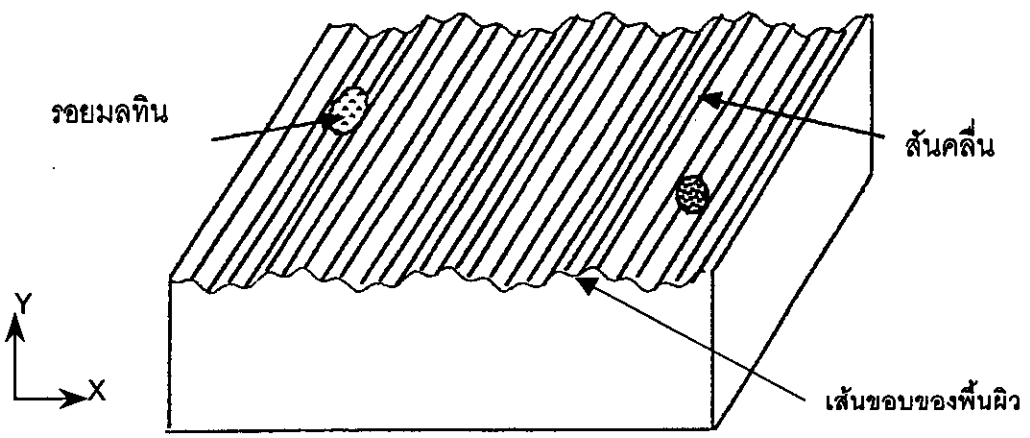
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ในการศึกษาเรื่องการกลึงละเอียดอะลูมิเนียมและทองเหลืองด้วยใบมีดเพชรนั้น จะเน้นในเรื่องความราบเรียบของผิวชิ้นงานและแรงตัดอันเกิดจากการกลึง ดังนั้นในการทดลองจะวัดและศึกษาความขรุขระของพื้นผิวชิ้นงาน ซึ่งผ่านการกลึงในห้องทดลองและเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่ควรจะเป็นตามทฤษฎี รวมทั้งจะมีการวัดการสึกหรอและอายุการใช้งานของใบมีดด้วย ซึ่งจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้ (ศุภโชค, 2543)

1 ความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness)

พื้นผิว (surface) หมายถึงส่วนนอกสุดของเทห์วัตถุ (body) ที่จะสัมผัสกับอากาศ (space) หรือสัมผัสเกี่ยวข้องกับเทห์วัตถุอื่น ผิวของวัตถุส่วนมากจะมีลักษณะเหมือนคลื่นที่มีความยาวคลื่น (wavelength) ยาว ผสมกับระลอกคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้น ส่วนความขรุขระ (roughness) หมายถึงระลอกคลื่นที่มีช่วงคลื่นสั้น ความขรุขระอาจแสดงได้โดยขนาด (amplitude) ของคลื่น และโดยค่าความยาวคลื่น



ภาพประกอบ 2.1 ตัวอย่างพื้นผิวสำเร็จ

ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 202

1.1 การวัดค่าความขรุขระของพื้นผิว

โดยปกติแล้วจะใช้เครื่องมือที่มีลักษณะคล้ายเข็มลากอย่างช้าๆ ผ่านไปบนแกนนอน (แกนX) ของพื้นผิวที่จะวัดค่าความขรุขระ การเคลื่อนที่ของปลายเข็มในแนวดิ่ง (Y) จะเป็นไปตามลักษณะเส้นขอบของพื้นผิว (surface profile) ดังแสดงใน ภาพประกอบ 2.1 จากนั้นจะมีระบบบันทึกค่า และนำไปคำนวณต่อไปอีกเพื่อหาความขรุขระ

ค่าความขรุขระแสดงได้ด้วยตัวแปรต่างๆ หลายตัวแปร ซึ่งจะได้นำมาพิจารณาดังต่อไปนี้

1.1.1 ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต (Arithmetic Average, R_a)

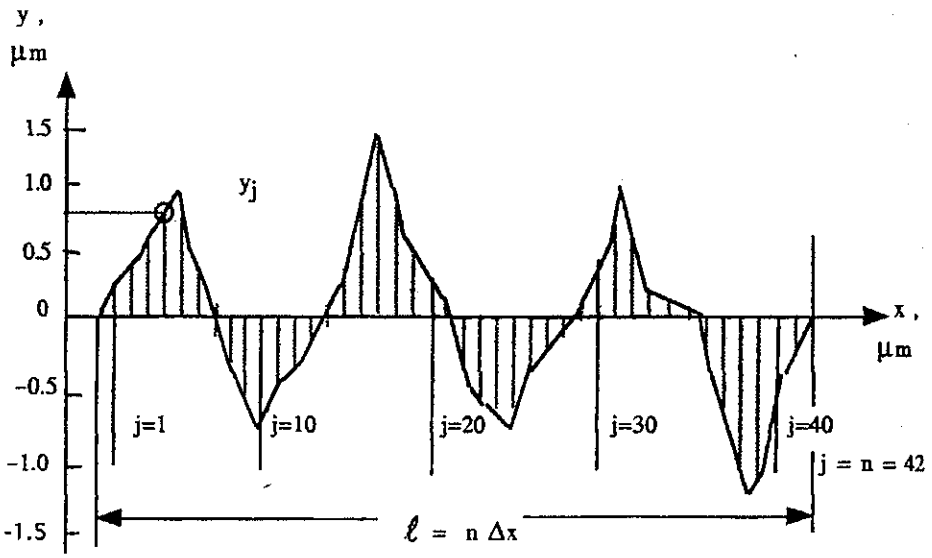
ถ้าลากเส้นในแนวนอน์ผ่านกึ่งกลางของเส้นขอบรูปที่ตัดค่าความเป็นคลื่นออกจนเหลือแต่ความขรุขระ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.2 เส้นนี้เรียกว่าเส้นกึ่งกลาง (central line) โดยแบ่งพื้นที่ระหว่างเส้นขอบรูปกับเส้นกึ่งกลางเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ค่าในแกนดิ่งวัดจากเส้นกึ่งกลางจะเรียกว่าค่า y และค่าความสูงเฉลี่ยทางเลขคณิต R_a จะนำมาใช้เป็นค่าความขรุขระ นั่นคือ R_a = ผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของพื้นที่ใต้เส้นขอบรูป / ระยะทางในการวัดตามแนวนอน หรือ

$$R_a = \frac{1}{\ell}\int_0^{\ell} |y| dx \qquad (2\text{-}1)$$

หรือ ถ้าแบ่งระยะทาง ℓ ออกเป็น n ส่วนโดยที่ n มีค่าสูงพอ จะพบว่า

$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} |y_j| \qquad (2\text{-}2)$$

ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต R_a เป็นค่าที่นิยมใช้ระบุความขรุขระของพื้นผิวมาแต่ดั้งเดิมก่อนค่าอื่นๆ ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีและใช้กันมากจนกระทั่งปัจจุบัน แต่ต่อมามีการนำเอาตัวแปรอื่นๆ มาใช้ระบุค่าความขรุขระเพิ่มเติมอีก เพื่อให้การพิจารณาค่าความขรุขระมีหลายมุมมองยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 2.2 การแบ่งเส้นขอบของพื้นผิวเป็นอีลีเมนท์ย่อยๆ

ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 204

1.1.2 ค่าเฉลี่ยรูทมีนสแควร์ (Root Mean Square Average, R_q หรือ R_{rms})

การคำนวณหาค่าความขรุขระตามวิธีรูทมีนสแควร์ เป็นความพยายามที่จะนำเอาหลักการทางสถิติมาใช้ในการวัดค่าความขรุขระ โดยใช้สูตรการคำนวณโดยอาศัยหลักการยกกำลังสองของ y เพื่อให้ค่า y ที่มีค่าลบกลายเป็นค่าบวกของ y^2 จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของ y^2 แล้วจึงถอดกรณฑ์ หรือ รูท (root)ฐานสอง เพื่อให้หน่วยของการวัดเป็นหน่วยยกกำลังหนึ่ง ซึ่งเป็นหน่วยตามปกติที่คุ้นเคยกัน

ค่าความขรุขระตามวิธีรูทมีนสแควร์ R_q หรือ R_{rms} หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$R_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2} \qquad (2\text{-}3)$$

1.1.3 ค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นรองต่ำสุด (Maximum Distance between Peak to Valley, R_{max})

ค่า R_{max} หรือ ค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด เท่าที่วัดได้จากความยาว ℓ ที่วัดจากพื้นผิว ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 2.3 ค่า R_{max} หาได้ดังนี้

$$R_{max} = 1.5 + 1.2 = 2.7 \quad (2\text{-}4)$$

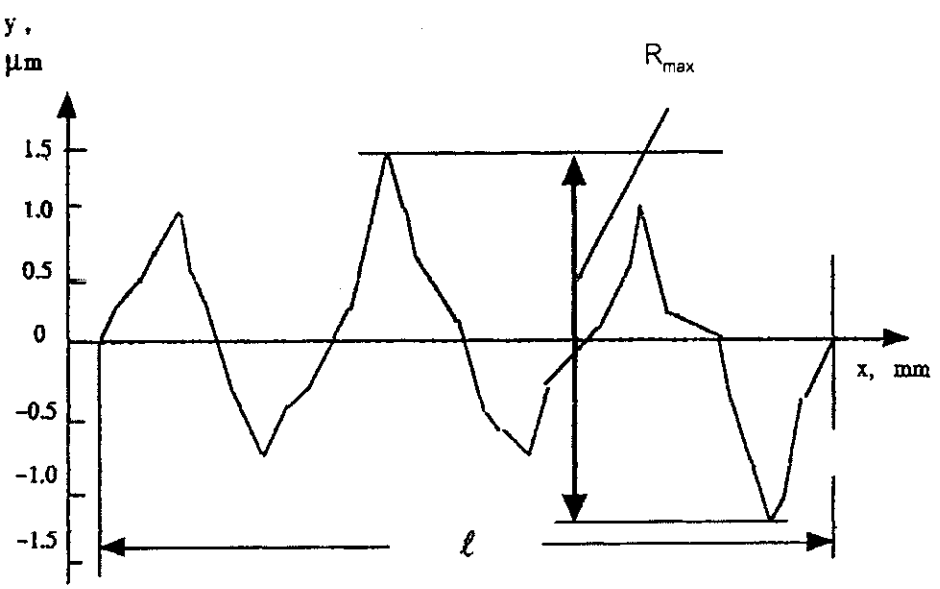
ค่า R_{max} มีความหมายในการปฏิบัติงาน คือ เป็นค่าที่จะบอกได้ว่า ในการจะขจัดเนื้อผิวตัวอย่างนี้ จะต้องขจัดเนื้อผิวออกเป็นความลึกไม่น้อยกว่าค่าของ R_{max} จึงจะทำลายผิวเดิมได้หมด

แต่เนื่องจากค่า R_{max} วัดได้ไม่แน่นอนเพราะเป็นค่าสูงสุดค่าเดียวซึ่งจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพื้นผิวที่วัด จึงนิยมวัดค่าเฉลี่ย R_z แทนค่า R_{max} โดยให้ R_z เป็นค่าเฉลี่ยของค่าความสูงระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด จากค่าสูงสุดที่วัดได้ 5 ค่าแรก

ถ้าค่า h_1 , h_2 , h_3 , h_4 และ h_5 เป็นค่าความสูงระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด โดยเป็นค่าสูงสุด 5 ค่าแรก เท่าที่วัดได้จากความยาว ℓ ที่วัดจากพื้นผิว ดังได้แสดงไว้โดยภาพประกอบ 2.4 ดังนั้นค่า R_z คำนวณได้จาก

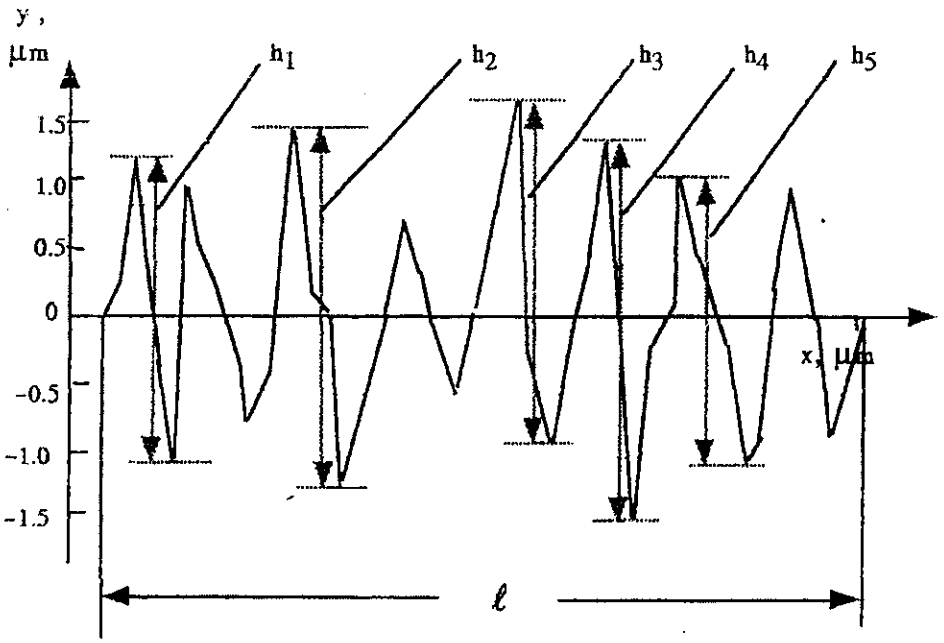
$$R_z = \frac{1}{5}\sum_{j=1}^{5} h_j = \frac{1}{5}[h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5] \quad (2\text{-}5)$$

ยังมีวิธีวัดค่าความขรุขระวิธีอื่นอีกหลายวิธี แต่ไม่สู้จะเป็นที่นิยมมากนัก จึงจะไม่นำมาพิจารณา



ภาพประกอบ 2.3 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุด R_{max}

ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 207

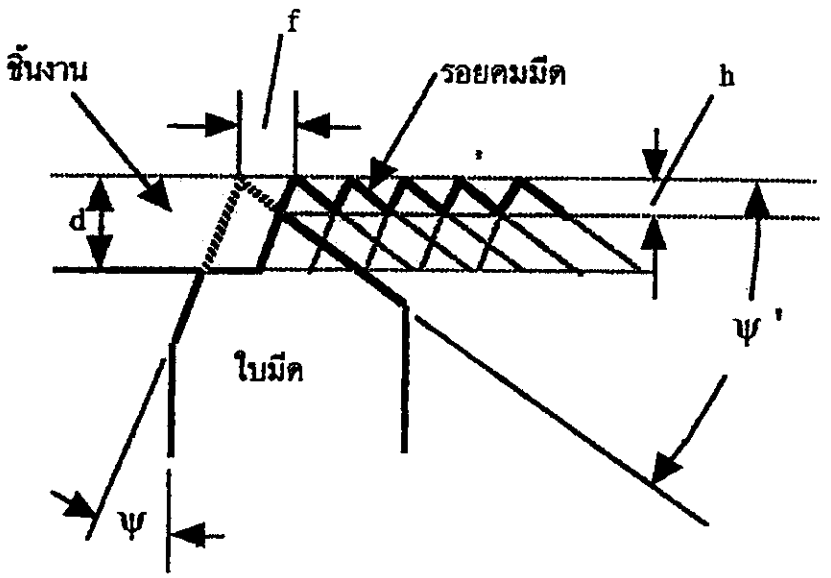


ภาพประกอบ 2.4 แสดงค่าระหว่างยอดสูงสุดกับก้นร่องต่ำสุดห้าค่าแรก R_z
ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 207

1.2 **รอยคมมีด** (Feed Mark)

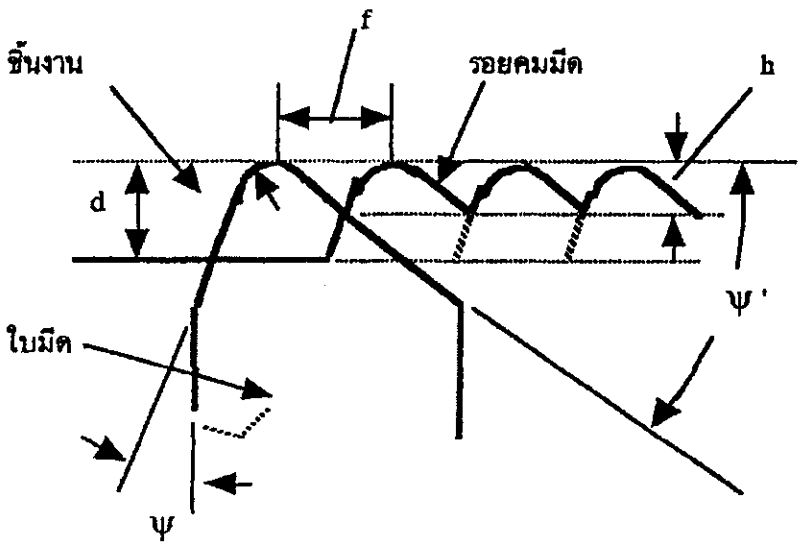
ตั้งแต่อดีตจนกระทั่งปัจจุบัน มีความเข้าใจกันว่า พื้นผิวสำเร็จในการตัดวัสดุก็คือ พื้นผิวที่คมมีดฝากรอยเอาไว้ และค่าความขรุขระก็จะคำนวณหาได้จากพื้นผิวที่คมมีดฝากรอยเอาไว้นั้น แต่เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีความตระหนักว่าแนวคิดนี้อาจจะไม่ถูกต้อง แต่ยังมีอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ที่อาจจะมีความสำคัญ และต้องนำเข้ามาพิจารณาด้วย แต่อย่างไรก็ตาม ในความเข้าใจโดยทั่วๆ ไป ยังมีความเชื่อกันว่าสาเหตุที่สำคัญที่สุดของความขรุขระของพื้นผิว มาจากการที่คมมีดฝากรอยเอาไว้บนชิ้นงานในระหว่างการตัด

E.J.A. Armarego [ศุภโชค,2543] ได้เสนอลักษณะการฝากรอยของคมมีดในการกลึง ดังจะได้หยิบยกมาพิจารณาดังต่อไปนี้ เพื่อความสะดวก จะแบ่งการพิจารณาเป็นสองกรณี กรณีแรกเป็นกรณีของใบมีดปลายแหลมที่ไม่มีจมูกมีด และกรณีที่สองเป็นกรณีของใบมีดที่มีจมูกมีด และรัศมีของจมูกมีดมากกว่าศูนย์



ภาพประกอบ 2.5 รอยคมมีดในการกลึงเมื่อใช้ใบมีดปลายแหลม

ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 208



ภาพประกอบ 2.6 รอยคมมีดในการกลึงเมื่อใช้ใบมีดปลายมน

ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 208

ภาพประกอบ 2.5 เป็นกรณีของการกลึงโดยใช้ใบมีดปลายแหลมที่ไม่มีจมูกมีด ซึ่งมักจะเป็นใบมีดที่ทำจากวัสดุเหนียว ที่ยากที่จะกะเทาะหรือร้าว เช่น เหล็กกล้าไฮสปีด และเป็นใบมีดลับคมมาใหม่ๆ ยังไม่มีการสึกหรอที่จมูกมีด ความสูงระหว่างยอดและร่อง (h) ทุกค่ามีค่าเท่ากัน ดังนั้นค่าสูงสุดของความสูงระหว่างยอดและร่อง R_{max} ก็คือ

$$R_{max} = h = f/(\tan\psi + \cot\psi') \tag{2-6}$$

ในกรณีที่เส้นขอบรูปของพื้นผิวสำเร็จ เป็นรูปสามเหลี่ยมอย่างง่าย และเส้นกึ่งกลางอยู่ตรงกลางระหว่างยอดและก้นร่อง ดังในกรณีนี้ จะสามารถคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต R_a ได้โดยง่ายจากสมการ (2-7) นั่นคือ

$$R_a = \frac{h}{4} = \frac{f}{4(\tan\psi + \cot\psi')} \tag{2-7}$$

ในบางกรณี จะมีการลับปลายใบมีดให้เป็นรอยมนที่เรียกกันว่าจมูกมีด (nose) โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือป้องกันการกะเทาะหรือการสึกหรอของจมูกมีด ในงานกลึงละเอียดที่แรงในการตัดมีค่าน้อย รัศมีจมูกมีด (nose radius, r_ε) จะมีค่าน้อย เช่น ใบมีดอินเสอร์ท ที่ทำจากคาร์ไบด์ มักจะมีค่า r_ε = 0.6 - 1.0 mm สำหรับงานกลึงละเอียด r_ε = 0.8 - 1.4 mm สำหรับงานกลึงทั่วไป และ r_ε ตั้งแต่ 1.4 mm ขึ้นไปสำหรับงานกลึงหยาบ ส่วนใบมีดเหล็กกล้าไฮสปีด ซึ่งโดยปกติจะเป็นมีดปลายแหลม ซึ่ง r_ε = 0 แต่เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งปลายของคมมีดจะสึก ทำให้มีลักษณะโค้งมน ซึ่งมีค่า r_ε ประมาณ 0.4 - 0.6 mm.

เส้นขอบรูปของผิวสำเร็จจากการกลึงโดยมีดปลายมนจะมีความซับซ้อนมาก ในที่นี้จะยกเฉพาะกรณีที่เกิดขึ้นบ่อยๆ แต่ไม่ซับซ้อนนักมาพิจารณา คือกรณีดังแสดงในภาพประกอบ 2.6 เงื่อนไขของกรณีนี้ ก็คือ

$$d \geq r(1-\sin\psi) \tag{2-8}$$

และ

$$f_{AB} < f < f_{BZ} \tag{2-9}$$

โดยที่

$$f_{AB} = \sqrt{2rd-d^2} + r\sin\psi' + \cot\psi'\left[d - r(1-\cos\psi')\right] \tag{2-10}$$

และ

$$f_{BZ} = \frac{r\{1-\sin(\psi-\psi')\}}{\sin\psi'} + \{d - r(1-\sin\psi)\}\{\cot\psi' - \tan\psi\} \tag{2-11}$$

ค่าของ R_{max} ที่แสดงไว้โดย Armarego ก็คือ

R_{max} = h ซึ่งนำไปสู่

$$R_{max} = r\frac{\{1-\cos(\psi'-\psi)-\sin\psi'-\cos\psi\}+f\sin\psi'\cos\psi}{\cos(\psi'-\psi)} \tag{2-12}$$

จะเห็นได้ว่า การคำนวณหาค่าความขรุขระ ในกรณีของใบมีดปลายมน มีความซับซ้อนมาก สูตรการคำนวณหาค่า R_{max} ที่แสดงโดย Armarego ครอบคลุมกรณีต่าง ๆ นอกเหนือจากกรณีที่ยกมาแสดงอย่างกว้างขวาง(ดังแสดงในภาคผนวก ก)

ค่าความขรุขระที่คำนวณได้จากรอยคมมีด บางครั้งเรียกว่า ค่าความขรุขระตามทฤษฎี (theoretical roughness value) หรือบางทีก็เข้าใจกันว่าเป็นค่าความขรุขระต่ำสุดที่เป็นไปได้ บางครั้งจึงเรียกกันว่า ค่าความขรุขระในอุดมคติ (ideal surface roughness value) (แต่ความเข้าใจที่ว่าเป็นค่าความขรุขระต่ำสุดนี้ อาจจะไม่จริงก็ได้) อย่างไรก็ตามค่าความขรุขระในอุดมคติ ก็เป็นค่าที่มีประโยชน์ เพราะเป็นแนวความคิดที่รู้จักกันมานาน และเป็นเป้าหมายที่พยายามจะพัฒนาการตัดวัสดุให้สามารถบรรลุถึงได้ หากไม่ปัจจุบันก็อาจจะเป็นในอนาคต

2 การสึกหรอของใบมีด (Tool Wear)

การสึกหรอของใบมีดมีมากมายหลายลักษณะ และไม่ได้สึกเฉพาะที่คมมีด (cutting edge) เท่านั้นแต่ยังครอบคลุมถึงผิวหน้ามีด (rake face) และผิวหลังมีด (flank) อีกด้วย โดยการสึกหรอจะมีผลโดยตรงกับการหมดอายุของคมมีด (tool-edge life, T_e) แต่เนื่องจากใบมีดที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นใบมีดอินเสอร์ทที่มีคมเพียงคมเดียว ดังนั้น อายุใบมีด (tool-bit life,T_b) จึงมีค่าเท่ากับอายุของคมมีด ซึ่งปกติแล้วเราจะตัดสินว่าใบมีดหมดอายุหรือไม่นั้นก็ต่อเมื่อ คมมีดไม่สามารถตัดชิ้นงานให้เป็นชิ้นส่วนที่มีคุณภาพตามที่ต้องการซึ่งอาจหมายความอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ (ศุภโชค, 2538)

1. คมมีดแตกหักโดยสิ้นเชิง (total failure) ใช้งานต่อไปไม่ได้และอาจเป็นอันตราย
2. คมมีดเกิดการร้าว (cracking) หรือ การกะเทาะ (chipping) ใกล้จะแตกหักต้องเลิกก่อนแตกหักจริงจนเป็นอันตราย
3. คมมีดสึกหรอมาก หมดสภาพการใช้งาน หรือใกล้จะแตกหักแล้ว
4. รอยแถบสึก (wear land) ที่ผิวด้านหลังมีดหรือผิวหลบของคมมีด (tool flank) มีขนาดสูงเกินค่าที่ยอมรับได้ ถ้าขืนใช้คมมีดต่อไป จะเสี่ยงต่อการที่คมมีดแตกหัก
5. ความลึกของหลุมรอยสึก (crater depth) หรือความกว้างของหลุม (crater width) ที่ผิวหน้ามีดมีขนาดสูงเกินค่าที่ยอมรับได้ ถ้าใช้คมมีดต่อไปจะเสี่ยงต่อการที่คมมีดแตกหัก
6. ปริมาตร หรือ น้ำหนักของรอยสึกมีค่าสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้
7. ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมา มีขนาดผิดไปจากค่าที่กำหนดเกินกว่าที่จะยอมรับได้
8. ชิ้นส่วนที่ผลิตออกมา มีค่าความขรุขระของผิวสูงเกินค่าที่กำหนด เกินกว่าที่จะยอมรับได้

นอกจากเกณฑ์ที่แสดงไว้ข้างต้น ผู้ผลิตอาจเลือกใช้เกณฑ์อื่นที่ตนเองเห็นว่าเหมาะสม แต่ในการวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ใบมีดเพชรซึ่งมีความแข็งสูงมากไปกลึงทองเหลืองและอะลูมิเนียมซึ่งเป็นวัสดุอ่อน ดังนั้นจึงไม่น่าจะมีการสึกหรอเกิดขึ้นมากจนทำให้ใบมีดหมดอายุ แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยก็จะมีการวัดการสึกหรอของคมมีดเพื่อเปรียบเทียบกับรอยสึกตามที่ ISO (ISO, 1977) ได้เสนอเอาไว้ซึ่งเป็นแนวทางที่เป็นกลาง และเป็นที่ยอมรับหรือรับรู้ในระดับนานาชาติ โดย ISO

ได้ระบุลักษณะโดยทั่วไปของการสึกหรอของใบมีดกลึง ซึ่งใช้เป็นตัวแทนของใบมีดปลายเดียว (single point cutting tool) ชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นใบมีดกลึง มีดไส หรือ มีดอื่นๆ

ในกรณีของใบมีดปลายเดียว คมมีดที่ใช้ตัดโดยแท้จริงมีสองคม คือ คมตัดหลัก (major cutting edge) และคมตัดรอง (minor cutting edge) ในกรณีที่ถือว่าเป็นการตัดแบบคมเดียวนั้น ที่แท้จริงคือการตัดส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเกิดขึ้นที่คมตัดหลัก เช่นการกลึงปอกผิวโดยทั่วๆไป ส่วนการตัดแบบหลายคม คือคมตัดหลักและคมตัดรองทำหน้าที่เท่าๆกัน ซึ่งจะพบน้อย และจะไม่นำมาพิจารณาในที่นี้ ตามแนวคิดของ ISO จะรับรู้ว่ามีการสึกเกิดขึ้นที่ผิวหลังมีดของคมตัดรองด้วย แต่จะไม่นำมาพิจารณา จะพิจารณาเฉพาะการสึกหรอที่เกี่ยวข้องกับคมตัดหลัก และที่คมตัดหลักความสึกหรอจะเกิดขึ้นสองบริเวณ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.7

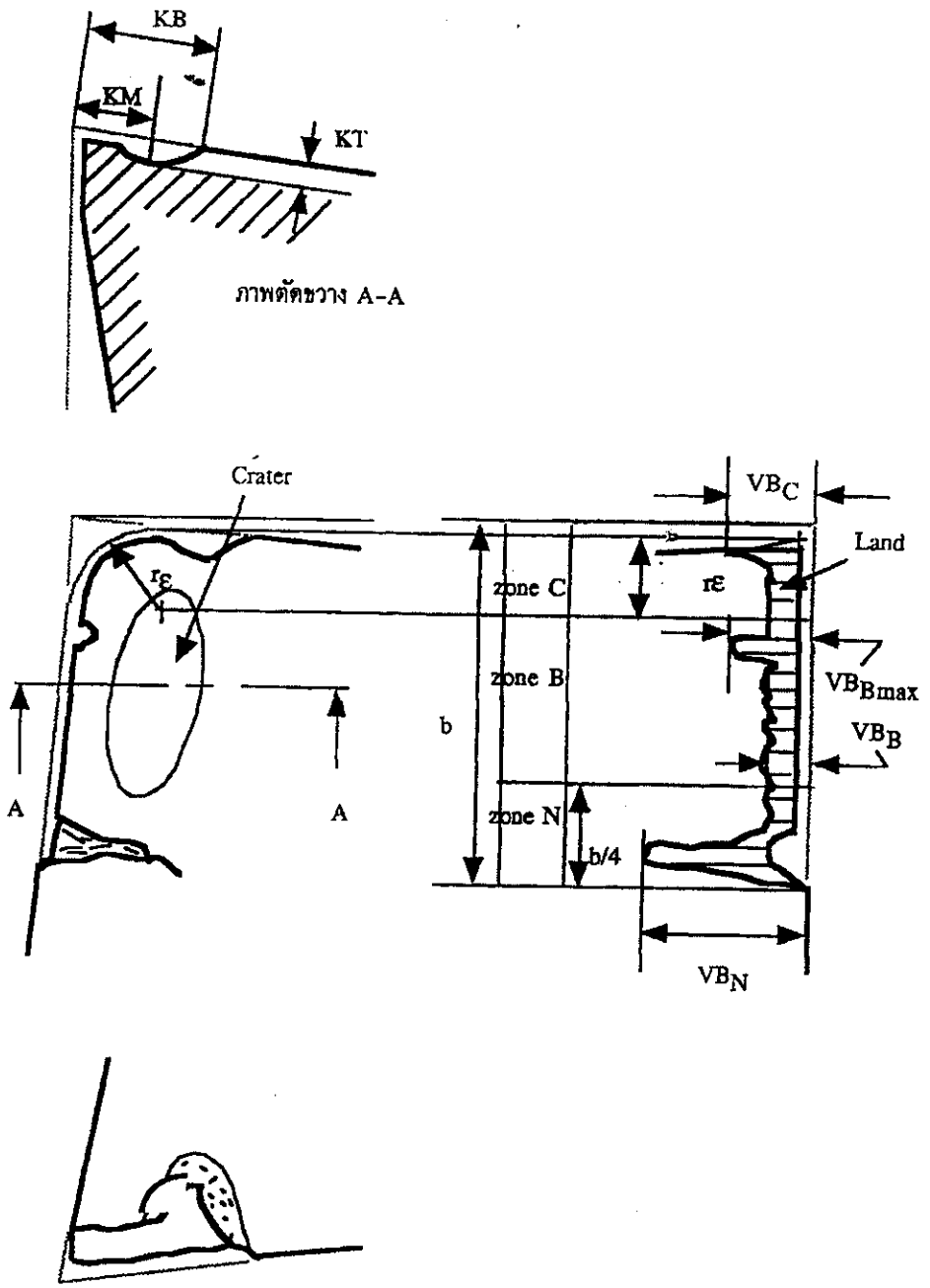
บริเวณแรก คือ ที่ผิวหน้ามีดหลังคมตัดหลัก ลักษณะการสึกหรอจะเป็นหลุม (crater) รูปร่างรี มีทิศทางขนานกับคมตัด ในกรณีของการสึกเป็นหลุม (crater wear) ลักษณะและขนาดของหลุมจะถูกระบุโดยค่า KB, KM, และ KT โดยที่ KB เป็นระยะห่างสุดของขอบหลุมวัดจากคมมีด KM เป็นระยะห่างจากคมมีดถึงกึ่งกลางหลุม และ KT เป็นความลึกสูงสุดของหลุมรอยสึก ซึ่งในทางปฏิบัติตามปกติแล้ว ตัวแปรที่นิยมนำมาใช้กำหนดอายุการใช้งานของใบมีด คือ KT

บริเวณที่สองคือที่ผิวหลังมีดของคมตัดหลัก ลักษณะการสึกจะเป็นแถบ (land) มีความยาว (b) ไปตามคมตัด ในการสึกที่เป็นแถบ (land wear) จะพบว่าความกว้างของแถบจะไม่สม่ำเสมอ และ ISO แบ่งแถบสึกแบ่งเป็น 3 โซน คือ โซน C โซน B และโซน N

ที่โซน C เป็นบริเวณจมูกมีด ที่ปลายสุดของจมูกมีด การสึกหรอจะยาวกว่าปกติ มองเห็นคล้ายรูปเขี้ยวหรือยอดแหลม ความสูงของยอดแหลมจะระบุโดยค่า VB_C ส่วนบริเวณที่เหลือ รอยสึกหรอจะค่อนข้างสม่ำเสมอ

ที่โซน B เป็นบริเวณตอนกลาง การสึกหรอส่วนมากจะมีค่าสม่ำเสมอ คือ ค่า VB_B ยกเว้นบางครั้งอาจจะมีการเกิดยอดแหลมได้บ้าง ยอดแหลมนี้จะวัดเฉพาะค่าความสูงที่สุดค่าเดียว คือ VB_{Bmax}

โซน N เป็นโซนในสุด คือ ห่างจากรอยสึกด้านในสุดไปทางปลายมีด เป็นระยะทาง 1/4 ของความยาวของรอยสึก b ที่โซน N จะมีรอยสึกรูปเขี้ยวที่สูงมาก คือมีความสูง VB_N



ภาพประกอบ 2.7 รอยสึกตามความคิดของ ISO

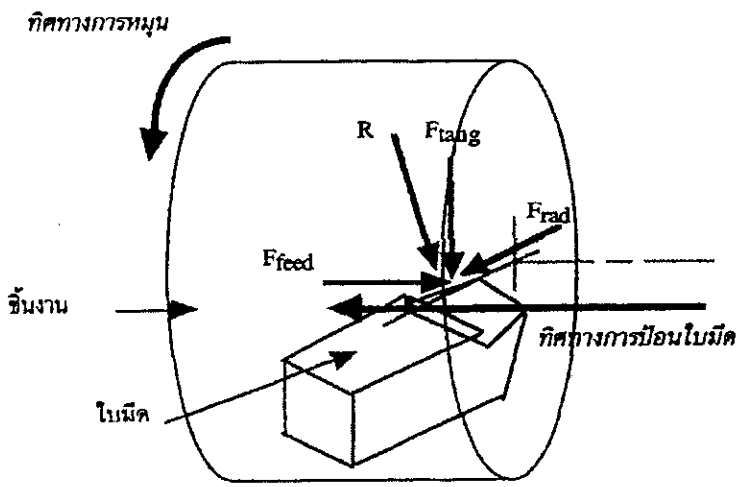
ที่มา : ISO, 1977

Central Library
Prince of Songkla University

3 แรงตัดและกำลังในการกลึง

จากการศึกษาเอกสาร (ศุภโชค และคณะ, 2538; ศุภโชค 2543) พบว่าแรงและกำลังอาจแปรเปลี่ยนไปตามตัวแปร 2 ประเภท ประเภทแรกคือ ตัวแปรเชิงเรขาคณิต (geometrical variable) ซึ่งได้แก่ มุมต่างๆของใบมีดเป็นต้น ส่วนประเภทที่ 2 คือตัวแปรสภาวะการตัด ซึ่งครอบคลุมความเร็วในการตัด (cutting speed) อัตราการป้อนใบมีด (feed หรือ feed rate) ความลึกในการตัด (depth of cut) และสภาวะการหล่อเย็น (cutting fluid application) ซึ่งหมายถึงสภาวะของการใช้น้ำยาหล่อเย็น เช่น ใช้น้ำยาประเภทใด ฉีดน้ำยาอย่างไร ด้วยความเร็ว ความดัน หรืออัตราปริมาณเท่าไรเป็นต้น นอกจากนี้แล้ว วัสดุใบมีดและวัสดุชิ้นงานก็เป็นตัวแปรสภาวะการตัดที่สำคัญ ที่มีผลต่อแรงและกำลังในการกลึง แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้กำหนดขอบเขตการทดลองโดยใช้ใบมีดอินเสอร์ทที่ทำจากเพชร จำกัดลักษณะทางเรขาคณิตไว้ให้มีลักษณะเดียวเพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองจนเกินไป กลึงชิ้นงานอะลูมิเนียมและทองเหลืองโดยกลึงแห้งในอากาศไม่ใช้น้ำยาหล่อเย็น ดังนั้นตัวแปรที่ส่งผลต่อแรงและกำลังในการวิจัยครั้งนี้จึงมีเฉพาะตัวแปรสภาวะการตัด

เมื่อกล่าวถึงการกลึงนั้น งานกลึงปอกผิวทรงกระบอกเป็นงานตัดวัสดุที่ใช้กันมากที่สุดงานหนึ่ง แรงที่ชิ้นงานกระทำบนคมมีดนิยมจำแนกออกเป็น 3 แรงย่อยในทิศทางตั้งฉากกัน คือแรงในทิศทางของเส้นสัมผัสกับเส้นรอบวงของพื้นที่หน้าตัด (tangential force,F_{tang}) แรงในทิศทางของการป้อนชิ้นงานเข้าหาคมมีด (feed force,F_{feed}) และแรงในทิศทางของเส้นรัศมี (radial force,F_{rad}) ดังภาพประกอบ 2.8



ภาพประกอบ 2.8 แรงตัดในการกลึงผิวทรงกระบอก

ที่มา : ศุภโชค, 2543 : 171

เมื่อนำการวิเคราะห์เชิงกลศาสตร์โดยพิจารณาจากลักษณะทางเรขาคณิตดังในภาพประกอบ 2.8 และเทียบเคียงกับการตัดเฉียงโดยใบมีดคมเดียวจะพบว่า แรงตัด F_{tang} , F_{feed} และ F_{rad}, จะแสดงได้โดยสมการดังต่อไปนี้ (ศุภโชค,2543 : 171)

$$F_{tang} = F_P + F_{Pe} \quad (2\text{-}13)$$

$$F_{feed} = (F_Q+F_{Qe})\cos\Psi + (F_R+F_{Re})\sin\Psi \quad (2\text{-}14)$$

$$F_{red} = (F_P+F_{Pe})\sin\Psi - (F_R+F_{Re})\cos\Psi \quad (2\text{-}15)$$

เมื่อ F_p คือ แรงพลัง(power force)

F_{pe} คือ แรงยัน(thrust force)

ในทางปฏิบัติการคำนวณแรงโดยการวิเคราะห์เชิงกลศาสตร์มีความซับซ้อน จึงมีความนิยมที่จะสร้างสมการที่ค่อนข้างจะง่ายจากผลการทดลองตัดวัสดุแล้วนำไปใช้คำนวณค่าแรง รูปแบบหนึ่งที่รู้จักกันดีก็คือรูปแบบของสมการเอกซโปเนนเชียล (ศุภโชค,2543 : 173) นั่นคือ

$$F_{tang} = 10^{e0t} v^{evt} f^{eft} d^{edt} \quad (2\text{-}16)$$

$$F_{feed} = 10^{e0r} v^{evr} f^{efr} d^{edr} \quad (2\text{-}17)$$

$$F_{red} = 10^{e0f} v^{evf} f^{eff} d^{edf} \quad (2\text{-}18)$$

เมื่อ v เป็นความเร็วของการตัด f เป็นอัตราป้อน d เป็นความลึกของการตัด e0t, e0r, e0f, evt, evr, evf, eft, efr, eff, edt, edr, และ edf เป็นค่าคงตัวที่ทราบจากผลการทดลองตัดวัสดุ ซึ่งจากการทดสอบสมการดังกล่าวข้างต้นในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์พบว่า สมการใช้ได้ดีกับใบมีดซีบีเอ็นและใบมีดเพชร ครอบคลุมวัสดุหลายชนิดรวมทั้งอะลูมิเนียมและทองเหลืองด้วย