บทที่ 1

บทนำ

1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

อะลูมิเนียมและทองเหลืองเป็นวัสดุที่มีลักษณะเด่นหลายประการ มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งานโดยทั่วๆไป และมีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ แต่การที่จะตัดอะลูมิเนียม และทองเหลืองให้มีความราบเรียบของผิวสูง และใช้แรงในการตัดต่ำนั้น ยังไม่มีข้อมูลที่เปิดเผยมากนัก กล่าวกันว่าการกลึงอะลูมิเนียมให้มีความราบเรียบสูง จนมีผิวมันวาวคล้ายกระจกนั้น มีใช้ในงานด้านอวกาศ และจัดเป็นเทคโนโลยีระดับสูง ซึ่งในประเทศไทยความรู้ทางด้านการตัดละเอียดยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด แต่ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตัดอะลูมิเนียมและทองเหลืองนั้นจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาโดยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีการขึ้นรูปด้วยใบมีด ตัวอย่างอุตสาหกรรมในเมืองไทยที่ใช้การตัดอะลูมิเนียมและทองเหลือง เช่น การทำใบพัดเรือประมง จากการสังเกตการผลิตและซ่อมใบพัดเรือประมงทั้งอะลูมิเนียมและทองเหลืองในจังหวัดสงขลายังพบว่าใช้เทคโนโลยีระดับต่ำ ยังมิได้คำนึงถึงขีดความสามารถสูงสุดของเทคโนโลยี ทั้งๆที่ในระดับนานาชาติเป็นที่รู้กันดีว่าในการตัดอะลูมิเนียมสามารถทำได้ละเอียดมากจนพื้นผิวของชิ้นงานแววววาวคล้ายกระจก โดยใช้ใบมีดเพชร ซึ่งปกติเป็นใบมีดที่มีราคาแพง และยังไม่เป็นที่นิยมใช้ในโรงงานขนาดเล็กและขนาดย่อม เทคโนโลยีการตัดละเอียดเหล่านี้ยังจำกัดอยู่ในด้านการทหาร การบิน และอวกาศเป็นส่วนใหญ่ ไม่ได้ถ่ายทอดลงมาสู่อุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดย่อม

ในการวิจัยครั้งนี้จึงต้องการหาปัจจัย หรือตัวแปรต่างๆ ซึ่งใช้ในการกลึงละเอียดอะลูมิเนียมและทองเหลืองด้วยใบมีดเพชร โดยใช้วัสดุชิ้นงาน ใบมีด เครื่องจักร และเทคโนโลยีในระดับที่สามารถหามาใช้ได้ในโรงงานขนาดเล็กและขนาดย่อมของประเทศไทย เช่น เครื่องกลึงแบบธรรมดา ใบมีดเพชรที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เพื่อให้ทราบขีดความสามารถสูงสุดที่สามารถทำได้ในระดับของโรงงานผลิตหรือโรงซ่อมที่มีอยู่ทั่วไปในประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางในการยกระดับเทคโนโลยีในโรงงานขนาดเล็กและขนาดย่อมที่มีอยู่ทั่วไปทั้งในภาคใต้และในส่วนอื่นๆของประเทศ

โครงการวิจัยนี้จะเป็นการริเริ่มสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับการตัดละเอียดอะลูมิเนียมและทองเหลือง โดยจะเน้นการทดลองเพื่อหาข้อมูลปฐมภูมิด้วยตนเอง เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการวางรากฐานของความรู้ที่สร้างด้วยตนเอง (first-hand knowledge) ให้เกิดขึ้นในประเทศไทย และเพื่อให้เหมาะสมกับความเป็นจริงและประหยัดจะเน้นการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุชิ้นงาน วัสดุใบมีดที่มีจำหน่ายอยู่แล้วในท้องตลาด แต่อย่างไรก็ตามก็จะนำข้อมูลผลการทดลองในต่างประเทศเท่าที่มี เข้ามาศึกษาเปรียบเทียบกัน เพื่อจะได้ประเมินความก้าวหน้าและทิศทางของการพัฒนาในการตัดละเอียด

2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ได้มีผู้สนใจศึกษาเกี่ยวกับความขรุขระของพื้นผิวสำเร็จรูปจากการกลึงละเอียดชิ้นงานด้วยใบมีดเพชรในด้านต่างๆมากมาย ซึ่งทั้งหมดมีเป้าหมายใกล้เคียงกัน คือต้องการให้ชิ้นงานมีพื้นผิวที่ราบเรียบมากที่สุด โดยได้ศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความขรุขระของการกลึงละเอียดด้วยใบมีดเพชรกับวัสดุต่างๆ เพื่อพัฒนาการตัดละเอียดให้ได้ผิวของชิ้นงานที่มีความราบเรียบมากที่สุด ซึ่งปัจจัยต่างๆ เหล่านั้นคือ (ศุภโชค, 2543)

2.1 รอยคมมีด

ในอดีตมีความเข้าใจกันว่าความขรุขระของผิวสำเร็จในการตัดวัสดุคือพื้นผิวที่คมมีดฝากรอยเอาไว้ และค่าความขรุขระก็จะคำนวณหาได้จากพื้นผิวที่คมมีดฝากรอยเอาไว้เช่นกัน แต่ในปัจจุบันได้มีความตระหนักว่าแนวคิดนี้ไม่ถูกต้อง ยังมีอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีความสำคัญและต้องนำเข้ามาพิจารณาด้วย จึงต้องพิจารณาต่อไป ว่ามีปัจจัยอื่นใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อค่าความขรุขระที่เกิดขึ้นจริง โดยมีผู้เสนอไว้ดังนี้

2.1.1. M.C. Shaw อธิบายว่า ปัจจัยที่ผลต่อความขรุขระของพื้นผิวสำเร็จในการตัดวัสดุมี 2 ปัจจัยสำคัญคือรอยใบมีด และรอยกะเทาะหรือฉีกขาด

รอยใบมีด (feed mark) เป็นปัจจัยดั้งเดิมที่ศึกษากันมานาน ซึ่งเป็นรอยที่เกิดขึ้นจากลักษณะทางเรขาคณิตของปลายใบมีดที่ตัดผ่านชิ้นงาน

รอยกะเทาะบนผิว (surface fracture) เป็นรอยที่เกิดจากการที่บางส่วนของพื้นผิวเกิดรอยร้าวจนในที่สุดพื้นผิวหลุดไปเป็นก้อนๆ และ M.C. Shaw ได้ตั้งข้อสมมติว่า ความขรุขระจากสาเหตุต่างๆสามารถนำมารวมกันได้ เมื่อยกพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (R_a) พบว่า

$$R_a = R_{at} + R_{af} + R_{ae} \qquad (1\text{-}1)$$

เมื่อ R_a เป็นค่าความขรุขระที่วัดได้
R_{at} เป็นค่าความขรุขระที่เกิดจากรอยใบมีด
R_{af} เป็นค่าความขรุขระที่เกิดจากการกะเทาะของผิวชิ้นงาน
R_{ae} เป็นค่าความขรุขระที่เกิดจากปัจจัยอื่นๆนอกเหนือจากนี้

2.1.2. ศุภโชค วิริยโกศล ได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่มีผู้เสนอไว้ว่า ความขรุขระจากใบมีดเท่าความขรุขระที่วัดได้จริง โดยการกลึงชิ้นงานทองเหลืองด้วยใบมีดคาร์ไบด์ พบว่าค่าความขรุขระที่วัดได้จริงสูงกว่าค่าความขรุขระที่คำนวณจากรอยใบมีดอย่างมาก ซึ่งได้เสนอรูปแบบอย่างง่ายของสมการความขรุขระยกตัวอย่างเฉพาะในกรณีของ R_a คือ

$$R_a = R_{at} + R_{ae} \qquad (1\text{-}2)$$

เมื่อ R_a เป็นค่าความขรุขระที่วัดได้
R_{at} เป็นค่าความขรุขระที่เกิดจากรอยใบมีด
R_{ae} เป็นค่าความขรุขระที่เกิดจากอิทธิพลของตัวแปรอื่นๆนอกจากรอยใบมีด

มีความเข้าใจกันว่า R_{ae} เกี่ยวข้องกับการเกิดขึ้นของรอยฉีกขาดบนผิวสำเร็จ การที่เศษฝอยวัสดุเข้าไปติดแน่นกับคมมีดทำให้คมมีดทื่อ ซึ่งจะครูดกับผิวชิ้นงานทำให้ผิวชิ้นงานฉีกขาดเป็นหลุม มีเสี้ยนเล็กๆเกาะติดตามผิว และยังอาจเกี่ยวข้องกับการแกว่งหรือการสั่นสะเทือนของชิ้นงานและใบมีดเป็นต้น

2.1.3. E.J.A. Amarego ได้เสนอแนวคิดว่าความขรุขระที่วัดได้จริงจะเท่ากับค่าความขรุขระทางทฤษฎีที่คำนวณได้จากรอยใบมีดคูณกับค่าการขยายส่วน (amplifying factor, am) โดยเป็นที่เข้าใจกันว่าค่า am จะเท่ากับ 1 หรือสูงกว่า 1 ไม่มากนัก ทั้งนี้เพราะค่าความขรุขระทางทฤษฎีที่คำนวณได้จากรอยใบมีดควรจะใกล้เคียงกับค่าความขรุขระที่เกิดขึ้นจริงซึ่งมีรูปแบบดังนี้ (แสดงเฉพาะค่า R_a)

$$R_a = R_{am}R_{at} \tag{1-3}$$

เมื่อ R_a เป็นค่าความขรุขระที่วัดได้

R_{am} เป็นค่าความการขยายส่วน

R_{at} เป็นค่าความขรุขระทางทฤษฎีของการฝากรอยมีด

แต่อย่างไรก็ตามค่า am อาจเปลี่ยนแปลงได้มาก แสดงว่าแนวคิดดั้งเดิมที่กล่าวว่าค่าความขรุขระจริงเท่ากับหรือใกล้เคียงกับค่าความขรุขระจากรอยใบมีดจึงเป็นแนวคิดที่ไม่ตรงกับความเป็นจริงในสภาวะการกลึงโดยทั่วๆไป

2.2 การสึกหรอของใบมีดเพชร

ในการกลึงละเอียดด้วยใบมีดเพชร (Ultraprecision Diamond Turning) ได้มีผู้ศึกษาพบว่า การสึกหรอของใบมีดมีผลโดยตรงต่อความขรุขระของใบมีดเพชร (Kumabe J.,1979) ดังนั้นจึงได้มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับการสึกหรอของใบมีดเพชรจากการกลึงหลายคน ซึ่งโดยปกติเพชรที่ใช้ในการทำมีดกลึงมี 2 ประเภท (ศุภโชค,2543) คือ

1. เพชรผลึกเดี่ยว (monocrystalline diamond)
2. เพชรหลายผลึก (polycrystalline diamond)

ซึ่งลักษณะงานที่ใช้มีดเพชรนั้นจะต้องเป็นงานที่ต้องการความละเอียดของผิวสำเร็จสูง ต้องการผิวราบเรียบ และวัสดุชิ้นงานที่ใช้ต้องเป็นชิ้นงานที่ไม่อยู่ในกลุ่มเหล็ก (nonferrous metal) เนื่องจากจะเกิดการแพร่ของอะตอมเหล็กเข้าไปในโครงสร้างเพชร ทำให้ใบมีดสึกหรออย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อให้การตัดละเอียดชิ้นงานด้วยใบมีดเพชรสามารถผลิตชิ้นงานได้หลากหลายเพื่อ

ตอบสนองความต้องการจึงได้มีนักวิจัยหลายคนได้พยายามศึกษาถึงการนำใบมีดเพชรไปตัดวัสดุจำพวกเหล็ก (ferrous material) โดยเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าหากนำใบมีดเพชรไปตัดวัสดุจำพวกเหล็ก ใบมีดจะเกิดการสึกหรอและหมดอายุอย่างรวดเร็ว(ศุภโชค, 2543) ทั้งที่เกิดจากการกะเทาะแตกหักและการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นจึงมีการวิจัยเพื่อลดการสึกหรอของใบมีด โดยเฉพาะการสึกหรอซึ่งเกิดจากปฏิกริยาเคมีโดยการทดลองที่ได้ค้นคว้ามาอันดับแรกคือ การตัดเหล็กกล้าภายใต้บรรยากาศอิ่มตัวของคาร์บอน(Casstevens J.M.,1983) แต่ก็ยังไม่ได้รับคำตอบที่น่าพอใจมากนัก ทั้งในด้านการยืดอายุการใช้งานของใบมีดและคุณภาพของชิ้นงาน ต่อมา Kumabe (Kunabe J ,1979)ได้รายงานว่าเหล็กกล้าสามารถถูกตัดด้วยใบมีดเพชรโดยการใช้การสั่นสะเทือนแบบอัลตราโซนิคเข้าช่วย ซึ่งแม้ว่าความแม่นยำของผิวที่ได้จะยังไม่ดีนัก แต่ก็มีสัญญาณบางอย่างที่แสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาการสึกหรอของใบมีดได้ จึงส่งผลให้ T. Moriwaki และ E. Shamoto (T. Moriwaki and E. Shamoto, 1991) มีความสนใจจึงได้ทำการวิจัยโดยการกลึงละเอียดเหล็กกล้าสแตนเลส (stainless steel) ด้วยใบมีดเพชร และมีการใช้การสั่นสะเทือนแบบอัลตราโซนิคเข้าช่วย ไปที่ใบมีด โดยมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของใบมีด เพื่อที่จะระงับหรือหยุดยั้งการสึกหรอของใบมีดเพชร แต่อย่างไรก็ตามผลสรุปที่ได้ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ แม้จะได้พื้นผิวที่มีความขรุขระ 0.026 μm R_{max} และในการกลึงที่มีความยาว 1600 m. จะได้ความขรุขระของผิวน้อยกว่า 0.1 μm แต่ก็ยังไม่สามารถแก้ปัญหาการสึกหรอของมีดได้ จึงได้แนะนำว่าใบมีดเพชรควรจะนำไปใช้งานเฉพาะในโลหะเบาและพลาสติกเท่านั้น

ยังมีผู้พยายามใช้วิธีการอย่างอื่นเพื่อหยุดยั้งการสึกหรอของใบมีดเพชรในการกลึงละเอียดโลหะกลุ่มเหล็กอยู่ ดังเช่น C. Evans (C. Evans,1991) ได้ศึกษาเอกสารแล้วพบว่า อัตราการสึกหรอของใบมีดจะเพิ่มขึ้นอย่าง exponential กับอุณหภูมิ ดังนั้นการสึกหรอน่าจะลดลงหากมีการลดอุณหภูมิของการตัดลง Evansจึงได้ออกแบบการวิจัยโดยเลือกตัด เหล็กกล้าสแตนเลส (stainless steel) ในอนุกรม 400 ภายใต้สภาวะเยือกแข็ง ใช้ไนโตรเจนเหลวไหลผ่านหัวจับชิ้นงานและป้อมมีด เพื่อลดอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะดังกล่าว ซึ่งจากการทดลองเขาพบว่า พื้นผิวของชิ้นงานจากการตัดในสภาวะเยือกแข็งไม่มีผลแตกต่างจากการตัดที่อุณหภูมิห้อง แต่สามารถป้องกันการสึกหรอของใบมีดเพชรได้ และพบว่าหลังจากการทดลอง ไม่สามารถตรวจจับการสึกหรอของใบมีดด้วย optical microscope ที่มีกำลังขยายถึง 400 เท่า แต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวทำได้เฉพาะในห้องทดลองเท่านั้น ยากที่จะนำมาใช้งานในสภาพของอุตสาหกรรมจริงได้

2.3 แนวโน้มการพัฒนาอุปกรณ์

เพื่อช่วยให้การตัดละเอียดด้วยใบมีดเพชรมีความแม่นยำยิ่งขึ้น จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับใช้ในงานตัดละเอียดหลายส่วนด้วยกันเช่น ในการการกลึงละเอียดโลหะผสมของอะลูมิเนียม (aluminium alloy) จนได้ผิวสำเร็จที่เป็นเงาวาวสำหรับใช้ในการผลิตแผ่นดิสก์แม่เหล็กส่งผลให้ในปัจจุบันแผ่นดิสก์แม่เหล็กสามารถบันทึกข้อมูลได้ 20 เท่าจากที่เคยบันทึกได้ทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งในการที่จะให้แผ่นดิสก์แม่เหล็กเก็บข้อมูลได้มากขึ้นนั้น หัวอ่านแม่เหล็กจะต้องลอยอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำลงมา ความขรุขระของผิวแผ่นดิสก์ควรมีค่า 0.01 μm R_{max} (M.Sawa, Y.Maeda, and M.Masuda, 1993) ซึ่งบริษัท Hitachi ประเทศญี่ปุ่นได้ศึกษาและพัฒนาเครื่องตั้งมุมมีดในการผลิตแผ่นดิสก์ โดยพัฒนามาจากในอดีตซึ่งใช้คนตั้ง ต้องเสียเวลา 15-45 นาทีและความเที่ยงตรงแม่นยำก็ไม่สูงมากนัก มาเป็นเครื่องตั้งมุมมีดอัตโนมัติทำให้ความแม่นยำสูงขึ้น โดยมีความผิดพลาดเพียง $\pm 1.4 \times 10^{-3}$ องศา ใช้เวลาเพียง 5 นาที ซึ่งมุมมีดจะเป็นตัวแปรสำคัญมากในการตัดละเอียดให้มีความราบเรียบสูง

นอกจากปัจจัยเรื่องมุมมีดที่มีผลต่อความราบเรียบของผิวสำเร็จในการตัดโลหะแล้ว การป้อนใบมีดก็มีความสำคัญมากเช่นกัน ดังนั้นที่ Beijing Machine Tool Research Institute (BMTRI) สาธารณรัฐประชาชนจีน (J.-T.Li, et al.,1991) ได้ออกแบบอุปกรณ์ในการป้อนมีดอัตโนมัติซึ่งใช้ประกอบกับเครื่องกลึงแบบ CNC ซึ่งให้ความแม่นยำสูงถึง 0.25 μm ในระยะทาง 200 mm ในแกน x และ 0.4 μm ในระยะทาง400 mm ในแกน z ซึ่งส่งผลให้การกลึงละเอียดมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

3.1 เพื่อริเริ่มในการสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับการตัดละเอียดอะลูมิเนียมและทองเหลืองโดยทำการทดลองเพื่อหาข้อมูลปฐมภูมิด้วยตนเอง

3.2 ต้องการหาปัจจัยหรือตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการตัดอะลูมิเนียมและทองเหลือง เพื่อให้ได้ผิวสำเร็จที่มีความขรุขระน้อยที่สุด และกินแรงตัดน้อยที่สุด

3.3 เพื่อเปรียบเทียบค่าความขรุขระของพื้นผิวที่ได้ กับค่าทางทฤษฎีที่มีผู้เสนอไว้ เพื่อประเมินว่าค่าความขรุขระที่ได้จากระดับเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ ยังห่างไกลจากค่าในอุดมคติตามทฤษฎีมากน้อยเพียงใด

4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

งานวิจัยนี้คาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังต่อไปนี้

4.1 ได้สมการและค่าคงตัวต่างๆ ที่อาจจะนำมาใช้ในการวางแผนการตัดวัสดุได้ โดยคาดว่าจะได้สมการของแรงตัดในรูปแบบต่อไปนี้

$$F_{tang} = K_t V^{xvt} f^{xft} d^{xdt} \quad (1\text{-}4)$$

$$F_{rad} = K_r V^{xvr} f^{xfr} d^{xdr} \quad (1\text{-}5)$$

$$F_{feed} = K_f V^{xvf} f^{xff} d^{xdf} \quad (1\text{-}6)$$

คาดว่าจะได้สมการของค่าความขรุขระในรูปแบบต่อไปนี้

$$R_a = K_a V^{yva} f^{yfa} d^{yda} \quad (1\text{-}7)$$

$$R_{rms} = K_s V^{yvs} f^{yfs} d^{yds} \quad (1\text{-}8)$$

$$R_{max} = K_m V^{yvm} f^{yfm} d^{ydm} \quad (1\text{-}9)$$

4.2 จะทราบว่าการอบอ่อนชิ้นงานก่อนการกลึง จะมีผลที่สามารถวัดได้ต่อแรงตัดและความขรุขระของพื้นผิวในการกลึงละเอียดหรือไม่ เพื่อจะหาวิธีการตอบคำถามว่าในการกลึงละเอียดควรอบอ่อนชิ้นงานเสียก่อนและค่าใช้จ่ายในการอบอ่อนคุ้มค่ากับการลดแรงตัด และการลดค่าความขรุขระของพื้นผิว

4.3 จะมีการบันทึกการสึกหรอของใบมีดเพื่อยืนยันความเข้าใจเดิมที่ว่า เมื่อใช้ใบมีดเพชร ซึ่งมีความแข็งสูงมากไปตัดชิ้นงานอะลูมิเนียมและทองเหลืองซึ่งมีความแข็งต่ำมาก ใบมีดจะสึกหรอน้อยมาก และการหมดอายุของใบมีดน่าจะมาจากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่การสึกหรอ

5 ขอบเขตของการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ จะทำการค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง กับอิทธิพลของตัวแปรควบคุมได้ที่มีผลต่อความราบเรียบของพื้นผิวในการกลึงละเอียดอะลูมิเนียมและทองเหลือง โดยใช้ใบมีดชนิดต่างๆ เช่นเหล็กกล้าไฮสปีด คาร์ไบด์ ซีบีเอ็น เพชร และอื่นๆ เพื่อดูลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างค่าของแรงและความขรุขระของพื้นผิว กับตัวแปรต่างๆ ในการตัด เช่นความเร็ว ความลึก และอัตราป้อน จากนั้นจะทำการทดลองกลึงละเอียดอะลูมิเนียมและทองเหลืองด้วยใบมีดเพชร โดยจะเป็นการกลึงที่ความลึกต่ำมาก คือต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตร ลงไป สังเกตลักษณะของพื้นผิว วัดแรงตัด วัดค่าความขรุขระ ตัวแปรที่ใช้ควบคุมการตัดคือ ความเร็ว ความลึก และอัตราป้อน

ชิ้นงานที่ใช้ทดลองเป็นอะลูมิเนียมและทองเหลืองชนิดที่นิยมใช้มากและมีจำหน่ายทั่วไปในท้องตลาดคืออะลูมิเนียม 99% และทองเหลืองชนิดเนื้อทองแดง 60% ซึ่งจะต้องนำมาวิเคราะห์ส่วนผสมเพื่อใช้อ้างอิง สภาวะของชิ้นงานจะแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะตามที่มีจำหน่าย(as-received) และลักษณะที่ผ่านการอบอ่อน(annealed)

ใบมีดที่ใช้ในการทดลองเป็นใบมีดอินเสอร์ทที่ทำจากเพชร โดยเลือกใบมีดที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในงานละเอียด เครื่องกลึงที่ใช้เป็นเครื่องกลึง centre lathe ซึ่งสามารถปรับความเร็วรอบให้มีค่าใดๆ ได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากใบมีดมีราคาแพงมาก ในการวิจัยครั้งนี้จึงจำกัดลักษณะเรขาคณิตใบมีดไว้ให้มีลักษณะเดียว เพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายจนเกินไป