

บทที่ 7

สรุปและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

การออกแบบการตั้งค่าการพิมพ์ของวัสดุคอมโพสิตแบบสามมิติ เพื่อให้ได้วัตถุประสงค์การออกแบบที่ต้องการ ได้แก่ สมบัติทางกลในด้านความแข็งแรงและความแข็งแรงของวัสดุ การออกแบบรูปร่างและการพิมพ์ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน หรือการลดความเสี่ยงของการผลิต สามารถลดต้นทุนการทดลองได้ด้วยการใช้เทคนิคการสร้างสมการทดแทนข้อมูลการทดลอง ผสมผสานกับการใช้เทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด นอกจากนี้ยังสามารถใช้การทดลองด้วยวิธีไฟไนต์อีลิเมนต์เพื่อจำลองการเสียหายของโครงสร้างเมื่อรับภาระแรงให้เหมาะสมกับการใช้งานได้เช่นกัน งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิค และขั้นตอนวิธีทั้งหมดเพื่อเป็นกรณีศึกษาสำหรับการออกแบบวัสดุ และออกแบบวัสดุคอมโพสิต โดยแบ่งย่อยออกเป็น 2 ส่วนของการดำเนินการวิจัย และทั้ง 2 ส่วนของการดำเนินการวิจัยจะใช้วัสดุคอมโพสิตเป็นชนิดโณนิกซ์/เส้นใยคาร์บอน

ส่วนที่ 1 ได้ทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาการปรับค่าการพิมพ์ที่ดีที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาการออกแบบการพิมพ์ที่เหมาะสมที่ทำให้ค่าความแข็งแรงดึง (Ultimate Tensile strength) และค่าโมดูลัสการยืดของวัสดุ (Modulus of elasticity) มีค่าสูงที่สุด โดยการกำหนดตัวแปรการออกแบบได้แก่ เพอร์เซ็นต์ความหนาแน่นในการเติม (Infill density) และจำนวนวงแหวนไฟเบอร์ (Concentric Fiber ring) ในส่วนที่ 1 มีการดำเนินการทดสอบความแข็งแรงดึงตามมาตรฐานการทดสอบวัสดุพอลิเมอร์คอมโพสิต ASTM D3039 โดยมีชิ้นงานการทดลองทั้งหมด 9 รูปแบบ ทดลองซ้ำรูปแบบละ 5 ครั้ง รวมเป็นชิ้นงานทดสอบ 45 ชิ้นงาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาสร้างเป็นสมการจำลองทดแทนด้วยวิธีคริกกิง (Kriging) และนำสมการทดแทนข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมการจัดลำดับที่ไม่ครอบงำ (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm) ผลจากการหาค่าเหมาะสมที่สุดพบว่าวัสดุคอมโพสิตที่ตั้งค่าการพิมพ์ด้วยเงื่อนไขการออกแบบในส่วนที่ 1 จะมีค่าความแข็งแรงดึงสูงสุด เมื่อตั้งค่าให้มีจำนวนวงแหวนไฟเบอร์จำนวน 3 ถึง 4 วงแหวน และค่าโมดูลัสความยืดของวัสดุที่ขอบหน้าพาเรโตมีค่าใกล้เคียงกันและมีเปอร์เซ็นต์การเติมที่ 50 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกันโดยผลจากการหาค่าเหมาะสมที่สุดนี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดค่าการพิมพ์วัสดุคอมโพสิตเบื้องต้น โดย

ต้องพิจารณาถึงรูปร่างรูปทรงของชิ้นงานที่นำไปใช้ และคำนึงความเสี่ยงของการพิมพ์เส้นใยวัสดุเสริมแรงร่วมด้วย

ตอนที่ 2 เป็นการออกแบบการพิมพ์วัสดุคอมโพสิตซึ่งใช้เป็นกล่องด้านแรงบิดสำหรับใช้ในแท่นทดสอบแรงขับถึงพัฒนาโดยหน่วยวิจัยของโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทราชภัฏตราครีธาฯ แท่นทดสอบดังกล่าวประกอบไปด้วยขาตั้งของแท่นทดสอบ มอเตอร์ไฟฟ้ากำลังขับ 36 กิโลกรัม ใบพัดสำหรับใช้ในแท่นทดสอบ อุปกรณ์ Load cell และกล่องด้านแรงบิดซึ่งได้จากการออกแบบการทดลองในส่วนนี้ ซึ่งในการออกแบบจะออกแบบจากชิ้นส่วนย่อยเป็นแผ่นด้านแรงบิดขนาด $95 \times 168.3 \times 6$ มิลลิเมตร โดยการทดลองในส่วนที่ 2 นี้จะทดลองด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และการทดลองดังกล่าวดำเนินการด้วยซอฟต์แวร์แอนซิส จากโมดูล ANSYS ACP ซึ่งเป็นโมดูลที่ใช้ในการขึ้นรูปและวิเคราะห์วัสดุคอมโพสิตจากแอนซิสโดยเฉพาะ ในการทดสอบได้กำหนดให้มีแรงในแนวแกนตั้งขนาด 500 นิวตัน และความเร็วเชิงมุมจากการหมุนของมอเตอร์ที่ 370 เรเดียนต่อวินาที ซึ่งคำนวณมาจากแรงขับสูงสุดที่มอเตอร์ไฟฟ้าทำได้ และแรงบิดสูงสุดที่สร้างจากมอเตอร์ไฟฟ้า โดยผลการทดสอบถูกนำไปหาค่าเหมาะสมสุด 2 วิธี ได้แก่ การหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และการวิเคราะห์โดยตรงจากผลของการทดสอบ จากการวิเคราะห์พบว่าจำนวนชั้นไฟเบอร์ที่เยอะขึ้น มีผลต่อความแข็งแรงทางกลของวัสดุอย่างชัดเจน แต่ในทางกลับกันทำให้เสี่ยงปริมาณเส้นใยวัสดุเสริมแรงที่ใช้ในการพิมพ์ ในขณะที่องศาการวางตัวของเส้นใยมีผลน้อยมากในด้านความเสี่ยงของวัสดุ แต่มีผลกระทบอย่างชัดเจนในด้านความแข็งแรงในแนวแกนรับแรงของวัสดุคอมโพสิต โดยในชิ้นงานแผ่นด้านแรงบิด พบว่าการพิมพ์ให้ส่วนกลางของชิ้นงานมีการวางตัวของเส้นใยเสริมแรงเป็น 45 องศา จะมีประสิทธิภาพในการเสริมสร้างความแข็งแรง ทำให้ในการทดสอบด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์พบว่ามีค่าความเค้นหลักสูงสุด (Maximum Principal Stress) ต่ำที่สุดโดยที่จำนวนชั้นการพิมพ์เส้นใยเสริมแรง 20 ชั้น มีค่าความเค้นหลักสูงสุดที่ 162.54 MPa และในการพิมพ์เส้นใยเสริมแรง 12 ชั้น มีค่าความเค้นหลักสูงสุดที่ 215.81 MPa ในขณะที่รายงานของ Markforged พบว่าเส้นใยคาร์บอนที่ทดสอบด้วยมาตรฐาน ASTM D3039 จะมีความแข็งแรงถึง 800 MPa แสดงให้เห็นว่าวัสดุอยู่ในจุดที่ห่างไกลกับความเสียหายต่อโครงสร้าง