

## ZVYŠOVANIE ŽIVOTNOSTI KOVACÍCH ZÁPUSTIEK

*Híreš O.*

*Fakulta špeciálnej techniky, Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka v Trenčíne,  
e-mail: dudakova@tmuni.sk, Slovensko*

## IMPROVING OF FORGING DIES LIFE

*Híreš O.*

*Faculty of special technical, Alexander Dubcek University in Trencin,  
e-mail: dudakova@tmuni.sk, Slovakia*

### 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 specific. 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.

**Key words:** forging die, life improving, nitriding, refining, electro chemical treatment, facing, die hollow

### Abstrakt

V príspevku autor opisuje viaceré technické riešenia, ktoré sú realizované vo výrobnéj praxi. Poukazuje na rozdielnosti v prístupoch pri aplikácii tej ktorej metódy zvyšovania životnosti zápuštíek. V príspevku sú uvedené konkrétne výsledky zo sledovania životnosti vytypovaných kováčskych zápuštíek pracujúcich za tepla. Sledovanie životnosti sa uskutočnilo priamo vo výrobných podmienkach. V príspevku sú zhrnuté výsledky z piatich technologických riešení zvyšovania životnosti kováčskych zápuštíek, pričom každé z riešení má svoje špecifiká. Pred zápuštíkovým 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 kováčieho nástroja, ktorým kovácia zápuštka je. Životnosť zápuštka zásadne ovplyvňuje správny výber materiálu. Z tohoto pohľadu autor príspevku navrhuje dve riešenia. Jedno je zamerané na výber materiálu vhodného pre chemicko-teplnú úpravu povrchu zápuštíkového 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. Autor riešenia použil elektrotroskové pretavovanie ocelevej elektródy, z ktorej sa po jej pretavení pod troskou vykoval zápustkový blok. Chemicko-tepelné vytvrdzovanie povrchu kovacej zápustky sa realizovalo nitrídáciou. V tomto príspevku je tiež venovaný priestor elektrochemickému spracovaniu dutín kovacích zápustiek. Táto technológia je vhodná pre výrobu členitých tvarov a presných rozmerov budúceho výkovku. Posledné technologické riešenie životnosti kovacieho nástroja spočíva v oprave kovacej dutiny naváraním opotrebovaných partií nástroja.

## 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 tak, ako je to uvedené v literatúre [3 až 6]. V príspevku sa opiera autor o realizáciu technológií, ktoré sú kryté patentom a autorským osvedčením [1], [2].

Pri posudzovaní sériovosti dobre tváriteľných 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 v širokej škále výkovkov, som postupoval podľa nasledujúcej metodiky.

## 2. Metodika experimentu

S cieľom komplexne riešiť zadanú problematiku, som sa riadil nasledujúcim modelom:

- zatriedenie výkovkov do troch hmotnostných kategórií s hmotnosťou: do 10 kg, od 10 do 100 kg a nad 100 kg;
- rozdelenie zápustkových blokov do troch skupín hmotnosti: do 100 kg, od 100 do 500 kg a nad 500 kg;
- rozdelenie podľa sériovosti na kusové s počtom do 500 ks výkovkov, stredne sériové do počtu 5000 ks výkovkov, sériové nad 5000 ks výkovkov;
- faktor zložitosti som zoradil tiež do troch skupín a to: jednoduchý Fig. 2, stredne zložitý Fig. 5 a veľmi zložitý tvar výkovku Fig. 3.

Z takto roztriedených skupín boli vytypovaní vhodní reprezentanti a po ich kategorizácii boli stanovené technologické možnosti zvyšovania životnosti zápustiek, ktoré pozostávali:

- a) Vývoj nových netradičných materiálov určených na výrobu zápustiek.
- b) Využitie poznatkov vytvrdzovania povrchu zápustiek chemicko-tepelným spracovaním.
- c) Využitie elektrotroskovo pretavených ocelí na výrobu zápustiek.
- d) Možnosť aplikácie elektrochemického hĺbenia zápustkových dutín.
- e) Oprava zápustiek zváraním.

## 3. Technicko-technologický postup

### a) 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 voči 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  $\epsilon$ -fázy, ktorá pri väčšom tepelno-dynamickom zaťažení odpraskáva.

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.

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 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 %. Tento faktor spôsobuje rýchlejšie nasýtenie povrchu zápustky dusíkom o cca 30 % než u ocele 19 552, pričom nitridačné vrstvy sú plynulejšie, bez výraznej  $\epsilon$ -fázy [1]. Tento jav má za následok, že nitridačná vrstva pri zaťažení zápustky odpraskáva pomalšie a vznikajúce mikrotrhlínky z dynamicko-tepelného zaťažovania sa šíria formou sieťovania v nitridačnej vrstve. Dá sa predpokladať, že nitridačná vrstva pôsobí zároveň v zápustke ako brzda rozvoja trhlín a ich šírenia sa do základného materiálu.

Táto oceľ sa vyrába v hutnom závode ZTS Dubnica pod označením TLND - 1. Bola odskúšaná vo viacerých slovenských a českých kováčniciach s veľmi priaznivými výsledkami zvýšenej životnosti zápustiek (viď. tab. 1).

Table 1 Forgings forged in the dies from various materials

Názov výrobku	Materiál zápustky	Množstvo výkovkov (ks)	Úprava dutiny
Torzná tyč I. pár	STN 19 663	2280	
	STN 19 552	2500	nenitridovaná
	TLND 1	7920	nitridovaná
	TLND 1	3015	nenitridovaná
	TLND 1-R	2800	renitridovaná
Torzná tyč II. pár	STN 19 663	2320	
	STN 19 552	2540	nenitridovaná
	TLND 1	8837	nitridovaná
	TLND 1	2930	nenitridovaná
	TLND 1-R	2425	renitridovaná po navarení

## b) 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  $\text{NH}_3$ . V druhom stupni dochádza k difúznemu rastu vrstvy pri nulovom parciálnom tlaku  $\text{NH}_3$ , kde dochádza k absorpcii dusíka z atmosféry do kovu a prebieha difúzia dusíka z  $\epsilon$ -fázy do  $\alpha$ -fázy. Tým sa dosahuje u zápustky vysoká odolnosť proti náhlym tepelným zmenám, zvýši sa odolnosť proti abrazívnemu a kavitačnému opotrebeniu zápustky.

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

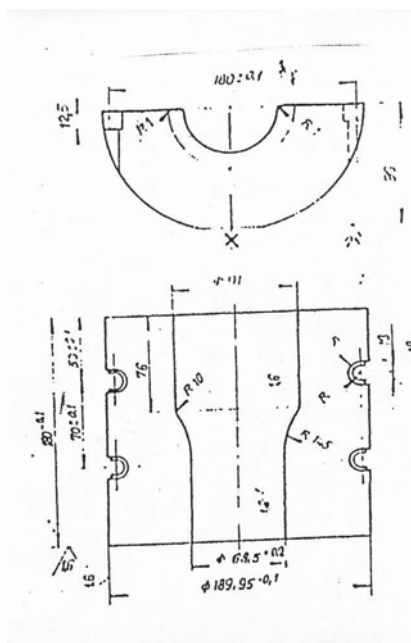


Fig.1 Mechanical drawing of torsional rod head

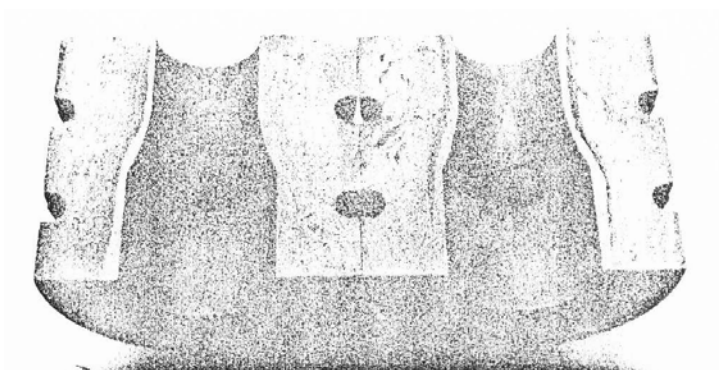


Fig.2 Ramming die for producing of torsional rod heads

Z uvedených údajov vyplýva, že nitrídované zápustky vykazujú výrazné zvýšenie životnosti v porovnaní s nenitrídovanými dutinami. Zaujímavým výsledkom bolo i zistenie, že životnosť renitrídovanej zápustky je zrovnateľná s výsledkami životnosti zápustiek vyrobených základnou technológiou. Renitrídovaná zápustka bola vlastne dvakrát použitá, pričom primárna nitrídácia 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 nanitrídovaná. Zápustka použitá ako II. pár, bola pred renitrídáciou 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].

#### c) Využitie rafinovaných ocelí

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

Predchádzajúca technológia, ktorou je nitridácia, sa nedá aplikovať na ťažké zápustky, ktorých hmotnosť je väčšia ako 500 kg. Zápustka na kovanie kľukových hriadeľov (Fig. 3), má hmotnosť viac ako 1000 kg. Zvýšiť životnosť takejto zápustky je možné len za podmienky použitia čo najčistejšej ocele. Takúto možnosť nám poskytuje moderná rafinačná technológia, ktorou je elektrotroskové pretavovanie zápustkovej ocele.

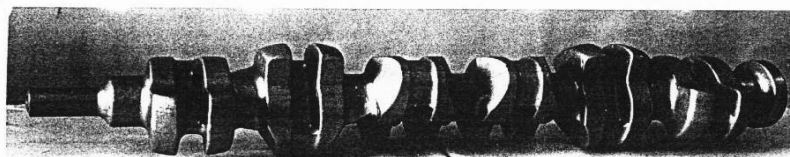


Fig.3 Crankshaft

Experimenty ukázali, že zvýšené mechanické hodnoty sú priamo úmerné dosiahnutej životnosti zápustky tak, ako je to vidieť z hodnôt uvedených v tab. 2, pričom podotýkam, že zápustky boli tepelne spracované rovnakou technológiou, pretože boli z jednej spracovateľskej dávky [4].

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

Výroba ocele	Materiál zápustky	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	Z [%]	KCU <sub>5</sub> [J/cm <sup>2</sup> ]	Množstvo výkrovkov [ks]	Zvýšenie životnosti [%]
EOP	19 663	1201	11,2	28,2	45	2120	100
EOP+ETP	19 663	1254	15,4	47,9	57	3980	178

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

#### d) Elektrochemické opracovanie

Ďalšou technologickou možnosťou zvyšovania životnosti zápustiek je elektrochemické hĺbenie pracovných dutín. Túto technológiu je vhodné aplikovať na extrémne namáhané zápustky kombinovaným namáhaním, 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 (Fig. 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 (Fig.5) vyrobená touto technológiou dosiahla v priemere o 42 % vyššiu životnosť než zápustka vyrobená klasickým mechanickým opracovaním. Vyrobené výkovky v zápustke elektrochemicky hĺbenej dosiahli veľmi presné rozmery. Výkovky boli použité pre automobilový priemysel a po ich vykovaní boli iba opieskované a použité na montáž.

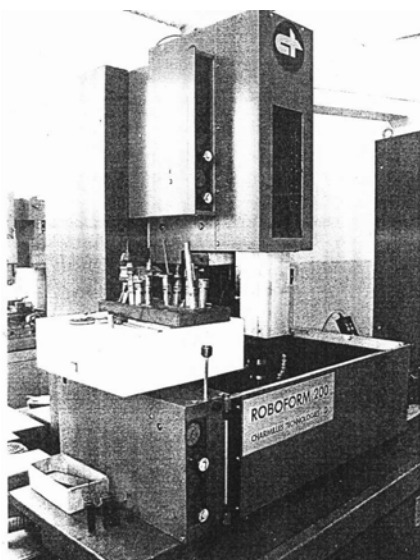


Fig.4 Electro chemical sinker ROBOFORM 200

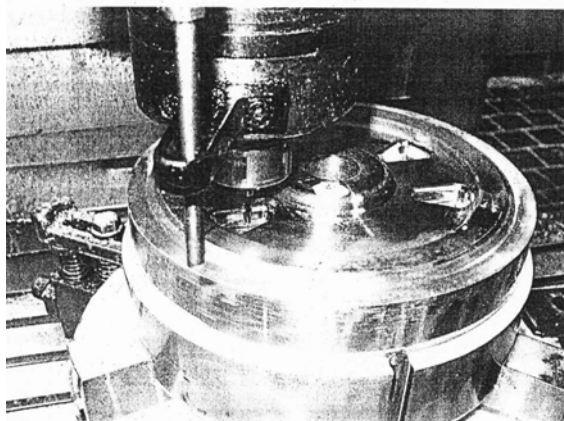


Fig.5 Production technology and shape of hollow die by electrochemical deepening

#### e) Naváranie

Ako ďalšiu možnosť riešenia zvyšovania životnosti zápustiek s ktorou som sa v reálnej praxi zaoberal, je technológia navárania. V praxi je známa technológia vyvávania trhlín na zápustkách, ktoré vzniknú počas kovania, čím sa šírenie trhliny zastaví.

Menej je známa technológia opráv zápustiek. Jedná sa o zápustky, 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 naváranej vrstvy).

Pre dosiahnutie kvalitného a hlavne rovnomerného návaru sa doporučuje zhotoviť zahĺbenie resp. drážku. Šírka návaru má byť dvojnásobok jeho hrúbky. Šírka návaru nemá

presahovať pri elektróde  $\varnothing$  4 mm asi 15 mm a pri elektróde  $\varnothing$  6 mm - 30 mm. Navarovanie sa má vykonávať na zápustkách vyhriatych na 300 - 500 °C. Čím je zápustka masívnejšia, tým má byť jej teplota vyššia. Navarené miesto je treba ihneď izolovať pred rýchlym ochladením, najlepšie vhodným zásypom, čím zamedzíme popraskanie návaru. Veľké a tvarovo zložité zápustky po navarení vložíme do pece vyhriatej na  $\pm$  500 °C, kde sa nechajú pozvoľne vychladnúť. Navarenú zápustku elektródou E 503 B je možné popustiť, pričom homogenizujeme štruktúru a odstránime napätia v návarovej a ovplyvnenej vrstve [6].

### 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.

### Literatúra

- [1] Zábavník, V., Híreš, O., Bojničan, V.: Autorské osvedčenie č. 198653 a č. 198654, r. 1982
- [2] Zábavník, V.: Patentová listina č. 147675, r. 1973
- [3] Híreš, O.: Zvyšovanie životnosti pečovacej zápustky. In: Zborník Funkčné povrchy 2001, FŠT TnU Trenčín, s. 65
- [4] Híreš, O.: Mimopecná rafinácia ocelí. In: Zborník Akademická Dubnica 1999, s. 219
- [5] Híreš, O.: Habilitačná práca. VA Brno, 2002, s. 70-75
- [6] Híreš, O.: Habilitačná prednáška. VA Brno, 2002