



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA POSUVNÉHO UNAŠEČE OBJEMOVÝM TVÁŘENÍM

PRODUCTION OF SHIFTING CARRIER BY SOLID FORMING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETER MARTINOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV KOPŘIVA

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Peter Martinovský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba posuvného unašeče objemovým tvářením

v anglickém jazyce:

Production of shifting carrier by solid forming

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na podkladě vypracované literární studie v daném oboru stanovit vhodnou technologii pro výrobu zadané součásti.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Literární řešení problému
- 2) Stávající možnosti výroby
- 3) Návrh technologie výroby zadané součásti
- 4) Stanovení veškerých technologických dat a vypracování
- 5) Ekonomické zhodnocení
- 6) Závěr a návrh případných opatření

Seznam odborné literatury:

1. ELFMARK, J. et al. Tváření kovů. 1. vyd. Praha : SNTL Praha, 1992. 524 s. Technický průvodce; sv. 62. ISBN 80-03-00651-1.
2. NOVOTNÝ, K. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno : Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 str. Edit. VUT Brno. ISBN 80-214-0401-9
3. HAŠEK, V. Kování. 3. vyd. Praha : SNTL Praha, 1997. 732 str. ISBN 04-233-65.
4. DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ, K. Technologie tváření : plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno : CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
5. FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : CERM, 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloslav Kopřiva

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/2012.

V Brně, dne 21.11.2011

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

MARTINOVSKÝ Peter: Výroba posuvného unašača objemovým tvarovaním

Projekt vypracovaný v rámci bakalárskeho štúdia predkladá návrh technológie výroby posuvného unašača pomocou zápustkového kovania. Na základe literárnej štúdie z problematiky objemového tvarovania a výpočtov bolo vypracované optimálne technologické riešenie výroby zadanej súčasti. Výkovok bude kovaný na zvislom kováčskom lise LMZ 1600 A od firmy Šmeral Brno a.s. Súčasť je z oceli ČSN 41 2020. Produkcia je 100 000 kusov ročne. Súčasťou práce je tiež porovnanie možností výroby, technicko-ekonomické zhodnotenie a vypracovanie výrobných výkresov.

Kľúčové slová: Objemové tvarovanie, výkovok, zápustkové kovanie, zvislý kováčsky lis

ABSTRACT

MARTINOVSKÝ Peter: Production of shifting carrier by solid forming

The Project elaborated in frame of bachelor's studies submit a presents of technology of shifting carrier the way of drop forging. Based on literary study of the issue of solid forming and calculations was made optimal technological solution entered production parts. A forging will be working up on a vertical forging press LMZ 1600 A made in Šmeral Brno, Inc. A part is made of steel ČSN 41 2020. Production is 100 000 pieces a year. Part of this work is the comparison of possibilities of production, technical-economic estimation and produce manufacturing drawing.

Keywords: Solid forming, forging, drop forging, vertical forging press

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

MARTINOVSKÝ, Peter. *Výroba posuvného unašača objemovým tvarovaním*. Brno, 2012. Bakalárska práca. FSI VUT v Brne, Ústav strojárenskej technológie, Odbor technológie tvarovania kovov a plastov. Vedúci práce Ing. Miroslav Kopřiva.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Týmto prehlasujem, že predkladanú bakalársku prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov, na základe konzultácií a pod vedením vedúceho bakalárskej práce.

V Brne dňa 22.5.2012

.....
Podpis

POĎAKOVANIE

Týmto ďakujem pánovi Ing. Miroslavovi Kopřivovi za cenné pripomienky a rady týkajúce sa spracovania bakalárskej práce.

OBSAH

Zadanie	
Abstrakt	
Bibliografická citácia	
Čestné prehlásenie	
Pod'akovanie	
Obsah	
	Str.
ÚVOD	10
1 ROZBOR SÚČASTI.....	11
2 STÁVAJÚCE MOŽNOSTI VÝROBY.....	12
3 LITERÁRNA ŠTÚDIA PROBLEMATIKY.....	13
3.1 Definícia kovania, popis, história	13
3.2 Vol'né kovanie	13
3.3 Kovárske úkopy	14
3.4 Polomery zaoblenia	14
3.5 Technologické prídavky a tolerancie	14
3.6 Triedenie výkovkov do tried.....	14
3.7 Základná charakteristika výkovkov	16
3.8 Výronková drážka a určenie jej rozmerov	17
3.9 Ohrievacie zariadenia	18
3.10 Opal	18
3.11 Zmrštenie	19
3.12 Deliaci rovina	19
3.13 Ideálny predkovok	19
3.14 Predkovanie dier	20
3.15 Zápustkové dutiny - delenie	20
3.16 Rozmery zápustok	21
3.17 Upínanie zápustok	22
3.18 Vol'ba kovárskeho stroja	23
3.19 Porovnanie kovania na kovárskych lisocho a na bucharoch	25
3.20 Vyhadzovače	25
3.21 Odstrihovanie výkovkov	26
3.22 Rovnanie výkovkov	26
3.23 Kalibrovanie výkovkov	27
3.24 Kovárske valce	28
3.25 Materiál zápustok	29
3.26 Vložkovanie zápustok	31

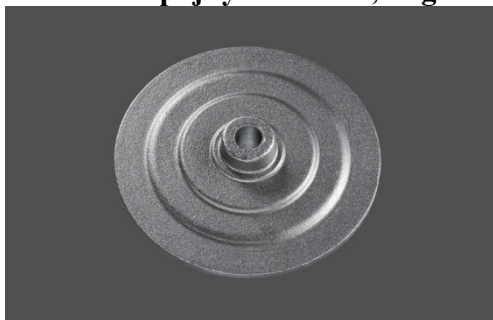
3.27 Simulácie	31
4. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANEJ SÚČASTI.....	31
5. STANOVENIE ZÁKLADNÝCH TECHNICKÝCH DÁT	32
5.1. Značenie výkovku podľa zložitosti jeho tvaru	32
5.2. Prídavky na obrábanie	33
5.3 Prídavky technologické	33
5.4 Výpočet objemu výkovku	34
5.5 Návrh výronkovej drážky	35
5.6 Výpočet rozmerov počiatočného polotovaru	37
5.7 Výpočet kováčskej sily	39
5.8 Konštrukcia zápustok	40
5.9 Výpočet sily na odstrihnutie výronka	42
5.10 Vlastné kovanie	43
6. VOĽBA KOVÁČSKEHO STROJA.....	45
6.1 Voľba ostrihovacieho lisu	45
6.2 Voľba stroja na delenie materiálu	46
6.3 Ohrev polotovaru	46
7. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE.....	47
8. ZÁVER A NÁVRH PRÍPADNÝCH OPATRENÍ.....	50
Zoznam použitých zdrojov	
Zoznam príloh	
Zoznam použitých symbolov a skratiek	

ÚVOD

V strojárenskom priemysle patrí technológia tvárenia kovov medzi najdôležitejšie a najproduktívnejšie. Vývoj techniky a zároveň aj technológie neustále napreduje a vyvíja sa. V priebehu procesu tvárenia pôsobením vonkajšieho zaťaženia je materiál pretvorený do plastického stavu v ktorom sa mení jeho tvar a vlastnosti bez porušenia jeho súdržnosti. Tvárenie sa delí na objemové a plošné a jeho priebeh je buď za studena, alebo za tepla. Do plošného tvárenia zaraďujeme strihanie, ohýbanie, rovnanie a do objemového tvárenia valcovanie, kovanie a pretlačovanie. Najčastejšie použitie tváriacich súčastí je v leteckom a automobilovom priemysle.

Kovanie je veľmi produktívnou, šetrnou a futuristickou technológiou procesu tvárenia. Zaraďujeme ho medzi tvárenie za tepla ktorého konečným výrobkom je výkovok (obr. 1), ktorý by mal spĺňať kritéria čo najvyššej kvality a najlepšieho tvaru. Strojný kovanie prebieha za pomoci lisu alebo buchara a je uskutočnené buď voľne alebo v zápustke.

súčasť spojky vážiaca 1,6 kg



hnaná príruha prevodovky vážiaca 2,3 kg



výkovok podvozku vážiaci 4,7 kg



rotor hydromotoru vážiaci 10,4 kg



časť tlmiča prednej nápravy pre SUV 3,1 kg



hnaná príruha prevodovky vážiaca 1,9 kg



Obr. 1 Zápustkové výkovky z oceli [20]

1 ROZBOR SÚČASTI [15]

Zadaná súčasť sa používa v automobilovom priemysle, ako komponent do nákladných aut a zemných strojov. Je ilustratívne znázornená na obrázku číslo 2. Je vyrábaná v komerčnej kovárni v sérii 100 000 kusov ročne. Za materiál bola zvolená konštrukčná oceľ nelegovaná, ušľachtilá (ČSN 41 2020), ktorej chemické zloženie je v tabuľke číslo 1.



Obr. 2 Zadaná súčasť – posuvný unášač, spracovaný v programe SolidWorks 2009

Tab. 1 Chemické zloženie materiálu (hm. %) [15]

Materiál	Fe	Al	C	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Nb	Ni	P	S	Si	Ti	V	W	Ostatné (max)
12020	min	zbyt	0.13				0.6							0.15				
	max		0.20	0.25	0.30	0.9					0.30	0.040	0.040	0.40				

Charakteristické vlastnosti a použitie:

Patrí do skupiny ocelí k chemicko-tepelnému spracovaniu, ktorej farebné označenie je zelená-oranžová-biela. Je to oceľ k cementovaniu o strednej pevnosti v jadre. Vhodná pre menej namáhané strojné súčasti cestných motorových vozidiel, alebo súčasti určené k cementovaniu a lisovaniu plechu. Táto oceľ nie je vhodná ku galvanickému pokovaniu. Jej najmenšia medza klzu Re je 205 MPa a pevnosť v ťahu R_m minimálne 390 MPa.

2 STÁVAJÚCE MOŽNOSTI VÝROBY

Zadanú súčasť možno vyrábať v rámci konvenčných metód výroby týmito technológiami:

1. obrábaním,
2. odlievaním,
3. zápusťkovým kovaním.

1. Obrábaním by bolo možné vyrobiť zadanú súčasť na hotovo a to pri veľmi dobrej akosti opracovaného povrchu s vysokou presnosťou rozmerov. Výhodou by bolo aj to, že zadaná súčasť by sa dala obrábať s bežne dostupnými strojmi a nástrojmi. Pre zadanú sériovosť výroby je však metóda výroby obrábaním nevyhovujúca, pretože pri nej vzniká veľké množstvo odpadu, je časovo náročná a pri výrobe 100 000 kusov by bolo potreba často meniť nástroje pre ich opotrebenie a teda by bola príliš cenovo nákladná.
2. Odlievaním by bolo nutné zhotoviť formu, čo je spojené s vysokými nákladmi na jej zhotovenie a energetickou náročnosťou. Výrobky však nemajú také dobré mechanické vlastnosti ako u kovania. Táto metóda výroby je vhodná najmä pri veľkej sériovosti pretože má nízke výrobné časy.
3. Zápusťkovým kovaním by bolo potrebné vyhotovenie nástroja (zápusťky) a použitie tváriaceho stroja. Táto metóda má vysokú efektivitu hospodárnosti. Výrobky vyrábané touto metódou sa vyznačujú kvalitnými mechanickými vlastnosťami a malým odpadom.

Pre tieto vlastnosti s prihliadnutím na zadanú sériovosť bola zvolená táto metóda za najekonomickejšiu a najvýhodnejšiu.

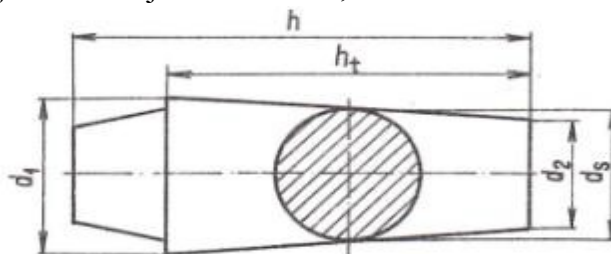
3 LITERÁRNA ŠTÚDIA PROBLEMATIKY

3.1 Definícia kovania, popis, história [27], [13]

Kovanie je technologický proces objemového tvárenia za tepla, ktorý je vytváraný úderom alebo pôsobiacou silou. História kovania je rozmanitá. Kovanie pomocou kladiva a kovadliny pozná ľudstvo už niekoľko tisíc rokov. Kovaním je možné spracúvať takmer všetky kovy. Strojné kovanie značne zlepšuje výrobu malých a stredne veľkých výkovkov a umožňuje spracúvanie ťažkých odliatok. Hlavný dôraz pri kovaní je kladený na čo najmenšiu spotrebu materiálu, optimálnu presnosť výkovku, vysokú kvalitu tvarovaného kovu, priaznivý priebeh vlákien a v neposlednej rade na ekonomickosť priebehu procesu kovania. Kovanie neumožňuje iba vyrábať tvary požadovaného rozmeru, ale zároveň aj zlepšuje štruktúru a pôvodné mechanické vlastnosti, ako napríklad stupeň prekovania. Účelom prekovania je odstránenie hrubej liatej štruktúry, ktorá je v rôznych druhoch materiálu a metalurgických chýb ingotov, ktoré znižujú tvárnosť, fyzikálne a mechanické vlastnosti a hodnoty kovu.

3.2 Voľné kovanie [27], [9], [29]

K voľnému strojnému kovaní sa používa rôznych strojov, najmä bucharov a lisov. Buchare pôsobia na materiál údermi barana, ale prekovú ho len do určitej hĺbky. Preto buchar pôsobí viacerými údermi a vďaka tomu je možné dosiahnuť vyššieho stupňa prekovania. Pri úderoch barana odpadávajú z materiálu okuje a preto je povrch výkovkov čistý. Pôsobenie lisov na materiál pokojným tlakom zabezpečuje, že materiál je prekovaný v celom priereze. Pri voľne kovaných výkovkoch (obr. 4) sa navrhujú jednoduchšie tvary, než aké má mať výkovok. Tvarované zjednodušenie sa nazýva technologický prídavok. Popri technologických prídavkoch má výkovok ešte prídavky na obrábanie, a to v príslušných toleranciách. Nato aby sa správne stanovil technologický postup je treba poznať výkres obrobenej súčasti, hmotnosť súčasti pre stanovenie kováčskych časov, druh a veľkosť stroja a chemické zloženie materiálu pre stanovenie kováčskych teplôt. Pri výrobe pomocou voľného kovania sa používajú jednoduché kováčske nástroje, prídavky a stroje. Pri voľnom kovaní za pomoci univerzálnych kováčskych nástrojov a špeciálnym polohovaním výkovku docielujeme jeho požadovaný tvar. Úchyľky rozmerov výkovku sú veľké, povrch je hrubý a nerovný. Za počiatočný materiál sú zvolené najčastejšie kováčske ingoty, čiže materiály s lejúcou štruktúrou (obr. 3). Najpoužívanejšími nástrojmi sú kovadlá, ktoré sa delia na horné a spodné. Kovadlá sú jednoduchých geometrických tvarov a to valcové, rovinné, klinové a veľa ďalších. Pri rozumne zvolenom postupe operácií, pri ktorom sú všetky priestorové zmeny tvaru prevedené na pechovanie je docielené výsledného tvaru.



Obr. 3 Kováčsky ingot OK 0,12 až OK 0,95 [9]

Pechovanie je najjednoduchší pretvárací proces u ktorého sa vytvára plastická deformácia medzi dvoma plochými alebo tvarovanými čeľuťami, poprípade v dutine. Pechovanie je zároveň silovo a energeticky najnáročnejšou kováčskou operáciou. Pre pechovanie je nutné, aby bol celý materiál rovnomerne prehriaty, zaistená rovnobežnosť čelných plôch, zaistená kolmosť k ose stroja a obmedzená štihlosť polotovaru. Ďalšou z technológií voľného kovania je predlžovanie. Je najpoužívanejšou operáciou pri voľnom kovaní. Podstatu tvorí spravenie

väčšieho množstva pečovacích operácií vedľa seba, čím dochádza k predĺženiu a zároveň k zmene plochy pričného prierezu.



Obr. 4 Voľné výkovky [29]

3.3 Kováčske úkosity [29], [14]

Kováčske úkosity sú veľmi dôležitým prvkom pri návrhu výkovku. Používajú sa najmä na ľahšie vybratie výkovkov zo zápustok čiže foriem. Navrhujú sa na vertikálnych plochách výkovkov, čím rozumieme plochy rovnobežné s pohybom zápustky. Vnútorne úkosity sú väčšie než vonkajšie. Vonkajší povrch rýchlejšie chladne a zmršťuje sa. Uhly sú 3 až 10 stupňov. Ich presné použitie určuje norma ČSN 42 0277 ktorú nájdeme v strojárskych tabuľkách.

3.4 Polomery zaoblenia [29]

Zaoblenie hrán výkovku (zápustky) má vplyv na dobré zatekanie kovu v zápustke. Ostré hrany zvyšujú opotrebenie zápustky a sú miestom koncentrácie napätia (trhlín).

3.5 Technologické prídavky a tolerancie [29]

Určenie prídavkov na obrábanie a výrobných tolerancií výkovkov sa stanovujú pre jednotlivé spôsoby kovania podľa normy ČSN 42 0277 a ČSN 42 9030. Technologické prídavky zjednodušujú tvar výkovku. Pre konštrukciu zápustky je treba rozmery výkovku zväčšiť o hodnotu zmrštenia.

3.6 Triedenie výkovkov do tried [14], [2]

Je známych niekoľko spôsobov triedenia výkovkov do jednotlivých tried. Najmä podľa tvaru, alebo spôsobu výroby. Podľa normy sa udáva značenie výkovkov podľa zložitosti jeho tvaru päťmiestnym číslom XXXX – X v ktorom prvá číslica značí tvarový druh a to podľa čísiel:

- 4 výkovky kruhového prierezu plné,
- 5 výkovky kruhového prierezu duté,
- 6 výkovky hranolových tvarov plné aj duté,

- 7 výkovky kombinovaných tvarov plné aj duté,
- 8 výkovky s ohnutou osou,
- 9 výkovky zložitých tvarov s priamou deliacou plochou,
- 0 výkovky s lomenou deliacou plochou.

XXXX – X druhá číslica značí tvarovú triedu podľa čísiel:

- 1 konštantný prierez,
- 2 kužeľovité (ihlanovité, klinovité),
- 3 jednostranne osadené,
- 4 obojstranne osadené,
- 5 osadené s kužeľom (ihlanom, klinom),
- 6 presadené,
- 7 kombinované,
- 8 kombinované s kužeľom (ihlanom, klinom),
- 9 členité (u tvarového druhu 8 – výkovky hákov),
- 0 neobsadené.

XXXX – X tretia číslica značí tvarovú skupinu podľa čísiel:

- 1 kompaktné tvary,
- 2 rotačné tvary,
- 3 podĺhle tvary.

XXXX – X štvrtá číslica značí tvarovú podskupinu podľa čísiel:

- 1 presah v pomere L:B (D) alebo H:B (D),
- 2 presah v pomere H:H1 (D:D1),
- 3 presah v pomere B:B1,
- 4 presah v pomere F:F1,
- 5 presah v hĺbke dutiny h:d alebo uhla lisov lopatiek β ,
- 6 presah v hrúbke dna alebo blany H1,
- 7 presah v hrúbke steny s alebo veľkosti rozvidlenia l:b,
- 8 presah v zaoblení prechodov a hrán R, r,
- 9 kombinácia niekoľkých presahov
- 0 bez presahu.

XXXX – X piata číslica značí technologické hľadisko podľa čísiel:

- 1 výkovky s deliacou plochou v smere hlavnej osy – súmerné,
- 2 výkovky s deliacou plochou v smere hlavnej osy – nesúmerné,
- 3 výkovky s deliacou plochou kolmou na hlavnú osu – súmerné,
- 4 výkovky s deliacou plochou kolmou na hlavnú osu – nesúmerné,
- 5 výkovky s deliacou plochou kolmou na hlavnú osu – s ozubením,
- 6 výkovky zhotovené na vodorovných kováčskych lisochoch – súmerné,
- 7 výkovky zhotovené na vodorovných kováčskych lisochoch – nesúmerné,
- 8 výkovky zhotovené na vodorovných kováčskych lisochoch – s ozubením,
- 9 výkovky s viacerými deliacimi plochami,
- 0 neobsadené.

Ďalej sa výkovky rozdeľujú podľa stroja na ktorom boli vykované nasledovne:

Zápustkové výkovky kované bucharom:

- I. skupina – výkovky s rovnou pretiahnutou osou,
- II. skupina – výkovky s prehnutou osou,
- III. skupina – výkovky s výčnelkami,
- IV. skupina – výkovky rozvydlené alebo s rozvydlením,
- V. skupina – výkovky s kruhovým alebo štvorcovým pôdorysom alebo blížiac sa tvarom,
- VI. skupina – výkovky so zloženým tvarom.

Zápustkové výkovky kované na klinovom lise:

- I. skupina - výkovky s kruhovým alebo štvorcovým pôdorysom alebo blížiac sa tvarom,
- II. skupina – výkovky s dlhou osou,
- III. skupina – výkovky s ohnutou osou,
- IV. skupina – výkovky vyrábané združeným kovaním na zápustkovom lise.

Zápustkové výkovky kované na vodorovnom kováčskom lise:

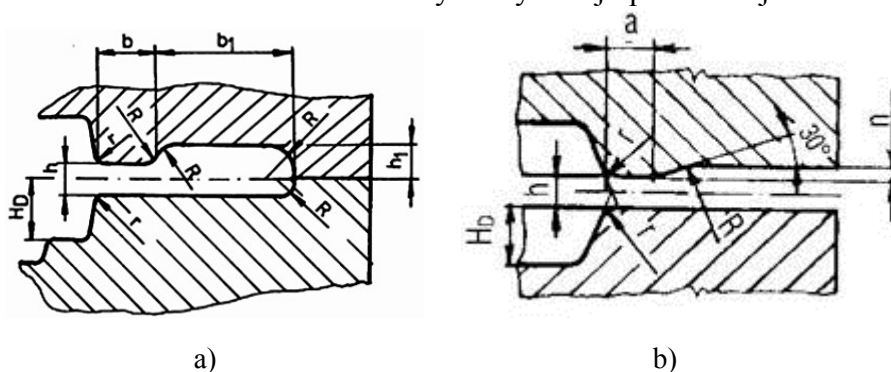
- I. skupina – driekovité výkovky s hlavami,
- II. skupina – výkovky s prechodnou dierou,
- III. skupina – výkovky so slepou dierou,
- IV. skupina – výkovky zmiešaného tvaru,
- V. skupina – výkovky kombinovaného tvaru.

3.7 Základná charakteristika výkovkov [14], [9], [12], [22]

Výkovky sú súčasťou vyrobené metódou kovania najčastejšie na klinových lisoch alebo bucharoch. Táto metóda je používaná k zhotoveniu konečných výrobkov alebo polotovarov, ktoré sú ďalej opracovávané. Používa sa tam kde sa nedá použiť valcovanie z dôvodu veľkej spotreby materiálu alebo pevnostných charakteristík materiálu. Výkovky sa delia na zápustkové a na výkovky zhotovené voľným kovaním. Pri navrhovaní výkovkov sa používajú na výkresoch prídavky materiálu, ktoré sa delia na technologické prídavky a prídavky na obrábanie. Prídavky na obrábanie slúžia predovšetkým k dosiahnutiu rozmerovej presnosti, akosti a hladkosti povrchu, predovšetkým u súčastí ktoré sú tepelne spracované nitrídaním, cementovaním, kalením a apod. K uspokojuvemu odstráneniu všetkých povrchových chýb sa prídavky na obrábanie na plochu určujú podľa rozmerov výkovku. Pri technologických prídavkoch nemusia byť vždy konečné súčasťou vhodné k zápustkovému kovaniu iba s prídavkami na obrábanie. Medzi technologické prídavky patria najmä úkopy bočných plôch, zväčšenie hrúbok stien rebier a zaoblenia hrán. Úkopy bočných plôch sa určujú podľa druhu tvarovacieho stroja a tvaru výkovku. Sú volené na stenách výkovku, aby sa dal dobre vyňať zo zápustky. Je veľmi dôležité dbať na dokonalé zatečenie kovu do dutiny zápustky a na očistenie povrchu od okutí, aby sa nedialo zmenšovanie v rohoch a na hranách výkovku, kde sú prídavky minimálne. Polomer zaoblenia hrán prechodu sa volí podľa veľkosti výkovku. Ostré hrany a rohy zapríčiňujú opotrebenie zápustky, a preto sa na výkovok volia zaoblenia hrán a rohov. Ak sa zvolia veľké zaoblenia zvýši sa spotreba kovu, ale rastie aj životnosť zápustky. Pri malých zaobleniach kov nedostatočne zateká do rohov v dutine zápustky.

3.8 Výronková drážka a určenie jej rozmerov [14], [27], [3], [4]

Výronková drážka je konštruovaná okolo dutiny zápustky v deliacej rovine. Jej použitie je na odvod prebytočného kovu. Existujú dva základné druhy drážok a to otvorené a uzavreté. Uzavreté sú používané predovšetkým u bucharov a otvorené pri klinových lisoch. Prierez výronkovej drážky pre zvolený kováčsky stroj je znázornený na obrázku číslo 5. Zúžená časť sa nazýva mostíkom, ktorý zvyšuje odpor proti vytečeniu kovu a tým napomáha lepšiemu vyplneniu zápustky materiálom, rozšírená časť sa nazýva zásobníkom. Pri výrobe zápustkových výkovkov sa vo väčšine prípadov neje možné dosiahnuť požadovanú kvalitu povrchu a presnosť rozmerov. Preto sa často výkovky ďalej opracovávajú a obrábajú.



Obr. 5 Výronková drážka (vľavo) v zápustke (a – buchar, b - lis) a tok materiálu vo výronkovej drážke (vpravo) [3], [4]

Rozmery výronkovej drážky pre buchar sa stanovujú z výpočtových vzťahov.

Výpočtový vzťah pre hrúbku výronku:

$$s = (0,015 \text{ až } 0,012) \cdot \sqrt{F_D} \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

kde F_D plocha priemetu výkovku do roviny kolmej k rázu [mm^2],
 Hodnota 0,012 pre najväčšie výkovky,
 Hodnota 0,015 pre malé výkovky.

Výpočtový vzťah prechodu dutiny zápustky do výronkovej drážky:

$$r = \frac{\sqrt{F_D}}{200} + 0,04 \cdot H_D \text{ [mm]} \quad (3.2)$$

kde H_D hĺbka dutiny [mm].

Rozmery výronkovej drážky pre kováčsky lis sa stanovujú z výpočtových vzťahov:

Výpočtový vzťah pre hĺbku zásobníku:

$$n = 0,4h + 2 \text{ [mm]}$$

kde h výška mostíka [mm].

Polomer prechodu tvaru do deliacej roviny je rovnaký ako u bucharových zápustok.

Výpočtový vzťah pre objem výronku:

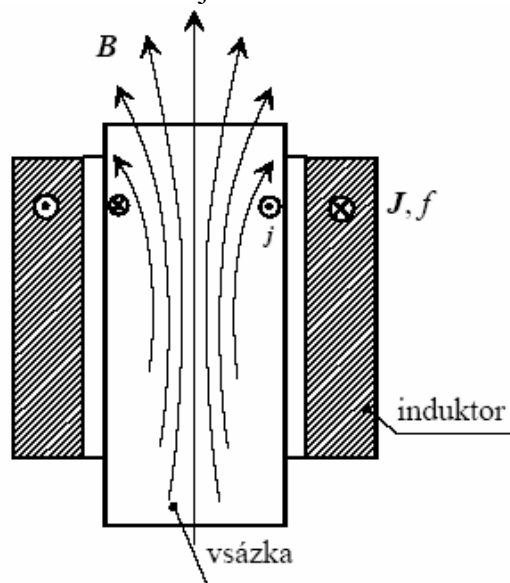
$$V_{Výr} = o \cdot \left[b \cdot h + \left(n + \frac{h}{2} \right) \cdot B \right] \text{ [mm}^3\text{]} \quad (3.3)$$

kde o obvod výkovku [mm],
 b, h rozmery mostíka [mm],
 B šírka otrepu v zásobníku [mm],
 n hĺbka zásobníku.

3.9 Ohrievacie zariadenia [22], [14], [21]

Materiál sa ohrieva za pomoci pecí. Ohrievacie zariadenia sa rozdeľujú podľa spôsobu ohrevu do dvoch skupín, na zariadenia pre ohrev plynom a zariadenia pre ohrev elektrickou energiou. Ohrievanie plynom je z ekonomického hľadiska výhodnejšie, avšak spôsobuje väčší prepal a je treba dlhšieho času pre dosiahnutie ohrievacej teploty a nároky na udržanie potrebného pracovného prostredia sú vyššie. Charakteristikou plynových pecí je rovnomerný ohrev materiálu za pomoci prúdiacich plynov, ktoré sú predhrievané najčastejšie pomocou spätne získaného tepla zo spalín, ktoré odchádzajú z pecí. Tieto zariadenia zaberajú veľa miesta a sú značne zložité. Plynové pece poznáme karuselové, tanierové, komorové pece, štrbinové pece.

Ohrev elektrickým prúdom je vytváraný priamym priechodom prúdu, nepriamym odporovým ohrevom, alebo indukčným ohrevom, ktorý je schematicky znázornený na obrázku číslo 6. Ohrev v indukčných peciach spočíva v ohriatí kovových materiálov bez dotyku za pomoci cievky, ktorou prechádza striedavý prúd a vírivé prúdy sa indukujú magnetickým polom. Vzniknuté teplo preniká z povrchu do stredu. Pri vysokej frekvencii prúdenia sa prienik do stredu materiálu znižuje.



Obr. 6 schematické znázornenie indukčného ohrevu,
kde J hustota striedavého prúdu,
 F frekvencia,
 B magnetická indukcia,
 j hustota vírivých prúdov vo vsádzke. [21]

3.10 Opal [14]

Pri oxidácii vzduchu vznikajú v ohrievacích peciach pri ohreve ocelí na povrchu výkovku okuje, ktoré sú nežiaducim prvkom. Okuje sa viditeľne tvoria pri teplotách nad 1000 °C a natavujú sa pri teplote 1320 °C. Na tvorbu okutí vplyva doba ohrevu, chemické zloženie materiálu, pecná atmosféra a manipulácia s výkovkami a polotovarmi v peci. Opal je možné

obmedziť rýchlostným ohrevom založeným na intenzívnom vonkajšom tepelnom toku alebo riadenou atmosférou pece.

3.11 Zmrštenie [14]

Pri ohreve materiálu dochádza v zápustke k zmene jeho objemu, čo je zapríčinené tepelnou rozťažnosťou. Materiál sa rozpína a zväčšuje svoj objem. Keď materiál chladne prechádza procesom zmrštenia. Zmrštenie ovplyvňujú aj tvar výkovku a teplota kovania. Keď navrhujeme zápustku musíme s týmto procesom počítať a to tak, že stanovíme tabuľkové hodnoty diaľkového zmrštenia, ktoré sú určené podľa kovaného materiálu alebo z rovnice (3.4).

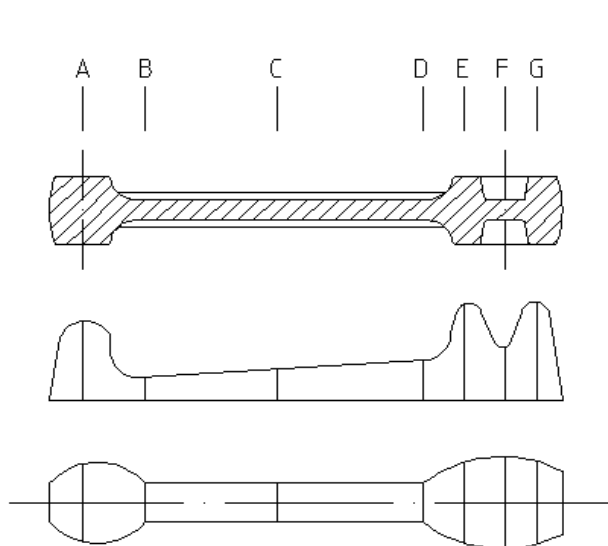
$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_0) \quad (3.4)$$

3.12 Deliaci rovina [27], [22]

Deliaca rovina slúži k rozdeleniu zápustky do dvoch častí. Toto rozdelenie zapríčiňuje, že sa dá výkovok z dutiny zápustky ľahko vybrať. Dutina výkovku pre kovanie by mala byť rozdelená symetricky a rovinne z konštrukčného hľadiska. V zlievarenstve sa výhodne volí ako deliaca rovina jedna z hlavných rovín odliatku. V kováčstve naopak volíme deliacu rovinu stredom najhmotnejšej časti výkovku.

3.13 Ideálny predkovok [8], [7], [14]

Ideálny predkovok sa používa pre konštrukciu predkovku pričom využívame jeho tvaru a veľkosti a je nutné sa vo výrobe ideálnemu predkovku tvarovo čo najviac priblížiť. Pri výpočte objemu materiálu, ktorý bude použitý pre výrobu predkovku sa vychádza z výkresu výkovku. Určenie postupu ideálneho predkovku je nasledovné:



HOTOVÝ VÝKOVOK

PRIREZOVÝ OBRAZEC

IDEÁLNY PREDKOVOK

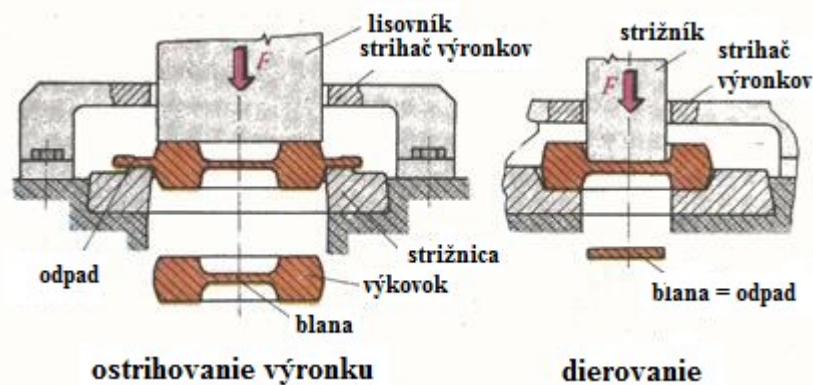
Obr. 7 Schéma postupu výroby ideálneho predkovku [7]

a) Z výkresu výkovku sa určí jeho plocha vrátane (výronka a blany) v charakteristických rezoach.

- b) Plochy týchto priereзов sa prevedú na plochy kruhov. Priemery (polomery) týchto plôch sa prenesú na spoločnú osu. Spojením ich koncových bodov získame tvar ideálneho predkovku. Maximálny priemer tohto ideálneho predkovku určuje prierez počiatočného polotovaru. Presný tvar je potom určený s ohľadom na zvolenú technológiu výroby. Princíp a postup výroby ideálneho výkovku a prierezového obrazca je znázornený na obrázku číslo 7

3.14 Predkovanie dier [27], [14]

Predkovanie je nutné použiť pri výkovkoch ktoré majú priechodný otvor. Ako technologické prídavky sa používajú kovárske blany znázornené na obrázku číslo 8. Otvor sa najskôr predkove a po skončení kovárskeho procesu sa blana prestrihne. Ušetríme tým čas aj materiál. Blana musí spĺňať technologické vlastnosti ako napríklad hrúbka, ktorá ak je prílišne hrubá zhoršuje tým dierovanie a pri veľmi tenkej spôsobuje rýchle napechovanie príslušných výstupkov v dutine zápustky a spôsobí tým nadmerné zovretie výkovku.



Obr. 8 Úprava výkovkov [27]

3.15 Zápustkové dutiny – delenie [16]

Veľa druhov výkovkov nie je možné kovať na jednu operáciu, alebo iba s pechovaním. Z tohto dôvodu sa používajú postupové zápustky v ktorých sa robí predkovanie približného tvaru výkovku, delenie a pod. Keďže tvar súčasti môže byť veľmi zložitý je možné ho predkovať aj vo viacerých dutinách.

Podľa technologického použitia môžeme prídavné dutiny rozdeliť na:

- Dutina zužovacia** – v tejto dutine sa kov premiestňuje v smere pozdĺžnej osy. Materiál sa v niektorých častiach redukuje, v niektorých pehuje. Kove sa jedným úderom, bez pootočenia. Výškové rozdiely profilu zužovacej prípravnej dutiny sa stanovujú podľa priemeru ideálneho predkovku.
- Dutina rozdeľovacia otvorená** – v tejto dutine dochádza k premiestňovaniu materiálu v smere pozdĺžnej osy so súčasným napechovaním a redukciou v priečnom priereze. Kove sa na dve až štyri údery barana s pootočením 90°.
- Dutina pre otáčavé kovanie (roler)** – je to najbežnejšia prípravná dutina. Jej použitie je veľmi výhodné pre predkovanie osovo symetrických výkovkov, pre ktoré má

predkovok podobný kruhový prierez. Polotovary sa pri nej zvyčajne spracúva po predchádzajúcom predĺžovaní a pri kovaní sa s polotovarom otáča okolo pozdĺžnej osy o 90° . Prierez dutiny má oválny tvar.

- d) **Dutina predĺžovacia** – dochádza pre nej k postupnej redukcii pôvodného prierezu pri súčasnom zväčšení dĺžky predkovku. Predĺžovacia dutina môže byť otvorená alebo uzavretá. Dutina býva zvyčajne umiestnená v ľavom rohu zápustky. Slúži k hrubému rozdeleniu materiálu v jednotlivých prierezoch. Pri kovaní sa posúva materiál za súčasného otáčania okolo pozdĺžnej osy. Dutina môže mať funkčné plochy rovnobežné, alebo do tvaru oválu.
- e) **Dutina tvarovacia** – v tejto dutine sa materiál máličko premiestňuje v smere osy a dutina sa používa k tvarovaniu materiálu na tvar obrysu hotového výkovku v deliacej rovine. Kove sa jedným alebo dvoma údermi a materiál sa neotáča. Šírka dutiny musí byť o 10 až 20 mm väčšia než jej šírka kovaného polotovaru, celkový tvar je podľa technológie buď väčší alebo menší než obrys hotového výrobku.
- f) **Dutina ohýbacia** – slúži buď k ohýbaniu základného polotovaru, alebo vo výnimočných prípadoch k ohnutiu hotového obstrihnutého výkovku. Pri konštrukcii dutiny je nutné, aby ohýbaný polotovary bol podporený na dvoch miestach a aby bol zakiaľ sa dá vo vodorovnej polohe. To je možné docieľiť vhodným dorazom alebo zapustením časti predkovku.
- g) **Dutina oddeľovacia** – slúži k odseknutiu hotového výkovku od tyče alebo k oddeleniu dvojkusov kovaných otáčaním. Táto dutina sa na zápustke umiestňuje šikmo a podľa potreby na ktoromkoľvek rohu pracovnej plochy zápustky.

Keď sa navrhujú prídavné dutiny nie je možné postupovať podľa šablóny a ich rozmery a tvary riešiť iba výpočtami podľa príslušnej literatúry. Skoro každý výkovok má osobitné vlastnosti, ktoré je nutné riešiť individuálne a postupovú zápustku po prevedení skúšok upraviť podľa potrieb.

3.16 Rozmery zápustok [3], [4]

Podľa variant upínania na stroji na ktorom sa bude kovať súčasť sa volia vonkajšie rozmery zápustok. Pri určovaní parametrov zápustok pri bucharoch je nevyhnutné dávať dôraz na:

1. rozmery výkovku spolu s výronkom,
2. akosť materiálu výkovku,
3. minimálna vzdialenosť S dutiny od okraja zápustky
4. hĺbka dutiny,
5. minimálna vzdialenosť S_1 medzi jednotlivými dutinami,
6. predpokladaný počet obnov,
7. upínacie možnosti bucharu,
8. veľkosť dosadanej plochy,
9. vedenie zápustky.

Pri určovaní parametrov zápustok pri zvislých kováčskych lisoch je nevyhnutné dávať dôraz na:

1. rozmery výkovku spolu s výronkom,

2. akosť materiálu výkovku,
3. minimálna vzdialenosť S dutiny od okraja zápustky – pre hranolovité zápustky,
4. minimálna vzdialenosť S_1 medzi jednotlivými dutinami – pre hranolovité zápustky,
5. predpokladaný počet a spôsob obnov,
6. upínacia možnosť lisu,
7. vedenie zápustok.

3.17 Upínanie zápustok [23], [21], [28]

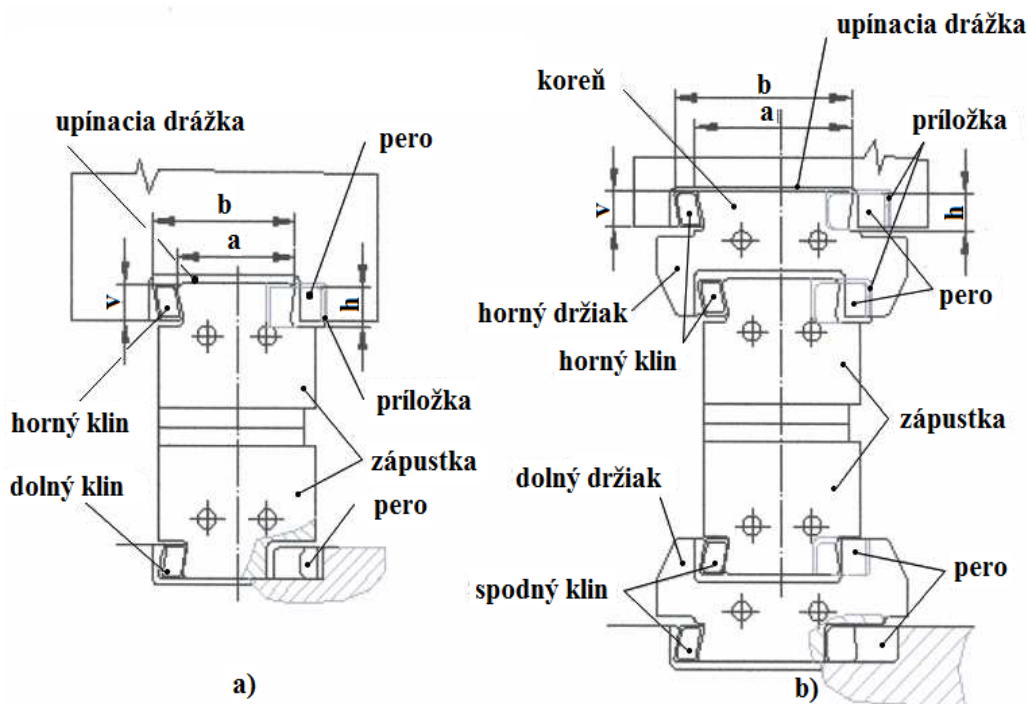
Zápustky sa musia na kováčskych strojoch veľmi dobre upnúť, čo je znázornené na obrázku číslo 9. Najlepšie a najbezpečnejšie je upínanie zápustok oceľovými klinmi o pevnosti 70 až 110 kg/mm².

Najmä pri bucharoch nie je vhodné upínanie zápustky skrutkami pretože by sa pri kovaní vplyvom otrasov uvoľňovali a tým by sa zápustky mohli posunúť a poškodiť.

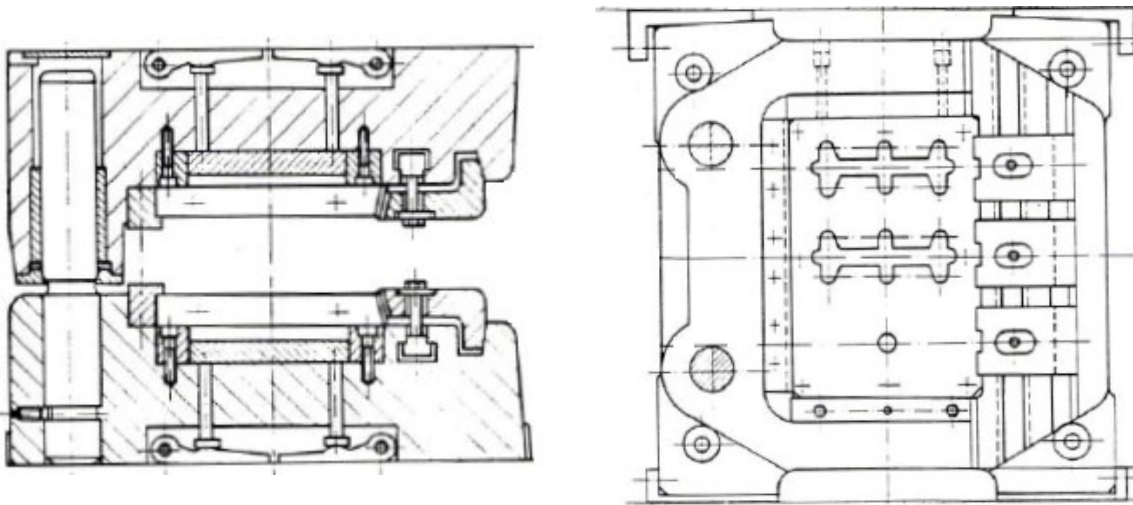
Pri padacích bucharoch sa upínajú zápustky najčastejšie jednostranne jedným klinom, dvoma klinmi, alebo jedným alebo dvoma klinmi z každej strany. Aby sa upínacie kliny zápustok pri kovaní neuvolňovali, musia byť čisto a hladko opracované. Predovšetkým musia však výborne dosadať po celej dĺžke, pretože zle opracované alebo chybné opracované kliny neudržia nikdy dosť pevne a skoro sa uvoľnia.

Pri kovaní sa zápustky nesmú uvoľniť. Preto je nutné zápustky v určitých časových úsekoch preskúšať a ak je potreba kliny pritiahnúť.

Upínanie zápustok pri zvislých klinových kováčskych lisoch je uskutočňované pomocou upínacích držiakov ktoré sú znázornené na obrázku číslo 10. Vzhľadom k použitému držiaku sa určujú rozmery zápustok. Upínaním zápustok pre zvislé kováčske lisy sa zaoberá norma ČSN 21 1420.



Obr. 9 Upínanie zápustok a) na buchar b) na buchar pomocou držiaka zápustok [21]



Obr. 10 Konštrukcia upínačov pri zvislých klinových kováčskych lisoch [28]

3.18 Voľba kováčskeho stroja [16], [17], [18], [24], [19], [22]

Pri návrhoch na konštrukciu súčiastok vhodných pre tváriace stroje je nutné zamyslieť sa nad – počtom kusov, rozmerov a tvarov súčastí a v neposlednej rade nad veľkosti tváriacich síl.

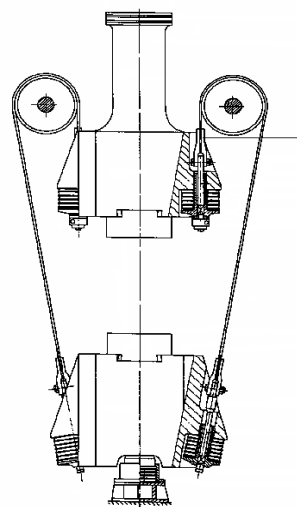
Ďalej je potreba prihliadnuť k ďalším vedľajším činiteľom, ktoré sa však za určitých okolností môžu stať hlavnými činiteľmi. Medzi ne patrí napríklad veľkosť otvoru v stole, počet zdvihov lisu, počet a zloženie kováčskych liniek, ktoré sú k dispozícii a podobne.

Pri rozhodovaní o tom aký nástroj je požitý a sním súvisiaci aj tváriaci stroj hrá veľkú úlohu počet vyrábaných kusov, ktorý nám ovplyvňuje cenu pri ktorej sa nám daný nástroj vypláti.

Najčastejšie používanými kováčskymi strojmi sú buchary a lisy. Konkrétne pre buchare padacie (obr. 11), dvojčinné zápustkové a protibežné (obr. 12) a pre lisy vretenové (obr. 14), zvislé kľukové kováčske (obr. 13), vodorovné klinové kováčske (obr. 15) a hydraulické pre zápustkové kovanie. Pri lise je rozdielne zatekanie kovu v zápustke ako pri buchare a to je tiež jeden s faktorov pre voľbu stroja.



Obr. 11 mechanický padací buchar [17]



Obr. 12 schéma protibežného bucharu [18]

Kovaním na bucharoch sa výkovok zhotovuje na niekoľko úderov. Buchar volíme najmä, keď sú výkovky zložitého tvaru, je dobrá stúpavosť materiálu a dajú sa aplikovať postupové zápustky u ktorých je možné použitie prípravných operácií.



Obr. 14 mechanický vretenový lis [24]



Obr. 13 kováčsky kľukový lis [24]



Obr. 15 vodorovný kľukový kováčsky lis [19]

Pri kovaní na kľukových lisoch je rozdiel oproti kovaní na bucharoch v tom že prebieha na jeden zdvih pokojným ťahom a jednotlivé operácie sa uskutočňujú v samostatnej zápustke. Kovanie na vretenových lisoch sa vyznačuje univerzálnosťou využitia na rôzne druhy materiálov. Používa sa predovšetkým v malosériovej výrobe a na týchto lisoch sa dajú uskutočňovať operácie rovnanie, kalibrovanie, dierovanie, strihanie a pretlačovanie. Pri voľbe týchto lisov vychádzame s podobných zásad ako pri voľbe bucharov. Ich nevýhodou je, že

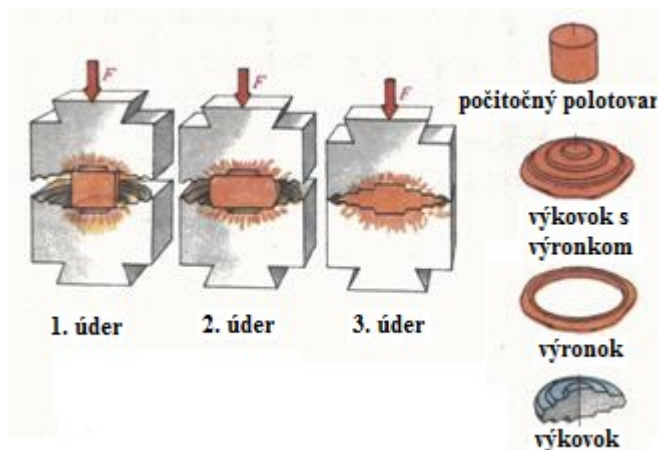
kovanie môže prebiehať iba v jednodutinovej zápustke a tiež, že pri kovaní vzniká väčší výronok než napríklad u kovania na klinových lisoch.

3.19 Porovnanie kovania na kováčskych lisoch a na bucharoch [27], [22], [14], [16]

Tváriaci stroj je volený podľa potrieb používateľa a to podľa charakteru kovanej súčasti, na zložitosti výrobnej haly a aj výrobnej linky a hlavne aj finančným možnostiam užívateľa stroja. Hlavným ukazateľom pre jeho voľbu je spôsob zatekania kovu do dutiny zápustky.

Pre zápustkové kovanie na buchare platí, že na výkovok uložený v dutine zápustky je pôsobené rázovou silou, ktorá zapríčiňuje väčšiu rýchlosť zatekania a ľahšie zaplňovanie hrubšej dutiny v smere úderu čo je znázornené na obrázku číslo 16. Počet úderov barana sa určuje podľa veľkosti a zložitosti výkovku. Zápustka pri bucharoch je odlišná oproti lisom v tom, že je vyrobená z jedného kusa materiálu a dajú sa na nej robiť aj predkovacie operácie. Pri buchare sa horná dutina zápustky zaplňuje lepšie ako spodná a to vďaka zotrvačnosti síl v dôsledku väčšieho ochladenia materiálu v spodnej časti, kde sa dlhšie dotýka zápustky, ako v hornej časti. Zápustka sa pri bucharoch upína pomocou rybinovitej drážky. Pri kovaní na bucharoch je riziko zakovania do výkovku malé vďaka rázovej sile.

Pre zápustkové kovanie na lise platí, že pracovná sila lisu prebieha pri vykonaní každej samostatnej operácie u jedného zdvihu. Sila lisu pôsobí pokojným tlakom čo zapríčiňuje lepšie tečenie kovu v smere kolmom k pôsobiacej sile. Pri lisoch sa zápustky zhotovujú do zápustkových vložiek a upínajú sa pomocou upínacích držiakov. Veľkou výhodou lisov oproti bucharom je možnosť použitia vyhadzovačov, ktoré umožňujú lepšie vybratie výkovku zo zápustky a stačia im menšie úkopy a prídavky. Pri kováčskom procese na lise je pravdepodobnosť zakovania do povrchu výkovku, tomu je však možné zabrániť indukčným ohrevom.

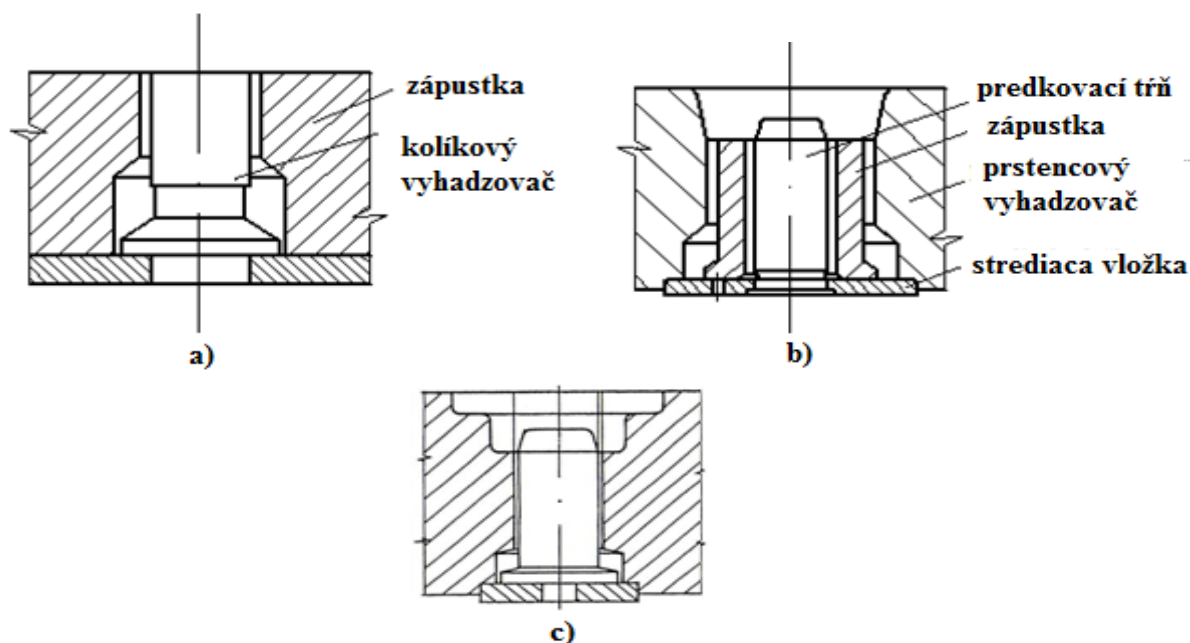


Obr. 16 Postup kovania v jednodutinovej zápustke na buchare [27]

3.20 Vyhadzovače [1], [14], [4]

Pri zápustkovom kovaní sa výkovok upína v dutine zápustky. Vyhadzovače uľahčujú vyťahovanie výkovku zo zápustky a sú určené pre kovanie na lisoch. Vyhadzovače sú vyrábané najčastejšie z nástrojových ocelí. Vyhadzovače radíme do troch druhov (obr. 17) a to a. prstencové, b. kolíkové a c. vložkové. Prstencové vyhadzovače sa používajú pre výkovky so zahĺbením v strednej časti výkovku. Kolíkové vyhadzovače sú používané ako

stredové, mimo stredové a umiestnené v ploche výronka. Vložkové vyhadzovače sa používajú len v mimoriadnych prípadoch. Uplatňujú sa najmä pri výkovkoch, ktoré majú blanu posunutú do spodnej časti výkovku. Je možné ich použiť aj v prípade, že vyhadzovací kolík príveľmi zoslabuje vložky.



Obr. 17 schematické znázornenie a. kolíkového, b. prstencového, c. vložkového vyhadzovača [1], [14]

3.21 Odstrihovanie výkovkov [22], [12], [14]

Proces odstrihovania prebieha u výkovkov, ktoré sú zhotovené v otvorených zápustkách a sú tvorené výronkom. Odstrihovanie prebieha za predpokladu, že výronok je tvorený po obvode výkovku a dierovanie ak je výronok tvorený vo vnútri výkovku.

„Výkovky s väčším obsahom uhlíku než 0,5 % sa odstrihujú za tepla a výkovky s menším obsahom než 0,5 % uhlíku ide odstrihovať za studena. Väčšie a zložitejšie výkovky sa odstrihujú vždy za tepla. K odstrihovaniu a dierovaniu výkovkov sa používajú vždy mechanické alebo hydraulické lisy.“ [12]

Na odstrihnutie výronka alebo blany je treba použiť silu ktorá sa vypočíta za pomoci vzorcov:

$$\text{Sila pre odstrihnutie vonkajšieho výronka: } F_S = 1,6 \cdot s \cdot L_V \cdot R_m \cdot 10^{-6} \quad (3.5)$$

$$\text{Sila pre odstrihnutie blany: } F_{S1} = 1,6 \cdot s_1 \cdot L_1 \cdot R_m \cdot 10^{-6} \quad (3.6)$$

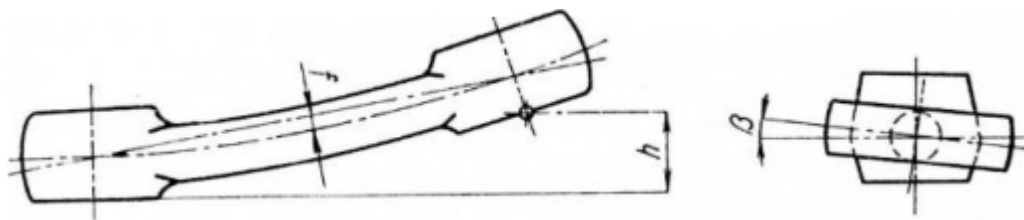
$$\text{Celková sila pri súčasnom odstrihnutí blany a výronka: } F_C = F_S + F_{S1} \quad (3.7)$$

Celkovú silu je potrebné zvýšiť o 25%, keď prihliadame na opotrebenie zápustok a tým zväčšenie hrúbky výronka.

3.22 Rovnanie výkovkov [12]

Proces rovnania výkovkov prebieha po kovaní. Prebieha za tepla v priebehu kovania a odstrihovania a za studena po tepelnom spracovaní. Skrivenie výkovku sa určuje podľa uhlu zakrivenia a krivosti os, čo je ilustratívne znázornené na obrázku číslo 18. Ku

skriveniu dochádza pri pootočení zápustok voči sebe, pri zaseknutí výkovku pri vyberaní z dutiny zápustky, pri odstrihovaní výronka alebo pri tepelnom spracovaní.



Obr. 18 Zakrivenie výkovku [12]
 h – krivosť, f – priehyb, β - uhol skrútenia

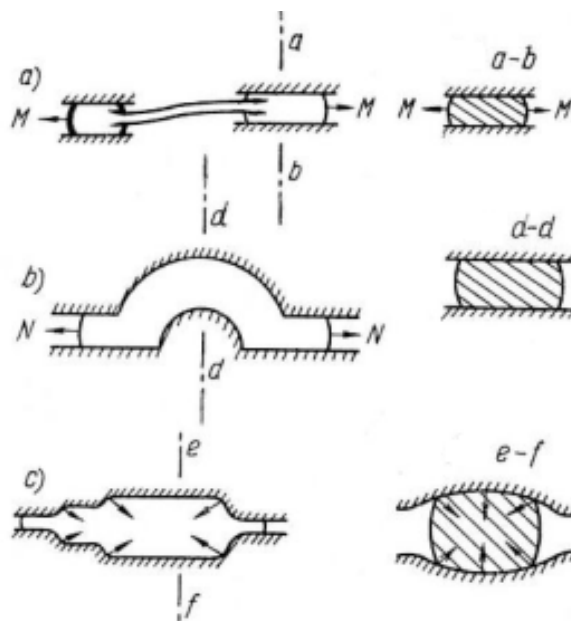
3.23 Kalibrovanie výkovkov [21], [12], [22]

Kalibrovanie nasleduje po kováčskom procese a je ním dosiahnutá finálna presnosť, drsnosť povrchu a hmotnosť. Kalibrovanie sa robí za tepla a aj za studena.

„Kalibrovanie za studena je možné predovšetkým na lisočoch v kalibrovacích zápustkách. Prebieha až po tepelnom spracovaní a je presnejšie než kalibrovanie za tepla.

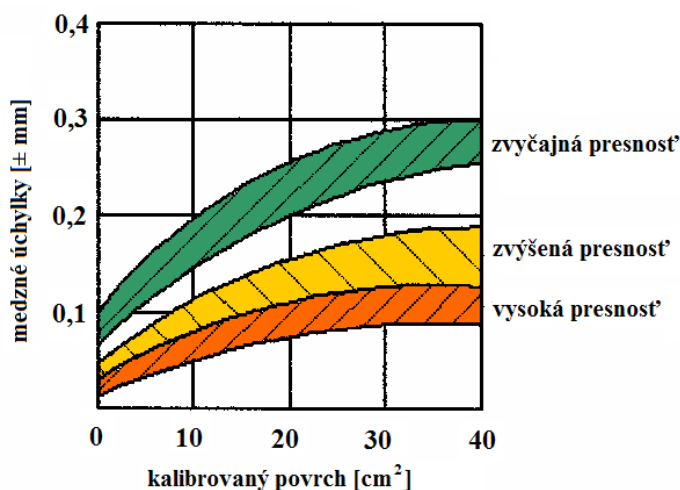
Kalibrovanie za tepla je možné predovšetkým na strojoch pre zápustkové kovanie, za dosiahnutia podmienky dostatočnej presnosti stroja. Kalibrovanie prebieha ihneď po odstrihnutí výronka pri jednom ohreve. Ďalšou podmienkou pre správnu funkciu kalibrovania je stála teplota kalibrovania a tuhosť tváriaceho stroja a nástroja“.[22]

Kalibráciu rozlišujeme plošnú, združenú a objemovú (obr. 19).



Obr. 19 Kalibrovanie [12]
 a) plošné b) združené c) objemové

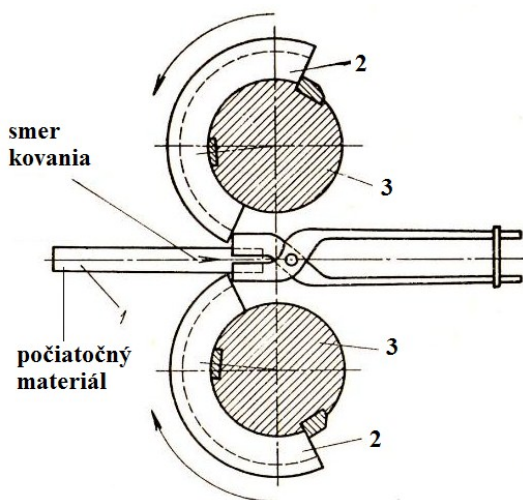
Presnosti kalibrácie rozdeľujeme do troch skupín a to zvyčajná, zvýšená a vysoká. Presnosť kalibrácie klesá respektíve medzné úchyľky sa zvyšujú, keď sa zväčšuje povrch kalibrovanej plochy, čo je ilustratívne znázornené v grafe na obrázku číslo 20.



Obr. 20 Úchyľky rozmerov pri kalibrácii povrchu [21]

3.24 Kováčske valce [22], [12], [16]

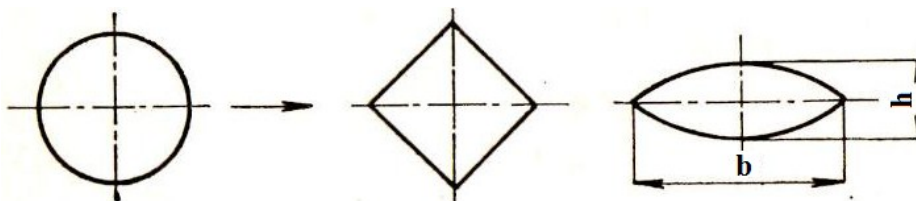
Pred vlastným kovaním je predkovanie na kováčskych valcoch zaradené medzi najčastejšie metódy príprav polotovarov (obr. 21). Je to veľmi účinný spôsob prekovania avšak je nutné aby mal polotovar pri návrhu určitú objemovú presnosť. Dá sa použiť najmä v prípadoch, keď je potreba zužovať alebo predlžovať počiatocný polotovar. Tyč je zahriata a je vložená po vodiacich lištách ručne alebo manipulátorom na doraz. Stroj sa vo väčšine prípadov spúšťa automaticky spínačom umiestneným na konci dorazu. Nástrojom sú v tomto prípade kováčske zápustky, ktoré sú upnuté na valcoch. Stroj je poháňaný elektromotorom, ktorého hriadeľ vedie na zotrvačnik prepojený lamelovou spojkou s brzdou. Spojka sa vypína a zapína spínačom a vačkou na hriadeľi, ktorá zastavuje valce tým spôsobom, že úsekové nástroje majú medzery naproti sebe. Kováčskymi valcami sa polotovar pretvára zväčša



niekoľkými operáciami, pretože je veľmi ťažké naraz doceliť veľkých zmien rozmerov v priečnom priereze. Materiál je pretváraný medzi kalibrmi úsekov v priebehu jednej otáčky valcov. Pri ďalšej otáčke je predkovok vložený do vedľajšieho kalibra, kde prebieha ďalšia zmena tvaru. Obidva valce sa otáčajú konštantnou rýchlosťou v navzájom opačnom smere. Požadovaný tvar docielime opakovaním tohto postupu. Rýchlosť otáčania valcov je zhruba 60 ot/min.

Obr. 21 Kovanie na kováčskych valcoch [22]

Pri kováčskom procese je výhodné meniť štvorhran s oválom. Ak má počiatočný materiál kruhový prierez, má prvý kaliber tvar štvorca alebo oválu (obr. 22). Pri kombinácii kruh a štvorec je najlepší odber prierezu 18 až 23%. Pri kombinácii kruhu a oválu možné maximálne odobrať až 48% prierezu. V prípade, že má počiatočný materiál prierez štvorca tak je volený ako prvý kaliber ovál a je možné maximálne odobrať 48% prierezu.



Obr. 22 Valcovanie počiatočného materiálu [22]

3.25 Materiál zápustok [1], [14], [9]

Na materiál z ktorého sú zápustky sa kladú veľké nároky pretože sú pri kovaní tepelne aj mechanicky namáhané. Zápustkový materiál by mal spĺňať vysokú pevnosť, húževnatosť, žiarupevnosť, žiaruvzdornosť, dobrú obrobitelnosť, nemali by sa na ňom tvoriť trhlinky spôsobené tepelnou únavou, vysoká odolnosť voči opotrebeniu, nemal by byť náchylný na krátkodobé kolísanie teplôt, ktoré dosahujú až 500°C a mal by byť dobre cenovo dostupný. Tieto vlastnosti materiálu nie je možné dosiahnuť súčasne žiadnym známym spôsobom a teda keď je jedna vlastnosť prísadovými prvkami zvýšená iná klesá. Prísadovými prvkami sú chróm, molibden, vanád, wolfram a nikel. Ako materiál zápustok sa používajú legované nástrojové oceli a to najčastejšie triedy 19 podľa ČSN. Molibden a nikel zapríčiňujú zvýšenie odolnosti voči vysokým teplotám a chróm, vanád, wolfram a nikel zvyšujú tvrdosť a dobrú prekalitelnosť. Najčastejšie používané oceli pre výrobu zápustiek a zápustkových vložiek a ich stručná charakteristika a použitie sú uvedené v tabuľke číslo 2.

Tab. 2 Použitie zápustkových ocelí [9]

Použitie oceli s prihliadnutím k					
Značka oceli podľa ČSN (podľa ČSN EN)	veľkosť zápustky	namáhanie zápustky	druh kováčskeho stroja	materiál výkovku	
19 552 (X38CrMoV5-1)	malé zápustky o hrúbke 200 mm	vysoko tepelne namáhané nástroje	buchare, vretenové a kováčske lisy	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	
19 642 (35NiCrMo16)	malé, stredné a veľké zápustky	stredne tepelne namáhané nástroje veľkou húževnatosťou	najmä buchare, ale aj vretenové kováčske lisy	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	
19 662 (54NiCrMoV6)	stredné a veľké zápustky	stredne tepelne namáhané nástroje veľkou húževnatosťou	buchare, ale aj vretenové kováčske lisy	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	
19 663 (56NiCrMoV7)	malé, stredné a veľké zápustky	stredne tepelne namáhané nástroje veľkou húževnatosťou	buchare, ale aj vretenové kováčske lisy	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	
19 720 (X30WCrV5-3)	malé zápustky o hrúbke 200 mm	vysoko tepelne namáhané a dostatočne húževnaté nástroje	všetky druhy lisov a buchare	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	
19 721 (X30WCrV9-3)	malé zápustky o hrúbke 200 mm	vysoko tepelne namáhané menej húževnaté nástroje	všetky druhy lisov	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	
19 740 (X30WCrV4-1)	malé zápustky o hrúbke 200 mm	vysoko tepelne namáhané a dostatočne húževnaté nástroje	všetky druhy lisov	nelegované, nízko legované oceli a zliatiny ľahkých kovov	

3.26 Vložkovanie zápustok [14], [22]

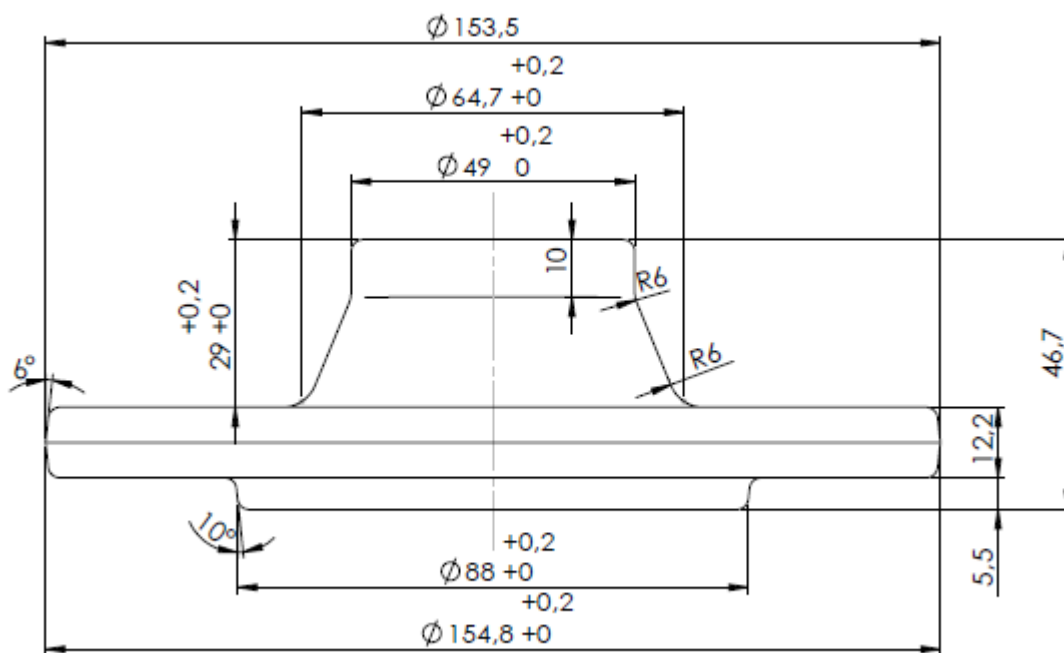
Niektoré zápustky sa nahrádzajú, a to buď celý ich tvar, alebo len ich časť vložkami. Vložkovanie zápustok sa používa predovšetkým u lisov. Zavádzaním vložiek je dosiahnuté úspory nástrojového materiálu, lepšieho tepelného spracovania, dobrej vymeniteľnosti a v neposlednej rade lepších povrchových úprav. Pri vložkovaní je používaná presnosť s presahom H8/u7. Veľkou výhodou vložkovania je, že ak sa opotrebí vložka nie je nutné meniť celú zápustku. Mení sa iba opotrebená alebo poškodená vložka. Vložky sa zhotovujú s akostnej zápustkovej oceli a pri veľmi namáhaných zápustkách sa používajú materiáli ako napríklad keramika.

3.27 Simulácie

V dnešnej dobe neustále rastú nároky na kvalitu výroby, zníženie výrobných nákladov, skrátenie vývoja a tým sa veľa výrobných podnikov obrátilo na návrhy počítačovej simulácie výrobných procesov. Tieto systémy dovoľujú nasimulovať celý priebeh výrobných operácií. Simulácia procesu kovania prináša znázornenie priebehu pôsobiacich síl, spôsob vyplňovania formy, možný vznik chýb, priebeh teplôt, napätie a deformáciu v priebehu procesu, namáhanie nástrojov a ďalšie dôležité faktore potrebné pre modernú a ekonomickú výrobu. Chovanie simulačných systémov teda znázorňuje reálne tváriace operácie a ušetrí tak potrebný čas, prácu, ktorá by bola nutná na experimentálne skúšky tvárenia a v neposlednom rade financie.

4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANEJ SÚČASTI

Pre výrobu zadanej súčasti (obr. 23) bola po zvážení možností stanovená, ako najlepšia **metóda zápustkového kovania**. Bližšie informácie o materiáli výkovku sú uvedené v kapitole 1. V nasledujúcich častiach kapitoly štyri je popísaný návrh technologického postupu a voľba kováčskeho stroja.



Obr. 23 Zadaná súčasť, posuvný unašac vypracovaný v programe SolidWorks 2009.

V nižšie uvedených možnostiach doplňujúcich kapitolu 3.18 literárnej rešerše určenia kováčskeho stroja bude rozhodnuté ktorým strojom (buchar respektíve lis) bude zadaná súčasť vyrábaná.

Možnosť voľby kováčskeho lisu:

Súčasti kované na kováčskych lisoch majú niekoľko charakteristických znakov, ako napríklad, že majú väčší priemer vzhľadom k výške osadenia a to najmä k voly sily lisu pôsobiacej na pretváraný materiál. Výkovky u lisov majú z konštrukčného hľadiska menšie úkopy a polomery zaoblenia.

Možnosť voľby buchara:

Súčasti kované na kováčskych bucharoch majú zväčša členitejší tvar najmä v závislosti ku výške osadenia vzhľadom k priemeru. Oproti lisu za zásadne líšia najmä vďaka ľahšiemu vytáhovaniu výkovku zo zápustkovej dutiny a spôsobu upínania.

Záver:

Po zvážení vyššie uvedených charakteristík a rozdielov oboch variant voľby stroja aj s prihliadnutím k rozboru oboch strojov v kapitole 3.18 bol zvolený, ako tváriaci stroj lis. Voľba lisu bola predovšetkým pre rozmery a tvar súčasti. Pri rozhodovaní sa voľby stroja veľakrát záleží na praktických skúsenostiach no moderné technológie nám umožňujú aj počítačové simulácie, ktoré dokážu odhaliť možné nedostatky a odstrániť ich.

5 STANOVENIE ZÁKLADNÝCH TECHNICKÝCH DÁT

5.1 Značenie výkovku podľa zložitosti jeho tvaru [5]

Parametre určujúce vhodné navrhnutie výkovku boli stanovené podľa normy ČSN 42 9002 s ktorej vychádza aj zaradenie výkovku podľa zložitosti tvaru. Podľa zložitosti tvaru je teda zadaný výkovok označený päť miestnym kódom **4420-3** (konkrétnejšie objasnenie uvádza tabuľka 3). Deliaci rovina je umiestnená do roviny súmernosti výkovku.

Tab. 3 vysvetlenie kódu podľa zložitosti tvaru [5]

Číselné označenie	Tvarová špecifikácia	Popis
4	Tvarový druh	Výkovky kruhového prierezu - plné
4	Tvarová trieda	Výkovky obojstranne osadené
2	Tvarová skupina	Rotačného tvaru $H \leq D$ $H > 2H_1$
0	Tvarová podskupina	Bez presahu
3	Technologické hľadisko	Výkovky s deliacou plochou kolmé na hlavnú osu - súmerné

5.2 Prídavky na obrábanie [5], [6]

Prídavky na obrábanie boli určené podľa normy ČSN 9030 a teda maximálny prídavok na plochu bol zvolený $t = 2,5 \text{ mm}$ (Tab. 4). Táto hodnota vychádzala s presnosti prevedenia výkovku, s najväčšieho rozmeru hotového výrobku v smere kolmo k rázu a podľa najväčšej výšky hotového výrobku.

„Zápustkové výkovky v obvyklom prevedení sú s obvyklou presnosťou, s obvyklými prídavkami na obrábanie, s obvyklými medznými úchylkami rozmerov a tvarov“ [6].

Tab. 4 Prídavky na obrábanie pre obvyklé prevedenie, hodnoty sú v [mm] [6]

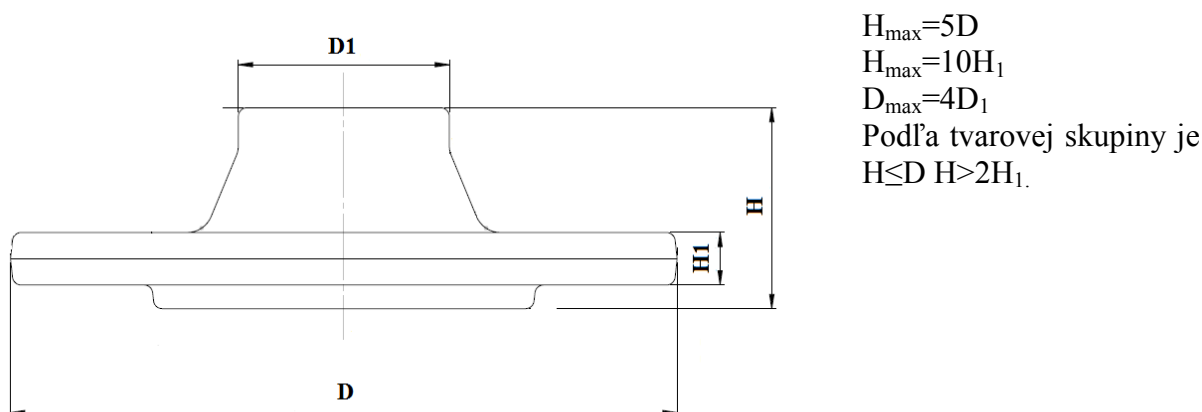
Najväčší priemer, stanovená hodnota šírky a dĺžky v smere kolmo k rázu		Najväčšia výška hotového výrobku	
		cez	do
		cez	40
		do	63
cez	do	Prídavky na obrábanie plôch	
100	160	2,5	

5.3 Prídavky technologické [6], [5]

Technologické prídavky sú také, ktorými sa dopĺňa z hľadiska kovárskej technológie tvar výkovku na tvar vhodný pre kovanie (napríklad úkosy, rádiusi).

„Pre obrábanie hrany výkovku sa limitná hodnota zaoblenia hrán r stanoví z podmienky zachovania prídavku na obrábanie v oblasti hrany“ [6].

Hodnota najmenej hrúbky blany, alebo dna výkovku bola určená podľa normy ČSN 42 9030 na $H_1=11$ (obr. 24).



Obr. 24 Výkres súčasti

Hodnoty najmenej hrúbky steny slúžia ako smernica pre konštrukciu výrobku a pre stanovenie presahu u výrobku podľa ČSN 42 9002.

Hodnoty úkosov zápustkových výkovkov pre opracované aj neopracované hrany boli určené podľa normy ČSN 42 9030 na vonkajšie 3° a vnútorné 7° . Stupeň presnosti pre obvyklé prevedenie je určený v tabuľke číslo 5 a z neho vyplývajúce medzné úchylky

a tolerancie rozmerov výkovkov sú v tabuľke číslo 6. V tabuľke číslo 7 sú zahrnuté hodnoty medzných úchyľiek zaoblení hrán **r** a prechodov **R**.

Tab. 5 Stupeň presnosti pre obvyklé prevedenie [6]

Tvarový druh	Tvarová trieda	Tvarová skupina	Tvarová podskupina	Technologické hľadisko	Stupeň presnosti	
					kolmé k rázu	rovnobežné k rázu
4; 5; 6; 7	1 až 5	1; 5	Všetky odpovedajúce hľadiska podľa ČSN 42 9002	3; 4; 5	5	5
		2; 3; 4			5	6
		6; 7; 8			6	7

Medzné úchyľky sú úchyľky rozmerov od menovitých rozmerov výkovku, zatiaľ čo úchyľka tvaru je úchyľka od požadovaného geometrického tvaru výkovku (presadenie, otrep, priehyb).

Tab. 6 Medzné úchyľky a tolerancie rozmerov výkovku pre stupeň presnosti 5 [6]

Najväčší priemer výkovku D		Rozmer výkovku v smere rázu	
		cez	do
			40
			63
cez	medzné úchyľky		+1,3 -0,6
do	tolerancie		1,9

Tab. 7 Hodnoty medzných úchyľiek [6]

Polomer zaoblenia		Medzné úchyľky			
cez	do	+0,50 -0,25	x R	+0,25 -0,50	x r
	10				

5.4 Výpočet objemu výkovku

Objem výkovku V_V je rovný súčtu všetkých elementárnych tvarov V_i , ich technologických prídavkov a úkosov.

$$V_V = \sum_{i=1}^4 V_i \quad [\text{mm}^3] \quad (5.1)$$

V_i celkový objem výkovku $[\text{mm}^3]$

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (154,8^2 - 88^2) \cdot 12,2 = \mathbf{155408,53 \text{ mm}^3}$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (88^2 - 64,7^2) \cdot 36,7 = \mathbf{102553,61 \text{ mm}^3}$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} \cdot (64,7^2 - 49^2) \cdot 29 = \mathbf{40658,21 \text{ mm}^3}$$

$$V_4 = \frac{\pi}{4} \cdot (49^2) \cdot 10 = \mathbf{18857,41 \text{ mm}^3}$$

$$V_V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_V = 155408,53 + 102553,61 + 40658,21 + 18857,41 = \mathbf{317477,76 \text{ mm}^3}$$

Vypočítané hodnoty boli overené s pomocou programu SolidWorks 2009.

5.5 Návrh výronkovej drážky [4]

Tvar a rozmery výronkovej drážky boli určené pomocou normy ČSN 42 8306 pre zvislé kováčske lise. Pre výkovok posuvného unášača bola zvolená výronková drážka typu I, ktorá je ilustratívne znázornená na obrázku číslo Z b. v kapitole 3.8 .

Výronkovú drážku tvorí mostík **b** a zásobník **b_z**. Výšku mostíka **h** stanovíme z nomogramu (obr. 25) alebo z tabuľky podľa lisu uvedenej v norme ČSN 22 8306 (tab. 8).

Tab. 8 rozmery výronkových drážok v [mm], podľa normy ČSN 22 8306

Síla lisu v [kN]	h	b	b _z	r
10 000	1,5 až 2,5	4 až 7,5	30	1 až 1,5

Výpočet rozmerov a objemu výronkovej drážky:

Priemer výkovku bez výronka:

$$D_V = \mathbf{154,8 \text{ mm}}$$

Priemet plochy výkovku bez výronka:

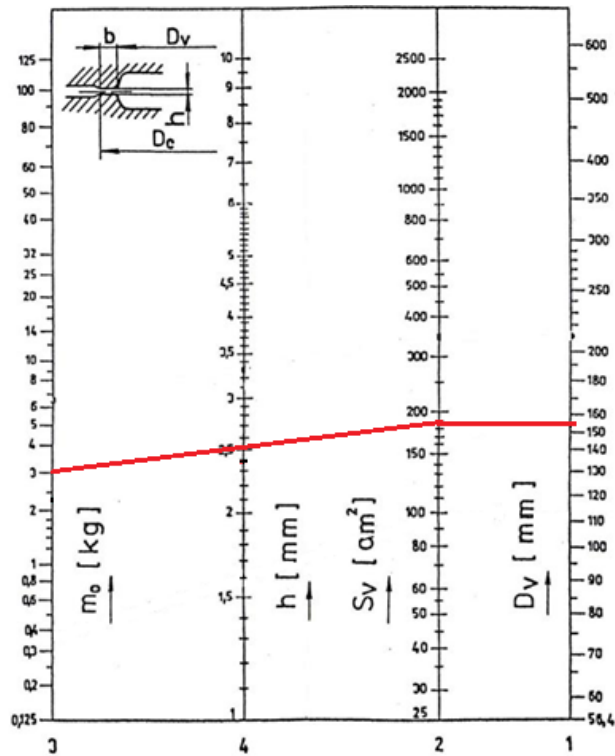
$$S_V = \frac{\pi \cdot D_V^2}{4} [\text{cm}^2] \tag{5.2}$$

$$S_V = \frac{\pi \cdot 154,8^2}{4} = \mathbf{18820,53 \text{ mm}^2} = \mathbf{188,2 \text{ cm}^2}$$

Hmotnosť prírezu polotovaru (podľa SolidWorks 2009):

$$m_0 = \mathbf{3,01 \text{ kg}}$$

Z nomogramu (obr. 25) bola určená výška mostíka výronkovej drážky:



Obr. 25 Nomogram stanovenia výšky mostíka h [4]

Výška mostíka výronkovej drážky $h \doteq 2,5 \text{ mm}$.

Šírka mostíka výronkovej drážky:

$$b = 2 \cdot h \text{ [mm]} \quad (5.3)$$

$$b = 2 \cdot 2,5 = \mathbf{5 \text{ mm}}$$

Hĺbka zásobníku výronkovej drážky:

$$n = 0,4h + 2 \text{ [mm]} \quad (5.4)$$

$$n = 0,4 \cdot 2,5 + 2 = \mathbf{3 \text{ mm}}$$

Podľa tabuľky 8 bolo volené $r = 1 \text{ mm}$.

Výpočet objemu výronkového mostíka:

$$D_{sm} = D_v + 4 \text{ [mm]} \quad (5.5)$$

D_{sm} stredný priemer mostíka [mm],

D_v priemer výkovka [mm].

$$D_{sm} = 154,8 + 4 = \mathbf{158,8 \text{ mm}}$$

$$V_m = h \cdot b \cdot \pi \cdot D_{sm} \text{ [mm}^3] \quad (5.6)$$

V_m objem výronkového mostíka [mm³],

h výška mostíka výronkovej drážky [mm],

b šírka mostíka výronkovej drážky [mm],

D_{sm} stredný priemer mostíka [mm].

$$V_m = 2,5 \cdot 5 \cdot \pi \cdot 158,8 = \mathbf{6236,1 \text{ mm}^3}$$

Výpočet objemu výronkového zásobníka:

$$D_{ZS} = D_V + 2 \cdot b + \frac{2}{3} b_z \text{ [mm]} \quad (5.7)$$

D_{SZ} stredný priemer zásobníka [mm],

b_z šírka zásobníka [mm].

$$D_{ZS} = 154,8 + 2 \cdot 5 + \frac{2}{3} \cdot 30 = \mathbf{184,8 \text{ mm}}$$

$$V_Z = \frac{2}{3} b_z \cdot (h + n) \cdot \pi \cdot D_{SZ} \text{ [mm}^3] \quad (5.8)$$

V_Z objem zásobníka [mm³],

b_z šírka zásobníka [mm],

h výška mostíka výronkovej drážky [mm],

n hĺbka zásobníka výronkovej drážky [mm],

D_{SZ} stredný priemer zásobníka [mm].

$$V_Z = \frac{2}{3} 30 \cdot (2,5 + 3) \cdot \pi \cdot 184,8 = \mathbf{63862,3 \text{ mm}^3}$$

Celkový objem výronka:

$$V_{\text{výr}} = V_m + V_Z \text{ [mm}^3] \quad (5.9)$$

V_m objem výronkového mostíka [mm³],

V_Z objem zásobníka [mm³].

$$V_{\text{výr}} = 6236,1 + 63862,3 = \mathbf{70098,4 \text{ mm}^3}$$

5.6 Výpočet rozmerov počiatočného polotovaru

Pri výpočte polotovaru sa vychádza zo súčtu objemu výkovku, objemu výronka a objemu prídavku na prepál.

Objem výkovku podľa vzorca (5.1):

$$V_v = 317477,76 \text{ mm}^3 = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Hmotnosť výkovku:

$$m_v = V_v \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (5.10)$$

V_v celkový objem výkovku [mm³],

ρ hustota materiálu výkovku

$$m_v = 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 7850 = 2,51 \text{ kg}$$

m_v hmotnosť výkovku.

Predbežná hmotnosť polotovaru:

$$m_o = 1,2 \cdot m_v \text{ [kg]} \quad (5.11)$$

m_v hmotnosť výkovku.

$$m_o = 1,2 \cdot 2,51 = 3,01 \text{ kg}$$

Objem výronka podľa vzorca (5.9):

$$V_{\text{výr}} = 70098,4 \text{ mm}^3$$

Objem prídavku na prepal (pri uvažovanom prepale $\delta = 1,3\%$):

$$V_P = (V_V + V_{v\acute{y}r}) \cdot \delta \text{ [mm}^3\text{]} \quad (5.12)$$

V_V objem výkovku [mm³],

$V_{v\acute{y}r}$ objem výronka [mm³].

$$V_P = (317477,76 + 70098,4) \cdot 0,013 = 5838,49 \text{ mm}^3$$

Výpočet celkového objemu výkovku:

$$V_C = V_V + V_{v\acute{y}r} + V_P \text{ [mm}^3\text{]} \quad (5.13)$$

V_V objem výkovku [mm³],

V_P objem prídavku na prepal [mm³],

$V_{v\acute{y}r}$ objem výronku [mm³].

$$V_C = 317477,76 + 70098,4 + 5838,49 = \mathbf{393414,65 \text{ mm}^3}$$

Štíhlostný pomer:

Pri výpočte polotovaru musí byť splnená podmienka, že pomer dĺžky a priemeru musí byť v intervale od 1,5 do 2,8. Ak by tento pomer nebol dodržaný môže nastať vyhnutie materiálu v predkovacej dutine a následné nežiaduce deformácie.

$$\lambda = \frac{L_0}{D_0} \text{ v intervale od (1,5 až 2,8)} \quad (5.14)$$

D_0 priemer polotovaru [mm],

L_0 dĺžka polotovaru [mm].

$$\lambda = 2 \text{ (volené)}$$

Priemer polotovaru:

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_C}{\lambda}} \text{ [mm]} \quad (5.15)$$

V_C celkový objem výkovku [mm³],

λ štíhlostný pomer.

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{387576,16}{2}} = 62,49 \text{ mm}$$

Podľa normy ČSN EN 754-3 bude volený $D_0' = 65 \text{ mm}$.

Dĺžka polotovaru:

$$L_0 = \frac{4 \cdot V_C}{\pi \cdot D_0'^2} \text{ [mm]} \quad (5.16)$$

D_0' priemer polotovaru [mm],

V_C celkový objem výkovku [mm³].

$$L_0 = \frac{4 \cdot 387576,16}{\pi \cdot 65^2} = 116,79 \text{ mm}$$

$$L_0' = 120 \text{ mm}$$

Bol zvolený polotovar **Ø65 x 120 mm** ČSN 42 6510

Kontrola štíhlosti polotovaru:

$$\lambda = \frac{L_0'}{D_0'} \quad (5.17)$$

D_0' priemer polotovaru [mm],

L_0' dĺžka polotovaru [mm].

$$\lambda = \frac{120}{65} = 1,85 \text{ čo patrí do intervalu (1,5 až 2,8) a teda vyhovuje.}$$

5.7 Výpočet kováčskej sily

Výpočty boli robené podľa normy ČSN 22 8306.

Výpočet priemeru výkovku vrátane mostíka:

$$D_C = D_V + 2 \cdot b [\text{cm}] \quad (5.18)$$

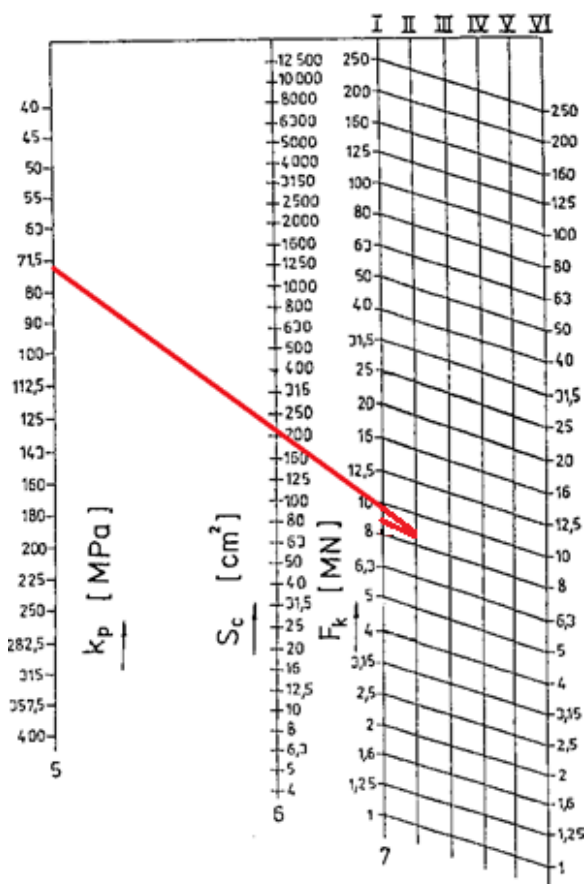
D_V priemer výkovku [mm],

b šírka mostíka [mm].

$$D_C = 154,8 + 2 \cdot 5 = 16,5 \text{ cm}$$

Výpočet plochy výronka vrátane mostíka:

$$S_C = \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} [\text{cm}^2] \quad (5.19)$$



D_C priemer výkovku vrátane mostíka [mm]

$$S_C = \frac{\pi \cdot 164,8^2}{4} = 213,31 \text{ cm}^2$$

Výpočet kováčskej sily podľa nomogramu

(obr. 26) podľa normy ČSN 22 8306.

k_p základný pretvárný odpor [MPa],

$k_p = 70 \text{ MPa}$

S_C plocha výronka vrátane mostíka [cm²],

$S_C = 213 \text{ cm}^2$

Stupeň tvarovej zložitosti bol volený **II**.

.... málo členité súčasti, kompaktné.

Výsledná kováčska sila $F_K = 9 \text{ MN}$.

Obr. 26 Nomogram pre stanovenie kováčskej sily [4]

Výpočet kováčskej sily podľa Brjuchanova-Rebelského

$$F_k = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot D_V) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{D_V}\right)^2 \cdot \sigma_p \cdot S_V \text{ [MN]} \quad (5.20)$$

D_V priemer výkovku bez výronka [mm],

σ_p základný prevratný odpor [MPa].

$$F_k = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot 154,8) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{154,8}\right)^2 \cdot 70 \cdot 18820,53 = 13459339,2\text{N} \doteq 13,5 \text{ MN}$$

Ďalej budeme počítat' podľa výslednej kováčskej sily podľa nomogramu 9 MN, pretože výpočet podľa Brjuchanova-Rebelského 13,5 MN je predimenzovaný.

5.8 Konštrukcia zápustok [4]

Materiál na zápustky pre kováčske lise musí spĺňať vysoké tvrdosti, pevnosti, húževnatosti, oteruvzdornosti a veľké odolnosti proti popúšťaniu.

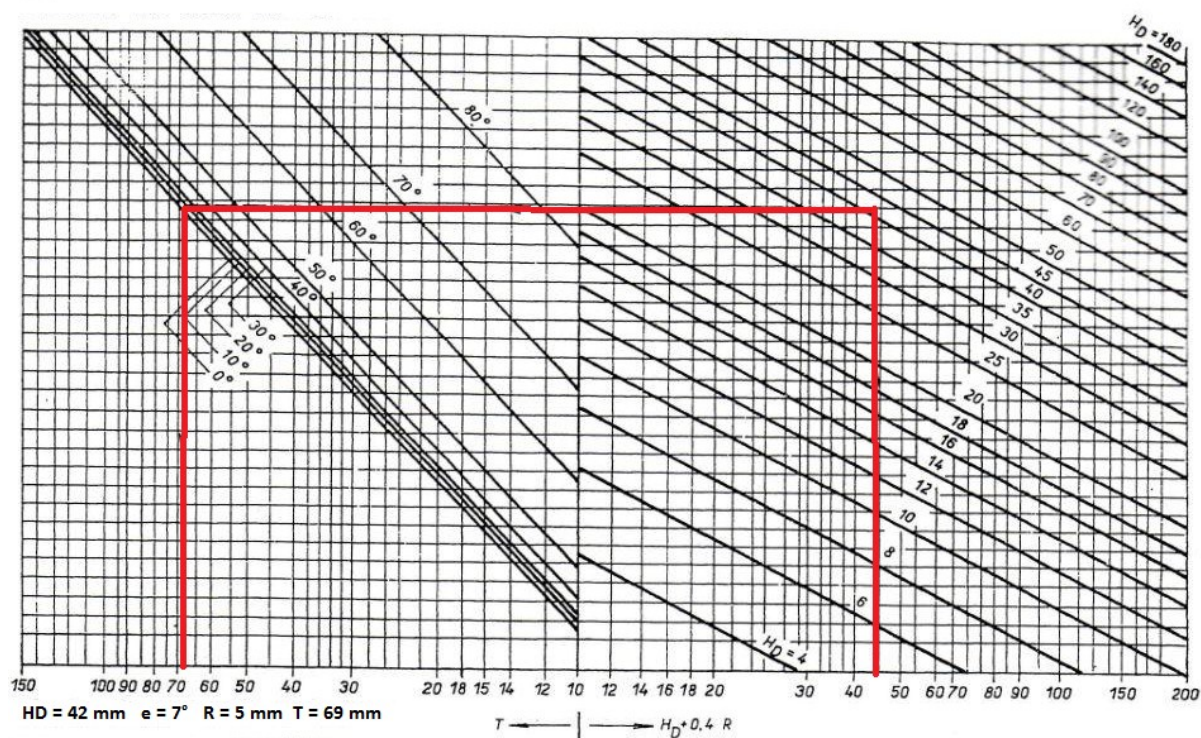
Podľa normy ČSN 22 8306 bolo zvolené opracovanie pre zápustku, zápuskovú vložku a vyhadzovače. Opracovanie je uvedené v tabuľke číslo 9

Tab. 9 Opracovanie podľa normy ČSN 22 8306

ZÁPUSTKA – opracovanie R_a (μm)	
Dutina preddokončovacia	1,6 – 3,2
Dutina dokončovacia "	0,8 – 3,2
Mostík	0,8 – 3,2
Dosadacie plochy	3,2
Upínacie plochy	3,2
Zásobník	12,5
Ostatné vonkajšie plochy	12,5
Vedenie zápustok	1,6
Otvory pre dopravné kolíky	12,5
Otvory pre vyhadzovače	1,6
ZÁPUSTKOVÁ VLOŽKA - opracovanie R_a (μm)	
Dutina	0,8 – 3,2
Licovaná časť	0,8 – 1,6
Dosadacia plocha	3,2
Predkovací trň	0,8 – 1,6
VYHADZOVAČE - opracovanie R_a (μm)	
Vodiaca plocha	0,8 – 1,6
Činná časť	0,8 – 1,6
Dosadacia plocha	1,6 – 3,2
Ostatné	12,5

Na stanovenie rozmerov zápustky má vplyv:

- Rozmer výkovku vrátane výronka
- Akosť materiálu výkovku
- Minimálna vzdialenosť S dutiny od okraja zápustky – pre hranolovité zápustky
- Minimálna vzdialenosť S_1 medzi jednotlivými dutinami – pre hranolovité zápustky
- Predpokladaný počet a spôsob obnov
- Upínacia možnosť lisu



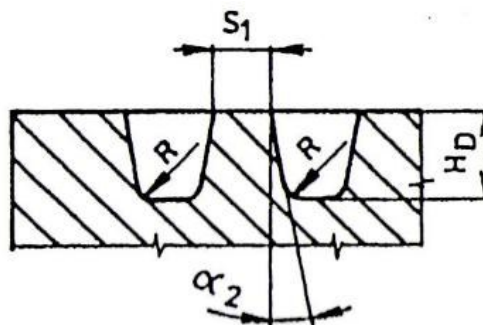
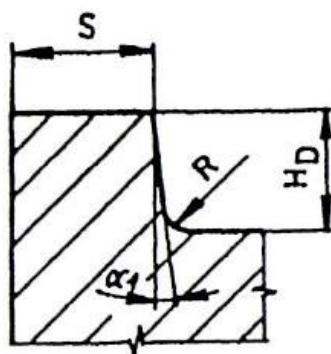
- Vedenie zápustok

Obr. 27 nomogram pre stanovenie pomocnej veličiny T [4]

Pre nekrhové zápustky je najmenšia vzdialenosť S dutiny od okraja zápustky (obr. 28)

$$S = T \text{ [mm]} \quad (5.21)$$

T pomocná veličina stanovená z nomogramu na obrázku číslo 27.

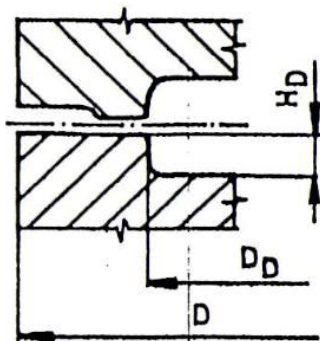


Obr. 28 Vzdialenosť dutiny od okraja zápustky [4] Obr.29 Vzdialenosť medzi dutinami [4]

Stanovenie vzdialenosti S_1 medzi dutinami:

$$S_1 \geq 0,6T \cdot \cos\alpha_1 \text{ [mm]} \quad (5.22)$$

$$S_1 \geq 0,6 \cdot 69 \cdot \cos 7^\circ = 41,1 \text{ mm}$$



Obr. 30 [4]

Predkovacie zápustky (obr. 30):

$$D \geq D_D + 0,2 (D_D + H_D) + 5 \text{ [mm]} \quad (5.23)$$

D_D priemer výkovku [mm],
 H_D hĺbka dutiny [mm],
 D priemer zápustky [mm].

$$D \geq 156,8 + 0,2 (156,8 + 42) + 5 = 201,56 \text{ mm}$$

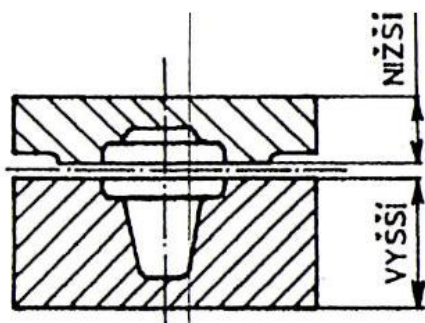
Dokončovacie zápustky:

$$D \geq D_D + 0,4 (D_D + H_D) + 10 \text{ [mm]} \quad (5.24)$$

D_D priemer výkovku [mm],
 H_D hĺbka dutiny [mm],
 D priemer zápustky [mm].

$$D \geq 156,8 + 0,4 (156,8 + 42) + 10 = 206,76 \text{ mm}$$

Výška zápustok H sa stanovuje s ohľadom na spôsob opravy zápustok. Výšky horného a spodného dielu zápustky sa vyrobia s medznými úchylkami $\pm 0,1$ pre dokončovacie zápustky a $\pm 0,2$ pre predkovacie zápustky.



Obr. 31 [4]

Pri rozdielnych hĺbkach dutiny v hornom a dolnom dieli zápustky sa deliaca plocha umiestni do zovretej výšky zápustok tak, aby využitie oboch dielov zápustok bolo rovnaké (obr. 31). Výška H zápustok sa zväčší s ohľadom na počet obnov znižovaním zápustky. Znížená zápustka sa potom pred montážou na lis pokladá.

5.9 Výpočet sily na odstrihnutie výronka

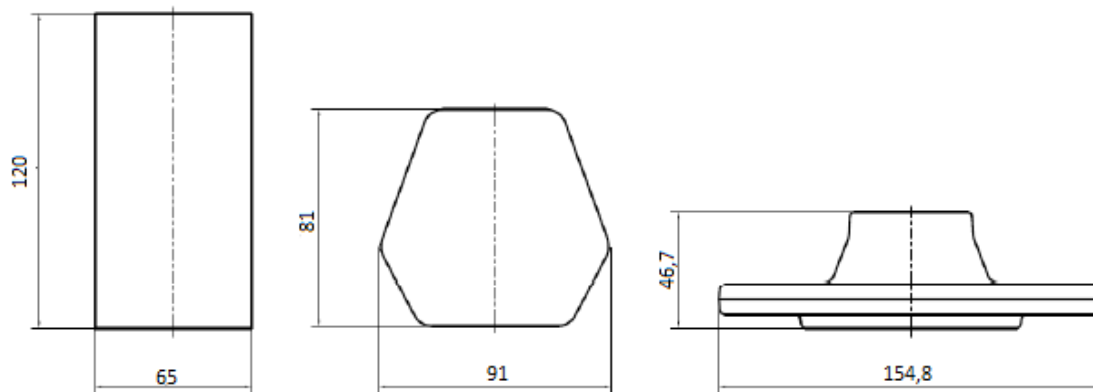
$$F_S = 2,7 \cdot R_m \cdot o \cdot h \text{ [N]} \quad (5.25)$$

R_m medza pevnosti [MPa],
 o obvod výkovku [mm],
 h hrúbka výronku [mm].

$$F_S = 2,7 \cdot 390 \cdot 486,32 \cdot 2,5 \doteq 1,3 \text{ MN}$$

5.10 Vlastné kovanie

Vlastné kovanie je zložené z pečovacej a dokončovacej operácie. Zmena tvaru polotovaru v priebehu kovania je ilustratívne znázornená na obrázku číslo 32.



Obr. 32 Zmena tvaru polotovaru v priebehu kovania

Tab. 10 Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP				
NÁZOV SÚČASTI:		ČÍSLO VÝKRESU SÚČASTI:	ČÍSLO VÝKOVKU: VÝKRESU	
ČÍSLO OPERÁCIE	NÁZOV OPERÁCIE			
1.	DELENIE MATERIÁLU			
	Teplota: 500 ± 50 °C	Rozmery: Ø65 - 120	Materiál: ČSN 42 6510	
	Hmotnosť prírezu: 3,01 kg		Stroj: LDO 315 A/S	
2.	KONTROLA PRÍREZU			
	Kontrola rozmerov a početnosti		Početnosť 1%	
3.	INDUKČNÝ OHREV A KOVANIE			
	INDUKČNÝ OHREV	Teplota: max 1000°C	Stroj: SOP 250	
	KOVANIE NA 2 OPERÁCIE	Teplota: 1050 – 1150°C		Stroj: LMZ 1600 A
		Kováčska sila: 9 MN		
	MAZANIE	33/02 – 1:14		
	PECHOVANIE			
DOKOVANIE				
4.	OSTRIHNUTIE VÝRONKA			
	Hmotnosť výkovku: 2,51kg	Strižná sila: 1,3 MN	Stroj: OL 51	
5.	KONTROLA			
	Čas: po 30 minútach		Kontrola teploty a rozmerov	
6.	TEPELNÉ SPRACOVANIE			
	Teplota: 880 až 920 °C	Normalizačné žíhanie	Stroj: LDO 315 A/S	
7.	OTRISKANIE			
	Stroj LMBC 1,1 - L			
8.	KONEČNÁ KONTROLA			
	Podľa výkresu			

6 VOĽBA KOVÁČSKEHO STROJA [25],[10],[26]

Na základe vypočítanej kováčskej sily bol vybraný zvislý kováčsky lis LMZ 1600 A (obr. 33), od firmy Šmeral Brno a.s., ktorého menovitá tváriaca sila je 16 MN.



Obr. 33 Kováčsky lis LMZ 1600 A s technickými parametrami [25]

HLAVNÉ TECHNICKÉ ÚDAJE [25]

Pracovný rozsah

Tváriaca sila: 16,0 [MN]

Zovretie: 800 [mm]

Priechod: 1290 [mm]

Stôl

Upínacia plocha: 1240 x 1150 [mm]

Baran

Upínacia plocha: 1160 x 1035 [mm]

Prestaviteľnosť: 10 [mm]

Zdvih: 270 [mm]

Počet zdvihov: 85 [1/min]

Stroj

Celkový inštalovaný výkon: 85 [kW]

6.1 Voľba ostrihovacieho lisu [25]

Pre ostrihnutie výronkovej drážky bol zvolený ostrihovací lis od firmy Šmeral Brno a.s., ktorého menovité označenie je LDO 315 A/S (obr. 34) a tváriaca sila je 3105 kN.

HLAVNÉ TECHNICKÉ ÚDAJE [25]

Pracovný rozsah

Tváriaca sila: 3115 [kN]

Zovretie: 600 [mm]

Priechod: 1400 [mm]

Stôl

Upínacia plocha: 1380 x 950 [mm]

Baran

Upínacia plocha: 1380 x 950 [mm]

Prestaviteľnosť: 140 [mm]

Zdvih: 200 [mm]

Počet zdvihov: 40 [1/min]

Stroj

Celkový inštalovaný výkon: 36 [kW]



Obr. 34 Ostrihovací lis LDO 315 A/S s technickými parametrami [25]

6.2 Voľba stroja na delenie materiálu [10]

Vzhľadom k materiálu, konštrukčná oceľ nelegovaná, ušľachtilá (ČSN 41 2020) s medzou pevnosti v ťahu minimálne 390 MPa je vhodné použiť strihanie za tepla. Pre ušetrenie materiálu (bez odpadu) boli zvolené deliace nožnice ScK 315 (obr. 35) ktoré zodpovedajú požadovaným podmienkam a aj priemeru.



Obr. 35 deliace nožnice ScK 315 [10]

6.3 Ohrev polotovaru [26]

Podľa vychádzajúcich parametrov – sériovosť výroby, typ kováčskeho stroja a priemeru polotovaru bol zvolený stredofrekvenčný ohrievač SOP 250/6-A30 P/L/T (obr. 36), ktorý je určený k indukčnému ohrevu oceľových prírezov kruhového alebo štvorcového prierezu na kováčsku teplotu.



Obr. 36 stredofrekvenčný ohrievač SOP 250/6-A30 P/L/T [26]

7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

Ekonomické zhodnotenie výroby má významnú úlohu v každom technologickom projekte.

V tomto projekte bola ekonomickosť výroby hodnotená vzhľadom k spôsobu výroby. Zvolená bola technológia kovania a ku nej bola, ako porovnávacía zvolená technológia výroby obrábaním a to podľa kritérií materiálových, to znamená využite a spotreba materiálu a podľa hľadiska ceny vlastnej výroby do ktorej spadajú napríklad náklady na hodinu prevozu stroja, cena elektriny, životnosť nástrojov a ďalšie.

Pri oboch kritériách ide o porovnávanie priamych nákladov.

Základné parametre:

Počet kusov ročne: 100 000 ks

Materiál: oceľ 12 020

Hmotnosť polotovaru: 3,01 kg

Hmotnosť výkovku: 2,51 kg

Cena 1kg oceli: 0,85 €/kg

Cena polotovaru: 2,40 €

Výkupná cena oceľového trieskového odpadu: 0,13 €/kg

Výkupná cena oceľového odpadu: 0,18 €/kg

Dĺžka tyče polotovaru: 3 m

Počet kusov z jednej tyče: 25 ks

Potrebný počet tyčí: 4348 ks

Ekonomické hľadisko zohľadňujúce náklady vynaložené pre výrobu súčasti obrábaním:

1. Náklady na materiál:

Rozmer polotovaru: Ø160 – 1500 mm

Hmotnosť polotovaru: 8,2 kg

Hmotnosť výrobku: 2,5 kg

Náklady na jeden kus:

$$N_{m1} = C_m \cdot m_p \text{ [€]} \quad (7.1)$$

C_m cena 1 kg oceli [€],

m_p hmotnosť polotovaru [kg].

$$N_{m1} = 0,85 \cdot 8,2 = 6,97 \text{ €}$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_m = N_{m1} \cdot n \text{ [€]} \quad (7.2)$$

N_{m1} náklady na jeden kus [€],

n počet kusov .

$$N_m = 6,97 \cdot 100000 = 697000 \text{ €}$$

Mzdy výrobných robotníkov:

$$M_{v1} = \left(\frac{t_k}{60}\right) \cdot m_v \text{ [€]} \quad (7.3)$$

M_{v1} mzda za jeden kus [€],

t_k výrobný čas jednej súčasti [min],

m_v hodinová mzda výrobného robotníka [€].

$$M_{v1} = \left(\frac{9}{60}\right) \cdot 5,50 = 0,825 \text{ €}$$

Celkové mzdy:

$$M_v = M_{v1} \cdot n \text{ [€]} \quad (7.4)$$

M_{v1} mzda za jeden kus [€],

n počet kusov .

$$M_v = 0,825 \cdot 100000 = 82500 \text{ €}$$

Odpad z jedného kusu polotovaru:

$$m_1 = m_p - m_c \text{ [kg]} \quad (7.5)$$

m_p hmotnosť polotovaru [kg],

m_c hmotnosť konečného výrobku [kg].

$$m_1 = 8,2 - 2,5 = 5,7 \text{ kg}$$

Hmotnosť celkového odpadu:

$$m_{co} = m_1 \cdot n \text{ [kg]} \quad (7.6)$$

m_1 odpad z jedného kusu polotovaru [kg],

n počet kusov .

$$m_{co} = 5,7 \cdot 100000 = 570000 \text{ kg}$$

Cena vratného odpadu:

$$N_o = m_{co} \cdot C_{vo} \text{ [€]} \quad (7.7)$$

m_{co} hmotnosť celkového odpadu [kg],

C_{vo} výkupná cena trieskového odpadu [€].

$$N_o = 570000 \cdot 0,13 = 74100 \text{ €}$$

Dielenská réžia:

Trieskové obrábanie tvorí približne 650% miezd výrobných robotníkov.

$$M_{DR} = \left(\frac{650}{100}\right) \cdot M_v \text{ [€]} \quad (7.8)$$

M_v celkové mzdy [€].

$$M_{DR} = \left(\frac{650}{100}\right) \cdot 82500 = 536250 \text{ €}$$

Podniková réžia:

Tvorí približne 200% miezd robotníkov.

$$M_{PR} = \left(\frac{200}{100}\right) \cdot M_v \text{ [€]} \quad (7.9)$$

M_v celkové mzdy [€].

$$M_{PR} = \left(\frac{200}{100}\right) \cdot 82500 = 165000 \text{ €}$$

Špeciálne náklady:

Ceny nástrojov 500 €

Ekonomické hľadisko zohľadňujúce náklady vynaložené pre výrobu súčasti obrábaním:

2. Náklady na materiál:

Rozmer polotovaru: Ø65 – 120 mm

Hmotnosť polotovaru: 3,01 kg

Hmotnosť výrobku: 2,51 kg

Náklady na jeden kus:

$$N_{m1} = C_m \cdot m_p \text{ [€]} \quad (7.10)$$

C_m cena 1 kg oceli [€],

m_p hmotnosť polotovaru [kg].

$$N_{m1} = 0,85 \cdot 3,01 = 2,56 \text{ €}$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_m = N_{m1} \cdot n \text{ [€]} \quad (7.11)$$

N_{m1} náklady na jeden kus [€],

n počet kusov .

$$N_m = 2,56 \cdot 100000 = 256000 \text{ €}$$

Mzdy výrobných robotníkov:

$$M_{v1} = \left(\frac{t_k}{60}\right) \cdot m_v \text{ [€]} \quad (7.12)$$

M_{v1} mzda za jeden kus [€],

t_k výrobný čas jednej súčasti [min],

m_v hodinová mzda výrobného robotníka [€].

$$M_{v1} = \left(\frac{1}{60}\right) \cdot 5,50 = 0,092 \text{ €}$$

Celkové mzdy:

$$M_v = M_{v1} \cdot n \text{ [€]} \quad (7.13)$$

M_{v1} mzda za jeden kus [€],

n počet kusov .

$$M_v = 0,092 \cdot 100000 = 9200 \text{ €}$$

Odpad z jedného kusu polotovaru:

$$m_1 = m_p - m_c \text{ [kg]} \quad (7.14)$$

m_p hmotnosť polotovaru [kg],

m_c hmotnosť konečného výrobku [kg].

$$m_1 = 3,01 - 2,51 = 0,5 \text{ kg}$$

Hmotnosť celkového odpadu:

$$m_{co} = m_1 \cdot n \text{ [kg]} \quad (7.15)$$

m_1 odpad z jedného kusu polotovaru [kg],

n počet kusov .

$$m_{co} = 0,5 \cdot 100000 = 50000 \text{ kg}$$

Cena vratného odpadu:

$$N_o = m_{co} \cdot C_{vo} \text{ [€]} \quad (7.16)$$

m_{co} hmotnosť celkového odpadu [kg],

C_{vo} výkupná cena trieskového odpadu [€].

$$N_o = 50000 \cdot 0,18 = 9000 \text{ €}$$

Dielenská réžia:

Trieskové obrábanie tvorí približne 650% miezd výrobných robotníkov.

$$M_{DR} = \left(\frac{650}{100}\right) \cdot M_v \text{ [€]} \quad (7.17)$$

M_V celkové mzdy [€].

$$M_{DR} = \left(\frac{650}{100}\right) \cdot 9200 = 59800 \text{ €}$$

Podniková réžia:

Tvorí približne 200% miezd robotníkov.

$$M_{PR} = \left(\frac{200}{100}\right) \cdot M_V \text{ [€]}$$

(7.18)

M_V celkové mzdy [€].

$$M_{PR} = \left(\frac{200}{100}\right) \cdot 9200 = 18400 \text{ €}$$

Špeciálne náklady:

Náklady na zápustky 950 €

Náklady na ostrihovacie nástroje 700 €

Približná hodnota životnosti zápustok je 15 000 kusov. Preto je potreba k zadanej sériovosti 100000 kusov ročne vyrobiť 7 sad zápustok v hodnote 5775 euro.

Záver:

Z vypočítaných hodnôt je zrejmé, že pre výrobné náklady a pre zadanú sériovosť sa vyplatí jednoznačne lepšie zápustkové kovanie ako obrábanie. Zápustkové kovanie je zjavne výhodnejšie aj pre výrobné časy.

8 ZÁVER A NÁVRH PRÍPADNÝCH OPATRENÍ

V tejto bakalárskej práci bol spracovaný návrh technológie výroby posuvného unašača, ktorý je možné použiť v automobilovom priemysle. Materiál pre zadanú súčasť bola zvolená konštrukčná oceľ pre jej chemické a mechanické vlastnosti. Pri zadanej sériovosti 100000 kusov ročne boli porovnané technológie ktorými je možné zadanú súčasť vyrábať a spomedzi nich bola na základe úvah a meraní vybraná ako najvýhodnejšia výroba objemovým tvarovaním za pomoci zápustkového kovania. Táto tematika bola rozsiahlejšie spracovaná v literárnej štúdií problematiky.

Na základe literárnej štúdie bol vypracovaný technologický postup vrátane návrhov výkresovej dokumentácie priložených v prílohách.

Z výpočtov kovárskej sily bol zvolený stroj. Pri voľbe stroja bolo uvažované medzi lisom a bucharom a následne po zhodnotení bol zvolený ako výrobný stroj pre zadanú súčasť kováčsky lis LMZ 1600A od firmy Šmeral Brno a.s.

Na základe všetkých hodnôt bol vypracovaný postupový list a technicko-ekonomické zhodnotenie v ktorom bola porovnávaná výhodnosť výroby súčasti medzi technológiou obrábania a zápustkového kovania.

Ako návrh zlepšenia efektívnosti práce by som odporučil simuláciu toku materiálu v zápustkovej dutine, ktorá by odhalila konštrukčné a technické nedokonalosti. Vhodné by bolo aj použitie simulácie ktorá by zhodnotila nutnosť použitia kolíkového vyhadzovača použitého pri pechovaní u oboch zápustok a pri dokončovaní pri hornej zápustke. K prihliadnutiu k vysokej sériovosti by bolo vhodné zhodnotiť možnosť použitia automatizácie celého procesu za pomoci transférov a podavačov.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV [11]

- [1] BRADÁČ, Tomáš. *Zápustkové kování ozubeného kola*. Brno, 2010. Diplomová práce. VUT FSI v Brně. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.
- [2] ČERMÁK, Jan. Podklady pro technologický postup zápustkového kování: kování. In: *Podklady pro předmět Projekt 1* [online]. 2004 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/PRO1/vykovek_zadani.pdf
- [3] ČSN 22 8308. *Zápustky pro buchary: směrnice pro konstrukci*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1971.
- [4] ČSN 22 8306. *Zápustky pro svislé kovací lisy: technické požadavky na konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, 1971.
- [5] ČSN 42 9002. *Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1971.
- [6] ČSN 42 9030. *Výkovky ocelové zápustkové: přídatky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů*. Praha: Úřad pro nakladatelství a měření, 1987.
- [7] DVOŘÁK, Milan. *Technologie 2*. 3. vyd. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7.
- [8] DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 4. vyd. Brno: CERM, 2007. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [9] ELFMARK, Jiří. *Tváření kovů*. Praha: SNTL, 1992. ISBN 80-03-00651-1.
- [10] ERFURT SCK 315 Shears: Bar and Billet. In: *Machinetools* [online]. c 1999 - 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.machinetools.com/us/listings/view/erfurt-sck-315>
- [11] Generátor citací. *Citace.com* [online]. c 2004 - 2012 [cit. 2012-05-13]. Dostupné z: <http://www.citace.com/>
- [12] HAŠEK, Vladimír. *Kování*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1997. ISBN 04-233-65.
- [13] Kovanie. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://sk.wikipedia.org/wiki/Kovanie>
- [14] KADĚRA, Jakub. *Výroba dolního tělesa objemovým tvářením*. Brno, 2010. Diplomová práce. VUT FSI v Brně. Vedoucí práce Ing. Miroslav Kopřiva.
- [15] MARTÍNKOVÁ, Jana. *Tepelné zpracování konstrukčních ocelí*. Plzeň, 2008. SVOČ. FST západočeská univerzita v Plzni.
- [16] NASTÁLEK, Ondřej. *Výroba držáku opěry objemovým tvářením*. Brno, 2006. Bakalářská práce. VUT FSI v Brně. Vedoucí práce Ing. Miroslav Kopřiva.
- [17] Padací buchar mechanický pro obrábění kovů. In: *All-biz* [online]. c 2010 - 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.pl.all.biz/cs/g36548/>
- [18] Protiběžný buchar BECHE 40. In: *Centrum výzkumu konstrukce tvářecích strojů* [online]. 2011 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.cvts.zcu.cz/praxe.php?praxe=beche>

- [19] Použité obráběcí stroje: horizontální kovací stroj. In: *WEGAR* [online]. c 2008 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.wegar.eu/cz/bazar/detail-37.html>
- [20] Produkty: zápusťkové výkovky z oceli. In: *VIVA kovárna* [online]. 2009 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.viva.cz/web/structure/produkty-22.html>
- [21] ŘEZÁČ, Pavel. *Výroba rotační součásti objemovým tvářením*. Brno, 2007. Diplomová práce. VUT FSI v Brně. Vedoucí práce Ing. Miroslav Kopřiva.
- [22] STŘÍBRNÝ, Jan. *Výroba posuvného unašeče objemovým tvářením*. Brno, 2011. Bakalářská práce. VUT FSI v Brně. Vedoucí práce Ing. Miroslav Kopřiva.
- [23] SUCHOPÁREK, Rudolf. *Základy zápusťkového kování oceli*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. ISBN L13-B2-3-I.
- [24] Stroje po GO a modernizaci dle CE: 280240 - ŽĐAS LVH 2500. In: *PRATO, spol. s.r.o*[online]. 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.prato.cz/cgi-bin/602cgi8/is-prato/web/nabs.htw?lang=0&mn=3&pmn=0&str=6>
- [25] Svislé kovací lis: LMZ 1600 A/(S). In: *Svaz strojírenské technologie* [online]. c 2008 - 2012 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: <http://www.sst.cz/katalog/product/id/148>
- [26] Středofrekvenční ohříváč SOP 250/6 P/L/T. In: *ROBOTHERM* [online]. 2011 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: http://www.roboterm.cz/ohrivace_i/reference/SOP250_6-A30_PLT_i.htm
- [27] Technologie objemového tvářen: Kování. In: LENFELD, Petr. *Katedra strojírenské technologie, oddělení tvářen kovů a plastů: Technologie 2* [online]. 2010 [cit. 2012-05-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- [28] *Tváření kovů*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN ISBN 80-214-0401-9.
- [29] ŽÁK, Ladislav. *Technologické procesy: Přednáška volné kování*. VUT Brno, 2010.

ZOZNAM PRÍLOH

1. **Výkres súčasti**
názov: KOLÍKOVÍ VYHADZOVAČ
číslo výkresu: BP-2012-01
2. **Výkres súčasti**
názov: KOLÍKOVÍ VYHADZOVAČ
číslo výkresu: BP-2012-02
3. **Výkres súčasti**
názov: KOLÍKOVÍ VYHADZOVAČ
číslo výkresu: BP-2012-03
4. **Výkres súčasti**
názov: KOLÍKOVÍ VYHADZOVAČ
číslo výkresu: BP-2012-04
5. **Výkres súčasti**
názov: VÝKOVOK
číslo výkresu: BP-2012-05
6. **Výkres súčasti**
názov: ZOSTAVA NÁSTROJA
číslo výkresu: BP-2012-06
7. **Výkres súčasti**
názov: ZOSTAVA NÁSTROJA
číslo výkresu: BP-2012-07
8. **Výkres súčasti**
názov: DOLNÁ ZÁPUSTKA
číslo výkresu: BP-2012-08
9. **Výkres súčasti**
názov: HORNÁ ZÁPUSTKA
číslo výkresu: BP-2012-09
10. **Výkres súčasti**
názov: DOLNÁ ZÁPUSTKA
číslo výkresu: BP-2012-10
11. **Výkres súčasti**
názov: HORNÁ ZÁPUSTKA
číslo výkresu: BP-2012-11

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Označenie	Legenda	Jednotka
B	Šírka otrepu v zásobníku	[mm]
b	Šírka mostíka	[mm]
b _Z	Šírka zásobníku	[mm]
C _m	Cena kovu	[€]
C _{VO}	Výkupná cena trieskového odpadu	[€]
D _O	Priemer polotovaru	[mm]
D _C	Priemer výkovku vrátane mostíka	[mm]
D _{sm}	Stredný priemer mostíka	[mm]
D _{SZ}	Stredný priemer zásobníka	[mm]
D _V	Priemer výkovku	[mm]
D _v	Priemer výkovku bez výronku	[mm]
F _D	Plocha priemetu výkovku do roviny kolmej k rázu	[mm ²]
F _K	Kováčska sila	[N]
F _S	Sila pre ostrihnutie výronka	[N]
F _s	Sila pre ostrihnutie vonkajšieho výronka	[N]
F _{S1}	Sila pre ostrihnutie blany	[N]
F _C	Celková sila pre súčasnom odstrihovaní blany a výronka	[N]
h	Výška mostíka	[mm]
H _D	Hĺbka dutiny	[mm]
H ₁	Hodnota najmenšej hrúbky blany	[mm]
k _p	Základný prevratný odpor	[MPa]
L _O	Dĺžka polotovaru	[mm]
L ₁	Skutočný obvod odstrižku po čiare odstrihnutia blany	[mm]
L _V	Skutočný obvod odstrižku po čiare odstrihnutia vonkajšieho výronka	[mm]
l _O	Dĺžka výkovku pri +20°C	[mm]
m _O	Hmotnosť prírezu polotovaru	[kg]
m ₁	Odpad z kusu polotovaru	[kg]
m _C	Hmotnosť konečného výrobku	[kg]
m _{CO}	Hmotnosť celkového odpadu	[kg]
m _V	Hmotnosť výkovku	[kg]
m _P	Hmotnosť polotovaru	[kg]
M _{DR}	Dielenská réžia	[€]
M _{PR}	Podniková réžia	[€]
M _V	Celkové mzdy	[€]
m _V	Hodinová mzda výrobného robotníka	[€]
M _{V1}	Mzdy na jeden kus	[€]
n	Hĺbka zásobníku	[mm]
N _m	Celkové náklady na materiál	[€]
N _{m1}	Náklady na jeden kus	[€]
N _O	Cena vratného odpadu	[€]
o	Obvod výkovku	[mm]
R	Polomer	[mm]
r	Polomer prechodu do deliacej roviny	[mm]
R _m	Medza pevnosti	[MPa]

R_a	Drsnosť	[μm]
S	Vzdialenosť od okraja	[mm]
S_1	Vzdialenosť medzi dutinami	[mm]
S_C	Priemer plochy výkovku	[mm]
$S_{\text{výr}}$	Plocha výronku	[mm^2]
s	Skutočná hrúbka strihanej vrstvy vonkajšieho výronku	[mm]
s	Hrúbka výronku	[mm]
s_1	Skutočná hrúbka strihanej blany	[mm]
S_V	Priemet plochy výkovku bez výronku	[mm^2]
T	Pomocná veličina	[mm]
t_0	Okolité teplota	[$^{\circ}\text{C}$]
t_1	Dokovacia teplota	[$^{\circ}\text{C}$]
t_k	Výrobný čas súčasti	[min]
V_C	Celkový objem výkovku	[mm^3]
V_V	Objem výkovku	[mm^3]
$V_{\text{výr}}$	Objem výronku	[mm^3]
V_Z	Objem zásobníka	[mm^3]
V_m	Objem výronkového mostíka	[mm^3]
V_P	Objem prídavku na prepál	[mm^3]
α	Stredný koeficient teplotnej rozťažnosti	[-]
ρ	Hustota	[kg/m^3]
λ	Koeficient štižlosti	[mm]
Δl	Zväčšenie dĺžky	[J]
σ_p	Základný prevratný odpor	[MPa]
π	Matematická konštanta	[-]
d	Prepál	[%]