

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การพัฒนาและความต้องการที่สูงขึ้นของมนุษย์ในปัจจุบัน ส่งผลให้อุตสาหกรรมต่าง ๆ เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก สิ่งที่มาคือ การเพิ่มสูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ของปริมาณของเสียจากอุตสาหกรรม ซึ่งมักมีการจัดการของเสียด้วยการนำไปฝังกลบ การเผาหรือการจัดการที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในบริเวณโดยรอบ ทั้งทางดิน น้ำและอากาศ จึงจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากหลายภาคส่วนเพื่อหาวิธีจัดการที่เหมาะสม หรือใช้ประโยชน์จากของเสียเพื่อให้ปริมาณของเสียมีค่าเป็นศูนย์ (Zero waste) (Awasthi, 2021) เป็นการรักษาสีงแวดล้อมอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นการลดต้นทุน และเป็นการเพิ่มมูลค่าโดยการนำของเสียกลับคืนสู่วงจรอุตสาหกรรม (Saima, 2020)

อุตสาหกรรมยานยนต์ ถือเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2564 มีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นอันดับที่ 12 ของโลก (สถาบันยานยนต์, 2564) โดยเฉพาะอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์มีการเติบโตสะท้อนจากดัชนีผลผลิต (MPI) ขยายตัว 39.2% ถึงแม้ว่าการคาดการณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2565-2567 จะมีอัตราการเติบโตลดลง โดยคาดว่าจะมีการเติบโตเฉลี่ยปีละ 15% เนื่องจากราคารถยนต์มีทิศทางเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง จากการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องยนต์เพื่อลดมลพิษ และกระแสความนิยมใช้รถยนต์ร่วมกัน ทำให้ความต้องการซื้อรถยนต์ลดลง (ธนาคารกรุงศรี, 2567) โดยจากข้อมูลบัญชีของเสียที่เป็นแหล่งทรัพยากรทดแทน (กลุ่มอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์) พบว่ามีของเสียประเภทผงฝุ่นเหล็กจากกระบวนการเจาะ เจียรหรือตะไบจากตัวถังยานยนต์ ซึ่งมีเหล็ก (Iron; Fe) เป็นองค์ประกอบหลักสูงมากกว่า 73% และมีการนำไปรีไซเคิลเป็นเหล็กพูน โดยการคัดแยกสารปนเปื้อนจากระบบบำบัดอากาศจากเตาหลอมโลหะออก จากนั้นนำไปผสมกับถ่านหินแล้วอัดแท่ง เผาในเตาหลอมที่อุณหภูมิ 1200-1400°C (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2556) นอกจากนี้ยังมีการนำของเสียประเภทผงเหล็กจากกระบวนการขัด (Grinding) ซึ่งมีปริมาณ 50-60 ตันต่อปี (ต่อหนึ่งผู้ผลิต) ซึ่งมักจะไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์และมีวิธีการกำจัดโดยการฝังกลบ ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย 1,800 บาทต่อตัน หรือประมาณ 100,000 บาทต่อปี จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับของเสียดังกล่าวก่อนหน้านี้ พบว่าผงเหล็กมีอนุภาคนาโนขนาดเล็กและมีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักสูงถึง 97% เมื่อนำไปผ่านกระบวนการล้างและแยกเหล็กออกด้วยแม่เหล็กเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์สูงขึ้นและนำไปทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก (Nitric acid: HNO_3) ทำให้

ของเสียเปลี่ยนเป็นสารประกอบเหล็กออกไซด์ (Hematite: Fe_2O_3) ที่เป็นวัฏภาคเดี่ยว เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานต่อได้หลากหลายมากขึ้น (N. Chuprasoet, 2021) แต่การนำของเสียไปทำปฏิกิริยากับกรด HNO_3 นั้นมีความเสี่ยงในการปฏิบัติงานเนื่องจากกรดไนตริกเป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง อาจมีส่วนทำให้เครื่องจักรต่าง ๆ เกิดความเสียหายได้หากนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรม อีกทั้งยังอาจทำให้เกิดการระคายเคืองหรือเผาไหม้ได้หากสัมผัสกับเนื้อเยื่อหรือสูดดมเข้าสู่ร่างกาย (New Jersey Department Health, 2009) รวมไปถึงแก๊สที่เกิดขึ้นหลังจากกรด HNO_3 ทำปฏิกิริยากับเหล็ก ได้แก่ แก๊สไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide: H_2O_2) (New Jersey Department Health, 2016b) และแก๊สแอมโมเนีย (Ammonia: NH_3) (New Jersey Department Health, 2016a) เนื่องจากแก๊สทั้ง 2 ชนิดมีฤทธิ์กัดกร่อน การสูดดมเข้าไปในปริมาณมาก อาจทำให้เกิดอาการหายใจติดขัด เมื่อสัมผัสอาจเกิดผื่นแดง รู้สึกปวดแสบปวดร้อน เจ็บคอ เวียนหัวและอาเจียนได้ เมื่อสัมผัสสูดดมดวงตา จะก่อให้เกิดอาการระคายเคืองหรือสายตาสว่างพร่ามัวได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการเปลี่ยนของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ (Fe-waste) ให้เป็นวัฏภาคเดี่ยวของ Fe_2O_3 ด้วยการใช้ความร้อน (Thermal etching) ในบรรยากาศออกซิเดชันซึ่งสามารถเปลี่ยนให้ Fe เป็น Fe_2O_3 ได้ตั้งแต่อุณหภูมิห้องจนถึงในช่วงอุณหภูมิสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความดันเฉพาะส่วนของออกซิเจน (Oxygen partial pressures; PO_2) (Guido, 2001) แต่เนื่องจากไม่สามารถควบคุมแรงดันภายในเตาขณะเผาได้ จึงจำเป็นต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่บรรยากาศปกติ เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสมในการเปลี่ยนให้ Fe-waste เป็น Fe_2O_3 ได้รวดเร็วขึ้น

เซนเซอร์ (Sensor) คืออุปกรณ์ มาตรวัด หรือระบบที่ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมและถ่ายทอดข้อมูลไปยังอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ประมวลผลคอมพิวเตอร์ เซนเซอร์จะแปลงปรากฏการณ์ทางกายภาพในลักษณะของสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลที่วัดได้ ซึ่งสามารถแสดงผล อ่านหรือประมวลผลเพิ่มเติมได้ เทคโนโลยีด้านเซนเซอร์สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ระบบควบคุมในอาคารบ้านเรือน ตั้งแต่ระบบรักษาความปลอดภัย การป้องกันอัคคีภัย ระบบควบคุมอุณหภูมิ รวมทั้งระบบควบคุมในยานยนต์ต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ใช้ระบบเซนเซอร์เพื่อใช้ในการตรวจรักษาโรค (Javaid, 2021) และอีกหนึ่งในระบบที่มีการนำเซนเซอร์ไปใช้งาน คือ การใช้เป็นแก๊สเซนเซอร์ (Gas sensor) ในการตรวจจับแก๊สพิษ (Toxic gases) เช่น แก๊สที่เกิดขึ้นจากการเกิดเหตุเพลิงไหม้ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide; CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide; CO_2) มีเทน (Methane; CH_4) อะเซทิลีน (Acetylene; C_2H_2) เอทิลีน (Ethylene; C_2H_4) หรือ ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide; NO_x) ฯลฯ (James, 1978) (กระทรวงสาธารณสุข, 2565) ซึ่งวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานสำหรับตรวจจับแก๊สพิษเหล่านี้ คือ วัสดุในกลุ่มสารกึ่งตัวนำชนิดโลหะออกไซด์ (Metal oxide semiconducting; MOS) เช่น Ga_2O_3 , WO_3 ฯลฯ และวัสดุโครงสร้างเพอ-

รอฟสไกต์ (Perovskites structure) เช่น SrTiO_3 และ $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ เป็นต้น (Ghenadii, 2020) จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงเห็นความเป็นไปได้ในการนำของเสียจากอุตสาหกรรมยานยนต์ ที่ผ่านการเปลี่ยนให้เป็นวัฏภาคเดี่ยวของ Fe_2O_3 โดยการใช้ความร้อนแล้วนำไปใช้เป็นวัสดุตั้งต้นในการสังเคราะห์เป็นวัสดุโครงสร้างเพอรอฟสไกต์ ที่มีสูตรทางเคมี คือ $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ จากนั้นนำไปตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและสมบัติด้านความสามารถในการดูดซับโมเลกุลของแก๊ส และวัดค่าความต้านทานเมื่อวัสดุดูดซับแก๊สที่อุณหภูมิใช้งาน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญในการนำไปประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจจับแก๊สต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ให้เป็นสารประกอบเหล็กออกไซด์

1.2.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ที่ผ่านการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมี มาใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วัสดุโครงสร้างเพอรอฟสไกต์ที่มีสูตรเคมี คือ $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$

1.2.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัสดุสังเคราะห์โครงสร้างเพอรอฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ มาประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจจับแก๊ส

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ด้วยเครื่องวัดการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction; XRD) และเครื่องวัดการเรืองของรังสีเอ็กซ์ (X-ray fluorescence; XRF)

1.3.2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคของของเสียอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เมื่อทำการบำบัดด้วยความร้อน (Thermal etching) โดยใช้ XRD

1.3.3 ศึกษาขนาดอนุภาคของของเสียด้วยเครื่องวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาค (Particle-size distribution; PSD) และลักษณะโครงสร้างทางกายภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope; SEM)

1.3.4 ศึกษาอุณหภูมิที่ใช้แคลไซน์วัสดุสังเคราะห์โครงสร้างเพอรอฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและสมบัติทางความร้อน (Simultaneous Thermal Analysis; STA)

1.3.5 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงวัฏภาคของวัสดุสังเคราะห์โครงสร้างเพอรอฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ โดยใช้ XRD

1.3.6 ศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคของวัสดุสังเคราะห์เพอโรฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ โดยใช้เครื่อง SEM

1.3.7 ศึกษาความพรุนตัว ขนาดรูพรุน พื้นที่ผิวจำเพาะ ความสามารถในการดูดซับแก๊ส N_2 ด้วยเครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะและขนาดของรูพรุนด้วยเทคนิคบีอีที (Brunauer-Emmett-Teller Method; BET)

1.3.8 ศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุสังเคราะห์โครงสร้างเพอโรฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ โดยการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้าที่เกิดจากการดูดซับแก๊สของวัสดุและระยะเวลาตอบสนองในการตรวจจับแก๊ส

1.4 ผลการวิจัยที่คาดหวังและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ลดปริมาณการฝังกลบของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ที่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและเป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

1.4.2 ลดต้นทุนการผลิตที่มาจากการเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียด้วยวิธีฝังกลบ

1.4.3 ให้ทราบสถานะที่เหมาะสมในการจัดการของเสียโดยเฉพาะการเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีของของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ให้เป็น Fe_2O_3 ด้วยการใช้เทคนิค Thermal etching

1.4.4 สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับของเสียจากอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ โดยนำไปจัดการให้มีความบริสุทธิ์สูงขึ้นและนำไปเผาแคลไซน์จนเกิดเป็นวัตถุดิบเดียวของ Fe_2O_3 ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย

1.4.5 สามารถพัฒนาวัสดุสังเคราะห์โครงสร้างเพอโรฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ จากของเสียอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ เพื่อประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจจับแก๊ส

1.4.6 ทราบประสิทธิภาพในการตรวจจับแก๊สที่อุณหภูมิใช้งาน ของวัสดุโครงสร้างเพอโรฟสไกต์ชนิด $\text{LaFeO}_{3\pm\delta}$ ซึ่งสังเคราะห์จากของเสียอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์

1.4.7 เพิ่มทักษะการทำงานวิจัย การนำเสนองานวิจัย การทำเอกสารงานวิจัย และการตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัย