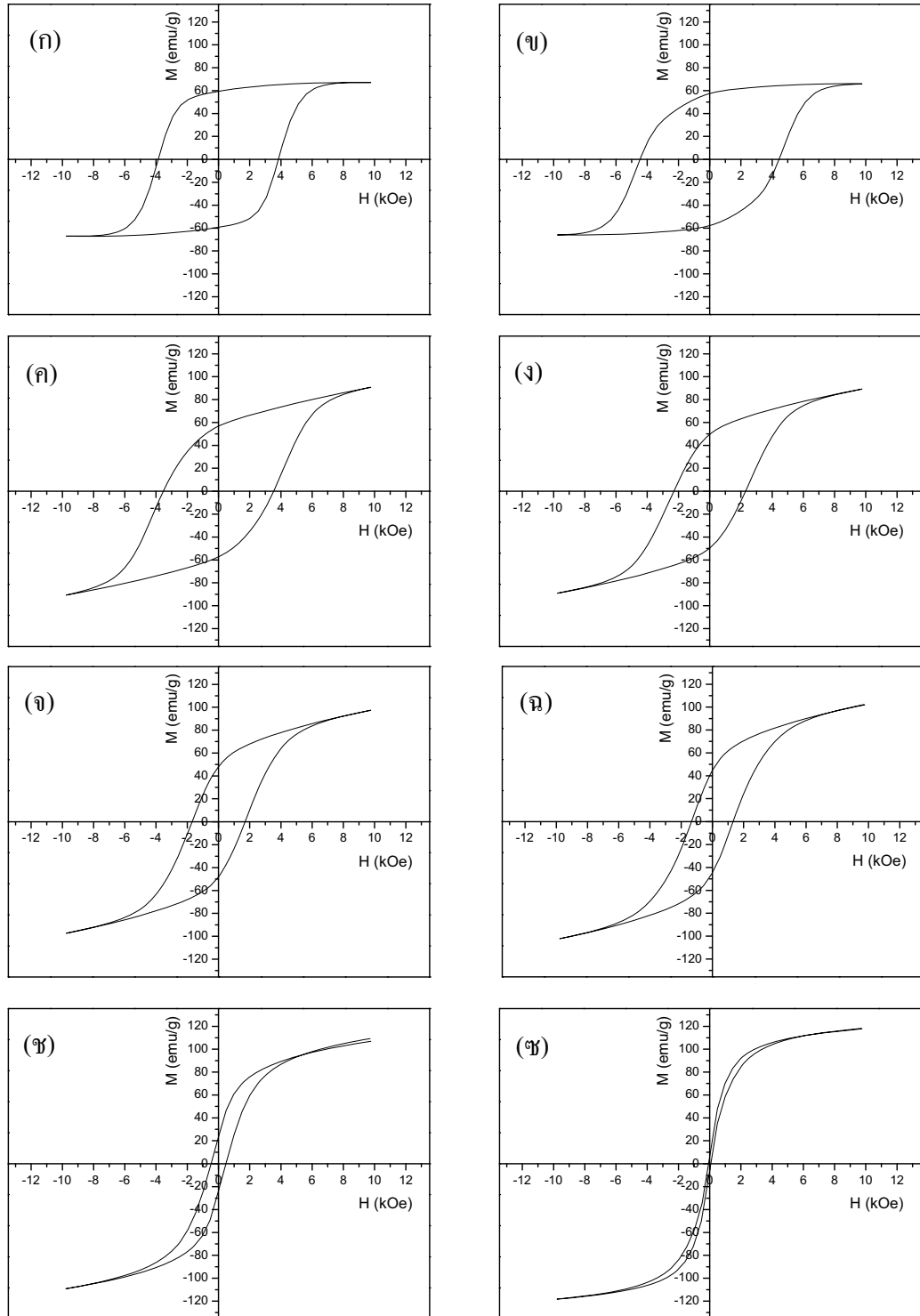


4.3.4 ผลการวัดสภาพแม่เหล็ก



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบลักษณะวงฮิสเทอรีซิสเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ โดยที่ y มีค่า (ก) 0 (ข) 0.1 (ค) 0.2 (ง) 0.3 (จ) 0.4

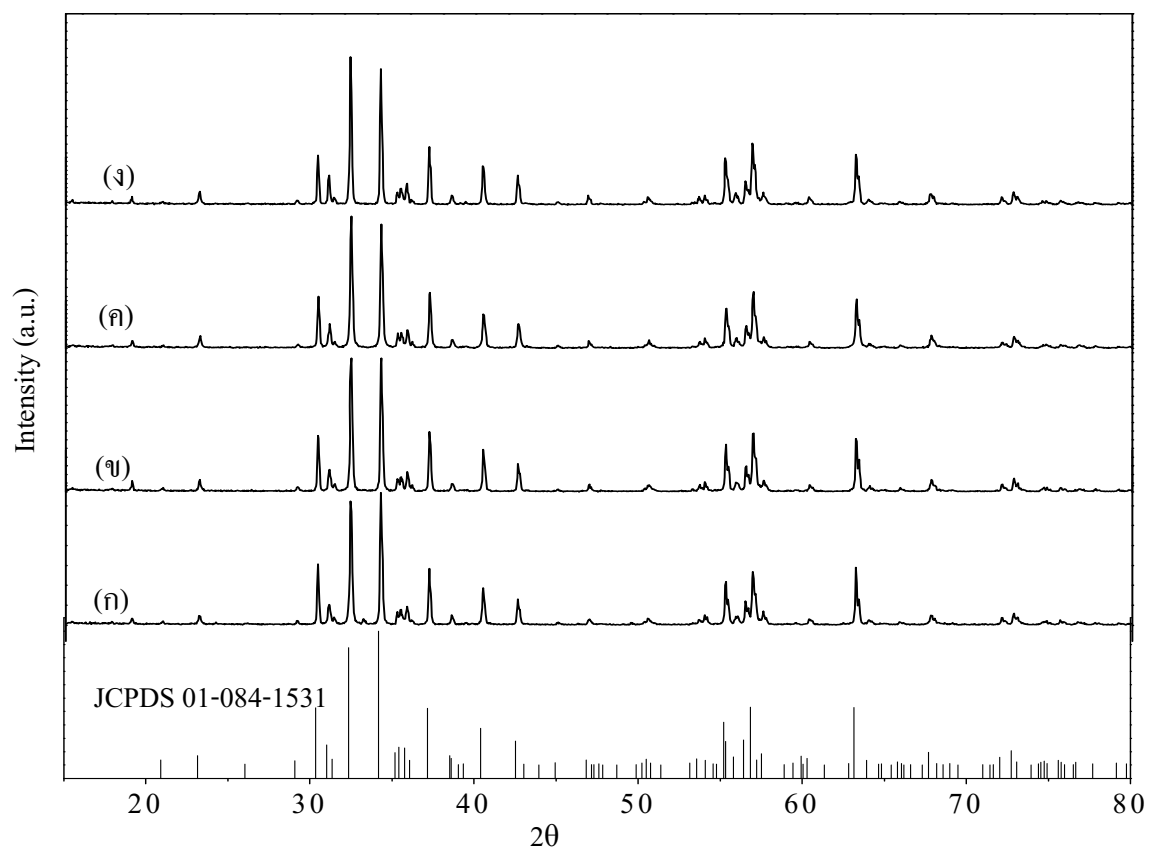
(ฉ) 0.5 (ช) 0.8 และ (ซ) 1.0

ผลการศึกษาวงสัณฐานวิทยาของสารแม่เหล็กสตรอนเทียม ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$) ที่เจือโคบอลต์แตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขสนามแม่เหล็กภายนอกสูงสุด 10 kOe พบว่าเมื่อเจือเฉพาะแลนทานัมพบว่ารูปร่างวงสัณฐานวิทยาจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุม เมื่อปริมาณโคบอลต์เพิ่มขึ้นเป็น $y = 0.1$ การเป็นเหลี่ยมมุมของวงสัณฐานวิทยาจะลดลง แต่ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะสูงขึ้น และถ้าปริมาณโคบอลต์เพิ่มมากขึ้นค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก และค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างจะลดลง ส่วนค่าแมกเนไต์เซชันอิ่มตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นดังแสดงรูปที่ 4.9

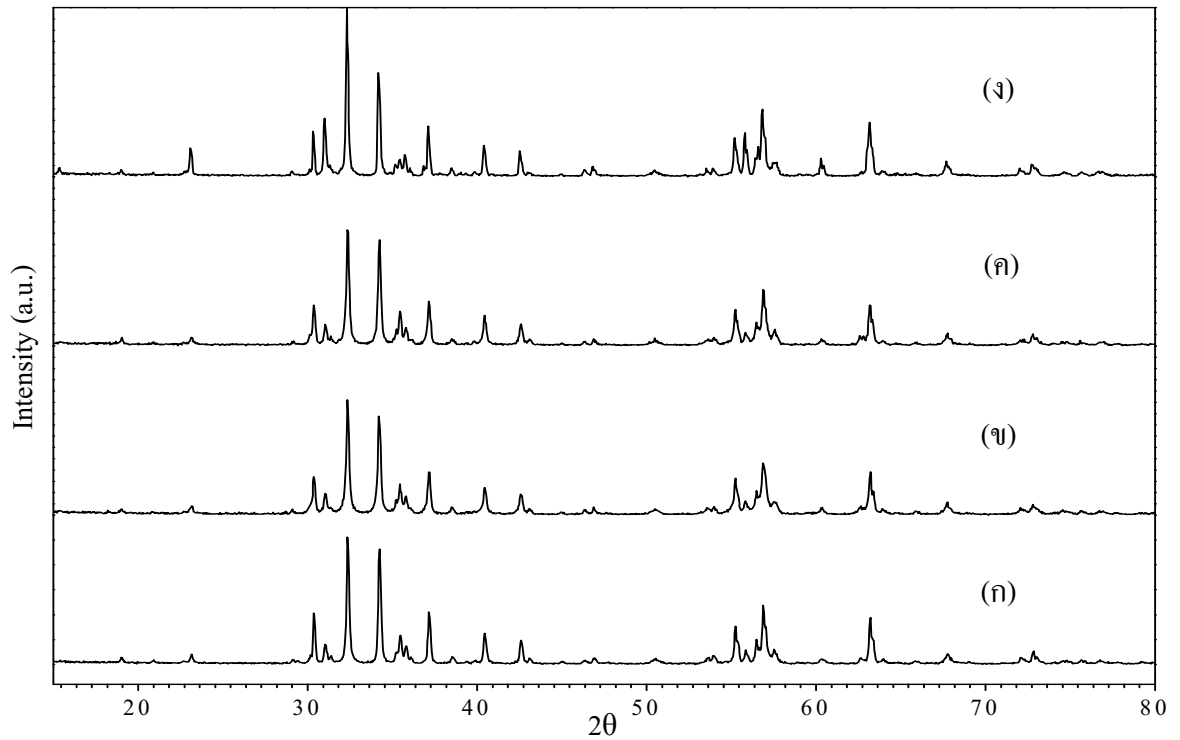
4.4 ผลการทดลองสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน

4.4.1 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจาก XRD

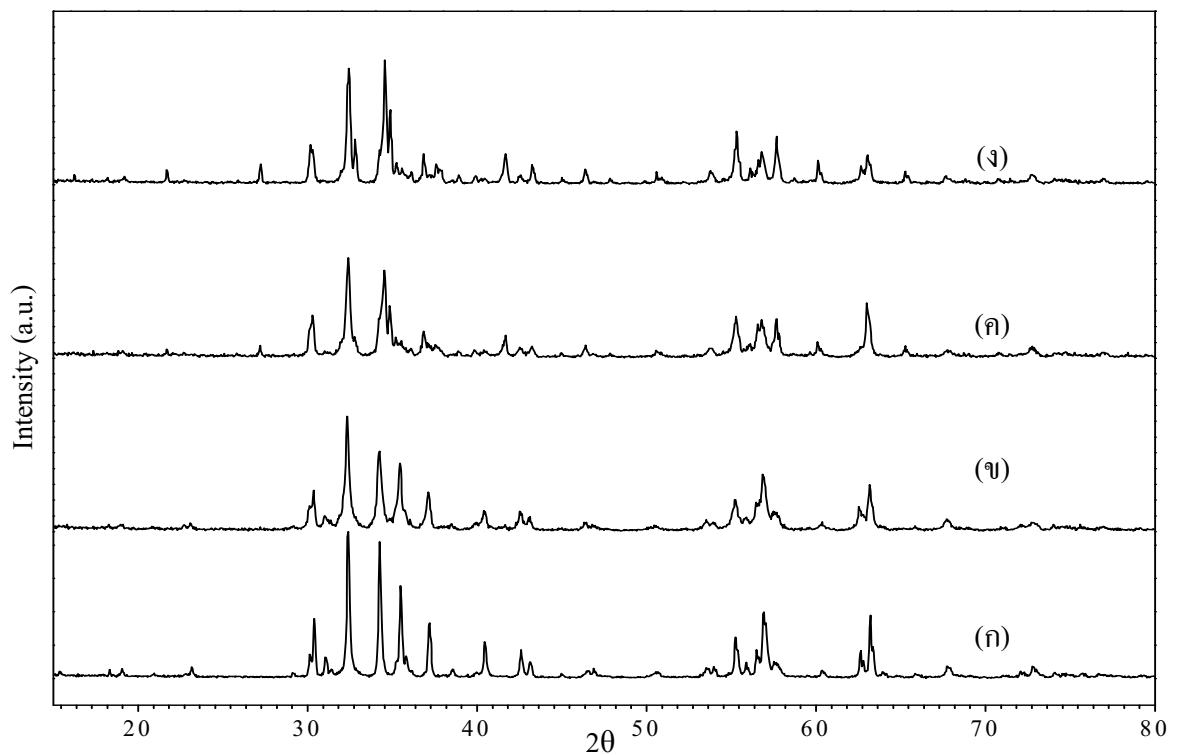
การศึกษาเฟสของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ ที่อุณหภูมิการเผาต่างกัน ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$) โดยใช้การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่ากราฟที่ได้สอดคล้องกับรูปแบบการเลี้ยวเบนใน JCPDS หมายเลข 01-084-1531 ทำให้ทราบว่าสารแม่เหล็กที่เตรียมได้เป็นสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ที่มีโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอลดังรูปที่ 4.10 รูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.10 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



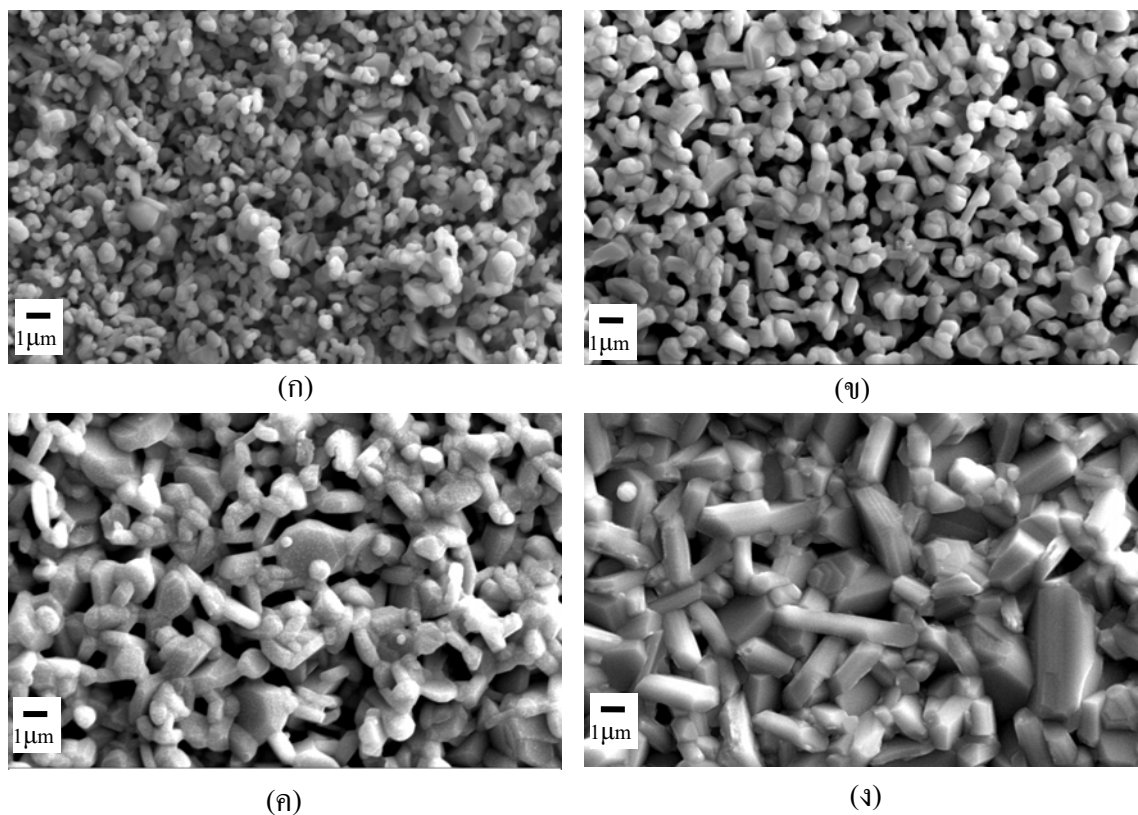
รูปที่ 4.11 รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง



รูปที่ 4.12 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

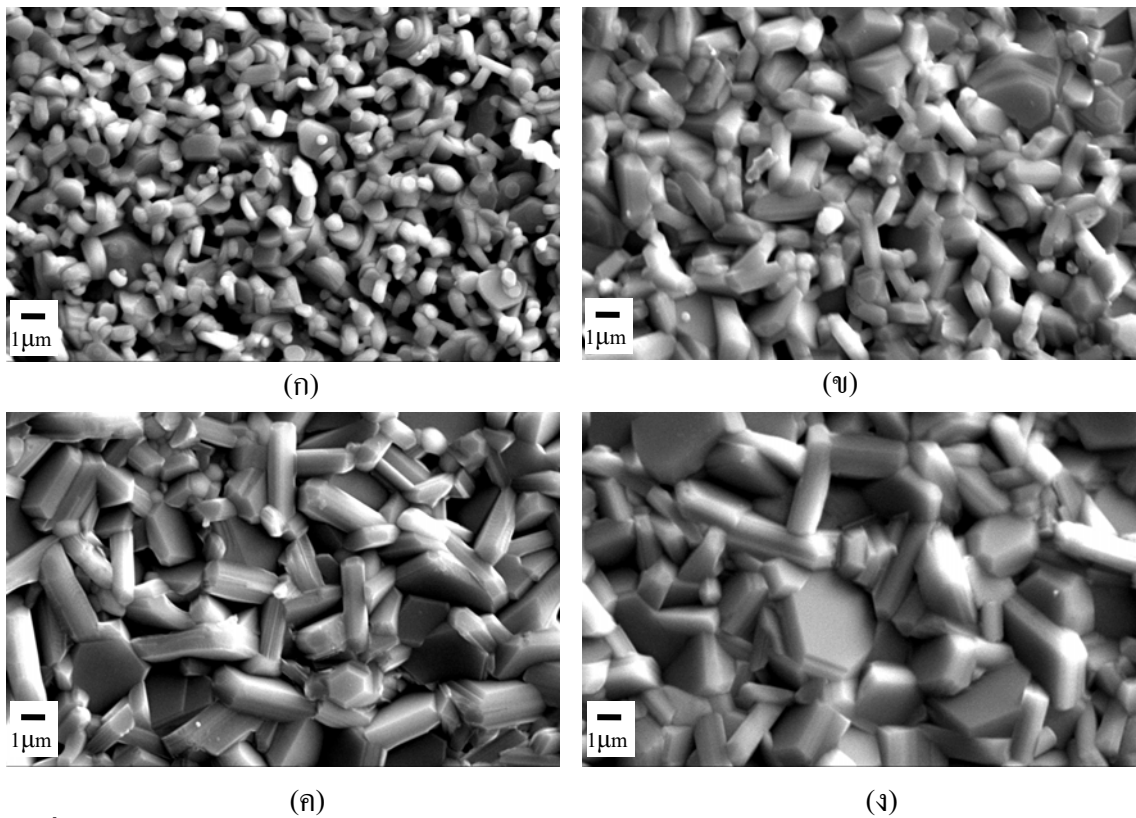
4.4.2 ผลการวัดขนาดเกรน

การศึกษาขนาดเกรนของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ $x = 0.2$ และ $y = 0.2$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$) เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างกันโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์มากขึ้นขนาดเกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C และ 1200°C เกรนมีลักษณะเป็นเม็ดกลม เมื่ออุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นเป็น 1250°C เกรนมีลักษณะเป็นเม็ดกลม เป็นแท่ง และมีลักษณะเป็นแผ่น ซึ่งมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่วนอุณหภูมิการเผา 1300°C เกรนที่มีลักษณะกลมจะหายไป เกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมุมดังรูปที่ 4.13



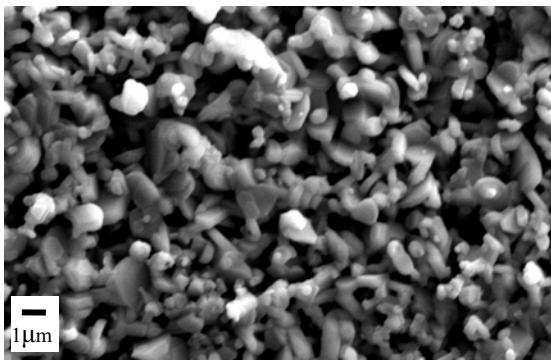
รูปที่ 4.13 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การศึกษาขนาดเกรนของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ $x = 0.2$ และ $y = 0.5$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$) เมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างกัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเผามากขึ้นขนาดเกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาเป็น 1150°C เกรนมีลักษณะเป็นเม็ดกลม สำหรับอุณหภูมิการเผา 1200°C เกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น มีลักษณะเป็นแท่งและเป็นแผ่นมากขึ้น และพบว่าที่อุณหภูมิการเผา 1250°C เกรนมีลักษณะคล้ายกับที่อุณหภูมิการเผา 1200°C แต่มีขนาดใหญ่กว่า ส่วนอุณหภูมิการเผา 1300°C เกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างชัดเจน

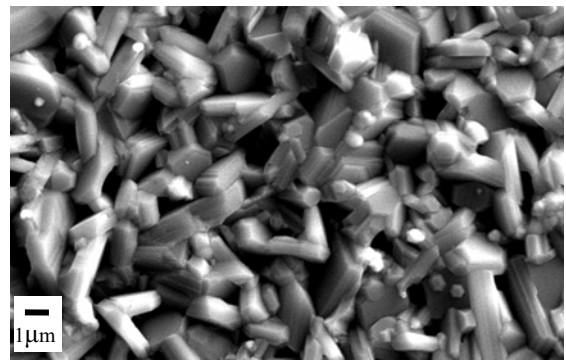


รูปที่ 4.14 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

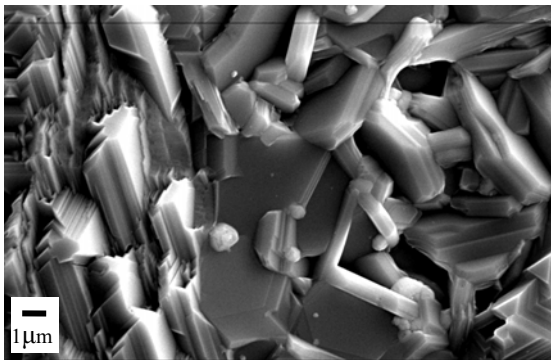
การศึกษาขนาดเกรนของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมที่เจือเลนทานัมและโคบอลต์ $x = 0.2$ และ $y = 1.0$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$) เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างกัน โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดดังแสดงในรูปที่ 4.15 พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์มากขึ้นขนาดเกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C เกรนมีลักษณะเป็นเม็ดกลม ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1200°C เกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น มีลักษณะเป็นแท่งและเป็นแผ่นใหญ่ขึ้น ส่วนที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น มีลักษณะจะเป็นแผ่นมากขึ้นและมีลักษณะเป็นชั้นซ้อนกัน และถ้าอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1300°C เกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และเกรนมีลักษณะคล้ายกับเงื่อนไขการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C



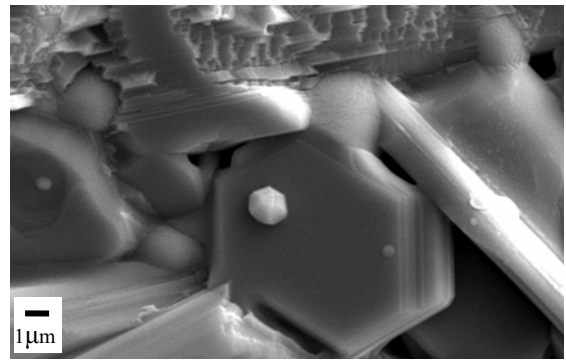
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C

4.4.3 ผลการวัดความหนาแน่น

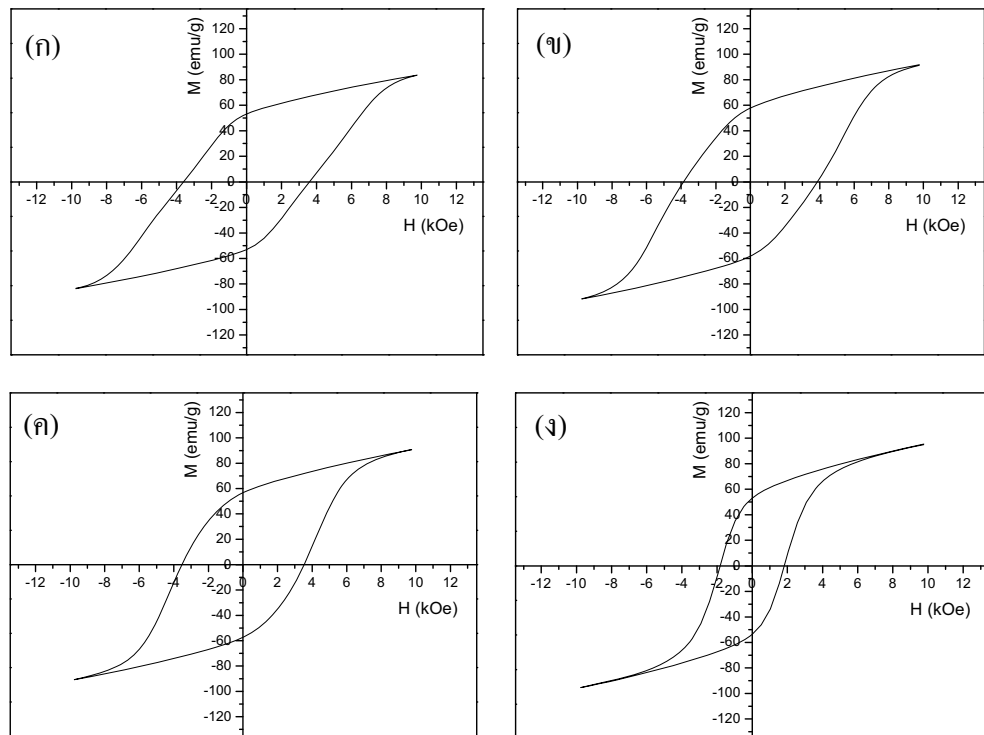
ผลการหาความหนาแน่นของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมที่ปริมาณการเจือโคบอลต์และแลนทานัมเมื่อเผาที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าปริมาณการเจือแลนทานัมและโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เป็น 1150°C 1200°C และ 1250°C พบว่าเมื่อเปลี่ยนปริมาณการเจือโคบอลต์จาก $y = 0.2$ เป็น $y = 0.5$ ความหนาแน่นจะลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อปริมาณโคบอลต์เพิ่มขึ้นเป็น $y = 1.0$ ส่วนในกรณีอุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เป็น 1300°C ความหนาแน่นจะมีแนวโน้มลดลงจากตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การหดตัวตามแนวรัศมีและความหนาแน่นของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C สารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์เมื่อเจือโคบอลต์เป็น $y = 0.2$ และ $y = 1.0$ พบว่าความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เพิ่มจาก 1150°C เป็น 1200°C และจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1250°C แต่จะลดลงอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1300°C ส่วนในกรณีที่เจือโคบอลต์ $y = 0.5$ พบว่าความหนาแน่นจะลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เพิ่มจาก 1150°C เป็น 1200°C แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1250°C และ 1300°C

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การหดตัวตามแนวรัศมีและความหนาแน่นของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร์ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ การเผา ($^{\circ}\text{C}$)	การหดตัว ตามแนวรัศมี (%)	มวลชั่งใน อากาศ (g)	มวลชั่งใน น้ำ (g)	ความ หนาแน่น (g/cm^3)
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	1150	2.17	0.2946	0.2371	5.10
	1200	4.33	0.3612	0.2898	5.04
	1250	9.56	0.3835	0.3073	5.01
	1300	18.33	0.5303	0.4218	4.87
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	1150	11.33	0.3797	0.3041	5.00
	1200	17.14	0.4369	0.3419	4.58
	1250	18.23	0.4893	0.3869	4.76
	1300	19.41	0.5374	0.4299	4.98
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{Co}\text{O}_{19}$	1150	8.67	0.3876	0.3108	5.03
	1200	17.71	0.4283	0.3357	4.61
	1250	18.13	0.5086	0.4071	4.99
	1300	18.03	0.3565	0.2841	4.90

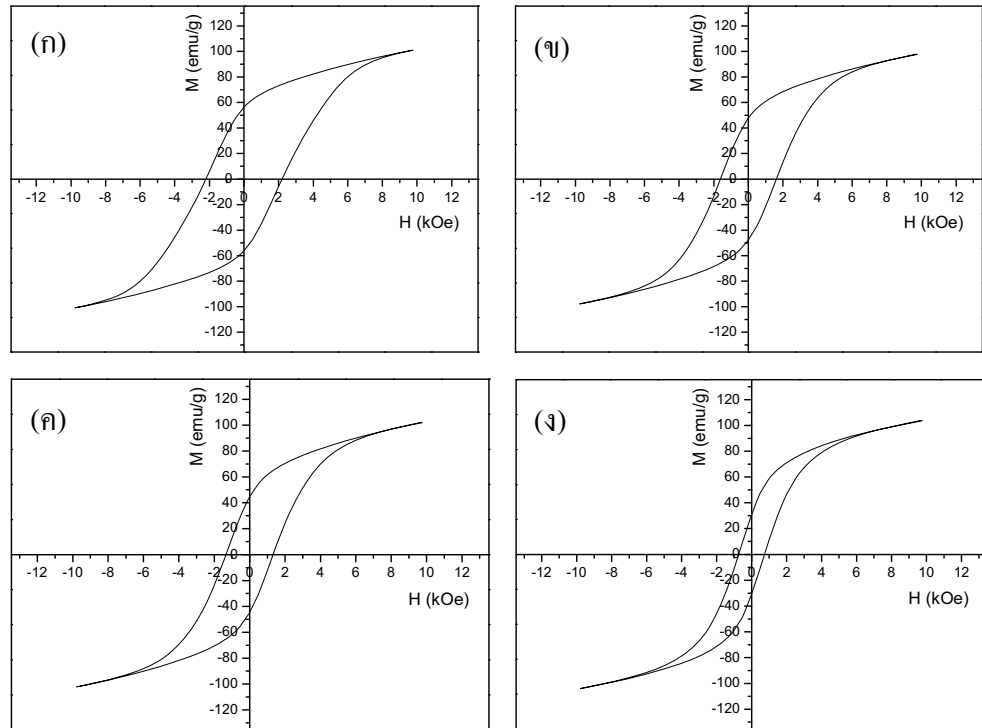
4.4.4 ผลการวัดสภาพแม่เหล็ก

ผลการศึกษาวงฮิสเทอรีซิสของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขสนามแม่เหล็กภายนอกสูงสุด 10 kOe เมื่อเจือปนทานัมและโคบอลต์ ($x = 0.2$ และ $y = 0.2$) พบว่ารูปร่างวงฮิสเทอรีซิสที่อุณหภูมิการเผา 1150°C วงฮิสเทอรีซิสมีลักษณะเหลี่ยมมีพื้นที่วงที่มากซึ่งบอกกำลังการสูญเสียเนื่องจากวงฮิสเทอรีซิสที่มากด้วย เมื่ออุณหภูมิการเผาเพิ่มสูงขึ้นพบว่าเส้นกราฟจะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งมากขึ้น และค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวจะมากขึ้น ส่วนค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างจะลดลงดังรูปที่ 4.16 ส่วนค่าสภาพลบข้างแม่เหล็ก จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เปลี่ยนจาก 1150°C เป็น 1200°C และจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้น



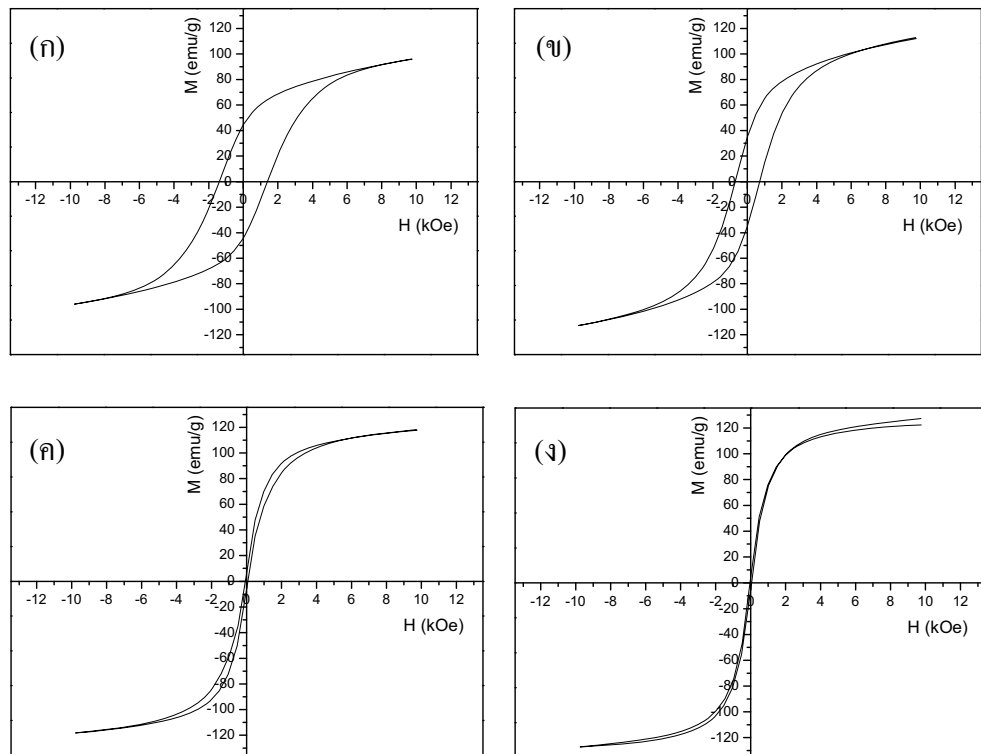
รูปที่ 4.16 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ผลการศึกษาวงฮิสเทอรีซิสของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขสนามแม่เหล็กภายนอกสูงสุด 10 kOe เมื่อเจือปนทานัมและโคบอลต์ ($x = 0.2$ และ $y = 0.5$) พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเผาสูงขึ้นค่าสภาพลบด้านแม่เหล็ก และค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างจะลดลง ดังรูปที่ 4.17 ส่วนค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวจะมีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 4.17 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

ผลการศึกษาวงฮิสเทอรีซิสของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขสนามแม่เหล็กภายนอกสูงสุด 10 kOe เมื่อเจือปนลานทานัมและโคบอลต์ ($x = 0.2$ และ $y = 1.0$) พบว่าเมื่ออุณหภูมิการเผาสูงขึ้นค่าสภาพลบด้านแม่เหล็ก และค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างจะลดลง ดังรูปที่ 4.18 และพบว่าพื้นที่ใต้กราฟของวงฮิสเทอรีซิสจะลดลง และมีค่าน้อยที่สุดเมื่ออุณหภูมิการเผาเป็น 1300°C



รูปที่ 4.18 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ (ก) 1150°C (ข) 1200°C (ค) 1250°C และ (ง) 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ในบทที่ 4 นำมาวิเคราะห์หาสมบัติต่างๆ ประกอบด้วย การศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปัจจัยต่างๆ ว่ามีโครงสร้างอื่นเจือปนอยู่หรือไม่ โดยใช้หลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ศึกษาลักษณะและขนาดของเกรนด้วยภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดในเงื่อนไขการเตรียมต่างๆ ศึกษาความหนาแน่นของสารในปัจจัยการเตรียมสารต่างๆ และศึกษาสมบัติแม่เหล็กของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปัจจัยการเตรียมสารต่างๆ จากกราฟวงฮิสเทอรีซิส โดยจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน คือ สตรอนเทียมเฟอร์ไรต์และสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่เจือปนทานัมเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิต่างๆ และผลการเจือปนทานัมและโคบอลต์ลงในสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปริมาณต่างๆ ในส่วนของการเจือปนทานัมและโคบอลต์จะศึกษาผลของอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ที่ปริมาณการเจือปนต่างๆ เมื่อเผาซินเตอร์อุณหภูมิต่างๆ ด้วย

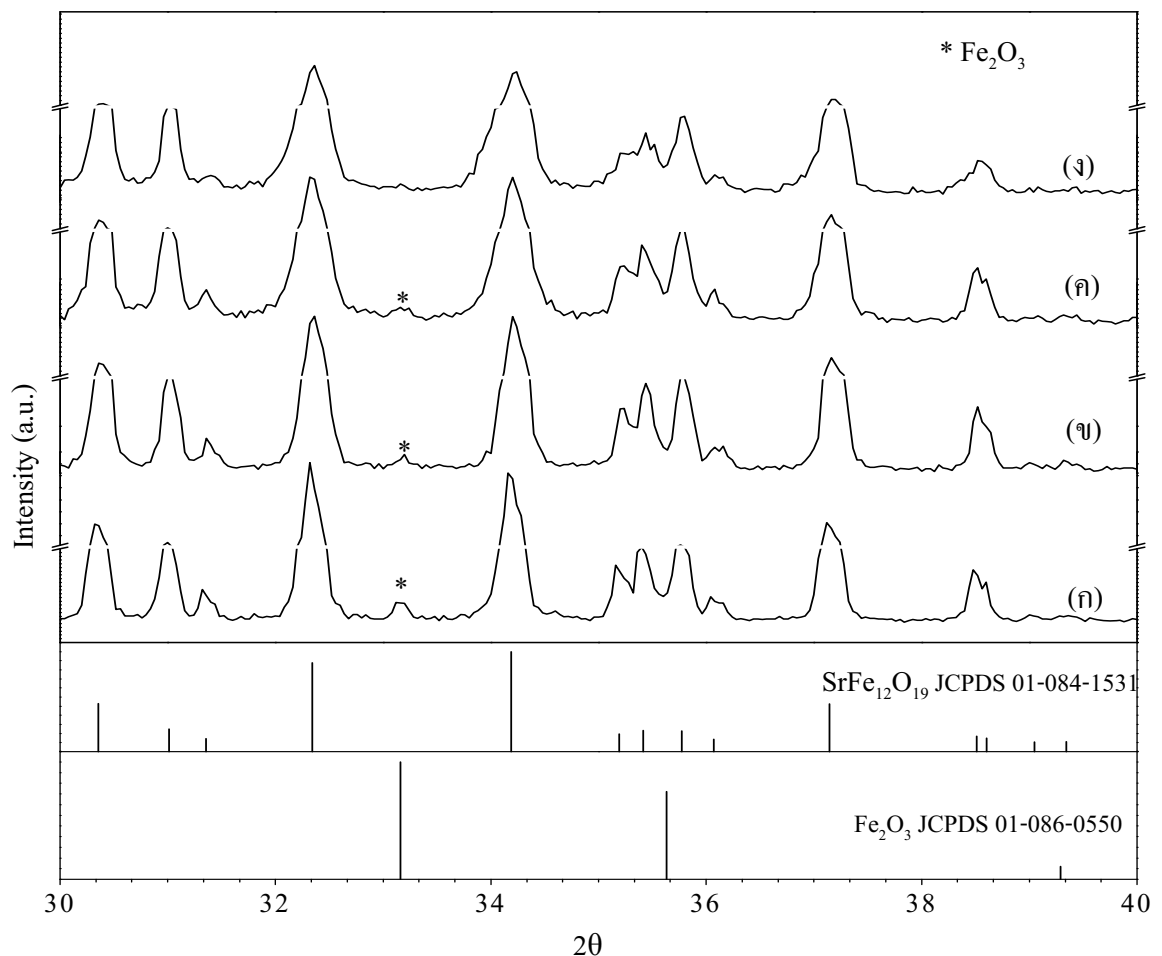
5.1 ผลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์

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

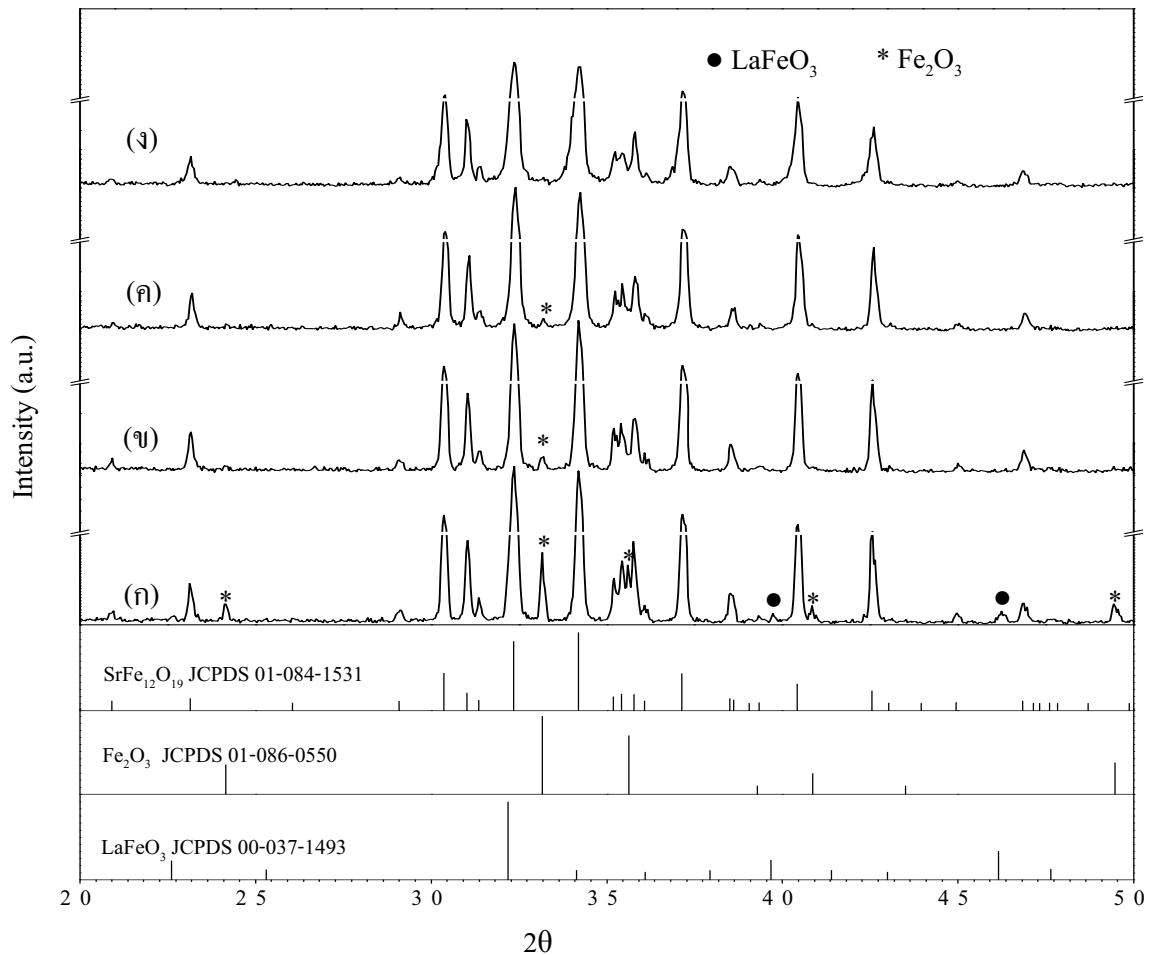
จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ พบระนาบของโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอลของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งสอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 01-084-1531 และที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่ำจะมีเฟสอื่นร่วมอยู่ด้วยดังแสดงในรูปที่ 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 $620^{\circ}\text{C} - 850^{\circ}\text{C}$ 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

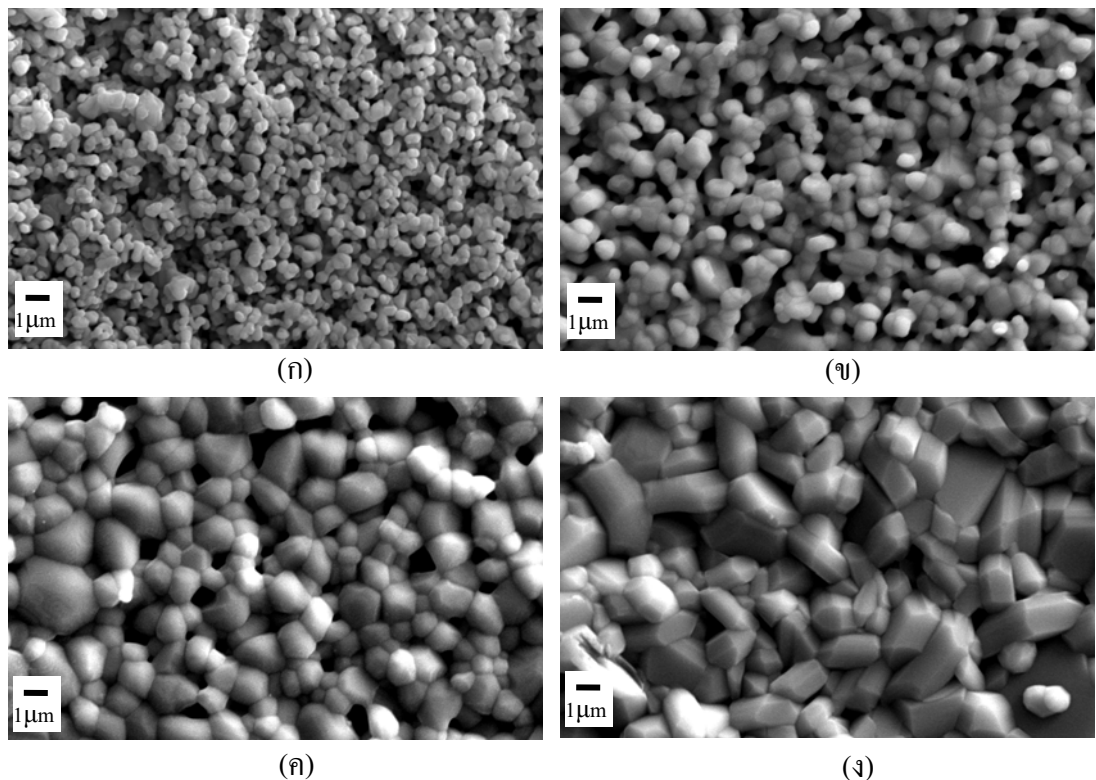
กรณีของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ จากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ พบว่าโครงสร้างของสารจะมีโครงสร้างเป็น $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบเฮกซะโกนอล เหมือนกรณีที่ยังไม่เจือแลนทานัม แต่ที่อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C พบโครงสร้างของ LaFeO_3 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 พบโครงสร้างเดี่ยวของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ แต่เมื่อเจือแลนทานัมมากขึ้นจะพบเฟส LaFeO_3 และ Fe_2O_3 สำหรับงานวิจัยนี้พบว่าเฟสของ LaFeO_3 และ Fe_2O_3 จะไม่ปรากฏเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1300°C และได้สตรอนเทียมเฟอร์ไรท์เฟสเดี่ยว



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

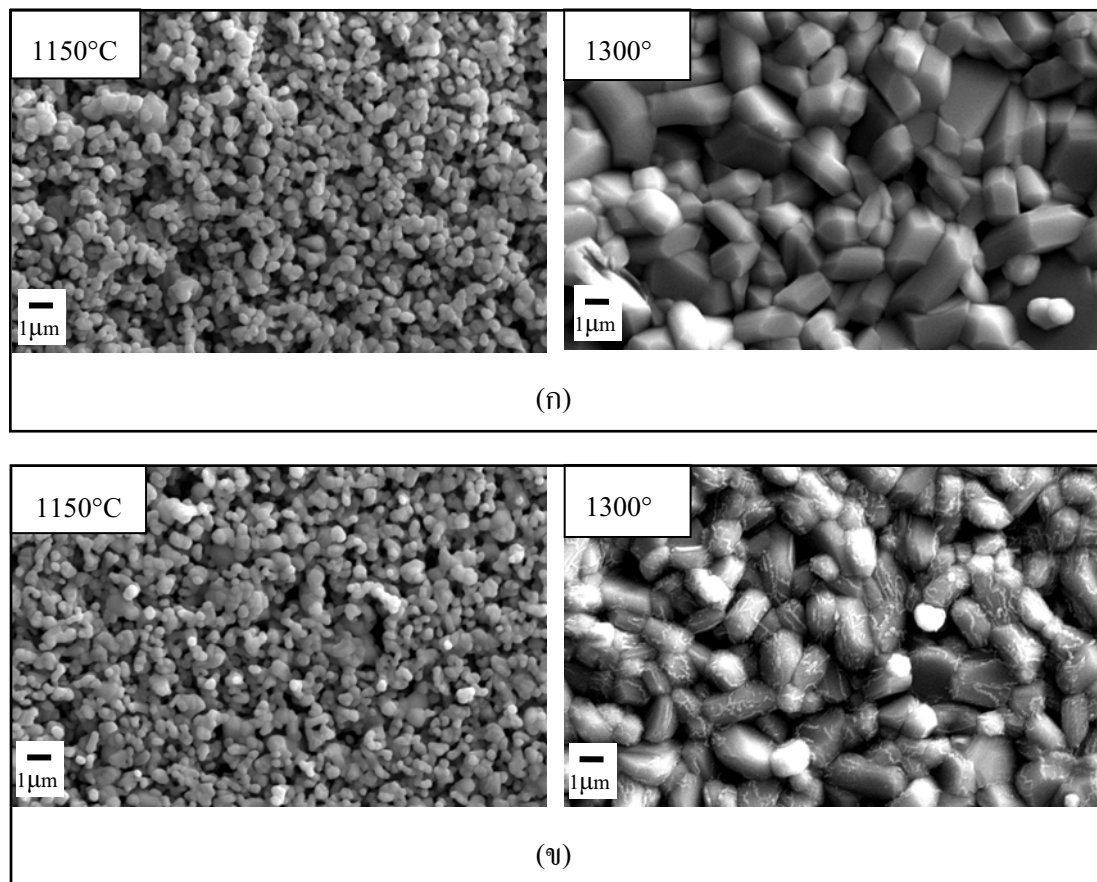
5.1.2 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่มีต่อขนาดเกรน

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 การเผาซินเตอร์จะช่วยทำให้อนุภาคที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้ว กลายเป็นโครงสร้างที่มีการเชื่อมต่อกันด้วยการใช้ขอบเกรน เนื่องจากพลังงานพื้นฐานสำหรับการซินเตอร์นั้น ได้มาจากการพยายามลดค่าพลังงานพื้นผิวของอนุภาคผง 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

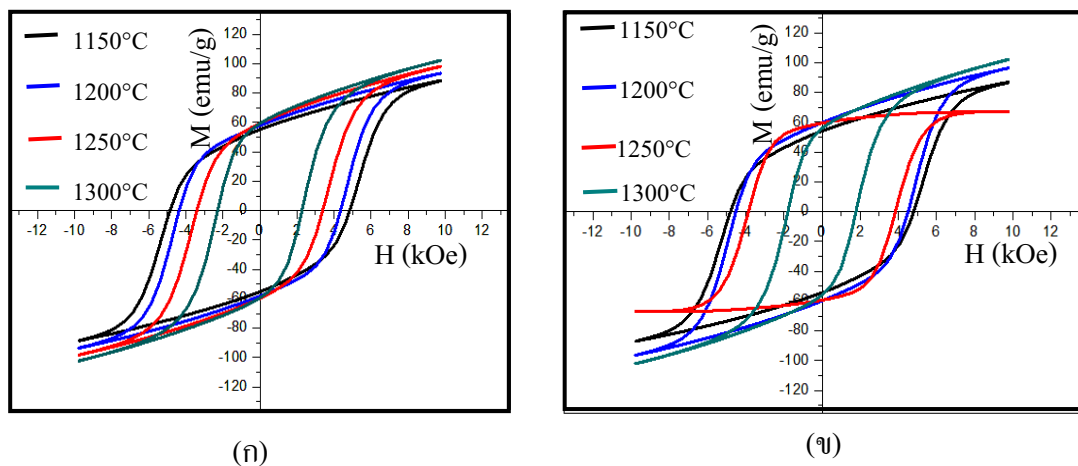
เมื่อพิจารณารูปที่ 5.4 เป็นการเปรียบเทียบขนาดเกรนของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ซึ่งจากรูปแสดงให้เห็นว่าขนาดเกรนของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ มีขนาดเกรนใกล้เคียงกันที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C จากผลที่ได้นี้พบว่า การเจือปนทานัมลงไปในสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ในปริมาณ $y = 0.2$ 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 ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่มีต่อสมบัติทางแม่เหล็กของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์

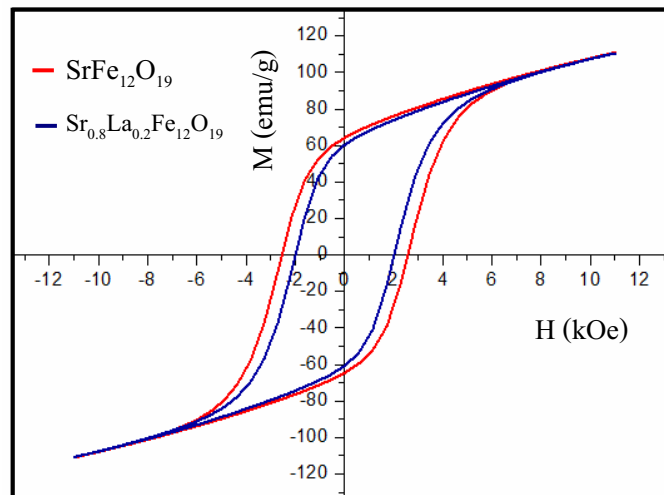
วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น จากรูปที่ 4.3 และ 4.6 สามารถนำมาหาสมบัติแม่เหล็ก ซึ่งประกอบด้วยค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Remanence, M_r)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



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 $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ พบว่าค่าสภาพคล้างแม่เหล็ก ในช่วงอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1150°C ถึง 1250°C มีค่าใกล้เคียงกัน สัมพันธ์กับขนาดเกรนในรูปที่ 4.5(ก) – (ค) ซึ่งขนาดเกรนทั้งสามกรณีมีขนาดที่ไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C พบว่าขนาดเกรนในรูปที่ 4.5(ง) มีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับขนาดเกรนของอุณหภูมิการเผาที่ต่ำกว่า สัมพันธ์กับค่าสภาพคล้างแม่เหล็ก ที่ลดลงอย่างมากดังรูปที่ 5.5(ข) ค่าแมกเนไคเซชันอิ่มตัว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1200°C แต่จะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มเป็น 1250°C และค่าแมกเนไคเซชันนี้จะเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มเป็น 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 แต่เมื่อเจือปนแลนทานัมที่ปริมาณ $x = 0.2$ ลักษณะของเกรนจะมีความเป็นเหลี่ยมมุมลดลง เมื่อนำตัวอย่างทั้งสองมาศึกษาวงฮิสเทอรีซิส จะได้ความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5.6 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของวงฮิสเทอรีซิสเมื่อเจือปนแลนทานัมลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ในปริมาณ $x = 0.2$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1300°C พบว่า แลนทานัมที่เจือลงไปไม่ทำให้ค่าแมกเนไคเซชันอิ่มตัวเปลี่ยนแปลง แต่จะทำให้ค่าสภาพคล้างแม่เหล็ก และสภาพแม่เหล็กคงค้างลดลง



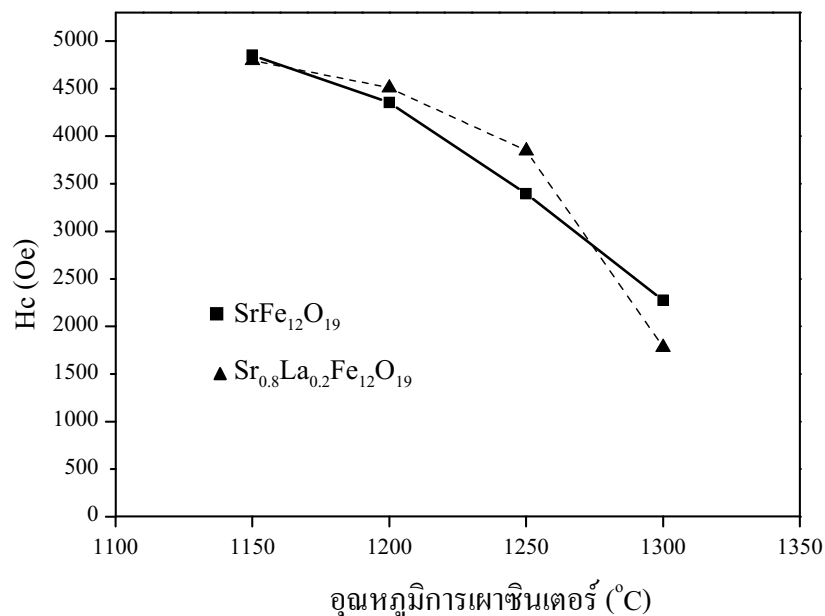
รูปที่ 5.6 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

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

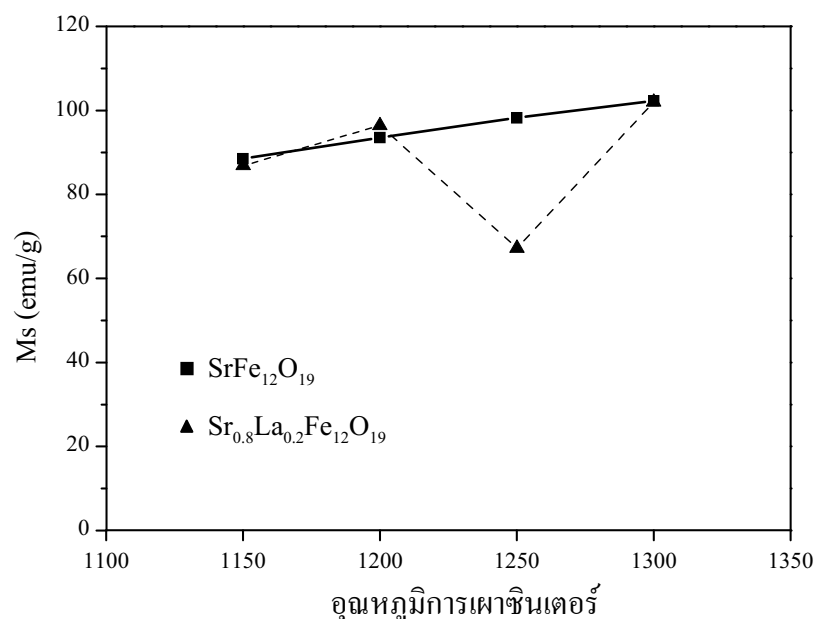
ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มมากขึ้นทั้งในกรณีของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ดังแสดงในรูปที่ 5.7 เนื่องจากขนาดของเกรนมีความสัมพันธ์กับค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ซึ่งเมื่อขนาดเกรนมีขนาดใหญ่ การเคลื่อนตัวของผนังโดเมนจะเกิดการเคลื่อนตัวได้ง่าย 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

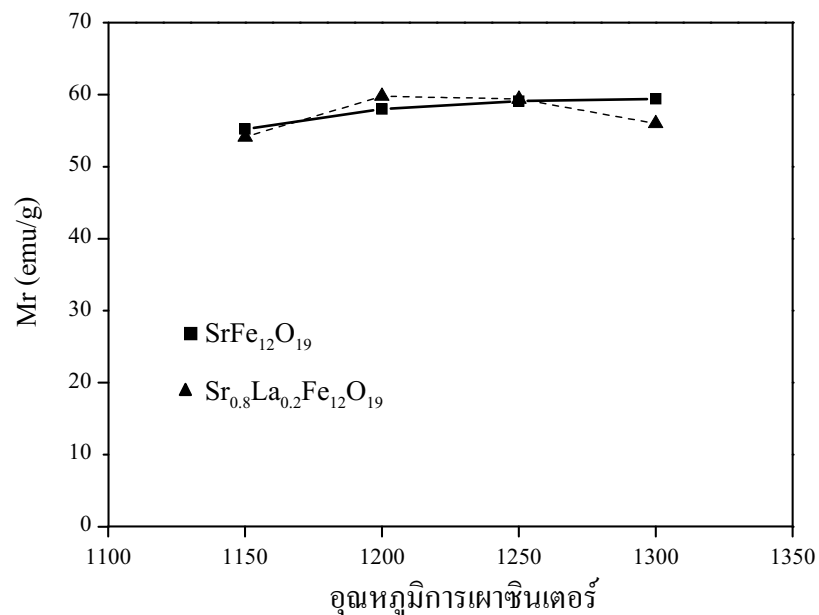
เมื่อพิจารณาค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1300°C เนื่องจากเมื่อพิจารณาผลของ XRD และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้น โครงสร้าง Fe_2O_3 ซึ่งเป็นโครงสร้างแบบ antiferromagnetic จะลดลง และจะมีโครงสร้างเดี่ยวมากขึ้น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

สำหรับค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1200°C แต่จะมีค่าลดลงอย่างมากเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เป็น 1250°C เมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นเป็น 1300°C แมกเนไทเซชันอิ่มตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้ง ในกรณีนี้ยังไม่ทราบข้อมูลที่ชัดเจนเพื่อใช้อธิบายการลดลงของแมกเนไทเซชันอิ่มตัวที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 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 ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามอุณหภูมิการเผาที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 5.8 ผลของค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (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 ซึ่งพบว่าค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ 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

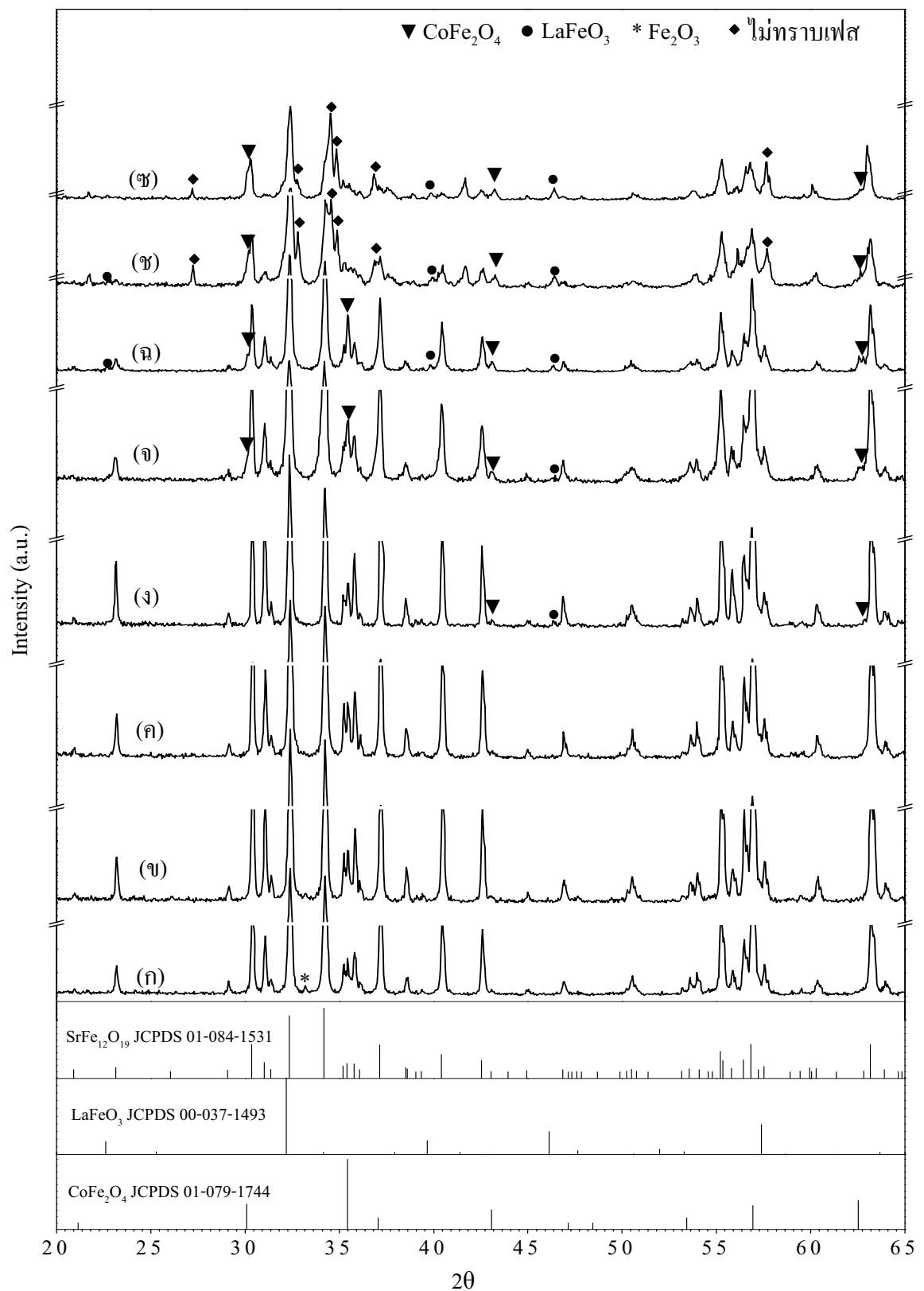
5.2 ผลของปริมาณการเจือปนแลนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์

การวิเคราะห์จะศึกษาผลของปริมาณการเจือปนแลนทานัมและโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ มีการเจือปนแลนทานัม $x = 0.2$ 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 $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่เจือปนแลนทานัมและโคบอลต์เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 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 และพบว่าเมื่อเจือโคบอลต์ลงไปแลนทานัมสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) 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

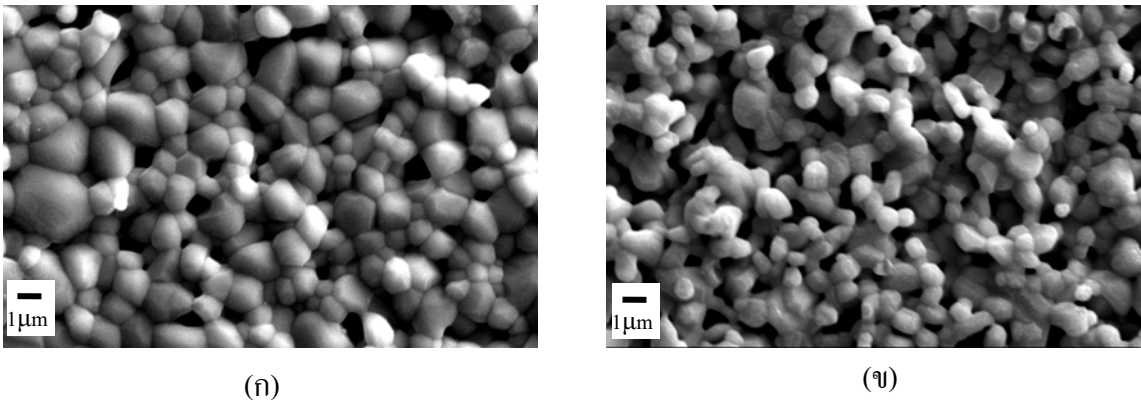
เมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้นเป็น $y = 0.3$ พบว่าจะมีโครงสร้าง CoFe_2O_4 และ LaFeO_3 เกิดขึ้น สอดคล้องกับ JCPDS หมายเลข 01-079-1744 และ 00-037-1493 ตามลำดับ และเมื่อปริมาณโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น ระบายของโครงสร้างทั้งสองก็เพิ่มมากขึ้นด้วยดังรูปที่ 5.10 เมื่อเจือโคบอลต์ลงไปเป็น 0.8 และ 1.0 พบเฟสที่ไม่สามารถระบุโครงสร้างได้เกิดขึ้น



รูปที่ 5.10 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ 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

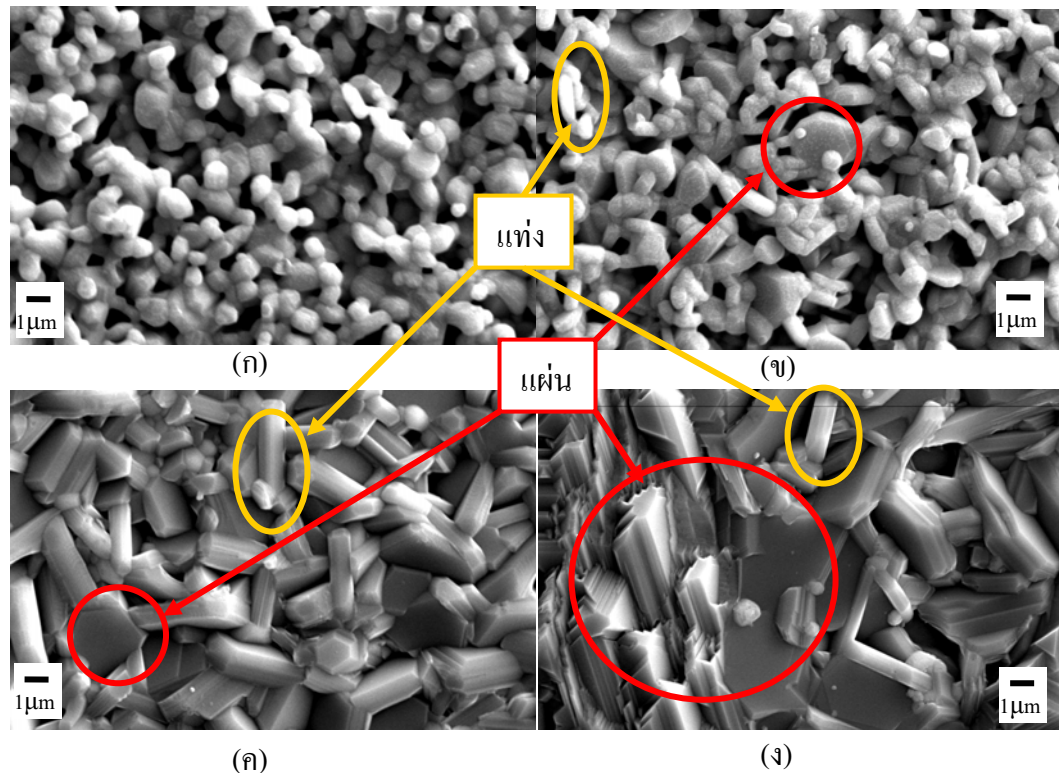
5.2.2 ผลการเจือปนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่มีผลต่อลักษณะของเกรน

การทดลองในตอนนี้จะศึกษาผลของปริมาณการเจือปนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ ($\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$) ที่มีผลต่อลักษณะของเกรน เมื่อ $x = 0.2$ และ $y = 0 \quad 0.1 \quad 0.2 \quad 0.3 \quad 0.4 \quad 0.5 \quad 0.8$ 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



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 นั่นคือโคบอลต์มีผลต่อการขยายตัวของเกรนอย่างชัดเจน



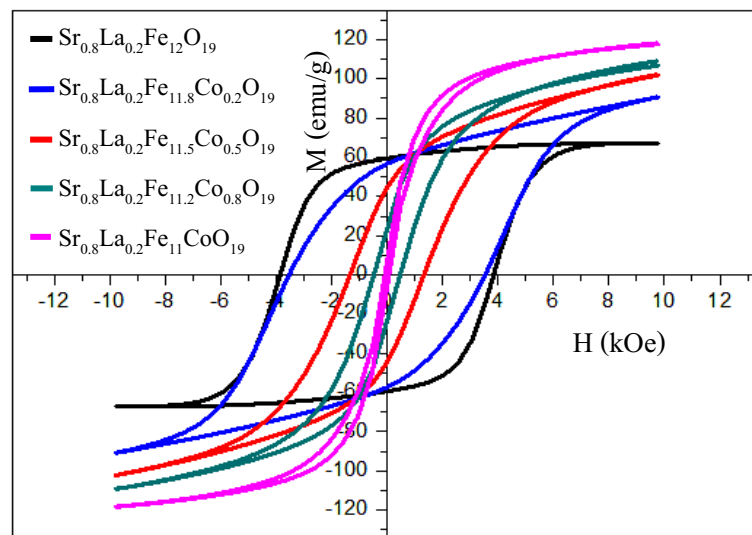
รูปที่ 5.12 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C

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) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

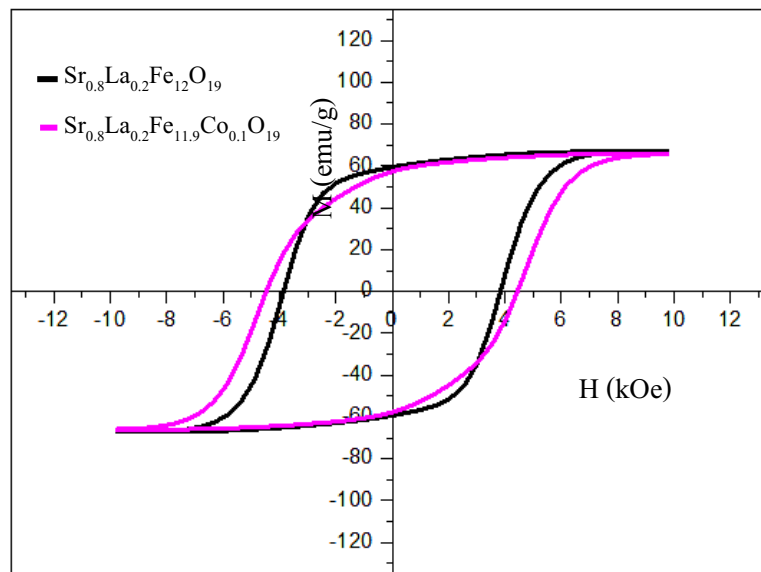
5.2.3 ผลการเจือปนแลนทานัมและโคบอลต์ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ที่มีผลต่อสมบัติทางแม่เหล็ก

วงฮิสเทอรีซิสของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์เจือปนแลนทานัมและโคบอลต์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C ดังแสดงในรูปที่ 5.13 กรณีที่เจือปนแลนทานัม ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) พบว่าปริมาณการเจือโคบอลต์และแลนทานัมมีผลต่อค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว โดยจากรูปที่ 5.13 จะเห็นว่าค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัวมีแนวโน้มที่สูงขึ้นตามการเพิ่มปริมาณการเจือโคบอลต์ และค่าที่ได้จะมีความแตกต่างกันมาก ส่วนค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างก็มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณการเจือโคบอลต์และมีค่าแตกต่างกันมากเช่นกัน สำหรับค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก มีค่าไม่แตกต่างกันมากเมื่อเจือปนแลนทานัมในปริมาณที่น้อย 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 $y = 0.1$ กราฟมีสภาพลบบ้างแม่เหล็ก มากขึ้น ส่วนบริเวณของของกราฟมีความเป็นเหลี่ยมมนน้อยลง จากงานวิจัยของ L. Lechevallier และคณะ [17] พบว่าปริมาณโคบอลต์ที่เจือลงไปในสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์จะมีผลทำให้ขอบมุมของวงฮิสเทอรีซิส มีความเป็นเหลี่ยมมนลดลง 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

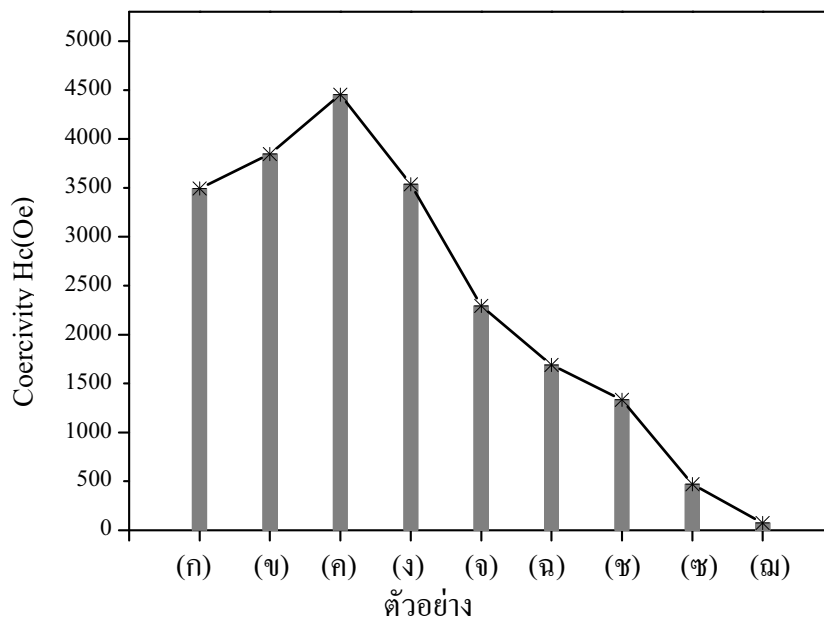
วงรีสเตอริโอไรซ์ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่เจือด้วยโคบอลต์ในสัดส่วน $y = 0 \quad 0.1 \quad 0.2 \quad 0.3 \quad 0.4 \quad 0.5 \quad 0.8$ และ 1.0 เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดสมบัติแม่เหล็กแบบตัวอย่างสั้น ค่าสมบัติแม่เหล็กที่วัดได้ประกอบด้วยค่าสภาพคล้างแม่เหล็ก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

ตารางที่ 5.2 ค่าสภาพคล้างแม่เหล็ก 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	$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$	73	118	6

จากผลการทดลองพบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (H_c) ของตัวอย่างเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1250°C ดังแสดงในรูปที่ 5.15 เมื่อสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือด้วยแลนทานัมลงไป ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก จะมีค่าสูงขึ้น และจะมีค่ามากขึ้นเมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มลงไป ในปริมาณ $y = 0.1$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$) แต่เมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้น $y > 0.2$ เป็นต้นไป ค่า สภาพลบล้างแม่เหล็ก 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) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_{19}$

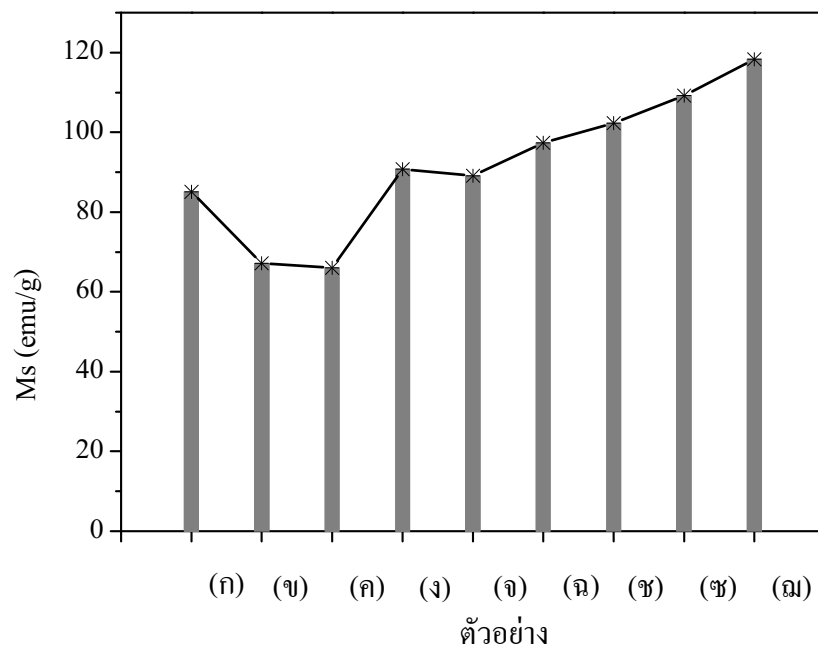
(ฉ) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.6}\text{Co}_{0.4}\text{O}_{19}$

(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) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

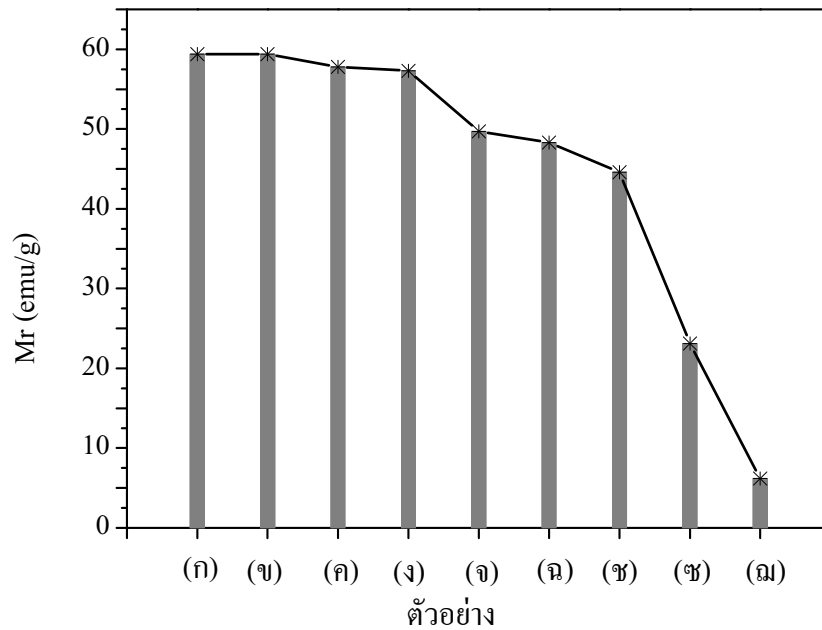
สารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C โดยที่เจือแลนทานัม ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$) และโคบอลต์ลงไป $y = 0.1$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_{19}$) ดังแสดงในรูปที่ 5.16 พบว่าค่าสภาพแม่เหล็กอ้อมตัวมีค่าน้อยลง 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 $y = 0.1$ ซึ่งเป็นปริมาณที่ยังน้อยจึงไม่ส่งผลให้แมกเนไทเซชันอ้อมตัวเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก แต่โคบอลต์ที่เจือจะไปมีผลต่อรูปร่างวงฮิสเทอรีซิสซึ่งจะส่งผลให้รูปร่างวงฮิสเทอรีซิสมีเหลี่ยมมุมลดลง เมื่อเจือโคบอลต์เพิ่มมากขึ้นเป็น $y = 0.2$ เป็นต้นไป ค่าสภาพแม่เหล็กอ้อมตัวมีแนวโน้มสูงขึ้นตามปริมาณโคบอลต์ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในปริมาณการเจือโคบอลต์สูงจะเกิดเฟส CoFe_2O_3 ขึ้น ซึ่งโครงสร้างนี้มีสภาพแม่เหล็กเป็นแบบเฟอร์รีแมกเนติก [9] ทำให้สารมีสภาพแม่เหล็กมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Xiangsong Liu และคณะ [9] และ S. W. Lee และคณะ [16] ที่ได้ศึกษาผลของการเจือ La และ Co ลงในสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ พบว่าค่าแมกเนไทเซชันอ้อมตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเจือแลนทานัมและโคบอลต์ตั้งแต่ $x = 0$ ถึง 0.25 และมีค่าลดลงเมื่อปริมาณแลนทานัมและโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น โดย Xiangsong Liu และคณะ ได้ค่าแมกเนไทเซชันอ้อมตัวสูงสุด 73 emu/g ส่วนในงานวิจัยนี้ได้ค่าแมกเนไทเซชันอ้อมตัวสูงสุด 108 emu/g ซึ่งได้ค่าสูงกว่า



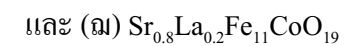
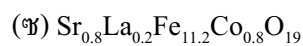
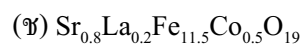
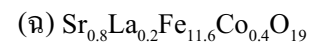
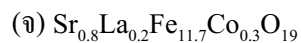
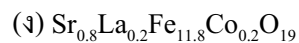
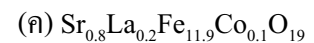
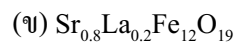
รูปที่ 5.16 ผลของค่าแมกเนไทเซชันอ้อมตัว (Ms) ของตัวอย่างเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C

(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) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$

ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ ($\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$) จากรูปที่ 5.17 ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C พบว่ามีแนวโน้มคงที่ เมื่อเจือปนแทนที่ด้วยโคบอลต์ $y \leq 0.2$ ถ้าเจือโคบอลต์เพิ่มมากขึ้น ($y > 0.2$) สภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มลดลงตามปริมาณโคบอลต์ที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากโคบอลต์ที่เจือลงไปจะไปทำให้จุดขัดขวางน้อยลง ทำให้พลังงานในการเคลื่อนที่ของผนังโดเมนลดลง ส่งผลให้ผนังโดเมนเคลื่อนตัวได้ง่าย



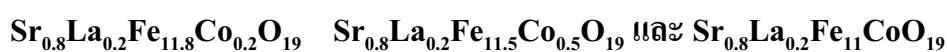
รูปที่ 5.17 ผลของสภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) ของตัวอย่างเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C



5.3 ผลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือปนทานัมและโคบอลต์

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

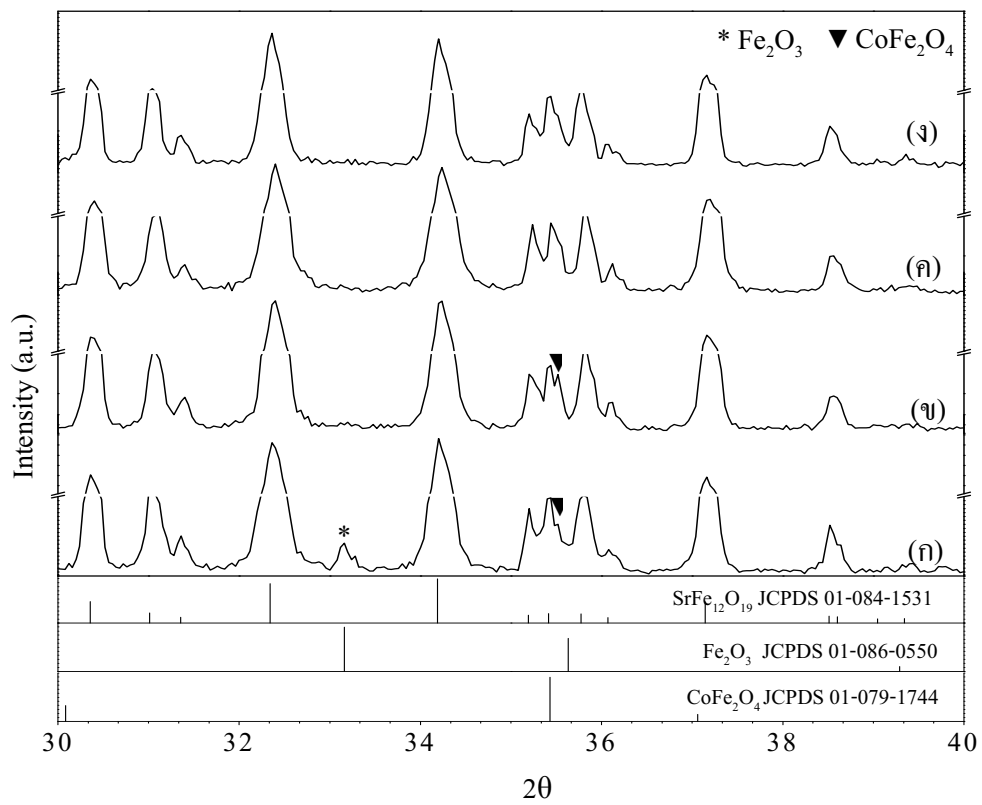
5.3.1 ผลการวิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของ



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

จากการวิเคราะห์โครงสร้างจากผลของการเจือปนทานัมและโคบอลต์ในหัวข้อก่อนหน้านี้ พบว่าเกิดโครงสร้างอื่นเกิดขึ้นนอกเหนือจากโครงสร้าง $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ดังนั้นในการวิเคราะห์ในหัวข้อนี้ต้องการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการเกิดโครงสร้างอื่นในกรณีที่เจือปนทานัมและโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ ($x = 0.2$ 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

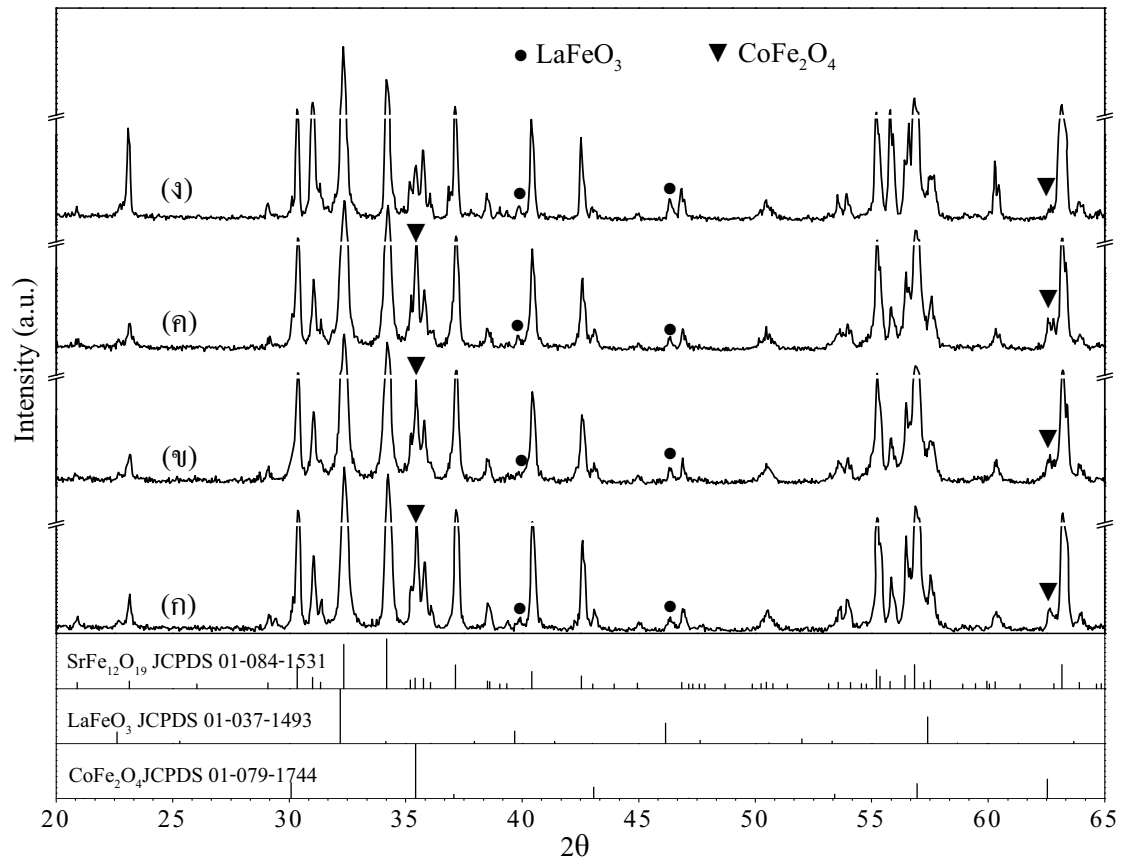


รูปที่ 5.18 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ

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

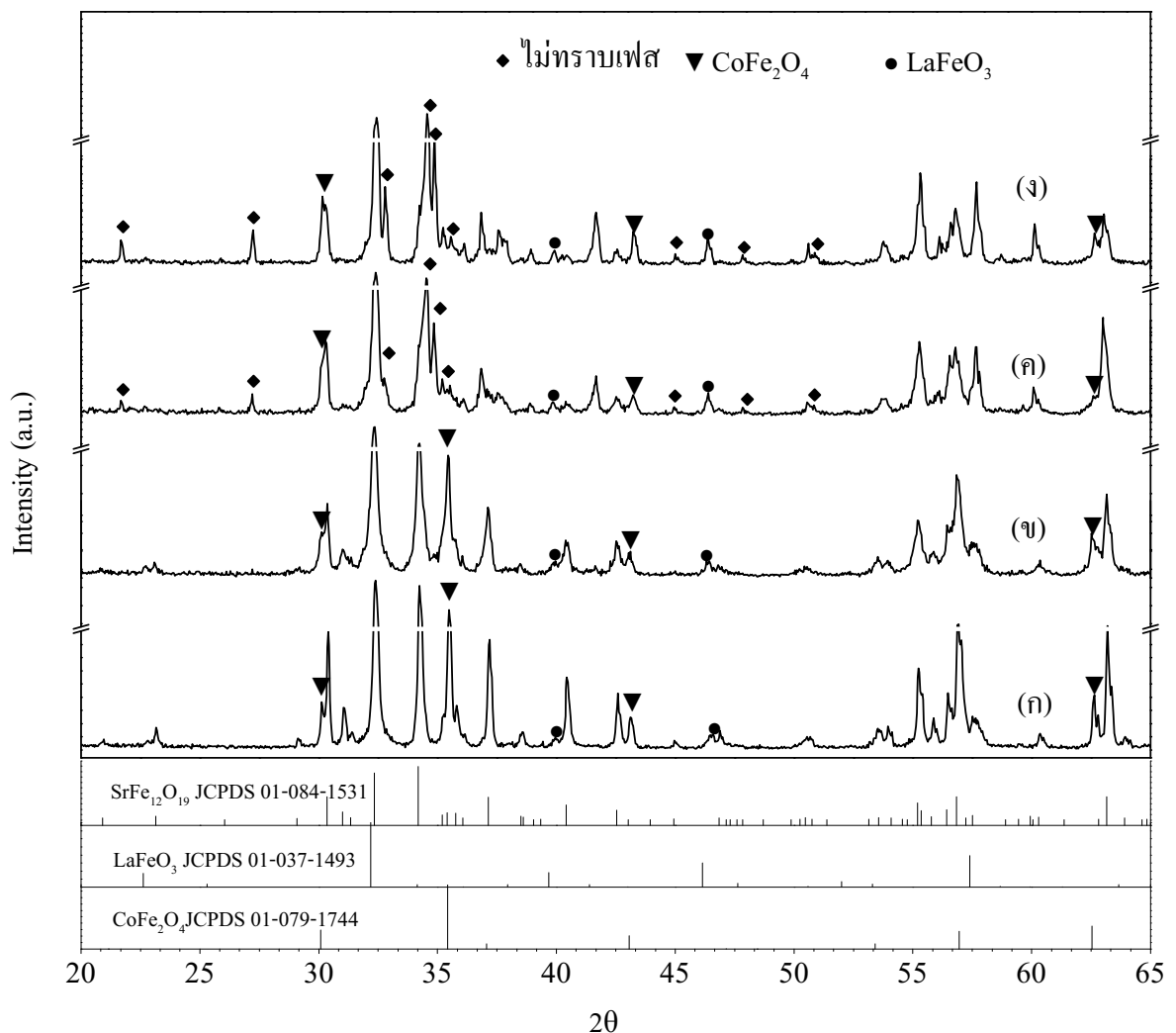


รูปที่ 5.19 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างจากรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของ

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

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

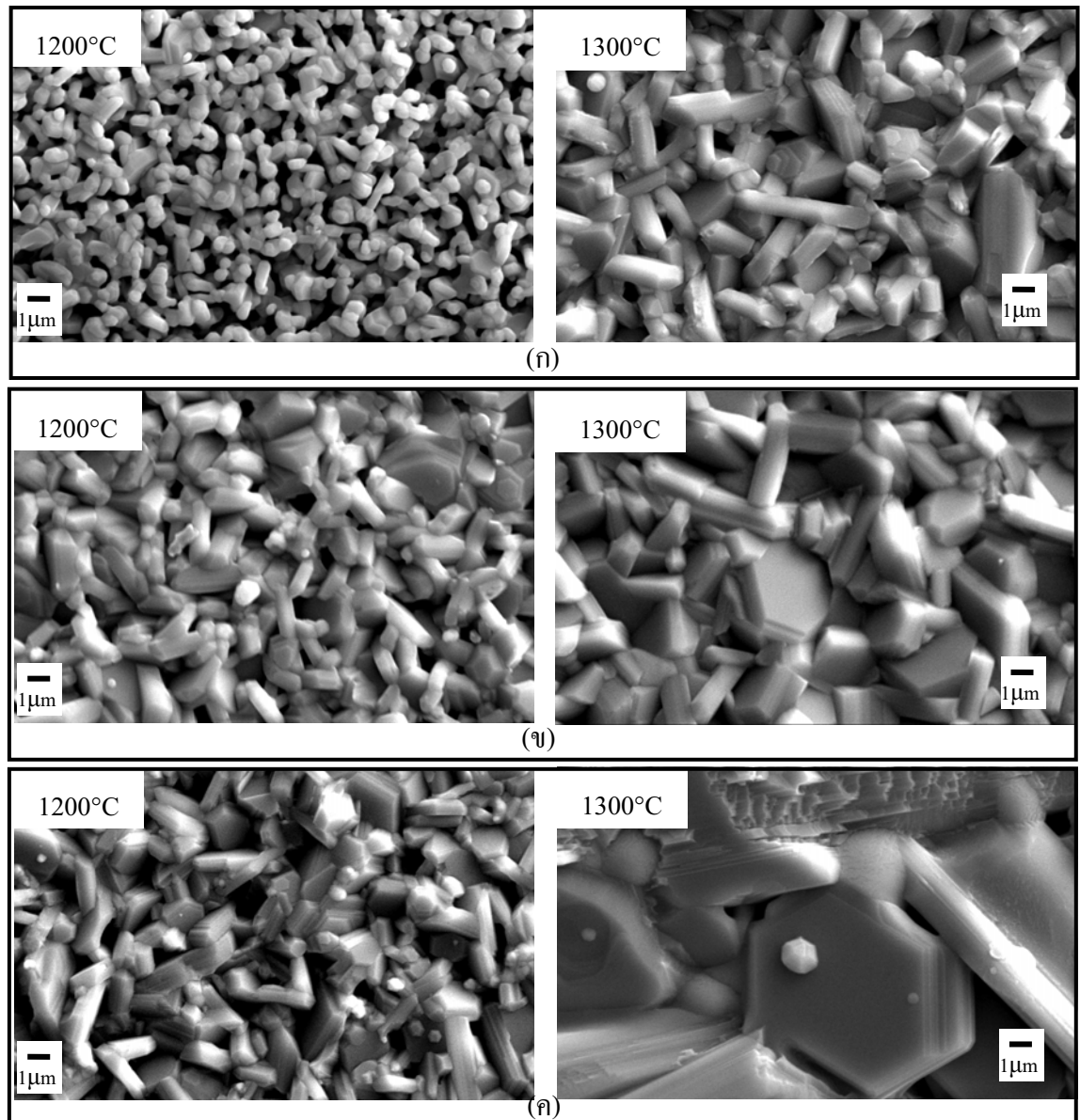
ในส่วนการวิเคราะห์รูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เจือแลนทานัมและโคบอลต์ตามสูตร $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ($x = 0.2$ และ $y = 1.0$) เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้ต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 5.20 พบว่าโครงสร้างหลักจะเป็นโครงสร้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และจะเกิดระนาบของโครงสร้าง LaFeO_3 และ CoFe_2O_4 เกิดขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้ที่ 1150°C เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้สูงขึ้นระนาบที่ไม่ทราบโครงสร้างของสารใดจะเกิดขึ้น 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 $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้ต่างกัน

ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่อุณหภูมิการเผาขึ้นเตอร้ที่ 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 พบว่าอุณหภูมิในการเผาขึ้นเตอร้มีผลต่อขนาดของเกรนอย่างชัดเจน

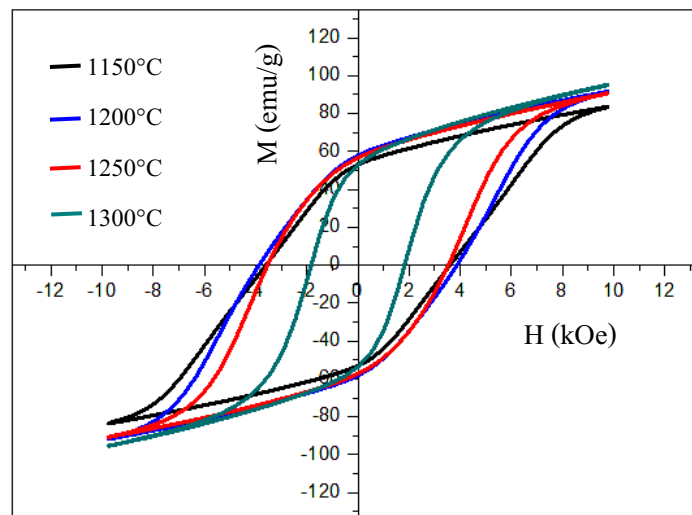


รูปที่ 5.21 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดเมื่อเผาขึ้นเตอร้ที่อุณหภูมิ 1200°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ของตัวอย่าง (ก) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ (ข) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ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

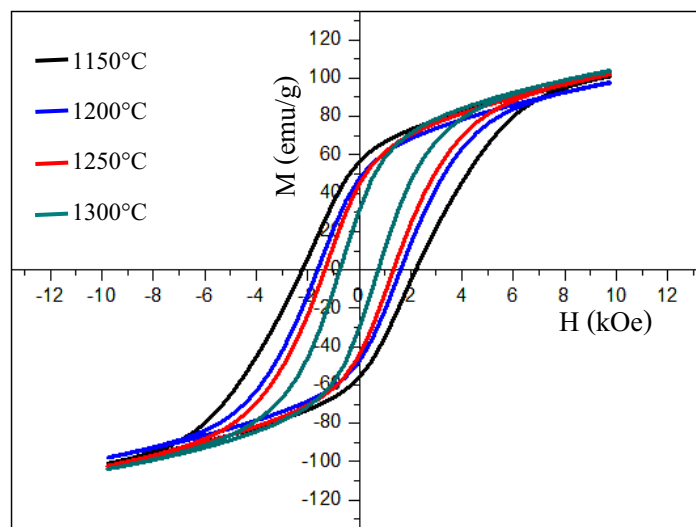
5.3.3 ผลการวิเคราะห์สมบัติแม่เหล็กของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ต่างกัน

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 พบว่าค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ของวงฮิสเทอรีซิสจะมีค่าใกล้เคียงกัน สัมพันธ์กับขนาดเกรนในรูปที่ 4.13(ก) – (ค) ซึ่งขนาดเกรนของอุณหภูมิการเผาทั้งสามมีขนาดไม่แตกต่างกันมาก แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C ขนาดเกรนจะโตขึ้นมาก ซึ่งสัมพันธ์กับค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก ของวงฮิสเทอรีซิสที่ลดลงอย่างมาก ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ซึ่งอยู่ระหว่าง $53 - 57 \text{ emu/g}$ ส่วนค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิ 1150°C เป็น 1200°C พบว่าค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวมีค่าสูงขึ้นจาก 84 emu/g เป็น 92 emu/g แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นพบว่าค่าแมกเนไตเซชันมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากซึ่งอยู่ระหว่าง $92 - 95 \text{ emu/g}$



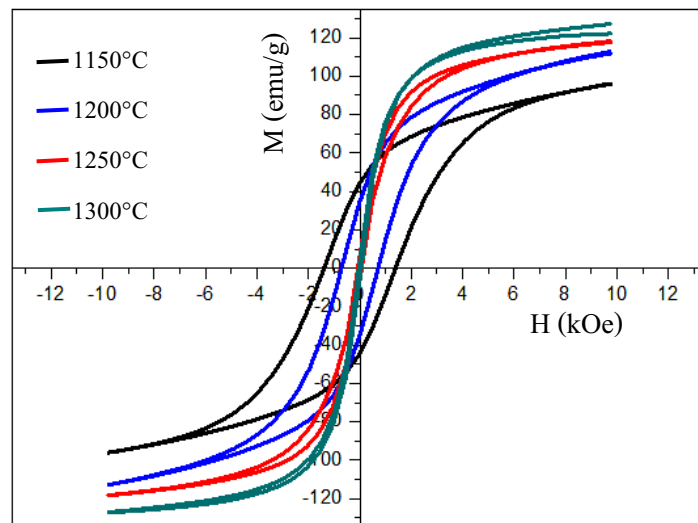
รูปที่ 5.22 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

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 ส่วนค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวมีการเปลี่ยนแปลงน้อย



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



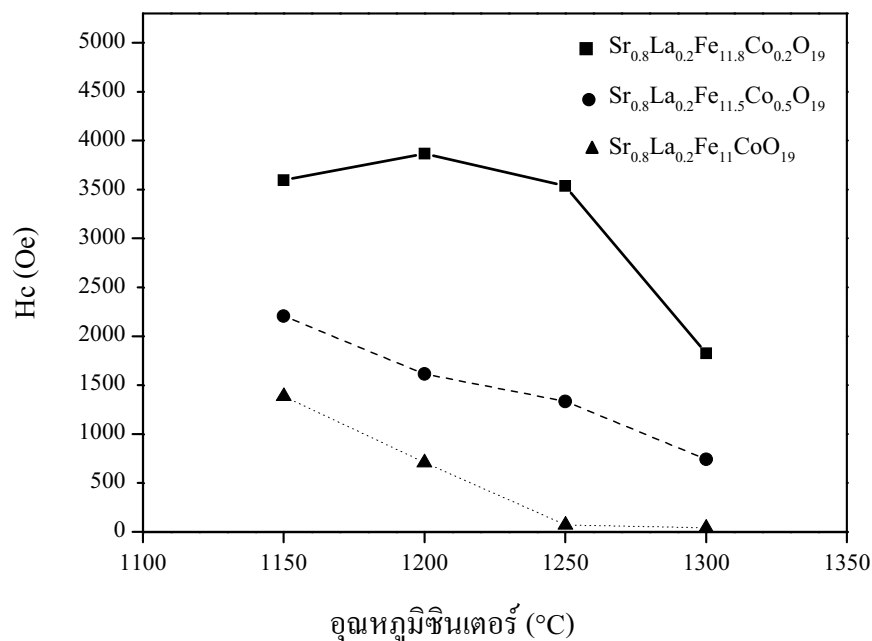
รูปที่ 5.24 วงฮิสเทอรีซิสของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

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

ตารางที่ 5.3 ค่าสภาพคล้างแม่เหล็ก (Hc) สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) และค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัว (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

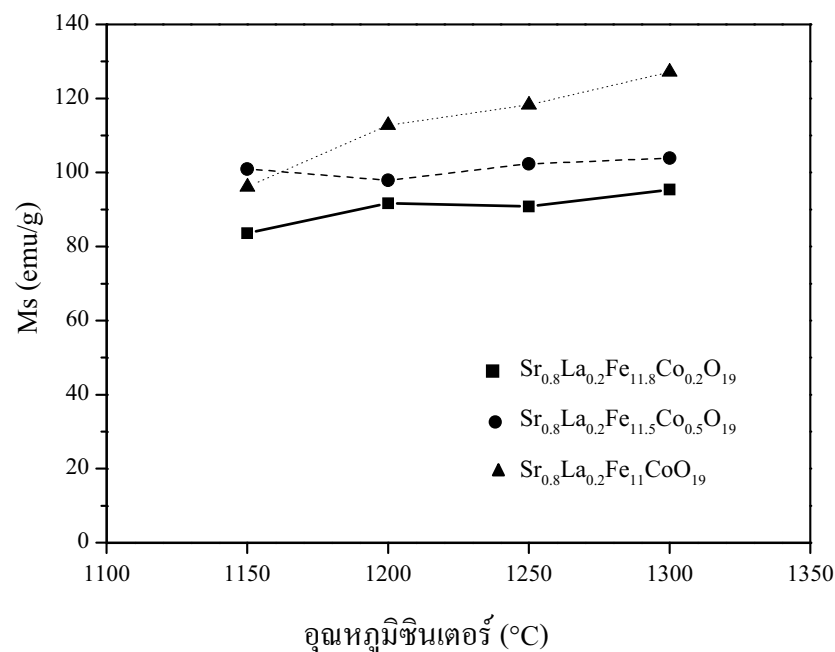
ตัวอย่าง	รหัส	อุณหภูมิซินเตอร์ (°C)	Hc (Oe)	Ms (emu/g)	Mr (emu/g)
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$	SLCF1-02	1150	3597	84	53
	SLCF2-02	1200	3867	92	58
	SLCF3-02	1250	3535	91	57
	SLCF4-02	1300	1824	95	53
$\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$	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



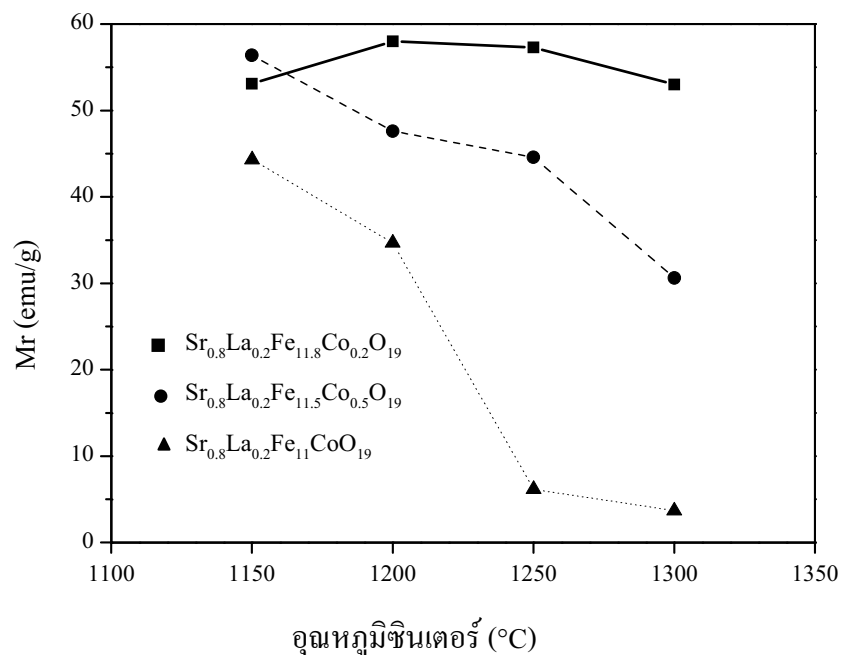
รูปที่ 5.25 ผลของค่าสภาพลบล้างแม่เหล็ก (Hc) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 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

พิจารณาสภาพแม่เหล็กคงค้างจากรูปที่ 5.27 พบว่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีค่าขึ้นกับปริมาณการเจือโคบอลต์ โดยที่ปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้นค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างจากอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์ พบว่า เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1200°C ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มลดลง เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้นจาก 1150°C ถึง 1300°C ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ค่าลดลง และได้ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างต่ำที่สุดคือ 4 emu/g เมื่อเจือโคบอลต์ $y = 1.0$ และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C พิจารณาจากรูปที่ 5.27 พบว่าปริมาณการเจือโคบอลต์มีผลต่อการลดลงของค่าแมกเนไทเซชันเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้น นั่นคือเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นการเจือโคบอลต์มากจะทำให้ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างลดลงได้มากกว่าในกรณีที่เจือโคบอลต์น้อย ซึ่งจากข้อมูลที่ได้ถ้าเจือโคบอลต์มากกว่า $y = 1.0$ หรือเผาซินเตอร์ให้อุณหภูมิสูงกว่า 1300°C ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มจะมีค่าน้อยกว่า 4 emu/g



รูปที่ 5.27 สภาพแม่เหล็กคงค้าง (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

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ของสารแม่เหล็กสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ ที่ผลิตด้วยกระบวนการทางเซรามิก และศึกษาผลของปริมาณแลนทานัมและโคบอลต์ที่เจือลงในสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์เป็นไปตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

6.1.1 ผลของอุณหภูมิของการเผาซินเตอร์ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิซินเตอร์ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ 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 สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) เมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นโครงสร้างของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ที่เตรียมได้ จะมีโครงสร้างเป็นสตรอนเทียมเฮกซะเฟอร์ไรท์ และพบว่า $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ จะมีเฟสของโครงสร้างสตรอนเทียมเฮกซะเฟอร์ไรท์เฟสเดียวเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C
- 2) เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นขนาดของเกรนจะมีแนวโน้มขนาดใหญ่ขึ้นตามอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าสภาพลบล้างแม่เหล็กมีแนวโน้มลดลงทั้ง $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$
- 3) ค่าแมกเนไต์เซชันอิมิตัว (Ms) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้น ส่วนค่าแมกเนไต์เซชันอิมิตัว (Ms) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ลดลงเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1250°C แต่จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1300°C
- 4) สภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) ของ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์เพิ่มขึ้นจาก 1150°C ถึง 1300°C

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

จากการศึกษาผลของปริมาณการเจือแลนทานัมและโคบอลต์ลงใน $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่อุณหภูมิการเผาซินเตอร์เป็น 1250°C เมื่อ $y = 0 \ 0.1 \ 0.2 \ 0.3 \ 0.4 \ 0.5 \ 0.8$ และ 1.0 สรุปได้ดังนี้

- 1) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่เตรียมได้จะเกิดเฟสของโครงสร้างสตรอนเทียมเฮกซะเฟอร์ไรท์ทุกปริมาณการเจือโคบอลต์
- 2) $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ ที่เตรียมได้จะกลายเป็นเฟสเดียวเมื่อเจือโคบอลต์ในปริมาณ $y = 0.1$ และ $y = 0.2$ ส่วนในการเจือโคบอลต์ที่ปริมาณ $y > 0.2$ จะพบเฟสอื่น เช่น LaFeO_3 CoFe_2O_4 และเฟสที่ยังไม่ทราบ

- 3) ปริมาณการเจือโคบอลต์มีผลต่อขนาดของเกรน โดยปริมาณโคบอลต์ที่เจือเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้ขนาดเกรนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น
- 4) เมื่อสารสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์เจือแลนทานัม ($x = 0.2$) และโคบอลต์ ($y > 0.2$) พบว่าค่าสภาพปลงแม่เหล็ก และค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างมีค่าลดลงตามปริมาณการเจือโคบอลต์ที่มากขึ้น
- 5) สภาพแม่เหล็กคงค้างมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อปริมาณการเจือโคบอลต์มากขึ้น

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

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิการเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C ของสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์เมื่อปริมาณการเจือแลนทานัมเป็น $x = 0.2$ และปริมาณโคบอลต์เป็น $y = 0.2$ 0.5 และ 1.0 สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) ในการเจือแลนทานัมและโคบอลต์ในปริมาณ $x = 0.2$ และปริมาณโคบอลต์เป็น $y = 0.2$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$) ที่เตรียมได้จะกลายเป็นเฟสเดียวมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้น และจะพบโครงสร้างสตรอนเทียมเฮกซะเฟอร์ไรต์เฟสเดียวเมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์ 1250°C และ 1300°C
- 2) ในการเจือแลนทานัม $x = 0.2$ และปริมาณโคบอลต์เป็น $y = 0.5$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$) และ $y = 1.0$ ($\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$) จะพบโครงสร้างอื่นนอกเหนือจากโครงสร้างสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์ทุกอุณหภูมิการเผาซินเตอร์
- 3) ค่าสภาพปลงแม่เหล็กของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น และที่อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เดียวกันพบว่าถ้าปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้น ค่าสภาพปลงแม่เหล็กจะมีค่าลดลง
- 4) เมื่ออุณหภูมิการเผาซินเตอร์สูงขึ้นค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัว (Ms) ของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ มีแนวโน้มคงที่ ส่วน $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเผาซินเตอร์สูงขึ้น และที่อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เดียวกันพบว่าถ้าปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าแมกเนไตเซชันอิ่มตัวจะมีค่าเพิ่มขึ้น
- 5) สภาพแม่เหล็กคงค้างของ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_{19}$ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_{19}$ และ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ มีแนวโน้มลดลงเมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงขึ้น และที่อุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เดียวกันพบว่าถ้าปริมาณการเจือโคบอลต์เพิ่มขึ้น ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้างจะมีค่าลดลง

6.1.4 สมบัติทางแม่เหล็กของสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เตรียมได้

จากตัวอย่างสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ที่เตรียมได้ในเงื่อนไขอุณหภูมิในการเผาซินเตอร์เป็น 1150°C 1200°C 1250°C และ 1300°C และสังเคราะห์สารสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ให้ได้ตามสูตร $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ โดยที่ปริมาณการเจือปนแทนนัม $x = 0$ และ 0.2 ส่วนปริมาณการเจือโคบอลต์ $y = 0$ 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.8 และ 1.0 จากผลที่ได้พบว่า

- 1) สตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ได้ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) สูงสุด คือ 127 emu/g เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C ส่วนสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ได้ค่าแมกเนไทเซชันอิ่มตัว (Ms) ต่ำสุด คือ 67 emu/g เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1250°C
- 2) สตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ได้ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) สูงสุด คือ 60 emu/g เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1200°C ส่วนสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ได้ค่าสภาพแม่เหล็กคงค้าง (Mr) ต่ำสุดคือ 4 emu/g เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C
- 3) สตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ ได้ค่าสภาพลบด้านแม่เหล็ก(Hc) สูงสุดคือ 4850 Oe เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C ส่วนสตรอนเทียมเฟอร์ไรท์ $\text{Sr}_{0.8}\text{La}_{0.2}\text{Fe}_{11}\text{CoO}_{19}$ ได้ค่าสภาพลบด้านแม่เหล็ก (Hc) ต่ำสุด คือ 44 Oe เมื่อเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1300°C

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรมีการส่งเสริมงานวิจัยทางด้านแม่เหล็กในประเทศไทยให้มากขึ้นเพื่อเป็นความรู้พื้นฐานที่มีต่ออุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่กำลังขยายตัวอย่างมากในประเทศไทย และพบว่าขาดแคลนนักวิจัยที่มีความรู้ทางแม่เหล็ก ไม่ว่าจะเป็นส่วนของวัสดุแม่เหล็ก หัวอ่านและหัวเขียนที่ต้องมีความรู้ทางด้านแม่เหล็ก

6.2.2 ควรมีเครื่องมือวัดวิเคราะห์ทางด้านแม่เหล็กให้มากขึ้น เพื่อรองรับงานวิจัยทางด้านแม่เหล็ก เช่น VSM ที่สามารถวัดเทียบกับอุณหภูมิเพื่อหาค่าอุณหภูมิคูรีได้ และ MFM ที่สามารถรองรับการดูโครงสร้างโดเมนแม่เหล็กขนาดเล็กได้

บทที่ 7

ผลลัพธ์จากโครงการวิจัย

7.1 นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา

รางวัลชมเชย, BIKE FOR HEALTH AND ENERGY, การประกวดสิ่งประดิษฐ์นวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา ประจำปี 2553, สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา, Sport Science 2010, 31 สิงหาคม 2553, ณ อาคารกีฬานิมิบุตร สนามกีฬาแห่งชาติ ปทุมวัน กรุงเทพฯ

รายละเอียดเป็นการเอาจักรยานออกกำลังกายทั่วไปมาปรับเปลี่ยน โดยใช้ชุดขดลวดและแม่เหล็กถาวรมาประกอบเป็นชุดผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อนำพลังงานจากการปั่นจักรยานออกกำลังกายมาเป็นพลังงานไฟฟ้าเก็บสะสมไว้กับแบตเตอรี่รถยนต์ สามารถนำพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากปั่นมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น หลอดไฟแสงสว่าง พัดลม วิทยุ เป็นต้น

7.2 The AGI Award for Young Scientists 2008

- 1) W. Kaewwiset, P. Limsuwan and W. Onreabroy, Effect of Ag on TiO_2 Thin films Prepared by Sol-Gel Method, The AGI Award for Young Scientists 2008, 21 November 2008, Chulabhorn Research Institute Convention Center, Bangkok, Thailand.
- 2) W. Phangream, P. Limsuwan, W. Onreabroy, Synthesis and Physical Property Study of Nanosilver Colloid, The AGI Award for Young Scientists 2008, 21 November 2008, Chulabhorn Research Institute Convention Center, Bangkok, Thailand.

7.3 รางวัลประกวดโครงงานในระดับภาควิชา

- 1) การสร้างเครื่องออกกำลังกายเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า, นางสาวภาวิณี ไกรกระวี, นายวันวิทย์ เอนกนันท์, ได้รางวัลชนะเลิศจากการประกวดโครงงานในระดับภาควิชา
- 2) การพัฒนาชุดวัดสมบัติทางแม่เหล็กโดยอาศัยปรากฏการณ์แคร์, นางสาวจิตินันท์ ตั้งสถาพรพงษ์, นายทศพร เลิศวนิชผล, ได้รางวัลชนะเลิศจากการประกวดโครงงานในระดับภาควิชา
- 3) การประยุกต์ใช้ผงแม่เหล็กเฟอร์ไรท์และผงเหล็กสำหรับสังเคราะห์วัสดุผสม, นายชัชวาล จุ้ยเจริญ, นายจักรี ปิ่นทอง, ได้รางวัลชมเชยจากการประกวดโครงงานในระดับภาควิชา

7.4 การนำเสนอผลงาน

- 1) โกเมน ปาปะโล, วันดี อ่อนเรียบร้อย และ อินทิรา ศรีพิชัย, 2550, “การวัดวงฮิสเทอรัซีสโดยอาศัยปรากฏการณ์ของแคร้,” รายงานประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัย ครั้งที่ 1, 28 กรกฎาคม 2550, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, หน้า 38-45.
- 2) T. Lertvanithphol, T. Tangsathapornpong, W. Rakreungdet and W. Onreabroy, Investigation of Magneto-Optic Kerr Rotations on Ferromagnetic Materials, SPC2010, Kanchanaburi, Thailand, March 25-27, 2010.
- 3) W. Onreabroy, K. Papato, P. Limsuwan, and Tunkasiri T. “Preparation of Strontium Ferrites Doped with Cobalt Oxide and Lanthanum Oxide” การประชุมนักวิจัยรุ่นใหม่ พบเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ครั้งที่ 9, 15-17 ตุลาคม 2552, โรงแรมฮอติเคย์อินน์ รีสอร์ท ริเจนท์ บีท ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, หน้า 328.
- 4) W. Onreabroy, K. Papato, P. Limsuwan, G.Rujijanagul, T. Tunkasiri, A Study of Strontium Ferrites Substituted by Lanthanum on the Structural and Magnetic Properties, International Conference on the 7th Asian Meeting on Ferroelectricity (AMF-7) and the 7th Asian Meeting on Electroceramics (AMEC-7) will be held at Jeju island, Korea, in June 28-July 1, 2010.

7.5 เครื่องต้นแบบ/ชุดทดลอง

- 1) ชุดการทดลองวัดวงฮิสเทอรัซีสโดยอาศัยปรากฏการณ์แคร้
- 2) เครื่องอัดไฮดรอลิกส์ที่มีขดลวดเพื่อเป็นแหล่งจ่ายสนามแม่เหล็กให้กับชิ้นงานไม่น้อยกว่า 1 เทสลา
- 3) จักรยานออกกำลังกายพร้อมชุดขดลวดและแม่เหล็กเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า

7.6 อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานในระดับปริญญาตรีที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

- 1) นางสาว ภาวิณี ไกรกระวี, นาย วันวิทย์ เอนกนันท์, โครงงานเรื่องการสร้างเครื่องออกกำลังกายเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยใช้แม่เหล็กถาวรเป็นองค์ประกอบ
- 2) นางสาว จูตินันท์ ตั้งสถาพรพงษ์, นาย ทศพร เลิศวุฒิผล, การพัฒนาชุดวัดสมบัติทางแม่เหล็กโดยอาศัยปรากฏการณ์แควร์ โดยใช้ชุดแควร์ที่ได้จากการโครงการวิจัยมาใช้เป็นองค์ประกอบในโครงงาน และใช้ในการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการฟิสิกส์ขั้นสูง
- 3) การประยุกต์ใช้ผงแม่เหล็กเฟอร์ไรต์และผงเหล็กสำหรับสังเคราะห์วัสดุผสม, นาย ชัชวาล จุ้ยเจริญ, นาย จักรี ปิ่นทองโดยใช้ผงสตรอนเทียมที่สังเคราะห์ได้มาประยุกต์ใช้งาน โดยการขึ้นรูปเป็นแผ่นร่วมกับขวดน้ำพลาสติกซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้ง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการทำเป็นบอร์ดเอนกประสงค์

7.7 งานวิจัยในปัจจุบันที่ต่อยอด

- 1) งานวิจัยศึกษาโครงสร้างและสมบัติทางแม่เหล็กของฟิล์มบางสตรอนเทียมเฟอร์ไรต์
- 2) งานวิจัยศึกษาอิทธิพลของการเติมสังกะสีที่มีผลต่อสมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็กของ $\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_2\text{O}_4$
- 3) งานวิจัยการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้า แสง และแม่เหล็กของฟิล์มบางสังกะสีออกไซด์เจือด้วยโคบอลต์เตรียมด้วยวิธีโซลเจล
- 4) การสังเคราะห์ผงสตรอนเทียมในระดับนาโนเมตรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งาน

เอกสารอ้างอิง

1. Sharma, P., Verma, A., Sidhu, R.K. and Pandey, O.P., 2006, "Effect of Processing Parameters on the Magnetic Properties of Strontium Ferrite Sintered Magnets Using Taguchi Orthogonal Array Design", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 307, pp. 157-164.
2. Guo, Z.B., Ding, W.P., Zhong, W., Zhang, J.R. and Du, Y.W., 1997, "Preparation and Magnetic Properties of $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ Particles Prepared by the Salt-melt Method", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 175, pp. 333-336.
3. Hessian, M.M., Rashad, M.M. and El-Barawy, K., 2008, "Controlling the Composition and Magnetic Properties of Strontium Hexaferrite Synthesized by co-precipitation Method", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 302, pp. 336-343.
4. Fu, Y.P. and Lin, C.H., 2005, "Fe/Sr Ratio Effect on Magnetic Properties of Strontium Ferrite Powders Synthesized by Microwave-induced Combustion Process", **Journal of Alloys and Compounds**, Vol. 386, pp. 222-227.
5. Hussain, S., Anis-ur-Rehmanb, M., Maqsooda, A. and Awan, M.S., 2006, "The Effect of SiO_2 Addition on Structural, Magnetic and Electrical Properties of Strontium Hexa-Ferrites", **Journal of Crystal Growth**, Vol. 297, pp. 403-410.
6. Hussain, S and Maqsood, A, 2007, "Influence of Sintering Time on Structural, Magnetic and Electrical Properties of Si-Ca added Sr-hexa Ferrite", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 316, pp. 73-80.

7. Kools, F., Morel, A. and Tenaud, P., 2002, **Improved Microstructure for LaCo-rich Substituted Ferrite Magnets** [Online], Available: http://pem.utbm.fr/materiaux_2002/file/pdf/CM10012.PDF [2007, June 11].
8. Breton, J.M. L., Lechevalliera, L., Wang, J.F., and Arris, R., 2004, "Structural Analysis of co-Precipitated $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ Powders", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 272-276, pp. 2214-2215.
9. Liu, X., Hernández-Gómez, P., Huang, K., Zhou, S., Wang, Y., Caic, X., Sun H. and Ma, B., 2006, "Research on $\text{La}^{3+}\text{-Co}^{2+}$ -Substituted Strontium Ferrite Magnets for High Intrinsic Coercive Force", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 305, pp. 524-528.
10. García-Cerda, L.A., Rodríguez-Fernández, O.S. and Reséndiz-Hernández, P.J., 2004, "Study of $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ Synthesized by the Sol-gel Method", **Journal of Alloys and Compounds**, Vol. 369, pp. 182-184.
11. Liu, X., Zhong, W., Yang, S., Yu, Z., Gu, B. and Du, Y., 2002, "Influences of La^{3+} Substitution on the Structure and Magnetic Properties of M-type Strontium Ferrites", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 238, pp. 207-214.
12. Valenzuela, R., 1994, **Magnetics Ceramics**, Cambridge University Press, United States of America, pp. 44-66.
13. Givorda, D., Rossignola, M., Barthem, and V.M.T.S., Barthem, 2003, "The Physics of Coercivity", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 258-259, pp. 1-5.

14. Elkady, H.A., Abou-Sekkina, M.M. and Nagorny, K., 1998, "Mössbauer Effect and Discovery of new Hexagonal Ferrites Prepared at 980°C", **Hyperfine Interactions**, Vol. 116, pp. 149-157.
15. WU, E., Campbell, S.J. and Kaczmarek, W.A., 1998, "Mössbauer Effect Study of Ball-milled Strontium Ferrite", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 177-181, pp. 255-256.
16. Lee, S.W., An, S.Y., Shim, I.B. and Kim, C.S., 2005, "Mössbauer Studies of La-Zn Substitution Effect in Strontium Ferrite Nanoparticles", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 290-291, pp. 231-233.
17. Lechevallier, L., Le Breton, J.M., Teillet, J., Morel, A., Kools, F. and Tenaud, P., 2003, "Mössbauer Investigation of $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-y}\text{Co}_y\text{O}_{19}$ Ferrites", **Physica B**, Vol. 327, pp. 135-139.
18. Kima, K. J., Kima, H. K., Parka, Y. R. and Park J. Y., 2006, "Effects of Mn Substitution of Co and Fe in Spinel CoFe_2O_4 Thin Films", **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, Vol. 304, pp. e106-e108.
19. An, S. Y., Shim, I.B. and Kim, C. S., 2002, "Mössbauer and Magnetic Properties of Co-Ti Substituted Barium Hexaferrite Nanoparticles", **Journal of Applied Physics**, Vol. 91, no. 10, pp. 8465-8467.