

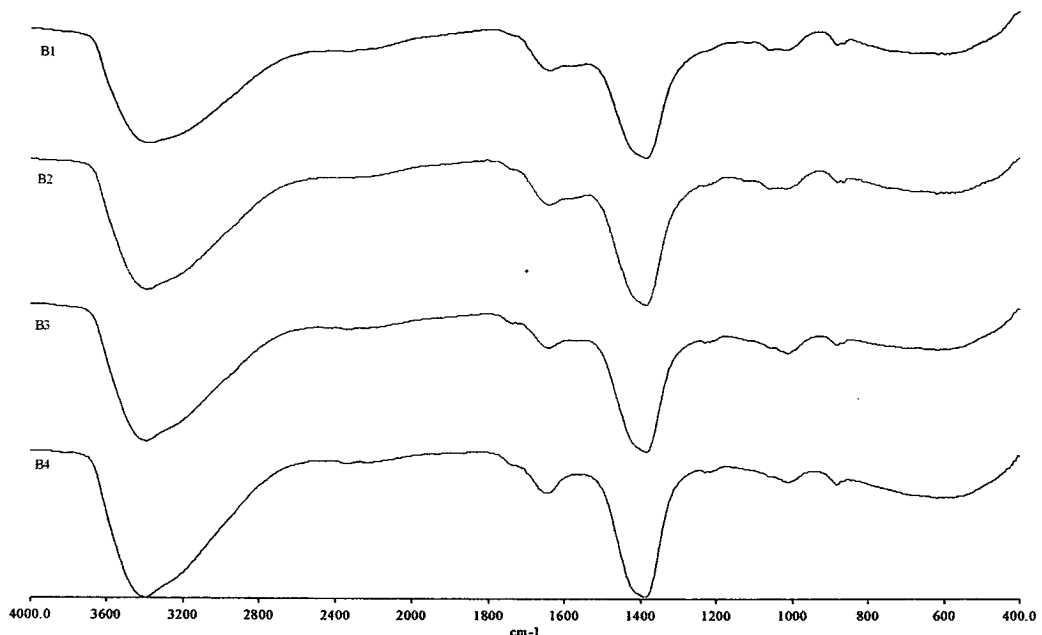
บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR

จากการวิเคราะห์ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของคอมพอลิเมอร์ชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค FT-IR ในช่วง $400\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ ได้ผลจากการวิเคราะห์ดังนี้

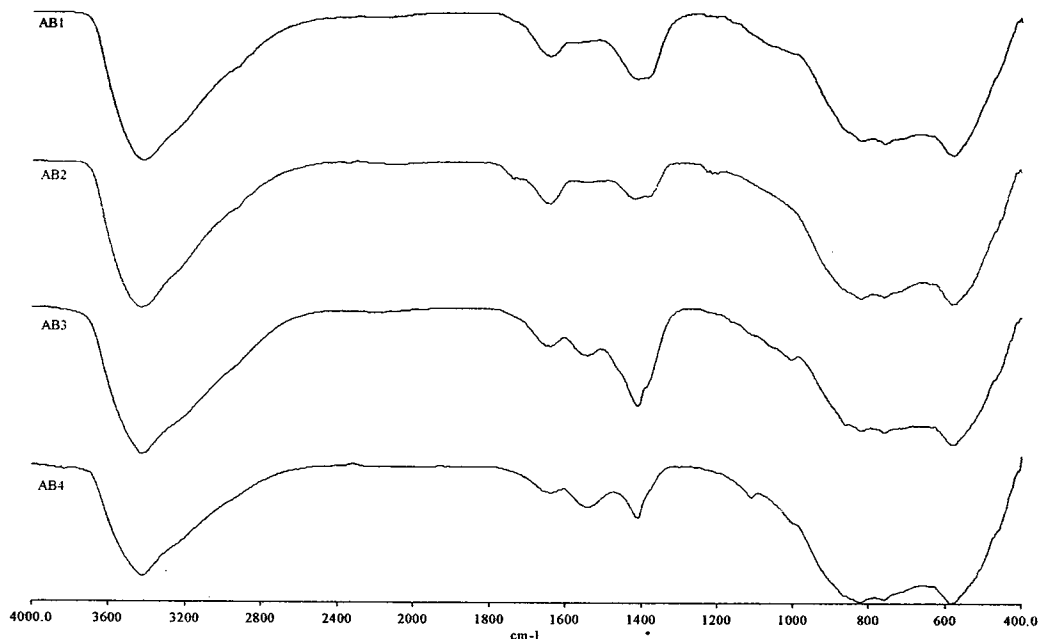
1. ผลการเปรียบเทียบ FT-IR สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะชนิดต่างๆ



ภาพ 1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (B1), 500 °C (B2), 600 °C (B3), 700 °C (B4)

ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของถ่านเปลือกกล้วยที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิตั้งแต่ 400-700 °C (ภาพ 1) พบว่าถ่านเปลือกกล้วยปรากฏแถบการสั่นที่ประมาณ 3435 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล และแถบการสั่นที่ $1642\text{--}1659\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ C=C ของหมู่ฟังก์ชัน

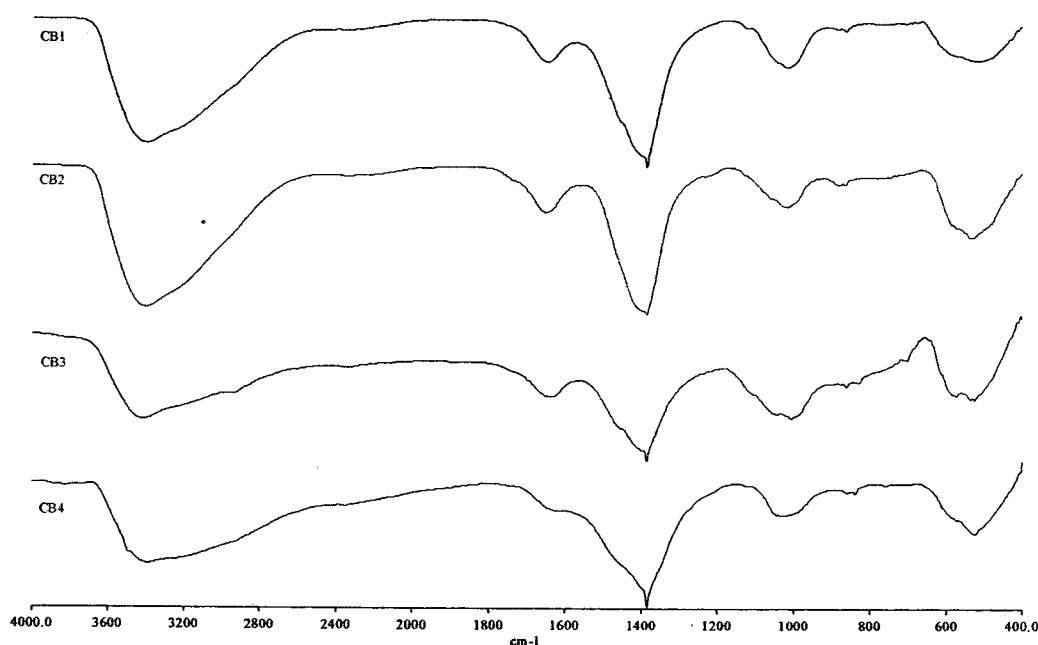
สารประกอบอะโรมาติก [12] ส่วนในแถบที่ประมาณ $1378-1383\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน C-H ของกลุ่ม CH_3



ภาพ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AB1), $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AB2), $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AB3), $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AB4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมดังแสดงใน ภาพ 2 จะเห็นพีคที่มีลักษณะกว้างที่ 3435 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นแบบยืดของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล เกิดจากโมเลกุลของน้ำที่ถูกดูดซับ (การดูดซับทางกายภาพ) บนพื้นผิวของคอมโพสิต ความเข้มของพีคในแถบนี้นี้ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการไพโรไลซิสเพิ่มขึ้น และพีคที่มีความเข้มต่ำในช่วง $1642-1659\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ C=C ของหมู่ฟังก์ชันสารประกอบอะโรมาติก [12] ส่วนในแถบที่ประมาณ $1408-1418\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นการสั่นของหมู่ฟังก์ชัน C=O ของกลุ่มคาร์บอนิล ที่น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน [13] ระหว่างกระบวนการไพโรไลซิสของถ่านเปลือกกล้วยกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม จึงทำให้พีคมีความเข้มมากขึ้นเมื่อทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงขึ้น

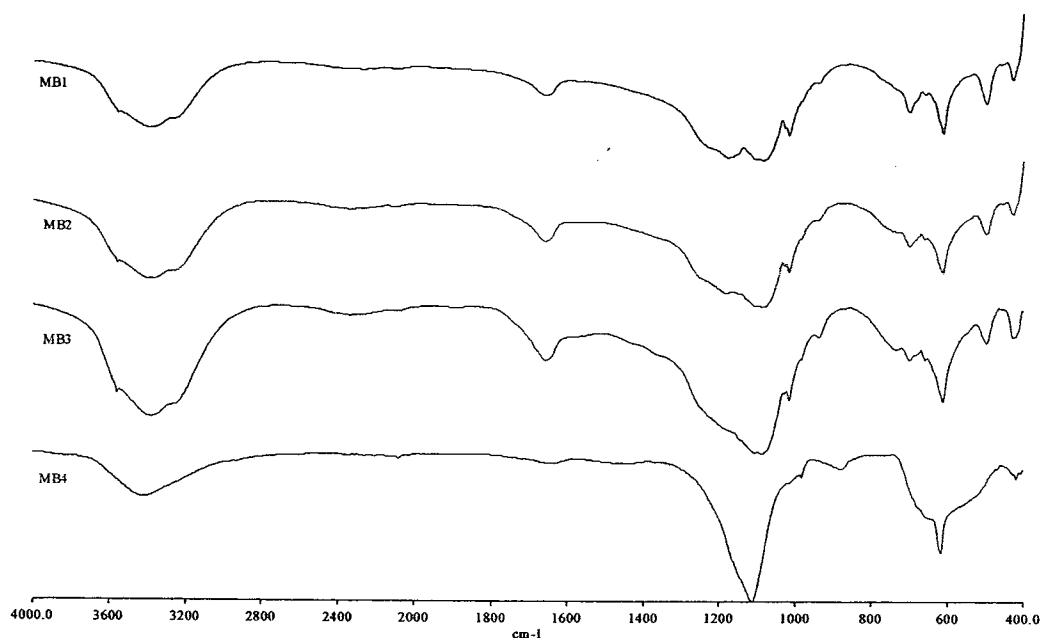
ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียม ดังแสดงใน ภาพ 2 จะเห็นพีกที่มีลักษณะกว้างที่ 3435 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นแบบยืดของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล เกิดจากโมเลกุลของของน้ำที่ถูกดูดซับ (การดูดซับทางกายภาพ) บนพื้นผิวของคอมโพสิต ความเข้มของพีกในแถบนี้ลดลงเมื่ออุณหภูมิในการไพโรไลซิสเพิ่มขึ้น และพีกที่มีความเข้มต่ำในช่วง $1642\text{--}1659\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ C=C ของหมู่ฟังก์ชัน สารประกอบอะโรมาติก [12] ส่วนในแถบที่ประมาณ $1408\text{--}1418\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นการสั่นของ หมู่ฟังก์ชัน C=O ของกลุ่มคาร์บอนิล ที่น่าจะเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน [13] ระหว่าง กระบวนการไพโรไลซิสของถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียม จึงทำให้พีกมีความเข้ม มากขึ้นเมื่อทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะ ทองแดงที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (CB1), 500 °C (CB2), 600 °C (CB3), 700 °C (CB4)

สำหรับสเปกตรัม FTIR ถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะทองแดง สเปกตรัม ทั้งหมดมีความคล้ายคลึงกับสเปกตรัมในภาพ 2 แต่พีกที่ 3435 cm^{-1} ซึ่งเป็นแถบการสั่นแบบยืด ของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล ความเข้มของพีกลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไพโรไลซิส นอกจากนี้พีกในช่วง 1650 cm^{-1} ก็มีความเข้มของพีก ลดลง

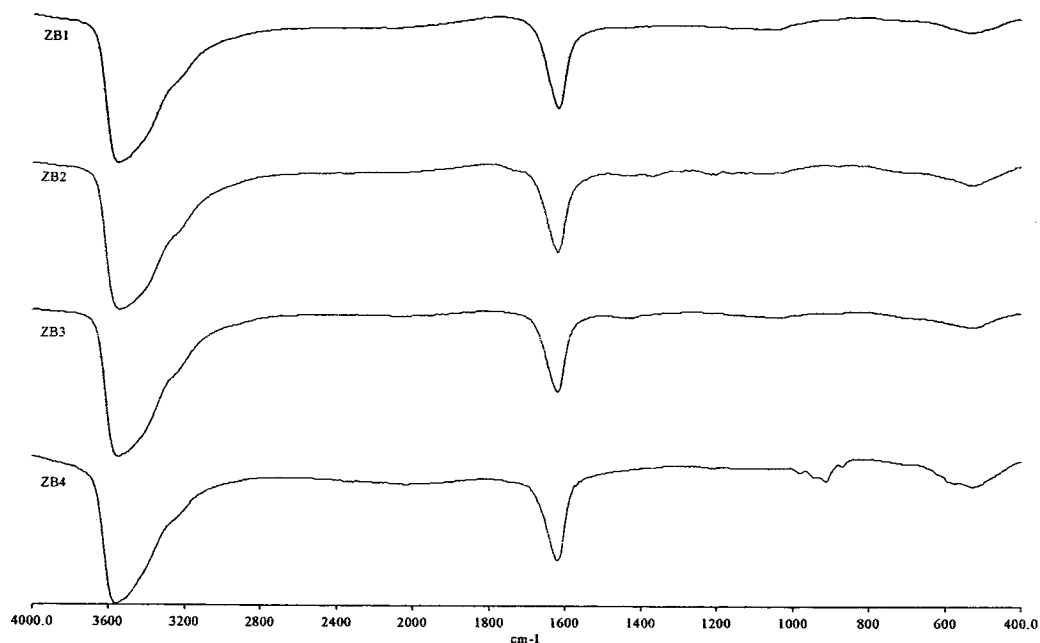
อย่างเห็นได้ชัดจนด้วย ข้อสังเกตนี้ แสดงให้เห็นว่าพันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลายเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสเพิ่มสูงขึ้น [13] นอกจากนั้นยังมีสัญญาณที่ 1384 cm^{-1} ของแถบการสั่น O-H ของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล และแถบการสั่นของ C=O ของกลุ่มคาร์บอนิล ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ง่ายที่อุณหภูมิทั้งหมด พีคที่ขึ้นที่ $1007\text{--}1032\text{ cm}^{-1}$ คาดว่าจะเป็นพีคที่เกิดจากการสั่นแบบยืด C-O ของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก ส่วนพีคที่ 526 cm^{-1} อาจจะเป็นพีคที่เพิ่มขึ้นจากแถบการสั่นของ C-H ของกลุ่ม CH_3



ภาพ 4 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (MB1), 500 °C (MB2), 600 °C (MB3), 700 °C (MB4)

จาก FT-IR สเปกตรัมถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C คอมโพสิทประกอบด้วยพีคที่กว้างและมีความเข้มของสัญญาณต่ำเมื่อเทียบกับถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะชนิดอื่นที่ 3400 cm^{-1} (แถบการสั่นแบบยืด O-H ของหมู่ไฮดรอกซิล) และพีคที่ 1655 cm^{-1} มีความเข้มต่ำมากนอกจากนี้พบว่าเข้มของพีคลดลงด้วยการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส จากภาพ 4 พีคที่ขึ้นที่ 1384 cm^{-1} (แถบการสั่นของ O-H ของหมู่ไฮดรอกซิล) ก็หายไป แสดงให้เห็นว่าหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล ถูกกำจัดออกไป ปรากฏการณ์นี้ แสดงให้เห็นว่า MgSO_4 สามารถดึงน้ำออกจากตัวอย่างได้ดี ในทางตรงกันข้ามความเข้มของพีค

ที่ 1100 cm^{-1} (แถบการสั่นของ C-O ของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก) และ 617 cm^{-1} (แถบการสั่นแบบงอ C-C ของ $\text{C}\equiv\text{C-H}$) เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส แสดงให้เห็นว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิไพโรไลซิสสูงขึ้น ในขณะที่พีคที่มีขนาดเล็กมากในช่วงประมาณ $419\text{--}427\text{ cm}^{-1}$ แสดงถึงสัญญาณการสั่นของ C-H ของกลุ่ม CH_3 ในคอมโพสิต ถูกย่อยสลายจากกระบวนการไพโรไลซิส [14]

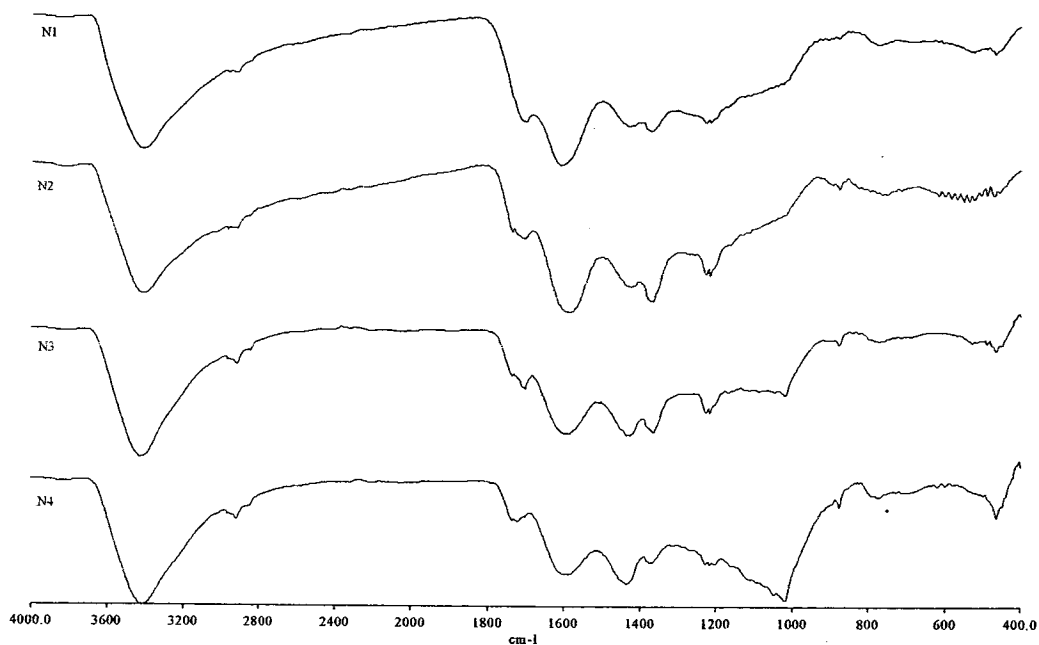


ภาพ 5 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZB1), $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZB2), $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZB3), $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZB4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะสังกะสี แสดงให้เห็นว่ามียอดพีคที่ค่อนข้างคมชัดที่ 3435 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล และแถบการสั่นที่ $1642\text{--}1659\text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ C=C ของหมู่ฟังก์ชันสารประกอบอะโรมาติก [12] สัญญาณของการสั่นแบบยืดของ O-H จะเลื่อนไปตัวเลขคลื่นที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับคอมโพสิตของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอื่นๆ แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างหลักในโมเลกุลของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล มีองค์ประกอบของสังกะสีที่เพิ่มขึ้นจำนวนมาก พีคที่ 525 cm^{-1} (แถบการสั่นของ C-C) พีคที่มีความเข้มต่ำในภาพ 5 แสดงว่า

ในคอมโพสิตของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะสังกะสี มีโลหะ ZnCl_2 ทำหน้าที่เป็นตัวย่อยอนุภาคที่พื้นผิวของสารประกอบได้ดี [13]

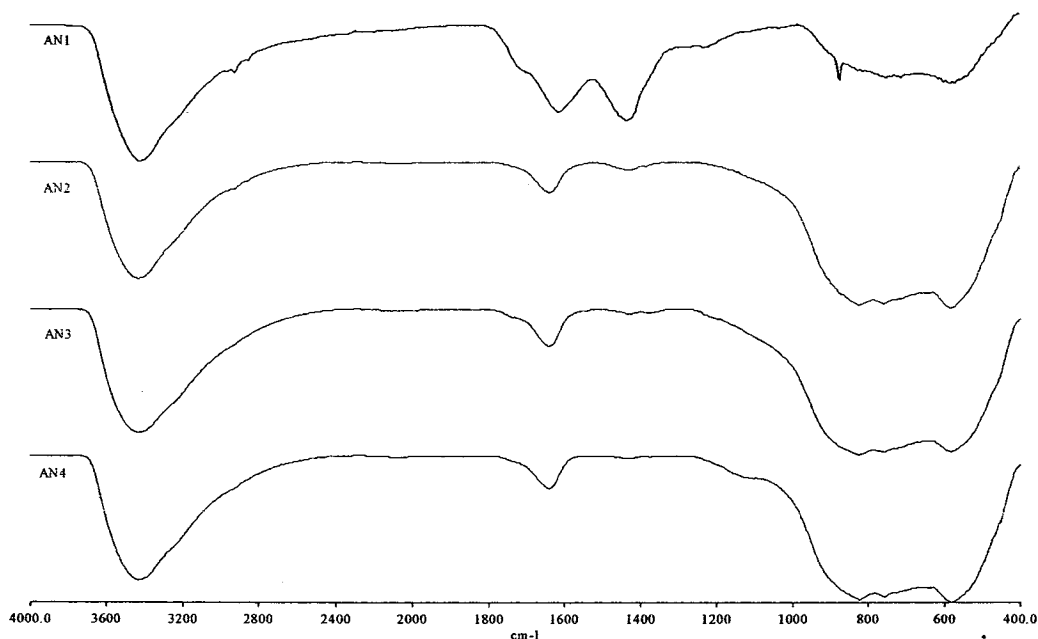
2. ผลการเปรียบเทียบ FT-IR สเปกตรัมของใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ



ภาพ 6 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของใยุ่นที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (N1), 500 °C (N2), 600 °C (N3), 700 °C (N4)

ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของใยุ่นที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิตั้งแต่ 400-700 °C (ภาพ 6) พบว่าสัญญาณสเปกตรัมของใยุ่นปรากฏแถบการสั่นที่ประมาณ 3435 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล และแถบการสั่นที่ $1642\text{-}1659 \text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ C=C ของหมู่ฟังก์ชันสารประกอบอะโร-มาติก [12] ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากการวิเคราะห์ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของถ่านเปลือกกล้วยจะพบว่าพิกที่ตำแหน่งดังกล่าวในองค์ประกอบของใยุ่นมีความเข้มของสัญญาณมากกว่า ส่วนในแถบที่ประมาณ $1378\text{-}1383 \text{ cm}^{-1}$ น่าจะเป็นการสั่นของ C-H ของกลุ่ม แอลเคน ที่ความเข้มของสัญญาณลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการ

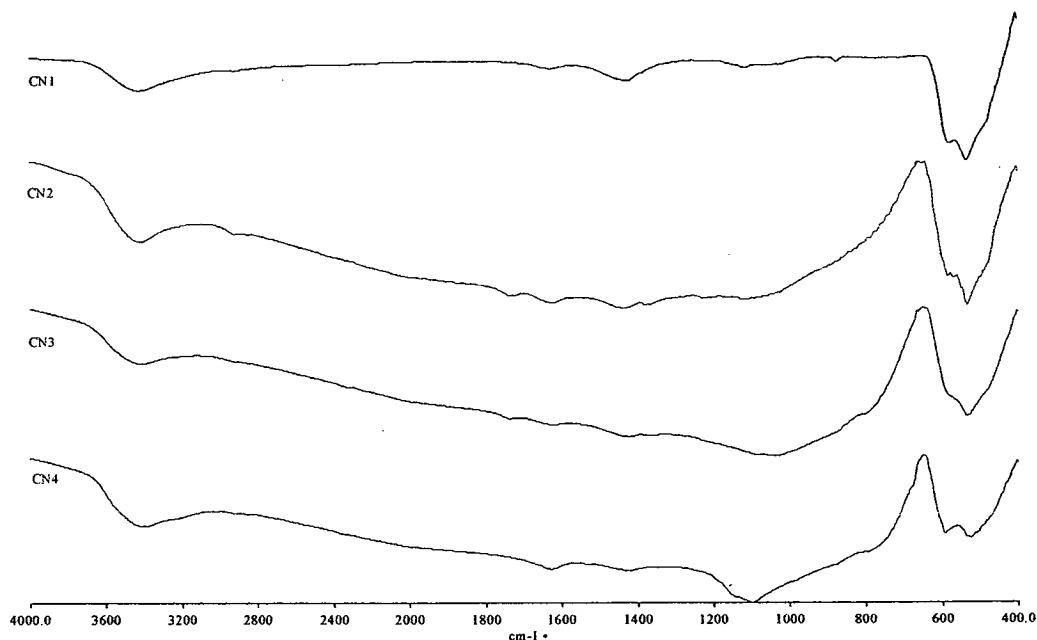
ไพโรไลซิสเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ยังพบพีคที่ขึ้นที่ $1025\text{-}1060\text{ cm}^{-1}$ และ 1260 cm^{-1} ซึ่งคาดว่า จะเป็นสัญญาณของการสั่นแบบยืดของ C-O ของหมู่ฟังก์ชันไพมารี แอลกอฮอล์



ภาพ 7 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของโพลิเมอร์ผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AN1), $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AN2), $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AN3), $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (AN4)

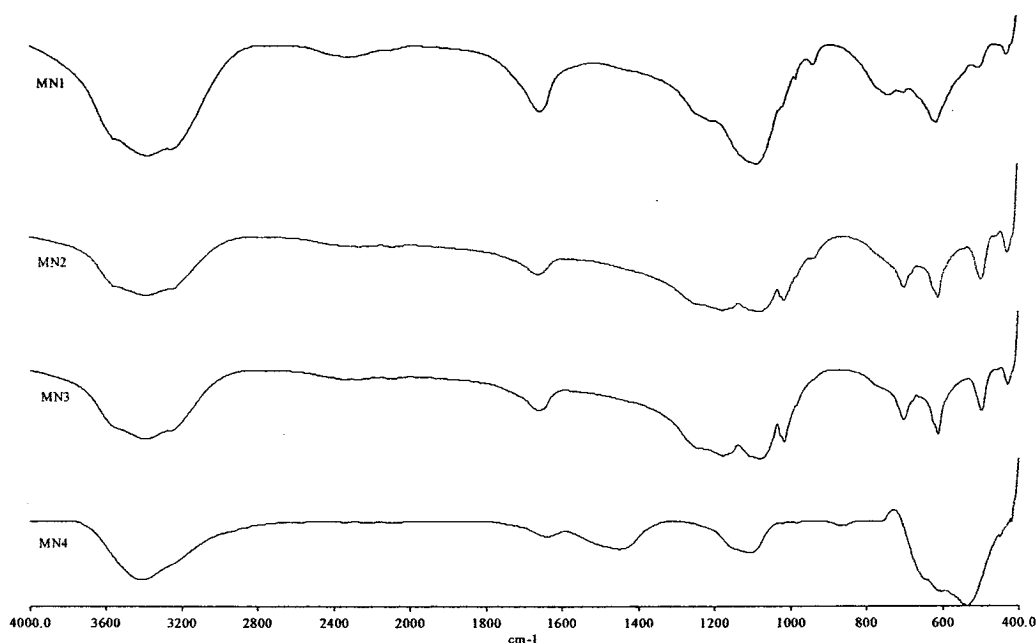
สเปกตรัม FT-IR ของโพลิเมอร์ผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมแสดงในภาพ 7 จะพบสัญญาณของพีคที่ 3435 cm^{-1} ที่มีลักษณะกว้าง และพีคที่มีความเข้มต่ำที่ 1639 cm^{-1} ทั้งพีคเป็นเกิดจากการสั่นแบบยืด และการสั่นแบบงอของกลุ่ม O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล ตามลำดับ [15] นอกจากนี้ พีคที่กว้าง และมีความเข้มของสัญญาณค่อนข้างต่ำในช่วง $823\text{-}582\text{ cm}^{-1}$ ที่ปรากฏขึ้นทุกอุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิส เกิดจากการสั่นแบบงอของ C-H ของกลุ่ม แอลเคน [16] และมีเพียงคาร์บอนไฟของโพลิเมอร์ผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมทำการไพโรไลซิส ที่ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ แสดงให้เห็นว่ามีสัญญาณที่มีความเข้มต่ำ ของระนาบการสั่นแบบงอ H-C-H ของ หมู่อัลคิล ที่ 1435.98 cm^{-1} [16] และสัญญาณเหล่านี้หายไปหลังจากไพโรไลซิสถึง $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ นอกจากนี้สัญญาณของพีคที่ 1435.98 cm^{-1} ลดลงและหายไป ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส $400\text{-}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่พีคที่ 823 cm^{-1} ที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้มของสัญญาณเพิ่มขึ้นอย่างเห็น

ได้ชัด สัญญาณของพีคที่ 823 และ 1430 cm^{-1} มีความสำคัญมากที่จะบ่งบอกปริมาณโครงสร้างของผลึกเมื่อเทียบกับโครงสร้างอสัณฐานของ คาร์บอน [16]



ภาพ 8 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของโพลิอิมิดผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (CN1), 500 °C (CN2), 600 °C (CN3), 700 °C (CN4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR สเปกตรัมของคอมโพสิตโพลิอิมิดผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ภาพ 8 แสดงให้เห็นยอดพีคที่มีความเข้มต่ำกว่าคอมโพสิตโพลิอิมิดผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม แต่มีความกว้างกว่า ยอดพีคที่ 3436 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล) และ พีคมีความเข้มของสัญญาณต่ำที่ 1639 cm^{-1} (การสั่นแบบงอ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล) ในทุกสเปกตรัมซึ่งแสดงให้เห็นว่า พันธะ H ถูกทำลาย ในทำนองเดียวกัน พีคที่มีความเข้มต่ำมากที่สุดที่ 1436 cm^{-1} ที่เกือบจะหายไป ที่อุณหภูมิของการไพโรไลซิสสูงกว่า 600 °C ปรากฏการณ์นี้ชี้ให้เห็นสัญญาณของการสั่นที่เกิดจาก H-C-H สายโซ่ของหมู่ฟังก์ชันเอทิลได้หายไป และพีคที่ 823 cm^{-1} ไม่ปรากฏเช่นกัน ส่วนพีคที่ค่อนข้างเห็นได้อย่างชัดเจน และมีความเข้มมากที่สุดที่ 535 cm^{-1} (แถบการสั่นของ C-C ของกลุ่ม CH_3) สามารถมองเห็นได้ในทุกสเปกตรัม

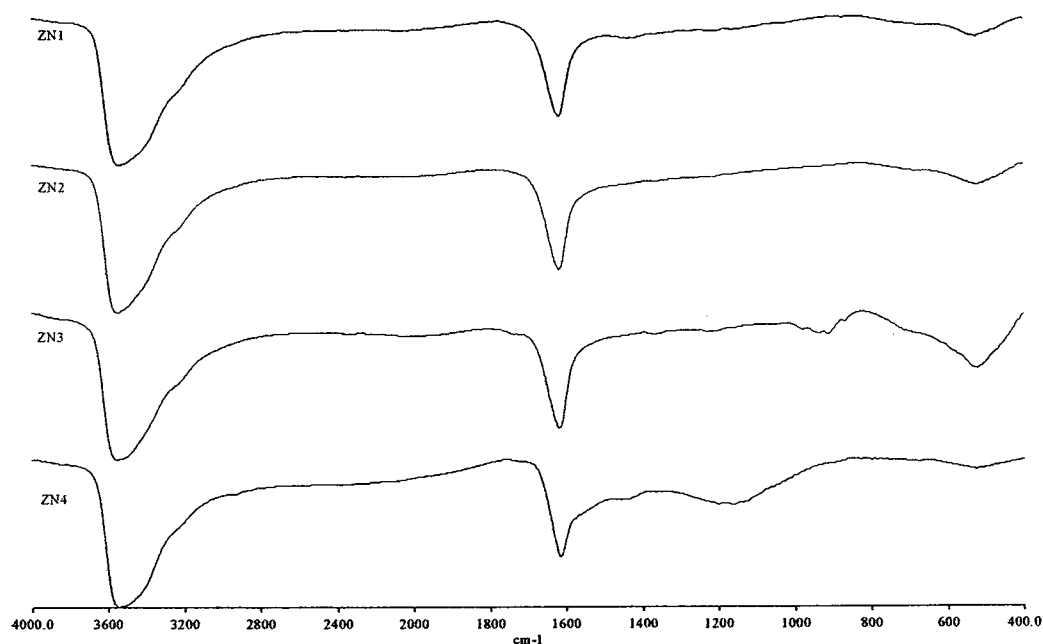


ภาพ 9 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของโพลิไมด์ผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (MN1), 500 °C (MN2), 600 °C (MN3), 700 °C (MN4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของคอมโพสิตโพลิไมด์ผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมแสดงให้เห็นพีคที่กว้างและมีความเข้มต่ำที่ประมาณ 3400 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล) และพีคที่ 1655 cm^{-1} ความเข้มของพีคที่ 1655 cm^{-1} ค่อยๆ ลดลง เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิ 400-700 °C คอมโพสิตโพลิไมด์ผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C มีสัญญาณของพีคที่ 1087.50 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด C-O ของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก) ซึ่งจะมีความเข้มของพีคลดลง เมื่ออุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิสสูงขึ้นจาก 500-700 °C สเปกตรัมที่ 700 °C มีพีคที่ 1655 และ 1111.59 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด C=O ของหมู่ฟังก์ชันคาร์บอกซิลิก แอซิด) [17] พีคที่ 520 cm^{-1} (การสั่นแบบยืดของ C-C ของกลุ่มแอลเคน) นอกจากนี้ FT-IR สเปกตรัมคอมโพสิตโพลิไมด์ผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500-600 °C แสดงพีคที่ 1178 cm^{-1} (แถบการสั่นของ C-O) และสัญญาณช่วง $700-498\text{ cm}^{-1}$ (การสั่นแบบยืดของ C-C ของหมู่ฟังก์ชันแอลเคน) [15] ในทำนองเดียวกัน FT-IR สเปกตรัมของคอมโพสิตที่ทำการไพโรไลซิสโดยใช้อุณหภูมิ 400-600 °C พีคที่ 612 และ 429 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับ แถบการสั่นแบบยืด C-C [15] จากผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการไพโรไลซิสคอมโพสิต จำนวนพันธะ H จะลดลง

แต่ความแข็งแรงของพันธะ H เพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณของพีคที่ 3400 cm^{-1} พีคที่ 1655 cm^{-1} ตามลำดับ ที่อุณหภูมิในการไพโรไลซิสเท่ากับ $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ แสดงให้เห็นพีคที่ 1451 cm^{-1} ซึ่ง สอดคล้องกับแถบการสั่นของกลุ่ม $\text{C}=\text{O}$ ของกลุ่มคาร์บอนิล ซึ่ง $\text{C}=\text{O}$ นี้ถูกสร้างขึ้นจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ที่ได้ยังแสดงให้เห็นผลึกของผลิตภัณฑ์ที่อาจจะเป็นเพราะเป็นปริมาณของ Mg ในสารประกอบลดลงไปเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้พีคที่ $1,087.50\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสอดคล้องกับ แถบการสั่นแบบยืดของ $\text{C}-\text{O}$ ของหมู่ฟังก์ชันแอลกอฮอล์ ลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสจาก $400\text{--}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ผลที่ได้นี้บ่งชี้ว่ามีการสลายตัวทางความร้อนของคอมพอสิต



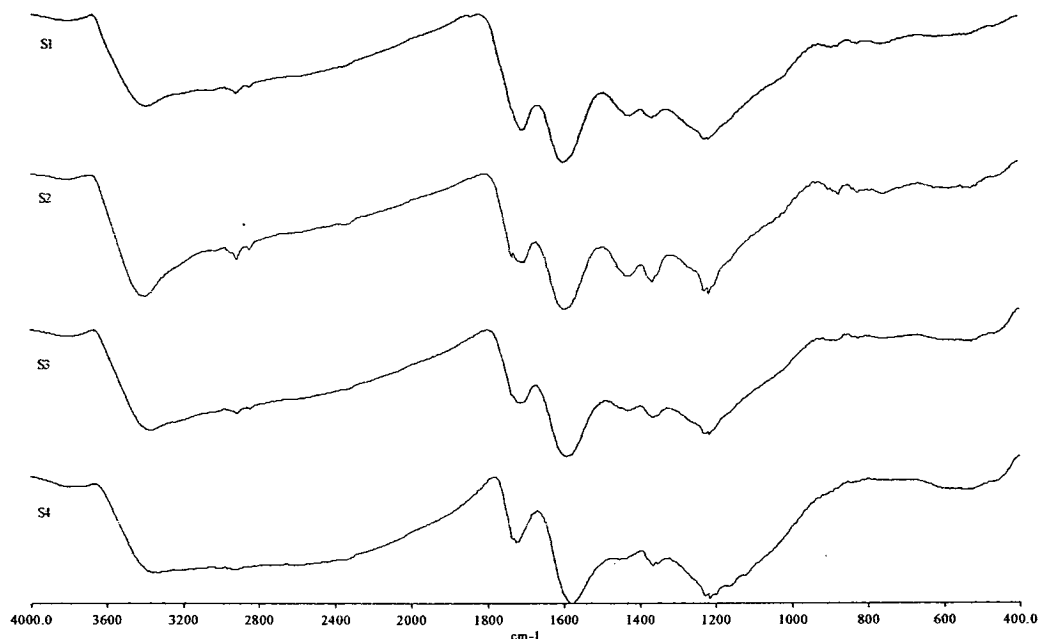
ภาพ 10 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของโพลิยูรีเทนผสมกับเกลื่อของโลหะสังกะสี ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZN1), $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZN2), $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZN3), $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZN4)

FT-IR สเปกตรัมของโพลิยูรีเทนผสมกับเกลื่อของโลหะสังกะสีมีพีคที่ค่อนข้างคมชัดที่ 3560 cm^{-1} พีคที่ 1618 cm^{-1} และพีคที่มีความเข้มของสัญญาณต่ำในช่วง 525 cm^{-1} (แถบการสั่นแบบยืด $\text{C}-\text{C}$ ของแอลเคน) [15] การดูดกลืนแสงสูงสุดของแถบการสั่นแบบยืดของ $\text{O}-\text{H}$ หมู่ไฮดรอกซิล ที่ 3560 cm^{-1} จะเลื่อนไปที่ตำแหน่งสูงขึ้น เมื่อเทียบกับโลหะอื่นๆ ส่วนแถบการสั่น

แบบงอของ O-H จะเลื่อนไปยังช่วงความถี่ที่ต่ำกว่า (1618 cm^{-1}) เนื่องจากการภายในโมเลกุลที่มีพันธะไฮโดรเจน มีการเพิ่มขึ้นของธาตุสังกะสี FT-IR สเปกตรัมของคอมโพลีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ มีสัญญาณของพีคที่กว้างในช่วง $1100\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งสอดคล้องกับ แถบการสั่นแบบยืดของหมู่ C-O ของโพลีเอสเตอร์ [17] แสดงให้เห็นว่ามีการเกิดออกซิเดชันเกิดขึ้น ในขณะที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมินี้ นอกจากนี้พีคที่อยู่ในช่วง $500\text{-}800\text{ cm}^{-1}$ (แถบการสั่นแบบยืด C-C ของแอลเคน) สรุปว่าในคอมโพลีที่ทำการเตรียมนี้มีโครงสร้างอยู่

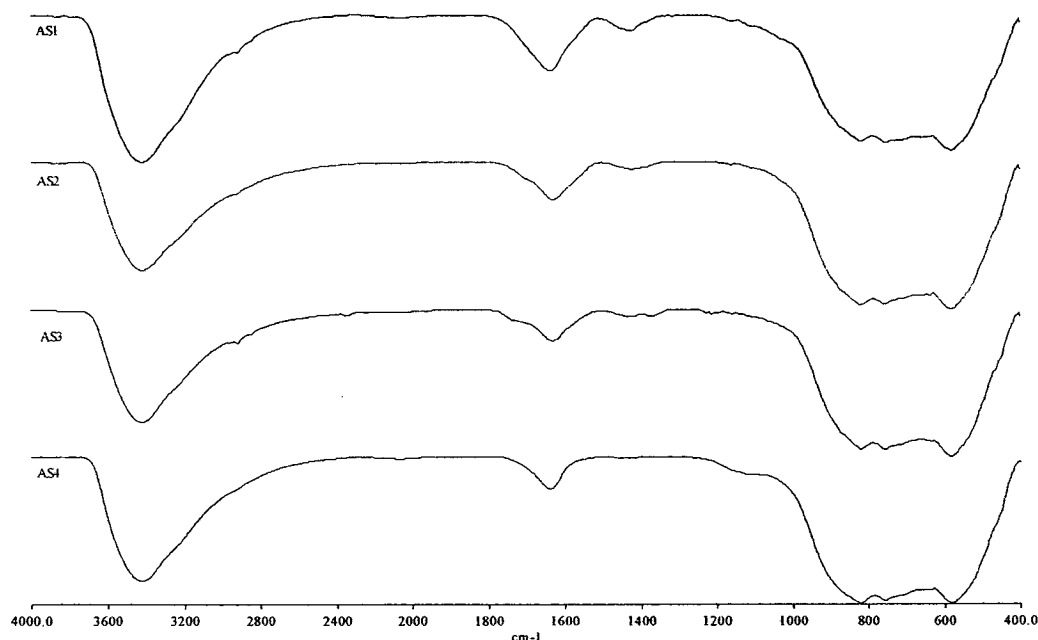
การเปรียบเทียบผลของคาร์บอนไฟเบอร์ผสมกับเกลือของโลหะที่แตกต่างกัน ไพโรไลซิสที่อุณหภูมิต่างกัน จาก FT-IR สเปกตรัมพบว่าการเพิ่มขึ้นของโครงสร้างพื้นฐานของคอมโพลี ไปตามอุณหภูมิไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้น FT-IR สเปกตรัมของใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะทองแดงแสดงให้เห็นความเข้มของพีคได้น้อยที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ใยุ่นถูกสลายตัวได้ดี โดยเกลือของโลหะทองแดง FT-IR สเปกตรัมของใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ เกิดการเคลื่อนของสัญญาณไปในช่วงความถี่ที่สูงขึ้นเป็นเพราะไพโรไลซิสที่อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น แต่ FT-IR สเปกตรัมของใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะสังกะสีจะแสดงให้เห็นชัดเจนที่สุด ความเข้มของพีคที่เกิดจากแถบการสั่นของ O-H ค่อนข้างมีเสถียรภาพ ในคอมโพลีของคาร์บอนไฟเบอร์ระหว่างใยุ่นกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $400\text{-}700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความเข้มของพีคอื่นๆ (เช่น C=O, C-H, C-C) ของคอมโพลีทั้งหมด จะมีความเข้มลดลงเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้การไพโรไลซิส

3. ผลการเปรียบเทียบ FT-IR สเปกตรัมของสำลีสัมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ



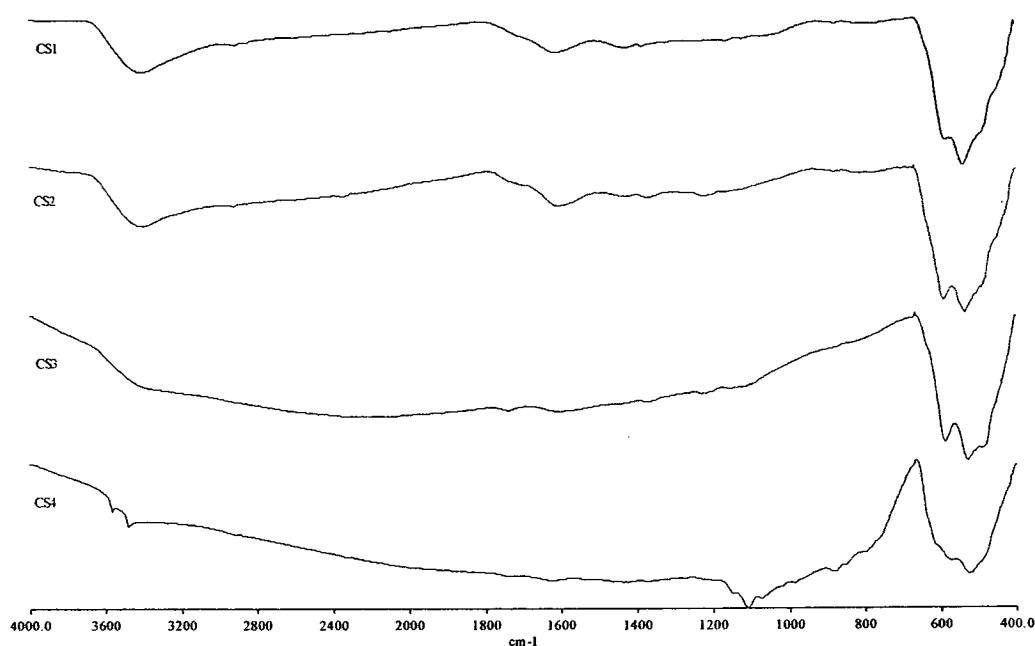
ภาพ 11 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของสำลี้ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (S1), 500 °C (S2), 600 °C (S3), 700 °C (S4)

ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสำลี้ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิตั้งแต่ 400-700 °C (ภาพ 11) พบว่าสัญญาณสเปกตรัมของไยนุ่มปรากฏสัญญาณที่มีลักษณะกว้างที่ประมาณ 3435 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นของ O-H หมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล และแถบการสั่นที่ 1720 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นแบบยืดของพันธะ C=O ของหมู่คาร์บอนิล และแถบการสั่นที่ 1594 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ C-H ของแอลเคน นอกจากนี้ยังพบสัญญาณที่ 1420 cm^{-1} น่าจะเป็นแถบการสั่นของพันธะ O-H ของฟีนอล ซึ่งสัญญาณดังกล่าวค่อยๆหายไปเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส และสัญญาณของการสั่นแบบยืดของ C-O ของฟีนอล ที่ขึ้นในช่วง 1220 cm^{-1} และ 1300 cm^{-1} [18]



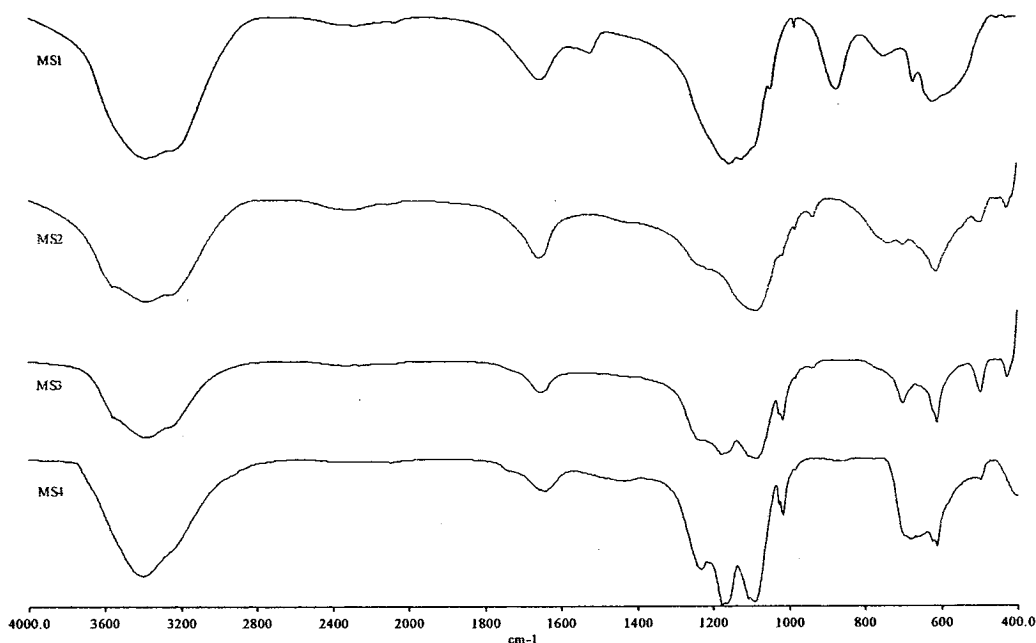
ภาพ 12 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของสําลึผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (AS1), 500 °C (AS2), 600 °C (AS3), 700 °C (AS4)

จากสเปกตรัม FT-IR จากคอมโพสิตสําลึผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม จะแสดงในภาพ 12 พีคที่ได้มีความคล้ายคลึงกับพีคของคอมโพสิตระหว่างใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมโดยจะพบว่าสัญญาณของพีคที่ 3435 cm^{-1} ที่มีลักษณะกว้าง และพีคที่มีความเข้มต่ำที่ 1639 cm^{-1} ทั้งพีคเป็นเกิดจากการสั่นแบบยืด และการสั่นแบบงอ O-H ของกลุ่มไฮดรอกซิลตามลำดับ [15] นอกจากนี้ พีคที่กว้าง และมีความเข้มของสัญญาณค่อนข้างต่ำในช่วง $823\text{--}582\text{ cm}^{-1}$ ที่ปรากฏขึ้นทุกอุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิส เกิดจากการสั่นแบบงอ C-H ของแอลเคน [16] และคาร์บอนไฟของสําลึผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมทำการไพโรไลซิส ที่ $400\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$ แสดงให้เห็นว่ามีสัญญาณที่มีความเข้มต่ำ ของระนาบการสั่นแบบงอ H-C-H และ O-C-H ที่ $1,435.98\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเป็นสายโซ่ของหมู่อัลคิล [16] จะค่อยๆลดลง และสัญญาณเหล่านี้หายไปหลังจากไพโรไลซิสถึง $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ในขณะที่พีคที่ 823 cm^{-1} ที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้มของสัญญาณเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สัญญาณของพีคที่ 823 และ 1430 cm^{-1} มีความสำคัญมากที่จะบ่งบอกปริมาณโครงสร้างของผลึกเมื่อเทียบกับโครงสร้างอสัณฐานของคาร์บอน [16]



ภาพ 13 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของสำลีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (CS1), 500 °C (CS2), 600 °C (CS3), 700 °C (CS4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR สเปกตรัมของคอมพอลิเมอร์สำลีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ภาพ 13 แสดงให้เห็นยอดพีคที่มีความเข้มต่ำกว่าคอมพอลิเมอร์สำลีผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม แต่มีความกว้างกว่า ยอดพีคที่ 3436 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด O-H ของหมู่ไฮดรอกซิล) และ พีคมีความเข้มของสัญญาณต่ำที่ 1639 cm^{-1} (การสั่นแบบงอ O-H ของหมู่ไฮดรอกซิล) ในทุกสเปกตรัมซึ่งแสดงให้เห็นว่า พันธะ H ถูกทำลาย ในทำนองเดียวกันพีคที่มีความเข้มต่ำมากที่ 1436 cm^{-1} ที่เกือบจะหายไปที่อุณหภูมิของการไพโรไลซิสสูงกว่า 600 °C ปรากฏการณ์นี้ชี้ให้เห็นสัญญาณของการสั่นที่เกิดจาก H-C-H และ กลุ่ม O-C-H เป็นสายโซ่ของหมู่แอลคิล ได้หายไป และพีคที่ 823 cm^{-1} ไม่ปรากฏเช่นกัน ส่วนพีคที่ค่อนข้างเห็นได้อย่างชัดเจน และมีความเข้มมากที่ 535 cm^{-1} (แถบการสั่นของ C-C ของหมู่แอลเคน) สามารถมองเห็นได้ในทุกสเปกตรัม

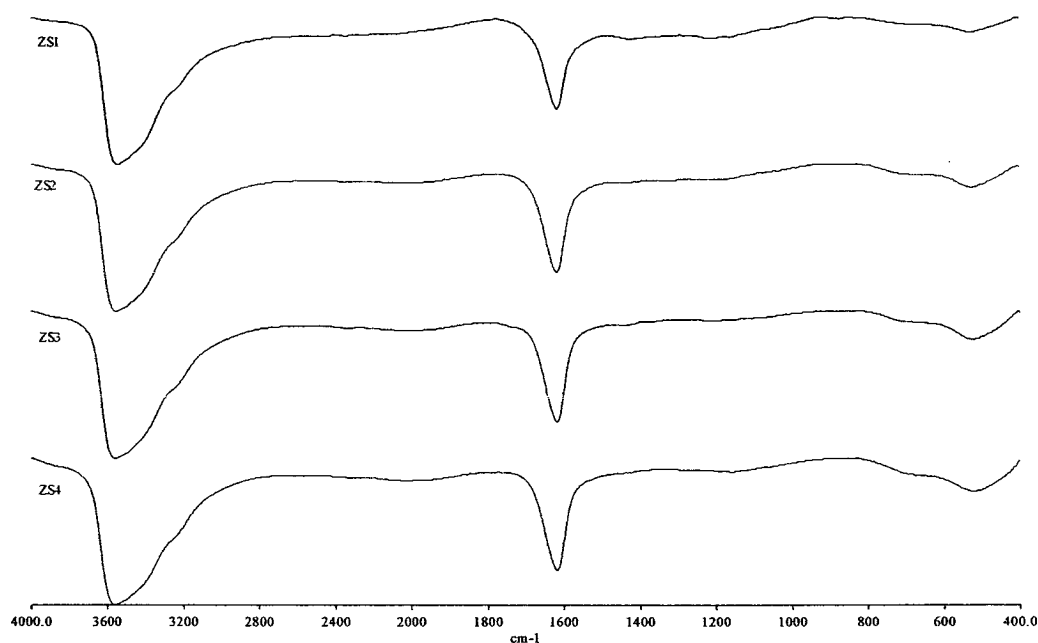


ภาพ 14 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของสารโพลิอิมิดกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (MS1), 500 °C (MS2), 600 °C (MS3), 700 °C (MS4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของคอมพอลิเมอร์โพลิอิมิดกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมแสดงให้เห็นพีคที่กว้างและมีความเข้มต่ำที่ประมาณ 3400 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด O-H หมู่ไฮดรอกซิล) และพีคที่ 1655 cm^{-1} ความเข้มของพีคที่ 1655 cm^{-1} ค่อยๆลดลง เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิ 400-700 °C คอมพอลิเมอร์โพลิอิมิดกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C มีสัญญาณของพีคที่ 1087.50 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด C-O ของหมู่แอลกอฮอล์) ซึ่งจะมีความเข้มของพีค ลดลงขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิสเพิ่มขึ้นจาก 500 -700 °C สเปกตรัมที่ 700 °C มีพีคที่ 1111.59 cm^{-1} (การสั่นแบบยืด C-O-C) [17] นอกจากนี้ FT-IR สเปกตรัมคอมพอลิเมอร์โพลิอิมิดกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 500-700 °C แสดงพีคที่ 1178 cm^{-1} (แถบการสั่นของ C-O ของหมู่แอลกอฮอล์) และสัญญาณช่วง $700-498\text{ cm}^{-1}$ (การสั่นแบบยืดของ C-C ของหมู่แอลกอฮอล์) [15] ในทำนองเดียวกัน FT-IR สเปกตรัมของคอมพอลิเมอร์ที่ทำการไพโรไลซิสโดยใช้อุณหภูมิ 400-600 °C พีคที่ 612 และ 429 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับ แถบการสั่นแบบยืด C-C ของหมู่แอลคิล [15] จากผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในการไพโรไลซิสคอมพอลิเมอร์

จำนวนพันธะ H จะลดลง แต่ความแข็งแรงของพันธะ H เพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณของพีคที่ 3400 cm^{-1} พีคที่ 1655 cm^{-1} ตามลำดับ

จากข้อมูลที่ได้จากภาพ 14 จะเห็นได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับคอมโพสิตที่ได้จากใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะเป็นอย่างมากจะต่างกันในช่วงอุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิสที่ $700\text{ }^{\circ}\text{C}$

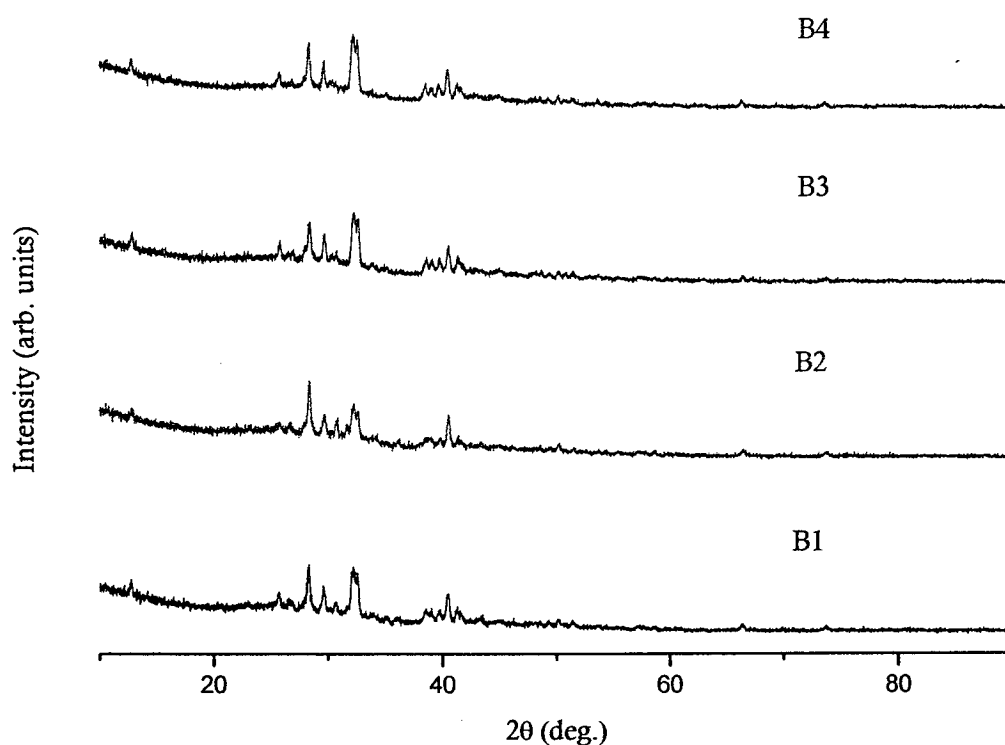


ภาพ 15 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR ของเส้นผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสี ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZS1), $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZS2), $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZS3), $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ZS4)

FT-IR สเปกตรัมของเส้นผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีมีพีคที่มีความเข้มสูงที่ 3560 cm^{-1} (แถบการสั่นแบบงอของ O-H ของหมู่ไฮดรอกซิล) การดูดกลืนแสงสูงสุดของแถบการสั่นแบบยืดของ O-H ที่ 3560 cm^{-1} จะเลื่อนไปที่ตำแหน่งสูงขึ้น เมื่อเทียบกับโลหะอื่น ๆ พีคที่ 1618 cm^{-1} ซึ่งเป็นสัญญาณของการสั่นของ C=C ของสารประกอบอะโรมาติก ไม่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการไพโรไลซิสแต่อย่างใด นอกจากนี้พีคที่อยู่ในช่วง $500\text{--}800\text{ cm}^{-1}$ (แถบการสั่นแบบยืดของ C-C ของหมู่แอลคิล) สรุปว่าในคอมโพสิตที่ทำการเตรียมนี้มีโครงสร้างอยู่

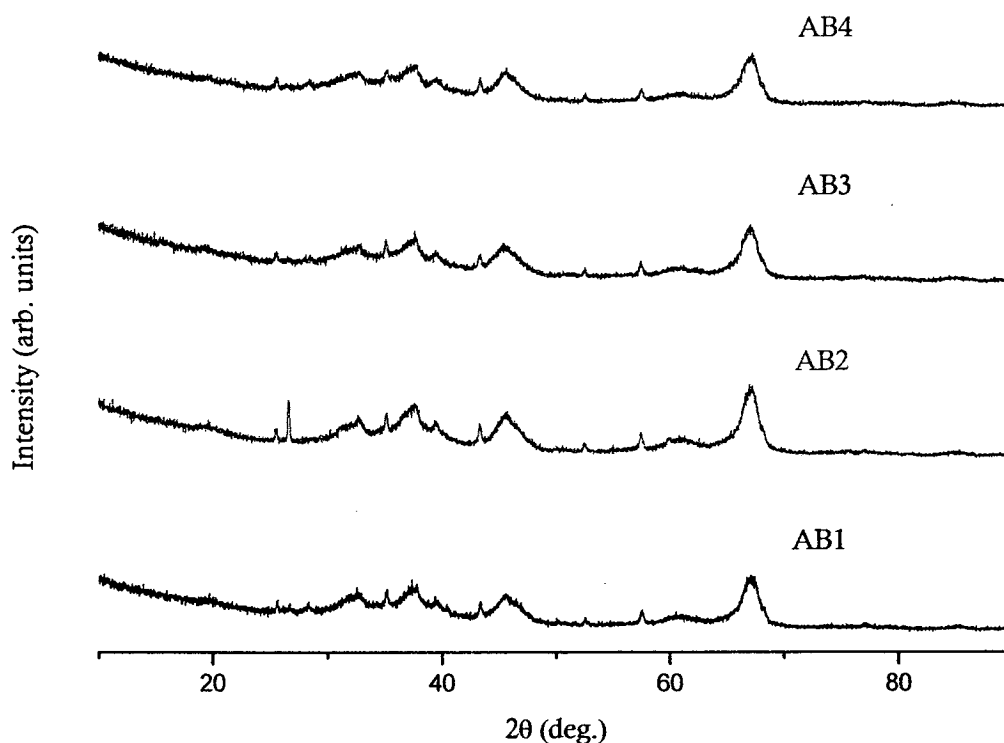
ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD

1. ผลการเปรียบเทียบ XRD สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ



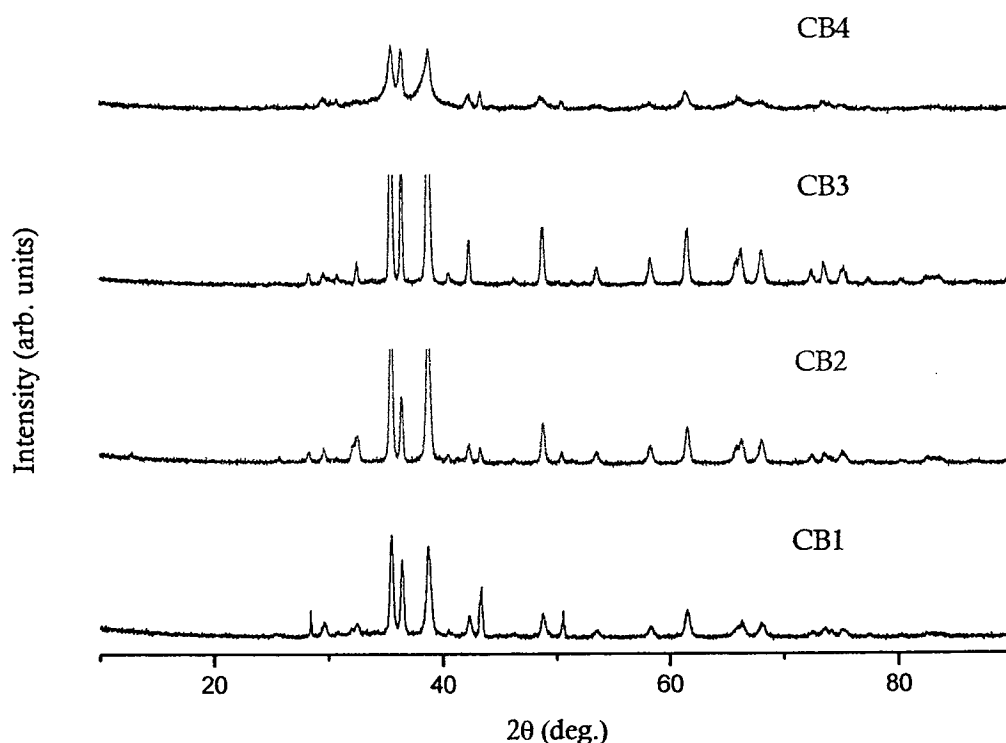
ภาพ 16 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยที่ทำการไพโรไลซิส ที่อุณหภูมิ 400 °C (B1), 500 °C (B2), 600 °C (B3), 700 °C (B4)

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยที่ทำการไพโรไลซิส ที่อุณหภูมิ 400-700 °C เห็นได้ว่าโครงสร้างของถ่านเปลือกกล้วยจะเป็นผลึกไม่มากนักโดยพบพีกในช่วง $2\theta = 26^\circ$ และ 44° เป็นพีกของคาร์บอนในลักษณะอสัณฐาน [19]



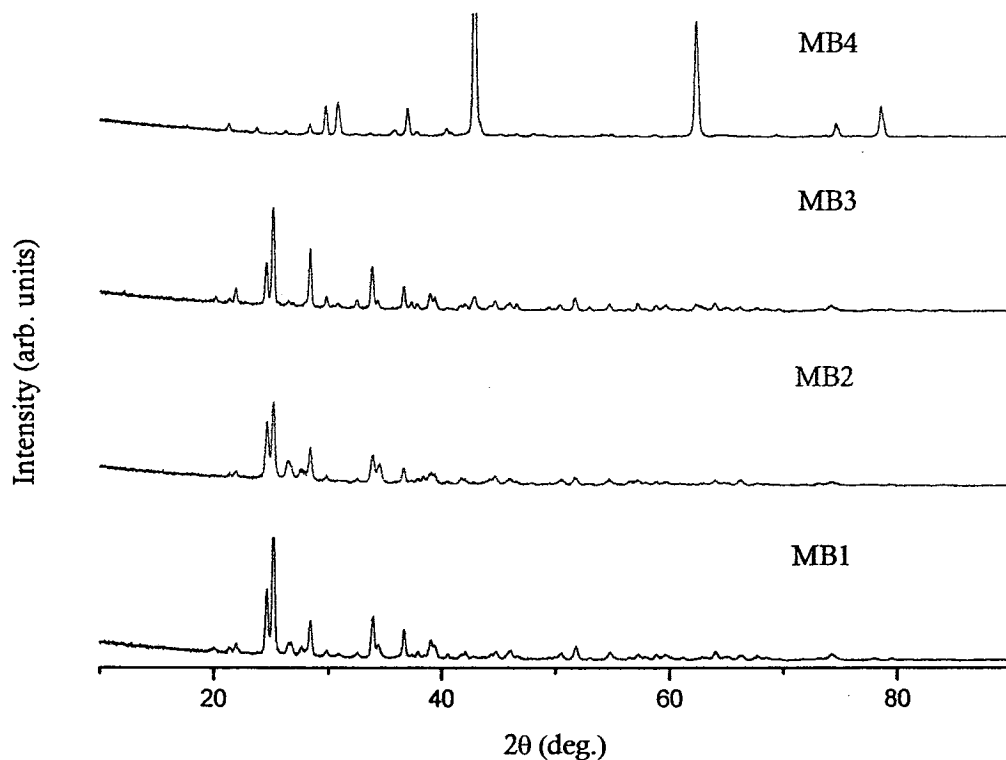
ภาพ 17 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (AB1), 500 °C (AB2), 600 °C (AB3), 700 °C (AB4)

XRD สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C แสดงให้เห็นพีคที่ $2\theta = 38^\circ$ และ 68° ซึ่งสอดคล้องกับพีคของสารประกอบ Al_2O_3 [20] จากสเปกตรัมเราจะเห็นว่าวัสดุคอมโพสิตที่ได้ ส่วนมากอยู่ในรูปแบบอสัณฐาน และส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบคาร์บอน ผลของการ XRD สอดคล้อง FT-IR สเปกตรัม ซึ่งแสดงให้เห็นการสลายตัวของกลุ่มตัวอย่างเริ่มต้นได้น้อยมาก



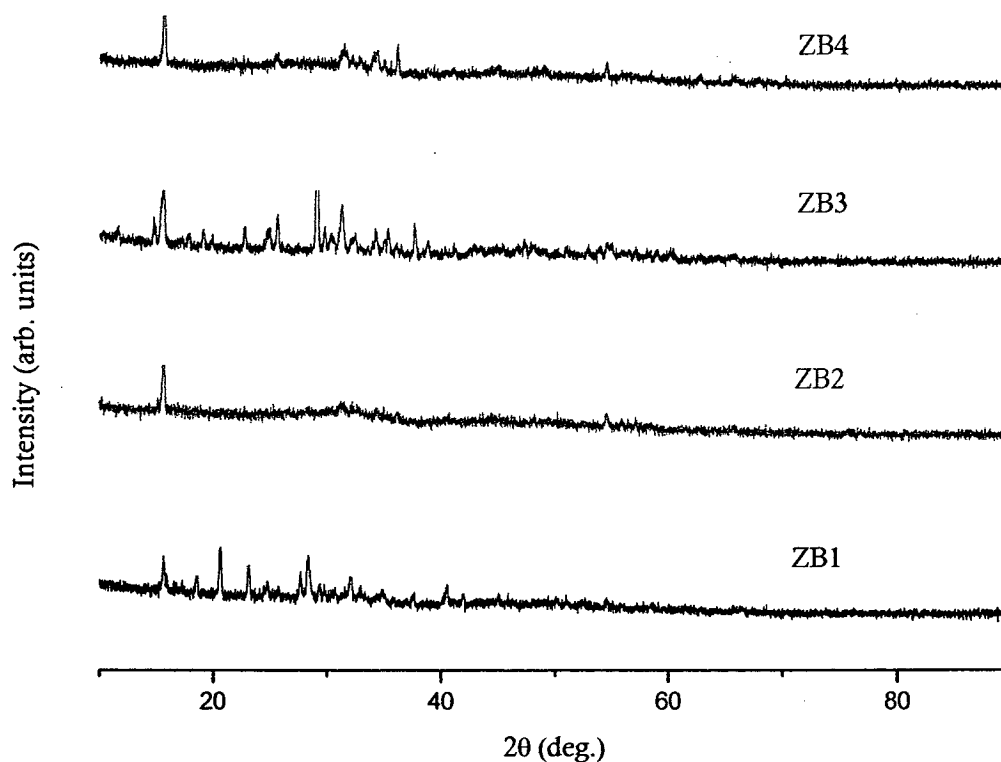
ภาพ 18 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (CB1), 500 °C (CB2), 600 °C (CB3), 700 °C (CB4)

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง มีพีคที่โดดเด่นที่ $2\theta = 35^\circ$, 36° และ 39° ในสเปกตรัมทั้งหมด ซึ่งเป็นลักษณะของสาร CuO [21] แสดงให้เห็นว่าอำนาจการออกซิไดซ์ของ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ สูงมาก CuO ที่ปรากฏเกิดจากการสลายตัวของไอออนไนเตรต (NO_3^-) ทำให้เกิดเป็น NO_x เกล็ดของโลหะ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ จะถูกทำลายหลังจากได้รับความร้อนไปอยู่ในรูปของโลหะทองแดง หรือโลหะออกไซด์ (Cu_2O), (CuO) [22] ผลการสลายตัวของเกล็ดของโลหะทองแดง จะเป็นการเพิ่มปริมาณของทองแดงในรูปแบบอื่น เช่น Cu CuO หรือ Cu_2O



ภาพ 19 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (MB1), 500 °C (MB2), 600 °C (MB3), 700 °C (MB4)

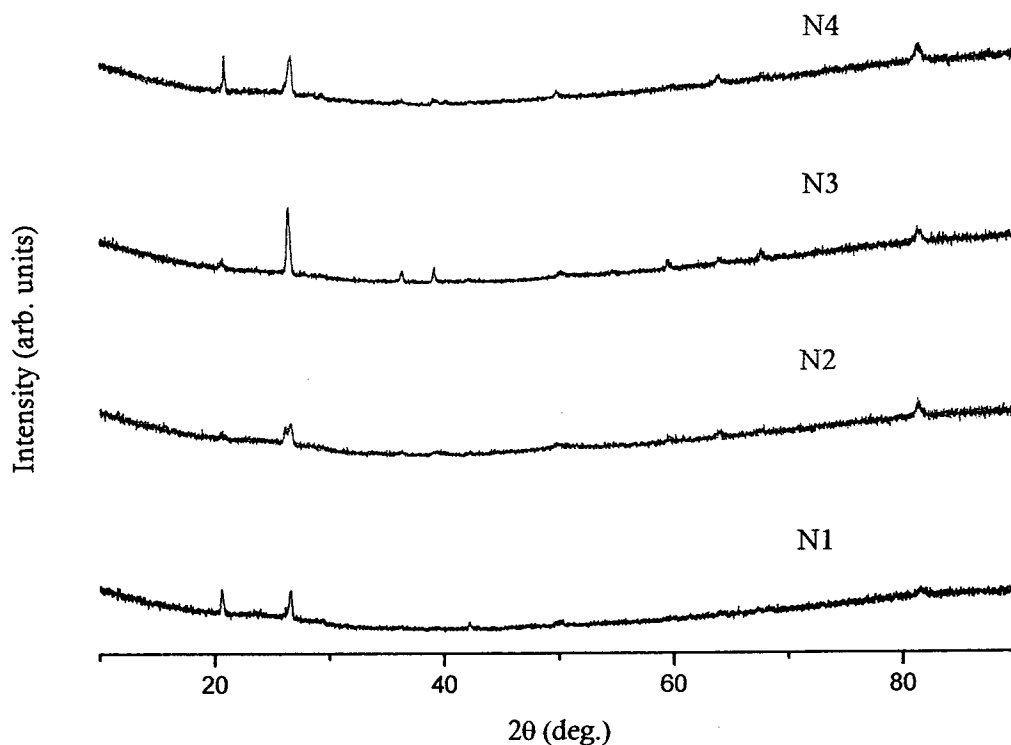
สำหรับสเปกตรัม XRD ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม ความเป็นผลึกของคอมโพสิตเพิ่มมากขึ้น ตามการเพิ่มอุณหภูมิไพโรไลซิส ในช่วงตั้งแต่ 400 °C ถึง 600 °C ลักษณะของผลึกได้จากการใช้อุณหภูมิไพโรไลซิสที่ 700 °C นี้ได้รับการยืนยันโดยลักษณะ FT-IR สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม จากพีดที่ 1150 cm^{-1} และ 879.33 cm^{-1}



ภาพ 20 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (ZB1), 500 °C (ZB2), 600 °C (ZB3), 700 °C (ZB4)

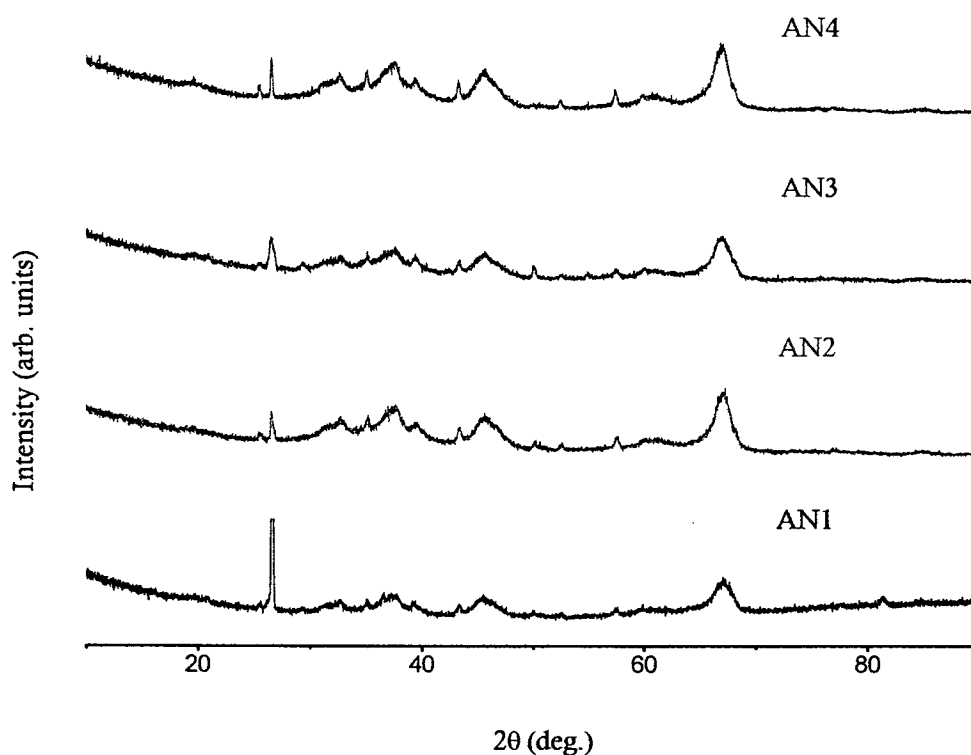
XRD สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะสังกะสี แสดงให้เห็นว่าระดับของผลึกของคอมโพสิตเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในการไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นใน ช่วงของ 400-700 °C พีคที่ประมาณ $2\theta = 32^\circ$ และ 38° เป็นลักษณะพีคของสารประกอบของโลหะสังกะสี [23]

2. ผลการเปรียบเทียบ XRD สเปกตรัมของไยุ่นผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ



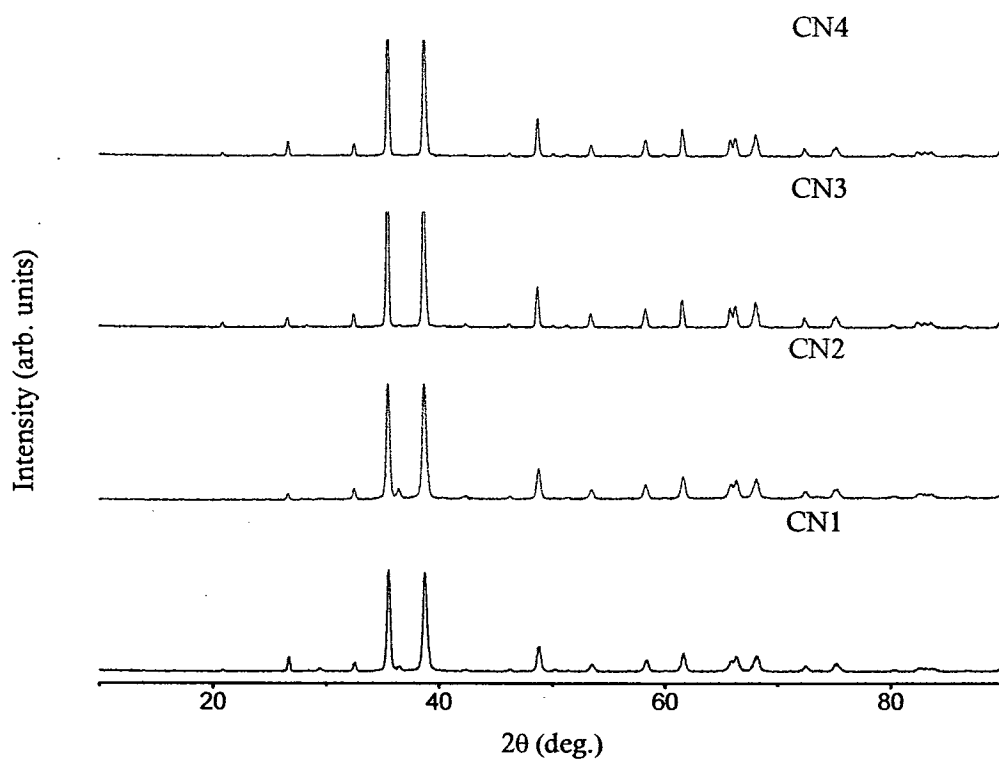
ภาพ 21 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของไยุ่นที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (N1), 500 °C (N2), 600 °C (N3), 700 °C (N4)

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของไยุ่นที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C เห็นได้ว่าโครงสร้างของไยุ่นจะมีลักษณะที่เป็นผลึกไม่มากนักโดยพบพีคในช่วง $2\theta = 26^\circ$ และ 44° เป็นพีคของคาร์บอนในลักษณะอสัณฐาน ที่มีความเข้มสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส [19] ทั้งนี้อาจเกิดจากโครงสร้างของไยุ่นที่มีความแข็งแรงไม่มาก เมื่อโดนความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวเกิดขึ้น



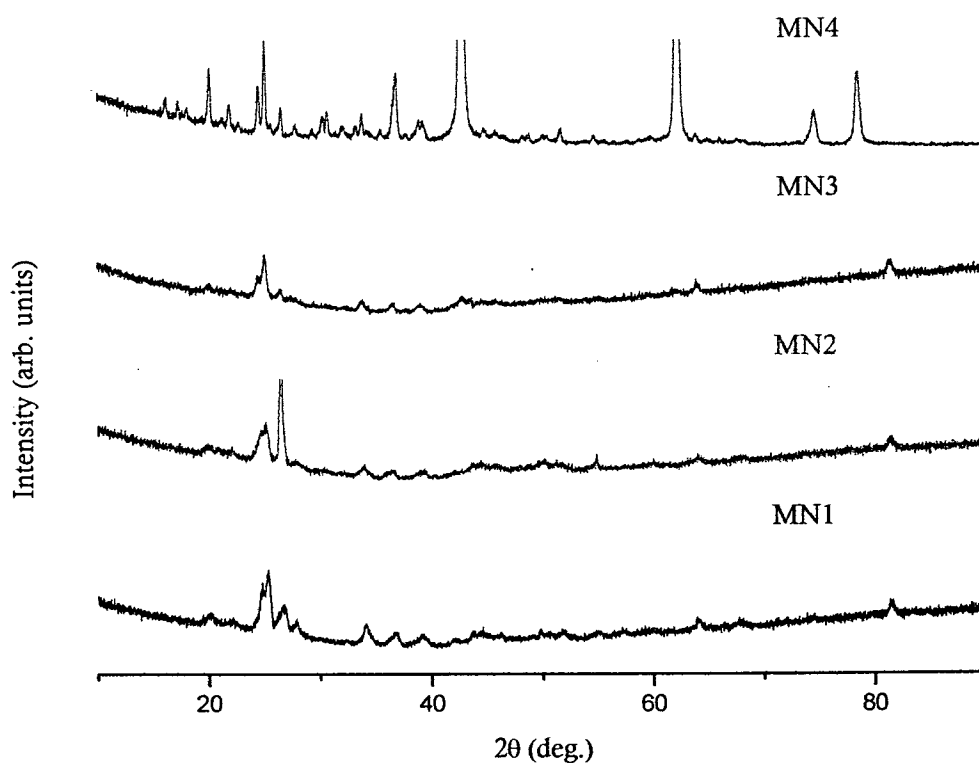
ภาพ 22 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของไยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (AN1), 500 °C (AN2), 600 °C (AN3), 700 °C (AN4)

XRD สเปกตรัมของคอมโพสิตไยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม แสดงพีคที่สูงสุดที่ $2\theta = 26.5^\circ$ ซึ่งเป็นลักษณะของกราฟไฟท์ [21] ความเข้มของพีคนี้จะลดลงไปเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสมากกว่า 500 °C ในเวลาเดียวกันมีพีคที่ $2\theta = 46^\circ$ ค่อยๆ มีความเข้มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิในการไพโรไลซิสซึ่งเป็นลักษณะของพีคคาร์บอนอัดแน่น [24] นอกจากนี้พีคที่ประมาณ $2\theta = 38^\circ$ และ 68° สามารถพบได้ซึ่งบ่งชี้ถึงสารประกอบ Al_2O_3 ที่อยู่ในคอมโพสิต [20] ซึ่งผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD สอดคล้องกับ FT-IR สเปกตรัม



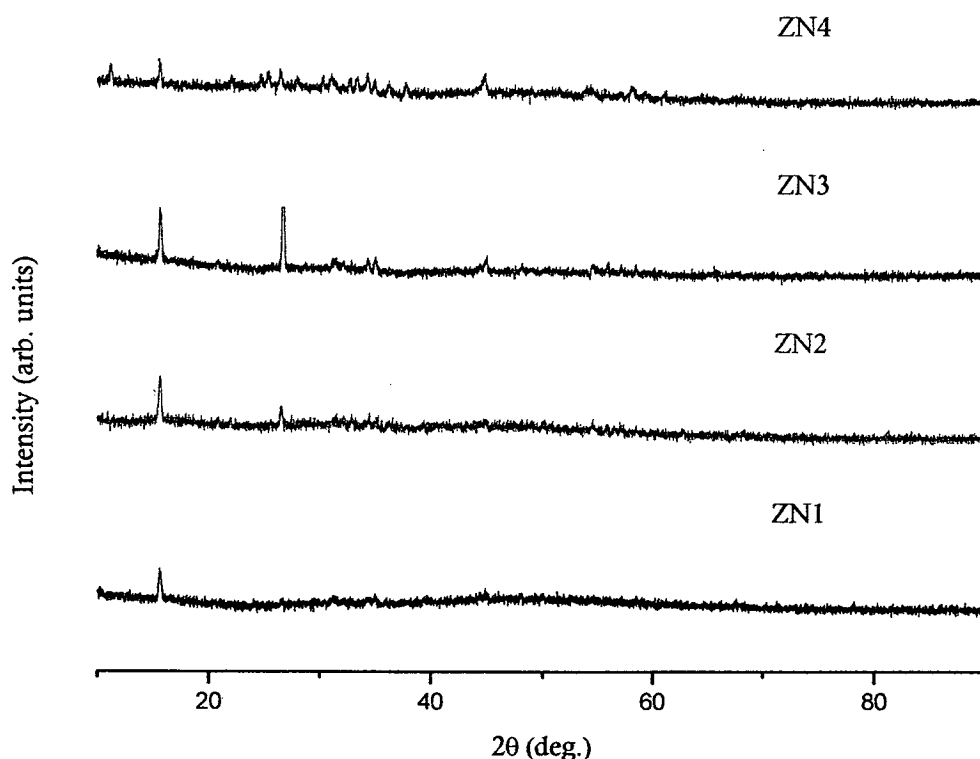
ภาพ 23 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของไย่นุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (CN1), 500 °C (CN2), 600 °C (CN3), 700 °C (CN4)

ภาพ 23 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของไย่นุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง แสดงพีคที่โดดเด่นที่ประมาณ $2\theta = 36^\circ$ และ 39° ในสเปกตรัมของคอมโพสิตทั้งหมด ซึ่งแสดงลักษณะของ CuO [21] แสดงให้เห็นประสิทธิภาพที่ดีในการออกซิไดซ์ของ CuO นอกจากนี้ XRD สเปกตรัมยังแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการไพโรไลซิสเป็นผลึก ซึ่งสอดคล้องกับผลของการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค FT-IR



ภาพ 24 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของโพลิเมอร์ผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (MN1), 500 °C (MN2), 600 °C (MN3), 700 °C (MN4)

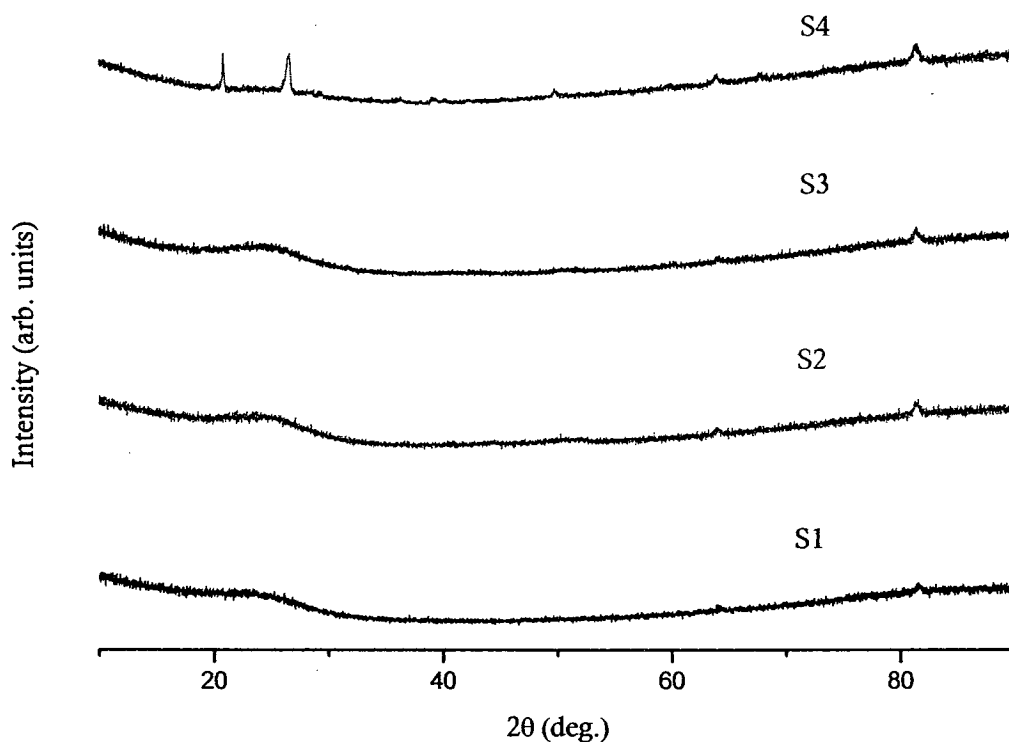
ภาพ 24 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของโพลิเมอร์ผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม พบว่าคอมโพสิตที่ทำการเตรียมด้วยการไพโรไลซิสที่ 400-600 °C เป็นอสัณฐาน ในทางตรงกันข้ามตรงใน XRD สเปกตรัมที่ 700 °C แสดงให้เห็นลักษณะผลึกซึ่งสอดคล้องกับ FT-IR สเปกตรัม พีคที่มีความเข้มสูงที่ 1451 cm^{-1} และพีคที่ 823 cm^{-1} ที่มีความเข้มต่ำมาก



ภาพ 25 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของไยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสี ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (ZN1), 500 °C (ZN2), 600 °C (ZN3), 700 °C (ZN4)

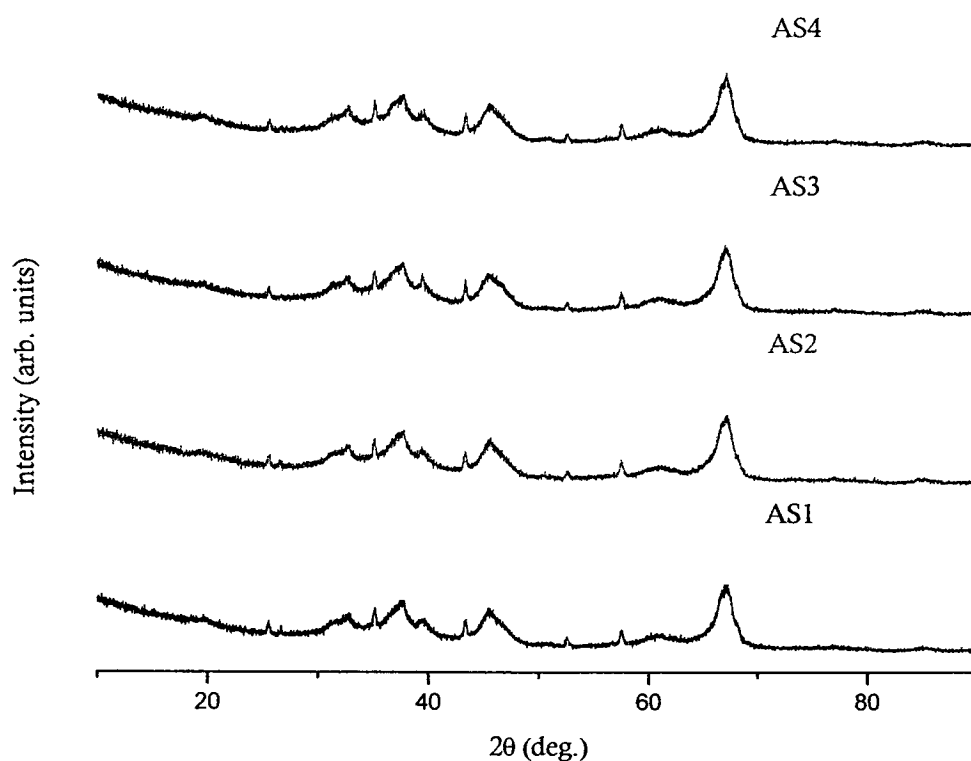
XRD สเปกตรัมของไยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีแสดงใน ภาพ 25 ผลึกของไยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสี เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 400-600 °C ที่อุณหภูมิ 700 °C คอมโพสิตที่ได้ค่อนข้างเป็นอสัณฐาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูล FT-IR สเปกตรัม ที่แสดงให้เห็นว่ามีกลุ่ม C=O ปรากฏในคาร์บอนไฟเบอร์คอมโพสิตที่ถูกออกซิไดซ์จำนวนมาก เป็นผลให้โครงสร้างผลึกถูกทำลาย XRD สเปกตรัมของไยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีทั้งหมดจะมีพีคปรากฏที่ประมาณ $2\theta = 11^\circ$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีอนุภาคระดับนาโนในคอมโพสิต [25] ส่วนพีคของสเปกตรัมที่ ประมาณ $2\theta = 26^\circ$ และ 44° จะสอดคล้องกับสเปกตรัมของกราฟไฟท์ [21] พีคอื่น ๆ ที่ประมาณ $2\theta = 32^\circ$, 38° และ 58° เป็นพีคของธาตุสังกะสีที่อยู่ในคอมโพสิต [23]

3. ผลการเปรียบเทียบ XRD สเปกตรัมของสำลีผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ



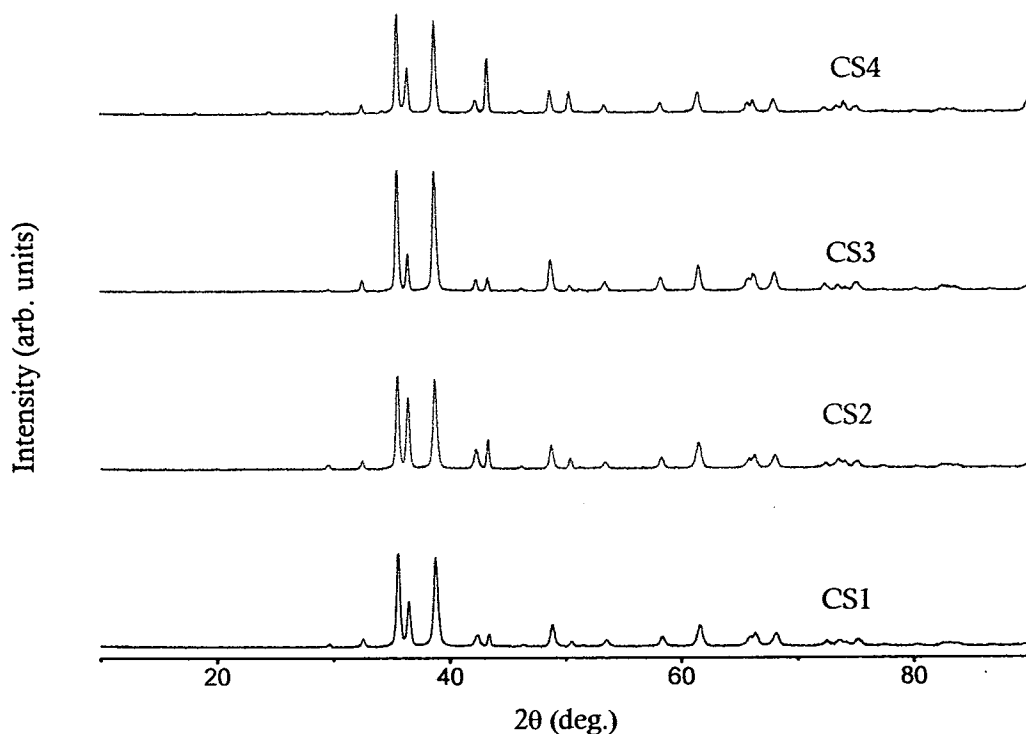
ภาพ 26 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของสำลีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (S1), 500 °C (S2), 600 °C (S3), 700 °C (S4)

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของสำลีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-600 °C เห็นได้ว่าลักษณะของพีคค่อนข้างราบเรียบ นอกจากนี้ยังไม่พบพีคในช่วง $2\theta = 26^\circ$ และ 44° เป็นพีคของคาร์บอนในลักษณะออสัณฐาน [19] จาก XRD สเปกตรัม ภาพ 26 แต่เมื่อทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 700 °C พบว่ามีพีคบริเวณ $2\theta = 26^\circ$ ที่มีความเข้มของพีคได้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิสเท่ากับ 700 °C นี้ทำให้โครงสร้างเดิมของสำลี ถูกทำลาย และเกิดเป็นโครงสร้างของคาร์บอนในลักษณะออสัณฐานขึ้น



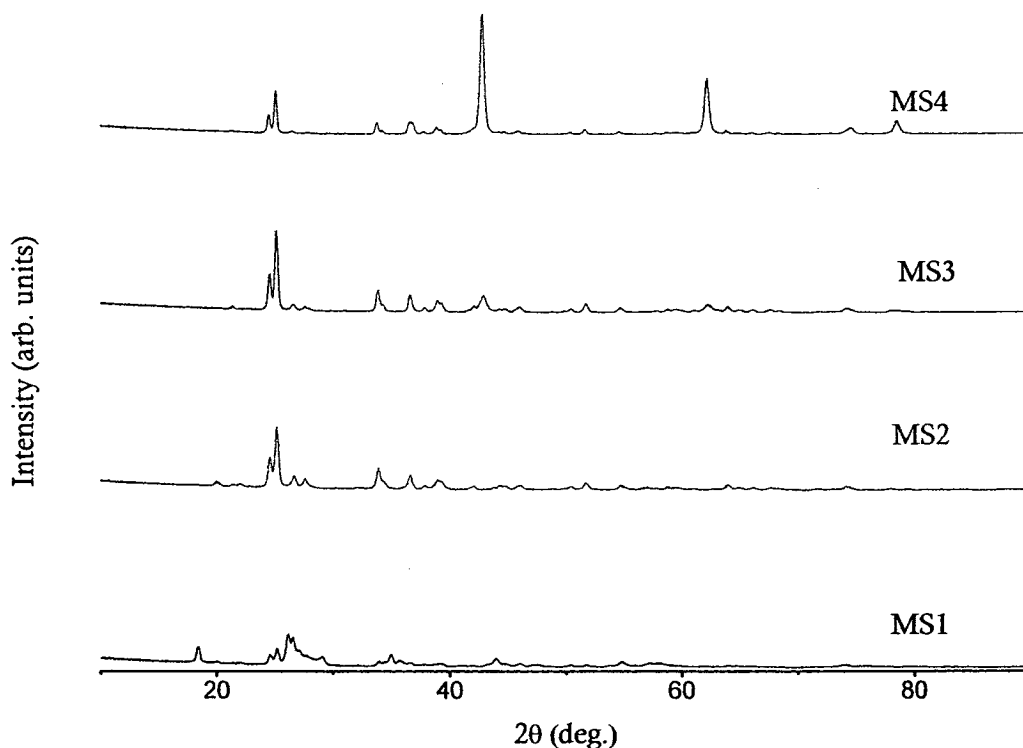
ภาพ 27 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของสาลีผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (AS1), 500 °C (AS2), 600 °C (AS3), 700 °C (AS4)

XRD สเปกตรัมของคอมโพสิตสาลีผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม แสดงพีคที่ $2\theta = 26.5^\circ$ ซึ่งเป็นลักษณะของกราฟไฟท์ [21] ซึ่งพีคดังกล่าวมีความเข้มไม่มากนักนอกจากนี้ นอกจากนี้พีคที่ประมาณ $2\theta = 38^\circ$ และ 68° ที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน บ่งชี้ถึงสารประกอบของ Al_2O_3 ที่อยู่ในคอมโพสิต [20] ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD สอดคล้องกับ FT-IR สเปกตรัม



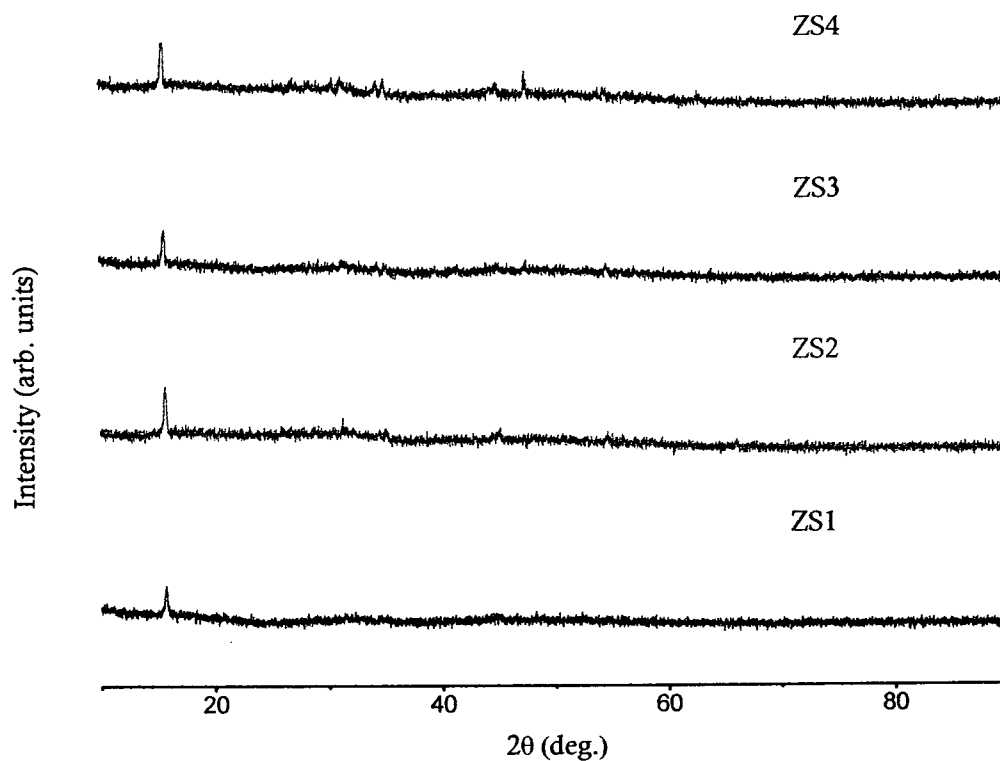
ภาพ 28 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของสำลีสัมกับเกลือของโลหะทองแดง ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (CS1), 500 °C (CS2), 600 °C (CS3), 700 °C (CS4)

ภาพ 28 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของสำลีสัมกับเกลือของโลหะทองแดง แสดงพีคที่โดดเด่นที่ประมาณ $2\theta = 36^\circ$ และ 39° ในสเปกตรัมของคอมโพสิตทั้งหมดซึ่งแสดงลักษณะของ CuO [21] แสดงให้เห็น พลังในการออกซิไดซ์ของ CuO สูง นอกจากนี้ สเปกตรัม ยังแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์ของไพโรไลซิสเป็นผลึก ซึ่งสอดคล้องกับผลของ FT-IR



ภาพ 29 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของสําลีผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (MS1), 500 °C (MS2), 600 °C (MS3), 700 °C (MS4)

XRD สเปกตรัมของสําลีผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียมพบว่าคอมโพสิตกับการไพโรไลซิสที่ 400-700 °C พบพีคที่ขึ้นที่บริเวณ $2\theta = 26^\circ$ และ 28° ซึ่งเป็นลักษณะของกราฟไฟท์ [26] นอกจากนี้ยังมีพีคของสารประกอบแมกนีเซียมที่อยู่ในคอมโพสิตที่สามารถพบได้ในช่วง $2\theta = 44^\circ$ เป็นพีคของ MgO และ 36° , 39° , 62° ที่เป็นพีคของ MgH_2 [27] ที่พีคค่อยๆ มีสัญญาณที่เข้มข้นเมื่อทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิที่สูงขึ้น แสดงว่าสารเหล่านี้เกิดขึ้นมาจากกระบวนการไพโรไลซิส นอกจากนี้ยังพบ พีคที่บริเวณ $2\theta = 33^\circ$ ที่เป็นลักษณะพีคของโลหะแมกนีเซียม [27] ในคอมโพสิตทั้งหมดอีกด้วย



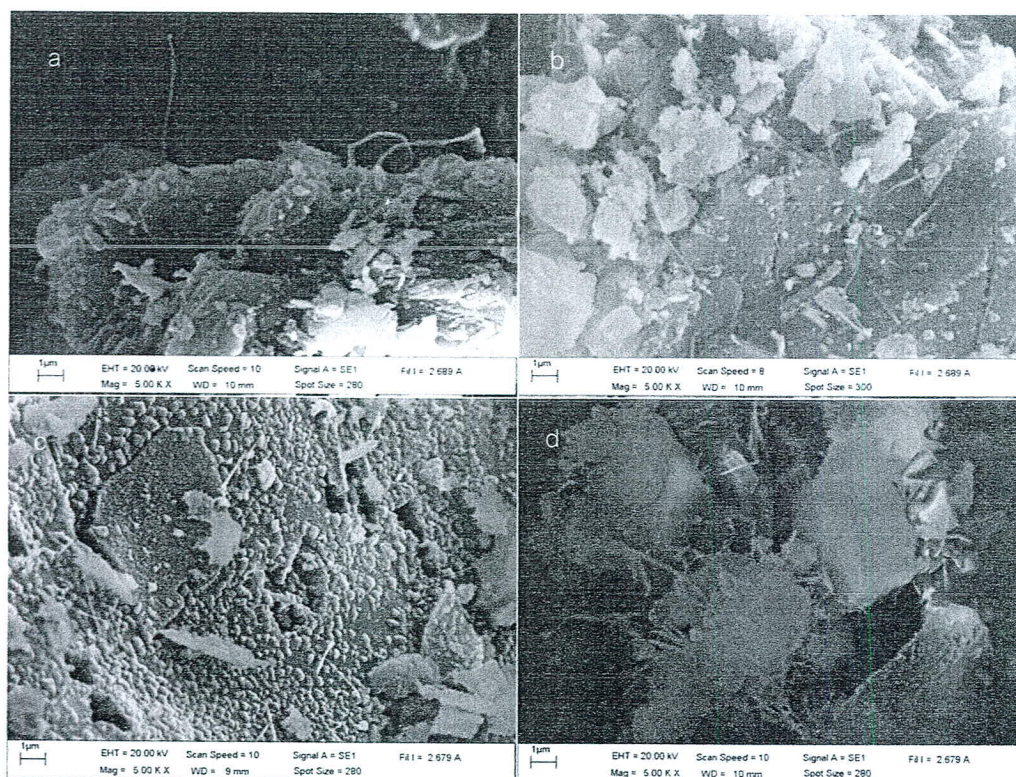
ภาพ 30 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C (ZS1), 500 °C (ZS2), 600 °C (ZS3), 700 °C (ZS4)

XRD สเปกตรัมของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีแสดงในภาพ 30 ผลึกของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสี เพิ่มขึ้นไปตามอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจาก 400-700 °C คอมโพสิตที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีการนี้มีลักษณะเป็นอสังฐาน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูล FT-IR สเปกตรัม

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM

1. ผลการเปรียบเทียบภาพถ่าย SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ

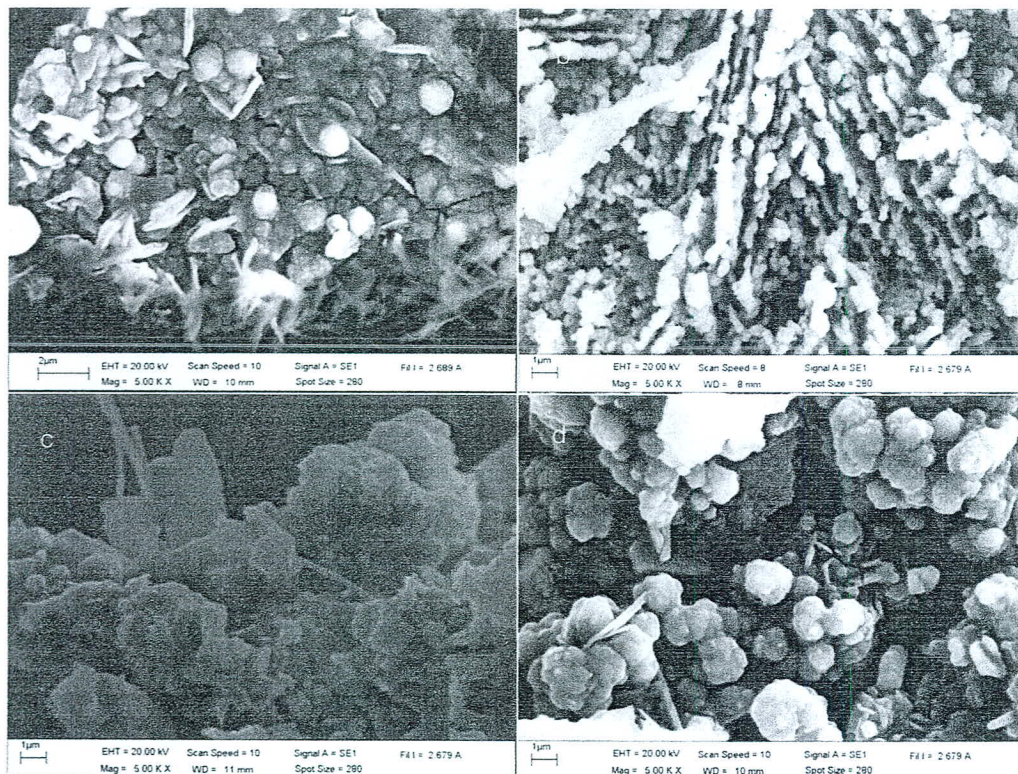
จากผลการวิเคราะห์พื้นผิวของถ่านเปลือกกล้วยด้วยเทคนิค SEM พบว่าถ่านเปลือกกล้วยมีขนาดอนุภาคที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอและแทบจะไม่พบอนุภาคของนาโนคาร์บอนและนาโนไฟเบอร์ แต่หลังจากที่นำถ่านเปลือกกล้วยมาผสมกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ จะพบว่ามีอนุภาคของนาโนคาร์บอนและนาโนไฟเบอร์เพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังจะแสดงดังต่อไปนี้



ภาพ 31 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

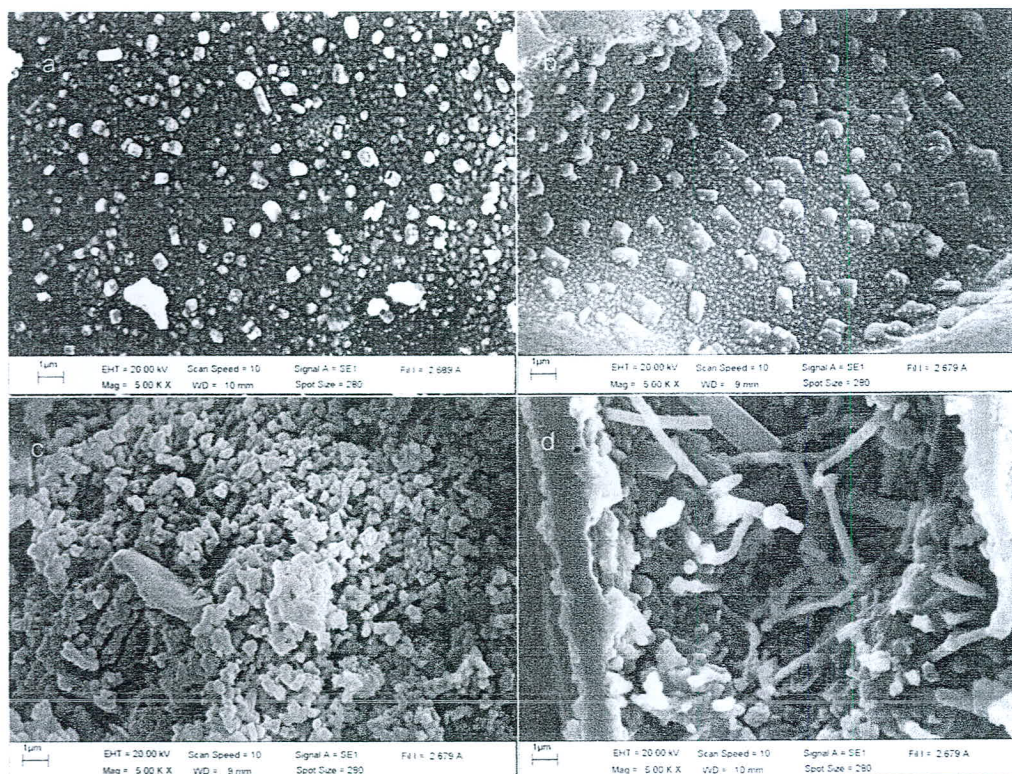
ภาพ 31 แสดงผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C แสดงให้เห็นมีอนุภาค (เส้นผ่าศูนย์กลาง 129.5-150 นาโนเมตร) และนาโนไฟเบอร์ (เส้นผ่าศูนย์กลาง = 62-261 นาโนเมตร ความยาว 200 ไมโครเมตร) [13] ภาพของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะ

อะลูมิเนียมไฟโรไลซิสที่ 400 และ 500 °C คอมโพสิตที่มีพื้นผิวที่ขรุขระครอบคลุมบางส่วนซึ่งเกิดจากมีอนุภาคที่เป็นลักษณะเป็นเม็ดเกิดขึ้นบนพื้นผิว ส่วนถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียมที่ไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 600 และ 700 °C จะพบอนุภาคเม็ดบนพื้นผิวจำนวนมาก แสดงให้เห็นว่าที่ อุณหภูมิที่สูงขึ้น อนุภาคนาโนคาร์บอนและนาโนไฟเบอร์จะสามารถเกิดขึ้นได้ดีกว่า



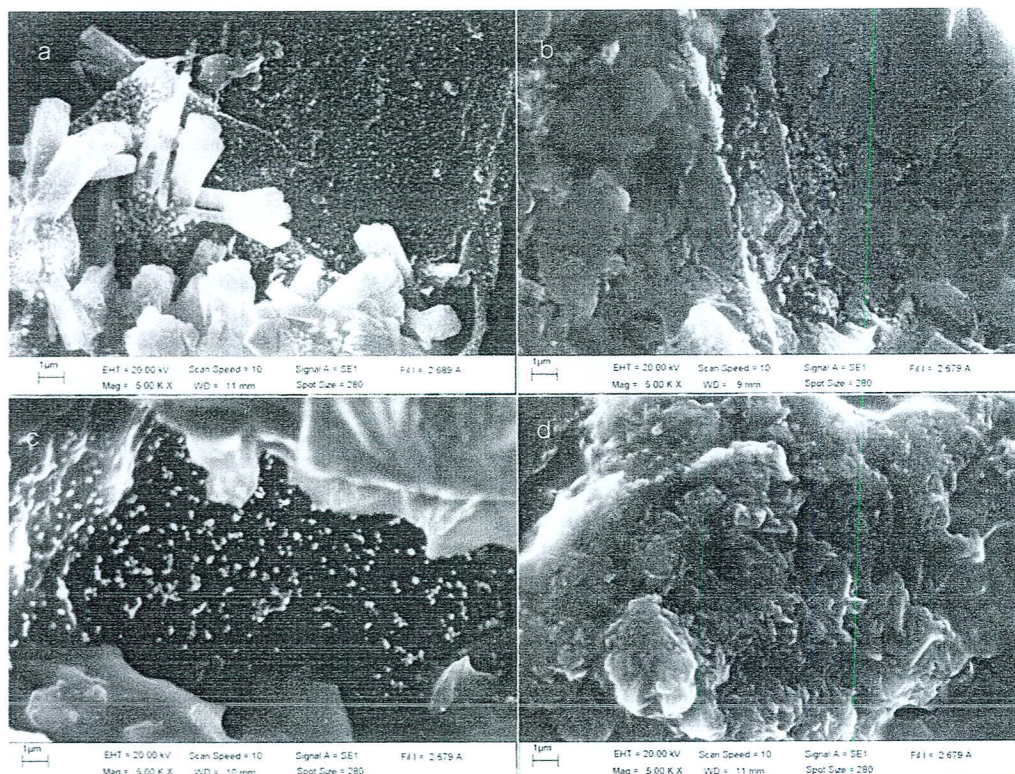
ภาพ 32 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะทองแดงที่ทำการไฟโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

ภาพ SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะทองแดงไฟโรไลซิสที่ 400-700 °C แสดงเม็ดอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 54-195 นาโนเมตร จำนวนมากบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ คาดว่าน่าจะเป็นรูปแบบผลึกของสารประกอบทองแดง ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าอนุภาคของสารประกอบของเกลือของโลหะทองแดงจำนวนมากกระจายตัวอยู่บนพื้นผิวของถ่านเปลือกกล้วย [13]



ภาพ 33 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

พื้นผิวของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ได้พบอนุภาคของนาโนคาร์บอนที่มีขนาดแตกต่างกัน (ขนาด 93.53-400.5 นาโนเมตร) กระจายบนพื้นผิวของถ่านเปลือกกล้วยอย่างสม่ำเสมอไปทั่วบริเวณ นอกจากนี้ ถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกลือของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 700 °C ภาพ 33 (d) ยังพบว่ามีคาร์บอนนาโนไฟเบอร์เกิดขึ้นด้วย

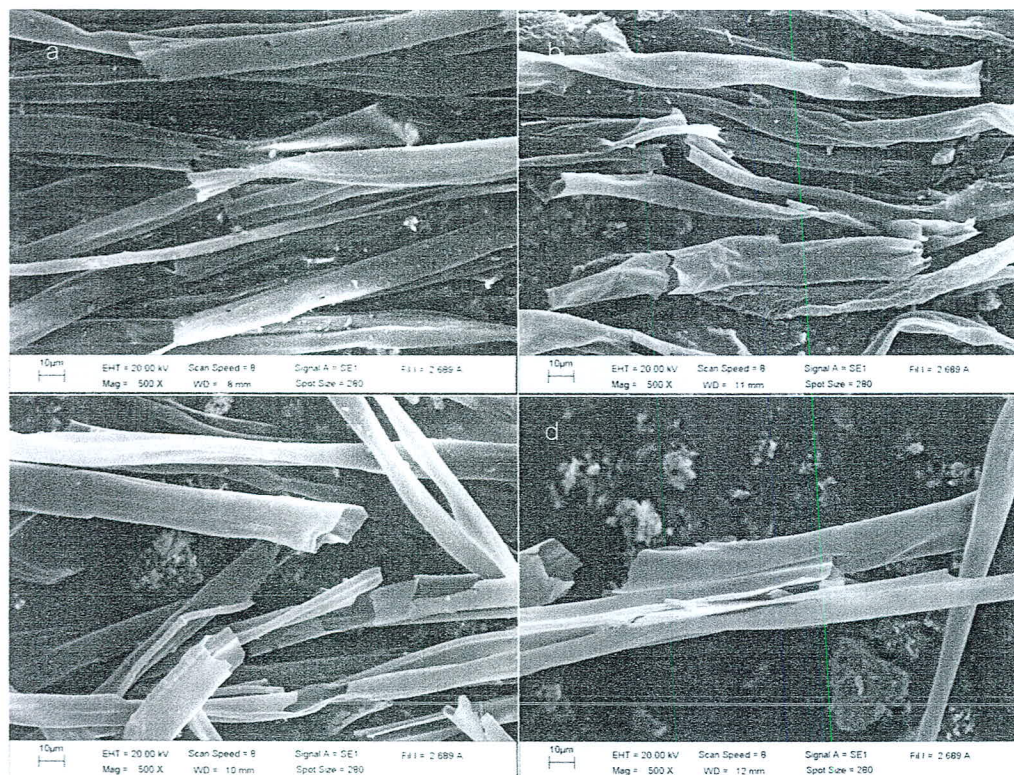


ภาพ 34 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

พื้นผิวของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C พบปริมาณของอนุภาคนาโนขนาดเล็กมากที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดประมาณ 58.61- 241.2 นาโนเมตร กระจายอยู่บนพื้นผิวถ่านเปลือกกล้วย นอกจากนี้พื้นผิวของคอมโพสิตระหว่างถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่ 700 °C เกิดแผ่นชั้นบางทับซ้อนกันจำนวนมาก แต่อนุภาคนาโนเล็กบนพื้นผิวของถ่านเปลือกกล้วยผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีพบได้น้อยกว่าการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-600 °C ดังแสดงในภาพ 34 [13]

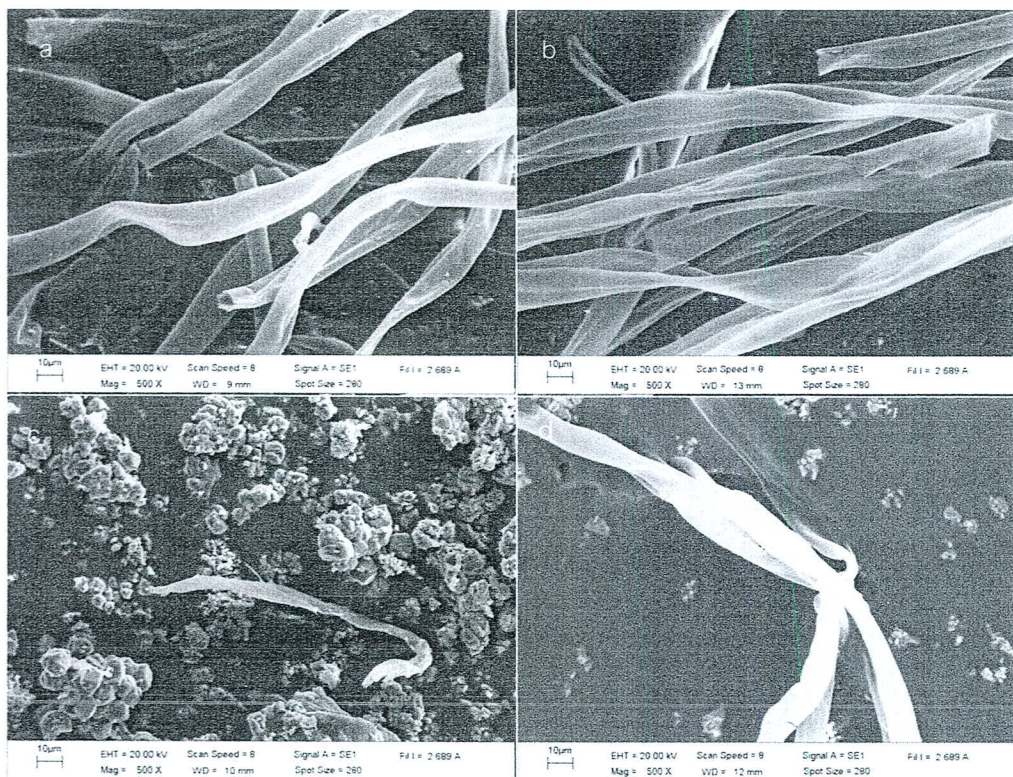
2. ผลการเปรียบเทียบภาพถ่าย SEM ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะชนิดต่างๆ

SEM ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ซึ่งตัวของใยุ่นมีลักษณะที่เป็นเส้นใยที่มีช่องว่างตรงกลาง คล้ายๆ กับท่อ โครงสร้างของตัวใยุ่นเองค่อนข้างจะเปราะบาง เมื่อทำการไพโรไลซิสในอุณหภูมิสูงจึงทำให้โครงสร้างเกิดรอยร้าว และแตกหักเกิดขึ้นดังจะแสดงในภาพต่อไปนี้



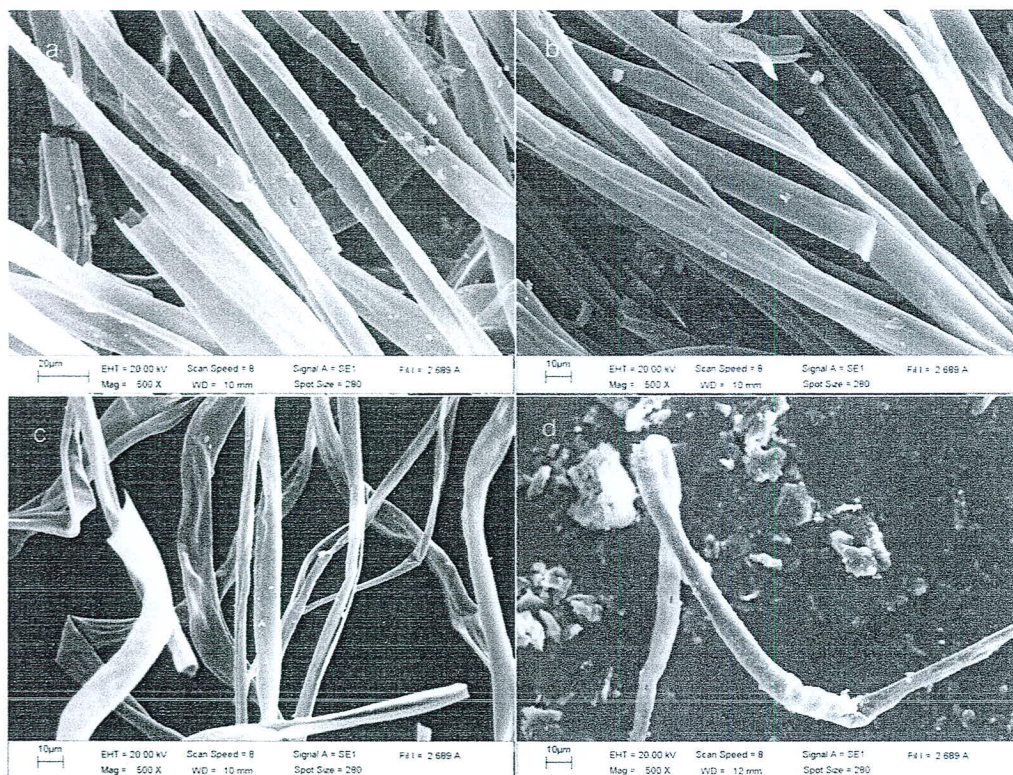
ภาพ 35 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

คาร์บอนไฟเบอร์ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมมีโครงสร้างที่อกลวง ดังแสดงในภาพ 35 ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของใยุ่นประมาณ 10.13 - 17.98 ไมโครเมตร ซึ่งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Huang [28] อย่างไรก็ตามนอกจากอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ใยุ่นเกิดรอยแยก และแตกหักแล้ว เมื่อทำการเพิ่มเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ในอัตราส่วน ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของใยุ่น เป็นคาร์บอนไฟเบอร์ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมแล้วไพโรไลซิสที่ 400-700 °C ผลที่ได้รับแสดงให้เห็นว่าอนุภาคจำนวนมากของเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ยึดติดบนพื้นผิวของคาร์บอนไฟเบอร์ ในทางตรงกันข้ามผลิตภัณฑ์ไพโรไลซิส ที่ 700 °C แสดงให้เห็นไม่มากนัก แสดงให้เห็น ว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส ส่งผลกระทบต่อลักษณะของคาร์บอนไฟเบอร์ สอดคล้องกับข้อมูล XRD ที่พบว่าปริมาณผลึกจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิในการไพโรไลซิส



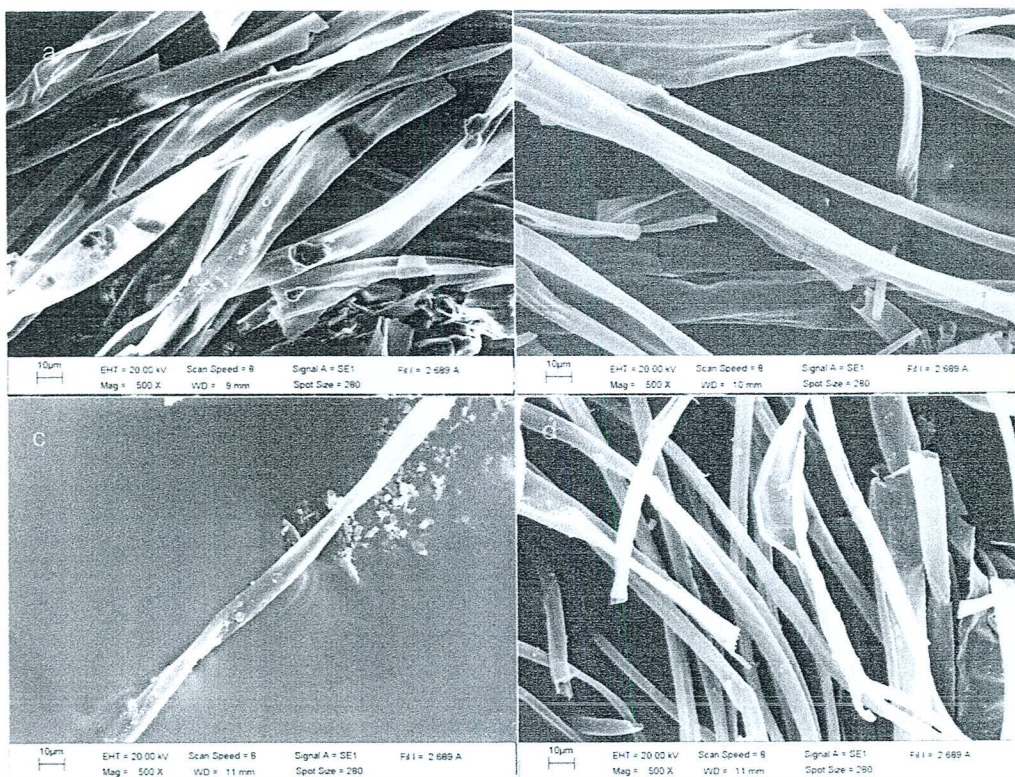
ภาพ 36 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

ภาพ SEM ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงจะแสดงในภาพ 36 พื้นผิวของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงจะงอและทู่ดัดตัวลง แต่จาก ภาพ 36 (d) ของวัสดุผสมคาร์บอนไฟเบอร์ แสดงให้เห็นคาร์บอนไฟเบอร์ ที่ทับซ้อนกัน พื้นผิวของคาร์บอนไฟเบอร์ใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงแสดงให้เห็นว่าพื้นผิวมีความราบเรียบมากขึ้น น่าจะเป็นผลจากเกล็ดของโลหะทองแดง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูง สอดคล้องกับผลของ FT-IR สเปกตรัมมีพีคที่ค่อนข้างเรียบ [29]



ภาพ 37 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

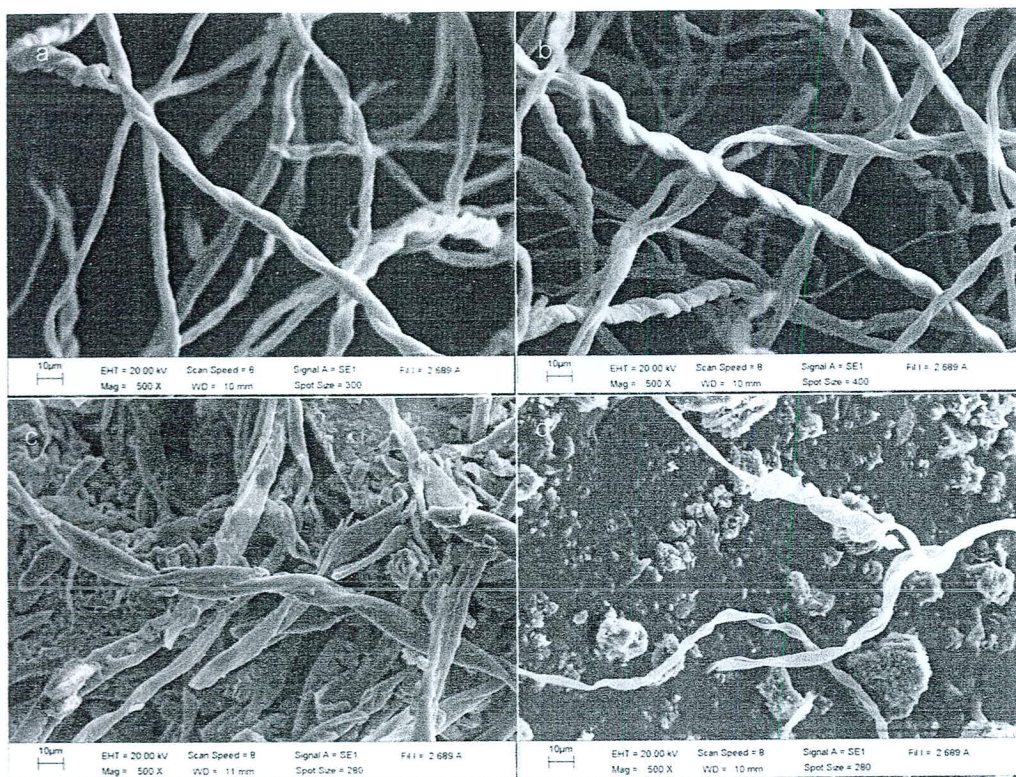
ในภาพ 37 SEM จากคอมโพสิตไฟเบอร์ใยุ่นผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียม แสดงผลของโลหะแมกนีเซียมที่อยู่บนไฟเบอร์ใยุ่น ไพโรไลซิสในช่วงของอุณหภูมิระหว่าง 400-700 °C พบว่ามีอนุภาคที่ติดอยู่บนพื้นผิวของคาร์บอนไฟเบอร์ ที่อุณหภูมิสูงกว่า 600 °C มีแตกหักและรอยแยกของเส้นใยคาร์บอนที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ที่ 700 °C มีจำนวนของอนุภาคเกล็ดของโลหะแมกนีเซียมบนพื้นผิวคาร์บอนไฟเบอร์สูง จากปรากฏการณ์นี้เป็นที่ชัดเจนว่า สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ที่แสดงให้เห็นถึงฟีดที่โดดเด่นของโลหะแมกนีเซียม และจากผล FT-IR สเปกตรัมยังแสดงให้เห็นว่าฟีดที่ค่อนข้างเรียบและมีฟีดที่ 1451 cm^{-1} นี้ ซึ่งเกิดจากการแตกหักของโครงสร้างผลึกของเส้นใยคาร์บอน



ภาพ 38 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะสังกะสี ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

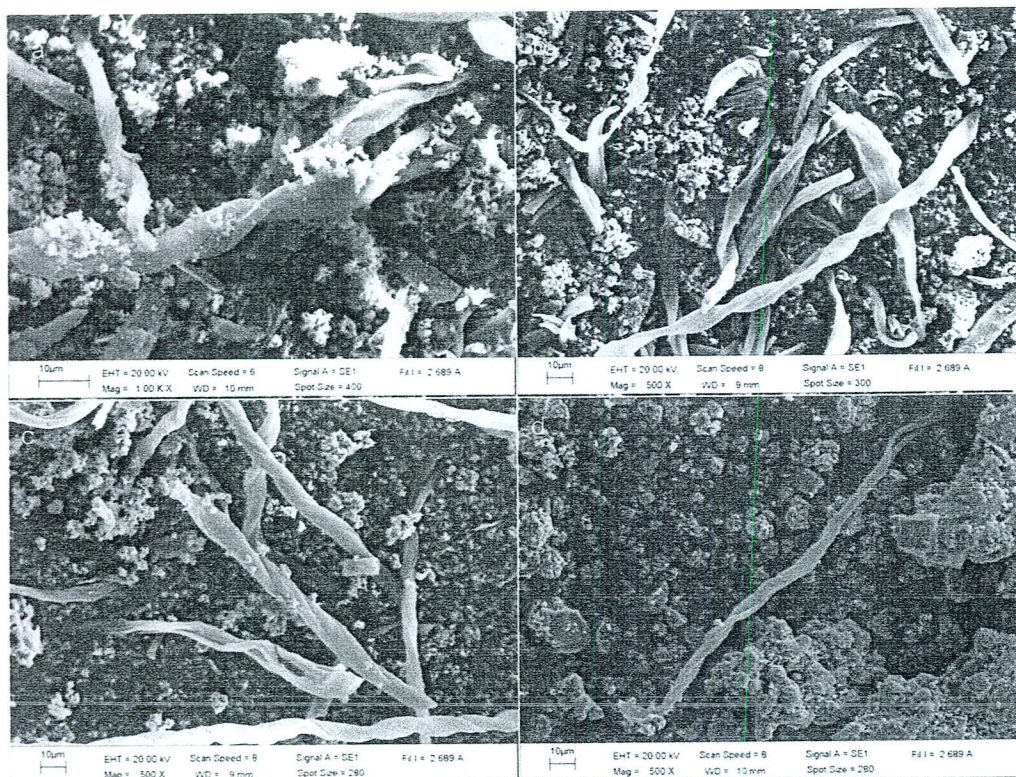
ภาพ 38 แสดงให้เห็นพื้นผิวของคอมโพสิตไฟเบอร์ใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะสังกะสีก็จะเห็นได้ว่าพื้นผิวของ คาร์บอนไฟเบอร์จะถูกทำลายอย่างมากเมื่อเทียบกับคอมโพสิตไฟเบอร์ใยุ่นผสมกับเกลือของโลหะอื่นๆ อย่างไรก็ตามเกลือของโลหะสังกะสีที่ติดอยู่บนพื้นผิวของคอมโพสิตไฟเบอร์ใยุ่นก็ไม่ได้มีลักษณะเป็นอนุภาคเล็กๆ เพียงอย่างเดียวยังมีอนุภาคขนาดใหญ่รวมอยู่ด้วย

3. ผลการเปรียบเทียบภาพถ่าย SEM ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะชนิดต่างๆ



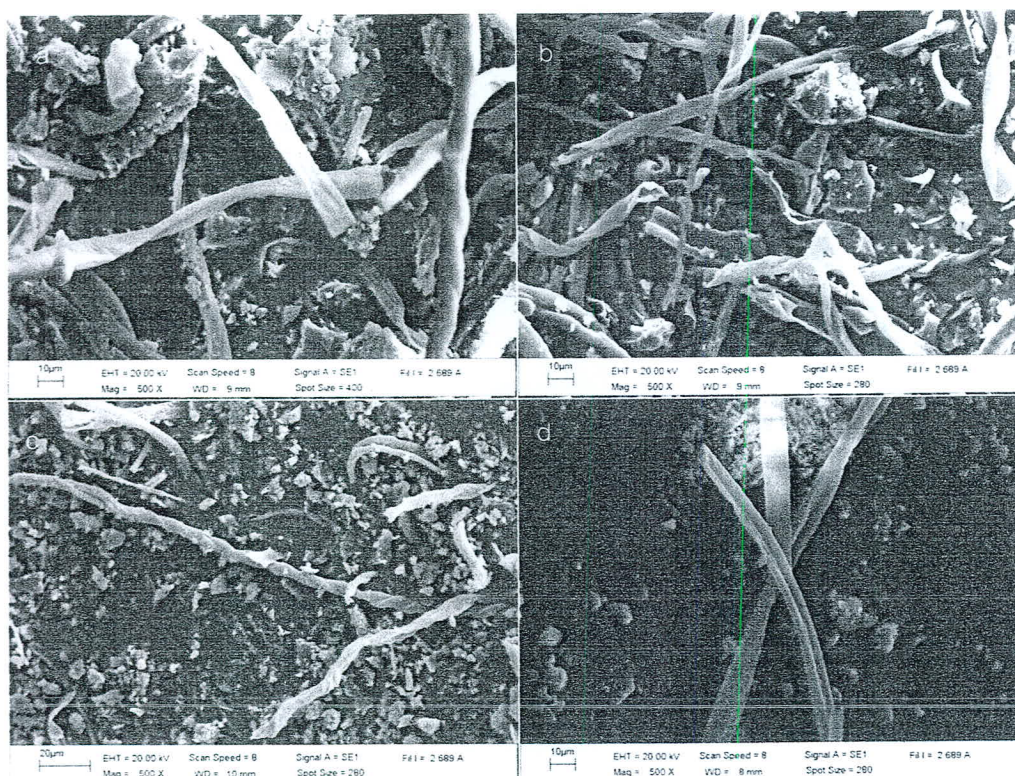
ภาพ 39 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

คอมโพสิตไฟเบอร์ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมมีโครงสร้างแบบเส้น ดังแสดงในภาพ 39 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของลำไส้ประมาณ 7.00-12.23 ไมโครเมตรซึ่งมีขนาดเล็กกว่าใยุ่น และไม่มีช่องตรงกลางเส้นใย ทำให้มีลักษณะไม่เหมือนท่ออย่างใยุ่น เนื่องจากลำไส้ นั้นได้ผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ มาแล้ว เมื่อทำการเติมเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมลงไป โลหะดังกล่าวก็จะไปเกาะอยู่บนพื้นผิวของลำไส้ โดยโครงสร้างของลำไส้จะเกิดรอยแยก และแตกหักตามการเพิ่มอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิส เช่นเดียวกันกับใยุ่น



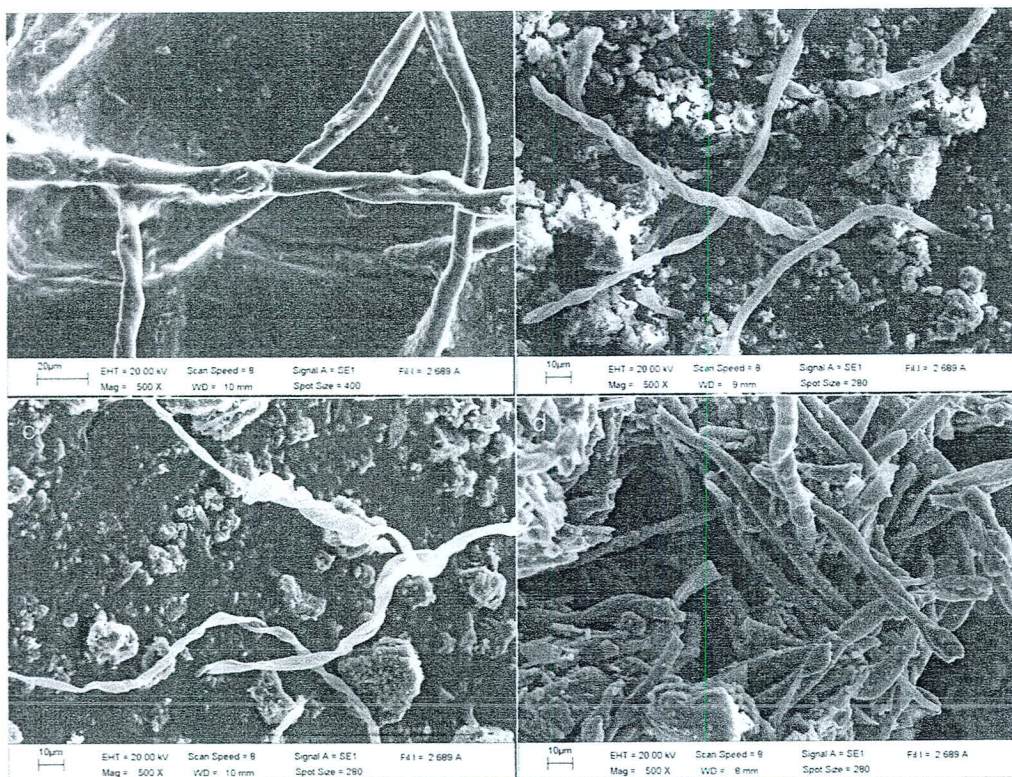
ภาพ 40 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของลำดีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

ภาพ SEM ของลำดีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงจะแสดงในภาพ 40 พื้นผิวของลำดีจะขรุขระ และบางส่วนเกิดการแตกหักออกจากกัน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสไปทำลายโครงสร้างของลำดี นอกจากนี้เกล็ดของโลหะที่เติมลงไปในการประกอบยังไปเกาะบนพื้นผิวของลำดี คล้ายๆ กับการเติมเกล็ดของโลหะชนิดอื่นเช่นเดียวกัน



ภาพ 41 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

ภาพ SEM ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียมจะแสดงในภาพ 41 พื้นผิวของลำไส้จะขรุขระ และบางส่วนเกิดการแตกหักออกจากกัน เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการไพโรไลซิสไปทำลายโครงสร้างของลำไส้ นอกจากนี้เกล็ดของโลหะแมกนีเซียมที่เติมลงไปในการประกอบยังไปเกาะบนพื้นผิวของลำไส้ คล้ายๆ กับการเติมเกล็ดของโลหะชนิดอื่นเช่นเดียวกัน ซึ่งตรงกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ที่พบพีคของโลหะ และสารประกอบของโลหะแมกนีเซียมปรากฏขึ้น ร่วมกับพีคอื่นๆ

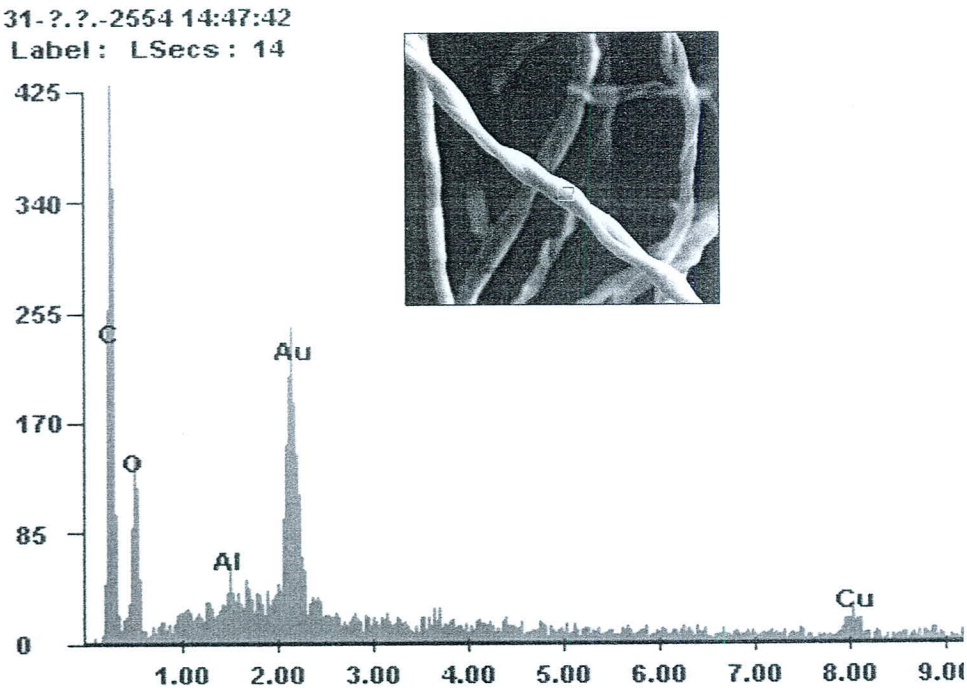


ภาพ 42 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสี ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400-700 °C ; 400 °C (a), 500 °C (b), 600 °C (c) และ 700°C (d)

ภาพ 42 แสดงให้เห็นพื้นผิวของคอมโพสิตไฟเบอร์ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีจะเห็นได้ว่าพื้นผิวของ คาร์บอนไฟเบอร์จะถูกทำลายอย่างมากเมื่อเทียบกับคอมโพสิตไฟเบอร์ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะอื่น ๆ

ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS

แสดงให้เห็นถึงผลของการเปรียบเทียบ EDS ของอะลูมิเนียมคอมโพสิตคาร์บอนบนพื้นผิวของคาร์บอนไฟเบอร์ ที่ 400 °C เพื่อเป็นการยืนยันว่า ในคาร์บอนไฟเบอร์คอมโพสิตที่ได้ทำการสังเคราะห์ขึ้นมานั้นมีอนุภาคของเกล็ดของโลหะชนิดต่างๆ ผสมอยู่จริงตามผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ ที่ผ่านมา

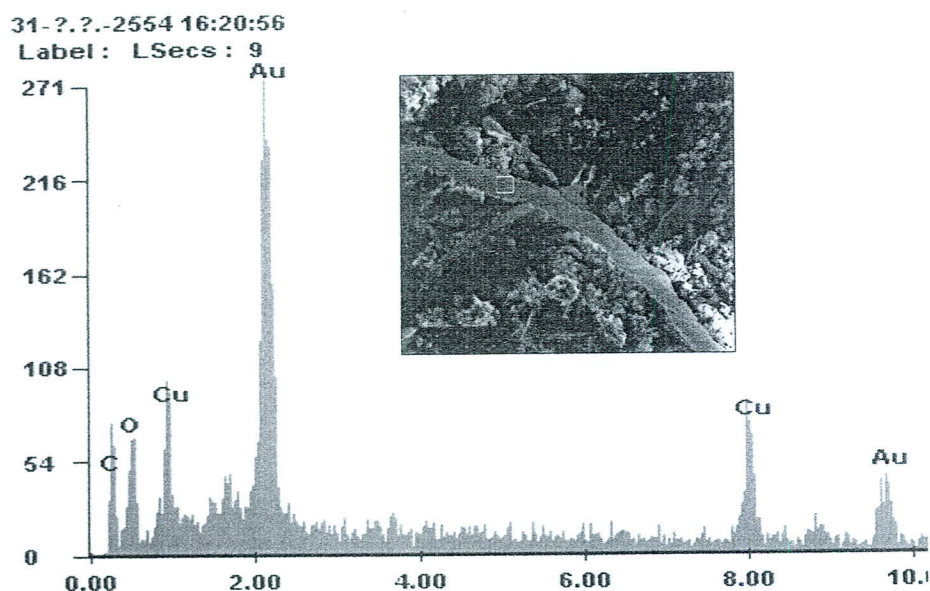


ภาพ 43 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ของสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

ตาราง 1 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS ของคอมโพสิต ระหว่างสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C

ธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS	ร้อยละโดยน้ำหนัก
C	74.08
O	24.71
Al	1.12

ภาพ 43 แสดงให้เห็นถึงผลของการใช้เทคนิค EDS ในการวิเคราะห์ธาตุที่อยู่ในคอมโพสิตระหว่างสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะอะลูมิเนียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C จากภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ จะแสดงปริมาณของธาตุต่างๆ ในคอมโพสิตในหน่วยร้อยละของคอมโพสิตในบริเวณที่ทำการวิเคราะห์ในตาราง 1 ซึ่งผลที่ได้พบว่ามีโลหะอะลูมิเนียมอยู่บนพื้นผิวของคอมโพสิตประมาณร้อยละ 1.12 [29]

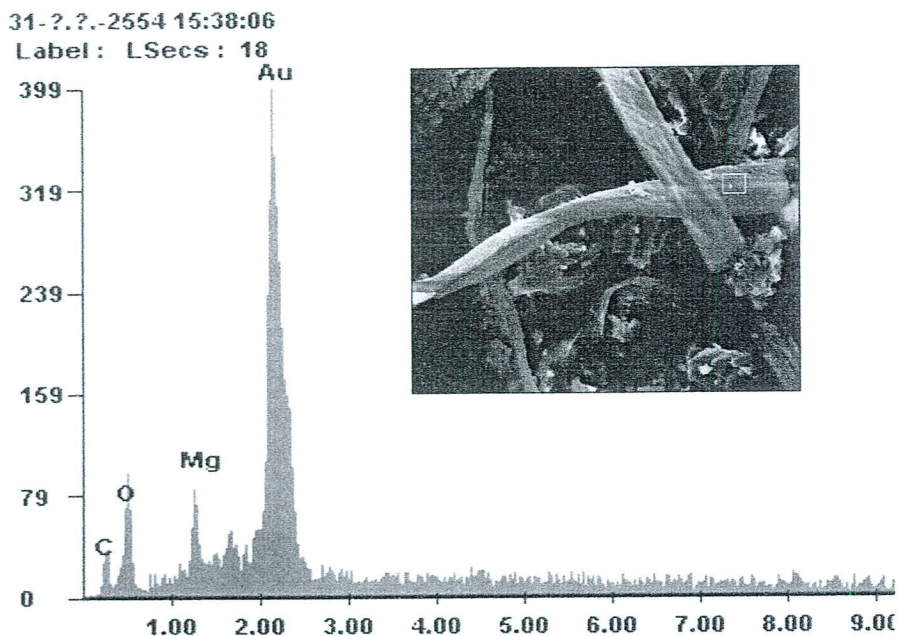


ภาพ 44 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ของสำลีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดง ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

ตาราง 2 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS ของคอมโพสิตระหว่างสำลีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

ธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS	ร้อยละโดยน้ำหนัก
C	38.60
O	24.40
Cu	40.98

ภาพ 44 แสดงให้เห็นถึงผลของการใช้เทคนิค EDS ในการวิเคราะห์ธาตุที่อยู่ในคอมโพสิตระหว่างสำลีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C จากภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ จะแสดงปริมาณของธาตุต่างๆ ในคอมโพสิตในหน่วยร้อยละของคอมโพสิตในบริเวณที่ทำการวิเคราะห์ในตาราง 2 ซึ่งผลที่ได้พบว่ามีโลหะทองแดงอยู่บนพื้นผิวของคอมโพสิตระหว่างสำลีผสมกับเกล็ดของโลหะทองแดงประมาณ ร้อยละ 40.98 [29] สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ที่พบพีคของโลหะทองแดงในสารประกอบอย่างเด่นชัด



ภาพ 45 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ของลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียม ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

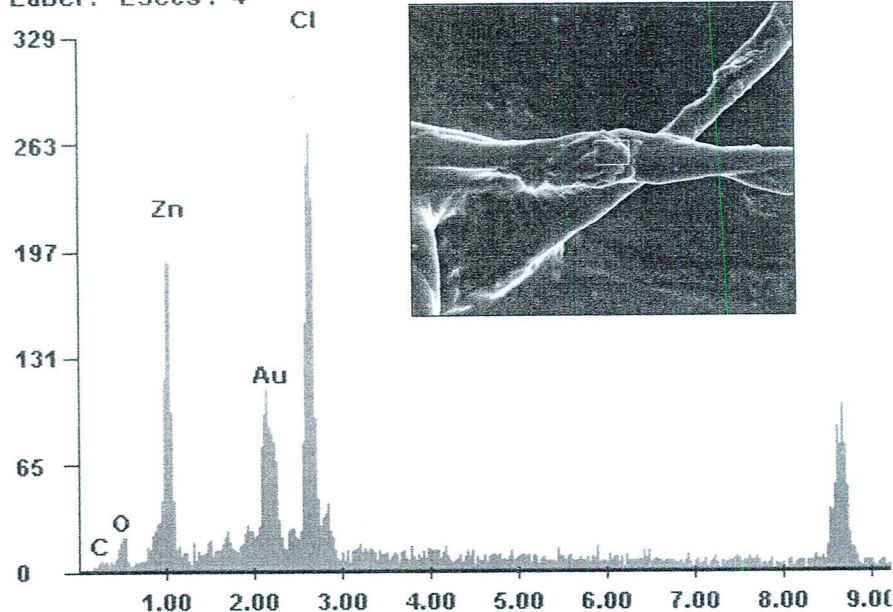
ตาราง 3 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS ของคอมโพสิต ระหว่างลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

ธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS	ร้อยละโดยน้ำหนัก
C	38.50
O	44.86
Mg	16.64

ภาพ 45 แสดงให้เห็นถึงผลของการใช้เทคนิค EDS ในการวิเคราะห์ธาตุที่อยู่ในคอมโพสิตระหว่างลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียมที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C จากภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ จะแสดงปริมาณของธาตุต่างๆ ในคอมโพสิตในหน่วยร้อยละของคอมโพสิตในบริเวณที่ทำการวิเคราะห์ในตาราง 3 ซึ่งผลที่ได้พบว่ามีโลหะแมกนีเซียมอยู่บนพื้นผิวของคอมโพสิตระหว่างลำไส้ผสมกับเกล็ดของโลหะแมกนีเซียมประมาณ ร้อยละ 16.64 [29]

31-?-?-2554 15:55:00

Label: LSecs: 4



ภาพ 46 ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ของสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะสังกะสี
ที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

ตาราง 4 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS ของคอมโพสิต
ระหว่างสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400°C

ธาตุที่ตรวจพบด้วยเทคนิค EDS	ร้อยละโดยน้ำหนัก
C	8.33
O	6.36
Zn	44.10
Cl	41.17

ภาพ 46 แสดงให้เห็นถึงผลของการใช้เทคนิค EDS ในการวิเคราะห์ธาตุที่อยู่ในคอมโพสิตระหว่างสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีที่ทำการไพโรไลซิสที่อุณหภูมิ 400 °C จากภาพที่ได้จากการวิเคราะห์ จะแสดงปริมาณของธาตุต่างๆ ในคอมโพสิตในหน่วยร้อยละของคอมโพสิตในบริเวณที่ทำการวิเคราะห์ในตาราง 4 ซึ่งผลที่ได้พบว่ามีโลหะสังกะสีอยู่บนพื้นผิวของคอมโพสิตระหว่างสำลีสัมกับเกล็ดของโลหะสังกะสีประมาณ ร้อยละ 44.10 [29]

นอกจากนี้ยังพบปริมาณของธาตุคลอรีนในปริมาณที่ใกล้เคียงกับธาตุสังกะสี เนื่องจากเกลือของโลหะสังกะสีที่ใช้ในการเตรียมสารตัวอย่างมีส่วนประกอบของคลอรีนอยู่ด้วยนั่นเอง

การสะสมไฮโดรเจน

1. การสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ

การสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ ทั้ง 4 ชนิด หลังทำการไพโรไลซิสได้แสดงในตาราง 5 โดยพบว่าเมื่ออุณหภูมิที่ทำการไพโรไลซิสเพิ่มสูงขึ้นการสะสมไฮโดรเจนก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และโลหะทั้ง 4 ชนิดที่เป็นส่วนประกอบของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตก็ส่งผลต่อการสะสมไฮโดรเจนด้วยเช่นกัน [13] โดยพบว่า ประสิทธิภาพของการสะสมไฮโดรเจนของถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะทองแดง > ถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม > ถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะอะลูมิเนียม > ถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะสังกะสี ตามลำดับ ปริมาณที่สามารถสะสมไฮโดรเจนได้มากที่สุดคือร้อยละ 6.22 โดยน้ำหนักของคอมโพสิต

ถ่านเปลือกกล้วยที่เติมเกลือของโลหะสังกะสีลงไป มีประสิทธิภาพในการกักเก็บไฮโดรเจนต่ำเนื่องจากเกลือของโลหะสังกะสีเป็นสารที่ไวต่อความชื้น ผลที่ได้นี้ได้รับการสนับสนุนโดย FT-IR สเปกตรัมของถ่านเปลือกกล้วยที่เติมเกลือของโลหะสังกะสีแสดงที่ 3400 cm^{-1} ซึ่งเป็นพีคของ O-H ของหมู่ฟังก์ชันไฮดรอกซิล มีความเข้มของพีคสูง นอกจากนี้ในการเติมเกลือของโลหะสังกะสีลงไปทำให้ผิวสัมผัสของคอมโพสิตลดลงจึงทำให้กักเก็บได้ไม่มากนัก [30] ถ่านเปลือกกล้วยที่เติมเกลือของโลหะทองแดงลงไปสามารถกักเก็บไฮโดรเจนได้ใกล้เคียงกับมาตรฐาน (ร้อยละ 6.5 โดยน้ำหนักของกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา [31]) ซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Park, et al. [32] ในกรณีนี้โมเลกุลไฮโดรเจนจะกระจายอยู่บนพื้นผิวของโลหะทองแดง เมื่อไฮโดรเจนครอบคลุมทั่วโลหะทองแดงแล้ว จะกระจายเข้าสู่โครงสร้างของถ่านเปลือกกล้วย [32] เนื่องจากมีอนุภาคขนาดเล็กของเกลือของโลหะทองแดงจำนวนมากในสารประกอบ ทำให้มีพื้นผิวสัมผัสมากกว่าการเติมโลหะชนิดอื่น จึงทำให้สามารถกักเก็บไฮโดรเจนได้มากกว่า [32] การกักเก็บไฮโดรเจนของถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะแมกนีเซียม และอะลูมิเนียมมีผลที่ได้ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Shindo, et al. [33] ที่ใช้ คาร์บอน แกรไฟต์ ถ่านกัมมันต์ของเส้นใยคาร์บอน และผงของถ่านกัมมันต์ ในการกักเก็บไฮโดรเจน

ตาราง 5 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของการสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ

อุณหภูมิในการไพโรไลซิส (°C)	การสะสมไฮโดรเจนของถ่านเปลือกกล้วยกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	อะลูมิเนียม	ทองแดง	แมกนีเซียม	สังกะสี
400	2.36	5.24	3.50	0.34
500	3.78	6.06	4.01	0.39
600	3.86	6.22	4.43	0.35
700	3.85	6.15	4.44	0.39

2. การสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างไยุ่นกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ

การสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างไยุ่นกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ ทั้ง 4 ชนิด หลังทำการไพโรไลซิสได้แสดงในตาราง 6 มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับนาโนคาร์บอนคอมโพสิตของถ่านเปลือกกล้วย แต่ปริมาณการสะสมไฮโดรเจนจะมีปริมาณน้อยกว่า โดยปริมาณที่นาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างไยุ่นกับเกลือของโลหะสามารถสะสมไฮโดรเจนได้มากที่สุดเพียง ร้อยละ 0.75 โดยน้ำหนักของคอมโพสิต ซึ่งไยุ่นเป็นวัตถุดิบที่สามารถสะสมไฮโดรเจนได้น้อยที่สุดในบรรดาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนาโนคาร์บอนคอมโพสิต

ตาราง 6 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของการสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างไยุ่นกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ

อุณหภูมิในการไพโรไลซิส (°C)	การสะสมไฮโดรเจนของไยุ่นกับเกลือของโลหะชนิดต่างๆ(ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	อะลูมิเนียม	ทองแดง	แมกนีเซียม	สังกะสี
400	0.59	0.48	0.45	0.00
500	0.60	0.49	0.45	0.00
600	0.61	0.48	0.52	0.00
700	0.63	0.75	0.52	0.00

3. การสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างลำลึกับเกลือของโลหะชนิดต้งๆ

การสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างลำลึกับเกลือของโลหะชนิดต้งๆ ทั้ง 4 ชนิด หลังทำการไฟโรไลซิสได้แสดงในตาราง 7 มีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกับนาโนคาร์บอนคอมโพสิตของถ่านเปลือกกล้วย แต่ปริมาณการสะสมไฮโดรเจนจะมีปริมาณน้อยกว่า โดยปริมาณที่นาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างลำลึกับเกลือของโลหะสามารถสะสมไฮโดรเจนได้มากที่สุดเพียง ร้อยละ 1.54 โดยน้ำหนักของคอมโพสิต

ตาราง 7 แสดงร้อยละโดยน้ำหนักของการสะสมไฮโดรเจนของนาโนคาร์บอนคอมโพสิตระหว่างลำลึกับเกลือของโลหะชนิดต้งๆ

อุณหภูมิในการไฟโรไลซิส (°C)	การสะสมไฮโดรเจนของลำลึกับเกลือของโลหะชนิดต้งๆ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)			
	อะลูมิเนียม	ทองแดง	แมกนีเซียม	สังกะสี
400	0.47	0.65	0.56	0.00
500	0.47	0.94	0.55	0.00
600	0.62	1.34	0.66	0.00
700	0.62	1.57	0.62	0.00