

## บทที่ 1

### บทนำ



#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรต์ จัดเป็นแม่เหล็กที่ทำจากเซรามิกส์เพื่อนำไปใช้ในงานต่าง ๆ เช่น ใช้ทำเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Transformer) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญภายในระบบการสื่อสารโทรคมนาคม และระบบไฟฟ้ากำลัง สมบัติที่สำคัญของแม่เหล็กชนิดนี้คือ ต้องมีค่าความซึมซาบทางแม่เหล็ก (Initial Permeability) สูง และมีค่าการสูญเสียพลังงาน (Power loss) ต่ำ โดยทั่วไปเป็นที่ทราบกันดีว่า แมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรต์ จะมีค่าการสูญเสียพลังงานสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เอ็ดดี้ เคอเรนท์ ลอส (Eddy Current loss) และฮีสเตอรีซิส ลอส (Hysteresis loss) จึงมีการพัฒนาเพื่อให้ได้แมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรต์ให้มีค่า ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) สูง ซึ่งจะนำไปสู่การสูญเสียพลังงานต่ำในที่สุด สามารถทำได้ 3 รูปแบบ คือ

1. โดยการเปลี่ยนแปลงส่วนผสม (Composition)
2. โดยการเปลี่ยนแปลงสถานะของไอออน (Ionic Configuration) ด้วยการเติมออกไซด์ประเภทมัลติวาเลนต์ ออกไซด์ (Multi Valent Oxide) เข้าไป และควบคุมให้เป็นนอนสโตยชิโอเมทรี ออกซิเดชัน (Nonstoichiometry Oxidation)
3. โดยการปรับปรุงสมบัติภายในโครงสร้างจุลภาคที่บริเวณขอบเกรน (Grain Boundary) โดยการเติม แคลเซียมซิลิเกต เพื่อปรับปรุงสภาวะที่บริเวณขอบเกรนภายในโครงสร้างจุลภาค (Microstructure)

เนื่องจากโครงการเฟอร์ไรต์ของภาควิชาวัสดุศาสตร์ ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงสมบัติทางแม่เหล็กของแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรต์ โดยการเปลี่ยนแปลงส่วนผสมมาแล้ว แต่ยังไม่ศึกษาถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสถานะของไอออน โดยการเติมมัลติวาเลนต์ออกไซด์ในรูปของสารเติมแต่ง และการปรับปรุงสภาวะของขอบเกรนโดยการเติมแคลเซียมซิลิเกตว่ามีผลต่อสมบัติทางแม่เหล็กอย่างไร ถ้าได้ทำการศึกษาต่อในหัวข้อเหล่านี้ น่าที่จะได้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเฟอร์ไรต์ชนิด แมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรต์ นี้มากขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนา แมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ ให้มีค่าการสูญเสียพลังงานต่ำ โดยการเติมแคลเซียมซิลิเกต และติตาเนียมไดออกไซด์ลงในแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์
2. ทำขึ้นตัวอย่างโดยกระบวนการเซรามิกส์ทั่วไป (Conventional Process) แล้วศึกษาอิทธิพลของสารเติมแต่งที่มีผลต่อสมบัติของแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่าความซึมซาบทางแม่เหล็ก และการสูญเสียพลังงาน

## 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาเพื่อให้ได้แมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ ที่มีการสูญเสียพลังงานต่ำ สามารถทำได้โดยการปรับปรุงจุลโครงสร้างที่บริเวณขอบเกรนให้มีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง ได้เริ่มทำกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเฟอร์ไรท์ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1967 ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 2 วิธี คือ

1. ทำการเติมสารเติมแต่งเข้าไปในเฟอร์ไรท์ แล้วทำการขึ้นเตอร์ให้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหลอมละลาย (Solubility Temperature) ของสารจะก่อให้เกิดผลคือ สารเติมแต่งดังกล่าวจะเข้าไปยับยั้งการขยายตัวของเกรน (Grain Growth) มีผลทำให้ได้เกรนที่มีขนาดเกรน (Grain Size) เล็ก และที่บริเวณขอบเกรน (Grain Boundary) จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงดังรายงานต่อไปนี้

T.G.W. Stijntijes et. al. (1982) ได้รายงานว่ แคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate) ที่เติมลงไปในแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ จะก่อให้เกิดเฟสที่สองขึ้นที่บริเวณขอบเกรน ส่งผลให้การนำไฟฟ้ารวม (Total Conductivity) ลดลงกล่าวคือ เฟสที่สองที่เกิดขึ้นที่บริเวณขอบเกรนนี้จะทำให้บริเวณดังกล่าวมีค่าความต้านทานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อันจะส่งผลให้ค่าการสูญเสียพลังงานลดลง

T. Adashi et. al. (1982) ได้ศึกษาในทำนองเดียวกัน แต่ใช้แคลเซียมออกไซด์ และซิลิกาแทนแคลเซียมซิลิเกต โดยใช้แคลเซียมออกไซด์ 0.05% (โดยน้ำหนัก) และซิลิกา 0.35% (โดยน้ำหนัก) ก็พบว่าให้ผลดีเช่นกัน กล่าวคือ ค่าความต้านทานไฟฟ้าของแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ เพิ่มขึ้นและมีผลต่อการลดค่าการสูญเสียพลังงานให้ต่ำลง โดยอธิบายว่าถ้าเติมแคลเซียมออกไซด์เพียงตัวเดียว หรือเติมส่วนผสมของแคลเซียมออกไซด์ และซิลิกาเข้าไปในแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ แคลเซียมออกไซด์ก็จะเข้าไปรวมตัวกับโครงสร้างผลึกของเฟอร์ไรท์

(Ferrite Crystal lattice) ซึ่งอาจเข้าไปอยู่ในลักษณะสารละลายของแข็งแทนที่ (Substitutional Solid Solution) หรือ ลักษณะสารละลายของแข็งแทรกตัว (Interstitial Solid Solution)

2. ทำการเติมสารเติมแต่งเข้าไปในเฟอร์ไรท์ แล้วทำการซินเตอร์ให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิหลอมละลายของสาร พบได้จากงานวิจัยที่เติมแคลเซียมซิลิเกต เช่นเดียวกัน

Tsunekawa et. al. (1990) ได้พบว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นที่บริเวณขอบเกรนนั้น เกิดจากแคลเซียมซิลิเกตแปรสภาพเป็นแคลเซียมไอออนแพร่ซึม (diffuse) เข้าไปในโครงผลึก (Crystal Lattice) และมีความเปียกตัว (Wettability) ขณะทำการซินเตอร์ นอกจากนั้นบางส่วนของแคลเซียมไอออนจะแทนที่เข้าไปยังบริเวณที่อยู่ของเหล็กไอออน (Fe Ions Site) และอาจจะมีบางส่วนของแคลเซียมไอออนแยกตัว (Segregate) เข้าไปยังบริเวณขอบเกรนเกิดเป็นเฟสแก้ว (Glassy Phase) โดยการรวมตัวกับ ซิลิกา เป็นแคลเซียมซิลิเกต ให้สมบัติด้านความต้านทานไฟฟ้าที่สูงขึ้นเนื่องมาจากเกิดเฟสแก้วที่บริเวณขอบเกรน

A. Znidarsic et. al. (1992) ได้รายงานว่าการเติมแทนทาลัมไดออกไซด์ ( $Ta_2O_5$ ) ลงในแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ แล้วทำการซินเตอร์ที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิหลอมละลายของแทนทาลัมไดออกไซด์ ซึ่งแทนทาลัมไดออกไซด์จะเป็นตัวยับยั้งการขยายตัวของเกรน และเพิ่มค่าความต้านทานไฟฟ้าที่บริเวณขอบเกรน ซึ่งจะนำไปสู่การลดลงของเอ็ดดี เคอเรนท ลอส ในแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ เช่นกัน

นอกจากการลดการสูญเสียพลังงานโดยวิธีควบคุมที่เกรนแล้วยังมีการศึกษาการเติมสารเติมแต่ง เพื่อเปลี่ยนแปลงสถานะของไอออนเช่นกัน ดังเช่น

T.G.W. Stijntjes และ J.T. Rolofama (1991) ได้รายงานว่าการแทนที่ติตาเนียมไดออกไซด์ลงในเฟอร์ริกออกไซด์ โดยวิธีใช้  $Ti^{4+}$  และ  $Fe^{2+}$  เพื่อเปลี่ยนสถานะของ  $Fe^{3+}$  จะทำให้ค่าการสูญเสียพลังงานในเฟอร์ไรท์ต่ำลง และได้ค่าแมกเนติก โมเมนต์ (Magnetic Moment) ที่สูงขึ้นด้วย

Clive R. Hendrick และ Vasantha W.R. Amarakoon (1992) ได้รายงานว่าติตาเนียมออกไซด์ที่เติมลงไปแมงกานีส-ซิงค์ เฟอร์ไรท์ ร่วมกับแคลเซียมซิลิเกต จะทำให้เกิดเฟสของเหลว (Liquid Phase) ขึ้น นอกจากการปรับประจุตามธรรมชาติ ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวจะส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าของเกรนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้ค่าการสูญเสียพลังงานลดลง