

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 THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

JAN STŘÍBRNÝ

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV KOPŘIVA

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Jan Stříbrný

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:

### **Produstion 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 rešerše 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.

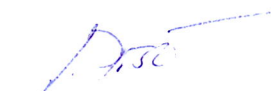
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloslav Kopřiva

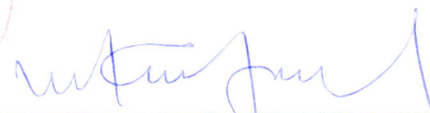
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 18.11.2010

L.S.



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

## ABSTRAKT

STRÍBRNÝ Jan: Výroba posuvného unašeče objemovým tvářením

---

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru 2303 předkládá návrh technologie výroby výkovku – dílce ze slitiny hliníku EN AW 6082 T6. Na základě literární studie problematiky zápusťkového kování a výpočtu bylo navrženo kování na jednu operaci. Vzhledem k nutnosti použití vyhazovače a dalších hledisek, byl zvolen svislý kovací lis LZK 1000 P/SH (výrobce ŠMERAL Brno), se jmenovitou silou 10 MN. Zápusťka je vyrobena ze slitinové nástrojové oceli 19 552.8 tepelně zpracované podle výkresové dokumentace.

Klíčová slova: Ocel 19 552.8, posuvný unašeč, objemové tvářením, zápusťkové kování

## ABSTRACT

STRÍBRNÝ Jan: Production of shifting carrier by solid forming

---

The Project elaborated in frame of bachelor's studies branch 2303 and it presents technology design and forging production - part of aluminum alloy EN AW 6082 T6. Drop forging in one operation was suggested on the basis of specialized studies on the subject of drop forging and calculations. Regarding urgent need use of ejector pins and other aspects, he was elected vertical forging press LZK 1000 P / SH (producer ŠMERAL Brno), with a nominal force 10 MN. Swages are made of alloy instrumental steel, 19 552.8, heat-worked according to drawing-documentation.

Key words: Steel 19 552.8, shifting carrier, solid forming, drop forging

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STŘÍBRNÝ, Jan. *Výroba posuvného unašeče objemovým tvářením*. Brno, 2011. 60 s., CD. Bakalářská práce. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Miloslav Kopřiva.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 27.5.2011

.....  
Jan STRÍBRNÝ

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Miloslavu Kopřivovi a Ing. Vlastimilu Karasovi za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

## OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	-11-
<b>2 ROZBOR SOUČÁSTI</b> .....	-12-
2.1 Varianty řešení výroby .....	-13-
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ</b> .....	-14-
3.1 Volné kování .....	-15-
3.2 Zápusťkové kování .....	-15-
3.2.1 Rozdělení zápusťkových výkovků dle složitosti a tvaru .....	-16-
3.2.2 Výronková drážka a určení jejich rozměrů .....	-16-
3.2.3 Přesnost rozměrů a jakost povrchu zápusťkových výkovků .....	-19-
3.2.4 Přídavky .....	-19-
3.2.5 Úkopy zápusťkových výkovků .....	-20-
3.2.6 Poloměry zaoblení hran a přechodů .....	-20-
3.2.7 Ohřev kovu .....	-21-
3.2.8 Smrštění výkovku po kování .....	-22-
3.2.9 Dělicí rovina výkovků .....	-22-
3.2.10 Ideální předkovek .....	-22-
3.2.11 Předkování děr .....	-23-
3.2.12 Zápusťkové dutiny .....	-23-
3.2.13 Rozměry zápusťvek .....	-25-
3.2.14 Vedení zápusťvek a středění zápusťvek .....	-29-
3.2.15 Upínání zápusťvek u bucharů .....	-30-
3.2.16 Upínání zápusťvek u svislých klikových kovací lisů .....	-30-
3.2.17 Volba kovacího stroje .....	-31-
3.2.18 Srovnání kování na lisech versus kování na bucharech .....	-32-
3.2.19 Vyhazovače .....	-33-
3.2.20 Ostřihování zápusťkových výkovků .....	-34-
3.2.21 Rovnání výkovků .....	-34-
3.2.22 Kalibrování výkovků .....	-34-
3.2.23 Kování na kovacích válcích .....	-35-
3.2.24 Materiál zápusťvek .....	-36-
3.2.25 Vložkování zápusťvek .....	-37-
3.2.26 Mazání zápusťvek .....	-37-
3.2.27 Simulace .....	-38-
<b>4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI</b> .....	-39-
4.1 Návrh výkovku .....	-39-
4.2 Výpočet kovací síly .....	-45-
4.3 Volba kovacího stroje .....	-49-
4.4 Výpočet síly na ostřížení výronku .....	-50-
4.5 Volba ostřihovacího stroje .....	-50-
4.6 Schematický postup kování a postupový list .....	-50-
<b>5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b> .....	-52-



**6 ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE** .....-55-

**7 ZÁVĚRY** .....-56-

**Seznam použitých zdrojů**

**Seznam příloh**

**Seznam použitých symbolů a zkratk**

## 1 ÚVOD [1], [16]

Tváření se řadí mezi nejdůležitější technologické operace při zpracování kovů. Kovové předměty získávají tvářením svůj tvar bez odebrání třísky. Neustálým rozvojem techniky se vyvíjejí nové a nové technologie, které se zároveň přizpůsobují ekonomickým požadavkům. Tváření se dělí na plošné a objemové a probíhá za tepla nebo za studena. Mezi plošné tváření se řadí stříhání, ohýbání, rovnání, tažení a mezi objemové tváření se řadí kování, válcování, protlačování.

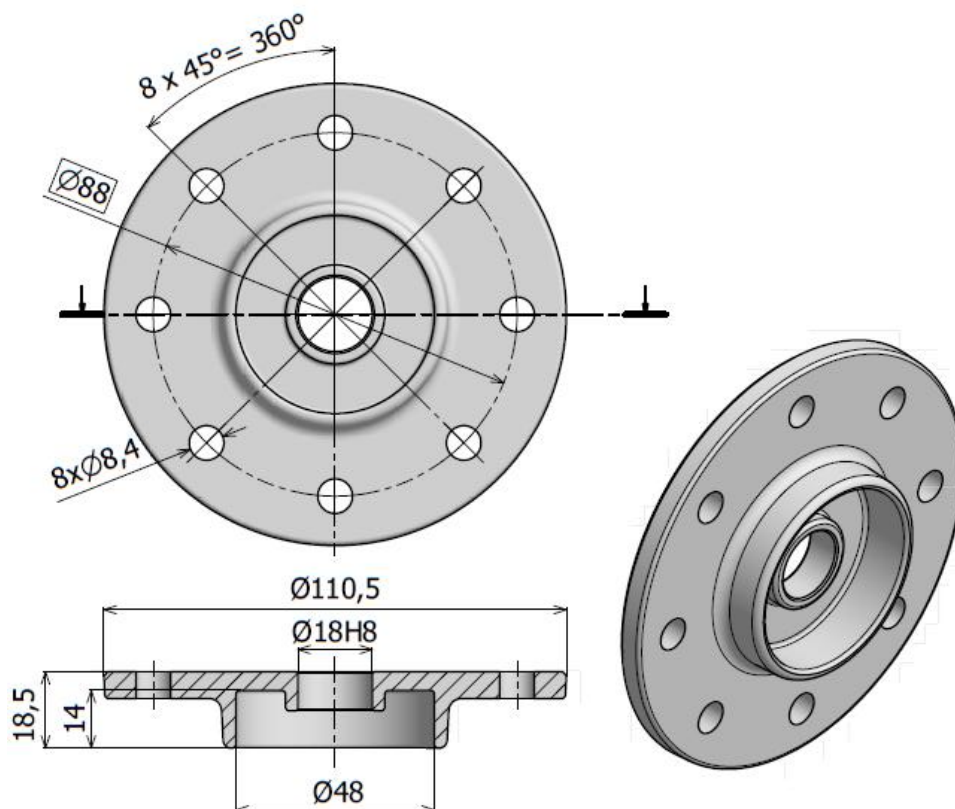
Kování se řadí mezi tváření za tepla, a je nedílnou technologií při zpracování kovů v průmyslové praxi, zejména pak např. v automobilovém průmyslu. Finálním výrobkem kování je výkovek (Obr. 1). Technologie kování sahá hluboko do historie, kdy se uskutečňovalo převážně ručně pomocí kladiva a kovádky. Mezi způsoby kování se řadí ruční a strojní. Ruční kování se dnes provádí zejména jako umělecké kování. Strojní kování probíhá za působení stroje (bucharu, lisu), a může se uskutečňovat v zápustce, nebo volně. Od finálního výkovku se vyžaduje co nejdokonalejší dosažení tvaru a kvality.



Obr. 1 Příklady výkovků z neželezných kovů [17], [18]

## 2 ROZBOR SOUČÁSTI [14], [19]

Součást je používána jako díl textilního stroje a výroba probíhá v komerční kovárenské firmě. Sériovost součásti je 50 000 kusů za rok. Jako materiál byla zvolena slitina hliníku EN AW 6082 (ČSN 42 4400). Materiál je následně po kování tepelně zpracovaný na stav po rozpouštěcím žhání a umělém stárnutí. Materiál má velmi dobrou korozní odolnost a dobrou obrobitelnost a svařitelnost. Na obr. 2 jsou zobrazeny informativní rozměry obrobku, bližší rozměry jsou uvedeny na výkresu s č.v. BP-2011-001.



Obr. 2 Obrobená součást

Tab. 1 Chemické složení materiálu [19]

Prvek		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
Hm. [%]	Min.	0,7			0,40	0,7				zbytek
	Max.	1,4	0,50	0,10	1,0	1,2		0,020	0,05	

- Charakteristické vlastnosti:
  - Konstrukční materiál pro středně namáhané konstrukce
  - Chemická stálost, dobrá tvárnost, odolnost proti korozi
  - Velmi dobrá tvařitelnost za teplot 450 – 500°C
- Použití:
  - teplotně namáhané součásti při teplotách +50 až -70°C
  - Tvarově složité výrobky
  - Letecký, automobilový, potravinářský průmysl

## 2.1 Varianty řešení výroby

Zadanou součást lze vyrobit následujícími způsoby:

### ➤ Obrábění

Obráběním zadané součásti lze vyrobit součást na hotovo s vysokou kvalitou opracování povrchu, přesností rozměrů a s použitím běžně dostupných nástrojů a strojů. Nevýhodou je však poměrně vysoká časová náročnost na výrobu jednoho kusu, vysoká spotřeba materiálu a tím i cena. Z těchto důvodů není tato technologie příliš vhodná pro zvolenou součást.

### ➤ Odlévání

Výroba zadané součásti technologií odléváním vyžaduje zhotovení formy, ať už pískové nebo kovové. Pro zvolený materiál by přicházela v úvahu pouze varianta s použitím kovové formy, kterou by bylo nutné zhotovit včetně vtokových a výfukových soustav. Jako nevýhoda odlitků se také považuje nestejněměrná struktura a z ní plynoucí materiálové vlastnosti v celém průřezu materiálu. Výhodou jsou nízké výrobní časy v hromadné a sériové výrobě. Pro zvolenou součást by tato technologie nebyla příliš vhodná kvůli malé sériovosti výroby, vysokým nákladům na výrobu kovové formy a vysoké spotřebě materiálu plynoucí z vtokových a výfukových soustav.

### ➤ Zápustkové kování

Tváření zadané součásti zápustkovým kováním vyžaduje použití nástroje, který je nutno zhotovit a použití tvářecího stroje. Hlavní výhody této technologie jsou zejména rychlost výroby, dobré mechanické vlastnosti, dobrá jakost materiálu s minimální spotřebou materiálu.

Z důvodu sériovosti, hospodárnosti a mechanických vlastností byla zvolena jako nejvhodnější výroba zápustkovým kováním.

### 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ [3], [5], [6]

Kováním se rozumí působení vnějších sil, na tvářený materiál. Tato tvářecí síla může být za pomoci rázů (kování na bucharech) nebo klidného tlaku (na lisech). Kováním se získávají lepší materiálové a mechanické vlastnosti, než u jiných způsobů výroby, jako je obrábění a odlévání. Základní podmínkou kování, je plasticita materiálu, tj. schopnost přemísťování kovu bez porušení souvislosti uvnitř kovu.

Průběh tváření za tepla se vyskytuje v teplotách vyšších, než je teplota rekrytalizace. Tvářecí teploty slitin hliníku leží podle chemického složení v rozmezí 300 až 500°C, nejčastěji se pohybují okolo 400°C. Při těchto teplotách probíhá opakované obnovení tvaru zrna. Dokončovací teploty tváření za tepla jsou dány začátkem deformačního zpevnění. Jestliže se zkrátí doba výdrže na teplotě, a zvětší se rychlost ohřevu a ochlazování, tak se zrna, která vznikla rekrytalizací, stanou jemnější. Zopakuje-li se ohřátí, tak se zrno rekrytalizací stále zjemňuje.

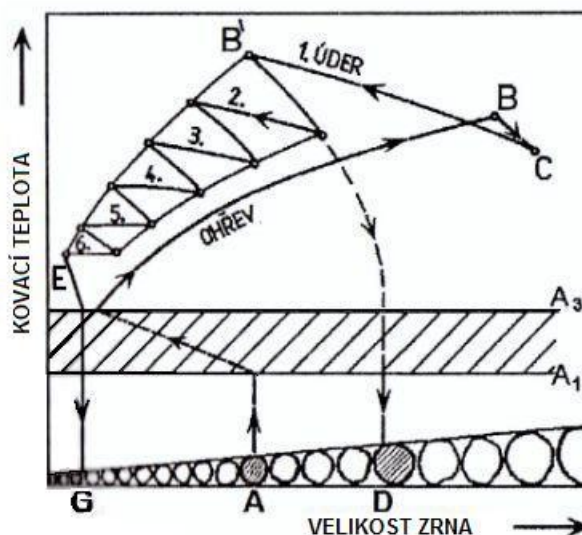
Výhody tváření za tepla:

- Malé silové zatížení nástroje
- Obnovení struktury
- Malý přetvárný odpor
- Není zapotřebí velkých tvářecích sil

Nevýhody tváření za tepla:

- Kvalita povrchu je horší (vznikají okuje)
- Struktura výkovku je vláknitá (mechanické vlastnosti jsou rozdílné v podélném a příčném směru)
- Vyšší investiční náklady na spotřebu energie při ohřevu
- Nástroj a stroj jsou tepelně namáhány
- Tvarové a rozměrové nepřesnosti

Na Obr. 3 je zobrazen průběh kovacího režimu od A, kdy probíhá ohřev, až po G, kdy vzniká jemnozrná struktura.

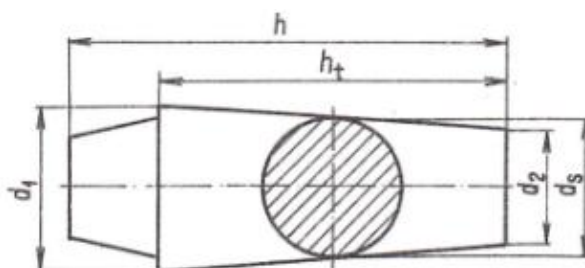


Obr. 3 Kovací režim [5]

### 3.1 Volné kování [1], [3], [6]

Volné kování se dělí na kování ruční a strojní. Ruční kování probíhá na kovadlině pomocí kovářského nástroje a kovářské výhně, ve které probíhá ohřívání materiálu.

Strojní kování probíhá za pomoci bucharu nebo hydraulického lisu. Polotovary pro volné strojní kování se člení na polotovary s tvářenou strukturou (válcované bloky, tvarové vývalky kruhového a čtvercového průřezu) a na polotovary s licí strukturou (kovářské ingoty) (Obr. 4).

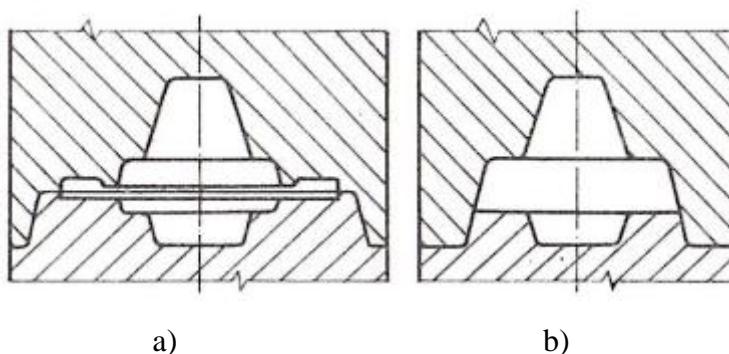


Obr. 4 Kovářský ingot OK 0,12 až OK 0,95 [1]

Proces výroby volných výkovků se skládá z mnoha operací. Mezi základní kovářské operace se řadí petchování a prodlužování. Ostatní operace, jako je děrování, osazování, přesazování, ohýbání, zkrucování, a sekání, jsou pouze operace, které ovlivňují technologickou stránku výroby.

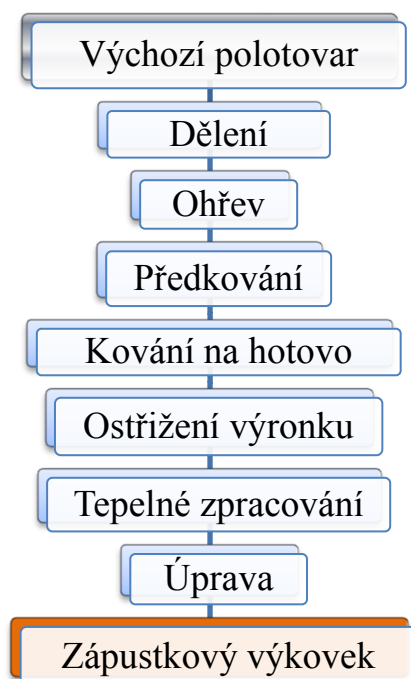
### 3.2 Zápustkové kování [1], [3]

Jedná se o objemové tváření kovu, za předpokladu kovacíh teplot, v prostoru dutiny zápustky. Dutina zápustky může být otevřená (Obr. 5a) nebo uzavřená (Obr. 5b), a má tvar vyráběného výkovku nebo předkovku. Do spodní části zápustky se klade polotovar ohřátý na kovací teplotu. Tváření polotovaru může probíhat úderem na bucharu nebo tlakem na lisu za pomoci horní části zápustky. Tok materiálu v zápustce se vyznačuje především menším stupněm volnosti než u volného kování. To je zapříčiněno bočními stěnami dutiny zápustky.



Obr. 5 Dokončovací zápustkové dutiny [1]: a) otevřená, b) uzavřená

Zápustkové kování vyniká především malým počtem operací (ohřev, kování, úprava výkovku), ale také krátkými pracovními časy. Jestliže se použije například indukční ohřev materiálu, čas ohřevu bude trvat pouze několik desítek sekund. Naproti tomu časy nepracovní (manipulace s materiálem) jsou podstatně delší. Toto hledisko jde výrazně snížit automatizací, mechanizací nebo robotizací linek. Stádia postupu zápustkového kování jsou zobrazeny na obr. 6.



Obr. 6 Nástin výrobního postupu zápustkového výkovku

Zápustkové výkovky, které jsou tvarově jednodušší, lze kovat v jediné zápustkové dutině z výchozího polotovaru tzv. jednodutinové kování. Výkovky tvarově složitější lze kovat z předem připraveného předkovku, zhotoveným volným kovááním nebo příčným válcováním.

Nejčastější případ zápustkového kování je v otevřené dokončovací dutině, přičemž její součástí je výronková drážka v dělicí rovině, do které se vytlačuje přebytečný kov a vzniká tak výronek, který se následně na ostříhovacím stroji ostříhuje.

### 3.2.1 Rozdělení zápustkových výkovků dle složitosti a tvaru [7]

Zápustkové výkovky se rozdělují podle složitosti jejich tvaru dle normy ČSN 42 9002 do následujících tříd:

Tvarový druh – první číslice v číselném označení výkovku (**X** x x x - x).

Tvarová třída – druhá číslice v číselném označení výkovku (x **X** x x - x).

Tvarová skupina – třetí číslice v číselném označení výkovku (x x **X** x - x).

Tvarová podskupina – čtvrtá číslice v číselném označení výkovku (x x x **X** - x).

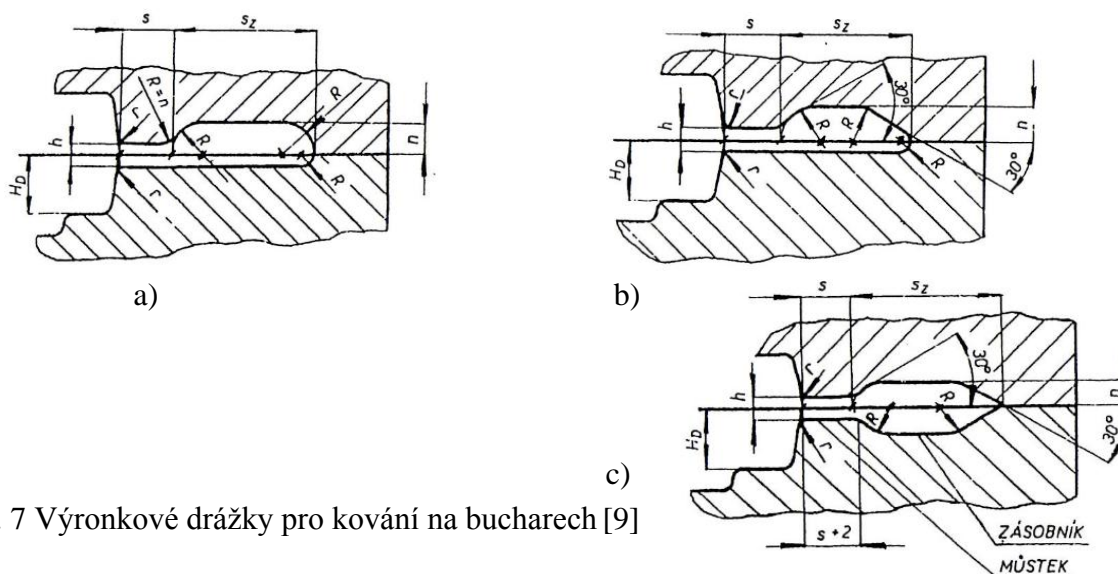
Technologické hledisko – pátá číslice v číselném označení výkovků (xxxx - **X**).

Kompletní rozdělení dle norem je uvedeno viz. Příloha č. 8.

### 3.2.2 Výronková drážka a určení jejich rozměrů [2], [9], [10]

Výronková drážka slouží k regulaci tlaku v zápustkové dutině a k odvodu přebytečného materiálu z dutiny zápustky. Výronková drážka se vytváří v dělicí rovině po obvodu celé dokončovací dutiny a je tvořena můstkem a zásobníkem. Hlavní funkcí můstku, ve výronkové drážce, je regulace tlaku v zápustkové dutině. Tvar výronkové drážky je rozdílný pro kování na bucharech a kování na lisech.

**Výronkové drážky pro buchar** jsou uzavřené a jejich typy jsou zobrazeny na obr. 7, dle normy ČSN 22 8308. Obvykle používané jsou první dva typy zobrazené na obr. 7a) a obr. 7b). Poslední typ výronkové drážky je určen převážně pro kování složitých výkovků.



Obr. 7 Výronkové drážky pro kování na bucharch [9]

Výška můstku  $h$  se stanoví dle vztahu:

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

kde  $F_D$ .....plocha průmětu výkovku do roviny kolmé k rázu [ $\text{mm}^2$ ]

Hodnota  $0,012$  pro největší výkovky

Hodnota  $0,015$  pro malé výkovky

Pro určení dalších rozměrů výronkové drážky použijeme tab. 2.

Tab. 2 hodnoty pro velikost výronkové drážky [9]

Čís.	h	n	Pěchování			Protlačování					
						jednoduché			složené		
			s	s <sub>z</sub>	F <sub>výr</sub>	s	s <sub>z</sub>	F <sub>výr</sub>	s	s <sub>z</sub>	F <sub>výr</sub>
1	0,6	3	6	18	0,52	6	20	0,61	8	22	0,74
2	0,8	3	6	20	0,69	7	22	0,77	9	25	0,88
3	1,0	3	7	22	0,80	8	25	0,91	10	28	1,04
4	1,6	3,5	8	22	1,02	9	25	1,13	11	30	1,55
5	2,0	4	9	25	1,36	10	28	1,53	12	32	1,77
6	3,0	5	10	28	2,01	12	32	2,33	14	38	2,78
7	4,0	6	11	30	2,68	14	38	3,44	16	42	3,85
8	5,0	7	12	32	3,43	15	40	4,34	18	46	5,06
9	6,0	8	13	35	4,35	16	42	5,30	20	50	6,42
10	8,0	10	14	38	6,01	18	46	7,45	22	55	9,03
11	10,0	12	15	40	7,68	20	50	9,88	25	60	12,08



Pro výpočet poloměru přechodu tvaru do dělicí roviny  $r$  je:

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

kde  $H_D$ .....hloubka dutiny [mm].

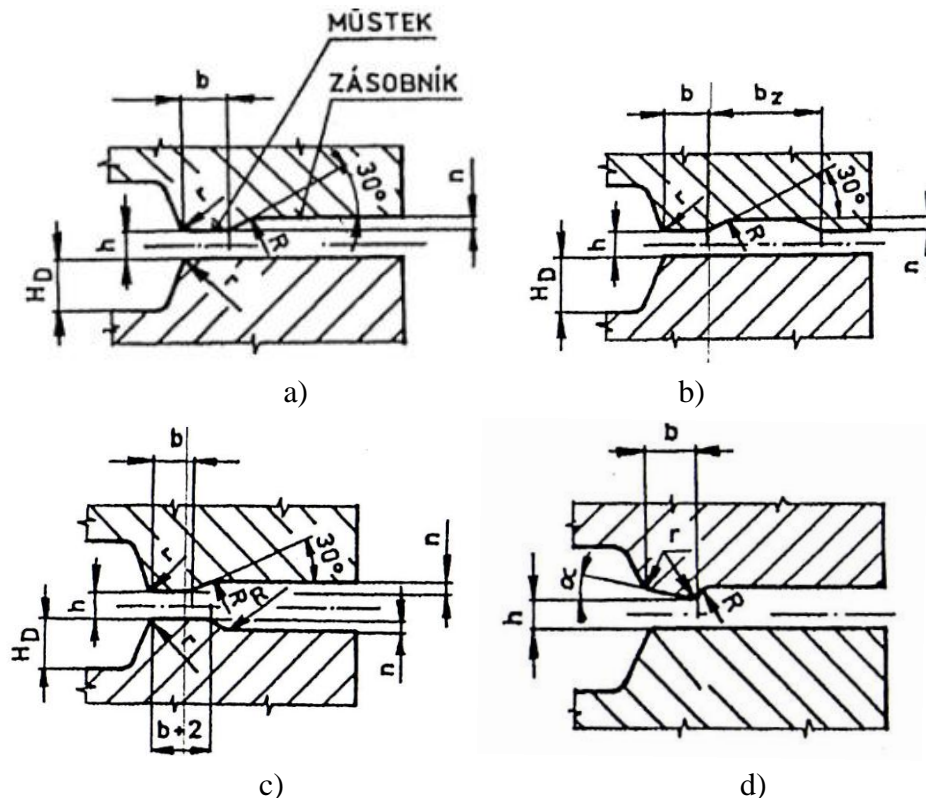
Hodnoty poloměru  $r$  se musí pohybovat dle hodnot uvedených v tab. 3.

Tab. 3 Hodnoty poloměru  $r_{\max}$  [9]

Dvojitinné buchary, hmotnost bucharu v kg	Protiběžné buchary, práce v kpm	$r_{\max}$
Do 2000	Do 10 000	3
2000 až 5000	10 000 až 20 000	4
Nad 5000	20 000 až 35 000	5
	Nad 35 000	6

**Výronkové drážky pro kování na svislých kovacích lisech** musí být navrženy tak, aby na sebe zápustky vzájemně nedosedly. Stroj nesmí být spuštěn bez vložení ohřátého materiálu do dutiny zápustky, jelikož by mohlo dojít ke znehodnocení zápustek. Výška můstku  $h$  je tvořena vzdáleností mezi zápustkami při dolní úvratí beranu.

Používané typy výronkových drážek jsou zobrazeny na obr. 8 a jsou stanoveny dle normy ČSN 22 8306. První typ drážky (Obr. 8a) je v praxi nejběžněji používaným typem. Druhý typ drážky (Obr. 8b) se použije v případě, je-li velká vzdálenost dutiny od okraje zápustky. Třetí typ drážky (Obr. 8c) lze použít v případě velkého přebytku materiálu. Čtvrtým typem drážky (Obr. 8d) je klínová drážka.



Obr. 8 Výronkové drážky pro kování na kovacích lisech [10]

Hloubka zásobníku se vypočte dle vztahu:

$$n = 0,4 h + 2 \text{ [mm]} \quad (3.3)$$

kde  $h$ .....výška můstku [mm].

Poloměr přechodu tvaru do dělicí roviny je stejný jako u bucharových zápustek.

V tab. 4 jsou uvedeny rozměry výronkových drážek dle normy ČSN 22 8306.

Tab. 4 Rozměry výronkových drážek [10]

Síla lisu (kN)	h	b	b <sub>z</sub>	r
2 500	1 až 1,5	3 až 5	25	1 až 1,5
6 300	1 až 2	3 až 7	25	
10 000	1,5 až 2,5	4 až 7,5	30	
16 000	2 až 3	5 až 8	32	1,5 až 2,5
25 000	2,5 až 4	6 až 10	38	2 až 3
31 500	2,5 až 4,5	6 až 11	40	
40 000	3,5 až 5,5	7 až 12	42	
63 000	4,5 až 8	9 až 15	50	2 až 5

Objem výronku lze stanovit dle vztahu:

$$V_{výr} = o \cdot \left[ b \cdot h + \left( n + \frac{h}{2} \right) \cdot B \right] \text{ [mm}^3\text{]} \quad (3.4)$$

kde  $o$ .....obvod výkovku [mm<sup>2</sup>],

$b, h$ .....rozměry můstku [mm],

$B$ .....šířka otřepu v zásobníku [mm],

$n$ .....hloubka zásobníku.

### 3.2.3 Přesnost rozměrů a jakost povrchu zápustkových výkovků [1]

Při výrobě zápustkových výkovků nelze, ve většině případů, dosáhnout požadované kvality povrchu a přesnosti rozměrů, která je od součástí požadována. Z tohoto důvodu se musí většinou výkovky ještě dále obrábět a opracovávat. Obecně je ale snahou vyrábět výkovky s takovou kvalitou a přesností, aby je bylo možno použít jako hotové součásti.

### 3.2.4 Přidávky [1], [3]

U zápustkových výkovků se dělí přidávky na přidávky technologické a na přidávky na obrábění.

Obecně slouží přidávky pro zajištění požadované přesnosti rozměrů a kvality povrchu. Při výrobě zápustkových výkovků se zvětšují o přidávky jmenovité rozměry.

#### ➤ Přidávky na obrábění

Přidávky na obrábění slouží především k dosažení rozměrové přesnosti, jakosti a hladkosti povrchu, zejména u součástí, které jsou tepelně zpracovány nitridováním, cementováním, kalením apod.

Vrstva, která vznikne na výkovku po vykování, je drsná a pokryta okujemi. Přidávky na obrábění slouží tedy k odstranění této nekvalitní vrstvy. Kvalita povrchu finálního výkovku je závislá především na povrchu zápustky, čištění okují a způsobu ohřevu. Okuje se odstraňují z výkovku pískováním, mořením nebo také otloukáním v bubnu.

Velmi úzce také ovlivňují velikost přídavek povrchové vady výkovku. Jedná se zejména o trhliny, šupiny a bubliny, které jsou hlavními činiteli při zmetkovitosti výkovku.

K dostatečnému odstranění všech povrchových vad, se přídávky na obrábění na plochu určují podle rozměrů výkovku.

#### ➤ **Přidávky technologické**

Finální součásti nemusejí být vždy vhodné k zápusťkovému kování pouze s přídávky na obrábění. Proto se tvar součásti upravuje o technologické přídávky. Jedná se zejména o úkosity bočních ploch, zvětšení tloušťek stěn žeber a zaoblení hran.

### 3.2.5 Úkosity zápusťkových výkovků [3], [9], [13]

Boční úkosity zápusťkových výkovků se určují dle druhu tvářecího stroje a tvaru výkovku. Volí se na stěnách výkovku kvůli dobrému vyjmutí výkovku ze zápusťky. Rozdělení vnějších a vnitřních úkosů je zobrazeno v tab. 4 a tab. 5. Dutiny a vnější plochy se volí obvykle větší než pro plochy vnější z důvodu toho, že je snaha výkovku při chladnutí svírat stěny zápusťky.

Boční úkosity se řadí mezi přídávky technologické, které vždy zvětšují přídávky na obrábění. Určují se dle normy ČSN 42 9030 a ČSN 42 9240 pro hliníkové výkovky. Je nezbytně nutné dbát na dokonalé zatečení kovu do dutiny zápusťky a na očištěný povrch od okují, aby nedocházelo ke zmenšování v rozích a na hranách výkovku, kde jsou přídávky minimální.

Tab. 4 Úkosity [9]

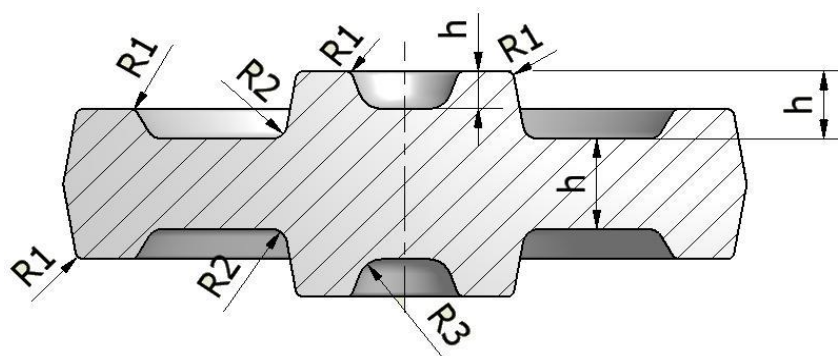
	vnější	vnitřní
Zápusťkové výkovky se běžně vyrábějí s úkosity	3°	7°
Vzhledem k rozdílné úrovni technologického zařízení výrobců se dovolují úkosity	7°	10°
Pro buchary a lisý bez vyhazovače		
Lisý s vyhazovačem	2° až 3°	3° až 5°
Vodorovné kovací stroje	0 až 5°	0 až 5°

Tab. 5 doporučené hodnoty úkosů [13]

Úkos – údaje ve stupních	Vnější	Vnitřní
U výkovku z Al slitin	3 až 7	7 až 10
U výkovků z Cu slitin	1 až 5	1 až 10

### 3.2.6 Poloměry zaoblení hran a přechodů [5], [13]

Volí se podle velikosti výkovku. Ostré hrany a rohy způsobují opotřebení zápusťky, z tohoto důvodu se volí na výkovek zaoblení hran a rohů. Jestliže se zvolí velká zaoblení, zvýší se spotřeba kovu, ale zvýší se životnost zápusťky. Naproti tomu malá zaoblení způsobí nedostatečné zatečení kovu do rohů v dutině zápusťky. Uvedené hodnoty v tab. 6 jsou zobrazeny na obr. 9 a platí pro neobráběné hrany výkovků dle normy ČSN 42 9240.



Obr. 9 zaoblení hran a přechodů

Tab. 6 Zaoblení hran  $r$  a přechodů  $R$  výkovku [13]

Výška $h$	Od						
	-	4	10	25	40	63	100
	Do						
	4	10	25	40	63	100	-
<b>Zaoblení hran R1</b>	2,0	2,0	2,5	3,0	4,0	6,0	10,0
<b>Zaoblení přechodů R2</b>	3,0	4,0	6,0	10,0	15,0	25,0	35,0
<b>Zaoblení výplní R3</b>	4,5	6,0	8,0	12,0	15,0	20,0	25,0

### 3.2.7 Ohřev kovu [1], [3], [6]

Tvářecí teploty se dosahuje pomocí ohřevu, při co nejkratším čase, bez narušení povrchové a vnitřní vrstvy budoucího výkovku. Pomocí ohřevu se snižuje deformační odpor a zvyšuje se tvařitelnost, což příznivě ovlivňuje celý proces tváření (životnost nástrojů, energetickou náročnost tváření).

#### ➤ Ohřívací zařízení pro zápusťkové kování

Ohřev materiálu se uskutečňuje pomocí pecí. Ohřívací pece se mohou rozdělit do dvou skupin podle zdroje tepla, a to na pece plynové a pece elektrické.

Plynové pece:

- Karuselové
- Talířové
- Komorové pece průchozí, zejména pece strkací
- Komorové pece
- Štěrbínové pece

Pece elektrické:

- Odporové
- Indukční

Slitiny hliníku se ohřívají nejčastěji za pomoci elektrických pecí, ale také pomocí průběžných plynových pecí. Při výběru ohřívacího zařízení se zohledňuje především velikost součásti, tvar, a materiál součásti.

- **Plynové pece** – jsou charakteristické především rovnoměrným ohřevem materiálu, pomocí proudících plynů, které jsou předehřívány nejčastěji pomocí rekuperace teplem spalin, odcházejících z pecí. Zařízení jsou velmi prostorově náročná a složitá.

- **Indukční pece** – princip indukčního ohřevu spočívá v ohřátí kovových materiálů bez dotyku, za pomoci cívky, ve které prochází střídavý proud a indukují se magnetickým polem vířivé proudy. Teplo, které vzniká na povrchu materiálu, proniká do středu. Je-li nastavena vysoká frekvence proudění, průnik do středu materiálu se snižuje. Součástí indukčního ohřevu je i strkací zařízení, které zabezpečuje neustálý průchod materiálu cívkou. Výhodou indukčního ohřevu je malé zokoujení povrchu (u slitin hliníku se neuvažuje), pohotovost zařízení, malá prostorová náročnost na umístění zařízení.

### 3.2.8 Smrštění výkovku po kování [2], [3]

Dutiny zápusťek a jejich rozměry jsou navrhovány s ohledem na roztažnost tvářeného materiálu za tepla, tzn. že všechny rozměry, které jsou větší než 10 mm se zvětší o hodnotu smrštění (pro slitiny Al je smrštění od 0,6 do 1,0 %).

Podle následujícího vzorce se určuje zvětšení rozměru výkovku ohřevem:

$$\Delta l = l_0 \alpha \cdot (t_1 - t_0) \quad [mm] \quad (3.5)$$

- kde  $\Delta l$ .....hodnota zvětšení délky [mm],  
 $l_0$ .....délka výkovku při +20°C [mm],  
 $\alpha$ .....střední koeficient tepelné roztažnosti,  
 $t_1$ .....dokovací teplota [°C],  
 $t_0$ ..... teplota okolí (20°C).

### 3.2.9 Dělicí rovina výkovků

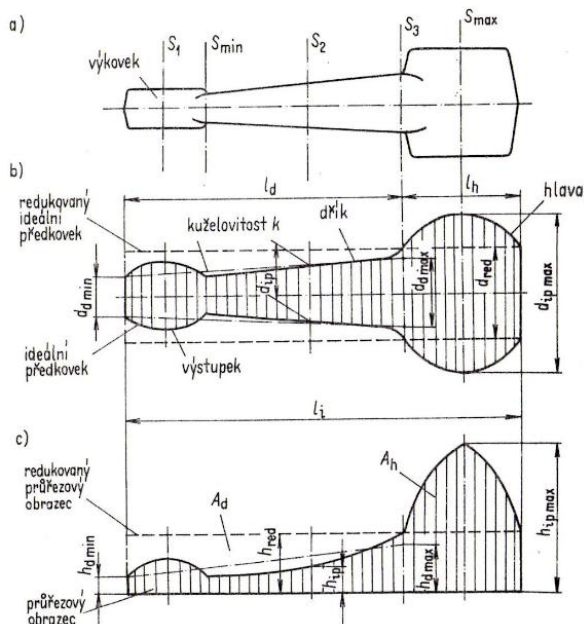
Dělicí rovina rozděluje dutinu zápusťky na dvě části a tím usnadňuje snadné vyjmutí výkovku z dutiny zápusťky. Rozdělení dutiny pro kování výkovku by mělo být symetrické a rovinné z konstrukčních důvodů. V dělicí rovině je také umístěna výronková drážka.

### 3.2.10 Ideální předkovek [1], [4]

Při konstrukci ideálního předkovku (Obr. 10) se vychází z výkresu výkovku. Snahou je, přiblížit se co nejvíce tvaru a velikosti vyráběného předkovku v praxi.

#### ➤ Postup návrhu ideálního předkovku:

- Dle složitosti výkovku se určí průřezové čary (čím složitější tvar, tím více řezů) a určí se jejich plocha.
- Určené plochy z průřezů se převedou na plochy kruhů a následně se jejich průměry vynesou na společnou osu. Finální tvar ideálního předkovku se získá spojením koncových bodů. Průřez polotovaru následně určuje největší průměr získaného předkovku.



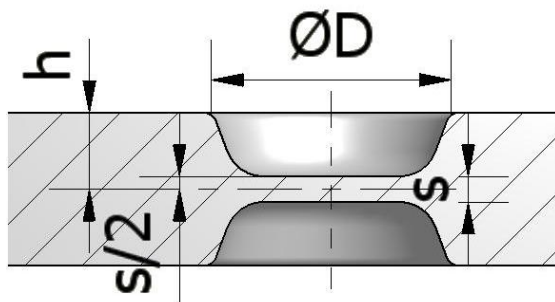
Obr. 10 Sestrojení ideálního předkovku [1]

a) výkovek, b) ideální předkovek, c) průřezový obrazec

➤ Výroba předkovků může probíhat několika následujícími způsoby:

- Volným kováním
- Použitím předkovací dutiny zápustky
- Kováním na kovacích válcích
- Klínové válcování

**3.2.11 Předkování děr [2], [3]**



Obr. 11 Kovací blána

Předkování děr se používá tam, kde je zapotřebí zhotovit průchozí otvor. Předkováním se zhotovuje tzv. kovací blána (Obr. 11). Kovací blána se navrhuje spíše u děr o větších průměrech. Blány, které se zhotoví, lze následně prostříhovat na děrovadle. Uspoří se tím čas i materiál.

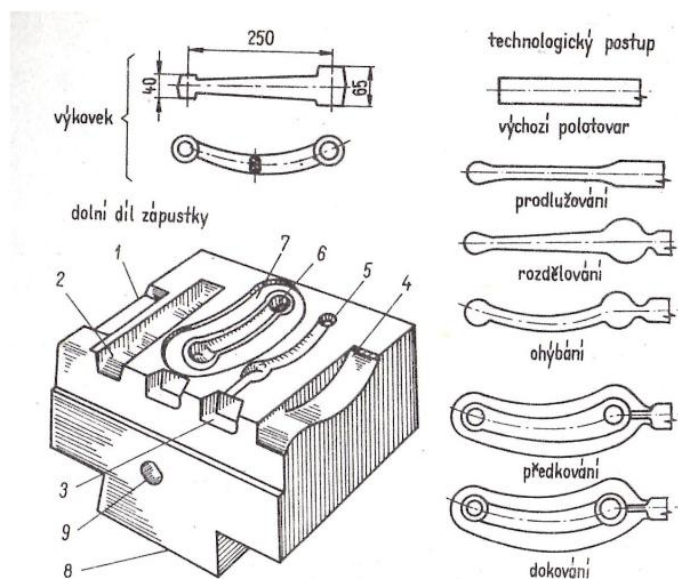
**3.2.12 Zápustkové dutiny [1], [2], [3]**

Zápustkové dutiny jsou rozdílné pro kování na bucharech a kování na lisech.

➤ **Zápustkové dutiny pro kování na bucharech**

Zápustkové dutiny pro postupové kování na bucharech (Obr. 12) mohou zahrnovat několik technologických operací. Jsou to především operace předkovací a kovací.

Předkování probíhá v přípravných dutinách a kove se vždy několika údery po vzájemném dosednutí zápustek.



1 – prodlužovací dutina; 2 – rozdělovací dutina; 3 – vybrání pro úchytku; 4 – ohýbací dutina; 5 – předkovací dutina; 6 – dokovací dutina; 7 – výronková drážka; 8 – kořen; 9 – díra pro manipulační kolík

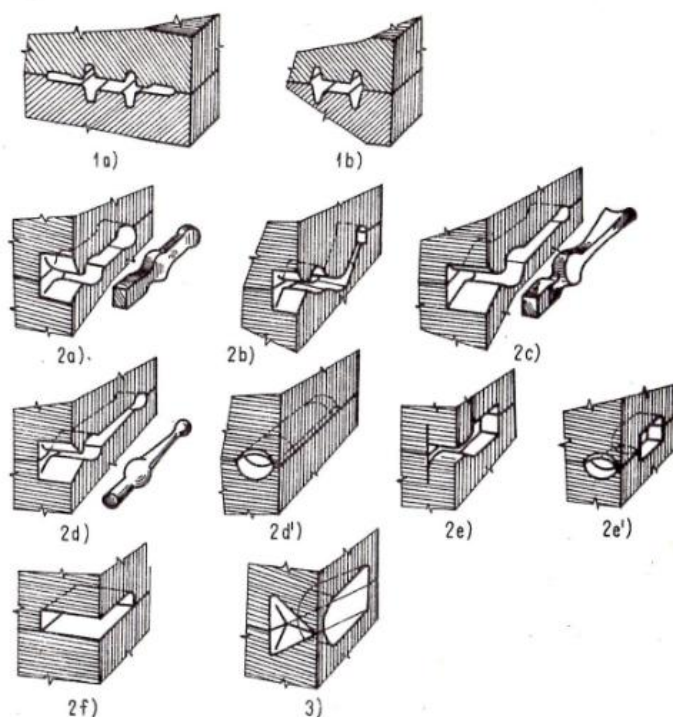
Obr. 12 Postupové kování v bucharové zápustce [1]

➤ **Dokončovací dutiny**

- Kovací dutina (Obr. 13 – 1a) – slouží ke tváření výkovku na jeho konečný tvar dle výkresu. Kovací dutina je po obvodu tvořena výronkovou drážkou.
- Předkovací (Obr. 13 – 1b) – používá se zejména z důvodu snížení opotřebení dokončovací dutiny na minimum. Předkovací dutina není tvořena výronkovou drážkou z důvodu usnadnění kování a nemá ostré hrany, pouze zaoblené.

➤ **Přípravné dutiny**

- Tvarovací dutina (Obr. 13 – 2a) – slouží pro udělení tvaru z polotovaru na předběžný tvar hotového výkovku v dělicí rovině.
- Ohýbací dutina (Obr. 13 – 2b) – používá se pro ohýbání polotovaru na tvar výkovku. Při ohýbání je nutné podepřít polotovar nebo předkovek na dvou místech.
- Zužovací dutina (Obr. 13 – 2c) – tato dutina slouží pro přemísťování materiálu polotovaru ve směru podélné osy za pomoci jednoho úderu bez otáčení.
- Rozdělovací dutina (Obr. 13 – 2d,d') – tato dutina slouží, stejně jako dutina zužovací, k přemísťování materiálu ve směru podélné osy, avšak za použití několika úderů pomocí pootočení o 90°.
- Prodlužovací dutina (Obr. 13 – 2e,e') – tato dutina slouží k prodloužení materiálu a zúžení průřezu v místech kde se to vyžaduje. Dutiny mohou být uzavřené nebo otevřené. Princip prodlužování je podobný jako u volného kování.
- Pěchovací dutina (Obr. 13 – 2f) – tato dutina se používá pro napěchování materiálu před dokončovacím kováním. Všechny hrany musí být zaobleny a plocha pro napěchování musí být dostatečně velká.
- Odsekávací dutina (Obr. 13 – 3) – tato dutina, někdy nazývaná jako utínka, slouží k odsekávání finálního výkovku od tyče, ze které se kove více výkovků najednou. Na zápustce se nejčastěji umísťuje šikmo na rohu zápustky.



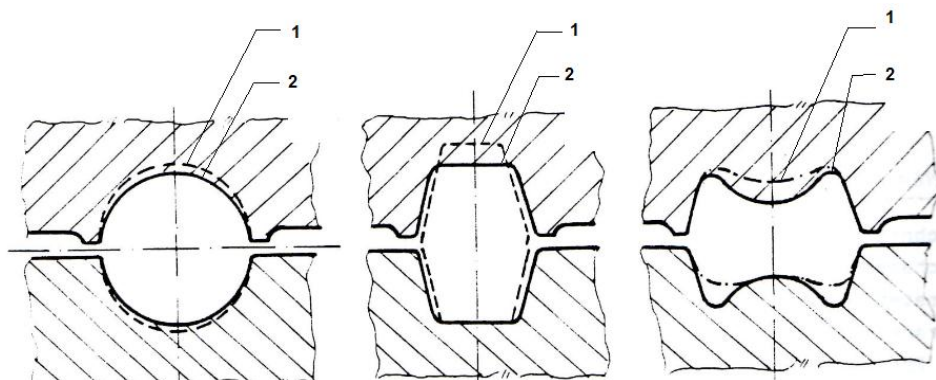
Obr. 13 Základní kovací dutiny [1]

➤ **Zápustkové dutiny pro kování na svislých kovacích lisech**

Kování na svislých kovacích lisech je od kování na bucharech odlišné tím, že probíhá za působení klidného tlaku a každá operace probíhá na samostatné zápustce při jednom zdvihu beranu. Nelze tedy při tomto druhu kování uplatnit některé přípravné operace, jako např. prodlužování nebo rozdělování. Konstrukce lisu obvykle umožňuje umístění tří zápustek vedle sebe v pracovním prostoru.

➤ U kování na lisech rozeznáváme dva druhy zápustkových dutin (Obr. 14):

1. Předkovací dutina – tato dutina slouží k vytvoření přibližného tvaru, který vznikne v dokončovací dutině. Předkovací dutina umožňuje některé přípravné operace, jako jsou kování pýchováním, vytlačováním nebo ohýbáním. Předkovací dutina se zhotovuje zpravidla užší než dokončovací, a to z důvodu toho, aby předkovek dostatečně došel na dno dokončovací dutiny.
2. Dokončovací dutina – jedná se o stejnou dutinu jako u kování na bucharech, kde se také vychází z výkresu, avšak s rozdílnými úkosy, přídatky na obrábění, odlišnou výronkovou drážkou a také zvětšením o přídavek na smrštění.



Obr. 14 Tvary předkovacích a kovacích dutin [2]

**3.2.13 Rozměry zápustek [9], [10]**

Rozměry zápustek jsou rozdílné pro buchary a pro lisy. V obou případech se základní rozměry určují dle příslušných norem ČSN.

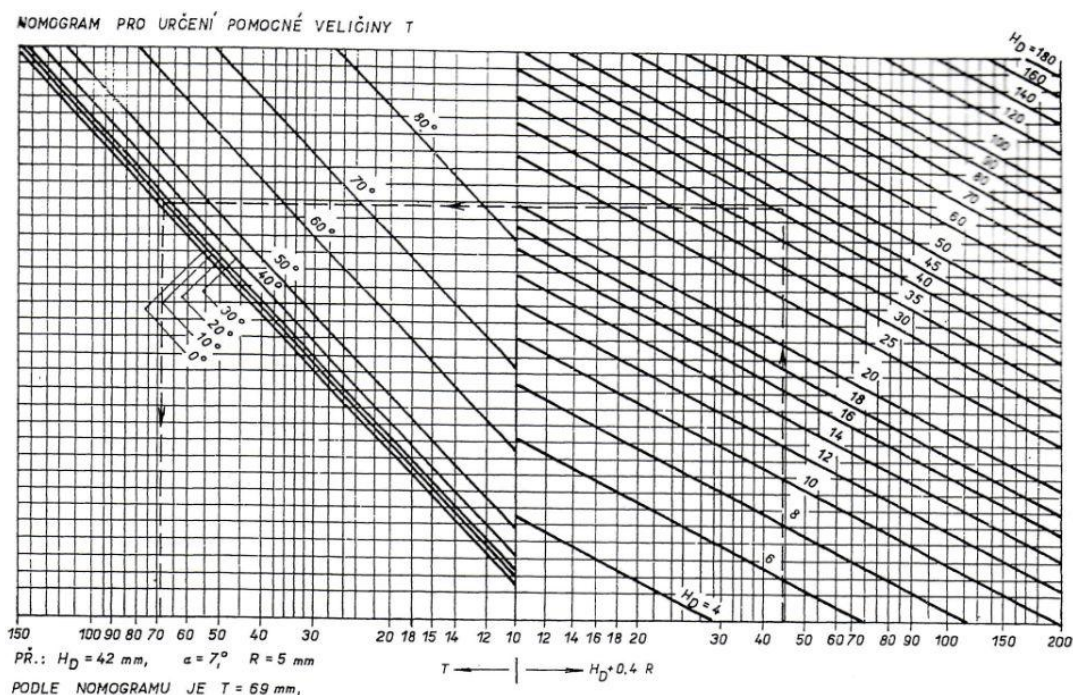
Při určování pomocné veličiny  $T$ , která je závislá na poloměru  $R$  ve spodní části dutiny, hloubce dutiny  $H_D$  a úhlu  $\alpha$ , pro výpočet minimální vzdálenosti  $S_1$  mezi jednotlivými dutinami, se určí z nomogramu (Obr. 15). [9]

➤ **Rozměry zápustek pro buchary [9]**

Na stanovení rozměrů má vliv:

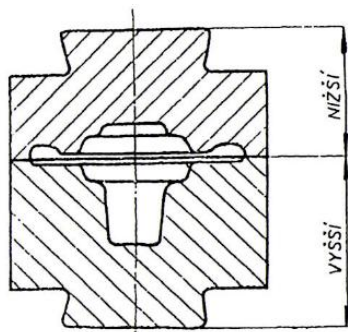
- a) rozměry výkovku včetně výronku,
- b) jakost materiálu výkovku,
- c) minimální vzdálenost  $S$  dutiny od okraje zápustky,
- d) hloubka dutiny,
- e) minimální vzdálenost  $S_1$  mezi jednotlivými dutinami,
- f) předpokládaný počet obnov,
- g) upínací možnosti bucharu,
- h) velikost dosedací plochy,
- i) vedení zápustky.



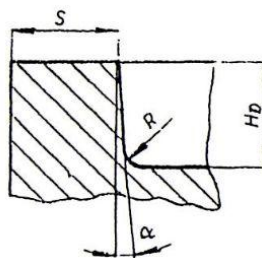


Obr. 15 Nomogram pro určení pomocné veličiny T [9]

Při rozdílných hloubkách dutiny v horním i spodním dílu zápustky se umístí dělicí plocha do sevřené výšky zápustek tak, aby využití obou dílů zápustek bylo stejné (Obr. 16).



Obr. 16 Využití dílů zápustek [9]



Obr. 17 Vzdálenost dutiny S [9]

Vzdálenost dutiny S od okraje zápustky určujeme dle obr. 17 a nomogramu (Obr. 15).

$$S \geq T [\text{mm}] \quad (3.6)$$

kde  $S$ .....vzdálenost od okraje [mm],

$T$ .....pomocná veličina [mm].

Vzdálenost mezi jednotlivými dutinami  $S_1$  se stanoví dle následujících variant:

a) Veličina T se stanoví dle dutiny s menší hloubkou (Obr. 18a)

$$S_1 \geq T \cdot \cos \alpha_1 [\text{mm}] \quad (3.7)$$

kde  $S_1$ .....vzdálenost mezi dutinami [mm]

$T$ .....pomocná veličina [mm]

b)  $R > H_D$ , vychází-li  $S_1$  podle výpočtu menší než 10, stanoví se hodnota 10 jako mezní (Obr.18b).

$$S_1 = T \cdot \cos \alpha_1 [\text{mm}] \quad (3.8)$$

c)  $R = H_D$  (obr. 18c)

$$S_1 \geq (9,3 \cdot \sqrt{R} - 7) \cdot \cos \alpha_1 [mm] \quad (3.9)$$

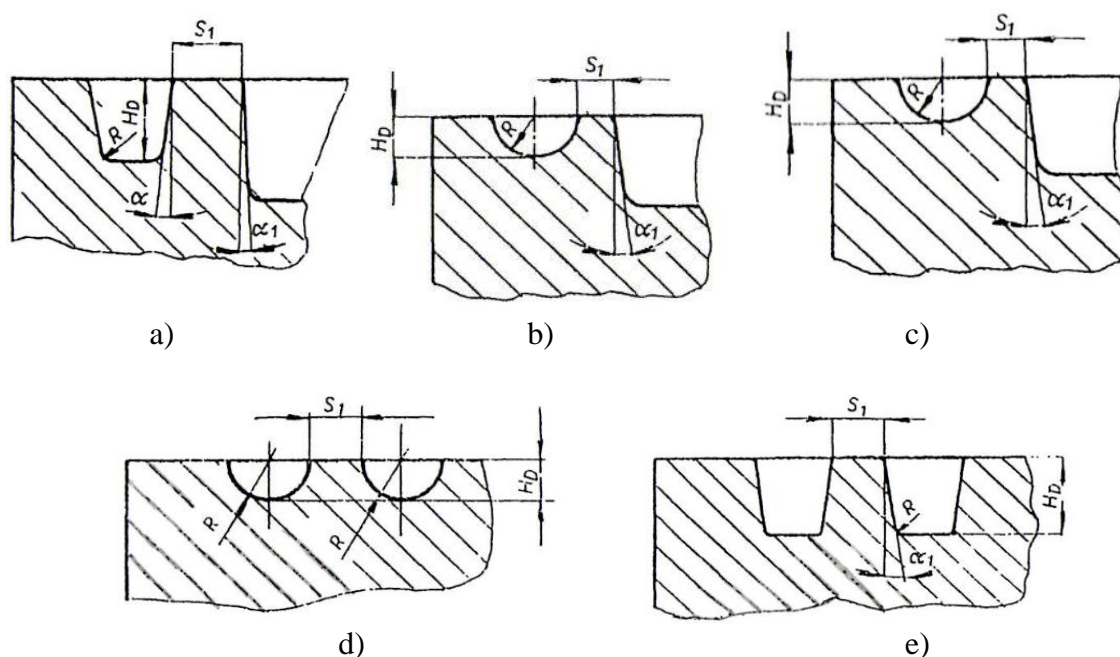
kde  $R$ .....poloměr [mm]

d)  $R = H_D$  (shodný tvar) (Obr. 18d)

$$S_1 \geq 0,8 \cdot (9,3\sqrt{R} - 7)[mm] \quad (3.10)$$

e) Současné kování více kusů (Obr. 18e)

$$S_1 \geq 0,6T \cdot \cos \alpha_1 [mm] \quad (3.11)$$



Obr. 18 Druhy vzdáleností mezi dutinami [9]

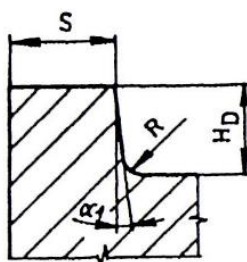
➤ **Rozměry zápustek pro svislé kovací lisý [10]**

Na stanovení rozměrů má vliv:

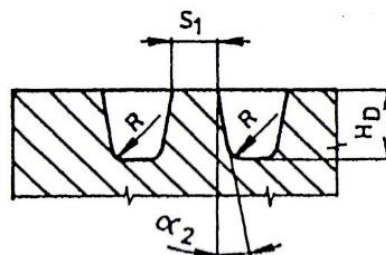
- Rozměr výkovku včetně výronku
- Jakost materiálu výkovku
- Minimální vzdálenost  $S$  dutiny od okraje zápustky – pro hranolovité zápustky
- Minimální vzdálenost  $S_1$  mezi jednotlivými dutinami – pro hranolovité zápustky
- Předpokládaný způsob a počet obnov
- Upínací možnost lisu (držáku zápustek)
- Vedení zápustek

Pro nekruhové zápustky je nejmenší vzdálenost  $S$  dutiny od okraje zápustky (Obr. 19):

$$S = T [mm] \quad (3.12)$$



Obr. 19 Vzdálenost od okraje zápusky [10]



Obr. 20 Vzdálenost mezi dutinami [10]

Při současném kování více kusů se vzdálenost  $S_1$  mezi dutinami (Obr. 20) stanoví vzhledem k oboustrannému tlaku:

$$S_1 \geq 0,6T \cdot \cos \alpha_1 \text{ [mm]} \quad (3.13)$$

U kruhových zápusetek (Obr. 21) platí následující vztahy pro:

- předkovací zápusťky

$$D \geq D_D + 0,2(D_D + H_D) + 5 \text{ [mm]} \quad (3.14)$$

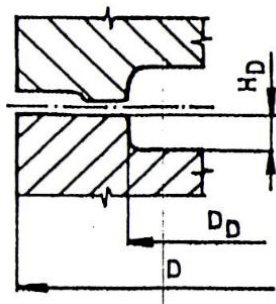
kde  $D_D$ .....průměr výkovku [mm],

$H_D$ .....hloubka dutiny [mm],

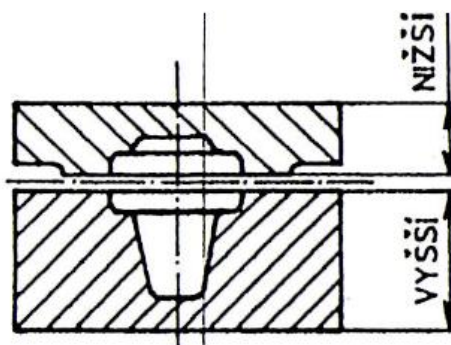
$D$ .....průměr zápusťky [mm].

- dokončovací zápusťky

$$D \geq D_D + 0,4(D_D + H_D) + 10 \text{ [mm]} \quad (3.15)$$



Obr. 21 Kruhová zápusťka [10]



Obr. 22 rozdílné výšky zápusťek [10]

Výška  $H$  zápusťek se stanovuje s ohledem na způsob opravy zápusťek. Výšky horního a spodního dílu zápusťky se vyrobí s mezními úchylkami:

- dokončovací zápusťka  $\pm 0,1$  mm
- předkovací zápusťka  $\pm 0,2$  mm

Při rozdílných hloubkách dutiny v horním a dolním dílu zápusťky, se dělicí plocha umístí do sevřené výšky zápusťek tak, aby využití obou dílů zápusťek bylo stejné (Obr. 22).

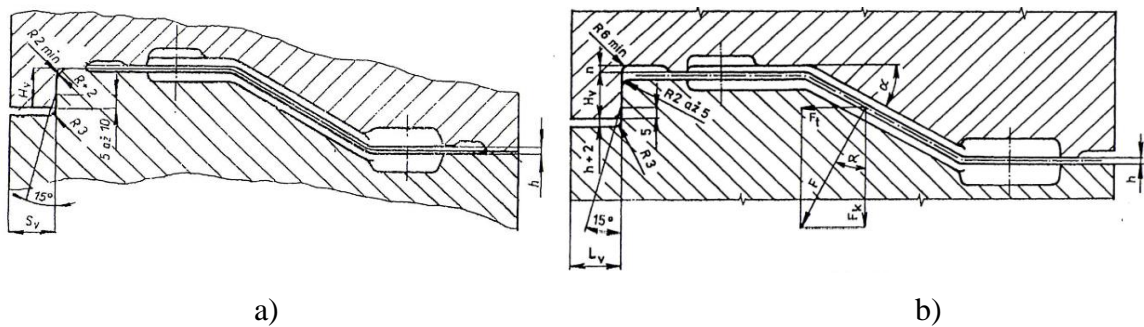
Výška  $H$  zápusťek se zvětší s ohledem na počet obnov snižováním zápusťky. Snižovaná zápusťka se pak před montáží na lis podkládá.

### 3.2.14 Vedení zápustek a středění zápustek [2], [9], [10]

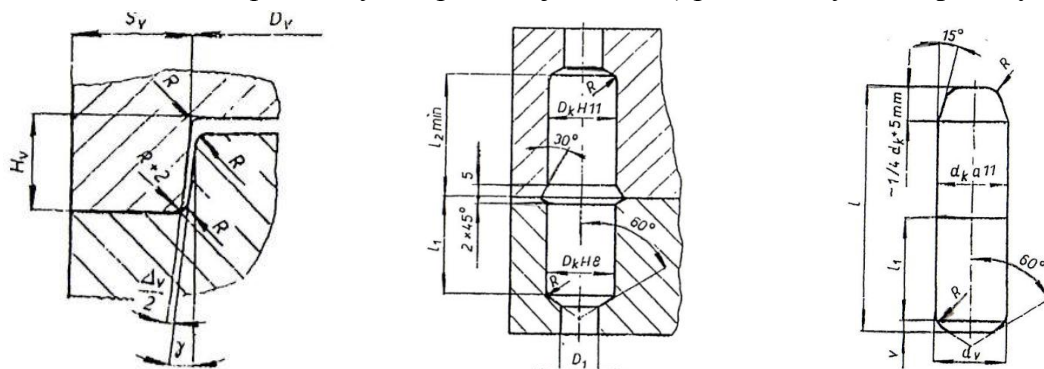
Vedení zápustek je velmi důležité v případech, chceme-li dodržet přesnost a kvalitu požadovaného výkovku.

Rozeznáváme čtyři druhy vedení:

- kruhové (Obr. 24),
- podélné, příčné, křížové,
- zámky pro zachycení posouvajících sil (Obr. 23),
- vodící kolíky (Obr. 25, 26).



Obr. 23 zámek pro zachycení posouvajících sil a) pro buchary[9]; b) pro lisy[10]



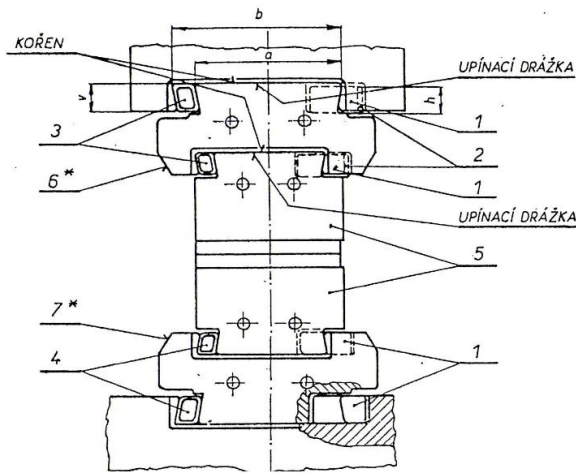
Obr. 24 Kruhové vedení [9] Obr. 25 otvor pro vodící kolík[9] Obr. 26 vodící kolík[9]

Středění zápustek je nejčastěji za pomoci vodících kolíků, obvodového vedení, obdélníkového vedení, křížového vedení a bočního vedení. Při kování má středění zápustek za úkol zabránění vzájemnému posunutí zápustek.

Vodící kolíky – navrhují se minimálně po dvou až čtyřech kusech. Střed dutiny se navrhuje tak, aby protínal střed spojnice nebo ležel na průsečíku spojnic vodících kolíků. Z bezpečnostních důvodů se nedoporučuje použití vodících kolíků u postupových zápustek.

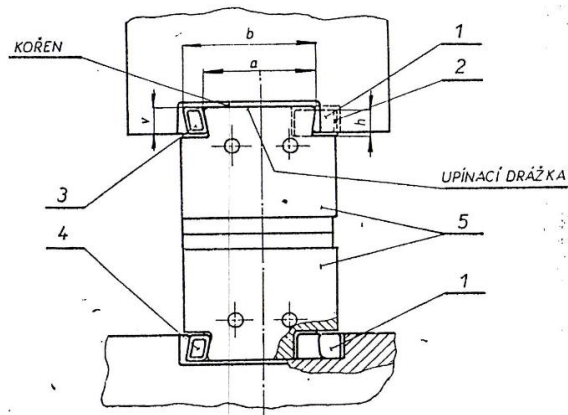
### 3.2.15 Upínání zápustek u bucharů [1], [2], [3], [11]

Upínání zápustek je navrhováno pomocí kořene zápustky (rybiny) a upínací (rybinovité) drážky, která je umístěna na beranu i na šabotě. K bočnímu upevnění zápustky slouží klín, který je zajištěn perem, které brání v podélném osovém posunutí.



a)

Návrh upínání zápustek pro buchary se řeší za pomoci normy pro padací a parovzdušné buchary ČSN 21 1413. Dva druhy upínání jsou zobrazeny na obr. 27.



b)

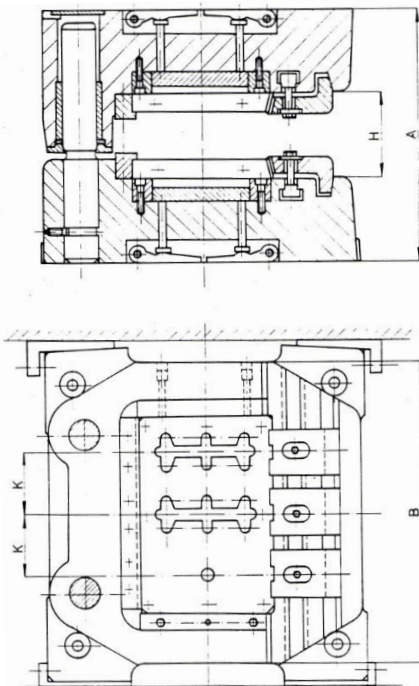
Obr. 27 Upínání zápustek [11]

a) pomocí držáků,

b) bez držáků.

1 – pero; 2 – příložka; 3 – klín H; 4 – klín S;  
5 – zápustka; 6\* - horní držák; 7\* - spodní držák

### 3.2.16 Upínání zápustek u svislých klikových kovacích lisů [1], [2], [3], [12]



Upínání zápustek u svislých klikových kovacích lisů je uskutečňováno pomocí upínacích držáků. Podle použitého držáku se určují rozměry zápustek. Výška zápustek a držáků je podmíněna sevřením. Horní a spodní díl držáku zápustek je zajištěn pomocí šroubů. Konstrukce zápustek je u lisů méně objemná, než u bucharů. V převážné většině je zápustka tvořena vložkami vloženými do univerzální obímky.

Návrhem upínání zápustek pro svislé klikové lisy se řeší za pomoci normy ČSN 21 1420. Konstrukce upínacího držáku je zobrazena na obr. 28.

Obr. 28 Konstrukce upínačů [2]

### 3.2.17 Volba kovacího stroje [1], [3], [9]

Při volbě kovacího stroje se zvažují zejména aspekty, které se týkají návrhu výkovku, technologického postupu výroby výkovku a požadovaného počtu výkovků. Z návrhu výkovku se hodnotí převážně tvar a velikost výkovku. Z technologického postupu výroby výkovku se hodnotí záležitosti týkající se způsobu kování, tzn., je-li předepsáno volné či zápustkové kování, a případné volby nástrojů. Z požadovaného počtu kusů se bere v úvahu zejména fakt, jestli je daný stroj schopen zhotovit zadanou sérii výkovků a zda není výroba ztrátová.

**Kováním na bucharech** se výkovek zhotovuje na několik úderů. Navrhuje se převážně z důvodu možnosti kování komplikovaných výkovků, kde se využívá dobrá stoupavost materiálu, a možnosti použití postupových zápustek kde je možné aplikovat mnoho přípravných operací včetně např. prodlužování, odsekávání nebo ohýbání.

**Kování na klikových lisech** se oproti bucharu odlišuje tím, že kování probíhá na jeden zdvih klidným tlakem a jednotlivé operace probíhají v samostatné zápustce. Výhodou kovacíh lisů je použití vyhazovačů, tzn. použití menších úkosů, a větší přesnost kování. Nevýhodou je pak možnost zalisování okují, které vznikají při ohřevu.

**Kování na vřetenových lisech** se vyznačují univerzálností použití na různé druhy materiálů. Používá se především v malosériové výrobě a lze na těchto lisech provádět operace rovnání, kalibrování, děrování, stříhání a protlačování. Při volbě těchto lisů vycházíme z podobných zásad jako při volbě bucharů. Jejich nevýhodou je, že kování může probíhat pouze v jednodutinové zápustce a také že při kování vzniká poměrně větší výronek než například u kování na klikových lisech.

#### ➤ Určení velikosti bucharu [9]

Při určování velikosti bucharu se vychází z normy ČSN 22 8308.

Velikost bucharu je závislá na potřebné práci  $A$  posledního úderu, kdy je odpor tvářeného materiálu proti deformaci největší.

#### a) výpočet práce pro kruhový výkovek:

$$A = 18 \cdot (1 - 0,005 \cdot D_D) \cdot \left(1,1 + \frac{2}{D_D}\right)^2 \cdot (0,75 + 0,001 \cdot D_D^2) \cdot D_D \cdot \sigma_s \quad [J] \quad (3.16)$$

kde  $D_D$ .....průměr výkovku [cm],

$\sigma_s$ .....pevnost materiálu za kovací teploty [MPa].

#### b) výpočet práce pro nekruhový výkovek:

Použije se stejného vzorce jako pro výpočet kruhových výkovků, avšak místo hodnoty  $D_D$  se dosadí hodnota  $D_{Dred}$ :

$$D_{Dred} = 1,13\sqrt{F_D} \quad [cm] \quad (3.17)$$

kde  $D_{Dred}$ .....průměr výkovku redukovaný [cm],

$F_D$ .....průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu [cm].

$$A_n = A \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L_D}{B_{Dstřed}}}\right) \quad [J] \quad (3.18)$$

kde  $A_n$ .....práce posledního úderu pro neredukovaný výkovek [J],

$A$ .....práce posledního úderu pro kruhový výkovek [J],

$L_D$ .....délka výkovku [cm],

$B_{Dstřed}$ .....střední šířka výkovku [cm].

### c) určení střední šířky výkovku

$$B_{Dstřed} = \frac{F_D}{L_D} \text{ [cm]} \quad (3.19)$$

kde  $L_D$ .....délka výkovku [cm]

$F_D$ .....průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu [cm]

Tab. 7 Výpočet hmotnosti beranu [9]

Výkovek	Buchar	
	jednočinný	dvojčinný
kruhový	$m = \frac{A}{1,1}$	$m = \frac{A}{1,8 - 2,8}$
nekruhový	$m = \frac{A_n}{1,1}$	$m = \frac{A_n}{1,8 - 2,8}$

#### ➤ Určení velikosti lisu

Při určování velikosti lisu lze postupovat několika metodami určení, avšak výstupy metod mohou být od sebe odlišné. Výpočtem kovací síly se blíže zabývá norma ČSN 22 8306. Pro osově souměrné výkovky, lze použít vztah podle Brjuchanova – Reblského:

$$F = 8(1 - 0,001 \cdot D) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{D}\right)^2 \cdot \sigma_s \cdot S_d \text{ [N]} \quad (3.20)$$

kde  $D$ .....průměr výkovku [mm]

$\sigma_s$ .....přirozený přetvárný odpor [MPa]

$S_d$ .....plocha průmětu do dělicí roviny zápustky [mm<sup>2</sup>]

### 3.2.18 Srovnání kování na lisech versus kování na bucharech [1], [2], [3]

Rozdílů mezi kování na lise a kováním na bucharu je mnoho. Níže jsou zhodnoceny všechny aspekty pro jejich volbu.

#### ➤ **Buchary**

Prvním hlediskem odlišným od zápustkového kování na lisu je princip. Principem zápustkového kování na bucharu je působení rázové síly na výkovek, který je uložený v zápustce.

- Síla - Kování probíhá na několik úderů jdoucích po sobě za pomoci rázové síly. Počet úderů se určuje dle složitosti a velikosti výkovku.
- Zápustka - od zápustek pro lisy se odlišuje tím, že je zhotovena z jednoho kusu materiálu, a že na ni lze uplatnit i předkovací operace, které nelze provádět na lisu (prodlužování, rozdělování). Ale v některých případech se z důvodu životnosti a z ekonomického hlediska přistupuje k vložkování zápustek.
- Upínání zápustek - neděje se pomocí držáku, jako u lisu, nýbrž pomocí tzv. rybino-vité drážky.
- Vyhazovače – u bucharu nelze z konstrukčních důvodů použít vyhazovače.
- Okuje - při kování na bucharech je díky rázové síle, menší riziko zakování do povrchu výkovku.

#### ➤ Druhy bucharů pro zápustkové kování:

- Padací buchary
- Dvojčinné zápustkové buchary
- Protiúderové buchary

➤ **Kovací lisy**

Princip kování na mechanických kovacíh lisech je ten, že se každá samostatná operace vykonává při jednom pracovním zdvihu.

- Síla – kování probíhá za působení klidného tlaku.
- Zápustka – od zápustek pro buchary se liší tím, že se dutiny nezhotovují do zápusťkových bloků, nýbrž do zápusťkových vložek.
- Upínání zápustek – děje se pomocí upínacích držáků, které jsou upnuty na spodní desku a na smýkadlo lisu.
- Vyhazovače – lisy jsou uzpůsobeny oproti bucharům k použití vyhazovačů. Ty umožňují snadné vyjmutí výkovku ze zápusťky, a možnost použití menších úkosů a přídavků.
- Okuje – u kování na lisu hrozí zakování do povrchu výkovku. Zabránit lze tomu indukčním ohřevem.

➤ Druhy lisů pro zápusťkové kování:

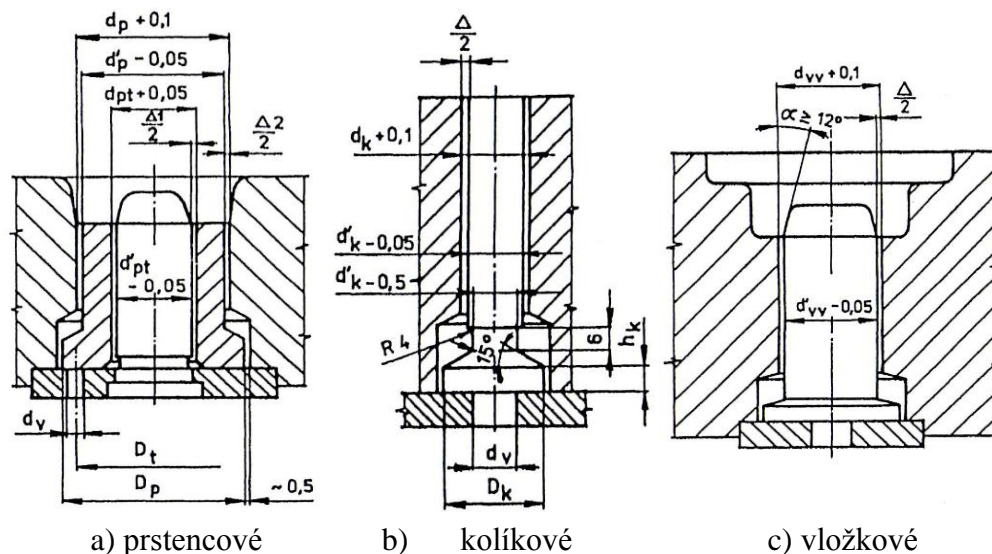
- Vřetenové lisy
- Svislé klikové kovací lisy
- Vodorovné klikové kovací lisy
- Hydraulické lisy pro zápusťkové kování

Použití stroje pro zápusťkové kování je individuální a závisí především na charakteru kované součásti, charakteru výrobní haly (výrobní linky) a finančních prostředcích firmy.

**3.2.19 Vyhazovače [2], [10]**

Při návrhu vyhazování výkovku se řídíme normou ČSN 22 8306. Vyhazovače jsou určeny pro kování na lisech a umožňují snadné vyjmutí výkovku z dutiny zápusťky a zamezení ulpívání výkovku v dutině zápusťky. Ulpívání je způsobeno převážně špatným mazáním zápustek, špatným návrhem úkosů, členitostí výkovku, a třením. Umisťují se dle potřeby do horní, dolní, nebo obou částí zápusťky.

➤ Rozlišujeme tři druhy vyhazovačů (Obr. 29):



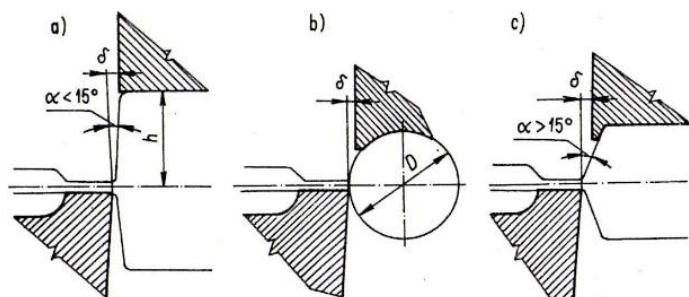
Obr. 29 Druhy vyhazovačů [10]



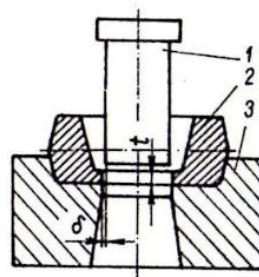
### 3.2.20 Ostříhování zápustkových výkovků [1], [3]

Ostříhování se provádí u výkovků, které jsou vytvářeny v otevřených zápustkách, a které jsou tvořeny výronkem. Pokud je výronek tvořen po obvodu výkovku, jedná se o operaci ostříhování (Obr. 30) a pokud je výronek tvořen uvnitř výkovku, jedná se o děrování (Obr. 31). Dle obsahu uhlíku ve výkovku, složitosti a velikosti výkovku, lze ostříhovat buď za tepla, nebo za studena.

„Výkovky s větším obsahem C než 0,5% se ostříhují za tepla a výkovky s menším obsahem než 0,5% C lze ostříhovat za studena. Větší a složitější výkovky se ostříhují vždy za tepla. K ostříhování a děrování výkovků se používá mechanických a hydraulických lisů.“ [3]



Obr. 30 Základní druhy ostříhovačů [1]

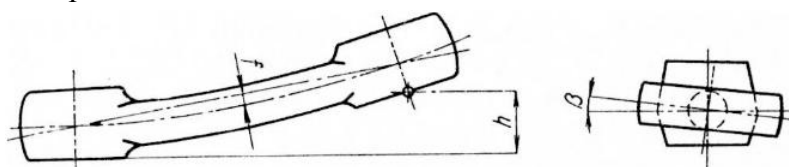


Obr. 31 Děrovadlo [1]

### 3.2.21 Rovnění výkovků [3]

Rovnění výkovků se provádí za tepla i za studena. Rovnění za studena probíhá nejčastěji po tepelném zpracování a rovnění za tepla se provádí během kování a ostříhování.

Ke zkřivení výkovku dochází při pootočení zápustek vůči sobě, při uvíznutí výkovku při vyjímání z dutiny zápustky, při ostříhování výronků nebo při tepelném zpracování. Zkřivení se určuje dle parametrů na obr. 32.



Obr. 32 Zkřivení výkovku [3]

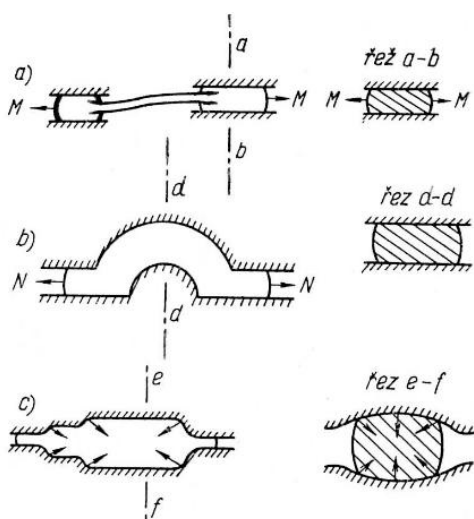
$h$  – křivost;  $f$  – průhyb;  $\beta$  – úhel zkroucení.

Rovnění výkovků probíhá:

- V dokončovacích dutině za tepla,
- V rovnacích nástrojích na ostříhovacích lisech,
- V rovnacích zápustkách za studena.

### 3.2.22 Kalibrování výkovků [3]

Kalibrování se provádí následně po vykování, zajišťuje se tím vysoká přesnost rozměrů a hmotnost. Kalibrování (Obr. 33) se provádí za tepla a za studena.

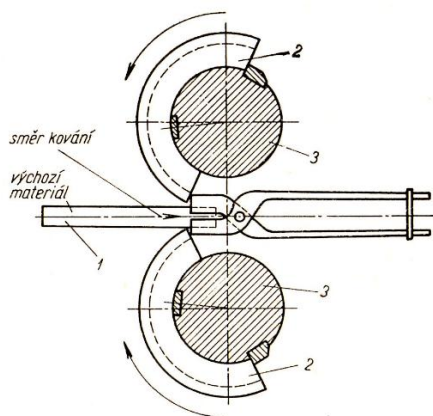


Obr. 33 Kalibrování [3]

a) kalibrování plošné; b) kalibrování sdužené; c) kalibrování objemové.

### 3.2.23 Kování na kovacích válcích [3]

Kovací válce se používají především k vytváření předkovek a jejich prodlužování z výchozího materiálu. Válcování probíhá v několika kalibrech. Příklad kování na kovacích válcích je zobrazen na obr. 34.



Obr. 34 Kování na kovacích válcích [3]

1 – materiál; 2 – zápustka; 3 – válec

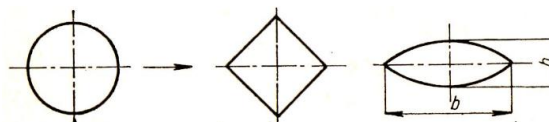
- Kruh – čtverec (úběr mezi 18 -23%) (Obr. 35a)
- Kruh – ovál (úběr až 48%) (Obr. 35b)
- Plocha oválu se vypočítá dle tab. 8.

Kalibrování za tepla lze provádět na strojích pro zápustkové kování, za dosažení podmínky dostatečné přesnosti stroje. Kalibrování probíhá ihned po ostřížení výrobku při jednom ohřevu. Další podmínkou pro správnou funkci kalibrování je stálá teplota kalibrování a tuhost tvářecího stroje a nástroje.

Kalibrování za studena lze provádět především na lisech v kalibrovacích zápustkách. Probíhá až po tepelném zpracování, a je přesnější než kalibrování za tepla.

Kalibrováním lze dosáhnout hladkého a čistého povrchu s přesnými rozměry a přesnou hmotností.

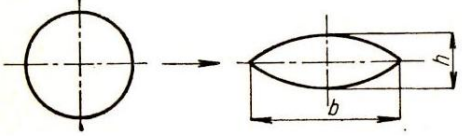
Pokud je výchozí materiál kruhového průřezu (Obr. 35), používá se nejdříve kalibr čtverec, nebo ovál.



Obr. 35 Válcování výchozího materiálu [3]

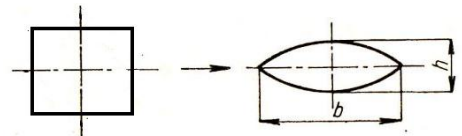
a) kruh-čtverec; b) kruh – ovál.

Tab. 8 Výpočet plochy oválu [3]

Tvar	Úběr [%]	h	b/h
	48	$h = \sqrt{F/2,2}$	3
	45	$h = \sqrt{F/2}$	2,9
	40	$h = \sqrt{F/1,5}$	2,2
	30	$h = \sqrt{F/1,3}$	1,85
	23	$h = \sqrt{F/1,1}$	1,5

Pokud je výchozí materiál čtvercového průřezu, používá se kalibr oválného tvaru (úběr až 48%). Plochu oválu vypočteme dle tab. 9.

Tab. 9 výpočet plochy oválu [3]

Tvar	Úběr [%]	h	b/h
	48	$h = \sqrt{F/2}$	2,9
	45	$h = \sqrt{F/1,8}$	2,65
	40	$h = \sqrt{F/1,5}$	2,2
	35	$h = \sqrt{F/1,33}$	1,9
	30	$h = \sqrt{F/1,17}$	1,65
	25	$h = \sqrt{F/1}$	1,4
	20	$h = \sqrt{F/0,95}$	1,35

### 3.2.24 Materiál zápustek [3]

Materiál zápustek je převážnou částí tvořen ocelí. Na materiál pro zhotovení zápustek jsou kladeny požadavky: [3]

- vysoká pracovní pevnost (tvrdost) za normálních teplot i při vyšších teplotách,
- co největší poměr meze kluzu a pevnost za normálních a vyšších teplot,
- co nejvyšší popouštěcí teploty,
- velká odolnost proti poklesu pevnosti v závislosti na pracovní teplotě a době působení teploty,
- dobrá odolnost proti opotřebení otěrem,
- dobrá prokalitelnost, zejména pro velké zápustky s hlubokými dutinami,
- dostačující houževnatost za normálních teplot i při vyšších pracovních teplotách, hlavně u bucharových zápustek,
- co nejmenší náchylnost k nalepování tvářeného materiálu,
- dobrá odolnost proti tvorbě trhlinek tepelné únavy při střídání teplot na funkční části nástroje,
- malá tepelná roztažnost a co největší tepelná vodivost v širokém rozsahu pracovních teplot nástroje,

- k) nenáročná technologie tepelného zpracování, co nejnižší kalící teploty a co nejvyšší překryštalizační teplota  $A_{c1}$ .
- l) Dobrá obrobiteľnosť a nízka cena oceli.

Nástrojové oceli pro objemové tváření za tepla lze rozdělit na wolframové, chróm-molybdenové, niklové, chrómové, uhlíkové.

Oceli wolframové – Wolframové oceli se používají zejména u výkovků s ostrými hranami, úzkými tolerancemi, kde je dlouhý kontakt výkovku se zápustkou, a kde jsou vysoké kadence stroje, namáhání na tlak a odolnosti proti otěru. Největší využití wolframových ocelí je u kovací lisů.

Oceli chrómmolybdenové (Mo do 1,7%) – Jsou vhodné pro kovací lisy i pro buchary. Používají se zejména tam, kde jsou menší požadavky na tvarovou i rozměrovou stálost (menší teploty, menší namáhání na otěr, menší změny teplot).

Oceli niklové (Ni od 1,4 do 5,3%) – Používají se zejména u složitých a poměrně hlubokých výkovků. Jsou vhodné pro malé, střední a velké bucharové zápustky, u kterých se dosahuje krátkého kontaktu výkovku se zápustkou a u kterých se dosahuje silných rázů beranu bucharu. Vyžaduje se od nich zejména dobrá houževnatost a prokalitelnost.

Oceli chrómové (Cr do 2,7%) – Používají se zejména pro kování na bucharech u výkovků malých sériích a menších tolerancích.

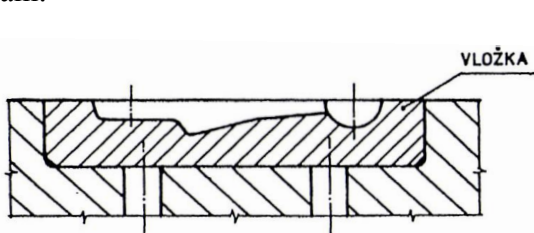
Oceli uhlíkové (C od 0,4 do 1%) – Musejí splňovat minimální tepelné namáhání nástrojů. Oceli, které tento požadavek splňují lze použít na bucharové zápustky nebo vložky, které jsou vyráběny v malých sériích a malých přesnostech.

### 3.2.25 Vložkování zápustek [10]

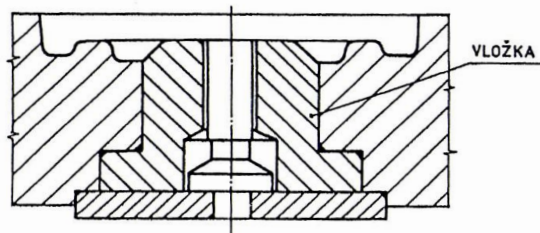
Vložkování zápustek se používá především u lisů. Jedná se o vložku, která se vkládá do upínací části zápustky, a může nahrazovat celý tvar, nebo pouze jen jeho část. Vložkování se provádí z důvodu uspořeni nástrojového materiálu, lepšího tepelného zpracování, dobré vyměnitelnosti, a lepších povrchových úprav.

Vložkování celého tvaru (Obr. 36) se provádí zejména z jakostní oceli a zápustkový blok ze zápustkové nebo konstrukční oceli.

Vložkování částečné (Obr. 37) se provádí pouze v místě, kde jsou nadměrná namáhání.



Obr. 36 Vložkování celého tvaru [10]



Obr. 37 Částečné vložkování [10]

### 3.2.26 Mazání zápustek [3]

Mazání zápustek má za úkol snižovat tření mezi tvářeným materiálem a zápustkou, a zamezit tak ulpívání výkovku na stěnách zápustky. Látky, které uvolňují výkovek, jsou složeny z látek, které mají mazací účinek (snižují přilnavost zápustky s výkovkem) a látky které mají uvolňovací účinek (hoří ve styku se žhavým materiálem a vytvářejí plyny s vodní párou uvolňující výkovek).

Mazivo musí být soudržné a musí si udržovat stálou viskozitu v širokém rozmezí teplot. Tuhé zbytky maziva na povrchu zápustky mohou způsobovat zmetkovitost výkovků. Maziva rozdělujeme do následujících skupin:

- Tuhá maziva:
  - dispergovaná ve vodě,
  - dispergovaná v oleji.
- Kapalná maziva:
  - minerální a organické oleje,
  - emulgační oleje,
  - syntetické látky.
- Konzistentní maziva – mazlavá mýdla a mazací tuky.
- Piliny.
- Soli (kuchyňská sůl NaCl, soda Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, ledek, speciální soli, fosfaterm).
- Sklo.

V případě kování výkovků ze slitin hliníku se běžně používají grafitová nebo vosková mazadla, která se rozkládají ve vodě nebo v oleji.

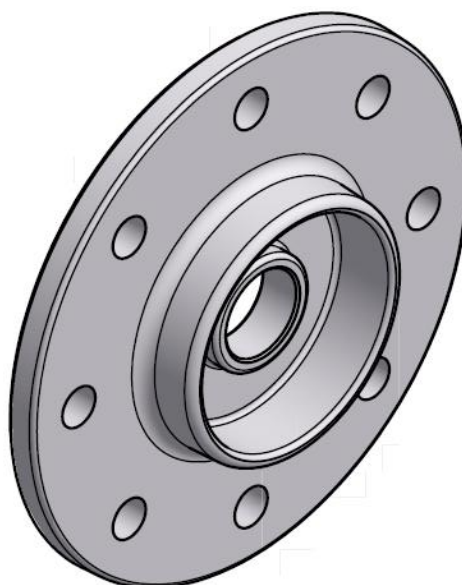
### 3.2.27 Simulace

Simulační systémy využívají převážně metodu konečných prvků, která po zadání vstupních dat a následném vytvoření modelu, sleduje a vypočítává plastické deformace tvářeného materiálu. Umožňují tedy simulovat průběh objemového tváření za tepla i za studena. Systémy pomáhají sledovat působení plastických deformací a předcházejí tak tvoření trhlin a přeložek na tvařenci. Pomocí grafického znázornění jsou z programu patrné teploty na tvářeném nástroji i na tvařenci, a deformovaná mřížka konečných prvků.

Simulační systémy se chovají stejně jako reálné tvářecí operace a šetří tak vynaložený čas, peníze a práci, která by byla vynaložena na experimentální zkoušky tváření.

## 4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI

Pro výrobu zadané součásti č.v. BP-2011-001 byla zvolena technologie zápustkového kování. V následujících podkapitolách je popsán návrh a vypracování technologického postupu.



Obr. 38 3D model obrobeného výkovku

### 4.1 Návrh výkovku

Na základě výkresové dokumentace součásti s označením BP-2011-001, byl vypracován výkres výkovku s označením BP-2011-002. Parametry sloužící k návrhu vhodného výkovku a tvářecího nástroje byly stanoveny dle normy ČSN 22 8309, ČSN 42 9240, a ČSN 42 9002.

#### 1) Zařazení výkovku dle složitosti tvaru [7]

<u>Tvarový druh:</u>	4 – výkovky kruhového průřezu plné
<u>Tvarová třída:</u>	3 – jednostranně osazené
<u>Tvarová skupina:</u>	2 – plné $H < D$ ( $20 < 112$ ), $H > 2H_1$ ( $20 > 16$ )
<u>Tvarová podskupina:</u>	0 – bez přesahu
<u>Technologické hledisko:</u>	3 – výkovky s dělicí plochou kolmo na hlavní osu souměrné
<u>Výsledná hodnota označení:</u>	<b>4320.3</b>

#### 2) Kovářské přídatky na obrábění [13]

Největší průměr výkovku ve směru kolmo k rázu:

$$D = 112 \text{ mm (rozsah 80 – 125)}$$

Největší výška výkovku:

$$L = 20 \text{ mm (rozsah 18 – 32)}$$

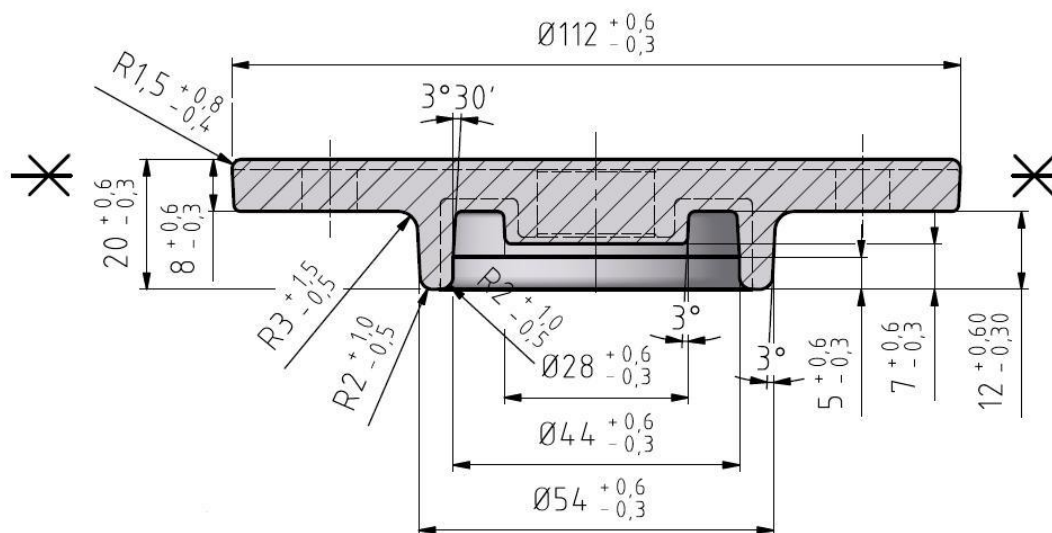
Maximální přídavek na plochu tedy činí  $t = 2,5 \text{ mm}$

### 3) Technologické parametry [13]

Mezní úchyly pro třídu přesnosti IT 14 jsou uvedeny v tab. 10.

Tab. 10 Mezní úchyly

Úchylka	+0,6			
	-0,3			
Tolerance	2 mm			
Úkosy	0°	3°	3°30'	
Zaoblení	VNĚJŠÍ	$R1^{+0,5}_{-0,25}$	$R1,5^{+0,75}_{-0,38}$	$R2^{+1}_{-0,5}$
	VNITŘNÍ	$R3^{+1,5}_{-0,5}$	$R1^{+0,5}_{-0,25}$	
Hodnota přesazení	p = 0,4			



Obr. 38 Výkovek včetně úchylek a tolerancí

### 4) Výpočet objemu výkovku

$$V_V = \sum_{i=1}^4 V_C [mm^3] \quad (4.1)$$

$V_C$ .....celkový objem výkovku [ $mm^3$ ].

$$V_1 = \frac{\pi}{4} (112^2 - 54^2) \cdot 8 = 60494,51 [mm^3]$$

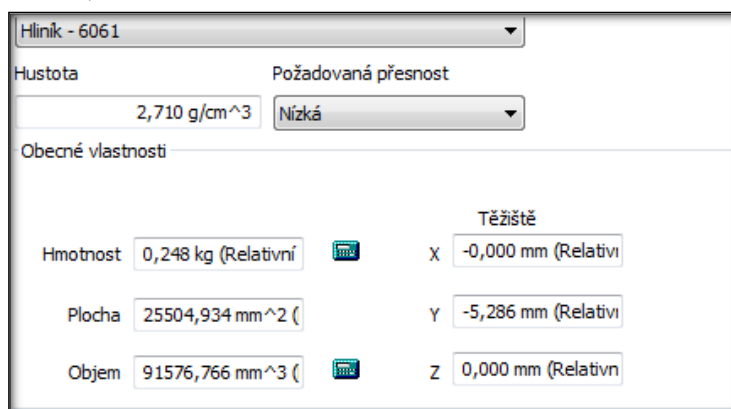
$$V_2 = \frac{\pi}{4} (54^2 - 44^2) \cdot 20 = 15393,8 [mm^3]$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} (44^2 - 28^2) \cdot 8 = 7238,23 [mm^3]$$

$$V_4 = \frac{\pi}{4} (28^2) \cdot 13 = 8004,78 [mm^3]$$

$$V_V = 60494,51 + 15393,8 + 7238,23 + 8004,78 = 91051,32 [mm^3]$$

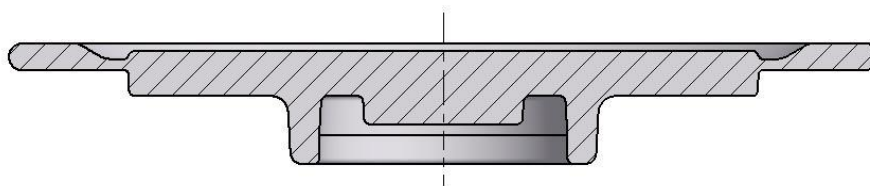
Vypočtené hodnoty byly ověřeny pomocí počítačového softwaru Autodesk Inventor Professional 2010 (Obr. 39).



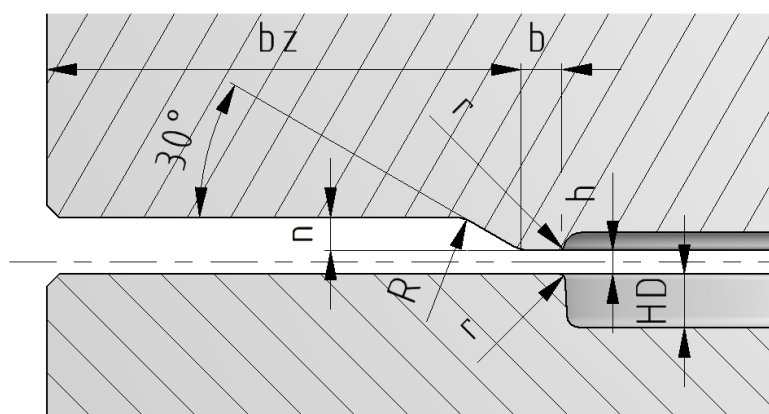
Obr. 39 Vypočtené hodnoty výkovku pomocí Autodesk Inventor Professional 2010

### 5) Tvar a rozměry výronkové drážky

Tvar a rozměry výronkové drážky byly určeny dle normy ČSN 22 8306 tj. pro svislé kovací lis (Obr. 40 a 41).



Obr. 40 Výkovek včetně výronkové drážky



Obr. 41 Výronková drážka

Tab. 11 Parametry výronkové drážky

h	b	n	bz	R	r	HD
2	4	2,8	25	3	0,5	5,5

#### ➤ Výpočet rozměrů a objemu výronkové drážky:

- Průměr výkovku bez výronku:

$$D_V = 112 \text{ mm}$$



- Průmět plochy výkovku bez výronku:

$$S_V = \frac{\pi \cdot D_V^2}{4} \quad (4.2)$$

$D_V$ .....průměr výkovku [mm]

$$S_V = \frac{\pi \cdot 112^2}{4} = 9852,03 \text{ mm}^2$$

- Hmotnost přířezu polotovaru:

$$m_0 = 0,346 \text{ kg}$$

Z nomogramu plyne, že výška můstku výronkové drážky je  $h = 1,6 \text{ mm} \approx 2 \text{ mm}$

- Šířka můstku výronkové drážky je vypočítána dle vztahu:

$$b = 2 \cdot h = 4 \text{ mm} \quad (4.3)$$

kde  $b$ .....šířka můstku,

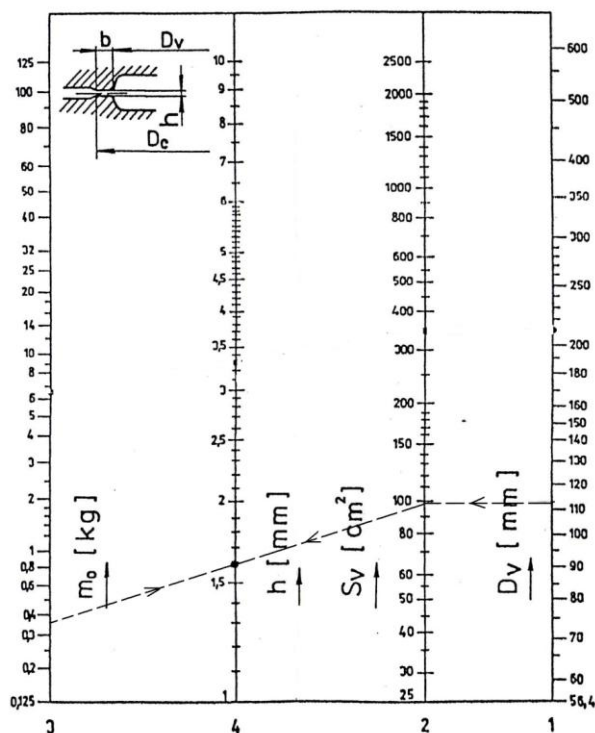
$h$ .....výška můstku.

- Hloubka zásobníku výronkové drážky je určena dle vztahu:

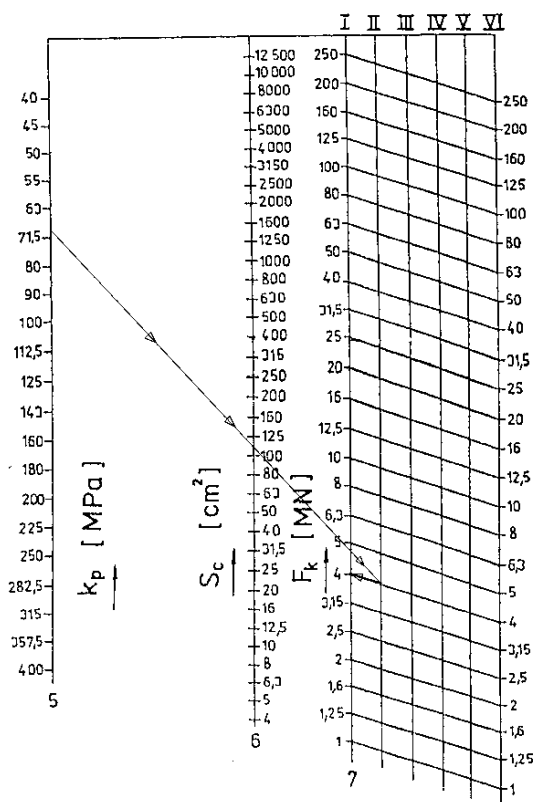
$$n = 0,4h + 2 \text{ [mm]} \quad (4.4)$$

$$n = 0,4 \cdot 2 + 2 = 2,8 \text{ mm}$$

Přechod tvaru do dělicí roviny se u nezelezných kovů určuje nejvíce  $r = 0,5 \text{ mm}$ .



Obr. 42 Nomogram pro stanovení výšky můstku  $h$



Obr. 43 Nomogram pro stanovení kovací síly

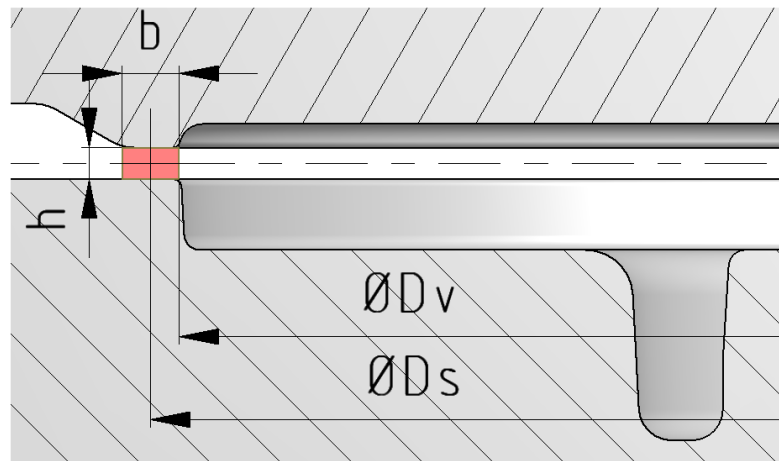
**6) Výpočet objemu výronkového můstku:**

$$D_{sm} = D_v + 4 = 116 \text{ mm} \quad (4.5)$$

$D_{sm}$ .....střední průměr můstku [mm],

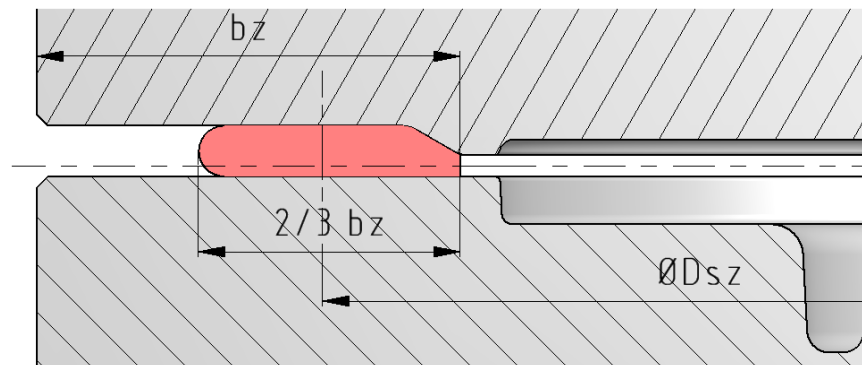
$D_v$ .....průměr výkovku [mm].

$$V_m = h \cdot b \cdot \pi \cdot D_{sm} = 2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 11 = 2915,4 \text{ mm}^3 \quad (4.6)$$



Obr. 44 Rozměry můstku

**7) Výpočet objemu výronkového zásobníku**



Obr. 45 Rozměry zásobníku

$$D_{sz} = D_v + 2 \cdot b + \frac{2}{3} b_z = 112 + 2 \cdot 4 + \frac{2}{3} 25 = 136,6 \text{ mm} \quad (4.7)$$

$D_{sz}$ .....střední průměr zásobníku [mm]

$b_z$ .....šířka zásobníku [mm]

$$V_z = \frac{2}{3} b_z \cdot (h + n) \cdot \pi \cdot D_{sz} = \frac{2}{3} \cdot 25 \cdot (2 + 2,8) \cdot \pi \cdot 136,6 = 34331,3 \text{ mm}^3 \quad (4.8)$$

$V_z$ .....objem zásobníku [mm<sup>3</sup>],

➤ Celkový objem výronku:

$$V_{výr} = V_m + V_z = 2915,4 + 34331,3 = 37246,7 \text{ mm}^3 \quad (4.9)$$

### 8) Výpočet celkového objemu výkovku

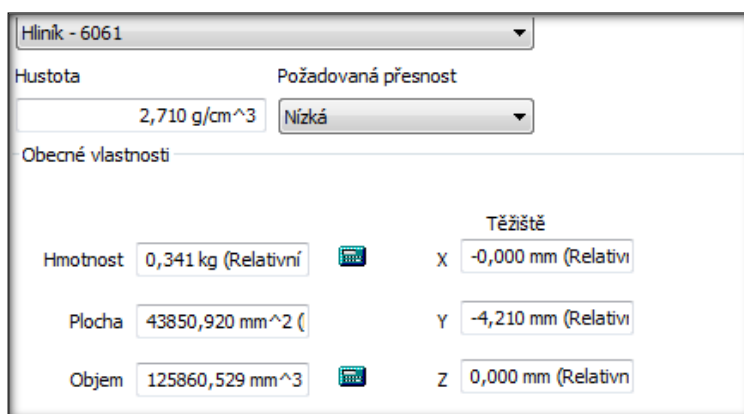
$$V_C = V_V + V_{výr} [mm^3] \quad (4.10)$$

$$V_C = 91\,051,32 + 37\,246,7 = 128\,268 [mm^3]$$

$V_v$ .....objem výkovku [ $mm^3$ ],

$V_{výr}$ .....objem výronku [ $mm^3$ ].

Vypočtené hodnoty byly ověřeny pomocí počítačového softwaru Autodesk Inventor Professional 2010 (Obr. 46).



Obr. 46 Výpočet z Autodesk Inventor Professional 2010

### 9) Výpočet výchozího rozměru polotovaru:

➤ Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{L_0}{D_0} = \langle 1,5 \div 2,8 \rangle \rightarrow \lambda \text{ volím} = 2 \quad (4.11)$$

$D_0$ .....průměr polotovaru [mm],

$L_0$ .....délka polotovaru [mm].

➤ Průměr polotovaru:

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_C}{\lambda}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{128268}{2}} = 43,23 \text{ mm} \quad (4.12)$$

$D_0' = 45 \text{ mm}$ .....dle normy ČSN EN 754-3

➤ Délka polotovaru

$$L_0 = \frac{4 \cdot V_C}{\pi \cdot D_0'^2} = \frac{4 \cdot 128268}{\pi \cdot 45^2} = 80,65 \text{ mm} \quad (4.13)$$

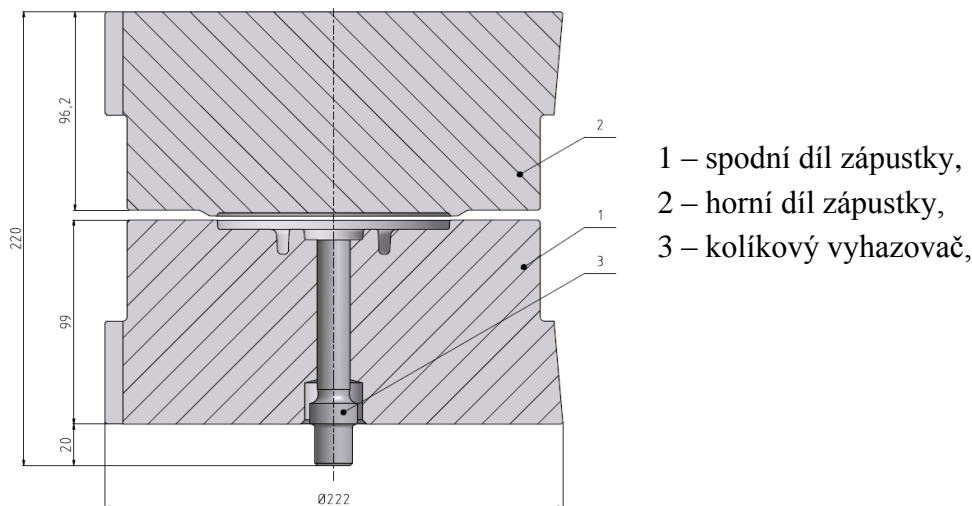
$L_0' = 81 \pm 0,1 \text{ mm}$

➤ Kontrola štíhlosti polotovaru:

$$\lambda = \frac{L_0'}{D_0'} = \frac{81}{45} = 1,8 \in \langle 1,5 \div 2,8 \rangle \quad (4.14)$$

## 10) Návrh sestavy zápustky

Zápustka (Obr. 47) je určena pro kování a upínání na svislých kovacíh lisech a je navržena dle normy ČSN 22 8306 a ČSN 21 1420. Výkres sestavy zápustky je přiložen v příloze s označením BP-2011-005.



Obr. 47 Sestava zápustky

## 4.2 Výpočet kovací síly

Výpočet kovací síly byl proveden dle normy ČSN 22 8306

### ➤ Výpočet průměru výkovku včetně můstku:

$$D_C = D_V + 2 \cdot b = 112 + 2 \cdot 4 = 120 \text{ mm} = \mathbf{12,8 \text{ cm}} \quad (4.15)$$

### ➤ Výpočet plochy výronku včetně můstku:

$$S_C = \frac{\pi \cdot D_C^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12,8^2}{4} = 128,7 \text{ cm}^2 \doteq \mathbf{129 \text{ cm}^2} \quad (4.16)$$

### ➤ Výpočet dle nomogramu ČSN 22 8306 (Obr. 43)

- Základní přetvárný odpor..... $k_p = 70 \text{ MPa}$
  - Průmět plochy výkovku..... $S_C = 113,1 \text{ cm}^2$
  - Stupeň tvarové složitosti výkovku.....II. – kompaktní, málo členité součásti
- Výsledná kovací síla**..... $F_k = 4 \text{ MN}$

### ➤ Teoretický výpočet pro kruhové výkovky dle ČSN 22 8306:

- Pevnost  $R_{mT}$  slitiny hliníku EN AW 6082 při kovací teplotě 500°C je **25 MPa**.
- Součinitel  $C_0$  slitiny EN AW 6082 je **5**

- Napětí  $\sigma_0$  v bodě průřezu výkovku 0

$$\sigma_0 = 1,285 \cdot R_{mT} \cdot C_0 = 1,285 \cdot 25 \cdot 5 = \mathbf{160,63 \text{ MPa}} \quad (4.17)$$

- Napětí  $\sigma_1$  v bodě průřezu výkovku 1

$$\sigma_1 = \sigma_0 + R_{mT} \cdot C_0 \cdot \frac{b}{h} = 161 + 25 \cdot 5 \cdot \frac{4}{2} = \mathbf{411 \text{ MPa}} \quad (4.18)$$

- Napětí  $\sigma_2$  v bodě průřezu výkovku 2

$$\sigma_2 = \sigma_1 + R_{mT} \cdot \frac{b_1}{h_1} = 411 + 25 \cdot \frac{29}{8} = \mathbf{501,63 \text{ MPa}} \quad (4.19)$$

- Napětí  $\sigma_3$  v bodě průřezu výkovku 3

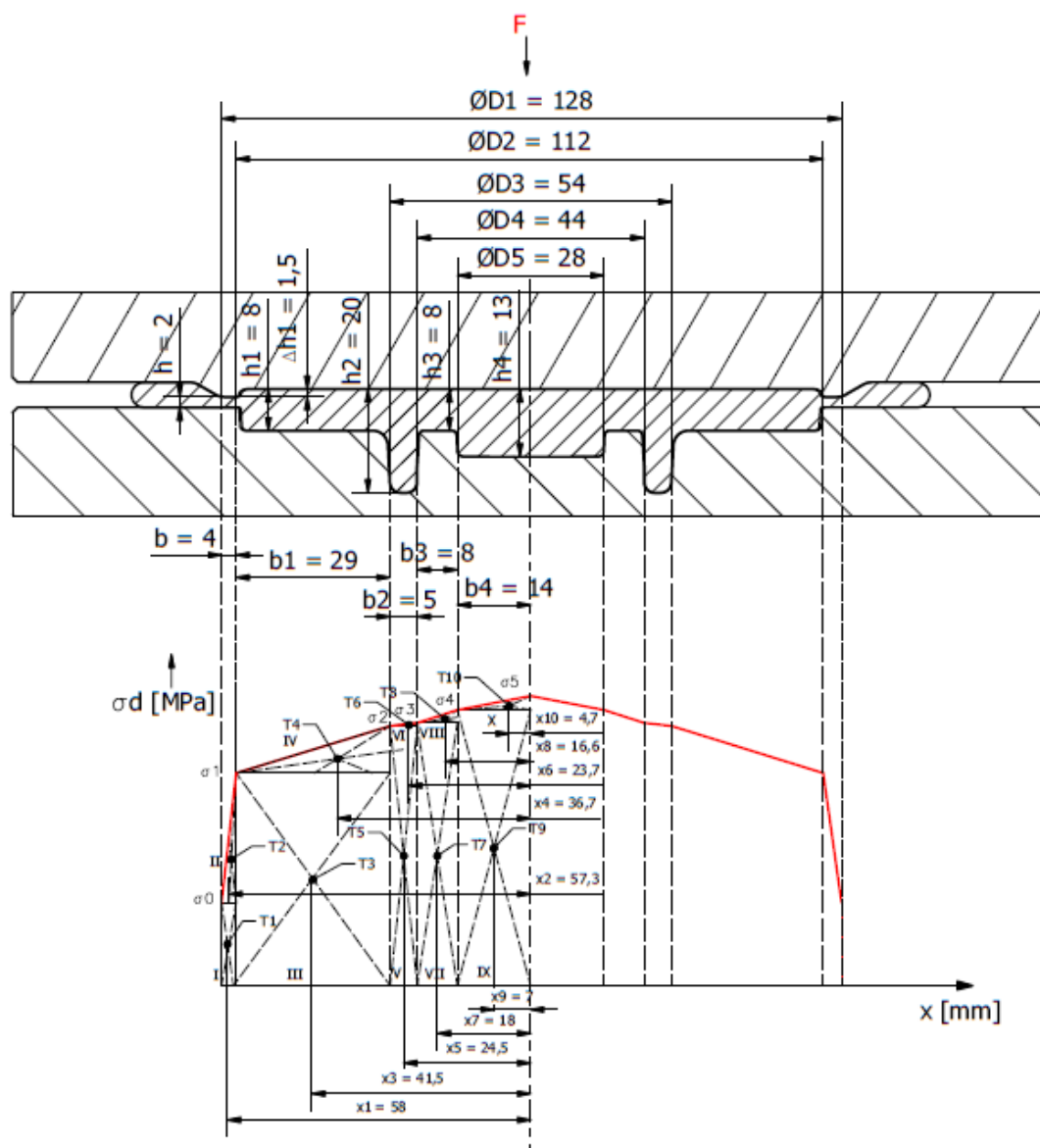
$$\sigma_3 = \sigma_2 + R_{mT} \cdot \frac{b_2}{h_2} = 501,63 + 25 \cdot \frac{5}{20} = \mathbf{507,88 \text{ MPa}} \quad (4.20)$$

- Napětí  $\sigma_4$  v bodě průřezu výkovku 4

$$\sigma_4 = \sigma_3 + R_{mT} \cdot \frac{b_3}{h_3} = 507,88 + 25 \cdot \frac{8}{8} = \mathbf{532,25 \text{ MPa}} \quad (4.21)$$

- Napětí  $\sigma_5$  v bodě průřezu výkovku 5

$$\sigma_5 = \sigma_4 + R_{mT} \cdot \frac{b_4}{h_4} = 532,25 + 25 \cdot \frac{14}{13} = \mathbf{559,17 \text{ MPa}} \quad (4.22)$$



Obr. 48 Napěťový diagram

Tab. 12 Rozměry zobrazené na obr. 48 v mm.

<b>x<sub>1</sub></b>	57,6	<b>x<sub>6</sub></b>	23,7	<b>b</b>	8	<b>h</b>	1,6	<b>ØD<sub>1</sub></b>	128
<b>x<sub>2</sub></b>	57,1	<b>x<sub>7</sub></b>	18	<b>b<sub>1</sub></b>	29	<b>h<sub>1</sub></b>	8	<b>ØD<sub>2</sub></b>	112
<b>x<sub>3</sub></b>	41,5	<b>x<sub>8</sub></b>	16,7	<b>b<sub>2</sub></b>	5	<b>h<sub>2</sub></b>	20	<b>ØD<sub>3</sub></b>	54
<b>x<sub>4</sub></b>	36,7	<b>x<sub>9</sub></b>	7	<b>b<sub>3</sub></b>	8	<b>h<sub>3</sub></b>	8	<b>ØD<sub>4</sub></b>	44
<b>x<sub>5</sub></b>	24,5	<b>x<sub>10</sub></b>	4,7	<b>b<sub>4</sub></b>	14	<b>h<sub>4</sub></b>	13	<b>ØD<sub>5</sub></b>	28

Tab. 13 Výpočet složek normálových sil

Plocha	A <sub>i</sub>	x <sub>i</sub>	A <sub>i</sub> ·x <sub>i</sub>
I.	160,63 · 4	57,6	37 009,6
II.	(411 – 160,63) · 4/2	57,1	28 592,3
III.	411 · 29	41,5	494 638,5
IV.	(501,63 – 411) · 29/2	36,7	48 425,65
V.	501,63 · 5	24,5	61 495
VI.	(507,88 – 501,63) · 5/2	23,7	355,5
VII.	507,88 · 8	18	73 152
VIII.	(532,25 – 507,88) · 8/2	16,7	1627,92
IV.	532,25 · 14	7	52 234
X.	(559,17 – 532,25) · 14/2	4,7	885,67
$\sum A_i \cdot x_i$			798 416,14

- Celková síla vznikající od normálových napětí:

$$F_n = 2 \cdot \pi \cdot \sum A_i \cdot x_i = 2 \cdot \pi \cdot 798\,416,14 = \mathbf{5\,016\,596,56\,N} \quad (4.23)$$

A<sub>i</sub>.....plocha prostoru pod křivkou [mm<sup>2</sup>],

x<sub>i</sub>.....těžiště plochy [mm].

- Síla vznikající od tangenciálních napětí:

$$F_t = \frac{R_{mT}}{2} \cdot \pi \cdot (112 \cdot 1,5) = \mathbf{6597,34\,N} \quad (4.24)$$

- Výsledná kovací síla

$$F_k = 5\,016\,596,56 + 6597,34 = 5\,023\,193,9\,N \doteq \mathbf{5,02\,MN} \quad (4.25)$$

➤ Výpočet kovací síly dle Brjuchanova – Rebelského

$$F_k = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot D_V) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{D_V}\right)^2 \cdot \sigma_p \cdot S_V \quad (4.26)$$

σ<sub>p</sub>.....základní přetvárný odpor [MPa].

$$F_k = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot 112) \cdot \left(1,1 \cdot \frac{20}{112}\right)^2 \cdot 70 \cdot 9852 = 8\,008\,946\,N = \mathbf{8\,MN}$$

➤ **Výpočet kovací síly dle Storoževa**

- Plocha výronku:

$$S_{výr} = \frac{\pi \cdot (D_C - D_V)^2}{4} = \frac{\pi \cdot (120 - 112)^2}{4} = 1457,7 \text{ mm}^2 \quad (4.27)$$

$$F_k = \sigma_p \cdot \left\{ \left( 1,5 + \frac{s}{2 \cdot h_V} \right) \cdot S_{výr} + \left[ 1,25 \cdot \left( \ln \frac{d}{h_V} + 2 \frac{h_V}{d} \right) + \frac{s}{h_V} - 0,375 \right] \cdot S_V \right\} \quad (4.28)$$

s.....šířka můstku [mm],

h<sub>v</sub>.....výška můstku [mm],

d.....průměr výkovku [mm],

$$F_k = 70 \cdot \left\{ \left( 1,5 + \frac{4}{2 \cdot 2} \right) \cdot 1457,7 + \left[ 1,25 \cdot \left( \ln \frac{112}{2} + 2 \frac{2}{112} \right) + \frac{4}{2} - 0,375 \right] \cdot 9852 \right\}$$

$$= 4\,876\,604 \text{ N} \doteq \mathbf{4,88 \text{ MN}}$$

Tab. 14 Souhrn výsledků kovacích sil

METODA	KOVACÍ SÍLA
Dle Nomogramu ČSN 22 8306	4 MN
Teoretický dle ČSN 22 8306	5,02 MN
Dle Brjuchanova - Rebelského	8 MN
Dle Storoževa	4,88 MN

Výsledné hodnoty metod výpočtů kovacích sil se pohybují v hodnotách od 4 do 5 MN, kromě metody podle Brjuchanova – Rebelského, která je značně předimenzovaná. Při dalších návrzích se bude vycházet ze síly vypočtené dle ČSN 22 8306, tj. 5,02 MN.

### 4.3 Volba kovacího stroje

Pro kování slitin hliníku se běžně používají kovací nebo vřetenové lisy. Vzhledem k tomu, že v kovárenské firmě se uskutečňuje kování na vřetenových lisech, byla zvolena varianta druhá, a to kování na klikovém lisu. Z důvodu kovací síly, která se pohybuje kolem 5 MN, byl zvolen lis od firmy Šmeral Brno a.s. s typovým označením LZK 1000 P/SH (Obr. 49) a se jmenovitou tvářecí silou 10MN.



Obr. 49 Svislý kovací lis LZK 1000 P/SH [15]

Tab. 15 Parametry lisu [15]

<b>Pracovní rozsah</b>	
Tvářecí síla	10 MN
Sevření	620 mm
Průchod	1040 mm
<b>Stůl</b>	
Upínací plocha stolu	1000 x 950 mm
<b>Beran</b>	
Upínací plocha beranu	986 x 750 mm
Přestavení beranu	10 mm
Zdvih	220 mm
<b>Stroj</b>	
Celkový instalovaný výkon	65 kW



#### 4.4 Výpočet síly na ostřížení výronku

$$F_S = 2,7 \cdot R_m \cdot o \cdot h \quad [N] \quad (4.29)$$

$R_m$ .....mez pevnosti [MPa],

$o$ .....obvod výkovku [mm],

$h$ .....tloušťka výronku [mm].

$$F_S = 2,7 \cdot 260 \cdot 112 \cdot \pi \cdot 2 = 494\,009 \text{ N} \doteq \mathbf{0,5 \text{ MN}}$$

#### 4.5 Volba ostříhovacího stroje

K ostřížení výronkové drážky byl zvolen lis od firmy Šmeral Brno a.s. s typovým označením LDO 315 A/S (Obr. 50) a s jmenovitou tvářecí silou 3150 kN.

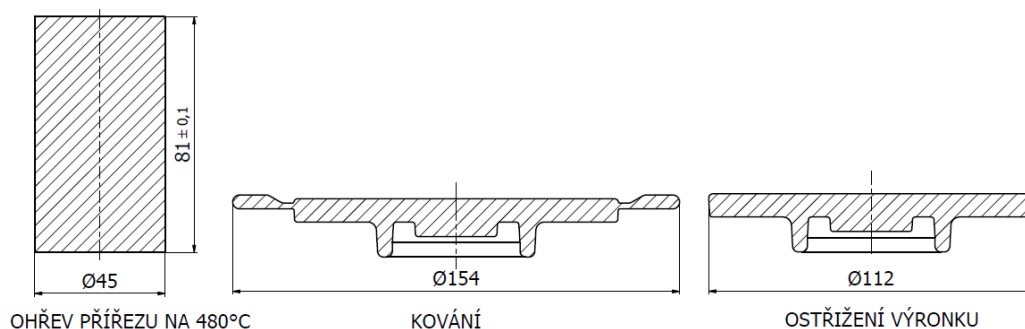
Tab. 16 parametry lisu [15]



Pracovní rozsah	
Tvářecí síla	3150 kN
Sevření	600 mm
Průchod	1400 mm
Stůl	
Upínací plocha stolu	1380 x 950 mm
Beran	
Upínací plocha beranu	1380 x 950 mm
Přestavení beranu	140 mm
Zdvih	200 mm
Počet zdvihů	40 1/min
Stroj	
Celkový instalovaný výkon	36 kW

Obr. 50 Ostříhovací lis LDO 315 A/S [15]

#### 4.6 Schematický postup kování a postupový list



Obr. 51 Schematický postup kování

## POSTUPOVÝ LIST

Název výrobku: UNAŠEČ-VÝKOVEK	Číslo výkresu součásti: BP – 2011 - 01	Číslo výkresu výkovku: BP – 2011 - 02
----------------------------------	---	--

Číslo operace:	Název operace:
----------------	----------------

1.	<b>Dělení materiálu - řezání</b>		
	Jakost: AlMg1Si1Mn	Rozměr: Ø45 x 81 mm	Materiál: EN AW 6082
	Stroj: Kotoučová pila WAM 70		Hmotnost přířezu: 0,349 kg

2.	<b>Kontrola přířezu</b>		
	Kontrola rozměru a hmotnosti s četností 1%		

3.	<b>Zápustkové kování v lince</b>			
	3.1	Elektrický ohřev		
		Stroj: Horkovzdušná plynová pec SCHWARTZ EDL 89460	Teplota: max 600°C	
	3.2	Kování		
		Stroj: LMZ 1000 P/SH	Kovací teplota: 480 ± 20°C	Kovací síla: 5,02 MN
		Popis operace: - předehřev zápustek olejem na teplotu min. 200°C, - mazání zápustky mazadlem na bázi grafitu ACHESON DAG 554/20 1:20 s vodou - kování na lise LMZ 1000 P/SH		
3.3	Ostříh			
	Stroj: LDO 315 A/S	Hmotnost: 0,248 kg	Střížná síla: 0,5 MN	

4.	<b>Tepelné zpracování</b>		
	Druh: T6 – rozpouštěcí žíhání a umělé stárnutí	Stroj: elektrická pec Rea- listic	

5.	<b>Tryskání</b>		
	Stroj: Tryskací zařízení LMBC 1,1 - L		

## 5 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### A. Základní parametry

Počet kusů.....	$n = 50\,000$ ks
Hmotnost konečného výrobku.....	$m_c = 0,25$ kg
Cena 1kg hliníkové slitiny EN AW 6082.....	$C_m = 107,57$ Kč/kg
Výkupní cena hliníkového odpadu.....	$C_v = 28$ Kč/kg
Výkupní cena třískového odpadu.....	$C_{VO} = 22$ Kč/kg

### B. Náklady vynaložené na výrobu součásti obráběním

#### ➤ Náklady na materiál

Rozměr polotovaru.....	$\varnothing 114 - 26$ mm
Hmotnost polotovaru.....	$m_p = 0,719$ kg

Náklady na 1 ks:

$$N_{m1} = C_m \cdot m_p = 107,57 \cdot 0,719 = 77,34 \text{ Kč} \quad (5.1)$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_m = N_{m1} \cdot n = 77,34 \cdot 50\,000 = 3\,867\,142 \text{ Kč} \quad (5.2)$$

#### ➤ Mzdy výrobních dělníků

Výrobní čas jedné součásti.....	$t_k = 7$ min
Hodinová mzda výrobního dělníka.....	$m_v = 100$ Kč

Mzdy na 1 ks:

$$M_{V1} = \left(\frac{t_k}{60}\right) \cdot m_v = \left(\frac{7}{60}\right) \cdot 100 = 12 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

Celkové mzdy:

$$M_V = M_{V1} \cdot n = 12 \cdot 50\,000 = 600\,000 \text{ Kč} \quad (5.4)$$

#### ➤ Vratný odpad

Odpad z 1 ks polotovaru:

$$m_1 = m_p - m_c = 0,719 - 0,25 = 0,469 \text{ kg} \quad (5.5)$$

Hmotnost celkového odpadu:

$$m_{CO} = m_1 \cdot n = 0,469 \cdot 50\,000 = 23\,450 \text{ kg} \quad (5.6)$$

Cena vratného odpadu:

$$N_o = m_{CO} \cdot C_{VO} = 23\,450 \cdot 22 = 515\,900 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

#### ➤ Dílenská režije

Třískové obrábění činí přibližně 650% mezd výrobních dělníků:

$$M_{DR} = \left(\frac{650}{100}\right) \cdot M_V = 6,5 \cdot 600\,000 = 3\,900\,000 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

#### ➤ Podniková režije

Činí 200% mezd výrobních dělníků:

$$M_{PR} = \frac{200}{100} \cdot M_V = 2 \cdot 600\,000 = 1\,200\,000 \text{ Kč} \quad (5.9)$$

#### ➤ Zvláštní náklady

Ceny nástrojů.....	10 000 Kč
--------------------	-----------

### C. Náklady vynaložené na výrobu součástí kování

#### ➤ Náklady na materiál

Rozměr polotovaru.....Ø45 – 81 mm

Hmotnost polotovaru..... $m_p = 0,349$  kg

Náklady na 1 ks:

$$N_{m1} = C_m \cdot m_p = 107,57 \cdot 0,349 = 37,54 \text{ Kč} \quad (5.1)$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_m = N_{m1} \cdot n = 37,54 \cdot 50\,000 = 1\,877\,097 \text{ Kč} \quad (5.2)$$

#### ➤ mzdy výrobních dělníků

Výrobní čas jedné součásti..... $t_k = 1$  min

Hodinová mzda výrobního dělníka..... $m_v = 100$  Kč

Mzdy na 1 ks:

$$M_{V1} = \left(\frac{t_k}{60}\right) \cdot m_v = \left(\frac{1}{60}\right) \cdot 100 = 1,6 \text{ Kč} \quad (5.3)$$

Celkové mzdy:

$$M_V = M_{V1} \cdot n = 1,6 \cdot 50\,000 = 80\,000 \text{ Kč} \quad (5.4)$$

#### ➤ Vratný odpad

Odpad z 1 ks polotovaru:

$$m_1 = m_p - m_c = 0,349 - 0,25 = 0,099 \text{ kg} \quad (5.5)$$

Hmotnost celkového odpadu:

$$m_{CO} = m_1 \cdot n = 0,099 \cdot 50\,000 = 4\,950 \text{ kg} \quad (5.6)$$

Cena vratného odpadu:

$$N_O = m_{CO} \cdot C_{VO} = 4\,950 \cdot 28 = 138\,600 \text{ Kč} \quad (5.7)$$

#### ➤ Dílenská režije

Třískové obrábění činí přibližně 1000% mezd výrobních dělníků:

$$M_{DR} = \left(\frac{1000}{100}\right) \cdot M_V = 10 \cdot 100\,000 = 1\,000\,000 \text{ Kč} \quad (5.8)$$

#### ➤ Podniková režije

Činí 200% mezd výrobních dělníků:

$$M_{PR} = \frac{200}{100} \cdot M_V = 2 \cdot 100\,000 = 200\,000 \text{ Kč} \quad (5.9)$$

#### ➤ Zvláštní náklady

Náklady na zápustky.....26 500 Kč

Náklady na ostříhovací nástroje.....15 000 Kč

Životnost zápustek je přibližně 17 000 ks. K zadané sérii je tedy nutno vyrobit 3 sady zápustek v celkové hodnotě 94 500 Kč.

Tab. 17 Porovnání technicko – ekonomických ukazatelů

Technologie	Obrábění	Zápustkové kování
Počet kusů	50 000 ks	
Spotřeba materiálu	0,719 kg/ks	0,394 kg/ks
Hmotnost odpadu	0,469 kg/ks	0,099 kg/ks
Pracnost	7 min/ks	1 min/ks

Tab. 18 Porovnání nákladů v Kč

	Technologie		Úspora zápustkového kování oproti obrábění
	Obrábění	Zápustkové kování	
Materiál	3 867 142	1 877 097	1 990 045
Mzdy výrobních dělníků	600 000	80 000	520 000
Dílenská režije	3 900 000	1 000 000	2 900 000
Podniková režije	1 200 000	200 000	1 000 000
Zvláštní náklady	10 000	136 000	-126 000
Vratný odpad	515 900	138 600	377 300
<b>Celkové náklady</b>	<b>10 093 042</b>	<b>2 431 697</b>	<b>6 661 345</b>
Náklady na 1 ks	<b>202</b>	<b>49</b>	<b>152</b>

V porovnání nákladů na výrobu obráběním se zápustkovým kovááním vychází jednoznačně cenově lépe zápustkové kování. Další výhodou zápustkového kování je krátký čas výroby.

## 6 ZPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

Výkres součásti

název: UNAŠEČ

číslo výkresu: BP – 2011 – 001

Výkres zápusťkového výkovku

název: UNAŠEČ (VÝKOVEK)

číslo výkresu: BP – 2011 – 002

Výkres teplého neostříženého výkovku při kovací teplotě 480°C

název: UNAŠEČ (TEPLÝ VÝKOVEK)

číslo výkresu: BP – 2011 – 003

Výkres kovací zápusťky

název: KOVACÍ ZÁPUSTKY

číslo výkresu: BP – 2011 – 004

Výkres sestavy zápusťky

název: KOVACÍ ZÁPUSTKA (SESTAVA)

číslo výkresu: BP – 2011 – 005

Výkres sestavy zápusťky vložkové

název: KOVACÍ ZÁPUSTKA (VLOŽKOVANÁ)

číslo výkresu: BP – 2011 – 010

Výkres upínače QLZK 1000/UC pro klikový lis

název: UPÍNAČ QLZK 1000/UC

číslo výkresu: BP – 2011 – 011

Výkres postupu kování

název: PRACOVNÍ POSTUP

číslo výkresu: BP – 2011 – 012

## 7 ZÁVĚRY

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem technologie výroby unášeče sloužícího jako součást textilního stroje. Tato součást bude vyráběna ze slitiny hliníku o známém složení a sériovosti 50 000 ks/rok. Na základě porovnání výhod a nevýhod technologií, kterými lze součást vyrobit, byla zvolena technologie objemového tváření, konkrétně zápusťkovým kovááním. Touto tematikou se blíže zabývá literární rešerše uvedená v kapitole třetí.

Na základě literární rešerše byl vypracován technologický postup, včetně návrhu technologických přídavek, přídavek na obrobení, návrhu výronkové drážky, a následného návrhu výkresové dokumentace přiložené v přílohách.

Následně po návrhu výkovku byl proveden teoretický výpočet kovací síly čtyřmi možnými způsoby a na základě tohoto výpočtu, pohybujícího se přibližně kolem hodnoty 5 MN, byl zvolen stroj. Při volbě kovacího stroje bylo rozhodováno mezi kovááním na bucharu nebo kovááním na lisu. Vzhledem k tomu, že kováání slitin hliníku probíhá zpravidla na lisech a vzhledem k možnosti použití vyhazování výkovků z dutiny zápusťky, bylo rozhodováno mezi kovááním na klikovém lisu a kovááním na vřetenovém lisu. Z důvodu probíhající výroby v kovárenské firmě, která součást zpracovává na vřetenových lisech, byl tedy zvolen způsob druhý, a to na kovacím klikovém lise s označením LZK 1000 P/SH od firmy Šmeral Brno a.s. Vyhazovač výkovku byl umístěn pouze do spodní části zápusťky, jelikož se neuvažuje sevření v horní části zápusťky, ale z technických důvodů lze vyhazovač případně umístit i do horní části zápusťky.

Na základě všech hodnot byl vypracován postupový list a technicko-ekonomické zhodnocení, ve kterém jsou rozebrány veškeré vynaložené náklady na výrobu součásti zápusťkovým kovááním a třískovým obráběním. Náklady vynaložené na výrobu jednoho kusu výrobku vycházejí podstatně lépe, než při výrobě třískovým obráběním. Snížení nákladů lze pomocí vyvločkování zápusťek, které lze provést nalisováním vložek do zápusťkového bloku a opatřit jej otvory pro vyražení. Výkres návrhu vyvločkované zápusťky je uveden v přílohách. Snížení nákladů lze také vrácením opotřebovaných zápusťek dodavateli na přetavení v nové zápusťky.

Před uvedením do provozu je nutné provést provozní zkoušky, nebo případně provozní podmínky ověřit simulací.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ELFMARK, Jiří, et al. *Tváření kovů*. Praha: SNTL, 1992. 524 s. ISBN 80-03-00651-1.
- [2] NOVOTNÝ, Karel. *Tváření kovů*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
- [3] HAŠEK, Vladimír. *Kování*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1997. 732 s. ISBN 04-233-65.
- [4] DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [5] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [6] DRASTÍK, František. *Kovářství*. Praha: SNTL, 1984. 120 s.
- [7] ČSN 42 9002. *Rozdělení zápusťkových výkovků podle složitosti tvar*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, Schválena: 15. 7. 1968, Účinnost: 1. 1. 1971
- [8] ČSN 42 9030. *Výkovky ocelové zápusťkové: přídatky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, Schválena: 13. 10. 1986, Účinnost: 1. 8. 1987.
- [9] ČSN 22 8308. *Zápusťky pro buchary: směrnice pro konstrukci*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, Schválena: 7. 5. 1970, Účinnost: 1. 7. 1971.
- [10] ČSN 22 8306. *Zápusťky pro svislé kovací lisy: technické požadavky na konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, Schválena: 26. 11. 1990, Účinnost: 1. 12. 1991.
- [11] ČSN 21 1413. *Upínání zápusťek pro padací a parovzdušné buchary*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, Schválena: 17. 2. 1970, Účinnost: 1. 7. 1971.
- [12] ČSN 21 1420. *Upínání zápusťek na svislých klikových kovacích lisech*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, Schválena: 26. 2. 1970, Účinnost: 1. 6. 1971.
- [13] ČSN 42 9240. *Výkovky zápusťkové z neželezných kovů: rozměry*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, Schválena: 20. 5. 1982, Účinnost: 1. 6. 1983.
- [14] *Alfun.cz* [online]. c2008 [cit. 2011-05-15]. Alfun a.s. Dostupné z WWW: <<http://www.alfun.cz/index.html>>.
- [15] *Sst.cz* [online]. c2008-2011 [cit. 2011-05-15]. Svaz strojírenské technologie. Dostupné z WWW: <<http://www.sst.cz/katalog>>.
- [16] *Ksp.tul.cz* [online]. b.r. [cit. 2011-05-15]. Katedra tváření kovů a plastů - skripta. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/03.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm)>.
- [17] *Kovolit.cz* [online]. c2006 [cit. 2011-05-15]. KOVOLIT a.s. Dostupné z WWW: <<http://kovolit.cz/index.php?page=kovarna&lng=cz>>.
- [18] *Strojmetal.cz* [online]. c2006 [cit. 2011-05-15]. STOJMETAL KAMENICE s.r.o. . Dostupné z WWW: <<http://www.strojmetal.cz/>>.
- [19] *Cesar.fme.vutbr.cz* [online]. 2006 [cit. 2011-05-15]. Česká společnost pro nové materiály a technologie. Dostupné z WWW: <<http://cesar.fme.vutbr.cz/informace/nezelezo/At18.htm>>.



## SEZNAM PŘÍLOH

1. Výkres součásti

název: UNAŠEČ

číslo výkresu: BP – 2011 – 001

2. Výkres zápusťkového výkovku

název: UNAŠEČ (VÝKOVEK)

číslo výkresu: BP – 2011 – 002

3. Výkres teplého neostříženého výkovku při kovací teplotě 480°C

název: UNAŠEČ (TEPLÝ VÝKOVEK)

číslo výkresu: BP – 2011 – 003

4. Výkres kovací zápusťky

název: KOVACÍ ZÁPUSTKY

číslo výkresu: BP – 2011 – 004

5. Výkres sestavy zápusťky

název: KOVACÍ ZÁPUSTKA (SESTAVA)

číslo výkresu: BP – 2011 – 005

6. Výkres sestavy zápusťky vložkové

název: KOVACÍ ZÁPUSTKA (VLOŽKOVANÁ)

číslo výkresu: BP – 2011 – 010

7. Výkres upínače QLZK 1000/UC pro klikový lis

název: UPÍNAČ QLZK 1000/UC

číslo výkresu: BP – 2011 – 011

8. Výkres postupu kování

název: PRACOVNÍ POSTUP

číslo výkresu: BP – 2011 – 012

9. Rozdělení výkovků dle složitosti a tvaru

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Označení	Legenda	Jednotka
A	Práce posledního úderu pro kruhový výkovek	[J]
$A_i$	Plocha prostoru pod křivkou	[mm <sup>2</sup> ]
$A_n$	Práce posledního úderu pro neredukovaný výkovek	[J]
B	Šířka otřepu v zásobníku	[mm]
b (s)	Šířka můstku	[mm]
$B_{Dstřed}$	Střední šířka výkovku	[cm]
$b_z (s_z)$	Šířka zásobníku	[mm]
$C_m$	Cena kovu	[Kč/kg]
$C_o$	Součinitel snížení plasticity materiálu v oblasti výronku vlivem poklesu teplot	[-]
$C_v$	Výkupní cena kovového odpadu	[Kč/kg]
$C_{vO}$	Výkupní cena třískového odpadu	[Kč/kg]
D	Průměr zápustky	[mm]
$D_0$	Průměr polotovaru	[mm]
$D_C$	Průměr výkovku včetně můstku	[mm]
$D_D$	Průměr výkovku	[mm]
$D_{Dred}$	Průměr výkovku redukováný	[cm]
$D_{sm}$	Střední průměr můstku	[mm]
$D_{sz}$	Střední průměr zásobníku	[mm]
$D_v$	Průměr výkovku	[mm]
$F_D$	Plocha průmětu výkovku do roviny kolmé k rázu	[mm <sup>2</sup> ]
$F_D$	Průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu	[cm]
$F_k$	Kovací síla	[N]
$F_n$	Síla vznikající od normálních napětí	[N]
$F_t$	Síla vznikající od tečných napětí	[N]
h	Výška můstku	[mm]
$H_D$	Hloubka dutiny	[mm]
$k_p$	Základní přetvárný odpor	[MPa]
$L_0$	Délka polotovaru	[mm]
$l_0$	Délka výkovku při +20°C	[mm]
$L_D$	Délka výkovku	[cm]
$m_0$	Hmotnost přířezu polotovaru	[kg]
$m_1$	Odpad z kusu polotovaru	[kg]
$m_c$	Hmotnost konečného výrobku	[kg]
$m_{CO}$	Hmotnost celkového odpadu	[kg]
$M_{DR}$	Dílenská režije	[Kč]
$m_p$	Hmotnost polotovaru	[kg]
$M_{PR}$	Podniková režije	[Kč]
$M_V$	Celkové mzdy	[Kč]

$m_v$	Hodinová mzda výrobního dělníka	[Kč]
$M_{V1}$	Mzdy na jeden kus	[Kč]
$n$	Hloubka zásobníku	[mm]
$N_m$	Celkové náklady na materiál	[Kč]
$N_{m1}$	Náklady na 1ks	[Kč]
$N_O$	Cena vratného odpadu	[Kč]
$o$	Obvod výkovku	[mm <sup>2</sup> ]
$p$	Hodnota přesazení	[mm]
$R$	Poloměr	[mm]
$r$	Poloměr přechodu do dělicí roviny	[mm]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$R_{mT}$	Pevnost kovů za kovací teploty	[MPa]
$S$	Vzdálenost od kraje	[mm]
$S_1$	Vzdálenost mezi dutinami	[mm]
$S_C$	Průměr plochy výkovku	[mm]
$S_d$	Plocha průmětu do dělicí roviny zápustky	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{výr} (F_{výr})$	Plocha výronku	[mm <sup>2</sup> ]
$T$	Pomocná veličina	[mm]
$t_0$	Okolní teplota	[°C]
$t_1$	Dokovací teplota	[°C]
$t_k$	Výrobní čas součásti	[min]
$V_C$	Celkový objem výkovku	[mm <sup>3</sup> ]
$V_v$	Objem výkovku	[mm <sup>3</sup> ]
$V_{výr}$	objem výronku	[mm <sup>3</sup> ]
$V_z$	Objem zásobníku	[mm <sup>3</sup> ]
$x_i$	Těžiště plochy	[mm]
$\alpha$	Střední koeficient tepelné roztažnosti	[-]
$\Delta l$	Zvětšení délky	[mm]
$\lambda$	Koeficient štíhlosti	[-]
$\sigma_p$	Základní přetvárný odpor	[MPa]
$\sigma_s$	Přirozený přetvárný odpor	[MPa]