

SPÔSOBY ZVYŠOVANIA ŽIVOTNOSTI ZÁPUSTIEK

IMPROVING OF FORGING DIES LIFE

Ondrej Híreš^a

Rudolf Pernis^b

Jozef Kasala^c

*a, b, c Fakulta špeciálnej techniky, Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka
v Trenčíne, Študentská 1, 911 50 Trenčín
E-mailová adresa: hires@tnuni.sk, pernis@tnuni.sk, kasala@tnuni.sk*

Abstrakt

V príspevku autori opisujú viaceré technické riešenia zvyšovania životnosti kovacích zápustiek, ktoré sú realizované vo výrobnej praxi. Poukazujú na rozdielnosti v prístupoch pri aplikácii tej ktorej metódy ovplyvňovania životnosti kovacích nástrojov. V príspevku sú uvedené konkrétne výsledky zo sledovania životnosti vytypovaných kováčskych zápustiek pracujúcich za tepla. Sledovanie životnosti sa uskutočnilo priamo vo výrobných podmienkach. V príspevku sú zhrnuté výsledky z piatich technologických riešení zvyšovania životnosti kováčskych zápustiek, pričom každé z riešení má svoje špecifiká. Pred zápusťkovým kovaním je dôležité komplexné posúdenie faktorov, ktoré do technologického procesu vstupujú, teda stroj, výkovok, nástroj. Z opísaných technologických riešení je možné potom navrhnúť práve také, ktorým je možné zásadne pozitívne ovplyvniť životnosť drahého kovacieho nástroja, ktorým kovacia zápusťka je. Životnosť zápusťky zásadne ovplyvňuje správny výber materiálu. Z tohto pohľadu autori príspevku navrhujú dve riešenia. Jedno je zamerané na výber materiálu vhodného pre chemicko-tepelnú úpravu povrchu zápusťkovej dutiny a pre tento účel bol vyvinutý materiál vhodný pre nástroje pracujúce za tepla. Druhé riešenie je spojené s rafinačným procesom, ktorým sa dá vyrobiť oceľ o zvýšenej čistote. Autori riešenia použili elektrotroskové pretavovanie ocelevej elektródy, z ktorej sa po jej pretavení pod troskou vykoval zápusťkový blok. Chemicko-tepelné vytvrdzovanie povrchu kovacej zápusťky sa realizovalo nitridáciou. V tomto príspevku je tiež venovaný priestor pre technológiu elektrochemického hĺbenia dutín kovacích zápustiek. Táto netradičná technológia je vhodná pre výrobu členitých tvarov a presných rozmerov budúceho výkovku. Posledné technologické riešenie životnosti kovacieho nástroja spočíva v oprave kovacej dutiny už použitej zápusťky naváraním opotrebovaných partií nástroja.

Abstract

The paper describes multiple technical solutions applied in production practice. It mentioned on the differences in approach to various methods of die life increasing. There is shown the concrete result from the monitoring of life of selected dies in the paper. The dies are working heated. The die life was monitoring in conditions of practice. The paper summarized conclusion of five technological solutions to improve forge die life. Each of solutions is specifical. There is important to complex consider of all factor entering in the process as a machine, forging and tool. Then is possible to select one of described solutions mainly affecting the die life as an expensive tool. The die life is generally affecting by right choice of the material. In this point of view the author suggest two solutions. One is targeted to selection of suitable material for

chemical heat treatment of die. For this purpose was developed material applicable for heat working tool. The second solution counts with refining process by which is possible to product cleanest steel. Chemical heat treating of die was realized by nitriding. In the paper is presented the electro chemical treating of the forging die's hollows. This technology is suitable to produce a forge with appreciate and complicate shape. Last technological solution of forging tool improving is to repair of forging hollow by facing of weared machines parts.

1. ÚVOD

Neustály pokrok v strojárstve prináša stále nové, presnejšie, výkonnejšie a hospodárnejšie spôsoby výroby polotovarov, ku ktorým patrí aj zápustkové kovanie. Táto technológia sa výrazne presadzuje nielen v hromadnej a sériovej výrobe výkovkov, ale aj pri výrobe výkovkov, kde sú kladené vysoké požiadavky na súbor ich fyzikálno-mechanických vlastností [3]. V príspevku sa opierajú autori najmä o realizáciu technológií, ktoré sú kryté patentom a autorským osvedčením [1], [2].

Pri posudzovaní sériovosti dobre tvárniteľných materiálov významným faktorom je rozmer, hmotnosť a zložitosť výkovku. Tieto parametre boli rozhodujúce aj pri stanovovaní postupu zvyšovania životnosti zápustiek, čo sa značnou mierou podieľa na cenotvorbe výkovku. Na dosiahnutie stanoveného cieľa, ktorým bolo zvýšenie životnosti zápustiek širokej škály výkovkov, sme postupovali podľa nasledujúcej metodiky.

2. TECHNICKO-TECHNOLOGICKÝ POSTUP

2.1 Výber materiálu

Voľba materiálu pre zápustkový blok je dôležitou konštrukčnou úlohou. V priemyselnej praxi sa na výrobu zápustiek najčastejšie používajú tri druhy materiálov. Reprezentant nižšie namáhaných zápustiek je materiál 19 663; stredne namáhaných zápustiek – oceľ 19 552; vysokonamáhané zápustky sa zvyčajne vyrábajú z ocele 19 721. Tieto ocele majú okrem svojich kladných stránok, ktoré spočívajú najmä v tom, že sú schopné prijímať značné dynamické a tepelné zaťaženie, aj negatívne javy.

Oceľ 19 663 sa v praxi chemicko-tepelne nevytvrdzuje a má nižšiu odolnosť proti dodatočnému popúšťaniu pracovného povrchu nástroja z nej vyrobeného.

Oceľ 19 552, ktorá je vhodná na chemicko-tepelné spracovanie, najmä nitridáciu, má sklon k nižšej rýchlosti rastu nitridačnej vrstvy, prechod vrstvy do jadra je strmší, čo pri nitridácii podporuje existenciu krehkej ϵ -fázy, ktorá pri väčšom tepelno-dynamickom zaťažení odpraskáva [1], [6].

Zápustky vyrábané z ocele 19 721 sú nákladné, najmä z toho dôvodu, že táto oceľ patrí medzi ocele vyššie legované. Tiež kladú značnú odolnosť voči mechanickému opracovaniu, s čím je spojená zvýšená spotreba rezných nástrojov [3], [6].

S cieľom riešiť negatívne javy sme navrhli nové ocele pre výrobu zápustiek, zvlášť vhodné pre nitridáciu, ktorých chemické zloženie je podobné oceli 19 552, sú však oproti nej mierne úsporné legované. Tieto ocele sú chránené AO č. 198653 a 198654 [1]. Výraznejšie je znížený obsah kremíka, až o dve tretiny a je limitovaný max. do 0,45 %, čo spôsobuje rýchlejšie nasýtenie povrchu zápustky dusíkom o cca 30 % než u ocele 19 552, pričom nitridačné vrstvy sú plynulejšie, bez výraznej ϵ -fázy [1]. Tento jav má za následok, že nitridačná vrstva pri zaťažovaní zápustky odpraskáva pomalšie a vznikajúce mikrotrhlínky z dynamicko-tepelného zaťažovania

sa šíria formou sieťovania v nitrídačnej vrstve. Dá sa predpokladať, že nitrídačná vrstva pôsobí zároveň v zápustke ako bariéra rozvoja trhlín a ich šírenia do základného materiálu.

2.2 Nitridácia

Na študovaných zápustkách sa ich dutiny vytvrdzovali nitridáciou podľa [2]. Podstata nitridácie spočíva v tom, že je dvojstupňová, na ktorej sa v prvom časovom úseku – v prvom stupni povrch intenzívne sýti dusíkom pri vysokom parciálnom tlaku NH_3 . V druhom stupni dochádza k difúznemu rastu vrstvy pri nulovom parciálnom tlaku NH_3 , kde dochádza k absorpcii dusíka z atmosféry do kovu a prebieha difúzia dusíka z ϵ -fázy do α -fázy. Tým sa dosahuje u zápustky vysoká odolnosť proti náhlým tepelným zmenám, zvýši sa odolnosť proti abrazívnemu a kavitáčnemu opotrebeniu zápustky.

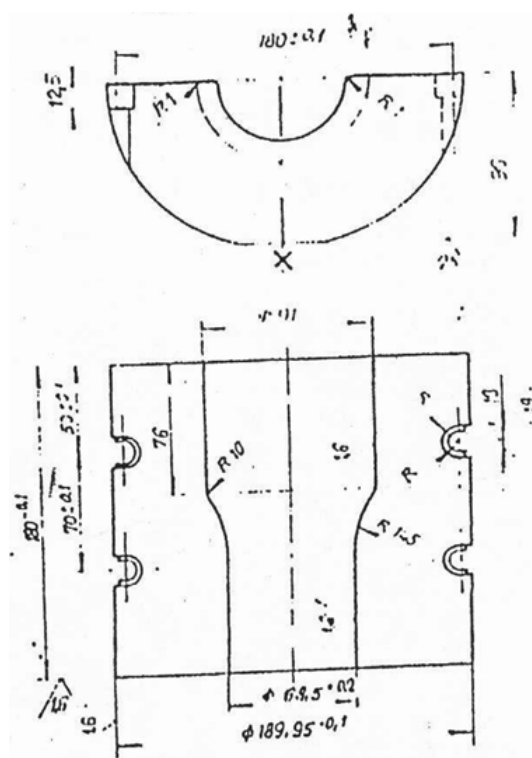
Životnosť zápustiek vyrobených z jednotlivých ocelí je zdokumentovaná v tab. 1, pričom tvar zápustky je zobrazený na obr. 1 a obr. 2. Zápustka bola použitá na výrobu hláv torzných tyčí.

Tabuľka 1. Životnosť zápustiek vyrobených z rôznych materiálov

Názov výrobku	Materiál zápustky	Množstvo výkovkov	Poznámka
Torzná tyč I. pár	STN 19 663	2 280	
	STN 19 552	2 500	nenitridovaná
	TLND 1	7 920	nitridovaná
	TLND 1	3 015	nenitridovaná
	TLND 1-R	2 800	renitridovaná
Torzná tyč II. pár	STN 19 663	2 320	
	STN 19 552	2 540	nenitridovaná
	TLND 1	8 837	nitridovaná
	TLND 1	2 930	nenitridovaná
	TLND 1-R	2 425	renitridovaná po navarení

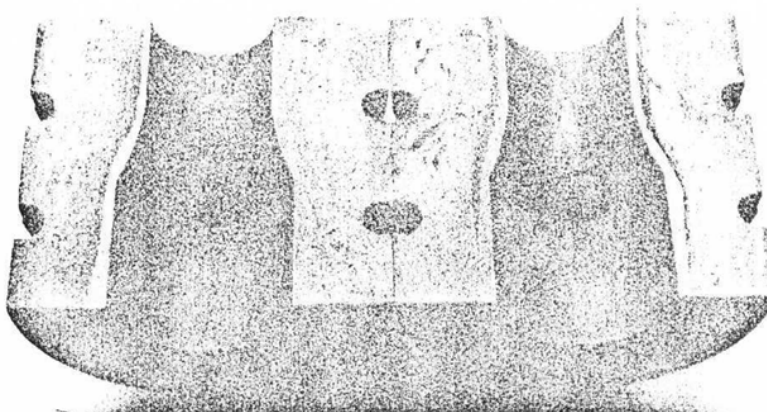
Table 1. Forgings forged in the dies from various materials

Z uvedených údajov vyplýva, že nitridované zápustky vykazujú výrazné zvýšenie životnosti v porovnaní s nenitridovanými dutinami. Zaujímavým výsledkom bolo i zistenie, že životnosť renitridovanej zápustky je zrovnateľná s výsledkami životnosti zápustiek vyrobených základnou technológiou. Renitridovaná zápustka bola vlastne dvakrát použitá, pričom primárna nitridácia bola vykonaná na novovyrobenej zápustke, ktorá po ukončení svojej životnosti vo výrobe bola prehĺbená mechanickým opracovaním na základný kov a po získaní výkresových mier bola znova nanitridovaná. Zápustka použitá ako II. pár, bola pred renitridáciou navarená a to v prechodovej oblasti najväčšieho a najmenšieho rozmeru, pretože táto časť bola nadmerne opotrebená a pri jej prehĺbení sme neodstránili defekty. Pretože nebolo prípustné zápustku ďalej prehĺbovať kvôli zachovaniu výkresových rozmerov, túto sme miestne navarili na rozmer hrúbkou návaru cca 3 mm a túto zápustku sme renitridovali. Výsledky životnosti boli taktiež priaznivé [3].



Obr. 1. Výkres ubíjacej zápustky

Fig. 1. Mechanical drawing of torsional rod head



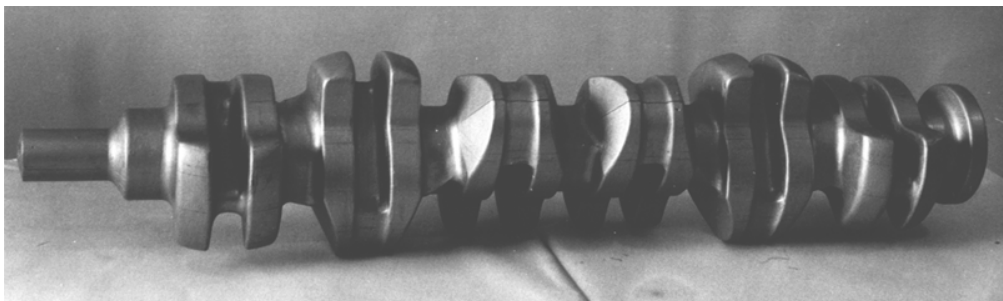
Obr. 2. Ubíjacia zápustka na výrobu hláv torzných tyčí

Fig. 2. Ramming die for producing of torsional rod heads

2.3 Využitie rafinovaných ocelí

Ďalšou z možností zvyšovania životnosti kováčskych zápustiek je ich výroba z ocele elektrotroskovo pretavenej.

Predchádzajúca technológia, ktorou je nitridácia, sa dá len s obtiažami aplikovať na ťažké zápustky, ktorých hmotnosť je väčšia ako 500 kg. Zápustka na kovanie kľukových hriadeľov (obr. 3) má hmotnosť viac ako 2000 kg. Zvýšiť životnosť takejto zápustky je možné za podmienky použitia čo najčistejšej ocele. Takúto možnosť nám poskytuje rafinačná technológia, ktorou je elektrotroskové pretavovanie zápustkovej ocele (ďalej ETP) [5], [7].



Obr. 3. Výkovok kľukového hriadeľa

Fig. 3. Forging of crankshaft

Experimenty ukázali, že boli dosiahnuté zvýšené mechanické hodnoty u zápustiek vyrobených z pretaveného materiálu, čo je takmer priamo úmerné dosiahnutej životnosti zápustky tak, ako je to vidieť z hodnôt uvedených v tab. 2. Zápustky boli tepelne spracované rovnakou technológiou, pretože boli z jednej spracovateľskej dávky.

Tabuľka 2. Mechanické vlastnosti a počet výkovkov kovaných v zápustkách z ETP ocele a ocele vyrobenej bez ETP

Výroba ocele	Materiál zápustky	R _m [MPa]	A ₅ [%]	Z [%]	KCU ₅ [J/cm ²]	Množstvo výkovkov [ks]	Zvýšenie životnosti [%]
EOP	19 663	1 201	11,2	28,2	45	2 120	100
EOP+ETP	19 663	1 254	15,4	47,9	57	3 980	178

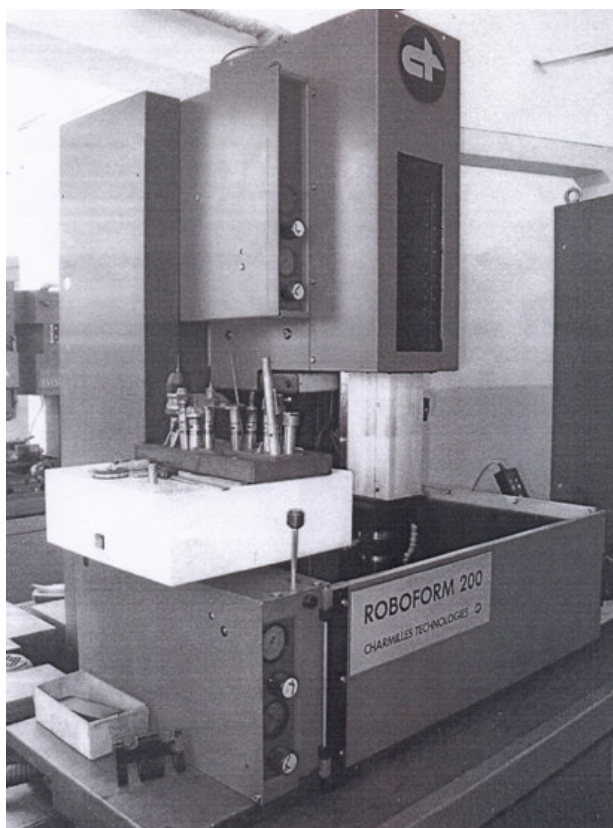
Table 2. Mechanical properties and number of forgings forged in the dies from electroslag remelted steel and steel made by arc furnace without remelting

Z nameraných mechanických charakteristík ako aj porovnania životnosti zápustiek (tab. 2) vyplýva, že zápustka vyrobená z pretavenej ocele vykazuje pri zvýšenej pevnosti aj vyššie hodnoty plasticity, čo sa v konečnom efekte prejavilo i vo zvýšení životnosti. Tento jav je možné pripísať rafinačnému procesu, pri ktorom dochádza najmä k zníženiu podielu inklúzií (podľa údajov literatúry až o cca 30 %), ich rovnomernejšej distribúcii v objeme kovu, ako aj ich čiastočnej zmene chemického zloženia [4], [5].

2.4 Elektrochemické opracovanie

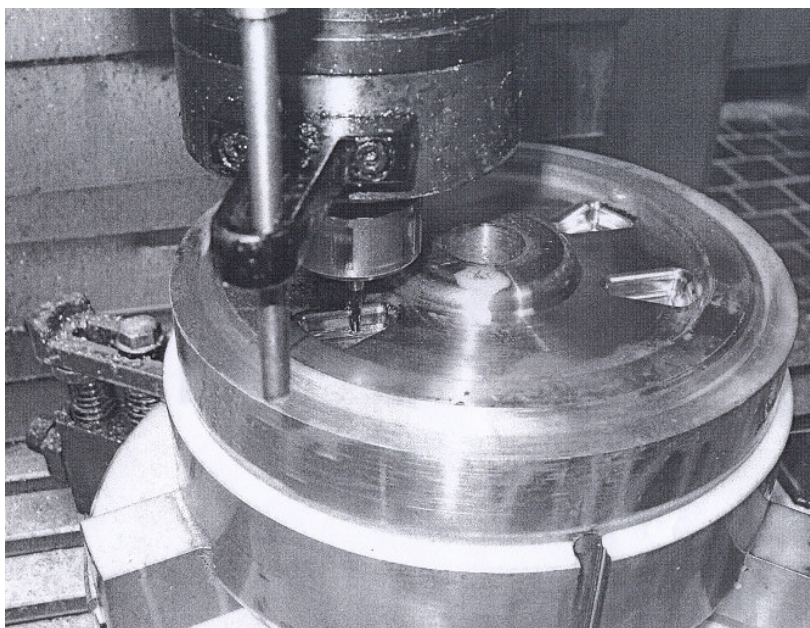
Ďalšou technologickou možnosťou zvyšovania životnosti zápustiek je elektrochemické hĺbenie pracovných dutín. Túto technológiu je vhodné aplikovať na zápustky, ktoré majú členitý povrch s minimálnymi prídavkami k opracovaniu alebo s hlbokými zápichmi, oblúkmi, ostrými uhlami, drážkami a pod.

Klasickým mechanickým opracovaním sa pri zložitých tvaroch zápustkového výkovku dosahuje opracovanie povrchu v rozmedzí $1,2 \div 2,5 \mu\text{m}$. Elektrochemické hĺbenie na zariadení ROBOFORM 200 (obr. 4) nám umožnilo dosiahnuť opracovanie $0,4 \div 0,6 \mu\text{m}$. Takto opracovaná zápustková dutina je menej náchylná na tvorbu mikrovrubov. Kvalitne opracovaný povrch zápustky potom výraznejšie brzdí iniciáciu mikrotrhliniek tepelnej únavy, oproti povrchu klasicky mechanicky opracovanému. Elektrochemické hĺbenie zápustkových dutín na prezentovanom zariadení je možné realizovať u zápustkových blokov s hmotnosťou do 200 kg. Je vhodné pre výrobu väčších sérií zápustiek, vzhľadom na výrobu drahšieho nástroja – t.j. elektródy, ktorá je vyrábaná z medi vysokej čistoty. Zápustka (obr. 5) vyrobená touto technológiou dosiahla o 42 % vyššiu životnosť než zápustka vyrobená klasickým mechanickým opracovaním. Vyrobené výkovky v elektrochemicky hĺbenej zápustke dosiahli veľmi presné rozmery. Boli použité pre automobilový priemysel a po ich vykovaní boli iba opieskované a použité na montáž.



Obr. 4. Zariadenie pre elektrochemické hĺbenie

Fig. 4. Electrochemical sinker ROBOFORM 200



Obr. 5. Výroba zápusťkových dutín technológiou elektrochemického hĺbenia

Fig. 5. Production technology and shape of hollow die by electrochemical deepening

2.5 Naváranie

Ako ďalšiu možnosť riešenia zvyšovania životnosti zápusťiek s ktorou sme sa v reálnej praxi zaoberali, je technológia navárania. V praxi je známa technológia vyvárať trhlín na zápusťkách, ktoré vzniknú počas kovania, čím sa šírenie trhliny zastaví.

Menej je známa technológia opráv zápusťiek. Jedná sa o zápusťky, ktoré sa už mechanickým opracovaním nedajú upraviť tak, aby mohli byť použité k ďalšiemu kovaniu z dôvodu poddimenzovaných rozmerov. V tomto prípade sa navaruje tvar dutiny. K návaru je možné použiť stredne alebo vysoko legované elektródy určené pre prácu za tepla. Navarujeme jednosmerným prúdom alebo plameňom, elektródou 1 až 6 mm (v závislosti od tvaru dutiny a hrúbky navárannej vrstvy).

Pre dosiahnutie kvalitného a hlavne rovnomerného návaru odporúčame zhotoviť zahĺbenie resp. drážku. Šírka návaru má byť dvojnásobok jeho hrúbky. Nemá presahovať pri elektróde \varnothing 4 mm – 15 mm a pri elektróde \varnothing 6 mm – 30 mm. Navarovanie sa má vykonávať na zápusťkách vyhriatych na 300 – 500 °C. Čím je zápusťka masívnejšia, tým má byť jej teplota vyššia. Navarené miesto je treba ihneď izolovať pred rýchlym ochladením, najlepšie vhodným zásypom, čím zamedzíme popraskaniu návaru. Veľké a tvarovo zložité zápusťky po navarení vložíme do pece vyhriatej na približne 500 °C, kde sa nechajú pozvoľne vychladnúť. Navarenú zápusťku elektródou E 503 B je možné popustiť, pričom homogenizujeme štruktúru a odstránime napätia v návarovej a ovplyvnenej vrstve.

3. ZÁVER

Záverom tohto príspevku je možné konštatovať, že zvyšovanie životnosti kovacích zápustiek je trvalo aktuálna téma. Zo spomenutých technologických riešení, ktoré boli aplikované v praxi, je možné uplatniť tie, ktoré sú pre daný prípad optimálne. Výber tej ktorej metódy musí byť seriózne zvážený na základe komplexného posúdenia drahého a vysoko namáhaného nástroja, akým zápustka je.

4. LITERATÚRA

1. ZÁBAVNÍK, V., HÍREŠ, O., BOJNIČAN, V. *Autorské osvedčenie č. 198653 a č. 198654*. 1982.
2. ZÁBAVNÍK, V. *Patentová listina č. 147675*. 1973.
3. HÍREŠ, O. Zvyšovanie životnosti pečovacej zápustky. In Zborník z konferencie *Funkčné povrchy 2001*. Trenčín: FŠT TnU, 2001, s. 65.
4. HÍREŠ, O. *Optimalizácia plastických vlastností NiCrMo ocele sekundárnou metalurgiou*. Habilitačná práca. Brno: VA Brno, 2002, s. 70-75.
5. HÍREŠ, O. MIMOPEČNÁ RAFINÁCIA OCELÍ. In Zborník z konferencie *Akademická Dubnica*. Dubnica nad Váhom: 1999, s. 219.
6. ZÁBAVNÍK, V., BURŠÁK, M. Materiál, tepelné spracovanie, kontrola kvality. In Zborník z konferencie. Košice: EMILENA, Hutnícka fakulta, 2004.
7. BARÉNYI, I.: *Štúdium materiálov pre odliatky špeciálnej techniky aplikovaných na metódu presného odlievania*. Dizertačná práca. Trenčín: FŠT TnUAD, 2008.