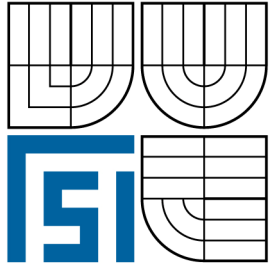




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DRŽÁKU OBJEMOVÝM TVÁŘENÍM
PRODUCTION OF HOLDER BY SOLID FORMING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. ANTONÍN ŠPAČEK

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILOSLAV KOPŘIVA

BRNO 2008

Abstrakt

ŠPAČEK, Antonín. *Výroba držáku objemovým tvářením.*

Diplomová práce řeší návrh technologie výroby držáku z nízkolegované oceli 14 220.0, zhotoveného objemovým tvářením. Návrh vychází z velikosti série, která obsahuje 100 000 kusů za rok. V literární studii jsou shrnuty poznatky, týkající se technologie zápustkového kování a porovnání se stávajícími technologiemi. Byly posouzeny celkem dvě vhodné varianty výroby, kterými jsou zápustkové kování na bucharech a svislých kovacíh lisech. U obou variant byl proveden teoretický rozbor, týkající se přiblížení dané technologie, výpočtů a volby vhodného stroje. Na základě tvaru výkovku bylo vybráno zápustkové kování na svislých kovacíh lisech. Dále byl zpracován návrh výkovku včetně technologického postupu výroby. Vybraná varianta kování na svislých kovacíh lisech byla řešena po stránce výpočtové, návrhu zápustky, použitého stroje a návrhu ostříhování. Pro navrženou technologii byl zvolen svislý kovací lis LZK 3150 B výrobce Šmeral a.s. Brno. Projekt dále obsahuje výkresovou dokumentaci dané součásti, výkovku, zápustek a fází výkovku.

Klíčová slova: zápustkové kování, výkovek, zápustka, svislý kovací lis, buchar

Abstract

ŠPAČEK, Antonín. *Production of holder by solid forming.*

The diploma thesis deals with suggestion of low alloy 14220.0, produced by solid forming. This suggestion is based on the size of series that contain 100 000 pieces a year. The essay contains knowledge referring to drop forging technology and comparison with existing technologies. Two suitable variants of production were assessed, these variants are drop forging with hammers and vertical forging press. Both theories were theoretically analysed in order to describe given technology. The analysis also contains calculation and suitable machine choice. Drop filling on vertical forging presses was chosen because of forging type. Furthermore forging proposition was treated including production technique. The chosen variant contains calculation, suggestion of a die, machine that was used and suggestion of flash trimming. For suggested technology was chosen vertical press LZK 3150 B. Its producer is Šmeral a.s. Brno. This project also contains technical drawings of the given component, forge, dies and phase of forging.

Key words: drop forging, forging, die, vertical forging press, hammer

Bibliografická citace

ŠPAČEK, Antonín. *Výroba držáku objemovým tvářením*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 64 s, 5 příloh. Vedoucí diplomové práce Ing. Miloslav Kopřiva.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Výroba držáku objemovým tvářením“ vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Brně dne 23. 5. 2008

.....

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Miloslavu Kopřivovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Obsah

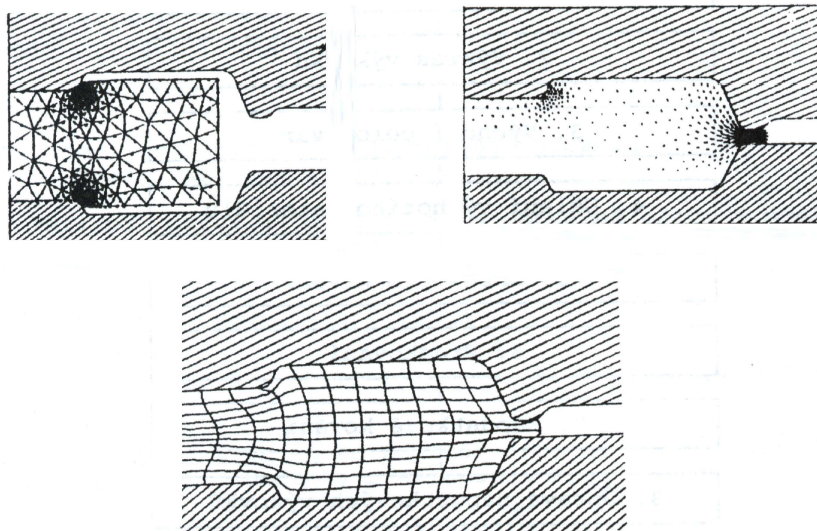
| | |
|--|-----------|
| 1. ÚVOD | 8 |
| 2. TEORETICKÝ ROZBOR TECHNOLOGIE ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ .. | 10 |
| 2.1 MECHANIZMY PLASTICKÉ DEFORMACE | 10 |
| 2.2 VLASTNOSTI MATERIÁLU ZADANÉ SOUČÁSTI..... | 11 |
| 2.3 NÁVRH VÝKOVKU..... | 12 |
| 2.3.1 Zařazení výkovku podle složitosti tvaru..... | 12 |
| 2.3.2 Určení stupně přesnosti výkovku | 13 |
| 2.3.3 Volba přídavek na obrábění | 13 |
| 2.3.4 Volba technologických přídavek | 13 |
| 2.4 VÝPOČET OBJEMU A STANOVENÍ ROZMĚRŮ POLOTOVARU..... | 14 |
| 2.5 DĚLENÍ MATERIÁLU | 15 |
| 2.6 OHŘEV MATERIÁLU | 15 |
| 2.6.1 Princip ohřevu | 15 |
| 2.6.2 Zařízení pro ohřev..... | 17 |
| 2.7 KOVÁNÍ | 18 |
| 2.7.1 Kování na bucharech..... | 18 |
| 2.7.2 Kování na svislých kovacíh lisech..... | 22 |
| 2.8 VOLBA MATERIÁLU ZÁPUSTEK..... | 30 |
| 2.9 OSTŘIH A DĚROVÁNÍ | 32 |
| 2.10 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ VÝKOVKU | 32 |
| 2.11 DOKONČOVACÍ OPERACE..... | 33 |
| 3. STÁVAJÍCÍ MOŽNOSTI VÝROBY DANÉ SOUČÁSTI | 34 |
| 3.1 ODLÉVÁNÍ | 34 |
| 3.2 OBRÁBĚNÍ..... | 34 |
| 4. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI | 35 |
| 5. STANOVENÍ TECHNOLOGICKÝCH DAT A VLASTNÍ ZPRACOVÁNÍ | |
| NÁVRHU VYBRANÉ TECHNOLOGIE | 36 |
| 5.1 ZAŘAZENÍ VÝKOVKU PODLE SLOŽITOSTI TVARU | 36 |
| 5.2 URČENÍ STUPNĚ PŘESNOSTI PROVEDENÍ VÝKOVKU..... | 36 |
| 5.3 STANOVENÍ PŘÍDAVKŮ A STUPŇŮ PŘESNOSTI..... | 36 |
| 5.4 VÝPOČET OBJEMU POLOTOVARU | 38 |
| 5.5 STANOVENÍ ROZMĚRŮ POLOTOVARU | 40 |
| 5.6 VÝPOČET KOVACÍ SÍLY PODLE TOMLENOVA | 41 |
| 5.7 VÝPOČET KOVACÍ SÍLY PODLE REBELSKÉHO | 45 |
| 5.8 TVAR A ROZMĚRY VÝRONKOVÉ DRÁŽKY..... | 46 |
| 5.9 MINIMÁLNÍ VZDÁLENOST DUTINY OD KRAJE ZÁPUSTKY | 46 |
| 5.10 POPIS TVARU DUTIN ZÁPUSTEK | 47 |
| 5.11 VLASTNOSTI MATERIÁLU ZÁPUSTEK | 49 |
| 5.12 OSTŘIH A DĚROVÁNÍ | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 6. NÁVRH TVARU ZÁPUSTEK, VÝKOVKU A FÁZÍ VÝKOVKU | 50 |
| 7. TECHNICKO - EKONOMICKÉ HODNOCENÍ | 51 |
| 7.1 VÝPOČET SPOTŘEBY MATERIÁLU | 51 |
| 7.2 VÝPOČET CENY MATERIÁLU | 52 |
| 7.3 NÁKLADY NA VÝROBU JEDNOHO VÝKOVKU | 52 |
| 7.4 NÁKLADY NA NÁSTROJ | 53 |
| 7.5 VLASTNÍ NÁKLADY VÝROBY | 54 |
| 7.6 VLASTNÍ NÁKLADY VÝKONŮ | 54 |
| 7.7 VARIABILNÍ NÁKLADY | 54 |
| 7.8 FIXNÍ NÁKLADY | 55 |
| 7.9 ZISK | 55 |
| 7.10 CENA JEDNOHO VÝKOVKU | 55 |
| 7.11 VÝROBNÍ KRITICKÉ MNOŽSTVÍ | 55 |
| 8. ZÁVĚR | 57 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ | 58 |
| DOPORUČENÁ A POUŽITÁ LITERATURA | 60 |
| SEZNAM PŘÍLOH | 62 |
| PŘÍLOHY | |

1. Úvod (1, 2, 3, 9, 14)

Zápustkové kování je výrobní postup, při kterém se tváří přehřátý polotovár pomocí rázu nebo tlaku. Jedná se o tvářecí proces spadající do oblasti objemového tváření za tepla. Je to technologie, při které dochází ke změně tvaru tělesa, aniž by se měnil jeho původní objem. Základem zápustkového kování jsou velké deformace, při nichž dochází k trvalé změně tvaru a rozměrů tělesa.

Výchozí materiál se ohřívá na kovací teplotu, která je vyšší než teplota rekrystalizace. Tím nedochází ke změně mechanických vlastností působením tvářecí síly. Změna tvaru a rozměrů kovaného tělesa je způsobena vnějšími silami, které jsou realizovány prostřednictvím pracovních ploch nástroje. Využívá se zde vlastnosti kovových materiálů přetvoření bez porušení soudržnosti, které se nazývá plasticita.



Obr. 1.1 Ukázky modelování pomocí programu FORM 2D (3)

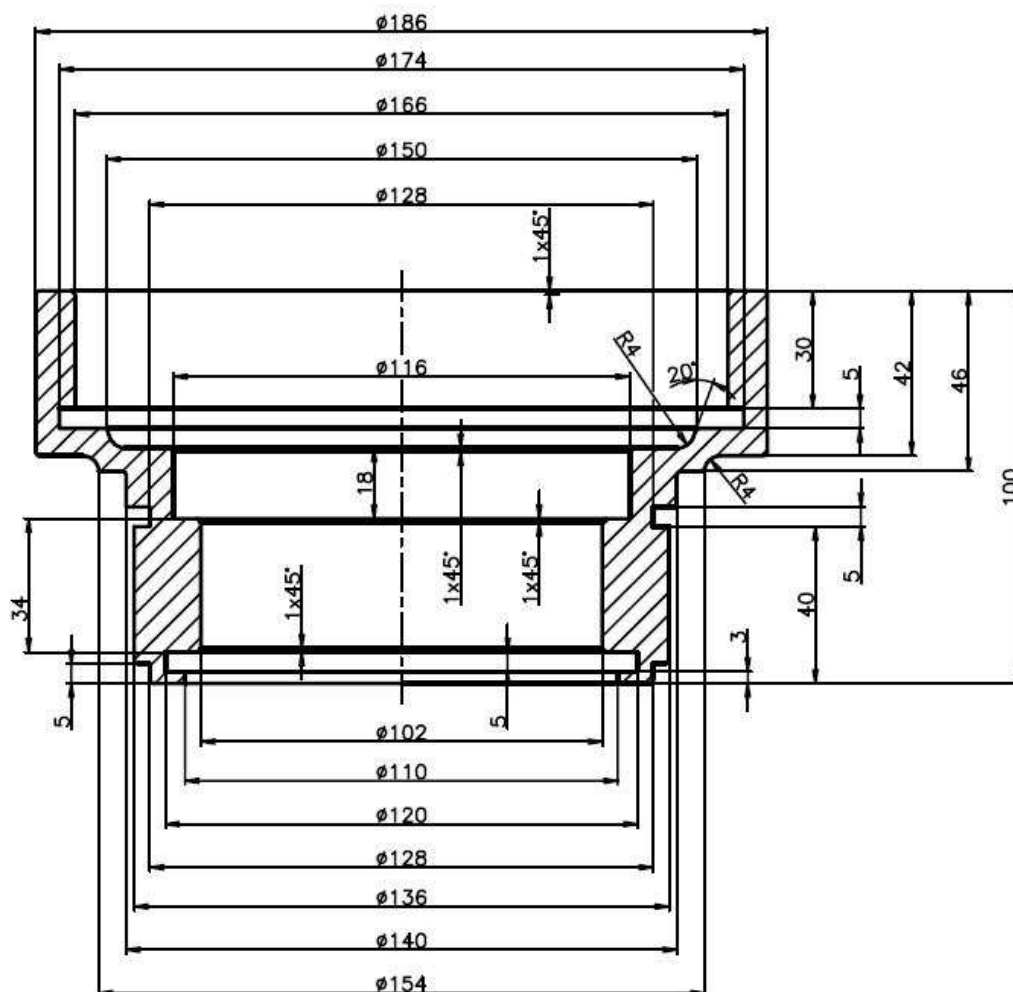
Nástroje pro zápustkové kování se nazývají zápustky. Horní část je upnuta k pohybujícímu se beranu, dolní část je upnuta na stole. Zápustka může být otevřená nebo uzavřená. Do otevřené zápustky se vloží materiál, kterým je dutina vyplňována. Přebytný materiál je vytlačen do tvarované mezery mezi horní a dolní částí zápustky, která se nazývá výronková drážka. Tento materiál je označován jako výronek a v následující operaci se provádí jeho odštížení. Výronek, na který připadá běžně 8 ÷ 15 % ztrát kovu, se umísťuje do zápustek z důvodů vyrovnání objemových rozdílů výchozího polotovaru, ke snížení opotřebení zápustek a pro tlumení rázů při vzájemném dosednutí dílů zápustky. Uzavřená zápustka na rozdíl od otevřené nemá výronkovou drážku, protože kov dokonale vyplní dutinu v zápustce. Výhodou této zápustky je, že je výkovek bez výronku a jeho kování se provádí na hotovo. Tento způsob je technologicky náročnější, protože polotovar musí mít přesný objem jako dutina, dále jsou zápustky více namáhány, proto mají kratší životnost. (14)

Pro zápustkové kování je možné použít několik různých strojů, kterými jsou buchary, vřetenové lisny, svislé kovací lisny a vodorovné kovací lisny. Stroje se dělí podle způsobu tváření výchozího materiálu. Při použití bucharu a vřetenového lisu je materiál tvářen údery beranu, naproti tomu při kování na svislém a vodorovném kovacím lisu je přetvoření dosaženo tlakem.

Nástroje pro zápustkové kování jsou stejně jako ostatní nástroje pro tváření náročné na výrobu. Tím značně narůstají výrobní náklady na zhotovení zápustek. Jejich hospodárné využití je dáno výrobou vyššího počtu součástí. Zápustkové kování se proto využívá pro sériovou, velkosériovou a hromadnou výrobu.

Charakteristika a výrobní předpoklady dané součásti

- Jedná se o součást převodového mechanismu.
- Materiál součásti je ocel 14 220.0.
- Výrobní série 100 000 ks za rok.



Obr. 1.2 Daná součást - Držák

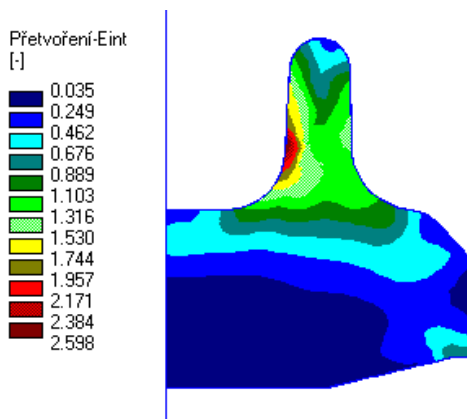
2. Teoretický rozbor technologie zápusťkového kování

2.1 Mechanizmy plastické deformace (5, 9, 16)

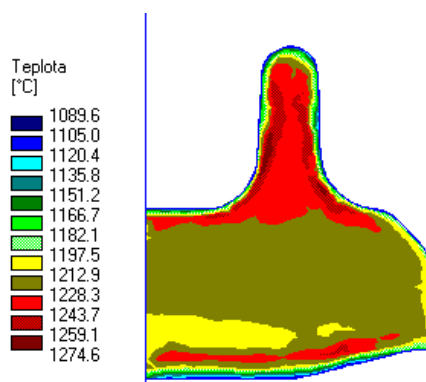
Vnější síly, které mění tvar a rozměry tělesa, způsobují v tomto tělese vznik napjatosti. Jestliže je dosaženo takového napětí, že je překročena mez kluzu, vznikne plastická deformace. Při nízkých hodnotách vnějších sil je deformace elastická – pružná, po odlehčení zaniká a zůstává pouze plastická deformace - trvalá. Nesmí se však překročit napětí, které by porušilo soudržnost. (9)

Dosažení plastické deformace tělesa je podmíněno plasticitou. Je to fyzikální vlastnost kovů, která umožňuje změnu tvaru tělesa bez porušení. (9)

Plastická deformace se uskutečňuje přemísťováním částic kovu, takzvaným pohybem dislokací. Principem tohoto procesu je skluz nebo dvojčatění. Při tomto ději dochází pouze k přemísťování částic materiálu, celkový objem se nemění a platí zákon zachování objemu. V tvářeném tělese platí také zákon nejmenšího odporu, což znamená, že ze všech směrů pohybu částic tvářeného tělesa se každá částice pohybuje ve směru nejmenšího odporu. (9)



Obr. 2.1 Rozložení pásem intenzity deformace při zpětném protlačování – program FORMFEM (16)

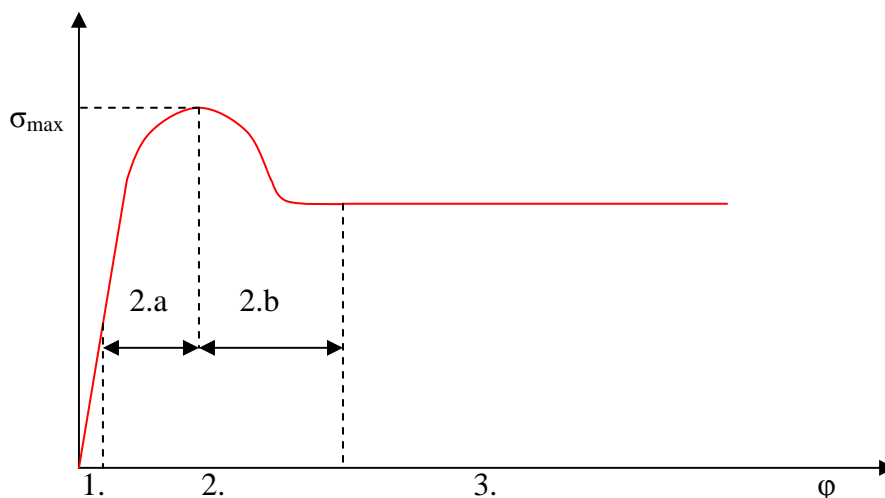


Obr. 2.2 Rozložení teplotních polí ve tvářené součásti – program FORMFEM (16)

Plastická deformace způsobuje změnu fyzikálních a mechanických vlastností materiálu. Při tváření za tepla je nejdůležitější mechanismus transkrystalického skluzu se zpevněním, za současného zpevnění, za současného odpevnění dynamickou rekrytalizací. (5)

Průběh křivky zatížení při tváření za tepla má tři části:

1. oblast elastické deformace
2. oblast neustálené plastické deformace
3. oblast ustálené plastické deformace



Obr. 2.3 Deformační diagram (5)

Nejdůležitější je oblast 2., která se dělí na fázi zpevnění 2.a a fázi odpevnění 2.b. Zpevnění probíhá jen za podmínky, že rychlost deformace je větší než rychlost rekrytalizace. Hodnota zpevnění, které lze dosáhnout, je dána hodnotou maximálního napětí σ_{max} . Tato fáze poté přechází v odpevnění dynamickou rekrytalizací za podmínky, že rychlost rekrytalizace je větší než rychlost deformace. Ve 3. části jsou rychlost deformace a rekrytalizace v rovnováze. (5)

2.2 Vlastnosti materiálu zadané součásti ČSN 42 5510, (12)

Materiál: 14 220.0

- Konstrukční nízkolegovaná ocel.
- Pevnost v tahu $R_m = 785$ MPa.
- Nejmenší mez kluzu $R_{emin} = 590$ MPa.
- Chemické složení: C 0,14 % až 0,19 %, Mn, Cr
- Tepelné zpracování: kalení 850 - 880 °C
- normalizační žhání 880 - 920 °C
- žhání na měkko 680 - 720 °C
- cementování 840 - 870 °C
- kvanování 850 - 880 °C

Polotovar: ČSN 42 5510.11

- Jedná se o kruhovou tyč válcovanou za tepla.
- Tyč je rovnána a je stavu tepelně nezpracovaném.
- Vyrábí se ve dvou úchytkách přesnosti výroby A-normální a Z-zvýšené přesnosti.
- Délka tyčí záleží na výrobci, je dovoleno dodávat i tyče délky od 1,5 m.
- Úchytky kruhovitosti průměru ve stejném průřezu nesmí přesáhnout 75 % velikosti tolerančního pole u předepsané úchytky kruhovitosti a 100 % u ostatních.
- Úchytky kolmosti řezu při řezání za studena je povolena 2 mm na 100 mm průměru tyče.

Použití:

- Tato ocel je vhodná pro cementování, kyanování a tváření.
- Dá se tvářet za tepla a po žíhání i za studena. Má dobrou svařitelnost a obrobitelnost.
- Používá se pro výrobu ozubených kol, šneků, menších hřídelů, včetně obráběcích strojů, per, trnů apod.

2.3 Návrh výkovku

2.3.1 Zařazení výkovku podle složitosti tvaru ČSN 42 9002

Výkovky se označují číselně pětimístnými číslicemi: **XXXX - X**

1. číslice - tvarový druh:

Jaký má výkovek základní tvar. Jestliže se jedná o kruhovou nebo hranolovitou součást, jestli je plná nebo dutá.

2. číslice - tvarová třída:

Detailnější rozdělení podle tvaru. Jestli je součást osazena jednostranně nebo oboustranně, podle členitosti, podle tvaru průřezu.

3. číslice - tvarová skupina:

Třídění podle štíhlosti a jiných dále uvedených poměrů.

4. číslice - tvarová podskupina:

Zařazení podle toho, zda výkovky přesahují nebo nepřesahují stanovený maximální poměr dvou na sobě závislých veličin.

5. číslice - technologické hledisko:

Závisí na poloze dělicí roviny výkovku.

2.3.2 Určení stupně přesnosti výkovku ČSN 42 9030

Výkovky se dělí do tří stupňů přesnosti:

- obvyklé provedení
- přesné provedení
- velmi přesné provedení

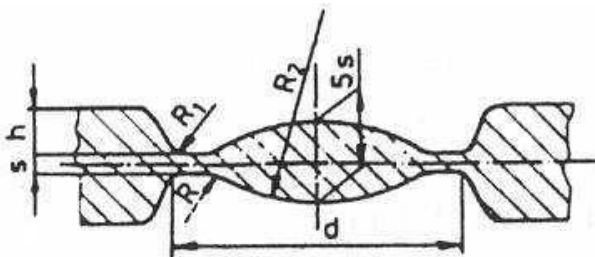
2.3.3 Volba přídavek na obrábění ČSN 42 9030

Jejich volba vychází ze stanovené přesnosti výkovku, jeho hmotnosti, rozměrů a složitosti. Dále je důležitý zvolený způsob kování, vznik okují při ohřevu, vady povrchu a obrábění, které se bude na výkovku provádět po zápustkovém kování. Přídávky jsou pro všechny rozměry stejné. Určují se podle největšího rozměru hotového výrobku, který je kolmý ke směru rázu a podle jeho největšího výšky. Hodnoty přídavek jsou uvedeny v ČSN 42 9030.

2.3.4 Volba technologických přídavek (2, 10)

Jsou to úkosity stěn, předkované otvory, přechody a zaoblení hran. Úkosity se používají pro svislé plochy výkovku, jsou to plochy rovnoběžné s pohybem zápustky. Slouží k tomu, aby bylo možné vyjmout výkovek ze zápustky. Na vnitřní stěny se volí úkosity větší, protože při chladnutí výkovek svírá stěny zápustky. Zápustkové výkovky se běžně vyrábí s vnějšími úkosity 3° a vnitřními 7° . (2)

Stanovení tloušťky blány. Pro zadanou součást bude vhodný tvar blány jako pro nízké výkovky kruhového tvaru a velkého průřezu a výkovky, které se kovají z předkovaných kruhů.



Obr. 2.4 Tvar blány u nízkých výkovků (10)

Tloušťka blány v kraji (10):

$$s = 0,4 \cdot \sqrt{d} \quad [\text{mm}] \quad (2.1)$$

Tloušťka blány uprostřed (10):

$$S = 5 \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (2.2)$$

Poloměr R_1 (10):

$$R_1 = 5 \cdot h \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

Poloměr R_2 se určí graficky.

Přechody a zaoblení hran se volí podle velikosti výkovku, aby byla zachována dostatečná hodnota přídávku na obrábění v oblasti hrany. Malá zaoblení ztěžují tok kovu v zápustce, způsobují její značné opotřebení a mohou vést až ke vzniku trhlin uvnitř zápustky. Tolerance rozměrů výkovku se určí podle označení výkovku vycházejícího z ČSN 42 9002 (Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru). Hodnoty přídávků a tolerancí jsou uvedeny v ČSN 42 9030. (2)

2.4 Výpočet objemu a stanovení rozměrů polotovaru (21)

Celkový objem V_c polotovaru se zjistí:

$$V_c = V_v + V_{výr} + V_{op} \quad [\text{mm}^3] \quad (2.4)$$

V_v - objem výkovku

$V_{výr}$ - objem výronku

V_{op} - objem opalu

Objem výkovku

Skládá se z objemu dané součásti, zvolených přídávků na obrábění a technologických přídávků.

Objem výronku

Vychází z dané technologie zápustkového kování. Pro kování na bucharech viz kapitola 5.1. Pro kování na svislých kovacíh lisech viz kapitola 5.2.

Objem opalu

Je to materiál, který ubývá v průběhu procesu tváření. Bývá obvykle 3 až 5 % objemu výkovku a výronku. (21)

2.5 Dělení materiálu (7)

Materiál se dělí různými způsoby. Základní rozdělení je na třískové a beztřískové. Do třískového dělení spadá upichování, řezání a rozbrušování. Do beztřískového se řadí lámání, objemové stříhání za studena a za tepla. Pro zápuskový výkovek je vhodné použití beztřískového dělení a to objemové stříhání za studena nebo za tepla. (7)

Objemové stříhání za studena se vyznačuje dělením částí materiálu podle neuzavřeného obrysu působením protilehlých nožů, které se míjejí. (7)

Metoda objemového stříhání za tepla je málo používaná. Je vhodná pro profily a tyče velkých průřezů a pro předcházení vzniku trhlin ve střížné ploše. Při návrhu této metody se stanovuje stříhací teplota, doba ohřevu a počet tyčí v peci. Ohřev tyčí se provádí v plynových nebo palivových pecích. Stříhací teplota pro materiál 14 220.0 je 450 až 550°C. (7)

Dělení materiálu se provádí na profilových nůžkách, automatech a pro přesné objemové stříhání na speciálních zařízeních. Pro dělení materiálu na zápuskový výkovek jsou dostatečné profilové nůžky. (7)

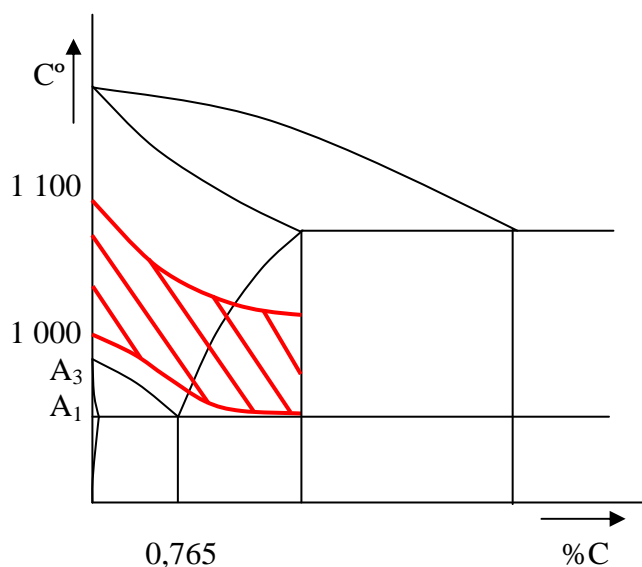
2.6 Ohřev materiálu

2.6.1 Princip ohřevu (5, 9)

Pro tváření za tepla je nutná správná volba optimálních tvářecích teplot, aby byla zaručena kvalita výrobků. Teploty pro kování se volí podle chemického složení, tvaru, rozměru polotovaru a výkovku, tvařitelnosti a přirozeného přetvárného odporu. Polotovary, které již byly tvářeny (např. válcované, lisované), se kovají při teplotách o 100 až 150°C vyšších než materiály lité. (9)

Horní tvářecí teplota uhlíkových ocelí je omezena křivkou solidu, ale z důvodu natavování níže tajících složek, náchylnosti ke zhrubnutí zrna a intenzivní oxidaci začíná 200 až 300°C pod touto křivkou. Spodní teplota je dána rekrystalizační teplotou. Tvářecí teplota se pohybuje v oblasti austenitu, kde je ocel nejlépe tvárná. Pro nízkouhlíkové oceli je mezi teplotami A_3 a A_1 nebezpečný interval teplot, ve kterém nečistoty (oxidy a siřičky železa) krystalizující na hranicích zrn způsobují křehkost a lámavost. (9)

Nesprávným ohřevem může dojít ke vzniku vad. Při velmi vysokých teplotách dochází k přehřátí oceli. Zhoršují se tím plastické vlastnosti materiálu, např. tažnost a vrubová houževnatost. Ohřevem na teploty, které se blíží teplotě tavení, dochází ke spálení oceli. Při takovýchto teplotách se rozpouští fosfor a síra, proto má spálená ocel špatné mechanické vlastnosti a je křehká. Ohřevem v oxidační atmosféře za teplot 850 až 1250°C a působení volného kyslíku ze vzduchu s plyny, obsahujícími kyslík, dochází ke vzniku okují, které zhoršují povrch výkovku a hlavně oduhlíčují povrch materiálu. Vrstva, která je oduhlíčená, nedosáhne potřebné tvrdosti při tepelném zpracování. (9)



Obr. 2.5 Rozsah kovacích teplot

Pro ohřev je důležitý čas ohřevu. Musí být tak dlouhý, aby došlo k rovnoměrnému prohřátí materiálu při minimálním oduhličení povrchu a vzniku okují. (5)

Při ohřívání se materiál zahřívá nejvíce na povrchu a směrem k jádru se jeho teplota zmenšuje. Vlivem různé tepelné roztažnosti vznikají v materiálu napětí. Na povrchu pak vzniká tlakové napětí a v jádře tahové. (5)

Dovolený rozdíl teplot mezi povrchem a jádrem je:

$$\Delta T = K_2 \frac{\sigma_D}{\alpha \cdot E_1} \quad [\text{K}] \quad (2.5)$$

K_2 - tvarový součinitel (1,05 - 1,40)

σ_D - dovolené napětí

α - součinitel lineární roztažnosti

E_1 - modul pružnosti

2.6.2 Zařízení pro ohřev (3, 9)

Pro vytápění průmyslových pecí určených k ohřevu kovů ke tváření se používá dvou druhů paliva a to palivo plynné a elektrický proud. (9)

Plynové pece se dělí na:

- s přímým topením
- s nepřímým topením
- komorové pece
- průchozí pece

Elektrické pece se dělí na:

- ohřev nepřímý
- ohřev přímý
- indukční ohřev

Pro zápusťkové kování dané součásti bude vhodný **indukční ohřev**. Základem je indukce proudu v ohřivaném materiálu. Těleso je umístěno v cívce, připojené na zdroj střídavého proudu, který má vhodně zvolenou frekvenci. Je rychlý a netvoří se při něm okuje. Používá se pro ocelové polotovary a to kratších délek. (9)

V elektricky vodivém materiálu vloženém do cívky se indukují elektromotorické síly, které materiál zahřívají. (3)

Pro ohřev bude použit kompaktní středofrekvenční ohříváč přířezů, který vyrábí firma Roboterm Chotěboř. Z dané nabídky bude vybrán induktor typové řady KSO, které jsou určeny k ohřevu ocelových přířezů kruhového nebo čtvercového průřezu. Tyto stroje se vyrábějí v několika různých výkonových provedeních s přiřazením vhodného stroje na základě průměru ohřivaných přířezů.

Tab. 1 Základní technické parametry ohříváčů (příloha 1)

| Výkonová řada | | 160 kW | 250 kW | 400 kW | 500 kW | 630 kW |
|---|---------------|------------|------------|----------|----------|-----------|
| Rozměry přířezu | průměr D [mm] | 15 - 60 | 20 - 80 | 30 - 100 | 30 - 120 | 50 - 130 |
| | délka l [mm] | 1,2D - 300 | 1,2D - 500 | | | |
| Max. teplota ohřivaných přířezů [°C] | | 1250 | | | | |
| Max. ohřáté množství [kg/h] | | 360 | 625 | 1020 | 1300 | 1600 |
| Kmitočet [kHz] | | 4 - 10 | 2 - 6 | 1,5 - 4 | 1 - 3 | 0,5 - 1,5 |

Další parametry viz příloha 1.

2.7 Kování

Zápustkové kování je možné provádět na několika různých strojích. Základní stroje pro zápustkové kování jsou buchary, vřetenové lisy, svislé kovací lisy a vodorovné kovací lisy. Od každého z těchto čtyř strojů se odvíjejí specifické metody zápustkového kování, které mají svoje výhody a nevýhody, zaměřené na určité skupiny výkovků. Vzhledem ke tvaru a rozměrům zadané součásti budou z těchto technologií nejvhodnější pro její výrobu buchary a svislé kovací lisy.

2.7.1 Kování na bucharech (1, 2, 3, 9), ČSN 22 8308

Používá se pro těžké a rozměrné výkovky nebo pro přesné zápustkové kování menších výkovků v malosériové i hromadné výrobě. Je také vhodné pro kování součástí, u kterých je potřebná velká kovací síla, např. výkovky s výstupky, se žebry nebo s tenkostěnnými částmi. (1)

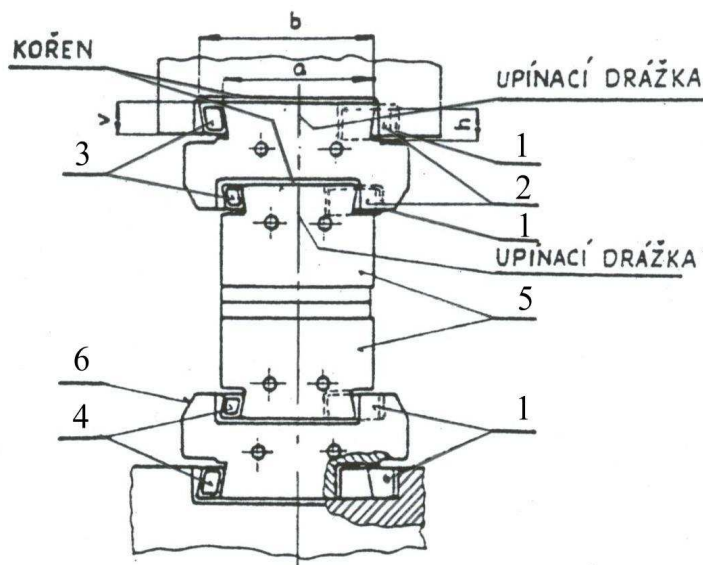
Při kování na bucharu je spotřebována na tváření všechna energie, která je nastavena zdvihem beranu a tlakem vzduchu ve válci. Tváření je prováděno rázovým účinkem síly, působení síly je krátkodobé a je těžké určit přesně její velikost. Přebytek práce bucharu proto spotřebovává vytloukací plocha zápustky. (3)

Při výrobě předkovků se využívá buď volného kování nebo se použije několika dutin, umístěných v jedné zápustce. Předkovky zhotovené volným kovááním se většinou používají pro jednodutinové zápustky nebo pro rozměrné výkovky, které nelze kovat v předkovacích dutinách. Jejich tváření se provádí na rovných nebo profilových kováadlech, ale je také možnost použití kovacích válců. (1, 2)

Nejpoužívanější jsou v současné době pneumaticko - hydraulické buchary. Mají pohyb beranu urychlovaný stlačeným vzduchem a protiběžný pohyb stojanu je urychlován tlakovou kapalinou. Tyto stroje svým konstrukčním řešením spojují vlastnosti protiběžných bucharů a šabotových lisů. (3)

Pneumaticko - hydraulické buchary jsou vhodné jako samostatné stroje nebo se dají použít jako hlavní součást kovacích linek. Mají široké technologické využití a malou energetickou náročnost.

V České republice tyto stroje vyrábí firma Šmeral, a.s. Brno, pod označením KHZ v několika řadách (KHZ 2 A, KHZ 4 A, KHZ 8 A).



1. pero
2. příložka
3. horní klín
4. dolní klín
5. horní a dolní díl zápustky
6. otvory pro přenášečí kolíky

Obr. 2.6 Schéma zápustky pro buchar (1)

Tab. 2 Technické parametry pneumaticko-hydraulických bucharů (příloha 3)

| Technické parametry | | KHZ 2 A | KHZ 4 A | KHZ 8 A |
|-------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Jmenovitá energie | kJ | 20 | 50 | 100 |
| Počet zdvihů beranu | 1/min | 70 | 60 | 40 |
| Maximální zdvih beranu | mm | 400 | 500 | 600 |
| Upínací plocha zápustek | mm | 240 x 450 | 300 x 570 | 342 x 750 |
| Minimální výšky zápustek | mm | 300 | 350 | 400 |
| Pracovní tlak | MPa | 16 | 16 | 16 |
| Jmenovitý upínací tlak vduchu | MPa | 0,5-0,6 | 0,5-0,6 | 0,5-0,6 |
| Výkon elektromotoru | kW | 30 | 55 | 2x55 |

Další parametry viz příloha 3.

Výpočet velikosti bucharu

Často se používá metody měrného energetického zatížení bucharu v závislosti na hmotnosti výkovku. Podle vypočítané jmenovité energie úderu se určí velikost bucharu viz příloha 2.

$$m = 0,01 \cdot E^{1,7} \quad [\text{kg}] \quad (2.6)$$

$$E = 13,62 \cdot m^{0,59} \quad [\text{kJ}] \quad (2.7)$$

E - jmenovitá energie úderu bucharu

m - hmotnost výkovku

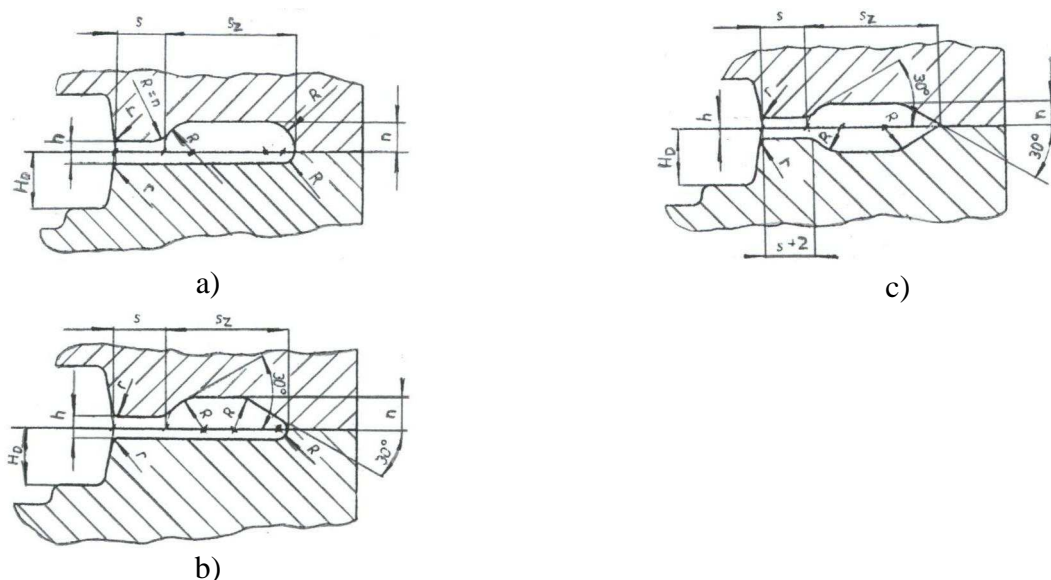
Rozměry dokovací dutiny

Rozměry zápuskové dutiny se určí podle výkresu výkovku a zvětší se a hodnotu smrštění materiálu. O tuto hodnotu se zvětšují všechny rozměry, které přesahují 10 mm. Smrštění se nevztahuje na rádius. Hodnota smrštění je pro běžné oceli podle ČSN 22 8308 - 1,0 až 1,3 %. ČSN 22 8308

Tvar a rozměry výronkové drážky

Výronková drážka se skládá ze dvou hlavních částí - z můstku a ze zásobníku . Její funkce je v regulaci tlaku a v zachycování přebytečného materiálu. Pro buchary se používají tři druhy výronkových drážek. Typ a) a b) jsou obvyklé typy a zásobník se umísťuje v horním dílu zápusky. Typ c) je pro složité výkovky a zásobník je oboustranný. (1)

U zadané součásti se jedná o jednoduchý výkovek, proto by se použil jeden z obvyklých typů, a to typ a).



Obr. 2.7 Typy výronkových drážek pro buchary ČSN 22 8308

Rozměry výronkové drážky vycházejí z rozměrů můstku.

Přechod tvaru do dělicí plochy ČSN 22 8308:

$$r = \frac{\sqrt{S_D}}{200} + 0,04 \cdot H_{Db} \quad [\text{mm}] \quad (2.8)$$

S_D - půdorysná plocha výkovku

H_{Db} - vzdálenost dělicí roviny od spodní části dutiny zápusky

Výška můstku výronku ČSN 22 8308:

$$h = (0,015 \div 0,012) \cdot \sqrt{S_D} \quad [\text{mm}] \quad (2.9)$$

- hodnota 0,012 se volí pro největší výkovky
- hodnota 0,015 se volí pro malé výkovky

Objem výronku:

Při výpočtu objemu výronku se vychází z rozměrů zvoleného zásobníku a stupně jeho zaplnění. Koeficient zaplnění zásobníku výronkové drážky se bere 0,7. (1)

Podle vypočtených hodnot se stanoví další rozměry drážky podle ČSN 22 8308.

Rozmístění dutin v zápustce

V jedné zápustce je rozmístěno několik dutin okolo středové dokovací dutiny, kterou prochází osa beranu bucharu a výslednice kovací síly. Tyto dutiny jsou určeny pro předkovací operace. Mohou být pro zužování, rozdělování, prodlužování, tvarování, ohýbání nebo děrování. (1)

Části dutin, u kterých dochází k horšímu zaplnění, se umísťují do horní poloviny zápustky. Dutiny v zápustce jsou umístěny tak, aby mezi nimi byla co nejmenší vzdálenost, ale zároveň byly udrženy dostatečné tloušťky stěn. (1)

Vedení zápustek

Používá se pro vykování výkovku v požadované přesnosti. Vedení zápustek se používá pouze pro jednotlivé zápustky, pro postupové kování není vhodné z důvodu komplikací při umísťování dutin v zápustce a nerovnoměrného zatížení zápustky různými napětími od deformovaného materiálu. Vedení může být kruhové, podélné, příčné, křížové, pomocí zámků a vodících kolíků. (1)

2.7.2 Kování na svislých kovacíh lisech (1, 2, 3, 4, 8, 9), ČSN 22 8306

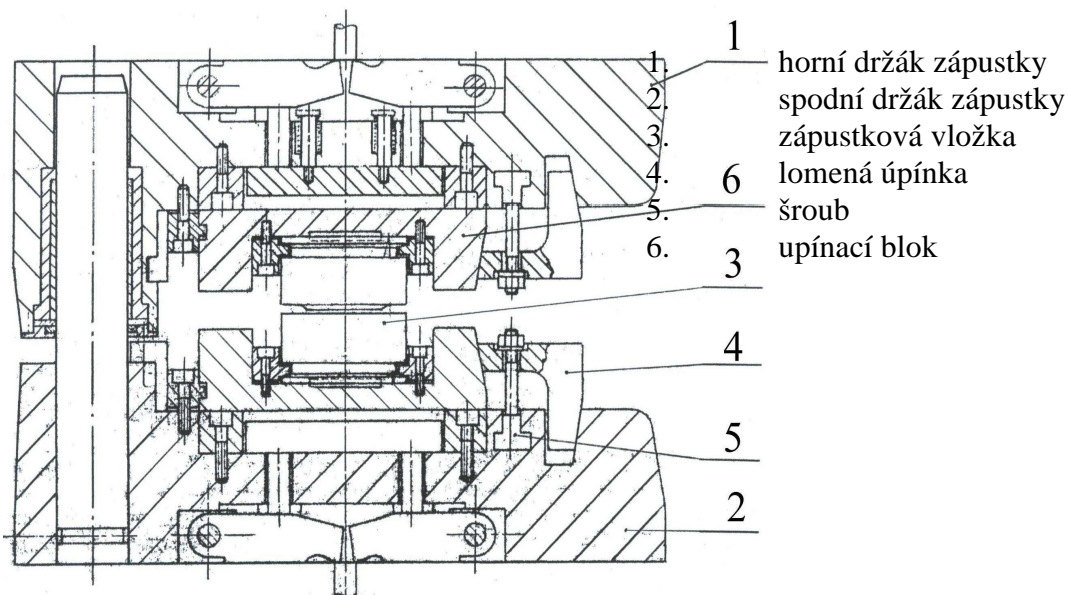
Způsob kování na svislých kovacíh lisech je úplně jiný než kování na bucharech. Materiál není tvářen rázy jako u bucharů, ale působícím tlakem. Tváření se provádí na jeden pracovní zdvih, při dalším zdvihu se materiál vyjme a přenáší se na další kovací operaci. (1)

Svislé kovací lisy se používají pro operace, při kterých je velké radiální tečení materiálu, např. vytlačování a pēchování. Dále jsou vhodné při kování přesných zápustkových výkovek, kalibrování za tepla a pro velké série rozměrově a silově náročných výkovek používaných v automobilovém nebo leteckém průmyslu. (1, 2, 3)

Při kování na svislých kovacíh lisech je dosaženo větší přesnosti dobrým vedením beranu, které zajistí vzájemnou polohu obou polovin zápustek i při velkém zatížení. Často se používají vyhazovače, což dovoluje zmenšit úkosy výkovek. Nevýhodou kovacíh lisů je zakování okují do povrchu výkovku. Aby k tomu nedocházelo používá se jako předkovací operace pēchování, protože při něm dochází k odpadání okují. Předkovky se vyrábějí v jednotlivých zápustkách, v každé zápustce je pouze jedna dutina. (1, 3)

Pro zápustkové kování zadané součásti jsou vhodné mechanické svislé kovací lisy. Jsou určeny pro přesné kování a hodí se pro zařazení do automatizovaných kovacíh pracovišť.

Tyto stroje vyrábí firma Šmeral a.s. Brno pod označením LMZ, LZK (LMZ 1000 A, LMZ 1600 A, LMZ 2500, LZK 3150 B, LZK 4000 B) a firma Žďas a.s. Žďár nad Sázavou typ LZK 6500.



Obr. 2.8 Schéma upnutí zápustky (3)

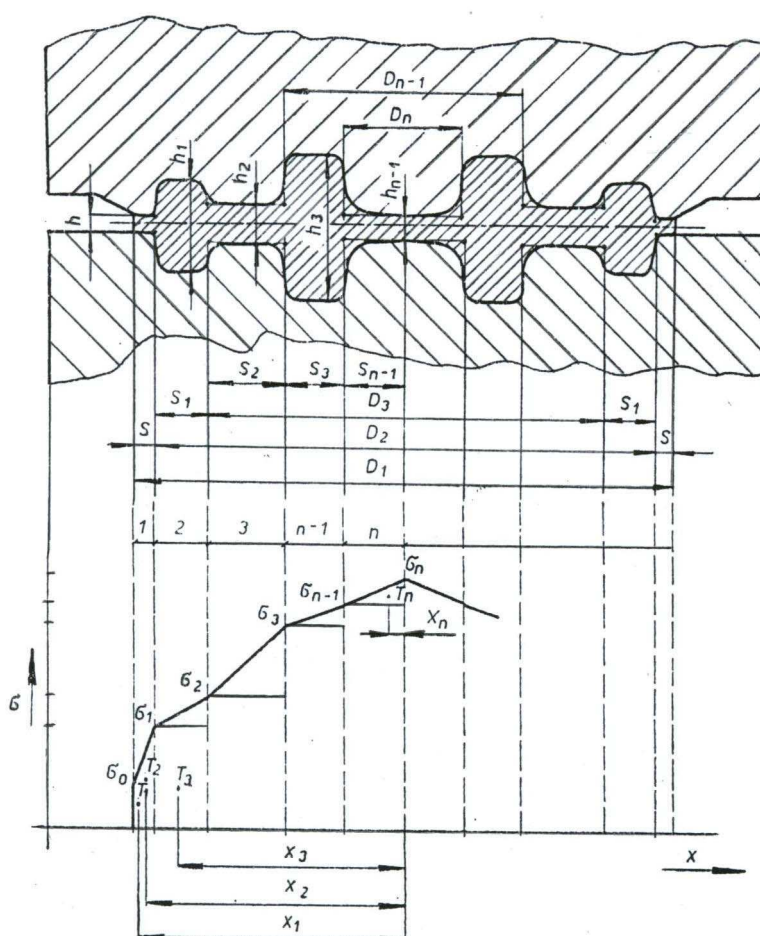
Tab. 3 Technické parametry svislých kovacích lisů (příloha 4)

| Technické parametry | | LMZ 1000 A | LMZ 1600 A | LMZ 2500 | LZK 3150 B | LZK 4000 B |
|---------------------------|-------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Jmenovitá tvářecí síla | MN | 10 | 16 | 25 | 31,5 | 40 |
| Zdvih | mm | 220 | 270 | 320 | 360 | 380 |
| Sevření | mm | 660 | 800 | 910 | 1000 | 1000 |
| Přestavení beranu | mm | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 |
| Počet zdvihů | 1/min | 115 | 85 | 70 | 65 | 60 |
| Počet využitelných zdvihů | 1/min | 38 | 35 | 28 | 21 | 20 |
| Průchod | mm | 1120 | 1290 | 1740 | 1580 | 1580 |
| Rozměr stolu | mm | 1000 x 950 | 1180 x 1120 | 1420 x 1400 | 1520 x 1520 | 1520 x 1600 |
| Rozměr beranu | mm | 1010 x 850 | 1160 x 1035 | 1350 x 1250 | 1450 x 1450 | 1470 x 1500 |
| Výška lisu | mm | 4885 | 5610 | 6720 | 7340 | 9150 |
| Výkon elektromotoru | kW | 55 | 75 | 130 | 160 | 200 |

Další parametry viz příloha 4.

Výpočet tvářecí síly podle Tomlenova

Bude se provádět podle ČSN 22 8306. Výpočet vychází z toho, že se stanoví informativně vhodný kovací lis podle plochy výkovku. Ke zvolenému lisu se přiřadí vhodná velikost výronkové drážky. Provede se výpočet a pokud vypočítaná výsledná kovací síla je menší než uvedená síla stroje, tak stroj vyhovuje. Jestliže je výsledná síla větší, musí se změnit rozměry šířky a výšky můstku výronkové drážky nebo použít stroj s vyšší kovací silou. ČSN 22 8306



Obr. 2.9 Schéma nárůstu normálových napětí (ČSN 22 8306)

Tab. 4 Koeficient C_o pro ocel (8)

| Hmotnost výkovku [kg] | Teplota výronku [°C] | C_o |
|-----------------------------|----------------------------|-----------|
| do 5 | 750 – 850 | 5,0 – 4,0 |
| přes 5 do 10 | 800 – 900 | 4,5 – 3,5 |
| přes 10 do 25 | 850 – 950 | 4,0 – 3,0 |
| přes 25 do 50 | 900 – 1000 | 3,5 – 2,5 |
| přes 50 do 100 | 950 – 1050 | 3,0 – 2,0 |

Napětí v jednotlivých bodech průřezu se vypočítají ze vztahu:

$$\sigma_p' = \sigma_p \cdot C_o \quad [\text{MPa}] \quad (2.10)$$

$$\sigma_{d0} = 1,285 \cdot \sigma_p' \quad [\text{MPa}] \quad (2.11)$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_1}{z_1} \quad [\text{MPa}] \quad (2.12)$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_2}{z_2} \quad [\text{MPa}] \quad (2.13)$$

$$\sigma_{dn} = \sigma_{dn-1} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_n}{z_n} \quad [\text{MPa}] \quad (2.14)$$

C_o - koeficient, který závisí na kovací teplotě a hmotnosti výkovku

$\bar{\sigma}_{pt}$ - přirozený přetvárný odpor materiálu za kovací teploty 1100 °C

- pro výpočet síly podle Tomlenova

$\bar{\sigma}_p'$ - přirozený přetvárný odpor materiálu s vlivem poklesu teploty ve výronku

$\bar{\sigma}_{dn}$ - napětí v jednotlivých bodech průřezu

Výpočet dílčích ploch pod čarami přetvárných odporů:

$$S_j = \sigma_{dn} \cdot \Delta r_n \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}] \quad (2.15)$$

$$S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_n) \cdot \frac{\Delta r_n}{2} \quad [\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}] \quad (2.16)$$

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky:

$$F_N = 2 \cdot \pi \cdot \sum_{j=1}^n S_j \cdot r_j \quad [\text{N}] \quad (2.17)$$

Kovací síla vznikající od smykových napětí na zkosených stěnách:

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \cdot \pi \cdot \sum_{j=1}^n D_j \cdot \Delta z_j = \frac{\sigma_p}{2} \cdot \pi \cdot \Sigma \Delta S_j \quad [\text{N}] \quad (2.18)$$

Výsledná kovací síla:

$$F = F_N + F_T \quad [\text{N}] \quad (2.19)$$

Výpočet tvářecí síly podle Rebelského

Tento výpočet se bude vzhledem ke své jednoduchosti provádět pouze z důvodu kontroly výpočtu kovací síly podle Tomlenova. Bude se provádět podle literatury (4).

$$F = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot D) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{D}\right)^2 \cdot \sigma_{pr} \cdot S_D \quad [\text{N}] \quad (2.20)$$

D - největší průměr výkovku

S_D - půdorysná plocha výkovku

σ_{pr} - přirozený přetvárný odpor materiálu za kovací teploty 1100 °C
- pro výpočet síly podle Rebelského

Tvar a rozměry předkovací dutiny

V předkovací dutině dostává těleso tvar, který se podobá konečnému tvaru výkovku. Kování se provádí vytlačováním, pýchováním nebo ohýbáním. Předkovek je užší a vyšší než budoucí výkovek. Aby bylo zaručeno zaplnění dokovací dutiny, je přebytek kovu v předkovací dutině 3 až 4 %. (1)

Rozměry dokovací dutiny

Určují se stejně jako u zápustek pro buchary. Zvětší se o hodnotu smrštění u rozměrů, které přesahují 10 mm. ČSN 22 8306

Rozmístění zápustek v lisu

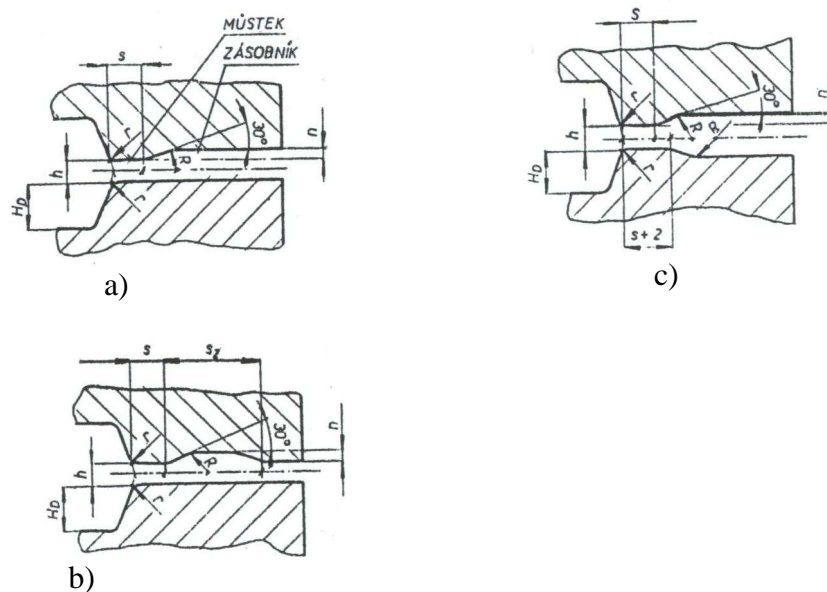
Uspořádání lisu je konstruováno tak, aby bylo možné umístit několik zápustek vedle sebe tak, že zápustky pro předkovací operace budou rozloženy okolo zápustky dokovací. Pro předkovky, u kterých je nutné provádět prodlužování nebo rozdělování, se předkování provádí na jiných strojích např. bucharech nebo kovacích válcích.

Tvar a rozměry výronkové drážky

Výronkové drážky pro svislé lisy mají odlišnou konstrukci než výronkové drážky pro buchary. Zásadní rozdíl je v tom, že na sebe zápustky nesmí dosednout. Stroj se nesmí spouštět, aniž by byl vložen teplý předkovek do zápustky, protože se výška výronku tvoří pružnou deformací lisu. (1, 2)

Používají se tři druhy výronkových drážek. Typ a) je obvyklý, typ b) se používá pro velké vzdálenosti dutiny od kraje zápustky. Pro velký přebytek materiálu se používá typ c). ČSN 22 8306

Pro zadanou součást bude vhodná výronková drážka typu a) - obvyklý.



Obr. 2.10 Typy výronkových drážek pro lisy ČSN 22 8306

Přechod tvaru do dělicí plochy ČSN 22 8306:

$$r = \frac{\sqrt{S_D}}{200} + 0,04 \cdot H_{Dl} \quad [\text{mm}] \quad (2.21)$$

S_D - půdorysná plocha výkovku

H_{Dl} - vzdálenost spodní části můstku od spodní části dutiny zápustky

Hloubka zásobníku ČSN 22 8306:

$$n = 0,4 \cdot s + 2 \quad [\text{mm}] \quad (2.22)$$

s - šířka můstku

Objem výronku (1):

$$V_{\text{výr}} = o \cdot [s \cdot h + (n + h/2) \cdot B] \quad [\text{mm}^3] \quad (2.23)$$

o - obvod výkovku

h - výška můstku výronku

s - šířka můstku

B - šířka otřepu v zásobníku

- pro výkovky a hmotnosti nad 2 kg je 20 mm

Podle vypočtených hodnot se stanoví další rozměry drážky podle ČSN 22 8306.

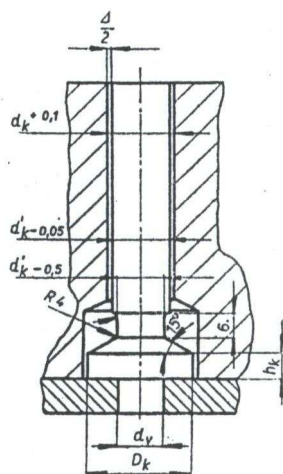
Vedení zápustek

Vzhledem k poměrně přesnému vedení beranu lisu a vodících sloupeků je poloha horní části zápustky vůči spodní dobře zajištěna. U velmi přesných výkovků je možné použít vedení. Pro svislé lisy se rozlišují dva druhy, a to kruhové vedení a zámky pro zachycení posouvajících sil. (1)

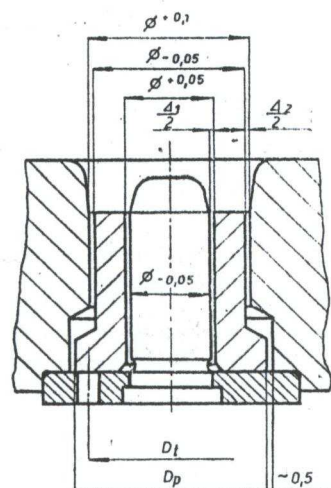
Vyhazování výkovku

Při zápustkovém kování dochází často k ulpívání výkovku v dutině zápustky. Je to ovlivněno třením, členitostí výkovku a úkosy v dutině zápustky. Vzhledem k těmto faktorům se při konstrukci může použít vyhazovač. (1)

Vyhazovače se volí podle tvaru zápustky. Dělí se na dva typy – prstencové a kolíkové. Prstencové vyhazovače se používají pro výkovky se zahloubením ve středu výkovku. Kolíkové vyhazovače mohou být středové, mimostředové a mohou také působit na výronek nebo blánu. (1)



Kolíkový vyhazovač



Prstencový vyhazovač

Obr. 2.11 Typy vyhazovačů ČSN 22 8306

Kolíkový vyhazovač ČSN 22 8306

$$d_k' = d_k - \Delta \quad [\text{mm}] \quad (2.24)$$

Průměr hlavy kolíkového vyhazovače:

$$D_k = \sqrt{2 \cdot d_k^2 + d_v^2} \quad [\text{mm}] \quad (2.25)$$

Δ - vůle ve vedení

d_k - průměr otvoru pro vyhazovací kolík

d_v - průměr otvoru pro vyrážecí kolík upínače zápustek

Prstencový vyhazovač ČSN 22 8306

Předkovací trn:

$$\frac{d_{pt}^2}{D_{pt}^2} \leq 0,85 \quad (2.26)$$

Průměr prstence D_p musí vyhovět podmínkám:

$$D_p \geq d_p + 5 \quad [\text{mm}] \quad (2.27)$$

$$D_p \geq D_t + d_v + 5 \quad [\text{mm}] \quad (2.28)$$

d_{pt} - průměr předkovacího trnu

D_{pt} - průměr dosedací části předkovacího trnu

d_p - průměr prstencového vyhazovače

D_t - roztečný průměr otvorů pro vyrážecí kolík upínače zápustek

2.8 Volba materiálu zápustek (14, 15)

Zápustky musí odolávat velkému namáhání, jedná se o:

- mechanické namáhání - což je dynamické zatěžování, kterému jsou vystaveny zápustky bucharů při kování
- tepelné namáhání - střídání teplot zapříčiňuje vznik napětí a následně vznik mikrotrhlin
- povrchová teplota dutiny je až 500° C a výstupků dutin až 600° C

Hlavní požadavky na oceli pro zápustky jsou:

- vysoká otěruvzdornost
- vysoká pevnost a houževnatost v celém rozsahu kovacíh teplot
- dobrá prokalitelnost a vysoká popouštěcí teplota
- nízká tepelná roztažnost a co nejvyšší tepelná vodivost
- dobrá obrobitelnost a nízká cena oceli.

Tab. 5 Doporučené zápustkové oceli se zřetelem k druhu kovacího stroje a materiálu výkovku (15)

| Označení oceli | Použití oceli se zřetelem na | |
|----------------|--|--|
| | druhu kovacího stroje | materiálu výkovku |
| 19 464 | buchary, vřetenové lisy, kovací lisy | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů a olova |
| 19 512 | buchary, vřetenové lisy, kovací lisy | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů |
| 19 552 | buchary, vřetenové lisy, kovací lisy | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů |
| 19 642 | především buchary, ale také vřetenové lisy a kovací lisy | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů |
| 19 650 | buchary, vřetenové lisy | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů |
| 19 662 | především buchary | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů |
| 19 663 | buchary, vřetenové lisy, kovací lisy | nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů |
| 19 720 | všechny druhy lisů a bucharů | všechny druhy ocelí, slitiny mědi a lehkých kovů |
| 19 721 | všechny druhy lisů | všechny druhy ocelí, slitiny mědi a lehkých kovů |
| 19 740 | všechny druhy lisů | všechny druhy ocelí, slitiny mědi a lehkých kovů |

Tab. 6 Doporučené zápusťkové oceli se zřetelem na velikost a namáhání zápusťky (15)

| Označení ocelí | Použití oceli se zřetelem na | |
|----------------|--------------------------------|---|
| | velikost zápusťky | namáhání zápusťky |
| 19 464 | malé a střední zápusťky | mírně tepelně namáhané nástroje |
| 19 512 | malé zápusťky o tl. do 200 mm | středně tepelně namáhané nástroje |
| 19 552 | malé zápusťky o tl. do 200 mm | vysoce tepelně namáhané, houževnaté nástroje |
| 19 642 | malé, střední a velké zápusťky | středně tep. namáhané nástroje s velkou houževnatostí |
| 19 650 | malé, střední a velké zápusťky | středně tep. namáhané nástroje s dobrou houževnatostí |
| 19 662 | střední a velké zápusťky | středně tep. namáhané nástroje s velkou houževnatostí |
| 19 663 | malé, střední a velké zápusťky | středně tep. namáhané nástroje s velkou houževnatostí |
| 19 720 | malé zápusťky o tl. do 200 mm | vysoce tepelně namáhané, dosti houževnaté nástroje |
| 19 721 | malé zápusťky o tl. do 200 mm | vysoce tepelně namáhané, méně houževnaté nástroje |
| 19 740 | malé zápusťky o tl. do 200 mm | vysoce tepelně namáhané, dosti houževnaté nástroje |

2.9 Ostřih a děrování (1, 12)

Při této operaci je odstraněn výronek a blána v předkovaném otvoru výkovku. Je možné ostřihovat za studena nebo za tepla.

Za tepla se ostřihují a děrují výkovky s obsahem uhlíku větším než 0,5 %, výkovky hmotnější a větších rozměrů. (1)

Za studena se ostřihují a děrují výkovky menších rozměrů s nízkým obsahem uhlíku a také výkovky, které se při stříhání za tepla deformují. (1)

Zadaná součást má menší obsah než 0,5 %, proto bude vhodné použít ostřihování za studena.

Ostřihování a děrování se bude provádět na universálních lisech. Jsou to stroje zařazené do kovací linky, kterou tvoří ohřívací zařízení, kovací lis a lis pro ostřih. Přiřazení ostřihovacích lisů bývá na základě zvoleného kovacího lisu a pro danou operaci bývají většinou předimenzovány, protože vzhledem k vyššímu využití se používají i pro jiné úkony. Velikost lisu vychází ze střížné síly. U tohoto druhu stříhání nedosedá střížník na střížnici, pouze tlačí na výkovek, proto se střížná síla zvětšuje 1,7 krát. (1)

Střížná síla (1):

$$F_s = 1,7 \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot o \cdot h \quad [\text{N}] \quad (2.29)$$

o - obvod stříhu

h - výška můstku výronku

R_m - pevnost v tahu

2.10 Tepelné zpracování výkovku (11, 13)

Po kování se velmi často používá normalizační žíhání. Za prvé z důvodu odstranění vnitřního pnutí, které vzniká zvláště u složitějších výkovků při ochlazování na vzduchu. Dále z důvodu odstranění nerovnoměrnosti struktury, kterou mělo za následek dokování při teplotách mezi A_{c3} a A_{c1} . Výsledkem je jemnozrnná struktura tvořená obvykle směsí feritu a perlitu. (11, 13)

Normalizační žíhání spadá do žíhání s překrytím. Výkovek se ohřeje na teplotu, která je vyšší o 30 až 50 °C než A_{c3} resp. A_{cm} . Poté následuje setrvání na této teplotě z důvodu vyrovnání teplot a dosažení homogenního austenitu. Doba prodlevy a teplota austenitizace nesmí být vysoká, aby nedošlo ke zvětšení opalu, oduhličení a zhrubnutí zrna. Závěrečnou fází je ochlazení na klidném vzduchu. Normalizačním žíháním se dosáhne poměrně jemnozrnné struktury tvořené obvykle směsí feritu a perlitu s lepšími plastickými vlastnostmi. (11, 13)

2.11 Dokončovací operace (14)

Po vykování je nutné provést odstranění okují, aby se zabránilo poškození nástrojů při kalibrování. Dále se tím usnadní následné obrábění a kontrola povrchu výkovku. Odstranění okují obsahuje tři kroky. (14)

Moření: - Např. v kyselině solné s vodou po dobu $4 \div 8$ h, poté následuje neutralizace vodou a vápenným mlékem

Otryskávání: - V lamelových bubnech pomocí broků.

Omílání: - Pomocí kovových hvězdic v bubnech pro malé výkovky

Další závěrečné operace jsou ty, které mají za účel zvýšení objemové i rozměrové přesnosti výkovku.

Kalibrování:

- Provádí se za tepla po ostříhu výronku a děrování předkovaných otvorů.
- Kalibrovací dutina je přesnější než dutina dokovací, proto může částečně nahradit přesné bezvýronkové kování.

Ražení:

- Provádí se za studena po tepelném zpracování, odstranění okují a po rovnání za studena.
- Slouží pro zpřesnění výškových rozměrů výkovku.

3. Stávající možnosti výroby dané součásti (9, 20)

Zadanou součást je možno zhotovit i jinými způsoby než je zápustkové kování. Jako nejvhodnější alternativy se pro tento případ jeví odlévání nebo obrábění. Volbu způsobu výroby ovlivňuje hlavně počet výrobků ve výrobní sérii, složitost tvaru součásti, zvolený materiál a náklady na polotovar.

3.1 Odlévání (9)

Odlévání je potenciálně neekonomičtější způsob přeměny výchozí suroviny v žádaný výrobek. Výrobu odlitků lze provádět různými způsoby od méně vyspělých až po špičkové. Výhoda odlitku je v tvarové univerzálnosti jeho použití a v jeho aplikaci pro malé i rozměrné součásti. Je vhodné stejně jako zápustkové kování pro výrobu většího množství kusů a to vzhledem k nákladům na výrobu modelu nebo matečné formy. Další podmínkou pro použití odlévání je větší složitost tvaru součásti. U jednodušších součástí je výhodnější s ohledem na náklady spojené s výrobou jednoho výrobku použít zápustkové kování. (9)

Nevýhodou odlévání je pnutí, které vzniká v průběhu chladnutí odlitku. Nejvíce je to patrné u odlitků, které mají velké rozdíly v tloušťce stěn. Napětí v odlitku může způsobit pružné nebo plastické deformace, v kritických případech může dojít až k porušení souvislosti odlitku.

3.2 Obrábění (20)

Tvoří jednu z nejvýznamnějších oblastí strojírenské výroby. Využívá se ho jak k výrobě hotových součástí, tak k výrobě nástrojů pro další výrobní technologie. Má stejně jako odlévání univerzální použití v závislosti na tvaru a použití. Je to nejrozšířenější metoda zpracování hutních polotovarů. Používá se spíše pro kusovou a sériovou výrobu. Na rozdíl od zápustkového kování má výrazně nižší pořizovací ceny nástrojů, proto je vhodné i pro malé objemy výroby. (20)

Nevýhodou oproti zápustkovému kování je podstatně delší časový interval pro výrobu součástí. Další nevýhoda je z hlediska úspory materiálu. Nejvíce jsou ztráty patrné při obrábění součástí, které mají velké rozměrové přechody nebo se jedná stejně jako u zadané součásti o výrobky duté.

4. Návrh technologie výroby zadané součásti

Pro zápusťkové kování součásti bylo ze dvou porovnávaných variant vybráno zápusťkové kování na svislých kovacíh lisech a to hlavně z důvodu tvaru a typu výkovku. Další důvod je časová úspora oproti kování na bucharech, která není zanedbatelná vzhledem k počtu 100 000 vyrobených kusů za rok. Tato metoda je vhodnější i vzhledem k tomu, že v současné době převažuje kování na kovacíh lisech nad kováním na bucharech z důvodů menších požadavků na konstrukci budov.

Na základě výše uvedených podkladů byl navržen tento technologický postup. Je doplněn o technologická data vypočítaná v následující kapitole. K práci je připojen technologický postup ještě jednou v klasickém formátu na samostatném papíře.

Tab. 7 Technologický postup

| Operace č. | Typ stroje | Popis práce |
|------------|---------------------------------------|--|
| 1 | Profilové nůžky ScKU 800 | Ohřev na teplotu 450 až 550°C. Dělení materiálu stříháním s předehřevem. |
| 2 | | Kontrola ústřížků Kontrola jakosti a hmotnosti po 20 min. |
| 3 | Induktor KSO 500 | Indukční ohřev na teplotu max. 1200°C. Čas ohřevu 15 min. |
| 4 | Svislý kovací lis LZK 3150 B | Zápusťkové kování na svislém kovací lisu. Kovací teplota 1000 - 1100°C. Kovací síla 27,5 MN. |
| | | 1. operace: pýchování |
| | | 2. operace: předkování |
| | | 3. operace: dokování |
| 5 | Klikový lis ostřihovací LKO 500 | Ostřih výronku a děrování otvoru. Ostřihovací síla 2,6 MN. Děrovací síla 1,3 MN. |
| 6 | Agregát T1-4 | Tepelné zpracování. Normalizační žíhání při teplotách 880 - 920 °C na pevnost 530 - 735 MPa. |
| 7 | Brokový tryskač PTB 3 | Otryskávání. |
| 8 | | Kontrola výkovků na oddělení OTK. |

5. Stanovení technologických dat a vlastní zpracování návrhu vybrané technologie

5.1 Zařazení výkovku podle složitosti tvaru ČSN 42 9002

| | |
|---------------------------|--|
| Tvarový druh: 5 | - výkovky kruhového průřezu duté |
| Tvarová třída: 3 | - jednostranně osazené |
| Tvarová skupina: 2 | - $H \leq D$, $H > 2 H_1$ |
| Tvarová podskupina: 0 | - bez přesahu |
| Technologické hledisko: 4 | - výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu nesouměrné |

- výkovek patří mezi nízké výkovky

Označení výkovku: **5320 - 4**

5.2 Určení stupně přesnosti provedení výkovku ČSN 42 9030

Obvyklé provedení: ČSN 42 9030.1

Zápustkové výkovky jsou vyrobeny s obvyklou přesností, přídavky na obrábění, úchylkami rozměrů a tvarů.

5.3 Stanovení přídavek a stupňů přesnosti ČSN 42 9030

- Přídavky na obrábění: 3 mm
- Přídavky technologické: vnější úkosy 3°
vnitřní úkosy 5°

- Stupeň přesnosti ve směru kolmém k rázu: 5
- Stupeň přesnosti ve směru rázu: 6
- Jmenovité úchylka ve směru kolmém k rázu: +1,7/-0,8 mm
- Jmenovité úchylka ve směru rázu: +2,5/-1,3 mm
- Jmenovité úchylka zaoblení přechodů do 10 mm: +0,50/-0,25 mm
přes 10 do 32 mm: +0,40/-0,20 mm
- Jmenovité úchylka zaoblení hran: +0,25/-0,50 mm

Tloušťka blány v kraji

$$s = 0,4 \cdot \sqrt{d} = 0,4 \cdot \sqrt{96} = 3,9 = \underline{4mm} \quad (5.1)$$

Tloušťka blány uprostřed

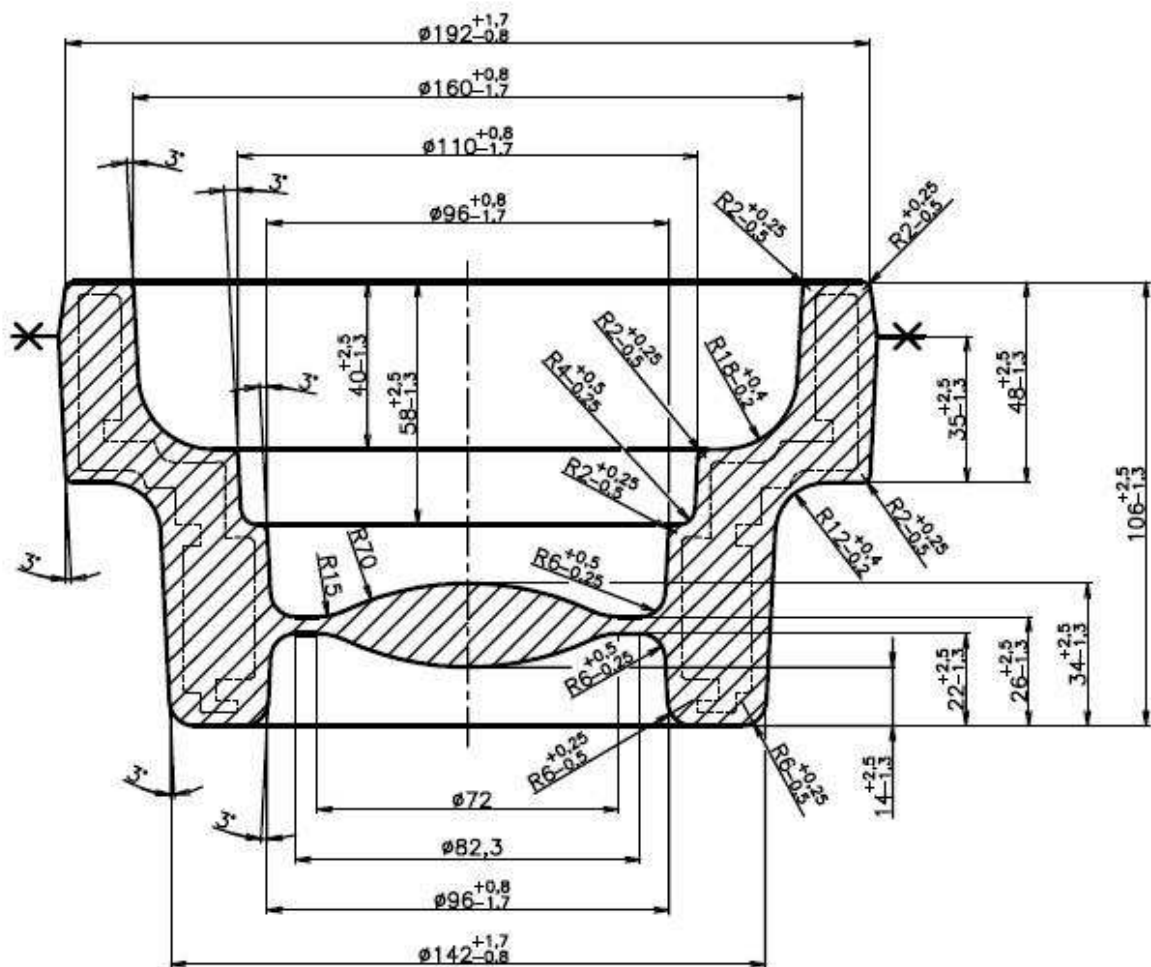
$$S = 5 \cdot s = 5 \cdot 4 = \underline{20mm} \quad (5.2)$$

Poloměr R_1

$$R_1 = 5 \cdot h = 5 \cdot 16,5 = \underline{82,5mm} \quad (5.3)$$

Vypočítaná velikost poloměru R_1 je pro dané účely nepoužitelná, proto volím velikost poloměru 15 mm.

Poloměr R_2 volím vzhledem k ostatním rozměrům blány 70 mm.



Obr. 5.1 Výkovek

5.4 Výpočet objemu polotovaru

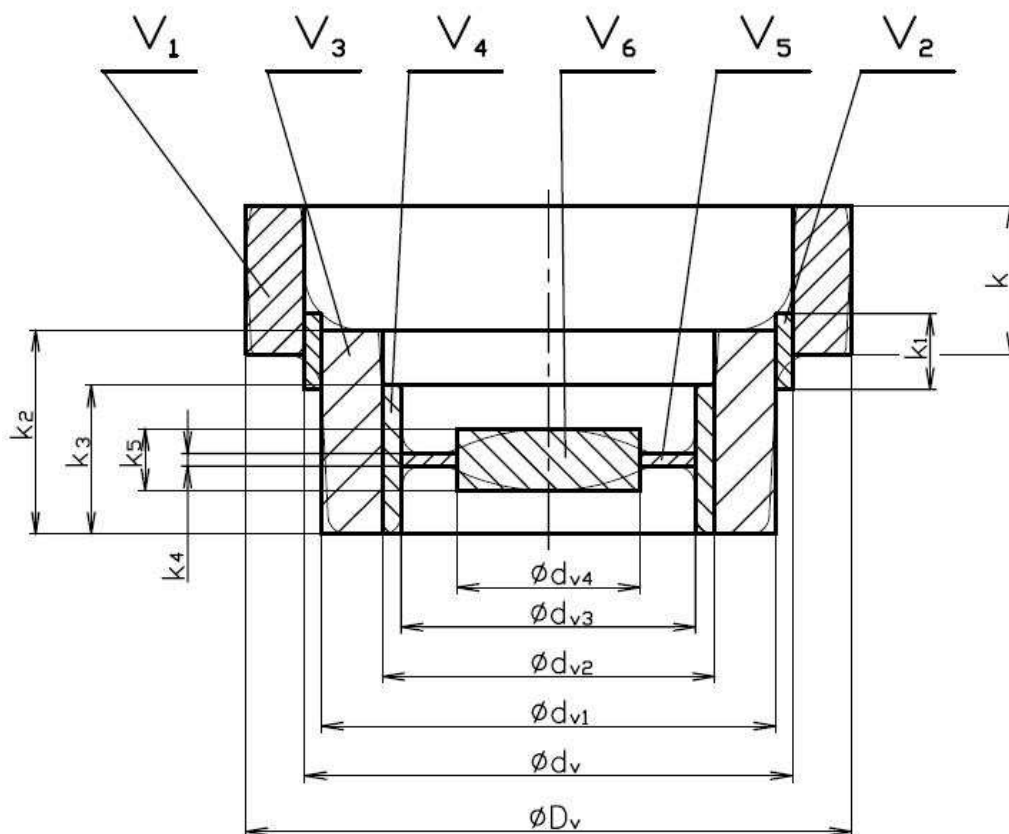
$$V_c = V_v + V_{výr} + V_{op} = 1258653,7 + 107874,8 + 40995,9 = \underline{\underline{1407524,4\text{mm}^3}} \quad (5.4)$$

Objem výkovku

$$V_v = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_b \quad (5.5)$$

$$V_v = 507457,6 + 62694,2 + 520687,6 + 95331,6 + 17245,8 + 55236,9$$

$$V_v = \underline{\underline{1258653,7\text{mm}^3}}$$



Obr. 5.2 Rozdělení výkovku pro výpočet objemu

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (D_v^2 - d_v^2) \cdot k = \frac{\pi}{4} \cdot (195,7^2 - 157,6^2) \cdot 48 = \underline{507457,6mm^3} \quad (5.6)$$

$$V_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_v^2 - d_{v1}^2) \cdot k_1 = \frac{\pi}{4} \cdot (157,6^2 - 146,9^2) \cdot 24,5 = \underline{62694,2mm^3} \quad (5.7)$$

$$V_3 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{v1}^2 - d_{v2}^2) \cdot k_2 = \frac{\pi}{4} \cdot (146,9^2 - 107,4^2) \cdot 66 = \underline{520687,6mm^3} \quad (5.8)$$

$$V_4 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{v2}^2 - d_{v3}^2) \cdot k_3 = \frac{\pi}{4} \cdot (107,4^2 - 94,9^2) \cdot 48 = \underline{95331,6mm^3} \quad (5.9)$$

$$V_5 = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{v3}^2 - d_{v4}^2) \cdot k_4 = \frac{\pi}{4} \cdot (94,9^2 - 59,3^2) \cdot 4 = \underline{17245,8mm^3} \quad (5.10)$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot d_{v4}^2}{4} \cdot k_5 = \frac{\pi \cdot 59,3^2}{4} \cdot 20 = \underline{55236,9mm^3} \quad (5.11)$$

$V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ - objemy částí výkovku

Objem výronku

$$V_{výr} = o \cdot \left[s \cdot h + \left(n + \frac{h}{2} \right) \cdot B \right] \quad (5.12)$$

$$V_{výr} = 612,925 \cdot \left[8 \cdot 4 + \left(5,2 + \frac{4}{2} \right) \cdot 20 \right]$$

$$V_{výr} = \underline{107874,8mm^3}$$

o - obvod výkovku

h - výška můstku výronku

s - šířka můstku

B - šířka otřepu v zásobníku

- pro výkovky a hmotnosti nad 2 kg je 20 mm

Objem opalu

Z rozmezí hodnot 3 až 5 % objemu výkovku a výronku volím objem opalu 3 %.

$$V_{op} = (V_v + V_{výr}) \cdot 0,03 = (1258653,7 + 107874,8) \cdot 0,03 = \underline{40995,9mm^3} \quad (5.13)$$

5.5 Stanovení rozměrů polotovaru (21)

Průměr polotovaru

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_c}{\lambda}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{1407524,4}{1,6}} = \underline{\underline{103,48mm}} \quad (5.14)$$

Volím průměr 105 mm podle normy ČSN 42 5510 - tyče válcované za tepla.

Délka polotovaru

$$L_0 = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D_0^2} = \frac{4 \cdot 1407524,4}{\pi \cdot 105^2} = 162,55 = \underline{\underline{163mm}} \quad (5.15)$$

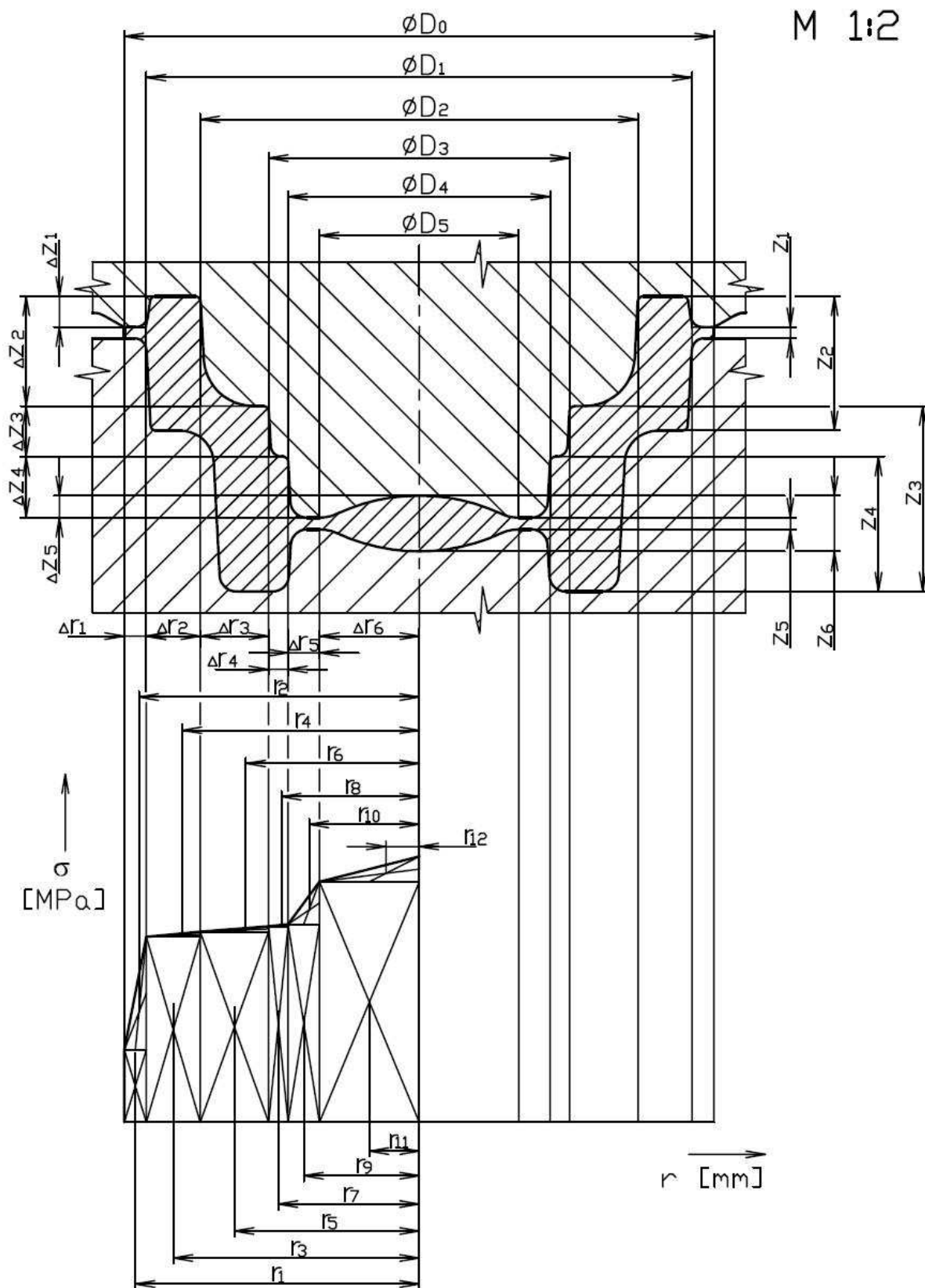
Výpočet štíhlostního poměru

Štíhlostní poměr musí být v mezích (2,8 až 1,5), aby nedošlo k vybočení do strany na počátku petchování. (21)

$$\lambda = \frac{L_0}{D_0} = \frac{163}{105} = \underline{\underline{1,55}} \quad (5.16)$$

Štíhlostní poměr vyhovuje mezním hodnotám.

5.6 Výpočet kovací síly podle Tomlenova



Obr. 5.3 Schéma nárůstu normálových napětí

$$C_0 = 4,0$$

$$\bar{\sigma}_{pt} = 51 \text{ MPa} - \text{vybráno z literatury (3)}$$

$$z_1 = h = 4 \text{ mm}$$

$$\varnothing D_0 = 211,1 \text{ mm}$$

$$z_2 = 48 \text{ mm}$$

$$\varnothing D_1 = 195,1 \text{ mm}$$

$$z_3 = 66 \text{ mm}$$

$$\varnothing D_2 = 160 \text{ mm}$$

$$z_4 = 48 \text{ mm}$$

$$\varnothing D_3 = 110 \text{ mm}$$

$$z_5 = 4 \text{ mm}$$

$$\varnothing D_4 = 96 \text{ mm}$$

$$z_6 = 20 \text{ mm}$$

$$\varnothing D_5 = 72 \text{ mm}$$

$$\Delta r_1 = s = 8 \text{ mm}$$

$$\Delta z_1 = 11 \text{ mm}$$

$$\Delta r_2 = 17,6 \text{ mm}$$

$$\Delta z_2 = 40 \text{ mm}$$

$$\Delta r_3 = 25 \text{ mm}$$

$$\Delta z_3 = 18 \text{ mm}$$

$$\Delta r_4 = 7 \text{ mm}$$

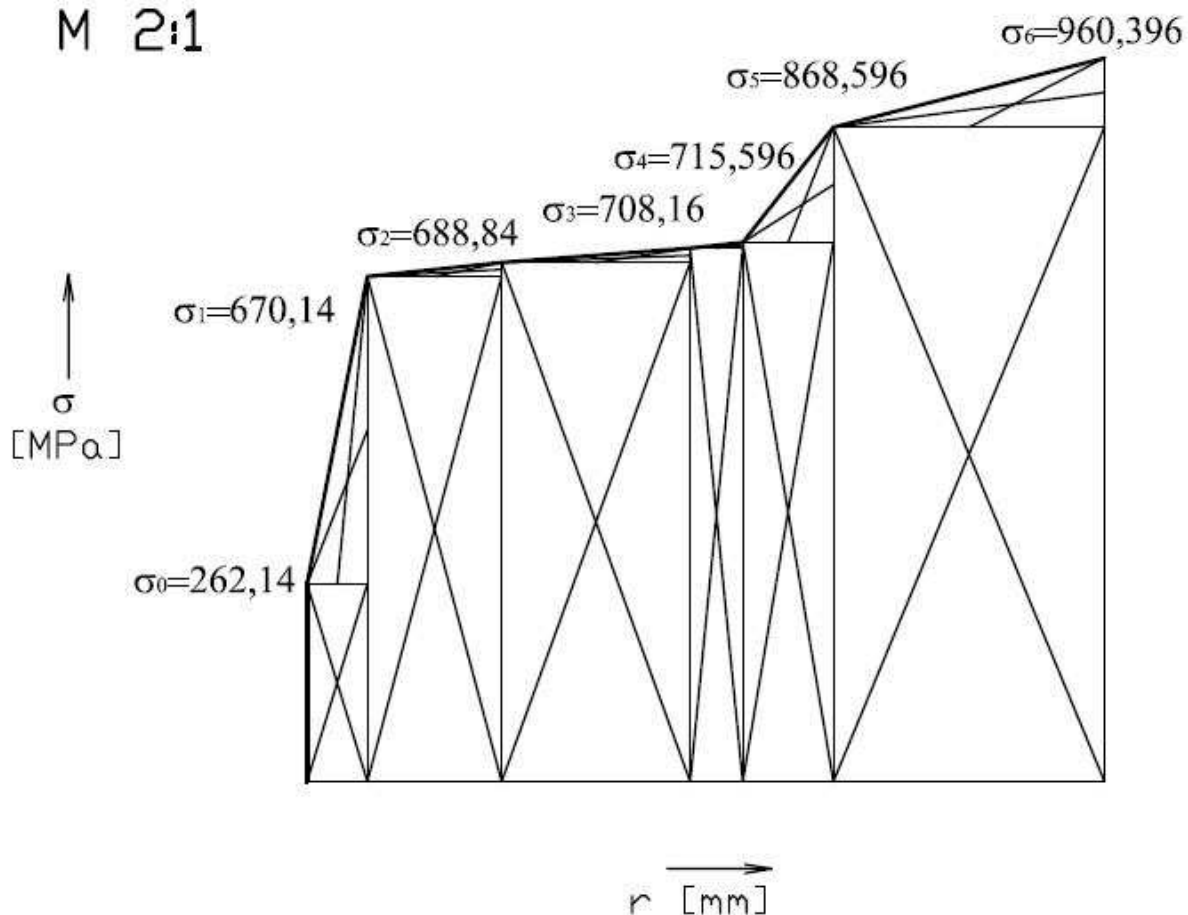
$$\Delta z_4 = 22 \text{ mm}$$

$$\Delta r_5 = 12 \text{ mm}$$

$$\Delta z_5 = 8 \text{ mm}$$

$$\Delta r_6 = 36 \text{ mm}$$

M 2:1



Obr. 5.4 Detail nárůstu normálových napětí

Napětí v jednotlivých bodech průřezu

$$\sigma_p' = \sigma_p \cdot C_o = 51 \cdot 4 = \underline{204MPa} \quad (5.17)$$

$$\sigma_{d0} = 1,285 \cdot \sigma_p' = 1,285 \cdot 204 = \underline{262,14MPa} \quad (5.18)$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_1}{z_1} = 262,14 + 204 \cdot \frac{8}{4} = \underline{670,14MPa} \quad (5.19)$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_2}{z_2} = 670,14 + 51 \cdot \frac{17,6}{48} = \underline{688,84MPa} \quad (5.20)$$

$$\sigma_{d3} = \sigma_{d2} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_3}{z_3} = 688,84 + 51 \cdot \frac{25}{66} = \underline{708,16MPa} \quad (5.21)$$

$$\sigma_{d4} = \sigma_{d3} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_4}{z_4} = 708,16 + 51 \cdot \frac{7}{48} = \underline{715,596MPa} \quad (5.22)$$

$$\sigma_{d5} = \sigma_{d4} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_5}{z_5} = 715,596 + 51 \cdot \frac{12}{4} = \underline{868,596MPa} \quad (5.23)$$

$$\sigma_{d6} = \sigma_{d5} + \sigma_p' \cdot \frac{\Delta r_6}{z_6} = 868,596 + 51 \cdot \frac{36}{20} = \underline{960,396MPa} \quad (5.24)$$

C_o - koeficient, který závisí na kovací teplotě a hmotnosti výkovku

$\bar{\sigma}_{pt}$ - přirozený přetvárný odpor materiálu za kovací teploty 1100 °C

- pro výpočet síly podle Tomlenova

- vybráno z literatury (3)

$\bar{\sigma}_p'$ - přirozený přetvárný odpor materiálu s vlivem poklesu teploty ve výronku

$\bar{\sigma}_{dn}$ - napětí v jednotlivých bodech průřezu

Výpočet dílčích ploch pod čarami přetvárných odporů

Tab. 8 Plochy pod čarami

| S_j | r_j | $r_j \cdot S_j$ |
|---|--------|-----------------|
| $262,14 \cdot 8 = 2097,12$ | 101,55 | 212 962,53 |
| $(670,14 - 262,14) \cdot \frac{8}{2} = 1632$ | 100,5 | 164 016 |
| $670,14 \cdot 17,6 = 11794,46$ | 88,8 | 1 047 348,05 |
| $(688,84 - 670,14) \cdot \frac{17,6}{2} = 164,56$ | 85,75 | 14 111,02 |
| $688,84 \cdot 25 = 17221$ | 67,5 | 1 162 417,5 |
| $(708,16 - 688,84) \cdot \frac{25}{2} = 241,5$ | 62,75 | 15 154,13 |
| $708,16 \cdot 7 = 4957,12$ | 51,5 | 255 291,68 |
| $(715,596 - 708,16) \cdot \frac{7}{2} = 26,03$ | 52,5 | 1 366,37 |
| $715,596 \cdot 12 = 8587,15$ | 42 | 360 660,38 |
| $(868,596 - 713,89) \cdot \frac{12}{2} = 928,24$ | 40 | 37 129,44 |
| $868,596 \cdot 36 = 31269,46$ | 18 | 562 850,21 |
| $(960,396 - 868,596) \cdot \frac{36}{2} = 1652,4$ | 11,75 | 19 415,7 |
| $\Sigma r_j \cdot S_j$ | | 3 852 723,01 |

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky

$$F_N = 2 \cdot \pi \cdot \sum_{j=1}^n S_j \cdot r_j \quad (5.25)$$

$$F_N = 2 \cdot \pi \cdot 3852723,01$$

$$F_N = 24207372,61N = \underline{24207,372kN}$$

Kovací síla vznikající od smykových napětí na zkosených stěnách

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \cdot \pi \cdot \Sigma D_j \cdot \Delta z_j \quad (5.26)$$

$$F_T = \frac{\sigma_p}{2} \cdot \pi \cdot \Sigma \Delta S_j$$

$$F_T = \frac{51}{2} \cdot \pi \cdot 41513,32$$

$$F_T = 3325657,499 N = \underline{3325,657 kN}$$

$$\Delta S = \pi \cdot D_1 \cdot \Delta z_1 + \pi \cdot D_2 \cdot \Delta z_2 + \pi \cdot D_3 \cdot \Delta z_3 + \pi \cdot D_4 \cdot \Delta z_4 + \pi \cdot D_5 \cdot \Delta z_5 \quad (5.27)$$

$$\Delta S = \pi \cdot 195,1 \cdot 11 + \pi \cdot 160 \cdot 40 + \pi \cdot 110 \cdot 18 + \pi \cdot 96 \cdot 22 + \pi \cdot 72 \cdot 8$$

$$\Delta S = \underline{41513,32 mm^2}$$

Výsledná kovací síla

$$F = F_N + F_T = 24207,372 + 3325,657 = \underline{\underline{27533,029 kN}} \quad (5.28)$$

Pro kování dané součásti bude vzhledem k výsledné kovací síle vhodný lis LZK 3150 B, který má jmenovitou tvářecí sílu 31,5 MN.

5.7 Výpočet kovací síly podle Rebelského

$$F = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot D_1) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{D_1}\right)^2 \cdot \sigma_{pr} \cdot S \quad (5.29)$$

$$F = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot 195) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{195}\right)^2 \cdot 106 \cdot 29895,4$$

$$F = \underline{\underline{29506,701 kN}}$$

$$S_D = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 195,1^2}{4} = \underline{29895,4 mm^2} \quad (5.30)$$

S_D - půdorysná plocha výkovku

σ_{pr} - přirozený přetvárný odpor materiálu za kovací teploty 1100 °C

- pro výpočet síly podle Rebelského

- vybráno z literatury (9)

Kovací síla podle Tomlenova je o 1973,7 kN menší než kovací síla podle Rebelského. Jedná se o malý rozdíl. S toho vyplývá, že výpočet kovací síly je v pořádku.

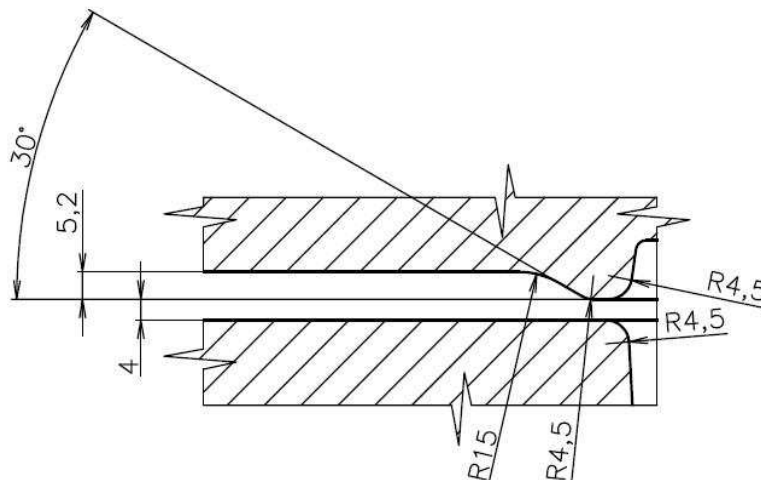
5.8 Tvar a rozměry výronkové drážky

Přechod tvaru do dělicí plochy

$$r = \frac{\sqrt{S_D}}{200} + 0,04 \cdot H_{Dl} = \frac{\sqrt{29895,4}}{200} + 0,04 \cdot 91 = \underline{\underline{4,5mm}} \quad (5.31)$$

Hloubka zásobníku

$$n = 0,4 \cdot s + 2 = 0,4 \cdot 8 + 2 = \underline{\underline{5,2mm}} \quad (5.32)$$



Obr. 5.5 Tvar výronkové drážky

5.9 Minimální vzdálenost dutiny od kraje zápusťky ČSN 22 8306

Tento výpočet byl proveden z důvodu kontroly zvolených průměrů zápusťek z přílohy 5.

1. předkovací zápusťka

$$D_1 \geq D_{D1} + 0,2 \cdot (D_{D1} + H_{D1}) + 5 \quad (5.33)$$

$$D_1 \geq 108 + 0,2 \cdot (108 + 8) + 5$$

$$D_1 \geq \underline{\underline{136,2mm}}$$

2. předkovací zápusťka

$$D_2 \geq D_{D2} + 0,2 \cdot (D_{D2} + H_{D2}) + 5 \quad (5.34)$$

$$D_2 \geq 124,96 + 0,2 \cdot (124,96 + 45) + 5$$

$$D_2 \geq \underline{\underline{163,952mm}}$$

Dokovací zápustka

$$D_3 \geq D_{D3} + 0,4 \cdot (D_{D3} + H_{D13}) + 10 \quad (5.35)$$

$$D_3 \geq 197,05 + 0,4 \cdot (197,05 + 91,6) + 10$$

$$D_3 \geq \underline{\underline{322,51mm}}$$

D_1, D_2, D_3 - průměry zápustek

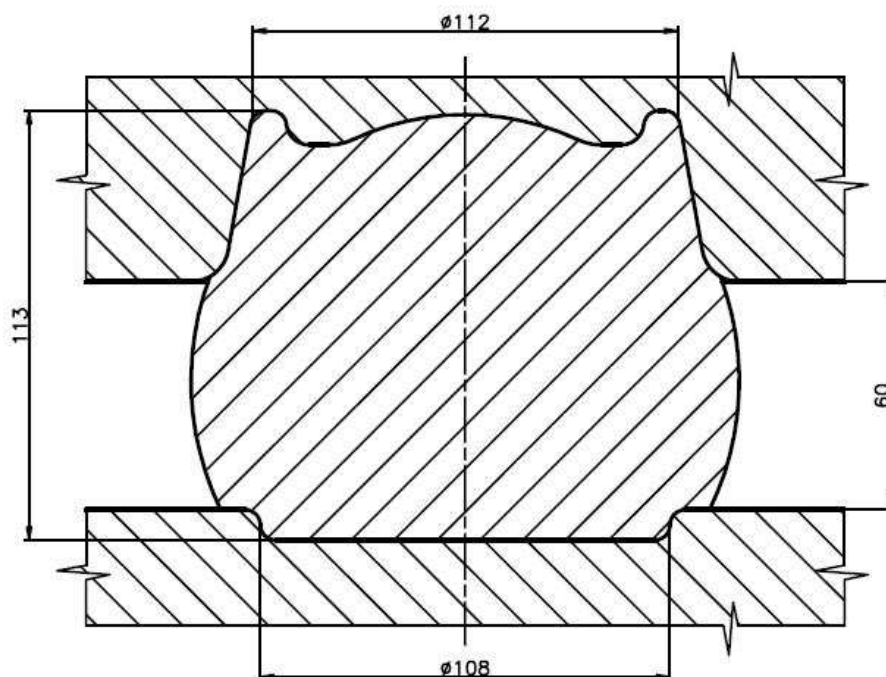
D_{D1}, D_{D2}, D_{D3} - největší průměry dutin ve spodních zápustkách

H_{D1}, H_{D2}, H_{D3} - vzdálenosti spodních částí můstků od spodních částí dutin zápustek

5.10 Popis tvaru dutin zápustek

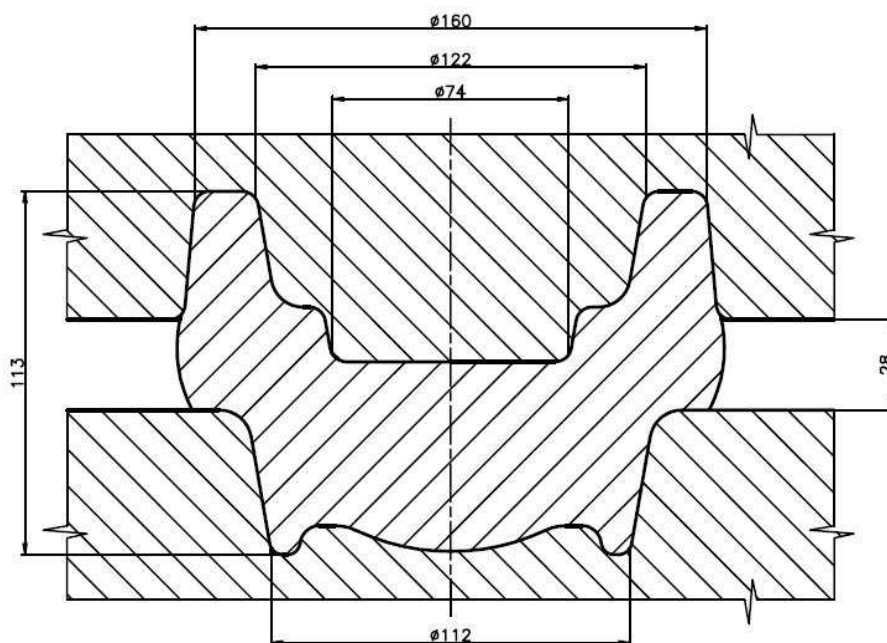
Pro zápustkové kování zadané součásti bude použito postupové kování prováděné ve třech operacích a to pěchování, předkování a dokování. Na níže uvedených obrázcích jsou tyto dutiny zobrazeny i s tvarem, který bude polotovár při tváření získávat.

V prvním kroku se bude provádět pěchování pro odstranění okují z povrchu výkovku a dále částečné předkování otvoru.



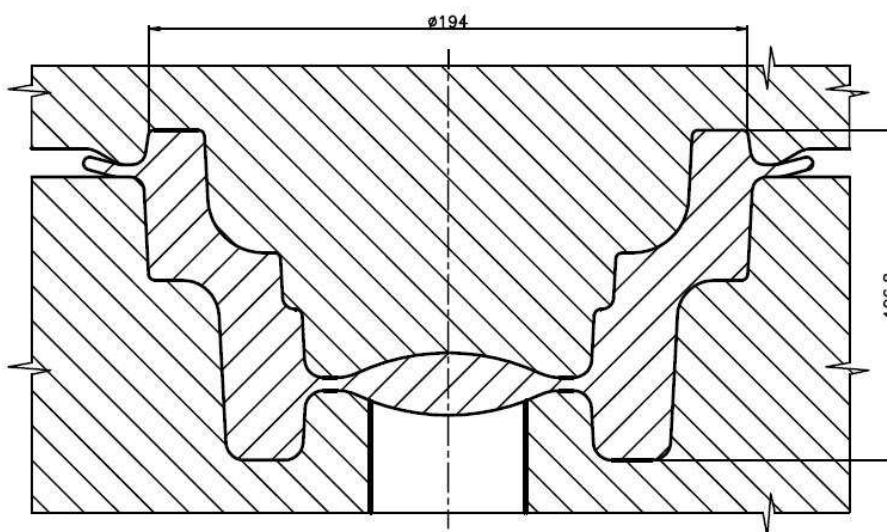
Obr. 5.6 Tvar předkovací dutiny

Ve druhém kroku se provede předkování tvaru, kdy získá materiál některé tvary hotového výkovku. Do druhé zápustky se předkovek umístí spodní stranou vzhůru, aby dosedl předkovanou dutinou na trn ve spodní polovině zápustky a tím došlo k jeho vystředění. Při ulpívání výkovku ke stěnám lze provést dodatečné umístění kolíkového vyhazovače do spodní poloviny zápustky.



Obr. 5.7 Tvar předkovací dutiny

Třetí operace je dokování, při kterém dojde k vykování výsledného tvaru výkovku. Do dokovací zápustky se předkovek umístí stejně jako do zápustky předkovací, aby došlo k vystředění pomocí předkované dutiny a trnu, na který předkovek dosedne. Pro snadnější vyjmutí je dolní polovina zápustky opatřena kolíkovým vyhazovačem.



Obr. 5.8 Tvar dokovací dutiny

5.11 Vlastnosti materiálu zápustek

Materiál: 19 552.0

- Středně legovaná chrom - molybden - vanadová ocel pro práci za tepla.
- Pevnost při teplotách 400 - 650 °C $R_m = 1300 - 600$ MPa.
- Nejmenší mez kluzu při teplotách 400 - 650 °C $R_{min} = 1100 - 400$ MPa.
- Chemické složení: C 0,33 % až 0,41 %, Si, Mn, Cr, Mo, V
- Tepelné zpracování: kalení 1000 - 1040 °C

5.12 Ostřih a děrování

Ostřih a děrování výkovku se bude provádět ve dvou operacích dvěma nástroji. Oba nástroje budou upevněny vedle sebe v jednom stroji. První krok bude prováděn v děrovacím nástroji, kde se provede odstranění blány. Nástroj pro děrování je opatřen stíračem pro lepší sejmutí výkovku ze střížníku. V druhém kroku, který se bude provádět v ostřihovacím nástroji, dojde k ostřížení výronku z výkovku. Po ostřížení výkovek propadne skrz střížnici.

Ostřihovací síla

$$F_{so} = 1,7 \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot o \cdot h \quad (5.33)$$

$$F_{so} = 1,7 \cdot 0,8 \cdot 785 \cdot 612,925 \cdot 4$$

$$F_{so} = 2617435 N = \underline{\underline{2617,4 kN}}$$

o - obvod výkovku

h - výška můstku výronku

R_m - pevnost v tahu

Děrovací síla

$$F_{sd} = 1,7 \cdot 0,8 \cdot R_m \cdot o_1 \cdot h_1 \quad (5.34)$$

$$F_{sd} = 1,7 \cdot 0,8 \cdot 785 \cdot 296,252 \cdot 4$$

$$F_{sd} = 1265115 N = \underline{\underline{1265,1 kN}}$$

o_1 - obvod blány

h_1 - tloušťka blány v místě stříhu

R_m - pevnost v tahu

Pro ostřih a děrování výkovku bude vzhledem k velikosti ostřihovací síly, která je 2,6 kN a je větší než síla děrovací, použit klikový lis ostřihovací LKO 500.

6. Návrh tvaru zápustek, výkovku a fází výkovku

viz výkresová dokumentace:

| | |
|-------------------------------------|------------------------|
| Kovací nástroj (sestava + kusovník) | č.v. VUT - 00 - 00 |
| Dokovací zápustka | č.v. VUT - 00 - 00.01 |
| Předkovací zápustka | č.v. VUT - 00 - 00.02 |
| Fáze výkovku | č.v. VUT - 00 - 02 |
| Výkovek | č.v. V - VUT - 00 - 01 |
| Držák | č.v. VUT - 00 - 01 |

7. Technicko - ekonomické hodnocení (17, 18, 19)

7.1 Výpočet spotřeby materiálu

Rozměry polotovaru: \varnothing 105 - 163 mm

Rozměry tyče: \varnothing 105 - 3000 mm

Hmotnost jednoho metru tyče: 68 kg

Počet kusů z jedné tyče

$$n_1 = 3000 : 163 = 18,40 = \underline{\underline{18ks}} \quad (7.1)$$

Počet kusů tyčí za rok

$$n_2 = 100000 : 18 = 5555,56 = \underline{\underline{5556ks}} \quad (7.2)$$

Hmotnost jedné tyče

$$m_1 = 3 \cdot 68 = \underline{\underline{204kg}} \quad (7.3)$$

Hmotnost tyčí za rok

$$m_2 = 5556 \cdot 204 = \underline{\underline{1133424kg}} \quad (7.4)$$

Délka nevyužitého zbytku tyče

$$l_z = 3000 - 18 \cdot 163 = \underline{\underline{66mm}} \quad (7.5)$$

Hmotnost nevyužitého zbytku tyče

$$m_z = 0,066 \cdot 68 = \underline{\underline{4,49kg}} \quad (7.6)$$

Hmotnost polotovaru

$$m_p = 0,163 \cdot 68 = \underline{\underline{11,08kg}} \quad (7.7)$$

Hmotnost zbytku tyče rozpočítaná na jeden kus

$$m_k = Q_k : n_1 = 4,49 : 18 = \underline{\underline{0,25kg}} \quad (7.8)$$

Norma spotřeby materiálu

$$N_{sm} = m_p + m_k = 11,08 + 0,25 = \underline{\underline{11,33kg}} \quad (7.9)$$

Stupeň využití materiálu

$$k_m = m_s : N_{sm} = 6,1 : 11,33 = \underline{\underline{0,54}} \quad (7.10)$$

l - délka tyče

l_p - délka polotovaru

m_s - hmotnost dané součásti

Stupeň využití materiálu by se měl být mezi 0,4 - 0,8. U dané součásti je stupeň využití materiálu k_m = 0,54 z čehož vyplývá, že bude materiál využit poměrně efektivně.

7.2 Výpočet ceny materiálu

Cena jednoho kilogramu kruhové tyče válcované za tepla o průměru 105 mm (ČSN 42 5510.11, ocel 14 220.00) je v prodejní síti firmy Feron a. s. 29,99 Kč bez DPH.

Cena jedné tyče

$$m_1 \cdot 29,99 = 204 \cdot 29,99 = \underline{\underline{6117,96Kč}} \quad (7.11)$$

Cena tyčí za rok

$$N_M = m_2 \cdot 29,99 = 1133424 \cdot 29,99 = \underline{\underline{33991385Kč}} \quad (7.12)$$

7.3 Náklady na výrobu jednoho výkovku

Tab. 9 Náklady a čas na jednotlivé operace (19)

| Operace | Zařízení | Náklady na hodinu [Kč] | Čas seřízení [min] | Čas operace [min] | Náklady na seřízení [Kč] | Náklady na operaci [Kč] |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------|
| Dělení materiálu | Pila | 660 | 10 | 1 | 110 | 11 |
| Kování | Svislý kovací lis | 1 300 | 120 | 0,33 | 2 600 | 7,15 |
| Děrování, ostřížení | Jednobodový jednočinný uzavřený lis | 1 000 | 120 | 0,33 | 2 000 | 5,5 |
| Tepelné zpracování, tryskání | Pec, tryskač | 2,80/kg | 0 | 1,20 | 0 | 24,5 |
| Celkem | | | 250 | 2,86 | 4 710 | 48,15 |

Náklady na výrobu jednoho výkovku: 48,15 Kč

Doba na výrobu jednoho výkovku: 2,86 min

Náklady na upnutí a seřízení strojů pro jednu výrobní dávku: 4 710 Kč

Doba na upnutí a seřízení strojů pro jednu výrobní dávku: 250 min

Výrobní dávku volím: 1500 ks

Náklady na výrobu celé výrobní série

$$N_v = 100000 \cdot 48,15 = \underline{4815000Kč} \quad (7.13)$$

Náklady na upnutí a seřízení strojů pro celou výrobní sérii

$$N_u = (100000 : 1500) \cdot 4710 = \underline{313910Kč} \quad (7.14)$$

Přímá mzda

Při výrobní režii - 1300 % z nákladů na výrobu celé výrobní série.

$$M = \underline{343930Kč} \quad (7.15)$$

7.4 Náklady na nástroj

Přesnou cenu nástroje je těžké určit. Pro stanovení ceny byl použit odhad, který vychází z velikosti nástrojů, z jejich složitosti a materiálů použitých k jejich výrobě.

Cena předkovacích a dokovacích zápustek

$$N_{N1} = \underline{400000Kč}$$

Cena děrovacího a ostříhvacího nástroje

$$N_{N2} = \underline{200000Kč}$$

Náklady na nástroje celkem

$$N_N = N_{N1} + N_{N2} \quad (7.16)$$

$$N_N = 400000 + 200000$$

$$N_N = \underline{600000Kč}$$

7.5 Vlastní náklady výroby

$$N_1 = N_V + N_U + N_M + N_N \quad (7.17)$$

$$N_1 = 4815000 + 313910 + 33991385 + 600000$$

$$N_1 = \underline{\underline{39720295Kč}}$$

7.6 Vlastní náklady výkonů

$$N_2 = N_1 + R_1 \quad (7.18)$$

$$N_2 = 39720295 + 1031790$$

$$N_2 = \underline{\underline{40752085Kč}}$$

Správní režie z přímých mezd

Správní režie - 300 %

$$R_1 = \frac{M \cdot SR}{100} = \frac{343930 \cdot 300}{100} = \underline{\underline{1031790Kč}} \quad (7.19)$$

7.7 Variabilní náklady

$$N_{VR} = N_V + N_U + N_M + R_1 \quad (7.20)$$

$$N_{VR} = 4815000 + 313910 + 33991385 + 1031790$$

$$N_{VR} = \underline{\underline{40152085Kč}}$$

Variabilní náklady na jeden výtažek

$$N_{VR1} = \frac{N_{VR}}{Q} \quad (7.21)$$

$$N_{VR1} = \frac{40152085}{100000}$$

$$N_{VR1} = \underline{\underline{402Kč}}$$

7.8 Fixní náklady

Mezi fixní náklady patří cena nástrojů a také část režii např. mzdy správních a technicko - hospodářských pracovníků, odpisy, nájem, leasing atd.

Cena nástrojů je uvedena v odstavci 7.4 a ostatní fixní náklady jsou stanoveny odhadem na 800 000 Kč.

$$N_F = N_N + 800000 = 600000 + 800000 = \underline{\underline{1400000Kč}} \quad (7.22)$$

7.9 Zisk

Zisk bude 5 % při výrobní sérii 100 000 kusů za rok.

$$Z = \frac{N_2 \cdot 5}{100} \quad (7.23)$$

$$Z = \frac{40752085 \cdot 5}{100}$$

$$Z = \underline{\underline{2037604Kč}}$$

7.10 Cena jednoho výrobku

$$C_V = \frac{N_2 + Z}{100000} \quad (7.24)$$

$$C_V = \frac{40752085 + 2037604}{100000}$$

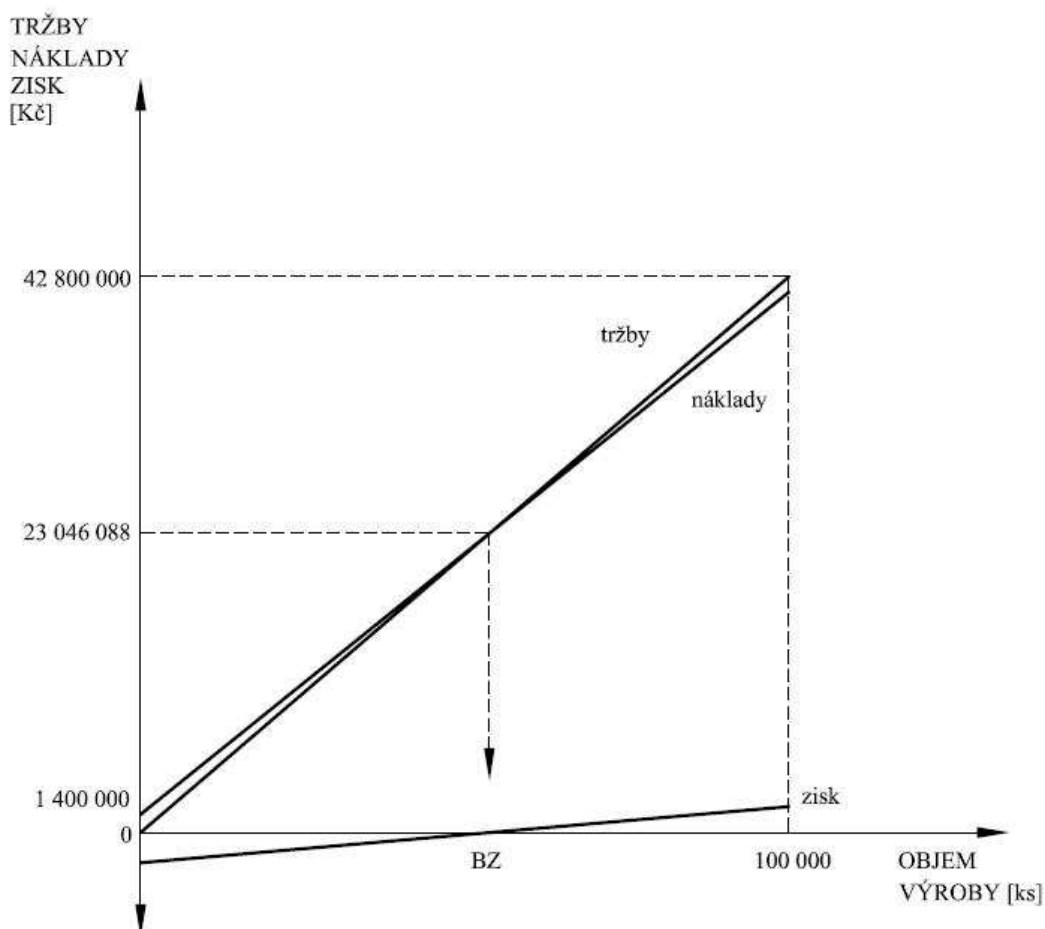
$$C_V = \underline{\underline{428Kč}}$$

7.11 Výrobní kritické množství

$$Q_{krit} = \frac{N_F}{C_V - N_{VR1}} \quad (7.25)$$

$$Q_{krit} = \frac{1400000}{428 - 402}$$

$$Q_{krit} = \underline{\underline{53846ks}}$$



Obr. 7.1 Závislost tržeb, nákladů a zisku na objemu výroby

Výrobní série 100 000 kusů výkovků za rok zajistí dostatečný zisk k pokrytí nákladů spojených s výrobou součásti. Výrobní kritické množství pro kování zadané součásti je 53 846 ks, od tohoto počtu vyrobených kusů již začíná být zápusťkové kování ekonomicky výhodné pro výrobu dané součásti.

Při uvádění dané technologie do praxe by bylo nutné započítat do nákladů další položky, které jsem vzhledem k nedostatečným vstupním údajům neřešil. Jsou to především náklady na skladování a náklady spojené s opravami zápustek. Z grafu závislosti nákladů na výrobním množství je patrné, že i při zvýšení nákladů by byl zisk při dané sérii dostatečný.

8. Závěr

Úkolem diplomové práce byl návrh technologie výroby držáku objemovým tvářením. Byl zvolen klasický postup výroby od návrhu tvaru výkovku až po konstrukci kovacích nástrojů.

Teoretická část práce je převážně zaměřena na rozbor jednotlivých operací technologického postupu, a to hlavně na výběr vhodného stroje a s tím spojenou technologii zápustkového kování. Byly zde porovnány dvě nejvhodnější varianty, kterými jsou zápustkové kování na bucharech a svislých kovacích lisech. Pro zápustkové kování bylo vybráno zápustkové kování na svislých kovacích lisech, a to hlavně z důvodu tvaru a typu výkovku. Dalším důvodem je časová úspora oproti kování na bucharech, která není zanedbatelná vzhledem k počtu 100 000 vyrobených kusů za rok. Tato metoda je vhodnější i vzhledem k tomu, že v současné době převažuje kování na kovacích lisech nad kováním na bucharech z důvodů menších požadavků na konstrukci budov.

Dále bylo provedeno srovnání s dalšími variantami výroby, kterými jsou obrábění a odlévání. Srovnání je spíše okrajové, protože není hlavním úkolem práce a také při daném zadání vychází zápustkové kování nejvýhodněji.

Na základě teoretického rozboru byl sestaven technologický postup, který je doplněn o vypočítaná technologická data, navržené stroje a zařízení

Konkrétním strojem pro kování byl zvolen svislý kovací lis LZK 3150 B, který má jmenovitou tvářecí sílu 31,5 MN. Výrobce je firma Šmeral a.s. Brno. Volba vychází z výpočtu kovací síly, která bude pro danou součást 27 533 kN. Pokud by byla požadována větší sériovost, tak by bylo vhodné použít pro výrobu dané součásti robotizované pracoviště.

Vlastní zápustkové kování zadané součásti se bude provádět ve třech operacích, a to pēchování, předkování a dokování. Poté bude následovat děrování zaslepeného otvoru a ostřížení výronku. Jsou provedeny návrhy předkovací a dokovací zápustky, které jsou ve stavu vhodném pro výrobu. Před použitím zápustek ve výrobě doporučuji provést provozní zkoušky.

Pro zjištění ekonomické výhodnosti zvoleného řešení bylo provedeno technicko-ekonomické hodnocení. Při výrobní sérii 100 000 kusů výkovků za rok bude zajištěn dostatečný zisk k pokrytí nákladů spojených s výrobou součásti. Výrobní kritické množství je 53 846 ks. Při uvádění dané technologie do praxe by bylo nutné započítat do nákladů další položky, které jsem vzhledem k nedostatečným vstupním údajům neřešil - např. náklady na skladování a náklady spojené s opravami zápustek. Při dané sériovosti a kritickém množství by toto zvýšení nákladů nemělo velký vliv na použití zvolené technologie.

Seznam použitých symbolů

| | | |
|-----------------------------------|---|-------------------------|
| D | příčný rozměr polotovaru | [mm] |
| s | tloušťka blány v kraji | [mm] |
| S | tloušťka blány uprostřed | [mm] |
| R ₁ | poloměr | [mm] |
| V _c | celkový objem polotovaru | [mm ³] |
| V _{výr} | objem výronku | [mm ³] |
| V _v | objem výkovku | [mm ³] |
| V _{op} | objem opalu | [mm ³] |
| V ₁ - V ₆ | objemy částí výkovku | [mm ³] |
| Δ T | dovolený rozdíl teplot mezi povrchem a jádrem | [K] |
| K ₂ | tvárový součinitel | [-] |
| σ _D | dovolené napětí | [MPa] |
| α | součinitel lineární roztažnosti | [-] |
| E ₁ | modul pružnosti | [MPa] |
| R _m | pevnost v tahu | [MPa] |
| F _s | střížná síla | [N] |
| F _{so} | ostříhovací síla | [N] |
| F _{sd} | děrovací síla | [N] |
| o | obvod výkovku | [mm] |
| o ₁ | obvod blány v místě stříhu | [mm] |
| h | výška můstku výronku | [mm] |
| h ₁ | tloušťka blány | [mm] |
| E | jmenovitá energie úderu bucharu | [kJ] |
| m | hmotnost výkovku | [kg] |
| r | přechod tvaru do dělicí plochy | [mm] |
| S _D | půdorysná plocha výkovku | [mm ²] |
| H _{Db} | vzdálenost dělicí roviny od spodní části dutiny zápustky | [mm] |
| H _{Di} | vzdálenost spodní části můstku od spodní části dutiny zápustky | [mm] |
| C _o | koeficient, který závisí na kovací teplotě a hmotnosti výkovku | [-] |
| σ _{pt} | přirozený přetvárný odpor materiálu za kovací teploty - pro výpočet síly podle Tomlenova | [MPa] |
| σ _{pr} | přirozený přetvárný odpor materiálu za kovací teploty - pro výpočet síly podle Rebelského | [MPa] |
| σ _{p'} | přirozený přetvárný odpor materiálu s vlivem poklesu teploty ve výronku | [MPa] |
| σ _{dn} | napětí v jednotlivých bodech průřezu | [MPa] |
| S _j , S _{j+1} | dílčí plochy pod čarami přetvárných odporů | [N . mm ⁻¹] |
| F _N | kovací síla působící ve směru pohybu zápustky | [N] |
| F _T | kovací síla vznikající od smykových napětí na zkosených stěnách | [N] |
| F | výsledná kovací síla | [N] |
| n | hloubka zásobníku | [mm] |
| s | šířka můstku | [mm] |

| | | |
|--------------------------|--|------|
| B | šířka otřepu v zásobníku | [mm] |
| D_k | průměr hlavy kolíkového vyhadzovače | [mm] |
| Δ | vůle ve vedení | [mm] |
| d_k | průměr otvoru pro vyhadzovací kolík | [mm] |
| d_v | průměr otvoru pro vyrážecí kolík | [mm] |
| | upínače zápustek | |
| D_p | průměr prstence | [mm] |
| d_{pt} | průměr předkovacího trnu | [mm] |
| D_{pt} | průměr dosedací části předkovacího trnu | [mm] |
| d_p | průměr prstencového vyhadzovače | [mm] |
| D_t | roztečný průměr otvorů pro vyrážecí kolík | [mm] |
| | upínače zápustek | |
| D_o | průměr polotovaru | [mm] |
| L_o | délka polotovaru | [mm] |
| λ | štiřlostní poměr | [-] |
| n_1 | počet kusů z jedné tyče | [ks] |
| n_2 | počet kusů tyčí za rok | [ks] |
| m_1 | hmotnost jedné tyče | [kg] |
| m_2 | hmotnost tyčí za rok | [kg] |
| l_z | délka nevyužitého zbytku tyče | [mm] |
| m_z | hmotnost nevyužitého zbytku tyče | [kg] |
| m_p | hmotnost polotovaru | [kg] |
| m_k | hmotnost zbytku tyče rozpočítaná na jeden kus | [kg] |
| N_{sm} | norma spotřeby materiálu | [kg] |
| k_m | stupeň využití materiálu | [-] |
| l | délka tyče | [mm] |
| l_p | délka polotovaru | [mm] |
| m_s | hmotnost dané součásti | [kg] |
| N_M | cena tyčí za rok | [Kč] |
| N_V | náklady na výrobu celé výrobní série | [Kč] |
| N_U | náklady na upnutí a seřizování strojů pro celou výrobní sérii | [Kč] |
| M | přímá mzda | [Kč] |
| N_{N1} | cena předkovacích a dokovacích zápustek | [Kč] |
| N_{N2} | cena děrovacího a ostřihovacího nástroje | [Kč] |
| N_1 | vlastní náklady výroby | [Kč] |
| N_2 | vlastní náklady výkonů | [Kč] |
| R_1 | správní režie z přímých mezd | [Kč] |
| N_{VR} | variabilní náklady | [Kč] |
| N_{VR1} | variabilní náklady na jeden výtažek | [Kč] |
| N_F | fixní náklady | [Kč] |
| Z | zisk | [Kč] |
| C_V | cena jednoho výkovku při zisku 5 % | [Kč] |
| Q_{krit} | výrobní kritické množství | [Kč] |
| D_1, D_2, D_3 | průměry zápustek | [mm] |
| D_{D1}, D_{D2}, D_{D3} | největší průměry dutin ve spodních zápustkách | [mm] |
| H_{D1}, H_{D2}, H_{D3} | vzdálenosti spodních částí můstků od spodních částí dutin zápustek | [mm] |

Doporučená a použitá literatura

- (1) NOVOTNÝ K.: *Tvářecí nástroje*. Vydavatelství VUT v Brně, nakladatelství VUT Brno, duben 1992, 186 s, ISBN 80-214-0401-9.
- (2) FOREJT M.: *Teorie tváření a nástroje*. 1. vyd., nakladatelství VUT Brno, srpen 1991, 187 s, ISBN 80-214-0294-6.
- (3) DVOŘÁK M., GAJDOŠ F., NOVOTNÝ K.: *Technologie tváření, Plošné a objemové tváření*. Vydavatelství VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERN, s.r.o. Brno, březen 2003, 169 s, ISBN 80-214-2340-4.
- (4) DRASTÍK F.: *Výpočty z oboru kování a lisování*. 1. vyd., nakladatelství technické literatury SNTL Praha, 1972, 190 s, ISBN 04-227-72.
- (5) BLAŠČÍK F., POLÁK K.: *Teória tvárnenia*. Vydavatelství Alfa, Nakladatelství technické literatury SNTL Praha, červen 1985, 376 s, ISBN 63-562-85.
- (6) HÝSEK R.: *Tvářecí nástroje*. Nakladatelství technické literatury SNTL Praha, 1980, 552 s, ISBN 04-211-80.
- (7) NOVOTNÝ J., LANGER Z.: *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Nakladatelství technické literatury SNTL Praha, 1980, 215 s, ISBN 04-239-67.
- (8) DVOŘÁK M., GAJDOŠ F., ŽÁK L.: *Technologie tváření (Návody na cvičení)*. Vydavatelství VUT v Brně, nakladatelství PC-DIR Real, s.r.o. Brno, srpen 2000, 103 s, ISBN 80-214-1723-4.
- (9) DVOŘÁK M. a kol.: *Technologie II*. Vydavatelství VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERN, s.r.o. Brno, 238 s.
- (10) BAČA J.: *Objemové tvárnenie*. 1. vyd. , STU v Bratislavě, 2005, 141 s, ISBN 80-227-2176-X
- (11) HLUCHÝ M. a kol.: *Strojírenská technologie (nauka o materiálu)*. Nakladatelství technické literatury SNTL Praha, 1978, 356 s, ISBN 04-12-78.
- (12) LEINVEBER J., ŘASA J., VÁVRA P.: *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání, Scientia, spol. s r.o. Praha, 1999, 986 s, ISBN 80-7183-164-6.
- (13) KRAUS V.: *Tepelné zpracování a slinování*. Západočeská univerzita v Plzni, leden 2000, 274 s, ISBN 55-093-99.

- (14) DVOŘÁK M., MAREČKOVÁ M.: *Technologie tváření, studijní opory pro kombinované studium I, 2. ročník CTT-K*. Brno, září 2006.
- (15) KOČMAN, K.-NĚMEČEK, P. A KOL.: *Aktuální příručka pro technický úsek*. SAMEK, R.: *Část 8-Tváření*. Verlag Dashöfer, 1998, ISBN 80-902247-2-5.
- (16) RUSZ S.: *Modelování zápusťkového kování členité součásti*. VŠB Technická univerzita Ostrava, Dostupné na World Wide Web: <<http://www2.it.cas.cz/vypocty/1999/rusz.html>>.
- (17) JUROVÁ M.: *Řízení výroby I, část 1*. Vydavatelství VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERN, s.r.o. Brno, listopad 2005, 81 s, ISBN 80-214-3066-4.
- (18) JUROVÁ M.: *Řízení výroby I, část 2*. Vydavatelství VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERN, s.r.o. Brno, listopad 2005, 138 s, ISBN 80-214-3134-2.
- (19) ČERMÁK J.: *Podklady pro předmět projekt 2- část kování*. ČVUT Praha, odbor tváření, slévání a svařování, 2003 - 2004.
- (20) FOREJT M., PÍŠKA M.: *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd., vydavatelství VUT v Brně, akademické nakladatelství CERN, s.r.o. Brno, březen 2006, 225 s, ISBN 80-214-2374-9.
- (21) GAJDOŠ F.: *Technologie výroby I. – tváření*. (syllabus) VUT v Brně, 43 s.

Seznam příloh

Příloha 1 - Induktory Roboterm

Příloha 2 - Volba velikosti zápustkového bucharu

Příloha 3 - Pneumaticko - hydraulické buchary

Příloha 4 - Svislé kovací lisy

Příloha 5 - Upínací možnosti upínačů QLZK/UC

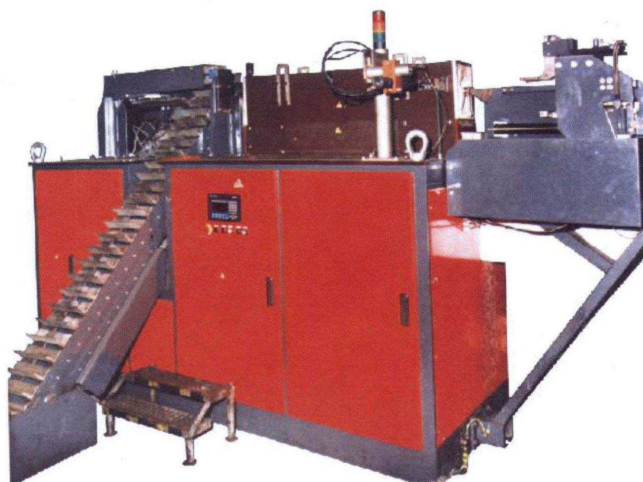
Příloha 1

**Kompaktní středofrekvenční ohřivače přířezů
typové řady KSO do 630 kW**

Kompaktní středofrekvenční ohřivače typové řady KSO jsou určeny k indukčnímu ohřevu ocelových přířezů kruhového nebo čtvercového průřezu na kovací teplotu. Součástí ohřivače je i tyristorový měnič kmitočtu. Výhody umístění měniče kmitočtu v ohřivači:

- úspora zastavěného prostoru
- menší náklady na stavební úpravy (odpadají kabelové kanály)
- rychlejší a levnější montáž ohřivače u uživatele
- odpadají ztráty v SF kabelech

Ohřivače se skládají ze tří modulů - **vstupního**, ohřivacího a **výstupního**. Na zvláštní požadavek zákazníka lze ohřivače doplnit o **třídičku ohřátých přířezů**.



Ohřivač KSO 250/10-A30

- výkon 250 kW, šikmý krokovací dopravník s pneumatickou tlačkou, klešťový vytahovač, třídička ohřátých přířezů.

Základní technické parametry

| Výkonová řada | | 160 kW | 250 kW | 400 kW | 500 kW | 630 kW |
|--|--------------------------|-----------------|-------------|----------|----------|-----------|
| Ohřivaný materiál | | magnetická ocel | | | | |
| Rozměry přířezů | Ø D, 4HR o straně D [mm] | 15 - 60 | 20 - 80 | 30 - 100 | 30 - 120 | 50 - 130 |
| | délka l [mm] | 1,2 D - 300 | 1,2 D - 500 | | | |
| Max. teplota ohřivaných přířezů [°C] | | 1250 | | | | |
| Maximální ohřáté množství [kg/h] | | 360 | 625 | 1020 | 1300 | 1600 |
| Výkon [kW] | | 160 | 250 | 400 | 500 | 630 |
| Kmitočet [kHz] | | 4 - 10 | 2 - 6 | 1,5 - 4 | 1 - 3 | 0,5 - 1,5 |
| Vstupní napětí z oddělov. transformátoru [V] | | 3 x 300 | 3 x 340 | 3 x 400 | | |
| Příkon [kVA] | | 200 | 315 | 480 | 600 | 800 |
| Spotřeba chladicí vody [m ³ /h] | | 4 | 6,5 | 7,5 | 9,5 | 12 |

Příloha 2

TABULKA 1

| Maximální hmotnost výkovku m [kg] | Jmenovitá energie úderu bucharu E [kJ] | Měrné zatížení e [kJ · kg ⁻¹] |
|---|--|--|
| 0,6 | 10 | 16,7 |
| 0,9 | 12,5 | 13,9 |
| 1,3 | 16 | 12,3 |
| 1,9 | 20 | 10,5 |
| 2,8 | 25 | 8,9 |
| 4,2 | 31,5 | 7,5 |
| 6,3 | 40 | 6,3 |
| 9,2 | 50 | 5,4 |
| 13,6 | 63 | 4,6 |
| 20,5 | 80 | 3,9 |
| 30,0 | 100 | 3,3 |
| 43,9 | 125 | 2,8 |
| 66,9 | 160 | 2,4 |
| 97,9 | 200 | 2,0 |

TABULKA 2

| Material | Koeficient měrné energie a [J · mm ⁻²] |
|---------------------|---|
| Hliníkové slitiny | 0,47—0,68 |
| Uhlíkové oceli | 0,52—0,73 |
| Slitiny oceli | 0,73—1,05 |
| Nerez. oceli | 0,84—1,47 |
| Titanové slitiny | 1,26—1,89 |
| Žárovzdušné slitiny | 1,47—2,52 |

VOĽBA VELIKOSTI ZÁPUSŤKOVÉHO BUCHARU

Volba vhodné velikosti zápusťkového bucharu pro výrobu požadovaného výkovku vyžaduje použití všeobecných zkušeností. Často se uplatňuje metoda měrného energetického zatížení e bucharu v závislosti na hmotnosti výkovku (tab. 1).

Vzájemnou závislost hmotnosti výkovku na potřebné energii úderu nebo obráceně lze vypočítat ze vztahů

$$m = 0,01 \cdot E^{1,7}$$

$$E = 13,62 \cdot m^{0,59}$$

kde E = jmenovitá energie úderu bucharu [kJ]

m = hmotnost výkovku [kg]

Hodnoty v tabulce 1 nebo hodnoty vypočtené z uvedených vztahů přísluší materiálu výkovků z oceli s nízkým a středním obsahem uhlíku a nízkolegovaným ocelím.

Druhý komplikovanější způsob pro volbu vhodné velikosti zápusťkového bucharu používá hodnoty dané součinem z plochy průmětu výkovku S_v včetně výrobního mýstku a koeficientu měrné energie a, který se různí podle druhu materiálu a složitosti výkovku. Lehké výkovky, které mají snahu rychle chladnout, a výkovky se složitým příčným řezem mají tento koeficient nejvyšší. Příslušné hodnoty koeficientu jsou v tabulce 2.

Protože požadavek energie pro tvarové podobné výkovky je přímo úměrný hmotnosti výkovku, bude se počet úderů potřebných pro konečné vykování výkovku zvyšovat s rostoucí hmotností výkovku. Obvykle se používá 3 až 5 úderů. Použitím bucharu vyššího typu rozměru lze redukovat počet úderů.

Po zvolení potřebné velikosti zápusťkového bucharu je třeba prověřit také jeho pracovní prostor — upínací možnosti pro umístění zápusťky.

Příklad: Určete potřebnou energii úderu bucharu E pro tvarové jednoduchých plochých výkovek z uhlíkové oceli o ploše S_v = 20 000 mm²

a = 0,52 J · mm⁻² (Tab. 2)

E = S_v · a = 20 000 × 0,52 = 10 400 J = 10,4 kJ

Poznámka: Z vyráběného sortimentu pneumaticko-hydraulických bucharů ŠMERAL řady KHZ byl by pro kování uvedeného výkovku vhodný buchar KHZ 2 o jmenovité energii úderu 20 kJ.

Příloha 3

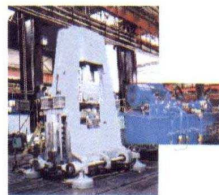


ŠMERAL

Tvářecí stroje » Pneumaticko - hydraulické buchary

Technické parametry / Typy - řada KHZ A

| | | KHZ 2 A | KHZ 4 A | KHZ 8 A |
|---------------------------------------|-------|----------------------|-----------|-----------|
| Jmenovitá energie | kJ | 20 | 50 | 100 |
| Počet zdvihů beranu (při max. zdvihu) | 1/min | 70 | 60 | 40 |
| Maximální zdvih beranu | mm | 400 | 500 | 600 |
| Upínací plocha zápustek | mm | 240x450 | 300x570 | 342x750 |
| Minimální výška zápustek | mm | 300 | 350 | 400 |
| Pracovní tlak | MPa | 16 | 16 | 16 |
| Jmenovitý plnicí tlak vzduchu | MPa | 0,5 - 0,6 | 0,5 - 0,6 | 0,5 - 0,6 |
| Výkon elektromotoru | kW | 30 | 55 | 2x55 |
| Systém řízení | | SIEMENS - SIEMENS S7 | | |
| Mazací systém | | DELIMON | | |
| Hydraulický systém | | REXROTH | | |



ŠMERAL BRNO a.s.
Křfenová 65 c, 658 25 Brno, Czech Republic - EUROPE
Tel.: +420 532 167 111 Fax: +420 543 255 143
E-mail: obch@smeral.cz



EN ISO 9001:2000
Zertifikat Nr. 04 100 980179

Středa 30.04.2008

© Agentura Ducháček

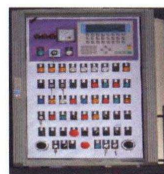
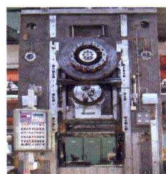
Příloha 4



ŠMERAL

Tvářecí stroje » Svislé kovací lisy

| Technické parametry / Řada lisů LMZ / LZK | | LMZ 1000 A | LMZ 1600 A | LMZ 2500 | LZK 3150 B | LZK 4000 B |
|---|-------|-----------------------|------------|-----------|------------|------------|
| Jmenovitá tvářecí síla | MN | 10 | 16 | 25 | 31,5 | 40 |
| Zdvih | mm | 220 | 270 | 320 | 360 | 380 |
| Sevření | mm | 660 | 800 | 910 | 1000 | 1000 |
| Přestavení beranu | mm | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 |
| Počet zdvihů | 1/min | 115 | 85 | 70 | 65 | 60 |
| Počet využitelných zdvihů | 1/min | 38 | 35 | 28 | 21 | 20 |
| Průchod | mm | 1120 | 1290 | 1740 | 1580 | 1580 |
| Rozměr stolu | mm | 1000x950 | 1180x1120 | 1420x1400 | 1520x1520 | 1520x1600 |
| Rozměr beranu | mm | 1010x850 | 1160x1035 | 1350x1250 | 1450x1450 | 1470x1500 |
| Výška lisu | mm | 4885 | 5610 | 6720 | 7340 | 9150 |
| Výkon elektromotoru | kW | 55 | 75 | 130 | 160 | 200 |
| System řízení | | SIEMENS - SIMATIC S 7 | | | | |
| Mazací systém | | DELIMON | | | | |
| Hydraulický systém | | HYDRAULIK | | | | |



| Technické parametry / Řada lisů LZK | | LMZ 4000 | LMZ 6500 | LMZ 8000 |
|-------------------------------------|-------|-----------------------|-----------|-----------|
| Jmenovitá tvářecí síla | MN | 40 | 65 | 80 |
| Zdvih | mm | 380 | 450 | 500 |
| Sevření | mm | 1000 | 1250 | 1380 |
| Přestavení beranu | mm | 20 | 20 | 30 |
| Počet zdvihů | 1/min | 60 | 45 | 40 |
| Počet využitelných zdvihů | 1/min | 20 | 20 | 16 |
| Průchod | mm | 1850 | 2300 | 2400 |
| Rozměr stolu | mm | 1800x1700 | 2200x2000 | 2300x2300 |
| Rozměr beranu | mm | 1550x1700 | 2100x1890 | 2240x2190 |
| Výška lisu | mm | 7950 | 8570 | |
| Výkon elektromotoru | kW | 200 | 2x160 | 2x250 |
| System řízení | | SIEMENS - SIMATIC S 7 | | |
| Mazací systém | | DELIMON | | |
| Hydraulický systém | | HYDRAULIK | | |



ŠMERAL BRNO a.s.
Křenová 65 c, 658 25 Brno, Czech Republic - EUROPE
Tel.: +420 532 167 111 Fax: +420 543 255 143
E-mail: obch@smeral.cz



EN ISO 9001:2000
Zertifikat Nr. 04 100 980179

Příloha 5

UPÍNACÍ MOŽNOSTI UPÍNACŮ QLZK/UC PRO UPÍNÁNÍ VÁLCOVITÝCH A HRANOLOVITÝCH ZÁPUSTĚK

| UPINAC' | QLZK 1000/UC | | | QLZK 1600/UC | | | QLZK 2500/UC | | | QLZK 3150/UC | | | QLZK 4000/UC | | | | | |
|----------------------|--------------|------|------|---------------------|----|----|---------------------|------|----|--------------|------|----|--------------|------|----|----------|--|--|
| STROJ | LZK 1000 | | | LZK 1600 ≥ 220 | | | LZK 2500 ≥ 320 | | | LZK 3150A | | | LZK 4000A | | | | | |
| STŮL | QLU 6 | | | QLU 6 | | | QUU 25/P | | | QUU 25/Z | | | QUU 35/P | | | QUU 35/Z | | |
| A+Q05 | 50 | | | 60 | | | 70 | | | 80 | | | 80 | | | | | |
| B+Q05 | 50 | | | 60 | | | 70 | | | 80 | | | 80 | | | | | |
| CJ6 | 16 | | | 16 | | | 16 | | | 16 | | | 16 | | | | | |
| DH7/h8 | 197 | | | 245 | | | 303 | | | 340 | | | 380 | | | | | |
| d -2 _v | 175 | | | 220 | | | 275 | | | 310 | | | 350 | | | | | |
| D ₁ H7/h8 | 222 | | | 275 | | | 343 | | | 390 | | | 430 | | | | | |
| d ₁ | 200 | | | 250 | | | 315 | | | 360 | | | 400 | | | | | |
| E | 12,5 | | | 17,5 | | | 22,5 19,5 | | | 27,5 | | | 27,5 | | | | | |
| F | 25 | | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | 25 | | | | | |
| φ | 95 | | | 110 | | | 130 | | | 150 | | | 150 | | | | | |
| G | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | | | |
| H | 200 | | | 250 | | | 300 | | | 340 | | | 360 | | | | | |
| J | 35 | | | 40 | | | 45 | | | 45 | | | 50 | | | | | |
| K | 190 | | | 240 | | | 300 | | | 340 | | | 380 | | | | | |
| L | 315 | | | 400 | | | 500 | | | 550 | | | 600 | | | | | |
| M | 185 | | | 233 | | | 290 | | | 305 | | | 350 | | | | | |
| m | 2,5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | | | |
| N | 620 | | | 760 | | | 905 | | | 1000 | | | 1000 | | | | | |
| n | 20 | | | 22 | | | 22 | | | 28 | | | 28 | | | | | |
| O | 68 | | | 80 | | | 90 | | | 105 | | | 105 | | | | | |
| P+Q2 | 160 | | | 200 | | | 250 | | | 260 | | | 300 | | | | | |
| R | 12,5 | | | 16,5 | | | 20 | | | 22,5 | | | 25 | | | | | |
| R ₁ | 2 | | | 2,5 | | | 2,5 | | | 3 | | | 3 | | | | | |
| r | 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | | | |
| S | 570 | | | 720 | | | 900 | | | 1020 | | | 1140 | | | | | |
| T | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | | | |
| U | 65 | | | 77 | | | 90 | | | 100 | | | 120 | | | | | |
| V | 11,5 | | | 12,5 | | | 14 | | | 15 | | | 15 | | | | | |
| Z | 2,5×45° | | | 3×45° | | | 3×45° | | | 4×45° | | | 4×45° | | | | | |
| Y MAX | 36 | | | 40 | | | 48 | | | 54 | | | 56 | | | | | |
| X ₁ | 20 | | | 25 | | | 30 | | | 35 | | | 35 | | | | | |
| X | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | | |
| SPODEK | 20 | 20 | 20 | 25 | 25 | 25 | 30 | 21,5 | 13 | 15 | 25 | 35 | 14 | 24,5 | 35 | | | |
| VRŠEK | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 25 | 25 | 25 | 30 | 30 | 30 | 10 | 22,5 | 35 | 13 | 24 | 35 | | | |

1037
VII/79

