

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ PASTORKU

DROP FORGING OF PINION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ZDENĚK SKLENÁŘ

Ing. MAREK ŠTRONER, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Zdeněk Sklenář

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:

Zápustkové kování pastorku

v anglickém jazyce:

Drop forging of pinion

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě literární rešerše aplikovat vhodnou technologii pro výrobu ozubeného pastorku. S ohledem na cyklicky namáhaný ozubený pastorek a potřebu zvýšení jeho mechanických vlastností a životnosti, která je funkcí vyšší primární únavové pevnosti uplatnit pochody objemových technologií tváření s větším přetvořením za tepla - zápustkovým kovááním v uzavřené zápustce.

Cíle bakalářské práce:

Provedení literární studie o možnostech výroby pastorku s jeho zaměřením na oblast zápustkového kování.

Zpracování technologického postupu pro zvolenou technologii a daný případ.

Vypracování výkresové dokumentace spolu s technologickými výpočty.

Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

1. DVORÁK, Milan., GAJDOŠ, František., NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření : plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno : CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : VUT, 1991. 187s. ISBN 80-214-0294-6.
3. HAŠEK, Vladimír. Kování. 1. vyd. Praha : SNTL, 1965. 730 s. TISK. ISBN 04-233-65.
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno : VUT, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 23.10.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

V závěrečném projektu je předložena literární studie výroby pastorku zápustkovým kovááním z oceli 14 220. Literární studie obsahuje poznatky z objemového tváření kovu za tepla. Vzhledem k vysoké sériovosti 190 000 ks/rok byla vybrána technologie zápustkového kováání. Pro navrženou technologii byl vybrán svislý kovací lis LZK 1600 (výrobce ŠMERAL Brno a. s.).

Klíčová slova

Pastorek, výkovek, zápustka.

ABSTRACT

The literary study of production of pinion with drop forging of metal 14 220 is proposal in the final project. The literary study includes knowledge from metal hot forming. With regard to high production of 190 000 pieces for year was choosen the technology of drop forging. The vertical forging press LMZ 1600 (made by ŠMERAL Brno a.s.) was choosen for proposal technology.

Key words

Pinion, forging, rougher

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SKLENÁŘ, Z. Zápustkové kováání pastorku. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 64 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Zápustkové kování pastorku vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 27.05.2009

Zdeněk Sklenář

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu bakalářského projektu panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT.....	5
Obsah.....	8
1 ÚVOD.....	11
2 LITERÁRNÍ STUDIE.....	12
2.1 Technologický postup zápustkového kování	12
2.1.1 Návrh tvaru výkovku	12
2.1.2 Vhodnost materiálu pro kování	12
2.1.3 Zařazení výkovku podle složitosti a tvaru dle ČSN 42 9002.....	14
2.1.4 Mezní úchytky, tolerance rozměrů a tvarů výkovků.....	17
2.1.5 Technologické přídavky na obrábění	18
2.1.6 Poloha dělicí roviny zápustky.....	19
2.1.7 Minimální poloměr zaoblení.....	19
2.1.8 Volba úkosů.....	20
2.2 Výronková drážka a určení jejich rozměrů	20
2.3 Hmotnost a rozměry výchozího materiálu	22
2.3.1 Hmotnost výkovku.....	22
2.3.2 Hmotnost výchozího polotovaru.....	22
2.4 Dělení materiálu	23
2.4.1 Způsob dělení materiálu.....	23
2.5 Ohřev materiálu	24
2.5.1 Ohřívací zařízení	24
2.5.2 Opal	25
2.6 Určení lisu.....	27
2.6.1 Výpočet kovací síly dle ČSN 22 8306.....	27
2.7 Klikové kovací lisy.....	29
2.8 Konstrukce zápustek	30
2.8.1 Zásady pro konstrukci zápustek na klikový lis.....	30
2.8.2 Upínání zápustek na klikový lis.....	30
2.8.3 Konstrukce předkovací dutiny	31

2.8.4	Konstrukce dokončovací dutiny	31
2.8.5	Vyhazovače výkovků ze zápustky	31
2.8.6	Materiál na výrobu zápustek	32
2.8.7	Údržba zápustek.....	33
2.8.8	Mazání zápustky.....	33
2.9	Ostřihování výkovků	34
2.9.1	Určení velikosti stroje.....	34
3	NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ.....	35
3.1	Návrh vhodných výrobních technologií	36
4	TECHNOLOGIE VÝROBY PASTORKU	36
4.1	Materiál součásti	36
4.2	Určení výkovku podle složitosti tvaru.....	37
4.3	Stanovení přídavků na obrábění.....	37
4.4	Určení mezní úchytky, tolerance a tvarů výkovku	37
4.4.1	Mezní úchytky a tolerance	38
4.5	Boční úkosy	38
4.6	Zaoblení hran a rohů.....	38
4.7	Plocha dělicí roviny.....	38
4.8	Minimální hloubka dna	39
4.9	Hmotnost výkovku	39
4.10	Určení výronkové drážky.....	40
4.11	Určení hmotnosti výchozího polotovaru.....	41
4.12	Určení rozměru výchozího polotovaru	41
4.13	Dělení materiálu	42
4.14	Výpočet kovací síly	42
4.14.1	Výpočet podle Tomlenova.....	42
4.14.2	Výpočet pomocí nomogramu	45
4.15	Výpočet síly pro ostřížení výkovku.....	49

4.16	Konstrukční návrh tvářecího stroje	50
4.16.1	Materiál zápustek.....	50
4.16.2	Návrh předkovací zápustky.....	51
4.16.3	Návrh předkovací zápustky.....	52
5	ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE	54
5.1	Dílenské výkresy.....	54
6	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ Chyba! Záložka není definována.....	
7	Závěr	58
	Seznam použitých zdrojů.....	59
	Seznam použitých zkratk a symbolů.....	61
	Seznam příloh.....	63

1 ÚVOD

V projektu se zabýváme problematikou výroby pastorku zápusťkovým kováním.

V literární studii jsou shrnuty poznatky objemového tváření za tepla. Na základě těchto poznatků jsou navrženy varianty technologických řešení výroby. Po zhodnocení nejvhodnějšího technologického řešení je vypracován návrh výroby pastorku.

Zadaná součást se nedá zpracovat pouze objemovým tvářením, proto musíme stanovit přídatky na obrábění a úkosy, zaoblení hran, polohu dělicí roviny a navrhnout výronkovou drážku.

Na základě takto navrženého výkovku vypočteme sílu kovacího lisu. Z objemu výkovku určíme rozměry výchozího polotovaru. Podle zvoleného kovacího stroje se vypracuje výkresová dokumentace tvářecího nástroje.

Náklady na výrobu výkovku jsou posouzeny v technologicko-ekonomickém hodnocení.

2 LITERÁRNÍ STUDIE

2.1 Technologický postup zápusťkového kování [11]

Při návrhu technologického postupu přihlížíme především k základnímu tvaru vyráběné součásti, hmotnosti, hlavním rozměrům, požadované přesnosti a sériovosti výroby.

2.1.1 Návrh tvaru výkovku [11]

Při návrhu tvaru výkovku vycházíme z výkresu součásti, přesnosti výroby a zadaného tvářecího stroje.

Při návrhu tvaru výkovku stanovujeme:

obrábění -technologické přídavky a přídavky na

- polohu dělicí plochy
- hodnotu úkosů vnějších a vnitřních
- minimální hodnoty zaoblení hran a přechodů
- minimální tloušťka stěn a dna
- mezí úchylky a tolerance rozměrů a tvarů na základě tvarové složitosti.

2.1.2 Vhodnost materiálu pro kování [9][10]

Vhodnost použitého materiálu se posuzuje podle jeho mechanických vlastností a chemického složení.

Materiál součásti

Jakost materiálu

ocel: 14 220

konstrukční ocel, nízkolegovaná, s obsahem uhlíku do 0,25%

třída odpadu:033

pevnost v tahu: $R_m = 800\text{MPa}$

mez kluzu: $R_e = 600\text{MPa}$

Vlastnosti:

Ocel je vhodná k cementování, k objemovému tváření; dobře tvárná za tepla a požíhání i za studena; dobře obrobitelná; dobrá svařitelnost; strojní součásti s velmi tvrdou cementovanou vrstvou a velkou pevností a jádře po kalení.

Použití:

Menší hřídele, ozubená kola, šneky, vačkové hřídele, vřetena obráběcích strojů, pístní čepy, pera, zubové spojky, trny, upínací nářadí apod.

Tab. 1 Tepelné zpracování

Normalizační žihání [°C]	Žihání na měkko [°C]	Cementování [°C]	Kalení [°C]	Popouštění [°C]
850 - 880	70	840 - 870	780 - 880	160

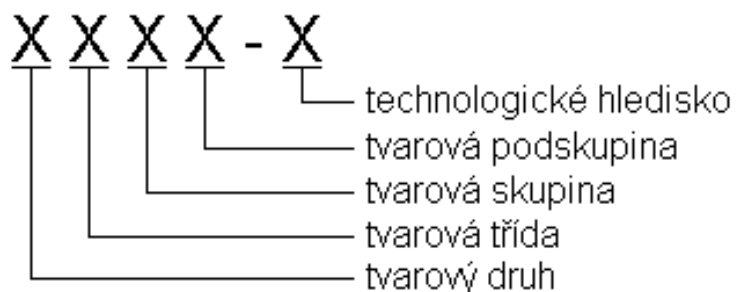
Tab. 2 Chemické složení (hm. %)

Materiál		Fe	C	Cr	Cu	Mn	P	S	Si
14 220	Min.	Zbyt.	0,14	0,8		1,1			0,17
	Max.		0,19	1,1		1,4	0,035	0,035	0,37

Tab. 3 Kovací teploty

Materiál	Teplota kování [°C]	
	počáteční	konečná
14 220	1250	800

2.1.3 Zařazení výkovku podle složitosti a tvaru dle ČSN 42 9002 [3]



Tvarový druh – první číslice v číselném označení výkovku

X x x x - x

- 4 výkovky kruhového průřezu plné
- 5 výkovky kruhového průřezu duté
- 6 výkovky hranolovitých tvarů plné i duté
- 7 výkovky kombinovaných tvarů plné i duté
- 8 výkovky s ohnutou osou
- 9 výkovky složitých tvarů s přímou dělicí plochou
- 0 výkovky s lomenou dělicí plochou

Tvarová třída – druhá číslice v číselném označení výkovku

Výkovky tvarového druhu 4,5,6,7 a 8 se dále rozdělují do tvarových tříd:

x X x x - x

- 1 konstantní průřez
- 2 kuželovité
- 3 jednostranně osazené
- 4 oboustranně osazené
- 5 osazené kuželem
- 6 prosazené
- 7 kombinované
- 8 kombinované s kuželem
- 9 členité
- 0 neobsazeno

Tvarová skupina – třetí číslice v číselném označení výkovku

x x X x - x

U výkovků zařazených do jednotlivých tříd jsou čísla 1 až 8 dále tříděny výkovky podle štíhlostních a jiných dále uvedených poměrů. Výkovky druhu 4, 6 a 7 s dělicí plochou ve směru hlavní osy (technologické hledisko 1 a 2) jsou zásadně děleny na výkovky bez otvoru (označeny čísla 1 až 4) a na výkovky s otvorem (označeny čísla 5 až 8). Výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu (technologické hledisko 3, 4, 5) a výkovky zhotovené na vodorovných kovacíh lisech (technologické hledisko 6, 7 ,8) jsou zásadně děleny na výkovky plné (označené čísla 1 až 4) a na výkovky duté (označeny čísla 5 až 8).

Jinak se výkovky rozdělují na výkovky nízké a vysoké nebo na výkovky krátké a dlouhé. dále se třídí výkovky podle vzájemných poměrů, výšek, průměrů, šířek, velikostí úhlu ohybu nebo počtem ohybů, velikostí rozvidlení, počtu zalomení, úhlu plochy jednotlivých ramen zalomených hřídelí a velikosti úhlu natočení listů lopatek.

Tvarová podskupina – čtvrtá číslice v číselném označení výkovku

Zápustkové výkovky, které přesahují stanovený maximální poměr dvou na sobě závislých veličin, se označují podle jednotlivých vzájemných poměrů čísla 1 až 9. Zápustkové výkovky, které nepřesahují stanovený maximální poměr dvou na sobě závislých veličin, se označují číslem 0.

x x x X – x

- 1 přesah v poloměru L:B (D) nebo H:B (D)
- 2 přesah v poloměru H:H₁ (D:D₁)
- 3 přesah v poměru B:B₁
- 4 přesah v poměru F:F₁
- 5 přesah v hloubce dutiny h:d nebo úhlu listů lopatek β
- 6 přesah v tloušťce dna nebo blány H₁
- 7 přesah v tloušťce stěny nebo velikosti rozvidlení l:b
- 8 přesah v zaoblení přechodů a hran R,r
- 9 kombinace několika přesahů
- 0 bez přesahu

Technologické hledisko – pátá číslice v číselném označení výkovku**x x x x – X**

- 1 výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy souměrné
- 2 výkovky s dělicí plochou ve směru hlavní osy nesouměrné
- 3 výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu souměrné
- 4 výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu nesouměrné
- 5 výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu s ozubením
- 6 výkovky zhotovené na vodorovných kovacích lisech souměrné
- 7 výkovky zhotovené na vodorovných kovacích lisech nesouměrné
- 8 výkovky zhotovené na vodorovných kovacích lisech s ozubením
- 9 výkovky s více dělicími plochami
- 0 neobsazeno

2.1.4 Mezní úchytky, tolerance rozměrů a tvarů výkovků [1],[6],

Mezní úchytky a tolerance rozměrů výkovků se stanoví podle tvarové složitosti (dle ČSN 42 9002) a podle stupně přesnosti výkovku z největších rozměrů výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru rázu (dle tabulek z ČSN42 9030).

Tolerance rozměrů a tvarů výkovku dle ČSN 42 9030

Při stanovení mezních úchylek a tolerancí rozměrů výkovků se vychází ze stupně přesnosti výkovku a z největších rozměrů výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru rázu podle tabulek T8 až T12 (dle ČSN 42 9030). U rotačních tvarů se jedná o největší průměr výkovku D a největší rozměr H ve směru rázu (výška výkovku). U nerotačních tvarů je největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu definován střední hodnotou součtu největší šířky a délky výkovku. Stupně přesnosti výkovku (norma rozlišuje stupně přesnosti 3 až 7) se určují podle stupně provedení (obvyklé, přesné a velmi přesné) a podle složitosti tvaru výkovku, která je dána ČSN 42 9002, případně dohodou se zákazníkem. Hodnoty mezních úchylek udávané v tabulkách platí pro vnější rozměry. Z celkové tolerance jsou $2/3$ mezní plusová úchytky a $1/3$ mezní minusová úchytky. Pro vnitřní rozměry platí tytéž hodnoty, ale s opačnými znaménky.

Úchytky tvaru [1],[6]

Úchytky tvaru výkovků zahrnují úchytky od požadovaného geometrického tvaru výkovku (přesazení, otřepy a prohnutí).

V případě stanovení úchylek tvaru výkovku se setkáme s pojmy:

přesazení:

rozměr, o který jsou body po jedné straně dělicí plochy posunuty oproti odpovídajícím bodům na druhé straně dělicí plochy ve směru rovnoběžném s hlavní dělicí plochou

otřep:

zbytek výronku, který může zůstat na výkovku

sestřižení:

stopa na výkovku po ustříhovacím nástroji

jehla:

ostří, které může vzniknout na okraji střížné plochy

dovolený průhyb:

úchylka střední přímky výkovku od roviny

úchylka rovinnosti:

úchylka povrchové plochy výkovku od roviny

a) Hodnoty dovolené přesazení (p), dovoleného otřepu a sestřizení (g) jsou rovny minusové mezní úchylce stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchylek kolmo k rázu.

b) Hodnota dovolené jehly (a) je rovna plusové mezní úchylce rozměru daného výkovku ve směru rázu

c) Dovolенý průhyb a mezní úchylka rovinnosti je rovna minusové mezní úchylce stanovené pro daný výkovek tepelně nerozpracovaný. U výkovku s netvářenou částí je možné hodnotu průhybu zvětšit.

Dovolенý průhyb a mezní úchylka rovinnosti se připočítávají k ostatním mezním úchylkám. Platí, že součet všech úchylek pro daný rozměr nesmí přesáhnout minimální přídavek na opracování.

d) Dovolенá úchylka sousostí kovaným otvorům je rovna hodnotám přesazení. Dovolенá úchylka sousostí u děrovaných otvorů je rovna dvojnásobku hodnoty přesazení.

2.1.5 Technologické přídavky na obrábění [1],[6]

Pro stanovení přídavku na obrábění vycházíme z přesnosti provedených výkovků. Čím je materiál hůře tvařitelný, tím větší se volí přídavky na obrábění. Přídavky na obrábění jsou stejné pro všechny rozměry výkovku a určují se podle největšího rozměru výkovku viz. Obr. 3

Tab. 4 *přídavky na obrábění ploch pro obvyklé provedení [1]***Rozměry v mm**

Největší průměr, střední hodnota šířky a delky výrobku ve směru kolmo k razu		Největší výška hotového výrobku					
		přes	25	40	63	100	160
		do 25	40	63	100	160	250
přes	Do	Přídavky na obrábění ploch					
	25	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	
25	40	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5
40	63	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5
63	100	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0
100	160	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5
160	250	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5
250	400	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0

2.1.6 Poloha dělicí roviny zápustky[6],[1]

Polohu dělicí roviny zápustek určujeme z hlediska oprav a využití zápustek. Zápustka obvykle vydrží okolo 4000 ks výkovků než jsou tolerance dutiny zápustky z důvodu opotřebení nevyhovující.

Poloha dělicí roviny vzhledem k výkovku může být buď ve směru hlavní osy výkovku, nebo kolmo na hlavní osu výkovku. Podle tvaru výkovku může být dělicí rovina přímá, lomená, zakřivená nebo ve více směrech.

2.1.7 Minimální poloměr zaoblení [1],[6]

Zaoblení hran a přechodů výkovku a tím i zápustky se provádí s ohledem na dobré zatékání kovu v zápustce. Ostré hrany v zápustce by působily jako vrub, takže by v nich docházelo ke koncentraci napětí a důsledkem toho k praskání zápustky. Hodnoty zaoblení hran a přechodů by se měly volit dostatečně velké, k vykování je potom potřeba menší počet úderů bucharu a menší síly při kování na lisu. Přesné hodnoty zaoblení určuje opět norma ČSN 42 9030. Jsou závislé na poměru h/f, tedy výška/průměr.

2.1.8 Volba úkosů [1],[6]

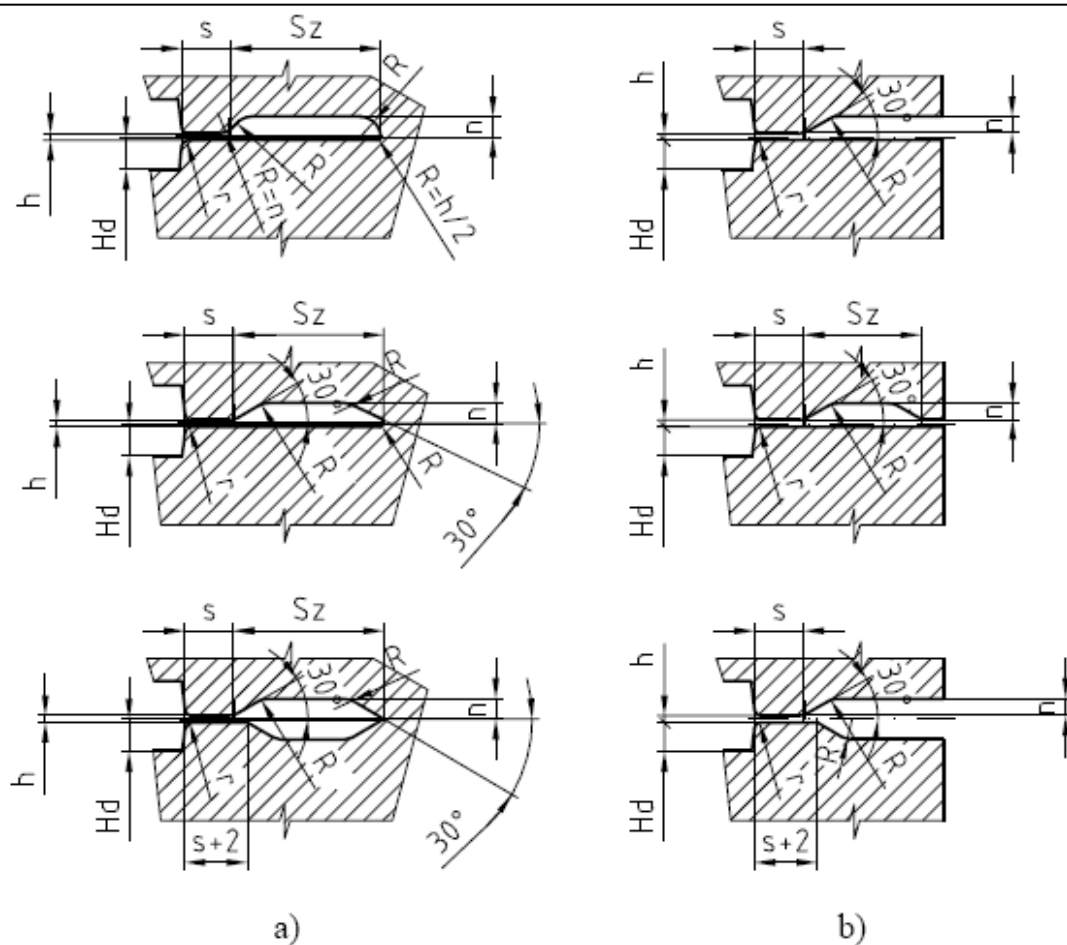
Úkosy provádíme na svislých plochách výkovků, tj. na plochách rovnoběžných s pohybem zápustky za účelem snadného vyjímání výkovku ze zápustky. Úkosy vnitřních stěn výkovku jsou větší než na stěnách vnějších. Vnější svislé plochy výkovku se během chladnutí a smršťování uvolňují od stěn dutiny, kdežto vnitřní stěny chladnoucí výkovek svírá. Velikosti úkosů se volí dle tvaru a velikosti ploch a jejich přesné použití stanovuje norma ČSN 42 9030. U bucharů se navrhuje úkosy větší, protože nejsou vybaveny vyhazovačem, jako je toho u lisů.

2.2 Výronková drážka a určení jejich rozměrů [5],[7]

Výronková drážka se vytváří okolo celé dokončovací dutiny zápustky v dělicí rovině. Je to v podstatě přídavná dutina zápustky v dělicí rovině pro přebytečný kov. Podle použitého typu kovacího stroje, velikosti a tvaru výkovku používáme více typů výronkových drážek o různých rozměrech.

Uzavřené tvary drážek se používají u zápustek pro buchar, obr. 1a). Tyto zápustky je nutno na rozdíl od zápustek pro lisy opatřit po obvodě styčnou plochu, která přenáší přebytečnou energii beranu. Zúžení drážky – brzdící můstek – je regulátorem měrného tlaku v dutině zápustky. Zvyšuje odpor proti vytečení materiálu do drážky a pomáhá zajistit dokonalé zaplnění dutiny zápustky. V dalším umožňuje snadnější ostřížení výronku svým nejmenším průřezem. Rozměry výronkové drážky a můstku pro buchary se navrhuje dle normy ČSN 22 8308.

Pro kování na lisech se používají otevřené výronkové drážky různých typů, které jsou na obr. 1b). Výronek bývá zpravidla menší, protože příprava polotovaru je dokonalejší než na buchar. Může být ovšem stejný nebo i větší. Jeho rozměry se navrhuje opět podle normy.



Obr. 1: Tvary výronkových drážek [2]

U výronkové drážky pro lis se určuje pouze hodnota n , protože není uvedena v tabulce. Ostatní parametry se určí podle síly lisu z normy ČSN 22 8306.

$$n = 0,4 \cdot s + 2 \text{ mm} \quad [\text{mm}]$$

h [mm] – výška výronku

n [mm] – hloubka zásobníku

$F_{\text{výr}}$ [cm²] – plocha průřezu výronku

F_D [mm²] – průmět plochy výkovku do dělicí roviny

s [mm] – šířka můstku

s_z [mm] – šířka zásobníku

R [mm] – poloměr zaoblení zásobníku

2.3 Hmotnost a rozměry výchozího materiálu [1],[6],[7],[9]

2.3.1 Hmotnost výkovku

Hmotnost výkovku se stanoví výpočtem, vážením nebo použitím 3D modelu. Při výpočtu se vychází z jmenovitých rozměrů výkovku a poloviny horní mezní úchytky u vnějších rozměrů a poloviny dolní úchytky u vnitřních rozměrů a z měrné hmotnosti příslušného materiálu.

Z hmotnosti polotovaru určíme jeho objem a z objemu určíme rozměry polotovaru.

2.3.2 Hmotnost výchozího polotovaru [1],[6],[7],[9]

Celková hmotnost polotovaru

$$m = m_v + m_{ov} + m_p \quad [\text{kg}]$$

$$m_p = \frac{\delta}{100} * (m_v + m_{ov}) \quad [\text{kg}]$$

$$m_{ov} = \rho * V_{výr} \quad [\text{kg}]$$

$$\rho = 7850 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = 7,85 * 10^{-6} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

kde:

m_v je hmotnost výkovku (bez výronku a blány), určení z výkresu výkovku

m_{ov} hmotnost odpadu výronku, blány

m_p hmotnost odpadu na propal

δ opal v % z váhy výkovku s výronkem (tab. 5)

$V_{výr}$ objem výronku (mm^3).

Ohřívací zařízení	Propal kovu v %
Plynová pec	2,5 až 3
Elektrická pec	1 až 1,5
Středofrekvenční pec	0,5 až 1

Tab. 5 Opal c % podle způsobu ohřevu [6]

Výchozím materiálem bývá polotovár kruhového, čtvercového nebo obdélníkového průřezu.

2.4 Dělení materiálu [6],[9],[11]

2.4.1 Způsob dělení materiálu [6],[9],[11]

Stříhání otevřenými noži

Tyč je z části obklopena pevným otevřeným nožem a prizmatickým vedením. Pohyblivý otevřený nůž obklopuje jen polovinu obvodu budoucího ústřížku tyče. Při stříhání dochází nejdříve k částečnému ohybu a pak k lomu. Střížná plocha je nekvalitní, pokřivená a objemově nepřesná.

Stříhání uzavřenými noži

Pohyblivý uzavřený nůž obklopuje budoucí ústřížek a pevný nůž obklopuje stříhanou tyč. Tato metoda není vhodná ke stříhání tyčí válcovaných za tepla. Střížná plocha je nekvalitní.

Další možné způsoby dělení materiálu

- Lámání za studena
- Řezání pilami
- Řezání kyslíkem
- Řezání plazmovým paprskem
- Řezání laserem
- Řezání vodním sloupcem

2.5 Ohřev materiálu [6],[7],[9]

2.5.1 Ohřivací zařízení [6],[7],[9]

Ohřivací zařízení rozdělujeme podle způsobu ohřevu na dva základní druhy:

1. **Ohřev plynem** – je pro svou cenu ekonomicky výhodnější; záporné vlivy jsou vyšší propal, delší ohřivací teplota, větší nároky na udržení vyhovujícího pracovního prostředí.

Plynové pece lze rozdělit:

- s přímým topením – materiál je přímo vystaven účinkům plamene
- s nepřímým plamenem – materiál je chráněn před plamenem uložením ve zvláštních skříních nebo pouzdrech
- pece komorové – nevýhodou je, že ohřev a průchod materiálu není kontinuální
- pece průchozí – materiál prochází ohřivacím prostorem pece

2. **Ohřev elektrickou energií** – je spolehlivější; menší propal důsledkem kratší ohřivací doby; finančně náročnější.

Elektrický ohřev může být realizován:

- přímým průchodem proudu – teplo vzniká průchodem elektrického proudu v odporcích ve tvaru topných spirál
- nepřímým odporovým ohřevem – ohřivaným polotovarem se vede elektrický proud, odporem vzniklým průchodem proudu se těleso zahřívá na teplotu tváření
- indukčním ohřevem – teplo vzniká účinkem indukovatelných proudů přímo v ohřivaném předmětu na základě jeho ohmického odporu; polotovar je umístěn přímo v cívce induktoru, která je připojena ke zdroji střídavého proudu; výškou frekvence potom regulujeme výšku ohřevu

2.5.2 Opal [4]

Při ohřevu ocelí v běžných typech ohřívacích pecí se vzdušnou atmosférou dochází k oxidaci povrchu ohřívaného tělesa – vzniku okují. Oxidace se ještě více urychluje neustálým opadáváním okují z povrchu tělesa následkem rozdílné teplotní roztažnosti okují a základního kovu. Oxidace oceli během ohřevu způsobuje ztrátu kovu opalem, ale i zmetkovitost následkem zaválcování nebo zakování okují.

Při oxidaci se tvoří tři druhy oxidů:

- **FeO** (wustit) – stálý při teplotách nad 500°C ($t_T = 1377^\circ\text{C}$)
- **Fe₂O₃** (hematit) – stálý od nízkých teplot do teploty tavení ($t_T = 1565^\circ\text{C}$)
- **Fe₃O₄** (magnetit) – stálý v celém rozsahu teplot, tedy od pokojové teploty do teploty tavení ($t_T = 1538^\circ\text{C}$)

Nepříznivé důsledky opalu:

- ztráta kovu 1 až 3% na jeden ohřev; jelikož materiál během výroby ohříváme několikrát, tak se celkem v okujích znehodnotí až 4% vyrobené oceli
- snížení životnosti pecní nístěje následkem nalepování okují, popř. vzniku strusky
- nezbytnost zařazení odokujení před tvářením
- snížení životnosti tvářecích nástrojů
- možnost zatlačení okují do povrchu tvářeného polotovaru
- nezbytnost čištění povrchu tvářených výrobků před dalším tvářením za studena nebo obráběním

Množství vzniklých okují závisí na těchto činitelích:

- **ohřívací teplota** – její vliv je nejvýraznější; okuje se začínají tvořit v rozmezí teplot 600 až 700°C téměř neznatelně, ale nad teplotou 1000°C velmi intenzivně, rychlost oxidace při teplotě 1300°C je až sedmkrát vyšší než při teplotě 900°C a nad teplotou 1320°C dochází již k natavování okují

- **doba ohřevu** – projevuje se parabolickou závislostí, takže se s časem přírůstek okují zmenšuje
- **pecní atmosféra** – nejčastěji bývá oxidační (O_2 , CO_2 , H_2O , SO_2), dále pak redukční (H_2 , CH_4 , C_2H_2) nebo neutrální (H_2); tlustší vrstva okují z oxidační atmosféry se snadno odlupuje od základního kovu, kdežto mnohem tenčí vrstva okují z redukční či neutrální atmosféry lpí pevně na základním kovu, takže odokujení je mnohem obtížnější
- **chemické složení** – u nelegovaných ocelí se stoupajícím obsahem uhlíku do 0,3% zokujení vzrůstá, zato při vyšším obsahu uhlíku se snižuje, neboť vzniká CO_2 s omezujícím vlivem na tvorbu okují
- **povrchovost ohřivaného tělesa** – poměr povrchu tělesa k jeho objemu
- **způsob manipulace s polotovary v peci** – jakýkoliv pohyb polotovarů po nístěji narušuje vrstvu okují a zintenzivňuje oxidaci na obnaženém povrchu

Opal lze při ohřevu snížit dvěma základními způsoby:

1. Rychlostním ohřevem založeným na intenzivním vnějším tepelném toku, čehož se dosahuje buď zvýšenou teplotou pece (tedy důrazem na přestup tepla sáláním), nebo zvýšením rychlosti proudění spalin a jejich usměrněním přímo na povrch vsázky (tedy důrazem na přestup tepla prouděním).
2. Řízenou atmosférou pece, která se vytvoří spalováním topné látky s minimálním přebytkem, popř. mírným nedostatkem vzduchu. Úpravou vzájemného poměru oxidačních a redukčních složek spalin lze dosáhnout výrazného omezení opalu při současném zeslabení přilnavosti okují k základnímu kovu, což značně zjednodušuje odstraňování okují před tvářením.

2.6 Určení lisu

2.6.1 Výpočet kovací síly dle ČSN 22 8306 [2],[12],[13]

Součinitel C_0 se volí s ohledem na povrch výkovku, neboť povrch ovlivňuje pokles teploty a tím i plasticity materiálu. Pro výkovky členité a tenkostěnné se bere hodnota vyšší než pro výkovky tlustostěnné téže hmotnosti. Hodnoty součinitele C_0 jsou v tab. 6. Hodnoty pevností materiálu R_{mT} za kovací teploty jsou tab. 7.

Tab. 6 Koeficient C_0 pro ocel [2]

Hmotnost výkovku v kg	Teplota výkovku °C	Součinitel C_0
Do 5	750-850	5,0-4,0
Přes 5 do 10	800-900	4,5-3,5
Přes 10 do 25	850-950	4,0-3,0
Přes 25 do 50	900-1000	3,5-2,5
Přes 50 do 100	950-1050	3,0-2,0

Tab. 7 Pevnost oceli za kovací teploty [2]

T [°C]	Pevnost oceli R_m [MPa]			
	400	600	800	1000
1300	14	20	24	30
1200	18	22	36	50
1100	22	36	51	68
1000	30	54	75	109
900	45	75	115	159
800	66	111	155	230
700	95	150	250	330

Výpočet přetvárných odporů:

σ_p ... se určí z tab. 7

$$\psi = 1 + 0.73\mu$$

$$\sigma'_p = \sigma_p * C_0$$

$$\sigma'_{d0} = \sigma'_p * \psi = 1,285 * \sigma'_p$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} * \sigma'_p \frac{\Delta r_1}{z_1}$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} * \sigma'_p \frac{\Delta r_2}{z_2}$$

$$\sigma_{dn} = \sigma_{dn-1} + \sigma'_p \frac{\Delta r_n}{z_n}$$

Hodnoty se vynesou do grafu σ -x

Kde:

Ψ ...vyjadřuje vliv tření na vzrůst napětí

μ ...koeficient tření ($\mu=0.4$)

Určením souřadnic těžišť :

$$r_j = \frac{D_n + \Delta r_n}{2} \quad x\text{-souřadnoblátníka}$$

$$r_j = \frac{D_n + 1}{3} \Delta r_n \quad x\text{-souřadntrojúhelníka}$$

Výpočet dílčích ploch pod čarou průběhu přetvárných odporů:

$$S_j = \sigma_{dn} * \Delta r_n$$

$$S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_{dn}) * \frac{\Delta r_n}{2}$$

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky:

$$F_N = 2\pi \sum_{j=1}^n S_j * r_j$$

[N]

Složka kovací síly vznikající od smykových napětí na zkoušených stěnách:

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \pi \sum_{j=1}^n D_j * \Delta z_j = \frac{\sigma_p}{2} \pi \sum_{j=1}^n \Delta S'_p$$

[N]

Výsledná kovací síla:

$$F = F_T + F_N$$

[N]

2.7 Klikové kovací lisy [6],[11]

Práce při jednom zdvihu je dána jen částí energie nashromážděné v otáčejícím se setrvačnicku. Maximální síla je omezena pevností stojanu a konstrukcí lisu. Svislé kovací lisy jsou vhodné pro kování v mechanizovaných nebo automatizovaných kovacích linkách. Rychlost pohybu beranu je 0,5 až 2 m/s, počet zdvihů 15 až 100 1/min tab.8.

Tab.8 Klikové kovací lisy

Technické parametry		LZM 1000 A	LZM 1600 A	LZM 2500	LZK 3150 B	LZK 4000 B
Jmenovitá tvářecí síla	MN	10	16	25	31,5	40
Zdvih	mm	220	270	320	360	380
Sevření	mm	660	800	910	1000	1000
Přestavení beranu	mm	10	10	10	20	20
Počet zdvihů	1/min	115	85	70	65	60
Počet využitelných zdvihů	1/min	38	35	28	21	20
Průchod	mm	1120	1290	1740	1580	1580
Rozměr stolu	mm	1000x95 0	1180x11 20	1420x140 0	1520x152 0	1520x160
Rozměr beranu	mm	1010x85 0	1160x10 35	1350x125 0	1450x145 0	1470x150 0
Výška lisu	mm	4885	5610	6720	7340	9150
Výkon elektromotoru	kW	55	75	130	160	200
System řízení		SIMENS – SIMATIC S 7				
Mazací systém		DELIMON				
Hydraulický systém		HYDRAULIK				

2.8 Konstrukce zápusťek [6],[7]

Při konstrukci zápusťky se nejprve řeší dokončovací dutina, potom dutiny přípravné a jejich vzájemná poloha a nakonec se velikosti zápusťkového bloku.

Dokončovací dutiny se používají k tváření výkovku na jeho konečný tvar. Tvar dokončovací dutiny se shodný s tvarem výkovku a rozměry se liší pouze rozdílem smrštění materiálu z teploty kovací na teplotu normální.

2.8.1 Zásady pro konstrukci zápusťek na klikový lis [6],[7]

- a) V každé zápusťce je jen jedna dutina a její zaplnění se děje na jeden zdvih
- b) Dělicí plochy se při kování nedotýkají
- c) Konstrukce dutin musí být taková, aby docházelo ke tváření pýchováním
- d) Použití vyhazovačů umožňuje menší úkosy
- e) Větší přesnost kování dovoluje použití menších přídavek na opracování a užší toleranci rozměrů
- f) U hlubokých dutin se doporučuje dělat odvzdušňovací kanálky

2.8.2 Upínání zápusťek na klikový lis [7]

Zápusťky se upínají do držáků zápusťek. Tvar zápusťek bývá kruhový nebo obdélníkový. Rozměr zápusťek je dán použitým držákem zápusťek, jejich výška je určena sevřenou výškou držáku (výška H), rozměr AA je dán sevřenou výškou lisu. Zápusťkové vložky se nesmějí při sevření dotýkat. Mezi spodní a horní zápusťkovou vložkou musí být vždy mezera, která nesmí být nikdy menší než tloušťka výronku.

Tab.9 Základní hodnoty pro určení zápusťek u klikových lisů

Kovací stroj	H'	B	t_1	t_2	H	H_{min}	H_{Σ}	Dc	V	Zdvih
LKM 1000	110	650	200	200	220	30	92	100	70	220
LKM 1600	330	650	225	225	225	35	112	100	70	280
LKM 2500	390	860	290	290	260	40	108	145	94,5	350
LZK 4000	401	950	325	325	260	45	108	145	94,5	400
LZK 6300	500	1223	450	450	340	65	195	135	135	460

2.8.3 Konstrukce předkovací dutiny [2],[7]

Tvar výkovku musí být takový, aby zakládání do předkovací dutiny bylo jednoznačné. Z toho důvodu je nutno předkovek dělat užší než budoucí výkovek. Tvar předkovací dutiny se má podobat co nejvíce tvaru výkovku v dokovací dutině.

Předkovací dutiny se používají hlavně proto, aby se snížilo opotřebení dokončovací dutiny na nejmenší míru. U výkovků složitých a obtížných tvarů má předkovací dutina usnadnit tváření materiálu a zaplňování dutin hlavně v těch místech, kde jsou úzká žebra, obtížné přechody nebo ostré hrany. Předkovací dutina nemá výronkovou drážku. Aby se tváření v předkovací dutině co nejvíce usnadnilo, jsou nutné větší zaoblení hran a zvětšení úkosů.

2.8.4 Konstrukce dokončovací dutiny [2],[7]

Při konstrukci dokončovací dutiny se vychází z výkresu, přičemž rozměry výkovku jsou zvětšeny o smrštění vis tab.10.

Materiál	Smrštění v %
Běžná ocel	1,0 – 1,3
Ložiskové oceli	1,5
Austenitické oceli	1,5 – 2,0

Tab. 10 Hodnoty smrštění [14]

2.8.5 Vyhazovače výkovků ze zápustky [2]

Při zápustkovém kování dochází zpravidla kulpívání výkovků v dutině zápustky. Je to ovlivněno hloubkou dutiny zápustky, třením, velikostí úkosů, členitostí výkovku atd. Při konstrukci zápustek zohledňujeme jednotlivé faktory a proto je nutné rozhodnout se pro některý ze způsobů vyhazování výkovku, což je umožněno pouze konstrukcí lisu. K tomu nám slouží tzv. vyhazovače a jeho vhodná volba zvyšuje i životnost zápustek.

Podle tvaru funkčních částí se vyhazovače rozlišují na:

- a) prstencové
- b) kolíkové

Prstencové vyhazovače

Prstencové vyhazovače se používají pro výkovky s charakteristickým zahlobením ve středu výkovku. Průměr předkovacího trnu se stanoví s ohledem na zajištění přípustných tlaků v dosedacích plochách ze vztahů, které jsou uvedeny v normě ČSN 22 8306.

Kolíkové vyhazovače

Kolíkové vyhazovače se používají jako středové, mimo středové nebo umístěné v ploše výronku, tzn. že působí na blánu, tvar nebo výronek. Doporučené průměry vyhazovacích kolíků jsou opět uvedeny v normě, stejně jako vztah pro průměr hlavy kolíkového vyhazovače.

2.8.6 Materiál na výrobu zápustek [7],[9]

Hlavní aspekty při výběru materiálu:

- a) dobrá obrobiteľnosť a nízka cena oceli
- b) malá tepelná rozťažnosť a veľká tepelná vodivosť v rozsahu pracovných teplot nástroje
- c) čo najmenšia náchylnosť k nalepovaniu tváreného materiálu
- d) čo najvyššia popoušťačie teploty
- e) vysoká pracovná pevnosť (tvrdosť) za normálnych teplot i pri vyšších teplotách
- f) čo najväčší pomer meze kluzu a pevnosti za normálnych i vyšších teplot

Druhy materiálov používaných na zápustky:

- a) 19 740 - dobrá pevnosť za tepla, dobrá houževnatost a odolnosť proti opotrebeniu a tepelné únavě(malé zápustky a tam, kde stačí nižšia pevnosť za tepla)
- b) 19 723 - veľká pevnosť za tepla, dobrá houževnatost (použitie ako u 19 721 pri požiadavku zvýšenej houževnatosti)

- c) 19 721 - velká pevnost za tepla, dobrá houževnatost a velká odolnost proti tepelné únavě (malé zápustky, vložky do velkých zápustek pro lisy)
- d) 19 663 - velká houževnatost, odolnost proti změnám teploty, odolnost proti popouštění a tepelné únavě (zápustky pro buchary s pevností nad 1300 MPa, s hlubokou a tvarově členitou dutinou)
- e) 19 662 - velká houževnatost a odolnost proti změnám teploty, dobrá pevnost za tepla (zápustky pro buchary s hlubokou dutinou a pevností pod 1300 MPa)
- f) 19 650 - dobrá pevnost za tepla, odolnost proti tlaku, úderu a opotřebením (velké, střední a malé zápustky s větší trvanlivostí pro kování i neželezných kovů, vložky do zápustek)
- g) 19 642 - odolnost proti změnám teploty, opotřebením a tepelné únavě, tlaku, úderu (zápustky všech velikostí s velkou trvanlivostí pro všechny druhy kovacích strojů)

2.8.7 Údržba zápustek [6]

V zápustkách se kovají polotovary o teplotách až 1 150 °C. Před kovááním je nutné zápustky přehřát asi na 300 °C a po odstranění výkovku zase zchladit.

Pro snadnější odstranění výkovku a snížení tření při zaplňování dutiny se využívá olejů či olejů s grafitem.

Okuje značně snižují trvanlivost zápustek, proto se odstraňují před každým kovááním z dutiny zápustky, a to buď ocelovým kartáčem nebo stlačeným vzduchem.

Trvanlivost zápustky se zvyšuje tvrdým chromováním nebo nitridací.

2.8.8 Mazání zápustky [9]

Při vlastním pohybu vzniká tření a právě jeho velikost můžeme podstatně ovlivnit mazáním.

Maziva mají při zápustkovém kováání splnit tyto požadavky:

- a) snížit v průběhu kováání tření mezi zápustkou a tvářeným materiálem
- b) uvolňovat výkovky ze zápustky
- c) snížit otěr zápustky
- d) jednoduché nanášení na zápustku

Maziva používaná při zápusťkovém kování rozdělujeme do těchto skupin:

- a) Tuhá maziva - dispergovaná ve vodě
dispergovaná v oleji
- b) Kapalinná maziva- minerální a organické oleje
emulgační oleje
syntetické látky
- c) Konzistentní maziva – mazlavá mýdla a mazací tuky
- d) Piliny
- e) Soli
- f) Sklo

2.9 Ostřihování výkovků [4],[6]

Při výrobě zápusťkových výkovků v otevřených zápusťkách na lisech vzniká na výkovku výronek. Podle tvaru výkovku vzniká výronek na vnějším obvodu výkovku nebo uvnitř. K dosažení konečného tvaru výkovku je nutno výronek odstranit. Tuto operaci nazýváme ostřihováním nebo děrováním.

2.9.1 Určení velikosti stroje [4],[6]

K ostřihování a děrování výkovků se používá mechanických a hydraulických lisů. Ostřihovací lisy jsou součástí kovací linky, kterou tvoří ohřívací zařízení, předkovací stroj (kovací válce), kovací stroj (klikový kovací lis a ostřihovací lis).

Ostřihovací síla se vypočítá odděleně pro vnější výronek a blánu. S ohledem na vůli v nástroji a jeho otupení (což způsobuje ve střížné ploše namáhání v tahu a ohybu), počítá se střížná síla následovně podle vzorců...

Síla pro ostřihování vnějšího výronku:

$$F_s \approx 1,6 \cdot L \cdot s \cdot R_m \cdot 10^{-6} \quad [\text{MN}]$$

Síla pro ostřihování vnitřního výronku (blány):

$$F_{s1} \approx 1,6 \cdot L_1 \cdot s_1 \cdot R_m \cdot 10^{-6} \quad [\text{MN}]$$

Při současném ostřihování a děrování na kombinovaném nástroji bude celková síla:

$$F_C = F_S + F_{S1} \quad [\text{MN}]$$

Celkovou sílu je třeba zvýšit o 25% s ohledem na opotřebenění zápustek a tím zvětšení tloušťky výronku, takže skutečná síla bude:

$$F_{Cs} \approx 1,25 \cdot F_C \quad [\text{MN}]$$

R_m [MPa] – mez pevnosti materiálu v tahu

L [mm] – skutečný obvod ostřížku po čáře ostřížení vnějšího výronku

L_1 [mm] – skutečný obvod ostřížku po čáře ostřížení vnitřního výronku (blány)

s [mm] – skutečná tloušťka stříhané vrstvy vnějšího výronku

s_1 [mm] – skutečná tloušťka stříhané vrstvy vnitřního výronku (blány)

Pro určení potřebné velikosti ostřihovacího lisu je třeba rovněž prověřit, zda rozměry pracovního prostoru (upínací možnosti lisu) jsou dostačující pro umístění ostřihovacího nástroje. Jestliže dané rozměry jsou nedostatečné, je třeba použít lisu s většími rozměry pracovního prostoru. V praxi se velmi často volí lis pro ostřihování a prostřihování za tepla v závislosti na velikosti použitého bucharu nebo kovacího lisu, s nimiž tvoří kovací soubor. Obvyklé velikosti ostřihovacích lisů přiřazených k určitým strojům pro zápustkové kování jsou uvedeny v katalogu tvářecích strojů. Přesto je však dobré provést kontrolu vhodnosti příslušného lisu.

3 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ

Cílem závěrečného projektu je navrhnout technologii výroby a konstrukci nástroje pro její zavedení do výroby.

Pro účely projektu je možno zhodnotit pouze technologii výroby podobných součástí s podobnou sériovostí. Takové součásti se obvykle zápustkovým kovááním.

Součást je zadána výkresem součásti a požadovanou sériovostí $p = 190\,000\text{ks/rok}$.

3.1 Návrh vhodných výrobních technologií

Součást je vyrobitelná těmito technologiemi:

1.Kováním na svislích kovacích lisech

- nižší hlučnost a menší otřesy
- vyžadují kvalifikovanou obsluhu při kování
- každá operace se uskuteční na jeden zdvih
- vyšší přesnost výkovku
- možnost použití vyhazovačů

2.Kováním na bucharech

- univerzálnější
- možno provádět i pomocné operace
- kratší styk nástroje s výkovkem oproti lisu
- materiál lépe zatéká protisměru i po směru rázu
- jsou rozměrově i váhově menší než lisy

3.Součást je možné vyrobit také jinými technologiemi (pro kusovou výrobu) :

- obráběním
- frézováním

Volím variantu 1. Kováním na svislích kovacích lisech. Protože je výhodnější pro zadanou součást.

4 TECHNOLOGIE VÝROBY PASTORKU

4.1 Materiál součásti

Ocel: 14 220 (konstrukční ocel, nízkolegovaná, s obsahem uhlíku do 0,25%)
Třída odpadu: 033

Pevnost v tahu: $R_m = 800\text{MPa}$
mez kluzu: $R_e = 600\text{MPa}$

4.2 Určení výkovku podle složitosti tvaru

Tvarový druh	5-výkovek kruhovitého průřezu dutý
Tvarová třída	4-oboustranně osazený
Tvarová skupina	4-výkovky duté
Tvarová podskupina	0-bez přesahu
Technologické hledisko	3-výkovek s dělicí plochou kolmo na hlavní osu, souměrný

Číslo složitosti tvaru: 5440 – 3

4.3 Stanovení přídavek na obrábění

$v = 60$ [mm]
 $D = 112$ [mm]

Přídavek na obrábění dle tab.4 je 2,5mm

v -výška hotového výkovku
 D -největší průměr hotového výkovku

4.4 Určení mezní úchytky, tolerance a tvarů výkovku

Podle složitosti výkovku 5440-3 a normy ČSN 42 9030 vychází stupeň přesnosti:

-pro rozměry kolmé ve směru rázu stupeň přesnosti	IT 5
- pro rozměry rovnoběžné ve směru rázu stupeň přesnosti	IT 6

4.4.1 Mezní úchytky a tolerance

H=65mm

D=117mm

Mezní úchytky a tolerance jsou určeny dle normy ČSN 42 9030.

- Kolmo k rázu: +1,4mm; -0,6 mm; T = 2,0
- Rovnoběžně s rázem: +2,1 mm; -1,1 mm; T = 3,2

Pro vnitřní rozměry jsou stejné tolerance ale s opačnými znaménky.

4.5 Boční úkosy

Boční úkosy jsou voleny dle normy ČSN 42 9030

- vnější 5°
- vnitřní 10°

4.6 Zaoblení hran a rohů

Zaoblení hran a rohů voleny dle normy ČSN 42 9030

-R = 6 mm

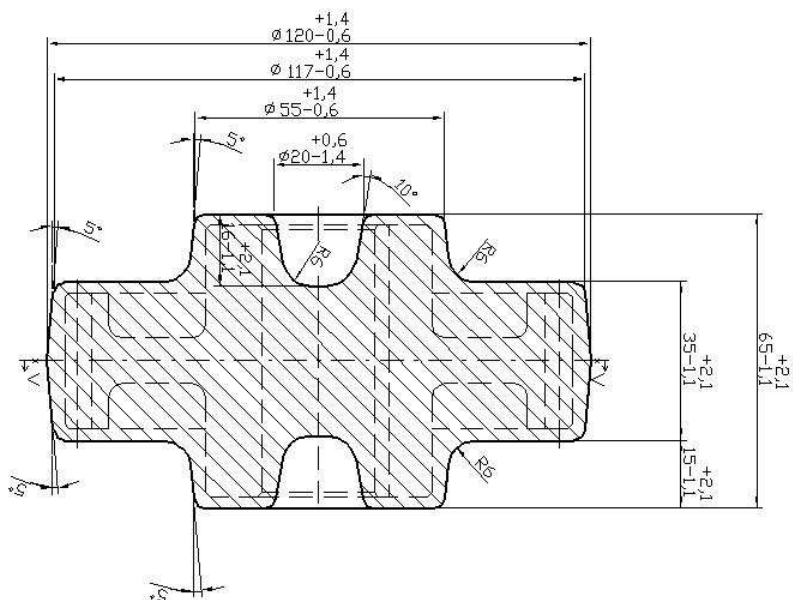
-r = 2,5 mm (z důvodů dodržení min. přídavek na obrábění)

4.7 Plocha dělicí roviny

Plocha dělicí roviny je navrhnutá vzhledem k symetričnosti součásti v polovině výšky výkovku.

4.8 Minimální hloubka dna

Z důvodu velkého tlaku na na předkovací trn až 1000 MPa, volím předkování dutiny do hloubky 16mm (obr. 2)



Obr. 2 Návrh výkovku

4.9 Hmotnost výkovku

Pomocí výpočetní techniky (autodesk Inventor 2008). Jsem určil hmotnost výkovku na 3,173 kg.

4.10 Určení výronkové drážky

Pro kovací lis:

Výška můstku:

h - volíme 3 mm

Šířka můstku:

$$b = 3 \cdot h = 3 \cdot 3 = 9 \text{ mm}$$

Hloubka zásobníku :

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

Obr. 3 Rozměry výronkové drážky

Průměr plochy výkovku:

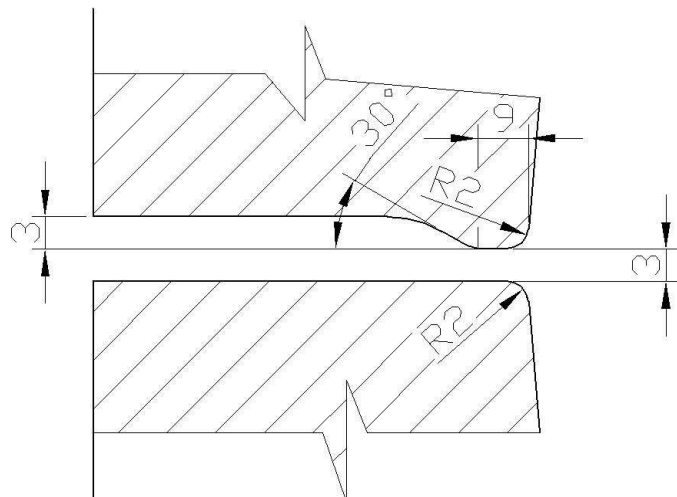
$$D_C = D_V + 2 \cdot b = 108 + 2 \cdot 9 = 126 \text{ mm} = 12,6 \text{ cm}$$

$$S_C = \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12,6^2}{4} = 124,7 \text{ cm}^2$$

Objem výronku:

$$V_{\text{výr}} = o \cdot \left[b \cdot h + \left(n + \frac{h}{2} \right) \cdot B \right] = 108 \cdot \pi \left[9,3 + \left(3,2 + \frac{3}{2} \right) \cdot 20 \right] = 41,1 \text{ cm}^2$$

Zaoblení hran:



$$R = 2 \text{ mm}$$

$$r = 1,5 \text{ mm}$$

4.11 Určení hmotnosti výchozího polotovaru

Hmotnost odpadu výronku:

$$m_{ov} = 0,323 \text{ kg}$$

Hmotnost odpadu na opal:

$$m_p = 1/100 * (m_v + m_{ov}) = 1/100 * (3,173 + 0,323) = 0,035 \text{ kg}$$

Celková hmotnost polotovaru:

$$m = m_v + m_{ov} + m_p = 3,173 + 0,323 + 0,035 = 3,496 \text{ kg}$$

4.12 Určení rozměru výchozího polotovaru

$$V_p = \frac{m}{\rho} = \frac{3,496}{7,850 * 10^{-6}} = 445\,350,3 \text{ mm}^3$$

Určení průměru tyče s ohledem na dělení:

$$D_{pmin} = 1,08 * \sqrt[3]{\frac{V_p}{w}} = 1,08 * \sqrt[3]{\frac{445\,350,3}{1,5}} = 72,05 \text{ mm}$$

Délka tyče:

$$L_p = \frac{V_p}{S_p} = \frac{4 * V_p}{\pi * D_p^2} = \frac{4 * 445\,350,3}{\pi * 50^2} = 227 \text{ mm}$$

Z důvodu lepšího zatíkáání kovu v zápustce volíme průměr materiálu $\varnothing 50 \text{ mm}$.

Aby nedocházelo k zakřivení materiálu nebo vzniku přeloženin musí se předkovací dutina navrhnut z části vodící hlubší, aby část některého výchozího materiálu vyhovovala. $L_{pmax} = 2,5D_p = 2,5 * 50 = 125\text{mm}$.

Výchozí materiál pro kovací lis je $\varnothing 50 \times 227$ mm.

4.13 Dělení materiálu

Podle kapitoly 2.4. volím stříhání uzavřenými noži za studena.

Určení síly pro dělení materiálu:

$$F = (1,2 - 1,5) * S * \tau_{ps} = (1,2 - 1,5) * \frac{\pi * D^2}{4} * 0,8 * R_m =$$

$$= (1,2 - 1,5) * \frac{\pi * 50^2}{4} * 0,8 * 800 = 1507964,5 - 1884955,6 \text{ N} = 1508 - 1885 \text{ kN}$$

Síla se volí s ohledem na otupení nástrojů.

4.14 Výpočet kovací síly

4.14.1 Výpočet podle Tomlenova

Materiál:	14 220
Kovací teplota:	1100°C
Koeficient:	4,7
Přirozený přetvárný odpor:	$\sigma_p = 51 \text{MPa}$

Rozměry výkovku:

$z_1 = 3 \text{mm}$	$D_0 = 136 \text{mm}$	$\Delta r_1 = 8 \text{mm}$	$\Delta z_1 = 16 \text{mm}$
$z_2 = 35 \text{mm}$	$D_1 = 120 \text{mm}$	$\Delta r_2 = 31,22 \text{mm}$	$\Delta z_2 = 15 \text{mm}$
$z_3 = 65 \text{mm}$	$D_2 = 57,7 \text{mm}$	$\Delta r_3 = 21,7 \text{mm}$	$\Delta z_3 = 16 \text{mm}$
$z_4 = 33 \text{mm}$	$D_3 = 14,35 \text{mm}$	$\Delta r_4 = 7,18 \text{mm}$	

$$\sigma'_p = \sigma_p * C_O = 51 * 4,7 = 239,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d0} = 1,285 * \sigma'_p = 1,285 * 239,7 = 308,01 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} + \sigma'_p * \frac{\Delta r_1}{z_1} = 308,01 + 239,7 * \frac{8}{3} = 947,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} + \sigma_p * \frac{\Delta r_2}{z_2} = 947,21 + 51 * \frac{31,22}{35} = 992,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d3} = \sigma_{d2} + \sigma_p * \frac{\Delta r_3}{z_3} = 992,7 + 51 * \frac{21,7}{65} = 1009,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{d4} = \sigma_{d3} + \sigma_p * \frac{\Delta r_4}{z_4} = 1009,7 + 51 * \frac{7,18}{33} = 1020,8 \text{ MPa}$$

Určení těžišť: z grafu průběhu přetvárného odporu viz Obr. 4

$$r_1 = 64,08 \text{ mm}$$

$$r_2 = 62,73 \text{ mm}$$

$$r_3 = 44,47 \text{ mm}$$

$$r_4 = 39,29 \text{ mm}$$

$$r_5 = 18,11 \text{ mm}$$

$$r_6 = 14,5 \text{ mm}$$

$$r_7 = 3,65 \text{ mm}$$

$$r_8 = 2,43 \text{ mm}$$

Výpočet dílčích ploch pod čarou průběhu přetvárného odporu:

$$S_j = \sigma_{dn} * \Delta r_n$$

$$S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_{dn}) * \frac{\Delta r_n}{2}$$

S_j	r_j	$r_j * S_j$
$308,01 * 8 = 2464,08$	64,08	157 898,25
$(947,21 - 308,21) * \frac{8}{2} = 2556,8$	62,73	160 388,06
$947,21 * 31,22 = 29571,9$	44,47	1 315 062,39
$(992,7 - 947,21) * \frac{31,22}{2} = 710,1$	39,29	27 899,83
$1009,7 * 21,7 = 21910,5$	18,11	396 799,16
$(1009,7 - 992,7) * \frac{21,7}{2} = 184,45$	14,5	2 674,53
$1020,8 * 7,18 = 7329,34$	3,65	26 752,09
$(1020,8 - 1009,7) * \frac{7,18}{2} = 39,85$	2,43	96,84
	$\sum r_j * S_j$	2 087 571,15

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky:

$$F_N = 2\pi \sum_{j=1}^n S_j * r_j = 2 * \pi * 2087571,15 = 13 116 596,38 \text{ N} = 13,1 \text{ MN}$$

Složka kovací síly vznikající od smykových napětí na zkosených stěnách:

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \pi \sum_{j=1}^n D_j * \Delta z_j = \frac{\sigma_p}{2} \pi \sum_{j=1}^n \Delta S'_j$$

kde $\Delta S'_j$... plocha kolmého průmětu zkosených stěn

$$\sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \Delta S'_1 + \Delta S'_2 + \Delta S'_3 = \pi \cdot D_1 \cdot \Delta z_1 + \pi \cdot D_2 \cdot \Delta z_2 + \pi \cdot D_3 \cdot \Delta z_3 =$$

$$= \pi \cdot 120 \cdot 16 + \pi \cdot 57,7 \cdot 15 + \pi \cdot 14,35 \cdot 16 = 9\,472,2 \text{ mm}^2$$

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \pi \sum_{j=1}^n D_j \cdot \Delta z_j = \frac{\sigma_p}{2} \pi \sum_{j=1}^n \Delta S'_j = \frac{51}{2} \cdot \pi \cdot 9\,472,2 = 758\,825,03 \text{ N} = 0,76 \text{ MN}$$

Výsledná kovací síla:

$$F = F_N + F_T = 13\,116\,596,38 + 758\,825,03 = 13\,875\,421,41 \text{ N} = 13,86 \text{ MN}$$

Výsledná kovací síla je 14 MN.

4.14.2 Výpočet pomoci nomogramu

Protože rozměr výronku je stanoven v předchozích krocích, lze jen vypočítat potřebné parametry a poté přímo odvodit tvářecí sílu pomocí nomogramu viz obr. 5.

Průměr výkovku s můstkem: $D_c = D + 2 \cdot s = 120 + 2 \cdot 8 = \underline{\underline{136 \text{ mm}}}$

Průmět plochy výkovku s můstkem: $S_v = \frac{\pi \cdot D_c^2}{4} = \frac{\pi \cdot 13,6^2}{4} = \underline{\underline{145,3 \text{ cm}^2}}$

Základní přetvárný odpor za dokovací teploty: $k_p = \underline{\underline{159 \text{ MPa}}}$

Tvářecí síla: $F = \underline{\underline{14,5 \text{ MN}}}$

D [mm] – maximální průměr výkovku

σ_p [MPa] – přetvárný odpor při teplotě 950°C

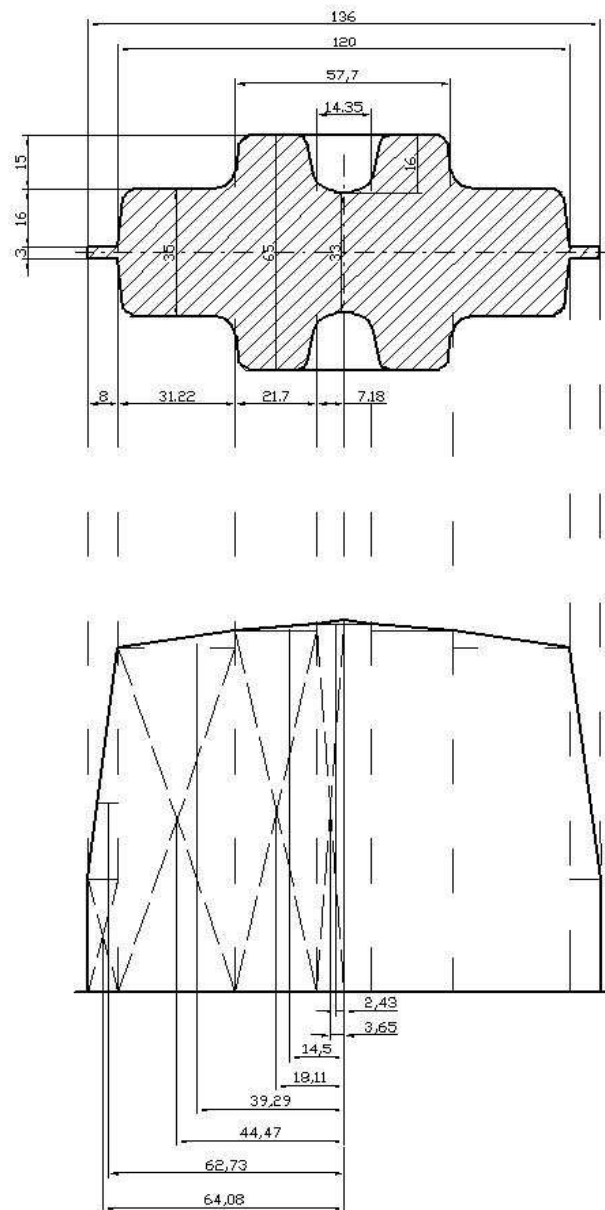
F_D [mm²] – průmět plochy výkovku do dělicí roviny

s [mm] – šířka můstku

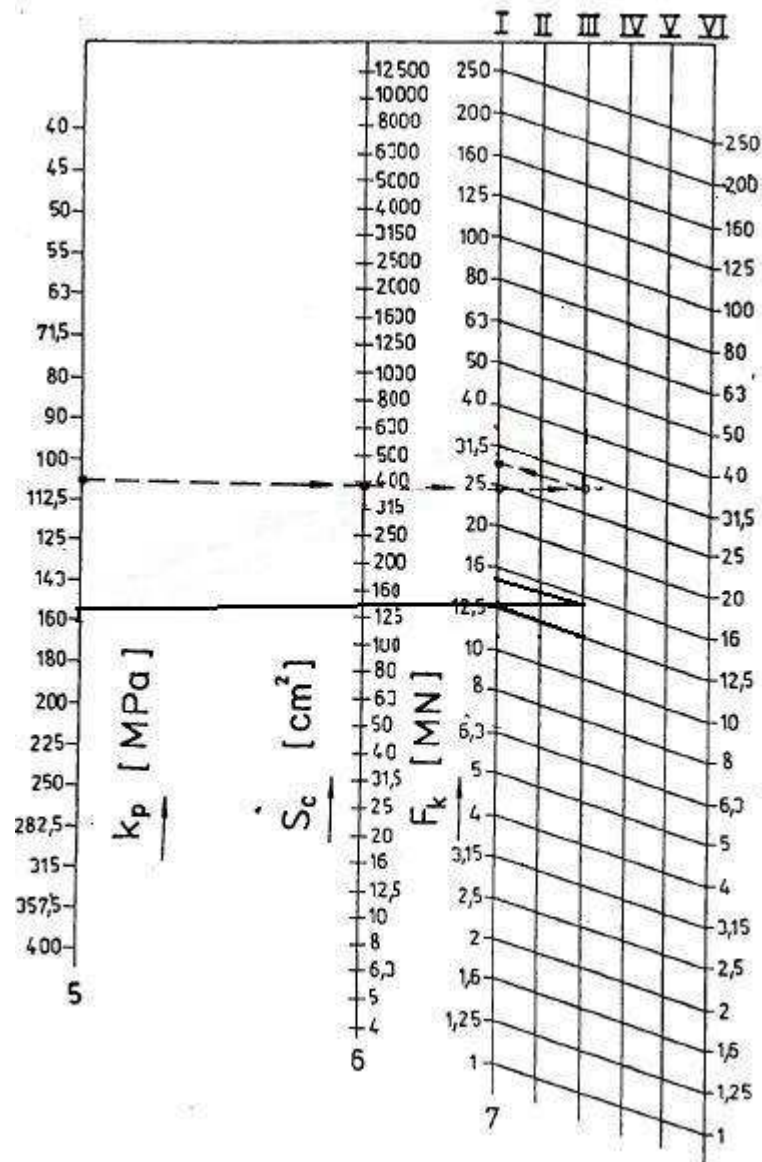
Z výsledků vyplývá že velikost síly závisí také na druhu výpočtu proto je lepší volit stroj s vyšší tvářecí silou.

Na základě výsledné kovací síly 14,5 MN byl vybrán klikový lis LMZ 1600.

Technické parametry		LZM 1600 A
Jmenovitá tvářecí síla	MN	16
Zdvih	mm	270
Sevření	mm	800
Přestavení beranu	mm	10
Počet využitelných zdvihů	1/min	85
Počet zdvihů	1/min	35
Průchod	mm	1290
Rozměr stolu	mm	1180x1120
Rozměr beranu	mm	1160x1035
Výška lisu	mm	5610
Výkon elektromotoru	kW	75
System řízení		SIMENS – SIMATIC S 7
Mazací systém		DELIMON
Hydraulický systém		HYDRAULIK

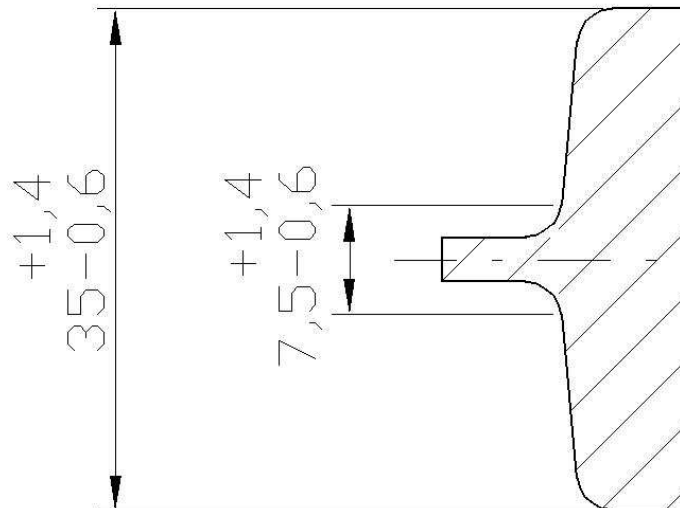


Obr. 4 Průběh přetvárného odporu



Obr.5 Nomogram kovací síly

4.15 Výpočet síly pro ostřížení výkovku



Obr.6 Grafické znázornění výronku pro ostřížení

Výpočet střížné síly:

$$n = 1,5 \text{ mm}$$

$$z = 7,5 \text{ mm}$$

$$h_m = 7,5 + 1,5 = 9 \text{ mm}$$

Při stříhání za teploty 900 až 20°C

$$R_{m900} = 115 \text{ MPa}$$

$$R_{m20} = 800 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{pt} = 0,8 * (R_{m900} \text{ až } R_{m20}) \quad [\text{MPa}]$$

$$F_S = 1,7 * O_V * h_m * \sigma_{pt} = 1,7 * (120 * \pi) * 9 * (0,8 * (115 \text{ až } 800)) = \\ = 530652,7 \text{ až } 3691497 \text{ N} \approx 0,5 \text{ až } 3,7 \text{ MN}$$

Síla zvětšená o otupení nestoje:

$$F_C = 1,25 * F_S = 1,25 * (0,5 \text{ až } 3,7) = 0,63 \text{ až } 4,6 \text{ MN}$$

Na základě největší síly 4,6 MN, byl vybrán ostříhovací lis LDO 500 A/S

Technické parametry		LDO 500 A/S
Jmenovitá tvářecí síla	MN	5
Zdvih	mm	250
Sevření	mm	680
Přestavení beranu	mm	160
Počet využitelných zdvihů	1/min	38
Počet zdvihů	1/min	20
Průchod	mm	1600
Rozměr stolu	mm	1570x1100
Rozměr beranu	mm	1570x1100
Výška lisu	mm	5680
Výkon elektromotoru	kW	40
System řízení		SIMATIC S 7
Mazací systém		DELIMON
Hydraulický systém		SIEMENS-NORGREN-HOERBIGER

4.16 Konstrukční návrh tvářecího stroje

4.16.1 Materiál zápustek

Volíme materiál 19 662

Materiál	ČSN	Charakteristika
Ocel 19 62 Ni-Cr-Mo-V	41 9662	Ocel ke kalení v oleji s dobrou prokalitelností, dobrou houževnatostí a pevností za tepla. Dobře odolává prudkým tepelným změnám i tepelné únavě. Je dobře tvárná za tepla a dobře obrobitelná.

4.16.2 Návrh předkovací zápusťky

Volba úkosů:

Podle kap. 2.1.8 volím úkosy v předkovací dutině 7°.

Hloubka předkovacích zápusťek:

Délka výchozího materiálu nesplňuje podmínku $L_p \leq 2,5D_p$, aby nedocházelo k zakřivení nebo vzniku přeleženin musí se předkovací dutina zápusťky navrhnut tak hluboká, aby nevedená část výchozího materiálu vyhovovala podmínce.

$$L_p \leq 2,5 * 50 = 125 \text{ mm}$$

$$L = 227 \text{ mm}$$

$$L = 227 - 125 = 102 \text{ mm}$$

$$L \leq L_p \Rightarrow 102 \leq 125$$

Hloubku předkovací dutiny proto volíme: $102/2 = 51 \text{ mm}$

4.16.3 Návrh předkovací zápusky

Návrh prstencového vyhazovače:

Předkovací trn :

$$d_{pt} = 19,8 \text{ mm}$$

$$D_{pt} = 30 \text{ mm}$$

$$\frac{d_{pt}^2}{D_{pt}^2} \leq 0,85 \Rightarrow \frac{19,8^2}{30^2} = 0,44 \leq 0,85$$

Podmínce předkovací trn vyhovuje.

Průměr prstence D_p musí vyhovět podmínkám :

$$d_p = 55,4 \text{ mm}$$

$$D_p = 72 \text{ mm}$$

$$D_p \geq d_p + 5 \text{ mm} \Rightarrow 72 \geq 55,4 + 5 = 60,4 \text{ mm}$$

Průměr prstence 72 mm vyhovuje podmínce.

Určení tolerancí prstencového vyhazovače:

$$d_{pt} = 20,2 \text{ mm}$$

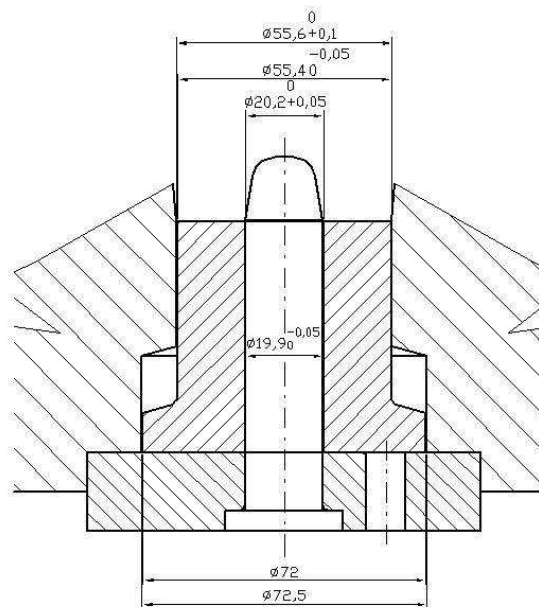
$$d_p = 55,6 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,3 \text{ mm}$$

$$\Delta = 0,2 \text{ mm}$$

$$d'_p = d_p - \Delta_2 = 55,6 - 0,2 = 55,4 \text{ mm}$$

$$d'_{pt} = d_{pt} - \Delta_1 = 20,2 - 0,3 = 19,9 \text{ mm}$$



Obr. 7 Tolerance vyhazovače

Tvar dokončovacích zápustek:

Tvar dokončovacích dutin je shodný s tvarem výkovku pouze se liší o smrštění materiálu (1%).

5 ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

5.1 Dílenské výkresy

Výkres součásti	Výkres číslo 3 – BP-01/12
Výkres výkovku	Výkres číslo 4 – BP-01/13 Výkres číslo 4 – BP-01/14
Sestava nástroje	Výkres číslo 1 – BP-01/00
- zápusťka horní	Výkres číslo 3 – BP-01/01
- zápusťka dolní	Výkres číslo 3 – BP-01/02
- horní předkovací zápusťka	Výkres číslo 4 – BP-01/03
- dolní předkovací zápusťka	Výkres číslo 4 – BP-01/04
- horní prstencový vyhazovač	Výkres číslo 4 – BP-01/05
- dolní prstencový vyhazovač	Výkres číslo 4 – BP-01/06
- horní předkovací trn	Výkres číslo 4 – BP-01/07
- dolní předkovací trn	Výkres číslo 4 – BP-01/08
- podložka trnu	Výkres číslo 3 – BP-01/09
- podložka zápusťky	Výkres číslo 4 – BP-01/10
- středící podložka	Výkres číslo 4 – BP-01/11
Kusovník sestavy nástroje	Číslo K - 4 – BP-01/00

6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

VÝPOČET SPOTŘEBY MATERIÁLU

Výchozí profil materiálu
 $\phi 50 \times 227 \text{ mm}$

Ztráta nevyužitého konce

Hmotnost 1 m tyče je 15,413 kg

$$m_{\text{tyč}} = 0,015413 \frac{\text{kg}}{\text{mm}}$$

$$n = L_{\text{tyč}} / 227 = 6000 / 227 = 26,43 \doteq 26 \text{ ks/tyč}$$

$$p = 190\,000 \text{ ks/rok}$$

$$Q_v = 3,496 \text{ kg}$$

$$Q_k = (L_{\text{tyč}} - n * L_{\text{prof}}) * m_{\text{tyč}} = (6000 - 26 * 227) * 0,015413 = 5,01 \text{ kg}$$

$$P_t = p/n = 190\,000/26 = 7\,308 \text{ ks}$$

$$N_m L_{\text{tyč}} * m_{\text{tyč}} * P_t = 6000 * 0,015413 * 7\,308 = 675\,829,2 \text{ kg/rok} \doteq 676 \text{ t/rok}$$

$$Q_s = Q_v * n * P_t = 3,496 * 26 * 7\,308 = 664\,267,9 \text{ kg/rok} \doteq 664,3 \text{ t/rok}$$

$$Z_m = N_m - Q_s = 676 - 664,3 = 11,7 \text{ t/rok}$$

$$k_n = \frac{Q_s}{N_m} = \frac{664,3}{676} = 0,98$$

kde:

n - počet ks z jedné tyče

p - počet ks výrobků za rok

Q_v - hmotnost výkovku

Q_k - ztráta nevyužitého konce

$L_{\text{tyč}}$ - celková délka tyče z hutí

L_{prof} - délka výchozího materiálu pro výkovek

P_t - počet ks tyčí za rok

N_m - spotřeba materiálu za rok

Q_s - spotřeba materiálu hotového výkovku za rok

Z_m - celkové ztráty materiálu za rok

k_n - stupeň využití materiálu

Pro požadované množství 190 000 ks/rok ročně bude zapotřebí 676 t materiálu.

Přímé náklady

Materiál

$$C_m = 24,75 \text{Kčč/k}$$

$$PN_{mat} = Q_v * C_m * p = 3,496 * 24,75 * 190000 = 16\,439\,940 \text{Kč}$$

$$PZ_m = Q_k * C_m * P_t = 5,01 * 24,75 * 7308 = 906\,173,70 \text{Kč}$$

kde:

C_m - cena materiálu dodávaná z hutí

PN_{mat} - je cena materiálu výkovků za rok

PZ_m - je cena materiálu ztráty za rok

Cena materiálu bude celkem 16 439 940 Kč/rok a z toho 906 173,80/rok Kč případně na odpad.

Cena materiálu na jeden kus výkovku

$$C_k = PN_{mat}/p = 16439940/190000 = 86,5 \text{Kč}$$

Cena materiálu na jeden výkovek je 86,5 Kč.

Přímé mzdy

Počet využitelných zdvihů lisu podle tab. 8 je 30 1/min

Procento využití stroje: 75%

Skutečný počet zdvihů: $30,0,75=22$ 1/min

Výkovek se dělá na 2 operace: $22/1=11$ 1/min

Volím za hodinu se vyrobí $11 * 60 = 660$ ks/ hod

Při volbě 100 Kč/hod a obsluze 3 zaměstnanců činí podíl mzdy na ceně výkovku $(3*100)/660 = 0,50$ Kč/hod.

Pro sérii 190 000 ks $*0,50$ Kč/hod = 86 363,60 Kč

Režie

Volím 1500% z přímých mezd: $15 * 86\,363,6 = 1\,295\,454,50$ Kč

Sociální a zdravotní pojištění 35%: $0,35 * 86\,363,6 = 30\,227,30$ Kč

Celkové režie: $1\,295\,454,50 + 30\,227,30 = 1\,325\,681,80$ Kč

Celková režie na jeden kus: $1\,325\,681,80/190\,000 = 7$ Kč/ks

Celkové vlastní výrobní náklady

$$N_v = 16439940 + 86363,60 + 1325681,80 = 17\,851\,198,40 \text{ Kč}$$

$$N_{vk} = 17851198,40/190000 = 93,96 \approx 94 \text{ Kč}$$

Vlastní výrobní náklady na jeden výkovek je 94 Kč.

Zisk

$$Z = \frac{Z_N * \rho}{100} = \frac{(N_v - S) * \rho}{100} = \frac{(17\,851\,198,40 - 16\,439\,940) * 20}{100} = 282\,409,00 \text{ Kč}$$

Zisk na jeden kus:

$$282\,409/190\,000 = 1,50 \text{ Kč}$$

kde:

- Z - zisk
 Z_N - pracovní náklady
 S - materiálové náklady
 ρ - rentabilita (15 – 20%)

Ekonomické údaje o výrobku

Položka	Údaje o výrobku	
	Kč/rok	Kč/série
Materiálové náklady	86,50	16 439 940,00
Přímé náklady	0,50	86 363,60
Režijní náklady	7,00	1 325 681,80
Zisk	1,50	282 409,00
Celkem	95,50	18 134 394,40

7 ZÁVĚR

Cílem závěrečného projektu bylo zpracovat problematiku výroby pastorku objemovým tvářením za tepla. Hlavní parametry pro návrh technologie byla ekonomičnost výroby a splnění přesnosti zadané součásti.

Pro součást byla zvolena ocel 14 220 s předpokládanou sérií 190 000 ks/rok. Polotovár o rozměrech $\varnothing 50 \times 227$ mm zahřejeme na kovací teplotu 1100 °C.

Pro výrobu pastorku volím svislý kovací lis LZK 1600, který vyrábí ŠMERAL Brno,a.s. Výkovek ostříhneme pomocí ostřihovacího lisu LDO 500 A/S výrobce ŠMERAL Brno,a.s

Dokončovací zápustka je navržena s prstencovým vyhazovačem. Pro zápustky byl zvolena nástrojová ocel 19 662. Prstencový vyhazovač je zhotoven z nástrojové oceli 19 723. Zápustky jsou upnuty do upínacího bloku LTV – 1 00387 a upnuty v držáku zápustek LTV – 0 – 00002.

Pro výrobu 190 000 ks pastorků je zapotřebí 676 t oceli toho 11,7 t činí odpad. Předpokládaný zisk z celé série je 282 409 Kč a cena jednoho výkovku je 94 Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN 42 9030 (429030)
Výkovky ocelové zápustkové
Schválena:1986-10-13 Účinnost 1987-08-01
- [2] ČSN 22 8306 (228306)
Tvářecí nástroje. Zápustky pro svislé kovací lisy. Technické požadavky na konstrukci
Schválena:1990-11-26 Účinnost 1991-12-01
- [3] ČSN 42 9002 (429002)
Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru
Schválena 1968-07-15 Účinnost 1971-01-01
Změny a opravy: b-7-8/1987 s účinností 1987-08-01
- [4] BRJUCHAROV, A. N., REBELSKIJ, A. V. Zápustkové kování: Kování na klikových lisech a vodorovných kovacích strojích. Ing. Adolf Nejepsa; Ing. Josef Vladyka. 1. vydanie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 352 s. ISBN 56/III-4(B3).
- [5] BRJUCHAROV, A. N., REBELSKIJ, A. V. Zápustkové kování: kování na speciálních strojích. Ing. Adolf Nejepsa; Ing. Josef Vladyka. 1. vydanie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 352 s. ISBN 56/III-4(B3).
- [6] Hluchý, M. – Kolouch, J. – Paňál, R.: Strojírenská technologie 2, 1 vyd., Scientia spol s. r. o. – pedagogické nakladatelství, Praha 1999, 316 stran, ISBN 80-7183-117-4
- [7] NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: VUT, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9
- [8] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František. NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7
- [9] HAŠEK, Vladimír. Kování. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960. 732 s. ISBN 04-233-65.
- [10] Lienveber, J. – Vávra, P.: Strojnické tabulky, Albra v roce 2003, 865 stran, ISBN 80-7183-008-9

- [11] Hluchý, M. – Kolouch, J. – Paňál, R.: Strojírenská technologie 1, 2 vyd., Scientia spol s. r. o. – pedagogické nakladatelství, Praha 1999, 116 stran, ISBN 80-7183-140-9
- [12] Dvořák, M. – Gajdoš, F. – Novotný, K.: Technologie tváření, VUT, Brno 1997, ISBN 80-214-1481-2
- [13] Dvořák, M. – Gajdoš, F. – Žák, L.: Technologie tváření, VUT, Brno 2000, ISBN 80-214-1723-4
- [14] ČSN 22 8308 (228308)
Zápustky pro buchary
Schválena 1970-05-07, Účinnost od 1971-07-01

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

τ	h	Čas potřebný k ohřevu z 0°C na 1200°C
m_p	kg	Hmotnost odpadu na propal
m_{ov}	kg	Hmotnost odpadu výronku
m_v	Kg	Hmotnost výkovku
ρ	kg.m ⁻³	Hustota
w		Koeficient zohledňující dělení tyčí
L_p	mm	Konečný rozměr polotovaru
F_k	N	Kovací síla
F_{max}	N	Maximální síla
R_m	MPa	Mez pevnosti
σ_p	MPa	Příženu přetvárný odpor
σ	MPa	Napětí
F_n	N	Normálová síla
V_p	mm ³	Objem polotovaru
$V_{výr}$	mm ³	Objem výronku
O_v	mm	Obvod střížníku
δ	%	Opal
R_{mt}	MPa	Pevnost materiálu při teplotě kování
τ_{ps}	MPa	Pevnost ve stříhu
π		Poissonovo číslo
D_p	mm	Průměr tyče
D_v	mm	Průměr výkovku bez výronku
D_c	mm	Průměr výkovku včetně můstku
S_v	cm ²	Průměr plochy bez výronku
S_c	mm ²	Průměr plochy výkovku včetně můstku do roviny kolmé ve směru rázu
D_{sv}	mm	Průměr středící vložky
D_{pt}	mm	Průměr dosedací části předkovacího trnu
D_p	mm	Průměr dosedací části prstencového vyhazovače
D_t	mm	Roztečný průměr pro vyrážecí kolík upínače zápustek
d_p	mm	Průměr otvoru pro prstencový vyhazovač
d'_p	mm	Průměr prstencového vyhazovače
d_{pt}	mm	Průměr otvoru pro předkovací trn
d'_{pt}	mm	Průměr předkovacího trnu
d_k	mm	Průměr otvoru pro vyhazovací kolík
d_v	mm	Průměr vyhazovacího kolíku
d_v	mm	Průměr otvoru pro vyrážecí kolík

h_k	mm	Výška hlavy kolíkového vyhazovače
d_{v}	mm	Průměr otvoru pro vyhazovací vložku
d'_{v}	mm	Průměr vyhazovací vložky
k_p	MPa	Přetvárná pevnost
k_o	MPa	Přetvárný odpor
D_D	mm	Rozměr kovací dutiny
F_s	N	Síla k ostřížení výronku
F_v	N	Síla lisu
F_t	N	Tangenciální síla
F_T	N	Třecí síla
h_m	mm	Výška můstku
ψ		Vliv tření na vzrůst napětí
μ		Koeficient tření
C_0		Součinitel snížení plasticity materiálu

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres číslo 3 – BP-01/12 Výkres součásti
Příloha 2	Výkres číslo 4 – BP-01/13 Výkres výkovku
Příloha 3	Výkres číslo 4 – BP-01/14 Výkres výkovku
Příloha 4	Výkres číslo 1 – BP-01/00 Sestava nástroje
Příloha 5	Výkres číslo 3 – BP-01/01 zápustka horní
Příloha 6	Výkres číslo 3 – BP-01/02 zápustka dolní
Příloha 7	Výkres číslo 4 – BP-01/03 horní předkovací zápustka
Příloha 8	Výkres číslo 4 – BP-01/04 dolní předkovací zápustka
Příloha 9	Výkres číslo 4 – BP-01/05 horní prstencový vyhazovač
Příloha 10	Výkres číslo 4 – BP-01/06 dolní prstencový vyhazovač
Příloha 11	Výkres číslo 4 – BP-01/07 horní předkovací trn
Příloha 12	Výkres číslo 4 – BP-01/08 dolní předkovací trn
Příloha 13	Výkres číslo 3 – BP-01/09 podložka trnu
Příloha 14	Výkres číslo 4 – BP-01/10 podložka zápustky
Příloha 15	Výkres číslo 4 – BP-01/11 středící podložka
Příloha 16	Výkres číslo K - 4 – BP-01/00 Kusovník sestavy nástroje