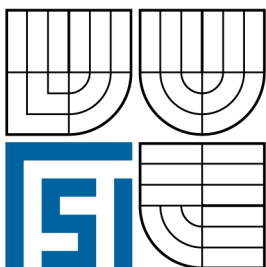


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA VNITŘNÍHO KOLA OBJEMOVÝM TVÁŘENÍM

PRODUCTION OF INTERNAL WHEEL, BY SOLID FORMING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MIROSLAV ŠIMON

VEDOUcí PRÁCE

SUPERVISOR

Ing.MILOSLAV KOPŘIVA

BRNO 2007

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Miroslav Šimon

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

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Výroba vnitřního kola objemovým tvářením

v anglickém jazyce:

Produstion of internal wheel, by solid forming

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na podkladě vypracované literární studie v daném oboru stanovit vhodnou technologii pro výrobu zadané součásti, vnitřní kolo.

Cíle bakalářské práce:

- 1) Literární rešerše problému
- 2) Stávající možnosti výroby
- 3) Návrh technologie výroby zadané součásti
- 4) Stanovení veškerých technologických dat a vypracování
- 5) Ekonomické zhodnocení
- 6) Závěr a návrh případných opatření

Seznam odborné literatury:

1. ELFMARK, Jiří, et al. Tváření kovů. Ing.Pavel Vávra. 1. vyd. Praha : SNTL Praha, 1992. 524 s. Technický průvodce; sv. 62. ISBN 80-03-00651-1.
2. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno : Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 str. Edit. VUT Brno. ISBN 80-214-0401-9
3. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1991. 187 str. Edit. VUT Brno. ISBN 80-214-0298-6
4. HAŠEK, Vladimír. Kování. 3. vyd. Praha : SNTL Praha, 1997. 732 str. ISBN 04-233-65.
5. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření : plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno : CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
6. NOVOTNÝ, Karel. Výrobní stroje - Část I. - tváření. Skripta.1. vyd., Praha, SNTL Praha, 1984, 112 s.
7. DRASTÍK, František. Výpočty z oboru kování a lisování. 1. vyd., Praha: SNTL Praha, 1991. 192 s. Edit. Makarius, M., L 13-E1-IV-41/22334/XI, DT 621.73

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miloslav Kopřiva

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

V Brně, dne 13.11.2008

L.S.

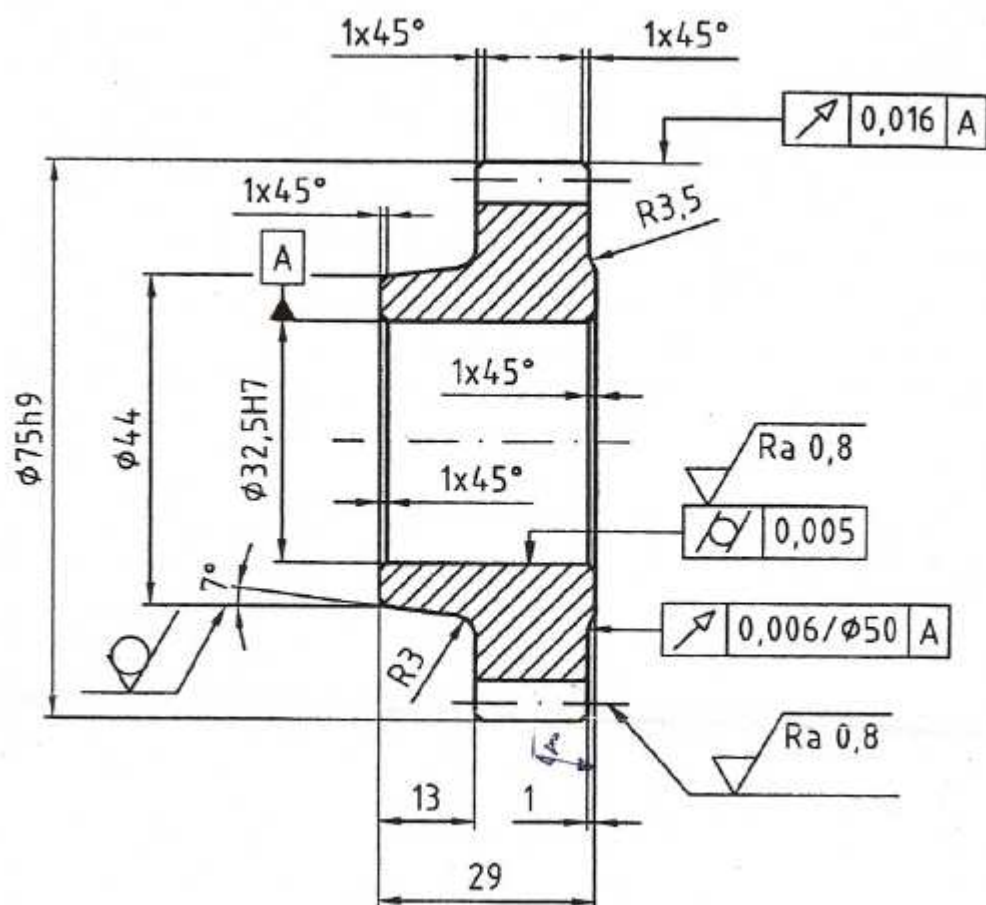
doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Zadaná součást:

Materiál: 14 220.1

Série: 150 000 ks/rok



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a svědomitě, že jsem uvedl všechny použité literární prameny, a to vše za odborného vedení vedoucího bakalářské práce.

V Praze dne 28. května 2009

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Miloslavu Kopřivovi za praktické a cenné rady při vypracování bakalářské práce.

Anotace

Šimon Miroslav: Výroba vnitřního kola objemovým tvářením

VUT-FSI v Brně, ÚST obor tváření a povrchových úprav

Bakalářská práce, květen 2009, stran: , obrázků: , tabulek: , příloh: , výkresové dokumentace: .

Cílem bakalářské práce bylo navržení nejvýhodnější technologie výroby zadané součástí objemovým tvářením. Práce obsahuje literární studii, která je zdrojem informací pro samotné řešení. Další důležitou částí je celkový technologický postup výroby dílu od návrhu polotovaru, volby stroje k hotovému výrobku. Jako nejvýhodnější se jeví zápusťkové kování na svislém kovacím lisu ve třech operacích.

Z ekonomického hlediska vyplývá, že zápusťkové kování je při použití navržené technologie výroby nejvýhodnější.

Annotation

Šimon Miroslav: Production of internal wheel, by solid forming

VUT-FSI in Brno, ÚST section of forming and surface treatment

Bachelor's thesis, May 2009, pgs.: , picture: , tabulek: , příloh: , technical documentation: .

The point of this work is bookish concept of the best technology of processing named component by solid forming. This work includes study, which is the clue to solutions. Another important topic is the global technological plan of component production from gear blank to product. It seems the best choice is die forging on forging press at three steps.

Economically, die forging made by described method is the best.

OBSAH:

TITULNÍ LIST

ZADÁNÍ

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

PODĚKOVÁNÍ

ANOTACE.....	1
OBSAH:	2
1. ÚVOD.....	4
1.1 Kování:.....	4
1.1.1 Historie:.....	4
1.1.2 Volné kování:	4
1.1.3 Zápustkové kování.....	6
2. DĚLENÍ MATERIÁLU	8
3. OHŘEV MATERIÁLU.....	9
3.1 Kovací teploty	9
3.2 Ohřívací zařízení	10
3.2.1 Komorové kovářské pece	12
3.2.2 Narážecí kovářské pece	12
3.2.3 Karuselové pece	12
3.2.4 Talířové pece	13
3.2.5 Strkací pece.....	14
3.2.6 Komorové pece.....	14
3.2.7 Štěrbínové pece.....	14
3.2.8 Pece na ohřev pro stříhání	15
3.3 Doprovodné jevy ohřevu	15
3.3.1 Opal	15
3.3.2 Smrštění	15
4. KONSTRUKCE ZÁPUSTKOVÉHO VÝKOVKU.....	16
4.1 Klasifikace a třídění výkovků podle složitosti.....	16
4.2 Výkres výkovku	17
4.2.1 Dělicí rovina	18
4.2.2 Přídavky a tolerance	19
4.2.3 Přídavky na obrábění	19
4.2.4 Technologické přídavky	20
4.2.4.1 Zápustkové úkosy	20
4.2.4.2 Poloměry zaoblení:.....	21
4.2.5 Tloušťka stěny	22
4.2.6 Výronek a výronková drážka	23
4.2.7 Předkování děr a blán	24
4.2.8 Ideální předkovek	24
4.5 Přesnost výroby výkovku.....	26
5. DOKONČOVACÍ ÚPRAVA VÝKOVKŮ	26
5.1 Ostřihování výkovků.....	26

5.2 Rovnání výkovků.....	27
5.3 Kalibrování výkovku	27
5.4 Tepelné zpracování výkovku.....	28
5.4.1 Normalizační žihání.....	28
5.4.2 Žihání na měkko.....	28
5.4.3 Izotermické žihání.....	28
5.4.4 Žihání ke snížení pnutí	29
6. ZÁPUSTKY	29
6.1 Dělení zápusťkových dutin	29
6.2 Rozměry zápusťvek.....	29
6.3 Upínání zápusťvek.....	30
6.4 Vedení zápusťvek.....	30
6.5 Vyhazovače	31
6.6 Vložkování zápusťvek	32
6.7 Ovlivnění životnosti zápusťvek	33
6.7.1 Předehřívání zápusťvek.....	33
6.7.2 Chlazení zápusťvek	34
6.7.3 Mazání zápusťvek.....	34
6.7.3.1 Druhy maziv	35
6.8 Materiál zápusťvek	36
7. TVÁŘECÍ STROJE PRO ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ	37
8. TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI.....	38
8.1 Vhodné technologie výroby součástí:.....	39
8.2 Technologické parametry:.....	39
8.3 Návrh technologického postupu.....	42
9. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	47
10. ZÁVĚR	47
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ:	48
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:.....	49
PŘÍLOHY	
VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	

1. ÚVOD

1.1 Kování:

Kování je nejvíce používaný způsob zpracování kovů. Jedná se o objemové tváření za tepla, případně za studena, prováděné úderem (kování na bucharech) nebo volně působící silou (kování na lisech). Směr toku tvářeného materiálu je dán zákonem nejmenšího odporu.

V současnosti má největší uplatnění tato technologie výroby v automobilovém a leteckém průmyslu.

1.1.1 Historie:

Člověk již v dávných dobách začal využívat přírodní materiály. Jak pro svoji ozdobu, tak pro usnadnění práce. Po staletí člověk jako nástroje užíval pouze ty předměty, které nacházel ve volné přírodě, a to bez jakýchkoli dalších úprav. Teprve vývojem začal všechny tyto materiály upravovat (opracovávat).

1.1.2 Volné kování:

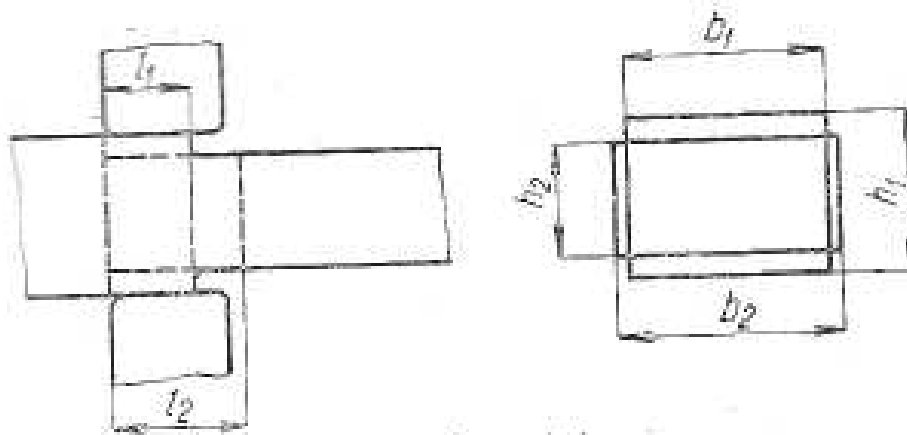
Technologie volného kování je známá už po staletí. Volné kování lze rozdělit na ruční a strojní. Jedná se o technologii objemového tváření prováděnou za tepla, při které se dosáhne pomocí základních kovářských operací přibližného tvaru kovové součásti vkládáním materiálu mezi kovádla. Tvářený materiál pak díky úderům nebo tlaku mění svůj tvar a volně teče v kolmém směru na směr působící síly.

Ruční kování se provádí na kováččině ručním nářadím. Materiál se ohřívá ve výhni nebo v malých pecích. V současnosti se ruční kování používá v kusové výrobě pro opravy, údržbu v zámečnictví, ale především k uměleckému kování. Podle použití můžeme říci, že ručním kováním zhotovujeme pouze malé a středně velké výrobky. Princip je stejný jako u strojního kování.

Strojní kování se provádí na bucharech a hydraulických lisech. Kovadla mají různé tvary. Mohou být rovná, oblá, kombinovaná a tvarová. Jejich pracovní plochy jsou kolmé a hrany zaoblené. Horní kováadlo je upevněno na beranu, spodní v šabotě nebo na stole lisu.

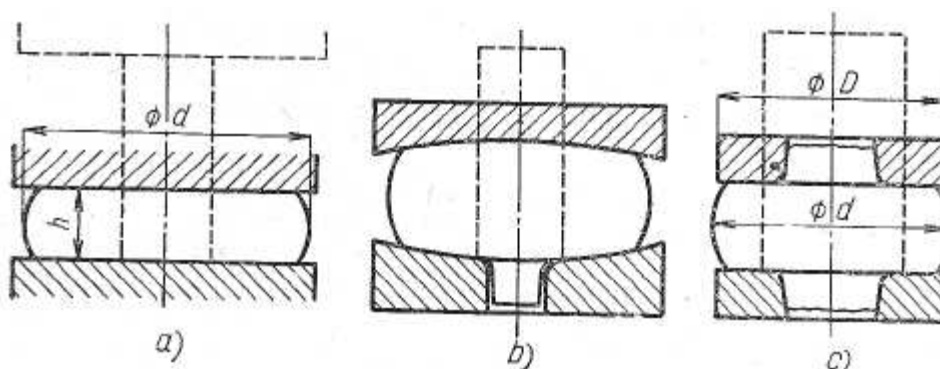
Základní kovářské operace:

Prodlužování – prodloužení materiálu za zmenšení příčného průřezu.



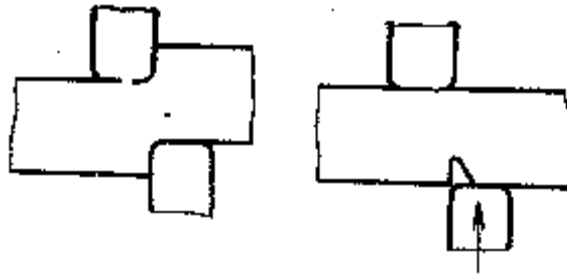
Obr.1 Prodlužování a rozšiřování

Pěchování – Operace předcházející děrování. Materiál je stlačován ve směru osy, rozšiřuje se průřez na úkor délky (kování rotačních součástí).



Obr.2 Pěchování

Osazování a přesazování – zmenšení průměru v určitých místech, resp. přemístění materiálu tak, aby osa přemístěné části byla rovnoběžná s původní. Např. osazení hřídelů.

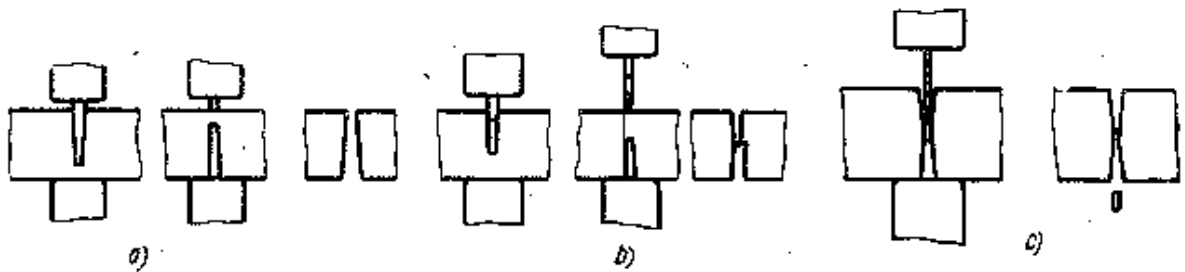


Obr.3 Přesazování

Děrování – zhotovování průchozích a neprůchozích děr do tvářeného materiálu (dílu).

Ohýbání – mění se tvar osy výkovku.

Sekání – dělení materiálu na kusy.



Obr.4 Sekání materiálu

Zkrucování – vzájemné natáčení průřezu výkovku.

Kování na trnu – rozšiřování a prodlužování průměru kroužku na úkor jeho tloušťky.

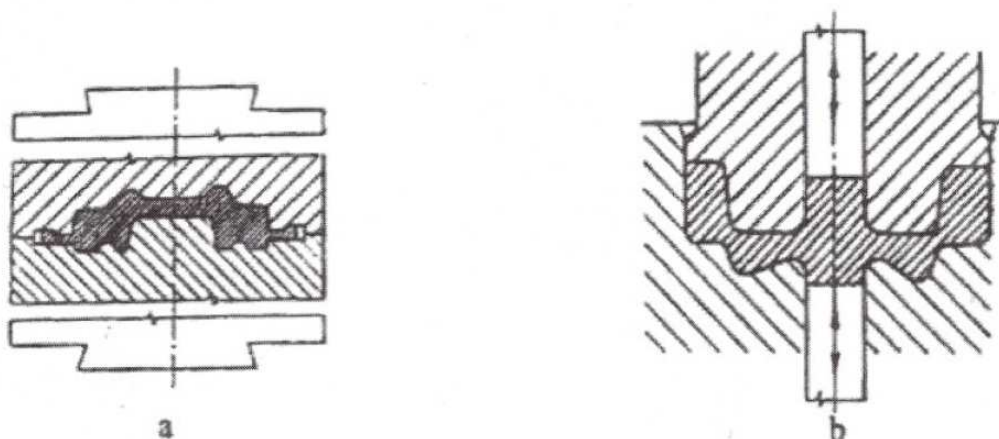
Charakteristickými znaky výkovků vyrobených volným kovááním jsou lepší mechanické vlastnosti. Svažují se vnitřní nečistosti vzniklé odléváním. Nastává dynamická rekristalizace, deformovaná zrna se mění na nová, jemnější. Takto se vyrábí výkovky o velké hmotnosti až 350t. Víceúčelové stroje a nástroje výrazně snižují výrobní náklady u kusové a malosériové výroby. Nevýhodou této metody jsou značné přídavky na povrchu materiálu. Jsme omezeni tvarem výkovku, který nemůže být složitý. Neměli bychom také zapomenout na kvalifikovanou a fyzicky zdatnou obsluhu.

1.1.3 Zápustkové kování

Zápustkové kování patří k nejrozšířenějším způsobům tváření oceli a jiných tvárných slitin. Využívá se při sériové, velkosériové výrobě. Je to tváření materiálu

za tepla v dutině nástroje. Horní část zápustky je upevněna na pohyblivé části bucharu nebo lisu, dolní část zápustky je upnuta na stole bucharu nebo lisu. Ohřátý materiál se vkládá do spodní části nástroje a působením tlaku nebo úderů druhé části nástroje na polotovár se dutina vyplňuje. Výjimku tvoří protiběžné buchary, kde se zápustky pohybují proti sobě. Dosednutím zápustek na sebe vzniká dělicí rovina, která usnadňuje vyjímání výkovku.

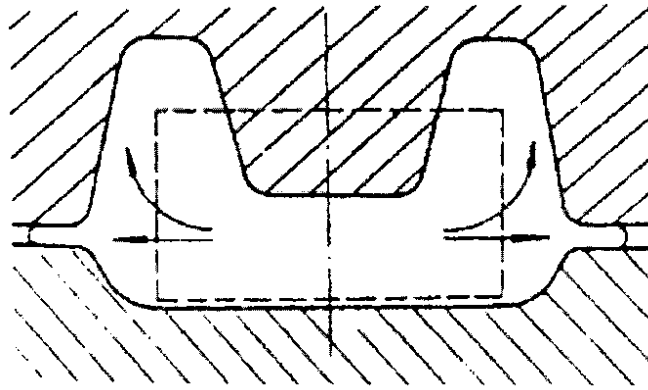
Zápustkové dutiny dělíme na dva typy: na dutinu otevřenou a uzavřenou.



Obr.5 Zápustkové dutiny: a) otevřená, b) uzavřená

V otevřené dokončovací zápustce se po zaplnění dutiny přebytečný materiál vytlačuje do výronkové drážky a na výkovku se tvoří tzv. výronek, který se obvykle odstraňuje ostříhováním.

Kdežto v uzavřené dutině se musí objem polotovaru rovnat objemu dutiny zápustky a jen malý přebytek může být vytlačen do tzv. kompenzátorů. Tlak kovu se při zápustkovém kování vyznačuje menším stupněm volnosti než při volném kování. Materiál při něm zatéká do obou částí dutiny a po jejím vyplnění do výronku. Směr toku materiálu je určován zákonem nejmenšího odporu. To znamená, že nejdříve se zaplní místa, která kladou zatékání nejmenší odpor.



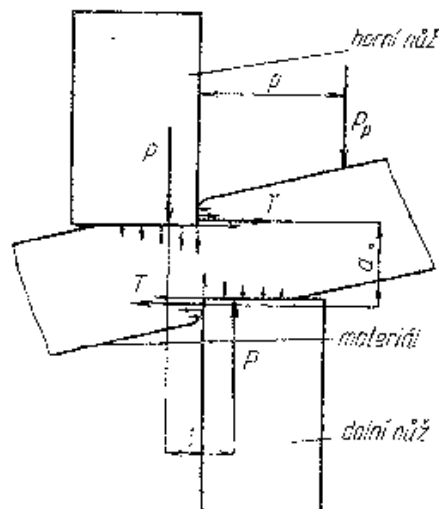
Obr.6 Princip kování v zápustce

Zápustkové výkovky jednoduchých tvarů lze kovat přímo z polotovaru jednodutinovým kovááním.

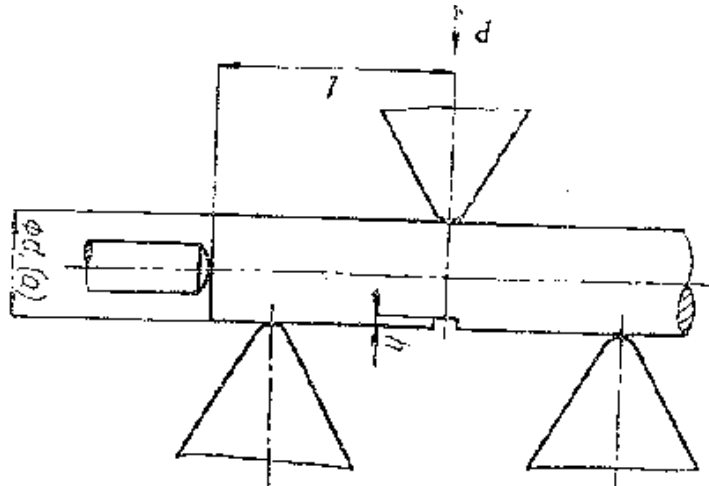
Výkovky tvarově složitější se kovou z vhodně připraveného předkovku vyrobeného volným kovááním, na kovacíh válcích, příčným klínovým válcováním nebo postupovým kovááním v přípravných a dokončovacích zápustkových dutinách.

2. DĚLENÍ MATERIÁLU

Příprava polotovarů pro kování (dělení tyčí na špalíky) se může provádět dělením bez třísek nebo s třískovým odpadem. Z beztrískového způsobu je nejčastější stříhání, méně pak lámání. K dělení s odpadem patří upichování, řezání pilami a málo používaná oddělování třecími a anotomechanickými pilami, rozbrušování i řezání plamenem.



Obr.7 Stříhání nůžkami



Obr.8 Lámání materiálu

3. OHŘEV MATERIÁLU

3.1 Kovací teploty

Dodržením kovací teploty se získá správná tvárnost materiálu. Zpravidla se ková při nejvyšších možných teplotách, protože se při nich materiál snadněji tváří a jsou kratší tvářecí časy. Čím vyšší je teplota, tím nižší je deformační odpor, a tím je menší opotřebení zápustek. Horní kovací teplota se pohybuje 200-300°C pod teplotou tavení a spodní je dána přeměnou fáze ? (obr. 6.1/137 kování). Kovací teploty pro zápustkové výkovky jsou vyšší než teploty pro volné kování. Volba kovací teploty se řídí těmito pravidly:

1. Chemické složení materiálu a jeho zvláštnosti při výrobě (dezoxidace, způsob lití, tuhnutí apod.).
2. Interval teplot, při němž materiál má největší tvárnost s přihlédnutím k rovnovážném diagramu tvářeného materiálu, aby tváření probíhalo pokud možno v jedné fázi. Při heterogenní struktuře může dojít k nerovnoměrné deformaci vlivem rozličných vlastností krystalů různých fází, což může způsobit zvětšení odporu tvářeného materiálu a snížení tvárnosti.
3. Změny struktury materiálu během ohřevu a ochlazování.
4. Vlastnosti materiálu získané po předchozím tváření, způsobené např. nevhodným stupněm deformace nebo příliš nízkou dokovací teplotou.

5. Schéma napjatosti při uvažovaném způsobu tváření za tepla. Čím menší úlohu mají napětí tahová a čím větší napětí tlaková, tím větší tvárnost má materiál, i když na úkor spotřebované energie
6. Stupeň deformace a dokovací teplotu (malý stupeň deformace a příliš vysoká dokovací teplota způsobují růst zrna, a tím snížení mechanických vlastností konečného výrobku).
7. Náchylnost materiálu k přehřátí.
8. Změnu teploty během výrobního pochodu. Například při vytlačování ocelových výrobků za tepla stoupne teplota během výroby až o 100°C

3.2 Ohřívací zařízení

Polotovary se ohřívají ve dvou typech pecí, a to palivových (plyn, nafta) nebo elektrických. Ekonomicky výhodnější jsou palivové pece. Nevýhodou je vyšší opal, delší ohřívací doba a vysoké nároky na udržení vyhovujícího pracovního prostředí, proto se často dává přednost elektrickému ohřevu.

Elektrická ohřívací zařízení jsou vysoce přizpůsobivá. Podle způsobu přeměny elektrické energie na teplo dělíme elektrická zařízení na odporová, indukční, dielektrická, plazmová, elektronová a laserová. U objemového tváření nejčastěji využíváme ohřev odporový a indukční. Jsou 3 druhy elektrického ohřevu - přímým průchodem proudu, nepřímým odporovým a indukčním.

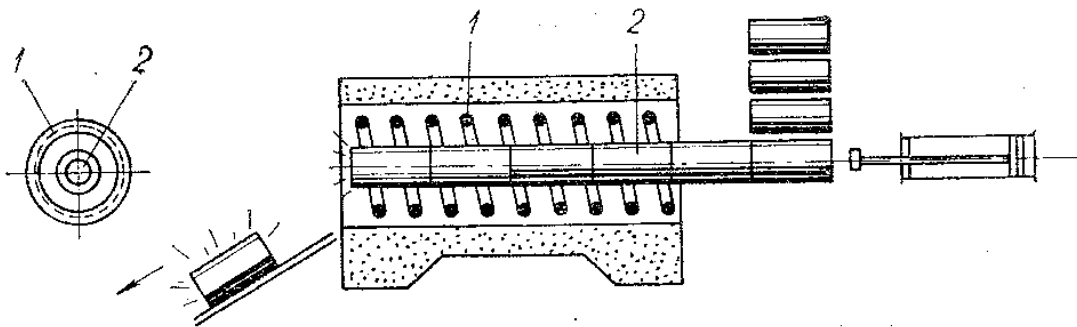
Ohřev přímým průchodem proudu je vhodný pro štíhlé materiály (tyče, dráty, trubky, atd.). Principem je zavádění elektrického proudu do vsázky pomocí elektrod z transformátoru, jehož výstupní napětí lze regulovat.

Nepřímý odporový ohřev se používá pro ohřev materiálu s nižšími ohřívacími teplotami (pod 1000°C) a pro malé výrobní série. Je poměrně pomalý a bez řízených atmosfér při ohřevu způsobuje u mnohých materiálů značné okujení.

Indukční ohřev má velkou přizpůsobivost potřebám moderních tvářecích vysoce automatizovaných linek. Je průměrně desetkrát rychlejší než ohřev v palivových pecích, proto je v něm v daném okamžiku desetkrát menší hmotnost vsázky než, je tomu u pece palivové. To má tyto závažné důsledky:

- Při krátké poruše na tvářecím stroji je málo materiálu na tvářecí teplotě a nehrozí proto nebezpečí jeho spálení jako u palivové pece. Ohřev se může i při krátké přestávce v tváření vypnout
- Indukční ohřev dodává ohřátý materiál již několik minut po zapnutí. Energii se spotřebovává jen při vlastním indukčním ohřevu. Tím vznikají značné úspory energie, protože palivové pece musí být vytápěné nepřetržitě. Pohotovost ohřevu je základní podmínkou pro spolupráci s vysoce výkonnými tvářecími stroji, kde se obvykle musí často měnit tvářecí nástroje.
- Vzhledem k malé vsázkové hmotnosti je indukční ohřev mnohem méně náročný na plochu ve výrobní hale než palivová pec.
- Zokujení je až šestkrát nižší. To snižuje opotřebování tvářecích nástrojů a umožňuje snižovat přídavky na materiál.

Indukční ohřev je výhodný všude tam, kde jde o sériovou výrobu a kde se ohřívají polotovary jednoduchých tvarů.



Obr. 9 Axiální středofrekvenční automatická ohříváčka
1-cívka, 2-ohřátý kus

Palivové pece:

- s přímým ohřevem – vsázka je v peci přímo vystavena účinkům plamene a zplodin hoření
- s nepřímým ohřevem – vsázka je ohřívána teplem vyzářeným ze žhavých stěn pece a je tak chráněna před přímým účinkem pecní atmosféry uložením ve speciálních skříních či pouzdrech

Pece pro volné kování:

- komorové (téměř výhradně)
- narážecí pece (komorová pec průchozí s mechanickým zakládáním materiálu)

Pece pro zápusťkové kování:

- průchozí
- karuselové
- pece s mechanickou nístějí

3.2.1 Komorové kovářské pece

Tyto pece umožňují dobré řízení tepelného režimu, mohou být opatřeny zařízením na využití odpadního tepla ve spalinách (rekuperátor, regenerátor). Nejčastěji se vytápí plynem různé výhřevnosti, ale i kapalným palivem. Pro ohřev těžké vsázky značných rozměrů se používá komorová pec vozová. Její nístěj je vytvořena na podvozku a může být z komory vytažena před pec, vsázka je na ní uložena a opět pomocí mechanického ovládání zasunuta.

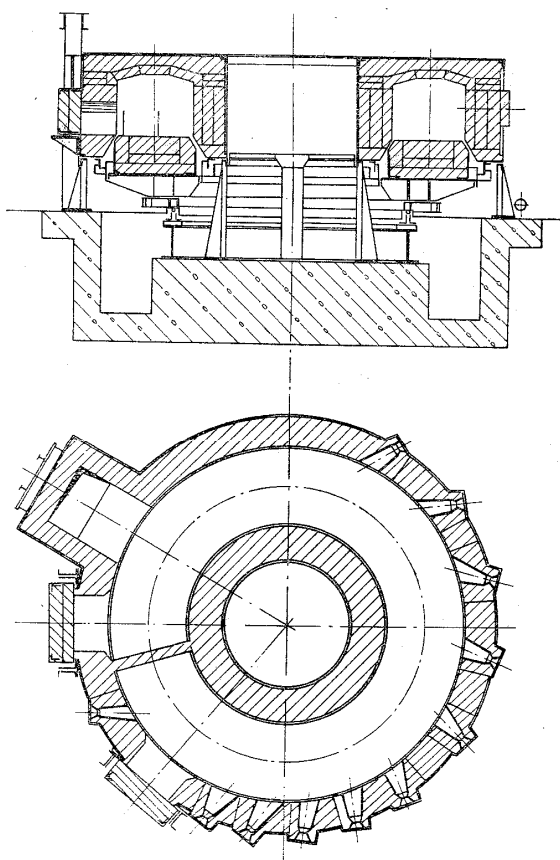
3.2.2 Narážecí kovářské pece

Využívají se při malosériové nebo sériové výrobě výkovků, které lze kovat jen volně. Mají charakter průchozích pecí s mechanickým průchodem materiálu.

3.2.3 Karuselové pece

Jsou to průchozí pece, jichž lze používat pro ohřev poměrně širokého sortimentu materiálu, odlišného nejen rozměrem, ale i tvarem. Vnitřní a vnější plášť pece a část dna jsou vyztuženy a upevněny na řadu nosných sloupů. Zakládací

a vyjímací dveře jsou umístěny na vnější stěně blízko sebe. Hořáky jsou umístěny na vnějším plášti pece a to tak, že směřují proti pohybu nístěje (někdy jsou i v klenbě a u velkých i na vnitřním plášti). Nístěj je otočena a má tvar mezikruží, její rám tvoří tuhý svařenec z profilové oceli. Nístěj může být uložena na koulích pomocí opěrných vodících drážek nebo na řadě pevně uložených nosných kladek. Výhodou těchto pecí je rovnoměrné prohřátí materiálu a reprodukovatelnost ohřevu u každého polotovaru. Nevýhodou je poměrně velký zastavěný prostor.



Obr.10 Karuselová pec

3.2.4 Talířové pece

Jsou druhem karuselové pece a vzhledem k postupnému pohybu materiálu mají charakter pecí průběžných, i když se ohřívání materiálu pohybuje ve stále stejném uzavřeném pracovním prostoru. Výhodou je cyklický chod, rovnoměrné rozložení ohřívání materiálu na nístěji, usnadnění obsluhy při zakládání a vyjímání

materiálu. Nevýhodou je horší ekonomie než u karuselových pecí, protože se nevyužívá tepla odcházejících spalin k přímému předehřátí materiálu.

3.2.5 Strkací pece

Patří do skupiny průchozích pecí. S výjimkou karuselových pecí je to nejuvhodnější typ pece pro ohřev materiálu při zápusťkovém kování větších sérií. Mají pevnou nístěj s mechanickým průchodem materiálu a strkacím zařízením umístěným mimo pracovní prostor pece. Lze je rozdělit na pece s rovnou nístějí, kde je materiál uložen příčně a vyjímá se otvorem v přední nebo boční stěně. Druhý typ pece má nístěj opatřenou vodícími drážkami, ve kterých je materiál uložen podélně.

3.2.6 Komorové pece

Je jich mnoho typů, liší se konstrukcí a provedením, tvarem pracovního prostoru, počtem pracovních dveří a jejich umístěním, skladbou vyzdívký, umístěním odtaů apod. o zápusťkovou kovářnu je však můžeme rozdělit na:

- pece jednodveřové
- pece dvoudveřové s dveřmi umístěnými na čelní stěně vedle sebe
- pece dvoudveřové, z nichž jedny jsou umístěny na čelní stěně a druhé na zadní
- pece třídveřové s dvěma umístěnými na čelní stěně a jedněmi v zadní stěně
- pece vícedveřové nebo s jinou kombinací umístění dveřních otvorů

Nevýhoda těchto pecí je především v tom, že ohřev a průchod materiálu není kontinuální. Další nevýhodou je poměrně nízká teplotní účinnost, vyplývající z toho, že se nevyužívá odpadního tepla spalin k přímému předehřívání materiálu.

3.2.7 Štěrbínové pece

V kovářnách se používají pro ohřev konců tyčí, trubek nebo dělené tyčoviny – většinou u vodorovných kovacíh lisů. V zásadě je možno tyto pece rozdělit na pece s uzavřenou štěrbinou a štěrbinové pece průchozí. Hořáky jsou umístěny v zadní nebo boční stěně a jsou vyústěny do prostoru pod ohříváný materiál.

3.2.8 Pece na ohřev pro stříhání

Používají se pro kontinuální ohřev materiálu do maximální teploty 500°C. Jsou průchozí s řetězovým dopravníkem. Průchod materiálu pecí je řešen jeho posouváním po dvou skluznicích, uložených v nístěji po celé délce pece. Materiál se posouvá pomocí tlačných palců upevněných na dvou řetězech. Pracovní prostor se skládá z části přehřívací a ohřívací.

3.3 Doprovodné jevy ohřevu

3.3.1 Opal

Opal je průvodní jev ohřevu, který vzniká oxidací povrchových vrstev ohřívajícího materiálu v pecní atmosféře obsahující soli, kyslík, vodní páru a CO₂. Oxidace se urychluje neustálým opadáváním okují z povrchu ohřívajícího materiálu díky rozdílné teplotní roztažitosti. Následkem opalu dochází ke ztrátě kovu 1- 3% na jeden ohřev. Snižuje se také životnost pecních nístějí následkem nalepování okují. Proto je nezbytné zařadit odkujení před tvářecí operací. Abychom zvýšili životnost zápustek a předešli možnosti zatlačování okují do povrchu výkovku, používáme tzv. ofuk zápustek před založením polotovaru. Jelikož okujení probíhá i při chladnutí výkovku, je proto nezbytné očistit povrch výrobku před dalším tvářením za studena nebo obráběním. Činitelé, na kterých závisí množství vzniklých okují, jsou:

- Ohřívací teplota
- Doba ohřevu
- Pecní atmosféra
- Chemické složení

3.3.2 Smrštění

Při ohřevu materiálu dochází vlivem tepelné roztažnosti materiálu ke zvětšení objemu polotovaru. Je proto nutné volit rozměry dutin kovací zápustek se zřetelem na tuto roztažnost. Zvětšení rozměrů výkovků ohřevem se stanoví podle vzorce:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha(t_1 - t_0) \quad (1)$$

Δl - délka výkovku při +20°C

α - střední koeficient teplotní roztažnosti [1/°C]

t_1 - dokovací teplota [°C]

t_0 – teplota 20°C

Na dokovací teplotě 900°C, zmenší se rozměry výkovků po chladnutí středněuhlíkových a nízkouhlíkových ocelí asi o 1% a u austenitických o 1,6%. O tuto hodnotu je rovněž nutno zvětšit rozměry dutiny zápusťky. Není-li dokovací teplota výkovku stejná s teplotou, pro kterou bylo při konstrukci zápusťky uvažovaného smrštění výkovku, nedosáhne se jeho jmenovitého rozměru.

4. KONSTRUKCE ZÁPUSŤKOVÉHO VÝKOVKU

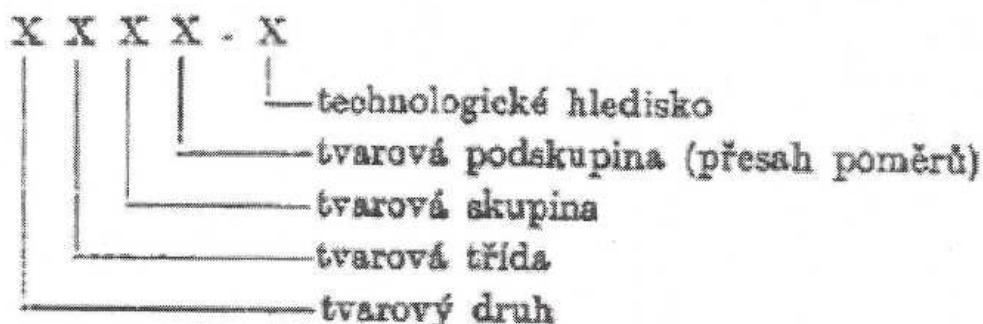
4.1 Klasifikace a třídění výkovků podle složitosti

Technologický postup kování na bucharech a lisech závisí na tvaru a rozměrech výkovku. Tříděním je výkovek zařazen do určité skupiny složitosti, která zahrnuje všechny výkovky podobné nejen svým geometrickým tvarem, ale i výrobní technologii. Zápusťkové výkovky vzhledem ke složitosti tvaru rozděluje norma ČSN 42 9002 podle:

- a) tvarového druhu
- b) tvarové třídy
- c) tvarové skupiny
- d) tvarové podskupiny (přesahu poměrů)
- e) technologického hlediska (polohy dělicí plochy vůči hlavní ose)

Výkovky se označují pětímístným číslem, kde každé číslo podchycuje určitou charakteristiku výkovku.

Význam jednotlivých částic v číselném označení výkovku:



Obr.11 Význam jednotlivých číslic v číselném označení výkovku

Kritéria rozdělení výkovků zhotovených na bucharech:

- čára obrysu výkovku v dělicí rovině
- tvar hlavní osy výkovku (hlavní osa je průmět křivky procházející těžištěm příčných průřezů do půdorysu výkovku)
- tvar výkovku, poloměr rozměrů jeho vnějšího obrysu v půdoryse

Podle těchto kritérií můžeme zápustkové výkovky kované buchary rozdělit na:

- I. výkovky s rovnou osou
- II. výkovky s prohnutou osou
- III. výkovky s výčnělkou
- IV. výkovky rozvidlené nebo s rozvidlením
- V. výkovky s kruhovým, čtvercovým půdorysem nebo podobným tvarem
- VI. výkovky složeného tvaru

Výkovky kované na kovacích lisech je možné rozdělit na:

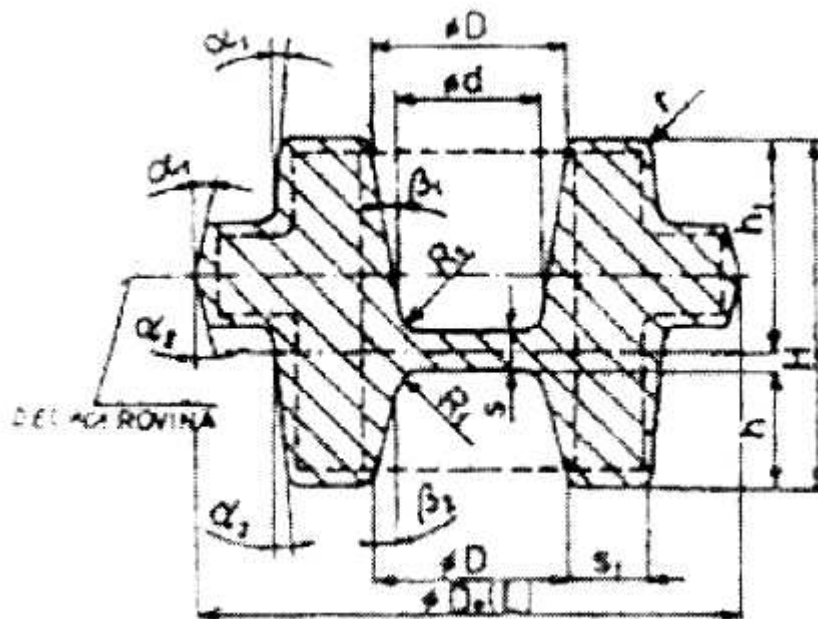
- I. výkovky kované čelně s kruhovým nebo čtvercovým půdorysem – kovají se kombinací pýchováním a protlačováním za tepla
- II. výkovky kované na plocho s druhou osou – výkovky s nepatrným rozdílem v jednotlivých průřezech podél osy nebo výkovky s velkým rozdílem průřezu
- III. výkovky s ohnutou osou – s malým úhlem ohybu nebo s velkým úhlem ohybu
- IV. výkovky kované sdruženým kováním na kovacím lise a jiném kovacím zařízení

4.2 Výkres výkovku

Výkres výkovku je vlastně pouze výkres součásti, upravený pro výrobu kováním. Podle něho se navrhuje postup výroby, tvar zápustek, ale také se podle něho kontrolují hotové díly. Rozměrové tolerance, úkosy a zaoblení volíme dle ČSN 420277.

Výkres výkovku musí obsahovat:

- všechny potřebné rozměry s potřebnými přídávky
- označení ploch podle určení obrobení a neobrobené plochy
- potřebné pohledy a řezy
- označení materiálu dle ČSN



Obr.12 Návrh výkresu výkovku

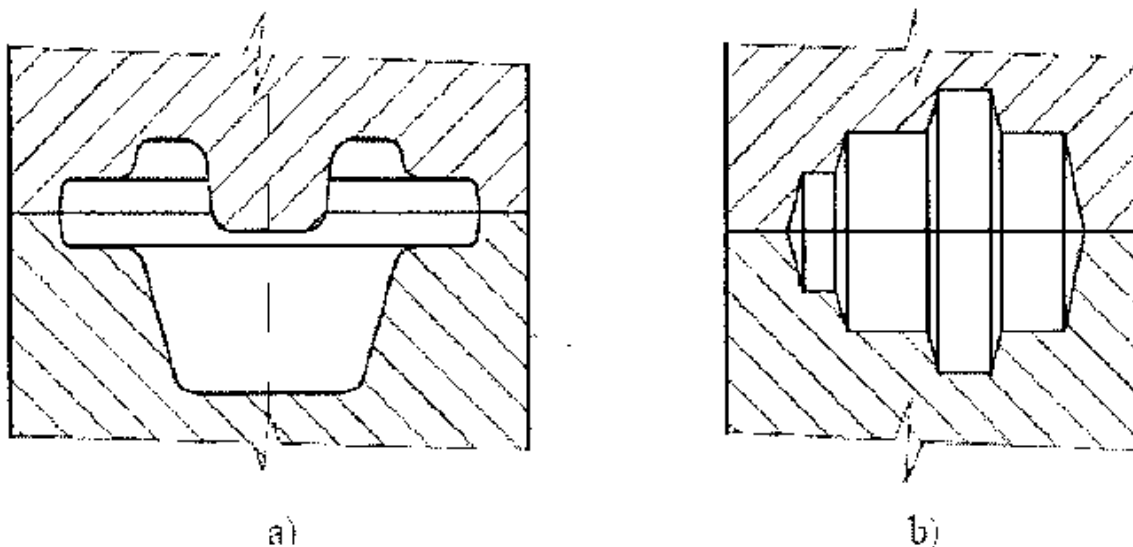
Při vypracování výkresu výkovku je zásadou, aby výkovek byl nakreslen v té poloze, jakou zaujímá v zápustce. Dělicí rovina zápustky se volí u výkovků kruhových v místě největšího obvodu nebo v místě největšího průměru u kruhových součástí.

4.2.1 Dělicí rovina

Dělicí rovina rozděluje zápustku na horní a dolní díl. Bývá rovná, lomená, složená z úseků vodorovných, šikmých a válcových, u složitých tvarů se navrhuje podle prostorových souřadnic. Tvar plochy mezi zápustkami je dán tvarem výkovku. Pro její zjednodušení se musí změnit tvar výkovku. Základním požadavkem je, aby zvolená plocha v dělicí rovině umožnila snadné vyjímání výkovku z dutiny zápustky ve směru úderu. Samozřejmě musí být vhodně zvoleny zápustkové úkosy. Proto nesmí být na bočních stěnách výkovku dutiny, případně je potřeba zvolit nějaké jiné natočení dílu vzhledem k dělicí rovině. Pokud není dělicí rovina jednoznačně dána tvarem výkovku, platí toto:

Lepší zaplňování dutiny zápustky je pěchováním než protlačováním (dáno poměrem výšky h a šířky b v jednotlivých průřezech)

Dělicí rovina se volí ve dvou největších vzájemně kolmých rozměrech výkovku. Od tohoto pravidla se ustupuje, dosáhne-li se změnou dělicí roviny zjednodušení kování, úspora váhy výkovku, zjednodušení stříhacího nástroje. Pokud některá plocha musí mít technologický přídavek (úkos) a musí být umístěna na horní nebo spodní straně výkovku.



Obr.13: Volba dělící roviny

4.2.2 Přídavky a tolerance

Protože u výkovků není zaručena kvalita povrchu, ale především přesnost rozměrů, zvětšují se jmenovité rozměry kovové součásti o přídavky. Ty se dále dělí na přídavky na obrábění a technologické přídavky. Střední rozměr přídavků, vychází-li pouze z hlavních rozměrů, lze určit podle vzorce:

$$P = 0,4 + 0,015 H + 0,0015 L \text{ [mm]} \quad (2)$$

H – rozměr výkovku na výšku(ve směru úderu) [mm]

L – délka nebo průměr v rovině kolmé na směr úderu [mm]

Pozn.: V rovině kolmé k působení síly musí být přídavek větší na šířku než na výšku, protože je možné jisté přesazení výkovku vzhledem k nevyhnutelnému posunutí horní zápusky proti dolní. Přisazení nesmí převyšovat rozdíl mezi přídavkem na stranu a absolutní hodnotou záporné tolerance rozměru.

4.2.3 Přídavky na obrábění

Obrábí se výkovky, u nichž je požadována velká přesnost rozměrů, dobrá jakost povrchu, což je důležité u součástí, které se budou ještě povrchově upravovat (cementovat, nitridovat, atd.)

Odstraní se tak znehodnocená vrstva materiálu vzniklá při kování.

Z povrchu výkovku bývá nejčastěji potřeba odstranit: vrstva okují (mořením, omýláním) a dutiny vzniklé jejich zakováním. Rychlostí ohřevu se povrch materiálu do určité hloubky oduhličí a tím získává nežádoucí mechanické vlastnosti než původní materiál. Méně náchylné na oduhličení jsou oceli legované chromem a molybdenem. Dalšími možnými vadami, které je potřeba odstranit, jsou šupiny,

trhliny, přeložky, otřepy při ostřikování a děrování. Velikost přídavek je určena normou ČSN 420277.

4.2.4 Technologické přídávky

Hotové součásti nejsou často svým tvarem vhodné ke kování v zápustkách. Proto se nedají vykovat jen s přídávky na obrábění, ale musí se ještě upravit technologickými přídávky. Jsou to hlavně úkosy bočních ploch a zvětšení tloušťek stěn žeber a den tenkostěnných výkovků na minimální tloušťku, kterou je možno ekologicky a kvalitně kovat, dále zaoblení hran.

4.2.4.1 Zápustkové úkosy

Úkosy zápustkové dutiny volíme, tak aby se snadno vyplňovala dutina zápustky a snáze se vyjímal hotový výrobek, především u zařízení bez vyhazovače. Zkosení se rozšiřuje směrem k dělicí rovině. Doporučené boční úkosy jsou dány normou ČSN 420277 a pohybují se od 3° do 15°. Při volné velikosti úkosu se vychází z poměru výšky h k šířce b a délky l k šířce b .

$\frac{l}{b} \backslash \frac{b}{h}$	Do 1	1-3	3-4,5	4,5-6,5	6,5-8	Přes 8
Do 1,5	5	7	10	12	15	15
Přes 1,5	3	5	7	10	12	15

Tab.1: Zápustkové úkosy

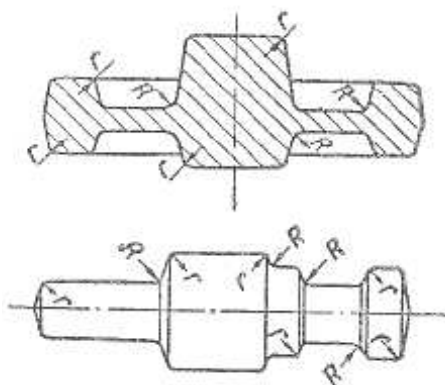
Vypočtené hodnoty úkosu se ještě upravují podle těchto okolností:

1. Pro vnitřní stěny výkovku se volí nejbližší větší úkos (zabráníme tak přilepení výkovku k zápustce při chladnutí).
2. Při vyplňování dutiny přechováním lze volit nejbližší menší než vypočtený.
3. Pro výkovky nižší než 50mm volíme úhel 5°, kdežto u výkovků užších než 30° volíme úhel 7°.
4. Pro žebra proměnlivé výšky h a šířky b se úkosy zápustek určují podle redukovaných rozměrů.

U zápusťkových výkovků, zejména z hlediska smrštění, se rozlišují úkosity vnější a vnitřní. Protože se při chladnutí výkovku v dutině zápusťky úkosity vnějších stěn odtahují a na vnitřních přitlačují, bývají vnitřní úkosity vždy větší než vnější.

4.2.4.2 Poloměry zaoblení:

Pro ulehčení kování a zaléhání kovu do dutiny v zápusťce se volí zaoblování hran vnějších r a vnitřních R .

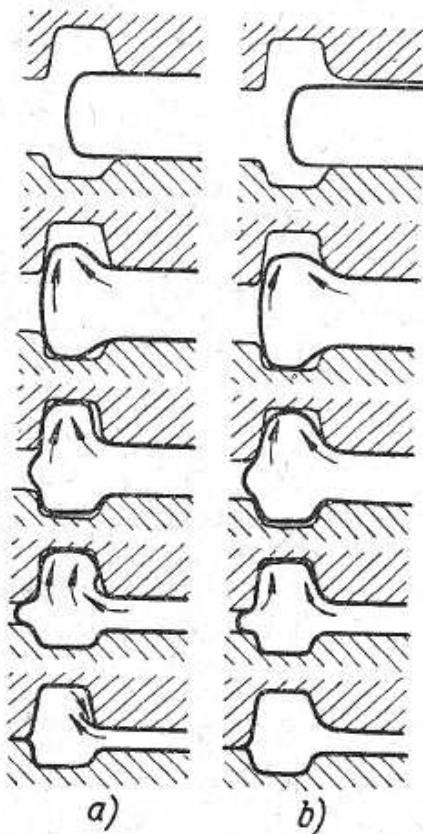


Obr.14 Poloměry zaoblení

V blízkosti malých poloměrů zaoblení v zápusťce se soustřeďuje napětí vznikající při úderu a způsobuje vznik trhlin. Ty zaviňují opotřebování dutin a jejich zničení. Kdežto při malých vnitřních poloměrech R se hrany zápusťky otupí a části úkosových stěn v dutině se napěchují. Výkovek se přilepí k zápusťce a musí se odbrousit. Ostrá vnitřní hrana také způsobuje porušení vláken tvářeného kovu a tím způsobí povrchové záhyby a hluboké přeložky v těle výkovku. Nejmenší přípustné poloměry zaoblení r a R jsou stanoveny poměrem výšky h a šířky b výkovku.

Tyto hodnoty jsou pouze orientační, skutečný poloměr zaoblení je dán poloměrem normalizovaných fréz, jež se používají při výrobě zápusťky (1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12,5 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 mm).

Při proměnlivé šířce nebo výšce počítané části se poloměry určují podle redukovaných rozměrů.



Obr. 15 Tok kovu v dutině zápusťky a) bez zaoblení, b) se zaoblením

4.2.5 Tloušťka stěny

U tenkostěnných výkovků a žeber s příliš tenkými stěnami dochází při styku oceli se zápusťkou k jejímu rychlému chladnutí a tím se tváření ztěžuje a zápusťka se rychleji opotřebovává. Proto je nutno stěny tenkých součástí zvětšovat technologickými přídávky. Tím dosáhneme minimální tloušťky stěny výkovku. Určíme ji dle ČSN 42 9030 takto:

$$s = 0,158 \cdot \sqrt{L \cdot h} \text{ [mm]} \quad (3)$$

L – délka výkovku [mm]

h – hloubka dutiny [mm]

S – minimální tloušťka stěny [mm]

Technologickými přídávky se většinou upravují i členité plochy součástí s úzkým a hlubokým vybráním dutiny a vybrání ve směru kolmém k pohybu beranu.

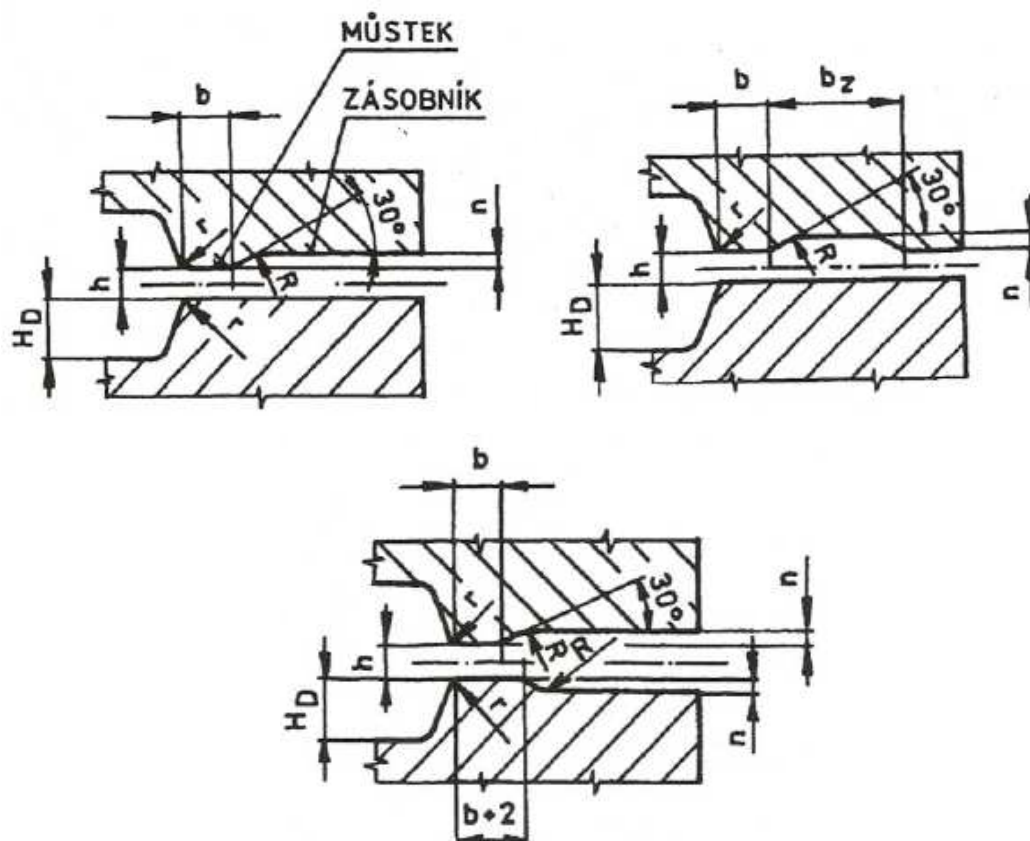
4.2.6 Výronek a výronková drážka

Objem výchozího polotovaru musí mít větší objem než výkovek proto, aby bylo zaručeno vyplnění zápuskové dutiny výkovku. Přebytečný materiál je vytlačován do výronkové drážky, která je okolo celého tvaru výkovku v dělicí rovině dokončovací zápusky. Bývá především umístěna na horní části zápusky. Výronky tvoří největší podíl ztrát materiálu při zápuskovém kování (8 – 30% hmotnosti výkovku podle složitosti). Výronkové drážky jsou pro každý typ tvářecího stroje jiné. Buchary mají drážku uzavřenou, kdežto lisy mají drážku otevřenou. Jsou tvořeny můstkem a zásobníkem. Můstek je zúžená část výronkové drážky. Zásobník eliminuje vzniklý přetlak v můstku. Základní rozměr výronkové drážky, výšky můstku hm vzorec doplnit

$$h_m = (0,012 \div 0,015) \cdot \sqrt{S_v} \text{ [mm]} \quad (4)$$

S_v – plocha vodorovného průmětu výkovku

Výronkové drážky a můstky se navrhují podle tvaru výkovku dle normy ČSN 42 83 06

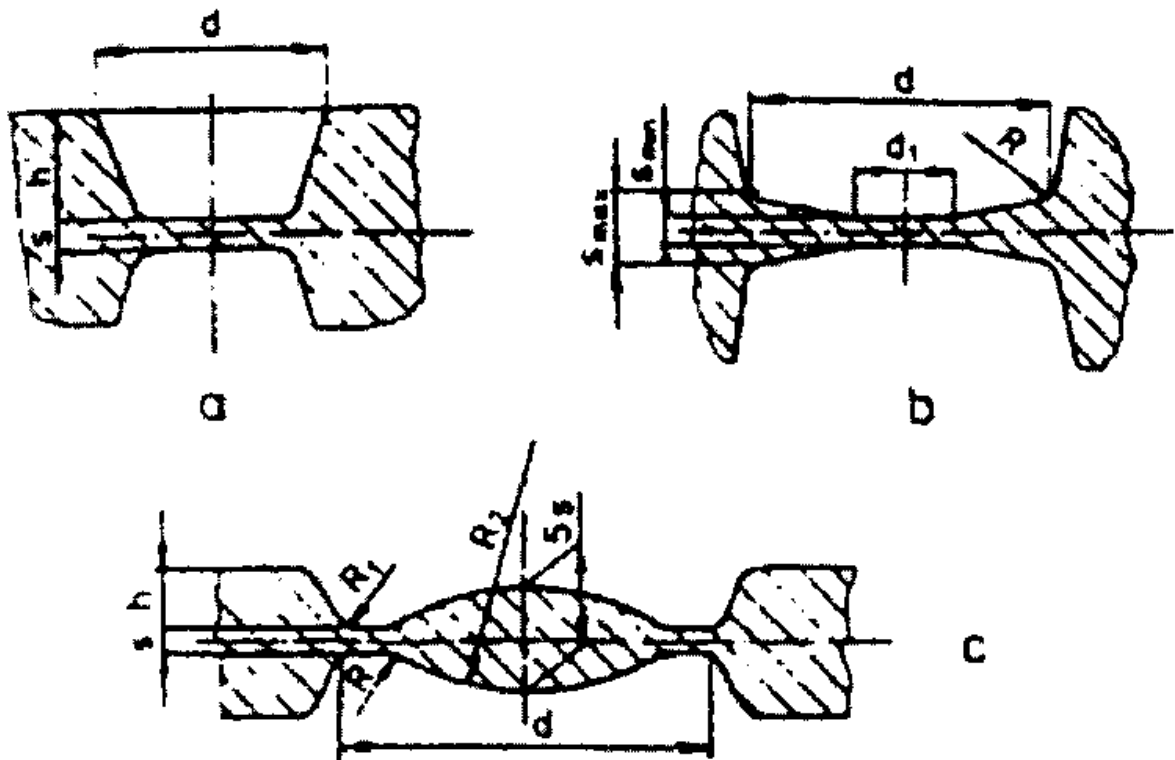


Obr.16 Výronkové drážky

4.2.7 Předkování děr a blán

Zápustkovým kováním se přiblíží co nejvíce požadovanému tvaru tak, aby se uspořil materiál a eventuálně usnadnili obrábění. Proto se větší a velké díry předkovávají. Výrobky, které mají průchozí otvory, není možno vyrobít s proraženým otvorem v zápustce. Proto se otvor pouze naznačí a ponechá se vrstva materiálu – blána. Ta se po vykování odstříhne. Doporučené hodnoty nalezneme v ČSN 42 90 30, orientační tloušťku blány lze určit výpočtem (platí pro rovnou blánu):

$$s = 0,45\sqrt{d - 0,25h - 5} + 0,6\sqrt{h} \text{ [mm]} \quad (5)$$



Obr.17 Tvar blány u zápustkových výkovků

a) rovná, b) s úkosem, c) při nízkých výkovcích s velkým průměrem

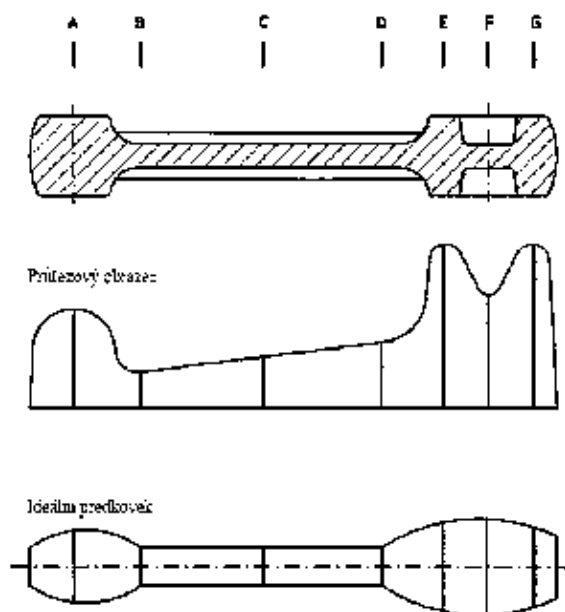
4.2.8 Ideální předkovek

Polotovár který má sloužit jako základ pro zhotovení výkovku je dodáván z hutí nejčastěji ve formě tyčí kruhového průřezu. Jelikož ne každou součást lze

kovat přímo z takto dodané tyče je třeba pro dosažení konečného tvaru použít více kovacíh operací, dokončovací a dutinou pro dokování konečného tvaru výkovku. Pro takto definovaný postup je třeba vycházet z tzv. ideálního předkovku. Tento výkovek získáme z poslední dutiny, jejíž příčný průřez je roven příslušným příčným průřezům hotového výkovku a to i s výronkem, přičemž jeho tvar by měl být co nejjednodušší, tedy měl by mít tvar rotačního tělesa.

Postup určení ideálního předkovku:

1. Z výkresu výkovku se určí jeho plocha včetně výronku a blány v charakteristických řezech
2. Plochy těchto průřezů se převedou na plochu kruhu. Poloměry nebo průměry těchto ploch se přenesou na společnou plochu, přičemž spojením jejich koncových bodů získáme tvar ideálního předkovku. Maximální průměr takto navrhnutého předkovku určuje průřez ideálního polotovaru. Přesný tvar je potom určen také z ohledem na zvolenou metodu výroby předkovku.



Obr.18 Princip volby ideálního předkovku

4.5 Přesnost výroby výkovku

Výkovky mohou být podle normy ČSN 42 90 30 vyrobeny v rozměrovém provedení:

- obvyklém
- přesném
- velmi přesném
- dle dohody

Hodnoty dovolených úchylek od jmenovitých rozměrů daných výkresem výkovku se říká úchytky kovářských rozměrů. Mohou být kladné i záporné. Úchytky kovářských rozměrů zahrnují všechny úchytky od jmenovitých rozměrů. Jako jsou například:

1. Nepřesnost výroby zápuštěk, která je dána složitostí tvaru výkovku. Čím je výkovek složitější, tím větší jsou přípustné tolerance při jeho výrobě.
2. Smrštění výkovků po kování.
3. Změny tvaru dutiny zápuštěky opotřebením nebo deformací zápuštěky.
4. Ostatní vlivy: rozměr výchozího polotovaru
druh a přesnost tvářecího stroje

5. DOKONČOVACÍ ÚPRAVA VÝKOVKŮ

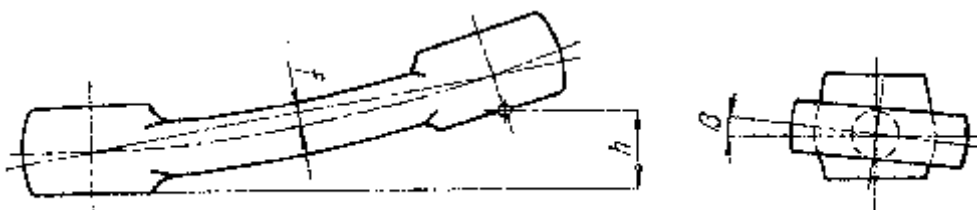
5.1 Ostřihování výkovků

U výkovků vyrobených v otevřených zápuštěkách vzniká výronek. Podle tvaru výkovku vzniká výronek na vnější straně nebo uvnitř. K dosažení konečného tvaru je nutné výronek odstranit. Umístění výronku určuje způsob jeho odstranění, a to ostřihováním nebo děrováním. Výkovky s větším obsahem C než 0,5% se ostřihují za tepla a výkovky s menším obsahem než 0,5 % C můžeme ostřihovat za studena. Větší a složitější výkovky se ostřihují vždy za tepla pro menší potřebný tlak při ostřihování a možnost využití teploty pro rovnání výkovku.

K ostřihování a děrování se používají mechanické a hydraulické lisy.

5.2 Rovnání výkovků

Ke zkřivení výkovků dochází nejčastěji po tepelném zpracování, ostřikováním, nesouhlasí-li poloha os dutin v zápustce osou výkovku a vyndáním výkovku při uvíznutí v dutině zápustky. Zkřivení určíme podle křivosti os a podle úhlu zkřivení.



Obr.19 Zkřivení výkovku

h-křivost, f-průhyb, β -úhel zkroucení

Za rovný výkovek považujeme takový, jehož zkřivení zůstává v rozmezí tolerancí rozměrů uvedených na výkrese výkovku.

Výkovky rovnáme:

1. Za tepla v dokončovací dutině zápustky, to ale snižuje výrobnost kovacího stroje, a životnost dokončovací dutiny.
2. Na ostřihovacích lisech v rovnacích nástrojích, toto výhodnější rovnání je omezeno tlakem lisu.
3. Nejvýhodnější způsob rovnání je za studena v rovnacích zápustkách. Rovnací dutina má tvar výkovku s určitými odchylkami v rozměrech a tvarech, pro snadnější vkládání a vyjímání výkovku.

5.3 Kalibrování výkovku

Kalibrováním se získá vysoká rozměrová přesnost výkovku, přesnou váhu a také hladký a čistý povrch. Díky tomu lze v některých případech upustit od obrábění některých ploch výkovku. Za tepla se může kalibrovat na všech strojích pro zápustkové kování. Jedinou podmínkou je dostatečná přesnost jednotlivých strojů. Pro zabránění opětovnému okujení výkovku, se kalibruje ihned po ostřihování.

Vzniklý nepatrný výronek okolo součásti ostříhujeme za studena, abychom výkovek nezkrřivili. U legovaných materiálů může při odstřihování tohoto výronku dojít ke vzniku trhlinek, proto k jeho odstranění používáme obrábění. Kalibrování za studena je přesnější než kalibrování za tepla. Dělá se jej po tepelném zpracování výkovku, který je vyrovnán a zbaven okují. Materiál se při kalibrování za studena zpevňuje. Proto výkovky z některých druhů ocelí, zejména při vysokém stupni deformace, je ještě nutné tepelně zpracovat.

5.4 Tepelné zpracování výkovku

Výkovky získané tvářením za tepla jednoznačně neurčují mechanické vlastnosti ani strukturu materiálu. Další tepelné zpracování však požadované vlastnosti zaručí. Při tepelném zpracování zápusťkových výkovků se většinou používá těchto tepelných operací:

5.4.1 Normalizační žíhání

U nízko uhlíkových a středně uhlíkových nelegovaných ocelí. Dosáhne se tak rovnoměrné krystalizace, zaručující stejné mechanické vlastnosti a vyhovující obrobiteľnosť výkovku. Normalizační teplota se volí 30- 50°C nad teplotou A_{C3} . U malých výkovků výdrž 10-20 minut a u velkých výkovků 2-3 hodiny. Výkovky chladnou odděleně na vzduchu(ne v průvanu).

5.4.2 Žíhání na měkko

Žíhání na měkko se provádí těsně pod teplotou A_{C1} (650-720°C) s výdrží na této teplotě 2-4hodiny, kdy získáme zrnitý perlit. Pozvolné ochlazování provádíme v peci. Tím získáme lepší obrobiteľnosť.

5.4.3 Izotermické žíhání

Materiál ohříváný do austenitického stavu. Po krátké výdrži na této teplotě, následuje rychlé ochlazování až na teplotu izotermické přeměny s výdrží do konce průběhu přeměny. Izotermické žíhání je dobré pro slitinové oceli, kdy tento způsob nahrazuje normalizační žíhání a žíhání na měkko.

5.4.4 Žihání ke snížení pnutí

Pro uvolnění vnitřních pnutí, které by mohly vést ke zkřivení, zborcení nebo lomu součásti. Pomalým ohřevem dosáhneme teploty mezi 450-650°C, menší prodleva, ochlazení v uzavřené peci na teplotu 200°C a následné dochlazení na vzduchu.

6. ZÁPUSTKY

6.1 Dělení zápustkových dutin

Zápustkové dutiny jsou děleny na:

1. Dokončovací – používá se pro výrobu hotového výkovku s výronkem. Rozměry dutiny jsou shodné s výkresovými rozměry výkovku, zvětšené o hodnotu smrštění materiálu z kovací teploty na teplotu okolí.

Pozn. Předkovací dutina se používá hlavně proto, aby se snížilo opotřebení dokončovací dutiny.

2. Přípravné - mají za úkol nejprve hrubé a potom přesnější rozdělení materiálu dle průřezů a tvarů výkovku. Při určování jejich rozměrů se vychází vždy z rozměrů dokončovací zápustky. Přípravné dutiny se ještě rozdělují na prodlužovací, tvarovací, ohýbací, roler (dutina pro otáčivé kování), útky (oddělovací dutina).

3. Odsekávací - používá se k odseknutí hotového výkovku od tyče, ková-li se polotovar pro více jak dva výkovky

6.2 Rozměry zápustek

Na stanovení rozměrů zápustky má vliv:

1. Rozměr výkovku včetně výronku
2. Jakost materiálu výkovku
3. Minimální vzdálenost od kraje zápustky – S
4. Minimální vzdálenost mezi jednotlivými dutinami – S_1
5. Plánovaný počet obnov

6. Upínací možnosti držáku zápustek

7. Vedení zápustek

Nejmenší vzdálenost dutiny od kraje zápustky a nejmenší vzdálenost S_1 mezi jednotlivými dutinami můžeme se určit z grafu nebo ze vzorce po zavedením pomocné veličiny T

$$T = \frac{11 \cdot H_D \cdot \cos \alpha}{\sqrt{H_D + 0,4R}} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

R - poloměr ve spodní části dutiny [mm]

H_D - hloubka dutiny [mm]

A - úhel bočních úkosů dutiny [°]

Rozměry zápustkového bloku se volí podle ustanoveného počtu rozměrů a rozložení dutin a vzdálenosti mezi nimi.

6.3 Upínání zápustek

Upínací plocha zápustek je dána typem stroje, pro který je navržena.

U bucharů se zápustky upínají na beran nebo šabotu pomocí rybiny a rybinové drážky. Boční upevnění se provádí pomocí klínu. V podélném směru se zápustka středí pomocí pera umístěného buď ve vybráných bočních stěn rybiny, nebo základních ploch. Vřetenové lisy mají na stole i beranu rovnoběžné nebo křížové drážky tvaru T, do kterých se upínají pomocí T šroubů zápustky.

Na klikové kovací lisy se zápustky upínají pomocí upínacích držáků. Základová deska držáku je upnuta na stole lisu pomocí šroubů a upínací deska podobně jako základová na upínací plochu beranu lisu také šrouby.

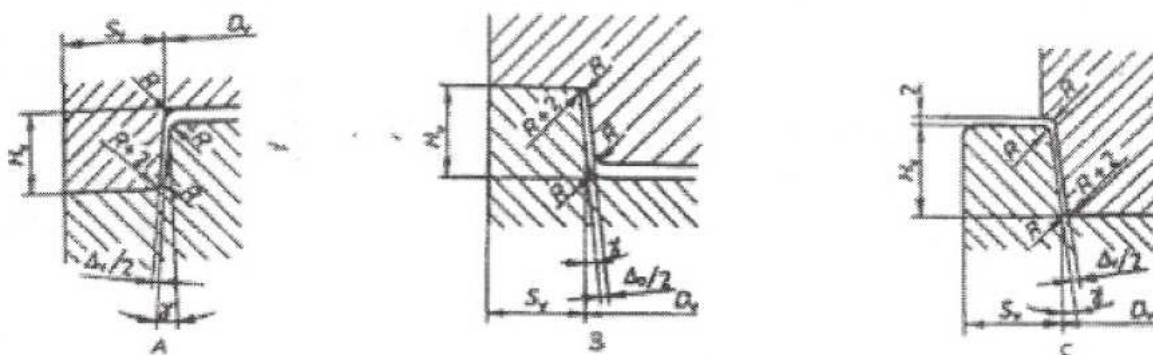
Zápustky vodorovných kovacích lisů se upevňují k opěrným plochám pomocí per a klínů, které vymezí správná poloha zápustek proti lisovníku.

6.4 Vedení zápustek

Středění zápustek je nejrozšířenější u jednodutinových zápustek. Má zabránit vzájemnému posunutí zápustek při kování.

Typy vedení:

- a/ vodící kolíky - zabraňují přesazení výkovku a zachycují tlaky, kterými je namáháno vedení stroje. Používají se 2 až 4 kolíky, které se umísťují převážně v rozích spodní zápustky.
- b/ obvodové vedení - doporučeno pro výkovky kruhových tvarů
- c/ zámek pro zachycení posouvajících sil - u zápustek s lomenou dělicí plochou
- d/ vedení podélné, příčné a křížové - zápustky pro buchary



Obr. 19 Kruhové vedení bucharových zápustek

6.5 Vyhazovače

Při zápustkovém kování většinou dochází k ulpívání výkovku v dutině zápustky. To ovlivňuje hloubka dutiny, tření, tvar výkovku, technologické úkosity, nedostatečné mazání, odstraňování okují apod. Proto je potřeba při konstrukci zápustky uvedené faktory vyhodnotit a případně zvolit pro usnadnění vyjímání výkovku některý způsob nuceného vyhazování, které je umožněno konstrukcí stroje.

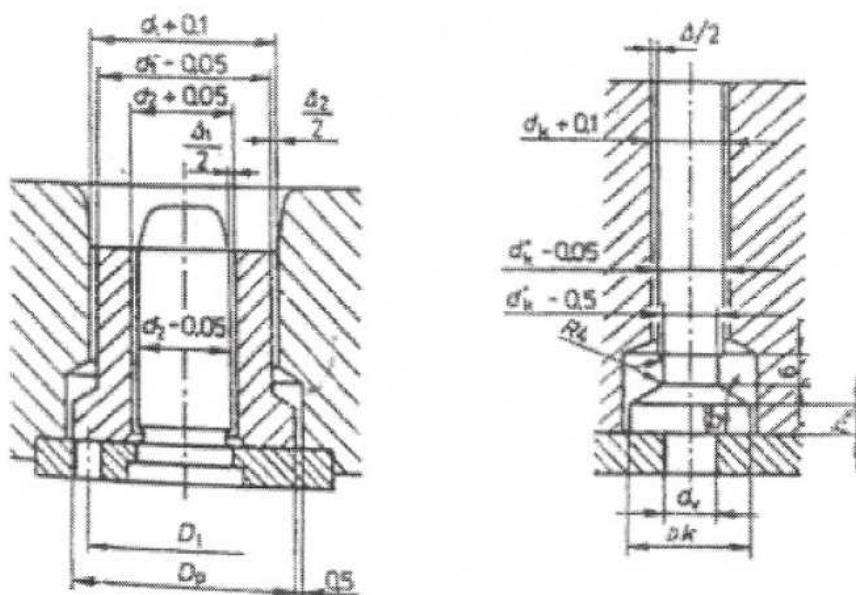
Vyhazovače se rozlišují podle tvaru činné části, která je ve styku s výkovkem na:

- a/ prstencové
- b/ kolíkové
- c/ vložkové

Prstencové vyhazovače se používají pro výkovky s charakteristickým zahloubením ve středu výkovku – nábojem. Průměry předkovacího trnu

a vyhazovače se stanoví s ohledem na zajištění přípustných tlaků v dosedacích plochách.

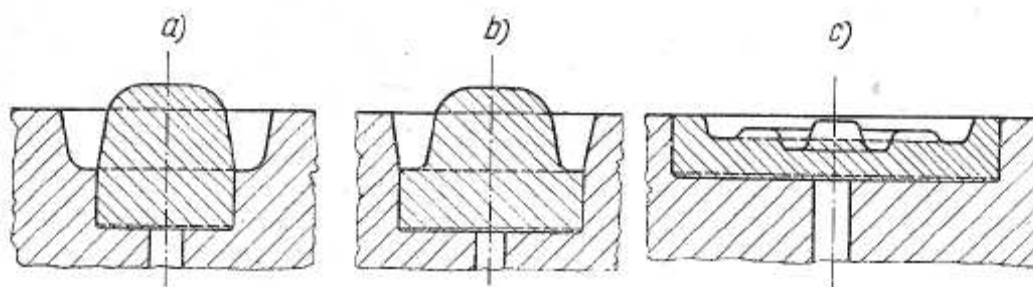
Kolíkové vyhazovače používáme jako středové, mimostředové a umístěné v ploše výronku. Ve speciálních případech lze jako vyhazovače použít vložku – předkovací trn. Tento vyhazovač použijeme u výkovků s blánou posunutou do spodní části výkovku, nebo když vyhazovací kolík hodně zeslabí vložku, je lepší vyhození celou plochou, kove se bez blány, s vnitřním výronkem. Přesné rozměry a vůle vedení vyhazovačů jsou dány formou ČSN 228306.



Obr.20 Vyhazovače: prstencový a kolíkový

6.6 Vložkování zápustek

Pro obnovu zápustkové dutiny se používá z důvodu úspory materiálu vložkování. Vložka se zhotoví z jakostní zápustkové oceli a vlastní zápustkový blok je z běžné zápustkové oceli, nebo lepší konstrukční oceli. V místě nadměrného namáhání zápustek nebo kdy tvar vystupuje nad dělicí plochu, volíme částečné vložkování. Vložky uložené za tepla, za studena jsou lícovány s přesahem H8/u7. V horní zápustce musí být vložky zajištěny proti uvolnění.



Obr.21 Vložkování zápustek

6.7 Ovlivnění životnosti zápustek

Životnost zápustek ovlivňuje materiál, z něhož jsou vyrobeny, tepelné zpracování, povrchová úprava, atd. Životnost velmi ovlivňuje způsob zacházení se zápustkami při provozu, podmínky technologie zápustkového kování. Trvanlivost zápustek je za jinak stejných podmínek závislá na způsobu tváření, výkonu, stavu tvářecího stroje a seřízení zápustky.

Čím méně se materiál v zápustce přemísťuje, tím menší je její opotřebení a delší životnost. Tomu lze předejít vhodnou úpravou předkovek buď volným kovááním, nebo postupovým kovááním v několika zápustkových dutinách.

Dalším činitelem ovlivňujícím opotřebení zápustky je množství tvářeného materiálu. Nedostatek materiálu může vést k prasknutí zápustky, naproti tomu velké množství materiálu vede k jeho nadměrnému přemísťování.

6.7.1 Předehřívání zápustek

Vysokolegované, zejména wolframové nástrojové oceli mají po tepelném zpracování poměrně nízkou houževnatost. Proto je nutné před kovááním zápustky rovnoměrně předehřát na 200-300 °C. Předehřev je důležitý hlavně u členitých tvarů dutiny a čím více má zápustka ostrých záhybů. Nedodržením tohoto požadavku dochází k praskání zápustek. Předehřátím snížíme teplotní gradient mezi povrchem dutiny a jádrem, tím se sníží tepelné pnutí. Kromě toho se při styku výkovku se zápustkou zmenšuje přestup tepla, což zpomaluje ochlazování výkovku. Zlepšuje se tok tvářeného materiálu a zmenšuje měrný tlak v dutině zápustky. Snižuje se tím i opotřebení dutiny plastickou deformací a otěrem.

Zápustky je možné předehřívát několika způsoby.

Málo výhodný způsob předehřevu je pomocí ohřátého ocelového bloku nebo desky. Zápustka se ohřívá přímo na stroji. Nevýhodou je nerovnoměrný místní ohřev, který zvyšuje možnost vyhřátí povrchových vrstev zápustky na vyšší teploty s možností poklesu pevnosti v dělicí rovině. Nevhodný je také prudký nebo lokální ohřev zápustky velkým plynovým hořákem. Zejména u vysokolegovaných ocelí zvyšuje možnost prasknutí zápustky.

Lepší způsob předehřevu zápustky je ohřev na pískovém roštu vyhříváném plynovými hořáky. Nevýhodou je, že zápustka je mimo kovací stroj a následná manipulace s ní je obtížná.

U zápusťek, které musíme přehřívát i během provozu, je dobré použít věncovitých plynových hořáků upravených dle tvaru zápusťky. Moderním způsobem je indukční předehřev zápusťek nízkou frekvencí okolo 50 Hz.

Ohřívání zápusťek nad 300 °C není účelné ani hospodárné. Při teplotách 200 – 300 °C se u ocelí pro práci za tepla dosahuje maximální houževnatosti. Při jejich překročení se houževnatost nezvýší, ale právě naopak dochází k určitému poklesu houževnatosti. Zápusťky se předehřívají před zahájením kování, v přestávkách, při výměně směn a ve výjimečných případech i při provozu.

6.7.2 Chlazení zápusťek

Chlazením zápusťky se snaží zabránit velkému vyhřátí povrchové vrstvy zápusťky, které může nastat při rychlé kadenci stroje, nárazovým kováním nebo při dlouhém styku zápusťkové dutiny s výkovkem. Tím dochází k poklesu pevnosti a značnému popuštění. Překročení teploty může vést k překrytalizaci, kterou doprovází objemové změny.

Vyhřátí dutiny zápusťky se především vyskytuje u poloautomatických nebo automatických kovacích strojů. V těchto případech je potřeba použít intenzivního chlazení, např. vodou. V případech, kde se příliš vyhřívají funkční plochy nástroje, je nutné zavést jejich chlazení a správné pravidelné mazání. Příliš prudké nebo nerovnoměrné chlazení vede ke vzniku pnutí i ke vzniku trhlin. Při volbě chlazení je nutné zvážit, zda budeme chladit stlačeným vzduchem, nebo jestli je nutno použít vodní sprchu. Chlazení vodou se nedá použít u nástrojů z vysokolegovaných ocelí, nebo tam, kde teplota pracovní části nástroje překračuje po každé operaci do určité tloušťky teplotu přes 300 °C.

Pozn.: vodní chlazení se v praxi používá nejvíce u vodorovných kovacích strojů.

6.7.3 Mazání zápusťek

Snížením tření mezi zápusťkou a kovovým materiálem se sníží deformační odpor, síla a práce. Vhodné mazivo zabrání ulpívání výkovku v zápusťce a způsobí jeho uvolnění.

Uvolnění výkovku se dosáhne dvojím způsobem:

a/ látkami s převážně mazacími účinky

b/ látkami s převážně uvolňovacími účinky

Látky s převážně mazacími účinky brání přímému styku dvou po sobě klouzajících ploch výkovku a zápustky.

Látky s převážně uvolňovacími účinky ve styku se žhavým materiálem shoří, což vytvoří plyny a vodní páry, které uvolní výkovek. Použité mazivo se nesmí rozkládat vlivem provozních teplot a tlaků, nýbrž si musí ponechat v širokém tepelném rozmezí malou a stálou viskozitu.

6.7.3.1 Druhy maziv

Tuhá maziva:

nejpoužívanějším typem maziva je grafit

sirníky kovů – Mo, W, Zn dispergovaná ve vodě nebo oleji

Kapalná maziva:

Kapalná maziva jsou výhodná pro svoji viskozitu, termickou stabilitu a schopnost vytvořit plynný polštář pod výkovkem, který usnadní jeho vyjmutí z dutiny nástroje. Používají se minerální, organické oleje, emulgenční oleje a syntetické látky.

Kompenzistevní maziva:

Mazání zápustek tuky a mazlavými mýdly se provádí ručně. Mazací tuky však zanechávají po vypaření nebo spálení tuků zbytky, které zhoršují povrch výkovku.

Piliny:

Pilin se používá především k uvolňování výkovků a hlubokých zápustek. Uvolňování způsobují plyny a vodní páry vzniklé jejich spalováním.

Soli:

Používá se roztoků kuchyňské soli, sody, ledku. Po odpaření vody zůstane na funkčních plochách zápustky vrstva solných krystalů, které zabraňují přilnavosti okují. Ty se pak snadno odstraňují. Rozstříkování roztoku znečišťuje stroj a má velké korozivní účinky.

Sklo:

Sklo se nanáší na materiál ve formě vaty, fólií nebo v suspenzi s prachovými nosiči. Má dobré mazací účinky. Zbytky skla se z výkovku odstraní oklepáním nebo pískováním. Nevýhodou však je, že zbytky skla ztuhnou v dutině zápustky.

6.8 Materiál zápustek

Kováním jsou nástroje extrémně mechanicky a tepelně namáhány, proto klademe při volbě zápustkové oceli tyto požadavky:

1. Vysoká pracovní pevnost (tvrdost) za normálních a vyšších teplot.
2. Co největší poměr meze kluzu a pevnosti za normálních a vyšších teplot.
3. Co nejvyšší popouštěcí teploty.
4. Velká odolnost proti poklesu pevnosti v závislosti na pracovní teplotě a době působení teploty.
5. Vysoká otěruvzdornost.
6. Dobrá prokalitelnost, zejména pro velké zápustky s hlubokými dutinami.
7. Dostačující houževnatost za normálních a vyšších teplot.
8. Co nejmenší náchylnost k nalepování tvářeného materiálu.
9. Odolnost proti trhlinám tepelné únavy na funkčních částech nástroje.
 - a) Malá tepelná roztažnost a co největší tepelná vodivost v širokém rozsahu pracovních teplot nástroje.
 - b) Nenáročná technologie tepelného zpracování, co nejnižší kalicí teploty a co nejvyšší překryštalizační teplota A_{cl} .
 - c) Dobrá obrobiteľnosť a nízka cena oceli.

Všetchny tyto požadavky v praxi nelze získat žádnou kombinací legujících prvků najednou. Můžeme dosáhnout jen určitého přiblížení. Proto při volbě oceli na zápustky dáváme přednost dvou nebo třem nejdůležitějším vlastnostem. Podle obsahu legujících prvků dělíme tyto oceli na:

- a. wolframové
- b. chromolibdenové
- c. niklové
- d. chromové
- e. uhlíkové

Při určování oceli na zápustky se řídíme těmito hledisky:

- a) množství vyráběných výkovků
- b) charakter výkovku (velikost, tvar, tolerance)
- c) druh a výkon kovacího stroje
- d) technologický postup výroby
- e) provozní podmínky technologie zápustkového kování
- f) technologie tepelného zpracování zápustek

Tvrdość nástrojů volíme podle dynamického namáhání a požadované meze kluzu v tlaku. U lisů se pohybuje mezi 48 -58 HRC. Při zvýšeném dynamickém namáhání se snižuje na 38 – 45 HRC. Odolnost proti opotřebení vzrůstá s tvrdostí, ale klesá odolnost proti tepelné únavě a zvyšuje se sklon k praskání zápustek.

7. TVÁŘECÍ STROJE PRO ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ

Buchar je tvářecí stroj, u kterého dochází k přenosu jeho energie na zpracovávaný materiál rázem. Tok kovu je ovlivněn vysokou dopadovou rychlostí (až 9m/s) 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. Intenzivnější zaplňování horního dílu zápustky se přičítá velmi krátké době styku horního dílu zápustky s tvářeným kovem, který se tak vyznačuje nižším deformačním odporem.

Při kování na bucharech se snažíme dodržovat tato doporučení:

- vyhýbat se značnému prodlužování dřívků (zdlouhavé)
- vyhýbat se kování výkovků s velkými hlavami – vyžadují pēchovací operaci
- vyhýbat se kování rozvidlených výkovků – vyžadují složité přídavné operace
- součástky s velkými výčnělkou vyrábět raději spojováním (svářením)
- vyhýbat se kování velmi malých a velmi velkých otvorů
- používat co největší úkosy a poloměry zaoblení výkovků

Kování na kovacích lisech se liší od kování na bucharech především těmito charakteristickými znaky:

- nerázový charakter kování
- vázaný pohyb smýkadla
- stálá velikost zdvihu
- přesně vymezená dolní plocha smýkadla a vyhazovače (samočinně uvolňují polotovary a výkovky ze zápustkových dutin)

Okuje opadávají z kovaného materiálu hůře než na bucharu, a proto hrozí jejich zakování do povrchu výkovku. Za nejspolehlivější zábranu se považuje bezokujový ohřev.

Tok kovu do horního dílu zápustky je méně intenzivní než na bucharu, a to klade vyšší nároky na předkování výkovků s vysokými a štíhlými výstupky. Příčinou je mnohem delší doba styku horního dílu zápustky s tvářeným kovem. To ale umožňuje současnou deformaci celého objemu tvářeného kovu, a tím i rovnoměrné zaplňování horního a dolního dílu zápustky.

Nárazový charakter kování má vliv i na konstrukci zápustky, kterou tvoří rychle vyměnitelné vložky upnuté do normalizovaného upínače zběžné uhlíkové oceli. Proti přesazení jsou oba díly zápustky zabezpečeny vodíci sloupky a pouzdry, což zvyšuje rozměrovou přesnost výkovku ve vodorovném směru.

Pro kování na kovacích lisech existuje několik doporučení:

- vyhýbat se kování výkovku s dlouhou osou
- používat malé tolerance výkovku
- úkosy mají být co nejmenší nebo žádné
- poloměry zaoblení přibližně stejné jako u bucharů
- některé přípravné operace (prodlužování, rozdělování) nelze dělat, musí se použít jiný stroj
- lze předkovat i poměrně hluboké otvory

8. TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

Při volbě správné technologie výroby zadané součásti musí být zohledněny nejen konečné mechanické vlastnosti dosažené danou technologií, ale i ekonomické náklady spojené s výrobou zvolenou technologií.

8.1 Vhodné technologie výroby součástí:

Třískové obrábění:

Třískové obrábění je vhodné zejména pro kusovou výrobu, jelikož je relativně levná a nevyžaduje výrobu speciálních nástrojů. Je však časově náročná a vzhledem k použitému polotovaru (válcové tyče) vzniká velký odpad v podobě třísek a navíc se značně změní mechanické vlastnosti, které by nakonec mohli omezit funkčnost součásti. Tato změna je způsobena zejména z důvodů přerušení vláken v materiálu čímž může docházet k praskání v místech se zvýšenou koncentrací napětí, jako jsou ostré rohy a časté přechody se změnou rozměrů.

Odlévání:

Tato technologie je již méně časově náročná než obrábění a i mechanické vlastnosti součástí by se kladně změnily. Ovšem přesto by nedosáhli takových hodnot jako při použití kování a to pro nestejnorodé vlastnosti v celém objemu materiálu k čemuž často dochází. Z ekonomického hlediska je technologie lití finančně náročnější než třískové obrábění, ale závisí to na volbě licích forem a náročnosti jejich výroby.

Tváření za tepla:

Tato varianta vyžaduje vyrobení speciálního nástroje (zápustky), který je v porovnání s předešlými technologiemi výroby z hlediska výroby značně finančně náročný. Ale vzhledem k předpokládané velikosti série nad 100 000ks se jeví jako nejméně finančně náročná. Hlavními klady při výrobě kování jsou velmi dobré mechanické vlastnosti v celém objemu materiálu, stejnorodá struktura a menší náchylnost k praskání v místech se zvýšenou koncentrací napětí. Tyto vlastnosti jsou zaručeny především souvislostí vláken v materiálu i přesto, že jako dokončovací operaci pro dosažení konečného tvaru volím třískové obrábění.

8.2 Technologické parametry:

Plánovaný postup výroby:

1. Dělení materiálu
2. Kontrola jakosti
3. Čištění povrchu
4. Ohřev materiálu na kovací teplotu

5. Pěchování pro odstranění okují
6. Předkování
7. Kování v dokončovací zápustce
8. Ostřih výronku a blány
9. Očištění výkovku
10. Kontrola rozměrů a povrchové tvrdosti
11. Odstranění okují
12. Tepelné zpracování
13. Závěrečná kontrola

Zápustkové výkovky se vyrábějí dle ČSN 42 9030 ve 4 stupních přesnosti:

- a) obvyklé provedení
- b) přesné provedení
- c) velmi přesné provedení
- d) dle dohody

Volím provedení obvyklé.

Přidavky na obrábění:

Přidavky na obrábění ploch se pro obvyklé provedení volí v závislosti na největším průměru a největší výšce výkovku.

Přídavek na obrábění: 2,6mm

Volba stupně přesnosti pro obvyklé provedení:

Stupeň složitosti se volí podle složitosti tvaru dle ČSN 42 9002.

Rozměry kolmé ke směru rázu: IT5

Rozměry rovnoběžné se směrem rázu: IT6

Volby mezních úchylek a tolerancí rozměrů:

Volí se v závislosti na největším průměru výkovku a výšce výkovku dle ČSN 42 9030.

Pro IT5 kolmo ke směru rázu

Mezní úchyly rozměrů $\begin{matrix} +0,9 \\ -0,4 \end{matrix}$ mm

Tolerance 1,3mm

Pro IT6 ve směru rázu

Mezní úchyly rozměrů $\begin{matrix} +1,4 \\ -0,6 \end{matrix}$ mm

Tolerance 2mm

Technologické úkosy:

Velikost bočních úkosů pro zápusťkové výkovky se volí z důvodu snadnějšího vyjímání ze zápusťky. Při použití vyhazovače můžeme volit úkosy menší.

Vnější: 3°

Vnitřní: 5°

Zaoblení hran:

Zaoblení hran a rohů výkovku a jejich úchyly se volí podle poměru výšky výkovku od dělicí roviny a průměru výkovku:

Vnitřní poloměr: $R = 8 \begin{matrix} +0,25 \\ -0,25 \end{matrix}$

vnější poloměr: $r = 3 \begin{matrix} +0,50 \\ -0,25 \end{matrix}$

Tloušťka dna, blány:

Nejmenší tloušťka blány se volí ze závislosti největšího rozměru výkovku ve směru kolmém k rázu na největší výšce výkovku.

H=6mm

Přesazení, otřep a ostřížení:

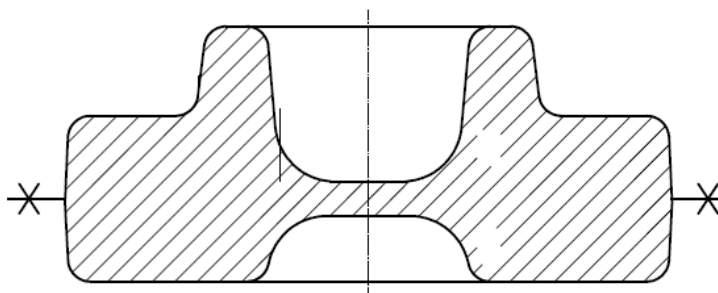
Hodnota dovoleného přesazení p, dovoleného otřepu a sestřížení g je rovna minusové mezní úchylce stanovené pro daný výkovek a daný rozměr úchylek kolmo k rázu:

Přesazení: $p=+0,5$

Otřep a ostřížení: $g=+0,6$

Dělicí rovina:

Dělicí rovinu je volena do největších navzájem kolmých rozměrů.



Obr.22 Volba dělicí roviny

Výpočet tloušťky blány:

$$s = 0,45 \cdot \sqrt{d - 0,25h - 5} + 0,6\sqrt{h} = 0,45 \cdot \sqrt{27,3 - 0,25 \cdot 21 - 5} + 0,6\sqrt{21} = 4,61\text{mm} \quad (7)$$

8.3 Návrh technologického postupu

Určení výronkové drážky:

$$h = \beta \frac{F}{S} = 0,03 \frac{4417,86}{235,6} = 0,56\text{mm} \quad (8)$$

F-plocha průmětu výkovku v dělicí rovině (mm^2)

S-obvod v dělicí rovině (mm)

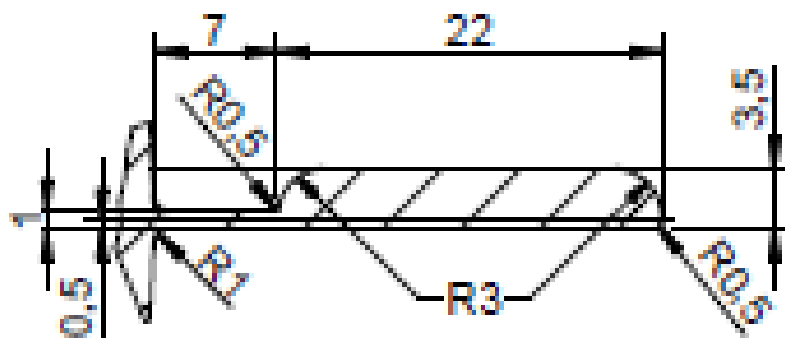
L-průměr výkovku (mm)

β -součinitel tvaru výkovku v dělicí rovině

Z diagramu určíme součinitel β . Volím $\beta=0,3$ (příloha 3).

Rozměry výronkové drážky volíme podle tabulky (viz. příloha 4).

Volím typ drážky I.



Obr.23 Rozměry výronkové drážky

Obsah výronkové drážky:

$$S_{\text{výr.}} = 0,8 \text{ cm}^2$$

Objem výronkové drážky:

$$V_{\text{výr.}} = 1,6 S_{\text{výr.}} [D + 0,7(s + s_z)] = 1,6 \cdot 80 \cdot [75 + 0,7(22 + 7)] = 12198,4 \text{ mm}^3 \quad (9)$$

Propal:

Propal vzniká při ohřívání materiálu, jeho velikost se liší druhem použitého zařízení.

Viz. příloha

Volím odporové ohřívací zařízení s propalem $\delta = 1-1,5\%$ => volím propal 1,5%

Určení polotovaru:

$$\text{Hustota oceli } \rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Objem výkovku:

-určeno z modelu výkovku

$$V_{\text{výk.}} = 67,437 \cdot 10^{-6}$$

Hmotnost výkovku

$$M_{\text{výk.}} = V_{\text{výk.}} \cdot \rho = 67,437 \cdot 10^{-6} \cdot 7850 = 0,529 \text{ kg} \quad (10)$$

Objem výronku:

-určeno z modelu výronku

$$V_{\text{výr.}} = 28,865 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Hmotnost výronku:

$$M_{\text{výr.}} = V_{\text{výr.}} \cdot \rho = 28,865 \cdot 10^{-6} \cdot 7850 = 0,23 \text{ kg} \quad (11)$$

Určení rozměrů polotovaru:

$$\lambda = \frac{L_0}{D_0} = 1,5 - 2,8 \quad (12)$$

$$L_0 = \lambda \cdot D_0$$

λ volím 2

$$V_{\text{výk.}} = (V_v + V_{\text{výr.}}) \frac{100 + 1,5}{100} = (67437 + 12198,4) \frac{100 + 1,5}{100} = 80829,9 \text{ mm}^3 \quad (13)$$

$$L_0 \rightarrow V_{\text{výk.}} = \frac{\pi D_0^3}{4} \cdot \lambda \cdot D_0 \Rightarrow D_0 \quad (14)$$

$$D_0 = \sqrt[3]{\frac{4V_{\text{výk.}}}{\pi \cdot \lambda}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 80829,9}{\pi \cdot 2}} = 37,19 \text{ mm}$$

Volím polotovar dle rozměrové normy ČSN 42 6510: 40±1 mm

Délka polotovaru:

$$L_0 = \frac{4V_{\text{výk.}}}{\pi D_0^2} = \frac{4 \cdot 80829,9}{\pi \cdot 40^2} = 64,3 \text{ mm} \quad (15)$$

Délku polotovaru volím 64±1 mm

Kontrola štíhlosti polotovaru:

$$\lambda = \frac{L_0}{D_0} = \frac{64}{40} = 1,6 \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

Výpočet tvářecí síly:

Varianta I.

$$F = 8(1 - 0,001D) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{75}\right)^2 \cdot \sigma \cdot S$$

$$S = \pi r^2 = \frac{75 + 14}{2} \cdot \pi = 6221,14 \text{ mm}^2 \quad (16)$$

$$F = 8(1 - 0,001 \cdot 75) \cdot \left(1,1 + \frac{20}{D}\right)^2 \cdot 7 \cdot 6221,14 = 601900,82 \text{ kp} = 602 \text{ Mp}$$

Pravděpodobně vystačíme s lisem o síle 602Mp.

V praxi se typ lisu volí tak, aby síla potřebná k tváření byla 75% maximální možné síly lisu.

Proto volím lis LZK 1000 od firmy ŠMERAL.

Varianta II.

Jako druhou variantu použiji tabulku viz. příloha 1.

Technické parametry lisu:

Jmenovitá síla	kN	10 000
Počet zdvihů beranu	za min	100
Průchod B	mm	1040
Sevření H	mm	620
Zdvih beranu Z	mm	220
Přestavitelnost beranu E	mm	10
Upínací plocha beranu l x b	mm	968 x 750
Upínací plocha stolu l ₁ x b ₁	mm	1000 x 950
Největší zdvih trnů horního vyhazovače	mm	35
Největší zdvih trnů spodního vyhazovače	mm	50
Výkon hlavního elektroměru	kW	55
Spotřeba nasátého vzduchu pro 1 zapnutí spojky	dm ³	140
Spotřeba chladící vody za min	dm ³	4
Rozměry lisu: S X L	mm	2400 x 2700
V/ V ₁	mm	4600/240
Hmotnost lisu	kg	48 000
Hmotnost lisu se zámořským obalem	kg	53 000

Objem/ počet obalů

m³/kusů

48/3

Návrh zápusťky:

Pro tento typ stroje je doporučen výrobcem zápusťkový držák.

Pro materiál 14 220.1 volím smršťění 1,5%.

Mezní rozměry dokončovací dutiny:

$\varnothing 75 \begin{matrix} \perp +0,1 \\ \parallel +0,15 \end{matrix}$

$\varnothing 44 \begin{matrix} \perp +0,08 \\ \parallel +0,12 \end{matrix}$

$\varnothing 32,5 \begin{matrix} \perp +0,07 \\ \parallel +0,1 \end{matrix}$

Dělení materiálu:

Materiál bude dělen stříháním.

Síla potřebná k přestřižení:

$$F = 1,2 \cdot \tau_{PS} \cdot S_{pol} = 1,2 \cdot 230 \cdot 1256,6 = 346821,6N \quad (17)$$

Seznam výkresové dokumentace:

Výkres výkovku č.v. FSI-BP-1

Ohřátý výkovek č.v. FSI-BP-2

Předkovací zápusťka č.v. FSI-BP-3

Dokončovací zápusťka č.v. FSI-BP-4

Vyhazovací kolík č.v. FSI-BP-5

Umístění zápusťek č.v. FSI-BP-6

9. EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

Z porovnání možností výroby zadaného dílu vyplývá, že nejekonomičtější je výroba zápusťkovým kováním. Především u velkosériové výroby (nad 100 000ks ročně). Ještě pro zefektivnění výroby, by bylo možné celou výrobu zautomatizovat pomocí transféru.

10. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navržení nejvýhodnější technologie výroby zadané součásti objemovým tvářením. Práce obsahuje literární studii, která je zdrojem informací pro samotné řešení. Další důležitou částí je celkový technologický postup výroby dílu od návrhu polotovaru, volby stroje k hotovému výrobku. Jako nejvýhodnější se jeví zápusťkové kování na svislém kovací lisu ve třech operacích.

Z ekonomického hlediska vyplývá, že zápusťkové kování je při použití navržené technologie výroby nejvýhodnější.

Seznam použitých symbolů:

Δl (°C) - délka výkovku p ři +20°C

α (l/°C) - střední koeficient teplotní roztažnosti

t_1 (°C) - dokovací teplota

t_0 (°C) – teplota 20°C

H (mm)– rozměr výkovku na výšku(ve směru úderu)

L (mm)– délka nebo průměr v rovině kolmé na směr úderu

L_v (mm) – délka výkovku

h (mm) – hloubka dutiny

S_z (mm) – minimální tloušťka stěny

S_v (mm²) – plocha vodorovného průmětu výkovku

R (mm) - poloměr ve spodní části dutiny

H_D (mm) - hloubka dutiny

α (°) - úhel bo čních úkosů dutiny

F (mm²) - plocha průmětu výkovku v dělicí rovině

S (mm) - obvod v dělicí rovině

D (mm) - průměr výkovku

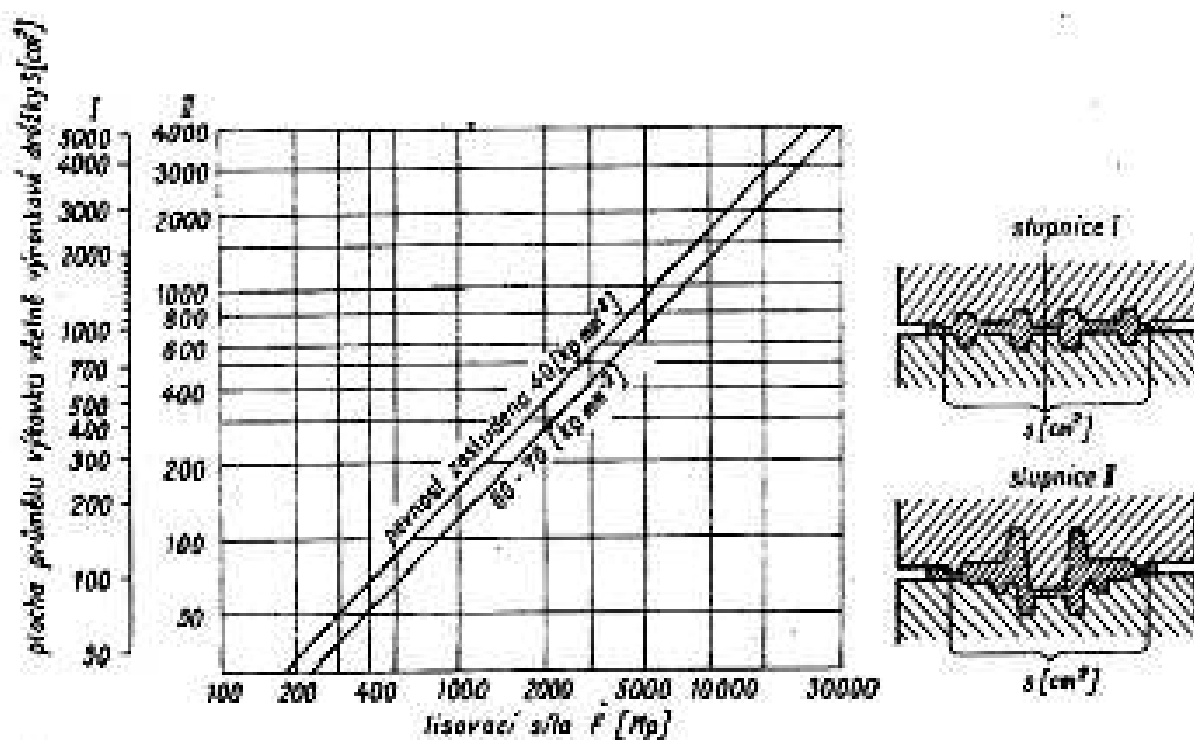
β - součinitel tvaru výkovku v dělicí rovině

Seznam použité literatury:

- [1] Hašek, V. a kolektiv: Kování, 1. vydání, tiskárna Brno, 1965
- [2] Brjuchanov, A. N. - Rebelskis, A. V.: Zápustkové kování I., 1. vydání Brněnské knihtiskárny, n. p.Brno, 1955
- [3] Brjuchanov, A. N. - Rebelskis, A. V.: Zápustkové kování II., 1. vydání, Brněnské knihtiskárny, n. p., Brno, 1956
- [4] Kolektiv autorů: Technologie strojírenské výroby III., 1. vydání, Praha, Průmyslové vydavatelství, 1952
- [5] Vávra, P. – Leinveber, J.: Strojírenské tabulky, 3. doplněné vydání, Praha, SNTL 1999
- [6] Hýsek, R.: Tvářecí stroje, 2. vydání, Praha, SNTL 1974
- [7] Drastík, František.: Výpočty z oboru kování a lisování. 1.vydání., SNTL Praha, 1991
- [8] České státní normy

Příloha 1

Nomogram pro určení síly kovacího lisu



Příloha 2

Tabulka určení technologických úkosů

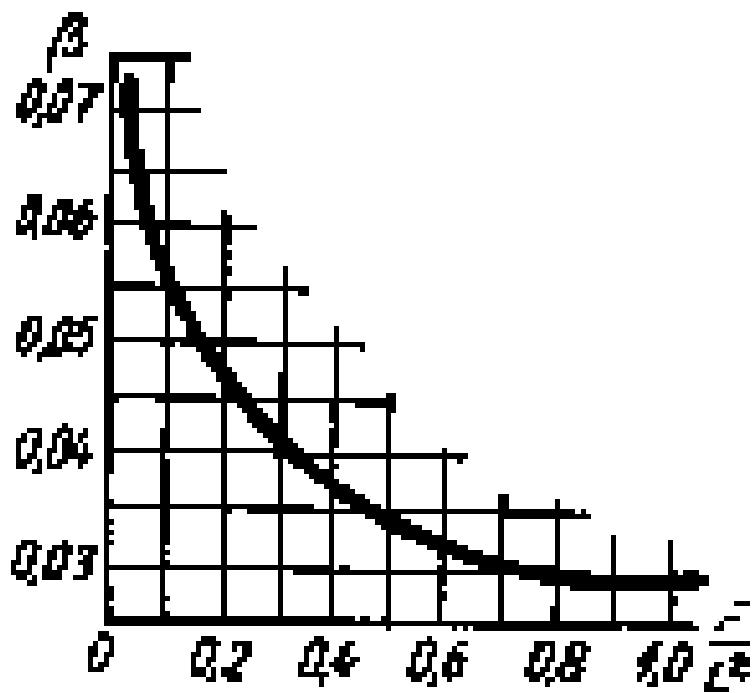
$\frac{l}{b}$ \ $\frac{b}{h}$	Do 1	1-3	3-4,5	4,5-6,5	6,5-8	Přes 8
Do 1,5	5	7	10	12	15	15
Přes 1,5	3	5	7	10	12	15

Tabulka určení zaoblení hran

$\frac{h}{b}$	r mm	R mm
Do 2	$0,05 h + 0,5$	$2,5 r + 0,5$
2-4	$0,06 h + 0,5$	$3 r + 0,5$
Přes 4	$0,07 h + 0,5$	$3,5 r + 0,5$

Příloha 3

Diagram pro určení součinitele β



Příloha 4

Rozměry výronkové drážky

Čís.	h	h_1	R	Čís. 1			Čís. 2			Čís. 3		
				$K < 1,5$			$K = 1,5 \div 2,5$			$K > 2,5$		
				b	b_1	S_3	b	b_1	S_3	b	b_1	S_3
1	0,3	3	1	6	18	0,52	6	20	0,61	8	22	0,74
2	0,4	3	1	6	20	0,69	7	22	0,77	9	25	0,88
3	0,5	3	1	7	22	0,80	8	25	0,91	10	28	1,04
4	0,8	3,5	1	8	22	1,02	9	25	1,13	11	30	1,56
5	1	4	1,5	9	26	1,36	10	28	1,53	12	32	1,77
6	1,5	5	1,5	10	28	2,01	12	32	2,33	14	38	2,78
7	2	6	2	11	30	2,68	14	38	3,44	15	42	3,85
8	2,5	7	2	12	32	3,43	15	40	4,34	18	46	5,06
9	3	8	2,5	13	35	4,36	16	42	5,3	20	50	6,42

Poznámka: S_3 je plocha průřezu drážky druhu I v cm^2 .