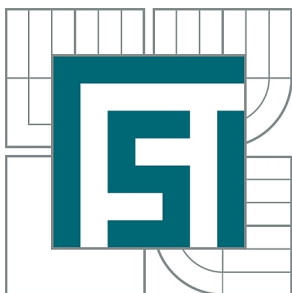




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA SOUČÁSTI "DRŽÁK" PLOŠNÝM TVÁŘENÍM

PRODUCTION SINGLE PARTS "BRACKET" FROM SHEET METAL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR BUCHTA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LADISLAV ŽÁK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Buchta

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

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

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

Výroba součásti "Držák" plošným tvářením

v anglickém jazyce:

Production single parts "Bracket" from sheet metal

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

z variantních návrhů technologií vybrat a navrhnout technologický postup výroby zadané součásti

Cíle bakalářské práce:

1. Zhodnocení technologičnosti výroby součásti.
2. Literární studie dané problematiky
3. Návrh technologie výroby součásti
4. Konstrukční řešení tvářecího nástroje
5. Ekonomické hodnocení

Seznam odborné literatury:

BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design. New York : Industrial Press, 2004. ISBN 0-8311-3182-9.

FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. Konstrukční oceli. Brno : CERM, 1996. ISBN 80-85867-95-8.

KOTOUČ, Jiří, et al. Tvářecí nástroje. ČVUT. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1993. ISBN 80-01-01003-1.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 27.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

BUCHTA Petr: Výroba součástí "Držák" plošným tvářením.

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia předkládá návrh výroby ocelového držáku z materiálu 11 373, stříháním a následným ohýbáním. Hlavním tématem práce bylo vytvořit nástroje, které by umožnily jednoduchou a levnou výrobu součástí. Nástroje byly konstruovány a vyráběny na základě literárních studií problematik, spojenými se stříháním a ohýbáním. Funkční části nástrojů jsou vyrobeny z nástrojových ocelí třídy 19.

Klíčová slova: stříhadlo, ohýbadlo, tváření za studena, tvářecí nástroje, konstrukce nástrojů.

ABSTRACT

BUCHTA Petr: Production single parts "Bracket" from sheet metal

The project which was developed in the framework of a bachelor's degree submits a proposal of production of steel material 11373, shearing and subsequent bending. The main topic of this thesis was to create tools that would allow a simple and inexpensive production of components. Tools have been designed and manufactured on the basis of literary studies issues, associated with shearing and bending. The function parts of the instruments are made of tools steel class 19.

Key words: shear tool, bending tool, cold forming, metal forming tools, construction tools.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUCHTA, Petr. *Výroba součástí "Držák" plošným tvářením*. Brno, 2013. 58 s, 9 výkresů, 7 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Návrh výroby součásti automobilové brzdy vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 23. 05. 2013

.....
Petr Buchta

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu své bakalářské práce Ing. Ladislavu Žákovi, Ph.D. za konzultace a cenné rady spojené s touto bakalářskou prací. Dále chci poděkovat Ing. Jiřímu Svobodovi za cenné technické rady a připomínky při zpracovávání této bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	11
1 PŘEDSTAVENÍ DANÉ PROBLEMATIKY	12
1.1 CHARAKTERISTIKA SOUČÁSTI	12
1.1.1 Materiál pro výrobu součástí	12
1.2 METODY VÝROBY SOUČÁSTI	13
1.3 ZHODNOCENÍ VÝROBY SOUČÁSTI	13
2 STŘÍHÁNÍ	14
2.1 STŘÍŽNÝ PROCES A JEHO PRŮBĚH	14
2.1.1 Střížný odpor	16
2.1.2 Střížná síla a práce	17
2.1.3 Střížná vůle	18
2.2 STROJE A NÁSTROJE NA STŘÍHÁNÍ	19
2.3 ČÁSTI POSTUPOVÉHO STŘÍŽNÉHO NÁSTROJE	20
2.3.1 Střížníky střížnice	21
2.3.2 Rozměry funkčních částí stříhadel	22
2.4 MATERIÁLY STŘÍŽNÝCH NÁSTROJŮ	24
3 OHÝBÁNÍ	25
3.1 PRŮBĚH OHÝBÁNÍ V LISOVADLECH	25
3.1.1 Napětí a deformace při ohybu	25
3.1.2 Odpružení při ohybu	26
3.1.3 Poloměr ohybu	27
3.1.4 Vůle mezi činnými částmi stroje	28
3.1.5 Stanovení rozvinuté délky polotovaru	28
3.1.6 Velikost ohýbací síly a práce	29
3.2 NÁSTROJE NA OHÝBÁNÍ	30

3.3 OHYBNÍK A OHYBNICE	30
3.3.1 Způsoby ohýbání	31
4 STŘIŽNÝ NÁSTROJ – KONSTRUKCE	32
4.1 DÉLKY STŘIŽNÝCH HRAN	32
4.2 STŘIŽNÉ SÍLY	33
4.3 VÝPOČET VŮLE PRACOVNÍCH ČÁSTÍ STŘIHADLA	34
4.4 PRACOVNÍ KROKY NÁSTROJE.....	34
4.4.1 Varianty nástřihového plánu	35
4.4.2 Výchozí varianta nástřihového plánu	36
4.4.3 Výpočet využití materiálu a ekonomické využití plechu	37
4.5 KONTROLA STŘIŽNÍKŮ A STŘIŽNIC.....	38
4.6 VÝPOČET TĚŽIŠTĚ STŘIŽNÝCH SIL	39
4.7 SOUČÁSTI STŘIŽNÉHO NÁSTROJE.....	40
4.7.1 Rozměry, tolerance součástí a jejich výpočty	40
4.7.2 Popis střižného nástroje.....	42
5 OHYBOVÝ NÁSTROJ – KONSTRUKCE	45
5.1 VÝPOČET NEUTRÁLNÍ OSY	45
5.2 VÝPOČET VELIKOSTI SÍLY POTŘEBNÉ NA OHYB	47
5.3 VELIKOST ZAOBLENÍ HRAN OHYBNICE	48
5.4 VELIKOST VŮLE MEZI OHYBNÍKEM A OHYBNICÍ	48
5.5 KONTROLA POLOMĚRU OHYBU	48
5.6 POPIS NÁSTROJE PRO OHYB.....	48
5.6.1 Vyhazovací mechanismus	50
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	51
6.1 CENA MATERIÁLU NA VÝROBU VŠECH VÝROBKŮ	51
6.2 CENA NÁSTROJŮ	52
6.3 NÁKLADY NA VÝROBU SOUČÁSTI.....	54
7 ZÁVĚR.....	55

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých zkratk a symbolů

Seznam výkresů

Seznam příloh

ÚVOD

Technologie tváření patří mezi hlavní oblasti strojího průmyslu. Do oblasti zpracování materiálů patří také obrábění, svařování a slévání. Každá z těchto oblastí je specifická a má řadu výhod a nevýhod. U procesu tváření nedochází vlivem působení nástroje na materiál k porušení soudržnosti materiálu.

Plošné tváření můžeme dále rozdělit na objemové a plošné. U obou procesů je díky vnějším zatěžujícím silám vyvolána plastická deformace. Při plošném tváření se zpracovává materiál ve formě plechů, a to bez výrazné změny tloušťky. Radíme sem např. stříhání, ohýbání, tažení. Při objemovém tváření dochází k podstatné změně průřezu, a to často za zvýšené teploty. K těmto metodám řadíme např. pěchování, protlačování, kování.

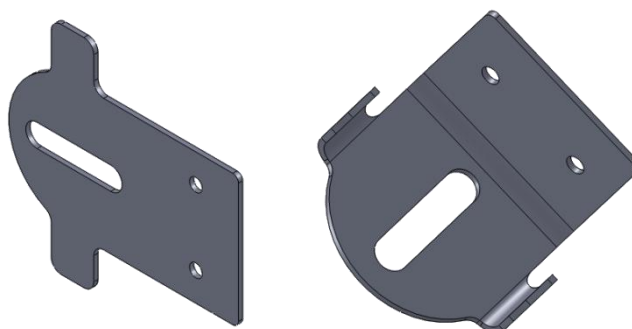
Má práce se bude zabývat technologií plošného tváření při výrobě součástí. Zvláště pak problematikou stříhání, ohýbání, konstrukcí a výrobou nástrojů určených k výrobě dané součásti.



Obr. 1 Výlisky z plechu [25]

1 PŘEDSTAVENÍ DANÉ PROBLEMATIKY

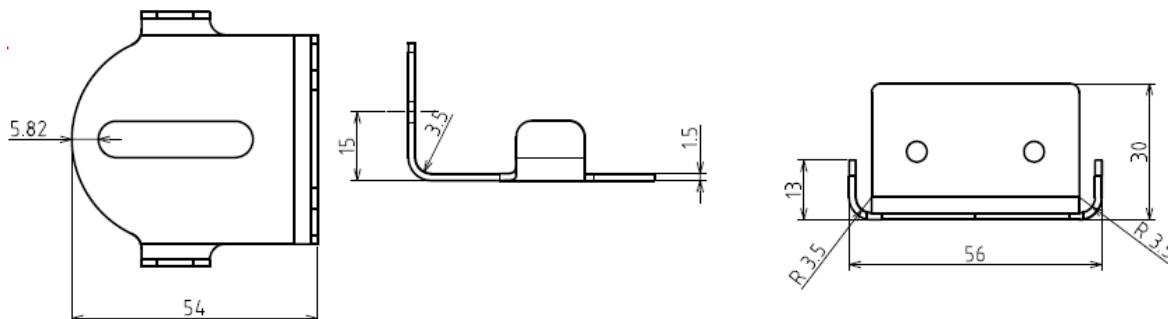
Bakalářská práce byla vypracována v soukromé firmě, která se zabývá konstrukcí a výrobou nástrojů pro plošné tváření, malosériovou výrobou strojních součástí, komponentů pro střížné nástroje na konvenčních strojích a CNC elektroerozivních drátových řezačkách. Tato práce je zaměřena zvláště na problematiku a konstrukci střížných a ohýbacích nástrojů, které zajistí výrobu součástí "Držáků" viz. obr. 2. Výkresy součástí (příloha 1) pocházejí z nejmenované firmy, jež si objednala nástroje na výrobu součástí.



Obr. 2 Vyráběná součást "Držák"

1.1 Charakteristika součásti

Součást bude vyráběna z materiálu 11 373, což je materiál vhodný pro tváření za studena. Tvarová součást zahrnuje dva kruhové otvory a drážku. Tloušťka materiálu bude 1,5 mm. Náčrty součásti můžeme vidět na obrázku, obr. 3.



Obr. 3 Náčrty součásti

1.1.1 Materiál pro výrobu součásti[8] [11] [23]

Na výrobu součásti použijeme ocel s označením dle ČSN: 11 373. Příslušné značení v normě DIN 1614/86 T1, T2: USt 37-2. Příslušné označení EN 10111/98: S 235 JR.

Jde o dobře tvárnou ocel pro výrobu méně namáhaných částí. Její chemické složení a mechanické vlastnosti najdeme v tab. 1.

Tab. 1 Chemické složení a mechanické vlastnosti [8] [11]

Označení oceli	Pevnost v tahu R _m [MPa]	Tažnost A ₈₀ [%]	C % max	S % max	P % max	N % max
11 373	325-490	16	0.17	0.045	0.045	0.007

1.2 Metody výroby součástí

Pokud budeme brát ohled na rozměr součásti tvar a jeho materiál, můžeme použít několik odlišných možností výroby. Mezi běžné metody výroby můžeme zařadit např: výrobu za použití dvou samostatných nástrojů, postupového nástroje nebo pomocí nekonvenčního způsobu (dělení laserem, plazmou, atd.) v kombinaci s ohýbadlem. Tyto metody můžeme vidět na obr. 4. To jaký ze způsobů zvolíme, ovlivňuje také finanční náročnost a stanovená série vyráběných kusů

- Použití nekonvenčních metod - Tato metoda zahrnuje vyřezání rozvinutého tvaru součásti pomocí laseru, plazmy atd. Po tomto procesu následuje ohýbání do požadovaného tvaru na ohýbadle. Metoda je ovšem velmi nevhodná z důvodů dlouhých výrobních časů a je velmi ekonomicky náročná.
- Použití sdruženého nástroje - V této metodě je velikou výhodou produktivita neboť stříh a ohyb provádí jeden nástroj. Odpadá zde manipulace s materiálem mezi nástroji, zkracují se výrobní časy a na výrobu stačí jeden lis. Naproti těmto výhodám jsou ovšem větší náklady na výrobu, složitější nástroje a větší tvářecí síly.
- Použití dvou lisovacích nástrojů - Rozvinutý tvar součásti je vyroben na postupovém střížném nástroji a poté ohnut na ohýbacím nástroji. Výhodou jsou zde jednoduché tvářecí nástroje s nízkými náklady na výrobu a použití lisů s menšími tvářecími silami než u sdruženého nástroje. Naopak nevýhodou je manipulace s materiálem mezi nástroji, což zvyšuje výrobní časy.



Obr. 4 Metody zpracování plechu [20] [22] [24]

1.3 Zhodnocení metod výroby

Vzhledem k požadavku firmy zkonstruovat dva samostatné lisovací nástroje a k počtu vyráběných kusů, která činí 50 000 ks/rok, byla zvolena třetí varianta a to použití dvou lisovacích nástrojů. V prvním kroku se tedy bude stříhat rozvinutý tvar součásti a poté bude následovat ohýbání do požadovaného tvaru.

2 STŘÍHÁNÍ [2] [6]

Technologie stříhání patří mezi nejběžnější a nejpoužívanější metodu plošného tváření, která slouží k dělení kovů ve strojírenské výrobě. Je to způsob jak materiály v různé podobě – plechy, tyče, profily, dále zpracovávat. Podstatou stříhání je oddělovat z nich část materiálu, jako polotovary určené k dalšímu zpracování nebo zhotovit tvary určité přesnosti. Takto vyrobené součásti se nazývají výstřižky nebo výlisky, výrobky vznikají za použití stroje-lisu.

Proces spočívá v tom, že bříty nože nůžek, nebo střižné hrany nástrojů, se vtlačují do materiálu z obou stran a oddělují ho v celém průřezu. U kovových materiálů dochází k oddělování buď postupně, nebo současně podél křivky stříhu. Tuto křivku tvoří obvod výstřižku, střižníku nebo střižnice.

2.1 Střižný proces a jeho průběh [1] [2] [7] [13]

Střižný proces je velice progresivní metoda na zpracování kovů. Musíme však dodržovat některá pravidla, kterými se řídí.

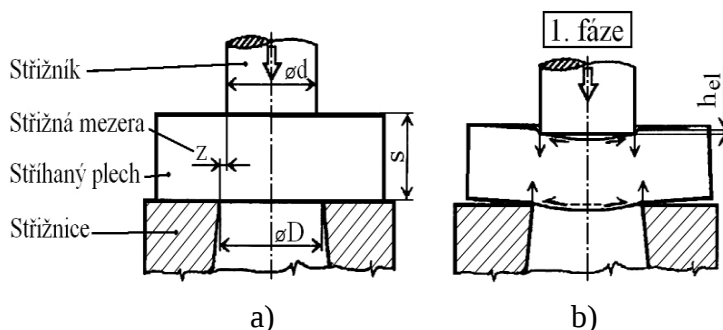
Jsou to:

- Technologičnost tvaru součásti, jako zeslabení tloušťky hrany podél střižné plochy a zaoblení
- Materiál vhodný pro stříhání, ten má za následek drsnost střižné plochy
- Zpevnění střižné plochy, které je průvodním, ale nežádoucím jevem
- Prohnutí výstřižků což způsobuje ohybový moment střižné síly

Těmto nedokonalostem je možné zabránit nebo je minimalizovat pomocí různých metod (prostříhování, přesné stříhání, atd.), přidruženými operacemi (kalibrování), toto má však za následek růst nákladů výroby.

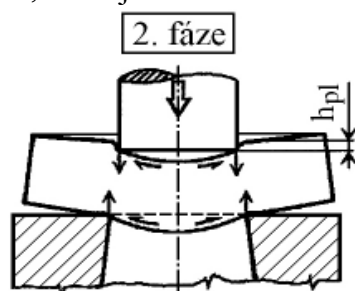
Průběh celého střižného procesu rozdělujeme do tří fází. Jako konkrétní ukázka bude popsán průběh stříhání (prostříhování) ve stříhadle uzavřenou křivkou stříhu danou obvodem střižníku a střižnice. V první fázi dosedá střižník na povrch stříhaného materiálu. Ve fázi druhé dochází k trvalému přetvoření stříhaného materiálu. Ve třetí fázi vznikají tzv. trhlinky, ty se dále šíří a dochází k oddělení výstřižku.

V první fázi (obr. 5), kdy po dosednutí střižníku na stříhaný materiál, nastává pružná deformace stříhaného materiálu. Mez pružnosti je přitom větší než napětí v tvářeném kovu. Hloubka vniku střižníku je v této fázi závislá hlavně na mechanických vlastnostech materiálu, bývá 5 až 8% jeho tloušťky. Na obr. 6 můžeme vidět jak dochází, v rovinách kolmých ke střižným plochám, ke vzniku silových dvojic, protože stříhaný materiál je namáhán silou, která působí v ploše mezi obvodem střižníku a střižnice a tyto síly materiál ohýbají. Stříhaný materiál se tedy na straně střižníku vtahuje a na straně střižnice vytlačuje.



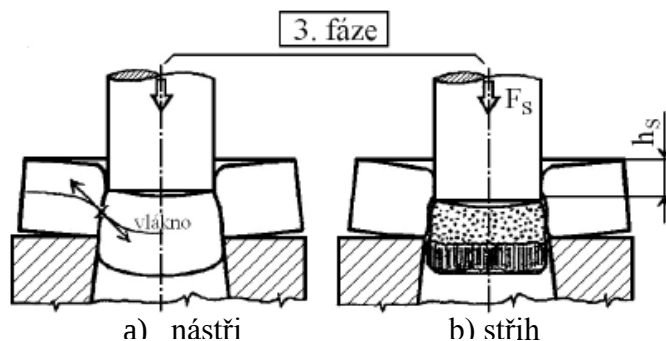
Obr. 5 Dosednutí střižníku a pružná deformace [12]

V druhé fázi (obr. 6) průběhu střížného procesu dochází k trvalé deformaci. Příčinou je napětí, které je větší než mez kluzu stříhaného materiálu. Hloubka vniku střížníku bývá 10 až 25% tloušťky plechu, je ale zcela závislá na mechanických vlastnostech materiálu.



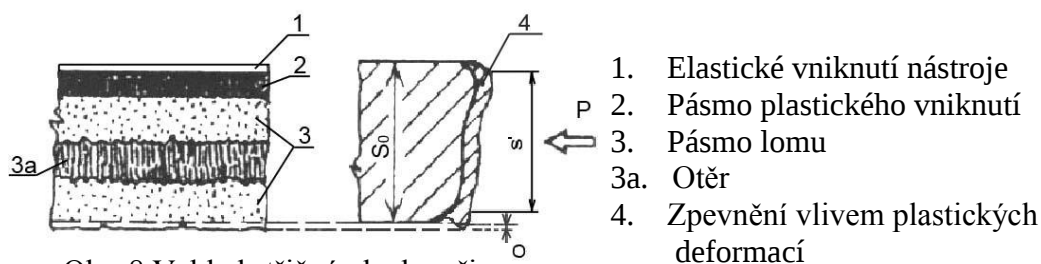
Obr. 6 Plastická deformace [19]

V třetí fázi dochází k úplnému dělení materiálu. Nejprve dochází k namáhání materiálu nad mez pevnosti ve stříhu. U hran střížnice a střížníku vznikají trhlinky (nástřihy), (obr. 7a). Tyto trhlinky vznikají za podpory napětí, které je ve stříhaných vláknech zpracovávaného materiálu. Vzniklé trhlinky se rychle šíří, až se trhlinky setkají a dojde k oddělení výstřížku od výchozího materiálu (obr. 7b). Mechanické vlastnosti materiálu mají v této fázi za následek mimo jiné také rychlost šíření trhlinek. Poté je součást protlačována střížníkem skrze střížnici.

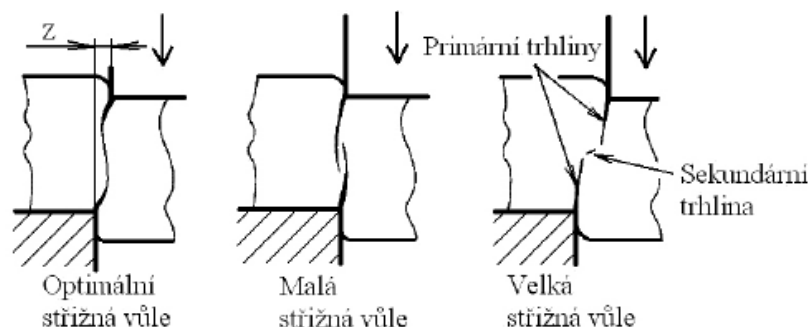


Obr. 7 Třetí fáze stříhu [19]

Dalším z mnoha faktorů je při střížném procesu i střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí. Tato vůle zapříčiní, že se trhliny setkají a vytvoří stříhaný průřez, který je tvořen jednou plochou-bez otřepu (obr. 8). Pokud by střížná vůle byla velká nebo naopak malá (obr. 9), trhliny se nesetkají a vzniká nám nerovný povrch v ploše stříhu. Hloubka vniknutí střížných hran do tvrdého a křehkého kovového materiálu bývá 10 %. U měkkých a houževnatých materiálů bývá vniknutí střížných hran až 60 %.

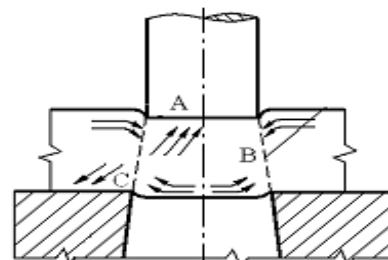


Obr. 8 Vzhled střížné plochy při optimální střížné vůli [16]



Obr. 9 Vlivy střížných vůlí na vznik střížné plochy [12]

Napětí a velikosti tlaků, které se nacházejí v místech, kde působí nástroj na stříhaný materiál, jsou velmi důležité pro životnost stříhadel, jejich přesnosti a účinnosti. Tyto stavy napětí a deformace jsou charakterizovány mechanickými schématy deformace, jak můžeme pozorovat na obr. 10. V oblasti A, pod plochou střížníku při stříhání vzniká nestejnorodá prostorová napjatost, skládá se ze dvou tlakových a jednoho tahového napětí. V oblasti B, uprostřed plochy stříhu vzniká nestejnorodá rovinná napjatost i deformace, je splněna podmínka čistého smyku, kdy je tlakové napětí nulové.



Obr. 10 Schéma napjatosti a deformace při uzavřeném stříhání [12]

2.1.1 Střížný odpor [1] [2] [7] [18]

Střížný odpor závisí na řadě činitelů, zejména na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu. Tento odpor je schopnost materiálu bránit svému oddělení. Obecný vzorec pro stanovení střížného odporu je vidět v rovnici (2.1), který se v praxi používá pro výpočet přibližné hodnoty střížného odporu.

$$\tau_s = \frac{F_s}{S_s} \quad (2.1)$$

kde: τ_s - střížný odpor [MPa]

F_s - střížná síla [N]

S_s - plocha stříhu [mm²]

Pokud roste pevnost materiálu a klesá tvárnost, střížný odpor vzrůstá. Na velikost střížného odporu mají velký vliv také střížné podmínky, tzn. rychlost stříhání, chlazení, mazání a další. Například střížný odpor roste s rostoucí rychlostí stříhu. Naopak při mazání nebo při zvětšující se tloušťce materiálu, pravidelností křivky stříhu a její rostoucí velikosti se střížný odpor zmenšuje.

Vhodným ukazatelem tvárnosti stříhaného materiálu je hloubka vniku nástroje do materiálu do okamžiku tvoření nástřihu (tab. 2).

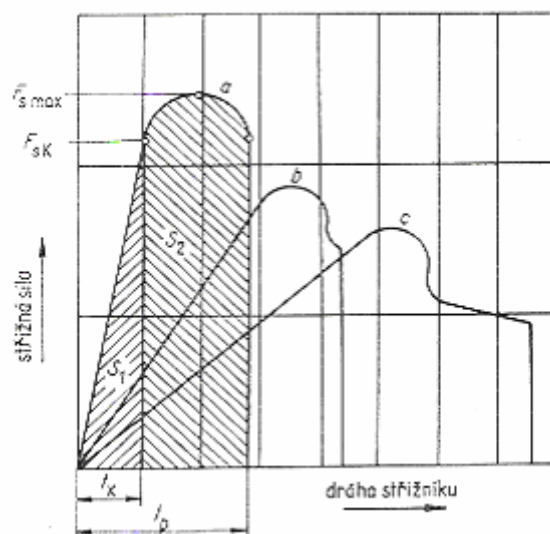
Tab. 2 Poměrná hloubka vniku střížníku do materiálu při určité tloušťce materiálu. (Údaje jsou pro normální střížné vůle). [1]

Materiál	Tloušťka materiálu [mm]			
	do 1	1 až 2	3 až 4	Nad 4
Ocel měkká $\tau_s = 250 - 350$ MPa	0,75 – 0,70	0,70 – 0,65	0,65 – 0,55	0,50 – 0,40
Ocel středně tvrdá $\tau_s = 350 - 500$ MPa	0,65 – 0,60	0,60 – 0,55	0,55 – 0,48	0,48 – 0,35
Ocel tvrdá $\tau_s = 500 - 700$ MPa	0,50 – 0,47	0,47 – 0,45	0,44 – 0,38	0,35 – 0,25
Hliník, měď (žíhané)	0,80 – 0,75	0,75 – 0,70	0,70 – 0,60	0,65 – 0,50

2.1.2 Střížná síla a práce [1] [2] [13] [18]

Aby bylo možno vůbec výrobek vyrobit je nutný, mimo stříhadla, ještě vhodný lis. Zjištění střížné síly je nutné k tomu, abychom zamezili přetížení lisu a tím i jeho poškození. Pracovní průběh, kdy vniká střížník do kovu, nazýváme pracovní zdvih. V průběhu pracovního zdvihu se střížná síla mění. Průběh střížné síly je různý pro různé materiály a je naznačen na obrázku 11. Křivka a) značí průběh střížné síly pro materiály s malou tvárností při normální střížné vůli (kde $S_1 + S_2 = \text{plocha střížné práce}$).

Křivka b) zakresluje průběh střížné síly s větší tvárností při větší střížné vůli a křivka c) ukazuje průběh střížné síly pro tvárné materiály s malou střížnou vůlí.



Obr. 11 Graf průběhu střížné síly [9]

Maximální střížnou silou můžeme obecně určit ze vztahu.

$$F_s = k \cdot S \cdot \tau_s = k \cdot l \cdot s \cdot \tau_s \quad (2.2)$$

kde: F_s - střížná síla [N]

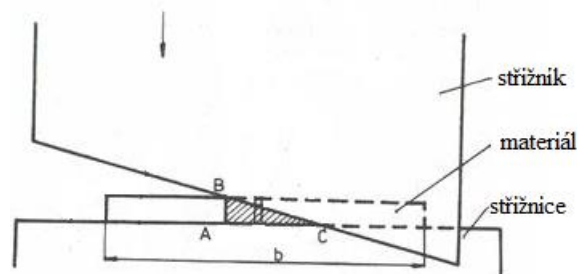
k - opravný koeficient ($n=1$ až $1,3$) zahrnuje nerovnoměrnou tloušťku stříhaného materiálu, napjatost a stav ostří

S - plocha stříhu ($S=t \cdot l$) [mm²]

l - délka stříhu [mm]

s - tloušťka stříhu [mm]

Velikost střížné síly se může snížit různými zkoseními střížných břitů. Průběh stříhu je pak postupný a střížná síla klesá. Rozhodujícím pro střížnou sílu je velikost střížné hrany a tloušťky – plochy trojúhelníku (obr. 12 body ABC). Zkosení na střížnici se provádí při vystřihování, pokud chceme zajistit, aby vystřižený tvar (výstřížek) byl rovný a odpad ohnutý. Naopak zkosením střížníku je výstřížek (odpad) ohnutý. U postupových nástrojů je možné střížnou sílu snížit postupným stříhem, to docílíme různou délkou střížníků.



Obr. 12 Stříhání šikmými noži [14]

Střížná síla a hloubka vtlačení nástroje do materiálu je přímo úměrná střížné práci, kterou potřebujeme vynaložit na vystřížení součásti. Na obr. 11 tedy můžeme pozorovat velikost střížné práce. Takto vykonaná práce je součinem síly a dráhy (plocha ohraničená čarou střížné síly a dráhou střížníku). Práci tedy můžeme vypočítat pomocí vzorce, kdy pro jednoduchost uvažujeme maximální hodnotu vniku střížníku do materiálu 60 %.

$$A = F_s \cdot 0,6 \cdot \frac{s}{1000} \quad (2.3)$$

kde: A - střížná práce odpor [J]

2.1.3 Střížná vůle [1] [2] [6] [13] [18]

Při stříhání plechů běžným způsobem nedosahujeme zvláštní kvality povrchu stříhu. Střížná plocha na výstřížku bývá mírně zkosená s drsným povrchem, vytaženou ostřinou a kolem čáry stříhu je materiál zpevněn. Při ostříhování se dosahuje drsnosti $R_a = 3,2$ až $6,3$ a při děrování $R_a = 2,5$ až $6,3$. Kvalita a povrch stříhu závisí zejména na:

- vlastnostech stříhaného materiálu
- druhu a stavu nástroje
- charakteru geometrického tvaru stříhaného obrazce
- kvalitě povrchu a přesnosti činných částí střížníku a střížnice

Na tyto charakteristiky má velký vliv střížná vůle, ta rozhoduje o velikosti nákladů na údržbu stříhadel, a je závislá na druhu a tloušťce materiálu. Volí se orientačně podle tab. 3, kde dolní hodnoty střížné vůle jsou pro tenké plechy.

Tab. 3 Orientační velikost střížné vůle [1]

Materiál	Střížná vůle (% v)	
	do 2,5 mm	2,5 až 6 mm
Ocel měkká	5	7 až 8
Ocel středně tvrdá	6	6 až 8
Ocel tvrdá	7 až 9	7 až 10
Hliník	4 až 7	5 až 9
Dural	7 až 8	7 až 10
Měď měkká	4 až 5	5 až 6
Měď polotvrdá a tvrdá	6 až 7	6 až 7
Mosaz měkká	4 až 5	4 až 6
Mosaz polotvrdá a tvrdá	5 až 6	5 až 7

Pokud chceme čistý stříh a břity nástrojů udržet co nejdéle ostré, musíme dodržet správnou velikost střížné vůle, která nám zaručí i správný střížný odpor. Střížná mezera se stanovuje výpočtem podle Oehlera.

Pro plech do 3 mm

$$m = \frac{v}{2} = 0,032 \cdot c \cdot t \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.4)$$

Pro plech nad 3 mm

$$m = \frac{v}{2} = 0,032 \cdot (1,5 \cdot c \cdot t - 0,15) \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.5)$$

kde: m - střížná mezera [mm]

c - součinitel závislý na stupni stříhu (0,005 až 0,025)

v - střížná vůle [mm]

Součinitel závislý na stupni stříhu se volí nižší pro dosažení kvalitního povrchu. Pokud bychom požadovali střížnou sílu co nejmenší, hodnoty součinitele volíme vyšší. Velikost střížné vůle se při opotřebení nástroje mění, zvětšuje se a dochází k ohybu stříhané části.

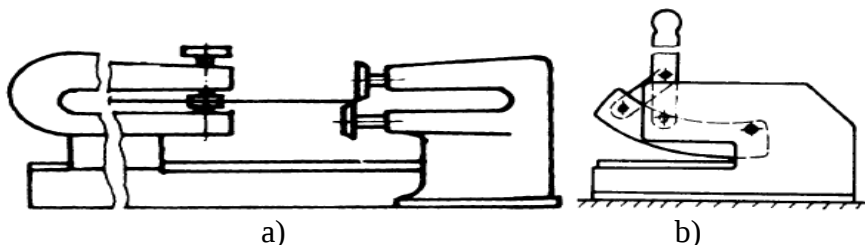
2.2 Stroje a nástroje na stříhání [13] [15] [17]

Při dělení materiálu používáme nejrůznějších strojů a nástrojů. Pokud se jedná o stroje, každý je určen ke konkrétnímu použití

Příklady strojů: -Nůžky (pákové obr. 13a, tabulové, kotoučové obr. 13b)

-Pily (pásové, kotoučové)

-Lisy (mechanické, hydraulické)



Obr. 13 Střížné stroje [17]

Nástroje, které se používají při stříhání, mohou mít nerůznější konstrukci. Podle této konstrukce můžeme poznat, jaký materiál bude stříhán, popřípadě jak bude vypadat výrobek. Tyto nástroje nazýváme střížné nástroje nebo také stříhadla.

Stříhadla rozdělujeme do několika skupin

- Jednoduchá (na jeden pracovní úkon, např. děrování)
- Postupová (pro dva nebo více pracovních úkonů stejného druhu, viz. kapitola 2.3)
- Sloučená (při zhotovení výlisku najednou, sloučením několika pracovních úkonů stejného druhu)
- Sdružená (provádí pracovní úkony různého druhu, např. výstřih a tažení, atd.)

Stříhání na stříhadlech zahrnuje širokou oblast technologií. Tyto technologie lze provést na jednu nebo více operací současně. To znamená vyrobit současně jednu nebo více součástek jak je uvedeno v tab. 4.

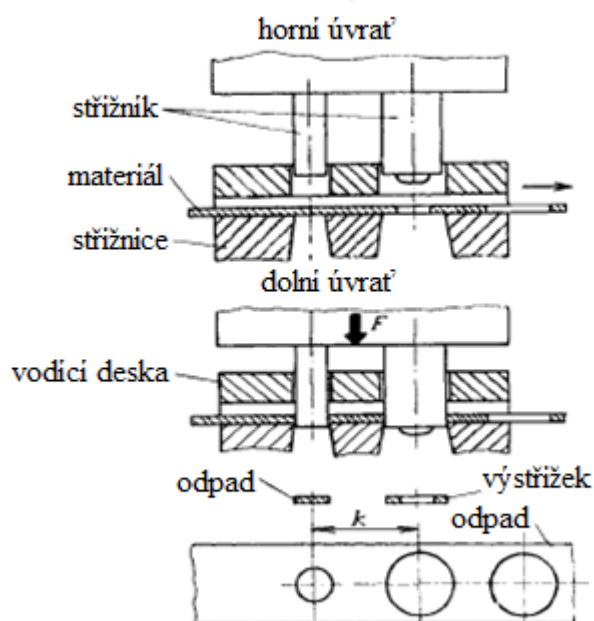
Tab. 4 Dělení stříhacích operací [17]

nástroj	vykoná na 1 zdvih						
	1 operace	více operací				součástek	
		téhož druhu	různého druhu	bez posuvu	s posuvem	hotov.	rozprac.
jednoduchý	X					1	0
postupový		X			X	1	více
sloučený		X		X		více	0
sdužený			X	X		1	0

2.3 Části postupového střížného nástroje [13] [14]

Postupové stříhadlo je nástroj který výstřížek zhotovuje na několik kroků. Jeho funkci vidíme na obr. 14. Posuv pásu plechu je z leva doprava. Použitím načínacích dorazů jsou zajištěny počáteční polohy pásu plechu. Na první zdvih je vystříhnout otvor s menším průměrem. Materiál, který propadává střížnicí je v tomto případě odpad. Následuje posunutí pásu ke druhému načínacímu dorazu. Při druhém zdvihu je vystříhnout opět otvor s malým průměrem a také samotný výstřížek. Pás plechu je dále posunut a polohu nyní zajišťuje pevný doraz a celý proces se opakuje. Takto funkční nástroj je zhotoven z mnoha součástí, jako jsou:

- Střížníky
- Střížnice
- Desky (kotevní, základové, opěrné...)
- Vodící lišty
- Vodící čepy
- Vodící pouzdra
- Dorazy
- Hledáčky
- Ostatní drobné součásti

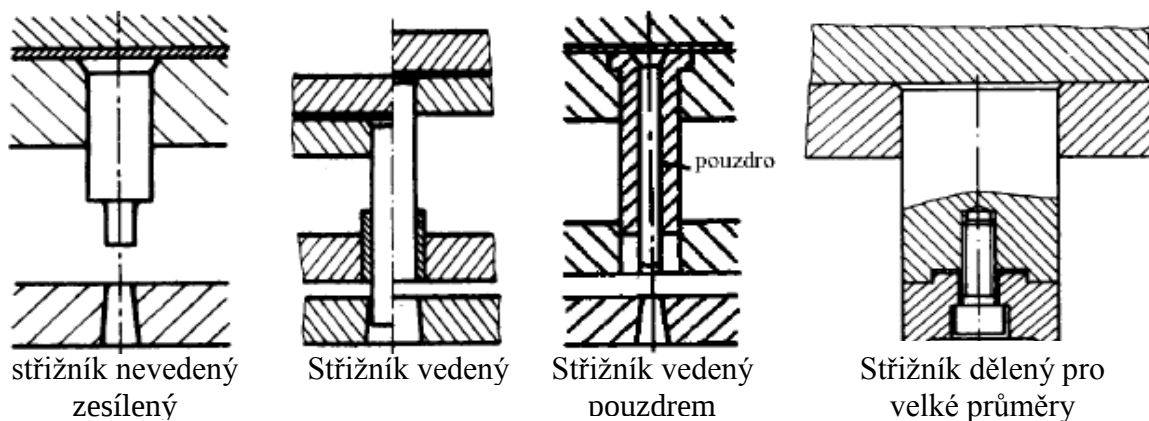


Obr. 14 Postupový střížný nástroj [14]

2.3.1 Střížníky a střížnice [13] [21]

Jsou to nejdůležitější části střížného nástroje. Střížníky jsou funkční části střížného nástroje, které mají nejrůznější konstrukci (obr. 15). Největší nároky jsou kladeny na tuhost,

Střížníky se zpravidla kontrolují na vzpěr (rovnice 2.7) a na otláčení (rovnice 2.6).



Obr. 15 Konstrukce střížníků [23]

Kontrola na otláčení se provádí z důvodu vtlačování střížníku do upínací desky při stříhání. Díky kontrole střížníku na vzpěr je pak určena jejich kritická střížná délka.

Kontrola upínací desky na otláčení.

$$\sigma_{OP} = \frac{F_C}{S} \leq \sigma_{DOV} \quad (2.6)$$

kde: σ_{OP} - napětí upínací desky [MPa]

σ_{DOV} - Dovolené napětí materiálu upínací desky [MPa]

Kontrola střížníku na vzpěr

$$l_K = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot F_C}} \geq l_s \quad (2.7)$$

kde: l_K - kritická délka střížníku [mm]

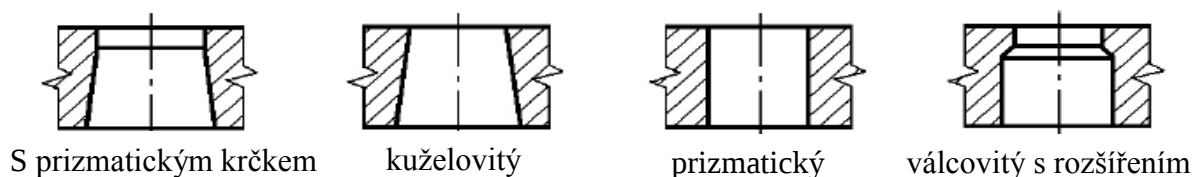
I - moment setrvačnosti průřezu střížníku [mm⁴]

E - modul pružnosti v tahu [MPa]

μ - koeficient bezpečnosti (1,5 až 2)

l_s skutečná délka střížníku [mm]

Střížnice jsou nejdražší funkční částí nástroje a mají různé tvary. Tvar a velikost střížnice závisí hlavně na tvaru a velikosti vyráběné součásti. Výška střížnice se volí podle tloušťky stříhaného materiálu, neměla by však být menší než 15mm. Základní tvary střížnic jsou nakresleny na obr. 16.



Obr. 16 Základní typy střížnic [17]

Při kontrole střížnic je kontrolována jejich minimální tloušťka. Uvažujeme, že střížnice je rovinná deska, oboustranně podepřená a namáhána ohybem. Výpočet tedy vychází z Oehlerova vztahu.

$$H = \sqrt{\frac{25 \cdot F_c}{\sigma_o}} \leq H_s \quad (2.8)$$

kde: H - kritická výška střížnice [mm]

σ_o - dovolené napětí v ohybu [MPa]

H_s - skutečná výška střížnice [mm]

2.3.2 Rozměry funkčních částí stříhadel [1] [5] [26]

Na výsledky stříhání mají konečný vliv rozměry střížnic a střížníků a jejich tolerance. Proto při navrhování těchto činných částí musíme dbát na to, aby rozměry činných částí zajistily potřebné tolerance výrobku. Jako dalším důležitým faktorem je opotřebování činných částí, které mají vliv na výsledný rozměr výrobku. Při navrhování nástroje nesmíme zapomenout, že jedna pracovní část (střížník nebo střížnice) je hlavní. To znamená, že rozměr pracovní část je totožná s rozměrem a příslušnými tolerancemi výrobku.

Při vystřihování, kdy výstřížek je výrobek, potřebujeme zajistit shodný rozměr střížnice s rozměrem výstřížku s ohledem na její opotřebení. Proto je důležité většinu tolerance součásti přenést na střížnici kde slouží jako přídavek na opotřebení. Jmenovitý rozměr střížnice se vypočítá ze vzorce (2.9) a jmenovitý rozměr střížníku podle vzorce (2.10).

$$REV = (JR - \Delta) + TE \quad (2.9)$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) - TA \quad (2.10)$$

kde: REV - jmenovitý rozměr střížnice u vystřihování [mm]

RAV - jmenovitý rozměr střížníku u vystřihování [mm]

JR - jmenovitý rozměr výstřížku [mm]

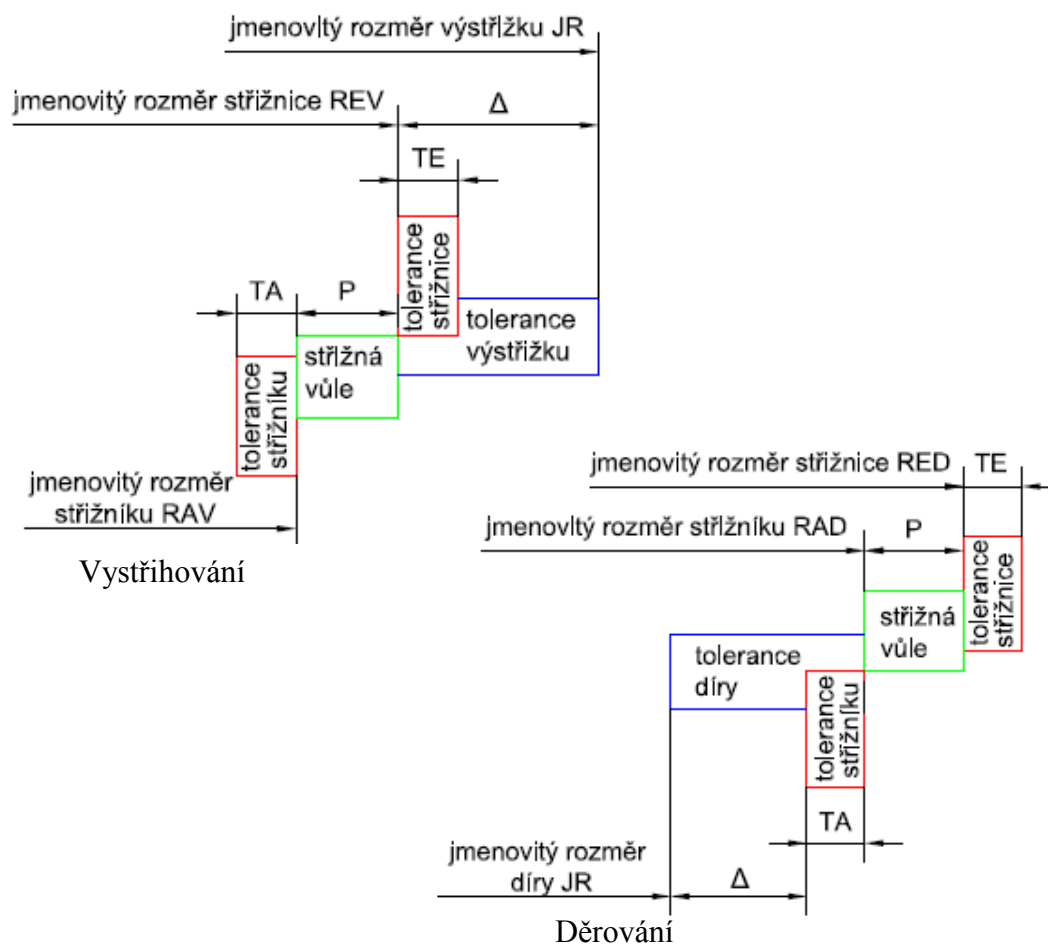
P - střížná vůle [mm]

TE - tolerance střížnice [mm]

TA - tolerance střížníku [mm]

Δ - tolerance rozměru [mm]

Na obr. 17 jsou schematicky znázorněny rozměry a tolerance střížníků a střížnic při vystřihování a při děrování.



Obr. 17 Rstřížníků, střížnic a jejich tolerance [19]

Při děrování, kdy výstřížek je odpad, není nutné zajistit, aby byl rozměr střížníku shodný s rozměrem díry. Proto se větší část tolerance rozměru díry přenáší na střížník. Jmenovitý rozměr střížníku se poté vypočítá pomocí vzorce (2.11), a jmenovitý rozměr střížnice podle vzorce (2.12).

$$RAD = (JR + \Delta) - TA \quad (2.11)$$

$$RED = (JR + \Delta + P) + TE \quad (2.12)$$

kde: RED - jmenovitý rozměr střížnice u děrování [mm]

RAD - jmenovitý rozměr střížníku u děrování [mm]

2.4 Materiály střížných nástrojů [1] [2] [8]

Tyto materiály můžeme rozdělit do dvou skupin. Na materiály které používáme na činné části stroje a na materiály, které svými vlastnostmi postačí ke konstrukci ostatních částí nástroje.

Činné části nástroje se zpravidla konstruují z nástrojových ocelí. Rozdělení těchto materiálů najdeme v tab. 5.

Tab. 5 Nástrojové oceli pro různé typy stříhadel [2]

Typ oceli	Značení dle ČSN	Použití
Ledeburitické	19 436, 19 437, 19 438, 19 572, 19 571, 19 581	Na stříhadla s malým nárokem na houževnatost a dobrými střížnými podmínkami
Nízkolegované	19 312, 19 713, 19 422, 14 200	Vhodné pro střížníky, vyznačují se velkou rozměrovou stálostí
Pro velké tlaky	19 655, 19 614, 19 662	Pro stříhadla vystavená velkým střížným silám a vylamování břitů
Odolné proti rázu	19 356, 19 421	Odolné proti velkým rázům
	19 733, 19 732, 19 740, 19 452	Pro stříhadla vystavená velkým rázům a namáhaná na ohyb a tlak
Uhlíkové oceli	19 221, 19 191, 19 222, 19 192, 19 152, 19 132	Pro málo namáhaná stříhadla a střížníky

Ostatní části střížného nástroje bývají konstruovány z konstrukčních ocelí (tab. 6). Tyto oceli jsou dobře obrobitelné s nižší pořizovací cenou, oproti nástrojové oceli. Při velkých rozměrech částí, které jsou málo namáhány, mohou být konstruovány z litin.

Tab. 6 Konstrukční používané na výrobu nástrojů [2]

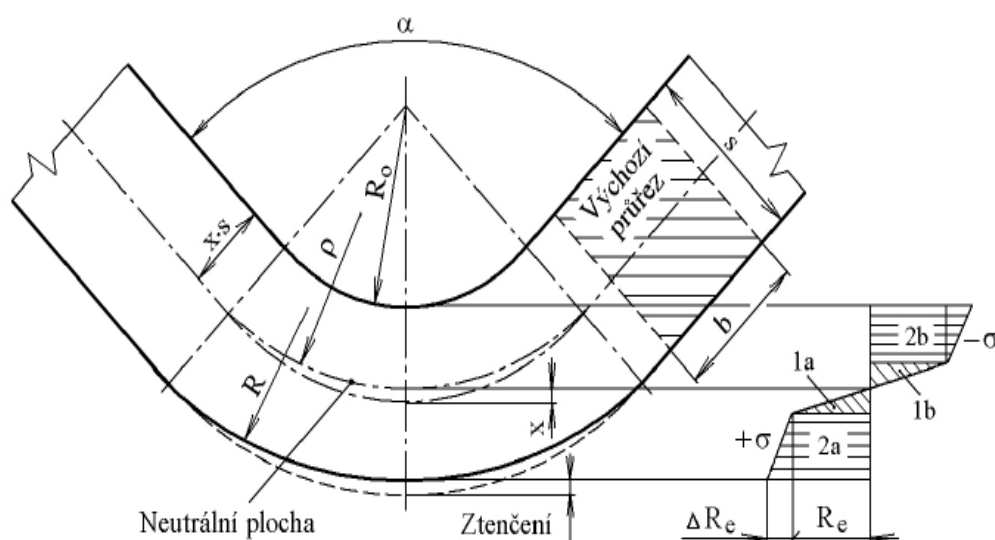
Typ oceli	Značení dle ČSN	použití	Tvrdost (HRC)
Neušlechtilé	11 107, 11 110	Na drobné součásti nástrojů	
	11 340, 11 370	Pro méně namáhané součásti, opěrné desky	
	11 373, 11 375, 11 353, 11 423, 11 523	Pro svařování konstrukčních dílů nástrojů	
	11 500, 11 600	Klíny, pera, upínací a kotevní desky	
Zušlechťovatelné	12 060, 12 061,	Stírače, upínací hlavice, stopky, opěrné vložky	50 až 58
	12 040, 12 090, 13 180, 14 180	Šroubové, talířové a listové pružiny	43 až 48
	14 260, 15 260	Nejnamáhanější pružinové součásti	45 až 46
	42 6450.2	Pružiny	popuštěno
Cementační	12 010, 12 020	Vodící sloupky a pouzdra	60 až 62
	14 120, 14 220	Součásti s velmi tvrdou cementační vrstvou	61 až 63
Na odlitky	42 2640, 42 2650	Pro rozměrné desky a jiné.	

3 OHÝBÁNÍ [1] [15]

Je další technologií plošného tváření, která ve strojírenské výrobě patří mezi velmi používané. Požadovaný tvar se získává trvalou deformací materiálu z polotovarů, jako jsou tyče, plechy, dráty, atd. Materiál se rovná nebo ohýbá vzniklým napětím od působící síly a ke změně tvaru dochází bez podstatné změny průřezu, pouze se mění poloměr zakřivení. Tento proces probíhá většinou za studena. Za tepla se ohýbají materiály křehké a tvrdé.

3.1 Průběh ohýbání v lisovadlech [1] [6] [21]

Napětí, jak vidíme na obr. 18, které je na vnitřní straně ohýbaného materiálu, je tlakové. Toto napětí se postupně směrem ke středu průřezu materiálu snižuje až k neutrální ose, kde je napětí nulové. Od neutrální osy k vnější straně ohýbaného materiálu napětí roste. Napětí na vnější straně ohýbaného materiálu je tahové. Neutrální osa se při ohýbání vzdaluje od těžiště směrem k vnitřní straně ohybu a to díky zmenšujícímu poloměru ohybu.

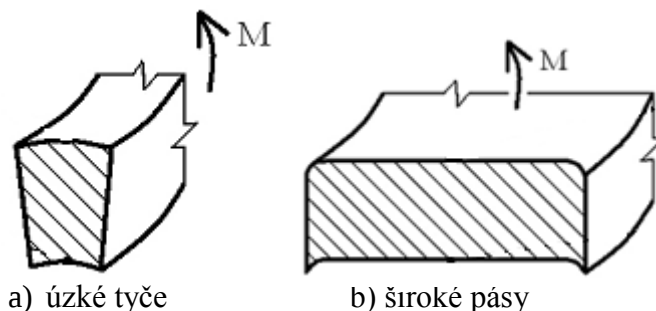


R_o - poloměr ohybu, α - úhel ohybu, x - posunutí neutrální plochy,
 ρ_1 - poloměr neutrální plochy, (1a, 1b) - oblasti pružných deformací,
(2a, 2b) - oblasti plastických deformací se zpevněním (R_e)

Obr. 18 Schéma ohybu [12]

3.1.1 Napětí a deformace při ohybu [1] [3] [12] [21]

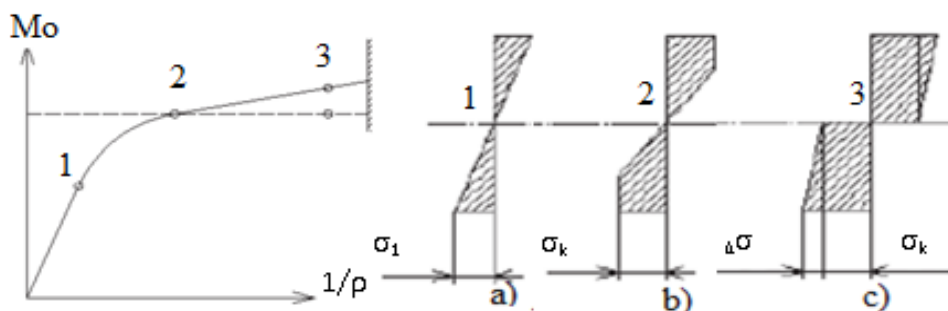
Při procesu ohýbání rozlišujeme dva způsoby ohýbání, a to ohyb úzkých tyčí a širokých pásů. Při ohýbání úzkých tyčí dochází k značné deformaci. Tloušťka materiálu v místě ohybu se zmenšuje. V místech, kde působí tlaková napětí, se šířka průřezu zvětšuje, a naopak na vnější straně se průřez zmenšuje. Průřez se značně křiví jak vidíme na obr. 19a.



Obr. 19 deformace materiálu [12]

Při ohýbání širokých pásů a plechů (obr. 19b) se v místě ohybu materiál taktéž ztenčuje, ale díky velké šířce materiálu se příčný průřez téměř nedeformuje. Odpor materiálu velké šířky působí proti deformaci v příčném průřezu. Proto se v praxi tato deformace u širokých pásů zanedbává.

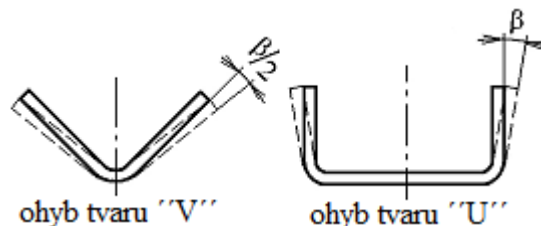
Napětí v první oblasti je pod mezí kluzu (obr. 20a). Průběh ohybu se nachází v elastické oblasti. Při dalším zvýšení ohybového momentu “Mo” dosahujeme mez kluzu. Vznikají plastické deformace (obr. 20b). Dalším působením při zvýšení ohybového momentu se plastické deformace rozšiřují po celém průřezu součásti. Na obr. 20c je stav napjatosti při tvárění za studena se zpevněním.



Obr. 20 Rozložení napětí v příčném průřezu [19]

3.1.2 Odpružení při ohybu [3] [6] [18]

Odpružení při ohybu za studena, kdy je materiál odtížen, způsobují doprovodné pružné deformace. Na toto pružení mají mimo jiné vliv také tloušťka materiálu a poloměr ohybu. Na obr. 21 je znázorněno, kdy se materiál, který je ohybovým momentem ohnut o určitý úhel, po odtížení vlivem pružné deformace částečně vrací do původního stavu. Velikost úhlu odpružení můžeme také spočítat pomocí vzorce.



Obr. 21 Odpružení při ohybu [12]

Ohyb do tvaru „V“

$$\tan \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} \quad (3.1)$$

Ohyb do tvaru „U“

$$\tan \beta = 0,75 \cdot \frac{l_u}{k \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} \quad (3.2)$$

kde: β - úhel odpružení [°]

l_v - vzdálenost mezi opěrkami ohybnice [mm]

l_u - vzdálenost mezi čelistmi ohybnice [mm]

k - součinitel určující polohu neutrální osy

s - tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Re - mez kluzu [MPa]

E - modul pružnosti v ohybu [MPa]

Aby nedocházelo po odtížení, k odpružení, můžeme tomu zabránit vhodnými konstrukčními úpravami částí lisovadel. Některé konstrukční úpravy jsou nakresleny na obr. 22.



Obr. 22 Konstrukční úpravy lisovadel [12]

3.1.3 Poloměr ohybu [1] [6] [7] [21]

Minimální poloměr ohybu $R_{\min}$ je takový poloměr, při kterém dojde u vláken na vnější straně ohýbaného materiálu, kde působí tahové napětí dosahující meze pevnosti, k porušení. Tento poloměr závisí zejména na šířce, tloušťce, kvalitě povrchu ohýbaného materiálu, také na způsobu ohýbání a úhlu ohybu. Minimální poloměr ohybu se vypočítá pomocí vzorce (3.3), v praxi se však používají hodnoty o 15 až 20 % větší.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\left(\frac{1}{\varepsilon_{\min}} \right) - 1 \right) = c \cdot t \quad (3.3)$$

kde: $R_{\min}$ - minimální poloměr ohybu [mm]

$\varepsilon_{\min}$ - mezní poměrná deformace

c - koeficient (tab. 8)

Tab. 8 Hodnoty koeficientu c [8]

Materiál	Měkká ocel	Mosaz	Hliník	Dural	Měď
Koeficient c	0,5 až 0,6	0,3 až 0,4	0,35	3 až 6	0.25

Maximální poloměr ohybu $R_{\max}$ je takový poloměr ohybu materiálu, který je nutný k tomu aby v krajních vláknech došlo k trvalé deformaci. Pokud by k trvalé deformaci nedošlo, materiál se po odtížení vrátí do původního stavu.

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\left(\frac{E}{Re} \right) - 1 \right) \quad (3.4)$$

Kde: $R_{\max}$ - maximální poloměr ohybu [mm]

Re - mez kluzu [MPa]

3.1.4 Vůle mezi činnými částmi nástroje [7] [21]

Velikost vůle má velký vliv na ohýbací sílu. Pokud je vůle malá, ohýbací síla roste. Velikost vůle mezi ohybnicí a ohybníkem závisí také na druhu materiálu, jeho tloušťce, výrobní toleranci a délce ohýbaného okraje. Pokud ohýbáme do tvaru „V“, bývá vůle totožná s tloušťkou materiálu (obr. 23a) a dá se nastavit na sevření lisu. Při ohybu do tvaru „U“ se vůle volí obvykle podle rovnic (3.5) a (3.6), kdy se vůlí myslí vzdálenost ohybníku od ohybnice na jedné straně od osy souměrnosti, jak vidíme na obr. 23b.

Pro oceli:

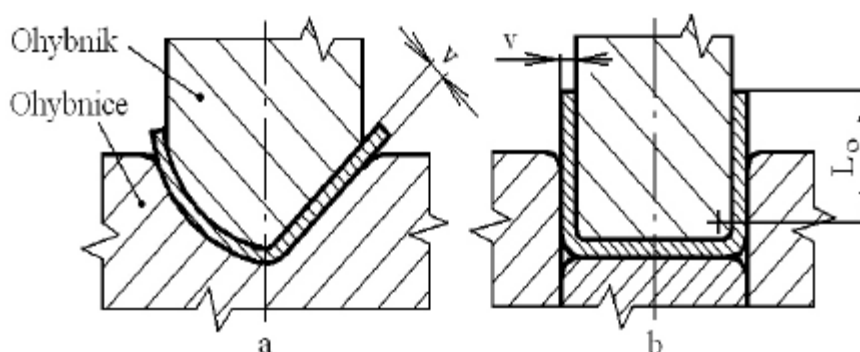
$$v = (1,05 \text{ až } 1,15) \cdot s \quad (3.5)$$

Pro neželezné kovy:

$$v = (1 \text{ až } 1,1) \cdot s \quad (3.6)$$

kde: v – velikost vůle [mm]

s – tloušťka materiálu [mm]



Obr. 23 Vůle mezi ohybnicí a ohybníkem [12]

3.1.5 Stanovení rozvinuté délky polotovaru [1] [13] [18] [21]

Pro určení rozvinuté délky polotovaru uvažujeme celkovou délku neutrální osy. Musíme tedy určit délky oblouků a rovinných částí. Délku oblouku spočítáme podle vzorce.

$$N_v = \frac{\pi \cdot a}{180} \cdot (r + t \cdot x) \quad (3.7)$$

kde: N_v - délka neutrálního vlákna [mm]

a - úhel oblouku [°]

r - vnitřní poloměr ohybu U [mm]

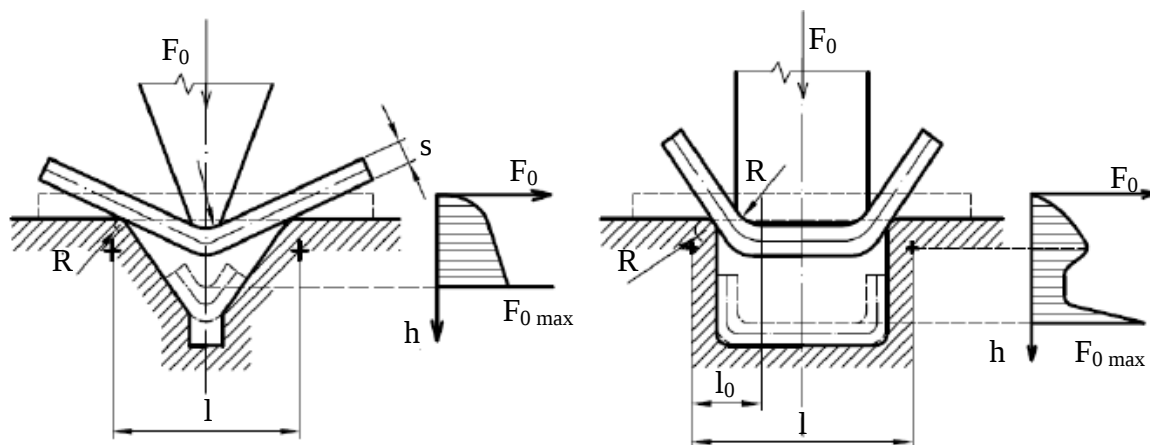
x – součinitel posunutí neutrální osy (tab. 9)

Tab. 9 Vybrané hodnoty pro součinitel x [21]

r/s	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,5	2	3	4	5
x	0,23	0,29	0,35	0,37	0,38	0,40	0,41	0,44	0,45	0,46	0,47	0,5

3.1.6 Velikost ohýbací síly a Práce [1] [7] [21]

Průběhy ohýbacích sil vidíme na obr. 24. Jejich velikosti vypočteme podle vzorce (3.8) a (3.9).



Obr. 24 Ohyb do tvaru „V“, „U“ a průběh sil [12]

Síla pro ohyb „V“

$$F_{OV} = \frac{d \cdot s^2 \cdot Re}{2 \cdot \rho} \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta}{2} \quad (3.8)$$

Síla pro ohyb „U“

$$F_{OU} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{d \cdot s^2 \cdot Re}{\rho_2 + s} \quad (3.9)$$

kde: F_{OV} - síla ohybu „V“ [N]

F_{OU} - síla ohybu „U“ [N]

d - šířka plechu [mm]

ρ - poloměr neutrální osy [mm]

δ - úhel ohybu [°]

ρ_2 - poloměr ohybu [mm]

μ - součinitel tření

Práce, která je potřebná pro ohýbání, potom vypočítáme podle vzorce (3.10).

$$A = k \cdot \frac{F_0 \cdot h}{1000} \quad (3.10)$$

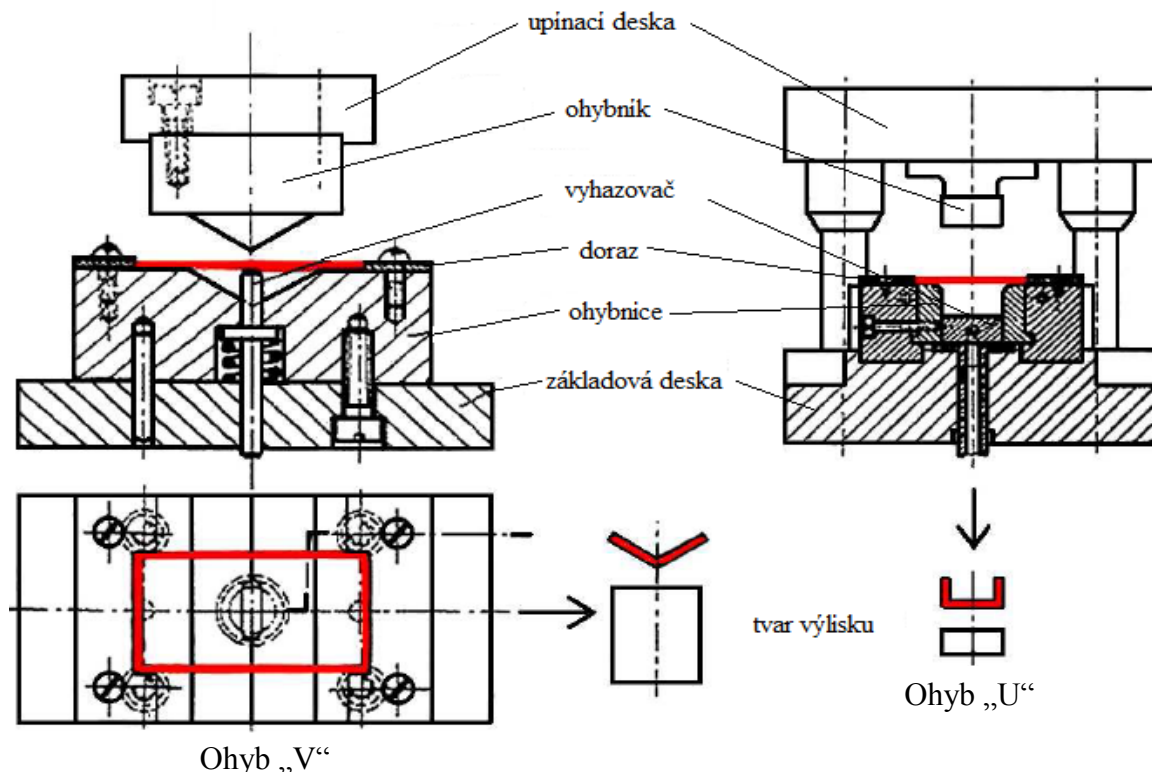
kde: A - práce [J]

h - hloubka ohybu [mm]

k - součinitel (bývá 0,5 až 0,65)

3.2 Nástroje na ohýbání [1] [13] [18] [21]

Nástroje pro ohýbání se nazývají ohýbadla (obr. 25). Základním typem ohýbadel jsou nástroje pro prostý ohyb. Podle technologie, s kterou pracují, je můžeme rozdělit na ohýbadla pro ohyb do tvaru „U“ a ohýbadla pro ohyb do tvaru „V“



Obr. 25 Schéma základních typů ohýbadel [21]

3.3 Ohybník a ohybnice [1] [7] [13] [14]

Funkční části ohybových nástrojů se nazývají ohybník a ohybnice. Ohybník je pohyblivá část nástroje, jeho rozměry, hlavně poloměr zaoblení „ r_p “, má totožnou velikost jako poloměr ohybu, jiné velikosti se volí při snížení odpružení po odtížení. Ohybnice je pevnou pracovní částí nástroje poloměr zaoblení ohybnice „ r_m “ je závislá na délce ramene a tloušťce materiálu obvykle se vypočítá podle vzorce (3.11).

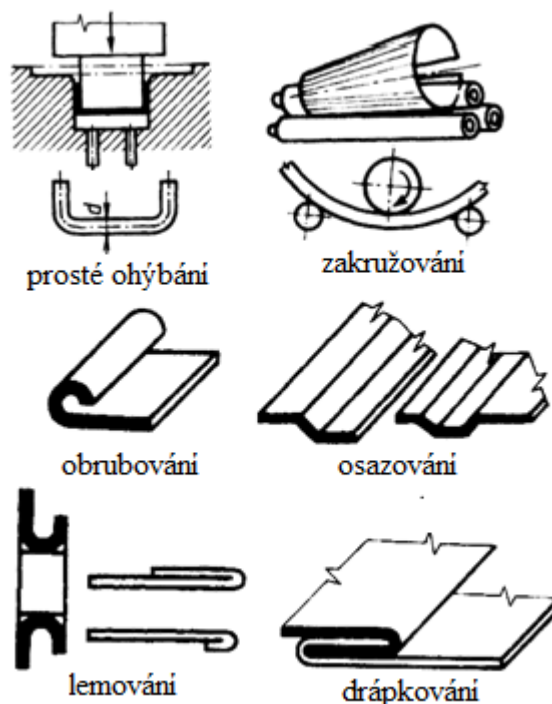
$$r_m = (2 \text{ až } 6) \cdot s \quad (3.11)$$

Nejčastějšími materiály, používané při konstrukci činných částí ohýbadel, jsou nástrojové uhlíkové oceli 19 191, 19 312, 19 436 a 19 437. Na konstrukci ostatních částí nástrojů se používají konstrukční oceli, viz. kap. 2.4.

3.3.1 Způsoby ohýbání [1] [18] [21]

Nástroje, které se používají při ohýbání, bývají nejrůznějších konstrukcí. Podle těchto konstrukcí odlišujeme základní práce ohýbání. Základní práce ohýbání vidíme na obr. 26.

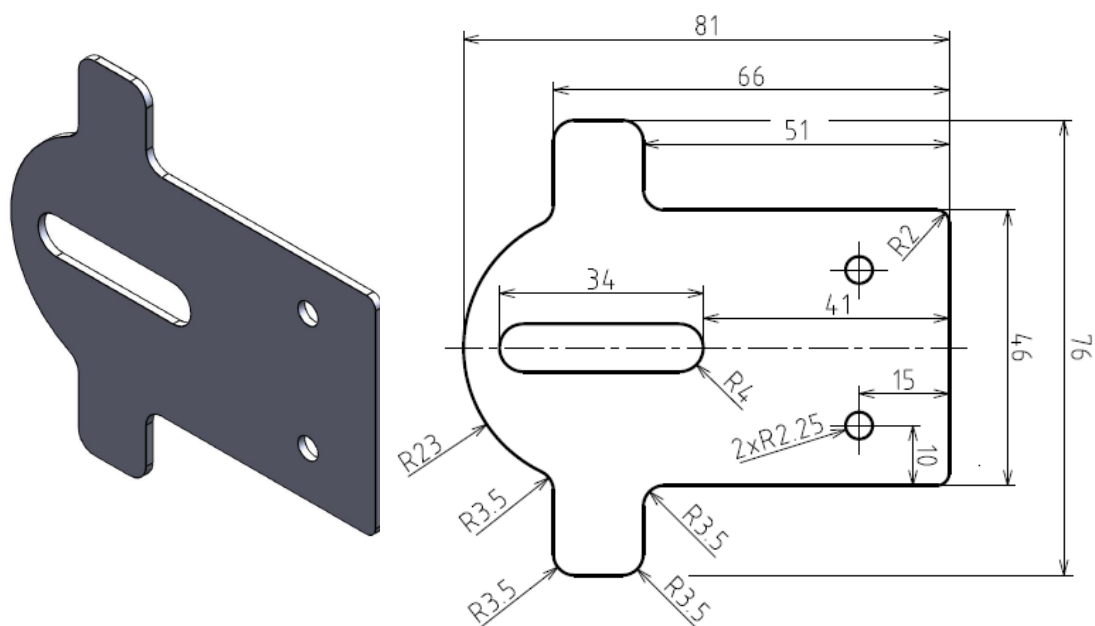
- **Prosté ohýbání**
Trvalá deformace vzniká napětím a materiál se ohýbá, výrobek se nazývá výlisek.
- **Zakružování**
Je to tváření ploch rovinných v plochy kuželové nebo válcové, nástroj se nazývá zakružovadlo a výrobkem je výlisek.
- **Lemování**
Používá se při odstraňování ostrých okrajů, kdy nedochází k odebírání materiálu, nástrojem je lemovadlo.
- **Obrubování**
Používá se pro zvýšení jakosti okrajů.
- **Osazení**
Pro výrobu drážek – osazení, nástroje se nazývají ohraňovací.
- **Drápkování**
Používá se pro pevné spojení okrajů plechů



Obr. 26 Základní práce ohýbání [21]

4 STŘIŽNÝ NÁSTROJ – KONSTRUKCE

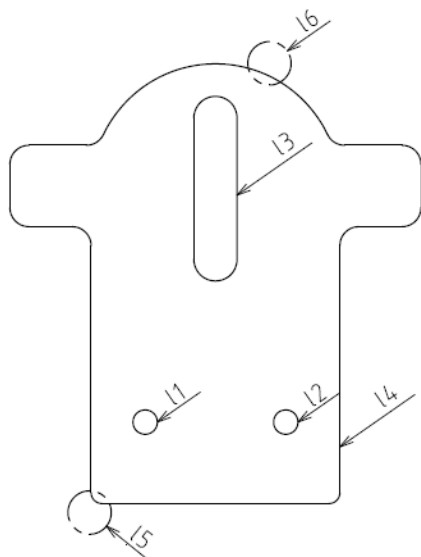
Součást bude stříhána z pásu plechu 750x2000x1,5 mm při výrobnosti 50 000 kusů ročně. Materiál výstřížku 11 373 (kap. 1.1.1).



Obr. 27 Výstřížek

4.1 Délky střížných hran

Tyto délky byly zjištěny v programu Solid Works, ve kterém jsou nástroje modelovány a díky tomu jsou velmi přesné. Vypočítané hodnoty slouží k dalším výpočtům.



Obr. 28 Střížné hrany

- l_1 kruhový otvor, délka 15,708 mm
- l_2 kruhový otvor, délka 15,708 mm
- l_3 drážka, délka 77,133 mm
- l_4 obrys, délka 284,98 mm
- l_5 kruhový otvor, délka 25,133 mm
- l_6 kruhový otvor, délka 25,133 mm

4.2 Střížné síly

V této části jsou počítány síly potřebné k vystříhnutí součástí podle kap. 2.1.2, a dosazení do rovnice (2.2).

Krok 1:

$$F_{S1} = K \cdot S_1 \cdot \tau_s = 1,55 \cdot 23,56 \cdot 392 = \underline{14313,2\text{N}}$$

$$S_1 = l_1 \cdot s = 15,71 \cdot 1,5 = 23,56\text{mm}^2$$

$$\tau_s = \sigma_{\text{Pt}} = 0,8 \cdot 490 = 392\text{MPa}$$

$$K = 1 + \frac{5,5 \cdot r}{s} = 1 + \frac{5,5 \cdot 0,15}{1,5} = 1,55$$

$$r = 0,1 \cdot t = 0,1 \cdot 1,5 = 0,15\text{mm}$$

$$F_{S1} = F_{S2}$$

$$F_{S3} = K \cdot S_3 \cdot \tau_s = 1,55 \cdot 1157 \cdot 392 = \underline{70299,04\text{N}}$$

$$S_3 = l_3 \cdot s = 77,13 \cdot 1,5 = 115,7\text{mm}^2$$

Krok 2:

$$F_{S4} = K \cdot S_4 \cdot \tau_s = 1,55 \cdot 427,47 \cdot 392 = \underline{259730,7\text{N}}$$

$$S_4 = l_4 \cdot s = 284,98 \cdot 1,5 = 427,47\text{mm}^2$$

Krok 3:

$$F_{S5} = K \cdot S_5 \cdot \tau_s = 1,55 \cdot 37,7 \cdot 392 = \underline{22906,2\text{N}}$$

$$S_5 = l_5 \cdot s = 25,13 \cdot 1,5 = 37,7\text{mm}^2$$

$$F_{S5} = F_{S6}$$

Celkovou střížnou sílu dostaneme sečtením jednotlivých sil.

$$F_{\text{SC}} = F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4} + F_{S5} + F_{S6}$$

$$F_{\text{SC}} = (2 \cdot 14316,2) + 70299,04 + 259730,7 + (2 \cdot 22906,2) = \underline{404474,78\text{N}}$$

Po sečtení všech sil je hodnota celkové síly 404474,78 N.

Při postupném stříhání, může dojít ke změně střížných podmínek. Abychom zabezpečili nástroj i stroj proti zničení, celkovou střížnou sílu zvýšíme o 20-25%.

$$F_{\text{Ss}} = 1,20 \cdot F_{\text{SC}} = 1,20 \cdot 404474,78 = \underline{485369,74\text{N}}$$

Při přičtení hodnoty bezpečnosti, což je 20% celkové síly, se hodnota skutečné síly zvýšila na 485369,74 N.

Při průběhu stříhu musí střížník vynaložit navíc takovou sílu, aby protlačil výstřížek přes střížnici. Tato síla se nazývá protlačovací. Poté při zpětném pohybu působí síla stírací.

$$F_{PR} = (0,005 \div 0,08) \cdot F_{Ss} = 0,01 \cdot 485369,74 = \underline{4853,7N}$$

$$F_{ST} = (0,06 \div 0,16) \cdot F_{Ss} = 0,1 \cdot 485369,74 = \underline{48536,98N}$$

Hodnota protlačovací síly při součiniteli 0,01, což je střední hodnota, má hodnotu 4853,7 N. Při součiniteli 0,1 je velikost stírací síly 48536,98 N. Součinitelé byli zvoleni, po konzultaci s vedoucím výroby.

4.3 Výpočet vůle pracovních částí stříhadla

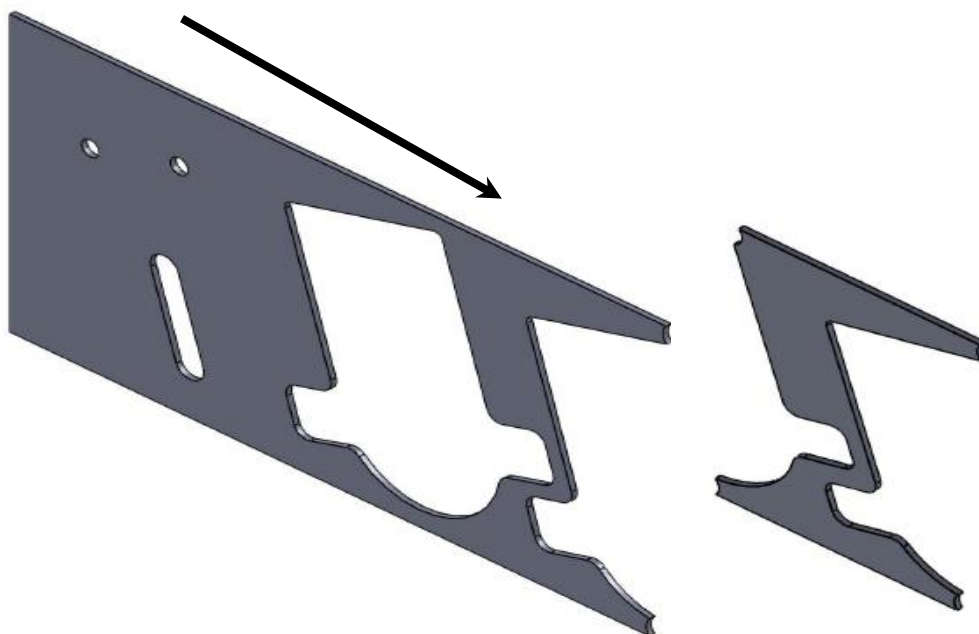
Orientačně se střížné vůle volí podle tab. 3. Hodnota střížné vůle je tedy 5% tloušťky materiálu a činí tak 0,75 mm. Kontrolu provedeme dosazením do rovnice (2.4).

$$m = \frac{v}{2} = 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\sigma_{ps}} = 0,32 \cdot 0,01 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{395} = \underline{0,095 \text{ mm}}$$

Střížná mezera nabývá hodnoty 0,095 mm. Střížná vůle bude 0.19mm.

4.4 Pracovní kroky nástroje

Součást je stříhána na tři kroky. Jeden krok je totožný s jedním zdvihem nástroje. Při prvním zdvihu nástroje jsou zhotoveny dvě díry o průměru 5mm a drážka. Jedná se o děrování. Vystřížený materiál je odpad. Výše vypočítaná vůle tedy bude na úkor rozměrů střížnice. Při dalším zdvihu je vystříhnut obrys součásti. Zde se jedná o vystřihování. Vystříhnutý materiál je polotovar určený k následnému ohýbání. Při vystřihování náleží vůle na úkor rozměru střížníku. Při dalším zdvihu přestřihávají dva střížníky pás plechu. Díky tomu je odpad dělen na malé kousky.

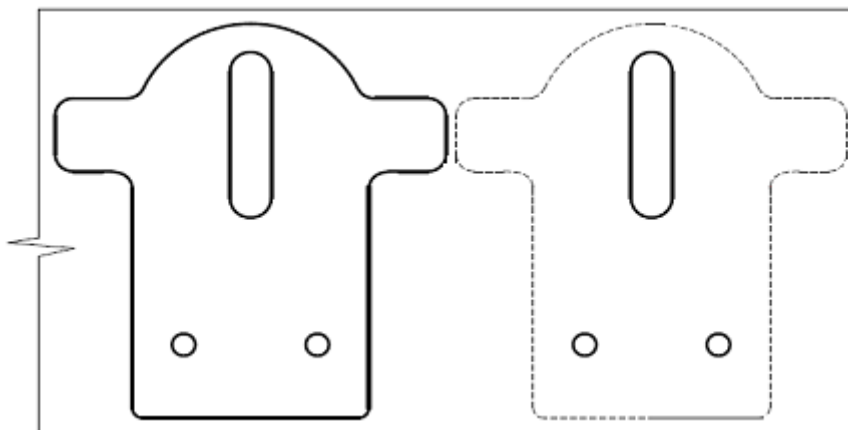


Obr. 29 Nástřihový plán a odpad

4.4.1 Varianty nástřihového plánu

V této kapitole porovnáme několik variant nástřihových plánů. Je to z toho důvodu, že při vystřihování složitějších tvarů z pásu plechu vznikají velké ztráty na odpadu. Proto se snažíme umístit výstřižek na pásu tak, aby odpad byl co nejmenší a výroba co nejefektivnější.

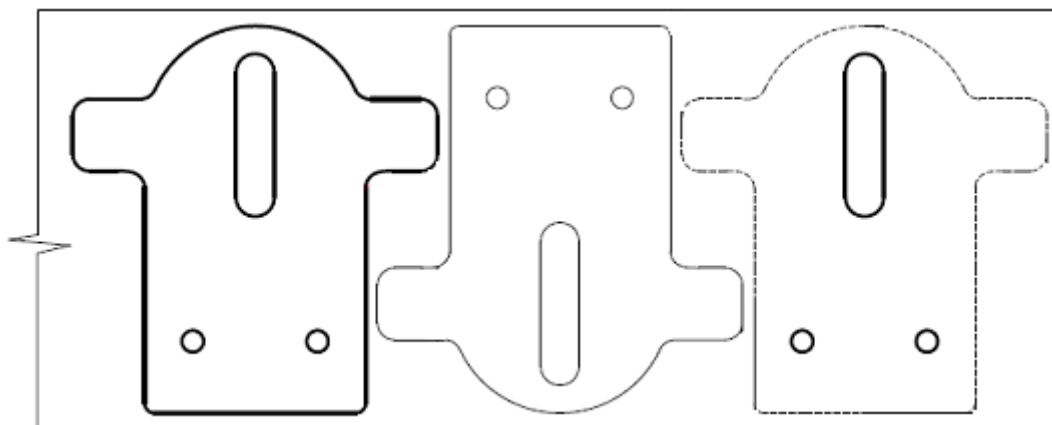
V první variantě je výstřižek naskládán vedle sebe. Už při vizuální kontrole (obr. 30) je patrné, že odpad je značný a výroba by byla zcela neekonomická.



Obr. 30 Variantní návrh č.1.

Při takovémto rozložení výstřižků se využije pouze 54% plechu, což je velmi málo.

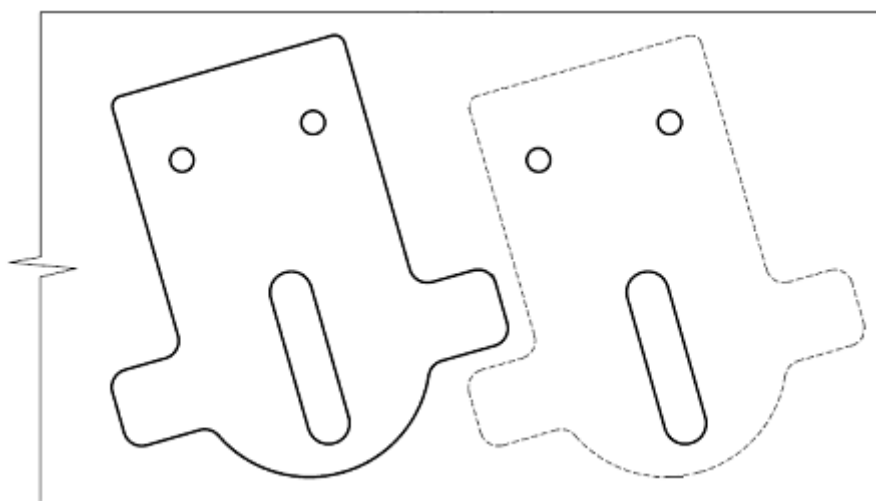
V druhé variantě je využito vstřícného rozložení (obr 31). Výstupky na výstřižku jsou tedy pod sebou a využití je tak efektivnější.



Obr. 31 Variantní návrh č. 2.

Při takovémto uspořádání je využití plechu 73%. Přibývá zde manipulace s materiálem, protože po vystřihnutí jedné strany se materiál musí otočit a znovu zavést do nástroje.

Třetí varianta (obr. 32) vychází z výše uvedených variant. Nakloněním výstřižku o 16° dochází k tomu, že výstupky jsou v zákrytu a odpadá manipulace se znovu zaváděním plechu do nástroje.

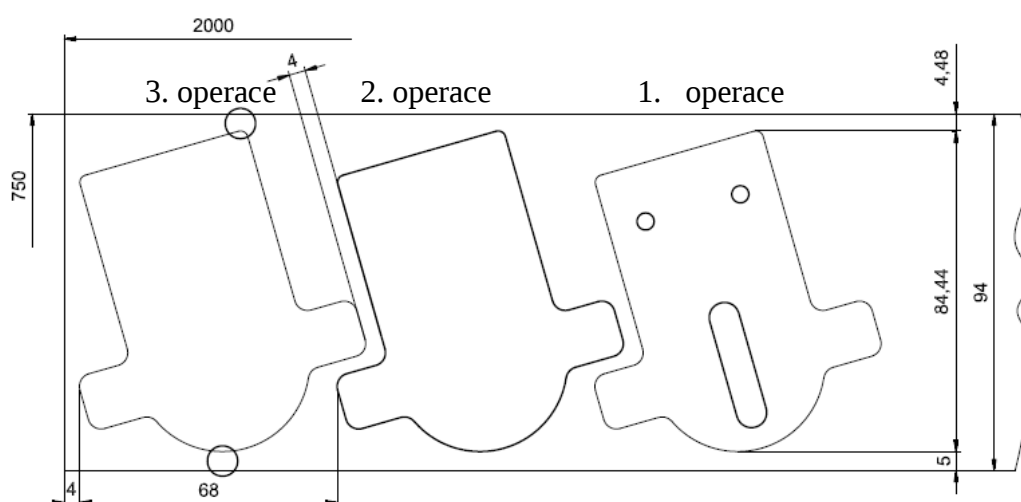


Obr. 32 Variantní návrh č.3.

Při tomto návrhu je využito 75,7% materiálu. Proto jako výchozí volím variantu č.3.

4.4.2 Výchozí varianta nástřihového plánu

Základní polotovary budou pásy plechu o rozměrech 2000x750x1,5mm. Tento materiál je dodáván ze společnosti ALFUN METAL SERVICE CENTER. Rozměrové rozložení a postup stříhání vidíme na obr. 33.



Obr. 33 Postup vystřihování a využití plochy tabule

4.4.3 Výpočet využití materiálu a ekonomické využití plechu

Počet celých výstřížků v pásu:

$$\frac{\text{délka pásu}}{\text{délka kroku}} = \frac{2000}{68} \cong 29 \text{ kusů}$$

Počet celých pásů z tabule:

$$\frac{\text{šířka tabule}}{\text{šířka pásu}} = \frac{750}{94} \cong 7 \text{ kusů}$$

Počet výstřížků z tabule:

$$\text{počet celých výstřížků z pásu} \cdot \text{počet celých pásů z tabule} = 29 \cdot 7 = 203 \text{ kusů}$$

Spotřeba plechu:

$$\frac{\text{počet všech výstřížků}}{\text{počet výstřížků z jedné tabule}} = \frac{750}{94} \cong 7 \text{ kusů}$$

Plocha jednoho výstřížku:

Hodnota plochy výstřížku byla vypočítaná programem Solid Works.

$$S_v = 0,0056 \text{ m}^2$$

Plocha všech výstřížků z jedné tabule:

$$\text{počet výstřížků z tabule} \cdot \text{plocha jednoho výstřížku} = 203 \cdot 0,0056 = 1,1368 \text{ m}^2$$

Využití tabule v %:

$$\frac{\text{plocha výstřížků z jedné tabule}}{\text{plocha tabule}} \cdot 100 = \frac{1,1368}{1,5} \cdot 100 = 75,7\%$$

Z hlediska tvaru součástí a procentuálního využití plechu je tato volba optimální.

4.5 Kontrola střižníků a střižnic

Střižnice je kontrolována podle Oehlera, kdy je kontrolována tloušťka střižnice a do vzorce je dosazována síla při stříhání obrysu. Tato síla je největší a bude uvažována s přetížením 20%.

$$H = \sqrt[3]{F_{S4}} = \sqrt[3]{311676,93} = 68,8\text{mm}$$

Přes vypočítanou hodnotu 68,8 mm, praktické zkušenosti dokazují, že výška střižnice může být menší. V našem případě má střižnice výšku 25 mm.

Střižníky se zpravidla kontrolují na vzpěr a odtlačení. V tomto případě budeme kontrolovat střižník o průměru 5 mm. Při jeho štíhlosti bude kontrolován na vzpěr.

Střižná síla střižníku o průměru 5 mm.

$$F_{S1} = K \cdot S_1 \cdot \tau_s = 1,55 \cdot 23,56 \cdot 392 = 14316,27\text{N}$$

Střižná síla s přetížením 20%.

$$F_{Ss1} = 1,20 \cdot F_{S1} = 1,20 \cdot 14316,27 = 17179,52\text{N}$$

Protlačovací síla střižníku.

$$F_{PR} = (0,005 \div 0,08) \cdot F_{Ss1} = 0,01 \cdot 17179,52 = 171,79\text{N}$$

Stírací síla střižníku.

$$F_{ST} = (0,06 \div 0,16) \cdot F_{Ss1} = 0,1 \cdot 17179,52 = 1717,95\text{N}$$

Celková střižná síla působící na střižník.

$$F_{C1} = F_{S1} + F_{PR} + F_{ST} = 14316,27 + 171,79 + 1717,92 = 16205,98\text{N}$$

Kontrola na vzpěr podle vzorce (2.9)

$$l_K = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot E \cdot I}{\mu \cdot F_C}} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 5^4}{64}}{1,5 \cdot 16205,98}} = 241,4\text{mm} = l_{\max}$$

Z tohoto výpočtu vyplývá, že námi volený střižník, který má výšku 70 mm bude vyhovovat a nedojde k překročení namáhání na vzpěr.

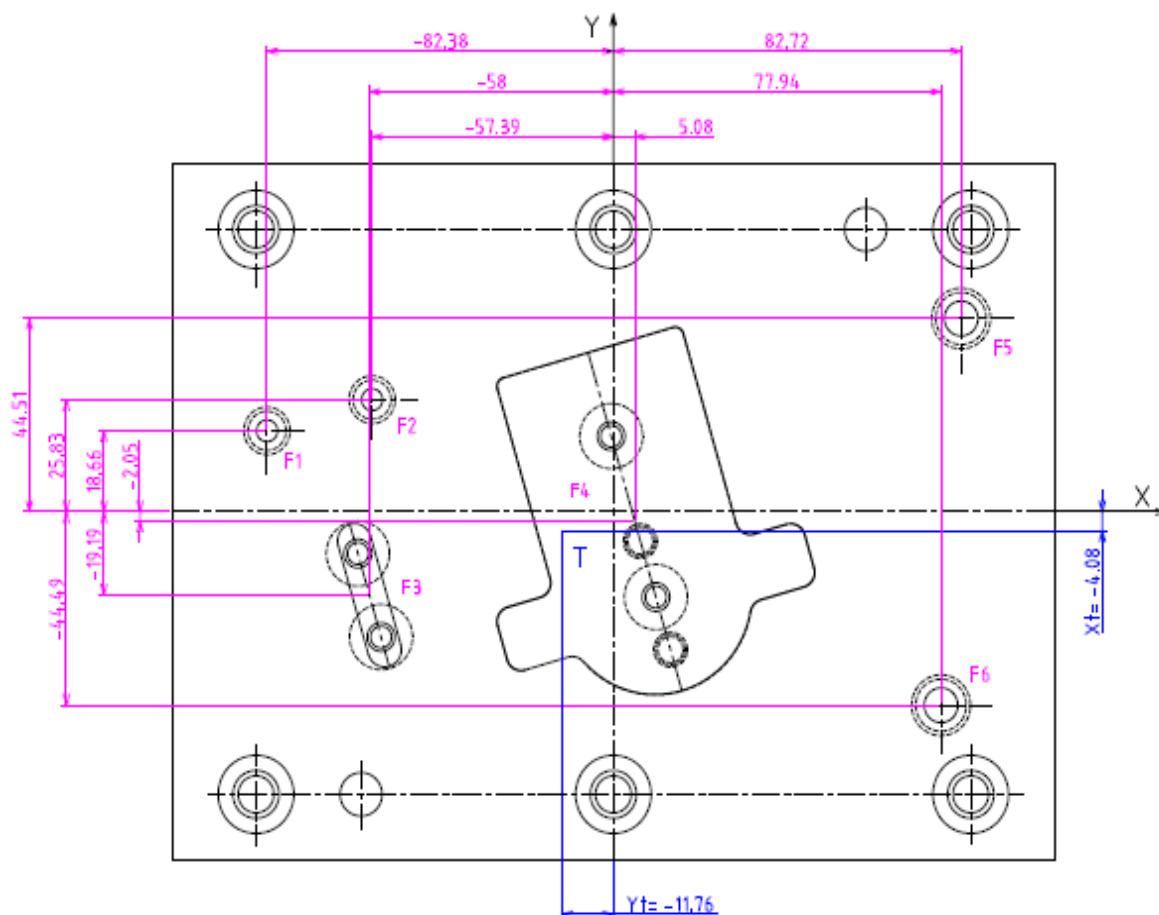
Kontrola opěrné desky na otláčení podle vzorce (2.6)

$$\sigma = \frac{F_{S1}}{S_1} = \frac{F_{S1}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{14316,27}{\frac{\pi \cdot 8^2}{4}} = 284\text{MPa}$$

Vzhledem k tomu že opěrná deska je z materiálu 19 312 a je kalena na 50-55HRC nebude docházet k vtláčování střižníku do opěrné desky.

4.6 Výpočet těžiště střížných sil

V kapitole 4.2 jsme již velikosti střížných sil jednotlivých střížníků vypočítali. Na obr. 36 jsou zakreslena ramena střížných sil v ose X a Y.



Obr. 34 Nákres pro výpočet těžiště

Výpočet pro osu X:

Výpočet vzdálenosti od počátku v ose X pro střížné síly (pro přehlednost nejsou do vzorce dosazeny číselné hodnoty):

$$x_{TF} = \frac{F_{S1} \cdot l_{x1} + F_{S2} \cdot l_{x2} + F_{S3} \cdot l_{x3} + F_{S4} \cdot l_{x4} + F_{S5} \cdot l_{x5} + F_{S6} \cdot l_{x6}}{F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4} + F_{S5} + F_{S6}} = -3,4 \text{ mm}$$

kde x_{TF} - vzdálenost od počátku v ose X pro střížné síly [mm]

l_{xi} - vzdálenost od počátku v ose X náležící těžišti i [mm]

Výpočet pro umístění upínací stopky od počátku v ose X:

$$x_T = \frac{F_{Ss} \cdot x_{TF}}{F_{Sc}} = \frac{485370 \cdot (-3,4)}{404475} = -4,08 \text{ mm}$$

kde x_T - vzdálenost od počátku v ose X pro umístění stopky [mm]

Výpočet pro osu Y:

Výpočet vzdálenosti od počátku v ose Y pro střížné síly (pro přehlednost nejsou do vzorce dosazeny číselné hodnoty):

$$y_{TF} = \frac{F_{S1} \cdot l_{y1} + F_{S2} \cdot l_{y2} + F_{S3} \cdot l_{y3} + F_{S4} \cdot l_{y4} + F_{S5} \cdot l_{y5} + F_{S6} \cdot l_{y6}}{F_{S1} + F_{S2} + F_{S3} + F_{S4} + F_{S5} + F_{S6}} = -9,8 \text{ mm}$$

kde y_{TF} -vzdálenost od počátku v ose Y pro střížné síly [mm]

l_{yi} -vzdálenost od počátku v ose Y náležící těžišti i [mm]

Výpočet pro umístění upínací stopky od počátku v ose Y:

$$y_T = \frac{F_{ss} \cdot y_{TF}}{F_{sc}} = \frac{485370 \cdot (-9,8)}{404475} = -11,76 \text{ mm}$$

kde y_T -vzdálenost od počátku v ose Y pro umístění stopky [mm]

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že stopka bude od těžiště upínací desky posunuta v souřadnicích $Y_T = -11,76$ a $X_T = -4,08$ mm (viz. obr. 36). Pro přehlednost se zde nenacházejí rovnice s dosazenými číselnými hodnotami.

4.7 Součásti střížného nástroje

Hlavními částmi nástroje, na které je nutné z hlediska rozměrů a tolerancí brát ohled, jsou střížníky a střížnice (viz. kap. 2.3.2). Rozlišujeme proces stříhání na děrování a vystřihování.

4.7.1 Rozměry, tolerance součástí a jejich výpočty

V prvním kroku se vystřihují díry o průměru 5 mm a drážka. Jedná se o děrování, to znamená, že rozměry děr budou shodné s rozměry střížníků a rozměr střížnice se zvětší o střížnou vůli.

- Rozměr $\varnothing$ 5 mm:

- střížník:

$$RAD = (JR + \Delta) - TA = (5 + 0,15) - 0,020 = 5,15_{-0,020}^0 \text{ mm}$$

- střížnice:

$$RED = (JR + \Delta + P) - TA = (5 + 0,15 + 0,19) + 0,040 = 5,34_{-0}^{+0,040} \text{ mm}$$

- Rozměr R 8 mm:

$$RAD = (JR + \Delta) - TA = (8 + 0,15) - 0,020 = 8,15_{-0,020}^0 \text{ mm}$$

$$RED = (JR + \Delta + P) - TA = (8 + 0,15 + 0,19) + 0,040 = 8,34_{-0}^{+0,040} \text{ mm}$$

- Rozměr 34 mm:

$$RAD = (JR + \Delta) - TA = (34 + 0,26) - 0,030 = 34,26_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

$$RED = (JR + \Delta + P) - TA = (34 + 0,26 + 0,19) + 0,055 = 34,45_{-0}^{+0,055} \text{ mm}$$

V druhém kroku je vystřihován obrys součásti. Jedná se o vystřihování, takže rozměry výstřižku jsou shodné s rozměry na střižnici. Rozměry střižníků se zmenší o střižnou vůli.

- Rozměr R 23 mm:

- střižnice:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (23 - 0,26) + 0,055 = 22,74_{-0}^{+0,055} \text{ mm}$$

- střižník:

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (23 - 0,26 - 0,19) - 0,030 = 22,55_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

- Rozměr R 3,5 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (3,5 - 0,15) + 0,040 = 3,35_{-0}^{+0,040} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (3,5 - 0,15 - 0,19) - 0,020 = 3,16_{-0,020}^0 \text{ mm}$$

- Rozměr R 2 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (2 - 0,12) + 0,040 = 1,88_{-0}^{+0,040} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (2 - 0,12 - 0,19) - 0,020 = 1,69_{-0,020}^0 \text{ mm}$$

- Rozměr 46 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (46 - 0,32) + 0,055 = 45,68_{-0}^{+0,055} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (46 - 0,32 - 0,19) - 0,030 = 45,49_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

- Rozměr 76 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (76 - 0,38) + 0,070 = 75,62_{-0}^{+0,070} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (76 - 0,38 - 0,19) - 0,030 = 75,43_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

- Rozměr 51 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (51 - 0,38) + 0,070 = 50,62_{-0}^{+0,070} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (51 - 0,38 - 0,19) - 0,030 = 50,43_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

- Rozměr 66 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (66 - 0,38) + 0,070 = 65,62_{-0}^{+0,070} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (66 - 0,38 - 0,19) - 0,030 = 65,43_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

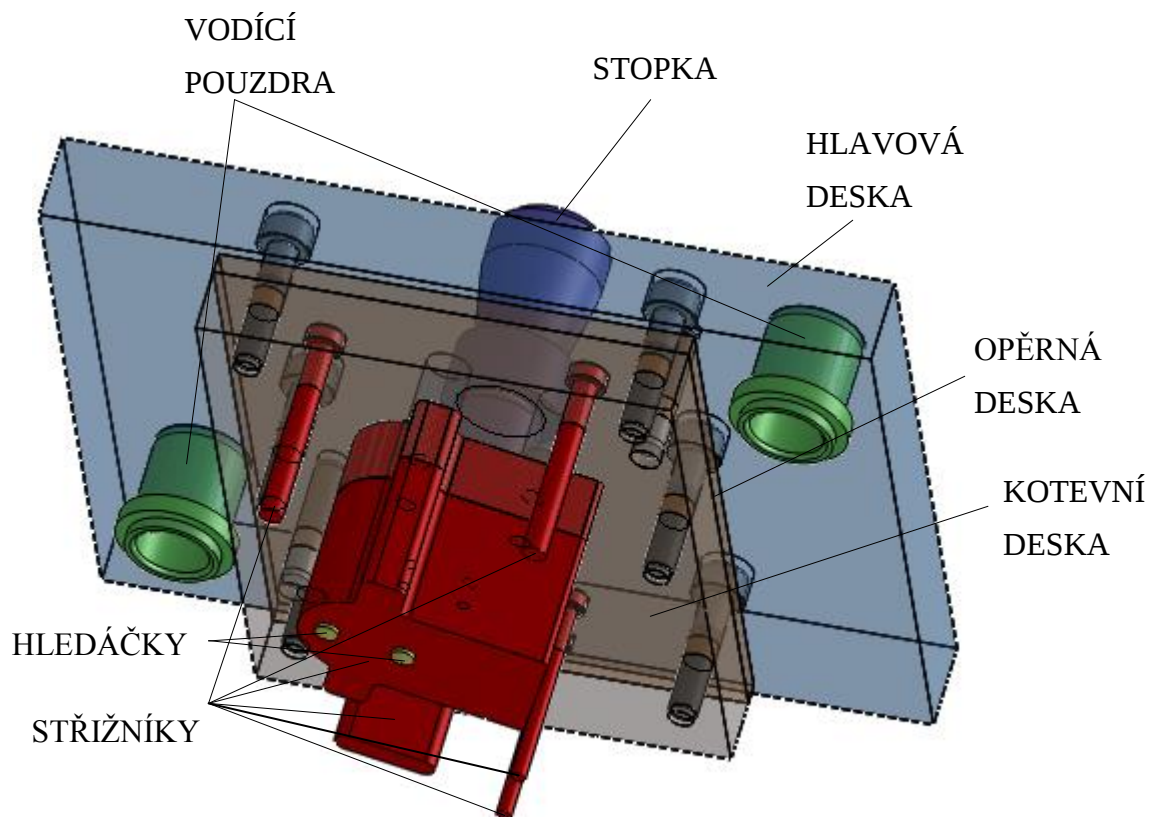
- Rozměr 81 mm:

$$REV = (JR - \Delta) + TE = (81 - 0,44) + 0,070 = 80,56_{-0}^{+0,070} \text{ mm}$$

$$RAV = (JR - \Delta - P) + TE = (81 - 0,44 - 0,19) - 0,030 = 80,37_{-0,030}^0 \text{ mm}$$

4.7.2 Popis střížného nástroje

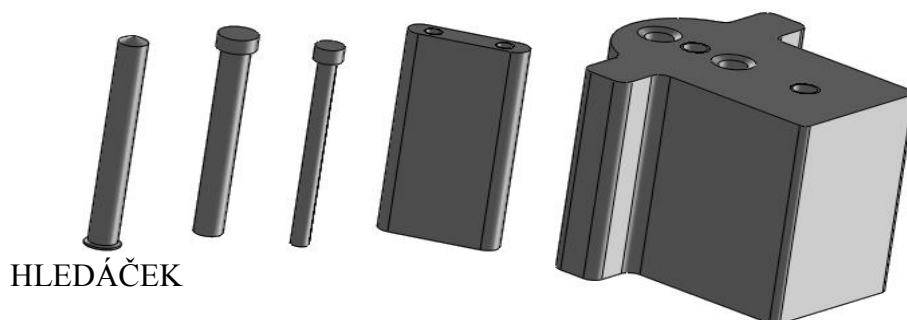
Horní část střížného nástroje je pohyblivá. Model horní části můžeme vidět na obr. 35. Pohyblivá část je upnuta za stopku k beranu lisu. Vykonává svislý pohyb, při kterém se pohybuje po vodících sloupcích, které jsou nalisovány ve spodní části nástroje.



Obr. 35 Pohyblivá část střížného nástroje

Střížníky (viz. výrobní výkresy) jsou vystředěny pomocí kotevní desky. Střížníky malých průměrů jsou upnuty pomocí osazení na hlavě střížníku a válcového vybrání v kotevní desce. Střížníky větších rozměrů jsou pomocí šroubů uchyceny k opěrné desce. Střížníky jsou vyrobeny z materiálu 19 573 a tepelně zpracovány kalením na tvrdost 60 HRC.

Hledáčky (viz. výrobní výkres) jsou uloženy ve střížníku obrysu, který je šrouby uchycen k opěrné desce. Jejich funkcí je vystředit materiál za drážku, zhotovenou v předchozím kroku.



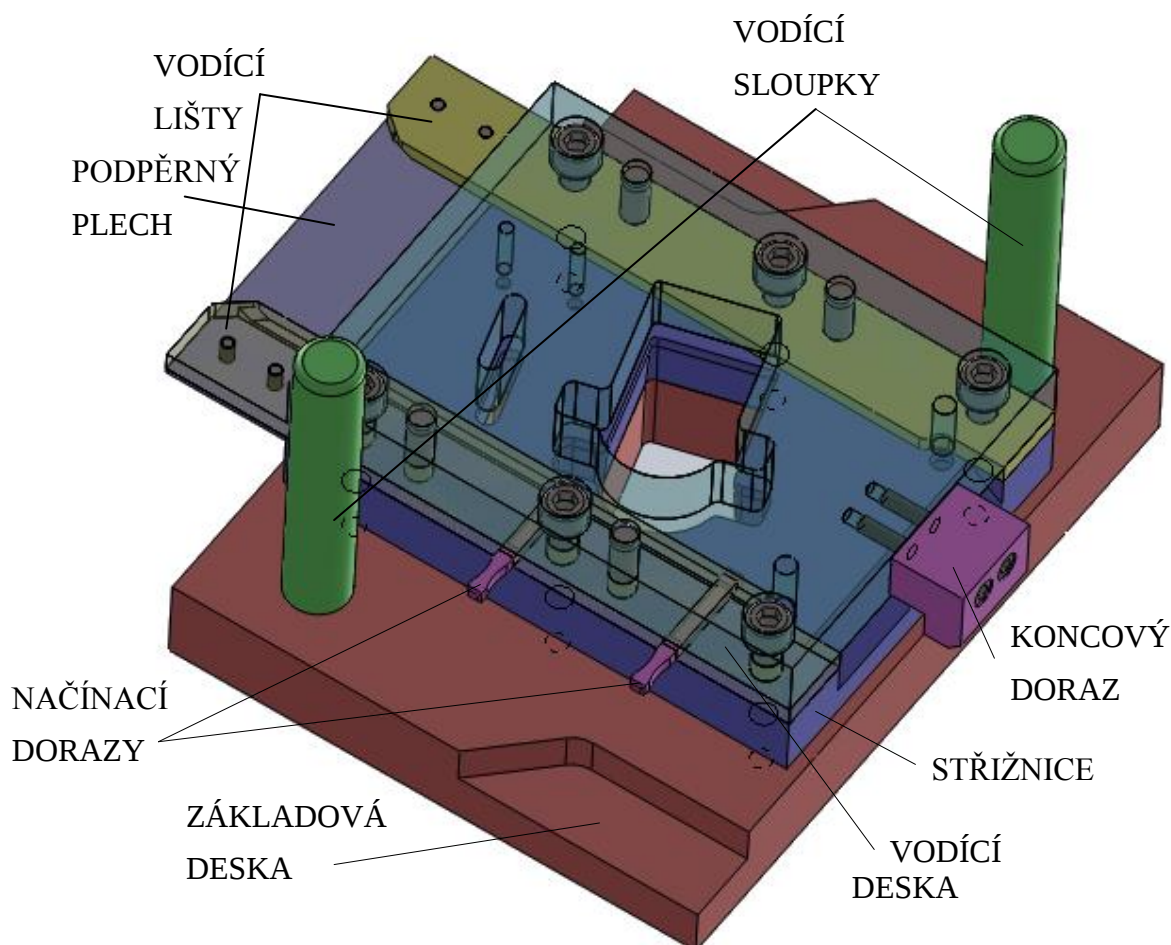
Obr. 36 Střížníky a hledáček

Kotevní deska je středící část nástroje, v níž jsou uchyceny střížníky. Zabraňuje rotaci střížníků, aby nedošlo ke střížení šroubů. Společně s opěrnou deskou je pomocí kolíků a šroubů uchycena k hlavové desce.

Opěrná deska je z materiálu 19 312, o tuto desku se opírají střížníky. Je kalena na 45-50 HRC, aby se zabránilo vtlačování střížníku do desky.

Hlavová deska slouží jako upínací část pro stopku a vodící pouzdra. Je vyrobena z materiálu 11 573. Pomocí šroubů a kolíků je k ní připevněna kotevní a opěrná deska.

Spodní část střížného nástroje (obr. 37) je nepohyblivá. Bývá pomocí upínek upnuta k pracovnímu stolu lisu.

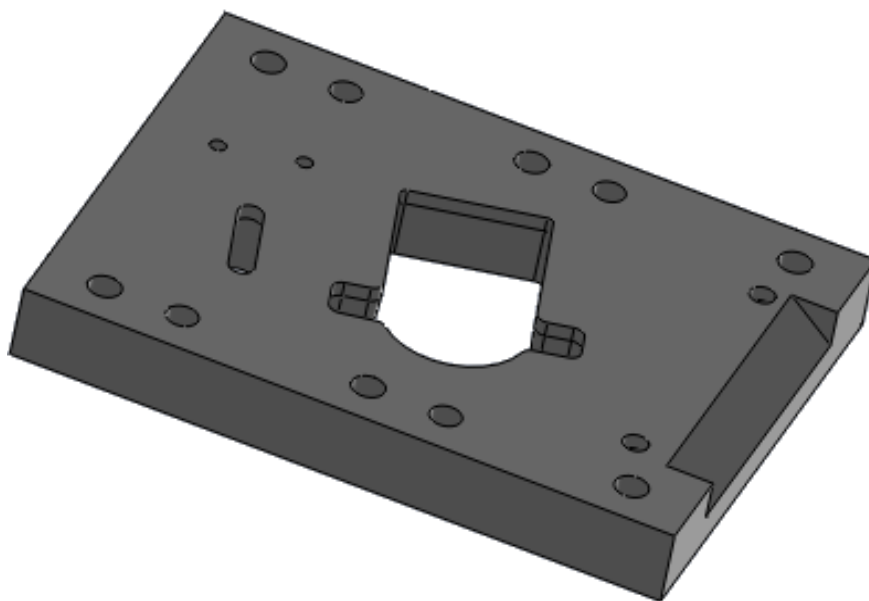


Obr. 37 Pevná část střížného nástroje

Základová deska je ke stolu stroje přichycena pomocí upínek, které dosedají na dvě vyfrézované plochy v rozích základové desky. V této desce jsou nalisovány vodící sloupky, po kterých se pohybuje horní část nástroje se střížníky.

Přes vodící desku jsou připevněny vodící lišty a střížnice k základové desce. Pomocí kolíků jsou tyto části navzájem vystředěny. Vodící deska, slouží k tomu, aby střížníky přesně vedla do místa stříhu a zabraňuje střížníku posouvání po stříhaném plechu.

Střižnice (obr. 38,) je u tohoto střižného nástroje nedělená, je vystředěna pomocí kolíků a pomocí šroubu připevněna k základové desce. Je vyrobena z materiálu 19 437 a tepelně zpracována kalením na tvrdost 60 HRC.



Obr. 38 Střižnice

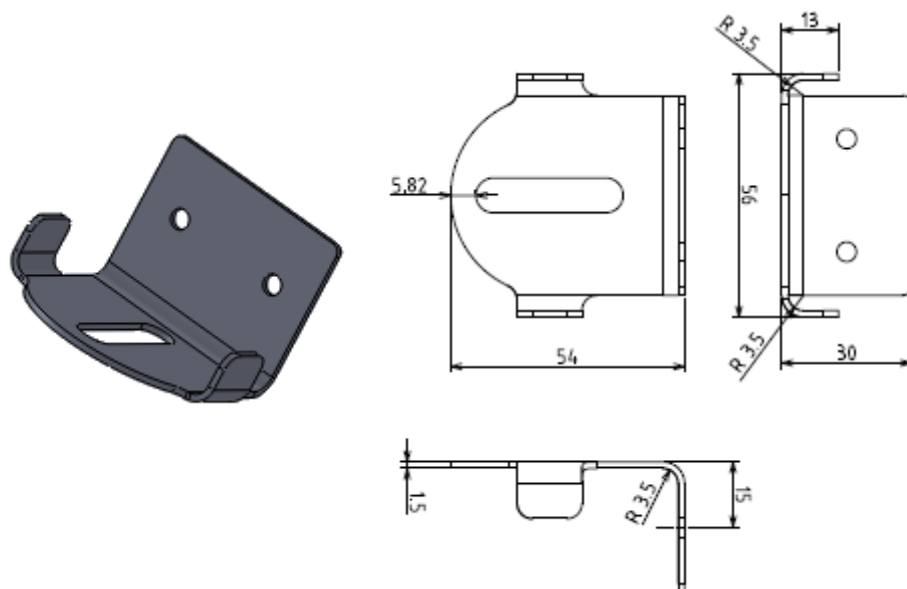
Načínací dorazy jsou při založení nového pásu plechu zasunuty skrz vodící lištu (obr. 39). Po prvním koku je vysunut první načínací doraz a po skončení druhého kroku je vysunut i druhý načínací doraz. V dalším průběhu práce se o přesnou polohu plechu stará koncový doraz, ten je uchycen na vodící desce pomocí šroubů.



Obr. 39 Vodící lišta s drážkami pro načínací dorazy

5 OHYBOVÝ NÁSTROJ – KONSTRUKCE

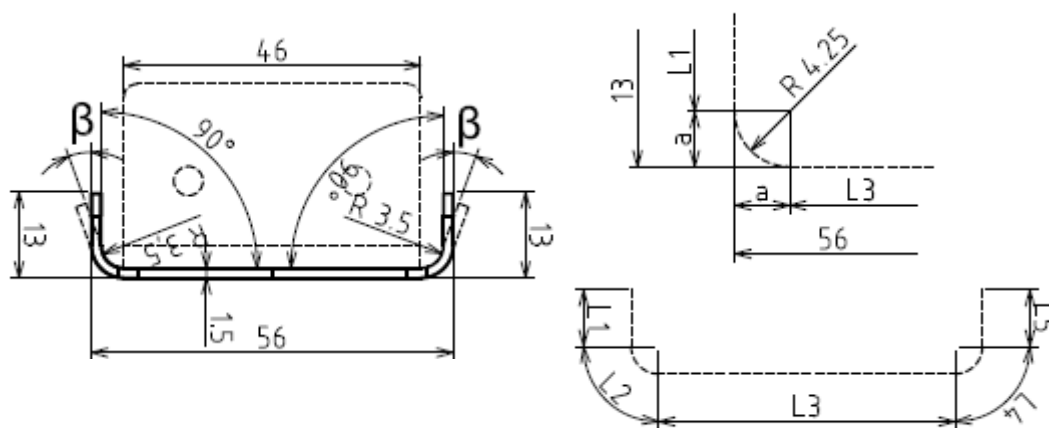
V předchozí kapitole 4 jsme se zabývali vystřížením součásti. Znamená to, že výstřižek (obr. 30), který jsme zhotovili, je polotovár pro následné ohýbání. Materiál a charakteristika součásti je uvedena v kapitole 1.1.1. Na obr. 40 můžeme vidět náčrtek s rozměrovými hodnotami ohýbané součásti. Přesto, že součást bude ohnuta na jeden zdvih, jsou zde dva typy ohybu. Ohyb postranních křídel výstřižku bude uvažován jako ohyb do tvaru „U“. Zadní část výstřižku s kruhovými otvory bude uvažován jako ohyb do tvaru „V“.



Obr. 40 Ohnutá součást a její rozměry

5.1 Výpočet neutrální osy

Na obr. 41 je náčrtek neutrální osy při ohybu do „U“.



Obr. 41 Neutrální osa pro ohyb „U“.

Výpočet hodnot neutrální osy při ohybu „U“:

- Rozměr L1 a L5:

$$L1 = 13 - a$$

$$a = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 4,25 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ = 4,25$$

$$L1 = 13 - 4,25 = 8,75 \text{ mm}$$

$$L1 = L5$$

- Hodnota poloměru L2 a L4:

Stanovení velikosti posunutí neutrální osy $x=0,45$ podle tab. 9 kap. 3.1.5. výpočtem byla provedena kontrola.

$$L2 = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (R + x \cdot t) = 0,0174590 \cdot (4,25 + 0,45 \cdot 15) = 7,75 \text{ mm}$$

$$x = \frac{R}{s} = 2,3 \cong 2 \Rightarrow 0,45$$

$$L2 = L4$$

- Rozměr L3:

$$L3 = 56 - (a + a) = 56 - (4,25 + 4,25) = 47,5 \text{ mm}$$

- Celková délka neutrální osy:

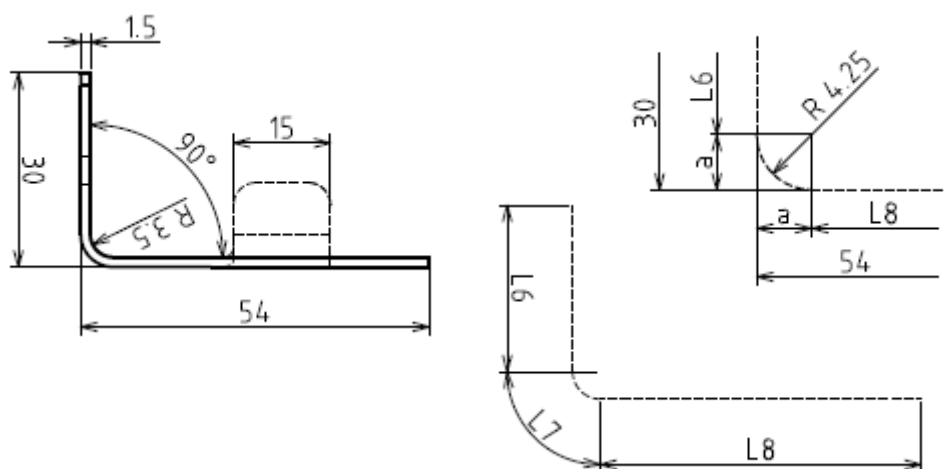
$$L_c = 2 \cdot 8,75 + 2 \cdot 7,75 + 47,5 = 80,5 \text{ mm}$$

Výpočet velikosti odpružení při ohybu do „U“:

Výpočet je proveden podle rovnice 3.1 v kap. 3.1.2.

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,375 \cdot \frac{56}{0,545 \cdot 1,5} \cdot \frac{180}{2,1 \cdot 10^5} = 0,022 \varepsilon$$

Výpočet zadní části výstřižku je brán jako ohyb do tvaru „V“ (obr. 42)



Obr. 42 Neutrální osa pro ohyb „V“.

Výpočet hodnot neutrální osy při ohybu „V“:

- Rozměr L6:

$$L6 = 30 - a = 30 - 4,25 = 25,75\text{mm}$$

$$a = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = 4,25 \cdot \operatorname{tg} \frac{90}{2} = 4,25$$

- Velikost poloměru L7:

Stanovení velikosti posunutí neutrální osy $x=0,45$ podle tab. 9 kap. 3.1.5. výpočtem byla provedena kontrola.

$$L7 = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot (R + x \cdot s) = 0,0174590 \cdot (4,25 + 0,45515) = 7,75\text{mm}$$

$$x = \frac{R}{s} = 2,3 \cong 2 \Rightarrow 0,45$$

- Rozměr L8:

$$L8 = 54 - a = 54 - 4,25 = 49,75\text{mm}$$

- Celková délka neutrální osy:

$$Lc = 25,75 + 6,57 + 49,75 = 82,07\text{mm}$$

Výpočet velikosti odpružení při ohybu do „V“:

Výpočet je proveden podle rovnice 3.1 v kap. 3.1.2.

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l}{k \cdot s} \cdot \frac{Re}{E} = 0,375 \cdot \frac{55,3}{0,54515} \cdot \frac{180}{2,1 \cdot 10^5} = 0,0216$$

$$\beta = 1,23$$

5.2 Výpočet velikosti síly potřebné na ohýb

Výsledná síla, která bude potřebná k ohnutí výstřižku, bude součinem sil pro ohyb do „U“ a ohyb do „V“. Ohýbací síla je spočítána podle kap. 3.1.6.

- Síla ohybu „U“:

$$F_{ou} = (1 + 7\mu) \cdot \frac{d \cdot s^2 \cdot Re}{\rho \cdot s} = (1 + 7 \cdot 0,2) \cdot \frac{15 \cdot 1,5^2 \cdot 186}{4,182 \cdot 1,5} = \underline{2651,5\text{N}}$$

- Síla ohybu „V“:

$$F_{ov} = \frac{d \cdot s^2 \cdot Re}{2 \cdot \rho} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{46 \cdot 1,5^2 \cdot 186}{2 \cdot 4,182} \cdot \operatorname{tg} \frac{90}{2} = \underline{2301,6\text{N}}$$

- Celková síla potřebná k ohnutí:

$$F_{oc} = F_{ou} + F_{ov} = 2651,5 + 2301,6 = \underline{4953,1\text{N}}$$

Velikost ohýbací síly, potřebné ke zhotovení takto tvarovaného výlisku je 4953,1 N. Aby nedošlo k přetížení lisu, je výsledná síla navýšena o 25%. Skutečná síla potřebná na ohýb bude mít velikost 5002,63 N.

5.3 Velikost zaoblení hran ohybnice

Výpočet je proveden podle kap. 3.3.

$$r_m = (2 \div 6) \cdot s = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ mm}$$

Velikost zaoblení hran ohybnice má hodnotu 4,5 mm.

5.4 Velikost vůle mezi ohybníkem a ohybnicí

Protože ohýbáme ocelovou součást, bude použit vzorec 3.5 kap. 3.1.4.

$$v = (1,05 \div 1,15) \cdot s = 1,1 \cdot 1,5 = 1,65 \text{ mm}$$

Hodnota velikosti vůle mezi ohybníkem a ohybnicí činí 1,65 mm.

5.5 Kontrola poloměru ohybu

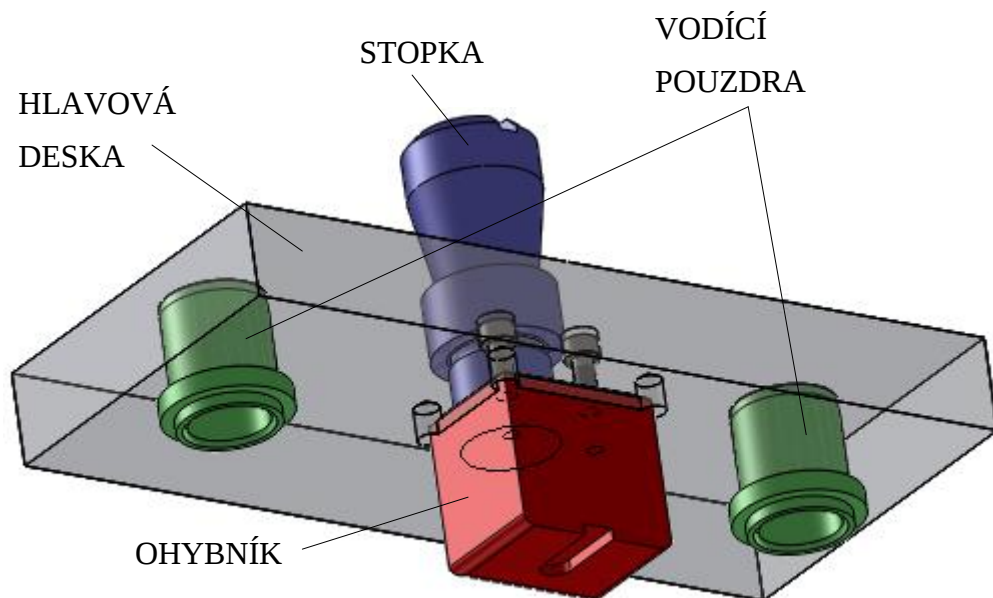
V kap. 3.1.3 dle tab. 8, je zvolen koeficient $c=0,55$

$$R_{\min} = c \cdot s = 0,55 \cdot 1,5 = \underline{0,825 \text{ mm}}$$

Vzhledem k tomu, že nejmenší poloměr ohybu na součásti činí 3,5 mm, je tedy větší než $R_{\min}$, velikosti poloměrů vyhovují.

5.6 Popis nástroje pro ohyb

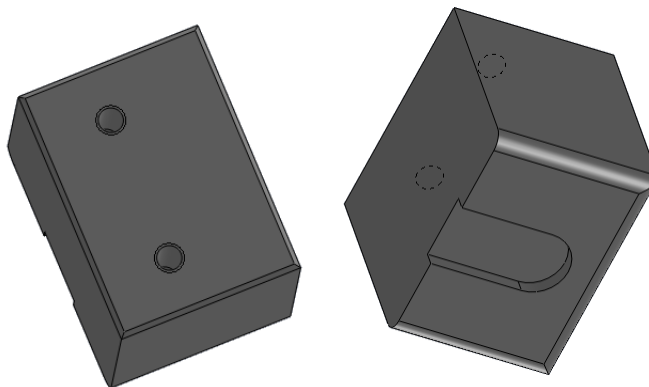
Nástroj je složen ze tří částí, kde horní část nástroje je pohyblivá (obr. 43) a pohybuje se po vodících sloupcích spodní části nástroje (obr. 45), ve které je uložen vyhazovací mechanismus.



Obr. 43 Pohyblivá část ohybového nástroje

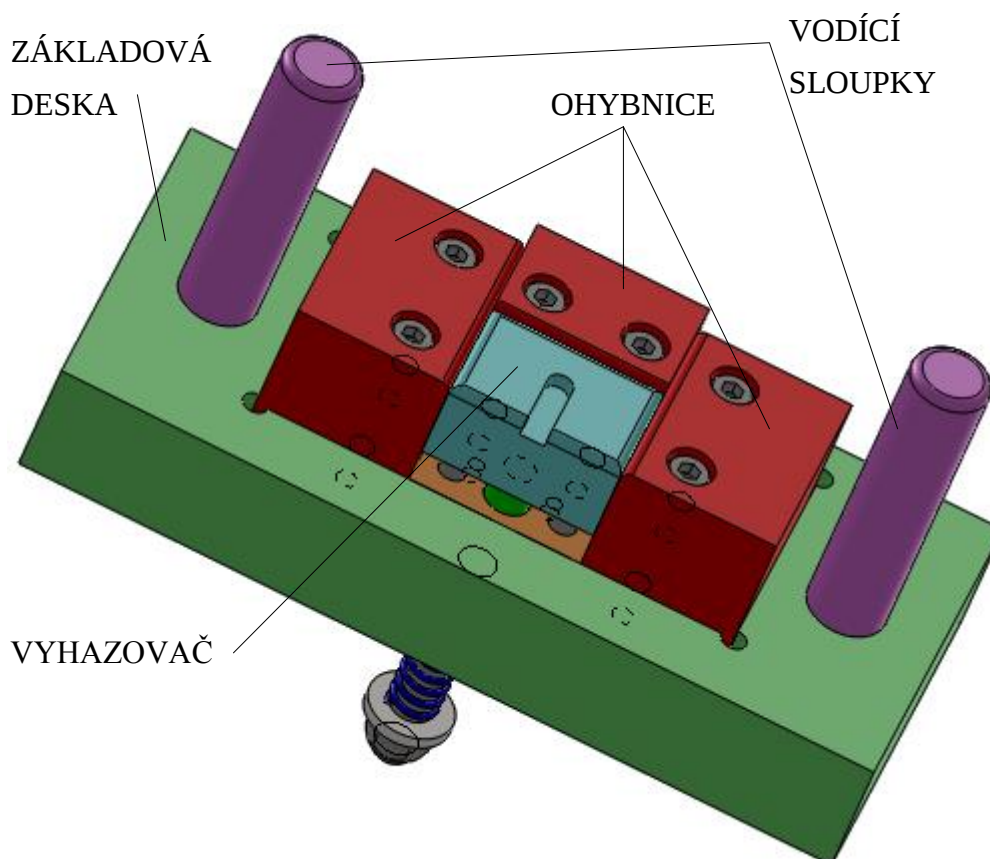
K hlavové desce je šrouby připevněn ohybník, který je do hlavové desky zapuštěn, aby se zabránilo působení axiálních sil. Pohyblivá část je za stopku připevněna k beranu lisu.

Ohybník (obr. 44) má ve své spodní ploše vyfrézovanou drážku, aby se zabránilo styku ohybníku se středícím kolíkem. Je vyroben z materiálu 19 573 a tepelně zpracován kalením na tvrdost 58 HRC.



Obr. 44 Ohybník

Základová deska nástroje je připevněna ke stolu lisu pomocí upínek, viz. kap. 4.7.2. Ohybnice jsou do základové desky zapuštěny, aby jako u ohybníku bylo zabráněno působení axiálních sil. Ohybnice jsou vyrobeny z materiálu 19 573 a taktéž kaleny na 58 HRC.

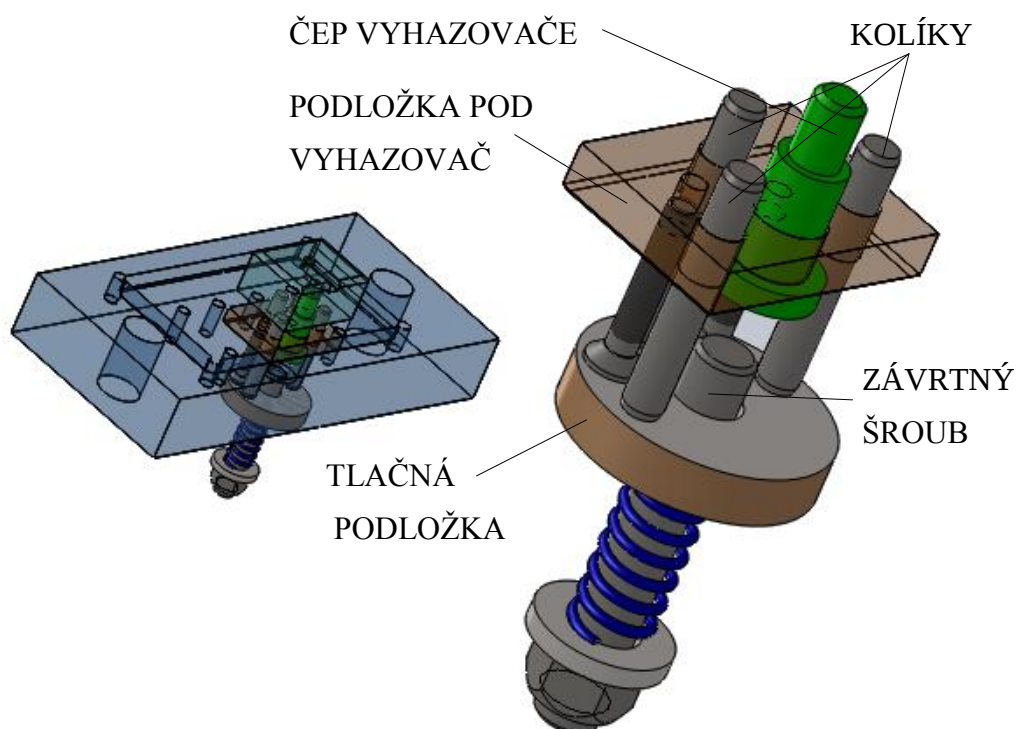


Obr. 45 pevná část ohýbacího nástroje

5.6.1 Vyhazovací mechanismus

Vyhazovací mechanismus (obr. 46). Jeho hlavním úkolem je vysunout ohnutou součást z meziprostoru ohybnic, kde může díky odpružení docházet k zadrhávání výlisku.

Čep vyhazovače je zašroubován do samotného vyhazovače. Při působení ohybníku na součást je vyhazovač tlačén dolů k podložce vyhazovače. Při tomto pohybu působí vyhazovač na kolíky. Tyto kolíky působí na tlačnou podložku. Tlačná podložka tedy stlačuje pružinu. Po odlehčení součásti pružina působí na tlačnou podložku a ta přes kolíky na vyhazovač a součást je vysunuta nad ohybnice. Podložka pod vyhazovač a tlačná podložka jsou vyrobeny z materiálu 19 312 a kaleny na pevnost 50 HRC, aby nedocházelo k vtlačování kolíků do materiálu. Podložka pod vyhazovač slouží zároveň jako doraz vyhazovače a zabráňuje tak namáhání základové desky od vyhazovače.



Obr. 46 Vyhazovací mechanismus

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

6.1 Cena materiálu na výrobu všech výrobků

V kap. 4.4.3 jsme spočítali celkový počet plechů, které budou zapotřebí k výrobě 150 000 kusů součástí. Hmotnost a cena jednoho plechu jsou převzaty z internetových stránek prodejce ocelového materiálu firmy ALFUN.

Hmotnost plechů:

Kdy jeden kus plechu má hmotnost 21,8 kg

$$m_C = m_1 \cdot n_p = 21,8 \cdot 247 = 5385 \text{ kg} \quad (6.1)$$

kde: m_C - celková hmotnost plechů [kg]
 m_1 - hmotnost jednoho kusu plechu [kg]
 n_p - počet plechů

Cena za pásy plechu:

Cena materiálu činí podle ceníku firmy ALFUN: $C_{kg} = 16 \text{ Kč/kg}$

$$C_{pp} = m_C \cdot C_{kg} = 5385 \cdot 16 = 86160 \text{ Kč} \quad (6.2)$$

kde: C_{pp} - celková cena plechů [Kč]
 C_{kg} - cena jednoho kilogramu materiálu plechu [Kč]

Hmotnost jednoho kusu součásti:

$$m_s = S_s \cdot t \cdot \rho = 5600 \cdot 1,5 \cdot 785 \cdot 10^{-6} = 0,066 \text{ kg} \quad (6.3)$$

kde: m_s - hmotnost součásti [kg]
 S_s - plocha součásti [mm]
 t - tloušťka součásti [mm]
 ρ - hustota součásti [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Hmotnost všech součástí:

$$m_{sc} = m_s \cdot Q = 0,66 \cdot 50000 = 3300 \text{ kg} \quad (6.4)$$

kde: m_{sc} - hmotnost všech součástí [kg]
 Q - roční výrobnost [ks/rok]

Hmotnost odpadu:

$$m_o = m_C - m_{sc} = 5385 - 3300 = 2085 \text{ kg} \quad (6.5)$$

kde: m_o - hmotnost odpadu [kg]

Cena odpadu:

Výkupní cena odpadu je pouze orientační: $C_{kgO} = 3,50 \text{ Kč/kg}$

$$C_O = m_O \cdot C_{kgO} = 2085 \cdot 3,50 = 7296 \text{ Kč} \quad (6.6)$$

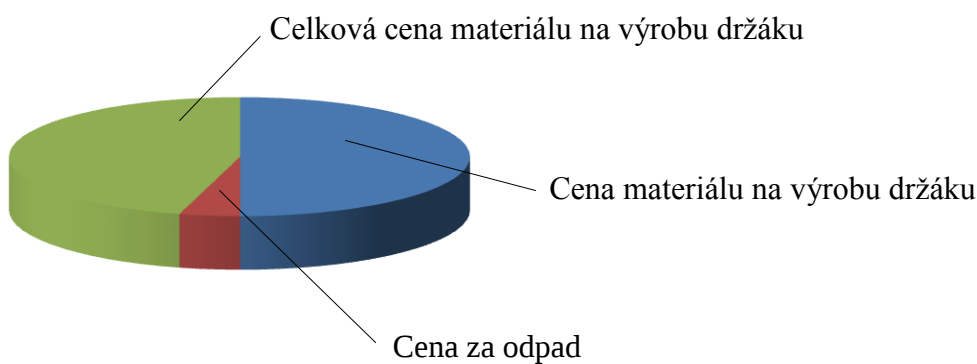
kde: C_O - cena za odpad [Kč]

C_{kgO} - výkupní cena odpadu [Kč]

Celková cena materiálu na výrobu:

kde: C_m - cena čistého materiálu bez odpadu [Kč]

$$C_m = C_{pp} - C_O = 86160 - 7296 = 78864 \text{ Kč} \quad (6.5)$$



Obr. 47 Náklady na materiál pro výrobu držáku

6.2 Cena nástrojů

V tab. 9 je uvedeno zhodnocení střížného nástroje na výrobu držáku. Firma pro níž byly nástroje vyvíjeny, nechtěla zveřejnit mzdové náklady na výrobu součástí. Konečné ceny jsou tedy jen pro orientaci. V nástrojárně byly operace rozděleny podle pracovišť, které mají své hodinové sazby. Hodinové sazby se pohybovaly cca od 450 Kč na montáži až po cca 700 Kč na frézovacím centru.

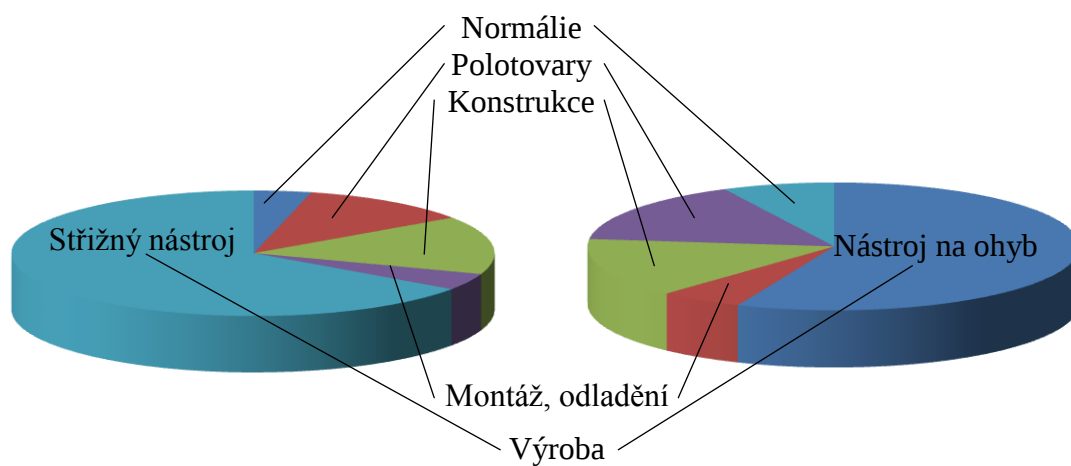
Tab. 9 Tabulka ceny střížného nástroje.

Cena za materiál		Cena konstrukce		Cena výroby
11 560 Kč		14 475 Kč		48 965 Kč
Normálie	Polotovary	Konstrukce	Montáž, odladění	V ceně je třískové obrábění, elektroerozivní obrábění, broušení, tepelné zpracování a režijní náklady.
2 875 Kč	8 685 Kč	11 250 Kč	3 225 Kč	
Skutečná cena střížného nástroje				75 000 Kč

V tab. 10 je zhodnocení ohybového nástroje na výrobu držáku. Hodnoty jsou opět pouze orientační. Na obr. 48 jsou diagramy nákladů na nástroje.

Tab. 10 Tabulka ceny ohybového nástroje.

Cena za materiál		Cena konstrukce		Cena výroby
9 260 Kč		8 190 Kč		22 550 Kč
Normálie	Polotovary	Konstrukce	Montáž, odladění	V ceně je třískové obrábění, elektroerozivní obrábění, broušení, tepelné zpracování a režijní náklady.
2 940 Kč	6 320 Kč	6 000 Kč	2 190 Kč	
Skutečná cena střížného nástroje				40 000 Kč



Obr. 48 Diagram nákladů na výrobu nástrojů

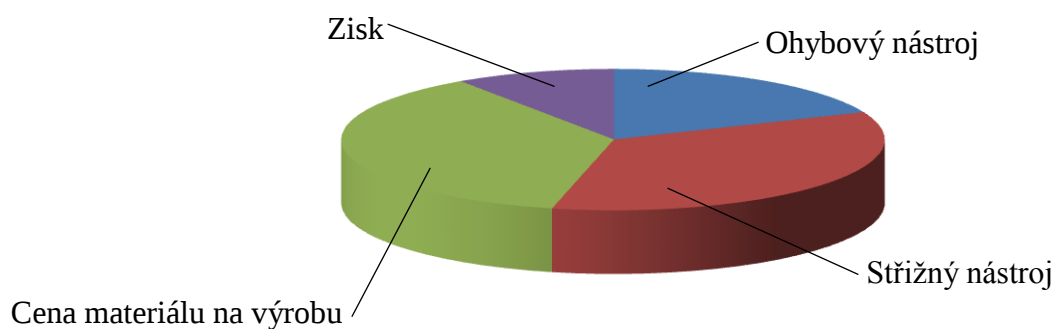
6.3 Náklady na výrobu součástí

V tab. 11 jsou shrnuty náklady na výrobu 50 000 kusů držáků. Tato hodnota je pouze orientační, protože ve výpočtech nejsou zahrnuty mzdové náklady.

Tab. 11 Náklady na výrobu 50 000 ks. držáků.

Cena materiálu na výrobu součástí	78 864 Kč
Požizovací cena střížného nástroje	75 000 Kč
Požizovací cena ohybového nástroje	40 000Kč
Režijní náklady (celkové pořizovací náklady + 5% přírážka)	203 557,2 Kč
Zisk (10%)	20 355,72 Kč
Cena za 50 000 ks	223 912,92 Kč
Cena za 1 ks	4,50 Kč

Výsledná cena 50 000 ks držáku činí 223 912,92 Kč při ceně jednoho kusu 4,50Kč. Na obr. 50 je konečný nákladový diagram na výrobu držáku.



Obr. 49 Náklady na výrobu součástí

7 ZÁVĚR

Pro výrobu součásti byly zkonstruovány dva nástroje, tím byl splněn požadavek firmy, která si tyto nástroje objednala. Postupový střížný nástroj stříhá a dělí materiál ve třech krocích. Třetí krok však pouze dělí odpad na menší kusy, aby se zajistila snadnější manipulace s odpadem. Poté je vystřižená součást ohnuta na jeden zdvih na ohýbadle. Jedná se zde o ohyb do tvaru “U”.

Při konstrukci nástrojů se kladl velký důraz na to, aby se zamezilo konstrukčním chybám, jako jsou- volba materiálů střížníků a střížnic, vedení střížníků, volba můstků a stranových přídavek na pásu plechu, dále pak odpružení, vzdálenost děr a drážky od ohybu. Snahou bylo vytvořit nástroje jednoduché a hlavně levné. Důraz byl kladen také na manipulaci s materiálem při stříhání. Na ohybovém nástroji byl zkonstruován vyhazovač, proto se nástroj může používat na jednoduchých lisech.

Nástříhový plán byl zvolen tak, aby se docílilo i při členitosti součásti vysokého využití materiálu. Variantní návrh číslo tři byl zvolen za neoptimálnější a navíc je možno při stříhání dělit odpad na menší kousky, a proto je skladnější. Samotný materiál na výrobu 50 000 kusů by měl cenu 78 864 Kč . Nástroje na výrobu součásti jsou pak ceněny na 115 000 Kč. Cena jednoho kusu držáku činí 4,50 Kč.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [4]

1. BAREŠ, Karel, et al. *Lisování*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1971. 544 s. ISBN L13-E1-IV-41/22221/X.
2. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Vyd. 1. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983. ISBN 04-229-83.
3. BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press, 2004. ISBN 0-8311-3182-9.
4. Citace. *Citace.com* [online]. Brno: 2004, poslední změna 1. 4. 2011 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z WWW: <http://generator.citace.com/dok/hqPPfYPVfcw6JCEE>.
5. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřle: směrnice pro výpočet*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1975. 28 s. MDT 621.979.07. ČSN 226015 stříhadla a střížné vřle.
6. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření, plošné a objemové tváření*. Vyd. 2. Vysoké učení technické v Brně: PC-DIR Real, s.r.o., Brno, 1999. ISBN 80-214-0418-2.
7. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Vysoké učení technické v Brně: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
8. FREMUNT, Přemysl a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Konstrukční oceli*. Brno: CERM, 1996. ISBN 80-85867-95-8.
9. HOLČÁK, Marek. *Vývoj postupového střížného nástroje*. Zlín, 2008. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce doc. Ing. Dostupné z WWW: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/7119/hol%C4%8D%C3%A1k_2008_bp.pdf?sequence=1.
10. Katalog normalizovaných dílů. *RAMSIER NORMTIELE* [online]. 2012 [cit. 2013-05-15]. Dostupné z: <http://www.ramseier-normalien.ch/home-61/lang-de>.
11. Katalog pásové oceli válcované za studena. In: *Válcovna NOVÁ HUŤ* [online]. 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW: http://www.valcovna-nh.cz/download/cz/katalog_cz.pdf.
12. KOS, Bohumír. *Výroba držáku klaksonu*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D. Dostupné z WWW: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/17193>.
13. KOTOUČ, Jiří, Jan ŠANOVEC, Jan ČERMÁK a Luděk MÁDLE. *Tvářecí nástroje*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
14. LENFELD, Petr. *Ksp.tul.cz* [online]. Liberec, 2008 [cit. 2013-05-13]. Technologie II. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní. Dostupné z WWW: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/obsah_kovy.htm.

15. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Vyd. 1. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
16. PAŠALOV, Tomáš. *Výroba části podávacího mechanismu*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Eva Šmehlíková. Dostupné z WWW: <https://dspace.vutbr.cz/handle/11012/13189>.
17. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření II: Plošné tváření* [online]. Ostrava, 2001 [cit. 2013-05-13]. Vysoká škola Báňská-Technická univerzita Ostrava. Dostupné www: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV2.pdf.
18. ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. *Příručka pro lisování za studena*. Vyd. 2. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1957. ISBN DT 621.986.
19. RUČKA, David. *Konstrukce lisovacího nástroje pro součást z plechu*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce doc. Ing. Jindřich Špaček CSc. Dostupné z WWW: <http://dspace.vutbr.cz/handle/11012/8056>.
20. Řezání plazmou. MUDRA CZ s.r.o. [online]. Copyright © 2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW: <http://www.mudracz.cz/plazma.html>.
21. SRB, Karel, et al. *Základy lisování*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965. 248 s. ISBN 04-239-65.
22. Strážné nástroje. *Nástrojárna PROTOOL s.r.o.* [online]. 2010 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW http://www.vyrobaforem.cz/cs/strizne_nastroje.html.
23. Třídy oceli. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2013 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/T%C5%99%C3%ADdy_oceli#11_373_a_11_423.
24. Výlisky z plechu. *Konstrukční kancelář* [online]. 1997 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z: <http://strojni-konstrukce.cz/menu/reference/plechove-vylisky>.
25. Zpracování plechů. *WASHINA ENGINEERING* [online]. Copyright © 2010-2011 [cit. 2013-05-13]. Dostupné z WW: <http://www.washina.cz/obsah/nabidka/zamecnictvi-svarovani-zpracovani-plechu>.
26. ZUBCOV, Michail. *Lisování*. Vyd. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, n. p., 1955. 476 s. VA-11895/55/SV3-D-00991.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/symbol	Jednotka	Popis
A	J	Střížná práce
a	°	Úhel oblouku
c	-	Součinitel závislí na stupni stříhu
C_{kg}	Kč	Cena za jeden kilogram materiálu
C_{kgO}	Kč	Cena za kilogram odpadu
C_m	Kč	Cena materiálu bez odpadu
C_O	Kč	Cena za odpad
C_{pp}	Kč	Celková cena plechů
d	mm	Šířka plechu
E	MPa	Modul pružnosti
F_{OC}	N	Celková ohýbací síla
F_{OU}	N	Síla ohybu “U“
F_{OV}	N	Síla ohybu “V“
F_S	N	Střížná síla
F_{SC}	N	Celková střížná síla
F_{Se}	N	Skutečná střížná síla
F_{ST}	N	Stírací síla
F_{PR}	N	Protlačovací síla
H	mm	Kritická výška střížnice
h	-	Hloubka ohybu
H_S	mm	Skutečná výška střížnice
I	mm ⁴	Moment setrvačnosti
JR	mm	Jmenovitý rozměr
k	-	Opravný koeficient (zahrnuje nerovnost materiálu, stav ostří a napjatost)
l	mm	Délka stříhaného materiálu
l_k	-	Koeficient bezpečnosti
l_S	mm	Skutečná délka střížníku
l_V	mm	Vzdálenost mezi opěrkami ohybnice
l_U	mm	Vzdálenost mezi čelistmi ohybnice
l_{Xi}	mm	Vzdálenost od počátku k ose X náležící těžišti i
l_{Yi}	mm	Vzdálenost od počátku k ose Y náležící těžišti i

m	mm	Tloušťka stříhaného materiálu
m_C	kg	Celková hmotnost plechů
m_S	kg	Hmotnost jedné součásti
m_{SC}	kg	Hmotnost všech součástí
m_O	kg	Hmotnost odpadu
m_1	kg	Hmotnost jednoho kusu plechu
N_v	mm	Délka neutrálního vlákna
n_p	ks	Počet plechů
P	mm	Střížná vůle
Q	ks/rok	Roční výrobnost
RAD	mm	Jmenovitý rozměr střížníku při děrování
RAV	mm	Jmenovitý rozměr střížníku při vystřihování
RED	mm	Jmenovitý rozměr střížnice při děrování
REV	mm	Jmenovitý rozměr střížníku při děrování
R_e	MPa	Mez kluzu
R_{max}	mm	Maximální poloměr ohybu
R_{min}	mm	Minimální poloměr ohybu
R_o	°	Úhel ohybu
r	mm	Vnitřní poloměr v ohybu
r_m	mm	Poloměr zaoblení ohybnice
S_S	mm ²	Plocha součásti
s	mm	Tloušťka materiálu
TA	mm	Tolerance střížníku
TE	mm	Tolerance střížnice
t	mm	Střížná vůle
v	mm	Střížná mezera
x	mm	Posunutí neutrální osy
x_T	mm	Vzdálenost od počátku v ose X pro umístění stopky
x_{TF}	mm	Vzdálenost od počátku v ose X pro střížné síly
y_T	mm	Vzdálenost od počátku v ose Y pro umístění stopky
y_{TF}	mm	Vzdálenost od počátku v ose Y pro střížné síly
β	°	Úhel odúpružení
Δ	mm	Tolerance rozměru
δ	°	Úhel ohybu

$\varepsilon_{\text{tmin}}$	-	Mezní poměrná deformace
μ	-	Koeficient bezpečnosti
ρ	$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	Hustota
ρ_1	mm	Poloměr neutrální osy
ρ_2	mm	Poloměr ohybu
σ_{OT}	MPa	Napětí na otlačení
σ_{DOV}	MPa	Dovolené napětí materiálu upínací desky
τ_s	MPa	Střížný odpor

SEZNAM VÝKRESŮ

BP-PB-A0-ST-S0	Výkres sestavení střižného nástroje
BP-PB-A1-ST-P2	Výrobní výkres střižnice
BP-PB-A3-ST-P9	Výrobní výkres střižníku obrysu
BP-PB-A4-ST-P10	Výrobní výkres střižníku drážky
BP-PB-A4-ST-P12	Výrobní výkres hledáčku
BP-PB-A0-OH-S0	Výkres sestavení ohybového nástroje
BP-PB-A4-OH-P3	Výrobní výkres ohybníku
BP-PB-A4-OH-P4	Výrobní výkres ohybnice boční
BP-PB-A4-OH-P5	Výrobní výkres ohybnice zadní

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Stanovení rozměrů střižníků střižnice podle Zubcova

Příloha 2: Velikost můstků v nástřihovém plánu

Příloha 3: Typy ocelí a litin a jejich použití

Příloha 4: Lis LEN 10 CA

Příloha 5: Lis LEN 63 C

Příloha 6: Foto-střižný nástroj

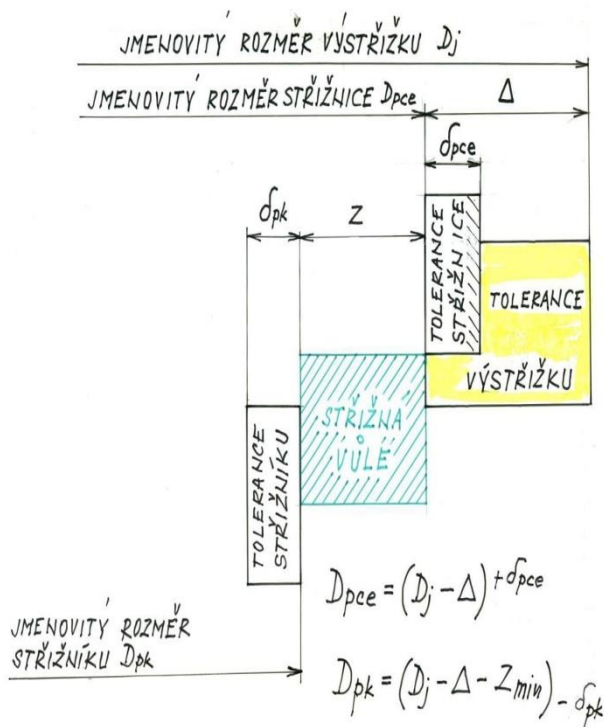
Příloha 7: Foto-kompletní nástroje

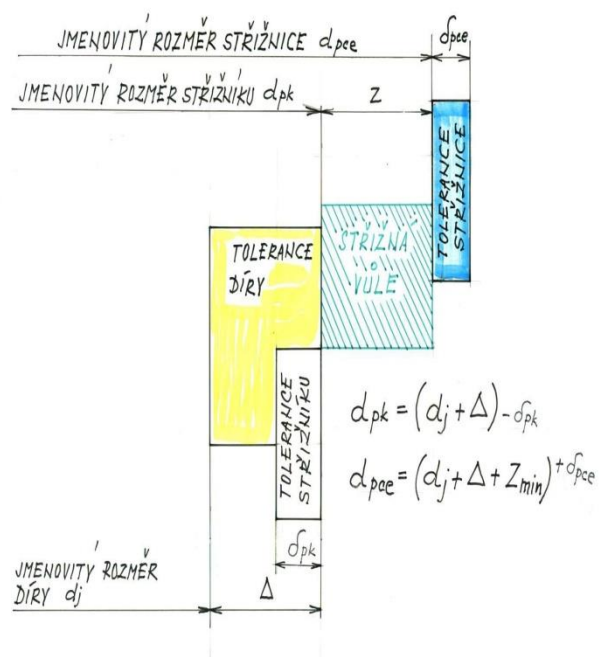
Příloha 1: Stanovení rozměrů strážníků strážnice podle Zubcova

Nejmenší a největší vůle a výrobní tolerance u kruhových průstřížníků a průstřížnic prostřihovacích a děrovacích nástrojů v mm

Tabulka 14

Tloušťka prostřihova- vaného materiálu t mm	Jmenovité rozměry vystřihovaného obrysu															
	od 1 do 10				nad 10 do 50				nad 50 do 180				nad 180 do 500			
	z _{min}	z _{max}	δ _{pce}	δ _{pk}	z _{min}	z _{max}	δ _{pce}	δ _{pk}	z _{min}	z _{max}	δ _{pce}	δ _{pk}	z _{min}	z _{max}	δ _{pce}	δ _{pk}
0,15	0,005	0,030	0,015	0,010	0,005	0,030	0,015	0,010								
0,25	0,005	0,030	0,015	0,010	0,005	0,035	0,020	0,010	0,005	0,040	0,020	0,015				
0,35	0,005	0,035	0,020	0,010	0,010	0,045	0,020	0,015	0,010	0,050	0,025	0,015	0,010	0,060	0,030	0,020
0,50	0,015	0,050	0,020	0,015	0,015	0,055	0,025	0,015	0,015	0,065	0,030	0,020	0,015	0,075	0,040	0,020
0,60	0,020	0,060	0,025	0,015	0,020	0,065	0,030	0,015	0,020	0,075	0,035	0,020	0,020	0,090	0,045	0,025
0,80	0,035	0,080	0,030	0,015	0,030	0,085	0,035	0,020	0,030	0,090	0,045	0,025	0,025	0,110	0,055	0,030
1,00	0,050	0,100	0,030	0,020	0,040	0,105	0,040	0,025	0,035	0,115	0,050	0,030	0,030	0,130	0,065	0,035
1,20	0,065	0,120	0,035	0,020	0,050	0,125	0,050	0,025	0,045	0,135	0,060	0,030	0,040	0,150	0,070	0,040
1,50	0,090	0,160	0,040	0,020	0,075	0,160	0,055	0,030	0,060	0,170	0,070	0,040	0,050	0,185	0,090	0,045
1,80	0,120	0,190	0,045	0,025	0,100	0,205	0,070	0,035	0,085	0,220	0,090	0,045	0,065	0,230	0,110	0,055
2,00	0,130	0,205	0,050	0,025	0,115	0,230	0,075	0,040	0,090	0,240	0,100	0,050	0,070	0,255	0,120	0,065
2,50	0,170	0,260	0,060	0,030	0,150	0,290	0,090	0,050	0,120	0,300	0,120	0,060	0,090	0,300	0,140	0,070
2,80	0,200	0,300	0,065	0,035	0,160	0,320	0,105	0,055	0,130	0,340	0,140	0,070	0,100	0,350	0,165	0,085
3,00	0,220	0,330	0,070	0,040	0,180	0,350	0,110	0,060	0,150	0,370	0,145	0,075	0,120	0,390	0,180	0,090
3,50	0,270	0,400	0,085	0,045	0,230	0,410	0,120	0,060	0,200	0,440	0,160	0,080	0,170	0,460	0,190	0,100
4,00	0,300	0,450	0,100	0,050	0,270	0,460	0,125	0,065	0,240	0,500	0,170	0,090	0,200	0,530	0,220	0,110
5,00	0,400	0,570	0,110	0,060	0,375	0,600	0,150	0,075	0,350	0,650	0,200	0,100	0,320	0,670	0,230	0,120
6,00	0,490	0,680	0,125	0,065	0,460	0,710	0,165	0,085	0,450	0,790	0,225	0,115	0,450	0,830	0,250	0,130
8,00	0,690	0,920	0,150	0,080	0,670	0,970	0,200	0,100	0,670	0,970	0,265	0,135	0,620	0,120	0,330	0,170
10,00	0,900	1,250	0,230	0,120	0,900	1,300	0,260	0,140	0,850	1,350	0,330	0,170	0,800	1,400	0,400	0,200
12,00	1,130	1,530	0,260	0,140	1,080	1,580	0,330	0,170	1,030	1,880	0,400	0,200	0,980	1,680	0,460	0,240
15,00	—	—	—	—	1,450	2,050	0,400	0,200	1,400	2,100	0,460	0,240	1,350	2,150	0,530	0,270
18,00	—	—	—	—	1,800	2,450	0,430	0,220	1,750	2,500	0,500	0,250	1,700	2,550	0,560	0,290
22,00	—	—	—	—	2,450	3,150	0,460	0,240	2,350	3,150	0,530	0,270	2,300	3,200	0,600	0,300
26,00	—	—	—	—	2,950	3,700	0,500	0,250	2,850	3,700	0,560	0,290	2,800	3,750	0,630	0,320





Příloha 2: Velikost můstků v nástrihovém plánu

$E_1(\text{mm}); F_1(\text{mm})$	
	2,3
	1,8
	2,0
	2,2
	2,5
	2,8
	3,0
	3,2
	3,5
	4,0
	4,5
	5,0
	5,5
	6,0
	6,5

Příloha 3: Typy ocelí a litin a jejich použití

Skupina	Typ oceli	Značení oceli dle ČSN	Vhodnost použití
A	Ledaburitické a subledaburitické	19 436, 19 437, 19 438, 19 572, 19 571, 19 581	Na stříhadla s malým nárokem na houževnatost a dobrými střížnými podmínkami.
B	Nízkolegované	19 312, 19 713, 19 422	Vyznačují se velkou rozměrovou stálostí, vhodné pro střížníky.
C	Pro velké tlaky	19 655, 19 614, 19 662	Stříhadla vystavená velkým střížným silám a vylamování břitů
D	Odolné proti rázu	19 356, 19 421	Oceli odolné proti velkým rázům.
E	Uhlíkové oceli	19 221, 19 191, 19 222, 19 192, 19 152, 19 132	Pro málo namáhaná stříhadla.
F	Odolné proti rázu	19 733, 19 732, 19 740, 19 452	Stříhadla vystavená velkým rázům, namáhání v ohybu a tlaku.

Ocel dle ČSN	Typ	Tvrdost [HRC]	Vhodnost použití
11 107, 11 110	Neušlechtilé		Drobné součásti nástrojů.
11 340, 11 370			Méně namáhané součásti, opěrné desky.
11 373, 11 375, 11 353, 11 423, 11 523			Svařování konstrukčních dílů nástrojů.
11 500, 11 600			Kliky, pera, upínací, kotevní desky.
12 060, 12 061	Zušlechťovatelné	50 až 58	Stírače, upínací hlavice, stopky, opěrné vložky.
12 040, 12 090, 13 180, 14 180		43 až 48	Šroubové, talířové, listové pružiny.
14 260, 15 260		45 až 46	Nejnamáhavější pružinové součásti.
12 010, 12 020	Cementační	60 až 62	Součásti vodícího mechanismu, sloupky, pouzdra.
14 120, 14 220		61 až 63	Součásti s velmi tvrdou cementační vrstvou.

Litina		Pevnost V tahu [MPa]	Tažnost [%]	Vhodnost použití
Typ	Označení Dle ČSN			
Šedá (lupinková)	422 430	300	-	Značně namáhané součásti tlustších stěn.
	422 425	250	-	Značně namáhané součásti, stojánky.
Očkováná	422 456	-	-	Pro součásti, kde jsou vyžadovány dobré kluzné vlastnosti, ložiska.
Tvárná	422 304	400	12	Pro vyšší tlaky a namáhání.
	422 305	500	7	
	422 303	370	17	Pro dynamicky namáhané, vyšší tlaky.

Příloha 4: Lis LEN 10 CA

Název stroje:
Katalogové číslo:
Typ, parametry:
Výrobce:
Rok výroby/repase:

Lis výstředníkový

4413

LEN 10 CA

Šmeral Trnava

1987

Jmenovitá síla 100 kN

Vyložení 165 mm

Sevření 225 mm

Velikost zdvihu 6-65 mm

Přestavitelnost beranu 45 mm

Rozměry stolu 450x320 mm

Rozměry beranu 280x180 mm

Počet zdvihů 80/160 /min

Využitelný počet zdvihů 60/45 /min

Užitečná práce 50/50 J

Výkon el. motoru 1,1/1,5 kW

Rozměry d x š x v 1260x1114x1960 mm

Hmotnost 1250 kg



Popis:

Příloha 5: Lis LEN 63 C

Název stroje:
Katalogové číslo:
Typ, parametry:
Výrobce:
Rok výroby/repase:



Popis:

Lis

3543

LEN 63 C

Šmeral Trnava

1981

Jmenovitá síla 630 kN

Pracovní dráha (podle velikosti zdvihu Z)
0,67-7,78 mm

Tvářecí práce při jednotlivých zdvizích/ při
trvalém chodu 1500-2200/750-1100 J

Rozsah použití při stříhání plechu: největší
tloušťka

- při jednotlivých zdvizích 5-7 mm

- při trvalém chodu 2,5-3,5 mm

Počet zdvihů beranu 65, 120 za min

Počet využitelných zdvihů beranu 45, 60 za
min

Vyložení A 315 mm

Průchod B 355 mm

Sevření H 335 mm

Zdvih beranu Z 10-105 mm

Přestavitelnost beranu E 70 mm

Upínací dutina beranu průměr d/k 0/85

Upínací plocha stolu l1 x b1 800x630 mm

Propad ve stole průměr d1/d x h1; průměr
d1/o x p 250/280x45 mm

Tloušťka upínací desky h2 85 mm

Otvor pro vložku v upínací desce průměr
d3/průměr d2 x h3 200/220x20 mm

Otvor ve vložce průměr d4 110 mm

Naklopení stojanu 0°-25°

Výkon elektromotoru 4/7,5 kW

Spotřeba nasátého vzduchu na 1 zapnutí
spojky 5 dm³

Rozměry lisu:

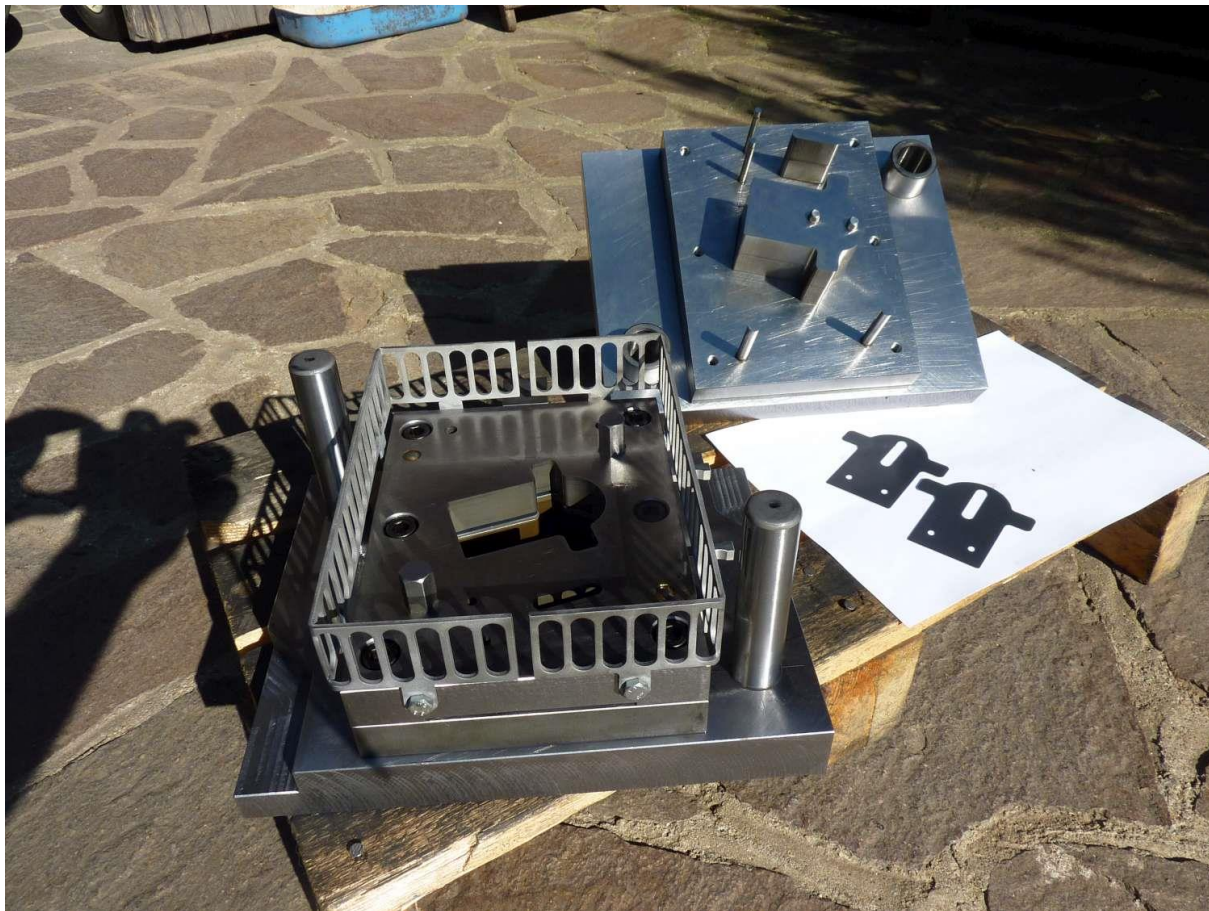
S x L 1400x1850

výška L mm 2550 mm

Hmotnost lisu 5850 kg

Objem/počet obalů 12,4/1 m³/kusů

Příloha 6: Foto-střížný nástroj



Příloha 7: Foto-kompletní nástroje

