

سال بیست و هفتم، شمارهٔ دوم، تابستان ۹۸، از صفحهٔ ۴۹۵ تا ۵۰۴



ویژگیهای ساختاری و مغناطیسی نوارهای (x= 0.8, 2) (x= 0.8, 2) در حالتهای بی شکل و بلورینه

احمد امیرآبادی زاده*، معظمه حسن زاده، رضا سرحدی، محمدرضا رسولی

آزمایشگاه تحقیقاتی مغناطیس و ابررسانایی، گروه فیزیک دانشگاه بیرجند، بیرجند

(دریافت مقاله: ۹۷/۴/۵، نسخه نهایی: ۹۷/۸/۲۸)

چکیده: در این پژوهش برای نخستین بار نوارهای مغناطیسی بر پایه کبالت شامل تنگستن با ترکیبهای Co_{67.7}Fe4W_{0.8}Si_{16.5}B₁₁ و Co_{66.5}Fe₄W₂ Si_{16.5}B₁₁ و Co_{66.5}Fe₄W₂ Si_{16.5}B₁₁ دوش نخریسی در آب ساخته شدند. الگوهای پراش پرتو ایکس این نوارها نشان می دهد که آنها بی شکل هستند. دمای بلورینگی، آنتالپی و ظرفیت گرمایی ویژه نوارها با استفاده از دادههای گرماسنجی محاسبه و مقایسه شد. ویژگی مغناطیسی نوارها، دمای کوری، مغناطوتنگش و همچنین میزان سختی نوارها به روش ریزسختی سنجی تعیین شد که نتایج نشان می دهد که نتایج نشان می دهد که نتایج نشان می دور گی معناطیسی نوارها، دمای کوری، مغناطوتنگش و همچنین میزان سختی نوارها به روش ریزسختی سنجی تعیین شد که نتایج نشان می دهد که نتایج نشان می دهد که این نوارها فرومغناطیس نرم هستند. نوارها با بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی از حالت بی شکل بودن خارج و بلورینه شدند. در اثر بلورینگی از مالت بی میکل بودن خارج و می دهد. در اثر بلورینه شدند. در اثر بلورینگی معناطیس نرم هستند. نوارها با بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی از حالت بی شکل بودن خارج و بلورینه شدند. در اثر بلورینگی ناهمسانگردی مغناطیس آنها از می میگستن می می می می در مای بالاتر از دمای بلورینگی از حالت بی شکل بودن خارج و بلورینه شدند. در اثر بلورینگی ناهمسانگردی مغناطیس آنها از می شده در مای بالاتر از دمای بلورینگی از حالت بی شکل بودن خارج و بلورینه شدند. در اثر بلورینگی، ناهمسانگردی مغناطیوری در نوارها ظاهر شده و موجب تغییر ویژگیهای مغناطیس آنها از فرومغناطیس نرم به فرو مغناطیس سخت شده است. این نتایج با توجه به گشتاور مغناطیسی و شعاع اتمی کبالت و تنگستن توجیه شده اند.

واژههای کلیدی: نوارهای مغناطیسی بی شکل؛ ویژگیهای ساختاری؛ ویژگیهای مغناطیسی؛ دمای بلورینگی.

مقدمه

آلیاژهای فلزی بی شکل (شیشه های فلزی) با روش های گوناگون و با ترکیبات مختلف ساخته می شوند. بیشتر آنها ترکیبی از عناصر واسط و خاکی نادر با ساختار بی شکل و فرومغناطیس نرم هستند. این نوارها دارای کاربردهای بسیاری در برقراری ارتباط از راه دور با حسگرهای مغناطیسی هستند [۱،۲]. همچنین این نوارها دارای ویژگی ناهمسانگردی مغناطیسی، به عنوان یکی از مهمترین پارامترها در کنترل مغناطیدگی و نفوذپذیری مغناطیسی و ویژگی های مغناطیسی دینامیکی هستند و منجر به بهینه کردن ویژگی های مغناطیسی، ترمودینامیکی و مکانیکی نوارهای فرومغناطیس نرم با پایه کبالت، به دلیل ویژگی های فیزیکی منحصر به فرد و کاربرد آنها در فناوری بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۴]. یکی از موارد بسیار مورد توجه، ترکیب عناصر متفاوت و تاثیر تغییر مقدار آنها بر

ویژگیهای مغناطیسی نوارها بوده است [۵]. همچنین افزودن مواد مختلف و ساخت نوارها به روشهای متفاوت و تاثیر آن بر ویژگیهای ترمودینامیکی، مغناطیسی و مکانیکی نوارها موضوع پژوهشهای بسیار بوده است [۶،۷]. تنگستن یکی از مقاومترین عناصر موجود در جدول تناوبی است. این فلز با داشتن نقطه ذوب بالا در صنعت فلزنگاری کاربرد ویژهای دارد و انتظار می-رود که ویژگیهای مغناطیسی و ترمودینامیکی نوارهای بر پایه کبالت با افزودن تنگستن به آنها تغییر یابد. روشهای متفاوتی برای ساخت نوارهای مغناطیسی وجود دارد. متداول ترین روش، مذاب ریسی با دیسک مبرد (Spinning(CBMS) که در مرجع [۳] به تفضیل توضیح داده شده است. یکی از ویژگیهای نوارهای مغناطیسی برپایه کبالت دمای بلورینگی ویژگیهای نوارهای مغناطیسی برپایه کبالت دمای بلورینگی

*نويسنده مسئول، تلفن: ۵۵۶۳۲۲۰۲۳۰۱، نمابر: ۵۵۶۳۲۲۰۲۰۴۱، پست الکترونيکی: aamirabadizade@birjand.ac.ir

آلیاژسازی و ذوب ریسی، هوای داخل محفظه تخلیه شده و با

گاز آرگون با خلوص۹۹/۹۹۹٪ پر شده بود. شرایط تهیه هر دو

آلیاژ یکسان و به طوری انتخاب شد که نوارهایی با عرض کمتر

از ۱ میلیمتر و ضخامت حدود ۳۰-۲۰ میکرومتر به دست آیند.

سرعت بالای انجماد تشکیل ساختار بی شکل نمونه ها را

تضمین میکرد. برای مقایسه بهتر، ویژگی های ظاهری دو نوار

و نوار $Co_{66.5}Fe_4W_2Si_{16.5}B_{11}$ و $Co_{67.7}Fe_4W_{0.8}Si_{16.5}B_{11}$

مغناطیسی بر پایه کبالت با ترکیب Co68.5Fe4Si16.5B11 با کد

برای تعیین ساختار نوارهای W_1 و W_2 از پراش پرتو ایکس

(XRD) با پراشسنج (DISCOVER D₈(Bruker با تابش

با طول موج ۱٬۵۴۱۸ آنگستروم استفاده شد. الگوهای C_u - K_{lpha}

پراش با قله ی پراش پهن در شکل ۱ نشان میدهد که هر دو

نوار W_1 و W_2 فاقد نظم بلند برد و بی شکل هستند. مواد

فرومغناطیس به صورت بی شکل به دلیل نداشتن

ناهمسانگردی بلوری دارای نفوذپذیری مغناطیسی بالاتر و

مغناطیس اشباع بیشتری هستند. همچنین بی شکل بودن نوارها منجر به یاسخ امیدانس مغناطیسی و کاربرد بسیار این

نوارها در ساخت حسگرهای مغناطیسی میشود.

اسمی SA در جدول ۱، لیست شده اند.

ویژگی های ساختاری

قرار بگیرند از حالت بی شکل به حالت بلورین تبدیل می شوند. در این پژوهش، ضمن معرفی نوارهای بی شکل برپایه کبالت دارای تنگستن که برای نخستین بار ساخته شدهاند، ویژگیهای ساختاری، مغناطیسی و ترمودینامیکی و همچنین سختی مکانیکی آنها بررسی شده است. همچنین با تعیین دمای بلورینگی و بازپخت نمونه در این دما ویژگیهای مغناطیسی نوارها در حالت بی شکل و بلوری مقایسه شده است.

بحث و بررسی

روش ساخت دو نوار مغناطیسی برپایه کبالت، یکی با ترکیب شیمیایی Co_{67.7}Fe₄W_{0.8}Si_{16.5}B₁₁ و دیگری با ترکیب

Co_{66.5}Fe₄W₂Si_{16.5}B₁₁ با کد اسمی W₂ با استفاده از انجماد سریع به روش مذاب ریسی با دیسک مبرد ساخته شد. آلیاژسازی و مذاب ریسی در دستگاه دو منظورهای که در جهاد دانشگاهی شریف طراحی و ساخته شده است انجام شد. مواد اولیه شامل آهن (Fe)، کبالت (Co)، سیلیسیم (Si)، بور (B)، تنگستن (W) با خلوص بیشتر از ۹۹٫۵٪ بودند. عملیات آلیاژسازی در دستگاهی دو منظوره، که قابلیت ذوب القایی و همچنین عملیات ذوب ریسی در حضور گاز محافظ را دارد در بوتههایی از جنس نیترید بور انجام شد. پیش از عملیات

جدول ۱ ویژگیهای ظاهری نوارهای W₁ و W₂.

Co _{67.7} Fe ₄ W _{0.8} Si _{16.5} B ₁₁	$Co_{66.5}Fe_4W_2Si_{16.5}B_{11}$	$Co_{68.5}Fe_4Si_{16.5}B_{11}$	نمونه
W ₁	W2	SA	نام نمونه
アル・ 1 キャット	てを ±・/・ 1	てを ±・,・)	ضخامت (µm)
・ _/ YY±・/・1	۰٫۷۲±۰٫۰۱	•,Y\±•,•\	پهنا (mm)





ویژگیهای ترمودینامیکی

به منظور اندازه گیری آنتالپی، گرمای ویژه، و دمای بلورینگی نوارهای مغناطیسی بر پایه کبالت W_1 و W_2 از گرماسنجی افتراقی (DTA) و گرماسنجی روبشی افتراقی Differentia¹ Scanning Calorimetry (DSC) با دستگاه مدل NETZSCH SAT PC/PG استفاده شده که نتایج در جدول ۲ گزارش شده است. این نتایج با ویژگیهای ترمودینامیکی نوارهای مغناطیسی SA [۸،۹] مقایسه شدهاند. قله منحنی گرماسنجی دمای بلورینگی را تعیین میکند [۱۰]. شکلهای ۲ الف و ب منحنیهای گرماسنجی نوارهای W_1 و W2 را نشان میدهد. در شکل ۲ الف به روشنی دیده می شود که این منحنی برای نوار W₁ یک قله در دمای ۵۵۴٫۱ درجه سانتیگراد دارد که این دما، دمای بلورینگی آن است. هم چنین در شکل ۲ ب برای نوار W_2 شاهد دو قله، یکی در دمای ۵۶۳/۳ و دیگری در دمای ۶۱۸/۵ درجه سانتیگراد هستیم که دمای بلورینگی آن هستند. دمای بلورینگی یکی از کمیتهای بسیار مهم ترمودینامیکی است، زیرا ویژگیهای مغناطیسی و فیزیکی پیرامون آن بسیار متغیر هستند. از آنجا که در نمونه مقدار تنگستن کمتر از نمونه W_2 است و تنگستن فلزی W_1 سخت، سنگین و دارای بالاترین درجه ذوب در بین عنصرهاست و استحکام خود را در دماهای بالا حفظ می کند،

بنابراین افزایش مقدار آن در نمونه دوم نسبت به نمونه اول منجر به بالاتر بودن دمای بلورینگی آن شده است. این نتیجه با دمای بلورینگی نوار SA نیز همخوانی دارد [۸]، به طوری که دمای بلورینگی آن از نوار W_2 و همچنین نوار W_1 کمتر است. برای محاسبهی آنتالپی، سطح زیر قله منحنی گرماسنجی اندازگیری می شود [۱۱]. با توجه به شکل ۲ الف، مقدار به دست آمده برای نوار W_1 برابر با ΔH = ۲۹٫۷۱ $J_{/g}$ است. $\Delta H = \Upsilon$ باتوجه به شکل ۲ ب برای نوار W_2 دو مقدار $H = \Upsilon$ و $\Delta H = 14/9 J/g$ برای آنتالیی محاسبه می شود. تعیین ظرفیت گرمایی ویژه به روش بیان شده در مراجع [۱۱،۱۰] نیاز به اندازه گیری سه نمونه، نمونه خالی بدون هیچ اطلاعاتی، نمونه استاندارد با ظرفیت گرمایی ویژه مشخص و البته نمونه مورد بررسی است. بر این اساس، مقادیر ظرفیت گرمایی نوارهای W1 ،SA و W2 و W2 به ترتيب برابر با Vβ J/gK ، [۸] ۰٫۴۶ J/gK و J/gK بدست آمد. یکی از عوامل موثر بر ظرفیت گرمایی ویژه جرممولی است. ظرفیت گرمایی کبالت، ، از ظرفیت گرمایی تنگستن، $C_{
m P}$ = $\cdot/{
m frul}/{
m gK}$ بیشتر است. بنابراین مقدار بیشتر کبالت، $C_P = \cdot_1 V T J_{/gK}$ در نمونه SA دسبت به دو نمونه W_1 و W_2 منجر به تفاوت مقدار ظرفیت گرمایی در نوارها شده است.

\mathbf{W}_1	W ₂	SA	نام نمونه
۵۵۴,۱۰	۵۶۳٬۳۰ -۶۱۸٬۱۵	۵۱۲/۱	دمای بلورینگی(Tg (°C)
۲۹ _/ ۷۱	14,80-21,48	۵۶٬۳۳	$\Delta \mathrm{H}(\mathrm{J}_{/\!g})$ آنتالپی
•, ٢ ٧	۳۳, ۰	•,48	ظرفیت گرمایی ویژه(Cp(J/gK

جدول ۲ ویژگیهای ترمودینامیکی دو نوار W_1 و W_2 ، به دست آمده از منحنی گرماسنجی.



شکل ۲ منحنی گرماسنجی نوارهای مغناطیسی الف) W1 و ب) W2

ویژگیهای مغناطیسی

ویژگیهای مغناطیسی نوارهای مغناطیسی W_1 و W_2 و W_2 با استفاده از مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی VSM, Lake Shore منحنی پسماند 7407 در دمای اتاق بررسی شد. در شکل ۳ منحنی پسماند مغناطیسی آنها نشان داده شده است. به منظور مقایسه بهتر مقادیر مغناطش اشباع M_s میدان وادارندگی H_c و مغناطش مانده M_r در نوارهای مغناطیسی W_1 و W_2 به دست آمده از منحنیهای شکل ۳ در جدول ۳ گزارش شده است. به منظور بررسی تاثیر افزودن تنگستن بر ویژگیهای مغناطیسی، این

نشان داده شده در شکل ۳، نوار مغناطیسی W_1 مغناطش اشباع بیشتری نسبت به نوار مغناطیسی W_2 دارد که مغناطش بیشتر به مقدار بیشتر کبالت در نمونه W_1 مربوط است. یون کبالت گشتاور مغناطیسی بزرگتری نسبت به تنگستن دارد و به شدت مغناطیده است. تغییر مقدار آن در نوارهای مورد بررسی بر ویژگی مغناطیدگی نوار های بر پایه کبالت تاثیر به سزایی دارد. مقایسه این نتایج با نوار مغناطیسی SA نقش کبالت در ویژگی مغناطیدگی را به خوبی نشان میدهد. نوارهای W_1 ویژگی مغناطیدگی را به خوبی نشان میدهد. نوارهای W_2 مغناطش اشباع کمتری هستند.

 W_2 و W_1 و W_1 و W_2 و W_1 و W_2



شکل \mathbb{W} منحنی پسماند مغناطیسی نوارهای مغناطیسی بی شکل \mathbb{W}_1 و \mathbb{W}_2 در دمای اتاق، پیش از باز پخت در دمای بلورینگی.

دمای کوری Tc (K)	ضریب مغناطوتنگش ۸۵	مغناطش اشباع Ms (emu/g)	مغناطش مانده M _r (emu/g)	میدان وادارندگی Hc (Oe)	نمونه
۶۷۴	-• ,• ۶× \•-۶	٧۶	۶۳٬۷۳	•,۴٩	SA
474	نا چيز	۵۳٬۳۴	45,17	٠,۴٩	\mathbf{W}_2
401	-• ,17× 1•-9	۶۱٫۱۴	۵۰٫۲۵	•,*۲	\mathbf{W}_1

جدول \mathbb{W}_2 ویژگی های مغناطیسی دو نوار \mathbb{W}_1 و \mathbb{W}_2 در دمای اتاق، پیش از بازپخت در دمای بلورینگی.

یکی از پارامترهای مهم مواد فرومغناطیس، دمای کوری آنهاست. روشهای متفاوتی برای اندازه گیری دمای کوری یک نمونه فرومغناطیس وجود دارد. در اینجا از منحنی مغناطش نسبت به دما (M-T) اندازه گیری شده توسط مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی (VSM) Lake Shore 7407 (VSM) استفاده شد. میدان اعمالی در اندازه گیریها ۱۰۰۰Oe بود و نمونه به صورت موازی در میدان قرار می گرفت. افزایش دما باعث کاهش ویژگی مغناطیسی می شود تا جایی که مغناطش نمونه به صفر می-رسد. نمودار M-T مربوط به نوارهای مغناطیسی W₁ و W₂ در گسترهی دمایی ۱۰۰ تا ۵۰۰ کلوین در شکل ۴ نشان داده شده است. در نوار مغناطیسی W₁ در دمای بالاتر از ۴۵۸K، گذار از حالت فرومغناطیس به پارامغناطیس رخ داده است که این دما، دمای کوری نوار مغناطیسی W1 است. در نوار مغناطیسی W2، گذار از حالت فرومغناطیس به پارامغناطیس در دمای ۴۲۴K صورت می گیرد. چنانکه دیده می شود در نمونه W_1 گذار در دمای بالاتری نسبت به نمونه W_2 رخ داده است. با توجه به اینکه مقدار عناصر سیلیسیم و بور در هر دو نمونه یکسان است. تفاوت مقادیر مغناطش اشباع و دمای کوری در دو نمونه مربوط به تفاوت مقادیر کبالت در آنهاست. این نتایج با توجه به دمای کوری نوار SA نقش بارز کبالت بر دمای کوری را نشان می-

دهد[۸،۹]. تغییر در ویژگی مغناطیسی آلیاژها در اثر جایگذاری عناصر مختلف به عوامل متعددی مانند تفاوت در ساختار الكترونى عناصر جايگزين، تغيير پيكربندى حالت نوار، تغيير فاصله بین اتمی به خاطر اختلاف در شعاع اتمی عناصر جایگزیده، نسبت داده شده است [۱۳]. ضریب مغناطوتنگش اشباع λ_s نوارهای مغناطیسی به ترکیب آنها بستگی دارد [۱۴]. برای اندازه گیری ضریب مغناطوتنگش نوارهای مورد بررسی از روش پیمانه کرنشی استفاده شد [۱۷-۱۵]. مقادیر ضریب مغناطوتنگش در نوارهای مغناطیسی W_1 و W_2 در جدول ۳ بیان شده است که برای نوارهای مغناطیسی با ترکیب مشابه این نمونه، مانند نوار SA مورد انتظار است [۱۸]. ضریب مغناطوتنگش نزدیک به صفر نقش بسیار مهمی در استفاده از این نوارها برای حسگرهای مغناطیسی و پاسخ امپدانس مغناطیسی دارد. از نظر علمی مواد با مغناطوتنگش نزدیک به صفر به علت توزيع مغناطوكشسانى رفتار مغناطيسى بهترى نشان میدهند. در مقایسه با موادی که مغناطوتنگش مخالف صفر دارند باعث تخريب رفتار فرومغناطيسي نرم مي شوند. مغناطوتنگش بسیار ناچیز به دست آمده برای نوارها با ویژگی مغناطیسی آنها که در بخش ویژگیهای ساختاری بیان شد همخواني دارد.



. W_2 منحنی تغییرات دمایی مغناطش برای نوارهای مغناطیسی W_1 و

میانگین کاهش یافته است. بنابراین نوار W1 تحمل بار بیشتری

جنانکه بیان شد نوارهای مغناطیسی W_1 و W_2 در دمای اتاق

بی شکل هستند. با توجه به بخش ویژگیهای ترمودینامیکی:

دمای بلورینگی برای نوار ۵۵۴٬۱۰W1 درجه سانتیگراد است و

برای نوار W₂، دو دمای بلورینگی وجود داد که یکی در

۵۶۳/۳۰ درجه و یکی در دمای ۶۱۸/۵ درجه سانتیگراد است. از

این رو، نوارهای مغناطیسی W₁ و W₂ در دمای بالاتر از ۶۰۰

درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه باز پخت شدند. در الگوهای

پراش پرتو ایکس شکل ۵، و چندین قله وجود دارد و هر دو نوار

مغناطیسی W1 و W2 با بازپخت در دمای بالاتر از ۶۰۰ درجه

سانتیگراد از حالت بی شکل در آمدهاند. فازهای مربوط به طیف

XRD هر دو نوار با قطعیت قابل شناسایی نیستند و تنها نشان

از حالت بلوری نوارها پس از باز پخت در دمای بالاتر از دمای

بلورینگی دارند. کاهش تنش داخلی در نمونهها به دلیل بهبود

ویژگیهای بلوری در اثر بازپخت در دمای بالاست. انرژی

گرمایی میتواند باعث قرارگیری بهتر اتمها در جایگاههای خود در ساختار بلوری ماده شود. همچنین نفوذ دانهها و ادغام آنها در یکدیگر از نتایج افزایش انرژی گرمایی است. این فرایند

نقایص بلوری در ماده را کاهش میدهد [۲۰]. همچنین از آنجا

که مواد فرومغناطیس به صورت بی شکل دارای رفتار

مغناطیسی متفاوتی نسبت به حالت بلورینه هستند. بازپخت

نمونه ها منجر به کاهش نفوذ پذیری مغناطیسی و افت ویژگی-

های مغناطیسی در اثر به وجود آمدن ناهمسانگردی

ویژگیهای ساختاری و مغناطیسی در حالت بلورینگی

نسبت به نوار W₂ دارد.

ویژگیهای مکانیکی

یکی از ویژگیهای مکانیکی نوارهای مغناطیسی W₁ و W₂، با استفاده از آزمایش ریزسختی سنجی به روش ویکرز براساس استاندارد ASTME384-17، با نیروی ۲۵gf با فرورونده هرم الماسه، در شرایط آزمایشگاهی با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بررسی شد. آزمون ریزسختی ویکرز از متداولترین آزمونهای ريز سختى سنجى بوده و اصول آن مانند آزمون ويكرز استاندارد است، با این تفاوت که به جای نیروی فرورونده چند کیلوگرمی، نیروها در حد گرم هستند. این آزمون با میکروسکوپ های متالورژیکی که برای این کار طراحی شدهاند، انجام می شود. فرورونده هرم الماسی کوچک روی صفحه یک عدسی شیئی ویژه جاسازی شده است. سطح نمونهها برای بررسیهای ریزنگاری پرداخت و براق شد. مشاهده قطعه زیر میکروسکوپ با بزرگنماییهای مختلف، امکان متمرکز کردن عدسی بر دانههای مجزای ماده و فروکردن هرم الماسی با نیروی کم در آن نقطه را فراهم میسازد. پس از آن قطر لبه مربع شکل فرورفتگی به دقت اندازه گیری و عدد سختی با استفاده از رابطه زیر [۱۹] محاسبه می شود:

$$HV = \frac{F}{A} \approx \frac{1.8544F}{d^2} \tag{1}$$

که، HV عدد سختی ویکرز با دندانه الماسه هرمی شکل برحسب کیلوگرم بر میلی متر مربع، F بار وارده بر حسب کیلوگرم و b قطر مربع فرو رفتگی برحسب میلی متر است. نتایج آزمایش ریز سختی سنجی برای نوارهای مغناطیسی W1 و W2 در جدول ۴ بیان شده است. چنانکه دیده می شود با افزودن مقدار بیشتر تنگستن به نوار مغناطیسی W2 که منجر به کاهش مقدار کبالت در آن شده است، سختی نوارها به طور

\mathbf{W}_1	\mathbf{W}_2	نمونه	
مغز	مغز	موقعيت سختي سنجي	
۲۵	۲۵	نیروی اعمالی(gf)	
1٣	945	سختی ۱	
١٠٣٣	1 • • ٣	سختی ۲	
٩٧۴	٩٧۴	سختی ۳	عدد سختی(HV)
1٣	٩٧۴	ميانگين	

جدول ۴ نتایج ریزسختی سنجی برای دو نوار W_1 و W_2 .

مغناطوبلوري مي شود.



شکل ۵ الگوی پراش پرتو ایکس نوارهای مغناطیسی W_1 و W_2 پس از بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی.

به منظور تعیین ویژگیهای مغناطیسی، نوارهای W₁ و W₂ پس از بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی، از مغناطیس سنج ارتعاشی استفاده شد.

چنانچه در شکل ۶ دیده می شود در این نوارها، پس از قرار گرفتن در دمای بالاتر از دمای بلورینگی (۶۰۰ درجه سلسیوس) به علت تغییر ریز ساختاری نمونه و به وجودآمدن ناهمسانگردی مغناطو بلوری، مقدار میدان وادارندگی افزایش یافته و نمونه از حالت فرومغناطیس نرم به حالت فرومغناطیس سخت تبدیل شده است. در جدول ۵ مقادیر مغناطش اشباع MS، میدان وادارندگی Hc و مغناطش مانده Mr در نمونههای W1 و 2W و SA پس از بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی آورده شده است. وجود ناهمسانگردی القایی نسبتاً بالا در نوارهای مغناطیسی، در اثر بازپخت، منجر به افزایش مراکز میخکوب شده و افزایش تنش داخلی میشود. بنابراین نوارهای

مغناطیسی ویژگی نرم بودن خود را از دست می دهند. با بررسی نتایج به دست آمده، مقدار مغناطش اشباع در نمونه W_1 پسش از بازپخت از نمونه W_2 بیشتر بوده است که ویژگی مغناطیسی W_2 مغناطیسی W_2 بیشتر کبالت در نمونه W_1 نسبت به W_2 است. پس از بازپخت دو نمونه، با وجود میخکوب شدن دیواره-های حوزه و به وجود آمدن ناهمسانگردی مغناطوبلوری همچنان مقدار بیشتر کبالت در نمونه W_1 نقش اصلی را در مغناطیدگی دارد. مقدار بیشتر کبالت در نوار AS نسبت به دو مغناطیدگی دارد. مقدار بیشتر کبالت در نوار IA نسبت به دو مغناطیدگی دارد. مقدار بیشتر کبالت در نوار IA نسبت به نوار 2W و IW تاییدی بر اثر یون کبالت بر مغناطیس اشباع است. پس از بازپخت میدان وادارندگی در نمونه W_1 از نمونه W_2 بیشتر است، بنابراین این نمونه پس از بازپخت نسبت به نمونه W_2 فرومغناطیس سختتری است. این نتیجه در مقایسه امیدان وادارندگی نوار AS که دارای مقدار بیشتر یون کبالت نسبت به هر دو نمونه است، همخوانی دارد.



شکل ۶ منحنی پسماند مغناطیسی نوارهای مغناطیسی W_1 و W_2 پس از بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی.

مغناطش اشباع	مغناطش مانده	میدان وادارندگی	نمونه	
M _s (emu/g)	Mr (emu/g)	H _C (Oe)		
۲۲ _/ ۲۰	4V,77	1X1/TY	SA	
۳۹٬۵۶	27 ¹ 84	1 • 1/44	W_2	
۴V/۹Y	۳۰,۶۸	१९९/१८	W1	

جدول ۵ ویژگیهای مغناطیسی دو نوار W₁ و W₂ پس از بازپخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی.

برداشت

در این پژوهش برای نخستین بار، نوارهای مغناطیسی بر پایه کبالت با دو مقدار متفاوت تنگستن بررسی شدند. نتایج نشان می دهد که این نوارها پیش از بازپخت در دمای بلورینگی، بی شکل و فرومغناطیس نرم با ضریب مغناطوتنگش نزدیک به

صفر هستند. همچنین ویژگیهای ترمودینامیکی نوارها مانند ظرفیت گرمای ویژه و آنتالپی، ویژگیهای مغناطیسی مانند دمای کوری و ویژگیهای مکانیکی مانند میزان سختی نوارها بررسی و تفسیر شدند. با توجه به اینکه مقدار عناصر سیلیسیم و بور در هر دو نمونه یکسان است، تفاوت مقادیر مغناطش [7] A talay S., "Comparative study of magnetoimpedance effect in current and field annealed $(Co_{0.9}Fe_{0.05}Ni_{0.05})_{75}Si_{15}B_{10}$ amorphous ribbons", Physica B: Condensed Matter 368 (1–4) (2005) 273-278.

[8] Liu J., Cao F., Xing D., Zhang L., Qin F., Peng H., Xue X., and Sun J., "Enhancing GMI properties of melt-extracted Co-based amorphous wires by twin-zone Joule annealing", Journal of Alloys and Compounds (541) (2012)215-221.

[9] Domínguez L., Blanco J., Aragoneses P., González J., Valenzuela R., Vázquez M. and Hernando A., *"Circumferential magnetization processes in CoFeBSi wires,"* Journal of Magnetism and Magnetic Materials, (79)(1996) 6539.

[10] Dachs E., Benisek A., "A sample-saving method for heat capacity measurements on powders using relaxation calorimetry", Cryogenics 52(8) (2011) 460-464.

[11] Simon P., Cibulková Z., "Measurement of Heat Capacity by Differential Scanning Calorimetry" .(2003).

[12] Amirabadizade A., cheki fourg S., Rasouli M

R., "The effect of field-current annealing of cobaltbased amorphous corroeed ribbon magnetimpedance response", The Annual Physics Conference of Iran (1396).

[13] Muraca D., Cremaschi V., Knobel M. & Sirkin H., "Influence of Ge on magneticand structural properties of Joule-heated Co-based ribbons: Giant magnetoimpedance response", Journal of Magnetism and Magnetic Materials 320(15) (2008) 2068-2073.

[14] De La Prida., V M García Miquel., Á H, Kurlyandskaya G., "Wide-angle Magnetoimpedance field sensor based on two crossed amorphous ribbons", Sensors and Actuators A Physical 142(2) (2008) 496-502.

[15] Amirabadizadeh A., Tajabor N., Alinejad M.R., Pouraian F., "The effect of substitution of Ni for Co on magnetostrictivestrain in GdCo4xNixB compounds" Journal of Magnetism and Magnetic

Materials, 272-276 Part 3 (2004) 2081-2083.

[16] Tajabor N., Amirabadizadeh A., Alinejad M.R., Salamati H., Pouraian F., "Anomalous behavior of temperature dependence of magnetostriction in NdFe11Ti", Journal of

اشباع و دمای کوری در دو نمونه مربوط به تفاوت مقادیر کبالت است. با بازیخت نوارها در دمای بالاتر از دمای بلورینگی، نوارها از فرومغناطیس نرم به فرومغناطیس سخت تبدیل شدهاند. میدان وادارندگی برای نوار W_1 از Y_1 اورستد به ۱۳۳/۹۶ اورستد و برای نوار W_2 از V_1 اورستد به ۱۰۱/۴۴ اورستد تغییر کرده است. همچنین مغناطیس اشباع پیش از بازیخت و هم پس از آن در نمونه W_1 نسبت به 2 به علت وجود مقدار بیشتر یون کبالت بیشتر است. الگوی XRD نوارها نشان می-دهد که نوارها در اثر بازیخت در دمای بالاتر از دمای بلورینگی از حالت بی شکل خارج شده و بلورینه شدهاند. دلیل تفاوت ویژگیهای ساختاری و مغناطیسی نوارهای W_1 و W_2 در حالت بی شکل و بلورینه به نقش بسیار مهم کبالت و تنگستن موجود در نوارها مربوط است.

مراجع

[1] Kurlyandskaya G.V., Barandiarán J. M., VázquezM., GarcíaD &Dmitrieva N.V.,"Influence of geometrical parameters on the giant magnetoimpedance response in amorphous ribbons", Journal of Magnetism and Magnetic Materials 215-216 (2000) 740-742.

[2] Graham C. D & Egami Jr. T. ,"Magnetic properties of amorphous alloys Annual", Review of Materials Science 8(1) (1987) 423-457.

[3] Amirabadizadeh A., Rasouli M.R., Mardani R., Sarhadi R., *"Investigation of magnetic anisotropy in Co-based microwires"*, Irananin Journal of Crystallography and Mineralogy 24 (3) (2016)587-594.

[4] Kolano R., Kuzminski M., Gawior W., Wojcik N. "Induced transverse magnetic anisotropy and domain structure in Co-based amorphous ribbons", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 133 (1–3) (1994) 321-324.

[5] Kolano R., Gawiora W.W., Wojcik N., Kuzminski M., "Induced transverse magnetic anisotropy in Co-based amorphous alloys with different values of the saturationinduction", Journal of Magnetism and Magnetic Materials 140 (1995) 343-344.

[6] Hernando B., Sa'nchez M. L., Prida V. M & Tejedor M. "Magnetoimpedance effect in amorphous and nanocrystalline ribbons", Journal of Applied Physics 90(2001) 4783.

[19] Smith R.L. & Sandland G.E., "An Accurate Method of Determining the Hardness of Metals, with Particular Reference to Those of a High Degree of Hardness", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Vol. I (1922) 623–641.

[20] Raufi T., Ehsani M.H., Sanovi Khoshnod D., "Investigation of particle size effect on structural and magnetic properties of La_{0.6} Sr_{0.4} MnO₃ manganite", Irananin Journal of Crystallography and Mineralogy 24 (4) (2017) 691-702. Magnetism and Magnetic Materials 272–276 Part 3 (2004) 2093-2095.

[17] Gholizadeh A., Tajabor N., PourarianF., "A comparative study of magnetostrictive strain in Pr₃Fe_{24.75}Co_{2.75}Ti_{1.5}-ingot andPr₃Fe_{24.75}Co_{2.75}Ti_{1.5}-melt spun", Irananin Journal of Crystallography and Mineralogy 22 (1) (2014) 13-22.

[18] M. Victor., H. García-Miquel., and G. V. Kurlyandskaya., "Wide-angle magnetoimpedance field sensor based on two crossed amorphous ribbons", Sensors and Actuators A: Physical, 142 (2) (2008) 496-502.