

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZÁPUSTKOVÉ KOVÁNÍ NÁBOJE KOLA

DROP FORGING OF HUB

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

MICHAL LEIDORF

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MAREK ŠTRONER, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Michal Leidorf

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:

Zápustkové kování náboje kola

v anglickém jazyce:

Drop forging of hub

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě literární rešerše aplikovat vhodnou technologii pro výrobu náboje ozubeného kola. S ohledem na cyklicky namáhaný náboj kola a potřebu zvýšení jeho mechanických vlastností a životnosti, která je funkcí vyšší primární únavové pevnosti uplatnit pochody objemových technologií tváření s větším přetvořením za tepla - zápustkovým kovááním v uzavřené zápustce.

Cíle bakalářské práce:

Provedení literární studie o možnostech výroby náboje kola s jeho zaměřením na oblast zápustkového kování.

Zpracování technologického postupu pro zvolenou technologii a daný případ.

Vypracování výkresové dokumentace spolu s technologickými výpočty.

Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

1. 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.
2. FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : VUT, 1991. 187s. ISBN 80-214-0294-6.
3. HAŠEK, Vladimír. Kování. 1. vyd. Praha : SNTL, 1965. 730 s. TISK. ISBN 04-233-65.
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno : VUT, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Štroner, Ph.D.

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

V Brně, dne 23.10.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

LEIDORF Michal: Zápustkové kování ozubeného kola

V bakalářské práci je zpracována literární studie k tématu kování. Dále je zpracován návrh technologie zadaného ocelového ozubeného kola č. v.: BP-3-2009-001. Vzhledem k předpokládané velké sériovosti 150 000 kusů/rok je zvolena technologie zápustkového kování na tři operace na svislém kovací lisu LZK 4000B, výrobce Šmeral brno a. s. Při zpracování technologického postupu byly provedeny veškeré výpočty, na které navazuje výkresová dokumentace a technicko – ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova: výkovek, výronek, zápustka, lis, ozubené kolo

ABSTRACT

LEIDORF Michal: Drop forging of hub

The Baccalaureate thesis deals with literary studies of forging. There is also processed the proposal of technology of ordered steel cog-wheel num.: BP-3-2009-001. With regard to supposed large series of 150 000 pieces per a year, the technology of stamping on three operations at the vertical forging press LZK 4000B is chosen, the producer Šmeral brno a. s. All calculations were accomplished during the processing of the technological procedure, the following design documentation and technical-economical estimation are connected with the preceding calculations..

Keywords: forging, fin, forging die, press, sprocket wheel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LEIDORF, M. *Zápustkové kování náboje kola*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 78 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 27. 5. 2009

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1	Úvod	15
2	Literární studie	16
2.1	Kování	16
2.1.1	Kování	16
2.1.2	Historie kování	16
2.1.3	Volné kování.....	17
2.1.4	Zápustkové kování	18
2.2	Konstrukce výkovků	20
2.2.1	Charakteristika výkovků.....	20
2.2.2	Přidavky	20
2.2.3	Přidavky na obrábění.....	20
2.2.4	Technologické přidavky.....	21
2.2.5	Zaoblení hran u zápustkových výkovků	22
2.2.6	Minimální tloušťka dna a stěny výkovku	22
2.2.7	Úkosity zápustkových výkovků.....	24
2.2.8	Tolerance zápustkových výkovků	24
2.2.9	Rozdělení zápustkových výkovků do tříd.....	25
2.2.10	Hlavní zásady pro volbu dělicí roviny.....	26
2.3	Konstrukce zápustky	27
2.3.1	Výronková drážka a určení jejích rozměrů	27
2.3.2	Zápustkové dutiny	28
2.3.3	Upínání zápustek.....	31
2.3.4	Materiál zápustek	31
2.3.5	Vložkování zápustek	32
2.3.6	Mazání zápustek.....	33
2.3.7	Chlazení zápustek.....	34
2.3.8	Způsoby vedení zápustek	34

2.4	Ohřev materiálu	36
2.4.1	Ohřívací zařízení	36
2.4.2	Předeřev zápusťek	40
2.5	Stroje pro kování a jejich příslušenství.....	41
2.5.1	Volba kovacího stroje.....	45
2.5.2	Konstrukce vyhazovače.....	46
2.6	Kovárenské operace	47
2.6.1	Ostřihování výkovků.....	47
2.6.2	Rovnání výkovků	48
2.6.3	Kalibrování výkovku	48
3	Návrh technologie výroby.....	50
3.1	Zadaná součást	50
3.2	Zhodnocení možností výroby součástí.....	50
3.3	Návrh výkovku	51
3.3.1	Přídavky na obrábění.....	51
3.3.2	Volba blány a umístění dělicí roviny.....	51
3.3.3	Kovací úkosy	52
3.3.4	Poloměry zaoblení.....	52
3.3.5	Zařazení výkovku dle složitosti tvaru.....	53
3.3.6	Určení stupně přesnosti pro obvyklé provedení	53
3.3.7	Mezní úchytky a tolerance rozměrů a zaoblení	54
3.3.8	Určení ostatních parametrů	56
3.3.9	Navržení výronkové drážky.....	56
3.3.10	Výpočet rozměrů výchozího polotovaru.....	57
3.3.11	Materiál výkovku	58
3.4	Návrh tvářecích strojů.....	59
3.4.1	Výpočet tvářecí síly podle Tomlenova	59
3.4.2	Výpočet tvářecí síly podle firmy ŠMERAL	62
3.4.3	Výpočet tvářecí síly podle nomogramu	63
3.4.4	Volba stroje.....	64
3.4.5	Výpočet síly k ostřížení	65
3.4.6	Volba ostřihovacího stroje.....	66
4	Technicko – ekonomické zhodnocení	67
4.1	Náklady na výrobu obráběním	67

4.2	Náklady na výrobu zápusťkovým kováním	68
4.3	Porovnání technicko – ekonomických ukazatelů.....	70
4.4	Porovnání nákladů	70
5	Návrh sestavy a výrobních výkresů.....	71
6	Závěr	72

Seznam použitých označení

Seznam použité literatury

Seznam příloh

1 Úvod

V moderní průmyslové výrobě spotřebuje 60% spotřeby válcované oceli na strojírenství. Takřka jedna pětina připadá na vratný odpad ve formě třísek zpět do hutí. Proto je potřebný vývoj výrobních metod s menší spotřebou materiálu a nižší energetickou náročností. Proto metoda, která zmenšuje množství vratného odpadu je zápusťkové kování.

V této bakalářské práci se budu zabývat technologickým postupem výroby ozubeného kola pomocí zápusťkového kování, které patří mezi základní metody tváření za tepla. Značnou předností zápusťkového kování je vysoká produktivita práce, která je výrazně větší než výroba kola třískovým obráběním. Součásti vyráběné kování – výkovky se vyznačují celistvou strukturou, vysokou houževnatostí a odolností proti šíření křehkého lomu při dynamickém zatěžování. V současné době roste počet součástí vyráběných kování a vzhledem k zvyšujícím se požadavkům je to i někdy jediný způsob, jak požadovanou součást kvalitně vyrobit. Je tedy zřejmé, že kování je technologie, která bude mít velký význam i do budoucna v průmyslové výrobě.

Progresivní rozvoj kovářských strojů nastává v období rozvoje železnic kolem roku 1850. V těchto letech byl sestrojen první padací buchar, tyto buchary byly používány v hutích ke kování svazků kovářského železa používaného ke stavbě železnic.

Intenzivní vývoj technologie tváření a tvářecích strojů nastal během první světové války, zvláště pak po roce 1918. Byl to zejména automobilový a letecký průmysl, který vyžadoval značné množství výkovků. Zápustkové výkovky znamenali výrobu přesných stejných součástí jak z oceli, tak později i z hliníkových slitin. Pro menší výkovky se rozšířily pružinové buchary odvozené od vodních hamrů. Později se nahradily pružinové buchary pneumatickými buchary. Na začátku 20. století se začalo pro kování používat také mechanických, vřetenových, hydraulických a jiných lisů.

2.1.3 Volné kování [1],[6],[11],[17]

Volné kování za tepla je pracovní postup výroby výkovků, při kterém se dosáhne kombinací základních kovářských operací přibližného tvaru hotové součásti. Volné kování lze rozdělit na ruční a strojní. V současné době se ruční kování používá v kusové výrobě malých a středně velkých výkovků v rámci oprav, údržby, v zámečnictví a uměleckého kovářství. Strojním kovááním se vyrábějí velké výkovky, těžko vyrobitelné jinou technologií, avšak tvarově jednoduché a musí mít velké materiálové přídavky.

Přídavek na obrábění musí být tak velký, aby bylo zaručeno, že při dodržení předepsaných rozměrů po obrábění bude povrch výkovku bez jakýchkoliv vad, ať již původu materiálového (vměstky apod.), anebo výrobně technologického (trhliny, přeložky). Kromě toho musí přídavek zaručovat dosažení neoduhličeného a neokysličeného povrchu po obrábění. Na druhé straně je velikost přídavku omezena hospodárností výroby, to znamená nejmenší spotřebu materiálu a nejnižší výrobní náklady.

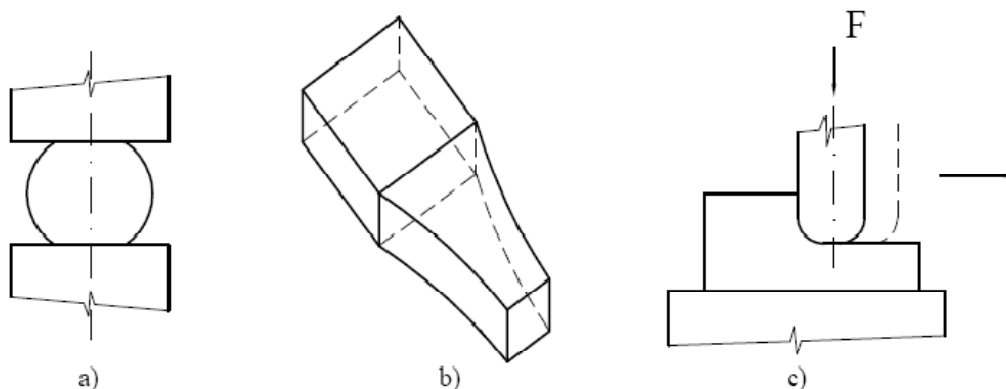
K charakteristickým znakům volného kování patří:

- získání jakostních výkovků s nesrovnatelně lepšími vlastnostmi než u odlitků
- turbulentní charakter deformace, jímž se zabezpečuje rozrušení dendritické struktury při menších úběrech než při ostatních způsobech tváření
- výroba výkovků o velké hmotnosti (až 350 t), což je jinými technologiemi nemožné nebo neúčelné
- víceúčelové tvářecí stroje a nástroje, jimiž se snižují výrobní náklady výkovků, což ekonomicky opodstatňuje volné kování při kusové a malosériové výrobě
- značné materiálové přídavky na povrchu volných výkovků
- omezená tvarová složitost volných výkovků
- potřeba vysoce kvalifikovaných a fyzicky zdatných pracovníků

Mezi základní operace volného kování patří:

- Prodlužování – účelem je prodloužení polotovaru za současného zmenšování příčného průřezu (Obr. 2.1 b).
- Pěchování – materiál je stlačován ve směru osy, rozšiřuje se průřez na úkor délky. Používá se pro kování rotačních výkovků (Obr. 2.1 a).
- Kování na trnu – používá se k rozšiřování a prodlužování průměru kroužku na úkor jeho tloušťky.
- Osazování a přesazování – je v podstatě zmenšování resp. zvětšování průřezu u osazovaných hřidelů při zachování souososti všech jeho částí (Obr. 2.1 c).

- Děrování – operace, při kterých vznikají průchozí nebo neprůchozí díry v tvářeném kusu.
- Ohýbání – umožňuje zakřivit podélnou osu výkovku, čímž se mění i jeho průřezný tvar.



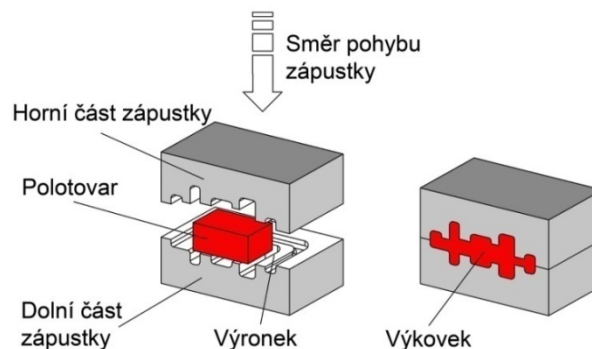
Obr. 2.2: a) pěchování, b) prodlužování, c) jednostranné osazování

2.1.4 Zápustkové kování [1],[2],[11]

Technologie výroby zápustkových výkovků neumožňuje většinou dosažení takové kvality povrchu a přesnosti rozměrů, jaké jsou od hotových součástí požadovány. Proto se většinou zápustkové výkovky musí ještě dále obrábět. Je však snaha vyrábět zápustkové výkovky s takovou jakostí povrchu a rozměrovou přesností, aby byli použitelné jako hotové výrobky. Tyto výkovky jsou označovány jako výkovky přesné nebo velmi přesné. Přesto se však i u těchto výkovků nevyhne obrábění funkčních ploch.

Zápustkovým kováním obecně rozumíme tváření polotovaru, ohřátého na kovací teplotu, v dutině nástroje- zápustky. Polotovar kopíruje tvar dutiny a vzniká zápustkový výkovek. Tvary zápustek a jejich upevnění jsou přizpůsobeny použitému stroji. Nejběžněji používané zápustky jsou dvoudílné.

Hlavní předností zápustkového kování je vysoká výkonnost a jednoduchá obsluha zápustky. Používá se zejména v sériové a hromadné výrobě. Výkovky mají omezené rozměry a hmotnost, danou rozměry a silou tvářecího stroje. Vyrábějí se do hmotnosti 500kg. Snahou je však zvětšovat hmotnost a rozměry výkovku použitím sdruženého způsobu volného a zápustkového výkovku.



Obr. 2.3: Schéma dvoudílné zápusťky [10]

Aby materiál dokonale vyplnil dutinu zápusťky, má polotovár poněkud větší objem, než je objem výkovku. Přebytečný materiál je vytlačen do zvláštní dutiny výronkové drážky a vytváří výronek, který se dodatečně odstraní odštížením.

K vypracování správného technologického postupu pro zápusťkový výkovek je třeba nakreslit výkovek dle tvaru hotové součásti zvolit ideální předkovek. Navrhnout zápusťky i s ustříhovacími, popř. děrovacími nebo rovnacími nástroji. Určit druh a velikost tvářecího stroje.

Výkres výkovku se dělá na základě obrobené součásti. Při jeho vypracování se postupuje takto:

- Určí se umístění dělicí roviny, tím se určí poloha výkovku v zápusťce. Dělicí rovina se určuje tak, aby se výkovek snadno vyjímal ze zápusťky a aby vyplnění dutiny materiálem bylo co nejméně energeticky náročné. Obvod výkovku dutiny v dělicí rovině má být co největší. S ohledem na vyplňování dutiny zápusťky má být převážná část vyplněna přechováním.
- Určí se přídatky na obrábění a výrobní tolerance. Zpravidla se přídatky nedělají stejně velké pro všechny plochy, v rovině úderu bývá přírůstek menší než v rovině kolmé na směr úderu. To proto, že šířka výkovku bývá větší než výška a v dělicí rovině může dojít k přesazení vrchní části zápusťky oproti spodní části.
- Určí se úkosy pro snadné vyjímání výkovků ze zápusťky. Velikost úkosů je závislá na volbě kovacího stroje (má-li vyhazovač nebo ne).
- Určí se poloměry zaoblení, které usnadňují vyplňování zápusťkové dutiny. Jsou vnější a vnitřní. Jejich velikost je závislá na poměru výšky a délky jednotlivých částí výkovku.
- Určí se části, které se budou za studena kalibrovat, průchozí díry se naznačí a blána se při ostříhování výkovku, pokud to lze proděruje.
- Určí se rozměry výkovku i s mezními úchylkami.
- Podle předepsaného tepelného zpracování se určí tvrdost výkovku a místo pro zkoušku tvrdosti.
- Nakreslí se výkres výkovku v měřítku 1:1, v jiném pouze výjimečně. Výkovek se kreslí v poloze, v jaké leží v zápusťce. Dělicí rovina se vyznačuje tlustou čarou a ležatými křížky. Konečný tvar součásti se do obrazu výkovku vkresluje

čerchovanou čarou. Výkres výkovku musí obsahovat veškeré údaje potřebné jak ke kontrole tak přejímání výkovků (ČSN 42 0271), tak ke konstrukci zá-
pustky a ustříhovacího nástroje.

2.2 Konstrukce výkovků

2.2.1 Charakteristika výkovků

Výkovky se používají jako hotové výrobky, nebo jako polotovary pro další technologie, kde by při obrábění z normalizovaných polotovarů nebylo ekonomické využití materiálu anebo pokud je kladen důraz na porušení vláken materiálu nebo zpevnění. Výkovky jsou charakteristické přídavky jak na obrábění tak technologickými, které se podle potřeby musí dále odstranit.

2.2.2 Přídavky

Aby bylo možno na hotové součásti zajistit požadovaný kvalitní povrch a pře-
depsanou přesnost rozměrů, zvětšují se jmenovité rozměry hotových součástí o pří-
davky. Přídavky u zápusťových výkovků dělíme na přídavky na obrábění a na pří-
davky technologické.

2.2.3 Přídavky na obrábění [1]

Z ekonomického hlediska by nebylo účelné obrábět všechny druhy výkovků
nebo jejich plochy. Výkovky, u nichž je požadována velká rozměrová přesnost, hlad-
kost a dobrá jakost povrchu, což je zvláště důležité u součástí určených
k cementování, nitridování, povrchovému kalení apod., musí po vykování obrábět.

Povrch výkovků vyráběných kováním za tepla je vždy znehodnocen a přída-
vek na obrábění umožní odstranění tohoto znehodnoceného povrchu. Horní vrstva
výkovků je pokryta okujemi a je poměrně drsná. Drsnost závisí hlavně na způsobu
ohřevu, způsobu čištění okují a na kvalitě povrchu zápusťky. Zokujená vrstva se ob-
vykle odstraňuje mořením, pískováním nebo otloukáním v bubnu. Pod povrchem je
do určité hloubky ocel oduhličena. Velmi důležitý činitel, který ovlivňuje velikost pří-
davek na obrábění, jsou povrchové vady výkovků.

Aby bylo možné zaručit odstranění všech povrchových vad a oduhličené vrst-
vy výkovků obráběním, určují se přídavky na obrábění na plochu podle:

1. Způsobu kování – podle typu použitého stroje, kování na lisech, bucharech
anebo na vodorovných kovacíh lisech
2. Stupně obtížnosti kování podle materiálu – stupeň M1 – oceli s obsahem C do
0,65% a přísad do 5%, oceli s vyšším obsahem C a přísad zahrnujeme do M2
3. Hmotnosti hotové součásti – ze vzrůstající hmotností se většinou zvyšují
4. Rozměrů hotové součásti – rozměr součásti je ekvivalentní s požadovaným
přídavkem dle ČSN
5. Stupně přesnosti kování – obvyklé, přesné a velmi přesné provedení

Tab. 2.1 Přídavky na obrábění pro obvyklé provedení (ČSN 42 9030)

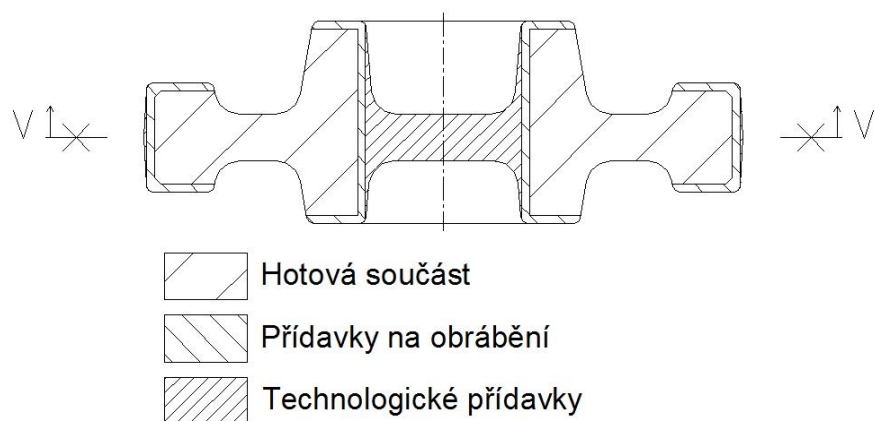
Největší průměr, střední hodnota šířky a délky výrobku ve směru kolmo k rázu		Největší výška hotového výrobku							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes	do	Přídavky na obrábění ploch							
	25	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0			
25	40	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5		
40	63	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5		
63	100	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	
100	160	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	
160	250	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5
250	400	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0
400	630	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
630	1000	3,0	3,5	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

2.2.4 Technologické přídavky [1],[6],[17]

Hotové součásti nebývají často svým tvarem vhodné ke kování v zápustkách. Proto není možno vykovat jen s přídavky na obrábění, ale tvar součásti se upravuje ke kování technologickými přídavky. Jsou to v první řadě úkosy bočních ploch a zvětšení tloušťek stěn žeber a den tenkostěnných výkovků na minimální tloušťku, kterou je možno ekonomicky a kvalitně kovat. Velikost bočních úkosů se určuje podle tvářecího stroje. Pro vnitřní plochy, se doporučují úkosy větší než pro plochy vnější. U horizontálních kovacích strojů je možné úkosy podstatně zmenšit.

U tenkostěnných výkovků a žeber se nedoporučuje kovat příliš tenké stěny, protože ve styku se zápustkou rychle chladne, čímž se tváření ztěžuje a dochází k rychlému opotřebení zápustky.

Technologickými přídavky je však nutno upravovat některé součásti ke kování i v jiných případech. Jde obvykle o některé příliš členité plochy součástí s úzkým a hlubokým vybráním, dále dutiny a vybrání ve směru kolmém k pohybu beranu tvářecího stroje, které není možno běžným kováním vyrobit a musí být vyplněna technologickým přídavkem.



Obr. 2.4: Přidavky

2.2.5 Zaoblení hran u zápusťkových výkovků [1],[2],[15]

Hodnoty zaoblení hran a rohů by se měly volit, pokud je to možné co největší. Tím se nejen sníží opotřebení hran dutiny zápusťky a zmenší se nebezpečí vzniku vrubových trhlin u kořene hlubokých dutin, ale zlepší se i celkové tečení materiálu v zápusťce. To má za následek, že nevznikají přeložky a tím zmetky a k vykování je potřeba méně úderů na bucharu nebo menší síly při kování na lisu. Z hlediska spotřeby materiálu však jsou příliš velké hodnoty zaoblení nevýhodné. Přesné hodnoty zaoblení určuje opět norma ČSN 42 9030. Jsou závislé na poměru h/f , tedy výška/průměr.

Tab. 2.2 Zaoblení hran r a přechodů R výkovku (ČSN 42 9030)

Výška (hloubka) h		Poloměry zaoblení hran a přechodů při poměru					
		$\frac{h}{f}$ do 2		$\frac{h}{f}$ přes 2 do 4		$\frac{h}{f}$ 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

2.2.6 Minimální tloušťka dna a stěny výkovku [2],[7],[17]

Součásti, které mají průchozí díry, se nemohou vykovat v zápusťce pro buchar i s průchozím otvorem. V zápusťce se díra jen předkove a nechává se tzv. blána, která se prostříhne až při ostříhování výronku. Nadměrně tlustá blána ztěžuje děrování. Příliš tenká blána způsobuje rychlé napěchování příslušných výstupků v dutině zápusťky, což je příčinou sevření výkovků. Rozměry obyčejné rovné blány, obr.2.5a)

jsou uvedeny v normách ČSN 42 9030 a její tloušťku můžeme předběžně spočítat dle vzorce (2.1).

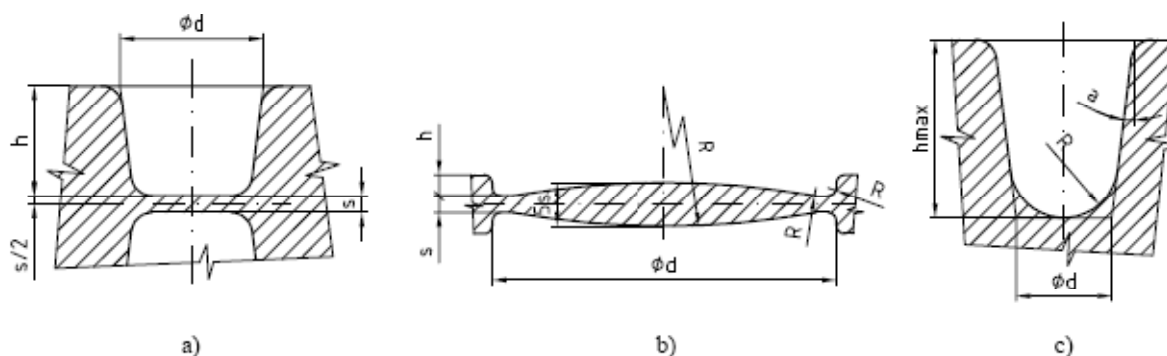
$$s = 0,45 \cdot \sqrt{d - 0,25 \cdot h - 5} + 0,6 \cdot \sqrt{h} \quad [\text{mm}] \quad (2.1)$$

Podle charakteristiky jednotlivých výkovků může být výhodnější zvolení jiného typu blány, než je „klasické“. U nízkých výkovků může použití rovných blan způsobit přeloženiny v tělese výkovku blízko poloměrů zaoblění výstupku. V takových případech se nedoporučuje rozhánět kov, ale naopak tlačít jej od obrysu blány dovnitř do tzv. kapsy. Přitom se doporučuje pro blánu tvar znázorněný na obr.2.5b). Tloušťka této blány se vypočítá dle vzorce (2.2).

$$s = 0,4 \cdot \sqrt{d} \quad [\text{mm}] \quad (2.2)$$

Nechť je tvar blány volen jakkoli, poloměry zaoblění na vrcholech výstupku se stanoví stejně jako ostatní vnitřní poloměry zaoblění výkovků.

Pro neprůchozí předem kované díry, jejichž hloubka není na výkrese hotové součásti omezená, se doporučuje díru zaoblit jediným poloměrem, jak je uvedeno na obr.2.5c). Podobná konstrukce zaručí vysokou trvanlivost zápusky při největší hloubce předem kované díry.



Obr. 2.4: Předkování děr a blány na prostřižení

Tab. 2.3 Zaoblění hran r a přechodů R výkovku (ČSN 42 9030)

Největší rozměr výkovku ve směru kolmo k rázu (B, D)		Největší výška výkovku H							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
do 25		40	63	100	160	250	400	630	
přes	do	Nejmenší tloušťka dna, disku H1 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

2.2.7 Úkosy zápustkových výkovků [2],[15]

Při volbě bočních úkosů je důležité, že čím větší úkosy tím lépe jde výkovek vyjmout ze zápustky, oproti tomu materiál do zápustky hůře zatéká a je i potřeba většího množství materiálu. V tab. 2.4 jsou uvedeny boční úkosy výkovků v závislosti na použitém stroji.

Obecně platí, že vnitřní úkosy se dělají větší než vnější, aby se zmenšilo nebezpečí uváznutí výkovku na trnu. Při použití vyhazovačů můžeme volit menší úkosy. Přitom u mělkých dutin z výrobního hlediska je výhodnější volit větší úkosy a naopak u hlubokých otvorů úkosy minimální (značná spotřeba materiálu).

Tab. 2.4 Úkosy zápustkových výkovků (ČSN 42 9030)

	vnější	vnitřní
Zápustkové 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°

2.2.8 Tolerance zápustkových výkovků [1],[2],[15]

Pro stanovení velikosti mezních úchylek rozměrů a tvarů platí norma ČSN 42 9030. Rozměrem výkovku se rozumí jeho délka, šířka, výška, tloušťka a průměr. Úchylkou od tvaru výkovku se rozumí změna zaoblení rohů a hran, vznik jehel na střížných plochách, nesouosost hlubokých otvorů, deformace netvářené části výkovku a ustřížených konců apod.

Přesnost zápustkového kování ovlivňují tyto hlavní vlivy:

1. Nepřesnost výroby zápustek

Přesnost výroby zápustky je dána hlavně stupněm složitosti tvaru výkovku.

2. Vliv ohřevu materiálu

Smrštění výkovku po kování (tab. 2.5). Rozměry kovacích dutin zápustek jsou voleny s ohledem na roztažnost tvářeného materiálu za tepla. Zvětšení rozměrů výkovků ohřevem se může stanovit podle vzorce (2.3)

$$\Delta l = l_o \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_0) \quad [\text{mm}] \quad (2.3)$$

Δl [mm] - je zvětšení délky výkovku

l_o [mm] - délka výkovku při teplotě okolí

α [-] - koeficient tepelné roztažnosti

t_1 [°C] - dokovací teplota

t_0 [°C] - teplota okolí.

Uvažujeme-li teplotu dokování asi 900°C, zmenší se při koeficientech α rozměry výkovků po chladnutí středně uhlíkových ocelí asi o 1 % a u austenitických ocelí až o 1,6 %. O tuto hodnotu je také nutné zvětšit rozměry dutiny zápustky. Není-li dokovací teplota výkovku stejná s teplotou, pro kterou bylo při

konstrukci zápuštěk uvažováno smrštění výkovku, nedosáhne jmenovitého rozměru výkovku. Například pro zvýšení dokovací teploty o 100°C se zmenší rozměry výkovku po zhládnutí zhruba o 0,1 %.

3. Změny tvaru dutiny zápuštěky opotřebením nebo deformací zápuštěky
Změny tvaru dutiny zápuštěky během tvářecího procesu jsou největší příčinou nepřesnosti rozměrů zápuštěkových výkovků. Opotřebením tvaru dutiny je největší v místech největšího přemísťování kovů. Nejčastěji se tedy opotřebují přechody dutiny do výronku, dále hrany v místech přechodu do žeber a výstupků. Ale i na rovných plochách kde dochází ke značnému přemísťování kovu, je opotřebením zápuštěky značné. Opotřebením je tím větší, čím je výkovek členitější a složitější. Snížení opotřebením zápuštěky, a tím tedy i výroby přesnějších výkovků je možné dosáhnout vhodným přizpůsobením tvaru výchozího tvaru materiálu konečnému tvaru výkovku.
4. Ostatní vlivy

Mezi ostatní vlivy působící na přesnost rozměrů zápuštěkových výkovků patří rozměry výchozího polotovaru. Rozdíly v tvářeném objemu působí jednak na tolerance rozměrů a jednak na velikost opotřebením zápuštěky. Dalším důležitým činitelem je druh a přesnost tvářecího stroje. U bucharů a vřetenových lisů působí špatné vedení beranu hlavně na přesazení výkovku, u mechanických kovací lisů ovlivňuje přesnost výroby kromě toho tuhost stojanu.

Mezní úchytky a tolerance výkovku se stanoví podle stupně přesnosti výkovku z největších rozměrů výkovku ve směru kolmo k rázu a ve směru rázu. U nerotačních výkovků je největší rozměr výrobku ve směru kolmo k rázu definován střední hodnotou součtu největší šířky a délky výkovku.

Mezní úchytky a tolerance největšího průměru výkovku D nebo $0,5 \cdot (L+B)$ ve směru kolmo k rázu a dané výšky se v rozmezí od 1000 do 1600 (mm) zvyšují o 25% a v rozmezí od 1600 do 2500 (mm) o 50% oproti rozměrům v rozmezí od 630 do 1000 (mm). U výkovků s netvářenou částí se pro stanovení mezních úchytek k největší výšce tvářené části H výkovku připočítává ještě $2d$ sousední netvářené části výkovku.

Tab. 2.5 Hodnoty smrštění (ČSN 22 8306)

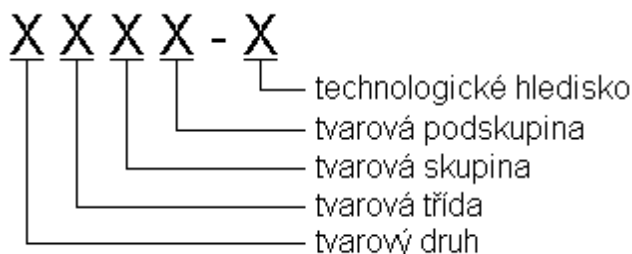
Materiál	Smrštění v %
Běžné oceli	1,0 až 1,3
Ložiskové oceli	1,5
Austenitické oceli	1,5 až 2,0
Mosaz	1,0 až 1,7
Slitiny Al	0,6 až 1,0
Al Bronz	1,0 až 1,3

2.2.9 Rozdělení zápuštěkových výkovků do tříd [5],[6],[15]

Základním kritériem třídění výkovků do tříd je jeho tvar. Každou součást, navrženou pro zápuštěkové kování, lze dle jejího tvaru zařadit do určité skupiny výkovků. Pro každou skupinu je doporučen určitý technologický postup zápuštěkového kování.

Tím se usnadní nejen sestavování výkresu výkovku a technologického postupu, ale i konstrukce zápustek. Výkovky lze třídit i podle toho, na jakém stroji jsou kovány.

Pro zjednodušení se zápustkové výkovky třídí dle normy ČSN 42 9002, která nahrazuje normu ČSN 42 0277. Norma udává označení výkovků pětimístným číslem.



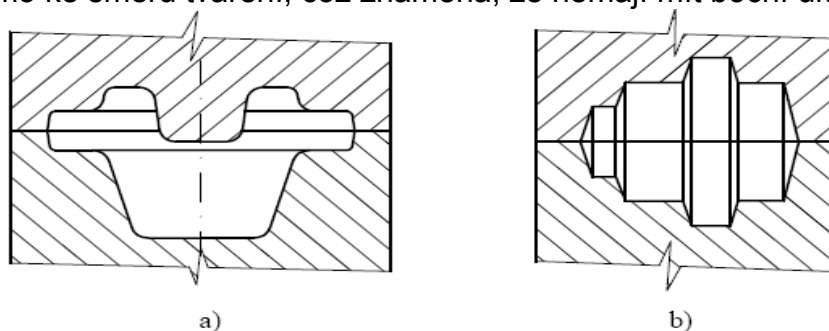
Obr. 2.5: Schéma třídění výkovků dle ČSN 42 9002

2.2.10 Hlavní zásady pro volbu dělicí roviny [1],[2],[15],[17]

Dělicí rovina je rovina, v níž se stýká horní a spodní díl zápustky a do níž umísťujeme výronkovou drážku. Polohu dělicí roviny volíme tak, aby bylo zaručeno co nejlepší vyplnění spodní i horní dutiny zápustky a umísťujeme ji do roviny dvou největších kolmých rozměrů, obr. 2.6a) nebo do roviny souměrnosti výkovku, obr. 2.6b). Základním požadavkem je, aby zvolená plocha v dělicí rovině umožnila snadné vyjmutí výkovku.

Pro návržení optimální dělicí roviny platí tyto pravidla:

- rozdělení výkovku má být symetrické, protože se sníží spotřeba materiálu a zlepší se kvalita stříhu při ostřihování
- pokud výkovek není symetrický, umísťuje se vyšší část výkovku do horní poloviny, protože u bucharu je vyšší zatékavost do horní zápustky
- dělicí rovina má být pokud možno rovinná, výrobně je to jednodušší a sníží se tak výška zápustkových bloků a usnadňuje opracování vnitřního a vnějšího tvaru zápustky
- dělicí rovina má usnadňovat tok materiálu
- dělicí rovinu je nutné volit s ohledem na vzájemné vedení obou dílů zápustek
- dělicí plocha by se měla volit tak, aby plochy, které se mají obrábět, ležely pokud možno kolmo ke směru tváření, což znamená, že nemají mít boční úkos



Obr. 2.6: volba dělicí roviny

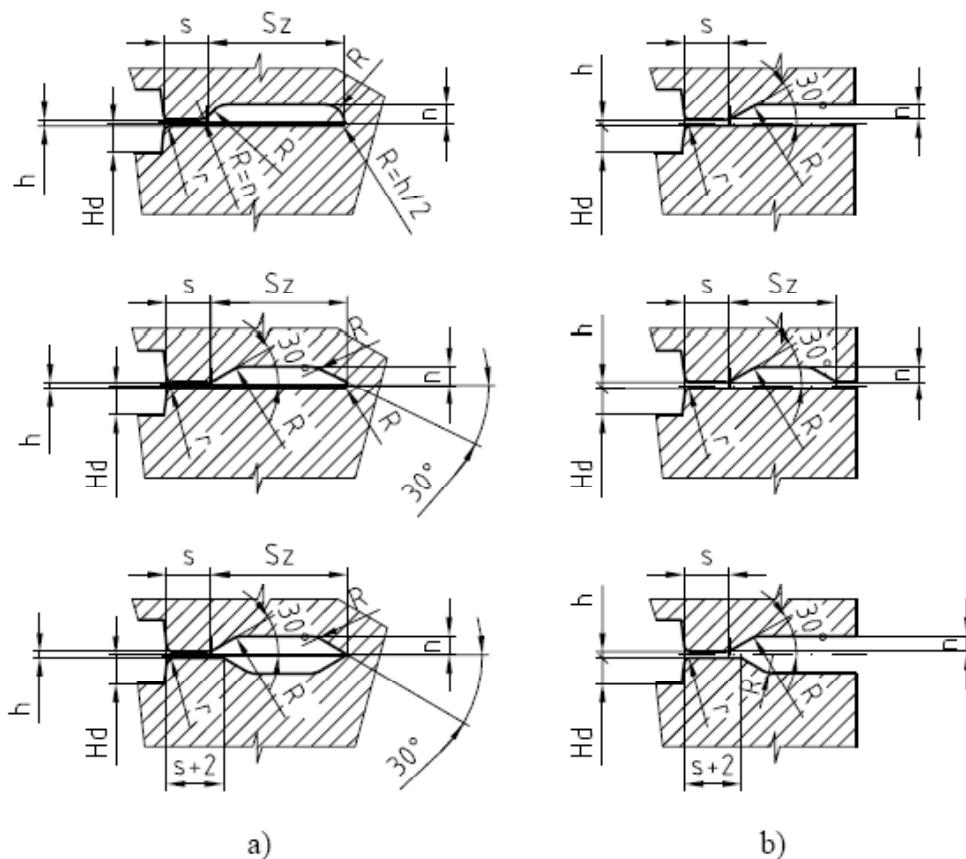
2.3 Konstrukce zápustky

2.3.1 Výronková drážka a určení jejích rozměrů [1],[3],[11],[15]

Výronková drážka se vytváří okolo celé dokončovací dutiny zápustky v dělicí rovině. Je to v podstatě přídavná dutina zápustky v dělicí rovině pro přebytečný kov. Podle použitého typu kovacího stroje, velikosti a tvaru výkovku používáme více typů výronkových drážek o různých rozměrech.

Uzavřené tvary drážek se používají u zápustek pro buchar, obr. 2.7a). Tyto zápustky je nutno na rozdíl od zápustek pro lisy opatřit po obvodě styčnou plochu, která přenáší přebytečnou energii beranu. Zúžení drážky – brzdící můstek – je regulátorem měrného tlaku v dutině zápustky. Zvyšuje odpor proti vytečení materiálu do drážky a pomáhá zajistit dokonalé zaplnění dutiny zápustky. V dalším umožňuje snadnější ostřížení výronku svým nejmenším průřezem. Rozměry výronkové drážky a můstku pro buchary se navrhuje dle normy ČSN 22 8308, a pro svislé kovací lisy dle ČSN 22 8306.

Pro kování na lisech se používají otevřené výronkové drážky různých typů, které jsou na obr. 2.7b). Výronek bývá zpravidla menší, protože příprava polotovaru je dokonalejší než na buchar. Může být ovšem stejný nebo i větší. Jeho rozměry se navrhuje opět podle normy.



Obr. 2.7: Tvary výronkových drážek

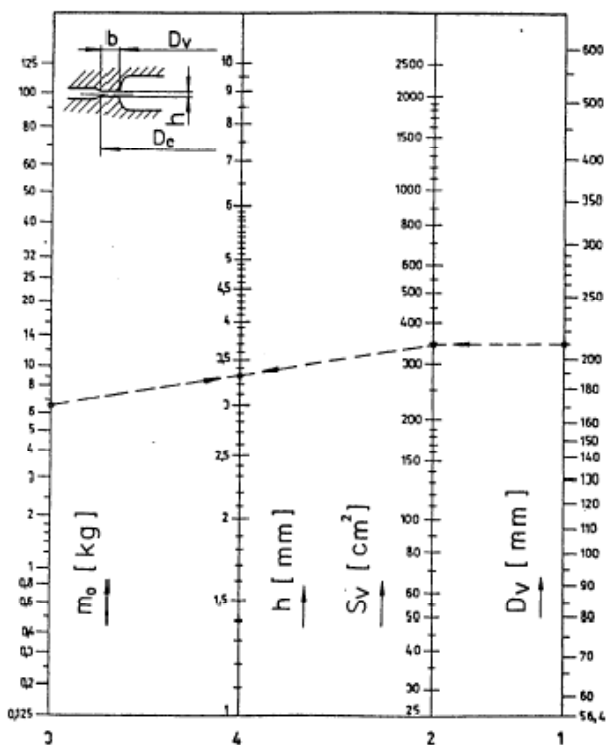
Při objemovém tváření je dutina zápustky v poslední fázi zdvihu lisu vyplňována materiálem a nastává zvýšení odporu proti tečení v oblasti výronkové drážky, kterou vytéká přebytečný materiál. Růst normálních napětí na povrchu výkovku) ve

srovnání s volným kováním) je též způsobeno, snížením plasticity materiálu v oblasti výronku, kde vlivem malé výšky výronku ve srovnání s výškou výkovku dochází k poklesu teploty.

V tab. 2.6 jsou uvedeny rozměry výronkové drážky dle ČSN 22 8306 v závislosti na maximální síle lisu.

Tab. 2.6 Volba výšky můstku dle síly lisu (ČSN 22 8306)

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



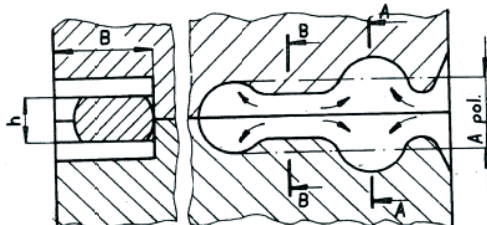
Obr. 2.8: Nomogram výšky můstku (ČSN 22 8306)

2.3.2 Zápustkové dutiny [1], [15], [17]

Spoustu druhů výkovků nelze kovat na jednu operaci nebo pouze s přechováním. Proto se používá tzv. postupových zápustek, ve kterých se provádí předkování přibližného tvaru výkovku, dělení apod. Jelikož tvar součásti může být velmi složitý, můžeme jeho tvar předkovat i ve více dutinách.

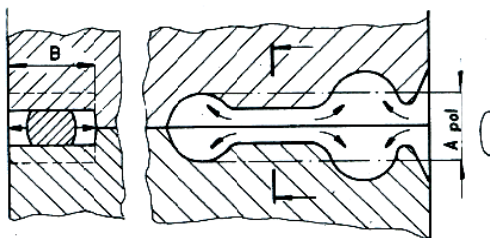
Přípravné dutiny lze rozdělit:

- a) Dutina zužovací – v této dutině se kov přemísťuje ve směru podélné osy. Materiál se v některých částech redukuje, v některých pěchuje. Kove se jedním úderem, bez pootočení. Výškové rozdíly profilu zužovací přípravné dutiny se stanoví podle průměru ideálního předkovku.



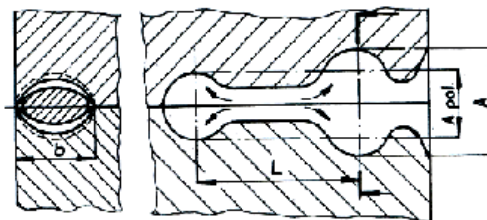
Obr. 2.9: Zužovací dutina

- b) Dutina rozdělovací otevřená – v této dutině dochází k přemísťování materiálu ve směru podélné osy se současným napěchováním a redukcí v příčném průřezu. Kove se na 2 až 4 údery beranu s pootočením o 90°.



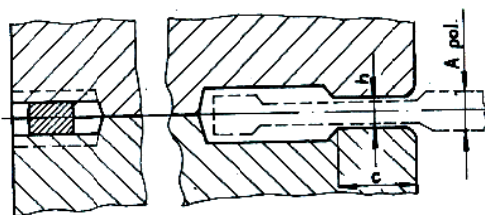
Obr. 2.10: Rozdělovací otevřená

- c) Dutina pro otáčivé kování (roler) – je to nejběžnější přípravná dutina. Její použití je velmi výhodné pro předkování osově symetrických výkovků, pro které má předkovek podobný kruhový průřez. Polotovarek se zde obvykle zpracovává po předcházejícím prodlužování a při kování se s polotovarem otáčí kolem podélné osy o 90°. Průřez dutiny má tvar oválu.



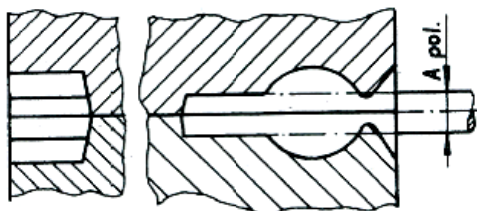
Obr. 2.10: Rozdělovací otevřená

- d) Dutina prodlužovací – dochází zde k postupné redukcí původního průřezu za současného zvětšení délky předkovku. Prodlužovací dutina může být otevřená nebo uzavřená. Dutina bývá obvykle umístěna v levém rohu zápustky. Slouží k hrubému rozdělení materiálu v jednotlivých průřezích. Při kování se posunuje materiál při současném otáčení kolem podélné osy. Dutina může mít funkční plochy rovnoběžné nebo do tvaru oválu.



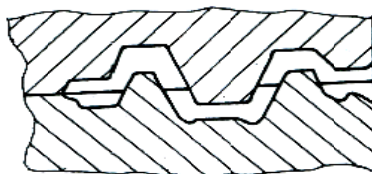
Obr. 2.11: Prodlužovací otevřená

- e) Dutina tvarovací – v této dutině se materiál nepatrně přemísťuje ve směru osy a dutina se používá k tvarování materiálu na tvar obrysu hotového výkovku v dělicí rovině. Kove se jedním nebo dvěma údery a materiál se neotáčí. Šířka dutiny musí být o 10 až 20 mm větší než je šířka kovaného polotovaru, celkový tvar je podle technologie buď větší, nebo menší než obrys hotového výrobku.



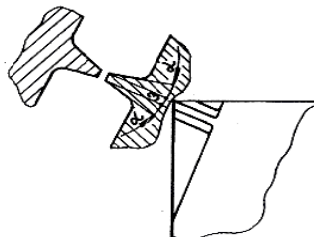
Obr. 2.12: Tvarovací dutina

- f) Dutina ohýbací – slouží k ohýbání buď základního polotovaru, nebo ve výjimečných případech k ohnutí hotového ostříženého výkovku. Při konstrukci dutiny je nutné, aby ohýbaný polotovar byl podepřen na dvou místech a aby byl pokud možno ve vodorovné poloze. To je možno docílit vhodným dorazem nebo zapuštěním části předkovku.



Obr. 2.12: Ohýbací dutina

- g) Dutina oddělovací (utínka) – slouží k odseknutí hotového výkovku od tyče nebo k oddělení dvojkusů kovaných s otáčením. Utínka se umísťuje na zápustce šikmo a podle potřeby na kterémkoli rohu pracovní plochy zápustky.



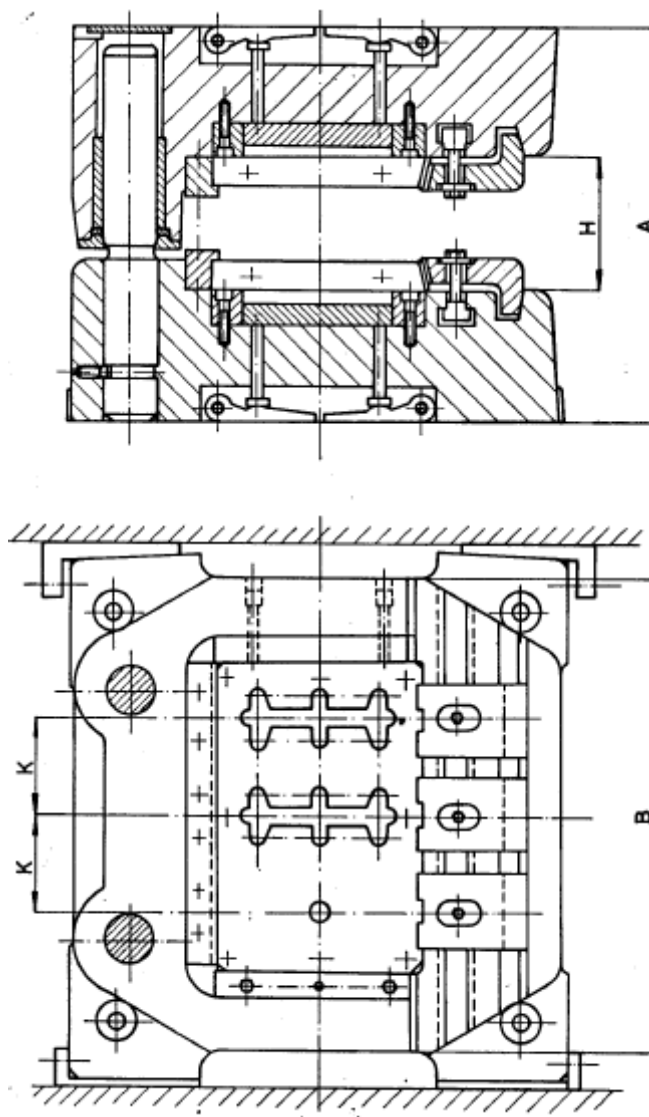
Obr. 2.12: Oddělovací dutina

2.3.3 Upínání zápustek [3],[17]

Zápustky se upínají do upínacích držáků obr. 2.13. Tyto držáky jsou upnuty na spodní desku lisu a na beran lisu.

Pro konstrukci upínacích držáků je důležité znát:

- Minimální vzdálenost od spodní desky lisu k beranu při sevření lisu a velikost zdvihu
- Možnost regulace klínové desky
- Umístění upínacích otvorů
- Umístění vyhazovačů



Obr. 2.13: Upínací držák zápustek

2.3.4 Materiál zápustek [1],[6]

Při kování jsou zápustky vystaveny jednak mechanickému, jednak tepelnému namáhání. Tato namáhání se cyklicky opakují při jednotlivých kovacích operacích. Zvyšování rychlosti kovacích operací, používání vysokolegovaných materiálů na vý-

kovky apod. ještě více zvyšuje nejen celkové namáhání, ale i požadavky na kvalitu zápusťek.

Různé způsoby zápusťkového kování, různá členitost a velikost výkovků vyvolává i různý charakter mechanického namáhání. Síly působící při kování vyvolávají jednak stlačování a roztahování zápusťky. Proto se od zápusťky požaduje dobrá odolnost proti tlakům ale i dostačující houževnatost. Vysoká pevnost však snižuje houževnatost a může vést i k prasknutí zápusťky.

Konečná volba pro konkrétní výkovek je pak dána dosažitelnou pevností zápusťky i za vyšších teplot, hloubkou do které je nutno zápusťku prokálit vzhledem k tvaru dutiny s max. přípustnou popouštěcí teplotou vzhledem k tvářecímu stroji.

Z ekonomického hlediska je volba materiálu zejména ovlivňována především cenou použitého materiálu a životností zápusťky. Nejlepší ocel je ta, která nejmíň stojí a vydrží nejdéle.

2.3.5 Vložkování zápusťek [1],[6],[17]

Vložkování zápusťek se používá z důvodů úspory nástrojové oceli, zkvalitnění tepelného zpracování a lepších možností povrchových úprav a z důvodu obnovy tvaru.

Vložkováním zápusťek rozumíme nahrazení celého tvaru nebo pouze jeho části vložkou v dutině zápusťky.

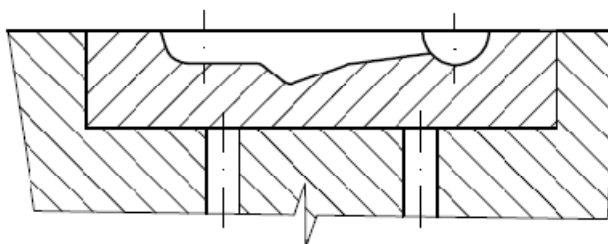
Vložek do bloků zápusťek se používá zejména ve třech případech:

- jsou-li nad dělicí rovinou, v ohýbací dutině a v zápusťkových dutinách výstupky
- opotřebovávají se nadměrně tvarové části v zápusťkové dutině
- zhotovují-li se zápusťky také zápusťkovým kováním

V prvním případě se uspoří ocel na zápusťky při obrábění zápusťkového bloku, protože při celistvé zápusťce by bylo třeba odstranit materiál kolem výstupku odpovídající jeho výšce. Vkládajícím výstupkem se uspoří značné množství oceli na zápusťky a práce při obrábění.

V druhém případě, jeli v zápusťkové dutině část, která se rychle opotřebuje, bylo by třeba po jejím opotřebení zápusťku opravit shoblováním, navařením, vyjiskřením apod. Opotřebí-li se vkládací výstupek, není třeba opravit celou zápusťku, stačí pouze výměna opotřebované vložky za jinou.

Vložky uložené za tepla i za studena se lícují s přesahem H8/u7. Vložky v horní zápusťce musí být zajištěny proti uvolnění.



Obr. 2.14: příklad užití vložek

2.3.6 Mazání zápustek [1]

Dvě na sobě ležící tělesa se nikdy nedotýkají celou styčnou plochou. Dotýkají se jen nejvyššími vrcholky povrchových nerovností. Tyto vrcholky tvoří skutečné styčné plochy, jejichž povrch je při nízkém zatížení velmi malý. Napětí v místech styku může překročit mez kluzu, takže hroty povrchových nerovností jsou plasticky deformovány. Velký tlak způsobuje přilnutí a studené svary, které jsou při vzájemném klouzání roztrženy.

Maziva mají při zápustkovém kování splnit tyto požadavky:

- snížit v průběhu kování tření mezi zápustkou a tvářeným materiálem
- uvolňovat výkovky ze zápustky
- snížit otěr zápustky
- jednoduché nanášení na zápustku

Maziva používaná při zápustkovém kování rozdělujeme do těchto skupin:

1. Tuhá maziva
 - a) dispergovaná ve vodě
 - b) dispergovaná v oleji
2. Kapalinná maziva
 - a) minerální a organické oleje
 - b) emulgační oleje
 - c) syntetické látky
3. Konzistentní maziva – mazlavá mýdla a mazací tuky
4. Piliny
5. Soli (kuchyňská sůl NaCl, soda Na₂CO₃, ledek, speciální soli, fosfaterm)
6. Sklo

Do skupiny tuhých maziv dispergovaných ve vodě patří kromě mastku, slídy a síry, především v praxi nejrozšířenější grafit. Ten má velmi dobré mazací vlastnosti, které jsou dány jeho krystalickou strukturou, mimořádnou přilnavostí a absorpcí. Dále jsou to sirníky kovů jako je sirník molybdeničitý, wolframičitý, titaničitý a zinečnatý.

Kapalinná maziva se rozšířila při zápustkovém kování zejména pro jejich dobré oddělování výkovku od zápustky. Oleje se vypařují při teplotách kolem 200°C. Tyto teploty zhruba odpovídají i bodu vzplanutí olejů, které pak zplyňují za značného tvoření dýmu. Explozivní spalování oleje v zápustce je nežádoucí, protože způsobuje zvýšení její teploty i zvýšení jejich mechanického namáhání. Určitých výhod dosáhneme při mazání zápustek oleji emulgovaných ve vodě. Syntetická maziva vzhledem k viskozitě, stárnutí a termické stabilitě předčí oleje minerální a vyrábějí se již v mnoha druzích rozpustných i nerozpustných ve vodě a minerálních olejích.

Mazání zápustek tuky a mazlavými mýdly je nevhodné, protože se musí mazat ručně. Mazací tuky mají bod vzplanutí kolem 200°C, a proto je jejich nanášení na zápustku snadné. Mazací tuky však zanechávají po vypaření nebo spálení tuhé zbytky vzniklé zmydlením mastných kyselin.

Pilin se používá hlavně k uvolňování výkovků u hlubokých zápustek. Uvolnění způsobují plyny a vodní páry vzniklé spálením pilin.

Po odpaření vody z rozprášeného solného roztoku zůstane na funkčních plochách zápustky izolační vrstva solných krystalů, ke kterým okuje nemohou přilnout a snadno se ofoukají. Rozprášený solný roztok však znečišťuje stroj, má velké korozivní účinky a zanechává zbytky solí v zápustce.

K nejpozději používaným mazivům patří sklo. Nanáší se na materiál ve formě vaty, fólií nebo suspenzí v prchavém nosiči. Při ohřevu se nosič vypaří, sklo roztaví a vytvoří na povrchu materiálu ochrannou vrstvu proti okujím.

Nejlépe hodnoceným mazivem z laboratorního hlediska je koloidní grafit rozpuštěný ve vodě. Nesmíme ale zapomenout, že výběr maziva závisí především na požadavcích výroby. V dnešní době se klade důraz především na ekologičnost používaných maziv a ceně maziva, a to jak k životnímu a pracovnímu prostředí, tak i k obsluze pracující s těmito mazivy.

2.3.7 Chlazení zápustek [1]

Při rychlé kadenci kovacího stroje nebo nárazovitém kování, popř. dlouhé době styku výkovku se zápustkou může vzniknout velké vyhřátí povrchové vrstvy zápustkové dutiny. Tím dochází především k značnému popuštění a poklesu pevnosti funkční části zápustky. Mimo to překročení teploty může vést k rekrystalizaci, která je doprovázena objemovými změnami.

Vyhřátí dutiny zápustky se vyskytuje především u poloautomatických nebo automatických kovacích strojů. V těchto případech je třeba použít intenzivního chlazení např. vodou.

Překročení teploty rekrystalizace nastává také při nerovnoměrném využití nebo rozdělení času v pracovní směně ve snaze dodržet výrobu stanoveného počtu výkovků. Velmi častou příčinou však bývají nevhodné ohřívací pece a jejich nedostatečná kapacita. Po takovém ohřátí předkovků následuje obvykle intenzivní kování, které je pak přerušeno přestávkou, nutnou pro ohřev další vsázky předkovků. Při tomto způsobu kování se obvykle zapomíná na chlazení a mazání zápustky, nebo se obojí dělá nerovnoměrně popř. nedostatečně.

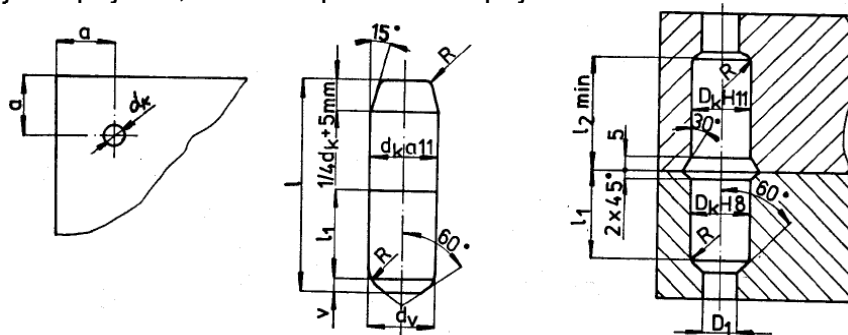
Ve všech případech, kde se příliš vyhřívají funkční plochy nástrojů, je nutno zavést jejich chlazení a správné a pravidelné mazání. Je to však nutno řešit případ od případu. Příliš prudké nebo nerovnoměrné chlazení může vést k vzniku pnutí a samozřejmě trhlin. Je nutné však zvážit, zda stačí chlazení stlačeným vzduchem, nebo zda je nutné použít vodní sprchu. Chlazení vodou je třeba vyloučit u nástrojů z vysokolegovaných ocelí nebo tam, kde teplota pracovní části nástroje překračuje po každé operaci do určité tloušťky teplotu přes 300 °C.

V praxi se velmi často používá vodního chlazení u vodorovných kovacích strojů. Proud vody obvykle dopadá na kovací dutiny zápustek nebo na pýchovací trny ve výchozí poloze. Ve speciálních případech se doporučuje použít vodních kanálů v bloku zápustky nebo lépe ve vložkových bandážích.

2.3.8 Způsoby vedení zápustek [2],[17]

Vedení se dělá zpravidla pouze u jednodutinových zápustek, kde vedení stroje nezaručuje zhotovení výkovku v požadované přesnosti, hlavně z hlediska vzniku přesazení. U postupových zápustek se vedení nedělá, neboť vodící kolíky by zne- možňovaly rovnoměrné rozložení dutin.

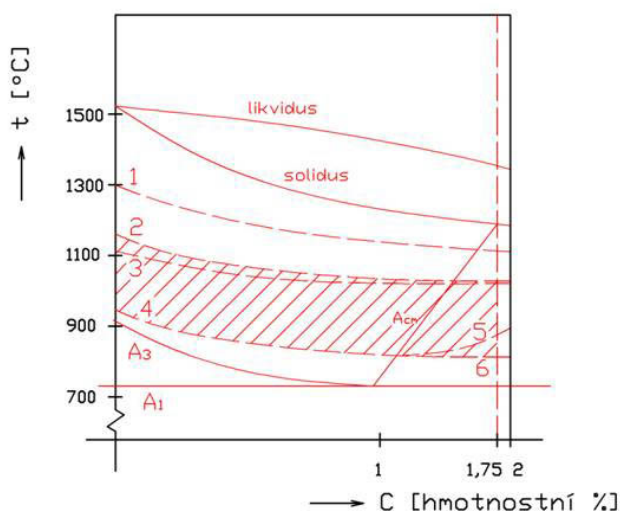
4. Vodicí kolíky – používají se nejčastěji pro zamezení přesazení u podlouhlých zápustek. Zachycují tlaky, kterými je namáháno vedení beranu stroje. Používají se 2 až 4 kolíky umístěné zpravidla v rozích zápustky tak, aby střed dutiny ležel ve středu jejich spojnice, nebo na průsečíku spojnic.



Obr. 2.18: Vedení s vodicími kolíky

2.4 Ohřev materiálu [1],[5]

Pro správnou tvárnost je základním předpokladem dodržení určité kovací teploty, nebo určitého kovacího intervalu. Kováme zpravidla při nejvyšších přípustných teplotách, protože se při nich materiál nejsnadněji tváří, takže kovací časy jsou kratší a při zápusťkovém kování netrpí tolik zápustky a zvyšuje se jejich trvanlivost. Čím je vyšší teplota, tím nižší je deformační odpor, a tím menší opotřebení zápustek. Je proto možné vyrobít víc kusů z jedné zápustky. Vysokolegované oceli mohou být kovány jen v určitém poměrně úzkém rozmezí kovacích teplot, při vysoké kovací teplotě jsou příliš hrubozrnné, při nízkých dochází k trhlinám. Horní kovací teplota je omezena teplotou tavení.



Obr. 2.19: Pásmo kovacích teplot [5]

2.4.1 Ohřívací zařízení [1],[2]

Ohřívací zařízení pro volné kování

Pro ohřev vsázky určené k volnému kování se používá téměř výhradně komorových kovářských pecí. Pro snadnější umístění a vyjímání velkých polotovarů se

dává přednost komorovým vozovým pecím s výsuvnou nístějí. Někdy se s výhodou používá i typu komorových pecí průchozích s mechanickým zakládáním materiálu, tzv. pecí narážecích.

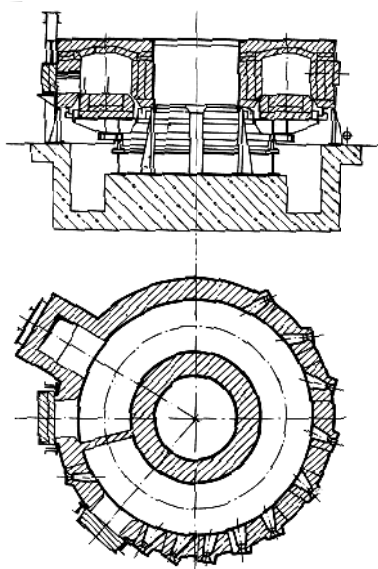
Ohřívací zařízení pro zápusťkové kování

Karuselové pece

Karuselové pece (obr. 2.20), jsou pece průchozí a lze je použít 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, což usnadní obsluhu pece při ručním zakládání a vyjímání materiálu. Zvedání dveří je většinou pneumatické, někdy ruční a motorické. Hořáky jsou umístěny na vnějším plášti pece a směřují proti pohybu nístěje. Nístěj pece je otočná a má tvar mezikruží. Pohon otočné nístěje je většinou cévovým ozubením a její pohyb je buď přetržitý nebo nepřetržitý. Pracovní prostor pece je omezen stabilní částí vyzdívky a otočnou nístějí pece. Pracovní prostor má část předehřívací, ohřívací a vyrovnávací a podle toho jsou i rozloženy hořáky a odtahové kanály.

Výhodou je rovnoměrné prohřátí materiálu, reprodukovatelnost ohřevu u každého polotovaru a využití tepla odcházejících spalin.

Nevýhodou těchto pecí je, že vyžadují poměrně velký zastavěný prostor a to půdorysně nepříznivý tvar kruhu.



Obr. 2.20: Karuselová pec

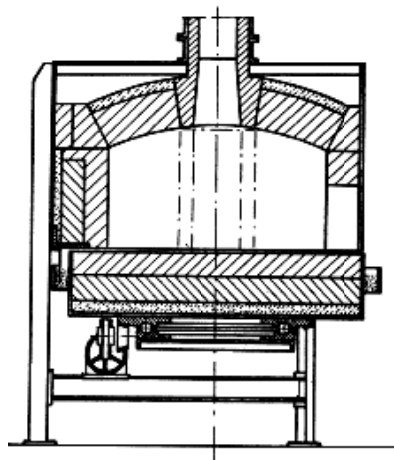
Talířové pece

Talířové pece (obr. 2.21), jsou druhem pecí karuselových. Vzhledem k postupnému pohybu materiálu mají charakter pecí protiběžných, i když se ohřívání materiálu pohybuje ve stále stejném pracovním prostoru, kde je téměř stejná teplota. Ukládání materiálů na plnou otočnou nístěj umožňuje použití těchto pecí pro různý sortiment materiálu. Stabilní část pece je upevněna na nosných sloupech po obvodu

pece. Pec je opatřena pouze jedním pracovním otvorem pro zakládání i vyjímání materiálu. Dveře se zvedají buď ručně, nebo pneumaticky. Hořáky jsou umístěny na plášti a směřují tangenciálně do pracovního prostoru. Odtah je vyveden v klenbě směrem nahoru. Nístěj je opět otočná a má tvar plné desky. Pohon nístěje je motorický pomocí stálého převodu a její chod je přetržitý.

Výhodou pecí je jejich cyklický chod a rovnoměrné rozmístění ohřivaného materiálu na nístěji.

Nevýhodou je zhoršená ekonomie talířových pecí oproti pecím karuselovým, neboť se zde nevyužívá tepla odcházejících spalin.



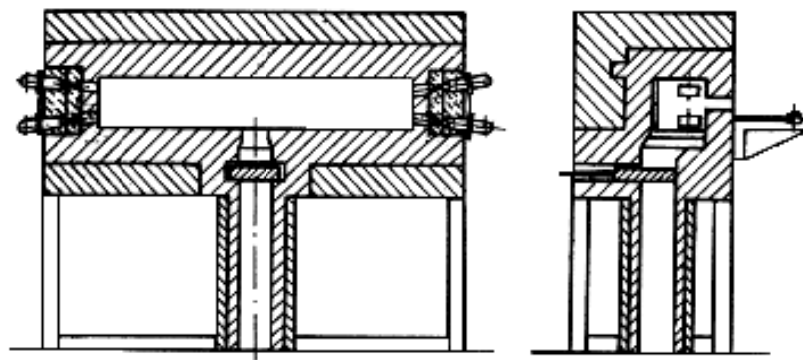
Obr. 2.21: Talířová pec

Štěrbínové pece

Těchto pecí se používá v kovárnách pro ohřev konců tyčí, trubek nebo dělené tyčoviny – většinou u vodorovných kovacíh lisů. Materiál se zakládá na stůl pece a do ohřivaného prostoru zasahuje pouze svou krajní částí. Můžeme je rozdělit na pece s uzavřenou štěrbinou (obr. 2.22) a štěrbinové pece průchozí.

U prvního typu je materiál ukládán koncem do štěrbinu délkově omezené. Pracovní prostor tvoří uzavřená komora, která má v čelní stěně podélnou štěrbinu. Hořáky jsou umístěny v zadní nebo boční stěně a jsou umístěny do prostoru pod ohřivaný materiál.

Druhý typ má charakter průchozí pece. Štěrbina je v kraji otevřená, takže materiál prochází při ohřevu pecí. Pracovní prostor tvoří komora skládající se z části k předehřívání vsázky a části, která je opatřena dvěma sálavými panely na stropě a dnu pracovního prostoru. Tyto panely umožňují oboustranný intenzivní ohřev materiálu s kratší dobou ohřevu oproti běžnému provedení. Před pecí je umístěn dopravník. Materiál je unášen tak, že konce tyčí procházejí volně štěrbinou.

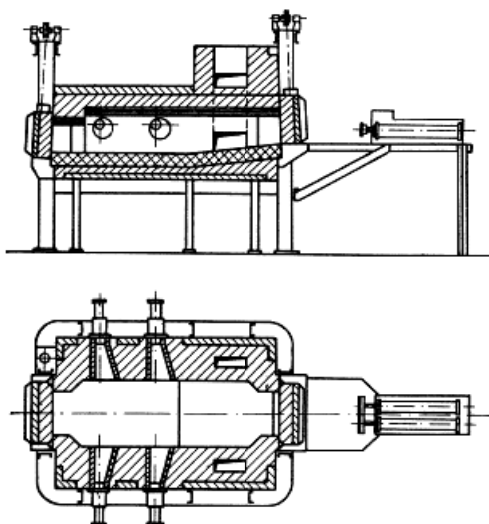


Obr. 2.22: Štěrbínová pec

Strkací pece

Patří do skupiny pecí průchozích a kromě pecí karuselových je to nejvhodnější typ pecí pro zápuskové kování ve větších sériích. Mají pevnou nístěj s mechanizovaným průchodem materiálu, přičemž vlastní strkací zařízení je umístěno mimo pracovní plochu pece. Tyto pece lze rozdělit podle provedení nístěje na pece s rovnou nístějí, obr. 2.23 (materiál je uložen příčně na rovné nístěji) a pece s vodícími drážkami (materiál je na nich uložen podélně). Pracovní prostor se skládá z části předehřívací a ohřívací. Hořáky jsou umístěny v bočních stěnách. Podstatná část spalin je odváděna do předehřívací části, na jejímž začátku jsou umístěny regulovatelné odtahové kanály.

Výhodou strkacích pecí je pravidelnost kadence ohřivaného materiálu a částečné využívání tepla odpadních spalin k přímému předehřátí materiálu. Proti karuselovým pecím mají jednodušší provedení a tím i nižší pořizovací cenu, lepší využití místa a zastavěného prostoru.



Obr. 2.23: Strkací pec

Komorové pece

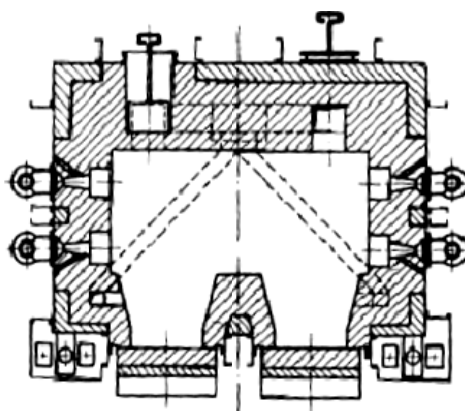
Komorových pecí je mnoho typů lišících se konstrukcí a provedením. Dále tvarem pracovního, počtem dveří, skladbou vyzdívky, umístěním hořáků atd.

Zásadně je však možno rozlišit komorové pece pro zápustkové kování:

- pece jednodveřové
- pece dvoudveřové s dveřmi umístěnými na čelní stěně vedle sebe (obr. 2.24)
- pece dvoudveřové, u nichž jsou jedny dveře umístěny na čelní stěně a druhé na zadní stěně
- pece třídveřové s dvěma dveřmi umístěnými na čelní stěně a s jedněmi na zadní stěně
- pece vícedveřové nebo s jinou kombinací umístění dveřních otvorů

Volba vhodného typu pece závisí na jejím použití a umístění, na druhu sortimentu a kovacího procesu. Ocelová konstrukce musí být vzhledem k vysokým teplotám v pracovním prostoru řádně vyztužená. Pro ochranu obsluhy před tepelným sáláním jsou před dveřním otvorem umístěny clony. Hořáky jsou umístěny v bočních stěnách, někdy též v klenbě. Pro dosažení oboustranného ohřevu jsou přidány též hořáky, které směřují do kanálů pro nístěj a umožňují spodní ohřev. Jednotlivé odtahy jsou umístěny v komoře v boční a zadní stěně a jsou regulovatelné hradítky.

Nevýhoda komorových pecí záleží především v tom, že ohřev a průchod materiálu není kontinuální, a dále, že pec nevyužívá tepla spalin k přímému přehřátí materiálu.



Obr. 2.23: dvoudveřová komorová pec

Pece na ohřev pro stříhání

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

2.4.2 Přehřev zápustek [1]

Vysokolegované, zejména wolframové nástrojové oceli mají po tepelném zpracování poměrně nízkou houževnatost. Je proto nutné zápustky před kovááním rovnoměrně přehřát na 200 až 300°C. Požadavek přehřevu u zápustek je tím důležitější, čím členitější je tvar zápustkové dutiny a čím více má dutina, popř. celá

zápustka ostrých záhybů, klínů (vrubů). Nedodržení tohoto požadavku vede k praskání zápustek.

Předeřívání je třeba jak před započítím práce, tak i při přestávkách nebo při výměně směn. Nepracuje-li se dostatečně intenzivně, nebo nestačí-li množství tepla předaného výkovky k udržení shora uvedených teplot, je třeba zápustku přehřívání i při provozu.

Další význam předeřívání zápustek i jiných kovacíh nástrojů záleží v tom, že se snižuje teplotní gradient mezi povrchem dutiny a jádrem. Snižují se rovněž tepelná pnutí. Kromě toho se při styku výkovky se zápustkou snižuje přestup tepla, resp. zpomaluje se ochlazování výkovky. Pomalejší pokles teploty výkovky zabraňuje vzrůstu pevnosti tvářeného materiálu, a tím i zvyšování měrných tlaků v dutině zápustky. Snižuje se tím opotřebení dutiny plastickou deformací otěrem.

Zápustky je možno předeřívání několika způsoby. Nejpoužívanější, ale málo vhodný způsob pomocí ohřátého ocelového bloku nebo desky. Zápustka se ohřívá přímo na kovací stroj. To je určitá výhoda. Nevýhodou je však nerovnoměrný místní ohřev, který zvyšuje nebezpečí vyhrátí povrchových vrstev zápustky na vyšší teploty s možností poklesu pevnosti v dělicí rovině. Je třeba kontrolovat buď dobu styku bloku se zápustkou, nebo měřit teploty zápustky např. termokřídami.

Prudký nebo místní předeřívání zápustky velkým plynovým hořákem je rovněž nevhodný. Zvyšuje ještě více možnost prasknutí zápustky (zejména u vysokolegované oceli).

Lepšího způsobu předeřívání zápustky je možno dosáhnout ohřevem na pískovém roštu, který je vyhříván plynovými hořáky. Nevýhodou je podobně jako u dalšího způsobu předeřívání, že zápustka je vyjmuta z kovacího stroje a musí se znova seřizovat ohřívání, což značně snižuje manipulaci.

U zápustek, které je nutno přehřívání během provozu, je účelné použít věncovitých plynových hořáků, upravených podle tvaru zápustky. Předeřívání se hojně používá indukční s nízkou frekvencí kolem 50 Hz.

V této souvislosti je nutné upozornit na to, že ohřívání zápustek na teploty vyšší než 300°C není účelné ani hospodárné. Maxima houževnatosti ocelí pro práci za tepla se obvykle dosahuje při 200 až 300°C. Při teplotách nad 300°C se houževnatost vzrůstem teplot nezvyšuje, nebo dokonce dochází k určitému poklesu houževnatosti.

2.5 Stroje pro kování a jejich příslušenství [1],[3],[4],[16]

Máme-li navrhnout pro výrobu určité součástky vhodný tvářecí stroj, musíme uvažovat tyto hlavní činitele:

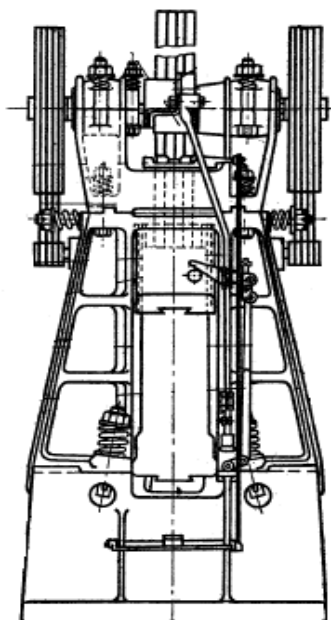
- počet kusů
- rozměry a tvar součásti
- velikost tvářecích sil
- stroje v dílně

Dále je potřeba přihlídnout k dalším vedlejším činitelům, které se však za určitých okolností mohou stát hlavním činitelem. Mezi ně patří např. velikost otvoru ve stole, počet zdvihů lisu, počet a složení kovacíh linek, které jsou k dispozici apod.

Počet kusů však většinou rozhoduje o tom, jaký nástroj použijeme a tím zároveň, jaký použijeme tvářecí stroj. Rozhodujícím činitelem pro volbu technologie je tedy poměr ceny nástroje k počtu výrobků. Dále musíme při volbě stroje zohlednit i zatékání kovu v zápustce, které je u lisu odlišné než u bucharu.

Padací buchary

Jsou to jednoduché tvářecí stroje, u nichž je beran zvednut do určité výšky a po uvolnění padá vlastní vahou na kovadlinu. Řemenové buchary mají buchar zvedaný řemenem. Elektromotorem poháněná řemenice unáší kladičkou přitlačovaný řemen a zvedne beran, který padá dolů při povolení přitlačné kladky. Prkňové padací buchary (obr. 2.24) mají beran zvedaný prknem, které je svíráno mezi dvěma kladkami poháněnými řemeny od dvou elektromotorů. Kladky jsou přitlačovány k prknu pákovým mechanismem, ovládaným beranem. V horní poloze je prkno drženo dvěma palci, které jsou uvolňovány od spouštěcího pedálu nebo páky.



Obr. 2.24: Prkňový padací buchar

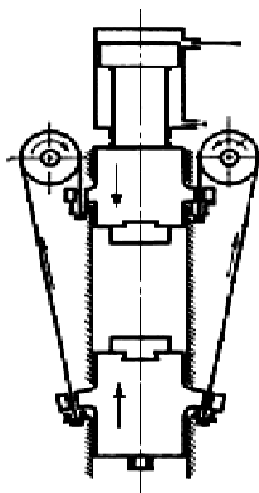
Dvojčinné zápustkové buchary

Proti bucharům na volné kování se liší menším zdvihem a stojan mají uzavřený šabotou. Sloupy vůči šabotě a příčnick vůči sloupům jsou vedeny dlouhým svislým křížovým vedením a uchyceny šrouby, podložené silnými pružinami. Používá se na kruhové výkovky o průměru 180 až 450 mm. Počet úderů je větší než u padacích bucharů. Novější typy mají šabotu nebo beran z jednoho kusu, což je zvláště výhodné pro přesné kování v několika dutinách.

Protiběžné buchary

Protiběžné buchary (obr. 2.25) se vyznačují tím, že místo šaboty je ve stroji spodní beran, pohybující se současně proti hornímu beranu. Pohyb beranů bývá někdy spojen jednostranným nebo dvoustranným převodem nebo hydraulicky. Velké buchary mají samostatný pohon horního a dolního beranu, které nejsou spolu mechanicky spojeny. Buchar je tedy složen ze dvou dvojčinných bucharů, působících

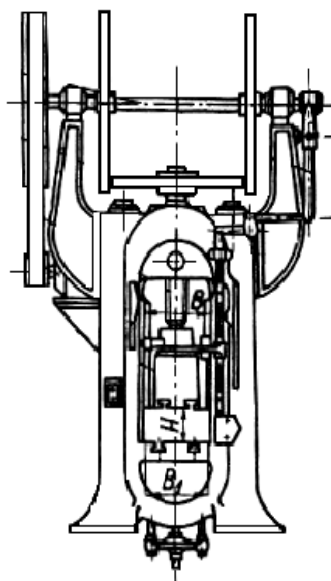
proti sobě. Rozvod vyžaduje pečlivé řešení i seřízení, aby rychlost obou bucharů byla stejná.



Obr. 2.25: Protiběžný buchar

Vřetenové lisy

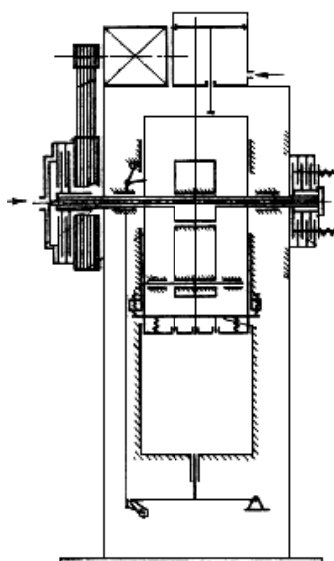
Jsou jednoduché tvářecí stroje s převodem síly od pohonu vřetenem na beran. Pracovním charakterem se podobají bucharům neboť celá pohybová energie, nahromážděná v setrvačnicku, je při tváření spotřebována, až se setrvačnick zastaví. Nejstarším a nejpoužívanějším typem je lis dvoukotoučový (obr. 2.26). Má tu nevýhodu, že u něj dochází k opotřebení a ztrátám energie mezi spojením setrvačnicku a kluzného kotouče. To ovšem odstraňuje použití tříkotoučového vřetenového lisu, kde se setrvačnick s kotoučem stýká na malém poloměru a tudíž jsou zde malé ztráty prokluzováním. Největší zdokonalení však představuje nová koncepce s hydraulickým pohonem beranu. Lis je také opatřen vyhazovači a řízení velikosti a sledu úderů je programové.



Obr. 2.26: Dvoukotoučový vřetenový lis

Svislé klikové kovací lisy

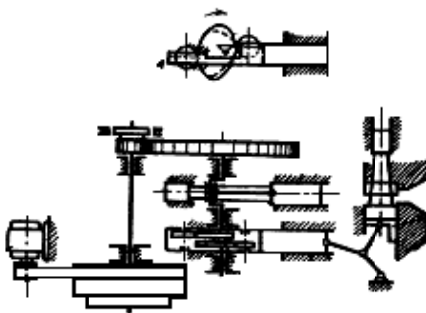
Svislý klikový kovací lis (obr. 2.27) je nejběžnější typ používaného lisu. Je určen pro přesné zápustkové kování a kalibrování výkovků za tepla. Pracují klidným tlakem a jeho zdvih (zanedbáme-li odpružení) je stále stejný. Nevýhodou těchto lisů je, že při kování se okuje zakovávají do povrchu, popř. do zápustkových bloků. Zásada práce na těchto strojích je, že na jeden zdvih musí být provedena jedna operace v jedné zápustkové dutině. Dále je velmi důležité, aby bylo přesné výškové seřízení zápustek. Velkou výhodou přináší to, že konstrukce lisů umožňuje použití vyhazovačů.



Obr. 2.27: klikový kovací lis

Vodorovné klikové kovací lisy

Vodorovné kovací stroje (obr. 2.28) patří ke strojům s klikovým mechanismem. Smýkadlo, na němž je upnutá jedna část pracovního nástroje, koná přímočarý vratný pohyb ve vodorovném směru. Rozeznáváme lisy se svislým a vodorovným svíráním čelistí. Mezi nejčastější a charakteristickou operací pro VKS patří pěchování. Můžeme zde provádět také neprůchozí děrování, průchozí děrování, zužování, ohýbání, stříhání, protlačování aj. Různými kombinacemi uvedených operací v určitém sledu je zde možno vyrobit výkovky nejrůznějšího tvaru a rozměrů.



Obr. 2.28: Vodorovný kovací lis

Hydraulické lisy pro zápustkové kování

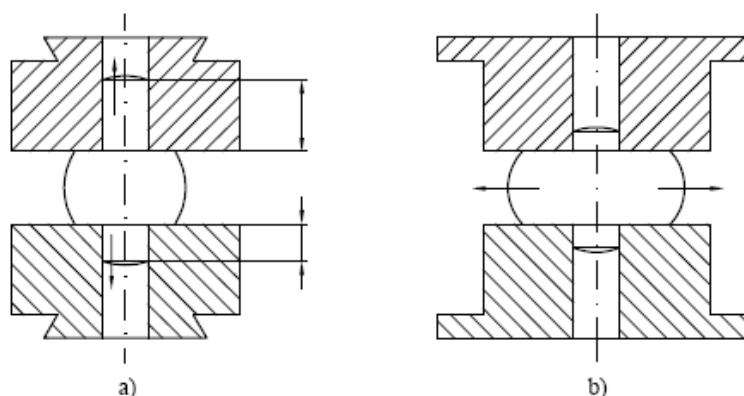
Používá se jich o síle do 5 MN na lisování vysokých a dutých tlustostěnných těles protlačováním za tepla, kde malá tvářecí rychlost není na závadu. Jejich výhodou je klidný bezrázový chod, možnost lisovat nebo protlačovat plným tlakem na dlouhé dráze a nemožnost přetížení.

Lisy od 6,3 do 30 MN síly jsou určeny ke kování méně členitých a nízkých výkovků v zápustkách, popř. pro ostříhování výronků, dále na kalibrování, děrování apod. Lisy jsou obvykle čtyřsloupové s horním pohonem a mají jednostranně výsuvný stůl pro výměnu zápustek a bývají vybaveny spodním vyrážedčem.

Pro letecký průmysl byly postaveny obří zápustkové lisy na kování tenkostěnných příčníků trupu, žeber atd. z hliníkových a hořčíkových slitin. Lisy jsou čtyřplunžrové až dvanáctiplunžrové a vznikly složením několika menších jednotek. Lisovací tlaky jsou 300, 450, 680 a 750 MN. Celková výše je až 10 m a váha přes 10 000 t.

2.5.1 Volba kovacího stroje [6],[16]

Odlišnosti ve způsobu zatékání kovu do dutiny zápustky jsou základním faktorem ovlivňující jak volbu druhu tvářecího stroje, tak rozsah předběžného předkování výchozího polotovaru. Rázový účinek u bucharu způsobuje větší rychlost tečení (obr. 2.29) a snadnější zaplňování hlubší dutiny ve směru rázu a naopak, klidné působení síly lisu způsobuje lepší tečení kovu ve směru kolmém k působící síle. Mimo to se dutina horní zápustky u bucharu zaplňuje lépe než spodní. Je to způsobeno následkem setrvačných sil ve tvářeném materiálu a v důsledku většího ochlazení polotovaru ve spodní části, kde je delší doba v dotyku se zápustkou než v její horní části



Obr. 2.29: Směry tečení materiálu a) buchar b) lis

Další rozdíly jsou ve způsobu dokončení. K dokončení výkovku na mechanickém lisu stačí jeden zdvih beranu – výška hotového výkovku je dána dolní úvratí beranu lisu, která je konstantní. Na bucharu je zapotřebí několik úderů, než se dutina zápustky uzavře dotykem horní části se spodní (což se vyznačuje příznačným „cinknutím“). Zápustky při kování na lisech se mnohem méně opotřebovávají, poněvadž žhavý kov se stýká se zápustkou pouze po dobu jednoho stlačení. Avšak na druhé straně okuje na polotovaru nesnadněji opadávají, zakovávají se do výkovku, jehož povrch se znehodnocuje. Tvrdé okuje působí nepříznivě na dutinu zápustky, jejíž povrch poškozují. Okuje z polotovaru kovaného na bucharu rázem snadněji opadávají.

Výkovky kované na mechanických lisech jsou přesnější. Z hlediska výrobních nákladů je rozhodující především výkon stroje (počet výkovků za jednotku času), podíl ceny nástroje na jeden výkovek a sériovost výkovku. Výkonnost klikových lisů je až třikrát větší než u bucharů, nepotřebují tak mohutné základy jako buchary a práce na lisu je méně náročná na kvalifikaci a fyzickou sílu obsluhy. Vzhledem k vysoké ceně lisů a vyšším nákladům na zápustky je výroba na lisech levnější než na bucharch až při velkosériové nebo hromadné výrobě.

2.5.2 Konstrukce vyhadzovače [17]

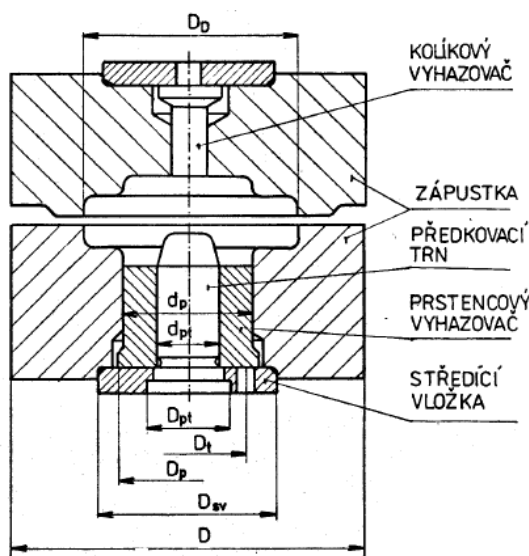
Při zápuřtkovém kování dochází zpravidla k ulpívání výkovků v dutině zápuřtky. Je to ovlivněno hloubkou dutiny zápuřtky, třením, velikostí úkosů, členitostí výkovku atd. Při konstrukci zápuřtek zohledňujeme jednotlivé faktory, a proto je nutné rozhodnout se pro některý ze způsobů vyhadzování výkovku, což je umožněno pouze konstrukcí lisu. K tomu nám slouží tzv. vyhadzovače a jeho vhodná volba zvyšuje i životnost zápuřtek.

Dle umístění vyhadzovače ve stroji je dělíme:

- horní
- spodní

Dle tvaru činné části vyhadzovače, která je ve styku s výkovkem je dělíme:

- prstencové
- kolíkové



Obr. 2.30: Schéma vyhadzovačů

Prstencové vyhadzovače se používají pro výkovky s charakteristickým zahloubením ve středu výkovku. Průměr předkovacího trnu se stanoví s ohledem na zajištění přípustných tlaků v dosedacích plochách ze vztahů, které jsou uvedeny v normě ČSN 22 8306.

Kolíkové vyhadzovače se používají jako středové, mimo středové nebo umístěné v ploše výronku, tzn., že působí na blánu, tvar nebo výronek. Doporučené průměry vyhadzovacích kolíků jsou opět uvedeny v normě, stejně jako vztah pro průměr hlavy kolíkového vyhadzovače.

Vyhazovače v dutině zápustky jsou ovládány od vyhazovače ve stole lisu nebo v beranu. U starších typů lisů byl pouze jeden vyhazovač v ose lisu a rozvod do jednotlivých bočních operací musel být proveden v držáku zápustek. V současné době se konstruují lisy, které mají vyhazovač ve všech operacích, a vyhazovač v zápustce je ovládán pomocí kolíků od vyhazovačů ve stroji přes tlačné kolíky v držáku zápustek.

2.6 Kovárenské operace [1],[6],[13],[16],[17]

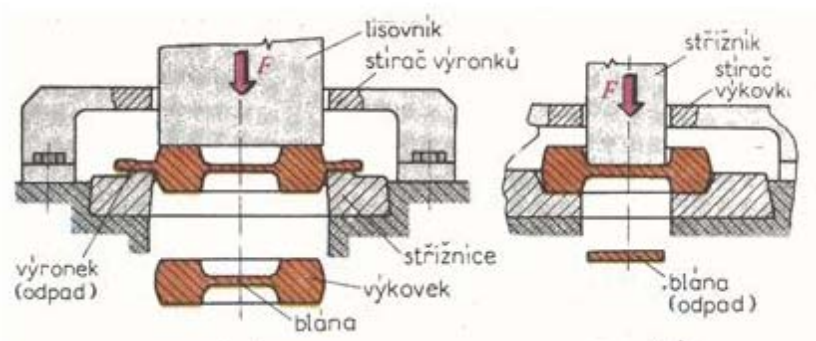
2.6.1 Ostříhování výkovků

Při výrobě zápustkových výkovků v otevřených zápustkách na bucharech a li-sech vzniká na výkovku výronek. Podle tvaru výkovku vzniká výronek na vnějším obvodu výkovku nebo uvnitř. K dosažení konečného tvaru výkovku je nutno výronek odstranit. Tuto operaci nazýváme ostříháním nebo děrováním.

Výronek je možno ostříhovat dvojím způsobem:

- za tepla
- za studena

Výkovky s větším obsahem C než 0,5% se ostříhují za tepla a výkovky s menším obsahem než 0,5% C lze ostříhovat za studena. Větší a složitější výkovky se ostříhují vždy za tepla, a to z důvodu menšího tlaku při ostříhování a možnosti využití teploty k rovnání výkovku.



Obr. 2.31: Ostřížení výronku a děrování výronku [13]

Síla pro ostřížení vnějšího výronku:

$$F_s \approx 1,6 \cdot L \cdot s \cdot R_m \cdot 10^{-6} \quad [\text{MN}] \quad (2.4)$$

Síla pro ostřížení vnitřního výronku (blány):

$$F_{s1} \approx 1,6 \cdot L_1 \cdot s_1 \cdot R_m \cdot 10^{-6} \quad [\text{MN}] \quad (2.5)$$

Při současném ostříhování a děrování na kombinovaném nástroji bude celková síla:

$$F_c = F_s + F_{s1} \quad [\text{MN}] \quad (2.6)$$

Celkovou sílu je třeba zvýšit o 25% s ohledem na opotřebení zápustek a tím zvětšení tloušťky výronku, takže skutečná síla bude:

$$F_{cs} \approx 1,25 \cdot F_c \quad [\text{MN}] \quad (2.7)$$

R_m [MPa] – mez pevnosti materiálu v tahu

L [mm] – skutečný obvod ostřížku po čáře ostřížení vnějšího výronku

L_1 [mm] – skutečný obvod ostřížku po čáře ostřížení vnitřního výronku (blány)

s [mm] – skutečná tloušťka stříhané vrstvy vnějšího výronku

s_1 [mm] – skutečná tloušťka stříhané vrstvy vnitřního výronku (blány)

Pro určení potřebné velikosti ostřihovacího lisu je třeba rovněž prověřit, zda rozměry pracovního prostoru (upínací možnosti lisu) jsou dostačující pro umístění ostřihovacího nástroje. Jestliže dané rozměry jsou nedostatečné, je třeba použít lisu s většími rozměry pracovního prostoru. V praxi se velmi často volí lis pro ostřihování a prostřihování za tepla v závislosti na velikosti použitého bucharu nebo kovacího lisu, s nimiž tvoří kovací soubor. Obvyklé velikosti ostřihovacích lisů přiřazených k určitým strojům pro zápustkové kování jsou uvedeny v katalogu tvářecích strojů. Přesto je však dobré provést kontrolu vhodnosti příslušného lisu.

2.6.2 Rovnání výkovků

Výkovky se rovnají za tepla i za studena. Za studena se zpravidla rovnají po tepelném zpracování a čištění. Za tepla se rovnají většinou výkovky, které se zakříví během kování a ostřihování. Příčin zakřivení výkovku je mnoho. V zápustce zpravidla nesouhlasí poloha os dutin s osami výkovků. Uvázne-li výkovek v dutině zápustky, zakříví se většinou při vyjímání. Výkovky se také kříví při ostřihování výronků a tepelném zpracování. Zakřivení výkovku se určuje podle křivosti os a podle úhlu zakřivení. Za rovný výkovek se považuje takový, jehož zakřivení zůstává v rozmezí tolerancí rozměrů uvedených na výkrese výkovku.

Výkovky se rovnají:

1. Za tepla v dokončovací dutině zápustky, v níž byl výkovek vykován. Hlavním nedostatkem tohoto způsobu rovnání je menší výrobnost kovacího stroje a trvanlivost dokončovací dutiny.
2. Na ostřihovacích lisech v rovnacích nástrojích, které někdy bývají kombinovány s ostřihovacími. Toto rovnání, které je omezeno tlakem ostřihovacího lisu, je výhodnější, protože se nezvětšuje opotřebením kovací dutiny, nezmenšuje se výrobnost kovacího stroje. Většinou se ostřihuje a kalibruje na jeden zdvih.

Za studena v rovnacích zápustkách, což je nejvýkonnější způsob. Používá se k tomu padacích bucharů, vřetenových lisů a lisů ostřihovacích. Pro výkovky, které potřebují k vyrovnání průhyb na opačnou stranu, než je zakřivení, používá se zvláštních hydraulických rovnacích lisů. Rovnací dutina má tvar výkovku s určitými odchylkami v rozměrech a tvaru, aby bylo možno výkovek volně vkládat a vyjímat. Velikost těchto odchylek je pro typické průřezy uvedena v normách

2.6.3 Kalibrování výkovku

Výkovky se kalibrují po vykování zápustkového výkovku. Je to nejlepší způsob, jak zajistit vysokou přesnost výkovků. Touto technologií je možno získat výkovek s přesnou váhou, hladkým a čistým povrchem a přesným rozměrem.

Za tepla je možno kalibrovat prakticky na všech kovárenských strojích pro zá-
pustkové kování. Nejčastěji se kalibruje při jednom ohřevu zápusťkového výkovku, tj.
ihned po ostřížení výronku. Dokovací teploty se používá proto, aby se zamezilo další
okujení. Proto se stroj pro kalibrování výkovků umísťuje v těsné blízkosti ostříhovací-
ho lisu. Má-li zápusťkový výkovek větší přídavky ještě pro kalibrování, vznikne při této
operaci malý výronek, který se musí ostříhnout za studena, aby se kalibrováný výko-
vek nezkrivil. Přesnost kalibrovaných výkovků závisí především na přesnosti zápusť-
kového kování před kalibrováním, na stálosti teploty, při které se kalibruje a na tuhos-
ti a přesnosti tvářecího stroje.

Kalibrování za studena (někdy též ražení) je přesnější než kalibrování za tep-
la. Dělá se zpravidla až po tepelném zpracování výkovků, které jsou vyrovnány a
zraveny okují. Pro kalibrování za studena se používá zpravidla razících lisů. Na
těchto lisech se v kalibrovacích zápusťkách stlačují plochy, kterými se stýká vykova-
ná součást s jinými díly výkovku. Materiál se při kalibrování za studena zpevňuje.
Proto je nutné výkovky v odůvodněných případech tepelně zpracovat. Požaduje-li se
vysoká přesnost výkovků, je výhodné výkovky předběžně kalibrovat za tepla a ná-
sledně za studena.

V podstatě existují tři druhy kalibrace – plošná, objemová a kombinovaná.
Jednotlivými způsoby nebo jejich kombinací dosahujeme požadovaných kvalit výkov-
ku.

Optimální podmínky pro zajištění vysoké přesnosti při kalibrování jsou:

- nízká a stejnoměrná tvrdost výkovku ke kalibrování (legované oceli nebo
s obsahem vyšším jak 0,2% C se před kalibrováním tepelně zpracovávají)
- úzké rozměrové tolerance výkovků před kalibrováním (třídění výkovků na dávky)
- dobrý stav kalibrovacího stroje
- velká tvrdost a tuhost kalibrovacího stroje
- mazání pracovních ploch kalibrovacího nástroje
- docílit co možná největšího kalibrovacího tlaku v nástroji

Kalibrovací síla se vypočte z velikosti kalibrované plochy a z měrného tlaku, který je
uveden ve strojnických tabulkách. Při kalibraci za tepla se kalibrovací síla snižuje o
(50÷70)%.

3 Návrh technologie výroby

3.1 Zadaná součást

Zadaná součást číslo výkresu BP-3-2009-001 je ozubené kolo (viz. Zadání). Součást slouží pro přenos krouticích momentů. U součásti je kladen důraz na zpevnění materiálu. Zadaná součást je vyrobena z materiálu 14 220. Předpokládaná výrobní série je plánována na 150 000 kusů/rok.



Obr. 3.1: 3D model ozubeného kola

3.2 Zhodnocení možností výroby součástí

Ozubené kolo číslo výkresu BP-3-2009-001 lze vyrobit technologií:

- **Obrábění** – volba technologie obráběním je vhodná zejména u kusové výroby, protože nevyžaduje žádné speciální nástroje. Ovšem pro zadanou součást není vhodná, protože je vyžadováno zpevnění materiálu a výrobní dávka je pro obrábění velká a značně neekonomická, protože při výrobě z normalizované kruhové tyče je využití materiálu pouze 36%.
- **Odlévání** – technologie odlévání by byla nejrychlejší, ovšem opět odlitek nevykazuje požadované zpevnění. Zadaný materiál 14 220 není vhodný pro odlévání a musel by se zvolit jiný materiál.
- **Kování** – technologie kování vyžaduje potřebu speciálního nástroje (zápustky), který je drahý na výrobu a vyžaduje se velká sériovost. Kováním nevyrobím přesný tvar výkovku dle výkresu, proto se kováním zhotovují polotovary, které se následně obrábí. Součást bude díky nepřerušným materiálovým vláknům zpevněná u tzv. koncentrátorů napětí, čímž se zamezí tvorbě prasklin. Využití materiálu je 55% zbylá procenta materiálu se opálí v peci nebo se odstraní ostřížením výrobku a blány, což je považováno za tzv. konstrukční odpad.

Vzhledem k požadovanému zpevnění materiálu a velké sériovosti volím technologii **zápustkového kování**

3.3 Návrh výkovku

Vzhledem k členitosti a velikosti výrobku, volím kování na svislých kovacíh lisech a všechny následující parametry kování jsou voleny pro svislý kovací lis.

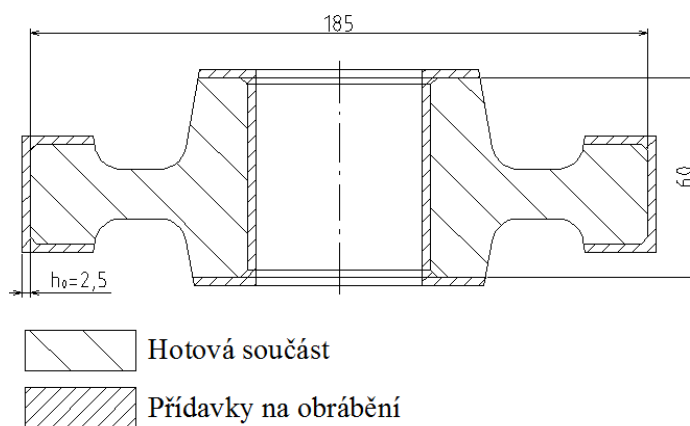
3.3.1 Přídavky na obrábění

Přídavky na obrábění jsou voleny dle normy ČSN 42 9030, (tab. 2.1 viz výše) – obvyklé provedení.

Pro $H = 60 \text{ mm}$, $D = 185 \text{ mm}$ volím přídavek $h_o = 2 \text{ mm}$

H [mm] – největší výška hotového výrobku

D [mm] – největší průměr výrobku ve směru kolmo k rázu



Obr. 3.2: Přídavky na obrábění

Protože je důležité zpevnění v přechodové části není v tomto místě volen žádný přídavek na obrábění. Přechodové části nejsou funkční, proto nemusí být tyto místa obrobeny a zůstane na nich původní zpevněný povrch, což zamezí vznik trhlin.

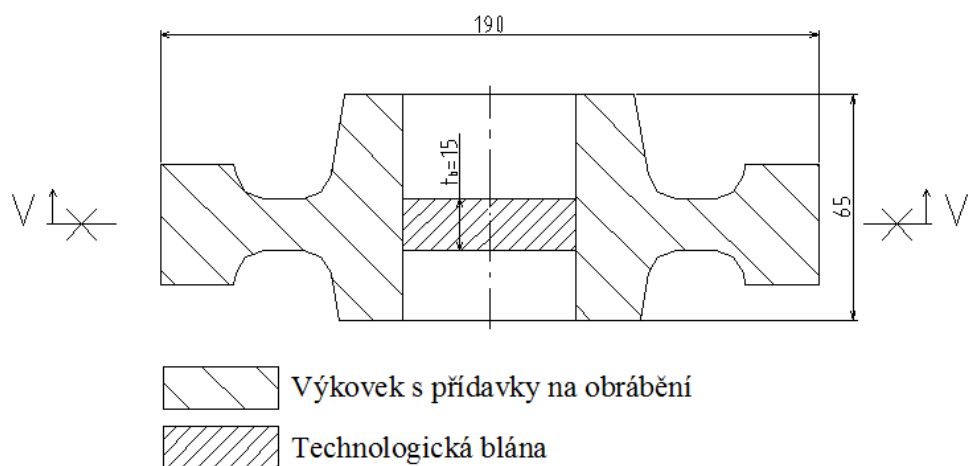
3.3.2 Volba blány a umístění dělicí roviny

Dle normy ČSN 42 9030, str. 7, tab. 5 je zvolena nejmenší tloušťka blány na předkování díry.

Pro $H = 65 \text{ mm}$, $D = 190 \text{ mm}$ volím tloušťku blány $t_b = 15 \text{ mm}$

H [mm] – největší výška výkovku

D [mm] – největší rozměr výkovku kolmo k rázu



Obr. 3.3: Technologická blána

Blána i dělicí rovina je umístěna v polovině největšího průměru.

3.3.3 Kovací úkosy

Kovací úkosy jsou voleny z normy ČSN 42 9030, (tab. 2.1 viz výše) podle druhu kovacího stroje.

Svislý kovací lis s vyhazovačem – vnější 2 až 3°

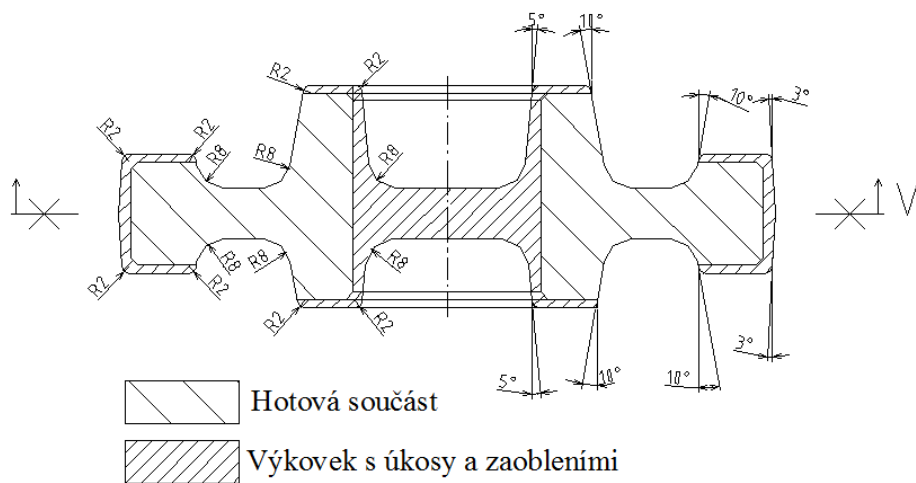
– vnitřní 3 až 5°

3.3.4 Poloměry zaoblení

Poloměry zaoblení hran a přechodů jsou voleny dle normy ČSN 42 9030 (tab. 2.2 viz výše), podle poměru h/f .

Dle poměru h/f – zaoblení hran $r = 2$ mm

– zaoblení přechodů $R = 8$ mm



Obr. 3.4: Úkosy a zaoblení

3.3.5 Zařazení výkovku dle složitosti tvaru

Zařazení výkovku dle ČSN 429002 podle složitosti tvaru

5420 – 4

5 ... tvarový druh – výkovky kruhového průřezu duté

4 ... tvarová třída – oboustranně osazené

2 ... tvarová skupina - $H \leq D$ ($62 \leq 185$), $H > 2H1$ ($65 > 2 \cdot 13$)

0 ... tvarová podskupina – bez přesahu

4 ... technologické hledisko – výkovky s dělicí plochou kolmou na hlavní osu nesouměrné

3.3.6 Určení stupně přesnosti pro obvyklé provedení

dle ČSN 42 9030, tab. 3.1, stupně přesnosti pro obvyklé provedení.

Tab. 3.1 Stupně přesnosti výkovků (ČSN 42 9030)

Tvarový druh	Tvarová třída	Tvarová skupina	Tvarová podskupina	Technologické hledisko	Stupeň přesnosti pro provedení					
					1		2		3	
					obvyklé	přesné	obvyklé	přesné	velmi 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

Kolmo k rázu ⊥ – stupeň přesnosti 5

Rovnoběžně s rázem ∥ – stupeň přesnosti 6

3.3.7 Mezní úchytky a tolerance rozměrů a zaoblení

Mezní úchytky a tolerance rozměrů určíme z normy ČSN 42 9030 (tab. 3.2, tab. 3.3).

Mezní úchytky zaoblení hran a přechodů jsou voleny opět z normy ČSN 42 9030 (tab. 3.4).

Tab. 3.2 Stupeň přesnosti výkovků 5 (ČSN 42 9030)

Největší průměr výkovku D nebo 0,5.(L+B) ve směru kolmo k rázu		Rozměr výkovku ve směru rázu (H)							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes do 25	Mezní úchytky	+0,6 -0,3	+0,6 -0,4	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+1,0 -0,4			
	Tolerance	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4			
přes 25 do 40	Mezní úchytky	+0,7 -0,4	+0,8 -0,4	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6		
	Tolerance	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8		
přes 40 do 63	Mezní úchytky	+0,9 -0,4	+1,0 -0,4	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,2 -0,6	+1,4 -0,6		
	Tolerance	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0		
přes 63 do 100	Mezní úchytky	+1,0 -0,5	+1,1 -0,5	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6	+1,4 -0,6	+1,5 -0,7	+1,7 -0,8	
	Tolerance	1,5	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	
přes 100 do 160	Mezní úchytky	+1,1 -0,6	+1,2 -0,6	+1,3 -0,6	+1,4 -0,6	+1,5 -0,7	+1,6 -0,8	+1,8 -0,9	
	Tolerance	1,7	1,8	1,9	2,0	2,2	2,4	2,7	
přes 160 do 250	Mezní úchytky	+1,4 -0,6	+1,4 -0,7	+1,5 -0,7	+1,5 -0,8	+1,7 -0,8	+1,8 -0,9	+2,0 -1,0	+2,3 -1,2
	Tolerance	2,0	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,5
přes 250 do 400	Mezní úchytky	+1,6 -0,8	+1,7 -0,8	+1,8 -0,8	+1,8 -0,9	+1,9 -1,0	+2,1 -1,0	+2,3 -1,1	+2,6 -1,3
	Tolerance	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,9
přes 400 do 630	Mezní úchytky	+1,9 -1,0	+2,0 -1,0	+2,1 -1,0	+2,1 -1,1	+2,3 -1,1	+2,4 -1,2	+2,6 -1,3	+3,0 -1,4
	Tolerance	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,6	3,9	4,4
přes 630 do 1000	Mezní úchytky	+2,5 -1,3	+2,6 -1,3	+2,7 -1,3	+2,7 -1,4	+2,9 -1,4	+3,0 -1,5	+3,2 -1,6	+3,5 -1,8
	Tolerance	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,3

Pro H = 65 mm, D = 190 mm, stupeň přesnosti 5 mezní úchytky + 1,5 mm

- 0,8 mm

tolerance T = 2,3

Tab. 3.3 Stupeň přesnosti výkovků 6 (ČSN 42 9030)

Největší průměr výkovku D nebo 0,5.(L+B) ve směru kolmo k rázu		Rozměr výkovku ve směru rázu (H)							
		přes	25	40	63	100	160	250	400
		do 25	40	63	100	160	250	400	630
přes do 25	Mezní úchytky	+1,0 -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 -1,0		
	Tolerance	2,0	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	+2,0 -1,0	+2,2 -1,1	+2,5 -1,2	
	Tolerance	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,7	
přes 100 do 160	Mezní úchytky	+1,9 -0,9	+1,9 -1,0	+2,0 -1,0	+2,1 -1,1	+2,3 -1,1	+2,5 -1,2	+2,7 -1,4	
	Tolerance	2,8	2,9	3,0	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	+3,0 -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	4,0	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 -2,0	+4,3 -2,2
	Tolerance	4,6	4,7	4,8	5,0	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	+5,0 -2,5	+5,4 -2,7
	Tolerance	6,2	6,3	6,4	6,6	6,8	7,1	7,5	8,1

Pro H = 65 mm, D = 190 mm, stupeň přesnosti 6 mezní úchytky + 2,4 mm

- 1,2 mm

tolerance T = 3,6

Tab. 3.4 Mezní úchytky zaoblení (ČSN 42 9030)

Poloměr zaoblení		Mezní úchytky			
přes	do				
	10	+0,50 -0,25		+0,25 -0,50	
10	32	+0,40 -0,20	*R	+0,20 -0,40	*r
32	100	+0,30 -0,15		+0,15 -0,30	
100		+0,25 -0,10		+0,10 -0,25	

Poloměr hran r i přechodů R do 10 mm mezní úchylky $+ 0,25 \cdot r$

$- 0,50 \cdot r$

$+ 0,50 \cdot R$

$- 0,25 \cdot R$

3.3.8 Určení ostatních parametrů [15]

Dovolené přesazení (p) je rozměr, o který mohou body po jedné straně dělicí plochy přesazeny oproti odpovídajícím bodům na druhé straně dělicí plochy ve směru rovnoběžném s hlavní dělicí plochou. Dovolený otřep (g) je zbytek materiálu vytečeného mezi dělené části nástroje, který může zůstat na výkovku. Dovolené sestřížení (g) je přípustná stopa na výkovku po ostřihovacím nástroji, která vzniká odebráním části technologického přídavku případně přídavku na obrábění. Hodnota dovoleného přesazení p , dovoleného otřepu a sestřížení g je rovna minusové mezní úchylce stanovené pro daný výkovek a daný rozměr z úchylek kolmo k rázu ČSN 42930 (tab. 3.2 viz výše)

$p = q = 0,8 \text{ mm}$

Dovolená jehla (a) je ostří na střižné ploše, která může vzniknout na okraji střižné plochy. Hodnota dovolené jehly a je rovna plusové mezní úchylce rozměru daného výkovku ve směru rázu.

$a = 2,4 \text{ mm}$

Dovolená úchylka sousostí je rovna hodnotám přesazení.

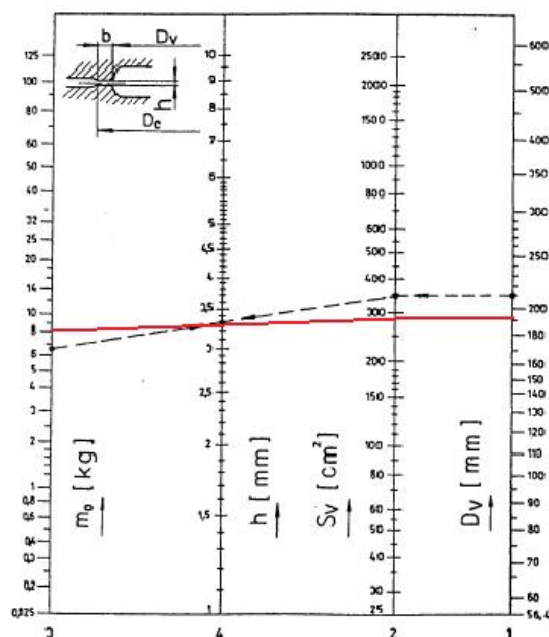
$p_s = 0,8 \text{ mm}$

3.3.9 Navržení výronkové drážky

Určení výšky můstku dle ČSN 228306 z nomogramu (obr. 2.8 viz výše)

Z hmotnosti přířezu $m_0 = 8 \text{ kg}$ a průměru výkovku bez výronku $D_v = 192 \text{ mm}$ a průmětu výkovku bez výronku $S_v = 289,53 \text{ cm}^2$

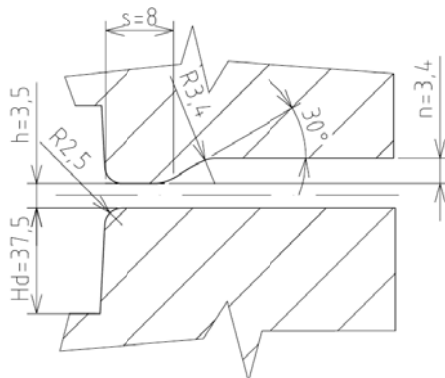
$$S_v = \frac{\pi \cdot D_v^2}{4} = \frac{\pi \cdot 192^2}{4} = 28952,92 \text{ mm}^2 = 289,53 \text{ cm}^2 \quad (3.1)$$



Obr. 3.5: Nomogram výšky můstku

Výška můstku $h = 3,3$ mm volím $h = 3,5$ mm, ostatní rozměry volím podle (tab. 2.8 viz výše), výšku zásobníku určím dle rovnice 3.2.

$$n = 0,4 \cdot h + 2 = 0,4 \cdot 3,5 + 2 = 3,4 \text{ mm} \quad (3.2)$$



Obr. 3.7: Tvar a rozměry výronku

3.3.10 Výpočet rozměrů výchozího polotovaru

Při výpočtu polotovaru se vychází ze součtu objemu výkovku, objemu výronku a objemu přídavku na propal.

Objem výkovku V_V je roven součtu všech elementárních tvarů V_i , jejich technologických přídavků a úkosů.

$$V_V = \sum V_i \quad [\text{mm}^3] \quad (3.3)$$

Objem výronku V_{Vyr} je zaplnění prostoru výronku materiálem. Toto zaplnění uvažujeme pouze (50÷70)% celkového výronku. Na závěr se připočítá tzv. přídavek

na propal. Ten volíme mezi (1,5÷3)% celkového objemu výkovku s výronkem. Při ohřevu v plynové peci volím přídavek na propal $\delta = 3\%$.

Výpočty objemů jsou provedeny v programu Autodesk Inventor Professional 2008.

Objem výkovku s výronkem $V_v = 1\,000\,858,609\text{ mm}^3$

Celkový objem s propalem $V_c = 1\,030\,884,367\text{ mm}^3$

U výpočtu polotovaru je nejdůležitější poměr průměru a délky polotovaru. Musí zde být splněna podmínka, kde poměr délky a průměru musí být v mezích $2,8 \div 1,5$. Pokud tento poměr nebude dodržen, tak může dojít k ztrátě vzpěrné stability a následnému vyhnutí materiálu v předkovací dutině a následným nežádoucím deformacím.

$$m = \frac{L_0}{D_0} = 2,8 \div 1,5 \quad [-] \quad (3.4)$$

Pro výpočet D_0 volím $m = 1,5$.

Průměr kruhového polotovaru D_0 se určí podle (3.5):

$$D_0 = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_c}{m}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{1\,080\,884,367}{1,5}} = 95,3\text{ mm} \quad (3.5)$$

Délka polotovaru L_0 se určí podle (3.6)

$$L_0 = \frac{4 \cdot V_c}{\pi \cdot D_0^2} = \frac{4 \cdot 1\,080\,884,367}{\pi \cdot 95,3^2} = 145,3\text{ mm} \quad (3.6)$$

Kontrola polotovaru podle (3.4)

$$m = \frac{L_0}{D_0} = 95 = 1,53 \quad [-] \quad (3.7)$$

Kontrola polotovaru vyhovuje, proto volím polotovar.

$\phi 95-146$ ČSN 42 6510

3.3.11 Materiál výkovku [14]

Materiál výkovku jsem zvolil ČSN 14 220. Ocel Mn-Cr k cementování a ke kyanování. Ocel je dobře tvařitelná za tepla, po žíhání na měkko i za studena, se zaručeným rozmezím prokalitelnosti. Je dobře obrobitelná - pro hladké obrábění se doporučuje ocel zušlechtěná na pevnost 690 - 880 MPa. Je vhodná pro strojní součásti pro zušlechtění do $\phi 35\text{mm}$, k cementování s velmi tvrdou cementovanou vrstvou s velkou pevností v jádře (hřídele, ozubená kola, vačkové hřídele, zdviháky ventilů, pístní čepy, zubové spojky), pro sériovou výrobu strojních součástí za předpokladu dodržení téže technologie tepelného zpracování také u odběratele. Svařitelnost dobrá.

Tab. 3.5 Ekvivalentní označení ocelí

Norma	Označení
ČSN	14 220
EN 10084	1.7131.
DIN	16 MnCr 5
Boehler	E 410 SB
Poldi	CE2
Třinec	16 MNCR-VKJ

Tab. 3.6 Chemické složení oceli 14 220

prvek	C	Si	Mn	P	S	Cr
Chemické složení v % hmot.	0,14-0,19	max. 0,4	1,00-1,3	max. 0,035	max. 0,035	0,8-1,1

3.4 Návrh tvářecích strojů

3.4.1 Výpočet tvářecí síly podle Tomlenova [11],[15]

Z metod výpočtu kovací síly uváděných v literatuře je v průmyslové praxi v kovárnách nejvíce ověřená metoda Tomlenova (ČSN 22 8306). Ovšem její problém je v použití jednotného koeficientu C_0 . Koeficient C_0 určuje velikost σ_p přirozeného přetvárného odporu kovací teplotě v závislosti na hmotnosti výkovku. Rozdílnou členitost výkovku při stejné hmotnosti metoda nezahrnuje.

Tab. 3.7 Volba koeficientu C_0

Hmotnost výkovku [kg]	teplota výkovku [°C]	C_0 [-]
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

Pro kovací teplotu 1000 °C je přirozený přetvárný odpor $\sigma_p \approx 59 \text{ MPa}$ a koeficient C_0 jsem zvolil dle hmotnosti výkovku přibližně 8 kg $C_0=4$.

Napětí v jednotlivých bodech průřezu výkovku:

$$\sigma'_p = \sigma_p \cdot C_0 = 59 \cdot 4 = 236 \text{ MPa} \quad (3.8)$$

$$\sigma_{d0} = 1,285 \cdot \sigma'_p = 1,285 \cdot 236 = 303,3 \text{ MPa} \quad (3.9)$$

$$\sigma_{d1} = \sigma_{d0} + \sigma_p \cdot \frac{\Delta r_1}{z_1} = 303,3 + 236 \cdot \frac{8}{3,5} = 842,7 \text{ MPa} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{d2} = \sigma_{d1} + \sigma_p \cdot \frac{\Delta r_2}{z_2} = 842,7 + 59 \cdot \frac{23,83}{35} = 882,9 \text{ MPa} \quad (3.11)$$

$$\sigma_{d3} = \sigma_{d2} + \sigma_p \cdot \frac{\Delta r_3}{z_3} = 882,9 + 59 \cdot \frac{25}{15} = 981,2 \text{ MPa} \quad (3.12)$$

$$\sigma_{d4} = \sigma_{d3} + \sigma_p \cdot \frac{\Delta r_4}{z_4} = 981,2 + 59 \cdot \frac{24,62}{65} = 1003,5 \text{ MPa} \quad (3.13)$$

$$\sigma_{d5} = \sigma_{d4} + \sigma_p \cdot \frac{\Delta r_5}{z_5} = 1003,5 + 59 \cdot \frac{22,38}{15} = 1091,6 \text{ MPa} \quad (3.14)$$

Výpočet dílčích ploch pod čarou průběhu přetvárných odporů:

$$\text{Plochy obdélníků} \quad S_j = \sigma_{dn} \cdot \Delta r_n \quad (3.15)$$

$$\text{Plochy trojúhelníků} \quad S_{j+1} = (\sigma_{dn+1} - \sigma_{dn}) \cdot \frac{\Delta r_n}{2} \quad (3.16)$$

Tab. 3.8 Výpočet kovací síly

S_i [$N \cdot mm^{-1}$]	r_i [mm]	$r_i \cdot S_i$ [N]
$S_1 = 303,26 \cdot 8,09 = 2453,373$	99,87	245 018,40
$S_2 = (842,689 - 303,26) \cdot \frac{8,09}{2} = 2181,989$	98,52	214 969,51
$S_3 = 842,689 \cdot 22,83 = 19238,58$	83,91	1 614 309,25
$S_4 = (882,859 - 842,689) \cdot \frac{22,83}{2} = 458,547$	79,94	36 656,25
$S_5 = 882,859 \cdot 25 = 22071,479$	59,50	1 313 252,98
$S_6 = (981,192 - 882,859) \cdot \frac{25}{2} = 1229,167$	55,33	68 009,79
$S_7 = 981,192 \cdot 24,62 = 24156,959$	34,69	838 004,90
$S_8 = (1003,54 - 981,192) \cdot \frac{24,62}{2} = 275,096$	30,58	8 412,45
$S_9 = 1003,54 \cdot 22,38 = 22459,222$	11,19	251 318,70
$S_{10} = (1091,568 - 1003,54) \cdot \frac{22,38}{2} = 985,033$	7,46	7 348,35
$\sum_{i=1}^{10} r_i \cdot S_i$		4 597 300,58

Kovací síla působící ve směru pohybu zápustky:

$$F_N = 2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^{10} S_i \cdot r_i = 2 \cdot \pi \cdot 4597300,58 = 28885692N \approx 28,9 MN \quad (3.17)$$

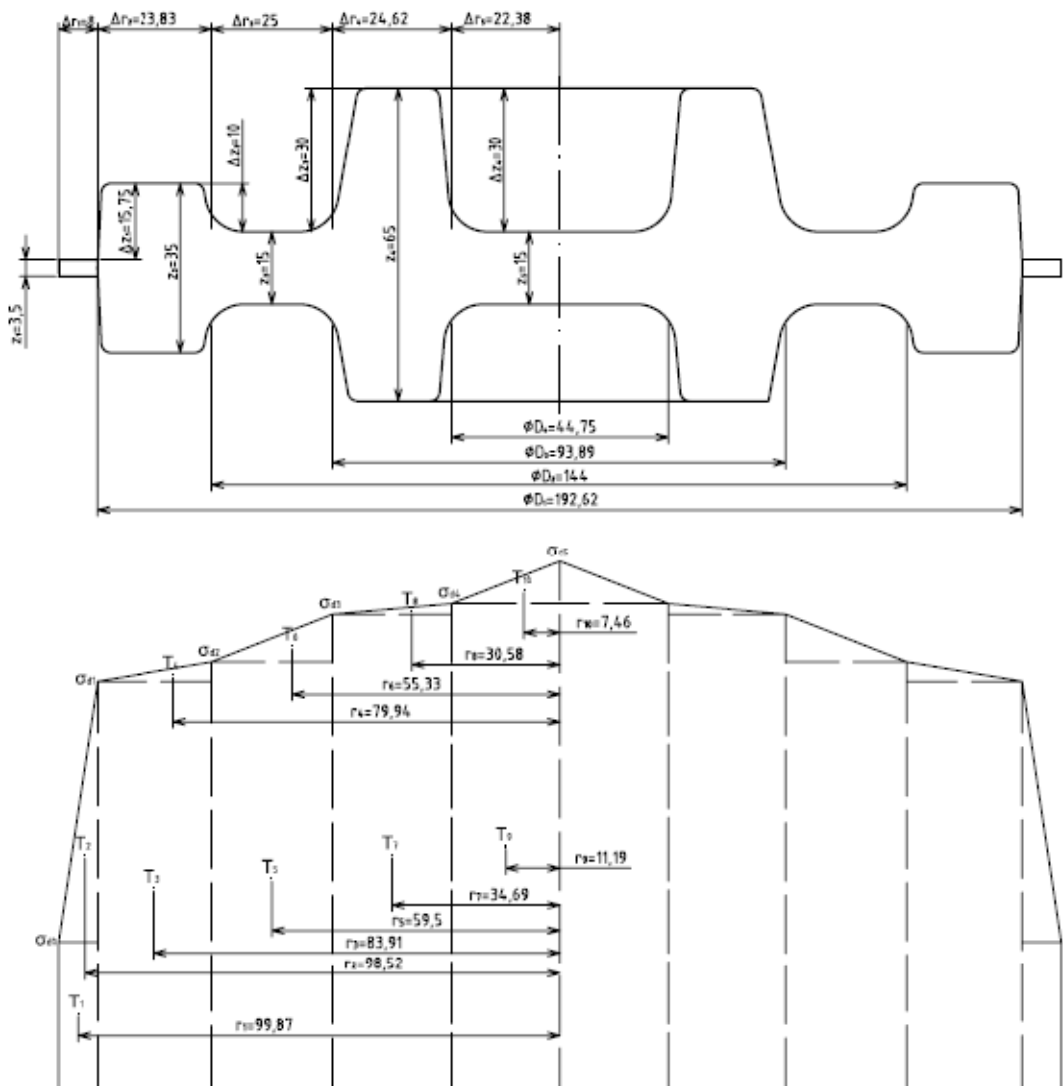
Složka od zkosených stěn:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{10} S'_i &= \pi \cdot D_1 \cdot \Delta z_1 + \pi \cdot D_2 \cdot \Delta z_2 + \pi \cdot D_3 \cdot \Delta z_3 + \pi \cdot D_4 \cdot \Delta z_4 = \\ &= \pi \cdot 191,62 \cdot 15,75 + \pi \cdot 144 \cdot 10 + \pi \cdot 93,89 \cdot 30 + \pi \cdot 44,75 \cdot 30 = 27121,3 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (3.18)$$

$$F_T = \frac{\sigma_P}{2} \cdot \pi \cdot \sum_{i=1}^{10} S'_i = \frac{59}{2} \cdot \pi \cdot 27121,3 = 2513516N \approx 2,5 MN \quad (3.19)$$

Výsledná kovací síla:

$$F = F_N + F_T = 28885692 + 2513516 = 31399208N \approx 32 MN \quad (3.20)$$



Obr. 3.8: Rozložení tvářecí síly

3.4.2 Výpočet tvářecí síly podle firmy ŠMERAL [8]

Firma ŠMERAL pro potřebu svých zákazníků sestrojila nomogram a z něj následně určila vztah pro výpočet tvářecí síly pro kovací lisy.

$$F = 0,6 \cdot S_c \cdot k_p \cdot K_{IS} \quad [\text{kN}] \quad (3.21)$$

S_c [cm²] – celková plocha průřezu výkovku a můstku výronkové drážky

k_p [MPa] – přetvárná pevnost pro danou dokovací teplotu

K_{IS} [-] – koeficient vlivu tvarové složitosti výkovku

$$S_c = \frac{\pi \cdot (D_V + 2 \cdot s)^2}{4} = \frac{\pi \cdot (192 + 2 \cdot 8)^2}{4} = 33979,5 \text{ mm} = 339,8 \text{ cm} \quad (3.22)$$

D_V [mm] – průměr výkovku bez výronku

s [mm] – šířka můstku

Tab. 3.9 přetvárný odpor dle ČSN 22 8306

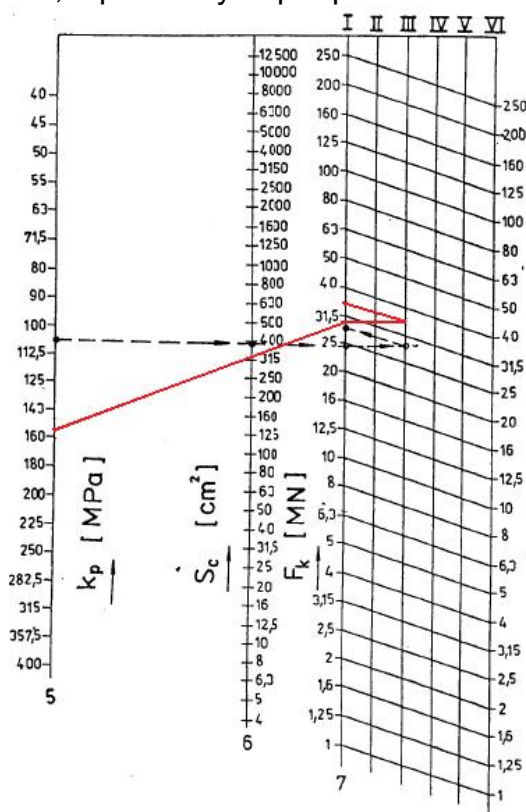
Materiál	Kovací teplota v °C						
	900	950	1000	1050	1100	1150	1200
12050	149	128	108	91	80	71	68
12060	148	118	102	90	82	73	67
13240	196	171	150	130	102	96	80
14100	165	132	111	99	91	85	
14220	184	159	139	121	106	91	76

Přetvárnou pevnost k_p jsem zvolil z tabulky 3.9 pro materiál 14 220 a dokovací teplotu 950°C $k_p=159$ MPa. Koeficient tvarové složitosti výkovků jsem zvolil $K_{ts}=1,17$ pro výkovky s velkým stupněm přetvoření.

$$F = 0,6 \cdot S_c \cdot k_p \cdot K_{ts} = 0,6 \cdot 339,8 \cdot 159 \cdot 1,17 = 37927,8 \text{ kN} = 38 \text{ MN} \quad (3.23)$$

3.4.3 Výpočet tvářecí síly podle nomogramu [15]

Výpočet kovací síly jde rovněž přibližně určit podle nomogramu, který je uveden v normě ČSN 22 8306. Nomogram slouží, k přibližnému určení síly k jeho určení nám stačí pouze plocha výkovku s výronkem S_c , a určení tvarové složitosti stejné jako u předchozího výpočtu, a přetvárný odpor při dokovací teplotě.



Obr. 3.9: Nomogram kovací síly (ČSN 22 8306)

Z nomogramu vyšla kovací síla $F \approx 35 \text{ MN}$

3.4.4 Volba stroje

Z výsledků vyplývá, že velikost tvářecí síly závisí na způsobu jejího výpočtu. Proto je dobré, určit kovací sílu více způsoby volit tvářecí stroj s vyšší tvářecí silou, aby nedošlo k jeho přetížení. Tvářecí síla je počítána pro kovací teplotu 1000°C .

Tab. 3.10 Srovnání vypočtených sil

Způsob výpočtu	Vypočtená síla [MN]
Tomlenov	32
Šmeral	38
nomogram	35

Z předešlého rozboru volím svislý klikový lis. Firma ŠMERAL BRNO a.s. má ve svém sortimentu klikové lisy o jmenovité hodnotě od 10 do 80 MN.

Na základě výsledné tvářecí síly volím klikový kovací lis LZK 4000 B se jmenovitou tvářecí silou 10 MN od firmy Šmeral.



Obr. 3.10: Lis LZK 4000 B

Hlavní technické parametry lisu:

Pracovní rozsah		
Jmenovitá tvářecí síla	MN	40
Sevření	mm	1 000
Průchod	mm	1 580
Stůl		
Upínací plocha	mm	1 520 x 1 600
Tloušťka stolní desky	mm	
Zdvih spodního vyhazovače	mm	80
Vyhazovací síla	kN	410

Beran		
Upínací plocha	<i>mm</i>	1 470 x 1 500
Přestavitelnost	<i>mm</i>	20
Zdvih	<i>mm</i>	380
Pracovní dráha	<i>mm</i>	
Počet zdvihů	<i>min⁻¹</i>	60
Zdvih horního vyhazovače	<i>mm</i>	50
Vyhazovací síla	<i>kN</i>	110
Výkon hlavního motoru	<i>kW</i>	200,0
Stroj		
Celkový příkon	<i>kVA</i>	225,0
Rozměry		
délka	<i>mm</i>	4 720
šířka	<i>mm</i>	4 640
výška	<i>mm</i>	9 150
Hmotnost	<i>kg</i>	250 000

3.4.5 Výpočet síly k ostřížení

Ostřížení probíhá při teplotě asi 750°C a bude se stříhat i děrovat v jedné operaci. Mez pevnosti při teplotě 750°C je přibližně 120 MPa

Síla pro ostřížení vnějšího výronku:

$$F_S = 1,6 \cdot L \cdot s \cdot R_m \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 605,1 \cdot 3,5 \cdot 120 \cdot 10^{-6} = 0,406 \text{ MN} \quad (3.24)$$

Síla pro ostřížení vnitřního výronku (blány):

$$F_{S1} = 1,6 \cdot L_1 \cdot s_1 \cdot R_m \cdot 10^{-6} = 1,6 \cdot 140,6 \cdot 15 \cdot 120 \cdot 10^{-6} = 0,405 \text{ MN} \quad (3.25)$$

Při současném ostříhování a děrování na kombinovaném nástroji bude celková síla:

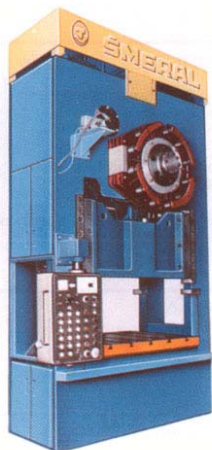
$$F_C = F_S + F_{S1} = 0,406 + 0,405 = 0,811 \text{ MN} \quad (3.26)$$

Celkovou sílu je třeba zvýšit o 25% s ohledem na opotřebení zápustek a tím zvětšení tloušťky výronku, takže skutečná síla bude:

$$F_{Cs} = 1,25 \cdot F_C = 1,25 \cdot 0,811 = 1,01 \text{ MN} \quad (3.27)$$

3.4.6 Volba ostřihovacího stroje

Na základě výsledné ostřihovací síly volím ostřihovací lis LKOA 200 opět od firmy ŠMERAL BRNO a.s.



Obr. 3.11: Ostřihovací lis LKOA 200

Hlavní technické parametry lisu:

Pracovní rozsah

Jmenovitá tvářecí síla	<i>kN</i>	2 000
Sevření	<i>mm</i>	600
Průchod	<i>mm</i>	1 420
Stůl		
Upínací plocha	<i>mm</i>	1 415 x 1 000
Beran		
Upínací plocha	<i>mm</i>	1 300 x 800
Přestavitelnost	<i>mm</i>	100
Zdvih	<i>mm</i>	180
Pracovní dráha	<i>mm</i>	8
Počet zdvihů	<i>min⁻¹</i>	57
Zdvih horního vyhazovače	<i>mm</i>	20
Vyhazovací síla	<i>kN</i>	20
Výkon hlavního motoru	<i>kW</i>	15,0
Stroj		
Celkový příkon	<i>kVA</i>	18,0
Rozměry		
délka	<i>mm</i>	2 300
šířka	<i>mm</i>	2 235
výška	<i>mm</i>	4 070
Hmotnost	<i>kg</i>	16 900

4 Technicko – ekonomické zhodnocení

Tímto hodnocením, které vychází z kalkulačních vzorců, zjišťujeme náklady na výrobu dané součásti. Tyto náklady lze rozdělit:

1. Opakované (závislé) – tyto náklady je nutno vynaložit na výrobu každého kusu, což je v jednoduchém případě hodnocení výrobní operace znamená stanovit náklady na přímé mzdy, přímý materiál, pracovní náklady a režijní náklady.
2. Jednorázové (nezávislé) – tyto náklady musíme vyjádřit před zahájením výroby součásti a patří mezi ně např. náklady na speciální nářadí, přípravky a na vypracování výrobní dokumentace

Pro stanovení kalkulace je potřeba zohlednit tyto položky:

- a) základní materiál
- b) vratný materiál
- c) mzdy výrobních dělníků
- d) dílenská reжіe
- e) podniková reжіe
- f) ztráty ze zmetků
- g) zvláštní náklady (např. speciální měřidla, přípravky apod.)
- h) nevýrobní náklady (na dopravu, na obaly apod.)

4.1 Náklady na výrobu obráběním

Velikost výrobní dávky: 150000 ks

Hmotnost konečného výrobku: $m_c = 5,143 \text{ kg}$

Cena 1kg oceli 14 220: $C_m = 20,51 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$

Výkupní cena vratného odpadu: $C_v = 1,2 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$

a) Náklady výrobních dělníků

Rozměr polotovaru: $\phi 190 \times 64 \text{ ČSN 42 5510}$

Hmotnost polotovaru: $m_p = 14,244 \text{ kg}$

Náklady na jeden kus:

$$N_{m1} = C_m \cdot m_p = 20,51 \cdot 14,244 = 296,28 \text{ Kč} \quad (4.1)$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_m = N_{m1} \cdot 150000 = 296,28 \cdot 150000 = 44442000 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

b) Mzdy výrobních dělníků

Výrobní čas jedné součásti: $t_k = 1,6 \text{ hod}$

Hodinová mzda výrobního dělníka: $m_v = 150 \text{ Kč}$

Mzdy na jeden kus:

$$M_{v1} = t_k \cdot m_v = 1,6 \cdot 150 = 240 \text{ Kč} \quad (4.3)$$

Celkové náklady na mzdy:

$$M_v = M_{v1} \cdot 150000 = 240 \cdot 150000 = 36000000 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

c) Vratný odpad

Uřídíme je z rozdílu hmotnosti výchozího a konečného polotovaru výrobku

Odpad z 1 kusu:

$$m_o = m_p - m_c = 14,244 - 5,143 = 9,101 \text{ kg} \quad (4.5)$$

Hmotnost celkového odpadu:

$$m_{ocelk.} = m_o \cdot 150000 = 9,101 \cdot 150000 = 1365150 \text{ kg} \quad (4.6)$$

Cena vratného odpadu:

$$N_o = m_{ocelk.} \cdot c_v = 136510 \cdot 1,2 = 1638180 \text{ Kč} \quad (4.7)$$

d) Dílenská režie

Třískové obrábění činí 650% mezd výrobních dělníků:

$$R_o = \frac{650}{100} \cdot M_v = \frac{650}{100} \cdot 36000000 = 234000000 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

e) Podniková režie

Činí 200% mezd výrobních dělníků:

$$R_p = \frac{200}{100} \cdot 36000000 = 72000000 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

f) Zvláštní náklady

Cena nástrojů: ZN = 40000 Kč

4.2 Náklady na výrobu zápusťkovým kováním

g) Náklady výrobních dělníků

Rozměr polotovaru: $\phi 95 \times 146$ ČSN 42 5510

Hmotnost polotovaru: $m_p = 8,124 \text{ kg}$

Náklady na jeden kus:

$$N_{m1} = C_m \cdot m_p = 20,51 \cdot 8,124 = 166,62 \text{ Kč} \quad (4.10)$$

Celkové náklady na materiál:

$$N_m = N_{m1} \cdot 150000 = 166,62 \cdot 150000 = 24993000 \text{ Kč} \quad (4.11)$$

h) Mzdy výrobních dělníků

Výrobní čas jedné součásti: $t_k = 0,4 \text{ hod}$

Hodinová mzda výrobního dělníka: $m_v = 120 \text{ Kč}$

Mzdy na jeden kus:

$$M_{v1} = t_k \cdot m_v = 0,4 \cdot 120 = 48 \text{ Kč} \quad (4.3)$$

Celkové náklady na mzdy:

$$M_v = M_{v1} \cdot 150000 = 48 \cdot 150000 = 7\,200\,000 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

i) Vratný odpad

Uřídíme je z rozdílu hmotnosti výchozího a konečného polotovaru výrobku

Odpad z 1 kusu:

$$m_o = m_p - m_c = 8,124 - 5,143 = 2,981 \text{ kg} \quad (4.5)$$

Hmotnost celkového odpadu:

$$m_{ocelk.} = m_o \cdot 150000 = 2,981 \cdot 150000 = 447\,150 \text{ kg} \quad (4.6)$$

Cena vratného odpadu:

$$N_o = m_{ocelk.} \cdot c_v = 447\,150 \cdot 1,2 = 536\,580 \text{ Kč} \quad (4.7)$$

j) Dílenská reže

Zápustkové kování činí 10000% mezd výrobních dělníků:

$$R_o = \frac{1000}{100} \cdot M_v = \frac{1000}{100} \cdot 7\,200\,000 = 72\,000\,000 \text{ Kč} \quad (4.8)$$

k) Podniková reže

Činí 200% mezd výrobních dělníků:

$$R_p = \frac{200}{100} \cdot M_v = \frac{200}{100} \cdot 7\,200\,000 = 14\,400\,000 \text{ Kč} \quad (4.9)$$

l) Zvláštní náklady

Náklady na zápustky:

1. operace = 50 000 Kč

2. operace = 310 000 Kč

3. operace = 400 000 Kč

Náklady na ostříhovací nástroj: 150 000 Kč

Zvláštní náklady celkem: ZN = 910 000 Kč

4.3 Porovnání technicko – ekonomických ukazatelů

Tab. 4.1 Porovnání technických ukazatelů

technologie	obrábění	zápustkové kování
počet kusů [ks]	150 000	150 000
spotřeba materiálu [kg.ks ⁻¹]	14,244	8,124
hmotnost odpadu [kg.ks ⁻¹]	9,101	2,981
pracnost [hod.ks ⁻¹]	1,6	0,4

Z uvedené tabulky ukazatelů vyplívá značná úspora materiálu a značné snížení pracnosti zápustkového výkovku.

4.4 Porovnání nákladů

Tab. 4.2 Porovnání nákladů

položka	technologie		úspory zápustkového kování vůči obrábění [Kč]
	obrábění	kování	
materiál	44 442 000	24 993 000	19 449 000
mzdy výrobních dělníků	36 000 000	7 200 000	28 800 000
dílenská režie	234 000 000	72 000 000	162 000 000
podniková režie	72 000 000	14 400 000	57 600 000
zvláštní náklady	40 000	910 000	- 870 000
vratný odpad	- 1 638 180	- 536 580	- 1 101 600
celkové náklady	384 843 820	118 966 420	265 877 400
náklady na 1 kus	2 566	793	1 773

Z uvedeného porovnání nákladů je patrná značná úspora nákladů, kdy na jednom výkovku vznikne úspora 1773 Kč.

5 Návrh sestavy a výrobních výkresů

Zadány byly:

Výkres součásti
Název: OZUBENÉ KOLO
Číslo výkresu: BP-3-2009-001

Zkonstruovány byly:

Výkres zápusťkového výkovku
Název: OZUBENÉ KOLO VÝKOVEK
Číslo výkresu: BP-3-2009-002

Výkres teplého výkovku
Název: VÝKOVEK ZA TEPLA
Číslo výkresu: BP-3-2009-003

Sestava upínače zápusťek
Název: UPÍNAČ ZÁPUSŤKY
Číslo výkresu: BP-2-2009-004

Výkres sestavy
Název: SESTAVA ZÁPUSŤKY
Číslo výkresu: BP-1-2009-005

Výkres pěchovací zápusťky
Název: PĚCHOVACÍ ZÁPUSŤKA
Číslo výkresu: BP-1-2009-006

Výkres předkovací zápusťky
Název: PŘEDKOVACÍ ZÁPUSŤKA
Číslo výkresu: BP-1-2009-007

Výkres dokončovací zápusťky
Název: DOKONČOVACÍ ZÁPUSŤKA
Číslo výkresu: BP-1-2009-008

Výkres kolíkového vyhazovače
Název: KOLÍKOVÝ VYHAZOVAČ
Číslo výkresu: BP-3-2009-009

6 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo vypracování literární rešerše s přihlédnutím na stávající možnosti výroby ozubeného kola a navržení výrobního postupu. Protože zadané ozubené kolo vyžaduje zpevnění materiálu, zvolil jsem technologii zápustkového kování.

Literární studie této práce je věnována problematice kování s přihlédnutím na zápustkové kování, kovárenským operacím, příslušenstvím atd. Srovnání s dalšími možnostmi výroby z ekonomického hlediska jednoznačně ukazuje, že technologie zápustkového kování je nejvýhodnější pro zadanou součást v požadované sérii. Tato technologie výroby přináší úsporu materiálu pro danou součást oproti obrábění a je celkově produktivnější. Z dostupných a předpokládaných režijních nákladů také vyplynulo, že celková výroba zápustkovým kovááním je levnější než výroba obráběním, i přes vysoké náklady na nástroje.

Z hlediska tvaru a velikosti součásti jsem zvolil kování na svislém klikovém kováčím lisu LZK 4000 B, jehož tvářecí síla odpovídá síle potřebné pro vykování výkovku. Pro snadné a rychlé vyjmutí výkovku ze zápustky jsem zvolil kolíkový vyhazovač. Vzhledem k vysokému stupni přetvoření se výkovek zhotoví na tři operace. Kdy v první operaci dojde k spěchování pomocí rovných kovadel, v druhé operaci dojde k natvarování přibližného tvaru a ve třetí operaci se okove požadovaný tvar součásti. Veškeré výpočty objemů a hmotností byly provedeny pomocí výpočetní techniky.

V dnešní moderní výrobě, kdy je potřeba zvyšovat produktivitu a snižovat náklady a zmetky by bylo potřeba navržený výrobní postup zkontrolovat pomocí simulačního softwaru. Produktivitu kovárenství můžeme též zvýšit postupnou automatizací výroby, například pomocí kováčích linek.

SEZNAM POUŽITÝCH OZNAČENÍ

Označení	Legenda	Jednotka
R_e	mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti v tahu	[MPa]
H_1	tloušťka dna	[mm]
d	největší průměr dutiny	[mm]
h	hloubka dutiny výkovku	[mm]
R	poloměr zaoblení přechodů	[mm]
s_{min}	minimální tloušťka blány	[mm]
s_{max}	maximální tloušťka blány	[mm]
B	největší šířka výkovku	[mm]
D	největší průměr výkovku	[mm]
L	největší délka výkovku (ve směru kolmo k rázu)	[mm]
H	největší výška výkovku ve směru rázu	[mm]
δl	zvětšení délky výkovku	[mm]
l_0	délka výkovku při 20°C	[mm]
t_1	dokovací teplota	[°C]
t_0	okolní teplota za normálních podmínek	[°C]
α	koeficient teplotní roztažnosti	[-]
F_v	průmět plochy do roviny kolmé ke směru rázu	[mm ²]
G_v	hmotnost výkovku	[kg]
D_0	průměr výchozího polotovaru	[mm]
S	součinitel složitosti výkovku	[-]
$F_{výr}$	plocha průřezu výronku	[mm ²]
h	výška můstku	[mm]
$s(b)$	šířka můstku	[mm]

$s_z(b_z)$	šířka zásobníku	[mm]
n	hloubka zásobníku	[mm]
r	přechodový rádius dutiny záпустky do výronkové drážky	[mm]
R	poloměr zaoblení zásobníku	[mm]
$v_{výr}$	obsah ve výronkové drážce	[mm ³]
O_v	obvod výkovku v dělicí rovině	[mm]
B_v	délka zámku	[mm]
D_v	průměr výkovku bez výronku	[mm]
L_v	šířka vedení – zámku	[mm]
d_k	průměr kolíku	[mm]
d_{pt}	průměr předávacího trnu	[mm]
D_{pt}	průměr vyhazovače	[mm]
λ	štíhlostní poměr	[-]
L_0	délka polotovaru	[mm]
D_0	průměr polotovaru	[mm]
σ_P	přirozený přetvárný odpor	[MPa]
σ_{d0-d5}	napětí v jednotlivých bodech průřezu	[MPa]
C_0	součinitel snížení plasticity materiálu v oblasti výronku	[-]
X_i	vzdálenost těžiště plochy od osy výkovku	[mm]
S_i	dílčí plochy	[N.mm ⁻¹]
F_K	výsledná kovací síla	[N]
F_N	síla od normálních napětí	[N]
F_T	síla od tangenciálních napětí	[N]
F_s	síla potřebná na ostřížení výkovku	[N]
p_s	dovolená odchylka sousosti	[mm]
V_v	objem výkovku	[mm ³]
m_c	hmotnost konečného výrobku	[kg]

C_m	cena 1 kg oceli	[Kč]
C_v	výkupní cena vratného odpadu	[Kč]
m_p	hmotnost polotovaru	[kg]
N_{m1}	náklady na materiál na jeden kus	[Kč]
N_m	náklady na materiál na celou výrobní dávku	[Kč]
t_k	výrobní čas jedné součásti	[hod]
m_v	hodinová mzda výrobního dělníka	[Kč.hod ⁻¹]
M_{v1}	mzda na jeden kus	[Kč]
M_v	mzda na celou výrobní dávku	[Kč]
m_o	hmotnost odpadu z jedné součásti	[kg]
$m_{o\text{ celk.}}$	hmotnost odpadu z celé výrobní dávky	[kg]
N_o	náklady za vratný materiál	[Kč]
R_o	dílenská režie	[Kč]
R_p	podniková režie	[Kč]
ZN	zvláštní náklady	[Kč]

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HAŠEK, Vladimír. *Kování*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1960. 732 s. ISBN 04-233-65.
- [2] BRJUCHAROV, A. N., REBELSKIJ, A. V. *Zápustkové kování: konstrukce a výpočet nástrojů*. Ing. Adolf Nejepsa; Ing. Josef Vladyka. 1. izdanie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 352 s. ISBN 56/III-4(B3).
- [3] BRJUCHAROV, A. N., REBELSKIJ, A. V. *Zápustkové kování: Kování na klikových lisech a vodorovných kovacíh strojích*. Ing. Adolf Nejepsa; Ing. Josef Vladyka. 1. izdanie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 352 s. ISBN 56/III-4(B3).
- [4] BRJUCHAROV, A. N., REBELSKIJ, A. V. *Zápustkové kování: kování na speciálních strojích*. Ing. Adolf Nejepsa; Ing. Josef Vladyka. 1. izdanie. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1956. 352 s. ISBN 56/III-4(B3).
- [5] KOČMAN, K.-NĚMEČEK, P. A KOL. : Aktuální příručka pro technický úsek. SAMEK, R.: Část 8 – Tváření. Verlag Dashöfer, rok 1998, ISBN 80-902247-2-5
- [6] 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
- [7] ČERMÁK, Jan. Podklady pro předmět projekt 2- část kování. [online]. 2003-2004 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/PRO2/kov_kapacitni_vypocty.pdf>.
- [8] ČERMÁK, Jan. Podklady pro předmět projekt 2- část kování. [online]. 2003-2004 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/PRO2/kov_kapacitni_vypocty.pdf>.
- [9] *Wikipedia, otevřená encyklopedie* [online]. , 24. 5. 2009 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Kov%C3%A1%C5%99stv%C3%AD>>.
- [10] *Wikipedia, otevřená encyklopedie* [online]. , 17. 1. 2006 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Gesenk_Grafik1_.JPG>.
- [11] FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření s nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
- [12] LAIKA, Viktor. *Abeceda vodních pohonů* [online]., 14. 6. 2004 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://mve.energetika.cz/>>.
- [13] *Katedra tváření kovů a plastů - Skripta* [online]. , 26. 11. 2008 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm>.
- [14] *Bohdan Bolzano s.r.o. : Přehled vlastností oceli 16MnCr5* [online]. 1998-2004 [cit. 2009-05-27]. Dostupný z WWW: <<http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprir/tycovaocel/ocelikcementovani/16MnCr5/>>.

- [15] ČSN 22 8303, ČSN 22 8306, ČSN 42 9002, ČSN 42 9030
- [16] Dvořák M. a kolektiv: Technologie II, Akademické nakladatelství CERM
2.vydání 2004. ISBN 80-214-2683-7
- [17] NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: VUT, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9

SEZNAM PŘÍLOH

výkres:	OZUBENÉ KOLO	č.v. BP-3-2009-001
výkres:	OZUBENÉ KOLO VÝKOVEK	č.v. BP-3-2009-002
výkres:	VÝKOVEK ZA TEPLA	č.v. BP-3-2009-003
výkres:	UPÍNAČ ZÁPUSTKY	č.v. BP-2-2009-004
výkres:	SESTAVA ZÁPUSTKY	č.v. BP-1-2009-005
výkres:	PĚCHOVACÍ ZÁPUSTKA	č.v. BP-1-2009-006
výkres:	PŘEDKOVACÍ ZÁPUSTKA	č.v. BP-1-2009-007
výkres:	DOKONČOVACÍ ZÁPUSTKA	č.v. BP-1-2009-008
výkres:	KOLÍKOVÝ VYHAZOVAČ	č.v. BP-3-2009-009