بررسی اثر بازپخت جریان مستقیم و متناوب بر خواص مغناطیسی و نامتقارنی امپدانس مغناطیسی نوار آمورف $Co_{68.18}Fe_{4.32}Si_{12.5}B_{15}$

رزومه ، سید احسان[۱] ؛ هاشمی زاده عقدا، سید علی[۲] ؛ رحمتی، محمدرضا[۳]

[۱]دانشکده فیزیک دانشگاه کاشان ، کیلومتر ۶ بلوار قطب راوندی ، کاشان

[۲] گروه فیزیک، دانشگاه پیام نور تهران

چکیده

در این مقاله اثر بازپخت جریان مستقیم و متناوب بر خواص مغناطیسی و نامتقارنی امپدانس مغناطیسی مقایسه شده است. نمودارهای نامتقارنی در امپدانس مغناطیسی برحسب میدان مغناطیسی رسم و تحلیل شده است. بهینه جریان بازپخت مستقیم ۵۰۰ میلی آمپر و در جریان متناوب ۶۰۰ میلی آمپر بدست آمد.تغییر در امپدانس مغناطیسی،نرمی مغناطیسی و نامتقارنی برای دو نوع بازپخت تقریباً یکسان شد

Influence of DC and AC current annealing on magnetic characterization and asymmetric magneto impedance in $Co_{68.18}Fe_{4.32}Si_{12.5}B_{15}$ amorphous ribbon

Roozmeh, Seyed Ehsan[1]; Hashemizadeh Aghda, Seyed Ali[2] ;Rahmati, Mohammad Reza[3];

[1] Department of Physics, University of kashan, kashan
[2] Department of Physics, university of payame noor tehran

Abstract

In this paper the influence of DC and AC current annealing on magnetic characterization and asymmetric magneto impedance have been compared. Diagrams for magneto impedance versus magnetic field have been plotted and analyzed. The optimum current in DC and AC annealing was 500mA and 600mA. The change in impedance, softness and asymmetric magnetic for two kind of annealing was similar nearly.

مقدمه

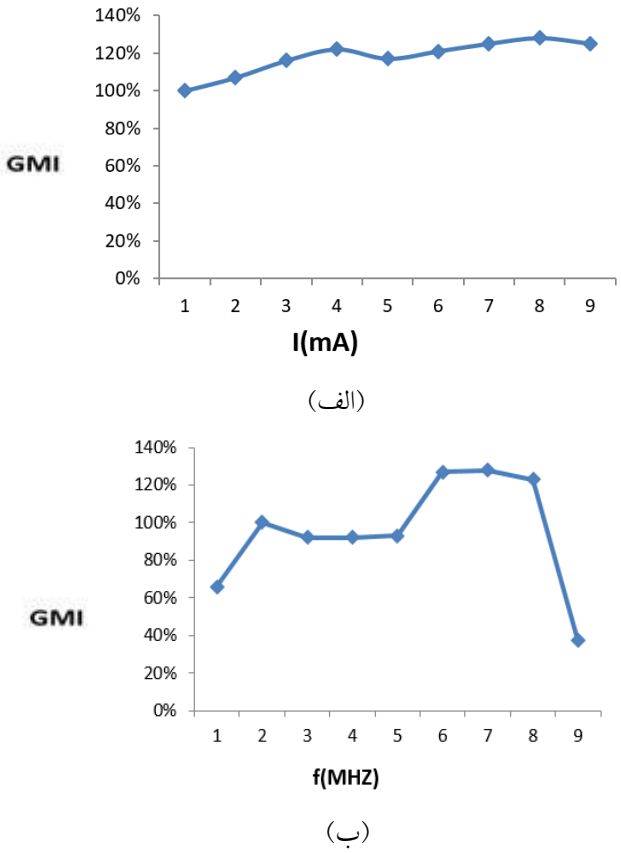
کشف اثرامپدانس مغناطیسی (MI) در سال ۱۹۹۴ [۱] باب تازه‌ای را در بررسی حسگرهای مغناطیسی دقیق گشود. اثر امپدانس مغناطیسی به عنوان یکی از خواص ترابرد مواد می‌تواند بیان کننده‌ی خواص ذاتی و همچنین خواص مغناطیسی مواد از جمله ناهمسانگردی، تنگش، پذیرفتاری، تشدید مغناطیسی وغیره باشد [۲]. مهمترین نمونه‌های قابل ذکر در اثر امپدانس مغناطیسی آمورف‌های فرومغناطیسی هستند. ازجمله مهمترین مواد از لحاظ بررسی امپدانس مغناطیسی، ترکیبات آلیاژ آهن و کبالت پایه با تنگش مغناطیسی صفر یا منفی است که تغییر امپدانس بزرگی را باعث می‌شوند (امپدانس مغناطیسی بزرگ GMI). این دسته از مواد نفوذپذیری بالایی از خود نشان می‌دهند. می‌توان با عملیات حرارتی (بازپخت) خواص ساختاری و مغناطیسی این مواد آلیاژ آمورف را اصلاح و بهینه کرد. اثر نامتقارنی امپدانس مغناطیسی بزرگ (AGMI) که برای تولید جدید وسایل حسگری امیدوارکننده است، مورد توجه بیشتری قرار گرفته است. این پدیده با اکسید شدن به همراه بلوری شدن سطح نمونه در ارتباط است[۳]. این نوع رفتار ناشی از برهمکنش تبادلی حجم آمورف با فاز بلورین سخت مغناطیسی در سطح نوار است[۴]. در حضور یک میدان مغناطیسی، ناهمسانگردی مغناطیسی تک‌محوری در هسته‌ی آمورف و ناهمسانگردی تک‌جهتی در لایه بلورین القا می‌شود[۴]. یکی از روش‌های بازپخت، بازپخت با جریان مستقیم

است. این روش به علت سهولت، زمان کوتاه برای بازپخت و القای ناهمسانگردی مغناطیسی در نمونه مورد توجه قرار گرفته است. در این روش علاوه بر افزایش دمای نمونه بر اثر گرمای ژول، همزمان میدان الکتریکی یک میدان مغناطیسی پیرامونی ایجاد می‌کند. اما بعد از قطع جریان و طی سرد شدن نمونه امکان محو میدان مغناطیسی القایی وجود دارد. در بازپخت جریانی – میدانی، دما و میدان مغناطیسی ایجاد شده در نمونه قابل کنترل است. در این حالت می‌توان دمای نمونه را در حضور یک میدان مغناطیسی انتخابی کاهش داد. در نتیجه ناهمسانگردی مغناطیسی القایی در دمای بالا، پس از سرد شدن نیز باقی می‌ماند. بنابراین اعمال یک میدان مغناطیسی استاتیک عرضی در ضمن بازپخت جریانی و به خصوص در ضمن سرد شدن نمونه می‌تواند باعث القای ناهمسانگردی مغناطیسی بزرگ و تشکیل ساختار مغناطیسی شود.

می توان با اندازه گیری مقاومت نمونه در جریانهای پخت متفاوت و مقایسه آن با مقاومت نمونه در بازپخت حرارتی در دماهای مختلف، معادل دمایی هر جریان را اندازه گیری کرد[۵].

روش آزمایش

جهت انجام آزمایش، نوارهای آمورف کبالت پایه $Co_{68.18}$ $Fe_{4.32}$ $Si_{12.5}$ B_{15} به طول ۳ سانتی‌متر، عرض ۰/۸۱ میلی‌متر و ضخامت ۲۸/۸ میکرومتر برای بازپخت جریانی فراهم شده‌اند.بازپخت به مدت ۱۵ دقیقه، یک بار با استفاده از جریان مستقیم و بار دیگر با استفاده از جریان متناوب در بازه جریانی ۱۰۰ الی ۸۰۰ میلی آمپر صورت می‌گیرد. برای اندازه گیری امپدانس در بسامدهای متوسط از دستگاه Function Generator به عنوان منبع دامنه جریان و فرکانس و از اسیلسکوپ برای اندازه گیری ولتاژ استفاده شد . میدان مغناطیسی یکنواخت در جهت طولی و هم راستا با طول نوار بوسیله سیم پیچ و در بازه صفر تا ۱۰۰ اورستد اعمال شد .درصد امپدانس مغناطیسی همه نمونه‌ها که طبق رابطه ۱ تعریف می‌شود، در فرکانس ۷MHz و دامنه جریان ۸mA بصورت تابعی از میدان مغناطیسی رسم گردید. بیشترین تغییرات امپدانس برای نمونه بازپخت شده برای جریان ۶۰۰ میلی‌آمپر بدست آمد که در شکل ۱ قابل مشاهده است.



شکل ۱ : بهینه جریان و فرکانس اعمالی به نمونه‌ی خام $Co_{68.15}$ $Fe_{4.35}$ $Si_{12.5}$ B_{15} در اندازه‌گیری امپدانس مغناطیسی

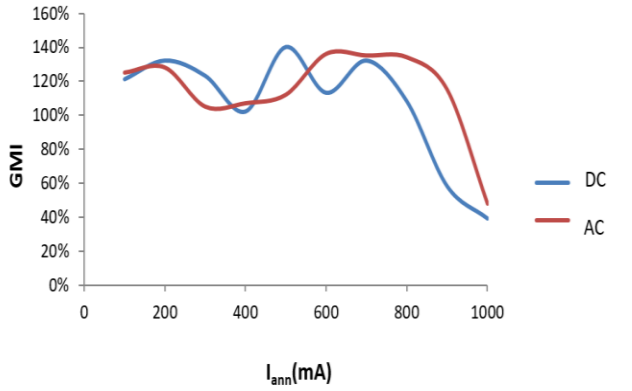
$$GMI(\%) = \frac{\Delta Z}{Z} \times ۱۰۰ = \frac{Z(H) - Z(H_{max})}{Z(H_{max})} \times ۱۰۰ \quad (۱)$$

نتایج و بحث

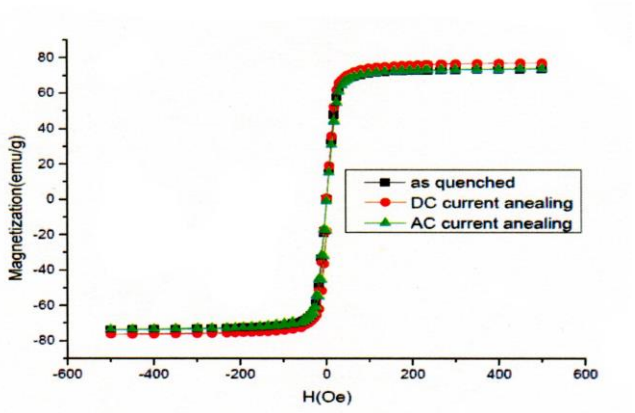
نمودار بیشینه درصد امپدانس مغناطیسی نمونه‌های بازپخت شده در جریان‌های مختلف بازپختی مستقیم و متناوب (شکل ۲) رسم شده است. بهینه دامنه جریان بازپختی در جریان مستقیم ۵۰۰ میلی آمپر و در جریان متناوب ۶۰۰ میلی آمپر بدست می آید. دامنه جریان برای دو نوع بازپخت تقریباً برابر است البته در جریان مستقیم جریان بازپختی کمتر و افزایش امپدانس بیشتر است. می توان گفت در این نوع بازپخت گرما به میزان بیشتر و همچنین یکنواخت تر به نمونه اعمال می شود.

در بررسی خواص مغناطیسی حلقه پسماند نمونه های بازپخت شده در جریانهای بهینه (جریان مستقیم ۵۰۰ میلی آمپر و در جریان متناوب ۶۰۰ میلی آمپر) و نمونه خام اندازه گیری شد

(شکل ۳). شیب نمودار که نشان از نرمی مغناطیسی دارد، با انـدازه امپدانس مغناطیسی نمونه هـا توافـق دارد. مغنـاطش اشـباع پـایین همراه با وادارندگی کم که نشان از نرمی مغناطیسی دارد، نشان مـی دهد که آنها انتخاب خوبی برای استفاده در حسگرهای مغناطیسـی هستند.

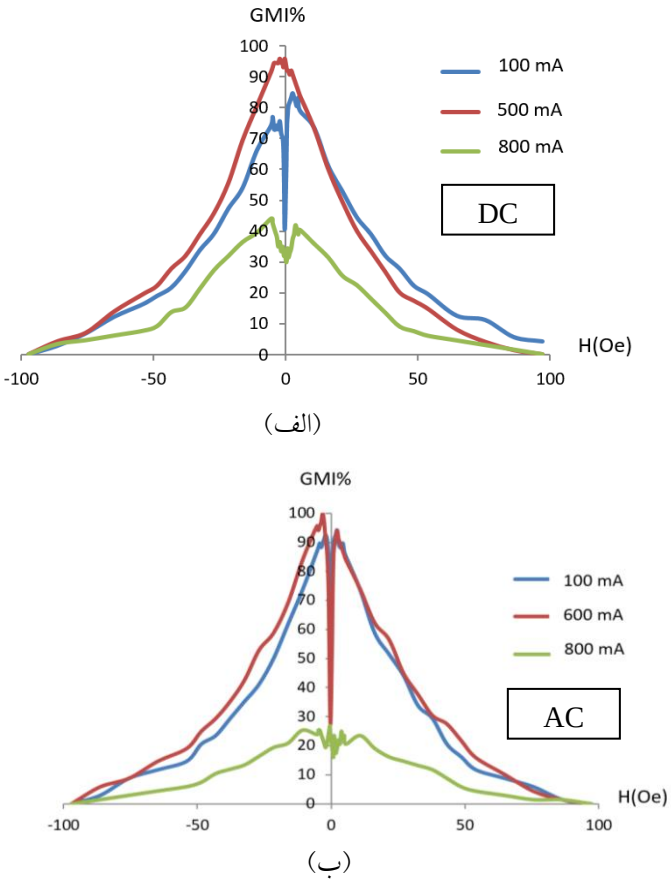


شکل۲ : بیشینه درصد امپدانس مغناطیسی در جریان های مختلف بازپختی (مستقیم و متناوب)



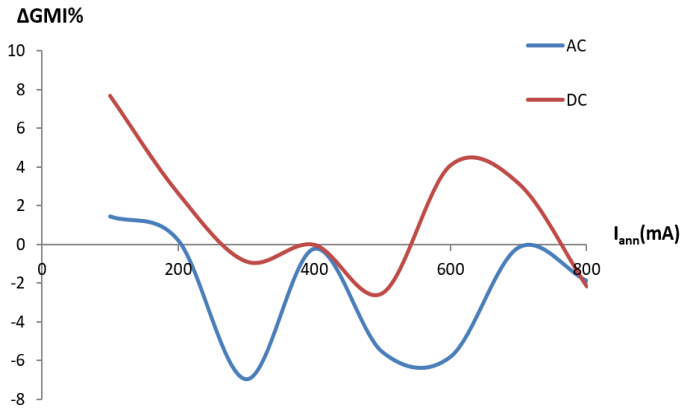
شکل۳ : نمودار حلقه پسماند (باز پخت جریانی DC و AC و نمونه ی خام)

بازپخت نمونه ها در هوا باعث اکسید شدن سطح نمونه و تشـکیل لایه نازک دیا مغناطیس بر سطح می شود. در بررسی بـرهم کـنش لایـه دیـا مغنـاطیس و مغـز آمـورف فرومغنـاطیس، نامتقـارنی در امپدانس مغناطیسی نمونه ها اندازه گیری شد. (شکل ۴)



شکل ۴ : منحنی نامتقارنی امپدانس مغناطیسی نمونه ها

همچنین اندازه نامتقارنی(اختلاف امپدانس مغناطیسی دو قله نمودار در دو راستای میدان مغناطیسی اعمالی) در شکل ۵ رسم شده است. نمودار برای دو نوع بازپخت رفتاری مشابه دارد به طوری که کمینه نمودار در حوالی جریان بهینه بازپخت است. نامتقارنی برای دو نوع بازپخت در جریان ۴۰۰ میلی آمپر تقریباً از بین می رود.



شکل ۵ : اختلاف امپدانس مغناطیسی برحسب جریان های بازپختی

نتیجه گیری

اثر بازپخت جریان مستقیم و متناوب بر خواص مغناطیسی نوارهای آمورف مورد بررسی قرار گرفت. هر دو نوع بازپخت باعث افزایش امپدانس و نرمی مغناطیسی می گردد. در مجموع دو نوع بازپخت تاثیر گرمایی و القاءناهنسانگردی مغناطیسی یکسانی بر خواص مغناطیسی نمونه ها دارد.

مرجع‌ها

[۱]M. Knobel, M. Vázquez, L. Kraus, “Giant magneto impedance”, in: K.H. Buschow. (Ed.), Handbook of Magnetic Materials,vol. 15. (2003),

[۲] ا. رحمتی، س. ا. روزمه، ع. جزایری قره باغ، مقاله نامه دهمین کنفرانس فیزیک ایران ۶ و۷ بهمن ۱۳۸۹.

[3] J. Nogues, I.K. Schuller, J. Magn. Magn. Mater. **192**, 203 (1999)

[۴] M. Phan, H.Peng, Progress in Materials Science 53 (2008)

[۵] M. Vazquez, J. Gonzalez, and A. Hernando, J. Magn. Magn., 53, 323 (1986)