

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
**BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGI**

# **VÝROBA SOUČÁSTI Z PLECHU NA SDRUŽENÉM NÁSTROJI**

**PRODUCTION SINGLE PARTS FROM SHEET METAL ON TWO-STATION TOOL**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**BACHELOR'S THESIS**

**AUTOR PRÁCE**  
**AUTHOR**

**VRÁNA PETR**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
**SUPERVISOR**

**Ing. LADISLAV ŽÁK, Ph.D.**

**BRNO 2011**



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Vrána

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 součástí z plechu na sdruženém nástroji**

v anglickém jazyce:

### **Production single parts from sheet metal on two-station tool**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

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

Cíle bakalářské práce:

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

Seznam odborné literatury:

- FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno : CERM, 1966. 267 s. ISBN 80-85867-95-8 .
- KOTOUČ, Jiří, et al. Tvářecí nástroje. ČVUT. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1993. 350 s. ISBN 80-01-01003-1.
- KŘÍŽ, Václav, VÁVRA, Pavel. Strojírenská příručka. 1. vyd. Praha : Scientia, 1998. 255. ISDN 80-7183-054-2 (váz.)
- BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design . New York : Industrial Press., 2004. 219 s. ISBN 0-8311-3182-9

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 23.11.2010

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

# **ABSTRAKT**

VRÁNA Petr: Výroba součástí z plechu na sdruženém nástroji.

---

Projekt vypracovaný v rámci bakalářského studia oboru strojírenská technologie (B3S-K Strojírnoství) předkládá návrh technologie výroby součástí z plechu 11 373.1 na sdruženém nástroji. Na základě literární studie problematiky stříhání, ohýbání a protahování bylo navrženo několik variant postupu výroby zadané součásti tak, aby byla vyrobena zcela v jednom nástroji. Navržený nástroj je upnut do výstředníkového lisu PE 100 D firmy ERFURT s nominální silou 1 000 kN. Funkční části jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 436 tepelně zpracované dle výkresové dokumentace. Střížnice jsou vyrobeny jako dělené z důvodu snadné opravitelnosti a vyměnitelnosti.

Klíčová slova: Sdružený postupový nástroj, plošné tváření, stříhání, ohýbání,

# **ABSTRACT**

VRÁNA Petr: Production single parts from sheet metal on two-station tool.

---

Projects developed within the bachelor's degree in engineering technology (B3S-K Engineering) technology by design sheet metal parts 11 373.1 on a combined tool. Based on the literature studies about cutting, bending and stretching has been proposed several variants of the production of specified parts to be produced entirely in a single tool. The proposed tool is clamped in the eccentric press PE 100 D firm ERFURT with a nominal force of 1000 kN. The functional parts are made of tool steel, 19 436 heat-processed according to drawings. Punches are made as a split because of interchangeability and easy repairability.

Key words: Combined follow-on tool, sheet metal forming, cutting, bending

# **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VRÁNA Petr: *Výroba součástí z plechu na sdruženém nástroji*. Brno, 2011. 52 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Ladislav Žák Ph.D. Dostupný z WWW: <[ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace)>.

# ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V ..... dne 10.5.2000

.....

Podpis

# **PODĚKOVÁNÍ**

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

# **OBSAH**

**ZADÁNÍ**

**ABSTRAKT**

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

**ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

**PODĚKOVÁNÍ**

**OBSAH**

<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>TECHNOLOGIČNOST VÝROBY SOUČÁSTI</b>	<b>12</b>
2.1	Technologičnost součásti	13
2.2	Technologické požadavky na konstrukci výstřižků	14
2.3	Technologičnost ohýbaných součástí	15
2.4	Zhodnocení	16
<b>3.</b>	<b>POUŽITÉ TECHNOLOGIE</b>	<b>17</b>
3.1	Stříhání	17
3.1.1	Proces stříhání	17
3.1.2	Střížná síla	18
3.1.3	Střížná práce	20
3.1.4	Střížná vůle	20
3.2	Ohýbání	21
3.2.1	Proces ohýbání	21
3.2.2	Minimální a maximální poloměr ohybu	21
3.2.3	Odpružení při ohýbání	22
3.2.4	Stanovení délky výchozího polotovaru	24
3.2.5	Stanovení ohybové síly a práce	24
3.2.6	Stanovení vůle mezi ohybníkem a ohybnicí	25
3.3	Protahování	26
3.3.1	Výpočtové vztahy	26
<b>4.</b>	<b>NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI</b>	<b>27</b>
4.1	Varianty výroby součásti	27
4.1.1	Varianta 1	27
4.1.2	Varianta 2	28
4.1.3	Varianta 3	28
4.1.4	Varianta 4	29
4.2	Zhodnocení variant	29
4.3	Využití materiálu zvolených variant	29
4.3.1	Určení rozměrů rozvinutého tvaru	29
4.3.2	Využití materiálu varianty 3	30
4.3.3	Využití materiálu varianty 4	30
4.3.4	Zhodnocení variant	31
4.4	Varianty uspořádání	31
4.4.1	Zhodnocení	34
<b>5.</b>	<b>KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NÁSTROJE</b>	<b>34</b>
5.1	Výpočty stříhání	34
5.2	Výpočty ohýbání	35
5.3	Velikost síly protahování	37
5.4	Určení polohy těžiště	37
5.5	Návrh stroje	38
5.6	Popis nástroje	39

<b>6. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b>	<b>41</b>
<b>7. ZÁVĚR</b>	<b>43</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ</b>	
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	
<b>PŘÍLOHY</b>	

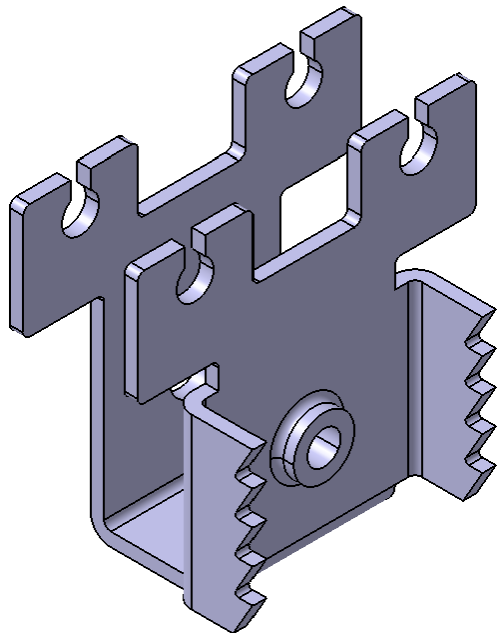
# 1. ÚVOD

Tváření je technologický proces, při kterém se požadovaného tvaru součásti dosahuje plastickou deformací tvářeného materiálu. Technologii tváření lze rozdělit dle nejrůznějších hledisek – např. dle teploty tvářeného materiálu se tváření dělí na tváření za tepla a za studena, dále lze tváření dělit na tváření plošné a objemové. Mezi nejčastěji používané metody patří válcování, zápusťkové kování, stříhání, ohýbání, tažení.

Podstatou tváření kovů je tedy vyvolání plastických deformací, kterými se trvale mění tvar a rozměry tvářeného materiálu. Cílem technologie tváření je zpravidla dosažení požadovaného tvaru součásti, ale často také zlepšení mechanicko – fyzikálních vlastností výchozího polotovaru. Při tváření za studena dochází ke zpevňování materiálu, zrna se deformují ve směru tváření a vytváří se textura. Zpevněním se zlepšují mechanické vlastnosti (roste mez pevnosti  $R_m$  a mez kluzu  $R_e$ ) a klesá tažnost.

Výhodami technologie tváření jsou především vysoká produktivita práce, vysoké využití materiálu a velmi dobrá rozměrová přesnost tvářených součástí. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena nástrojů, proto je technologie tváření vhodná pro výrobu velkosériovou a hromadnou.

Cílem bakalářské práce je navrhnout technologii pro výrobu součásti držák pojezdu za použití základních tvářecích technologií tak, aby byly dodrženy rozměrové požadavky kladené na výrobek a současně byla výroba součásti co možná nejefektivnější. Tvar výrobku je uveden na obr. 1.1.



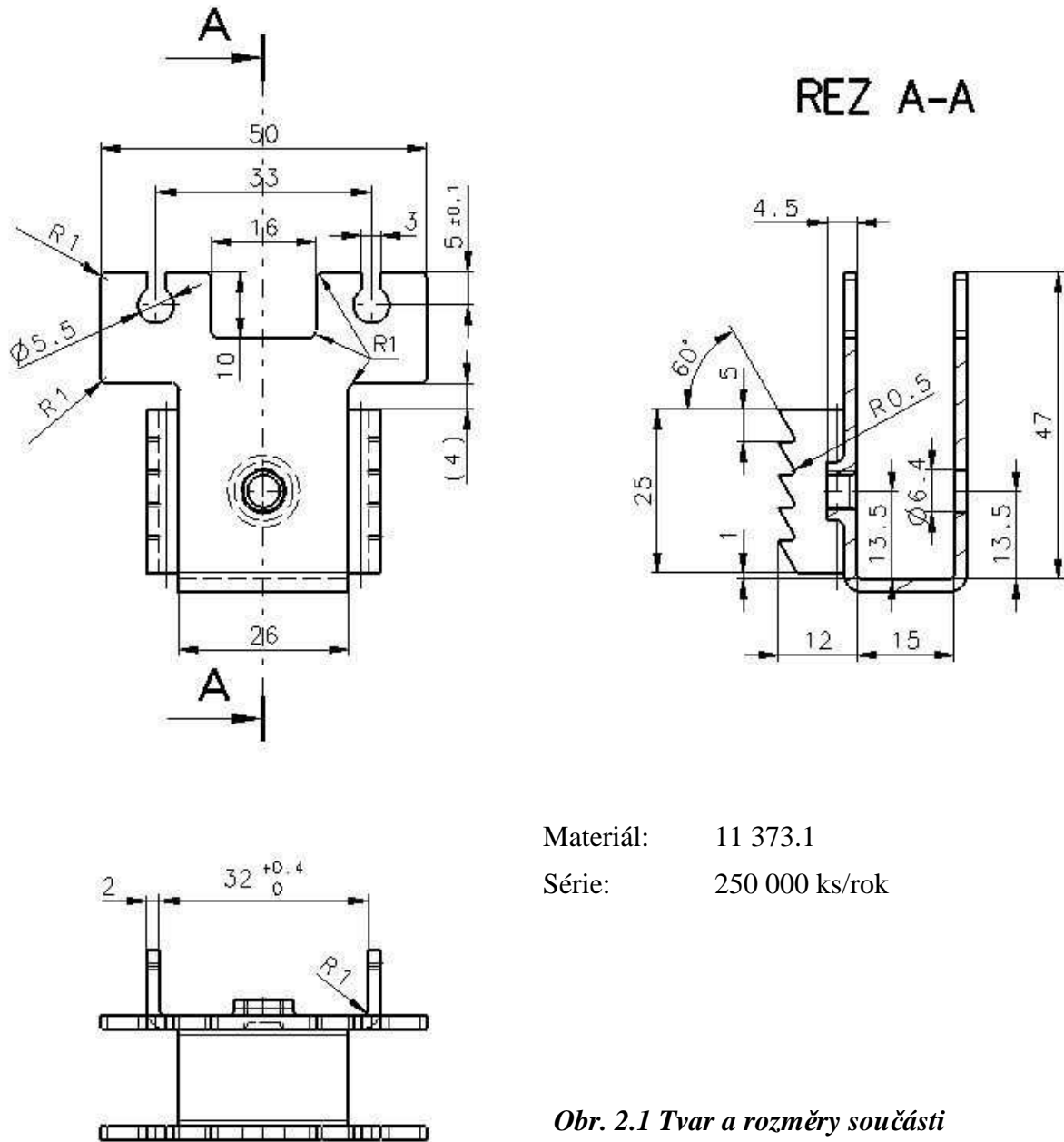
1.1 Držák pojezdu

Součást je vyrobena z materiálu 11 373.1 podle ČSN 42 0074. Jedná se o ocel uhlíkovou obvyklé jakosti se zaručenou svařitelností, válcované za tepla, normalizačně žíhanou. Materiálové vlastnosti:  $R_e = 235$  MPa;  $R_m = 380$  MPa. Polotovarem pro výrobu součásti je uvažován svitek plechu. Předpokládaná sériovost výroby je uvažována 250 000 ks/rok.

Základní metody tváření použité pro výrobu zadané součásti jsou stříhání, ohýbání a protahování, které budou probíhat v postupných krocích v jednom tvářecím nástroji. Takovému typu nástrojů říkáme nástroj postupový. Vzhledem ke skutečnosti, že v nástroji nebudeme provádět pouze jednu z technologií plošného tváření, ale více, tak takový nástroj se nazývá nástroj postupový sdružený. Výroba závitu bude prováděna zvlášť ve druhé operaci.

## 2. TECNOLOGIČNOST VÝROBY SOUČÁSTI

Tvar a rozměry součásti, kterých má být při výrobě dosaženo jsou znázorněny na obr. 2.1.



Obr. 2.1 Tvar a rozměry součásti

Hovoříme-li o technologičnosti součásti, tak tím máme na mysli zhodnocení zpracovávaného materiálu a způsobu výroby součásti tak, aby součást byla vyráběna při co nejnižších nákladech, v nejkratším čase, se splněním požadavku výroby plně funkčního dílu, který odpovídá rozměrovým a tvarovým požadavkům dle výkresové dokumentace.

Mezi hlavní kritéria technologičnosti výroby součásti řadíme zejména:

- minimální spotřeba materiálu (zvláště pak v hromadné a velkosériové výrobě)
- minimální počet potřebných operací
- vyloučení dokončovacích operací
- minimalizace potřebných strojů, nástrojů, nářadí a potřebné výrobní plochy

- maximální trvanlivost nástrojů

Při vlastním zhodnocení technologičnosti součásti jsou pak hlavním ukazatelem náklady na výrobu jednoho kusu výrobku.

## **2.1 Technologičnost součásti**

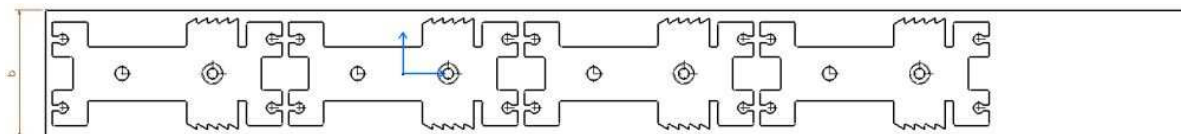
Zadaná součást je vyráběna z plechu tloušťky 2mm, z čehož plyne realizace výroby součásti plošným tvářením, v kombinaci stříhání, protahování, ohýbání.

Předpokládaná sériovost je 250 000ks/rok. Na přesnost výroby součásti nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky, takže lze použít běžných postupů technologie plošného tvářením.

Součástí posouzení technologičnosti výroby zadané součásti je také posouzení využitelnosti materiálu, k čemuž slouží předběžné návrhy nástřihových plánů. Zadanou součást lze v zásadě poskládat do dvou základních variant.

### ***Nástřihový plán – varianta 1***

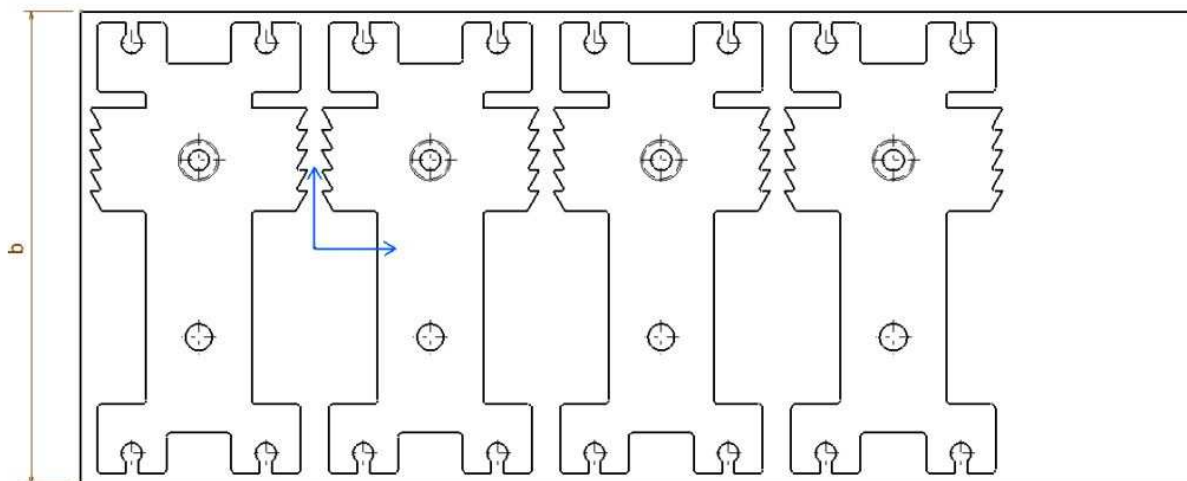
Polotovarem je pás plechu šířky  $b$ , který je nástřihán na tabulových nůžkách, nebo svítek plechu šířky  $b$ . Součásti jsou na páse plechu uspořádány podélně viz. obr. 2.2.



***Obr. 2.2. Nástřihový plán – varianta 1***

### ***Nástřihový plán – varianta 2***

Polotovarem je pás plechu šířky  $b$ , který je nástřihán na tabulových nůžkách, nebo svítek plechu šířky  $b$ . Součásti jsou na páse plechu uspořádány příčně viz. obr. 2.3.



***Obr. 2.3 Nástřihový plán - varianta 2***

## 2.2 Technologické požadavky na konstrukci výstřížků

[1], [2]

Vzhledem k nedostatkům technologií běžných postupů stříhání je doporučeno dodržovat některá pravidla:

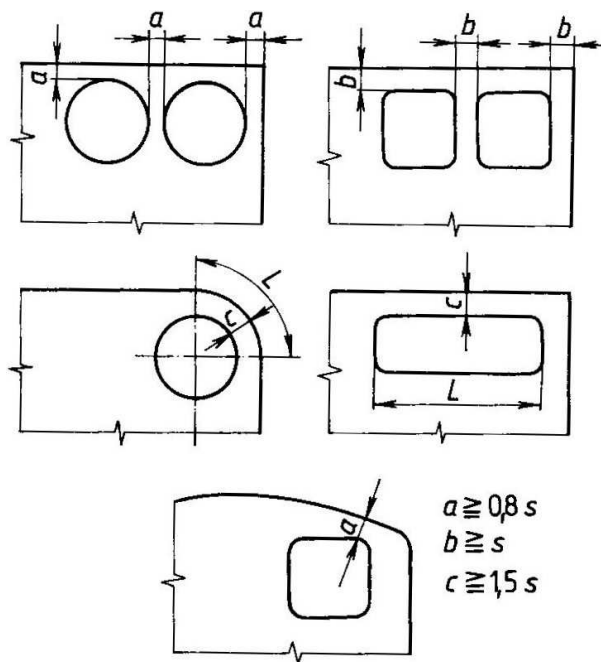
- 1) Tolerance rozměrů nezužovat pod mez dosažitelnou pro běžné stříhání.
- 2) Nepředepisovat drsnost, nebo kolmost střížných ploch, pokud to neovlivní funkčnost navrhovaného výstřížku.
- 3) Předepisovat pouze nezbytnou rovinnost s ohledem na funkčnost výstřížku.
- 4) Nejmenší velikost otvorů závisí na druhu a tloušťce stříhaného materiálu.

**Tab. 2.1 Nejmenší velikost děr [1]**

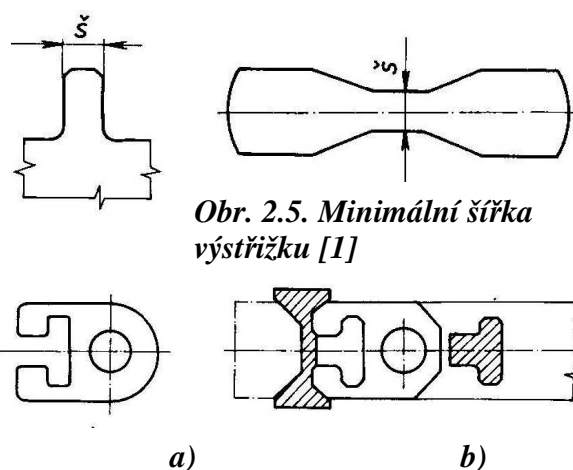
Materiál	Obvyklé děrování		Děrování vedeným střížníkem s přídržovačem	
	<i>d/s</i>	<i>b/s</i>	<i>d/s</i>	<i>b/s</i>
Texid, pertinax, apod	0,40	0,35	0,30	0,25
Hliník	0,80	0,60	0,30	0,25
Měkká ocel	1,00	0,80	0,35	0,30
Mosaz	1,00	0,80	0,35	0,30
Tvrdá ocel	1,50	1,20	0,50	0,40

- 5) Přednostně volit otvory kruhové.
  - 6) Nejmenší vzdálenosti mezi otvory, nebo vzdálenosti od okrajů volit dle obr. 2.4 (údaje platí pro plech polotvrký  $R_m = 500 \text{ MPa}$ ). U materiálů s menší pevností je zapotřebí vzdálenosti zvětšit o 20 až 25% do tloušťky plechu 1,5mm a o 10 až 15% u plechu nad 1,5mm.
  - 7) Šírky vyčnívajících částí a štíhlých výstřížků volit dle vztahu  $\delta \geq 1,5 \cdot s$  (Obr. 2.5)
  - 8) Rohy na výstřížku zkosit, nebo zaoblit (Obr. 2.6).
  - 9) Nejmenší úhly hrotu, nebo zářezu:
 

$\alpha \geq 90^\circ$	Tvrdé plechy	}	$R_m \geq 600 \text{ MPa}$
$\alpha \geq 60^\circ$			$R_m \geq 300 \text{ MPa}$
$\alpha \geq 60^\circ$	Měkké plechy	}	$R_m \geq 300 \text{ MPa}$
$\alpha \geq 45^\circ$			$R_m < 300 \text{ MPa}$
- Zmenšit úhel rohu je možné, pokud je zaoblen větším poloměrem ( $r > 0,5s$ ), nebo zkosem ( $k > s$ ) (Obr. 2.7).
- 10) Velmi ostré rohy lze vyrobit na dvě operace.
  - 11) Na výstřížku je nevhodné volit různé poloměry zaoblení.
  - 12) Plynulé přechody oblouků do přímých částí obrysu si vyžadují zpravidla uzavřený stříh.
  - 13) Rozvětvené tvary výstřížků jsou nevhodné zejména z hlediska spotřeby materiálu.



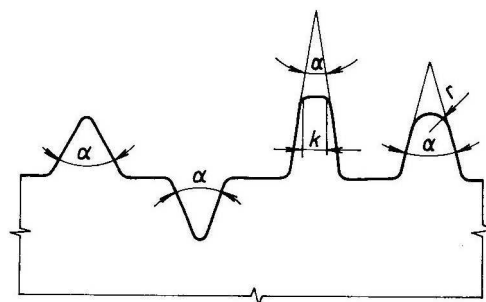
Obr. 2.4. Technologické vzdálenosti stříhaných otvorů [1]



Obr. 2.5. Minimální šířka výstřížku [1]

Obr. 2.6. Úprava rohů výstřížku [1]

a) Nevhodný tvar      b) Vhodný tvar

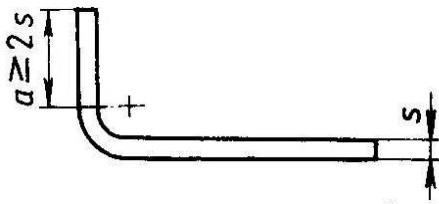


Obr. 2.7. Minimální úhly hrotu a zářezu [1]

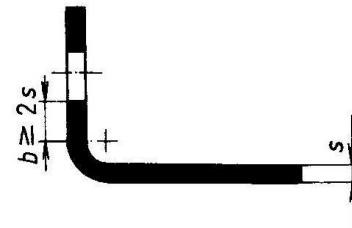
## 2.3 Technologičnost ohýbaných součástí

Při konstrukci ohýbaných součástí dodržujeme následující základní technologické požadavky:

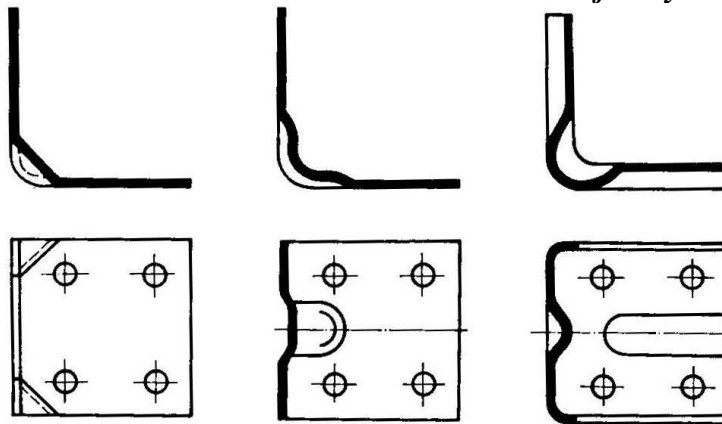
- 1) Poloměr ohybu volíme co nejmenší, a tím zmenšujeme velikost odpružení.
- 2) Osu ohybu se snažíme volit kolmou ke směru vláken materiálu. Není-li to možné, je nutné zvětšit poloměr ohybu.
- 3) Polotovary orientovat tak, aby strana, na které jsou ořezy – způsobené stříháním – byla namáhána tlakem.
- 4) Nezmenšovat tolerance ohýbaných součástí pod hranice, které lze dosáhnout běžným způsobem ohýbání.
- 5) Okraje polotovaru v místě ohybu mají být na osu ohybu.
- 6) U ohybu je nejmenší délka ohýbaného ramene  $l_{min} = 2s$  [mm]
- 7) Dodržet minimální vzdálenost otvoru od místa ohybu.
- 8) Součásti s velkými poloměrem ohybu vyztužit v místě ohybu prolisy.
- 9) Na součásti nestřídat poloměry ohybu.



Obr. 2.8. Minimální délka ohýbaného ramene [1]



Obr. 2.9. Minimální vzdálenost okraje díry od místa ohybu [1]



Obr. 2.10. Zpevnění ohýbaných součástí prolisy [1]

## 2.4 Zhodnocení

- Drsnost ani kolmost střížné plochy není předepsána.
- Na rovinnost výstřížku nejsou kladeny zásadní požadavky.
- Tvar výstřížku obsahuje ostré hrany, které nebude možné vystříhnout jedním stříhem, ale je nutné je rozdělit do dvou ne sebe navazujících stříhů.
- Nejmenší prostřížený otvor  $D = 1,5 * s = 1,5 * 2 = 3\text{mm}$ . Zadaná součást tuto podmínku splňuje.
- Nejmenší vzdálenost otvoru od okraje výstřížku je 2mm. V dané součásti žádný otvor tuto podmínku neporušuje.
- Hodnota ohybu byla stanovena na  $R = 1\text{mm}$ , což odpovídá minimální hodnotě poloměru ohybu ( $R_{min} = 0,5s$ ).
- V případě ohybu délky 47mm je osa ohybu kolmá ke směru vláken, což vyhovuje technologii ohýbání.
- V případě ohybu délky 10mm je osy ohybu ve směru vláken. Zde bude zřejmě nutné zvětšit poloměr ohybu, ale je nutné provést změnu v konstrukci dílu. V praxi se toto často provádí až po odzkoušení nástroje v provozu, na základě rozměrů, vzhledu a funkčnosti součásti.
- Tolerance jsou v souladu s danou technologií výroby.
- Vzdálenost čáry ohybu od okraje je přibližně 10mm, což vyhovuje požadavkům na technologičnost ohýbání.
- Hloubka protažení se ověřuje výpočtem, stejně jako velikost předstříženého otvoru, nebo se používá vypracovaných tabulek.

Zadaná součást, která bude vyráběna technologiemi stříhání, protahování a ohýbání je vzhledem k požadavkům technologičnosti vyrobitelná tak, aby byla plně funkční a splňovala požadavky rozměrové přesnosti.

## 3. POUŽITÉ TECHNOLOGIE

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pro výrobu zadané součásti jsou použity technologie stříhání, ohýbání a protahování, které patří mezi základní technologie plošného tváření používaných ve strojírenské výrobě.

### 3.1 Stříhání

Stříhání je nejpoužívanější technologií plošného tváření. Používá se jednak pro přípravu polotovarů (stříhání tabulí, nebo svitků plechu, stříhání profilů, vývalků), jednak na vystřihování součástek určených pro konečné použití, nebo pro výrobky připravené pro další technologie tváření (ohýbání, tažení, protlačování) a na dokončovací, nebo pomocné operce.

#### 3.1.1 Proces stříhání

[1], [3]

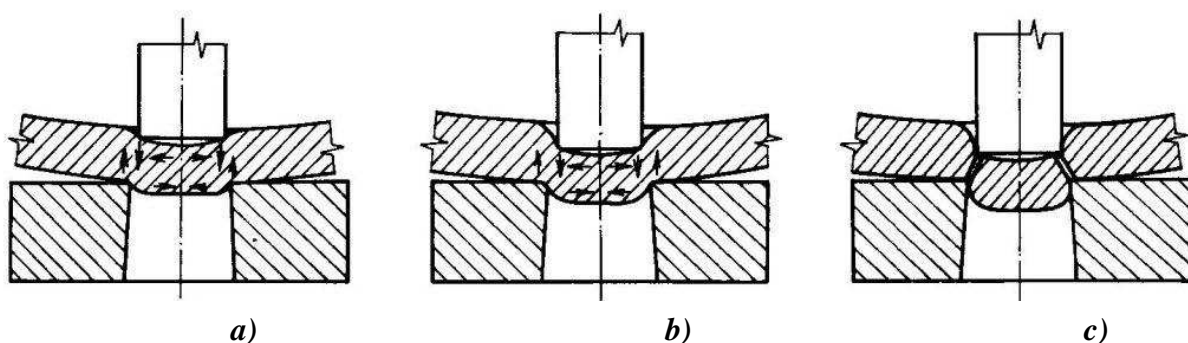
Stříháním rozumíme oddělování části materiálu postupně, nebo současně podél křivky stříhu působením protilehlých řezných hran, které způsobují smykové napětí v řezné rovině.

Střížný proces lze v zásadě rozdělit do tří základních fází:

V první fázi (obr. 3.1a) dochází ke vzniku pružné (elastické) deformace (tzn., že materiál se po odlehčení vrací do původního stavu beze změny tvaru či struktury) u stříhaného materiálu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu se udává mezi 5 – 8% tloušťky stříhaného materiálu, a to v závislosti na jeho mechanických vlastnostech.

Ve druhé fázi (obr. 3.1b) je v materiálu dosaženo vyššího napětí, než je napětí meze kluzu stříhaného materiálu. Dochází tedy k trvalé deformaci (materiál mění trvale svůj tvar) bez porušení materiálu. Hloubka vniku střížníku se udává mezi 10 – 25% tloušťky stříhaného materiálu, a to v závislosti na jeho mechanických vlastnostech.

Ve třetí fázi (obr. 3.1c) dochází k porušení celistvosti a následnému utržení stříhaného materiálu v důsledku namáhání nad mez pevnosti ve stříhu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu se uvádí mezi 10 – 60% tloušťky materiálu a to v závislosti na velikosti střížné mezery, druhu materiálu a geometrii střížné hrany.



Obr. 3.1. Stříhání [1]

Z obrázku je patrné, že se výstřížek oddělí dříve, než střížník projde celou tloušťkou materiálu a poté je výstřížek vytlačen střížníkem. Z tohoto důvodu nejsou okraje stříhaného materiálu zcela rovinné a drsnost střížné plochy je obecně různá. Místa, kde dochází k prvnímu výskytu trhlin, jsou drsnější než ostatní plocha.

Přesnost součástí vyrobených stříháním závisí na řadě činitelů:

- na přesnosti střížníku a střížnice
- na konstrukci a zajištění polohy materiálu součásti při stříhání
- na druhu a stavu stříhaného materiálu
- na druhu a stavu stříhadla
- na velikosti střížné vůle
- na tloušťce a přesnosti stříhaného materiálu

### 3.1.2 Střížná síla

[3], [4], [5]

Výpočet střížné síly je založen na zhodnocení materiálových vlastností, kvality střížné hrany a na chování výstřížků po oddělení.

Střížnou sílu zejména ovlivňují:

- střížná vůle mezi střížníkem a střížnicí
- stav střížných hran
- tvar střížných hran
- mechanické vlastnosti stříhaného materiálu
- velikost střížné plochy

Celková střížná síla pro vystřihování a děrování se určí jako součet síly střížné, stírací a protlačovací podle vztahu:

$$F_c = F_s + F_{st} + F_{pr} \text{ [N]} \quad 3.1$$

$$\text{Střížná síla:} \quad F_s = n \cdot S \cdot \tau_{ps} = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_{ps} \text{ [N]} \quad 3.2$$

$$\text{Stírací síla:} \quad F_{st} = c_1 \cdot F_s \text{ [N]} \quad 3.3$$

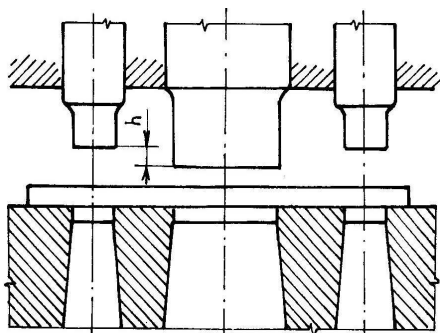
$$\text{Protlačovací síla:} \quad F_{pr} = c_2 \cdot F_s \text{ [N]} \quad 3.4$$

**Tab. 3.1. Hodnoty součinitelů  $c_1, c_2$  [3]**

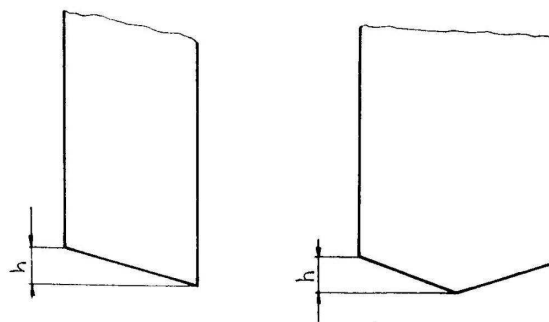
Druh materiálu a jeho tloušťka	$c_1$	$c_2$
Ocel: do 1mm	0,02 – 0,12	0,05
1 – 5mm	0,06 – 0,16	až
nad 5mm	0,06 – 0,07	0,08
Mosaz	0,06 – 0,07	0,04
Slitiny Al	0,09	0,02 – 0,04

Velikost střížné síly potřebné k oddělení materiálu lze ovlivnit případnými konstrukčními úpravami na střížníku nebo střížnici, jako např. šikmý stříh, nebo postupné stříhání. U postupného stříhání platí, že nejdříve stříhají větší střížníky a teprve po poklesu střížné síly stříhají střížníky s menším střížným obvodem. Těmito úpravami lze také docílit úpravy výslednice působících sil tak, aby výslednice působila co nejbližší k ose nástroje (ideálně přímo v ose nástroje).

V případě šikmého stříhu je tloušťka materiálu =  $h$ . V případě odstupňovaného stříhu je  $h = 1/3$  až  $1/2$  tloušťky materiálu.



Obr. 3.2. Postupný stříh [3]



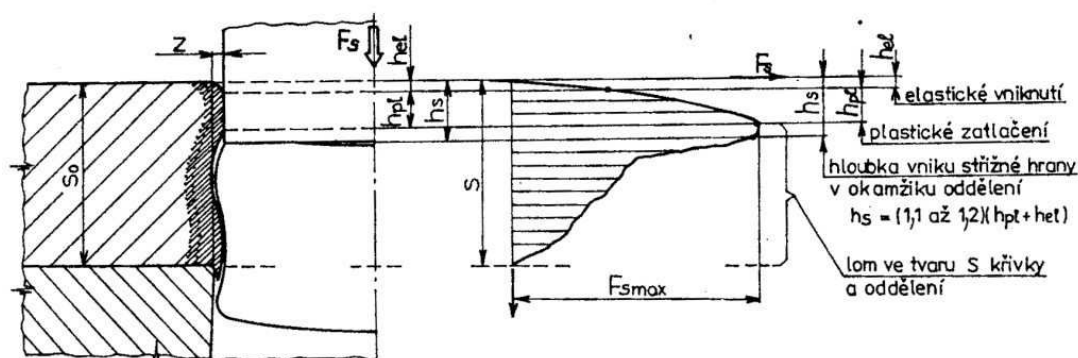
Obr. 3.3. Šikmý stříh [3]

Použití šikmého stříhu je zapotřebí vždy dobře zvážit, protože střížník nestříhá celou plochou současně a tím může dojít k deformaci výstřížku – výstřížek se prohne. Lze ho tedy použít pouze v případech, jedná-li se o odstřížení části výstřížku, která jde do odpadu, nebo nejsou-li kladeny žádné zvláštní požadavky na rovinnost výstříhu. V opačném případě je vhodnější použití odstupňovaného stříhu, nebo po operaci stříhání zařadíme operaci rovnání, která ovšem výrobu výstřížku prodraží.

### Průběh střížných sil

[5]

Obrázek 3.4. znázorňuje charakteristický průběh střížné síly a její závislost na hloubce vniknutí střížníku do stříhaného materiálu. Po krátké dráze pružného vniknutí (5 – 8% tloušťky stříhaného materiálu) – kde dochází k napěchování materiálu pod břitem – dochází k plastické deformaci. Přestože se zmenšuje střížná plocha, dochází k plynulému nárůstu síly vlivem lokálního zpevnění materiálu. Střížná síla dosáhne maxima v okamžiku počátku oddělování materiálu, tedy v okamžiku, kdy vzniká první porušení materiálu trhlinami. Poté nastává ještě mírný a plynulý pokles střížné až po hloubku vniknutí  $h_s$ , kdy dojde k úplnému porušení materiálu lomem ve tvaru  $S$  křivky. Úplný lom vzniká přibližně v 1/3 tloušťky materiálu a poté střížná síla klesá strmě k nule, přičemž závisí na stříhaném materiálu, konstrukci střížných hran a odporech působících proti zasunutí výstřížku do střížnice (např. třecí síly).

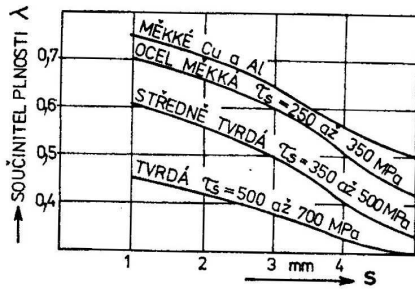


Obr. 3.4. Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly [5]

- $h_{el}$  – hloubka elastického vniknutí (5 – 8% tloušťky materiálu)
- $h_{pl}$  – hloubka plastického vniknutí (10 – 20% tloušťky materiálu)
- $h_s$  – hloubka vniknutí v okamžiku oddělení u měkkých a houževnatých materiálů (až 60% tloušťky materiálu)

### 3.1.3 Střížná práce

[5]



Obr. 3.5. Graf ke stanovení součinitele plnosti  $\lambda$  [5]

Střížná práce při stíhání rovnoběžnými střížnými hranami je definována plochou pod křivkou střížné síly:

$$A = F_{s_{max}} \cdot s \cdot \lambda \text{ [J]} \quad 3.5$$

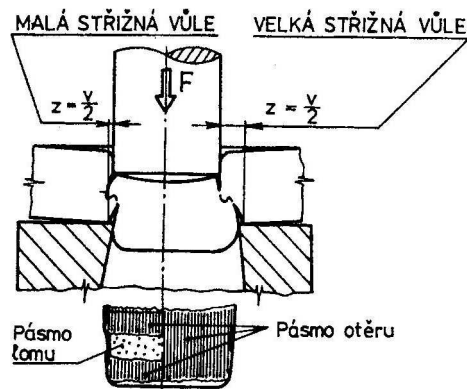
Kde:  $\lambda$  je součinitel plnosti materiálu diagramu  $F_s - s$  a lze ho určit pro různé kovy z grafu závislosti na tloušťce stříhaného materiálu.

### 3.1.4 Střížná vůle

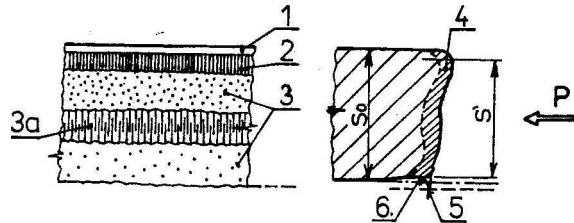
[3], [4], [5], [6]

Hovoříme-li o střížné vůli, máme na mysli rozdíl mezi rozměry činných částí střížníku a střížnice. Jednostranný rozdíl  $v/2$  určuje střížnou mezeru  $z$ . Určení správné střížné vůle výrazně ovlivňuje kvalitu stříhu, velikost střížné síly a také životnost nástroje. Velké střížné vůle způsobují ohyb stříhané součásti, malá vůle pak způsobuje vznik přestřížených, nebo ohlazených prstenců.

Základní požadavek kladený na střížnou mezeru je její stejná velikost podél celé křivky stříhu. Z tohoto důvodu jsou kladeny vysoké nároky na přesnost výroby všech činných částí nástrojů.



Obr. 3.6. Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli [5]



Obr. 3.7. Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli [5]

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| 1 – zeslabení           | 2 – plastické přetvoření |
| 3 – pásmo lomu          | 3a – pásmo otěru         |
| 4 – oblast zpevnění     | 5 – otěr                 |
| 6 – vtisk dolního břitu |                          |

Velikost střížné vůle je závislá především na druhu a tloušťce stříhaného materiálu. Optimální střížná vůle je taková, při níž dosáhneme požadované jakosti střížné plochy při co nejmenší střížné síle. Velikost střížné vůle se obvykle pohybuje v rozmezí 3 – 20% tloušťky stříhaného materiálu. V případě jednostranného stříhání v nástroji bez přidržování stříhaného materiálu se doporučuje velikost střížné mezery mezi 1 – 3% tloušťky stříhaného materiálu.

Střížnou vůli lze určit z empirického matematického vztahu, který byl ověřen Görem:

$$z = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \text{ [mm]} \quad 3.6$$

Vzorec platí pro tenké plechy  $s \leq 0,3 \text{ mm}$ ,  $\tau_{ps}$  – pevnost ve stříhu se dosazuje v  $\text{kp/mm}^2$ ,  $s$  [mm], koeficient  $c$  – je interval v rozmezí 0,005 až 0,035, přičemž pro tvrdší plechy se doporučuje  $c = 0,015$  až 0,018. Pro tlusté plechy  $s \geq 3 \text{ mm}$  platí:

$$z = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \text{ [mm]} \quad 3.7$$

Z výše uvedeného je zřejmé, že určení velikosti střížné síly a střížné vůle je potřeba věnovat náležitou pozornost, neboť tím určujeme nejen životnost nástroje, jakost střížné plochy, ale vedle zvolené technologie tváření jsou také jedním z určujících parametrů volby stroje pro výrobu součástí.

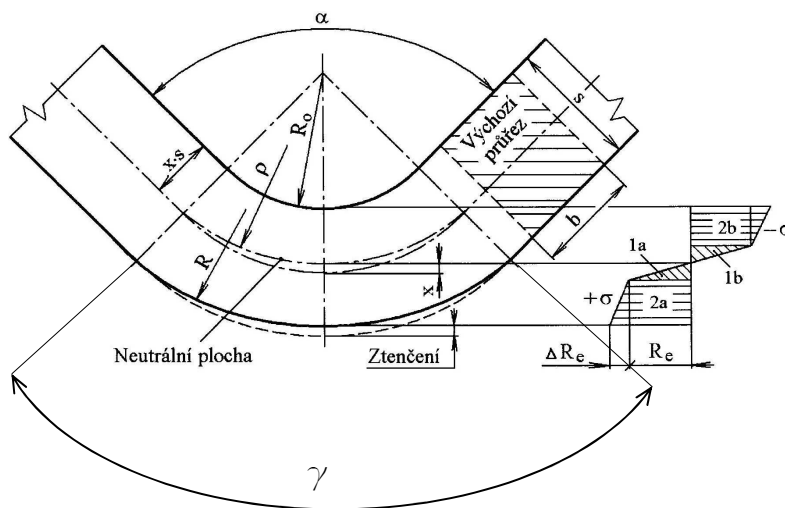
## 3.2 Ohýbání

Ohýbání je jednou z technologií plošného tváření, která zpravidla následuje po stříhání, kterým se připraví polotovary. Ohýbání se většinou provádí za studena, za tepla se ohýbají součásti velkého průřezu s vyšší pevností.

### 3.2.1 Proces ohýbání

[7], [8], [9]

Ohýbání definujeme jako trvalé deformování materiálu vyvolané ohybovým momentem od působící síly, za dosažení požadované trvalé změny tvaru bez podstatné změny průřezu materiálu. Pro dosažení trvalé deformace je nezbytné, aby ohybové napětí překročilo mez kluzu  $R_e$ . Překročení meze pevnosti v tahu  $R_m$  není přípustné z důvodu porušení soudržnosti materiálu a vzniku trhlin. Požadovaného tvaru dosáhneme u většiny součástí z plechů, drátů a tyčí i několika ohyby.



**Obr. 3.8. Proces ohýbání [7]**

**1a, 1b** – oblast pružné deformace

**2a, 2b** – oblast plastické deformace se zpevněním  $\Delta R_e$

**b** – šířka pásu plechu

**s** – tloušťka materiálu

**x** – velikost posunutí neutrální plochy od původní osy průřezu

**$R_0$**  – poloměr ohybu

**$l_0$**  – délka ohnutého úseku v neutrální ploše

**$\rho$**  – poloměr neutrální plochy

**$\gamma$**  – úhel ohnutého úseku ( $\gamma = 180 - \alpha$ )

**$\alpha$**  – úhel ohybu

Při ohýbání dochází na vnější straně ohybu ke vzniku tahového napětí (oblast 2a, obr. 3.8), a na vnitřní straně ohybu vznikají napětí tlaková (oblast 2b, obr. 3.8). Ve střední části průřezu ohybu vznikají napětí nepřekračující mez kluzu  $R_e$  ohýbaného materiálu a v této části vzniká pružná deformace způsobující odpružení materiálu (oblast 1a, 1b, obr. 3.8). Ohýbání lze tedy definovat jako deformaci pružně – plastickou.

Z hlediska technologického nás zajímá především poloha neutrální plochy, neboť nám slouží k určení rozměru výchozího polotovaru a dále nám slouží k určení minimálního poloměru ohybu  $R_{min}$ , po jehož překročení ( $R_0 < R_{min}$ ) dochází k porušení celistvosti materiálu na vnější straně ohybu.

### 3.2.2 Minimální a maximální poloměr ohybu

[5]

Jak již název této kapitoly napovídá, jedná se o dva krajní případy ohýbání. Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole,  $R_{min}$  nám udává mezní hodnotu poloměru ohybu, při které ještě nedochází k porušení soudržnosti materiálu na vnější straně ohybu v důsledku tahových napětí.

Naproti tomu je  $R_{max}$  takovou hodnotou poloměru ohybu, při které v krajních vláknech dochází k plastické deformaci (materiál se začíná trvale deformovat).

Empirické vzorce pro určení  $R_{min}$  a  $R_{max}$ :

$$R_{min} = \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c \cdot s \text{ [mm]} \quad 3.8$$

Kde:  $s$  [mm] tloušťka ohýbaného materiálu

$$\varepsilon_c = \frac{s}{2 \cdot R_{min} + s} \text{ [mm]} \text{ mezní prodloužení}$$

$c$  [mm] koeficient

$$R_{max} = \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{E}{\varepsilon_c} - 1 \right) \text{ [mm]} \quad 3.9$$

Kde:  $E$  modul pružnosti v tahu (pro ocel  $2,1 \cdot 10^5$  MPa)

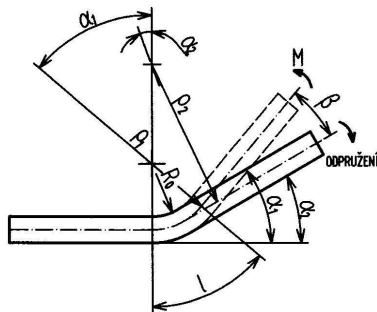
**Tab. 3.2 Hodnoty součinitele  $c$  podle druhu materiálu**

Materiál	$c$ [-]	Materiál	$c$ [-]
Hliník	0,35	Měkká měď	0,25
Měkká ocel	0,5 – 0,6	Měkká mosaz	0,3 – 0,4

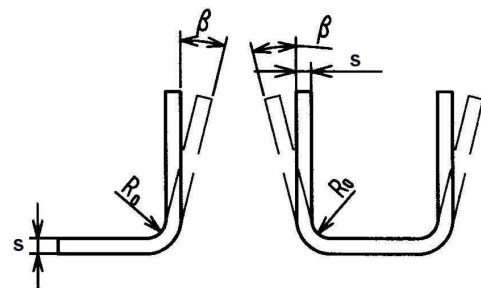
### 3.2.3 Odpružení při ohýbání

[5], [9], [10]

Odpružení při ohýbání je nežádoucím jevem, který je způsobený oblastí pružné deformace v oblasti kolem neutrální plochy. Velikost odpružení je závislá na materiálových vlastnostech, tloušťce materiálu, úhlu ohybu, poloměru ohybu a konstrukci ohýbacího nástroje (ohýbadla).



**Obr. 3.9. Schéma odpružení po ohybu [4]**



**Obr. 3.10. Schéma odpružení po ohybu „U“ a „V“ [9]**

Při konstrukci nástrojů pro ohýbání (ohýbadel) je nutné s odpružením počítat, protože mění tvar a rozměry ohýbané součásti a je tedy nutné odpružení eliminovat již při vlastní konstrukci nástroje. Možností eliminace odpružení je několik:

- podbroušení ohybníku
- vylisování vyztužovacího žebra v místě ohybu
- zpevněním materiálu v rozích (u ohybu „U“)
- zaoblením spodní strany ohýbané součásti o poloměr  $R$

Velikost odpružení při ohýbání lze určit několika způsoby. Jedním z nich je použití diagramů pro určité materiály a různé úhly ohybu, nebo jsou vypracovány diagramy koeficientu odpružení v závislosti poměru  $R_0/s$ . Dalším způsobem je přibližné určení velikosti odpružení pomocí empirických vzorců pro ohyby tvaru „V“ a „U“.

$$\tan \beta_v = 0,375 \cdot \frac{l \cdot R_e}{k \cdot s \cdot E} [^\circ] \quad 3.10$$

$$\tan \beta_u = 0,75 \cdot \frac{l_m \cdot R_e}{k \cdot s \cdot E} [^\circ] \quad 3.11$$

Kde:  $\beta$  jednostranný úhel odpružení

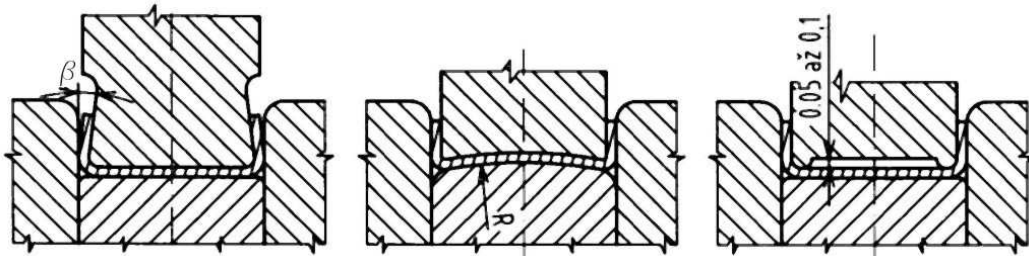
$s$  tloušťka materiálu

$k$  součinitel poměru  $R_0/s$  (možno stanovit ze vztahu  $k = 1 - x$ )

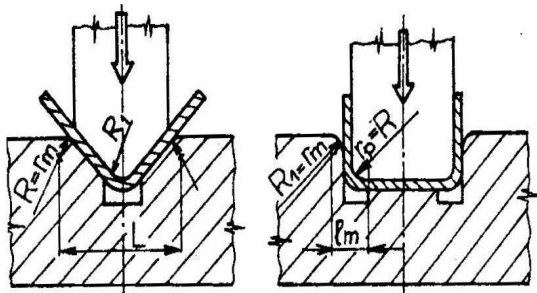
$$l_m = r_m + R_0 + 1,2 \cdot s$$

Tab. 3.3. Součinitel  $k$  pro výpočet úhlu odpružení [1]

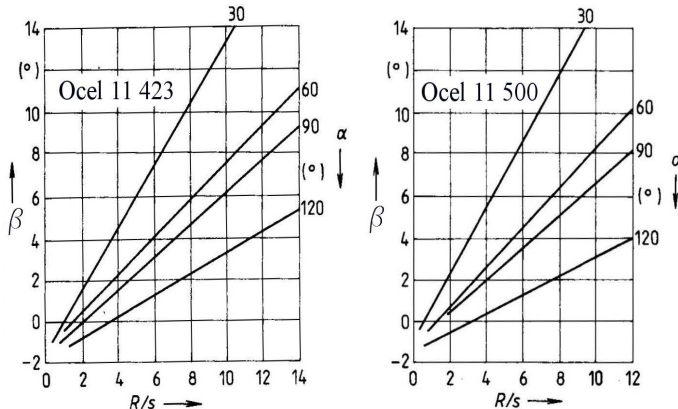
$R_0/s$	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6	8	10	15	20
$k$	0,68	0,65	0,62	0,58	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50



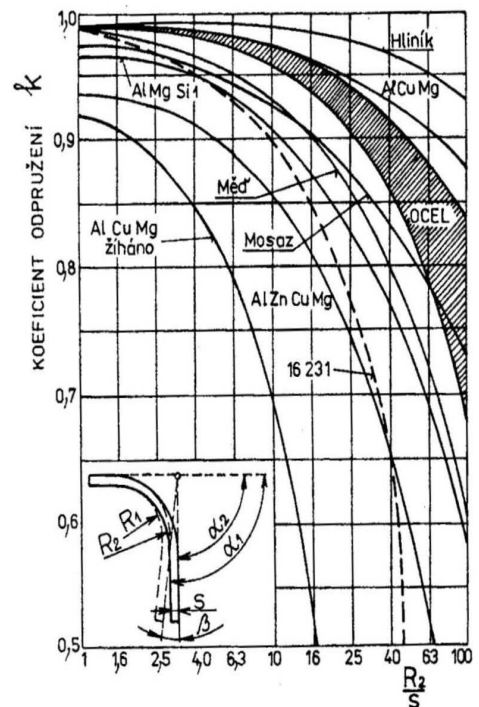
Obr. 3.11. Příklady eliminace odpružení [9]



Obr. 3.12. Schéma „U“ a „V“ ohybu [4]



Obr. 3.13. Diagramy odpružení v závislosti na úhlu ohybu [1]



Obr. 3.14. Diagram koeficientů odpružení  $k$  pro různé materiály [4]

### 3.2.4 Stanovení délky výchozího polotovaru

[3], [7]

Pro výpočet rozměrů výchozího polotovaru (délky a šířky) je důležité určení polohy neutrální plochy. Pro její určení rozlišujeme v zásadě dva případy, a to v závislosti na poloměru ohybu a tloušťce materiálu:

- 1)  $R_o \geq 12 \cdot s$  kdy předpokládáme, že neutrální plocha se nachází uprostřed ohýbaného materiálu a lze tedy počítat:

$$\rho_o = R_o + \frac{s}{2} \text{ [mm]} \quad 3.12$$

- 2)  $R_o < 12 \cdot s$  kdy se neutrální plocha posouvá vlivem deformace, a s tímto posuvem musíme při určování velikosti výchozího polotovaru počítat.

$$\rho_o = R_o + x \cdot s \quad 3.13$$

Kde:  $x$  je součinitel polohy neutrální plochy a jeho velikost je dána závislostí  $R_o/s$  a jeho hodnota je tabulkově zpracována.

**Tab. 3.4. Součinitel  $x$  pro výpočet rozvinuté délky [1]**

$R_o/s$	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6	8	10
$x$	0,32	35	0,38	0,42	0,455	0,47	0,475	0,478	0,48	0,484	0,486

Celková hodnota délky je tedy závislá na poloměru ohybu, tloušťce ohýbaného materiálu a na úhlu ohybu.

$$l_n = \frac{\pi \cdot \gamma}{180} \cdot (R_o + x \cdot s) \text{ [mm]} \quad 3.14$$

$\gamma$  úhel ohnutého úseku ( $\gamma = 180 - \alpha$ )

Celkovou délku polotovaru  $lc$  pak dá součet všech délek ohnutých částí v neutrální ploše a součet všech rovných úseků.

### 3.2.5 Stanovení ohybové síly a práce

[1], [2], [4], [11]

Stanovení ohybové síly slouží spolu s výpočtem střížné síly k určení velikosti stroje – lisu – tak, aby lis nebyl přetížen.

#### **Ohybová síla ohybu do tvaru „V“**

Ohybovou sílu ohybu do tvaru „V“ je možné vypočítat z empirického vztahu:

$$F_{ov} = \frac{R_m \cdot b \cdot s^2}{l} \text{ [N]} \quad 3.15$$

Kde:  $b$  šířka ohýbané součásti [mm]

$l$  šířka ohybnice [mm] (viz. obr. 3.12)

V normě ČSN 22 7340 je pro ohyb do tvaru „V“ uveden vztah:

$$F_{ov} = \frac{R_e \cdot b \cdot s^2}{2 \cdot R} \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \text{ [N]} \quad 3.16$$

Pro kalibraci tvaru a snížení odpružení ohýbané součásti se ohybová síla zvyšuje na dvou-násobek  $F_{ov}$ . Platí tedy:  $F'_{ov} = 2 \cdot F_{ov}$  [N].

### ***Ohybová práce ohybu do tvaru „V“***

$$A_{ov} = \frac{1}{2} \cdot F_{ov} \cdot l \text{ [J]} \quad 3.17$$

### ***Ohybová síla ohybu do tvaru „U“***

Ohybovou sílu do tvaru „U“ je možné stanovit z empirického vztahu:

$$F_{ou} = \frac{1}{2} \cdot R_m \cdot b \cdot s^2 \text{ [N]} \quad 3.18$$

Kde:  $b$  šířka ohýbané součásti [mm]  
 $R_m$  mez pevnosti v tahu [MPa]

Vztah 3.18 platí pro výpočet ohýbací síly bez použití přidržovače. V případě jeho použití je nutné ohýbací sílu zvětšit o sílu přidržovací:

$$F_p = (0,25 \text{ až } 0,30) \cdot F_{ou} \text{ [N]} \quad 3.19$$

V ČSN 22 7340 je Pro ohyb do tvaru „U“ uveden vztah:

$$F_{ou} = (1 + 7 \cdot \mu) \cdot \frac{b \cdot s^2 \cdot R_e}{R + s} \text{ [N]} \quad 3.20$$

Kde:  $\eta$  Poissonovo číslo [-]  
 $R_e$  mez kluzu materiálu [MPa]

### ***Ohybová práce ohybu do tvaru „U“***

$$A_{ou} = \frac{1}{2} \cdot (F_p + F_{ou}) \cdot h \text{ [J]} \quad 3.21$$

Kde:  $h$  činná dráha pohyblivé čelisti [mm]

### **3.2.6 Stanovení vůle mezi ohybníkem a ohybnicí** [2], [12]

Při stanovování vůle mezi ohybníkem a ohybnicí vycházíme ze způsobu ohýbání, záleží tedy, zda jde o ohyb do tvaru „V“, nebo „U“.

Při ohýbání do tvaru „V“ je v podstatě vůle vymezena tloušťkou ohýbaného materiálu a seřídíme ji při seřizování nástroje v lisu.

Při ohýbání do tvaru „U“ je vůle závislá na tloušťce a toleranci tloušťky ohýbaného materiálu. Vůle se stanoví:

$$v_o = (s \div s_{max}) + c \cdot s \text{ [mm]} \quad 3.22$$

Kde:  $v_o$  jednostranná vůle mezi ohybníkem a ohybnicí [mm]  
 $c$  součinitel, vyjadřující vliv tření s ohledem na délku ramene [-]

Hodnoty součinitele  $c$  jsou uvedeny v příloze 1.

Pro přibližné stanovení vůle platí:

Barevné kovy:  $v_o = (1,0 \div 1,1) \cdot s$  [mm]

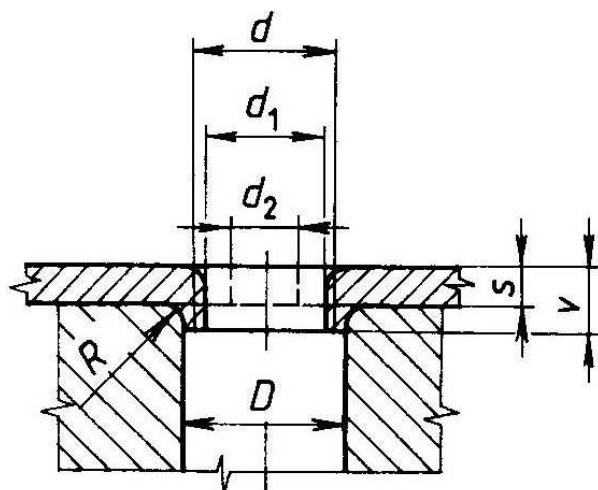
Oceli:  $v_o = (1,05 \div 1,15) \cdot s$  [mm]

Při stanovení příliš malé vůle může dojít ke ztenčení ohnutých okrajů součásti. Vůli stanovujeme na té části ohýbadla, na které není stanovena přesnost součásti.

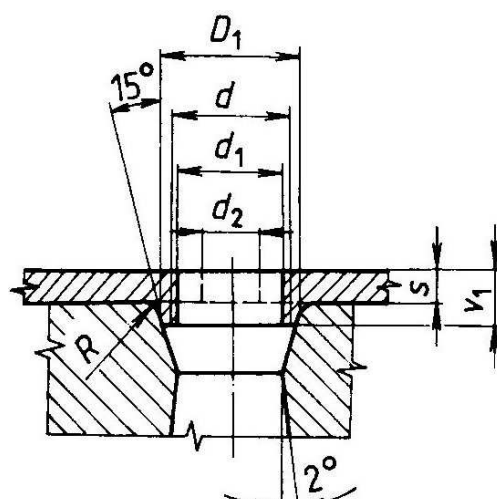
### 3.3 Protahování

[1], [3], [13]

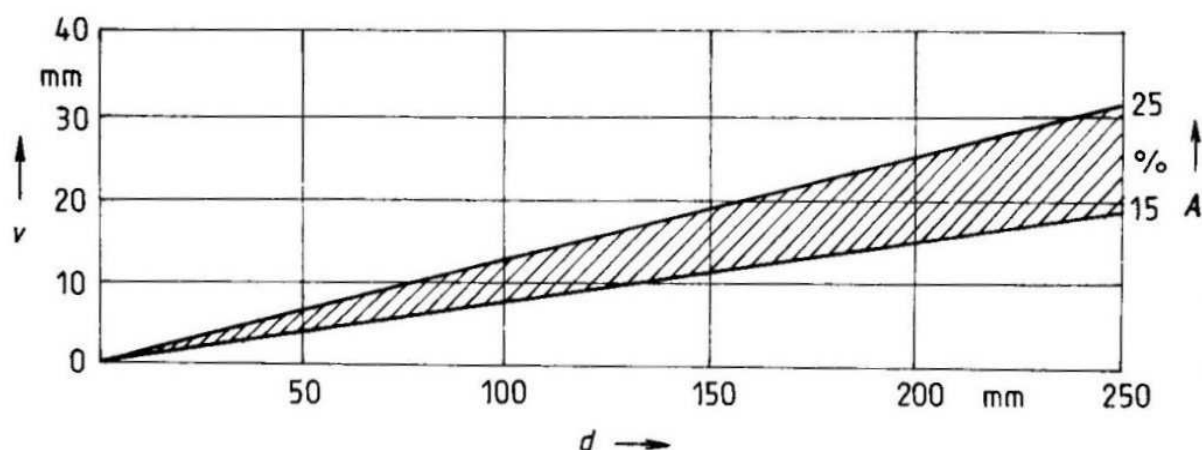
Hovoříme-li o protahování v souvislosti s technologií plošného tváření, pak hovoříme o rozšiřování otvorů ohybem okrajů tak, aby se vytvořila kolmá válcová plocha ve dnu, nebo ve stěně výtažku, popř. v rovném plechu. Nejčastější použití této technologie spočívá v přípravě otvorů pro metrický závit v plechu.



Obr. 3.15. Protahování – válcový tvar [1]



Obr. 3.16. Protahování – kuželový tvar [1]



Obr. 3.17. Diagram pro určení dosažitelné výšky při protahování [1]

Základní parametry protahování lze stanovit výpočtově, nebo jsou zpracovány v tabulkách.

#### 3.3.1 Výpočtové vztahy

##### Ohýbací síla

$$F_o = 0,7 \cdot s \cdot (D - d_2) \cdot R_m \text{ [N]} \quad 3.23$$

##### Průměr výchozího průměru

$$d_2 = d - 2 \cdot (v - 0,43 \cdot R - 0,72 \cdot s) \text{ [mm]} \quad 3.24$$

### Výška ohybu lemu otvoru

$$v = \frac{d - d_2}{2} + 0,43 \cdot R + 0,72 \cdot s \text{ [mm]} \quad 3.25$$

Kde:  $F_o$  ohýbací síla [N]  
 $d$  střední průměr [mm]  
 $v$  výška ohybu lemu otvoru [mm]  
 $D$  průměr otvoru v ohybnici [mm]  
 $d_1$  průměr otvoru [mm]  
 $d_2$  průměr výchozího otvoru [mm]  
 $s$  tloušťka plechu [mm]  
 $R_m$  mez pevnosti v tahu [MPa]

$$D \cong d + 0,3 \cdot s \text{ [mm]} \quad 3.26$$

$$v_{max} \cong 0,12 \cdot D + s \text{ [mm]} \quad 3.27$$

Průměry protažených děr jsou uvedeny v příloze 2.

## 4. NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI

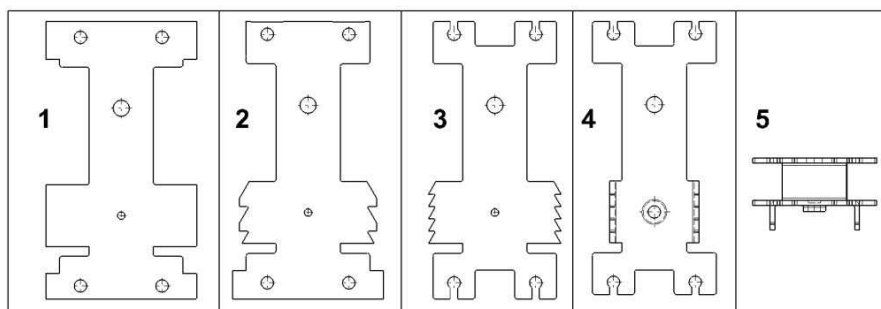
Před vlastním rozhodnutím o technologii výroby, je nutné zhodnotit možné varianty výroby součásti, a to z hlediska použitých technologií, nebo na základě různých postupů z oblasti plošného tváření, ať již z hlediska počtu operací, nebo z hlediska uspořádání nástřihového plánu. Je patrné, že variant řešení se dá uspořádat velké množství. Ty se mohou lišit uspořádáním střížníků v nástroji, nebo zvoleným počtem operací či technologií. Zde budou uvedeny pouze čtyři možné varianty, z nichž pouze jedna bude vybrána jako možné řešení.

### 4.1 Varianty výroby součásti

V této kapitole dojde k vlastnímu návrhu a stručnému posouzení možných variant řešení výroby součásti, ať již z hlediska použité technologie, postupů či uspořádání výrobku na pásu.

#### 4.1.1 Varianta 1.

Při této variantě je polotovarem tabule plechu nastříhaná na pásy šířky  $b$  a délky  $l$ , které odpovídají rozvinuté délce výrobku s přičtením přídavek na ostřížení. Výrobek se vyrábí v jednotlivých operacích tak, jak je naznačeno na obr. 4.1. Z obrázku plyne, že v operacích 1 – 3 dochází k ostříhování materiálu a děrování otvorů. V operaci č. 4 dojde k ohybu se současným protažením otvoru pro závit a v operaci č. 5 je polotovar ohnut do konečného tvaru výrobku. Řezání závitů se provádí v šesté operaci za pomoci závitovacího přípravku.



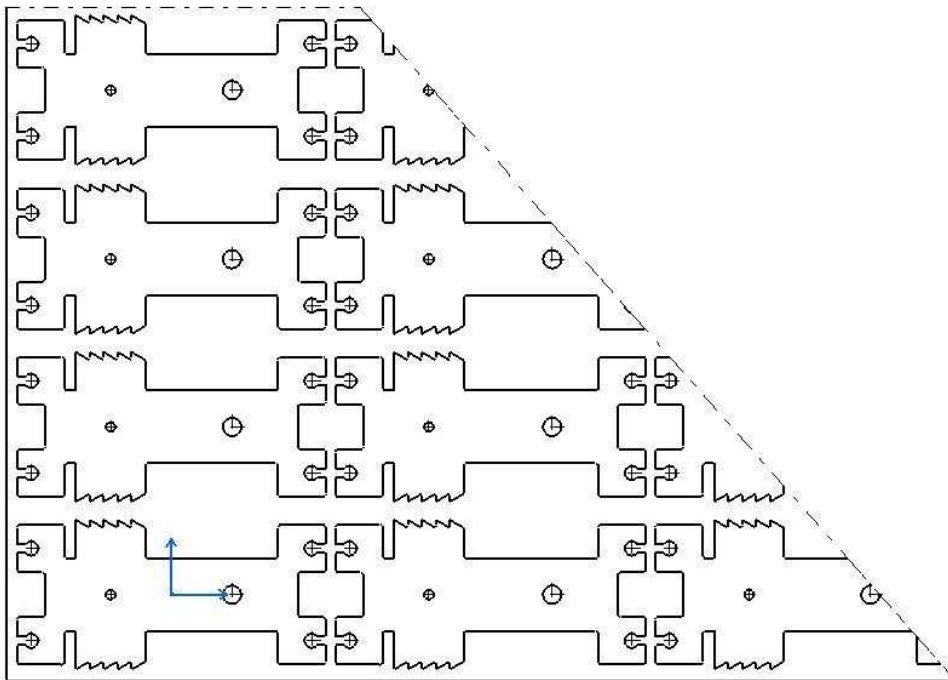
Obr. 4.1 Varianta 1

Zásadní nevýhodou této varianty je vysoká pořizovací cena nástrojů na výrobu součásti. Musí se vyrobit 5 samostatných nástrojů, které budou upnuty do 5 lisů sestavených do linky. Z toho také plyne vysoká pořizovací cena strojů a velké nároky na prostor, který je pro výrobu součásti potřebný. Dále se musí materiál připravit v přípravně a dopravit do výroby. To spolu nese další náklady.

Tato varianta se dá samozřejmě podstatně zjednodušit tak, že by polotovarem nebyl pás plechu, ale svitek. Stříhací operace se sloučí do jednoho postupového střížného nástroje a v dalších operacích by se prováděl pouze ohyb a řezání závitů, tzn., že by se výroba sloučila do čtyř samostatných operací – stříhání, ohyb 1, ohyb 2, řezání závitu. Tato varianta by byla podstatně levnější, nicméně stále dosti nákladná.

### **4.1.2 Varianta 2**

V druhém případě uvažujme jako výchozí polotovar celou tabuli plechu, na které budou výrobky sestaveny tak, jak ukazuje obr. 4.2. V tomto případě však nelze polotovar vyrobit technologií plošného tváření ale pro výrobu polotovaru je zapotřebí použít jiné technologie, jako např. laserové řezání, řezání vodním paprskem, řezání plazmou apod. Zde je však nutné zvážit využití materiálu, neboť každá z uvedených technologií dělení materiálu vyžaduje jiný přírůstek. Po operaci řezání by následovaly dvě operace ohýbání a operace řezání závitů. Celá technologie je však velmi pracná a tím také nákladná.



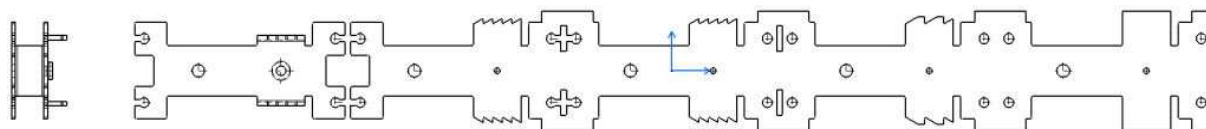
**Obr. 4.2 Varianta 2**

### **4.1.3 Varianta 3**

Tato varianta předpokládá výrobu součásti v jediné operaci a v jednom nástroji. Obrázek 4.4 znázorňuje postup výroby v nástroji tak, jak by mohl být realizován. Součást je orientována podélně. Polotovarem je v tomto případě svitek plechu šířky  $b$ , která odpovídá rozvinuté délce výlisku s přírůstkem na ostřížení – okrajem.

Výhodou této varianty je jednoduchost obsluhy, rychlost výroby – vše (kromě závitu) se vyrobí na jednom místě, snadná manipulace s materiálem, nízké nároky na skladovací

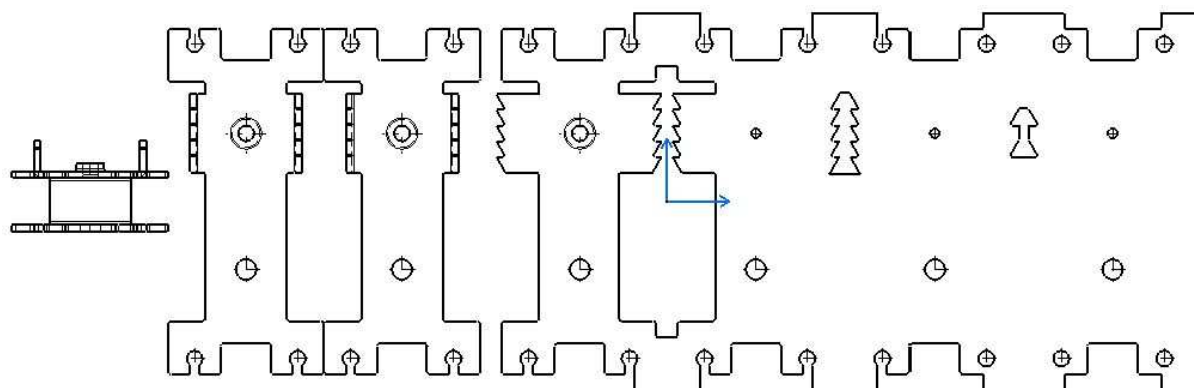
prostory. Nevýhodou je poměrně složitá konstrukce nástroje a jeho vysoká pořizovací cena. Tato výroba je vhodná zejména pro velkosériovou a hromadnou výrobu.



**Obr. 4.3 Varianta 3**

#### **4.1.4 Varianta 4**

Tato varianta znázorněná na obr. 4.4. je obdobná variantě předchozí s tím rozdílem, že výrobky jsou orientovány napříč nástroje.



**Obr. 4.4 Varianta 4**

### **4.2 Zhodnocení variant**

Vzhledem k předpokládané sériovosti výroby součásti 250 000 ks/rok je potřeba zvolit takovou variantu výroby součásti, která nebude kapacitně náročná na lidskou práci. Z navržených variant nejlépe vyhovují varianty 3 a 4, pro které bude následně vypočteno využití materiálu, které by mělo být co nejvyšší z důvodu hospodárnosti výroby. Jelikož bude k výrobě využito svitku plechu, budou výpočty provedeny pro určitou délku plechu, a to tak, aby rozdíl z nevyužitého konce plechu mezi oběma variantami byl co nejmenší.

### **4.3 Využití materiálu zvolených variant**

Při posouzení materiálového vyžití při výrobě plechu se musí nejprve určit velikost rozvinutého tvaru součásti a podle jeho velikosti určíme rozměry můstků a okrajů plechu a také velikost kroku materiálu.

#### **4.3.1 Určení rozměrů rozvinutého tvaru**

Při určení délky výchozího polotovaru vycházíme z výkresu součásti (obr. 2.1), kde si určíme délky všech rovných částí součásti, a poté určíme koeficient  $x$ , pro určení délky oblouku v neutrální ploše podle poměru  $R_o/s$ .

$$\frac{R_o}{s} = \frac{1}{2} = 0,5 \Rightarrow x = \mathbf{0,38} [-]$$

$$l_n = \frac{\pi \cdot \gamma}{180} (R_o + x \cdot s) = \frac{\pi \cdot 90}{180} \cdot (1 + 0,38 \cdot 2) = \mathbf{2,765} [-]$$

Délky rovných úseků:

$$l_1 = 13\text{mm}$$

$$l_2 = 46\text{mm}$$

Celková délka polotovaru tady je:

$$l_{c1} = 2 \cdot l_n + l_1 + 2 \cdot l_2 = 2 \cdot 2,765 + 13 + 2 \cdot 46 = 110,53 \cong \mathbf{110,5} \text{ [mm]}$$

Při určení šířky polotovaru je postup obdobný. Součinitel  $x$  se nemění, protože se nemění ani tloušťka materiálu, ani radius ohybu.

$$l_n = \frac{\pi \cdot \gamma}{180} (R_o + x \cdot s) = \frac{\pi \cdot 90}{180} \cdot (1 + 0,38 \cdot 2) = \mathbf{2,765} \text{ [-]}$$

Délky rovných úseků:

$$l_3 = 30\text{mm}$$

$$l_4 = 9\text{mm}$$

Celková šířka polotovaru tady je:

$$l_{c2} = 2 \cdot l_n + l_3 + 2 \cdot l_4 = 2 \cdot 2,765 + 30 + 2 \cdot 9 = 53,53 \cong \mathbf{53,5} \text{ [mm]}$$

Celkové rozměr polotovaru tedy je 110,5x53,5mm. Podle tohoto rozměru se určí velikost můstku okraje stříhaného materiálu. K určení slouží nomogramy, které jsou zpracovány graficky. Nomogram pro určení můstků a okrajů pro přímý stříh obdélníkového, nebo čtvercového průřezu je uveden v příloze 3. Z nomogramu je možné vyčíst hodnoty můstku  $E$  a hodnoty okraje  $F$ .

### 4.3.2 Využití materiálu varianty 3

$$E = 3\text{mm}$$

$$F = 7,5\text{mm}$$

Délka kroku je součtem délky polotovaru a můstku. Platí tedy:

$$k = l_{c1} + E = 110,5 + 3 = \mathbf{113,5} \text{ [mm]}$$

Šířka pásu je součtem šířky polotovaru a okraje  $F$ . Platí tedy:

$$b = l_{c2} + F = 53,5 + 7,5 = \mathbf{61} \text{ [mm]}$$

$$\text{Počet výstřížků z jednoho pásu: } \frac{L}{k} = \frac{2500}{113,5} = 22,02 = \mathbf{22} \text{ [ks]}$$

Procentuální využití uvažované části pásu:

$$\frac{\text{celková plocha výrobků z pásu}}{\text{plocha pásu}} \cdot 100 = \frac{22 \cdot 4000}{2500 \cdot 61} \cdot 100 = \mathbf{57,7\%}$$

### 4.3.3 Využití materiálu varianty 4

$$E = 3\text{mm}$$

$$F = 7,5\text{mm}$$

Délka kroku je součtem délky polotovaru a můstku. Platí tedy:

$$k = l_{c2} + E = 53,5 + 3 = \mathbf{56,5} \text{ [mm]}$$

Šířka pásu je součtem šířky polotovaru a okraje  $F$ . Platí tedy:

$$b = l_{c1} + F = 110,5 + 7,5 = \mathbf{118} \text{ [mm]}$$

$$\text{Počet výstřížků z jednoho pásu: } \frac{L}{k} = \frac{2500}{56,5} = 44,24 = \mathbf{44} \text{ [ks]}$$

Procentuální využití uvažované části pásu:

$$\frac{\text{celková plocha výrobků z pásu}}{\text{plocha pásu}} \cdot 100 = \frac{44 \cdot 4000}{2500 \cdot 118} \cdot 100 = \underline{\underline{59,7\%}}$$

#### **4.3.4 Zhodnocení variant**

Propočet využitelnosti materiálu obou variant uspořádání součástí v pásu plechu ukazuje, že výhodnější z hlediska spotřeby materiálu vychází varianta 4. Zde je ale zapotřebí říct, že hledisko spotřeby materiálu by nemělo být jediným kritériem při hodnocení způsobu výroby součástí, ale je zapotřebí brát zřetel na postup výroby součástí, který zásadním způsobem ovlivňuje složitost a náročnost výroby nástroje.

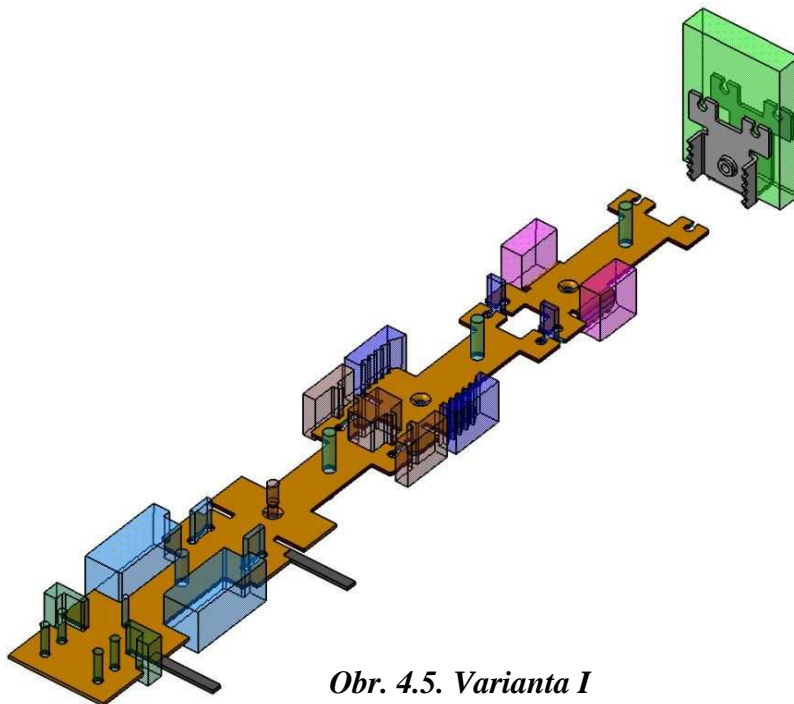
### **4.4. Varianty uspořádání**

V této kapitole se zaměříme na varianty uspořádání postupu stříhu a ohýbání v nástroji. Tyto varianty se pak pokusíme vyhodnotit z hlediska postupu výroby součástí v nástroji, a pokusíme se vybrat neoptimálnější z nich. Nebudou zde samozřejmě uvedeny všechny varianty možného uspořádání, ale pouze některá z možných.

Zvoleným polotovarem je svitek plechu šířky  $b$ .

Krok v nástroji bude zajištěn u všech variant pomocí podávacího zařízení, středění plechu v nástroji je zajištěno pomocí hledáček.

#### ***Varianta I***



*Obr. 4.5. Varianta I*

Jednotlivé kroky:

**KROK 1** – vystřížení kulatých otvorů a části tvaru pomocí tvarových střížníků, založení plechu do nástroje pomocí dorazu.

KROK 2 – ostřížení části tvaru pomocí tvarových střížníků, vystřížení obdélníkových otvorů propojujících kulaté otvory, vystřížení kulatého otvoru průměru 6,5mm, předstřížení otvoru pro protažení na závit, založení pomocí dorazu.

KROK 3 – ostřížení tvaru tvarovými střížníky, vystřížení tvarového otvoru, protažení otvoru pro závit za vzniku kolmé válcové stěny, zahledání pomocí hledáku.

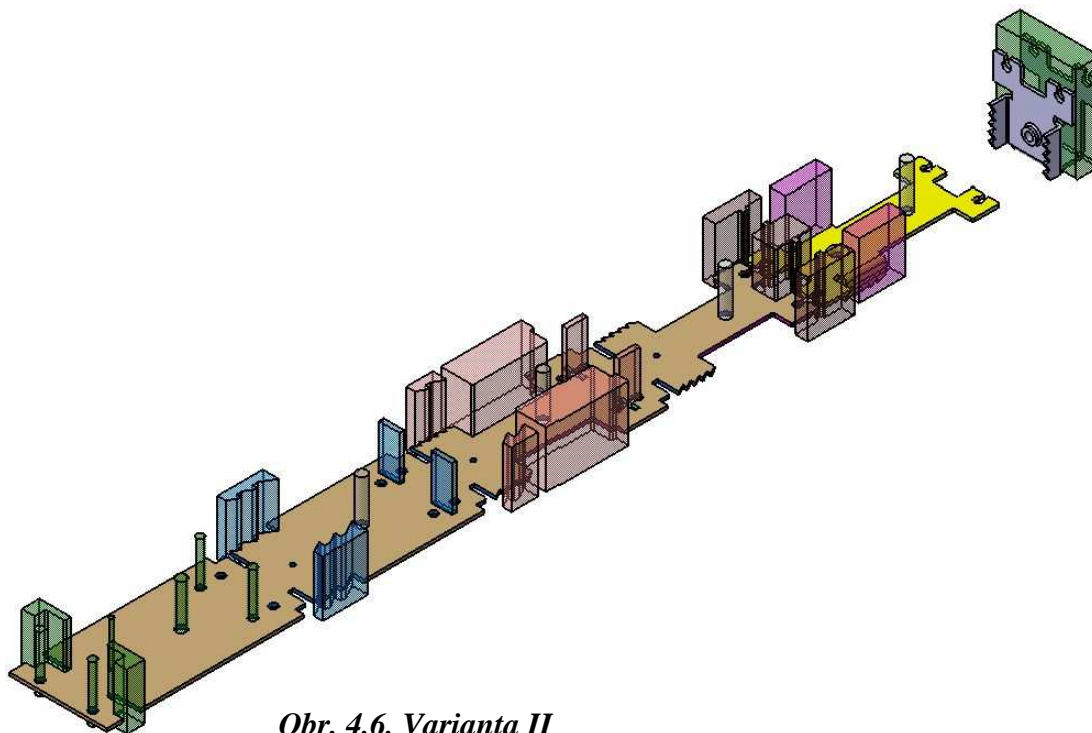
KROK 4 - ostřížení tvaru tvarovými střížníky, zahledání pomocí hledáku, přestřížení.

KROK 5 – ohyb 1, zahledání pomocí hledáku.

KROK 6 – ohyb do konečného tvaru, vyjmutí součásti z nástroje a dopravení pomocí skluzu do bedny.

Při této variantě výroby je nutné dvojí manuální zakládání plechu do nástroje, což lze považovat za komplikaci při zavádění plechu do nástroje. Druhým a zásadnějším problémem je ostřížení tvaru zoubků. Střížník nelze totiž technologicky vyrobit tak, aby vznikla ostrá špička, jak je uvedeno na výkrese součásti. Zde by se musel změnit tvar součásti, aby špičky nebyly ostré, ale mírně zaoblené.

### ***Varianta II***



***Obr. 4.6. Varianta II***

Jednotlivé kroky:

KROK 1 – vystřížení kulatých otvorů průměru 5mm, vystřížení kulatého otvoru průměru 6,5mm, předstřížení otvoru pro protažení na závit a ostřížení části tvaru pomocí tvarových střížníků, založení plechu do nástroje pomocí zakládacího dorazu.

KROK 2 – ostřížení části tvaru pomocí tvarových střížníků, vystřížení obdélníkových otvorů, zahledání pomocí hledáku.

KROK 3 – ostřížení tvaru tvarovými střížníky, vystřížení obdélníkových otvorů propojujících kulaté otvory, zahledání pomocí hledáku.

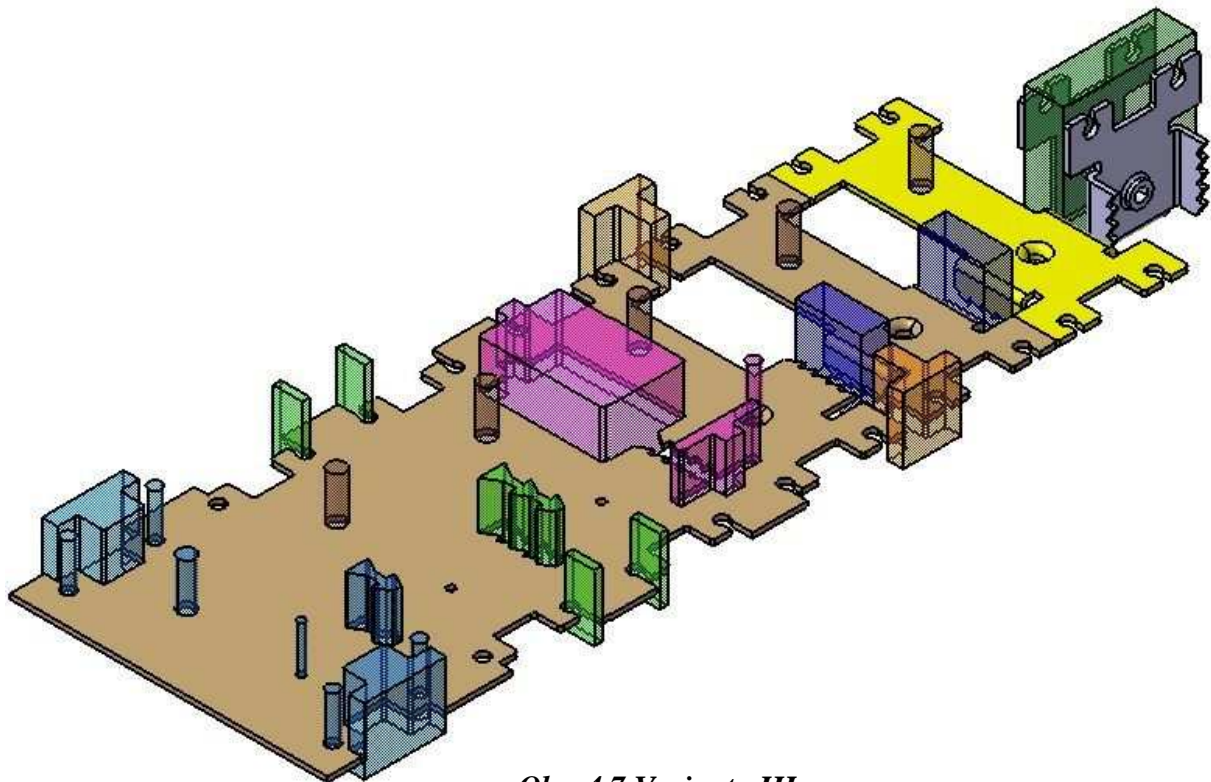
KROK 4 - ostřížení tvaru tvarovými střížníky za současného přestřížení plechu, protažení otvoru pro závit za vzniku kolmé válcové stěny (není znázorněno), zahledání pomocí hledáku.

KROK 5 – ohyb 1, zahledání pomocí hledáku.

KROK 6 – ohyb do konečného tvaru, vyjmutí součásti z nástroje a dopravení pomocí skluzu do bedny.

Při této variantě výroby je odstraněno dvojitý manuální zakládání plechu do nástroje. Také druhý problém se tímto uspořádáním odstraní, protože vystřížení zoubků je rozděleno do dvou stříhů. Z toho plyne, že tato varianta uspořádání je výhodnější, než předcházející varianta.

### *Varianta III*



*Obr. 4.7 Varianta III*

Jednotlivé kroky:

KROK 1 – vystřížení kulatých otvorů průměru 5mm, vystřížení kulatého otvoru průměru 6,5mm, předstřížení otvoru pro protažení na závit a ostřížení části tvaru pomocí tvarových střížníků, vystřížení prvního kroku zoubků, založení plechu do nástroje pomocí dorazu.

KROK 2 – ostřížení části tvaru pomocí obdélníkových střížníků, vystřížení druhého kroku zoubků, zahledání pomocí hledáku.

KROK 3 – prostřížení otvorů tvarovými střížníky, protažení otvoru pro závit za vzniku kolmé válcové stěny, zahledání pomocí hledáku.

KROK 4 – ohyb 1, zahledání pomocí hledáku.

KROK 5 – prázdný krok

KROK 6 – ohyb do konečného tvaru, vyjmutí součásti z nástroje a dopravení pomocí skluzu do bedny.

Tato varianta výroby je poměrně komplikovaná. Materiál se musí zvedat o 14mm, což by z hlediska konstrukce nebyl neřešitelný problém. Větší však nastává v posledním kroku, kdy není zcela řešitelné podání materiálu do ohybnice. Zde by konstrukce nástroje byla poněkud komplikovanější. Dále zde vzniká méně místa na první ohyb, než poskytují předcházející varianty.

### **4.5.1 Zhodnocení**

Z výše uvedeného plyne, že nejvýhodnější variantou výroby součásti bude zvolení varianty II. Při této variantě řešení je nejméně problémů jak z hlediska technologie výroby nástroje, tak z hlediska průchodnosti materiálu nástrojem. Co se týká využitelnosti materiálu ve srovnání s uspořádáním varianty III, tak lze říci, že jsou téměř identické. Rozdíl v rozsahu 2% lze zanedbat. Z těchto důvodů jsem se rozhodl pro uspořádání varianty II.

## **5. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ NÁSTROJE**

Při konstrukci nástroje vycházíme z nástřihového plánu, který se volí s ohledem na spotřebu materiálu, tvarovou jednoduchost, silové vyvážení, snadnou smontovatelnou a vyměnitelnost.

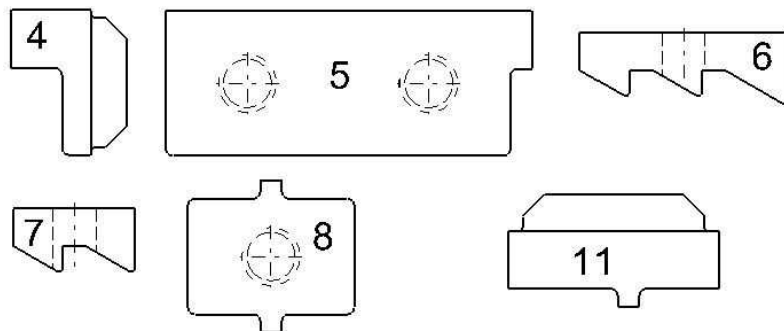
Pro určení velikosti stroje na výrobu dané součásti je zapotřebí nejprve vypočítat síly, které potřebujeme pro výrobu součásti.

### **5.1 Výpočty stříhání**

#### *Střížná síla*

*Tabulka délek stříhu*

Číslo	Název	Počet	Délka [mm]	Celková délka úseku [mm]
1	Střížník kulatý ø5mm	4	15,71	62,84
2	Střížník kulatý ø6,5mm	1	20,42	20,42
3	Střížník kulatý ø3,4mm	1	10,68	10,68
4	Střížník tvar 1	2	45,14	90,28
5	Střížník tvar 2	2	84,21	168,42
6	Střížník tvar 3	2	34,26	68,52
7	Střížník tvar 4	2	21,72	43,44
8	Střížník tvar 5	1	84,57	84,57
9	Střížník obdélníkový 1	2	32	64
10	Střížník obdélníkový 2	2	12	24
11	Střížník ostřihovací 1	2	33,14	66,28
<b>Celková délka stříhu</b>				<b>703,45</b>



**Obr 5.1 Tvary střížníků**

Výpočet podle vzorce 3.2 kapitola 3.1.2. Délka stříhu tvarových střížníků byla stanovena pomocí programu CATIA V5.

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_{ps} = 1,2 \cdot 703,45 \cdot 2 \cdot 0,8 \cdot 400 = 540\,249,6 \text{ [N]} = \underline{\underline{540,25 \text{ [kN]}}}$$

### ***Střížná práce***

Výpočet podle vzorce 3.5 v kapitole 3.1.6.

$$A = \frac{F_{smax} \cdot s \cdot \lambda}{1000} = \frac{540\,249,6 \cdot 2 \cdot 0,65}{1000} = \underline{\underline{702,32 \text{ [J]}}}$$

hodnota součinitele  $\lambda$  byla určena podle obr. 3.5 kapitola 3.1.3.

### ***Stírací síla***

[14]

Výpočet podle vzorce 3.3. v kapitole 3.1.2. Hodnota součinitele  $c_1$  byla určena z tabulky 3.1.

$$F_{st} = c_1 \cdot F_s = 0,08 \cdot 540\,249,6 = 43\,219,97 \text{ [N]} = \underline{\underline{43,22 \text{ [kN]}}}$$

Tato síla bude vyvinuta pomocí pružin umístěných ve střední části nástroje. Volba pružiny byla provedena na základě potřebné stírací síly v katalogu fa. FIBRO – viz. příloha 4.

### ***Protlačovací síla***

Výpočet podle vzorce 3.4. v kapitole 3.1.2. Hodnota součinitele  $c_2$  byla určena z tabulky 3.1.

$$F_{pr} = c_2 \cdot F_s = 0,05 \cdot 540\,249,6 = 27\,012,48 \text{ [N]} = \underline{\underline{27 \text{ [kN]}}}$$

### ***Střížná vůle***

Výpočet podle vzorce 3.6. v kapitole 3.1.4.

$$z = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 0,01 \cdot 2 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 400} = \underline{\underline{0,11 \text{ [mm]}}}$$

Další možností určení střížné mezery je na základě procentuálního určení v závislosti na tloušťce materiálu. V praxi se často volí v rozmezí 6 – 10% tloušťky materiálu. Potom tedy platí:

$$v = (0,6 \div 0,1) \cdot s = 0,8 \cdot 2 = \underline{\underline{0,16 \text{ [mm]}}}$$

$$z = \frac{v}{2} = \frac{0,16}{2} = \underline{\underline{0,08 \text{ [mm]}}}$$

Volím menší hodnotu střížné mezery  $z$  tedy hodnotu 0,08mm.

### Potřebná síla lisu na stříhání

$$F_{celk} = F_s + F_{st} + F_{pr} = 540,25 + 43,22 + 27 = \underline{\underline{610,47}} [kN]$$

## 5.2 Výpočty ohýbání

### Výpočet odpružení

Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o ohýbání do tvaru „U“ použijeme vztahu 3.11. v kapitole 3.2.3.

#### Ohyb 1

$$\tan \beta_{u1} = 0,75 \cdot \frac{l_m \cdot R_e}{k \cdot s \cdot E} = 0,75 \cdot \frac{6,4 \cdot 235}{0,62 \cdot 2 \cdot 2,1 \cdot 10^5} = 0,006 \Rightarrow \beta = \underline{\underline{0,34}} [^\circ]$$

$$l_m = r_m + R_o + 1,2 \cdot s = 3 + 1 + 1,2 \cdot 2 = \underline{\underline{6,4}} [mm]$$

Vzhledem ke skutečnosti, že se tento ohyb bude realizovat ve směru vláken, lze očekávat, že výsledné odpružení bude mít hodnotu vyšší, nežli je hodnota určená výpočtem. Velikost odpružení se ve výsledném rozměru projeví roztažením o 0,08mm, což odpovídá necelé ½ toleranci dle ČSN ISO 2768 (tato norma udává toleranci pro rozměr 6 – 30mm v rozmezí  $\pm 0,2mm$ ). Z tohoto důvodu nenavrhuji žádnou úpravu rozměru ani nástroje. Případné změny doporučuji až po provozní zkoušce lisu a montážní zkoušce dílu.

#### Ohyb 2

$$\tan \beta_{u2} = 0,75 \cdot \frac{l_m \cdot R_e}{k \cdot s \cdot E} = 0,75 \cdot \frac{6,4 \cdot 235}{0,62 \cdot 2 \cdot 2,1 \cdot 10^5} = 0,006 \Rightarrow \beta = \underline{\underline{0,34}} [^\circ]$$

$$l_m = r_m + R_o + 1,2 \cdot s = 3 + 1 + 1,2 \cdot 2 = \underline{\underline{6,4}} [mm]$$

### Stanovení $R_{min}$

K výpočtu použijeme vztahy 3.8 a 3.9 kapitola 3.2.2.

$$R_{min} = \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = 1 \cdot \left( \frac{1}{\frac{1}{2}} - 1 \right) = \underline{\underline{1}} [mm]$$

$$\varepsilon_c = \frac{s}{2 \cdot R_{min} + s} = \frac{2}{2 \cdot 1 + 2} = \underline{\underline{0,5}} [mm]$$

Z hlediska použité technologie nás zajímá pouze minimální poloměr radiusu, a proto maximální radius ohybu nestanovujeme.

### Stanovení velikosti výchozího polotovaru

Velikost výchozího polotovaru a způsob jeho určení byly uvedeny v kapitole 4.4.1. Zde jsou pouze uvedeny konečné rozměry:

Celková délka výchozího polotovaru (bez můstku): **110,5mm**

Celková šířka výchozího polotovaru (bez okrajů): **53,5mm**

### Stanovení ohybové síly

K výpočtu použijeme vztah 3.18 kapitola 3.2.5.

$$F_{ou1} = (1 + 7 \cdot \mu) \cdot \frac{b \cdot s^2 \cdot R_e}{R + s} = (1 + 7 \cdot 0,3) \cdot \frac{25 \cdot 2^2 \cdot 235}{3 + 2} = 14\,570 = \underline{\underline{14,57}} [kN]$$

$$F_{ou2} = (1 + 7 \cdot \mu) \cdot \frac{b \cdot s^2 \cdot R_e}{R + s} = (1 + 7 \cdot 0,3) \cdot \frac{26 \cdot 2^2 \cdot 235}{3 + 2} = 15\,152,8 = \underline{\underline{15,15}} \text{ [kN]}$$

$$F_{ou} = F_{ou1} + F_{ou2} = 14,57 + 15,15 = \underline{\underline{29,72}} \text{ [kN]}$$

### ***Síla přidržovače***

K výpočtu použijeme vztah 3.19 kapitola 3.2.5.

$$F_{p1} = (0,25 \text{ až } 0,30) \cdot F_{ou} = 0,3 \cdot 14\,570 = 4\,371 = \underline{\underline{4,37}} \text{ [kN]}$$

$$F_{p2} = (0,25 \text{ až } 0,30) \cdot F_{ou} = 0,3 \cdot 15\,152,8 = 4\,545,84 = \underline{\underline{4,55}} \text{ [kN]}$$

Přidržovací síla ohybu 1 je vyvozena pružinami ve střední části nástroje, které současně vyvozují sílu stírací při pohybu nástroje směrem nahoru.

Přidržovací síla ohybu 2 je vyvozena vyhazovací lištou, která je pod pružinami.

### ***Ohybová práce***

K výpočtu použijeme vztah 3.20 kapitola 3.2.5.

$$A_{ou1} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (F_{p1} + F_{ou1})}{1\,000} \cdot h = \frac{\frac{1}{2} \cdot (4\,371 + 14\,570)}{1\,000} \cdot 10 = \underline{\underline{94,7}} \text{ [J]}$$

$$A_{ou2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (F_{p2} + F_{ou2})}{1\,000} \cdot h = \frac{\frac{1}{2} \cdot (4\,545,84 + 15\,152,8)}{1\,000} \cdot 10 = \underline{\underline{98,5}} \text{ [J]}$$

### ***Stanovení ohybové vůle***

K výpočtu použijeme vztah 3.22 kapitola 3.2.6.

$$v_o = (s \div s_{max}) + c \cdot s = 2 + 0,1 \cdot 2 = \underline{\underline{2,2}} \text{ [mm]}$$

## **5.3 Velikost síly protahování**

Velikost předstříženého otvoru na protahování  $d_2$  a průměru tažnice  $D$  volíme podle tabulky přílohy 2.

$$d_2 = 3,4 \text{ mm}$$

$$D = 6,7 \text{ mm}$$

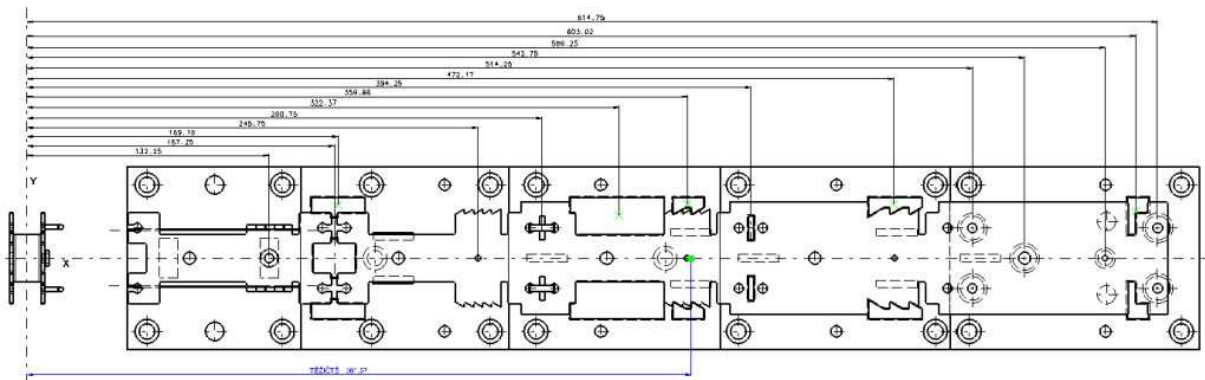
$$F_o = 0,7 \cdot s \cdot (D - d_2) \cdot R_m = 0,7 \cdot 2 \cdot (6,7 - 5) \cdot 400 = \underline{\underline{952}} \text{ [N]}$$

Dosažitelná výška protažení je 3,4mm dle přílohy 2. Na výkrese součásti je požadována hodnota 4,5mm. Vzhledem ke značnému rozdílu požadované a dosažitelné výšky navrhuji úpravu rozměru 4,5mm na rozměr 3,4mm. Tato úprava nijak neovlivní funkčnost otvoru pro závit.

## 5.4 Určení polohy těžiště

Vzhledem k symetrii součásti postačí určit těžiště v ose  $x$ . Těžiště v ose  $y$  je rovno nule.

Druh síly		Vzdálenost [mm]	Velikost síly [N]	$M_k$ [N.mm]
Ohýbací	Ohyb 1	132,25	14 570	1 926 882,5
	Ohyb 2	0	15 152,8	0
Střížné	Střížníky $\varnothing 5\text{mm}$	614,75	24 130,56	14 834 261,76
	Střížník tvar 1	603,02	69 335,04	41 810 415,82
	Střížník $\varnothing 3,4\text{mm}$	506,25	8 202,24	4 152 384
	Střížník tvar 2	322,37	129 346,56	41 697 460,22
	Střížníky $\varnothing 6,5\text{mm}$	542,75	15 682,56	8 511 709,44
	Střížníky $\varnothing 5\text{mm}$	514,25	24 130,56	12 409 140,48
	Střížníky tvar 3	472,17	52 623,36	24 847 171,89
	Střížník obdélník 1	394,25	49 152	19 378 176
	Střížníky tvar 4	359,06	33 361,92	11 978 931
	Střížník obdélník 2	280,75	18 432	5 174 748
	Střížníky ostřihovací 1	169,18	50 903,04	8 611 776,31
Střížník tvar 5	167,25	64 949,76	10 862 847,36	
Protahovací	Průtažník	245,75	952	233 954
			570924,6	206 429 858,7



Obr. 5.2. Souřadnice srřihu a ohybu

Vzdálenost těžiště na ose  $x$  určíme jako podíl výsledného kroutícího momentu  $M_k$  a výsledné síly.

$$T_x = \frac{\sum M_k}{\sum F_s + \sum F_o} = \frac{206\,429\,858,7}{570\,924,6} = \underline{\underline{361,57}} \text{ [mm]}$$

## 5.5 Návrh stroje

Pro určení velikosti stroje je potřeba znát všechny střížné, ohýbací, přidržovací a protlačovací síly, které musí stroj překonávat. Je tedy nutné navrhnout takový lis, který bude disponovat vyšší hodnotou jmenovité síly, aby nemohlo dojít k přetížení lisu.

Střížná síla $F_s$	540,3kN
Stírací síla $F_{st}$	43,3kN
Protlačovací síla $F_{pr}$	27kN
Ohýbací síla $F_o$	29,8kN
Přidržovací síla $F_p$	9kN
Celková síla $F_{celk}$	649,4kN

Při volbě stroje jsou důležité také některé jeho rozměry:

Zdvih Z: dráha beranu mezi úvratěmi

Sevření H: vzdálenost mezi upínacím stolem a beranem lisu v jeho dolní úvratí.

Upínací plocha stolu a beranu: Pro upnutí nástroje musí být upínací plocha větší, než jsou rozměry navrženého nástroje.

Zvoleným lisem pro výrobu součásti je dvojstojanový výstředníkový lis ERFURT PE 100 D v tuhé svařované ocelové konstrukci. Lis je vybaven bezpečnostním sklem ze přední i zadní strany. Z tohoto důvodu nebylo nutné nástroj zakrytovat. Nicméně nástroj je označen jako nebezpečný zejména kvůli manipulaci s nástrojem a při seřizování stroje.

Svítek plechu je podáván z jednostranného odvíjáku QOJP 250/1400 za pomoci válečkového podavače.

### **Rozměry lisu**

Vlastní hmotnost lisu		8000		kg
Jmenovitá lisovací síla		1 000		kN
Přestavení beranu		80		mm
Zdvih beranu, přestavitelný	min. zdvih	10		mm
	max. zdvih	90		mm
Přestavitelné zdvihy		10; 19,5; 34; 49; 66; 76; 84; 88; 90		mm
Jmenovitý počet zdvihů	90 min <sup>-1</sup>	min. počet zdvihů	60	min <sup>-1</sup>
		max. počet zdvihů	140	min <sup>-1</sup>
Upínací plocha stolu	š x h	900 x 560		mm
Upínací plocha beranu	š x h	900 x 560		mm
Max. rozměr nástroje		720 x 460		mm

V praxi je často určen typ a velikost stroje určen již zákazníkem v zadávacích podmínkách pro výrobu nástroje. Z tohoto důvodu se velmi často stává, že tvářecí stroj je vzhledem k požadavkům potřebným pro tváření předimenzován.

## **5.6 Popis nástroje**

Pro výrobu součásti byl navržen postupový nástroj sdružený, který zadanou součást vyrobí zcela po stránce tvarové a současně vyrobí otvory potřebné pro další operace.

Hlavní části nástroje jako jsou střižnice (poz.17 – 20) a ohybnice (poz.21 – 23) jsou konstruovány jako dělené. Toto uspořádání je výhodné jak z hlediska výroby, tak také z hlediska pozdější údržby nástroje ve výrobě. Při poškození některé z funkčních částí se vymění pouze poškozená matrice a není zapotřebí měnit celou funkční matici, jak by tomu bylo v případě použití celistvé matrice. Kulaté razníky jsou použity normalizované dle DIN 9861 tvar D/ISO 6752. Matrice kulatých otvorů jsou také navrženy jako normalizované dle normy ISO 8977.

Při stříhání materiálu by měl odpad zůstat ve fazetce střižnice, nebo propadnout samovolně střižnicí ven z nástroje. Z tohoto důvodu jsou přes rám matic (poz.2) a základovou desku (poz.1) vytvořeny odlehčené propadové otvory, které umožňují plynulé propadnutí otvoru ven z nástroje a poté z prostoru lisu pomocí dopravníku.

Středění materiálu v pracovní části nástroje je zajištěno pomocí vodících lišt (poz.24, 25), ve kterých je veden základní materiál. Délka kroku je zajištěna pomocí podavače, takže v nástroji je použit pouze zakládací doraz (poz.57).

Vzhledem k tvaru součásti, který je opatřen protažením, je zapotřebí, aby byl nástroj opatřen zvedacím mechanismem. Tyto zvedací součásti (poz.26 - 29) se při zdvihu nástroje vysunou a zvednou materiál do takové výšky, která zajistí bezproblémová posunutí materiálu o krok vpřed. Zvedací zařízení využívá ke své funkci tlačných pružin.

Hlavní funkční části nástroje jsou vloženy do vodícího stojánku, který zajistí vystředění nástroje v prostoru lisu. V horní části nástroje se nachází kotevní deska střižníků a ohybnic (poz.9), opěrná kalená deska (poz.10) a upínací deska (poz.12). Vodící stojánek je upnut ke stolu a beranu lisu pomocí upínek. Správné vystředění spodního a horního dílu nástroje je zajištěno pomocí vodících sloupků a pouzder.

Správné složení funkčních dílů a zajištění jejich správné polohy je zajištěno pomocí válcových kolíků. Poloha je dále zafixována pomocí šroubů s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem dle ISO 4762.

Nástroj také obsahuje výškové dorazy (poz.58), které zamezují nežádoucímu vniknutí horních funkčních částí nástroje do spodních. Toto by mohlo nastat při špatném nastavení pracovního zdvihu při seřizování nástroje, při manipulaci s nástrojem a jeho skladování. Při skladování nástroje se na výškové dorazy často kladou skladovací válečky (ocelové válečky z kulatiny stejné výšky), které zabezpečují bezpečnost nástroje právě při skladování a manipulaci.

Vyjmutí součásti z nástroje je zajištěno pomocí pneumatického válce, na kterém je umístěna stírací vidlice, která při pohybu válce vpřed „setře“ výlisek z ohybnice. Celý nástroj je ovšem poměrně složitý mechanismus, který musí být dostatečně zabezpečen proti havárii a poškození funkčních částí. Z tohoto důvodu jsou v nástroji použita dvě čidla. Jedná se o čidlo „průletové“ (světelné), které hlídá, zda výlisek vypadl z nástroje na skluz, čidlo dojezdové, které kontroluje polohu válce, aby nezůstal ve vysunuté poloze. Při nefunkčnosti jakéhokoli z uvedených čidel se stroj zastaví v horní úvratí.

## 6. TECHNICKO EKONOMICKÉ HODNOCENÍ

V této kapitole se pokusím vyčíslit výrobní náklady jednoho kusu výrobku. Do ceny výrobku se projeví náklady přímo spojené s výrobou výlisku.

NÁKLADY NA NÁSTROJ						
Náklady na konstrukci			hod.	Kč/hod.	Celkové náklady	
			120	730	87 600,-	
			kg	Kč/kg		
Materiál	Ocel	11 373	450	42,50,-	19 125,-	
		11 500	70	55,70,-	4 361,-	
		11 600	30	62,30,-	1 869,-	
		12 050	90	71,80,-	6 462,-	
		19 193	5	89,50	447,5,-	
		19 312	55	110,-	6 050,-	
		19 436	40	152,8,-	6 112,-	
						43 426,5,-
	Tepelné zpracování	19 193	5	170,-	850,-	
		19 312	55	170,-	9 350	
		19 436	40	170,-	6 800,-	
						17 000,-
	Normálie	Střížníky, střížnice				
		Vodící prvky				
		Pístnice				
Čidla						
Šrouby, válcové kolíky				28 438,-		
<b>Celkem</b>					176 464,5,-	

Tvorba obráběcích programů			Hod.	Kč/hod.	Celkové náklady
			80	530	42 400
Obrábění			Hod.	Kč/hod.	
	CNC frézování	80	1250	100 000,-	
	Drátové řezání	65	930	60 450,-	
	Vyvrtačka	45	500	22 500,-	
	Konvenční frézování	120	560	67 200,-	
	Broušení na kulato	30	520	15 600,-	
	Broušení na plocho	140	560	78 400,-	
	Příprava materiálu	22	350	7 700,-	
	Montáž + dolícování	120	380	45 600,-	
					397 450,-
<b>Celkem</b>					439 850,-
<b>Celkové výrobní náklady</b>					<b>616 314,5,-</b>
<b>Nabídková cena</b>					<b>620 000,-</b>

Takto stanovená cena je poměrně přesná. V nástrojárnách se však při tvorbě ceny nástroje nevychází z již vykonstruovaného nástroje, ale z nástřihového plánu. Nelze z časových a kapacitních důvodů prvně provést konstrukci nástroje a teprve poté stanovit jeho cenu. Při tvorbě cen pro zákazníka se vychází pouze z tvaru součástí, pro kterou má být nástroj navržen. Navrhne se nástřihový plán a poté je navržena cena nástroje – vychází se tedy

pouze z nástřihového plánu. Z tohoto důvodu se tvorbě cen nástrojů věnují zpravidla nejzkušenější pracovníci.

Při určení celkové spotřeby materiálu na výrobu celé série vyjdeme především z rozměru odvíjáku a stanovíme počet a hmotnost svitků potřebných pro výrobu.

Max nosnost: 1400kg  
 Vnitřní  $\varnothing$  svitku: 400 ÷ 600mm (volím střední hodnotu – tedy 500mm)  
 Šířka pásu: 61mm  
 Délka jednoho kroku: 113,5mm

Výpočet vnějšího průměru z maximální nosnosti:

$$\frac{(D_{vnější}^2 - D_{vnitřní}^2) \cdot \pi \cdot b}{4} = \frac{m}{\rho} \Rightarrow D_{vnější} = \sqrt{\frac{4 \cdot m}{\pi \cdot b \cdot \rho} + D_{vnitřní}^2}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 1400}{\pi \cdot 61 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}} + 500^2} = 1999 \text{ [mm]}$$

Zpravidla volíme menší průměr svitku, abychom zabránili přetížení podavače. Volím průměr 1500mm.

Určíme plochu mezikruží:

$$S_{mezikruží} = \frac{(D_{vnější}^2 - D_{vnitřní}^2) \cdot \pi}{4} = \frac{1500^2 - 500^2}{4} \cdot \pi = 1\,570\,796 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Z plochy mezikruží určíme délku plechu ve svitku:

$$L_{svitku} = \frac{S_{mezikruží}}{s} = 785\,398 \text{ [mm]} \cong 785 \text{ [m]}$$

Počet výstřižků z jednoho svitku:

$$q = \frac{L_{svitku}}{k} = \frac{785\,398}{113,5} = 6\,919 \text{ [ks]}$$

Celkový počet svitků:

$$q_{svitků} = \frac{q_{celk}}{q} = \frac{250\,000}{6\,919} = 36,13 = 37 \text{ [svitků]}$$

Cena materiálu se udává v Kč/kg. Proto je potřeba určit celkovou hmotnost plechu.

$$m_{celk.} = \rho \cdot V \cdot q_{svitků} = 7,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{D_{vnější}^2 - D_{vnitřní}^2}{4} \cdot \pi \cdot b \cdot 37$$

$$= 7,8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1500^2 - 500^2}{4} \cdot \pi \cdot 61 \cdot 37 = 27\,653 \text{ [kg]}$$

Celková cena za materiál:

$$27\,653 \cdot 51 = 1\,410\,303 \text{ [kč]}$$

Cena za dělení jednoho svitku se počítá 8 000,-. Z toho plynou náklady na dělení materiálu:

$$N_{dělení} = 37 \cdot 8\,000 = 296\,000 \text{ [kč]}$$

Plánovaná doba návratnosti nástroje jsou 4 roky.

Stanovení ceny na základě znalosti nákladů na nástroj a materiálu:

$$Cena_{celk} = \frac{155\,000 + 1\,410\,303 + 296\,000}{250\,000} = \underline{7,45} \text{ [kč/ks]}$$

Stanovení ceny není úplné a nebylo to ani cílem této práce. Jedná se pouze o naznačení postupu stanovení ceny. Musely bychom znát energetické nároky stroje, výrobní a správní režie, náklady na přímé mzdy atd. Dále bychom museli stanovit předpokládaný zisk z jednoho kusu a toto vše zahrnout do ceny výrobku. Z toho plyne, že stanovení ceny není jednoduché, ale musí se brát v úvahu mnoho faktorů, které výslednou cenu ovlivňují. Tímto se ve větších firmách zabývá ekonomické oddělení.

## **7. ZÁVĚR**

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout způsob výroby součásti z plechu na sdruženém nástroji. Zadaným materiálem byl ocelový plech 11 373.1 tloušťky 2mm. Z tohoto důvodu nebylo provedeno zhodnocení výroby součásti za použití jiné technologie – např. konvenční obrábění. Podle strojnických tabulek se jedná o ocel konstrukční uhlíkovou nelegovanou, normalizačně žíhanou s předepsaným obsahem C, P, S předepsanými mechanickými vlastnostmi. Ocel je vhodná pro technologii plošného tváření. Na základě materiálu, tvaru součásti a požadované rozměrové a geometrické přesnosti jsem rozhodl o použitých technologiích, kterými lze zadanou součást zcela vyrobit v jednom nástroji. Z technologií plošného tváření se jedná o stříhání, protahování a ohýbání. Co se týká výroby závitu, tak ten bude v součásti zhotoven ve druhé operaci za pomoci závitovacího přípravku upnutého na stolní vrtače.

V dalším textu jsem se zabýval technologičností zadané součásti z hlediska technologie tváření v postupových nástrojích. Došel jsem k závěru, že zadaná součást zcela vyhovuje pro zvolený způsob výroby.

Po zhodnocení součásti z pohledu tváření jsem přistoupil k literární studii použitých technologií, tedy stříhání, protahování a ohýbání. Přestože je protahování otvorů pro závity používáno poměrně hojně, při literární studii jsem došel k závěru, že této problematice je v odborné literatuře věnováno málo prostoru. Poznatky z literární studie problematiky plošného tváření jsem pak následně využil při vlastním konstrukčním návrhu nástroje.

Před vlastním rozhodnutím o konečném způsobu výroby zadané součásti, pro který bude zkonstruován nástroj, byly zváženy i jiné varianty výroby. Byla navržena varianta výroby v různých nástrojích sestavených do linky. Dále bylo zvažováno, že se bude přístřih vyrábět jinou technologií, nežli plošným tvářením a následně bude součást dohotovena v ohýbadlech a závit vyřezán v závitovacím přípravku. Byly zváženy další uspořádání v pásu plechu, a to tak, že součást prochází nástrojem podélně, nebo příčně. Nakonec jsem došel k závěru, že pro výrobu zadané součásti nejlépe vyhovují varianty 3 a 4.

U zvolených variant jsem provedl srovnání využití materiálu a určil rozměry rozvinutého tvaru součásti. Z výsledků mi vyplynulo, že obě zvolené varianty jsou srovnatelné, a že rozdíl materiálového využití lze v zásadě zanedbat.

V dalším kroku jsem provedl tři návrhy uspořádání nástřihového plánu, z čehož uspořádání I a II byly provedeny dle varianty 3 – tedy podélné uspořádání - a varianta III byla provedena podle varianty 4 – tedy příčného uspořádání. Z těchto variant jsem jako nejvýhodnější posoudil variantu II. Jedná se o variantu, která má nejlepší průchodnost nástrojem, je zde nutnost malé výšky nadzvedávání, což také ulehčuje postup materiálu v nástroji a dále je poměrně jednoduché vyjímání výlisku z nástroje za použití bezpečnostních

prvků, které bezpečnost nástroje ještě zvyšují. U varianty III nastal problém zakládání do posledního ohybu, které by bylo z hlediska konstrukce zřejmě komplikované a neobešlo by se bez speciálního – tedy drahého – řešení. Z tohoto důvodu byla zvolena právě varianta II.

Ve výpočtové části práce, jsem využil poznatků z literární studie, která se týká zadané problematiky. Jediný problém nastal při určení výšky protažení. Zde jsem nevyužil výpočtových vztahů, ale tabulky – viz. příloha 3 – která se ale ve výstupních rozměrech liší od požadované výšky protažení. Zde jsem navrhl konstrukční úpravu na snížení výšky protažení.

V závěru práce jsem provedl výpočet ceny jednoho kusu výrobku. Určení konečné ceny není provedeno úplně. Je to z důvodu poměrně komplikovaného výpočtu a dále z neznalosti konkrétních vstupních parametrů.

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout postupový nástroj sdružený tak, aby byl v praxi použitelný pro výrobu zadané součásti. Některé části nástroje by se zřejmě daly realizovat jiným způsobem. Já jsem se však rozhodl pro provedený způsob, za použití nejjednodušších a mně známých prvků. V nástroji jsou v maximální možné míře použity normalizované díly a to z důvodu výsledné ceny a snadné vyměnitelnosti.

Tato studie by mohla být přínosným vodítkem pro řešitele podobných úkolů.

# **SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] KŘÍŽ, Rudolf; Pavel, VÁVRA. *Strojírenská příručka: Svazek 8*. První. Praha: SCIENTIA spol. s.r.o., 1998. 260 s. ISBN 80-7183-054-2.
- [2] BAREŠ, Karel, et al. *Lisování*. První. Praha: SNTL, 1971. 543 s.
- [3] DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: Návody do cvičení*. Druhé. Brno : CERM, 2005. 106 s. ISBN 80-214-2881-3.
- [4] KOTOUČ, Jiří, et al. *Tvářecí nástroje*. První. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
- [5] FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. Druhé. Brno: CERM s.r.o., 2004. 168 s. ISBN 80-214-2764-7.
- [6] TATÍČEK, František; Tomáš, PILVOUSEK. Akademie tváření: Stříhání. *MM Průmyslové spektrum*. 17.05, 2010, 6, s. strana 72. Dostupný také z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani>>. ISSN 100616.
- [7] DVOŘÁK, Milan; František, GAJDOŠ; Karel, NOVOTNÝ. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. Čtvrté. Brno : CERM, 2007. 170 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [8] LENFELD, Petr. *Tváření kovů: Katedra tváření kovů a plastů* [online]. 2000 [cit. 2011-04-29]. Tváření II. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/01.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm)>.
- [9] DVOŘÁK, František. Akademie tváření: Ohýbání. *MM Průmyslové spektrum*. 22.06.2010, 2010, 7, s. 52. Dostupný také z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-ohybani>>. ISSN 100715.
- [10] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Konstrukce nástrojů pro lisování*. Praha : Nakladatelství Josef Hokr, 1942. 784 s.
- [11] ČSN 22 7340. *Tvářecí nástroje - ohýbadla: Všeobecné požadavky na konstrukci a výpočet*. Praha: Vydavatelství norem, 1991. 16 s.
- [12] ROMANOVSKIJ, Viktor Petrovič. *Příručka pro lisování za studena*. 2. vyd. Praha : SNTL, 1959. 540 s. DT 621.986.
- [13] ČSN 22 6385. *Lisovací nástroje. Protahování otvorů do plechu: Otvory pro metrický závit*. Praha: Vydavatelství norem, 1968. 8 s.
- [14] *Katalog Fibro, první české vydání* [online]. 2010 [cit. 2011-05-08]. Normálie FIBRO pro strojírenský průmysl. Dostupné z WWW: <<http://www.gore.cz/>>.

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ

Značka	Název	Jednotka
$A$	Střížná práce	[J]
$A_{ou}$	Ohybová práce ohybu do tvaru „U“	[J]
$A_{ov}$	Ohybová práce ohybu do tvaru „V“	[J]
$\beta$	Úhel odpružení	[°]
$b$	Šířka ohýbané součásti	[mm]
$c_1$	Součinitel stírací síly	[-]
$c_2$	Součinitel protlačovací síly	[-]
$D; d$	Označení průměru	[mm]
$E$	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
$E$	Velikost můstku	[mm]
$\varepsilon_c$	Mezní prodloužení	[mm]
$F$	Velikost okraje	[mm]
$F_c$	Celková síla	[N]
$F_o$	Ohýbací síla	[N]
$F_{ov}$	Ohybová síla do tvaru „V“	[N]
$F_p$	Síla přidržovače	[N]
$F_{pr}$	Protlačovací síla	[N]
$F_s$	Střížná síla	[N]
$F_{smax}$	Maximální střížná síla	[N]
$F_{st}$	Stírací síla	[N]
$\eta$	Poissonovo číslo	[-]
$k$	Součinitel; délka kroku	[-]
$l$	Délka	[mm]
$L$	Uvažovaná délka pásu materiálu	[mm]
$n$	Součinitel otupení břitu	[-]
$\rho$	Poloměr neutrální plochy	[mm]
$R_e$	Mez kluzu materiálu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti materiálu	[MPa]
$R_{max}$	Maximální poloměr ohybu	[mm]
$R_{min}$	Minimální poloměr ohybu	[mm]
$S$	Plocha	[mm <sup>2</sup> ]
$s$	Tloušťka materiálu	[mm]
$v$	Střížná vůle	[mm]
$v$	Výška ohybu lemu	[mm]
$x$	Součinitel závislý na poměru R/s	[-]
$z$	Střížná mezera	[mm]
$\lambda$	Součinitel plnosti	[-]
$\tau_{ps}$	Pevnost materiálu ve stříhu	[MPa]

# SEZNAM OBRÁZKŮ

- 1.1 *Držák pojezdu*
- 2.1 *Tvar a rozměry součásti*
- 2.2 *Nástřihový plán – varianta 1*
- 2.3 *Nástřihový plán – varianta 2*
- 2.4 *technologické vzdálenosti stříhaných otvorů*
- 2.5 *Minimální šířka výstřížku*
- 2.6 *Úprava rohů výstřížku*
- 2.7 *Minimální úhly hrotu a zářezu*
- 2.8 *Minimální délka ohýbaného ramene*
- 2.9 *Minimální vzdálenost okraje díry od místa ohybu*
- 2.10 *Zpevnění ohýbaných součástí prolisy*
- 3.1 *Stříhání*
- 3.2 *Postupný stříh*
- 3.3 *Šikmý stříh*
- 3.4 *Charakteristický průběh střížného procesu a střížné síly*
- 3.5 *Graf ke stanovení součinitele plnosti  $\lambda$*
- 3.6 *Schéma stříhání při malé a velké střížné vůli*
- 3.7 *Vzhled střížné plochy při normální střížné vůli*
- 3.8 *Proces ohýbání*
- 3.9 *Schéma odpružení po ohybu*
- 3.10 *Schéma odpružení po ohybu „U“ a „V“*
- 3.11 *Příklady eliminace odpružení*
- 3.12 *Schéma „U“ a „V“ ohybu*
- 3.13 *Diagramy odpružení v závislosti na úhlu ohybu*
- 3.14 *Diagram koeficientu  $k$  pro různé materiály*
- 3.15 *Protahování – válcový tvar*
- 3.16 *Protahování – kuželový tvar*
- 3.17 *Diagram pro určení dosažitelné výšky při protahování*
- 4.1 *Varianta 1*
- 4.2 *Varianta 2*
- 4.3 *Varianta 3*
- 4.4 *Varianta 4*
- 4.5 *Varianta I*
- 4.6 *Varianta II*
- 4.7 *Varianta III*
- 5.1 *Tvary střížníků*
- 5.2 *Souřadnice stříhu a ohybu*

# SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Doporučené velikosti zaoblení  $r_m$ , hloubky pevné části  $l_0$  a součinitele vlivu tření  $c$  na tloušťce materiálu  $s$  a délky ramene  $a$*
- Příloha 2 Rozměry protažených děr*
- Příloha 3 Nomogram  $k$  určení můsteků a okrajů plechu*
- Příloha 4 Katalogový list pružin FIBRO*
- Příloha 5 Parametry odvíjáku plechu*
- Příloha 6 Lis ERFURT PE100D*

# PŘÍLOHY

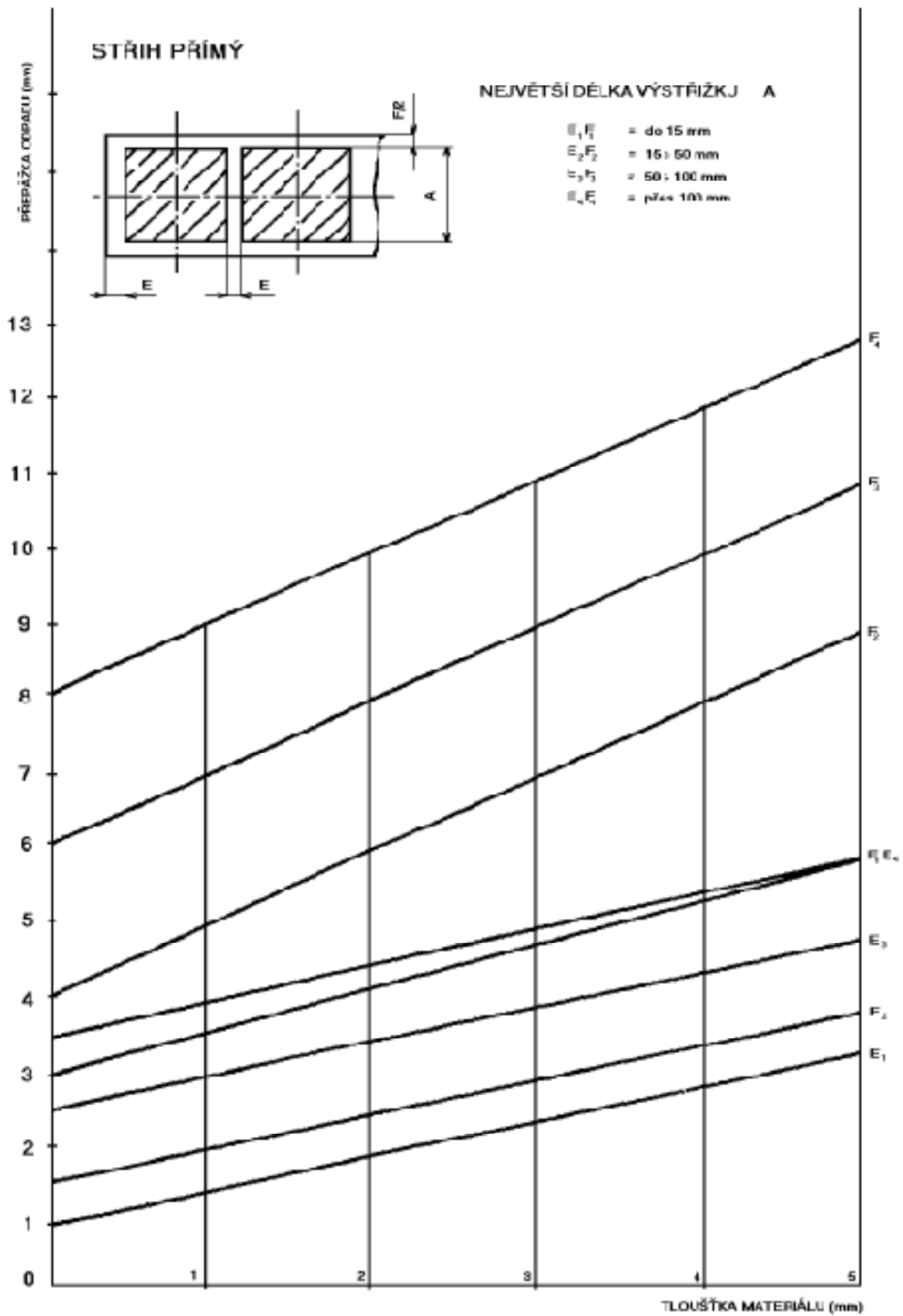
*Příloha 1 – Doporučené velikosti zaoblení  $r_m$ , hloubky pevné části  $l_o$  a součinitele vlivu tření  $c$  na tloušťce materiálu  $s$  a délky ramene  $a$  [12]*

Délka ramene $a$ [mm]	Tloušťka materiálu [mm]											
	do 0,5mm			0,5 – 2mm			2 – 4mm			nad 4mm		
	$l_o$	$r_m$	$c$	$l_o$	$r_m$	$c$	$l_o$	$r_m$	$c$	$l_o$	$r_m$	$c$
<b>10</b>	6	3	0,1	10	3	0,1	10	4	0,08	-	-	-
<b>20</b>	8	3	0,1	12	4	0,1	15	5	0,08	20	8	0,06
<b>35</b>	12	4	0,15	15	5	0,1	20	6	0,08	25	8	0,06
<b>50</b>	15	5	0,2	20	6	0,15	25	8	0,15	30	10	0,08
<b>75</b>	20	6	0,2	25	8	0,15	30	10	0,15	35	12	0,1
<b>100</b>	-			30	10	0,15	35	12	0,15	40	15	0,1
<b>150</b>	-			35	12	0,2	40	15	0,2	50	20	0,1
<b>200</b>	-			45	15	0,2	55	22	0,2	65	25	0,15

*Příloha 2 - Rozměry protažených děr [13]*

$d$	$s$	$d_1$	$d_2$	$R$	Provedení válcové		Provedení kuželové	
					$v$	$D$	$v_1$	$D_1$
M 2	0,5	1,6	0,8	0,2	0,8	2,8	0,8	2,4
	0,8			1,2	1,3		2,88	
	1,0			1,7	1,7		3,2	
M 2,5	0,5	2,1	1,1	0,2	1,4	3,0	1,3	2,9
	0,8			1,6	1,4		3,4	
	1,0			1,8	1,5		3,7	
	1,3			2,1	1,9		4,2	
M 3	0,8	2,5	1,4	0,2	1,7	3,5	1,6	3,75
	1,0			1,8	1,7		4,1	
	1,3			2,2	1,9		4,58	
	1,5			2,3	2,1		4,9	
(M 3,5)	1,0	2,9	1,7	0,4	1,8	4,2	1,5	4,5
	1,3			2,3	2,0		4,98	
	1,5			2,7	2,2		5,3	
	1,8			3,2	2,6		5,78	
	2,0			3,4	3,0		6,1	
M 4	1,0	3,3	2	0,4	1,8	4,5	1,8	4,9
	1,3			2,2	2,0		5,38	
	1,5			2,7	2,2		5,7	
	1,8			3,2	2,6		6,18	
	2,0			3,6	3,1		6,5	
M 5	1,5	4,2	2,7	0,4	2,7	5,5	2,0	6,6
	1,8			3,2	2,6		7,08	
	2,0			0,6	3,6	2,9	7,4	
	2,5					4,4	3,5	8,2
M 6	2,0	5,0	3,4	0,6	3,6	6,7	2,9	8,2
	2,5			4,4	3,1		9,0	
	3,0			5,4	3,4		9,4	

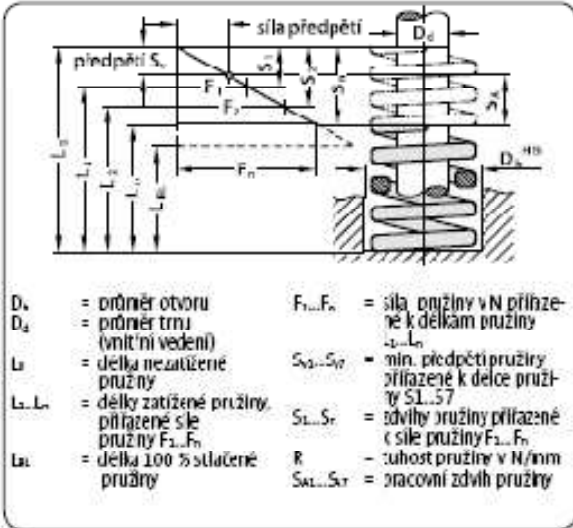
**Příloha 3 – NOMOGRAM K URČENÍ MŮSTKŮ A OKRAJŮ PLECHU**



**Příloha 4 – Katalogový list pružin FIBRO**

**FIBRO** DIN/ISC 10243  
**241.17. Speciální tlačné šroubové pružiny**

**241.17.**  
 Identifikační barva: \*žlutá\*



- Dn = průměr otvoru
- Dd = průměr trnu (vnitřní vedení)
- L0 = délka nezatižené pružiny
- L1, L2, L3, L4 = délky zatižené pružiny, přifázené k síle pružiny F1...Fn
- L100 = délka 100 % stlačené pružiny
- F1...Fn = síla pružiny v N přifázené k délkám pružiny L1...Ln
- S0...S7 = min. předpětí pružiny přifázené k délce pružiny S1...S7
- S1...S7 = zdvihy pružiny přifázené k síle pružiny F1...Fn
- R = tuhost pružiny v N/mm
- S0...S7 = pracovní zdvih pružiny

Objednací číslo žlutá		Zdvih pružiny 30%				Zdvih pružiny 40%				Zdvih pružiny 45%				Zdvih pružiny 50%						
Dn	Dd	L0	R	S1	S2	S3	F1	S1	S2	S3	F1	S1	S2	S3	F1	S1	S2	S3	F1	
241.17.51.064	50.0	25.0	64	709	5.7	2.5	3.2	4941	7.6	2.5	3.1	5388	8.6	2.5	3.1	6097	9.5	3.4	6.1	6736
241.17.51.076			76	572	4.9	3.0	3.9	3947	9.2	3.0	4.2	5262	10.4	3.0	7.4	5949	11.5	4.1	7.4	6578
241.17.51.089			89	475	4.1	3.5	4.6	3848	10.8	3.5	7.3	5130	12.2	3.5	3.7	5795	13.5	4.9	8.6	6413
241.17.51.102			102	405	9.3	4.0	5.3	3767	12.4	4.0	4.4	5322	14.0	4.0	13.0	5670	15.5	5.6	9.9	6278
241.17.51.115			115	352	10.5	4.6	5.9	3596	14.0	4.6	9.4	4928	15.8	4.6	11.2	5562	17.5	6.3	11.2	6160
241.17.51.127			127	316	11.7	5.1	6.6	3597	15.6	5.1	10.5	4930	17.6	5.1	12.5	5562	19.5	7.0	12.5	6162
241.17.51.152			152	239	14.1	6.1	8.0	3370	18.8	6.1	11.7	4493	21.2	6.1	15.1	5067	23.5	9.5	15.0	5517
241.17.51.203			203	187	22.2	9.6	12.6	4151	29.6	9.6	20.0	5535	33.3	9.6	23.7	6227	37.0	13.3	23.7	6919
241.17.51.254			254	153	24.0	14.4	15.6	3672	32.0	11.4	21.6	4896	36.0	10.4	25.6	5508	40.0	14.4	25.6	6120
241.17.51.305			305	127	29.1	11.6	16.5	3696	38.8	11.6	26.2	4928	43.7	12.6	31.1	5550	48.5	17.5	31.0	6160

Objednací číslo žlutá		Zdvih pružiny 55%				Zdvih pružiny 62%				Zdvih pružiny 80%				Zdvih pružiny 100%						
Dn	Dd	L0	R	S1	S2	S3	F1	S1	S2	S3	F1	S1	S2	S3	F1	S1	S2	S3	F1	
241.17.51.064	50.0	25.0	64	709	10.5	4.4	6.1	3445	11.8	5.7	6.1	8366	15.7	11.0	4.7	10777	19.0	45.0	13471.0	
241.17.51.076			76	572	12.7	5.3	7.4	7264	14.3	6.9	7.4	8180	18.4	13.3	5.1	10525	23.0	53.0	13156.0	
241.17.51.089			89	475	14.9	6.2	8.7	7078	15.7	8.1	4.6	7933	21.6	15.7	5.9	10260	27.0	62.0	12825.0	
241.17.51.102			102	405	17.1	7.1	10.0	6926	19.2	9.3	9.9	7776	24.8	18.0	6.8	10044	31.0	71.0	12555.0	
241.17.51.115			115	352	19.3	8.1	11.2	6794	21.7	10.5	11.2	7538	28.0	20.3	7.7	9856	35.0	80.0	12320.0	
241.17.51.127			127	316	21.5	9.0	12.5	6794	24.2	11.7	12.5	7447	31.2	22.6	8.6	9829	39.0	88.0	12324.0	
241.17.51.152			152	239	25.9	10.8	15.1	6190	29.1	14.1	15.0	6955	37.6	27.3	10.3	8986	47.0	105.0	11233.0	
241.17.51.203			203	187	40.7	17.0	25.7	7511	45.9	22.7	21.7	8583	49.7	47.9	16.3	11070	74.0	179.0	13838.0	
241.17.51.254			254	153	44.0	18.4	25.6	6732	48.6	24.0	25.6	7589	64.0	46.4	17.6	9792	80.0	174.0	12240.0	
241.17.51.305			305	127	53.4	21.3	31.1	6782	60.1	29.1	31.0	7633	77.6	56.3	21.3	9855	97.0	208.0	12319.0	

## Příloha 5 – Parametry odvíjáku plechu

### Jednostranné odvíjáky QOPJ

Odvíjak slouží k odvíjení pásovému materiálu ze zvitku alebo k navíjení vydlievaného pásu pri spracovaní v tvarovacej linke. Najčastejšie pracuje v linke v súčinnosti s ďalšími strojmi ako rovnačkou, podávačom, lisom prípadne deliacim zariadením.

Pohon upínacieho trnu odvíjaka je motorický so samočinným ubrzdzením trhu pri vypnutí pohonu.

Ovládanie odvíjaka je možné ručne, pomocou ovládacích prvkov na paneli stroja alebo automatické, pomocou ovládacieho ramena, ktoré kontroluje veľkosť previsu odvíjaného alebo navíjaného pásu. Odvíjanie je možné v oboch smeroch podľa postavenia v linke. Podľa toho sa na odvíjak montuje ovládacie rameno, ovládací panel a pneumatický ovládaný držiak zvitku. Držiak je dodávaný ako zvlášť príslušenstvo na zvláštnu objednávku.

Meniteľný rozsah upínacieho priemeru trnu odvíjaka sa dá meniť montážou nádstavcov, ktoré sú súčasťou základného vybavenia stroja. Uprnutie a stredenie zvitku sa prevádza ručne.

Pneumaticky ovládaný držiak zvitku bráni možnému rozvinutiu zvitku v dôsledku pružnosti zvinutého pásu. Montuje sa na podstavec odvíjaka a jeho činnosť sa ovláda ručne.

So strojom sa dodáva normálne príslušenstvo potrebné pre montáž a prestavenie.



Technické údaje:		QOPJ 160/650	QOPJ 250/1400	
Max. šírka zvitku	mm	160	250	
Max. hmotnosť zvitku	kg	650	1400	
Max. vonkajší priemer zvitku	mm	1250	1250	
Max. vnútorný priemer zvitku	mm	600	600	
Min. vnútorný priemer zvitku	mm	400	400	
Výkon elektrického motora	kW	0,55	0,55	
Spotreba vzduchu na zvitok	m <sup>3</sup>	0.008*	0.008*	
Hmotnosť stroja	kg	330	560	
Min. rýchlosť odvíjania pri min. zvitku 400 mm	m/min	13	13	
Min. rýchlosť odvíjania pri max. zvitku 600 mm	m/min	20	20	
Max. rýchlosť odvíjania na max. vonk. priemere zvitku 1250 mm	m/min	41	41	
Sieťové napätie		3x380/220 V, 50 Hz		
Rozmery stroja	A	mm	1580	1680
	B	mm	1580	1590
	C	mm	775	890
	D	mm	max. 160	max. 250
	E	mm	725	845
	F	mm	660	775
	H	mm	920	1000

***Příloha 6 – Lis ERFURT PE100D***

