

**ISPITIVANJE MAGNETSKE SUSCEPTIBILNOSI
FEROMAGNETSKOG AMORFNOG SISTEMA FeNiCoB U OVISNOSTI
O TEMPERATURI I TEMPERATURI „ZAMRZAVANJA“**

**RESEARCH OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY IN FERROMAGNETIC
AMORPHOUS FeNiCoB SYSTEM AS A FUNCTION OF
TEMPERATURE AND „FROZEN“ TEMPERATURE**

Doc.Dr. Suada BIKIĆ, dipl.fiz.
Fakultet za metalurgiju i materijale, Zenica, B&H
v.a. Mr. Suada SULEJMANOVIĆ, dipl.fiz. i Nusret BAJROVIĆ, dipl.fiz.
Prirodno-matematički fakultet, Sarajevo, B&H

Ključne riječi: amorfni metalni sistemi, ac magnetska susceptibilnost, relaksacioni procesi

REZIME

U ovom radu posmatrana je ovisnost magnetske susceptibilnosti o temperaturi uzoraka u intervalu od 77 K do 190 K i temperaturi „zamrzavanja“ uzoraka iz otopljene legure sastava $Fe_{43,2}Ni_{23,2}Co_{13,6}B_{20}$. Uzorci su zamrzavani na sobnoj temperaturi i na temperaturi tečnog dušika. Korištena je „ac tehnika“ koja omogućava istovremeno posmatranje temperaturske ovisnosti realne komponente magnetske susceptibilnosti i imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti. Cilj rada bio je ustanoviti da li magnetska svojstva feromagnetskog amorfno sistema ovise o temperaturi „zamrzavanja“ uzoraka. Eksperimentalno, veoma preciznom metodom, navedena pretpostavka je potvrđena. Rad pripada u fundamentalna istraživanja iz oblasti fizike kondenzirane materije.

Keywords: amorphous metallic system, ac magnetic susceptibility, phase transition

ABSTRACT

In this paper was researched the temperature dependence on the magnetic susceptibility and dependence of the magnetic susceptibility of the „frozen“ temperature of $Fe_{43,2}Ni_{23,2}Co_{13,6}B_{20}$ system melting. The freezing of the liquid system was conducted at the room temperature and at the temperature of liquid nitrogen; the tests were implemented in the temperature range from 77 K to 190 K. For that purpose, a special sensitive method for measuring ac magnetic susceptibility was developed, which enabled a simultaneous measurement of the real and the imaginary component of the susceptibility. The aim of the research was discovered a function of the magnetic property of the „frozen“ temperature. The results of the measurements confirmed the suppose. The research is fundamental, i.e. belongs to physics of the solid state.

1.UVOD

U amorfnim magnetskim metalnim sistemima magnetska susceptibilnost je skalarna veličina. Međutim, obzirom da je magnetizacija sistema u fazi pomjerena u odnosu na vanjsko magnetsko polje magnetizacija sistema je kompleksna veličina, a samim tim je i magnetska susceptibilnost kompleksna veličina. U cilju spoznaje fizikalne prirode realne i imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti rješavaju se Blochove jednačine sa pobudnim poljem oblika

$$\vec{H} = H_1 \cos \omega \cdot t \vec{i} + H_0 \vec{k}, \quad (1)$$

gdje su

H_1 – amplituda naizmjeničnog pobudnog magnetskog polja, H_0 – vrijednost homogenog magnetskog polja, u ovom slučaju magnetskog polja Zemlje,
 ω – kružna frekvencija,
 t – vrijeme i

Nakon rješavanja Blochovih jednačina dobijaju se realna i imaginarna komponenta magnetske susceptibilnosti.

Realna komponenta magnetske susceptibilnosti vezana je za disperzione efekte u sistemu, a imaginarna komponenta magnetske susceptibilnosti opisuje energetske promjene u sistemu.

Kada se magnetski sistem smjesti u zavojnicu tada se pokazuje da realna komponenta magnetske susceptibilnosti direktno utječe na promjenu induktiviteta zavojnice, a imaginarna komponenta magnetske susceptibilnosti na promjenu omskog otpora zavojnice [1,2].

U ovom radu magnetska susceptibilnost brojčano je izražena u relativnim jedinicama, pošto je za praćenje relaksacionih procesa dovoljno znati veličinu koja je proporcionalna magnetskoj susceptibilnosti [1,2,3]. Iz relacije

$$V^{uzorak} = i\mu_0 S \omega N_s H_1 \frac{dM}{dH} e^{i\omega t}, \quad (2)$$

gdje su

V^{uzorak} – inducirani napon na uzorku, N_s – broj navoja na sekundarnoj zavojnici i
 μ_0 – magnetska permeabilnost vakuuma, $\aleph = \frac{dM}{dH}$ – magnetska susceptibilnost uzorka,
 S – površina poprečnog presjeka uzorka,

vidi se da je napon na uzorku proporcionalan susceptibilnosti. Međutim, on je još proporcionalan frekvenciji i amplitudi polja. Tu ovisnost treba ukloniti pa se napon dijeli sa veličinom koja je proporcionalna tim veličinama, a to je inducirani napon praznih zavojnica vezanih u istom smjeru. Magnetska susceptibilnost izražena u proizvoljnim jedinicama data je tada relacijom

$$\aleph[pj] = \frac{100 \cdot V^{uzorak}}{V^+}, \quad (3)$$

gdje su

V^+ – efektivna vrijednost induciranog napona praznih zavojnica vezanih u istom smjeru, a 100 je faktor pojačanja impulsa [4].

Na ovaj način su uklonjene moguće male promjene amplitude polja koje se mogu javiti usljed promjena radne temperature tj. temperature tečnog dušika.

Upravljanje eksperimentom u potpunosti vodi računar. Računar kontrolira nezavisne varijable (temperatura, faza, vrijeme i sl.). U određenim vremenskim intervalima prikuplja podatke, koji se koriste kasnije za njihovo grafičko predstavljanje.

2. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

Legura sastava $Fe_{43,2}Ni_{23,2}Co_{13,6}B_{20}$ dobijena je u Laboratoriji za fiziku metala na Prirodno-matematičkom fakultetu u Sarajevu u vakuumskoj peći na temperaturi topljenja od 1093 K.

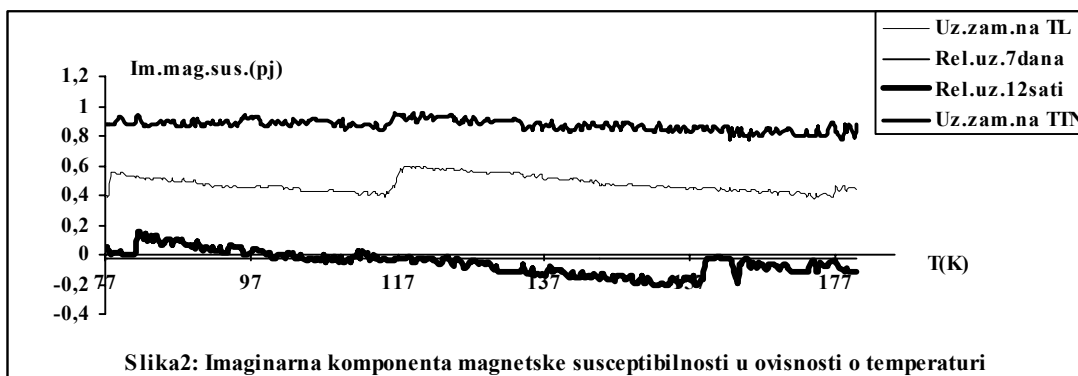
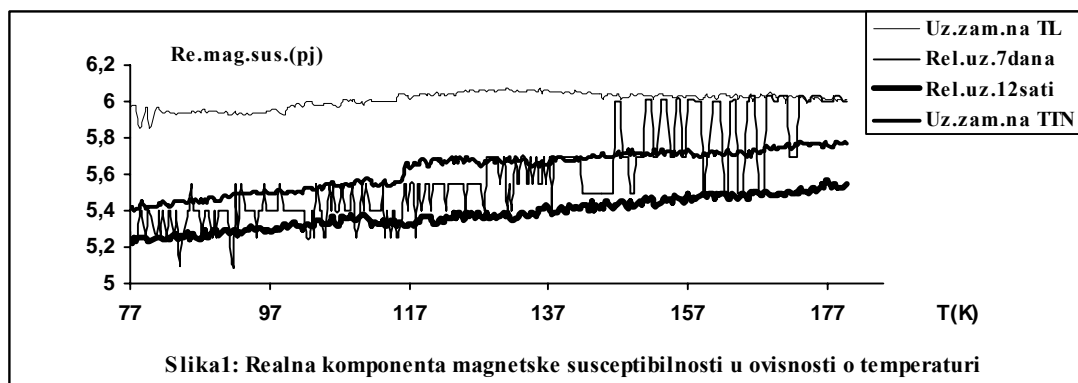
Od legure navedenog sastava dobijani su amorfnu uzorci u obliku traka melt spin metodom [3]. U cilju provjere stepena amorfности dobijane su metalne trake na temperaturi laboratorije (TL), tz. sobnoj temperaturi i na temperaturi tečnog dušika (TTN - 77 K), tj. u cilju provjere pretpostavke da je stepen amorfности uzoraka dobijenih na temperaturi tečnog dušika veći od onih dobijenih na sobnoj temperaturi.

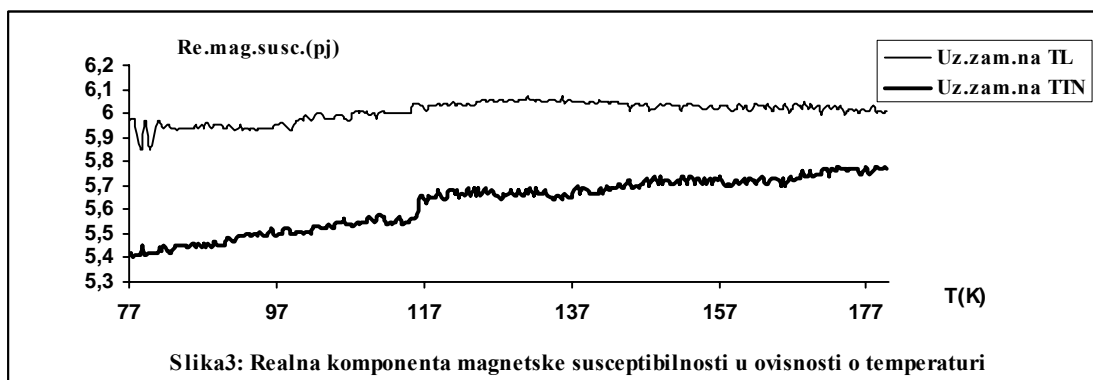
Nakon mjerenja promjene magnetske susceptibilnost u ovisnosti o temperaturi uzorka (77 K-190 K) na uzorcima dobijenim na temperaturi tečnog dušika, uzorci su držani u laboratorijskim uvjetima 12 sati (Rel.uz.12sati) i sedam dana (Rel.uz.7dana). Nakon toga ponovljeno je mjerenje na tim uzorcima, tj. ovisnost magnetske susceptibilnosti o temperaturi u istom intervalu „ac tehnikom“. Cilj ovih mjerenja bio je ustanoviti da li uzorci nakon relaksacije na sobnoj temperaturi teže stanju uzoraka dobijenih na sobnoj temperaturi. Uvjeti ispitivanja promjene realne i imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti svih uzoraka bili su isti, tj. brzina zagrijavanja uzoraka bila je 1,2 K/min.

3. REZULTATI I ZAKLJUČCI

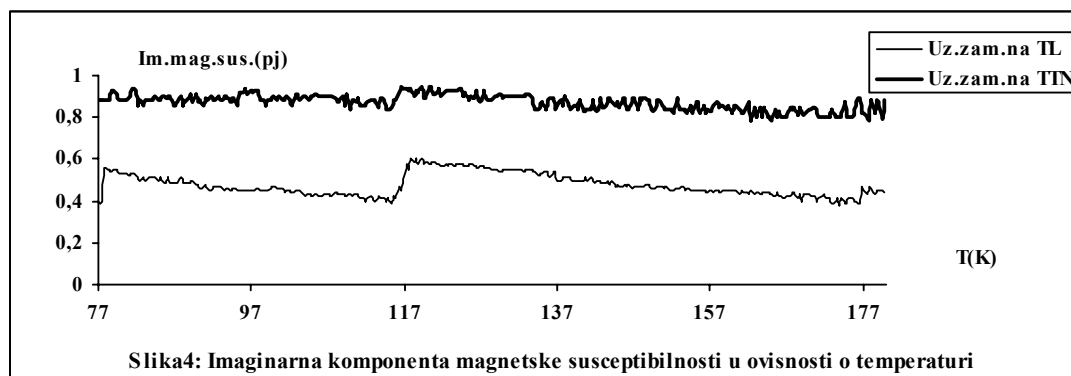
Na osnovu analize rezultata prikazanih na slici1 i slici2 ovisnosti realne i imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti o temperaturi za uzorke „zamrznute“ na sobnoj temperaturi i na temperaturi tečnog dušika, te relaksirane uzorke može se zaključiti kako slijedi:

1. Različito je ponašanje realne komponente magnetske susceptibilnosti uzoraka „zamrznutih“ na sobnoj temperaturi i uzoraka „zamrznutih“ na temperaturi tečnog dušika što se vidi na slici3 (grafici- Uz.zal. na TL i Uz.zal. na TTN). Stepenn amorfnosti uzoraka „zamrznutih“ na sobnoj temperaturi je manji (manji broj pikova, u prosjeku konstantna vrijednost realne komponente magnetske susceptibilnosti i veća vrijednost što ukazuje na magnetsku uređenost amorfno sistema). Realna komponenta magnetske susceptibilnosti uzorka „zamrznutog“ na sobnoj temperaturi i uzorka tek „zamrznutog“ na temperaturi tečnog dušika ima skok na temperaturi 117 K što se odnosi na reverzibilnu amorfnost [1,2] sa tendencijom porasta vrijednosti realne komponente magnetske susceptibilnosti kod uzoraka „zamrznutih“ na temperaturi tečnog dušika. Izražajno postojanje RMS nije kao u [1,2] radi brzine zagrijavanja uzoraka jer to nije bio cilj ovog rada.





Slika3: Realna komponenta magnetske susceptibilnosti u ovisnosti o temperaturi



Slika4: Imaginarna komponenta magnetske susceptibilnosti u ovisnosti o temperaturi

Uz.zam.na TL-uzorak „zamrznute“ na temperaturi laboratorije, sobnoj temperaturi

Uz.zam.na TTN-uzorak „zamrznute“ na temperaturi tečnog dušika

Rel.uz.12 sati-relaksiran uzorak 12 sati na sobnoj temperaturi

Rel.uz.7 dana-relaksiran uzorak sedam dana na sobnoj temperaturi

2. Sa slike 4 vidi se da je energetska stabilnost uzoraka dobijenih na temperaturi tečnog dušika niža od onih „zamrznutih“ na sobnoj temperaturi (grafici- Uz.zam. na TL i Uz.zam. na TTN), a takođe primjetna je promjena imaginarne komponente magnetske susceptibilnosti oba uzorka na temperaturi od oko 117 K (reverzibilna amorfnost amorfno sistema[1,2]).

3. Posmatranjem grafika Rel.uz.12sati i Rel.uz.7dana na slici1 magnetska uredenost uzoraka je opala sa tendncijom porasta i približavanja vrijednosti realne komponente magnetske suceptibilnosti uzoraka „zamrznutih“ na sobnoj temperaturi. Takođe se vidi da u prosjeku nema intenzivnih relaksacionih procesa.

4. Imaginarna komponenta opada sa dužinom trajanja relaksacije uzoraka „zamrznutih“ na temperaturi tečnog dušika da bi nakon relaksacije od sedam dana imala najnižu i konstantnu vrijednost, tj. uzorci su u stabilnom energetskom stanju.

4. LITERATURA

- [1] S.Bikić, I.Gazdić, M.Tais, S.Sulejmanović, N.Bajrović i T.Mihać, " Investigation of Magnetic Susceptibility in an Amorphous $Fe_{43,2}Ni_{23,2}Co_{13,6}B_{20}$ System ", Materials Science Forum Vols.453-454(2004)pp.381-386, online at <http://www.scientific.net>, 2004 Trans Tech Publications, Switzerland.
- [2] E.Girt, S.Bikić, G.Knežević, R.Baltić,T.Mihać i R.Simeunović, " The Measurements of Magnetic Susceptibility in Samples with Early Metastable States ", Macedonian Academy of Science and Arts, Proceedings, XII Yugoslav Symosium of Physics of Condesend Matter, 121(1992).
- [3] S.Sulejmanović, I.Gazdić, S.Bikić, N.Barović, M.Tais, S.Mijović i T.Mihać, » Modificirana melt spinning metoda za proizvodnju amorfnihih traka sa znatnim stepenom reproducibilnosti« Sveske Akademije nauka i umjetnosti BiH, (prihvaćeno za štampu 2003).
- [4] Đ.Drobac and Ž.Marohnić, " Multipurpose measuring device based on a.c. susceptometer ", Fizika, A(Zagreb) 8(1999)3,165(1999).