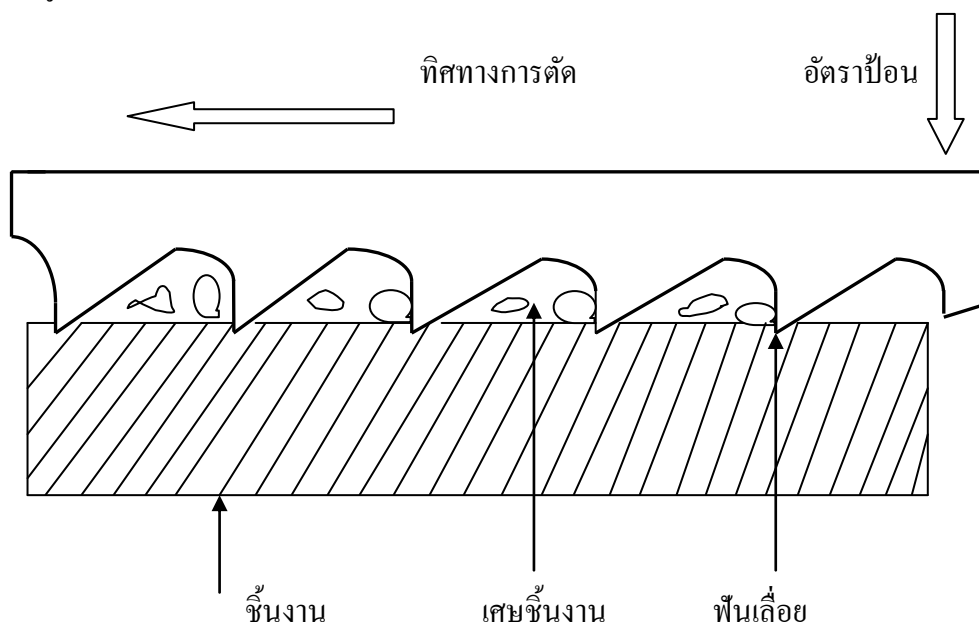


## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ใบเลื่อย (Saw Blade)

การเลื่อย หมายถึง การตัดวัสดุออกด้วยใบเลื่อยที่มีคมตัดขนาดเล็กกล้ายคมตัดของสกัด จำนวนมาก เรียงแถวเป็นระเบียบ คมตัดของใบเลื่อยเหล่านี้จะเลื่อนกั๊ดขึ้นงานพร้อม ๆ กัน ทีละหลาย ๆ ฟัน พร้อมกัน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ลักษณะของการเลื่อย

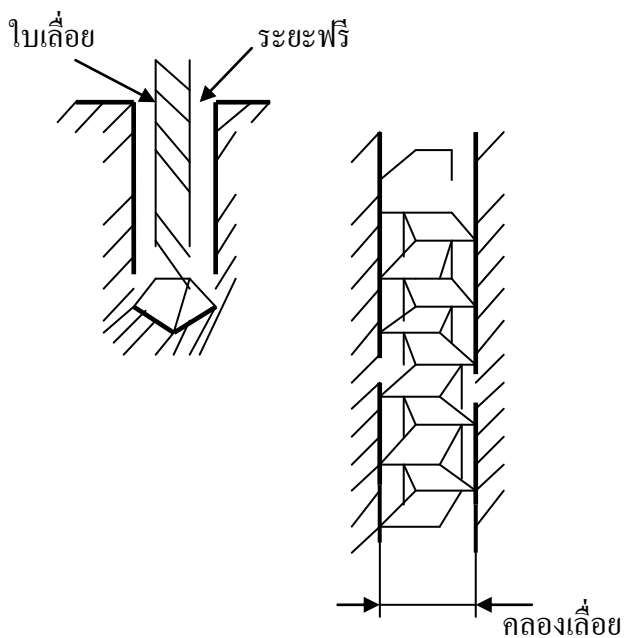
ทิศทางการตัดเนื่องการทำงานของคมเลื่อยประกอบด้วยทิศทางที่สำคัญ 2 ทิศ ได้แก่ ทิศทางการกดลงและทิศทางการดันไป ดูตามลูกศร ทิศทางทั้ง 2 เป็นตัวทำให้เกิดการตัดเฉือนขึ้น แรงที่กระทำ การกดและการดันจะต้องสัมพันธ์กัน ถ้าแรงใดมากเกินไปหรือฝืนอาจจะทำให้ใบเลื่อยหักได้

### 2.2 คลองเลื่อย (Free Cutting Action)

คลองเลื่อย คือ ความกว้างของร่องบนวัสดุงาน หลังจากที่มีการตัดเฉือน ปกติคลองเลื่อยจะมีขนาด ความหนามากกว่าใบเลื่อย ทั้งนี้ ถ้าไม่มีคลองเลื่อย ขณะทำการเลื่อยใบเลื่อยก็จะติด ซึ่งเป็นสาเหตุ หนึ่งที่ทำให้ใบเลื่อยหักลักษณะของช่องตัดเพื่อ หรือ คลองเลื่อย (Free Cutting Action) ที่นิยมใช้ กันทั่วไปมี 3 แบบ ดังนี้ [11]

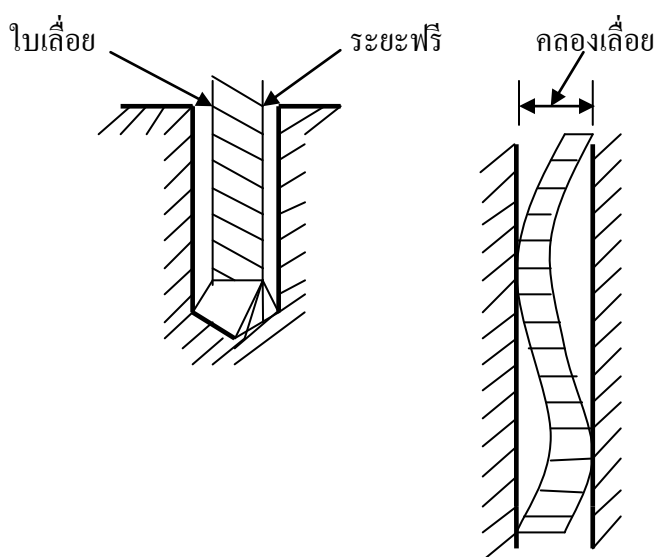
## 2.3 ลักษณะของคลองเลื่อย

1. คลองเลื่อยฟันสลับ ลักษณะฟันเลื่อยจะสลับซ้ายกับขวาตลอดใบเลื่อย ฟันเลื่อยลักษณะนี้เหมาะสำหรับใช้กับเครื่องเลื่อยกล



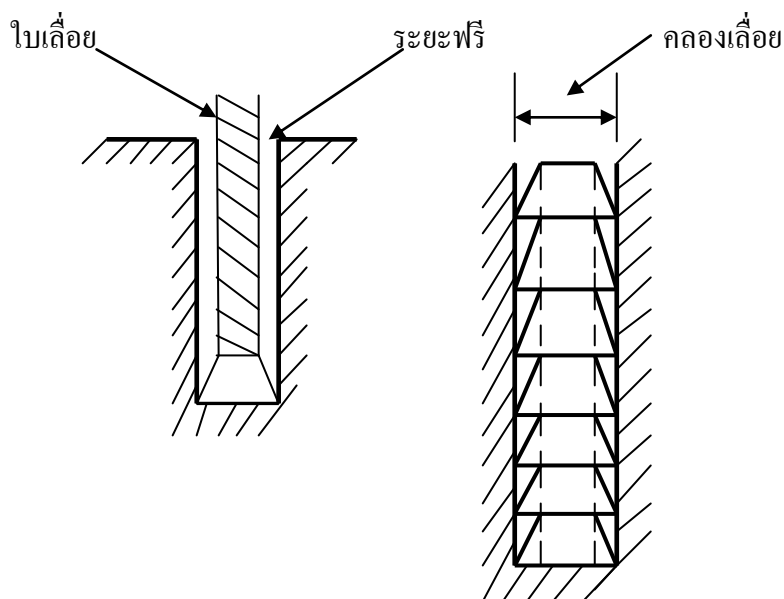
รูปที่ 2.2 ลักษณะคลองเลื่อยแบบฟันสลับ

2. คลองเลื่อยแบบฟันคลื่น ลักษณะฟันเลื่อยจะเลื่อยเป็นคลื่น ฟันเลื่อยลักษณะนี้เหมาะสำหรับใช้งานกับเลื่อยมือ



รูปที่ 2.3 ลักษณะคลองเลื่อยแบบฟันคลื่น

3. คลองเลื่อยแบบตอก ลักษณะพื้นเลื่อยจะมีมุมฟรีทั้งสองข้าง พื้นเลื่อยลักษณะนี้เหมาะสำหรับใช้งานกับเลื่อยวงเดือน



รูปที่ 2.4 ลักษณะคลองเลื่อยแบบพื้นตอก

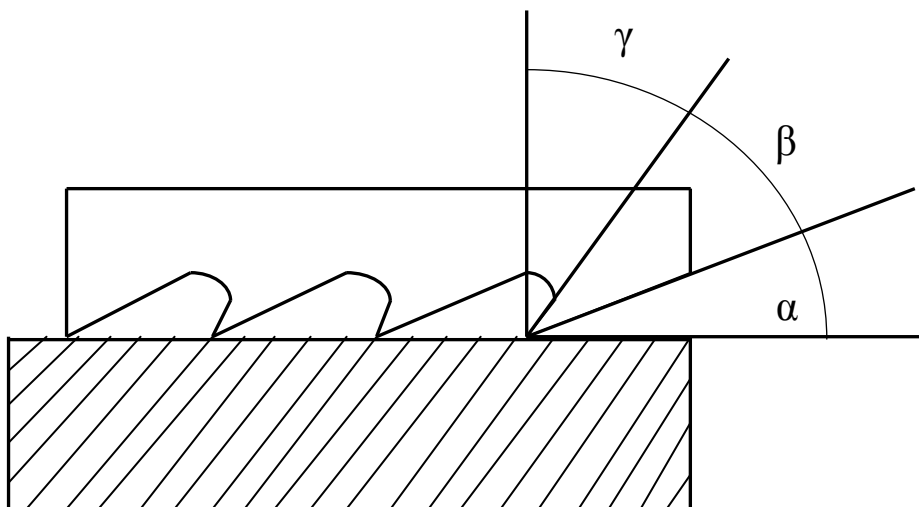
ลักษณะของใบเลื่อย จะประกอบด้วย

- ความหนา
- ความกว้าง
- ความยาว

ขนาดของใบเลื่อย จะบอกเป็นจำนวนฟัน/นิ้วและความหนา ความกว้าง ความยาว รูปร่างของใบเลื่อยโดยทั่ว ๆ ไปจะบอกความยาวระหว่างรูร้อยใบเลื่อย เช่น 300, 450 มม. และทางด้านใกล้รูร้อยด้านหนึ่ง จะบอกจำนวนฟัน/นิ้ว ใบเลื่อยเป็นอุปกรณ์ของเครื่องเลื่อย ทำหน้าที่ตัดเนื้อชิ้นงาน ใบเลื่อยเครื่องทำจากเหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel) มีความแข็งแต่เปราะ มุมพื้นเลื่อยพื้นเลื่อยแต่ละฟันมีลักษณะคล้ายกับลิ้ม ทำหน้าที่จิกเข้าไปในเนื้อวัสดุ ฟันแต่ละฟันประกอบด้วยมุมที่สำคัญ 3 มุม ได้แก่

- มุมคมตัด ( $\beta$ ) เป็นมุมคมตัดของพื้นเลื่อย
- มุมคายเศษ ( $\gamma$ ) เป็นมุมที่ใช้ดันเศษโลหะออกจากพื้นเลื่อย
- มุมหลบ ( $\alpha$ ) เป็นมุมที่ทำให้ลดการเสียดสีระหว่างพื้นเลื่อยกับชิ้นงาน และช่วยให้เกิดมุม

คมตัด 3 มุมรวมกัน ( $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$ )



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะมุมไบเลื่อยกล

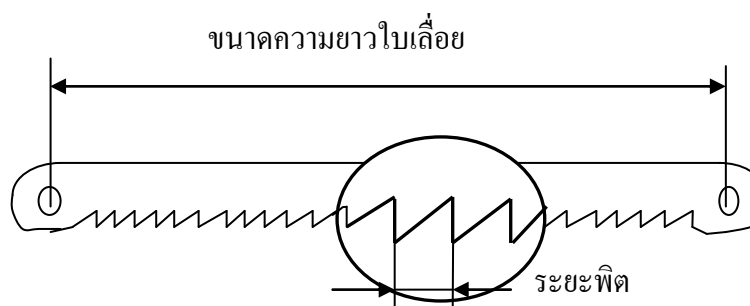
ตารางที่ 2.1 แสดงมุมของไบเลื่อยกล [11]

| มุมคมพื้นเลื่อย | วัสดุแข็ง | วัสดุอ่อน |
|-----------------|-----------|-----------|
| มุมฟรี $\alpha$ | 40°       | 40°       |
| มุมลิ้ม $\beta$ | 50°       | 45°       |

## 2.4 ความเร็วในการเคลื่อนที่ไบเลื่อย

การเคลื่อนที่ตัดของไบเลื่อยเป็นลักษณะการชักไบเลื่อยเคลื่อนที่กลับไป - กลับมาเป็น 1 ครั้ง ดังนั้น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของไบเลื่อย คือ จำนวนครั้ง ต่อ นาที หรือ ( STROKE PER MINUTE ) หรือ S.P.M. [11]

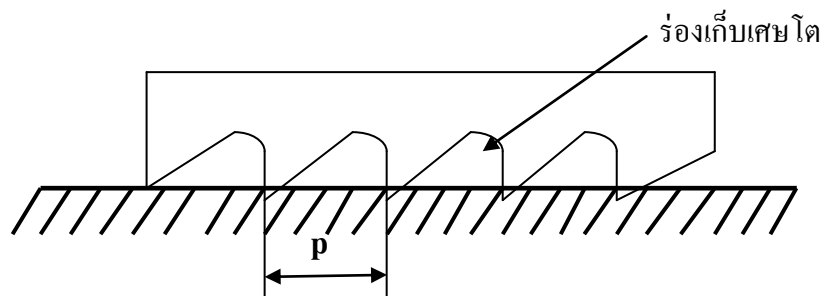
## 2.5 คุณสมบัติของใบเลื่อย



รูปที่ 2.6 แสดงคุณลักษณะของใบเลื่อย

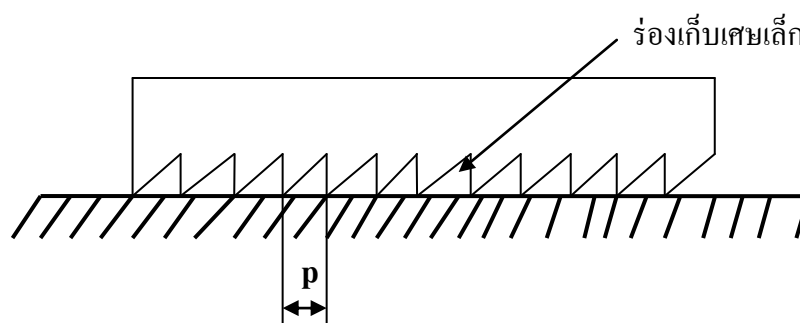
- ทำจากเหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel)
- ชุบแข็งทั้งใบหรือเฉพาะฟันก็ได้

### 2.5.1 ร่องเก็บเศษ



รูปที่ 2.7 แสดงร่องเก็บเศษโต

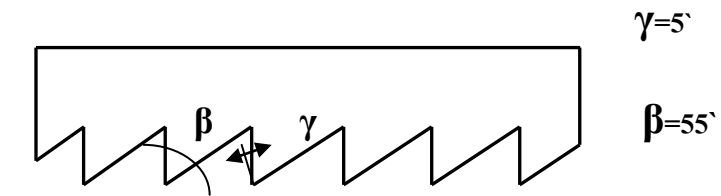
- ระยะพิทห่าง ร่องเก็บเศษ โตใช้กับโลหะอ่อน



รูปที่ 2.8 แสดงร่องเก็บเศษเล็ก

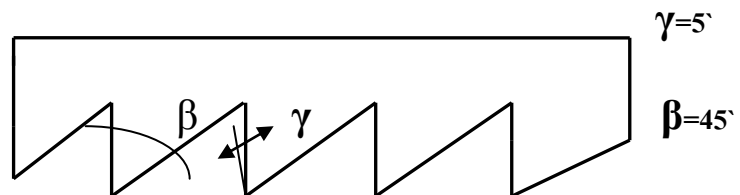
- ระยะพิทแคบร่องเกีบเศษเล็กใช้กับโลหะแข็ง

### 2.5.2 ลักษณะของร่องเกีบเศษ



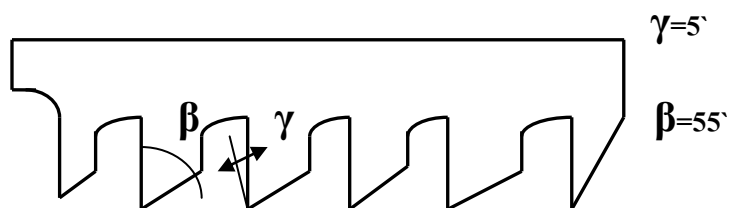
รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของร่องฟันเกีบเศษเล็ก

- ร่องเกีบเศษเล็กฟันมีความแข็งแรงมาก



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของร่องฟันเกีบเศษโต

- ร่องเกีบเศษโตฟันมีความแข็งแรงน้อย เนื่องจากมุมลิ้มเล็ก



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะขนาดมุมลิ้มโต

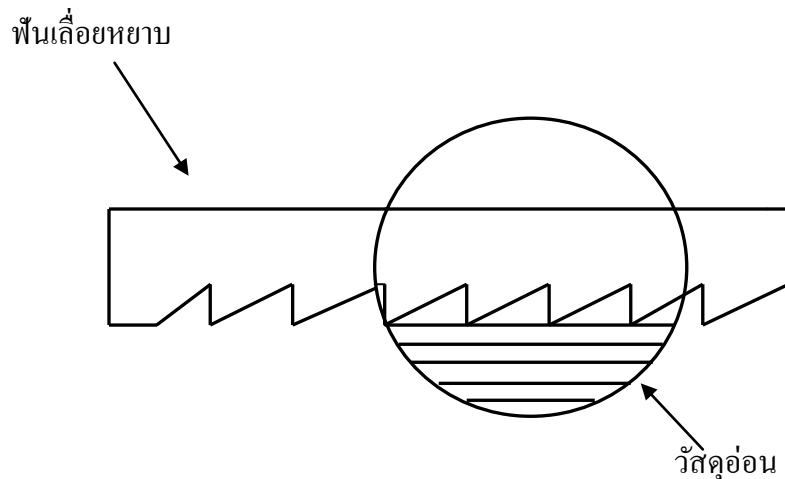
- ร่องเกีบเศษโตฟันมีความแข็งแรงมากเพราะขนาดของมุมลิ้มโต

## 2.6 การเลือกใช้ใบเลื่อย

การเลือกใช้ใบเลื่อยพิจารณาจากชนิดของวัสดุความหนาของวัสดุและขนาดหน้าตัดของวัสดุ เพราะโลหะที่ใช้ทำใบเลื่อย จะใช้เหล็กที่มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติดี เช่น เหล็กทำเครื่องมือชนิดผสมคาร์บอนสูง เหล็กความเร็วรอบสูง และเหล็กผสมทั้งสแตนเลสหรือผสมโมลิบดีนัม ใบเลื่อยจะถูกชุบให้แข็งแรงมาก ดังนั้นจะเห็นได้ว่าใบเลื่อยมีความเปราะและหักง่าย ดังนั้นควรเลือกขนาดของใบเลื่อย ให้เหมาะสมกับงาน [11] เช่น

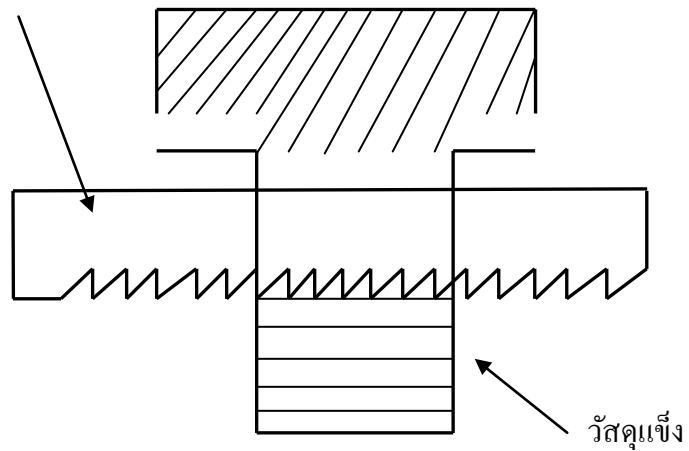
- วัสดุอ่อนให้เลือกใช้ใบเลื่อยที่มีจำนวนฟัน / นิ้ว หยาบ
- วัสดุหนาให้เลือกใช้ใบเลื่อยที่มีจำนวนฟัน / นิ้ว ละเอียด

ตัวอย่างการเลือกใช้ใบเลื่อยกับวัสดุต่าง ๆ 14 ฟันต่อนิ้ว สำหรับเหล็กอ่อนเหนียว



รูปที่ 2.12 การเลื่อยวัสดุอ่อนใช้ฟันหยาบ

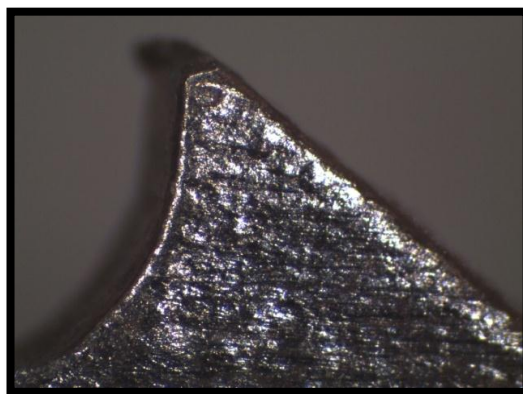
18 พันต่อนี้ว สำหรับเหล็กเครื่องมือ เหล็กที่มีคาร์บอนผสมสูงเหล็กความเร็วรอบสูง  
 พันเลื่อยละเอียด



รูปที่ 2.13 การเลื่อยวัสดุแข็งใช้ฟันละเอียด

## 2.7 ลักษณะการสึกของใบเลื่อย

จะเกิดการสึกหรอบริเวณปลายขอบฟันของคมตัดฟันเลื่อย ถ้าใช้ตัดวัสดุอ่อนอายุการใช้งานของใบเลื่อยย่อมยาวนานกว่าใช้ตัดวัสดุแข็ง ลักษณะการสึกของฟันเลื่อย การหลีกเลี่ยงไม่ให้ฟันเลื่อยบิ่นแตก หัก ให้ระวังในการเลื่อยวัสดุ ความหนาของวัสดุที่นำมาเลื่อยอย่างน้อยฟันเลื่อย 3 ฟัน วางบนความหนาของงานถ้าหากชิ้นงานบางฟันเลื่อยเพียง 2 ฟันวางบนความหนา คมอาจบิ่นและอาจแตกได้



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการสึกของฟันเลื่อยจากการทดลอง

## 2.8 องค์ประกอบของการเลื่อย

ในการตัดเนื้อวัสดุชิ้นงานโดยวิธีการใช้เครื่องเลื่อยกลในแต่ละครั้งจำเป็นต้องทราบถึงองค์ประกอบ การเลื่อยด้วยเครื่องเลื่อยกลเพื่อที่จะทำให้การตัดเนื้อวัสดุงานเป็นไปอย่างถูกต้องคุณภาพการตัดมีความเรียบร้อยตรงตามความต้องการและรักษาสภาพของคมตัดของฟันเลื่อยให้มีขีดความสามารถ สูงสุดในการใช้งานของใบเลื่อยซึ่งพอที่จะสรุปถึงองค์ประกอบของการเลื่อยด้วยเครื่องเลื่อยได้ดังนี้

1. การเลือกใช้ความเร็วช่วงชักของเครื่องเลื่อยให้เหมาะสมกับสภาพการตัดวัสดุและระยะพิตของใบเลื่อยกลที่นำมาใช้ในการตัด
2. การปรับอัตราป้อนของเครื่องเลื่อยซึ่งจะมีผลต่อการสึกหรอของฟันเลื่อยโดยตรงถ้าปรับขนาดอัตราป้อนมากเกินไปอาจทำให้เกิดการสึกหรอของฟันเลื่อยรวดเร็วยิ่งขึ้น
3. การหล่อเย็น เพื่อป้องกันการเกิดฟอง การระบายความร้อน ลดการสึกหรอ และป้องกันสนิม ช่วยยืดอายุของใบเลื่อยกล อัตราส่วนที่ใช้ตัดโลหะระหว่างน้ำมันตัดต่อ น้ำ ประมาณ 10-20

## 2.9 ปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นกับใบเลื่อยกลที่ทำการตัดเนื้อโลหะ

ในการตัดชิ้นงานที่มีความแข็ง ขนาดและรูปร่างต่างกัน นั้นการเลือกใช้ใบเลื่อยกลรวมไปถึงการเลือกใช้ความเร็วช่วงชักในการตัดและขนาดอัตราป้อนนั้นก็ย่อมต่างกันไปด้วย การเลือกใช้ความเร็วช่วงชักในการตัดเนื้อชิ้นงานและขนาดของอัตราป้อนที่ไม่เหมาะสมกับคุณสมบัติทางกายภาพและมิติของวัสดุที่ทำการตัดแล้วย่อมส่งผลต่อการสึกหรอของใบเลื่อยกลและคุณภาพของรอยตัดโดยตรงแล้วนอกจากนี้ยังเป็นผลทำให้ต้องถอดเปลี่ยนใบเลื่อยบ่อยซึ่งอาจจะส่งผลทำให้ต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นกับใบเลื่อยพอที่จะสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้นกับใบเลื่อยกล

| 1                                                                                   | ปัญหาที่พบ                                                   | สาเหตุที่เกิดขึ้น                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | ใบเลื่อยหักตักขาดเป็น<br>แนวตรงแสดงถึงความล้า<br>ของใบเลื่อย | ใช้ใบเลื่อยไม่ถูก-พินหยาบเกิน<br>ความตึงของใบเลื่อยมากเกินไป<br>อัตราป้อน (FEED) มากเกินไป<br>น้ำมันหล่อเย็น (COOLANT) ผิดประเภท                |
|    | ตัดชิ้นงานได้ไม่ตรง                                          | พินเลื่อยหมดคม<br>อัตราป้อน (FEED) มากเกินไป<br>ขนาดพินไม่ถูกต้อง (ละเอียดเกินไป)<br>ความตึงของใบเลื่อยหย่อน<br>ความเร็วช่วงชักของใบเลื่อยไม่พอ |
|  | ใบเลื่อยโก่งเอียงขณะตัด                                      | อัตราป้อน (FEED) มากเกินไป<br>ความตึงของใบเลื่อยไม่พอ<br>คล่องพินเลื่อยลึก                                                                      |
|  | พินแตกหักแตกหัก<br>ด้านหน้า – หลังของพิน<br>เลื่อย           | อัตราป้อน (FEED) มากเกินไป<br>พินหักค้างในรอยตัดเก่า<br>พินกระแทกถูกจุดแข็งของชิ้นงาน<br>เลือกชนิดพินของใบเลื่อยผิด<br>ชิ้นงานเคลื่อนขณะตัด     |
|  | พินเลื่อยสึกสีที่เลื่อย<br>เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน              | เลือกใช้ใบเลื่อยไม่ถูกต้อง<br>อัตราป้อน (FEED) มากเกินไป<br>ความเร็วช่วงชักไม่ถูกต้อง<br>น้ำมันหล่อเย็นไม่พอหรือผิดประเภท                       |

## 2.10 การสึกหรอของเครื่องมือตัด

การสึกหรอของเครื่องมือตัด (Tool wear) หมายถึง การใช้งานจนหมดสภาพระหว่างทำงานตัดเฉือนที่ส่วนของมีดตัดถูกกระทำด้วยพลังงานความร้อน และพลังงานกล การสึกหรอนี้จะต้องมีการทดลองเพื่อเมื่อนำมาเป็นมาตรฐาน ทั้งการกำหนดตำแหน่งและอักษรย่อ กลไกการสึกหรอเนื่องจากการเสียดสี (Mechanism of wear in Sliding system) กลไกการสึกหรอเนื่องจากการเสียดสี จากการศึกษาลักษณะของการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนชิ้นงานต่างๆ สองชิ้นขัดกันพบว่ามียู่ 4 ลักษณะ คือ [12]

1. การสึกหรอเนื่องจากการขัดสี (Abrasion Wear) เกิดจากส่วนประกอบบางตัวที่คมหรือแข็งของเนื้อชิ้นงาน เมื่อส่วนประกอบเหล่านี้สัมผัสและถูไถไปบนผิวเครื่องมือตัด จึงเกิดการขัดสีกันและสึกหรอได้ เหล็กกล้า เหล็กหล่อ และนิเกิลผสม ที่มีส่วนประกอบที่แข็งของคาร์ไบด์ ออกไซด์และไนไตรด์จะเป็นสาเหตุทำให้เครื่องมือสึกหรอได้ง่าย และที่สังเกตได้ง่ายคือเมื่อทำการกลึงชิ้นส่วนงานหล่อที่มีสเกลของออกไซด์ หรือที่มีทรายฝังอยู่จะทำให้เครื่องมือสึกหรอมากและรวดเร็ว การสึกหรอแบบนี้เกี่ยวข้องกับ การตัด และขึ้นอยู่กับความแข็ง ความยืดหยุ่น และรูปร่างของผิวหน้าทั้งสองด้วย

2. การสึกหรอเนื่องจากการยึดเกาะของวัสดุ (Adhesion wear) การสึกหรอเนื่องจากการยึดเกาะของวัสดุ (Adhesion wear) เกิดจากการที่ผิววัสดุ 2 ชนิดรวมยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน อันเนื่องมาจากแรงอัดและการยึดติดกัน แล้วเกิดแรงเฉือนจนทำให้บริเวณที่ยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกันนั้น ขาดออกจากวัสดุเดิมดังแสดงตามข้อสันนิษฐานขณะตัดโลหะมักจะเกิดเหตุการณ์เหล่านี้ได้ เนื้อวัสดุของปลายคมตัดจะแตกและติดไปกับเศษชิ้นงานได้ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นขณะตัดโลหะ และแรงกระทำที่เกิดขึ้นจะมีอิทธิพลต่อการเกิดการยึดเกาะกันของวัสดุแต่ละคู่ (เครื่องมือตัดกับชิ้นงาน) การยึดเกาะนี้จะเกิดที่ความเร็วตัดต่ำๆแต่จะขึ้นกับเวลา และมีแนวโน้มว่าจะเกิดน้อยลงเมื่อใช้ความเร็วตัดสูงๆ ถ้าเป็นการตัดที่รุนแรงหรือมีการสั่นสะเทือนหรือกระแทกเป็นช่วงๆ จะทำให้เกิดการยึดเกาะเร็วขึ้นและสึกหรอมาก

3. การสึกหรอเนื่องจากการแพร่ซึมส่วนผสมเคมี (Diffusion Wear) การสึกหรอเนื่องจากการแพร่ซึมส่วนผสมเคมี (Diffusion Wear) เคมีนี้หรือของธาตุเหล่านี้เกิดในสถานะของแข็ง (Solid – State Diffusion) ที่อะตอมเคลื่อนย้ายจาก Lattice หนึ่ง จากที่มีอะตอมเข้มข้นกว่าไปยังที่มีอะตอมเบาบางกว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า บรรยากาศแวดล้อมมากก็ยิ่งมีการแพร่ซึม ส่วนผสมได้มากขึ้น ขณะตัดโลหะ เมื่อเกิดการยึดเกาะของวัสดุ และเกิดอุณหภูมิสูงเพียงพอในบริเวณที่ยึดเกาะเป็นเนื้อเดียวกันนี้ จะเกิดการไหลของอะตอมจากเนื้อวัสดุเครื่องมือตัดไปยังเนื้อชิ้นงานปริมาณการแพร่ซึมจะมาก หรือ น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคู่สัมผัสของเนื้อวัสดุทั้งสอง และระดับการสั่นของอะตอมซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าเวลาที่สัมผัสยึดเกาะกันอยู่นานก็จะแพร่ซึมได้มาก แต่ถ้าใช้ความเร็วตัดสูงก็จะแพร่ซึมได้น้อย เครื่องมือตัดที่ทำจากเหล็กกล้าไฮ-สปีด จะมีอะตอมของธาตุคาร์บอนของเครื่องมือ

ตัดแพร่ซึมเข้าไปสู่ผิวชิ้นงาน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมบริเวณนี้ สมบัติของเครื่องมือตัดก็จะเปลี่ยนไป คือแข็งน้อยลงแล้ว จะสึกหรอได้ง่าย

4. การสึกหรอเนื่องจากการล้า (Fatigue wear) Radchik และ Rachik ได้อธิบายว่าเมื่อผิวอันหนึ่งมีปฏิกิริยาขึ้นมาแล้วขัดสีไปบนผิวหน้าอีกอันหนึ่ง จะทำให้เกิดแรงกดขึ้นที่ผิวหน้าข้างหน้าปม นั้น ขณะเดียวกัน ก็เกิดแรงดึงขึ้นข้างหลังปม นั้น ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการล้า (Fatigue failure) ตัวขึ้น ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วจะทำให้เกิด รอยแตก crack ขึ้นจะดำเนินต่อไปยังผิวหน้าทำให้ผิวหน้าหลุดออกไปในกรณีที่พบทั่วไปปรากฏว่าผิวที่หลุดมาโดยใช้วิธีนี้มักเป็น oxide film ดังนั้นการสึกหรอเนื่องจากการล้าตัวนี้จึงเกิดขึ้นกับ oxide film มากกว่าโลหะ

## 2.11 ชนิดการสึกหรอของคมตัด

การสึกหรอบนคมตัดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามลักษณะของตำแหน่งที่เกิดการสึกหรอ คือ การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank wear) การสึกหรอบนผิวคาย (Crater wear) และการสึกหรอที่ปลายมีด (Nose wear)

### 2.11.1 การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank wear)

การสึกหรอบนผิวหลบ (Flank wear) จะเกิดขึ้นเป็นแนวยาวด้านข้างของคมตัดการสึกหรอชนิดนี้เกิดจากการขัดสีกันระหว่างด้านข้างของคมตัดกับโลหะที่กำลังทำการตัดเฉือน เมื่อการสึกหรอบนผิวหลบ (Flank wear) เกิดขึ้นมากก็จะมี การขัดสีเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องการกำลังสำหรับการตัดเฉือนมากขึ้นตามไปด้วย

### 2.11.2 การสึกหรอบนผิวคาย (Crater wear)

การสึกหรอบนผิวคาย (Crater wear) จะมีลักษณะเป็นหลุมหรือเป็นร่องลึก เกิดใกล้ๆ กับคมตัด การสึกหรอบนผิวคาย (Crater wear) เกิดจากการขัดสีของเศษโลหะไปบนผิวคายของคมตัด เมื่อการสึกหรอบนบนผิวคาย (Crater wear) เกิดขึ้นมากในที่สุดก็จะทำให้คมตัดเกิดการแตกหักได้

### 2.11.3 การสึกหรอที่ปลายมีด (Nose wear)

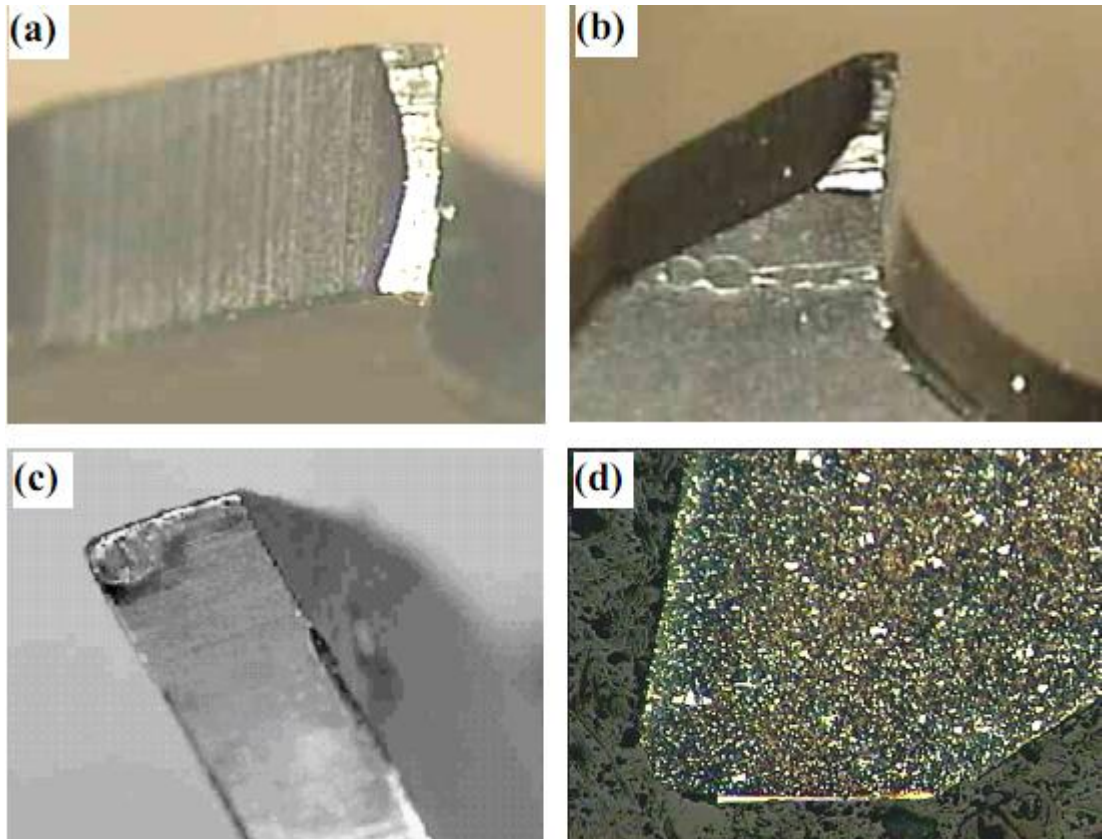
การสึกหรอที่ปลายคมตัด (Nose wear) เป็นการสึกหรอที่ปลายคมตัดหรือจุดที่เกิดการเสียดสีระหว่างปลายของคมตัด กับโลหะที่กำลังทำการตัดเฉือน การสึกหรอที่ปลายคมตัด (Nose wear) บนคมตัดจะส่งผลกับคุณภาพของผิวชิ้นงาน

ลักษณะของการสึกหรอที่เกิดขึ้นบนคมตัด [12]

- (1) การสึกหรอบนผิวหยาบ (Flank Wear)
- (2) การสึกหรอบนผิวคาย (Crater Wear)
- (3) การสึกหรอเนื่องจากการเปลี่ยนรูป (Plastic Deformation)
- (4) การสึกหรอลักษณะแหว่ง (Notch Wear)
- (5) การแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal Cracking)
- (6) การแตกเนื่องจากการล้าตัว (Fatigue)
- (7) การกะเทาะ (Chipping)
- (8) การแตกหัก (Fracture)
- (9) การพอกเศษ (Built – up edge)

## 2.12 ลักษณะการสึกหรอของใบเลื่อย (Wear modes of saw blade)

ลักษณะการสึกหรอของใบเลื่อยจะขึ้นอยู่กับความเร็วของการเลื่อยวัสดุชิ้นงานที่ทำการตัด ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเลื่อย และสภาพของการตัด โดยทั่วไปลักษณะการสึกหรอของใบเลื่อย สามารถแบ่งซึ่งได้จากการสึกหรอเป็นแบบการสึกหรอลักษณะแหว่ง (Notch wear) , การสึกหรอที่มุมด้านข้างของฟันเลื่อย (Corner wear) การสึกหรอที่ผิวคายด้านหน้าฟันเลื่อย (Rake Face wear) และการสึกหรอรอบขอบคมตัด (edge rounding ) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.7 [7, 8, 9, 10] ฟันเลื่อยจะสึกกร่อนตามรอยที่เกิดขึ้นจากการตัดเริ่มจากปลายฟันเลื่อยและมุมต่าง ๆ ด้านนอกของฟันเลื่อยจะทำให้เกิดการคายเศษลักษณะมนกลม โดยทั่วไปแล้วการสึกหรอที่ผิวคายด้านหน้าฟันเลื่อย (Rake face wear) จะสึกหรอให้เห็นได้ไม่ชัดเจนเท่ากับการสึกหรอแบบลักษณะแหว่ง (Notch wear) แต่อย่างไรก็ตามการสึกหรอที่ผิวคายด้านหน้าฟันเลื่อย (Rake Face wear) ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามรูปทรงเรขาคณิตของฟันเลื่อย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงตามรูปทรงเรขาคณิตของฟันเลื่อยโดยทั่วไปจะส่งผลต่อการเกิดเศษเล็กเศษน้อยของวัสดุที่ไม่มีประสิทธิภาพเนื่องจากสัดส่วนของบร้อมเพิ่มขึ้นซึ่งเห็นได้จากรอยตัด



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะการสึกหรอของฟันเลื่อย [7, 8, 9, 10]

รูป 2.15 (a) เป็นการสึกหรอแบบแหว่ง (Notch wear)

รูป 2.15 (b) การสึกหรอที่มุมด้านข้างของฟันเลื่อย (Corner wear)

รูป 2.15 (c) สึกหรอที่ผิวคายด้านหน้าฟันเลื่อย (Rake Face wear)

รูป 2.15 (d) การสึกหรอรอบขอบคมตัดฟันเลื่อย (edge rounding )

### 2.13 ปัจจัยที่มีผลต่องานเลื่อย

การตัดเฉือนโลหะด้วยการเลื่อย ไม่ว่าจะเป็นการเลื่อยในลักษณะไหนก็ตาม ข้อควรคำนึงถึงในขั้นแรกได้แก่

- แรงกดที่ใช้ในการตัดเฉือน
- ความเร็วที่ใช้ในการเลื่อย
- อุณหภูมิการตัดเฉือน
- ค่าแรงขับเคลื่อนของใบเลื่อย

ซึ่งในการเปลี่ยนแปลงแรงและอุณหภูมิในการตัดเฉือนยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่อไปนี้ [13]

ตารางที่ 2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงและอุณหภูมิการตัดเฉือน

|               |                   |                 |
|---------------|-------------------|-----------------|
| CUTTING FORCE | Cutting Condition | Feed            |
|               |                   | Speed           |
|               |                   | Coolant         |
|               | Tool              | Geometry , Size |
|               |                   | Material        |
|               |                   | Wear Properties |
|               | Work piece        | Shape           |
|               |                   | Material        |
|               |                   | Jig or Bushing  |

นอกจากนี้ในการตัดโลหะยังมีปัจจัยที่สำคัญได้แก่

1. เงื่อนไขของการตัดเฉือน (Cutting Condition) ซึ่งมีเงื่อนไขการตัดเฉือนได้แก่ อัตราการป้อน ความเร็วตัด และการหล่อเย็น
2. เครื่องมือหรือไบเล็ดยกที่ใช้ซึ่งเกี่ยวข้องกับรูปทรงเรขาคณิตและขนาด วัสดุ และคุณสมบัติด้านการสึกหรอ
3. ชิ้นงาน (Work piece) ซึ่งเกี่ยวข้องกับรูปทรงของชิ้นงาน วัสดุชิ้นงาน และการจับยึดชิ้นงาน หรือปากกาจับชิ้นงาน การเพิ่มอัตราการป้อน ความเร็วตัดจะมีผลต่อการเพิ่มแรงและอุณหภูมิในการตัดเฉือน เช่นเดียวกับการเพิ่มความแข็งของชิ้นงาน หรือ การเปลี่ยนแปลงรูปทรงทางเรขาคณิตของเครื่องมือ จากการเลือกองค์ประกอบที่เหมาะสม ย่อมทำให้ได้รับการตัดเฉือนที่เหมาะสมและจะทำให้อายุการทำงานยาวนานขึ้น

## 2.14 ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

คุณสมบัติของวัสดุเครื่องมือตัดที่มีผลต่ออายุการใช้งานของเครื่องมือตัด [14]

1. ความสามารถในการรักษาความแข็ง ขณะอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูง
2. ความเหนียวเพื่อป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับคมตัด ในกรณีที่ได้รับแรงกระแทกหรือแรงจากการตัดอย่างรุนแรง
3. ความทนทานต่อการสึกหรอ

4. ความสามารถในการนำความร้อนรวมทั้งสัมประสิทธิ์การขยายตัวของวัสดุเครื่องมือตัด เพื่อช่วยลดความเสียหายที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

คุณสมบัติของวัสดุชิ้นงานที่มีผลต่อการเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด [14]

1. การอ่อนตัวเพื่อลดแรง อุณหภูมิและการสึกหรอเนื่องมาจากการขัดถู
2. คุณภาพของวัสดุ เช่น อาจมีเศษเม็ดทรายฝังตัวอยู่ในเนื้อวัสดุ
3. ส่วนผสมของธาตุบางชนิด ในวัสดุชิ้นงานที่ช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด เช่น ตะกั่วช่วยในการหล่อลื่น กำมะถันช่วยลดแรงและอุณหภูมิในการตัด
4. โครงสร้างของเนื้อวัสดุชิ้นงาน เช่น โครงสร้างเพอร์ไรท์ที่เป็นก้อนกลมจะช่วยให้อายุของเครื่องมือตัดทนทานเป็นต้น

ความเร็วตัด อัตราป้อน และระยะเวลาในการตัด ที่มีผลต่อการใช้งานของเครื่องมือตัด

1. ความเร็วตัดที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ผลคือทำให้ความแข็งแรงลดลง จึงเป็นเหตุทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดลดลง
2. อัตราการป้อนที่มีขนาดสูง จะเพิ่มแรงกระทำระหว่างเศษโลหะกับผิวคายของเศษโลหะ และเพิ่มแรงกระทำกับชิ้นงานและผิวด้านข้างของเครื่องมือตัดมีส่วนทำให้อุณหภูมิและการสึกหรอต่างๆ สูงขึ้นทำให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดสั้นลง แต่ยังมีผลน้อยกว่าความเร็วตัด
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการตัดที่มีเวลานานขึ้น การตัดโลหะที่ใช้เวลานานขึ้นทำให้พื้นที่ที่สัมผัสระหว่างชิ้นงานกับผิวด้านข้างของเครื่องมือตัด และเศษโลหะกับผิวคายเศษโลหะ มีอิทธิพลทำให้อายุการใช้งานของ เครื่องมือตัดลดลง

## 2.15 เครื่องเลื่อยกล (Sawing Machine)

การเลื่อย จำแนกเป็นการเลื่อยด้วยมือ (Hand Sawing) คือเป็นงานเลื่อยชิ้นงานจำนวนไม่มาก และเลื่อยด้วยเลื่อยไฟฟ้า (Power Hack Saw) หรือเรียกว่า เครื่องเลื่อยกล (Sawing Machine) จำเป็นสำหรับงานเลื่อยชิ้นงานอุตสาหกรรม คือเลื่อยชิ้นงานจำนวนมาก ทั้งชิ้นงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เครื่องเลื่อยกลแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ เครื่องเลื่อยกลแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ [15]

1. เครื่องเลื่อยชัก (Power Hack Saw)
2. เครื่องเลื่อยสายพานนอน (Horizontal Band Saw)
3. เครื่องเลื่อยสายพานตั้ง (Vertical Band Saw)
4. เครื่องเลื่อยวงเดือน (Radius Saw or Circular Saw)

## 2.16 เครื่องเลื่อยชัก

เครื่องเลื่อยแบบชักเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการเลื่อยตัดวัสดุงานให้ได้ขนาดและความยาวตามความต้องการ ระบบการขับเคลื่อนใบเลื่อย ใช้ส่งกำลังด้วยมอเตอร์ แล้วใช้เฟืองเป็นตัวกลับทิศทางและใช้หลักการของข้อเหวี่ยงเป็นตัวขับเคลื่อนให้ใบเลื่อยเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนวเส้นตรงอย่างต่อเนื่องทำให้ใบเลื่อยสามารถตัดงานได้ [15]



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของเครื่องเลื่อยชัก [15]

## 2.17 ส่วนประกอบของเครื่องเลื่อยชัก

ส่วนประกอบทุกส่วนมีความสำคัญเท่ากัน เพราะจะต้องทำหน้าที่ร่วมกันตลอดเวลาซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. โครงเลื่อย (Saw Frame) มีลักษณะเหมือนตัวยูคว่า โครงเลื่อยส่วนใหญ่ทำจากเหล็กหล่ออย่างดีใช้สำหรับใส่ใบเลื่อย โครงเลื่อยจะเคลื่อนที่ไป – มาอยู่ในร่องทางเหี่ยวโดยการส่งกำลังจากล้อเฟือง
2. ปากกาจับงาน (Vise) ใช้จับชิ้นงานเพื่อทำการเลื่อย สามารถปรับปรุงเอียงขวา-ซ้าย ได้ข้างละ 45 องศา และสามารถเลื่อนปากเข้า-ออกได้ด้วยเกลียวแขนหมุนล็อกแน่น
3. แขนตั้งระยะงาน (Cut Off Gage) มีหน้าที่ในการตั้งระยะของชิ้นงานที่ต้องการตัดจำนวนมาก ๆ เพื่อให้ชิ้นงานที่ตัดออกมามีความยาวเท่ากันทุกชิ้น
4. ระบบป้อนตัด เครื่องเลื่อยชักมีระบบป้อนตัด 2 ชนิด คือ ชนิดใช้ลูกถ่วงน้ำหนัก และชนิดใช้น้ำมันไฮดรอลิกส์ทั้ง 2 ชนิด ทำหน้าที่เหมือนกันคือการป้อนตัด แต่หลักการทำงานต่างกันตรงที่ชนิดลูกถ่วงน้ำหนักอาศัยแรงดึงดูดของโลก ส่วนชนิดไฮดรอลิกส์อาศัยแรงดันจากน้ำมันไฮดรอลิกส์
5. ระบบหล่อเย็น เครื่องเลื่อยชักมีความจำเป็นต้องใช้น้ำหล่อเย็น เพื่อช่วยระบายความร้อนเนื่องจากการเสียดสีระหว่างใบเลื่อยกับชิ้นงาน และยังช่วยยืดอายุการใช้งานของใบเลื่อยให้ยาวนาน

6. ฐานเครื่องเลื่อยชัก (Base) ทำหน้าที่รองรับส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเลื่อยชักทั้งหมด ฐานเครื่องเลื่อยชักบางชนิดจะทำเป็นโครงภายใน เพื่อเป็นที่เก็บถังน้ำหล่อเย็นและมอเตอร์

7. มอเตอร์ (Motor) เครื่องเลื่อยชักมีมอเตอร์ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังขับเคลื่อนมอเตอร์จะใช้กับกระแสไฟฟ้า 220 โวลต์หรือ 380 โวลต์ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

8. สวิตช์เปิด-ปิด เครื่องเลื่อยชักมีสวิตช์เปิด-ปิด แบบกึ่งอัตโนมัติ คือ สวิตช์เครื่องจะปิดโดยอัตโนมัติเมื่อใบเลื่อยตัดชิ้นงานขาด

9. ชุดเฟืองทด (Gear) ทำหน้าที่ในการทดส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังโครงเลื่อยเฟืองทดที่ใช้กับเครื่องเลื่อยชักมี 2 ชนิด คือ เฟืองเฉียง และเฟืองตรง

10. มวลเลย์ (Pulley) ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านสายพานไปยังชุดเฟืองทด ใช้กับสายพานตัววี

## 2.18 กลไกการทำงานของเครื่องเลื่อยชัก

กลไกการทำงานของเครื่องเลื่อยชัก เป็นกลไกส่งกำลังด้วยมอเตอร์ ส่งกำลังผ่านเฟืองขับ ซึ่งเป็นเฟืองทด เพื่อทดความเร็วรอบมอเตอร์ และเพื่อทดแรงขับของมอเตอร์ ที่เข้าเฟืองขับ มีจุดหมุนก้านต่ออยู่คนละศูนย์กลางกับศูนย์กลางเฟือง เพื่อต่อกันต่อไปขับโครงเลื่อย ให้ชักโครงเลื่อยเดินหน้าและถอยหลังได้

## 2.19 การบำรุงรักษาเครื่องเลื่อยชัก

เครื่องเลื่อยชักเป็นเครื่องจักรกลพื้นฐานที่มีความจำเป็นมาก ดังนั้นเพื่อยืดอายุการใช้งานให้ยาวนาน จำเป็นจะต้องมีการบำรุงรักษาเครื่องดังต่อไปนี้

1. ก่อนใช้เครื่องเลื่อยชักทุกครั้งควรหยอดน้ำมันหล่อลื่นตรงบริเวณจุดที่เคลื่อนที่
2. หลังเลิกใช้งานทุกครั้งควรทำความสะอาด และใช้ผ้าคลุมเครื่องป้องกันฝุ่นละออง
3. ควรเปลี่ยนน้ำหล่อเย็นทุก ๆ สัปดาห์
4. ตรวจสอบกระบอกสูบน้ำมันไฮดรอลิกว่ารั่วซึมหรือไม่
5. ตรวจสอบ สายพาน มวลเลย์ เฟืองทด บำรุงน้ำหล่อเย็นเพื่อให้ใช้งานได้ตลอด

ข้อควรปฏิบัติในการใช้เครื่องเลื่อย

1. ปรับแขนประคองใบเลื่อยให้เข้าใกล้ชิ้นงานมากที่สุด
2. ก่อนใช้ใบเลื่อยใหม่ทุกครั้ง ควรลดแรงกด (Feed Rate) ลง 30 % ประมาณ 15 นาที แล้วจึงค่อยเพิ่มแรงตามปกติ
3. การตัดงานทุกครั้งควรใช้ความเร็วรอบ (Speed) และแรงกด (Feed) ให้เหมาะสมตามตาราง
4. ควรเช็คความตึงของใบเลื่อย

5. ควรเช็คแปรงขัดใบเลื่อย
6. ควรเช็คการสึกหรอของลูกปืน และตัวประกอบใบเลื่อย
7. ควรใช้น้ำมันหล่อเย็นที่มีประสิทธิภาพ
8. ควรลดความตึงใบเลื่อยหลังเลิกใช้งาน

## 2.20 โลหะที่ใช้ในกระบวนการตัดเฉือน

เหล็กกล้าคาร์บอนมาตรฐาน S45C ที่มีลักษณะทั่วไปคือ เป็นเหล็กกล้าร้อนต้องมีผิวเรียบเกลี้ยงสม่ำเสมอ ปราศจากตำหนิที่มีผลเสียต่อการใช้งาน ไม่มีสะเก็ดออกไซด์ ที่ฝังตัวในเนื้อเหล็กและต้องไม่มีการแยกชั้นของเนื้อเหล็ก การทดสอบทำได้โดยการตรวจพินิจหรือวิธีอื่นที่ให้ผลเทียบเท่าคุณสมบัติทางกล

ตารางที่ 2.4 ตารางเทียบเกรดเหล็กตามมาตรฐาน [16]

| เหล็กไทย            | กลุ่มเหล็ก                     | มาตรฐานเกรดเหล็ก |      |                          | ความแข็ง<br>(HB) | ความ<br>ต้านทานแรง<br>ดึง(kg/mm <sup>2</sup> ) | คุณลักษณะ                                               | การใช้งาน                                                               |
|---------------------|--------------------------------|------------------|------|--------------------------|------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                | JIS              | AISI | DIN                      |                  |                                                |                                                         |                                                                         |
| เหล็กหัวแดง         | Medium C<br>steel              | S45C             | 1045 | 1.1191<br>(CK45)         | 190-210          | 63.78                                          | เหล็กกล้า<br>สำหรับงาน<br>โครงสร้าง<br>ทั่วไป           | สลักเกลียว<br>น็อต และเฟือง                                             |
| เหล็กหัวน้ำ<br>เงิน | Medium-<br>high C<br>steel     | S55C             | 1055 | 1.1203<br>(CK55)         | 200-230          | 73-77                                          | เหล็กกล้า<br>สำหรับงาน<br>ผลิตชิ้นส่วน                  | เฟือง เพลา<br>สปริง<br>และน็อต                                          |
| เหล็กหัวฟ้า         | Chrome<br>moly steel           | SCM440           | 4140 | 1.7225<br>(C42CrMo<br>4) | 275(R)<br>255(F) | 75.110                                         | เหล็กกล้าผสม<br>สำหรับงานทน<br>ต่อแรง<br>กระแทก         | เฟืองขนาดเล็ก<br>สลักเกลียว<br>เพลา และ<br>ชิ้นส่วน<br>เครื่องจักร      |
| เหล็กหัว<br>เหลือง  | Nickle<br>chrome<br>moly steel | SNCM439          | 4340 | 1.6582<br>(34CrNiMo6)    | 255-275          | 80-120                                         | เหล็กกล้าผสม<br>ทนอุณหภูมิสูง<br>มีสมบัติทางกล<br>ดีมาก | เพลาลูกเห็บ<br>เพลาขับ และ<br>เพลาข้อเหวี่ยง<br>(นิยมทำ<br>carburizing) |

เหล็กกล้าคาร์บอน ( Plain Carbon Steel) คือเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมหลัก มีคุณสมบัติที่ดีในหลายด้าน ทั้งความแข็งแรง ความเหนียว ความแกร่ง และมีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถทำการอบชุบเพื่อเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงได้ ตัวอย่างส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าแสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนผสมทางเคมี [24]

| เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง Medium Carbon Steel (S45C) |      |      |      |
|----------------------------------------------------|------|------|------|
| ส่วนผสมทางเคมี                                     | C    | Si   | Mn   |
| Chemical                                           | 0.42 | 0.15 | 0.65 |
| composition                                        | 0.48 | 0.35 | 0.90 |

## 2.21 ประแจปอนด์

ประแจวัดแรงบิด (Torque wrench) หรือ ประแจปอนด์ เป็นด้ามประแจกระบอกชนิดหนึ่ง ออกแบบมาเพื่อวัดแรงบิดในการขันสลักเกลียว เป็นเกลียวและสกรูหัวเหลี่ยมชนิดต่างๆ ประแจวัดแรงบิดจะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือทำให้สามารถขันเกลียวเพื่อติดตั้งชิ้นส่วนของอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยแรงบิดตามที่กำหนดไว้ทำให้ชิ้นส่วนเหล่านั้นติดตั้งอย่างถาวรที่สุด ในขณะที่สลักเกลียวหรือแป้นเกลียวก็รับ แรงกด-แรงดึงได้เต็มที่โดยไม่เป็นอันตรายต่อตัวเกลียวเองการใช้ประแจวัดแรงบิดเป็นการหาค่าของแรงที่กระทำ ในการขันเกลียว คุณด้วยระยะทางจากเส้นผ่าศูนย์กลางของสลักเกลียวมาถึงมือที่ออกแรงดึงด้ามประแจตัวนั้น ค่าที่ได้จะแสดงบนหน้าปัทม์ หรือเข็มชี้ที่ติดตั้งบนประแจ นั้นสามารถอ่านค่าได้ทันที ประแจที่ใช้สำหรับใช้งานหนักจะอ่านค่า นิว-ปอนด์ หรือ กิโลกรัม-เซนติเมตร [25]



รูปที่ 2.17 ปะแจปอนด์ที่ใช้ในการทดลอง

## 2.22 การกำหนดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัด

ช่วงเวลาที่สามารถในการใช้เครื่องมือตัดได้ตามวัตถุประสงค์เป็นจุดมุ่งหมายของการใช้งานที่ต้องการให้คุณภาพของงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์ การที่คุณภาพของงานนั้นไม่สามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์ได้นั้น ส่วนหนึ่งมาจากสาเหตุอายุของเครื่องมือตัด อันจะส่งผล เช่น ผิวงานไม่เรียบเท่าที่ควร แรงที่ใช้ในการเจาะโลหะเพิ่มมากขึ้น อุณหภูมิในการเจาะโลหะสูงขึ้นอาจส่งผลเสียต่อคุณสมบัติของวัสดุชิ้นงาน หรือทำให้ขนาดของชิ้นงานผิดพลาดไป เป็นต้น ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดกฎเกณฑ์อายุของเครื่องมือตัดที่เหมาะสม [13, 19, 20]

1. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด โดยใช้ความกว้างของรอยสึกหรอจะใช้ความกว้างของรอยสึกหรอทางด้านข้างของคมตัดเป็นตัวกำหนดอายุเครื่องมือตัดโดยแบ่งลักษณะรอยสึกหรอออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปลายคมตัด ส่วนกลางคมตัด และส่วนท้ายคมตัดการสึกหรอทางส่วนปลายและส่วนท้ายคมตัดจะมากกว่าส่วนกลางเนื่องจากบริเวณส่วนปลายเป็นที่เกิดความร้อนสะสมมากกว่าส่วนอื่นและส่วนท้ายคมตัดเป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับอากาศ จะมีการทำปฏิกิริยาเคมีกับออกซิเจนในอากาศ จึงจะเป็นตัวเร่งการสึกหรอที่เกิดขึ้นสำหรับการสึกหรอทางส่วนกลางของคมตัด อาจเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอก็ได้ การวัดความกว้างของรอยสึกหรอจะต้องทำในส่วนนี้ตามมาตรฐาน ISO 3685-1977(E) กำหนดอายุของเครื่องมือตัดโดยใช้ความกว้างของรอยสึกหรอไว้ดังนี้ [20]

ความกว้างของรอยสึกหรอ 0.3 มม. ในกรณีที่รอยสึกหรอสม่ำเสมอความกว้างมากที่สุดของรอยสึกหรอ 0.6 มม. ในกรณีที่รอยสึกหรอไม่สม่ำเสมอหาว่าความกว้างของรอยสึกหรอได้ตามนี้แล้ว ถือว่าเครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งาน

2. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด จากความสึกของหลุมผิวคายเศษโลหะ เนื่องจากความสึกของหลุมนี้มีผลต่อความแข็งแรงของคมตัด ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและต้องใช้แรงในการตัดมากขึ้น

2.1 การสึกหรอด้านข้างของคมตัดจะมีลักษณะเป็นระนาบที่มองเห็นได้จากด้านข้างคมตัด ซึ่งอาจมีทั้งที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอ ขนาดของรอยสึกหรอนี้ใช้เป็นตัวชี้ว่า เครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งานหรือไม่

2.2 การสึกหรอชนิดเป็นหลุมบนผิวคายเศษโลหะ จะเกิดขึ้นในตำแหน่งใกล้เคียงกับคมตัด จากการทดลองวัดความสึกของรอยสึกหรอโดยละเอียดพบว่า ตำแหน่งที่มีความสึกสูงสุด คือตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงสุดด้วย ในบางกรณีหลุมสึกหรอใกล้คมตัดมากๆอาจสังเกตพบได้ยาก การเกิดรอยสึกหรอชนิดเป็นหลุมนี้ ทำให้คมตัดอ่อนแอและมีแนวโน้มที่จะแตกหักได้มาก การสึกหรอชนิดนี้เกิดจากการที่เศษโลหะไหลผ่านบริเวณดังกล่าวจึงทำให้เกิดการสึกหรอในลักษณะที่เป็นหลุมบนผิวคายเศษโลหะ

3. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด โดยใช้ความเรียบของผิวเมื่อคมตัดเกิดการสึกหรอย่อมทำให้ความเรียบผิวชิ้นงานเสียไปด้วย ดังนั้นจึงสามารถใช้ความเรียบผิวเป็นตัวแปรที่กำหนดอายุของเครื่องมือตัดได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการกำจัดโลหะ ที่เป็นการตัดละเอียด เมื่อเครื่องมือตัดไม่สามารถสร้างความเรียบผิวได้ตามต้องการ ก็ถือว่าเครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งาน

4. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากขนาดพิคคขึ้นงาน เมื่อเริ่มต้นใช้เครื่องมือตัดคมตัดใหม่ ขนาดของชิ้นงานจะอยู่ในพิคคที่ต้องการเมื่อทำการผลิตชิ้นงานจำนวนมากขึ้น การสึกหรอของเครื่องมือตัดจะเป็นสาเหตุให้ขนาดพิคคของชิ้นงานเปลี่ยนไป เมื่อขนาดพิคคเปลี่ยนแปลงไปจนเกินขนาดพิคคที่กำหนด ก็จะไม่สามารถใช้เครื่องมือตัดนั้นได้ ถือว่าเครื่องมือตัดนั้นหมดอายุการใช้งาน

5. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัด จากการเพิ่มแรงในการกำจัดโลหะขนาดของรอยสึกหรอที่สูงขึ้นจะเพิ่มความต้านทาน ทั้งในบริเวณผิวคายเศษโลหะและด้านข้างของคมตัดของเครื่องมือตัดที่จะต้องสัมผัสกับผิวงานสำเร็จรูป เมื่อความต้านทานเพิ่มสูงขึ้น แรงที่ใช้ในการกำจัดโลหะจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นถ้าแรงที่ใช้ในการกำจัดโลหะเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าที่ยอมรับได้ ก็ถือว่าเครื่องมือตัดนั้นหมดอายุการใช้งาน

6. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากปริมาณโลหะที่กำจัดได้ ปริมาณของโลหะที่กำจัดได้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนด ความเร็วตัด อัตราการป้อน และความลึกในการตัดรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการกำจัดโลหะ ถ้ากำหนดสถานะต่างๆได้คงที่ ดังนั้นขนาดของรอยสึกหรอจะแปรผันตามปริมาตรของโลหะที่กำจัดได้ เวลาที่ใช้ในการกำจัดโลหะการกำหนดปริมาณของโลหะที่กำจัดได้มีความสัมพันธ์กับขนาดรอยสึกหรอจึงสามารถใช้เป็นเกณฑ์ตัดสิน การหมดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้

7. การกำหนดอายุของเครื่องมือตัดจากความสามารถในการกำจัดโลหะ ในกรณีนี้ถือว่าเครื่องมือตัดหมดอายุการใช้งาน เมื่อเครื่องมือตัดนั้นไม่สามารถทำให้เกิดการกำจัดโลหะได้

## 2.23 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับแรงที่ส่งต่อประสิทธิภาพการตัดเฉือนโลหะของใบเลื่อยกล และการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของฟันเลื่อยที่อยู่ในสภาวะการตัดเฉือนชิ้นงานรวมลักษณะการสึกหรอของฟันเลื่อยในสภาวะการตัดเฉือนชิ้นงานที่แตกต่างกันออกไป มีดังต่อไปนี้

M.Sarwar และคณะ, 2007 [7] ได้ศึกษาการสึกหรอและความผิดพลาดในการทำงานของใบเลื่อยเมื่อตัดเหล็กกล้าไร้สนิม 17-7, เป็นการศึกษาการทดลองเกี่ยวกับแรงตัด และพลังงานตัดเกี่ยวกับการสึกหรอของใบเลื่อยชนิดเหล็กกล้าความเร็วสูง (HSS) อย่างรวดเร็วกับใบเลื่อยที่ตัด 17-7 เหล็กกล้าเหล็กกล้าไร้สนิม 17-7 ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างกันหลายรูปแบบเพื่อประเมินความสึกหรอและกลไกการทำงานของเครื่องเลื่อยให้ทำงานต่อไปอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวข้างต้นเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ในการทดลองได้แก่ อัตราป้อนในแนวตั้ง 12 มิลลิเมตรต่อนาที ความเร็วตัดในแนวนอน 50 เมตรต่อนาที และอัตราป้อนลึกต่อฟัน 2.8 ไมโครเมตร พบว่า การเปลี่ยนแปลงในรูปทรงเรขาคณิตบริเวณขอบตัดนำไปสู่การเพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้นของแรงในการตัด และจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานตัดเฉพาะ นอกจากรัศมีขอบตัดเพิ่มขึ้นตามการสึกหรอเพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุเกิดการกำจัดเนื้อโลหะที่บริเวณตัดเฉือนโดยการผสมผสานกันของการไถ (ploughing) และการเกิดเศษชีเลื่อยแบบไม่ต่อเนื่อง รูปแบบการสึกหรอจะแสดงในรูปอัตราส่วนของแรงการตัดเฉือนเป็นวิธีการสำหรับการไถแบบสมบูรณ์และพลังงานในการตัดเฉือนที่กำหนดที่เพิ่มขึ้น

Sarwar M. และคณะ, 2009 [8] ได้ศึกษาการวัดพลังงานตัดเฉพาะสำหรับการประเมินประสิทธิภาพของการเลื่อยแบบสายพานในวัสดุชิ้นงานที่แตกต่างกันโดยใช้วัสดุในการวิจัยได้แก่ เหล็กกล้าลูกปืน (Ball bearing steel) เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) และโลหะผสม (Ni-Cr-Mo steel) โดยใช้ใบเลื่อยชนิดเหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วตัด 80 50 และ 45 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 32 12 และ 22 มิลลิเมตรต่อนาที และอัตราป้อนต่อฟัน 4.7 2.8 และ 5.7 ไมโครเมตร ผลการศึกษาพบว่า การวัดพลังงานตัดเฉพาะ ( $E_{sp}$ ) ที่ใช้ในการตัดวัสดุที่แตกต่างกัน การเสื่อมสภาพ / การลดลงหรือการสึกหรอของมุมคมตัด (รัศมีของมุมคมตัดที่ใหญ่กว่าหรือมุมหลบด้านข้าง)  $E_{sp}$  มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญ การวัด  $E_{sp}$  แสดงให้เห็นว่าพารามิเตอร์ที่กำหนดความสัมพันธ์ขั้นตอนต่างๆ ของเงื่อนไขการสึกหรอและเงื่อนไขของมุมตัด มีต่อสมรรถนะของเลื่อยสายพาน การเพิ่มขึ้นของค่า  $E_{sp}$  อย่างรวดเร็วในการเลื่อยชิ้นงานเหล็กกล้าลูกปืน (Ball bearing steel) และเหล็กกล้าไร้สนิม แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ลักษณะการแปรรูปด้วยเครื่องมือกลที่ค้อยลงของวัสดุทั้งสองชนิด

ลักษณะของเศษโลหะหลอมติดปลาย (Built Up Edge) บนพื้นเลื่อยสายพานที่ใช้ในการวิจัยของวัสดุทั้งสองชนิดยังสอดคล้องกับค่า  $E_{sp}$  ค่าคงที่  $E_{sp}$  เกือบทั้งหมดที่ผ่านการทดลองในชิ้นงานโลหะผสม (Ni-Cr-Mo) แสดงว่าลักษณะการแปรรูปที่ของชิ้นงานซึ่งมีการป้องกันการเกิดเศษโลหะหลอมติดปลายบนพื้นเลื่อยและหรือการสึกหรอของใบมีดน้อยที่สุด

Sarwar M. และคณะ, 2005 [9] ได้ศึกษาการสึกหรอและความผิดพลาดในการเลื่อยด้วยใบเลื่อยเมื่อใช้ตัดดัดลูปป็น จากการศึกษพบว่าทดสอบการสึกหรอได้ดำเนินการโดยใช้ใบเลื่อยสามใบในแต่ละใบเลื่อยจะทำการเลื่อยจนกระทั่งหมดสภาพของคมตัดไม่สามารถเลื่อยต่อได้ซึ่งการทดสอบได้กำหนดเงื่อนไขการเลื่อยโดยกำหนดค่าความเร็วตัดในแนวนอน 80 เมตรต่อนาที อัตราการป้อน 32 มิลลิเมตรต่อนาที และอัตราป้อนลึกต่อฟัน 4.7 ไมโครเมตร พบว่ารูปแบบการสึกหรอที่เด่นชัดของขอบฟันคือสร้างผิวขอบตัดและมุมของมัน รูปแบบการสึกหรอลำดับต่อมาคือผิวหน้ามุมคายเศษซึ่งอยู่ใกล้กับขอบคมตัดซึ่งมุมคมตัดสามารถเปลี่ยนรูปทรงเรขาคณิตได้และนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการพอกเศษ (built-up edge) หรือการก่อตัวรูปถ้วย (Cap) ของโลหะผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการสึกหรอของผิวหน้ามุมคายเศษเกิดจากการขัดสี กลไกการสึกหรอคมตัดคือการรวมกันของการยึดเกาะ (adhesion) และการขัดสี (abrasion)

พบว่าการก่อตัวรูปถ้วย (Cap) /การพอกเศษ (built-up edge) ก่อตัวขึ้นที่ด้านหน้าของคมตัดซึ่งนำไปสู่การจับตัวของวัสดุชิ้นงานเพื่อเป็นส่วนหนึ่งที่ด้านหน้าของคมตัด ที่ก่อให้เกิดการยึดเกาะ (adhesion) ปลายของพื้นผิวด้านของคมตัดมีการจับตัวที่มีรูปทรงอิสระและเกิดการขัดถูแทน ภายใต้อันการจับตัว/การยึดเกาะ (adhesion) ของวัสดุชิ้นงานตัวอย่างบางส่วนแสดงว่ามีการอบอุ่นของเหล็กกล้าชนิดความเร็วสูง การอบอุ่นของพื้นเลื่อยกลุ่มตัวอย่างนี้พบบ่อยที่ขอบฟันในตอนท้ายของอายุการใช้งานของพื้นเลื่อยที่ใช้แรงตัดเฉือนมากและมีอุณหภูมิสูง

Sarwar M. และคณะ, 2010 [10] ได้ศึกษาการสึกหรอและกลศาสตร์กระบวนการตัดของใบเลื่อยสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กนั้น เครื่องเลื่อยมีบทบาทที่สำคัญในการตัดวัสดุงานชนิดต่าง ๆ ให้มีขนาดตรงตามความต้องการของลูกค้า กระบวนการทำให้เกิดเศษในพื้นเลื่อยเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนเนื่องจากมีความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างของคมตัด (รัศมีของคมตัด 5 - 15  $\mu\text{m}$ ) ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วตัด 80 เมตรต่อนาที อัตราป้อน 32 มิลลิเมตรต่อนาทีและอัตราป้อนลึกต่อฟัน 4.7 ไมโครเมตร พบว่า รูปแบบการเสื่อมสภาพโดยทั่วไปของใบเลื่อย เนื่องจากการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันต่อไปนี้ การออกจากรอยตัดกำลังสอง (Out of square) , การเสื่อมสภาพก่อนเวลาอันควร (premature tooth failure) และ การสึกหรอของคมตัด (tooth wear) หรือ ความล้าจากเสียรูปไปทางด้านหลังของวัสดุพื้นเลื่อย (fatigue of backing metal) รูปแบบการสึกหรอในพื้นเลื่อยแปรผัน

ตามการเลือกวัสดุชิ้นงานในการตัด ชนิดของวัสดุที่ใช้ผลิตใบเลื่อย และการเลือกใช้เงื่อนไขการตัด  
เลื่อย และส่วนกลไกการสึกหรอของฟันเลื่อย มุมหลบ และการสึกหรอที่มุมคมตัดในใบเลื่อย  
หลักกลไกชนิดความเร็วสูงเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของการขัดสีระหว่างฟันเลื่อยและชิ้นงานที่ทำการ  
ตัดเฉือนที่น้อยถึงมาก ตามคุณสมบัติของวัสดุชิ้นงานที่ตัดเฉือน