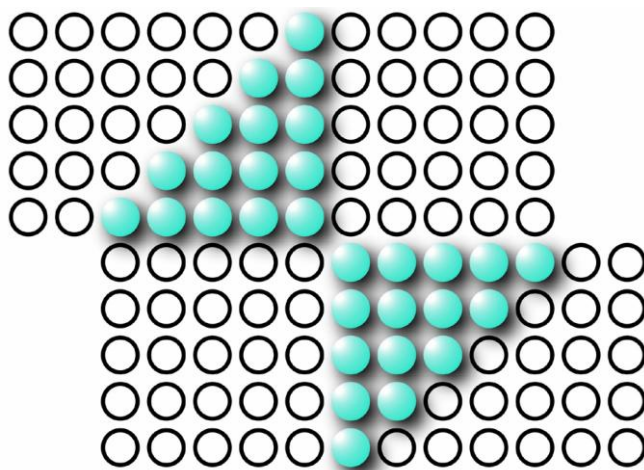


# SPRÁVY



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

**1-2 / 2008**

## **Z činnosti výboru Vedeckej spoločnosti pre náuku o kovoch pri SAV**

V roku 2008 sme dali do skúšobnej prevádzky webovú stránku našej spoločnosti <http://www.vsnk.sav.sk>. Správcom stránky je Ing. Roman Moravčík PhD. z Trnavskej pobočky Spoločnosti. Prosíme všetkých členov spoločnosti o pripomienky k forme i obsahu uvedenej stránky. Zasielajte ich na e-mailovú adresu tajomníka výboru doc. Ing. Maroša Martinkoviča PhD. – [maros.martinkovic@stuba.sk](mailto:maros.martinkovic@stuba.sk).

Člen výboru Ing. Pavol Štefánik, CSc. sa zúčastnil ako zástupca výboru Spoločnosti na Valnom zhromaždení Rady slovenských vedeckých spoločností (SVS), ktoré sa konalo 27.5.2008 v Bratislave. Podrobná správa zo zasadania bude uverejnená v ďalšom čísle Správ.

Za výbor Spoločnosti

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

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

### **Životné jubileum v II. polroku 2008 oslávia nasledovní členovia:**

#### **50 rokov**

Ing. Jozef Petřík, PhD.  
RNDr. Hrabčáková Lucia

nar. 28.10.1958  
nar. 5.12.1958

#### **60 rokov**

Prof. Ing. Ľudovít Parilák, CSc.  
Doc. Ing. Viktor Tittel, CSc.  
Doc. Ing. Viliam Hrnčiar, CSc.

nar. 25.8.1948  
nar. 19.10.1948  
nar. 18.12.1948

***Blahoželáme***

# VÝROBNÉ TECHNOLOGIE A MATERIÁLY PRE ODLIEVANÉ REZNÉ NÁSTROJE

Prof. Ing. Alexander S. ČAUS, DrSc.

*Materiálovotechnologická fakulta STU, J. Bottu 23, 917 24 Trnava  
Tel.: ++421 0918 646 036; alexander.chaus@stuba.sk*

## ABSTRACT

*Článok sa zaoberá zlievarenskými technológiami výroby rezných nástrojov na kovy. Venuje sa vplyvu očkujúcich a modifikujúcich prísad na štruktúru a vlastnosti rýchlorezných ocelí štandardného chemického zloženia podľa normy STN 41 9830 a STN 41 9852. Obsahuje údaje o štruktúre a vlastnostiach ekonomicky legovanej rýchloreznej ocele nadeutektoidného zloženia a špeciálnej rýchloreznej ocele s východiskovou feriticko-karbidickou štruktúrou pre technológiu nauhličovania odlievaných rezných nástrojov.*

## 1 ÚVOD

Výroba rezných nástrojov odlievaním je stále aktuálna. Je to dané tým, že sa pri použití presných spôsobov odlievania dosahuje priama úspora nástrojového materiálu, podmienená znižovaním hmotnosti odlievaných polotovarov, ktoré od začiatku presne kopírujú tvar nástroja na rozdiel od prípadu použitia tyčového polotovaru z tvárneného materiálu. Znížením objemu mechanickej práce pri obrábaní klesá energetická náročnosť a prácnosť výroby nástroja [1]. Najhlavnejšie je ale to, že zlievarenská technológia dovoľuje hospodárnejšie využívať veľmi drahú RO vďaka viacnásobnému použitiu nástrojového šrotu a najmä priamemu zužitkovaniu odpadov RO pri pretavovaní. Ako zložky vsádzky sa môžu pri tavení RO používať nielen nástrojový šrot a zvyšky tvárnených tyčových polotovarov, ale aj brikety skompaktovanej triesky. S tohto hľadiska je obzvlášť pozoruhodná nedávno vyvinutá technológia, ktorá dovoľuje pri tavení zužitkovať aj vysokolegované odpady, vznikajúce pri brúsení výrobkov zo spekaných karbidov [2]. Porovnanie spotreby materiálu a prácnosti pri výrobe nástroja obrábaním a odlievaním je vidieť z tab. 1 a 2 [3].

**Tabuľka 1** Spotreba materiálu pri výrobe rezného nástroja z tvárneného profilu RO trieskovým obrábaním a odlievaním [3]

Nástroj	Hmotnosť polotovaru [kg]		Úspora RO	
	tvárneného	odliateho	[kg]	[%]
Obrázačací nôž	2,153	0,750	1,403	65,1
Súprava vsadených hrebeňových nožov pre odvaľovacie frézy	2,748	1,682	1,066	65,3
Trojstranná kotúčová fréza	1,040	0,440	0,600	57,7
Nástrčná čelná fréza	1,360	0,410	0,950	68,7

**Tabuľka 2** Prácnosť pri výrobe rezného nástroja z tvárneného profilu R trieskovým obrábaním a odlievaním [3]

Nástroj	Prácnosť výroby nástroja [min]		Úspora času
	obrábaním	odlievaním	[%]
Obrázačací nôž	393,4	360,7	8,3
Súprava vsadených hrebeňových nožov pre odvaľovacie frézy	47,2	38,07	19,3
Trojstranná kotúčová fréza	135,0	90,1	33,9
Nástrčná čelná fréza	105,0	67,45	35,7

## 2 TECHNOLOGIE VÝROBY ODLIEVANÝCH REZNÝCH NÁSTROJOV

V súčasnej dobe na výrobu odlievaných rezných nástrojov sa používajú rôzne zlievarenské technológie. Technológia kokilového liatia patrí medzi najatraktívnejšie, pretože táto technológia vďaka vysokej rýchlosti ochladzovania pri tuhnutí kovu v kovovej alebo grafitovej kokile zabezpečuje zvýšenú hustotu zliatiny a jemnozrnnú štruktúru odliatku (obr. 1) a v dôsledku toho aj vysoké hodnoty mechanických vlastností najmä rázovej húževnatosti [4]. Ďalšími prednosťami technológie kokilového liatia sú: nevyžaduje použitie formovacích zmesí, čo zjednodušuje a zrýchľuje technologický proces výroby odliatkov s možnosťou najjednoduchšieho zavedenia aj v podmienkach nešpecializovanej zlievarenskej výroby; zlepšuje hygienické a ekologické podmienky zlievarenskej výroby; vysoká stabilita a presnosť rozmerov a tvaru odliatku; vysoká kvalita povrchu odliatku, čo umožňuje podstatné zmenšiť prídavky na opracovanie.

*Obr. 1* Fréza  $\varnothing$  65 mm vyrobená technológiou kokilového liatia a jej štruktúra po tepelnom spracovaní

Hlavnou výhodou metódy vytaviteľného vosku je ešte vyššia kvalita povrchu odliatku. Práve táto technológia umožňuje maximálnu redukciu prídavkov na opracovanie (obr. 2) a následne aj výraznejšie zníženie spotreby materiálu a prácnosti pri výrobe nástroja odlievaním.

*Obr. 2* Fréza  $\varnothing$  65 mm vyrobená technológiou vytaviteľného vosku

Na výrobu nástrojov väčšieho priemeru je vhodnou technológiou elektrotroskové pretavovanie. Vďaka prechodu kvapiek odtavujúcej sa elektródy cez roztavenú trosku je zaručený najnižší možný stupeň chemickej heterogenity materiálu v prierezoch aj relatívne hrubých odliatkov (s  $\varnothing$  nad 100 mm). Materiál odliatkov získaných elektrotroskovým pretavovaním sa líši okrem toho aj vysokou hustotou a chemickou čistotou [5, 6].

Avšak širšiemu uplatneniu lacnejšieho odlievaného nástroja zabraňuje absencia špeciálnych zlievarenských materiálov na jeho výrobu. Napríklad ako materiál na odlievanie sa používajú väčšinou štandardné RO, štruktúra a vlastnosti ktorých nevyhovujú požiadavkám zlievarenskej technológie, čo najviac je veľmi často skomplikované nevhodným výberom sortimentu odlievaných rezných nástrojov. Aby náhrada bola adekvátne, treba v prvom rade zlepšiť mechanické vlastnosti liatych RO najmä ich rázovú húževnatosť a takouto cestou zabezpečiť vysokú spoľahlivosť a trvanlivosť odlievaného nástroja.

### **3 OČKOVANÉ A MODIFIKOVANÉ RÝCHLOREZNÉ OCELE NA ODLIEVANÉ REZNÉ NÁSTROJE**

Vo všeobecnosti sa používajú rôzne komerčné spôsoby zjemnenia štruktúry a zlepšenia vlastností RO. Použitie očkovadiel a povrchovo aktívnych modifikátorov patrí medzi najvýznamnejšie. Lenže na zlepšenie štruktúry a vlastností liatych RO na rozdiel od konvenčných štandardných zlievarenských zliatin sa používalo obmedzené množstvo očkovadiel a modifikátorov. Preto za účelom rozšírenia sortimentu očkovadiel a modifikátorov pre liate RO sa teoreticky zhodnotila povrchová aktivita prvkov na základe kritérií, akými sú teplota tavenia, povrchová energia, špecifické teplo sublimácie, entropia v štandardnom stave, štatistický zovšeobecnený moment, celková potenciálna bariéra

elektrónov. Poradia aktivít prvkov zostavené zvážením týchto kritérií ukázali, že najväčší potenciál modifikátorov (povrchovo-aktívne prvky) majú Bi, Ca, Sr, Sn, Sb, Cd, Mg a najväčší potenciál očkovačiek (inaktívne prvky) majú Ti, Zr, Hf, Nb, Ta a B [7, 8].

Experimentálna verifikácia mechanizmov pôsobenia prísad Nb, Zr, Ti, B, Si, Ge, Ni, ferocéru (FeCe), zmesi Si a kovov vzácnych zemín (KVZ), ytrium-hliníkovej zliatiny (Y), Bi, Cd a Al v liatych W-Mo RO typu STN 41 9830 a STN 41 9852 bola urobená so stanovením vzťahov medzi štruktúrnymi parametrami (rozmerom primárnych zŕn kovovej matrice; množstvom a rozmerom nekovových vtrúsenín; fázovým zložením, objemovým podielom, jemnosťou, morfológiou a charakterom rozloženia eutektických karbidov) a úžitkovými respektíve mechanickými vlastnosťami (tvrdosťou – v liatom stave, po kalení a po popúšťaní, odolnosťou voči popúšťaniu, oteruvzdornosťou a rázovou húževnatosťou po úplnom tepelnom spracovaní) ocelí v nasledovných intervaloch koncentrácií, v hm. %: 0,05 – 0,1 – 0,3 – 0,6 pre Zr a Bi; 0,1 – 0,3 – 0,6 – pre Nb, Ti, Ge, Ni, Si-KVZ, Y a Cd; 0,1 – 0,3 – 0,6 – 1,0 – pre B; 0,1 – 0,3 – 0,6 – 1,2 – pre FeCe a 0,4 – 0,8 – 1,2 – pre Si a Al. Pre každý modifikátor vnútri sledovaného intervalu koncentrácie sa určili príslušné vzťahy medzi charakterom zmeny štruktúry a vlastnosťami, ako aj parametrami modifikovania respektíve množstvom prísadového prvku [7-12]. Na základe týchto štúdií boli vyvinuté a poskytnuté priemyslu nové RO na odlievané rezné nástroje s predikovanými vyžadovanými mechanickými a úžitkovými vlastnosťami, chemické zloženie ktorých je chránené autorskými osvedčeniami (ďalej a.o.), tab. 3.

Tabuľka 3 Charakteristiky RO na odlievané rezné nástroje

Oceľ podľa	Základná oceľ	Prvok/Prvky	Rázová húževnatosť, MJ/m <sup>2</sup>	Tvrdosť, HRC	Odolnosť voči popúšťaniu <sup>1</sup> , HRC	Oteruvzdornosť <sup>2</sup>
normy STN	41 9830	—	0,11	63,0	58,0	1,0
normy STN	41 9852	—	0,10	65,5	61,0	1,0
a.o. 908927	41 9852	B, Al	0,07	66,5	63,0	1,6
a.o. 914648	41 9852	Bi	0,18	65,5	60,0	1,3
a.o. 1109464	41 9852	Zr, Hf, Cu	0,17	65,5	61,0	1,3
a.o.	41	B, Al, Ge, Bi	0,095	66,0	63,0	2,1

1109466	9830					
a.o. 1113423	41 9830	B, Ti, Nb, Al, KVZ	0,14	64,0	59,5	1,6
a.o. 1122743	41 9830	Ti, Bi	0,19	63,0	58,0	1,5
a.o. 1122746	41 9830	Sb	0,25	62,5	58,0	1,0
a.o. 1126624	41 9830	Cd	0,20	64,0	60,5	1,4
a.o. 1457428	41 9830	Ta, Sb	0,31	63,5	60,0	1,2
a.o. 1463793	41 9852	Nb, Al	0,14	66,0	61,5	1,5
a.o. 1463797	41 9830	B, Al, Ti, Nb, Bi, Sb	0,20	64,5	61,5	1,3
a.o. 1583462	41 9830	Sr	0,27	64,0	60,5	1,2

<sup>1</sup> Hodnotené meraním tvrdosti pri 20 °C po dodatočnom popúšťaní na 620 °C, 4h.

<sup>2</sup> Hodnotenie oteruvzdornosti sa robilo cestou porovnania s základnými ocelami, oteruvzdornosť ktorých v obdobných podmienkach skúšania bola prijatá za jednotku.

Modifikované a očkované RO sa líšia voči základným oceliam podstatne jemnejšou štruktúrou matrice a eutektika, ako je to zdokumentované na príklade ocele modifikovanej Bi (obr. 3). Ako je to vidieť z tab. 3, tieto štruktúrne zmeny kladne ovplyvňujú predovšetkým rázovú húževnatosť vyvinutých ocelí až na výnimku ocelí podľa autorských osvedčení č. 908927 a č. 1109466, prednosťou ktorých je obzvlášť vysoká tepelná stabilita a oteruvzdornosť.

Obr. 3. Štruktúra základnej (a) a Bi modifikovanej (b) ocele typu STN 41 9852 po tepelnom spracovaní

Potrebné je poznamenať, že technologické postupy očkovania a modifikovania taveniny počas primárnej kryštalizácie RO zabezpečujú riešenie problému zlepšenia rázovej húževnatosti iba sčasti, nakoľko oni neodstraňujú kosť eutektických karbidov, ktorých výskyt je spojený so samotným ledeburitickým pôvodom RO. Preto pre odlievajúce rezné nástroje je perspektívnejší prechod od RO ledeburitického typu k novým materiálom so zníženou karbidickou heterogenitou, ktorými sú napríklad

nadeutektoidná ekonomicky legovaná oceľ typu 11M5F [13, 14] a takzvaná matričná RO s feriticko-karbidickou štruktúrou pre cementačné nástroje [15-19].

### **3 RÝCHLOREZNÉ OCELE NA ODLIEVANÉ REZNÉ NÁSTROJE NETRADIČNÉHO CHEMICKÉHO ZLOŽENIA**

#### **3.1 Štruktúra a vlastnosti ekonomicky legovanej rýchloreznej ocele nadeutektoidného zloženia typu 11M5F**

Štruktúra bezvolfrámovej RO 11M5F nadeutektoidného zloženia v liatom stave sa vyznačuje značne menším objemovým podielom nadbytočných fáz, vysokým stupňom ich jemnosti a neprítomnosťou rozvinutej karbidickej siete (obr. 4a-c). Objemový podiel eutektických karbidov neprevyšoval 1 % pri kryštalizácii ocele v grafitovej kokile a 5 % pri odliatí ocele do keramickej formy [13, 14].

Nadbytočné fázy v základnej oceli boli identifikované prevažne ako karbidy  $M_2C$  (na základe kryštalickej mriežky karbidu  $V_2C$ ) a v malých množstvách – ako  $MC$  ( $VC$ ) a  $M_3C$  ( $Fe_2MoC$ ). Hlavný karbid RO  $M_6C$  v liatom stave nebol pozorovaný [13, 14]. Primárne karbidy  $M_2C$  sa vylučujú v eutektiku s prevažne tyčinkovitou morfológiou (obr. 4b) a spolu s nimi sa tvorí nepatrné množstvo lamelárneho eutektika.

Obr. 4. Štruktúra ocele typu 11M5F po odliatí (a-c), kalení (d) a úplnom tepelnom spracovaní (kalení a popúšťaní) (e, f): a, b, d, e – liatie do keramickej škrupinovej formy; c, f – liatie do grafitovej kokily

Technologický postup očkovania ocele Ti a modifikovania Bi spôsobuje výrazné zjemnenie štruktúry kovovej matrice a taktiež kvalitatívne a kvantitatívne zmeny karbidickej zložky. Pozorované bolo lamelárne eutektikum, zatiaľ čo tyčinkovité eutektikum sa nevyskytovalo. Modifikovaním podiel karbidov MC narastá hlavne dôsledkom tvorby fázy TiC. Ešte väčšie zjemnenie primárnej štruktúry spôsobuje kryštalizácie ocele v grafitovej kokile (obr. 4c).

Po kalení z teplôt 1140 až 1180 °C majú ocele jemné a rovnomeré austenitické zrno, zodpovedajúce podľa normy číslu 11 až 12 aj v prípade odlievania kovu do škrupinovej formy (obr. 4d). Zmeny tvrdosti po kalení v závislosti od teploty austenitizácie a taktiež aj po trojnásobnom popúšťaní na teplote 560 °C preukázali, že optimálne hodnoty tvrdosti zabezpečuje kalenie z teploty 1180 °C [13].



Podobne ako v procese žihania sa eutektické karbidy ohrevom a výdržou na austenitizačnej teplote nerozpúšťajú a eutektikum si zachováva takisto typickú morfológiu získanú v štádiu primárnej kryštalizácie. Nadbytočných karbidov je veľmi malý podiel (obr. 4e), najmä v prípade odlievania ocele do kokily (obr. 4f). Výsledkom je skutočnosť, že po úplnom tepelnom spracovaní rázová húževnatosť ocele typu 11M5F (0,09 až 0,18 MJ.m<sup>-2</sup>) je o 80 až 157 % vyššia voči štandardnej oceli typu STN 41 9830 (0,035 až 0,10 MJ.m<sup>-2</sup>).

### **3.2 Vývoj špeciálnej rýchloreznej ocele s východiskovou feriticko-karbidickou štruktúrou pre cementačné odlievane rezné nástroje**

Pri vývoji liatej cementačnej RO s feriticko-karbidickou štruktúrou s cieľom väzby uhlíka v karbidoch a tvorby feritickej matrice bolo použité dodatočné legovanie základnej ocele typu STN 41 9830 Ti, Nb a V [15]. Charakteristickým znakom primárnej štruktúry vyvinutej ocele je vysoký stupeň jemnosti feritickej matrice, čo sa dá vysvetliť tým, že po prvé účinne spomaľujú rast zŕn, vylučovanie ťažko taviteľných fáz MC, tvoriacich po hraniciach zŕn nesúvislé karbidické siete (obr. 5a), po druhé primárne karbidy MC bezprostredne vytvárajú v tavenine zárodočné centrá kryštalizácie (obr. 5b). Po odlievaní nadbytočné fázy sú zastúpené najmä legovanými karbidmi TiC a VC a taktiež v nepatrnom množstve Fe<sub>3</sub>(W, Mo)<sub>3</sub>C [16].

Žihanie nespôsobuje preukázateľné zmeny v rozložení nadbytočných fáz: nesúvislá karbidická sieť sa prakticky neodstraňuje. Avšak v dôsledku vysokoteplotného pôsobenia nastáva fragmentácia jednotlivých karbidov MC. Objemový podiel karbidov Fe<sub>3</sub>(W, Mo)<sub>3</sub>C a VC stúpa, kým TiC klesá a v štruktúre ocele sa objavuje karbid NbC. V procese nauhličovania, ktoré sa robí v súlade s navrhnutou technológiou chemicko-tepelného spracovania odlievaného rezného nástroja pri teplote 950 °C / 20 h v médiu zemného plynu [15], sa vytvárajú difúzne vrstvy o hrúbke 1,4 až 2,4 mm s koncentráciou uhlíka 1,3 až 1,6 hm. %. Pozoruje sa rozpad, sferoidizácia a koalescencia častíc karbidov, dôsledkom čoho sa eliminujú zóny so zvýšeným podielom nadbytočných fáz. Karbidická sieť po hraniciach zŕn kovovej matrice sa prakticky stráca, a oceľ získava rovnomernejšiu štruktúru.

Nasledujúcim tepelným spracovaním sa získa finálna štruktúra a vlastnosti zliatiny. V závislosti od určitého podielu medzi legujúcimi prvkami sa dá zabezpečiť rozličný stupeň rozpúšťania nadbytočných karbidov, čo dovoľuje v povrchovej vrstve zliatiny získať štruktúry s rozličnou karbidickou nehomogenitou (obr. 5c, d). Konkrétne zadané

štruktúrne parametre zabezpečujú prednostné zlepšenie rázovej húževnatosti alebo oteruvzdornosti [16].

Obr. 5. Štruktúra cementačnej ocele po odliatí (a, b) a úplnom tepelnom spracovaní - kalení a popúšťaní (c, d): c, d – difúzna vrstva

Zákonitosti kvalitatívnych a kvantitatívnych zmien štruktúry a vlastností cementačnej ocele pri použití technológie hydrodynamického vytlačania za tepla nástroja z odlieho polotovaru ukázali, že tvárnenie okrem očakávaných zmien štruktúry, spojených s procesmi mechanického spevnenia a rekryštalizáciou kovovej matrice a taktiež aj s výskytom karbidických reťazí, má veľký vplyv na samotnú kinetiku tvorby povrchovej vrstvy. Napríklad pri cementácii v nauhličenej vrstve tvárneného materiálu sa tvorí väčšie množstvo karbidickej fázy (31 objem. %), ako v liatom materiále (24 objem. %). Dôkazom zvýšenia rýchlosti priebehu difúzných procesov v oceli po tvárnení za tepla je aj väčší stupeň nasýtenia povrchovej vrstvy uhlíkom – 1,6-1,8 hm. % voči 1,3-1,6 % [17, 18].

S ohľadom na odlišnosť chemického zloženia ocele režimy jej tepelného spracovania boli podrobené optimalizácii [19]. Po tepelnom spracovaní podľa navrhnutých režimov sa získala vysoká sekundárna tvrdosť povrchovej vrstvy s hodnotou 67 až 69 HRC a tepelná stabilita 675 °C pri tvrdosti 60 HRC. Z hľadiska hodnoty oteruvzdornosti vyvinutá oceľ je po tepelnom spracovaní viac ako dvojnásobne lepšia v porovnaní s oceľou STN 41 9830. Pri tom tvrdosť jadra vzorky po cementácii a tepelnom spracovaní neprekročila 30 HRC, čo spolu s priaznivým tvarom a charakterom rozloženia nadbytočných karbidov bolo garanciou vysokej rázovej húževnatosti samotného jadra ( $0,70 \text{ MJ.m}^{-2}$ ) a taktiež konečne aj celého nástroja ( $0,20 \text{ MJ.m}^{-2}$ ). Trvanlivosť odlievaných tvarových hranolových sústružníckych nožov, vyrobených z vyvinutej ocele a podrobených cementácii, je takmer 4 násobne vyššia v porovnaní s konvenčným nástrojom, odliatym z ocele STN 41 9830 [16].

## Záver

Zlievarenské technológie výroby odlievaných rezných nástrojov vo všeobecnosti umožňujú hospodárne využitie nástrojového šrotu a iných odpadov štandardných RO. Ďalšími významnými faktormi sú: zníženie prácnosti, úspora nástrojového materiálu a najmä možnosť pružne meniť

chemické zloženie nástrojového materiálu s cieľom dosiahnuť vopred požadované úžitkové vlastností pre príslušné nástroje.

Na základe výskumných poznatkov boli ponúknuté ako zlievárenské nástrojové materiály nové očkované a modifikované RO, ekonomicky legovaná bezvolfrámová RO typu 11M5F nadeutektoidnej koncentrácie a špeciálna cementačná oceľ s feriticko-karbidickou štruktúrou. Aplikáciou nových liatych nástrojových materiálov a spôsobov ich spracovania sa zabezpečuje zvýšená spoľahlivosť a odolnosť odlievaného rezného nástroja na kovy.

## Literatúra

- [1] Gelin, F.D. CHAUS, A.S.: *Metalličeskije materialy*. - Minsk : Vyšejšaja škola, 2007. – 396 s.
- [2] TAMBOVCEV, Ju.I., RUDNICKIJ, F.I.: Patent č. 1787691 Spôsob spracovania kovových odpadov, Objavy. Vynálezy, 1993, č. 29, s. 79.
- [3] REVIS, I.A., LEBEDEV T.A.: *Struktura i svojstva litogo režuščego instrumenta*. Leningrad, Mašinstrojenie, 1972, 128 s.
- [4] CHAUS, A.: Výroba rezných nástrojov zlievarenskou technológiou. Materiálové inžinierstvo. Roč. 13, č. 3 / nadát. Zlievarenské sympózium. 1. Nízke Tatry, 26.-28.9.2006 (2006). - Žilina : Žilinská univerzita, 2006, s. 73-76.
- [5] CHAUS, A.S., RUDNICKII, F.I., MURGAS, M.: Structural inheritance and special features of fracture of high-speed steels. *Metal Science and Heat Treatment*, **39** (1997) Nos. 1–2, p. 53–56.
- [6] MURGAŠ, M., CHAUS, A.S., POKUSA, A., POKUSOVÁ, M. The Electroslag Remelting of High-Speed Steel Using a Magnetic Field. *ISIJ International*, **40** (2000) No. 10, p. 980–986.
- [7] CHAUS, A.S., RUDNICKII, F.I.: Effect of modification on the structure and properties of cast tungsten-molybdenum high-speed steels. *Metal Science and Heat Treatment*, **31** (1989) Nos. 1–2, p. 121–128.
- [8] CHAUS, A.S.: Application of bismuth for solidification structure refinement and properties enhancement in as-cast high-speed steels. *ISIJ International*, **45** (2005) No. 9, p. 1297–1306.
- [9] CHAUS, A.S.: Effect of modification and alloying on wear resistance of high-speed steels. *Journal of Friction and Wear*, **20** (1999) No 3, p. 83–89.
- [10] CHAUS, A. S.: Effect of boron on cast tungsten–molybdenum high-speed steels. *The Physics of Metals and Metallography*, **91** (2001) No 5, p. 463-473.

- [11] CHAUS, A.S.: Use of REM-based modifying agents for improving the structure and properties of cast tungsten–molybdenum high-speed steels. *Metal Science and Heat Treatment*, **46** (2004) Nos 9–10, p. 415–422.
- [12] CHAUS, A.S.: Modifying cast tungsten-molybdenum high-speed steels with niobium, zirconium and titanium. *Metal Science and Heat Treatment*, **47** (2005) Nos 1–2, p. 53–61.
- [13] CHAUS, A.S.: On the prospects of the use of low-alloy tungsten-free high-speed steel 11M5F for cast tools. *Metal Science and Heat Treatment*, **40** (1998) Nos 7–8, p. 319–325.
- [14] CHAUS, A.S., CHOVANEC, J., LEGERSKÁ, M.: Development of high-speed steels for cast metal-cutting tools. *Solid State Phenomena*, 2006, Vol. 113. P. 559–564.
- [15] AO 1474179 ZSSR, MKI C 22 C 38/50. Bystrorežuščaja stal' / A.S. CHAUS, V.B. LEVITAN, K.S. BUDROVSKIJ, V.V. SUŠKO. Č. 4296703/31-02; Zajavl. 17.08.87; Opubl. 23.04.89, Bjul. č. 15. Otkrytija. Izobretenija, 1989, č. 15, s. 96.
- [16] CHAUS, A.S., LATYSHEV, I.V.: Effect of vanadium, titanium, and niobium on the structure and properties of cast tungsten-molybdenum high-speed steels. *The Physics of Metals and Metallography*, **88** (1999) No 5, p. 462–468.
- [17] CHAUS, A.S. Structure transformation in high-speed steel upon hydrodynamic extrusion of tools from cast semifinished products. *Physics of Metals and Metallography*, **94** (2002) No 6, p. 616–623.
- [18] CHAUS, A.S.: Structure and phase transformations upon carburisation of high-speed steel. *Defect and Diffusion Forum*, 2006, Vol. 249. P. 269-274.
- [19] CHAUS, A.S. a kol.: Heat treatment of cast carburising high-speed steel alloyed with Ti, Nb, and V. *Metal Science and Heat Treatment*, **43** (2001), Nos. 5–6, p. 220–223.

Najbližšie organizované konferencie za organizačnej účasti našich členov príslušnej pobočky:

5. ročník Medzinárodnej konferencie Lokálne mechanické vlastnosti 2008, 3.-5.11.2008 Herľany  
Katedra Náuky o materiáloch HF TU Košice

Medzinárodná konferencia Deformation and Fracture in PM Structural Materials DFPM 2008, Stará Lesná 19. – 22.10.2008  
Ústav materiálov SAV Košice

*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*