

Korelacija procesa kristalizacije i termičkog širenja amorfne masivne metalne legure FeCrMoGaPCB

Bratislav Čukić, Nebojša Mitrović, Nebojša Labus, Borivoje Nedeljković, Marko Popović, Milentije Luković, Mihai Stoica

Најбољи рад на секцији NM

Apstrakt— Uzorci amorfne masivne metalne legure sastava $\text{Fe}_{65.5}\text{Cr}_4\text{Mo}_4\text{Ga}_4\text{P}_{12}\text{C}_5\text{B}_{5.5}$ dobijeni su tehnologijom livenja rastopa u bakarne kalupe prečnika 1,5 mm i 1,8 mm. DTA analizom je utvrđena temperatura kristalizacije $T_x = 810$ K. S ciljem ispitivanja procesa termičkog širenja (dilatacije) sprovedeni su višestruki termički tretmani do oko 200 K iznad temperature kristalizacije. Uticaj procesa kristalizacije na termičko širenje je izučavan preko temperaturske zavisnosti koeficijenta termičkog širenja koji pokazuje evidentne promene tokom kristalizacije za razliku od skoro konstantne vrednosti kod legure u iskristalisanom stanju. Stereološkom i XRD analizom su praćene promene strukture iz amorfne u mikrokristalnu. S obzirom na sastav legure kojim se težilo poboljšanju mehaničkih svojstava sprovedena su kontrolna merenja tvrdoće koja su pokazala povećanje HV1 sa vrednosti od oko 713 u amorfnom stanju do preko 876 u mikrokristalnom stanju

Ključne reči— amorfna masivna metalna legura; dilatacija; koeficijent termičkog širenja, rendgenostrukturna analiza; tvrdoća.

I. UVOD

AMORFNE masivne metalne legure (AMML) na bazi gvoždja predmet su značajnog naučnog interesovanja zbog svojih izuzetnih fizičkih, hemijskih i mehaničkih svojstava [1-3], a komercijalno su veoma važne jer su jeftinije od drugih tipova masivnih amornih legura. Sistem AMML FeCrMoGaPCrB se proučava zbog kombinacije odličnih magnetno mekih karakteristika i poboljšanih mehaničkih i korozijskih svojstava u odnosu na druge sisteme na bazi gvoždja.

Fizička svojstva AMML značajno zavise od termičkog ili kombinovanog termomagnetnog tretmana čijom primenom se može dobiti materijal poboljšanih svojstava. Optimalnim tretmanom mogu se postići izuzetna mehanička, magnetna i električna svojstva, a kao posledica transformacije polazne amorfne strukture [4-6].

Bratislav Čukić – Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak, Svetog Save 65, Srbija (e-mail: bracocukic@gmail.com).

Nebojša Mitrović – Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Svetog Save 65, Srbija (e-mail: nebojsa.mitrovic@ftn.kg.ac.rs).

Nebojša Labus – Univerzitet u Beogradu, Institut tehničkih nauka SANU, Knez Mihailova 35, Srbija (e-mail: nebojsa.labus@itn.sanu.ac.rs).

Borivoje Nedeljković – Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Svetog Save 65, Srbija (e-mail: borivoje.nedeljkovic@ftn.kg.ac.rs).

Marko Popović – Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Svetog Save 65, Srbija (e-mail: marko.popovic@ftn.kg.ac.rs).

Milentije Luković – Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Svetog Save 65, Srbija (e-mail: milentije.lukovic@ftn.kg.ac.rs).

Mihai Stoica – IFW Dresden, Institute for Complex Materials, Germany (e-mail: m.stoica@ifw-dresden.de).

Ispitivanje termičkog širenja AMML je veoma bitno za njihovu primenu jer se strukturnom relaksacijom i kristalizacijom mnoga svojstva menjaju.

U poslednjih deset godina proces termičkog širenja (dilatacije) ispitivan je kod čitavog niza AMML:

- $\text{Ni}_{25}\text{Zr}_{55}\text{Al}_{20}$, koja pokazuje identičnu zavisnost dilatacije tokom prvog i ponovljenog grejanja do temperatura u okolini temperature kristalizacije (600-800 K) [7].

- $\text{Zr}_{52}\text{Ti}_5\text{Cu}_{18}\text{Ni}_{15}\text{Al}_{10}$ i $\text{Zr}_{60}\text{Ti}_2\text{Cu}_{20}\text{Ni}_8\text{Al}_{10}$, kod kojih je registrovano je dvostepeno linearno širenje a naročito u temperaturskom intervalu od T_g (656 K) do T_x (733 K) je zapaženo intenzivno izduženje uzorka, dok od T_x otpočinje intenzivno smanjenje dimenzija kao posledica procesa kristalizacije [8].

- $(\text{Fe}_{0.36}\text{Co}_{0.36}\text{B}_{0.192}\text{Si}_{0.048}\text{Nb}_{0.04})_{100-x}\text{Cu}_x$ ($x = 0; 0.5; 0.75; 1$) gde je utvrđeno da se povećanjem udela Cu u leguri temperatura ostakljivanja T_g pomera ka nižim temperaturama, a dilatacija i koercitivnost smanjuju [9].

- $\text{Zr}_{41}\text{Ti}_{14}\text{Cu}_{12.5}\text{Ni}_{10}\text{Be}_{22.5}$, gde je prilikom dva uzastopna grejanja do 300 °C utvrđen mali porast linearne zavisnosti dilatacije tokom drugog grejanja [10].

- $\text{Pd}_{40}\text{Cu}_{30}\text{Ni}_{10}\text{P}_{20}$, gde je utvrđeno da je koeficijent termičkog širenja α na temperaturama u oblasti izmedju temperature ostakljivanja T_g i temperature kristalizacije T_x oko 2,5 puta veći nego na temperaturama nižim od T_g [11].

- $\text{Sm}_{55}\text{Al}_{25}\text{Cu}_{10}\text{Co}_{10}$ [12] i $\text{Mg}_{65}\text{Cu}_{25}\text{Tb}_{10}$, gde je evidentirano intenzivno smanjenje dimenzija kao posledica procesa kristalizacije [13].

Legura $\text{Fe}_{65.5}\text{Cr}_4\text{Mo}_4\text{Ga}_4\text{P}_{12}\text{C}_5\text{B}_{5.5}$ pripada klasi magnetno mekih materijala (tj. odlikuju se niskim vrednostima koercitivnog polja (H_c) i velikim vrednostima relativne magnetne permeabilnosti (μ_{rm}).

U ovom radu je razmatran uticaja procesa kristalizacije na termičko širenje AMML sastava $\text{Fe}_{65.5}\text{Cr}_4\text{Mo}_4\text{Ga}_4\text{P}_{12}\text{C}_5\text{B}_{5.5}$ s obzirom da za legure iz ovog sistema do sada nisu sprovedena eksperimentalna istraživanja dilatacije.

II. EKSPERIMENTALNI DEO

AMML sastava $\text{Fe}_{65.5}\text{Cr}_4\text{Mo}_4\text{Ga}_4\text{P}_{12}\text{C}_5\text{B}_{5.5}$ dobijena je livenjem je u bakarne kalupe u zaštitnoj atmosferi argona, a dobijeni odlivci su obliku valjka prečnika 1,5mm i 1,8 mm. Najpre su ispitivana termijska svojstva primenom DTA analize (DTA SHIMADZU 50).

Na uzorcima su ispitivane promene mikrostrukture i sprovedena merenja tvrdoće. Mikrostruktura je praćena na optičkom mikroskopu POLIVAR MET/ REICHERT sa automatskim uređajem za analizu slike LEICA Q 500 MC, a

