



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE TVÁŘENÝCH SOUČÁSTÍ

TECHNOLOGICAL STRUCTURES FORMED PARTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jan KAFUNĚK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Zdeněk LIDMILA, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Kafuněk

který/která studuje v bakalářském studijním programu

obor: Strojní inženýrství (2301R016)

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:

Technologičnost konstrukce tvářených součástí

v anglickém jazyce:

Technological structures formed parts

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pod pojmem technologičnost konstrukce součástí rozumíme možnost zhotovení dané součásti při nejnižších výrobních nákladech. Jedná se o veličinu relativní a do určité míry i proměnnou v závislosti na rozvoji jednotlivých výrobních technologií. Cílem práce je provést rozbor technologičnosti výlisků z pohledu moderních technologií tváření.

Cíle bakalářské práce:

V práci bude vysvětlen pojem technologičnosti konstrukce tvářených součástí. Bude zde proveden rozbor obecných zásad technologičnosti součástí zhotovovaných tvářením z plechů. Obecné principy technologičnosti budou dokumentovány na postupu výroby výlisku z plechu.

Seznam odborné literatury:

- 1.ASM-Metals Handbook: Forming and Forging. Vol.14. USA ASM International, 2004. S.978. ISBN 0-87170-020-4
2. FOREJT, Milan, Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, 2006. 225s. ISBN 80-214-2374-9
3. LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření I. 1.vyd. UO Brno. 2008. 106 s. ISBN 978-80-7231-579-6
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-04016.
5. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
6. KOTOUČ, Jiří, et al. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Praha: Vydavatelství CVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

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

V Brně, dne 29.10.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

KAFUNĚK Jan: Technologičnost konstrukce tvářených součástí.

Bakalářská práce je tvořena z rešerše a popisu části praktické. Rešerše obsahuje základní informace o procesech stříhání, ohýbání a tažení, na které navazuje popis konstrukčních zásad při návrhu tvářených součástí z plechů. Část praktická je zaměřená na ověření důležitosti dodržení technologičnosti konstrukce tvářených součástí na výrobcích. Výrobky lze rozdělit na ukázkové bez využití v praxi a na výrobky, které již v praxi mají své využití.

Klíčová slova: Plošné tváření, zásady konstrukce, technologičnost

ABSTRACT

KAFUNĚK Jan: Technological structures formed parts.

The bachelor's thesis is composed from research and is described in practical part. Searches contains basic information about the process of cutting, bending and tractioning, which is followed by a description of design principles in the design of sheet metal parts. The practical part is focused on verifying the importance of complying with technological design of products. Products can be divided into the sample products without practical use and products that can already have their use in practise.

Keywords: sheet metal forming, structures principles, technological

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KAFUNĚK, Jan. *Technologičnost konstrukce tvářených součástí*. Brno, 2013. 52 s, 4 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.

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 Brně dne 24. 5. 2013

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu doc. Ing. Zdeňku Lidmilovi, CSc. za cenné připomínky, věnovaný čas a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Poděkování patří také firmě ASV výrobní družstvo Solnice a referentovi technického úseku panu Petru Mňukovi za poskytnutí prostředků a pomoci při zpracování praktické části této práce.

OBSAH

ABSTRAKT	5
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	6
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ	7
PODĚKOVÁNÍ.....	8
OBSAH.....	9
ÚVOD.....	11
1 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝSTŘIŽKŮ	12
1.1 Výroba součástí stříháním	12
1.1.1 Proces stříhání	12
1.1.2 Velikost a průběh střížné síly a střížné práce	13
1.1.3 Nástroje a stroje ke stříhání	14
1.2 Konstrukčně technologické zásady pro stříhání	17
1.2.1 Rozměrové tolerance výstřížku	17
1.2.2 Drsnost střížné plochy a rovinnost výstřížku	17
1.2.3 Tvarové zákonitosti výstřížků	18
1.2.4 Příprava nástřihového plánu	21
2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE OHÝBANÝCH SOUČÁSTÍ (VÝLISKŮ)	23
2.1 Výroba součástí ohýbáním	23
2.1.1 Proces ohýbání.....	23
2.1.2 Výpočet sil a práce při ohýbání do tvaru V	24
2.1.3 Odpružení	25
2.1.4 Stanovení polotovaru ohýbaných součástí	26
2.1.5 Nástroje a stroje k ohýbání	26
2.2 Konstrukčně technologické zásady pro ohýbání	28
2.2.1 Vliv nedokonalostí ohybu na ohýbanou součást	28
2.2.2 Vliv velikosti poloměru ohybu na materiál	28
2.2.3 Tolerance ohýbaných součástí.....	29
2.2.4 Zásady konstrukce ohýbaných součástí.....	30
2.2.5 Kótování ohýbaných součástí.....	33
3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝTAŽKŮ	34
3.1 Výroba součástí tažením.....	34
3.1.1 Proces tažení	34
3.1.2 Víceoperační tažení	34
3.1.3 Stanovení rozměrů polotovaru k tažení	35
3.1.4 Výpočet sil při procesu tažení	36

3.1.5 Nástroje a stroje k tažení	36
3.2 Konstrukčně technologické zásady pro tažení.....	38
3.2.1 Vliv nedokonalostí tažení na kvalitu tažené součásti	38
3.2.2 Volba materiálu a maziv k tažení	38
3.2.3 Tolerance tažených součástí	39
3.2.4 Zásady konstrukce tažených součástí	40
3.2.5 Náročnost výroby v závislosti na tvaru výtažku.....	43
4 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE V PRAXI	44
4.1 Výroba zkušebních výrobků.....	44
4.1.1 Návrh tvaru součástí	44
4.1.2 Příprava strojů a nástrojů.....	46
4.1.3 Příprava a průběh výroby	47
4.1.4 Dosažené výsledky	48
4.2 Použití konstrukčních zásad ve výrobě	50
ZÁVĚR.....	52
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	53
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	55
SEZNAM PŘÍLOH	57

ÚVOD

V dnešní době se rozrůstají průmyslová odvětví, jakým je kupříkladu automobilový průmysl, který si žádá výrobu složitých tvarů a konstrukcí o nízké hmotnosti. Těmto požadavkům technologie odlévání a objemové tváření nemusí vyhovovat. Díky tomu se stále více výrobních podniků přiklání k výrobě součástí plošným tvářením.

V plošném tváření je zahrnuto stříhání, ohýbání, tažení a další výrobní technologie. Tyto technologie jsou vysoce produktivní, nenáročné na energie spotřebované výrobou a ekologicky šetrné. Polotovary jsou nakupovány ve formě svitků plechových pásů či jako plechové tabule v předem určených formátech.

Technologie se navzájem mohou kombinovat. V postupových nástrojích se mohou provést na jeden zdvih nástroje dokonce dvě až tři technologie najednou. Vyrobené součásti se poté svařováním, nýtováním, sešroubováním a dalšími metodami spojování materiálu dají sestavit do velkých konstrukčních celků.

Plošně tvářené součásti lze nalézt téměř kdekoliv. Mezi výrobky každodenní potřeby lze uvést koupelnové vany, hrnce, radiátory, automobilové karoserie a jejich samonosné konstrukce (obr. 0.1), konstrukce stolních počítačů (obr. 0.2), kryty pracujících zařízení a mnoho dalších.



Obr. 0.1 Samonosná karoserie automobilu [21]



Obr. 0.2 Case stolního počítače [15]

1 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝSTŘIŽKŮ

1.1 Výroba součástí stříháním [2]

Nejvyužívanější metodou pro zpracování plechu je technologie stříhání. Stříhání je velice produktivní metoda pro vytvoření výstřížků jak ve formě finálních výrobků určených k prodeji a montáži, tak i polotovarů pro následná zpracování.

1.1.1 Proces stříhání [2], [5], [8]

Dělení materiálu metodou stříhu je prováděno protilehlými břity střížného nástroje. Stříhání probíhá postupně či najednou. Břity vytvoří v materiálu střížové (smykové) napětí, čímž dochází k porušování materiálu. Celý proces je ukončen jeho lomem.

Proces stříhu je často popsán ve třech základních fázích. Po dosednutí střížníku na stříhaný materiál začíná první fáze stříhání. Střížník začíná postupně pronikat do materiálu, ve kterém dochází k pružné deformaci. Dvojice sil od působících střížných hran způsobí deformaci v podobě ohybu plechu, která je nežádoucí. V této fázi je hloubka vniknutí střížníku do materiálu závislá na mechanických vlastnostech materiálu a jeho tloušťce. Hloubka vniku je definována vztahem:

$$h_{el} = (5 \div 8)\% \cdot s \text{ [mm]} \quad (1.1)$$

kde: h_{el} hloubka vniku střížníku v první fázi stříhu (elastická)
 s tloušťka stříhaného materiálu

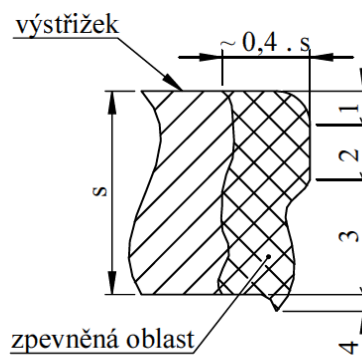
Druhá fáze stříhu nastává po překročení meze kluzu materiálu a vnikající střížník způsobuje plastickou deformaci. Střížník vniká do hloubky:

$$h_{pl} = (10 \div 25)\% \cdot s \text{ [mm]} \quad (1.2)$$

kde: h_{pl} hloubka vniku střížníku ve druhé fázi stříhu (plastická)

S třetí fází nastává mezi břity nástroje v materiálu napětí o velikosti meze pevnosti materiálu ve stříhu. Takové napětí zapříčiní vznik tzv. nástřihu, který je prezentován vznikem prvních trhlinek podporovaných normálovým napětím ve směru vláken. Trhlinky se následně rozrůstají, navzájem propojují a vytvářejí tím střížnou plochu. Následuje oddělení částí materiálu.

Střížná plocha se dělí na čtyři pásma (viz. obr. 1.1). První - pásmo zaoblení, které má velikost $5 \div 8\%$ tloušťky materiálu, představuje oblast s napětím pod mez kluzu tvářeného materiálu. Druhé pásmo je pásmo vlastního stříhu, kde nastala plastická deformace. Jeho šířka je $10 \div 25\%$ tloušťky materiálu. Pásmem utržení nazýváme oblast, kde docházelo k oddělování materiálu. Šířka tohoto pásma závisí na mechanických vlastnostech materiálu, ze všech zmiňovaných pásem bývá nejširší. Poslední je pásmo otláčení a otřepu. V něm se dle mechanických vlastností materiálu může vytvořit ostřina (otřep), která vzniká tahovými složkami napětí v materiálu.



Obr. 1.1 Tvar střížné plochy a jednotlivá pásma [1]

- 1 - pásmo zaoblení
- 2 - pásmo vlastního stříhu
- 3 - pásmo utržení
- 4 - pásmo otláčení a otřepu

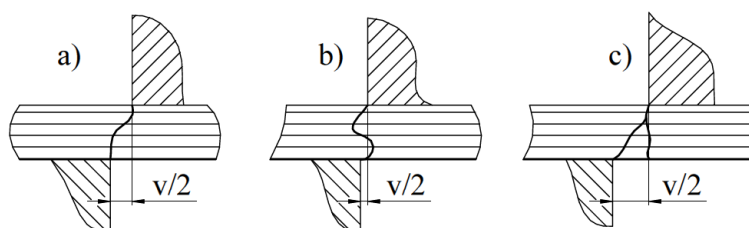
Kvalita střížné plochy a celého střížného procesu závisí na volbě střížné vůle, mechanických vlastnostech stříhaného materiálu, rychlosti stříhu a na tloušťce materiálu samotného. Střížná vůle je dána vztahem:

$$v = 2 \cdot z \quad [\text{mm}] \quad (1.3)$$

kde: v střížná vůle
 z mezera mezi střížníkem a střížnicí

Volba střížné vůle závisí na mechanických vlastnostech materiálu, ale přibližně je dána 3÷8%.s. Dobře zvolená střížná vůle zajistí propojení trhlín šířících se od střížných hran a tím vytvoří střížnou plochu bez otřepů. Při nesprávně zvolené střížné vůli se střížná plocha deformuje, čímž dojde ke vzniku otřepů po celé ploše stříhu. Vliv velikosti střížné síly je zobrazeny na obr. 1.2.

Rychlost pohybu střížníku se projeví nejen na rozsahu zpevnění materiálu v oblasti stříhu, ale také na tvaru střížné plochy.



Obr. 1.2 Vliv velikosti střížné mezery na plochu stříhu [7]
a) optimální b) malá c) velká střížná mezera

1.1.2 Velikost a průběh střížné síly a střížné práce [1]

- Výpočet střížné síly

Má-li být stříh plynulý a správně proveden, je nutné vypočítat střížnou sílu, která je použita při zhotovení výstřížku. Střížnou sílu vypočteme jako součin střížné plochy a střížného odporu. V praxi však dochází k otupení střížných nástrojů, čímž vzrůstá požadavek na vyšší střížné síly. Vztah pro výpočet potřebné střížné síly je tedy:

$$F_s = k_o \cdot \tau_s \cdot S \quad [\text{N}] \quad (1.4)$$

kde: F_s střížná síla
 k_o součinitel otupení nástroje nabývající hodnoty 1,1÷1,3
 τ_s pevnost ve stříhu
 S střížná plocha daná součinitelem tloušťky plechu a obvodem stříhané součásti

Pevnost ve stříhu je dána vztahem:

$$\tau_s \approx 0,8 \cdot R_m \quad [\text{MPa}] \quad (1.5)$$

kde: R_m mez pevnosti stříhaného materiálu

Střížná síla, která je potřeba při stříhání na tabulových nůžkách se sklopeným ostřím nožů pro postupný stříh materiálu, se vypočítá ze vztahu:

$$F_s = \frac{0,5 \cdot s^2}{tg \beta_n} \cdot \tau_s \cdot k \quad [\text{N}] \quad (1.6)$$

kde: β_n úhel sklonu ostří nožů tabulových nůžek (1÷5°)

- Výpočet stírací síly

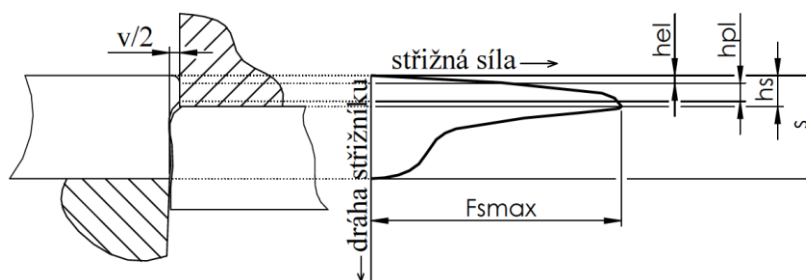
Při procesu vystřihování (děrování, ostřihování apod.) může při vratném pohybu vinou pružné deformace ulpívat na střížníku odpadový materiál. Tento odpad je třeba setřít, k čemuž je zapotřebí stírací síly, která závislá na mnoha faktorech (velikost střížné mezery, stříhaný tvar, způsob stříhu, druh maziva, typ stříhaného materiálu a jeho hloubka). Stírací síla má velikost pouze určitého procenta ze střížné síly a je určena vztahem:

$$F_{st} = c_s \cdot F_s \text{ [N]} \quad (1.7)$$

kde: F_{st} stírací síla
 c_s součinitel stírání závislý na materiálu a tloušťce s (hodnoty mezi 0,02÷0,20)

- Výpočet střížné práce

Střížná práce je dána velikostí plochy ohraničené křivkou zaznamenanou v pracovních diagramech (závislost střížné síly a dráhy stříhu). Křivka je tvořena velikostí střížné síly v průběhu celého procesu stříhu (obr. 1.3). Síla dosahuje svého maxima při vnikání střížníku do materiálu, kdy se současně objevují i první trhliny. S následným utržíváním střížných ploch se snižuje střížná síla až na nulu. Křivka poklesu síly není lineární, ale má tvar písmena „S“. Pokles síly při děrování s vystřihováním je pomalejší. To lze odůvodnit třením mezi materiálem a výstřížkem a následným protlačením skrze střížnici.



Obr. 1.3 Průběh střížné síly [8]

Střížná práce je dána velikostí plochy pod křivkou a s ohledem na průběh pracovního diagramu se vypočítá takto:

$$A_s = F_s \cdot h \cdot \Psi \text{ [J]} \quad (1.8)$$

kde: A_s střížná práce
 h dráha stříhu, která při stříhu plechu je rovna jeho tloušťce
 Ψ součinitel plnosti diagramu, $\Psi = F_r / F_s$

Součinitel plnosti diagramu nabývá hodnoty dle tloušťky materiálu a vyšší hodnoty připadají pro měkčí materiály:

$\Psi = 0,75 \div 0,55$	pro $s < 2\text{mm}$
$\Psi = 0,55 \div 0,45$	pro $s = 2 \div 4\text{mm}$
$\Psi = 0,45 \div 0,3$	pro $s > 4\text{mm}$

1.1.3 Nástroje a stroje ke stříhání [1], [2], [5], [10]

- Nástroje

Nástroje ke stříhání dělíme následovně:

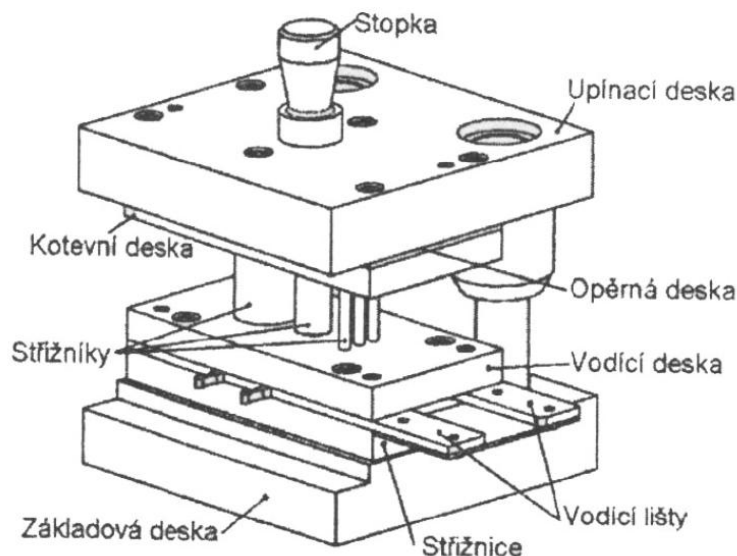
- Jednoduché stříhadlo* – materiál ve formě pásů plechu je podáván do nástroje, nástroj vystřihuje jednoduché součásti a posuv o hodnotu kroku po každém stříhu je zajištěn pevnými dorazy.
- Postupové stříhadlo* – z pásů plechu se děrováním postupně zhotovují otvory a stříhem vnější obrysy součástí. Výroba výstřížku probíhá ve více krocích. Počáteční poloha je definována pomocí načínacího dorazu a dále je poloha materiálu řízena pomocí dorazů koncových.
- Sloučené stříhadlo* – zajišťuje jak děrování, tak vystřihování výstřížku na jeden pracovní zdvih nástroje.
- Sdružené stříhadlo* – umožní nejen stříhání, ale proces lze navíc kombinovat například s ohýbáním.

Nástroje ke stříhání se nazývají stříhadla a děrovadla. Tyto nástroje lze nalézt mezi nástroji lisovacími určenými k tváření za studena. Zařazení je dle ČSN 22 6001.

Mezi hlavní části střížného nástroje patří střížník a střížnice. Čela obou částí bývají zpravidla rovná a stříh je realizován rovnoměrně po celém střížném obvodu. Lze však použít i zešikmených čel střížníků, a to ze dvou hlavních důvodů. Předně se tím snižují požadavky na velikost střížné síly, a navíc tečné složky střížné síly mají tendenci rovnat materiál při stříhu.

Dalšími důležitými částmi střížného nástroje, jak je znázorněno na obr. 1.4, jsou základová a upínací deska, ke kterým jsou za pomoci šroubů a kolíků upevněny všechny součásti nástroje. Střížníky procházejí skrze desku kotevní a při stříhu se opírají o desku opěrnou. Vodící deska navádí střížníky k stříhanému materiálu a do střížnice. Též napomáhá k zabránění vzpěru střížníků při stříhu. Vodící lišty vymezují dráhu posouvajícího materiálu. Tyto části nástrojů jsou vyráběny z nástrojových ocelí uvedených v tab. 1.1.

Dorazy a ústrojí vyhazovací, upevňovací, posuvovací apod. slouží jako doplňková zařízení k plynulému a spolehlivému chodu střížného nástroje.



Obr. 1.4 Střížný nástroj v univerzálním stojánku s vodící deskou [13]

Tab. 1.1 Doporučované oceli pro výrobu nástrojů určených ke stříhání za studena [4]

Nelegované	19 132, 19 152, 19 191, 19 221
Nízko a středně-legované	19 312, 19 314, 19 315, 19 421, 19 422, 19 452, 19 550, 19 559, 19 569, 19 571, 19 581, 19 663, 19 665, 19 711, 19 732, 19 733, 19 735
Vysokolegované	19 436, 19 437, 19 438, 19 572, 19 573, 19 574, 19 901, 19 902
Rychlořezné	19 802, 19 810, 19 813, 19 820, 19 829, 19 830, 19 851

- Stroje

Typy strojů, které jsou používány na stříhání materiálu:

- a) *nůžky*
 - na stříhání plechů
 - tabulové
 - mechanické
 - hydraulické (obr. 1.5)
 - kotoučové
 - ruční pákové (obr. 1.6)
 - na pásy
 - křivkové nůžky
 - na stříhání tyčí a profilů
 - na profily

Nůžky jsou strojem jednoduchým a lehce obsluhovatelným, proto je můžeme označit za nejvíce využívaný stroj ke stříhání materiálu. Pracuje se s nimi jak v dílnách firemních, tak i soukromých. Za pomoci nůžek se dělí například svitky či tabule plechů k zhotovení polotovarů určených pro další zpracování.



Obr. 1.5 Tabulové nůžky hydraulické [18]



Obr. 1.6 Pákové nůžky na plech [19]

- b) *lisy* - mechanické lisy - výstředníkové (obr. 1.7)
- klikové

Lisy využívají firmy, které se zabývají převážně hromadnou výrobou výrobků ve formě výstřížků. Ke stříhání pomocí lisu je zapotřebí mít na každý vyráběný výrobek jeden střížný nástroj určený právě pro daný výrobek.



Obr. 1.7 Výstředníkový lis [22]

- c) *vysekávací automaty*

Jedná se o dnes již programově řízené stroje, které se stávají plně automatickými. Díky široké škále jednoduchých a multitool nástrojů, jejich automatické výměně a naprogramované dráze pohybu nástroje, lze výstřížek zhotovit s vysokou přesností a zkráceným výrobním časem.

- d) *stroje na přesné stříhání* - mechanické
- hydraulické

1.2 Konstrukčně technologické zásady pro stříhání

1.2.1 Rozměrové tolerance výstřižku [1], [9], [10]

Při určování tolerancí výstřižků se musí brát ohled na výrobní možnosti lisovny, pro kterou je návrh zhotovován. Dalším kritériem je tvarová složitost výstřižku a velikost střížné mezery.

Třídy přesnosti, kterých je možné dosáhnout u výstřižků, jsou tyto:

- a) výstřižek s nižší přesností IT14 ÷ IT16
- b) výstřižek se střední přesností IT11 ÷ IT12
- c) výstřižek s vysokou přesností IT6 ÷ IT9

Musíme však počítat s tím, že vyšší přesnost výstřižku vyžaduje i vyšší výrobní přesnost střížného nástroje (tab. 1.2). Tím náklady na celou výrobu výstřižku vzrůstají. Proto je příhodné volit nižší přesnosti výstřižků a vyšší přesnosti zadávat pouze v nezbytých případech.

Hodnoty výrobních tolerancí na výstřižku se vždy porovnávají podle tolerancí uvedených ve výkresové dokumentaci. Dosažené rozměry se nekontrolují mezi jednotlivými výstřižky, protože se jejich rozměry od sebe téměř neliší. Rozměry u výstřižků se mění pouze vlivem postupného opotřebovávání střížného nástroje, kdy vnější rozměry se zvětšují, zatímco rozměry vnitřní se zmenšují.

Tab. 1.2 Závislost přesnosti vystřihovaných součástí na přesnosti nástroje [10]

Základní výrobní tolerance IT výstřižku	8÷9	10	11	12	13	14	15
Základní výrobní tolerance IT střížníku a střížnice	5÷6	6÷7	7÷8	8÷9	10	11	12

Při volbě tolerance střížného nástroje hraje velkou roli také velikost střížné mezery. Tolerance je u nástroje použita pouze v případě, že velikost střížné mezery je větších rozměrů, nežli samotná výrobní tolerance nástroje.

1.2.2 Drsnost střížné plochy a rovinnost výstřižku [9], [10]

Drsnost střížných ploch je ovlivněna volbou střížné mezery, opotřebováním nástroje, velikostí postranního odpadu, velikostí můstku nebo použitím přídržovače a jeho nevhodně zvolenými tlaky na materiál.

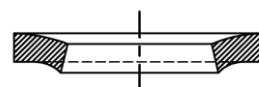
V kapitole 1.1.1 jsou popsána a na obr. 1.1 vyobrazena jednotlivá pásma střížné plochy. Pokud se nejedná o funkční plochu výstřižku, je zbytečné předepisovat tolerance drsnosti a kolmosti k ploše. Drsnost střížné plochy by se měla ponechat taková, jaká vznikla samotným stříhem.

Při stříhání výstřižku v obvyklé jakosti je drsnost plochy v pásmu vlastního stříhu ovlivněna tvrdostí materiálu, obvykle však nabývá hodnot $R_a = 3,2 \div 0,8 \mu\text{m}$. Drsnost v oblasti pásma utržení je ovlivněna velikostí střížné hrany a opotřebováním nástroje. Jak už sám název napovídá, v tomto pásmu došlo k utržení (lomu) materiálu, proto se zde objeví vyšší drsnost. Její hodnoty bývají $R_a = 3,2 \div 6,3 \mu\text{m}$. V pásmu otlacení a otřepu vzniká otřep, který je přípustný do výšky přibližně 0,1mm. Tento otřep je vytvořen otupeným nástrojem a odstraňuje se buď ve vibračních bubnech naplněných omílacími brusnými tělisky, a nebo, pokud dosahuje velkých rozměrů, se musí seškrábnout.

Při tvoření střížné plochy vzniká také oblast zpevněná, která může být nevhodným doprovodným jevem stříhu.

Funkční plochy vyžadují tyto nepřesnosti odstranit. Pro docílení střížné plochy o drsnosti $R_a = 1,6 \div 0,4 \mu\text{m}$ nebo dokonce $R_a = 0,02 \mu\text{m}$ (výstelky ložiskových pouzder), se musí volit přistřihování, či stříhání s nástrojem, který má k dispozici přídržovač.

Kroužky, prstence, podložky pod matice a podobně malé výstřižky, které jsou vyrobeny z tvárných materiálů větších tloušťek, jsou deformovány dvojicí střížných sil, které tvoří ohybový moment. Tato deformace je znázorněna na obr. 1.8. S tímto problémem se musí počítat při určování rovinnosti výstřižku, a proto musíme předepisovat pouze její nezbytnou hodnotu.



Obr. 1.8 Deformace výstřižků ohybem [9]

1.2.3 Tvarové zákonitosti výstřižků [9], [10]

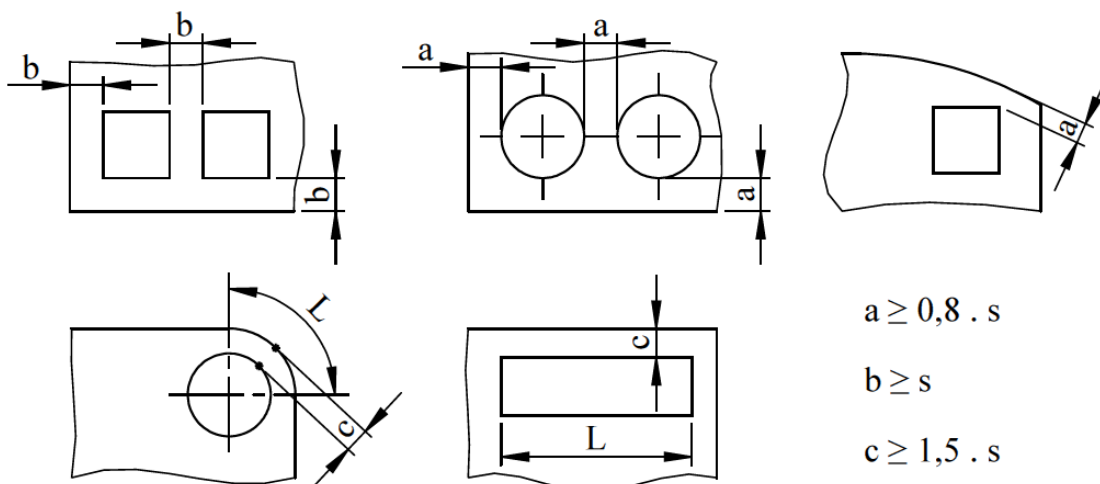
Vnější a vnitřní tvary výstřižků se řídí podle zavedených pravidel. Nedodržení těchto konstrukčních zásad vede často k deformaci materiálu v oblasti stříhu.

Pro vnitřní otvory ve výstřižku jsou předepsány, a to vzhledem k druhu a tloušťce materiálu, jejich nejmenší možné rozměry. Upřednostňují se otvory kruhových tvarů, ale mohou být požadovány i tvary různé. Jejich nejmenší rozměry v nejpoužívanějších materiálech jsou uvedeny v tab. 1.3.

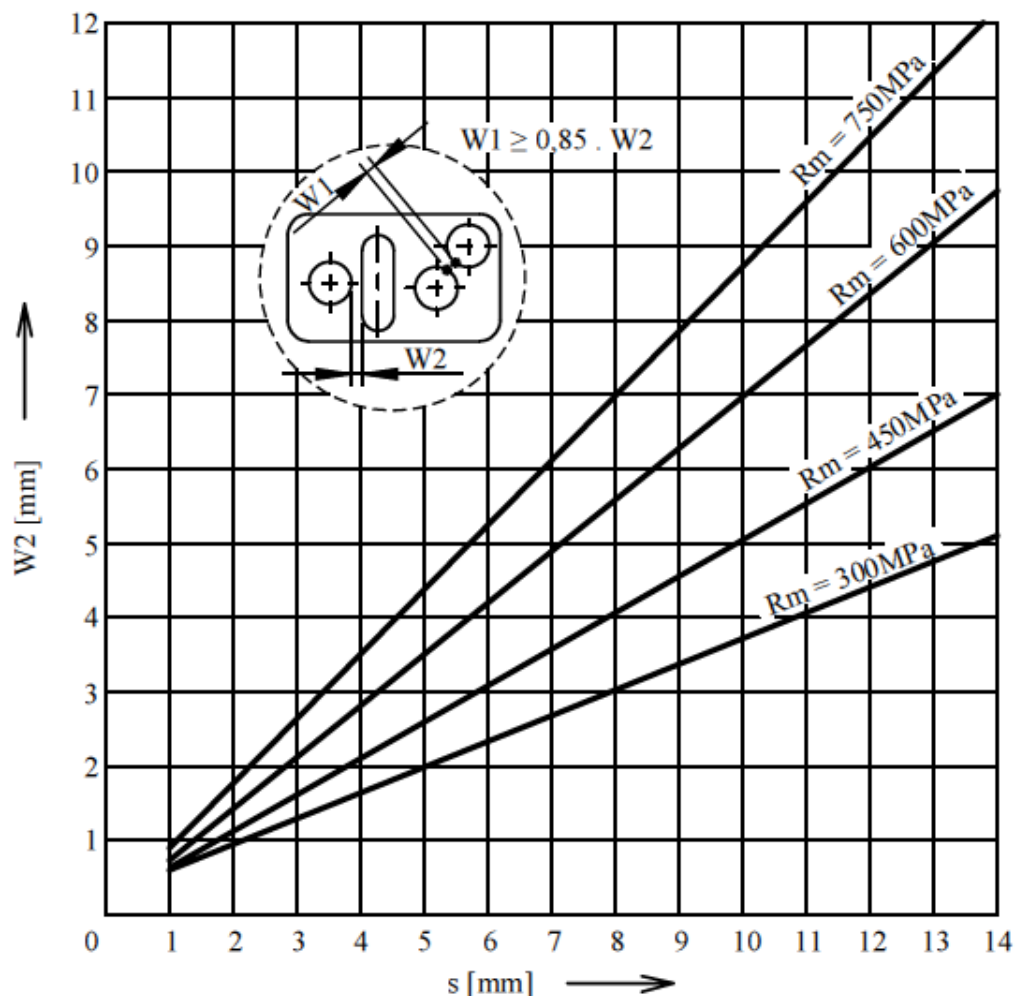
Tab. 1.3 Nejmenší rozměry otvorů (průměr, šířka) děrovaných v nástrojích bez speciálních vodících elementů na střížníku (vynásobení tloušťky materiálu hodnotou z tabulky) [12]

Materiál	Tvar otvoru			
	Kruhový	Čtvercový	Obdélníkový	Oválný
Ocel – nerez	1,50	1,40	1,20	1,10
Ocel – tvrdá	1,20	1,10	0,90	0,80
Ocel – měkká	1,00	0,90	0,70	0,60
Mosaz, měď	0,80	0,70	0,60	0,55
Mg - slitiny	0,25	0,45	0,35	0,30

Mezi otvory uvnitř výstřižku nebo mezi otvorem a okrajem výstřižku jsou předepsány minimální vzdálenosti. Situace, které mohou nastat a hodnoty minimálních přepážek pro materiály s mezí pevnosti v tahu 500MPa, jsou uvedeny na obr. 1.9. S mezí pevnosti materiálu v tahu a tloušťkou materiálu se musí rozměry vzdáleností také upravovat. Pro měkké materiály s tloušťkou $s \leq 1,5\text{mm}$ se vzdálenosti zvětší o $20 \div 25\%$, pro materiály s větší tloušťkou se zvýší o $10 \div 15\%$. Z výsledků experimentálních prací byly sestaveny grafy, ze kterých lze rychle vyčíst, jaké vzdálenosti zvolit (obr. 1.10).



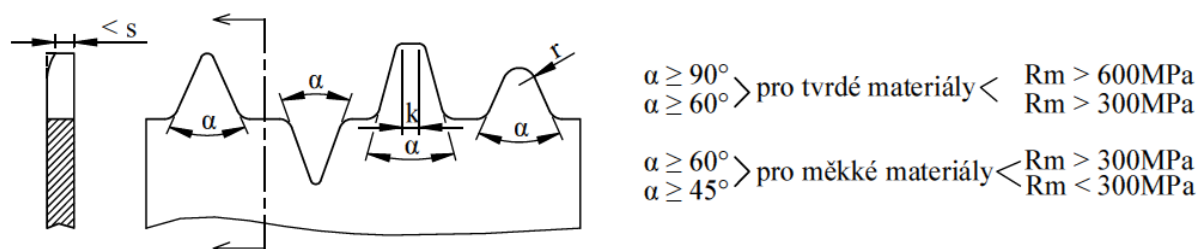
Obr. 1.9 Velikosti vzdáleností mezi otvory a okraji výstřižku [1]



Obr. 1.10 Minimální vzdálenost mezi otvory a drážkami [3]

Výstřižky jsou náchylné při stříhu ke vzniku trhlin v oblastech střížných ploch, kde se nacházejí ostré rohy a hrany. Stříh takovýchto ostrých tvarů na výstřižku způsobuje nižší životnost nástroje a snižuje kvalitu samotného stříhu. Aby se předešlo těmto situacím, zavedlo se orientační určení optimálních tvarů poloměrů rohů, hran a tvarů vyčnívajících částí. Je tedy nezbytné, aby rohy výstřižků byly zaobleny nebo sraženy. U rohů platí, že jejich zaoblení je větší, čím je roh ostřejší. Rozměry vyčnívajících částí jsou určeny dle tloušťky a meze pevnosti materiálu v tahu. Na obrázku 1.11 jsou znázorněny úhly výstupků a zářezů a dle materiálu k nim uvedeny nejmenší hodnoty jejich úhlů. Tento úhel lze zmenšit pod podmínkou, že zaoblení rohu je o poloměru $r > 0,5 \cdot s$, nebo je roh zkosen na rozměr $k > s$.

Vnitřní výseky jsou problematické, pokud jejich hrany svírají příliš malý úhel. Vyžaduje se poté cenově nákladný nástroj (například s dělenou střížnicí).



Obr. 1.11 Úhly výstupků a zářezů s doporučenými hodnotami [9]

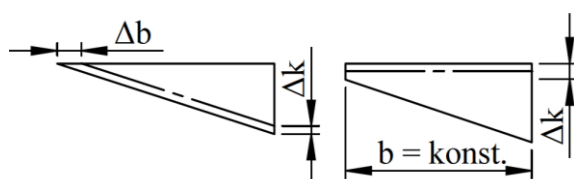
U výstupků na střižníku se musí počítat se ztenčením tloušťky materiálu u jejich vrcholu. Ztenčení záleží na úhlu, který svírají jeho hrany (čím je úhel menší, tím více se materiál zeslabuje), na tloušťce a tvárnosti materiálu.

Je-li výstřížek zhotoven uzavřeným stříhem a stříhá se v postupovém nástroji, je nezbytné, aby rohy byly sraženy shodně pod 45° stejně, jako je zobrazeno na obr. 1.12.

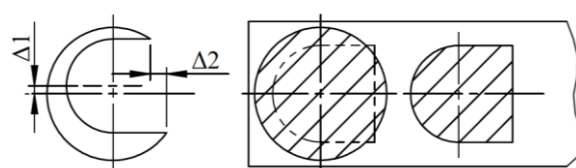
Je-li požadováno stříhat ostré rohy, podmínkou je stříh na dvě operace. Nevýhoda této výroby je v její nepřesnosti a možném nedodržení přesného tvaru dle zadání. Problémy vznikají již při malých nepřesnostech během podávání materiálu do střižného nástroje (obr. 1.13). Stříh součásti na dvě operace a možné vznikající odchylky jsou znázorněny na obr. 1.14.



Obr. 1.12 Úprava rohů výstřížků [9]
a) nevhodný tvar
b) vhodný tvar pro postupný stříh



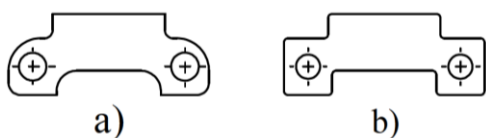
Obr. 1.13 Stříh ostrých rohů a vzniklé chyby podáváním materiálu [9]



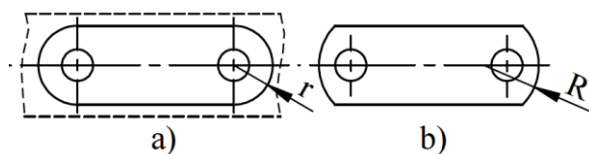
Obr. 1.14 Dosažení ostrých rohů postupným stříhem (výstřížek se zvětšenou chybou tvaru při postupném stříhu ostrých rohů) [9]

Poloměry zaoblení rohů na součásti je vhodné volit podle stejných parametrů. Je dobré se vyvarovat výstřížků s kombinací ostrých a různě zaoblených rohů (obr. 1.15).

Oblé části výstřížku by volně neměly navazovat na rovné části obrysů výstřížků (obr. 1.16 b)). Takové součásti, jakou je například ta na obr. 1.16 a), vyžadují uzavřený stříh. Uzavřený stříh si žádá můstky mezi jednotlivými výstřížky, čímž se zbytečně navyšuje množství odpadu materiálu. Další nevýhodou je nutné využití složitějších nástrojů s vysokou výrobní a pořizovací cenou.

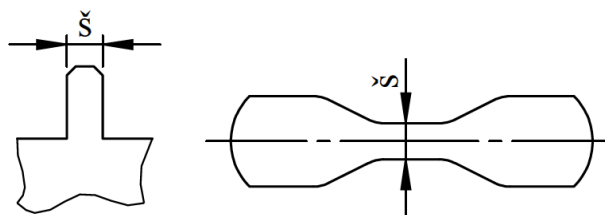


Obr. 1.15 Zaoblení výstřížků [9]
a) nevhodné střídání poloměrů
b) vhodná úprava výstřížku



Obr. 1.16 Zaoblení výstřížků [9]
a) méně vhodný tvar
b) doporučený tvar

Vyčnávající a zúžené části na výstřížku nesmí překročit minimální šířku, která je stanovena $\bar{s} = 1,5 \cdot s$ (obr. 1.17).



Obr. 1.17 Šířka zúžených částí a výčnělků na výstřížku [9]

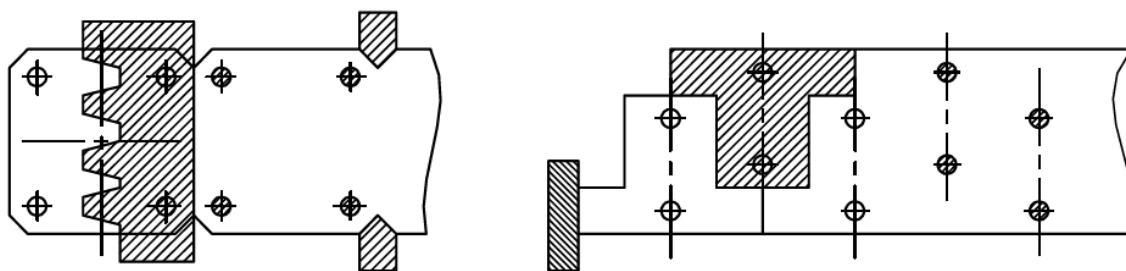
1.2.4 Příprava nástřihového plánu [9]

Na návrhu nástřihového plánu závisí výrobní časy, množství odpadu z polotovaru a počet operací na jeden zdvih nástroje. Je tedy předem určeno, kolik výstřižků je možné zhotovit právě na jeden zdvih nástroje. Proto je důležité dobře rozvrhnout umístění výstřižků na polotovar a docílit tak snížení výrobních nákladů na minimum.

Pokud se jedná o stříhání na nůžkách, je nutné, aby počet stříhů na zhotovení výstřižku byl co nejmenší. Výhodné jsou také stříhy rovinné a velkých délek. Stříhu zaoblených a tvarově složitých součástí je doporučeno se raději vyhnout.

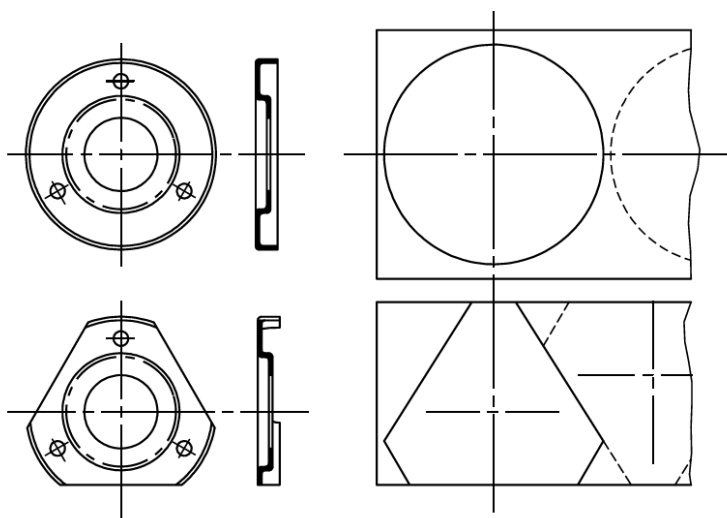
Pro stříh ve střížných nástrojích, do kterých se zavádějí pásy střižené z tabulí plechu, je vhodné dodržet postupy, které mohou ušetřit výrobní náklady a tím zvýšit produktivitu výroby, v některých případech až na dvojnásobek. Nejvhodnějším tvarem výstřižku jsou rovnoběžníky, jejichž protější strany si jsou navzájem tvaru pozitiv-negativ. Čím více si jsou protější strany pozitivem-negativem, tím více výstřižky do sebe zapadají. V některých případech se může zrušit i můstek mezi jednotlivými výstřižky.

Velkou výhodou jsou také výstřižky sobě symetrické podél osy hrany součástí. Na nástřihovém plánu se do sebe vhodně vloží jako pozitiv-negativ nebo pozitiv-pozitiv. Zde je také možnost vynechat mezi výstřižky můstek a platí pravidlo o přibližné shodnosti velikostí ploch výstupků a ploch vybrání (obr. 1.18).



Obr. 1.18 Stříh sobě symetrických součástí podél osy hrany [9]

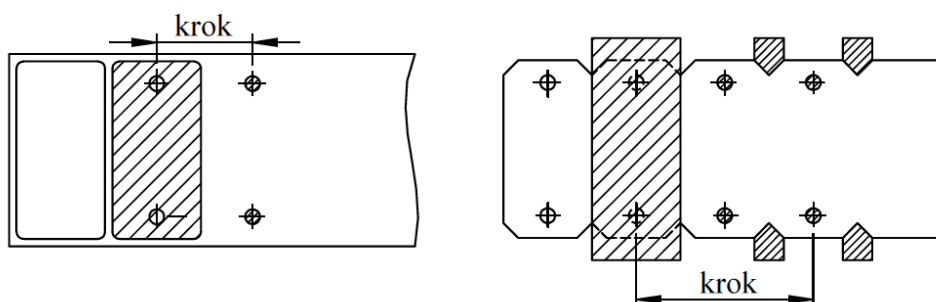
Výstřižky ve tvaru trojúhelníků k sobě dobře přiléhají, jedná-li se o trojúhelníky rovnoramenné. Tyto trojúhelníkové tvary se k sobě skládají otáčením kolem vrcholu, který je společný právě pro rovná ramena.



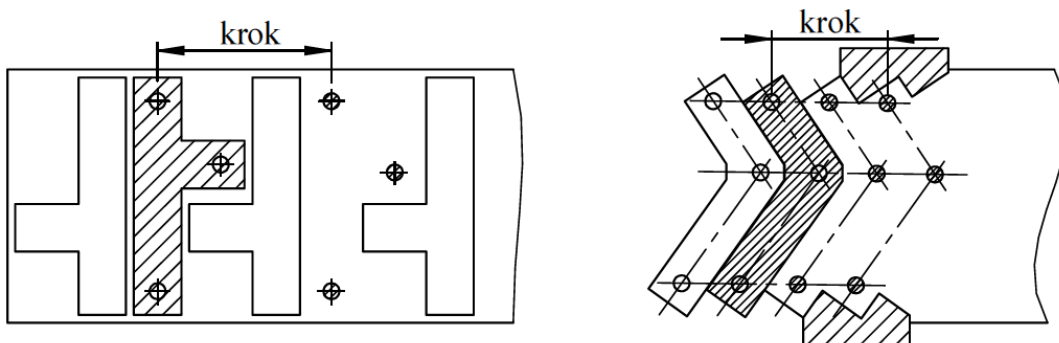
Obr. 1.19 Příklad úpravy výstřižku z kruhového na trojúhelníkový tvar [9]

Kruhové tvary výstřižků jsou nevhodné pro jejich malé procentuální využití polotovaru. Ztráty materiálu se uvádějí kolem 30%. K těmto 30% se musí počítat s případnými vnitřními otvory, které ztráty materiálu ještě navýší. Pokud je nezbytné volit tento tvar, je vhodné výstřižky poskládat alespoň do více řad. Při možnosti změny tvaru je vhodné provést změnu tvaru součásti na tvary uvedené výše (viz. obr. 1.19).

Tvarově složité a rozvětvené výstřižky je vhodné dle možností přeměnit na tvary co nejjednodušší. Rozvětvené a složité tvary zbytečně snižují využití materiálu, mají vyšší nároky na tvary nástroje, zvyšují se výdaje na výrobu a pravidelnou údržbu nástroje a výrobní časy se prodlužují. Úpravy výstřižků, díky kterým se zvýší využití materiálu, a přesto se zachová funkce výstřižku, jsou vyobrazeny na obr. 1.20 a obr. 1.21.



Obr. 1.20 Úprava výstřižku – vynechání můstku mezi výstřižky, zanechána funkce [9]



Obr. 1.21 Úprava výstřižku pro stříhání bez můstku mezi výstřižky [9]

2 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE OHÝBANÝCH SOUČÁSTÍ (VÝLISKŮ)

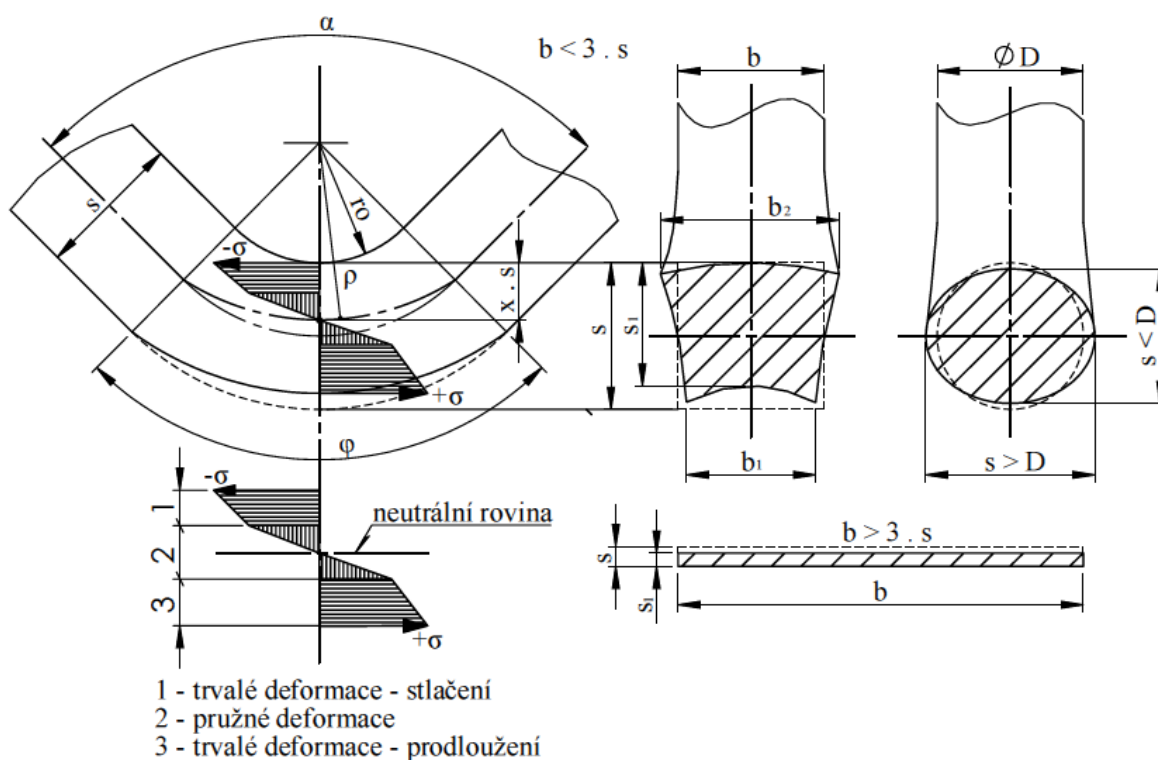
2.1 Výroba součástí ohýbáním [1]

Ohybový moment působí na součást, na které vzniká trvalé přetvoření ve formě záhybů, zaoblení, lemů apod. Tento proces tváření se nazývá ohýbání.

2.1.1 Proces ohýbání [2], [3]

Ohybová síla vyvolává ohybový moment, který součást ohýbá a způsobuje trvalou deformaci materiálu. Ohýbat můžeme dráty, profily a součásti z plechů. Celý proces se většinou provádí v nástrojích. Často se volí ohýbání za studena, pro tvrdé a křehké materiály se volí ohýbání za tepla.

V průřezu materiálu vznikají při ohýbání napětí, která mění po průřezu svůj charakter (obr. 2.1). Objevují se napětí tahová, tlaková, ale i oblasti bez napětí. Část průřezu bez napětí se nazývá neutrální rovinou, která hraje roli též ve výpočtu polotovaru pro ohýbanou součást. Uvedená napětí deformují průřez ohýbané součásti.



Obr. 2.1 Průběh napětí a deformace průřezu $b \times s$ a $\varnothing D$ [2]

Deformace je u různých příčných průřezů materiálu odlišná. Plošné materiály rozdělujeme na úzké polotovary, jejichž šířka je menší, nežli trojnásobek jejich tloušťky a na polotovary široké, kde je na rozdíl od úzkých šířka třikrát větší nežli tloušťka. Deformace se projevuje více u příčných průřezů úzkých polotovarů, než u širokých. Kruhové tyče se při ohybu nedeformují, pokud je poloměr ohybu $r_0 \geq 1,5 \cdot d$, kde d je průměr kruhové tyče. Pokud tomu tak není, příčný průřez kruhové tyče se deformuje do tvaru oválného, popřípadě do tvaru vajíčka.

Pozice neutrální plochy v příčném průřezu materiálu je závislá na poloměru ohybu, tloušťce materiálu a součiniteli polohy neutrální plochy. Pokud je poloměr ohybu $r_0 \geq 12 \cdot s$, předpokládá se poloha neutrální roviny uprostřed tloušťky materiálu a vypočítá se:

$$\rho = r_0 + \frac{s}{2} \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde: ρ poloměr neutrální plochy.

Zmenšuje-li se poloměr ohybu, pak napětí a jím vyvozené deformace průřezu posouvají neutrální plochu směrem k stlačujícím se vláknům v materiálu. Poloměr neutrální plochy následně vypočteme jako:

$$\rho = r_0 + x \cdot s \text{ [mm]} \quad (2.2)$$

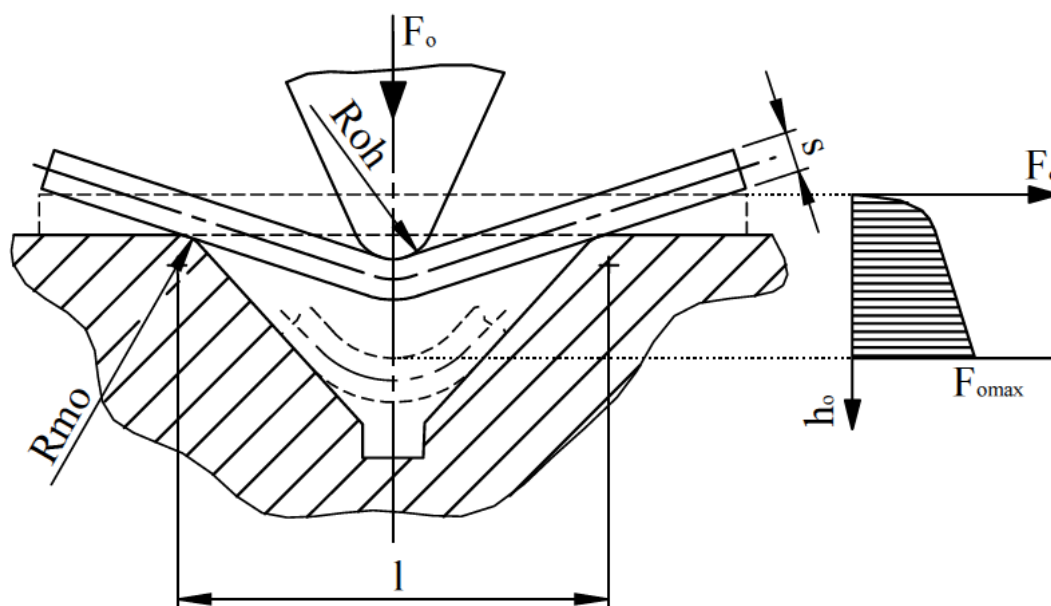
kde: x koeficient posunutí neutrální vrstvy ($0,25 \div 0,5$ dle meze pevnosti materiálu a poměru r_0/s)

2.1.2 Výpočet sil a práce při ohýbání do tvaru V [2], [8]

Ohýb do tvaru U a V je nejčastěji ohýbaným tvarem. Provedeme tedy rozbor průběhu ohýbací síly, silou vyvozených momentů a práce pro ohyb. Průběh ohýbací síly a proces ohybu do tvaru V je znázorněn na obr. 2.2. Vzorkem pro zjištění těchto parametrů je polotovar braný jako nosník, který je uložen na dvou podpěrách od sebe vzdálených o délku l . Tento nosník je uprostřed zatěžován ohýbací silou F_o . Protože mezi polotovarem a funkčními částmi ohýbadla vzniká tření, je zapotřebí zvýšit velikost ohýbací síly o 1/3 své velikosti. Pro ukázkou výpočtu je vybrán případ ohybu součásti do tvaru V. Ohýbací síla bude dána vztahem:

$$F_o = \frac{2 \cdot (1,3 + 0,8 \cdot \varepsilon) \cdot b \cdot s^2 \cdot R_e}{3 \cdot l} \text{ [N]} \quad (2.3)$$

kde: ε mezní poměrné přetvoření krajních tahových vláken.
 R_e mez kluzu v tahu
 b šířka materiálu
 s tloušťka materiálu
 l vzdálenost mezi podporami ohybnice



Obr. 2.2 Průběh ohýbací síly při ohýbání do tvaru V [2]

Na závěr ohýbacího procesu se provádí kalibrace, která se do výpočtu ohýbací síly musí také uvážit. Proto počítáme také kalibrovací sílu:

$$F_k = S_k \cdot p \text{ [N]} \quad (2.4)$$

kde: S_k kalibrovaná plocha polotovaru v průmětu kolmém na pohyb ohybníku
 p měrný tlak pro kalibrování

Měrný tlak pro kalibrování závisí na druhu ohýbaného materiálu. Hodnoty jsou uvedeny pro materiály do tloušťky 10mm. Pro hliník nabývá měrný tlak hodnot mezi 30÷60MPa, pro mosaz 60÷100MPa a pro oceli třídy 12 hodnot 80÷150MPa.

Celková síla potřebná pro ohyb je:

$$F_{0max} = F_0 + 1,3 \cdot F_0 + F_k \text{ [N]} \quad (2.5)$$

Ohybové momenty, které jsou vyvozeny ohýbací silou a vykonávají proces ohýbání, se určí dle následujících vztahů:

$$M_O = \frac{F_O \cdot l}{4} = W_O \cdot R_e \cdot (1,3 + 0,8 \cdot \varepsilon) \text{ [N.m]} \quad (2.6)$$

$$M_O = \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot R_e \cdot (1,3 + 0,8 \cdot \varepsilon) \text{ [N.m]} \quad (2.7)$$

$$M_O = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{b \cdot s^2}{4} \cdot R_e \text{ [N.m]} \quad (2.8)$$

kde: W_O modul průřezu v ohybu

Práce vykonaná při ohýbání se vypočte takto:

$$A_O = m^* \cdot F_{0max} \cdot h_o \text{ [J]} \quad (2.9)$$

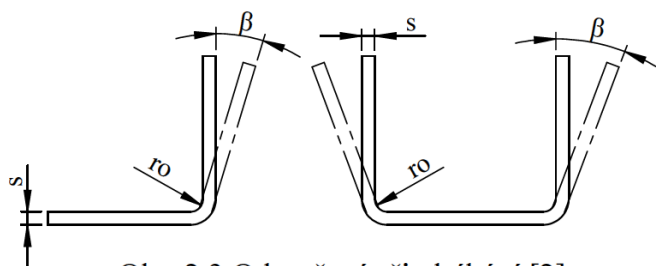
kde: m^* opravný koeficient respektující průběh ohýbací síly, který je roven 1/3
 F_{0max} maximální síla při ohýbání s kalibrací polotovaru
 h_o pracovní zdvih ohýbadla

Tyto výpočty, jak již bylo uvedeno, slouží pro výpočet ohýbání materiálu do tvaru V. Pokud se ohýbá do jiných tvarů, jakými je například tvar do U, je potřeba se řídit dle podobných propočtů, ale určených pro dané ohýbané tvary. Tyto propočty jsou uvedeny v ČSN 22 7340.

2.1.3 Odpružení [1], [2], [3]

Odpružení je doprovodný jev při ohýbání součástí. Tento nechtěný jev se vyznačuje tím, že po ohybu součásti, kdy přestaneme působit deformační silou, má součást tendenci vrátit se do své původní polohy. Úhel ohybu se tedy po odlehčení změní o úhel odpružení β a součást poté neodpovídá výrobním požadavkům. Jedná se tedy o pružně-plastický stav deformace.

Velikost úhlu odpružení závisí na mnoha faktorech, jakými jsou mechanické vlastnosti a tloušťka ohýbaného materiálu, poměr poloměru ohybu ku tloušťce materiálu, tvaru a konstrukci ohýbadla a dalších. Za dlouhá léta praxe byly sestaveny diagramy pro různé druhy materiálů, ze kterých lze vyčíst velikost úhlu



Obr. 2.3 Odpružení při ohýbání [2]

odpružení, pokud známe materiál a poměr poloměru ohybu ku tloušťce materiálu. Úhel odpružení pro ohyb ve tvaru V a U znázorněný na obr 2.3, lze též vypočítat díky vztahům:

$$tg \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{x \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \quad \text{pro ohyb ve tvaru V} \quad (2.9)$$

$$tg \beta = 0,750 \cdot \frac{l_u}{x \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \quad \text{pro ohyb ve tvaru U} \quad (2.10)$$

kde: l_v vzdálenost mezi podporami ohybnice pro ohyb do tvaru V
 l_u vzdálenost mezi podporami ohybnice pro ohyb do tvaru U
 β úhel odpružení
 E modul pružnosti v tahu
 s tloušťka ohýbaného plechu
 R_e mez kluzu ohýbaného plechu
 R_{oh} poloměr ohybníku
 R_{mo} poloměr hrany (opěry) ohybnice

Předejití odpružení při ohybu lze změnou rozměrů ohýbadla o hodnotu úhlu odpružení. Další možností je změna konstrukce ohýbadla, zpevnění materiálu v oblasti budoucího ohybu a dalších.

2.1.4 Stanovení polotovaru ohýbaných součástí [1], [2]

Délka polotovaru pro ohýbanou součást se určí součtem délek neutrálních ploch. Rovné úseky bez ohybů se nepočítají přes vzorce, pouze se sečtou jejich délky. Délky oblouků se musí přepočítávat na délku neutrální plochy dle vztahu:

$$l_n = \frac{\pi \cdot \varphi}{180} \cdot (r_0 + x \cdot s) \text{ [mm]} \quad (2.11)$$

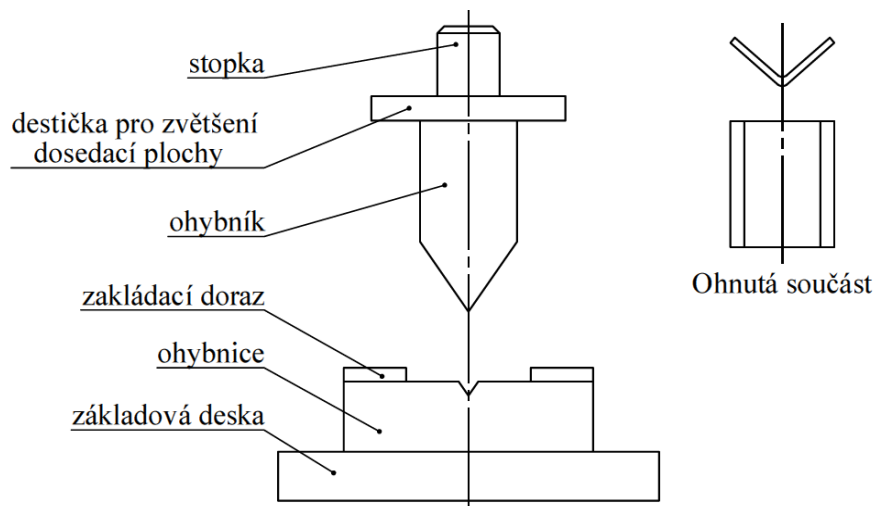
kde: l_n délka neutrální plochy v ohnutém stavu
 φ úhel ohybu na výlisku
 r_0 poloměr ohybu

2.1.5 Nástroje a stroje k ohýbání [1], [2]

- Nástroje

Jednoduché ohýbadlo bez přidržovače je tvořeno dvěma hlavními částmi, a to ohybníkem a ohybnicí. Ohybník je částí pohyblivou, opatřenou stopkou. Pomocí stopky je ohybník zajištěn proti pootočení. Stopka je našroubovatelná, u malých velikostí nástrojů je z jednoho kusu.

Rozměry ohybníku se řídí dle rozměrů výrobku. Šířka ohybníků musí dosahovat minimálně šířky vyráběné součásti. Poloměr zaoblení ohybníku má velikost poloměru ohybu součásti.



Obr. 2.4 Jednoduché ohýbadlo [2]

Druhy nástrojů jsou:

- a) *Jednoduchá ohýbadla* – na jednom pracovišti se při jednom zdvihu lisu uskuteční jedna operace (obr. 2.4)
- b) *Postupová ohýbadla* – na více pracovištích, na kterých se provede pouze jeden zdvih, je postupně zhotovena ohýbaná součást
- c) *Sloučená ohýbadla* – na jednom pracovišti se při jednom zdvihu provede více operací
- d) *Sdružené postupové nástroje* – na jednom, či více pracovištích se vykoná na jeden zdvih lisu více operací různého druhu, jako je stříhání, děrování, ohýbání, tažení a další

- **Stroje**

Stroje a zařízení pro ohýbání se volí s přihlédnutím na technologický postup výroby. Druh stroje, který se bude používat, volíme dle rozměrů, tvarů a počtů kusů výrobků.

Stroje na ohýbání tedy jsou:

- a) *mechanické lisy* – stroje používané pro výrobu menších součástí v tzv. ohýbadlech. Musí se dávat pozor na velikost a průběh ohýbací síly a nastavení dolní úvratě beranu lisu. I malá chyba v nastavení může způsobit velké přetížení stroje i nástroje a může dojít k jejich poškození.
- b) *ohraňovací lisy* – mechanické, či počítačově programovatelné stroje (obr. 2.5) sloužící na tvarování dlouhých polotovarů. Nástrojem jsou dlouhé lišty (např.: 8m) tvarem podobné jednoduchému ohýbadlu. Lišty jsou universální, otočné, či vyměnitelné. Tyto vlastnosti zajistí zhotovení více operací na výrobku na jednom stroji.
- c) *ohýbačky* – stroje mechanické pro kusovou a malosériovou výrobu a počítačově řízené pro hromadnou výrobu součástí do 4 metrů délky.
- d) *zakružovačky* – stroje nejčastěji v provedení se třemi nebo čtyřmi zakružovacími válci. Mezi tyto dlouhé válce je vkládán materiál, který je působením válců ohýbán do tvaru válce, kužele, či jejich částí. Stroje jsou mechanické nebo ruční (obr. 2.6).
- e) *profilové válce* – výroba profilů z plechu, který prochází několika dvojicemi tvarovacích válců. Toto kontinuální ohýbání slouží k výrobě otevřených i uzavřených profilů různé délky.
- f) *speciální ohýbací stroje* – jednoúčelové automaty a další



Obr. 2.5 CNC ohraňovací lis [16]



Obr. 2.6 Ruční zakružovačka plechu [20]

2.2 Konstrukčně technologické zásady pro ohýbání

2.2.1 Vliv nedokonalostí ohybu na ohýbanou součást [1], [8], [9]

Proces ohýbání má několik nedokonalostí, které přímo ovlivňují tvar, rozměry a kvalitu ohýbaných součástí. Tyto nedokonalosti se musí respektovat a dodržením určitých zásad se dá těmto problémům předejít.

Mezi nedokonalostmi v ohybu je zařazena přesnost úhlu ohýbané části. Úhel ohybu bývá ovlivněn úhlem odpružení β (obr. 2.3), který se projevuje zejména při ohýbání za studena. Tomuto problému byla věnována již kapitola 2.1.3. Tento doprovodný jev ohýbání lze do určitého úhlu ohybu ovlivnit úpravou nástroje, popřípadě výrobou součásti na více tahů. Tloušťka plechu a anizotropie materiálu mohou také působit na odchylky úhlu.

Při ohybu také dochází k deformaci materiálu. Při tzv. volném ohybu se deformují okraje materiálu v oblasti ohybu. Další deformace nastává po celé délce místa ohybu, kde může dojít ke ztenčení materiálu až o 20% šířky. S tímto ztenčením šířky materiálu se musí počítat. Pokud je potřeba udržet konstantní šířku materiálu po celé součásti, musí se před ohybem zesílit materiál v místě ohybu o hodnotu jeho předpokládaného zmenšení, jak je vyobrazeno na obr. 2.7.



Obr. 2.7 Přídavek materiálu v místě ohybu [3]

Nepřesnost tvaru zhotovené součásti může být zapříčiněna nevhodnou úpravou polotovaru. Polotovaz může mít zešikmenou hranu, která po přisunutí k dorazům a po ohybu zapříčiní vznik různé výšky ohybu nebo ohyb na nevhodném místě. Nesprávné umístění ohybu je také často zapříčiněno nestejnou velikostí tření mezi hranami čelistí nástroje a polotovarem, čímž se může polotovaz při ohybu nevhodně vychýlit.

Místo ohybu se zpevňuje vlivem tváření za studena.

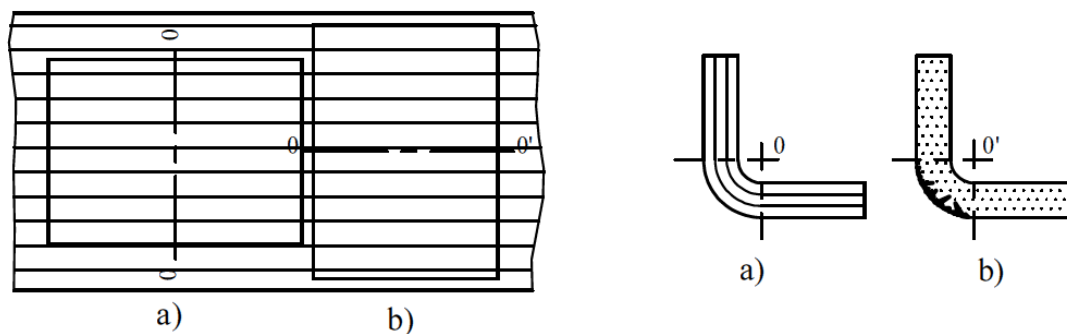
Jakost povrchu součásti po ohýbání se odvíjí od několika faktorů. Mezi tyto faktory můžeme řadit jakost povrchu materiálu před ohybem a proměnlivou tloušťku materiálu. Záleží také na nástroji. Jeho tvar, jakost povrchu ohýbacích čelistí a vůle mezi nimi jsou určující. Mazání je též nezbytná součást procesu při ohýbání a je třeba zvolit správný způsob přimazávání.

2.2.2 Vliv velikosti poloměru ohybu na materiál [8], [9]

Stanovení vhodného poloměru ohybu má za následek eliminaci problémů spojených s deformací nebo porušením ohýbaného materiálu. Proto je vhodné vyvarovat se ztenčení tloušťky materiálu při ohybu. Přípustná mez je $0,8 \cdot s$.

Ostré ohyby u velmi tvárných materiálů jsou přípustné do hodnoty $r_0 = 0,3\text{mm}$. Takovéto ostré ohyby vyžadují dodatečnou kalibraci s doprovodným snížením tloušťky stěny. Ostré ohyby s $r_0 < 3\text{mm}$ jsou v praxi prakticky neproveditelné. U méně tvárných materiálů dochází při tvorbě ostrých ohybů k deformaci, která přechází k porušení vnějšího povrchu materiálu, na kterém vznikají trhliny vlivem vysokých napětí a ztráty soudržnosti.

Ke vzniku trhlin na vnější ploše materiálu napomáhá také špatná poloha osy ohybu. Osa polohy má být kolmá ke směru vláken (obr. 2.8), který je určen směrem tváření plechu při výrobě. Není-li osa kolmá ke směru vláken, materiál je náchylnější k praskání. Po vystřížení polotovaru k ohybu jsou na hranách výstřižku otřepy, které obsahují trhliny vzniklé stříháním. Ohybem součásti se pak trhliny rozrůstají a porušují materiál. Zásadou je mít malé otřepy na vnitřní straně ohybu (vnější strana bez otřepů). Velké otřepy je potřeba odstranit a případně hrany výstřižku zaoblit. Nemůže-li být součást takto upravena, je nutné zvětšit $1,5 \div 2$ krát poloměr ohybu. Úhel ohybu menší než 90° vyžaduje zvětšit poloměr ohybu o $10 \div 30\%$. Doporučené poloměry ohybu pro různé materiály jsou uvedeny v tab. 2.1.



Obr. 2.8 Vliv směru vláken, a) ohyb ve směru vláken, b) ohyb napříč směru vláken [9]

Tab. 2.1 Doporučené poloměry ohybů [6]

Poloměr ohybu (směrné hodnoty)															
Tloušťka s [mm]	0,3	0,4	0,5	0,6	0,75	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0	6,0
Materiál	Poloměr ohybu r_0 [mm]														
Hliník, měď, mosaz, ocel	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,5	1,5	2,5	2,5	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	10
Hliníkové slitiny	1,0	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	4,0	4,0	6,0	6,0	10	10	10	15	15
Hořčíkové slitiny	1,5	1,5	2,5	2,5	4,0	4,0	4,0	6,0	10	10	10	15	15	20	20
Přibližné hodnoty	Ocel $r_0 = 1 \div 3s$; Hliníkové slitiny $r_0 = 3s$; Hořčíkové slitiny $r_0 = 4s$														

2.2.3 Tolerance ohýbaných součástí [1], [8], [9]

Rozměrová přesnost ohýbaných součástí závisí na velikosti a složitosti tvaru součástí, rovnoměrnosti tloušťky, anizotropie výchozího materiálu a přesnosti nástroje. Kvalita součástí také stoupá s dodržováním rozměrových tolerancí. Opomenout nemůžeme, že předepsané tolerance mají být v rozsahu, ve kterém je lisovna schopna vyrábět při využití běžného ohýbání.

Tolerance ztenčení stěny při ohybu je přípustná do 20% šířky. Ztenčení probíhá po délce ohybu a ovlivňuje šířku i části ramen přilehlých k oblasti střihu. Šířka materiálu se při ohybu zmenšuje a zmenšuje se tím více, čím více je materiál tvárný a vytváří se na něm menší poloměr ohybu.

Tolerance, které se předepisují pro poloměry a úhly ohybů, jsou vypsány v tab. 2.2 a tab. 2.3. Uvedené hodnoty jsou určeny pro ohýbané součásti ohýbáním běžným s úhlem ohybu 90° .

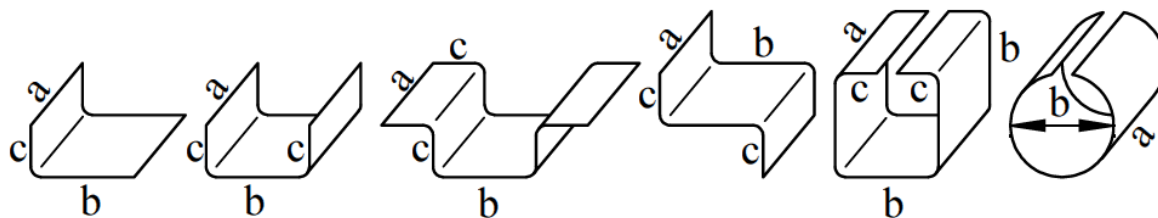
Tab. 2.2 Tolerance úhlu ohybu dosažitelná běžným ohýbáním při úhlu ohybu 90° [1]

Materiál	Poměrný poloměr ohybu r_0 / s		
	$r_0 / s < 1$	$1 \div 2$	$2 \div 4$
Měkká ocel a mosaz $R_m = 300\text{MPa}$	$\pm 15^\circ$	$\pm 30^\circ$	$\pm 1^\circ$
Středně tvrdá ocel $R_m = 400\text{MPa}$	$\pm 30^\circ$	$\pm 1,5^\circ$	$\pm 3^\circ$
Mosaz polotvrdá $R_m = 350\text{MPa}$ Tvrdá ocel $R_m = 600\text{MPa}$	/	$\pm 3^\circ$	$\pm 5^\circ$

Tab. 2.3 Tolerance poloměru ohybu dosažitelná běžným ohýbáním při úhlu ohybu 90° [1]

Poloměr ohybu r_0 [mm]	$r_0 < 3$	$3 \div 6$	$6 \div 20$	$r_0 > 20$
Tolerance [mm]	$\pm 0,5$	± 1	± 2	± 3

Délky neohnutých rovných částí (délky ramen) výlisku mají také své tolerance, které jsou uvedeny v tabulce 2.4 a nákres součástí spolu s označením rozměrů, o která se jedná, vyobrazuje obrázek 2.9.



Obr. 2.9 Tvary výlisků s označením ramen k tabulce 2.4 [11]

Tab. 2.4 Tolerance délky ramen [11]

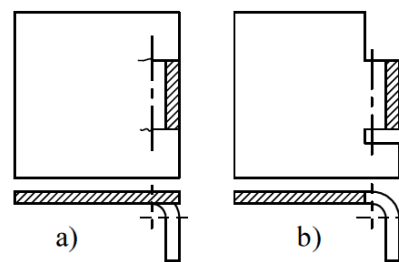
Rozměry v mm

a	s	b			c		
		< 50	50 až 100	100 až 150	< 50	50 až 100	100 až 150
100	< 1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	1,0
	1 až 3	0,5	0,6	0,8	0,8	1,0	1,5
	3 až 6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,5	1,5
100 až 200	< 1	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
	1 až 3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	1,5
	3 až 6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,5	2,0
200 až 400	< 1	0,5	0,6	0,8	0,8	1,0	1,5
	1 až 3	0,6	0,8	1,0	1,0	1,5	1,5
	3 až 6	0,8	1,0	1,2	1,0	1,5	2,0
400 až 800	< 1	0,6	0,8	1,0	1,0	1,5	1,5
	1 až 3	0,8	1,0	1,2	1,0	1,5	2,0
	3 až 6	1,0	1,2	1,5	1,5	2,0	2,0

2.2.4 Zásady konstrukce ohýbaných součástí [1], [3], [8], [9]

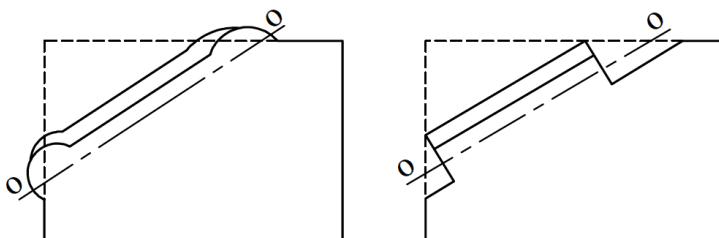
Na volbě konstrukce výlisků velmi záleží. Určité zásady konstrukce ohýbaných součástí byly stanoveny tak, aby se co nejvíce zamezilo vadám a nepřesnostem na výrobku. Důležitá je také úprava tvaru výlisku. Pokud není bezpodmínečně nutné dodržet požadovaný tvar, ale pouze zachování funkčnosti součásti, výlisek je možné často upravit tak, aby se snížily náklady na výrobu a snížila se složitost a náročnost výroby.

Místa ohybu by měla být upravena takovým způsobem, aby nedocházelo k deformacím v oblasti ohybu. Jak je uvedeno na obr. 2.10, osa kolmého ohybu by měla být kolmá na hranu výlisku. Pokud tomu tak není, po ohnutí jsou hrany v místě ohybu deformované. Tato deformace vytvoří v místě ohybu rozšíření tvaru výlisku. Dva k sobě kolmé ohyby s osami kolmo k hranám vyžadují také úpravu, aby nedošlo k vyboulení materiálu po ohybu. V průřezu obou hran je potřeba odstranit ostrý roh, a to například vystřihnutím kruhového otvoru (obr. 2.11). Na obr. 2.12 je vyobrazen další rozdíl mezi upravenou a neupravenou oblastí

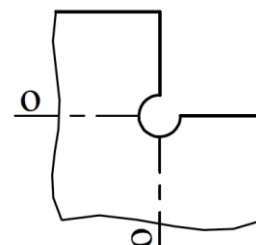


Obr. 2.12 Konstrukční úprava výlisků [9]
a) špatně b) dobře

u ohybu. Oblast ohybu by měla být uvolněna a dostatečně oddělena od částí, které ohýbány nejsou. Při nedodržení tohoto konstrukčního řešení může nastat nerovnoměrnost ohybu a u nedostatečného oddělení materiálu nastane tvorba prasklin a následné trhání materiálu.

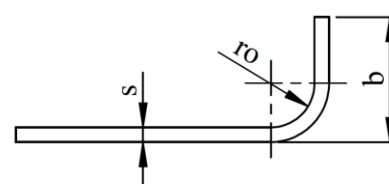


Obr. 2.10 Úprava výchozího polotovaru v oblasti ohybu pro zabránění deformací [1]



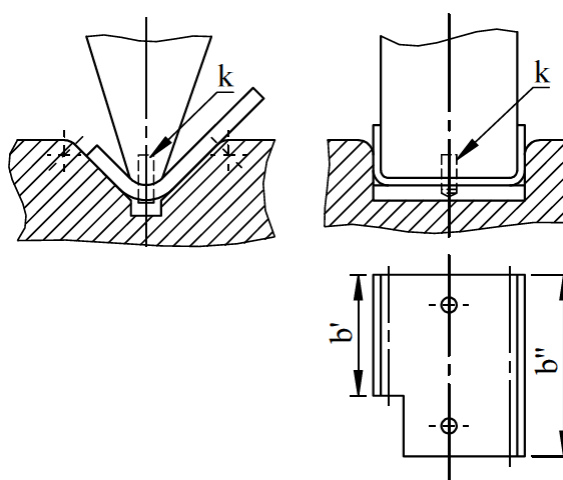
Obr. 2.11 Úprava ostrých rohů v ohybu

Při ohýbání má ohýbaný kus výlisk (tzv. rameno) předepsanou minimální délku, která závisí na tloušťce materiálu a na poloměru ohybu. Délka ramene (obr. 2.13) by měla mít minimální velikost pro $r_0 < 1\text{mm}$ hodnotu $b \geq 3 \cdot s + r_0$ a při velikosti poloměru ohybu $r_0 > 1\text{mm}$ je poté $b \geq (2,5 \div 3) \cdot s$. Pokud se nedodrží



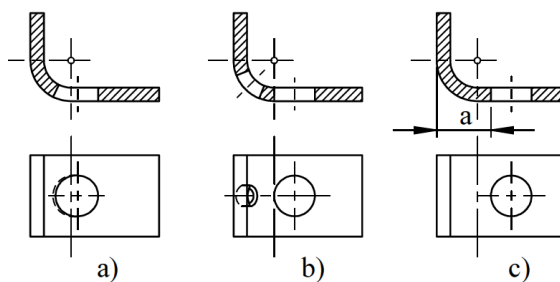
Obr. 2.13 Minimální délka ramene [1]

tyto minimální hodnoty délek ramen, je třeba při ohybu použít zvláštních opatření. Pravidlem pro délky ramen je také jejich stejná délka. Ohýbaná součást, která má krátká a nesteré dlouhá ramena, je náchylná k prokluzu materiálu v ohybníku, změnu místa ohybu, a tím k tvarovým nepřesnostem součásti. Pro takové součásti se zhotovují před ohybem do materiálu technologické otvory, do kterých se zavádějí kolíky upevněné na ohybníku. Kolíky zabráňují prokluzu materiálu v nástroji a přesně definují pozici ohybu. Toto opatření je ukázáno na obr. 2.14.



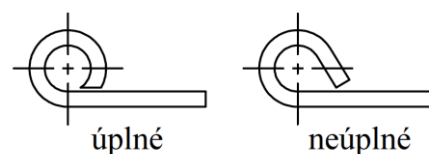
Obr. 2.14 Ohýbání v nástroji s kolíky k [9]

Ve výstřižcích určených k ohybu se nenacházejí pouze otvory technologické, ale i otvory funkční. Otvory na rovných plochách výlisků mají tvar oproti otvorům, které se nacházejí v místě ohybu nebo v jeho blízkosti (obr. 2.15), stálý tvar. Je-li deformace vystřižených otvorů nežádoucí, jsou stanoveny minimální vzdálenosti odsazení otvorů a děr od místa ohybu. Odsazení nabývá minimálních hodnot $a \geq r_0 + 2 \cdot s$.

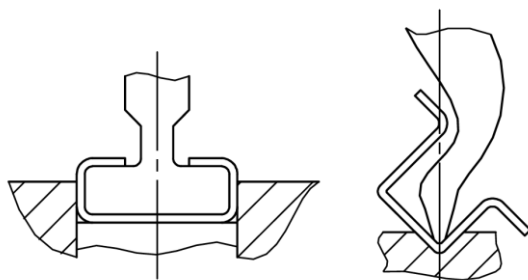


Obr. 2.15 Vzdálenost otvoru od ohybu [9]
a), b) nesprávně c) správně

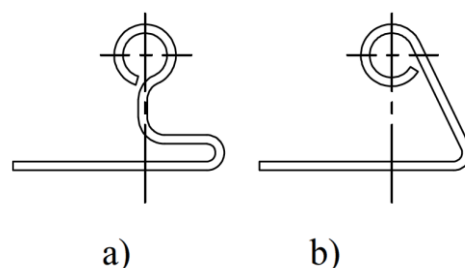
Snížení nákladů a složitosti výroby, jak již bylo zmíněno, se dá docílit několika způsoby. Je zbytečné zakružovat plechy až k okraji, což navíc vyžaduje použití přídatných operací. Není-li nezbytné zakružovat až k okraji, vystačí plechy zakružovat neúplně, jako na obr. 2.16. Tvarová složitost součástí s uzavřenými ohyby je nevhodná z důvodu špatné manipulace a špatného vyjímání pohyblivé čelisti ohýbadla (obr. 2.17). Proto je vhodné tvarově složité součásti co nejvíce zjednodušit, jak je ukázáno na obr. 2.18, minimalizovat počet operací ohýbání a snažit se co nejvíce ohýbat součásti jedním směrem. Ohýbání ve více směrech vyžaduje sražení a zaoblení hran na obou stranách materiálu (důvodem jsou již uvedené otřepy, které jsou zdrojem trhlin), a to zvláště u tlustších plechů.



Obr. 2.16 Zakružování [9]

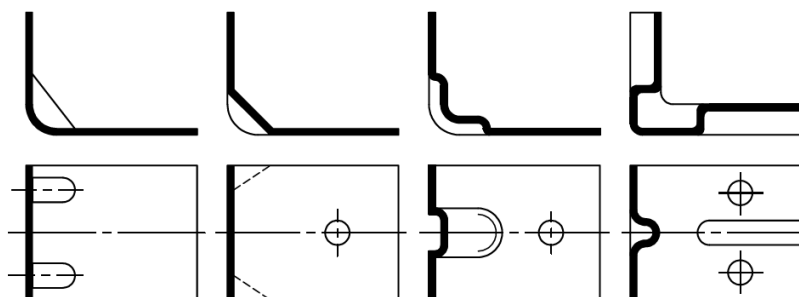


Obr. 2.17 Úprava výlisků k snadnému vyjímání a k vhodné konstrukci pohyblivé čelisti [9]



Obr. 2.18 Úprava ohýbané součásti [9]
a) nesprávně b) správně

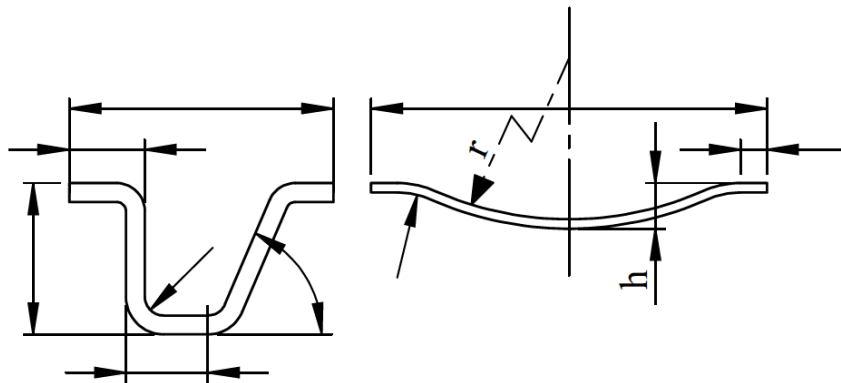
Konstrukce ohýbaných součástí s velkými poloměry v ohybu jsou často velmi tvarově nestabilní a málo tuhé. V místě ohybů se tedy zhotovují podpěry či prolisy (obr. 2.19). Prolisy mimo zpevnění ohýbané součásti také zmenšují nepřesnosti úhlů v ohybu a zužují tak výrobní tolerance.



Obr. 2.19 Zpevnění ohýbaných součástí prolisy a podpěrami [1], [3]

2.2.5 Kótování ohýbaných součástí [9]

Kótování ohýbaných součástí složitých tvarů, může být komplikované. Rozměry ohýbaných součástí na výrobním výkrese, by měly být kótovány tak, aby odpovídaly rozměrům ohýbacích ústrojí nástroje. U rozměrů, které nevyžadují jejich toleranci, se tolerance výroby nemusí předepisovat. Oblouky o velkých rozměrech je složité kótovat odkazovou čarou poloměru, proto postačí okótovat výšku daného oblouku. Příklady způsobu kótování jsou uvedeny na obr. 2.20.



Obr. 2.20 Kótování výlisků [9]

3 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE VÝTAŽKŮ

3.1 Výroba součástí tažením [1]

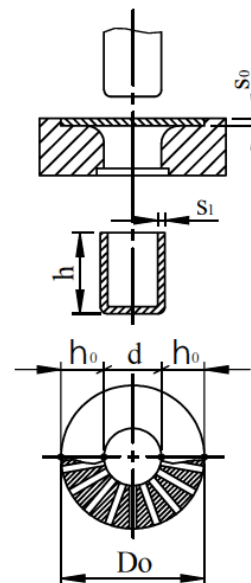
Výroba karoserií automobilů, trupů letadel a lodí, domácí nádobí, dětské hračky - to vše a mnohé další se vyrábí technologií tváření zvanou tažení.

3.1.1 Proces tažení [1], [2]

Norma ČSN 22 6001 uvádí a popisuje různé způsoby tažení. Jedná se o jednoduché tažení, zpětné tažení, tažení se ztenčením stěn, žlábkování a další. Dle předložené výrobní dokumentace a požadavků na výrobu výtažku musíme dle této normy dodržovat pracovní postupy a technologičnost odpovídající danému způsobu tažení.

Tažení je technologií tváření plechů, při které je polotovar rovinný. Následuje jedním, či více tahy tvorba dutého výtažku požadovaných rozměrů. Výroba se provádí tváření plechů, z kterých se zhotoví velké množství tvarových součástí. Jsou to například válcová, kuželová a parabolická rotační tělesa, čtvercové a obdélníkové krabičky a další.

Hluboké tažení se provádí z plechových rovinných přístřihů ve formě rondelů o průměru D_0 a tloušťce s . Tažník vniká do tažnice a přetváří mezikruží $h_0 = D_0 - d$ z rovinné plochy na válcovou část výtažku. Dno výtažku je stále rovinné o velikosti průměru výtažku. Výška výtažku h je ale větší, než h_0 . Vše je dáno zákonem konstantního objemu, kdy došlo k přesunu objemu materiálu z mezikruží blíže k obvodu a to na výšku výtažku. Celý děj je tvořen pomocí radiálního napětí ve směru tažení a doprovodného napětí tangenciálního. Přesunutý objem materiálu je znázorněn na obr. 3.1 jako vyšrafované trojúhelníky.



Obr. 3.1 Princip tažení plechu [2]

Při tažení tenkých plechů může v důsledku tangenciálního napětí dojít ke zvlnění materiálu v přírubové části výtažku. K odstranění tohoto doprovodného nechtěného jevu se používá přidržovač.

Po dokončení procesu tažení následuje zpravidla technologická operace ostřížení. Ostřížením odstraníme nerovnosti (cípy) na obvodu výtažku a docílíme tím konečnou podobu výtažku dle požadavků na jeho rozměry.

3.1.2 Víceoperační tažení [2], [3], [5]

Při plánování výroby se musí dbát na to, že dosažitelná velikost deformace je limitovaná a z rondelu o průměru D_0 lze vyrobit výtažek pouze do určitého minimálního průměru d a hloubky h . Při překročení mezní velikosti deformace dojde k porušení vyráběného výtažku. Proto vyrábíme rozměrné výtažky, které nelze vyrábět na jeden tah, postupně na více tažných operací.

Počet operací tažení lze stanovit s využitím součinitele tažení m . Pro každý materiál a jeho poměr průměru rondelu ku tloušťce materiálu, jsou stanoveny velikosti součinitelů tažení. Hlubokotažné oceli mají například pro první tah součinitel tažení $m_1 = 0,48 \div 0,5$, pro druhý tah $m_2 = 0,73 \div 0,75$ a pro třetí tah $m_3 = 0,76 \div 0,78$. Ocel 11 311 má pro první tah

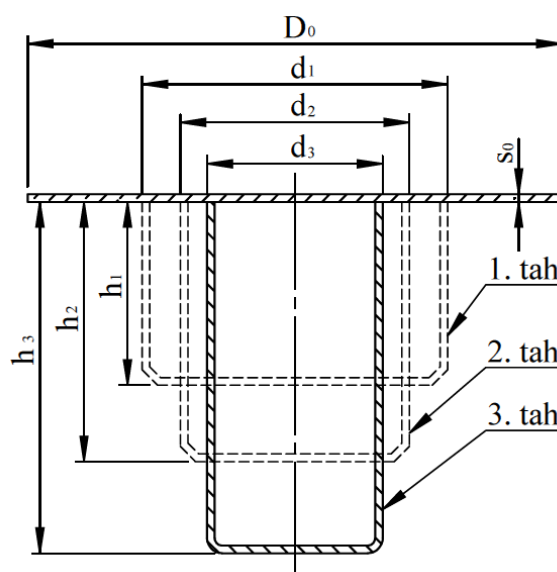
hodnotu $m_1 = 0,48$. Této hodnoty se využije pro výpočet minimálního možného průměru výtažku po prvním tahu. Pokud je vypočítaný minimální průměr stejných či dokonce nižších hodnot, než požadovaný průměr, výtažek je vyrobitelný na jeden tah. Vyjde-li vypočtený minimální průměr větších parametrů, musí se použít součinitel tažení pro druhý tah a znovu vypočítat minimální možný vyrobitelný průměr. Takto se postupuje až do n-tého tahu, který bude odpovídat požadovanému průměru. Na obr. 3.2 je znázorněn tah výtažku na tři operace.

$$d_1 = m_1 \cdot D_0 \quad [\text{mm}] \quad \text{pro 1. Tah} \quad (3.1)$$

$$d_2 = m_2 \cdot d_1 \quad [\text{mm}] \quad \text{pro 2. tah} \quad (3.2)$$

$$d_n = m_n \cdot d_{n-1} \quad [\text{mm}] \quad \text{pro n-tý tah} \quad (3.3)$$

kde: $m_{1,2,...}$ součinitel tažení
 D_0 průměr rondelu
 $d_{1,2,...}$ průměry výtažků po dokončení tahu



Obr. 3.2 Schéma tažení výtažku na tři operace [3]

3.1.3 Stanovení rozměrů polotovaru k tažení [8]

Před zahájením výroby je důležité znát velikost polotovaru. Velikost polotovaru se zakládá na podstatě stálosti objemu. Za předpokladu, že tažením nedochází ke ztenčování tloušťky stěny (zůstává všude konstantní), se polotovar stanoví z rovnosti ploch takto:

$$D_{0\text{teor}} = \sqrt{\frac{4 \cdot S_v}{\pi}} \quad [\text{mm}] \quad (3.4)$$

kde: $D_{0\text{teor}}$ průměr polotovaru
 S_v plocha povrchu (střední vrstvy) výtažku

Určení rovinných ploch závisí na tloušťce materiálu. U tenkých plechů se rovinné plochy stanovují z ploch vnějších na výtažku. U tlustých plechů se rovinné plochy přepočítávají na plochy stažené ke středním hodnotám tloušťek výtažku.

Polotovary se v praxi nastavují o tři procenta velikosti protažení v prvním tahu a další jedno procento pro druhé a následující tahy. To vše se provádí z důvodu tvorby cípatosti po okraji výtažku (může tvořit 5÷20% čisté výšky výtažku), proto je zapotřebí materiál nastavit tak, aby se mohly vytvořené cípy ostříhnout a zbyl pouze požadovaný rozměr výtažku bez deformovaných částí po jeho obvodu. Velikost skutečného polotovaru pro tažení na jeden tah se vypočte:

$$D_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} \cdot 1,3 \text{ [mm]} \quad (3.5)$$

kde: D_0 skutečný průměr polotovaru

3.1.4 Výpočet sil při procesu tažení [2], [8]

Tažná síla není při celém procesu tažení konstantní velikosti. Svého maxima nabude po vniknutí tažníku do tažnice na hloubku o velikosti součtu poloměru zaoblení na tažníku a na tažnici. Síla dále klesá s klesající velikostí plochy vnější přírubové části výtažku. Tažná síla je poté dána vztahem:

$$F_t = \sigma_v \cdot \pi \cdot d_s \cdot s_0 \text{ [N]} \quad (3.6)$$

kde: F_t tažná síla
 σ_v napětí v plášti výtažku
 d_s střední průměr výtažku
 s_0 tloušťka výchozího polotovaru

Pro zvolení vhodného lisu pro výrobu výtažků je potřeba znát maximální tažnou sílu. Tato síla se označuje jako síla potřebná k utržení dna výtažku, protože při tak velké tažné síle dochází k deformaci a porušení výtažku v nejnebezpečnějším místě. Už z toho je zřejmé, že tažná síla pro výrobu výtažku musí být menší. Síla potřebná k utržení dna vychází ze vztahu:

$$F_{utr} = c_t \cdot R_m \cdot \pi \cdot d_s \cdot s_0 \text{ [N]} \quad (3.7)$$

kde: F_{utr} síla k utržení dna
 c_t konstanta vyjadřující vliv součinitele tažení m , její hodnota $c < 1$ a klesá s růstem součinitele tažení
 R_m mez pevnosti taženého materiálu

Tenké plechy s tloušťkou polotovaru $s_0 < 0,5\text{mm}$ se musí vždy táhnout s použitím přidržovače. Pokud se tedy používá přidržovače, musí se stanovit i jeho síla.

$$F_{př} = S_{př} \cdot p_{př} \text{ [N]} \quad (3.8)$$

kde: $F_{př}$ síla přidržovače
 $S_{př}$ činná plocha přidržovače
 $p_{př}$ měrný tlak přidržovače

Měrný tlak přidržovače $p_{př}$ má různé velikosti dle materiálů. Pro hlubokotažné plechy je $p_{př} = 2 \div 3 \text{ MPa}$, $1,2 \div 1,8 \text{ MPa}$ pro měděné plechy, $2 \div 5 \text{ MPa}$ pro nerezové plechy a pro plechy mosazné $1,5 \div 2 \text{ MPa}$.

3.1.5 Nástroje a stroje k tažení [1], [2]

- Nástroje

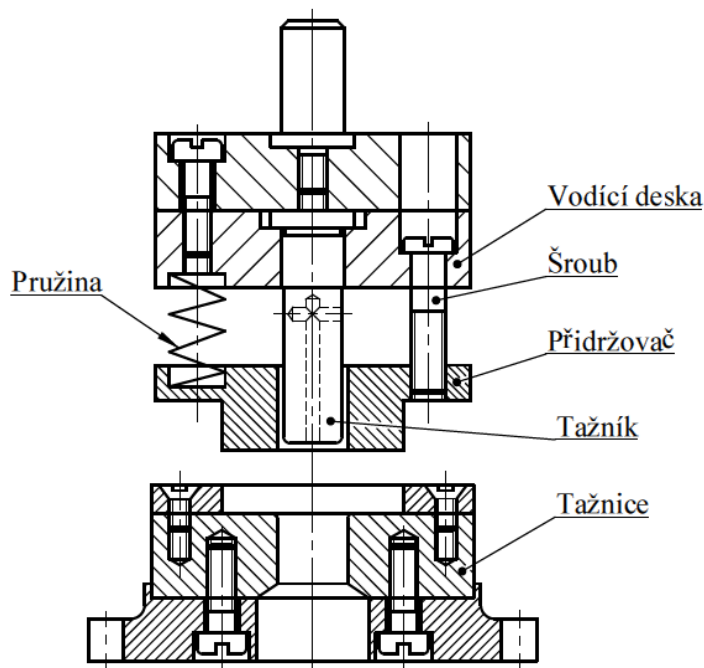
Nástroj určený k tažení se nazývá tažidlo, které je zobrazeno na obr. 3.3. Hlavní části nástroje tvoří tažník, tažnice a přidržovač. Pro tažník a tažnici je důležitá geometrie jejich funkčních částí, a to zejména poloměrů zaoblení tažných hran. Od těchto zaoblení se odvíjí velikost napětí v taženém materiálu, velikost tažné síly a zvlnění materiálu v přírubové části výtažku. Jestliže se jedná o poslední operaci tahu, zaoblení tažníku a výtažku jsou shodné. U předchozích operací se udává vztah pro výpočet poloměru zaoblení tažníku takto:

$$R = 0,8 \cdot (D_0 - d) \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (3.9)$$

kde: R poloměr zaoblení
D₀ průměr přístřihu (rondelu)
d průměr výtažku
s tloušťka taženého materiálu

V praxi je zažito, dle dlouhodobých zkušeností, používat vztah:

$$R = (6 \div 8) \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (3.10)$$



Obr. 3.3 Tažný nástroj [23]

- Stroje

U technologie tažení volíme druh stroje dle potřebných sil, které musí stroj vyvodit svou činností, ale také se musí brát v potaz požadavek na velikost zdvihu ve stroji. K tažení se používají mechanické a hydraulické lisy. Pokud se zhotovují málo náročné výtažky, můžeme použít univerzálních excentrických a klikových lisů mechanických, či lisů hydraulických. Pokud se jedná o výtažky složité a výtažky velkých rozměrů, je zapotřebí zvolit lisu určené k tažení, které se nazývají tažné lisy.

Tažné lisy mají pohon mechanický nebo hydraulický. Podle konstrukce se dělí na:

- *jednočinné* – přidržovač, případně vyhazovač, je součástí konstrukce nástroje
- *dvojčinné* – pohyb přidržovače, případně vyhazovače, je řízen nezávisle na chodu nástroje
- *trojčinné* – přidržovač, vyhazovač a další pomocné komponenty jsou řízeny samostatně
- *postupové* – použití postupových nástrojů určených pro více tahů

Charakteristickými znaky tažných lisů mechanických jsou větší zdvihy, větší setrvačníky, silnější motory oproti běžným mechanickým lisům. Výstředníky jsou nahrazeny klikovými hřídeli pro získání větších zdvihů.

Tažné lisy hydraulické se vyznačují plynulým řízením velikosti přidržovací a tažné síly. Díky tomu jsou vhodné na tažení výtažků z plechů a k hlubokému tažení. Za nevýhodu se dá označit složitost hydraulického systému stroje.

3.2 Konstrukčně technologické zásady pro tažení

3.2.1 Vliv nedokonalostí tažení na kvalitu tažené součásti [9]

Stejně jako u stříhání a ohýbání, tak i u tažení jsou tvary a přesnosti výtažků ovlivněny některými nedokonalostmi procesu tažení.

Nedokonalosti tahu ovlivňují vnější plášť výtažku, který je vlivem tažné mezery a odpružení utvářen do tvaru kužele, jehož strany bývají pod sklonem $1 \div 3^\circ$. Povrch výtažku trpí zdrsňením povrchu v oblastech, ve kterých dochází k velkým přetvářením.

Okraje výtažků jsou další částí, která je nedokonalostmi velmi ovlivněna. V okrajích, lemech a přírubách je větší tloušťka materiálu oproti stěnám výtažku. Rozdíly mezi tloušťkou stěny v blízkosti přechodu ode dna do pláště a okrajem výtažku se mohou pohybovat až mezi $20 \div 30\%$. Tento rozdíl je výraznější u výtažků zhotovených na více tahů. Příčinou této změny tloušťek je tangenciální napětí působící při zmenšování průměru výtažku. Další nedokonalost okraje výtažku vzniká v důsledku anizotropie taženého plechu, projevuje se křivostí – copatostí okraje výtažku. Vzniklé nerovnosti je po dokončení tažení nutné ostříhnout.

Zaoblené hrany a velikosti jejich poloměrů, které se tvoří mezi dnem výtažku a jeho stěnou nebo stěnou a přírubou výtažků, se musí přizpůsobit technologickým možnostem tažení. Při nároku na malé poloměry je nutné zařadit další kalibrovací operaci.

Vysoké přetváření materiálu je příčinou zpevňování materiálu, které se nejvíce projeví na okrajích výtažků.

3.2.2 Volba materiálu a maziv k tažení [1], [2], [9]

Úspěšné zhotovení výtažků velmi záleží na volbě materiálu. S vyššími počty tahů se kladou vyšší nároky na tvárné vlastnosti materiálu. Proto se pro tažení používají materiály, které vykazují vysokou hodnotu tažnosti.

Mezi materiály určenými k tažení jsou oceli pro tažení (vybrané oceli jsou zapsány v tab. 3.1), měď 42 3003 a 42 3005, mosazi 42 3210, 42 3211, 42 3213 a 42 3236, hliník 42 4002, 42 4004 a 42 4005 a tombak (slitina mědi a zinku) 42 3201, 42 3202 a 42 3203.

Tab. 3.1 Ocelové materiály vhodné k tažení [1]

Ocel	R_e [MPa]	R_m [MPa]	Min. tažnost A_{80} [%]	Stupeň dezoxidace	Určení oceli na:
11 331	260	290 ÷ 410	25	neuklidněná	mírné tažení
11 325	240	290 ÷ 390	30	uklidněná	střední tažení
11 321	240	290 ÷ 390	29	neuklidněná	střední tažení
11 305	220	300 ÷ 360	36	uklidněná	velmi hluboké tažení
11 304	220	300 ÷ 360	36	neuklidněná	velmi hluboké tažení
11 301	230	290 ÷ 370	31	neuklidněná	hluboké tažení
11 361	250	360 ÷ 460	29	uklidněná	střední tažení
11 412	270	420 ÷ 520	26	uklidněná	střední tažení

Oceli se dělí na uklidněné a neuklidněné. Uklidněné oceli jsou oceli stabilizované příměsí hliníku, titanu, popřípadě vanadu. Tyto oceli mají z hutí zaručenu stálost vlastností po dobu 6 měsíců. U neuklidněných ocelí použitých k tažení však nastává problém.

Oceli neuklidněné stárnou, a proto se nesmí dlouhou dobu uskláňovat a musí se co nejdříve zpracovat. Při zvýšení meze kluzu o 10MPa a snížení tažení o 1% se musí materiál zpracovat do osmi dnů od doby, kdy oceli byly expedovány. Po dlouhodobějším

skladování oceli ztrácí vlastnosti vhodné k tažení a dochází k deformacím a porušování materiálu při tahu.

Malým výrobním závodům je tedy doporučeno nakupovat uklidněnou ocel pro hluboké tažení. Tyto oceli mohou při poklesu počtu zakázek uskladnit po delší dobu a využít ji pro pozdější zpracování. Jsou také méně náchylné na prodlevu časů mezi jednotlivými tahy, je možné vynechat žíhání a další.

Při tažení vznikají na tažné hraně tažnice velká tření. Aby se zamezilo porušování materiálu a nebyla ovlivněna drsnost povrchu výtažku, využívá se v procesu tažení maziv. Maziva musí mít vlastnosti dle určitých kritérií, které musí splňovat. Po mazivech se vyžaduje, aby na materiál dobře přilnuly a vytvořily rovnoměrnou vrstvu, která vydrží vysoké tlaky a neporuší se. Mazivo nesmí vysychat a musí být po dokončení procesu z výtažku dobře odstranitelné. Složení nesmí obsahovat částice, které by mohly mechanicky nebo chemicky porušit povrchy výtažku a nástroje. Vyžaduje se také ekologická nezávadnost maziv.

3.2.3 Tolerance tažených součástí [1], [9]

V jaké přesnosti bude vyroben výtažek, závisí na možnostech lisovny a výběru materiálu. U materiálů je třeba přihlídnout na jeho vlastnosti, jako je jakost, tažnost a poměrná tloušťka. U ocelí hlubokotažných záleží u výrobní přesnosti na jakosti materiálu, tloušťce materiálu a na zvolené technologii tažení. Jakých tříd přesnosti výtažky z ocelových plechů pro hluboký tah dosahují, je zobrazeno v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Přesnost rozměrů výtažku v závislosti na jakosti práce lisovny, druhu materiálu a, b, c a tloušťce plechu s [9]

Jakost práce v lisovně	Materiál	Třída přesnosti IT											
		8		10		12		14		16		18	
Velmi hrubá	a			s = 5									
	b											0,5mm	
	c												
Hrubá	a												
	b												
	c												
Běžná	a												
	b												
	c												
Přesná	a												
	b												
	c			s = 5					0,5mm				

Pozn.: Materiál: a – dobře tvářitelný, b – tvářitelný, c – špatně tvářitelný

Výtažky z materiálů dobře tvářitelných a o velkých tloušťkách, nabývají vyšších přesností. Pro mosaz s tloušťkou materiálu 3 ÷ 5mm, se udává třída přesnosti IT 11. U měkkého hliníku lze dosáhnout třídy přesnosti až IT 9.

Přidáním dodatečné operace, jakou je například rovnání nebo kalibrování, lze dosahovat i přesností vyšších.

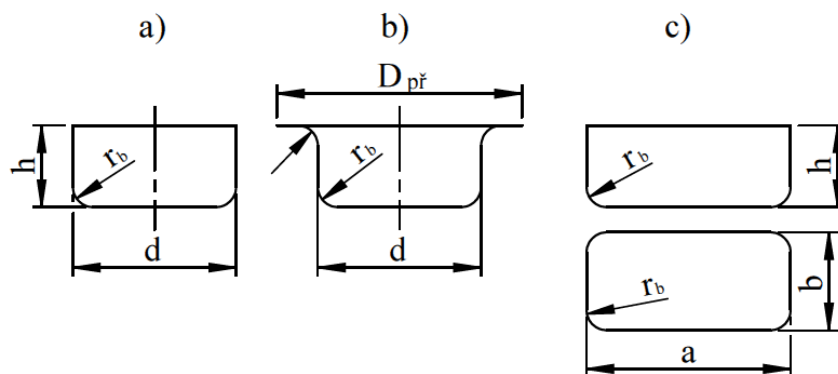
Vyšších přesností nabývají výtažky zhotovené na vyšší počty operací. Největší nepřesnosti vznikají při prvním tahu, další tahy přesnost zlepšují, protože deformace

odpružením každým tahem klesají. O přesnosti výšky výtažku se rozhoduje podle toho, zda se vyrobený kraj nechává, či po dokončení tažení bude odstřižen.

U výtažků se nepředepisuje tolerance na tloušťku stěny výtažku. Pouze v případě nezbytnosti je možné toleranci předepsat.

3.2.4 Zásady konstrukce tažených součástí [1], [2], [9], [12]

Výtažky mají mnoho tvarů. Od tvarů základních po výtažky tvarů složitých. Pro začátek této kapitoly bude vhodné si ukázat tři základní druhy výtažků. Prvním je výtažek tvaru kruhového (obr. 3.4 a)), druhý je výtažek tvaru kruhového s přírubou (obr. 3.4 b)) a posledním je výtažek hranatý (obr. 3.4 c)).



Obr. 3.4 Výtažky [9]

První zásady konstrukce lze vztáhnout k výše uvedeným základním tvarům výtažků. Nejlépe je volit výtažky ve tvaru kruhovém, které mají rovné dno kolmé na osu výtažku.

Pro tažení jsou nejvhodnější nízké výtažky. I malé navýšení výšky může způsobit, že bude nezbytné použít další operaci tažení. Výroba se vzápětí stane nákladnější, bude potřeba vyrobit další nástroj, prodlouží se čas výroby o dobu přidání operace a bude se muset použít mezižihání. Pro poměr výšky výtažku ku jeho průměru, jsou uvedeny počty tahů pro kruhové výtažky s kolmým dnem v tabulce 3.3.

Tab. 3.3 Počet tahů pro výtažky různé výšky [9]

Poměr výšky výtažku k jeho průměru h/d	0,6	1,4	2,5	4	7
Počet tahů	1	2	3	4	5

Pozn.: Údaje platí pro poměrnou tloušťku plechu $s = D/100$. U tenčích plechů vychází poměr h/d ještě menší a naopak.

U výtažků, jejichž součástí jsou příruby, je snaha rozměry přírub co nejvíce minimalizovat. Pokud se vyrábí výtažek s tvarově složitou přírubou, volí se raději výroba výtažku bez příruby a dodatečná výroba příruby, kdy jsou obě části k sobě později přivařeny. Pro jednoduché příruby se sice volí co nejmenší rozměr, ale platí zde pravidlo minimálního průměru, které je dáno vztahem:

$$D_{př} \geq d + 12 \cdot s \quad (3.11)$$

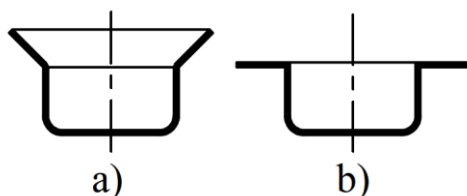
kde: $D_{př}$ průměr výtažku přes přírubu
 d průměr výtažku
 s tloušťka materiálu

Pro tažení výtažků s přírubou jsou předepsány minimální počty tahů, se kterými lze výtažek vyrobít. Pro kruhový výtažek s přírubou z hlubokotažné oceli jsou uvedeny počty tahů v tabulce 3.4.

U výtažků, které jsou taženy pouze jedním tahem, by příruba měla být rovinná (obr. 3.5). Pro zhotovení kuželového tvaru příruby by se musela použít ještě jedna tažná operace.

Jedná-li se o výtažky ploché, tvořené z obecných tvarů, jejich okraje musí být opatřeny přírubou. Vhodná je příruba tvarovaná (obr. 3.6). Rohy na okrajích výtažku se zaoblují.

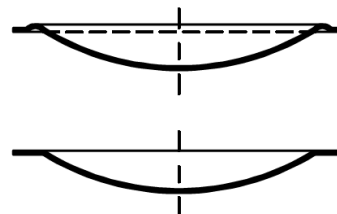
Příruby na velkých nebo středně velkých výtažcích mají své pravidlo. Obrys přírub na těchto výtažcích by měl mít tvar shodný s obrysem výtažku.



Obr. 3.5 Tvar příruby [9]

a) špatně

b) dobře



Obr. 3.6 Ploché výtažky s přírubou [9]

Tab. 3.4 Počet tahů pro výtažky s přírubou [9]

Poměrný průměr příruby D_{pr}/d	Poměrná výška výtažku h/d		
	0,5	1,0	2,0
1,5	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5

Pozn.: Údaje platí pro poměrnou tloušťku plechu $s = D/100$.

Maximální výška hranatých výtažků je omezena. Pokud jsou výtažky taženy na jednu operaci a mají hrany pláště zaobleny poloměrem r_b , maximální hodnoty výšky výtažků jsou uvedeny v tabulce 3.5.

Tab. 3.5 Výška hranatých výtažků [9]

r_b [mm]	7	25	50	80
h_{max} [mm]	50	100	142	180

Pozn.: Hodnoty jsou uvedeny pro ocelový hlubokotažný plech s tloušťkou 1mm a poloměrem zaoblení mezi dnem a stěnou o velikosti $r_x = 10\text{mm}$.

Výška kruhových výtažků také spolurozhoduje o nutnosti použití přidržovače. Při malých výškách je použití přidržovače u nástroje zbytečné. Vždy však musí být dodržena následující podmínka, pokud se jedná o ocelový hlubokotažný plech:

$$\frac{s_0}{D_0} \cdot 100 > 5 \cdot \left(1 - \frac{1}{m_1}\right) \quad (3.12)$$

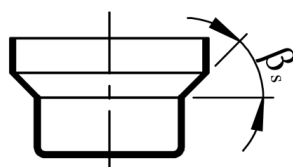
kde: D_0 průměr přístřihu
 s_0 tloušťka přístřihu
 m_1 součinitel tažení $m_1 = \frac{D_0}{d_1}$

Dalším problémovým místem na výtažcích je zaoblení mezi dnem a pláštěm, mezi pláštěm a přírubou a mezi stěnami u hranatých výtažků. Tato zaoblení musí odpovídat

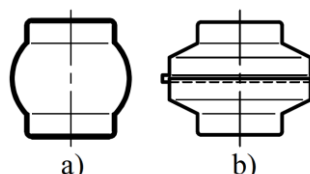
doporučeným poloměrům zaoblení, které jsou udány v konstrukčních zásadách pro tažné nástroje. Pokud je nezbytné vyrobít zaoblení menších rozměrů, musí se počítat s přídatnou operací kalibrování, která je prováděna po dokončení tažení.

Na některých výtažcích se vyskytují stupňovité změny průměrů. Přejít mezi průměry nesmí být skokový, ale oblast přechodu je třeba navrhout jako plochu kuželovou, zkosenou pod úhlem $\beta_s = 45^\circ$, jako je naznačeno na obr. 3.7. Stupňovitá změna průměrů by neměla být veliká. V opačném případě se zvolí rozdělení výtažku na dvě a více částí a po tažení se části k sobě nalisují, svaří apod.

Odděleně se musí táhnout též součásti, které mají velké místní rozšíření. Následně se části do sebe slisují, svaří atd. Příklad takové součásti je na obr. 3.8.

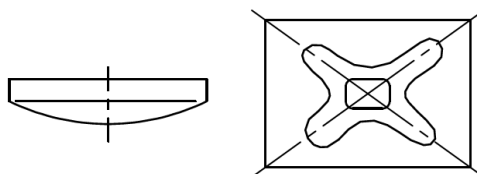


Obr. 3.7 Přejít pláště výtažku [1]



Obr. 3.8 Výtažek s místním rozšířením [9]
a) z jednoho kusu b) spojený ze dvou kusů

Rozměrné ploché části výtažků, které jsou zhotovovány z plechů malých tloušťek, se pro zvýšení jejich tuhosti opatřují prolisy a vhodným tvarováním. Mezi vhodné tvarování patří například vyboulení, lemování okrajů a opatření části výtažku výstupky (obr. 3.9). Vyrábí-li se na plochách těchto rozměrných výtažků reliéfy, vruby, vlny, tvarovaná dna, výstužná žebra a tak podobně, měly by tyto prolisy být taženy na malé hloubky tahů a měly by vystupovat pozvolna z roviny, z které byly taženy.

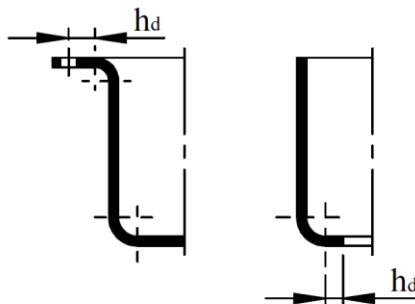


Obr. 3.9 Vytváření výtažků s prolisy a vhodným tvarováním [9]

Otvory, které mají mít svou funkci, nemají být deformované a nemají být zdrojem trhlin a porušení výtažku, se musí zhotovit mimo oblast zaoblení (obr. 3.10). Toto platí pro otvory jak na dně výtažku, tak i v jeho stěně a přírubě. Obecně platí, že minimální vzdálenost osy otvoru od zaoblení je:

$$h_d \geq s + 2 \cdot d_{otv} \quad (3.13)$$

kde: h_d minimální vzdálenost otvoru od zaoblení
 d_{otv} průměr otvoru ve výtažku



Obr. 3.10 Vzdálenost otvorů od zaoblení [12]

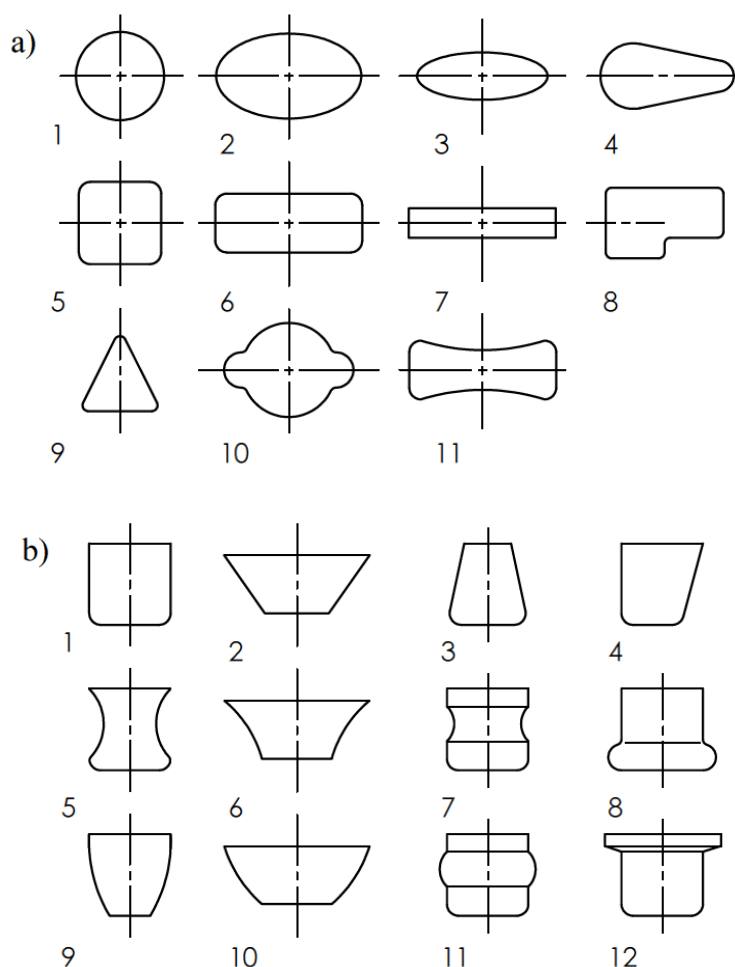
3.2.5 Náročnost výroby v závislosti na tvaru výtažku [9]

Náročnost výroby a počet tahů potřebných k vyrobení výtažku nejvíce záleží na jeho tvaru. Nejlevnější a nejlehčí postup výroby je u výtažků válcových bez příruby. S každou další tvarovou složitostí se proces tažení zdražuje, vyžaduje více tažných operací a nástroje nabývají složitých konstrukcí s vyšší pořizovací cenou.

Výtažky se dají dle tvarů rozdělit od nejlehčích variant až po ty náročnější na výrobu. Mezi kritéria složitosti patří tvar příčného průřezu pláště (obr. 3.11 a)), podélný tvar pláště (obr. 3.11 b)), tvar dna, tvar příruby a tvarová kombinace na výstřižku.

Některé tvary výtažků jsou v dnešní době tak tvarově složité a tvary na sebe plynule navazují, že nelze přesně označit hranice mezi pláštěm a dnem nebo pláštěm a přírubou výtažku.

Mezi nejobtížnější výtažky se řadí výtažky úzkých hranatých tvarů, které vyžadují velmi ostrá zaoblení. Velmi náročné jsou výtažky nesymetrických tvarů s kuželovými plášti o velkém rozšíření okrajů. Dna kuželová, šikmá k ose tažení a hluboce tvarovaná, dále příruby široké, šikmé k ose tažení, nesouměrné a tvarově složité jsou nákladné a velmi složité na výrobu.



Obr. 3.11 Odchylky od nejvýhodnějšího tvaru výtažku [9]

4 TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE V PRAXI

4.1 Výroba zkušebních výrobků [14]

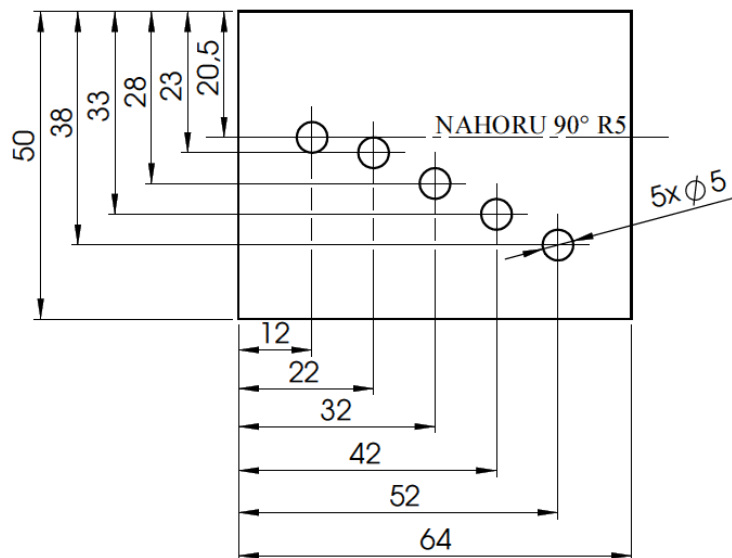
Výroba zkušebních výrobků byla provedena po dohodě s výrobním družstvem ASV Solnice. Toto výrobní družstvo, dříve známé pod názvem VELOREX (podle výroby lidového tříkolového vozidla), se v dnešní době orientuje na kovovýrobu. Hlavní zaměření firmy je na drátěný program, tváření plechů a trubek a práškové lakování. To vše zejména pro automobilový průmysl.

4.1.1 Návrh tvaru součástí

Výrobky byly tvořeny jako součásti smyšlené, bez reálného využití. Cílem bylo, aby výrobky obsahovaly prvky konstrukčních zásad, které uvádí teoretická část této práce.

Nákresy a okótování součástí bylo provedeno ve studentské verzi CAD softwaru AutoCAD 2010. Hotové výkresy byly uloženy ve formátu .DWG. Nabízené materiály, které by mohly být poskytnuty pro výrobu součástí, byly DC01 o tloušťce 1mm a 2mm.

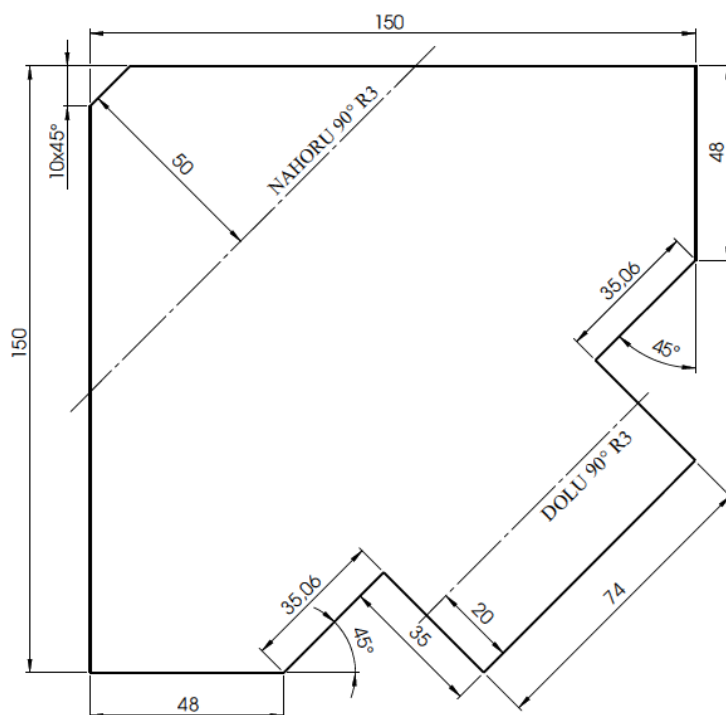
První zadanou součástí je výstřižek plechu s otvory z obr. 4.1. Na vzorku byl experimentálně ověřen vliv vzdálenosti otvoru od ohybu a míra deformace otvoru, jak je popsáno v kapitole 2.2.4 a vyobrazeno na obr. 2.15. Ve vzdálenosti 20,5mm od okraje součásti a středem otvoru je označena osa ohybu součásti. Po délce osy ohybu je požadavek provést ohyb pod úhlem 90° o poloměru ohybu $r_0 = 5\text{mm}$. Otvory jsou odstupňovány od osy ohybu o takové hodnoty, aby deformací způsobenou ohybem materiálu nebyl zasažen pouze otvor, který se nachází nejdále od ohybu.



Obr. 4.1 Zkušební součást pro vliv ohybu na tvar blízkého otvoru

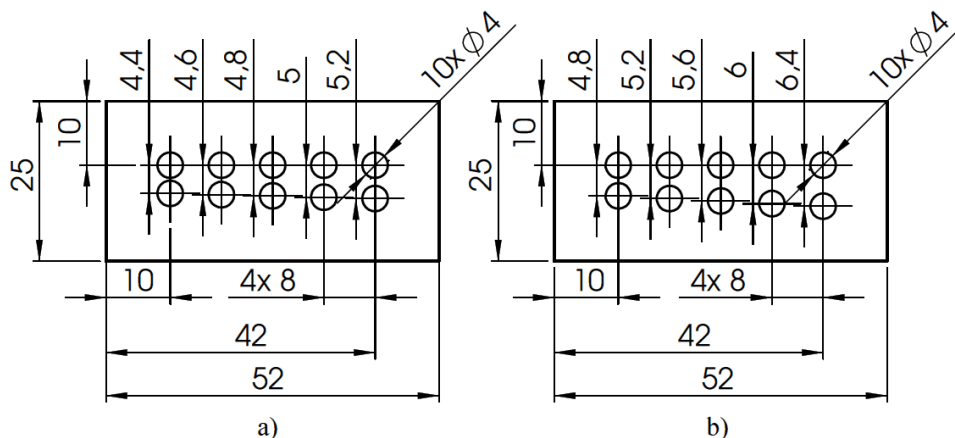
Druhá součást je zaměřena na deformaci hrany ohýbané součásti v oblastech ohybu. Tento problém je řešen v kapitole 2.2.4 a zobrazen na obr. 2.10. Osu ohybu, pro zabránění deformace, je doporučeno vést kolmo na hranu součásti. Pro získání oblasti bez deformace a pro získání oblasti s deformací byla navržena součást z obr. 4.2. Oblast jednoho z ohybů je upravena tak, aby osa ohybu byla kolmá k hraně součásti. Oblast druhého ohybu je bez jakékoli úpravy a osa ohybu je odkloněna pod 45° od hrany součásti. Úkos rohu, na straně

ohybu s předpokládanou deformací, slouží pouze k ustavení součásti k dorazu na ohraňovacím lisu. Ohyby byly zvoleny pod úhlem 90° s poloměrem ohybu $r_0 = 3\text{mm}$.



Obr. 4.2 Zkušební součást s upravenou a neupravenou oblastí ohybu

Poslední navrženou součástí je výstřižek s ukázkou vlivu velikosti můstku mezi otvory (obr. 4.3). Minimální velikost můstku mezi otvory je dána vzorci v závislosti na tvaru otvoru a tloušťce materiálu. Nedodržení minimální vzdálenosti vede k porušení můstku, jak je uvedeno v kapitole 1.2.3. Tomuto problému jsou věnovány i obrázky 1.9 a 1.10. Vzdálenosti mezi kruhovými otvory byly počítány dle kritérií označených na obr. 1.9 a byly přepočítávány jak pro materiál o tloušťce 1mm, tak i pro tloušťku 2mm. Na každé součásti je vytvořeno 5 dvojic kruhových otvorů. Dvě dvojice otvorů zleva (obr. 4.3) mají mezi sebou můstek s velikostí pod minimální doporučenou mez. Prostřední dvojice je s můstkem o velikosti minimální doporučené velikosti. Zbývající dvě dvojice otvorů mají mezi sebou můstek s bezpečnou velikostí.



Obr. 4.3 Zkušební součást se změnou velikosti můstků mezi kruhovými otvory
a) pro plech tloušťky 1mm b) pro plech tloušťky 2mm

4.1.2 Příprava strojů a nástrojů

Firma ASV Solnice poskytla pro výrobu dva své stroje. Prvním strojem pro zhotovení výstřižků byl vysekávací stroj TRUMATIC 5000R. Tento stroj od firmy TRUMPF je vyobrazený na obr. 4.4. Součásti byly zhotoveny z materiálu DC01 na tabulích plechu o formátu 2000x1000x1mm a 2000x1000x2mm. Výroba firemních výseků se nesměla pozastavit, proto bylo zvoleno přidávání zkušebních výseků do volných míst na tabulích (viz. příloha č. 1). Tato nevyužitá místa by se jinak likvidovala jako odpad z výroby.

Před samotným vysekáním byly již vytvořené výkresy ve formátu .dwg upraveny pro využití v CAM softwaru TruTops Punch, od firmy TRUMPF, určeného pro vysekávací stroje. Z výkresů musely být odstraněny kóty a popisky, zanechány byly pouze obrysy součástí. Obrysy poté byly vkládány v TruTopsu vhodně na tabule plechů mezi firemní výrobky. Poté byl zvolen vhodný soubor nástrojů, kterými bylo možno součásti vyrobit. Pomocí příkazů v CAM softwaru byly určeny dráhy a jednotlivé zdvihy nástrojů. Na závěr byl hotový program zaslán na vysekávací stroj. Informace o programu zaslaném pro výrobu součástí z plechu tloušťky 2mm je přiložen jako příloha č. 2.



Obr. 4.4 Vysekávací stroj Trumatic 5000R

Nástroje pro vysekávací stroje se skládají ze dvou hlavních částí, a to z matrice a razníku (obr. 4.5). Tyto dvě části jsou upnuty do nástrojových držáků a celý nástroj poté usazen do nástrojové lišty. Námi použité nástroje byly razníky o průměrech 4 a 5mm a razník obdélníkový 20x8mm. Nástroje a jejich počet zdvihů je možno nalézt v seznamu nástrojů v příloze č. 2.



Obr. 4.5 Vysekávací nástroj – razník a matrice [25]

Na zhotovení ohýbaných součástí byl poskytnut ohraňovací lis TruBend 5130. Tento lis je na obr. 4.6. Velikost poloměrů ohybu, jejich rozměrová korekce, délky ohýbaných ramen, délky ohybů a pozice dorazů byly programovány přímo na ovládacím panelu lisu. Výměna matric byla prováděna ručně.

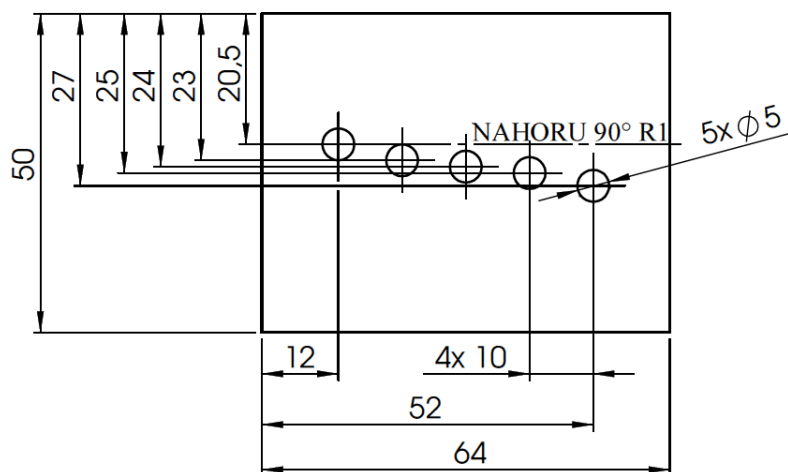


Obr. 4.6 Ohraňovací lis TruBend 5130

Ohýbání bylo provedeno pomocí jednoho typu razníku (označení razník uvádí firma TRUMPF ve svých dokumentech). Tvar profilu a základní rozměry razníku viz. příloha č. 3. V průběhu ohýbání byly zkoušeny různé rozměry matric. Použity byly matrice s šířkou drážky 6, 8 a 12mm. Základní rozměry a informace o matricích jsou uvedeny v příloze č. 4.

4.1.3 Příprava a průběh výroby

Firma ASV u vysekávacího stroje disponuje širokou škálou nástrojů různých tvarů a velikostí. Obsluha tedy dle výpisu programu (příloha č. 2) připravila nástroje a usadila je do nástrojové lišty na stroji. Program nahráný do stroje byl spuštěn a všechny výseky vyrobeny.

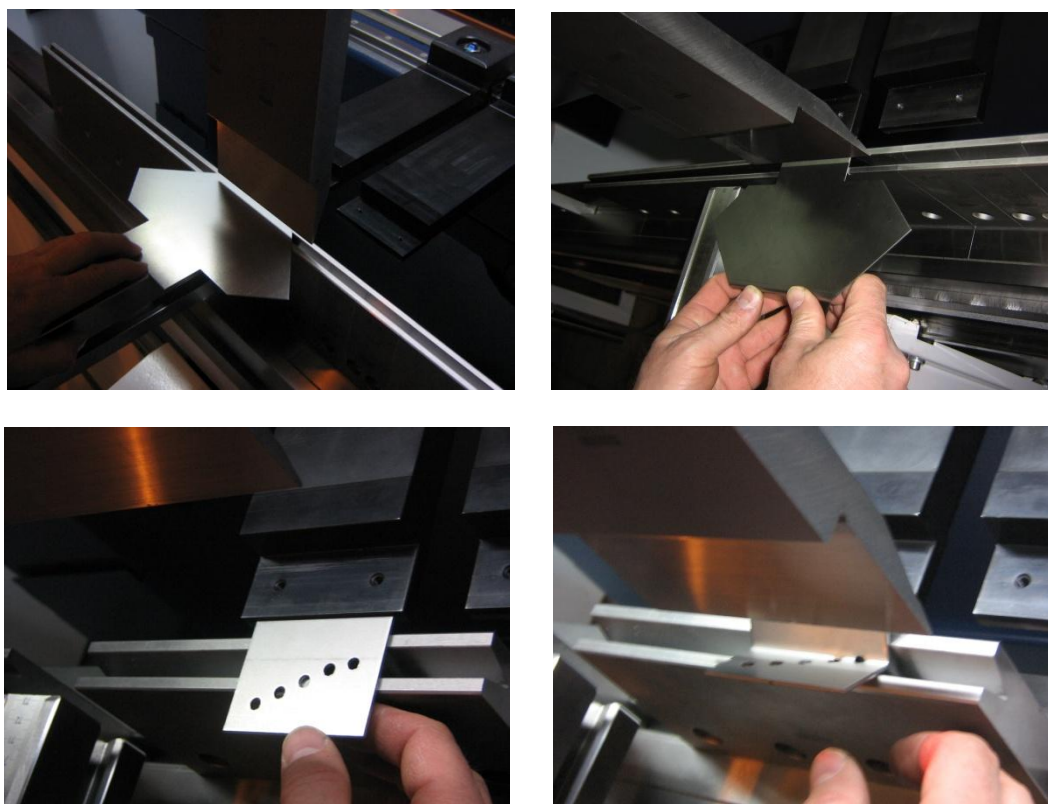


Obr. 4.7 Zkušební součást pro vliv ohybu na tvar blízkého otvoru upravená s ohledem na možnosti lisovny

Problém nastal u součástí, které měly být ohýbány. Jak je již uvedeno v rešerši, konstrukce součástí by měla odpovídat možnostem výroby dané lisovny. Jelikož k dispozici, pro vysokou pořizovací cenu nástrojů, byl pouze razník pro velikosti poloměrů ohybu $r_0 = 1\text{mm}$, musely být pozměněny nároky na velikosti ohybů na zkušebních součástech. Byl ponechán ohyb pod 90° , velikost rádiusů byla změněna na $r_0 = 1\text{mm}$.

Zkušební součást s upravenou a neupravenou oblastí ohybu byla tvarově ponechána oproti zkušební součásti pro vliv ohybu na tvar blízkého otvoru. Tato součást musela projít úpravou pozice otvorů, aby otvory splňovaly prvotně zamýšlenou funkci. Upravený tvar je zobrazen na obr. 4.7.

Po nezbytné úpravě byly připravené výseky ohýbány. Obsluha stroje na řídicím panelu nastavovala parametry ohybu a ručně zakládala a manipulovala s výrobky. Zkušební součást s upravenou a neupravenou oblastí ohybu (obr. 4.2) byla zhotovena o větších rozměrech právě z důvodu bezpečné manipulace obsluhy s výrobkem.



Obr. 4.8 Výroba ohýbaných součástí

4.1.4 Dosažené výsledky

Zkušební součást se změnou velikosti můstků mezi kruhovými otvory byla stříhána do plechů tloušťky 1 a 2mm. Můstky mezi otvory s minimální vzdáleností a větší, podle očekávání splňují bezpečnou oblast můstku. Můstky s hodnotou pod předepsanou mez již nejsou dostatečně stabilní a nelze je tedy pro stříh doporučit. Nejvíce nevyhovuje minimální vyrobený můstek na výstřižku z materiálu tloušťky 1mm (obr. 4.9). U tloušťky materiálu 2mm je vidět, že stabilita můstku díky zvětšující se tloušťce materiálu stoupá (obr.4.10).

Součást, která sloužila pro zkoušku vlivu ohybu na tvar blízkých otvorů, byla stříhána z materiálu tloušťky 1 a 2mm. Ohyb výstřižku tloušťky 2mm byl realizován na matrici

s šířkou drážky 12mm (obr. 4.11). Výstřižky tloušťky 1mm byly ohýbány na matrici s šířkou drážky 6 a 8mm. Nakonec se ukázalo, že i tato změna matric ovlivnila míru deformace otvorů, jak je patrné na čtvrtém otvoru od ohybu na obr. 4.12 a 4.13. Zatímco při ohybu součásti na matrici šířky 6mm na čtvrtém otvoru od ohybu je patrná minimální deformace (obr. 4.12), při ohybu s matricí šířky 8mm je deformace stejného otvoru již značná (obr. 4.13). Dále bylo ověřeno, že doporučené hodnoty vzdálenosti otvoru od ohybu jsou správné, protože páté otvory od ohybu skutečně nebyly deformovány a ohyb je nijak neovlivnil.



Obr. 4.9 Zkušební součást se změnou velikosti můstků mezi kruhovými otvory z materiálu tloušťky 1mm



Obr. 4.10 Zkušební součást se změnou velikosti můstků mezi kruhovými otvory z materiálu tloušťky 2mm



Obr. 4.11 Zkušební součást pro vliv ohybu na tvar blízkého otvoru z materiálu tloušťky 2mm



Obr. 4.12 Materiál tloušťky 1mm ohýbaný v matrici šířky 6mm



Obr. 4.13 Materiál tloušťky 1mm ohýbaný v matrici šířky 8mm

Poslední zkušební součástí je snaha ověřit míru deformace pro upravenou a neupravenou hranu součásti v oblasti ohybu. Výstřižky byly zhotoveny z materiálů stejných tloušťek a k nim přiřazených matric, jako u předchozí zkušební součásti. Při malých tloušťkách materiálu deformace v oblastech ohybu kolmém na hranu výstřižku nejsou znatelné, u ohybů nekolmých je deformace znát vždy (obr. 4.14). Se zvětšující se šířkou drážky matrice byla u součástí znát větší míra deformace u ohybů nekolmých na hranu (obr. 4.15). Větší deformace je také znatelná se vzrůstající tloušťkou materiálu.



Obr. 4.14 Pohled na oblast bez deformace a dva pohledy na oblast deformovanou



Obr. 4.15 Vliv šířky drážky matrice na deformaci stejné tloušťky materiálu

4.2 Použití konstrukčních zásad ve výrobě

Firma ASV výrobní družstvo Solnice poskytla ze svého výrobního sortimentu výrobky, na kterých lze dokumentovat některé zásady technologičnosti konstrukce.

První výrobek má své využití jako komponenta k uchycení a zajištění sedačky automobilů Škoda a je zobrazen na obrázku 4.16. Součást je vyrobena postupovým nástrojem, ve kterém dochází k tvorbě otvorů a vystřížení obrysu výstřižku. Poté je součást ohýbána a uprostřed ohybů jsou vytvořeny prolisy. Prolisy v radiusu slouží ke zvýšení tuhosti celého ohybu., jak je uvedeno v kapitole 2.2.4.



Obr. 4.16 Zohýbaný výstřižek s prolisy v ohybech

Za povšimnutí stojí také hrany výrobku v místě ohybů. Na těchto hranách před ohybem nebyly odstraněny ořepy a ohyby na součásti nejsou tvořeny pouze na jednu stranu. První ohyb tedy odpovídá zásadě, že hrana s ořepem se musí nacházet uvnitř ohybu. Proti tomu ohyb druhý, díky ořepu na vnější straně, vykazuje tvorbu zárodků trhlin (obr. 4.17). Tyto zárodky mohou při cyklickém namáhání výrobku podporovat růst trhlin skrze celý ohyb, až může dojít k deformaci, či dokonce prasknutí celé součásti, jak je uvedeno v kapitole 2.2.2.



Obr. 4.17 Ořep na vnější straně ohybu

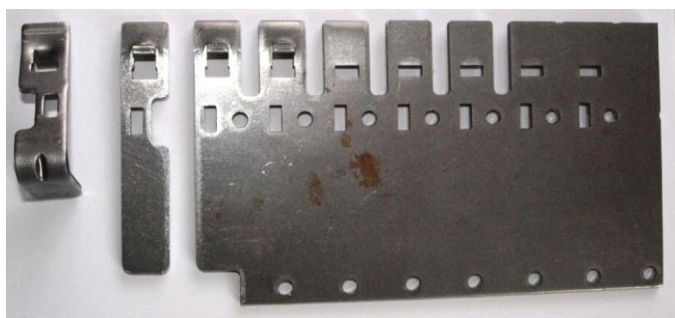
Polohovací stavitko je druhou poskytnutou součástí, která je na obrázku 4.18. Celé polohovací stavitko je svařeno ze tří dílů. Dva díly tvoří tyčky kruhových průřezů, třetí díl je plošně tvářený z pásu plechu. Tvar součásti je utvořen tak, aby se mohla vyrábět bez můstků v postupovém nástroji (problematika z kapitoly 1.2.4). Tento postupový nástroj kombinuje stříh i ohyb součásti v jednotlivých krocích. Po ostřížení výrobku od pásu plechu, je vytvořen poslední ohyb, ve kterém je vytvořený prolis. Tento prolis může zvyšovat tuhost stejným způsobem jako u předchozí součásti, jeho primární funkcí je však zajištění plochy svaru pro bodové sváření. Na obrázku 4.19 je celý postup výroby zaznamenán na opracování materiálu.

Pozornost určitě zaslouží střížné plochy vnitřních otvorů v součásti. Pásma odtržení mají minimální velikost a převládá zde pásmo stříhu (obr. 4.20). Bylo tedy pro zhotovení těchto otvorů použito přesného stříhání.

Vhodné je povšimnout si oblasti kolem ohybu napříč celé součástí. Materiál se vlivem své velké tloušťky, většího úhlu a malého radiusu ohybu při vnitřních okrajích rozšiřuje. To je dáno průběhem napětí v průřezu zakřivené součásti. Rozšíření vnitřní části ohybu je důsledkem tlakových napětí na vnitřní a tahových napětí na vnější straně ohýbané součásti.



Obr. 4.18 Polohovací stavitko



Obr. 4.19 Postup výroby součásti



Obr. 4.20 Rozdíl ve střížné ploše

ZÁVĚR

Za zástupce plošného tváření byly v bakalářské práci, zaměřené na oblast technologičnosti tvářených součástí, vybrány nejvíce využívané technologie zpracování plechů, tj. stříhání, ohýbání a tažení. Pro uvedení čtenáře do problematiky byly v rešeršní části práce ke každé z uvedených technologií shromážděny základní technologické a teoretické zásady. Dále bylo sepsáno množství konstrukčních zásad a doporučení, která jsou třeba dodržovat při návrhu součástí plošně tvářených. Každá situace byla pro lepší znázornění dané problematiky doplněna obrázky.

Práce byla navýšena též o část praktickou, kde za pomoci smyšlených součástí, které byly v průběhu psaní práce vyráběny, byla ukázána důležitost dodržování konstrukčních zásad a doporučení pro tvářené součásti. Jak se ukázalo, nedodržení zásad vede často k deformacím, či dokonce k porušení vyrobených součástí.

Konstrukční zásady tvářených součástí byly ustanoveny díky zkušenostem a dlouhodobé praxi s touto problematikou a každý konstruktér, pracující v oblasti plošného tváření, by měl dobře znát a svědomitě dodržovat všechny tyto zásady a doporučení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [17]

1. BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. 1. vyd. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010, 246 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3242-0.
2. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. 3. dopl. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
3. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: plošné a objemové tvaření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
4. FREMUNT, Přemysl. *Nástrojové oceli*. Brno: Dům techniky, 1994, 229 s.
5. FOREJT, Milan. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
6. JANYŠ, Bohumil a František GLANC. *Dílenské tabulky: Technické tabulky pro 1., 2. a 3. ročník OU a UŠ všech učebních oborů skupiny 24 - strojírenství*. 5., přepracované vydání Praha: SNTL, 1976, 565 s.
7. KAMELANDER, Ivan. *Tvářecí stroje I*. Vyd. 3. Brno: Ediční středisko VUT, 1989, 206 s. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-1037-X.
8. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření I*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7231-579-6.
9. *Lisování: Určeno [také] stud. na stř. a vys. odb. školách*. Praha: SNTL, 1971, 542 s.
10. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
11. ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky: pro školu a praxi*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2007, 586 s. ISBN 978-80-86960-20-3.
12. STEBLJUK, V.I., V.L. MARČENKO, V.V. BELOV a A.G. GRIVAČESKIJ. *Technologie listovej štapovki*. 1. vydání. Kiev: Viša škola, 1983, 280 s.
13. VEJREK, Tomáš. *Návrh progresivní technologie výroby střížného nástroje: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 69 s., 9 příloh. Ing. Oskar Zemčík, CSc.
14. ASV výrobní družstvo. [online]. [cit. 2013-04-16]. Dostupné z: <http://www.asv-solnice.cz/cz/o-firme>
15. BONUSWEB.CZ [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: http://bonusweb.idnes.cz/hw-news-ticha-graficka-karta-na-hry-za-rozumny-peniz-fy0-/Magazin.aspx?c=A110925_234152_bw-hardware_jha

16. Centrum zpracování plechu. [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.josef-matusik.cz/cnc-ohranovaci-lisy>
17. Citace.com. [online]. [cit. 2013-02-26]. Dostupné z: <http://generator.citace.com>
18. Formetal s.r.o. [online]. [cit. 2013-02-14]. Dostupné z: http://www.formetal.cz/popis/tabulove_nuzky_durma_sb.html
19. První hanácká BOW. [online]. [cit. 2013-02-14]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkt/3816002-pakove-nuzky-na-plech-bss-1250-e/>
20. První hanácká BOW. [online]. [cit. 2013-03-09]. Dostupné z: <http://www.bow.cz/produkt/3814101-rbm-1030-20/>
21. SedlatyAuto.cz [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.sedlatyauto.cz/magazin/pages/samonosna-karoserie,3.html>
22. ŠMERAL BRNO a.s. [online]. [cit. 2013-02-14]. Dostupné z: <http://www.smeral.cz/CZTvarVys.html>
23. Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní, Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů, Technologie II: Technologie plošného tváření - tažení. [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm
24. TOP LANTIS spol. s.r.o. [online]. [cit. 2013-04-24]. Dostupné z: http://toplantis.cz/download/Trumpf_matrice_120-130.pdf
25. TRUMPF Česká republika. [online]. [cit. 2013-04-17]. Dostupné z: <http://www.cz.trumpf.com/produkty/obrabeci-stroje/sluzby/vysekavaci-nastroje-a-prislusenstvi/vysekavaci-nastroje.html>
26. TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GESMBH & CO. KG. *KATALOG NÁSTROJŮ: TRUMPF LASERdur ohraňovací nástroje TRUMPF uhlový senzor ABC®*. 2010. vyd. oddělení technické dokumentace.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

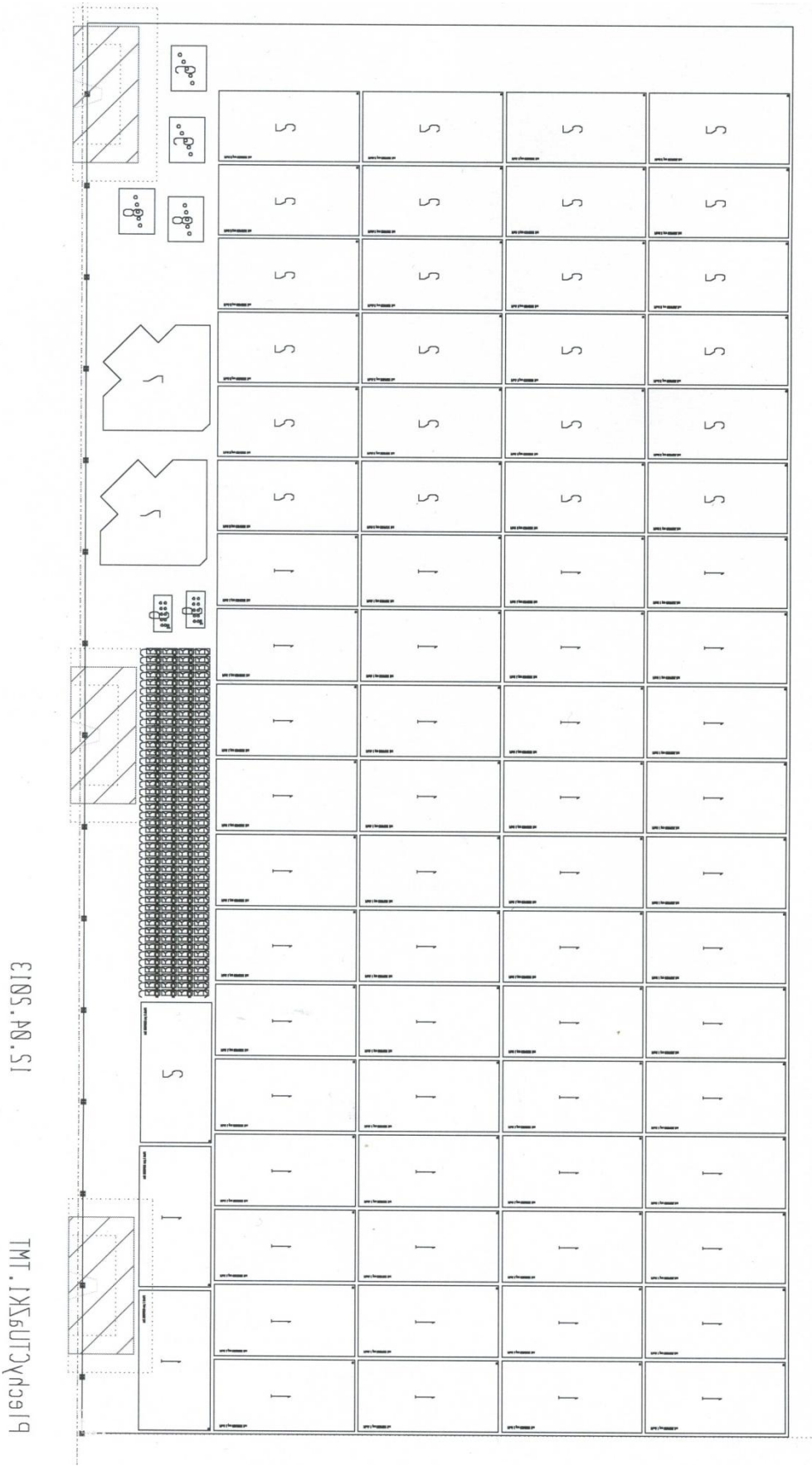
Zkratka / Symbol	Jednotka	Popis
a	[mm]	délkový rozměr součásti
A_o	[J]	práce vykonaná při ohýbání
A_s	[J]	střížná práce
A_{80}	[%]	minimální tažnost materiálu
b	[mm]	délkový rozměr součásti
b_1	[mm]	šířka vnější strany ohýbané součásti
b_2	[mm]	šířka vnitřní strany ohýbané součásti
b'	[mm]	šířka kratšího ohýbaného ramene
b''	[mm]	šířka delšího ohýbaného ramene
c	[mm]	délkový rozměr součásti
CAD		počítačem podporované konstruování
CAM		počítačem podporovaná výroba
CNC		počítačem řízené obráběcí stroje
c_s	[-]	součinitel stírání
c_t	[-]	konstanta vyjadřující vliv součinitele tažení
ČSN		česká státní norma
D	[mm]	průměr ohýbaného polotovaru
DC01		ocel 11320
D_{oteor}	[mm]	teoretický průměr polotovaru (rondelu)
d_{otv}	[mm]	průměr otvoru ve výtažku
$D_{př}$	[mm]	průměr výtažku přes přírubu
d_s	[mm]	střední průměr výtažku
DWG		formát datového souboru
D_0	[mm]	průměr polotovaru (rondelu)
$d_{1,2,...,n}$	[mm]	průměry výtažků po dokončení jednotlivých tahů
E	[MPa]	modul pružnosti v tahu
F_k	[N]	kalibrovací síla
F_o	[N]	ohýbací síla
$F_{př}$	[N]	síla přidržovače
F_s	[N]	střížná síla
F_{st}	[N]	stírací síla
F_t	[N]	tažná síla
F_{utr}	[N]	síla k utržení dna
h	[mm]	dráha stříhu
h_d	[mm]	minimální vzdálenost otvoru od zaoblení
h_{el}	[mm]	hloubka vniku střížníku v první fázi stříhu (elastická)
h_o	[mm]	pracovní zdvih ohýbadla
h_{pl}	[mm]	hloubka vniku střížníku ve druhé fázi stříhu (plastická)
h_s	[mm]	hloubka oblasti stříhu
h_0	[mm]	předběžná výška výtažku
$h_{1,2,...,n}$	[mm]	výška výtažku
IT	[-]	toleranční stupeň
k	[mm]	vzdálenost rohů skosení
k_o	[-]	součinitel otupení nástroje
L	[mm]	délkový rozměr součásti

l	[mm]	vzdálenost mezi podporami ohybnice
l_n	[mm]	délka neutrální plochy v ohnutém stavu
l_u	[mm]	vzdálenost mezi podporami ohybnice pro ohyb tvaru U
l_v	[mm]	vzdálenost mezi podporami ohybnice pro ohyb tvaru V
M_g		hoříček
M_o	[Nm]	ohybový moment
$m_{1,2,...,n}$	[-]	součinitelé tažení
m^*	[-]	opravný součinitel respektující průběh ohýbací síly
p	[MPa]	měrný tlak pro kalibrování
$p_{př}$	[MPa]	měrný tlak přidržovače
R	[mm]	poloměr zaoblení na součásti
r	[mm]	poloměr zaoblení na součásti
R_a	[μm]	průměrná aritmetická úchylka profilu
r_b	[mm]	poloměr zaoblení hrany na plášti výtažku
R_e	[MPa]	mez kluzu v tahu
R_m	[MPa]	mez pevnosti stříhaného materiálu
R_{mo}	[mm]	poloměr hrany (opěry) ohybnice
r_0	[mm]	poloměr ohybu součásti
R_{oh}	[mm]	poloměr ohybníku
S	[mm ²]	střížná plocha
s	[mm]	tloušťka stříhaného materiálu
S_k	[mm ²]	kalibrovací plocha polotovaru
$S_{př}$	[mm ²]	činná plocha přidržovače
S_v	[mm ²]	plocha povrchu (střední vrstvy) výtažku
s_0	[mm]	šířka stěny výtažku po tažení
s_1	[mm]	tloušťka materiálu v tváření
$\bar{s}$	[mm]	šířka zúžených částí a výčnělků na výstřižku
v	[mm]	střížná vůle
W_o	[mm ³]	modul průřezu v ohybu
W_1	[mm]	délkový rozměr mezi otvory výstřižku
W_2	[mm]	délkový rozměr mezi otvory výstřižku
x	[-]	koeficient posunutí neutrální vrstvy
z	[mm]	mezera mezi střížníkem a střížnicí
α	[°]	úhel mezi rameny ohýbaných součástí
β	[°]	úhel odpružení
β_n	[°]	úhel sklonu ostří nožů tabulových nůžek
β_s	[°]	úhel přechodů na výtažku
Δb	[mm]	rozměrová odchylka na výstřižku
Δk	[mm]	rozměrová odchylka na výstřižku
$\Delta 1$	[mm]	rozměrová odchylka na výstřižku
$\Delta 2$	[mm]	rozměrová odchylka na výstřižku
ε	[-]	mezní poměrné přetvoření krajních tahových vláken
π	[-]	Ludolfovo číslo
ρ	[mm]	poloměr neutrální vrstvy
σ_v	[MPa]	napětí v plášti výtažku
τ_s	[MPa]	pevnost materiálu ve stříhu
φ	[°]	úhel ohybu na výlisku
ψ	[-]	součinitel plnost
$+\sigma$	[MPa]	tahové napětí v průřezu ohýbané součásti
$-\sigma$	[MPa]	tlačkové napětí v průřezu ohýbané součásti

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Plán rozvržení výseků na formát plechu
- Příloha č. 2 Protokol výrobního programu k výsekům – strana 1 - 4
- Příloha č. 3 Schematický nákres razníku ohraňovacího lisu
- Příloha č. 4 Schematický nákres matic ohraňovacího lisu

Příloha č. 1 Plán rozvržení výseků na formát plechu





NASTAVOVACÍ PLAN OBECNÉ UDAJE

12.04.2013
TruTops Punch
V08.02.00

STROJ:	TruPunch 5000 (S01) - TYP: 1 (2500.0 x 1250.0 mm)
SYSTEM RIZENÍ:	Sin 840D VARIANTA: 1
Firma:	
NAZEV ZAKAZKY:	
CESTA PROGRAMU NC:	/ ASV/ BMR Becvarovský/ PlechyCTUaZK1.LST
NAZEV PROGRAMU:	PlechyCTUaZK1 (PlechyCTUaZK1)
ID MATERIALU:	St37-20 (1.0038)
ID zboží na skladě:	St37-20-2000x1000
PRIREZ:	2000 x 1000 x 2 mm
HMOTNOST:	31.40 kg
STROJNÍ ČAS	0 : 06 : 29 [h:min:s]
POTREBA PAMETI:	28357 ZNAK
CELKOVÁ DÉLKA LASEROVÉHO ŘEZU:	0.000 mm
POČET PROGRAMOVÝCH CYKLU:	1
PROREZ:	20.60 %

VYROBNÍ INSTRUKCE

POLOHY CHAPADEL:	3 9 16
DORAZOVÝ ČEP:	SheetMaster: SM1305 V111
POČATEČNÍ BOD:	X = 1.000 mm, Y = 40.010 mm
POZNAMKY:	

SEZNAM NASTROJU

IDENT.C.	TYP	ROZMER 1	ROZMER 2	ROZMER 3	UHEL	POZNAMKA	WT	MT	LW	ZDVIHY	KT*	Otočný stůl
01030000	1	3.000	0.000	0.000	0.000	kulatý 3.0mm	0	1	0	75	2	0
01040000	1	4.000	0.000	0.000	0.000	Kulatý 4.0mm	0	1	0	20	2	0
01050000	1	5.000	0.000	0.000	0.000	kulatý 5.0mm	0	1	0	20	2	0
04762050	4	76.200	5.000	0.000	0.000	Obdélník 76.2x5mm	1	1	0	415	2	0
04200080	4	20.000	8.000	0.000	0.000	Obdélník 20x8mm	0	1	0	198	2	0
04350040	4	35.000	4.000	0.000	0.000	Obdélník 35x4mm	1	1	0	78	2	0

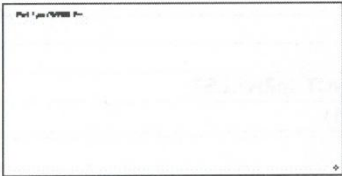
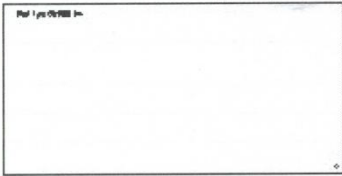
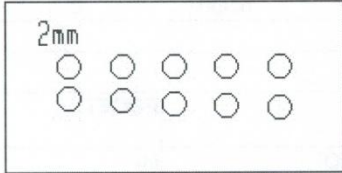
POČET OCEL-/RTC-/VELIKOST 5-KAZETY 0 / 6 / 0

* Typ kazety: 1 = Ocel, 2 = RTC, 3 = Velikost 5

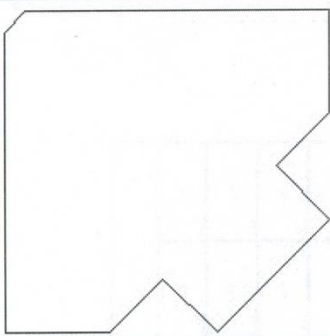
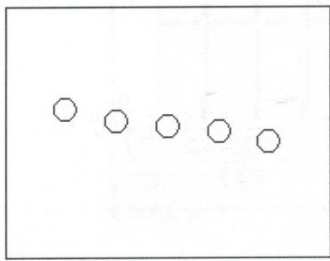
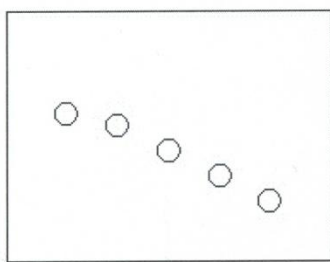
PTT	IDENT.C.	POZNAMKA	HU	DU	SOFTPUNCH
PTT-1	01030000	kulatý 3.0mm	0.000	0.000	0
PTT-2	01040000	Kulatý 4.0mm	0.000	0.000	0
PTT-3	01050000	kulatý 5.0mm	0.000	0.000	0
PTT-4	04762050	Obdélník 76.2x5mm	0.000	0.000	0
PTT-5	04200080	Obdélník 20x8mm	0.000	0.000	0
PTT-6	04350040	Obdélník 35x4mm	0.000	0.000	0

INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH

CÍSLO DÍLU:	CÍSLO VYKRESU:	NAZEV GEOM:SOUBORU	POČET:
1	NOID_1	/ ASV/ BMR Becvarovský/ Plech 1 pro CTU.GEO	50
2	NOID_2	/ ASV/ BMR Becvarovský/ Plech 2 pro CTU.GEO	25
3	NOID_3	/ ASV/ Ostatní/ Anschweissblech/ Anschweissblech 2.GEO	180
6	NOID_6	/ ASV/ Naše/ Honza/ Zkouška vzdálenosti otvorů 2 mm.GEO	2
7	NOID_7	/ ASV/ Naše/ Honza/ Úprava oblasti ohybu.GEO	2
8	NOID_8	/ ASV/ Naše/ Honza/ Otvory v ohybu2.GEO	2
9	NOID_9	/ ASV/ Naše/ Honza/ Otvory v ohybu.GEO	2
NAZEV DESKY:			

INFORMACE O JEDNOTLIVÝCH DÍLECH		
	CISLO DÍLU:	1
	CISLO VÝKRESU:	NOID_1
	NAZEV VÝKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	50
	ROZMERY:	198.900 x 101.400 mm
	PLOCHA:	20161.39 mm ²
	HMOTNOST:	0.317 kg
	DOBA ZPRACOVÁNÍ:	0.07 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
	NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ BMR Becvarovský/ Plech 1 pro CTU.GEO
	ČÍSLO KONTEJNERU:	
	CISLO DÍLU:	2
	CISLO VÝKRESU:	NOID_2
	NAZEV VÝKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	25
	ROZMERY:	198.900 x 99.900 mm
	PLOCHA:	19863.04 mm ²
	HMOTNOST:	0.312 kg
	DOBA ZPRACOVÁNÍ:	0.05 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
	NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ BMR Becvarovský/ Plech 2 pro CTU.GEO
	ČÍSLO KONTEJNERU:	
	CISLO DÍLU:	3
	CISLO VÝKRESU:	NOID_3
	NAZEV VÝKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	180
	ROZMERY:	8.000 x 20.000 mm
	PLOCHA:	160.00 mm ²
	HMOTNOST:	0.003 kg
	DOBA ZPRACOVÁNÍ:	0.00 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
	NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ Ostatní/ Anschweissblech/ Anschweissblech 2.GEO
	ČÍSLO KONTEJNERU:	
	CISLO DÍLU:	6
	CISLO VÝKRESU:	NOID_6
	NAZEV VÝKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	2
	ROZMERY:	52.000 x 26.000 mm
	PLOCHA:	1226.34 mm ²
	HMOTNOST:	0.019 kg
	DOBA ZPRACOVÁNÍ:	0.12 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
	NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ Naše/ Honza/ Zkouška vzdálenosti otvorů 2 mm.GEO
	ČÍSLO KONTEJNERU:	

Příloha č. 2 Protokol výrobního programu k výsekům – strana 3

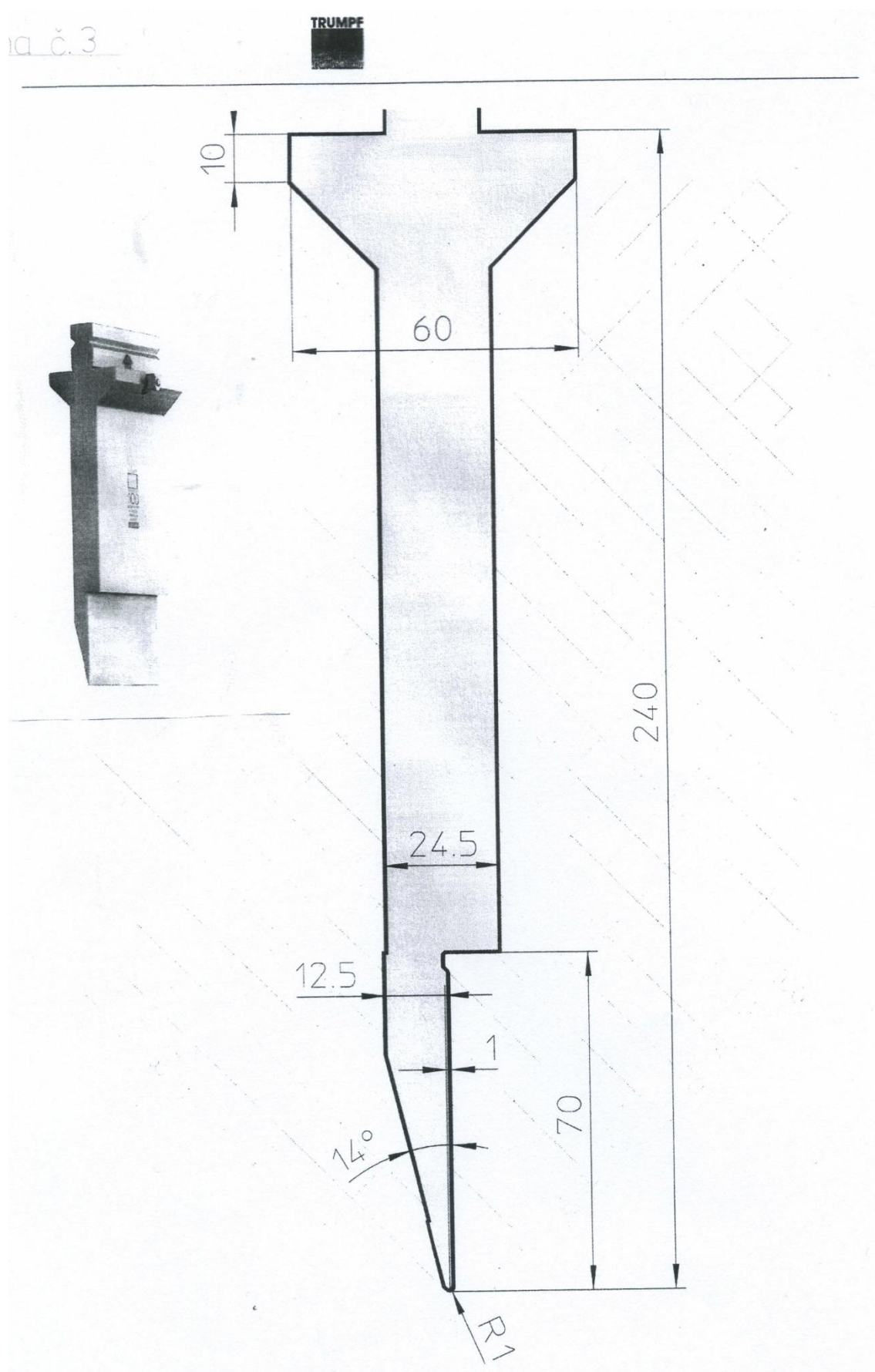
	CISLO DILU:	7
	CISLO VYKRESU:	NOID_7
	NAZEV VYKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	2
	ROZMERY:	150.000 x 150.000 mm
	PLOCHA:	19850.74 mm2
	HMOTNOST:	0.312 kg
	DOBA ZPRACOVANI:	0.12 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ Naše/ Honza/ Úprava oblasti ohybu.GEO	
ČÍSLO KONTEJNERU:		
	CISLO DILU:	8
	CISLO VYKRESU:	NOID_8
	NAZEV VYKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	2
	ROZMERY:	64.000 x 50.000 mm
	PLOCHA:	3101.83 mm2
	HMOTNOST:	0.049 kg
	DOBA ZPRACOVANI:	0.10 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ Naše/ Honza/ Otvory v ohybu2.GEO	
ČÍSLO KONTEJNERU:		
	CISLO DILU:	9
	CISLO VYKRESU:	NOID_9
	NAZEV VYKRESU:	
	JMENO ZAKAZNIKA:	
	POCET:	2
	ROZMERY:	64.000 x 50.000 mm
	PLOCHA:	3101.83 mm2
	HMOTNOST:	0.049 kg
	DOBA ZPRACOVANI:	0.10 min
	LASEROVÁ DÉLKA ŘEZÁNÍ	0.000 mm
NAZEV GEOM:SOUBORU	/ ASV/ Naše/ Honza/ Otvory v ohybu.GEO	
ČÍSLO KONTEJNERU:		

Příloha č. 2 Protokol výrobního programu k výsekům – strana 4

ПлечыCTyаЗК1.1M1

12.04.2013

Příloha č. 3 Schematický náčrtek razníku ohraňovacího lisu



Příloha č. 4 Schematický náčrt matric ohraňovacího lisu

