

Konstrukce stříhacího nástroje pro výrobu krytů ložisek

Marek Nesvadba



Vložit oficiální zadání bakalářské práce

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 03. 06. 2005

.....

podpis

RESUMÉ

Anotace česky

Cílem této bakalářské práce je navrhnout konstrukci postupového střížného nástroje pro výrobu kovových krytů ložisek. Kovová krytka ložiska je běžnou komponentou a také nedílnou součástí valivého ložiska, která plní funkci těsnícího elementu. Krytka se lisuje do vnějšího kroužku ložiska a mezi krytkou a vnitřním kroužkem je vůle, aby nedocházelo k tření mezi těmito součástmi. Nástroj pracuje v osmi krocích – zdvizích. Šest kroků je pracovních, sedmý krok je volný a při osmém dochází k dělení materiálu (odpadu). Samotný výrobek v šestém kroku propadá pod nástroj. Polotovár je přiváděn do nástroje ze svitku krokovým podavačem. S ohledem na charakter výrobku a vyráběné množství je postupový nástroj plně vyhovující.

Anotace ve světovém jazyce

The aim of this bachelor work is to propose construction of the follow die for manufacture of metal bearings covers. Metal bearing cover is not only the common component but it is also integral part of rolling bearing where it subserves the function of sealing element. Cover is pressed into the outer bearing ring. There`s the clearance between cover and inner ring, which prevents component parts from friction. The tool works in eight steps - strokes. Six of these steps are operational, the seventh step is free and the eight step provides dividing of material (waste). Concrete product gets through the tool during the sixth step. Semi-product is run into the tool from rool stepping loader. Considering to character of the product and producing quantity is the follow die wholly suitable.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 TEORIE TVÁŘENÍ.....	8
1.1 Struktura látek.....	8
1.1.1 Amorfnní látky	8
1.1.2 Krystalické látky	8
1.2 Poruchy mřížky.....	8
1.2.1 Hranová dislokace	9
1.2.2 Šroubová dislokace.....	9
1.3 Deformace.....	10
1.3.1 Mechanismy deformace.....	10
1.3.2 Kritické kluzové napětí.....	11
1.4 Deformační zpevnění.....	11
1.5 Pravidla plastické deformace.....	12
1.5.1 Pravidlo stálosti objemu	12
1.5.2 Pravidlo nejmenšího odporu	12
1.6 Stav napjatosti v deformovaném tělese.....	13
2 METODY TVÁŘENÍ ZA STUDENA.....	15
2.1 Stříhání	15
2.1.1 Princip stříhání.....	15
2.1.2 Zařízení pro stříhání plechů a profilů	16
2.2 Ohýbání	18
2.3 Tažení.....	18
2.4 Protlačování	19
2.5 Zakružování	19
2.6 Lemování.....	19
2.7 Rovnání.....	19
3 KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE	20
3.1 Střížná skříň	20
3.2 Střížnice	21
3.2.1 Celistvé střížnice	21
3.2.2 Skládáné střížnice	21
3.2.3 Vložkované střížnice	22
3.3 Střížníky	22
3.4 Upínací desky	23
3.5 Stopky	23
3.6 Hledáčky	23
3.7 Dorazy.....	23
3.7.1 Pevné dorazy	24
3.7.2 Zpětné dorazy	24
3.7.3 Výškové dorazy	25
3.8 Stírače	25
3.9 Vodící lišty	25
4 VÝPOČTY A NÁVRHY PŘI KONSTRUKCI NÁSTROJE	26
4.1 Střížná síla	26
4.2 Práce a výkon při stříhání.....	27
4.3 Stírací síla	27
4.4 Střížná vůle.....	28
4.5 Určení funkčních rozměrů střížníku a střížnice.....	28
5 TECHNOLOGIE VÝROBY DÍLŮ LOŽISKA.....	30

5.1	Materiály valivých ložisek.....	30
5.1.1	Materiály kroužků a valivých těles.....	30
5.1.2	Materiály klecí valivých ložisek.....	30
5.2	Chemicko – tepelné zpracování dílů valivých ložisek.....	31
5.2.1	Žíhání ložiskových ocelí.....	31
5.2.2	Cementování ložiskových ocelí.....	32
5.2.3	Kalení a popouštění ložiskových ocelí	32
5.3	Výroba polovýrobků.....	32
5.3.1	Hutnické polovýrobky	32
5.3.2	Výroba polovýrobků kování.....	32
5.3.3	Výroba polovýrobků válcováním	33
5.4	Obrábění součástek valivých ložisek před kalením	33
5.5	Obrábění součástek valivých ložisek po kalení	34
6	PRAKTICKÁ ČÁST.....	35
6.1	Popis průběhu činnosti nástroje	35
6.2	Výrobní požadavek	37
6.3	Nástřížný plán	37
6.4	Základová deska	38
6.5	Dolní kotevní deska	39
6.6	Matrice.....	40
6.7	Vodící deska	41
6.8	Horní upínací deska.....	42
6.9	Tažník	43
6.10	Střížník	43
6.11	Nástroj na dělení odpadu	44
6.12	Vodící lišta	44
	ZÁVĚR.....	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	50
	SEZNAM TABULEK	51
	SEZNAM PŘÍLOH.....	52

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá výrobou krytky ložiska, která je nedílnou součástí valivých kuličkových ložisek. Jedná se o výrobek, který má funkci těsnícího elementu.

Ložiska opatřena touto krytkou jsou v podstatě určeny pro uložení, u nichž nelze dosáhnout účinného utěsnění jinak (guferem, labyrintovým těsněním, V-kroužky), a to z důvodů konstrukčních nebo cenových. Zakrytá ložiska je vhodné použít tam, kde je středně znečištěné prostředí a kde by do ložiska mohla proniknout vlhkost, vodní kapky atd. Lze je ale použít i tam, kde se klade důraz na dlouhou trvanlivost bez pravidelné údržby (domazávání), protože tato ložiska jsou již naplněna tukem z výroby. Ložiskový tuk, který je používán v těchto ložiskách bývá většinou na bázi lithia a dokonale splňuje podmínky kladené na mazání ložiska do běžného provozu, ale v případě specifických podmínek (vysoká nebo nízká teplota, vysoké zatížení atd.) jsou dodávána i z tukem pro tyto neobvyklá použití. Cenové náklady však rostou vysokou rychlostí.

Druhy krytek, které jsou integrovány do ložiska jsou v podstatě dvě. Krytka sestávající se z plechu a je pogumovaná je vhodná do prašného prostředí protože, těsní ložisko po vnitřním průměru vnějšího kroužku, ale také po vnějším průměru vnitřního kroužku. Tato konstrukce je vhodná zejména do prašného prostředí, ale na základě tohoto dokonalého těsnění je ložisko omezeno otáčkami. Ložisko s tímto druhem krytky označujeme jako RS. Druhou variantou je krytka plechová. Těsnící funkce není tak dobrá jako u krytky RS, protože krytka těsní dobře jen na vnějším kroužku. Tato krytka vydrží vyšší otáčky a také teplotu, než krytka typu RS. Ložisko s plechovou krytkou má označení Z.

S ohledem na charakter výrobku je nejvhodnější technologickou metodou jak vyrobit tuto krytku stříhání v kombinaci s tažením, které patří do tváření za studena.

1 TEORIE TVÁŘENÍ

1.1 Struktura látek

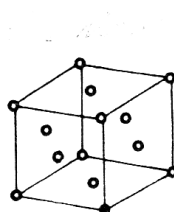
Atom je schopný samostatně existovat jen za určitých okolností. Slučováním atomů se vytvářejí molekuly. Atomy, resp. molekuly vytvářejí celou stavbu hmoty. Atomy nebo molekuly jsou vázány ve hmotě soudržnými silami, a tak vytvářejí amorfni (nekrystalické) látky, ale kromě těchto sil existují také síly, které uspořádají atomy nebo molekuly do přesně prostorově uspořádaných seskupení a vytvářejí krystaly. Tyto síly nazýváme krystalickými silami a takto vytvořené látky nazýváme krystalickými látkami. (3)

1.1.1 Amorfni látky

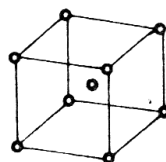
Tyto látky se vyznačují v tuhém stavu méně pravidelným, až náhodným uspořádáním. Krystalová mřížka je silně deformovaná a to tak silně, že je nemožné najít při porovnávání aspoň podobné uspořádání. (3)

1.1.2 Krystalické látky

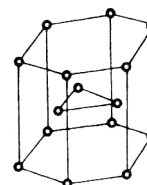
Krystalické látky reprezentují především tuhé látky. Jejich struktura je přesně a pravidelně uspořádána do určitých tvarů, tzn. atomy jsou v kovech pravidelně uspořádány a tvoří prostorovou krystalovou mřížku. Tato mřížka se skládá ze základních buněk, jejichž uspořádání je pro každý kov typické. Kovy nejčastěji krystalizují v soustavě krychlové a šesterečné (Obr. 1). (3)



a) krychlová plošně středěná



b) krychlová prostorově středěná



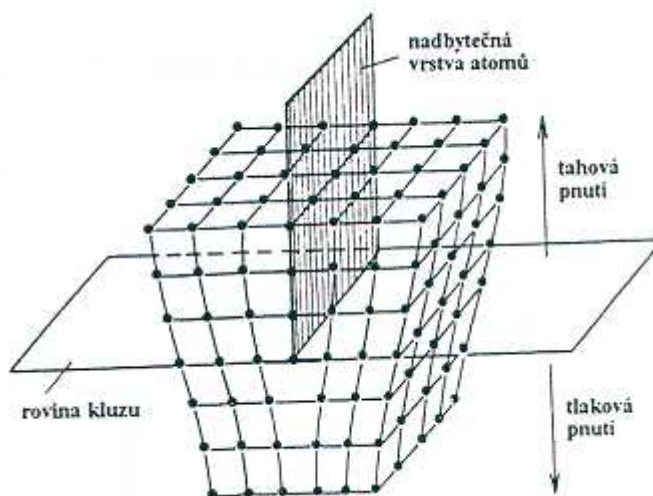
c) šesterečná

Obr. 1. Krystalové mřížky

1.2 Poruchy mřížky

Při krystalizaci nevznikají krystaly dokonalého tvaru, ale dochází ke vzniku různých nepravidelností mřížky, které souhrnně nazýváme poruchy. Z hlediska teorie plastického

přetvoření mají největší význam čárové poruchy - dislokace. Jejich vznik lze vysvětlit jakoby do dokonalé mřížky byla vložena další (nadbytečná) vrstva atomů. (3)

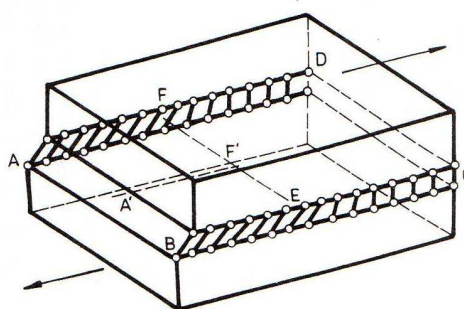


Obr. 2. Čárová porucha

Vložená vrstva atomů vyvolá nad rovinou kluzu tahové pnutí a pod rovinou kluzu tlakové pnutí. Rozeznáváme dislokaci hranovou a šroubovou. Ve skutečnosti se však nevyskytují dislokace pouze šroubové nebo hranové, ale vzájemně se kombinují, takže dislokační čára má zcela obecný tvar. Hustota dislokací je kritériem pro posouzení jejich vlivu na materiál.

1.2.1 Hranová dislokace

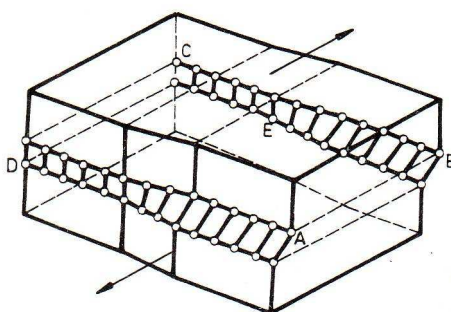
Na Obr. 3 je postup vzniku hranové dislokace v krystalu. Rovina ABEF je posunuta ve směru šipky oproti spodní rovině o jednu meziatomovou vzdálenost. (3)



Obr. 3. Hranová dislokace

1.2.2 Šroubová dislokace

Na Obr. 4 je vidět, že při šroubové dislokaci je horní část krystalu oproti jeho dolní části posunuta ve směru působící síly. (3)

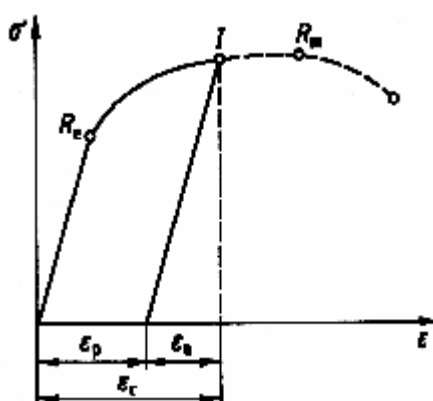


Obr. 4. Šroubová dislokace

1.3 Deformace

Každé těleso vystavené účinku vnějších sil mění svůj tvar. Když si zachová materiál svou spojitost a nevzniknou trhliny mluvíme o deformaci. Každému porušení předchází deformace. U kovových materiálů probíhá nejdříve deformace pružná (elastická) a při určité velikosti se mění na trvalou (plastickou). Při překročení určité hodnoty napětí, kterou je pro jednoosou napjatost mez kluzu, probíhá deformace nadále jako homogenní, ale její růst je rychlejší než růst napětí (Obr. 5) a deformace zůstává z části zachována i po zrušení napětí. Celková deformace je tvořena vratnou (elastickou) a nevratnou (plastickou) složkou. (1) Platí:

$$\varepsilon_C = \varepsilon_E + \varepsilon_P \quad (1)$$



Obr. 5. Závislost deformačního napětí na deformaci

1.3.1 Mechanismy deformace

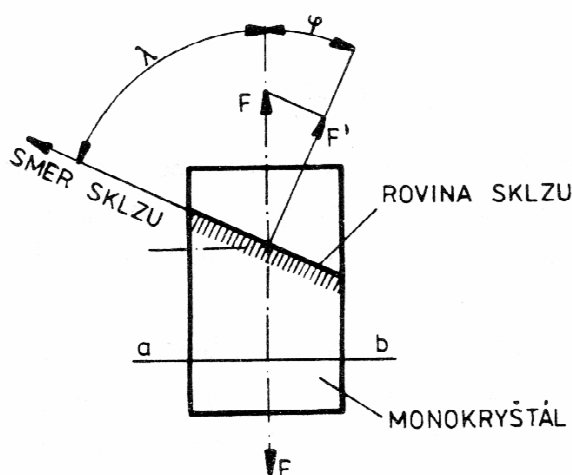
Podle způsobu vzniku plastické deformace a jejího uplatnění v deformačním procesu rozeznáváme tyto druhy:

- *Translační kluz* – jedná se o základní prvopočáteční posuv atomů při plastických deformacích.
- *Složité kluz* – původní translační kluz se mění ve kluz složitý.
- *Dvojčatění* – kromě kluzu je pro plastickou deformaci také důležitá i tvorba krystalových dvojčat. Dvojčatění rozumíme nevratnou změnu tvaru krystalu. (1)

1.3.2 Kritické kluzové napětí

Napětí potřebné ke kluzu v určité skluzové rovině se nazývá kritickým kluzovým napětím (smykovým) a označujeme ho τ_{kr} . Různá orientace zrn způsobuje, že smykové napětí nedosáhne naráz ve všech smykových rovinách stejné velikosti. To způsobí, že někde vznikne pružná deformace a v jiných, které jsou výhodně orientované na směr působení síly plastická deformace. Nejvýhodnější je, když rovina skluzu je orientována pod úhlem $\lambda = 45^\circ$, kdy smykové napětí dosahuje maximum. (1)

$$\tau = \frac{F}{S} \cdot \cos \lambda \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

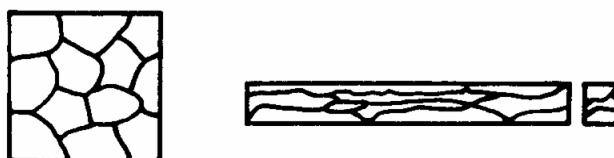


Obr. 6. Schéma kritického kluzového napětí

1.4 Deformační zpevnění

Plastická deformace způsobuje změny mechanických, fyzikálních a jiných vlastností kovu. Čím větší je deformace v kovu, tím víc rostou všechny ukazatele odporu proti přetvoření

jako jsou: mez pružnosti, mez pevnosti, tvrdost. Zároveň však klesá poměrné prodloužení, poměrné zúžení a vrubová houževnatost. Tyto jevy, které vznikají při deformaci si lze vysvětlit tzv. deformačním zpevněním. Průběh deformačního zpevnění si lze představit tak, že dochází ke vnitřnímu pnutí, které způsobí narůst odporu proti pohybu dislokací. Vlivem deformace se různé bloky jednotlivých krystalů natáčí do vhodných směrů, dochází k jejich prodloužení, a tak vzniká textura kovu tvářeného za studena. Tuto změnu tvaru a orientace krystalových zrn je možné dobře pozorovat už při deformaci 20-30%. Textura za studena tvářeného kovu je důvodem anizotropie mechanických vlastností. Textura je v praxi nežádoucí, protože způsobuje hlavně při technologických procesech těžkosti. (2)



a) před deformací

b) po deformaci

Obr. 7. Textura kovu tvářeného za studena

1.5 Pravidla plastické deformace

Při praktických výpočtech tvářecích procesů se zjednodušuje problematika řešení tím, že se zavádí řada vhodných předpokladů. (2)

1.5.1 Pravidlo stálosti objemu

Při plastické deformaci je změna objemu zanedbatelná. Nepatrná změna objemu, která se při plastické deformaci objeví je dána zhuštěním materiálu, tj. odstraněním nepatrných mezikrystalických dutin. (2)

1.5.2 Pravidlo nejmenšího odporu

Toto pravidlo slouží k nalezení praktického vztahu mezi přemístěním částic materiálu při plastické deformaci a odporem proti přemístění těchto částic. (2)

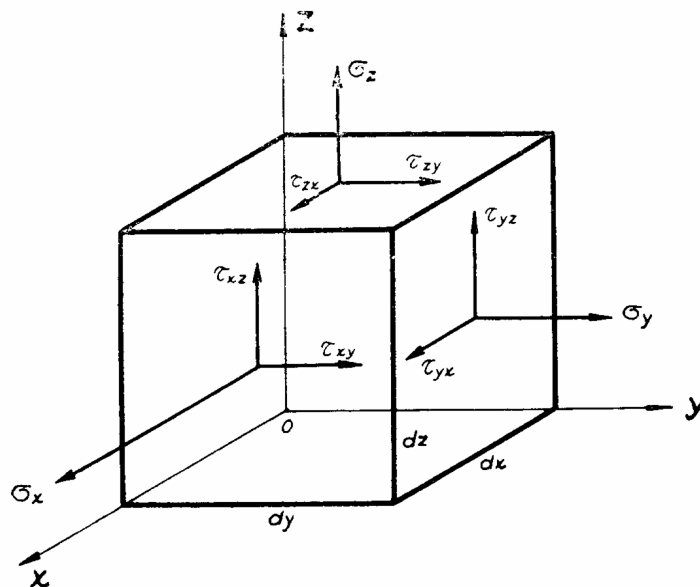
1.6 Stav napjatosti v deformovaném tělese

Vyjmeme-li z obecného tělesa elementární krychli o stranách dx , dy , dz a proložíme-li tímto elementem lokální souřadný systém, pak na tomto elementu můžeme vidět naznačené silové účinky (Obr. 8). Tyto silové účinky působí na uvolněný element tak, aby byl v rovnováze, tj. složky napětí nahrazují účinek odstraněného okolí elementu.

V každém bodě tělesa, které je deformované soustavou vnějších sil, vzniká stav napjatosti vyjádřený devíti (rov. 3) složkami napětí:

$$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}, \tau_{yx}, \tau_{zx}, \tau_{zy} \quad (3)$$

Normálové napětí působí kolmo na stěny elementární krychle označujeme σ_x , σ_y , σ_z a smyková napětí působící kolmo na normálové označujeme τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yz} , τ_{yx} , τ_{zx} , τ_{zy} . Smyková napětí jsou označována dvěma indexy. První index značí směr kterým působí a druhý index značí směr normálového napětí.

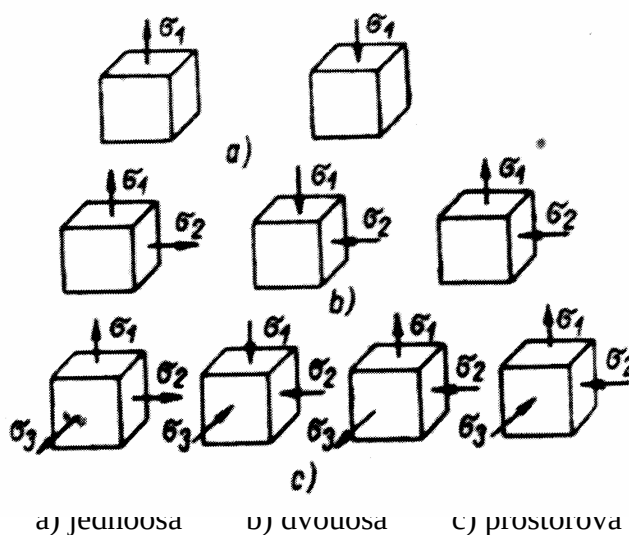


Obr. 8. Stav napjatosti na elementu

V podmínkách rovnováhy elementární krychle jsou smyková napětí působící ve dvou navzájem kolmých rovinách stejně veliká a směřují ke společné hraně elementu, což znamená že smyková napětí jsou tzv. sdružené ($\tau_{xy} = \tau_{yx}$, $\tau_{xz} = \tau_{zx}$, $\tau_{yz} = \tau_{zy}$). Lze tedy říci, že v každém bodě tělesa, které je deformováno soustavou vnějších sil vzniká stav napjatosti vyjádřený šesti (rov. 4) složkami napětí (třemi normálovými a třemi smykovými):

$$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz} \quad (4)$$

Jestliže hlavní osy mají takovou polohu, že si smyková napětí τ odpovídají, potom jsou tato napětí stejně veliká a působí proti sobě, tzn. navzájem se ruší. Plochy, na nichž si smyková napětí odpovídají nazýváme hlavními rovinami. V každém bodě mohou být tři takové roviny. Normály těchto rovin se nazývají hlavními směry napjatosti a samotná napětí jsou hlavními napětími a označují se $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$. Napjatost přímo ovlivňuje tvárnost a to tak, že čím větší mají napětí tahová vliv, tím menší je tvárnost. Napjatost může být jednoosá, dvouosá (rovinná) a prostorová (Obr. 9).



Obr. 9. Schéma napjatostí

2 METODY TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Tvářením za studena dosahujeme trvalé změny tvaru materiálu bez odebírání třísky působením vnější síly. Podle průběhu deformace rozdělujeme tváření na:

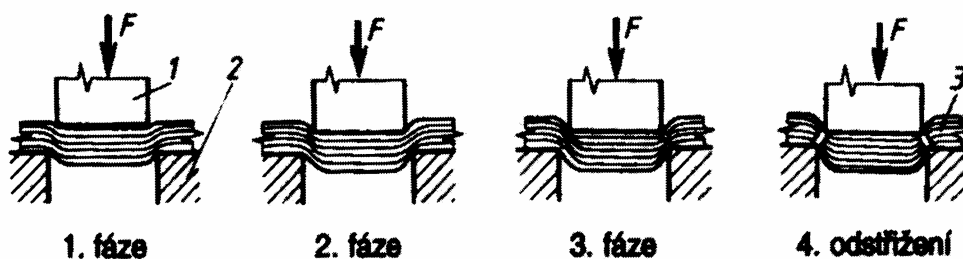
- Tváření plošné – polotovarem je plech a požadované ho tvaru součásti se dosáhne bez podstatné změny průřezu nebo tloušťky výchozího materiálu. Mechanické vlastnosti materiálu se nemění. Mezi plošné tváření patří např. stříhání.
- Tváření objemové – požadovaného tvaru se dosáhne změnou průřezu nebo tvaru výchozího materiálu. Mění se mechanické vlastnosti a to tak, že klesá tažnost, zvyšuje se pevnost a tvrdost. Mezi objemové tváření patří např. protlačování. (2)

2.1 Stříhání

Jedná se o tváření plochých polotovarů (plechů, pásů), ze kterých vyrábíme ploché součásti nebo polotovary k dalšímu použití. Stříhání se provádí nůžkami nebo střížnými nástroji – stříhadly. (2)

2.1.1 Princip stříhání

Průběh stříhání Obr. 10 lze rozdělit do čtyř fází. (2)



1 – střížník, 2 – střížnice, 3 – materiál

Obr. 10. Průběh stříhání

- V první fázi nastává pružná deformace materiálu. Napětí v materiálu nedosahuje meze kluzu.
- Ve druhé fázi dochází ke vzniku trvalých deformací. Napětí je vyšší než mez kluzu. Největší napětí je v okolí střížných hran.
- Ve třetí fázi vznikají nejdříve mikroskopické trhliny a potom makroskopické trhliny u hran střížného nástroje a rychle se šíří. Napětí překračuje mez pevnosti ve smyku.

- Ve čtvrté fázi dochází k oddělení materiálu dříve, než nástroj projde celým průřezem materiálu.

2.1.2 Zařízení pro stříhání plechů a profilů

Zařízením používaným k stříhání jsou nůžky nebo lisy s příslušným nástrojem. Nůžek se používá k přestřihování materiálu, kdežto všechny ostatní způsoby stříhání se provádějí na lisech. Lisy jsou universální stroje, které se používají i na jiné druhy tváření (ohýbání, tažení). (1)

Nůžky

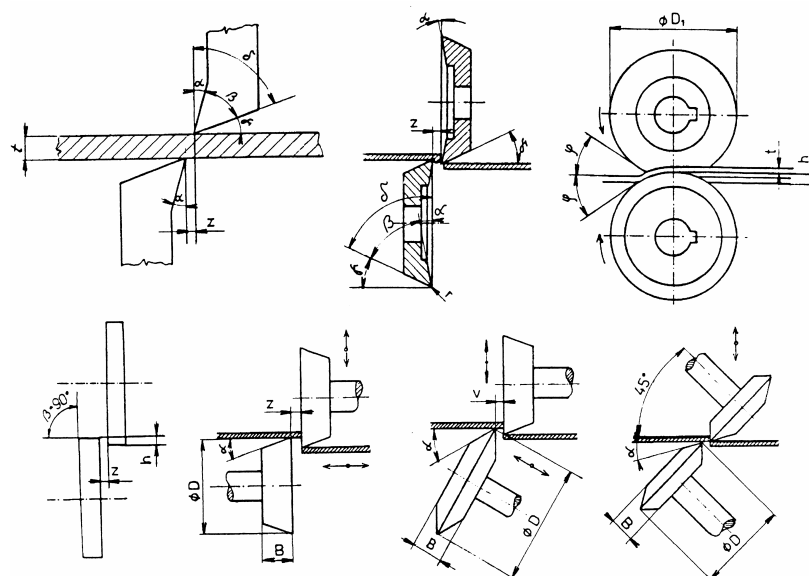
Jako funkční nástroje pro stříhání na nůžkách se používají stříhací lišty. Na lištách bývá úhel čela $\gamma = 1^\circ - 5^\circ$ a úhel hřbetu $\alpha = 0^\circ 30' - 5^\circ$. V praxi se většinou používá úhlu břitu $\beta = 90^\circ$, protože po otupení je možno lištu otočit a postupně využít všech čtyř hran. Nože jsou podle typu použitých nůžek buď vzájemně rovnoběžné (stříhají plech najednou po celé délce střížné hrany) nebo jsou skloněné pod určitým úhlem (plech je stříhán postupně). Kotoučové nože se používají u okružních a křivkových nůžek. Břity dvojice nožů bývají vzájemně předsazeny o hodnotu hloubky h a postupně se vtlačují do materiálu, až nastane jeho ustřižení. Na správnou funkci nožů má také vliv kromě předsazení hodnota vůle mezi noži z . (1)

Nejmenší poloměr křivosti stříhu bývá:

- $R = 20 \cdot D$ - u rovnoběžných nožů
- $R = 10 \cdot D$ - pokud je jeden nůž skloněný
- $R = 6 \cdot D$ - pokud jsou oba nože skloněny

Některé vybrané typy nůžek:

- Tabulové – pro stříhání plechů s rovnými stříhy
- Pákové – pro rovné stříhy do tloušťky 2mm
- Křivkové – pro vystřihování různých tvarů a ostřihování okrajů výtažků
- Okružní – pro vystřihování kruhů a mezikruží
- Kmitací – k ostřihování výlisků, k vystřihování drážek a různých tvarových otvorů



Obr. 11. Schéma stříhání nůžkami

Některé vybrané typy nůžek:

- Tabulové – pro stříhání plechů s rovnými stříhy
- Pákové – pro rovné stříhy do tloušťky 2mm
- Křivkové – pro vystřihování různých tvarů a ostřihování okrajů výtažků
- Okružní – pro vystřihování kruhů a mezikružích
- Kmitací – k ostřihování výlisků, k vystřihování drážek a různých tvarových otvorů (2)

Stříhadla

Hlavní částí střížného nástroje (stříhadla) je střížník a střížnice. Střížník se upíná pomocí upínací desky a stopky do beranu lisu, střížnice se upíná pomocí základní desky na stůl lisu. Mezi střížníkem a střížnicí je nutno zajistit střížnou vůli, která je závislá na druhu a tloušťce materiálu.

Střížné nástroje rozdělujeme podle typu výstřížku na:

- Jednoduchá – provádějí na jeden zdvih jedinou operaci na jednom výrobku (vystřihují pouze vnější tvar)
- Vícenásobná – zhotoví jedním zdvihem větší počet stejných výrobků (např. výroba sít)
- Postupová – provádí několik operací řadou zdvihů, mezi nimiž se výrobek podává na různá pracovní místa nástroje (vystřihují vnější i vnitřní tvar)

Podle druhu použitého vedení rozdělujeme střížné nástroje na:

- Bez vedení (bez vodící desky) – používají se jen pro málo přesné výstřižky s malými požadavky na kvalitu střížné plochy (např. stříhání polotovarů pro hluboké tažení) a také se používají tam, kde vedení beranu zaručí dostatečnou přesnost stříhání
- S vedením (s vodící deskou) – jsou výhodnější z hlediska přesnosti, jsou však výrobně náročnější a tím i dražší, používají se tam, kde vedení beranu nezaručí dostatečnou přesnost nebo při zvýšených nárocích na přesnost (1)

2.2 Ohýbání

Patří mezi tváření materiálu za studena. K ohybu dochází plastickou deformací materiálu, u kterého se vnější vlákna prodlužují a vnitřní zkracují. Mezi nimi leží tzv. neutrální vrstva, ve které je napětí rovno nule. Neutrální vrstva je v ohýbaném materiálu posunuta směrem k vnitřní straně ohybu a její polohu ovlivňuje poloměr ohybu a tloušťka materiálu. Délka neutrální vrstvy určuje délku výchozího polotovaru. Vlivem pružnosti materiálu dochází po ohybu k jeho odpružení, a tím ke změně výsledného tvaru, což je nutné brát v úvahu při návrhu nástroje. Ohýbání provádíme na lisech ohýbacími nástroji, kde hlavní funkční části jsou ohybník a ohybnice. Ohybník i ohybnice mají funkční plochy leštěny.

Hlavními technologickými zásadami při ohýbání jsou:

- a) Poloměr ohybu volíme takový, aby nedošlo ke vzniku trhlin
- b) Osa ohybu musí být kolmá na směr vláken
- c) Při návrhu nástroje je nutné počítat s odpružením
- d) Složitější tvary lisovat tak, aby byl počet ohybů co nejmenší
- e) Díry musí být dostatečně vzdáleny od okraje ohybu (2)

2.3 Tažení

Je to způsob tváření materiálu, při kterém je rovný plech tvářen v nádobu polozavřeného tvaru, která má obvykle rotační tvar. Nástrojem je tažidlo, výrobkem je výtažek. Materiál se tváří mezi tažníkem a tažnicí. Tažení se provádí na lisech. Při tažení dochází v materiálu ke vzniku napětí normálových a napětí tečných. V důsledku těchto tečných napětí dochází ke zvlnění plechu na obvodu výtažku. Tomu lze zabránit použitím přidržovačů. Výlisky vyšších tvarů se vyrábí na větší počet tahů.

Hlavními technologickými zásadami při tažení jsou:

- a) Používáme materiály se zaručenou tažností
- b) Nenavrhovat pokud možno kuželové tvary
- c) Ke tvaru nádoby je nutno přidat přídavek na odstřižení (2)

2.4 Protlačování

Jedná se o nejproduktivnější způsob tváření za studena. Výchozí polotovar je vlivem značné vnější síly plasticky deformován (materiál se chová jako by byl tekutý) a vytváří požadované tvary. Nástroje k protlačování se nazývají protlačovadla a jeho hlavními částmi jsou průtlačník a průtlačnice. Výrobek nazýváme protlaček. Podle směru toku materiálu vzhledem k působící síle rozdělujeme protlačování na:

- Dopředné – materiál se pohybuje ve směru působící síly
- Zpětné – materiál se pohybuje proti směru působící síly
- Sdružené – materiál se pohybuje ve směru i proti směru působící síly
- Stranové – materiál se pohybuje ve směru i kolmo na směr působící síly (2)

2.5 Zakružování

Zakružování se používá při výrobě válcových a kuželových plášťů nádob a to i z plechů větších tloušťek. Stroje, které tuto operaci provádějí se nazývají zakružovadla. Podle konstrukce je rozdělujeme na dvou válcová a více válcová.

2.6 Lemování

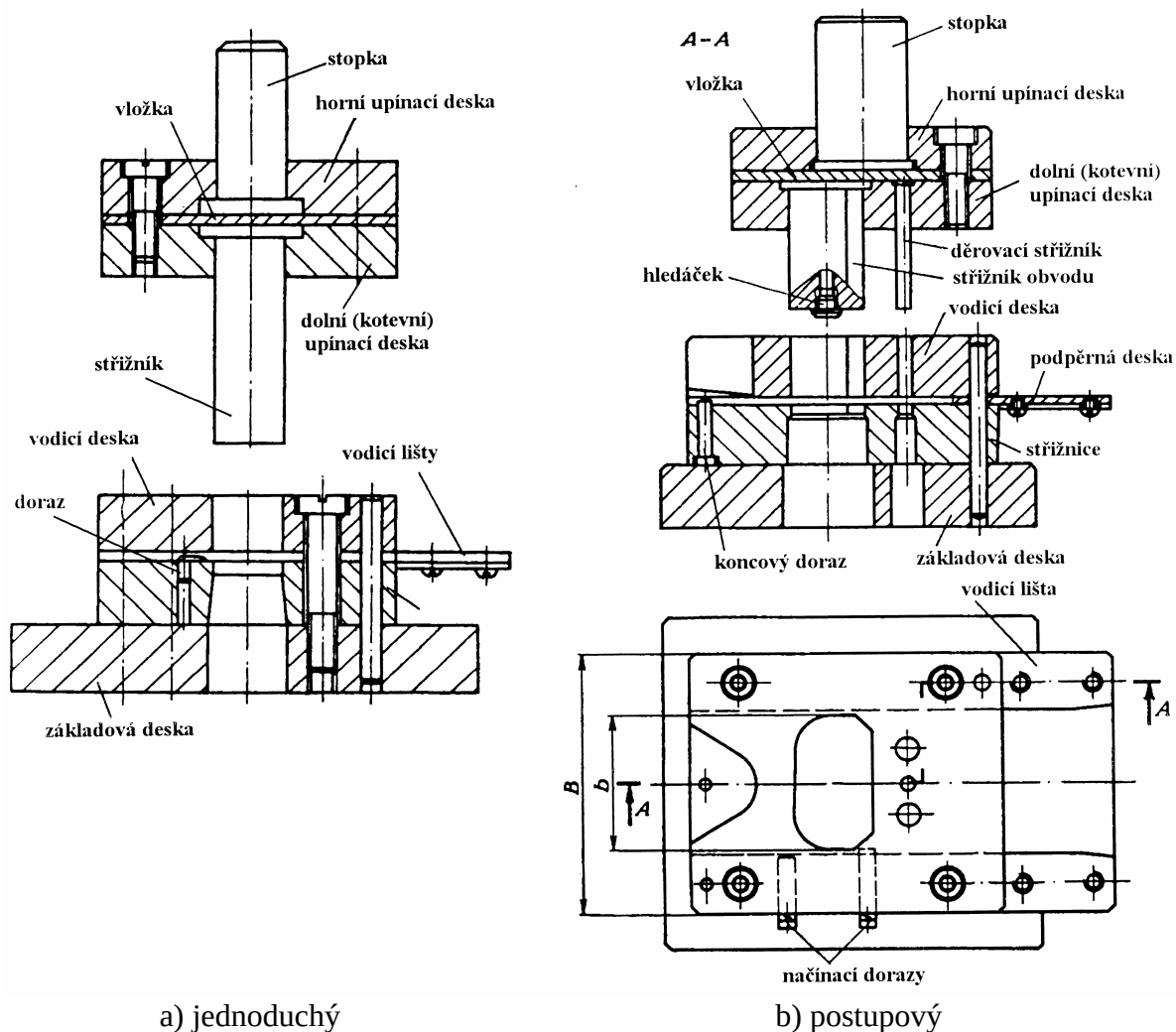
Tímto způsobem se vytvářejí podélné žlábký uprostřed nebo na okraji plechu. Tímto způsobem se vyrábějí např. svodidla.

2.7 Rovnání

Provádí se na rovnacích strojích se dvěma řadami válců jimiž materiál prochází a je střídavě namáhán na tah, tlak.

3 KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

Střížný nástroj dělíme dle konstrukce na jednoduchý (Obr. 12a) nebo postupový (Obr. 12b)

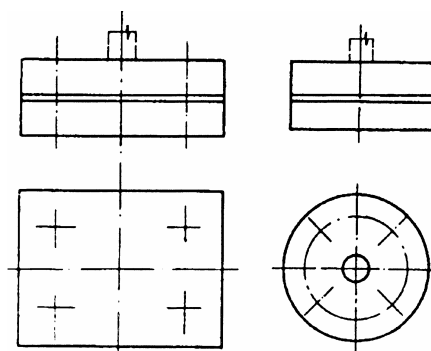


Obr. 12. Konstrukce střížného nástroje

3.1 Střížná skříň

Při návrhu střížné skříň se vychází z počtu kroků tj. počtu operací nutných k výrobě součásti a také z šířky stříhaného pásu. Délka střížné skříň je dána tedy počtem kroků a přídavkem na obou stranách střížnice, který je nutný z pevnostního hlediska. Šířka střížné skříň je dána šířkou střížnice přičemž pro ni je směrodatná šířka pásu doplněná o šířku dvou vodících lišt. Střížné skříň dělíme podle tvaru na:

- Střížné skříň pravoúhlých stříhadel (Obr. 13a)
- Střížné skříň kruhových stříhadel (Obr. 13b)



a) pravoúhlé

b) kruhové

Obr. 13. Střížné skříňe

3.2 Střížnice

S ohledem na konstrukci střížného nástroje, tvar a rozměry můžeme střížnice rozdělit na:

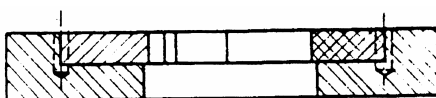
- Celistvé
- Skládané
- Vložkové

3.2.1 Celistvé střížnice

Vyrábí se z jednoho kusu nástrojové oceli. Používají se pro vystříhování jednoduchých tvarů a menších rozměrů, kde se nemohou projevit nevýhody složitějšího opracování nepravidelných tvarů a dají se odstranit deformace po kalení. Celistvé střížnice se nejdříve tepelně zpracují (kalení + popuštění) a pak se obrábí drátovým řezáním.

3.2.2 Skládané střížnice

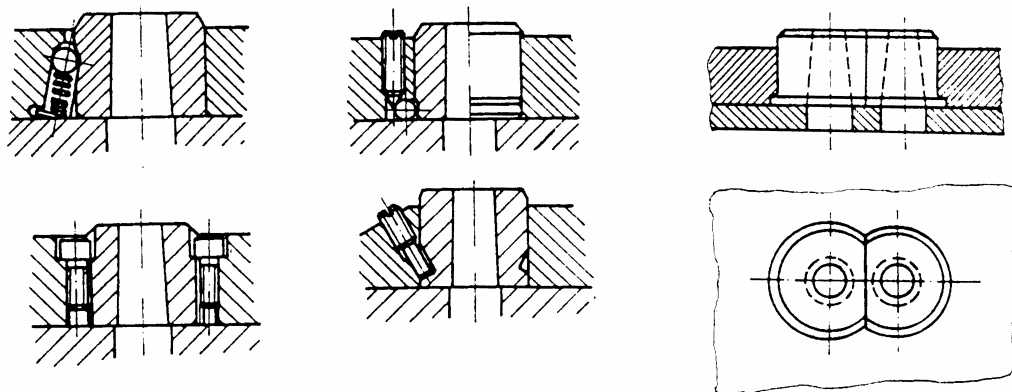
Používají se pro tvarově složitější výstřižky. Střížnice se skládají z několika menších dílů, jejich výroba snadnější a tím i přesnější. Při tepelném zpracování se tyto díly méně deformují a tyto deformace se dají většinou odstranit broušením. Tyto střížnice se používají v sériové a hromadné výrobě. Jednotlivé části jsou do sebe obvykle zalisovány.



Obr. 14. Skládaná střížnice

3.2.3 Vložkované střižnice

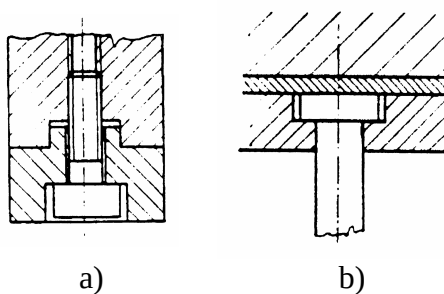
Mají stejné výhody jako skládané střižnice, ale navíc můžeme použít vložky u rozměrnějších nebo u tvarově složitějších nástrojů, a tím ušetřit drahou nástrojovou ocel a zvýšit životnost nástroje. Vložka obvykle přechází nad vložku z důvodu broušení (ostření). Vložka musí být zajištěna proti vysunutí při zpětném pohybu střižníku (Obr. 15).



Obr. 15. Způsoby zajištění vložky

3.3 Střižníky

Střižníky mají břity (čelo) obvykle kolmé k ose střižníku. Malé střižníky se vyrábějí z jednoho kusu, u větších rozměrů lze upínací část vyrobít z konstrukční oceli a jen funkční část střižníku z nástrojové oceli. Funkční část se k upínací přichytí pomocí šroubu (Obr. 16a). Upínání střižníků do kotevní (dolní) upínací desky se provádí nejčastěji osazením (Obr. 16b). Velké střižníky, které jsou daleko od sebe, je možné upínat jen za přírubu. Malé střižníky se do kotevní desky zalévají pryskyřicí.



Obr. 16. Způsoby upínání střižníků

3.4 Upínací desky

Upínací desky tvoří horní část střížného nástroje. Upínací desky rozeznáváme:

- Horní upínací deska – slouží k upnutí stopky tím vlastně spojení nástroje k lisem
- Dolní (kotevní) upínací deska – slouží k upevnění střížníků
- Opěrná deska (vločka) – jedná se o kalenou desku, která zabraňuje vtlačování střížníků do horní upínací desky

Horní i dolní upínací desky se vyrábějí z konstrukční oceli 11 500, 11 600, 11 700 bez tepelného zpracování. Opěrná deska se vyrábí z oceli 14 220 a je kalená.

3.5 Stopky

Ke spojení horní částí nástroje s lisem slouží stopka. Zároveň slouží k ustředění nástroje. Všechny druhy stopek jsou normalizovány a přehled udává norma ČSN EN 02 6264. Stopky se vyrábí z oceli 11 600 bez tepelného zpracování. Stopky se do horní upínací desky upínají pomocí závitu nebo se zalisují.

3.6 Hledáčky

Hledáčky slouží k tomu abychom materiál přesně ustavili a tím jednoznačně vymezily vazby jednotlivých rozměrů výstřížku. V případě nepoužití hledáček dochází k podélným i příčným úchylkám stříhaného pásu a to může vést až k nedodržení předepsaných rozměrů.

Středění můžeme rozdělit na:

- Přímé středění – hledáčky zapadají přímo do otvorů prostřížených ve výstřížku
- Nepřímé středění – používají se tam, kde jsou otvory příliš malé, nebo blízko u sebe. V takovém případě se otvory pro hledáčky stříhají mimo výstřížek.

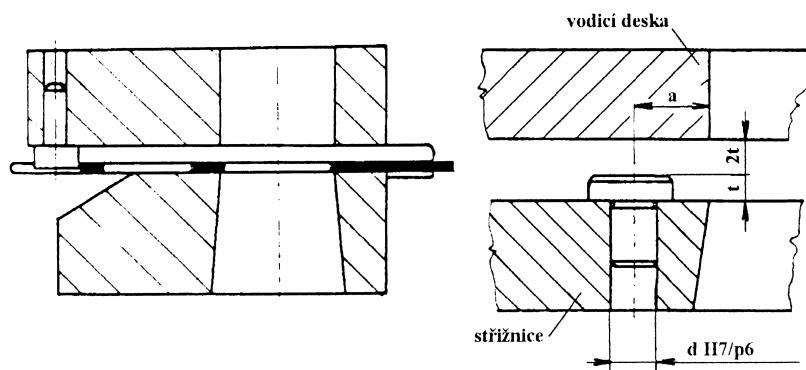
3.7 Dorazy

Dorazy jsou polohovací elementy, které zajišťují stejnoměrný posuv pásu při stříhání na střížných nástrojích. Dorazy dělíme na:

- Pevné
- Zpětné
- Načínací
- Výškové

3.7.1 Pevné dorazy

Je to nejjednodušší typ dorazu, který se využívá při ručním podávání pásu do střížného nástroje. Bývají zalisovány do vodící desky (Obr. 17a) nebo střížnice (Obr. 17b). Výška dorazu je přibližně rovna tloušťce plechu. Materiálem dorazů je obvykle ocel tř.19 a jsou tepelně zpracovány na tvrdost $HV = 650 \pm 50$. Pevným dorazem je většinou kolík a to hladký nebo osazený.



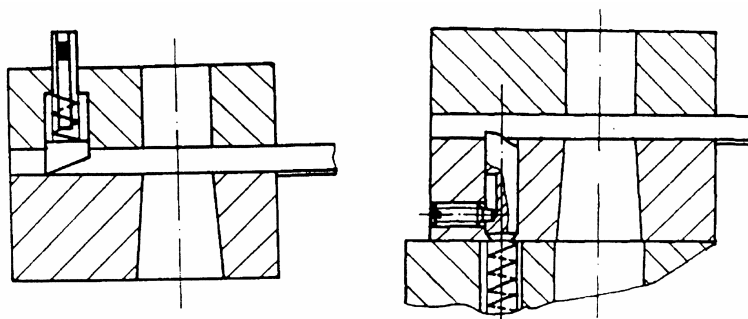
a) doraz ve vodící desce

b) doraz ve střížnici

Obr. 17. Uchycení a princip pevného dorazu

3.7.2 Zpětné dorazy

Je vhodné je použít při stříhání tlustých plechů, protože pevný doraz by se mohl ulomit. U zpětných dorazů je nutné přejet pásem přes doraz a zpětným pohybem zarazit. Může být ukotven ve vodící desce (Obr. 18a) nebo ve střížnici (Obr. 18b). Tento typ dorazu vyžaduje přídatný střížník, který vystřihne hranu pro doraz.



a) doraz ve vodící desce

b) doraz ve střížnici

Obr. 18. Uchycení a princip zpětného dorazu

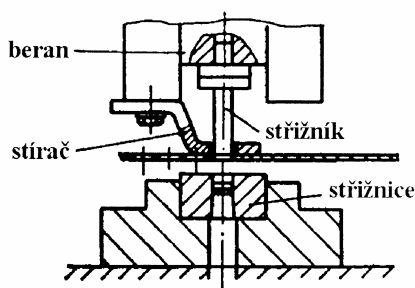
3.7.3 Výškové dorazy

Tyto dorazy se nepoužívají v souvislosti s posuvem pásu, ale tam kde je potřeba zamezit nadměrnému zasunutí střížníku do střížnice.

3.8 Stírače

Stírače slouží ke setření výstřížku ze střížníku. Podle konstrukce rozeznáváme:

- Pevné stírače na lisu (Obr. 19) – připevňují se k beranu lisu
- Pevné stírače na nástroji – připevňují se na stříhadla bez vedení, protože když má stříhadlo vedení tak plní funkci stírače vodící deska



Obr. 19. Pevný stírač

3.9 Vodící lišty

Pás materiálu je obvykle v nástroji veden mezi dvěma pevnými vodícími lištami. Vzdálenost mezi nimi je nutné volit tak, aby pás procházel volně s ohledem na toleranci šířky pásu. Proto se používají různé typy odpružených lišt.

4 VÝPOČTY A NÁVRHY PŘI KONSTRUKCI NÁSTROJE

4.1 Střížná síla

Jedná se o sílu, které je zapotřebí k oddělení materiálu stříháním. Je přímo úměrná stříhané ploše, podél které je oddělován materiál, a pevnosti ve stříhu τ_{ps} . Průběh střížné lze popsat slovně asi takto: Po dosednutí nože na materiál síla rychle stoupá, dosahuje maxima v okamžiku, kdy se na řezných hranách objeví první trhlinky, a rychle klesá při přetržení materiálu (1). Pro výpočet střížné síly se používá vzorec:

$$F_{ST} = o \cdot s \cdot \tau_{ps} \quad (5)$$

Součin $o \cdot t$ udává stříhanou plochu S obrysu výstřížku, kterou lze dosadit do rovnice 5 a tím ji zjednodušit.

$$F_{ST} = S \cdot \tau_{ps} \quad (6)$$

Je-li stříhán kruhový otvor o průměru d , pak přejde rovnice 6 do tvaru:

$$F_{ST} = \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{ps} \quad (7)$$

U součástí, na nichž se provádí současně několik střížných operací, se střížné síly sčítají.

$$F_{ST} = \sum_{i=1}^n F_{STi} \quad (8)$$

Teoretická střížná síla se pak v praxi zvyšuje zhruba o 30 až 60% vzhledem k tření, úchylkám tloušťky materiálu a některým jiným okolnostem jako je např. rezavý nebo jinak znečištěný povrch. (4)

Velikost střížné síly lze vhodně regulovat a to:

- Použitím stříhadel se zkoseným ostřím
- Stupňovitý uspořádáním střížníků

Tyto úpravy jak zmenšit střížnou sílu použijeme chceme-li podstatně zmenšit rázy, které vznikají při stříhání nebo když máme k dispozici lis, který nedokáže vyvinout dostatečně velkou sílu tj.

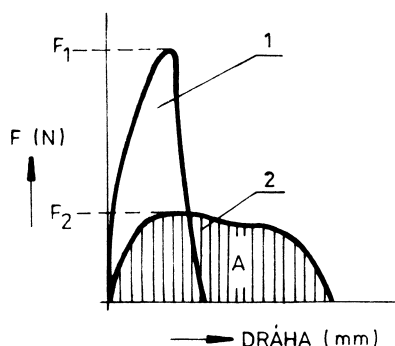
$$F_{LISU} < F_{ST} \quad (9)$$

4.2 Práce a výkon při stříhání

Někdy je potřeba určit práci vykonanou při stříhání. Předpokládáme, že stříh je ukončen při vniknutí střížníku do hloubky max. 60% celkové šířky stříhaného materiálu a ve zbytku dráhy se překonává pouze tření. (4)

$$A = 0,6 \cdot F \cdot s \quad (10)$$

Vztah popsany rovnicí 10 platí pro stříhání rovnými noži. V případě použití skloněných nožů se zmenší střížná síla, která působí po delší dráze a tím i vzroste střížná práce (Obr.20). (2)



1 – stříhání rovnými noži 2 – stříhání skloněnými noži

Obr. 20. Práce při stříhání

Výkon při stříhání:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{0,6 \cdot F \cdot s}{t} \quad (11)$$

4.3 Stírací síla

K setření výstřižku je třeba určité síly F_s (materiál drží na střížníku vlivem pružné deformace). Pro protlačení výstřižku střížnicí potřebujeme sílu F_v . Obě tyto síly závisí na materiálu, velikosti střížné vůle, tvaru a rozměru křivky stříhu. K výpočtu slouží vzorec:

$$F_s = C \cdot F_{ST} \quad (12)$$

Velikost koeficientu C volíme dle tabulky I:

Tabulka I. Hodnoty koeficientu C

Tloušťka materiálu [mm]	Hodnota konstanty C
0 – 1	0,02 – 0,12
1 – 5	0,06 – 0,16
více než 5	0,08 – 0,20

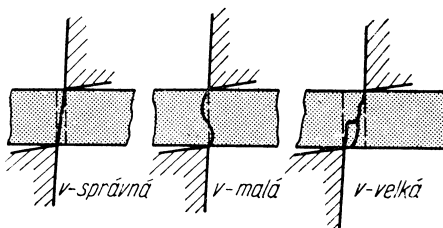
Síla potřebná k protlačení výstřižku se určí podobně jako síla stírací ze vzorce:

$$F_V = K \cdot F_{ST} \quad (13)$$

Koeficient K může dle daných podmínek hodnotu 0,03 – 2,5. (4)

4.4 Střížná vůle

Střížná vůle má vliv na střížnou sílu, trvanlivost břitů a na jakost střížných ploch. Její vliv na jakost je názorně vidět na Obr. 21.



Obr. 21. Vliv střížné vůle na průběh stříhu

Správně volená střížná vůle (Tabulka II) zaručuje i správný střížný pochod.

Tabulka II. Hodnoty vůle mezi střížníkem a střížnicí

Tloušťka materiálu [mm]	Měkká ocel 20 – 35 [MPa]	Středně tvrdá ocel 35 – 50 [MPa]	Tvrdá ocel 60 [MPa]
0,5	0,025 mm	0,030 mm	0,035 mm
1,0	0,050 mm	0,060 mm	0,070 mm
1,5	0,075 mm	0,090 mm	0,100 mm
2,0	0,100 mm	0,120 mm	0,140 mm
2,5	0,120 mm	0,150 mm	0,180 mm
3,0	0,150 mm	0,180 mm	0,210 mm
3,5	0,180 mm	0,210 mm	0,250 mm
4,0	0,200 mm	0,240 mm	0,280 mm
4,5	0,230 mm	0,270 mm	0,320 mm
5,0	0,250 mm	0,300 mm	0,360 mm

Velikost střížné vůle se řídí druhem stříhaného materiálu a jeho tloušťkou. V případě, že je požadována vysoká jakost střížné plochy je vůle menší a naopak. Čím menší je střížná vůle, tím větší je střížná síla a tím také střížná práce. (4)

4.5 Určení funkčních rozměrů střížníku a střížnice

Rozměry funkčních částí střížníku a střížnice a jejich výrobní tolerance musí být voleny tak, aby bylo dosaženo optimální střížné vůle. Přitom je nutno vycházet z těchto podmínek:

- Při vystřihování (stříhá se vnější obvod, pás je odpad) je rozhodující rozměr střížnice a střížné vůle se dosáhne zmenšením střížníku.
- Při děrování (stříhá se vnitřní tvar) je rozhodující rozměr střížníku a střížné vůle se docílí zvětšením rozměru střížnice.
- Velikost střížné vůle se v důsledku opotřebení břitů zvětšuje, protože rozměr střížníku se zmenšuje a rozměr střížnice zvětšuje.

Pro stanovení rozměrů střížníků a střížnic se postupuje podle následujících vztahů: (6)

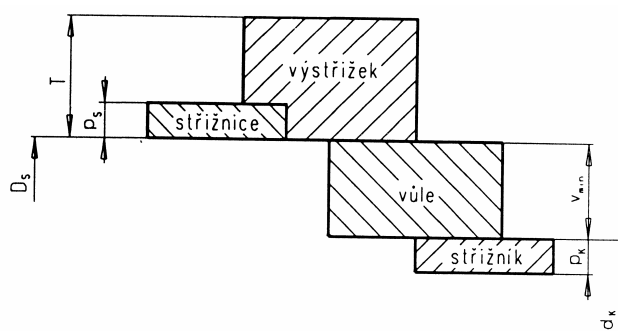
- Pro vystřihování:

$$D_s = (D_{MAX} - T)_0^{+p_s} \quad (14)$$

$$d_k = (D_s - v_{min})_{-p_k}^0 \quad (15)$$

$$p_s = 0,1 \cdot v_{min} \quad (16)$$

$$p_k = 0,1 \cdot v_{min} \quad (17)$$

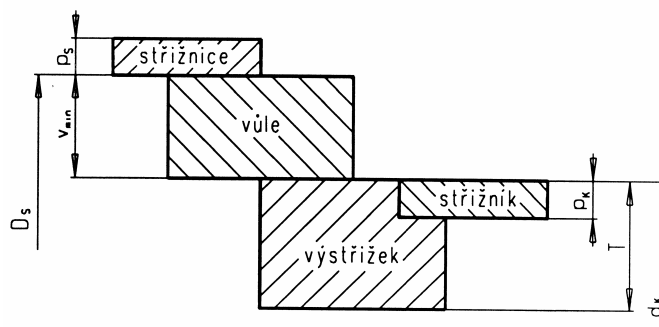


Obr. 22. Toleranční pole pro vystřihování

- Pro děrování

$$d_k = (d_{min} + T)_{-p_k}^0 \quad (18)$$

$$D_s = (d_k + v_{min})_0^{+p_s} \quad (19)$$



Obr. 23. Toleranční pole pro děrování

5 TECHNOLOGIE VÝROBY DÍLŮ LOŽISKA

Vlastnosti valivých ložisek závisí ve značné míře na způsobu jejich výroby. U ložisek nás zajímá únosnost a trvanlivost a tyto vlastnosti závisí na těchto oblastech:

- Konstrukce – vnitřní uspořádání (počet valivých elementů – čím víc těles, tím větší únosnost), úhel styku, radiální a axiální vůle, počet řad valivých elementů, typ klece atd.
- Materiálu – chemické složení, mechanické vlastnosti, mikrostruktura atd.
- Technologie výroby ložiskových kroužků – tváření, žíhání, soustružení, kalení, broušení, montáž
- Zkoušení + záběh – systém zatěžování, frekvence otáčení, mazání a způsob mazání

5.1 Materiály valivých ložisek

Na jednotlivé díly valivých ložisek se používají kovové i nekovové materiály. Ložiskové kroužky jsou z oceli, klece mohou být ocelové nebo z plastu. Pro specifické pracovní podmínky (velmi vysoké otáčky) se vyrábějí kroužky a valivé tělesa z keramických materiálů. (8)

5.1.1 Materiály kroužků a valivých těles

Na kroužky se používají ložiskové ocele. Pro menší průměry se používá ocel s nižším obsahem manganu (14 109). Pro větší průměry se používá ocel se zvýšeným obsahem manganu a křemíku (14 209). Pro velkorozměrová ložiska se používají oceli třídy 12 a 15. Z dlouhodobého zkoušení a následného vyhodnocování bylo zjištěno, že ocel pro valivé ložisko by měla mít tvrdost okolo 60 HRC. Aby ocel měla požadovanou tvrdost a rovnoměrnou strukturu v ložiskovém dílu po kalení, tak se leguje, tzn. Přidávají se do ní prvky, které zaručí požadovanou strukturu a mechanické vlastnosti. Na základě těchto požadavků jsou ložiskové oceli vysokouhlíkové chromové, chrommanganové nebo chromovo-manganovo-křemíkové. Tyto ložiskové oceli zachovávají svou tvrdost cca 60 HRC do teploty asi 200°C. Oceli pro ložiska, které jsou určeny do prostředí s vyšší teplotou se přidávají legury, které zvyšují tvrdost zlepšením odolnosti. (8)

5.1.2 Materiály klecí valivých ložisek

Klec rovnoměrně po obvodu rozděluje valivé tělesa v ložisku. Většinou není klec příliš zatížena, ale při špatných podmínkách odvalování nebo se zvýšením otáček se mohou síly

působící na klec značně zvětšit. Při volbě materiálu klece je rozhodujícím kritériem konstrukce klece a náklady. Pro standardní ložiska se používá klec z taženého ocelového plechu. V případě, že se musí valivé tělíska otáčet po proměnlivých drahách vlivem velkého zešíkmení kroužků vzniká nebezpečí prasknutí plechové klece a proto se používají masivní klece. Takovéto klece neumožňují výstup valivých těles ze svých oběžných drah, ale to si vyžaduje aby materiál těchto klecí měl dobré kluzné vlastnosti a odolnost proti opotřebení. Tyto požadavky splňuje mosaz. Mosazné klece se mohou používat do teploty 300°C. U ložisek, které pracují při velmi vysokých otáčkách (vřetenová) dochází k tomu, že odstředivé síly působí na klec a je tedy potřeba použít materiál, který má nízkou hmotnost. Tomuto požadavku vyhovují termoplastické materiály ze kterých se vyrábí klece vstřikováním. Pro ložiskové klece vyhovují polyamidy a to PA 66, PA 10, PA 11. Tyto materiály se plní skelnými vlákny a zcela vyhovují jak z hlediska dobrých mechanických vlastností, tak i svou dobrou tepelnou odolností, tvarovou a rozměrovou stálostí. (8)

5.2 Chemicko – tepelné zpracování dílů valivých ložisek



Obr. 24. Schéma zařazení chemicko-tepelného zpracování při výrobě dílů ložisek

5.2.1 Žihání ložiskových ocelí

Žiháním před tvářením za studena a před třískovým obráběním se obnovují tvárné vlastnosti oceli po předcházejícím zpracování a zároveň se připravuje materiál pro

následné kalení. Rozsah žíhacích teplot je závislý na obsahu uhlíku a to tak, že čím vyšší je obsah uhlíku, tím vyšší je teplota žíhání. Tato teplota se pak pohybuje v rozmezí 700°C - 800°C. (8)

5.2.2 Cementování ložiskových ocelí

Cementování je operace při níž sytíme povrch součásti uhlíkem. Jako cementační prostředí se používá k výrobě dílů ložiska plynné. Do pece se přivádí směs plynů oxidu uhelnatého (CO) a methanu (CH₄). Cementování v plynném prostředí probíhá při teplotách 930°C - 950°C. Pro délku cementování platí, že za každou hodinu výdrže na cementační teplotě se zvětší hloubka nauhličené vrstvy asi o 1mm. Obsah uhlíku po cementaci nesmí být větší než 1,85%. (8)

5.2.3 Kalení a popouštění ložiskových ocelí

Požadované mechanické vlastnosti valivých ložisek se získávají kalením a nízkoteplotním popouštěním ložiskových dílů. Kalením se dosahuje požadované tvrdosti a popouštěním se zmenšuje vnitřní napětí a křehkost kalené ložiskové oceli. Kalení a popouštění je jednou z nejdůležitějších operací celé výroby valivých ložisek, protože kromě požadované tvrdosti (60HRC) se dosahuje rozměrové stálosti. Rozměrová stálost je důležitá k výrobě správné geometrie ložiska a stability těchto rozměrů při chodu. (8)

5.3 Výroba polovýrobků

5.3.1 Hutnické polovýrobky

Polovýrobkem je tyč nebo trubka, která má podle státních norem určité vlastnosti jako jsou např. tolerance, tvrdost, drsnost povrchu, pevnost v tahu atd. Ložiskový díl se pak získává soustružením. Tento polotovár se používá při výrobě valivých těles a kroužků menších průměrů. Tento typ polovýrobku se obrábí řeznými nástroji. (8)

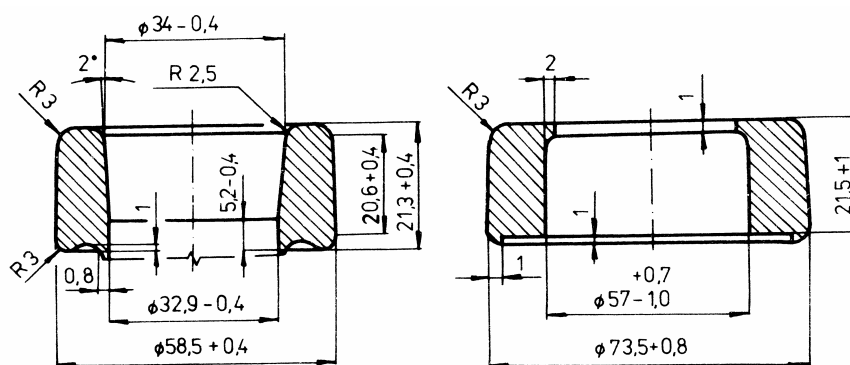
5.3.2 Výroba polovýrobků kováním

Kování je pro výrobu polovýrobků ložiskových kroužků velmi důležité, protože oproti výrobě soustružením znamená jednoznačné zvýšení kvality a je i výhodnější z hlediska hospodárnosti. Kovací teplota je okolo 1000°C. Provádí se na kovacích automatech.

Výkovky se používají zejména ve velkosériové a hromadné výrobě, kde se vyšší náklady na polovýrobek eliminují snížením pracnosti a zlepšením kvality. (8)

5.3.3 Výroba polovýrobků válcováním

Další zvýšení kvality výkovků lze dosáhnout válcováním, které se zařazuje za kování. Válcování se provádí na automatických válcovačkách. (8)



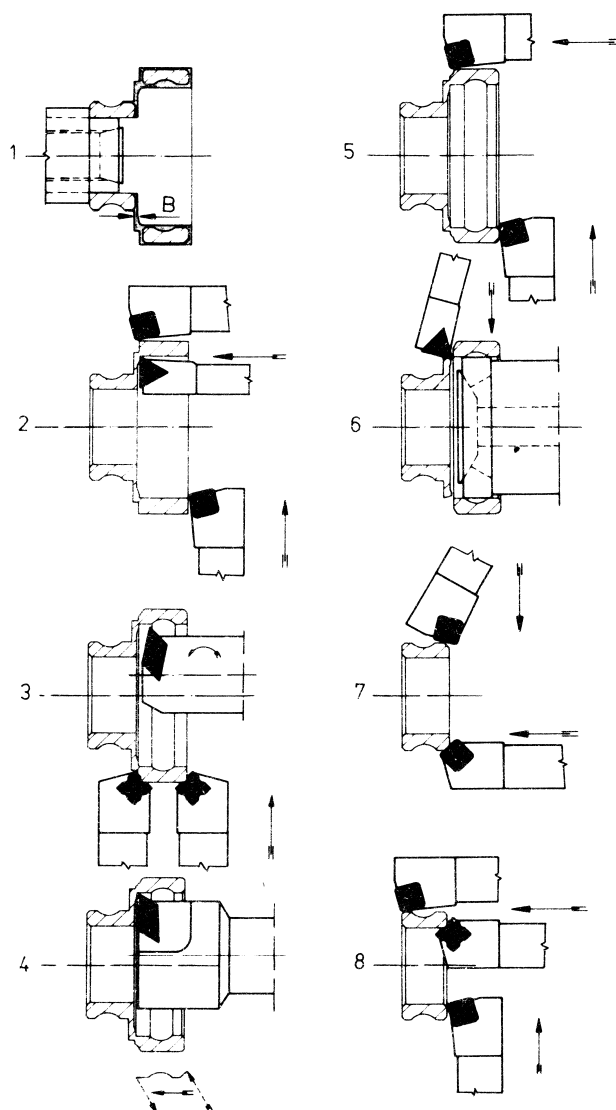
Obr. 25.

a rozvlek vnějšího ložiskového kroužku

Výkovek

5.4 Obrábění součástek valivých ložisek před kalením

V současné době se obrábění součástek valivých ložisek realizuje soustružením na jednovřetenových nebo vícevřetenových automatech. Koncentrace úseků obrábění do jedné operace se zakládá na principu současné práce více nástrojů na jednom vřetení nebo použitím většího počtu vřeten na jednom stroji. Z hlediska přesnosti obrábění je třeba obrobít maximální množství ploch na jedno upnutí polovýrobku. Příkladem takového postupu obrábění je na Obr. 26. Na obrázku je vidět, že na jedno upnutí polovýrobku se prakticky opracují prakticky všechny plochy vnitřního kroužku. Po přepnutí obrobku je obroben vnější a ještě dokončen vnitřní kroužek valivého ložiska. Tato technologie našla uplatnění zejména v podmínkách velkosériové a hromadné výroby. Při výrobě valivých těles a kroužků malých průměrů se používá tyčový polovýrobek. Při výrobě kroužků se používá i tažené trubky. Na výrobu kroužků se používá tvarových nožů z rychlořezné oceli.



Obr. 26. Postup

ložiskových kroužků z dvojvýkovku

obrábění

5.5 Obrábění součástek valivých ložisek po kalení

Ložiskové díly se po kalení obrábějí hlavně broušením. Hlavní předností broušení je vznik velmi malých řezných sil, které minimálně deformují obráběnou součást a v mnohých případech nevyžaduje upnutí součásti, což je spojeno se vznikem malých řezných sil. Broušením se dosahuje požadovaná tvarová a rozměrová přesnost a také kvalita obrobeneho povrchu. Při obrábění velkorozměrových ložisek, které mají velké přídavky je možné aplikovat soustružení. Nože jsou pak mají řeznou část vyrobenou buď kubického nitridu boru, spékaných karbidů nebo keramiky. Ty pak mají specifickou geometrii. Jako dokončovací operace oběžných drah ložiskových kroužků se nejvíc používá superfinišování. Superfinišování se zakládá na principu přitlačení kmitajícího kamene na obráběný povrch za současného otáčení obráběné součásti. (8)

6 PRAKTICKÁ ČÁST

6.1 Popis průběhu činnosti nástroje

Zhotovování výrobku se provádí na postupovém nástroji v osmi krocích. Materiál je ve formě pásu stočeného do svitku. Pás má šířku 48mm a tloušťku 0,3mm. Podavač je opatřen krokovým motorem a materiál tedy bude do nástroje podáván po krocích o délce $33,8 \pm 0,01$ mm a tedy dostatečně přesně. Krokový motor dostane impuls k posunu pásu o danou vzdálenost v okamžiku, když je beran lisu v horní poloze. Při pohybu beranu lisu dolů do pracovní polohy, v okamžiku nabíhání hledáček do otvorů musí podávací zařízení uvolnit stisk, aby se mohl pás zastředit. Před samotným stříháním se pás navede do nástroje ručně. Protože se jedná o nebezpečný a nechráněný nástroj je nutné tuto operaci provést kleštěmi. Poté je již materiál veden mezi vodícími lištami a podáván krokově podávacím zařízením. Výrobek propadá pod nástroj, odpad (prostříhaný pás) je na konci dělen a odveden odpadovým kanálem na bezpečné místo.

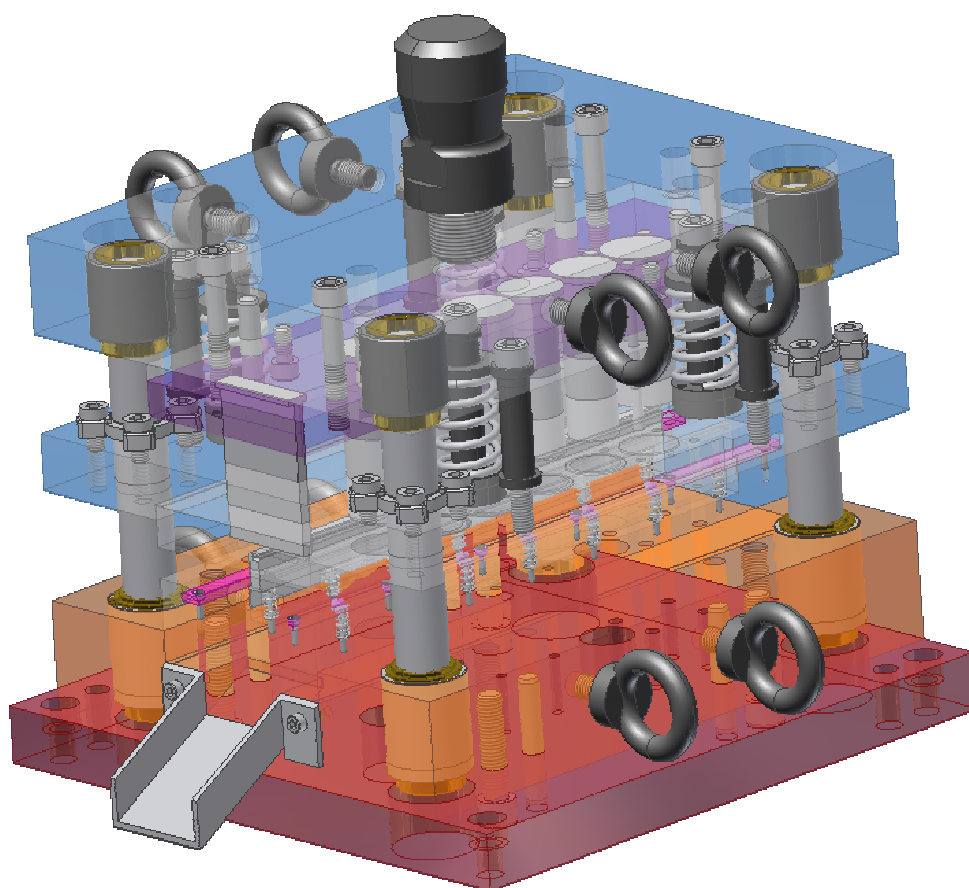
Samotný nástroj je upnut za základovou desku k pevnému a tuhému stolu. Je upnut pomocí šroubů, vystředěn pomocí kolíků a zajištěn upínkami. Vrch nástroje je opatřen stopkou. Stopka nástroje je zašroubována do horní upínací desky za kterou se nástroj upíná do lisu. Na horní upínací desku je připevněna horní kotevní deska, kde jsou umístěny razící nástroje (tažníky a střížníky), a opěrná deska. Střed nástroje je tvořen vodící deskou, která je spojena s horní upínací deskou pružně, a dorazovou deskou. Dorazová deska přitlačí vodící lišty resp. pás na matrici. Dolní část nástroje se skládá z matrice, kotevní desky dolní a základové desky. Matrice je přesně vyrobena elektroerozivním obráběním a broušena. V podstatě tvoří protikus k jednotlivým nástrojům upnutým v horní části nástroje (horní kotevní deska). Kotevní deska dolní slouží k upnutí matrice, která je v ní nalisována. Kotevní deska dolní je k základové desce přišroubována a vystředěna kolíky. Celý nástroj je veden na čtyřech přesně broušených vodících sloupech, které mají ve své horní a spodní části přesné kuličkové pouzdra. Vodící sloupy jsou nalisovány a zajištěny pomocí šroubů ve vodící desce. Jednotlivé části jsou z důvodu přesnosti celého nástroje středěny lícovanými kolíky.

Pracovní zdvih je vyvolán tlakem, který je přenášén na nástroj, jenž je upnut za stopku do lisu. Horní část nástroje je tlačena dolů a při překonání síly pružin je tlačena i vodící a dorazová deska. Dorazová deska přitlačí pás a současně vodící lišty a tím se dostane pás do

pracovní polohy a je tvářen. Při zpětném pohybu lisu se zvednou horní i střední část nástroje a plech je posunut o další krok a tím připraven na další operaci. Pás je veden ve vodících lištách, které jsou odpruženy, protože dochází ke tváření jak nad i pod rovinu pásu. Ale také proto, že při zpětném pohybu nástroje do horní polohy může dojít k přilnutí pásu k matici a tedy, aby došlo k odtržení pásu od matrice.

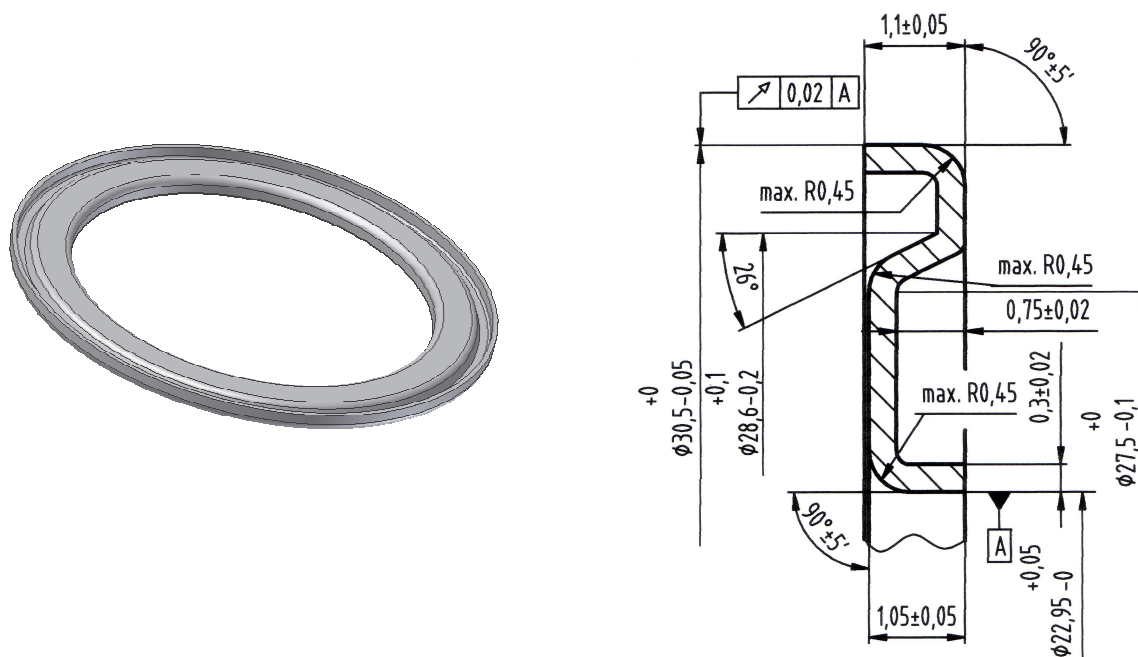
Nástroj je nutno nejprve vyzkoušet a udělat tzv. zkušební sérii z důvodu zkalibrování celého nástroje. Výrobek ze zkušební série je poté kontrolován a konfrontován s výrobním požadavkem. V případě diferencí je nutné jednotlivé části opravit nebo vyrobit znovu a nástroj opět vyzkoušet.

Nástroj je opatřen po bocích šrouby s okem, které slouží k manipulaci pomocí jeřábu.



Obr. 27. Model střížného nástroje

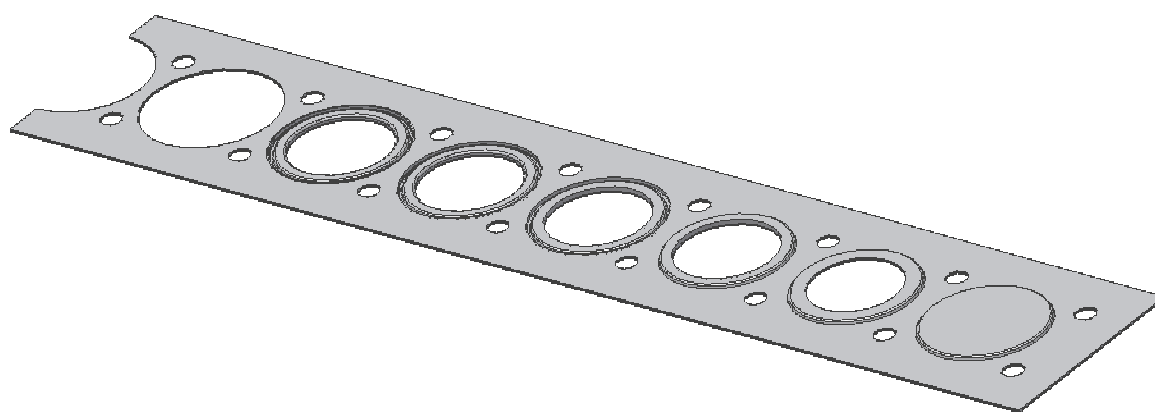
6.2 Výrobní požadavek



Obr. 28. Výrobní požadavek – krytka ložiska

Výrobek je z materiálu 11 300. Materiál je vzhledem ke své charakteristické vlastnosti (dobrá tažnost) vhodný k tváření na postupovém nástroji a i s ohledem na funkci krytu ložiska je tento materiál plně vyhovující pro výrobu.

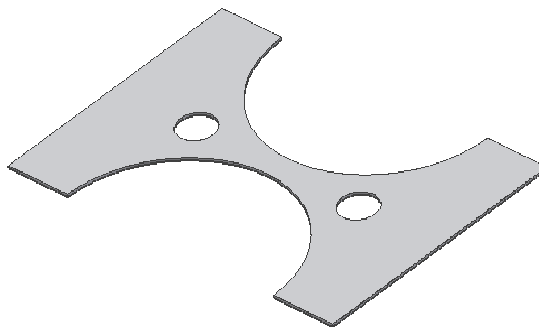
6.3 Nástřížný plán



Obr. 29. Nástřížný plán

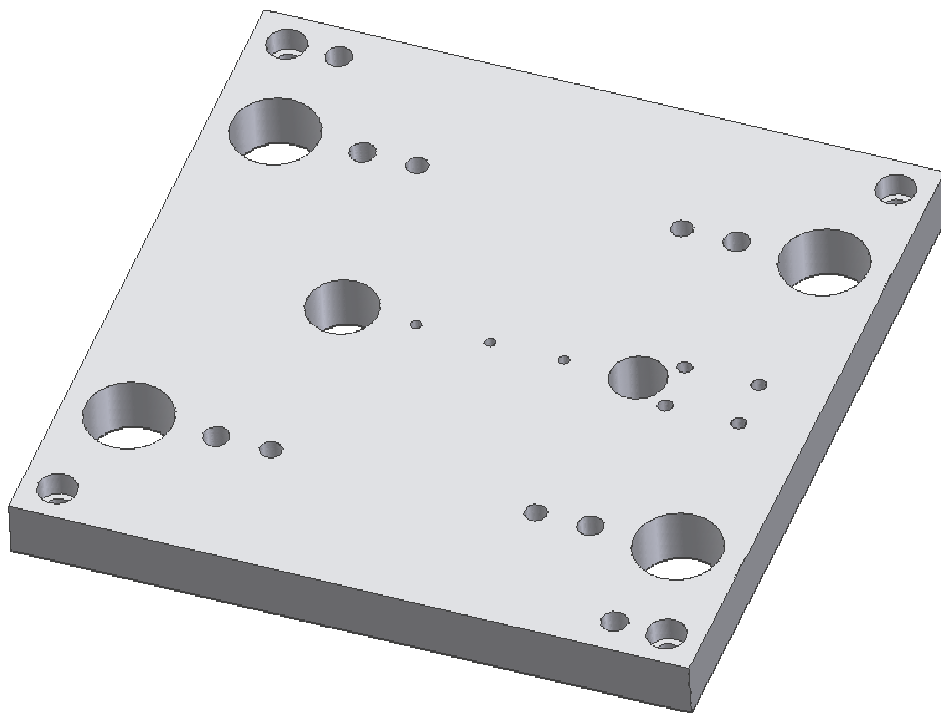
Nástroj pracuje v osmi krocích, kde prvních šest je pracovních. Při prvním kroku dochází k tažení materiálu nad rovinu pásu. Ve druhém kroku je vystřížen vnitřní otvor s náležitým přídavkem, který na v dalším kroku opět tažen. Tím vznikne lem na vnitřním průměru.

Čtvrtý krok je tažení pod rovinu pásu. Tím se docílí lemu na vnějším průměru. V pátém kroku dojde ke zkalibrování a tím i docílení předepsaných rozměrů celého výrobku. Tato operace se provádí nástrojem (s příslušnými tolerancemi), který je negativem výsledného výrobku. V šestém kroku je hotový výrobek vystřižen po obvodu z pásu a propadá pod nástroj. Sedmý krok je volný z důvodu vyvážení nástroje a při osmém dochází k dělení pásu, který je odpadem (Obr. 30). Polotovarem je pás o šířce 48mm a tloušťce 0,3mm.



Obr. 30. Dělený odpad

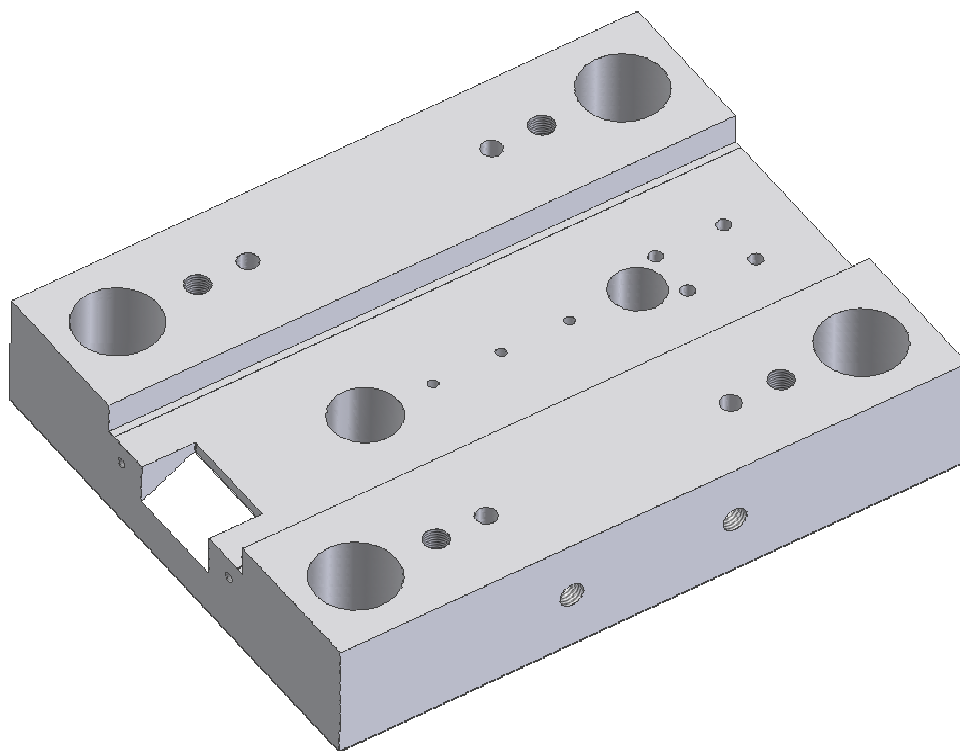
6.4 Základová deska



Obr. 31. Základová deska

Základová deska slouží k upnutí celého nástroje na pevný a tuhý stůl. Upnutí je realizováno čtyřmi šrouby. Polohu upnutí a vystředění zajišťuje dvojce kolíků. Na základovou desku je upnuta kotevní deska dolní. Toto spojení je realizováno čtyřmi šrouby s válcovou hlavou. K vystředění desek jsou použity čtyři kolíky. Základová deska je vyrobena z oceli 11 600 bez dalšího tepelného zpracování. Je přesně broušena na ploše a boční plochy jsou zúhlovány v přesnosti 0,01/100mm, aby bylo možno otvory a rozteče otvorů vyrobít v požadovaných tolerancích. Otvory se můžou zhotovit na souřadnicové vyvrtávačce nebo dražším způsobem elektroerozivně. Základní rozměr desky je 311x311x27mm, což je jeden z velmi důležitých údajů pro výběr lisu.

6.5 Dolní kotevní deska

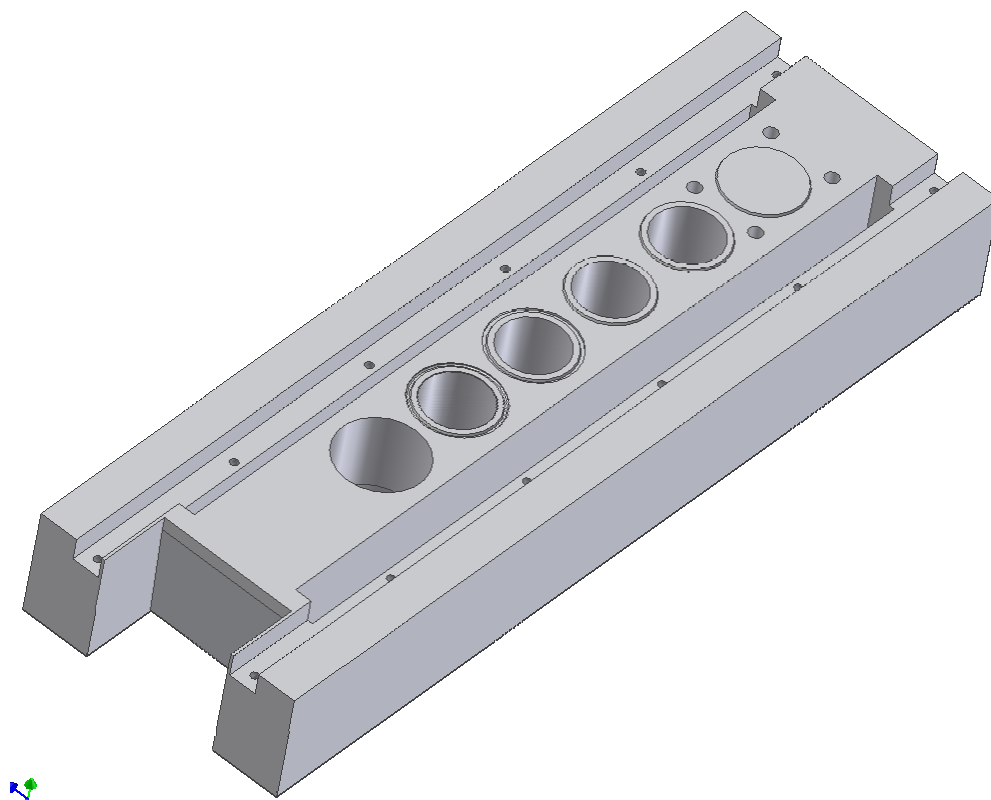


Obr. 32. Dolní kotevní deska

Dolní kotevní deska slouží k upnutí matrice. Matrice je do této desky nalisována za tepla. Tato sestava je přesně obroušena na plochách a přesně zúhlována pro elektroerozivní obrábění, aby byla zaručena souosost otvorů se základovou deskou. Tato je upnuta k základové desce lícovanými šrouby a vystředěna čtyřmi kolíky. Tato sestava tvoří dolní část střížného nástroje. V této desce jsou nalisovány kalené vložky v nichž jsou kuličkové pouzdra, které vedou přesně broušené vodící sloupky. Materiál, ze kterého je vyrobena deska je konstrukční ocel 11 600. Protože je tento materiál měkký a tudíž nevhodný pro

ložiskové uložení jsou v desce nalisovány kalené pouzdra. Základní rozměry desky jsou 246x311x57mm.

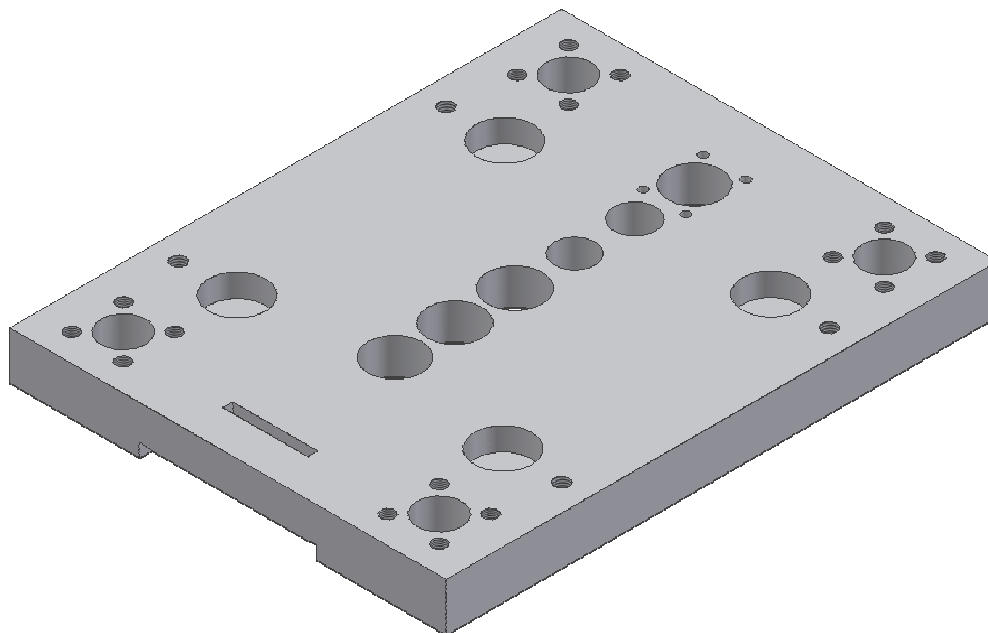
6.6 Matrice



Obr. 33. Matrice

Matrice je spodní pracovní část nástroje. Je zabroušena a nalisována do dolní kotevní desky (viz.6.5). Je vyrobena z materiálu 19 830 a kalena na tvrdost HRC 60±1. Na přesnosti matrice je závislá přesnost celého výrobku. Z toho důvodu je jemně zabroušena a třecí plochy, kde je materiál tažen jsou leštěny na Ra0,1μm. Matrice je obrobena elektroerozivním obráběním a otvory jsou broušeny. Součástí matrice jsou odpružené vodící lišty, pomocí kterých je veden pás. Vodicí lišty jsou vedeny vodicími kolíky, nadzvedávány pružinami a zajištěny lištami. Všechny závity jsou vyrobeny před kalením. Materiál 19 830 to plně umožňuje aniž by docházelo k deformacím. Základní rozměry matrice jsou 100x311x40mm. Na základě těchto rozměrů je dostatečná tuhost matrice zaručena.

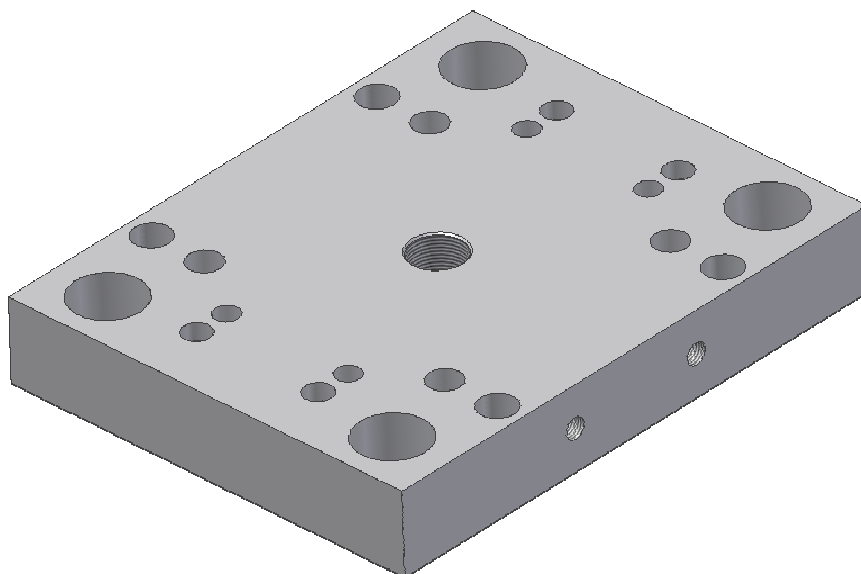
6.7 Vodící deska



Obr. 34. Vodící deska

Vodící deska slouží k vedení nástrojů. Aby bylo vedení nástrojů dostatečně přesné a aby nedošlo k poškození jednotlivých částí nástroje musí být vyrobena velmi přesně. Nástroje (tažníky a střižníky) jsou ve vodící desce uloženy suvně, tzn. uloženy s velmi malou vůlí. Vodící deska spolu s dorazovou deskou, která je v ní nalisována, tvoří střední část nástroje. Je spojena s horní upínací deskou čtyřmi šrouby s distanční trubkou, které vymezují jejich vzájemnou maximální vzdálenost. Vodící deska je vyrobena z materiálu 14 220. Protože jsou na vodící desku kladeny nároky na tvrdost, otěruvzdornost a rozměrovou stálost je cementována a následně kalena na HRC 56±1. Před kalením je deska za měkka pomocně obroušena a zúhlována. Jsou vyrobeny všechny otvory s přídavkem na broušení. Otvory pro závity jsou chráněny, aby nedošlo k jejich nacementování a nežádoucímu zakalení. Po zakalení se vodící deska obrousí na předepsané hodnoty tolerance, žádané drsnosti a přesně zúhluje. V této desce jsou nalisovány vodící sloupky a zajištěny šrouby. Přesnost vodící desky a vodících sloupků má přímý vliv na výslednou přesnost celého nástroje. Základní rozměry jsou 246x311x27mm.

6.8 Horní upínací deska



Obr. 35. Horní upínací deska

Horní upínací deska slouží ke spojení střížného nástroje s lisem pomocí stopky, která v této desce našroubována. Stopka je normalizovaná součást. Horní upínací deska spolu s horní kotevní deskou a opěrnou deskou tvoří vrch nástroje. Desky jsou navzájem spojeny šrouby a jejich přesnou polohu vystředují kolíky. V horní kotevní desce jsou upnuty nástroje (střížníky, tažníky). Opěrná deska je kalena na tvrdost $HRC\ 60\pm 1$, aby nedošlo k vtlačení nástrojů do této desky. Po stranách je deska opatřena závity do kterých jsou našroubovány šrouby s okem z důvodu manipulace. Deska je vyrobena z konstrukční oceli 11 600. V této desce jsou nalisovány kalené vložky v nichž jsou kuličkové pouzdra, které vedou přesně broušené vodící sloupky. Základní rozměry desky jsou 246x311x47mm.

6.9 Tažník



Obr. 36. Tažník

Tažníky slouží k tažení materiálu do požadovaného tvaru. Jsou zalisovány do horní kotevní desky a ještě uchyceny za osazení. Tažník, který taží do plného materiálu musí být opatřen tzv. odvzdušňovacím otvorem, kvůli jednoduššímu stírání výtažků. Vnější průměr tažníku udává vnitřní průměr výtažku. Všechny tažníky na tomto nástroji jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 830 a kaleny na tvrdost HRC 60±1. Jsou jemně broušeny a jejich funkční části leštěny.

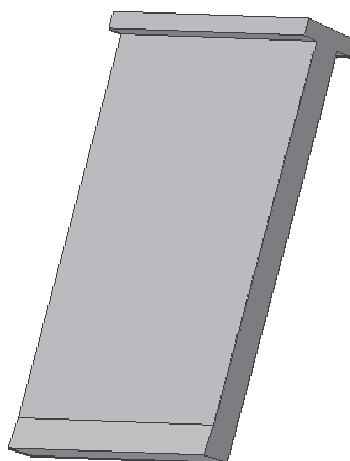
6.10 Střižník



Obr. 37. Střižník

Střížníky slouží k vystříhnutí požadovaného tvaru do pásu. Stejně jako tažníky jsou zalisovány do horní kotevní desky a ještě uchyceny za osazení. Výška osazení u všech nástrojů je vyrobena v kladné toleranci, protože po nalisování bude celá sestava broušena do roviny. Všechny střížníky mají čelo kolmé k ose střížníku. Jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 830 a kaleny na tvrdost HRC 60±1. Jsou jemně broušeny.

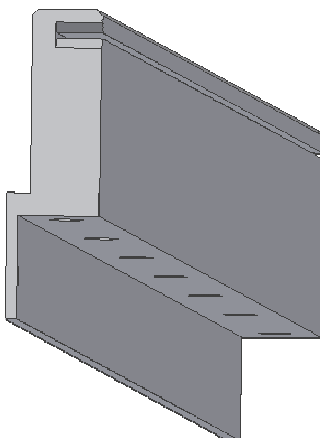
6.11 Nástroj na dělení odpadu



Obr. 38. Nástroj na dělení odpadu

Tento nástroj slouží k dělení prostříhaného pásu. Je výhodné zařadit tento nástroj do celé koncepce, protože polotovar je přiváděn ze svitku a kdyby nedocházelo k pravidelnému odstřihávání mohlo by dojít až k poškození nástroje. Nástroj je nalisován v horní kotevní desce. Tím je zaručena rovinnost obou ploch. Nástroj je vyroben z oceli 19 830 a kalen na tvrdost HRC 60±1.

6.12 Vodicí lišta



Obr. 39. Vodící lišta

Ve vodících lištách je veden pás. Lišty jsou odpruženy a vedeny pomocí vodících kolíků se závitem. Odpružení je nutné z důvodu tvarování pásu nad i pod jeho rovinu. Protože je pás tažen a stříhán může dojít k jeho přilnutí na matrici. Jeho zpětné uvolnění je zajištěno odpružením vodících lišt. Proto musí být tuhost pružin dostatečně velká. Vodící lišty jsou vyrobeny z oceli 14 220. Ty jsou dále cementovány a kaleny z důvodu tvrdosti a hlavně otěruvzdornost.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo zhotovit konstrukci krytu ložiska a postupového nástroje pro výrobu tohoto krytu ložiska. Krytka je z materiálu 11 300, což je ocel s dobrou tažností a tedy plně vyhovující s ohledem na tažné operace při procesu výroby. Postupový nástroj byl vybrán jako plně vyhovující s ohledem na charakter výrobku a vyráběné množství. Protože se kladl důraz především na celkovou vysokou přesnost nástroje je nutné většinu dílů vyrábět elektroerozivním obráběním a popřípadě brousit, což je výroba velice přesná, ale je velmi časově náročná a tudíž drahá. Pro konstrukci byly použity některé normy fy. STRACK. Např. vodící sloupy, kuličkové pouzdra, vložky atd. Na základě toho je odhadovaná cena nástroje cca 500.000 Kč,-.

Kryt ložiska vyráběný na tomto nástroji je zhotovován v osmi krocích, kdy je materiál postupně tvářen. Pro tento nástroj byl zvolen lis s lisovacím tlakem 30 tun. Součástí tohoto lisu je také krokový podavač materiálu, který komunikuje s lisem pomocí čidla, které je umístěno v lisu. Čidlo umožní spuštění lisu, když jsou hledáčky ve správné poloze a tudíž je pás vystředěn.

V této bakalářské práci se kladl důraz na konstrukční část. Vyhotoveny byly tyto výkresy: celková sestava, výkres základové desky, dolní kotevní desky, ukotvení vodící lišty, vodící lišty, matrice, vodící desky, horní upínací desky, dorazové desky, horní kotevní desky, opěrné desky, výkresy všech tažníků a střižníků, výkres kalibrovacího nástroje, výkres hledáčku a výkres krytu ložiska, které jsou součástí přílohy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- (1) Čabelka, J.aj.: Mechanická technológia. VSAV Bratislava, 1967
- (2) Blaščík, F.aj.: Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvarovania. ALFA Bratislava, 1988
- (3) Storožev, M.V.aj.: Teória tvárnenia kovov. ALFA Bratislava, 1978
- (4) Srp, K.aj.: Základy lisování. SNTL Praha, 1965
- (5) Kejval, Z. Tváření plechu I. SNTL Praha, 1963
- (6) Leinveber, J.aj.: Strojnické tabulky. Scientia Praha, 1999
- (7) Kříž, R.aj.: Strojírenská příručka. Scientia Praha, 1998
- (8) Vasilko, K.aj.: Valivé ložiská. Alfa Bratislava, 1988
- (9) Chvála, J.aj.: Přípravky a zařízení. SNTL Praha, 1982

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A – střížná práce [J]

d – průměr výstřížku [m]

d_k – průměr střížníku [m]

D_s – průměr střížnice [m]

F – síla [N]

F_{LISU} – síla lisu [N]

F_{ST} – střížná síla [N]

F_V – síla potřebná k protlačení výstřížku [N]

o – obvod výstřížku [m]

P – výkon stříhání [W]

p_s – tolerance střížnice [mm]

p_k – tolerance střížníku [mm]

R – poloměr křivosti [m]

S – plocha stříhu [m²]

t – doba stříhání [s]

T – tolerance výstřížku [mm]

v – vůle mezi střížníkem a střížnicí [mm]

α – nástrojový úhel hřbetu

β – nástrojový úhel břitu

γ – nástrojový úhel čela

ϵ_C – celková deformace [mm]

ϵ_E – elastická (vratná) deformace [mm]

ϵ_P – plastická (nevratná) deformace [mm]

τ – smykové (tečné) napětí [MPa]

τ_{ps} – pevnost ve střihu [MPa]

λ - úhel skluzu

φ - úhel mezi silami

σ - normálové napětí [MPa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Krystalové mřížky	8
Obr. 2. Čárová porucha.....	9
Obr. 3. Hranová dislokace	9
Obr. 4. Šroubová dislokace.....	10
Obr. 5. Závislost deformačního napětí na deformaci.....	10
Obr. 6. Schéma kritického kluzového napětí.....	11
Obr. 7. Textura kovu tvářeného za studena	12
Obr. 8. Stav napjatosti na elementu	13
Obr. 9. Schéma napjatostí	14
Obr. 10. Průběh stříhání.....	15
Obr. 11. Schéma stříhání nůžkami.....	17
Obr. 12. Konstrukce střížného nástroje	20
Obr. 13. Střížné skříně	21
Obr. 14. Skládaná střížnice	21
Obr. 15. Způsoby zajištění vložky	22
Obr. 16. Způsoby upínání střížníků	22
Obr. 17. Uchycení a princip pevného dorazu	24
Obr. 18. Uchycení a princip zpětného dorazu	24
Obr. 19. Pevný stírač.....	25
Obr. 20. Práce při stříhání.....	27
Obr. 21. Vliv střížné vůle na průběh stříhu	28
Obr. 22. Toleranční pole pro vystřihování.....	29
Obr. 23. Toleranční pole pro děrování.....	29
Obr. 24. Schéma zařazení chemicko-tepelného zpracování při výrobě dílů ložisek	31
Obr. 25. Výkovek a rozvalek vnějšího ložiskového kroužku.....	33
Obr. 26. Postup obrábění ložiskových kroužků z dvojvýkovku.....	34
Obr. 27. Model střížného nástroje	36
Obr. 28. Výrobní požadavek – krytka ložiska	37
Obr. 29. Nástřížný plán.....	37
Obr. 30. Dělený odpad.....	38
Obr. 31. Základová deska	38
Obr. 32. Dolní kotevní deska	39
Obr. 33. Matrice.....	40
Obr. 34. Vodící deska	41
Obr. 35. Horní upínací deska	42
Obr. 36. Tažník	43
Obr. 37. Střížník.....	43
Obr. 38. Nástroj na dělení odpadu	44
Obr. 39. Vodící lišta.....	45

SEZNAM TABULEK

Tabulka I. Hodnoty koeficientu C	27
Tabulka II. Hodnoty vůle mezi střížníkem a střížnicí	28

SEZNAM PŘÍLOH

- P 1 : Výkres sestavy FT-UTB-1-SESTAVA
- P 2 : Výkres základové desky FT-UTB-2
- P 3 : Výkres dolní kotevní desky FT-UTB-3
- P 4 : Výkres ukotvení vodící lišty FT-UTB-4
- P 5 : Výkres vodící lišty FT-UTB-5
- P 6 : Výkres matrice FT-UTB-6
- P 7 : Výkres vodící desky FT-UTB-7
- P 8 : Výkres horní upínací desky FT-UTB-8
- P 9 : Výkres dorazové desky FT-UTB-9
- P 10 : Výkres horní kotevní desky FT-UTB-10
- P 11 : Výkres opěrné desky FT-UTB-11
- P 12 : Výkres tažníku č.1 FT-UTB-12
- P 13 : Výkres střižníku č.1 FT-UTB-13
- P 14 : Výkres tažníku č.2 FT-UTB-14
- P 15 : Výkres tažníku č.3 FT-UTB-15
- P 16 : Výkres kalibrovacího nástroje FT-UTB-16
- P 17 : Výkres střižníku č.2 FT-UTB-17
- P 18 : Výkres střižníku č.3 FT-UTB-18
- P 19 : Výkres hledáčku FT-UTB-19
- P 20 : Výkres krytu ložiska FT-UTB-20
- P 21 : Výrobní postup základové desky
- P 22 : Výrobní postup střižníku č.1