T137875

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาอิทธิพลของธาตุโบรอนและแนวทางการลดปริมาณโบรอนโดยการเติมฟอสฟอรัสในโลหะผสมเหล็กซิลิกอน โดยใช้กรรมวิธีเมลท์สปินนิ่งเพื่อให้ได้ริบบอนที่มีโครงสร้างอสัณฐาน ซึ่งจะส่งผลให้สมบัติแม่เหล็กชั่วคราวดีขึ้น

ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการหลอมอินกอตของ เหล็ก-ซิลิกอน, เหล็ก-ซิลิกอน-โบรอน และเหล็ก-ซิลิกอน-โบรอน-ฟอสฟอรัส โดยใช้ส่วนผสมของโบรอนในช่วง 7-16 at.%, ซิลิกอนในช่วง 10-13 at.% และปริมาณฟอสฟอรัส 2 at.% จากนั้นได้นำไปผลิตเป็นริบบอนด้วยกระบวนการเมลท์สปินนิ่ง (melt spinning) เพื่อให้โลหะแข็งตัวอย่างรวดเร็ว จากนั้นนำไปศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงและกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน, โครงสร้างผลึกโดยใช้เทคนิค X-Ray Diffraction(XRD) และศึกษาคุณสมบัติทางแม่เหล็กโดยใช้ Vibrating Sample Magnetometer (VSM) โดยมีตัวแปรของสภาวะการทดลองที่สำคัญคือความเร็วล้อทองแดงหรืออัตราการเย็นตัวและส่วนผสมทางเคมีของโลหะ

ผลการวิจัยพบว่าโลหะผสมเหล็กซิลิกอนที่ผ่านการแข็งตัวอย่างรวดเร็วจะแสดงโครงสร้างจุลภาคในด้านตัดขวางเป็นลักษณะของ Columnar grain เมื่อวิเคราะห์ผลึกด้วยวิธี X-Ray Diffraction พบว่าผลึกที่เกิดขึ้นเป็นเฟอร์ไรท์[α-Fe(Si)] เมื่อเติมธาตุโบรอนลงไปประมาณ 16 at.% โลหะผสมดังกล่าวมีโครงสร้างอสัณฐาน แต่เมื่อลดปริมาณโบรอนเหลือ 10 at.% ก็จะทำให้เกิดผลึกเล็กๆของเฟอร์ไรท์ [α-Fe(Si)] ขึ้นในโครงสร้าง ลักษณะของผลึกเป็นเม็ดกลมมีขนาดโดยเฉลี่ยประมาณ 0.35-3 μm เมื่อเติมฟอสฟอรัส 2 at.% ร่วมกับโบรอนจะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างอสัณฐานเมื่อใช้ความเร็วรอบ 3500

รอบต่อนาที เมื่อลดความเร็วของล้อลงเหลือ 2500 รอบต่อนาที หรือลดปริมาณโบรอนเหลือ 7 at.% จะทำให้เกิดผลึกขึ้น เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธี X-Ray Diffraction พบว่าผลึกที่เกิดขึ้นเป็นเฟอร์ไรท์ [α-Fe(Si,P)]

จากการวัดคุณสมบัติแม่เหล็ก(วัดตามแนวการไหลของริบบอน)พบว่าโครงสร้างอสัณฐานของโลหะผสม $Fe_{72}Si_{12}B_{16}$ จะมีค่า Coercivity ที่ต่ำมากประมาณ 3.023 A/m และค่า Coercivity จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีผลึกเกิดขึ้นในโครงสร้าง ที่ส่วนผสม $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ ที่ความเร็วล้อเหวี่ยง 2500 รอบต่อนาที จะมีปริมาณผลึกเกิดขึ้นมาก และมีค่า Coercivity สูงถึง 1270.972 A/m (ประมาณ 15.971 Oe) สำหรับโลหะผสม $Fe_{78}Si_{12}B_8P_2$ ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นโครงสร้างอสัณฐานเช่นกัน มีค่า Coercivity ประมาณ 23.378 A/m สำหรับค่าโมเมนต์แม่เหล็กจำเพาะ(σ_s)วัดตามแนวการไหลของริบบอน จะมีค่าน้อยเมื่อโลหะผสมมีโครงสร้างอสัณฐาน ซึ่ง $Fe_{72}Si_{12}B_{16}$ ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที จะมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเพียง 150.05 emu/g ส่วนผสม $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ ที่ความเร็วรอบ 2500 รอบต่อนาที ซึ่งมีปริมาณผลึกเกิดขึ้นมาก มีค่า σ_s ประมาณ 246.77 emu/g ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด สำหรับโลหะผสม $Fe_{78}Si_{12}B_8P_2$ ที่ความเร็วรอบ 3500 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นโครงสร้างอสัณฐานจะมีค่า σ_s ประมาณ 164.914 emu/g นอกจากนี้เมื่อทำการวัดคุณสมบัติแม่เหล็กในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหลของริบบอนพบว่าค่า Coercivity มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น แต่ค่าโมเมนต์แม่เหล็กจำเพาะจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการเติมโบรอนหรือฟอสฟอรัสลงในโลหะผสมเหล็กซิลิกอนจะทำให้เกิดเป็นโครงสร้างอสัณฐานได้ แต่การเติมฟอสฟอรัสร่วมกับโบรอนจะทำให้ลดปริมาณการใช้โบรอนได้ โครงสร้างที่ได้จะมีผลต่อค่า Coercivity กล่าวคือปริมาณธาตุที่เติมลงไปจะมีผลต่อการลดค่าโมเมนต์แม่เหล็ก

This research studied the effect of boron and the addition of phosphorus on the structures and properties of Fe-Si alloys rapid solidified by used melt spinning process. The work aim is to improve magnetic properties due to decreases hysteresis loss and coercivity and improve the case of production of amorphous ribbon.

The research started with ingot melting of Fe-Si, Fe-Si-B and Fe-Si-B-P alloys. The ingots were then remelted and rapid solidified via melt spinning process. Microstructures were investigated using optical and scanning electron microscopes (SEM). Crystal structures were examined using X-Ray Diffraction technique (XRD). Magnetic properties were measured using vibrating sample magnetometer (VSM). Process parameters of this experiment were the velocity of copper wheel (spinning wheel), hence solidification rate and chemical compositions.

The results showed that the microstructure of rapid solidification Fe-Si alloys consisted of mainly columnar grains. X-Ray Diffraction pattern revealed that the crystal were ferrite [α-Fe(Si)] solid solution. When about 16 at.% of boron was added, the structure become amorphous. At about 10 at.% boron, some ferrite crystals [α-Fe(Si)] were observed. The crystal size was about 0.35-3 μm. The addition of phosphorus about 2 at.% on Fe-Si-B at 10 at.% boron resulted in amorphous structure at the speed of 3500 rpm. At the rotating wheel speed of 2500 rpm some crystal were observed. When the crystalline irrespective of the wheel speed.

Magnetic properties of amorphous $Fe_{72}Si_{12}B_{16}$ alloy were then measured along the longitudinal direction. The coercivity was found to be about 3.023 A/m and increased when crystals were present. The $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ alloy, spun at the rotating speed of crystal in the structure, showed high coercivity about 1270.972 A/m (about 15.971 Oe), and that of $Fe_{78}Si_{12}B_8P_2$ alloy spun at rotating wheel speed of 3500 rpm showed about 23.378 A/m. The saturation specific magnetic moment (σ_s) measured in the longitudinal direction of amorphous $Fe_{72}Si_{12}B_{16}$ spun at rotating wheel speed of 3500 rpm was found to be 150.05 emu/g. Those for $Fe_{78}Si_{12}B_{10}$ (at 2500 rpm) and $Fe_{78}Si_{12}B_8P_2$ alloy (at 3500 rpm) were 246.77 emu/g and 164.914 emu/g, respectively. The magnetic property in transverse direction showed coercivity was different but the saturation specific magnetic moment was the same.

In conclusion, the addition of boron and phosphorus to Fe-Si alloys enhance the formation of structure. Phosphorus can be used to replace some of boron in order to produce amorphous structure. Magnetic properties of Fe-Si, Fe-Si-B and Fe-Si-B-P alloys very greatly, depending upon compositions, solidification rate and structures.