

การพัฒนากรรมวิธีการผลิตสำหรับโครงสร้างเครื่องจักรกลที่สร้างจากวัสดุพอลิเมอร์ คอนกรีต

Development of Production Processes for Machine Structures Making from Polymer Concrete

ชัชพล ชั่งชู^{1,*}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถ. พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*ผู้ติดต่อ: E-mail: fengcpc@ku.ac.th, เบอร์โทรศัพท์ 0-2942-8555, เบอร์โทรสาร 0-2579-4576

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้เครื่องจักรกลความละเอียดสูงได้เริ่มมีการใช้วัสดุผสมประเภทพอลิเมอร์คอนกรีตเพื่อเป็นโครงสร้างของเครื่องจักรอย่างแพร่หลายมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นพอลิเมอร์คอนกรีตมีคุณสมบัติที่เรียกว่า structure stability ที่ดีและอีกทั้งหากพิจารณาด้านเศรษฐศาสตร์แล้วการใช้พอลิเมอร์คอนกรีตเพื่อเป็นโครงสร้างเครื่องจักรยังมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการใช้วัสดุประเภทอื่นๆ เช่น เหล็กหล่อ หรือ แกนิต (ในกรณีที่มีปริมาณการผลิตน้อยชิ้นอีกด้วย) สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์คอนกรีตที่ผลิตขึ้นจากการผสมกันระหว่างผงอะลูมิเนียมและเรซิน (ในอัตราส่วน 43:46 โดยมวล) สำหรับการสร้างโครงสร้างเครื่องจักร ซึ่งในการทดลองนั้นผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการศึกษาความแข็งแรงของวัสดุผสมชนิดนี้ จากนั้นจึงทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการขึ้นรูปพอลิเมอร์คอนกรีตดังกล่าวด้วยกระบวนการเครื่องจักร ลำดับถัดไปจึงทำการทดลองสร้างฐานเครื่องจักรกลกรณีศึกษาจากพอลิเมอร์คอนกรีตด้วยการหล่อและทำการปรับแต่งผิวด้วยกระบวนการเครื่องจักร ซึ่งผลการทดลองพบว่าวัสดุผสมประเภทพอลิเมอร์คอนกรีตที่ผลิตขึ้นจากการผสมกันระหว่างผงอะลูมิเนียมและเรซินนั้นสามารถนำใช้สร้างเป็นฐานเครื่องจักรกลได้เป็นอย่างดี

คำหลัก: โครงสร้างเครื่องจักรกล, วัสดุผสม, พอลิเมอร์คอนกรีต

Abstract

Currently, many high precision machines use composite materials to make their structure. This is because, the composite material having a good structure stability and lower cost comparing with the conventional materials such as cast iron and granite (in case of production in small scale). In this research, the application of polymer concrete, which is one of composite materials, for using as machine structure was studied. This polymer concrete was made by the mixing of aluminium powder and resin (43:46 by weight). The researcher began with the study of the strength of this composite material. Then, experiments for testing the machinability of polymer concrete were done. Finally, a case study of machine structure was made by casting polymer concrete and then doing surface finishing. Experimental results indicated that the polymer concrete, mixing by aluminium powder and resin in ratio mentioned earlier, can be used for making machine structures.

Keywords: Machine Structure, Composite Material, Polymer Concrete

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้เครื่องจักรกลความละเอียดสูงหรือที่เรียกว่า precision machinery นั้นได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทิศทางการพัฒนาเครื่องจักรกลในกลุ่มดังกล่าวที่สำคัญประการหนึ่งคือ การนำวัสดุผสม (composite materials) มาใช้ในการสร้างเป็นโครงสร้างหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักร ซึ่งแต่เดิมนั้นโครงสร้างของเครื่องจักรส่วนใหญ่จะสร้างมาจากเหล็กหล่อ (สำหรับเครื่องจักรประเภทตัดเฉือนโลหะ) หรือหินแกรนิต (สำหรับเครื่องจักรประเภทวัดพิกัดจุด) ซึ่งหากพิจารณาเหล็กหล่อแล้วจะพบว่ากระบวนการหล่อโลหะนั้นจะต้องใช้ต้นทุนการดำเนินการที่ค่อนข้างสูงและใช้พลังงานจำนวนมาก และเมื่อต้องนำมาทำผิวละเอียด (finishing) ก็ไม่สามารถทำการตัดเฉือนเนื้อเหล็กหล่อได้อย่างต่อเนื่องทั้งนี้เนื่องจากหากทำการตัดเฉือนโลหะอย่างต่อเนื่องแล้วอุณหภูมิสูงขึ้นระหว่างกระบวนการตัดเฉือนโลหะจะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางด้านมิติของตัวโครงสร้างได้ (โดยทั่วไปความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในชิ้นส่วนที่สำคัญจะอยู่ในระดับไมครอน) ส่วนในกรณีของแกรนิตนั้นการจัดเตรียมหินแกรนิตขนาดใหญ่นั้นมีความยุ่งยากอย่างมาก



Horizontal Arm CMM RAplus with a guide rail made from polymer casting



X-axis in modular design, extendable

ภาพที่ 1 ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่สร้างจากวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์คอนกรีต [1]

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้ผลิตเครื่องจักรกลความละเอียดสูงจึงมีแนวโน้มที่จะนำวัสดุผสมในกลุ่มพอลิเมอร์คอนกรีตมาใช้ในการสร้างโครงสร้างเครื่องจักร โดยสำหรับวัสดุที่นำมาผสมกับเรซินที่จะสร้างเป็พอลิเมอร์คอนกรีตนั้นมีหลาย

ประเภทเช่น ผงอะลูมิเนียม ผงแกรนิต และผงควอร์ต เป็นต้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างเครื่องจักรกล CMM ที่โครงสร้างทำจากวัสดุกลุ่มพอลิเมอร์คอนกรีต

นอกจากนี้ข้อดีที่สำคัญของวัสดุประเภทพอลิเมอร์คอนกรีตสำหรับนำมาใช้สร้างเป็นโครงสร้างเครื่องจักรกลความละเอียดสูงคือ

1. การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมีผลต่อการขยาย/หดตัวน้อย
2. มีความสะดวกในการจัดเตรียมและจัดเก็บวัตถุดิบ
3. สามารถหล่อขึ้นงานได้ในอุณหภูมิห้อง
4. สมบัติทางกลเช่น น้ำหนัก การทนต่อแรงดึงสูงสุด การทนต่อแรงอัดสูงสุด และ damping ratio สามารถปรับแต่งได้ในระดับหนึ่งตามวัสดุผสมที่เลือกใช้
5. ต้นทุนต่อหน่วยใกล้เคียงกับโครงสร้างแบบเดิม

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นว่าในอนาคตอันใกล้นี้วัสดุกลุ่มพอลิเมอร์คอนกรีตจะมีบทบาทที่สำคัญอย่างยิ่งในการผลิตโครงสร้างเครื่องจักรกลความละเอียดสูง ดังนั้นการวิจัยเรื่อง “การพัฒนากรรมวิธีการผลิตสำหรับโครงสร้างเครื่องจักรกลที่สร้างจากวัสดุพอลิเมอร์คอนกรีต” จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องจักรกลของประเทศไทย

2. วิธีการ

การทดลองสำหรับการวิจัยนี้สามารถแยกแยะได้ทั้งสิ้น 4 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาภาระต่างๆ ที่กระทำต่อฐานเครื่องจักรกล

การทดลองแรกนี้เน้นที่การวิเคราะห์และเก็บรวบรวมข้อมูลในเรื่องภาระ (load) ต่างๆ ที่กระทำต่อฐานเครื่องจักรกลกรณีศึกษา ยกตัวอย่างเช่น ภาระทางกลต่างๆ และภาระทางความร้อน เป็นต้น นอกจากนี้ในขั้นตอนนี้จะเป็นการคัดเลือกเกรดของเหล็กหล่อที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานอีกด้วย

การทดลองที่ 2 การทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปวัสดุพอลิเมอร์คอนกรีตด้วยกระบวนการเครื่องจักร

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาถึงความสามารถในการหล่อขึ้นรูปวัสดุพอลิเมอร์คอนกรีตจากนั้นจึงศึกษาสมบัติด้านการขึ้นรูปด้วยกระบวนการเครื่องจักร โดยขั้นตอนการดำเนินการโดยสังเขปมีดังนี้

1. การเตรียมชิ้นงานสำหรับใช้ในการทดสอบ

การเตรียมวัสดุพอลิเมอร์คอนกรีตเพื่อใช้เป็นชิ้นงานในการทดลองในขั้นตอนนี้มีรายละเอียดการจัดเตรียมดังนี้

- 1) เตรียมส่วนผสมโดยใช้ผงอะลูมิเนียม 43% น้ำยาเรซิน 46% และสารทำให้แข็งตัว 11% โดยน้ำหนัก
- 2) ผสมน้ำยาเรซิน และ สารทำให้แข็งตัว ลงในถ้วยแล้วคนให้ผสมกันจนทั่วแล้วจึงใส่ผงอะลูมิเนียมลงไป คนให้ผสมกันจนทั่ว
- 3) นำส่วนผสมที่ได้ไปเข้าเครื่องหล่อสุญญากาศ เครื่องจะทำการกวาดส่วนผสมให้เข้ากันและดึงอากาศออกจากส่วนผสมขั้นตอนนี้ใช้เวลา 20 นาที
- 4) เทส่วนผสมลงในกล่องภาชนะตั้งอากาศออกจากส่วนผสมอีก 20 นาที

5) นำชิ้นงานออกจากเครื่องหล่อสุญญากาศ ปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง ใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง

6) นำชิ้นงานที่ได้ไปตัดด้วยเลื่อยจนมีขนาด 50x50x50 มิลลิเมตร จำนวน 15 ก้อน

2. การทดลองขึ้นรูปชิ้นงานด้วยกระบวนการเครื่องจักร (การกัด)

เนื่องจากอีพอร์กซีเรซินผสมอะลูมิเนียมเป็นวัสดุเชิงประกอบที่ยังไม่มีการวิจัยถึงเงื่อนไขการกัด (cutting condition) ที่เหมาะสม ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เลือกเงื่อนไขการกัดชิ้นงานที่ประกอบด้วย ความเร็วรอบ (speed) และ ความเร็วการเดินชิ้นงานเข้าหาดอกกัด (feed) จากค่าสมรรถนะเครื่องจักรกลซีเอ็นซีเป็นหลัก ซึ่งผลที่ได้คือความเร็วรอบ (speed) 6,847 รอบ/นาที ความเร็วการเดินชิ้นงานเข้าหาดอกกัด (feed) 2,602 มิลลิเมตร/นาที โดยทั้งนี้ในระหว่างการทดลองจะมีการเปลี่ยนความเร็วรอบ 5 ค่า โดยการเพิ่มลดความเร็ว จำนวน $\pm 20\%$ และ $\pm 40\%$ จากค่าที่เลือกไว้ในครั้งแรกซึ่งจะได้ 4,108 5,478 6,847 8,216 และ 9,585 ส่วนความเร็วการเดินชิ้นงานเข้าหาดอกกัดเปลี่ยนแปลง 3 ค่า โดยการเพิ่มลด $\pm 20\%$ จากค่าที่เลือกไว้จะได้ 2,082 2,602 และ 3,122 ดังนั้นจึงได้เงื่อนไขการกัดที่ต่างกัน 15 ตัวอย่าง ส่วนเงื่อนไขอื่นที่ใช้เหมือนกันคือ เลือกใช้ดอกกัด (endmill) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร จำนวนฟันตัด 4 ฟัน ใช้เงื่อนไขการกัดขั้นตอนสุดท้าย (finishing) การกินลึก (depth of cut) 0.1 มิลลิเมตร สเต็ปการเดินของดอกกัดห่างกัน 6.5 มิลลิเมตร การระบายความร้อนแบบแห้งโดยใช้อากาศ ทำการกัดชิ้นงานโดยใช้เครื่องกัด CNC ทำการกัดอะลูมิเนียมเรซินจำนวน 15 ก้อน (R1 - R15)

3. การหาค่าความหยาบผิว (surface roughness)

โดยการใช้ dial gauge ในการวัดความหยาบผิวบนชิ้นงาน จากการกัดผิวชิ้นงานผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าผิวชิ้นงานมีรอยการกัดที่เป็นแถบที่แตกต่างกัน โดยเลือกทั้งหมด 5 แนว โดยในแต่ละแนวจะทำการ

วัดวัดค่าความหยาบผิวเป็นเส้นตรงแถบละ 1 เซนติเมตร โดยการหมุนไมโครมิเตอร์ให้อุปกรณ์วัดเลื่อนออกทีละ 50 ไมโครเมตร บันทึกค่าทั้งหมด 200 ค่าลงในโปรแกรม Microsoft Office Excel แล้วนำไปพอร์ตกราฟ ค่าที่ได้จะมีค่าความเอียงของของชิ้นงานเพิ่มเข้ามาด้วยทำให้ค่าความหยาบผิว (Ra) ที่ได้มีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นต้องทราบความชันของชิ้นงานก่อนโดยการวัดค่าระดับที่ตำแหน่งก่อนที่จะวัด 1 เซนติเมตร และวัดค่าระดับที่ตำแหน่งหลังจากวัดแถบนั้นเสร็จ 1 เซนติเมตร หลังจากปรับกราฟเสร็จแล้วคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟโดยการรวมพื้นที่ยอดแหลมเหนือเส้นกึ่งกลาง กับพื้นที่หลุมใต้เส้นกึ่งกลาง แล้วหารด้วยความยาว 1 เซนติเมตรก็จะได้ค่าความหยาบผิว (Ra) มีหน่วยเป็นไมครอน (μm)

การทดลองที่ 3 การพัฒนาแนวทางการสร้างฐานเครื่องจักรกลขั้นต้น

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยจะทดลองสร้างฐานเครื่องจักรกล (สำหรับเครื่องจักรกลความละเอียดสูง) ให้มีมิติเกินกว่ามิติฐานเครื่องจักรกลแม่แบบจำนวน 10 mm ด้วยการหล่อวัสดุผสม จากนั้นเมื่อวัสดุผสมแข็งตัวจึงใช้กระบวนการเครื่องจักร (การกัด) ปรับมิติให้มีค่าเท่ากับมิติที่ต้องการ

การทดลองที่ 4 การนำไปใช้งานจริง

การทดลองที่ 4 เป็นการทดลองนำฐานเครื่องจักรกลที่ได้จากการทดลองที่ 3 ไปทดลองใช้งานจริง

3. ผลและวิจารณ์

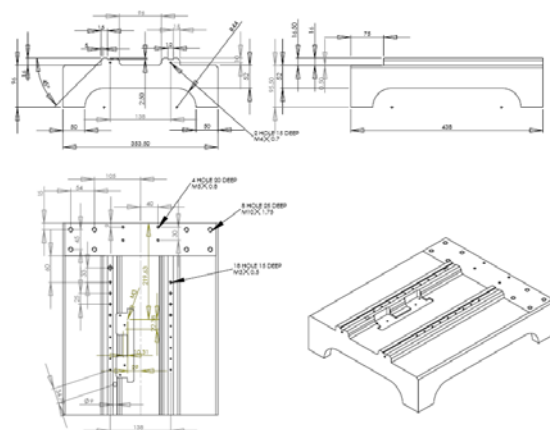
3.1 ผลการทดลองของการทดลองที่ 1

จากการรวบรวมข้อมูลทั้งที่เป็นโครงสร้างจริงและจากแบบวาดของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีกรณีศึกษา ซึ่งเป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซี 5 แกนขนาดเล็กของบริษัท 3D Scanner (Thailand) จำกัด (ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 3 และ 4) ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วย NX-5 (CAD/CAM/CAE) ในการเขียนสามมิติและวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วย FEA และสำหรับวัสดุที่ใช้

ในการวิเคราะห์นั้นจะเป็นชนิดเดียวกันกับวัสดุที่ใช้ทำฐานเครื่องจักรกลซีเอ็นซีกรณีศึกษาซึ่งก็คือ Aluminum Alloy 1100 – O



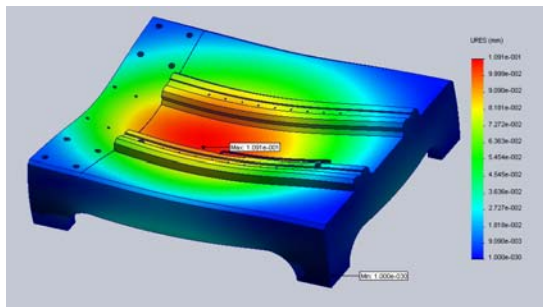
ภาพที่ 3 โครงสร้างของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีกรณีศึกษา (bed และ column)



ภาพที่ 4 แบบวาด (drawing) ที่มีมิติของเครื่องจักรกลซีเอ็นซีกรณีศึกษา

เมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ผลของภาระ (ในที่นี้คือแรงกระจายเนื่องจากน้ำหนักของ column เป็นหลัก) ที่กระทำต่อฐานเครื่องจักรกลซีเอ็นซี ผลปรากฏว่าแบบจำลองฐานเครื่องจักรกลสามารถรองรับภาระกระจายสูงสุด เท่ากับ 770 kN/m^2 โดย ณ ภาระ

ดังกล่าวเกิดค่าความเค้น Von Misses เท่ากับ 34.423 MPa ($\sigma_y = 34.5 \text{ MPa}$) ซึ่งค่าความเค้น Von Misses ตำแหน่งดังกล่าวใกล้เคียงกับความเค้นที่จุดครากของวัสดุ นอกจากนี้ยังพบว่า ระยะการยุบตัวสูงสุดบนแบบจำลองฐานเครื่องจักรกลซีเอ็นซีมีค่าเท่ากับ 0.1091 mm ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งและระยะการยุบตัวของฐานเครื่องจักรกลกรณีศึกษา

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้างต้นจะพบว่าค่า stress สูงสุด (ประมาณ 34.4 MPa) ที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง (ฐาน) เครื่องจักรกลนั้นยังมีค่าต่ำกว่าค่า stress สูงสุดของวัสดุผสม (พอลิเมอร์คอนกรีตที่ผลิตขึ้นจากการผสมกันระหว่างผงอะลูมิเนียมและเรซิน (ในอัตราส่วน 43:46 โดยมวล)) ที่ใช้ในการทดลองนี้ ซึ่งมีค่าประมาณ 80 MPa [2] ดังนั้นในส่วนของการทดลองที่ 1 นี้จึงสามารถกล่าวได้ว่า พอลิเมอร์คอนกรีตที่ใช้ในการทดลองนี้มีความแข็งแรงเพียงพอต่อการใช้งาน

3.2 ผลการทดลองของการทดลองที่ 2

สำหรับการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานด้วยกระบวนการเครื่องจักร ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีเพื่อการขึ้นรูปชิ้นงาน ดังภาพที่ 6 ซึ่งขณะทำการกัดชิ้นงานวัสดุผสมนั้น (อีพ็อกซีเรซินผสมอะลูมิเนียม) ผู้วิจัยได้สังเกตพบว่ามีลักษณะของเศษชิ้นงาน (chip) ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการกัดจะมีลักษณะเป็นผง



ภาพที่ 6 การกัดผิวชิ้นงานด้วยเครื่องกัดซีเอ็นซี

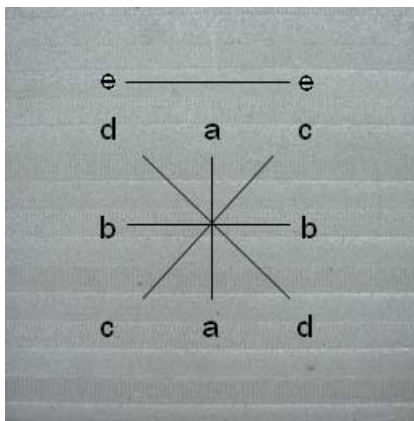
และเมื่อผู้วิจัยได้ดำเนินการกัดผิวชิ้นงานแล้วเสร็จ คณะผู้วิจัยได้สังเกตพบว่า บนผิวหน้าของชิ้นงานจะสามารถสังเกตเห็นแถบสองลักษณะ (ภาพที่ 7) คือแถบที่เกิดจากการเดินดอกกัดเพียงรอบเดียว และแถบที่เกิดจากการเดินดอกกัดซ้ำรอยเดิม ซึ่งบริเวณที่เดินกัดเพียงรอบเดียวจะเห็นเป็นเส้นวงของดอกกัด แต่บริเวณที่ถูกกัดซ้ำจะเป็นผิวที่ราบเรียบ ซึ่งเป็นผลมาจากการเลื่อนแนวเดินดอกกัดบนผิวชิ้นงาน



ภาพที่ 7 ชิ้นงานวัสดุผสม (อีพ็อกซีเรซินผสมอะลูมิเนียม) ที่ผ่านการกัดผิวแล้ว

จากผลของการกัดผิวชิ้นงานผู้วิจัยได้สังเกตเห็นว่าที่ผิวชิ้นงานมีรอยการกัดที่เป็นแถบที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเลือกแนวการวัดความหยาบผิวจำนวนทั้งสิ้นหมด 5 แนว เพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ได้ (ภาพที่ 8) โดยที่ แนว a-a วัดตั้งฉาก

แนวการเดินทางของดอกกัท แนว b-b วัดตามแนวการเดินทางของดอกกัทบนแถบที่ไม่มีการเดินดอกซ้ารอยเก่า แนว c-c วัดเป็นแนวทแยงมุม แนว d-d วัดเป็นแนวทแยงมุม และ แนว e-e วัดตามแนวการเดินทางของดอกกัทบนแถบที่มีการเดินดอกซ้ารอยเก่า ซึ่งจุดตัดของแนว a-a, b-b, c-c และ d-d จะอยู่บนแนวการเดินทางของดอกกัทบนแถบที่ไม่มีการเดินดอกซ้ารอยเก่า บริเวณกลางก้อน



ภาพที่ 8 แสดงแนวที่เลือกวัดความหนาผิว

ผลการวัดในตารางที่ 1 พบว่าวัสดุผสม (อิพอร์กซีเรซินผสมอะลูมิเนียม) ที่ใช้ในการทดลองนี้สามารถขึ้นรูปได้ด้วยกระบวนการเครื่องจักร (การกัด) แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของผิวชิ้นงาน (ความเรียบ) นั้นจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขการกัดเป็นหลัก

3.3 ผลการทดลองของการทดลองที่ 3

ในการทดลองที่สามนี้ ผู้วิจัยได้เน้นที่การพัฒนาการสร้างโครงสร้างเครื่องจักรกลความละเอียดสูง (ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เน้นที่ฐานเครื่องจักรตั้งรายละเอียดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น) โดยการพัฒนาดังกล่าวผู้วิจัยได้สร้างแบบหล่อสำหรับการหล่อฐานเครื่องจักรกลจากวัสดุอิพอร์กซีเรซินผสมอะลูมิเนียม (พอลิเมอร์คอนกรีต) ทั้งนี้แบบหล่อดังกล่าวจะมีมิติภายนอกมากกว่ามิติที่ต้องการด้านละ 10 mm (มิติที่เผื่อไว้สำหรับการเก็บผิวชิ้นงานในภายหลัง)

ในการเตรียมอิพอร์กซีเรซินผสมอะลูมิเนียมนี้ ผู้วิจัยได้คำนวณปริมาตรที่ต้องการบวกด้วยค่าเผื่อ

ประมาณ 10% จากนั้นจึงได้ทำการเนื้อสารในครั้งเดียว และเมื่อผสมเสร็จแล้วจึงเทลงในแบบหล่อ จากนั้นเมื่อเทพอลิเมอร์คอนกรีตลงจนเต็มแบบหล่อแล้ว ผู้วิจัยได้ปล่อยให้วัสดุผสมแข็งตัวประมาณ 24 ชั่วโมง (ตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต)

เมื่อฐานเครื่องจักรกลกรณีศึกษาแข็งตัวแล้ว ผู้วิจัยจึงได้นำฐานดังกล่าวไปกัดขึ้นรูปด้วยกระบวนการเครื่องจักรเพื่อให้ได้มิติตามต้องการ ซึ่งผลการกัดขึ้นรูปได้แสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ภาพผิวด้านหน้าของฐานเครื่องจักรกลที่ผ่านการปรับปรุงผิวแล้ว

3.4 ผลการทดลองของการทดลองที่ 4

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาสร้างฐานเครื่องจักรกล (ดังรายละเอียดในผลการทดลองของการทดลองที่ 3) เป็นที่เรียบร้อยแล้วนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการร่วมกับบริษัท 3D Scanner (Thailand) จำกัด เพื่อประกอบฐานเครื่องจักรกลดังกล่าวเข้ากับชิ้นส่วนอื่นๆ (แทนการใช้ฐานเครื่องจักรกลเดิมที่ได้จากกระบวนการหล่ออะลูมิเนียม) เพื่อประกอบเป็นเครื่องจักรกลซีเอ็นซีต้นแบบสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ของบริษัท

ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าเครื่องจักรกลต้นแบบดังกล่าวมีน้ำหนักเบาว่าเครื่องจักรกลรุ่นก่อนอย่างมีนัยยะสำคัญ ส่วนความแข็งแรงคงทนนั้นจากการทดสอบใช้งานจริงพบว่าจำนวน 200 ชั่วโมงทำงานพบว่าฐานเครื่องจักรกลที่สร้างจากวัสดุอิพอร์กซีเรซินผสมอะลูมิเนียมไม่มีการเสียรูปเกิดขึ้น ดังนั้นจึง

น่าจะสามารถนำไปใช้งานจริงได้ตลอดอายุใช้งานของเครื่องจักรกลซีเอ็นซี

4. สรุป

จากผลการศึกษาวิจัยที่ได้ระบุไว้ข้างต้น พบว่าการประยุกต์ใช้วัสดุผสมประเภทอีพ็อกซีเรซินผสมอะลูมิเนียมเพื่อเป็นฐานเครื่องจักรกลความละเอียดสูงนั้นมีความเป็นไปได้ทางห้องปฏิบัติการและการใช้งานจริง ผลการทดลองที่สำคัญที่พบในการวิจัยนี้ได้แก่ วัสดุผสมอีพ็อกซีเรซินผสมอะลูมิเนียมสามารถใช้กระบวนการเครื่องจักร (machining) ในการตกแต่งผิวชิ้นงานได้ตามต้องการ สำหรับการนำฐานเครื่องจักรกลกรณีศึกษาไปทดลองใช้จริงในภาคอุตสาหกรรมพบว่า ฐานเครื่องจักรที่สร้างจากวัสดุผสมอีพ็อกซีเรซินผสมอะลูมิเนียมนั้นมีความแข็งแรงคงทนเพียงพอที่จะใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท 3D Scanner (Thailand) จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องต่างๆ สำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในการสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ (งปม. ปี 2553)

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Wenzel-Journal, 2005, Vol. 1, Edition 5.
- [2] อัญชนา วงษ์โต, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยการพัฒนาแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ สำหรับชั้นทดสอบประเภทอีพ็อกซีเรซินเติมอะลูมิเนียม, เสนอต่อ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

ตารางที่ 1 ค่าความหยาบผิวของอีพ็อกซีเรซินผสมอะลูมิเนียม

Ra (μm)	Speed (rpm)	Feed (mm/min)	Axial				
			a-a	b-b	c-c	d-d	e-e
R1	4108	2082	2.76	2.41	2.53	2.45	1.23
R2	4108	2602	1.41	2.52	2.97	2.43	1.07
R3	4108	3122	3.35	1.82	3.08	3.32	1.31
R4	5478	2082	2.05	1.42	1.90	2.12	1.71
R5	5478	2602	2.34	2.10	3.06	3.17	1.61
R6	5478	3122	3.52	2.52	2.42	2.64	1.23
R7	6847	2082	2.74	1.09	2.57	1.87	0.49
R8	6847	2602	2.10	1.04	2.17	2.29	0.87
R9	6847	3122	2.71	1.09	2.17	2.16	0.80
R10	8216	2082	1.76	1.66	1.62	3.66	1.52
R11	8216	2602	1.87	0.86	2.08	1.43	0.31
R12	8216	3122	2.61	0.61	2.17	2.56	0.33
R13	9585	2082	3.09	2.36	1.86	3.46	1.24
R14	9585	2602	3.41	0.96	2.65	3.17	1.01
R15	9585	3122	1.59	1.02	1.40	2.05	0.57