

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/215



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4099
Naslov projekta	Zaščiteni trajni magneti za napredne aplikacije pri visokih temperaturah
Vodja projekta	18594 Paul John Mc Guinness
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7560
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1555 Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.02 Kovinski materiali
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Namen projekta z naslovom "Zaščiteni trajni magneti za napredne aplikacije pri visokih temperaturah" je bil izdelati magnetni material, ki bi bil uporaben pri temperaturah nad 400 C tako, da bi modificirali temperaturno odvisnost magnetizacije in zaščitili ga pred oksidacijo. Pri projektu je sodeloval inštitut Jožef Stefan, Univerza v Ljubljani in tovarna Magneti d.d.. V prvem delu smo se ukvarjali z razvojem izboljšanih visokotemperaturnih lastnosti Sm₂Co₁₇

magnetov, ki pri zvišanju temperature za 100° C izgubijo okoli 20% magnetizacije. Z zamenjavo Sm z Gd smo uspeli znižati negativno temperaturno odvisnost magnetizacije. Čeprav ima magnet pri sobni temperature nižje lastnosti kot običajen Sm₂Co₁₇ magnet, pa se mu z višanjem temperature počasneje znižuje. Pri temperature nad 400 °C ima zato magnet z Gd boljše magnetne lastnosti kot brez Gd. V drugem delu projekta smo izdelali prevleke za preprečitev oksidacije in odparevanja samarija, kar je velik problem pri temperaturah nad 400 °C. Primerjali smo prevleke na goli magnet in prevleke na že obstoječo nikljevo prevleko. Pokazalo se je da se prevleke veliko bolje obdržijo na magnetih, ki že imajo nanešeno nikljevo plast zato ker površina ni groba in je nanos druge prevleke veliko bolj homogena in zaprta. Od prevlek katere smo uporabili se je najbolje izkazal CrN, pri katerem je bila oksidacija, torej povečanje mase najnižja. Magnetne meritve so tudi potrdile, da se magnetne lastnosti najbolj obstoje s CrN prevleko. Če boljše lastnosti dobimo, če so predhodno že ponikljani magneti.

Takšni magneti, ki so primerni za visokotemperaturne aplikacije, so zelo specifični na tržišču in so zelo primerni za tovarno Magneti d.d., ki se želi na tržišču uveljaviti ko proizvajalec magnetov z dodano vrednostjo, kjer tržišče ni veliko je pa marža toliko večja.

ANG

The goal of the project with the title "Protected Permanent Magnets for Advanced High-Temperature Applications" was to produce a magnetic material, which would be useful at temperatures above 400 °C. This would be done by modifying the temperature dependence of the magnetization and by protecting it from oxidation. The project partners were the Institut Jožef Stefan as the coordinator, the University of Ljubljana and the company Magneti d.d.. In the first part of the project dealt with the development of enhanced high-temperature properties of Sm₂Co₁₇ magnets. They lose about 20 % of their magnetic properties when the temperature is being elevated by 100 °C. With the partial replacement of Sm with Gd we were able to lower the negative temperature dependence of the magnetization. The replaced magnet has at room temperature lower properties, but because of the slower decrease of the magnetic properties with increasing temperature, the properties are better at 400 °C compared to the ordinary Sm₂Co₁₇ magnets. In the second part of the project we developed coatings for the protection against corrosion and samarium evaporation, which is a huge problem with these magnets at temperatures above 400 °C. We compared coatings on bare magnets and on magnets which already had a Ni coating. We showed that the coating had much better adhesion on the magnets which were already pre-coated with Nickel, because the bare magnets have a very rough surface which is smoothed out by a Ni pre-coating. The coating is much more homogeneous and has no holes. From the coatings that we used we saw that we get the best high temperature protection when coated with CrN. This resulted in the lowest mass increase compared to the bare one. This was also confirmed by the magnetic measurements, where the magnetic properties deteriorated the least with the CrN coating. Even better results were obtained when the magnet was pre-coated with Ni.

Such magnets can be used in high temperature applications above 400 °C. The marking of such magnets is a very specific and small, but it provides a product with added value. This is very important for the company Magneti d.d., which wants to produce magnets with a high added value.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V okviru projekta »Zaščiteni trajni magneti za aplikacije pri visokih temperaturah« smo raziskovali temperaturno odvisnost Sm₂Co₁₇ magnetov in možnost povečanja njihove temperaturne obstojnosti. Magnete Sm₂Co₁₇ katere proizvedejo v tovarni Magneti d.d. smo najprej okarakterizirali, da bodo služile kot referenčne vrednosti za vse nadaljnje raziskave na modificiranih Sm-Co magnetih. Prav tako smo primerjali karakteristike magnetov z in brez nikljeve zaščitne prevleke, katero prevleko izvaja podjetje Glinek po naročilo podjetja Magneti. Vsi magneti imajo sestavo 25,5 % Sm, 17,8% Fe, 5,3% Cu, 2,8% Zr in 48,6 % Co. Iz teh sestav so bile narejene zlitine katere so bile zdrobljene na nekaj mm in nato mlete do povprečne velikosti delcev 4,15 mikronov. Prah je bil nato stisnjen s sili 4-5 ton, da doseže gostoto vrednost 5 g/cm³. Stisnjeni magneti so bili nato sintrani, da dosežejo želene magnetne lastnosti. Nato so se magneti še prevlekli s 4 mikronske plastjo bakra in 10 mikronske plastjo

niklja, kot zaščito pred korozijo in krušenjem samega magneta.

Magnetne lastnosti smo analizirali na magnetometer podjetja Steingroever, ki je hiter in enostaven za uporabo in je primeren za hitre analize. Magnete smo najprej namagnetili s 6 Tesli, da je bil magnetni moment nasičen. Nato smo izmerili demagnetizacijsko krivuljo pri sobni temperaturi, 50 °C, 100 °C in 180 °C, da smo dobili občutek kako magnet reagira na povišano temperaturo. Uporabljeni permeameter ne doseže dovolj velikega magnetnega polja, da bi lahko razmagnetil naše magnete. Šele pri temperaturi 180 °C se magnet razmagnetil toliko, da lahko določimo koercitivno magnetno poljsko jakost. Za nezaščitene magnete remanenčna magnetizacija (Br) pade iz 1,056 T pri sobni temperaturi na 0,987 T pri 180 °C. Šele pri 180 °C uspemo razmagnetiti magnet z zunanjim magnetnim poljem 1380 kA/m. Pri zaščitениh magnetih remanenčna magnetizacija pade iz 1,176 T na 1.102 T. V obeh primerih je padec remanenčna magnetizacija $\approx 6,5$ %. Vrednost koercitivne magnetne poljske jakosti (HcJ) je 1340 kA/m. Opazili smo tudi, da se magnetne lastnosti magnetov iste šarže med seboj razlikujejo tudi za 5 %. Te razlike se pojavijo zaradi različnih temperaturnih gradientov v peči med sintranjem. To otežuje primerjavo magnetov med seboj.

Sledila je mikrostrukturalna karakterizacija vzorcev zlitin Sm-Co. Za preiskave smo uporabili vzorce pripravljene po klasičnem metalografskem postopku. Vzorci v jedkanem in nejedkanem stanju so bili pregledani s pomočjo svetlobne in vrstične elektronske mikroskopije. Opravljene so bile tudi meritve velikosti zrn matrice ter izmerjene debeline nanosene zaščitne plasti niklja. Ugotovljena velikost zrna je bila v primeru nezaščenega magneta 348,4 μm^2 (ASTM 5,49 G) in v primeru zaščenega 472,5 μm^2 (ASTM 5,93 G).

Preiskave z vrstično elektronsko mikroskopijo vzorca brez in z zaščitno plastjo niklja so pokazale tudi prisotnost poškodb zaščitne plasti niklja in dekohezijska področja pod zaščitno plastjo niklja. Sicer sta oba vzorca zlitine Co-Sm po preiskavah z EDS (SEM) pokazala visoko stopnjo homogenosti mikrostrukture na posameznih mestih predvsem po mejah kristalnih zrn osnove prisotnost še dveh faz. Debelina zaščitne plasti niklja je znašala 20 μm . Ugotovljena je bila prisotnost Ni in Cu v plasti. Ugotovili smo tudi, da je površina nezaščenega magneta preveč hrapava, da bi imela prevleka ustrezno zaščitno funkcijo. Površina nikljanega magneta je bolj zaobljena in pogojno primerna za nanos.

V nadaljevanju smo v napravi Balzers Sputron nanosili TiN prevleko, z vmesno plastjo Ti, na celoten vzorec z nikljevo vmesno plastjo, da bi lahko preučevali vpliv korozije in izhlapevanja med temperaturno obremenitvijo. Težavo z montiranjem relativno majhnih vzorcev smo rešili s predhodnim namagnetjenjem, tako da smo jih lahko pritrdili na kovinske nosilce brez vijačenja ali kakšne podobne mehanske pritrditve. Dvostransko nanašanje smo zagotovili z dvema zaporednimi nanosi v dveh nasprotnih orientacijah vzorca. S tem se je sicer po plašču prevleka nanosla dvakrat, kar pa zaradi geometrije (tanjša prevleka) ne predstavlja problema. Debelina prevleke je okoli 2 μm .

Vzorce pripravljene z dvostranskim nanašanjem smo opazovali na optičnem mikroskopu. Metalografski vzorci (po preseku) so bili pripravljene, tako da lahko opazujemo zunanjo površino, notranjo površino ter zgornji in spodnji zunanji površini. Svetlobni mikroposnetki so priloženi.

Iz slik (1-5) je razvidno da je notranja površina Ni/TiN magneta bolj groba od zunanje. Na zunanji strani magneta svetlobni mikroposnetki kažejo gladko površino, ki je na vrhu prekrita s TiN, ki je viden le pri največji povečavi. Ta plast je prisotna na površini in se ne lušči, kot v primeru magneta prevlečenega samo s plastjo TiN. Na podlagi teh rezultatov lahko sklepamo, da dodaten nanos vmesnih slojev (nikelj) preprečuje luščenje TiN prevleke. Opazili smo na Sm-Co magnetu prekrita s prevleko Cu, Ni in TiN, svetlejša področja kjer del površine ni prekrit s plastjo TiN (slika 3). Stanje po temperaturni obremenitvi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni, prikazujejo elektronski mikroposnetki (povratno sipani elektroni) iz površine magneta. Na posnetkih so opazna temnejša in svetlejša področja (slika 4 in 5). Iz mikroanalize na sliki 6 in tabele 1 je razvidno, da temno področje predstavlja območje prevlečeno s TiN prevleko (pretežno titan) svetlo področje pa območje brez TiN prevleke (pretežno nikelj). Iz slik je razvidno da robovi nudijo še zadostno zaščito medtem ko notranja površina kaže že luščenje prevleke.

Da bi simulirali korozijo in izparevanje Sm v realnem okolju smo TiN prevlečene in neprevlečene magnete izpostavili povišani temperaturi in zraku. Magnete smo na zraku segrevali v cevni peči na 400 °C in držali temperaturo 200h. Po poteku prvih 100h smo magnete vzeli iz peči, izmerili magnetne lastnosti in dali nazaj v peč za drugih 100h. Razlika med prevlečenim in neprevlečenim magnetom se je videla že pri prvih 100h toplotne obdelave.

Medtem ko se je pri prevlečenem magnetu površina le malo potemnila, je površina neprevlečenega magneta »pooglenela«. Pri nadaljnjih 100h se je pri neprevlečenem magnetu opazilo že pokanje nikljeve plasti, medtem ko je površina TiN prevlečenega magneta ostala nespremenjena. Mehanske lastnosti neprevlečenega magneta se je tako poslabšala, da se je magnet med merjenjem magnetnih lastnosti pod silo zunanega polja zdobil. Obema vzorcema se magnetne lastnosti poslabšajo po temperaturni obremenitvi, vendar pri prevlečenem magnetu koercitivnost počasneje pade kot pri neprevlečenem. Pri temperaturni obremenitvi (400 °C/200h) je padec koercitivnosti prevlečenega magneta 50 % nižji kot pri neprevlečenem magnetu. Pri neprevlečenem magnetu se koercitivnost zniža za 45 kA/m medtem ko se koercitivnost prevlečenega zniža za 21 kA/m. Magnetne meritve so priložene.

V nadaljevanju smo hoteli bolj intenzivno testirati vpliva visokih temperatur na stabilnost magnetov, prekritih s prevleko TiN. Zanimalo nas je v kolikšni meri pride do difuzije samarija iz notranjosti preko prevleke do površine ter na koncu do oksidacije ali pa odparevanja v atmosfero. To smo izvedli tako, da smo periodično merili mase vzorcev. V kolikor je prišlo do oksidacije/odparevanja samarija, se masa vzorca zmanjša/poveča in to spremembo lahko z natančno mikrotehniko izmerimo.

Zaradi težav pri merjenju magnetnih lastnosti nad 180 °C smo začeli uporabljati magnetne manjših dimenzij (2x2x6mm), kateri niso bili premočni za magnetometer s tresočim vzorcem. Zaradi enostavnejših dimenzij bo nanos TiN tudi bolj enakomeren. Magnetne smo najprej namagnetili s 6 Tesli, da je bil magnetni moment nasičen. Nato smo izmerili demagnetizacijsko krivuljo pri temperaturah 20 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C in 500 °C (slika 7). Iz grafa je razvidno, da naš magnetometer lahko razmagnetni vzorec šele pri 200 °C. Za nižje temperature bi potrebovali višja polja. Lepo je viden padec magnetizacije in koercitivnosti z višanje temperature, do 500 °C, kjer magnet skoraj ni več magneten in se približujemo Curie-jevi temperaturi $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$. Magnetizacija pade iz 98,2 emu/g pri 20 °C na 62,4 emu/g pri 500 °C, padec koercitivnosti pa je veliko hitrejši, kar je pričakovano (slika 8). Slike so v priponki.

Dodatno smo izvedli poskuse na dveh dodatnih prevlekah in jih primerjali s TiN (slike 9-11). Magnetke smo razdelili na štiri enake skupine. Ena je bila kot kontrolna skupina, na ostale tri pa smo nanosili tri različne PVD-prevleke: TiN, CrN in TiAlN. V vsaki od skupin je bilo pol magnetkov golih, pol pa nikljanih. Tako smo dobili kombinacije SmCo, SmCo/Ni, SmCo/TiN, SmCo/Ni/TiN in enake pare še za prevleki CrN in TiAlN. Prevleke smo nanosili v eksperimentalni napravi za nanašanje Balzers Sputron. Zaradi majhnih dimenzij jih nismo mogli vpeti z običajnimi vpenjalci, temveč smo jih pritrdili na magnetne. Da bi zagotovili nanos prevleke po celotni površini, smo vsako prevleko nanosili dvakrat, vmes pa magnetke obrnili.

Po nanosu smo magnetke stehali, nato pa jih razdelili v štiri drugačne skupine, in sicer smo jih pregrevali pri treh različnih temperaturah: 305 °C, 450 °C in 550 °C. Četrta skupina je bila referenčna, brez pregrevanja. Pregrevanje smo izvajali v cevni peči pri atmosferskih pogojih. Skupaj je pregrevanje trajalo dve uri, vmes pa smo vzorce štirikrat vzeli peči, jih stehali in dali nazaj v peč. Na ta način smo dobili dinamiko prirastka mase, ki je posledica napredujoče oksidacije. Značilne vrednosti so nekaj μg (za 350 °C) do nekaj sto μg (za 550 °C). Rezultati so na slikah 12 in 13.

Ob predpostavki parabolne, difuzijske pogojene oksidacije velja Arrheniusova enačba, iz katere lahko izračunamo parametre oksidacije (aktivacijsko energijo in konstanto). Iz teh vrednosti lahko ovrednotimo, do kolikšne mere deluje katera od plasti kot difuzijska bariera (slika 14).

Prišli smo do naslednjih ugotovitev. Pri golih magnetkih (brez nikljeve spodnje plasti) vse tri PVD- prevleke znatno izboljšajo obstojnost proti oksidaciji, pri čemer je najboljša CrN, sledi TiAlN, najmanjši prispevek pa daje TiN. Pri nikljanih magnetkih pa ima nanos TiN-prevleke proti pričakovanjem negativen rezultat, torej poslabša obstojnost proti oksidaciji. Prevleka TiAlN bistvenega efekta nima, CrN-prevleka pa oksidacijsko obstojnost malenkostno popravi.

Te ugotovitve smo potrdili tudi z magnetnimi meritvami, katere smo izvajali na SQUID-u, ki je bolj natančen od VSM-a (slika 15). Začetni material, torej $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ brez zaščite in brez toplotne obdelave ima koercitivnost nad 2000 Oe in magnetizacijo okoli 103 emu/g. Sama toplotna obdelava zniža koercitivnost na 13000 Oe in magnetizacijo dvigne na 106 emu/g. Če pogledamo kako vplivajo prevleke na magnetne lastnosti vidimo, da je pri vseh treh koercitivnost ustaljena pri približno 15000 Oe, razlika pa se pokaže pri magnetizaciji ali remanenci. Tukaj je največja remanenca pri vzorcu prekrita z Ni/CrN in najnižje pri vzorcu prekrita z Ni/TiN. Povečanje magnetizacije in znižanje koercitivnosti gre na račun rasti zrn, vendar je razlika med vzorci, glede povečanja remanence, zaradi oksidacije in evaporacije Sm,

kar remanenco zniža. Tako je najboljša zaščita pred korozijo, med uporabljenimi prevlekami, Ni/CrN prevleka.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Projekt je potekel v skladu z načrti, ki so bili podani. Vsi sklopi so končani in vsi partnerji so opravili svoje naloge.

0. Sklop – Koordiniranje projekta

Komunikacija med partnerji je bila odlična, saj so bili opravljeni redni sestanki in izmenjava informacij preko elektronske pošte in drugih načinov sodobne komunikacije. Vsi sklopi so potekali po načrtu in nastale težave med projektom so bile odpravljene sprotno.

1. sklop – Izbira materialov

Najbolj primeren material za znižanje temperaturne odvisnosti se je pokazal pri izmenjavi 45 % Sm z Gd, kar je bilo v skladu z literaturo in ab-initio kalkulacij. Ti materiali kažejo boljše lastnosti kot samo Sm₂Co₁₇ magneti pri temperaturah od 400-500°C.

2. sklop – Karakterizacija materialov

Karakterizacija materialov je potekala 30 mesecev in je vsebovala analiza mikrostrukture materialov in analiza magnetnih materialov. Primeri mikrostruktur in magnetnih lastnosti so pripeti poročilu, kar je samo majhen del dela opravljenega na tem področju. Pravilna mikrostruktura in magnetne lastnosti so bili ključnega pomena tudi pri sami izbiri pravilnega materiala v sklopu 1. Nanos prevleke smo okarakterizirali na optičnem in elektronskem mikroskopu, prav tako smo preverjali vpliv toplotne obdelave na magnetne lastnosti.

3. sklop – Sinteza magnetov

Nova oprema za izdelavo specialnih Sm-Co magnetnih prahov deluje z 100% zmogljivostjo in rezultati analiz so potrdile uspešne testne šarže. S tem bo lahko izpolnil povpraševanje magnetov za visoko temperaturne aplikacije. Cilj tega sklopa je izpolnjen.

4. sklop – Karakterizacija magnetov

Merjenje magnetnih lastnosti pri povišani temperaturi je zelo zahtevno. Temperaturna stabilnost smo izboljšali iz ± 3 °C pri 200 °C na ± 4 °C pri 400 °C. Do konca na je uspelo izboljšati temperaturno stabilnost na ± 3 °C pri 400 °C, kar je malo pod cilji, a še vedno dober rezultat, ki bo pomagal tudi v prihodnosti opraviti verodostojne meritve na permeamtru. V prihodnosti bomo poskušali vrednost še izboljšati.

5. sklop – Priprava in oplaščenje magnetov

Testiranje različnih delnih prevlek je pokazala, da najboljše prevleke dobimo, če magnet predhodno prevlečemo z nikljevo plastjo. Od uporabljenih prevlek se je najboljše odrezal CrN, ki tudi sam po sebi izboljšuje korozijsko obstojnost v primerjavi z nikljem. V kombinaciji z njim pa dobimo najboljšo korozijsko zaščito, ki je tudi mehansko in temperaturno stabilna. Cilj tega skopa je tako izpolnjen.

6. sklop – Testiranje magnetov

Pri dodatnih testiranjih prevlek so uporabili metodo spremljanja spremembe mase z periodičnim merjenjem vzorcev pri različnih temperaturah. S tem smo dobili dodatne informacije glede mehanizma oksidacije in kako različna prevleka vpliva na ta mehanizem.

Vsi projektni cilji so bili doseženi tako v časovnem kot v rezultatskem smislu.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Ni prišlo do spremembe programa raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	980650	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza korozijskih lastnosti hitro kaljenih Nd-Fe-B trakcev oblečenih z alumino.
		ANG	Analysis of corrosion properties of melt spun Nd-Fe-B ribbons coated by

		alumina coatings
Opis	SLO	S sol-gel metodo smo oplaščili hitro strjene Nd-Fe-B-trakove za uporabo pri izdelavi plastomagnetov. Za analizo topografije in kemične sestave hitro strjenih in oplaščenih trakov smo uporabili Augerjevo elektronsko spektroskopijo, rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo, spektroskopijo sekundarnih elektronov in elektronsko difrakcijsko spektroskopijo. Za določitev protikorozijske učinkovitosti oplaščenja smo izvedli pospešeni stresni preizkus pri temperaturi 110 °C in 90-odstotni vlažnosti, čemur je sledila analiza masnih izgub. Z vibracijskim magnetometrom smo primerjali magnetne lastnosti prahov pred oplaščenjem in po njem. Oplaščenje z Al [spodaj]{2}O[spodaj]O{3} je izkazalo kot izvrstna protikorozijska zaščitna materiala, ki je odlično zaščitila tudi magnetne lastnosti. Aplikacije plastomagnetov se s tem lahko razširijo tudi na področja, ki zahtevajo zahtevnejše atmosferske razmere, tj. pri višjih temperaturah in visoki vlažnosti.
	ANG	We have coated Nd-Fe-B melt spun powders, used for the production of bonded magnets via the sol-gel route by Al[sub]{2}O[sub]{3}. Topography and chemical composition of as-spun and protected ribbons was compared by Auger electron spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, secondary electron spectroscopy and electron diffraction spectroscopy. To determine the corrosion properties, we have conducted a Highly accelerated stress test, at 110 °C and 90 % humidity, followed by measuring the weight change. To confirm the effectiveness of the coated layer, magnetic properties were compared with a vibrating sample magnetometer. Al[sub]{2}O[sub]{3} coatings resulted in superior corrosion resistance and magnetic properties and thus expanding the applicability of bonded magnets to severe atmospheric conditions.
Objavljeno v		Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2013; Letn. 47, št. 2; str. 223-228; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Sojer David, Škulj Irena, Kobe Spomenka, Kovač Janez, McGuinness Paul J.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	27413799 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Vpliv Ni na magnetokaloričen efekt v mehko-magnetnih amorfnih Nanoperm zlitinah
	ANG	Influence of Ni on the magnetocaloric effect in Nanoperm-typesoft-magnetic amorphous alloys
Opis	SLO	Preučili smo vpliv Ni na magnetokaloričen efekt (MKE) v seriji mehko-magnetnih amorfnih Nanoperm zlitinah Fe ₈₄ -xNi _x Zr ₆ B ₁₀ z x=0, 2, 4 in 6. Kot pričakovano se je Curie-jeva temperatura povišala z količino Ni iz 427 K za x=0 do 482 K za x=6. Maksimalna magnetne entropijska sprememba ($\Delta S_m(\text{peak})$) se je tudi povečala in dosegla vrednost 1,52 J/kgK za x=6, kar je 25% večja vrednost v primerjavi z zlitino brez Ni. Hladilna kapaciteta najprej pade za x=2 in se nato poveča, tako da doseže vrednost 93 J/kg ($\Delta H = 1.4 \text{ T}$) za x=6. Preračunano za spremembo polja za 5 T, dobimo vrednost 407 J/kg, kar je višje od 355 J/kg doseženo z Gd ₅ Ge _{1.9} Si ₂ Fe _{0.1} . Potrdili smo tudi da vse ΔS_m krivulje magnetnega prehoda drugega reda sovpadajo v eno tako imenovano "glavno krivuljo" za različne sestave iste serije zlitin, kar omogoča lažje in hitrejše iskanje primernih kandidatov za magnetni hladilnik.
		We have studied the influence of Ni on the magnetocaloric effect (MCE) in Nanoperm-type amorphous materials by investigating a series of Fe ₈₄ -xNi _x Zr ₆ B ₁₀ alloys with x=0, 2, 4 and 6. As expected, the Curie temperature increased with the amount of Ni from 427 K for x=0 to 482 K

		ANG	for x=6. The maximum magnetic entropy change ($\Delta S_m(\text{peak})$) for an applied field of 1.4 T also increased, reaching a value of 1.52 J/Kkg for x=6, which is an increase of 25% compared to the Ni-free alloy. The refrigerant capacity first decreased for x=2 and then increased, reaching a maximum value of 93 J/kg ($\Delta H = 1.4$ T) for x=6. For a 5 T field change, the value increased to 407 J/kg, which is higher than the 355 J/kg achieved with Gd ₅ Ge _{1.9} Si ₂ Fe _{0.1} . We confirmed the proposed "master curve" behavior for second-order magnetic transition (SOMT) alloys for the temperature dependence of ΔS_m for different alloy compositions of the same series, which makes it easier and faster to find proper candidates for a magnetic refrigerator.
	Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Journal of alloys and compounds; 2013; Vol. 591; str. 29-33; Impact Factor: 2.726; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.916; A': 1; WoS: EI, PM, PZ; Avtorji / Authors: Podmiljšak Benjamin, Kim J. H., McGuinness Paul J., Kobe Spomenka
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	1424479	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izdelava Ni-Mn-Ga porozne strukture
		ANG	Production of Ni-Mn-Ga foam
	Opis	SLO	V delu je opisan postopek izdelave zlitine na osnovi Ni-Mn-Ga, ki sodi med sodobne magnetne materiale. Izdelava zlitine je potekala z ulivanjem taline Ni-Mn-Ga preko porozne forme iz natrijevega aluminata. Tega smo potem odjedkali s pomočjo mešanice kislin in dobili porozen magneten material, ki izkazuje t.i. pojav magnetnega oblikovnega spomina.
		ANG	In this work we describe the procedure to produce alloy based on Ni-Mn-Ga which is considered to be modern magnetic material. Alloy has been synthesized by pouring the molten Ni-Mn-Ga alloy over a porous mould made of sodium aluminate. This has then been etched away using a mixture of different acids and got porous magnetic material that exhibits so-called giant magnetic shape memory effect.
	Objavljeno v		Naravoslovnotehniška fakulteta; Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje; RMZ - Materials and geoenvironment; 2013; Vol. 60, no. 3; str. 191-196; Avtorji / Authors: Naglič Iztok, Žužek Rožman Kristina, McGuinness Paul J., Kelhar Luka, Kobe Spomenka, Markoli Boštjan
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	1083230	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Magnetne zlitine na osnovi niklja z oblikovnim spominom.
		ANG	Magnetic shape memory effect in Ni-based alloys
			Na 45. Mednarodni konferenci rudarstva in metalurgije v Srbiji smo predstavili naše delo magnetnih zlitin na osnovi niklja z oblikovnim spominom. Magnetne zlitine z oblikovnim spominom veljajo za aktivne materiale, ki omogočajo hitro in velike deformacije ob uporabi magnetnega polja. To je zaradi gibanja dvojčičnih mej pod vplivom notranje napetosti, zaradi energije magnetne anizotropije, in ni reverzibilen po odstranitvi zunanega magnetnega polja. Magnetoplastičnost so temeljito raziskali, za izven stehiometrične MnGa Heusler zlitine (npr.), ki so kot monokristali kazali veliko magnetoplastično napetost (do 10%, če so optimalno usmerjeni v magnetnem polju), zaradi deformacij, ki nastanejo pri

Opis	SLO	dvojčičenju in velike magnetne anizotropijske konstantne. Ker rast NiMnGa monokristalov počasna in povzroča hudo segregacijo, ki vplivajo na lokalno sestavo, kristalno strukturo in magnetoplastično napetost smo NiMnGa sintetizirali z obločnim taljenjem. S tem in toplotno obdelavo smo ublažiti problem segregacije. Naknadna infiltracija tekoče taline v peno natrijevega aluminate je privedlo do polikristalnih magnetnih zlitin z oblikovnim spominom, z enojno in bimodalno odprto poroznostjo, ki lahko vzdržijo magnetoplastične napetosti (proizvedena izključno z magnetnimi silami pri stalni temperaturi in brez mehanskega stresa) zanemarljivo majhna v primerjavi z vrednostmi dobljenih pri monokristalih.
	ANG	On the 45th International October Conference on Mining and Metallurgy we presented our work on Magnetic shape memory effect in Ni-based alloys. Magnetic shape memory alloys are considered to be active materials enabling rapid, large strain actuation upon application of a magnetic field. This is due to twin boundaries movement under the influence of an internal stress produced by magnetic anisotropy energy, and is not recovered upon removal of the field. Magnetoplasticity has been extensively studied for off stoichiometric MnGa Heusler alloys (e.g.), which as single crystals exhibit large magneto-plastic strains (up to 10% when optimally oriented to the magnetic field) due to deformation by twinning and a large magnetic anisotropy constant. Since the growth of NiMnGa single crystals is slow and leads to severe segregation, affecting local composition, crystal structure, and magneto-plastic strain we have adopted a way of synthesis of the NiMnGa via arc-melting. This, followed by subsequent annealing of alloys, mitigated the problem of segregation. Subsequent liquid melt infiltration into a sodium aluminate based foam resulted in a polycrystalline magnetic shape-memory alloys with single and bimodal open porosity that can exhibit magneto-plastic strains (produced solely by magnetic forces at constant temperature and without mechanical bias stress) negligibly small as compared to single crystal values.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	University of Belgrade, Technical Faculty; Proceedings; 2013; str. 616-619; Avtorji / Authors: Markoli Boštjan, Naglič Iztok, Žužek Rožman Kristina, McGuinness Paul J., Kobe Spomenka
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Skupina iz IJS ima na področju magnetov SmCo, NdFeB in SmFeN bogate izkušnje in je eden od vodilnih raziskovalnih inštitutov trajnih magneto na svetu. To je dokazala tudi z pridobitvijo štirih evropskih projektov na tematiko trajnih magneto v zadnjih treh letih. Prav tako je družba Magneti d.d pa že 20 let drži vlogo uspešnega majhnega/srednjega proizvajalca magnetov na Evropskem tržišču. Omenjena partnerja sta uspešno z Univerzo v Ljubljani prenesla izkušnje in strokovno znanje, potrebno za razvoj in plasiranje novega produkta na relativno majhnem (gledano globalno) vendar visoko dobičkonosnem tržišču v ta projekt. V projektu so bila pridobljena strokovna znanja, ki so vodila do novih znanstvenih ugotovitev in postopkov. Uspešno smo izdelali magnetni material z visokimi učinki pri temperaturah 400-500° C, ki presegajo dosedanje temperaturno mejo 350°C za aplikacije v elektronskih napravah za ojačitev radiofrekvenčnih signalov, v merilnikih pospeškov, giroskopih ter v letalski industriji v

mikromotorjih in mikrogeneratorjih, ter izdelali novo zaščitno prevleko, ki bo preprečevala oksidacijo in odparevanje redke zemlje pri temperaturah 400-500°C, kar za zdaj predstavlja največjo oviro pri implementaciji ultra visokotemperaturnih magnetnih materialov. V pisanju so štirje znanstveni članki, ki bodo objavili v prestižnih znanstvenih in tehnoloških revijah. V pripravi je patent kar bo v korist vsem udeleženi članom raziskovalne skupine. Uspešno apliciranjenovega produkta in tehnologije bo prispevalo k večji prepoznavnosti ter posledičn ofinanciranju slovenskih znanstvenikov, sodelujočih na vseh nivojih tematike. Znanstvena ekipa bo odprta tudi za potencialno podeljevanje licenc v okviru patentiranih tehnologij tako v Sloveniji, Evropi kot tudi po celem svetu.

ANG

The group at the JSI has made many important contributions with SmCo, NdFeB and SmFeN magnets and is one of the lead research departments in the field of permanent magnets in the world. This it has proven by getting four European projects in the thematic of permanent magnets in the last three years. In addition, Magneti has for more than 20 years been one of Europe's most successful small/medium magnet producers. These two partners have together with the University of Ljubljana used all their knowledge and experience to push forward a new type of product that will open up a new, relatively small (in the global sense) but highly profitable market for the company. The project achieved some important scientific breakthroughs for the research team as a whole. We have successfully development of a permanent-magnet material that can operate at 400-500 °C, as compared to a current limit of 350°C, for applications such as TWTs, accelerometers, aeronautic gyroscopes and aircraft-engine micro-motors and micro-generators. We also development of a new, thin coating to prevent oxidation and rare-earth evaporation at 400-500°C, which represents a major obstacle to the successful implementation of ultra-high-temperature permanent magnets. There are four papers being written at the moment, which will be published in prestigious scientific and technology journals. There is also a patent in preparation that will benefit all of the members of the research team. The results will lead to successful application for future scientific funds for related projects that will benefit Slovenian scientists working in this field at all levels. The research team will also be open to the potential of licensing technological developments patented in the course of the project to companies in Slovenia, Europe and throughout the world.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovan magnetni material bi lahko neposredno izkoristili v letalski industriji v naslednjih 2-7 letih ter v vozilih na električni pogon v naslednjih 5-15 letih. Če bi nam uspelo doseči 25-50% celotnega tržišča na področju magnetnih materialov za ultra visokotemperaturne aplikacije med 400-500 C , bi to vsekakor pozitivno vplivalo na: porast prodaje družbe Magneti d.d. za 15-30 % v naslednjih 5-tih letih, pomemben prispevek k slovenskemu gospodarstvu kot rezultat ekonomskega uspeha projekta in tržni delež v velikosti do 50% na področju evropskih proizvajalcev v primerjavi s svetovnimi proizvajalci v naslednjih 10-tih letih kot rezultat prodaje družbe Magneti d.d. in partnerskih podjetij iz Slovenije in Evrope. Pričakujemo, da bodo družba na novo odprla od 20-50 delovnih mest v naslednjih 5-tih letih. Predviden obseg proizvodnje teh materialov bi po naših ocenah prinesel korist najmanj 7 slovenskim podjetjem, v katerih bi lahko ustvarili dodatnih 15 delovnih mest, predvsem na področju elektronskih komponent, procesnega inženirstva in distribucije.

Tehnologijo, katero smo razvili je visoko zahtevna in specializirana ter v primerjavi s konvencionalnimi metodami tudi bolj napredna predvsem iz stališča večje in boljše kontrole proizvodnje v inertni atmosferi ter ozkih procesnih tolerancah. S to tehnologijo smo ustvarili visokokvalificirana delovna mesta, ki bodo boljše plačana. Pomembno je ohraniti tehnološko prednost, saj nam le-ta zagotavlja ohranitev delovnih mest in prednost pred visoko produktivno in poceni industrijo trajnih magneto z daljnega vzhoda. Zgoraj omenjeno dejstvo predstavlja velik izziv mnogim evropskim proizvajalcem magnetnih materialov, še posebno malim in srednjim podjetjem, kot je npr. družba Magneti d.d.

Izdelani magneti so tudi ekološko bolj prijazni do Slovenije kot tudi sveta s tem, da bodo lahko delno nadomestili "umazane" tehnologijo izdelave feritov ali magnetov AlNiCo, ter da se bodo magneti uporabili za čistejše in bolj učinkovite tehnologije, kar se nanaša predvsem na njihovo uporabo v transportnih tehnologijah.

ANG

The researched magnetic material will be directly applicable in aerospace applications within the next 2-7 years, and in electric vehicles over the next 5-15 years. Success in achieving 25-50% of the ultra-high-temperature market for magnets operating at 400-500°C will have the following direct economic effects: a growth in sales for Magneti of 15-30% in the next 5 years ; a significant contribution to the Slovenian national economy, related to the economic success of the project; a market share of up to 50% for EU producers, in relation to the other world producers, over the next 10 years as a result of sales from Magneti and company partnerships with other Slovenian and EU producers. The expected economic success will also be reflected in increased employment at Magneti: an estimated 20-50 more people will be employed over the next 5 years. Additionally 7 Slovenian companies will indirectly benefit the increased production of Magneti, with approximately 15 additional jobs being created through related activities in electronic components, process engineering, distribution and supply.

The technology which was developed is at a much higher level than many of the conventional magnet production methods because of the need to work in carefully controlled inert atmospheres and with very tight tolerances being applied to many of the processing steps. This created higher-skilled, and higher-paid jobs through the production of higher-value devices. It is important to maintain a technological edge to prevent job losses through competitive permanent-magnet production in relatively low-wage economies, like China. This is a real risk for many European magnet manufacturers, especially small/medium companies like Magneti. The produced magnets will be also ecologically friendlier, because it will partially replace the "dirty" processes of producing ferrites and AlNiCos and these magnets will also enable cleaner, more-energy-efficient technologies. This applies most particularly to the applications in transport.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼

	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼

F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Delno
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih

	Uporaba rezultatov	Delno
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☒	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☒	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☒	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☒	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☒	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☒	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☒	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☒	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☒	☐	

G.03.04.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj						
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja		☐	☐	☒	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja		☐	☐	☒	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave		☐	☒	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti		☒	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe		☒	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete						
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj						
G.07	Razvoj družbene infrastrukture						
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura		☒	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura		☒	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura		☒	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva						
G.09.	Drugo:						

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	MAGNETI, Ljubljana, Podjetje za proizvodnjo magnetnih materialov, d.d.,	
	Naslov	Stegne 37, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	92.345	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.	D. Sojer, I. Škulj, S. Kobe, J. Kovač, P. J. McGuiness, Protection of Nd ₂ Fe ₁₄ B-based melt-spun ribbons using nanoscale sol-gel derived films, Surface and Coatings Technology, 232, pp. 123 (2013).	A.01
	2.	Tehnološka posodobitev izdelovanja magnetov z montažo novega jet mlina v tovarni Magneti d.d.	F.14
	3.	Nova znanstvena spoznanja pri izdelavi nove zaščite Sm ₂ Co ₁₇ magnetov, pred korozijo in izparevanjem Sm.	F.02

	4.		
	5.		
Komentar	V letu 2013 smo izdelali zaščitno za NdFeB trajne magnete za preprečitev korozije med proizvodnjo. S sol-gel metodo smo oplaščili hitro strjene Nd-Fe-B-trakove za uporabo pri izdelavi plastomagnetov. Za analizo topografije in kemične sestave hitro strjenih in oplaščenih trakov smo uporabili Augerjevo elektronsko spektroskopijo, rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo, spektroskopijo sekundarnih elektronov in elektronsko difrakcijsko spektroskopijo. Za določitev protikorozijske učinkovitosti oplaščenja smo izvedli pospešeni stresni preizkus pri temperaturi 110 °C in 90-odstotni vlažnosti, čemur je sledila analiza masnih izgub. Z vibracijskim magnetometrom smo primerjali magnetne lastnosti prahov pred oplaščenjem in po njem. Oplaščenje z Al₂O₃ je izkazalo kot izvrstna protikorozijska zaščita materiala, ki je odlično zaščitila tudi magnetne lastnosti. Aplikacije plastomagnetov se s tem lahko razširijo tudi na področja, ki zahtevajo zahtevnejše atmosferske razmere, tj. pri višjih temperaturah in visoki vlažnosti. Pravtako se je posodobila oprema za izdelovanje NdFeB magnetov z montažo novega jet mlina, kar bo pripomoglo izdelavi bolj kakovostnih in kvalitetno enakovrednih magnetov. Preizkušali smo vpliv TiN zaščite na korozijo in izparevanja Sm v Sm-Co zlitinah, ki jih proizvedejo v tovarni Magneti d.d.. Najboljše rezultate dobimo na podlagah s predhodno naneseno vmesno plastjo niklja. Le-ta zaobli površino in s tem prekrije neželjeno poroznost, ki sicer zelo slabo vpliva na kontinuirnost prevleke TiN. Poleg tega na nikljevih vzorcih ni bilo nobenih težav glede luščenja prevleke, kar smo opazili na poliranih vzorcih brez nikljeve vmesne plasti. Da bi simulirali korozijo in izparevanje Sm v realnem okolju smo TiN prevlečene in neprevlečene magnete izpostavili povišani temperaturi in zraku. Magnete smo na zraku segrevali v cevni peči na 400 °C in držali temperaturo 200h. Po poteku prvih 100h smo magnete vzeli iz peči, izmerili magnetne lastnosti in dali nazaj v peč za drugih 100h. Razlika med prevlečenim in neprevlečenim magnetom se je videla že pri prvih 100h toplotne obdelave. Medtem ko se je pri prevlečenem magnetu površina le malo potemnila, je površina neprevlečenega magneta »pooglenela«. Pri nadaljnjih 100h se je pri neprevlečenem magnetu opazilo že pokanje nikljeve plasti, medtem ko je površina TiN prevlečenega magneta ostala nespremenjena. Mehanske lastnosti neprevlečenega magneta se je tako poslabšala, da se je magnet med merjenjem magnetnih lastnosti pod silo zunanjega polja zdrobil. Na optičnem mikroskopu se je tudi opazilo, da TiN zaščita ne pokriva več celotnega magneta in se je na nekaterih mestih odluščila.		
Ocena	Razvoj Sm-Co magnetov magnetno in korozijsko odpornih na visoke temperature je bil uspešno končan. Razvita je bila ustrezna protikorozijska zaščita. S ponudbo tovrstnih magnetov na trgu bomo povečali konkurenčnost podjetja in s tem povečali njegovo rast.		

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Začetek novega projekta H2020 REPROMAG

V letu 2014 smo dobili projekt REProMag, ki ga je Evropska unija financirala, v okviru H2020, z vsoto 5.726.000 €. V tem projektu smo partnerji in prvo srečanje je bilo organizirali 8.1.2015 v Bruslju. REProMag bo raziskal in razvil nove metode recikliranja magnetov z SDS metodo, ki bo omogočala 100% izkoristek recikliranega materiala. Pri tem se bo uporabila metoda 3D tiskanja

kompleksnih oblik in večplastnih delov, ki bi bili 30% bolj učinkoviti in z njimi lahko izdelali magnete z dodatnimi geometrijskimi elementi, kot so navoji, hladilni kanali in strukturne optimizacije. REProMag projekt vključuje vodilne raziskovalne skupine iz Slovenije, Nemčije, Avstrije, Francije in Velike Britanije, skupaj z MSP iz Avstrije in Nemčije, ter Siemensom in Sennheiserjem, največjim proizvajalcem mikrofonov na svetu.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Paul John Mc Guinness

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

16.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/215

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni

enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

F1-F6-F8-44-6D-78-89-CB-A4-1D-3C-51-52-11-30-EF-AB-45-A0-66

Priloga 1

Poročilo Sm-Co

UL-NTF

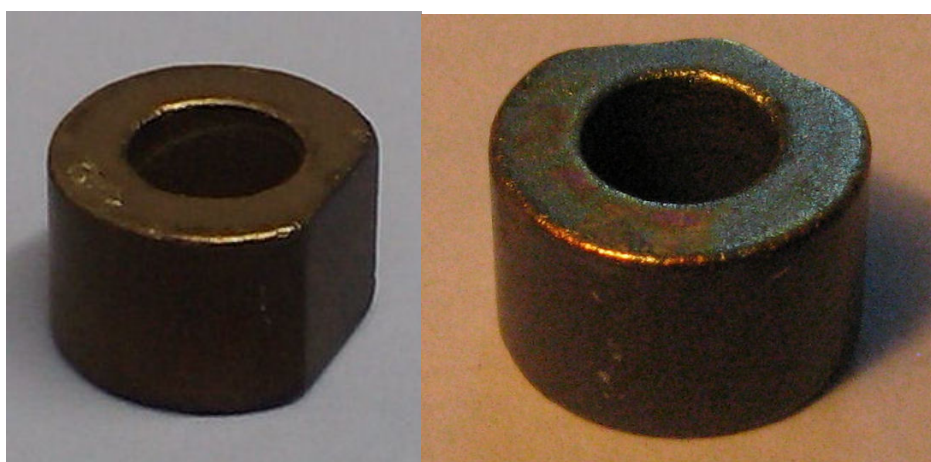
IJS-K7

IJS-F3

Magneti d.d.

2011 - 2015

Na sliki 1 sta prikazani fotografiji magneta Co-Sm prekritega s prevlekami Cu, Ni in TiN. Na sliki 1a je magnet pred toplotno obdelavo na sliki 1b pa po toplotno obdelavi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni.

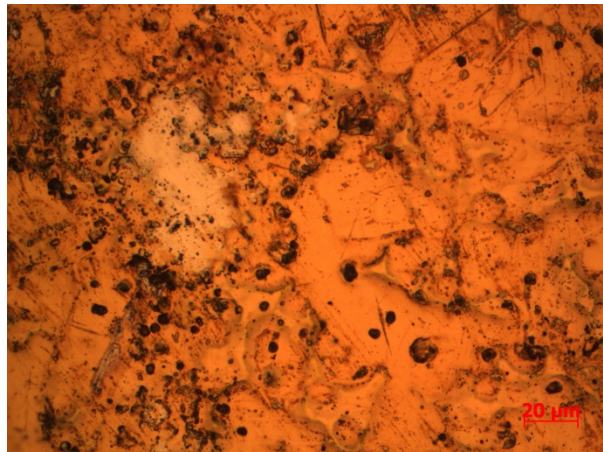
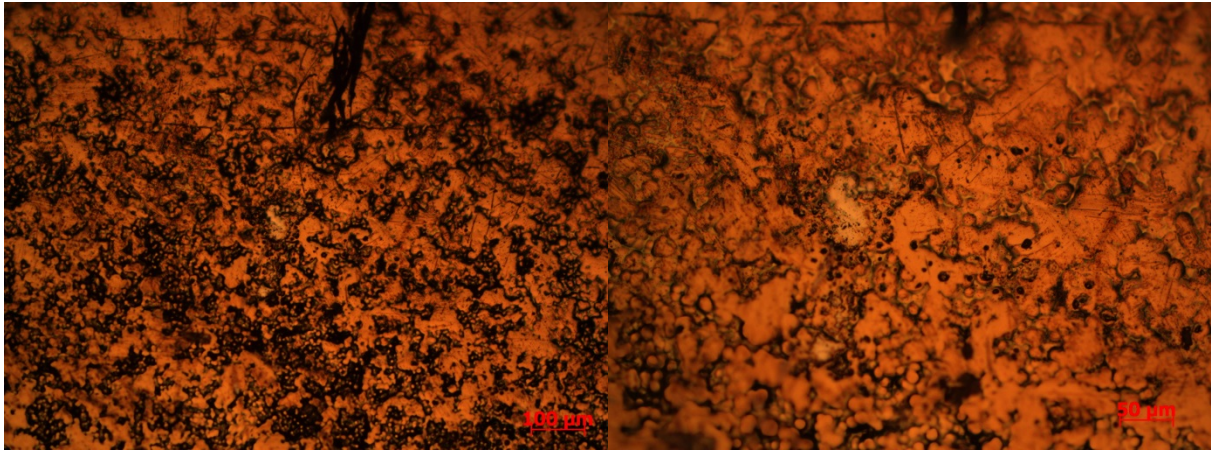


a)

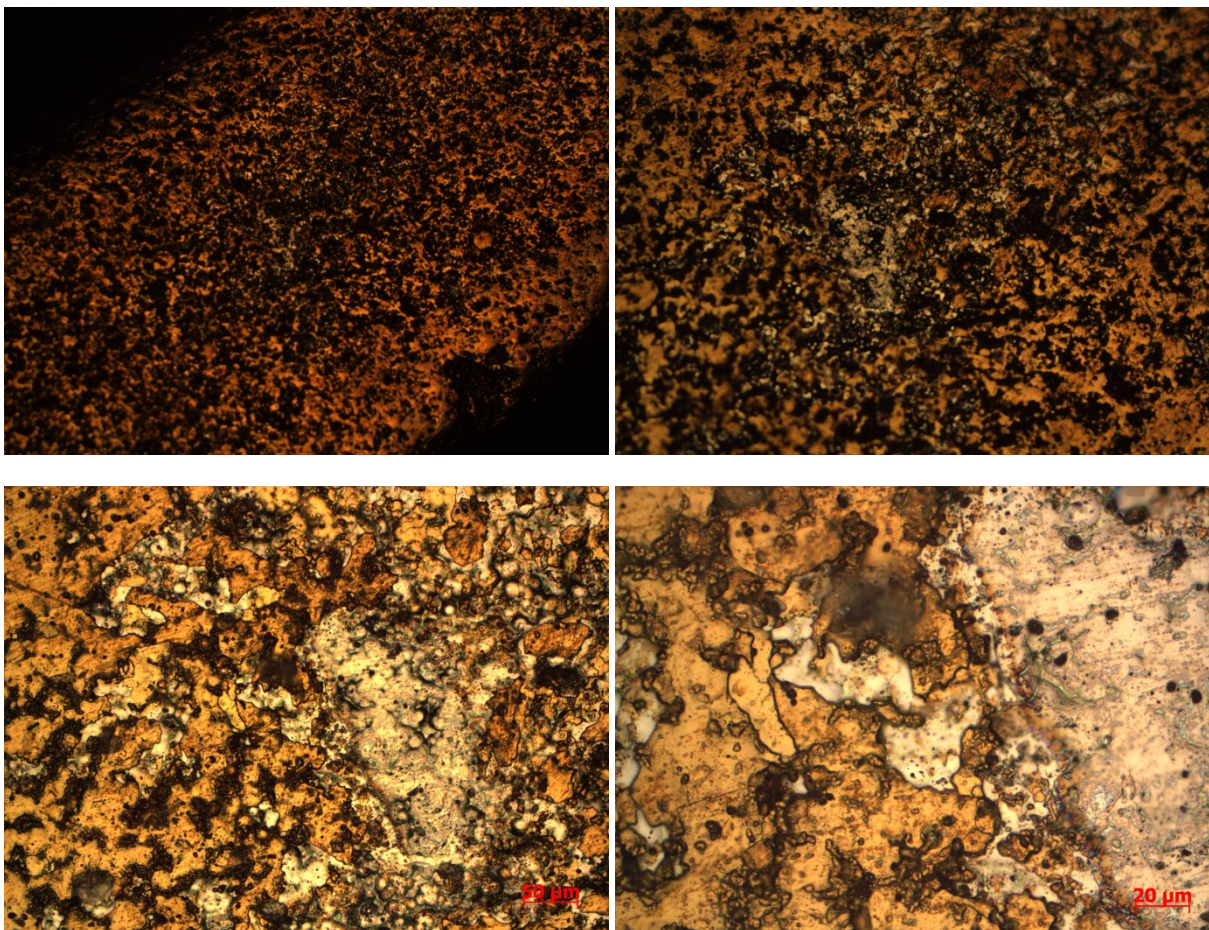
b)

Slika 1: Fotografija magneta Co-Sm prekritega s prevleko Cu, Ni in TiN a) pred in b) po toplotno obdelavi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni.

Na sliki 2 in 3 je prikazana površina magneta Co-Sm pred toplotno obdelavo (svetlobni mikroskop). Na sliki 3 je opazno svetlejše področje kjer del površine ni prekrit s plastjo TiN.

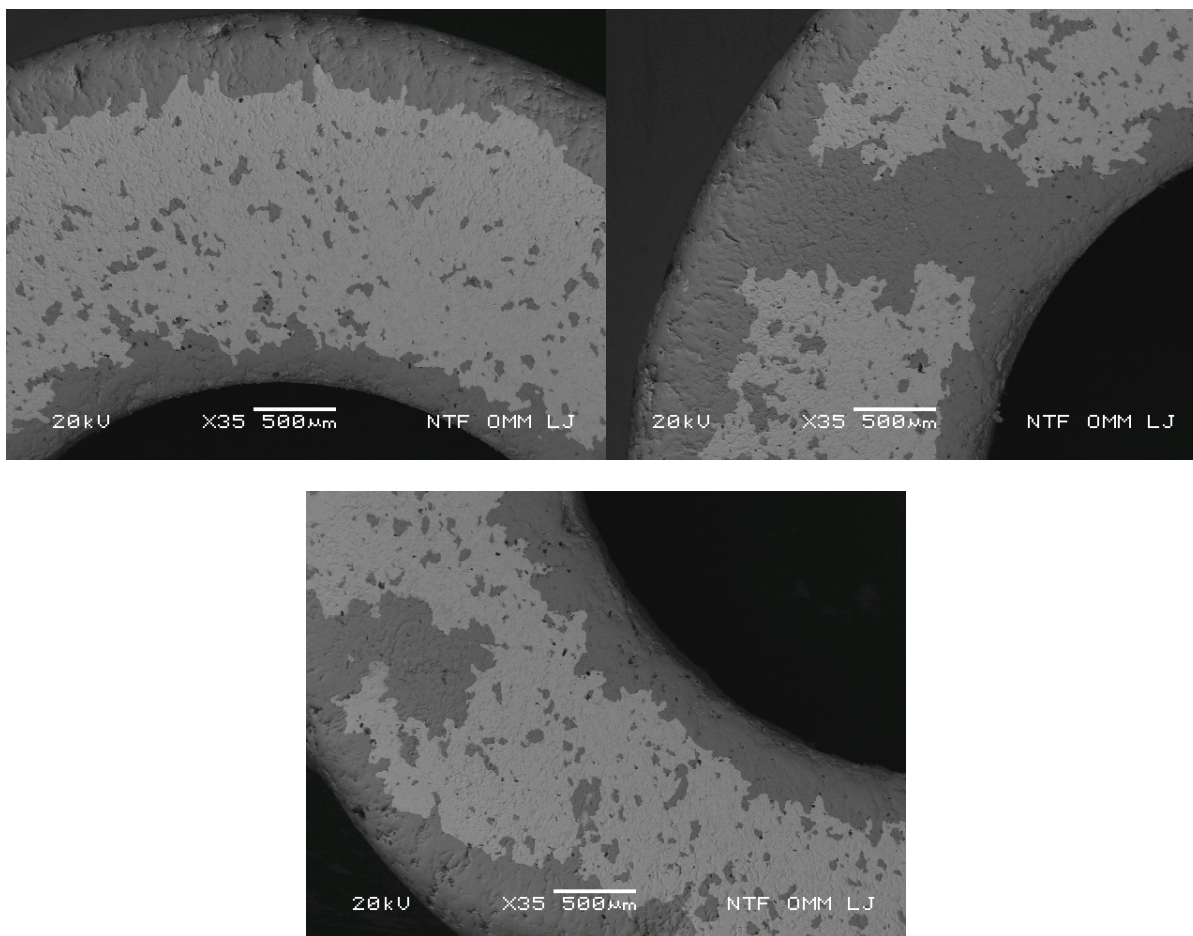


Slika 2: Mikrostruktura (svetlobni mikroskop) magneta Co-Sm prekrita s prevleko Cu, Ni in TiN

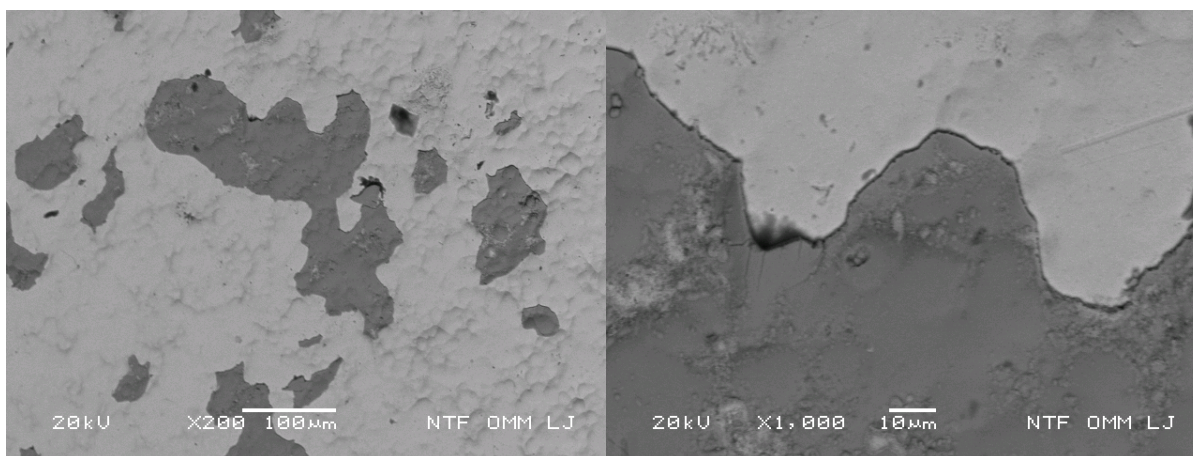


Slika 3: Mikrostruktura (svetlobni mikroskop) magneta Co-Sm prekrita s prevleko Cu, Ni in TiN

Na slikah 4 in 5 so prikazani elektronski mikroposnetki (povratno sipani elektroni) površine magneta po toplotni obdelavi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni. Na posnetkih so opazna temnejša in svetlejša področja.

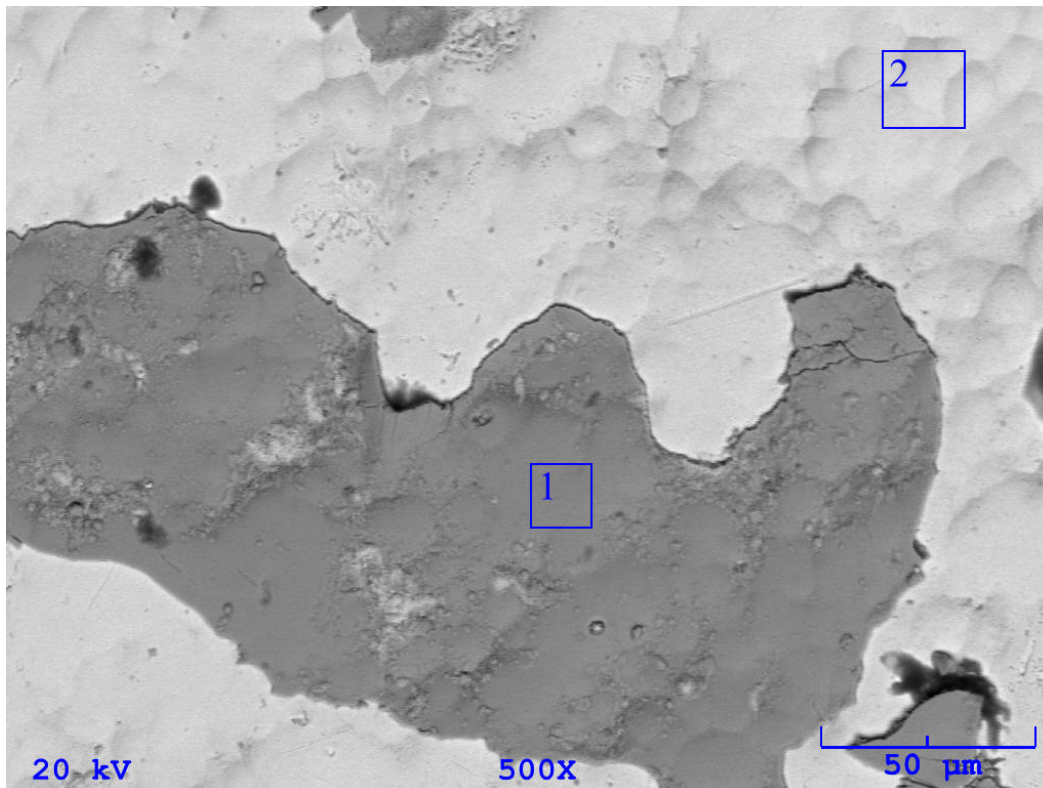


Slika 4: Elektronski mikroposnetki (povratno sipani elektroni) magneta Co-Sm prekrita s prevleko Cu, Ni in TiN po toplotno obdelavi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni.



Slika 5: Elektronski mikroposnetki (povratno sipani elektroni) magneta Co-Sm prekrita s prevleko Cu, Ni in TiN po toplotno obdelavi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni.

Iz mikroanalize na sliki 6 in tabele 1 je razvidno, da temno področje predstavlja območje prevlečeno s TiN prevleko (pretežno titan) svetlo področje pa območje brez TiN prevleke (pretežno nikelj).



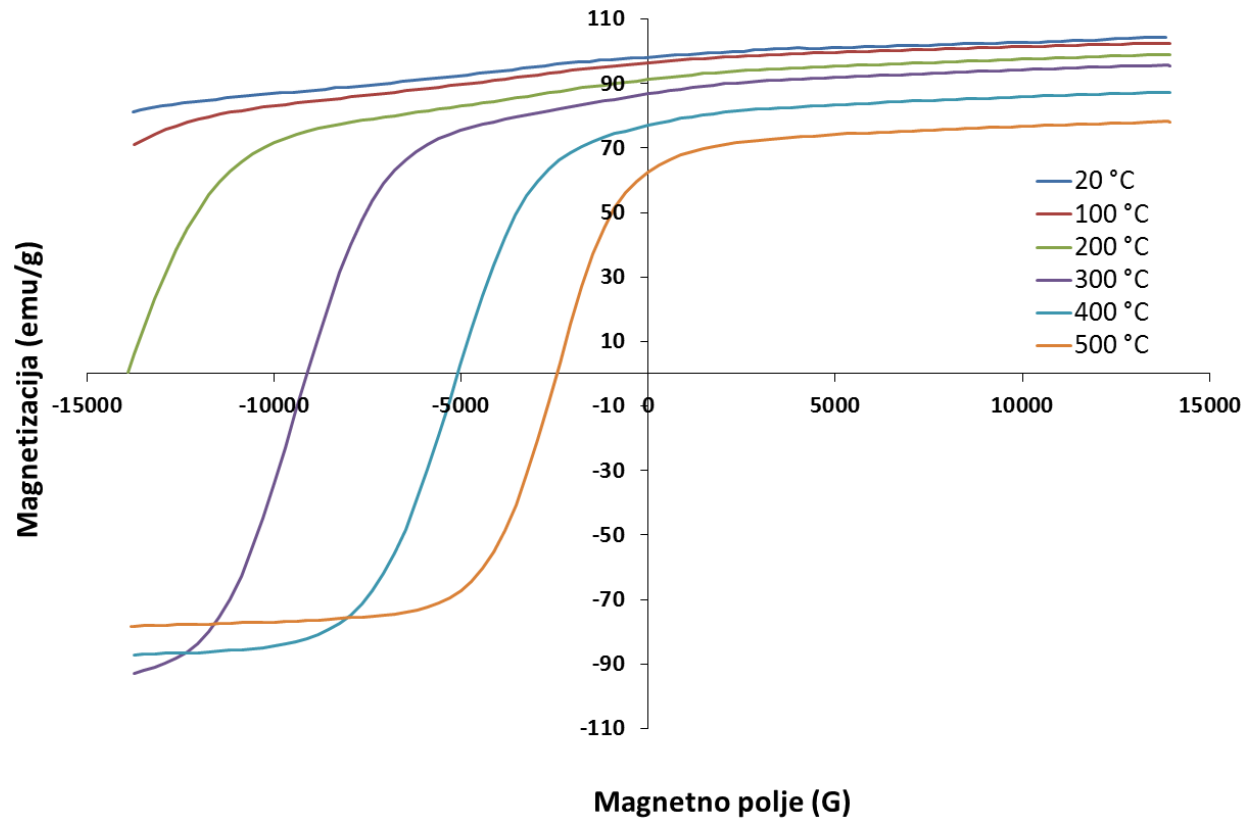
Slika 6: Elektronski mikroposnetek (povratno sipani elektroni) magneta Co-Sm prekrita s prevleko Cu, Ni in TiN po toplotno obdelavi na zraku pri temperaturi 400°C, 8 dni z označenima področjema mikroanalize EDS (tabela 1).

Tabela 1: Elektronska mikroanaliza področja 1 in 2 na sliki 6.

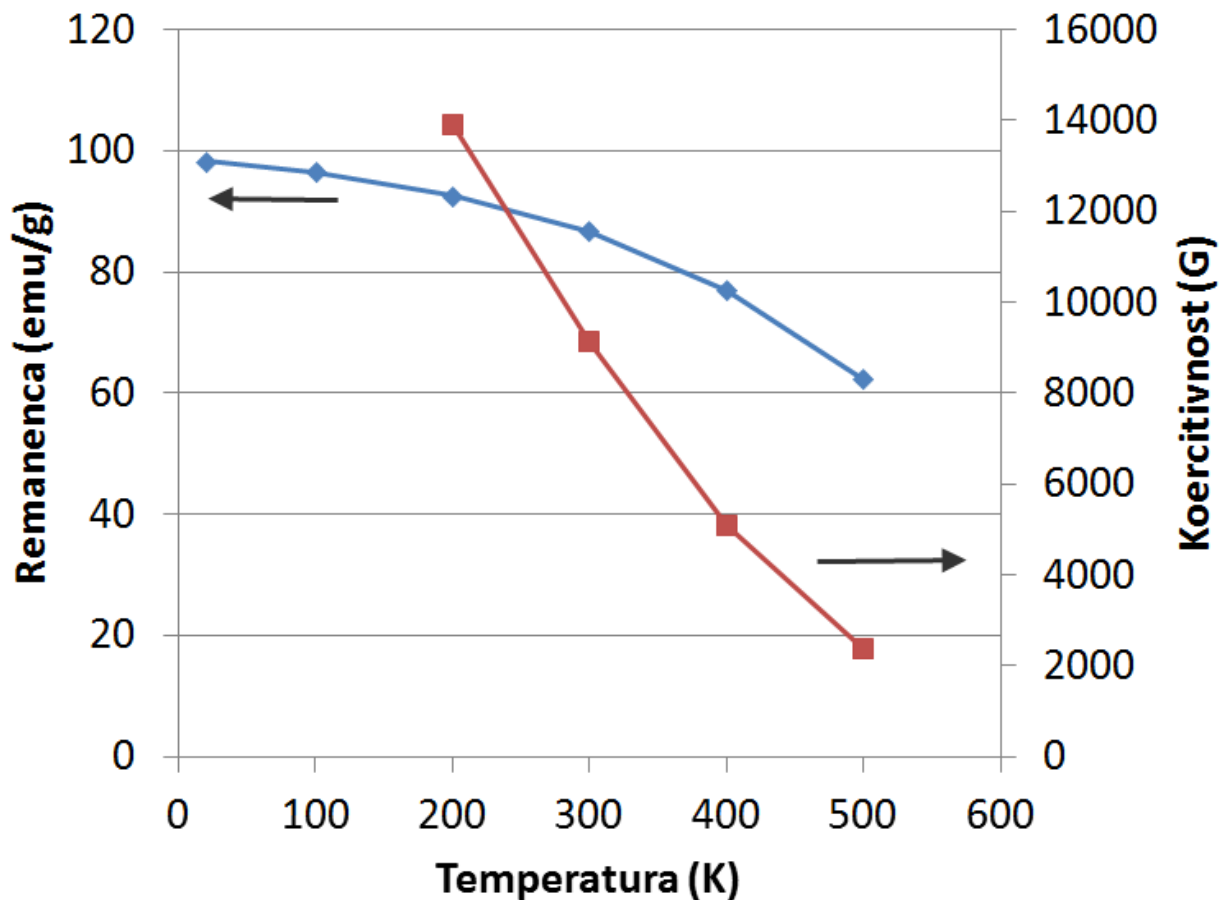
območje	Co	Cu	N	Ni	Ti
1	-	0,41	1,37	1,71	96,52
2	0,46	8,60	-	90,92	-

Rezultati kažejo, da po toplotni obdelavi na zraku pri 400°C, 8 dni TiN prevleka na nekaterih mestih ni več prisotna.

Na sliki 7 so prikazane magnetne lastnosti neprekritega Sm-Co magneta izmerjenega pri različnih temperaturah.

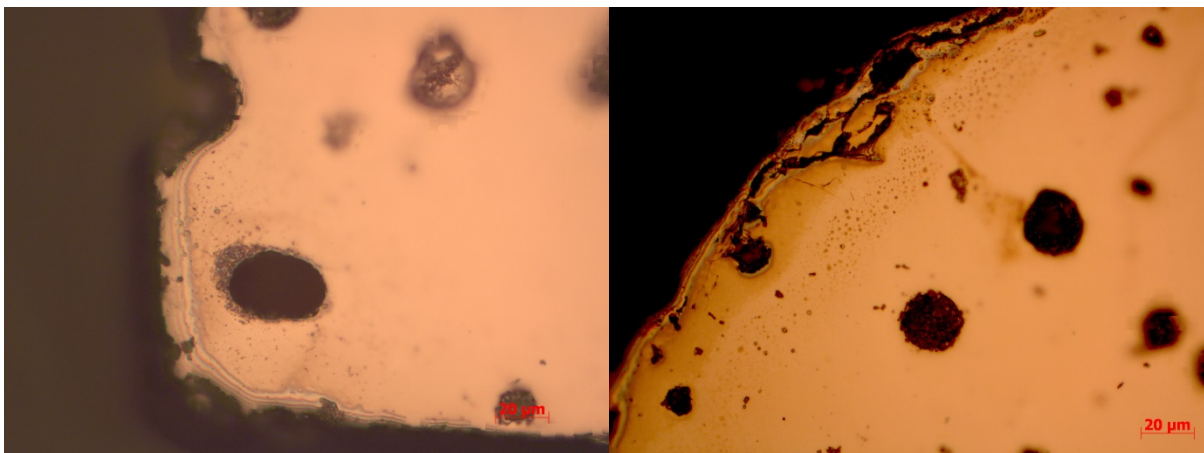


Slika 7: Demagnetizacijske krivulje Sm-Co magneta izmerjene pri različnih temperaturah.



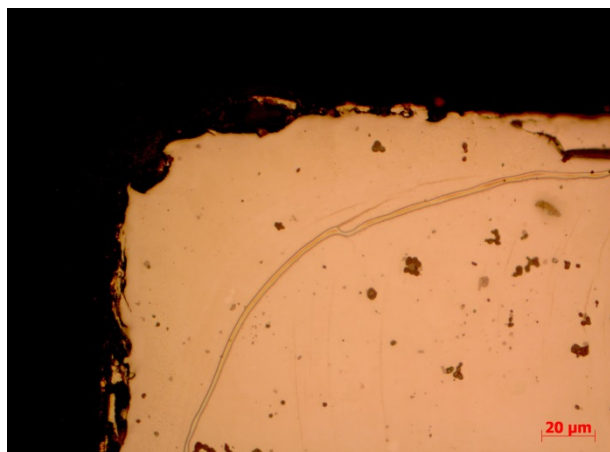
Na sliki 8 je prikazano kako remanentna magnetizacija in koercitivnost padata s temperaturo. Opazen je večji vpliv temperature na koercitivnost kot na remanenco.

Na slikah so prikazani mikroposnetki polikristalnega aluminijevega oksida prekrita s PVD plastjo Ni na katerega je bil kasneje galvansko nanešen baker in nikelj. Na galvansko plast plast niklja ali neposredno na aluminijev oksid so bile nato nanešene plasti CrN, TiN in TiAlN. Ti vzorci so bili nato izpostavljeni oksidaciji pri temperature 350, 450, in 550°C. Poleg mikrostruktur po zaključeni oksidaciji so predstavljeni tudi diagrami naraščanja mase vzorcev v odvisnosti od časa oksidacije. Na osnovi teh rezultatov so bili izdelani tudi diagrami $\log k$ v odvisnosti $1/T$ iz katerih smo ocenili aktivacijsko energijo E_a .



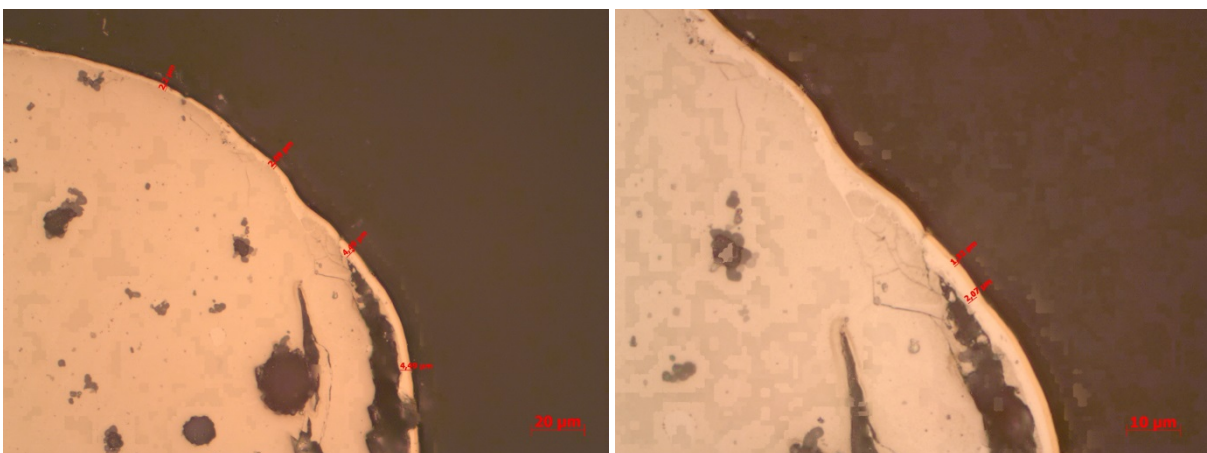
a)

b)

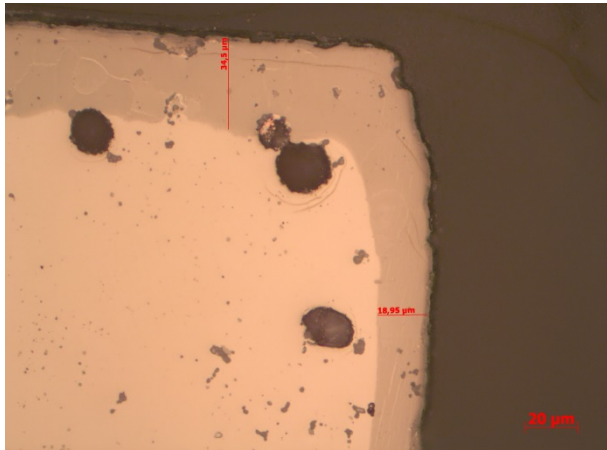


c)

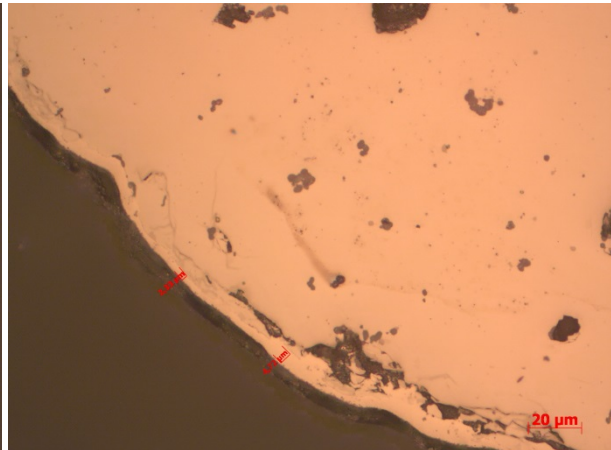
Slika 9: Mikrostruktura vzorcev a) št. 2, b) št. 4, c) št.6, d) št. 8.



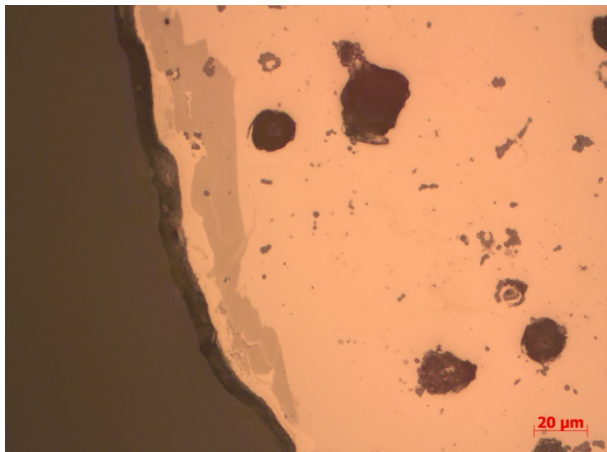
a)



b)

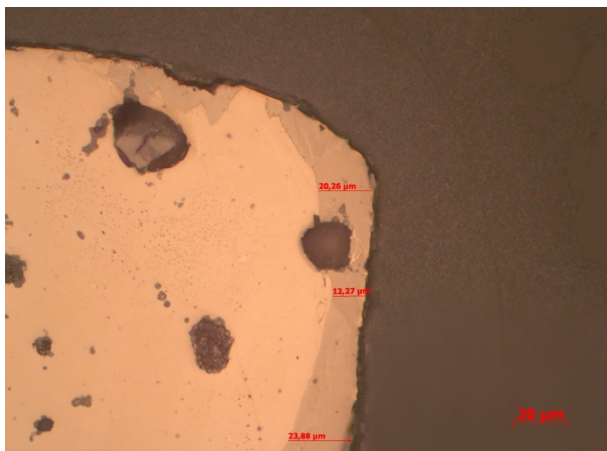


c)

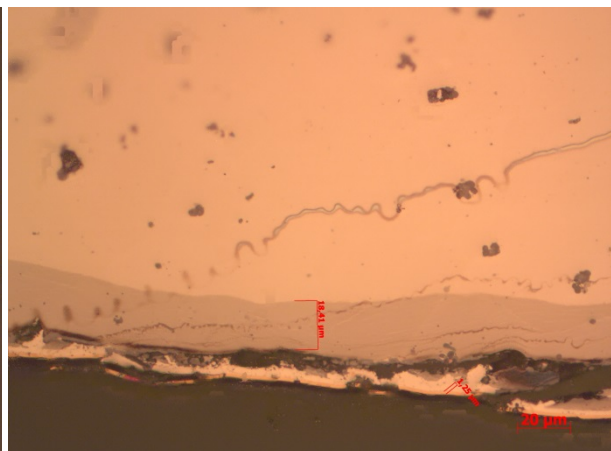


d)

e)



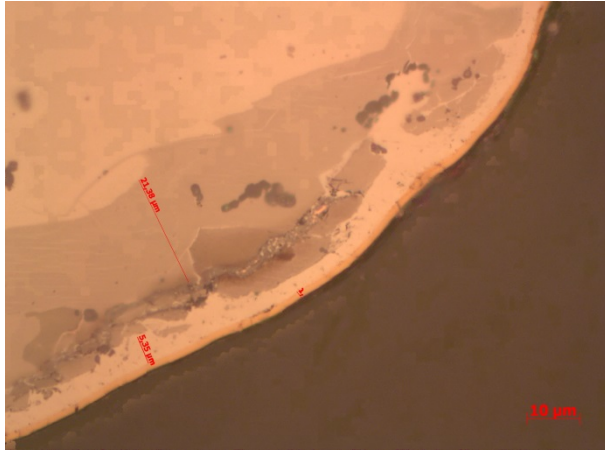
d)



Slika 10: Mikrostruktura vzorcev a) in b) št. 8 ter c) št. 28 in d) in e) št. 28

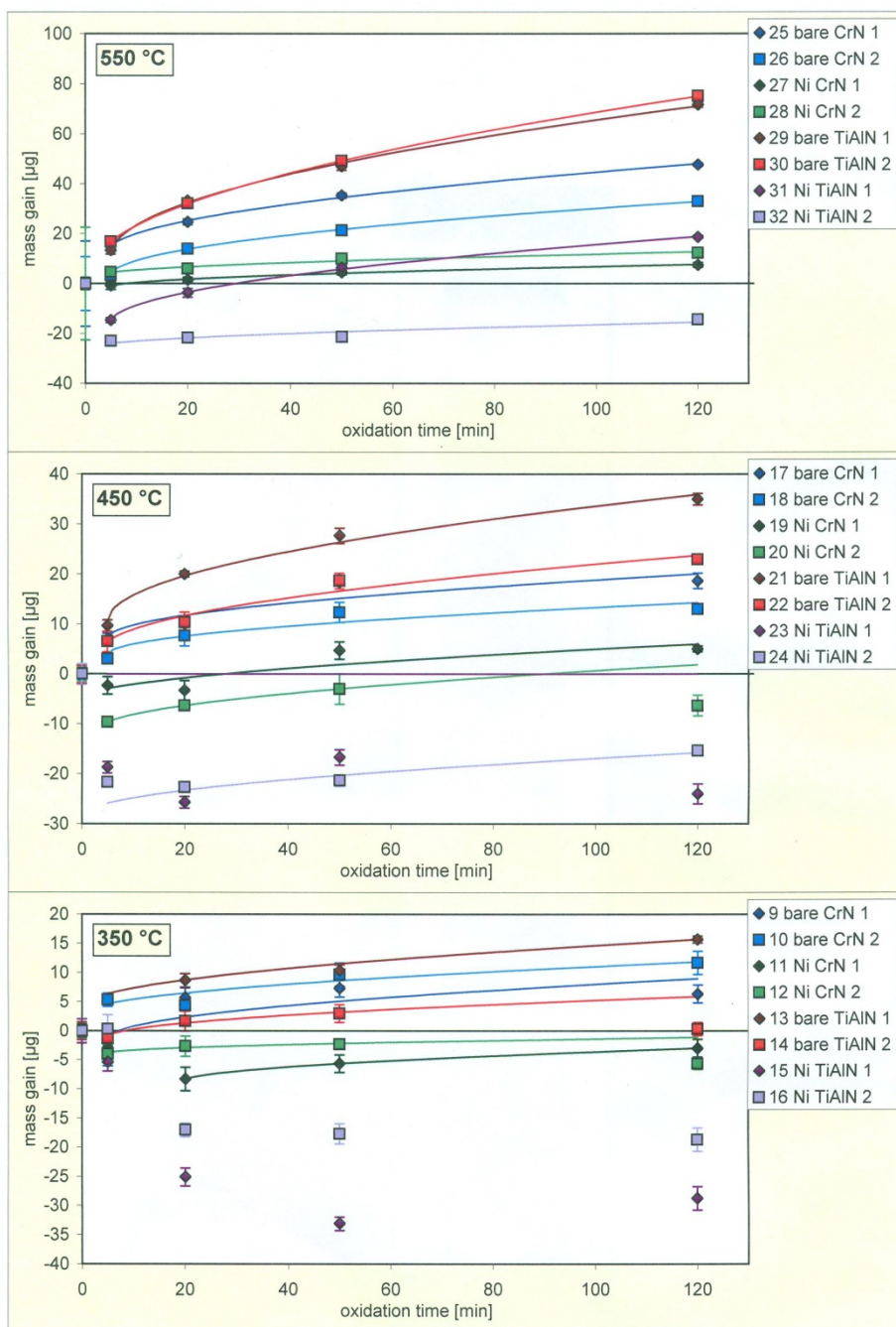
a)

b)

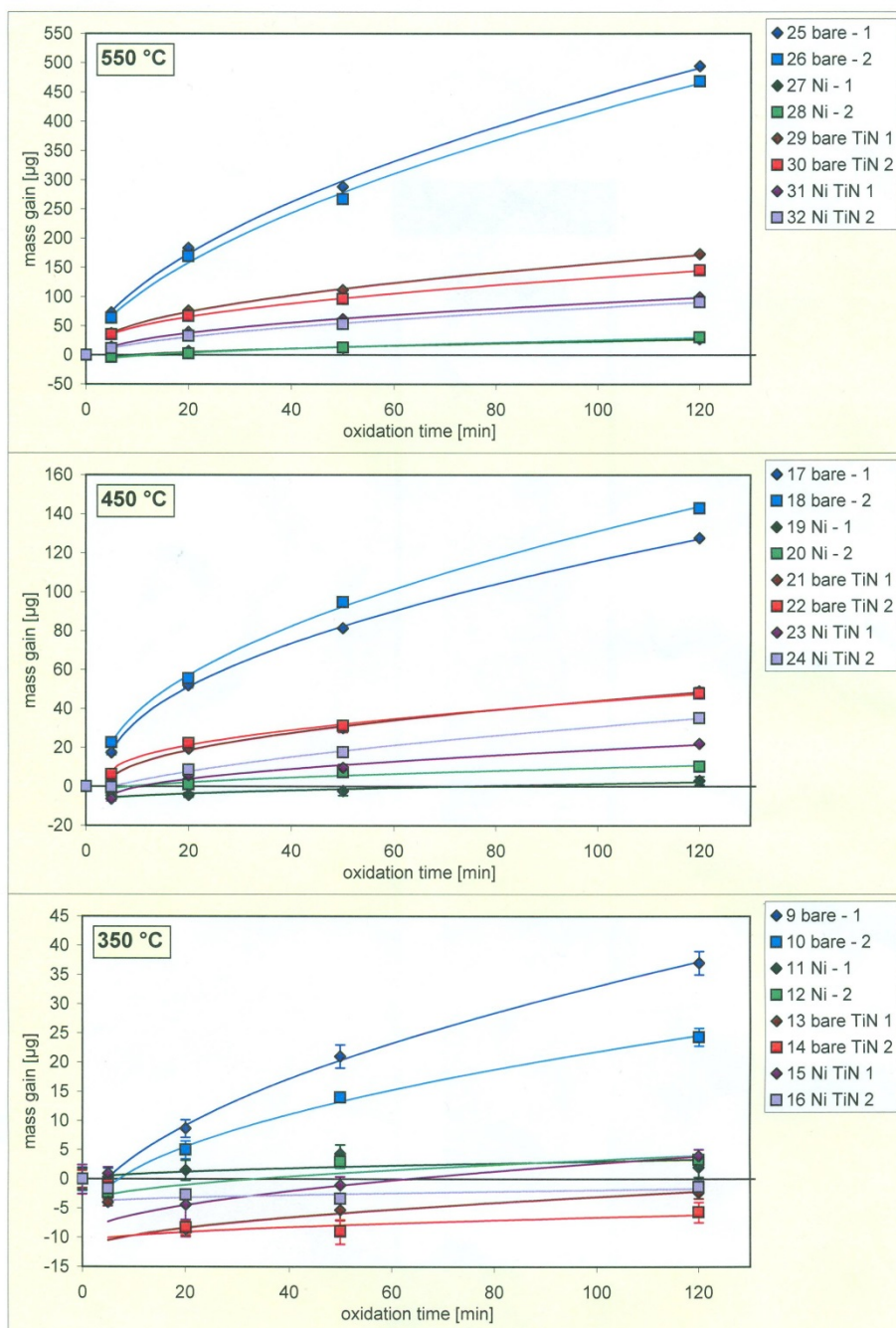


c)

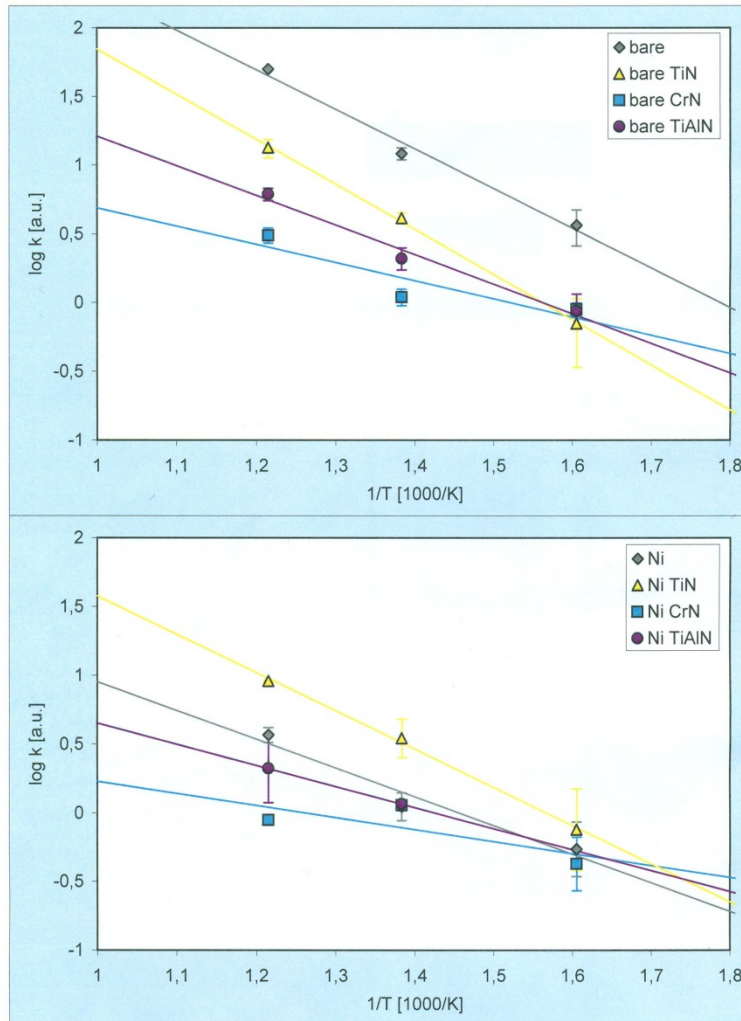
Slika 11: Mikrostruktura vzorcev a) št. 30 ter b) in c) št. 32



Slika 12: Sprememba mase vzorcev v odvisnosti od temperature in časa oksidacije.

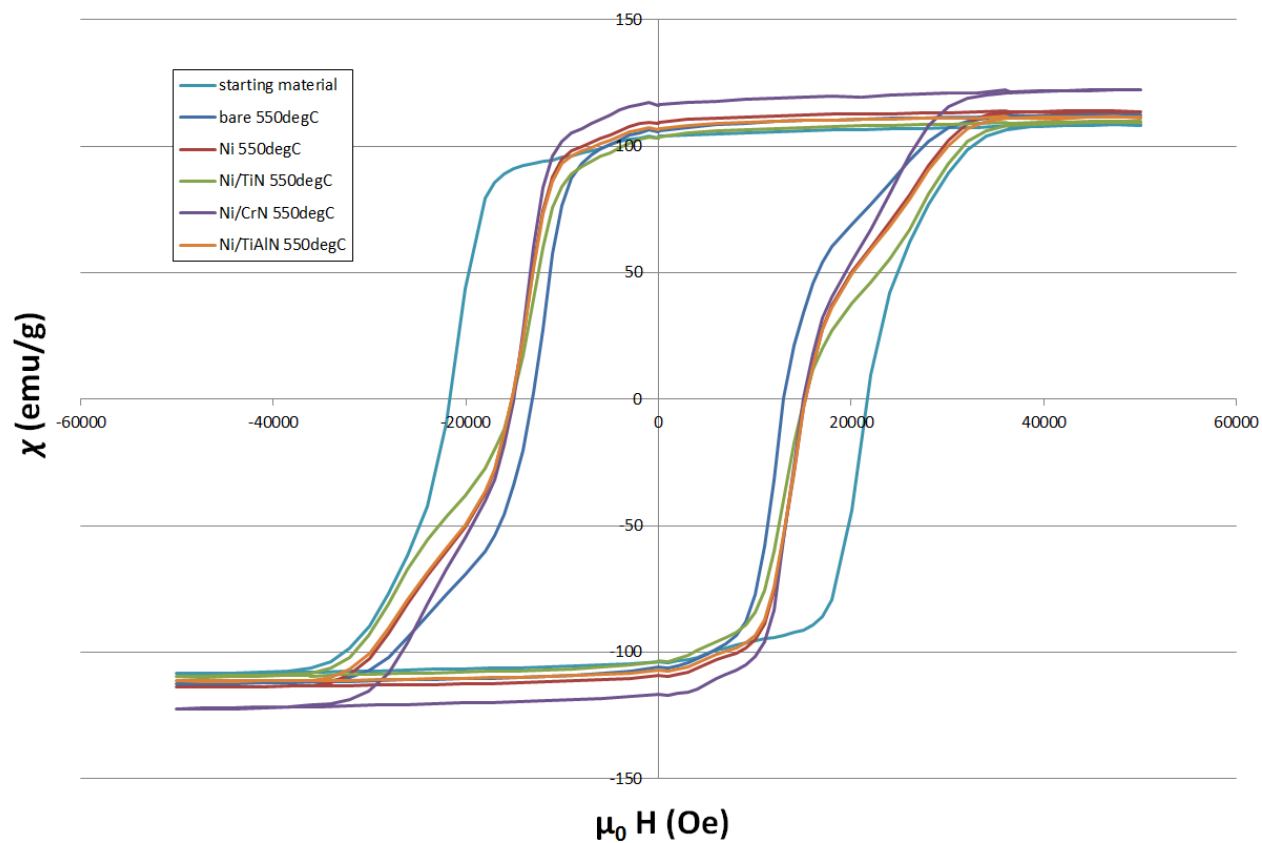


Slika 13: Sprememba mase vzorcev v odvisnosti od temperature in časa oksidacije.



treatment	$\log k_0$	E_a
bare	5,2	-2,9
Ni	3,0	-2,1
bare TiN	5,1	-3,3
Ni TiN	4,4	-2,8
bare CrN	2,0	-1,3
Ni CrN	1,1	-0,9
bare TiAlN	3,4	-2,2
Ni TiAlN	2,2	-1,5

Slika 14: Diagrama odvisnosti $\log k$ od $1/T$ za različne prevleke. V spodnji tabeli so podane aktivacijske energije E_a in vrednosti $\log k_0$ na osnovi diagramov za različne prevleke.



Slika 15: Odvisnost magnetizacije od magnetnega polja za različne prevleke izpostavljene toplotni obdelavi pri 550 °C. Referenčna vzorca sta $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ brez prevleke in brez toplotne obdelave (svetlo modra krivulja) in $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ brez prevleke z toplotno obdelavo (temno modra krivulja).

Priloga 2

VEDA

Področje: šifra in naziv področja

Dosežek 1: Začetek novega projekta H2020 REProMag,



Začetek novega projekta H2020 REProMAG

Začeli smo z evropskim projektom, imenovanim REProMag, ki ga je Evropska unija financirala, v okviru H2020, z vsoto 5.726.000 €. V tem projektu smo partnerji in prvo srečanje je bilo organizirali 8.1.2015 v Bruslju. REProMag bo raziskal in razvil nove metode recikliranja magnetov z SDS metodo, ki bo omogočala 100% izkoristek recikliranega materiala. Pri tem se bo uporabila metoda 3D tiskanja kompleksnih oblik in večplastnih delov, ki bi bili 30% bolj učinkoviti in z njimi lahko izdelali magnete z dodatnimi geometrijskimi elementi, kot so navoji, hladilni kanali in strukturne optimizacije. REProMag projekt vključuje vodilne raziskovalne skupine iz Slovenije, Nemčije, Avstrije, Francije in Velike Britanije, skupaj z MSP iz Avstrije in Nemčije, ter Siemensom in Sennheiserjem, največjim proizvajalcem mikrofонов na svetu.

Priloga 3

IZJAVA SOFINANCERJA APLIKATIVNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

1. Sofinancer (naziv in naslov)

MAGNETI, Ljubljana, Podjetje za proizvodnjo magnetnih materialov, d.d., Stegne 37, 1000 Ljubljana

2. Vrednost sofinancerja za projekt L2-4099 je znašala 92.345,40 EUR,
(šifra projekta)

kar predstavlja 25,00 % utemeljenih stroškov projekta.

3. Sofinanciranje je bilo izvedeno (datum; obdobje): 1.7.2011 do 31.6.2014 (3 leta)

4. Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja

Zap. št.	Rezultati (znanstvena dela, patenti, prenosi v prakso, programska oprema, kongresi, izvedena dela, razstave, itd.) ¹	Šifra ²
1.	D. Sojer, I. Škulj, S. Kobe, J. Kovač, P. J. McGuiness, Protection of Nd ₂ Fe ₁₄ B-based melt-spun ribbons using nanoscale sol-gel derived films, Surface and Coatings Technology, 232, pp. 123 (2013).	A.01
2.	Tehnološka posodobitev izdelovanja magnetov z montažo novega jet mlina v tovarni Magneti d.d.	G.03
3.	Nova znanstvena spoznanja pri izdelava nove zaščite Sm ₂ Co ₁₇ magnetov, pred korozijo in izparevanjem Sm.	F.02
4.		
5.		

¹ Navedite najpomembnejše rezultate (najmanj enega) raziskovanja. Največ 200 znakov vključno s presledki.

² Izberite ustrezno šifro (A-F) po Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov
<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>

Komentar:³

V letu 2013 smo izdelali zaščitno za NdFeB trajne magnete za preprečitev korozije med proizvodnjo. S sol-gel metodo smo oplaščili hitro strjene Nd-Fe-B-trakove za uporabo pri izdelavi plastomagnetov. Za analizo topografije in kemične sestave hitro strjenih in oplaščenih trakov smo uporabili Augerjevo elektronsko spektroskopijo, rentgensko fotoelektronsko spektroskopijo, spektroskopijo sekundarnih elektronov in elektronsko difrakcijsko spektroskopijo. Za določitev protikorozijske učinkovitosti oplaščenja smo izvedli pospešeni stresni preizkus pri temperaturi 110 °C in 90-odstotni vlažnosti, čemur je sledila analiza masnih izgub. Z vibracijskim magnetometrom smo primerjali magnetne lastnosti prahov pred oplaščenjem in po njem. Oplaščanje z Al₂O₃ je izkazalo kot izvrstna protikorozijska zaščitna materiala, ki je odlično zaščitila tudi magnetne lastnosti. Aplikacije plastomagnetov se s tem lahko razširijo tudi na področja, ki zahtevajo zahtevnejše atmosferske razmere, tj. pri višjih temperaturah in visoki vlažnosti.

Pravtako se je posodobila oprema za izdelovanje NdFeB magnetov z montažo novega jet mlina, kar bo pripomoglo izdelavi bolj kakovostnih in kvalitetno enakovrednih magnetov.

Preizkušali smo vpliv TiN zaščite na korozijo in izparevanja Sm v Sm-Co zlitinah, ki jih proizvedejo v tovarni Magneti d.d.. Najboljše rezultate dobimo na podlagah s predhodno naneseo vmesno plastjo niklja. Le-ta zaobli površino in s tem prekrije neželeno poroznost, ki sicer zelo slabo vpliva na kontinuirnost prevleke TiN. Poleg tega na nikljevih vzorcih ni bilo nobenih težav glede luščenja prevleke, kar smo opazili na poliranih vzorcih brez nikljeve vmesne plasti. Da bi simulirali korozijo in izparevanje Sm v realnem okolju smo TiN prevlečene in neprevlečene magnete izpostavili povišani temperaturi in zraku. Magnete smo na zraku segrevali v cevni peči na 400 °C in držali temperaturo 200h. Po poteku prvih 100h smo magnete vzeli iz peči, izmerili magnetne lastnosti in dali nazaj v peč za drugih 100h. Razlika med prevlečenim in neprevlečenim magnetom se je videla že pri prvih 100h toplotne obdelave. Medtem ko se je pri prevlečenem magnetu površina le malo potemnila, je površina neprevlečenega magneta »pooglenela«. Pri nadaljnjih 100h se je pri neprevlečenem magnetu opazilo že pokanje nikljeve plasti, medtem ko je površina TiN prevlečenega magneta ostala nespremenjena. Mehanske lastnosti neprevlečenega magneta se je tako poslabšala, da se je magnet med merjenjem magnetnih lastnosti pod silo zunanega polja zdrobil. Na optičnem mikroskopu se je tudi opazilo, da TiN zaščita ne pokriva več celotnega magneta in se je na nekaterih mestih odluščila.

5. Ocena sofinancerja o pomenu oziroma vplivu rezultatov projekta za sofinancersko organizacijo⁴:

Razvoj Sm-Co magnetov magnetno in korozijsko odpornih na visoke temperature je bil uspešno končan. Razvita je bila ustrezna protikorozijska zaščita. S ponudbo tovrstnih magnetov na trgu bomo povečali konkurenčnost podjetja in s tem povečali njegovo rast.

Datum:

16. 3. 2015

Žig**Podpis:**Albert Erman, dipl. inž.
(zakoniti zastopnik sofinancerja)

³ Največ 3000 znakov vključno s presledki.

⁴ Podatek je obvezen. Največ 3000 znakov vključno s presledki.