บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

6.1. สรุปผลการวิจัย

1) ในการทดลองเพื่อทดสอบความแตกต่างระหว่างด้ามจับเครื่องมือตัดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด (ยี่ห้อ KYOCERA รุ่น STGCR2525M-11) กับด้ามจับเครื่องมือตัดที่ออกแบบและสร้างขึ้น จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทำให้ทราบว่า ตลอดช่วงปัจจัยที่ทำการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปัจจัยความเร็วรอบตัด มีอิทธิพลต่อผลตอบความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) กล่าวคือ ยิ่งความเร็วรอบตัดยิ่งสูงขึ้นจะให้ความสามารถในการตัดที่ดี การตัดที่ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาทีให้ความหยาบผิวเฉลี่ยต่ำสุด แต่ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบความหยาบผิวสูงสุด (Rz) อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบใดๆ คือปัจจัยเนื่องจากโครงสร้างของด้ามจับเครื่องมือตัด กล่าวคือด้ามจับเครื่องมือตัดที่ผลิตขึ้นไม่มีความสามารถในการตัดแตกต่างกันกับด้ามจับเครื่องมือตัดที่มีจำหน่ายในท้องตลาด
2) ในการทดลองเพื่อทดสอบปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัด จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทำให้ทราบว่า ตลอดช่วงปัจจัยที่ทำการทดลอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ปัจจัยความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด มีอิทธิพลต่อผลตอบความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) และผลตอบความหยาบผิวสูงสุด (Rz) อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือการสั่นเครื่องมือตัดด้วยความถี่ 400 เฮิรตซ์ จะให้ความสามารถในการตัดที่ดีกว่าการไม่สั่นเครื่องมือตัด แสดงให้เห็นได้จากผลตอบความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) และผลตอบความหยาบผิวสูงสุด (Rz) ที่ต่ำกว่า ส่วนปัจจัยที่ไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบใดๆ คือปัจจัยเนื่องจากความเร็วรอบตัด ดังนั้นการใช้ความเร็วรอบตัดที่เร็วกว่าย่อมประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทดลองมากกว่าโดยไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบที่พิจารณาใดๆทั้งสิ้น
3) อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในตลอดช่วงปัจจัยที่ทำการทดลอง อันตรกิริยาระหว่างความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัดกับความเร็วรอบตัด มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) อย่างมีนัยสำคัญด้วย กล่าวคือ เมื่อใช้ความเร็วรอบตัด 2 และ 4 รอบต่อนาที ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) จากการตัดโดยใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิรตซ์จะมีค่าต่ำกว่าจากการตัดโดยไม่สั่นเครื่องมือตัด แต่เมื่อใช้ความเร็วรอบตัด 10 รอบต่อนาที ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) จากการตัดโดยใช้ความถี่ในการสั่นเครื่องมือตัด 400 เฮิรตซ์จะมีค่าสูงกว่าการตัดโดยไม่สั่นเครื่องมือตัดเล็กน้อย ทั้งนี้อันตรกิริยาดังกล่าว กลับไม่มีอิทธิพลต่อผลตอบความหยาบผิวสูงสุด (Rz) แต่อย่างใด

4) วิธีการตัดแบบสั่น สามารถปรับปรุงกระบวนการกำจัดผิววัสดุได้ โดยสามารถทำให้ค่าเฉลี่ยซึ่งคำนวณระหว่างความเร็วรอบ 2 และ 4 รอบต่อนาที และ การทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ของความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) จาก 64.4 ไมโครเมตร ซึ่งได้จากกระบวนการตัดแบบดั้งเดิม ลดลงเป็น 46.30 ไมโครเมตร หรือลดลง 28.1 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับกระบวนการตัดแบบดั้งเดิม และสามารถทำให้ค่าเฉลี่ยซึ่งคำนวณระหว่างความเร็วรอบ 2 และ 4 รอบต่อนาที และ การทำซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ของความหยาบผิวสูงสุด (Rz) จาก 666.6 ไมโครเมตร ซึ่งได้จากกระบวนการตัดแบบดั้งเดิม ลดลงเป็น 362.0 ไมโครเมตร หรือลดลง 45.7 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับกระบวนการตัดแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ คมเครื่องมือตัดจากกระบวนการตัดแบบดั้งเดิมมีแนวโน้มการสึกหรอเร็วกว่ากระบวนการตัดแบบสั่น แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้กระบวนการตัดแบบสั่น สามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดได้

6.2. อภิปรายผลการวิจัย

1) ความถี่ที่ใช้ในการสั่นเครื่องมือตัดและความเร็วรอบตัด จะต้องมีความสัมพันธ์กันตามอสมการ $a\omega > v$ จึงจะทำให้การตัดแบบสั่นมีผลต่อผิวชิ้นงานสำเร็จที่ดีกว่าการตัดโดยไม่สั่นเครื่องมือตัด ถ้าหากความถี่ที่ใช้สั่นเครื่องมือตัดไม่ความสัมพันธ์กันตามอสมการข้างต้น การตัดแบบสั่นจะไม่ทำให้ความสามารถในการตัดดีขึ้นได้ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับทฤษฎีที่ Eiji Shamoto และ Toshimichi Moriwaki ได้เคยทำการวิจัยไว้ [7]
2) วิธีการตัดแบบสั่นส่งผลให้ความหยาบผิวเฉลี่ย (Ra) ซึ่งเป็นความหยาบผิวโดยรวมของชิ้นงาน มีค่าลดน้อยลง เนื่องจากความหยาบผิวสูงสุด (Rz) ลดลง และ ความสม่ำเสมอของผิวชิ้นงานดีที่ขึ้น
3) วิธีการตัดแบบสั่นช่วยให้อายุการใช้งานของเครื่องมือตัดยาวนานขึ้นซึ่งสามารถสังเกตได้จากภาพขยายเครื่องมือตัด ทั้งนี้เนื่องมาจากในแต่ละรอบของการสั่นเครื่องมือตัดมีจังหวะการตัดชิ้นงาน และ จังหวะที่เครื่องมือตัดไม่ได้ทำการตัดชิ้นงาน จังหวะที่เครื่องมือตัดไม่ได้ทำการตัดชิ้นงานนั้น ทำให้เกิดการระบายความร้อนซึ่งเกิดขึ้นบนคมเครื่องมือตัด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “ปรากฏการณ์การหล่อลื่นเสมือน (Virtual lubrication effect)” ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับที่ Eiji Shamoto และ Toshimichi Moriwaki ได้เคยทำการวิจัยไว้ [11]
4) การวิเคราะห์ความแปรปรวนนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพิสูจน์ว่าปัจจัยต่างๆมีอิทธิพลต่อความหยาบผิวหรือไม่ และผลสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนั้น สามารถใช้ได้เฉพาะช่วงของปัจจัยที่ได้ทำการทดลองเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ปัจจัยความเร็วรอบอาจไม่มีอิทธิพลต่อค่าความหยาบผิวของชิ้นงานเมื่อใช้การตัดแบบสั่นที่ความเร็วรอบตัด 2 หรือ 4

รอบต่อนาที แต่เมื่อลดความเร็วรอบลงมาที่ 0.1 รอบต่อนาที ปัจจัยความเร็วรอบอาจมีอิทธิพลต่อความหยาบผิวของชิ้นงานก็เป็นได้ ซึ่งการที่จะสรุปว่าที่ปัจจัยระดับอื่นๆที่นอกเหนือจากการทดลองในงานวิจัยนี้มีอิทธิพลต่อความหยาบผิวของชิ้นงานได้ จะต้องทำการทดลองเพื่อหาข้อสรุปที่ระดับปัจจัยที่ต้องการพิจารณาเป็นกรณีๆไป

6.3. อุปสรรคในการวิจัย

1) เนื่องจากเครื่องมือตัดที่ใช้ทดลองนั้นมีราคาต่อหน่วยสูงมาก การทดลองต่างๆจึงอาจจะไม่ได้ครบทุกประเด็นที่ต้องการทำการวิจัย เช่น จำนวนการทำซ้ำของการออกแบบการทดลองซึ่งอาจมีน้อยเกินไป ทำให้ความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์ความแปรปรวนอาจจะลดน้อยลงไปกว่าการทดลองที่มีการทำซ้ำมากครั้งขึ้น หรือ การหาปัจจัยความสึกหรอของเครื่องมือตัด ซึ่งควรจะทำการทดลองซ้ำ เพื่อความถูกต้องแม่นยำของผลการทดลอง
2) เวลาในการทำการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาที่ยาวนานมาก ทำให้ระดับของการทดลองในแต่ละปัจจัยต้องมีความห่างกันมากเพื่อประหยัดเวลาในการทำการทดลองและต้องการได้ผลการทดลองซึ่งพอเพียงที่จะสรุปผลการทดลองได้ แต่อาจทำให้เงื่อนไขที่ดีที่สุด (Optimized condition) ถูกละเลยไป

6.4. ข้อเสนอแนะ

1) ควรจะใช้ความถี่สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ในการสั่นเครื่องมือตัด เพราะจะทำให้ประหยัดต้นทุนและประหยัดเวลาในการทำการทดลองหนึ่งๆได้เป็นอย่างมาก
2) ในงานวิจัยของต่างประเทศ ได้มีการออกแบบและติดตั้งระบบการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback control) เพื่อทำการชดเชยความคลาดเคลื่อนของป้อมเครื่องมือตัด ที่เกิดขึ้นในระหว่างทำการตัดชิ้นงาน ทำให้ผิวของชิ้นงานที่ได้มีความสม่ำเสมอและเรียบยิ่งขึ้น ซึ่งในการวิจัยขั้นต่อไป สามารถนำระบบการควบคุมแบบป้อนกลับมาประยุกต์เข้ากับวิธีการตัดแบบสั่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการตัดให้ดียิ่งขึ้นไปอีกได้
3) ทำการทดลองโดยออกแบบด้ามจับเครื่องมือตัดส่วนหัวขึ้นใหม่ เพื่อติดตั้งเครื่องมือตัดแบบอื่น และทดลองทำการตัดแบบอื่น เช่นใช้เครื่องมือตัดแบบไดมอนด์ และหรือ ทำการกลึงปอกผิว เพื่อศึกษาว่าปัจจัยความถี่ที่ใช้สั่นเครื่องมือตัด มีผลต่อผลตอบอื่นๆที่ควรจะพิจารณาในการทดลองนั้นๆหรือไม่
4) ทำการทดลองตัดโดยใช้วัสดุชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติในการตัดยากกว่า เช่นวัสดุที่แข็งแต่เปราะ อาทิเช่น เหล็กกล้าที่มีความแข็งมากขึ้น หรือวัสดุประเภทแก้ว เพื่อศึกษาว่าด้ามจับ

เครื่องมือตัดที่ออกแบบนั้น สามารถเพิ่มความสามารถของกระบวนการตัดให้ดีขึ้นได้เพียงไร

5) เพื่อให้ได้กระบวนการตัดแบบสั่นมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ควรติดตั้งด้ามจับเครื่องมือตัดแบบสั่นเข้ากับเครื่องซีเอ็นซีแบบความแม่นยำสูง เพราะถ้าหากเป็นเครื่องจักรซีเอ็นซีแบบที่ใช้ในงานทั่วไป จะมีความสั่นสะเทือนสูงอันเป็นผลเนื่องมาจากการดำเนินการของเครื่อง ซึ่งอาจส่งผลไปยังความสม่ำเสมอของผิวชิ้นงานสำเร็จที่ทำการกลึงปาดหน้า หรือ อาจมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการใช้งานอย่างหนักของป้อมเครื่องมือ (Turret) ทำให้การเคลื่อนที่ของป้อมเครื่องมือมีความคลาดเคลื่อนในระดับไมโครเมตรซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ยาก ทำให้การกลึงหรือปาดหน้าชิ้นงานไม่ได้ระดับและไม่สามารถทราบสาเหตุได้