

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIE ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ DRŽÁKU BLATNÍKU

MANUFACTURING OF MUDGUARD HOLDER USING FORGING TECHNOLOGY

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MIROSLAV ONDRÁČEK

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MIROSLAV ŠLAIS

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Ondráček Miroslav, Bc.

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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 diplomové práce:

Technologie zápustkového kování držáku blatníku

v anglickém jazyce:

Manufacturing of mudguard holder using forging technology

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o rotačně symetrickou součást, která bude vyráběna technologií zápustkového kování a následně obráběna do konečného tvaru.

Cíle diplomové práce:

1. Provedení aktuální literární studie se zaměřením na zápustkové kování
2. Zhodnocení současného stavu
3. Návrh technologie tváření a technicko-ekonomické zhodnocení
4. Závěry

Seznam odborné literatury:

1. ELFMARK, Jiří. Tváření kovů. Praha, SNTL, 1992. 524 s. ISBN 80-03-00651-1
2. FOREJT, Milan. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225s. ISBN 80-214-2374-9
3. DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F. a NOVOTNÝ, K. Technologie tváření – plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. 170 s. ISBN 80-214-2340-4.
4. FREMUNT, P., KREJČÍK, J. a PODRÁBSKÝ, T. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Šlais

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 29.10.2009

L.S.




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce pojednává o problematice zápustkového kování. Je zde zpracována podrobná literární studie, ve které jsou podklady pro vypracování zadané součásti – držáku blatníku. Jsou zde uvedeny možnosti dělení výchozího polotovaru, druhy maziva, konstrukce ideálního předkovku nebo různé druhy tvářecích strojů pro zápustkové kování. V další části diplomové práce je zpracována technologie zápustkového kování na klikových kovacíh lisech. V této části je zpracován výkres výkovku a jeho zařazení dle složitosti tvaru. Dále se diplomová práce zabývá ekonomickou částí, ve které jsou stanoveny jednotlivé náklady na výrobu, ze kterých je určena nákladová cena jednoho výkovku.

Klíčová slova

Držák blatníku, zápustkové kování, zápustka, kovací lis, výkovek, výronek

ABSTRACT

The diploma thesis deals with problems of drop forging. A detailed literary study is prepared in this work, in which there are data for working out the specified component – mudguard holder. There are options for cutting the semi-product, types of lubricants, construction of ideal preform or different kinds of forging machines for drop forging. The next part of this thesis is about technology of drop forging on crank forging presses. This section is aimed on technical drawing of the forging and its classification by the complexity of the shape. Furthermore, the thesis deals with the economic part, setting out the individual costs of the production from which the cost price of a forging is determined.

Key words

Mudguard holder, drop forging, die, press forging, forging, fin

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ONDRÁČEK, M. *Technologie zápustkového kování držáku blatníku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 69 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Miroslav Šlais.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma TECHNOLOGIE ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ DRŽÁKU BLATNÍKU vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....
Miroslav Ondráček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto mému vedoucímu práce panu ing. Miroslavovi Šlaisovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále děkuji panu ing. Vladimírovi Bartoškovi za odborné rady a připomínky technicko-ekonomického zhodnocení.

OBSAH

Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
1 Úvod.....	9
2 Charakteristika zápusťkového kování.....	10
2.1 Maziva ve tváření	12
2.1.1 Maziva pro kování	13
2.2 Polotovary a jejich dělení.....	14
2.2.1 Řezání.....	15
2.2.2 Stříhání.....	15
2.2.3 Lámání	17
2.3 Ohřev polotovaru.....	18
2.3.1 Opal	19
3 Předkovky pro zápusťkové kování	21
3.1 Konstrukce předkovky.....	21
3.2 Technologie výroby předkovky	22
3.2.1 Výroba předkovky na kovacíh válcích	22
3.2.2 Výroba předkovky metodou příčného klínového válcování PKV.....	23
3.3 Ostřihování a děrování výkovků	25
3.4 Rovnání a kalibrování.....	26
3.5 Oceli pro zápusťky	27
4 Kovací stroje	29
4.1 Rychlost deformace	29
4.2 Buchary pro zápusťkové kování	30
4.2.1 Bucharové zápusťky	30
4.3 Lisy pro zápusťkové kování	32
4.3.1 Svislé kovací lisy	32
4.3.2 Vřetenové lisy	33
4.3.3 Hydraulické lisy.....	34
4.4 Vodorovné kovací stroje pro zápusťkové kování	34
4.5 Technologický postup kování.....	35
4.5.1 Konstrukce zápusťkového výkovku	35
4.5.2 Výběr kovacíh dutin	36
4.5.3 Výběr výchozího polotovaru	38
4.5.4 Výpočet hmotnosti beranu	38
5 Zpracování stanovené technologie pro výrobu.....	41
držáku blatníku.....	41
5.1 Navržení tvaru výkovku dle ČSN 42 9030	41
5.1.1 Stanovení dělicí roviny	41
5.1.2 Technologické a konstrukční úkoly	41
5.1.3 Nejmenší tloušťka dna a stěny výkovku	42
5.1.4 Poloměry zaoblení hran r a rohů R	43
5.1.5 Stanovení přídávky na obrábění.....	44
5.2 Mezní úchytky rozměrů a tvarů výkovků	45
5.3 Stanovení výchozího polotovaru	46
5.3.1 Stanovení materiálu	46

5.3.2 Stanovení objemu výkovku.....	46
5.3.3 Návrh výronkové drážky.....	48
5.3.4 Stanovení velikosti opalu	51
5.4 Výpočet tvářecí síly podle ČSN 22 8306.....	52
5.5 Stanovení rozměrů dutiny.....	56
5.5.1 Smrštění materiálu	57
5.5.2 Mezní úchytky rozměrů dokončovací dutiny zápusky	57
5.6 Výpočet síly na ostřížení výkovku	58
5.7 Výrobní postup	60
6 Technicko – ekonomické zhodnocení	61
7 Závěr.....	66
Seznam použité literatury.....	67
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	69
Seznam příloh	71

1 ÚVOD

Kování je tvářecí proces za tepla, při němž se kovový materiál deformuje do požadovaného tvaru buď volně nebo v zápustce, rázem u bucharu nebo tlakem u lisu. Zápustkové kování patří k novodobějším způsobům tváření kovů. Jeho podstata byla objevena již před nástupem technického věku. Průmyslový charakter zápustkového kování v podmínkách velkosériové až hromadné výroby byl rozpoután bouřlivým rozvojem automobilismu v dvacátých letech našeho století. Zápustkové výkovky začaly vytlačovat součásti vyráběné původně obráběním v dopravních prostředcích, zemědělských strojích, obráběcích a textilních strojích, pro lékařské nástroje i jako polotovary pro zámečnické a zemědělské nářadí. Uplatňují se všude tam, kde vzniká potřeba velkého množství tvarově shodných součástí o vysoké rozměrové přesnosti.

Při návrhu konstrukce zápustek vycházíme z tvaru a velikosti daného výkovku a z požadavků zákazníka na jeho vlastnosti. Nejprve je však nutné stanovit jakou technologii zápustkového kování zvolíme, na jakém stroji budeme kovat a vypracovat rámcový technologický postup. Lze zde rozlišit některá základní stadia, a to od převzetí zakázky až po konečné odsouhlasení a zahájení sériové výroby.

Cílem práce je zpracování aktuální literární studie se zaměřením na zápustkové kování, zhodnocení současného stavu, návrh technologie a techniko – ekonomické zhodnocení.

2 CHARAKTERISTIKA ZÁPUSTKOVÉHO KOVÁNÍ

Zápustkové kování je objemové tváření při kovací teplotě v dutině zápustky, která má tvar předkovku nebo hotového výkovku zvětšeného o přídavky. Jedná se především o přídavky na obrábění a o přídavky na opal. Tok kovu při zápustkovém kování je charakteristický menším stupněm volnosti než při kování volném. Je výrazně omezen bočními stěnami dutiny v jednoúčelovém, nejméně dvoudílném nástroji – zápustce, kde se kovový polotovár tváří za tepla, za polotepla a také ve stádiu krystalizace.

Zápustkové kování je charakteristické malým počtem operací (ohřev, kování, úprava výkovků) a velmi krátkým pracovním časem. Při uplatňování indukčního ohřevu trvá ohřev desítky sekund a styk nástroje s tvářeným kovem zlomky sekundy. Mnohem delší jsou však časy nepracovní. Hlavně tedy čas na manipulaci, který lze zkrátit mechanizací, automatizací, popř. robotizací výrobního postupu. Výsledkem těchto snah je pracoviště specializované na jeden druh výkovku, byť v různých hmotnostech (zalomené hřídele, šrouby, ozubená kola aj.), které se kovou na vysoce výkonných, plně automatizovaných výrobních linkách. Největší výhodou zápustkového kování je tedy vysoká výkonnost a také snadná obsluha. Nevýhody jsou omezené rozměry a hmotnost výkovku [1, 3, 4].



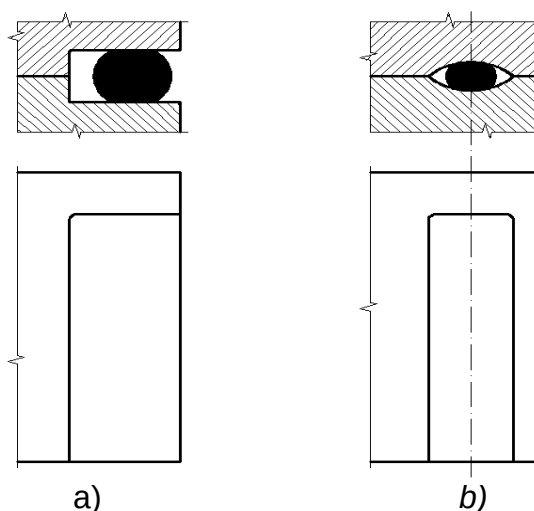
Obr. 2.1 Nástin výrobního postupu zápustkového výkovku [1].

Na obrázku 2.1 jsou znázorněné stádia postupu zápustkového kování. Výchozím polotovarem bývají většinou válcované tyče kruhového nebo čtvercového průřezu o tloušťce větší než 20 mm. Zvláště rozměrově přesné

výkovky se zhotovují z tažených, protlačovaných nebo loupaných tyčí kruhového průřezu.

Tvarově jednoduché zápustkové výkovky se mohou vykovat z výchozího polotovaru v jediné zápustkové dutině tzv. jednodutinovým kováním. Tvarově členitější výkovky se kovou z vhodně připraveného předkovku, který se zhotovuje volným kováním, na kovacích válcích, periodickým válcováním na jiných válcovacích strojích, nebo také postupovým kováním v přípravných dutinách jediné zápustky příslušného tvářecího stroje.

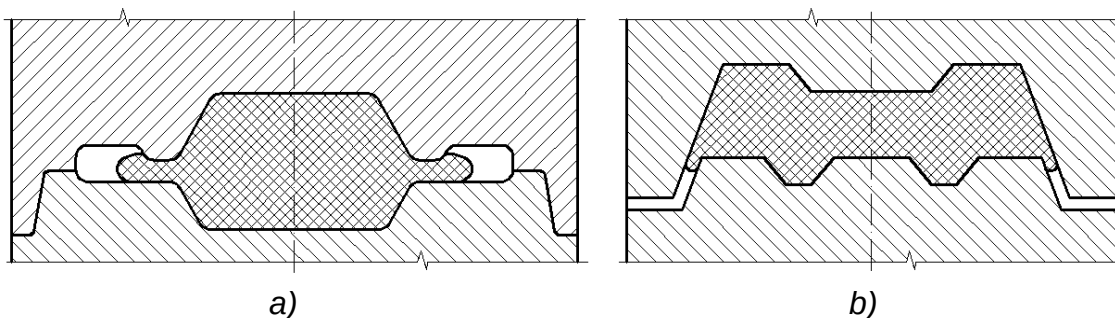
Přípravné zápustkové dutiny, jak je znázorněno na obrázku 2.2, se vyznačují tím, že nejsou nikdy zcela zaplněny tvářecím kovem. Dutina zápustky může být otevřená (s neomezeným šířením kovu – obrázek 2.2 a) nebo uzavřená (s omezeným šířením kovu – obrázek 2.2 b). Jakýkoliv přebytek kovu v těchto dutinách vede k vzniku výronku, který znemožňuje úplné semknutí zápustky. V dokončovacích dutinách se může změnit v nežádoucí přeložku [1].



Obr. 2.2 Přípravné zápustkové dutiny:

a) Otevřené, b) uzavřené [1].

Dokončovací dutiny se dokonale zaplňují kovem (uzavřené dutiny, při kování bez výronku – obrázek 2.3 b), ale také se můžou mírně přeplňovat, což je častější způsob (otevřené dutiny při kování s výronkem – obrázek 2.3 a), přičemž se přebytečný kov vytlačuje v dělicí rovině výkovku do výronkové drážky, kde vzniká výronek, který se ostříhuje na ostříhovacím nástroji v další operaci [1].



Obr. 2.3 Dokončovací zápustkové dutiny:

a) Otevřené, b) uzavřené [1].

Na výronek připadá největší podíl z celkových materiálových ztrát při zápustkovém kování (8 až 30% hmotnosti výkovku a to v závislosti na jeho tvarové složitosti). Tato nevýhoda je zcela vyrovnána výrazně příznivými vlivy výronku na průběh kování:

A) Svým tvarem, především velkou šířkou a malou tloušťkou, zvyšuje odpor proti vytékání kovu ze zápustkové dutiny, v níž se tak vyvolává velmi příznivý stav napjatosti (prostorová tlaková napjatost), který podporuje dokonalé zaplnění dutiny tvářeným kovem.

B) Pomocí výronku se také vyrovnávají objemové rozdíly výchozího polotovaru (jejich velikost závisí na způsobu výroby výchozího polotovaru a jeho dělení před tvářením), ale i objemové rozdíly mezi polotovarem a zápustkovou dutinou, jejíž objem se postupně zvětšuje následkem jeho opotřebení.

C) Výronkem se tlumí rázy při vzájemném dosednutí jednotlivých dílů zápustky. Při tomto dosednutí jednotlivých dílů zápustky je zápustka značně dynamicky namáhána. K největším rázům dochází hlavně při kování na bucharech [1].

Výronku a jeho následné odstraňování ostřížením se můžeme vyvarovat kováním v uzavřených zápustkách tzv. bezvýronkové kování. Ty jsou však technologicky mnohem náročnější, především z těchto důvodů:

A) Omezené použití jen pro osově souměrné výkovky.

B) Zvýšené nároky na přesnost dělení výchozího polotovaru.

C) Jakékoli objemové úchyly výchozího polotovaru se projevují kolísáním výškových rozměrů výkovku.

D) Vyšší zmetkovost následkem nedostatečného zaplnění kovací dutiny tvářeným kovem.

E) Výkovky mohou být poznamenány nežádoucím čelním otřepem, který se odstraňuje broušením.

F) Větší namáhání zápustky vyžaduje masivnější konstrukci kovacího nástroje [1].

2.1 Maziva ve tváření

Mazivo je velmi důležitým doplňkem v technologii tváření. Některé tvářecí procesy by bez vhodného maziva nebyly uskutečnitelné. Mazivo, díky svému složení a správnému použití, také prodlužuje životnost tvářecích nástrojů, zlepšuje povrchové vlastnosti tvářených materiálů a ovlivňuje velikost tvářecí práce [2].

Aby mazivo splňovalo tyto úlohy, jsou na něho kladeny následující požadavky vlastností. Následující výčet vlastností platí obecně, ale při samotném použití v jednotlivých procesech má každá z vlastností větší či menší význam. A některé z nich musí být pro daný tvářecí proces optimální [2].

Vhodné mazivo má mít tyto vlastnosti:

- schopnost vytvářet únosné mazací filmy s optimálním koeficientem tření,
- být nekorozivní,
- nevyvolávat barevné změny na povrchu kovů,
- nevytvářet lepivé povrchy,
- být po použití snadno odstranitelné z povrchu kovu,
- fyziologicky nezávadné,
- ekologické,
- tepelně stálé, aby v rozsahu teplot vznikajících při tváření neztrácelo potřebné vlastnosti,
- kapalná maziva musí mít dobrou smáčivost kovových povrchů a schopnost odvádět teplo [2].

V technologii tváření používáme různé druhy maziv z důvodu rozdílných požadavků na jejich vlastnosti pro různé tvářecí operace. Z toho důvodu se používají maziva kapalná, plastická a tuhá.

Kapalná maziva mohou být ropné, syntetické, živočišné a rostlinné oleje, buď s přísadami, nebo bez přísad. Maziva máme s přídavkem tuhých maziv, ale i emulze, hlavně typu “olej ve vodě” a vodné roztoky draselných a sodných mýdel. Jako plastická maziva přicházejí v úvahu měkká, tažná maziva v případech, kdy se požaduje velká mazací schopnost. Tuhá maziva se používají v případě, kdy je žádoucí velmi únosný mazací film, a nejsou kladeny zvláštní nároky na odvod tepla.

Volba správného maziva pro určitý tvářecí proces je závislá hlavně na jeho složení a svými vlastnosti musí být přizpůsobeno úkolům, které má mazivo splnit. Dále musí odolávat vlivům, kterým je v pracovních podmínkách vystaveno. Z toho důvodu se maziva rozdělují podle toho, v jakých jednotlivých tvářecích procesech se používají [2].

2.1.1 Maziva pro kování

Maziva pro kování mají význam hlavně u zápusťkového kování. Mazivo má chránit zápusťku před opotřebením, chladit ji zmenšováním tření mezi zápusťkou a výkovkem, oddělovat povrch zápusťky a výkovku, zamezit ulpívání okují v zápusťce a zlepšit tok tvářeného materiálu. Tyto vlastnosti může splnit jen mazivo s dobrou mazivostí a s velkou únosností mazacího filmu. Při kování s ohřevem, při kterém se dosahuje teplot nástroje 180 – 320 °C, jsou samotné oleje jako maziva nevhodné, a to nejen pro nedostatečnou odolnost tlaku, ale i pro odparnost a možnost rozkladu při tak vysokých teplotách. Slouží proto spíše jako nosiče tuhých maziv. Vedle nich mohou být přítomna i mýdla, např. hlinitá, nebo mastné látky jako lůj, tuk z ovčí vlny, která zvětšují mazivost a navíc

stabilizují disperzi tuhého maziva v oleji. Disperzní fází u některých tuhých maziv může být při nižších teplotách a vhodném materiálu zápustky i voda nebo těkavé rozpouštědlo, případně se používají i roztoky solí například chloridu sodného nebo dusičnanu draselného, ale i s obsahem ve vodě rozpustných sodných nebo draselných mýdel [2].

2.2 Polotovary a jejich dělení

Pro výrobu zápustkových výkovek se používá většinou polotovarů vyrobených válcováním za tepla. Řadíme zde:

- bloky ocelové čtvercové (□ 140 až 300 mm)
- sochory ocelové čtvercové (□ 40 až 130 mm)
- sochory kruhové (Ø 80 až 290 mm)
- tyče kruhové v obvyklém provedení (Ø 5,5 až 210 mm)
- tyče kruhové v přesném provedení (Ø 5,5 až 160 mm)
- tyče čtvercové (□ 7 až 150 mm)

Kromě těchto nejobvyklejších válcovaných polotovarů lze podle potřeby použít i plochých tyčí, tlustostěnných trubek, drátu, popřípadě polotovarů tažených nebo protlačovaných. Rozměrové provedení a technické dodací předpisy jsou normalizovány [1].

Do kováren se výchozí polotovary tyčí dodávají většinou v obchodních délkách 2 až 12 m. Materiál se dále dělí na kratší vsázkové polotovary (špalky, přířezy, nápichy), jejichž hmotnost odpovídá vypočtené hmotnosti výchozího polotovaru pro daný výkovek. Tyčové polotovary se před kováním ve velké většině ještě dělí.

Vzhledem k rozsáhlému sortimentu zpracovávaných kovových materiálů, rozdílnému tvaru a velikosti jejich příčného průřezu a s přihlédnutím k různým požadavkům na výchozí polotovary pro zápustkové kování se uplatňují tyto základní způsoby dělení tyčových polotovarů:

- řezání
- stříhání
- lámání [1].

2.2.1 Řezání

Řezáním se rozumí především dělení tyčových polotovarů na různých typech pil. Řezat polotovary můžeme také kyslíkoacetylenovým plamenem, ale tento způsob se doporučuje zejména u polotovarů větších průřezů při malosériové výrobě, takže pro zápustkové kování je nevhodný [1].

Řezání na pilách využíváme především u neželezných kovů a slitin, které nelze dělit stříháním, z hlediska jejich nízké pevnosti, která vede ke vzniku nežádoucích otlaků na koncových částech nastříhaných polotovarů. Na pilách se dále řezou tyčové polotovary z vysokouhlíkových a legovaných ocelí, také z běžných konstrukčních ocelí, ovšem o velkém průřezu. Řeže se zpravidla za studena, přičemž pevnost řezaného materiálu dosahuje hodnoty do 900 MPa [1].

V místě řezu vznikají vždy materiálové ztráty - prořez, jehož tloušťka je závislá na tloušťce řezného nástroje a dosahuje hodnoty 1 až 8 mm. Oproti ostatním způsobům dělení je řezání charakterizováno nízkou výkonností a vysokou spotřebou řezných nástrojů. Jeho výhodou je, že eliminuje jakoukoli deformaci řezaného polotovaru, zabezpečuje vysokou jakost řezné plochy, její kolmost k podélné ose polotovaru a minimální rozměrové odchylky délky nařezaných polotovarů. Díky tomu se uplatňuje při dělení polotovarů pro velmi přesné a přesné zápustkové výkovky, pro výkovky kované v uzavřených zápustkách a pro přechované výkovky [1].

Na rámových pilách, jejichž délka pilového listu je 300 až 700 mm a tloušťka 1 až 3 mm, vzniká sice menší prořez, ale na úkor nízké řezné rychlosti a možného zešikmení řezné plochy. Tyto pily se proto doporučují pro polotovary menšího a středního průřezu při malosériové výrobě.

Pásové pily s nekonečným pilovým pásem o minimální tloušťce pásu 1,8 mm se používá především k dělení neželezných kovů, u kterých přispívají k vyšší jakosti řezné plochy a nižšímu prořezu.

Nejdokonalejší řezné plochy dosahujeme na kotoučových pilách o průměru kotouče 200 až 800 mm a tloušťce 3 až 8 mm.

Výrazného zkrácení doby řezání se dosahuje na třecích a elektromechanických pilách, ale tyto způsoby dělení se v kovárnách příliš nerozšířily. K perspektivním způsobům lze počítat elektrojiskrové řezání nebo řezání laserem [1].

2.2.2 Stříhání

Stříhání patří k nejlevnějším, nejvýkonnějším a velmi hospodárným způsobem dělení tyčových polotovarů, při kterém nevzniká v místě stříhu žádný odpad. K nevýhodám patří snížení jakosti střížné plochy, která není zcela rovná a kolmá k podélné ose polotovaru. I přes tuto nevýhodu patří stříhání k nejrozšířenějšímu způsobu dělení tyčových polotovarů [1].

Na nůžkách se stříhají ocelové tyče o tloušťce od 15 mm, přičemž nejkratší délka stříhaného polotovaru je vzhledem k tloušťce omezena. Platí, že délka polotovaru musí být větší než 0,6ti násobek jeho tloušťky.

Na klikových lisech se ve zvláštních přípravcích stříhají ocelové tyče malé tloušťky do 40 mm na polotovary o délce větší než 0,3í násobek jeho tloušťky [1].

Přesnost a kvalita střížné plochy závisí především na velikosti střížné mezery, dále také na vlastnostech materiálu, způsobu stříhání nebo na kvalitě střížného nástroje [1, 2].

Převážná většina nízkouhlíkových a nízkolegovaných ocelí do napětí na mezi pevnosti do 600 MPa a tloušťky do 150 mm se stříhá za studena. Tyče z nízkouhlíkové oceli se mohou v některých případech ohřívat na teplotu 300 °C, kdy je ocel nejkřehčí a snadno se stříhá bez velkých otlaků a za příznivého vzhledu střížné plochy [1,2].

Vysokouhlíkové a legované oceli se ohřívají na teploty větší jak 300 °C, jednak aby se snížila síla, jednak aby se zabránilo vzniku trhlin při stříhání. Obvykle se volí teploty v rozmezí 300 až 400 °C v závislosti na chemickém složení oceli a na tloušťce tyče [1].

Tab. 2.1 Teploty předehřevu ocelí [2].

Ocel podle ČSN	Stříhaný rozměr [mm]	Teplota předehřevu [°C]
11 421.0	110 - 180	450 - 500
11 500.0	60 - 180	450 - 550
11 523.0	70 - 180	450 - 550
11 600.0	60 - 180	450 - 550
11 700.0	60 - 180	450 - 550
12 020.0	80 - 180	400 - 450
12 040.0	70 - 180	450 - 550
12 050.0	60 - 180	650 - 700
12 060.0	60 - 180	450 - 550
13 240.0	30 - 180	550 - 650
14 220.0	50 - 180	450 - 550
14 331.0	45 - 180	450 - 550
15 230.0	30 - 180	550 - 650
16 220.0	50 - 180	550 - 650
16 231.0	50 - 150	550 - 650
16 240.0	50 - 160	550 - 650
16 420.0	50 - 150	550 - 650
15 260.0	30 - 180	550 - 650

Tab. 2.2 Přehled vybraných ocelí vhodných pro objemové stříhání [2].

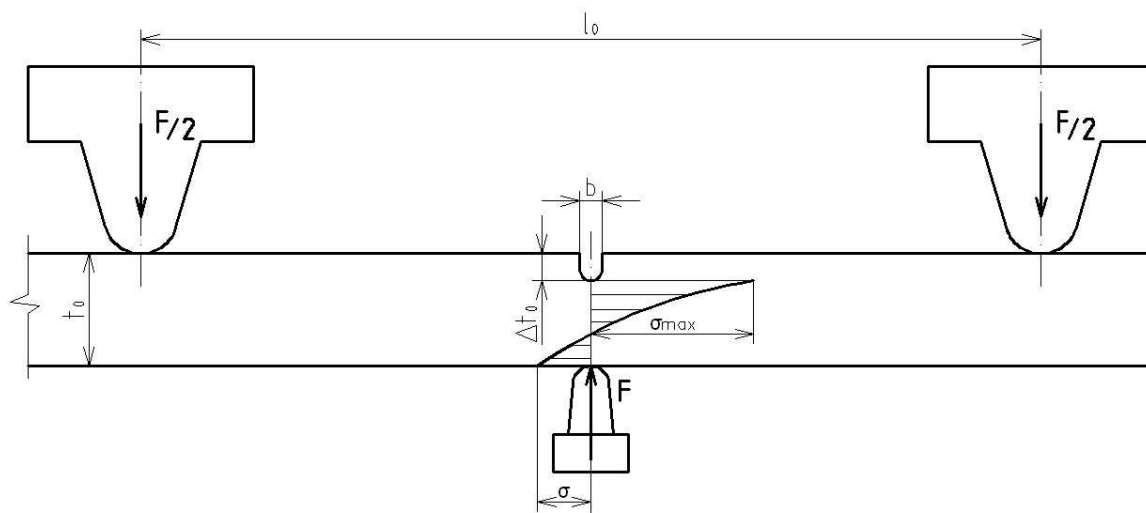
Označení materiálu podle ČSN	Vhodnost pro objemové stříhání
11 423.0	velmi dobré
11 523.0	
12 040.1	
14 220.3	
11 320.3	dobré
11 343.0	
11 373.0	
11 500.0	
12 010.1	
12 014.0	
12 020.1	
12 050.1	
14 109.3	
14 140.2	
16 220.3	

2.2.3 Lámání

Lámání je založeno na koncentraci napětí, které vzniká při ohybu tělesa. Na tělese je umístěn zářez, který je zobrazen na obrázku 2.4. Díky vrubu vzniká koncentrace napětí u jeho kořene, což způsobuje prudký pokles plasticity, a tím i křehké porušení kovu. Při lámání se takto iniciovaná trhlina šíří rychlostí až 1000 m.s^{-1} .

Dělí se tak tyče o tloušťce 70 až 300 mm, které splňují poměr délky a tloušťky minimálně 1,2. Lámání, které se uskutečňuje za studena na klikových, výstředníkových nebo hydraulických lisech, je oproti stříhání méně energeticky náročné, má dosti vysokou výrobnost a současně můžeme snadno kontrolovat jakost materiálu podle vzhledu lomové plochy, která však není ideálně rovná.

Zářezy se dělají pomocí pil nebo kyslíkoacetylenovým hořákem. Šířka zářezu určuje tloušťku pilového kotouče. U hořáku platí, že šířka zářezu je 6 až 8 mm [1].



Obr. 2.4 Nástin lámání tyčových polotovarů [1].

Přesnost dělení

Délková přesnost polotovarů závisí na skutečných rozměrech jejich příčného průřezu a na způsobu dělení jsou uvedeny v tabulce 2.1 [1].

Tab. 2.1 Mezní úchytky [1].

Řezání na pilách	$\pm 0,25$ až $\pm 0,75\text{mm}$
Elektrojiskrové řezání	$\pm 0,10$ až $\pm 0,25\text{mm}$
Anodomechanické řezání	$\pm 0,10$ až $\pm 0,50\text{mm}$
Stříhání na nůžkách	$\pm 1,00$ až $\pm 5,00\text{mm}$
Stříhání v přípravních	$\pm 0,30$ až $\pm 0,75\text{mm}$
Lámání na lamačích	$\pm 1,00$ až $\pm 3,00\text{mm}$

2.3 Ohřev polotovaru

Nejvhodnější variantou je indukční ohřev, který je vhodný pro rychlý a bezokujový ohřev ocelových profilových nebo kruhových přířezů a to kratších délek. S výhodou můžeme také ohřívat konce nebo střed tyčového materiálu pro různé tvářecí pochody na speciálně zkonstruovaných ohřívacích strojích. Indukční ohřev se nejčastěji používá pro ohřev stejných kusů u hromadné výroby [2].



Obr. 2.5 Ukázka indukčního ohřevu [4].

Pro různé průměry ohřívaného materiálu se volí z hospodárných důvodů a z hlediska rovnoměrnosti ohřevů různé kmitočty proudu, které jsou uvedeny v tabulce 2.2. Obecně platí, že čím vyšší kmitočet je, tím menší průměr materiálu se dá hospodárně prohřívat [2].

Tab. 2.2 Vhodné kmitočty pro různé průměry ocelových přířezů [2].

Kmitočet proudu [Hz]	Průměr ocelových přířezů [mm]
50	200 – 800
600	75 – 280
1000	50 – 150
2000	35 – 120
4000	22 – 70
10000	15 – 35

Indukční středofrekvenční zařízení se skládá z vlastního ohřívacího stroje – ohříváčky, napájeného z měniče kmitočtu, který může zpravidla zásobovat středofrekvenční jeden prohřívací stroj. Ve středních a velkých provozech jsou instalovány společně měnirny středního kmitočtu [2].

Při vložení kusu elektricky vodivého materiálu do střídavého magnetického pole se v materiálu indukuje elektromotorická síla, která materiál zahřívá. Amplituda indukované elektromotorické síly je vyjádřena vztahem [2]:

$$E = 2\pi f \varnothing_{\max} \quad (2.1)$$

kde E - elektromotorická síla
 f – kmitočet
 $\varnothing_{\max}$ – amplituda magnetického toku

Volbu kmitočtu je nutno provést tak, aby byla vnitřní část materiálu dostatečně prohřátá při optimální účinnosti induktoru [2].

2.3.1 Opal

Opal doprovází ohřívání materiálu. Dochází k němu v povrchových vrstvách ohřívaného tělesa v pecní atmosféře, která obsahuje volný kyslík, CO₂ a vodní páru. Oxidaci urychluje neustálé opadávání okují z povrchu ohřívaného tělesa. Toto opadávání je následkem rozdílné teplotní roztažnosti okují a základního kovu. Okuje obsahují 71 až 76 % železa a mají hustotu 3900 až 4000 kg.m⁻³ [1].

Nepříznivé důsledky opalu:

1. ztráta kovu 1 až 3 % na jeden ohřev
2. snížení životnosti pecní nístěje následkem nalepování okují nebo vznikem strusky,
3. nezbytnost zařazení zokujení před tvářením,
4. snížení životnosti tvářecích nástrojů,
5. možnost zatlačení okují do povrchu tvářeného polotovaru,
6. nezbytnost čištění povrchu tvářených výrobků před dalším tvářením zastudena nebo obráběním [1].

Vznik okují závisí na těchto činitelích:**1. Ohřívací teplota**

Tento vliv je nejvýraznější. Okuje se začínají tvořit při teplotě 600 až 700°C. Zprvu se tvoří téměř neznatelně, ale když teplota dosáhne 1000°C, začínou se okuje tvořit velmi intenzivně. Například při teplotě 1300°C je rychlost oxidace až sedmkrát vyšší než při teplotě 900°C. Nad teplotou 1320°C dochází k natavování okují na ohřívané těleso.

2. Doba ohřevu

Projevuje se parabolickou závislostí, takže s časem se přírůstek okují zmenšuje.

3. Pecní atmosféra

Nejčastější pecní atmosféra bývá oxidační, kde se vyskytují plyny jako jsou O_2 , CO_2 , H_2O , SO_2 . Dále může být redukční atmosféra s plyny H_2 , CH_4 a C_2H_2 , nebo neutrální s plynem N_2 . Z oxidační atmosféry vznikají okuje o tlustší vrstvě, které se snadno odlupují od základního kovu. Oproti tomu v redukční a neutrální atmosféře se tvoří mnohem tenčí vrstva okují, která ulpívá na základním kovu a odokoujení je mnohem obtížnější.

4. Chemické složení

U nelegovaných ocelí se stoupajícím obsahem uhlíku do 0,3% zokoujení vzrůstá, naproti tomu při vyšším obsahu uhlíku se snižuje. Je to důsledkem vznikajícího CO, který má omezující vliv na tvorbu okují.

5. Povrchovost ohřívání tělesa

Povrchovost znamená poměr povrchu tělesa k jeho objemu. Větší povrchovost tedy znamená menší zokoujení následkem zkrácení doby ohřevu.

6. Způsob manipulace

Manipulace s tělesy v peci narušuje vrstvu okují, a tím urychluje oxidaci na obnaženém povrchu a zvyšuje tvorbu okují [1].

3 PŘEDKOVKY PRO ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ

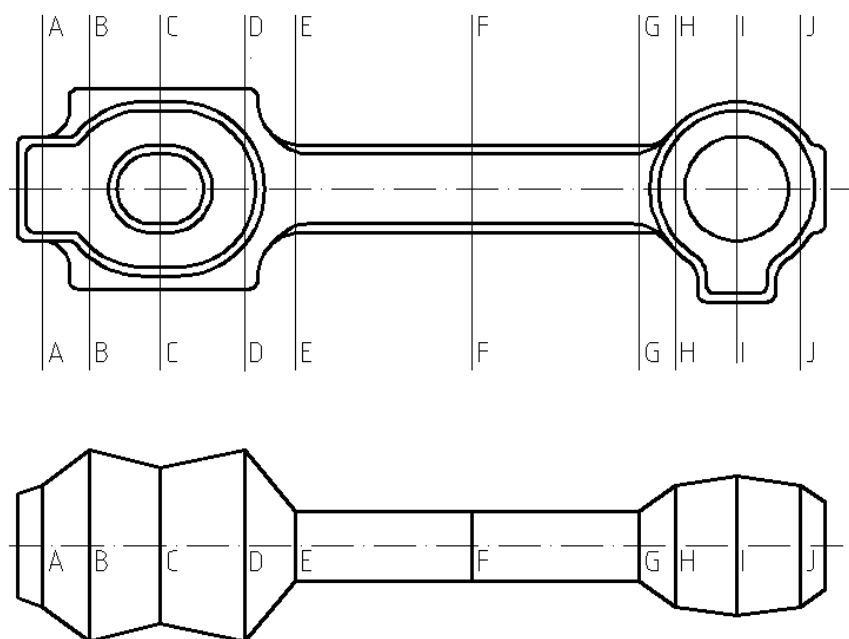
3.1 Konstrukce předkovku

Pro konstrukci předkovku se nejdříve vypočítá tvar a velikost tzv. ideálního předkovku. Tomuto předkovku se snažíme co nejvíce tvarově přiblížit ve vlastní výrobě. Při výpočtu objemu materiálu, který bude použit pro výrobu předkovku, se vychází z výkresu výkovku. Postup pro určení ideálního předkovku je následující [2]:

a) Určení ploch z výkresu výkovku v charakteristických řezech včetně výronku a blány.

b) Plochy těchto průřezů se převedou na plochy kruhů. Průměry nebo poloměry těchto ploch se přenesou na společnou osu. Spojením jejich koncových bodů získáme tvar ideálního předkovku. Maximální průměr tohoto ideálního předkovku určuje průřez výchozího polotovaru. Přesný tvar je potom určen také s ohledem na zvolenou technologii výroby předkovku.

Pro výpočet ploch v charakteristických průřezech jako vidíme na obrázku 3.1, v tomto případě jde o ojnici, byla pro vedení těchto průřezů volena místa tak, aby co nejlépe vystihovala měnící se tvar ojnice. Vypočtené hodnoty jednotlivých ploch a k ní příslušných hodnot poloměru odpovídajících průřezů kruhového tvaru v sobě zahrnují blány a výronek, opal a další faktory konstrukce [2].



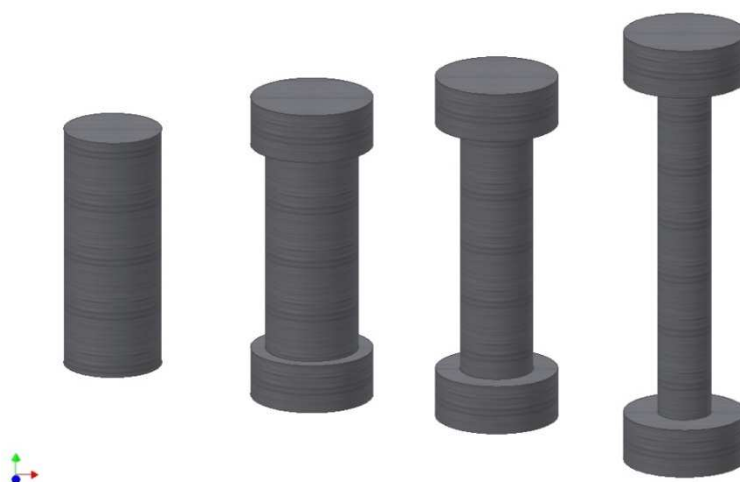
Obr. 3.1 Výkovek – ideální předkovka [2].

3.2 Technologie výroby předkovku

Pro výrobu předkovků pro zápustkové kování je možno použít volné kování, které je ze všech možných metod nejnáročnější. Další možností je použití předkovací dutinky zápustky, která umožňuje vytvořit složitější předkovky. V současné době je velmi používanou technologií kování na kovacích válcích. Tato metoda ovšem vyžaduje speciální nástroje, je však výhodná pro svou produktivitu. Jinou metodou, která nabízí vysokou produktivitu, je příčně klínové válcování. Umožňuje sice jen výrobu rotačních součástí, je však výhodnější při velkosériové výrobě výkovku [2].

3.2.1 Výroba předkovku na kovacích válcích

Válcování předkovku je výhodné použít pro různé velké série výkovků při vysokých požadavcích na produktivitu. Využívá se u kovacích lisů, u kterých se obvykle nerealizuje prodlužování předkovků [2].



Obr. 3.2 Prodlužovací operace na kovacích válcích [2].

Válcování na kovacích válcích je charakteristické tím, že se válcuje jen část obvodu válce – segmenty s přerušováním chodu po každém průchodu polotovaru. Dochází k postupné redukci průřezu výchozího materiálu mezi segmenty kovacích válců.

Na hřídelích jsou upevněny segmenty (zápustky), mezi kterými je mezera. Do ní se vloží polotovaz až k dorazu. Po záběru válců je materiál vtahován třecími silami do dutiny mezi segmenty a vysunován směrem ven. Stroj může být spuštěn sešlápnutím pedálu nebo automaticky koncovým spínačem dorazu. Pohon od elektromotoru je veden na setrvačnick přes lamelovou spojku a brzdu. Vypínání spojky a zapínání brzdy je ovládáno koncovým spínačem a vačkou na hřídeli, která zastaví válce tak, aby mezery mezi segmenty byly nasměrovány proti sobě [2].

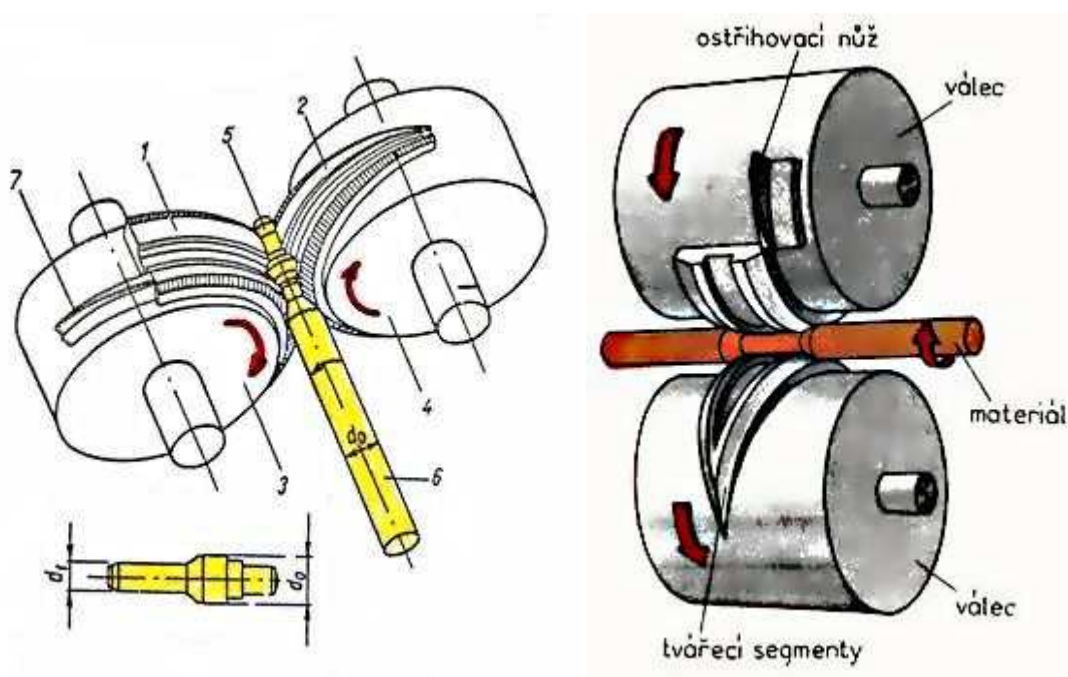
Kalibry kovacích válců mohou mít různé tvary. Největší redukce průřezu se ale dosahuje použitím řad „čtverec - ovál - čtverec“. Proto je doporučováno střídat

čtyřhran s oválem nebo přecházet z obdélníku na obdélník. Materiál před vložením do dalšího kalibru musíme otočit o 45° nebo 90° dle tvaru kalibru [2].

Při válcování je velmi obtížné dosáhnout jedním průchodem válcí velkých změn příčných průřezů. Proto musíme válcovat postupně v několika kalibrech. Také je možnost na jednom kalibru, ale několika průchody. To záleží na tvaru předkovku a velikosti redukce průřezu [2].

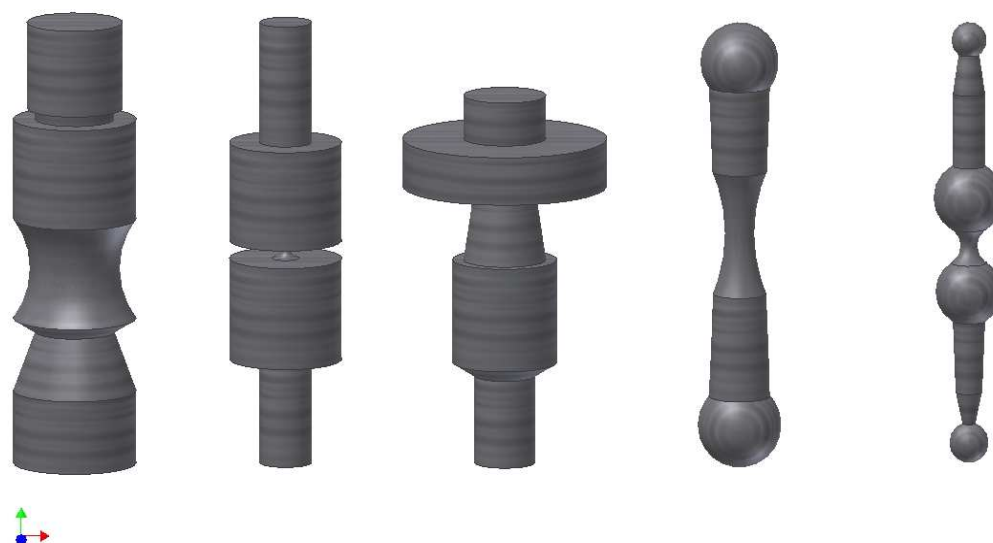
3.2.2 Výroba předkovku metodou příčného klínového válcování PKV

Princip metody spočívá v tom, že předeřhátý materiál – přístřihy, špalíky – je vkládán mezi dva stejné směrem rotující válce. Na nich jsou upnuty shodné nástroje klínovitého tvaru, jejichž spodní část má tvar šroubovice. V kalibračních částech těchto nástrojů jsou tvary vyráběné součásti. Tyto nástroje vnikají svou užší částí od tvářeného materiálu a postupně jej přemisťují ve směru osy tvářené tyče, takže se součást při tváření prodlužuje. Na konci těchto nástrojů bývají v případě válcování tyčí umístěny ještě nože. Jejich hotovou součástí oddělí od ostatního materiálu. Celý proces tváření musí proběhnout na jedinou otáčku pracovních válců [2].



Obr. 3.3 Schéma PKV [4].

Vývalků se především používá jako předkovků pro následné přesné zápustkové kování, nebo jako polotovarů s minimálními přídávky na obrábění například pro hřídele, na čepy. Vývalek může slučovat i několik tvarově stejných součástí. Při použití této metody je třeba pamatovat na to, že největší průměr součásti se většinou rovná průměru použitého materiálu [2,4].

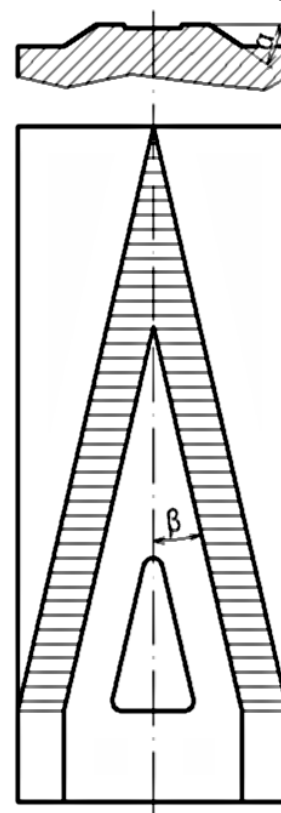


Obr. 3.4 Příkladů vývalků [2].

Nástroje pro příčné klínové válcování se vyrábějí z prstenců odlitých nebo kovaných, popřípadě ohýbaných z ploché nástrojové oceli, odolné proti otěru. Mohou být z jednoho kusu, ale i dělené. Nástroje jsou jednoduchého tvaru, jejich životnost je podle složitosti tvaru vývalku 60 – 150 tisíc vývalků. Vzhledem k jiným předkovacím technologiím ukazuje výroba nástrojů pro PKV značné úspory nástrojových materiálů a práce kvalifikovaných nástrojařů. Geometrie nástrojů pro PKV umožňuje až šest renovací profilů, obvykle broušením [2].

Ve srovnání s technologií kovacích válců je výkon automatů PKV o 50 % vyšší při úspoře materiálu 15 – 20 % a přesnějším tvaru vývalků.

Redukční plochy nástrojů jsou šroubové, jedna levochodá a druhá pravochodá. Nástroj má šroubovice, které se jeví jako rovnoběžky nástroje svírající s osou nástroje úhel β , úhel klínu. Nástroj má nejčastěji jednoduché redukční plochy, tvořící čáry, které svírají s osou šroubových ploch úhel α – úhel redukční. Vliv úhlu α a β se projevuje vznikem dutin v osové oblasti a nežádoucím protahováním a zeslabováním dřívků. Velikost úhlu β se pohybuje do 10° , maximálně ale do $13^\circ 30'$ [2].



Obr. 3.5 Rozvinutý nástroj [2].

Vyrovňovací plochy nástroje působí spolu s plochami redukčními při přemisťování materiálu. Úkolem rotačních chladicích ploch je konečné vyhlazení povrchu válcovaných ploch tvářence [2].

V průběhu jedné otáčky pracovních válců musí se uskutečnit tyto úkony:

- odstranění již hotového vývalku
- vložení nového polotovaru a vyválnování nového vývalku.

Čas otáčky se pohybuje okolo 4 – 6 sekund. Doba záběru nástrojů je 2,5 – 4,5 s.

V některých případech může docházet k vytvoření dutiny uvnitř dřívku tvářence. Tato situace může nastat zejména v případech, kdy jsou splněny některé z těchto podmínek:

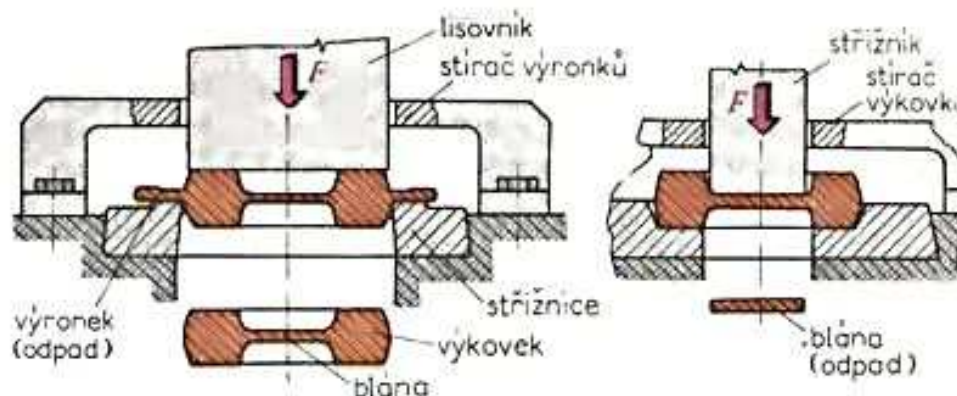
- poměrná deformace dosáhne alespoň kritické velikosti
- tvářenec vykoná určitý minimální počet obrátek - 3 až 4
- se vzrůstajícím poměrem délky a průměru polotovaru klesá velikost kritické deformace. Jestliže je poměr větší než 2, pak hodnota zůstává bez podstatné změny. Při poměru, který je roven 2 vzniká jeden zárodek dutiny v osovém pásmu uprostřed délky tvářence. Je-li poměr menší jak 2 vytváří se více zárodků, jejich počet je závislý na velikosti tohoto poměru [2].

Se vzrůstající vzdáleností od čel tvářence narůstá nebezpečí rozrušení materiálu v osovém pásmu a nabývá maxima ve vzdálenosti rovné původnímu průměru – dále je konstantní. Se vzrůstajícím počtem aktivních obrátek tvářence vzrůstá průměr a délka vnitřní dutiny až se v určitém okamžiku vyvine v dutinu průchozí [2].

3.3 Ostřihování a děrování výkovků

Těmito operacemi se dokončuje tváření výkovků. Jedná se o operace ostřížení výronku, nebo v některých případech prostřížení blan v otvoru. Tyto operace se uskutečňují za tepla nebo za studena na zvláštních nástrojích - odstřihovadle a děrovadle, které jsou upnuty na ostřihovacích lisech.

Ostřihovací lisy mají větší výrobnost než buchary, vřetenové a hydraulické lisy, a proto je výhodnější ostřihovat výkovky z těchto tvářecích strojů za studena. Tak se zpracovávají menší výkovky z uhlíkových ocelí a nízkolegovaných ocelí. V takovém případě se používá jeden ostřihovací lis na dva základní tvářecí stroje. K ostřihování za tepla se přistupuje ve všech ostatních případech, především u vysoce výkonných svislých kovacích lisů [1,4].



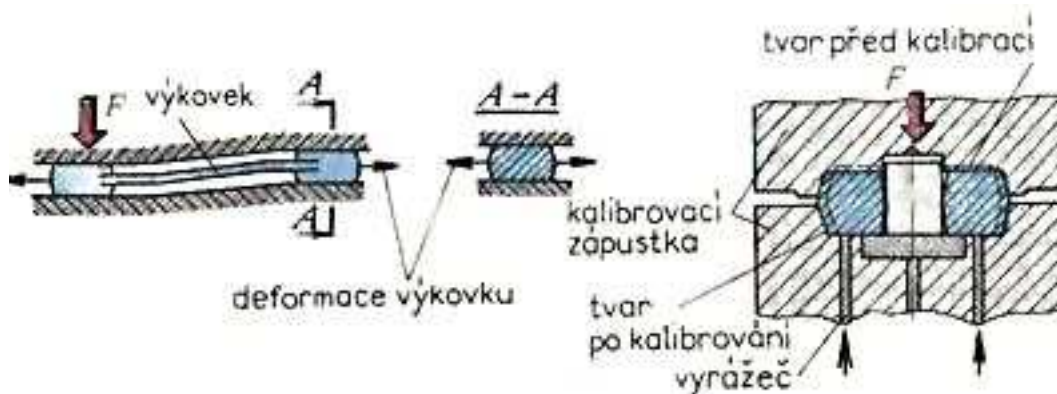
Obr. 3.6 a) Ostřihování výronku

b) Děrování výkovku [4].

Konstrukční provedení ostřihovadla a děrovadla je znázorněno na obrázku 3.6 [1, 4].

3.4 Rovnání a kalibrování

Při ostřihování a děrování se některé výkovky zakříví. Tento nežádoucí jev se eliminuje rovnáním za studena pro drobné výkovky, nebo rovnáním za tepla. Operace rovnání se provádí buď v dokončovací dutině zápustky, nebo ve speciální rovnací zápustce, která je upnuta na ostřihovacím lisu [1].



Obr. 3.7 Kalibrování výkovku

a) Plošné kalibrování b) Objemové kalibrování [4].

Pomocí operace kalibrování na klikových kolenových lisech se dosahuje přesnějších rozměrů výkovku a zároveň se zlepšuje jejich povrchová jakost. Díky zlepšení povrchové jakosti výkovků se v některých případech může vynechat další obrábění jako je broušení výkovků. Pomocí plošného kalibrování (výlučně za studena) se zpřesňují rozměry mezi rovnoběžnými plochami výkovku, zvětšuje se však rozměr, který je kolmo na směr kalibrování. Objemovým kalibrováním se dosahuje zvětšené přesnosti všech rozměrů výkovku. Kalibruje se za studena nebo za tepla, přičemž se přebytečný kov vytlačuje do malého výronku, který se následně obrousí [1, 4].

3.5 Oceli pro zápustky

Na zápustky je kladeno velmi velké mechanické a tepelné namáhání. Proto se na zápustkové oceli kladou tyto požadavky:

1. vysoká pevnost a houževnatost v celém rozmezí kovacích teplot,
2. dobrá prokalitelnost a co nejvyšší propouštěcí teplota,
3. nízká teplotní roztažnost a co nejvyšší tepelná vodivost,
4. vysoká otěruvzdornost,
5. odolná proti trhlinám tepelné únavy,
6. dobrá obrobiteľnosť a příznivá cena oceli.

Všech těchto žádoucích vlastností nelze dosáhnout žádnou kombinací přísadových prvků, a proto se výrobci soustřeďují na zabezpečení rozhodujících vlastností. Chemické složení vybraných zápustkových ocelí obsahuje tabulka 3.1 a Jejich doporučené použití je v tabulce 3.2 [1].

Tab. 3.1 Chemické složení ocelí [1].

Označení oceli	Chemické složení [%]							
	C	Mn	Si	Cr	Mo	W	V	Ni
19 464	0,40	0,50	0,70	1,70			0,20	
	0,50	1,00	1,20	2,20	-	-	0,40	-
19 512	0,35	0,5	max.	2,20	0,40		0,35	
	0,45	1,00	0,50	2,80	0,80	-	0,60	-
19 552	0,30	0,20	0,80	4,50	1,10		0,35	
	0,40	0,50	1,20	5,50	1,70	-	0,60	-
19 642	0,30	0,40	max.	0,70		0,20		4,20
	0,40	0,70	0,45	1,20	-	0,60	-	5,30
19 650	0,50	0,40	0,20	0,90		0,30	0,05	1,40
	0,60	0,90	0,60	1,30	-	0,80	0,25	1,90
19 662	0,50	0,40	0,20	0,50	0,15		0,07	1,40
	0,60	0,90	0,60	0,90	0,30	-	0,20	1,90
19 663	0,50	0,40	0,20	0,90	0,25		0,10	1,40
	0,60	0,90	0,60	1,30	0,50	-	0,30	1,90
19 720	0,25	0,20	0,15	2,00		3,80	0,45	
	0,35	0,50	0,50	2,80	-	4,80	0,65	-
19 721	0,25	0,20	0,15	2,00		8,50	0,10	
	0,35	0,50	0,50	2,70	-	10,00	0,30	-
19 740	0,25	0,20	0,80	1,00		3,20	0,10	
	0,35	0,50	1,40	1,50	-	4,00	0,30	-

Tab. 3.2 Doporučené použití ocelí [1].

Označení oceli	Doporučené použití oceli se zřetelem k			
	velikost zápustky	velikost zápustky	druhu kovacího stroje	materiálu výkovku
19 464	malé a střední zápustky	mírně tepelně namáhané nástroje	buchary, vřetenové lisy, kovací lisy	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů a olova
19 512	malé zápustky o tloušťce do 200mm	středně tepelně namáhané nástroje	buchary, vřetenové lisy, kovací lisy	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů
19 552	malé zápustky o tloušťce do 200mm	vysoce tepelně namáhané houževnaté nástroje	buchary, vřetenové lisy, kovací lisy	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů
19 642	malé, střední a velké zápustky	středně tepelně namáhané nástroje s velkou houževnatostí	především buchary, ale též vřetenové lisy a kovací lisy	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů
19 650	malé, střední a velké zápustky	středně tepelně namáhané nástroje s dobrou houževnatostí	buchary, vřetenové lisy	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů
19 662	střední a velké zápustky	středně tepelně namáhané nástroje s velkou houževnatostí	především buchary	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů
19 663	malé, střední a velké zápustky	středně tepelně namáhané nástroje s velkou houževnatostí	buchary, vřetenové lisy, kovací lisy	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů
19 720	malé zápustky o tloušťce do 200mm	vysoce tepelně namáhané dosti houževnaté nástroje	všechny druhy lisů a buchary	všechny druhy ocelí, slitiny mědi a lehkých kovů
19 721	malé zápustky o tloušťce do 200mm	vysoce tepelně namáhané méně houževnaté nástroje	všechny druhy lisů	všechny druhy ocelí, slitiny mědi a lehkých kovů
19 740	malé zápustky o tloušťce do 200mm	vysoce tepelně namáhané dosti houževnaté nástroje	všechny druhy lisů	nelegované a nízkolegované oceli, slitiny lehkých kovů

4 KOVACÍ STROJE

4.1 Rychlost deformace

Při tváření se pohybuje nástroj určitou rychlostí, která je závislá na druhu použitého stroje. Rychlost deformace je rychlost, kterou se k sobě blíží dva průřezy tvářeného kovu vzdálené od sebe o určitou délku. Je tedy závislá nejen na rychlosti nástroje, ale také na stlačované výšce [3].

Tab. 4.1 Rychlost pohybu a rychlost deformace tvářecích strojů [3].

Tvářecí stroj	$v_n [m.s^{-1}]$	$\varphi [s^{-1}]$
Hydraulické lisy	0,02 až 0,25	0,01 až 10
Klikové a vřetenové lisy	0,3 až 0,6	4 až 25
Buchary	5 až 8	40 až 160
Vysokorychlostní buchary	20 až 40	200 až 1000
Kritická rychlost	30 až 80	

Kritická rychlost nástroje je taková rychlost, při které kovy a slitiny ztrácí svou plasticitu a dochází ke křehkému lomu. Stanovuje se ze vztahu:

$$v_{KRIT} = \sqrt{2 \frac{a_{KRIT}}{\rho}} [m.s^{-1}]. \quad (4.1)$$

kde a_{KRIT} je měrná přetvárná práce
 ρ je měrná hmotnost materiálu [3].

Tab. 4.2 Některé hodnoty kritické rychlosti rázu [3].

Materiál	Al	Cu	Ti	oceli					
				11 600	11 370	12 010	17 021	17 242	19 733
$v_{KRIT}[m.s^{-1}]$	33	26	89	41	48	60	73	147	71

Tyto hodnoty byly získány na základě rázové tahové zkoušky [3].

4.2 Buchary pro zápustkové kování

Kování na bucharech patří mezi méně rozšířený způsob zápustkového kování. Je uplatňováno většinou při výrobě v malých a středních sériích, a to při tvarově značně různorodých, výškově velmi členitých, jakož i nesouměrných a vidlicových výkovků se štíhlými žebry a vysokými výstupky, převážně v otevřených dutinách. Kove se na bucharech odlišného konstrukčního provedení.

Parovzdušné buchary dvojčinné o hmotnosti beranu 500 až 25 000kg, s nožním ovládáním, poloautomatickým či programovým řízením, s úderovou četností 100 min^{-1} jsou zvláště výhodné pro postupové kování [1].

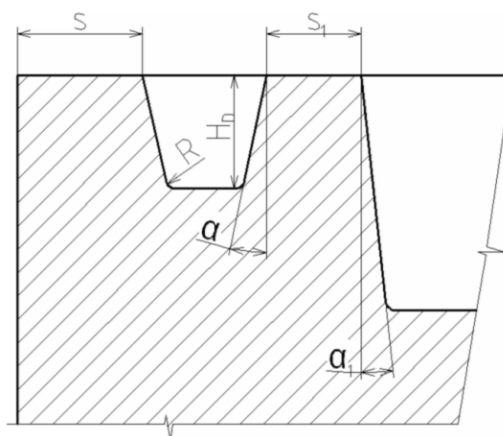
Padací buchary (parovzdušné jednočinné, prknové, řemenové), vyvíjejí rázovou energii pouze volným pádem ($m_b = 100$ až $2\,500 \text{ kg}$, $n_u \leq 70 \text{ min}^{-1}$), což vesměs omezuje jejich uplatnění na tvarově jednoduchých výkovků v jediné dokončovací dutině. Dokonalejším typem jsou buchary řetězové ($n_u \leq 100 \text{ min}^{-1}$), které svým programovým řízením jsou vhodné i pro postupové kování.

Protiběžné buchary s rázovou prací 50 až 450 kJ (výjimečně až 1 000 kJ) jsou určeny pro jednodutinové kování nejtěžších zápustkových výkovků. S přihlédnutím k nízké úderové četnosti ($n_u < 50 \text{ min}^{-1}$) se vyznačují nižší výrobností [1].

Tok kovu při kování je ovlivněn vysokou rychlostí dopadu beranu (až $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) a postupným zaplňováním zápustkové dutiny několika po sobě následujícími údery. Rázový charakter kování podporuje uvolňování okují z povrchu tvářeného polotovaru a usměrňuje tok kovu do horního dílu zápustky, kde se přednostně umísťují vysoké výstupky a tenká žebra výkovku. Intenzivnější zaplňování horního dílu zápustky se přičítá velmi krátké době styku (řádově jde o setiny, někdy i tisíce sekund) horního dílu zápustky s tvářeným kovem, který se tak vyznačuje nižším deformačním odporem [1].

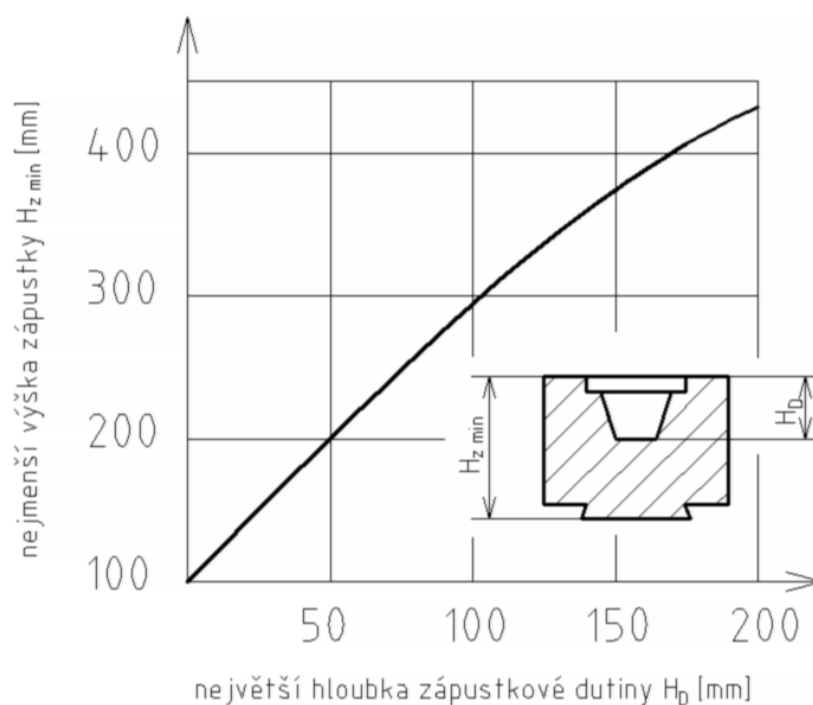
4.2.1 Bucharové zápustky

Rázový účinek bucharů se uvažuje i při navrhování zápustek a jejich upínání. Zápustky se zhotovují převážně z celistvých, masivních bloků, jejichž velikost se určuje tak, aby mezi okrajem bloku a nejbližší dutinou byla zachována nejmenší vzdálenost s , zobrazena na obr. 4.1, která se určuje z nomogramu.



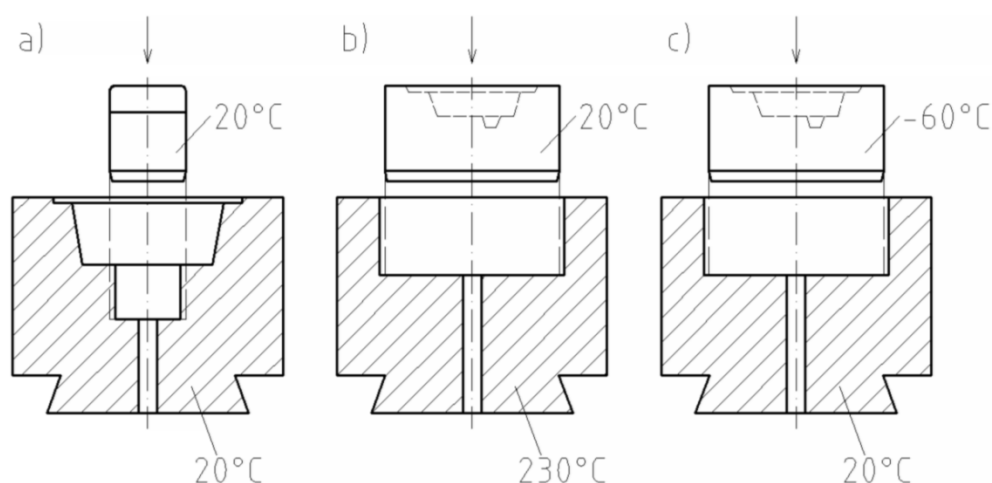
Obr. 4.1 Náčrtek vybraných rozměrů zápustky [1].

Nejmenší výška zápustky se stanovuje na základě největší hloubky zápustkové dutiny podle obr. 4.2 [1].



Obr. 4.2 Graf pro stanovení nejmenší výšky zápustky [1].

Při poškození zápustkové dutiny vlivem tvářecích sil, nemusíme vyměňovat celou zápustku, ale stačí její vyvločkování. To může být částečné nebo úplné, v závislosti na nerovnoměrná namáhání jednotlivých částí dutiny. Tím se snižují materiálové náklady na zhotovení zápustek. Vložky se upínají do zápustkového bloku pomocí klínu nebo se zapouštějí za studena i za tepla s přesahem H8/u7 [1].



Obr. 4.3 Způsoby zapuštění vložek do bloku
a) za studena, b) za tepla, c) zmrazením vložky [1].

Aby se zajistilo úplné slícování obou dílů zápustky, a tím i nejmenší přesazení výkovku, opatřují se zápustky různými druhy vedení (kruhové, podélné, příčné a křížové), vodícími kolíky, popřípadě zámky pro zachycení posuvných sil.

Pro osově souměrné výkovky se doporučuje úsporná klínová výronková drážka. Zápustka je dále opatřena rybinovitým výstupkem – kořenem, jehož pomocí se ukládá do rybinovité upínací drážky beranu nebo šabotové vložky a stabilizuje se klínem úkosu 1 : 100. Proti příčnému posuvu se zápustka zabezpečuje krátkým perem v boční stěně upínací drážky. Na protiběžných bucharech se zápustky upínají dvěma klíny a jisticí čep je uprostřed kořene [1].

4.3 Lisy pro zápustkové kování

4.3.1 Svislé kovací lisy

Svislé kovací lisy se stavějí se jmenovitou silou 6,3 až 100 MN a přes svou nízkou pracovní rychlost $0,5$ až $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, což je 10krát menší než u bucharu, můžou dosáhnout až 90 zdvihů za minutu.

Od bucharů se liší především těmito znaky:

- nerázový charakter kování,
- vázaný pohyb smýkadla,
- stále stejná velikost zdvihu,
- přesně vymezená dolní poloha smýkadla a vyhazovače, kterými se samočinně uvolňují polotovary a výkovky ze zápustkových dutin [1].

Okuje opadávají z kovaného polotovaru hůře než při kování na bucharu, což může vést k jejich zakování do povrchu a tím zhoršení struktury povrchu výkovku. Jako nejspolehlivější zábrana je bezokujový, především indukční ohřev, kterým se vytvářejí příznivé podmínky pro mechanizaci a automatizaci kovacího pochodu.

Tok kovu do horního dílu zápustky je méně intenzivní než na bucharu. Příčinou je mnohem menší doba styku horního dílu zápustky s tvářecím kovem. Na bucharu je doba styku 0,0007 až 0,001s a na svislém kovacím lisu 0,03 až 0,2 s. Proto se u těchto strojů kladou vyšší nároky na předkování výkovků s vysokými a štíhlými výstupky [1].

S přihlédnutím k stálému zdvihu smýkadla nelze uplatnit některé přípravné operace, prodlužování a rozdělování, což se řeší zhotovením předkovku na jiném tvářecím stroji jako například buchar nebo kovací válce, nebo použitím periodicky válcovaného polotovaru.

Snadné zaplňování zápustkových dutin ve směru rázu rozšiřuje technologické možnosti o operaci protlačování, která se vyznačuje velmi příznivým stavem napjatosti, pomocí které se zvyšuje tvařitelnost kovu. Vysoký deformační odpor však zvyšuje opotřebení protlačovacích nástrojů [1].

4.3.2 Vřetenové lisy

Tyto lisy se používají ke kování v otevřených a uzavřených zápustkách, při rovnání, děrování, ohýbání, protahování a kalibrování. Z výčtu možností k jejich použití plyne, že jsou vřetenové lisy představitelem univerzálního tvářecího stroje a jeho použití bude zejména v malosériové výrobě s rozmanitým výrobním programem. V takové výrobě tyto lisy nahrazují spoustu jiných jednoúčelových tvářecích strojů.

Vyrábí se se jmenovitou silou až 25 MN v klasickém provedení nebo až 63 MN v provedení hydraulickém. Svou nízkou pracovní rychlostí od 0,5 až do 0,9 m.s⁻¹ se podobají svislým kovacím lisům, ale tím jak se kinetická energie setrvačníku úplně vyčerpá při každém úderu a také kinematickou nezávislostí smýkadla na pohonném mechanismu se podobají bucharům [1].

Díky poměrně dlouhému zdvihu jsou vhodné pro protlačování a koncové přechování dlouhých výkovků, jako jsou například šrouby. Dále se vyznačují málo tuhým vedením smýkadla a vyhazovačem především v dolním díle zápustky. Nevhodné jsou pro kování postupové a pro kování výkovků s vysokými a štíhlými výstupky ve směru rázu. Také uvolňování okují není tak intenzivní jak u kování na bucharách.

Je doporučeno kovat v jednodutinové zápustce jediným úderem. Zcela výjimečně se zápustka opatřuje nejvýše jednou přípravnou dutinou, ve které dochází k nenáročnému přemísťování kovu. Sem patří dutina přechovací, ohýbací, tvarovací nebo zužovací. V žádném případě ovšem nelze na vřetenových lisech zařadit operace prodlužování nebo rozdělování. Tyto operace se mohou dělat na jiném tvářecím stroji [1].

4.3.3 Hydraulické lisy

Tyto lisy dosahují jmenovité síly do 200 MN, někdy až 750 MN. Zhotovují se na nich výkovky z oceli, avšak především z hliníkových a hořčíkových slitin. Mají nízkou pracovní rychlost kolem 0,15 až 0,20 m.s⁻¹ a používají se nejčastěji tehdy, kdy pro daný výkovek nemůžeme použít jiný tvářecí stroj.

Používají se při:

- kování nízkotvařitelných slitin, které vyžadují velmi nízkou deformační rychlost,
- kování velkorozměrových výkovků, především pro letecký průmysl,
- kování protlačováním,
- tváření dlouhých dutých výkovků,
- přesné kování tvarově složitých výkovků v dělených zápustkách [1].

4.4 Vodorovné kovací stroje pro zápustkové kování

Způsob kování na vodorovném kovacím stroji je v podstatě stejný jako ležatý klikový kovací lis, který má kromě hlavního smýkadla s lisovníkem ještě dvě svěrací čelisti. Tyto čelisti mohou sloužit částečně ke tváření, ale jejich primární úkol je zabezpečit sevření výchozího polotovaru, a poté se kove jeho volná část. Svěrací čelisti mohou mít vodorovnou nebo svislou dělicí rovinu, přičemž se dává přednost vodorovnému dělení, které se vyznačuje příznivějšími podmínkami pro mechanizaci mezioperační manipulace kovaného polotovaru. Vodorovné kovací stroje se vyrábějí se jmenovitou silou až 40 MN a přitom dosahují 15 až 30 zdvihů za minutu [1].

Kování probíhá v třídlílných zápustkách se dvěma na sebe kolmými dělicími rovinami.

Přináší to tyto výhody:

1. Kove se z kruhových tyčí popřípadě z tlustostěnných trubek o průměru do 240 mm, a to s minimálním výronkem nebo úplně bez něho, tedy s maximálním využitím kovu,
2. mohou se kovat plné i duté výkovky různé délky, tvarově značně složitě, které mají zanedbatelný boční úkos a minimální technologické přídavky,
3. Vyznačují se téměř bezodpadovým děrováním.

K nevýhodám patří:

1. menší univerzálnost a vyšší pořizovací náklady proti jiným tvářecím strojům,
2. zvýšené nároky na rozměrovou přesnost výchozího polotovaru, čímž se musí vyloučit přetížení stroje,
3. zvýšené nebezpečí zakování okují, proto se používá dražší indukční ohřev,
4. nižší životnost vysoce namáhané zápustky [1].

4.5 Technologický postup kování

K základním úkonům při navrhování technologického postupu patří:

- 1) konstrukce zápustkového výkovku,
- 2) výběr kovacích dutin,
- 3) výběr výchozího polotovaru,
- 4) výpočet hmotnosti beranu [1].

4.5.1 Konstrukce zápustkového výkovku

Výkovek se konstruuje na základě výkresu hotového výrobku, přičemž se osvědčuje přímá spolupráce s konstruktérem hotového výrobku, který podle doporučení kovárenského technologa může upravit jeho tvar. Tím se zjednoduší technologický postup kování. Také se zvažuje, zda je účelné a racionální:

- zhotovit daný výrobek zápustkovým kováním či jinou, všestranně výhodnější technologií (litím, lisováním, aj.)
- unifikovat výkovky pro tvarově a rozměrově blízké hotové výrobky
- rozdělit členitý výrobek na dva jednodušší, které se snadněji a s nižší materiálovou spotřebou vykovou a poté svaří
- kovat dva stejné výrobky jako jeden výkovek, který se pak rozdělí
- nahradit přesným děrováním další obrábění
- kovat výkovek na jiném, vhodnějším tvářecím stroji

Zásadní význam pro konstrukci zápustkového výkovku má dělicí rovina, která se umísťuje do roviny souměrnosti výkovku nebo do roviny dvou největších, navzájem kolmých rozměrů výkovku. Od tohoto pravidla lze upustit v těch případech, jestliže jinak navrženou dělicí rovinou se sníží hmotnost výkovku, či hmotnost výronku za současného zjednodušení konstrukce ostřihovadla, nebo se dá zjednodušit technologie, například vypuštěním ohýbání [1].

Při návrhu dělicí roviny se dále přihlíží k intenzivnímu toku kovu do horního dílu zápustky, k dosažení nejvýhodnějšího průběhu vláken, k spolehlivé kontrole slícování horního a dolního dílu zápustky a v neposlední řadě k snadnějšímu ostřihování výronku.

Přídavky na obrábění, zaoblení hran a rohů, nejmenší tloušťka stěny výkovku, nejmenší stěna dna výkovku, ale také veškeré úchytky tvarů a rozměrů výkovků jsou normalizovány [1].

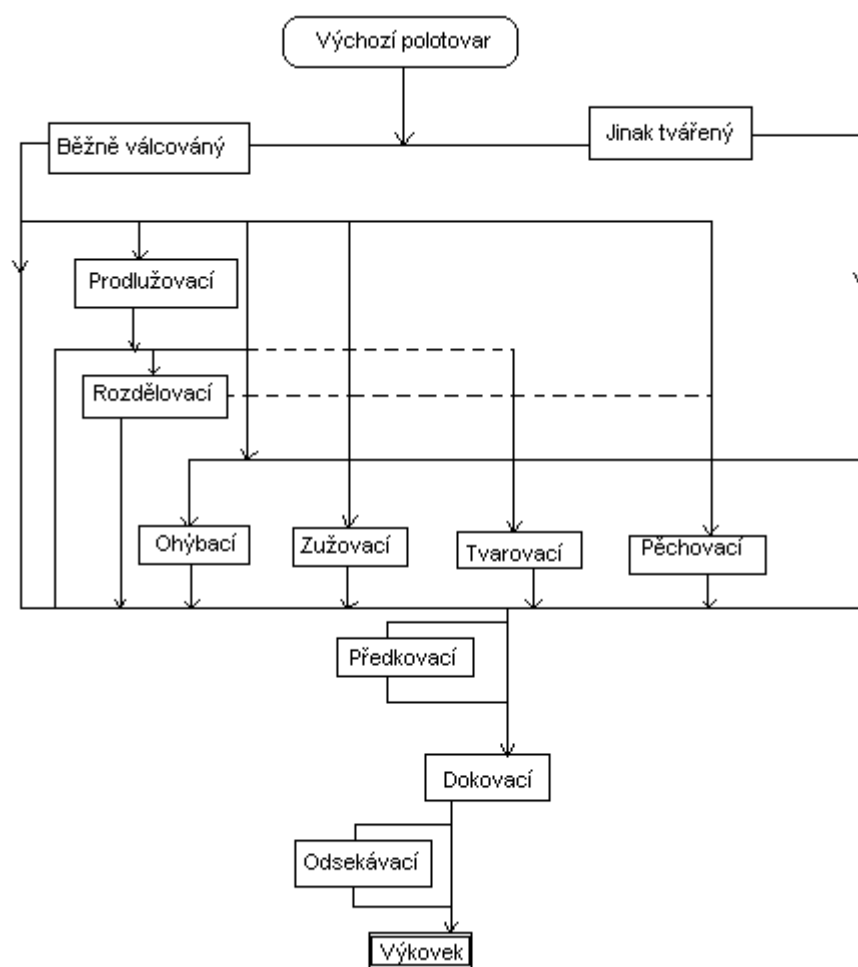
Při konstrukci zápustkového výkovku se taktéž musí přihlédnout k přesnosti provedení, která je úzce spjata především s rozměrovými úchytkami výkovku. Podle normy se zápustkové kovy vyrábějí:

- s obvyklou přesností,
- v přesném provedení (s vyšší přesností),
- ve velmi přesném provedení (s přesností podle dohody) [1].

4.5.2 Výběr kovacích dutin

Menší část sortimentu zápustkových výkovků se zhotovuje jednodutinovým kovááním, které je opodstatněno pro výkovky:

- 1) jednoduchého tvaru, bez nároků na předkování,
- 2) těžké a rozměrné, které se kovou na protiběžných bucharech,
- 3) v malosériové výrobě, kdy pořízení drahé vícedutinové zápustky není hospodárné,
- 4) tvarově mimořádně složité, kdy je výhodnější zhotovit předkovky volným kovááním [1].



Obr. 4.4 Varianty postupného řazení kovacích dutin při kování na bucharech [1].

U většiny zápustkových výkovků se však získává předkovek postupným kováním v několika kovacích dutinách, které se vybírají podle tvarových znaků výkovku, podle zkušeností s kováním tvarově podobných výkovků nebo podle jiných doporučení [1].

Podle narůstajícího objemu přemísťovaného kovu a složitosti toku kovu při kování podélných výkovků lze nejobvyklejší přípravné dutiny a jejich kombinace sestavit do tohoto pořadí:

- 1) zužovací
- 2) uzavřená rozdělovací
- 3) otevřená rozdělovací
- 4) prodlužování
- 5) prodlužování – otevřená rozdělovací
- 6) prodlužování – uzavřená rozdělovací [1].

4.5.3 Výběr výchozího polotovaru

Drobné výkovky se většinou kovou z tyčových polotovarů o délce $l = 1\,200\text{ mm}$ a hmotnosti do 5kg, přičemž hotové výkovky se od zbývajících částí tyče postupně odsekávají. Nejmenší výkovky se kovou po více kusech, spojených výronkem, najednou.

Střední výkovky se kovou z výchozího polotovaru pro dva výkovky. Po vykování prvního výkovku se rozpracovaný polotovar obrátí a kove se jeho zbývajících část. Krček spojující oba výkovky se přeseke.

Velké výkovky a výkovky přechované se kovou jednotlivě z jednoho výchozího polotovaru. U tvarově složitějších výkovků je nutno počítat s technologickým přídatkem na úchytce [1].

4.5.4 Výpočet hmotnosti beranu

Hmotnost beranu se počítá na základě konečných rozměrů výkovku.

Pro osově souměrné výkovky:

$$m_b = 100(1 - 0,5D_v) \left(1,1 + \frac{0,02}{D_v}\right)^2 (0,75 + 10D_v^2) D_v \sigma_p, \quad (4.1)$$

kde D_v - průměr výkovku v dělicí rovině [mm],

σ_p - přirozený deformační odpor [MPa] [1].

Pro ostatní výkovky

$$m_{b1} = m_b \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L_v}{B_{vs}}}\right), \quad (4.2)$$

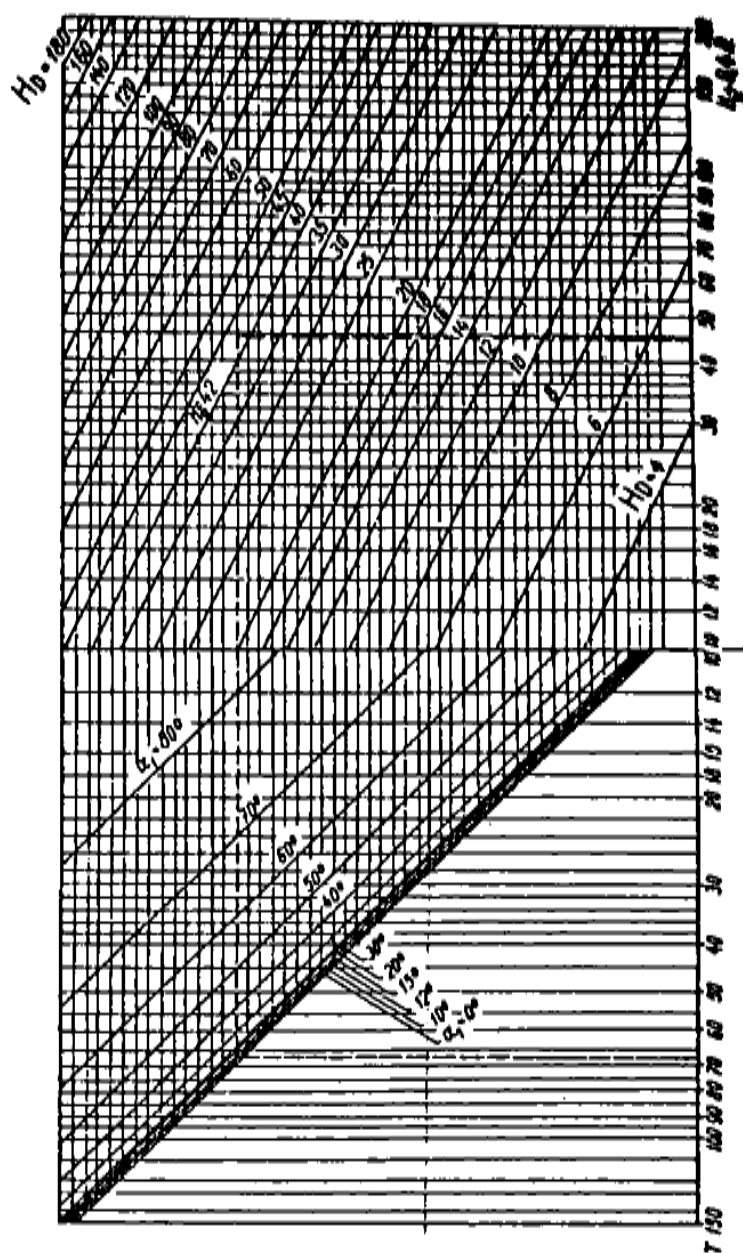
kde m_b – hmotnost beranu podle předchozího vztahu [mm],

B_{vs} – střední šířka výkovku [mm], $B_{vs} = S_v/L_v$,

S_v – plošný obsah vodorovného průmětu výkovku [mm²],

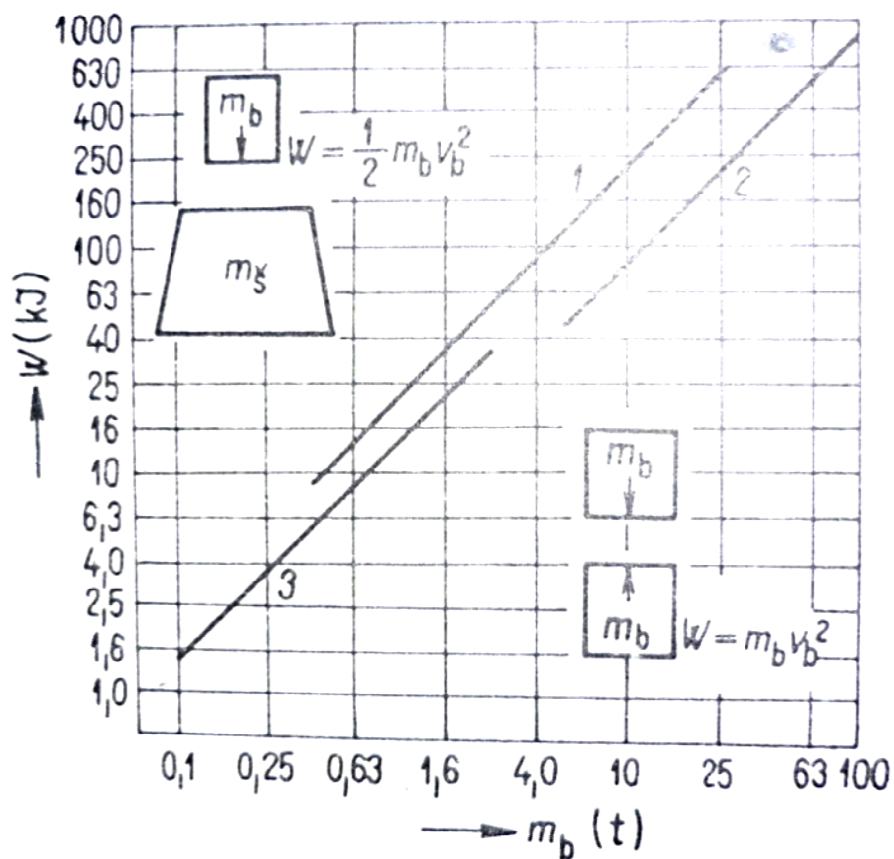
L_v – délka výkovku [mm] [1].

Hmotnost beranu lze také stanovit pomocí nomogramu z obrázku 4.5. Výsledky získané výpočtem nebo nomogramem se u jednočinných bucharů zvyšují o 50 až 80% [1].



Obr. 4.5 Nomogram pro stanovení vzdálenosti dutiny od okraje zápustky [6].

Naproti tomu se u protiběžných bucharů vyhledá (z diagramu na obrázku 4.6) k vypočtené hodnotě m_b (úsečka 1) rázová energie W (úsečka 2) [1].



Obr. 4.6 Vztah mezi rázovou energií a hmotností beranu u zápustkových bucharů [1].

5 ZPRACOVÁNÍ STANOVENÉ TECHNOLOGIE PRO VÝROBU DRŽÁKU BLATNÍKU

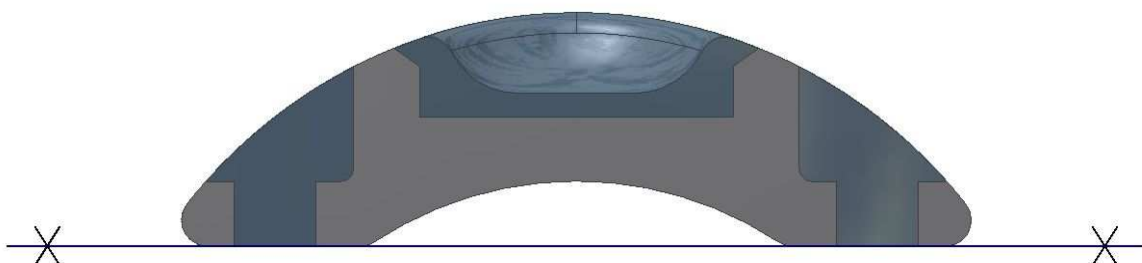
5.1 Navržení tvaru výkovku dle ČSN 42 9030

V této kapitole je uveden postup při navrhování výchozího tvaru výkovku. Výkovek je navržen tak, aby bylo ušetřeno co nejvíce materiálu s přihlédnutím na tvar zápustky, který by měl být co nejjednodušší.

5.1.1 Stanovení dělicí roviny

Tvar výkovku má být jednoduchý, aby se dělicí rovina nelomila a byla kolmá na směr kování. Poloha dělicí roviny se volí se zřetelem na minimální technologické přídatky vlivem úkosu [7].

Pro zadanou součást se dělicí rovina zvolila dle obrázku 5.1. Tato volba byla ovlivněna tvarem součásti.



Obr. 5.1 Volba dělicí roviny.

5.1.2 Technologické a konstrukční úkosity

Technologické úkosity musí mít všechny výkovky. Jsou potřebné pro snadné zaplnění dutiny zápustky a pro vyjmutí hotového výkovku ze zápustky. Doporučené velikosti úkosů jsou uvedeny v tabulce 5.1.

Technologické přídatky upravují vhodně tvar součásti pro kování. Technologické přídatky vyplývají z podmínek vtlačení kovu do zápustky. Ve směru kování se zpravidla ztotožňují s technologickými úkosity a v rovině kolmé na směr kování se stanovují v závislosti na způsobu kování konkrétního výkovku [7].

Tab. 5.1 Hodnoty úkosů zápusťkových výkovků pro opracované i neopracované plochy [8].

	vnější	vnitřní
Zápusťkové výkovky se běžně vyrábějí s úkosy	3°	7°
Vzhledem k rozdílné úrovni technologického zařízení výrobců výkovků se dovolují úkosy pro buchary a lisy bez vyhazovače	7°	10°
lisy s vyhazovačem	2° až 3°	3° až 5°
vodorovné kovací stroje	0 až 5°	0 až 5°

Konstrukční a technologické úkosy jsou stanoveny podle tabulky 5.1 v závislosti na tvářecím stroji a způsobu vyjímání výkovku bez vyhazovače. Pro vnější rozměry 3° a pro vnitřní rozměry 7°. Podle výkresu výkovku, který splňuje tyto úkosy až na předkovávaný otvor, volím úkos vnitřní 3° z důvodu malé hloubky tohoto otvoru.

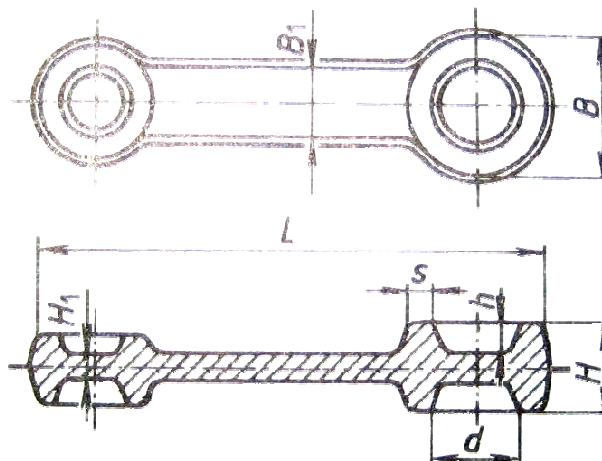
5.1.3 Nejmenší tloušťka dna a stěny výkovku

Stanovuje se v závislosti na směrodatném rozměru výkovku ve směru kolmo k rázu a podle největší výšky výkovku.

Otvory větších průměrů je možno u výkovků předkovávat s ponecháním materiálu takzvané blány, která se prostíhuje při ostříhování výkovku [7].

Tab. 5.2 Hodnoty nejmenší tloušťky dna [8].

Největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu (B, D) [mm]		Největší výška výkovku H [mm]							
		přes	10	25	40	63	100	160	250
		do 10	25	40	63	100	160	250	400
přes	do	Nejmenší tloušťka dna, disku H ₁ a stěny s							
	40	4	5	6	7	9			
40	63	5	5	6	7	9	11		
63	100	5	6	7	9	11	13	15	
100	160	6	7	9	11	13	15	17	20
160	250	8	9	11	13	15	17	20	25
250	400	10	13	15	17	20	25	30	35
400	630			20	25	30	35	40	50
630	1000			25	30	35	40	50	60



Obr. 5.2 Nejmenší tloušťka dna [8].

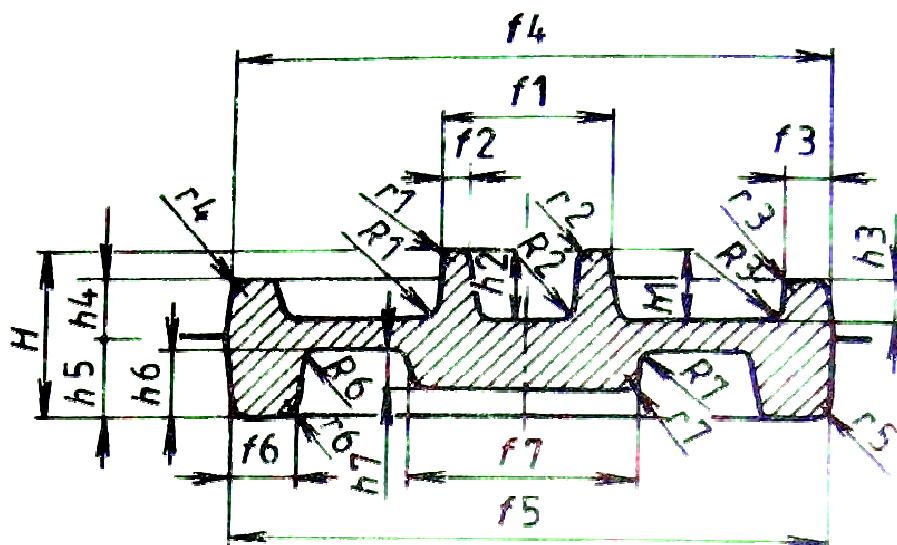
Podle rozměrů výkovku byla stanovena nejmenší tloušťka dna na 5 mm. Z výkresu výkovku vyplývá, že tato hodnota vyhovuje. Tato tloušťka je i s přídávkem na obrábění 6,8 mm a proto se nemusí upravovat tvar výkovku.

5.1.4 Poloměry zaoblení hran r a rohů R

Poloměry zaoblení se vypočtou a zaokrouhlí na nejbližší doporučenou hodnotu podle tabulky 5.3. Při tváření úderem se zaokrouhluje na nejbližší nižší hodnotu [7].

Tab. 5.3 Hodnoty zaoblení hran a přechodů výkovků [8].

Výška (hloubka) h [mm]		Poloměry zaoblení hran a přechodů při poměru					
		h/f do 2		h/f přes 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
400	630	30	80	40	120	65	150



Obr. 5.3 Poloměry zaoblení hran a přechodů výkovků [8].

Z obrázku 5.3, z tabulky 5.3 a z rozměrů výkovku vyplývají hodnoty zaoblení hran a přechodů výkovku. Pro zaoblení hran se stanoví poloměr na 2 mm a pro zaoblení přechodů na 6 mm.

5.1.5 Stanovení přídavek na obrábění

U výkovků se stanovují přídávky na obrábění, které se stanoví v závislosti na hmotnosti a rozměrech výkovku podle tabulky 5.4 [7].

Tab. 5.4 Přídávky na obrábění pro obvyklé provedení [8].

Největší průměr, střední hodnota šířky a délky výrobku ve směru kolmo k rázu [mm]		Největší výška hotového výrobku [mm]							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes	do	Přídávky na obrábění ploch [mm]							
	25	1,5	2	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	3	2,5	2,5	3	3,5	
100	160	2	3	3	2,5	3	3,5	3,5	
160	250	2,5	3	3	3	3,5	3,5	4	4,5
250	400	2,5	3	3	3,5	3,5	4	4,5	5
400	630	2,5	3	4	3,5	4	4,5	5	5,5
630	1000	3	4	4	4	4,5	5	5,5	6

Podle rozměrů součásti stanovíme přídavky na obrábění. Střední hodnota šířky a délky výrobku ve směru kolmo k rázu je:

Šířka hotové součásti **B = 40 mm**,
 Délka hotové součásti **L = 63 mm**.



Dále největší výška hotového výrobku je:

H = 18 mm.

Z uvedených hodnot se určí přídavky na obrábění ploch, které činí **2 mm**. Tento přídavek je pouze pro předkovávanou díru ostatní rozměry se kovou nahotovo.

5.2 Mezní úchytky rozměrů a tvarů výkovků

Pro stanovení mezních úchylek rozměrů a tvarů se musí určit tvarová složitost výkovku [10].



Obr. 5.4 Označení výkovku [10].

Tvarový druh:	7 – výkovky kombinovaných tvarů plné i duté,
Tvarová třída:	7 – kombinované,
Tvarová skupina:	2 – splňuje $H \leq D$, $H > 2H_1$
Tvarová podskupina:	2 – přesah v poměru $H : H_1$,
Technologické hledisko:	1 – výkovky ve směru hlavní osy souměrné.

Mezní úchytky jsou podle přílohy číslo šest stanoveny pro stupeň přesnosti 5 ve směru kolmo k rázu a pro stupeň přesnosti 6 ve směru rázu. Pro tyto stupně přesnosti jsou v příloze sedm a osm zvoleny mezní úchytky rozměrů a tvarů, které jsou:

Stupeň přesnosti 5:

Mezní úchytky	1,1
	-0,6
Tolerance	1,7

Stupeň přesnosti 6:

Mezní úchytky	1,9
	-0,9
Tolerance	2,8

5.3 Stanovení výchozího polotovaru

Objem polotovaru se vypočítá pomocí dílčích objemů výkovku a výronkové drážky. K tomuto objemu se dále připočítá přídavek na opal. Podle objemu se dále stanoví rozměry výchozího polotovaru.

5.3.1 Stanovení materiálu

Materiál součásti volím nízkolegovanou konstrukční ocel 14 220. Součet legovacích prvků u nízkolegovaných ocelí je do 5%. První dvojčíslí (14) ve značce označuje třídu tvářené oceli. Význam třetí až páté číslice určuje ČSN 42 0002 [5].

Zvolená ocel má dobrou tvárnost zatepla, je zároveň dobře obrobitelná a má dobrou svařitelnost [8].

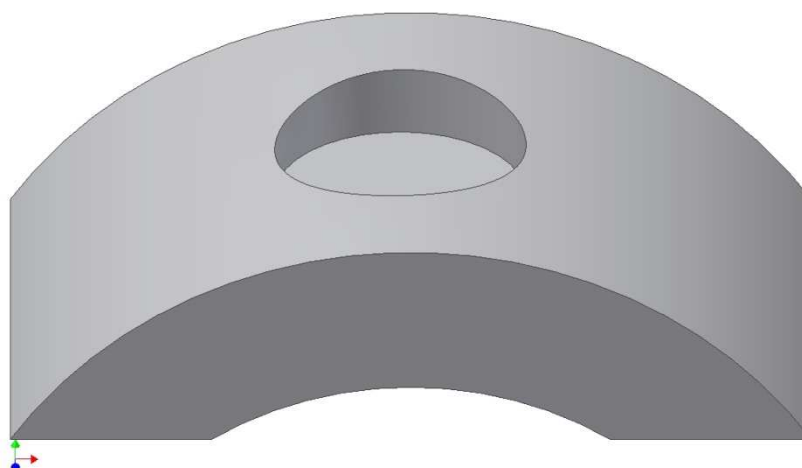
Tab. 5.5 Chemické složení zvolené oceli [5].

Ocel značky	Chemické složení v procentech								
	C	Mn	Si	P max.	S max.	Cr	Ni max.	V	W
14 220	0,14 až 0,19	1,1 až 1,4	0,17 až 0,37	0,035	0,035	0,8 - 1,1	-	-	-

5.3.2 Stanovení objemu výkovku

Objem výkovku se vypočítá z výkresu výkovku. Jedná se o kruhovou úseč, která se vynásobí šířkou výkovku, do kterého je z vrchu předkován otvor a zespodu zasahuje menší kruhová úseč, která zasahuje přes celou šířku výkovku. Výpočet se tedy skládá ze stanovení objemu bez zahloubení a bez menší

kruhové úseče vynásobené šířkou výkovku a následné jejich odečtení od celkového objemu kruhové úseče vynásobenou šířkou výkovku. Pro zjednodušení zanedbáváme zaoblení hran a přechodů podle obrázku 5.4. Výpočet je tedy pouze orientační a slouží nám k porovnání se skutečným objemem, který se stanoví podle 3D grafického program Autodesk Inventor Profesional 11.

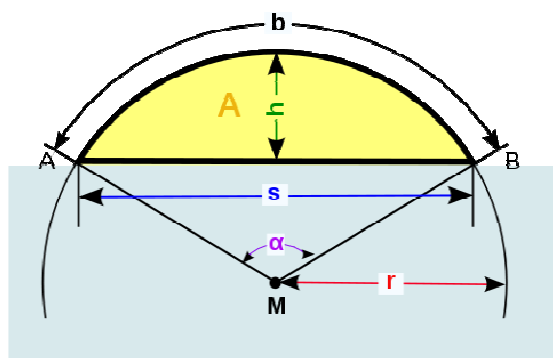


Obr. 5.4 Zjednodušený tvar výkovku.

A) Stanovení objemu výpočtem:

Objem kruhové úseče:

Kruhová úseč značení:



M – střed kružnice,
r – poloměr kružnice,
AB – tětiva,
s – délka tětivy,
h – výška úseče,
 α – středový úhel,
b – délka oblouku,
A – obsah úseče

Obr. 5.5 Kruhová úseč [9].

(5.2)

$$V_2 = (S_v - S_T) \cdot B = \left(\frac{\alpha_2 \cdot r_2^2}{2} - r_2^2 \sin \frac{\alpha_2}{2} \cos \frac{\alpha_2}{2} \right) \cdot B = \left(\frac{\alpha_2 r_2^2}{2} - \frac{r_2^2}{2} \sin \alpha_2 \right) \cdot B$$

$$V_2 = \left[\frac{r_2^2}{2} \left(\frac{\pi \alpha_2}{180} - \sin \alpha_2 \right) \right] \cdot B = \left[\frac{40^2}{2} \left(\frac{\pi 113}{180} - \sin 113^\circ \right) \right] \cdot 40 \quad (5.3)$$

$$V_2 = 4\,479,58 \text{ mm}^3,$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 21^2}{4} \cdot 6 \quad (5.4)$$

$$V_3 = 2\,078,16 \text{ mm}^3,$$

$$V_v = V_1 - V_2 - V_3 = 33\,654,95 - 4\,479,58 - 2\,078,16 \quad (5.5)$$

$$V_v = 27\,097,21 \text{ mm}^3.$$

Celkový objem výkovku je tedy stanoven výpočtem na hodnotu 27 097,21 mm³. Tato hodnota nezohledňuje zaoblené hrany.

B) Z 3D grafického programu:

Objem pro výkovek i s ohledem na zaoblení hran a přechodů byl stanoven na:

$$V_v = 25\,900 \text{ mm}^3. \quad (5.6)$$

Pro další výpočty se bude počítat s objemem 25 900 mm³, protože tento výsledek je přesnější.

5.3.3 Návrh výronkové drážky

Výronkovou drážku tvoří můstek a zásobník. Výšku h stanovíme z nomogramu nebo podle tabulky 5.6, kde jsou uvedeny i další rozměry pro běžné užívané typy drážek

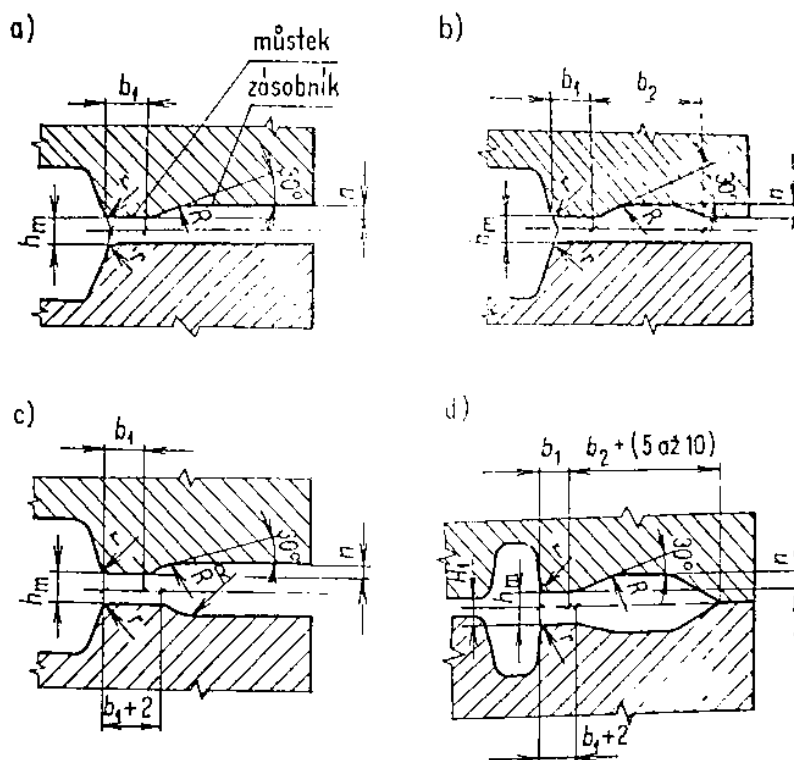
Můstek je hlavním členem k regulování tlaku v dutině zápustky. Pro členité výkovky, které vyžadují vyšší tlaky, se volí nižší výška výronku a širší můstek. Někdy se pro zvětšení brzdícího účinku můstku ho opatřujeme brzdícími drážkami, nebo můžeme rozšířit můstek z technologických důvodů pouze v kritickém místě.

Pro jednoduché výkovky se používá vyšších hodnot výšky můstku, pokud se nebude zhoršovat kvalita stříhu.

Při kování lze uvedené typy výronků použít jako vnější, nebo vnitřní, nebo v kombinaci vnější a vnitřní. Ve zvláštním případě, při kování v uzavřené zápustce bez výronku, výronková drážka odpadá [6].

Tab. 5.6 Rozměry výronkové drážky pro zápustky na svislých kovacíh lisech [6].

F [MN]	h_m [mm]	b_1 [mm]	b_2 [mm]	r [mm]
2,5	1,0 až 1,5	3,0 až 5,0	25	1,0 až 1,5
6,3	1,0 až 2,0	3,0 až 7,0	25	1,0 až 1,5
10	1,5 až 2,5	4,0 až 7,5	30	1,0 až 1,5
16	2,0 až 3,0	5,0 až 8,0	32	1,5 až 2,5
25	2,5 až 4,0	6,0 až 10,0	38	1,5 až 2,5
31,5	2,5 až 4,5	6 až 11	40	2 až 3
40	3,5 až 5,5	7,0 až 12,0	42	2 až 3
63	4,5 až 8,0	9,0 až 15,0	50	2 až 5



Obr. 5.6 Základní druhy výronkové drážky pro zápustky svislých kovacíh lisů
a) obvyklé, b) při velké vzdálenosti dutiny od okraje zápustky, c) při velkém přebytku kovu, d) u výkovků, jejichž nejmenší výška H_1 je menší než výška výronku h_m [1].

Pro zadanou součást byla zvolena výronková drážka obvyklá obrázek 5.5 a). Zásobník této výronkové drážky je protažen až na okraj zápustkové vložky, čímž se zmírňuje nebezpečí zaklínování lisu při jeho přetížení [1].

Rozměry výronkové drážky jsou uvedeny v tabulce 5.6 a jsou závislé na síle svislého kovacího lisu. Pro lis o jmenovité síle 6,3 MN jsou rozměry následující:

$h_m = 1,0$ až $2,0$ mm, => volím $h_m = 2,0$ mm

$b_1 = 5,0$ až $7,0$ mm, => volím $b_1 = 5,0$ mm

Rozměr b_2 se u obvyklé výronkové drážky nevyskytuje.

Z rozměru $h_m = 2,0$ mm je podle tabulky 5.7 určen poloměr zaoblení velké R a rozměr malé n, které nabývají hodnoty $R = 4$ mm. Dále podle tabulky 5.7 určíme poloměr zaoblení malé r, které bude mít hodnotu v intervalu $r = 1$ až 2 mm [1],

=>volím $r = 1$ mm.

Hloubka zásobníku se určí ze vztahu:

$$n = 0,4 \cdot h_m + 2 = 0,4 \cdot 2 + 2 = 2,8 \text{ mm, } \Rightarrow \text{volím } n = 3 \text{ mm} \quad (5.7)$$

Tab. 5.7 Hodnoty zaoblení výronkové drážky [1].

h_m	r	h_m	R
1	0,5 až 1,0	0,6	3
1,2	0,6 až 1,2	0,8	3
1,5	1,0 až 1,5	1	3
1,8	1,0 až 2,0	1,6	3,5
2,2	1,0 až 2,0	2	4
2,6	1,5 až 2,5	3	5
3	1,5 až 2,5	4	6
3,8	1,5 až 3,0	5	7
4,6	1,5 až 3,0	6	8
5,5	2,0 až 3,5	8	10
6,5	2,0 až 4,0	10	12
7,5	3,0 až 5,0		

A) Výpočet objemu výronku:

Výpočet objemu výronku se skládá z výpočtu plošného obsahu příčného průřezu výronkové drážky, jeho vynásobení koeficientem 0,3, což znamená, že se výronková drážka zaplní z 30% a vynásobením obvodem výronku v dělicí rovině [1].

$$V_{vr} = 0,3 \cdot S_{vrd} \cdot O$$

$$V_{vr} = 0,3 \cdot 136,166 \quad (5.8)$$

$$V_{vr} = 6\,772,8 \text{ mm}^3$$

$$O = B + 2 \cdot L = 40 + 2 \cdot 63 \quad (5.9)$$

$$O = 166 \text{ mm}$$

U obvodu výkovku se musí počítat s můstkem mezi dvěma vyráběnými výkovky, který připočítáme až k celkovému objemu při určování polotovaru. Objem výronku byl tedy stanoven výpočtem na 6 772,8 mm³.

B) Stanovení objemu výronku z grafického programu:

V programu jsou jako v předešlém případě zahrnuty i zaoblení hran a objem činí:

$$V_{vr} = 7\,976 \text{ mm}^3 \quad (5.10)$$

V tomto objemu je započítána hodnota polovičního objemu můstku, který spojuje oba výkovky.

5.3.4 Stanovení velikosti opalu

Pro zadanou součást volím velikost opalu 1% z objemu výkovku a objemu výronku podle tabulky 5.8. Pro výpočet jsou použity hodnoty objemů z 3D grafického programu Autodesk Inventor profesional 11.

Tab. 5.8 Hodnoty zaoblení výronkové drážky [1].

Způsob ohřevu	Opal [%]
komorová plynová pec	2,5 až 3
Komorová elektrická pec	1 až 1,5
Indukční a odporový ohřev	0,5 až 1

$$V_{opal} = (V_v + V_{vr}) \cdot \frac{1}{100} = (25\,900 + 7\,976) \cdot \frac{1}{100} \quad (5.11)$$

$$V_{opal} = 338,76 \text{ mm}^3$$

Celkový objem polotovaru tedy bude:

$$V_0 = 2(V_v + V_{vr}) \cdot 1,01 = 2 \cdot (25\,900 + 7\,976) \cdot 1,01 = 2 \cdot 34\,214,76 \quad (5.12)$$

$$V_0 = 68\,429,52 \text{ mm}^3$$

Hmotnost polotovaru:

$$m_0 = V_0 \cdot \rho = 0,000068\,42952 \cdot 7\,850 \quad (5.13)$$

$$m_0 = 0,537 \text{ kg}$$

Stanovení rozměrů výchozího polotovaru:

Z celkového objemu polotovaru vypočítáme jednotlivé rozměry. Podle normalizovaných rozměrů plochých tyčí, kde šířka x výška je 32 x 18 mm, dopočítáme poslední rozměr – délku [8].

$$V_0 = B_0 \cdot H_0 \cdot L_0 \Rightarrow$$

$$L_0 = \frac{V_0}{B_0 \cdot H_0} = \frac{68\,429}{32 \cdot 18} \quad (5.14)$$

$$L_0 = 118,8 \text{ mm} \Rightarrow L_0 = \mathbf{120 \text{ mm}}$$

Výchozí polotovar tedy bude mít rozměry:

šířka: $B_0 = \mathbf{32 \text{ mm}}$,

výška: $H_0 = \mathbf{18 \text{ mm}}$,

délka: $L_0 = \mathbf{120 \text{ mm}}$.

5.4 Výpočet tvářecí síly podle ČSN 22 8306

Norma ČSN uvádí obecný postup výpočtu pro kruhové i nekruhové výkovky [6].

Tab. 5.9 Součinitel snížení plasticity materiálu v oblasti výronku vlivem poklesu teplot [6].

Hmotnost výkovku v [kg]	Teplota výronku [°C]	součinitel C_0 pro ocel
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

Z tabulky 5.9 volím součinitel snížení plasticity materiálu v oblasti výronku vlivem poklesu teplot:

$$C_0 = \mathbf{4,0}.$$

Tab. 5.10 Pevnost vybraných ocelí za kovací teploty [6].

Oceli třídy 14			R_{mT} [MPa]					
Jakost oceli	optimální tvářecí teploty [°C]	Střední deformační rychlost [s ⁻¹]	Teplota tváření ve [°C]					
			800	900	950	1000	1100	1200
14 109	1050-800	0,2	128	82	65	52	34	23
14 120	1250-800	0,2	87	80	69	55	38,5	26,5
14 220	1250-800	0,2	126	86	70	59	40	27
14 260	1100-840	0,2	140	84	70	58	41	27
14 331	1150-800	0,2	145	91	73	60	42	28
14 340	1100-800	0,2	140	98	81	67	47	32

Optimální kovací teploty pro zvolený materiál 14 220 jsou mezi 1 250 a 800 °C [1].

Kovací teplota bude tedy **1100 °C**.

Z tabulky 5.10 bude pevnost oceli za kovací teploty:

$$R_{mT} = \mathbf{40 \text{ MPa}}$$

Pro výpočet tvářecí síly potřebné k přetvoření polotovaru pro nekruhové výkovky se postupuje následovně:

1. Vyčíslí se napětí v průřezích výkovku kolmých na delší osu. Řezů vedeme tolik, kolik je rozdílných průřezů na výkovku [2]. Řezy A-D a průběh jednotlivých napětí jsou v příloze číslo 9.

Řez A-A:

$$\sigma_0 = 1,285 \cdot R_{mT} \cdot C_0 = 1,285 \cdot 40 \cdot 4$$

$$\sigma_0 = \mathbf{205,6 \text{ MPa}} \quad (5.15)$$

$$\sigma_1 = \sigma_0 + R_{mT} \cdot C_0 \cdot \frac{b}{h} = 205,6 + 40 \cdot 4 \cdot \frac{5}{2}$$

$$\sigma_1 = \mathbf{605,6 \text{ MPa}} \quad (5.16)$$

$$\sigma_2 = \sigma_1 + R_{mT} \cdot \frac{b_1}{h_1} = 605,6 + 40 \cdot \frac{20}{6}$$

$$\sigma_2 = \mathbf{738,9 \text{ MPa}} \quad (5.17)$$

Řez B-B:

$$\sigma_0 = 205,6 \text{ MPa} \quad (5.18)$$

$$\sigma_1 = 605,6 \text{ MPa} \quad (5.19)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 + R_{mT} \cdot \frac{b_2}{h_2} = 605,6 + 40 \cdot \frac{20}{14} \quad (5.20)$$

$$\sigma_3 = 662,7 \text{ MPa}$$

Řez C-C:

$$\sigma_0 = 205,6 \text{ MPa} \quad (5.21)$$

$$\sigma_1 = 605,6 \text{ MPa} \quad (5.22)$$

$$\sigma_4 = \sigma_1 + R_{mT} \cdot \frac{b_3}{h_3} = 605,6 + 40 \cdot \frac{10}{13} \quad (5.23)$$

$$\sigma_4 = 636,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_5 = \sigma_2 + R_{mT} \cdot \frac{b_4}{h_4} = 605,6 + 40 \cdot \frac{10}{7} \quad (5.24)$$

$$\sigma_5 = 693,5 \text{ MPa}$$

Řez D-D:

$$\sigma_0 = 205,6 \text{ MPa} \quad (5.25)$$

$$\sigma_1 = 605,6 \text{ MPa} \quad (5.26)$$

$$\sigma_6 = \sigma_0 + R_{mT} \cdot C_0 \cdot \frac{b_5}{h_5} = 205,6 + 40 \cdot 4 \cdot \frac{20}{4} \quad (5.27)$$

$$\sigma_6 = 800 \text{ MPa}$$

2. Vyčíslí se plocha pod křivkou napětí v jednotlivých řezech výkovku. Plochy pod křivkami napětí jsou základem pro sestrojení grafu: $A = f(L)$.

Plochy pod křivkami A:

$$A_0 = \sigma_0 \cdot B = 205,6 \cdot 40 \quad (5.28)$$

$$A_0 = 8\,224 \text{ MPa} \cdot \text{mm}$$

$$A_1 = \sigma_1 \cdot B = 605,6 \cdot 40 \quad (5.29)$$

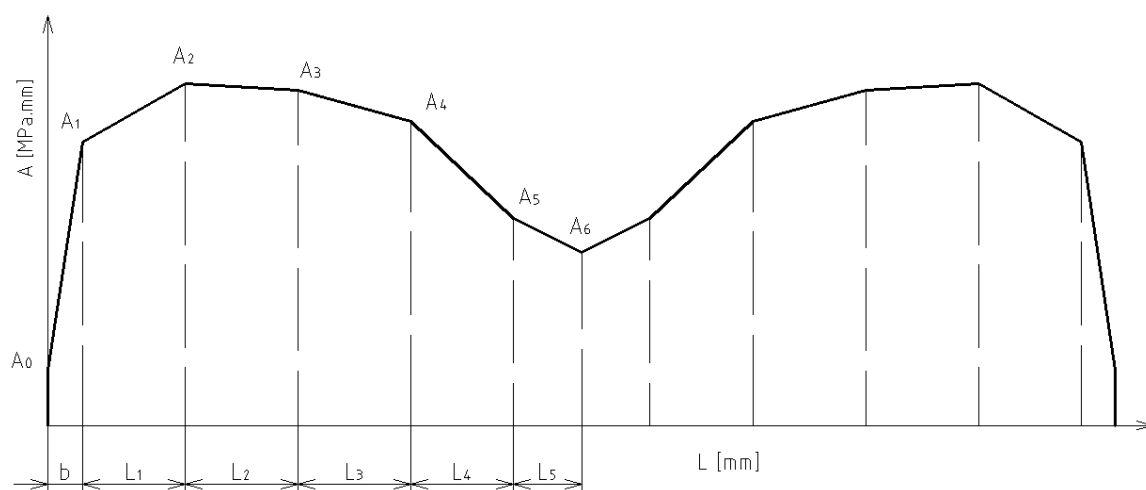
$$A_1 = 24\,224 \text{ MPa} \cdot \text{mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= A_{A-A} = (\sigma_0 + \sigma_1) \cdot b + (\sigma_1 + \sigma_2) \cdot b_1 \\
 A_2 &= (205,6 + 605,6) \cdot 5 + (605,6 + 738,9) \cdot 20 \\
 A_2 &= \mathbf{30\,946 \text{ MPa} \cdot \text{mm}}
 \end{aligned}
 \tag{5.30}$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= A_{B-B} = (\sigma_0 + \sigma_1) \cdot b + (\sigma_1 + \sigma_3) \cdot b_2 \\
 A_3 &= (205,6 + 605,6) \cdot 5 + (605,6 + 662,7) \cdot 20 \\
 A_3 &= \mathbf{29\,422 \text{ MPa} \cdot \text{mm}}
 \end{aligned}
 \tag{5.31}$$

$$\begin{aligned}
 A_4 &= A_{C-C} = (\sigma_0 + \sigma_1) \cdot b + (\sigma_1 + \sigma_4) \cdot b_3 + (\sigma_4 + \sigma_5) \cdot b_4 \\
 A_4 &= (205,6 + 605,6) \cdot 5 + (605,6 + 636,4) \cdot 10 \\
 &\quad + (636,4 + 693,5) \cdot 10 \\
 A_4 &= \mathbf{29\,775 \text{ MPa} \cdot \text{mm}}
 \end{aligned}
 \tag{5.32}$$

$$\begin{aligned}
 A_5 &= A_{D-D} = (\sigma_0 + \sigma_6) \cdot b_5 \\
 A_5 &= (205,6 + 800) \cdot 20 \\
 A_5 &= \mathbf{20\,112 \text{ MPa} \cdot \text{mm}}
 \end{aligned}
 \tag{5.33}$$



Obr. 5.7 Graf závislosti ploch pod křivkami napětí na souřadnicích výkovku v delší ose.

Síla vznikající od normálových napětí:

$$\begin{aligned}
 F_N &= (A_0 + A_1) \cdot \frac{b}{2} + (A_1 + A_2) \cdot \frac{L_1}{2} + (A_2 + A_3) \cdot \frac{L_2}{2} + (A_3 + A_4) \cdot \frac{L_3}{2} \\
 &\quad + (A_4 + A_5) \cdot \frac{L_4}{2} + (A_3 + A_2) \cdot \frac{L_5}{2} + (A_2 + A_5) \cdot \frac{L_5}{2} \\
 F_N &= (8\,224 + 24\,224) \cdot \frac{5}{2} + (24\,224 + 30\,946) \cdot \frac{15}{2} \\
 &\quad + (30\,946 + 29\,422) \cdot \frac{16,5}{2} \\
 &\quad + (29\,422 + 29\,775) \cdot \frac{16,5}{2} + (29\,775 + 29\,422) \cdot \frac{15}{2} \\
 &\quad + (29\,422 + 30\,946) \cdot \frac{10}{2} + (30\,946 + 20\,112) \cdot \frac{10}{2} \\
 F_N &= \mathbf{2\,482\,413,75\,N}
 \end{aligned} \tag{5.34}$$

Síla vynikající od tangenciálních napětí:

$$\begin{aligned}
 F_t &= \frac{R_{mT}}{2} \cdot S' = \frac{R_{mT}}{2} \{ (2 \cdot L + 2 \cdot B) \cdot b + [2 \cdot (L - 2 \cdot L_1)] \cdot h_2 \} \\
 &= \frac{40}{2} \cdot \{ (2 \cdot 146 + 2 \cdot 40) \cdot 5 + [2 \cdot (146 - 2 \cdot 15)] \cdot 14 \} \\
 F_t &= \mathbf{124\,560\,N}
 \end{aligned} \tag{5.35}$$

Celková kovací síla:

$$\begin{aligned}
 F_k &= F_N + F_t = 2\,482\,413,75 + 124\,560 \\
 F_k &= \mathbf{2\,606\,973,75\,N = 2,6\,MN}
 \end{aligned} \tag{5.36}$$

Celková kovací síla je výpočtem stanovena na 2,6 MN. Zvolený kovací lis o jmenovité síle 6,3 MN tedy vyhovuje.

5.5 Stanovení rozměrů dutiny

Při stanovení rozměrů dutiny v zápustce se vychází z hodnot smršťování pro zvolený materiál z kovací teploty, dále z tolerance výkovku a z mezních úchylek výkovku.

Všechny rozměry dokončovací dutiny, které přesahují 10 mm, se zvětšují vůči jmenovitým rozměrům o hodnotu smrštění. Smrštění se nevztahuje na spojovací rádiusy.

Pro zvýšení životnosti zápustek se u vnějších rozměrů dutiny mohou využívat minusové mezní úchytky výkovku. Naopak tomu je u vnitřních rozměrů, u nichž využíváme plusové mezní úchytky výkovku. U rozměrů hloubek lze využívat plusové mezní úchytky [6].

5.5.1 Smrštění materiálu

Hodnoty smrštění se stanoví ze součinitelů tepelné délkové roztažnosti a teploty kování pro konkrétní materiál podle údajů výrobce materiálu nebo materiálových listů. Informativní hodnoty smrštění pro jednotlivé druhy materiálu jsou uvedeny v tabulce 5.11.

Tab. 5.11 Hodnoty smrštění u jednotlivých materiálů [6].

Materiál	Smrštění [%]	Materiál	Smrštění [%]
Běžné oceli	1,0 až 1,3	Mosaz	1,0 až 1,7
Ložiskové oceli	1,5	Slitiny Al	0,6 až 1,0
Austenitické oceli	1,5 až 2,0	Al Bronz	1,0 až 1,3

Při stanovení konečné hodnoty smrštění je nutno současně zvažovat vliv materiálu i tvar výkovku. Hodnota smrštění je funkcí kovací teploty. U výkovků kovaných v oblasti nejmenší kovací teploty se uvažuje s hodnotami smrštění o 1/3 nižšími.

U největšího délkového rozměru podélných výkovků jako jsou ojnice nebo páky se hodnota smrštění uvedená v tabulce 5.11 zpravidla zvětšuje o 50 %. Pro běžné oceli nejvíce 1,8 % [6].

Pro zadanou součást je hodnota smrštění zvolena na 1 %.

5.5.2 Mezní úchyly rozměrů dokončovací dutiny zápustky

Pro rozměry vnější se berou hodnoty úchylek rozměrů dutiny plusové a pro rozměry vnitřní se berou úchyly rozměrů dutiny minusové [6].

Tab. 5.12 Mezní úchyly rozměrů dokončovací dutiny zápustky [6].

Jmenovitý rozměr		Mezní úchyly	
přes	do	⊥	//
0	25	0,06	0,07
25	40	0,07	0,1
40	63	0,08	0,12
63	100	0,1	0,15
100	160	0,12	0,2
160	250	0,15	0,25
250	400	0,2	0,3
400	630	0,3	0,45
630	1000	0,4	0,6
Použité značky			
⊥ kolmo k rázu			
// ve směru rázu			

Mezní úchytky rozměrů předkovací dutiny jsou přibližně dvojnásobné vzhledem k mezním úchytkám rozměru dokončovací dutiny.

Při požadavku dosažení větší přesnosti důležitých rozměrů se mezní úchytky předepisují přímo na výkrese [6].

5.6 Výpočet síly na ostřížení výkovku

Tab. 5.13 Výběr ustříhovacího lisu podle energosilových veličin základního tvářecího stroje [1].

Hmotnost beranu bucharu [t]	Síla svislého kovacího lisu [MN]	Síla ostříhovacího lisu [MN]
0,5	6,3	1
0,75	10	1,25
1		1,6
1,5 až 2	16	2
2,5 až 3	25	3,15
4 až 5	40	4
6	63	4 až 5
8		5 až 6,3
10		6,3 až 8
12		8 až 12,6
15		12,6 až 16

Orientační hodnota síly ostříhovacího lisu je podle tabulky 5.13 **1 MN**.

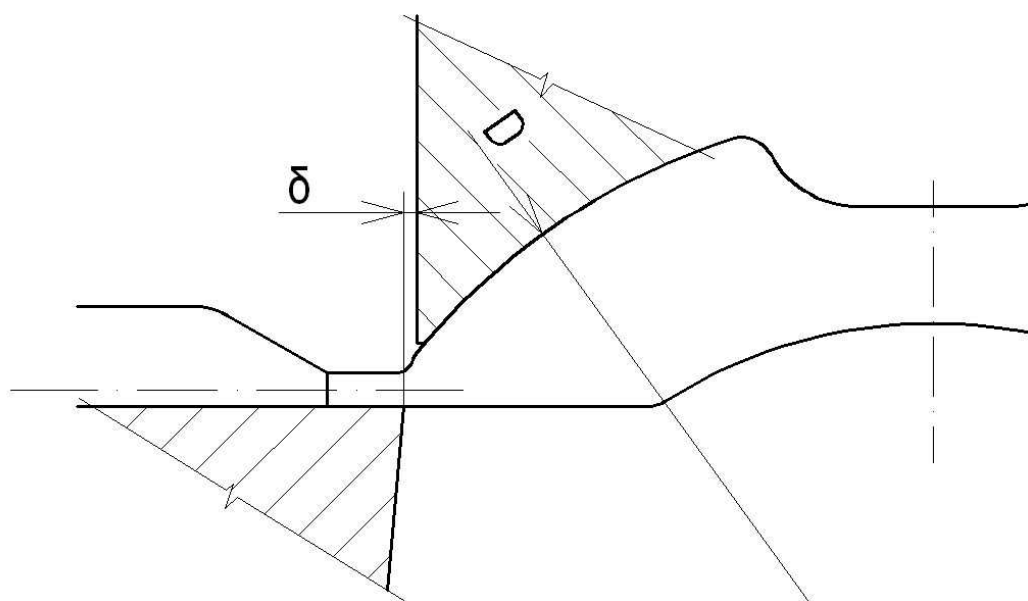
τ_s pro zvolený materiál 14 220 je **560 MPa** [12]. Operace ostřížení výronku bude zařazena hned po kování, a proto bude jeho teplota kolem 800 °C. Pevnost materiálu za této teploty je podle tabulky 5.10 **126 MPa**.

n je součinitel vlivu otupení nožů => volím **1,2**

$$\begin{aligned}
 F_s &= \tau_s \cdot t_1 \cdot n \cdot O = 0,8 \cdot R_{mT} \cdot h \cdot n \cdot (2 \cdot L + 2 \cdot B) + 0,8 \cdot R_{mT} \cdot h_s \cdot n \cdot 2 \cdot B \\
 &= 0,8 \cdot 126 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot (2 \cdot 146 + 2 \cdot 40) + 0,8 \cdot 126 \cdot 4 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 40
 \end{aligned}
 \tag{5.37}$$

$$F_s = 128\,701\,N = \mathbf{129\,kN}.$$

Síla potřebná na ostřížení výkovku je výpočtem stanovena na 129 kN. Tuto sílu předpokládáme až dvojnásobnou vlivem rozdílné teploty. Z toho vyplývá, že zvolený ostříhovací lis LKOA 200 vyhovuje.



Obr. 5.8 Základní konstrukční prvky ostříhovadla pro provedení b) podle tabulky 5.14 [1].

Tab. 5.14 vůle mezi střížníkem a střížnicí ostříhovadla [1].

Provedení střížníku	h nebo D [mm]	δ [mm]
a)	do 5	0,3
	5 až 10	0,5
	10 až 19	0,8
	19 až 24	1
	25 až 30	1,2
	nad 30	1,5
b)	do 20	0,3
	20 až 30	0,5
	30 až 48	0,8
	48 až 59	1
	59 až 70	1,2
	nad 70	1,5
c)		0,3

Z tabulky 5.14 se podle rozměrů výkovku volí střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí **0,8 mm**. Střížná vůle je zobrazena na obrázku 5.8.

5.7 Výrobní postup

1. Stříhání

Výchozí tyčový materiál se dělí pomocí stříhání na ústřížky o délce 119^{+1} mm a o hmotnosti 0,54 kg na děličce tyčového materiálu TNS 63 [14].

2. Kontrola délky a jakosti

Každých 30 minut provede pracovník kontroly kontrolu délky pomocí posuvného měřítka a jakost čelních ploch ústřížku.

3. Kování

V kovací lince se nastříhaný materiál nejdříve ohřívá pomocí indukčního ohřevu na kovací teplotu 1100 ± 70 °C. V další části linky dochází k předkování na pneumaticko - hydraulickém bucharu KHZ - 2A v předkovací dutině zápustky a následně k vlastnímu kování v dokončovací zápustce na klikovém kovacím lisu LKJA 630 o jmenovité tvářecí síle 6,3 MN. Dále dojde k ostřížení výronkové drážky na ostřihovacím lisu LKOA 200. Hmotnost výkovku nyní činí 0,203 kg [14].

4. Kontrola ohřevu a rozměrů výkovku

Pracovník kontroluje, zda takt ohřevu trvá předepsanou dobu a tím i odpovídající teplotu ohřevu. Dále kontroluje rozměry výkovku. Četnost kontroly: jednou za hodinu.

5. Tepelné zpracování

Výkovky se dále žíhají na odstranění vnitřního pnutí, které vzniklo v předešlých operacích tepelným a mechanickým namáháním. Žíhá se z důvodu lepší obrobiteľnosti, přičemž žíhací teplota se volí co nejbližší A_1 . Je to proto, že čím je vyšší teplota žíhání, tím jsou zbylá pnutí v materiálu menší.

6. Tryskání

Na bubnovém tryskači GG – 150 s gumovým pásem a s kapacitou 600 kg [15].

7. Konečná kontrola

Kontroluje se vzhled u všech výkovků. Sleduje povrchové vady, zaoblení, otřep, dále se u 10 % výkovků kontrolují délkové rozměry.

6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V technicko – ekonomickém zhodnocení se zjišťuje, jestli je navrhovaná technologie přijatelná z hlediska nákladů na výrobu. Vypočítá se spotřeba materiálu, která je u zápusťkového kování nižší než u jiných technologií výroby jako je například technologie obrábění. Vychází se z kalkulačního vzorce, pomocí něhož zjišťujeme náklady na výrobu dané součásti. Náklady se dělí na variabilní a fixní:

Variabilní náklady jsou ty, které musíme vynaložit na výrobu každého kusu. Pro určení těchto nákladů musíme stanovit náklady na přímé mzdy, přímý materiál, provozní náklady a režijní náklady.

Fixní náklady jsou náklady, které musíme vynaložit ještě před zahájením výroby součásti. Tyto náklady nejsou závislé na počtu vyráběných kusů. Patří sem například náklady na pořízení stroje, náklady na speciální nářadí a přípravky, na vypracování výrobní dokumentace.

Náklady na výrobu jednoho kusu

A) Náklady na materiál

Polotovár se dodává v různých délkách. S přihlédnutím na manipulaci s materiálem je zvolena výchozí délka tyče 6 000 mm. Potom počet ústřížků z jedné tyče bude:

$$n_{\dot{u}} = \frac{L_t}{L_0} = \frac{6\,000}{120} \quad (6.1)$$

$n_{\dot{u}} = 50 \text{ ks.}$

Dále určíme počet tyčí za rok, což vychází z výrobní dávky 300 000 ks/rok, přičemž z jednoho ústřížku vyrobíme dvě součásti:

$$n_t = \frac{D_v}{2 \cdot n_{\dot{u}}} = \frac{300\,000}{2 \cdot 50} \quad (6.2)$$

$n_t = 3\,000 \text{ ks.}$

Náklady na materiál jsou potom hmotnost tyčí spotřebovaných za rok vynásobena cenou za jeden kilogram 21 Kč [13]:

$$m_t = B_t \cdot H_t \cdot L_t \cdot \rho \cdot n_t = 0,032 \cdot 0,018 \cdot 6.7\,850 \cdot 3\,000 \quad (6.3)$$

$m_t = 81\,388,8 \text{ kg.}$

$$N_m = m_t \cdot C_m = 81\,388,8 \cdot 21 \quad (6.4)$$

$N_m = 1\,709\,164,8 \text{ Kč.}$

Náklady na materiál za rok budou tedy 1 709 164,8 Kč. Nyní určíme cenu materiálu na jeden kus:

$$N_{m1} = \frac{N_m}{D_v} = \frac{1\,709\,164,8}{300\,000} \quad (6.5)$$

$$N_{m1} = 5,7 \text{ Kč.}$$

B) Mzdy výrobních dělníků

Průměrná hrubá měsíční mzda kvalifikovaných dělníků činí 20 683 Kč. K tomu připočítáme sociální a zdravotní pojištění, které činí 35 % pro zaměstnavatele. Podnik tedy průměrně zaplatí **27 922 Kč/měsíc** za jednoho kvalifikovaného dělníka [16].

Dále podle tabulky 6.1 jsou jednotlivé časy:

Jednotkový čas $t_A = 2,1 \text{ Nmin}$

Dávkový čas $t_B = 240 \text{ Nmin}$ na jednu dávku. Dávka se stanovuje na **1000 ks**.

Pracnost jedné operace potom bude:

$$t = t_A + \frac{t_B}{D_v} = 2,1 + \frac{240}{1000} \quad (6.6)$$

$$t = 2,34 \text{ Nmin.}$$

V jedné operaci se vyrobí dva výkovky, takže pracnost pro jeden kus bude:

$$t_1 = \frac{t}{2} = \frac{2,34}{2} \quad (6.7)$$

$$t_1 = 1,17 \text{ Nmin/ks.}$$

Přímá mzda se vypočítá:

$$M_p = t_1 \cdot M \cdot n = 1,17 \cdot \frac{27\,922 \cdot 12}{260 \cdot 60 \cdot 8} \cdot 6 \quad (6.8)$$

$$M_p = 18,8 \text{ Kč/ks.}$$

Tab. 6.1 Tabulka časů pro jednotlivé operace.

Pracoviště	Počet pracovníků	Čas dávkový	Čas jednotkový
Dělení	1	20	0,1
Kování	2	110	0,6
Ostřížení	1	110	0,2
Tepelné zpracování	1	0	1,1
Tryskání	1	0	0,1
Celkem	6	240	2,1

C) Ostatní náklady

Ostatní přímé náklady se určí z přímých mezd. Platí, že jsou přibližně 200 % z přímých mezd.

$$N_{\text{ost}} = M_p \cdot \frac{200}{100} = 18,8 \cdot \frac{200}{100}$$

$$N_{\text{ost}} = \mathbf{37,6 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.9)

D) Provozní režie

Provozní režie jsou zvoleny na hodnotu 800 % z přímých mezd.

$$N_{\text{pro}} = M_p \cdot \frac{800}{100} = 18,8 \cdot \frac{800}{100}$$

$$N_{\text{pro}} = \mathbf{150,4 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.10)

Vlastní náklady výroby:

$$N_{\text{vl}} = N_{\text{m1}} + M_p + N_{\text{ost}} + N_{\text{pro}} = 5,7 + 18,8 + 37,6 + 150,4$$

$$N_{\text{vl}} = \mathbf{212,5 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.11)

E) Správní režie

Stanovuje se jako 200 % z přímých mezd.

$$N_{\text{sp}} = M_p \cdot \frac{200}{100} = 18,8 \cdot \frac{200}{100}$$

$$N_{\text{sp}} = \mathbf{37,6 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.12)

Vlastní náklady výkonu:

$$N_{\text{výk}} = N_{\text{vl}} + N_{\text{sp}} = 212,5 + 37,6$$

$$N_{\text{výk}} = \mathbf{250,1 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.13)

F) Odbytové náklady

Odbytové náklady stanovujeme jako 25 % z přímých mezd.

$$N_{\text{od}} = M_p \cdot \frac{25}{100} = 18,8 \cdot \frac{25}{100}$$

$$N_{\text{od}} = \mathbf{4,7 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.14)

Úplné vlastní náklady výkonu:

$$N_{\text{úp}} = N_{\text{výk}} + N_{\text{od}} = 250,1 + 4,7$$

$$N_{\text{úp}} = \mathbf{254,8 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.15)

G) Zisk

Zisk se stanovuje na 10 % z úplných vlastních nákladů výkonu:

$$Z = N_{\text{úp}} \cdot \frac{10}{100} = 254,8 \cdot \frac{10}{100}$$

$$Z = \mathbf{25,5 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.16)

Celková nákladová cena jednoho kusu potom je:

$$N_c = N_{\text{úp}} + Z = 254,8 + 25,5$$

$$N_c = \mathbf{280,3 \text{ Kč/ks.}}$$
(6.17)

Tab. 6.2 Přehled kalkulace nákladů (Uvedené hodnoty jsou v korunách za jeden kus).

Kalkulace nákladů	
Přímý materiál	5,7
Přímé mzdy	18,8
Ostatní přímé náklady	37,6
Provozní režie	150,4
Vlastní náklady výroby	212,5
Správní režie	37,6
Vlastní náklady výkonu	250,1
Odbytové náklady	4,7
Úplné vlastní náklady výkonu	254,8
Zisk	25,5
Nákladová cena	280,3

V technicko-ekonomickém zhodnocení je stanovena cena jednoho výrobku, která je uvedena v tabulce 6.2. Tato cena je pouze orientační, jelikož skutečné výrobní náklady se mohou lišit od zvolených. Jednotlivé procenta byla zvolena pouze orientačně s ohledem na druh podniku a s přihlédnutím na manipulační a skladovací prostory.

Ve výpočtu nákladové ceny výkovku vycházíme z kalkulačního vzorce. Ten se stanovuje sečtením všech nákladů potřebných na výrobu jednoho výkovku, mezi které patří:

- 1) Přímý materiál – se volí s ohledem na dodávaný tyčový polotovár, kdy z jedné tyče o délce 6 000 mm získáme 100 ks výkovků. Tedy vypočítáme cenu za jednu tyč a vydělíme počtem kusů, které z ní získáme. Nevyužitelný zbytek tyče je tedy rozpočítán mezi výkovky.
- 2) Přímé mzdy – pro zjednodušení se berou průměrné mzdy kvalifikovaného dělníka stejné pro všechny druhy operací.
- 3) Ostatní přímé náklady – se volí poměrem k přímým mzdám, jelikož nejsou k dispozici přesné údaje o výrobě.
- 4) Provozní režie – jsou náklady spojené s provozem a výrobou. Patří sem například spotřeba formulářů, mazadel, opravy a udržování, všechny druhy energií nebo opotřebení výrobních strojů.
- 5) Správní režie – jsou náklady, které souvisejí s řízením a správou podniku.
- 6) Odbytové náklady – souvisí se skladováním, prodejem expedicí a uzavírání kupních smluv.
- 7) Zisk – se stanovuje s přihlédnutím na požadavky zákazníka a na představě vedení společnosti.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce pojednává o problematice zápustkového kování, uvádí jeho výhody a nevýhody a obsahuje potřebné informace pro zpracování všech potřebných údajů na stanovení zadané technologie. Z těchto podkladů byl určen tvar výkovku podle skutečného tvaru součásti a jeho mezní úchyly rozměrů a tvarů. Podle objemu výkovku je určena jeho hmotnost na 0,203 kg. V dalším kroku je určena celková tvářecí síla podle ČSN 22 8306 pro nekruhové výkovky kované na svislých kovacích lisech. Tato síla je vyčíslena na 2,6 MN a podle ní je zvolen klikový kovací lis LKJA 630 o jmenovité síle 6,3 MN. Po operaci kování následuje ostřížení výronku. Síla potřebná na ostřížení výronku je vyčíslena na 129 kN při teplotě 800 °C. Z důvodu nestálosti teploty výronku je zvolen ostřihovací lis LKOA 200 o jmenovité síle 2 MN.

Poslední část diplomové práce se zabývá ekonomickým hlediskem, ve kterém se stanovují jednotlivé náklady na výrobu jednoho kusu. Mezi tyto náklady řadíme podle kalkulačního vzorce přímý materiál, přímé mzdy, ostatní přímé náklady, správní režii, odbytové náklady a zisk. Orientační cena jednoho výkovku byla vyčíslena na 280,3 Kč. Tato cena je dále zpracována obchodním oddělením, které rozhodne jeho konečnou hodnotu v závislosti na požadavky majitele nebo na požadovaný zisk.

Doporučením pro kování tohoto výkovku je kování více výkovků pro snížení jeho nákladové ceny, nebo použití automatizace, která zajistí rychlejší manipulační časy a tím i efektivnější výrobu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ELFMARK, J., a kol. *Tváření kovů*, Praha: Nakladatelství technické literatury, 1991, 524 s. ISBN 80-03-00651-1.
- [2] DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ K. *Technologie tváření plošné a objemové tváření*, 2.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [3] FOREJT, M. *Teorie tváření*, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 167 s. ISBN 80-214-2764-7.
- [4] *Technologie II - tváření kovů*.: [online]. 2005 [cit. 2010-04-14]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/02.htm
- [5] FERMUNT, P., KREJČÍK, J., PODRÁBSKÝ, T. *Nástrojové oceli*, Brno, 1994, 229 s.
- [6] ČSN 22 8306. *Tvářecí nástroje – Zápustky pro svislé kovací lisy – technické požadavky na konstrukci*. Praha: Český normalizační institut, 1990. 39s.
- [7] SOBEK, E., BRANDEJS, J., DVOŘÁČEK, J., MAZAL, P., SVOBODA, F. *Základy konstruování*, Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 111 s. ISBN 80-7204-331-5.
- [8] LEINVEBER, J., ŘASA, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky*. SCIENTIA PRAHA, 1999, ISBN 80-7183-164-6
- [9] *Kruhová úseč*. In *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 23. 3. 2006, last modified on 17. 2. 2010 [cit. 2010-05-24]. Dostupné z WWW:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kruhov%C3%A1_%C3%B5se%C4%8D>.
- [10] ČSN 42 9002. *Rozdělení zápustkových výkovků podle složitosti tvaru*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1982. 19s.
- [11] ČSN 42 9030. *Výkovky ocelové zápustkové – Přidavky na obrábění, mezní úchytky rozměrů a tvarů*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1987 20s.
- [12] NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha, SNTL Praha, 1980. 216 s.

- [13] *FS KLADNO - Prodejní sortiment ocelí.*: [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. Dostupný z WWW: <http://www.fskladno.cz/SkladoveZasoby.aspx>
- [14] *Svaz strojírenské technologie – katalog.*: [online]. 2010 [cit. 2010-05-23]. Dostupný z WWW: <http://www.sst.cz/katalog/product-types>
- [15] *TECA – BRNO – bubnové tryskače.*: [online]. 1997 [cit. 2010-05-23]. Dostupné z WWW: <http://www.teca.cz/>
- [16] HOLÁNOVÁ , Eva. *Unicorn college* [online]. 2007 [cit. 2010-05-24]. Jak provádíme výpočet průměrného platu?. Dostupné z WWW: <<http://www.vojtaplus.estranky.cz/stranka/prumerny-plat-v-cechach>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
a_{KRIT}	-	Měrná přetvárná práce
B_{vs}	mm	Střední výška výkovku
B, D	mm	největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu
B_0	mm	Šířka polotovaru
E		Elektromotorická síla
f	1/s	Kmitočet
$\varnothing_{max.}$	mm	amplituda magnetického toku
F_k	N	Výsledná kovací síla
F_N	N	Síla od normálových napětí
F_t	N	Síla od tangenciálních napětí
F_s	N	Síla na ostřížení výkovku
H	mm	Největší výška výkovku
H_0	mm	Výška polotovaru
H_D	mm	Největší hloubka zápustkové dutiny
h, h_m	mm	Výška výronku
H_z	mm	Výška zápustky
H_{zmin}	mm	nejmenší výška zápustky
L_o	mm	Délka polotovaru
L_v	mm	Délka výkovku
L_t	mm	Délka tyče
m_b	kg	Hmotnost beranu
m_o	kg	Hmotnost polotovaru
m_o	kg	Hmotnost tyče
n_k	1/s	Minimální počet obrátek
$n_{\dot{u}}$	1/min	Úderová četnost
O	mm	Obvod
o	%	Opal
PKV	-	Příčné klínové válcování
r, R	mm	Zaoblení
R_{mT}	MPa	Pevnost materiálu za teploty
S_v	mm ²	Plošný obsah vodorovného průmětu výkovku
S_{vrd}	mm ²	Plošný obsah příčného průřezu výronkové drážky
V	mm ³	Objem polotovaru
V_{KRIT}	m/s	Kritická rychlost
v_n	m/s	Rychlost pohybu nástroje
V_o	mm ³	Objem opalu
V_v	mm ³	Objem výkovku
V_{vr}	mm ³	Objem výronku
ε	-	Poměrná deformace
ε_k	-	Kritická deformace
ρ	kg/m ³	Měrná hmotnost materiálu
σ_p	MPa	Přirozený deformační odpor
φ	m/s	Rychlost deformace

α, β	°C	Úhly
W	kJ	Rázová energie
C_0	-	Součinitel snížení plasticity materiálu v oblasti výronku vlivem poklesu teploty
σ_{1-6}	MPa	Napětí v jednotlivých řezech
A_{0-5}	MPa.mm	Plochy pod křivkou
τ_s	MPa	Pevnost ve stříhu
δ	mm	Střížná vůle
t	mm	Stříhaná tloušťka
n	-	Koeficient otupení
$n_{\dot{u}}$	-	Počet ústřížků z jedné tyče
n_t	-	Počet tyčí za rok
D_v	ks	Výrobní dávka
N_m	kč	Náklady na materiál
N_{m1}	kč	Náklady na materiál na jeden kus
N_{ost}	kč	Ostatní přímé náklady
N_{pro}	kč	Provozní režie
N_{vl}	kč	Vlastní náklady výroby
N_{sp}	kč	Správní režie
$N_{výk}$	kč	Vlastní náklady výkonu
N_{od}	kč	Odbytová režie
$N_{úp}$	kč	Úplné vlastní náklady výkonu
N_c	kč	Celková nákladová cena
Z	kč	Zisk
C_m	kč	Cena jednoho kilogramu
t_A	min	Jednotkový čas
t_B	min	Dávkový čas
t	Nmin/ks	Pracnost na jednu operaci
t_1	Nmin/ks	Pracnost na jeden kus
M_p	kč	Přímá mzda
M	kč	Průměrná hodinová mzda

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Dělička tyčového materiálu za studena TNS 63
- Příloha 2 Pneumaticko-hydraulický buchar KHZ – 2A
- Příloha 3 Lis klikový jednobodový LKJA 630
- Příloha 4 Ostříhovací lis LKOA 200
- Příloha 5 Ideální předkovek
- Příloha 6 Stupeň přesnosti
- Příloha 7 Mezní úchytky a tolerance rozměrů výkovku pro stupeň přesnosti 5
- Příloha 8 Mezní úchytky a tolerance rozměrů výkovku pro stupeň přesnosti 6
- Příloha 9 Řezy pro stanovení kovací síly
- Příloha 10 Držák blatníku, číslo výkresu: 4-DP5O/69-01
- Příloha 11 Výkovek, číslo výkresu: 4-DP5O/69-02
- Příloha 12 Dolní zápustka, číslo výkresu: 2-DP5O/69-03
- Příloha 13 Horní zápustka, číslo výkresu: 2-DP5O/69-04
- Příloha 14 Postupový list

Příloha 1

Dělička tyčového materiálu za studena TNS 63



Hlavní technické údaje

Pracovní rozsah

Tvářecí síla	2500 [kN]
Max. průměr tyče při MPa 450	63 [mm]
Max. průměr tyče při Mpa 650	55 [mm]
Max. průměr tyče při Mpa 800	45 [mm]
Rozsah stříhaných délek	0,8 - 500 [mm]
Objemová přesnost ústřížku	1 [%]
Max. délka tyče	6000 [mm]
Min. délka tyče	2500 [mm]

Stroj

Celkový příkon	32,0 [kVA]
----------------	-------------------

Příslušenství

Nástroje dle požadavku zákazníka
Palety
Vozík na palety
Západkový klíč na natáčení stroje

Příloha 2

Pneumaticko-hydraulický buchar KHZ – 2A



Hlavní technické údaje

Pracovní rozsah

Tvářecí energie	20 [kJ]
Upínací plocha zápustek	286x440 [mm]
Nejmenší výška zápustek	250 [mm]
Síla spodního vyhazovače	50 [kN]
Zdvih spodního vyhazovače	30 [mm]
Max. zdvih beranu	400 [mm]
Počet zdvihů beranu	20 - [1/min]

Stroj

Celkový instalovaný výkon	37,0 [kW]
---------------------------	------------------

Příslušenství

Základový materiál
Elektropropojení mezi svorkovnicí hydraulického agregátu a elektroskříní
Hydraulické upínání zápustek
Protihlukový kryt pracovního prostoru

Příloha 3

Lis klikový jednobodový LKJA 630



Hlavní technické údaje

Pracovní rozsah

Tvářecí síla **6300** [kN]

Sevření **750** [mm]

Stůl

Upínací plocha **1200 x 1350** [mm]

Zdvih přídržovače **150** [mm]

Beran

Upínací plocha **1000 x 1200** [mm]

Zdvih **400** [mm]

Počet zdvihů **18** [1/min]

Výkon hlavního motoru **55** [kW]

Příslušenství

Brzda setrvačníku

Spodní vyrážec-přidržovač

Vyrážec v beranu

Měření lisovací síly

Zařízení pro zakládání a manipulaci

Regulační pohon

Vybavení nástroji podle zadání zákazníka

Příloha 4

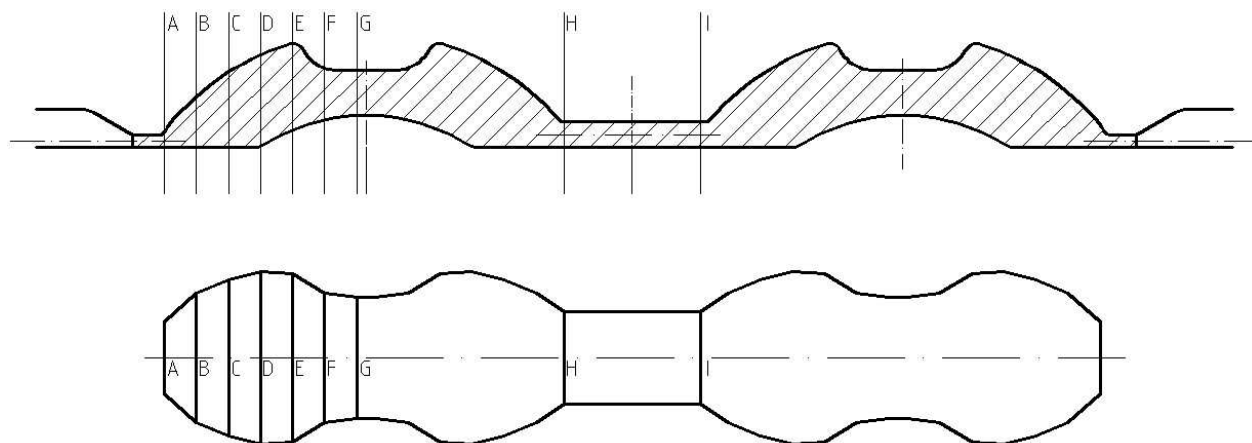
Ostřihovací lis LKOA 200



Jmenovitá tvářecí síla	[kN]	2000
Zdvih	[mm]	180
Sevření	[mm]	600
Přestavení beranu	[mm]	100
Počet zdvihů	[1/min]	55
Rozměr stolu	[mm]	1415x1000
Rozměr beranu	[mm]	1300x800

Příloha 5

Konstrukce ideálního předkovku



Řez A: $S_A = 97,6 \text{ mm}^2$,
 $D_A = 11,15 \text{ mm}$.

Řez F: $S_F = 321,36 \text{ mm}^2$,
 $D_F = 20,23 \text{ mm}$.

Řez B: $S_B = 319,24 \text{ mm}^2$,
 $D_B = 20,16 \text{ mm}$.

Řez G: $S_G = 281,36 \text{ mm}^2$,
 $D_G = 18,93 \text{ mm}$.

Řez C: $S_C = 469,24 \text{ mm}^2$,
 $D_C = 24,44 \text{ mm}$.

Řez H: $S_H = 160 \text{ mm}^2$,
 $D_H = 14,27 \text{ mm}$.

Řez D: $S_D = 571,8 \text{ mm}^2$,
 $D_D = 26,98 \text{ mm}$.

Řez I: $S_I = 160 \text{ mm}^2$,
 $D_I = 14,27 \text{ mm}$.

Řez E: $S_E = 538,08 \text{ mm}^2$,
 $D_E = 26,17 \text{ mm}$.

Příloha 6

Tabulka pro určení stupně přesnosti [11].

Tvarový druh	Tvarová třída	Tvarová skupina	Tvarová pod - skupina	Techno- logické hledisko	Stupeň přesnosti pro provedení					
					1		2		3	
					obvyklé		přesné		velmi přesné	
					⊥	//	⊥	//	⊥	//
4; 6; 7	•	1; 5	•	1 až 2	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 6; 7			5	6	4	5	3	4
		4; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	1; 5	•	3; 4; 5	5	5	4	4	3	3
		2; 3; 4			5	6	4	5	3	4
		6; 7; 8			6	7	5	6	4	5
4; 5; 6; 7	1 až 5; 9	•	•	6; 7; 8; 9	6	7	5	6	4	5
	6 až 8				7	7	6	6	5	5
8	1 až 8	1; 2; 3; 4	•	•	6	7	5	6	4	5
		5; 6			7	7	6	6	5	5
8	9	1; 2	•	•	6	7	5	6	4	5
		3; 4; 5; 6 7			7	7	6	6	5	5
9; 0	•	1; 2; 3; 4	•	•	6	6	5	5	4	4
		5; 6; 7; 8			7	7	6	6	5	5

Příloha 7

Tabulka mezních úchylek pro stupeň přesnosti 5 [11].

Největší průměr výkovku D ve směru kolmo k rázu [mm]		Rozměr výkovku ve směru rázu H [mm]							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
do 25	Mezní úchylky	0,6	0,6	0,7	0,8	1			
		-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4			
	Tolerance	0,9	1	1,1	1,2	1,4			
přes 25 do 40	Mezní úchylky	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2		
		-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6		
	Tolerance	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8		
přes 40 do 63	Mezní úchylky	0,9	1	1	1,1	1,2	1,4		
		-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6		
	Tolerance	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2		
přes 63 do 100	Mezní úchylky	1	1,1	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	
		-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	
	Tolerance	1,5	1,6	1,7	1,8	2	2,2	2,5	
přes 100 do 160	Mezní úchylky	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	
		-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	
	Tolerance	1,7	1,8	1,9	2	2,2	2,4	2,7	
přes 160 do 250	Mezní úchylky	1,4	1,4	1,5	1,5	1,7	1,8	2	2,3
		-0,6	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-1	-1,2
	Tolerance	2	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3	3,5
přes 250 do 400	Mezní úchylky	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6
		-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-1	-1	-1,1	-1,3
	Tolerance	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9
přes 400 do 630	Mezní úchylky	1,9	2	2,1	2,1	2,3	2,4	2,6	3
		-1	-1	-1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,4
	Tolerance	2,9	2	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	4,4
přes 630 do 1000	Mezní úchylky	2,5	2,6	2,7	2,7	2,9	3	3,2	3,5
		-1,3	-1,3	-1,3	-1,4	-1,4	-1,5	-1,6	-1,8
	Tolerance	3,8	3,9	4	4,1	4,3	4,5	4,8	5,3

Příloha 8

Tab. 3 Mezní úchytky pro stupeň přesnosti 6 [11].

Největší průměr výkovku D ve směru kolmo k rázu [mm]		Rozměr výkovku ve směru rázu H [mm]							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
do 25	Mezní úchytky	1 -0,5	1,1 -0,5	1,1 -0,6	1,3 -0,6	1,4 -0,7			
	Tolerance	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1			
přes 25 do 40	Mezní úchytky	1,1 -0,6	1,2 -0,6	1,3 -0,6	1,4 -0,7	1,6 -0,7	1,8 -0,8		
	Tolerance	1,7	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6		
přes 40 do 63	Mezní úchytky	1,4 -0,6	1,4 -0,7	1,5 -0,7	1,6 -0,8	1,8 -0,8	1,9 -1		
	Tolerance	2	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9		
přes 63 do 100	Mezní úchytky	1,6 -0,8	1,7 -0,8	1,8 -0,8	1,9 -0,9	2 -1	2,2 -1,1	2,5 -1,2	
	Tolerance	2,4	2,5	2,6	2,8	3	3,3	3,7	
přes 100 do 160	Mezní úchytky	1,9 -0,9	1,9 -1	2 -1	2,1 -1,1	2,3 -1,1	2,5 -1,2	2,7 -1,4	
	Tolerance	2,8	2,9	3	3,2	3,4	3,7	4,1	
přes 160 do 250	Mezní úchytky	2,1 -1,1	2,2 -1,1	2,3 -1,1	2,4 -1,2	2,5 -1,3	2,7 -1,4	3 -1,5	3,4 -1,7
	Tolerance	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,5	5,1
přes 250 do 400	Mezní úchytky	2,5 -1,3	2,6 -1,3	2,7 -1,3	2,8 -1,4	2,9 -1,5	3,1 -1,6	3,4 -1,7	3,8 -1,9
	Tolerance	3,8	3,9	4	4,2	4,4	4,7	5,1	5,7
přes 400 do 630	Mezní úchytky	3,1 -1,5	3,1 -1,6	3,2 -1,6	3,3 -1,7	3,5 -1,7	3,7 -1,8	3,9 -2	4,3 -2,2
	Tolerance	4,6	4,7	4,8	5	5,2	5,5	5,9	6,5
přes 630 do 1000	Mezní úchytky	4,1 -2,1	4,2 -2,1	4,2 -2,2	4,4 -2,2	4,5 -2,3	4,7 -2,4	5 -2,5	5,4 -2,7
	Tolerance	6,2	6,3	6,4	6,6	6,8	7,1	7,5	8,1

Příloha 9

Charakteristické řezy pro stanovení síly

