

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ในบทที่ 4 นำมาวิเคราะห์หาสมบัติต่างๆ ประกอบด้วย การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปัจจัยต่างๆ ว่ามีโครงสร้างอื่นเจือปนอยู่หรือไม่ โดยใช้หลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ศึกษาลักษณะและขนาดของเกรนด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในเงื่อนไขการเตรียมต่างๆ ศึกษาความหนาแน่นของสารในปัจจัยการเตรียมสารต่างๆ และศึกษาสมบัติแม่เหล็กของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปัจจัยการเตรียมสารต่างๆ จากกราฟวงฮิสเทอรีซิส โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ สตรอนเทียมเฟอร์ไรต์และสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่เจือแลนทานัมเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ และผลการเจือแลนทานัมและโคบอลต์ลงในสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปริมาณต่างๆ ในส่วนของการเจือแลนทานัมและโคบอลต์จะศึกษาผลของอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ที่ปริมาณการเจือต่างๆ เมื่อเผาซินเตอร์อุณหภูมิต่างๆ ด้วย

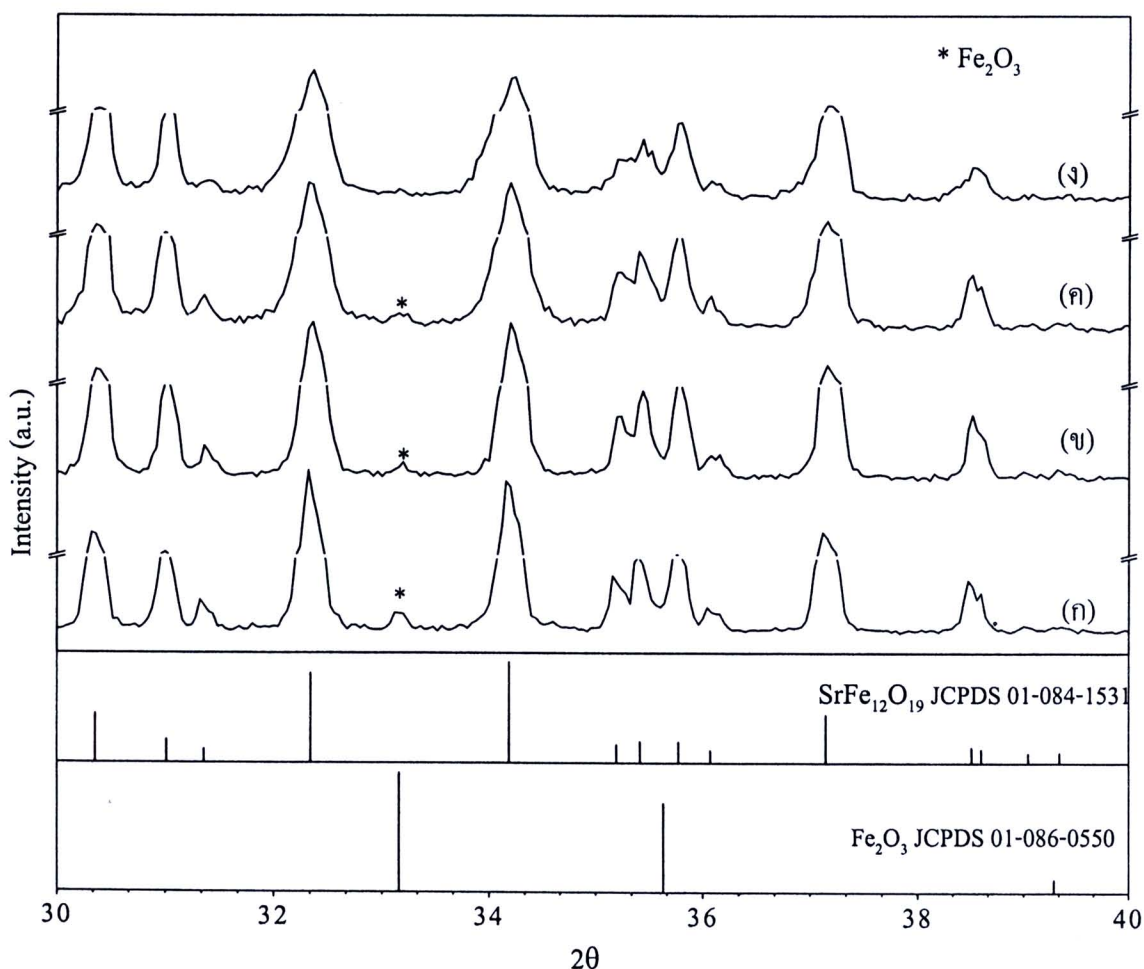
5.1 ผลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์

การวิเคราะห์จะศึกษาผลของอุณหภูมิเผาซินเตอร์ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ด้วยเครื่องเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ศึกษาโครงสร้าง การวิเคราะห์ขนาดเกรนจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และสมบัติแม่เหล็กจากเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น (VSM)

5.1.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างๆ

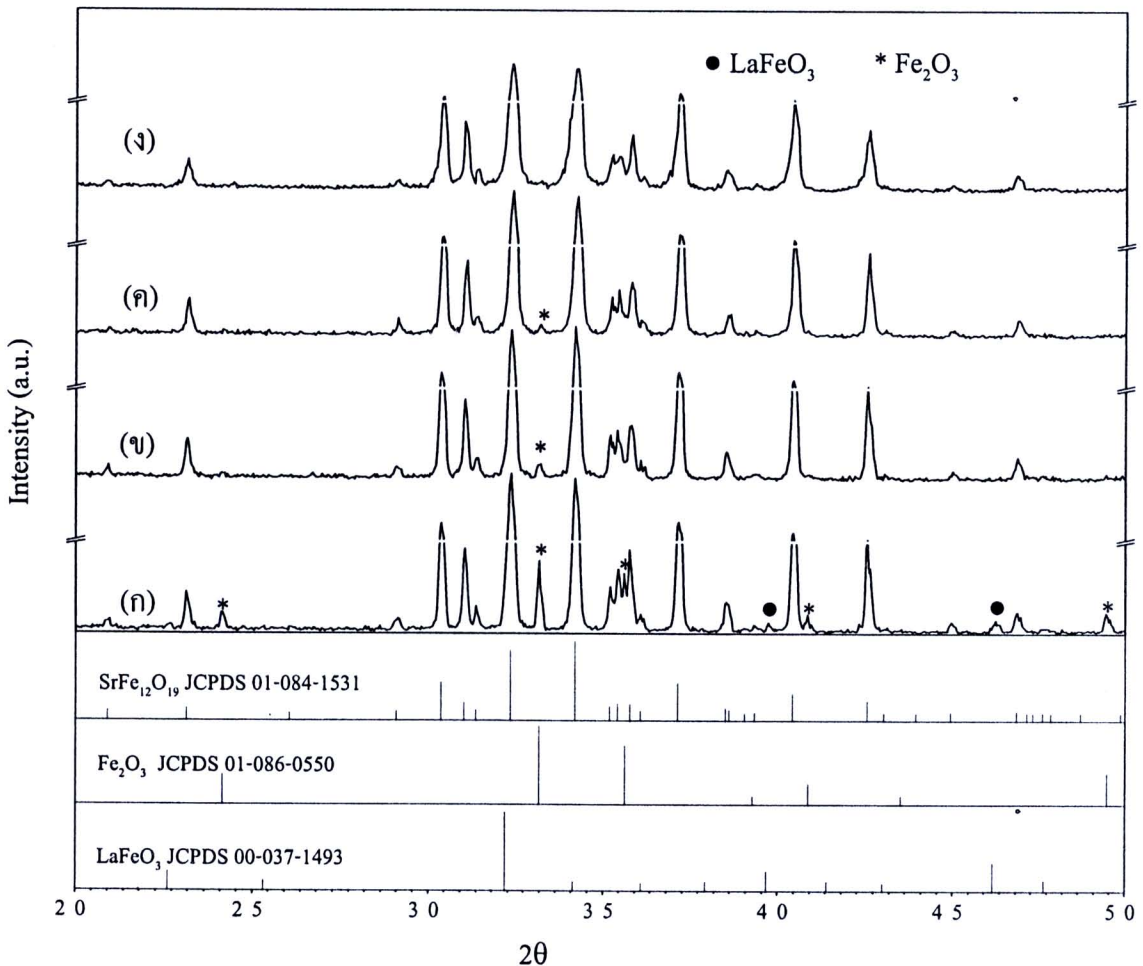
จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ พบระนาบของโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอลของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งสอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 01-084-1531 และที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่ำจะมีเฟสอื่นร่วมอยู่ด้วยดังแสดงในรูปที่ 5.1

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์เมื่อเผาซินเตอร์ที่ตั้งแต่ 1150°C ถึง 1300°C จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าโครงสร้างของสารจะมีโครงสร้างเป็น $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอล และพบโครงสร้างของ Fe_2O_3 สอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 01-086-0550 เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่ำ ซึ่งโครงสร้างนี้จะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้นดังรูปที่ 5.1 เนื่องจากโครงสร้างของ Fe_2O_3 เป็นสารตั้งต้นที่ยังคงอยู่ในโครงสร้าง สอดคล้องกับการวิจัยของ L.A. García-Cerda และคณะ [10] ที่พบว่าโครงสร้างของ Fe_2O_3 นี้จะลดน้อยลงตามอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้นซึ่งทำให้มีโครงสร้าง $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ สมบูรณ์มากขึ้นตามอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้น และผลการศึกษาของ Zai-Bing Guo และคณะ [2] ได้ศึกษาการเตรียมสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ด้วยกระบวนการ Salt-melt method เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 620 °C – 850 °C พบว่าที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่ำจะเกิด เฟส Fe_2O_3 แต่เมื่ออุณหภูมิการเผาสูงขึ้นเป็น 850 °C เฟส Fe_2O_3 จะหายไปทำให้เกิดเฟสเดียวของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ สำหรับงานวิจัยนี้โครงสร้างของ Fe_2O_3 จะหายไปเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1250°C



รูปที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

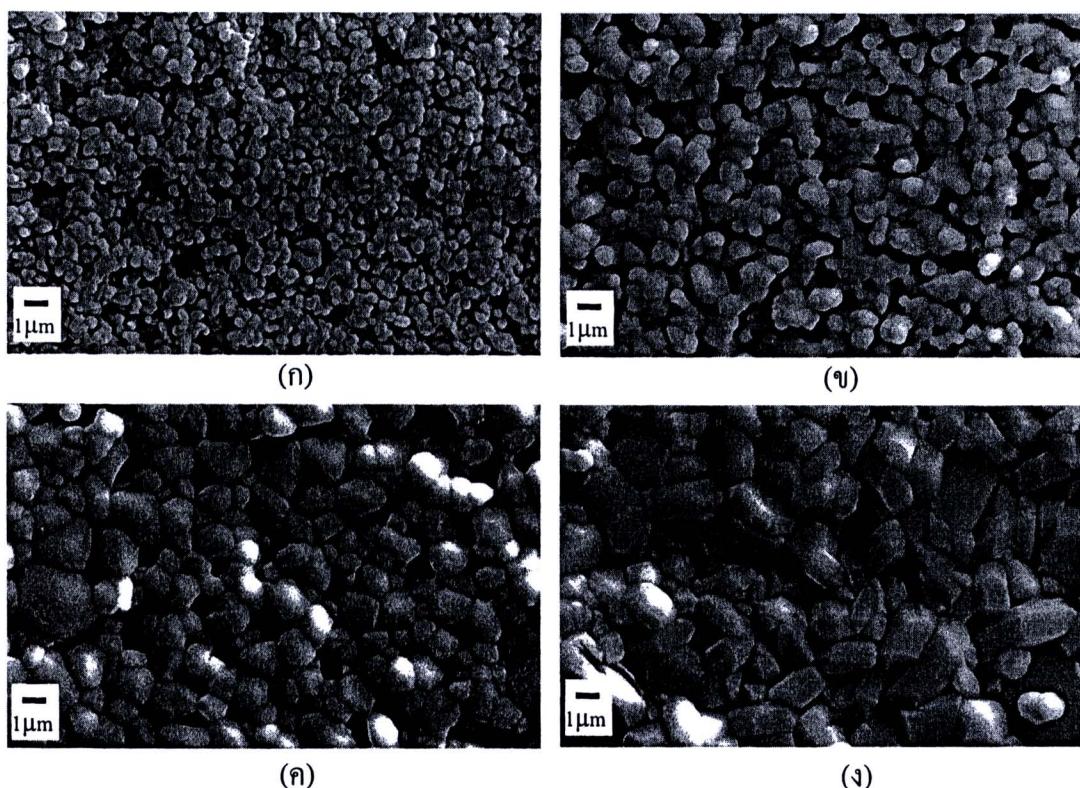
กรณีของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าโครงสร้างของสารจะมีโครงสร้างเป็น $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอล เหมือนกรณีที่ยังไม่เจือแลนทานัม แต่ที่อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C พบโครงสร้างของ LaFeO_3 ซึ่งสอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 00-037-1493 และโครงสร้างของ Fe_2O_3 ดังแสดงในรูปที่ 5.2 เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นโครงสร้างของ Fe_2O_3 และ LaFeO_3 จะหายไป ทำให้ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ แสดงโครงสร้างเป็นแบบ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ มากขึ้นตามอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้นเหมือนกรณีไม่ได้เจือแลนทานัม และผลการทดลองสอดคล้องกับการวิจัยของ Xiansong Liu และคณะ [11] ได้ศึกษาผลของการเจือ La^{3+} ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งเตรียมด้วยกระบวนการทางเซรามิก พบว่าเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1240°C เมื่อ $x = 0$ ถึง 0.30 พบโครงสร้างเดี่ยวของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ แต่เมื่อเจือแลนทานัมมากขึ้นจะพบเฟส LaFeO_3 และ Fe_2O_3 สำหรับงานวิจัยนี้พบว่าเฟสของ LaFeO_3 และ Fe_2O_3 จะไม่ปรากฏเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1300°C และได้สตรอนเทียมเฟอร์ไรต์เฟสเดียว



รูปที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

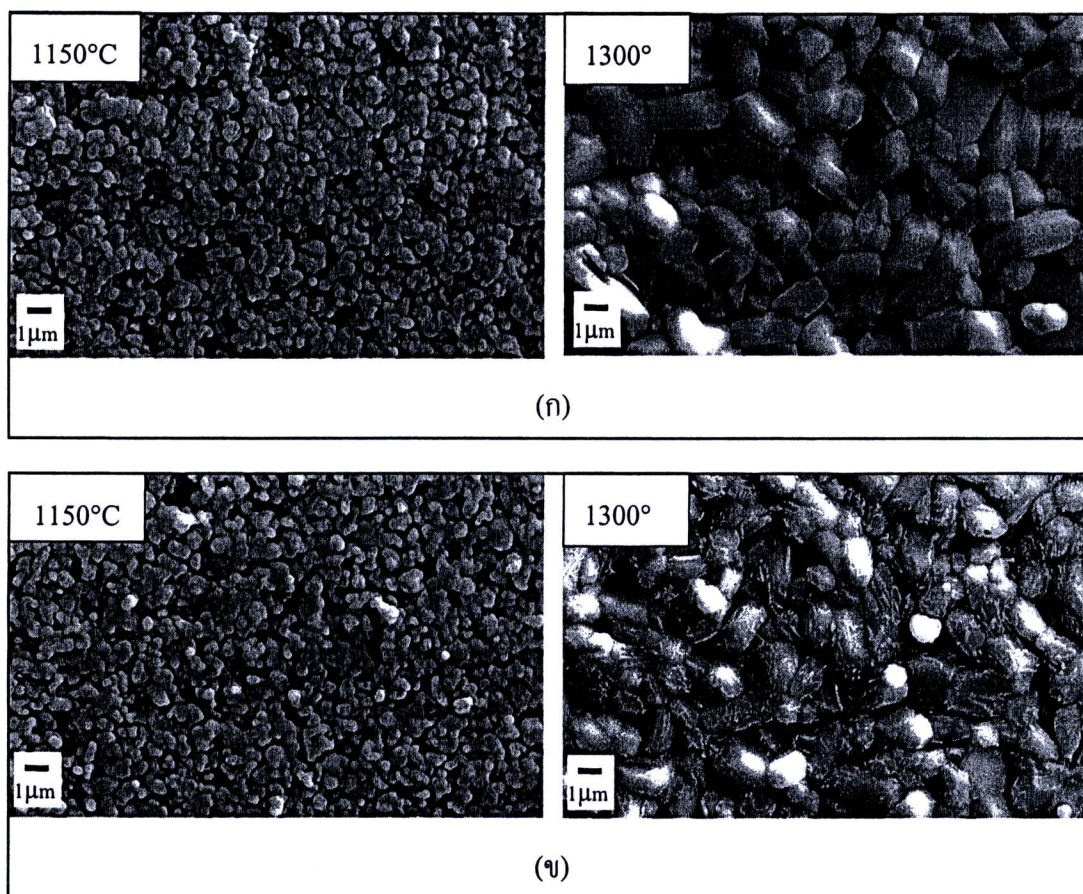
5.1.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่มีต่อขนาดเกรน

จากรูปที่ 5.3 แสดงขนาดของเกรนที่มีแนวโน้มขนาดใหญ่ขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นทั้งในกรณี $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงพลังงานอิสระของพื้นผิว (surface free energy) มีค่าสูง อธิบายได้ว่า การเผาซินเตอร์จะช่วยให้อนุภาคที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้ว กลายเป็นโครงสร้างที่มีการเชื่อมต่อกันด้วยการใช้ขอบเกรน เนื่องจากพลังงานพื้นฐานสำหรับการซินเตอร์นั้นได้มาจากการพยายามลดค่าพลังงานพื้นผิวของอนุภาคผง โดยอาศัยการถ่ายโอนสสารจากส่วนที่อยู่ด้านในของเกรนไปตามแนวของขอบเกรนเพื่อเข้าไปแทนที่ช่องว่างของรูพรุนที่อยู่ใกล้ๆ [12] ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ M. M. Hessian และคณะ [3] ที่ได้ศึกษาสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เตรียมด้วยกระบวนการ co-precipitation พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นขนาดเกรนจะใหญ่ขึ้น



รูปที่ 5.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ แสดงผลการเพิ่มขนาดของเกรนเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

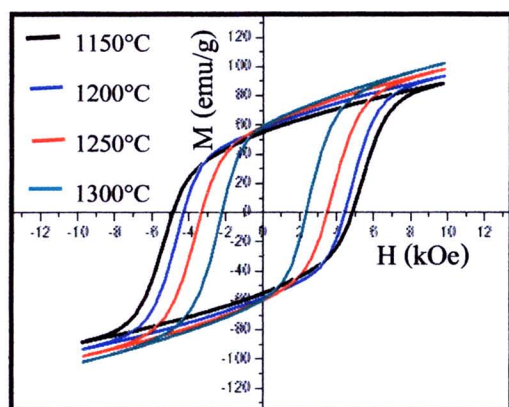
เมื่อพิจารณารูปที่ 5.4 เป็นการเปรียบเทียบขนาดเกรนของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าขนาดเกรนของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ มีขนาดเกรนใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C จากผลที่ได้นี้พบว่า การเจือปนลานั่มลงไปในส่วนแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ในปริมาณ $y = 0.2$ ไม่มีผลต่อขนาดเกรน แต่เมื่อพิจารณาการเผาซินเตอร์ที่ 1300°C พบว่าลักษณะของเกรนจะมีความแตกต่างกัน และพบว่าเกรนของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ มีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมลดลงเมื่อเทียบกับ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ จากการเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้สมบัติความเป็นแม่เหล็กเปลี่ยนไปดังรูปที่ 5.6



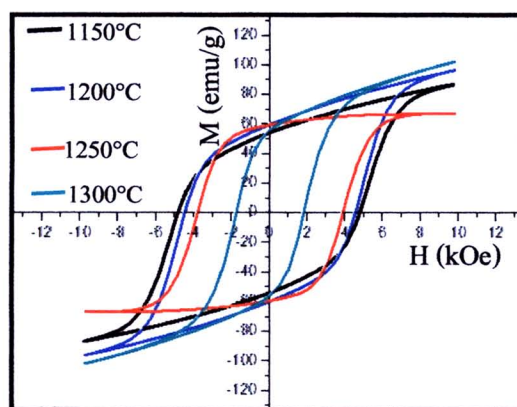
รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อเผาซินเตอร์ที่ อุณหภูมิ 1150°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ของตัวอย่าง (ก) $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ (ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$

5.1.3 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่มีต่อสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์

วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น จากรูปที่ 4.3 และ 4.6 สามารถนำมาหาสมบัติแม่เหล็ก ซึ่งประกอบด้วยค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Remanence, M_r) และค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Saturation magnetization, M_s) จากรูปที่ 5.5(ก) แสดงวงฮิสเทอรีซิสของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ พบว่าที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C มีพื้นที่ใต้กราฟมากที่สุด สัมพันธ์กับพลังงานสูญเสียภายในแกน (BH_{max}) ซึ่งพื้นที่ใต้กราฟมากจะมีพลังงานสูญเสียในแกนมากขึ้น และพบว่าเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นเป็น 1200°C ถึง 1300°C พื้นที่ใต้กราฟจะน้อยลงตามอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับพลังงานสูญเสียภายในแกนจะน้อยลงตามอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้น จากกราฟพบว่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มาก ซึ่งอยู่ระหว่าง 55 – 60 emu/g ค่าสภาพแม่เหล็กอิ่มตัวมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้นและค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับวงฮิสเทอรีซิสที่ได้จากการศึกษาของ M.M. Hessian และคณะ [3] ได้ศึกษาสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เตรียมด้วยกระบวนการ co-precipitation พบว่า เมื่ออุณหภูมิในการเผาสูงขึ้นจาก 800°C ถึง 1100°C ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่าง 55 – 60 emu/g ส่วนค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กมีแนวโน้มลดลง



(ก)

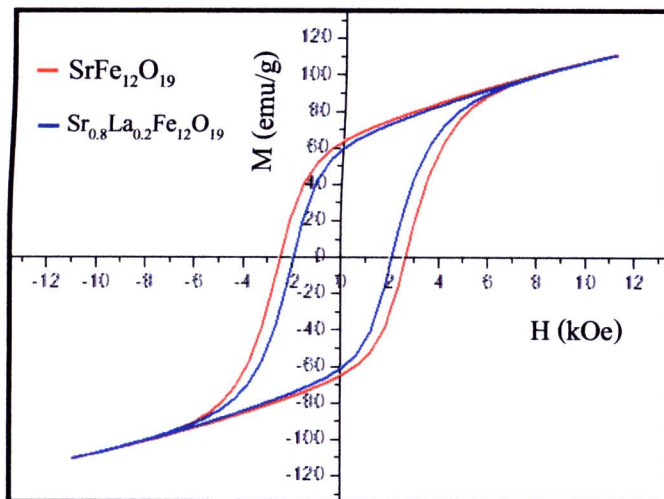


(ข)

รูปที่ 5.5 วงฮิสเทอรีซิสของ (ก) $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ (ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ 5.5(ข) แสดงวงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ พบว่าค่าสภาพคลั่งแม่เหล็ก ในช่วงอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C ถึง 1250°C มีค่าใกล้เคียงกัน สัมพันธ์กับขนาดเกรนในรูปที่ 4.5(ก) – (ค) ซึ่งขนาดเกรนทั้งสามกรณีมีขนาดที่ไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C พบว่าขนาดเกรนในรูปที่ 4.5(ง) มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับขนาดเกรนของอุณหภูมิการเผาที่ต่ำกว่า สัมพันธ์กับค่าสภาพคลั่งแม่เหล็ก ที่ลดลงอย่างมากดังรูปที่ 5.5(ข) ค่าแมกเนโตเซชันอิ่มตัว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1200°C แต่จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มเป็น 1250°C และค่าแมกเนโตเซชันนี้จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มเป็น 1300°C ส่วนค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก ซึ่งอยู่ในช่วง 54 – 60 emu/g

การเปลี่ยนแปลงของลักษณะเกรนในรูปที่ 4.3(ง) และรูปที่ 4.4(ง) ซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ เป็น 1300°C ลักษณะเกรนของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ จะมีความเป็นเหลี่ยมมุม แต่เมื่อเจือปนทานัมที่ปริมาณ $x = 0.2$ ลักษณะของเกรนจะมีความเป็นเหลี่ยมมุมลดลง เมื่อนำตัวอย่างทั้งสองมาศึกษาวงฮิสเทอรีซิส จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5.6 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของวงฮิสเทอรีซิสเมื่อเจือปนทานัมลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปริมาณ $x = 0.2$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1300°C พบว่า เกลนทานัมที่เจือลงไปไม่ทำให้ค่าแมกเนโตเซชันอิ่มตัวเปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้ค่าสภาพคลั่งแม่เหล็ก และสภาพแม่เหล็กคงค้างลดลง



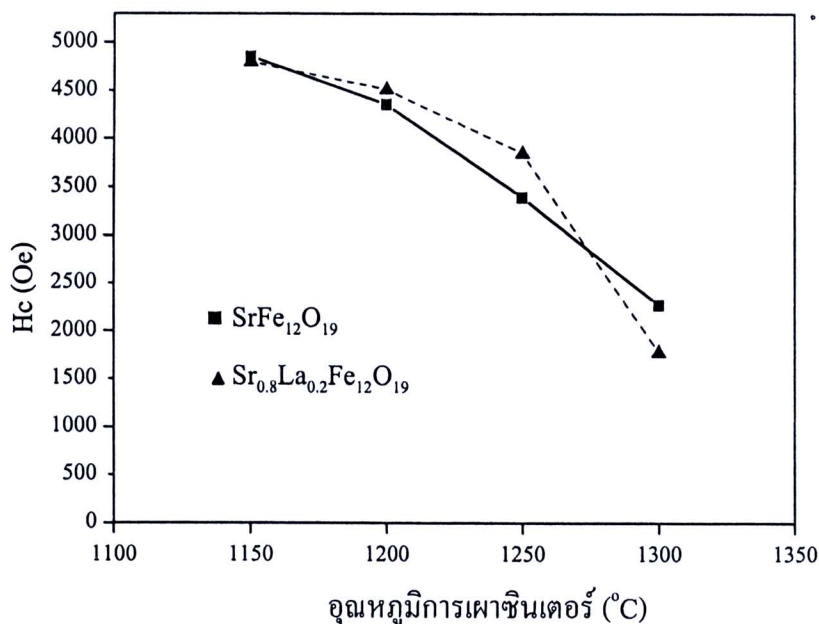
รูปที่ 5.6 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ค่าสภาพแม่เหล็กที่ได้จากการวิเคราะห์จากเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น แสดงใน ตารางที่ 5.1 ซึ่งผลที่ได้จะแสดงค่า สภาพลบล้างแม่เหล็ก (Hc) แมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) และ สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr)

ตารางที่ 5.1 ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (Hc) สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) และค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C

ตัวอย่าง	สัญลักษณ์	อุณหภูมิซินเตอร์ (°C)	Hc (Oe)	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)
$\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$	SF1	1150	4850	89	55
	SF2	1200	4353	94	58
	SF3	1250	3393	98	59
	SF4	1300	2273	102	59
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$	SLF1	1150	4796	87	54
	SLF2	1200	4510	96	60
	SLF3	1250	3847	67	59
	SLF4	1300	1781	102	56

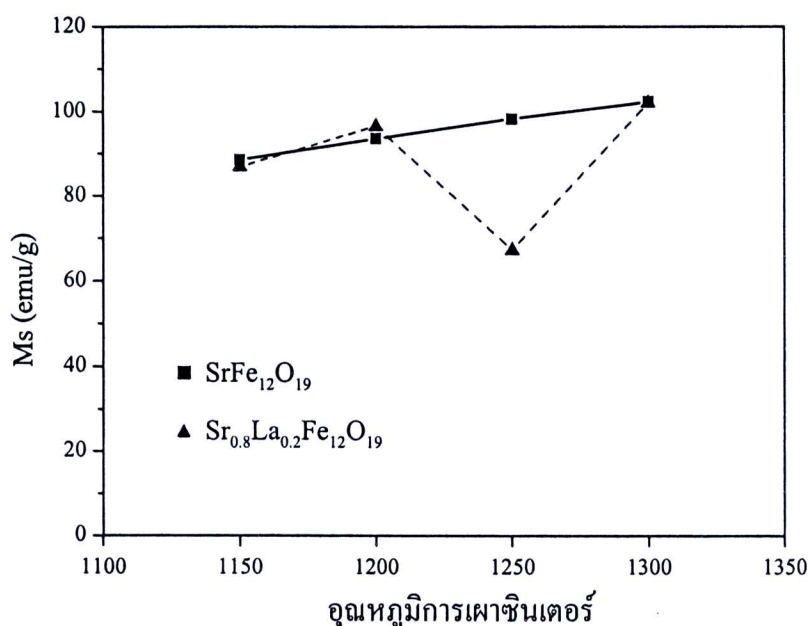
ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มมากขึ้นทั้งในกรณีของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ดังแสดงในรูปที่ 5.7 เนื่องจากขนาดของเกรนมีความสัมพันธ์กับค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ซึ่งเมื่อขนาดเกรนมีขนาดใหญ่ การเคลื่อนตัวของผนังโดเมนจะเกิดการเคลื่อนตัวได้ง่าย ทำให้แม่เหล็กหมดสภาพแม่เหล็กได้ง่าย ส่งผลให้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) มีค่าน้อย [12-13] จากรูปที่ 5.7 พบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4850 Oe เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จากการศึกษาของ Puneet Sharma และคณะ [1] ซึ่งได้สังเคราะห์สตรอนเทียมเฟอร์ไรต์โดยกระบวนการทางเซรามิกเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C ถึง 1300°C พบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้น และได้ค่าสูงสุด 2838 Oe ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1200°C เมื่อเทียบกับงานวิจัยนี้ที่อุณหภูมิซินเตอร์เท่ากันคือ 1200°C พบว่าได้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) เท่ากับ 4353 Oe ซึ่งได้ค่าที่สูงกว่า



รูปที่ 5.7 ผลของค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

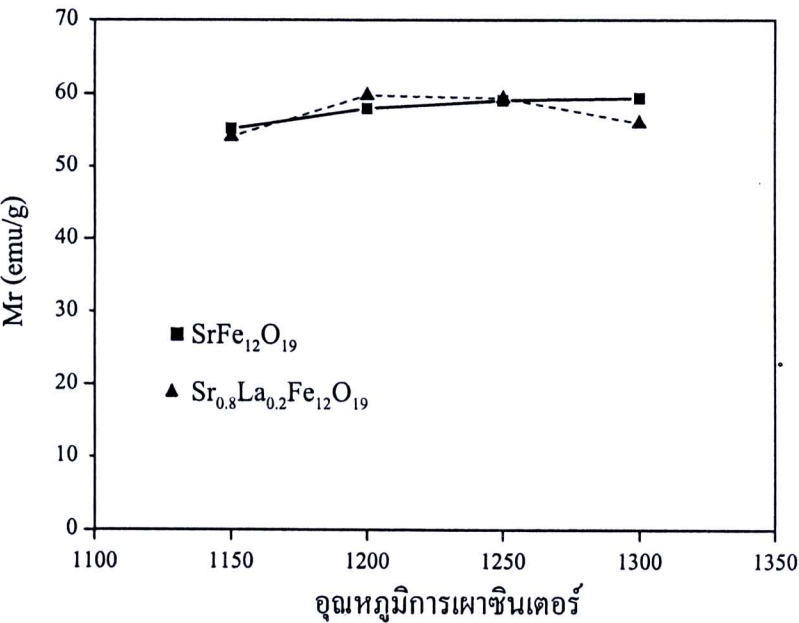
เมื่อพิจารณาค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1300°C เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลของ XRD และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้น โครงสร้าง Fe_2O_3 ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบ antiferromagnetic จะลดลง และจะมีโครงสร้างเดี่ยวมากขึ้น ส่งผลให้ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทำให้สมบัติความเป็นสภาพแม่เหล็กเฟอร์ริแมกเนติกมากขึ้น สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Y.P. Fu และคณะ [4] ซึ่งเตรียมสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ด้วยวิธี Microwave-induced combustion เมื่อเผาที่อุณหภูมิตั้งแต่ 850°C – 1050°C พบว่าที่อุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นจาก 850°C – 1050°C ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัว (Ms) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับโครงสร้าง Fe_2O_3 ที่ลดลงตามอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้น

สำหรับค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1200°C แต่จะมีค่าลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เป็น 1250°C เมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1300°C แมกเนไตเซชันอิ่มตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ในกรณีนี้ยังไม่ทราบข้อมูลที่ชัดเจนเพื่อใช้อธิบายการลดลงของแมกเนไตเซชันอิ่มตัวที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C ซึ่งผลการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xiansong Liu และคณะ [11] ซึ่งได้ศึกษาผลของการเจือ La ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อค่า $x = 0$ ถึง 1.0 และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 1180°C – 1300°C พบว่าที่ปริมาณ $x = 0.2$ และอุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นตั้งแต่ 1180°C – 1300°C ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอุณหภูมิการเผาที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.8 ผลของค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัว (Ms) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C

ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้น แต่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักดังแสดงในรูปที่ 5.9 ส่วนสภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C เป็น 1200°C แต่เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นมากกว่า 1200°C ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มลดลงดังรูปที่ 5.9 เมื่อพิจารณา ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C และ 1250°C มีค่าใกล้เคียงกับค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาเดียวกัน ซึ่งพบว่าคุณสมบัติค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ระหว่าง 1150°C ถึง 1300°C จะได้ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างอยู่ระหว่าง 55 – 60 emu/g



รูปที่ 5.9 ผลของค่าสภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

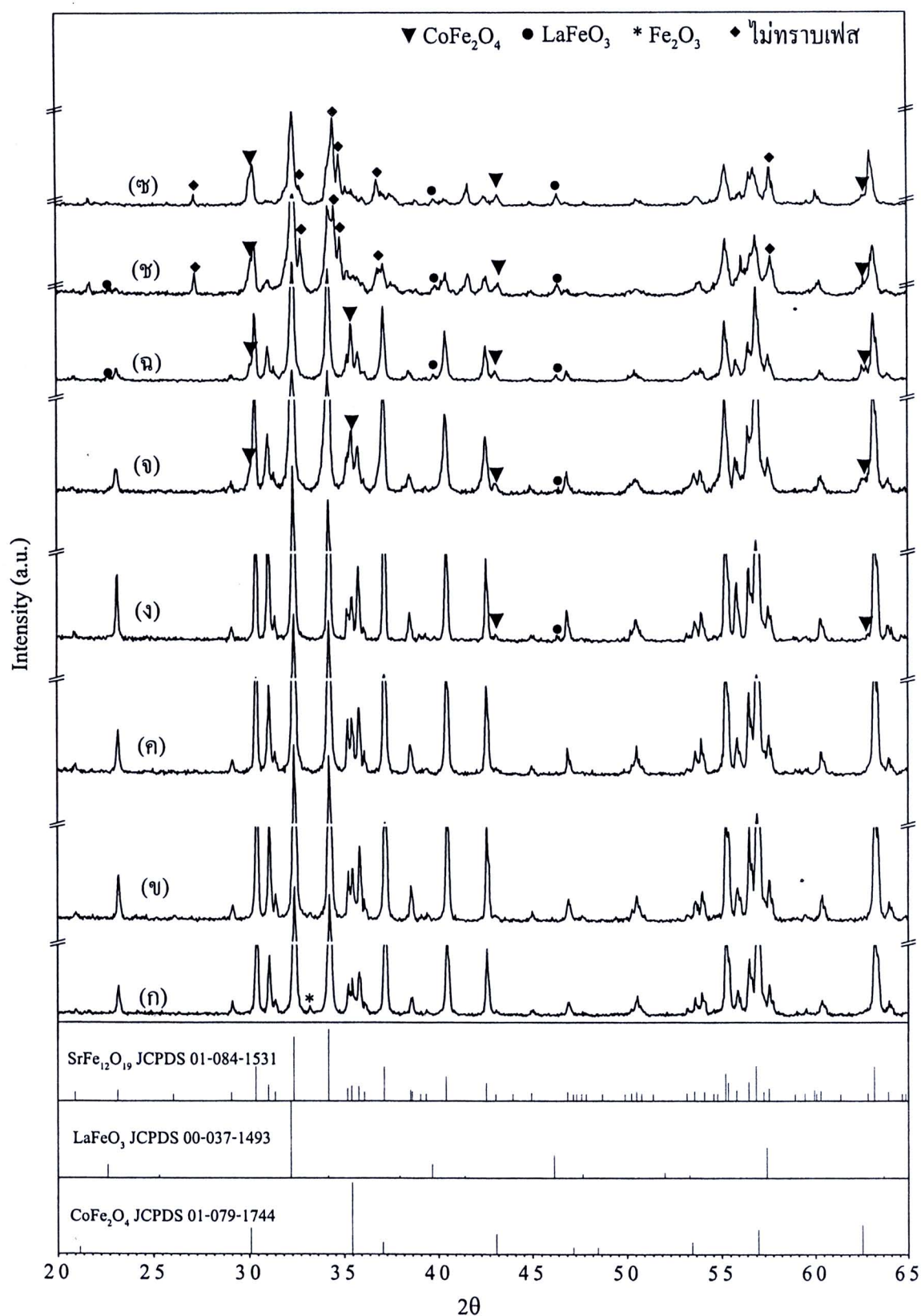
5.2 ผลของปริมาณการเจือปนลานทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์

การวิเคราะห์จะศึกษาผลของปริมาณการเจือปนลานทานัมและโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ มีการเจือปนลานทานัม $x = 0.2$ โดยที่มีการเจือโคบอลต์ $y = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.8$ และ 1.0 ในการศึกษาจะใช้ผลวิเคราะห์จาก XRD ศึกษาโครงสร้าง การวิเคราะห์ขนาดเกรนจาก SEM และศึกษาสมบัติแม่เหล็กจากเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น

5.2.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่เจือปนลานทานัมและโคบอลต์เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C ตามสูตร $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์โดย $x = 0.2$ ส่วนค่า $y = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.8$ และ 1.0 จากรูปที่ 5.10 พบว่าโครงสร้างที่ $y = 0$ ถึง 0.5 จะพบโครงสร้างเป็น $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอลสอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 01-084-1531 และพบว่าเมื่อเจือโคบอลต์ลงไปปนลานทานัมสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) โครงสร้างของ Fe_2O_3 จะลดลง เมื่อเจือโคบอลต์ในปริมาณ $y = 0.1$ และ 0.2 จะเกิดโครงสร้างเดี่ยวของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ H. A. Elkady และคณะ [14] ที่พบว่าปริมาณโคบอลต์ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการลดลงของโครงสร้าง Fe_2O_3

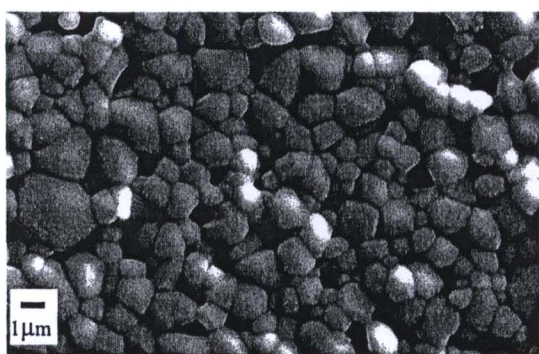
เมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้นเป็น $y = 0.3$ พบว่าจะมีโครงสร้าง CoFe_2O_4 และ LaFeO_3 เกิดขึ้น สอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 01-079-1744 และ 00-037-1493 ตามลำดับ และเมื่อปริมาณโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น ระบายของโครงสร้างทั้งสองก็เพิ่มมากขึ้นด้วยดังรูปที่ 5.10 เมื่อเจือโคบอลต์ลงไปเป็น 0.8 และ 1.0 พบเฟสที่ไม่สามารถระบุโครงสร้างได้เกิดขึ้น



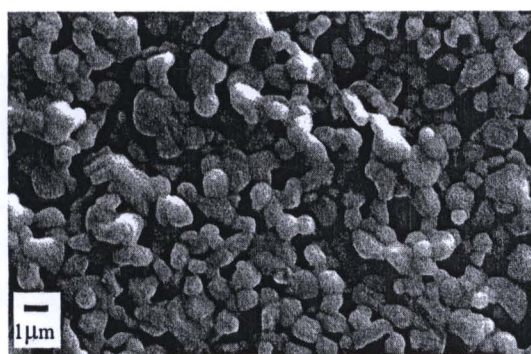
รูปที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยเจือโคบอลต์ y เท่ากับ (ก) 0 (ข) 0.1 (ค) 0.2 (ง) 0.3 (จ) 0.4 (ฉ) 0.5 (ช) 0.8 และ (ซ) 1.0

5.2.2 ผลการเจือปนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่มีผลต่อลักษณะของเกรน

การทดลองในตอนนี้จะศึกษาผลของปริมาณการเจือปนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ ($\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$) ที่มีผลต่อลักษณะของเกรน เมื่อ $x = 0.2$ และ $y = 0 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.8$ และ 1.0 เมื่อพิจารณาลักษณะเกรนในกรณีของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ โดยที่เป็นสารที่ยังไม่ได้เจือโคบอลต์ จากรูปที่ 5.11 พบว่าที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C เกรนของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ มีขนาดเล็กลงเมื่อเจือปนทานัมลงไป $x = 0.2$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) ส่วนในกรณีที่เจือทั้งทานัมและโคบอลต์แสดงในรูปที่ 5.12



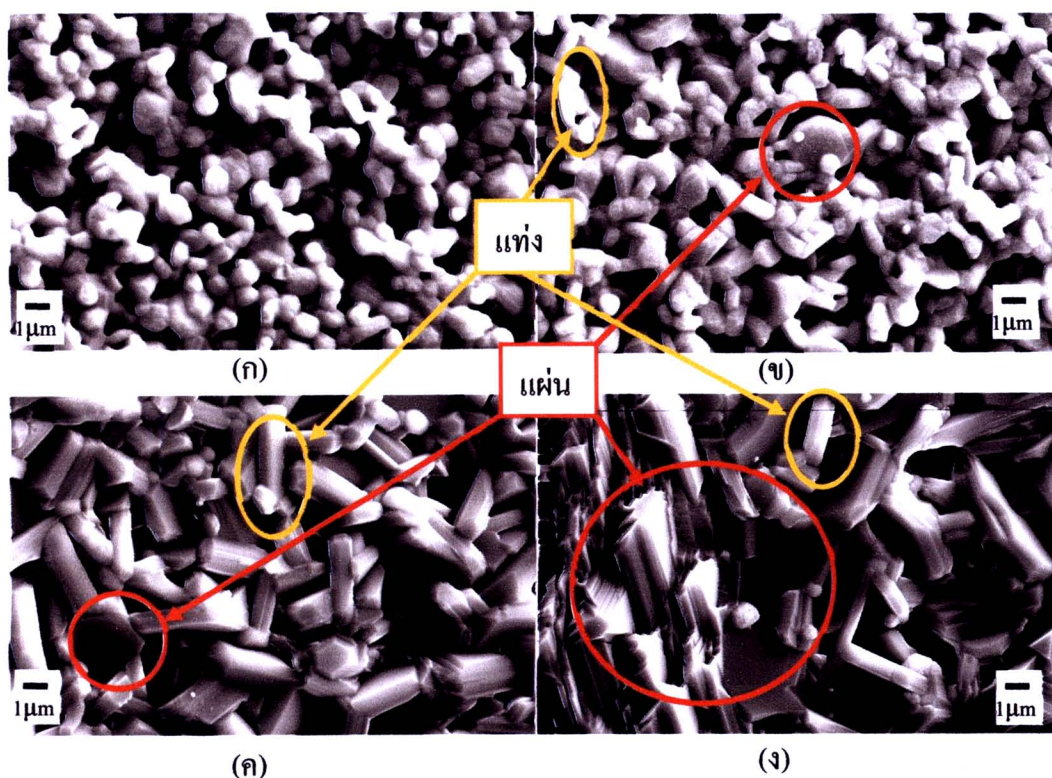
(ก)



(ข)

รูปที่ 5.11 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง (ก) $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ (ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$

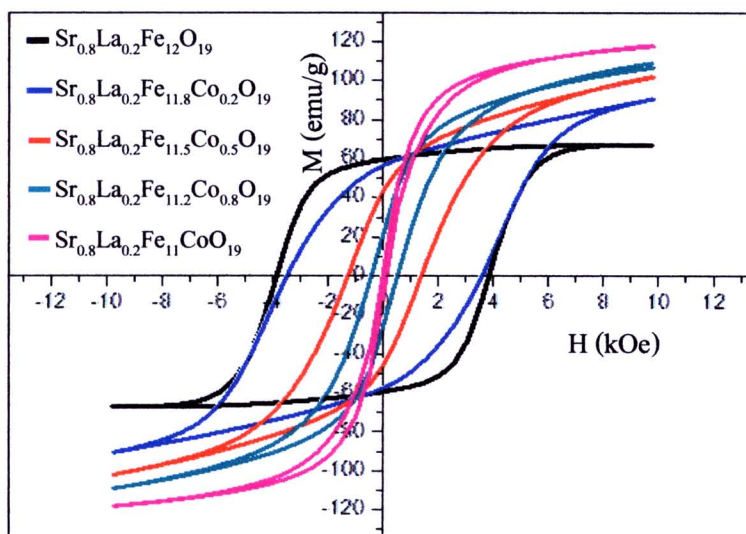
จากรูปที่ 5. 12(ก) เป็นลักษณะเกรนของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ พบว่าเกรนมีลักษณะเป็นเม็ดค่อนข้างกลม เมื่อเจือโคบอลต์ลงไปปริมาณ $y = 0.3$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$) ลักษณะเกรนที่พบมีลักษณะเป็นแท่งยาวเพิ่มมากขึ้น และลักษณะเกรนส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นแผ่นดังแสดงในรูปที่ 5.12(ข) เมื่อเจือปริมาณโคบอลต์เพิ่มขึ้นเป็น $y = 0.5$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$) พบว่าขนาดเกรนที่มีลักษณะเป็นแท่งและเป็นแผ่นจะมีขนาดใหญ่ขึ้นดังรูปที่ 5.12(ค) เมื่อปริมาณโคบอลต์ที่เจือเพิ่มเป็น $y = 1.0$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$) พบว่าเกรนที่มีลักษณะเป็นแผ่นจะมีปริมาณมากขึ้น และจะเกิดการเชื่อมติดกันดังรูปที่ 5.12(ง) ทำให้ขนาดเกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนเกรนที่มีลักษณะเป็นแท่งจะมีปริมาณลดลง นั่นแสดงให้เห็นว่าผลของการเจือโคบอลต์มีผลต่อรูปร่างและขนาดของเกรนอย่างชัดเจน นั่นคือ โบลดมีผลต่อการขยายตัวของเกรนอย่างชัดเจน



รูปที่ 5.12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อ (ก) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ (ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$ (ค) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ (ง) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

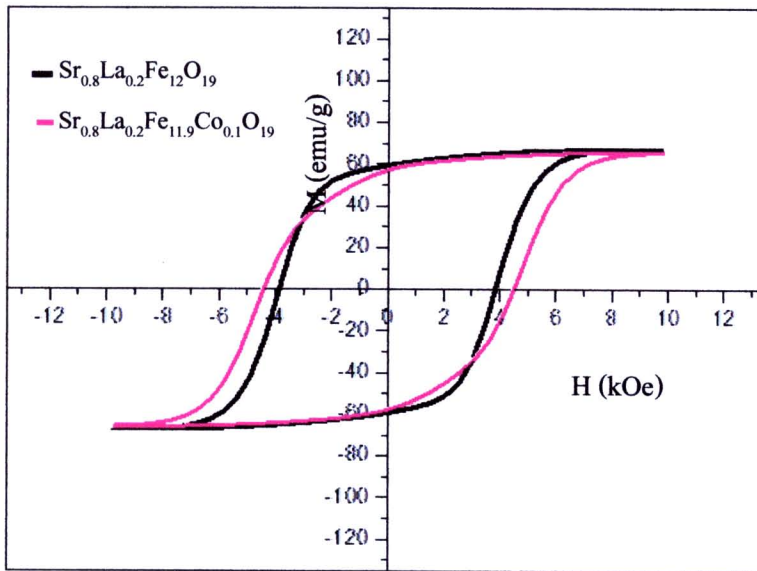
5.2.3 ผลการเจือแลนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่มีผลต่อสมบัติทางแม่เหล็ก

วงฮิสเทอรีซิสของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์เจือแลนทานัมและโคบอลต์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C ดังแสดงในรูปที่ 5.13 กรณีที่เจือแลนทานัม ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) พบว่าปริมาณการเจือโคบอลต์และแลนทานัมมีผลต่อค่าแมกเนไคเซชันอิ่มตัว โดยจากรูปที่ 5.13 จะเห็นว่าค่าแมกเนไคเซชันอิ่มตัวมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามการเพิ่มปริมาณการเจือโคบอลต์ และค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันมาก ส่วนค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างก็มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการเจือโคบอลต์และมีค่าแตกต่างกันมากเช่นกัน สำหรับค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีค่าไม่แตกต่างกันมากเมื่อเจือแลนทานัมในปริมาณที่น้อย แต่จะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการโตขึ้นของขนาดเกรนดังแสดงในรูปที่ 4.8 โดยการเจือโคบอลต์ในปริมาณ $y = 0.3$ ขนาดเกรนจะโตขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับปริมาณการเจือโคบอลต์ $y = 0.2$



รูปที่ 5.13 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ โดยที่ $y = 0.2, 0.5, 0.8$ และ 1.0 เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

เมื่อพิจารณาความแตกต่างรูปร่างของวงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C แสดงในรูปที่ 5.14 จากรูปพบว่าเมื่อเจือโคบอลต์ลงไป ใน $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ในปริมาณ $y = 0.1$ กราฟมีสภาพปล้งแม่เหล็ก มากขึ้น ส่วนบริเวณของของกราฟมีความเป็นเหลี่ยมมุมน้อยลง จากงานวิจัยของ L. Lechevallier และคณะ [17] พบว่าปริมาณโคบอลต์ที่เจือลงไปในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์จะมีผลทำให้ขอบมุมของวงฮิสเทอรีซิส มีความเป็นเหลี่ยมมุมลดลง โดยโคบอลต์จะไปช่วยทำให้พลังงานของผนังโดเมนลดลง ทำให้ผนังโดเมนเคลื่อนตัวได้ง่ายขึ้น



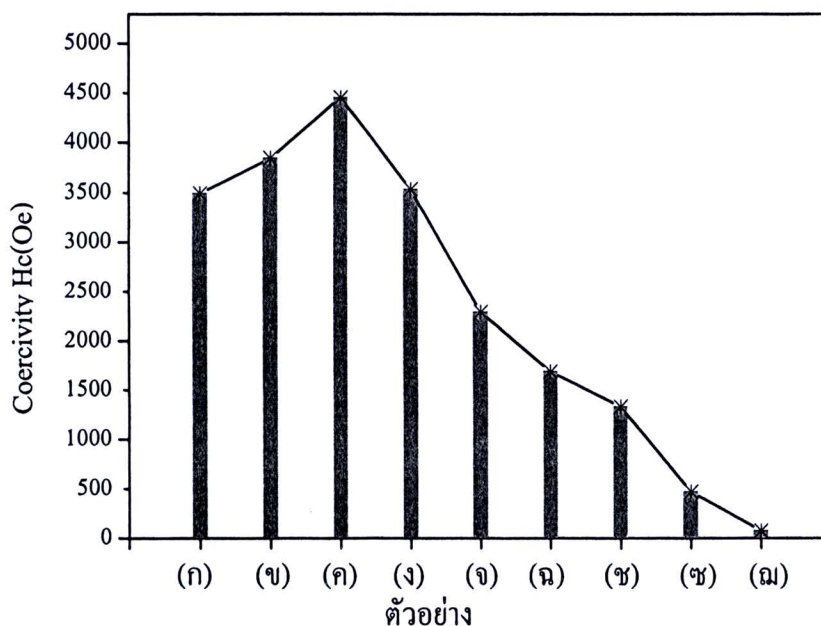
รูปที่ 5.14 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วงรีสเตอริโอไรซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่เจือด้วยโคบอลต์ในสัดส่วน $y = 0 \quad 0.1 \quad 0.2 \quad 0.3 \quad 0.4 \quad 0.5 \quad 0.8$ และ 1.0 เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น ค่าสมบัติแม่เหล็กที่วัดได้ ประกอบด้วยค่าสภาพลบถ่วงแม่เหล็ก สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Remanence) และค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Saturation magnetization) ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าสภาพลบถ่วงแม่เหล็ก สภาพแม่เหล็กคงค้าง และค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ เจือแลนทานัมและโคบอลต์เมื่ออุณหภูมิซินเตอร์เป็น $1,250^\circ\text{C}$

ตัวอย่าง	x	y	สูตร	Hc (Oe)	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)
SF3	0	0	$\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$	3493	85	59
SLF3	0.2	0	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$	3847	67	59
SLCF3-01	0.2	0.1	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$	4452	66	58
SLCF3-02	0.2	0.2	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	3535	91	57
SLCF3-03	0.2	0.3	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$	2293	89	50
SLCF3-04	0.2	0.4	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_{19}$	1690	97	48
SLCF3-05	0.2	0.5	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	1332	102	45
SLCF3-08	0.2	0.8	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{19}$	471	109	23
SLCF3-10	0.2	1.0	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{Co}\text{O}_{19}$	73	118	6

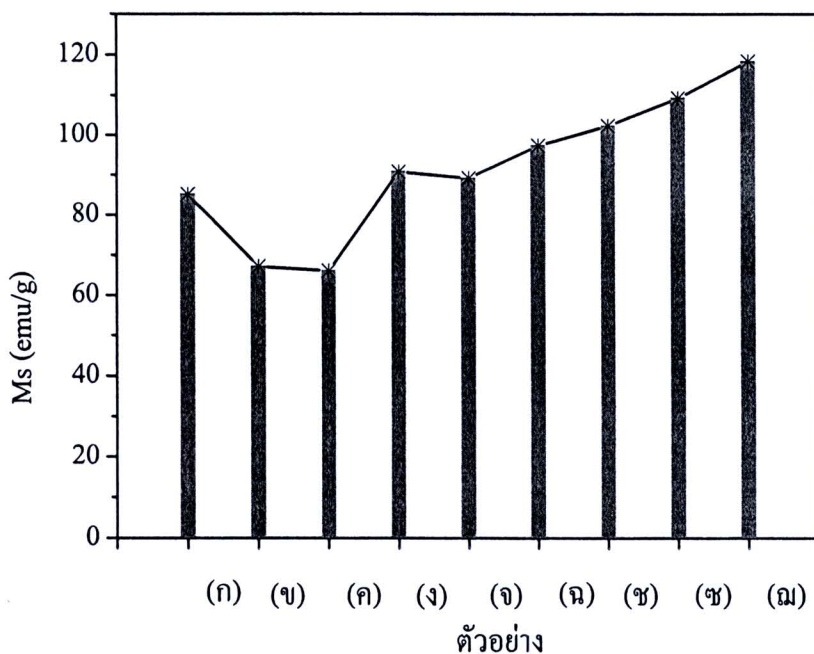
จากผลการทดลองพบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ของตัวอย่างเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1250°C ดังแสดงในรูปที่ 5.15 เมื่อสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือด้วยแลนทานัน้มลงไป ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะมีค่าสูงขึ้น และจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มลงไปปริมาณ $y = 0.1$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$) แต่เมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้น $y > 0.2$ เป็นต้นไป ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีแนวโน้มลดลงตามปริมาณการเจือโคบอลต์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของเกรนที่ใหญ่ขึ้นเมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มมากขึ้นดังได้อธิบายในหัวข้อ 5.2.3 ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xiangsong Liu และคณะ [11] ที่ได้ศึกษาผลของการเจือ La และ Co ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ โดยใช้กระบวนการทางเซรามิก เมื่อเผาซินเตอร์ตั้งแต่อุณหภูมิ $1200 - 1300^\circ\text{C}$ เป็นไปตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ เมื่อ $x = 0$ ถึง 0.25 พบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะมีค่าลดลงเมื่อปริมาณการเจือโคบอลต์สูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ที่ Xiangsong Liu และคณะทำได้คือ 5043 Oe ส่วนในงานวิจัยนี้ทำได้สูงสุด 4452 Oe ซึ่งได้ค่าที่ต่ำกว่า



รูปที่ 5.15 ผลของค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ของตัวอย่างเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C

(ก) $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$	(ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$	(ค) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$
(ง) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	(จ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$	(ฉ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_{19}$
(ช) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	(ซ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{19}$	และ (ด) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

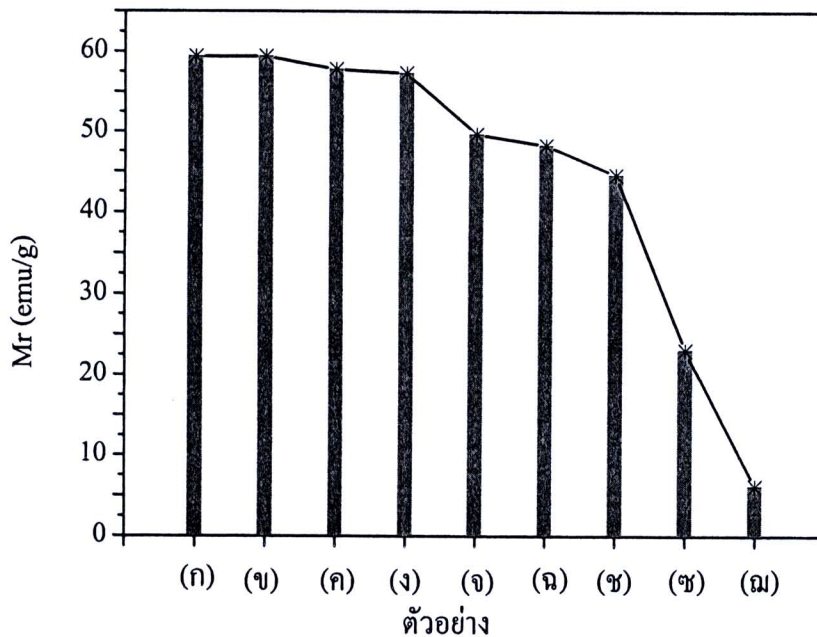
สารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C โดยที่เจือแลนทานัม ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) และโคบอลต์ลงไป $y = 0.1$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$) ดังแสดงในรูปที่ 5.16 พบว่าค่าสภาพแม่เหล็กอิ่มตัวมีค่าน้อยลง เนื่องจากการเจือโคบอลต์ Co^{2+} จะเข้าไปแทนที่ Fe^{3+} ในตำแหน่ง 2a ซึ่งเป็นรายงานการวิจัยของ H.A. Elkady และคณะ [14] E. WU และคณะ [15] S.W. Lee และคณะ [16] และ L. Lechevallier และคณะ [17] ได้ทำการศึกษาตำแหน่งของเหล็กที่ถูกแทนที่ด้วยโคบอลต์ด้วย Mössbauer เมื่อเจือโคบอลต์ในปริมาณ $y = 0.1$ ซึ่งเป็นปริมาณที่ยังน้อยจึงไม่ส่งผลให้แมกเนไทเซชันอิ่มตัวเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่โคบอลต์ที่เจือจะไปมีผลต่อรูปร่างวงฮิสเทอรีซิสซึ่งจะส่งผลให้รูปร่างวงฮิสเทอรีซิสมีเหลี่ยมมุมลดลง เมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มมากขึ้นเป็น $y = 0.2$ เป็นต้นไป ค่าสภาพแม่เหล็กอิ่มตัวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณโคบอลต์ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการเจือโคบอลต์สูงจะเกิดเฟส CoFe_2O_3 ขึ้น ซึ่งโครงสร้างนี้มีสภาพแม่เหล็กเป็นแบบเฟอร์รีแมกเนติก [9] ทำให้สารมีสภาพแม่เหล็กมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Xiangsong Liu และคณะ [9] และ S. W. Lee และคณะ [16] ที่ได้ศึกษาผลของการเจือ La และ Co ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ พบว่าค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเจือแลนทานัมและโคบอลต์ตั้งแต่ $x = 0$ ถึง 0.25 และมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแลนทานัมและโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น โดย Xiangsong Liu และคณะ ได้ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวสูงสุด 73 emu/g ส่วนในงานวิจัยนี้ได้ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวสูงสุด 108 emu/g ซึ่งได้ค่าสูงกว่า



รูปที่ 5.16 ผลของค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (M_s) ของตัวอย่างเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C

(ก) $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$	(ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$	(ค) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$
(ง) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	(จ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$	(ฉ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_{19}$
(ช) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	(ซ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{19}$	และ (ฌ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) จากรูปที่ 5.17 ที่อุณหภูมิ การเผาซินเตอร์ 1250°C พบว่ามีแนวโน้มคงที่ เมื่อเจือปนแทนที่กับโคบอลต์ $y \leq 0.2$ ถ้าเจือโคบอลต์ เพิ่มขึ้น ($y > 0.2$) สภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณโคบอลต์ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากโคบอลต์ที่เจือลงไปจะไปทำให้จุดขัดขวางน้อยลง ทำให้พลังงานในการเคลื่อนที่ของผนัง โดเมนลดลง ส่งผลให้ผนังโดเมนเคลื่อนตัวได้ง่าย



รูปที่ 5.17 ผลของสภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) ของตัวอย่างเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C

(ก) $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$	(ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$	(ค) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$
(ง) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	(จ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$	(ฉ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_{19}$
(ช) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	(ซ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.2}\text{Co}_{0.8}\text{O}_{19}$	และ (ณ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$



5.3 ผลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์

การวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$, $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ในการศึกษาจะใช้ XRD วิเคราะห์หาโครงสร้างผลึก สำหรับการวิเคราะห์ขนาดเกรนจากภาพถ่ายจาก SEM และศึกษาสมบัติความเป็นแม่เหล็กด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น

5.3.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของ

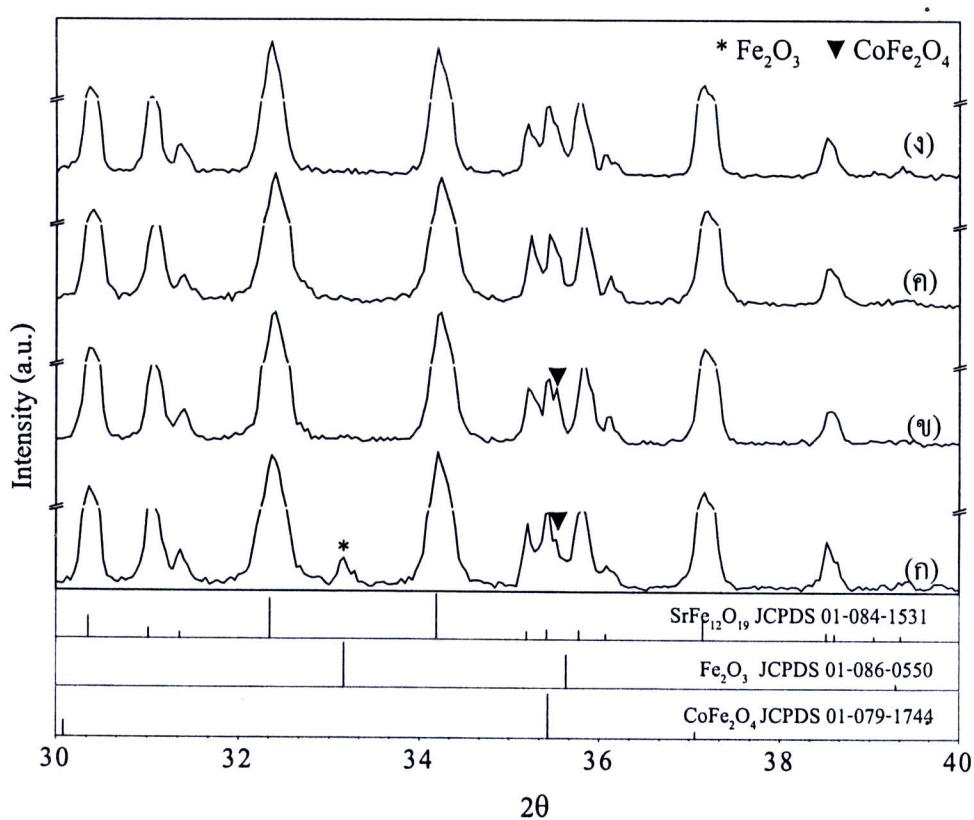


ในหัวข้อนี้ใช้การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างของสารที่ผลิตขึ้นว่ามีโครงสร้างเป็นอย่างไร เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1300°C

5.3.1.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน

จากการวิเคราะห์โครงสร้างจากผลของการเจือแลนทานัมและโคบอลต์ในหัวข้อก่อนหน้านี้ พบว่าเกิดโครงสร้างอื่นเกิดขึ้นนอกเหนือจากโครงสร้าง $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ดังนั้นในการวิเคราะห์ในหัวข้อนี้ต้องการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดโครงสร้างอื่นในกรณีที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ตามสูตร

$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ ($x = 0.2$ และ $y = 0.2$) ดังรูปที่ 5.18 พบว่าที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่ 1150°C มีโครงสร้าง Fe_2O_3 และ CoFe_2O_4 เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มเป็น 1200°C ของโครงสร้าง Fe_2O_3 จะหายไป ส่วนโครงสร้างของ CoFe_2O_4 ยังคงเหลืออยู่ แต่เมื่ออุณหภูมิการเผาเพิ่มเป็น 1250°C และ 1300°C จะพบเฉพาะโครงสร้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ เพียงโครงสร้างเดียว

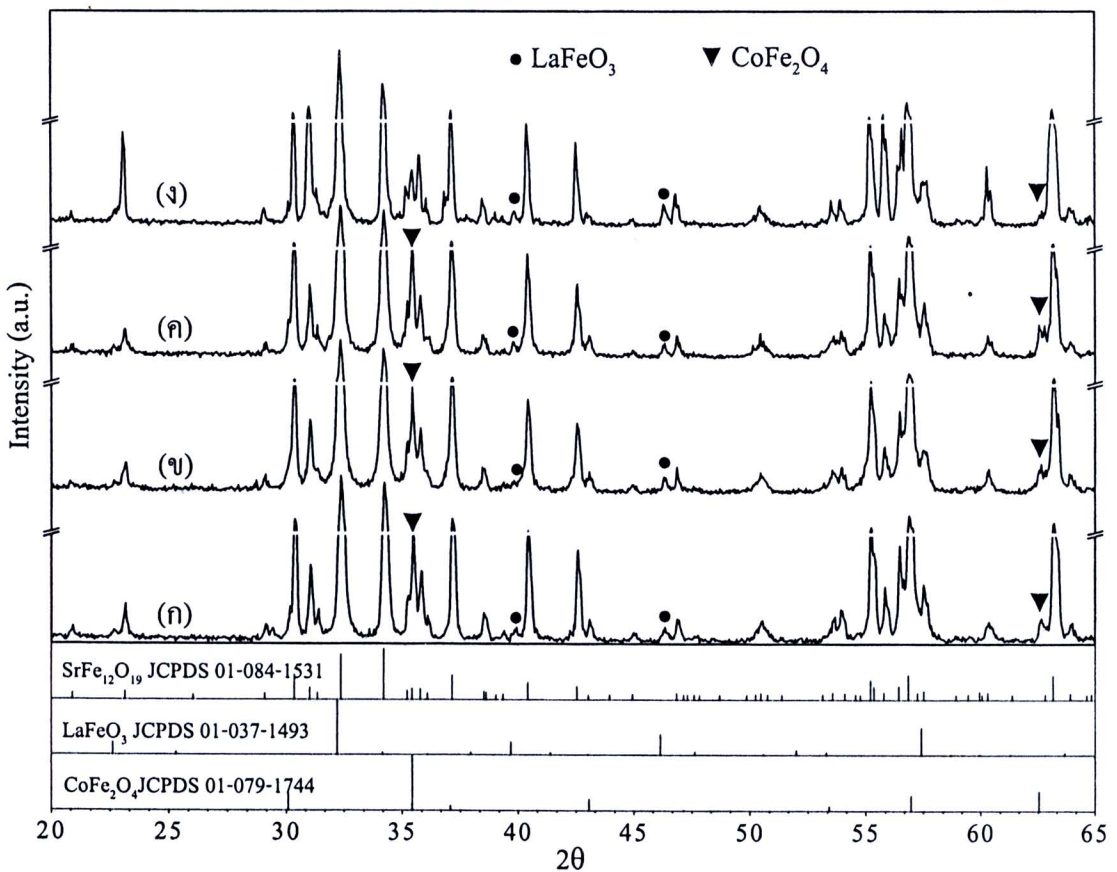


รูปที่ 5.18 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ

$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.3.1.2 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน

ในส่วนการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ ($x = 0.2$ และ $y = 0.5$) เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกันดังแสดงในรูปที่ 5.19 พบว่าโครงสร้างหลักจะเป็นโครงสร้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และจะเกิดโครงสร้าง LaFeO_3 และ CoFe_2O_4 เกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่ 1150°C เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นเฟสของ CoFe_2O_4 จะลดลง และพบว่าเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C ทั้ง LaFeO_3 และ CoFe_2O_4 ยังคงมีโครงสร้างนี้เหลืออยู่เนื่องจากในสารไม่มีความสมดุลของประจุจึงเกิดโครงสร้างอื่นขึ้น

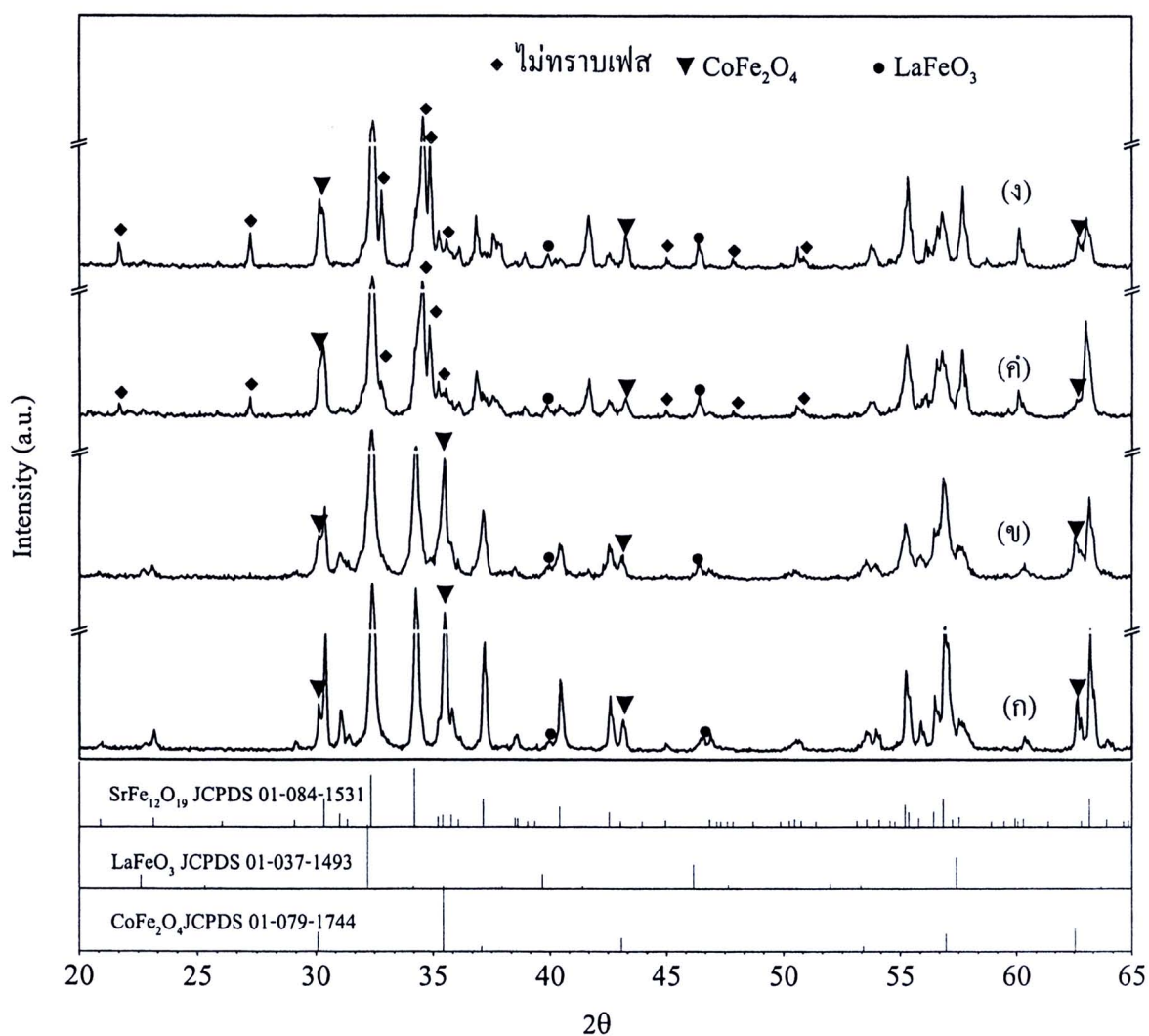


รูปที่ 5.19 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ

$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.3.1.3 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้น เตอร้ต่างกัน

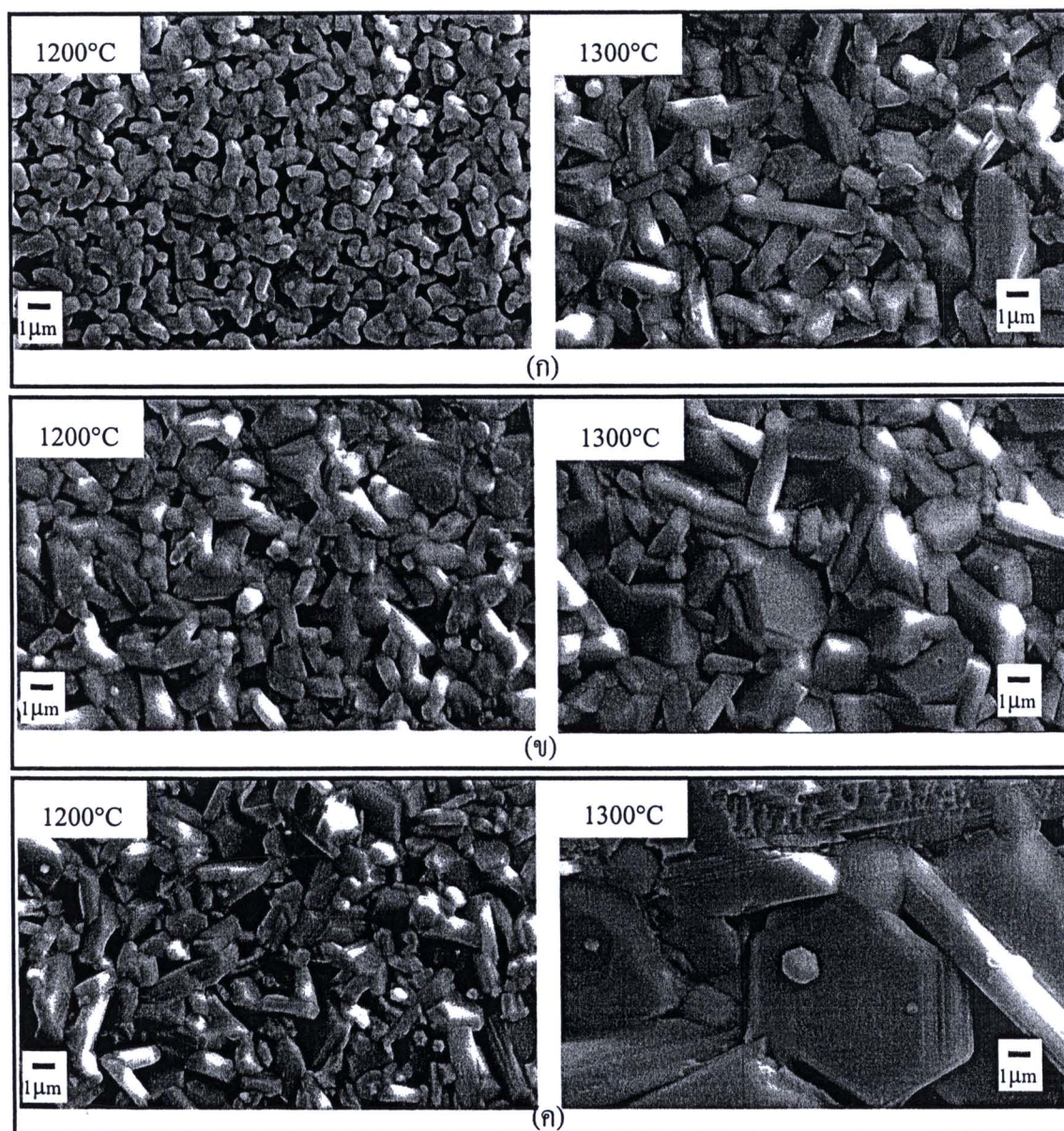
ในส่วนการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือแลนทานัม และโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ($x = 0.2$ และ $y = 1.0$) เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้ต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.20 พบว่าโครงสร้างหลักจะเป็นโครงสร้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และจะเกิดระนาบของ โครงสร้าง LaFeO_3 และ CoFe_2O_4 เกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้ที่ 1150°C เมื่ออุณหภูมิการเผา ขึ้นเตอร้สูงขึ้นระนาบที่ไม่ทราบโครงสร้างของสารใดจะเกิดขึ้น ส่วนระนาบของ CoFe_2O_4 และ LaFeO_3 ยังคงเหลืออยู่เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้สูงขึ้นเป็น 1300°C และพบระนาบของโครงสร้างที่ไม่สามารถระบุได้เกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้เป็น 1250°C



รูปที่ 5.20 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาขึ้นเตอร้ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.3.2 ผลการวิเคราะห์ขนาดเกรนของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่ 1200°C และ 1300°C ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ดังรูปที่ 5.21 พบว่าอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์มีผลต่อขนาดของเกรนอย่างชัดเจน

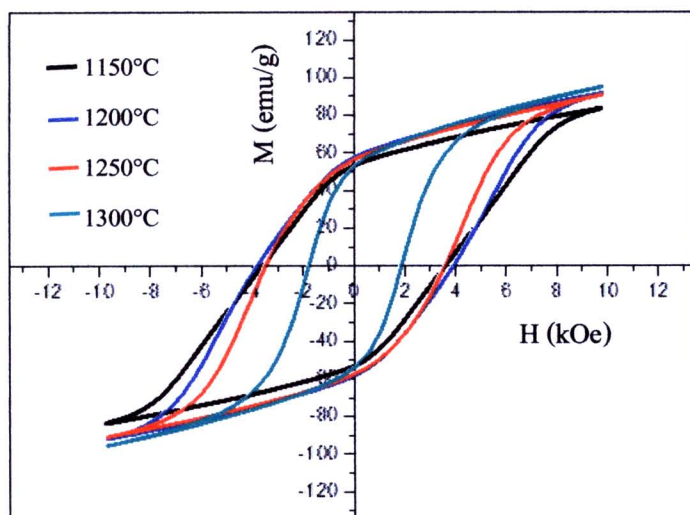


รูปที่ 5.21 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ของตัวอย่าง (ก) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ (ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ (ค) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

จากรูปที่ 5.21 แสดงลักษณะเกรนของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$, $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C และ 1300°C พบว่า ขนาดของเกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มมากขึ้นและเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อพิจารณาการขยายใหญ่ขึ้นของเกรนเมื่อเจือปริมาณโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น พบว่าเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C เกรนจะมีการขยายมากกว่าเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C

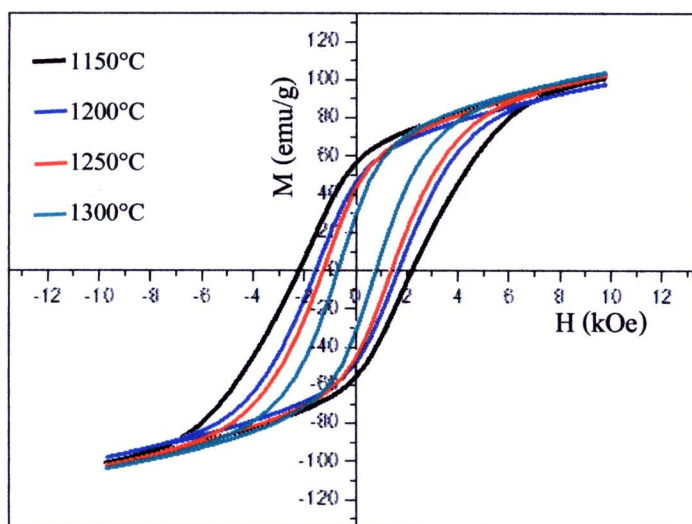
5.3.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติแม่เหล็กของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$, $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน

วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C , 1200°C และ 1250°C ดังแสดงในรูปที่ 5.22 พบว่าค่าสภาพลบแม่เหล็ก ของวงฮิสเทอรีซิสจะมีค่าใกล้เคียงกัน สัมพันธ์กับขนาดเกรนในรูปที่ 4.13(ก) – (ค) ซึ่งขนาดเกรนของอุณหภูมิการเผาทั้งสามมีขนาดไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C ขนาดเกรนจะโตขึ้นมาก ซึ่งสัมพันธ์กับค่าสภาพลบแม่เหล็ก ของวงฮิสเทอรีซิสที่ลดลงอย่างมาก ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งอยู่ระหว่าง $53 - 57 \text{ emu/g}$ ส่วนค่าแมกเนโตเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 1150°C เป็น 1200°C พบว่าค่าแมกเนโตเซชันอิ่มตัวมีค่าสูงขึ้นจาก 84 emu/g เป็น 92 emu/g แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นพบว่าค่าแมกเนโตเซชันมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากซึ่งอยู่ระหว่าง $92 - 95 \text{ emu/g}$



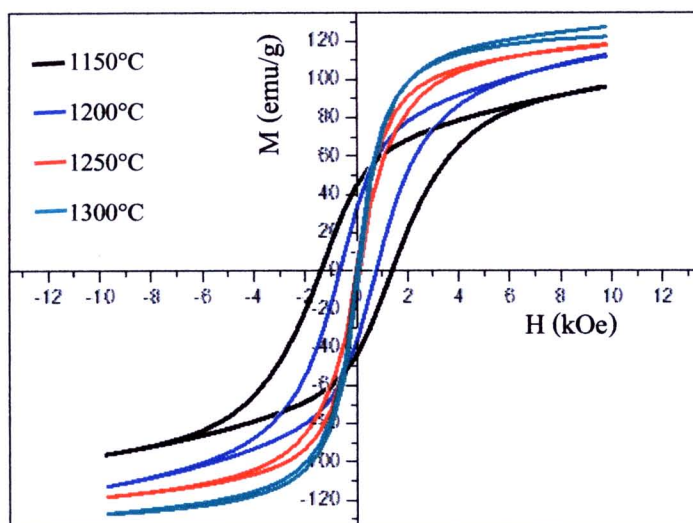
รูปที่ 5.22 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C , 1200°C , 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.23 รูปร่างของวงฮิสเทอรีซิสมีลักษณะคล้ายกัน แต่กราฟจะแคบลง (สภาพลบล้างแม่เหล็ก ลดลง) เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับขนาดเกรนที่ใหญ่ขึ้นดังตามอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้นแสดงในรูปที่ 4.14 โดยค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะค่อยๆ ลดลงตามอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้น ซึ่งค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะลดลงประมาณครึ่งหนึ่งจากอุณหภูมิการเผา 1150°C เป็น 1300°C ส่วนสภาพแม่เหล็กคงค้างจะมีแนวโน้มลดลงเช่นกันเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้น โดยจะลดลงประมาณครึ่งหนึ่งจากอุณหภูมิการเผา 1150°C เป็น 1300°C ส่วนค่าแมกเนโตเซชันอิ่มตัวมีการเปลี่ยนแปลงน้อย



รูปที่ 5.23 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.24 พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดเกรนของเกรนที่โตขึ้นอย่างมากตามอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.15 ส่วนสภาพแม่เหล็กคงค้างลดลงอย่างเห็นได้ชัดเช่นกัน และค่าแมกเนโตเซชันอิ่มตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น เมื่อพิจารณารูปร่างวงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ จะพบว่าเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น วงฮิสเทอรีซิสจะแคบลงทำให้มีความเป็นแม่เหล็กแบบอ่อน (Soft magnetic) มากขึ้น



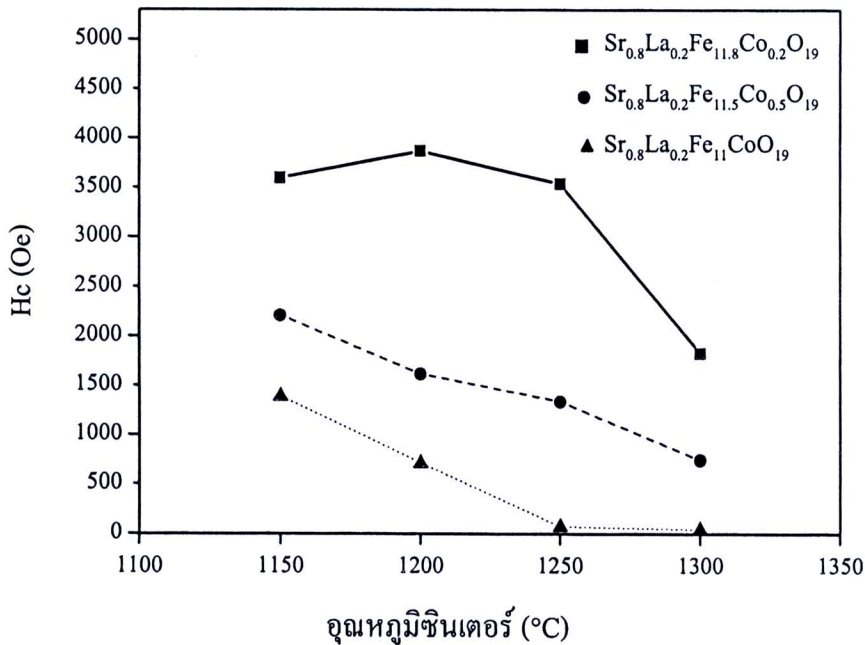
รูปที่ 5.24 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

วงฮีสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ที่วัดด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น ค่าสมบัติแม่เหล็กที่วัดได้ประกอบด้วยค่าสภาพลบถ้างแม่เหล็ก สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Remanence) และค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวแสดงตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ค่าสภาพลบถ้างแม่เหล็ก (Hc) สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) และค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างๆ

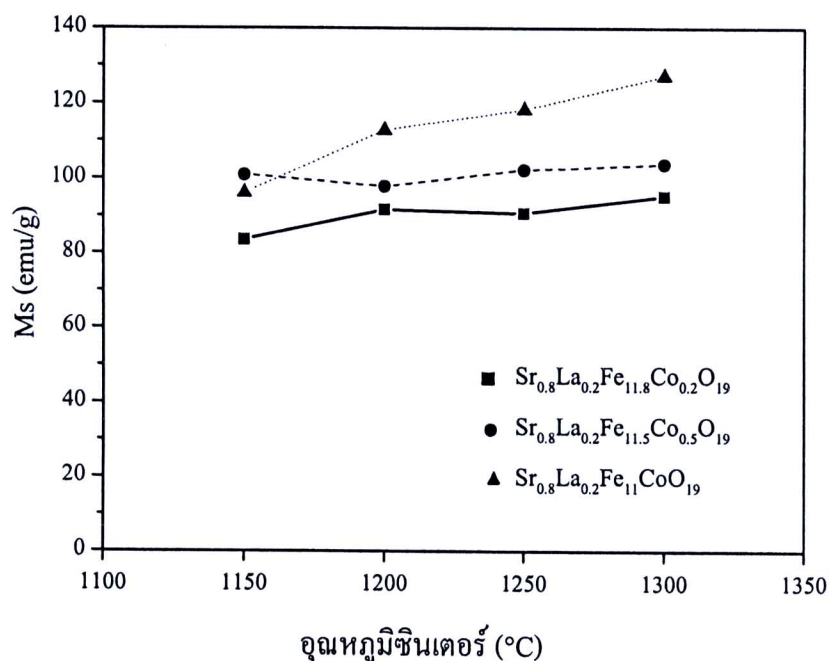
ตัวอย่าง	รหัส	อุณหภูมิซินเตอร์ (°C)	Hc (Oe)	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	SLCF1-02	1150	3597	84	53
	SLCF2-02	1200	3867	92	58
	SLCF3-02	1250	3535	91	57
	SLCF4-02	1300	1824	95	53
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	SLCF1-05	1150	2205	101	56
	SLCF2-05	1200	1614	98	48
	SLCF3-05	1250	1332	102	45
	SLCF4-05	1300	744	104	31
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$	SLCF1-10	1150	1387	96	44
	SLCF2-10	1200	711	119	35
	SLCF3-10	1250	73	118	6
	SLCF4-10	1300	44	127	4

จากรูปที่ 5.25 แสดงค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C พบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C ถึง 1200°C และมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่ 1300°C สำหรับค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ มีแนวโน้มลดลงตามการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดของเกรน นั่นคือขนาดเกรนใหญ่ขึ้นจะทำให้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กลดลง และค่าที่ได้พบว่า ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์เดียวกัน ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะลดลงเมื่อปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้น เนื่องจาก Co ที่เจือลงไปจะไปทำให้พลังงาน exchange ลดลง [19] ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ของตัวอย่างทั้งสามที่ได้ค่ามากที่สุดได้จาก $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C ซึ่งมีค่า 3868 Oe



รูปที่ 5.25 ผลของค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

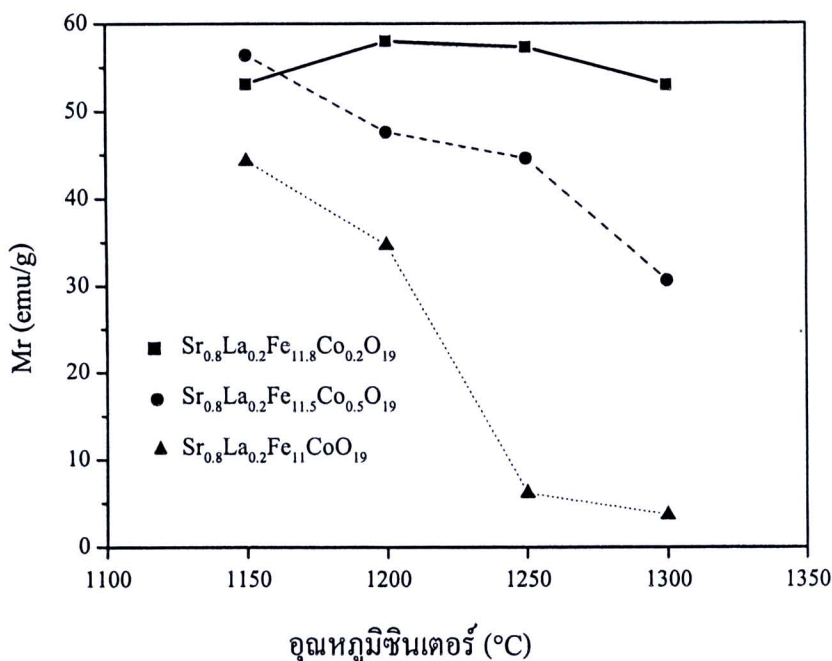
ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C จากรูปที่ 5.26 พบว่า ปริมาณในการเจือโคบอลต์มีผลต่อค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว ซึ่งเมื่อเจือโคบอลต์มากขึ้นค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวจะมีค่าสูงขึ้น ในกรณีที่อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้น พบว่าค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มคงที่เมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น ส่วนค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น ซึ่งทำให้ทราบว่าเมื่อเจือโคบอลต์ในปริมาณ $y = 1.0$ ลงไปจะทำให้โมเมนต์แม่เหล็กมีปริมาณมากขึ้น อาจเนื่องมาจากเมื่อเจือโคบอลต์มากขึ้นจะเกิดโครงสร้างอื่นนอกเหนือจากโครงสร้าง $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวที่มีค่าสูงที่สุด 127 emu/g ได้จากอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่ 1300°C ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ซึ่งค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวมีแนวโน้มสูงขึ้นอีกเมื่อเจือปริมาณโคบอลต์เพิ่มขึ้นและเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1300°C



รูปที่ 5.26 แมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



พิจารณาภาพแม่เหล็กคางจากรูปที่ 5.27 พบว่าภาพแม่เหล็กคางมีค่าขึ้นกับปริมาณการเจือโคบอลต์ โดยที่ปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้นค่าภาพแม่เหล็กคางมีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาค่าภาพแม่เหล็กคางจากอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1200°C ค่าภาพแม่เหล็กคางมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่าภาพแม่เหล็กคางมีแนวโน้มลดลง เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 1150°C ถึง 1300°C ค่าภาพแม่เหล็กคางของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ค่าลดลง และได้ค่าภาพแม่เหล็กคางต่ำที่สุดคือ 4 emu/g เมื่อเจือโคบอลต์ $y = 1.0$ และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C พิจารณาจากรูปที่ 5.27 พบว่าปริมาณการเจือโคบอลต์มีผลต่อการลดลงของค่าแมกเนไทเซชันเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้น นั่นคือเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นการเจือโคบอลต์มากจะทำให้ค่าภาพแม่เหล็กคางลดลงได้มากกว่าในกรณีที่เจือโคบอลต์น้อย ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ถ้าเจือโคบอลต์มากกว่า $y = 1.0$ หรือเผาซินเตอร์ให้อุณหภูมิสูงกว่า 1300°C ค่าภาพแม่เหล็กคางมีแนวโน้มจะมีค่าน้อยกว่า 4 emu/g



รูปที่ 5.27 ภาพแม่เหล็กคาง (Mr) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง