บทที่ 6
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ ได้สรุปผลการวิจัย และกล่าวถึงข้อเสนอแนะ สำหรับการศึกษาการเจียรขึ้นรูปทรงกลมต่อๆ ไป

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สามารถสรุปเป็นประเด็นหลักๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. วัสดุที่นำมาใช้ในงานวิจัย
2. รูปทรงของชิ้นงานหลังการเจียร
3. แรงในแนวเส้นสัมผัส แรงกดปกติ และอัตราส่วนแรง
4. อัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก

1 วัสดุที่นำมาใช้ในงานวิจัย สามารถสรุปได้ดังนี้

1.1 วัสดุที่นำมาใช้ในงานวิจัย มีคุณสมบัติเชิงกายภาพ คือ มีซิลิกาเป็นเฟสหลัก ความหนาแน่นรวม 0.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นมวลวัสดุ 2.41 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนตัวร้อยละ 88.80 และขนาดรูพรุน 0.5 ถึง 1.0 มิลลิเมตร

1.2 วัสดุซิลิเกตที่นำมาใช้ในงานวิจัย มีคุณสมบัติเชิงกล คือ ความทนแรงอัด 0.65 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร ความทนแรงดัดโค้ง 1.97 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร และความเครียดแรงดัดโค้ง 0.006 มิลลิเมตรต่อมิลลิเมตร

2 รูปทรงของชิ้นงานหลังการเจียร สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 ชิ้นงานที่ผ่านการเจียร มีรูปทรงที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วรอบจานขัดและอัตราการป้อนชิ้นงาน โดยมี 4 รูปทรง คือ ทรงรูปไข่ ทรงกลม ทรงกลมที่มีผิวบิดเบี้ยว และทรงกรวย

2.2 งานวิจัยนี้สามารถเจียรขึ้นรูปชิ้นงานทรงกลมวัสดุซิลิเกต จากขนาดลูกบาศก์ ให้กลายเป็นชิ้นงานทรงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตามที่ออกแบบไว้ได้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.3 กลุ่มชิ้นงานทรงกลมที่มีขนาดตามที่ออกแบบไว้ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20.32 ± 0.19 มิลลิเมตร

2.4 ในขอบเขตที่สามารถเจียรขึ้นรูปทรงกลมได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ที่ความเร็วรอบจานขัดใดๆ เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนชิ้นงาน จะไม่มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.5 ในขอบเขตที่สามารถเจียรขึ้นรูปทรงกลมได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ที่อัตราการป้อนชิ้นงานใดๆ เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจานขัด จะไม่มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.6 ในขอบเขตที่สามารถเจียรขึ้นรูปทรงกลมได้ขนาดตามที่ออกแบบไว้ ในแต่ละกลุ่มของความเร็วรอบจานขัด ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางจะมีค่าเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2.7 เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานทรงกลม จะเท่ากับระยะลึกที่จุดสิ้นสุด

3 แรงในแนวเส้นสัมผัส แรงกดปกติ และอัตราส่วนแรง สามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 แรงเจียรที่เกิดขึ้นจากการเจียรขึ้นรูปเพื่อให้ได้ชิ้นงานทรงกลมที่มีขนาดที่ต้องการ สามารถวัดค่าได้และคำนวณมาเป็นรูปแบบของค่ารากกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square) โดยแรงในแนวเส้นสัมผัสมีค่า 0.092 ถึง 0.510 นิวตัน และแรงกดปกติมีค่า 0.078 ถึง 0.568 นิวตัน

3.2 เมื่อความเร็วรอบจานขัดคงที่ ที่ความเร็วรอบจานขัดระหว่าง 200 ถึง 500 รอบต่อนาที เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนชิ้นงาน จะมีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส และแรงกดปกติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 เมื่ออัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ ที่อัตราการป้อนชิ้นงาน 3 และ 7 มิลลิเมตรต่อนาที เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจานขัด จะมีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.4 เมื่ออัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ ที่อัตราการป้อนชิ้นงาน 1 ถึง 4 และ 7 ถึง 8 มิลลิเมตรต่อนาที เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจานขัด จะมีผลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.5 แรงในแนวเส้นสัมผัส และแรงกดปกติ แปรผกผันตามความเร็วรอบจานขัด และแปรผันตามอัตราการป้อนชิ้นงาน คือ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจานขัด และลดอัตราการป้อน จะทำให้แรงในแนวเส้นสัมผัสและแรงกดปกติมีค่าลดลง

3.6 ความเร็วรอบจานขัด (N) และอัตราการป้อนชิ้นงาน (f) มีอิทธิพลต่อแรงในแนวเส้นสัมผัส (Ft) คือ $Ft = 1.46N^{-0.43} f^{0.5}$ ด้วย $R^2 = 0.584$

3.7 ความเร็วรอบจานขัด (N) และอัตราการป้อนชิ้นงาน (f) มีอิทธิพลต่อแรงปกติ (Fn) คือ $Fn = 23.5N^{-0.92}f^{0.49}$ ด้วย $R^2 = 0.589$

3.8 เมื่อต้องการแรงเจียรที่น้อยที่สุด เพื่อป้องกันความเสียหายต่อชิ้นงาน ควรใช้ความเร็วรอบจานขัด 400 รอบต่อนาทีและอัตราการป้อนชิ้นงาน 1 มิลลิเมตรต่อนาที หรือความเร็วรอบที่สูงที่สุด ของอัตราการป้อนชิ้นงานที่ต่ำที่สุด ในขอบเขตที่สามารถเจียรขึ้นรูปทรงกลมได้ โดยเกิดแรงในแนวเส้นสัมผัสและแรงกดปกติ 0.092 และ 0.078 นิวตัน ตามลำดับ

3.9 อัตราส่วนแรง ที่เกิดขึ้นจากการเจียรขึ้นรูปเพื่อให้ได้ชิ้นงานทรงกลมที่มีขนาดที่ต้องการ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.732 ถึง 2.001 นิวตันต่อ/นิวตัน

3.10 ที่ความเร็วรอบจานขัดคงที่ เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนชิ้นงาน จะไม่มีผลต่ออัตราส่วนแรงอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.11 ในแต่ละกลุ่มของความเร็วรอบจานขัด ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนแรงระหว่างกลุ่มความเร็วรอบจานขัด 400 กับ 500 รอบต่อนาที จะมีค่าเท่ากันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.12 เมื่ออัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ ที่อัตราการป้อนชิ้นงาน 1 และ 3 ถึง 5 และ 7 และ 9 มิลลิเมตรต่อนาที เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจานขัด จะไม่มีผลต่ออัตราส่วนแรง อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ที่ความเร็วรอบจานขัดนั้น

3.13 ที่ความเร็วรอบจานขัด 200 รอบต่อนาที จะเป็นการเจียรที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากมีอัตราส่วนแรงที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 0.732 นิวตันต่อ/นิวตัน

3.14 ความเร็วรอบจานขัด (N) มีอิทธิพลต่ออัตราส่วนแรง (μ) คือ $\mu = 0.08N^{0.44}$ ด้วย $R^2 = 0.906$

4 อัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก สามารถสรุปได้ดังนี้

4.1 อัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก ที่เกิดจากเจียรชิ้นงานทรงลูกบาศก์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานทรงกลมที่มีขนาดที่ต้องการ มีค่าตั้งแต่ 475 ถึง 5243 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อนาที

4.2 ที่ความเร็วรอบจานขัดคงที่ เมื่อเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนชิ้นงาน จะมีผลต่ออัตราการขจัดเนื้อวัสดุอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.3 ที่อัตราการป้อนชิ้นงานคงที่ เมื่อเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจานขัด จะไม่มีผลต่ออัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4 อัตราการป้อนชิ้นงาน (f) มีอิทธิพลต่ออัตราการขจัดเนื้อวัสดุออก (MRR) คือ $MRR = 16 + 491.5f$ ด้วย $R^2 = 0.999$

6.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ มีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อๆ ไปดังนี้

1. การศึกษาผลของระยะลึกต่อการเจียร
2. การศึกษาผลของรัศมีของแผ่นร่องรูปโค้งต่อการเจียร
3. การศึกษาอิทธิพลของขนาดอนุภาควัสดุขัดสีของกระดาษทรายที่นำมาใช้ในการเจียรขึ้นรูปทรงกลม
4. การศึกษาวัสดุอื่นๆ ในการเจียรขึ้นรูปทรงกลม
5. การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงชิ้นงานเริ่มต้น
6. การวัดขนาดชิ้นงาน ด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น CMM (Coordinate measuring machine) และ VMM (Vision measuring machine)
7. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงในแนวเส้นสัมผัส แรงกดปกติ และอัตราส่วนแรงกับปัจจัยอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นของวัสดุ และขนาดอนุภาควัสดุขัดสี เป็นต้น