

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA BOČNICE KLADKY

PULLEY CHEEK MANUFACTURING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

STANISLAV HABR

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA ŠMEHLÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Stanislav Habr

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 bočnice kladky

v anglickém jazyce:

Pulley cheek manufacturing

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Téma dané práce je zaměřeno na technologii postupového stříhání kovovým nástrojem. Jedná se o návrh výroby bočnice kladky se třmenem a dvojjávěsem. Zadaná práce bude řešit pouze základní tvar bočnice zhotovený technologií postupového stříhání. V rámci řešení dané práce je nutné navrhnout nástroj a zhodnotit technické a ekonomické aspekty výroby. Součást je podlouhlého tvaru s vnitřními kruhovými otvory. Tloušťka plechu je 1 mm.

Cíle bakalářské práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii stříhání. Návrh optimální technologie výroby součásti a vypracování postupu výroby. Provedení technologických a kontrolních výpočtů, návrh a volba stroje. Návrh vhodného nástroje pro výrobu zadané součásti a technicko-ekonomické zhodnocení navržené technologie výroby. Závěr.

Seznam odborné literatury:

NOVOTNÝ, Josef. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.

DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

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

V Brně, dne 10.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na technologii postupového stříhání. Cílem je navrhnout postupový nástroj pro zadanou součást bočnice kladky z korozivzdorné oceli o tloušťce plechu 1mm. Na základě literární studie v první části projektu byla stanovena nejoptimálnější varianta výroby součásti. Postupové stříhadlo využívá normalizovaných komponent a je řešeno formou obvyklého stojánku upnutého do lisu LEN 63 C (výrobce TOMA Industries s.r.o). V závěru je ekonomické zhodnocení výroby pro roční dávku 200 000 ks.

Klíčová slova: Tváření, postupové stříhání, střížný nástroj, výstřížek, střížnice

ABSTRACT

This bachelor thesis focuses on the technology of follow cutting. The purpose is to project a progressive press tool for the given component of a pulley cheek made of a stainless steel sheet with the thickness of 1 mm. The optimal variety of component production was set on the basis of the theoretical study in the first part of the project. The progressive press tool uses standardized components and it is realized by using the usual post which is fixed to the compressing machine LEN 63 C (producer TOMA Industries Ltd.). At the end of the thesis, there is an economic assessment of production of the annual batch of 200 000 pcs.

Key words: Forming, follow cutting, cutting tool, cutting, cutting form

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HABR, S. *Výroba bočnice kladky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 51 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „*Výroba bočnice kladky*“ jsem vypracoval samostatně s využitím uvedené odborné literatury, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 29.5.2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Evě Šmehlíkové, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografické citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1. ÚVOD	11
2. LITERÁRNÍ STUDIE – TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ	12
2.1 PROCES STŘÍHÁNÍ.....	12
2.2.1 Střížná vůle	13
2.2.2 Strukturní vliv materiálu na kvalitu střížné plochy.....	14
2.2.3 Vliv způsobu stříhání na kvalitu střížné plochy.....	15
2.3 DEFORMAČNÍ ZPEVNĚNÍ V OKOLÍ STŘÍŽNÉ PLOCHY	16
2.4 STŘÍŽNÁ SÍLA.....	16
2.4.1 Výpočet celkové střížné síly	17
2.4.2 Snížení střížné síly	17
2.5 VÝPOČET STŘÍŽNÉ PRÁCE.....	19
2.6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ VLIVY NA TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ	20
2.6.1 Těžiště střížných sil.....	20
2.6.2 Nástřihový plán a konstrukce součásti.....	21
2.6.3 Tolerance střížných nástrojů	23
2.7 NÁSTROJE PRO TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ.....	25
2.7.1 Materiály střížných nástrojů.....	25
2.7.2 Životnost střížných nástrojů.....	26
2.7.3 Stříhání ve stříhadlech.....	27
2.7.4 Konstrukce funkčních částí stříhadel	27
3. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI	32
3.1 SOUČASNÝ STAV VÝROBY	32
3.2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝSTŘÍŽKŮ	32
3.2.1 Přesnost rozměrů výstřížku.....	32
3.2.2 Minimální vzdálenost otvorů od okraje	33
3.2.3 Velikost nejmenších děrovaných otvorů.....	33
3.3 NÁVRH MATERIÁLU VÝSTŘÍŽKU	33
3.5 NÁVRH POLOTOVARU VÝSTŘÍŽKU	33

3.4 VARIANTY NÁSTŘIHOVÝCH PLÁNŮ	34
4. PROVEDENÍ TECHNOLOGICKÝCH A KONTROLNÍCH VÝPOČTŮ	40
4.1 VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY	40
4.2 VÝPOČET STŘIŽNÉ PRÁCE	41
4.3 URČENÍ STŘIŽNÉ VŮLE	41
4.4 URČENÍ TĚŽIŠTĚ STŘIŽNÝCH SIL	42
4.5 STANOVENÍ ROZMĚRŮ NÁSTROJE	43
4.6 PEVNOSTNÍ A KONTROLNÍ VÝPOČET STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ	45
5. NÁVRH STROJE	46
6. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	48
6.1 TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ	48
6.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	48
6.2.1 Vstupní hodnoty	48
6.2.2 Náklady na materiál.....	48
6.2.3 Náklady na nástroj.....	49
6.2.4 Náklady na přímé mzdy.....	50
7. ZÁVĚR.....	51
Seznam použité literatury	
Seznam použitých symbolů	
Seznam příloh	
Přílohy	

1. ÚVOD

Tváření kovů, tato dávná dovednost se postupně změnila ve vysoce odbornou disciplínu techniky a také vědy. První způsob, jakým byl kov zpracován, bylo jeho tváření. Kov byl ručně kován mezi kovadlinou a kladivem, o čemž se ve svém díle zmiňuje již Homér. Nejprve docházelo k primitivnímu ručnímu zpracování kovů, poté člověk začal využívat síly zvířat a ve středověku již využívá i energie vody a větru.

Na celosvětové produkci strojírenských součástí z kovu a jejich slitin se významnou měrou podílí technologie tváření. Tato technologie splňuje požadavky na velmi přesné součásti v leteckém, automobilovém, energetickém, vojenském a spotřebním průmyslu. Tvářené součásti splňují i ty nejnáročnější kritéria jakosti a kvality, která jsou kladena na geometrii tvaru, přesnosti a požadavky na mechanické vlastnosti. Produktivita tvářecích technologií několikanásobně předčí běžné strojírenské technologie jako je obrábění v moderní automatizované výrobě. Tvářecí technologie dosahují vysokou produktivitu při relativně nízkých kusových nákladech, velké úspory materiálu a malé spotřeby energie při vysoké jakosti výroby.

Technologie tváření se dělí na plošné a objemové. V této práci se zabývám plošným tvářením, konkrétně technologií postupového stříhání. Postupovým stříháním se rozumí, že výstřížek je stříhán postupně v několika operacích až do požadovaného tvaru. Výhody této technologie jsou především v jednoduchosti střížných nástrojů a v relativně přesné výrobě za nízkých nákladů na nástroj při vysoké produktivitě.

2. LITERÁRNÍ STUDIE – TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ

Tato kapitola se zabývá teoretickou částí plošného stříhání, kde se všechny poznatky a nejnovější trendy zahrnují do přehledné formy.

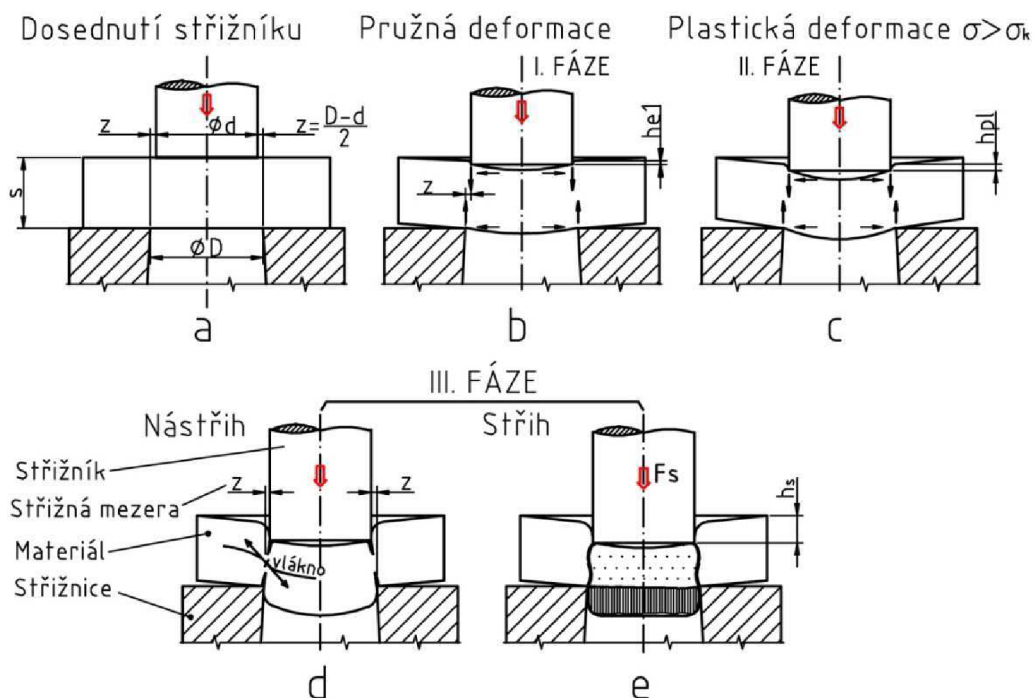
2.1 PROCES STŘÍHÁNÍ [3], [8]

Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů.⁴ Při procesu stříhání dochází k porušení materiálu v celém jeho průřezu – lomem v ohnisku plastické deformace. Plastické přetvoření je sice průvodním, ale zároveň nežádoucím jevem. Kovové materiály se oddělují postupně nebo současně podél křivky stříhu vytvořené relativním pohybem dvou břitů, které vyvolají nutné střížné – smykové napětí.

Fáze procesu stříhání

Proces stříhání lze rozdělit do tří fází.

- V první fázi po dosednutí střížníku dochází k pružnému vniknutí do povrchu. Hloubka vniku závisí na mechanických vlastnostech materiálu a bývá $h_{e1} = (5 \text{ až } 8\%) s$. Dvojice sil mezi hranami střížníku a střížnice způsobuje ohyb. (obr.1b)
- Ve druhé fázi je napětí ve směru vnikání větší, než je mez kluzu stříhaného materiálu a dochází k trvalé plastické deformaci. Hloubka plastického vniku závisí na mechanických vlastnostech daného materiálu a bývá $h_{p1} = (10 \text{ až } 25\%) s$. (obr.1c)
- Ve třetí fázi dosáhne napětí meze pevnosti ve stříhu. Nejdříve vznikne tzv. nástřih, vytvoření trhlinek, které je podporováno tahovým normálním napětím ve směru vláken. Trhliny se rychle šíří a dochází k oddělení výstřížku. Rychlost vzniku a šíření trhlin je závislé mimo jiné i na velikosti střížné vůle $v = 2z$. Tvrdý a křehký kovový materiál se oddělí rychle při nepatrném vniku střížných hran $h_s = 10\%$. U měkkých a houževnatých materiálů je průběh vzniku a šíření trhlin pozvolnější a hloubka vniku střížných hran v okamžiku oddělení bývá až $h_s = 60\%$ s. (obr.1d,e)



Obr.1 Průběh stříhání s normální střížnou vůlí $v = 2z$ [8]

2.2 KVALITA STŘIŽNÉ PLOCHY [3], [4]

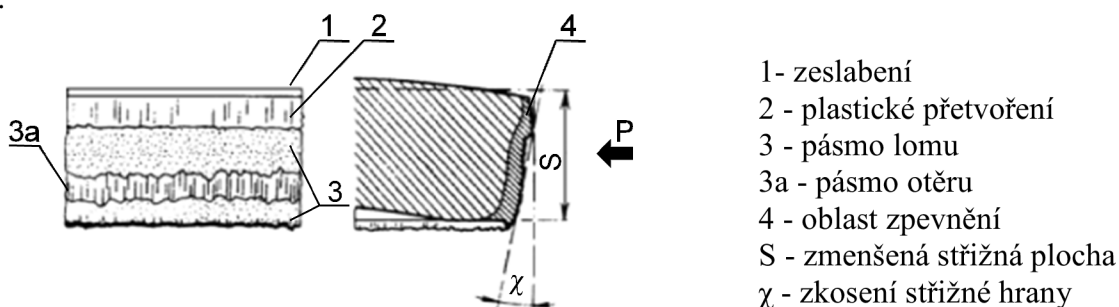
Presnost a kvalita střížné plochy je ovlivněna mnoha faktory, z nichž k nejdůležitějším patří velikost střížné mezery, vlastnosti střížného materiálu, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje resp. lisu apod.

Některé všeobecné zákonitosti v procesu stříhání:

- Drsnost střížné plochy je dána průběhem deformace a jakostí materiálu
- Střížná plocha je zkosená vlivem střížné vůle
- Podél střížné plochy dochází k zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku
- Střížná plocha je zpevněna do určité hloubky
- U některých výstřížků dochází k jejich prohnutí v důsledku ohybového momentu obou složek střížné síly.

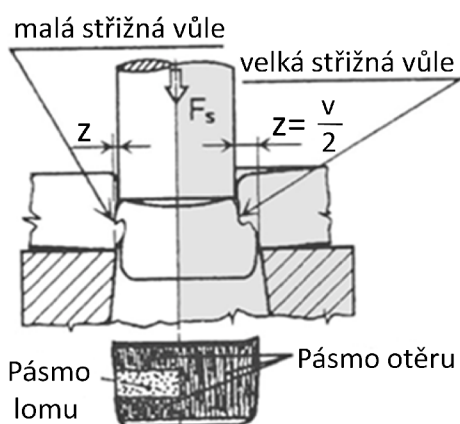
2.2.1 Střížná vůle [8], [11], [13]

Střížná vůle je rozdíl mezi rozměrem pracovních částí střížníku a střížnice. Střížná mezera (radiální vůle) je polovina střížné vůle. Při stříhání s normální střížnou vůlí se trhlinky v okamžiku stříhu setkají a vytvoří střížnou plochu se čtyřmi charakteristickými ploškami (obr.2).

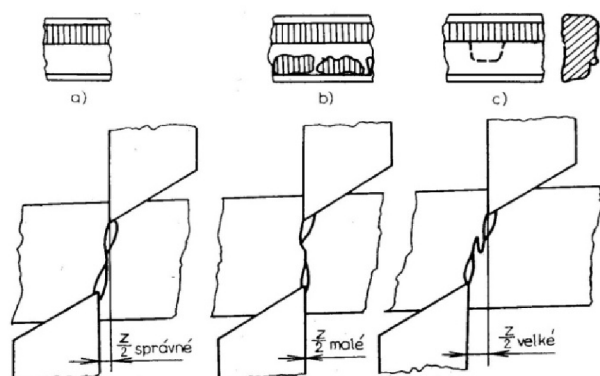


Obr.2 Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli [8]

Nástřih při malé a velké vůli, (obr.3) má za následek rozšíření pásma otěru na větší část střížné plochy



Obr.3 Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli [8]



Obr.4 Vliv střížné vůle na kvalitu střížné plochy a-optimální střížná vůle, b-střížná vůle malá, c-střížná vůle velká [11]

Trhliny postupují od bříty obou nožů. Setkají se uprostřed děleného materiálu a vytvoří střížnou plochu (obr.4). Nemusí se však setkat vždy přesně svými čely. Pak vznikne tříška, nebo se na povrchu střížné plochy vytvoří zátrh. Třísky se shromažďují pod místem stříhu a mohou působit obtíže, např. při přesném děrování, když se dostanou mezi pohybující se části nástroje.

Výpočet a určení střížné vůle

Jakost střížné plochy a velikost střížné síly a s tím související opotřebení nástroje jsou hlavní hlediska, která mají vliv na volbu vůle mezi střížnými nástroji. Pro přímé určení velikosti vůle se proto přihlíží k tloušťce stříhaného materiálu a k pevnosti ve stříhu (tab. 1), dále je možné použít vztahů:

Pro plechy do $s \leq 3$ mm

$$v = 2 \cdot z = 2 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \quad (2.1)$$

Pro plechy $s \geq 3$ mm

$$v = 2 \cdot z = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \quad (2.2)$$

Kde: s- tloušťka plechu [mm]

v- střížná vůle [mm]

z- střížná mezera [mm]

c- součinitel, jehož velikost se volí c rozmezí 0,005 až 0,035, přičemž pro tvrdší plechy se doporučuje používat $c = 0,015$ až $0,018$. Nižší hodnoty volíme, chceme-li získat lepší střížnou plochu, vyšší hodnoty součinitele umožní dosáhnout minimální střížné síly.

τ_{ps} - pevnost ve stříhu [MPa]

Tloušťka materiálu [mm]	Mez pevnosti R_m [MPa]					
	do 400		400 až 600		nad 600	
	v [%]	v [mm]	v [%]	v [mm]	v [%]	v [mm]
0,6	4-6	0,024-0,036	6-8	0,036-0,048	8-10	0,048-0,060
0,8		0,032-0,048		0,048-0,064		0,064-0,080
1,0		0,040-0,060		0,060-0,080		0,080-0,10
1,2		0,048-0,072		0,072-0,096		0,096-0,12
1,5		0,060-0,090		0,090-0,120		0,12-0,15

Tab.1 Velikost střížné vůle pro kovové materiály [3]

2.2.2 Strukturní vliv materiálu na kvalitu střížné plochy [15]

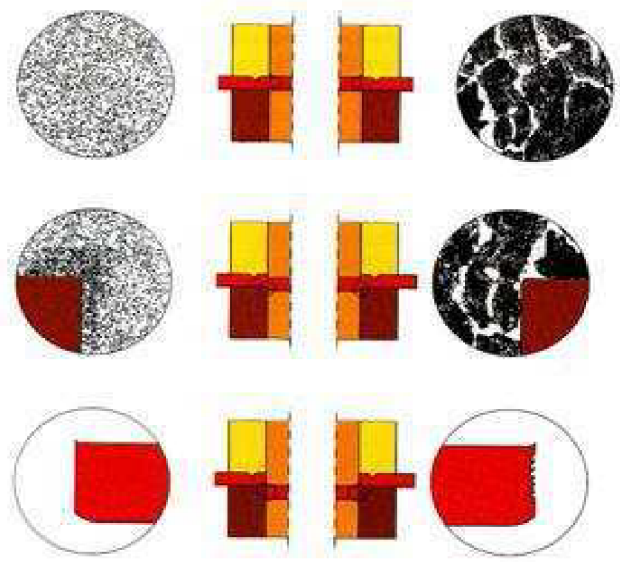
Jak již bylo uvedeno, kvalita střížné plochy je charakterizována postupem plastické deformace, jejím vyčerpáním a překročením meze pevnosti ve smyku. Tento proces je závislý nejen na technologii a kvalitě střížných nástrojů, ale i na materiálových vlastnostech. Vedle materiálových makroukazatelů (druh a tepelné zpracování, tloušťka plechu atd.) jsou rozhodující i faktory vztahující se k mikrostruktuře (velikost zrna, čistota, vnitřní vady atd.). Souvislosti mezi velikostí zrna napětím a deformací zachycuje Hallův-Petchův vztah, rov (2.3). Vyjadřuje nepřímou závislost meze kluzu a velikosti zrna. Se snižující se velikostí zrna se zvětšuje mez kluzu. Je to způsobeno pohybem dislokací a jejich interakcí s překážkami – hranicemi zrn. S rostoucí mezí kluzu se zvyšuje deformační napětí a potlačuje se rozsah plastické

deformace. Jestliže v procesu stříhání je vyčerpání plastické deformace a překročení smykových napětí rozhodující, pak i velikost zrna bude mít významný vliv na procesy a následně i kvalitu střížné plochy.

Hallův-Petchův vztah:

$$R_e = \sigma_i + k_y d^{-1/2} \quad (2.3)$$

Kde: σ_i - je napětí, které vyjadřuje odpor krystalové mřížky proti pohybu dislokací v rámci jednoho zrna
 k_y - je konstanta vyjadřující uchycení dislokací v zrně.



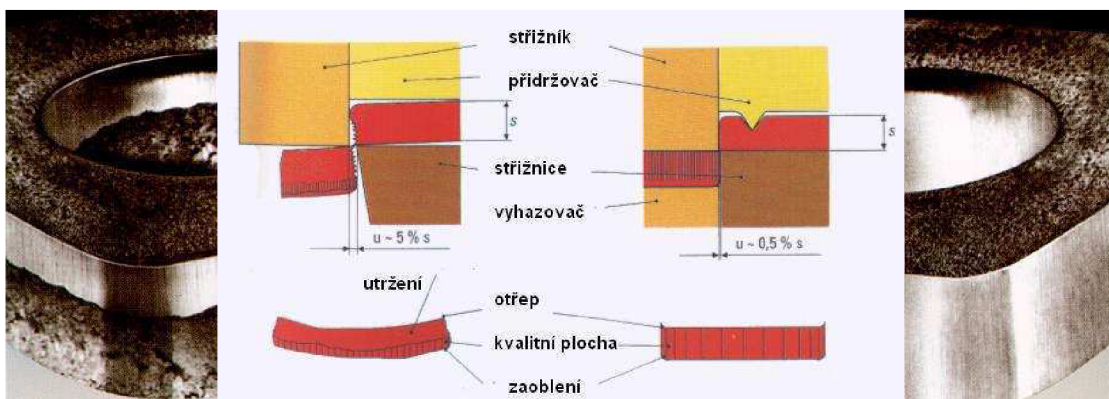
Obr.5 Vliv velikosti zrna na kvalitu stříhu [15]

2.2.3 Vliv způsobu stříhání na kvalitu střížné plochy [15]

Způsob stříhání má na kvalitu střížné plochy zásadní vliv. Aby bylo možno stříhané díly používat přímo na montáž bez dalších úprav, snažili se technologové vylepšit střížný proces. Všechny metody, zlepšující jakost povrchu střížné plochy a zpřesňující stříhané rozměry se uvádějí pod společným označením - přesné stříhání. (obr. 6)

Varianty přesného stříhání:

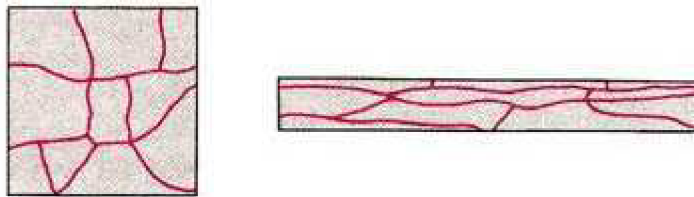
- s tlačnou (nátlačnou) hranou
- se zaoblenou střížnou hranou
- přistříhování (s kladnou nebo zápornou vůlí)
- se zkoseným přidržovačem



Obr.6 Kvalita stříhu pro normální (v levo) a přesné stříhání (v pravo) [15], [1]

2.3 DEFORMAČNÍ ZPEVNĚNÍ V OKOLÍ STŘIŽNÉ PLOCHY [2], [11]

V okolí střížné plochy se materiál trvale deformuje. Proto zde úměrně se stupněm deformace musí dojít i ke zpevnění a ke snížení tvárnosti. Maximálních hodnot přetvoření se dosahuje právě v těsné blízkosti střížné plochy, tj. plochy, v níž se od sebe stříhané části oddělily. Průběh deformačního zpevnění si lze představit tak, že dochází ke vnitřnímu pnutí, které způsobí nárůst odporu proti pohybu dislokací. Vlivem deformace se různé bloky jednotlivých krystalů natáčejí 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 a lze ji odstranit rekrytalizačním žíháním pro obnovu deformovaného zrna.

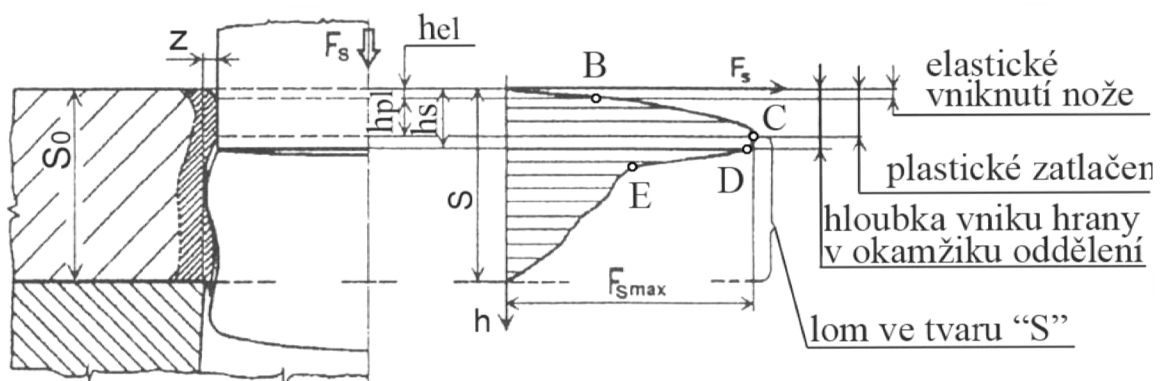


a) před deformací b) po deformaci

Obr.7 Textura kovu tvářeného za studena [15]

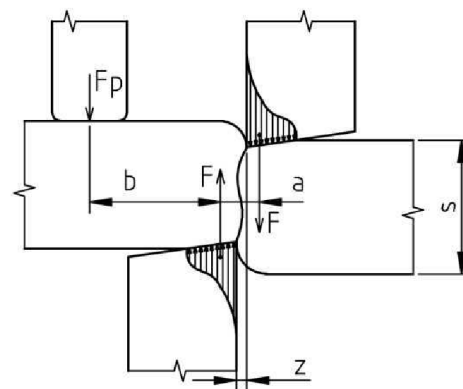
2.4 STŘIŽNÁ SÍLA [8], [11]

Charakteristický průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí střížníku je na (obr.8). Po krátké dráze pružného vniknutí břitu do bodu B – napěchováním kovu pod břitem dochází k plastickému přetvoření. I když se střížná plocha zmenšuje, dochází vlivem lokálního zpevnění k plynulému nárůstu síly do bodu C, kde dosahuje střížná síla maxima. Po vzniku nástřihu (první porušení trhlinami) nastává ještě mírný a plynulý pokles síly do bodu D až po hloubku vniknutí h_s , kdy dojde k úplnému porušení lomem ve tvaru „S“ křivky a k následnému oddělování výstřížku s výrazným poklesem síly v bodě E. Lokální snížení výrazného gradientu poklesu střížné síly je způsobeno vzájemným otěrem vytvořené „S“ plochy. Zpevněná oblast zasahuje do 20 až 30% tloušťky S_0 .



Obr.8 Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly [8]

Působí-li na stříhaný plech dvojice sil F na rameni a , musí se plech naklonit ve směru působení momentu dvojice sil o úhel α . Přitom se však nože, které síly nášejí, zatlačí do materiálu (obr.9). Moment střížných sil je eliminován buď momentem přidržovače, nebo silami působícími na hřbetu nožů. V případě že použijeme přidržovače, bude síla přidržovače F_p působit proti natočení na rameni b . Bez přidržovací síly může při velkých mezerách z dojít k přetočení a vklínění plechu mezi střížné nože.



Obr.9 Síly při stříhání [8]

2.4.1 Výpočet celkové střížné síly [3]

Při stříhání je nutné uvažovat, že střížná síla F_s není jediná v střížném procesu. Celkovou střížnou sílu ovlivňuje stírací síla F_{st} která vznikne jako ulpění výstřížku na střížníku vlivem plastické deformace a protlačovací síla F_{pr} , která je nutná k protlačení výstřížku střížnicí.

$$\text{Celková střížná síla je dána vztahem: } F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} \quad (2.4)$$

$$\text{Střížná síla: } F_s = k \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot l \cdot s \cdot \tau_{ps} \quad (2.5)$$

$$\text{Stírací síla: } F_{st} = c_1 \cdot F_s \quad (2.6)$$

$$\text{Protlačovací síla: } F_{pr} = c_2 \cdot F_s \quad (2.7)$$

Druh materiálu a jeho tloušťka	c_1	c_2
Ocel do 1mm	0,02 - 0,12	0,05
1-5mm	0,06 - 0,16	až
nad 5mm	0,06 - 0,07	0,08
Mosaz	0,06 - 0,07	0,04
Slitiny Al	0,09	0,02 - 0,04

F_s - střížná síla [N]
 F_{st} - stírací síla [N]
 F_{pr} - protlačovací síla [N]
 l - délka střížné hrany [mm]
 k - součinitel otupení [1,1 až 1,3]
 τ_{ps} - pevnost ve stříhu [MPa]
 s - tloušťka materiálu [mm]
 c_1 - součinitel stírání
 c_2 - součinitel protlačení

Tab.2 Hodnoty součinitelů c_1 a c_2 [3]

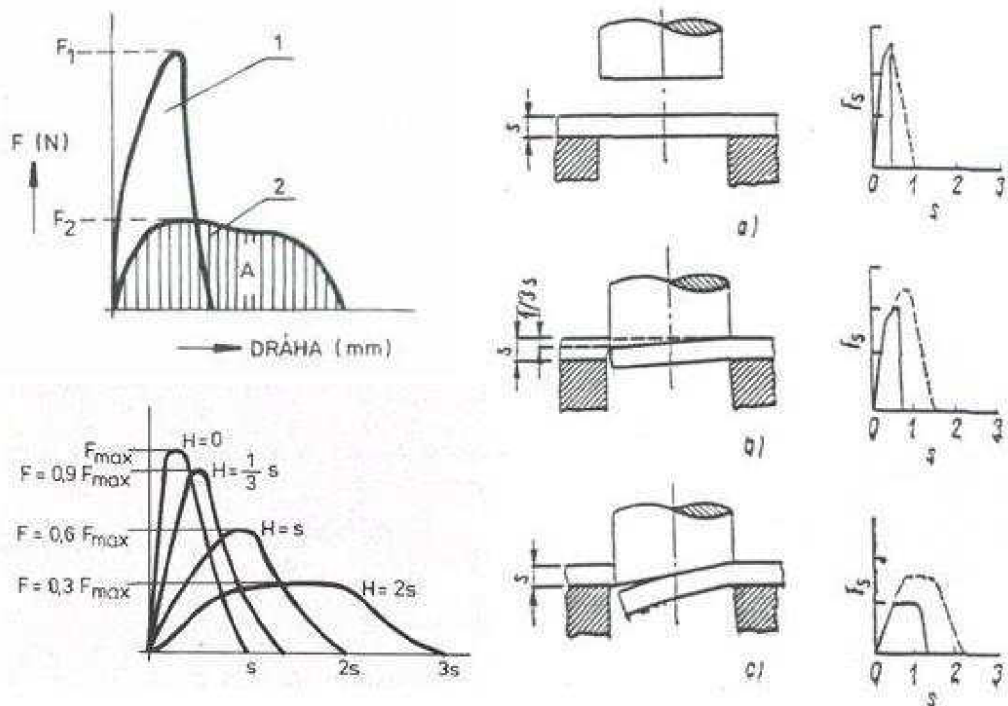
2.4.2 Snížení střížné síly [11]

Pro snížení velikosti střížné síly se používají zkosené střížníky nebo střížnice. Zkosení bude obvykle při děrování na střížníku, při vystřihování na střížnici, aby se výrobek nezdeformoval a aby se deformace (ohyb) způsobená zkosením nástroje projevila na odpadu. Úprava střížníku může snížit střížnou sílu až o polovinu, ale na druhé straně budeme stříhat po delší dráze.

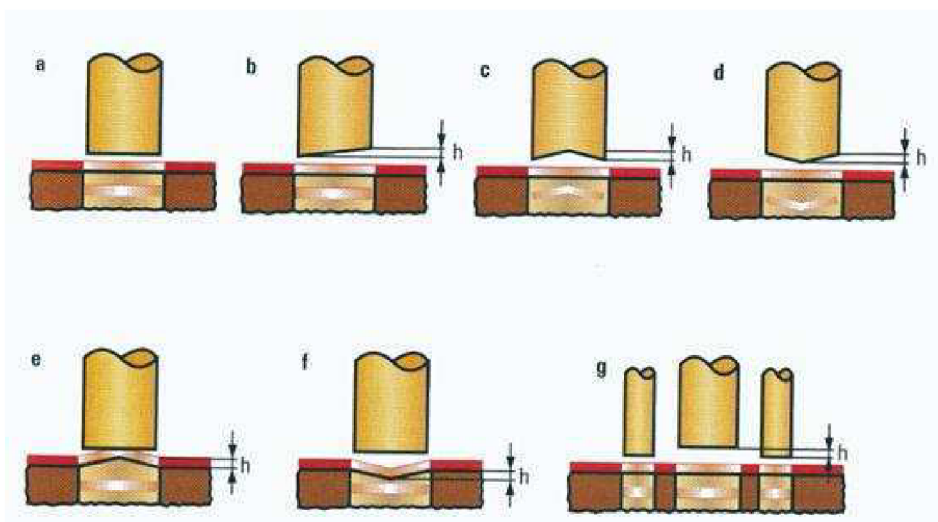
Doporučené úhly zkosení.

Pro plech $s < 3$ mm $\varphi = 5^\circ$

$s > 3$ mm $\varphi = 5$ až 8°



Obr.10 Porovnání průběhu sřížné síly a velikosti práce při stříhání rovnými a šikmými noži (vlevo nahoře) a vliv úhlu zešikmení na průběh síly a velikosti práce (vlevo dole) s vyjádřením průběhů pro zkosení 0, $\frac{1}{3} H$ a $H = s$ (vpravo - plná čára je pro normální stříh, šrafovaná čára pro přesné stříhání) [15]



Obr.11 Úpravy střížníku a střížnice (a - rovný stříh, b - jednostranné zkosení střížníku, c, d - oboustranné zkosení střížníku, e, f - zkosení střížnice, f - stupňovité uspořádání střížníků) [15]

2.5 VÝPOČET STŘIŽNÉ PRÁCE [8], [11]

Při stříhu rovnoběžnými střížnými hranami je střížná práce definovaná jako plocha pod křivkou střížné síly viz (obr.8). Střížnou práci je možné vypočítat pomocí několika různých vztahů od různých autorů.

Dostatečně přesné hodnoty potřebné práce dostaneme, nahradíme-li průběh síly eliptickou závislostí. Plocha půlelipsy, tedy střížná práce je.

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot \kappa \cdot s \cdot F_s \quad (J) \quad (2.8)$$

Kde: κ - 0,2 pro oceli o vyšších pevnostech
 κ - 0,4 pro nízkouhlíkovou ocel
 s - tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 F - velikost střížné síly [N]

Další vztah je:

$$A = \frac{X \cdot F \cdot s}{1000} \quad (J) \quad (2.9)$$

Kde: s - tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 F - celková střížná síla [kN]
 X - součinitel uvedený v tabulce (Tab.3)

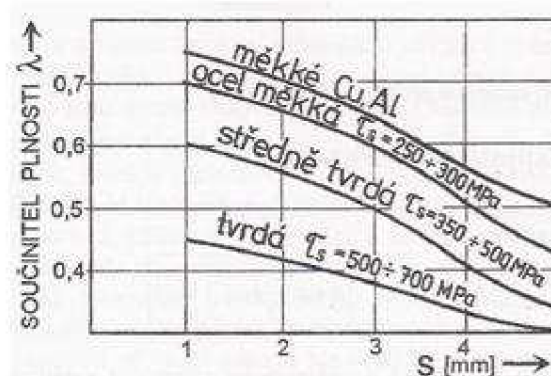
materiál	Tloušťka materiálu (mm)			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
oceli o pevnosti 250 až 500 MPa	0,70 až 0,65	0,65 až 0,60	0,60 až 0,50	0,45 až 0,35
oceli o pevnosti 350 až 700 MPa	0,60 až 0,55	0,55 až 0,50	0,50 až 0,42	0,40 až 0,30
oceli o pevnosti 500 až 700 MPa	0,45 až 0,40	0,40 až 0,35	0,35 až 0,30	0,30 až 0,15
Al, Cu žíhané	0,75 až 0,70	0,70 až 0,65	0,65 až 0,55	0,50 až 0,40

Tab.3 Hodnoty součinitele X [11]

Nebo dle zdroje

$$A = F_{smax} \cdot s \cdot \lambda \quad (J) \quad (2.10)$$

Kde: s - tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 F - maximální střížná síla potřebná k prostřížení materiálu [N]
 λ - součinitel plnosti diagramu F-s je pro některé materiály určen grafem na (obr.11)



Obr.11 Graf k stanovení součinitele plnosti [8]

2.6 KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉ VLIVY NA TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ

Konstrukčními vlivy se rozumí geometrické rozměry a poměr jednotlivých činných částí tvářecích nástrojů jako např. střížník a střížnice. Do konstrukčních vlivů lze zahrnout tvar střížné hrany střížníku a střížnice, její geometrii, vůli mezi střížníkem a střížnicí, úhel sklonu střížné hrany střížníku oproti střížnici.

Technologické vlivy jsou faktory, které přímo souvisí s použitou technologií – způsobem stříhání, rychlostí stříhání....

2.6.1 Těžiště střížných sil [11]

Stříhá-li se současně několika střížníky na lisu, musí výslednice střížných sil působit v ose lisu. Kdyby tato síla působila mimo osu, byl by beran zatížen značným klopným momentem, což by se projevilo menší přesností výrobků, snížení životnosti nástrojů i předčasným opotřebením beranu lisu.

Působíště výslednice zjistíme buď **a. výpočtem** nebo za **b. graficky**.

- a) U střížných sil můžeme jejich velikosti nahradit obvodem děrovaných otvorů, protože tloušťka i mechanické vlastnosti materiálu jsou pro určitý výstřížek stejné. Pro určení výsledného těžiště je použito vztahu:

$$X_t = \frac{F_1 \cdot A_x \cdot F_2 \cdot B_x \cdot F_3 \cdot C_x}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (2.11)$$

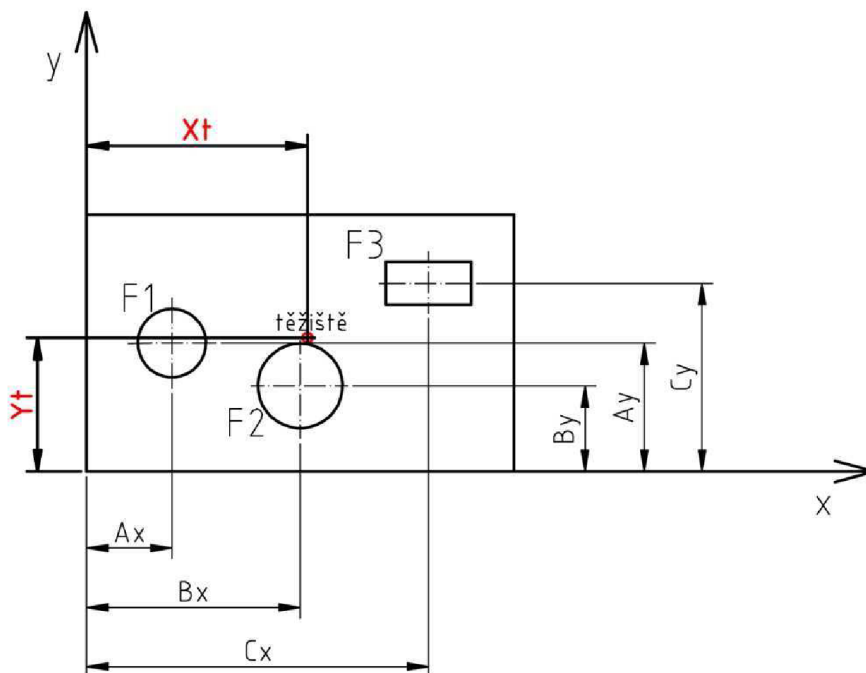
$$Y_t = \frac{F_1 \cdot A_y \cdot F_2 \cdot B_y \cdot F_3 \cdot C_y}{F_1 + F_2 + F_3} \quad (2.12)$$

X_t - vzdálenost výslednice sil od osy y

Y_t - vzdálenost výslednice sil od osy x

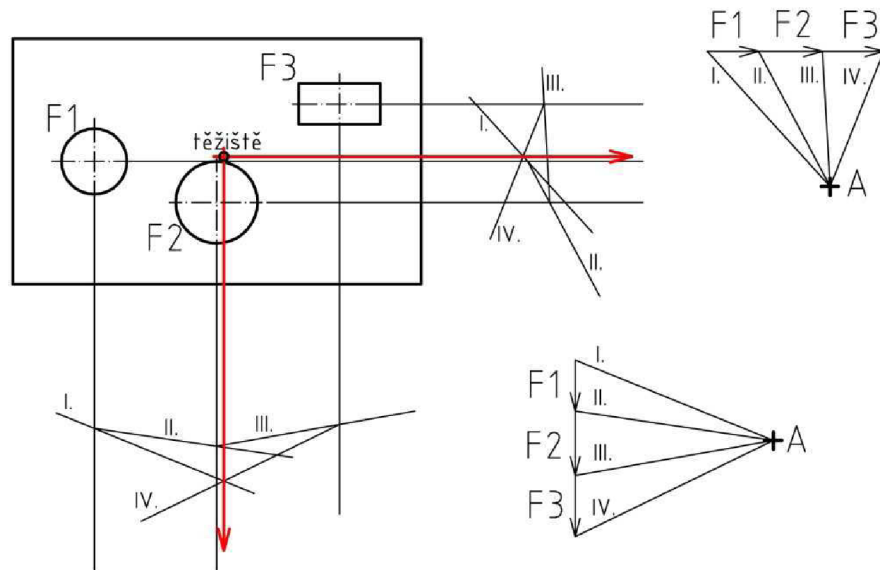
F_1, F_2, F_3 - síly jednotlivých otvorů

$A_x, B_x, C_x, A_y, B_y, C_y$ - určení vzdálenosti sil od osy x a y



Obr.12. Určení těžiště střížných sil – početně [11]

- b) Grafická metoda se v dnešní době výpočetní techniky a CAD programu stala metodou rychlou a zároveň stejně přesnou jako u početní metody. Tato metoda je založena na vynášení čar z tzv. pólového obrazce do prodloužených sil, z těžiště jednotlivých otvorů. (Obr.13)



Obr.13. Určení těžiště střížných sil – graficky [11]

2.6.2 Nástřihový plán a konstrukce součásti [3], [10], [15]

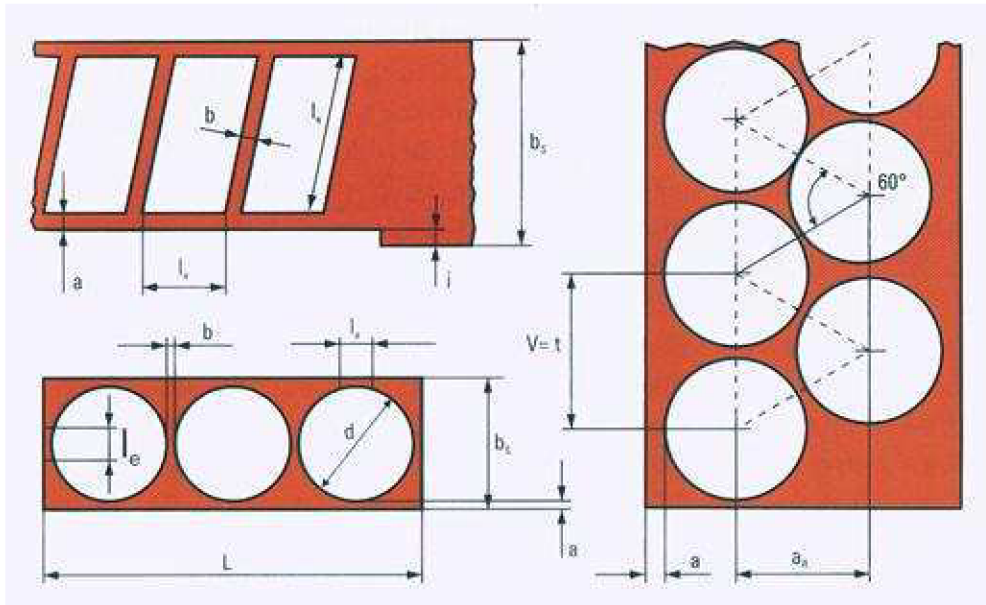
Při stříhání je velmi důležité navrhnout výstřižky na pásu tak aby jejich využití bylo co nejvyšší a zároveň respektovat technologičnost konstrukce výstřižků. Volba nástřihového plánu závisí na tvaru a konstrukci výrobku, na dodržování zásad konstrukce, na minimálních vzdálenostech mezi výstřižky a od okraje.

Zásady navrhování konstrukce součásti:

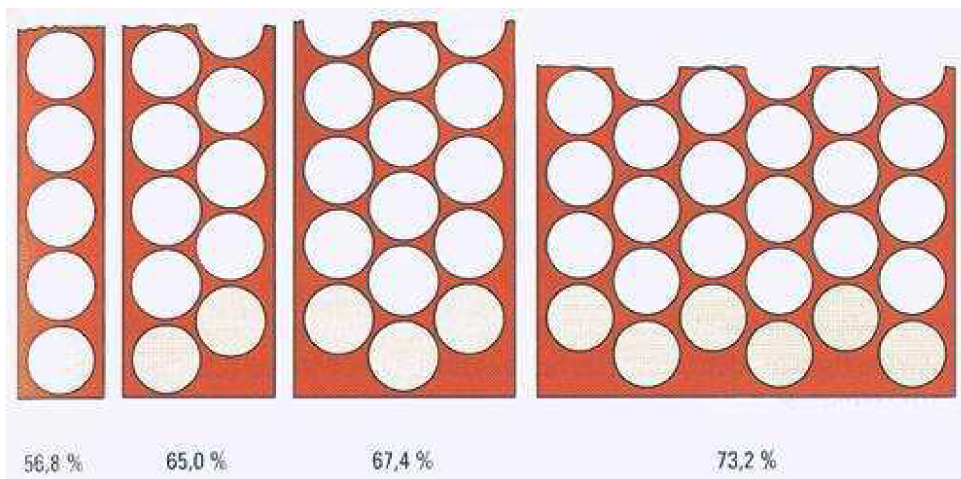
- Kruhové otvory mají vždy přednost před nekruhovými
- Nezužovat tolerance rozměrů pod mez, které lze dosáhnout při běžné práci lisovny.
- Nepředepisovat drsnost a kolmost střížné plochy, pokud se nejedná o funkční plochu součásti.
- Rovinnost u malých výstřižků z tlustších plechů předepisovat jen pokud je opravdu nezbytně nutná. Jedná se zejména o úzké kroužky, podložky aj.
- Na tloušťce a druhu materiálu závisí volba nejmenší velikosti otvoru, který lze běžným způsobem prostříhnout
- Dodržovat vzdálenosti otvorů od okraje výstřižku a mezi otvory

Při nástřihovém plánu se klade především důraz na **úsporu materiálu** a na snížení **pracnosti** a další faktory, jako je poloha ostřin, mechanizovatelnost, organizace skladování apod.

- a) **Úspora materiálu:**
- uspořádáním výstřížků ve více řadách
 - uspořádáním výstřížků pod určitým úhlem natočení
 - uspořádáním výstřížků jednořadě vystřídanych
 - stříhání bez bočních můstek, pokud to konstrukce dovoluje



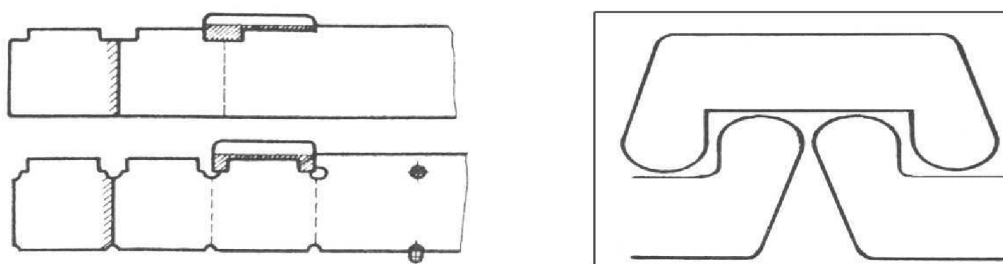
Obr.14. Příklady nástřihových plánů [15]



Obr.15 Rozmístění výstřížků a vliv na hospodárnost využití materiálu [15]

b) Snížení pracnosti:

Cesta ke snížení pracnosti je ve využití postupových a postupově sdružených nástrojů s mechanickým podáváním, popř. řady jednooperačních nástrojů, spojených transferovou linkou, kde k obsluze stačí menší počet pracovníků. Tento požadavek vede k nástřihovým plánům, u nichž se součást udržuje v pásu v nástroji co nejdéle a vlastní uvolnění probíhá v předposlední nebo poslední operaci. Příkladem je tzv. stříhání do řetízku (obr. 16) kde jako poslední operace je zařazeno přestřihnutí můstku nebo ustřížení. Další možností je volba vystřídáných a šikmých nástřihových plánů (obr.16)



Obr.16. Stříhání do řetízku vlevo a vpravo vystřídané uspořádání [10]

2.6.3 Tolerance střížných nástrojů [11], [3]

Vychází se z poznatku, že při vystřihování je základním rozměrem rozměr střížnice. Rozměr střížníku se zmenšuje o střížnou vůli a výrobní toleranci. Při děrování je naopak základním rozměrem rozměr střížníku a střížnice má rozměr zvětšený o vůli a výrobní toleranci. Přesnost výrobku bude hlavním činitelem ovlivňujícím tolerance střížných nástrojů. Výrobky mohou být požadovány v těchto třídách přesnosti: nižší přesnost IT 14, IT 15, IT 16

střední přesnost IT 11, IT 12

zvýšená přesnost IT 6, IT 7, IT 8, IT 9

Číselné vyjádření hodnot tolerancí rozměrů vystřihovaných součástí a stanovení přídatku P_0 se určí podle (tab.4)

Střížné nástroje musí být přesnější. Jejich tolerance musí být tedy nižší než tolerance výstřžku. Obvykle se volí podle (tab.5)

Rozsah jmenovitých rozměrů [mm] od do	Toleranční stupeň									
	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14
	Tolerance [μm]									
1 3	5	7	9	14	25	40	60	90	140	250
3 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300
6 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360
10 18	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430
18 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520
30 50	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620
50 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	700
80 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	800
120 180	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
180 250	20	29	46	72	115	185	290	450	720	1150

Tab.4 Číselné hodnoty vybraných tolerančních stupňů [3]

Základní výrobní tolerance IT vystříhovaného výrobku	8 až 9	10	11	12	13	14	15
Základní výrobní tolerance IT střížníku a střížnice	5 až 6	6 až 7	7 až 8	8 až 9	10	11	12

Tab.5 Závislost přesnosti vystříhovaných součástí na přesnosti nástroje [11]

Tolerance střížných nástrojů je ovlivněna také velikostí střížné vůle. Můžeme ji předepsat jen tehdy, je-li velikost střížné vůle větší než výrobní tolerance nástrojů. Závislost tolerancí nástrojů na velikosti nástroje a vůli je uvedena v (tab.6). Velikost střížné vůle je určena v kapitole 2.2.1

Střížná vůle [mm]	Rozměr nástroje [mm]											
	1 až 3	3 až 6	6 až 10	10 až 18	18 až 30	30 až 50	50 až 80	80 až 120	120 až 180	180 až 260	260 až 360	360 až 500
0,0005 až 0,003	+D IT 6 nebo -d IT 6											I
0,003 až 0,002	+D IT 6 nebo -d IT 6											
0,02 až 0,06	+D IT 7 - d IT 7											II
0,06 až 0,15												
0,15 až 0,20	- D IT 8 - d IT 8											III
0,20 až 0,3												
0,30 až 0,60												IV
0,60 až 2,0												
nad 2												

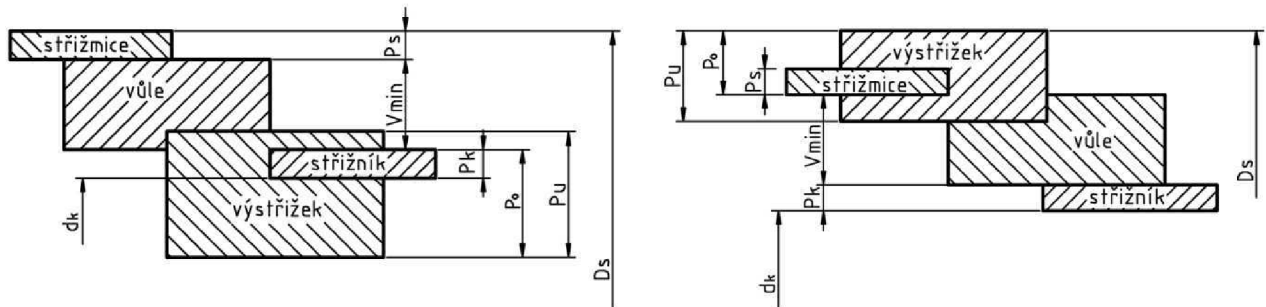
Tab.6 Závislost tolerance nástrojů na rozměru nástroje [3]

Z (tab.7) se stanoví základní rozměr střížnice v případě technologické operace vystříhování nebo střížníku pro děrování.

Způsob předepsání tolerance výstřížků (otvoru)	Základní nástroj	Vzorce ke stanovení rozměrů pracovních částí	
		s přídatkem na opotřebení $P_0=0,8 P_u$	s přídatkem na opotř. $P_0= P_u$
D_{-U_s}	střížnice	$D_s = (D - 0,8 U_h) + P_s$	$D_s = (D - U_s) + P_s$
$D_{-U_s}^{+U_h}$		$D_s = (D - 0,2 U_h - 0,8 U_s) + P_s$	$D_s = (D - U_s) + P_s$
D		$D_s = (D + 0,2 U_h + 0,8 U_s) + P_s$	$D_s = (D + U_s) + P_s$
$D_{-U_s}^{+U_h}$		$D_s = (D + 0,2 U_h - 0,8 U_s) + P_s$	$D_s = (D - U_s) + P_s$
$D \pm U$		$D_s = D + P_s$	$D_s = D + P_s$
d^{+U_h}	střížník	$d_k = (d + 0,8 U_h) - P_k$	$d_k = (d + U_h) - P_k$
$d_{-U_s}^{+U_h}$		$d_k = (d - 0,8 U_s + 0,8 U_h) - P_k$	$d_k = (d + U_h) - P_k$
$d \pm U$		$d_k = d - P_k$	$d_k = d - P_k$

Tab.7 Vzorce pro stanovení rozměrů střížníků a střížnice [3]

- D - jmenovitý rozměr
 U_h - horní úchylka tolerance
 U_s - spodní úchylka tolerance
 P_U - dovolená úchylka výstřížku
 P_0 - přírůstek na opotřebení
 P_S - výrobní tolerance střížnice
 P_k - výrobní tolerance střížníku
 D_s - skutečný průměr střížnice
 d_k - skutečný průměr střížníku
 Je-li: $P_0 = P_U$ – výstřížky v toleranci IT6 až IT9
 $P_0 = 0,8 P_U$ – výstřížky v toleranci IT6 až IT11



Obr.17 Toleranční pole pro stříhání vlevo obvodu a napravo otvoru [10]

2.7 NÁSTROJE PRO TECHNOLOGII STŘÍHÁNÍ [12]

Nástroje pro technologii stříhání se navrhují tak, aby byl výstřížek vyroben v požadovaných tolerancích a byl schopen plnit požadovanou funkci. Zásady pro konstrukci nástrojů se rozdělují na:

1. zásady ekonomické
 - maximální využití materiálu, energie a pohonných hmot
 - maximální využití výkonu stroje a přídatných zařízení
 - maximální využití nástrojů ověřovacích, malosériových a produkčních
2. zásady bezpečnosti práce
 - v pracovním prostoru lisu
 - před vymrštěnými částmi nebo úlomky pracovních nástrojů nebo tvářeného materiálu z pracovního prostoru
 - zajistit bezpečnost obsluhy před pohyblivými částmi lisu i jinde než v pracovní části lisu
3. zásady technické
 - vyrobiteľnosť nástroje
 - smontovatelnou a vyměnitelnost dílců
 - životnost nástroje a trvanlivost funkčních částí
 - cena nástroje
 - bezpečnost nástroje

2.7.1 Materiály střížných nástrojů [10], [11]

Na materiálu funkčních částí nástroje a na postupu tepelného zpracování je závislá hospodárnost a především ekonomická otázka vystřihování. Nástroje pro stříhání se konstruují převážně z nástrojových ocelí (tab.7) u nichž se požaduje maximální odolnost proti opotřebení a další vlastnosti jako je kalitelnost, prokalitelnost, tvrdost povrchu a houževnatost, únavová pevnost. Pro dosažení vyššího výkonu stříhání se používají nástroje konstruované ze slinutých křemíků.

ocel	Chemické vlastnosti (%)						Vhodnost použití
	C	Si	Cr	W	V	Mo	
19550	0,5	-	3,2	-	0,2	1,4	Pro výkonné střížné nástroje, kruhové nože, ostříhování a děrování materiálu větších tloušťek a vyšších pevností
19559	0,5	0,9	8,5	1,1	0,2	1,1	Pro výkonné střížné nástroje pro tváření za studena se zvýšenými požadavky na houževnatost
19574	2,0	-	12	1,0	0,4	0,5	Pro střížné a děrovací nástroje s maximální životností, pro stříhání materiálu o vysoké pevnosti a malé tloušťce
19575	1,6	12	12	-	0,2	0,8	Pro vysoce namáhané střížné a děrovací nástroje pro stříhání materiálu o vysoké pevnosti, do tloušťky 10 mm
19735	0,6	0,6	1,1	2,0	0,2	-	Pro výkonné střížné nástroje, kruhové nože, ostříhování a děrování materiálu větších tloušťek a vyšších pevností

Tab.8 Materiály střížných nástrojů podle použití [11]

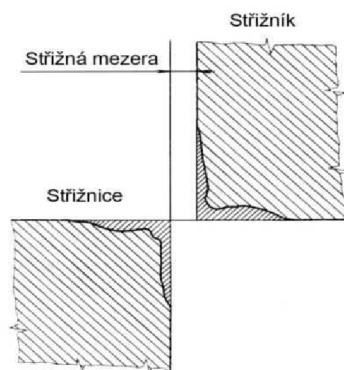
2.7.2 Životnost střížných nástrojů [11]

Životnost funkčních částí nástroje (střížník, střížnice) závisí na mnoha činitelích. Je to především druh materiálu a tepelné zpracování, tloušťka a tvar střížné součásti, materiál funkčních částí nástroje apod. Povrchovou úpravou funkčních ploch se zvyšuje životnost nástroje. Především se jedná o lapování, leštění, povlakování nástrojů tenkou tvrdou otěruvzdornou vrstvou (obr.18) a také nasycování funkčních ploch wolframem a dusíkem. Trvanlivost funkčních částí, tj. čas, po který nástroj pracuje od svého naostření až do otupení, je značně rozdílná. Optimální trvanlivost střížníku je při zpracování materiálu o pevnosti do $\sigma_{Pt} = 600$ MPa přibližně 30000 kusů vyrobených součástí. Trvanlivost střížnice je 3,5 až 4 krát větší než u střížníku. Při obnově funkčních částí nástroje (tj. na jedno naostření střížníku a střížnice) je nutno počítat s úbytkem 0,2 až 0,25 mm.

Opotřebení vzniká jednak únavou materiálu v povrchových vrstvách střížné hrany a také zadíráním a otěrem. Opotřebení únavou se projevuje vylamováním střížné hrany. Tento jev se objevuje u nožů s velkou tvrdostí. Zadírání nastává při posuvu materiálu po nástroji, hlavně po pohyblivé části nože. Opotřebení otěrem způsobují uvolněné částice materiálu, vznikající při zadírání a rovněž nečistoty. Příklad opotřebení střížné hrany je na (obr19).



Obr.18 Ořezávací matrice TiCN CVD [5]



Obr.19 Vzhled opotřebení střížné hrany [3]

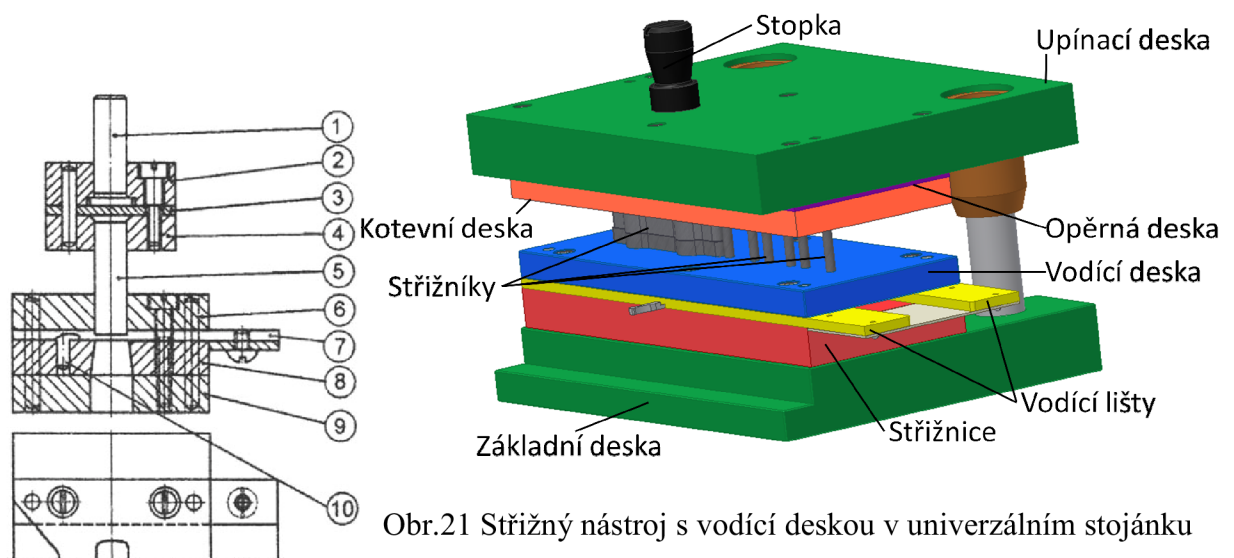
2.7.3 Stříhání ve stříhadlech [12]

Při stříhání ve stříhadlech se používají buď postupové, nebo sloučené nástroje, případně jednoduché pro jednu operaci. U postupových nástrojů je součástka postupně stříhaná v několika operacích (krocích), u sloučených nástrojů je vystřížena celá v jedné operaci. Většina dílů stříhadel je předepsána normou. Výhody sériové výroby normalizovaných součástí nástrojů nevyplývají jen z její specializace, ale i z rychlejšího vývoje lepší kvality nástrojů, jejich větší životnosti apod.

Jednoduché střížné nástroje se dělí:

na nástroje bez vedení - používají se pro méně přené výlisky, ale jsou jednoduché a poměrně snadno vyrobitelné. Používají se tam, kde vedení beranu lisu zaručuje dostatečnou přesnost lisování

na nástroje s vedením - jsou výhodnější, ale výrobně náročnější a tím i dražší. Používají se tam, kde vedení beranu nezaručuje dostatečnou přesnost výlisku.



Obr.21 Střížný nástroj s vodící deskou v univerzálním stojánku

Obr.20 Střížný nástroj bez vodícího stojánku [12]

1 - stopka, 2 - upínací hlavice, 3 - opěrná deska, 4 - kotevní deska, 5 - střížník, 6 - vodící deska, 7 - vodící lišta, 8 - střížnice, 9 - základová deska, 10 - pevný doraz.

2.7.4 Konstrukce funkčních částí stříhadel [3], [10], [12]

Základními stavebními prvky tvářecích nástrojů pro plošné tváření jsou činné části. Tyto činné části nemohou pracovat samovolně. Musí být proti sobě geometricky orientovány a musí být upevněny na tvářecí stroj. Současně s tím je třeba zajistit přísun a orientaci tvářeného materiálu a v neposlední řadě zajistit bezpečnost obsluhy.

a) Střížnice

S ohledem na konstrukci stříhadla, tvar, rozměry a výrobní možnosti se rozlišují tyto druhy střížnic:

- střížnice celistvé - jsou vyrobeny z jednoho kusu nástrojové oceli
- střížnice skládané - jsou vyrobeny z několika částí nástrojové oceli
- střížnice vložkované - jsou vyrobeny z konstrukční oceli, do níž jsou vsazeny kalené vložky z nástrojové oceli (případně slinutých karbidů)

Střížnice celistvé

Používají se pro vystříhování jednoduchých tvarů a menších rozměrů, kde se nemohlo projevit nevýhody složitějšího opracování nepravidelných tvarů a otvorů a tepelného zpracování. Deformace vznikající při kalení lze odstranit s velkými obtížemi, a nebo vůbec.

Střížnice skládané

Protože se skládají z několika menších dílců, nemají problémy s deformací při kalení a zároveň je jejich výroba snadnější a přesnější. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady, ale ty jsou vyváženy vyšší životností střížnice, menší zmetkovitostí při výrobě a snazší a levnější údržbou.

Vložkované střížnice

Mají stejné přednosti jako střížnice skládané. Navíc je zde možno použít vložky u rozměrných nebo tvarově složitějších nástrojů a tím šetřit náklady na nástrojovou ocel.

Pevnostní výpočet střížnice:

Při výpočtu celistvých střížnic je možno střížnice považovat za rovinné desky namáhané na ohybem, při čemž se předpokládá, že tlak je rovnoměrně rozložen po střížném obvodu.³

Tloušťka střížnice vypočtená s přihlédnutím k dovolenému napětí v ohybu

$$H = \sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{\sigma_{dov}}} \quad (2.13)$$

Kontrola tloušťky střížnice na ohyb. Odhad tloušťky střížnice z velikosti střížné síly podle Oehlera se používá pro hrubou kontrolu.

$$H = \sqrt[3]{F_s} \quad (2.14)$$

F_s - střížná síla [N]

σ_{dov} - dovolené napětí v ohybu, pro ocel [300 – 400 MPa]

b) Střížníky

Střížníky, které představují protikus střížnice, lze rozdělit podle technologického použití na střížníky:

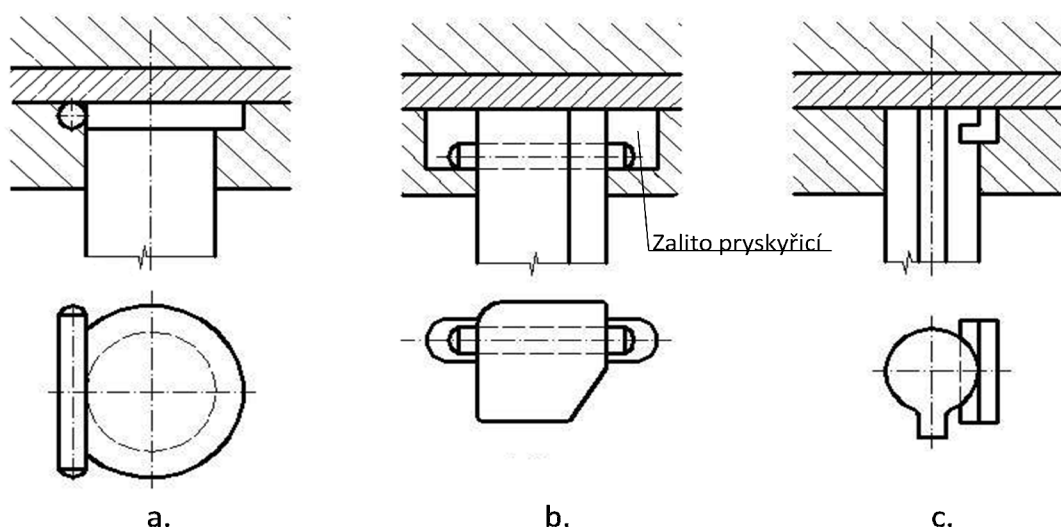
- Odstříhovací a přestříhovací – používají se pro odstříhování odpadu na obvodu rozměrných výtažků ale i v případě příčného dělení pásu nebo svitku.
- Vystříhovací a prostříhovací – zajišťují vystříhování obrysů do děrovaného polotovaru.
- Odstříhovače – jsou samostatnou skupinou střížníků, jejichž funkce je pouze technologická. Používají se pro přesné určení velikosti kroku ve spojení s kaleným dorazem.

Dále je možno střížníky rozdělit podle:

- Průřezu (kruhové, obdélníkové, tvarové)
- Způsobu upínání - (v upínacím držáku, v upínací hlavici, osazením, roznyťováním, zalitím)

Dle průřezu

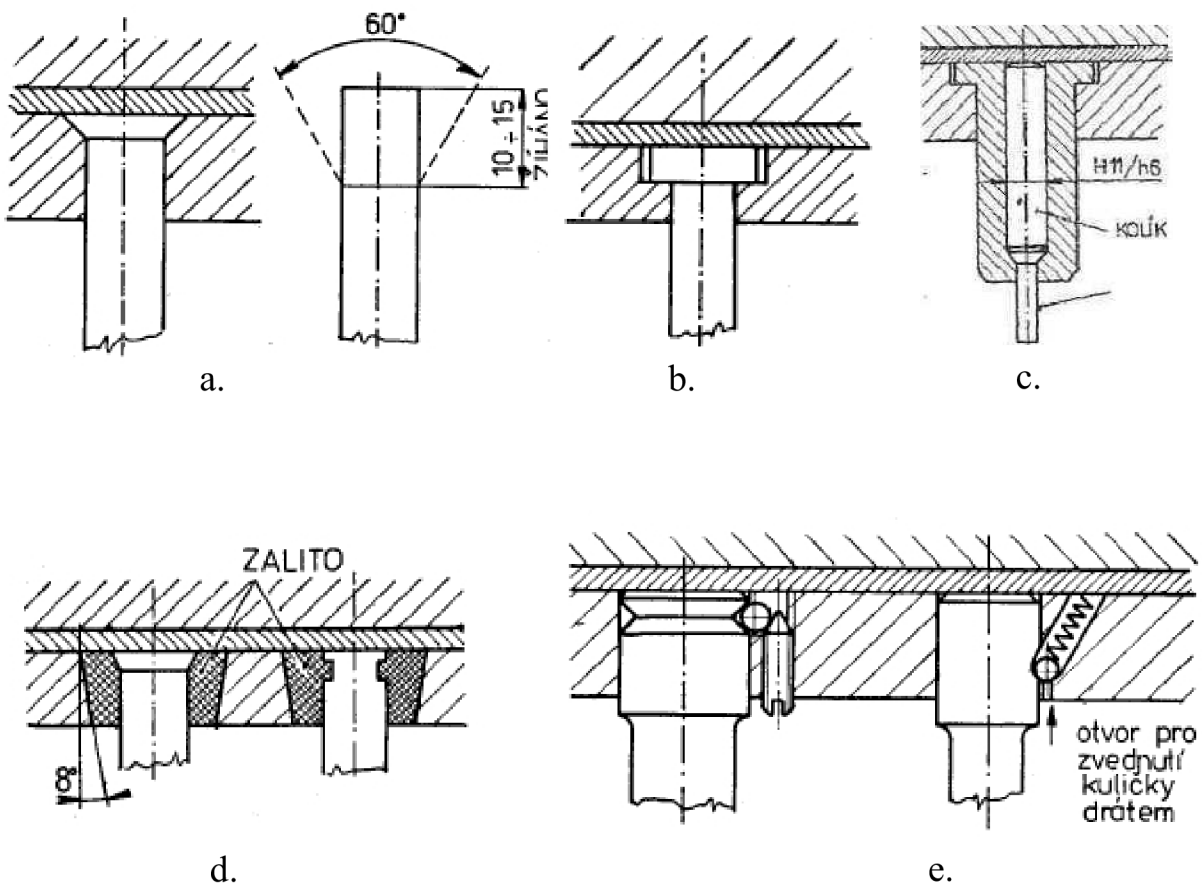
Tyto střížníky mají břity (čelo) v rovině kolmé k ose střížníku. Jejich výroba i ostření jsou jednoduché, mají dobré střížné vlastnosti a jsou určeny k převážné části střížných operací. Malé střížníky jsou vyráběny z jednoho kusu materiálu, u větších střížníků je možné nosnou část vyrobit z konstrukční oceli a funkční část z nástrojové oceli. Břitové části se k nosné části přichytí pomocí šroubů. U kruhových střížníků není nutné zajištění obou částí. U tvarových střížníků je zajištění nutné. Zajištění je možno provést buď neotočnou středící plochou (čtverec, obdélník), nebo pomocí kolíků, zámků, per. U tvarových nedělených střížníků je možno provést zajištění celého střížníku např. odbroušením části příruby a použitím kolíku (obr.22 a), nebo příčným kolíkem, který zachycuje i stírací sílu (obr.22 b). Mohou se použít i kalené vložky (obr.22 c).



Obr.22 Zajištění střížníků proti otočení [12]

Dle způsobu upnutí

Nejjednodušší upnutí střížníku je roznyťování jeho horní části (obr.23a), nebo jeho osazení (obr.23b). Pro prostřihování malých otvorů se používá výměnných střížníků, které jsou vsazeny do pouzdra bez vůle (obr.23c). Takto lze řešit i střížníky, které nevyhovují na vzpěr. Střížníky je možno uchytit v kotevní desce i zalitím pryskyřicí (obr.23d). U nástrojů, kde potřebujeme často nebo rychle měnit střížníky, používáme rychloupínací střížník zajištěný kulíčkou (obr.23e).



Obr.23 Upínání střížníků [12]

Pevnostní výpočet střížníků

Střížníky běžného provedení mají obvykle malou délku, stačí je tedy kontrolovat na namáhání v tlaku.

$$\sigma_d = \frac{F_s}{S} < \sigma_{dov} \quad (2.15)$$

Kontrola opěrné kalené desky na tlak

$$\sigma_d = \frac{F_s}{S} < \sigma_{dov} \quad (2.16)$$

Kde: σ_{dov} - dovolené namáhání v tlaku pro kalenou desku [180 MPa]

σ_{dov} - dovolené namáhání v tlaku [2000 – 2500 MPa]

F_s - střižná síla [N]

S - plocha průřezu osazení [mm²]

V případě delších střižníků je nutno provést kontrolu na vzpěr. Kritická délka střižníku se vypočte:

pro nevedený střižník
$$l_k = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_s}} \quad (2.17)$$

pro vedený střižník ve vodící desce
$$l_k = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_s}} \quad (2.18)$$

Kde: E – modul pružnosti v tahu (ocel: $2,15 \cdot 10^5$ [MPa])

I – mement setrvačnosti průřezu $I = 0,05 d^4$ [mm⁴]

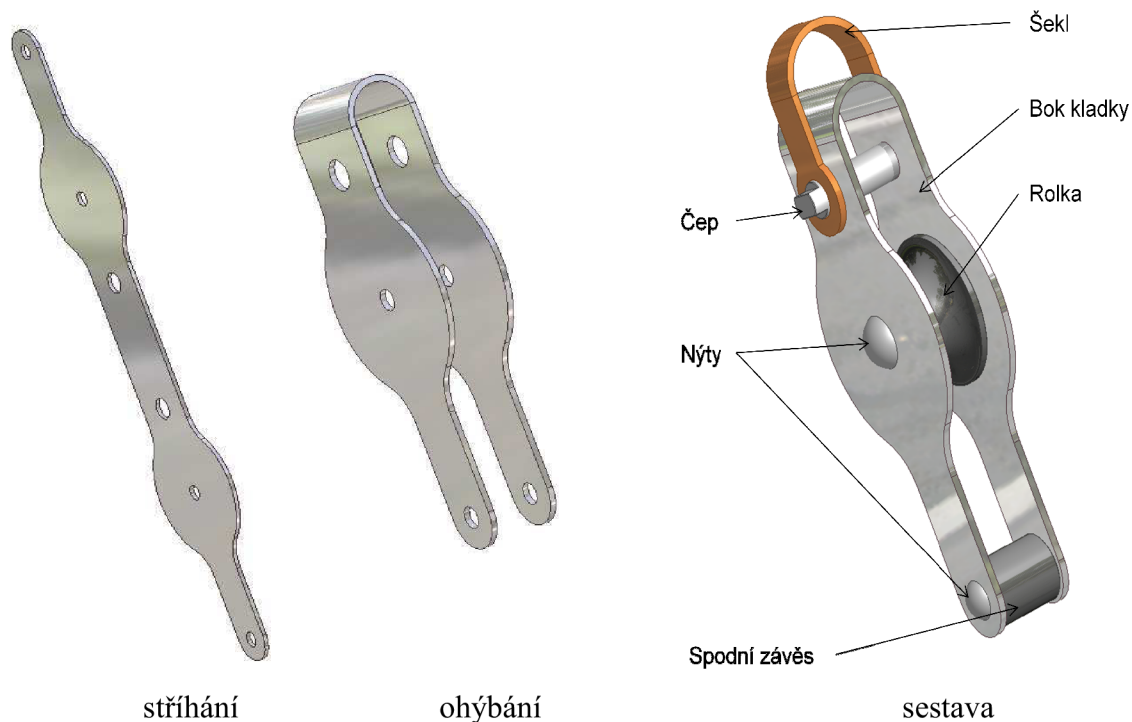
k_b – koeficient bezpečnosti [1,5 – 2]

F_s - střižná síla [N]

3. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI

3.1 SOUČASNÝ STAV VÝROBY

Zadanou součástí je bočnice jednořadé mini kladky se třmenem a spodním závěsem vyrobená z nerez oceli o tloušťce plechu 1 mm, která je určena k ovládání sportovních plachetnic (obr.24). Dle zadání se součást bude vyrábět technologií postupového stříhání a technologií ohýbání, ovšem ohýbání není předmětem této práce. Součást lze také vyrobit řezáním laserem, a nebo vodním paprskem.



Obr.24 Jednořadá mini kladla se třmenem a spodním závěsem

3.2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝSTŘIŽKŮ [3]

3.2.1 Přesnost rozměrů výstřížku

Na součást nejsou kladeny příliš velké nároky na přesnost výroby. Vnější tvar není funkční a hlavním kritériem, které musí splňovat, jsou ne příliš velké ostřiny od střížného nástroje z důvodu bezpečnosti manipulace. Přesnost otvorů a roztečná vzdálenost mezi nimi je rozhodující především pro další technologii ohýbání a pro konečné sestavování kladky. Přesnost se volí podle stávající technologie postupového stříhání a to přesnost střední IT 11, 12

3.2.2 Minimální vzdálenost otvorů od okraje

Na naší součásti je nejmenší vzdálenost otvoru od okraje 3,4mm. Podle literatury [3] a tab. 13 je minimální povolená vzdálenost otvoru od okraje 2,4 mm z čehož vyplývá, že součást vyhovuje.

3.2.3 Velikost nejmenších děrovaných otvorů

Nejmenší průměr na součásti je v našem případě 3,2 mm dle literatury [3] tab.12 je pro tvrdou ocel nejmenší možný průměr 1,5 mm z čehož vyplývá, že součást vyhovuje.

3.3 NÁVRH MATERIÁLU VÝSTŘIŽKU [9]

Protože kladka bude převážnou dobu v kontaktu s vodou a vlhkostí volím nerezavějící ocel 17240. Kladka je prvotně určena pro použití na lodích, které jsou používány ve vnitrozemí (sladkovodní jezera a nádrže). Při použití na moři může dojít ke korozi při delším kontaktu (několik dní) s mořskou vodou. Tomu lze zabránit omytím vnějších a propláchnutím vnitřních kovových součástí sladkou vodou.

Vlastnosti a parametry materiálu:

Značení oceli	ČSN	EN	DIN
	17 240	X5CrNi18-10	1.4301
Mechanické vlastnosti	Rm [MPa]	Rp 0,2 min	A80mm min.
	520 - 720	210	45
Chemické složení	Cr %	Ni %	C %
	17 - 19.5	8 - 10,5	0,07
Odolnost	Proti korozi v prostředí běžného typu (voda, slabé alkálie, slabé kyseliny, průmyslové a velkoměstské atmosféry). Náchylnost k mezikrystalové korozi v oblasti tepelného ovlivnění (např. u svarů - CrC vznikají již od teploty 450° C).		
Použití	Běžné produkty k obecnému použití (gastronomická zařízení, vnější konstrukce, externí architektura, vodárny, zařízení ČOV ap.)		

Tab.9 Parametry materiálu 17 240 [9]

3.5 NÁVRH POLOTOVARU VÝSTŘIŽKU [6]

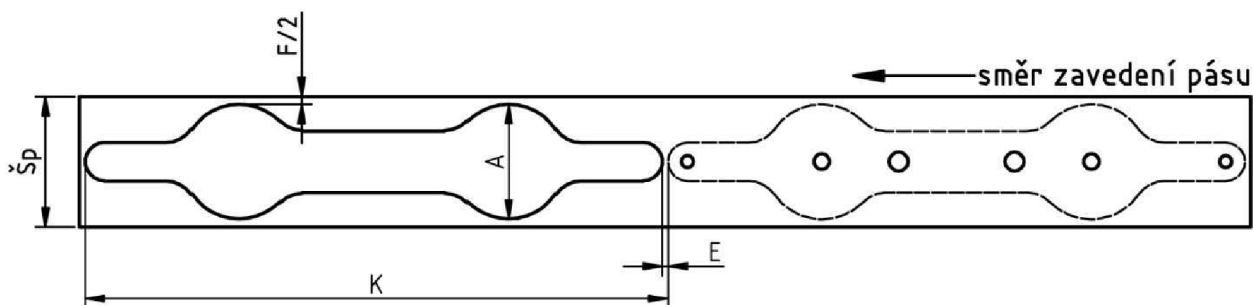
Návrh polotovaru volím podle nejlepší varianty nástřihového plánu v kapitole 3.4. Výchozím polotovarem je plech z korozivzdorné oceli válcovaný za studena s matným leskem chráněn fólií, EN ISO 9445, rozměr 1x1500x3000 mm.

3.4 VARIANTY NÁSTŘIHOVÝCH PLÁNŮ

Zásady pro tvorbu nástřihových plánů jsou uvedeny v kapitole 2.6.2. Plochu výstřižku jsem určil pomocí programu Autocad 2007 a její hodnota je $S_v = 2588,25 \text{ mm}^2$. Velikost můstku E a velikost okraje F jsem určil z grafů dle literatury [3] které jsou součástí příloh. Každá varianta je spočítána pro tři různé duhy velikostí tabulí plechu 1000 x 2000, 1250 x 2500, 1500 x 3000 mm a nejvýhodnější varianta je zvolena pro stávající technologii. Výrobní dávka je 200 000 ks/rok

Varianta 1 Jednořadá horizontální poloha (obr.25)

Velikost můstku	$E = 1.5 \text{ mm}$
Velikost okraje	$F/2 = 2 \text{ mm}$
Krok	$K = B + E = 150 + 1.5 = 151.5 \text{ mm}$
Šířka pásu	$\check{S}_p = A + F = 30 + 4 = 34 \text{ mm}$
Plocha tabulí	$S_t = 1000 \times 2000 = 2000\ 000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1250 \times 2500 = 3125\ 000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1500 \times 3000 = 4500\ 000 \text{ mm}^2$



Obr.25 Jednořadá horizontální nástřihový plán

1 A rozměr tabule 1x1000x2000

- **Počet pásů z tabule:**

$$P_p = \frac{\check{S}_t}{\check{S}_p} = \frac{1000}{34} = 29,41 \Rightarrow 29 \text{ pásů}$$

- **Počet výstřižků z pásu:**

$$P_v = \frac{L_p - E}{K} = \frac{2000 - 1,5}{151,5} = 13,19 \Rightarrow 13 \text{ výstřižků}$$

- **Počet výstřižků z tabule:**

$$P_{vc} = P_p \cdot P_v = 29 \cdot 13 = 377 \text{ výstřižků}$$

- **Procentuální využití tabule:**

$$\eta = \frac{S_v \cdot P_{vc}}{S_t} = \frac{2588,25 \cdot 377}{2\ 000\ 000} = 49\%$$

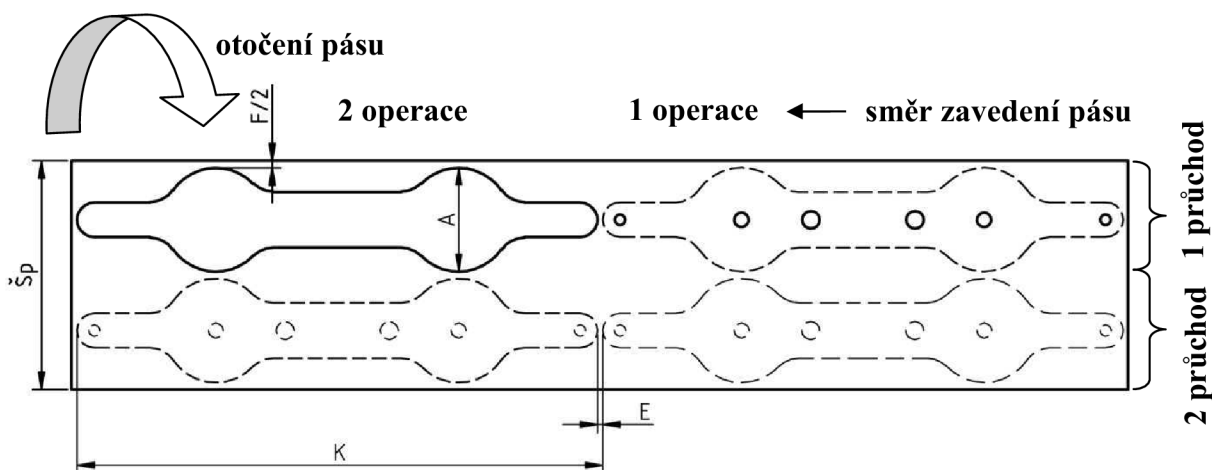
- **Počet potřebných tabulí na roční dávku 200 000 kusů**

$$P_t = \frac{\text{dávka}}{P_{vc}} = \frac{200\ 000}{377} = 530,5 = 531 \text{ tabulí}$$

Varianta 2. Dvouřadá horizontální poloha (obr.26)

V první operaci se zavede pás plechu mezi vodící lišty a dorazí se na načínací doraz, následuje vystřížení otvorů průměru 3,2, 4,3 a 5,2mm. V druhé operaci se uvolní načínací doraz a pás se posune na pevný doraz a vystřihne se konečný tvar výstřížku. Následující operace se provádějí bez načínacích dorazů a využívá se jen pevného dorazu. Po vystřížení výstřížků v prvním průchodu se celý pás plechu otočí kolem horizontální osy o 180° a celý proces se opakuje. Celý proces je vyobrazen na obrázku 26.

Velikost můstku	$E = 1.5 \text{ mm}$
Velikost okraje	$F = 2 \text{ mm}$
Krok	$K = B + E = 150 + 1.5 = 151.5 \text{ mm}$
Šířka pásu	$\check{S}_p = 2A + 1.5F = 60 + 6 = 66 \text{ mm}$
Plocha tabulí	$S_t = 1000 \times 2000 = 2000\ 000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1250 \times 2500 = 3125\ 000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1500 \times 3000 = 4500\ 000 \text{ mm}^2$



Obr.26 Dvouřadá horizontální nástříhový plán

2A Rozměr tabule 1x1000x2000

- **Počet pásů z tabule:**

$$P_p = \frac{\check{S}_t}{\check{S}_p} = \frac{1000}{66} = 15,15 \Rightarrow 15 \text{ pásů}$$

- **Počet výstřížků z pásu:**

$$P_v = \frac{L_p - E}{K} = \frac{2000 - 1,5}{151,5} \cdot 2 = 26,38 \Rightarrow 26 \text{ výstřížků}$$

- **Počet výstřížků z tabule:**

$$P_{vc} = P_p \cdot P_v = 15 \cdot 26 = 390 \text{ výstřížků}$$

- **Procentuální využití tabule:**

$$\eta = \frac{S_v \cdot P_{vc}}{S_t} = \frac{2588,25 \cdot 390}{2\ 000\ 000} = 51\%$$

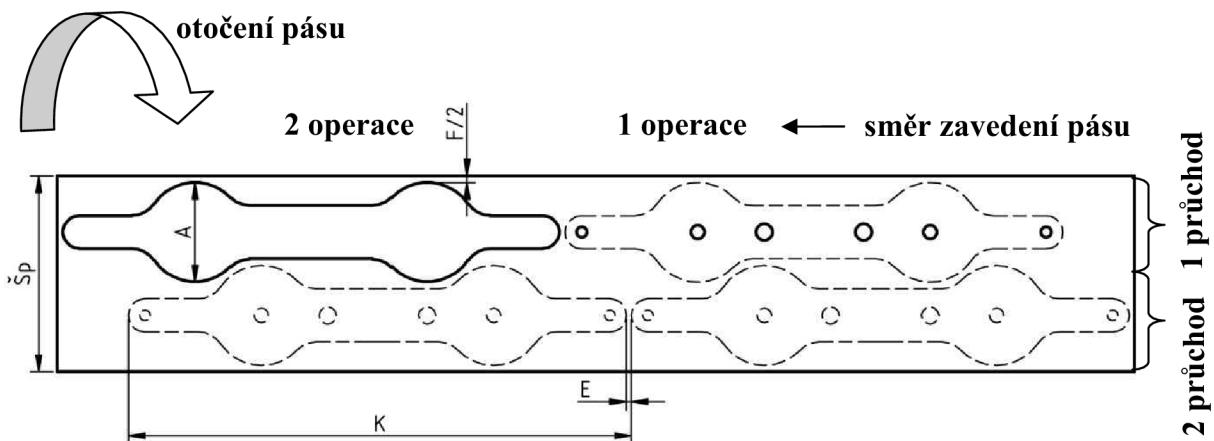
- **Počet potřebných tabulí na roční dávku 200 000 kusů**

$$P_t = \frac{\text{dávka}}{P_{vc}} = \frac{200000}{390} = 512,8 = 513 \text{ tabulí}$$

Varianta 3. Dvouřadá vystřídaná horizontální poloha (obr.27)

V první operaci se zavede pás plechu mezi vodící lišty a dorazí se na načínací doraz pro první řadu, následuje vystřížení otvorů průměru 3,2, 4,3 a 5,2mm. V druhé operaci se uvolní načínací doraz a pás se posune na pevný doraz pro první řadu a vystříhne se konečný tvar výstřížku. Následující operace se provádějí bez načínacích dorazů a využívá se jen pevného dorazu. Po vystřížení výstřížků v prvním průchodu se celý pás plechu otočí kolem horizontální osy o 180° a celý proces se opakuje s tím, že se vypne pevný a načínací doraz pro první řadu a zapnou se dorazy pro řadu druhou. Celý proces je vyobrazen na obrázku 26.

Velikost můstku	$E = 2,5 \text{ mm}$
Velikost okraje	$F/2 = 3 \text{ mm}$
Krok	$K = B + E = 150 + 2,5 = 152,5 \text{ mm}$
Šířka pásu	$\check{S}_p = 61 \text{ mm}$
Plocha tabulí	$S_t = 1000 \times 2000 = 2000 \text{ 000 mm}^2$
	$S_t = 1250 \times 2500 = 3125 \text{ 000 mm}^2$
	$S_t = 1500 \times 3000 = 4500 \text{ 000 mm}^2$



Obr.27 Dvouřadá vystřídaný nástřihový plán

3A. Rozměr tabule 1x1000x2000

- **Počet pásů z tabule:**

$$P_p = \frac{\check{S}_t}{\check{S}_p} = \frac{1000}{61} = 16,39 \Rightarrow 16 \text{ pásů}$$

- **Počet výstřížků z pásu:**

$$P_v = \frac{L_p - E}{K} = \frac{2000 - 2,5}{152,5} \cdot 2 = 26,19 \Rightarrow 26 \text{ výstřížků}$$

- **Počet výstřížků z tabule:**

$$P_{vc} = P_p \cdot P_v = 16 \cdot 26 = 416 \text{ výstřížků}$$

- **Procentuální využití tabule:**

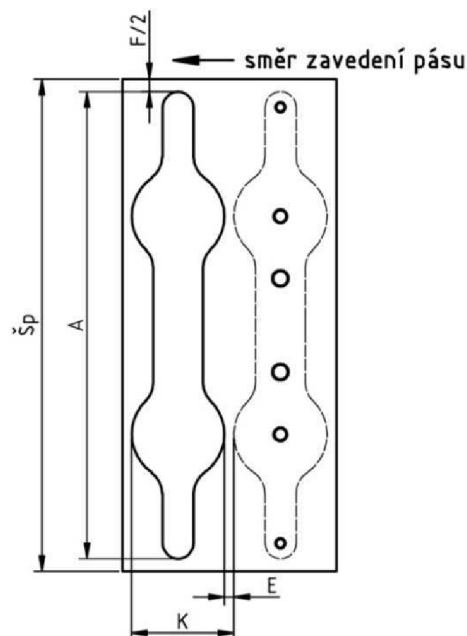
$$\eta = \frac{S_v \cdot P_{vc}}{S_t} = \frac{2588,25 \cdot 416}{2\,000\,000} = 54\%$$

- **Počet potřebných tabulí na roční dávku 200 000 kusů**

$$P_t = \frac{\text{dávka}}{P_{vc}} = \frac{200\,000}{416} = 480,77 = 481 \text{ tabulí}$$

Varianta 4. Jednořadá vertikální poloha (obr.28)

Velikost můstku	$E = 3 \text{ mm}$
Velikost okraje	$F/2 = 4 \text{ mm}$
Krok	$K = B + E = 30 + 3 = 33 \text{ mm}$
Šířka pásu	$\check{S}_p = A + F = 150 + 8 = 158 \text{ mm}$
Plocha tabulí	$S_t = 1000 \times 2000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1250 \times 2500 = 3\,125\,000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1500 \times 3000 = 4\,500\,000 \text{ mm}^2$



Obr.28 Jednořadá vertikální nástřihový plán

4A. Rozměr tabule 1x1000x2000

- **Počet pásů z tabule:**

$$P_p = \frac{\check{S}_t}{\check{S}_p} = \frac{1000}{158} = 6,33 \Rightarrow 6 \text{ pásů}$$

- **Počet výstřížků z pásu:**

$$P_v = \frac{L_p - E}{K} = \frac{2000 - 3}{33} = 60,52 \Rightarrow 60 \text{ výstřížků}$$

- **Počet výstřížků z tabule:**

$$P_{vc} = P_p \cdot P_v = 6 \cdot 60 = 360 \text{ výstřížků}$$

- **Procentuální využití tabule:**

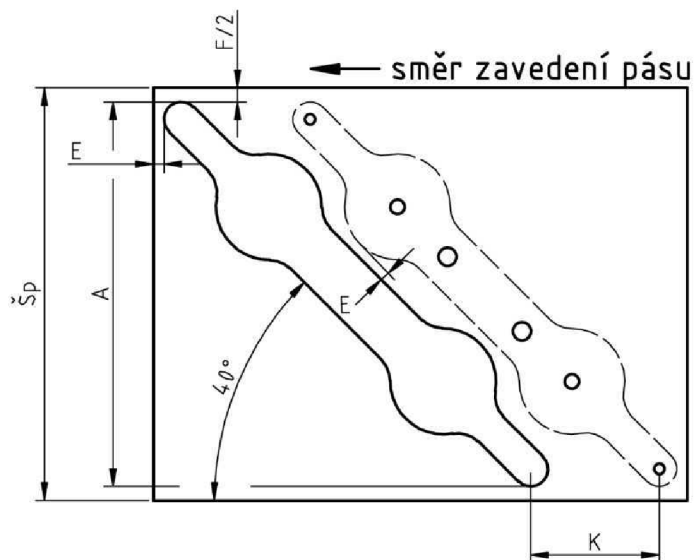
$$\eta = \frac{S_v \cdot P_{vc}}{S_t} = \frac{2588,25 \cdot 360}{2\,000\,000} = 47\%$$

- **Počet potřebných tabulí na roční dávku 200 000 kusů**

$$P_t = \frac{\text{dávka}}{P_{vc}} = \frac{200\,000}{360} = 555,6 = 556 \text{ tabulí}$$

Varianta 5. Jednořadá pod úhlem 40° (obr.30)

Velikost můstku	$E = 2 \text{ mm}$
Velikost okraje	$F/2 = 3 \text{ mm}$
Krok	$K = 39 \text{ mm}$
Šířka pásu	$\check{S}_p = A + F = 100 + 6 = 106 \text{ mm}$
Plocha tabulí	$S_t = 1000 \times 2000 = 2000\ 000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1250 \times 2500 = 3125\ 000 \text{ mm}^2$
	$S_t = 1500 \times 3000 = 4500\ 000 \text{ mm}^2$



Obr.30 Jednořadý nástřihový plán pod úhlem 40°

5A. Rozměr tabule 1x1000x2000

- **Počet pásů z tabule:**

$$P_p = \frac{\check{S}_t}{\check{S}_p} = \frac{1000}{106} = 9,43 \Rightarrow 9 \text{ pásů}$$

- **Počet výstřížků z pásu:**

$$P_v = \frac{L_p - E}{K} = \frac{2000 - 120}{39} = 48,20 \Rightarrow 48 \text{ výstřížků}$$

- **Počet výstřížků z tabule:**

$$P_{vc} = P_p \cdot P_v = 9 \cdot 48 = 432 \text{ výstřížků}$$

- **Procentuální využití tabule:**

$$\eta = \frac{S_v \cdot P_{vc}}{S_t} = \frac{2588,25 \cdot 432}{2\ 000\ 000} = 56\%$$

- **Počet potřebných tabulí na roční dávku 200 000 kusů**

$$P_t = \frac{\text{dávka}}{P_{vc}} = \frac{200\ 000}{432} = 462,96 = 462 \text{ tabulí}$$

Zhodnocení variant nástřihových plánů

Všechny varianty jsou propočítány pro tři rozměry tabulí A, B, C a výsledky jsou uvedeny v (tab.10). Jako nejlepší se jeví varianty 3A-využití 54% a 5C- využití 59%.

Varianta 3A: Má dobré využití ale vzhledem k uspořádání výstřížků na pásu plechu (dvouřadá vystřídání horizontální poloha) by se komplikoval návrh stříhadla a manipulace s pásem plechu. Stříhadlo by muselo být navrženo tak, aby se eliminoval klopný moment při stříhání první řady výstřížků, navíc dorazy by musely být navrženy i pro druhou řadu, což by značně prodražilo střížný nástroj.

Varianta 5C: (Jednořadá pod úhlem 40°). Má nejvyšší využití ze všech variant a to až o 7-16% oproti ostatním. Vlivem tak velkých úspor je možné ušetřit na roční spotřebě materiálu až 200 000 Kč. Další výhodou je jednoduchost střížného nástroje a z toho plynoucí jeho nižší pořizovací cena.

Pro další výpočty a návrhy bude proto využita varianta 5C

	Rozměr tabulí A - 1000x2000 [mm] B - 1250x2500 [mm] C - 1500x3000 [mm]	Počet výstřížků z tabule [ks]	Procentuální využití tabu- le [%]	Počet tabulí [ks]
Varianta 1	A	377	49	531
	B	576	48	378
	C	836	48	240
Varianta 2	A	390	51	513
	B	576	48	348
	C	836	48	240
Varianta 3	A	416	54	481
	B	640	53	313
	C	912	53	220
Varianta 4	A	360	47	556
	B	525	43	381
	C	810	46	247
Varianta 5	A	432	56	462
	B	660	55	303
	C	1022	59	195

Tab.10 Výsledky variant nástřihových plánů

4. PROVEDENÍ TECHNOLOGICKÝCH A KONTROLNÍCH VÝPOČTŮ

4.1 VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY

Výpočet celkové střížné síly:

Spočítá se jako součet síly střížné, protlačovací a stírací. Podle vztahu (2.4).

$$F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} = 308730,24 + 21611,12 + 20067,47 = 350408,83 \text{ N}$$

Střížná síla: podle vztahu (2.5)

$$F_s = k \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot L_{cel} \cdot t \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 412,3 \cdot 1 \cdot 576 = 308730,24 \text{ N}$$

Velikost střížného odporu τ_{ps} se stanoví na základě znalosti meze pevnosti materiálu. Zvolená nerez ocel má mez pevnosti 720 MPa. Střížný odpor tedy dle vztahu (2.3) bude:

$$\tau_{ps} = R_m \cdot 0,8 = 720 \cdot 0,8 = 576 \text{ Mpa}$$

Výpočet stírací síly: podle vztahu (2.6)

$$F_{st} = c_1 \cdot F_s = 0,07 \cdot 308730,24 = 21611,12 \text{ N}$$

Výpočet protlačovací síly: podle vztahu (2.7)

$$F_{pr} = c_2 \cdot F_s = 0,065 \cdot 308730,24 = 20067,47 \text{ N}$$

Legenda: F_s - střížná síla [N]

F_{st} - stírací síla [N]

F_{pr} - protlačovací síla [N]

K - součinitel otupení [1,1 až 1,3]

τ_{ps} - pevnost ve stříhu [MPa]

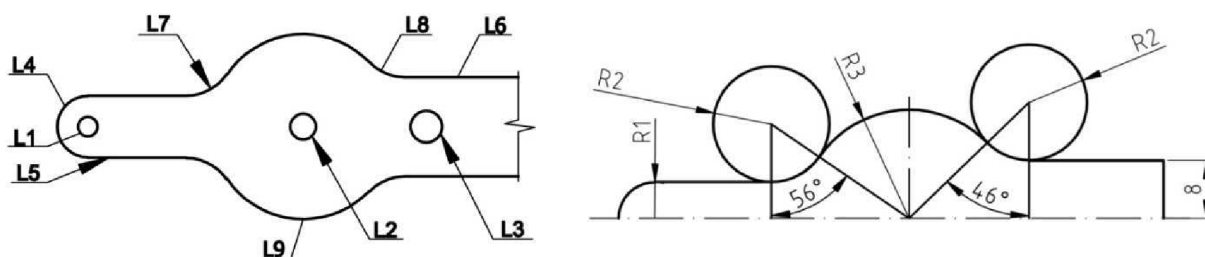
l - délka střížné hrany [mm]

t - tloušťka materiálu [mm]

c_1 - součinitel stírání [viz kapitola 2.4.1 Tab. 2]

c_2 - součinitel protlačení [viz kapitola 2.4.1 Tab. 2]

Výpočet celkové délky střížné hrany:



Obr.31 Zobrazení jednotlivých částí střížných hran

$$L1 = \pi \cdot d_1 = \pi \cdot 3,2 = 10,1mm$$

$$L2 = \pi \cdot d_2 = \pi \cdot 4,3 = 13,51mm$$

$$L3 = \pi \cdot d_3 = \pi \cdot 5,2 = 16,34mm$$

$$L4 = \pi \cdot R_1 = \pi \cdot 5 = 15,71mm$$

$$L5 = 2 \cdot l_1 = 2 \cdot 16 = 32mm$$

$$L6 = 2 \cdot l_2 = 2 \cdot 18,5 = 37mm$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{R_2 + R_1}{R_2 + R_3} = \frac{8 + 5}{8 + 15} = 0,5652 = \alpha_1 = 55^\circ 35'$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{R_2 + 8}{R_2 + R_3} = \frac{8 + 8}{8 + 15} = 0,6957 = \alpha_2 = 45^\circ 55'$$

$$L7 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \alpha_1}{180^\circ} \cdot R_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 55,584}{180^\circ} \cdot 8 = 15,52mm$$

$$L8 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \alpha_2}{180^\circ} \cdot R_2 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 45,921}{180^\circ} \cdot 8 = 12,82mm$$

$$L9 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \alpha_3}{180^\circ} \cdot R_3 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 101,51}{180^\circ} \cdot 15 = 53,15mm$$

$$L_{celk} = (L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9) \cdot 2 = (10,1 + 13,51 + 16,34 + 15,71 + 32 + 37 + 15,52 + 12,82 + 53,15) \cdot 2 = 412,3mm$$

4.2 VÝPOČET STŘIŽNÉ PRÁCE

Vztah pro výpočet střižné práce podle vztahu (2.9) kapitoly 2.5

$$A = \frac{X \cdot F_c \cdot t}{1000} = \frac{0,45 \cdot 350408,83 \cdot 1}{1000} = 157,68 J$$

Legenda: A - střižná práce [J]

F_S - střižná síla [N]

X - hodnota koeficientu vtlačení [-] (kapitola 2.5 Tab. 3)

t - tloušťka stříhaného materiálu t = 1 [mm]

4.3 URČENÍ STŘIŽNÉ VŮLE

Na základě vztahu (2.2) z kapitoly 2.2.1 se stanoví střižná vůle:

$$Z = c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = (0,005 - 0,035) \cdot 1 \cdot \sqrt{58,73} = 0,038mm$$

$$v = 2 \cdot Z = 2 \cdot 0,038 = 0,076mm$$

Nebo na základě vztahu (2.1) a Tab.1 z kapitoly 2.2.1 se stanoví střižná vůle:

$$v = (8 \div 10\%) \cdot t = (0,08 - 0,10) \cdot 1 = 0,08mm$$

4.4 URČENÍ TĚŽIŠTĚ STŘIŽNÝCH SIL

Počtní metodou

Těžiště střížných sil se stanoví dle kapitoly 2.6.1. Na (obr.32) je zakótována vzdálenost těžiště od zvoleného počátečního bodu.

Dle vztahu (2.11) lze spočítat x-ovou vzdálenost.

$$X_t = \frac{F_1 \cdot L_{x1} + F_2 \cdot L_{x2}}{F_1 + F_2} = \frac{248901,12 \cdot 75 + 59829,12 \cdot 104,875}{248901,12 + 59829,12} = 80,79\text{mm}$$

Dle vztahu (2.12) určíme y-pilonovou souřadnici těžiště

$$Y_t = \frac{F_1 \cdot L_{y1} + F_2 \cdot L_{y2}}{F_1 + F_2} = \frac{248901,12 \cdot 15 + 59829,12 \cdot 40,069}{248901,12 + 59829,12} = 19,89\text{mm}$$

$$F_1 = k \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot L_{cel} \cdot t \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 332,4 \cdot 1 \cdot 576 = 248901,12\text{N}$$

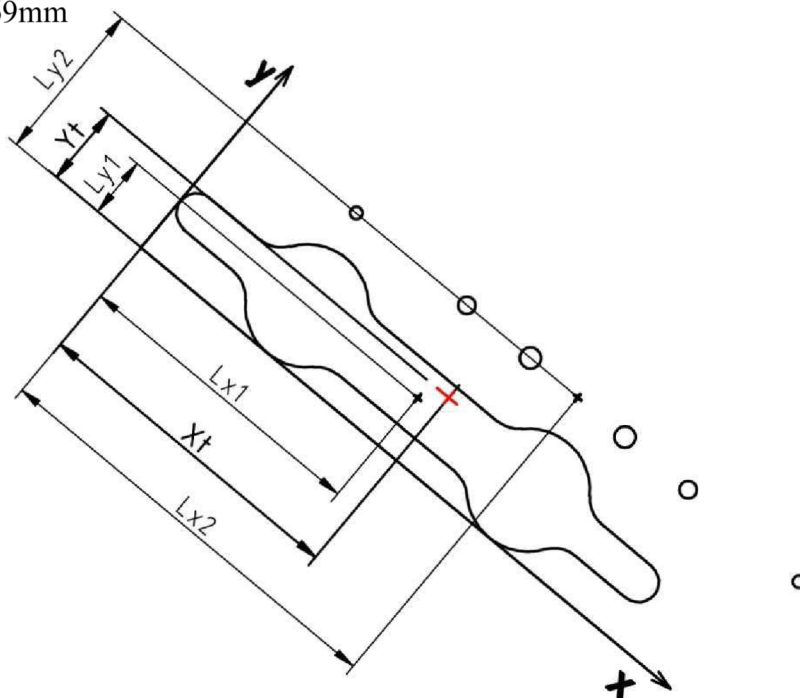
$$F_2 = k \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot L_{cel} \cdot t \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 79,9 \cdot 1 \cdot 576 = 59829,12\text{N}$$

$$L_{x1} = 75\text{mm}$$

$$L_{x2} = 226,5\text{mm}$$

$$L_{y1} = 15\text{mm}$$

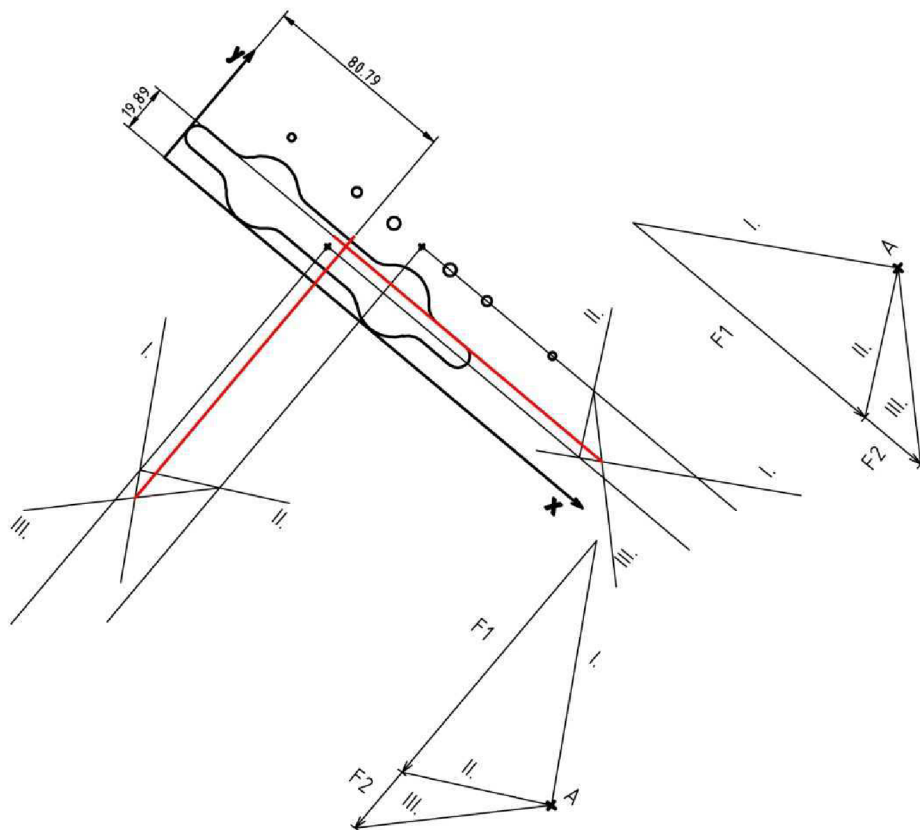
$$L_{y2} = 40,069\text{mm}$$



Obr.32 Těžiště střížných sil počtní metodou

Grafickou metodou

Určení těžiště grafickou metodou je popsáno v kapitole 2.6.1. a konstrukce byla provedena v grafickém programu Autocad 2007. Grafické řešení je vidět na (obr.33).



Obr. 33 Těžiště střížných sil grafickou metodou

4.5 STANOVENÍ ROZMĚRŮ NÁSTROJE

Stanovení rozměrů funkčních částí nástroje (střížník a střížnice) je stanoveno podle normy ČSN 22 6015.

REV.... rozměr střížnice při vystřihování
 RAV... rozměr střížníku při vystřihování
 RED.... rozměr střížnice při děrování
 RAD... rozměr střížníku při děrování
 JR..... jmenovitý rozměr součásti
 v..... střížná vůle
 TS..... tolerance jmenovitého rozměru
 P..... přípustná míra opotřebení
 ET..... výrobní tolerance střížnice
 TA..... výrobní tolerance střížníku

Děrování průměru 3,2 mm

JR = 3,2 mm
 TS = 0,075 mm
 P = 0,06 mm
 TA = 0,012 mm
 TE = 0,018 mm
 v = 0,08 mm

$$RED = (JR + P/2 + v) - TE = (3,2 + 0,03 + 0,08) + 0,018 = 3,31^{+0,018} \quad (4.1)$$

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2}\right) + TA = \left(3,2 + \frac{0,06}{2}\right) + 0,012 = 3,23_{-0,012} \quad (4.2)$$

Děrování průměru 4,3 mm

$$JR = 4,3 \text{ mm}$$

$$TS = 0,075 \text{ mm}$$

$$P = 0,06 \text{ mm}$$

$$TA = 0,012 \text{ mm}$$

$$TE = 0,018 \text{ mm}$$

$$v = 0,08 \text{ mm}$$

$$RED = (JR + P/2 + v) - TE = (4,3 + 0,03 + 0,08) + 0,018 = 4,41^{+0,018} \quad (4.3)$$

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2}\right) + TA = \left(4,3 + \frac{0,06}{2}\right) + 0,012 = 4,33_{-0,012} \quad (4.4)$$

Děrování průměru 5,2 mm

$$JR = 5,2 \text{ mm}$$

$$TS = 0,075 \text{ mm}$$

$$P = 0,06 \text{ mm}$$

$$TA = 0,012 \text{ mm}$$

$$TE = 0,018 \text{ mm}$$

$$v = 0,08 \text{ mm}$$

$$RED = (JR + P/2 + v) - TE = (5,2 + 0,03 + 0,08) + 0,018 = 5,31^{+0,018} \quad (4.5)$$

$$RAD = \left(JR + \frac{P}{2}\right) + TA = \left(5,2 + \frac{0,06}{2}\right) + 0,012 = 5,23_{-0,012} \quad (4.6)$$

Vystřihování rozměr 10 mm

$$JR = 10 \text{ mm}$$

$$TS = 0,09 \text{ mm}$$

$$P = 0,072 \text{ mm}$$

$$TA = 0,015 \text{ mm}$$

$$TE = 0,022 \text{ mm}$$

$$v = 0,08 \text{ mm}$$

$$REV = \left(JR - \frac{P}{2}\right) + TE = (10 - 0,036) + 0,022 = 9,964^{+0,022} \quad (4.7)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA\right) - TA = \left(10 - \frac{0,072}{2} - 0,08 + 0,015\right) - 0,015 = 9,899_{-0,015} \quad (4.8)$$

Vystřihování rozměr 16 mm

JR = 16 mm
TS = 0,11 mm
P = 0,09 mm
TA = 0,018 mm
TE = 0,027 mm
v = 0,08 mm

$$REV = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TE = (16 - 0,045) + 0,027 = 15,955^{+0,027} \quad (4.9)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(16 - \frac{0,09}{2} - 0,08 + 0,018 \right) - 0,018 = 15,893_{-0,018} \quad (4.10)$$

Vystřihování rozměr 30 mm

JR = 30 mm
TS = 0,13 mm
P = 0,104 mm
TA = 0,021 mm
TE = 0,033 mm
v = 0,08 mm

$$REV = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TE = (30 - 0,052) + 0,033 = 29,981^{+0,033} \quad (4.11)$$

$$RAV = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA = \left(30 - \frac{0,104}{2} - 0,08 + 0,021 \right) - 0,021 = 29,889_{-0,021} \quad (4.12)$$

4.6 PEVNOSTNÍ A KONTROLNÍ VÝPOČET STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ

Výpočet střížníku na tlak (pro průměr 3,2mm) podle vztahu (2.15)

Pro průměr 3,2 je F_s rovna

$$F_s = k \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot L_{cel} \cdot t \cdot \tau_{ps} = 1,3 \cdot 10,053 \cdot 1 \cdot 576 = 7527,76N$$

$$\sigma_d = \frac{F_s}{S} < \sigma_{dov}$$

$$\sigma_d = \frac{7527,76}{8,042} < \sigma_{dov}$$

$$\sigma_d = 936,06 < 2000 \Rightarrow \text{střížník vyhovuje}$$

kde σ_{dov} - dovolené namáhání v tlaku [2000 - 2500 MPa]

F_s - střížná síla [N]

S - plocha průřezu střížníku [mm²]

Volba opěrné kalené desky (pro osazení průměru 10mm) podle vztahu (2.16)

$$\sigma_d = \frac{F_s}{S} < \sigma_{dov}$$

$$\sigma_d = \frac{15902,4}{78,54} < \sigma_{dov}$$

$$\sigma_d = 202,47 > 180 \Rightarrow \text{podmínka nevyhovuje je nutné volit opěrnou desku}$$

kde σ_{dov} - dovolené namáhání v tlaku [180 MPa]

F_s - střížná síla [N]

S - plocha průřezu osazení [mm^2]

Výpočet střížníku na vzpěr pro vedený střížník podle vztahu (2.18)

$$l_k = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 204,8}{2 \cdot 12232,6}} = 266,53 \text{ mm}$$

Střížník nesmí přesáhnout vypočtenou délku 266.53 mm

kde l_k - kritická délka střížníku [mm]

E - modul pružnosti oceli [MPa]

I - moment setrvačnosti průřezu $I=0,005d^4$ [mm^4]

k_b - koeficient bezpečnosti (1,5-2) [-]

F_s - střížná síla [N]

Kontrola tloušťky střížnice na ohyb podle vztahu (2.13)

$$H = \sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{\sigma_{dov}}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 308730,24}{400}} = 34,025 \text{ mm}$$

Nejmenší tloušťka střížnice může být 34,025 mm volím tloušťku 40 mm.

kde T - přibližná tloušťka střížnice [mm]

F_s - střížná síla [N]

σ_{dov} - dovolené napětí v ohybu pro ocel [300 - 400 MPa]

5. NÁVRH STROJE [11],[16]

Pro stříhání se mohou používat univerzální tvářecí stroje – lisy nebo jednoúčelové stroje uzpůsobené pro určitý způsob stříhání. Pro vystřihování, ostříhování, děrování se používají nejčastěji klikové a výstředníkové lisy. Určujícím faktorem pro volbu stroje je celková střížná síla, která se volí o 20% větší z důvodu tuhosti stroje, dále pak střížná práce kterou je stroj schopen dodat na jednotlivé zdvihy a při trvalém chodu. Stroj pro váš návrh je zvolen podle internetových stránek firmy Toma Industries s.r.o. Je to výstředníkový lis LEN 63 C s jmenovitou střížnou silou 630 kN (obr 34). Další parametry jsou uvedeny v (tab.12).

Technické údaje		LEN 63 C	MJ
Jmenovitá síla lisu		630	kN
Počet zdvihů - trvalý chod P/R		65/130	1/min
Využitelný počet jednotlivých zdvihů P/R		32/-	1/min
Max tloušťka zpracovaného Plechu P/R	Trvalý chod	3,5/2,5	mm
	Jednotlivé zdvihy	7/-	mm
Maximální odebraná Práce P/R	Jednotlové zdvihy	1540/-	J
	Trvalý chod	770/700	J
Elektromotor	Výkon	3,5/7	KW
	Otáčky	725/1450	1/min
Elektrické napětí	Síťové	380 V/50Hz	V/Hz
	Ovládací	24 V/50Hz	
	Osvětlení	24 V/50Hz	
Tlakový vzduch	Pracovní tlak	0,5-0,630	Mpa
	Spotřeba vzduchu	0,009	m ³ /zdvih
	Přípojka vzduchu	G ½“	
Parametry a rozměry			
Stavitelnost zdvihu		10 -105	mm
Stavitelnost beranu		70	
Vyložení		315	
Sevření		335	
Plocha stolu		630 x 800	
Plocha beranu		280 x 450	
Hmotnost lisu		5850	kg

Tab.12 Technické parametry výrobce [16]



Obr.34 Výstředníkové lisu řady LEN .. C [16]

6. TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

6.1 TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ

Navržená technologie vychází z teoretických poznatků postupového stříhání uvedených ve druhé kapitole a možnosti dosažitelné přesnosti stříhání. Při návržení zadané součásti (bočnice kladky) je brán zřetel na vhodný tvar, zejména jeho jednoduchost. Dále pak na materiál, potřebné mechanické a technologické vlastnosti.

Zadaná součást není náročná na přesnost, proto je upřednostňováno ekonomické hledisko. Vzhledem k zvolenému materiálu z korozivzdorné oceli je určujícím faktorem ekonomického určení rozvržení výstřížků na pásu plechu. Byla vybrána varianta jednořadého nástřihového plánu pod úhlem 40° s využitím materiálu 59%. Ušetření nákladů za materiál v roční dávce oproti nevýhodnému rozvržení výstřížků na pásu může být až 200 000 Kč.

6.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

6.2.1 Vstupní hodnoty

Životnost nástroje	$T_S = 3$ roky
Výrobní dávka	$V_D = 200\ 000$ ks/rok
Jednicové mzdy	$J_M = 100$ %
Výrobní režie	$V_R = 440$ %
Správní režie	$S_R = 120$ %
Ostatní přímé náklady	$OPN = 20$ %

Tab.13 Vstupní hodnoty

Zpracovatelská režie:

$$Z_R = J_M + V_R + S_R + OPN \quad (6.1)$$

$$Z_R = 100 + 440 + 120 + 25$$

$$Z_R = 685 \%$$

Hodnocení pracovních tříd na výrobu náradí:

$$TTK6 = 90,00 \text{ Kč/hod.}$$

$$TTK7 = 110,00 \text{ Kč/hod.}$$

6.2.2 Náklady na materiál

Vstupní hodnoty materiálu: Normu, cenu materiálu a hmotnost tabule jsem určil z internetových stránek Ferony

Materiál – polotovár - norma	17240, 1 x 1500 x 3000, ČSN EN ISO 9445
Hmotnost jedné tabule	$m_T = 36,0$ kg
Cena za 1Kg materiálu	103,00 Kč
Cena za 1Kg odpadu	$C_{ODP} = 20$ Kč
Cena jedné tabule	$C_{TAB} = 3708,00$ Kč
Počet tabulí na roční dávku	$P_{TAB} = 195$ Ks
Procentuální využití jedné tabule	$\eta = 59$ %
Plocha jedné tabule	$P_T = 4500\ 000$ mm ²
Plocha jednoho výstřížku	$P_V = 2500,66$ mm ²

Tab.14 Vstupní hodnoty materiálu [6]

Hmotnost spotřebovaného plechu za rok:

$$m_P = m_T \cdot 195 \quad (6.2)$$

$$m_P = 36 \cdot 195$$

$$m_P = 7020 \text{ kg}$$

Hmotnost výstřižku v roční dávce:

$$m_V = \rho_0 \cdot P_V \cdot s \quad (6.3)$$

$$m_V = 7850 \cdot 0,0025 \cdot 0,001 \cdot 200000$$

$$m_V = 3925 \text{ kg}$$

Hmotnost odpadu za rok:

$$m_O = m_P - m_V \quad (6.4)$$

$$m_O = 7020 - 3925$$

$$m_O = 3095 \text{ kg}$$

Cena roční spotřeby plechu:

$$C_{PR} = C_{TAB} \cdot P_{TAB} \quad (6.5)$$

$$C_{PR} = 3708 \cdot 195$$

$$C_{PR} = 723\,060 \text{ Kč}$$

Kde: C_{PR} - cena roční spotřeby na materiál [Kč]

C_{TAB} - cena jedné tabule [Kč]

P_{TAB} - počet tabulí na roční dávku [Ks]

Cena odpadu na roční dávku:

$$C_{OR} = m_O \cdot C_{ODP} \quad (6.6)$$

$$C_{OR} = 3095 \cdot 35$$

$$C_{OR} = 108325 \text{ Kč}$$

Náklady na roční spotřebu materiálu:

$$N_{MR} = C_{PR} - C_{OR} \quad (6.7)$$

$$N_{MR} = 723060 - 108325$$

$$N_{MR} = 614\,735 \text{ Kč}$$

Kde: N_{MR} – náklady na materiál v roční dávce [kč]

6.2.3 Náklady na nástroj

Čas na výrobu	VČ = 200Nh v TTK 7
---------------	--------------------

Tab.15 Čas výroby

Náklady na jednicové mzdy:

$$J_M = VČ \cdot TTK 7 \quad (6.8)$$

$$J_M = 200 \cdot 110$$

$$J_M = 22\,000 \text{ Kč}$$

Zpracovatelské náklady:

$$Z_N = J_M \cdot Z_R \quad (6.9)$$

$$Z_N = 22\,000 \cdot 685\%$$

$$Z_N = 150\,700 \text{ Kč}$$

kde Z_N – zpracovatelské náklady [kč]

Zisk nářad'ovny:

Zisk nářad'ovny je přibližně 20 % zpracovatelských nákladů.

$$Z = 20\% \cdot Z_N \quad (6.10)$$

$$Z = 20\% \cdot 150\,700$$

$$Z = 30\,140 \text{ Kč}$$

kde Z – zisk nářad'oven [kč]

Cena nástroje:

$$N = Z_N + Z + \textit{materiál} \quad (6.11)$$

$$N = 150\,700 + 30\,140 + 1500$$

$$N = 182\,340 \text{ Kč}$$

6.2.4 Náklady na přímé mzdy

$$M_A = 0,55 \text{ Kč/ks}$$

Hodnota M_A je stanovena dle zvyklostí podniku na základě výrobních časů jednotlivých operací a příslušných tarifních tříd.

Celkové roční náklady na mzdy a režii

$$N_{MR} = M_A \cdot V_D \cdot (V_R + S_R) \quad (6.12)$$

$$N_{MR} = 0,55 \cdot 200\,000 \cdot (4,4 + 1,2)$$

$$N_{MR} = 616\,000 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobu jednoho kusu po dobu životnosti nástroje

$$N_{KS} = \frac{T_S \cdot N_{MR} + N}{V_D \cdot T_S} + N_{KSmat} \quad (6.13)$$

$$N_{KS} = \frac{3 \cdot 116000 + 182340}{200000 \cdot 3} + 3,07$$

$$N_{KS} = 6,45 \text{ Kč}$$

Z ekonomických propočtů vyplývá, že náklady na roční spotřebu materiálu činí 614 735 Kč, náklady na zhotovení nástroje 182 340 Kč, náklady na přímé mzdy 616 000 Kč. Výsledkem je cena jednoho kusu výstřížku v roční dávce 200 000 ks. Jeden výstřížek (bočnice kladky) po vystřížení stojí 6,45 Kč. Konečná cena výrobku může být stanovena až po konečné technologické operaci, kterou je ohýbání boku kladky.

7. ZÁVĚR

Tato práce řeší literární studii se zaměřením na postupové stříhání a návrh stříhadla pro zadanou součást „bočnice kladky“. Součást se vystřihuje z korozivzdorného plechu o tloušťce 1mm. Tabule plechu jsou stříhány na pásy a následně obsluhou lisu vkládány do střížného nástroje. Cena a parametry polotovaru tabulí plechu jsou určeny z ceníku společnosti Feron a.s. Střížný nástroj se upíná do výstředníkového lisu LEN 63 C, od firmy Toma Industries s.r.o. Práce obsahuje literární studii, návrh nástřihového plánu, aplikaci nejvýhodnější varianty a ekonomické zhodnocení.

Na základě technického a ekonomického zhodnocení můžu prohlásit, že zadaná součást je vyrobitelná postupovým stříháním v předepsané přesnosti a jakosti. Cena jednoho kusu je 6,4 Kč. Dále je možno vyrábět součást i jinými technologiemi. Technologií třískového obrábění (frézování a vrtání) by se výroba značně prodražila zavedením speciálního přípravku na upnutí polotovaru a mezioperační manipulací. Další technologie, které by bylo možné aplikovat, je řezání laserem a vodním paprskem. Tyto technologie, byť jsou velice progresivní danou dávkou 200 000 ks nevyrobí s takovou produktivitou jako technologie stříhání. Z toho plyne, že zvolená výroba bočnice kladky je nejefektivnější pro námi zvolenou technologii postupového stříhání.

SEZNAM LITERATURY

1. BIRZER, F. *Forming and fineblanking: cost-effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 1997. Translated by Brian Richards, Preverenges, Switzerland.
2. BLAŠČÍK, F.aj.: *Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvarovania*. ALFA Bratislava, 1988
3. DVOŘÁK, M, GAJDOŠ, F, ŽÁK, L. *Technologie tváření: návody do cvičení*. 2 vyd. Brno: CERM, 2005. 103s. ISBN 80-214-2881-3.
4. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
5. FAJKUS, M, HOŘEJŠ, S, BLÁHOVÁ, O, BURŠÍKOVÁ, V. *HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ TENKÝCH VRSTEV PRO APLIKACE NA NÁSTROJE* [online]. 2007 [cit. 2009-02-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.povrchovauprava.cz/uploads/assets/casopisy/pu-2007-03.pdf>>.
6. FERONA a.s.. *Specifikace výrobku* [online]. 2004-2009 [cit. 2009-05-08]. Dostupný z WWW: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog/detail.php?id=7772>>.
7. FOREJT, M, PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: CERM, 2006. 225 s. Skriptum. ISBN 80-214-2374-9.
8. FOREJT, MILAN. *TEORIE TVÁŘENÍ*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 167 s. ISBN 80-214-2764-7.
9. INOX s.r.o. *NEREZOVÁ OCEL 1.4301* [online]. 2007 [cit. 2008-03-09]. Dostupný z WWW: <<http://inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>>.
10. KOTOUČ, J., et al. *TVÁŘECÍ NÁSTROJE*. [s.l.] : [s.n.], 1993. 349. ISBN 80-01-01003-1.
11. NOVOTNÝ, Josef. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13-B3-IV- 41/22674.
12. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
13. PETRUŽELKA, J, BŘEZINA, R. *ÚVOD DO TVÁŘENÍ II* [online]. 2001 [cit. 2008-11-07]. Dostupný z WWW: <http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Uvod_TV2.pdf>.
14. STANĚK, J. *Základy stavby výrobních strojů tvářecí stroje*. Západočeská univerzita v Plzni, 2004. 120s. ISBN 80-7082-738-6.
15. TECHNICKÁ UNIVERZITA LIBEREC. *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]. 2005 [cit. 2009-05-04]. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm>.
16. TOMA INDUSTRIES s.r.o. *Výroba tvářecí techniky* [online]. c2006 [cit. 2009-05-20]. Text ve slovenštině. Dostupný z WWW: <www.toma.sk>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

A	střižná práce	[J]
a_p	délka hlavní poloosy	[mm]
b_p	délka vedlejší poloosy	[mm]
c_1	součinitel 1	[-]
c_2	součinitel 2	[-]
c_3	koeficient závislý na stupni stříhu	[-]
C_{PR}	cena roční spotřeby na materiál	[Kč]
D	jmenovitý rozměr	[mm]
E	horizontální přepážka	[mm]
e	přestavitelnost beranu	[mm]
F	velikost přepážky	[mm]
F_C	celková střižná síla	[N]
F_J	jmenovitá síla lisu	[kN]
F_{PR}	protlačovací síla	[N]
F_S	střižná síla	[N]
F_{ST}	stírací síla	[N]
h	hloubka	[mm]
H	sevření lisu	[mm]
h_s	hloubka vniku nože	[mm]
J_M	jednicové mzdy	[Kč/h]
J_{ML}	jednicové náklady na obsluhu lisu	[Kč]
J_{NM}	režijní náklady na jednicové mzdy	[Kč]
k	krok vzdálenost mezi dvěma výstřižky na pásu	[mm]
K	součinitel otupení bříty	[-]
l	délka křivky stříhu	[mm]
L_S	délka střižníku	[mm]
L_{Smin}	minimální délka střižníku	[mm]
l_v	šířka výstřižku	[mm]
m_O	hmotnost odpadu v roční dávce	[kg]
m_p	hmotnost plechu spotřebovaná za rok	[kg]
m_{RD}	hmotnost výstřižků v roční dávce	[kg]
n	koeficient zahrnující různé vlivy	[-]
N_{MR}	náklady na materiál v roční dávce	[Kč]
N_{MT}	náklady na materiál	[Kč]
N_{MT}	náklady na 1 kg odpadu	[Kč]
N_O	náklady na odpad	[Kč]
OPN	ostatní přímé náklady	[Kč]
P	šířka pásu	[mm]

P_0	přídavek na opotřebení	[mm]
P_k	výrobní tolerance střížníku	[mm]
P_M	minimální cena jednoho výrobku	[Kč]
P_S	výrobní tolerance střížnice	[mm]
P_T	plocha tabule	[mm ²]
P_{TAB}	počet tabulí	[mm]
P_U	dovolená úchylka výstřížku	[mm]
$P_{VČ}$	plocha výstřížku čistá	[kg]
R_m	mez pevnosti materiálu	[MPa]
R_S	rozměry střížnice	[mm]
S	plocha elipsy	[mm ²]
s, t	tloušťka plechu	[mm]
S_R	správné režie	[%]
\check{S}_P	šířka pásu pro ostřížení	[mm]
\check{S}_V	šířka výstřížku	[mm]
TC	celkové náklady	[Kč]
T_S	životnost nástroje	[rok]
T_{SD}	tloušťka střížné desky	[mm]
t_v	počet odpracovaných normohodín	[Nh]
U_h	horní úchylka tolerance	[mm]
U_S	spodní úchylka tolerance	[mm]
v	střížná vůle	[mm]
V_D	výrobní dávka	[ks]
V_R	výrobní režie	[%]
V_v	výška výstřížku [mm]	[mm]
Z	zisk nářad'oven	[Kč]
z	velikost střížné mezery	[mm]
Z_N	zpracovatelské náklady	[Kč]
Z_R	zpracovatelská režie	[%]
η	procentuální využití tabule	[%]
κ	koeficient vtlačení	[-]
λ	součinitel plnosti diagramu	[-]
ρ_O	hustota oceli	[kg.m ³]
τ_S	střížný odpor, (mez pevnosti ve stříhu)	[MPa]

SEZNAM PŘÍLOH

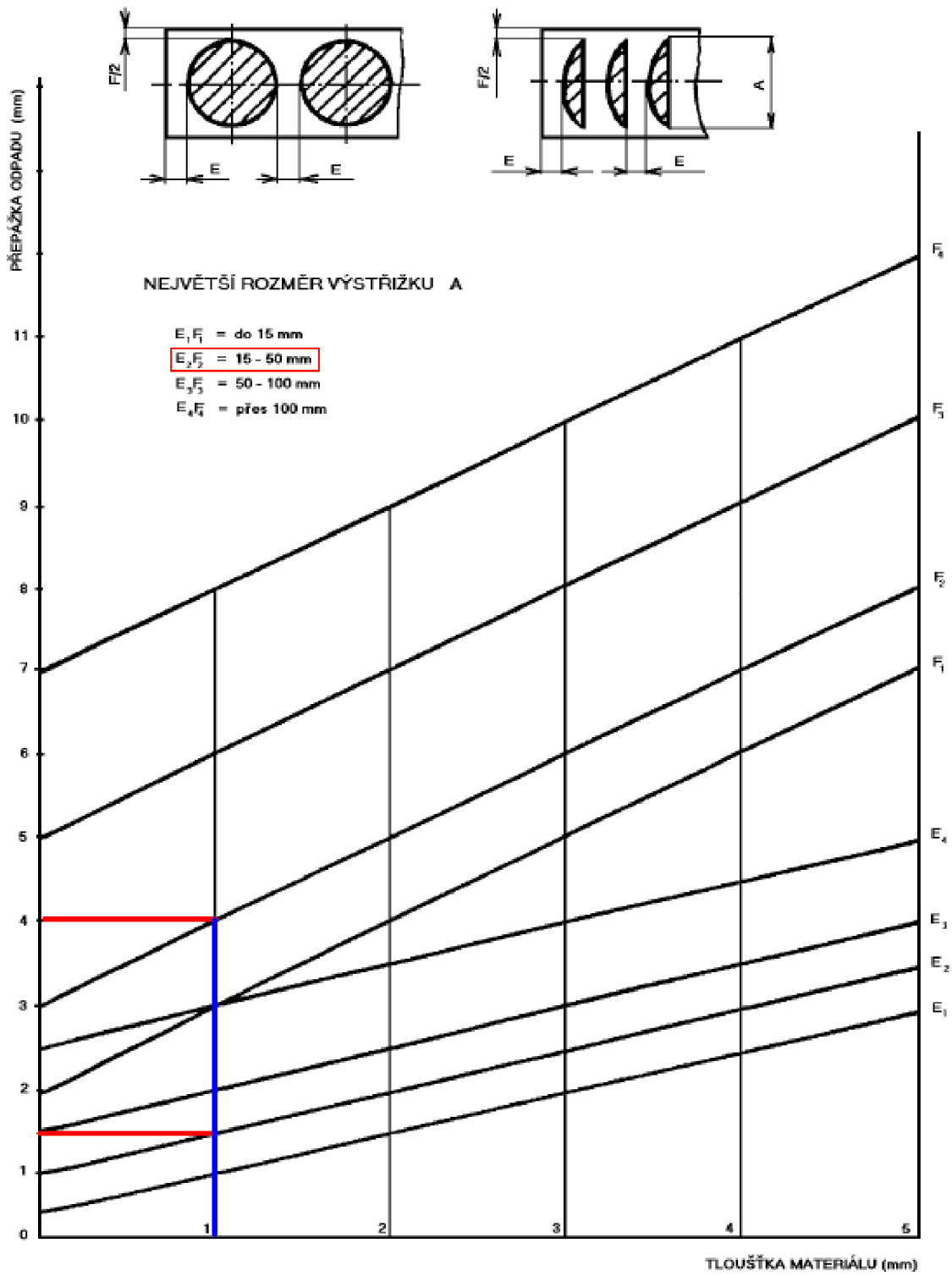
Příloha č. 1 - Grafy na určení velikosti můstků a okraje

Příloha č. 2 - Grafy na určení velikosti můstků a okraje

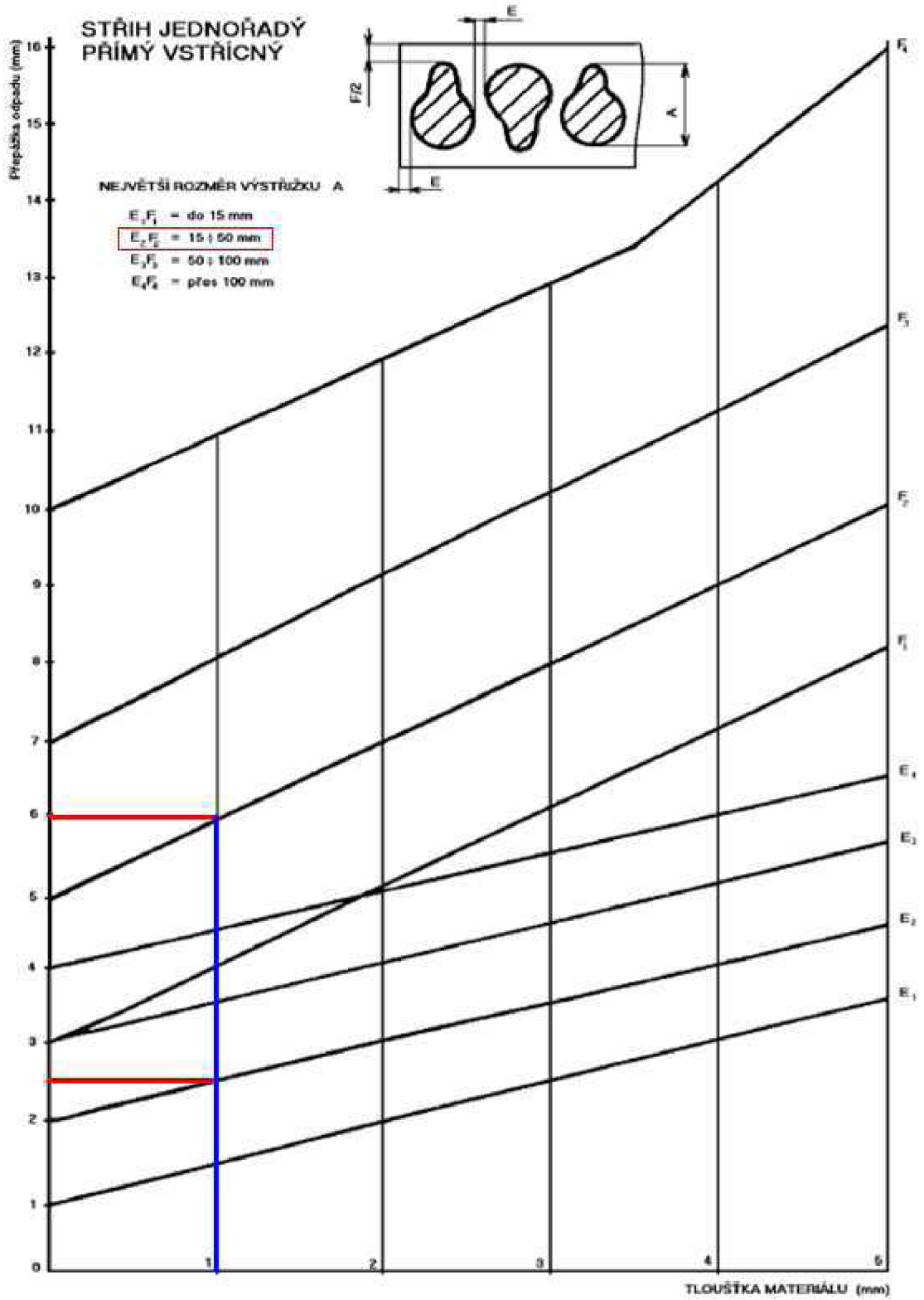
Příloha č. 3 - Výběr strojů různých firem

Výkresová dokumentace

PŘÍLOHA 1



PŘÍLOHA 2



PŘÍLOHA 3

Parametry excentrických lisů italské firmy Sangiacomo.

PRESS MODEL	POWER	NOMINAL SPEED	VARIABLE SPEED	STROKE	PLATE-RAM DISTANCE *	WORK BED	RAM BED
	[kN]	[Strokes/min]	[Strokes/min]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
T10 CE	100	190	92+230	6+40	210	240x360	90x110
T15 CE	150	165	88+220	8+60	260	300x400	104x230
T20 CE	200	155	84+210	6+60	300	300x450	190x278
T30 CE	300	145	80+200	8+76	350	360x580	250x350
T40 CE	400	145	76+190	8+78	375	380x650	250x350
T50 CE	500	140	72+180	12+110	400	440x750	300x450
T75 CE	750	120	60+120	14+140	450	500x800	380x560

Parametry lisů od firmy Šmerl BRNO a.s

Výstředníkové lisy - Základní technické parametry - Řada lisů S / S-E

		S 160	S 250	S 160 E	S 250-E
Jmenovitá tvářecí síla	kN	1600	2500	1600	2500
Zdvih	mm	20 - 160	30 - 200	20 - 160	30 - 200
Sevření	mm	500	600	500	600
Přestavení beranu	mm	100	125	100	125
Počet zdvihů	1/min	40/60	50	40	50
Rozměr stolu	mm	1200x800	1400x1000	1200x800	1400x1000
Rozměr beranu	mm	860x520	1000x650	860x520	1000x650



Lis od Sangiacomo



Lis od Šmerl BRNO