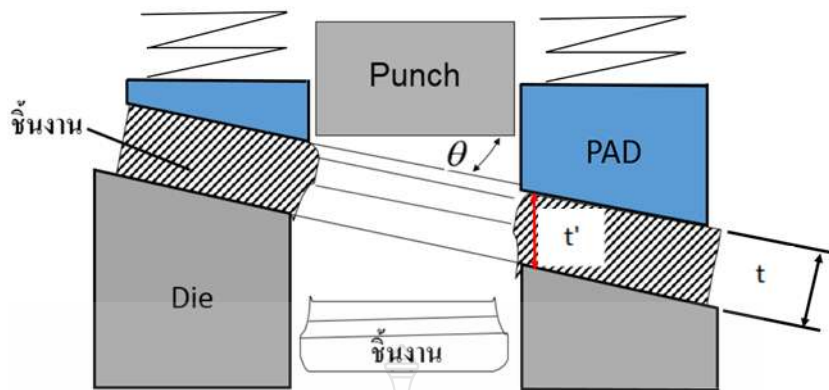
ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ช่องว่างระหว่างคมตัดพันซ์และคายที่เหมาะสมที่สุดในการตัด วัสดุ JAC780Y อยู่ระหว่าง 10-15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากไม่ทำให้เกิดครีบคมและ รอยตัดเหินที่สอง แต่ถ้าช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ยังมีโอกาส ที่จะเกิดรอยตัดเหินที่สองได้แต่คงน้อยกว่าวัสดุ JAC590RN เนื่องจากวัสดุที่อ่อนกว่าโอกาสของรอย แตกของขอบตัดมีน้อยกว่าวัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่า ส่วนในกรณีที่ช่องว่างระหว่างคมตัด มากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ยังคงสามารถใช้ในการตัดเหินได้ แต่บริเวณส่วนโค้งมนมี มากขึ้นเนื่องจากระยะช่องว่างระหว่างคมตัดที่มาก อาจส่งผลในระยะยาวที่ส่งผลให้เกิดครีบคมขึ้นได้ เมื่อพันซ์และคายเกิดการสึกหรอ

4.1.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระนาบคายเอียงกับช่องว่างระหว่างคมตัด ในกระบวนการตัดเจาะ

องศาการตัดของระนาบคายที่เพิ่มขึ้นตามรูปที่ 4.9 ส่งผลกระทบบให้ช่องว่างระหว่าง คมตัดน้อยลงเนื่องจากการเอียงองศา ทำให้ชิ้นงานมีความหนาเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 โดย t คือ ความหนาของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณช่องว่างระหว่างคมตัด และ t' คือความหนาที่เพิ่มขึ้นเมื่อมี การเอียงองศาของระนาบคาย

ตารางที่ 4.3 ช่องว่างของคมตัดพันซ์และคาย ในกระบวนการตัดเจาะ ที่ระนาบต่างกัน

θ \ %C	t (mm.)	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
0	1	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
5	1.004	4.98%	9.96%	14.94%	19.92%
15	1.035	4.83%	9.65%	14.48%	19.30%

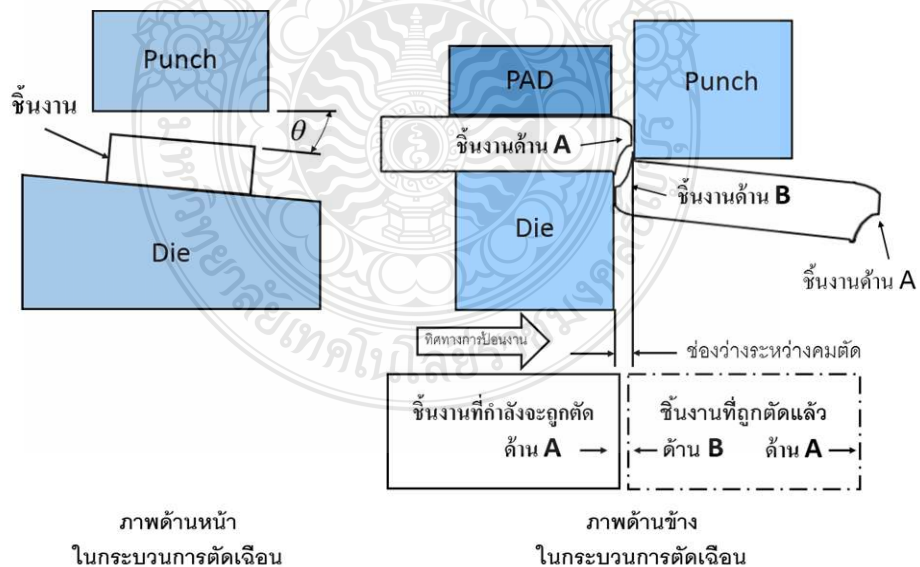


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของความหนาชิ้นงานกับระนาบคดเอียง ในกระบวนการตัดเฉาะ

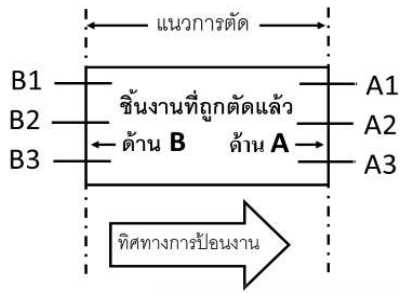
4.2 วิเคราะห์ผลจากกระบวนการตัดเฉาะ

4.2.1 อิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัดจากกระบวนการตัดเฉาะ สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง

ผลที่ได้ออกมาจะแตกต่างกับกระบวนการตัดเฉาะ เนื่องจากการจับยึดชิ้นงานที่แตกต่างกัน โดยแม่พิมพ์ตัดเฉาะมีแผ่นจับยึดชิ้นงานเพียงด้านเดียว ขึ้นอยู่กับลักษณะงานแต่ละประเภท ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 4.10 จุดที่ทำการตรวจวัดรอยขอบตัดชิ้นงาน แสดงไว้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 ลักษณะการตัดขาดของชิ้นงาน



ตำแหน่ง A1,B1 คือ จุดเริ่มต้นในกระบวนการตัดเฉือน
 ตำแหน่ง A2,B2 คือ จุดกึ่งกลางของแม่พิมพ์ในกระบวนการตัดเฉือน
 ตำแหน่ง A3,B3 คือ จุดสุดท้ายในกระบวนการตัดเฉือน

รูปที่ 4.11 ตำแหน่งในการตรวจวัดชิ้นงาน

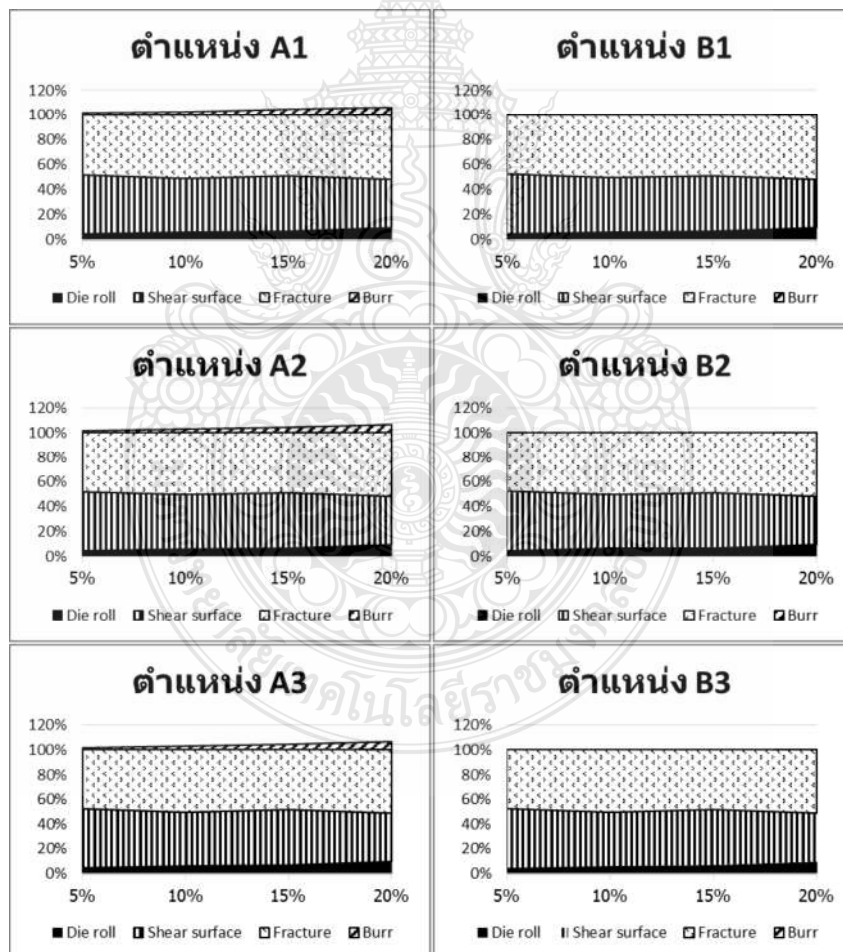
ขอบตัดของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ทุกช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายและทุกระนาบคายเอียง มีผลต่อคุณภาพของขอบตัด

ตารางที่ 4.4 ภาพตัดด้านหน้าของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือน

วัสดุ	ด้าน	ภาพขอบตัด Cutting มุมคมตัดคาย 0 องศา (Θ)			
		5%	10%	15%	20%
JAC590RN	A				
	B				
JAC780Y	A				
	B				

จากผลการทดลอง ของวัสดุ JAC590RN จากกระบวนการตัดเฉือนที่ระนาบคายเอียง 0 องศา เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลมาใส่ในกราฟตามรูปที่ 4.12 ปรากฏว่า ในกระบวนการตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ มีแนวโน้มขอบตัดที่แตกต่างออกไปจากกระบวนการตัดเฉือน กระบวนการตัดเฉือนในตำแหน่งที่ A1-A3 วัดระยะกินลึกได้ 52 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับความหนาของวัสดุ และเกิดครีบคม 1.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนด้าน B1-B3 ได้

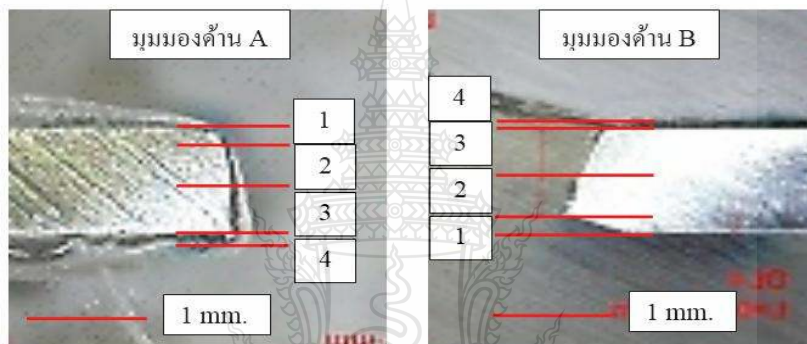
ระยะกินลึก 52 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ซึ่งเท่ากับด้าน A1-A3 แต่จะไม่มีครีบกมในด้านนี้ เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคายเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ได้ระยะกินลึกของด้าน A1-A3 เท่ากับ 49.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ มีครีบกม 3 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และด้าน B1-B3 มีระยะกินลึก 49.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และไม่เกิดครีบกม เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดระหว่างพื้นซ์และคายที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในด้าน A1-A3 ได้ระยะกินลึก 51 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เกิดครีบกม 4.75 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่วนด้าน B1-B3 ได้ระยะกินลึกที่เท่ากัน แต่ไม่เกิดครีบกมของชิ้นงาน จากนั้นทดลองที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในด้าน A1-A3 ได้ระยะการกินลึกที่ 48.65 เปอร์เซ็นต์ มีครีบกม 6.75 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่วนด้าน B1-B3 ได้ระยะกินลึกที่เท่ากัน แต่ไม่เกิดครีบกม



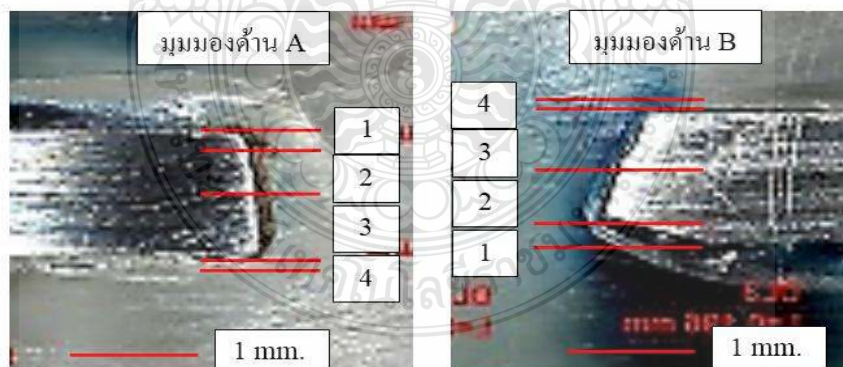
รูปที่ 4.12 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RNมุมคมตัดคาย 0 องศา

จากข้อมูลในข้างต้น มีสามารถอธิบายได้คือ เมื่อมีการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย จะได้ส่วน ไ้คงมนมากขึ้นและส่วนการตัดเนื้อที่มากลง ทำให้ผลระยะกินลึกลดลงตามลำดับเมื่อมีการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์แลคาย ส่วนในกรณีที่เกิดครีบกมเพียงด้านเดียวในตำแหน่งที่ A1-A3 เนื่องจากด้านนี้มีการจับยึดของแผ่นเหยียบชิ้นงาน ทำให้แม่พิมพ์มีองค์ประกอบครบในการทำงาน ในกรณีของด้าน B1-B3 ชิ้นงานจะถูกฟันซ์ดันลงบนคมตัดแม่พิมพ์ตัวล่างจนฉีกขาดและแตกออกจากกัน ทำให้ไม่เกิดครีบกมในทุกช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่ได้ทำการทดลอง

แต่ทั้งนี้ผิวขอบตัดทั้งสองด้านยังมีความแตกต่างอย่างชัดเจน โดยพิจารณาจากรูปที่ 4.13 และ รูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 ขอบตัด Shearing วัสดุ JAC590RN มุมคมตัดคาย 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 %

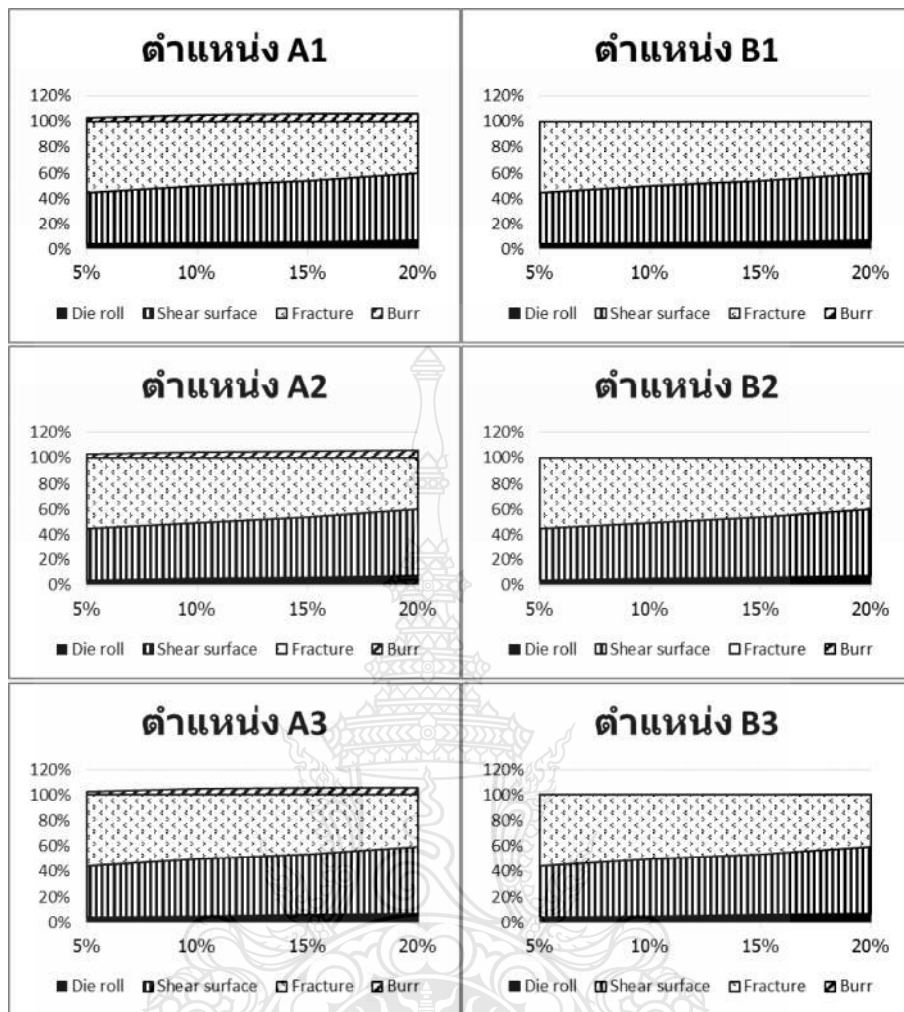


รูปที่ 4.14 ขอบตัด Shearing วัสดุ JAC780Y มุมคมตัดคาย 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 %

จากรูปที่ 4.13 และ รูปที่ 4.14 1) ส่วนไ้คงมน 2) ส่วนตัดเนื้อ
3) ส่วนฉีกขาด 4) ส่วนครีบกม

ในตำแหน่งด้าน A จะมีความฉากมากกว่า ด้านที่มีตำแหน่งด้าน B เนื่องจากด้าน A จะมีแผ่นจับยึดชิ้นงานทำให้ชิ้นงานอยู่กับที่ ส่วนด้าน B ชิ้นงานจะลอยอยู่ในอากาศ ทำให้ชิ้นงานที่โดนแรงตัดเฉือนจะมีแรงเค้นบริเวณขอบตัดมากจนกระทั่งขาดออกจากกัน โดยผิวขอบตัดที่ได้ จะมีความฉากน้อยกว่า ด้านที่มีแผ่นจับยึดชิ้นงานการเกิดครีบกมในกระบวนการตัดเฉือนทุกช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย จะเกิดขึ้นในด้าน A โดยมีแนวโน้มที่มากขึ้นเมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย แต่ในด้าน B ไม่เกิดครีบกมขึ้น แต่ผิวขอบตัดจะไม่ได้ฉาก เนื่องจากไม่มีการจับยึดของแผ่นกดชิ้นงาน ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการตัดเฉือนเมื่อคายอยู่ในระนาบ 0 องศาอยู่ที่ 5 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากมีครีบกมที่น้อยที่สุด แต่ในกรณีที่ชิ้นงานในอุตสาหกรรมที่ระบุครีบกมไม่เกิน 10 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ สามารถใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดได้มากถึง 20 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

เมื่อทำการทดลองวัสดุ JAC780Y ในกระบวนการตัดเฉือนที่มุมคมตัดคาย 0 องศา ตามรูปที่ 4.15 ปรากฏว่า ส่วนประกอบของขอบตัดมีความแตกต่างจากวัสดุ JAC590RN คือ ส่วนโค้งมนจะน้อยกว่าวัสดุ JAC590RN แต่ส่วนการตัดเฉือนจะมีเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัด เมื่อทำการทดลองที่ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่ 5 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ด้าน A1-A3 ได้ระยะการกินลึก 44.68 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และเกิดครีบกม 2.78 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่วนด้าน B1-B3 ได้ระยะการกินลึกเท่ากันแต่ไม่เกิดครีบกมในด้านนี้ เมื่อทดลองเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายมาที่ 10 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่าในด้าน A1-A3 ได้ระยะการกินลึก 49.8 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และมีครีบกม 4.78 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่วนด้าน B1-B3 ได้ระยะการกินที่เท่ากันและไม่เกิดครีบกม จากนั้นทำการทดลองต่อในช่องว่างระหว่างคมตัดของฟันซ์และคายที่ 15 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A1-A3 ได้ระยะการกินลึกที่มากขึ้นจากเดิมโดยวัดค่าได้ที่ 53.8 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ มีครีบกม 5.53 เพอร์เซ็นต์ ส่วนในด้านด้าน B1-B3 ได้ระยะการกินลึกที่เท่ากัน แต่ไม่เกิดครีบกม ต่อไปเป็นการทดลองสุดท้ายที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายที่ 20 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่าได้ระยะการกินลึก 60 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เกิดครีบกม 5.83 เพอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่วนด้าน B1-B3 ได้ระยะการกินลึกที่เท่ากันและไม่เกิดครีบกมของชิ้นงานในด้านนี้



รูปที่ 4.15 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดตาย 0 องศา

จากผลการทดลองตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y ตามข้อมูลข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่า วัสดุมีความแข็งมากขึ้น เมื่อปรับตั้งชิ้นงานลงไปอัดกับตาย ส่วนของการยึดทำได้น้อยลง แต่จะเกิดแรงต้านจากคมตัดพื้นซ์และตาย พยายามหลีกเลี่ยงชิ้นงานให้ขาดออกจากกัน ส่งผลให้รอยฉีกขาดมากกว่ารอยตัดเฉือนในการทดลองที่ช่องว่างระหว่างคมตัดน้อย แต่เมื่อช่องว่างระหว่างคมตัดมากขึ้นทำให้เกิดรอยตัดเฉือนที่มากขึ้น เนื่องจากมีช่องว่างเพียงพอให้วัสดุไหลไปตามช่องว่างระหว่างคมตัด ช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับวัสดุ JAC780Y อยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เนื่องจากเกิดส่วนของครีบกมที่น้อยที่สุด และสามารถเพิ่มได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในกรณีที่ชิ้นงานมีข้อกำหนดให้มีครีบกมได้ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

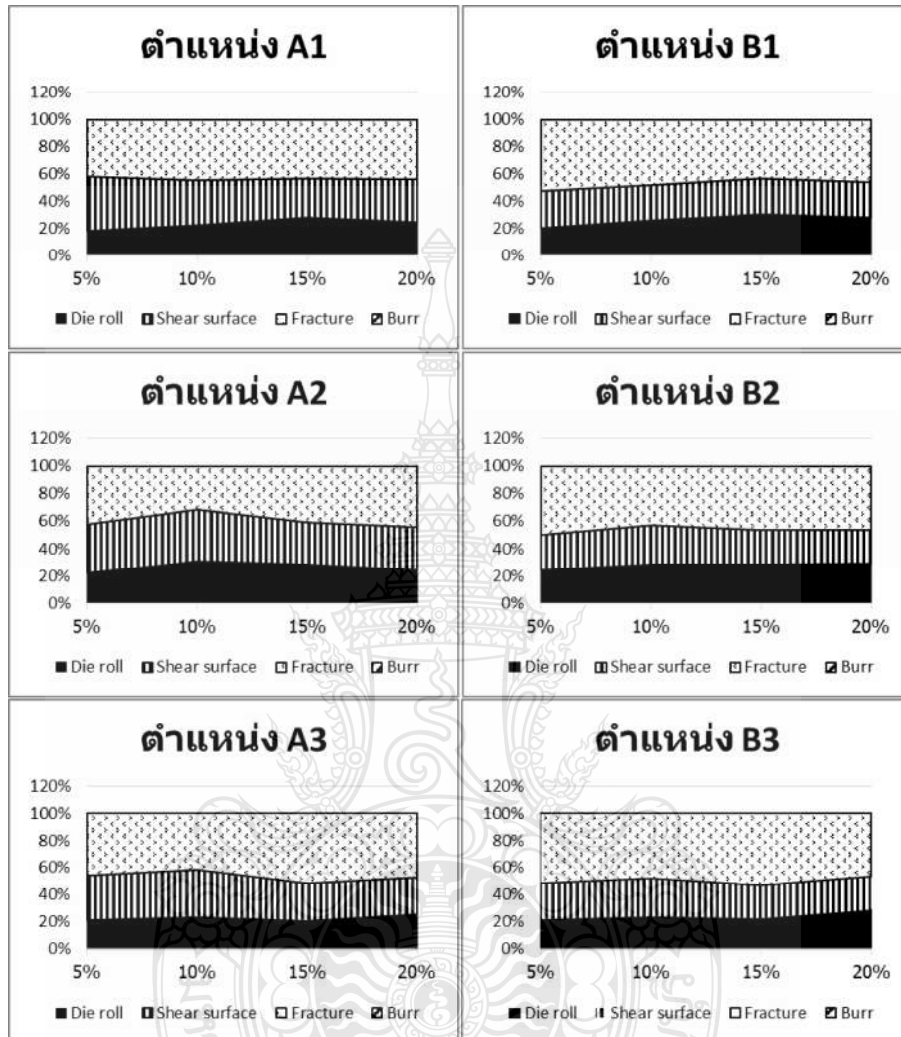
4.2.2 อิทธิพลของระนาบคายเอียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด จากกระบวนการตัดเฉือน

จากการทดลองตัดชิ้นงานจากกระบวนการตัดเฉือนที่ระนาบคายเอียง 5 องศา ตามภาพประกอบในตารางที่ 4.5 เมื่อนำมาบันทึกข้อมูลลงในกราฟตามรูปที่ 4.16 ในกรณีที่ใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคายที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 มีระยะในการกินลึกที่ค่อนข้างเท่ากัน เนื่องจากเมื่อคมตัดคายเอียง จึงเกิดเป็นการเฉือนชิ้นงานออกจากกัน และวัดระยะการกินลึกได้ที่ 47-58 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ไม่เกิดครีบกมทั้งสองด้านของชิ้นงาน จากนั้นเมื่อทำการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคายมาที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ทั้งด้าน A1-A3 และ B1-B3 มีแนวโน้มของรอยตัดเฉือนไปในทิศทางเดียวกัน ทำการวัดระยะการกินลึกของชิ้นอยู่ที่ 57-68 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และไม่เกิดครีบกมทุกตำแหน่งการตัด เมื่อทำการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคายที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะได้ผลรวมของระยะกินลึกในตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 ที่ 56-58 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ไม่เกิดครีบกมทุกตำแหน่งการตัด ตัวแปรสุดท้ายที่ใช้ในการตัดเฉือนที่ระนาบคายเอียง 5 องศา คือ ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคายที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่า ในตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 วัดระยะการกินลึกได้ 53-55 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ไม่เกิดครีบกมในทุกตำแหน่งการตัด

ตารางที่ 4.5 ภาพตัดด้านข้างของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือนมุมคมตัดคาย 5 องศา

วัสดุ	ด้าน	ภาพขอบตัด Cutting มุมคมตัดคาย 5 องศา (Θ)			
		5%	10%	15%	20%
JAC590RN	A				
	B				
JAC780Y	A				
	B				

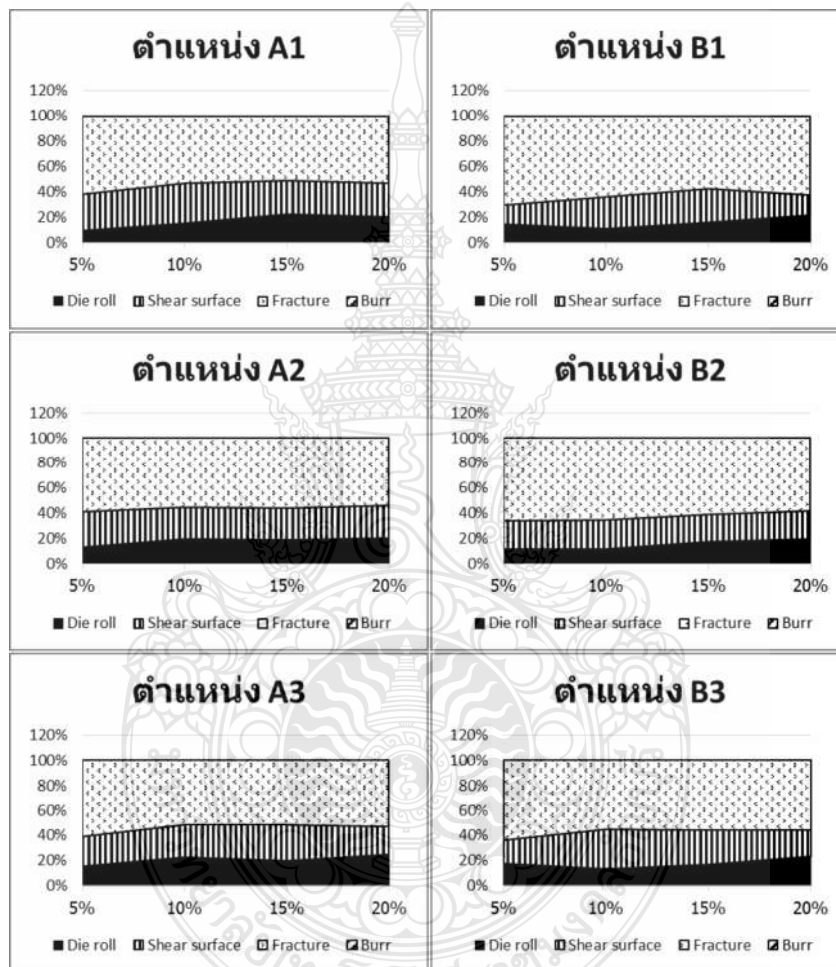
จากข้อมูลการตัดเนื้อวัสดุ JAC590RN ที่มุมคมตัดตาย 5 องศา



รูปที่ 4.16 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดตาย 5 องศา

สามารถอธิบายได้ว่า ส่วนประกอบของขอบตัดมีความแตกต่างจากชิ้นงานที่ได้จากการตัดที่ระนาบตายเพียง 0 องศา โดยวัสดุชิ้นงาน JAC590RN มีส่วนโค้งมนที่เพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน ในตำแหน่ง A1 และ B1 เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการตัด และชิ้นงานจะหลุดออกจากกัน ในตำแหน่ง A3 และ B3 เมื่อระนาบตายเพียง จะเรียกกระบวนการนี้ว่า กระบวนการตัดเนื้อโดยใช้แม่พิมพ์ตัด ซึ่งคมตัดของฟันจะสัมผัสและกดชิ้นงานเพียงจุดเดียว ทำให้ชิ้นงานด้านที่ไม่มีแผ่นจับยึดชิ้นงานเกิดการโค้งงอเล็กน้อย เมื่อมีการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัด ส่วนโค้งมนจะเกิดมากขึ้น ส่วนตัดเนื้อ

น้อยลง การฉีกขาดน้อยลง และไม่เกิดครีบคมทุกช่องว่างระหว่างคมตัด ช่องว่างที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการตัดเฉือนในระนาบคายเอียง 5 องศา สำหรับวัสดุ JAC590RN อยู่ที่ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ถ้าเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดไปที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ สามารถตัดชิ้นงานได้ แต่จะเกิดส่วนโค้งมนที่มาก และอาจเกิดครีบคมได้ กรณีฟันซ์และคายมีความลึกหรือจากการตัด



รูปที่ 4.17 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Yมุมคมตัดคาย 5 องศา

ในส่วน of วัสดุ JAC780Y เมื่อทำการตัดเฉือนที่มุมคายเอียง 5 องศา ตามรูปที่ 4.17 มีแนวโน้มใกล้เคียงกับวัสดุ JAC590RN คือ รอยของตัดทั้งสองข้างใกล้เคียงกันและไม่เกิดครีบคมทุกช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย โดยที่ที่ช่องว่างระหว่างคมตัดระหว่างฟันซ์และคาย 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 วักระยะการกินลึกได้ 28-39 เปอร์เซ็นต์ของความ

หนาวัสดุ เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดของฟันซ์และคายเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะได้ระยะการกินลึกของตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 เป็น 34-44 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จากนั้นเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดเป็น 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 ได้ระยะการกินลึก 38-49 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่วนช่องว่างระหว่างคมตัดที่ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A1-A3 และ B1-B3 ได้ระยะการกินลึก 38-46 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

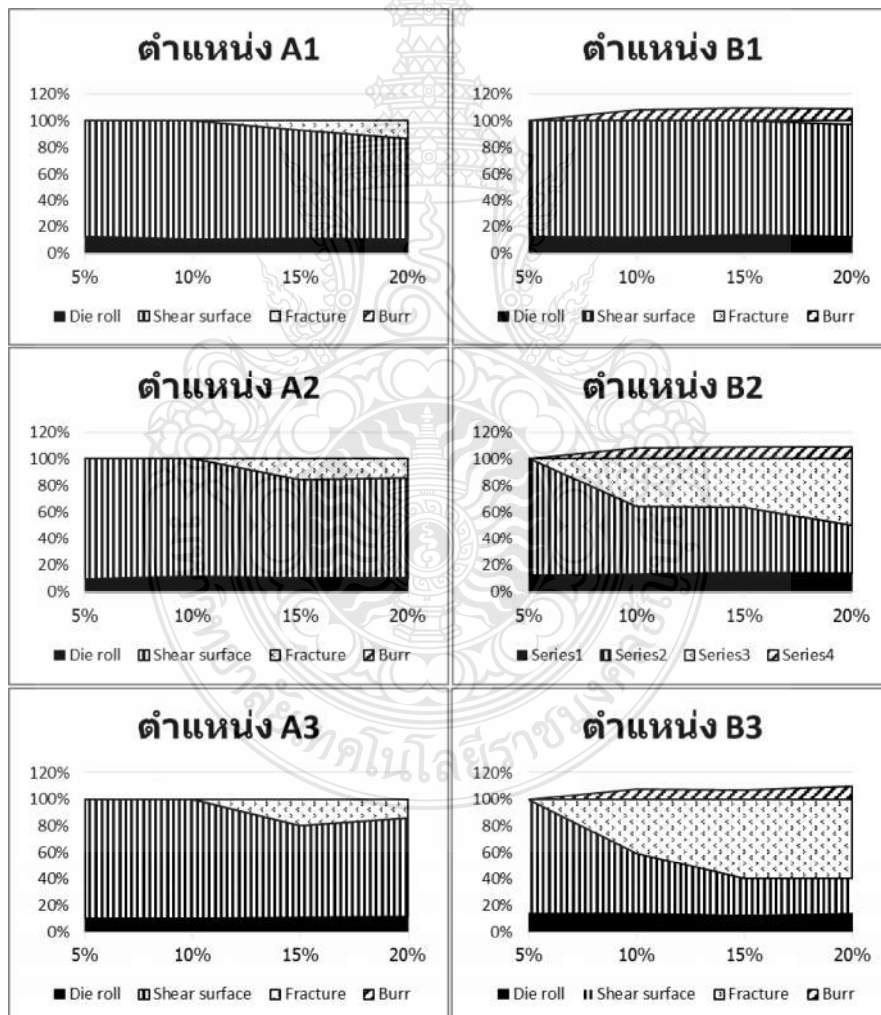
จากข้อมูลการทดลองการตัดเฉือนสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด JAC780Y จะมีลักษณะของรอยตัดแตกต่างจากวัสดุ JAC590RN คือ ส่วนโค้งมนน้อยกว่า ส่วนการตัดเฉือนน้อยกว่า และเกิดส่วนฉีกขาดมากกว่า ไม่เกิดครีบกมทุกช่องว่างระหว่างคมตัด เนื่องจากจากวัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่า ทำให้เกิดการแตกหักที่ง่ายกว่าวัสดุอ่อน ช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสม อยู่ที่ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ถ้าเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดไปถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะเกิดส่วนโค้งมนที่มากขึ้น กรณีไม่มีผลกระทบกับชิ้นงานสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ กรณีที่วัสดุมีความแข็งแรงมากขึ้น

ตัวแปรสุดท้ายที่ใช้ในกระบวนการทดลองการตัดเฉือนคือ การตัดเฉือนที่มุมคมตัดคายเอียง 15 องศาปรากฏว่า ส่วนประกอบของขอบตัดมีความแตกต่างอย่างชัดเจน ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ภาพตัดด้านข้างของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการตัดเฉือนมุมคมตัดคาย 15 องศา

วัสดุ	ด้าน	ภาพขอบตัด Cutting มุมคมตัดคาย 15 องศา (θ)			
		5%	10%	15%	20%
JAC590R	A				
	B				
JAC780Y	A				
	B				

จากผลการทดลอง ของวัสดุ JAC590RN จากกระบวนการตัดเฉือนที่ระนาบคายเอียง 15 องศา เมื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลมาใส่ในกราฟตามรูปที่ 4.18 ที่ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคาย 5-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ มีแนวโน้มขอบตัดที่แตกต่างออกไปจากกระบวนการตัดเจาะ กระบวนการตัดเฉือนในระนาบคาย 0 และ 5 องศา ในตำแหน่งที่ A1-A3 วัดระยะการกินลึกได้ 100 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับความหนาของวัสดุ ไม่เกิดครีบคมในตำแหน่งนี้ ส่วนด้าน B1 ที่ช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นซ์และคาย 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ได้ระยะการกินลึก 100 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดมาที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ทำให้เกิดครีบคม 8.4 เปอร์เซ็นต์ ตำแหน่ง B2 วัดระยะการกินลึกได้ 64 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และตำแหน่ง B3 วัดระยะการกินลึกได้ 59 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ



รูปที่ 4.18 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC590RNมุมคมตัดคาย 15 องศา

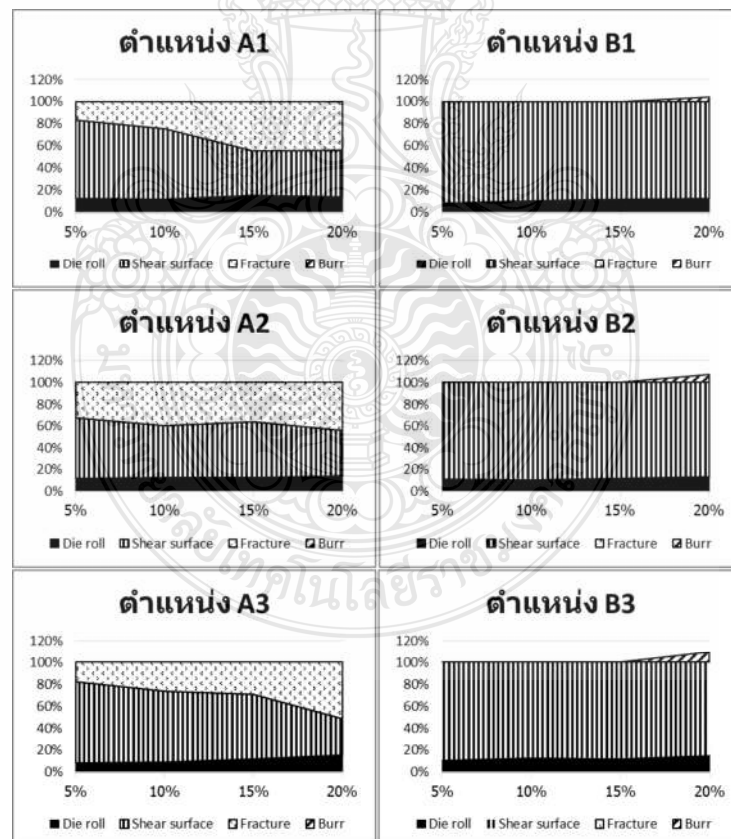
เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย 15-20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A1 ระยะการกินลึกจะอยู่ที่ 86-92 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และจะลดลงในตำแหน่ง A2 จะได้ระยะการกินลึก 85 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง A3 ซึ่งเป็นจุดสุดท้ายในการตัด วัดระยะการกินลึกได้ 80-86 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ทั้งนี้ส่วนประกอบของขอบตัดด้าน B จะได้ระยะการกินลึกที่แตกต่างออกไป โดยในตำแหน่ง B1 ได้ระยะการกินลึก 100 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่จะมีครีป 8-9.7 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่ง B2 ได้ระยะการกินลึก 50-63 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ มีครีปคม 9.1 เปอร์เซ็นต์ และตำแหน่งสุดท้ายของการตัดที่ B3 ได้ระยะการกินลึก 40 เปอร์เซ็นต์ มีครีปคม 6-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

จากข้อมูลการตัดเดือนวัสดุ JAC590RN มุมคมตัดคายที่ 15 องศา สามารถอธิบายได้ดังนี้ ส่วนของขอบตัดในด้าน A เป็นด้านที่มีแผ่นจับยึดชิ้นงาน มีส่วนโค้งมน ที่ได้จากการตัดค่อนข้างเท่ากันในทุกช่องว่างระหว่างคมตัด และได้ส่วนเรียบตรงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในช่องว่างระหว่างคมตัด 5-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จากนั้นจะเกิดรอยฉีกขาดของชิ้นงาน เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดเป็น 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 สาเหตุที่ทำให้เกิดรอยตัดเดือนมากเนื่องจาก มุมในการตัดที่มากขึ้น ทำให้การกดของฟันซ์กดลงบนจุดๆเดียวที่เล็กกว่าระนาบคาย 5 องศา ส่งผลให้เกิดการเหินเนื้อชิ้นงาน และความเค้นบริเวณจุดกดตัดมีมาก แรงเค้นที่เกิดขึ้นมีใน 2 ทิศทางคือ ในแนวตั้งทิศทางการกดตัด และในแนวระนาบจะเป็นแรงด้านจากเนื้อวัสดุ ในตำแหน่ง B1 เป็นจุดที่ขาดออกจาก ตำแหน่ง A1 ชิ้นงานเกิดครีปคม เนื่องจากการเหินวัสดุจนขาดออกจากกัน ในกรณีของตำแหน่ง A3 และ B3 เกิดครีปคมจากการแตกหักของวัสดุ เนื่องจาก ไม่มีแผ่นจับยึดชิ้นงาน ช่องว่างที่เหมาะสมที่สุดในการตัดเดือนที่ระนาบคาย 15 องศา สำหรับวัสดุ JAC590RN อยู่ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และชิ้นงานจะต้องอยู่ภายใต้การจับยึดของแม่พิมพ์

จากการทดลองตัดชิ้นงานจากกระบวนการตัดเดือนที่ระนาบคายเพียง 15 องศา ในส่วนของวัสดุ JAC780Y ดังแสดงที่รูปที่ 4.19 เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์จะได้ส่วนประกอบของขอบตัดในตำแหน่ง A1-A3 ที่ 55-83 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เมื่อเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคายเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะได้ระยะกินลึก 48-55 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในตำแหน่งการตัดด้าน A ไม่เกิดครีปคมจากกระบวนการตัดเดือน เมื่อทำการวัดด้าน B1-B3 ที่ช่องว่างระหว่างคมตัดฟันซ์และคาย น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ปรากฏว่ามีระยะการกินลึก 100 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และไม่เกิดครีปคม แต่ถ้าเพิ่มช่องว่างระหว่าง

คมตัดระหว่างฟันซ์และดาเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะทำให้เกิดครีบคม 4.2-9.5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

จากข้อมูลการตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดดาที่ 15 องศา สามารถอธิบายได้ดังนี้เมื่อทำการตัดเฉือนในกระบวนการตัดเฉือนจะมีลักษณะของรอยตัดแตกต่างจากวัสดุ JAC590RN คือ ส่วนโค้งมนมีน้อยกว่าจากวัสดุที่มีความแข็งที่มากขึ้น มีการแตกหักของวัสดุ ในด้าน A และไม่เกิดครีบคม ในตำแหน่ง A2 เกิดการแตกหักมากกว่าตำแหน่ง A1 และ A3 เนื่องจากความเค้นบริเวณนี้น้อยกว่าจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของการตัด ทำให้ได้รอยตัดเฉือนที่น้อย และมีการแตกหักมากขึ้นต่างจากด้าน B จะมีส่วนรอยตัดเฉือนมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของชิ้นงาน เนื่องจากไม่มีการยึดตรึงของแผ่นจับยึดชิ้นงาน แรงเค้นที่ได้จากการกดของฟันซ์ ดันชิ้นงานลงไป ในตำแหน่งเดียวทำให้เกิดการดันเนื้อวัสดุจนขาดออกจากกัน และไม่เกิดครีบคม ในช่องว่างระหว่างคมตัด 5-15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ แต่ถ้าเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดไปถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะเกิดครีบคมขึ้น เนื่องจากช่องว่างระหว่างคมตัดที่มากเกินไป



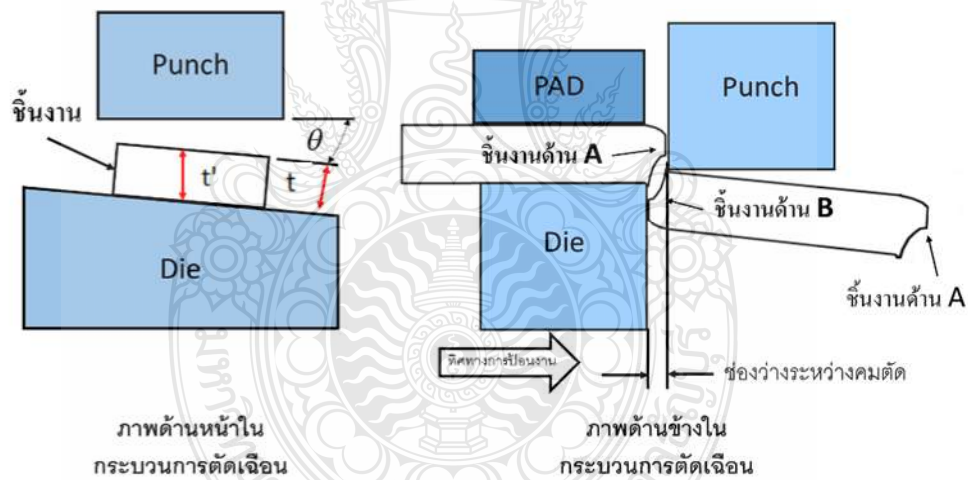
รูปที่ 4.19 สัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานวัสดุ JAC780Y มุมคมตัดดา 15 องศา

4.2.3 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระนาบคายเอียงกับช่องว่างระหว่างคมตัด ในกระบวนการตัดเลื่อน

องศาการตัดของระนาบคายที่เพิ่มขึ้นตามรูปที่ 4.20 ส่งผลกระทบให้ช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยลงเนื่องจากการเอียงองศา ทำให้ชิ้นงานมีความหนาเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 โดย t คือ ความหนาของวัสดุที่ใช้ในการคำนวณช่องว่างระหว่างคมตัด และ t' คือความหนาที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเอียงองศาของระนาบคาย

ตารางที่ 4.7 ช่องว่างของคมตัดพื้นที่และคาย ในกระบวนการตัดเลื่อน ที่ระนาบต่างกัน

θ \ %C	t (mm.)	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
0	1	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
5	1.004	4.98%	9.96%	14.94%	19.92%
15	1.035	4.83%	9.65%	14.48%	19.30%



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ของความหนาชิ้นงานกับระนาบคายเอียง ในกระบวนการตัดเฉือน

บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของคายที่มีผิวระนาบเอียง ทำการตัดเจาะด้วยพันธที่มีผิวระนาบตรงตัดลงบนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN และ JAC780Y เป็นวัสดุสำหรับผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบรอยตัด ที่เกิดจากระนาบคายเอียงทำมุมกับแนวระนาบที่มุม 0, 5 และ 15 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน 4 ระดับคือ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลงานวิจัย

5.1.1 จากผลการทดลองการตัดเจาะและกระบวนการตัดเฉือน เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN และ JAC780Y พบว่า ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคายมีผลกระทบต่อคุณภาพของขอบตัด

5.1.2 เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคายน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะทำให้ได้ส่วนโค้งมนที่น้อย ส่วนการตัดเฉือนที่มากขึ้น ส่วนการฉีกขาดน้อย และครีบกมน้อย

5.1.3 ในกรณีช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคาย 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่งผลกระทบให้เกิดส่วนโค้งมนที่มากกว่าช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อย

5.1.4 สำหรับช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคายที่เหมาะสมในการตัดวัสดุ JAC590RN อยู่ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ และช่องว่าง 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เหมาะสำหรับวัสดุ JAC780Y

5.1.5 ในกรณีระนาบคายน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 องศา วัสดุทั้ง 2 ชนิดไม่เกิดครีบกมในทุกช่องว่างระหว่างคมตัด แต่ถ้าใช้ระนาบคาย 15 องศา จะทำให้เกิดครีบกมในจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายของการตัด เนื่องจากมีแรงเค้นจากพันธที่กระทำกับวัสดุมากที่สุดในจุดเริ่มต้นการตัด และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อมีการตัดขาดจนถึงจุดกึ่งกลางชิ้นงาน และเพิ่มขึ้นอีก เมื่อวัสดุใกล้จะหลุดออกจากกันในตำแหน่งสุดท้ายของการตัด

5.1.6 ในกรณีของกระบวนการตัดเฉือน ระนาบคายที่เหมาะสมที่สุดคือ ระนาบคายเอียง 5 องศา เนื่องจากไม่เกิดครีบกมของชิ้นงาน ช่องว่างระหว่างคมตัดพันธและคายอยู่ที่ 5-10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

5.1.7 สำหรับกระบวนการตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ที่ระนาบคายเอียง 0 องศา ในการตัดจะทำให้เกิดครีบกม 1.9 และ 2.78 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ตามลำดับ

5.1.8 สำหรับกระบวนการตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN และ JAC780Y ที่ระนาบคายเอียง 15 องศา เมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดมากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ จะมีผลกระทบทำให้เกิดครีบกม 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ

5.1.9 ในกระบวนการตัดเฉือน ทั้ง 2 กระบวนการ ช่องว่างระหว่างคมตัดจริงที่เกิดขึ้นจะลดลง เมื่อมีการเพิ่มระนาบคาย เนื่องจาก การคำนวณช่องว่างระหว่างคมตัดจะคำนวณจาก เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุในระนาบคาย 0 องศา

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในการกำหนดจุดตรวจวัดชิ้นงานในแต่ละตำแหน่งสำคัญมาก หากมีการคลาดเคลื่อนกันมาก จะให้ผลที่ได้จากการวัดส่วนประกอบของคมตัดมีการคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง

5.2.2 แผ่นจับยึดชิ้นงานต้องคำนวณแรงจากวัสดุที่มีความแข็งแรงมากที่สุดเมื่อออกแบบให้ตัดชิ้นงานในวัสดุที่มีความแข็งแรงต่างกัน

5.2.3 ระนาบคายเอียงที่มากกว่า 5 องศา ส่งผลให้เกิดครีบกมเมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในจุดนี้สามารถนำมาทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงคุณภาพขอบตัด โดยการลดช่องว่างระหว่างคมตัดให้น้อยกว่าการทดลองนี้ หรือ สามารถเอียงมุมคมตัดของฟันซี่ให้อยู่ในแนวระนาบเดียวกับคาย

5.2.4 กรณีคายมีระนาบเอียงเพิ่มขึ้นทำให้ช่องว่างระหว่างคมตัดเปลี่ยนแปลงไปจากการคำนวณที่มาจากระนาบคาย 0 องศา ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานที่ได้จากการตัดมีส่วนของการตัดเฉือนที่มากกว่าระนาบปกติ อาจส่งผลทำให้ฟันซี่และคายมีการสึกหรอที่มากกว่า ระนาบคาย 0 องศา ในจุดนี้สามารถนำมา ทำการศึกษาอัตราการสึกหรอของฟันซี่และคายได้ เมื่อทำการตัดเป็นจำนวนมาก

5.2.5 ในกระบวนการตัดแผ่นเปล่า และกระบวนการตัดเจาะ การทำองศาของฟันซี่และคาย จะเป็นการช่วยลดแรงในการตัด เนื่องจากระยะทางที่ฟันซี่และคายสัมผัสกันจะลดน้อยลงจากองศาของการตัด ในจุดนี้สามารถนำมาศึกษา แรงตัดที่เกิดจากกระบวนการตัดเฉือนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเมื่อฟันซี่หรือคายมีระนาบเอียงได้

บรรณานุกรม

- [1] Advanced materials ในอุตสาหกรรมยานยนต์ (online), Available:<http://www.viboon.org/advanced-materials> (2 December 2012).
- [2] วารุณี เปรมานนท์ และ อรจิรา เดียววิชย์, "วัสดุทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน," 2554.
- [3] Auto Steel Partnership, "High Strength Steel Stamping Design Manual."
- [4] ภาสพิรุฬ ศรีสำเร็จ, "การศึกษาเพื่อลดการยึดติดบนผิวแม่พิมพ์ขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง," 2552.
- [5] กุลชาติ จุลเพ็ญ, "อิทธิพลของแรงปลดชิ้นงานที่มีผลต่อการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัด," 2546.
- [6] วารุณี เปรมานนท์, "แม่พิมพ์โลหะแผ่น," 2557.
- [7] บริษัท ไทยอโต้เพรสพาร์ท จำกัด, "Inspection Sheet Item5.2," 2012.
- [8] Y. Abe, S. Nakanoshit, K. Mori, P. Kadarno, "Direct Punching of Inclined Ultra-High Strength Steel Sheets," 2012.
- [9] วารุณี เปรมานนท์, กุลชาติ จุลเพ็ญ, พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, "อิทธิพลของการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน," 2547.
- [10] ญัฐศักดิ์ พรพูนศิริ, "การศึกษาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคายที่มีผลต่อพฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด," 2545.
- [11] สุทัศน์ ทัพย์ปรักมาศ, "ความสัมพันธ์ของมุมเอียงเทเปอร์และผิวงานตัดในกระบวนการตัดเนื้อด้วยสเทปเทเปอร์พื้นที่ โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์," 2550.
- [12] พงศ์พันธ์ แก้วตาทิพย์, วารุณี เปรมานนท์, รัชนี ไพศาล, และ ชาญยุทธ มะกา, "อิทธิพลของชนิดเหล็กเครื่องมือที่มีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด," 2548.
- [13] มานัส ภูโต, "การศึกษาช่องว่างระหว่างคมตัดที่มีผลต่อการสึกหรอของพื้นที่," 2554.
- [14] International Iron & Steel Institute, "Advanced HighStrength Steel (AHSS) Application Guidelines," January 9, 2006.
- [15] Takita and M. and Ohashi, "Application of High-strength Steel Sheets for Automobiles in Japan [Online]," January 9, 2006.
- [16] K.Mori Y. Abe and Y. Suzui, "Improvement of Stretch Flangeability of Ultra High Strength Steel Sheet by Smoothing of Sheared Edge," Journal of Materials Processing Technology, vol. 210, pp. 653-659, 2010.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- [17] ฐานข้อมูลวัสดุที่ครอบคลุมมากที่สุดในโลก (online), Available:
<http://www.totalmateria.com/materials.aspx>, (27 January 2016).
- [18] จุลศิริ ศรีงามผ่อง, "วิศวกรรมงานแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะเบื้องต้น," 2539.
- [19] Ivana Suchy, Hand Book of Die Design, 2006.
- [20] ชาญชัย ทรัพย์ากรณ์ และคณะ, "การออกแบบแม่พิมพ์," pp. 9-16, 2534.
- [21] ธนพัทธ์ สายวรรณะ, "ตำราการสอนวิชา Die Maintenance รวมบท, สถาบันไทย-เยอรมัน."
- [22] Kanno, "Stamping Technology Blanking and Piercing II," vol. 19, pp. 37-41, 1986.
- [23] James G. Bralla and Denis Cormier, pp. 3-15, 1988.
- [24] E.V Crane, "Plastic Working in Presses," p. 36, 1948.
- [25] จรัญ ควรหัดดี, "อิทธิพลของรูปทรงคมตัดพunch (Punch) ต่อคุณภาพการตัดเฉือนชิ้นงานเหล็กกล้าคาร์บอน S10C, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2554"
- [26] ชาญ ฉันทงาน, "เอกสารประกอบการเรียนแม่พิมพ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ," pp. 1-20, 2536.
- [27] S. a. V. Hogmark, "Adhesive Mechanisms in The Wear of Some Tool Steel," p. 45, 1975.
- [28] Goijaerts and e. a. A.M, "Evaluation of ductile fracture models for different metals in blanking," In Journal of Material Technology, Netherlands, pp. 454-462, 2000.
- [29] สมชาย ทองเทศ, "การศึกษาผลกระทบของมุมเอียงที่มีต่อการตัดเฉือน," 2540.
- [30] ภร นนทะสน, เขวลิต ถาวรสิน, และ สุรวุฒิ ยะนิล, "การสร้างชุดการสอนเรื่องผลของแรงตัด เมื่อพunch และคามีมีมุมตัดต่างๆกัน และผลของแรงตัดเมื่อระยะเผื่อของพunchต่างๆกัน," 2549.

ภาคผนวก ก
คุณสมบัติทางกลของวัสดุ



Nippon Steel Corporation

INSPECTION CERTIFICATE

SHIPPER : NIPPON STEEL TRADING CO., LTD.
 REFERENCE No. : 111 - 1115A300
 CONTRACT No. : 2-834-M5-5-7-SS00
 COMMODITY : GALVANNEALED STEEL SHEET IN COIL
 SPECIFICATION : JAC780YN2-11001-0DM

HEAD OFFICE : 2-6-1, MARINOUCHI, CHYODAKU, TOKYO 100-8071, JAPAN
 KIMITSU WORKS : 1, KIMITSU, KUNITSU-CITY, CHIBA-PREF. 299-1141, JAPAN
 CERTIFICATE No. : 12MS106804 PAGE : 1E
 DATE OF ISSUE : 2012-07-17

CUSTOMER : THAI AUTO PRESSPARTS CO., LTD.
 CUSTOMER'S CONTROL No. : B272CG0003

NOTE : ITEMS 01 SIZE : 4X1144XC COATING : 45/45 CUSTOMER'S CONTROL NO : 8858

ITEM No.	CASE No.	CONTROL No.	INSPECTION No.	(CAST No.) COIL No.	QUAN- TITY	NET MASS ACT. KG	T. I (GL=50MM) Y. P. CT. S-C M/MM ² /MM ² *	EL-CTOP-380T-3 G/M ² C/M ²	C. M
010001	4670097			(G83335) 206122180	1	5140	606 813	15 47	48
010002	4661788			(G83335) 206122180	1	4950	608 813	15 47	48
	** TOTAL **				2	10090			

NOTES : ACTUAL
 ACT. : TENSILE TEST
 T. T. : TENSILE TEST
 C. M : COATING MASS

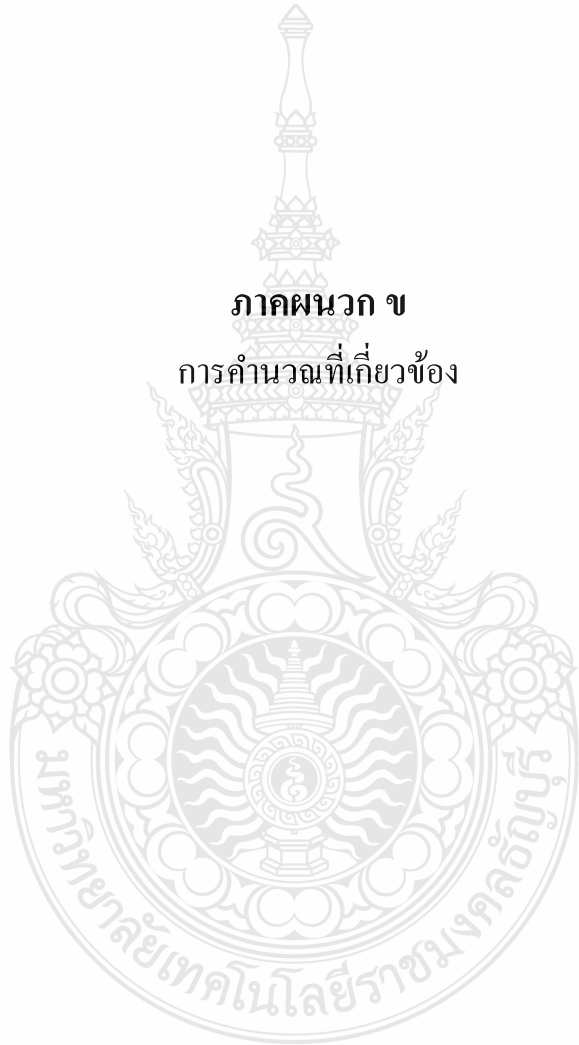
WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN MADE IN ACCORDANCE WITH THE RULES OF THE CONTRACT.

Head of Department
 SHEET AND COIL QUALITY CONTROL DEPT.
 NIMITSU WORKS

0-1 111 E 01- 34



ภาคผนวก ข
การคำนวณที่เกี่ยวข้อง



ข1. แรงที่ใช้ในกระบวนการตัดเจาะ

สูตร $P = 2 \pi r.t.\sigma$

เมื่อ $P =$ แรงที่ใช้ในการตัด

$\sigma =$ ความต้านทานการตัดเฉือนของวัสดุ

$r =$ รัศมีของวงกลม

$t =$ ความหนาของวัสดุ

ในการคำนวณใช้ค่า σ ของวัสดุ JAC780Y ความหนา 1 มิลลิเมตร เป็นพื้นฐานในการคำนวณแรงตัด มีค่าความต้านทานแรงดึง 913 N/mm² โดยกำหนดให้ ตักรูขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร จำนวน 1 รู และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู

แทนค่าในสูตร

$$P_{(d25)} = 2 \pi \times 12.5 \times 1 \times 913 = 7.30 \text{ Ton}$$

$$P_{(d10)} = (2 \pi \times 5 \times 1 \times 913) \times 2 = 5.84 \text{ Ton}$$

$$P = P_{(d25)} + P_{(d10)} = 13.14 \text{ Ton}$$

ใช้แรงจับยึดชิ้นงาน 10 เปอร์เซ็นต์ของแรงตัดชิ้นงาน

$$\text{ดังนั้น } P = 14.86 \text{ Ton}$$

ข2. แรงที่ใช้ในกระบวนการตัดเฉือน

สูตร	P	=	$\sigma \cdot L \cdot t$
เมื่อ	P	=	แรงที่ใช้ในการตัด
	σ	=	ความต้านทานการตัดเฉือนของวัสดุ
	L	=	ความยาวในการตัด
	t	=	ความหนาของวัสดุ

ในการคำนวณใช้ค่า σ ของวัสดุ JAC780Y ความหนา 1 มิลลิเมตร เป็นพื้นฐานในการคำนวณแรงตัด มีค่าความต้านทานแรงดึง 913 N/mm² โดยกำหนดให้ ความยาวในการตัด 75 มิลลิเมตร

แทนค่าในสูตร

$$P_{(75)} = 913 \times 75 \times 1 = 6.8 \text{ Ton}$$

ใช้แรงจับยึดชิ้นงาน 10 เปอร์เซ็นต์ของแรงตัดชิ้นงาน

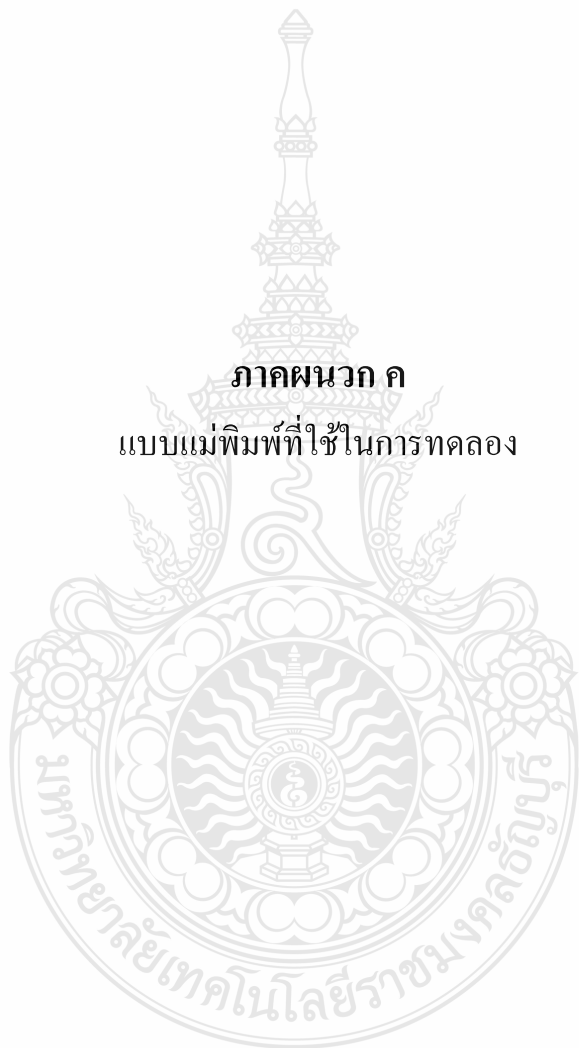
$$\text{ดังนั้น } P = 7.5 \text{ Ton}$$

ข3. เครื่องจักรที่ใช้ในการทดลอง

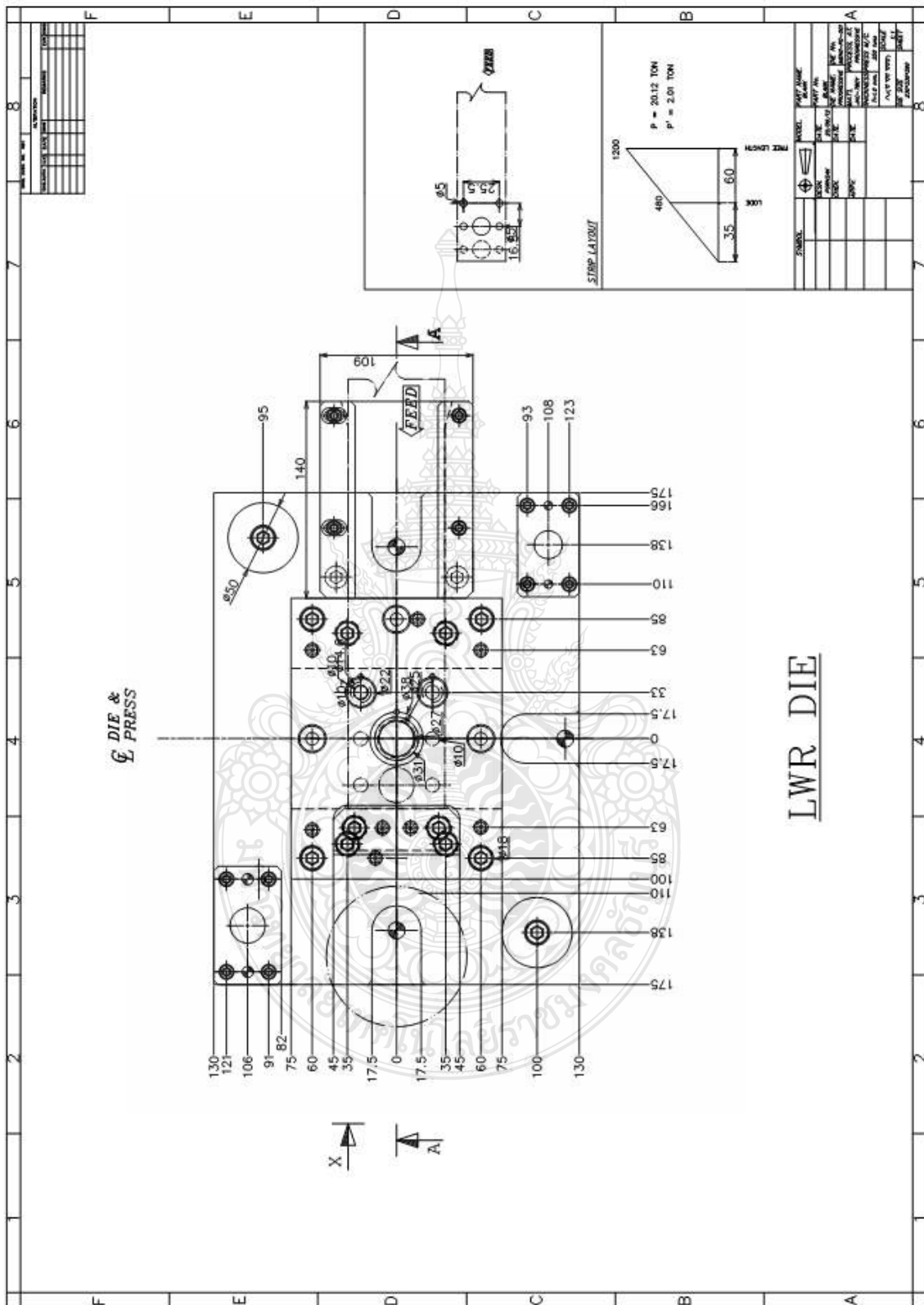
เมื่อพิจารณาแรงที่ใช้ในการตัดเจาะ 14.86 Ton และ แรงที่ใช้ในการตัดเฉือน 7.5 Ton

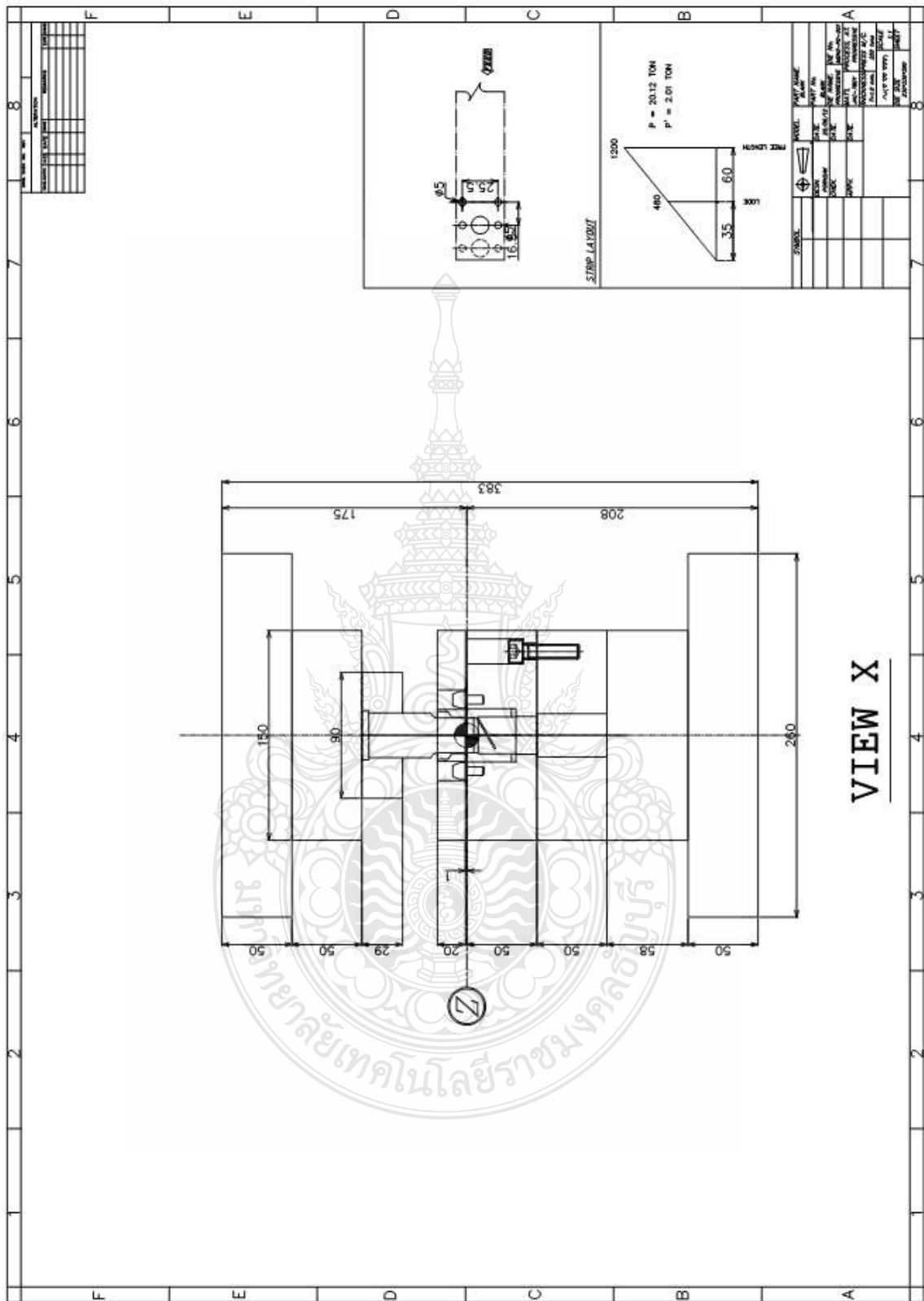
เทียบกับเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองขนาด 30 Ton ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า เครื่องจักรที่เหมาะสมในการทดลองนี้ จะใช้เครื่องจักรขนาด 30 Ton

ภาคผนวก ค
แบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง

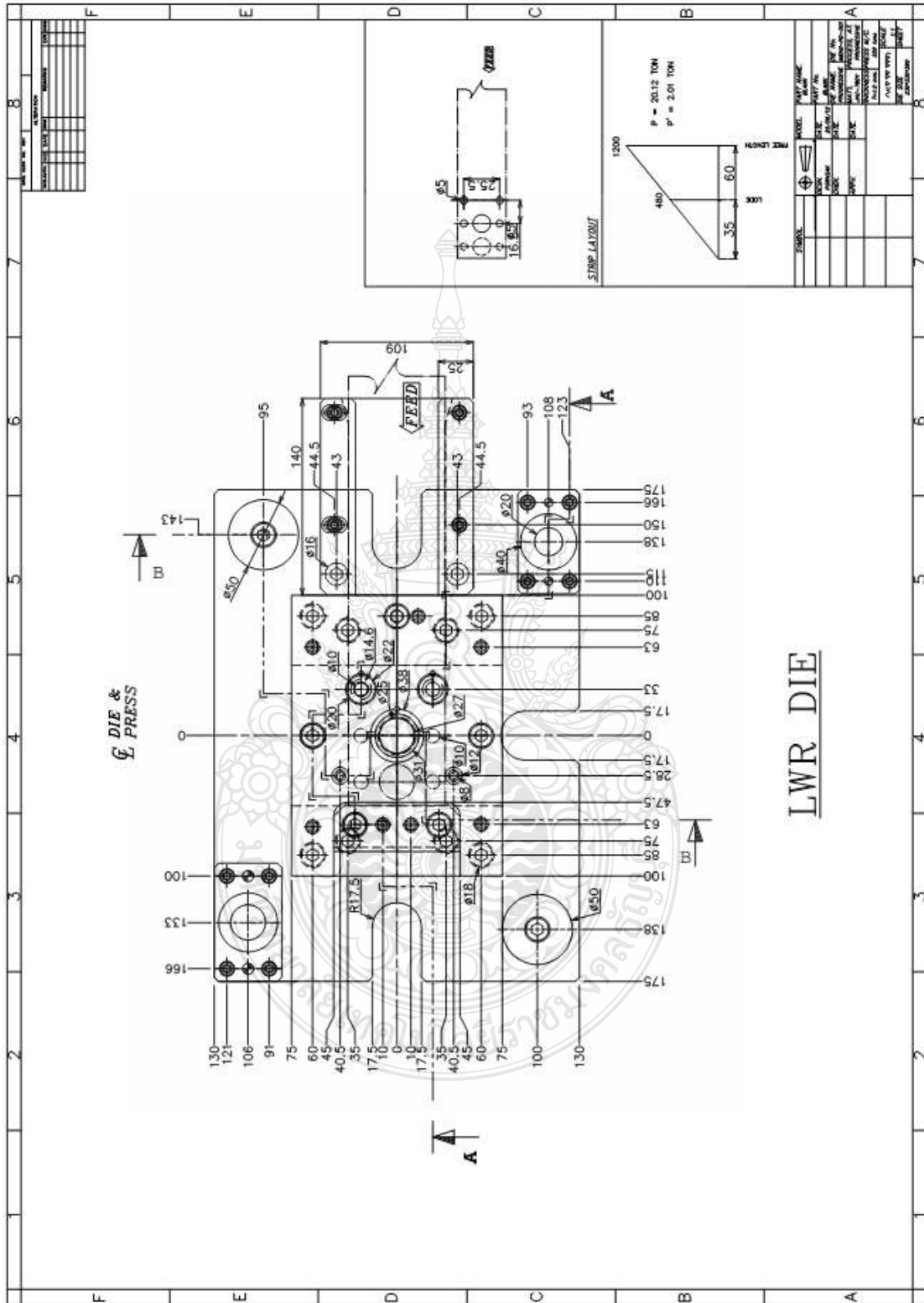


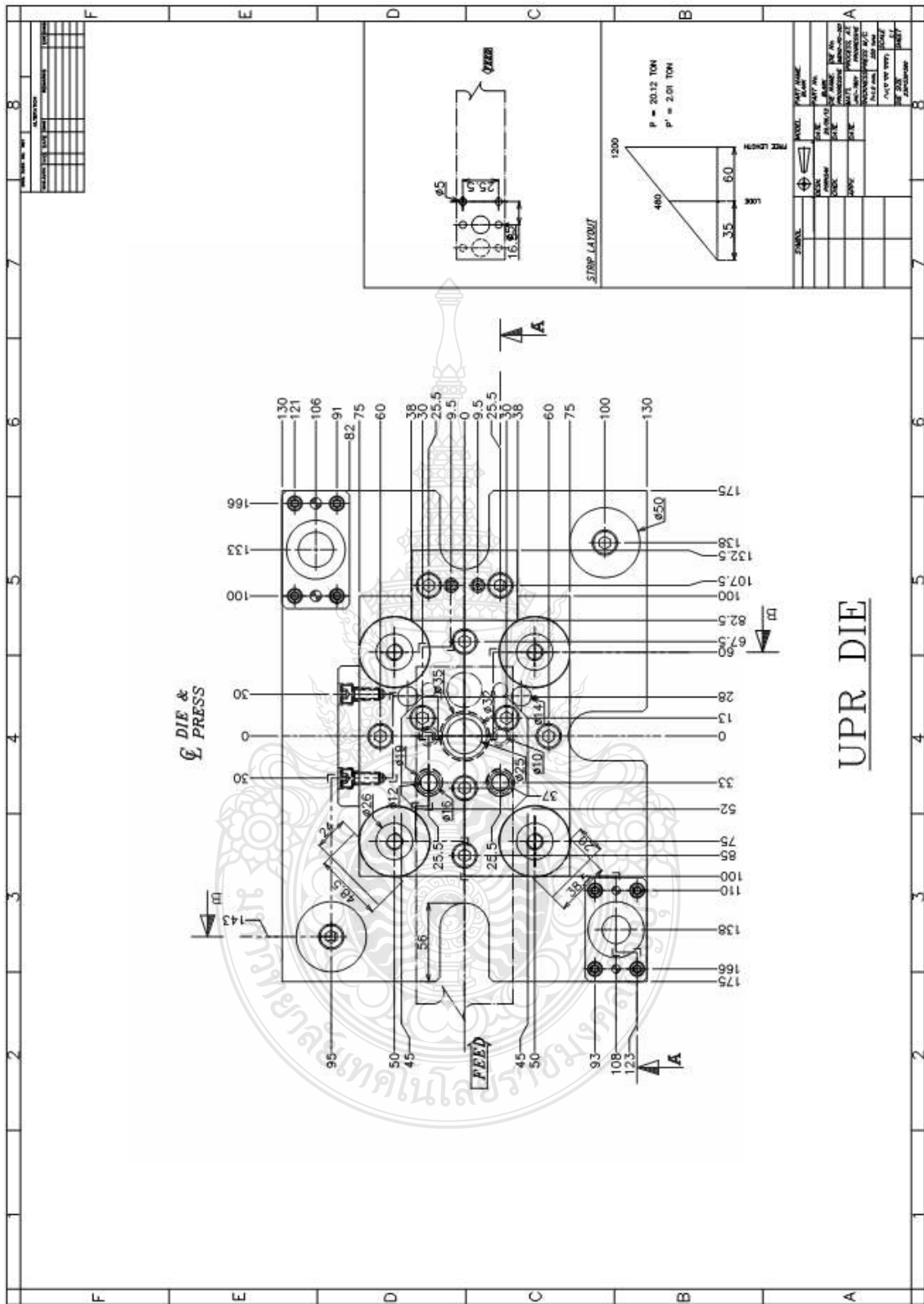
ก1. แบบแม่พิมพ์ตัด มุมคมตัดตาย 0 องศา



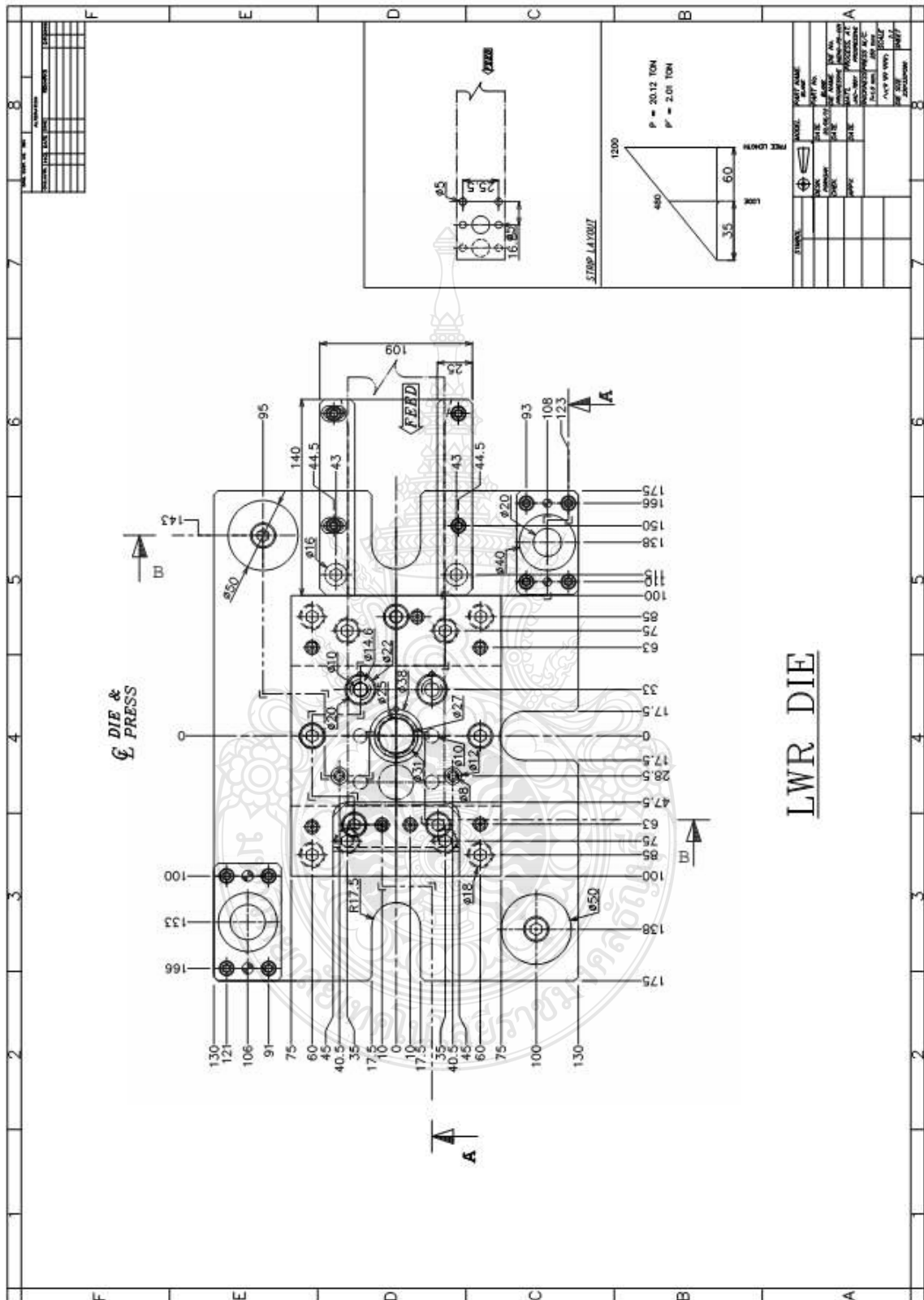


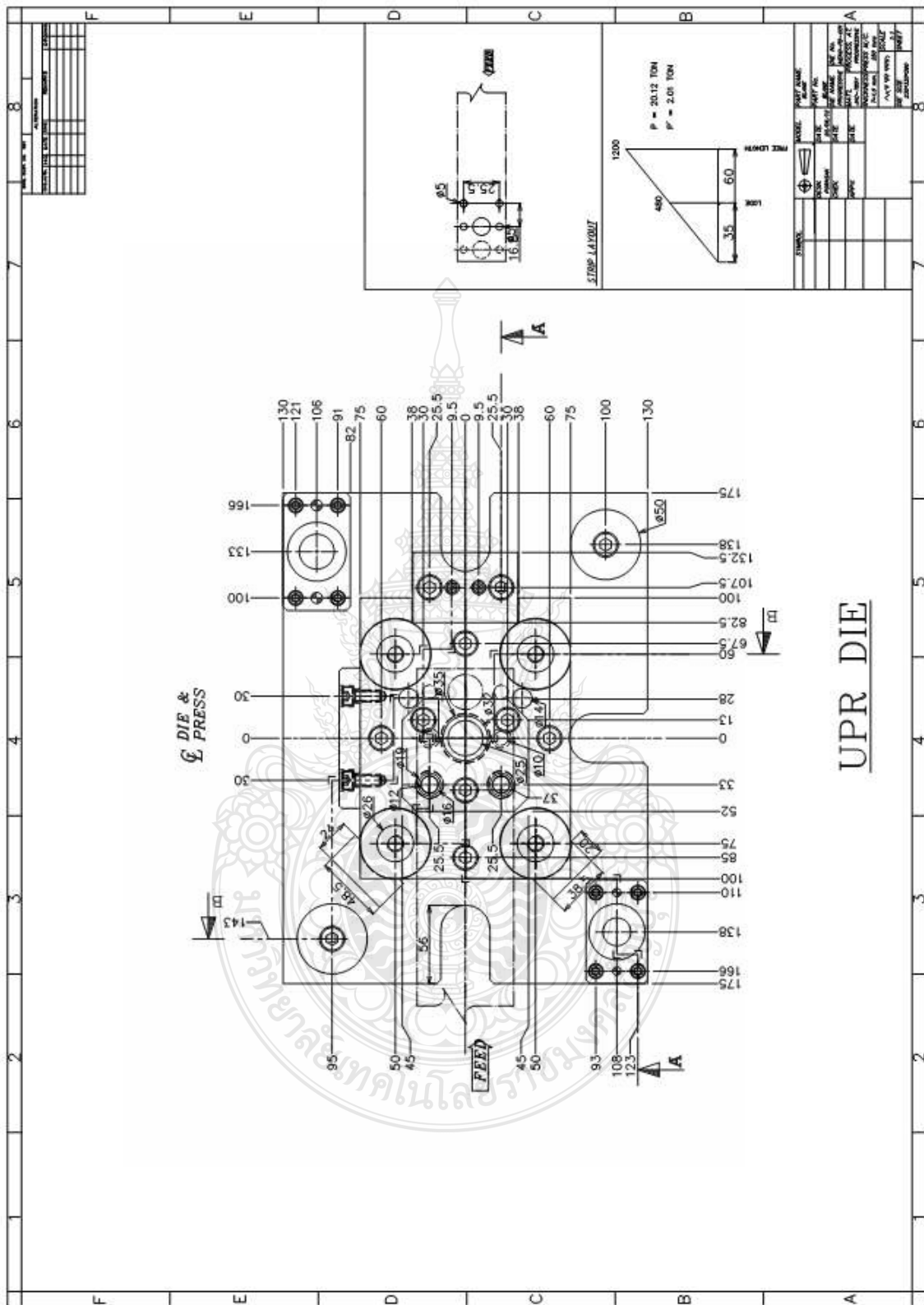
ก2. แบบแม่พิมพ์ตัด มุมคมตัดตาย 5 องศา

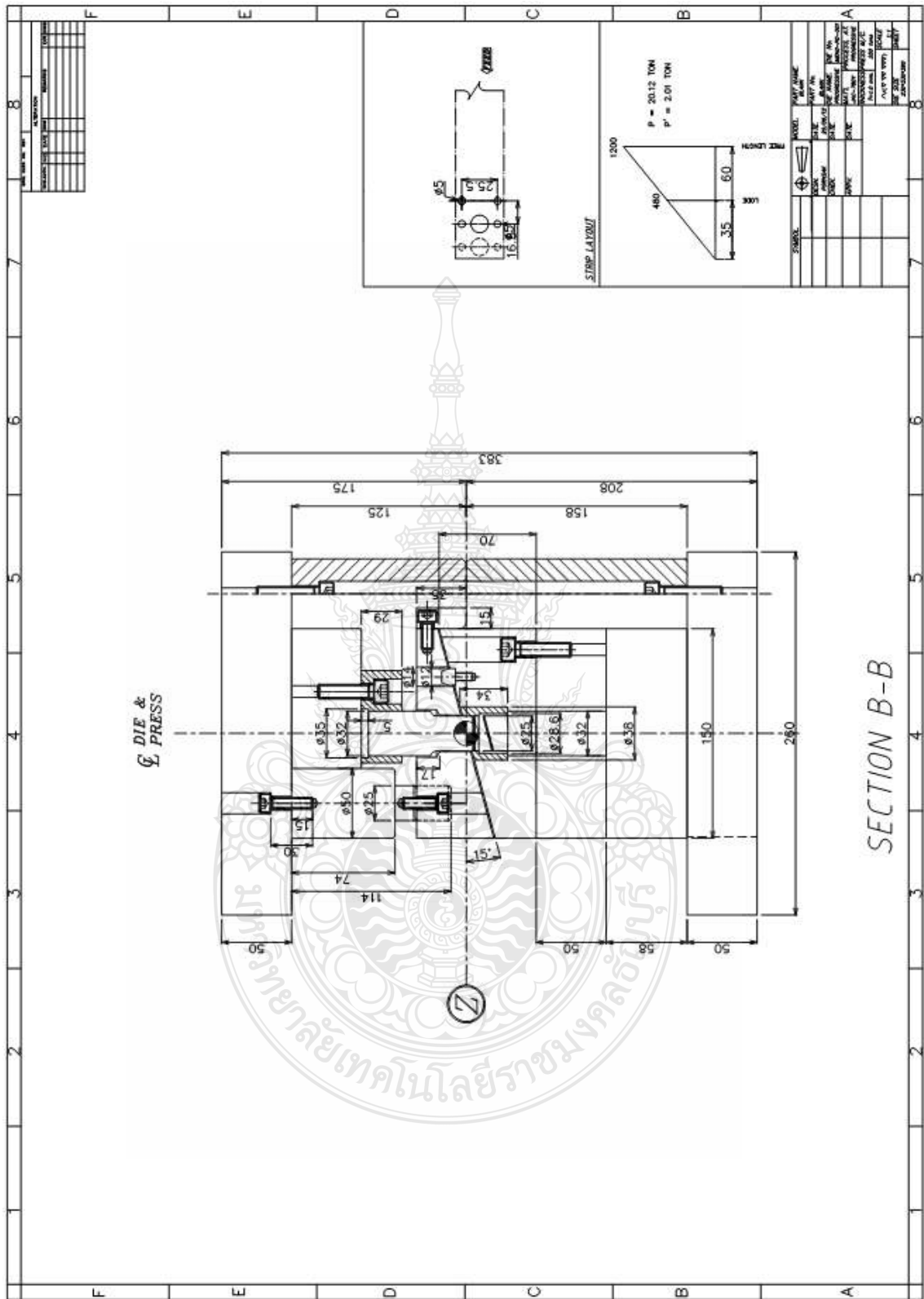




ก3. แบบแม่พิมพ์ตัด มุมคมตัดตาย 15 องศา



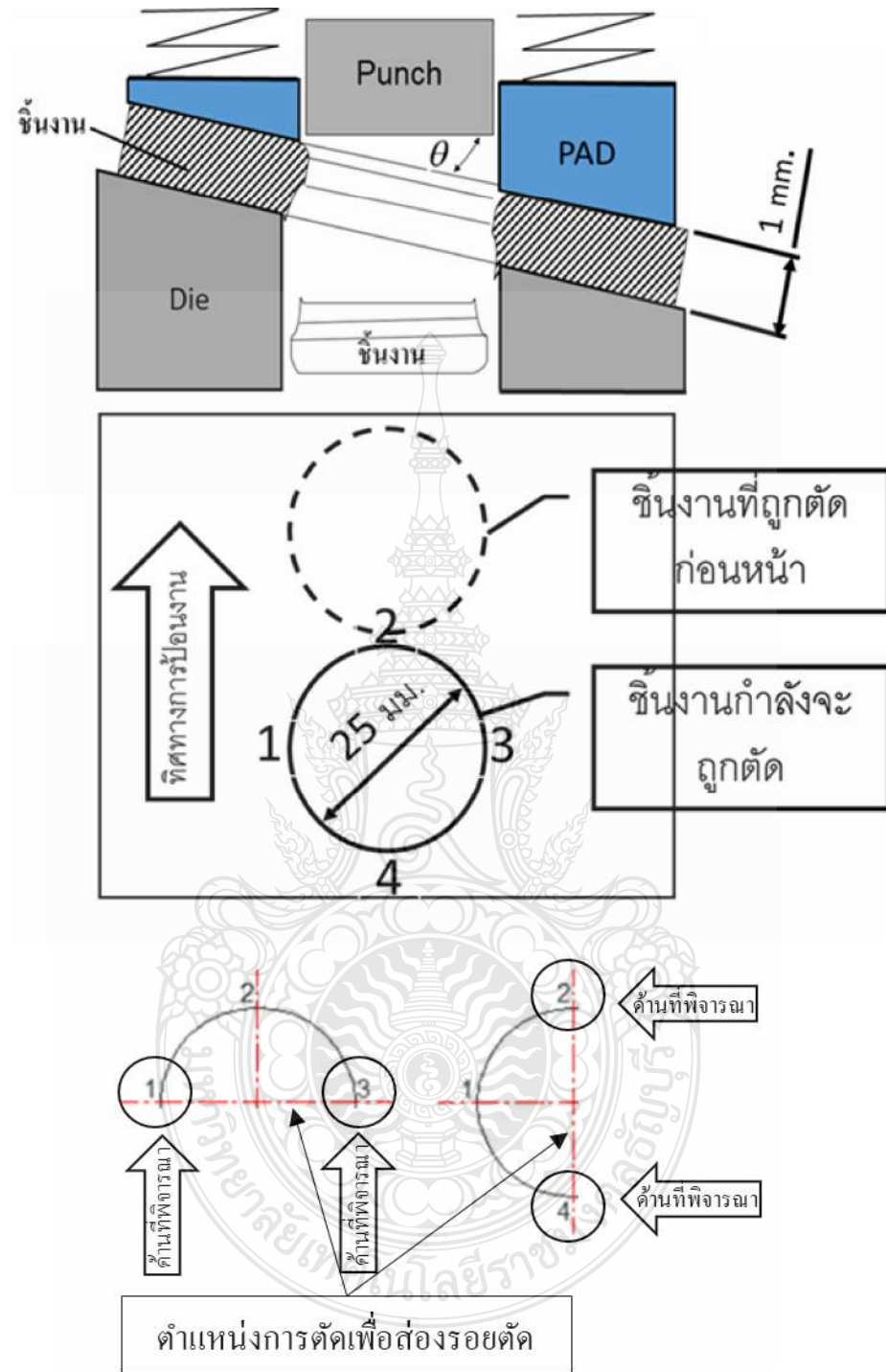






ภาคผนวก ง

ภาพแสดงผลการทดลองการตัดเจาะ

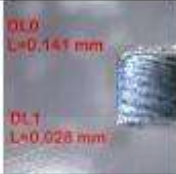















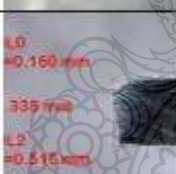

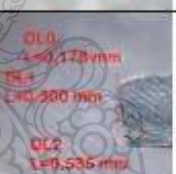



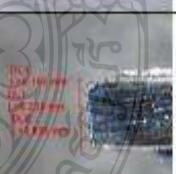











รูปภาพแสดง กระบวนการตัดเจาะ และจุดในการวัดชิ้นงาน









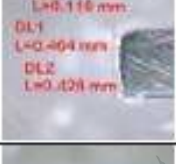




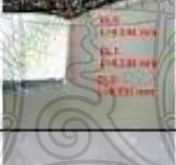


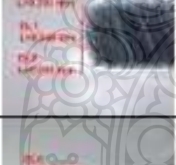




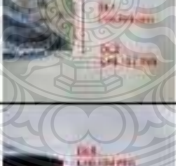










จ.1 แสดงภาพขอบตัดจากกระบวนการตัดเฉาะที่ระนาบด้าย 0 องศา

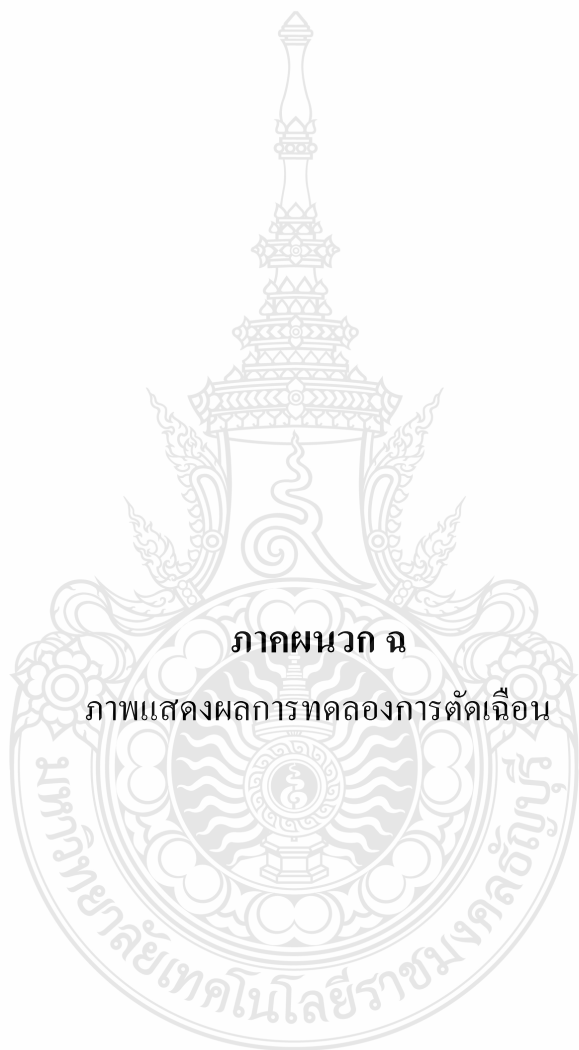
%C	วัสดุ	ภาพขอบตัด Blanking มุมคมตัดด้าย 0 องศา			
		ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 2,4	ภาพด้านหน้า
5%	JAC59RN				
	JAC780R				
10%	JAC59RN				
	JAC780R				
15%	JAC59RN				
	JAC780R				
20%	JAC59RN				
	JAC780R				

ง.2 แสดงภาพขอบตัดจากกระบวนการตัดเจาะที่ระนาบดาด 5 องศา

%C	วัสดุ	ภาพขอบตัด Blanking มุมคมตัดคาย 5 องศา			
		ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 2,4	ภาพด้านหน้า
5%	JAC599R				
	JAC780R				
10%	JAC599R				
	JAC780R				
15%	JAC599R				
	JAC780R				
20%	JAC599R				
	JAC780R				

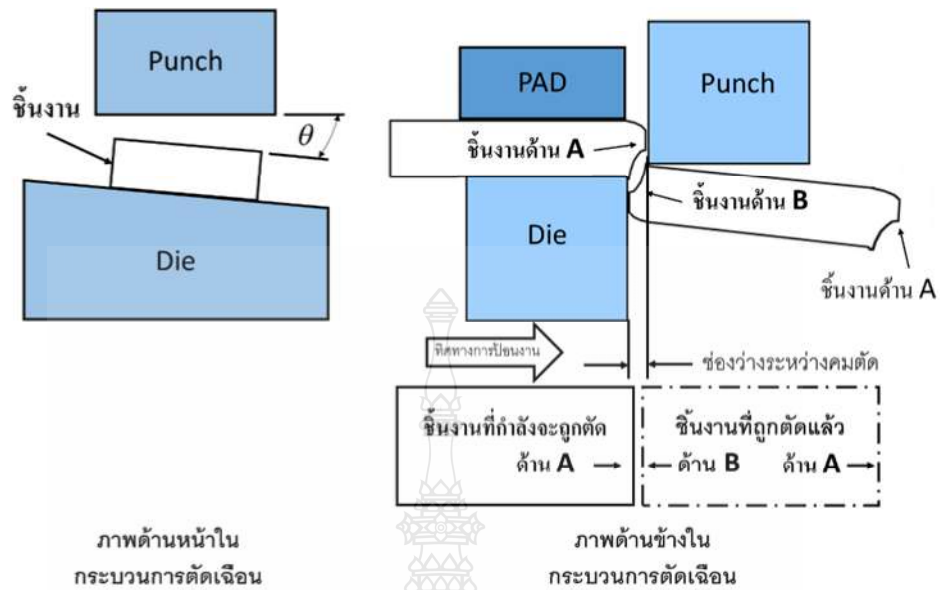
ง.3 แสดงภาพขอบตัดจากกระบวนการตัดเจาะที่ระนาบดาด 15 องศา

%C	วัสดุ	ภาพขอบตัด Blanking มุมคมตัดดาบ 15 องศา			
		ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 2,4	ภาพด้านหน้า
5%	JAC59RN				
	JAC780R				
10%	JAC59RN				
	JAC780R				
15%	JAC59RN				
	JAC780R				
20%	JAC59RN				
	JAC780R				



ภาคผนวก ฉ

ภาพแสดงผลการทดลองการตัดเฉือน



ตำแหน่ง A1,B1 คือ จุดเริ่มต้นในกระบวนการตัดเฉือน
 ตำแหน่ง A2,B2 คือ จุดกึ่งกลางของแม่พิมพ์ในกระบวนการตัดเฉือน
 ตำแหน่ง A3,B3 คือ จุดสุดท้ายในกระบวนการตัดเฉือน

รูปภาพแสดง กระบวนการตัดเฉือน และจุดในการวัดชิ้นงาน

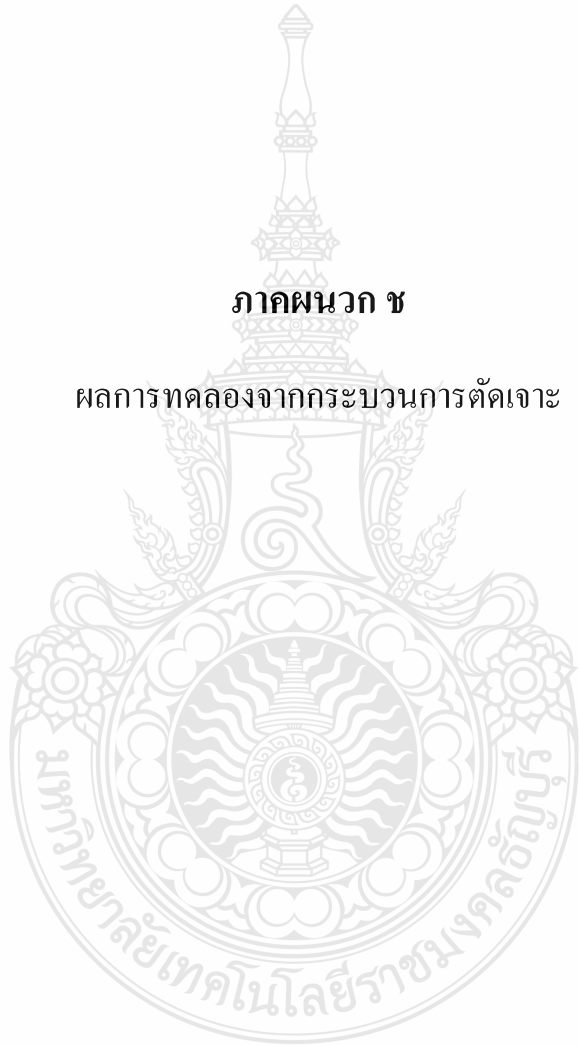
ภาพขอใบตัดจากกระบวนการตัดเฉือน มุมคมตัดตาย 0 องศา									
%C	A=JACS90RN B=JAC780Y	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6	ด้านหน้า 1,2,3	ด้านหน้า 4,5,6
		5%	A						
10%	B								
	A								
15%	B								
	A								
20%	B								
	A								

ภาพออบตัดจากกระบวนการตัดเลือน มุมคมตัดตาย 5 องศา									
%C	A= JAC590RN B= JAC780Y	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6	ด้านหน้า 1,2,3	ด้านหน้า 4,5,6
		5%	A						
10%	A								
15%	A								
20%	A								
	B								
	B								
	B								
	B								

ภาพขอใบตัดจากกระบวนการตัดเล็อน มุมคมตัดตาย 15 องศา									
%C	A= JAC590RN B=JAC780Y	ตำแหน่งที่ 1	ตำแหน่งที่ 2	ตำแหน่งที่ 3	ตำแหน่งที่ 4	ตำแหน่งที่ 5	ตำแหน่งที่ 6	ด้านหน้า 1,2,3	ด้านหลัง 4,5,6
		5%	A						
10%	A								
15%	A								
20%	A								
	B								
	B								
	B								
	B								

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองจากกระบวนการตัดเจาะ



ข.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเจาะวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

JAC590RN - 0 องศา													
JAC590RN-0.05-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.115	0.256	0.629	0.000	0.000	0.000	1	0.115	0.256	0.629	0.000	0.000	0.000
2	0.088	0.186	0.726	0.000	0.000	0.000	2	0.088	0.186	0.726	0.000	0.000	0.000
3	0.097	0.301	0.602	0.000	0.000	0.000	3	0.097	0.301	0.602	0.000	0.000	0.000
Avg	0.100	0.248	0.652	0.000	0.000	0.000	Avg	0.100	0.248	0.652	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.086	0.235	0.679	0.000	0.000	0.000	4	0.115	0.256	0.629	0.000	0.000	0.000
5	0.095	0.231	0.674	0.000	0.000	0.000	5	0.088	0.186	0.726	0.000	0.000	0.000
6	0.083	0.234	0.683	0.000	0.000	0.000	6	0.097	0.301	0.602	0.000	0.000	0.000
Avg	0.088	0.233	0.679	0.000	0.000	0.000	Avg	0.100	0.248	0.652	0.000	0.000	0.000

JAC590RN - 0 องศา													
JAC590RN-0.10-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.115	0.292	0.593	0.000	0.000	0.000	1	0.128	0.227	0.645	0.00	0.00	0.00
2	0.115	0.265	0.62	0.000	0.000	0.000	2	0.127	0.238	0.635	0.00	0.00	0.00
3	0.124	0.3	0.576	0.000	0.000	0.000	3	0.171	0.231	0.598	0.00	0.00	0.00
Avg	0.118	0.286	0.596	0.000	0.000	0.000	Avg	0.142	0.232	0.626	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.157	0.23	0.613	0.000	0.000	0.000	4	0.18	0.231	0.589	0.000	0.000	0.000
5	0.125	0.265	0.610	0.000	0.000	0.000	5	0.128	0.253	0.619	0.000	0.000	0.000
6	0.132	0.265	0.603	0.000	0.000	0.000	6	0.118	0.232	0.65	0.000	0.000	0.000
Avg	0.138	0.253	0.609	0.000	0.000	0.000	Avg	0.142	0.239	0.619	0.000	0.000	0.000

JAC590RN - 0 องศา													
JAC590RN-0.15-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.133	0.274	0.593	0.000	0.000	0.000	1	0.15	0.203	0.647	0.000	0.000	0.000
2	0.159	0.239	0.602	0.000	0.000	0.000	2	0.141	0.293	0.566	0.000	0.000	0.000
3	0.141	0.256	0.603	0.000	0.000	0.000	3	0.159	0.247	0.594	0.000	0.000	0.000
Avg	0.144	0.256	0.599	0.000	0.000	0.000	Avg	0.150	0.248	0.602	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.186	0.212	0.602	0.000	0.000	0.000	4	0.133	0.265	0.602	0.000	0.000	0.000
5	0.186	0.23	0.584	0.000	0.000	0.000	5	0.115	0.247	0.638	0.000	0.000	0.000
6	0.186	0.283	0.531	0.000	0.000	0.000	6	0.106	0.274	0.62	0.000	0.000	0.000
Avg	0.186	0.242	0.572	0.000	0.000	0.000	Avg	0.118	0.262	0.620	0.000	0.000	0.000

JAC590RN - 0 องศา													
JAC590RN-0.20-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.194	0.203	0.603	0.000	0.000	0.000	1	0.177	0.247	0.576	0.000	0.000	0.000
2	0.212	0.292	0.496	0.000	0.000	0.000	2	0.186	0.309	0.505	0.000	0.000	0.000
3	0.194	0.256	0.55	0.000	0.000	0.000	3	0.194	0.327	0.479	0.000	0.000	0.000
Avg	0.200	0.250	0.550	0.000	0.000	0.000	Avg	0.186	0.294	0.520	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.256	0.221	0.523	0.000	0.000	0.000	4	0.203	0.274	0.523	0.000	0.000	0.000
5	0.256	0.256	0.488	0.000	0.000	0.000	5	0.194	0.274	0.532	0.000	0.000	0.000
6	0.221	0.194	0.585	0.000	0.000	0.000	6	0.212	0.265	0.523	0.000	0.000	0.000
Avg	0.244	0.224	0.532	0.000	0.000	0.000	Avg	0.203	0.271	0.526	0.000	0.000	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง กระบวนการตัดเจาะวัสดุ JAC590RN

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

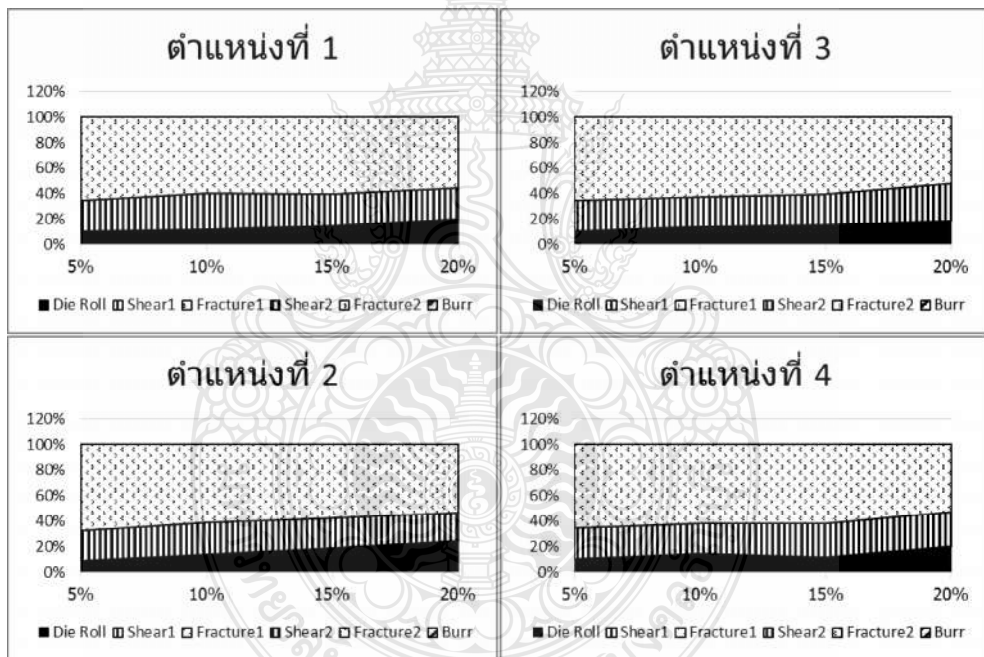
ตำแหน่ง1						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	10.00%	24.77%	65.23%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	11.80%	28.57%	59.63%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	14.43%	25.63%	59.93%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	20.00%	25.03%	54.97%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง3						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	10.00%	24.77%	65.23%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	14.20%	23.20%	62.60%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	15.00%	24.77%	60.23%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	18.57%	29.43%	52.00%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง2						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	8.80%	23.33%	67.87%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	13.80%	25.33%	60.87%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	18.60%	24.17%	57.23%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	24.43%	22.37%	53.20%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง4						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	10.00%	24.77%	65.23%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	14.20%	23.87%	61.93%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	11.80%	26.20%	62.00%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	20.30%	27.10%	52.60%	0.00%	0.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเจาะวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา



ข.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเจาะวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 5 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

JAC590RN - 5 องศา							JAC590RN-0.05-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.141	0.481	0.378	0.000	0.000	0.000	1	0.114	0.592	0.294	0.000	0.000	0.000
2	0.113	0.485	0.402	0.000	0.000	0.000	2	0.134	0.601	0.265	0.000	0.000	0.000
3	0.085	0.499	0.416	0.000	0.000	0.000	3	0.125	0.263	0.612	0.000	0.000	0.000
Avg	0.113	0.488	0.399	0.000	0.000	0.000	Avg	0.124	0.485	0.390	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.171	0.403	0.426	0.000	0.000	0.000	4	0.196	0.39	0.414	0	0	0
5	0.174	0.404	0.422	0.000	0.000	0.000	5	0.183	0.42	0.397	0	0	0
6	0.141	0.46	0.399	0.000	0.000	0.000	6	0.131	0.4	0.469	0	0	0
Avg	0.162	0.422	0.416	0.000	0.000	0.000	Avg	0.170	0.403	0.427	0.000	0.000	0.000

JAC590RN - 5 องศา							JAC590RN-0.10-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.169	0.385	0.446	0.000	0.000	0.000	1	0.122	0.498	0.38	0.000	0.000	0.000
2	0.131	0.498	0.371	0.000	0.000	0.000	2	0.169	0.338	0.493	0.000	0.000	0.000
3	0.131	0.432	0.437	0.000	0.000	0.000	3	0.103	0.46	0.437	0.000	0.000	0.000
Avg	0.144	0.438	0.418	0.000	0.000	0.000	Avg	0.131	0.432	0.437	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.16	0.347	0.493	0.000	0.000	0.000	4	0.16	0.376	0.464	0.000	0.000	0.000
5	0.225	0.357	0.418	0.000	0.000	0.000	5	0.163	0.388	0.449	0.000	0.000	0.000
6	0.178	0.451	0.371	0.000	0.000	0.000	6	0.178	0.394	0.428	0.000	0.000	0.000
Avg	0.188	0.385	0.427	0.000	0.000	0.000	Avg	0.167	0.386	0.447	0.000	0.000	0.000

JAC590RN - 5 องศา							JAC590RN-0.15-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.16	0.338	0.502	0.000	0.000	0.000	1	0.16	0.325	0.515	0.000	0.000	0.000
2	0.178	0.3	0.522	0.000	0.000	0.000	2	0.122	0.382	0.496	0.000	0.000	0.000
3	0.131	0.282	0.587	0.000	0.000	0.000	3	0.141	0.313	0.546	0.000	0.000	0.000
Avg	0.156	0.307	0.537	0.000	0.000	0.000	Avg	0.141	0.340	0.519	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.235	0.319	0.446	0.000	0.000	0.000	4	0.237	0.254	0.509	0.000	0.000	0.000
5	0.244	0.329	0.427	0.000	0.000	0.000	5	0.224	0.3	0.476	0.000	0.000	0.000
6	0.254	0.207	0.539	0.000	0.000	0.000	6	0.254	0.263	0.483	0.000	0.000	0.000
Avg	0.244	0.285	0.471	0.000	0.000	0.000	Avg	0.238	0.272	0.489	0.000	0.000	0.000

JAC590RN - 5 องศา							JAC590RN-0.20-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.188	0.272	0.54	0.000	0.000	0.000	1	0.131	0.346	0.523	0.000	0.000	0.000
2	0.188	0.291	0.521	0.000	0.000	0.000	2	0.15	0.349	0.501	0.000	0.000	0.000
3	0.178	0.282	0.54	0.000	0.000	0.000	3	0.188	0.351	0.461	0.000	0.000	0.000
Avg	0.185	0.282	0.534	0.000	0.000	0.000	Avg	0.156	0.349	0.495	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.272	0.225	0.503	0.000	0.000	0.000	4	0.258	0.219	0.523	0.000	0.000	0.000
5	0.291	0.244	0.465	0.000	0.000	0.000	5	0.268	0.229	0.503	0.000	0.000	0.000
6	0.235	0.254	0.511	0.000	0.000	0.000	6	0.269	0.291	0.44	0.000	0.000	0.000
Avg	0.266	0.241	0.493	0.000	0.000	0.000	Avg	0.265	0.246	0.489	0.000	0.000	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

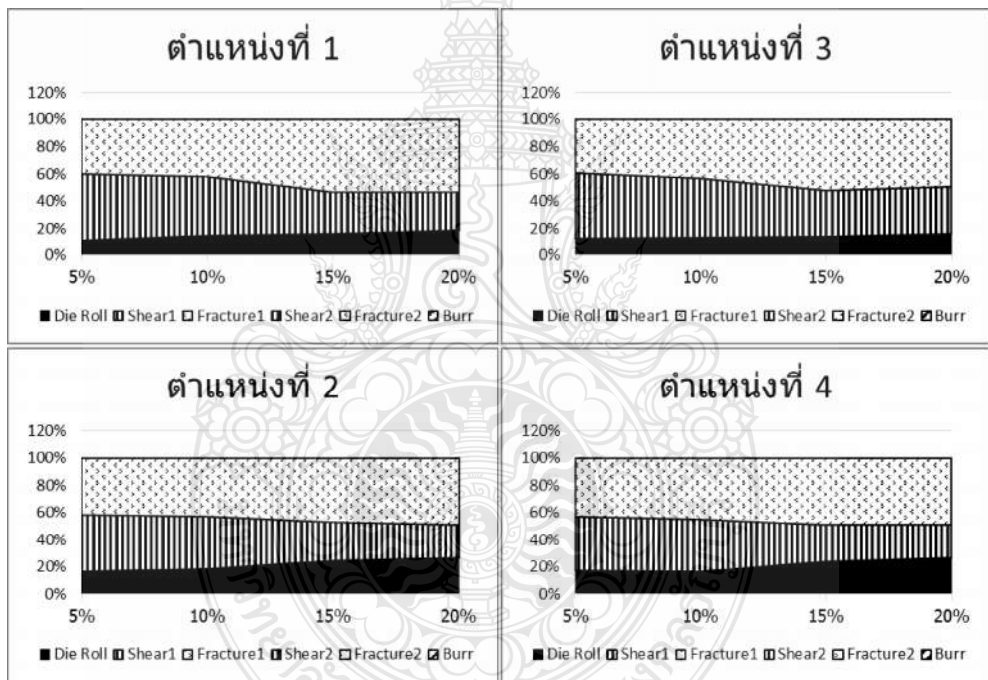
ตำแหน่ง 1						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	11.30%	48.83%	39.87%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	14.37%	43.83%	41.80%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	15.63%	30.67%	53.70%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	18.47%	28.17%	53.37%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง 3						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	12.43%	48.53%	39.03%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	13.13%	43.20%	43.67%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	14.10%	34.00%	51.90%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	15.63%	34.87%	49.50%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง 2						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	16.20%	42.23%	41.57%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	18.77%	38.50%	42.73%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	24.43%	28.50%	47.07%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	26.60%	24.10%	49.30%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง 4						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	17.00%	40.33%	42.67%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	16.70%	38.60%	44.70%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	23.83%	27.23%	48.93%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	26.50%	24.63%	48.87%	0.00%	0.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC590RN การตัดเจาะที่ระนาบตาย 5 องศา



ข.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC590RN การตัดเฉาะที่ระนาบคาย 15 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780 - 15 องศา							780-0.05-15°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.100	0.900	0.000	0.000	0.000	0.030	1	0.100	0.900	0.000	0.000	0.000	0.030
2	0.120	0.880	0.000	0.000	0.000	0.050	2	0.120	0.880	0.000	0.000	0.000	0.050
3	0.110	0.890	0.000	0.000	0.000	0.020	3	0.110	0.890	0.000	0.000	0.000	0.020
Avg	0.110	0.890	0.000	0.000	0.000	0.033	Avg	0.110	0.890	0.000	0.000	0.000	0.033
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.100	0.400	0.500	0.000	0.000	0.000	4	0.100	0.400	0.500	0.000	0.000	0.000
5	0.120	0.350	0.530	0.000	0.000	0.000	5	0.120	0.350	0.530	0.000	0.000	0.000
6	0.115	0.350	0.535	0.000	0.000	0.000	6	0.115	0.350	0.535	0.000	0.000	0.000
Avg	0.112	0.367	0.522	0.000	0.000	0.000	Avg	0.112	0.367	0.522	0.000	0.000	0.000

780 - 15 องศา							780-0.10-15°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.157	0.843	0.000	0.000	0.000	0.060	1	0.157	0.843	0.000	0.000	0.000	0.060
2	0.125	0.875	0.000	0.000	0.000	0.065	2	0.125	0.875	0.000	0.000	0.000	0.065
3	0.165	0.835	0.000	0.000	0.000	0.080	3	0.165	0.835	0.000	0.000	0.000	0.080
Avg	0.149	0.851	0.000	0.000	0.000	0.068	Avg	0.149	0.851	0.000	0.000	0.000	0.068
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.130	0.350	0.520	0.000	0.000	0.000	4	0.130	0.350	0.520	0.000	0.000	0.000
5	0.141	0.357	0.502	0.000	0.000	0.000	5	0.141	0.357	0.502	0.000	0.000	0.000
6	0.135	0.347	0.518	0.000	0.000	0.000	6	0.135	0.347	0.518	0.000	0.000	0.000
Avg	0.135	0.351	0.513	0.000	0.000	0.000	Avg	0.135	0.351	0.513	0.000	0.000	0.000

780 - 15 องศา							780-0.15-15°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.180	0.740	0.080	0.000	0.000	0.080	1	0.180	0.740	0.080	0.000	0.000	0.080
2	0.150	0.800	0.050	0.000	0.000	0.050	2	0.150	0.800	0.050	0.000	0.000	0.050
3	0.200	0.750	0.050	0.000	0.000	0.080	3	0.200	0.750	0.050	0.000	0.000	0.080
Avg	0.177	0.763	0.060	0.000	0.000	0.070	Avg	0.177	0.763	0.060	0.000	0.000	0.070
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.140	0.320	0.540	0.000	0.000	0.000	4	0.140	0.320	0.540	0.000	0.000	0.000
5	0.159	0.350	0.491	0.000	0.000	0.000	5	0.159	0.350	0.491	0.000	0.000	0.000
6	0.159	0.330	0.511	0.000	0.000	0.000	6	0.159	0.330	0.511	0.000	0.000	0.000
Avg	0.153	0.333	0.514	0.000	0.000	0.000	Avg	0.153	0.333	0.514	0.000	0.000	0.000

780 - 15 องศา							780-0.20-15°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.220	0.630	0.150	0.000	0.000	0.100	1	0.220	0.630	0.150	0.000	0.000	0.100
2	0.250	0.600	0.150	0.000	0.000	0.080	2	0.250	0.600	0.150	0.000	0.000	0.080
3	0.232	0.620	0.148	0.000	0.000	0.100	3	0.232	0.620	0.148	0.000	0.000	0.100
Avg	0.234	0.617	0.149	0.000	0.000	0.093	Avg	0.234	0.617	0.149	0.000	0.000	0.093
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.170	0.280	0.550	0.000	0.000	0.000	4	0.170	0.280	0.550	0.000	0.000	0.000
5	0.292	0.230	0.478	0.000	0.000	0.000	5	0.292	0.230	0.478	0.000	0.000	0.000
6	0.247	0.300	0.453	0.000	0.000	0.000	6	0.247	0.300	0.453	0.000	0.000	0.000
Avg	0.236	0.270	0.494	0.000	0.000	0.000	Avg	0.236	0.270	0.494	0.000	0.000	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

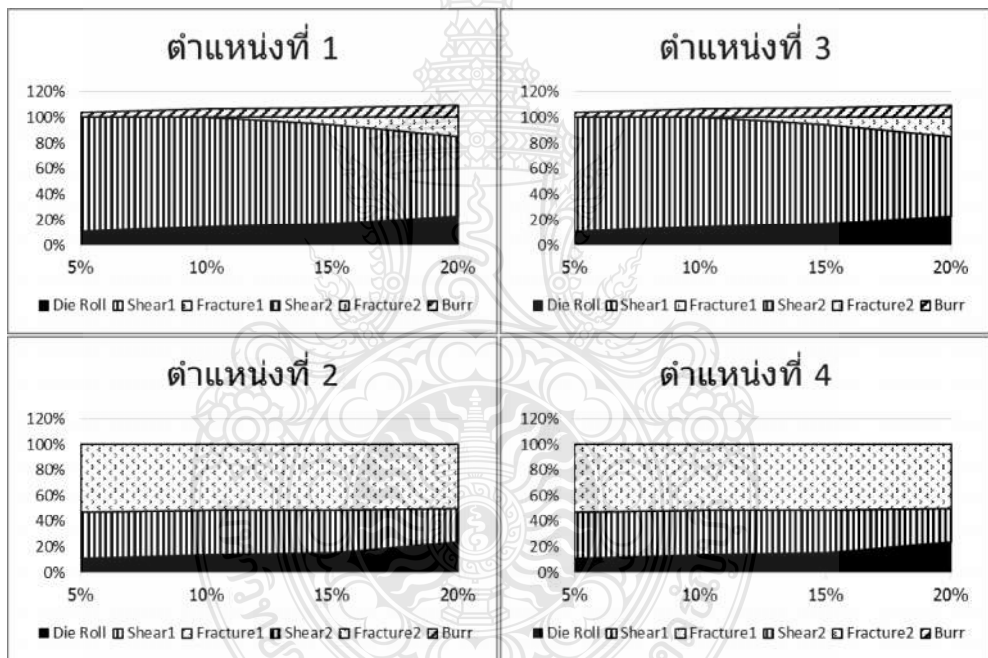
ตำแหน่ง 1						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	11.00%	89.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.33%
10%	14.90%	85.10%	0.00%	0.00%	0.00%	6.83%
15%	17.67%	76.33%	6.00%	0.00%	0.00%	7.00%
20%	23.40%	61.67%	14.93%	0.00%	0.00%	9.33%

ตำแหน่ง 2						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	11.17%	36.67%	52.17%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	13.53%	35.13%	51.33%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	15.27%	33.33%	51.40%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	23.63%	27.00%	49.37%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง 3						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	11.00%	89.00%	0.00%	0.00%	0.00%	3.33%
10%	14.90%	85.10%	0.00%	0.00%	0.00%	6.83%
15%	17.67%	76.33%	6.00%	0.00%	0.00%	7.00%
20%	23.40%	61.67%	14.93%	0.00%	0.00%	9.33%

ตำแหน่ง 4						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	11.17%	36.67%	52.17%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	13.53%	35.13%	51.33%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	15.27%	33.33%	51.40%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	23.63%	27.00%	49.37%	0.00%	0.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC590RN การตัดเจาะที่ระนาบตาย 15 องศา



ข.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบดาด 0 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780 - 0 องศา													
780-0.05-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.067	0.124	0.414	0.248	0.147	0.000	1	0.066	0.115	0.452	0.223	0.144	0.000
2	0.064	0.193	0.379	0.250	0.114	0.000	2	0.085	0.187	0.343	0.230	0.155	0.000
3	0.114	0.200	0.304	0.257	0.125	0.000	3	0.072	0.195	0.361	0.250	0.122	0.000
Avg	0.082	0.172	0.366	0.252	0.129	0.000	Avg	0.074	0.166	0.385	0.234	0.140	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.065	0.124	0.431	0.255	0.125	0.000	4	0.067	0.133	0.400	0.255	0.145	0.000
5	0.064	0.193	0.360	0.262	0.121	0.000	5	0.064	0.172	0.365	0.265	0.134	0.000
6	0.060	0.200	0.371	0.244	0.125	0.000	6	0.114	0.185	0.299	0.276	0.126	0.000
Avg	0.063	0.172	0.387	0.254	0.124	0.000	Avg	0.082	0.163	0.355	0.265	0.135	0.000

780 - 0 องศา													
780-0.10-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.067	0.162	0.771	0.000	0.000	0.000	1	0.086	0.144	0.770	0.000	0.000	0.000
2	0.143	0.143	0.714	0.000	0.000	0.000	2	0.067	0.200	0.733	0.000	0.000	0.000
3	0.076	0.181	0.743	0.000	0.000	0.000	3	0.098	0.171	0.781	0.000	0.000	0.000
Avg	0.095	0.162	0.743	0.000	0.000	0.000	Avg	0.084	0.172	0.761	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.080	0.162	0.758	0.000	0.000	0.000	4	0.097	0.210	0.693	0.000	0.000	0.000
5	0.090	0.176	0.749	0.000	0.000	0.000	5	0.087	0.114	0.799	0.000	0.000	0.000
6	0.085	0.195	0.737	0.000	0.000	0.000	6	0.085	0.144	0.771	0.000	0.000	0.000
Avg	0.085	0.178	0.748	0.000	0.000	0.000	Avg	0.090	0.156	0.754	0.000	0.000	0.000

780 - 0 องศา													
780-0.15-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.105	0.133	0.762	0.000	0.000	0.000	1	0.105	0.153	0.742	0.000	0.000	0.000
2	0.114	0.162	0.724	0.000	0.000	0.000	2	0.133	0.200	0.667	0.000	0.000	0.000
3	0.143	0.171	0.686	0.000	0.000	0.000	3	0.095	0.153	0.752	0.000	0.000	0.000
Avg	0.121	0.155	0.724	0.000	0.000	0.000	Avg	0.111	0.169	0.720	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.120	0.143	0.737	0.000	0.000	0.000	4	0.076	0.114	0.810	0.000	0.000	0.000
5	0.125	0.162	0.713	0.000	0.000	0.000	5	0.086	0.210	0.704	0.000	0.000	0.000
6	0.133	0.181	0.686	0.000	0.000	0.000	6	0.143	0.152	0.705	0.000	0.000	0.000
Avg	0.126	0.162	0.712	0.000	0.000	0.000	Avg	0.102	0.159	0.740	0.000	0.000	0.000

780 - 0 องศา													
780-0.20-0°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.171	0.133	0.696	0.000	0.000	0.000	1	0.162	0.086	0.752	0.000	0.000	0.000
2	0.162	0.171	0.667	0.000	0.000	0.000	2	0.162	0.219	0.619	0.000	0.000	0.000
3	0.210	0.114	0.676	0.000	0.000	0.000	3	0.165	0.267	0.600	0.000	0.000	0.000
Avg	0.181	0.139	0.680	0.000	0.000	0.000	Avg	0.163	0.191	0.657	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.168	0.181	0.651	0.000	0.000	0.000	4	0.152	0.057	0.791	0.000	0.000	0.000
5	0.175	0.171	0.654	0.000	0.000	0.000	5	0.171	0.138	0.691	0.000	0.000	0.000
6	0.164	0.152	0.684	0.000	0.000	0.000	6	0.162	0.171	0.667	0.000	0.000	0.000
Avg	0.169	0.168	0.663	0.000	0.000	0.000	Avg	0.162	0.122	0.716	0.000	0.000	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

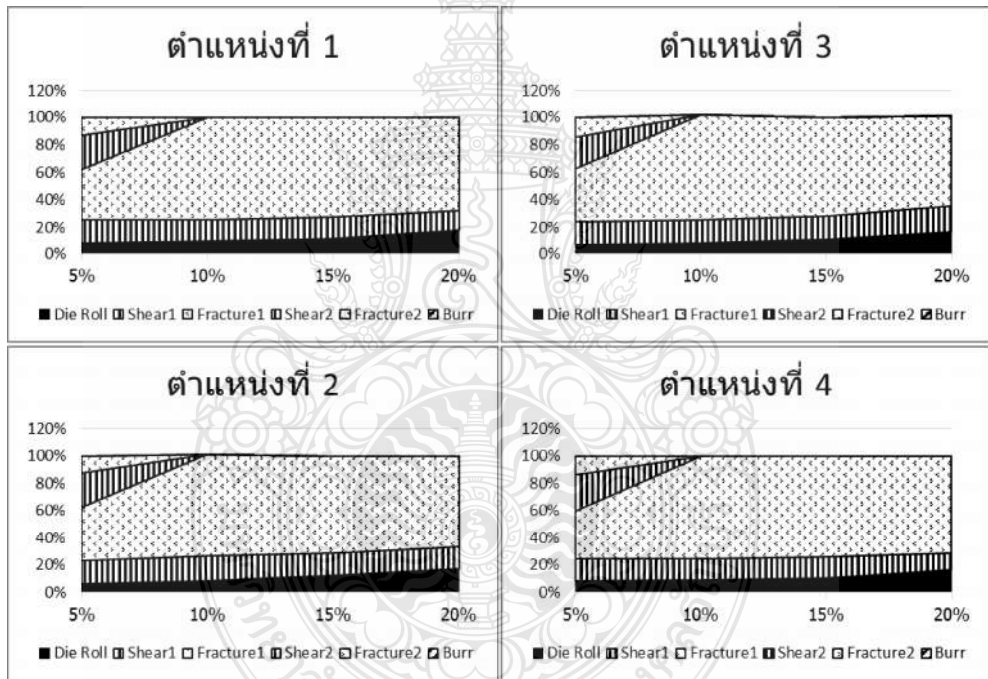
ตำแหน่ง1						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	8.17%	17.23%	36.57%	25.17%	12.87%	0.00%
10%	9.53%	16.20%	74.27%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	12.07%	15.53%	72.40%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	18.10%	13.93%	67.97%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง3						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	7.43%	16.57%	38.53%	23.43%	14.03%	0.00%
10%	8.37%	17.17%	76.13%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	11.10%	16.87%	72.03%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	16.30%	19.07%	65.70%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง2						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	6.30%	17.23%	38.73%	25.37%	12.37%	0.00%
10%	8.50%	17.77%	74.80%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	12.60%	16.20%	71.20%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	16.90%	16.80%	66.30%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง4						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	8.17%	16.33%	35.47%	26.53%	13.50%	0.00%
10%	8.97%	15.60%	75.43%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	10.17%	15.87%	73.97%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	16.17%	12.20%	71.63%	0.00%	0.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา



ข.5 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบดาย 5 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780 - 5 องศา							780-0.05-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.049	0.257	0.289	0.306	0.099	0.000	1	0.049	0.257	0.289	0.306	0.099	0.000
2	0.037	0.220	0.281	0.318	0.144	0.000	2	0.037	0.220	0.281	0.318	0.144	0.000
3	0.035	0.245	0.305	0.318	0.097	0.000	3	0.035	0.245	0.305	0.318	0.097	0.000
Avg	0.040	0.241	0.292	0.314	0.113	0.000	Avg	0.040	0.241	0.292	0.314	0.113	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.037	0.306	0.657	0.000	0.000	0.000	4	0.037	0.306	0.657	0.000	0.000	0.000
5	0.037	0.269	0.694	0.000	0.000	0.000	5	0.037	0.269	0.694	0.000	0.000	0.000
6	0.040	0.232	0.728	0.000	0.000	0.000	6	0.040	0.232	0.728	0.000	0.000	0.000
Avg	0.038	0.269	0.693	0.000	0.000	0.000	Avg	0.038	0.269	0.693	0.000	0.000	0.000

780 - 5 องศา							780-0.10-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.049	0.294	0.489	0.165	0.003	0.000	1	0.049	0.294	0.489	0.165	0.003	0.000
2	0.059	0.295	0.470	0.095	0.081	0.000	2	0.059	0.295	0.470	0.095	0.081	0.000
3	0.049	0.281	0.475	0.145	0.050	0.000	3	0.049	0.281	0.475	0.145	0.050	0.000
Avg	0.052	0.290	0.478	0.135	0.045	0.000	Avg	0.052	0.290	0.478	0.135	0.045	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.086	0.281	0.633	0.000	0.000	0.000	4	0.086	0.281	0.633	0.000	0.000	0.000
5	0.098	0.232	0.670	0.000	0.000	0.000	5	0.098	0.232	0.670	0.000	0.000	0.000
6	0.086	0.208	0.706	0.000	0.000	0.000	6	0.086	0.208	0.706	0.000	0.000	0.000
Avg	0.090	0.240	0.670	0.000	0.000	0.000	Avg	0.090	0.240	0.670	0.000	0.000	0.000

780 - 5 องศา							780-0.15-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.086	0.232	0.682	0.000	0.000	0.000	1	0.086	0.232	0.682	0.000	0.000	0.000
2	0.098	0.232	0.670	0.000	0.000	0.000	2	0.098	0.232	0.670	0.000	0.000	0.000
3	0.122	0.282	0.596	0.000	0.000	0.000	3	0.122	0.282	0.596	0.000	0.000	0.000
Avg	0.102	0.249	0.649	0.000	0.000	0.000	Avg	0.102	0.249	0.649	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.086	0.196	0.718	0.000	0.000	0.000	4	0.086	0.196	0.718	0.000	0.000	0.000
5	0.098	0.266	0.636	0.000	0.000	0.000	5	0.098	0.266	0.636	0.000	0.000	0.000
6	0.085	0.219	0.696	0.000	0.000	0.000	6	0.085	0.219	0.696	0.000	0.000	0.000
Avg	0.090	0.227	0.683	0.000	0.000	0.000	Avg	0.090	0.227	0.683	0.000	0.000	0.000

780 - 5 องศา							780-0.20-5°						
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.171	0.133	0.696	0.000	0.000	0.000	1	0.171	0.133	0.696	0.000	0.000	0.000
2	0.171	0.190	0.639	0.000	0.000	0.000	2	0.171	0.190	0.639	0.000	0.000	0.000
3	0.181	0.181	0.638	0.000	0.000	0.000	3	0.181	0.181	0.638	0.000	0.000	0.000
Avg	0.174	0.168	0.658	0.000	0.000	0.000	Avg	0.174	0.168	0.658	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.147	0.171	0.682	0.000	0.000	0.000	4	0.147	0.171	0.682	0.000	0.000	0.000
5	0.135	0.110	0.755	0.000	0.000	0.000	5	0.135	0.110	0.755	0.000	0.000	0.000
6	0.122	0.294	0.584	0.000	0.000	0.000	6	0.122	0.294	0.584	0.000	0.000	0.000
Avg	0.135	0.192	0.674	0.000	0.000	0.000	Avg	0.135	0.192	0.674	0.000	0.000	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

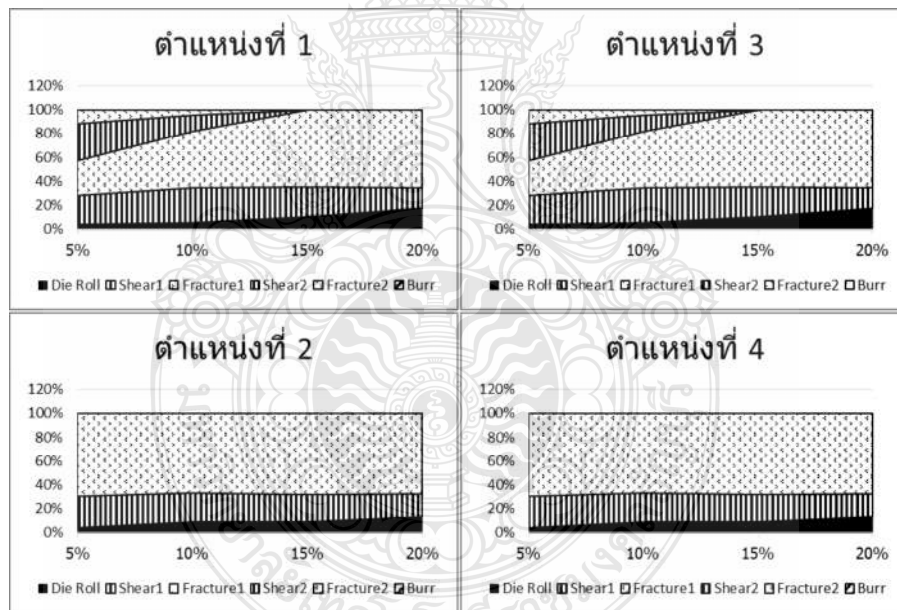
ตำแหน่ง1						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	4.03%	24.07%	29.17%	31.40%	11.33%	0.00%
10%	5.23%	29.00%	47.80%	13.50%	4.47%	0.00%
15%	10.20%	24.87%	64.93%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	17.43%	16.80%	65.77%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง3						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	4.03%	24.07%	29.17%	31.40%	11.33%	0.00%
10%	5.23%	29.00%	47.80%	13.50%	4.47%	0.00%
15%	10.20%	24.87%	64.93%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	17.43%	16.80%	65.77%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง2						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	3.80%	26.90%	69.30%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	9.00%	24.03%	66.97%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	8.97%	22.70%	68.33%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	13.47%	19.17%	67.37%	0.00%	0.00%	0.00%

ตำแหน่ง4						
C	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	3.80%	26.90%	69.30%	0.00%	0.00%	0.00%
10%	9.00%	24.03%	66.97%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	8.97%	22.70%	68.33%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	13.47%	19.17%	67.37%	0.00%	0.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบด้าย 5 องศา



ข.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบดาย 15 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780 - 15 องศา													
780-0.05-15°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.076	0.853	0.000	0.000	0.000	0.071	1	0.038	0.962	0.000	0.000	0.000	0.009
2	0.076	0.865	0.000	0.000	0.000	0.059	2	0.038	0.962	0.000	0.000	0.000	0.257
3	0.095	0.878	0.000	0.000	0.000	0.027	3	0.026	0.974	0.000	0.000	0.000	0.145
Avg	0.082	0.865	0.000	0.000	0.000	0.052	Avg	0.034	0.966	0.000	0.000	0.000	0.137
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.037	0.159	0.657	0.100	0.047	0.000	4	0.037	0.159	0.657	0.100	0.047	0.000
5	0.037	0.162	0.570	0.150	0.081	0.000	5	0.037	0.162	0.570	0.150	0.081	0.000
6	0.040	0.155	0.624	0.130	0.051	0.000	6	0.040	0.155	0.624	0.130	0.051	0.000
Avg	0.038	0.159	0.617	0.127	0.060	0.000	Avg	0.038	0.159	0.617	0.127	0.060	0.000

780 - 15 องศา													
780-0.10-15°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.200	0.275	0.525	0.000	0.000	0.000	1	0.200	0.275	0.525	0.000	0.000	0.000
2	0.229	0.286	0.485	0.000	0.000	0.000	2	0.229	0.286	0.485	0.000	0.000	0.000
3	0.114	0.248	0.638	0.000	0.000	0.000	3	0.114	0.248	0.638	0.000	0.000	0.000
Avg	0.181	0.270	0.549	0.000	0.000	0.000	Avg	0.181	0.270	0.549	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.114	0.248	0.638	0.000	0.000	0.000	4	0.248	0.238	0.514	0.000	0.000	0.000
5	0.324	0.243	0.433	0.000	0.000	0.000	5	0.276	0.362	0.362	0.000	0.000	0.000
6	0.295	0.343	0.362	0.000	0.000	0.000	6	0.253	0.208	0.539	0.000	0.000	0.000
Avg	0.244	0.278	0.478	0.000	0.000	0.000	Avg	0.259	0.269	0.472	0.000	0.000	0.000

780 - 15 องศา													
780-0.15-15°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.124	0.410	0.466	0.000	0.000	0.000	1	0.190	0.322	0.489	0.000	0.000	0.000
2	0.067	0.257	0.676	0.000	0.000	0.000	2	0.130	0.310	0.561	0.000	0.000	0.000
3	0.190	0.286	0.524	0.000	0.000	0.000	3	0.150	0.316	0.534	0.000	0.000	0.000
Avg	0.127	0.318	0.555	0.000	0.000	0.000	Avg	0.157	0.316	0.528	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.143	0.276	0.581	0.000	0.000	0.000	4	0.286	0.143	0.571	0.000	0.000	0.000
5	0.317	0.314	0.369	0.000	0.000	0.000	5	0.248	0.676	0.076	0.000	0.000	0.000
6	0.162	0.419	0.419	0.000	0.000	0.000	6	0.181	0.562	0.257	0.000	0.000	0.000
Avg	0.207	0.336	0.456	0.000	0.000	0.000	Avg	0.238	0.460	0.301	0.000	0.000	0.000

780 - 15 องศา													
780-0.20-15°													
ตำแหน่ง1							ตำแหน่ง3						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
1	0.190	0.457	0.353	0.000	0.000	0.000	1	0.150	0.457	0.393	0.000	0.000	0.000
2	0.305	0.429	0.266	0.000	0.000	0.000	2	0.320	0.486	0.194	0.000	0.000	0.000
3	0.250	0.434	0.316	0.000	0.000	0.000	3	0.230	0.476	0.294	0.000	0.000	0.000
Avg	0.248	0.440	0.312	0.000	0.000	0.000	Avg	0.233	0.473	0.294	0.000	0.000	0.000
ตำแหน่ง2							ตำแหน่ง4						
ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr	ชั้นที่	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
4	0.114	0.210	0.676	0.000	0.000	0.000	4	0.229	0.250	0.521	0.000	0.000	0.000
5	0.114	0.286	0.600	0.000	0.000	0.000	5	0.190	0.238	0.572	0.000	0.000	0.000
6	0.124	0.371	0.505	0.000	0.000	0.000	6	0.124	0.419	0.457	0.000	0.000	0.000
Avg	0.117	0.289	0.594	0.000	0.000	0.000	Avg	0.181	0.302	0.517	0.000	0.000	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

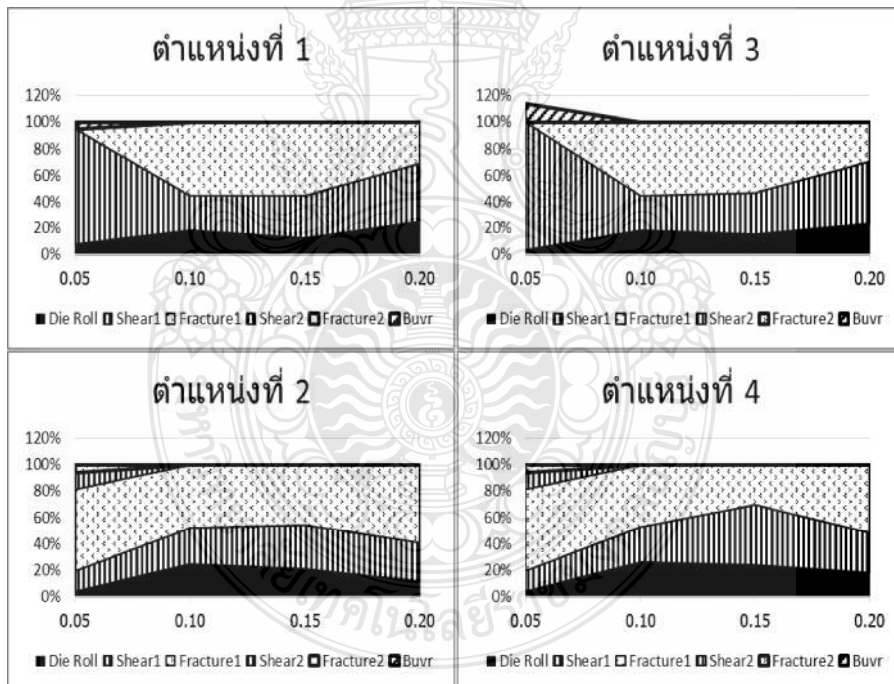
C	ตำแหน่ง1					
	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	8.23%	86.53%	0.00%	0.00%	0.00%	5.23%
10%	18.10%	26.97%	54.93%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	12.70%	31.77%	55.53%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	24.83%	44.00%	31.17%	0.00%	0.00%	0.00%

C	ตำแหน่ง3					
	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	3.40%	96.60%	0.00%	0.00%	0.00%	13.70%
10%	18.10%	26.97%	54.93%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	15.67%	31.57%	52.77%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	23.33%	47.30%	29.37%	0.00%	0.00%	0.00%

C	ตำแหน่ง2					
	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	3.80%	15.87%	61.70%	12.67%	5.97%	0.00%
10%	24.43%	27.80%	47.77%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	20.73%	33.63%	45.63%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	11.73%	28.90%	59.37%	0.00%	0.00%	0.00%

C	ตำแหน่ง4					
	Die Roll	Shear1	Fracture1	Shear2	Fracture2	Burr
5%	3.80%	15.87%	61.70%	12.67%	5.97%	0.00%
10%	25.90%	26.93%	47.17%	0.00%	0.00%	0.00%
15%	23.83%	46.03%	30.13%	0.00%	0.00%	0.00%
20%	18.10%	30.23%	51.67%	0.00%	0.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบคาย 15 องศา





ภาคผนวก ข

ผลการทดลองกระบวนการตัดเนื้อ

ช.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

590- 0 องศา									
590-0 องศา-0.05									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.049	0.473	0.478	0.023	1	0.050	0.472	0.478	0.023
2	0.050	0.470	0.480	0.040	2	0.049	0.470	0.481	0.040
3	0.048	0.462	0.490	0.002	3	0.048	0.482	0.470	0.002
4	0.048	0.482	0.470	0.012	4	0.048	0.482	0.470	0.012
avg	0.049	0.472	0.480	0.019	avg	0.049	0.477	0.475	0.019

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.049	0.473	0.478	0.023
2	0.050	0.470	0.480	0.040
3	0.048	0.462	0.490	0.002
4	0.048	0.482	0.470	0.012
avg	0.049	0.472	0.480	0.019

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.050	0.472	0.478	0.023
2	0.049	0.470	0.481	0.040
3	0.048	0.482	0.470	0.002
4	0.048	0.482	0.470	0.012
avg	0.049	0.477	0.475	0.019

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.049	0.473	0.478	0.023
2	0.050	0.470	0.480	0.040
3	0.048	0.462	0.490	0.002
4	0.048	0.482	0.470	0.012
avg	0.049	0.472	0.480	0.019

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.050	0.472	0.478	0.023
2	0.049	0.470	0.481	0.040
3	0.048	0.482	0.470	0.002
4	0.048	0.482	0.470	0.012
avg	0.049	0.477	0.475	0.019

590- 0 องศา									
590-0 องศา-0.10									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.060	0.440	0.500	0.030	1	0.062	0.442	0.496	0.030
2	0.065	0.420	0.515	0.025	2	0.067	0.420	0.513	0.025
3	0.061	0.430	0.509	0.040	3	0.065	0.426	0.509	0.040
4	0.063	0.441	0.496	0.030	4	0.063	0.441	0.496	0.030
avg	0.062	0.433	0.505	0.031	avg	0.064	0.432	0.504	0.031

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.060	0.440	0.500	0.030
2	0.065	0.420	0.515	0.025
3	0.061	0.430	0.509	0.040
4	0.063	0.441	0.496	0.030
avg	0.062	0.433	0.505	0.031

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.062	0.442	0.496	0.030
2	0.067	0.420	0.513	0.025
3	0.065	0.426	0.509	0.040
4	0.063	0.441	0.496	0.030
avg	0.064	0.432	0.504	0.031

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.060	0.440	0.500	0.030
2	0.065	0.420	0.515	0.025
3	0.061	0.430	0.509	0.040
4	0.063	0.441	0.496	0.030
avg	0.062	0.433	0.505	0.031

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.062	0.442	0.496	0.030
2	0.067	0.420	0.513	0.025
3	0.065	0.426	0.509	0.040
4	0.063	0.441	0.496	0.030
avg	0.064	0.432	0.504	0.031

590- 0 ลงคา									
590-0 ลงคา-0.15									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.065	0.430	0.505	0.050	1	0.065	0.430	0.505	0.050
2	0.067	0.425	0.508	0.045	2	0.067	0.425	0.508	0.045
3	0.068	0.404	0.528	0.052	3	0.068	0.404	0.528	0.052
4	0.068	0.527	0.405	0.043	4	0.068	0.527	0.405	0.043
avg	0.067	0.447	0.487	0.048	avg	0.067	0.447	0.487	0.048

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.065	0.430	0.505	0.050	1	0.065	0.430	0.505	0.050
2	0.067	0.425	0.508	0.045	2	0.067	0.425	0.508	0.045
3	0.068	0.404	0.528	0.052	3	0.068	0.404	0.528	0.052
4	0.068	0.527	0.405	0.043	4	0.068	0.527	0.405	0.043
avg	0.067	0.447	0.487	0.048	avg	0.067	0.447	0.487	0.048

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.065	0.430	0.505	0.050	1	0.065	0.430	0.505	0.050
2	0.067	0.425	0.508	0.045	2	0.067	0.425	0.508	0.045
3	0.068	0.404	0.528	0.052	3	0.068	0.404	0.528	0.052
4	0.068	0.527	0.405	0.043	4	0.068	0.527	0.405	0.043
avg	0.067	0.447	0.487	0.048	avg	0.067	0.447	0.487	0.048

590- 0 ลงคา									
590-0 ลงคา-0.20									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.090	0.400	0.510	0.049	1	0.090	0.400	0.510	0.049
2	0.102	0.380	0.518	0.074	2	0.102	0.380	0.518	0.074
3	0.098	0.395	0.507	0.049	3	0.098	0.395	0.507	0.049
4	0.092	0.389	0.519	0.098	4	0.092	0.389	0.519	0.098
avg	0.096	0.391	0.514	0.068	avg	0.096	0.391	0.514	0.068

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.090	0.400	0.510	0.049	1	0.090	0.400	0.510	0.049
2	0.102	0.380	0.518	0.074	2	0.102	0.380	0.518	0.074
3	0.098	0.395	0.507	0.049	3	0.098	0.395	0.507	0.049
4	0.092	0.389	0.519	0.098	4	0.092	0.389	0.519	0.098
avg	0.096	0.391	0.514	0.068	avg	0.096	0.391	0.514	0.068

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.090	0.400	0.510	0.049	1	0.090	0.400	0.510	0.049
2	0.102	0.380	0.518	0.074	2	0.102	0.380	0.518	0.074
3	0.098	0.395	0.507	0.049	3	0.098	0.395	0.507	0.049
4	0.092	0.389	0.519	0.098	4	0.092	0.389	0.519	0.098
avg	0.096	0.391	0.514	0.068	avg	0.096	0.391	0.514	0.068

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

ตำแหน่งที่ 1				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	4.88%	47.18%	47.95%	1.93%
10%	6.23%	43.28%	50.50%	3.13%
15%	6.70%	44.65%	48.65%	4.75%
20%	9.55%	39.10%	51.35%	6.75%

ตำแหน่งที่ 4				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	4.88%	47.65%	47.48%	0.00%
10%	6.43%	43.23%	50.35%	0.00%
15%	6.70%	44.65%	48.65%	0.00%
20%	9.55%	39.10%	51.35%	0.00%

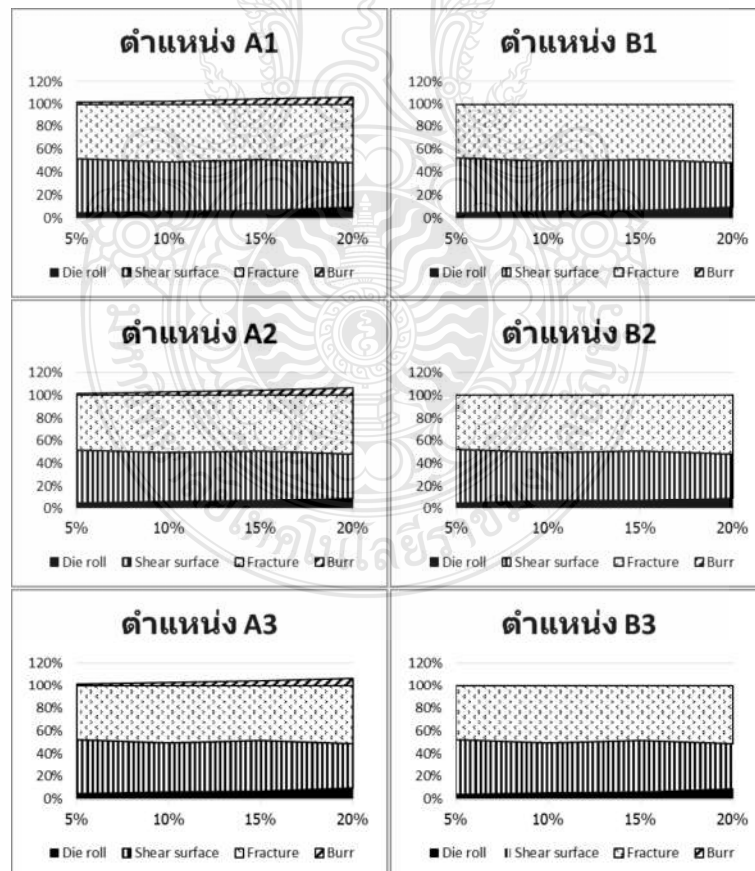
ตำแหน่งที่ 2				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	4.88%	47.18%	47.95%	1.93%
10%	6.23%	43.28%	50.50%	3.13%
15%	6.70%	44.65%	48.65%	4.75%
20%	9.55%	39.10%	51.35%	6.75%

ตำแหน่งที่ 5				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	0.049	0.477	0.475	0.000
10%	0.064	0.432	0.504	0.000
15%	0.067	0.447	0.487	0.000
20%	0.096	0.391	0.514	0.000

ตำแหน่งที่ 3				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	4.88%	47.18%	47.95%	1.93%
10%	6.23%	43.28%	50.50%	3.13%
15%	6.70%	44.65%	48.65%	4.75%
20%	9.55%	39.10%	51.35%	6.75%

ตำแหน่งที่ 6				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	4.88%	47.65%	47.48%	0.00%
10%	6.43%	43.23%	50.35%	0.00%
15%	6.70%	44.65%	48.65%	0.00%
20%	9.55%	39.10%	51.35%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา



ช.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 5 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

590- 5 องศา									
590-5 องศา-0.05									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.194	0.461	0.345	0.000	1	0.218	0.255	0.527	0.000
2	0.182	0.316	0.502	0.000	2	0.218	0.255	0.527	0.000
3	0.158	0.376	0.466	0.000	3	0.182	0.291	0.527	0.000
4	0.182	0.461	0.357	0.000	4	0.182	0.291	0.527	0.000
avg	0.179	0.404	0.418	0.000	avg	0.200	0.273	0.527	0.000

ตำแหน่งที่ 2									
ตำแหน่งที่ 5									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.231	0.376	0.393	0.000	1	0.255	0.291	0.454	0.000
2	0.231	0.316	0.453	0.000	2	0.255	0.291	0.454	0.000
3	0.206	0.400	0.394	0.000	3	0.231	0.218	0.551	0.000
4	0.218	0.328	0.454	0.000	4	0.218	0.243	0.539	0.000
avg	0.222	0.355	0.424	0.000	avg	0.240	0.261	0.500	0.000

ตำแหน่งที่ 3									
ตำแหน่งที่ 6									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.194	0.376	0.430	0.000	1	0.218	0.279	0.503	0.000
2	0.220	0.281	0.499	0.000	2	0.218	0.279	0.503	0.000
3	0.208	0.293	0.499	0.000	3	0.231	0.243	0.526	0.000
4	0.218	0.376	0.406	0.000	4	0.206	0.279	0.515	0.000
avg	0.210	0.332	0.459	0.000	avg	0.218	0.270	0.512	0.000

590- 5 องศา									
590-5 องศา-0.10									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.255	0.364	0.381	0.000	1	0.255	0.267	0.478	0.000
2	0.218	0.328	0.454	0.000	2	0.243	0.255	0.502	0.000
3	0.231	0.316	0.453	0.000	3	0.243	0.316	0.441	0.000
4	0.194	0.316	0.490	0.000	4	0.291	0.206	0.503	0.000
avg	0.225	0.331	0.445	0.000	avg	0.258	0.261	0.481	0.000

ตำแหน่งที่ 2									
ตำแหน่งที่ 5									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.318	0.379	0.303	0.000	1	0.279	0.267	0.454	0.000
2	0.303	0.425	0.272	0.000	2	0.303	0.291	0.406	0.000
3	0.316	0.400	0.284	0.000	3	0.306	0.306	0.388	0.000
4	0.279	0.328	0.393	0.000	4	0.255	0.279	0.466	0.000
avg	0.304	0.383	0.313	0.000	avg	0.286	0.286	0.429	0.000

ตำแหน่งที่ 3									
ตำแหน่งที่ 6									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.206	0.364	0.430	0.000	1	0.255	0.255	0.490	0.000
2	0.255	0.376	0.369	0.000	2	0.255	0.206	0.539	0.000
3	0.243	0.279	0.478	0.000	3	0.243	0.291	0.466	0.000
4	0.243	0.376	0.381	0.000	4	0.218	0.364	0.418	0.000
avg	0.237	0.349	0.415	0.000	avg	0.243	0.279	0.478	0.000

590- 5 องศา									
590-5 องศา-0.15									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.231	0.303	0.466	0.000	1	0.306	0.269	0.425	0.000
2	0.342	0.293	0.365	0.000	2	0.306	0.269	0.425	0.000
3	0.255	0.267	0.478	0.000	3	0.293	0.244	0.463	0.000
4	0.303	0.279	0.418	0.000	4	0.303	0.267	0.430	0.000
avg	0.283	0.286	0.432	0.000	avg	0.302	0.262	0.436	0.000

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.293	0.244	0.463	0.000	1	0.291	0.243	0.466	0.000
2	0.267	0.316	0.417	0.000	2	0.291	0.243	0.466	0.000
3	0.255	0.316	0.429	0.000	3	0.293	0.244	0.463	0.000
4	0.340	0.328	0.332	0.000	4	0.279	0.255	0.466	0.000
avg	0.289	0.301	0.410	0.000	avg	0.289	0.246	0.465	0.000

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.182	0.340	0.478	0.000	1	0.231	0.231	0.538	0.000
2	0.231	0.279	0.490	0.000	2	0.231	0.231	0.538	0.000
3	0.231	0.231	0.538	0.000	3	0.231	0.206	0.563	0.000
4	0.182	0.255	0.563	0.000	4	0.206	0.316	0.478	0.000
avg	0.207	0.276	0.517	0.000	avg	0.225	0.246	0.529	0.000

590- 5 องศา									
590-5 องศา-0.20									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.279	0.316	0.405	0.000	1	0.267	0.267	0.466	0.000
2	0.231	0.340	0.429	0.000	2	0.281	0.257	0.462	0.000
3	0.231	0.291	0.478	0.000	3	0.281	0.257	0.462	0.000
4	0.243	0.303	0.454	0.000	4	0.291	0.255	0.454	0.000
avg	0.246	0.313	0.442	0.000	avg	0.280	0.259	0.461	0.000

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.279	0.279	0.442	0.000	1	0.342	0.257	0.401	0.000
2	0.352	0.243	0.405	0.000	2	0.269	0.220	0.511	0.000
3	0.316	0.206	0.478	0.000	3	0.269	0.220	0.511	0.000
4	0.376	0.303	0.321	0.000	4	0.279	0.279	0.442	0.000
avg	0.331	0.258	0.412	0.000	avg	0.290	0.244	0.466	0.000

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.243	0.316	0.441	0.000	1	0.293	0.232	0.475	0.000
2	0.267	0.328	0.405	0.000	2	0.318	0.257	0.425	0.000
3	0.255	0.231	0.514	0.000	3	0.318	0.257	0.425	0.000
4	0.267	0.194	0.539	0.000	4	0.243	0.231	0.526	0.000
avg	0.258	0.267	0.475	0.000	avg	0.293	0.244	0.463	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

ตำแหน่งที่ 1				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	17.90%	40.35%	41.75%	0.00%
10%	22.45%	33.10%	44.45%	0.00%
15%	28.28%	28.55%	43.18%	0.00%
20%	24.60%	31.25%	44.15%	0.00%

ตำแหน่งที่ 4				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	20.00%	27.30%	52.70%	0.00%
10%	25.80%	26.10%	48.10%	0.00%
15%	30.20%	26.23%	43.58%	0.00%
20%	28.00%	25.90%	46.10%	0.00%

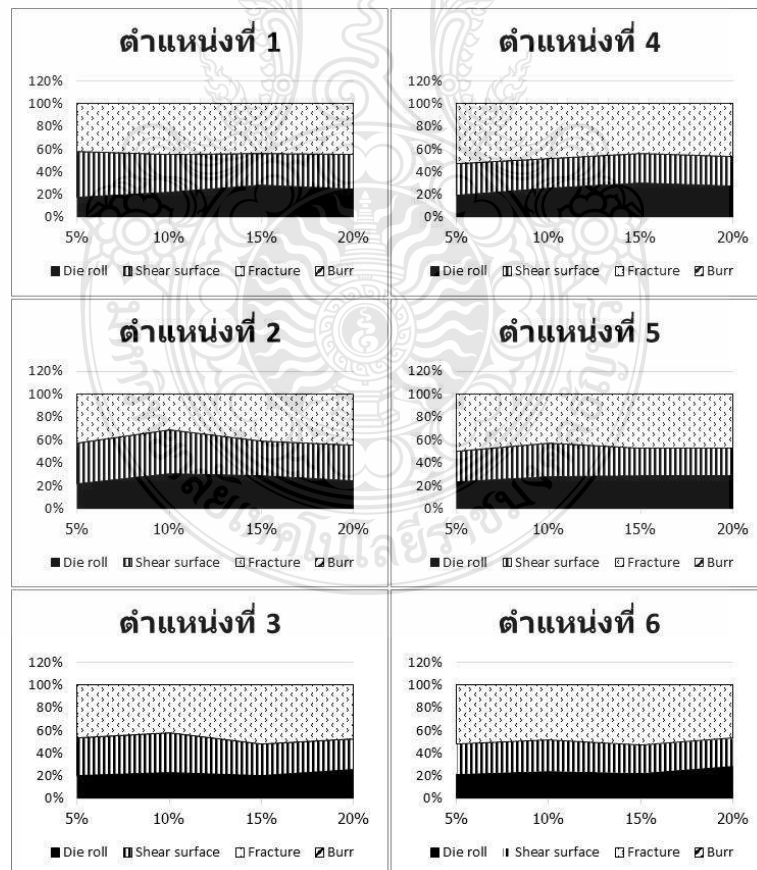
ตำแหน่งที่ 2				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	22.15%	35.50%	42.35%	0.00%
10%	30.40%	38.30%	31.30%	0.00%
15%	28.88%	30.10%	41.03%	0.00%
20%	24.60%	31.25%	44.15%	0.00%

ตำแหน่งที่ 5				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	23.98%	26.08%	49.95%	0.00%
10%	28.58%	28.58%	42.85%	0.00%
15%	28.85%	24.63%	46.53%	0.00%
20%	28.98%	24.40%	46.63%	0.00%

ตำแหน่งที่ 3				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	21.00%	33.15%	45.85%	0.00%
10%	23.68%	34.88%	41.45%	0.00%
15%	20.65%	27.63%	51.73%	0.00%
20%	25.80%	26.73%	47.48%	0.00%

ตำแหน่งที่ 6				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	21.83%	27.00%	51.18%	0.00%
10%	24.28%	27.90%	47.83%	0.00%
15%	22.48%	24.60%	52.93%	0.00%
20%	29.30%	24.43%	46.28%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเนื้อวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 5 องศา



ช.3 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 15 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

590- 15 องศา									
590-15 องศา-0.05									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.123	0.877	0.000	0.000	1	0.144	0.856	0.000	0.000
2	0.132	0.868	0.000	0.000	2	0.108	0.892	0.000	0.000
3	0.120	0.880	0.000	0.000	3	0.132	0.868	0.000	0.000
4	0.120	0.880	0.000	0.000	4	0.132	0.868	0.000	0.000
avg	0.124	0.876	0.000	0.000	avg	0.129	0.871	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 2									
ตำแหน่งที่ 5									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.096	0.904	0.000	0.000	1	0.132	0.868	0.000	0.000
2	0.096	0.904	0.000	0.000	2	0.108	0.892	0.000	0.000
3	0.096	0.904	0.000	0.000	3	0.132	0.868	0.000	0.000
4	0.108	0.892	0.000	0.000	4	0.144	0.856	0.000	0.000
avg	0.099	0.901	0.000	0.000	avg	0.129	0.871	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 3									
ตำแหน่งที่ 6									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.120	0.880	0.000	0.000	1	0.132	0.868	0.000	0.000
2	0.108	0.892	0.000	0.000	2	0.156	0.844	0.000	0.000
3	0.096	0.904	0.000	0.000	3	0.132	0.868	0.000	0.000
4	0.096	0.904	0.000	0.000	4	0.156	0.844	0.000	0.000
avg	0.105	0.895	0.000	0.000	avg	0.144	0.856	0.000	0.000

590- 15 องศา									
590-15 องศา-0.10									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.108	0.892	0.000	0.000	1	0.108	0.892	0.000	0.072
2	0.096	0.904	0.000	0.000	2	0.144	0.856	0.000	0.084
3	0.120	0.880	0.000	0.000	3	0.120	0.880	0.000	0.096
4	0.108	0.892	0.000	0.000	4	0.120	0.880	0.000	0.084
avg	0.108	0.892	0.000	0.000	avg	0.123	0.877	0.000	0.084

ตำแหน่งที่ 2									
ตำแหน่งที่ 5									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.096	0.904	0.000	0.000	1	0.132	0.599	0.269	0.084
2	0.132	0.868	0.000	0.000	2	0.144	0.563	0.293	0.072
3	0.144	0.856	0.000	0.000	3	0.120	0.431	0.449	0.072
4	0.096	0.904	0.000	0.000	4	0.132	0.467	0.401	0.108
avg	0.117	0.883	0.000	0.000	avg	0.132	0.515	0.353	0.084

ตำแหน่งที่ 3									
ตำแหน่งที่ 6									
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.108	0.892	0.000	0.000	1	0.144	0.383	0.473	0.072
2	0.084	0.916	0.000	0.000	2	0.108	0.407	0.485	0.096
3	0.096	0.904	0.000	0.000	3	0.168	0.587	0.245	0.072
4	0.132	0.868	0.000	0.000	4	0.168	0.431	0.401	0.084
avg	0.105	0.895	0.000	0.000	avg	0.147	0.452	0.401	0.081

590- 15 องศา									
590-15 องศา-0.15									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.096	0.875	0.029	0.000	1	0.144	0.856	0.000	0.096
2	0.108	0.863	0.029	0.000	2	0.144	0.856	0.000	0.096
3	0.122	0.758	0.120	0.000	3	0.159	0.841	0.000	0.098
4	0.122	0.770	0.108	0.000	4	0.110	0.890	0.000	0.098
avg	0.112	0.817	0.072	0.000	avg	0.139	0.861	0.000	0.097

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.108	0.755	0.137	0.000
2	0.108	0.791	0.101	0.000
3	0.110	0.709	0.181	0.000
4	0.098	0.721	0.181	0.000
avg	0.106	0.744	0.150	0.000

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.156	0.479	0.365	0.072
2	0.132	0.374	0.494	0.072
3	0.159	0.623	0.218	0.110
4	0.134	0.501	0.365	0.110
avg	0.145	0.494	0.361	0.091

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.120	0.599	0.281	0.000
2	0.096	0.659	0.245	0.000
3	0.098	0.831	0.071	0.000
4	0.110	0.697	0.193	0.000
avg	0.106	0.697	0.198	0.000

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.132	0.347	0.521	0.036
2	0.144	0.228	0.628	0.060
3	0.134	0.257	0.609	0.110
4	0.100	0.281	0.619	0.073
avg	0.128	0.278	0.594	0.070

590- 15 องศา									
590-15 องศา-0.20									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.110	0.855	0.035	0.000	1	0.134	0.831	0.035	0.061
2	0.098	0.721	0.181	0.000	2	0.110	0.843	0.047	0.098
3	0.122	0.578	0.300	0.000	3	0.134	0.866	0.000	0.098
4	0.098	0.868	0.034	0.000	4	0.122	0.843	0.035	0.098
avg	0.107	0.756	0.138	0.000	avg	0.125	0.846	0.029	0.089

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.110	0.745	0.145	0.000
2	0.122	0.672	0.206	0.000
3	0.149	0.733	0.118	0.000
4	0.110	0.733	0.157	0.000
avg	0.123	0.721	0.157	0.000

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.159	0.391	0.450	0.110
2	0.147	0.452	0.401	0.073
3	0.122	0.330	0.548	0.086
4	0.134	0.281	0.585	0.098
avg	0.141	0.364	0.496	0.092

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.110	0.721	0.169	0.000
2	0.122	0.843	0.035	0.000
3	0.122	0.709	0.169	0.000
4	0.122	0.709	0.169	0.000
avg	0.119	0.746	0.136	0.000

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.134	0.306	0.560	0.061
2	0.159	0.244	0.597	0.098
3	0.134	0.196	0.670	0.147
4	0.147	0.281	0.572	0.098
avg	0.144	0.257	0.600	0.101

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

ตำแหน่งที่ 1				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	12.38%	87.63%	0.00%	0.00%
10%	10.80%	89.20%	0.00%	0.00%
15%	11.20%	81.65%	7.15%	0.00%
20%	10.70%	75.55%	13.75%	0.00%

ตำแหน่งที่ 4				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	12.90%	87.10%	0.00%	0.00%
10%	12.30%	87.70%	0.00%	8.40%
15%	13.93%	86.08%	0.00%	9.70%
20%	12.50%	84.58%	2.93%	8.88%

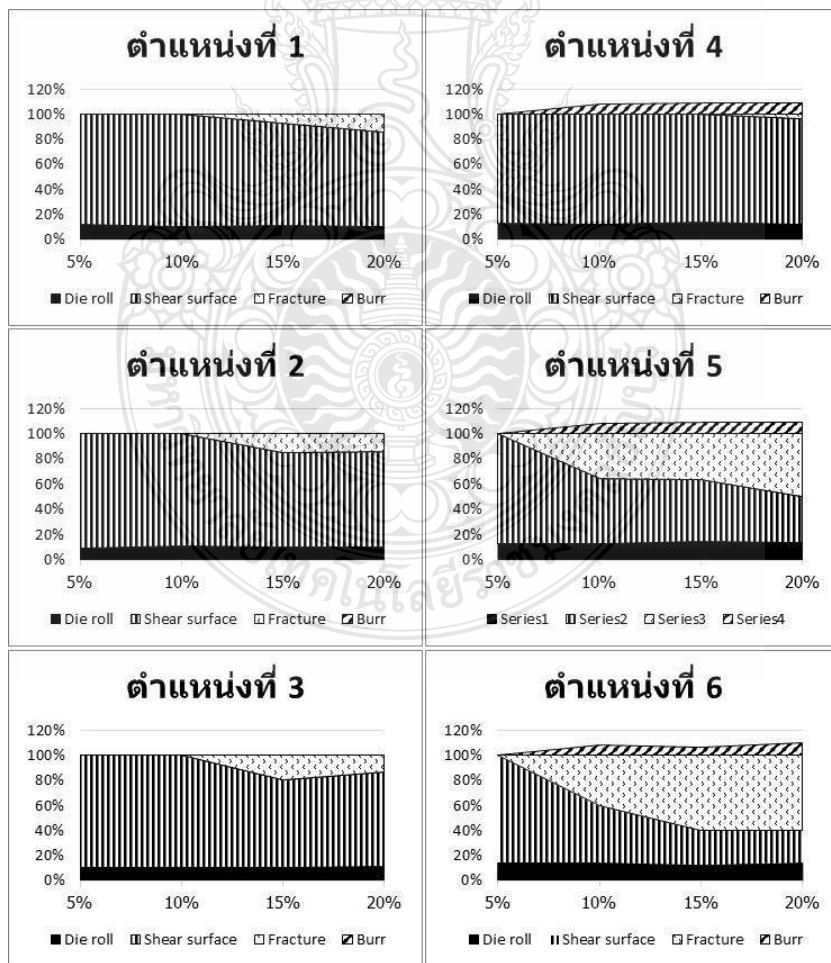
ตำแหน่งที่ 2				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	9.90%	90.10%	0.00%	0.00%
10%	11.70%	88.30%	0.00%	0.00%
15%	10.60%	74.40%	15.00%	0.00%
20%	10.70%	75.55%	13.75%	0.00%

ตำแหน่งที่ 5				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	12.90%	87.10%	0.00%	0.00%
10%	13.20%	51.50%	35.30%	8.40%
15%	14.53%	49.43%	36.05%	9.10%
20%	14.05%	36.35%	49.60%	9.18%

ตำแหน่งที่ 3				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	10.50%	89.50%	0.00%	0.00%
10%	10.50%	89.50%	0.00%	0.00%
15%	10.60%	69.65%	19.75%	0.00%
20%	11.90%	74.55%	13.55%	0.00%

ตำแหน่งที่ 6				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	14.40%	85.60%	0.00%	0.00%
10%	14.70%	45.20%	40.10%	8.10%
15%	12.75%	27.83%	59.43%	6.98%
20%	14.35%	25.68%	59.98%	10.10%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเนื้อวัสดุ JAC590RN การตัดที่ระนาบคาย 15 องศา



ข.4 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780- 0 องศา									
780-0 องศา-0.05									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.040	0.400	0.560	0.037	1	0.040	0.400	0.560	0.037
2	0.038	0.409	0.553	0.000	2	0.038	0.409	0.553	0.000
3	0.037	0.415	0.548	0.037	3	0.037	0.415	0.548	0.037
4	0.037	0.411	0.552	0.037	4	0.037	0.411	0.552	0.037
avg	0.038	0.409	0.553	0.028	avg	0.038	0.409	0.553	0.028

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.040	0.400	0.560	0.037	1	0.040	0.400	0.560	0.037
2	0.038	0.409	0.553	0.000	2	0.038	0.409	0.553	0.000
3	0.037	0.415	0.548	0.037	3	0.037	0.415	0.548	0.037
4	0.037	0.411	0.552	0.037	4	0.037	0.411	0.552	0.037
avg	0.038	0.409	0.553	0.028	avg	0.038	0.409	0.553	0.028

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.040	0.400	0.560	0.037	1	0.040	0.400	0.560	0.037
2	0.038	0.409	0.553	0.000	2	0.038	0.409	0.553	0.000
3	0.037	0.415	0.548	0.037	3	0.037	0.415	0.548	0.037
4	0.037	0.411	0.552	0.037	4	0.037	0.411	0.552	0.037
avg	0.038	0.409	0.553	0.028	avg	0.038	0.409	0.553	0.028

780- 0 องศา									
780-0 องศา-0.10									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.049	0.443	0.508	0.044	1	0.049	0.443	0.508	0.044
2	0.049	0.441	0.510	0.051	2	0.049	0.441	0.510	0.051
3	0.050	0.429	0.521	0.046	3	0.050	0.429	0.521	0.046
4	0.053	0.478	0.469	0.050	4	0.053	0.478	0.469	0.050
avg	0.050	0.448	0.502	0.048	avg	0.050	0.448	0.502	0.048

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.049	0.443	0.508	0.044	1	0.049	0.443	0.508	0.044
2	0.049	0.441	0.510	0.051	2	0.049	0.441	0.510	0.051
3	0.050	0.429	0.521	0.046	3	0.050	0.429	0.521	0.046
4	0.053	0.478	0.469	0.050	4	0.053	0.478	0.469	0.050
avg	0.050	0.448	0.502	0.048	avg	0.050	0.448	0.502	0.048

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.049	0.443	0.508	0.044	1	0.049	0.443	0.508	0.044
2	0.049	0.441	0.510	0.051	2	0.049	0.441	0.510	0.051
3	0.050	0.429	0.521	0.046	3	0.050	0.429	0.521	0.046
4	0.053	0.478	0.469	0.050	4	0.053	0.478	0.469	0.050
avg	0.050	0.448	0.502	0.048	avg	0.050	0.448	0.502	0.048

780- 0 องศา									
780-0 องศา-0.15									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.061	0.500	0.439	0.074	1	0.061	0.500	0.439	0.074
2	0.058	0.480	0.462	0.049	2	0.058	0.480	0.462	0.049
3	0.061	0.490	0.449	0.049	3	0.061	0.490	0.449	0.049
4	0.061	0.441	0.498	0.049	4	0.061	0.441	0.498	0.049
avg	0.060	0.478	0.462	0.055	avg	0.060	0.478	0.462	0.055

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.061	0.500	0.439	0.074
2	0.058	0.480	0.462	0.049
3	0.061	0.490	0.449	0.049
4	0.061	0.441	0.498	0.049
avg	0.060	0.478	0.462	0.055

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.061	0.500	0.439	0.074
2	0.058	0.480	0.462	0.049
3	0.061	0.490	0.449	0.049
4	0.061	0.441	0.498	0.049
avg	0.060	0.478	0.462	0.055

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.061	0.500	0.439	0.074
2	0.058	0.480	0.462	0.049
3	0.061	0.490	0.449	0.049
4	0.061	0.441	0.498	0.049
avg	0.060	0.478	0.462	0.055

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.061	0.500	0.439	0.074
2	0.058	0.480	0.462	0.049
3	0.061	0.490	0.449	0.049
4	0.061	0.441	0.498	0.049
avg	0.060	0.478	0.462	0.055

780- 0 องศา									
780-0 องศา-0.20									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.074	0.539	0.387	0.049	1	0.074	0.539	0.387	0.049
2	0.074	0.538	0.388	0.049	2	0.074	0.538	0.388	0.049
3	0.061	0.527	0.412	0.049	3	0.061	0.527	0.412	0.049
4	0.074	0.515	0.411	0.086	4	0.074	0.515	0.411	0.086
avg	0.071	0.530	0.400	0.058	avg	0.071	0.530	0.400	0.058

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.074	0.539	0.387	0.049
2	0.074	0.538	0.388	0.049
3	0.061	0.527	0.412	0.049
4	0.074	0.515	0.411	0.086
avg	0.071	0.530	0.400	0.058

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.074	0.539	0.387	0.049
2	0.074	0.538	0.388	0.049
3	0.061	0.527	0.412	0.049
4	0.074	0.515	0.411	0.086
avg	0.071	0.530	0.400	0.058

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.074	0.539	0.387	0.049
2	0.074	0.538	0.388	0.049
3	0.061	0.527	0.412	0.049
4	0.074	0.515	0.411	0.086
avg	0.071	0.530	0.400	0.058

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.074	0.539	0.387	0.049
2	0.074	0.538	0.388	0.049
3	0.061	0.527	0.412	0.049
4	0.074	0.515	0.411	0.086
avg	0.071	0.530	0.400	0.058

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

ตำแหน่งที่ 1				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	3.80%	40.88%	55.33%	2.78%
10%	5.03%	44.78%	50.20%	4.78%
15%	6.03%	47.78%	46.20%	5.53%
20%	7.08%	52.98%	39.95%	5.83%

ตำแหน่งที่ 4				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	3.80%	40.88%	55.33%	0.00%
10%	5.03%	44.78%	50.20%	0.00%
15%	6.03%	47.78%	46.20%	0.00%
20%	7.08%	52.98%	39.95%	0.00%

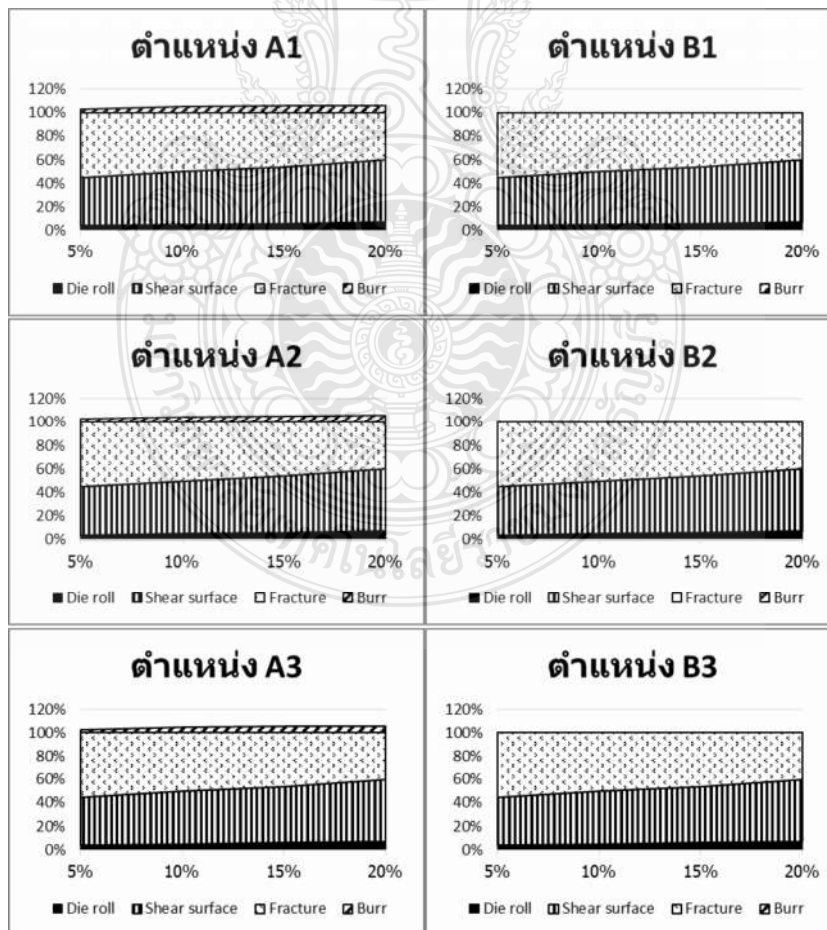
ตำแหน่งที่ 2				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	3.80%	40.88%	55.33%	2.78%
10%	5.03%	44.78%	50.20%	4.78%
15%	6.03%	47.78%	46.20%	5.53%
20%	7.08%	52.98%	39.95%	5.83%

ตำแหน่งที่ 5				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	3.80%	40.88%	55.33%	0.00%
10%	5.03%	44.78%	50.20%	0.00%
15%	6.03%	47.78%	46.20%	0.00%
20%	7.08%	52.98%	39.95%	0.00%

ตำแหน่งที่ 3				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	3.80%	40.88%	55.33%	2.78%
10%	5.03%	44.78%	50.20%	4.78%
15%	6.03%	47.78%	46.20%	5.53%
20%	7.08%	52.98%	39.95%	5.83%

ตำแหน่งที่ 6				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	3.80%	40.88%	55.33%	0.00%
10%	5.03%	44.78%	50.20%	0.00%
15%	6.03%	47.78%	46.20%	0.00%
20%	7.08%	52.98%	39.95%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเนื้อวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบคาย 0 องศา



ข.5 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบดาย 5 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780- 5 องศา									
780-5 องศา-0.05									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.073	0.452	0.475	0.000	1	0.134	0.208	0.658	0.000
2	0.086	0.306	0.608	0.000	2	0.220	0.110	0.670	0.000
3	0.098	0.183	0.719	0.000	3	0.098	0.183	0.719	0.000
4	0.110	0.220	0.670	0.000	4	0.122	0.098	0.780	0.000
avg	0.092	0.290	0.618	0.000	avg	0.144	0.150	0.707	0.000

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.159	0.306	0.535	0.000	1	0.110	0.281	0.609	0.000
2	0.134	0.342	0.524	0.000	2	0.098	0.159	0.743	0.000
3	0.122	0.220	0.658	0.000	3	0.122	0.293	0.585	0.000
4	0.122	0.232	0.646	0.000	4	0.122	0.171	0.707	0.000
avg	0.134	0.275	0.591	0.000	avg	0.113	0.226	0.661	0.000

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.183	0.134	0.683	0.000	1	0.183	0.159	0.658	0.000
2	0.159	0.183	0.658	0.000	2	0.147	0.171	0.682	0.000
3	0.122	0.379	0.499	0.000	3	0.208	0.257	0.535	0.000
4	0.147	0.257	0.596	0.000	4	0.171	0.159	0.670	0.000
avg	0.153	0.238	0.609	0.000	avg	0.177	0.187	0.636	0.000

780- 5 องศา									
780-5 องศา-0.10									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.134	0.208	0.658	0.000	1	0.000	0.501	0.499	0.000
2	0.147	0.440	0.413	0.000	2	0.171	0.134	0.695	0.000
3	0.171	0.269	0.560	0.000	3	0.122	0.196	0.682	0.000
4	0.147	0.354	0.499	0.000	4	0.134	0.183	0.683	0.000
avg	0.150	0.318	0.533	0.000	avg	0.107	0.254	0.640	0.000

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.183	0.220	0.597	0.000	1	0.000	0.452	0.548	0.000
2	0.220	0.354	0.426	0.000	2	0.147	0.208	0.645	0.000
3	0.159	0.208	0.633	0.000	3	0.183	0.110	0.707	0.000
4	0.220	0.232	0.548	0.000	4	0.147	0.134	0.719	0.000
avg	0.196	0.254	0.551	0.000	avg	0.119	0.226	0.655	0.000

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.342	0.257	0.401	0.000	1	0.000	0.464	0.536	0.000
2	0.196	0.254	0.550	0.000	2	0.159	0.281	0.560	0.000
3	0.232	0.242	0.526	0.000	3	0.183	0.281	0.536	0.000
4	0.147	0.277	0.576	0.000	4	0.196	0.232	0.572	0.000
avg	0.229	0.258	0.513	0.000	avg	0.135	0.315	0.551	0.000

780- 5 องศา									
780-5 องศา-0.15									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.232	0.196	0.572	0.000	1	0.134	0.513	0.353	0.000
2	0.183	0.403	0.414	0.000	2	0.171	0.147	0.682	0.000
3	0.293	0.257	0.450	0.000	3	0.159	0.183	0.658	0.000
4	0.171	0.232	0.597	0.000	4	0.183	0.208	0.609	0.000
avg	0.220	0.272	0.508	0.000	avg	0.162	0.263	0.576	0.000

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.195	0.244	0.561	0.000
2	0.197	0.318	0.485	0.000
3	0.198	0.122	0.680	0.000
4	0.175	0.318	0.507	0.000
avg	0.191	0.251	0.558	0.000

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.122	0.452	0.426	0.000
2	0.183	0.086	0.731	0.000
3	0.183	0.134	0.683	0.000
4	0.196	0.196	0.608	0.000
avg	0.171	0.217	0.612	0.000

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.183	0.354	0.463	0.000
2	0.183	0.354	0.463	0.000
3	0.220	0.269	0.511	0.000
4	0.196	0.171	0.633	0.000
avg	0.196	0.287	0.518	0.000

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.147	0.623	0.230	0.000
2	0.171	0.183	0.646	0.000
3	0.122	0.171	0.707	0.000
4	0.232	0.122	0.646	0.000
avg	0.168	0.275	0.557	0.000

780- 5 องศา									
780-5 องศา-0.20									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.208	0.257	0.535	0.000	1	0.232	0.159	0.609	0.000
2	0.196	0.244	0.560	0.000	2	0.257	0.183	0.560	0.000
3	0.196	0.342	0.462	0.000	3	0.208	0.122	0.670	0.000
4	0.208	0.208	0.584	0.000	4	0.159	0.171	0.670	0.000
avg	0.202	0.263	0.535	0.000	avg	0.214	0.159	0.627	0.000

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.232	0.183	0.585	0.000
2	0.208	0.232	0.560	0.000
3	0.220	0.220	0.560	0.000
4	0.232	0.220	0.548	0.000
avg	0.223	0.214	0.563	0.000

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.183	0.220	0.597	0.000
2	0.196	0.232	0.572	0.000
3	0.196	0.183	0.621	0.000
4	0.220	0.244	0.536	0.000
avg	0.199	0.220	0.582	0.000

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.203	0.159	0.638	0.000
2	0.267	0.232	0.501	0.000
3	0.281	0.342	0.377	0.000
4	0.232	0.171	0.597	0.000
avg	0.246	0.226	0.528	0.000

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.208	0.159	0.633	0.000
2	0.220	0.244	0.536	0.000
3	0.183	0.220	0.597	0.000
4	0.318	0.208	0.474	0.000
avg	0.232	0.208	0.560	0.000

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

ตำแหน่งที่ 1				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	9.18%	29.03%	61.80%	0.00%
10%	14.98%	31.78%	53.25%	0.00%
15%	21.98%	27.20%	50.83%	0.00%
20%	20.20%	26.28%	53.53%	0.00%

ตำแหน่งที่ 4				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	14.35%	14.98%	70.68%	0.00%
10%	10.68%	25.35%	63.98%	0.00%
15%	16.18%	26.28%	57.55%	0.00%
20%	21.40%	15.88%	62.73%	0.00%

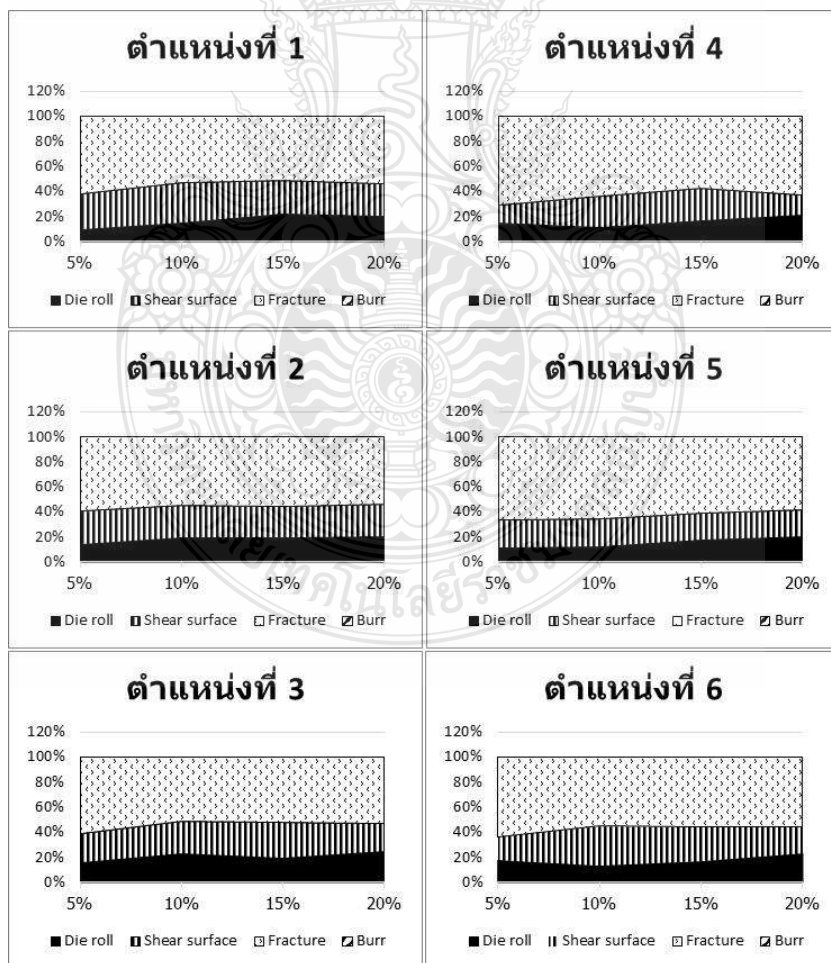
ตำแหน่งที่ 2				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	13.43%	27.50%	59.08%	0.00%
10%	19.55%	25.35%	55.10%	0.00%
15%	19.13%	25.05%	55.83%	0.00%
20%	20.20%	26.28%	53.53%	0.00%

ตำแหน่งที่ 5				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	11.30%	22.60%	66.10%	0.00%
10%	11.93%	22.60%	65.48%	0.00%
15%	17.10%	21.70%	61.20%	0.00%
20%	19.88%	21.98%	58.15%	0.00%

ตำแหน่งที่ 3				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	15.28%	23.83%	60.90%	0.00%
10%	22.93%	25.75%	51.33%	0.00%
15%	19.55%	28.70%	51.75%	0.00%
20%	24.58%	22.60%	52.83%	0.00%

ตำแหน่งที่ 6				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	17.73%	18.65%	63.63%	0.00%
10%	13.45%	31.45%	55.10%	0.00%
15%	16.80%	27.48%	55.73%	0.00%
20%	23.23%	20.78%	56.00%	0.00%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบคาย 5 องศา



ช.6 ตารางบันทึกผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบดาย 15 องศา

(หน่วย: มิลลิเมตร)

780- 15 องศา									
780-15 องศา-0.05									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.125	0.575	0.300	0.000	1	0.113	0.887	0.000	0.000
2	0.113	0.750	0.137	0.000	2	0.075	0.925	0.000	0.000
3	0.125	0.750	0.125	0.000	3	0.075	0.925	0.000	0.000
4	0.138	0.775	0.087	0.000	4	0.063	0.937	0.000	0.000
avg	0.125	0.713	0.162	0.000	avg	0.082	0.919	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.125	0.513	0.362	0.000
2	0.125	0.713	0.162	0.000
3	0.100	0.613	0.287	0.000
4	0.125	0.388	0.487	0.000
avg	0.119	0.557	0.325	0.000

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.138	0.862	0.000	0.000
2	0.100	0.900	0.000	0.000
3	0.100	0.900	0.000	0.000
4	0.113	0.887	0.000	0.000
avg	0.113	0.887	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.063	0.738	0.199	0.000
2	0.100	0.850	0.050	0.000
3	0.100	0.513	0.387	0.000
4	0.075	0.863	0.062	0.000
avg	0.085	0.741	0.175	0.000

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.125	0.875	0.000	0.000
2	0.100	0.900	0.000	0.000
3	0.125	0.875	0.000	0.000
4	0.113	0.887	0.000	0.000
avg	0.116	0.884	0.000	0.000

780- 15 องศา									
780-15 องศา-0.10									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.125	0.650	0.225	0.000	1	0.113	0.887	0.000	0.000
2	0.133	0.650	0.217	0.000	2	0.113	0.887	0.000	0.000
3	0.113	0.588	0.299	0.000	3	0.100	0.900	0.000	0.000
4	0.113	0.663	0.224	0.000	4	0.088	0.912	0.000	0.000
avg	0.121	0.638	0.241	0.000	avg	0.104	0.897	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 2				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.100	0.488	0.412	0.000
2	0.138	0.413	0.449	0.000
3	0.138	0.563	0.299	0.000
4	0.113	0.475	0.412	0.000
avg	0.122	0.485	0.393	0.000

ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.088	0.912	0.000	0.000
2	0.113	0.887	0.000	0.000
3	0.113	0.887	0.000	0.000
4	0.100	0.900	0.000	0.000
avg	0.104	0.897	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 3				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.100	0.575	0.325	0.000
2	0.125	0.600	0.275	0.000
3	0.075	0.750	0.175	0.000
4	0.063	0.675	0.262	0.000
avg	0.091	0.650	0.259	0.000

ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.138	0.862	0.000	0.000
2	0.125	0.875	0.000	0.000
3	0.150	0.850	0.000	0.000
4	0.125	0.875	0.000	0.000
avg	0.135	0.866	0.000	0.000

780- 15 องศา									
780-15 องศา-0.15									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.147	0.355	0.498	0.000	1	0.147	0.853	0.000	0.000
2	0.147	0.367	0.486	0.000	2	0.086	0.914	0.000	0.000
3	0.159	0.428	0.413	0.000	3	0.122	0.878	0.000	0.000
4	0.171	0.440	0.389	0.000	4	0.135	0.865	0.000	0.000
avg	0.156	0.398	0.447	0.000	avg	0.123	0.878	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.135	0.452	0.413	0.000	1	0.110	0.890	0.000	0.000
2	0.122	0.854	0.024	0.000	2	0.110	0.890	0.000	0.000
3	0.122	0.391	0.487	0.000	3	0.135	0.865	0.000	0.000
4	0.122	0.379	0.499	0.000	4	0.110	0.890	0.000	0.000
avg	0.125	0.519	0.356	0.000	avg	0.116	0.884	0.000	0.000

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.086	0.636	0.278	0.000	1	0.147	0.853	0.000	0.000
2	0.122	0.829	0.049	0.000	2	0.110	0.890	0.000	0.000
3	0.147	0.416	0.437	0.000	3	0.135	0.865	0.000	0.000
4	0.135	0.452	0.413	0.000	4	0.110	0.890	0.000	0.000
avg	0.123	0.583	0.294	0.000	avg	0.126	0.875	0.000	0.000

780- 15 องศา									
780-15 องศา-0.20									
ตำแหน่งที่ 1					ตำแหน่งที่ 4				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.122	0.428	0.450	0.000	1	0.122	0.878	0.000	0.098
2	0.159	0.355	0.486	0.000	2	0.122	0.878	0.000	0.073
3	0.135	0.514	0.351	0.000	3	0.135	0.865	0.000	0.000
4	0.147	0.379	0.474	0.000	4	0.135	0.865	0.000	0.000
avg	0.141	0.419	0.440	0.000	avg	0.129	0.872	0.000	0.043

ตำแหน่งที่ 2					ตำแหน่งที่ 5				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.110	0.330	0.560	0.000	1	0.086	0.914	0.000	0.073
2	0.122	0.355	0.523	0.000	2	0.135	0.865	0.000	0.049
3	0.098	0.391	0.511	0.000	3	0.171	0.829	0.000	0.110
4	0.098	0.501	0.401	0.000	4	0.147	0.853	0.000	0.073
avg	0.107	0.394	0.499	0.000	avg	0.135	0.865	0.000	0.076

ตำแหน่งที่ 3					ตำแหน่งที่ 6				
ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr	ชั้นที่	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
1	0.159	0.342	0.499	0.000	1	0.171	0.829	0.000	0.098
2	0.135	0.355	0.510	0.000	2	0.135	0.865	0.000	0.098
3	0.147	0.306	0.547	0.000	3	0.183	0.817	0.000	0.098
4	0.171	0.318	0.511	0.000	4	0.147	0.853	0.000	0.086
avg	0.153	0.330	0.517	0.000	avg	0.159	0.841	0.000	0.095

ตารางสรุปผลการทดลอง

(หน่วย: เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ)

ตำแหน่งที่ 1				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	12.53%	71.25%	16.23%	0.00%
10%	12.10%	63.78%	24.13%	0.00%
15%	15.60%	39.75%	44.65%	0.00%
20%	14.08%	41.90%	44.03%	0.00%

ตำแหน่งที่ 4				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	8.15%	91.85%	0.00%	0.00%
10%	10.35%	89.65%	0.00%	0.00%
15%	12.25%	87.75%	0.00%	0.00%
20%	12.85%	87.15%	0.00%	4.28%

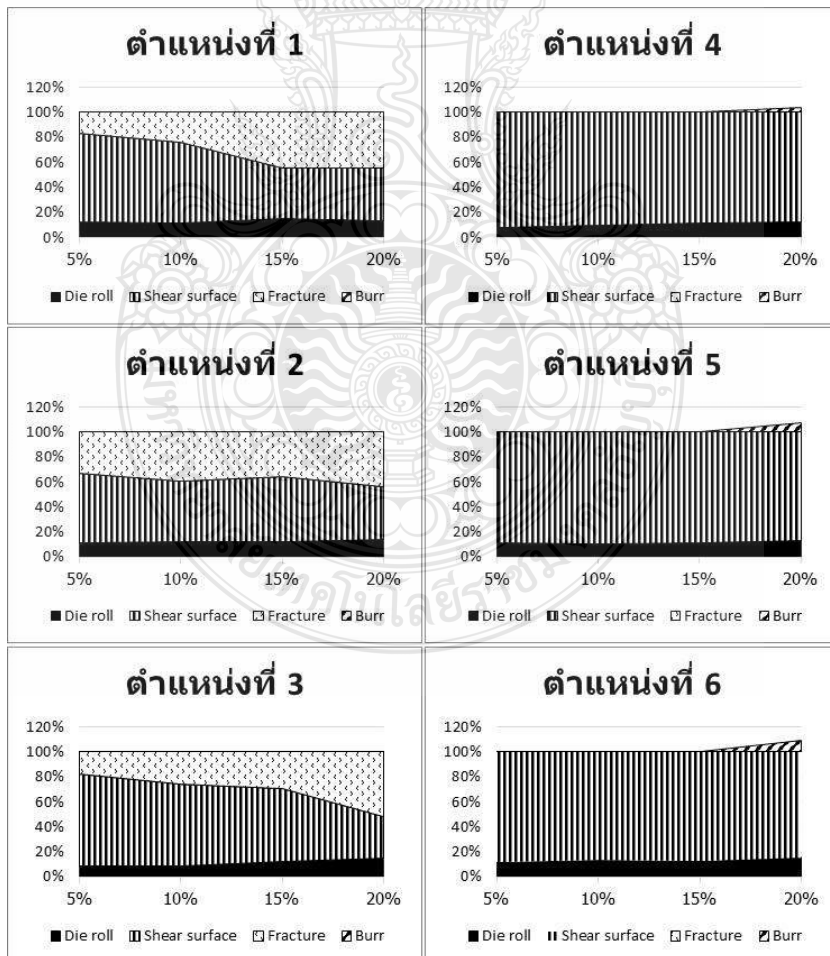
ตำแหน่งที่ 2				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	11.88%	55.68%	32.45%	0.00%
10%	12.23%	48.48%	39.30%	0.00%
15%	12.53%	51.90%	35.58%	0.00%
20%	14.08%	41.90%	44.03%	0.00%

ตำแหน่งที่ 5				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	11.28%	88.73%	0.00%	0.00%
10%	10.35%	89.65%	0.00%	0.00%
15%	11.63%	88.38%	0.00%	0.00%
20%	13.48%	86.53%	0.00%	7.63%

ตำแหน่งที่ 3				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	8.45%	74.10%	17.45%	0.00%
10%	9.08%	65.00%	25.93%	0.00%
15%	12.25%	58.33%	29.43%	0.00%
20%	15.30%	33.03%	51.68%	0.00%

ตำแหน่งที่ 6				
C	Die roll	Shear surface	Fracture	Burr
5%	11.58%	88.43%	0.00%	0.00%
10%	13.45%	86.55%	0.00%	0.00%
15%	12.55%	87.45%	0.00%	0.00%
20%	15.90%	84.10%	0.00%	9.50%

กราฟแสดงผลการทดลอง การตัดเฉือนวัสดุ JAC780Y การตัดที่ระนาบคาย 15 องศา





ภาคผนวก ฅ

ผลงานที่ตีพิมพ์เผยแพร่

Proceedings of IE Network Conference

เอกสารรวมบทความการประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

IE NETWORK CONFERENCE 2015

6-7 August 2015 The Emerald Hotel Bangkok



Academics-Industrial Research Collaborations in order to be
Excellence in ASEAN

การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2558



ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยศิลปากร



Minitab





Minitab



THAILAND
SCIENCE
PARK

Industrial Engineering Network Conference 2015



เอกสารรวมบทความวิจัยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

เลขที่ 6 ถ.ราชมรรคาใน ต.พระปฐมเจดีย์ อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

โทร 0-3421-9362 Fax 0-3421-9362 Email: ienetwork2015su@gmail.com

Website: <https://sites.google.com/a/silpakorn.edu/ienet2015/>, www.ienet-th.org/journals/, www.ienet-th.org

คณะกรรมการ
คณะกรรมการดำเนินการ

มหาวิทยาลัยศิลปากร

1. อธิการบดีมหาวิทยาลัยศิลปากร	ที่ปรึกษา
2. คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม	ที่ปรึกษา
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร	ประธานกรรมการ
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์จันทร์เพ็ญ อนุรัตนานนท์	กรรมการ
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปฎิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ	กรรมการ
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย ลีลากรวิวงศ์	กรรมการ
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชุม โฆษิตชัยมงคล	กรรมการ
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์ เณรโต	กรรมการ
9. อาจารย์ ดร.กัญจนา ทองสนิท	กรรมการ
10. อาจารย์ ดร.คณศ พลอยดน้อย	กรรมการ
11. อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์	กรรมการ
12. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเกียรติ	กรรมการ
13. อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่แหล่ม	กรรมการ
14. อาจารย์ ดร.สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์	กรรมการ
15. อาจารย์ ธนาธร เกรอด	กรรมการ
16. อาจารย์ บัญญัติ พันธุ์ประสิทธิ์เวช	กรรมการ
17. อาจารย์ มนตรี พิพัฒน์ไพบูลย์	กรรมการ
18. อาจารย์วิรัช จันทร์รักษา	กรรมการ
19. นางสาวนวลอนงค์ สาโคตร	กรรมการ
20. นางสาวเปรมทิพย์ อิ่มเอิบปฐม	กรรมการ
21. นางสาวณัฐริดา นฤมลศิริ	กรรมการ
22. นายเจน พลินทร์สุคนธ์	กรรมการ
23. นายธรรเตชา คำแพงนนท์	กรรมการ
24. นายสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล	กรรมการ
25. นางสาวชยานันธุ์ ตั้งธนาโชติพัฒน์	กรรมการ
26. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายบทความ

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| 1. อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ | ประธานกรรมการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ ดร.กัญจนา ทองสนิท | กรรมการ |
| 4. นายสรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล | กรรมการ |
| 5. นางสาวเปรมทิพย์ อิ่มเอิบปฐม | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายสื่อการพิมพ์ ประชาสัมพันธ์ และระบบสารสนเทศ

- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร | ประธานกรรมการ |
| 2. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเกียรติ | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ | กรรมการ |
| 4. นางสาวณัฐริดา นฤมลศิริ | กรรมการ |
| 5. นายสรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายติดต่อผู้สนับสนุนการจัดประชุมวิชาการ

- | | |
|--|---------------------|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร | ประธานกรรมการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์านนท์ | กรรมการ |
| 3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ | กรรมการ |
| 4. อาจารย์ ดร.คณศ พลอยดน้อย | กรรมการ |
| 5. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเกียรติ | กรรมการ |
| 6. นางสาวชยานิษฐ์ ตั้งธนาโชติพัฒน์ | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายการเงินและบัญชี

- | | |
|---|---------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ | ประธานกรรมการ |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร | กรรมการ |
| 3. อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์ | กรรมการ |
| 4. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ | กรรมการ |
| 5. นางสาวชยานิษฐ์ ตั้งธนาโชติพัฒน์ | กรรมการ |
| 6. นางสาวเปรมทิพย์ อิ่มเอิบปฐม | กรรมการ |
| 7. นางสาวนวลอนงค์ สาโคตร | กรรมการและเลขานุการ |

คณะกรรมการฝ่ายเลี้ยงต้อนรับและพิธีการ

1. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.คณศ พลอยคณัย	กรรมการ
3. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเทียร	กรรมการ
4. อาจารย์ ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์	กรรมการ
5. อาจารย์ บัญญัติ พันธุ์ประสิทธิ์เวช	กรรมการ
6. นางสาวยานิษฐ์ ตั้งธนาโชติพัฒน์	กรรมการ
7. นายสรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล	กรรมการ
8. นางสาวณัฐริตา นฤมลสิริ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการฝ่ายเลขานุการ ลงทะเบียน สถานที่ และของที่ระลึก

1. อาจารย์ ดร.วรฤทัย ชูเทียรอาจารย์	ประธานกรรมการ
2. อาจารย์ ดร.กัญจนา ทองสนิท	กรรมการ
3. อาจารย์ กวินธร สัยเจริญ	กรรมการ
4. อาจารย์ บัญญัติ พันธุ์ประสิทธิ์เวช	กรรมการ
5. นางสาวนวลอนงค์ साโคตร	กรรมการ
6. นางสาวเปรมทิพย์ อิมเอิบปฐม	กรรมการ
7. นางสาวณัฐริตา นฤมลสิริ	กรรมการ
8. นายเจน พลินทร์สุคนธ์	กรรมการ
9. นายธเรชา คำแพงนนท์	กรรมการ
10. นายสรวิทย์ เชื้อพิสุทธิกุล	กรรมการ
11. นางสาวยานิษฐ์ ตั้งธนาโชติพัฒน์	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความทางวิชาการ

1. รศ.ดร.ประจวบ กล่อมจิตร	มหาวิทยาลัยศิลปากร	ประธานกรรมการ
2. ผศ.จันทร์เพ็ญ อนุรัตน์นนท์	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ
3. ผศ.วันชัย ลีลากรวิวงศ์	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ
4. อ.ดร.กัญจนา ทองสนิท	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ
5. อ.ดร.คณศ พลอยคณัย	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ
6. อ.ดร.ชูศักดิ์ พรสิงห์	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ
7. อ.ดร.วรฤทัย ชูเทียร	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ
8. อ.ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม	มหาวิทยาลัยศิลปากร	กรรมการ

9.	ผศ.ดร.นภัตสวรงค์ โอสดีศิลป์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
10.	ผศ.ดร.ณัฐชา ทวีแสงสกุลไทย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
11.	อ.ดร.โอฬาร กิตติธีรพรชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
12.	อ.ดร.พิศิษฐ์ จารุมณีโรจน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
13.	อ.ดร.ไพโรจน์ ลดาวิจิตรกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
14.	รศ.ดร.จิตรา วัฏจักรพานิช	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
15.	รศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสถิตเจริญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
16.	ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	กรรมการ
17.	ผศ.ดร.วิสุทธิ สุพิทักษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	กรรมการ
18.	อ.ดร.วรวุฒิ หวังวัชรกุล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	กรรมการ
19.	ผศ.ดร.ชนะ วัชศิริ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน	กรรมการ
20.	อ.ปริญญา พัฒนวัตน์พร	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
21.	อ.ชัยมงคล ลิ้มเพียรชอบ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน	กรรมการ
22.	รศ.ดร.นิเวศ เจริญใจ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
23.	รศ.ดร.เศรษฐ์ สัมภัตตะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
24.	อ.ดร.อนิรุท ไชยจาวุฒิชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
25.	ผศ.ดร.กนกภ ใยบัวเทศ ทิพย์วงศ์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
26.	อ.ดร.วสวัชร นาคเขียว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
27.	อ.ดร.วิรัช วิสิทธิ์พานิช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
28.	ผศ.ดร.รุ่งฉัตร ชมภูอินไหว	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
29.	รศ.ดร.คมกฤต เล็กสกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
30.	รศ.ดร.อภิชาติ โสภานแดง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
31.	อ.ดร.ชนม์เจริญ แสงรัตน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กรรมการ
32.	ผศ.ดร.วิชาญ ช่วยพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
33.	อ.ดร.ฤทธิชัย เกาเนียม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
34.	ผศ.ดร.พิชัย จันทรมณี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ	กรรมการ
35.	รศ.ดร.ณฐา คุปตันเชียร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
36.	อ.ดร.ระพี กาญจนะ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
37.	ผศ.สุวัฒน์ ตริยวนพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
38.	อ.ดร.อนันท์ มีมนต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
39.	ผศ.ดร.ศิริชัย ต่อสกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
40.	ผศ.ดร.กิตติพงษ์ กิมะพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
41.	อ.ดร.ชัยยะ ปราณีตพลกรัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
42.	ผศ.ศุภเอก ประมูลมาก	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
43.	ผศ.ศรีโร จารุกัญญา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
44.	ผศ.กฤษณะ ทองศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	กรรมการ
45.	ผศ.จตุพร ใจดำรงค์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
46.	ผศ.ยงยุทธ ตูลยกุล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ
47.	ผศ.เดช เหมือนขาว	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย	กรรมการ

48.	ผศ.ดร.ปดิษาน พีรพัฒน์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
49.	ผศ.ดร.วีรพัฒน์ เศรษฐ์สมบูรณ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
50.	รศ.ดร.พรเทพ ขอบฉายเกียรติ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
51.	ผศ.ดร.สุขอังกณ แดงกัณฑ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
52.	รศ.ดร.ศิรินทร์ สุโข	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
53.	รศ.ดร.ชาญณรงค์ สายแก้ว	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
54.	รศ.ดร.กาญจนา เศรษฐนันท์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
55.	ผศ.ดร.ปาพจน์ เจริญอภิบาล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
56.	ผศ.ดร.ธนา ราษฎร์ภักดิ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
57.	ผศ.ดร.คมกฤษ ปิติฤกษ์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	กรรมการ
58.	ผศ.ดร.จิรวรรณ คล้อยภยันต์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
59.	รศ.ดร.วุฒิชัย วงษ์ทัศนีย์กร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
60.	รศ.ดร.บุษบา พงกษาพันธุ์รัตน์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
61.	รศ.ดร.เสมอจิตร์ ทอมรสสุนทร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	กรรมการ
62.	ผศ.ดร.ภาณุ บูรณจารุกร	มหาวิทยาลัยนเรศวร	กรรมการ
63.	อ.ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง	มหาวิทยาลัยนเรศวร	กรรมการ
64.	ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	กรรมการ
65.	ผศ.ศิษฏา สิมารักษ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	กรรมการ
66.	รศ.ดร.เกษม พิพัฒน์ปัญญานุกูล	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
67.	ผศ.ธีรวัฒน์ สมสิริกาญจนคุณ	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
68.	อ.ดร.ณัฐวิทย์ จันทร์สา	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
69.	ผศ.ดร. บรรหาญ ลีลา	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
70.	อ.ดร.จักรวาล คุณะติลก	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
71.	ผศ.จันทร์หา นาควชิระตระกูล	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
72.	อ.ดร.กฤษดา ประสพชัยชนะ	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
73.	อ.ดร.บัญชา อริยะจรรยา	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
74.	อ.ดร.วรรตดา อุทัยรัตน์	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
75.	อ.ดร.สุนิสา คำสุข	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
76.	อ.ดร.ทนต์ศักดิ์ เทพสนธิ์	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
77.	อ.ดร.สัณญา ยิ้มศิริ	มหาวิทยาลัยบูรพา	กรรมการ
78.	อ.ดร.ศุภชัย ราษฎร์ศิริ	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
79.	อ.ธนา สาตรา	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
80.	ผศ.ดร.รณชัย ศิโรเวรณุกูล	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
81.	อ.ดร.จิรวรรณ เลี้ยงโรคาพาธ	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
82.	รศ.ดร.ดวงพรรณ ศฤงคารินทร์	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
83.	ผศ.ดวงยศ สุภิกิตย์	มหาวิทยาลัยมหิดล	กรรมการ
84.	ผศ.ดร.เพียงจันทร์ จริงจิตร์	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
85.	อ.ดร.พิษณุ มนัสปิติ	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
86.	ผศ.ดร.ธนวรรณ อัครไพบูลย์	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ

87.	อ.ต่อศักดิ์ อุทัยไขฟ้า	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
88.	อ.คิลปชัย วัฒนเสถ	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
89.	อ.พรศพงษ์ แก่นณรงค์	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
90.	อ.สายสุนีย์ พงษ์พัฒนศึกษา	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
91.	อ.สมพร พรหมดวง	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
92.	อ.ประพล จิระพรทิพย์	มหาวิทยาลัยรังสิต	กรรมการ
93.	ผศ.นุกูล อุบลบาน	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
94.	ผศ.พิศิษฐ์ แสง-ชูโต	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
95.	ผศ.ดร.กฤษดา พิศลยบุตร	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
96.	อ.ดร.เลิศเลขา ธนะชัยพันธ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง	กรรมการ
97.	ผศ.ดร.เจริญ เจตวิจิตร	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
98.	รศ.ดร.เสกสรร สุธรรมานนท์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
99.	รศ.ดร.ธเนศ รัตนวิไล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
100.	รศ.ดร.สมชาย ชูโถม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
101.	รศ.ดร.วนิดา รัตนมณี	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
102.	ผศ.ดร.อรุณ สังข์พงศ์	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
103.	ผศ.ดร.กลางเดือน โพชนา	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
104.	ผศ.สงวน ตั้งโพธิธรรม	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
105.	ผศ.พีเชษฐ ตระการชัยศิริ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
106.	อ.ดร.วันรุฒพงษ์ คงแก้ว	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	กรรมการ
107.	ผศ.ดร.ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
108.	ผศ.ดร.กาญจนา กาญจนสุนทร	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
109.	อ.ดร.วัฒน์ชัย พดุกษ์กานนท์	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	กรรมการ
110.	อ.อรอุมา กอสนาน	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย	กรรมการ
111.	อ.จรงค์รัตน์ พันธุ์สุวรรณ	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย	กรรมการ
112.	อ.วรลักษณ์ เสถียรรังสฤษฏ์	มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย	กรรมการ
113.	รศ.ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
114.	ผศ.ดร.นุชสรา เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
115.	อ.ดร.จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
116.	อ.ดร.ธารชุตตา พันธุ์นิกุล	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
117.	อ.ดร.ปรีชา เกรียงกรกฎ	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
118.	ผศ.ดร.สมบัติ สินธุ์เขาวาน์	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
119.	ผศ.ดร.นลิน เพียรทอง	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	กรรมการ
120.	ผศ.ดร.วิภู ศรีสืบสาย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
121.	รศ.ดร.สิทธิพร พิมพ์สกุล	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
122.	รศ.ดร.ฤดี มาสุจันทร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
123.	รศ.ดร.กรรณชัย กัลยาศิริ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
124.	รศ.ดร.สกันธ์ คล่องบุญจิต	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	กรรมการ
125.	อ.อรดี พฤติศรัณยนนท์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์	กรรมการ

126.	ผศ.ดร.อำนาจ ผดุงศิลป์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
127.	อ.ดร.สันต์ รัฐวิบูลย์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
128.	อ.ดร.ณัฐพัชร อารีรัชกุลกานต์	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
129.	อ.ดร.สมหญิง งามพรประเสริฐ	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
130.	ผศ.ดร.ปัญญา พิทักษ์กุล	มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	กรรมการ
131.	ผศ.ดร.ไพฑูรย์ ศิริโอพาร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
132.	อ.ชลิตา ชาญวิจิตร	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
133.	อ.จุฑาทิพย์ สีลาธนพิพัฒน์	สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์	กรรมการ
134.	ผศ.ดร.วิชัย รุ่งเรืองอนันต์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	กรรมการ
135.	ผศ.นราธิป แสงชัย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	กรรมการ
136.	ผศ.ดร.สุพัฒตรา เกษราพงศ์	มหาวิทยาลัยศรีปทุม	กรรมการ



รหัสบทความ	ชื่อบทความ	ชื่อผู้ส่งบทความ	หน้า
MP 044	การขี้งแรงตัดพลัดจากการเกิดเศษโลหะและความขรุขระผิวชิ้นงานโดยการประยุกต์ใช้การแปลงเวฟเลท	ทองพรรณนาย มัยโชติ สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ	533
MP 060	การศึกษาอิทธิพลการอบอ่อนที่มีผลต่อการเชื่อมเหล็กกล้า AISI 1045 ด้วยแรงเสียดทาน	ศิริชัย ต่อสกุล ธีรยุทธ กาญจนแสงทอง ชาลิต อินปัญญา	543
MP 068	การจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ของสารหล่อลื่นโดยการอัดขึ้นรูปเย็นแบบไหลตามของอลูมิเนียม	สันติ เขียววิจิตร ศิริชัย ต่อสกุล	549
MP 072	การศึกษาทางเลือกในการผลิตอุปกรณ์ช่วยทำสัญลักษณ์ลูกศรจรวดบนพื้นถนน	ปรีชา ช่างย่อม	556
MP 074	การปรับปรุงประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตขัดลับหมึกเครื่องพิมพ์เลเซอร์	ภาณุพงศ์ จรุงเกียรติขจร เจริญ สุนทรวาณิชชัย เจริญชัย โขมพัตราภรณ์	562
MP 088	การศึกษาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อผลการทดสอบด้วยการพินิจ	ภูชิน สีหอมไชย อาษา ประทีปเสน	570
MP 092	การจัดลำดับงานแบบผสมรุ่นเข้าสายการผลิตกระบวนการทำสี	อัษฎชลิ อินคำปา เตือนใจ สมบูรณ์วิวัฒน์	576
MP 118	การเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตหีบศพไทยชนิดหนึ่งชั้นผ้าด้วยเทคนิคตัวยึดจับ	เฉลิมเกียรติ ศรีศิลา วชิราภรณ์ นพคุณ	581
MP 120	อิทธิพลของสายที่มีผิวระนาบเอียง ในการตัดเจาะด้วยพันธที่มีผิวระนาบตรงสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN	ธานี ทองมาก พงศกร หลีตระกูล กุลชาติ จุลเพ็ญ	588
MP 124	ผลกระทบของปัจจัยในกระบวนการกลึงที่มีผลต่อความหยวบผิวและความกลมของชิ้นงานเหล็กเหนียวss400	อดิสร กิจพยุง สุจินต์ วุฒิชัยวัฒน์	595
MP 130	อิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อความขรุขระของผิวจากการกลึงปาดผิวหน้าเหล็ก AISI 4140 ด้วยเครื่องกลึง CNC	กุลยุทธ บุญแข็ง ชัยยุทธ มีงาม	601
MP 135	การเชื่อมความต้านทานแบบจุดตำแหน่งต่างความหนาของเหล็กกล้าไร้สนิมดูเพล็กซ์ AISI 2205 และเหล็กกล้าคาร์บอน SS400	จริยาภรณ์ อุ่นวงษ์ มัลลิกา วิริยาภิรมย์	610



การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2558

IE Network Conference 2015

ขอขอบเกียรติบัตรนี้ไว้เพื่อแสดงว่า

ชานี ทองมาก, พงศกร ทวีตระกูล, กุลชาติ จุลเพ็ญ

ได้เข้าร่วมการแสดงผลงานวิชาการในหัวข้อ

อิทธิพลของตายนที่มีวิวัฒนาการต่อการจัดการทรัพยากรสำหรับเหล็กกล้าความ

แข็งแรงสูงเกรด JAC590RN

ระหว่างวันที่ 6-7 สิงหาคม 2558 ณ โรงแรม ดี เอ็มเออร์ลด์ กรุงเทพมหานคร

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ กล่อมจิตร)
ประธานข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี 2558



**อิทธิพลของตายที่มีมุมเอียง ในการตัดเจาะด้วยพunch
ที่มีมุมตรงสำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN
Influence of Die Inclined Plane on Piecing Process with Flat Punch
for High Strength Steel Sheet Grade JAC590RN**

ชำนาญ ทองมาก¹ พงศกร หลีตระกูล² กุลชาติ จุลเพ็ญ³
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล¹
ถ.รังสิต - นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทร. 0-2549-3444 โทรสาร. 0-2549-3442 E-mail: tapdm_chamni@thairung.co.th¹

Chamni Thongmark¹, Pongsakorn Leetrakul², Kunlachart Junlapen³
^{1,2,3}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi Tel. 0-2549-3444 Fax. 0-2549-3442,
E-mail: tapdm_chamni@thairung.co.th¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของตายที่มีมุมเอียง ทำการตัดเจาะด้วยพunchที่มีมุมตรงตัดลงบนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด JAC590RN (JIS) เป็นวัสดุสำหรับผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยมุ่งเน้นการศึกษาเปรียบเทียบรอยตัด ที่เกิดจากระนาบตายเอียงทำมุมกับแนวระนาบที่มุม 0, 5 และ 15 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน 4 ระดับคือ 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ โดยความหนาของวัสดุอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร ทำการตัดเจาะรูกลม โดยใช้พunchขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร กำหนดความเร็วในการตัดที่ 20 มิลลิเมตร/วินาที จากผลการทดลองพบว่า องศาของระนาบตายเอียงมีผลอย่างชัดเจนต่อคุณภาพของขอบตัด ระนาบเอียงที่เหมาะสมในการตัดมากที่สุดคือ ระนาบตายที่ 0 องศา และระยะช่องว่างของคมตัดที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เมื่อใช้ระนาบตายเอียงมากกว่า 5 องศา ส่วนประกอบของขอบตัด โดยรอบชิ้นงานจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจาก องศาที่เพิ่มขึ้นทำให้พื้นที่สัมผัสของพunchตรงกับชิ้นงานที่เอียงตามผิวตายมีน้อยลง ส่งผลให้เกิดรอยตัดฉีกในเนื้อชิ้นงานมากขึ้น จากความเค้นที่เกิดเพียงจุดเดียวบนชิ้นงาน และส่งผลทำให้มีครีบมากขึ้น แต่ที่ระนาบเอียง 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่งผลให้มีส่วนของระยะของส่วนตัดฉีกของขอบตัดมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการสึกหรอของคมตัดพunchเร็วขึ้น และเมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัด 20 เปอร์เซ็นต์ส่งผลทำให้ขอบตัดเกิดส่วนโค้งมนและส่วนฉีกขาดที่มากขึ้น

คำหลัก กระบวนการตัดฉีก, เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง, ขอบตัดชิ้นงาน

Abstract

This research study for shearing process of direct punch on die inclined plane for high strength steel sheet grade JAC590RN (JIS). This material used in automotive part industrial. Shearing process on die angle of 0, 5 and 15 degree. Clearance of punch and die at 5%, 10%, 15% and 20% of material thickness. Material thicknesses are 1 mm. Punch diameter 25 mm. Cutting speed 20 mm/second. Result from experiment is angle of die inclined has effect to cutting surface quality. Best angle of cutting is 0



degree and clearance of punch and die at 15% of material thickness. If clearance of punch and die less than 10% of material thickness effect to increase distance of shearing surface in another hand reduce lifetime of punch and die. When increase clearance of punch and die to 20% of material thickness effect to increase die roll and fracture surface. In case die inclined plane 5 degree has effect to increase shearing surface and reduce fracture surface and no burr. When increase degree of die inclined plane to 15 degree has effect to increase shearing surface, reduce fracture surface and increase burr.

Keywords: Shearing process, High strength steel, Cutting edge.





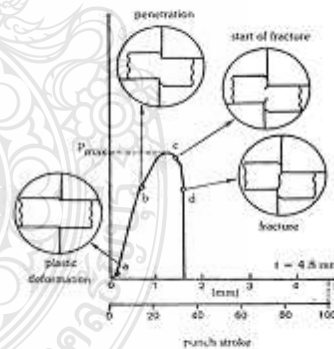
1. บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์มีความพยายามที่จะทำให้รถยนต์มีน้ำหนักเบาลงเพื่อลดอัตราการใช้เชื้อเพลิง แต่ยังคงต้องรักษาความแข็งแรงของชิ้นส่วนไว้ เหล็กแผ่นทนแรงดึงสูง (High Strength Steel) จึงถูกเลือกมาใช้แทนเหล็กคาร์บอนต่ำ เนื่องจากเหล็กแผ่นทนแรงดึงสูงมีคุณสมบัติทางกลที่ดีกว่า ส่งผลกระทบถึงอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ ตั้งแต่ต้นกระบวนการ คือ การจัดเตรียมแผ่นเปล่า (Blanking) การตัดเจาะ (Piercing) จนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการของการป้อนตัดที่ การตัดขาดหรือการตัดขอบ (Cutting/Trimming) ซึ่งส่วนประกอบที่ได้จากกระบวนการตัด คือ ส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง ส่วนฉีกขาด และครีบคม เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการบวนการตัด ในอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ส่วนที่ทำให้เกิดต้นทุนสูงๆเปล่าในกระบวนการผลิตคือ ส่วนครีบคม ที่จะต้องใช้แรงงานคนในการกำจัดด้วยวิธีการเจียรนัยครีบคมหรือแม่คั่ววิธีการตะไบ เพื่อลดรอยครีบคมที่เกิดขึ้นซึ่งส่งผลด้านความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานและอาจทำให้มีผลกระทบต่อ การประกอบชิ้นส่วนอื่นๆ ในด้านคุณภาพของชิ้นงานที่ จะต้องนำไปประกอบกันจะต้องคำนึงถึงส่วนเรียบตรง ของขอบตัด ซึ่งต้องการส่วนนี้มากเพราะจะใช้ในการ ประกอบชิ้นส่วนได้ดี จึงได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้ ทำการศึกษาคุณภาพของรอยตัดมากมาย เช่น ทำการศึกษาอิทธิพลของช่องว่างของแม่พิมพ์ที่มีผลต่อ พฤติกรรมการสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด[1] การศึกษาการ ลดครีบและรอยแตกในการตัดขึ้นรูปแผ่นขึ้นงาน [2]การศึกษาอิทธิพลของแรงปลดชิ้นงานที่มีผลต่อการสึก หรอในงานแม่พิมพ์ตัด[3]แต่ยังไม่มีการวิจัยในส่วนของ องศาของระนาบการตัด ซึ่ง ในอุตสาหกรรมป้อนขึ้นรูป ชิ้นส่วนยานยนต์ การลดกระบวนการในการผลิตเป็นส่วน สำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจาก เมื่อมีองศาในการตัด ทำให้ ต้องเพิ่มต้นทุนในการทำแม่พิมพ์ มากขึ้น ซึ่งองศาของ ชิ้นงานในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ต้องเพิ่มชิ้นส่วนที่ เรียกว่า CAM UNIT เพื่อที่จะทำงานในองศาต่างๆได้ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูง และต้นทุนในการบำรุงรักษาตามไป ด้วย ดังนั้น ถ้าสามารถตัดชิ้นงานในระนาบเอียงได้ โดย ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชิ้นงาน จะเป็นการช่วยลด ต้นทุนในอุตสาหกรรมได้ด้วย

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กลไกการตัด (Blanking Mechanism)

กระบวนการตัดในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ป้อนขึ้นรูป โลหะเพื่อทำเป็นสินค้าสำเร็จรูปนั้น เป็นขั้นตอนที่ง่าย ที่สุดได้ถูกทำขึ้นมาก่อนเพื่อนำชิ้นงานที่ได้ไปทำใน ขั้นตอนต่อไป หรือแม้แต่การควบคุมขนาดของชิ้นงาน สำเร็จรูปก่อนที่จะนำไปเข้าสู่งานประกอบชิ้นส่วน โดยมี กระบวนการตัดเฉือนหลักๆ 3 กระบวนการด้วยกัน คือ การตัดแผ่นเปล่า (Blanking) การตัดเจาะ (Piercing) และ การตัดขอบ (Trimming) ซึ่งกระบวนการตัดเฉือนทั้ง 3 แบบ ใช้คมตัดของฟันซ์และตาย กดลงที่ชิ้นงาน ทำให้ เกิดแรงเฉือน โดยแรงที่เท่ากันอยู่ตรงข้ามกัน ตัดผ่าน ช่องว่างเล็กๆ เรียกว่า ช่องว่างระหว่างคมตัด (Clearance) ขั้นตอนของการตัดโลหะแผ่น เริ่มจากฟันซ์ลงมาสัมผัสที่ ชิ้นงาน และกดลงมาในตายผ่านช่องว่างระหว่างคมตัด จนเลยจุดความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Strength) จนวัสดุเกิดการฉีกขาดออกจากกัน[4] ดังแสดง ในรูปที่ 1



- จากรูป
- a = ฟันซ์เริ่มกดลงบนเนื้อโลหะอยู่ในช่วงขีดจำกัดความยืดหยุ่น
 - b = ฟันซ์เคลื่อนที่กดลงบนชิ้นงานจนเกิดการเปลี่ยนรูปร่างอย่างถาวรของวัสดุ
 - c = โลหะเริ่มฉีกขาด
 - d = การฉีกขาดอย่างต่อเนื่องของเนื้อโลหะ

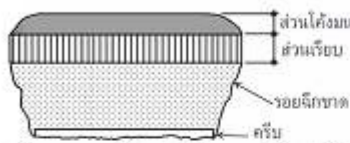
รูปที่ 1 แสดงสี่ขั้นตอนที่โลหะฉีกขาดออกจากกัน[4]

2.2 ขอบของชิ้นงานที่ได้จากการตัด (Cutting Edge of Blanking)

การตัดด้วยวัสดุชิ้นงานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

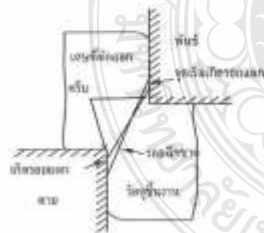


อย่างถาวร จนกระทั่งเกิดการฉีกขาดของวัสดุ ซึ่งมี ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนโค้งมน(Die Roll) ส่วนเรียบตรงหรือส่วนการตัดเฉือน (Shear Surface) ส่วนการฉีกขาด(Fracture Zone) และส่วนครีบกม(Burr) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขอบของชิ้นงานที่ได้จากการตัดโดยทั่วไป

ส่วนโค้งมน (Die Roll) เกิดจากเมื่อพินซ์ตกลงไปใน ชิ้นงานจะเกิดความเค้นดึงขึ้นที่ด้านข้างของพินซ์และตาย เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างพินซ์และตาย ชิ้นงานเริ่ม เคลื่อนที่ตามแรงดึงเข้าสู่ตาย ในทางกลับกันจะเกิด แรงอัดบริเวณด้านหน้าของพินซ์ และผิวบนของตาย เมื่อ ชิ้นงานไหลเข้าสู่ตัวตายตามแรงกดของพินซ์แรงอัดจะ เพิ่มขึ้นจนวัสดุขาดออกจากกันเกิดเป็นส่วนเรียบตรง และ จะแตกหักออกจากกันในบริเวณเหนือคมตัดพินซ์ เนื่องจากเกิดความเค้นสูงสุดที่บริเวณนั้น[5] เมื่อวัสดุ แยกหักส่วนของกาฉีกขาดจะวิ่งมาบรรจบกันพอดีแต่ เนื้อส่วนที่อยู่ด้านข้างของคมตัดยังคงเหลืออยู่ส่วนนี้เองที่ เรียกว่า ครีบกม(Burr) ดังแสดงในรูปที่ 3



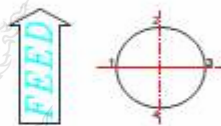
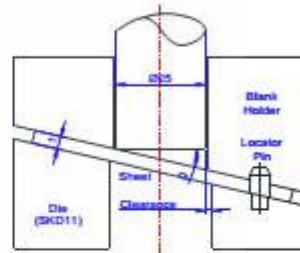
รูปที่ 3 กลไกการเกิดครีบกม[6]

3. วิธีการและเงื่อนไขในการทดลอง

3.1 แม่พิมพ์ตัดที่ใช้ในการทดลอง

แม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลองออกแบบให้ตายมีระนาบ มุมเอียง(θ) ทำมุมกับแนวระนาบที่มุม $\theta = 0, 5$ และ 15 องศา ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยชุดตายสวมติดกับแผ่นจับ บัดตาย (Die Plate) และแผ่นจับยึดชิ้นงาน(Striper Pad) สามารถถอดเปลี่ยนตามองศาในระนาบที่กำหนดได้ ช่องว่างระหว่างคมตัด (C) ต่างกัน 4 ระดับคือ 5, 10, 15

และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ โดยความหนาของ วัสดุอยู่ที่ 1 มิลลิเมตร ทำการตัดเจาะรูกลมโดยใช้พินซ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ความแข็งของคม ตัดพินซ์และตายอยู่ที่ 58-60 HRC กำหนดความเร็วใน การตัดที่ 20 มิลลิเมตร/วินาที ทำการตัดโดยไม่ใช้สารหล่อลื่น วัสดุที่ใช้ในการทดลองเป็นเหล็กกล้าความ แข็งแรงสูงเกรด JAC590RN ความหนา 1 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 แสดงลักษณะการเอียงขององศาตาย และทิศทางการป้อนชิ้นงานในตำแหน่งต่างๆ

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จากรูปที่ 4 ได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ตัดที่ใช้ใน การทดลองนี้ และทำการตัดด้วยเครื่องปั๊มไฮดรอลิก ขนาด 30 ตัน จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการตัดมาทำการ ตรวจสอบและเปรียบเทียบขอบตัดของชิ้นงาน ซึ่ง ประกอบด้วยการวัดระยะส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง ส่วน ฉีกขาด และครีบกม ใช้กล้อง Digital Microscope วัด ชิ้นงานด้วยกำลังขยาย 50 เท่า

4. ผลและการวิเคราะห์

ในกระบวนการตัดเจาะโดยทั่วไปจะนิยมใช้ระนาบ ตายปกติดูอยู่ที่ระนาบ $\theta = 0$ องศา ดังนั้นในการตรวจสอบ คุณภาพของขอบตัดเบื้องต้นของวัสดุชิ้นงานชนิดนี้ จึง จำเป็นต้องหาอิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัด เพื่อใช้ เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับคุณภาพขอบตัดเมื่อทำการ เปลี่ยนแปลงระนาบเอียงของตาย

4.1 อิทธิพลของช่องว่างระหว่างคมตัดที่มีผลกับ

คุณภาพของขอบตัด

จากรูปที่ 5,6,7 และ 8 แสดงให้เห็นว่า ช่องว่าง



ระหว่างคมตัด $C= 5, 10, 15$ และ 20 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ในระนาบคานที่ $\theta = 0$ องศา สามารถตัดชิ้นงานออกมาได้ดี โดยไม่เกิดครีบคมของชิ้นงาน และไม่เกิดรอยตัดเฉือนชั้นที่สอง เมื่อทำการเพิ่มช่องว่างระหว่างคมตัดพื้นที่และคาน จะทำให้สัดส่วนของขอบตัดเปลี่ยนไป ช่องว่างระหว่างคมตัดที่เพิ่มขึ้น ทำให้เกิดส่วนโค้งมนที่มากขึ้น ส่วนเรียบตรงน้อยลง และส่วนการฉีกขาดจะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 5 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 % ของความหนาวัสดุ มุมคมตัดคาน 0 องศา



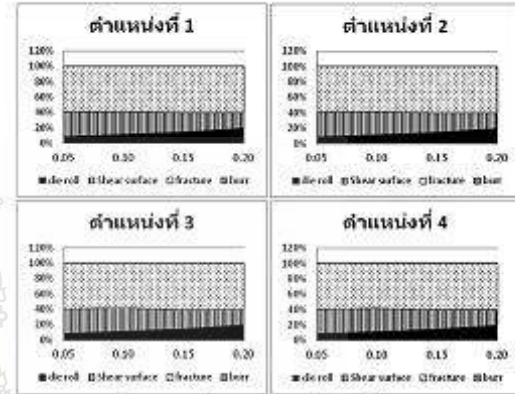
รูปที่ 6 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 10 % ของความหนาวัสดุ มุมคมตัดคาน 0 องศา



รูปที่ 7 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 15 % ของความหนาวัสดุ มุมคมตัดคาน 0 องศา



รูปที่ 8 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานที่ช่องว่างระหว่างคมตัด 20 % ของความหนาวัสดุ มุมคมตัดคาน 0 องศา



รูปที่ 9 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงาน มุมคมตัดคาน 0 องศา ในตำแหน่งต่างๆ

4.2 อิทธิพลของระนาบคานเฉียงที่มีผลกับคุณภาพของขอบตัด

จากการทดลองตัดเจาะชิ้นงานที่ระนาบคานเฉียงต่างๆ พบว่าคุณภาพของขอบตัดที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในทุกๆระยะของช่องว่างระหว่างคมตัด ดังแสดงในรูปที่ 10, 11 และ 12 เนื่องจากกลไกการตัดเฉือนในชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงโดยชิ้นงานจะเริ่มตันถูกตัดเฉือนจากตำแหน่งที่ 1 และสิ้นสุดของการตัดเฉือนในตำแหน่งที่ 3 เกิดขึ้นไม่พร้อมกัน (ดูภาพประกอบในรูปที่ 4) ทำให้ความเค้นที่เกิดขึ้นในเนื้อชิ้นงานมีการเปลี่ยนแปลงทิศทาง การเริ่มเกิดรอยแตกในเนื้อวัสดุเป็นไปได้อย่างขึ้น ส่งผลทำให้มีระยะการตัดเฉือนในเนื้อชิ้นงานมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าองศาของระนาบคานมีผลอย่างชัดเจนต่อคุณภาพของขอบตัดชิ้นงาน ดังนั้น เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาคุณภาพขอบตัดของชิ้นงานในอุตสาหกรรม จึงต้องมีการหาองศาและช่องว่างระหว่างคมตัดที่เหมาะสมโดยการเปรียบเทียบคุณภาพของขอบตัดในส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง ส่วนฉีกขาด และครีบคมที่เกิดจากการระบวนการตัดเฉือน



รูปที่ 10 แสดงขอบตัดที่ระนาบ 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์

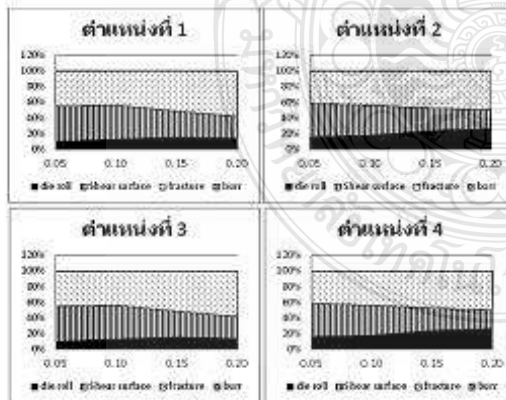


รูปที่ 11 แสดงขอบตัดที่ระนาบ 5 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 12 แสดงขอบตัดที่ระนาบ 15 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์

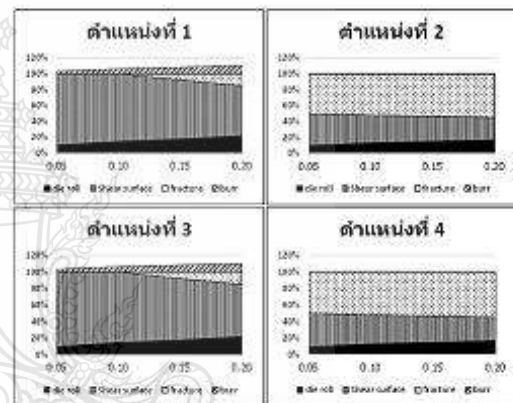
จากรูปที่ 13 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานที่ระนาบตาย $\theta = 5$ องศา เมื่อเปรียบเทียบกับระนาบตายที่ 0 องศา (รูปที่ 9) ที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน พบว่าในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ขอบตัดมีการเปลี่ยนแปลงของระยะตัดเฉือนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ถ้าใช้ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนตำแหน่งการตัดเฉือนที่ 2 และ 4 เป็นจุดการตัดเฉือนที่อยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของแม่พิมพ์พอดี ทำให้คุณภาพขอบตัดใกล้เคียงกับการตัดในระนาบตายที่ 0 องศา



รูปที่ 13 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานมุมคมตัดตาย 5 องศา ในตำแหน่งต่างๆ

จากนั้นทำการตัดชิ้นงานที่ระนาบตาย $\theta = 15$ องศา ดังแสดงในรูปที่ 14 พบว่าที่ระยะช่องว่างระหว่างคมตัด 5 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชิ้นงาน ในตำแหน่งที่ 1 และ 3

ขอบตัดมีการเปลี่ยนแปลงของระยะตัดเฉือนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก และเมื่อใช้ระยะช่องว่างระหว่างคมตัดมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ขอบตัดจะมีระยะการตัดเฉือนลดลงแต่จะเกิดครีบสูงขึ้น ชิ้นงานที่ได้จากการตัดเกิดการแอ่นตัวมีการตัดโค้งเปลี่ยนรูป (รูปที่ 15) เนื่องจากการตัดเฉือนที่เกิดขึ้นไม่พร้อมกันอันเนื่องจากระนาบเอียงของตาย ทำให้ผิวหน้าพินซีในจังหวะที่ตกลงมาในตายทำหน้าที่เหมือนเป็นการกดตัดแผ่นชิ้นงานให้ไหลตามลงมาก่อนที่คมตัดพินซีในตำแหน่งที่ 3 ทำการตัดสิ้นสุดลง



รูปที่ 14 แสดงสัดส่วนของขอบตัดของชิ้นงานมุมคมตัดตาย 15 องศา ในตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 15 แสดงการแอ่นตัวของชิ้นงานมุมคมตัดตาย 15 องศา $C = 20\%$ ของความหนาวัสดุ

4.3 ความสัมพันธ์ของระนาบตายกับช่องว่างระหว่างคมตัด

องศาการตัดของระนาบตายที่เพิ่มขึ้นตามรูปที่ 4 ส่งผลกระทบบให้ช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยลงเนื่องจากการเอียงองศา ทำให้ชิ้นงานมีความหนาเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงช่องว่างของคมตัดพินซีและตายที่ระนาบต่างๆ



θ	%C	T(mm.)	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%
0	1	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	
5	1.004	4.98%	9.96%	14.94%	19.92%	
15	1.035	4.83%	9.65%	14.48%	19.30%	

เมื่อช่องว่างระหว่างคมตัดน้อยลง องค์ประกอบของขอบตัดจะได้รับผลกระทบโดยตรง เนื่องจากแรงเค้นที่พันธักลดลงบนชิ้นงานเพียงจุดเดียว ในตำแหน่งที่ 1 ผ่านคมตัดตามมีระยะที่น้อยลง ส่งผลให้เกิดการส่วนการตัดเฉือนที่มากขึ้น และจะค่อยๆ ลดน้อยลง เมื่อพันธักลดลงถึงตำแหน่งกึ่งกลางชิ้นงาน ในตำแหน่งที่ 2 และ 4 จากนั้นส่วนตัดเฉือนจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงเค้นจะเพิ่มขึ้นจากเนื้อที่ของชิ้นงานในการตัดน้อยลงในจุดสุดท้ายของการตัดในตำแหน่งที่ 3 ส่วนประกอบของขอบตัดแต่ละจุดมีค่าไม่เท่ากัน ตามรูปที่ 13 และ รูปที่ 14

5. สรุป

จากการทดลองกระบวนการตัดเฉือนเพื่อหาอิทธิพลของระนาบคายเอียงที่มีผลต่อขอบตัดของชิ้นงาน โดยใช้ช่องว่างระหว่างคมตัดต่างกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. องศาของระนาบคายเอียงมีผลอย่างชัดเจนต่อคุณภาพของขอบตัด ระนาบคายเอียงที่เหมาะสมในการตัดมากที่สุดคือ ระนาบคายที่ 0 องศา และระยะช่องว่างของคมตัดที่เหมาะสมที่สุด อยู่ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ เมื่อใช้ระนาบคายเอียงมากกว่า 5 องศา ส่วนประกอบของขอบตัด ซึ่งประกอบไปด้วย ส่วนโค้งมน ส่วนเรียบตรง ส่วนฉีกขาด และส่วนครีบกม โดยรอบชิ้นงานจะมีความแตกต่างกัน เกิดรอยตัดเฉือนในเนื้อชิ้นงานมากขึ้น แต่ส่งผลทำให้มีครีบกมมากขึ้นเช่นกัน เนื่องจาก องศาที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กลไกการตัดเฉือนในเนื้อวัสดุมีการเปลี่ยนแปลงทุกช่องว่างระหว่างคมตัดและช่องว่างระหว่างคมตัดมีผลอย่างชัดเจนต่อคุณภาพของขอบตัด

2. ระนาบคายเอียง 0 องศา ช่องว่างระหว่างคมตัดที่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ของความหนาวัสดุ ส่งผลให้มีระยะของส่วนตัดเฉือนมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการสึกหรอของคมตัดพันธักเร็วขึ้น และเมื่อใช้ช่องว่างระหว่างคมตัด 20 เปอร์เซ็นต์ส่งผลทำให้ขอบตัดเกิดส่วนโค้งมนและรอยฉีกขาดที่มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนชุดแม่พิมพ์และวัสดุเครื่องมือในการทดลอง อุปกรณ์เก็บผลการทดลอง จากบริษัท ไทยออยล์ เพอร์สพาร์ท จำกัด รวมถึงพนักงานช่างแม่พิมพ์ ที่ช่วยทำแม่พิมพ์และชิ้นงาน คือ นายสมชาย สุวรรณมา นายเอกสิทธิ์ อยู่โภชนา และนักศึกษาช่วยเก็บข้อมูล คือ นายเจตรินทร์ ศรีคำพา นายเอกรัตน์ ทองรวม และนายโสภณ นิลเพชร

เอกสารอ้างอิง

- [1] ณัฐศักดิ์ พรพูนศิริ, การศึกษาอิทธิพลของช่องว่างคมตัดระหว่างพันธักและคายที่มีผลต่อพฤติกรรม การสึกหรอของแม่พิมพ์ตัด, 2545.
- [2] กิตติ โชคเลิศพัฒนา, กรณีศึกษาการลดครีบกมและรอยแตกในการตัดขึ้นรูปแผ่นชิ้นงาน, 2550.
- [3] กุลชาติ จุลเพ็ญ, "อิทธิพลของการสึกหรอในงานแม่พิมพ์ตัดที่มีผลต่อคุณภาพชิ้นงาน," 18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด-ขอนแก่น การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18
- [4] ชาญชัย ทรัพย์ากรณ์ และคณะ, "การออกแบบแม่พิมพ์," pp. 9-16, 2534.
- [5] Donak F. Eary and Edward A. Reed, "Techniques of Pressworking Sheet Metal," 1974.
- [6] วารุณี เปรมานนท์, "แม่พิมพ์โลหะแผ่น," p. 72, 2557.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายชำนาญ ทองมาก
วัน เดือน ปีเกิด 20 ธันวาคม 2523
ที่อยู่ 122/73 ม.3 ต.บ่อวิน อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230
การศึกษา
พ.ศ. 2544 ระดับ ปวส. ช่างเทคนิคการผลิต วิทยาลัยเทคนิคชุมพร
พ.ศ. 2547 ระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม (การผลิต)
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2547 –2550 ตำแหน่งวิศวกร Die Making & Die Preventive Maintenance
พ.ศ. 2551 –2553 รองหัวหน้าส่วน Die & Jig Maintenance
พ.ศ. 2554 –2557 หัวหน้าส่วน Die & Jig Maintenance
พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมการผลิต
บริษัทไทยอโต้เพรสพาร์ท จำกัด
เบอร์โทรศัพท์ 084-8642818, 086-3343803
อีเมล tapdm_chamni@thairung.co.th

