

บทที่ 5

สรุป

5.1 ผลการวิเคราะห์สารตัวอย่างเริ่มต้น

องค์ประกอบโดยประมาณของเปลือกกล้วยน้ำว้า ไยหนุ่นและใยสำลี พบว่าไยหนุ่นมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงสุด รองลงมาคือ เปลือกกล้วยและใยสำลี ตามลำดับ ซึ่งจะมีลำดับตรงข้ามกับปริมาณสารระเหยง่าย ในส่วนของปริมาณเถ้า พบว่าเปลือกกล้วยมีปริมาณสูงสุด คือร้อยละ 10.30 แสดงถึงการมีแร่ธาตุในองค์ประกอบที่สูง ในส่วนของใยสำลี มีเพียงร้อยละ 0.31 ซึ่งใยสำลีที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นใยสำลีที่ผ่านการทำความสะอาดเพื่อใช้ในการรักษาบาดแผลและความสะอาด จึงมีสารปนเปื้อนน้อย ส่วนไยหนุ่นยังมีส่วนที่เป็นเถ้า ที่เป็นสารปนเปื้อนทางธรรมชาติอยู่บ้าง

5.2 ผลผลิตร้อยละของคอมโพสิต

โลหะ-ไยหนุ่นคาร์บอน คอมโพสิต ทุกชนิดมีแนวโน้มของร้อยละผลผลิตลดลง เมื่ออุณหภูมิไฟโรไลซิส เพิ่มขึ้นจาก 400 ไปที่ 700°C แต่ใน Al-kapok carbon fiber composite แสดงรูปแบบที่แตกต่างไป โดยลดลงจาก 71.87 ไปเป็น 65.56 เมื่อไฟโรไลซิสจาก 400 ไปที่ 500°C หลังจากนั้น จะเพิ่มขึ้นไปเป็น 70.94 ที่ 600°C ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ 400°C แต่เหลือเพียงร้อยละ 66.10 ที่ 700°C ซึ่งสูงกว่าค่าที่ 500°C เล็กน้อย ซึ่งเป็นลักษณะของปฏิกิริยาคูดความร้อน ร้อยละผลผลิตของ Cu-kapok carbon fiber composite ยังคงคงที่เมื่ออุณหภูมิไฟโรไลซิสเพิ่มขึ้นจาก 400 ไปที่ 700°C (ร้อยละในช่วง 25.31 ถึง 24.03) สำหรับ Mg-kapok carbon fiber composite ร้อยละผลผลิตค่อยๆ ลดลงจาก 400 ไปที่ 600°C (ร้อยละ 46.16 ไปเป็น 40.03) และลดลงอย่างรวดเร็วที่ 700°C (เหลือเพียงร้อยละ 20.65) ในส่วนของ Zn-kapok carbon fiber composite ร้อยละผลผลิตมีสูงมากที่ 400 °C (ร้อยละ 71.57) ขณะที่ เกือบคงที่ (ร้อยละ 58.89 ถึง 58.59) ที่ 500 ถึง 600°C และลดลงปานกลาง (ร้อยละ 47.72) ที่ 700°C ปฏิกิริยาการสลายของไยหนุ่นขึ้นอยู่กับชนิดของเกลือโลหะ โดยความแรงในการสลายของเกลือโลหะมีลำดับคือ $Al_2O_3 < ZnCl_2 < MgSO_4 \cdot 7H_2O < Cu(NO_3)_2$ ลำดับนี้คาดว่าสอดคล้องกับความแรงในการออกซิไดซ์ของเกลือโลหะ

คอมโพสิตที่ได้จากใยสำลี มีแนวโน้มในทำนองเดียวกับคอมโพสิตที่ได้จากไยหนุ่น ในส่วนคอมโพสิตที่ได้จากเปลือกกล้วย พบว่าความแรงในการออกซิไดซ์ของเกลือโลหะก็เป็นเช่นเดียวกับของคอมโพสิตที่ได้จากไยหนุ่นและใยสำลี และมีแนวโน้มผลผลิตร้อยละลดลงตามการเพิ่มของอุณหภูมิไฟโรไลซิส แต่ผลผลิตร้อยละมีแนวโน้มสูงกว่าคอมโพสิตที่ได้จากไยหนุ่นและใยสำลี

5.3 การวิเคราะห์ด้วย FT-IR

สเปกตรัม FT-IR ของ aluminium- banana peel charcoal composites คอมโพสิตทั้งหมดมีพีกกว้างที่ 3435 cm^{-1} และพีกอ่อนที่ 1642 cm^{-1} ทั้งสองพีกนี้เป็นการสั่นของ O-H group stretching และ

bending ตามลำดับ นอกจากนี้ในทุกคอมโพสิตยังปรากฏพีคที่ $1408-1418\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสอดคล้องกับหมู่ $\text{C}=\text{O}$ หมู่ $\text{C}=\text{O}$ รวมทั้งแถบกว้างและอ่อนที่ในช่วง 819 ถึง 579 cm^{-1} สำหรับทุกอุณหภูมิของการไฟโรไลซิสที่เกี่ยวข้องกับ C-H bending

สเปกตรัม FTIR ของ copper-banana peel charcoal composites แสดงพีคที่ประมาณ 3400 cm^{-1} และ 1650 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของ O-H group stretching และ bending มีแนวโน้มของความเข้มลดลงเมื่ออุณหภูมิไฟโรไลซิสเพิ่มสูงขึ้น และยังพบพีคเด่นชัดที่ 1384 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของ C-H ใน CH_3 ที่ยังหลงเหลืออยู่ในทุกอุณหภูมิ พีคที่ ประมาณ $1007-1032\text{ cm}^{-1}$ คาดว่า เป็นพีคของ C-O หรือ C-O-C stretching vibrations และพีคที่ 526 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของ C-C stretching vibrations

สเปกตรัม FTIR ของ magnesium-banana peel charcoal composite แสดงพีคกว้างและอ่อนที่ประมาณ 3400 cm^{-1} (O-H group stretching) และอ่อนมากๆ ของพีคที่ 1655 cm^{-1} (O-H group bending) โดยความเข้มจะลดลงเมื่ออุณหภูมิไฟโรไลซิสสูงขึ้น ในทางตรงข้าม พีคที่ประมาณ 1100 cm^{-1} (C-O หรือ C-O-C stretching vibrations) และพีคที่ประมาณ 610 cm^{-1} (C-C stretching vibrations) มีความเข้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิไฟโรไลซิสสูงขึ้น แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันบางส่วนมากขึ้น และเกิดการสลายของหมู่ฟังก์ชันอื่นๆ มากขึ้น เมื่ออุณหภูมิไฟโรไลซิสสูงขึ้น

สเปกตรัมของ zinc-banana peel charcoal composite มีพีคค่อนข้างแคบที่ 3550 cm^{-1} และ 1620 cm^{-1} เมื่อเทียบกับสเปกตรัมของคอมโพสิตชนิดอื่นๆ ซึ่งเมื่อเทียบกับค่า hydrogen-bonded O-H stretching ในอุดมคติ คือที่ 3560 cm^{-1} ใน zinc-banana peel charcoal composite มีค่าเข้าใกล้มากที่สุดเมื่อเทียบกับคอมโพสิตอื่นๆ แสดงว่า O-H stretching ส่วนใหญ่เป็น intramolecular hydrogen bonding เมื่อเติม Zn และยังพบพีคที่อ่อนมากที่สุดที่ประมาณ 52 cm^{-1} (C-C stretching vibrations)

สเปกตรัม FT-IR ของ Al-kapok carbon fiber composite ทั้งหมดได้แสดงแถบกว้างที่ 3435 cm^{-1} และแถบอ่อนที่ 1639 cm^{-1} ทั้งสองแถบนี้จัดเป็นการสั่นของหมู่ O-H ใน stretching และ bending ตามลำดับ รวมทั้งแถบกว้างและอ่อนที่ในช่วง 823 ถึง 582 cm^{-1} สำหรับทุกอุณหภูมิของการไฟโรไลซิสที่เกี่ยวข้องกับ C-H bending มีเพียง Al-kapok carbon fiber composite เท่านั้นที่ไฟโรไลซิสที่ 400°C แสดงแถบอ่อนๆ ที่เล็กมากของ HCH และ OCH in-plane bending vibrations ที่ 1435.98 cm^{-1} แถบนี้ได้หายไปหลังจากไฟโรไลซิสถึงที่ 500°C แถบที่ 1435.98 cm^{-1} ลดลงและค่อยๆ หายไปเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 400 ไปที่ 700°C ขณะที่แถบที่ 823 cm^{-1} ได้แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แถบแรกแสดงถึงความ เป็นผลึกของผลิตภัณฑ์ และแถบที่สองความเป็นอสัณฐาน ความเข้มของแถบที่ 823 และ 1430 cm^{-1} ยังแสดงถึงความว่องไวต่อปริมาณของความเป็นโครงสร้างผลึกกับโครงสร้างอสัณฐานของคาร์บอนเป็นอย่างมาก การกว้างขึ้นของแถบเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงปริมาณที่สูงขึ้นของโครงสร้างที่ไม่เป็นระเบียบ

สเปกตรัม FTIR ของ Cu-kapok carbon fiber composites แสดงพีคต่างๆ ที่อ่อนกว่า Al-kapok carbon fiber composites แต่ มีพีคที่กว้างและอ่อนมากที่สุดที่ 3401 cm^{-1} (O-H group stretching) และพีคที่อ่อนมากที่สุดที่ 1639 cm^{-1} (O-H group bending) ในทุกสเปกตรัม ซึ่งชี้ให้เห็นว่า H-bonding ได้ถูกทำลาย

ออกไปเกือบหมด ทำนองเดียวกัน พีกที่อ่อนมากที่ 1436 cm^{-1} ยังคงมีอยู่ ซึ่งเกือบหายไปที่อุณหภูมิสูงกว่า 600°C ปรากฏการณ์นี้ชี้ให้เห็นว่า หมู่ HCH และ OCH ได้สลายไปแล้ว แต่พีกที่ 823 cm^{-1} ไม่ปรากฏเช่นเดียวกัน สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์มีความเป็นผลึกมากขึ้น ทำนองเดียวกัน พีกที่แหลมและเข้มสูงมากที่ 535 cm^{-1} (C–C stretching vibrations) สามารถสังเกตได้ในทุกสเปกตรัม

สเปกตรัม FTIR ของ Mg-kapok carbon fiber composites ได้แสดง พีกกว้างและอ่อนที่ประมาณ 3400 cm^{-1} (O–H group stretching) และพีกอ่อนมากที่ 1655 cm^{-1} พีกที่ 1655 cm^{-1} ลดลงอย่างค่อยเป็นค่อยไป เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 400 ไปที่ 700°C สเปกตรัม FTIR ที่ 400°C มีพีกที่ 1087.50 cm^{-1} (C–O stretching) ซึ่งอ่อนลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ในช่วงจาก 500°C ถึง 700°C สเปกตรัม FTIR ที่ 700°C มีพีกอ่อนที่ 1655 และ 1111.59 cm^{-1} (C–O หรือ C–O–C stretching vibrations), 520 cm^{-1} (C–C stretching vibrations) สเปกตรัมที่ 500 ถึง 600°C แสดงพีกที่ 1178 cm^{-1} (C–O stretching vibrations) และช่วงจาก 700 ถึง 498 cm^{-1} (C–C stretching vibrations) ทำนองเดียวกัน สเปกตรัม FTIR ของผลิตภัณฑ์ที่ 400 ถึง 600°C แสดงพีกที่ 612 และ 429 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับ C–C stretching vibrations จากผลของ FTIR แสดงว่าเมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสเพิ่มขึ้น ปริมาณของ H-bonding จะลดลง อย่างไรก็ตาม ความแข็งแรงของ H-bonding เพิ่มขึ้นเข้าใกล้ความแข็งแรงพันธะไฮโดรเจนในอุดมคติ ที่มีพีกแหลมที่ 3400 cm^{-1} และพีกอ่อนที่ 1655 cm^{-1} ตามลำดับ สเปกตรัมที่ 700°C แสดงพีกที่ 1451 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับหมู่ C = O หมู่ C = O นี้เกิดขึ้นได้โดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้สเปกตรัมนี้ยังได้แสดงความเป็นผลึกของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจเกิดจากการมีปริมาณสารประกอบ Mg ในปริมาณที่สูง ขณะที่ C ถูกสลายไปเป็นจำนวนมาก รวมทั้งความเข้มของพีกที่ 1087.50 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับ CO stretching ลดลง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 400 ไปที่ 700°C ผลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าการสลายเชิงความร้อนของหมู่ทำหน้าที่

สเปกตรัม FTIR ของ Zn-kapok carbon fiber composites มีพีกแหลมที่ 3560 cm^{-1} พีกแคบที่ 1618 cm^{-1} และพีกอ่อนมากๆ ที่ 525 cm^{-1} (C–C stretching vibrations) พีกสูงสุดที่ hydrogen-bonded OH stretching (3560 cm^{-1}) ถูกเลื่อนไปที่จำนวนคลื่นสูงขึ้น เมื่อเทียบกับโลหะอื่นๆ OH bending mode ก็เลื่อนไปที่จำนวนคลื่นต่ำลงด้วย (1618 cm^{-1}) OH stretching มีเป็นหลัก ซึ่งเกิดจาก intramolecular hydrogen bonding ซึ่งเพิ่มขึ้นโดย Zn สเปกตรัม FTIR ของผลิตภัณฑ์ที่ 700°C มีพีกกว้างที่ $1100\text{--}1200\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสอดคล้องกับ stretching C–O group vibrations ของ polyester bonds ผลนี้แสดงว่า ออกซิเดชันได้เกิดขึ้นที่อุณหภูมินี้ รวมทั้ง ความเข้มของพีกในช่วง 500 ถึง 800 cm^{-1} มีน้อยมาก (มี C–C stretching vibration น้อยมาก) สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์เป็นอสัณฐาน

เทียบผลของ metals-carbon fiber composites ต่างๆ ที่ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่างๆ กัน พบว่า สเปกตรัม FTIR ได้แสดงโครงสร้างอสัณฐานของ metals-composites ทั้งหมด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สเปกตรัม FTIR ของ Cu-kapok carbon fiber composites ทั้งหมดแสดงความเข้มของพีกต่ำสุด มันได้แสดงว่าหมู่ทำหน้าที่ที่ถูกสลายไปได้ดีโดย Cu-salt พีกของ OH stretching ของ metals-composites ทั้งหมดมีแนวโน้มแคบลงโดยการเลื่อนไปที่จำนวนคลื่นสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสสูงขึ้น

ปรากฏการณ์นี้ได้เกิดใน Zn-kapok carbon fiber composites มากที่สุด ความเข้มของพีค OH ค่อนข้างคงที่ใน Al-kapok carbon fiber composites สำหรับทุกอุณหภูมิไพโรไลซิส ความเข้มของพีคอื่นๆ (เช่น C=O, C-H, C-C) ของทุก metals-composites ลดลงเมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสสูงขึ้น

สเปกตรัม FTIR ของ Al-cotton carbonfiber composites ซึ่งไพโรไลซิสที่ 400-700°C พบว่ามีลักษณะคล้ายๆ กับของ Al-kapok carbonfiber composites

สเปกตรัม FTIR ของ Cu-cotton carbonfiber composites พบว่าพีคที่เกิดขึ้นมีน้อยมาก และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พีคจะหายไป ตั้งแต่อุณหภูมิ 600°C ขึ้นไป แสดงว่าหมู่ฟังก์ชันถูกสลายไปตั้งแต่อุณหภูมิ 600°C ขึ้นไป โดยมีแนวโน้มเช่นเดียวกับ copper-kapok carbonfiber composites

สเปกตรัม FTIR ของ Mg-cotton carbonfiber composites เป็นไปในทำนองเดียวกับ Mg-kapok carbonfiber composites โดยพบว่าพีคที่ OH stretching (ประมาณ 3400 cm^{-1}) และ OH bending (1660 cm^{-1}) จะแยกห่างกันมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสสูงขึ้น แสดงว่าพันธะ H-bonding มีแนวโน้มเข้าสู่ความเป็นอุดมคติมากขึ้น

สเปกตรัม FTIR ของ Zn-cotton carbonfiber composites มีพีคที่ประมาณ 3562 cm^{-1} และ 1618 cm^{-1} ที่ค่อนข้างแคบและแหลม เช่นเดียวกับ Zn-kapok carbonfiber composites และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกัน โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น H-bonding จะเข้าสู่อุดมคติมากขึ้น เช่นกัน

5.4 การวิเคราะห์ด้วย XRD

สเปกตรัม XRD ของ aluminium-banana peel charcoal composite แสดงพีคที่ประมาณ 38° and 68° ซึ่งเป็น Al_2O_3 ที่มีความเป็นผลึกน้อย

สเปกตรัม XRD ของ copper-banana peel charcoal composite มีพีคหลักที่ประมาณ 35° , 36° และ 39° ในทุกสเปกตรัม ซึ่งแสดงลักษณะของ CuO ที่มีความเป็นผลึก

สเปกตรัม XRD ของ magnesium-banana peel charcoal composites แสดงความเป็นผลึกของคอมโพสิตเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 400 ไปที่ 700°C

สเปกตรัม XRD ของ zinc- banana peel charcoal composites แสดงความเป็นผลึกของคอมโพสิตเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 400 ไป 600°C พีคอ่อนที่ประมาณ 32° และ 38° เป็นพีคของสารประกอบ Zn compound

สเปกตรัม XRD ของ aluminium-kapok carbon fiber composites แสดงพีคที่ 26.5° ซึ่งเป็นลักษณะของแกรไฟต์ ความเข้มของพีคนี้ลดลงที่อุณหภูมิสูงกว่า 500°C ในขณะเดียวกัน มีพีคกว้างที่ 46° ซึ่งเป็นลักษณะของคาร์บอนอสัณฐาน และมีพีคกว้างที่ประมาณ 38° และ 68° ซึ่งเป็น Al_2O_3 ที่มีความเป็นผลึกน้อยมาก

สเปกตรัม XRD ของ copper-kapok carbon fiber composite มีพีคหลักที่ประมาณ 36° และ 39° ในทุกสเปกตรัม ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเป็นลักษณะของผลึก CuO แสดงว่ากำลังออกซิไดซ์ของ CuO มีสูงมาก

เช่นเดียวกับในคอมโพสิตของถ่านเปลือกกล้วย ผลของการออกซิเดชัน CuO ทำให้ไปเพิ่มปริมาณ Cu ในคอมโพสิต รวมทั้งสเปกตรัมนี้ยังได้แสดงผลึกกัณฑ์ไพโรไลซิสที่เป็นผลึกเช่นกัน นอกจากนี้ พิกของใยคาร์บอนมีพิกอ่อนมากที่ประมาณ 26.5° ในทุกสเปกตรัม ที่แสดงความเป็นออสัญฐาน

สเปกตรัม XRD ของ magnesium-kapok carbon fiber composites แสดงว่าคอมโพสิตที่ไพโรไลซิสที่ 400 ถึง 600°C เป็นออสัญฐาน ในทางตรงข้าม พิกในสเปกตรัมที่ 700°C ซึ่งให้เห็นว่าผลึกกัณฑ์ไพโรไลซิสมีความเป็นผลึก

สเปกตรัม XRD ของ zinc-kapok carbon fiber composites แสดงปริมาณผลึกของคอมโพสิตเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 400 ไปที่ 600°C คอมโพสิตค่อนข้างเป็นออสัญฐานที่ 700°C และทุกสเปกตรัมมีพิกที่ประมาณ 11° แสดงถึงการมีอนุภาคขนาดนาโนในใยคาร์บอนคอมโพสิต ส่วนสองพิกที่ประมาณ 26° และ 44° สอดคล้องกับแกรไฟต์ และพิกอื่นๆ ที่ประมาณ 32° , 38° และ 58° เป็นพิกของสารประกอบ Zn

XRD ของ Al-cotton carbon fiber composites มีลักษณะพิกที่ค่อนข้างเป็นโครงสร้างออสัญฐานมากกว่าของ Al-kapok carbon fiber composites แต่ยังคงพิกของ Al_2O_3 เช่นเดียวกัน โดยมีแนวโน้มเหมือนกันในทุกอุณหภูมิการไพโรไลซิส

สเปกตรัม XRD ของ copper-cotton carbon fiber composites พบว่าทุกอุณหภูมิแสดงพิกคล้ายๆ กัน โดยแสดงถึงความเป็นผลึกที่ค่อนข้างสูง และมีพิกของ CuO ที่เด่นชัด เช่นเดียวกับ copper-kapok carbon fiber composites

สเปกตรัม XRD ของ magnesium-cotton carbon fiber composites แสดงความเป็นผลึกที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิตั้งแต่ 600°C ขึ้นไป พิกที่เด่นชัดแสดงสารประกอบของ Mg ซึ่งคล้ายๆ กับของ magnesium-kapok carbon fiber composites

สเปกตรัม XRD ของ Zn-cotton carbon fiber composites ทั้งหมดแสดงความเป็นออสัญฐานในทุกอุณหภูมิและแสดงการมีอนุภาคระดับนาโนเช่นเดียวกับของ Zn-kapok carbon fiber composites

5.5 การวิเคราะห์ด้วย SEM

ภาพ SEM ของ aluminium-banana peel charcoal composite ไพโรไลซิสที่ 400°C ถึง 700°C พบว่ามีอนุภาคขนาดระดับนาโน (เส้นผ่านศูนย์กลาง = $1.0-1.9\ \mu\text{m}$) เส้นใยนาโน (เส้นผ่านศูนย์กลาง = $1.5-3.0\ \mu\text{m}$, ความยาว = $200\ \mu\text{m}$) และเป็นแบบเม็ด (เส้นผ่านศูนย์กลาง = $1.0-1.9\ \mu\text{m}$) ในผลึกกัณฑ์คอมโพสิต

ภาพ SEM ของ aluminium-banana peel charcoal composite ที่ไพโรไลซิสที่ $400-500^\circ\text{C}$ พบว่าพื้นผิวมีความขรุขระ มีเส้นใยบางส่วน และมีแผ่นเกล็ดบางส่วน และเมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสสูงขึ้นไปเป็น $600-700^\circ\text{C}$ พบว่าพื้นผิวมีอนุภาคเม็ดกลมจำนวนมากเกาะอยู่ แสดงว่าเกิดคอมโพสิตมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ภาพ SEM ของ copper- banana peel charcoal composite ไพโรไลซิสที่ 400-700°C พบว่ามีกลุ่มก้อนผลึกจำนวนมากเกาะติดตามพื้นผิว ซึ่งคาดว่าเป็นสารประกอบของ Cu พื้นผิวมีลักษณะเกิดร่องรูพรุนที่ต่อเนื่องเป็นริ้ว

ภาพ SEM ของ magnesium- banana peel charcoal composite ไพโรไลซิสที่ 400-700 °C พบว่ามีอนุภาคเป็นเม็ดกลมที่มีขนาดต่างๆ จำนวนมากเกาะบนพื้นผิว ที่ค่อนข้างเป็นระเบียบมากกว่าของ copper- banana peel charcoal composite และยังพบว่ามีเส้นใยบางส่วนที่ปรากฏอยู่ในคอมโพสิต โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 700°C

ภาพ SEM ของ zinc- banana peel charcoal composite ไพโรไลซิสที่ 400-700 °C พบอนุภาคขนาดเล็กมากๆ จำนวนมากบนพื้นผิวที่ขรุขระและเป็นขอบริ้ว พื้นผิวแสดงการแตกแยกเป็นร่อง ที่อุณหภูมิ 700°C อนุภาคเม็ดกลมมีจำนวนลดลง พื้นผิวมีลักษณะเป็นริ้วชั้นบางๆ ซ้อนทับกัน

เส้นใยคาร์บอนมีโครงสร้างเป็นท่อกลวงซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 17.98 μm ในการเติม 5 wt% Al_2O_3 ในเส้นใยคาร์บอนแล้วไพโรไลซิสที่ 400 ถึง 700°C ผลึกภัณฑ์ที่ได้แสดงว่ามีอนุภาคจำนวนมากเกาะบนผิวของเส้นใยคาร์บอน ในทางกลับกันผลึกภัณฑ์ไพโรไลซิสที่ 700°C ได้แสดงว่ามีอนุภาคเกาะบนผิวเพียงเล็กน้อย เส้นใยคาร์บอนมีพื้นผิวหักงอและบิดเบี้ยว เมื่อไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 500 ไป 700°C

ภาพ SEM ของ copper-kapok carbon fiber composites แสดง พื้นผิวของเส้นใยคาร์บอนหักงอและซ้อนทับกัน และแสดงการสลายตัวของเส้นใยคาร์บอนที่มากกว่าของ aluminium-kapok carbon fiber composite แต่พื้นผิวของ copper-kapok carbon fiber composite ยังแสดงพื้นผิวรูปทรงกระบอกที่เรียบมากกว่า ผลของเกลือ Cu ต่อการแตกสลายของเส้นใยคาร์บอนแรงกว่าเกลือ Al ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่ำ

ภาพ SEM ของ Mg-kapok carbon fiber composite พบว่ามีอนุภาคยึดติดบนผิวใยคาร์บอน ซึ่งคาดว่าเป็น Mg-carbon composites ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 600°C เส้นใยคาร์บอนหักซ้อนทับกันและโค้งงอ ยิ่งกว่านั้น ที่ 700°C มีอนุภาคจำนวนมากเกาะบนผิวใยคาร์บอน แสดงว่า เส้นใยถูกทำลายไปจำนวนมาก คาดว่าเป็นผลึกของ Mg-C composite

พื้นผิวของ zinc-kapok carbon fiber composites ถูกทำลายเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับคอมโพสิตอื่นๆ

ภาพ SEM ของ copper- cotton carbonfiber composite ไพโรไลซิสที่ 400-700 °C แสดงถึงเส้นใยสำลีคาร์บอนถูกทำลายเป็นจำนวนมาก เมื่อเทียบกับโลหะอื่นๆ ซึ่งลักษณะแบบนี้ได้เกิดขึ้นในทำนองเดียวกันใน magnesium- cotton carbonfiber composite แต่แรงในการถูกทำลายมีน้อยกว่าของ Cu

ภาพ SEM ของ zinc- cotton carbonfiber composite ไพโรไลซิสที่ 400-700 °C พบว่าเส้นใยสำลี้คาร์บอนมีลักษณะหดรัดตัวไม่สม่ำเสมอ และแนวโน้มจะมีผลึกเกาะอยู่บนผิวใยคาร์บอนมากขึ้น เมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสมากขึ้น โดยเฉพาะที่ 700°C

5.6 ผลการวิเคราะห์ด้วย EDS

EDS ของ aluminum-cotton carbonfiber composites บนพื้นผิวของใยสำลี้คาร์บอน ที่ 400 และ 500°C ปริมาณของ C และ Al เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของ O ลดลง เมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสเพิ่มขึ้น ส่วนของ copper-cotton carbonfiber composite มีปริมาณของ Cu ในคอมโพสิตถึง 40.98% และ C ถูกออกซิไดซ์เป็นจำนวนมาก เป็นผลทำให้ปริมาณ O ในคอมโพสิตเพิ่มขึ้นและมีความเป็นผลึกสูงขึ้น ในขณะที่ magnesium- cotton carbonfiber composite ประกอบด้วย 38.50 wt% C, 44.86 wt% O และ 16.64 wt% Mg สูดท้ายใน zinc- cotton carbon fiber composite มีสัดส่วนของ Zn และ Cl สูงกว่าสัดส่วนของ C และ O และมีอัตราส่วนของออกซิเจนต่ำสุดเมื่อเทียบกับคอมโพสิตอื่นๆ

5.7 ผลการสะสมไฮโดรเจน

ชนิดเกลือโลหะและอุณหภูมิไพโรไลซิส มีผลค่อนข้างชัดเจนต่อการดูดซับไฮโดรเจน โดยคอมโพสิตจากเปลือกกล้วย มีค่าสูงกว่าคอมโพสิตที่ได้จากไยุ่นและใยสำลี้ และมีแนวโน้มการเพิ่มการสะสมไฮโดรเจน ตามการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส จาก 400 ไป 700°C แนวโน้มการดูดซับไฮโดรเจนของผลิตภัณฑ์คอมโพสิต มีลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ คือ Cu- banana peel charcoal composite > Mg - banana peel charcoal composite > Al - banana peel charcoal composite > Zn- banana peel charcoal composite เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิเดียวกัน สำหรับ Zn- banana peel charcoal composite มีการสะสมไฮโดรเจนค่อนข้างต่ำ เพราะว่ามี การดูดซับไอน้ำได้ดีมาก เมื่อทิ้งไว้ในบรรยากาศ ส่วน Cu- banana peel charcoal composite มีค่าการสะสมไฮโดรเจน ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน คือ 6.5 %wt ของกระทรวงพลังงานของ USA ผลของชนิดโลหะในคอมโพสิตจากไยุ่นและใยสำลี้ มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่ปรากฏในคอมโพสิตจากเปลือกกล้วย

การสะสมไฮโดรเจน เป็น 0 wt% ใน Zn-kapok carbon fiber composite และ Zn-cotton carbon fiber composite ซึ่งมีปัญหาที่มีการดูดซับน้ำจากบรรยากาศได้ดี