



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA ŠTÍTKU DVEŘNÍHO KOVÁNÍ

MANUFACTURING OF A LABEL DOOR FITTINGS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Návrat

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2017

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Jakub Návrat</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Kamil Podaný, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2016/17

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

## Výroba štítku dveřního kování

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby části kování dveří (štítku) z ocelového plechu. Součástka je plochého tvaru s otvory a bude vyráběna technologií stříhání a mělkého tažení. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

### Cíle bakalářské práce:

- zhodnotit technologičnost štítku dveřního kování,
- provést rozbor možných technologií výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti,
- vypracovat aktuální literární studii se zaměřením na zvolenou technologii,
- zpracovat návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty,
- navrhnout a popsat tvářecí nástroj včetně základní výkresové dokumentace,
- provést technicko–ekonomické hodnocení.

### Seznam doporučené literatury:

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

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

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.

NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s.

HELLWIG, Waldemar a Erwin SEMLINGER. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig Wiesbaden: Friedr Vieweg Verlagsgesellschaft mbH, 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.

TIŠNOVSKÝ, Miroslav a Luděk MÁDLE. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha: SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

NÁVRAT Jakub: Výroba štítku dveřního kování.

---

Řešenou součástí je štítek dveřního kování. Součást je vyráběna z konstrukční oceli 11 320 o tloušťce 1 mm. Velikost výrobní série je 150 000 ks/rok. Z variantního řešení vhodných výrobních technologií byla zvolena metoda ve sdruženém nástroji, kde bude probíhat postupové stříhání a mělké tažení. Pro tuto variantu výroby byly provedeny technologické a konstrukční výpočty, ze kterých byl navrhnout nástroj a pro něj zhotovena výkresová dokumentace. Dle výpočtu celkové síly a práce byl pro výrobu vybrán lis LEPD 100. Náklady na výrobu jedné součásti činí 39 Kč. Výroba se stává rentabilní od 8 071 kusů/rok.

Klíčová slova: dveřní štítek, ocel 11 320, stříhání, mělké tažení, sdružený nástroj

## **ABSTRACT**

NÁVRAT Jakub: Manufacturing of label door fittings.

---

Bachelor thesis is focused on the manufacturing of label door fitting. The part is made of a steel 11 320 with a thickness 1 mm. The batch size is 150,000 pcs/ year. The manufacturing technology was chosen a method of rolling cutting with shallow drawing in the combined tool. Technology and constructional calculating were made for this technology, from which was designed a tool and for it was made drawing. For the calculating total force and work was chosen a press LEPD 100. The costs for manufacturing one part are 39 Kč. The manufacturing is become cost-effective from 8 071 pieces/year.

Key words: label door fittings, steel 11 320, rolling cutting, shallow drawing, combined tool

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

NÁVRAT, Jakub. *Výroba štítku dveřního kování*. Brno, 2017. 42 s, 4 výkresů, 4 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

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

V ..... dne 26.5.2017

.....

Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Taktéž děkuji mojí rodině za psychickou podporu v průběhu celého studia.

# OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

	Str.
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1 ROZBOR ZADÁNÍ</b> .....	<b>10</b>
1.1 Výrobní možnosti .....	11
<b>2 TECHNOLOGIE STRÍHÁNÍ A TAŽENÍ</b> .....	<b>13</b>
2.1 Stříhání.....	13
2.2 Tažení .....	15
2.3 Síla a práce.....	17
2.4 Nástroje.....	19
2.5 Stroje.....	23
2.6 Maziva .....	24
2.7 Technologičnost součástí.....	25
<b>3 NÁVRH VÝROBY</b> .....	<b>26</b>
3.1 Velikost přístřihu .....	27
3.2 Nástřihový plán.....	29
3.3 Postup výroby .....	31
3.4 Střížná vůle a tažná mezera .....	34
3.5 Síla a práce.....	34
3.5.1 Těžiště .....	35
3.6 Kontrolní výpočty .....	37
3.7 Návrh sestavy.....	37
3.8 Volba stroje.....	39
<b>4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ</b> .....	<b>40</b>
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>42</b>
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	
Seznam výkresů	



## ÚVOD [7], [9], [10], [28]

K výrobě kovových součástí se v dnešní době využívá technologie obrábění, svařování, odlévání a tváření. Při výrobě se často užívá jejich vzájemná kombinace.

U hromadné výroby je nejvíce používaná technologie tváření, která patří do kategorie beztrískové výroby. Tváření se dělí na dvě skupiny – objemové a plošné. U objemového dochází k velkým deformacím v celém objemu součásti, jelikož materiál je formován do potřebného tvaru za pomoci energie a síly. Do této skupiny tváření patří například kování, u něhož dochází k přeformování objemu polotovaru do přibližného tvaru součásti. Při tváření dochází k tomu, že vlákna kopírují tvar součásti, což zlepšuje její mechanické vlastnosti.

U plošného tváření dochází k přetváření, zpravidla polotovaru z plechu, kde dochází k tvarování plechu bez nebo se změnou tloušťky. Mezi plošné tváření se řadí stříhání, tažení, lemování, zakružování a další. Toto odvětví tváření má velké výhody při výrobě hromadných produktů z důvodů nízkých výrobních časů a manipulační efektivnosti a využitelnosti materiálu, které je kolem 60 %. Z ekonomičnosti se technologie vyplatí u sérii větší než 40 tisíc kusů.

Příklady součástí zhotovených plošným tvářením jsou zobrazeny na obr. 1.

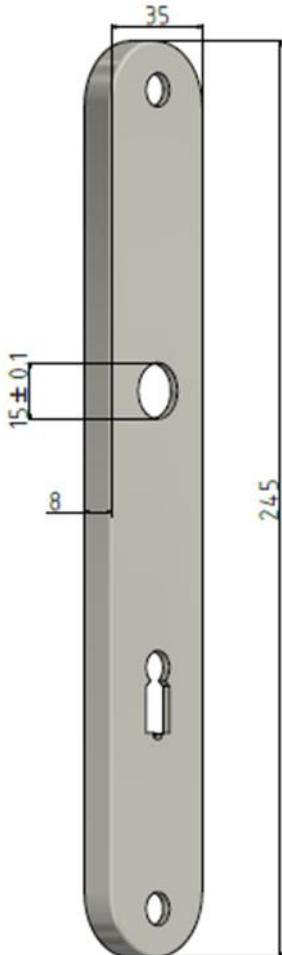


Obr. 1 Příklad součástek [25], [27], [30]

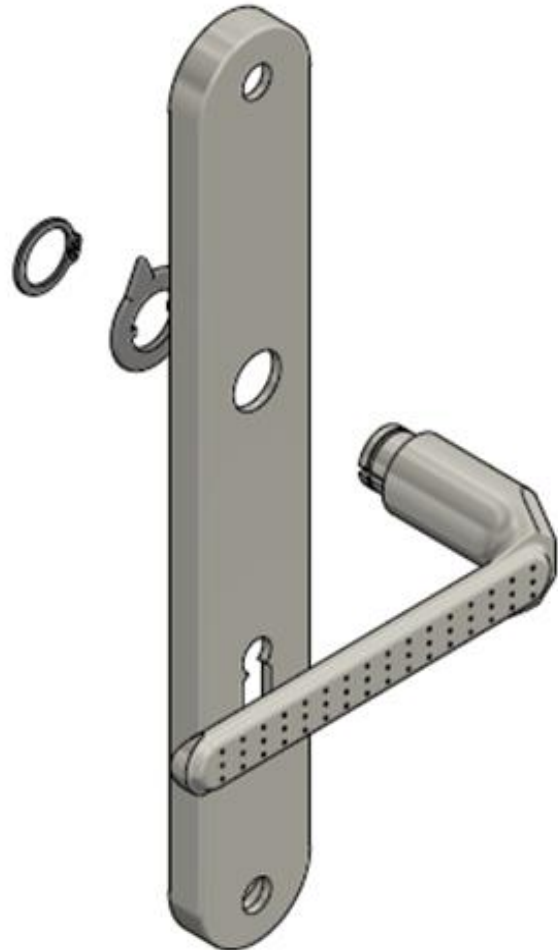
## 1 ROZBOR ZADÁNÍ [7], [9], [28]

Řešenou součástí je štítek dveřního kování, viz obr. 2. Tento díl se využívá u sestavy (obr. 3), která se skládá z kliky, pojistného a bezpečnostního kroužku, pružiny, šroubů a dveřního štítku.

Zmíněný štítek slouží zejména jako estetický prvek. Jeho dalším úkolem je zajistit vlastní kliku v požadované pozici a v neposlední řadě má chránit mechanismus před okolními vlivy, jež mohou být například prach, voda nebo mechanické poškození. Základní rozměry dané součásti jsou  $235 \times 35 \times 8$  mm (délka  $\times$  šířka  $\times$  hloubka).



Obr. 2 Štítek dveřního kování



Obr. 3 Mechanismus dveřního kování

Na součásti se vyskytují 4 otvory, z toho 2 otvory jsou pro šrouby, jeden pro klíč zámku a poslední pro kliku. Tento otvor má předepsanou toleranci  $\pm 0,1$  mm, všechny ostatní rozměry jsou tolerované dle normy ISO 2768 – mH. Technologem bylo určeno, že tloušťka plechu bude 1 mm a během celé výroby se nebude měnit. Velikost výrobní série je stanovena na 150 000 ks/rok.

Při volbě materiálu je důležité zohlednit, zda bude materiál mechanicky namáhán. Berou se v úvahu jeho mechanické vlastnosti, jako je mez pevnosti, tažnost a jiné. Štítek není v sestavě nijak mechanicky namáhán, proto je třeba zohlednit pouze výše zmíněné vnější působení. Materiál musí být odolný vůči povětrnostním vlivům s vyšší otěruvzdorností, nebo takový, který lze povrchově upravovat. Poté je důležité zohlednit, jakou technologií se součást bude vyrábět a podle ní vybrat materiál. Konstrukteřem byla zvolena ocel 11 320. Tato ocel má vhodné materiálové vlastnosti pro tvářecí operace a je vhodná pro galvanické pochromování. Její chemické složení a materiálové vlastnosti jsou v tab. 1.

Tab. 1 Chemické vlastnosti oceli 11 320 pro plechy tloušťky 0,7 až 3,5 mm [5]

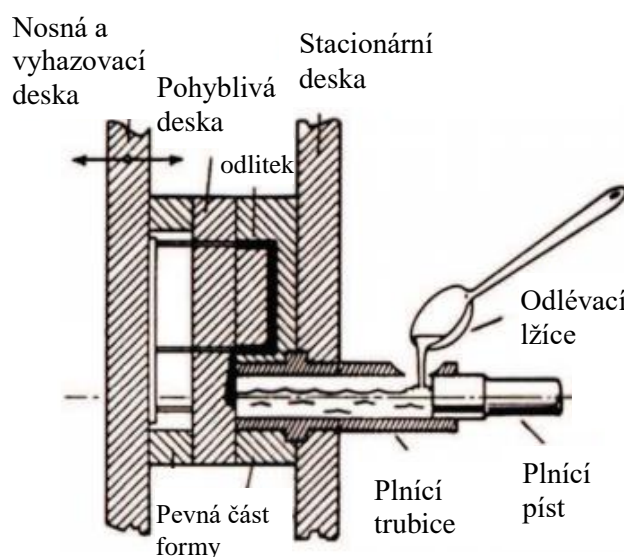
Materiál	Ocel 11 320 (1.0332)		
Mechanické vlastnosti	Mez pevnosti Rm [MPa]	Tažnost A [%]	Mez kluzu Re [MPa]
	270-370	30	260
Chemické složení	Uhlík - C [%]	Síra - S [%]	Fosfor - P [%]
	0,11	Max. 0,045	Max. 0,045

### 1.1 Výrobní možnosti [8], [9], [23], [33]

Při výrobě je třeba se zaměřit na požadavky zákazníka, které jsou většinou cena, kvalita a design. Dalším často zohledňovaným aspektem je snaha dosáhnout co nejnižších výrobních nákladů. Existuje celá řada metod, které lze použít k výrobě zadané součásti. S přihlédnutím na tvar a rozměry je možné součást vyrábět následujícími technologiemi:

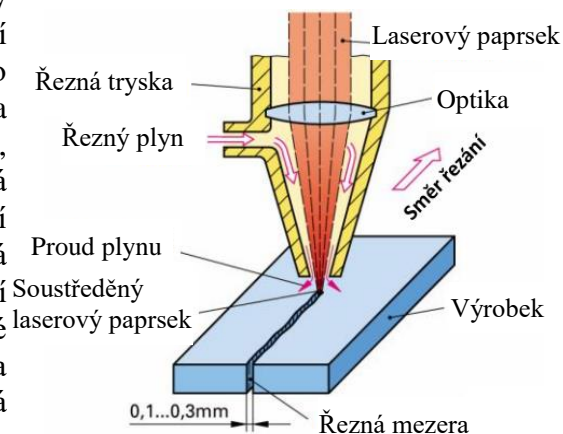
- Vysokotlaké lití – je metoda, u které dochází k roztavení kovu a následnému vstříknutí za vysokých rychlostí do formy. Princip je zobrazen na obr. 4. Tato metoda je jednou z používanějších k výrobě dverních kování. Tlakové lití se dělí na dva druhy, s teplou nebo se studenou komorou. Výhodami jsou

dosažení vysoké výrobní přesnosti (IT 11) a bezodpadová výroba, jelikož u metody se počítá s tím, že firma disponuje pecí, která může odpad dále zpracovávat. U této metody jsou hlavními úskalími volba materiálu, protože u tlakového lití je možné využít pouze slitiny hliníku, zinku a hořčíku. Dále zde nastává problém s výrobou otvorů v součásti, jelikož by se musely dodatečně opracovávat. Další nevýhodou jsou vysoké finanční náklady. Dochází totiž k častému opotřebování kovové formy, jejíž výroba a návrh jsou nákladné a samotný materiál polotovaru je dražší oproti běžné oceli.



Obr. 4 Princip vysokotlakého lití [23]

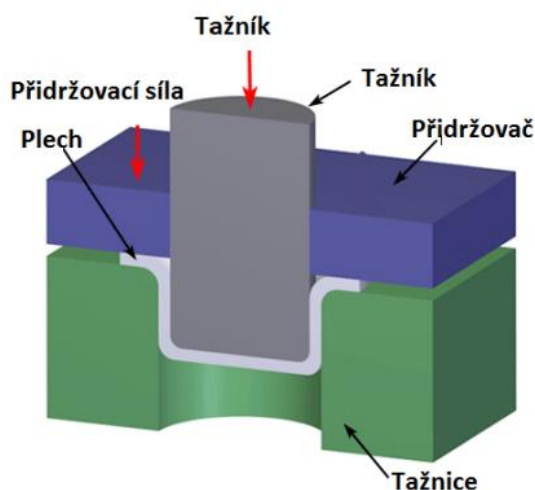
- Nekonvekční dělení s tažením – je proces, při kterém v první operaci dojde k dělení materiálu, a poté je výpalek plechu vytažen. Mezi metody nekonvekčního dělení patří řezání pomocí vodního paprsku, plazmy a laseru (nejpoužívanější). Princip řezání laserem spočívá ve využití usměrněného paprsku s vysokou koncentrací výkonu na místo řezu, kde dochází k dělení materiálu, viz obr. 5. Výhody jsou velmi malá řezná mezera, nedochází k mechanickému působení na výpalek, vysoká řezná rychlost, pravouhlá řezná hrana, možnost automatizace a řezání malých otvorů. Nevýhody jsou vysoké prvotní i provozní náklady, omezená tloušťka materiálu, menší účinnost, tepelně ovlivněná oblast, snížená stabilita při řezání lesklých povrchů a náklady na manipulaci s výpalkem.



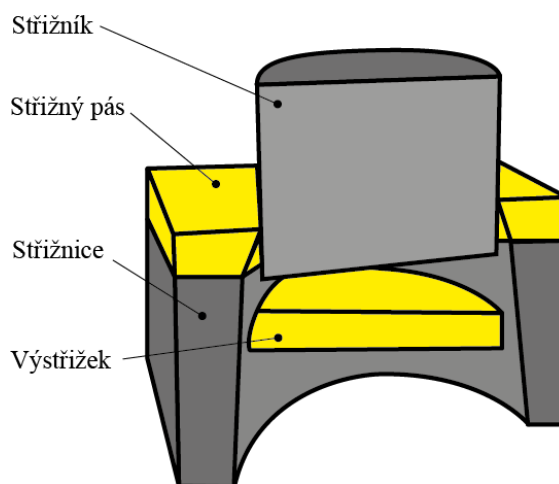
Obr. 5 Princip laserového dělení [6]

Tažení je metoda, jejíž princip spočívá v tom, že materiál je tažen tažníkem do tažnice pomocí lisu a dochází k zhotovení prostorové součásti, viz obr. 6. Výhody tažení jsou dlouhá životnost nástrojů, vysoké procento využití materiálu, vysoká produktivita, vhodnost pro větší série, ale z toho plyne nevýhoda, kterou je neekonomičnost u menších sérií. Dalšími nevýhodami jsou potřeba disponovat lisovacím strojem, u materiálu dochází k mechanickému ovlivnění v důsledku deformace, nutnost použití maziv a náklady na konstrukci a zhotovení nástroje.

- Stříhání s tažením – je proces, kde se většinou součást nejdříve vystřihne a poté se táhne. Princip je založen na dvou břitech, jeden břit je statický (střížnice) a druhý pohyblivý (střížník), mezi nimi je plech, který je pohybem střížníku odstřižen, viz obr. 7. Stříhání je jednou z nejpoužívanějších technologií při sériové výrobě součástí z plechů. Výhody této metody jsou vysoká efektivita a rozměrová přesnost (IT10). Většinou se tato metoda využívá, pokud je série větší než 40 tis. kusů. Nevýhody této metody jsou drahá konstrukce nástroje a potřeba kontroly před otupením nástroje. Princip, výhody a nevýhody metody tažení jsou popsány v předchozím variantním řešení.



Obr. 6 Princip tažení [3]



Obr. 7 Princip stříhání [24]

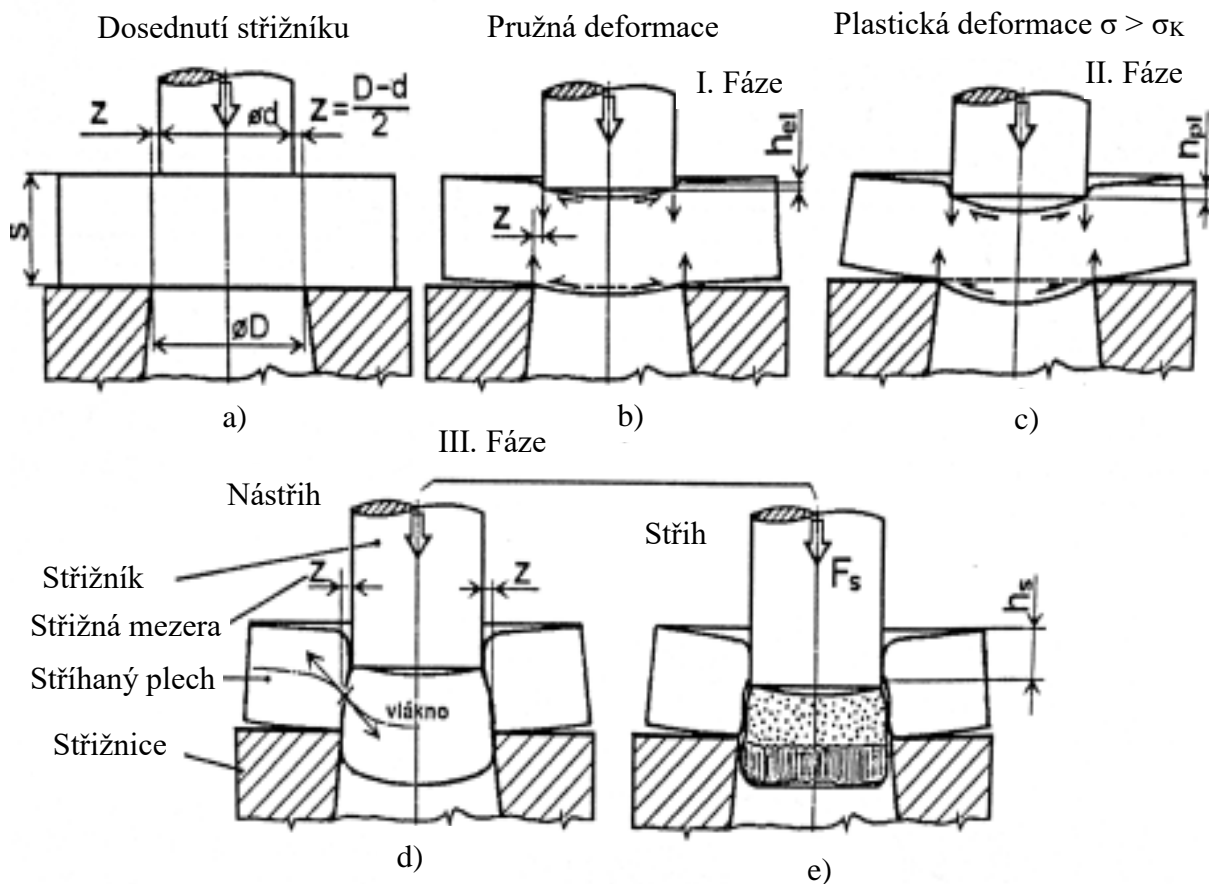
Z porovnání variantních řešení se nejvhodnější jeví stříhání s tažením. Při výrobě se často rozhoduje, zda se bude součást vyrábět v oddělených nebo sdružených nástrojích. U oddělených je výhodou slabší lis a méně náročná konstrukce. Nevýhody jsou dlouhé manipulační časy a potřeba větší plochy na uskladnění materiálu. Sdružený nástroj se v praxi většinou volí u hromadných sérií (pro prakticky nekonečnou výrobu), které umožní větší investiční náklady, než je to u menších sérií. Výhodou je zkrácení výrobního času z důvodu omezení manipulačního času mezi nástroji, ale nevýhodou se jeví větší požadavky na lis, jako je větší jmenovitá síla. U součásti se jeví jako nejekonomičtější a nejpraktičtější řešení výroba ve sdruženém nástroji, na což bude zaměřena teoretická i praktická část práce.

## 2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A TAŽENÍ [2], [7], [21]

Obě zvolené technologie jsou velmi rozšířené a jejich technologické procesy se využijí při výrobě dané součásti. Tyto procesy budou probíhat ve sdruženém nástroji, který se používá u hromadných výrob, kterými se vyrábí např. nýty anebo různé výlisky krytů. Má několik variant, jimiž mohou být např. dvouřadé nebo čtyřřadé provedení. Polotovarem jsou většinou svitky, ale v krajních případech je možnost využít tabulí plechů.

### 2.1 Stříhání [2], [4], [7], [9]

Stříhání je proces, při kterém působí dvě řezné hrany proti sobě v řezné rovině a zapříčiní deformace v materiálu, které vyvolají porušení (odstřížení). Nástrojem je stříhadlo, které má dvě funkční části střížník a střížnice. Polotovarem je plech, ze kterého se vystřihují výstřižky. Tato metoda je znázorněna na obr. 8.



Obr. 8 Princip stříhání [7]

Průběh stříhu lze rozdělit do tří fází, které probíhají hned za sebou:

- První fáze – začíná od prvního kontaktu střížníku se stříhaným materiálem, který je deformován v pružné oblasti, proto zde vzniká pouze elastická deformace. Střížník se v této fázi dostává pouze do hloubky elastického vniknutí  $h_{el} = (5 \text{ až } 10 \%)s$ . Plech je namáhán silou, která působí na plochu mezi obvodem střížníku a střížnice, což způsobuje vznik silových dvojic v materiálu, které jsou kolmé ke střížným plochám. Proto zde dochází k ohybu. Z tohoto důvodu je materiál na straně střížníku vtahován a na straně střížnice vytlačen.

- Druhá fáze – vzniká v důsledku zvyšování napětí, které je větší než mez kluzu  $\sigma_K$ , což způsobuje vnášení trvalých deformací do materiálu. Podle mechanických vlastností kovu je hloubka plastického vniknutí  $h_{pl} = (6 \text{ až } 30 \%)s$ . Při stříhání je snahou, aby tato plocha byla co největší, protože je zde nejkvalitnější povrch stříhu.
- Třetí fáze – nastane dosažením meze pevnosti ve stříhu  $\tau_s$ . Nejprve dojde k vytvoření trhlinek, které je podporováno tahovým normálovým napětím ve směru vláken. Trhliny vznikají na obou stranách polotovaru. K jejich šíření dochází velice rychle a až dojde k jejich spojení je materiál vystřižen. Šíření je tak rychlé, že nejdříve dojde k oddělení a poté projde střížník střížnicí.

Kvalita střížné plochy je ovlivněna mnoha faktory, kterými jsou mechanické vlastnosti, chemická struktura, kvalita povrchu polotovaru, způsob stříhání, ale největší vliv má právě střížná vůle.

Střížná vůle je definována jako rozdíl rozměrů mezi střížnicí a střížníkem, který se označuje  $v$ . Její poloviční hodnota je střížná mezera  $z$  ( $v = 2z$ ), viz obr. 9a. Hodnota mezery je velice důležitá pro správnou funkci nástroje, velikost síly, spotřebu energie a kvalitu střížné plochy. Musí být zabezpečeno, aby střížník svým rozměrem vždy zapadl do střížnice. Mezera by měla být po celém obvodu stejná. Pokud by tak nebylo, mohlo by dojít k vadám a k velkému opotřebením nástroje. Pokud se hodnota neurčí správně, dochází na střížné ploše k nesprávnému odlomení (obr. 9b,c). Velikost střížné mezery se do tloušťky plechu 3 mm určuje podle:

$$z = 0,32 \cdot s \cdot c \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.1)$$

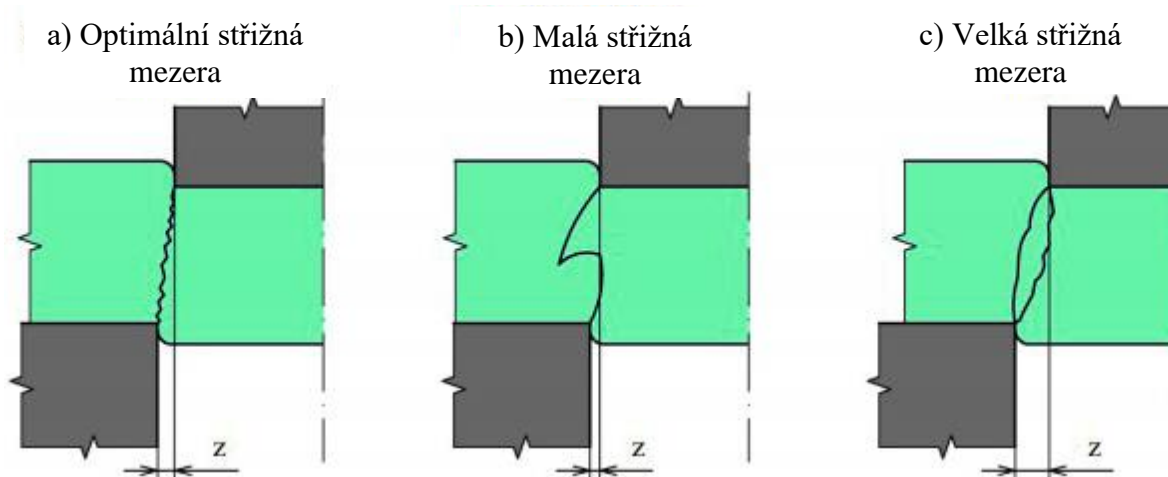
kde:  $s$  je tloušťka materiálu

$c$  je součinitel stupně stříhu (0,005 až 0,035), čím je tato hodnota menší tím je kvalitnější střížná plocha

$\tau_s$  je napětí ve stříhu, které se stanoví jako 80 %  $R_m$

V praxi se střížná mezera většinou volí dle mechanických vlastností či druhu materiálu. Pro měkkou ocel se stanovuje dle:

$$z = (2,5 - 10\%) \cdot s \quad (2.2)$$



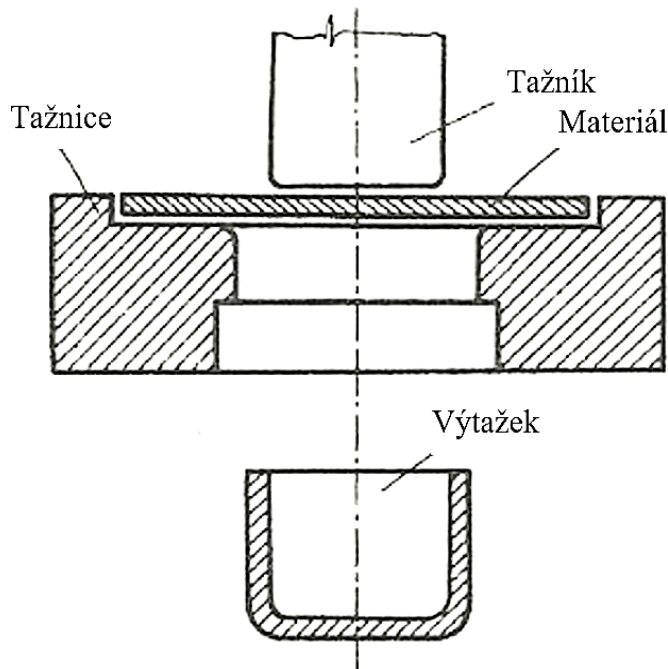
Obr. 9 Vliv velikosti střížné mezery na střížnou plochu [20]

Při stříhání se také musí brát v úvahu, zda se u rozměru jedná o vystřihování či děrování. Pokud se jedná o vystřihování je jmenovitý rozměr střížníku zmenšen o vůli a při děrování je jmenovitý rozměr o zmíněnou hodnotu navýšen.

## 2.2 Tažení [2], [4], [7], [9], [28], [29]

Tažení je technologická operace, při které dojde k trvalému přetvoření výstřižku do prostorové součásti. Nástrojem je tažidlo, které obsahuje dvě funkční části (tažník a tažnici) zprostředkovávající zhotovení operace. Vytvořenou součástí je výtažek. Touto technologií se zhotovují výrobky všech různých tvarů a velikostí od miniaturních elektronických součástí až po kapoty aut.

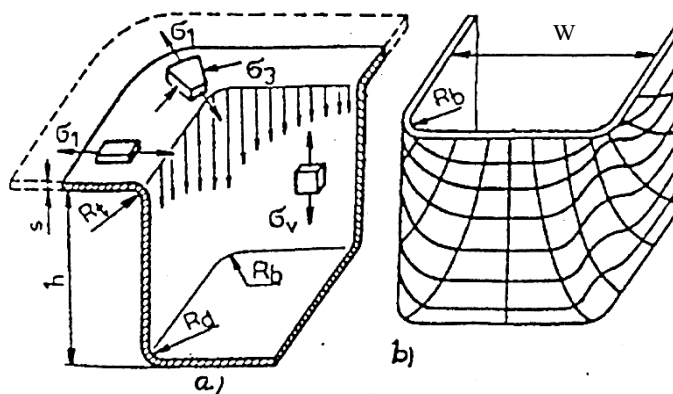
Nejjednoduššími výrobky jsou rotační součásti (obr. 10), dále se pak vyrábí nerotační součásti a karosářské výrobky, které se řadí pod skupinu nesymetrických tvarů. U této technologie je polotovarem většinou přístřih plechu nebo jinak opracovaný polotovar. Při procesu se bere v úvahu skutečnost, že nedochází k úběru materiálu. Tato skutečnost se projeví nezměněným objemem polotovaru. Před první operací je největší průměr výtažku ' $D_0$ ', který se postupným tažením zmenšuje na průměr ' $D_n$ ' a zvětšuje se výška kalíšku ' $h_n$ '.



Obr. 10 Princip tažení [7]

Deformace a napjatost je u nerotačního tažení složitější. Nerotační výtažky mají rozdílnou napjatost v rozích v porovnání s rovnými stěnami výlisku, toto je znázorněno na obr. 11. Jak lze vidět, v rozích dochází ke složitější deformaci, a to se v praxi řeší tím, že rovnoběžné stěny jsou brzděny (brzdnými žebry) a v rozích je plech více mazán.

Při tažení plechu dochází na přírubě k cípatosti, která je způsobena anizotropií plechu, což jsou odlišné mechanické vlastnosti plechu v různých směrech. Tento poznatek se musí brát v úvahu, proto se při výpočtech objemu výtažku jeho objem zvýší o několik procent. Při tažení plechu na jednu operaci se tato hodnota pohybuje okolo 3 %. Pokud se jedná o více operací, každé další operaci se přičte jedno procento.



Obr. 11 Znázornění deformací u nerotačních výlisků [7]

Všechny požadované průměry na výlisku nemohou být zhotoveny na jednu operaci, protože každá má při tažení určitý minimální průměr výlisku. U tažení je snahou, aby se táhl vždy minimální průměr výlisku, a s tím je i spojen potřebný počet operací, které mají velký stupeň deformace. Schéma více operačního tažení je na obr. 12. Pokud je součást tažena ve více než třech operacích, je zapotřebí zařadit po třetí operaci rekrystalizační žhání, které obnoví v materiálu jeho plastické vlastnosti. Toto tepelné zpracování umožní redukci nebo odstranění účinků pnutí, zvýšení tažnosti, snížení pevnosti a tvrdosti materiálu.

Počet operací se určuje podle součinitele tažení. Ten je ovlivněn druhem a kvalitou plechu, poměrnou hloubkou „ $s/D_0$ “, kde ' $D_0$ ' je průměr přístřihu a ' $s$ ' je tloušťka plechu, dále je ovlivněn geometrií funkčních částí tažníku a tažnice, podmínkami tažení, druhem technologie, tloušťkou plechu, tlakem přidržovače a způsobem, jakým je výlisek mazán. Tento součinitel se pro první tah vypočítá dle vzorce:

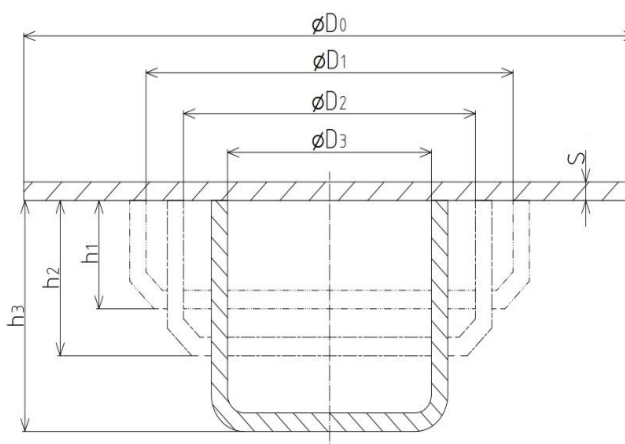
$$m = \frac{D_1}{D_0} \quad (2.3)$$

kde:  $D_1$  je tažený průměr první operace

Pro každý další tah se vypočte součinitel dle:

$$m = \frac{D_n}{D_{n-1}} \quad (2.4)$$

kde:  $D_n$  je průměr operace, která se provádí  
 $D_{n-1}$  je průměr výlisku o operaci předtím



Obr. 12 Schéma více operačního tažení [7]

Při velké deformaci a nevyhovujících anizotropních vlastnostech plechu dochází k tvorbě vln na přírubě výlisku (obr. 13). Pokud je velká tloušťka plechu a malá deformace, tak se snižuje riziko vzniku vln na výlisku. V případě tlustých plechů se tedy vlny netvoří a přidržovače není třeba. Při variantě tenkých plechů, které se táhnou na mělko, je zapotřebí zkontrolovat, zda je nutné využít přidržovače podle normy ČSN 22 7301, kde se součinitele  $\alpha$  vypočte dle vzorce:

$$\alpha = 50 \cdot \left( y - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) \quad (2.5)$$

kde:  $y$  je materiálová konstanta

Například pro první tah, kde  $\alpha$  je větší jak stonásobek poměru ' $D_1$ ' ku ' $D_0$ ', je nutné použít přidržovač, v opačném případě jej není nutno použít.

Plech se táhne přes hranu tažnice a na tažníku jsou jeho hrany nejvíce opotřebovaným místem nástroje. K tomu, aby tyto hrany byly co nejméně opotřebovány, je zapotřebí zvolit vhodnou tažnou mezeru.

Tažná mezeru je jedním z parametrů, který se musí určit, pokud se jedná o tažení bez ztenčení stěny. Mezeru se musí volit větší, než je tloušťka plechu s ohledem na toleranční pole, které má samotný plech. Schéma tažné mezery je na obr. 14. Tažná mezeru se dá vypočítat podle:

$$z_t = \frac{(D_t - D_k)}{2} \quad (2.6)$$

kde:  $D_t$  je průměr otvoru v tažnici  
 $D_k$  je průměr tažníku



Obr. 13 Zvlnění příruby v důsledku anizotropie plechu [15]



Dle ČSN se dá hodnota určit pro první tah podle:

$$z_t = (1,2 \text{ až } 1,3)s \quad (2.7)$$

a pro další tahy podle:

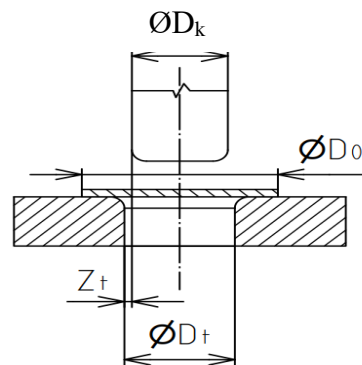
$$z_t = (1,1 \text{ až } 1,3)s \quad (2.8)$$

Dle Oehlera se dá vypočítat podle:

$$z_t = s_{max} + k_m \sqrt{10s} \quad (2.9)$$

kde:  $k_m$  je materiálový koeficient (pro ocel je 0,7)

Pokud je mezera malá, dochází ke zvýšení síly při tažení a mohlo by dojít k utržení spodního dna výtažku. V opačném případě, je-li mezera příliš velká vznikají sekundární vlny na stěně výtažku.



Obr. 14 Schéma tažné [2]

### 2.3 Síla a práce [2], [7], [9], [22]

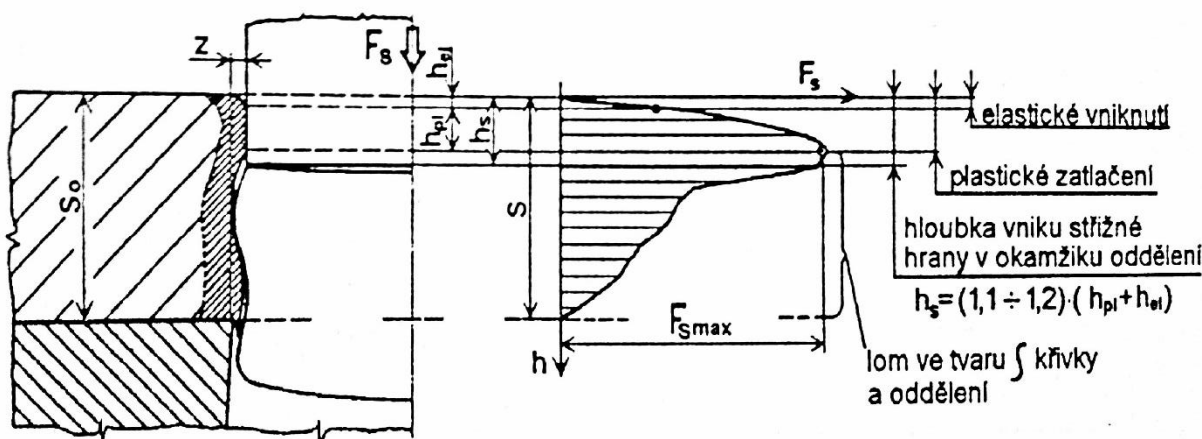
Při výrobě ve sduženém nástroji, kde probíhá stříhání a tažení současně, je potřeba spočítat sílu a práci, která je potřeba k vyhotovení součásti. Sílu je nutné znát, aby se správně určil lis. Ve zmiňovaných procesech je zapotřebí vypočítat celkovou sílu dle:

$$F_c = F_s + F_{tc} \quad (2.10)$$

kde:  $F_s$  je střížná síla

$F_{tc}$  je celková tažná síla

Střížná síla roste od prvního kontaktu střížníku s materiálem a roste do hloubky součtu elastické a plastické deformace. Tento nárůst síly je zapříčiněn lokálním zpevněním materiálu. Po dosažení této hloubky (20 až 40 %)s nastává lom a pokles síly. Na obr. 15 je vykreslen tvarem tzv. 'S' křivky. Pokud je síla moc velká, lze provést modifikaci nástroje (obr. 16), který umožní pokles síly až o 40 %.



Obr. 15 Průběh střížné síly [7]

Střížná síla se vypočítá dle vztahu:

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s \quad (2.11)$$

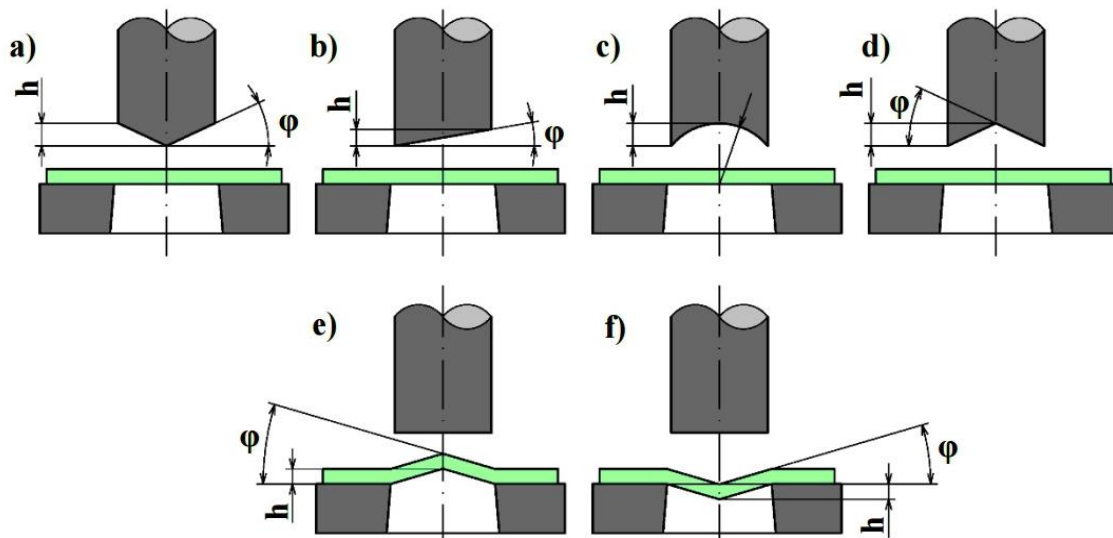
kde:  $n$  je součinitel opotřebení, který se pohybuje v rozmezí hodnot 1,2 až 1,55

$S$  je plocha stříhu, která se vypočte z obvodu stříhaných částí ( $l'$ ) a tloušťky plechu ( $s'$ )

Po úpravě:

$$F_s = n \cdot l \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m \quad (2.12)$$

kde:  $R_m$  je mez pevnosti stříhaného materiálu

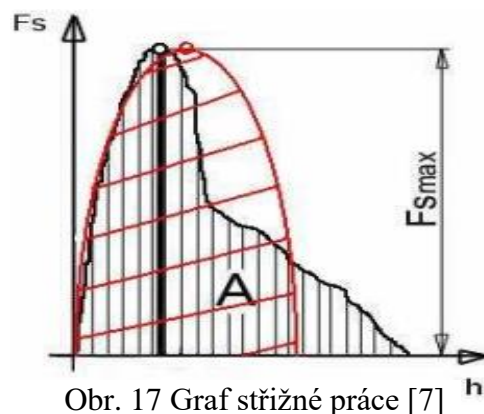


Obr. 16 Modifikace k snížení střížné síly [33]

Střížnou práci se rozumí energie, která je potřebná pro vystřížení součásti. Je závislá na velikosti střížné síly a tloušťce stříhaného materiálu. Střížná práce je plocha pod křivkou, která je v obr. 17 šrafována černou barvou. Práce je poté plocha, která se zintegruje z grafu závislosti střížné síly na tloušťce plechu. V praxi se tato plocha nepočítá přes integrál, ale přes vzorec na výpočet plochy půl elipsy (červeně šrafována oblast v obr. 17), protože je přibližně stejná a nepřesnost výpočtu je zanedbatelná. Střížná práce se vypočte:

$$A_s = 0,25 \cdot \pi \cdot F_s \cdot x \cdot s \quad (2.13)$$

kde:  $x$  je koeficient pro výpočet střížné práce, který se pohybuje od 0,5 do 0,55



Obr. 17 Graf střížné práce [7]

s

Tažná síla se vypočte ze zjednodušeného matematického vzorce, který počítá s tím, aby bylo napětí v nebezpečném průřezu menší, než je napětí meze pevnosti. To znamená, že musí být menší než taková, která by způsobila utržení dna výtažku. Jak je patrné z obr.18 síla roste od nuly po své maximum, které se nachází ve vzdálenosti součtů poloměrů tažníku a tažnice a tloušťky plechu. Tato hodnota je přibližně 1/3 celkové dráhy. Pro její výpočet se vychází ze vztahu:

$$F_t = O \cdot w \cdot s \cdot R_m \quad (2.14)$$

kde:  $O$  je obvod výtažku

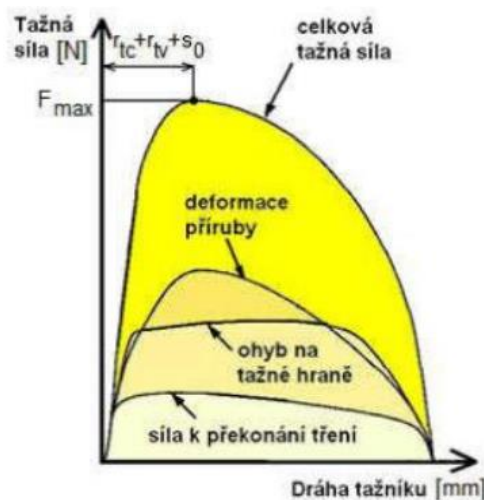
$w$  je koeficient, který se pohybuje od hodnot 0,4 až 1 a tato hodnota je závislá na hodnotě  $m'$  (0,8 až 0,55)

Sílu vyhazovače je nutné přičíst k celkové síle jen tehdy když se v nástroji využije pružinového vyhazovače a ta se vypočte:

$$F_v = k_v \cdot x_s \quad (2.15)$$

kde:  $k_v$  je tuhost pružiny

$x_s$  je stlačení pružiny



Obr. 18 Průběh tažné síly [7]

Poté se síla všech potřebných složek sečte a dostane se celková síla při tažení. U tažení, kde není vyhazovač se tato složka vynechává. Vypočte se dle vztahu:

$$F_{tc} = F_t + F_v \quad (2.16)$$

Tažná práce se vypočte podobně jak střižná práce, a to z tažné síly a výšky výtažku. Vypočítá se dle:

$$A_t = F_{tc} \cdot C_t \cdot h \quad (2.17)$$

kde:  $C_t$  je koeficient tažné práce (0,6-0,8), který je závislý na koeficientu 'm'  
h je pracovní zdvih lisu

K zhotovení výrobku je potřeba vypočíst celkovou práci, která se skládá ze střižné a tažné práce. Vypočte se dle:

$$A_c = A_s + A_t \quad (2.18)$$

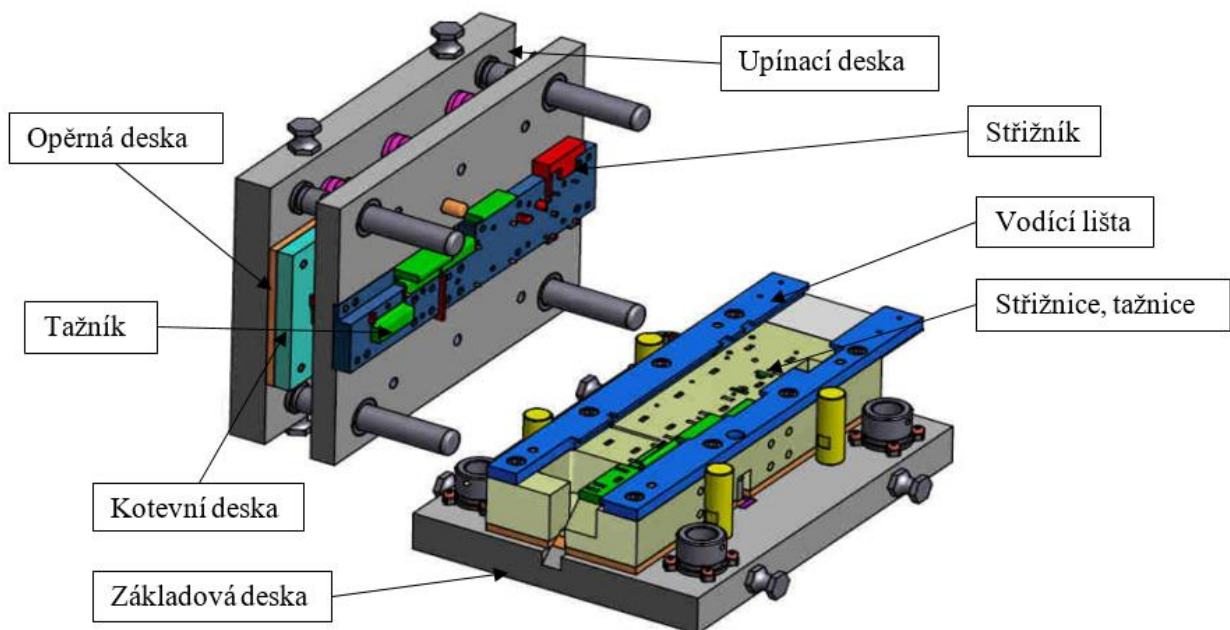
Po určení velikosti práce je velmi důležité stanovit těžiště, ve kterém bude ležet osa stopky nástroje. Určení těžiště je jednou z nejdůležitějších věcí při plošném tváření, kdy se za jednoho zdvihu provádí více operací najednou. Kdyby se neumístila stopka nástroje do těžiště, tak by docházelo ke vzniku klopných momentů, které by způsobily nepřesnosti a opotřebení nástroje. Vypočte se ze vzorce ze statiky:

$$x, y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (F_n \cdot x, y_n)}{\sum_{i=1}^n F_n} \quad (2.19)$$

kde:  $F_n$  je velikost síly daného střižníku nebo tažníku  
 $x_n$  je vzdálenost v ose x od určitého bodu do těžiště daného obsahu

## 2.4 Nástroje [10], [17], [21], [22]

Při konstrukci nástrojů se přihlíží k výrobnímu výkresu součásti, kde jsou stanoveny rozměrové tolerance. Podle nich se rozhoduje, jaké konstrukční části by měl nástroj obsahovat. Lze volit normalizované části, u kterých je výhoda ta, že jsou snadno vyměnitelné a mají nižší ceny oproti variantě, kdy by se celý nástroj musel vyrobit na míru.



Obr. 19 Sdružený nástroj [12]

Nástroje se dělí na samostatné nebo sdružené (obr. 19). Fungují většinou na principu, že spodní část je pevná a k ní zajiždí vrchní část. Zajištění správného umístění horní a spodní části umožňuje vedení, které musí být rozebíratelné, levné, účelné, lehce zhotovitelné a hlavně dostatečně tuhé, aby byla dosažena požadovaná kvalita výrobků. Nástroj je ve stroji upnut pomocí stopky. Ta je připevněna v upínací desce, která je naproti základové desce a k ní pojíždí za pomoci zalisovaných pouzder a vodících sloupků. Pomocí základové desky se nástroj upne ke stolu lisu. Ta by měla být vždy větší, než je upínací deska. Ovšem její minimální rozměry musí překrývat propadový otvor ve stole lisu. Deska obsahuje otvory, které odvádějí odštířené materiál nebo taženou součást. Nástroje dále obsahují pomocné prvky, které zajišťují správnou funkci nástroje, a těmi jsou kotevní deska, vodící desky, vodící lišty, podpěrný plech, zakládací kroužek, dorazy, šrouby a kolíky. Materiály, které se využívají na součásti nástrojů jsou zobrazeny v tab. 2.

Tab. 2 Materiály částí nástrojů [11]

Části nástroje	Materiál
Střížník, střížnice	19 191, 19 312, 19 436, 19 437, G3, G4, G5
Vodící stojánky – desky, sloupky, pouzdra	42 2456, 42 2661, 11 500, 12 061, 14 220
Stopky	11 600
Dorazy	12 061, 19 191, 19 312, 19 436, 19 437
Pouzdra střížníků	19 312
Hledáčky	14 220, 19 191, 19 411
Vodící lišty	11 600, 14 220
Pružiny	12 060, 12 090, 14 260
Upínky	11 500
Stěrače	12 061, 19 191
Tažník, tažnice	19 191, 19 436, 12 061, 42 2456
Zakládací kroužky	11 600
Přidržovač	19 191, 19 436, 42 2456

Kromě společných základních dílů obsahují funkční prvky:

- Střížník – je činná část nástroje. Jeho tvar a velikost odpovídá vystříhované nebo děrované součásti. Jeho funkcí je zasouvání do střížnice přes pás plechu, který je svým pohybem střížen. Jeho pohyb závisí především na beranu. Celý nástroj je zkonstruován tak, aby byl střížník celou dobu ve vodící desce z důvodu správné polohy. Zasazuje se do kotevní desky, kde je s horní částí pevně spojen. Může se dělit podle tvaru nebo také podle technologického použití na odstříhovací, přestříhovací, vystříhovací a prostříhovací a ostříhovače. Také se dělí podle typů uchycení, kterých existuje celá řada např. zalití do pryskyřice (obr. 20a), upnutí za přírubu šrouby, roznýtování horní části, osazení (obr. 20b), zapuštění, uchycení klínem, upínkou, kuličkou (obr. 20c). Při práci je namáhán na vzpěr. Z tohoto důvodu je potřeba zkontrolovat, zda u nejužšího střížníku nemůže dojít k překročení kritické délky. Vypočítá se za pomoci kritické síly ze vztahu:

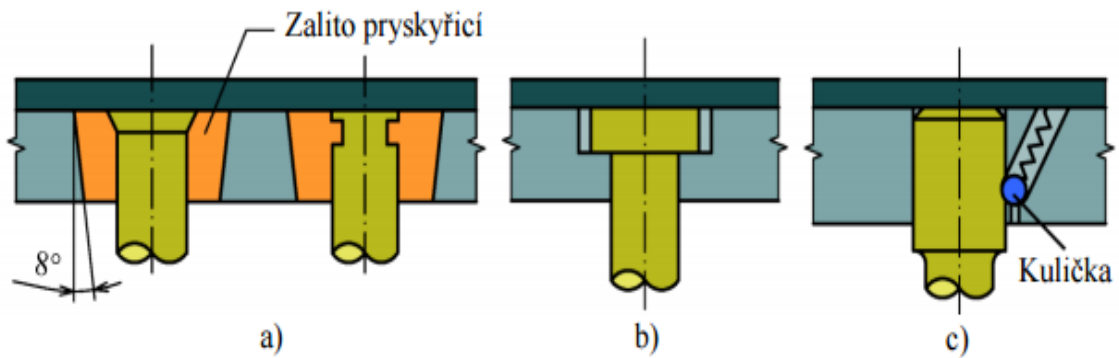
$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{\mu \cdot F_{kr}}} \quad (2.20)$$

kde: J je kvadratický moment [mm<sup>4</sup>]

F<sub>kr</sub> je kritická síla [N]

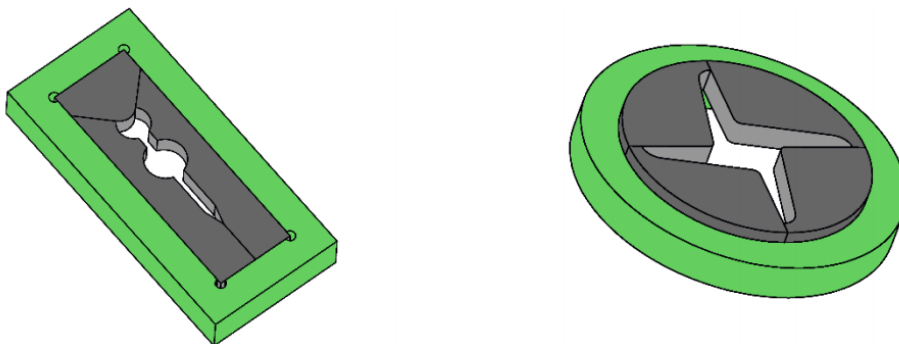
E je modul pružnosti v tahu [MPa]

μ je součinitel bezpečnosti (1,5 – 2) [-]

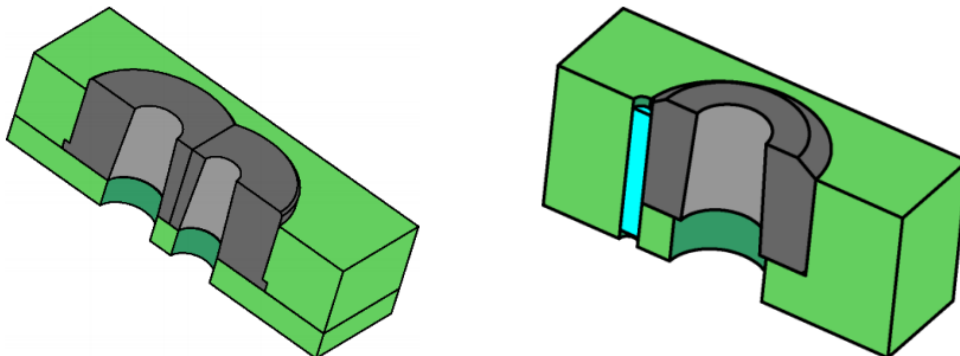


Obr. 20 Typy střížníku podle uchycení [33]

- Střížnice – je funkční část, která je uchycená na základové desce. Je to nejdražší součást celého nástroje, protože jsou na ni kladeny vysoké požadavky pro velmi přesné zpracování. Obsahuje otvory, které jsou broušené a mají vyšší jakost povrchu a vyšší rozměrovou přesnost. Tyto otvory jsou shodné s tvarem a rozměrem výstřížku. Na vrchní části střížnice se nachází střížná hrana. Druhy hran se liší podle stříhaných otvorů, příklady jsou uvedeny v tab. 3. Mohou být kalené nebo nekalené, poté buď z jednoho kusu nebo z více částí (skládané). Střížnice mohou být trojího typu a to celistvé, skládané a vložkované. U celistvých je střížnice vyráběna z nástrojové oceli a používá se u méně složitých tvarů. Skládané střížnice (obr. 21) se používají u větších rozměrů výstřížku a tvarově složitějších rozměrů. Značnou výhodou je levnější výroba přesnějších rozměrů u menších částí. U vložkovaných střížnic (obr. 22) jsou vkládány kalené vložky z nástrojové oceli do desky z konstrukční oceli. Výhodou je ušetření nákladů z důvodu výroby menší části střížnice z nástrojové oceli. Nevýhodou je obtížnější konstrukce. Střížnice je součástí střížné skříňe, která se dále skládá z vodících desek a lišt, kolíků, šroubů a dorazů.

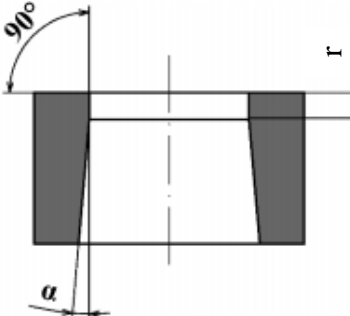
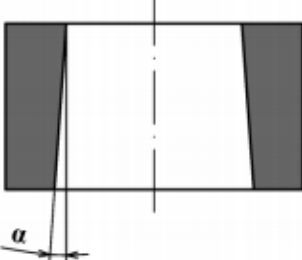
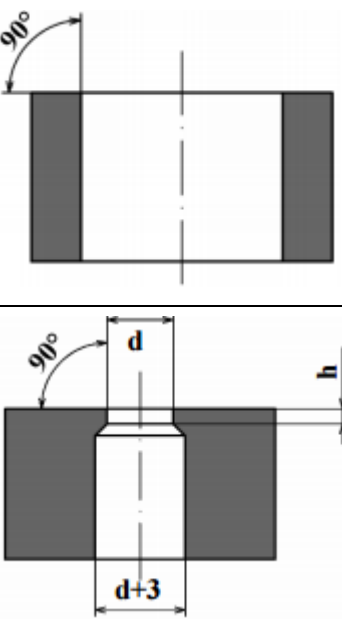


Obr. 21 Ukázka skládaných střížnic [33]

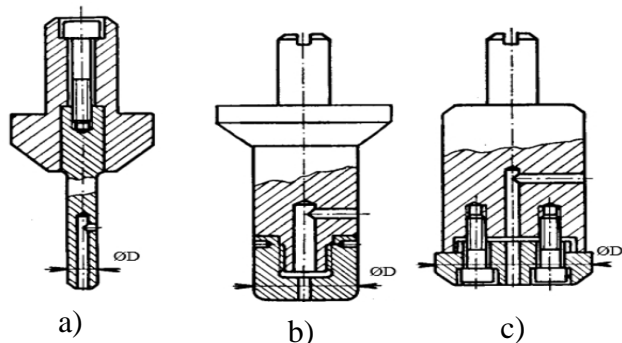


Obr. 22 Ukázka vložkovaných střížnic [33]

Tab. 3 Druhy střížných hran a jejich technologické parametry [17]

Název	Geometrie otvoru	Použití a rozměry
Kuželový otvor s válcovou fazetkou		Používá se u otvorů, kde je kladen velký důraz na přesnost nebo otvory se složitým obvodem. Fazetka: $r = 3 \div 5 \text{ mm} \rightarrow s = 0,5 \text{ mm}$ $r = 5 \div 10 \text{ mm} \rightarrow s = 0,5 \div 5 \text{ mm}$ $r = 10 \div 15 \text{ mm} \rightarrow s = 5 \div 10 \text{ mm}$ $\alpha = 3 \div 5^\circ$
Kuželový otvor		Použití u malých otvorů se střední přesností. Úkos: $\alpha = 10 \div 15' \rightarrow s = 0,1 \div 0,5 \text{ mm}$ $\alpha = 15 \div 20' \rightarrow s = 0,5 \div 1,0 \text{ mm}$ $\alpha = 20 \div 30' \rightarrow s = 1 \div 2 \text{ mm}$ $\alpha = 30 \div 45' \rightarrow s = 2 \div 4 \text{ mm}$ $\alpha = 45' \div 1^\circ \rightarrow s = 4 \div 6 \text{ mm}$
Válcový otvor nebo prizmatický otvor		Použití pro zpět vyhazované výstřižky nebo výstřižky s velkým rozměrem.

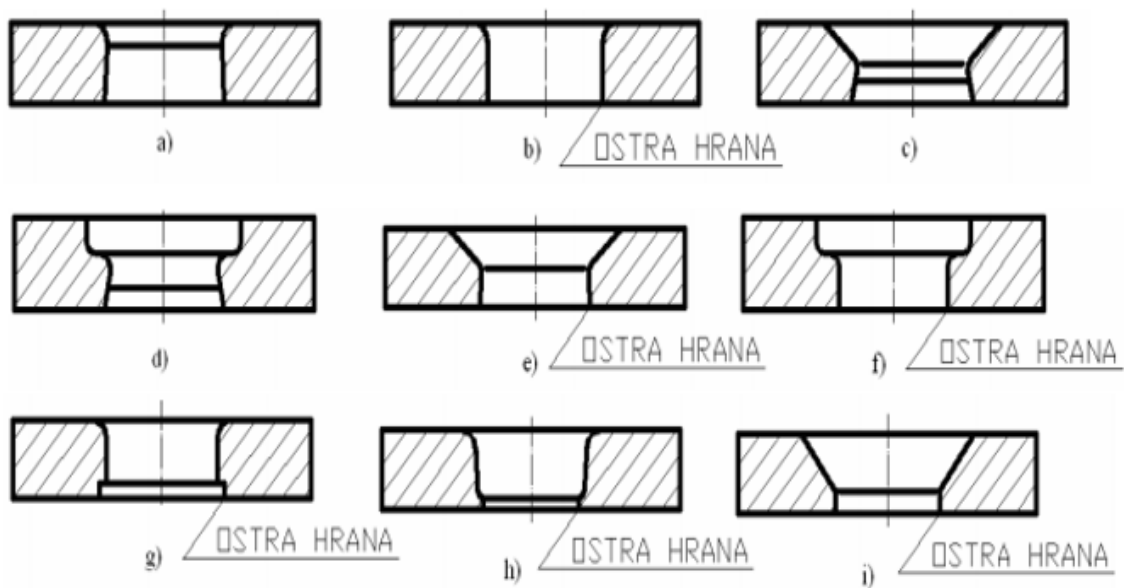
- Tažník – je funkční pohyblivá část tažidla. Jeho rozměry jsou stejné jako vnitřní rozměry výtazku. Tažník stejně jako střížník je namáhán na vzpěr, ale u tažníku dochází i k namáhání po obvodě radiálními silami. Zhotovuje se celistvý nebo dělený. Rozděluje se podle taženého průměru. Pokud se průměr pohybuje do 30 mm je využit nedělený. Ten je upevněn pomocí stopky (obr. 23a). Je-li průměr od 30 do 80 mm je využit tažník dělený (obr. 23b). Dělený pro průměr větší jak 100 mm je na obr. 23c. Všechny tažníky musí mít



Obr. 23 Příklady tažníků [21]

odvzdušňovací otvor, který přivádí vzduch mezi tažený materiál a plochu tažníku. Ten zabezpečuje, aby nedošlo ke vzniku vakua mezi tažníkem a výtažkem. Jeho vyústění musí být vyvedeno nad ústí výtažku. Prvek nástroje funguje na principu vtahování polotovaru do pevné funkční části nástroje, kterým je tažnice.

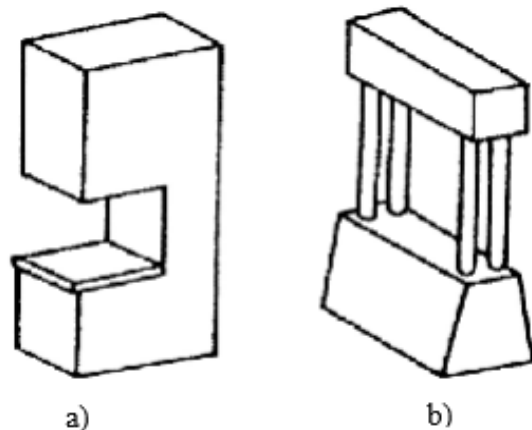
- Tažnice – je funkční část tažidla, která má řadu odůvodněných tvarů. Na horní části musí být opatřena zaoblením a tažnou hranou. Pokud výlisek opouští nástroj, tak tažnice má ostrou hranu na spodní části, která setře výtažek. Vnitřní tvar a rozměry jsou totožné s vnějšími rozměry výtažku, aby nedocházelo k velkému opotřebení a špatné funkčnosti je mezi tažníkem a tažnicí tažná mezera. Tažnice se vyrábí v různých provedeních, které je vhodné pro různé výtažky. Tvary těchto provedení jsou znázorněny na obr. 24. Tažnice se dále vyrábí jako celistvá nebo dělená.



Obr. 24 Různé druhy tažnic [21]

## 2.5 Stroje [14], [17], [25]

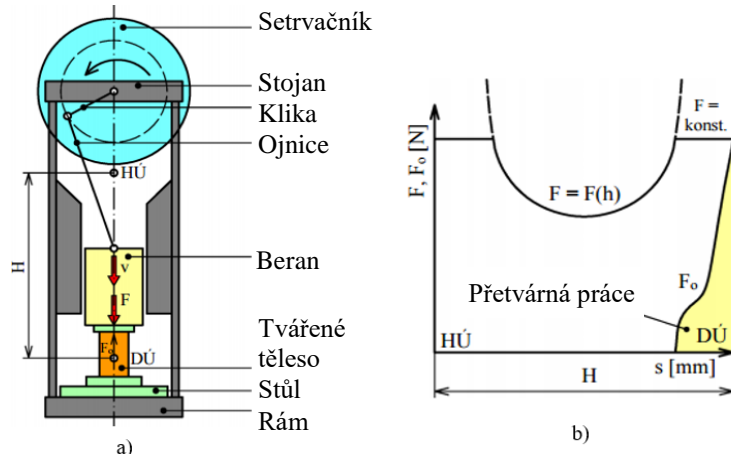
Stoje jsou základním prvkem při výrobě. U plošného tváření je využito lisů, při jejichž výběru je zapotřebí vědět, jaká má být jmenovitá síla a práce, velikost pracovní desky, zdvih, rychlost beranu a typ lisu. Rozdělují se na jednočinné, dvojčinné a více činné, speciální nebo postupové. Dále se liší podle rámců, které mohou být otevřené (obr. 25a) a nebo uzavřené (obr. 25b). Otevřené jsou dvojího typu - svařené nebo lité. Lité se vyrábí velkosériově, ale nejsou tak tuhé jako svařencové. Výhoda otevřených je volný přístup ke stroji ze tří stran. Nevýhodou je jejich tuhost, která není tak vysoká jako u svařovaných. Uzavřené se vyrábí buď dělené nebo svařované. U dělených je výhodou, že se při montáži stáhnou a to vytvoří předpětí, které zabrání uvolnění spojů při zatížení.



Obr. 25 Rámy lisů [25]

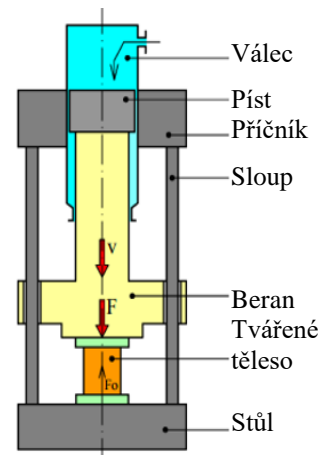
Pro stříhání a tažení se nejčastěji používají tyto lisy:

- Mechanické – jsou to stroje, které k provedení práce využijí pohonu. Mechanické lisy mají různé principy pohonů, kterými jsou klikový (nejpoužívanější), výstředníkový, kolenový, vačkový, vřetenový a třecí. Tyto lisy jsou nejvíce používanými pro plošné tváření. Klikový mechanismus je znázorněn na obr. 26a. Z pracovního diagramu, který je na



Obr. 26 Schéma klikového mechanismu s jeho pracovním diagramem [33]

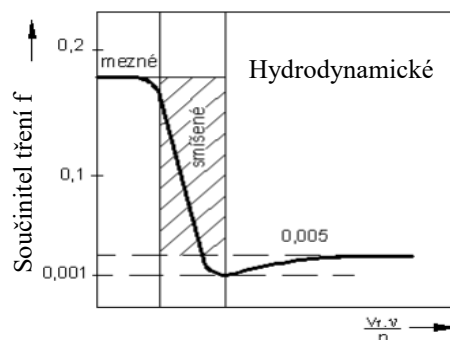
- Hydraulické – pracují na principu Pascalova zákona, který říká, že v kapalině dochází k šíření tlaku všemi směry stejně. Kapalina je stlačována pohonem, který může být přímý, nepřímý nebo kombinovaný. U těchto lisů (obr.27) je rovnoměrná rychlost beranu a jejich síla je konstantní. Rychlost beranu se pohybuje do  $10 \text{ ms}^{-1}$ . Jeho maximální síla se u některých lisů může pohybovat do  $15 \text{ MN}$ . Největší využití těchto lisů je u objemového tváření a někdy i u plošného tváření, ale není vhodný pro stříhání v postupovém nástroji. Výhodami oproti mechanickému lisu jsou snadná regulace rychlosti, možnost konstantního tlaku a snadné nastavení pracovního zdvihu beranu. Nevýhodami lisu jsou složitější konstrukce, ze kterých plyne obtížnější nalezení poruchy na stroji, dále menší výrobnost a větší náklady na údržbu stroje.



Obr. 27 Hydraulický lis [33]

## 2.6 Maziva [2], [7], [31]

U operace tažení dochází k tření mezi polotovarem a nástrojem. Existuje celá řada tření, které je nutno eliminovat a těmi jsou suché, mezné, hydrodynamické a smíšené. K suchému tření dochází při přímém kontaktu povrchových nerovností bez přítomnosti maziv. Mezné tření nastává, pokud je velmi tenká vrstva ( $1 \mu\text{m}$ ) maziva mezi povrchovými nerovnostmi, které tuto vrstvu narušují a třou se. Hydrodynamické tření vzniká v místech, kde jsou dokonale oddělené plochy a je mezi nimi vrstva maziva. Toto tření podléhá zákonům hydrodynamiky a je označováno jako  $f_{\text{dyn}}$ . Smíšené tření je kombinací mezního a hydrodynamického. Toto tření je nejtypičtější při tvářecích operacích. Dle Striebeckova diagramu na



Obr. 28 Striebeckův diagram [31]



obr. 28 se smíšené tření pohybuje ve velkém rozsahu hodnot, které je ovlivněno druhem maziva, kvalitou třených ploch, teplotou a tlakem.

Na polotovary se nanáší mazivo, které má za úkol zmenšit třecí sílu při tažném procesu, tímto ulehčit materiálu, prodloužit životnost nástrojů, zamezit studeným svarům a především má za úkol zajistit požadované tolerance výlisku. Při tažení dochází ke změně meze pevnosti v materiálu, a to má při plošných výliscích zmírnit právě mazivo, které zmenšuje poměr mezi třením vnějším a ve vnitřních vrstvách materiálu.

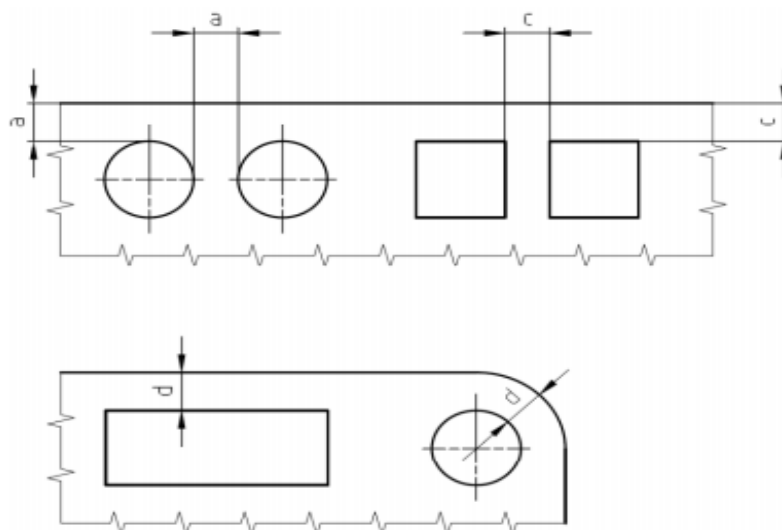
Maziva se liší podle druhu pevnosti tažného materiálu a pak podle druhu tažení. Nejčastěji se využívá ropných cyklických olejů střední viskozity ( $50 \text{ mm}^2$  při  $50^\circ\text{C}$ ) nebo s menší viskozitou s přísadami jako je například chlorovaný tuhý parafín, nebo se přidávají tuhá maziva např. grafit,  $\text{MoS}_2$ , talk, křída. Poté se do maziv přidávají různé rostlinné oleje.

## 2.7 Technologičnost součásti [2], [4], [7]

Pod pojmem technologičnosti součásti se rozumí, co nejjednodušší a nejlevnější výroba dané součásti danou technologií. To znamená, že musí být dodrženy určité technologické prvky jako je například vhodná konstrukce součásti.

Mezi hlavními body technologičnosti součásti patří:

- Navrhnout vhodné tolerance s přihlédnutím jakou metodou bude součást vyráběna. U klasického stříhání jsou dosahovány tolerance IT 12-IT 14, u zpřesněného nástroje IT 9-IT 11.
- Dosahování vhodné přesnosti u daného materiálu.
- Volit dostatečné mezery výstřižku od hran a zaoblení, viz obr.29.
- Zvolit co nejvhodnější tloušťku plechu.
- Zvolit vhodný materiál k technologickým metodám.
- Zvolit odpovídající drsnost střižné plochy.
- Zvážit, zda je zapotřebí u vystřižnutých obrysů kolmost střižné plochy k součásti.
- Zvolit co nejmenší výšku výtažku.
- Navrhnout nástřihový plán tak, aby jeho využitelnost byla alespoň 60 %.
- Zvolit takové tolerance, aby se po operaci tažení nemusela zařadit operace kalibrace.



Obr. 29 Technologické parametry [3]

### 3 NÁVRH VÝROBY

Štítek dveřního kování je na obr. 30 a pro něj se bude řešit návrh výroby. Je nerotačního tvaru, který je tvořen jednou obdélníkovou částí, která se u kratších částí mění na obloukový tvar. Základní rozměry součásti jsou  $235 \times 35 \times 8$  mm (délka  $\times$  šířka  $\times$  hloubka). Tloušťka plechu byla stanovena na 1 mm. Na součásti se vyskytuje jeden více tolerovaný rozměr, kterým je otvor pro kliku. Tato tolerance je  $\pm 0,1$  mm. Všechny ostatní rozměry jsou tolerovány dle ISO 2768 – mH. Velikost výrobní série byla stanovena na 150 000 ks. Součást bude z materiálu ocel 11 320. Dále je provedeno zhodnocení technologičnosti:



Obr. 30 Vyráběná součást

- Přesnost výstřižku – je jedno z kritérií, které je zapotřebí zhodnotit. Postupové stříhání je proces, kdy je součástka vystřihována postupně, od nejmenších obvodů, až dojde k vystřížení celého obvodu. Normální přesnost u postupových stříhadel je v rozmezí IT 12-IT 14. U stříhadel se zvýšenou přesností se přesnost pohybuje mezi IT 9-IT 11. U těchto stříhadel je využito hledáčku a vodících stojanů. Nejprve je potřeba se zaměřit na zpřísněné tolerance na výkresu. U součásti je zpřísněná tolerance na otvoru  $\varnothing 15 \pm 0,1$  mm. Této tolerance jsme schopni docílit až u tolerancí IT 10, proto se bude součást vyrábět ve zpřesněných stříhadlech. Všechny ostatní přesnosti jsou zhotovitelné.
- Přesnost v měkké oceli – je další z kritérií, které je zapotřebí zohlednit. Znázornění podmínek a jejich hodnoty jsou na obr. 31, kde se kontrolují otvory:

- Kruhové

$$\frac{d_{min}}{s} > 1 \quad (3.1)$$

kde:  $d_{min}$  je nejmenší průměr otvoru  
s je 1 mm

$$\frac{3,5}{1} > 1$$

Pokud je vypočtená hodnota větší než jedna, je tato podmínka splněna. Podmínka byla splněna a ověřena u nejmenšího otvoru, z toho vyplývá, že podmínka je vyhovující i u ostatních otvorů.

- Hranaté

$$\frac{b}{s} > 0,8 \quad (3.2)$$

kde: b je délka kratší strany (obr.31)

$$\frac{9}{1} > 0,8$$

U hranatého otvoru musí být hodnota větší než 0,8, aby byla podmínka splněna.

Podmínka je splněna a hranaté otvory jsou tedy zhotovitelné.

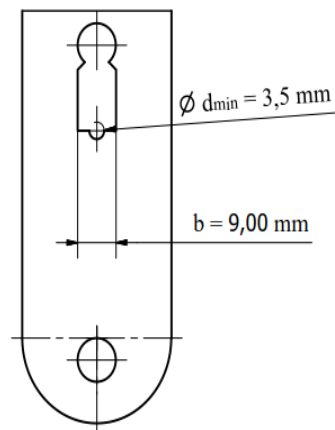
- Vzdálenost stříhaných obrysů – je poslední z početních ověření, které je zapotřebí. Pro vyhovující vystřížení výstřižku je nutné, aby stříhání obrysů splňovalo následující podmínky:

- Vzdálenost mezi kruhovými otvory nebo vzdálenost kruhového otvoru od kraje

$$a \geq 0,8s \quad (3.3)$$

kde: 'a' je ona vzdálenost (obr. 32)

$$13 \geq 1$$



Obr. 31 Znázornění podmínek k měkké oceli

- Vzdálenost mezi hranatými otvory nebo hranatého otvoru od kraje

$$c \geq s \quad (3.4)$$

kde:  $c$  je ona vzdálenost (obr. 32)

$$13 \geq 1$$

- Nejmenší vzdálenost od kraje

$$d \geq 1.5s \quad (3.5)$$

kde:  $d$  je ona vzdálenost (obr.32)

$$8,5 \geq 1.5$$

Vzdálenosti obrysů jsou dostačující. Součást je z hlediska vzdálenosti obrysů zhotovitelná.

Součást je podle technologičnosti vyrobitelná.

### 3.1 Velikost přístřihu

K tomu, aby se dala vypočítat velikost přístřihu je zapotřebí sečíst všechny plochy dle:

$$S_p = \sum_{i=1}^n S_i \quad (3.6)$$

kde: je  $\sum_{i=1}^n S_i$  součet všech obsahů

Při výpočtech je zapotřebí zjistit šířku přístřihu ' $L_y$ ' a poloměr přístřihu ' $R_p$ '. Pro snadnější výpočet je lepší si součást rozdělit na dvě části:

- Obdélníkovou – její plochy jsou znázorněny na obr. 33 a vypočítají se:

- Plocha vytažené části ( $S_1$ ):

$$S_1 = a_{S1} \cdot L_x = 31 \cdot 210 = 6510 \text{ mm}^2$$

- Plocha zaoblění ( $S_2$ ):

$$\begin{aligned} S_2 &= 2 \cdot \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot r_{s2} \cdot \alpha_{s2}}{360} \right) \cdot L_x = \\ &= 2 \cdot \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 90}{360} \right) \cdot 210 = \\ &= 1319,46 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Hodnota se zaokrouhlí na 1319 mm<sup>2</sup>.

- Plocha stěny ( $S_3$ ):

$$S_3 = 2 \cdot a_{S3} \cdot L_x = 2 \cdot 7 \cdot 210 = 2940 \text{ mm}^2$$

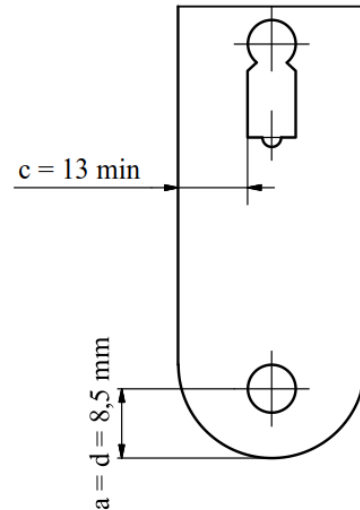
Celková plocha obdélníkové části:

$$S_{p1} = S_1 + S_2 + S_3 = 6510 + 1319 + 2940 = 10769 \text{ mm}^2$$

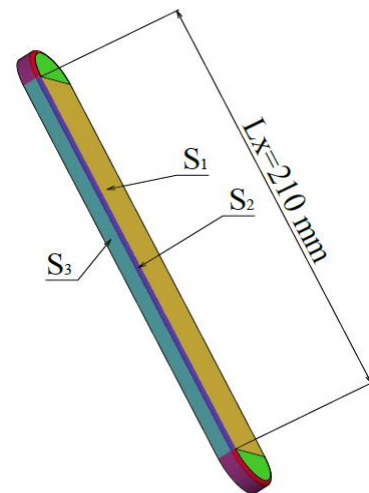
Hodnota se zaokrouhlí na 1319 mm<sup>2</sup>

Šířka přístřihu se vypočte:

$$L_y = \frac{S_{p1}}{L_x} = \frac{10769}{210} = 51,28 \text{ mm}$$



Obr. 32 Znáornění technologických vzdáleností



Obr. 33 Označení ploch na součásti k výpočtu šířky přístřihu

Šířka přístříhu vyšla 51,280 mm po zaokrouhlení 51,3 mm. Zaokrouhlení je vzhledem k funkčnosti části zanedbatelné.

➤ Oblouková – její plochy jsou znázorněny na obr. 34 a vypočítají se dle:

- Plocha stěny ( $S_4$ ):

$$S_4 = \pi \cdot D_1 \cdot a_{x4} = \pi \cdot 35 \cdot 7 = 769,69 \text{ mm}^2$$

Po zaokrouhlení vyjde plocha 770 mm<sup>2</sup>.

- Plocha vytaženého kruhu ( $S_5$ ):

$$S_5 = \pi \cdot r_5^2 = \pi \cdot 15,5^2 = 754,76 \text{ mm}^2$$

Po zaokrouhlení vyjde plocha 755 mm<sup>2</sup>.

- Plocha zaoblění mezi stěnami ( $S_6$ ):

$$S_6 = \frac{\pi}{2} (\pi \cdot (D_{S6} - 2 \cdot R_{S6}) \cdot R_{S6} + 4 \cdot R_{S6}^2) = \frac{\pi}{2} (\pi \cdot (35 - 2 \cdot 2) \cdot 2 + 4 \cdot 2^2) = 331,09 \text{ mm}^2$$

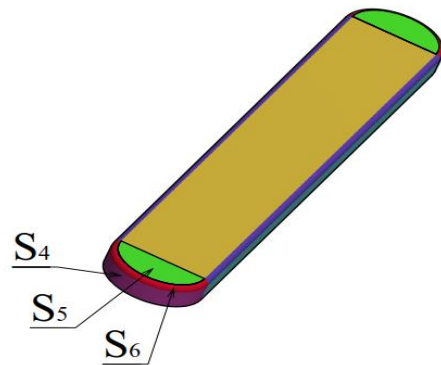
- Celková plocha obloukové části:

$$S_{p2} = S_4 + S_5 + S_6 = 770 + 755 + 331 = 1856 \text{ mm}^2$$

Poloměr přístříhu:

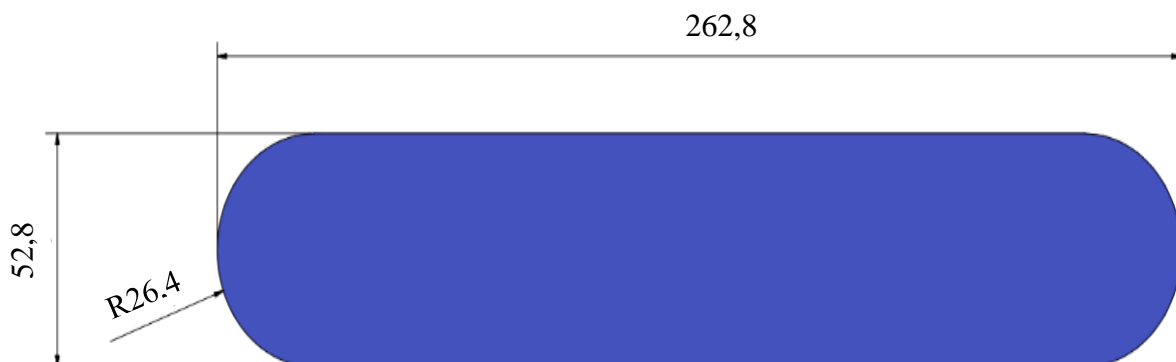
$$R_p = \sqrt{\frac{2 \cdot S_{p2}}{\pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1856}{\pi}} = 34,37 \text{ mm}$$

Poloměr u druhé části vyšel 34,37 mm i tato hodnota se dá zaokrouhlit na jedno desetinné místo. Výsledkem je tedy 34,4 mm.



Obr. 34 Plochy obloukové části

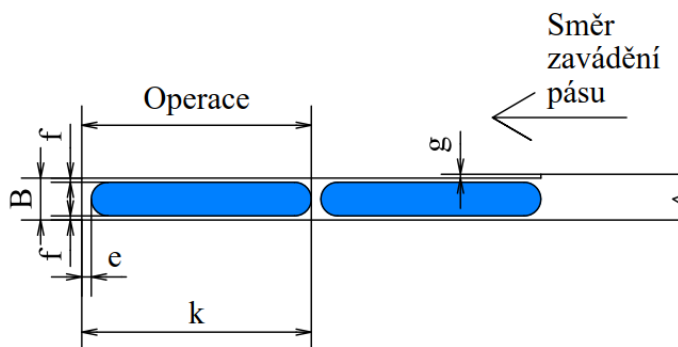
Při porovnání šířky a poloměru přístříhu je patný jejich nepoměr. Všechny plochy byly zkontrolovány pomocí programu Autodesk Inventor a jejich výsledky byly srovnatelné. Nepoměr u výpočtu byl zapříčiněn deformací výstřížku. Šířka u součásti má větší vliv a od ní se tedy odvodí poloměr. Z diagramu (příloha 1) se stanovilo, že součást bude tažena na jednu operaci, proto se rozměry přístříhu zvětší o 3 %. Šířka plechu poté bude 52,8 mm, viz obr. 35. Vzhledem k tažení, které je mělké je možné, že se tato hodnota zmenší na 52 mm z důvodu ušetření materiálu. Pro ověření, zda hodnota vyhovuje, si firma provede experiment. U přístříhu se uvažuje hodnota 52,8 mm.



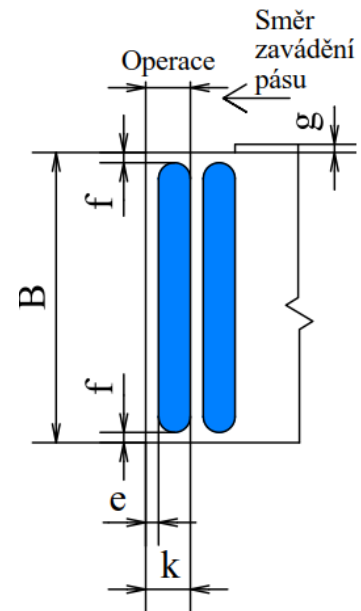
Obr. 35 Velikosti přístříhu

### 3.2 Nástřihový plán

Nástřihový plán se určuje pro ekonomické zhodnocení. Při stříhání jsou největší náklady na materiál. Rozložení nástřihového plánu musí být i z hlediska technologického správně. Existují určité parametry, které se musí určit z norem, jako je např. krok 'k', můstek 'e', mezera mezi okrajem plechu a výstřížkem 'f' a šířka odstříhu 'g'. Tyto hodnoty se volí podle tloušťky plechu a šířky plechu 'B'. S přihlédnutím na tvar přístřihu jsou možné jen dvě varianty, které jsou znázorněny na obr. 36 a obr. 37. Hodnoty pro každou z variant jsou v tab. 4.



Obr. 36 Nástřihová varianta A

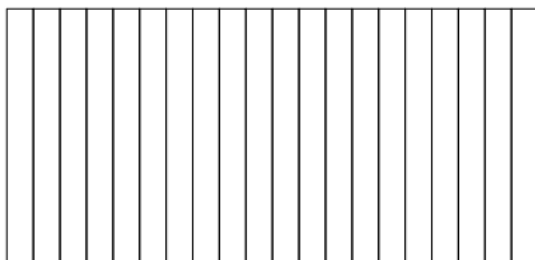


Obr. 37 Nástřihová varianta B

Tab. 4 Hodnoty pro nástřihové plány z přílohy 2

Varianta A	Varianta B
$e = 2 \text{ mm}$	$e = 4 \text{ mm}$
$f = 2,5 \text{ mm}$	$f = 4,8 \text{ mm}$
$g = 1,5 \text{ mm}$	$g = 1,5 \text{ mm}$
Šířka pásu plechu: $B = 52,8 + 2,5 + 2,5 + 1,5 = 59,3 \text{ mm}$	Šířka pásu plechu: $B = 262,8 + 4,8 + 4,8 + 1,5 = 273,9 \text{ mm}$
Délka kroku: $k = 262,8 + 2 = 264,8 \text{ mm}$	Délka kroku: $k = 52,8 + 4 = 56,8 \text{ mm}$

Polotovarem pro výrobu mohou být pásy plechu nebo svitky plechu. Porovnávány budou varianty plechů o dvou rozměrech 1 000 x 2 000 mm a 1 250 x 2 500 mm a dva svitky o šířce pro danou variantu. Svitky mají vnější průměr 'Dv' 700 mm a vnitřní průměr 'dv' 508 mm. Tabule plechu lze stříhat jak ve směru podélném, tak ve směru příčném. Varianty jsou na obr. 38 a obr.39.



Obr. 38 Varianta I



Obr. 39 Varianta II

Pro určení správné varianty plechu je zapotřebí spočítat využitelnost každé varianty. Pro znázornění jsou vypočteny varianty:

➤ Tabule plechu 'IIA'

- Plocha jednoho plného dílu:

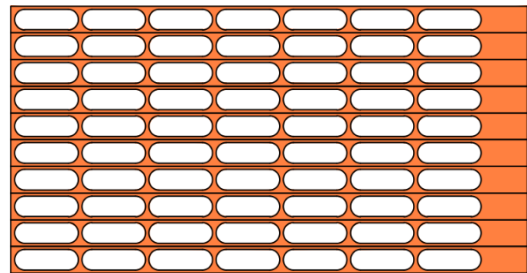
$$S_v = 210 \cdot 52,8 + \pi \cdot 26,4 = 11\,170,93 \text{ mm}^2$$

- Plocha jedné tabule:

$$S_{tab} = 1\,000 \cdot 2\,000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2$$

- Počet využitých pásů plechu:

$$P_p = \frac{1000}{B} = \frac{1000}{59,3} = 16,86 \text{ pásů}$$



Obr. 40 Ukázka rozložení varianta IIA

Počet pásů plechu u této varianty vyšel 16,86 pásů, ale musí se vždy brát celé pásy, proto je výsledkem 16 pásů.

- Počet kusů na pás:

$$P_k = \frac{2000}{k} = \frac{2000}{264,8} = 7,55 \text{ kusů}$$

Počet kusů výstřížku na pás vyšel 7,55 kusů, ale musí se vždy brát celé kusy, proto je výsledkem 7 kusů.

- Počet kusů z jedné tabule:

$$P_{kt} = P_p \cdot P_k = 16 \cdot 7 = 112 \text{ kusů/plech}$$

- Počet tabulí na výrobu celé série:

$$P_t = \frac{\text{Výrobní série}}{P_{kt}} = \frac{150\,000}{112} = 1339,28 \text{ tabulí}$$

Počet tabulí na výrobu celé série je 1 339,28 tabulí. Vzhledem k tomu, že pro výrobu se využívají jen celé tabule, je nutno výsledek zaokrouhlit na celé číslo nahoru. Výsledkem je 1 340 tabulí.

- Procentuální využití jedné tabule plechu:

$$Q = \frac{P_{tk} \cdot S_v \cdot 100}{S_{tab}} = \frac{112 \cdot 11\,170,93 \cdot 100}{2\,000\,000} = 62,55 \%$$

➤ Svitek varianta 'A'

- Délka svitku:

$$L_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_v^2 - d_v^2)}{4 \cdot s} = \frac{\pi \cdot (700^2 - 510^2)}{4} = 180\,563,04 \text{ mm}$$

- Plocha svitku:

$$S_{sv} = B \cdot L_{sv} = 59,3 \cdot 180\,563,04 = 10\,707\,388,27 \text{ mm}^2$$

- Počet kusů z jednoho svitku:

$$P_{ks} = \frac{L_{sv}}{k} = \frac{180\,563,04}{264,8} = 681,88 \text{ kusů}$$

Počet kusů u jednoho svitku vyšel 681,88 kusů. Toto číslo se musí zaokrouhlit na celé číslo dolů. Z jednoho kusu svitku se dá vyrobit 681 kusů výstřížků.

- Počet svitků plechu:

$$P_{ts} = \frac{\text{Výrobní série}}{P_{ks}} = \frac{150\,000}{681} = 220,26 \text{ svitků}$$

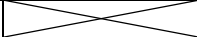
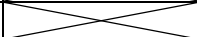
Potřebný počet pro výrobu série je 220,26 kusů svitků. Toto číslo se zaokrouhlí na první horní celé číslo. Výsledek je 221 kusů svitků.

- Procentuální využití jednoho svitku:

$$Q = \frac{P_{ks} \cdot S_v \cdot 100}{S_{sv}} = \frac{681 \cdot 11\,170,93 \cdot 100}{10\,707\,388,27} = 71,48 \% \quad (3.7)$$

Výpočty pro jiné kombinace variant jsou analogické k vypočteným příkladům, viz tab.5.

Tab. 5 Tabulka procentuálního využití polotovaru

Druh polotovaru	Rozměry polotovaru [mm]	Dělení polotovaru	Nástřihový plán	Využití materiálu [%]
Tabule plechu	1 000 x 2 000	Varianta I	Varianta A	55,29
			Varianta B	66,46
		Varianta II	Varianta A	62,55
			Varianta B	58,64
Tabule plechu	1 250 x 2 500	Varianta I	Varianta A	60,05
			Varianta B	70,77
		Varianta II	Varianta A	70,42
			Varianta B	62,42
Svitek plechu	59,3 x 180 563,04		Varianta A	71,48
	273,9 x 180 563,04		Varianta B	71,78

Z tab.5, vyplývá, že neekonomičtější řešení, z hlediska procentuálního využití materiálu, je při použití svitku plechu o šířce 273,9 mm a nástřihového plánu 'B', kde je jeho využití 71,78 %. V tabulce jsou patrné rozdíly mezi určitými variantami, proto je dobré, aby se přihlédlo i na rozměry nástroje. Pokud bude vybrána varianta 'A', mohl by nastat problém s délkou nástroje. Při rozhodování, jestli využít svitek nebo tabuli plechu se rozhoduje jen firma, která vlastní podávací zařízení. Z hlediska ekonomického je využití sviteků výhodnější, protože se dá výroba automatizovat. Výrobce při ni šetří své peníze, protože u výroby nemusí zaměstnávat tolik pracovníků, zkrátí se také manipulační časy a dá se předejít vadám na polotovaru při ruční manipulaci. Svitky se dále využívají u hromadných sérií, právě jako zadaná. Pro výrobu byla zvolena varianta se svitkem plechu o šířce 273,9 mm.

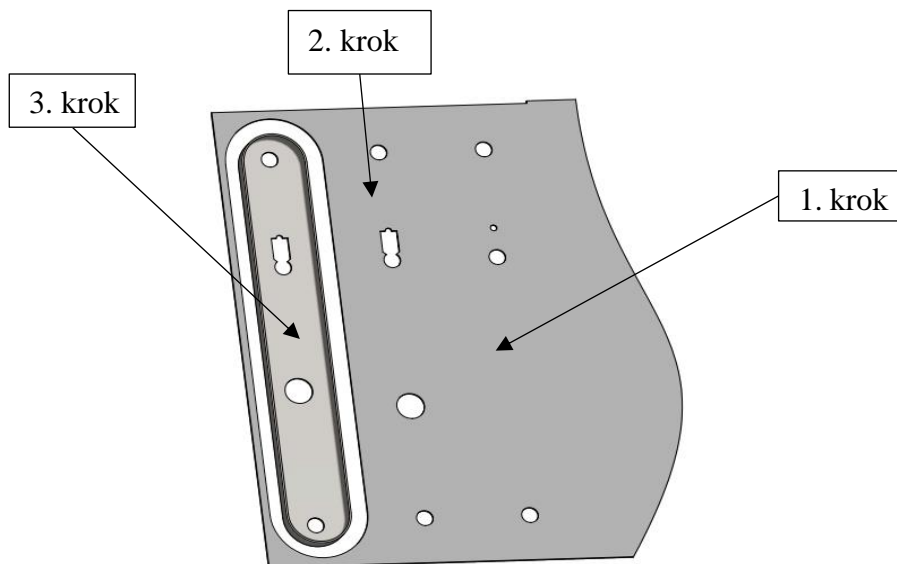
### 3.3 Postup výroby

Při postupu výroby je důležité brát v úvahu více variant a mezi nimi se rozhodovat. Měl by se klást důraz na potřebný počet kroků k zhotovení součásti, složitost nástroje nebo stroje, a jestli nemůže nastat kritické místo, které by zapříčinilo poškození nástroje. U všech variant je využito odstřihovacího střížníku, který zajistí správný posun svitku. U dané součásti se berou v úvahu tyto řešení:

- Varianta 1 – je znázorněna na obr. 41 a výrobní postup je zapsán v tab. 6.

Tab. 6 Popis kroků varianty 1

Číslo kroku	Proces
1.	Odstřihnout plech. Děrovat tři otvory Ø 9 mm. Děrovat otvor Ø 3 mm.
2.	Zahledat dva otvory Ø 9 mm. Vystřihnout otvor Ø 15 mm. Dostřihnout otvor pro klíč.
3.	Táhnout celou součást a vystřihnout její obvod



Obr. 41 Výrobní varianta 1

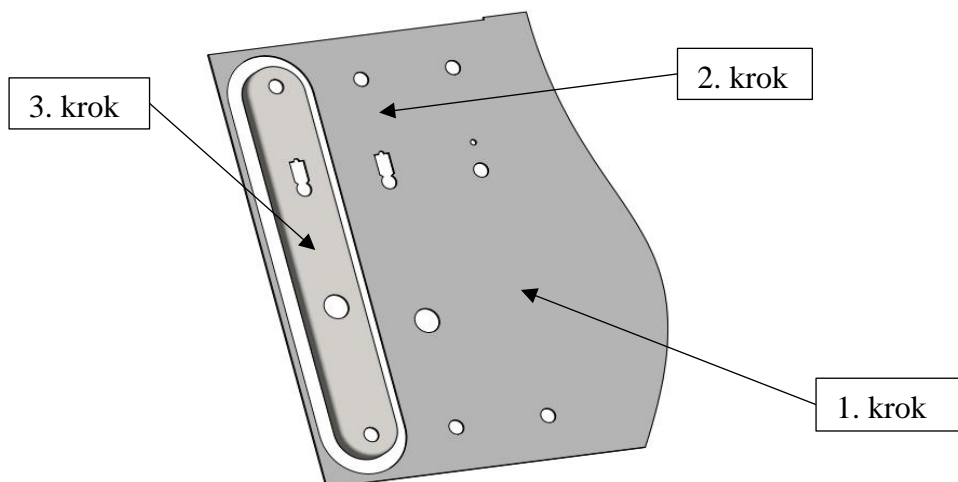
Ve variantě 1 nejprve proběhne odštížení plechu, pak se děrují otvory  $\varnothing 9$  mm a  $\varnothing 3,5$  mm. Poté se plech posune a v dalším kroku se děruje otvor pro klíč a  $\varnothing 15$  mm. Vše za pomoci hledáček. V posledním kroku proběhne vystřížení celého obvodu a vytažení.

Výhodou je vytvoření součásti ve třech krocích. Nevýhody jsou, že při posledním kroku může dojít ke špatné deformaci plechu a střížná plocha nemusí být kvalitní.

- Varianta 2 – je znázorněna na obr. 42 a popis kroků je v tab.7.

Tab. 7 Popis kroků varianty 2

Číslo kroku	Proces
1.	Odstříhnout plech. Děrovat tři otvory $\varnothing 9$ mm. Děrovat otvor $\varnothing 3$ mm.
2.	Zahledat dva otvory $\varnothing 9$ mm. Vystříhnout otvor $\varnothing 15$ mm. Dostříhnout otvor pro klíč.
3.	Vystříhnout obvod součásti a poté táhnout.



Obr. 42 Výrobní varianta 2



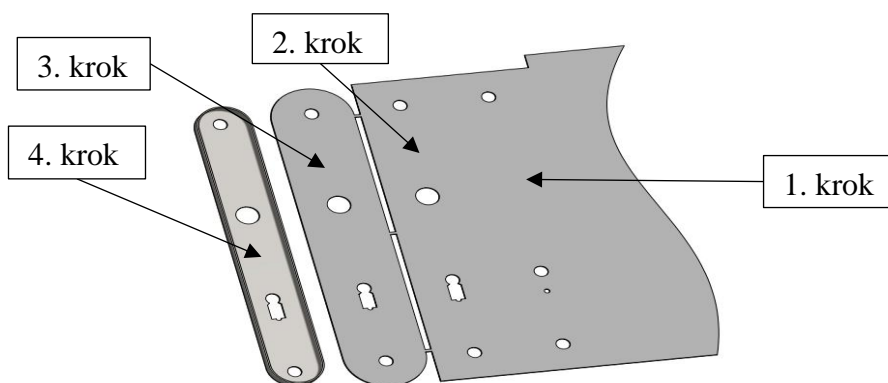
Ve variantě 2 jsou první dva kroky úplně stejné jako v předcházející. V posledním kroku nejdříve nastane vystřížení a zespodu se součást vytáhne.

Výhodou je, že součást je zhotovena na 3 kroky a má kvalitní střížnou plochu. Nevýhodou je, že stroj pro tuto variantu je drahý a samotné funkční části nástroje v posledním kroku by byly obtížně zhotovitelné.

- Varianta 3 – je znázorněna na obr. 43 a kroky jsou popsány v tab. 8.

Tab. 8 Popis kroků varianta 3

Číslo kroku	Proces
1.	Odstříhnout plech. Děrovat tři otvory Ø 9 mm. Děrovat otvor Ø 3 mm.
2.	Zahledat dva otvory Ø 9 mm. Vystříhnout otvor Ø 15 mm. Dostříhnout otvor pro klíč.
3.	Vystříhnout obloukové části. Vystříhnout obdélníkové části k vytvoření technologických můstků.
4.	Odstříhnout technologické můstky. Táhnout součást.



Obr. 43 Výrobní varianta 3

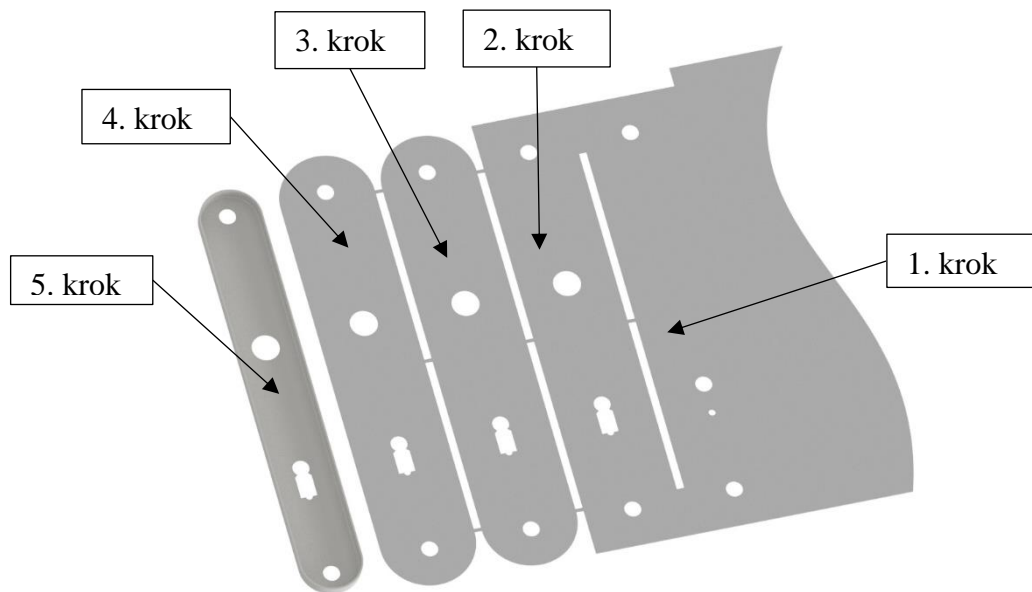
Ve variantě 3 jsou první dva kroky stejné s předešlými variantami, jen je rozdíl v šířce odstříhu. Ve třetím kroku proběhne vystřížení obloukových částí a vystřížení obdélníkových částí pro vytvoření technologického můstku. V posledním kroku se provede odstřížení můstků a vytažení součásti.

Výhodou je kvalitní střížná plocha. Nevýhodami jsou zhotovení na 4 kroky a rizikové místo, které se nachází ve třetím kroku, kde jsou dva střížníky blízko sebe.

- Varianta 4 – je znázorněna na obr. 44 a kroky jsou popsány v tab. 9.

Tab. 9 Popis kroků varianty 4

Číslo kroku	Proces
1.	Odstříhnout plech. Děrovat tři otvory Ø 9 mm. Děrovat otvor Ø 3 mm.
2.	Zahledat dva otvory Ø 9 mm. Vystříhnout otvor Ø 15 mm. Dostříhnout otvor pro klíč. Vystříhnout obdélníkové otvory k zhotovení technologických můstků.
3.	Vystříhnout obloukové části.
4.	Volná operace.
5.	Odstříhnout technologické můstky. Táhnout součást.



Obr. 44 Výrobní varianta 4

Ve variantě 4 dojde v prvním kroku k děrování tří otvorů Ø 9 mm a jednoho Ø 3,5 mm. V dalším kroku dojde k zahledání, dostříhnutí otvoru pro klíč, vyděrování otvoru Ø 15 mm a vystříhnutí obdelníkových částí k vytvoření technologických můstků. Ve třetím kroku se vystříhnou obloukové části. Čtvrtý krok je volný. V posledním kroku dojde k odstříhnutí můstků a vytažení součásti.

Výhodou je, že zde není kritické místo mezi tažníkem a tvarovým střížníkem.

Pro výrobu součásti byla zvolena varianta 4 z důvodu menších nároků na stroj a eliminování kritického místa mezi tvarovým střížníkem a tažníkem.

### 3.4 Střížná vůle a tažná mezera

K funkci nástroje je nutné správně vypočítat střížnou mezeru, která se vypočítá ze vzorce (2.1):

$$z = 0,32 \cdot s \cdot c \cdot \sqrt{\tau_s} = 0,32 \cdot 1 \cdot 0,02 \cdot \sqrt{491} = 0,14 \text{ mm}$$

kde:  $c = 0,02$  (zvolena hodnota běžného opotřebení)

poté je z běžné praxe využito vzorce (2.2):

$$z = 10\% \cdot s = 0,1 \cdot 1 = 0,1 \text{ mm}$$

Z výpočtu vyšly hodnoty 0,14 mm a 0,1 mm. Dále bude pro výpočty brána hodnota 0,1 mm.

Také je důležité stanovit tažnou mezeru ze vzorce (2.7):

$$z_t = (1,2 \text{ až } 1,3) \cdot s = 1,25 \cdot 1 = 1,25 \text{ mm}$$

Tažná mezera má hodnotu 1,25 mm.

### 3.5 Síla a práce

Nástroj nebude obsahovat přidržovač, ani vyhazovač, proto tyto síly nebudou počítány. Nejdříve je zapotřebí vypočítat síly:

➤ Střížná –vypočte se dle vzorce (2.12):

$$F_s = n \cdot l \cdot s \cdot 0,8 \cdot R_m = 1,35 \cdot 1072,63 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 370 = 428\,622 \text{ N} \cong 429,6 \text{ kN}$$

kde:  $n$  je 1,35 (běžné opotřebení nástroje)

$$l = 3 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 4,5) + 2 \cdot \pi \cdot 1,75 + 2 \cdot \pi \cdot 7,5 + 102 \cdot 4 + 4 \cdot 4 + 12,5 + \\ + 9 + 5,87 \cdot 2 + (26,4 + 4 + 2 \cdot 26,4 \cdot \pi) \cdot 2 + 56,8 + 11,10 + \\ + 3 \cdot 2 \cdot 2 = 1072,63 \text{ mm (příloha 3)}$$

$R_m$  je 370 MPa (maximální hodnota)

- Tažná – se vypočte dle vzorce (2.12):

$$F_t = O \cdot w \cdot s \cdot R_m = 530 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 370 = 117\,660 \text{ N} \cong 117,6 \text{ kN}$$

$$\text{kde: } O = 210 \cdot 2 + 2 \cdot \pi \cdot 17,5 = 530 \text{ mm}$$

$$w = 0,6$$

- Celková – se vypočte ze vztahu (2.10):

$$F_c = F_s + F_t = 429,6 + 117,6 = 547,2 \text{ kN}$$

Z hlediska bezpečnosti je vhodné celkovou sílu navýšit o 30 %, proto bude celková síla 712 kN.

Dále je zapotřebí vypočítat celkovou práci ze vzorce (2.18):

$$A_c = A_s + A_t = 168,7 + 752,8 = 921,5 \text{ J}$$

$$\text{kde: } A_s = 0,25 \cdot \pi \cdot F_s \cdot x \cdot s = 0,25 \cdot \pi \cdot 429,6 \cdot 0,5 \cdot 1 = 168,7 \text{ J}$$

$$\text{kde: } x \text{ je } 0,5$$

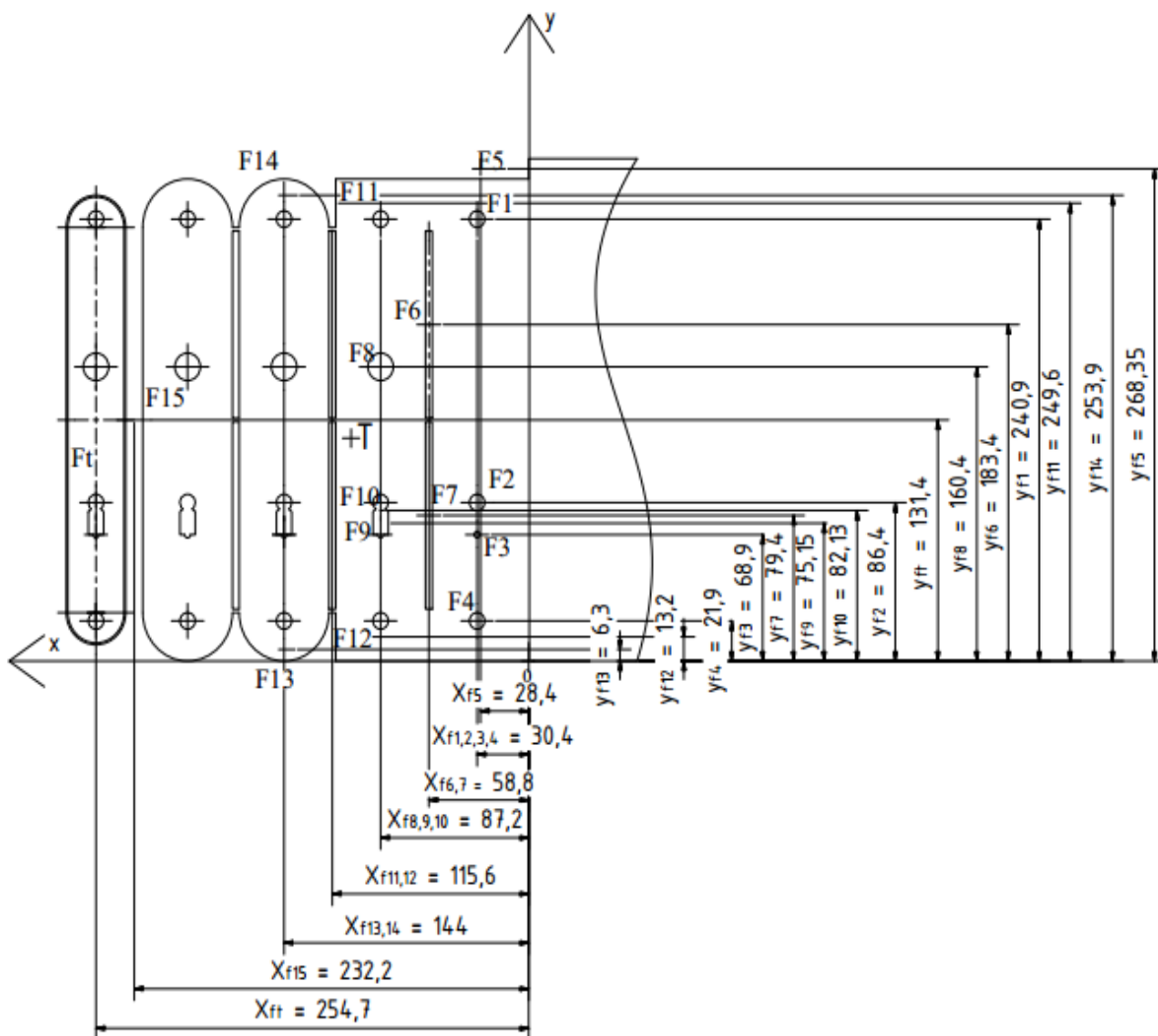
$$A_t = F_t \cdot C_t \cdot h = 117,6 \cdot 0,8 \cdot 8 = 752,6 \text{ J}$$

$$\text{kde: } C_t \text{ je maximální hodnota } 0,8.$$

Celková práce pro vytvoření jedné součásti je 921,5 J.

### 3.5.1 Těžiště

Celková složka sil musí působit ve svislé ose lisu. Do těžiště (obr. 45) se umístí stopka nástroje, která přenáší sílu ze stroje. Pokud by stopka nebyla správně umístěna, mohlo by dojít ke vzniku klopných momentů, a tím by se mohl nástroj opotřebit (zničit).



Obr. 45 Těžiště sil

Výpočet bodu těžiště k ose x (2.19):

$$\begin{aligned}
 x_t &= \frac{\sum_{i=1}^n (F_n \cdot x_n)}{\sum_{i=1}^n F_n} = \frac{F_1 \cdot x_{f1} + F_2 \cdot x_{f2} + F_3 \cdot x_{f3} + F_4 \cdot x_{f4} + F_5 \cdot x_{f5} + F_6 \cdot x_{f6} +}{F_S} \\
 &\quad \frac{+ F_7 \cdot x_{f7} + F_8 \cdot x_{f8} + F_9 \cdot x_{f9} + F_{10} \cdot x_{f10} +}{F_S} \\
 &\quad \frac{+ F_{11} \cdot x_{f11} + F_{12} \cdot x_{f12} + F_{13} \cdot x_{f13}}{F_S} \\
 &\quad \frac{+ F_{14} \cdot x_{f14} + F_{15} \cdot x_{f15} + F_t \cdot x_{ft}}{F_S} = \\
 &= \frac{11\,298 \cdot 30,4 + 11\,298 \cdot 30,4 + 4393 \cdot 30,4 + 11\,298 \cdot 30,4 +}{547200} \\
 &\quad \frac{+ 27132 \cdot 28,4 + 84715 \cdot 58,8 + 84715 \cdot 58,8 + 18830 \cdot 87,2}{547200} \\
 &\quad \frac{+ 13586 \cdot 87,2 + 4691 \cdot 87,2 + 12147 \cdot 115,6 + 12147 \cdot 115,6}{547200} \\
 &\quad \frac{+ 33142 \cdot 144 + 33142 \cdot 144 + 4795,2 \cdot 232,2 + 117000 \cdot 254,7}{547200} \\
 &= 104,2 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Výpočet bodu těžiště k ose y (2.19):

$$\begin{aligned}
 y_t &= \frac{\sum_{i=1}^n (F_n \cdot y_n)}{\sum_{i=1}^n F_n} = \frac{F_1 \cdot y_{f1} + F_2 \cdot y_{f2} + F_3 \cdot y_{f3} + F_4 \cdot y_{f4} + F_5 \cdot y_{f5} + F_6 \cdot y_{f6} +}{F_S} \\
 &\quad \frac{+ F_7 \cdot y_{f7} + F_8 \cdot y_{f8} + F_9 \cdot y_{f9} + F_{10} \cdot y_{f10} +}{F_S} \\
 &\quad \frac{+ F_{11} \cdot y_{f11} + F_{12} \cdot y_{f12} + F_{13} \cdot y_{f13}}{F_S} \\
 &\quad \frac{+ F_{14} \cdot y_{f14} + F_{15} \cdot y_{f15} + F_t \cdot y_{ft}}{F_S} = \\
 &= \frac{11\,298 \cdot 240,9 + 11\,298 \cdot 86,4 + 4393 \cdot 68,9 + 11\,298 \cdot 21,9 +}{547200} \\
 &\quad \frac{+ 27132 \cdot 268,35 + 84715 \cdot 183,4 + 84715 \cdot 79,4 + 18830 \cdot 183,4}{547200} \\
 &\quad \frac{+ 13586 \cdot 75,15 + 4691 \cdot 82,13 + 12147 \cdot 249,6 + 12147 \cdot 13,2}{547200} \\
 &\quad \frac{+ 33142 \cdot 6,3 + 33142 \cdot 253,9 + 4795,2 \cdot 131,4 + 117000 \cdot 131,4}{547200} \\
 &= 121,5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Těžiště se nachází v bodě T [104,2;121,5] od počátku.

### 3.6 Kontrolní výpočty

Z hlediska bezpečnosti je zapotřebí provést kontrolu na vzpěr u střížníků a tažníku, aby se při operaci nezničily. Kontrola proběhne na nejmenším střížníku (obr. 46), protože pokud u něj bude kritická délka vyhovující, tak ostatní střížníky tuto podmínku také splňují. Kontrola bude provedena na střížníku  $\varnothing 3,5$  mm a bude vypočtena ze vzorce (2.20):

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{\mu \cdot F_{kr}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 7,36}{2 \cdot 4649,5}} = 57,28 \text{ mm}$$

kde:  $E = 2,1 \cdot 10^5$  MPa

$$F_{kr} = \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_s = \pi \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 370 = 4649,55 \text{ N}$$

$$\mu = 2$$

$$J = \frac{\pi \cdot d_{min}^4}{64} = \frac{\pi \cdot 3,5^4}{64} = 7,36 \text{ mm}^4$$

Z výpočtu vyšla maximální délka 57,28 mm, pokud bude délka střížníku menší je to v pořádku, ale jestli bude větší je zapotřebí upravit střížník.

Před samotným návrhem sestavy je zapotřebí zjistit, zda je nutný přidržovač. To se zjistí pomocí vzorce (2.5):

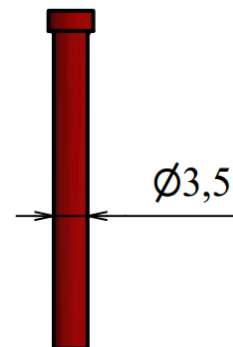
$$\alpha = 50 \cdot \left( y - \frac{\sqrt{s}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) = 50 \cdot \left( 1,9 - \frac{\sqrt{1}}{\sqrt[3]{262,8}} \right) = 87,19$$

Pro první tah:

$$\alpha < 100 \cdot \frac{d_1}{d_0} = 100 \cdot \frac{243}{262,8} = 92,46$$

$$87,19 < 92,46$$

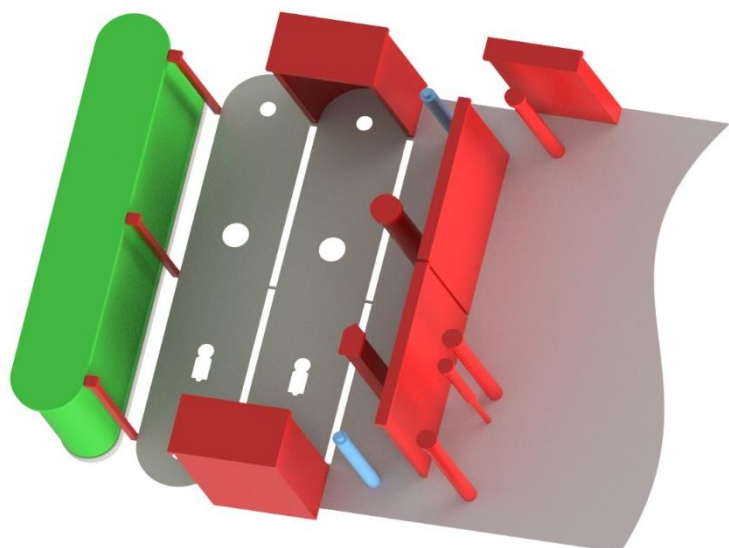
Podmínka je splněna a přidržovače není třeba.



Obr. 46 Kritický střížník

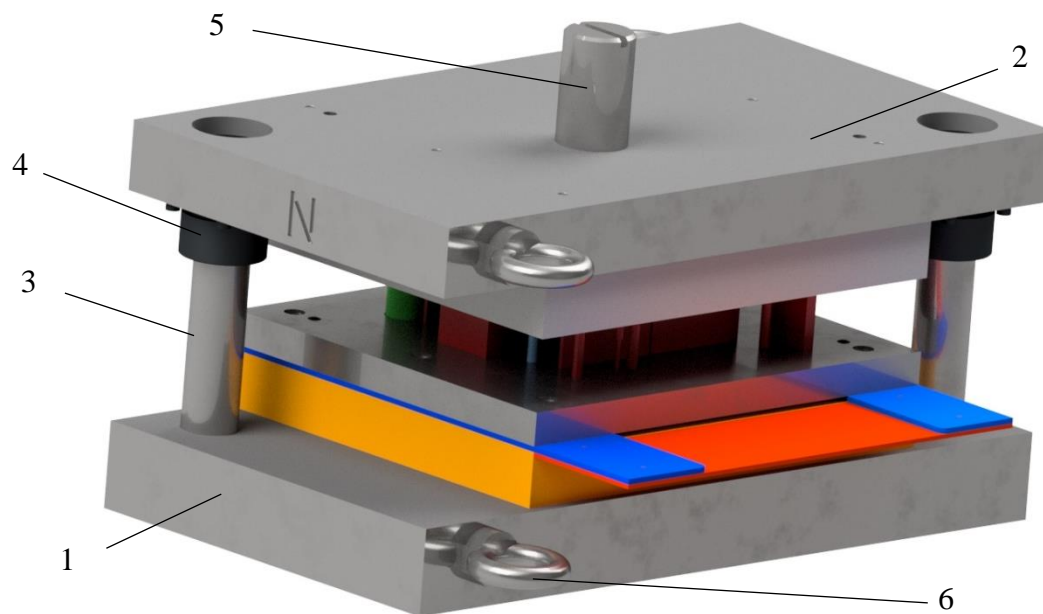
### 3.7 Návrh sestavy [16], [32]

V nástroji budou probíhat dva procesy, a to stříhání a mělké tažení, jelikož probíhají najednou jedná se o nástroj sdružený. Výroba bude probíhat v 5 krocích (3 střížné, 1 volný a 1 tažný). Celý průběh je znázorněn na obr. 47. V prvním kroku se odstříhne plech odstříhovacím střížníkem, který zajistí přesný posun pásu. Dále zde proběhne děrování otvorů  $\varnothing 9$  mm a  $\varnothing 3,5$  mm. V dalším kroku dojde k zahledání otvorů a děrování otvoru pro klíč a otvoru se zvýšenou tolerancí ( $\varnothing 15$  mm). Dojde také k vystřížení obdélníkových otvorů a k vytvoření technologických můstků. Ve třetím kroku dojde k vystřížení obdélníkových částí. Ve čtvrtém kroku neproběhne žádná operace, aby se zamezilo kritickému místu mezi tažníkem a tvarovým střížníkem. V pátém, posledním kroku, dojde k odstřížení můstků a vytažení součásti. Nástroj je dimenzován tak, aby se jednalo o poloautomatickou výrobu.



Obr. 47 Znázornění výrobní varianty

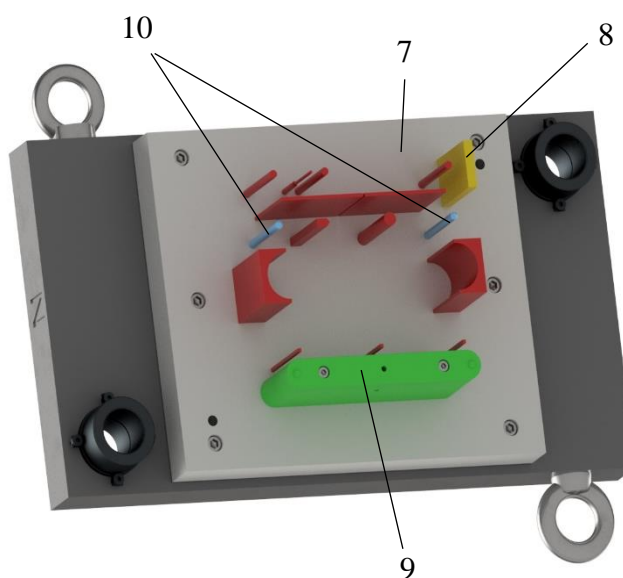
Konstrukce nástroje (Obr. 48) je tvořena ocelovými sloupkovými stojánky bez vodící desky střížníků s kluzným vedením, ve dvou sloupkovém provedení od firmy FIBRO. Jsou tvořeny základovou (1) a upínací deskou (2). Ty jsou spojeny za pomoci vodících sloupků (3) a kluzných pouzder (4), které jsou zalisovány v deskách. Spodní deska bude připevněna ke stolu lisu za pomoci šroubů a příložek. Horní deska bude připevněna k lisu za pomoci stopky (5), která je umístěna v těžišti výsledných sil. Ta je k desce připevněna za pomoci závitů. Na stranách desek jsou umístěny nosné šrouby (6) z důvodu lepší manipulace.



Obr. 48 Nástroj pro výrobu dveřního štítku

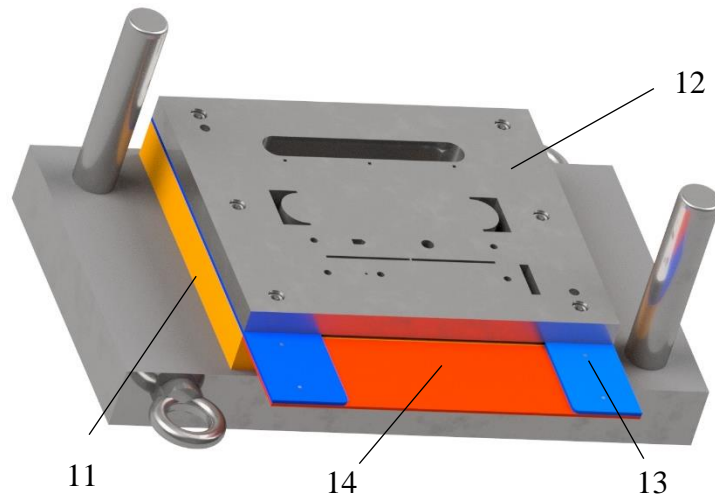
Nástroj lze rozdělit na 2 funkční celky:

- Vrchní část – skládá se z několika dílů (obr. 49), které jsou připevněny k upínací desce, k níž je připevněna kotevní (7) a opěrná deska za pomoci šroubů (M12 x 100) a kolíků (12 x 100). Kotevní deska slouží v nástroji ke správnému uchycení a zajištění funkčních částí. Opěrná slouží k tomu, aby se v nástroji měly funkční části o co opřít. Vyrábí se z nástrojové oceli a jsou kaleny. V nástroji je využito kruhových, obdélníkových a tvarovaných střížníků. K zajištění správného posuvu je využit odstříhovací střížník (8), který vystříhne právě takovou vzdálenost, která se rovná jednomu kroku a dojde k zastavení plechu. Tažník (9) je posledním funkčním prvkem. K vystřížení otvoru se zvýšenou tolerancí je v nástroji využito hledáček (10).



Obr. 49 Vrchní část nástroje

- Spodní část – je především tvořena střížnou skříní, která obsahuje nepohyblivé funkční části (střížnice a tažnici), které jsou připevněny k základové desce za pomoci šroubů (M12x120) a kolíků (12 x 160). Skříň je tvořena rámem (11) pro střížnice a tažnici (obr. 50) a vodící deskou (12). Střížnice a tažnice jsou modulární (při poškození se vyrábí jen porušený díl) a v rámu jsou nalisovány a přišroubovány. Pro správné vkládání pásu do nástroje jsou zde vodící lišty (13) a podpěrný plech (14), který je přichycen k liště šrouby (M5 x 10).



Obr. 50 Spodní část nástroje

Na sestavení nástroje je použito několik nakupovaných a normalizovaných dílů, které jsou levnější a při jejich opotřebení jsou snadno dostupné a lehce vyměnitelné.

Mazivem pro nástroj bude olej značky TOTAL s označením MARTOL EV 10CF, který je vhodný pro tváření všech kovů. Neobsahuje síru ani chlór a patří mezi velmi čisté minerální oleje. Zabezpečuje, aby se mezi tažnicí a plechem vytvořil ideální olejový film, který usnadní tvářecí operace.

### 3.8 Volba stroje [14], [34]

Vzhledem k výrobě řešené součásti byl vybrán mechanický lis s klikovým mechanismem. Při volbě stroje je důležitým kritériem celková síla, která činí 720 kN, proto byl vybrán výstředníkový lis s průchodem označen LEPD 100 (obr.51). Jeho technické specifikace jsou uvedeny v tab. 10. Tento stroj je vhodný pro stříhání i mělké tažení, který může pracovat jako pomaloběžný nebo rychloběžný. Jeho konstrukční uspořádání je svislé, s vyložení a jednočinné. Stojan je ve tvaru 'C'. Mazání, která mohou být u lisu použita jsou olejová, ústřední, samočinná – tlakovým mazacím přístrojem s pohybem odvozeným od lisu. Výrobce stroje je ČKD Praha.

Tab. 10 Technické údaje LEPD 100 [14]

Jmenovitá síla	1000 kN
Tvářecí práce	3,3 kJ
Největší tloušťka plechu při stříhání	9 mm
Největší střížná plocha	2500 mm <sup>2</sup>
Počet zdvihů beranu	50/100 min <sup>-1</sup>
Počet využitelných zdvihů	20 min <sup>-1</sup>
Vyložení	320 mm
Sevření	320 mm
Zdvih	10 až 125 mm
Upínací dutina beranu	80 mm
Upínací plocha stolu	900 x 600 mm
Propad ve stole	320 x 250 mm
Výkon elektromotoru	4/7,5 kW
Rozměry lisu	1315 x 1785 x 2610 mm
Hmotnost	6000 kg



Obr. 51 Výstředníkový lis LEPD 100 [34]

## 4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Do celkových nákladů na výrobu dveřního štítu se nebudou započítávat náklady na stroje a pomocné zařízení, protože je uvažováno, že firma by už tímto měla disponovat. Dále se do nákladů nebude uvažovat elektrická energie, stlačený vzduch, servis či údržba stroje. Tyto položky nejsou kalkulovány z důvodu neznalosti. Náklady na výrobu můžeme dále rozdělit na:

➤ Variabilní – přímo se přiřazují k dané výrobě součástí. Náklady jsou přímo vázány na výrobní sérii. Dělí se na:

- Náklady na materiál – budou určeny podle spotřeby materiálu na výrobní sérii, která potřebuje 61 ks svitků. Ceny za materiál jsou brány za kilogram.

Hmotnost svitku:

$$m_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_v^2 - d_v^2) \cdot B \cdot \rho_{ocel}}{4} = \frac{\pi \cdot (700^2 - 508^2) \cdot 273,9 \cdot 7850}{4} \cdot 10^{-9}$$
$$= 392 \text{ kg}$$

kde:  $\rho_{ocel}$  je hustota pro ocel

Hmotnost 61 ks svitků:

$$m_{csv} = 61 \cdot m_{sv} = 48 \cdot 392 = 18\,816 \text{ kg}$$

Cena všech svitků:

$$N_{csv} = C_m \cdot m_{csv} = 14,14 \cdot 18\,816 = 266\,058 \text{ Kč}$$

kde:  $C_m$  je cena 1 kg materiálu (14,14 Kč/kg – Raven CZ, a.s)

Hmotnost všech součástí:

$$m_{cks} = 150\,000 \cdot m_{ks} = 150\,000 \cdot 0,092 = 13\,800 \text{ kg}$$

kde:  $m_{ks}$  je hmotnost jedné součástky (0,092 kg z Autodesk Inventor)

Hmotnost odpadu:

$$m_{od} = m_{csv} - m_{cks} = 18\,816 - 13\,800 = 5\,016 \text{ kg}$$

Cena za výkup odpadu:

$$N_{od} = C_{od} \cdot m_{od} = 2 \cdot 5\,016 = 10\,032 \text{ Kč}$$

kde:  $C_{od}$  je cena 1 kg odpadu (2 Kč/kg – AKUSERVIS Cakl, s.r.o.)

Celkové náklady na materiál:

$$N_c = N_{csv} - N_{od} = 266\,058 - 10\,032 = 256\,026 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na materiál jednoho kusu:

$$N_{ks} = \frac{N_c}{150\,000} = \frac{256\,026}{150\,000} = 1,7 \text{ Kč}$$

- Náklady na mzdy – jsou závislé na celkovém výrobním čase a hodinové mzdě pracovníků obsluhy, která je stanovena na 110 Kč/hod. Uvažovaná směna je 8 hodinová, při které bude jedna 30-ti minutová přestávka. Doba ukončení a zahájení směny činí 30 minut. Kontrola funkčnosti nástroje bude trvat 30 minut. Z toho vyplývá, že výrobní čas jedné směny činí 6,5 hodin. Je nutné započítat ještě čas na výměnu svitku a ten byl stanoven na 15 minut. Počet užitečných zdvihů beranu je 20 minutu.

Počet součástí vyrobených za hodinu:

$$u = 20 \cdot 60 = 1\,200 \text{ ks}$$

Počet výměn svitků za směnu:

$$u_{sv} = \frac{6,5 \cdot u}{P_{ks}} = \frac{6,5 \cdot 1\,200}{3178} = 2,5$$

Počet hodin k výrobě celé série:

$$T = \frac{150\,000 \cdot 8}{u \cdot (8 - 0,5 - 0,5 - 0,33 - 0,25 \cdot 2,5)} = 165,5 \text{ hod}$$

Mzda pracovníka:

$$N_{mz} = T \cdot 110 = 165,5 \cdot 110 = 18\,205 \text{ Kč}$$



Celkové variabilní náklady:

$$N_v = N_c + N_{mz} = 256\,026 + 18\,205 = 274\,231 \text{ Kč}$$

- Fixní – jsou takové, které přímo neovlivňují výrobu. Jelikož není dostatek informací bude uvažována pouze cena nástroje.

$$N_f = 300\,000 \text{ Kč}$$

Celkové výrobní náklady se získají součtem variabilních a fixních nákladů. Poté z nich bude vypočtena výrobní cena jednoho kusu a navýšena minimálně o 100 %, které tvoří zisk.

Celkové náklady na výrobu:

$$N = N_v + N_f = 274\,231 + 300\,000 = 574\,231 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobu jedné součásti:

$$N_{cks} = \frac{N}{150\,000} = \frac{574\,231}{150\,000} = 3,8 \text{ Kč}$$

Náklady na výrobu jedné součásti se ziskem:

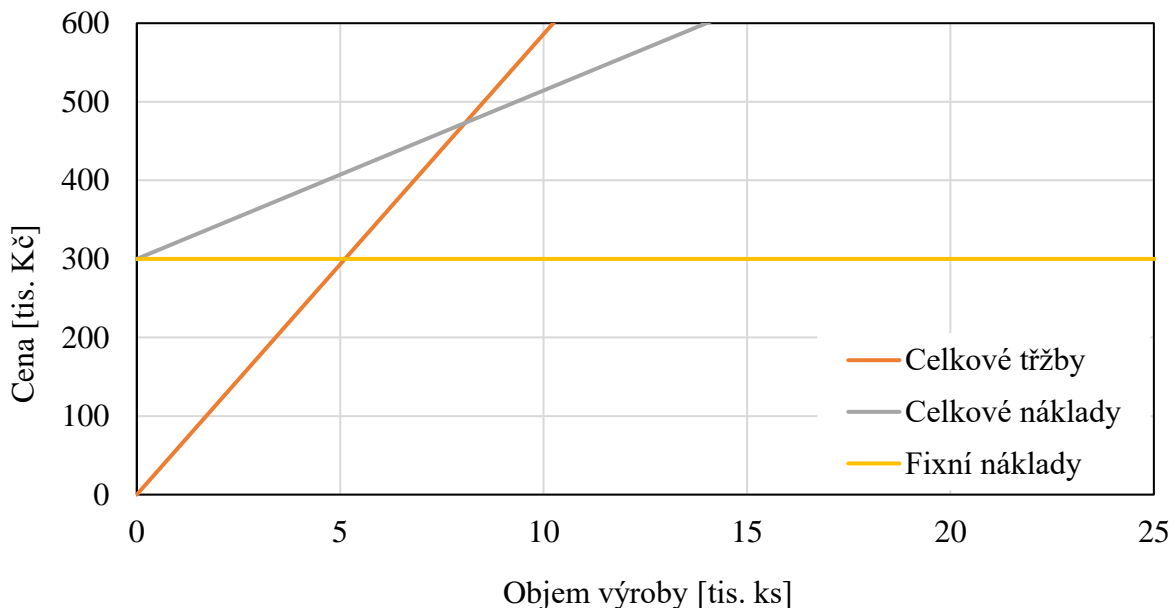
$$N_s = N_{cks} \cdot 2 = 3,8 \cdot 2 = 7,8 \text{ Kč}$$

Celkové výrobní náklady na jednu součást se ziskem 100 % činí 7,8 Kč. Tato cena je pouze orientační. Do ceny výrobku se musí započítat elektrická energie (stroje, osvětlení pracoviště), režie, servis strojů, údržba nástrojů, maziva apod. Z nedostatku informací není možné přesně určit cenu dveřního štítku. Proto bylo provedeno porovnání s konkurencí. Nákupní cena u konkurence je 50 Kč za kus. Z tohoto důvodu byla tedy určena cena 39 Kč za kus.

Dalším z ekonomických ukazatelů je bod zvratu, pod kterým se rozumí, za jakou dobu je firma schopná mít zisk z prodeje. V tomto bodě firma nemá zisk ani ztráty a vypočte se dle:

$$b_z = \frac{N_f}{39 - \frac{N_v}{150\,000}} = \frac{300\,000}{39 - \frac{274\,231}{150\,000}} = 8071 \text{ ks}$$

Hodnota bodu zvratu vyšla 8071 ks v grafu na obr.53 je to znázorněno průsečíkem přímek celkové tržby a celkových nákladů. S přihlédnutím na výrobní sérii, která činí 150 000 ks/rok, to znamená, že 14/15 celkové výroby je pro firmu ziskových. Jelikož nebyly vypočteny všechny celkové náklady na celou sérii, je toto číslo pouze orientační. Pokud by bod zvratu byl blízko celkové sérii, tak by firma buď celou zakázku navýšila o několik procent, nebo by zakázku, která není perspektivní, vůbec nepřijala.



Obr. 52 Bodu zvratu

## 5 ZÁVĚRY

Řešenou součástí je dveřní štítek, který se nachází v sestavě dveřního kování. Jeho funkcí je ochrana mechanismu před okolními vlivy a především se jedná o součást, na kterou jsou kladeny hlavně designové nároky. Bude vyráběna z ocelového plechu o tloušťce 1 mm a její výrobní série činí 150 000 ks/rok. Materiálem vybraným pro výrobu je velmi rozšířená konstrukční ocel 11 320, která díky svým mechanickým vlastnostem vyhovuje dané součásti.

Při výběru vhodných výrobních variant se jevila jako neoptimálnější technologie postupového stříhání s mělkým tažením ve sdruženém nástroji. Součást splňuje technologičnost pro stříhání i tažení, a tudíž není nutno součást upravovat. Při výrobě štítku se rozhodovalo mezi použitím tabule plechu nebo svitku. Nejlepší procentuální využití (71,78 %) bylo u svitku šířky 273,9 mm a délce 180 563 mm, což je výhodnější i z ekonomického hlediska, protože se zkrátí manipulační časy. Tato varianta byla tedy zvolena pro výrobu dané součásti.

Z technologických a konstrukčních výpočtů bylo ověřeno, že se součást může vyrábět ve sdruženém nástroji. Je navržen tak, aby vyhotovení součásti proběhlo v pěti krocích. Nejprve budou vystřiženy všechny potřebné otvory a v posledním kroku bude výstřižek vytažen. Pro tento nástroj byla zhotovena výkresová dokumentace. S přihlédnutím na celkovou sílu (720 kN), práci (988 J) a velikost nástroje (710 x 580 x 392 mm) byl zvolen lis LEPD 100 s jmenovitou silou 1000 kN.

V technicko – ekonomickém zhodnocení byly určeny náklady na materiál, mzdu pracovníka a nástroj. Celkové náklady na výrobu činí 574 231 Kč, ale do nich nebyly připočteny náklady na údržbu stroje, spotřebu el. energie apod. Cena jednoho kusu je 39 Kč. Bod zvratu, který určí kdy výroba začne být rentabilní, vyšel 8 071 ks. Z toho plyne, že výroba je pro firmu zisková.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [1]

1. CITACE PRO. *Generátor citací* [online]. [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/>
2. BAREŠ, Karel. *Lisování: Určeno [také] stud. na stř. a vys. odb. školách*. Praha: SNTL, 1971, 542 s.
3. BRAŠKO, Zdenko. *VÝROBA TELESA ZÁSTRČKY*. Brno, 2016. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
4. ČADA, Radek. *Technologie I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-248-1507-7.
5. ČSN 41 1320. Brno: ÚNM, 1987, 12 s.
6. Diğer Kaynak ve Kaynakla İlgili Yöntemler. *Doc player* [online]. Docplayer, ©2017 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://docplayer.biz.tr/6570483-Diger-kaynak-ve-kaynakla-ilgili-yontemler.html>
7. DVOŘÁK, Milan, Karel NOVOTNÝ a František GAJDOŠ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 80-214-2340-4.
8. FILISTEIN, Jakub. *OBRÁBĚNÍ SOUČASTÍ Z HLINÍKOVÉ SLITINY*. Brno, 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. Milan KALIVODA.
9. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. Vyd. 2., v Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2764-7.
10. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
11. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli*. Brno: Dům techniky, 1994, 229 s.
12. HARYCH, Libor. *VÝROBA ZÁVĚSU SEDADLA MOTOCYKLU*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.
13. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. New York: Cambridge University Press, 2011, xii, 331 s. : il. ISBN 9781107004528.
14. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí stroje*. 3. vyd. Praha: SNTL, 1980, 551 s.
15. *Influence of the Process Parameters in Deep Drawing*. IJERMT: International Journal of Emerging Research in Management & Technology, 2014, 3(11), 22 s. ISSN 2278-9359. Dostupné také z: [http://www.ermt.net/docs/papers/Volume\\_3/11\\_November2014/V3N11-150.pdf](http://www.ermt.net/docs/papers/Volume_3/11_November2014/V3N11-150.pdf)

16. Katalog česky - GORE s.r.o. Brno - Normálie pro strojírenský průmysl. *GORE s.r.o. / Normálie pro strojírenský průmysl - GORE s.r.o. Brno - Normálie pro strojírenský průmysl* [online]. Brno: GORE, ©2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.gore.cz/index.php/katalogy/cz-katalog>
17. KOTOUČ, Jiří. *Tvářecí nástroje za studena*. Dotisk. Praha: ČVUT, 1978, 158 s. Dostupné také z: [https://www.strojar.com/upload/skripta/NVPO\\_nastroje\\_pro\\_tvareni.pdf](https://www.strojar.com/upload/skripta/NVPO_nastroje_pro_tvareni.pdf)
18. KUNCIPÁL, Josef. *Teorie svařování*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986, 265 s.
19. Maziva pro tváření. *LUBRICANT s.r.o. - prodej speciálních maziv a olejů* [online]. Starý Plzenec: LUBRICANT, ©2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.lubricant.cz/produkty/bechem/biologicky-odbouratelna/zeleznici-doprava/mazani-kolejovych-vyhybek/127-lubricant-s-r-o/produkty/oemeta/oemeta-ostatni-produkty/492-maziva-pro-tvareni>
20. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.
21. NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky: část 1 - tváření*. 2. vyd. Praha: SNTL, 1985, 179 s.
22. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.
23. ROUČKA, Jaromír. *Metalurgie neželezných slitin*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2790-6.
24. RYŠAVÝ, Jan. *NÁVRH VÝROBY DRŽÁKU MADLA*. Brno, 2013. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce ING. EVA PETERKOVÁ, PH.D.
25. SEJKORA, Petr. *SILOVÉ STROJE POUŽÍVANÉ VE TVÁŘENÍ*. Brno, 2012. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.
26. Sítko do odpadu. *HOMEART - Kuchyňské a bytové doplňky, dekorace, dárky, eshop* [online]. Praha: Homeart, ©2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: [https://eshop.homeart.cz/ostatni/doplunky-k-produktum/sitko-do-odpadu-wmf.html?gclid=CMWP3-TJ\\_tMCFU8o0wodCZ0Bfw](https://eshop.homeart.cz/ostatni/doplunky-k-produktum/sitko-do-odpadu-wmf.html?gclid=CMWP3-TJ_tMCFU8o0wodCZ0Bfw)
27. SKID PLATE ALU CPL. *KTM eshop od Flash team* [online]. Kosmonosy: Flash team, ©2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: [http://www.flash-team.cz/skid-plate-alu-cpl.\[41](http://www.flash-team.cz/skid-plate-alu-cpl.[41)
28. Technologie plošného tváření - stříhání. *Katedra tváření kovů a plastů - Skripta* [online]. Liberec: Technická univerzita Liberec, 2015 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm)
29. TIŠNOVSKÝ, Miroslav. *Hluboké tažení plechu na lisech*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. Knižnice technických aktualit. ISBN 80-030-0221-4.

30. Tomgast, Hrnc polévkový 35 l (P1-2101-36). *Kuchařské a gastro zařízení* [online]. Karviná: Kucharskepotreby, c2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.kucharskepotreby.cz/kucharskepotreby/eshop/69-1-KUCHYNE/286-3-HRNCE-Tomgast/5/5104-Hrnc-vysoky-35l-TOMGAST>
31. TOLLRIAN, Zdeněk. *MAZIVA VYUŽÍVÁNA V TECHNOLOGII TVÁŘENÍ*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce ING. MIROSLAV ŠLAIS.
32. TOTAL MARTOL EV 10 CF - 208l. *Oleje TOTAL | kvalitní oleje a maziva* [online]. Most: TOTAL, ©2009 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://www.oleje-total.cz/oleje-pro-obrabeni/oleje-pro-tvareni/total-martol-ev-10-cf-208l>
33. VAVERKA, Ivo. *VÝROBA SOUČÁSTI GARÁŽOVÉHO AUTOMATICKÉHO ZAMYKÁNÍ SDRUŽENÝM NÁSTROJEM*. Brno, 2014. Diplomová práce. VUT. Vedoucí práce Ing. EVA PETERKOVÁ, Ph.D.
34. Výstředníkový lis SMERAL LEPD 100. *Trh pro použité stroje* [online]. Praha: Exapro, ©2004-2017 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <https://www.exapro.cz/vystrednikovy-lis-smeral-lepd-100-p50520032/>

## SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Legenda	Jednotka
A	Tažnost	[%]
a	Vzdálenost kruhových otvorů	[mm]
A <sub>c</sub>	Celková tvářecí práce	[J]
A <sub>s</sub>	Střížná práce	[J]
A <sub>t</sub>	Tažná práce	[J]
a <sub>x4</sub>	Výška stěny	[mm]
b	Délka kratší strany	[mm]
B	Šířka plechu	[mm]
b <sub>z</sub>	Bod zvratu	[ks]
C <sub>s</sub>	Součinitel stupně stříhu	[-]
c	Vzdálenost čtvercových otvorů	[mm]
C <sub>m</sub>	Cena jednoho kg materiálu	[Kč]
C <sub>od</sub>	Cena za 1 kg odpadu	[Kč/kg]
C <sub>t</sub>	Koeficient tažné práce	[-]
d	Vzdálenost od kraje	[mm]
D <sub>0</sub>	Průměr velikosti přístříhu	[mm]
D <sub>1</sub>	průměr pro první operaci	[mm]
d <sub>min</sub>	Průměr nejmenšího střížníku	[mm]
D <sub>n</sub>	Zmenšující průměr při tažení	[mm]
D <sub>s6</sub>	Průměr zaoblení obsahu 6	[mm]
D <sub>t</sub>	Průměr otvoru v tažnici	[mm]
D <sub>v</sub>	Vnější průměr svitku	[mm]
d <sub>v</sub>	Vnitřní průměr svitku	[mm]
E	Modul pružnosti	[MPa]
e	Můstek	[mm]
f <sub>t</sub>	Součinitel tření	[-]
f	Vzdálenost od okraje plechu k výstřížku	[mm]
F <sub>c</sub>	Celková síla	[N]
f <sub>dyn</sub>	Součinitel dynamického tření	[-]
F <sub>kr</sub>	Kritická síla	[N]
F <sub>s</sub>	Střížná síla	[N]
F <sub>t</sub>	Tažná síla	[-]
F <sub>tc</sub>	Celková tažná síla	[N]
F <sub>v</sub>	Síla vyhazovače	[N]
g	Šířka odstříhu	[mm]
h	Výška kalíšku	[mm]
h <sub>el</sub>	Hloubka elastického vniknutí	[mm]
h <sub>n</sub>	zvětšující výška při tažení	[mm]
h <sub>pl</sub>	Hloubka plastického vniknutí	[mm]

Zkratka	Legenda	Jednotka
h <sub>s</sub>	Hloubka potřebná k přerušení	[mm]
J	Kvadratický moment	[mm <sup>4</sup> ]
k <sub>m</sub>	Materiálový koeficient	[mm]
k	Krok	[mm]
k <sub>v</sub>	Tuhost pružiny	[N·m <sup>-1</sup> ]
l	Délka stříhu	[mm]
l <sub>krit</sub>	Kritická délka	[mm]
L <sub>sv</sub>	Délka svitku	[mm]
L <sub>x</sub>	Délka obdélníkové části	[mm]
L <sub>y</sub>	Šířka přístříhu	[mm]
m	Součinitel tažení	[mm]
m <sub>cks</sub>	Hmotnost všech součástí	[kg]
m <sub>csv</sub>	Hmotnost všech svitků	[kg]
m <sub>od</sub>	Hmotnost odpadu	[kg]
m <sub>sv</sub>	Hmotnost svitku	[kg]
n	Součinitel opotřebení	[-]
N	Výrobní náklady	[Kč]
N <sub>c</sub>	Celkové náklady na materiál	[Kč]
N <sub>cks</sub>	Náklady na výrobu jedné součásti	[Kč]
N <sub>csv</sub>	Cena všech svitků	[Kč]
N <sub>f</sub>	Fixní náklady	[Kč]
N <sub>ks</sub>	Celkové náklady na materiál jednoho kusu	[Kč]
N <sub>mz</sub>	Mzda pracovníka	[Kč]
N <sub>od</sub>	Cena za výkup materiálu	[Kč]
N <sub>s</sub>	Náklady na výrobu jedné součásti se ziskem	[Kč]
N <sub>v</sub>	Celkové variabilní náklady	[Kč]
O	Obvod výtažku	[mm]
P <sub>k</sub>	Počet kusů pásu	[Kus]
P <sub>ks</sub>	Počet kusů z jednoho svitku	[Kus]
P <sub>kt</sub>	Počet kusů z jedné tabule	[kus/plech]
P <sub>p</sub>	Počet pásů plechu	[Pás]
P <sub>ts</sub>	Počet svitků plechu	[Svitek]
Q	Procentuální využití jedné tabule	[%]
r	Hloubka fazetky	[mm]
r <sub>5</sub>	Poloměr kruhu obsahu 5	[mm]
R <sub>b</sub>	Poloměr zaoblení hrany tažníku	[mm]
R <sub>e</sub>	Mez kluzu	[MPa]
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti	[MPa]
R <sub>p</sub>	Poloměr přístříhu	[mm]
R <sub>s6</sub>	Poloměr kruhu obsahu 6	[mm]
R <sub>t</sub>	Poloměr zaoblení hrany tažnice	[mm]

Zkratka	Legenda	Jednotka
s	Tloušťka plechu	[mm]
S	Plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>max</sub>	Maximální tloušťka plechu	[mm]
S <sub>n</sub>	Plocha	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>p</sub>	Celková plocha	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>sv</sub>	Plocha svitku	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>tab</sub>	Plocha tabule	[mm <sup>2</sup> ]
S <sub>v</sub>	Plocha jednoho plného dílu	[mm <sup>2</sup> ]
T	Počet hodin k výrobě celé série	[hod]
u	Počet součástí vyrobených za hodinu	[ks]
u <sub>sv</sub>	Počet výměn svitků za směnu	[-]
v	Vůle	[mm]
w	Koeficient pro tah	[-]
x	Koeficient pro výpočet střížné práce	[-]
x <sub>s</sub>	Stlačení pružiny	[mm]
x <sub>t</sub>	Vzdálenost od nuly k těžišti k ose x	[mm]
y	Materiálová konstanta	[-]
y <sub>t</sub>	Vzdálenost od nuly k těžišti k ose y	[mm]
z	Střížná mezera	[mm]
z <sub>t</sub>	Tažná mezera	[mm]
$\alpha$	Součinitel pro určení přidržovače	[-]
$\mu$	součinitel bezpečnosti	[-]
$\rho_{ocel}$	Hustota oceli	[kg.m <sup>-3</sup> ]
$\tau_s$	Napětí ve stříhu	[MPa]



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklad součástek [25], [27], [30] .....	9
Obr. 2 Štítek dveřního kování.....	10
Obr. 3 Mechanismus dveřního kování.....	10
Obr. 4 Princip vysokotlakého lití [23] .....	11
Obr. 5 Princip laserového dělení [6].....	11
Obr. 6 Princip tažení [3] .....	12
Obr. 7 Princip stříhání [24].....	12
Obr. 8 Princip stříhání [7].....	13
Obr. 9 Vliv velikosti střížné mezery na střížnou plochu [20] .....	14
Obr. 10 Princip tažení [7] .....	15
Obr. 11 Znázornění deformací u nerotačních výlisků [7] .....	15
Obr. 12 Schéma více operačního tažení [7].....	16
Obr. 13 Zvlnění příruby v důsledku anizotropie plechu [15] .....	16
Obr. 14 Schéma tažné [2] mezery .....	17
Obr. 15 Průběh střížné síly [7].....	17
Obr. 16 Modifikace k snížení střížné síly [33] .....	18
Obr. 17 Graf střížné práce [7].....	18
Obr. 18 Průběh tažné síly [7].....	18
Obr. 19 Sdružený nástroj [12] .....	19
Obr. 20 Typy střížníku podle uchycení [33] .....	21
Obr. 21 Ukázka skládaných střížnic [33] .....	21
Obr. 22 Ukázka vložkovaných střížnic [33].....	21
Obr. 23 Příklady tažníků [21] .....	22
Obr. 24 Různé druhy tažnic [21] .....	23
Obr. 25 Rámy lisů [25].....	23
Obr. 26 Schéma klikového mechanismu s jeho pracovním diagramem [33].....	24
Obr. 27 Hydraulický lis [33].....	24
Obr. 28 Striebeckův diagram [31] .....	24
Obr. 29 Technologické parametry [3] .....	25
Obr. 30 Vyráběná součást.....	26
Obr. 31 Znázornění podmínek k měkké oceli .....	26
Obr. 32 Znázornění technologických vzdáleností .....	27
Obr. 33 Označení ploch na součásti k výpočtu šířky přístříhu .....	27
Obr. 34 Plochy obloukové části.....	28
Obr. 35 Velikosti přístříhu.....	28
Obr. 36 Nástříhová varianta A.....	29
Obr. 37 Nástříhová varianta B.....	29
Obr. 38 Varianta I.....	29
Obr. 39 Varianta II.....	29
Obr. 40 Ukázka rozložení varianta IIA .....	30
Obr. 41 Výrobní varianta 1 .....	32
Obr. 42 Výrobní varianta 2.....	32
Obr. 43 Výrobní varianta 3.....	33
Obr. 44 Výrobní varianta 4.....	34
Obr. 45 Těžiště sil.....	35
Obr. 46 Kritický střížník.....	37
Obr. 47 Znázornění výrobní varianty .....	37
Obr. 48 Nástroj pro výrobu dveřního štítu .....	38
Obr. 49 Vrchní část nástroje .....	38

Obr. 50 Spodní část nástroje.....	39
Obr. 51 Výstředníkový lis LEPD 100 [34].....	39
Obr. 52 Bodu zvratu .....	41

## SEZNAM TABULEK


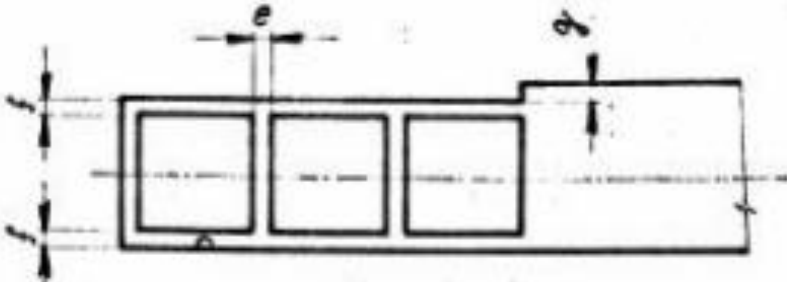
Tab. 1 Chemické vlastnosti oceli 11 320 pro plechy tloušťky 0,7 až 3,5 mm [1].....	11
Tab. 2 Materiálů součástí nástrojů.....	20
Tab. 3 Druhy střížných hran a jejich technologické parametry [1].....	22
Tab. 4 Hodnoty pro nástřihové plány z přílohy 2.....	29
Tab. 5 Tabulka procentuálního využití polotovaru .....	31
Tab. 6 Popis kroků varianty 1.....	31
Tab. 7 Popis kroků varianty 2.....	32
Tab. 8 Popis kroků varianty 3.....	33
Tab. 9 Popis kroků varianty 4.....	33
Tab. 10 Technické údaje LEPD 100.....	39

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č. 1 Směrnice pro stanovení šířky pásu
- Příloha č. 2 Stanovení výšky výtažku u první operace
- Příloha č. 3 Stanovení délky stříhu
- Příloha č. 4 Stanovení rozměrů u střížnic a střížníků

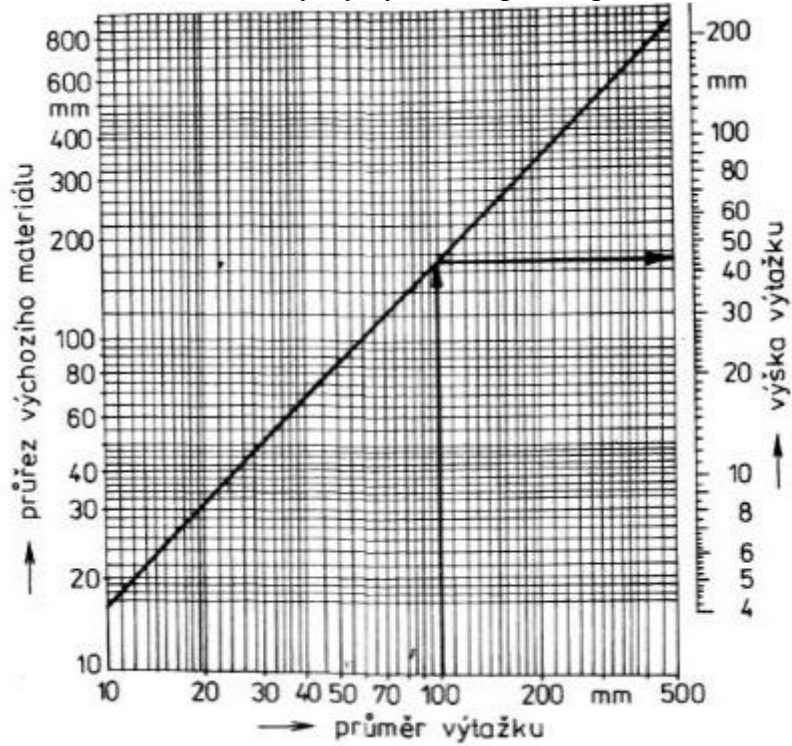
## SEZNAM VÝKRESŮ

- Výkres sestavy: 171271-SDRUŽENÝ NÁSTROJ
- Výkres tažnice: 171271-TAŽNICE
- Výkres nosného prvku: 171271-NOSNÝ PRVEK
- Výkres tažníku: 171271-TAŽNÍK

415 - 06 - 205		SMĚRNICE PRO STANOVENÍ ŠÍŘKY ODPADU						 MĚŘ KON-KL															
																							
Tl. mat.	Šířka pásu																						
	do 15		15+50		50+100		100+200		200+300		300+400												
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f											
0,1+0,9	1,2	1,5	1,5	1,8	1,8	2,2	2,5	3,1															
1	1,3	1,6	1,6	2	2	2,5	3	3,7	4	4,8	4,8	6											
1,3	1,4	1,7	2	2,5	2,5	3,1	3,5	4,3	4,2	5,2	5,3	6,5											
1,5	1,5	1,8	2,2	2,7	2,5	3,1	3,5	4,3	4,5	5,4	5,6	6,8											
1,8	1,6	2,2	2,2	2,8	2,5	3,1	3,5	4,3	4,7	5,6	5,8	7											
2	2	2,5	2,5	3,1	3	3,7	4	5	5	6	6	7											
2,2	2,2	2,7	2,6	3,2	3,2	4	4,2	5,2	5,2	6,2	6,2	7,2											
2,5	2,5	3,1	2,8	3,5	3,2	4	4,2	5,2	5,3	6,3	6,3	7,2											
2,8	2,8	3,5	3	3,7	3,2	4	4,2	5,2	5,4	6,3	6,5	7,3											
3	3	3,7	3,2	4	3,5	4,3	4,5	5,5	5,5	6,5	6,6	7,5											
3,5			3,5	4,3	4	5	5	6	6	7	7	8,5											
4			3,8	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	6,7	8	8	9,3											
4,5			4	4,8	4,5	5,7	5,5	6,8	7	8,3	8,3	9,8											
5			4,5	5	5	6	6	7	7,3	8,5	8,7	10											
<table border="1"> <tr> <td>Tloušťka mat.</td> <td>do 1</td> <td>1,1+1,3</td> <td>1,4+1,5</td> <td>1,6+1,8</td> <td>1,9+2</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td>1,5</td> <td>1,8</td> <td>2</td> <td>2,2</td> <td>2,5</td> </tr> </table>												Tloušťka mat.	do 1	1,1+1,3	1,4+1,5	1,6+1,8	1,9+2	g	1,5	1,8	2	2,2	2,5
Tloušťka mat.	do 1	1,1+1,3	1,4+1,5	1,6+1,8	1,9+2																		
g	1,5	1,8	2	2,2	2,5																		
<p>Rozměry uvedené v tabulkách platí pro kovy.          Pro hmoty měkké (chrom. kůže, textil, azbest) použít dvojnásobné hodnoty e; f. Rozměr g zvětšit 1,5 krát.</p>																							
Kreslil <i>Andr</i>	Přezkoušel <i>Ing. Dvorník</i>	Schválil <i>Štef</i>							Platí od 1.4.1981														

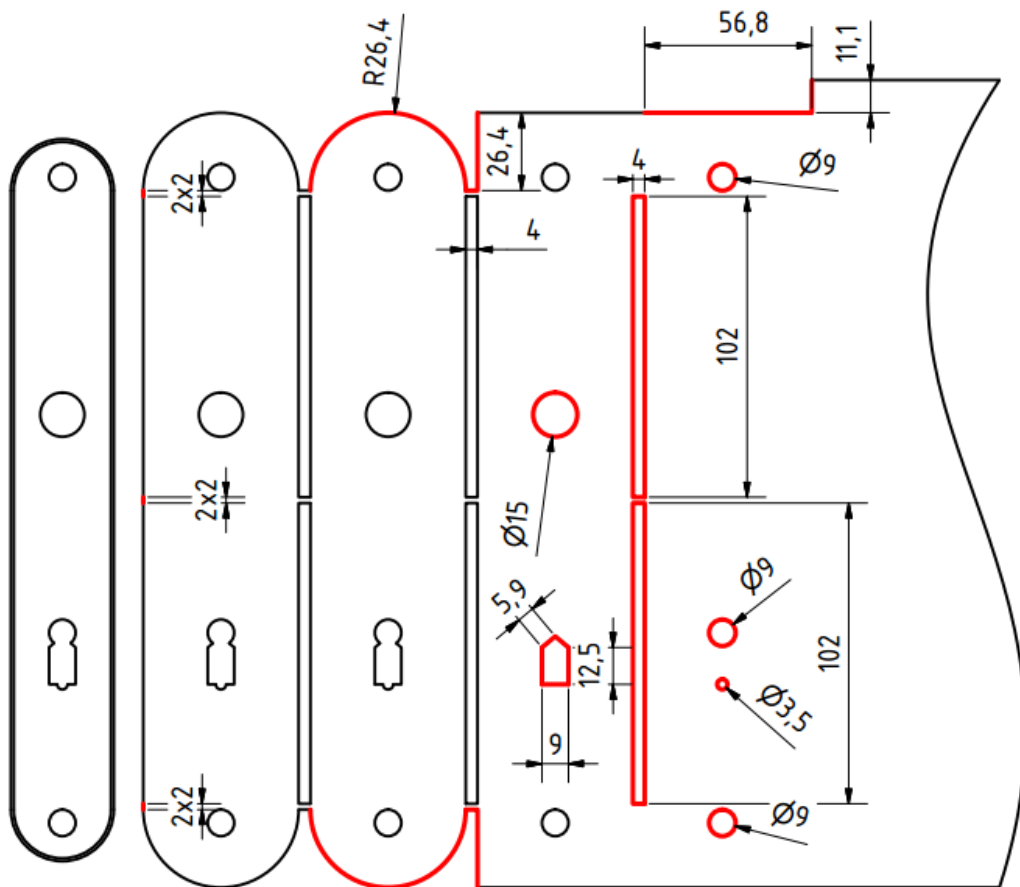
Příloha č. 2 Stanovení výšky výtažku u první operace

1/1



Příloha č. 3 Stanovení délky stříhu

1/1



Výrobní tolerance všech funkčních částí je  $\pm 0,05$  mm.

Výpočet pro po vystříhovaný otvor:

Rozměr 60,8 mm:

Odchyvky:

$$TE = 0,19$$

$$TA = 0,12$$

Výpočet rozměru pro vystříhovaný rozměr:

$$Střížnice = (JR - 0,1) + TE = (60,8 - 0,1)^{0,19} = 60,7^{+0,19}$$

$$Střížník = (JR - 0,1 - v) + TA = (60,8 - 0,1 - 0,1)^{0,12} = 60,7_{-0,12}$$

Rozměr 34 mm:

Odchyvky:

$$TE = 0,054$$

$$TA = 0,035$$

Výpočet rozměru pro vystříhovaný rozměr zvětšující:

$$Střížnice = (JR - 0,1) + TE = (34 - 0,1)^{0,19} = 33,9^{+0,054}$$

$$Střížník = (JR - 0,1 - v) + TA = (34 - 0,1 - 0,1)_{-0,035} = 33,8_{-0,035}$$

Rozměr 26,4 mm:

Odchyvky:

$$TE = 0,054$$

$$TA = 0,035$$

Výpočet rozměru pro vystříhovaný rozměr zvětšující:

$$Střížnice = (JR - 0,1) + TE = (26,4 - 0,1)^{0,19} = 26,3^{+0,054}$$

$$Střížník = (JR - 0,1 - v) + TA = (26,4 - 0,1 - 0,1)_{-0,035} = 26,2_{-0,035}$$

Výpočet pro otvor  $\varnothing 9$  mm:

Odchyvky:

$$TE = 0,036$$

$$TA = 0,025$$

Výpočet rozměru pro děrovaný rozměr:

$$Střížnice = (JR + 0,1 + v) + TE = (9 + 0,1 + 0,1)^{0,036} = 9,2^{+0,036}$$

$$Střížník = (JR + 0,1) - TA = (9 + 0,1)_{0,008} = 9,1_{-0,025}$$

Výpočet pro otvor  $\varnothing 3,5$  mm:

Odchyvky:

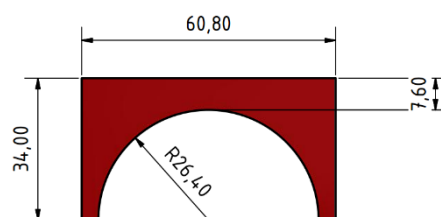
$$TE = 0,029$$

$$TA = 0,020$$

Výpočet rozměru pro děrovaný rozměr:

$$Střížnice = (JR + 0,1 + v) + TE = (3,5 + 0,1 + 0,1)^{0,036} = 3,7^{+0,029}$$

$$Střížník = (JR + 0,1) - TA = (3,5 + 0,1)_{0,020} = 3,6_{-0,020}$$



Příloha č. 4 Stanovení rozměrů u střížnic a střížníků

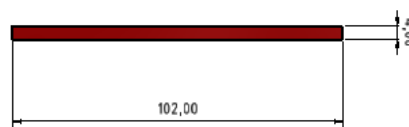
2/2

Rozměr 102 mm:

Odchyly:

$$TE = 0,089$$

$$TA = 0,058$$



Výpočet rozměru pro vystříhovaný rozměr zvětšující:

$$\text{Střížnice} = (JR - 0,1) + TE = (102 - 0,1)^{0,089} = 101,9^{+0,089}$$

$$\text{Střížník} = (JR - 0,1 - v) - TA = (102 - 0,1 - 0,1)_{-0,058} = 101,8_{-0,058}$$

Rozměr 4 mm:

Odchyly:

$$TE = 0,029$$

$$TA = 0,020$$

Výpočet rozměru pro vystříhovaný rozměr zvětšující:

$$\text{Střížnice} = (JR - 0,1) + TE = (4 - 0,1)^{0,029} = 4^{+0,029}$$

$$\text{Střížník} = (JR - 0,1 - v) - TA = (4 - 0,1 - 0,1)_{-0,020} = 4_{-0,020}$$

Výpočet pro otvor 9 mm:

Odchyly:

$$TE = 0,036$$

$$TA = 0,025$$

Výpočet rozměru pro děrovaný rozměr:

$$\text{Střížnice} = (JR + 0,1 + v) + TE = (9 + 0,1 + 0,1)^{0,036} = 9,2^{+0,036}$$

$$\text{Střížník} = (JR + 0,1) - TA = (9 + 0,1)_{0,008} = 9,1_{-0,025}$$

Výpočet pro otvor 16,28 mm:

Odchyly:

$$TE = 0,036$$

$$TA = 0,025$$

Výpočet rozměru pro děrovaný rozměr:

$$\text{Střížnice} = (JR + 0,1 + v) + TE = (16,28 + 0,1 + 0,1)^{0,036} = 16,48^{+0,029}$$

$$\text{Střížník} = (JR + 0,1) - TA = (16,28 + 0,1)_{0,025} = 16,38_{-0,025}$$

