

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

สำหรับผลการทดลองนี้ เป็นการเตรียมของผสมแบบ 0-3 พีแซดที่กับพอลิเมอร์ ซึ่งพีแซดที่ใช้จะมีขนาดผกต่าง ๆ ตั้งแต่ ขนาดเล็กกว่า $36\text{ }\mu\text{m}$ จนกระทั่งถึงขนาดประมาณ $316\text{ }\mu\text{m}$ นำมาผสมกับโพลีเอธิลีนโดยวิธีการ calendering แล้วนำมาอัดเป็นเม็ดด้วยความร้อนและความดัน สำหรับเฟสเซรามิกที่ใช้ในการทดลองนี้นั้น ถูกเตรียมขึ้นมาจากสารประกอบออกไซด์ ดังนี้คือ เลดออกไซด์ เซอร์โคเนียมออกไซด์ และติตานิเนียมออกไซด์ โดยใช้อัตราส่วนโดยโมลเท่ากับ $1:0.52:0.48$ แล้วเจือด้วยแมงกานีสออกไซด์ประมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำหนักรวม นำเซรามิกพีแซดที่ได้ไปทำการวัดสมบัติทั้งทางกายภาพและทางไฟฟ้าได้ดังนี้

1. ค่าความหดตัวของเซรามิกพีแซดที่เท่ากับ 1.276%
2. ค่าความหนาแน่นของเซรามิกพีแซดที่เป็นเม็ดเท่ากับ 7.156 g/cm^3
3. ค่าความหนาแน่นของเซรามิกพีแซดที่เป็นผงเท่ากับ 7.328 g/cm^3
4. ค่า resonance frequency = 101.650 Hz และค่า antiresonance Frequency = 105.225 Hz
5. ค่า planar coupling factor ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.455
6. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่อุณหภูมิห้อง 28 องศาเซลเซียส วัดที่ความถี่ 1 kHz ได้เท่ากับ 575.362
7. ค่า d_{33} ของเม็ดเซรามิกเมื่อผ่านการโพลด้วยสนามไฟฟ้า 4 KV/mm มีค่าเท่ากับ 244.5 pc/N

สำหรับเมตริกซ์พอลิเมอร์ที่ใช้คือ โพลีเอธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง หรือ PE high density ซึ่งมีสมบัติทางกายดังนี้

1. ค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์ที่อัดเม็ดเท่ากับ 0.952 g/cm^3
2. ค่าความหนาแน่นของพอลิเมอร์ที่เป็นผงเท่ากับ 0.946 g/cm^3
3. ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกที่อุณหภูมิห้อง 28 องศาเซลเซียส วัดที่ความถี่ 1 kHz ได้เท่ากับ 3.022

ของผสมแบบ 0-3 ระหว่างพีแซดทีกับโพลิเอธิลีน จากการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของของผสมขึ้นอยู่กับอัตราส่วนโดยปริมาณของเซรามิกพีแซดที แต่ขนาดผงของเซรามิกที่ใช้เตรียมของผสมแทบจะไม่มีผลกับความหนาแน่น ค่าความหนาแน่นที่วัดได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย อาจเกิดเนื่องจากความคลาดเคลื่อนในกระบวนการวัด

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของของผสมแบบความสัมพันธ์กับอัตราส่วนโดยปริมาตรของเซรามิกพีแซดทีและสัมพันธ์กับค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของทั้งเซรามิกพีแซดทีและโพลิเอธิลีน ซึ่งสอดคล้องกับสมการของ J. W. Rayleigh ดังสมการ (4.5) นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของเซรามิกพีแซดทีที่ใช้เตรียมยังมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริกด้วย นั่นคือ เมื่อขนาดผงมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน โดยค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูงสุดที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 49.825 สำหรับสารตัวอย่างที่เตรียมขึ้นจากผงเซรามิกมีขนาดอยู่ในช่วง 182-316 μm โดยใช้อัตราส่วนระหว่างเซรามิกและเมตริกซ์พอลิเมอร์เป็น 50:50 เปอร์เซนต์โดยปริมาตรและทำการโพลด้วยสนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 KV/mm

ค่า d_{33} ของของผสมแบบ 0-3 มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนโดยปริมาตรของเซรามิกพีแซดทีและโพลิเอธิลีน และจากการทดลองยังพบว่าขนาดของผงสารเซรามิกยังมีผลต่อค่า d_{33} ด้วย นั่นคือของผสมแบบ 0-3 ที่เตรียมจากผงเซรามิกที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ค่า d_{33} มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สามารถวัดค่า d_{33} สูงสุดได้เท่ากับ 19.2 สำหรับของผสมที่เตรียมจากผงเซรามิกที่มีขนาดประมาณ 182-316 μm โดยใช้อัตราส่วนปริมาตรระหว่างเฟสเซรามิกและเมตริกซ์พอลิเมอร์เป็น 50:50 เปอร์เซนต์ และผ่านการโพลด้วยสนามไฟฟ้าเท่ากับ 15 KV/mm ที่ 80°C

สภาพการโพลมีผลต่อความเป็นเพียโซอิเล็กตริกของเซรามิกพีแซดที ดังนั้นการโพลจึงมีผลต่อความเป็นเพียโซอิเล็กตริกของของผสมด้วย นั่นคือเมื่อเพิ่มสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการโพลและอุณหภูมิในการโพลสูงขึ้นค่า d_{33} จะเพิ่มขึ้น แต่การโพลไม่ค่อยมีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

สมบัติทางเพียโซอิเล็กตริกในของผสมแบบ 0-3 พีแซดทีกับพอลิเมอร์ ขึ้นกับสมบัติทางเพียโซอิเล็กตริกของเฟสเซรามิกพีแซดที ขั้นตอนการเตรียมผงเซรามิกจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก นับตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นคือ สมบัติของสารตั้งต้น ความบริสุทธิ์ สภาพการเผาแคลไซน์ และการเผาซินเตอร์ จากขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วย X-ray diffractometer พบว่าผงเซรามิกพีแซดทีที่เตรียมได้ พบความไม่บริสุทธิ์ของสาร ซึ่งอาจมีผลในทางลบกับสมบัติเพียโซอิเล็กตริกและสมบัติไดอิเล็กตริกของสารเซรามิกนั้น

จากการศึกษาสมบัติไดอิเล็กตริกและเพียโซอิเล็กตริกของของผสมแบบ 0-3 ระหว่างเซรามิกพีแซดทีกับพอลิเมอร์โดยใช้ขนาดของผงแตกต่างกันนั้น พบว่ามีสมบัติมีความสัมพันธ์กับขนาดของผงเซรามิกที่ใช้เตรียม นั่นคือ เมื่อขนาดของผงเซรามิกที่ใช้มีขนาดใหญ่ขึ้นสมบัติเพียโซอิเล็กตริก และสมบัติไดอิเล็กตริกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น แต่ในขณะเดียวกันสมบัติทางกายภาพที่สังเกตเห็นคือ ความเหนียวและความยืดหยุ่นของของผสมจะเป็นไปในทางกลับกัน นั่นก็คือ สำหรับสารตัวอย่างที่เตรียมขึ้นจากผงเซรามิกที่มีขนาดใหญ่จะมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าสารตัวอย่างที่เตรียมขึ้นจากผงเซรามิกขนาดเล็ก จากภาพถ่าย SEM สามารถแสดงให้เห็นว่าในกรณีผงเซรามิกที่มีขนาดเล็กนั้น อนุภาคของผงจะกระจายตัวแทรกอยู่ตามเส้นใยของพอลิเมอร์ ในขณะที่ผงเซรามิกขนาดใหญ่ประกอบไปด้วยอนุภาคผงขนาดเล็กเกาะกลุ่มรวมกัน ลักษณะการแทรกตัวอยู่ในเส้นใยพอลิเมอร์เป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจทำให้มีผลต่อค่าความยืดหยุ่นของของผสมได้

การศึกษาสมบัติกายภาพของเซรามิกพีแซดทีด้วยภาพถ่าย SEM พบว่าสารเซรามิกที่เตรียมได้มีความพรุนค่อนข้างมาก ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบค่าความหนาแน่น แสดงให้เห็นถึงกระบวนการเตรียมที่ยังไม่ดีพอซึ่งอาจปรับปรุงวิธีการเตรียมโดยใช้อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้สารมีความแข็งมากขึ้นทำให้ยากแก่การบดเป็นผง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมของผสมแบบ 0-3 นั้นกระบวนการที่ควรต้องคำนึงถึงอีกประการหนึ่งก็คือ การกระจายตัวของเฟสเซรามิกในเมตริกซ์พอลิเมอร์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ควบคุมได้ยาก ลักษณะการกระจายตัวของเฟสเซรามิกนั้นมีผลต่อสมบัติของของผสมที่เตรียมได้ ดังนั้นในขั้นตอนก่อนนำมาอัดแผ่นงาน จึงควรเลือกสั่มตัดแผ่นของผสมในบริเวณต่างๆ แล้วนำไปทดสอบค่าความหนาแน่นเพื่อตรวจสอบว่าแต่ละบริเวณนั้นมีความหนาแน่นใกล้เคียงกันหรือไม่ ถ้าความหนาแน่นแต่ละบริเวณมีความหนาแน่นใกล้เคียงกัน แสดงว่าเฟสเซรามิกมีการกระจายตัวอย่างค่อนข้างสม่ำเสมอในเมตริกซ์พอลิเมอร์

2. ในการเตรียมของผสมเพื่อต้องการทดสอบว่าขนาดของผงมีผลอย่างไรต่อสมบัติของของผสม โดยการเตรียมที่ใช้อัตราส่วนปริมาตรที่เท่ากัน ซึ่งปริมาตรที่ใช้จะคำนวณจากความหนาแน่น และมวลของผงเซรามิก ดังนั้นการชั่งมวลและการหาความหนาแน่นควรมีความถูกต้องแม่นยำที่สุด เพราะอัตราส่วนโดยปริมาตรนี้มีผลอย่างมากต่อสมบัติไดอิเล็กตริก และเพียโซอิเล็กตริกของของผสม

3. การเตรียมของผสมแบบใช้วิธีการรีดแผ่นนั้น มักใช้ได้ดีกับกรณีผงสารขนาดเล็ก แต่ถ้าในกรณีผงสารขนาดใหญ่ นั้น วิธีการโรยผงไปบนแผ่นโพลีเอทิลีนนั้นอาจทำให้ผงสารร่วง

หล่นในระหว่างการโรย ทำให้อัตราส่วนปริมาตรของสารเปลี่ยน ในการทดลองนี้แก้ปัญหาโดยการผสมโพลีเอธิลีนเข้ากับตัวสารละลาย แล้วจึงใส่ผงสารเซรามิกลงไปจนให้เข้ากัน ทั้งไว้นกระทั่งตัวทำละลายระเหย จะได้ก้อนสารที่เป็นของผสม มีการยึดติดกันระหว่างผงเซรามิกและพอลิเมอร์ แต่ผงสารยังมีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ จึงนำก้อนสารผสมนี้มาทำการรีดเป็นแผ่นอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้การกระจายตัวของผงเซรามิกดีขึ้น สำหรับการทดลองนี้ใช้สารไซลีน (xylene) เป็นตัวทำลาย ซึ่งสารนี้เป็นสารระเหยที่มีอันตราย จึงควรมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ ในขั้นตอนการเตรียม หรืออาจจะทำการศึกษาเพิ่มเติมในการใช้ตัวทำละลายที่เหมาะสมกว่า