



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## KOVÁNÍ PODLOUHLÝCH VÝKOVKŮ

FORGING OBLONG FORGINGS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Příkaský

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

BRNO 2018

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Jakub Příkladý</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.</b>
Akademický rok:	2017/18

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:

## Kování podlouhlých výkovků

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Specifikum kování výkovků podlouhlých tvarů spočívá v nutnosti přerozdělení materiálu polotovaru podél jeho podélné osy. Součástí s názvem "Táhlo" která je součástí zemědělského stroje, je tvořena dvěma identickými oky, která jsou spojena dřikem. S ohledem na funkci součásti je možné značnou část povrchu táhla zhotovit na hotovo již při přípravě polotovaru před jeho obráběním. Účelem práce je navrhnout a zpracovat postup výroby řešené součásti.

### Cíle bakalářské práce:

- Provést návrh a analýzu možných způsobů výroby se zhodnocením jejich vhodnosti.
- Vybrat optimální technologii výroby, pro vybraný výrobní postup zpracovat literární studii.
- Sestavit technologický postup výroby doložený nezbytnými technologickými výpočty.
- Zpracovat výkresovou dokumentaci nástrojů.
- Zpracovat technicko–ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

### Seznam doporučené literatury:

HOSFORD, William F. and Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007, 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006, 217 s. ISBN 80-214-2374-9.

ASM-Metals Handbook: Formig and Forging. Vol.14. USA ASM International, 2004,S.978. ISBN 0-87170-020-4.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření II. Brno: Univerzita obrany, 2008. 106 s. ISBN 978-8-7213-580-2.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně. 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

PŘÍKASKÝ Jakub: Kování podlouhlých výkovků.

---

Práce se zabývá návrhem výroby součásti typu táhla pomocí zápusťkového kování na bucharu. Materiál je ocel 12 060. Na základě literární studie problematiky kování a výpočtů byl navržen výkovek, technologický postup a zápusťka pro buchar. Na základě vypočtené potřebné práce úderu byl navržen buchar KHZ 2. Bylo provedeno technickoekonomické hodnocení.

Klíčová slova: Ocel 12 060, zápusťkové kování, zápusťka, buchar

## **ABSTRACT**

PŘÍKASKÝ Jakub: Forging oblong forgings.

---

The project deals with the design of the production of a rod-shaped component using a die swage. The material is steel 12 060. Based on a literature study on forging and calculations, the forging, the technological process and the hammer die were designed. Based on the calculated work required, the power hammer KHZ 2 was designed. Technical and economic evaluation was performed.

Keywords: 12 060 steel, forming forgings, forging, power hammer

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PŘÍKASKÝ, Jakub. *Kování podlouhlých výkovků*. Brno, 2017. 43s, 3 výkresy, 9 příloh, CD. bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojího inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

## **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 ..... dne 24.5.2018

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu doc. Ing. Zdeňku Lidmilovi, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Také děkuji své rodině za podporu při studiu.

# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Str.

<b>ÚVOD</b> .....	10
<b>1 ROZBOR ZADÁNÍ</b> .....	11
1.1 Výrobní možnosti .....	11
<b>2 TECHNOLOGIE KOVÁNÍ</b> .....	12
2.1 Plastická deformace.....	12
2.2.1 Vliv teploty na plastickou deformaci .....	13
2.2.2 Další faktory ovlivňující plastickou deformaci .....	14
2.2 Rozdělení kování .....	14
2.3 Volné kování .....	14
2.4 Zápustkové kování .....	15
2.4.1 Zápustkové kování na bucharech .....	16
2.4.2 Kování pomocí svislých klikových kovací lisů .....	17
2.4.3 Kování pomocí vodorovných klikových kovací lisů .....	19
2.4.4 Kování pomocí vřetenových lisů .....	19
2.4.5 Ohřev .....	20
2.4.6 Návrh technologického postupu zápustkového kování .....	21
2.5 Kování za rotace .....	22
2.6 Tepelné zpracování výkovků .....	22
<b>3 NÁVRH ŘEŠENÍ</b> .....	24
3.1 Konstrukce zápustkového výkovku .....	24
3.1.1 Zaoblení hran a přechodů .....	25
3.1.2 Návrh výronkové drážky .....	26
3.2 Návrh polotovaru .....	28
3.2.1 Průřezové obrazce .....	28
3.2.2 Ideální a skutečný předkovek .....	29
3.2.3 Výpočet hmotnosti a tvaru polotovaru .....	30
3.3 Návrh technologie výroby .....	32
3.3.1 Návrh stříhání .....	32
3.3.2 Návrh příčného klínového válcování .....	32

3.3.3 Návrh kování na bucharu .....	33
3.3.4 Ostřihování výronku a děrování blány .....	34
3.3.5 Tepelné zpracování .....	35
3.3.6 Čištění výkovků .....	35
3.4 Návrh zápusťky .....	35
<b>4 TECHNICKO-EKONOMICKE ZHODNOCENÍ .....</b>	<b>37</b>
4.1 Výpočet spotřeby materiálu .....	37
4.2 Výpočet ceny materiálu .....	38
4.3 Náklady na výrobu zápusťkovým kovááním a následným obráběním .....	39
<b>5 ZÁVĚRY .....</b>	<b>42</b>
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	
Seznam výkresů	

## ÚVOD [1], [8], [19], [28], [39], [40], [41], [42]

Ve strojírenství neustále probíhá nárůst požadavků na produktivitu, kvalitu a ekonomičnost výroby. Technologie kování se ve strojírenství využívá ve značné míře. Tato technologie má výhody oproti ostatním spočívající v efektivnosti výroby a v dobrých mechanických vlastnostech materiálu. Jedná se také o beztržskovou technologii.

Kování je objemové tváření kovů za tepla. Tato beztržsková technologie spočívá v působení nástroje klidnou silou nebo úderem na ohřátý materiál. Kování je značně stará technologie, která však má své uplatnění i v dnešním světě. V současné době se využívá mimo jiné v automobilovém, leteckém a vojenském průmyslu. Technologie kování se používá nejen pro tváření ocelí, ale také pro slitiny mosazi, bronzů, titanu, hořčíku nebo hliníku. Příklady výkoveků se nachází na obrázku 1.

Cílem této práce je navrhnout technologii výroby součásti typu táhla. Zpracovat výkresovou dokumentaci nástrojů a provést technickoekonomické zhodnocení navrženého řešení.

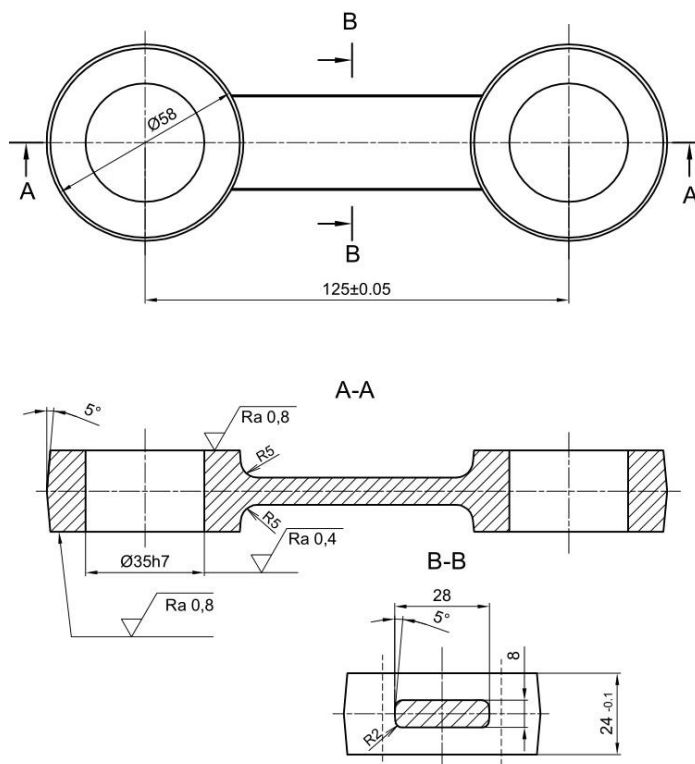


Obr. 1 Příklady výkoveků [39], [40], [41], [42]

# 1 ROZBOR ZADÁNÍ

Tato práce se zabývá výrobou součásti typu táhla, které bude součástí zemědělského stroje. Tvoří ji dvě identické oka o  $\phi 58$  mm spojené dřikem. Oka jsou od sebe osově vzdálená 125 mm. Oka i dřík jsou symetricky zešikmena pod úhlem  $5^\circ$ . Díry  $\phi 35$  mm mají toleranci h7. V dírách je také stanovena drsnost povrchu Ra 0,4. Na povrchu ok se je stanovena drsnost povrchu Ra 0,8. Součást je zobrazena na obrázku 2. Velikost výrobní série je stanovena na 30 000 kusů za rok.

Součást se bude vyrábět z materiálu 12 060. Jedná se o ušlechtilou uhlíkovou ocel určenou k tváření. Tento materiál neobsahuje žádné přísadové prvky kromě uhlíku. Tato ocel dosahuje pevnosti v tahu  $R_m$  750 až 900 MPa a její mez kluzu  $R_e$  je 480 MPa.



Obr. 2 Součást typu táhlo

## 1.1 Výrobní možnosti [1], [3], [8], [9], [19]

Táhlo je možno vyrábět následujícími technologiemi:

- **Obrábění:** při výrobě součásti touto technologií dochází k přerušení vláken v místech přechodů. To má za následek nižší pevnost oproti tváření. Při této technologii vzniká velké množství odpadu, proto je vhodná pro malé série, kde není ekonomické vyrábět speciální tvářecí nástroj.
- **Odlévání:** je vhodné pro výrobu velkých sérií tvarově složitých součástí.  
Nevýhody této technologie spočívají v tom, že při chladnutí vzniká hrubozrnná struktura, dochází k poruchám spojitosti a k odmíšeninám. Součást má značně horší mechanické vlastnosti než tvářená.
- **Kování:** tato technologie je vhodná pro výrobu velkých sérií. Výkovky mají dobré mechanické vlastnosti z důvodu, že nedochází k přerušení vláken v materiálu při výrobě. Při této technologii také vzniká jen malé množství odpadu (výronek, kovací blána). Nevýhodou této technologie je vysoká energetická náročnost a značná cena zápusťky. Tato technologie je i přes své nevýhody nejvhodnější pro výrobu zadané součásti, a proto jí bude součást typu táhla vyráběna.

## 2 TECHNOLOGIE KOVÁNÍ [1], [2], [3], [5], [10], [18]

Kování je objemové tváření, které se většinou provádí za tepla a je provedené úderem nebo klidnou silou. Kování má dlouhou historii, již před tisíci lety se provádělo kování pomocí kladiva a kovadliny. Příklad kování v zápustce je na obr.3



Obr. 3 Příklad kování [5]

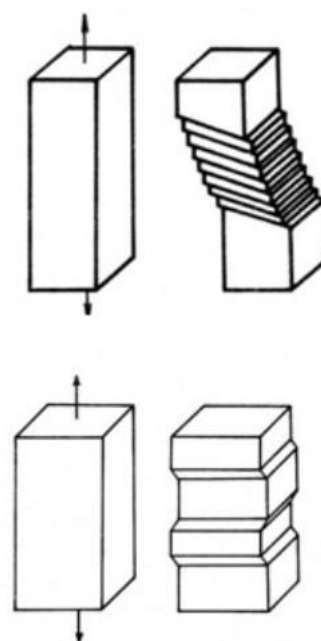
### 2.1 Plastická deformace [1], [2], [3], [12]

Působíme-li na kovový materiál vnější silou vyvoláváme v něm napětí, je-li toto napětí menší než je mez kluzu, dojde v materiálu pouze z pružné deformaci. Po ukončení působení síly se atomy vrátí na původní místo. Pružná deformace nastává, pokud atomy mění svou polohu jen nepatrně. Pokud na materiál působíme silou, která vyvolá napětí větší než je mez kluzu, dojde k trvalé deformaci. Tato deformace se nazývá plastická

Při plastické deformaci v krystalu dojde ke skluzu jedné tenké vrstvy vůči druhé. Kluz postupně zasahuje více rovin v jednom krystalu. Mezi rovinami zasaženými kluzem zůstávají roviny nedeformované. Pohyb se uskutečňuje v určitých rovinách. Směr pohybu se nazývá směr kluzu.

Jestliže napětí v krystalu dosáhne určité hodnoty, tak se tento krystal začne deformovat viditelnou rychlostí. Napětí, při kterém k tomu dojde, se nazývá kritické smykové napětí. Čím je vyšší kluzné napětí, tím je vyšší i deformace. Toto platí i obráceně. Kluzy způsobují zpevnění krystalu. V jednom krystalu může dojít i k více kluzům. Při více kluzech dochází ke vzniku mřížkových poruch. Tyto poruchy způsobují velké zpevnění.

K plastické deformaci může dojít také



Obr. 4 Schéma kluzu a dvojčení [18]

natočením mřížky – takzvaným dvojčením. Dvojčení je natočení mřížky z polohy, která je pro vznik kluzu nepříznivá, do polohy pro kluz příznivé. Poté dochází ještě ke kluzu části natočeného krystalu. Deformace kluzem a dvojčením je schematicky znázorněna na obr.4.

Deformace v polykrystalickém materiálu je ovlivněna více faktory. Dva nejvýznamnější jsou jiná orientace sousedních zrn a hranice zrn. V polykrystalu může dojít ke složitým deformacím, které se mění zrna od zrna. Složité deformace také vznikají v důsledku jiných vlastností fází ve struktuře. Čím víc je orientace sousedních zrn jiná, tím víc roste i kritické napětí. Jestliže nejsou plochy kluzu ve vedlejších krystalech rovnoběžné, tak dochází ke zpomalení kluzu.

Na hranici zrn se nachází přechodová oblast. V této oblasti nejsou atomy uspořádány. Což umožňuje vylučování nečistot do mezikrystalických prostorů. V polykrystalu dochází k dalšímu deformačnímu systému. V tomto systému deformace nastává pohyb krystalů po hranici zrn. Polykrystalický materiál má tak vždy větší odpor proti deformaci než monokrystal.

### 2.1.1 Vliv teploty na plastickou deformaci [1], [3], [4], [20]

Při tváření za studena se materiál deformačně zpevňuje. Při tváření za tepla dochází k rekrytalizaci a zotavení. Tyto procesy odstraňují zpevnění. Jestliže ohřejeme materiál tvářený za studena na určitou teplotu, tak se atomy přesunou do míst rovnováhy. Tento děj nazýváme zotavení. Pokud stále zvyšujeme teplotu dojde k rekrytalizaci. Při rekrytalizaci dojde ke vzniku nových zrn. Ty vznikají z nových jader nebo z fragmentů. Rychlost rekrytalizace závisí na stupni deformace a teplotě. Podle vlivu teploty lze deformaci rozdělit následovně:

- Deformace za tepla,
- Deformace za tepla s částečnou rekrytalizací,
- Deformace za studena se zotavením,
- Deformace za studena.

Materiál tvářený za tepla má po konci deformace zcela rekrytalizovanou strukturu. Na rozdíl od toho při deformaci za tepla s částečnou rekrytalizací jsou v materiálu po konci deformace obsaženy dvě různé struktury. V materiálu jsou obsažena zrna rekrytalizovaná i zrna bez rekrytalizace. To má za následek nerovnoměrnost deformace a zmenšení tvárnosti. Materiál získaný touto technologií má také velké zbytkové napětí. Deformace za studena se zotavením má za následek vyšší tvárnost a menší pevnost než u kovu tvářeného za studena.

Kované součásti mají proti nekovaným podstatnou výhodu v tom, že vlákna v součásti sledují její tvar a to zvyšuje její pevnost. Nedochozí tedy k přerušení vláken při změně příčného průřezu jako u obrábění. To je patrné na obrázku 5. Příčinou



Obr. 5 Nekovaná a kovaná součást [20]

vzniku vláken v ocelích je přítomnost vměstků, které mají nižší teplotu tuhnutí než železo. Jedná se hlavně o sloučeniny síry a fosforu. Tyto sloučeniny tuhnou v tavenině až jako poslední a vytváří obálku primárních zrn tuhnoucí oceli. Tato zrna jsou při tváření deformována a dochází k jejich zplošťování. Při rekrystalizaci se zrna změň v nová (nedeformovaná). Avšak v důsledku malé difuzní rychlosti zůstávají vměstky deformovány. Při velké deformaci se vměstky zploští ve směru toku materiálu tak, že na vybroušeném metalurgickém vzorku vypadají jako vlákna.

### 2.1.2 Další faktory ovlivňující plastickou deformaci [1], [3], [4], [19]

Z chemického hlediska je nejvýznamnější prvek s ohledem na plastickou deformaci uhlík. Jeho vyšší obsah způsobuje zvýšenou pevnost a sníženou tvárnost. Přítomnost vměstků (sulfidů, oxidů) je problém z důvodu jejich malé soudržnosti s matricí, jiných mechanických vlastností a většího rizika vzniku trhlin.

Jemnozrná struktura má vyšší deformační odpor. To je způsobeno větším počtem hranic zrn, které způsobují problém pohybu dislokací. Na deformační odpor má menší vliv také rozdílná velikost sousedních zrn.

## 2.2 Rozdělení kování [1], [2], [4]

V literatuře je uváděno několik různých rozdělení kování z více hledisek. Zde uvedená rozdělení jsou základní vzhledem k technologii výroby.

Dle charakteru toku materiálu:

- volné kování,
- zápusťkové kování,
- kování za rotace.

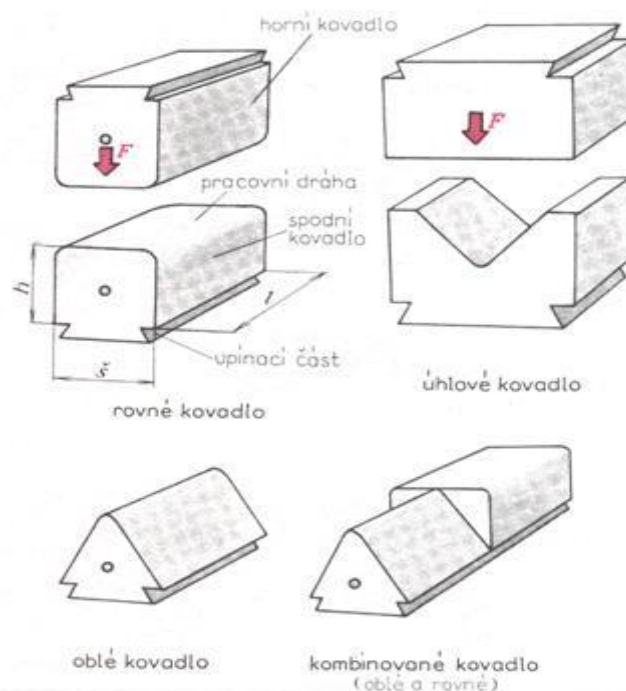
Dle kovacího stroje:

- kování na bucharech,
- kování na lisech.

### 2.3 Volné kování [1], [2], [3], [4], [19], [21]

Volné kování se provádí na kováččině nebo na univerzální kovací podložce. Na rozdíl od zápusťkového kování, kde je tok materiálu řízen tvarem dutiny v zápusťce, vytéká při volném kování tvářený kov, na který působí kováččina, zpravidla volně do prostoru.

Volné kování dělíme na ruční a strojní. Ruční kování se provádí na kováččině ručním kovářským nástrojem. Materiál je ohříván v kovářských výhnicích nebo v malých ohřívacích



Obr. 6 Tvary kováččin [3]

pecích. Dnes se ruční kování používá jen minimálně, a to při opravách nebo v řemeslných dílnách. Strojní kování se provádí pomocí bucharů pro volné kování a hydraulických lisů.

U této technologie se používají z pravidla jednoduché kovářské přípravky, nástroje a stroje. Požadovaného tvaru výkovku se dosahuje pomocí jeho polohování na kovádlině nebo univerzální kovací podložce. Z toho vyplývají velké přídavky a úchytky výkovku. Povrch po volném kování je hrubý a nerovný. Jako polotovary se používají předvalky a ingoty.

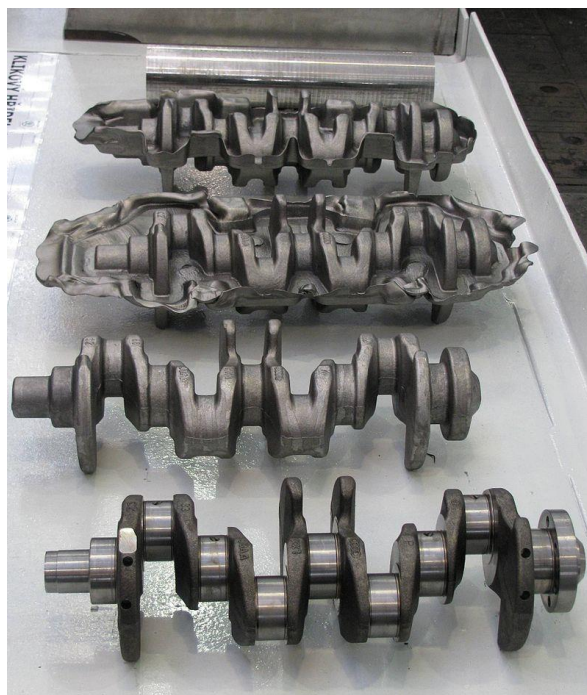
Z nástrojů se používají převážně kovádla (horní a spodní). Kovadla mají jednoduché geometrické tvary (např. rovinná, válcová, oblá, klínová). Tvary kovádel jsou znázorněny na obrázku 6. K upevnění na bucharech nebo lisech slouží rybinová část. Pro manipulaci s nástrojem jsou díry v čelní stěně. Pracovní plochy nástrojů bývají tepelně zpracovány, nejčastěji kaleny.

U volného kování je nejčastěji používáno pěchování. Při pěchování je materiál stlačen a rozšiřuje se jeho příčný průřez. Dále je používáno také prodlužování, děrování, sekání, osazování, prosazování, ohýbání a zkrucování. Princip prodlužování je v zásadě provedení více pěchovacích operací vedle sebe. Při děrování se vytváří v materiálu díra pomocí dutého nebo plného děrovacího trnu. Dělení polotovaru nebo výkovku se provádí sekáním. Před osazováním se provede buď jeden nebo dva záseky. Poté se provede na záseky vymezeném úseku pomocí kovádla redukce průměru. Tato operace se provádí na velkých úsecích výkovku. Při osazování dojde k zachování souososti výkovku. Pokud se redukce průměru provádí na menší ploše, tak se nazývá prosazování. Při ohýbání se používají speciální přípravky. Při této operaci mění osa výkovku svůj charakter, a to z rovné křivky na křivku zahnutou. Dojde také ke změně průřezu výkovku. Při zkrucování je jeden konec výkovku sevřen za pomoci čelistí. Druhý konec je zachycen vidlicí a zkrucuje se do požadovaného tvaru.

## 2.4 Zápustkové kování [1], [2], [3], [4], [6]

Zápustkové kování slouží převážně k velkosériové výrobě a je více využíváno než kování volné. Zápustka bývá zpravidla dvoudílná. Výhody oproti volnému kování jsou vyšší výkonnost, snadná obsluha a vyšší přesnost výkovků. Nevýhodou je omezenost rozměrů a hmotnosti výkovku. Příklad použití zápustkového kování se nachází na obrázku 7.

Materiál, který je většinou ohřátý, je tvářen v dutině zápustky. Dutina v zápustce má stejný tvar jako výkovek, avšak rozměry musí být větší o smrštění při chladnutí. Princip zápustkového kování je takový, že se polotovar ohřátý na kovací teplotu vloží do zápustkového



Obr. 7 Příklad použití zápustkového kování [6]

dutiny a pak na něho působí síla vyvolaná klidným tlakem lisu nebo úderem beranu bucharu.

Dutina zápustky se plní pýchováním nebo vtlačováním. Při kování na bucharech se dutina zápustky vyplní při několika úderech beranu. Na lisech se vyplní dutina zápustky během jednoho nebo více zdvihů. Kování na lisech se dělí podle použitého stroje na:

- kování pomocí svislých kovacích lisů,
- kování pomocí vodorovných kovacích klikových lisů,
- kování pomocí vřetenových lisů.

Postupové zápustky bývají kvůli úspoře materiálu konstruovány jako výměnné tvarové vložky obdélníkového nebo kruhového tvaru. U kování v uzavřených zápustkách je důležité správně a přesně vypočítat objem materiálu, protože u této technologie není dutina pro výronek. Tato technologie se však již téměř nepoužívá.

#### 2.4.1 Zápustkové kování na bucharech [1], [2], [3], [4], [8], [7]

Buchar pracuje rázem. V průběhu každého pracovního zdvihu bucharu se energie nashromážděná v beranu bucharu využije pro deformaci kovaného materiálu v zápustce. V průběhu několika úderů materiál postupně zaplní dutinu v zápustce. Obzvláště staré typy bucharů jsou značně primitivní zařízení, u kterých nejsou vyhazovače. Využívají se převážně padací a protiběžné buchary. Příklad bucharu je uveden na obrázku 8. Přesnost vedení beranu je nižší, než je tomu u lisů. To souvisí s velkými rázy. Buchary se používají především pro členité výkovky s výstupky a žebry. To je způsobeno rázovým účinkem beranu a také setrvačnými silami,



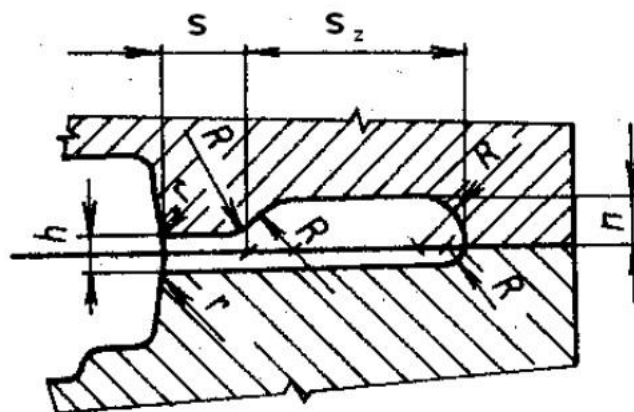
kvůli čemuž kov lépe vyplňuje Obr. 8 Příklad bucharu [7]

zápustku. Tato technologie se také používá pro kování součástí značné hmotnosti (např. klikové hřídele) a také pro součástky malých rozměrů (např. kleště). Zápustkové kování na bucharech se provádí v jednodutinových zápustkách nebo v několikadutinových zápustkách.

V dělicí rovině zápustky se nachází výronková drážka. Výronková drážka pro buchary je schematicky znázorněna na obrázku 9. Účelem výronkové drážky je:

- pojmout přebytek materiálu při kování,
- výronek vzniklý po několika prvních úderech beranu částečně zabrání uniku dalšího materiálu ze zápustky a tudíž je kovaný materiál nucen vyplnit dutinu v zápustce.

Počet úderů bucharu se musí



optimalizovat podle velikosti Obr. 9 Schéma drážka pro výronek u bucharu [8] výkovku a stroje. Při kování pouze jedním úderem bucharu nelze u členitějších výkovků zabezpečit požadované vyplnění zápustky. Při kování pouze jedním úderem dochází také k rychlému přemostování materiálu a to způsobuje trhliny na výkovku. Na druhou stranu, když je počet úderů příliš vysoký, tak je zápustka namáhána teplem od kovaného materiálu.

#### 2.4.2 Kování pomocí svislých klikových kovací lisů [1], [2], [4], [7], [11], [23], [24]

Kování pomocí svislých klikových kovací lisů se od kování na bucharech značně liší. Základní princip činnosti těchto lisů spočívá v otáčení klikové hřídele. Na této hřídeli je uložena ojnice, která provádí transformaci rotačního pohybu na přímočarý. Pracovní rychlost bucharů je asi 10krát větší než pracovní rychlost klikových lisů ( $0,5$  až  $0,8 \text{ ms}^{-1}$ ). Nástroj působí na tvářený kov tlakově a ne rázově. Horní polovina zápustky kovacího lisu (doba styku  $0,03$  až  $0,2 \text{ s}$ ) je s deformovaným materiálem ve styku delší dobu, než je tomu u bucharu ( $0,0007$  až  $0,001 \text{ s}$ ). Tyto faktory vedou k vyváženější zaplněnosti horní i spodní zápustky a rovnoměrné deformaci v celém tvářeném objemu. Příklad svislého kovacího lisu je uveden na obrázku 10.



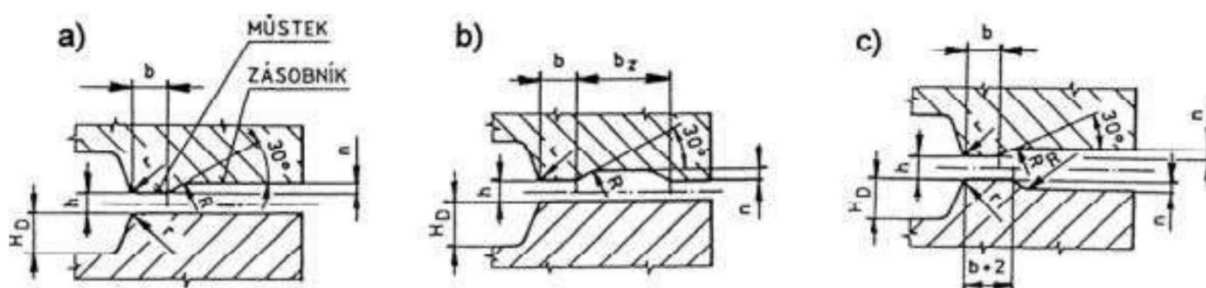
Z důvodu stálého zdvihu lisu jde Obr. 10 Příklad svislého kovacího lisu [7] předkovávat jen v omezené míře a některé operace není možno provádět (např. prodlužování a rozdělávání materiálu podél osy výkovku). Z tohoto důvodu je potřeba předkování řešit na doplňkových strojích (válcovací stroje).

U lisů se provádí maximálně dvě předkovací a jedna dokončovací operace. Čas strávený na lisu je tedy mnohem menší než v případě bucharů. Z toho vyplývají

vysoké nároky na rychlost a flexibilitu ohřevu. Tyto nároky splňuje pouze indukční ohřev.

Zápustky jsou upínány do upínacích držáků. Upínací držáky se připevňují na spodní desku a beran.

Základem konstrukce zápustky je stanovení velikosti stroje. Dále je třeba respektovat, že se spodní poloha beranu lisu nemění. Počet dutin je tedy stejný jako počet zdvihů lisu. V zápustkové dutině je možné volit menší úkopy kvůli možnému automatickému vyhadzování. Zápustky se provádí jako vložky. Vložky jsou přichyceny pomocí držáků. Rozměry vložek jsou závislé na síle a rozměrech lisu. Pro dosažení požadovaných rozměrů výkovku je nejpodstatnější dokončovací dutina. Tloušťka výronku závisí především na pružné deformaci stojanu a na mezeře, která je v dělicí



Obr. 11 Typy drážek pro výronek a) typ 1 b) typ 2 c) typ 3 [11]

rovině zápustky. Již při upínání je potřeba zohlednit pružnou deformaci. Každý lis má jinou pružnou deformaci, tudíž ji nelze obecně přesně určit. Na obrázku 11 jsou znázorněny 3 typy drážek pro výronek. Typ 1 je nejvíce používaný. Typ 2 se používá pokud je vzdálenost dutiny od okraje zápustkové vložky velká. Typ 3 je používaný pokud je na jedné straně velký přebytek materiálu a jednostranná drážka by na jeho odvod byla nedostatečná.

Z důvodu snadnějšího vkládání výkovku do ostříhovacího náradí se dutina konstruuje tak, aby drážka pro výronek byla umístěná v horní polovině zápustky. Toto konstrukční řešení má ještě další důvod, a to že se horní polovina zápustky ohřívá pomaleji.

Některé výkovky (zvláště tenkostěnné) je potřeba po ostřížení výronku přerovnat, protože dochází k deformaci. Přerovnání se provádí na speciálních kalibrovacích lisech nebo ve speciální dutině pod odstříhovacím lisem. Pro přerovnání se nepoužívá dokončovací dutina z důvodu rychlého opotřebení.

Zaoblení hran je nutno při konstrukci promyslet, neboť příliš malé zaoblení způsobuje špatné vyjímání výkovku ze zápustky. Na druhou stranu příliš velké zaoblení způsobuje špatné odstříhávání. Problém je také s otvorem pro odvod plynu ze zápustky. Zvláště u hlubokých dutin se může stát, že plyny nejsou odvedeny. Tyto plyny vznikají vinou mazání zápustky. V extrémním případě se může zápustková dutina zcela nevyplnit.

### 2.4.3 Kování pomocí vodorovných klikových kovací lisů [1], [2], [4], [7], [14], [23], [24]

Princip fungování těchto strojů je obdobný jako u klikových lisů svislých, jen je hřídel uložena vodorovně. Velkou výhodou těchto lisů je, že na nich lze dosáhnout značného počtu zdvihů a tudíž i velkých výkonů. Také lze s jejich pomocí snížit spotřebu materiálu na polotovary, protože je možno produkovat výkovky s menšími úkosy. Další podstatnou výhodou vodorovných klikových je, že lze napěchovat konce tyčí (např. vzpěry a



Obr. 12 Příklad vodorovného kovacího lisu [7]

hřídele). Značnou nevýhodou představuje nutnost dodržet rozměrové tolerance polotovaru vůči svírání v čelistech. Příklad vodorovného kovacího lisu se nachází na obrázku 12.

Vodorovné klikové lis se dělí na podle svírání čelistí na:

- svislé svírání,
- vodorovné svírání.

Kruhové výkovky se kovají na lisech se svislým svíráním čelistí. Jedná se například o ozubená kola a ložiskové kroužky. Příklad výkovku kovaného s použitím vodorovného lisu se nachází na obrázku 13. Výkovek se velmi snadno vyjímá ze zápustky. Okuje odpadají při kovací proces.



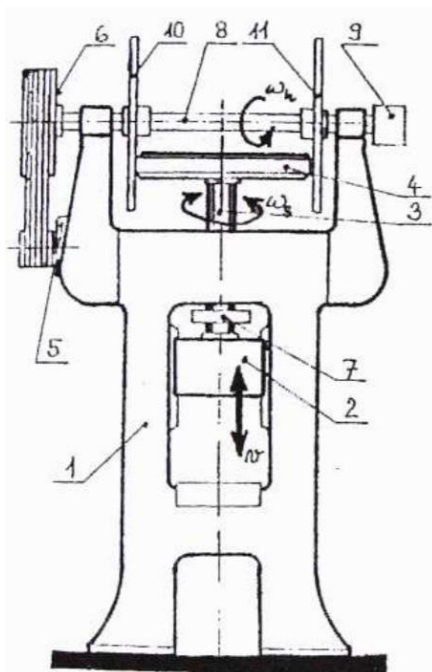
Obr. 13 Příklad výkovku s použitím svislého svírání čelistí [14]

Značnou výhodou u lisů s vodorovným svíráním představuje snadnější automatizace. Lze také poměrně snadno upínat nástroje. Nevýhodou ovšem představuje vznik okují, je tedy nutno používat zařízení na jejich odstranění.

### 2.4.4 Kování pomocí vřetenových lisů [1], [2], [4], [23], [24]

Princip činnosti tohoto lisu spočívá v tom, že disky pohání šroubové vřeteno. Spouštění je uskutečňováno jedním z disků. Druhý disk slouží k zvedání. Rozdíl proti klikovému lisu spočívá v možnosti kovat výkovek několika po sobě následujícími údery. To je možné kvůli neomezené dráze výstupního členu. Kování je prováděno pomocí kinetické energie uchované v setrvačnicku a pohybujících se hmotách. Schéma vřetenového lisu se nachází na obrázku 14.

Na vřetenových lisech se kovají zejména malé série výkovků. Tyto lisy se vyznačují nízkou pracovní rychlostí ( $0,5$  až  $0,9 \text{ ms}^{-1}$ ), která je podobná jako u klikových lisů. Vřetenové lisy umožňují kování v otevřených i uzavřených zápustkách, ale také umožňují protlačování, ohýbání, stříhání, děrování, kalibrování a rovnání. Na třecích lisech lze také kovat ozubené kola, a to jak s přídavkem, tak na hotovo.



Obr. 14 Schéma vřetenového lisu  
1-rám lisu 2-beran lisu 3-vřeteno  
4-setrvačnick 5-motor 6-řemenový  
převod 7-brzda 8-předlokový  
hřídel 9-přesouvací hřídel 10-  
levý disk pro spouštění beranu  
11-pravý disk pro zvedání beranu  
[23]

Stanovení technologického postupu a volba materiálu polotovaru je podobná jako při kování na bucharech. Základní podmínka při kování na vřetenových lisech je, že je potřeba kovat v jednodutinové zápustce jedním úderem. Více úderů není vhodných z důvodu příliš dlouhého styku spodního dílu zápustky se zahřátým materiálem, což má negativní vliv na jeho životnost. Dalším důvodem je také, že se větším počtem úderů podstatně snižuje výrobnost a z toho vyplývá neekonomičnost. Tudíž se vyšší počet úderů uplatňuje pouze v krajních případech.

Na vřetenových lisech se provádí následující způsoby kování:

- kování v otevřených zápustkách,
- kování v uzavřených zápustkách,
- kování v uzavřených zápustkách s dělenou zápustkou,
- protlačování.

Kování v otevřených zápustkách se provádí nejčastěji. Pomocí této technologie je možné kovat poměrně přesné výkovky s nízkými

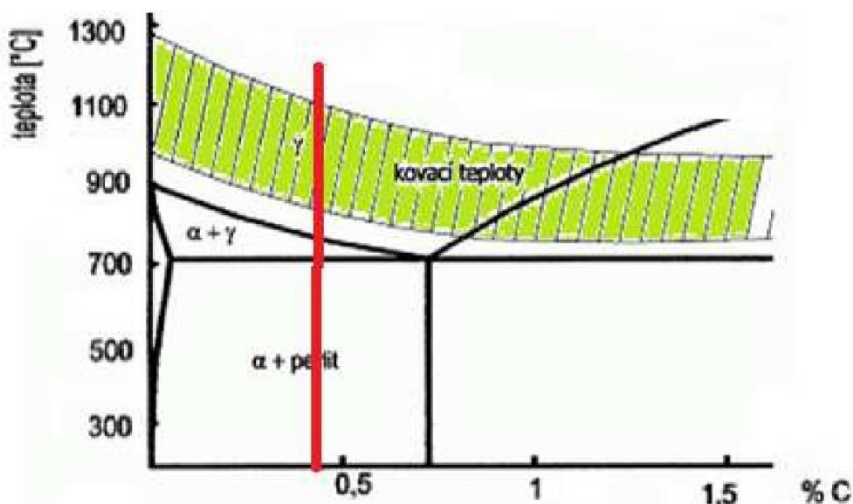
nároky na přesnost dělení polotovaru. Kování v uzavřených zápustkách má značné nároky na přesnost dělení polotovaru. Z tohoto důvodu se příliš nepoužívá. Kování v uzavřených zápustkách s dělenou zápustkou se provádí pouze na třecích lisech. Tento typ kování má značné nároky na provedení i konstrukci zápustek. Při protlačování jsou také vysoké nároky na přesné dělení polotovaru. Jeho nepřesnosti mají značný dopad na výšku protlačené součástky.

#### 2.4.5 Ohřev [1], [2], [3], [4], [19], [25]

Teplota materiálu při kování v zápustkách nesmí klesnout pod dolní kovací teplotu, ale nesmí ani být vyšší než je horní kovací teplota. Z důvodu lepšího vyplnění zápustky se obvykle kove při horní kovací teplotě. Vyšší teplota kovaného materiálu má také příznivý vliv na životnost zápustky, protože dochází k jejímu, menšímu opotřebení. Z důvodu prevence vad na výkovku musí být polotovar prohřátý rovnoměrně. Schématické rozmezí kovacích teplot se nachází na obrázku 15.

V zápustkových kovárnách se nejvíce využívají pece indukční z důvodu jejich velké efektivity a rychlosti ohřevu. Další druhy pecí jsou plynové a elektrické odporové.

V pecní atmosféře se vyskytují okysličující plyny (kyslík, CO<sub>2</sub>, vodní pára). Jejich působením na povrch ohřívaného tělesa na něm vznikají oxidy železa. Tyto oxidy se nazývají okuje. Okuje snižují životnost tvářecího nástroje a pecní nístěje. Mají také nepříznivý vliv na povrch výkovku a tvoří 1 % až 3% odpadu z objemu polotovaru. V pecní atmosféře dochází také k oduhličení. Tento děj snižuje pevnost ohřívaného materiálu.



Obr. 15 Schématické rozmezí kovací teploty se závislosti na obsahu uhlíku v oceli [25]

#### 2.4.6 Návrh technologického postupu zápustkového kování [1], [2], [3], [4], [19], [25]

Při navrhování výkovku kovaného pomocí zápustkového kování je postup obecně následovný:

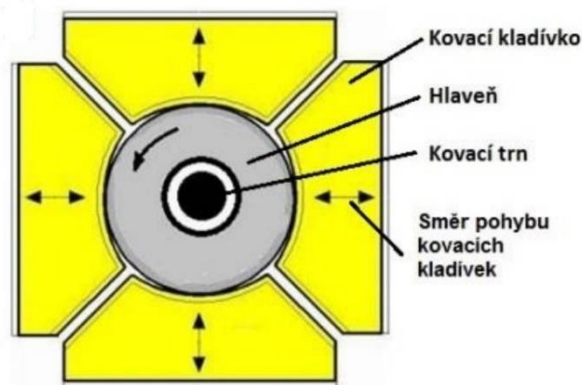
- vytvoříme nebo dostaneme výkres obrobeného výkovku. Součástí výkresu je předepsání materiálu výkovku.
- Dle rozměrů obrobené součásti zjistíme z normy přídavky na obrábění. Tento krok se týká pouze ploch, které budou obráběny.
- Zvolíme dělicí rovinu. Tato rovina je u symetrických výkovků v rovině symetrie. Pokud není součást symetrická platí pravidlo, že větší část součásti se musí nacházet v horní polovině zápustky. Obráběné plochy by se, pokud možno měly nacházet ve směru kolmém k působení tvářecího nástroje.
- Dle použitého stroje zvolíme velikost bočních úkosů, které se nachází v rovině rovnoběžné se směrem působení tvářecího nástroje. Tyto úkosy se dělí na vnější a vnitřní, přičemž vnitřní jsou větší než vnější. Záleží taky na druhu použitého stroje, protože buchary mají obecně větší úkosy než lisy. Velikost úkosů je normalizována. Boční úkosy jsou na výkovku z důvodu jeho snadnějšího vyjímání z dutiny zápustky.
- Předepíšeme zaoblení hran. Přesné hodnoty zaoblení hran jsou normalizovány.

- V případě, že se ve výkovku nachází otvory, je nutno určit tloušťku blány. Tloušťka blány je závislá na rozměrech otvoru. Blána je po konci kování spolu s výronkem ostřížena pomocí ostříhovacího lisu.
- Dle normy určíme rozměry a také tvar výronkové drážky.
- Předepíšeme rozměry a způsob dělení polotovaru (stříhání, lámání, řezání rámovými nebo kotoučovými pilami). Dále určíme ideální předkovek, také samotný postup kování, způsob předehřevu a její teplotu.
- Velikost kovacího stroje volíme s ohledem na hmotnost výkovku.
- Zvolíme způsob tepelného zpracování. Výkovek je vhodné normalizačně žíhat.
- Určíme vhodný ostříhovací lis. V případě nutnosti také předepíšeme kalibrování, či rovnání výkovků.

## 2.5 Kování za rotace [1], [2], [3], [4], [38]

Při kování za rotace dochází ke zmenšení průměru kruhového polotovaru a zvětšení jeho délky nebo se z hranatého polotovaru vykove kruhový výkovek. Kování za rotace se provádí za studena nebo za tepla. Za tepla se kovou jen výkovky větších průměrů.

Na polotovar působí kovátko kolmo na jeho osu. Kovátek je v závislosti na konstrukci stroje různý počet. Jeden z nejčastěji používaných principů strojů je GFM (například kování hlavní ručních zbraní). U této metody kovací má stroj čtyři kovátko. Každé kovátko má samostatný klikový mechanismus, který zajišťuje jeho pohyb. Schéma této metody je na obrázku 16.



Obr. 16 Schématické zobrazení kování za rotace [38]

## 2.6 Tepelné zpracování výkovků [1], [2], [3], [19], [26]

Výkovky se tepelně zpracovávají následujícími způsoby:

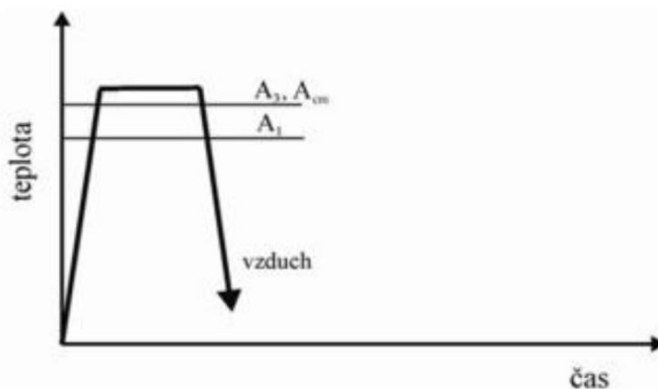
- normalizační žihání,
- zušlechťování,
- žihání na měkko,
- žihání ke snížení pnutí.

Nejvíce používaný druh tepelného zpracování výkovků je normalizační žihání. Teplota výkovku musí být o 30° až 70 °C vyšší, než je teplota překrystalizace a na této teplotě výkovek zůstane po dobu 5 až 20 minut. Poté následuje ochlazení na vzduchu. Toto tepelné zpracování se schematicky znázorněno na obrázku 17. Normalizační žihání zjemňuje a homogenizuje strukturu výkovku.

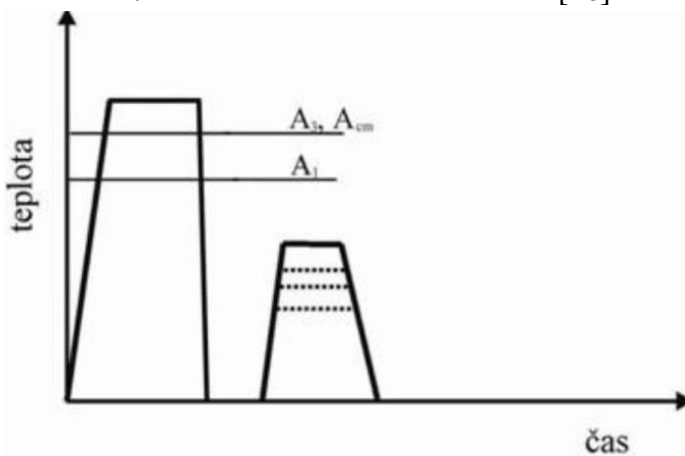
Zušlechťování probíhá na austenizační teplotě. Na této teplotě setrvá výkovek krátkou dobu a poté je ochlazen vzduchem. Ve druhé fázi se výkovek ohřeje na popouštěcí teplotu a na ní je po dobu 0,5 až 2 hodin. Poté je opět ochlazen na vzduchu. Zušlechťování je schematicky zobrazeno na obrázku 18.

Při žihání na měkko se výkovek ohřeje na teplotu v rozmezí 660°- 690° C. Tato teplota je udržována alespoň 8 hodin. Po uplynutí doby ohřevu se pomalu ochlazuje v peci. Tento druh tepelného zpracování má za následek změnu lamelárního perlitu na globulární. Žihání na měkko je schematicky znázorněno na obrázku 19.

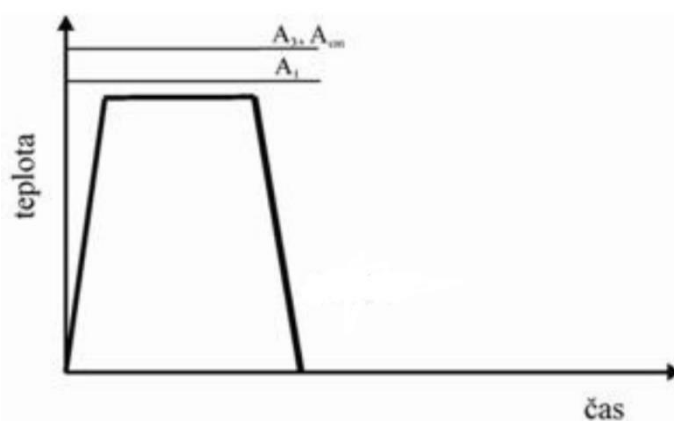
Žihání ke snížení pnutí odstraňuje vnitřní pnutí vzniklé během chladnutí nebo rovnání výkovku. Výkovek se ohřeje na teplotu 600° až 630°C a vytrvá na ní 1 až 10 hodin v závislosti na jeho rozměrech. Výkovek se poté pomalu v peci ochlazuje na 200° C. Další ochlazení se provádí pomocí vzduchu.



Obr. 17 Schéma normalizačního žihání [26]



Obr. 18 Schéma zušlechťování [26]



Obr. 19 Schéma žihání na měkko [26]

### 3 NÁVRH VÝROBY

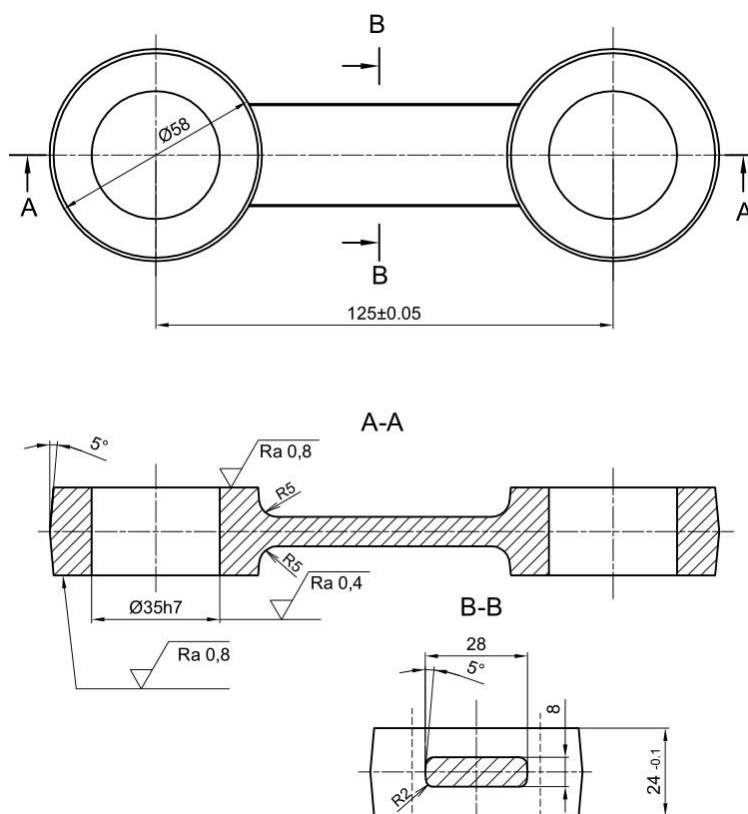
#### TÁHLA [27]

Vzhledem k tvaru (viz. obr. 20) bude kována na bucharu. Materiál součásti je ocel 12 060. Jedná se o ušlechtilou uhlíkovou ocel určenou k tváření. Tento materiál neobsahuje žádné přísadové prvky kromě uhlíku. Tato ocel dosahuje pevnosti v tahu  $R_m$  750 až 900 MPa a její mez kluzu  $R_e$  je 480 MPa. Pevnost oceli při kovací teplotě 950 °C je  $R_{mT} = 67$  MPa.

#### 3.1 Konstrukce zápustkového výkovku

[2], [29], [30], [31]

Při návrhu zápustkového výkovku se vychází z výkresu obrobku.



Obr. 20 Obrobek

- Dělicí rovinu je vzhledem k tvaru součásti vhodné umístit do poloviny výšky táhla.
- V součásti se nachází dva otvory ( $\Phi 35h7$ ), které budou při kování předkovány. Pro tyto otvory bylo nutno vypočítat tloušťku kovací blány dle vzorce 3.1. Tloušťka blány  $S$  byla výpočtem stanovena na  $S=4,4$  mm.

$$S = 0,45 \times \sqrt{D_0 - 0,25h - 5} + 0,6\sqrt{h} \quad (3.1)$$

kde:  $S$  – tloušťka blány [mm]

$D_0$  – průměr otvoru [mm] = 35 mm

$h$  – hloubka osy kovací blány [mm] = 12 mm

$$S = 0,45 \times \sqrt{35 - 0,25 \times 12 - 5} + 0,6 \times \sqrt{12} = 4,4 \text{ mm}$$

- Součást má vnější zkosení na obou okách i na dříku. Tudíž není nutno volit vnější úkosity. Vnitřní úkosity se nachází pouze v obou dírách. Tyto úkosity volím 7°.
- Přídavky na obrábění jsou nutné pouze na nesešikmeném povrchu ok a uvnitř předkovávaných děr. Tyto přídavky volím dle Tabulky 1. Největší výška hotového výrobku je 24 mm. Střední hodnotu délky součásti ve směru kolmo k rámu vypočteme jako součet vzdáleností os ok a dvou poloměrů. Tento součet vychází 183 mm. Přídavky na obrábění jsou tedy podle tabulky 1 2,5 mm.

Tab. 1 Přídavky na obrábění [29]

Největší průměr, nebo střední hodnota šířky a délky výrobku ve směru kolmo k rázu [mm]		největší výška součásti [mm]						
		přes	25	40	63	100	160	250
		do 25	40	63	100	160	250	400
přes	do	přídavky na obrábění						
	25	1,5	1,5	2	2	2		
25	40	1,5	2	2	2	2,5	2,5	
40	63	2	2	2	2,5	2,5	2,5	
63	100	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5
100	160	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	3,5
160	250	2,5	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4
250	400	2,5	2,5	3	3,5	3,5	4	4,5

### 3.1.1 Zaoblení hran a přechodů [29], [30], [31]

Zaoblení hran a přechodů bylo stanoveno dle normy ČSN 42 9030. Poloměr zaoblení se zjistí z tabulky 3 z výšky (hloubky)  $h$  a poměru výšky  $h$  a šířky  $f$ . Poloha hran a přechodů, ze kterých se zjistí poměr výšky a šířky, je obecně znázorněna v příloze 1. Reprezentanti jednotlivých druhů hran a přechodů na součásti typu táhla, které je nutno zaoblit, jsou znázorněny na obrázku 21. Poměr  $h/f$  je pro jednotlivé zaoblení následující:

$$r_1 = \frac{h_1}{f_1} = \frac{10}{58} = \mathbf{0,17} \quad (3.2)$$

kde:  $r_1$  - tloušťka blány [mm]

$h_1$  - hloubka dutiny výkovku, výška výkovku od dělicí plochy, výška osazení, nebo výstupku [mm] = 10 mm

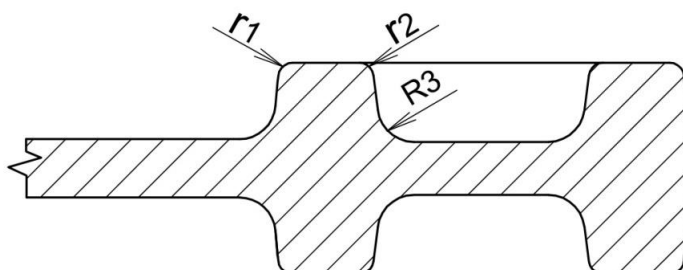
$f_1$  - šířka příslušné části výkovku a šířka osazení nebo výstupku u uvažovaného poloměru zaoblení [mm] = 58 mm

$$r_2 = \frac{h_2}{f_2} = \frac{10,36}{10,28} = \mathbf{1,01}$$

$$R_3 = \frac{h_3}{f_3} = \frac{10}{58} = \mathbf{0,17}$$

Z vypočtených hodnot a z výšky  $h$  stanovíme dle tabulky 3 poloměry zaoblení.

Poloměry zaoblení jsou uvedeny v tabulce 3.



Obr. 21 Schematická poloha zaoblených hran a přechodů

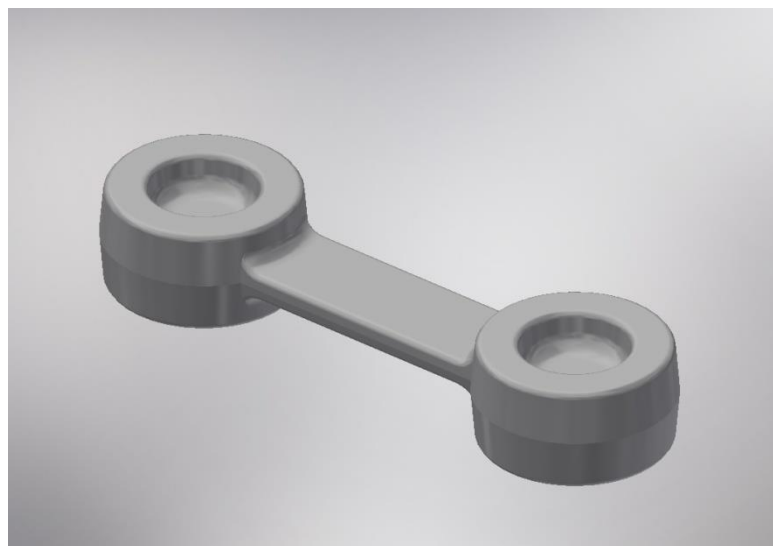
Tab. 2 Zaoblení hran a přechodů na součásti

označení hrany nebo přechodu	$r_1$	$r_2$	$R_3$
poloměr zaoblení [mm]	2	2	6

Tab. 3 Zaoblení hran a přechodů [29]

výška (hloubka) h [mm]		Poloměr zaoblení hran a přechodů při poměru[mm]					
		h/f do 2		h/f od 2 do 4		h/f přes 4	
přes	do	r	R	r	R	r	R
	25	2	6	2	8	3	10
25	40	3	8	3	10	4	12
40	63	4	10	4	12	5	20
63	100	5	12	6	20	8	25
100	160	8	20	8	25	16	40
160	250	12	30	16	45	25	65
250	400	20	50	25	75	40	100

Na základě zde uvedených parametrů byl vypracován výkres výkovku. Tento výkres se nachází ve výkresové dokumentaci k bakalářské práci. Model výkovku (bez výronku) zpracovaný v programu Autodesk Inventor Professional 2017 je zobrazen na obrázku 22.



Obr. 22 Model výkovku bez výronku

### 3.1.2 Návrh výronkové drážky [31]

Výkovek bude kován na bucharu. Při návrhu výronku bylo vycházeno z normy 22 8308 Zápustky pro buchary – směrnice pro konstrukci. Typ (tvar) drážky byl zvolen typ I. obvyklý. Byl vypočten přechod tvaru do dělicí plochy (r) dle vzorce 3.3.

$$r = \frac{\sqrt{F_D}}{200} + 0,04 \times H_D \quad (3.3)$$

kde: r – přechod tvaru do dělicí roviny [mm]

$F_D$  – průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu [ $\text{mm}^2$ ] = 6 781  $\text{mm}^2$

$H_D$  – výška osy drážky ode dna [mm] = 14 mm

$$r = \frac{\sqrt{6\,781}}{200} + 0,04 \times 14 = 0,97 \text{ mm} \approx \mathbf{1 \text{ mm}}$$

Hodnota průmětu plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu byla zjištěna z modelu v programu Autodesk Inventor Professional 2017. Přechod tvaru do dělicí roviny byl zaokrouhlen.

Výška výronkové drážky byla také vypočtena dle normy ČSN 22 8308. Při výpočtu je volena hodnota v rozmezí 0,015 až 0,012. Vzhledem k tvaru a složitosti výkovku byla zvolena hodnota 0,013.

$$h_v = 0,015 \text{ až } 0,012 \times \sqrt{F_D} \quad (3.4)$$

kde:  $h_v$  – výška výronkové drážky [mm]

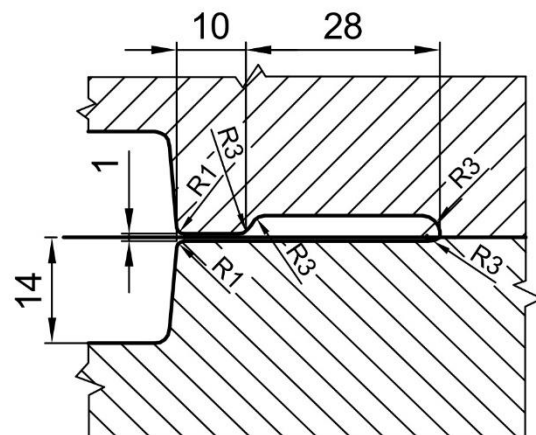
$F_D$  – průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu [ $\text{mm}^2$ ] = 6 781  $\text{mm}^2$

$$h = 0,013 \times \sqrt{6781} = 1,07 \approx \mathbf{1\text{mm}}$$

Dle normy ČSN 22 8308 se po vypočtení výšky výronkové drážky stanoví další rozměry z tabulky 7. Tato tabulka je uvedena v příloze 2. Pro zjištění dalších rozměrů je třeba zatřídit operaci z technologického hlediska. Z možností pēchování, jednoduché a složité protlačování bylo zvoleno jednoduché protlačování. Další rozměry výronkové drážky jsou následující:

- šířka můstku  $s = 10$  mm,
- šířka zásobníku  $s_z = 28$  mm,
- hloubka zásobníku  $n = 3$  mm.

Poloměr zaoblení zásobníku  $R$  je dle normy stejný jako hloubka zásobníku. Tudiž poloměr zaoblení zásobníku  $R=3$  mm. Schéma výronkové drážky je zobrazeno na obrázku 23.



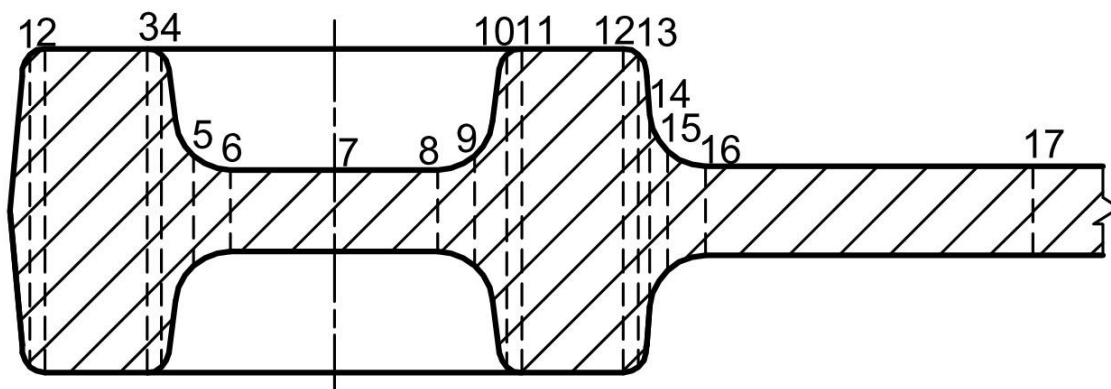
Obr. 23 Schéma výronkové drážky [26]

Na základě zde stanovených parametrů byl vytvořen výkres výkovku. Tento výkres se nachází ve výkresové dokumentaci k bakalářské práci.

## 3.2 Návrh polotovaru

### 3.2.1 Průřezové obrazce

Polotovarem pro kování bude tyč, protože se však velikosti příčných průřezů výkovku v místě dřívku a ok výkovků značně liší, bude třeba před vlastní kování zařadit operaci předkování. Předkovací operace, která se uskuteční metodou příčného



Obr. 24 Schematické zobrazení míst průřezů

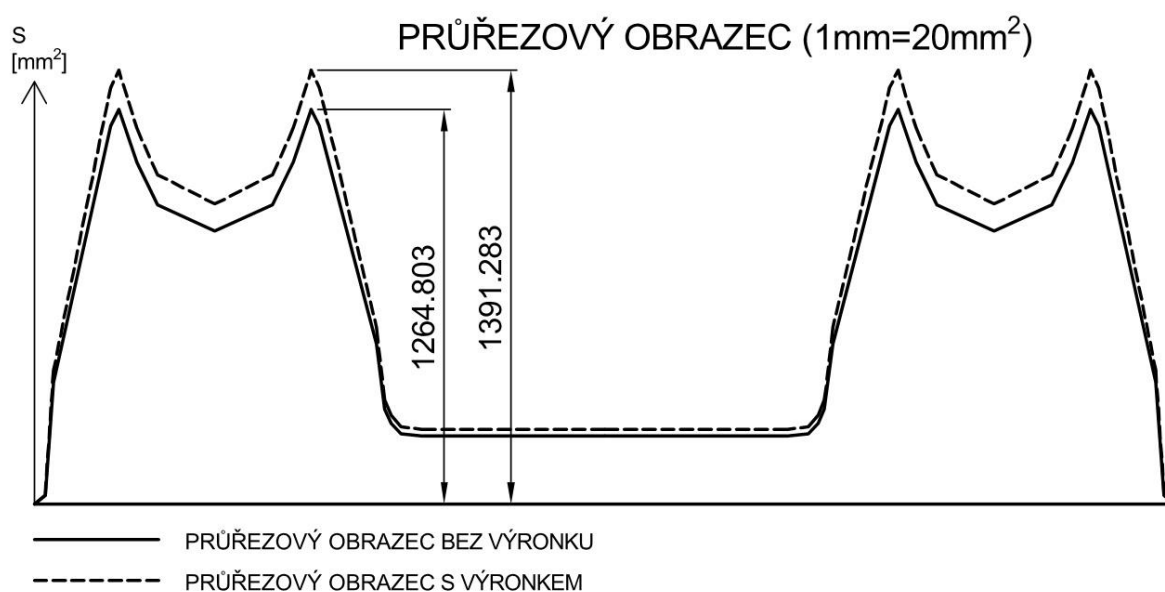
klínového válcování, zajistí přerozdělení materiálu podél jeho podélné osy. Pro stanovení průměru výchozí tyče i tvaru předkovku (vývalku) bylo třeba sestavit průřezový obrazec výkovku. V programu Autodesk Inventor Professional 2017 byl vytvořen model výkovku bez výronkové drážky (obrázek 22). Tento model byl ve vhodných místech (viz. obrázek 24) proložen rovinami a byly zjištěny průřezy v těchto místech. Pro návrh polotovaru nebylo nutné proložit model výkovku takovým množstvím průřezů, nicméně jedná se o jednoduchý proces, který ověří správnosti polohy rovin a výsledků. Průřezy byly zjištěny pouze v polovině výkovku, jelikož druhá polovina výkovku je symetrická. Hodnoty zjištěných průřezů výkovku jsou uvedeny v tabulce 4. Z hodnot byl sestaven průřezový obrazec, který je na obrázku 25 zobrazen plnou čarou. Maximální hodnota průřezu bez výronku je

Tab. 4 Hodnoty průřezu výkovku

průřez	plocha [mm <sup>2</sup> ]	plocha s výronkem [mm <sup>2</sup> ]	průměr ideálního předkovku [mm]
1	28,166	30,983	6,282
2	390,805	429,886	23,401
3	1213,533	1334,886	41,237
4	1264,803	1391,283	42,099
5	1096,101	1205,711	39,191
6	960,453	1056,498	36,686
7	875,103	962,613	35,018
8	960,453	1056,498	36,686
9	1096,101	1205,711	39,191
10	1264,803	1391,283	42,099
11	1213,533	1334,886	41,237
12	514,340	565,774	26,846
13	303,818	334,200	20,633
14	259,737	285,711	19,078
15	226,622	249,284	17,820
16	218,376	240,214	17,493
17	218,376	240,214	17,493

1264,803 mm<sup>2</sup>.

Hodnoty ploch průřezů byly zvětšeny o plochu výronku, kterou uvažujeme 10% z plochy průřezů. Průřezový obrazec výkovku s výronkem je na obrázku 25 znázorněn čárkovanou čarou. Maximální hodnota plochy průřezu s výronkem je 1391,283 mm<sup>2</sup>.



Obr. 25 Průřezový obrazec

### 3.2.2 Ideální a skutečný předkovek

Z hodnot ploch průřezu s výronkem byly vypočteny dle vzorce 3.5 průměry ideálního předkovku. Vzorový výpočet je uveden pro maximální průřez (průřez 4).

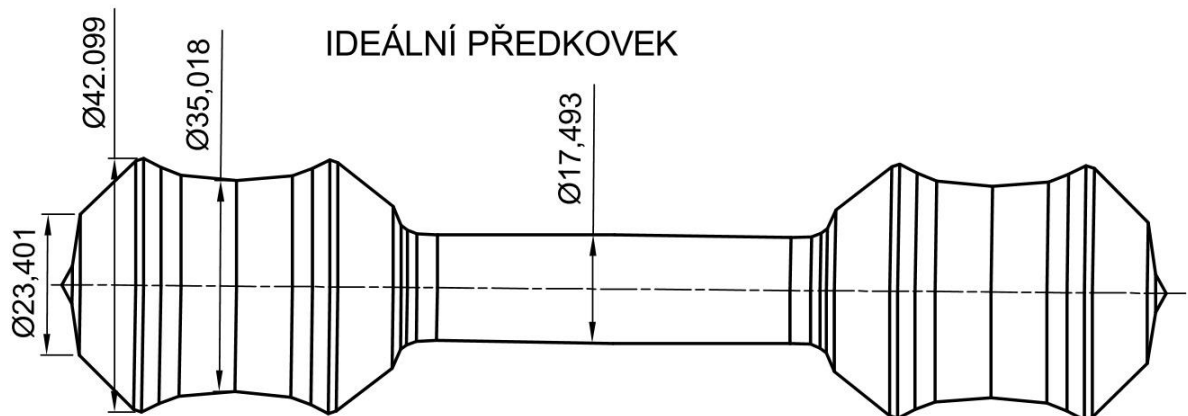
$$D = \sqrt{\frac{S \times 4}{\pi}} \quad (3.5)$$

kde: D – průměr [mm]

S-plocha [mm] = 1391,283 mm

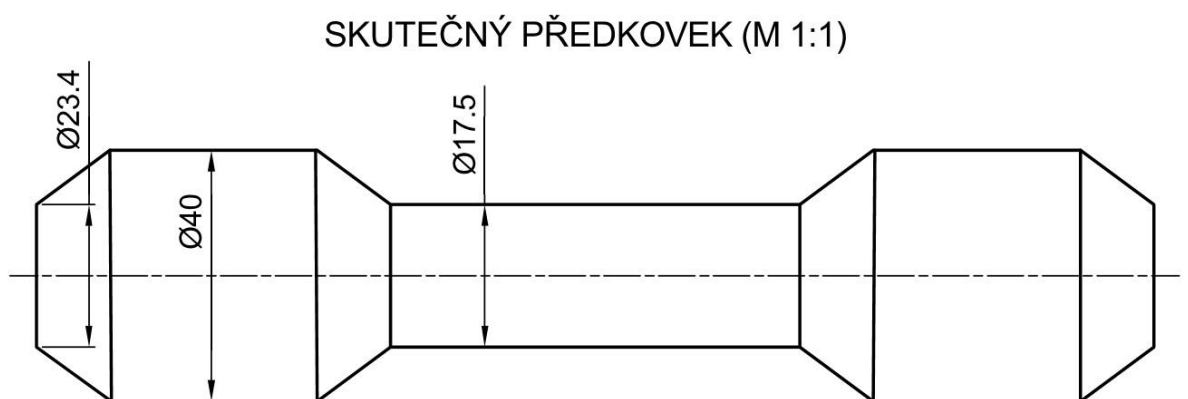
$$D = \sqrt{\frac{1391,283 \times 4}{\pi}} = 42,099 \text{ mm}$$

Ideální předkovek byl vytvořen dle vypočtených průměrů a je schematicky zobrazen na obrázku 26. Jak již bylo uvedeno, předkovek bude vyráběn příčným klínovým válcováním. Ideální předkovek pro tuto technologii výroby není vhodný z důvodu jeho tvarové složitosti. Z toho důvodu je třeba vytvořit skutečný předkovek.



Obr. 26 Schéma ideálního předkovku

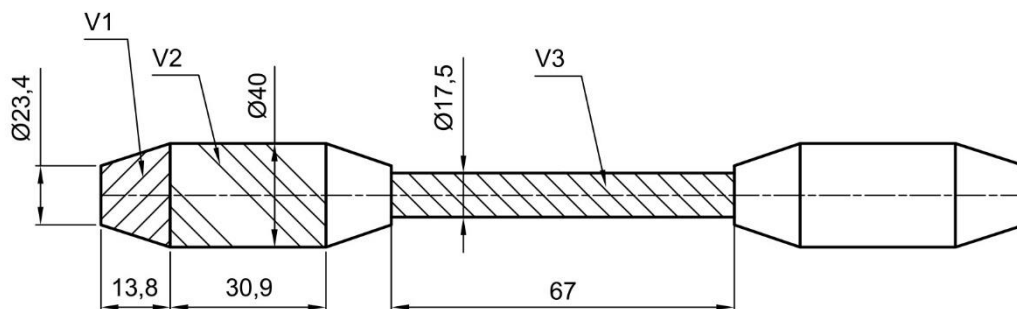
Skutečný předkovek byl vytvořen tvarovým zjednodušením ideálního předkovku tak, aby při kování docházelo k co nejmenšímu přesunu materiálu. V části součásti, kterou lze označit jako dřík, byl zachován její tvar a byl pouze upraven její průměr na výrobitelnou hodnotu. Části, které po vykování budou mít tvar oka, mají tvar válců se sešikmenými konci. Budoucí oka byla také v podélném směru roztažena o 0,5 mm. Schéma skutečného předkovku se nachází na obrázku 27. Před zahájením sériové výroby je nutno vyzkoušet navržený skutečný předkovek v praxi zkušební kusem nebo malou zkušební sérií a tvar skutečného předkovku a nástrojů pro PKV případně upravit.



Obr. 27 Schéma skutečného předkovku

### 3.2.3 Výpočet hmotnosti a tvaru polotovaru

Pro vypočtení hmotnosti skutečného předkovku je třeba vypočítat objem součásti. Pro tento účel byla součást rozdělena na sešikmenou část, část o  $\phi 40$  mm a dřík. Toto rozdělení je schematicky zobrazeno na obrázku 28. Objem sešikmené části se je na předkovku 4x, objem části o  $\phi 40$  mm 2x a dřík je jeden.



Obr. 28 Schématické rozdělení předkovku

$$V_1 = \frac{\pi \times h_d}{12} \times (D_1^2 + D_1 \times D_2 + D_2^2) \quad (3.6)$$

kde:  $D_1$  – průměr [mm] = 23,4 mm  
 $D_2$  – průměr [mm] = 40 mm  
 $H_d$  – délka [mm] = 13,8 mm  
 $V_1$  – objem [mm<sup>3</sup>]

$$V_1 = \frac{\pi \times 13,8}{12} \times (23,4^2 + 23,4 \times 40 + 40^2) = \mathbf{11\ 134,735\ mm^3}$$

$$V_2 = \frac{\pi \times D_2^2}{4} \times h_2 \quad (3.7)$$

kde:  $D_2$  – průměr [mm] = 30,9 mm  
 $h_2$  – délka [mm] = 40 mm  
 $V_2$  – objem [mm<sup>3</sup>]

$$V_2 = \frac{\pi \times 40^2}{4} \times 30,9 = \mathbf{38\ 810,4\ mm^3}$$

$$V_3 = \frac{\pi \times 17,5^2}{4} \times 67 = \mathbf{16\ 107,219\ mm^3} \quad (3.8)$$

$$V = 4 \times V_1 + 2 \times V_2 + V_3$$

$$V = 4 \times 11\ 134,735 + 2 \times 38\ 810,4 + 16\ 107,219$$

$$V = \mathbf{138\ 266,959\ mm^3}$$

Výsledek byl ověřen pomocí programu Autodesk Inventor profesional 2017 a lišil se jen minimálně. Proto lze předpokládat, že výsledek je správný. Z objemu předkovku vypočteme dle vzorce 3.9 jeho hmotnost.

$$m = V \times \rho \quad (3.9)$$

kde:  $m$  – hmotnost [kg]

$V$  – objem [m<sup>3</sup>] = 0,000 138 266 959 m<sup>3</sup>

$\rho$  – objemová hmotnost [ $kg \times m^3$ ] = 7 870  $kg \times m^3$

$$m = 0,000\ 138\ 266\ 959 \times 7\ 870 = \mathbf{1,088\ kg}$$

Výsledná hmotnost byla ověřena pomocí programu Autodesk Inventor profesional 2017 a liší se také jen minimálně. Proto ho lze považovat za správný. Hmotnost skutečného předkovku je tedy 1,088 kg.

Délka polotovaru se dopočítá z objemu polotovaru pro kování dle upravené rovnice 3.7

$$V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times h \quad (3.7)$$

$$h = \frac{V \times 4}{\pi \times D^2} \quad (3.10)$$

kde: D – průměr špalíku [mm] = 40 mm

h – délka špalíku [mm]

V – objem špalíku [mm<sup>3</sup>]

$$h = \frac{138\,266,959 \times 4}{\pi \times 40^2} = \mathbf{110,1\,mm}$$

Polotovarem pro kování výkovku tak bude tyč průměru 40 mm délky 110,1 mm.

### 3.3 Návrh technologie výroby

#### 3.3.1 Návrh stříhání [43]

Materiál bude dodáván ve formě tyčí o  $\phi 40$  mm. Tento materiál bude stříhán na špalíky pomocí profilových hydraulických nůžek Bernardo STW 125. Maximální  $\phi$  ocelových tyčí, které jsou schopny tyto nůžky stříhat je 60 mm. Z toho vyplývá, že nůžky jsou schopny ustříhnout tyčový materiál o  $\phi 40$  mm. Nůžky Bernardo STW 125 jsou znázorněny na obrázku 29. Technické parametry těchto nůžek se nachází v příloze 5.



Obr. 29 Profilové hydraulické nůžky Bernardo STW 125 [43]

#### 3.3.2 Návrh příčného klínového válcování [7], [32]

Pro výrobu polotovaru pro zápuskové kování volím technologii příčného klínového válcování. Stroj pro příčné klínové válcování se volí dle průměru zpracovávaných přířezů. Jelikož během tvářecího procesu při použití zvolené technologie nedochází k pěchování, ale nástroj pouze přemísťuje materiál v podélné ose, tak je maximální průměr vývalku roven průměru vstupního materiálu. Průměr polotovaru pro příčné klínové válcování byl stanoven na 40 mm, tady maximální průměr polotovaru pro



Obr. 30 Stroj pro příčné klínové válcování ULS 70 [7]

kování na bucharu. Tento průměr byl zvolen také s ohledem na to, aby se přemísťovalo co nejmenší množství materiálu a tedy docházelo k co nejmenšímu opotřebení nástroje.

Volím stroj ULS 70 od firmy Šmeral. Tento stroj dokáže zpracovávat průřezy od  $\phi$  35 do 70 mm, čemuž  $\phi$  40 mm vyhovuje. Stroj ULS 70 je zobrazen na obrázku 30 a jeho technické parametry uvedeny v příloze 6.

### 3.3.3 Návrh kování na bucharu [7], [31]

Zápustkový výkovek bude kován na bucharu. Výkovek bude zhotoven v jedné zápustkové dutině. Při volbě stroje vycházíme z normy ČSN 22 8303. Velikost bucharu je závislá na potřebné práci posledního úderu, protože je při něm největší odpor tvářeného materiálu proti deformaci.

Vzhledem k tomu, že se nejedná o rotační výkovek, je pro výpočet práce posledního úderu nejprve nutno vypočítat tzv. redukovaný průměr pro nekruhový výkovek. Tento výpočet se provádí dle vzorce 3.11. Hodnota průmětu plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu byla zjištěna pomocí programu Autodesk Inventor profesional 2017.

$$D_{red} = 1,13 \times \sqrt{F_D} \quad (3.11)$$

kde:  $D_{red}$  – redukovaný poloměr [cm]

$F_D$  – průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu [cm<sup>2</sup>] = 67,81 cm<sup>2</sup>

$$D_{red} = 1,13 \times \sqrt{67,81} = \mathbf{9,3 \text{ cm}}$$

$$A = 18(1 - 0,005D_{red}) \times \left(1,1 + \frac{2}{D_{red}}\right)^2 \times (0,75 + 0,001 D_{red}^2) \times D_{red} \times \sigma_s \quad (3.12)$$

kde:  $D_{red}$  – redukovaný poloměr [cm] = 9,3 cm

$\sigma_s$  – pevnost materiálu za kovací teploty [kp/mm<sup>2</sup>] = 7,5 kp/mm<sup>2</sup> při 950 °C

A – potřebná práce posledního úderu [kpm]

$$A = 18(1 - 0,005 \times 9,3) \times \left(1,1 + \frac{2}{9,3}\right)^2 \times (0,75 + 0,001 \times 9,3^2) \times 9,3 \times 7,5$$

$$A = \mathbf{1731,4 \text{ kpm}}$$

Dle vztahu 3.12 byla vypočtena potřebná práce pro úder beranu bucharu. Tato práce je však v kilopondmetrech a je třeba ji převést na kilojouly, aby bylo možno zvolit vhodný buchar pro kování. Jelikož 1 kpm je roven 9,807 J, tak převod jednotek je následující:

$$A = 1731,4 \times 9,807 = 16979,8 \text{ J} \cong \mathbf{17 \text{ kJ}}$$

Tab. 5 Technické parametry bucharů [33]

buchar	KHZ 2A	KHZ 4A	KHZ 8A	KHZ 16A
tvářecí energie[kJ]	20	40	80	160

V tabulce 5 jsou uvedeny tvářecí energie pneumaticko-hydraulických bucharů řady KHZ od firmy Šmeral. Na těchto strojích lze nastavit energii úderu. Převedená práce úderu vyšla 17 kJ. Na základě vypočtené energie úderu volím buchar KHZ 2A. Tento buchar je zobrazen na obrázku 31. Technické parametry bucharu KHZ 2A jsou uvedeny v příloze 3 a v příloze 4 jsou uvedeny upínací možnosti tohoto stroje.



Obr. 31 Pneumaticko-hydraulický buchar KHZ 2 [7]

### 3.3.4 Ostříhování výronku a děrování blány [7], [19], [27]

Po kování je třeba odstranit výronek a blánu. Tyto operace proběhnou na ostříhovacím lisu po

kování při teplotě 750° C. Při této teplotě má materiál 12 060 mez pevnosti 500 MPa. Pro volbu lisu je potřeba vypočítat celkovou sílu potřebnou pro ostřížení a děrování. Tato síla se skládá ze síly potřebné pro ostřížení výronku a ze síly potřebné pro děrování blány.

- Výpočet síly pro ostřížení výronku.

$$F_{OV} = n_0 \times O_v \times h \times \tau_s \quad (3.13)$$

kde:  $F_{OV}$  – velikost síly k ostřížení výronku [N]

$O_v$  – obvod výronku v dělicí rovině (bez výronku) [mm] = 441,92 mm

$F_{OV}$  – velikost síly k ostřížení výronku [N]

$n_0$  – součinitel otupení (1,2 až 1,5 - volím 1,4) [-] = 1,4

$h$  – výška můstku [mm] = 1 mm

$\tau_s$  – napětí ve smyku [Mpa] = 400 Mpa

$\tau_s = R_m \times 0,8 = 500 \times 0,8 = 400 \text{ Mpa}$

$$F_{OV} = 1,4 \times 441,92 \times 1 \times 400 = 247\,775 \text{ N} = \mathbf{247,775 \text{ kN}}$$

- Velikost děrovací síly pro odstranění blány

$$F_{OB} = n_0 \times O_v \times h_b \times \tau_s \quad (3.14)$$

kde:  $F_{OB}$  – velikost síly k děrování blány [N]

$O_v$  – obvod díry [mm] = 188,4 mm

$n_0$  – součinitel otupení (1,2 až 1,5 - volím 1,4) [-] = 1,4

$h_b$  – tloušťka blány [mm] = 4,4 mm

$\tau_s$  – napětí ve smyku [Mpa] = 400 Mpa

$\tau_s = R_m \times 0,8 = 500 \times 0,8 = 400 \text{ Mpa}$

$$F_{OB} = 1,4 \times 188,4 \times 4,4 \times 400 = 464\,218 \text{ N} = \mathbf{464,218 \text{ kN}}$$

- Celková velikost síly pro odstranění blán a výronku

$$F_c = 1,25 \times (F_{OB} + 2 \times F_{OV}) \quad (3.15)$$

kde:  $F_c$  – celková velikost síly pro odstranění blán a výronku [kN]

$F_{OB}$  – velikost síly k děrování [kN]

$F_{OV}$  – velikost síly k ostřížení výronku [kN]

$$F_c = 1,25 \times (247,775 + 2 \times 464,218) = \mathbf{1470,26 \text{ kN}}$$



Obr. 32 Ostřihovací lis LKOA 200 [7]

Celková síla pro odstranění blán a výronku byla ještě zvětšena o 25 %

z důvodu opotřebení zápustek (zvětšení blán a výronku). S ohledem na vypočtenou celkovou velikost síly pro odstranění blán a výronku volím ostřihovací lis LKOA 200 od firmy Šmeral. Tento lis má tvářecí sílu 2000 kN a je zobrazen na obrázku 32. Technické parametry tohoto lisu jsou uvedeny v příloze 7.

### 3.3.5 Tepelné zpracování [19], [34]

Výkovek je nutno po kování normalizačně žíhat. Při tomto tepelném zpracování dojde ke zjemnění struktury a k její homogenizaci. Materiál 12 060 bude žíhán při teplotě 810–840°C.

### 3.3.6 Čištění výkovek [35]

Výkovek bude otryskán za využití ocelové drti v bubnovém tryskacím zařízení TZB 2-7,5/1100-1000 od firmy Kovo Staněk. Toto bubnové tryskací zařízení je zobrazeno na obrázku 33. Technické parametry tohoto lisu jsou uvedeny v příloze 8.

## 3.3 Návrh zápustky [31], [33]

Při konstrukci zápustky bylo vycházeno z ČSN 22 8308 Zápustky pro buchary. Provedení bylo zvoleno jako obvyklé. Zápustka bude vyrobena z materiálu 19 642. Tento materiál je vhodný pro malé střední i velké zápustky a pro kování na buchary, ale i vřetenových a kovacích lisech.



Obr. 33 Bubnové tryskací zařízení TZB 2-7,5/1100-1000 [44]

Dutina zápusťky má drsnost povrchu povrchu Ra 0,4. Rozměry byly zvětšeny o smrštění, které bylo na základě normy stanoveno na 1 %. Rozměry byly tolerovány dle tabulky 5 z normy ČSN 22 8308. Tato tabulka je uvedena v příloze 9. Výkres zápusťky se nachází ve výkresové dokumentaci k bakalářské práci.

## 4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 4.1 Výpočet spotřeby materiálu [8]

Materiál je dodáván v tyčích o délce 6 metrů a průměru  $\phi 40\text{mm}$ . Tyto tyče jsou poté děleny na špalíky délky 110,1 mm, které slouží jako polotovary pro příčné klínové válcování. Velikost série je stanovena na 40 000 kusů za rok.

- počet kusů z jedné tyče

$$n_{ks} = \frac{l_{tyče}}{l_{špalíku}} \quad (4.1)$$

kde:  $n_{ks}$  – počet kusů z jedné tyče [-]

$l_{tyče}$  – délka tyče [mm] = 6000 mm

$l_{špalíku}$  – délka špalíku [mm] = 110,1 mm

$$n_{ks} = \frac{6000}{110,1} = 54,5 \rightarrow \mathbf{54}$$

- počet tyčí za rok

$$n_t = \frac{Q_R}{n_{ks}} \quad (4.2)$$

kde:  $n_t$  – počet tyčí za rok [-]

$n_{ks}$  – počet kusů z jedné tyče [-] = 54

$Q_R$  – počet kusů za rok [-] = 40 000

$$n_t = \frac{40\,000}{54} = 740,7 \rightarrow \mathbf{741}$$

- hmotnost tyče

$$m_t = \frac{\pi \times D_T^2}{4} \times l_{tyče} \times \rho \quad (4.3)$$

kde:  $m_t$  – hmotnost tyče [kg]

$D_T$  – průměr tyče [m] = 0,04 m

$l_{tyče}$  – délka tyče [m] = 6 m

$\rho$  – objemová hmotnost oceli [ $\text{kg} \times \text{m}^3$ ] = 7 870

$$m_t = \frac{\pi \times 0,04^2}{4} \times 6 \times 7\,870 = \mathbf{59,3\,kg}$$

- hmotnost tyčí za rok

$$m_{tr} = m_t \times n_t \quad (4.4)$$

kde:  $m_{tr}$  – hmotnost tyčí za rok [-]

$m_t$  – hmotnost tyče [kg] = 59,3 kg

$n_t$  – počet tyčí za rok [-] = 741

$$m_{tr} = 59,3 \times 741 = \mathbf{43\ 941,3\ kg}$$

- **délka nevyužitých zbytků tyčí za rok**

$$l_{zr} = (l_{tyče} - n_{ks} \times l_{špalíku}) \times n_t \quad (4.4)$$

kde:  $l_{zr}$  – délka nevyužitých zbytků tyčí za rok [m]

$l_{tyče}$  – délka tyče [m] = 6 m

$n_{ks}$  – počet kusů z jedné tyče [-] = 54

$n_t$  – počet tyčí za rok [-] = 741

$l_{špalíku}$  – délka špalíku [m] = 0,1101 mm

$$l_{zr} = (6 - 54 \times 0,1101) \times 741 = \mathbf{40,46\ m}$$

- **hmotnost nevyužitých zbytků tyčí za rok**

$$m_{zr} = \frac{\pi \times D_t^2}{4} \times l_{zr} \times \rho \quad (4.5)$$

kde:  $m_{zr}$  – hmotnost nevyužitých zbytků tyčí za rok [kg]

$D_t$  – průměr tyče [m] = 0,04 m

$l_{zr}$  – délka nevyužitých zbytků tyčí za rok [m] = 40,46 m

$\rho$  – objemová hmotnost oceli [ $kg \times m^3$ ] = 7 870

$$m_{zr} = \frac{\pi \times 0,04^2}{4} \times 40,46 \times 7\ 870 = \mathbf{399,9\ kg}$$

## 4.2 Výpočet ceny materiálu [8], [19], [36]

- **cena materiálu na jeden kus**

$$N_m = C_m \times m_p \quad (4.6)$$

kde:  $N_m$  – cena materiálu na jeden kus [Kč]

$m_p$  – hmotnost polotovaru pro 1 kus [kg] = 1,88 kg

$C_m$  – cena materiálu [Kč/kg] = 30 Kč/kg

$$N_m = 30 \times 1,88 = \mathbf{56,4\ Kč}$$

- **cena materiálu na jedenu tyč**

$$N_t = C_m \times m_t \quad (4.7)$$

kde:  $N_t$  – cena materiálu na jedenu tyč [Kč]

$m_t$  – hmotnost tyče [kg] = 59,3 kg

$C_m$  – cena materiálu [Kč/kg] = 30 Kč/kg

$$N_t = 30 \times 59,3 = \mathbf{1\ 779\ Kč}$$

- **cena tyčí za rok**

$$N_r = Cm \times m_{tr} \quad (4.8)$$

kde:  $N_r$  – cena tyčí za rok [KČ]

$m_{tr}$  – hmotnost tyčí za rok [kg] = 43 941,3 kg

$C_r$  – cena materiálu [KČ/kg] = 30 KČ/kg

$$N_t = 30 \times 43\,941,3 = \mathbf{1\,318\,239\,KČ}$$

### 4.3 Náklady na výrobu zápusťkovým kováním a následným obráběním [8], [19], [36]

- **mzdy výrobních dělníků na 1 kus (kování)**

$$M_{V1} = \frac{T_{kk}}{60} \times m_v \quad (4.9)$$

kde:  $M_{V1}$  – mzda dělníka na 1 kus [KČ/ks]

$m_v$  – hodinová mzda výrobního dělníka [KČ] = 120 KČ

$T_{kk}$  – výrobní čas jedné součásti kováním [min] = 2,5 min

$$M_{V1} = \frac{2,5}{60} \times 120 = \mathbf{5\,KČ/ks}$$

- **mzdy výrobních dělníků na celou sérii (kování)**

$$M_{Vc} = M_{V1} \times Q_r \quad (4.10)$$

kde:  $M_{Vc}$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro kování [KČ]

$M_{V1}$  – mzda dělníka na 1 kus [KČ/ks] = 5 KČ/ks

$Q_r$  – počet kusů za rok [-] = 40 000

$$M_{Vc} = 5 \times 40\,000 = \mathbf{200\,000\,KČ}$$

- **mzdy výrobních dělníků na 1 kus (následné obrábění)**

$$M_{Vo1} = \frac{T_{ko}}{60} \times m_v \quad (4.11)$$

kde:  $M_{Vo1}$  – mzda dělníka na 1 kus [KČ/ks]

$m_v$  – hodinová mzda výrobního dělníka [KČ] = 120 KČ

$T_{ko}$  – výrobní čas jedné součásti obráběním [min] = 4 min

$$M_{Vo1} = \frac{4}{60} \times 120 = \mathbf{8\,KČ/ks}$$

- **mzdy výrobních dělníků na celou sérii (následné obrábění)**

$$M_{Voc} = M_{Vo1} \times Q_r \quad (4.12)$$

kde:  $M_{Voc}$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro následné obrábění [KČ]

$M_{Vo1}$  – mzda dělníka na 1 kus [KČ/ks] = 8 KČ/ks

$Q_r$  – počet kusů za rok [-] = 40 000

$$M_{Voc} = 8 \times 40\,000 = \mathbf{320\,000\,KČ}$$

- **mzdy výrobních dělníků na celou sérii**

$$M_c = M_{Voc} + M_{Vc} \quad (4.13)$$

kde:  $M_c$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii [KČ]

$M_{V_{qc}}$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro následné obrábění [KČ] = 320 000 KČ

$M_{V_c}$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro kování [KČ] = 200 000 KČ

$$M_c = 320\,000 + 200\,000 = \mathbf{520\,000\ KČ}$$

- **hmotnost odpadu z 1 kusu**

$$m_{o1} = m_{pol} - m_{ob} \quad (4.14)$$

kde:  $m_{o1}$  – hmotnost odpadu z 1 kusu [kg]

$m_{pol}$  – hmotnost polotovaru [kg] = 1,088 kg

$m_{ob}$  – hmotnost součásti po obrábění [kg] = 0,950

$$m_{o1} = 1,088 - 0,950 = 0,138\ kg$$

- **hmotnost odpadu z celé série z kování a následného obrábění**

$$m_{cko} = m_{o1} \times Q_r \quad (4.15)$$

kde:  $m_{cko}$  – hmotnost odpadu z celé série z kování a následného obrábění [kg]

$m_{o1}$  – hmotnost odpadu z 1 kusu [kg] = 0,138 kg

$Q_r$  – počet kusů za rok [-] = 40 000

$$m_{cko} = 0,138 \times 40\,000 = \mathbf{5\,520\ kg}$$

- **hmotnost odpadu z celé série**

$$m_{co} = m_{cko} + m_{zr} \quad (4.16)$$

kde:  $m_{co}$  – hmotnost odpadu z celé série [kg]

$m_{cko}$  – hmotnost odpadu z celé série kování a následným obráběním [kg] = 5 520 kg

$m_{zr}$  – hmotnost nevyužitých zbytků tyčí za rok [kg] = 399,9 kg

$$m_{co} = 5\,520 + 399,9 = \mathbf{5\,919,9\ kg}$$

- **cena vratného odpadu za rok**

$$N_o = C_o \times m_{co} \quad (4.17)$$

kde:  $N_o$  – cena vratného odpadu za rok [KČ]

$m_{co}$  – hmotnost odpadu z celé série [kg] = 5 919,9 kg

$C_o$  – výkupní cena ocelového odpadu [KČ/kg] = 3 KČ/kg

$$N_o = 3 \times 5\,919,9 = 17\,759,7\ KČ \cong \mathbf{17\,760\ KČ}$$

- **dílenská režie pro zápusťkové kování**

$$D_r = 10 \times M_{V_c} \quad (4.18)$$

kde:  $D_r$  – dílenská režie pro zápusťkové kování [KČ]

$M_{V_c}$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro kování [KČ] = 200 000 KČ

$$D_r = 10 \times 200\,000 = \mathbf{2\,000\,000\ KČ}$$

- **dílenská režie pro následné obrábění**

$$D_o = 6,5 \times m_{Vco} \quad (4.19)$$

kde:  $D_o$  – dílenská režie pro následné obrábění [KČ]

$M_{Voc}$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro následné obrábění [KČ] = 320 000 KČ

$$D_o = 6,5 \times 320\,000 = \mathbf{2\,080\,000\,K\check{C}}$$

- **dílenská režie celkově**

$$D_c = D_r + D_o \quad (4.20)$$

kde:  $D_c$  – dílenská režie celkově [KČ]

$D_o$  – dílenská režie pro následné obrábění [KČ] = 2 080 000 KČ

$D_r$  – dílenská režie pro zápusťkové kování [KČ] = 2 000 000 KČ

$$D_c = 2\,080\,000 + 2\,000\,000 = \mathbf{4\,080\,000\,K\check{C}}$$

- **podniková režie**

$$D_p = 2 \times M_c \quad (4.21)$$

kde:  $D_p$  – podniková režie [KČ]

$M_c$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii [KČ] = 520 000 KČ

$$D_p = 2 \times 520\,000 = \mathbf{1\,040\,000\,K\check{C}}$$

- **zvláštní náklady**

Cena nástrojů (zápusťek, ostříhovacích nástrojů a nástrojů na obrábění) je stanovena na 950 000 KČ.

- **Celkové náklady**

$$N = M_c + N_r - N_o + D_c + D_p + D_n$$

(4.20)

kde:  $N$  – celkové náklady [KČ]

$M_c$  – mzdy výrobních dělníků na celou sérii [KČ] = 520 000 KČ

$N_r$  – cena tyčí za rok [KČ] = 1 318 293 KČ

$N_o$  – cena vratného odpadu za rok [KČ] = 17 760 KČ

$D_c$  – dílenská režie celkově [KČ] = 4 080 000 KČ

$D_p$  – podniková režie [KČ] = 1 040 000 KČ

$D_n$  – zvláštní náklady [KČ] = 950 000 KČ

$$N = 1\,318\,293 + 520\,000 - 17\,760 + 4\,080\,000 + 1\,040\,000 + 950\,000$$

$$N = \mathbf{7\,890\,533\,K\check{C}}$$

Výpočty bylo zjištěno, že celkové náklady na výrobu 40 000 kusů jsou 7 890 533 KČ. Tyto náklady jsou pouze orientační a můžou se v různých strojírenských podnicích lišit.

## 5 ZÁVĚRY

Tato práce je věnována návrhu výroby součásti typu táhlo. Cílem této práce bylo na základě analýzy provést návrh možných způsobů výroby zadané součásti, vybrat optimální technologii výroby a pro ni vypracovat literární studii, sestavit technologický postup doložený nezbytnými výpočty, zpracovat výkresovou dokumentaci nástrojů a provést technickoekonomické zhodnocení.

Jako možné technologie výroby součásti typu táhla byly vzaty v úvahu obrábění, odlévání a kování. Byla zvolena technologie kování z důvodu vhodnosti pro velké série a také dobrých mechanických vlastností vyrobených součástí. Pro kování byla zpracována literární studie.

Bylo zvoleno, že se součást se bude vyrábět zápusťkovým kovááním na bucharu. S ohledem na tuto volbu byl navržen zápusťkový výkovek. Dělicí rovina byla výhodně umístěná do poloviny součásti. V součásti se nachází 2 díry a pro ty byla vypočtena tloušťka kovací blány. Tato tloušťka vyšla 7,4mm. Vnitřní úkosy byly zvoleny 7°. Na povrchu ok a uvnitř děr byl stanoven přídavek na obrábění 2,5 mm. Bylo stanoveno zaoblení hran a přechodů. Výronková drážka byla navržena dle ČSN 22 8308.

Pro návrh polotovaru bylo nutné sestavit průřezové obrazce. Nejprve byl sestaven průřezový obrazec bez výronkové drážky. Poté byly hodnoty, z kterého byl tento obrazec sestaven navýšeny o 10 %, což představuje výronek. Poté byl sestaven průřezový obrazec s výronkem. Hodnoty z tohoto průřezového obrazce byly přepočteny na průměry a byl z nich vytvořen ideální předkovek. Zjednodušením ideálního předkovku byl vytvořen skutečný předkovek a výchozí polotovar. Tento předkovek má hmotnost 1,088 kg.

Součást se bude vyrábět z materiálu 12 060. Tento materiál bude dodán v tyčích o  $\phi$  40 mm, které budou stříhány na profilových hydraulických nůžkách Bernardo STW 125 na špalíky o délce 110,1 mm. Z těchto špalíků bude pomocí příčného klínového válcování na stroji ULS 70 vyroben předkovek pro kování na bucharu. Byla vypočtena potřebná práce pro buchar  $A=17$  kJ a na jejím základě byl zvolen buchar KHZ 2A. Po vykování výkovku na tomto bucharu bude nutné ostříhnout výronek a děrovat kovací blány v otvorech. Po vypočtení celkové síly pro děrování a ostříhování ( $F_{ostř}=1470,26$  kN) byl zvolen ostříhovací lis LKOA 200. Po střížení bude výkovek normalizačně žihán a poté otryskán v bubnovém tryskacím zařízení TZB 2-7,5/1100-1000.

Dle normy ČSN 22 8308 byla zkonstruována zápusťka. Tato zápusťka se nachází ve výkresové dokumentaci k bakalářské práci.

Bylo provedeno technickoekonomické zhodnocení výroby. Celkové náklady na výrobu série 40 000 kusů byli stanoveny na 7 890 533 Kč. Tato hodnota je ovšem pouze orientační.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ:

1. HAŠEK, Vladimír. *Kování*. Praha: SNTL, 1965, 730 s. ISBN 04-223-65.
2. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření II*. Brno: Univerzita obrany, 2008, 106 s. ISBN 978-80-7213-580-2.
3. LENFELD, Peter. *Technologie II. Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/obsah.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/obsah.htm)
4. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření : plošné a objemové tváření*. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013, 169 s. ISBN 978-80-214-4747-9.
5. Kovací linka. *Ostroj* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: [http://static.ostroj.s8.upgates.com/\\_cache/7/b/7bfbcd41f2b886cdaf16fa1c511de29d.jpg](http://static.ostroj.s8.upgates.com/_cache/7/b/7bfbcd41f2b886cdaf16fa1c511de29d.jpg)
6. Postup vzniku klikové hřídele. *Wikipedia* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kov%C3%A1n%C3%AD\\_\(tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD\)#/media/File:Klika\\_-\\_postup.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kov%C3%A1n%C3%AD_(tv%C3%A1%C5%99en%C3%AD)#/media/File:Klika_-_postup.jpg)
7. Šmeral. *Šmeral* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [www.smeral.cz](http://www.smeral.cz)
8. VAŠKO, Michal. *Technologie zápusťkového kování hřídele* [online]. Brno, 2010, 80 s. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/28943](http://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/28943). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Miroslav Šlais.
9. HODFORD, William a Robert CADDEL. *Metal forming: Mechanics and metalurgy*. 3. vyd. New Yourk: Cambringe university press, 2007, 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
10. *ASM-Metal handbook: forming and forging*. Vol. 14. USA: ASM international, 2004, 978 s. ISBN 0-87170-020-4.
11. ZAJÍČEK, Ondřej. *Návrh optimálního tvaru žebra zápusťkového výkovku pomocí numerické simulace* [online]. Praha, 2017 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/68151/F2-DP-2017-Zajicek-Ondrej-Ondrej%20Zajicek%20-%20Diplomova%20prace-5.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](http://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/68151/F2-DP-2017-Zajicek-Ondrej-Ondrej%20Zajicek%20-%20Diplomova%20prace-5.pdf?sequence=-1&isAllowed=y). Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce František Tatiček.
12. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
13. ŽÁK, Zdeněk. *Ozubená kola. Evropská databanka* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [www.edb.cz/grmat/nabidky/12143x1.JPG](http://www.edb.cz/grmat/nabidky/12143x1.JPG)
14. Lis vřetenový. *UniMachines* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://unimachines.cz/lis-v%C5%99etenov%C3%BD-morgenr%C3%96the-pshz-10-i-1966-10652.html>

15. BENEŠOVÁ, Soňa. *Technologie tváření* [online]. Plzeň [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [www.home.zcu.cz/~sbenesov/Skriptatvareni.pdf](http://www.home.zcu.cz/~sbenesov/Skriptatvareni.pdf). Skripta. Západočeská univerzita v Plzni.
16. FROLEC, Ivo. *Kovářství* [online]. Praha: Grada publishing, 2003 [cit. 2018-05-20]. ISBN 978-80-247-6560-0. Dostupné z: [books.google.cz/books?id=dmpaAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false](http://books.google.cz/books?id=dmpaAgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false)
17. Komorové pece ohříváné plynem. *Nabertherm GmbH* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://www.nabertherm.cz/produkte/details/cz/thermprozesstechnik\\_1-kammeroefen](https://www.nabertherm.cz/produkte/details/cz/thermprozesstechnik_1-kammeroefen)
18. KRÁL, Radomír. *Mechanické vlastnosti a charakteristiky materiálů* [online]. In: . [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2684614/>
19. ŠÍMA, Vojtěch. *Kování ozubeného kola* [online]. Brno, 2017 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/100745](http://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/100745). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Zdeněk Lidmila.
20. GAJDOŠ. *Technologie tváření kovů. Fakulta strojního inženýrství: ústav strojírenské technologie* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/5te\\_technologie\\_vyroby\\_I\\_tvareni\\_gajdos.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/5te_technologie_vyroby_I_tvareni_gajdos.pdf)
21. *Technologický postup volně kovaného výkovku*. Plzeň, 2013. Návody na cvičení. Západočeská univerzita v Plzni.
22. Buchar. *Albiz: Mezinárodní centrum internetového obchodu* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://ru.all.biz/img/ru/catalog/2150312.jpeg>
23. STRÁNSKÝ, Luboš. *Stroje a nástroje používané ve tváření* [online]. Brno, 2010 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [dspace.vutbr.cz/handle/11012/16457](http://dspace.vutbr.cz/handle/11012/16457). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Kamil Podaný.
24. SEJKORA, Petr. *Silové stroje používané ve tváření* [online]. Brno, 2012 [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/11963/2012\\_BP\\_Sejkora\\_Petr\\_126342.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/11963/2012_BP_Sejkora_Petr_126342.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Kamil Podaný.
25. HRBÁČEK, Emil. *Zápusťkové kování náboje kola*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Marek Štroner.
26. LIDMILA, Zdeněk. *Tepelné zpracování ocelí*. Brno, 2016. Prezentace do předmětu ETR. Vysoké učení technické v Brně.
27. ČSN 12060: ocel k zušlechťování. In: *CZ ferro-steel* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.czferrosteel.cz/pdf/tyce-12060.pdf>
28. VĚCHET, Stanislav a Karel NĚMEC. *Tepelné zpracování ocelí: druhy a způsoby* [online]. Brno [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2810347/>. Prezentace. Vysoké učení technické v Brně.

29. SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. 5. vyd. Brno: CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-839-7.
30. ČSN 42 9030. *Výkovky ocelové zápusťkové. Přídavky na obrábění, mezní úchylky rozměrů a tvarů*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1987.
31. ČSN 22 8308. *Zápusťky pro buchary: Směrnice pro konstrukci*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1971.
32. BARTOŠEK, Pavel. *Řešení technologie součásti tvářecí segment ve firmě Šmeral Brno a.s.* Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Milan Kalivoda.
33. ČSN 22 8306. *Zápusťky pro svislé kovací lisy*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1990.
34. Ušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli třídy 12, jejich složení a tepelné zpracování. *Tumlikovo* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/uslechtile-uhlikove-konstrukcni-oceli-tridy-12-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
35. Bubnová tryskácká zařízení. In: *Kovo Staněk s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.kovostanek.cz/tryskaci-zarizeni/bubnova/#foto>
36. *Ferona: velkoobchod s hutním materiálem* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/index.php>
37. CEJNAR, Jakub. Ocelové konstrukce: oceňování. *Fakulta stavební: České vysoké učení technické v Praze* [online]. Praha [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~machacek/prednaskyOK01/OK01-ceny.pdf>
38. MEDŮSEK, Milan. *Technologie při výrobě ručních palných zbraní*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Karel Osička.
39. Výkovky. *Stako* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [http://www.stako-ck.cz/kovarna/vyrobky/rotacni\\_vykovky.html](http://www.stako-ck.cz/kovarna/vyrobky/rotacni_vykovky.html)
40. Výkovky. *SWR Jihlava spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: [http://www.swrjihlava.cz/img/vykovky\\_h.jpg](http://www.swrjihlava.cz/img/vykovky_h.jpg)
41. Výroba zápusťkových výkovků. *PBK* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://www.pbk.cz/vyrobni-program/vyroba-zapustkovych-vykovku>
42. Výkovky z nerezových ocelí. *Jinlun* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <http://cz.eamachine.com/forgings/drop-forgings/close-die-press-steel-metal-forgings.html>
43. Profilové hydraulické nůžky Bernardo STW 125. *Boukal* [online]. [cit. 2018-05-20]. Dostupné z: <https://shop.boukal.cz/tvareci-stroje/profilove-hydraulicke-nuzky-bernardo-stw-125/>
44. *Upínací možnosti bucharů KHZ: rozměry upínačů a držáků zápusťky*. Šmeral.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

označení	legenda	jednotka
A	potřebná práce posledního úderu	[J]
C <sub>0</sub>	výkupní cena ocelového odpadu	[KČ/kg]
C <sub>m</sub>	cena materiálu	[KČ/kg]
D	průměr	[mm]
D <sub>0</sub>	průměr otvoru	[mm]
D <sub>c</sub>	dílenská režie celkově	[KČ]
D <sub>n</sub>	zvláštní náklady	[KČ]
D <sub>o</sub>	dílenská režie pro následné obrábění	[KČ]
D <sub>p</sub>	podniková režie	[KČ]
D <sub>r</sub>	dílenská režie pro zápuskové kování	[KČ]
D <sub>red</sub>	redukovaný poloměr	[cm]
D <sub>T</sub>	průměr tyče	[m]
f <sub>l</sub>	šířka příslušné části výkovku a šířka osazení nebo výstupku u uvažovaného poloměru zaoblení	[mm]
F <sub>c</sub>	celková velikost síly pro odstranění blán a výronku	[kN]
F <sub>D</sub>	průmět plochy výkovku v ploše kolmé ke směru rázu	[mm <sup>2</sup> ]
F <sub>OB</sub>	velikost síly k děrování blány	[kN]
F <sub>ov</sub>	velikost síly k ostřížení výronku	[kN]
h	hloubka osy kovací blány	[mm]
F <sub>ov</sub>	velikost síly k ostřížení výronku	[N]
h <sub>l</sub>	hloubka dutiny výkovku, výška výkovku od dělicí plochy, výška osazení, nebo výstupku	[mm]
H <sub>d</sub>	délka	[mm]
H <sub>D</sub>	výška osy drážky ode dna	[mm]
h <sub>v</sub>	výška výronkové drážky	[mm]
l <sub>špalíku</sub>	délka špalíku	[mm]
l <sub>tyče</sub>	délka tyče	[mm]
l <sub>Zr</sub>	délka nevyužitých zbytků tyčí za rok	[m]
m	hmotnost	[kg]
m <sub>0ko</sub>	hmotnost odpadu z celé série kování a následným obráběním	[kg]
M <sub>c</sub>	mzdy výrobních dělníků na celou sérii	[KČ]
m <sub>c0</sub>	hmotnost odpadu z celé série	[kg]
m <sub>o1</sub>	hmotnost odpadu z 1 kusu	[kg]

označení	legenda	jednotka
$m_{pol}$	hmotnost odpadu z celé série z kování a následného obrábění	[kg]
$m_t$	hmotnost tyče	[kg]
$m_{tr}$	hmotnost tyčí za rok	[kg]
$m_v$	hodinová mzda výrobního dělníka	[KČ]
$M_{v1}$	mzda dělníka na 1 kus	[KČ/ks]
$M_{vc1}$	mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro kování	[KČ]
$M_{vo1}$	mzda dělníka na 1 kus	[KČ/ks]
$M_{voc}$	mzdy výrobních dělníků na celou sérii pro následné obrábění	[KČ]
$m_{zr}$	hmotnost nevyužitých zbytků tyčí za rok	[kg]
$m_{zr}$	hmotnost nevyužitých zbytků tyčí za rok	[kg]
$n_0$	součinitel otupení	[-]
$n_{ks}$	počet kusů z jedné tyče	[-]
$N_m$	cena materiálu na jeden kus	[KČ]
$N_o$	cena vratného odpadu za rok	[KČ]
$N_r$	cena tyčí za rok	[KČ]
$n_t$	počet tyčí za rok	[-]
$N_t$	cena materiálu na jedenu tyč	[KČ]
$O$	obvod	[mm]
$Q_r$	počet kusů za rok	[-]
$r$	přechod tvaru do dělicí roviny	[mm]
$r_l$	tloušťka blány	[mm]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$S$	plocha	[mm]
$S$	tloušťka blány	[mm]
$T_{kk}$	výrobní čas jedné součásti kováním	[mIN]
$T_{ko}$	výrobní čas jedné součásti obrábění	[min]
$V$	objem	[mm <sup>2</sup> ]
$\rho$	objemová hmotnost	[kg×m <sup>3</sup> ]
$\sigma_s$	pevnost materiálu za kovací teploty	[kp/mm <sup>2</sup> ]
$\tau_s$	napětí ve smyku	[MPa]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklady výkovků [39], [40], [41], [42] .....	10
Obr. 2 Součást typu táhlo .....	11
Obr. 3 Příklad kování [5].....	12
Obr. 4 Schéma kluzu a dvojčení [18].....	12
Obr. 5 Nekovaná a kovaná součást [20].....	13
Obr. 6 Tvary kovadel [3].....	14
Obr. 7 Příklad použití zápusťového kování [6].....	15
Obr. 8 Příklad bucharu [7] .....	16
Obr. 9 Schéma drážka pro výronek u bucharu [8].....	17
Obr. 10 Příklad svislého kovacího lisu [7].....	17
Obr. 11 Typy drážek pro výronek [11].....	18
Obr. 12 Příklad vodorovného kovacího lisu [7].....	19
Obr. 13 Příklad výkovku s použitím svislého svírání čelistí [14].....	19
Obr. 14 Schéma vřetenového lisu [23].....	20
Obr. 15 Schématické rozmezí kovacích teplot se závislostí na obsahu uhlíku v oceli [25].....	21
Obr. 16 Schématické zobrazení kování za rotace [38].....	22
Obr. 17 Schéma normalizačního žíhání [26].....	23
Obr. 18 Schéma zušlechťování [26].....	23
Obr. 19 Schéma žíhání na měkko [26].....	23
Obr. 20 Obrobek.....	24
Obr. 21 Schematická poloha zaoblených hran a přechodů .....	25
Obr. 22 Model výkovku bez výronku.....	26
Obr. 23 Schéma výronkové drážky [26].....	27
Obr. 24 Schematické zobrazení míst průřezů.....	28
Obr. 25 Průřezový obrazec.....	29
Obr. 26 Schéma ideálního předkovku.....	30
Obr. 27 Schéma skutečného předkovku.....	30
Obr. 28 Schématické rozdělení předkovku.....	31
Obr. 29 Profilové hydraulické nůžky Bernardo STW 125 [43].....	32
Obr. 30 Stroj pro příčné klínové válcování ULS 70 [7].....	32
Obr. 31 Pneumaticko-hydraulický buchar KHZ 2 [7].....	34
Obr. 32 Ostřihovací lis LKOA 200 [7].....	35
Obr. 33 Bubnové tryskové zařízení TZB 2-7,5/1100-1000 [44].....	35

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Pridavky na obrábění [29].....	25
Tab. 2 Zaoblení hran a přechodů na součásti.....	25
Tab. 3 Zaoblení hran a přechodů [29].....	26
Tab. 4 Hodnoty průřezu výkovku.....	28
Tab. 5 Technické parametry bucharů [7].....	33

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1: Zaoblení hran a přechodů

Příloha 2: Tabulka 7 z ČSN 22 8308

Příloha 3: Technické parametry bucharu KHZ 2A

Příloha 4: Upínací možnosti bucharů KHZ

Příloha 5: Profilové nůžky Bernardo STW 125

Příloha 6: Technické parametry stroje ULS 70

Příloha 7: Ostříhovací lis LKOA 200

Příloha 8: Bubnové tryskací zařízení TZB 2-7,5/1100-1000

## **SEZNAM VÝKRESŮ**

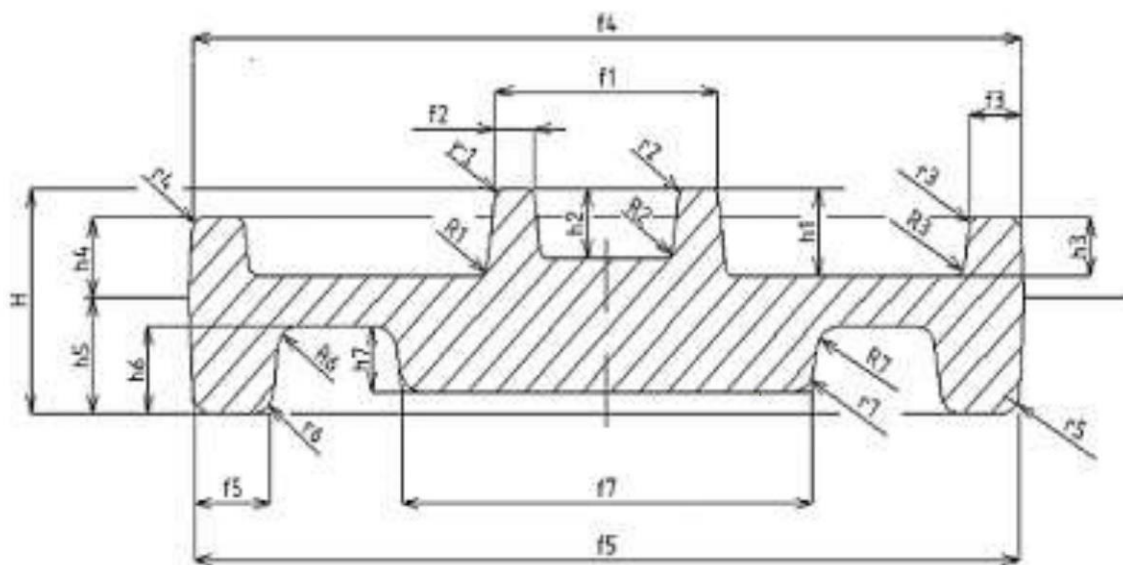
VÝKRES OBROBKU TÁHLA BP-01

VÝKRES VÝKOVKU TÁHLA BP-02

VÝKRES ZÁPUSTKY BP-03

**Přílohy:**

**Příloha 1: Zaoblení hran a přechodů [29]**



**Příloha 2: Tabulka 7 z ČSN 22 8308 [31]**

h	n	pěchování			protlačování					
					jednoduché			složené		
		s	sz	Fvýř	s	sz	Fvýř	s	sz	Fvýř
0,6	3	6	18	0,52	6	20	0,61	8	22	0,74
0,8	3	6	20	0,69	7	22	0,77	9	25	0,88
1	3	7	22	0,8	8	25	0,91	10	28	1,04
1,6	3,5	8	22	1,02	9	25	1,13	11	30	1,55
2	4	9	25	1,36	10	28	1,53	12	32	1,77

### Příloha 3: Technické parametry bucharu KHZ 2A [7]

		<b>KHZ 2A</b>
<b>Tvářecí energie</b>	<b>kJ</b>	20
<b>Upínací plocha zápustek</b>	<b>mm</b>	250 x 440
<b>Nejmenší výška zápustek</b>	<b>mm</b>	250
<b>Max. zdvih beranu</b>	<b>mm</b>	400
<b>Počet zdvihů beranu</b>	<b>min<sup>-1</sup></b>	20
<b>Celkový instalovaný výkon</b>	<b>kW</b>	30
<b>Rozměry stroje v x š x h</b>	<b>m</b>	3,1*3,1*2,3

## Příloha 4: Upínací možnosti bucharů KHZ [44]

**UPÍNACÍ MOŽNOSTI BUCHARŮ KHZ — rozměry upínačů**  
— držáků zápusťek (mm)

Buchar	KHZ 2	KHZ 4	KHZ 8
A	426	560	650
B	470	600	830
C	420	560	650
D	470	600	730
E min	250	350	400
F	40	50	60
G	125	150	150
H	286	310	342
I	270	310	380
J	335	385	465
K	140	170	220
L	220	240	300
P	430	600	690
Ø d	20	36	45
α	78°	78°	78°
β	80°	78°	80°
V			

úkos 1:100

## Příloha 5: Profilové nůžky Bernardo STW 125 [43]

### Profilové nůžky Bernardo STW125

- Příkon [W]: 11 000
- Rozměry stroje (d x š x v) [mm]: 2 240 x 960 x 2 040
- Hmotnost [kg]: 3 700

#### Děrování:

- Síla [t]: 125
- Max. řezná kapacita [mm]: 35 x 25
- Řezný nástroj - průměr x tloušťka [mm]: 57 x 16
- Délka zdvihu [mm]: 80
- Počet zdvihů [zdvih.min<sup>-1</sup>]: 24
- Vyložení [mm]: 400
- Vyložení prodloužené, volitelně [mm]: 625
- Max. velikost otvoru, standardní [mm]: 57
- Max. velikost otvoru, volitelně [mm]: 225
- Pracovní výška [mm]: 1 065

#### Plochá ocel:

- Max. tloušťka [mm]: 330 x 25
- Max. šířka [mm]: 660 x 16
- Délka nástroje [mm]: 620
- Úhlový profil [mm]: 120 x 120 x 15
- Pracovní výška [mm]: 890

#### Profilová ocel:

- 90° [mm]: 160 x 160 x 14
- 45° [mm]: 80 x 80 x 10
- Pracovní výška [mm]: 1 195
- U-profil / I-profil [mm]: 200 x 100
- T-profil [mm]: 120 x 12

#### Tyčová ocel:

- Kulatý profil [mm]: 60
- Čtýřhranný profil [mm]: 50
- Pracovní výška [mm]: 1 170

#### Prostřihování:

- Tloušťka materiálu [mm]: 13
- Šířka [mm]: 60
- Obdélník [mm]: 60 x 100 x 13
- Trojúhelník [mm]: 80 x 80 x 13
- Pracovní výška [mm]: 890

## Příloha 6: Technické parametry stroje ULS 70 [7]

parametr	jednotka	
průměr zpracovávaných průřezů	mm	35-80
max. délka zpracovávaných průřezů	mm	300
maximální délka vývalků	mm	550
průměr tvářecích válců	mm	700
šířka tvářecích válců	mm	600
otáčky válců	min-1	13,6
doba pracovního cyklu	s	6,5
celkový instalovaný výkon	kW	93
rozměry stroje (výška x délka x hloubka)	m	3,2 x 2,9 x 2,3

## Příloha 7: Ostřihovací lis LKOA 200 [7]

		<b>LKOA 200</b>
<b>Tvářecí síla</b>	<b>kN</b>	2000
<b>Sevření</b>	<b>mm</b>	585
<b>Průchod</b>	<b>mm</b>	1420
<b>Upínací plocha stolu</b>	<b>mm</b>	1415 x 1000
<b>Upínací plocha beranu</b>	<b>mm</b>	1200 x 800
<b>Přestavování beranu</b>	<b>mm</b>	100
<b>Zdvih/počet zdvihů</b>	<b>mm/min<sup>-1</sup></b>	210/55
<b>Celkový instalovaný výkon</b>	<b>kW</b>	18
<b>Rozměry stroje v x š x h</b>	<b>m</b>	4,1x2,3x2,2

## **Příloha 8: Bubnové tryskací zařízení TZB 2-7,5/1100-1000 [44]**

<b>TYP STROJE</b>	<b>TZB 2-7,5/1100-1000</b>
<i>Max. hmotnost nákladu</i>	800 kg
<i>Max. objem nákladu</i>	425 dm <sup>3</sup>
<i>Max. hmotnost 1 dílu</i>	20 kg
<i>Max. rozměr dílu (uhlopříčka)</i>	380 mm
<i>Rozměry tryskací komory</i>	Ø1000 x 1100 mm
<i>Počet metacích kol</i>	2
<i>Výkon metacího kola</i>	7,5/12 kW
<i>Počet otáček turbíny</i>	2900
<i>Celkový el. výkon (vč. filtru)</i>	30/39 kW
<i>Kapacita filtru</i>	6000

**Příloha 9: Tabulka 5 z ČSN 22 8308 [ČSN 22 8308]**

jmenovité rozměry v mm		obvyklé provedení				přesné provedení			
		mezní úchytky v mm				mezní úchytky v mm			
		kolmo k rázu		ve směru rázu		kolmo k rázu		ve směru rázu	
		+	-	+	-	+	-	+	-
0	20	0,1	0,05	0,05	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03
21	80	0,2	0,1	0,1	0,05	0,1	0,05	0,05	0,03
81	160	0,3	0,15	0,15	0,08	0,15	0,08	0,08	0,04
161	260	0,4	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,05
261	360	0,5	0,25	0,25	0,13	0,25	0,13		
361	500	0,6	0,3	0,3	0,15				
501	750	0,7	0,35						
751	1000	0,8	0,4						
1001	1500	0,9	0,45						
1501	2000	1	0,5						