

# Návrh technologie výroby zásobníku hygienických potřeb

Ing. Libor Ondra

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Libor Ondra**

Osobní číslo: **T12723**

Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**

Studijní obor: **Technologická zařízení**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Návrh technologie výroby zásobníku hygienických potřeb**

Zásady pro vypracování:

1. teoretická studie na dané téma
2. návrh designu zásobníku na hygienické potřeby
3. vytvoření technologického postupu pro zvolenou variantu řešení
4. konstrukce střížného nástroje

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**Dle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

**30. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**22. května 2015**

Ve Zlíně dne 9. února 2015

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
děkan



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 8.5.2015



<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

<sup>2)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

<sup>3)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je navrhnout technologický postup výroby zásobníku na papírové kapesníky.

Teoretická část je zaměřena na dvě základní strojírenské operace – stříhání a ohýbání. Tyto operace mají dominující charakter při procesu získávání požadovaného tvaru a vzhledu z polotovaru ve formě plechové tabule.

Praktická část se zabývá návrhem designu, následně vytvořením technologického postupu a v neposlední řadě také samotnou konstrukcí střížného nástroje.

Klíčová slova: Stříhání, střížná síla, ohýbání, střížný nástroj.

## **ABSTRACT**

The aim of the Bachelor's thesis is to describe technological steps for producing of tissue box cover.

The first part deals with common dissertation about two head mechanical engineering operation – cutting and bending. This operations have dominating charakter lead to required shape and design from the semi-factured product.

The practice part is orientation to construct design, technological steps and construct blanking-tool.

Keywords: Cutting, cutting force, bending, blanking tool.

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za cenné rady, ochotu a čas při psaní této bakalářské práce.

V druhé řadě bych chtěl také poděkovat všem lidem, kteří mě dodávali sílu při mé druhé cestě za poznáním, tentokráte technickým.

## **Motto**

Nula ví, že sama o sobě neznamena nic, v tom je její síla.

[Gabriel Laub]

Základem charakteru je síla vůle.

[Oscar Wilde]

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 STŘÍHÁNÍ</b> .....	<b>11</b>
1.1 PROCES STŘÍHÁNÍ.....	13
1.2 STŘIŽNÝ ODPOR.....	15
1.3 STŘIŽNÁ SÍLA.....	16
1.4 KVALITA POVRCHU STŘIHU.....	18
1.5 STŘIŽNÁ MEZERA.....	19
1.6 STŘIŽNÉ NÁSTROJE.....	20
1.7 ZAŘÍZENÍ KE STŘÍHÁNÍ.....	21
1.8 TECHNOLOGIČNOST STŘÍHÁNÍ.....	22
1.9 TECHNOLOGIČNOST SPOTŘEBY MATERIÁLU.....	22
1.10 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝSTŘIŽKŮ.....	23
1.11 TECHNOLOGIČNOST VÝROBY VÝSTŘIŽKŮ.....	25
1.12 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	25
<b>2 OHÝBÁNÍ</b> .....	<b>28</b>
2.1 POLOMĚR OHYBU.....	29
2.2 ZTENČENÍ STĚNY V MÍSTĚ OHYBU.....	30
2.3 ODPRUŽENÍ PO OHÝBÁNÍ.....	30
2.4 ZBYTKOVÁ PNUTÍ.....	32
2.5 VÝCHOZÍ DÉLKA MATERIÁLU.....	32
2.6 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE OHÝBANÝCH SOUČÁSTÍ.....	33
2.7 TECHNOLOGICKÉ METODY OHÝBÁNÍ.....	36
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>45</b>
<b>3 PAPIROVÉ KAPESNÍČKY V BOXECH</b> .....	<b>46</b>
<b>4 NÁVRH DESIGNU ZÁSOBNÍKU</b> .....	<b>48</b>
<b>5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZVOLENÉ VARIANTY</b> .....	<b>50</b>
5.1 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN.....	50
5.2 ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÝ POSTUP.....	52
<b>6 KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE</b> .....	<b>53</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>55</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>56</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>57</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>59</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>61</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>62</b>



## ÚVOD

V dnešních kancelářích, ale i domácnostech můžeme pozorovat trend, kdy jednotlivé vybavení a zařízení jsou vzhledově navrženy tak, aby nevyvolávaly přílišné emoce, ale působili spíše jednoduše, stroze, ale přesto s decentním, účelovým a praktickým designem. Sjednocujícím materiálem je v tomto případě korozivzdorná ocel, jejíž praktičnost nelze upřít a zároveň ve správném využití působí na daném místě reprezentativně a do jisté míry i formálně.

Trendem tedy je, aby daná místnost působila celistvě a pokud možno žádný její prvek nezbytně nedominoval svými okázalými tvary a barvy. Proto např. obyčejný box na papírové kapesníčky tyto zásady nespĺňuje. Přestože je v mnohých případech po vizuální stránce v pořádku a občas i jeho design „lahodí“ oku, ve formálnějších - designově sladěných prostorech by zde ubíral onu potřebnou koncepci vizuálně uceleného prostoru.

Na trhu je spousta boxů od mnoha výrobců, které navíc obsahující různé počty kapesníčků. Proto mě zajímalo, zda zmiňované boxy jsou rozměrově relativně stejné a zda by se dal vyrobit univerzální zásobník, do kterého by se jednoduše v obchodě zakoupený kompletní papírový box s kapesníčky vložil a dál by plnil svou funkci. Tzn. bez jakékoliv úpravy a přeskládání či bez nutnosti kupování průmyslově vyráběných náhradních papírových kapesníčků.

Proto je práce zaměřena na návrh designu zásobníku, vytvoření technologického postupu pro zvolenou variantu a následně i konstrukci střížného nástroje. Účelem práce je tedy ve zjednodušené podobě, ale v maximální komplexnosti zmapovat a popsat uvedenou problematiku co do návrhu designu a technologického postupu.

Z teoretického hlediska budou tedy popsány nosné strojírenské operace a témata jako stříhání, nástřihový plán a ohýbání.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 STŘÍHÁNÍ

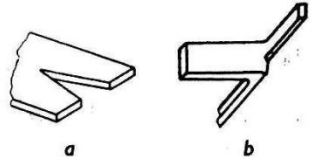
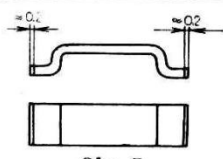
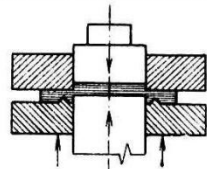
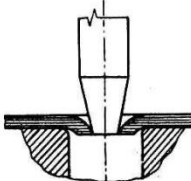
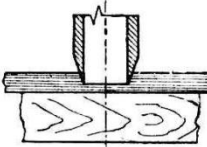
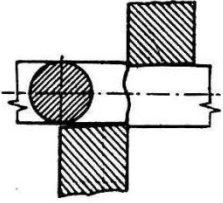
Stříhání je jednou ze základních operací, se kterou se ve strojírenské výrobě můžeme setkat. Především při zpracovávání plechových profilů do požadovaného tvaru je tato operace hojně zastoupena. Dále to může být také operace, při níž dochází k oddělení části materiálu, a to zmiňovaným stříháním. Jednotlivé druhy stříhacích operací můžeme nalézt v tabulkách (Tab. 1 a Tab. 2).

Tab. 1. Druhy stříhacích operací [1].

Operace	Schéma	Definice
děrování		Vytváření otvorů různých tvarů. Vystřížená část tvoří odpad.
ostřihování		Oddělování přebytečného materiálu po obvodu součástí.
prostřihování		Částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce.
vystřihování		Zhotovení výstřížku oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výrobek.
vystřihování zářezu		Oddělování částí v okraji i uvnitř materiálu. Vystřížená část tvoří odpad.

Stříhání plošné

Tab. 2. Druhy stříhacích operací [1].

Operace	Schéma	Definice
Stříhání plošné	<p>nastříhování</p>  <p>Obr. 6.</p>	Částečné oddělení materiálu v okraji tak, že není úplně oddělen.
	<p>přistříhování</p>  <p>Obr. 7.</p>	Dosažení přesných tvarů, rozměrů nebo hladkých ploch.
	<p>přesné vystříhování</p>  <p>Obr. 8.</p>	Vystříhování upravené pro dosažení hladkých a přesných střížných ploch bez dalšího opracování.
	<p>protrhávání</p>  <p>Obr. 9.</p>	Vytvoření hrotů, otvorů, výstupků v plochém materiálu, přičemž se materiál vyhne z původní roviny.
	<p>vysekávání</p>  <p>Obr. 10.</p>	Oddělování nekovového materiálu nástrojem na podložce.
Stříhání objemové	<p>stříhání profilů, tyčí, trubek apod.</p>  <p>Obr. 11.</p>	Dělení profilů, tyčí a trubek podle neuzavřeného obrysu noži, které se míjejí při proměnné tloušťce stříhaného průřezu.

V průběhu procesu stříhání je nutno mít na paměti několik základních zákonitostí, které ovlivňují jeho proces. Jsou to [1]:

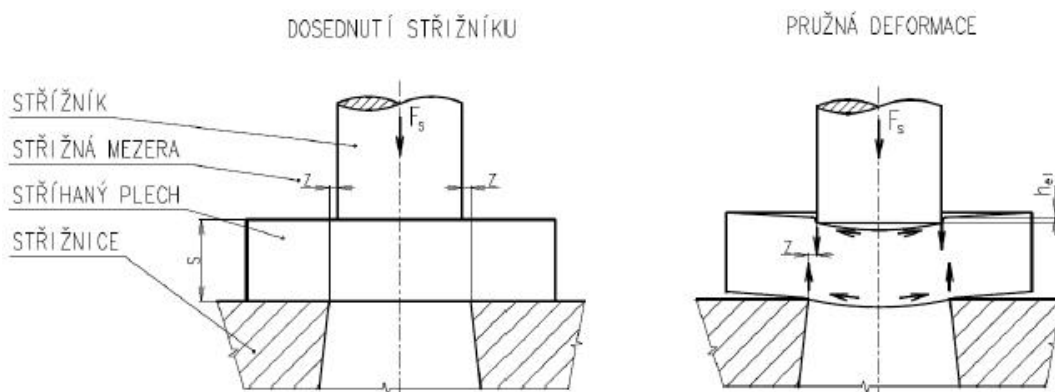
- drsnost střížené plochy, daná průběhem deformace a jakostí materiálu;
- zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle;

- zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku podél střížné plochy;
- zpevnění střížné plochy do určité hloubky;
- prohnutí některých výstřížků ohybovým momentem obou složek střížné síly.

Nutno podotknout, že oddělení materiálu nemusí probíhat jen ve formě stříhání, ale i lámáním, kde se k oddělení materiálu využívá ohyb. Lámání je výhodné využít k dělení tvrdších, křehkých materiálů o větší tloušťce. Na rozdíl od stříhání, kde se materiál odděluje smykovým působením dvou břitů a je výhodné jej využít k dělení měkkých, tvárných materiálů o menší tloušťce. Z hlediska tvaru stříhaného materiálu lze stříhání dělit na plošné a objemové.

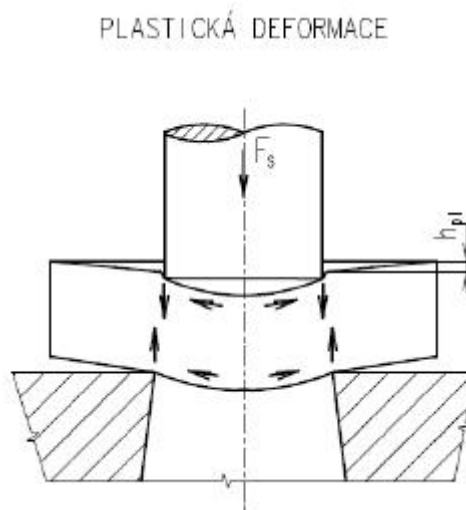
### 1.1 Proces stříhání

Proces (princip) stříhání můžeme rozdělit na tři fáze. V první fázi (*Obr. 1*) stříhání tlačí střížník na plech a vyvolává napětí v tvářeném kovu, který je menší, než mez pružnosti  $\sigma_E$ . Proto dochází jen k pružné deformaci. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu závisí hlavně na jeho mechanických vlastnostech. Bývá 5 až 8 % jeho tloušťky. Vznikem silových dvojic v rovinách kolmých ke střížným plochám se materiál mezi střížníkem a střížnicí ohýbá. Přitom vzniká na stříhaném materiálu zaoblení – na straně střížníku vtažením a na straně střížnice vytlačením materiálu[1], [2].



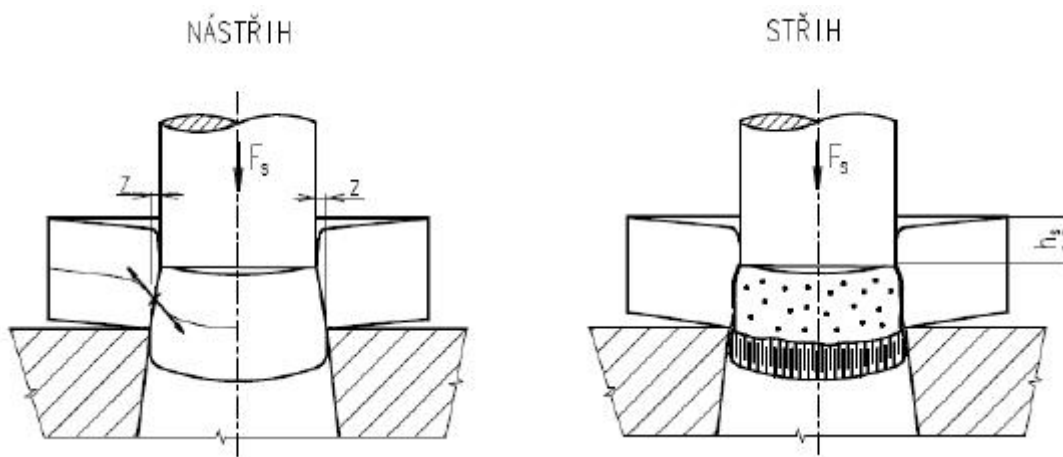
*Obr. 1. První fáze stříhání – oblast pružné deformace. Vznik silových dvojic, ohýbání a zaoblení materiálu po celém stříhaném obvodu[2].*

Ve druhé fázi (Obr. 2) vznikne ve stříhaném materiálu napětí větší, než je jeho mez kluzu  $\sigma_K$ . Přitom dochází k trvalé deformaci tohoto materiálu. Hloubka vzniku střížníku do stříhaného materiálu je závislá na jeho mechanických vlastnostech a pohybuje se mezi 10 až 25 % jeho tloušťky. Na konci této fáze dosahuje napětí v materiálu hodnoty pevnosti ve stříhu[1], [2].



Obr. 2. Druhá fáze stříhání – oblast trvalé deformace.  $h_{pl}$  – hloubka vzniku střížníku do materiálu[2].

Ve třetí fázi (Obr. 3) je materiál namáhán nad mez pevnosti ve stříhu  $\sigma_{ps}$ . Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je 10 až 60 % jeho tloušťky. Závisí na velikosti střížné mezery a druhu materiálu[1], [2].



Obr. 3. Třetí fáze stříhání – oddělení materiálu.  $h_s$  – hloubka vniku střížných hran[2].

Nejprve vzniknou mikroskopické a potom makroskopické trhliny v materiálu u hran střížníku a střížnice. Trhliny se rychle prodlužují, až nastane oddělení výstřížku od výchozího materiálu. Rychlost postupu trhlín je závislá na vlastnostech stříhaného materiálu a průběh na velikosti střížné mezery. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě, měkký a houževnatý poměrně pomalu[1], [2].

Při normální střížné vůli se nástřihy od střížných hran obou střížných prvků setkají a vytvoří ve stříhaném průřezu jednu plochu bez ostřin. Při malé nebo velké střížné vůli se nástřihy nesetkají a vytvoří nerovný povrch v ploše stříhu. Při malé střížné vůli je materiál mezi střížnými hranami deformován a znovu stříhán. K úplnému oddělení plechu musí střížník proniknout až ke střížnici[1], [2].

Stříhání lze tedy označit za jedinou tvářecí operaci, jejíž žádoucí výsledek směřuje k porušení materiálu.

## 1.2 Střížný odpor

Střížný odpor je schopnost stříhaného materiálu bránit se proti svému oddělení. Závisí na mnoha činitelích. Především na mechanických vlastnostech. S rostoucí pevností  $\sigma_{Pt}$  a klesající tvárností střížný odpor roste. Naopak s rostoucí tloušťkou materiálu a s rostoucí velikostí křivky stříhu a její pravidelností se střížný odpor zmenšuje. Velký vliv má také střížná vůle. Nejmenšího střížného odporu se dosáhne při optimální střížné vůli pro každý materiál a jeho tloušťku[1].

Střížné podmínky, tzn. rychlost stříhání, velikost tření, mazání, chlazení, stav střížných hran nástroje apod., značně ovlivňují velikost střížného odporu. Například se vzrůstající rychlostí stříhu střížný odpor roste, při mazání naopak klesá[1].

Přesné stanovení střížného odporu je vlivem rozdílného působení mnoha činitelů obtížné. Pro praktické použití však postačí jeho přibližná hodnota vypočítaná ze vzorce[1]:

$$k_s = \frac{F_s}{S_s} \quad (\text{MPa}) \quad (1)$$

kde  $F_s$  je střížná síla (N),  $S_s$  – plocha stříhu ( $\text{mm}^2$ ).

Tab. 3. Závislost střížného odporu  $k_s$  a pevnosti v tahu  $\sigma_{Pt}$  pro různé materiály a jejich tloušťky [1].

Materiál	Střížný odpor $k_s$ (MPa)
	Tloušťka materiálu (mm)
	2 až 4 0,5 až 2
Ocel	$0,75 \sigma_{Pt} - 0,9 \sigma_{Pt}$
Mosaz	$0,65 \sigma_{Pt} - 0,75 \sigma_{Pt}$
Hliník měkký	$0,75 \sigma_{Pt} - 0,9 \sigma_{Pt}$
Hliník tvrdý	$0,55 \sigma_{Pt} - 0,7 \sigma_{Pt}$
Dural měkký	$0,65 \sigma_{Pt} - 0,75 \sigma_{Pt}$
Dural tvrdý	$0,6 \sigma_{Pt} - 0,65 \sigma_{Pt}$
Korozivní oceli	$0,68 \sigma_{Pt} - 0,72 \sigma_{Pt}$
Slitiny titanu	$0,65 \sigma_{Pt} - 0,7 \sigma_{Pt}$

### 1.3 Střížná síla

Výroba výstřížku vyžaduje mimo stříhadlo ještě vhodný lis. Při stříhání se však nesmí překročit jmenovitá síla. Jinak by mohlo dojít k jeho poškození. Proto je třeba znát velikost a průběh střížné síly. Velikost střížné síly se mění v průběhu pracovního zdvihu. V každém okamžiku je dána součinem dvou proměnných veličin, součinem střížného odporu a stříhané plochy. U materiálu s malým rozdílem mezi mezí kluzu a pevností (křehké materiály) nastává ustřížení při nepatrném proniknutí střížníku do stříhaného materiálu. U materiálu s výraznou mezí kluzu (měkké materiály) je rozdíl mezi pevností v tahu a mezí kluzu velký. Při stříhání se materiál oddělí teprve až střížník do něho vnikne hlouběji. Střížný odpor následkem zpevnování stoupá. Mění se v rozmezí od meze kluzu do meze pevnosti. Velikost střížného odporu potom závisí na hloubce a proniknutí střížníku do materiálu. Obvykle se volí střížný odpor  $k_s = (0,7 \text{ až } 0,75) \sigma_{Pt}$  [1].

Maximální střížná síla pro rovnoběžné nože se určí výpočtem podle vzorce [3]:

$$F_{max} = S * R_{ms} * k \quad (N) \quad (2)$$

kde jsou  $S$  – střížná plocha ( $\text{mm}^2$ ),  $R_{ms}$  – pevnost ve stříhu (MPa) -(Tab. 4.),  $k$  – součinitel zahrnující různé vlivy zvyšující střížnou sílu (otupení řezných hran, vliv seřízení nástroje, zvětšení mezery mezi noži opotřebením, apod.), který bývá v rozmezí 1,25 až 1,5.

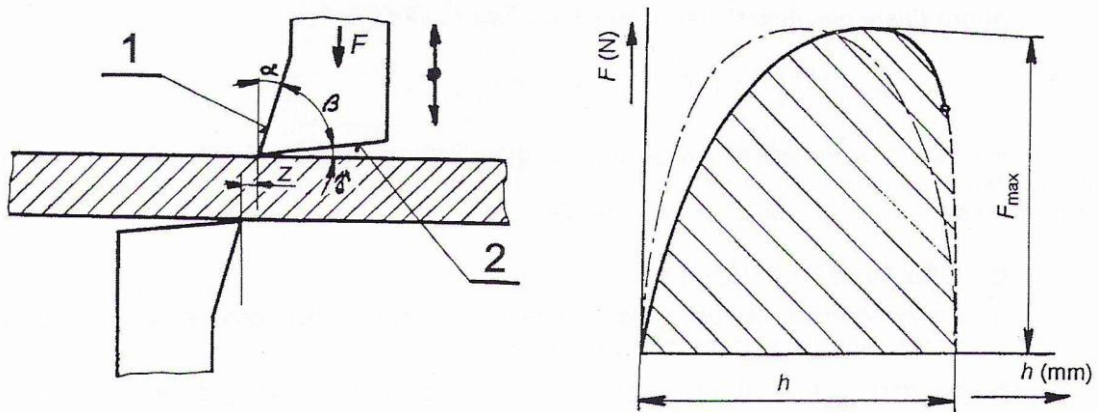


Střížná síla je označována jako maximální, protože se v průběhu stříhání mění a jedná se o nejvyšší hodnotu této síly v průběhu celého procesu.

Pevnost ve stříhu lze přibližně vypočítat ze známé meze pevnosti stříhaného materiálu  $R_m$  podle vztahu[3]:

$$R_{ms} = (0,75 - 0,85) * R_m \quad (MPa) \quad (3)$$

Průběh střížné síly v závislosti na hloubce vniknutí nože do materiálu je znázorněn na Obr. 4. Práce, spotřebovaná ke stříhu, je znázorněna vyšrafovanou plochou poloroviny elipsy o stejném obsahu [3].



Obr. 4. Průběh střížné síly (pracovní diagram) při stříhu rovnoběžnými noži (1 – hřbet nože, 2 – čelo nože,  $z$  – střížná mezera,  $s$  – tloušťka stříhaného materiálu,  $h$  – hloubka vniknutí pohyblivé střížné hrany do materiálu,  $F$  – střížná síla při stříhu rovnoběžnými noži,  $F_{max}$  – maximální střížná síla) [3].

Tab. 4. Přehled některých mechanických vlastností pro vybrané materiály [3].

Druh materiálu	Označení materiálu	Pevnost ve sřihu $R_{ms}$ (MPa)	Pevnost v tahu $R_m$ (MPa)	Tažnost $A$ (%)
ocel	10 340	280 ÷ 360	340 ÷ 420	23 ÷ 25
	10 370	320 ÷ 400	370 ÷ 450	18 ÷ 20
	10 422	360 ÷ 450	420 ÷ 500	18 ÷ 20
	11 301.21	240 ÷ 340	280 ÷ 400	29
	11 321.20	240 ÷ 330	280 ÷ 380	30
	11 321.90	240 ÷ 340	270 ÷ 400	26 ÷ 30
	11 331.3	240 ÷ 340	280 ÷ 400	23 ÷ 26
	11 340.1	290 ÷ 360	340 ÷ 420	23 ÷ 25
	11 340.22	290 ÷ 400	340 ÷ 460	14
	11 341.20	240 ÷ 340	280 ÷ 400	26
	11 500	440 ÷ 530	500 ÷ 600	15 ÷ 17
	12 000.20	700	max. 800	–
	12 010.1	min. 300	min. 340	24
	12 020.20	330 ÷ 440	380 ÷ 500	23
	12 040.1	min. 430	min. 500	19
	12 050.1	min. 480	min. 560	16
	13 180.20	700	max. 800	14
	14 160.0	820	950	–
	14 220.30	560	max. 650	–
	17 021.2	470	550	21
17 021.3	470	550	–	
17 022.2	520	600	–	
17 041.21	600	700	–	
17 246.1	560	650	58	
slitiny hliníku	42 4057.1	50 ÷ 70	max. 110	20
	42 4203.1	120 ÷ 130	max. 240	12
	42 4203.6	270 ÷ 290	450	12 ÷ 14
	42 4412.1	110 ÷ 120	max. 230	16
	42 4432.2	90 ÷ 100	150	6
	42 4451.1	60 ÷ 80	max. 150	20
mosaz	42 3212.1	260	300	42
	42 3212.2	300	350	25
	42 3222.3	360	420	15
	42 3256.3	430	500	5
bronz	42 3016.1	300	350	40
	42 3016.2	350	400	25
	42 3035.1	480	550	5
měď	42 3001.1	180	200	30
	42 3001.3	260	300	4
	42 3003.1	180	210	30
	42 3005.1	180	400	2

#### 1.4 Kvalita povrchu sřihu

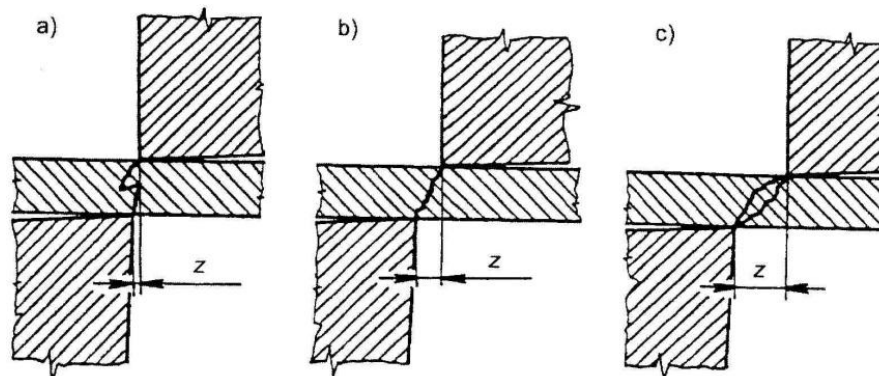
Přesnost součástí vyrobených sřiháním závisí na přesnosti zhotovení sřizníku a sřiznice, konstrukci nástroje a způsobu zajištění polohy materiálu při sřihání, druhu sřizhaného materiálu, kvalitě a geometrii sřizných hran, velikosti sřizné vůle a tloušťce sřizhaného materiálu [3].

Jakost střížné plochy závisí na konstrukci a stavu stříhadel, velikosti střížné mezery, materiálu a rychlosti stříhání. Jakost povrchu střížné plochy se zvyšuje zvýšením rychlosti stříhání [3].

Je-li požadován čistý kvalitní povrch stříhu i větší přesnost, používá se přesného vystříhování, nebo přistříhování. Toto stříhání je však vhodné jen pro měkké oceli, popřípadě neželezné kovy. Způsob je ekonomický jen pro větší série, protože nástroje jsou příliš nákladné [1].

### 1.5 Střížná mezera

Střížná mezera mezi noži podstatně ovlivňuje jakost střížné plochy, velikost střížné síly a trvanlivost nástroje. Správně zvolená velikost střížné mezery zaručuje, že trhliny, které při stříhání vznikají, se setkají, čímž se zaručí správné usmyknutí stříhané plochy [3].



Obr. 5. Vliv střížné mezery  $z$  na kvalitu střížné plochy (a – malá střížná mezera, b – optimální střížná mezera, c – velká střížná mezera) [3].

Velikost střížné mezery závisí na druhu a tloušťce stříhaného materiálu. Optimální střížná mezera je taková, při které se dosáhne kvalitní střížné plochy při nejmenší střížné síle. Velikost střížné mezery se pohybuje v rozmezí 3 až 20 % tloušťky plechu. Čím tlustší a měkčí materiály se stříhají, tím menší střížná mezera se volí. Nové nástroje se zhotovují s nejmenší dovolenou střížnou mezerou s ohledem na budoucí opotřebení [3].

Velikost střížné mezery lze vypočítat podle některého z následujících vztahů [3]:

a) pro tenké plechy o tloušťce do 3 mm:

$$z = c * s * \sqrt{0,1 * R_{ms}} \text{ (mm)} \quad (4)$$

b) pro tlusté plechy o tloušťce nad 3 mm (do 10 až 12 mm):

$$z = (1,5 * c * s - 0,015) * \sqrt{0,1 * R_{ms}} \text{ (mm)} \quad (5)$$

kde jsou  $c$  – koeficient závislý na druhu stříhání. Volí se v rozmezí 0,005 až 0,035 ( $c = 0,005$  pro dosažení kvalitního povrchu střížné plochy,  $c = 0,035$  pro dosažení minimální střížné síly),  $R_{ms}$  – pevnost materiálu ve stříhu (MPa),  $s$  – tloušťka plechu (mm).

## 1.6 Střížné nástroje

Běžná stříhadla mají obvykle velkou životnost. Pro malé série však takové nástroje nejsou nejvhodnější, protože náklady na jejich výrobu jsou vysoké. Zbytek hodnot se ztrácí tím, že nástroj je již nepotřebný a není opotřebován. Proto je nutné s touto okolností počítat. Z těchto důvodů je potřebné nástroje řešit konstrukčně tak, aby po zhotovení potřebného počtu výstřížků byly opotřebovány. Jejich cena však má být nízká. Toto je možné splnit dvěma způsoby[1]:

- zhotovením výstřížků univerzálními vyměnitelnými a seřiditelnými nástroji, nebo stavebnicovými děrovadly a ostříhovadly, které lze jednoduchým zásahem přestavit pro jiné účely použití nebo pro jiné tvary výstřížků;
- zhotovením výstřížků jednoduchými speciálními stříhadly, snadno vyrobitelnými, s poměrně krátkou životností a nízkou pořizovací cenou.

Životnost stříhadla z hlediska provozu se posuzuje podle počtu vyrobených výstřížků v požadovaných rozměrech a kvalitě. Nástroj je již úplně opotřebován, jestliže jeho činné části nejdou naostřit, ani opravit[1].

Životnost nástroje bývá ovlivňována:

- tvarem a velikostí výstřížku;
- druhem a kvalitou nástroje;
- zatížením a stavem listu;
- péčí o nástroj;

- zpracovávaným materiálem.

## 1.7 Zařízení ke stříhání

Ke stříhání materiálu slouží 2 typy zařízení [3]:

- nůžky – vesměs k přestříhování materiálu;
- lisy se střížným nástrojem – vesměs k vystříhování a děrování.

Druhy nůžek [3]:

1. pákové – stříh postupný, ústřížek je horním nožem postupně ohýbán;
2. vibrační (kmitací) – pro tenké plechy, horní nůž kmitá 10 až 35 Hz a provádí stříhy délky 3 až 10 mm, lze stříhat zakřivené tvary;
3. tabulové – v provedení s rovnoběžnými či skloněnými noži;
4. kotoučové – jednokotoučové, dvoukotoučové nůžky – pásové nůžky, okružní nůžky, křivkové nůžky;
5. na profily – k dělení tyčí a profilů;
6. letmé – pro dělení vývalků v hutích, tj. plechu, drátu.

Lisy používané ke stříhání:

- mechanické – výstředníkové, klikové či vysekávací automaty;
- hydraulické.

Pro životnost nástroje má tuhost lisu největší vliv. Nástroje s nedokonalým vedením nebo takové, které vyžadují velkou přesnost vedení, je proto třeba upínat na lisy uzavřené, které jsou pro stříhání nejvhodnější. Další důležitým činitelem pro výběr lisu je délka zdvihu.

Dříve než konstruktér nástrojů začne konstruovat, musí znát lis a požadavky na něj. Jsou to[1]:

- potřebná síla pro vystřížení;
- potřebný zdvih;
- sevření lisu – musí být stejné, nebo větší než výška uzavřeného nástroje;
- upínací rozměry stolu a beranu lisu – musí umožňovat upnutí nástroje a podávání polotovarů;
- otvor ve stole – musí umožňovat volný propad výstřížku, je-li to nutné;

- počet zdvihů lisu – musí zaručovat dostatečnou produktivitu a možnost manipulace s polotovary;
- obsluha – musí splňovat bezpečnostní podmínky práce na lisu.

## 1.8 Technologičnost stříhání

Plechový díl má být z vhodného materiálu s takovým tvarem a rozměry, aby ho bylo možné zhotovit při malých nákladech, jednoduchými nástroji, v nejkratší možné době. Přitom mají být dodrženy všechny technické a provozní požadavky kladené na součást[1].

Technologičnost značně ovlivňuje velikost výrobní série, výrobní zařízení závodu, kvalifikace pracovníků, organizace výroby apod. Tvar součásti, vhodný pro malosériovou výrobu může být nevhodný pro hromadnou výrobu a naopak[1].

Největší vliv na технологиčnost výroby součásti má konstruktér hned při jejím návrhu. Dodatečné konstrukční nebo technologické zásahy do výroby napraví jen nepatrnou část případů. Zkušenosti ukazují, že konstruktér je prvním a také nejdůležitějším činitelem ve výrobním procesu. Pro dobrou технологиčnost je však od začátku nutná spolupráce i s ostatními účastníky výrobního procesu. Výsledným ukazatelem dobré технологиčnosti jsou nejnižší náklady na materiál, nástroj i výrobu[1].

## 1.9 Technologičnost spotřeby materiálu

Úspora materiálu patří při stříhání mezi základní hlediska технологиčnosti výroby. Pro malý počet vyráběných dílů nemá tak velký význam. S rostoucí sériovostí však nabývá na významu a při velkosériové výrobě má větší význam než ostatní zdroje úspor[1].

Pro vyráběnou součást se volí takový druh materiálu, aby při nejnižší ceně a vyhovujících požadavcích na funkci součásti umožňoval optimální výrobní proces. Nejvhodnější pro stříhání jsou polotvrdé materiály. Výstřižky z nich se málo deformují a mají nejkvalitnější střižnou plochu, zvláště při větších tloušťkách. To znamená zvětšení střižné síly i větší namáhání nástroje, ale jeho opotřebení není rychlejší než u měkkých a houževnatých materiálů. U nástrojů je možné připustit i větší otupení břitu a také větší střižnou vůli. To je výhodné zvláště pro stříhadla na tenké plechy[1].

Nejhospodárnější využití plechu jako výchozího materiálu je ve formě svitků. Proti tabulím při stejném využití to znamená snížení nákladů na materiál o 5 až 6 %. Pokud lisovna není zařízena na zpracování svitků, je nutné použít plechových tabulí a rozstříhávat je. Pracovníci se potom musí zabývat nástřihovým plánem, aby se tabule využily co nejvíce[1].

Šířka výchozího plechu se obvykle volí co nejužší, ale jen do takového rozměru, aby byl ještě zajištěn dokonalý výstřížek. Užší pás je vhodnější pro snadnou práci, menší nástroj i ostatní manipulační prostředky. Lze očekávat i menší odpad. Šířka pásu je dána charakterem výstřížku a jeho umístěním[1].

Při stejné spotřebě materiálu je vhodnější dát přednost střížným nástrojům s kratším krokem než s menší šířkou pásu. Dovolena tolerance šířky pásu má značný význam. Její velikost rozhoduje o způsobu vedení v nástroji, o jeho typu i přesnosti výstřížku[1].

## 1.10 Technologičnost konstrukce výstřížků

Výstřížek má zcela vyhovovat účelu i provozním požadavkům[1]:

1. Vnější tvar má být ucelený, hezký, výrobně jednoduchý, spotřeba materiálu malá.
2. Větší přesnost se vyžaduje u těch rozměrů, které:
  - a) ovlivňují funkci;
  - b) navazují na další součást;
  - c) mají zvláštní funkci (technologickou apod.).
3. Materiál má být dobře zpracovatelný, dostupný a laciný, s dobrými vlastnostmi a vhodnou kvalitou povrchu.

Technologičnost konstrukce má respektovat činitele, které ovlivňují proces stříhání[1]:

- nedokonalost procesu stříhání (drsnot a usmyknutí střížné plochy atd.);
- mechanická pevnost stříhaného plechu a funkčních dílů střížného nástroje;
- výrobní možnosti střížného nástroje.

Z výše uvedeného plynou zásady, jejichž dodržování umožní plynulou a ekonomickou výrobu výstřížků. Proto je třeba[1]:

1. Nezmenšovat doporučené tolerance vnějších rozměrů, otvorů a jejich roztečí.
2. Dát přednost kruhovým otvorům před nekruhovými, protože jejich výroba je levnější.

3. Nepředepisovat drsnost střížné plochy.
4. Nepředepisovat kolmost střížné plochy. Dosáhne se jen přesným vystřihováním.
5. Rovinnost výstřížků především z tvárných plechů se obtížněji dodržuje. Vlivem ohybového momentu dvojice střížných sil se mohou ohýbat. Jde zejména o úzké kroužky, podložky apod. U takových tvarů je třeba předepisovat jen nezbytnou rovinnost.
6. Velikost stříhaných otvorů záleží na tloušťce a druhu materiálu a na konstrukci a typu stříhadla.
7. Pro vzdálenost otvorů od okraje výstřížku nebo mezi otvory existují doporučené hodnoty.
8. Nejmenší šířka štíhlých výstřížků, nebo šířka vyčnívající části nemá být menší než 1,5 tloušťky plechu.
9. Výstřížky nemají mít ostré tvary v rozích vnitřního obrysu. Poloměr zaoblení alespoň  $r = 0,5$  tloušťky plechu.
10. U slabších rohů s ostrým úhlem vzniká zeslabení tloušťky plechu. Toto zeslabení je tím větší, čím je úhel menší, materiál tvárnější a plech tlustší. Uvedené zeslabení odpadá u vnitřních zářezů, avšak jsou-li úhly příliš ostré, prodraží se nástroj, protože jeho výroba je obtížnější.
11. Podle pevnosti stříhaného materiálu lze doporučit nejmenší úhel rohu.
12. Bude-li součást stříhaná na nůžkách, volí se takový tvar, který se může realizovat a vyžaduje malý počet stříhů.
13. Kruhový obrys výstřížku je nevhodný z hlediska využití materiálu. Ztráta asi 30 %. Úspory materiálu a tím i podstatného snížení ceny výstřížku se dosáhne vhodnou úpravou jeho tvaru.
14. Nejvhodnější tvar z hlediska využití materiálu je tvar rovnoběžníka nebo rovnoramenného trojúhelníka, jehož jedna strana je negativem druhé.
15. Velmi výhodný tvar je tvar zrcadlově symetrický k ose základní obrysové čáry, nebo i jinak symetrický. Přitom se má plocha výstupku rovnat ploše vybírání. U takových případech se stříhá bez odpadu. Tím dojde k úspoře materiálu a znásobení výkonu.



### 1.11 Technologičnost výroby výstřížků

Technologičnost výroby výstřížků se rozumí takový soubor prvků, které zaručují nejvhodnější a nejehospodárnější výrobu při daném stupni sériovosti, při dodržení nejjednodušší konstrukce a všech provozních požadavků kladených na součást[1].

Hlavní ukazatele technologičnosti výroby[1]:

- nejmenší počet operací, především těch, které jsou pracné;
- nejmenší množství potřebných strojů a výrobních ploch;
- nejnižší pořizovací náklady na nářadí a krátkou průběžnou dobu jejich výroby;
- dostatečná životnost nářadí;
- vysoká produktivita práce;
- nízká kvalifikace pracovníků.

Protože příprava výroby je poměrně složitá a náklady na nástroje vysoké, je třeba postup vypracovat pečlivě, aby byl technicky a ekonomicky pro daný rozsah výroby nejúčinnější. I malé dodatečné změny technologického postupu vedou obvykle k velkým nákladům na opravy nářadí a k časovému zdržení[1].

Při malosériové výrobě není tak důležité usilovat o nejmenší počet operací a zvýšení produktivity práce, jestliže je třeba pro snížený počet operací zhotovit složité a nákladné nástroje[1].

### 1.12 Nástřihový plán

Na základě výše popsaných technologičností je vhodné vyhotovit tzv. střížný plán, jehož primárním úkonem je způsob uspořádání jednotlivých výstřížků na tabuli či pásu plechu a dosáhnout tak maximální využitelnosti vstupního polotovaru.

Nástřihový plán lze řešit[4]:

- početní metodou – slouží pro návrh nástřihových plánů výstřížků jednoduchého, například kruhového polotovaru. Touto metodou lze stanovit buď největší možný počet výstřížků z daného polotovaru, nebo vhodný formát výchozího materiálu pro daný počet výstřížků.
- empiricky – používá se při návrhu hospodárného nástřihového plánu složitých tvarových součástí, např. s využitím papírových šablon budoucích výstřížků.

Základní zásady při konstrukci optimálního nástřihového plánu [4]:

- kruhový obrys výstřížku není výhodný, vhodnější jsou rovnoběžníkové tvary;
- řídit se seskupováním výstřížků dle (Tab. 5);
- zvýšení využití materiálu lze docílit stříháním různých součástí na jeden zdvih;
- u větších sérií je výhodné využívat více střížníků stejného tvaru, čímž se docílí vystřížení více stejných výstřížků na jeden zdvih beranu lisu.

Tab. 5. Základní seskupení výstřížků [4].

Typ stříhu	Nástřihový plán	
	s přepážkou	bez přepážky
přímý		
jednořadý		
víceřadý		
šikmý		
vstřícný přímý		
vstřícný šikmý		

Mezi výstřížky je nutno nechat přepážku, jejíž šířka závisí na tloušťce plechu, tvaru výstřížku, druhu materiálu, způsobu podávání apod. Ztráty materiálu, způsobené přepážkami a okrajem, jsou citelné především u tlustších plechů[4].

Velikost přepážky však musí mít určitou minimální hodnotu, aby stříh jedné součásti nezpůsobil případnou deformaci sousední součásti a aby pás plechu i po vyděrování zůstal dostatečně tuhý a nebortil se při průchodu nástrojem. Boční odpad lze snížit, je-li šířka pásu přesná nebo je-li pás dobře veden, např. přitlačením k vodící liště při použití odpružených palců nebo odpružené lišty [4].

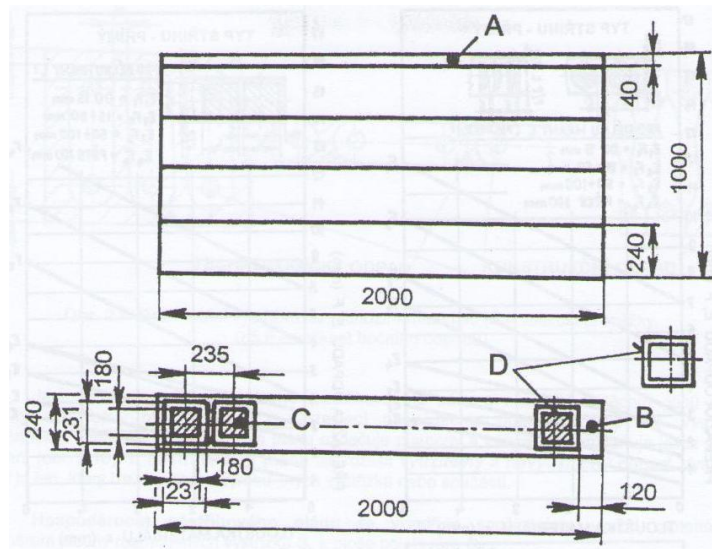
Největší úspory materiálu vzniknou, je-li možno přepážky i boční odpad úplně vynechat. Jde pak o tzv. otevřený stříh, kdy obvod součásti je vytvořen více stříhy a dobrý výsledek závisí na přesnosti stříhadla a podávání [4].

Je-li třeba nejprve tabuli plechu rozstříhat na pásy a následně z těchto pásů stříhat výstřižky, nástřihový plán spočívá v nakreslení obou těchto operací včetně kót. Využitelný i nevyužitelný odpad se v nástřihovém plánu označuje písmeny a kótuje, což umožňuje jejich přesné vyčíslení (Obr. 4). U nástřihových plánů lze rozlišit využitelný i nevyužitelný odpad. Využitelný odpad je ten, který lze použít pro výrobu jiných výstřižků nebo součástí [4].

Hospodárnost nástřihového plánu se vyjadřuje součinitelem využití materiálu  $\eta$ , tj. poměrem plochy rozmístěných výstřižků  $S_v$  k ploše polotovaru  $S_p$ [4]:

$$\eta = \frac{S_v}{S_p} * 100 (\%) \quad (6)$$

Čím větší je sériovost dané výroby, tím větší pozornost je třeba věnovat hospodárnosti nástřihového plánu. U plechových pásů se součinitel využití materiálu provádí na opakujícím se úseku pásu [4].



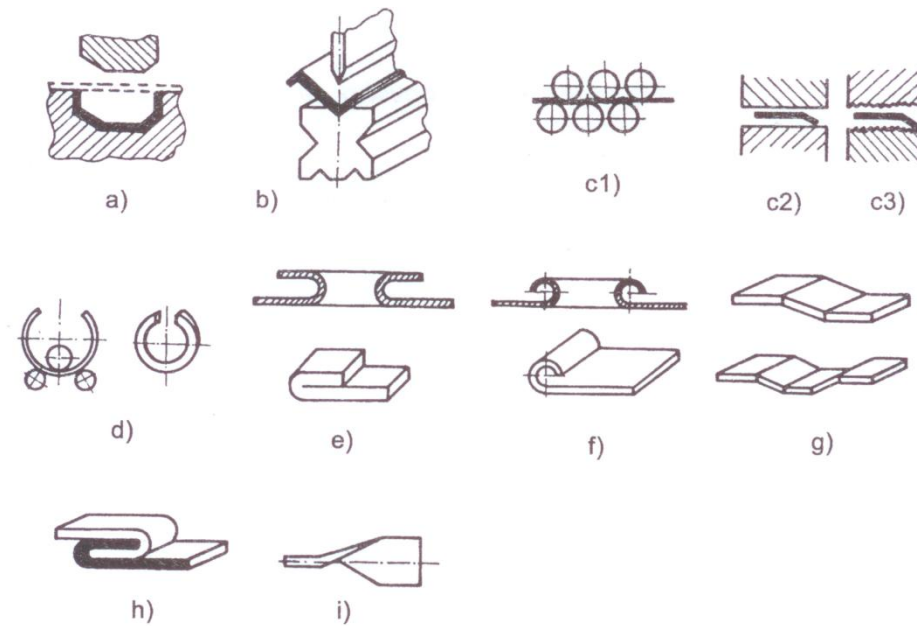
Obr. 6. Nástřihový plán (A, B – nevyužitelný odpad, C – využitelný odpad, D – výstřižek) [4].

## 2 OHÝBÁNÍ

Ohýbání je technologický proces, při kterém dochází k trvalé změně tvaru polotovaru, a to vlivem působením ohybového momentu od ohybové síly.

Ohýbání lze rozdělit na [5]:

- prosté ohýbání – tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované. Nástroj se nazývá ohýbadlo, ohýbá se na lisech, a to bez přidržení nebo s přidržením;
- ohraňování – ohýbání plechu v jednoúčelových, tzv. ohraňovacích lisech. Nástroj se nazývá ohraňovadlo;
- rovnání – dodatečné vyrovnávání plechů, trubek a profilů. Rovnání plechů se provádí mezi rovnacími válci, rovnání menších polotovarů se provádí v rovnadlech mezi čelistmi rovnými nebo rýhovanými. Nástroj se nazývá rovnadlo;
- zakružování – tváření rovinné nebo členité plochy v plochu válcovou, kuželovou nebo i části těchto ploch. Nástroj se nazývá zakružovadlo;
- lemování – ohýbání rovinné nebo prostorové plochy k získání lepšího vzhledu, vyztužení okrajů, k odstranění ostrých hran apod. Nástroj se nazývá lemovadlo;
- obrubování – vyztužování okrajů rovinné nebo prostorové plochy ke zvýšení jakosti okraje. Nástroj se nazývá obrubovadlo;
- osazování – někdy též prosazování, ohnutí plechu promáčknutím na okraji nebo uvnitř rovinné plochy. Nástroj se nazývá osazovadlo;
- drápkování – pevné spojení předešlých okrajů plechu tím, že se do sebe vzájemně zaklesnou a společně ohnou. Nástroj se nazývá drápkovadlo;
- zkrucování – natáčení plochého nebo profilového polotovaru vzhledem k sousední části kolem společné osy o určitý úhel. Nástroj se nazývá zkručovadlo.



Obr. 7. Rozdělení ohýbání (a – prosté ohýbání, b – ohraňování, c1 – rovnání mezi rovnacími válci, c2 – rovnání mezi rovnými čelistmi, c3 – rovnání mezi rýhovanými čelistmi, d – zakružování, e – lemování, f – obrubování, g – osazování, h – drápkování, i – zkrucování) [5].

## 2.1 Poloměr ohybu

Nejmenší dovolený poloměr ohybu[5]:

- je nejmenší vnitřní poloměr ohybu, při kterém se ještě neporuší materiál (tahové napětí ve vnějších vláknech nesmí překročit  $R_m$ );
- závisí na orientaci ohybu vzhledem ke směru válcování (je-li osa ohybu ve směru vláken materiálu, je  $r_{\min}$  asi 2x větší, než  $r_{\min}$  při ose ohybu kolmé na směr vláken);
- malé poloměry hrany ohýbací čelisti způsobují sice větší namáhání materiálu, ale vykazují menší odpružení po ohýbání.

Nejmenší dovolený poloměr ohybu:

$$r_{\min} = \frac{s}{2} * \left( \frac{1}{\epsilon_{\min}} - 1 \right) \quad (\text{mm}) \quad (7)$$

kde je  $\epsilon_{\min}$  – maximální rovnoměrné prodloužení na mezi pevnosti.

Nejmenší délka ohýbaného ramene:

$$a_{\min} = 2s \quad (\text{mm}) \quad (8)$$

Největší poloměr ohybu[5]:

- v krajních vláknech průřezu musí dojít k trvalé deformaci, jinak by prohnutí bylo jen pružné a materiál by se opět narovnal;
- součásti s malou křivostí lze ohýbat s přidavným tahovým napětím.

Největší poloměr ohybu:

$$r_{\max} = \frac{s}{2} * \left( \frac{1}{\varepsilon_e} - 1 \right) = \frac{s}{2} * \left( \frac{E}{R_e} - 1 \right) \quad (\text{mm}) \quad (9)$$

kde jsou  $s$  – tloušťka ohýbaného materiálu,  $\varepsilon_e$  – deformace na mezi kluzu,  $E$  – modul pružnosti ohýbaného materiálu,  $R_e$  – výrazná mez kluzu ohýbaného materiálu.

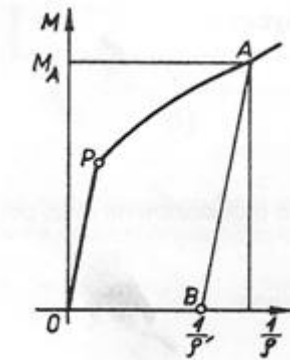
## 2.2 Ztenčení stěny v místě ohybu

- je tím větší, čím větší je úhel ohybu, čím větší je tření mezi materiálem a nástrojem, čím menší je poloměr ohybu, čím méně je materiál tvárný[5];
- nepřijatelnému ztenčení stěny v místě ostrého ohybu lze zabránit jen předchozím vytvořením zásoby materiálu[5].

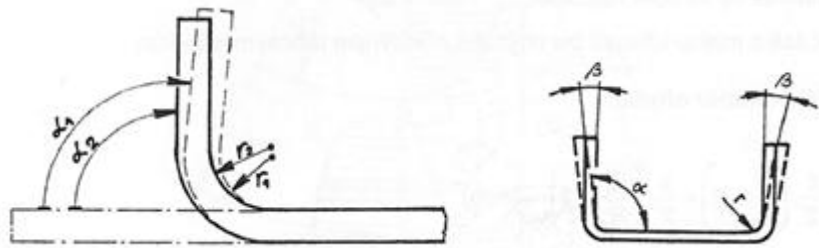
## 2.3 Odpružení po ohýbání

- vzniká vlivem pružných napětí, doprovázejících každé tváření za studena (*Obr. 8*);
- je tím větší, čím je materiál tvrdší a čím je větší poloměr ohybu (zmenšuje se s rostoucím úhlem ohybu)[5];
- odpružení se projeví zvětšením poloměru ohybu a zmenšením úhlu ohybu (*Obr. 9*)[5];
- odpružení lze omezit nebo vyloučit vyztužením místa ohybu žebry, pružným předehnutím dna, kalibrací rohů (tj. zplastizováním místa ohybu a tím zmenšením oblasti pružné deformace)[5];

- při ohybech o velkém poloměru se zamezuje odpružení tím, že se materiál současně s ohýbáním natáhne o 2 až 4 % své délky[5].



Obr. 8. Závislost ohybového momentu na převrácené hodnotě poloměru ohybu neutrální vrstvy ( $\rho$  – poloměr ohybu neutrální vrstvy před odpružením,  $\rho'$  – poloměr ohybu neutrální vrstvy po odpružení) [5].



Obr. 9. Odpružení po ohýbání ( $\alpha_1$  – úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny, před odpružením,  $r_1$  – vnitřní poloměr ohybu před odpružením,  $\alpha_2$  – úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny, po odpružení,  $r_2$  – vnitřní poloměr ohybu po odpružení) [5].

Velikost odpružení:

$$K = \frac{\alpha_1}{\alpha_2} \approx \frac{(r_1 + 0,5 * s_0)}{(r_2 + 0,5 * s_0)} \quad (-) \quad (10)$$

kde jsou  $\alpha_1$  – úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny, před odpružením,  $r_1$  – vnitřní poloměr ohybu před odpružením,  $s_0$  – počáteční tloušťka ohýbaného materiálu,  $\alpha_2$  – úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny, po odpružení,  $r_2$  – vnitřní poloměr ohybu po odpružení)

## 2.4 Zbytková pnutí

- při postupném odlehčování materiálu brání vlákna již trvale deformovaná vláknům deformovaným pružně, získat po odlehčení původní délku (na vnější straně ohybu, tedy ve vláknech, které byly taženy, vzniknou po odlehčení tlaková pnutí a naopak na vnitřní straně ohybu vzniknou po odlehčení zbytková pnutí tahová)[5];
- existence zbytkových pnutí má vliv na pevnost ohnuté součásti – je-li zatížena momentem působícím ve stejném smyslu jako při ohybu, nastane plastická deformace, až hodnota momentu překročí hodnotu původního momentu při ohýbání, zatíží-li se ohnutá součást momentem opačného směru, vznikne plastická deformace již při nižší hodnotě momentu opětovným zatížením a ve druhém případě se sčítají)[5].

## 2.5 Výchozí délka materiálu

Čím je ohyb ostřejší, tím více je neutrální vrstva posunuta k ose ohybu.

Poloměr ohybu neutrální vrstvy[5]:

$$\rho = r + \frac{s}{2} * x \quad (\text{mm}) \quad (11)$$

kde jsou  $r$  – vnitřní poloměr ohybu,  $s$  – tloušťka ohýbaného materiálu.

Součinitel posunutí neutrální vrstvy[5]:

$$x = (0,642932593 * r/s)^{0,289311855} \quad (-) \quad (12)$$

Délka oblouku neutrální vrstvy[5]:

$$l = \alpha * \frac{\pi}{180} * \rho \quad (\text{mm}) \quad (13)$$

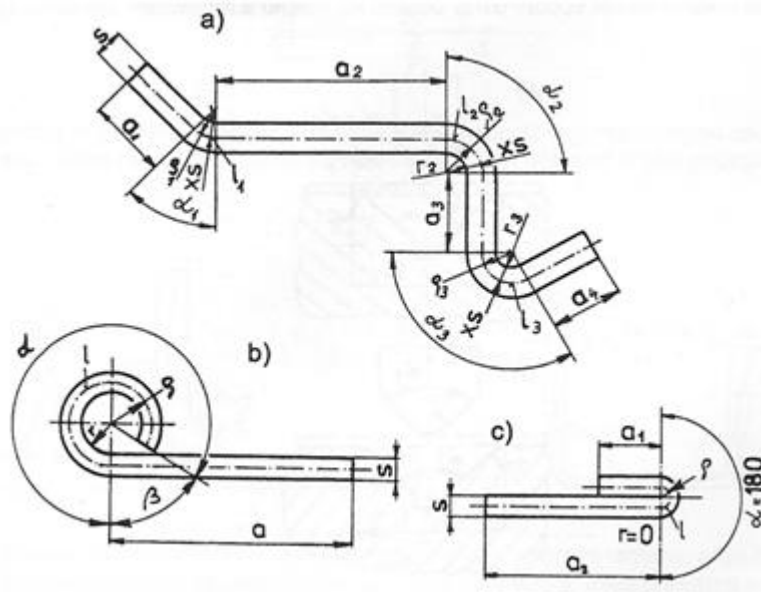
kde je  $\alpha$  – úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny.



Výchozí délka materiálu[5]:

$$L = \sum_i l_i + \sum_i a_i \quad (\text{mm}) \quad (14)$$

kde je  $a_i$  – délka  $i$ -té rovné části.



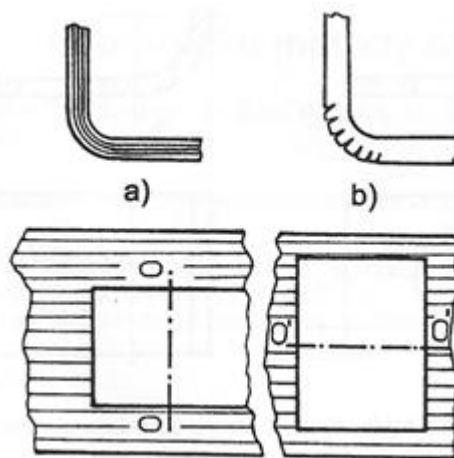
Obr. 10. Stanovení výchozí délky materiálu při ohýbání (příklady tři ohýbaných součástí) [5].

## 2.6 Technologičnost konstrukce ohýbaných součástí

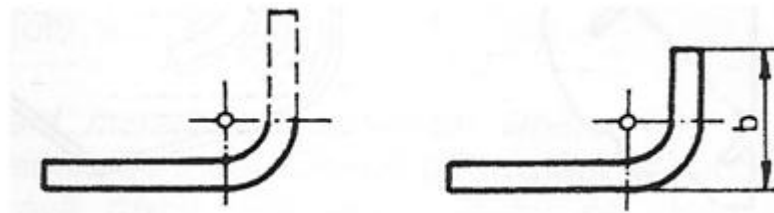
Mezi základní pravidla při konstrukci ohýbaných součástí patří [5]:

- volit malý poloměr ohybu, aby se zmenšilo odpružení;
- volit osu ohybu pokud možno kolmo na směr vláken materiálu (Obr. 11);
- nezmenšovat tolerance ohýbaných součástí pod hranici, která se dosahuje běžným ohýbáním;
- vzdálenost místa ohybu od okraje materiálu má být tím větší, čím je materiál tvrdší (aby se kratší rameno nevtahovalo od ohýbadla při ohýbání blízko kraje, je nutné materiál v místě ohybu upevnit – např. zavěsit otvorem na hledáček ohybníku) (Obr. 12 a Obr. 13);
- přesné otvory v místě ohybu je nutno vystříhnout dodatečně, což vyžaduje složité stříhadlo (předem vystřižené otvory nebudou deformovány, budou-li jejich okraje alespoň ve vzdálenosti  $a = s$  od oblasti ohybu) (Obr. 14);

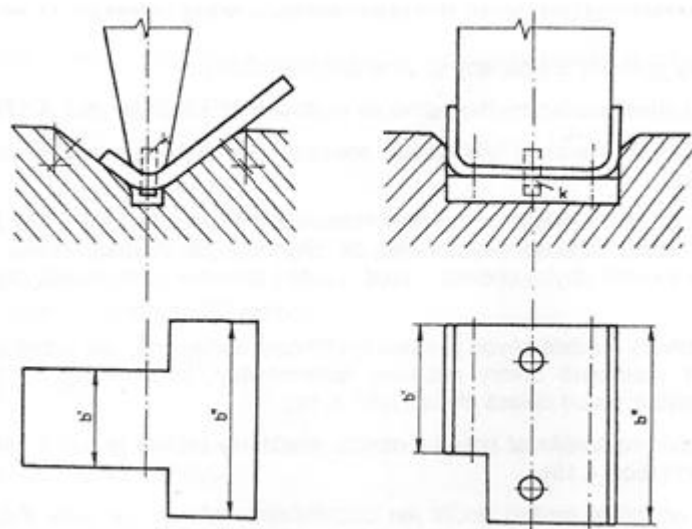
- f) osa ohybu má směřovat kolmo k obrysu součástky (někdy je nutná úprava obrysu nebo nastřížení) (*Obr. 15*);
- g) ostrých ohybů je možno docílit jen dodatečným ražením (je však třeba v místě ohybu vytvořit zásobu materiálu, nemá-li se tam tloušťka nepřípustně zmenšit nebo materiál porušit);
- h) různě velkému odpružení materiálů s proměnlivými mechanickými vlastnostmi lze zabránit vyztužením místu ohybu prolisovanými žebry nebo ražením (stejným způsobem lze zvýšit tuhost výlisků s velkými poloměry ohybu) (*Obr. 16 a Obr. 17.*).



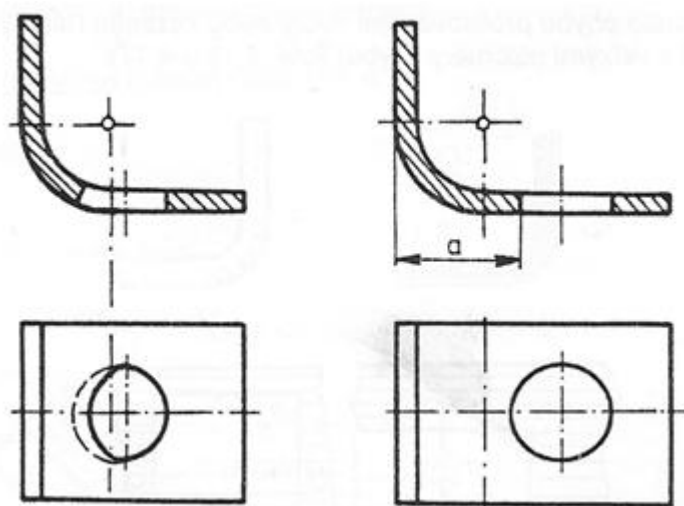
*Obr. 11. Vliv směru osy ohybu vůči směru vláken materiálu na kvalitu v místě ohybu (a – osa ohybu kolmá na směr vláken materiálu – vhodné, b – osa ohybu rovnoběžná se směrem vláken materiálu – nevhodné) [5].*



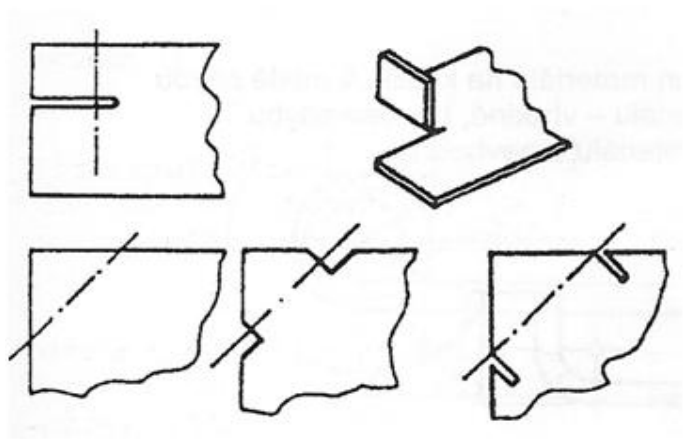
*Obr. 12. Vzdálenost míst ohybu od okraje materiálu[5].*



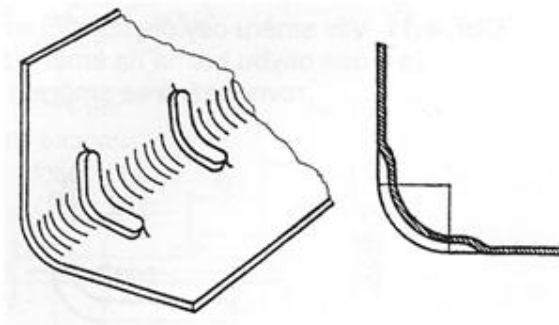
Obr. 13. Zavěšení otvorem za hledáček ohybníku[5].



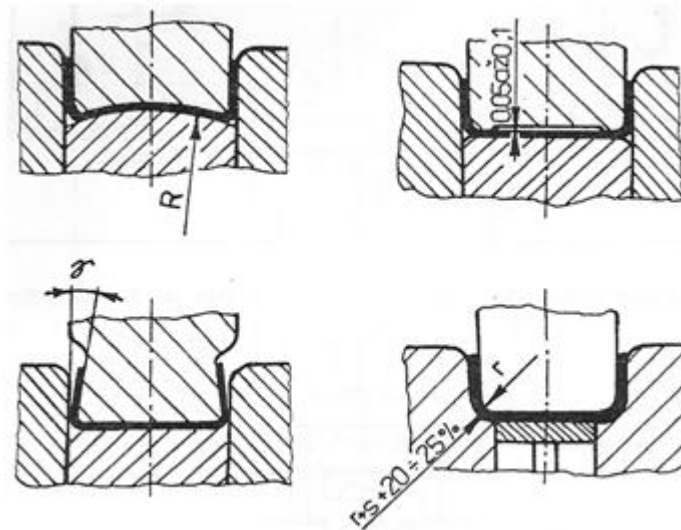
Obr. 14. Vzdálenost otvoru od místa ohybu[5].



Obr. 15. Nastřížení a úpravy obrysu pro ohýbání[5].



Obr. 16. Vyztužení místa ohybu prolisovanými žebry[5].



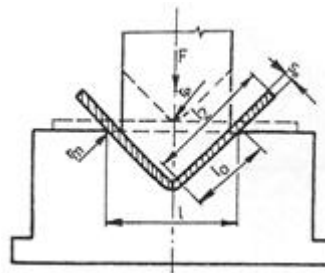
Obr. 17. Způsoby odstranění odpružení (a – vyboulené dno výrobku, b – provedení vybrání na čele nástroje, c – podbroušení ohybníku o úhel  $\gamma$ , d – zúžení mezery mezi ohybníkem a ohybnicí v poloměrech zaoblení u dna) [5].

## 2.7 Technologické metody ohýbání

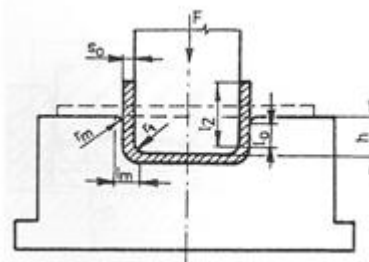
Z technologického hlediska existují metody ohýbání [5]:

1. ohýbání na ohýbacích strojích (ohýbání do tvaru U, V apod. v ohýbadlech na li-  
sech) (Obr. 18 až Obr. 21);

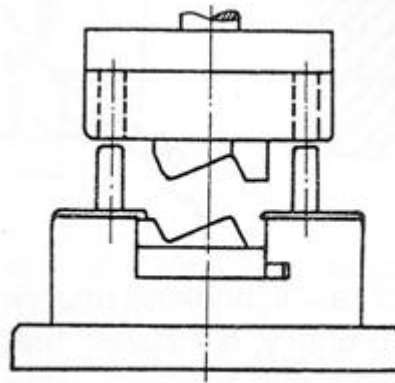
2. ohýbání na ohýbačkách (ohýbají navinováním) (*Obr. 22*);
3. ohýbání na ohraňovacích lisech (též ohraňování. Používají se mechanické nebo hydraulické lis, jejichž stůl a beran jsou rozšířeny – lze ohýbat pásy a součásti i několik metrů dlouhé. Nářadí je univerzální, snadno vyměnitelné.) (*Obr. 23 až Obr. 25*);
4. ohýbání válcováním
  - ohýbání na obrubovačkách (ohýbá se postupně pomocí univerzálních tvarových kotoučů, osa ohybu nemusí být přímková) (*Obr. 26*);
  - plynulé ohýbání profilovými válci (sestavují se do válcových tratí k hromadné výrobě tenkostěnných profilů trubek z plechu) (*Obr. 27*);
5. zakružování (stáčení plechu nebo profilového materiálu do kruhu, válcové, kuželové či šroubové plochy, místo plastické deformace materiálu se mění. Zakružuje se válci nebo tvarovými kotouči, podle jejich polohy se zakružovačky dělí na symetrické a nesymetrické.) (*Obr. 28 až Obr. 31*)
6. rovnání (ohýbání materiálu v opačném směru, než je deformován, místo plastické deformace materiálu se mění. Ohnutí při rovnání je třeba přehnat tak, aby po odpružení byl materiál právě rovný. Rovnačky plechu se skládají z většího množství válců.) (*Obr. 32*).



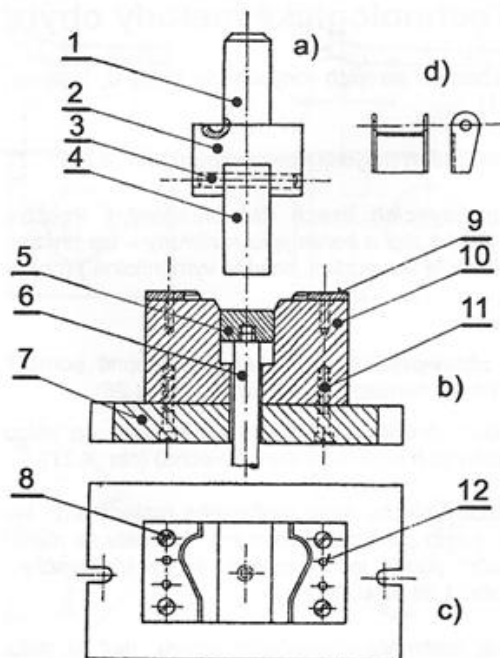
*Obr. 18. Ohýbadlo do tvaru V[5].*



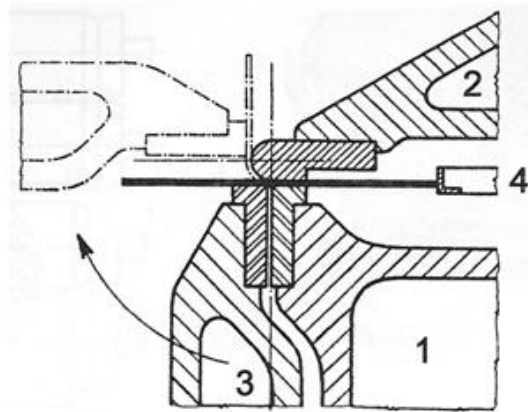
*Obr. 19. Ohýbadlo do tvaru U[5].*



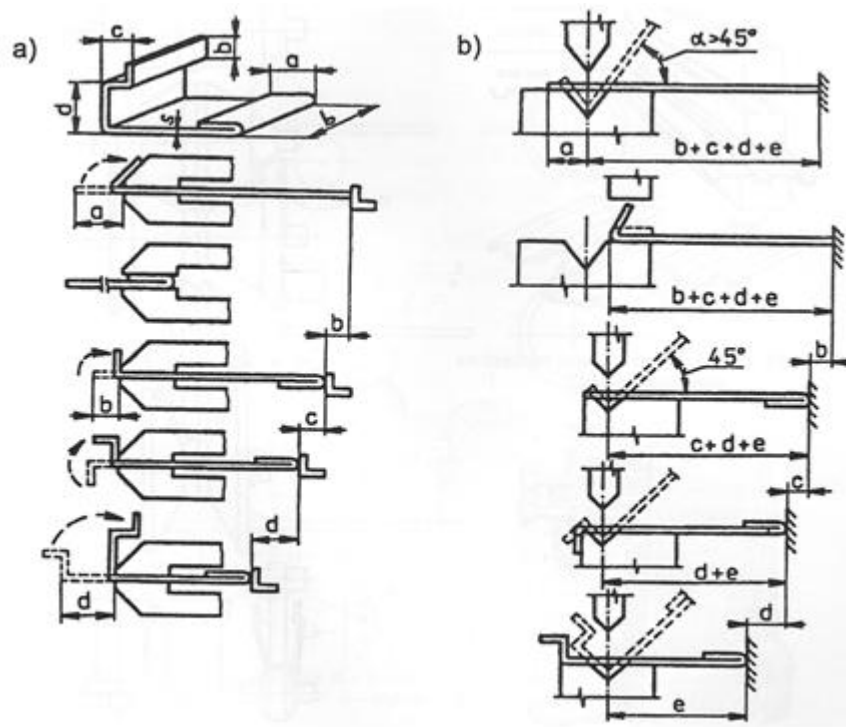
Obr. 20. Ohýbadlo pro výlisky tvaru Z[5].



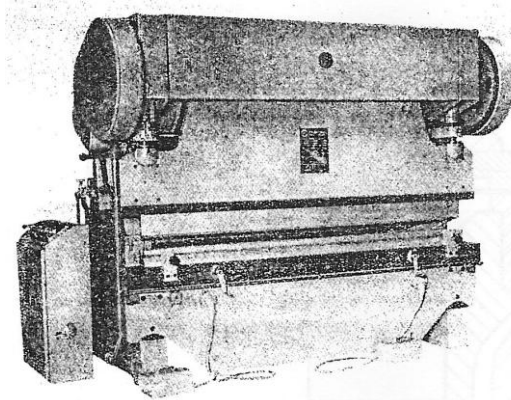
Obr. 21. Sestava ohýbadla do tvaru U (1 – stopka, 2 – hlavice, 3 – montážní kolík, 4 - ohýbací čelist, tj. ohybník, 5 – vyrážeč, 6 – kolík vyrážeče, 7 – základová deska, 8 - spojovací šroub, 9 – doraz, 10 – podpěrná čelist, tj. ohybnice, 11 – spojovací šroub, 12 – montážní kolík) [5].



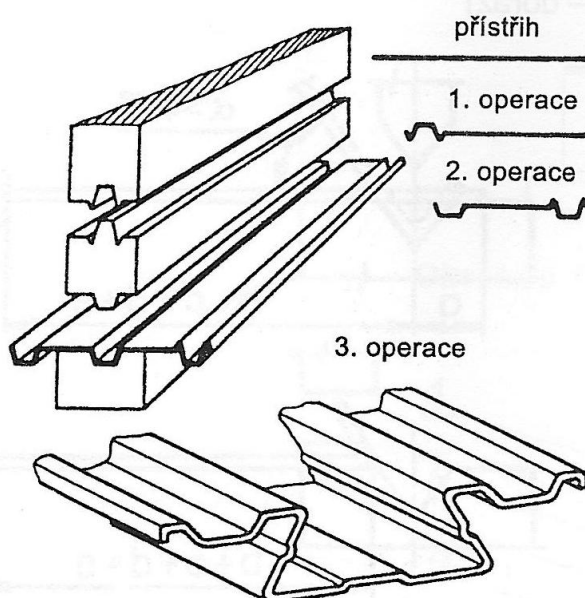
Obr. 22. Pracovní ústrojí ohýbačky s otočnou deskou (1 – pevná lišta, 2 – svěrací lišta, 3 – lišta na otočné desce, 4 – doraz) [5].



Obr. 23. Postup výroby ohýbané součásti (a – na ohýbačce, b – na ohraňovacím lisu) [5].

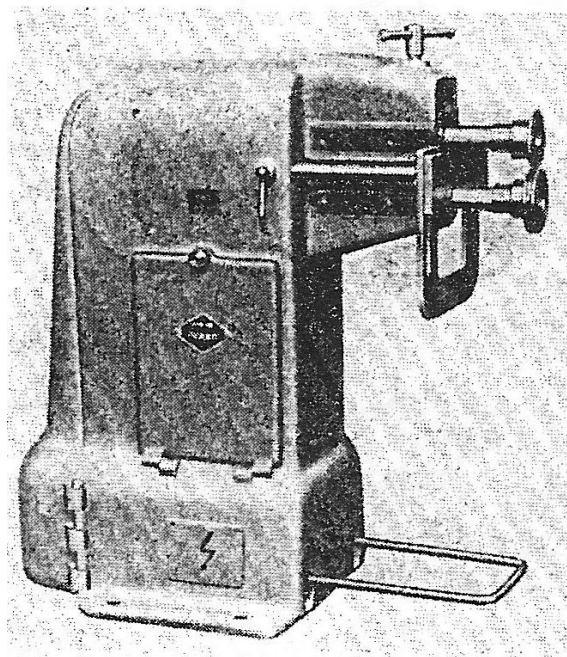


Obr. 24. Ohraňovací lis LO 50[5].

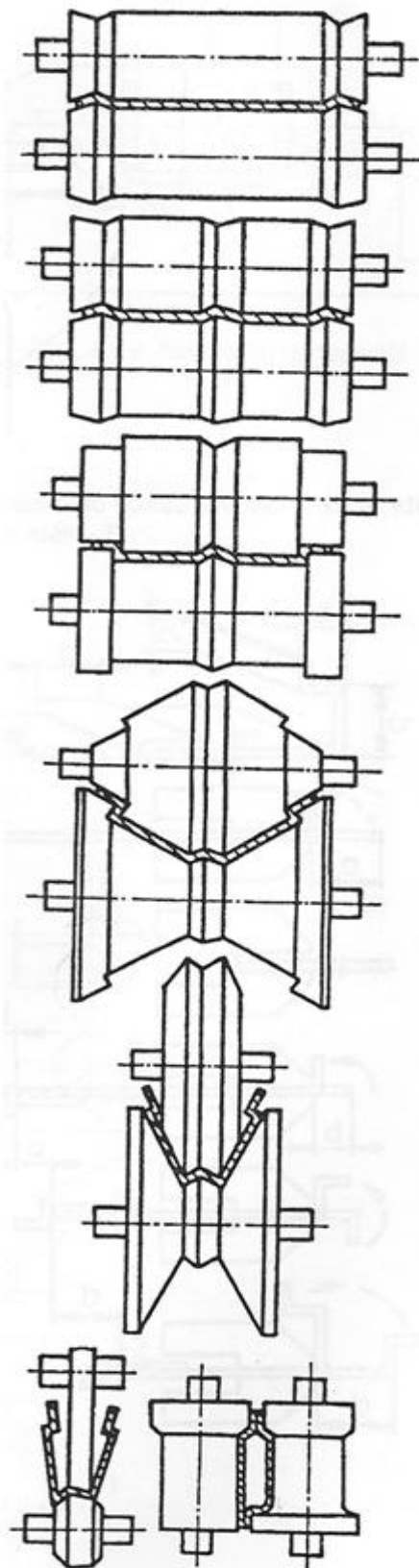


Obr. 25. Výroba dlouhé ohýbané součásti na ohraňovacím lisu[5].

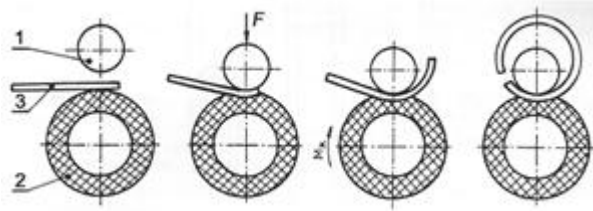




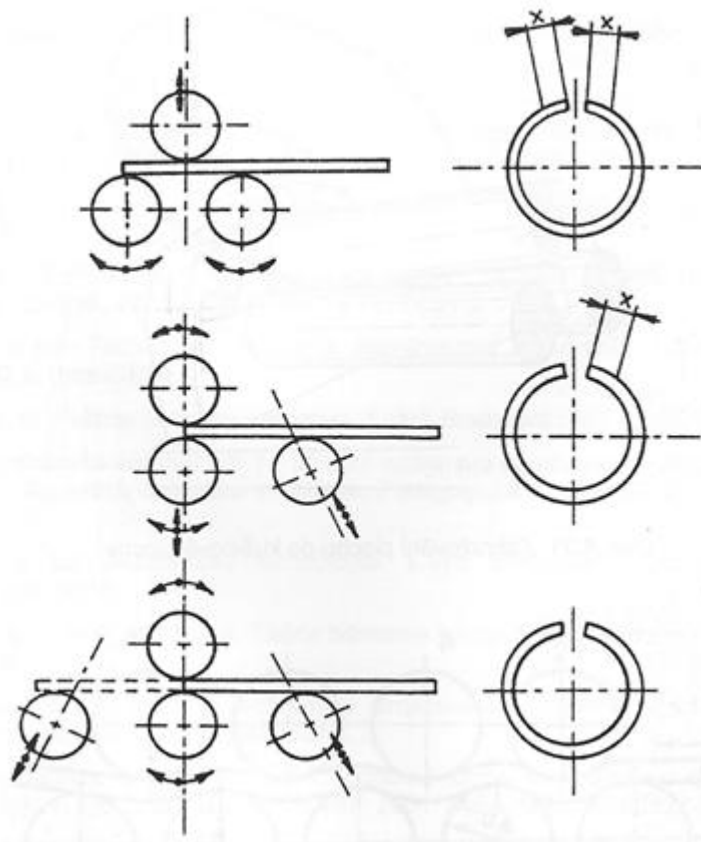
*Obr. 26. Obrubovačka XBM 120/400[5].*



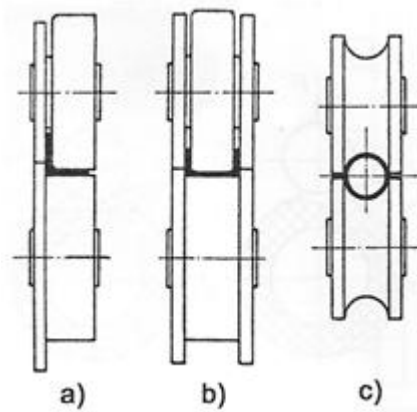
Obr. 27. Postup plynulého ohýbání profilovými válci[5].



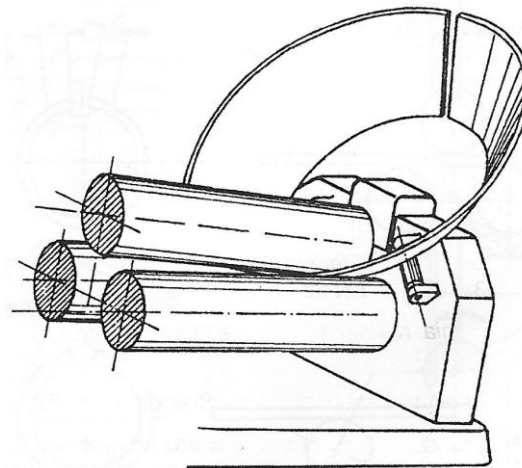
Obr. 28. Princip práce dvouválcové zakružovačky (1 – tuhý válec, 2 – elastický válec, 3 – plech)[5].



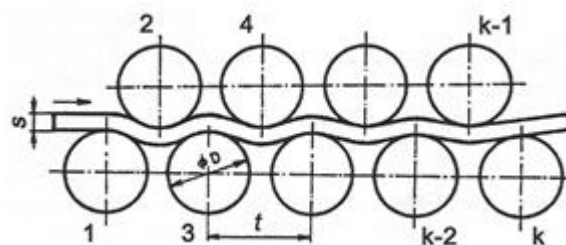
Obr. 29. Schéma zakružovaček (a – tříválcová symetrická, b – tříválcová nesymetrická, c – čtyřválcová)[5].



Obr. 30. Kotouče zakružovačky na profily (a – profil L, b – profil U, c – kruhová trubka)[5].



Obr. 31. Zakružování plechu do kuželové plochy[5].



Obr. 32. Princip rovnání na rovnačce plechu (všechny válce jsou poháněny)[5].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 PAPIROVÉ KAPESNÍČKY V BOXECH

Přehled nejprodávanějších papírových kapesníků v papírových boxech je uveden v Tab. 6. V tabulce jsou uvedeny prodávané papírové kapesníčky napříč všemi obchodními řetězci. Měření boxů probíhalo vždy vlastním posuvným měřidlem a z důvodu validity dat byly přeměřeny vždy 2 boxy od daného výrobce. Jak je patrné, silné zastoupení mají boxy s obsahem 150 kapesníků, dále 200 a 100. Ostatní množství je méně časté.

Z hlediska otvorů, ze kterých se tahají kapesníčky, existují v podstatě 2 typy boxů. První, a početnější, má otvor navržen ve tvaru oválu (*Obr. 33*). Druhý, méně početný má otvor ve tvaru obdélníku (*Obr. 34*). Na trhu existuje také box s otvorem speciálního tvaru – listu stromu. Jelikož tento tvar byl ojedinělý, nebude na něj brán zřetel.



*Obr. 33. Box s oválným otvorem.*



*Obr. 34. Box s obdélníkovým otvorem.*

Tab. 6. Parametry kapelníčkových boxů jednotlivých výrobců.

Značka	Počet kusů (vrstvy)	Rozměry boxu
Albert Quality	200 ks (2 vrstvy)	230x114x91
FacialTissues	200 ks (2 vrstvy)	226x116x79
Frotto	200 ks (2 vrstvy)	230x112x90
Linteo	200 ks (2 vrstvy)	214x116x80
Basic Tissues	150 ks (2 vrstvy)	226x116x63
Beauty Iseree (cosmetics wipes)	150 ks (2 vrstvy)	238x113x63
Facial Tissues	150 ks (2 vrstvy)	226x113x74
Harmony	150 ks (2 vrstvy)	226x116x63
Iseree	150 ks (2 vrstvy)	230x114x63
Linteo	150 ks (2 vrstvy)	226x116x75
K-Klassic	150 ks (2 vrstvy)	226x116x74
My Face	150 ks (2 vrstvy)	230x112x69
Amelia	100 ks (2 vrstvy)	226x112x50
Facial Tissues	100 ks (2 vrstvy)	226x112x52
K-Klassic	100 ks (2 vrstvy)	226x116x50
Zewa	100 ks (2 vrstvy)	226x115x53
Beauty Iseree (balsam tissues)	90 ks (3 vrstvy)	238x113x54
Kleenex (Balsam)	80 ks (3vrstvy)	230x114x63
Kleenex (balsam + mentol)	72 ks (3 vrstvy)	230x114x63
Tento	70 ks (2 vrstvy)	225x115x50
Veltie	70 ks (2 vrstvy)	229x116x50

## 4 NÁVRH DESIGNU ZÁSObNÍKU

Dnešní výroba je zaměřena především na maximalizaci zisku spočívající v minimalizaci vstupního materiálu, technologických operací a tím pádem i lidského kapitálu. Tyto kritéria splňuje zásobník, který bude konstrukčně navržen tak, aby výše uvedené zásady co nejvíce naplňoval. Proto musí design zásobníku nutně vycházet z těchto požadavků:

- jednoduchost;
- funkčnost;
- univerzálnost.

Jelikož se nevedou žádné statistiky prodejnosti jednotlivých variant boxů s papírovými kapesníčky, nelze jednoznačně označit nejprodávanější model. Resp. nejprodávanější varianta boxu. Množství kapesníčků má nepopiratelný vliv na velikostech boxu, proto musíme zvolit co možná nejuniverzálnější řešení při výběru nejvhodnější varianty, potažmo samotných rozměrů konstruovaného zásobníku. Z ekonomického hlediska by bylo žádoucí vycházet z boxu na 200 papírových kapesníčků jako optimální variantu. S rostoucím množstvím kapesníčků klesá i jednotková cena za jeden kapesníček. Proto s ohledem na tuto skutečnost spořivější lidé mohou preferovat tuto skutečnost. Ale s ohledem na nabídkově nejrozšířenější variantu boxu na 150 papírových kapesníčků se neskýtá otázka, kterou variantu tedy zvolit? Zásobník na 200 či „pouze“ na 150 kapesníčků?

Pro potřeby této práce budeme tedy vycházet z analogie nabídky a poptávky po boxech. Tzn. pokud je nejširší nabídka ve variantě 150 kapesníčků, je to zapříčiněno největší poptávkou po této kategorii. Analogicky tento vztah platí i naopak. Proto návrh designu bude směřován na box o velikosti 150 kapesníčků.

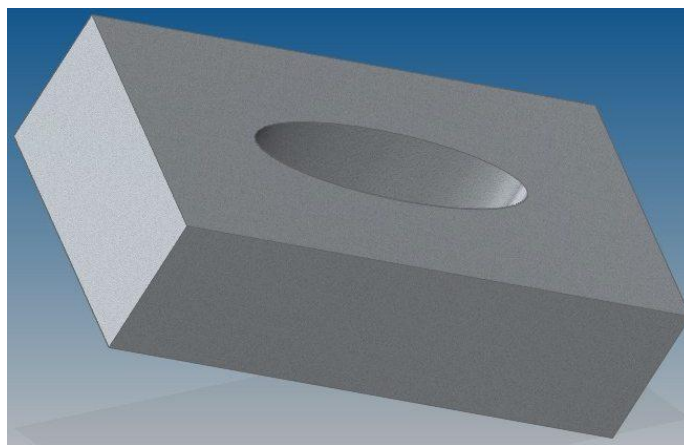
Nejčastější délka u uvedeného zásobníku činí 226 mm, šířka 116 mm a výška 63 mm. Tyto rozměry zcela odpovídají 2 boxům. Zbývající boxy se liší v řádech milimetrů, proto v některých případech by navržený zásobník mohl být využitelný i u dalších boxů, ale jen za cenu deformace samotného boxu. V závislosti na velikosti deformace boxu by tak nebylo více, či méně možné plynule odebírat kapesníčky z boxu. Rozměry zásobníku jsou tedy přizpůsobeny na box o rozměrech 226x116x63 mm.

Po určení základních rozměrů zásobníku je zapotřebí si také ujasnit, jak bude celý systém fungovat. Zásobník můžeme navrhnout tak, že horní část a boční části budou střížným procesem vystříženy z tabule plechu a zbývá tak dořešit pouze spodní část zásobníku. Ta může být na vnitřní straně opatřena drážkou, do které se z boční strany zasune dno. Další vari-



antou může být dno, které je pomocí pantového systému mechanicky spojeno se samotným zásobníkem. Tyto a další varianty ale navyšují vstupní materiál, lidský kapitál a také technologické operace. V úvodu jsme si stanovili, že se všechny tyto faktory budeme snažit minimalizovat a vycházet z principu jednoduchosti a funkčnosti. Proto můžeme vycházet z předpokladu, že samotné dno není zapotřebí. Z hlediska designu dno není vidět, v podstatě by neplnilo žádnou aditivní technickou funkci a bez jeho přítomnosti ušetříme materiál, technologické operace i mzdové prostředky. Pomocí střížného procesu se vystřihne vrchní strana společně s bočními, které se pomocí ohýbačky ohnou a tato nerezová „skořepina“ se jednoduše nasadí na kapesníčkový box.

Posledním tématem k řešení je otvor na odebrání kapesníčků. Jak bylo uvedeno, existují 2 varianty – oválný a obdélníkový. Z vizuálního hlediska oválný otvor působí designově lépe. Pokud se podíváme jaké otvory využívají jednotliví výrobci v kategorii boxu na 150 kapesníčků, pak lze jednoznačně konstatovat, že v drtivé většině případů využívají oválný systém. Proto zvolíme oválný tvar. S tímto rozhodnutím nastává další dilema, a to jaké rozměry oválu zvolit na svůj zásobník. Opět musíme porovnat jednotlivé parametry daných výrobců. Délky oválů se pohybují mezi 122 mm až 180 mm, šířky mezi 40 mm až 53 mm. Jelikož se zásobník vystřihuje z tabule plechu a vystřižená část oválu, resp. obdélníku je vlastně odpad a může sloužit už jen ve formě zpětné recyklace, zaměříme se spíše na praktičnost a design otvoru. Z hlediska designu bude esteticky nejvýhodnější zvolit raději menší délku a šířku oválů, čímž zakryjeme méně vzhledné místo odebrání kapesníčků u samotného papírového boxu. Rozměr oválu byl tedy zvolen 122x40 mm. Výsledný design zásobníku lze spatřit na *Obr. 35*.



*Obr. 35. Výsledný design zásobníku*

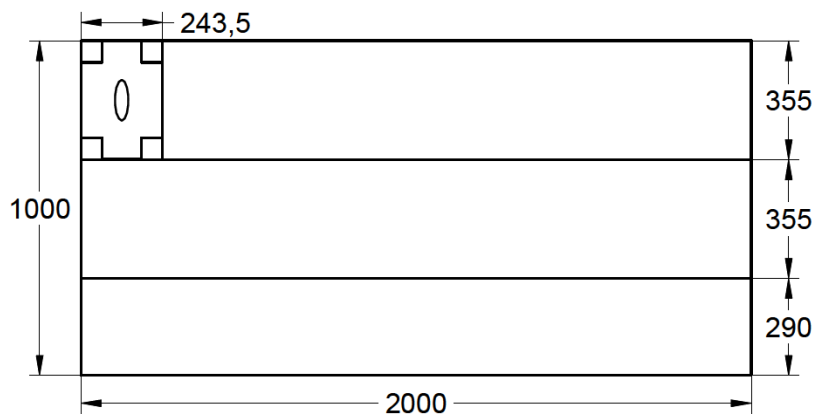
## 5 TECHNOLOGICKÝ POSTUP ZVOLENÉ VARIANTY

V předchozí kapitole jsme si popsali a ujednotili design zásobníku. Nyní nastává čas na technologický postup výsledné varianty zásobníku. Jelikož není zásobník opatřen dnem, technologický postup se nám účelově zjednodušuje na plán pro výrobu na postupovém stříhadle. Postupové stříhadlo zvládne více různorodějších stříhacích operací a má tak univerzálnější a racionálnější využití pro tyto účely. Rozměry zásobníku máme definovány, proto nyní musíme zvolit nástřihový plán, pomocí něhož z tabule plechu dostaneme jednotlivé výstřižky. Výchozí vstupní surovinou tedy byla tabule nerezového plechu (1.4301) o rozměrech 2000x1000x2 mm, kterou musíme co nejlépe využít z hlediska maximálního počtu výstřižků. Jak již bylo uvedeno, rozměry navrhovaného zásobníku jsou 226x116x63 mm, z čehož dostáváme počáteční obdélník o rozměrech 242x352 mm. K němuž je zapotřebí připočíst můstek (odpady pro návrh nástřihového plánu) dle použité tloušťky plechu. Doporučený můstek (přepážky odpadu) tak činí shodně 1,5 mm. S touto hodnotou tak jednotlivé varianty nástřihových plánů budou počítat.

### 5.1 Nástřihový plán

Z hlediska uspořádání výstřižků na tabuli plechu existují 2 varianty nástřihových plánů:

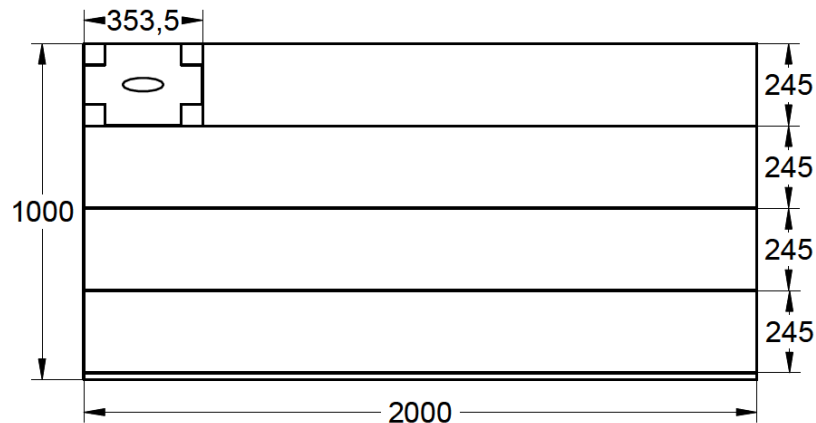
#### 1. Varianta



Obr. 36. Nástřihový plán 1.

Jak je patrné z první varianty, tabule se dá rozřezat na 2 použitelné pásy, přičemž z jednoho pásu získáme 8 výstřižků, což je celkový počet 16 výstřižků z plechové tabule.

## 2. Varianta



Obr. 37. Nástřihový plán 2.

Jak je patrné z druhé varianty, tabule se dá rozřezat na 4 použitelné pásy, přičemž z jednoho pásu získáme 5 výstřížků, což je celkový počet 20 výstřížků z plechové tabule.

Z varianty číslo 2 tedy dostaneme o 4 výstřížky více a z důvodu efektivity zvolíme tedy nástřihový plán 2. Při zamýšlené výrobní sérii 300 ks a ověření si poptávky po tomto výrobku, tak nastává potřeba 15 tabulí plechu.

Součinitel využití materiálu:

$$\eta = \frac{s_v}{s_p} = \frac{61\,083}{355 \cdot 243,5} = 70,66 \quad (\%) \quad (15)$$

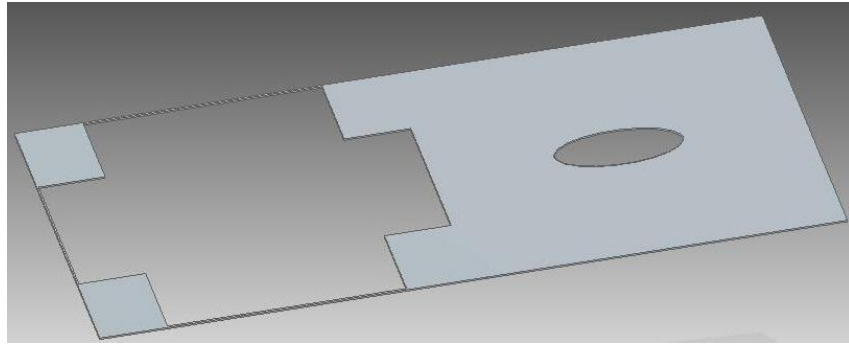
Procentuální využití tabule plechu:

$$T_T = \frac{s_v \cdot \text{počet výstřížků}}{\text{rozměry plechu}} = \frac{61\,083 \cdot 20}{2\,000 \cdot 1\,000} = 61,08 \quad (\%) \quad (16)$$

Střížná síla:

$$\begin{aligned} F &= L * t * R_{ms} * k \\ &= 28,5 * 2 * 0,8 * R_m * 0,8 + 119,2 * 2 \\ &\quad * 0,8 * R_m * 0,8 = 21\,888 + 91\,545 \\ &= 113\,433 \quad (N) \end{aligned} \quad (17)$$

Postupové stříhy jsou uvedeny na Obr. 38. První vystřížená část bude oválný otvor pro odebírání kapesníků a následně vystřížení zbývajících obvodových stran zásobníku.



*Obr. 38. Postupové stříhy.*

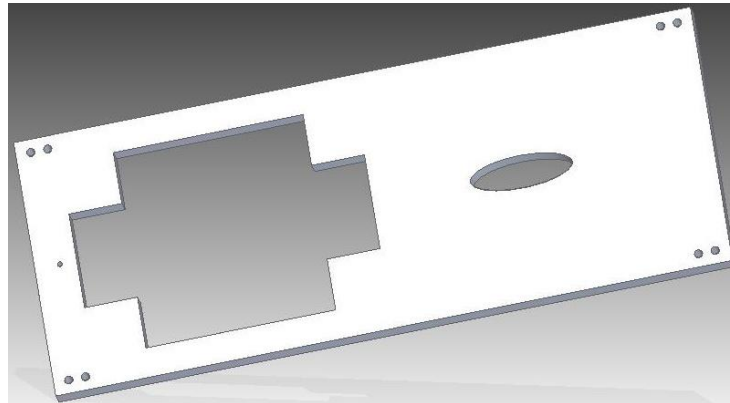
## 5.2 Základní technologický postup

Celý technologický postup výroby zásobníku na papírové kapesníčky můžeme shrnout do několika bodů:

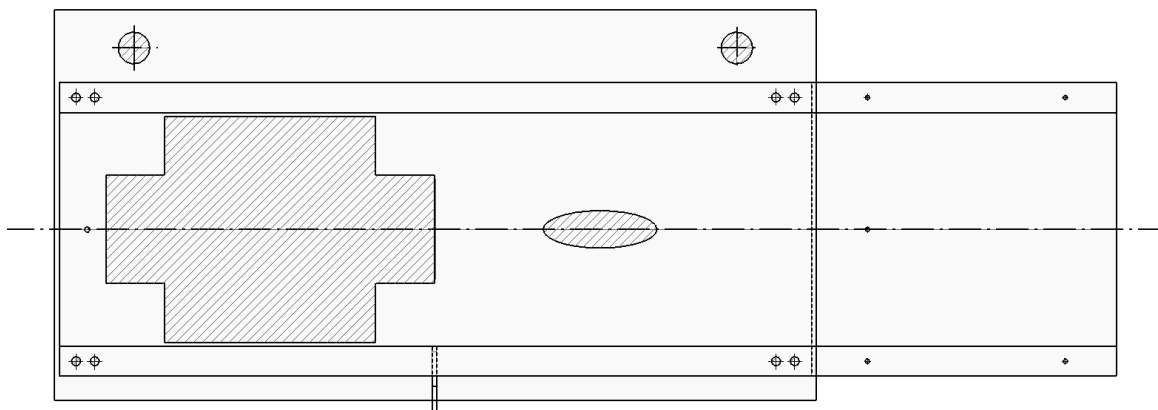
1. Zhotovíme střížný nástroj.
2. Výchozí materiál ve formě tabule plechu nařežeme na 4 pásy o velikosti 2000x245 mm.
3. Prostřednictvím nástřihového plánu stříhadlem vystříhneme požadovaný rozvinutý tvar zásobníku.
4. Zbrousíme hrany, které byly zapojeny do střížného procesu.
5. Ohýbadlem ohneme strany zásobníku a vytvoříme tak finální tvar zásobníku.
6. Leštěním můžeme zlepšit vizuální vzhled zásobníku, s další povrchovou úpravou se nepočítá.

## 6 KONSTRUKCE STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

Při konstrukci střížného nástroje musíme začít se střížnicí. Pokud známe rozměry výstřížku, můžeme zkonstruovat střížnici. Výška střížnice se určuje podle tloušťky plechu a v našem případě jsem zvolil výšku střížnice 25 mm. Rozměry střížnice byly zvoleny 806x314 mm a materiál nástrojová ocel 19 312.4. Výslednou podobu střížnice zásobníku můžeme vidět na *Obr. 39*. Samotný střížník je v podstatě protikusem ke střížnici.



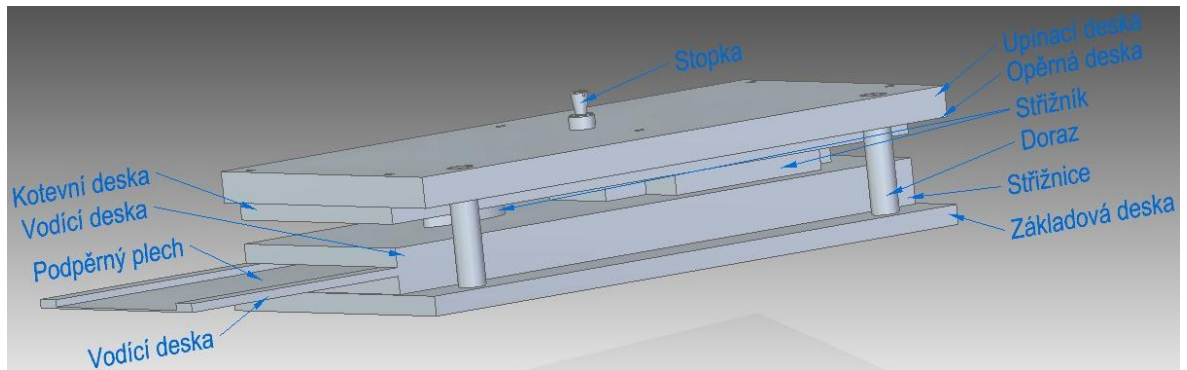
*Obr. 39. Střížnice.*



*Obr. 40. Střížnice s vodící lištou při dosedu střížníků.*

Základová deska slouží k tlumení střížných rázů a dále k upnutí prostřihovačla ke stolu lisu. S ohledem na možnosti upnutí byla zvolena základová deska o rozměrech 816x418 mm, s tloušťkou 25 mm. Materiálem základové desky byla zvolena konstrukční uhlíková ocel obvyklých jakostí 11 523. Účelem vodících desek je vedení střížníků, doraz čela střížníku a jako stěrač odpadu. Materiálem vodících desek byla zvolena konstrukční uhlíková ocel obvyklých jakostí 11 523. Střížníky vystřihují tvar zásobníku, tzn. oválný

otvor na odebírání kapesníčků, obvod zásobníku a drážku pro doraz. Materiálem střížníků byla zvolena nástrojová ocel 19 312.4. Kompletní střížný nástroj vymodelovaný v programu Solid Edge je uveden na *Obr. 41*.



*Obr. 41. Střížný nástroj.*

## ZÁVĚR

Teoretická část bakalářské práce se zabývala 2 základními strojírenskými operacemi - stříháním a ohýbáním. Tyto operace měli seznámit se základní terminologií a problematikou, se kterou se lze setkat v průběhu procesu utváření základního tvaru a vzhledu, z polotovaru ve formě plechové tabule.

V praktické části se práce zaměřila na návržení optimálního designu zásobníku, kterého by bylo možné použít na běžně prodávané papírové kapesníčky v papírovém boxu. Jelikož je dnešní výroba zaměřena na maximalizaci zisku spočívající v minimalizaci vstupního materiálu, technologických operací a tím pádem i lidského kapitálu, byl těmto požadavkům uzpůsoben i samotný návrh designu. Z výsledné varianty je patrná jednoduchost, funkčnost a také univerzálnost, což bylo záměrem. Staré přísloví říká, že v jednoduchosti je síla, což se v tomto případě naplnilo, i když to výslednému návrhu designu nijak neubírá na kvalitě. V komplexní rovině tak byl návrh designu uzpůsoben nejpočetnější skupině klasických papírových kapesníčků prodávaných v papírovém boxu o množství 150 kusů kapesníčků v 1 boxu. Proto byla splněna ona univerzálnost použití. Ve spojení s použitým materiálem – nerezovou ocelí, tak zásobník působí celistvě a koncepčně v prostorech, kde je ve větší míře využívána nerezová ocel jako základní designový prvek. A to ač z důvodu potřebné formálnosti prostor či jen z hlediska dominantního prvku.

Praktická část dále zahrnovala popis střížného plánu, který slouží k co nejehospodárnějšímu využití materiálu, což znamená především z dané vstupní suroviny, ve formě plechu, získat co nejvíce výstřížků. A následně i konstrukce samotného střížníku, pomocí něhož získáme požadovaný výstřížek a společně s dalšími technologickými operacemi získáme požadovaný tvar zásobníku.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] BOBČÍK, L. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu* 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1983. 216 s. ISBN 04-229-83
- [2] FOREJT, M. *Teorie tváření* 2. vyd. Brno : CERM, s.r.o., 2004. 167 s. ISBN 80-214-2764-7
- [3] ČADA, R. *Technologie tváření, slévání a svařování: Stříhání a tažení plechu, objemové tváření zastudena (Návody do cvičení)* 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2014. 90 s. ISBN 978-80-248-3624-9
- [4] ČADA, R. *Technologie I : objemové a plošné tváření zastudena : (návody do cvičení)* 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. 89 s. ISBN 978-80-248-2126-9
- [5] ČADA, R. *Technologie I : Plastická deformace kovů, objemové tváření zastudena, tažení plechu, ohýbání* 1. vyd. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009. 86 s. ISBN 978-80-248-2108-5
- [6] NOVOTNÝ, J., Z. LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů* 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1980. 216 s. ISBN 04-234-80
- [7] DVOŘÁK, M., F. GAJDOŠ, K. NOVOTNÝ. *Technologie tváření : plošné a objemové tváření* 2. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2007. 166 s. ISBN 978-80-214-3425-7
- [8] ŠPAČEK, J. *TECHNOLOGIE II, TVÁŘENÍ* verze 11-2009. <http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/5TE/prednasky/5TE-spacek-prednasky-prezentace.pdf>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$a_i$	Délka i-té rovné části
$a_{\min}$	Nejmenší délka ohýbaného ramene
$c$	Koeficient závislý na druhu stříhání
$E$	Modul pružnosti ohýbaného materiálu
$\varepsilon_e$	Deformace na mezi kluzu
$\varepsilon_{\min}$	Maximální rovnoměrné prodloužení na mezi pevnosti
$F$	Střížná síla
$F_{\max}$	Maximální střížná síla
$F_s$	Střížná síla
$h_{pl}$	Hloubka vzniku střížníku do materiálu
$h_s$	Hloubka vniku střížných hran
$k$	Součinitel zahrnující různé vlivy zvyšující střížnou sílu
$K$	Velikost odpružení
$k_s$	Střížný odpor
$L$	Délka střížné hrany
$\eta$	Součinitelem využití materiálu
$r$	Vnitřní poloměr ohybu
$r_1$	Vnitřní poloměr ohybu před odpružením
$r_2$	Vnitřní poloměr ohybu po odpružení
$Re$	Výrazná mez kluzu ohýbaného materiálu
$R_m$	Mez pevnosti stříhaného materiálu
$r_{\max}$	Největší poloměr ohybu
$r_{\min}$	Nejmenší dovolený poloměr ohybu
$R_{ms}$	Pevnost materiálu ve stříhu
$S$	Střížná plocha

---

s	Tloušťka ohýbaného materiálu
s <sub>0</sub>	Počáteční tloušťka ohýbaného materiálu
S <sub>p</sub>	Plocha polotovaru
S <sub>s</sub>	Plocha stříhu
S <sub>v</sub>	Poloměr plochy rozmístěných výstřížků
t	Tloušťka materiálu
z	Velikost střížné mezery
$\alpha$	Úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny
$\alpha_1$	Úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny, před odpružením
$\alpha_2$	Úhel otevření, tj. mezi ohnutými rameny, po odpružení
$\rho$	Poloměr ohybu neutrální vrstvy před odpružením
$\rho'$	Poloměr ohybu neutrální vrstvy po odpružení
$\sigma_K$	Mez kluzu
$\sigma_{Ps}$	Mez pevnosti ve stříhu
$\sigma_{Pt}$	Pevnost v tahu

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. První fáze stříhání – oblast pružné deformace</i> .....	13
<i>Obr. 2. Druhá fáze stříhání – oblast trvalé deformace</i> .....	14
<i>Obr. 3. Třetí fáze stříhání – oddělení materiálu</i> .....	14
<i>Obr. 4. Průběh střížné síly (pracovní diagram) při stříhu rovnoběžnými noži</i> .....	17
<i>Obr. 5. Vliv střížné mezery z na kvalitu střížné plochy</i> .....	19
<i>Obr. 6. Nástrihový plán</i> .....	27
<i>Obr. 7. Rozdělení ohýbání</i> .....	29
<i>Obr. 8. Závislost ohybového momentu na převrácené hodnotě poloměru ohybu neutrální vrstvy</i> .....	31
<i>Obr. 9. Odpružení po ohýbání</i> .....	31
<i>Obr. 10. Stanovení výchozí délky materiálu při ohýbání (příklady tří ohýbaných součástí)</i> .....	33
<i>Obr. 11. Vliv směru osy ohybu vůči směru vláken materiálu na kvalitu v místě ohybu</i> .....	34
<i>Obr. 12. Vzdálenost míst ohybu od okraje materiálu</i> .....	34
<i>Obr. 13. Zavěšení otvorem za hledáček ohybníku</i> .....	35
<i>Obr. 14. Vzdálenost otvoru od místa ohybu</i> .....	35
<i>Obr. 15. Nastřížení a úpravy obrysu pro ohýbání</i> .....	36
<i>Obr. 16. Vyztužení místa ohybu prolisovanými žebry</i> .....	36
<i>Obr. 17. Způsoby odstranění odpružení</i> .....	36
<i>Obr. 18. Ohýbadlo do tvaru V</i> .....	37
<i>Obr. 19. Ohýbadlo do tvaru U</i> .....	37
<i>Obr. 20. Ohýbadlo pro výlisky tvaru Z</i> .....	38
<i>Obr. 21. Sestava ohýbadla do tvaru U</i> .....	38
<i>Obr. 22. Pracovní ústrojí ohýbačky s otočnou deskou</i> .....	39
<i>Obr. 23. Postup výroby ohýbané součásti</i> .....	39
<i>Obr. 24. Ohraňovací lis LO 50</i> .....	40
<i>Obr. 25. Výroba dlouhé ohýbané součásti na ohraňovacím lisu</i> .....	40
<i>Obr. 26. Obrubovačka XBM 120/400</i> .....	41
<i>Obr. 27. Postup plynulého ohýbání profilovými válci</i> .....	42
<i>Obr. 28. Princip práce dvouválcové zakružovačky</i> .....	43
<i>Obr. 29. Schéma zakružovaček</i> .....	43
<i>Obr. 30. Kotouče zakružovačky na profily</i> .....	44

---

<i>Obr. 31. Zakružování plechu do kuželové plochy</i> .....	44
<i>Obr. 32. Princip rovnání na rovnačce plechu (všechny válce jsou poháněny)</i> .....	44
<i>Obr. 33. Box s oválným otvorem</i> .....	46
<i>Obr. 34. Box s obdélníkovým otvorem</i> .....	46
<i>Obr. 35. Výsledný design zásobníku</i> .....	49
<i>Obr. 36. Nástřihový plán 1</i> .....	50
<i>Obr. 37. Nástřihový plán 2</i> .....	51
<i>Obr. 38. Postupové stříhy</i> .....	52
<i>Obr. 39. Střížnice</i> .....	53
<i>Obr. 40. Střížnice s vodící lištou při dosedu střížníků</i> .....	53
<i>Obr. 41. Střížný nástroj</i> .....	54

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Druhy stříhacích operací.....</i>	11
<i>Tab. 2. Druhy stříhacích operací.....</i>	12
<i>Tab. 3. Závislost střížného odporu <math>k_s</math> a pevnosti v tahu <math>\sigma_{Pt}</math> pro různé materiály a jejich tloušťky .....</i>	16
<i>Tab. 4. Přehled některých mechanických vlastností pro vybrané materiály .....</i>	18
<i>Tab. 5. Základní seskupení výstřižků .....</i>	26
<i>Tab. 6. Parametry kapesníčkovýchboxů jednotlivých výrobců. ....</i>	47

## **SEZNAM PŘÍLOH**

### **Příloha P I: Výkresová dokumentace**

**PŘÍLOHA P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

