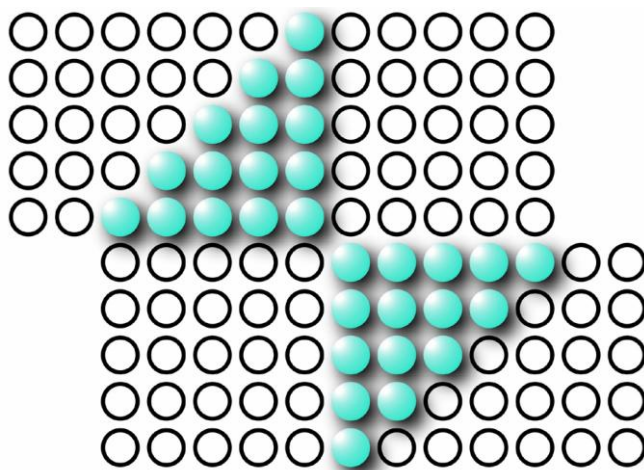


SPRÁVY



**VEDECKEJ
SPOLOČNOSTI
PRE NÁUKU
O KOVOCH
PRI SAV**

1-2 / 2010

Z činnosti výboru Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV

Dňa 29.4.2010 sa v Starej Lesnej v rámci programu konferencie „Metalografia 2010“ uskutočnilo zasadanie výboru Spoločnosti. Prítomní boli: predseda - prof. Ing. Margita Longauerová, CSc., podpredseda - prof. Ing. Radomila Konečná, CSc., tajomník - doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD., hospodár - Ing. Pavol Štefánik, CSc., člen - RNDr. Peter Ševc, PhD., členovia – doc. Ing. Mária Dománková, PhD. a Ing. Martin Fujda, PhD. boli z rokovania ospravedlnení. Výbor prerokoval celkovo 6 bodov programu. Podrobnejšie informácie zo zasadania výboru v prípade záujmu podajú jednotliví členovia výboru na pobočkách. Dňa 6.10.2010 sa zástupcovia VSNK doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD. a Ing. Pavol Štefánik, CSc. zúčastnili valného zhromaždenia slovenských vedeckých spoločností v Bratislave. Uznieslo sa na nasledovnom: keďže pre zmenu legislatívy nie je možné financovanie spoločností od SAV - zákon sa odvoláva na zákon o SAV kde to nie je taxatívne stanovené ale ani vylúčené, treba zakomponovať do nižšieho zákona - stanov SAV toto financovanie. S týmto návrhom sa obráti rada SVS (<http://www.ta3.sk/~vrusin/RSVS/>) na riadiace orgány SAV.

Doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD.
tajomník výboru Spoločnosti

Prof. Ing. M. Longauerová, CSc.
predsedníčka Spoločnosti

Životné jubileum v II. polroku 2010 oslavujú nasledovní členovia:

50 rokov

Fedáková Dagmar, Ing.	6.9.1960
Chalupová Mária, Ing.	20.10.1960
Mašlejová Alica, Ing., CSc.	4.11.1960

30 rokov

Furár Ivan, Ing., PhD.	13.10.1980
Milkovič Ondrej, Ing., PhD.	6.12.1980

Blahoželáme

DEFORMAČNE INDUKOVANÝ POHYB HRANÍC ZŔN V ELEKTROTECHNICKÝCH OCELIACH

Mgr. Ivan Petryshynets, PhD.

*Ústav materiálového výskumu Slovenskej akadémie vied v Košiciach,
Oddelenie mikroštruktúrneho inžinierstva ocelí
Watsonova 47, 04 001 Košice
ipetryshynets@imr.saske.sk*

ABSTRACT

Táto publikácia je zameraná na výskum migrácie hraníc zŕn a evolúciu mikroštruktúry neorientovaných elektrických ocelí (NO) za rôznych podmienok termicko deformačných expozícií. Na splnenie cieľov práce bol realizovaný komplex modelových experimentov deformačného a termického spracovania na vzorkách z neorientovaných elektrotechnických ocelí odlišných chemických zložení odobratých z výrobného cyklu v stave po valcovaní za studena a vo finálnom stave. Na spracovaných vzorkách boli realizované analýzy mikroštruktúry, subštruktúry, kryštalografickej textúry a kryštalografickej orientácie určených zŕn, meranie mikrotvrdości a hodnotenie vybraných magnetických vlastností získaných materiálových stavov.

1. ÚVOD

Elektrotechnické ocele zohrávajú dôležitú úlohu pri výrobe, prenose, distribúcii a využívaní elektrickej energie a sú jedným z najdôležitejších dnes vyrábaných magnetických materiálov. Tieto ocele patria do skupiny magneticky mäkkých materiálov, ktoré sa používajú v točivých elektrických strojoch. [1-3].

Elektrotechnické ocele delíme do dvoch základných skupín a to na zrno orientované a neorientované ocele. Zrno orientované elektrotechnické ocele majú v rovine plechu vysokú smerovú anizotropiu magnetických vlastností. Anizotropia magnetických vlastností je zabezpečovaná silnou kryštalografickou textúrou (110) [001] (Gossová textúra).

Druhú skupinu tvoria neorientované elektrotechnické ocele, ktoré majú približne rovnaké magnetické vlastnosti vo všetkých smeroch v rovine plechu. Smerovú izotropiu magnetických vlastností je možné

dosiahnuť pomocou (100) $[uvw]$ prednostnej kryštalografickej orientácie, tzv "rotujúca" kubická textúra. Takáto textúra zabezpečuje vysokú permeabilitu v rovine plechu, čo vedie k zlepšeniu účinnosti elektrických zariadení. Avšak takýto ideálny textúrny stav v reálnych výrobných podmienkach nie je ešte doteraz ekonomicky prijateľným spôsobom v dostatočnej miere dosahovaný [4]. V tomto smere vidíme najväčšie rezervy vo vývoji neorientovaných elektrotechnických ocelí.

Elektrotechnické ocele predstavujú približne 97% na trhu mäkkých magnetických materiálov. Viac ako 75% z celkového množstva elektrotechnických ocelí tvoria neorientované ocele [5]. Ceny neorientovaných elektrotechnických ocelí sú oveľa nižšie v porovnaní s inými kovovými mäkkými magnetickými materiálmi ako sú FeNi, amorfné zliatiny a pod. To je rozhodujúci dôvod, prečo sa ako magnetické mäkké materiály najčastejšie používajú elektrotechnické ocele.

Neorientované elektrotechnické oceľové plechy pre aplikácie s vysokou účinnosťou musia súčasne spĺňať [6]:

- 1) vynikajúce magnetické vlastnosti:
 - a) nízke wattové straty
 - b) vysoká magnetická indukcia
 - c) nízka koerčitívna sila
- 2) špecifikované mechanické vlastnosti

2. MATERIÁL A EXPERIMENTÁLNE METODIKY

V tejto práci boli predmetom štúdia neorientované elektrotechnické ocele so širším spektrom chemického zloženia, ktoré je uvedené v Tab.1.

Ocele F1A a F3A boli odobraté z priemyselnej technologickej linky po prvom valcovaní za studena s redukciou $\varepsilon \sim 74\%$ resp. $\varepsilon \sim 80\%$. Následne boli žíhané v laboratórnych podmienkach pri rekryštalizačnej teplote 800°C v priebehu 10 minút. Ďalšie experimentálne materiály FDS a O boli odobraté po finálnom prevádzkovom žíhaní. V Tab. 1. okrem chemického zloženia jednotlivých experimentálnych materiálov je uvedená aj príslušná hrúbka plechu.

Experimentálne materiály boli elektroiskrovo narezané na vzorky rozmerov 3x1 cm, pričom dlhšia strana vzoriek bola rovnobežná so smerom valcovania. Tepelné spracovanie bolo realizované v peci "Nabertherm" vybavenej systémom elektronickej kontroly C19/S19. Valcovanie experimentálnych vzoriek bolo vykonané na laboratórnej valcovacej stolici DUO 210. Opticko metalografické analýzy všetkých vzoriek boli vykonané na pozdĺžnych prierezoch plechu.

Tab. 1. Chemické zloženie skúmaných ocelí / hm. %

Oceľ	d, mm	C, %	Mn, %	Si, %	Cu, %	P, %	S, %	Al, %	N, %	Ti, %	Sb, %	
CR	F1A	0.65	0.006	0.237	1.07	0.02	0.008	0.006	0.025	0.015	0.003	-
	F3A	0.5	0.008	0.220	2.9	0.023	0.006	0.008	0.5	0.02	0.002	-
F	FDS	0.5	0.007	0.249	2.5	0.016	0.009	0.005	0.42	-	0.002	0.065
	O	0.5	0.005	0.275	2.5	0.085	0.008	0.005	0.369	0.005	-	-

CR - ocele po valcovaní za studena v priemyselnom procese

F - oceľ po finálnom žíhaní v priemyselnom procese

Metalografické vzorky boli leštené a následne leptané v 3% roztoku Nitalu v prebehu 20 - 50 sekúnd. Mikroštruktúra skúmaných vzoriek bola sledovaná optickým mikroskopom "Olympus GX-71", vybaveným digitálnym fotoaparátom "Olympus DP-12". Pre obrazovú analýzu nafotených mikroštruktúr bol použitý softvér "ImageJ", s pomocou ktorého boli zvýraznené mikroštruktúry a vypočítané veľkosti a počet zrn experimentálnych materiálov. Textúrna analýza sledovaných vzoriek bola vykonaná metódou EBSD na prístroji JEOL JVM 7000F FEG SEM. Získané EBSD dáta boli spracované softvérom Channel 5. Mikrotvrdości skúmaných vzoriek boli určené pomocou mikrotvrdomera LM 700 (LECO Corp., St. Joseph, MI). Nanoindentačné merania boli vykonané na NanoIndentore XP, metódou CSM (Continuous Stiffness Measurement), ktorá umožňuje nepretržite sledovať možnosť výpočtu tvrdosti a modulu pružnosti v materiáli. Koercitívna sila bola meraná pomocou štandardného „Orsted type koercive meter” s použitím vzoriek rozmerov 3x1 cm (dlhšia strana vzorky bola rovnobežná so smerom valcovania a smerov vonkajšieho magnetického poľa).

V experimentálnom programe boli použité nasledovné metodiky:

- tepelné spracovanie v kontrolovaných atmosférach
- valcovanie
- metalografická analýza
- textúrne analýzy a analýzy lokálnej kryštalografickej orientácie zrn pomocou EBSD
- mikro - a nano-indentácia
- meranie magnetických vlastností

3. EXPERIMENTÁLNE VÝSLEDKY A ICH ROZBOR

Vývoj mikroštruktúry v neorientovaných ocelových plechoch počas spracovania vo finálnych technologických uzloch zohráva zásadnú úlohu pre ich magnetické a mechanické vlastnosti. Táto časť laboratórnych experimentov bola realizovaná s cieľom analyzovať vplyv parametrov tzv. „temper rolling“, valcovania a parametrov žihania na evolúciu mikroštruktúry a textúry skúmaných ocelí. Stupeň deformácie sme menili v rozsahu od 2 do 10 %. Teploty žihania vzoriek boli v rozmedzí 850°C - 950°C v atmosfére H₂. Teploty žihania pre zvolené chemické koncepcie boli vybrané tak, aby žihanie prebiehalo pri maximálne možnej teplote a súčasne aby sme sa nachádzali v jednofázovej α oblasti. Teda, aby proces rastu feritových zŕn nebol brzdený zárodkami gama fázy tvoriacimi sa prednostne na hraniciach feritu. Hlavným cieľom tejto časti experimentálneho programu bolo analyzovať vplyv deformačných a termických parametrov na možnosti pestovania kolumnárnej resp. hrubozrnej mikroštruktúry v neorientovaných oceliach pri využití deformačne indukovaného pohybu hraníc zŕn v podmienkach dynamických žihacích procesov.

Príklad vývoja hrubozrnej mikroštruktúry v závislosti od aplikovanej teploty je uvedený na Obr. 1. Dôležitým výsledkom je dosiahnutie kolumnárnej mikroštruktúry pomocou deformačne indukovaného pohybu hraníc feritových zŕn. Príklady kolumnárnej mikroštruktúry pre jednotlivé ocele uvádzame na Obr. 2.

Obr. 1 Mikroštruktúra ocele F3A ($\varepsilon \sim 2\%$) po žihaní pri a) 850°C, b) 900°C a c) 950°C po dobu 5 minút.

Obr. 2 Vývoj kolumnárnej mikroštruktúry v jednotlivých oceliach : a) F1A ($\varepsilon \sim 2\%$) po žihaní pri 850°C/2min, b) F1A ($\varepsilon \sim 2\%$) po žihaní pri 950°C/5min, c) F3A ($\varepsilon \sim 4\%$) po žihaní pri 950°C / 2 min, d) FDS ($\varepsilon \sim 4\%$) po žihaní pri 950°C / 2min, e) O ($\varepsilon \sim 4\%$) po žihaní pri 950°C / 5min Všetky uvedené ocele boli žihané v suchej vodíkovej atmosfére.

Na jednotlivých oceliach boli realizované merania mikrotvrdości podľa Vickersa v závislosti od lokálnej pozície po hrúbke plechu (viď Obr. 3), v závislosti od stupňa predchádzajúcej deformácie a obsahu Si (viď Obr. 4), a v závislosti od kryštalografickej orientácie príslušných zŕn (viď Obr. 5). Z Obr.3 vyplýva, že namerané hodnoty mikrotvrdości po

hrúbke plechu v stavoch bez deformácie F1A, F3A a FDS nezávisia od polohy, existujúci rozptyl je pravdepodobne vyvolaný prítomnosťou sekundárnych fáz v oblasti vpichu. Podobné merania mikrotvrdoosti boli realizované na deformovaných vzorkách. Z Obr. 4 je vidieť nárast mikrotvrdoosti v stavoch po deformácii nad 4 %, tento nárast je výraznejší pri nižšom obsahu Si.

Obr. 3 Závislosť mikrotvrdoosti ocelí po hrúbke plechu.

Obr. 4 Závislosť mikrotvrdoosti ocelí od stupňa predchádzajúcej deformácie.

Závislosť hodnôt mikrotvrdoosti od kryštalografickej orientácie príslušného zrna v rovine plechu bola realizovaná na materiáli F1A odobratého z technologickej linky po finálnom žíhaní. Boli analyzované tri základné orientácie s rovinami (001), (011), (111) v rovine plechu (resp. orientácie v úzkom rozptyle od týchto rovín). Najnižšie hodnoty boli namerané pre rovinu (001) a najvyššie pre rovinu (111).

Na materiáli F1A ($\varepsilon \sim 2\%$) po vyžíhaní pri 900°C po dobu 5 min v suchej vodíkovej atmosfére, boli na zrnách s vybranou kryštalografickou orientáciou realizované indentačné experimenty na prístroji NanoIndenter XP metódou CSM a následne boli vypočítané hodnoty mikrotvrdoosti od hĺbky vpichu. Výsledky sú zobrazené na Obr. 6.

Prednostná kryštalografická orientácia alebo kryštalografická textúra je dôležitý parameter charekterizujúci mikroštruktúru polykryštalografického materiálu [7]. Textúra je definovaná ako orientačné rozdelenie jednotlivých zrn v rovine plechu a je výsledkom mnohých anizotropných procesov počas tvárnenia, ohrevu a ochladzovania tuhého stavu ocele v procese výroby. Vzhľadom na smerovú anizotropiu fyzikálnych vlastností v kryštalovej mriežke, môže mať výrazný vplyv na vlastnosti ocele a ich anizotropiu v rovine plechu [8]. V prípade magnetických vlastností elektrotechnických ocelí je vplyv kryštalografickej orientácie veľmi zásadný. V prípade neorientovaných elektrotechnických ocelí je optimálna tzv. rotačná kubická textúra (001) $\langle uvw \rangle$. Avšak takáto ideálna textúra doteraz nie je v prevádzkových výrobných podmienkach dosahovaná.

Obr. 5 Závislosť mikrotvrdości od kryštalografickej roviny, získana pomocou Vickersovho tvrdomeru.

Obr. 6 Závislosť mikrotvrdości od hĺbky vpichu a kryštalografickej roviny: (111), (011) a (001), získaná pomocou nanoindentačnej skúšky

Obr.7 IPF mapa primárne rekryštalizovanej mikroštruktúry ocele F1A po hrúbke plechu (a), a jej ODF mapa pre $\varphi_2 = 45^\circ$ (b)

Z EBSD analýzy na Obr. 7 jednoznačne vyplýva, že primárne rekryštalizovaná štruktúra ocele F1A je charakterizovaná prevládáním deformačnej textúrnej zložky. Na Obr. 8 uvádzame dosiahnutú zmenu kryštalografickej textúry v materiáli F1A1 po vypestovaní kolumnárnej mikroštruktúry pomocou mechanizmu deformačne indukovanej migrácie hraníc zŕn. Prevláda orientácia kubická, potom nasleduje Gossová a najslabšie je zastúpená deformačná orientácia. Je to výrazne pozitívna zmena prednostnej kryštalografickej orientácie.

Obr.8 IPF mapa mikroštruktúry ocele F1A ($\varepsilon \sim 2\%$) po žíhaní pri teplote 900°C po dobu 5 min. (po hrúbke plechu)

Obr. 9. Priebeh hodnôt koercitívnej sily ocele F1A v závislosti od deformácie a teploty žíhania s dobou 5 min.

Magnetické vlastnosti skúmaných ocelí sú veľmi citlivé na ich mikroštruktúrne, textúrne a subštruktúrne zmeny [9]. Procesy ako sú rekryštalizácia, rast zŕn a sekundárna rekryštalizácia, ktoré prebiehajú v materiáli počas termických a deformačných expozícií spôsobujú v neorientovaných elektrotechnických oceliach významné zmeny v dosahovaných hodnotách koercitívnej sily. Koercitívnu silu sme experimentálne merali pomocou koercimetra KPS-1C pracujúcim s jednosmerným magnetickým poľom na vzorkách rozmeru 3×1 cm orientovaných v smere valcovania. Na Obr. 9 uvádzame pre ocel' F1A závislosť koercitívnej sily od aplikovaného úberu a teploty žíhania po dobu 5 min v suchej vodíkovej atmosfére. Najvyššie hodnoty koercitívnej sily pre jednotlivé žíhacie teploty boli zaznamenané u vzoriek bez deformácie. Ako je vidieť, hodnoty koercitívnej sily pri vzorkách žíhaných pri 900°C a 950°C sa výrazne znížili na minimálnu hodnotu asi 18 A/m pri 2% deformácii. Pre daný materiál ako optimálna deformácia sa ukazuje úber v rozsahu 2 - 4%. Zníženie hodnôt koercitívnej sily je výsledkom kolumnárnej mikroštruktúry s priaznivou kryštalografickou orientáciou.

4. ZÁVERY

Predložený príspevok je zameraný na vývoj mikroštruktúry a textúry v neorientovaných elektrotechnických oceliach s obsahom Si od 1 do 3 hm.%. V rámci experimentálneho programu boli tieto ocele skúmané v dynamických termických podmienkach. Pri evolúcii mikroštruktúry bol využitý mechanizmus deformačne indukovaného pohybu hraníc zrn. Tieto podmienky boli použité s cieľom dosiahnuť v procese sekundárnej rekryštalizácie zvýšenú intenzitu kubickej a Gossovej kryštalografickej textúrnej komponenty na úkor deformačnej komponenty $(111)_{\langle uvw \rangle}$. Bol analyzovaný vplyv parametrov deformačno termických expozícií na vývoj mikroštruktúry a textúry skúmaných ocelí a ich magnetické vlastnosti. Na základe realizovaného experimentálneho programu a analýzy získaných výsledkov môžeme vyvodiť tieto závery:

1. Kinetika sekundárnej rekryštalizácie a morfológia mikroštruktúry závisia od stupňa aplikovanej deformácie a podmienok tepelného spracovania.
2. Aplikácia nízkych deformácií v rozmedzí 2% - 4% a následné žíhanie pri teplotách 900°C - 950°C v čase do 5 min v suchej vodíkovej atmosfére vedie k vývoju hrubozrnej a za konkrétnych podmienok ku kolumnárnej mikroštruktúre.
3. Deformačne indukovaný rast kolumnárnych zrn vedie k mikroštruktúre so zvýšenou intenzitou kubickej a gossovej textúrnej komponenty na úkor deformačnej komponenty.
4. Kolumnárne zrná s výhodnou kubickou a Gossovou kryštalografickou orientáciou boli vypestované zo štruktúrneho stavu po primárnej rekryštalizácii, ktorý bol charakterizovaný prevládajúcou deformačnou textúrou.
5. Pri žíhaní ocele s nízkym obsahom Si pri vyšších teplotách vo feritickej oblasti v blízkosti A_3 dochádza k brzdeniu rastu zrn mikroskopickými zárodkami γ - fázy na hraniciach feritických zrn, pri rovnakej teplote a v oceli s vyšším obsahom Si v dôsledku zvýšenia A_3 teploty a stability feritu je rast zrn výraznejší.

LITERTÚRA

- [1] Shimazu, T., Shiozaki, M. and Kawasaki, K. J. Magn. Mater. 133, 1994, p.147.
- [2] Heyer, R. H., McCabe, D.E., Elias, J.A.: Flat Rolled Products. Interscience Publishers. New York. 1962, p.29.

- [3] Pinoy, L., Eloit, K., Standaert, C., Jacobs, S. Dilewijns, J. Journal de Physique IV (France). 8, Pr-2, 1998, p.487.
- [4] Coombs, A. J. Phys. IV. (France). 8, Pr2, 1998, p.475.
- [5] Novolipetsk Steel (NLMK) PRESS – Release, 22 January 2007.
- [6] Brissonneau, P.: J. Magn. Magn. Mater. 19, 1980, pp.52 – 59.
- [7] Humphreys, F. J., Matherly, M. Recrystallization and related annealing phenomena. Pergamon. 1996, 4979
- [8] Godec, M., Jenko, M. Materiali in Tehnologije. 34(6), 2000, p.359.
- [9] Bertotti, G., Ban, G. and Abbruzzese, G. J. Appl. Phys. 73 (10), 1993, p.6612

Prehľad aktivít vedeckých spoločností – pre porovnanie v čísle Správach 3 / 2009 je uvedený prehľad publikačnej činnosti VSNK za uvedené obdobie

Štatistické údaje o vedeckých spoločnostiach – v rokoch 2007-9.

rok	počet členov	Prednášky	Semináre	Konferencie	Publikácie
2007	8030	849	456	86	93
2008	7828	770	303	93	137
2009	7693	891	181	91	104
Priemer		837	313	90	111

Zdroj tabuliek: Spravodaj RSVS 1-2 / 2010

Tabuľka pridelených príspevkov vedeckých spoločností

P.Č	RADA VEDECKÝCH SPOLOČNOSTÍ pri SAV: ROZPIS PRÍSPEVKU – na rok 2010	Príspevok
1.	Slovenská astronomická spoločnosť	2 310,00
2.	Slovenská akustická spoločnosť	460,00
3.	Slovenská fyzikálna spoločnosť	9 310,00
4.	Slovenská geologická spoločnosť	1 550,00
5.	Slovenská geografická spoločnosť	400,00
6.	Slovenská spol. pre kybernet.a informat.	500,00
7.	Slovenská limnologická spoločnosť	215,00
8.	Slovenská meteorologická spoločnosť	270,00
9.	Jednota slovenských matematikov a fyzikov	6 800,00
10.	Slovenská spoločnosť pre mechaniku	510,00
11.	Vedec.spoločnosť pre náuku o kovoch	910,00
12.	Asociácia slovenských geomorfológov	500,00
	S p o l u : I. oddelenie	23 735,00
1.	Slovenská antropologická spoločnosť	650,00
2.	Slovenská spoločnosť pre biochémiu a mol. biológiu	680,00
3.	Slovenská botanická spoločnosť	730,00
4.	Slovenská bioklimatolog. Spoločnosť	950,00
5.	Slovenská entomologická spoločnosť	840,00
6.	Slovenská ekologická spoločnosť	250,00
7.	Slovenská chemická spoločnosť	6 050,00
8.	Slovenská spol.pre poľ.les.potrav.a veterinár.vedy	975,00
9.	Slovenská parazitologická spoločnosť	700,00
10.	Slovenská zoologická spoločnosť	800,00
11.	Slovenská biologická spoločnosť	590,00
12.	Slovenská alzheimerova spoločnosť	2 260,00
13.	Slovenská mykologická spoločnosť	1 050,00
14.	Slovenská imunologická spoločnosť	700,00
15.	Slovenská spoločnosť pre neurovedy	300,00
	S p o l u : II. Oddelenie	17 525,00
1.	Slovenská archeologická spoločnosť	1 330,00
2.	Slovenské filozofické združenie	1 250,00
3.	Slovenská historická spoločnosť	3 210,00
4.	Slovenská jednota klas. Filológov	680,00
5.	Slovenská jazykovedná spoločnosť	1 320,00
6.	Slovenská sociologická spoločnosť	1 780,00
7.	Národopisná spoločnosť Slovenska	600,00
8.	Slovenská psychologická spoločnosť	1 330,00
9.	Slovenské združ .pre politické vedy	300,00
10.	Slovenská štatist.a demogr.spoločnosť	1 200,00
11.	Slovenská pedagogická spoločnosť	1 750,00
12.	Slovenská spoločnosť pre regionálnu politiku	600,00
13.	Slovenská numizmatická spoločnosť	550,00
	Nerozpísané zdroje	11 953,00
	S p o l u : III. Oddelenie	27 853,00

Správy Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV vydáva výbor Spoločnosti.

Zodpovedný pracovník : Doc. Ing. Maroš Martinkovič, PhD.

*Adresa Spoločnosti : Vedecká spoločnosť pre náuku o kovoch pri SAV
Ing. Pavol Štefánik, CSc.
Račianska 75, 831 02 Bratislava 3*