บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

ในบทนี้ ได้อภิปรายผล ที่ได้จากการทดลอง พร้อมทั้งกล่าวถึงปัญหาและอุปสรรค และข้อจำกัดในงานวิจัยนี้

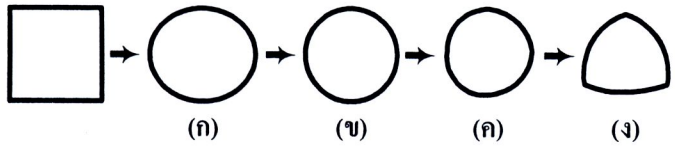
5.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถอภิปรายผล ได้ประเด็นต่างๆ ดังนี้

1. รูปทรงของชิ้นงาน
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทรงกลม
3. แรงในแนวเส้นสัมผัส แรงกดปกติ และอัตราส่วนแรง
4. อัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก

1 รูปทรงของชิ้นงาน

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของความเร็วรอบจานขัดและอัตราการป้อนชิ้นงานที่มีผลต่อการเจียรขึ้นรูปทรงกลม โดยทำการศึกษาความเร็วรอบจานขัด 9 ระดับ คือ 200 ถึง 1000 รอบต่อนาที และอัตราการป้อนชิ้นงาน 13 ระดับ คือ 1 ถึง 10 20 30 และ 60 มิลลิเมตรต่อนาที พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาวะที่ใช้ในการเจียร ทำให้ได้ชิ้นงานหลังการเจียรที่มีรูปทรงที่แตกต่างกันไป เมื่อพิจารณารูปทรงที่เกิดขึ้นหลังการเจียรในอัตราการป้อนชิ้นงานที่คงที่ และเพิ่มความเร็วรอบจานขัดในการเจียร ทำได้ชิ้นงานที่รูปทรง ดังรูปที่ 5.1 คือ (ก) ทรงรูปไข่ (ข) ทรงกลม (ค) ทรงกลมที่มีผิวบิดเบี้ยว และ (ง) ชิ้นงานทรงกรวย ตามลำดับความเร็วรอบจานขัดที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.1 หน้าตัดของรูปทรงชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจานขัด

เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจานขัดและอัตราการป้อนชิ้นงาน ทำให้ได้ชิ้นงานที่รูปทรงแตกต่างกันไป แต่ที่ความเร็วรอบจานขัด 100 รอบต่อนาที ไม่สามารถที่จะหมุนชิ้นงานได้ เนื่องจากมีความเร็วในการหมุนต่ำ ทำให้แรงที่กระทำต่อชิ้นงานมีไม่มากพอที่จะพาชิ้นงานให้เคลื่อนที่ได้

ที่ความเร็วรอบจานขัด 200 รอบต่อนาที เมื่ออัตราการป้อนชิ้นงานสูงขึ้น ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นทรงรูปไข่ เนื่องจากการอัตราการป้อนชิ้นงานให้เข้าสู่จานขัดอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการกลับตัวต่อเนื่องในบางทิศทางทิศทางเท่านั้น

เมื่อสามารถเจียรขึ้นรูปชิ้นงานทรงกลม ด้วยความเร็วรอบจานขัดและอัตราการป้อนชิ้นงานใดๆ แล้ว หากเพิ่มความเร็วรอบจานขัด จะทำให้ได้ชิ้นงานทรงกลมที่มีผิวบิดเบี้ยว ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใกล้เคียงกับขนาดที่ได้ออกแบบไว้ แต่ผิวโค้งบางส่วนของชิ้นงานจะแหว่งหายไป เนื่องจากเนื้อวัสดุบางส่วนโดนเฉือนออกมามากกว่าปกติ ทำให้ระนาบหน้าตัดของชิ้นงานไม่เป็นวงกลม

จากความเร็วรอบจานขัดและอัตราการป้อนชิ้นงานที่ทำให้ได้ชิ้นงานทรงกลม ที่มีผิวบิดเบี้ยวนั้น เมื่อความเร็วรอบจานขัดเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ชิ้นงานหลังการเจียรมีลักษณะเป็นทรงกรวย เนื่องจากชิ้นงานโดนเฉือนออกไปอย่างรวดเร็วในช่วงต้น ทำให้ชิ้นงานมีจุดหมุนที่ไม่ได้อยู่ที่กลางชิ้นงาน ส่งผลให้เกิดกลับตัวในบางทิศทางเท่านั้น

2 เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทรงกลม

ในงานวิจัยนี้ สามารถเจียรเพื่อให้ได้ชิ้นงานทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่ทั้งนี้มีชิ้นงานทรงกลมบางกลุ่มที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ คือ ชิ้นงานที่เจียรขึ้นรูปด้วยอัตราการป้อนชิ้นงาน 20 และ 30 มิลลิเมตรต่อนาที มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.05 ± 0.08 มิลลิเมตร ซึ่งถึงแม้จะมีรูปทรงกลม แต่มีเส้นผ่านศูนย์กลางที่แตกต่างกับชิ้นงานที่เจียรขึ้นรูปด้วยอัตราการป้อนชิ้นงาน 1 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.32 ± 019 มิลลิเมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของทั้งสองกลุ่มนี้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทั้งนี้ เนื่องมาจากอัตราการป้อนชิ้นงานที่สูง ส่งผลให้ชิ้นงานเคลื่อนที่เข้าสู่จานขัดด้วยความเร็วสูงตามไปด้วย เมื่อชิ้นงานเคลื่อนที่ไปถึงระยะลึกสิ้นสุด และต้องสั่งการให้หยุดการทำงานของจานขัดทำให้การตอบสนองต่อการสั่งการนั้น ไม่ทันพอดีกับระยะลึกสิ้นสุดที่จะต้องหยุดการทำงานของชุดอุปกรณ์การหมุนจานขัด

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากปัจจัยเดี่ยวแล้ว พบว่า ทั้งความเร็วรอบจานขัด และอัตราการป้อนชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป ในแต่ละกลุ่มทดสอบ ไม่มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากการทดสอบความมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของสองกลุ่มความเร็วรอบจานขัด เช่น เปรียบเทียบกลุ่ม 200 กับ 300 รอบต่อนาที หรือ กลุ่ม 300 กับ 400 รอบต่อนาที เป็นต้น สามารถบอกได้ว่า ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านกลางในแต่ละรอบความเร็วมีค่าเท่ากันที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

แม้ว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทรงกลมที่ขึ้นรูปด้วยอัตราการป้อน 1 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อนาที จะมีขนาดที่แตกต่างกันออกไป แต่จากการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่า ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลาง เป็นไปตามที่คาดหมาย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้นจึงสามารถยอมรับชิ้นงานที่มีขนาดเหล่านั้นได้ เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานจะอยู่กับระยะลึกสิ้นสุด โดยระยะลึกสิ้นสุดจะต้องน้อยกว่าขนาดของชิ้นงานลูกบาศก์ก่อนการเจียร จึงจะทำให้ได้ชิ้นงานทรงกลมที่มีขนาดที่ต้องการ

3 แรงในแนวเส้นสัมผัส แรงกดปกติ และอัตราส่วนแรง

แรงในแนวเส้นสัมผัสและแรงกดปกติ ที่เกิดขึ้นจากการเจียรชิ้นงานทรงกลม ได้ทำการประมวลผลตั้งแต่ชิ้นงานทรงลูกบาศก์เริ่มถูกเจียรที่ระยะความลึกเจียรเริ่มต้น จนถึงระยะความลึกเจียรสุดท้าย โดยแรงที่เกิดขึ้นระหว่างการเจียรไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจังหวะการเคลื่อนที่และจังหวะที่ชิ้นงานโดนเฉือนด้วยคมของจานขัด แรงเจียรที่เกิดขึ้น คือ แรงในแนวเส้นสัมผัสและแรงกดปกติ ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.092 ถึง 0.510 และ 0.078 ถึง 0.568 นิวตัน ตามลำดับ

จากการทดสอบทางสถิติ เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากความเร็วรอบจานขัด ที่อัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ใดๆ จะให้ผลทดสอบที่แตกต่างออกไป คือ สำหรับแรงในแนวเส้นสัมผัสมีเพียงที่อัตราการป้อนชิ้นงาน 3 และ 7 มิลลิเมตรต่อนาที เท่านั้นที่พิสูจน์ได้ว่า ความเร็วรอบจานขัดที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญที่ 95% ทั้งนี้เป็นเพราะค่าของแรงในแนวเส้นสัมผัสของกลุ่มอัตราการป้อนชิ้นงานกลุ่มอื่นๆ มีค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มค่า α ให้เท่ากับ 0.10 จะสามารถบอกได้ว่า ความเร็วรอบจานขัดที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% สำหรับอัตราการป้อนชิ้นงาน 2 ถึง 4 และ 7 ถึง 8 มิลลิเมตรต่อนาที

การวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากความเร็วรอบจานขัด ที่อัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ใดๆ สำหรับแรงกดปกติ ที่อัตราการป้อนชิ้นงาน 1 ถึง 4 และ 7 ถึง 8 มิลลิเมตรต่อนาที ที่สามารถบอกได้ว่า ความเร็วรอบจานขัดที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากอัตราการป้อนชิ้นงาน ที่ความเร็วรอบจานขัดคงที่ใดๆ สำหรับความเร็วรอบ 200 ถึง 500 รอบต่อนาที พบว่า อัตราการป้อนชิ้นงานจะมีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัสและแรงกดปกติ อย่างมีนัยสำคัญที่ 95%

อัตราส่วนแรงที่เกิดจากการเจียรขึ้นรูปทรงกลม มีค่าอยู่ระหว่าง 0.732 ถึง 2.001 เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากความเร็วรอบจานขัด ที่อัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ใดๆ ที่อัตราการป้อนชิ้นงาน 2 4 8 และ 10 มิลลิเมตรต่อนาที พบว่า ความเร็วรอบจานขัดที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลต่ออัตราส่วนแรงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แต่เมื่อเปลี่ยนค่า α ให้เท่ากับ 0.10 จะสามารถบอกได้ว่า สำหรับทุกกลุ่มอัตราการป้อนชิ้นงาน ความเร็วรอบจานขัดที่เปลี่ยนแปลงไป มีผลต่ออัตราส่วนแรงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 90%

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากอัตราการป้อนชิ้นงาน ที่ความเร็วรอบจานขัดคงที่ใดๆ พบว่า ในทุกกลุ่มความเร็วรอบจานขัด อัตราการป้อนชิ้นงานที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่มีผลต่ออัตราส่วนแรงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนั้น หรือ กล่าวได้ว่า ในแต่ละกลุ่มความเร็วรอบจานขัด สามารถใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนสำหรับอัตราส่วนแรงของกลุ่มความเร็วรอบจานขัดนั้นได้ เมื่อทดสอบความมีนัยสำคัญ ของค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนแรงระหว่างกลุ่มความเร็วรอบจานขัด พบว่า มีเพียงการทดสอบระหว่างความเร็วรอบจานขัด 400 กับ 500 รอบต่อนาที ที่มีค่าอัตราส่วนแรงเท่ากัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4 อัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก

ในงานวิจัยนี้ การเจียรชิ้นงานทรงลูกบาศก์เพื่อให้ได้ชิ้นงานทรงกลมมีอัตราการขจัดเนื้อวัสดุออกตั้งแต่ 475 ถึง 5243 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อนาที เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากความเร็วรอบจานขัด ที่อัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ใดๆ พบว่า ความเร็วรอบจานขัดไม่มีผลต่ออัตราการขจัดเนื้อวัสดุออกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน เนื่องจากอัตราการป้อนชิ้นงาน ที่ความเร็วรอบจานขัดคงที่ใดๆ พบว่า อัตราการป้อนชิ้นงานมีผลต่ออัตราการขจัดเนื้อวัสดุออกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคในงานวิจัย มีดังนี้

1. การปรับแต่งออสซิโลสโคป โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 600.60 วินาที สามารถปรับแต่งให้อัตราการเก็บข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 100 ตัวอย่างต่อวินาที หรืออาจกล่าวเป็นอีกนัยได้ว่า หากต้องการอัตราการเก็บข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 100 ตัวอย่างต่อวินาที สามารถปรับตั้งระยะเวลาในการเก็บข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 600.60 วินาทีเท่านั้น เนื่องจากความสามารถของโปรแกรมการคำนวณ Excel ที่รองรับจำนวนแถว (row) ได้เพียงแค่ 65536 แถว

2. การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการเจียรขึ้นรูปทรงกลมภายในประเทศ มีจำนวนจำกัดหรือไม่เปิดเผย ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูล เพื่อการศึกษา วิจัยและพัฒนาได้

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจียรขึ้นรูปทรงกลมของต่างประเทศ โดยส่วนมากได้กล่าวถึงเฉพาะวัสดุจำพวกโลหะ และวัสดุเซรามิกชนิดหนาแน่น (Dense ceramics)

5.3 ข้อจำกัดในงานวิจัย

ข้อจำกัดในงานวิจัย มีดังนี้

1. การพิจารณารูปทรงชิ้นงานทรงกลม ได้พิจารณาด้วยสายตา โดยใช้คุณสมบัติของทรงกลม ข้อที่ 2 คือ เส้นรอบขอบ และระนาบตัดของทรงกลม ต้องเป็นวงกลม ดังนั้น หากระนาบตัดของชิ้นงานเป็นวงกลม สามารถระบุได้ว่าเป็นทรงกลม หากว่าระนาบตัดเป็นวงรี วงกลมบิดเบี้ยว และค่อนข้างเป็นสามเหลี่ยม ระบุได้ว่าเป็น ทรงรูปไข่ ทรงกลมที่มีผิวบิดเบี้ยว และทรงกรวยตามลำดับ

2. ในงานวิจัยนี้ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวเส้นสัมผัส แรงกดปกติ และอัตราส่วนแรง กับความเร็วรอบจานขัด และอัตราการป้อนชิ้นงาน เฉพาะวัสดุซิลิเกตชนิดพรุนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เท่านั้น ถ้าหากต้องการพยากรณ์แรงเจียรที่เกิดจากการเจียรวัสดุชนิดอื่น ต้องทำการสร้างความสัมพันธ์ด้วยการเพิ่มคุณสมบัติของวัสดุ เช่น ความหนาแน่นรวม เป็นต้น ไปในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงเจียรกับปัจจัย ซึ่งจะทำให้สมการพยากรณ์มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามการ หากต้องการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับปัจจัย ให้มีความครอบคลุมหรือมีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ควรนำวัสดุที่แตกต่างกันมาทำการทดลองเพิ่มเติม แล้วนำมาสร้างความสัมพันธ์ใหม่อีกครั้ง