



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA KONZOLY
MANUFACTURING OF LIFT BRACKET

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE PETRA MĚŘIČKOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petra Měřičková

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

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

Výroba konzoly

v anglickém jazyce:

Manufacturing of lift bracket

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby konzoly z ocelového plechu. Součástka slouží k uchycení pohybového mechanismu výtahových dveří, je prostorového tvaru s několika otvory a bude vyráběna technologií stříhání a ohýbání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Práce bude obsahovat rozbor současného stavu a variantní řešení možností výroby se zhodnocením jejich vhodnosti a nevhodnosti. Pro zvolenou technologii bude provedena aktuální literární studie, následovat bude návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty. Součástí řešení bude i návrh sestavy nástroje, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. MARCINIAK, Zdislaw, J.L. DUNCAN and S.J. HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. 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.
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
5. FREMUNT, P., J. KREJČÍK a T. PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli (odborná kniha). 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
6. HOSFORD, William F. and Robert M. CADDEL. Metal Forming: Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
7. NOVOTNÝ, J. a Z. LANGER. Strhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

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

V Brně, dne 20.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

MĚŘIČKOVÁ Petra: Výroba konzoly.

Konzola slouží k uchycení pohyblivých mechanismů výtahových dveří. Součást je zhotovena z konstrukční oceli 11 375 tloušťky 3 mm, velikost výrobní série činní 30 000 ks/rok. Jako neoptimálnější technologie výroby byla zvolena metoda postupového stříhání s následným ohybem na sdruženém nástroji. Byly uskutečněny technologické a konstrukční výpočty, z nichž byl navržen nástroj, pro který byla vytvořena základní výkresová dokumentace. Ze strojní vybavenosti firmy byl pro výrobu vybrán výstředníkový lis LE 400 se jmenovitou silou 4 000 kN. Byly stanoveny náklady na výrobu jednoho kusu, přičemž výroba se stává ziskovou pro sérii větší než 94 133 ks/rok.

Klíčová slova: konzola, ocel 11 375, stříhání, ohýbání, sdružený nástroj, lis LE 400

ABSTRACT

MĚŘIČKOVÁ Petra: Manufacturing of lift bracket.

The bracket is used to attach the movable mechanism of elevator door. The component is made of constructional steel 11 375 with the thickness of 3 mm. The batch size is 30 000 pcs/year. The rolling cutting method, followed by bending in the combined tool, was chosen as the optimal technology. Technological and constructional calculations were carried out and the tool was consequently designed. The basic drawing documentation for the tool was implemented. LE 400 press with a nominal force 4000 kN was selected from machinery equipment company. Cost of production of one piece were established, the production becomes profitable for a series of more than 94 133 units / year.

Keywords: lift bracket, steel 11 375, cutting, bending, combined tool, LE 400 press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MĚŘIČKOVÁ, Petra. *Výroba konzoly*. Brno, 2013. 40 s., 4 výkresů, 2 přílohy, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing.Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24.5.2013

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. a vedení firmy MSV výtahy a.s. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	6
1 ROZBOR AKTUÁLNÍHO STAVU.....	7
1.1 Výrobní možnosti.....	8
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ	11
2.1 Stříhání	11
2.1.1 Střížná vůle	12
2.2 Ohýbání	13
2.2.1 Poloměr ohybu a odpružení	14
2.3 Síla a práce	15
2.3.1 Těžiště sil	17
2.4 Technologičnost součásti	18
2.5 Nástroje	19
2.5.1 Stříhadla	20
2.5.2 Nástroj pro ohýbání.....	22
2.6 Stroje	23
3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY KONZOLY	25
3.1 Nástřihový plán	26
3.2 Postup výroby.....	28
3.3 Výpočty pro stříhání.....	29
3.4 Výpočty pro ohýbání	30
3.5 Výpočet těžiště nástroje	31
3.6 Popis nástroje	32
3.7 Volba stroje	33
4 Technicko ekonomické zhodnocení.....	34
5 ZÁVĚR	37

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam výkresů

Seznam příloh

ÚVOD [19], [29]

Nepostradatelnou součástí výškových budov jsou osobní a nákladní výtahy. První nákladní výtah, který překonával dvě patra a byl vybaven bezpečnostní brzdou, představil v roce 1853 Elisha Graves Otis v městské budově v New Yorku. Tato událost vedla k rozvoji vertikální zdvihací techniky a v roce 1857 byl namontován první osobní výtah s hydraulickým pohonem v obchodním domě v New Yorku. S příchodem elektřiny byl vynálezcem Ernestem Wernerem von Siemensem na spodek kabiny instalován elektromotor. Vývoj výtahů byl velmi rychlý a v roce 1903 elektrické výtahy zcela nahradily ozubené převody, což umožnilo přepravu osob a nákladů až do sta poschodí. Překonávání větších a větších výšek pomocí zdvihací techniky s sebou neslo rizika, a proto bylo nutné zaručit bezpečnost pasažérů. Ke zlepšení bezpečnosti ve výtahu přispěl Charles Otis. V dnešní době jsou výtahy plně automatizovány a vybaveny mikroprocesory, což zvyšuje jejich rychlost a spolehlivost.

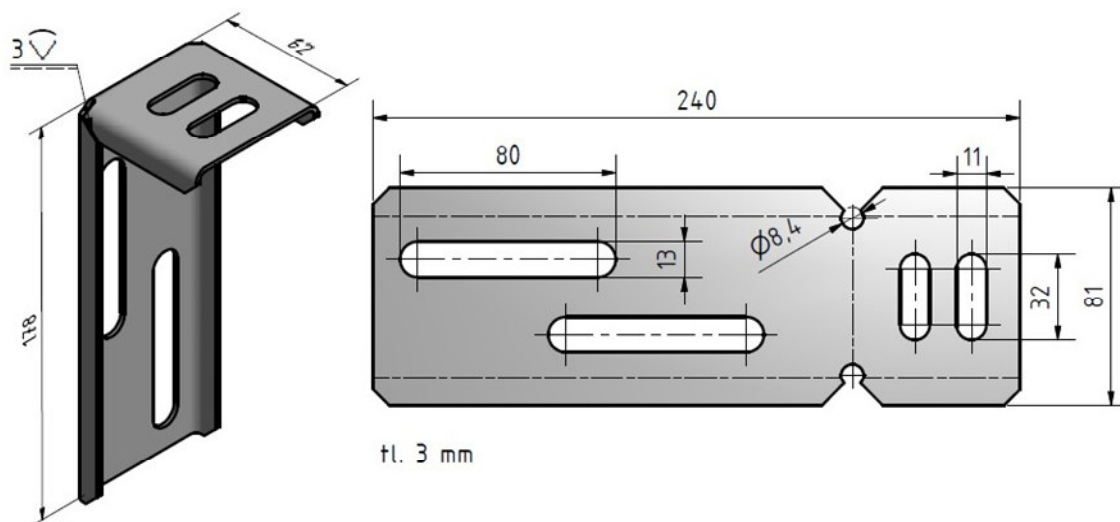
Převážná většina dílů výtahového zařízení je vyráběna technologií plošného tváření. Stříhání na lisech, řezání laserem či vodním paprskem a ohýbání vede k docílení požadovaného tvaru součástí. Tyto přesné technologie udávají kvalitu, funkčnost a vzhled výtahů. Na celém světě je denně počet přepravených osob výtahy větší, než u jiných dopravních prostředků. Takže na zmíněné kvalitě, funkčnosti, spolehlivosti a designu jednotlivých dílů jistě záleží.



Obr. 0.1 Součásti výtahů vyráběné tvářením [19], [27]

1 ROZBOR AKTUÁLNÍHO STAVU [4], [19]

Řešenou součástí je konzola z ocelového plechu o tloušťce 3 mm (obr. 1.1). Velikost výrobní série je 30 000 ks/rok a je předepsána běžná tolerance dílu. Konzola slouží k uchycení jednotlivých pohyblivých mechanismů výtahových dveří. Je umístěna několikrát v každém podlaží (počet záleží na typu výtahových dveří). Např. je delší částí o délce 178 mm přichycena přes ocelovou desku ke zdi a plochou 62 x 66 mm drží prahový plech, ve kterém se pohybují výtahové dveře. Pro snazší uchycení pomocí šroubů se na konzole nacházejí podlouhlé zaoblené drážky 80 x 13 mm a 32 x 11 mm. Největší rozměr součásti v rozvinutém tvaru je 240 x 81 mm.



Obr. 1.1 Řešená součást

Konzola je spojovací díl namáhaný staticky a dynamicky, což je nutné zohlednit při volbě materiálu. Dále je zapotřebí zaručit svařitelnost, jelikož se na lemu součásti nachází svar. Tyto funkce plní materiál 11 375, což je konstrukční, nelegovaná ocel obvyklé jakosti, vhodná ke svařování. Chemické složení a základní mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 1. Před použitím bude konzola natřena základovou antikorozi barvou RAL 7005.

Tab. 1 Chemické složení a základní mechanické vlastnosti oceli 11 375 [4]

OCEL 11 375 tloušťka 3 mm					
CHEMICKÉ SLOŽENÍ	max. C [%]	max. Mn [%]	max. P [%]	max. S [%]	max. N [%]
	0,17	1,4	0,035	0,035	0,012
MECHANICKÉ VLASTNOSTI	min. mez kluzu Re [MPa]		mez pevnosti Rm [MPa]		tažnost A [%]
	235		360 ÷ 510		20

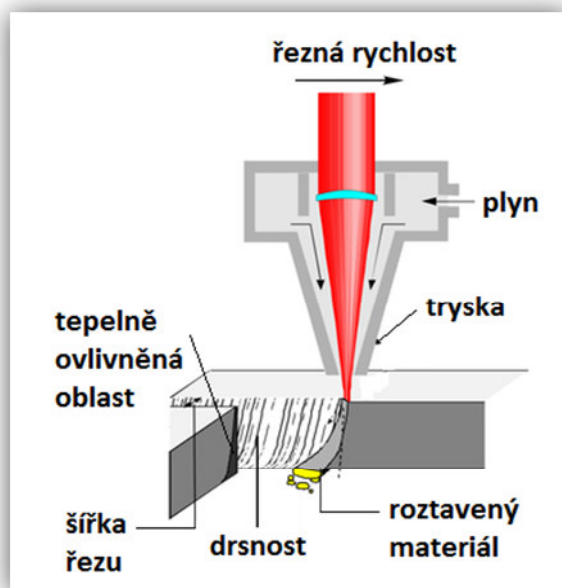
Práce je realizována ve spolupráci s firmou MSV výtahy a.s. se sídlem v Hradci Králové. Tato společnost se zaměřením na vertikální zdvihací techniku působí více než 20 let na českém, ale i evropském trhu např. v Německu, Rakousku, Itálii. Konzolu společnost odebírá od konkurenční firmy, proto vedení MSV rozhodlo, zařadit tento díl do výrobního procesu. Ke konzole je tedy nutné dodat kompletní konstrukční a technologickou dokumentaci a navrhnout nástroj pro její zhotovení.

1.1 Výrobní možnosti [17], [21], [23], [25]

Pro zvolení optimální technologie výroby je nutné brát v úvahu jakost povrchu a náklady na výrobu součásti. Řešenou součást lze zhotovit řadou nekonvenčních a konvenčních metod, mezi které patří:

o Řezání laserem s následným ohybem

Laser je světelný paprsek nasměrovaný do bodu řezu (obr. 1.2), který se podle rozdělení šíří různým prostředím. Prostředí určuje délku vlny záření. Ve strojírenství se využívá laserů v pevné či plynné fázi. U laserů v pevné fázi jsou médium ionty vzácných zemin, nejčastěji Cr. Ionty Cr aktivují krystal laseru (v pevné fázi korund Al_2O_3). U plynných

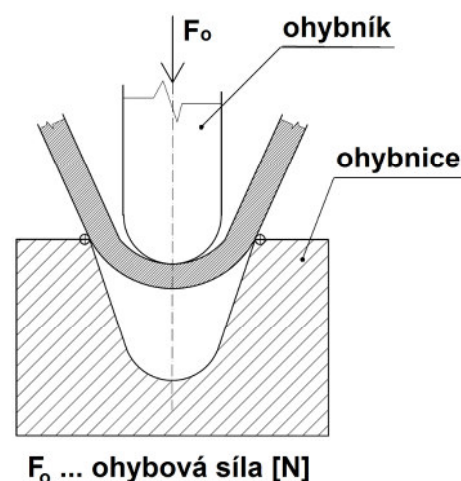


Obr. 1.2 Princip řezání laserem [14]

V případě použití laseru musí být pro zhotovení dané součásti provedena další samostatná technologie plošného tváření a to ohýbání. Překročením elastické deformace na plastickou dochází k trvalému ohybu. Nástroj, který vyvolává trvalé deformace materiálu, se nazývá ohýbadlo (obr. 1.3). Skládá se ze dvou částí, a to ohybníku a ohybnice. Při deformaci se objevuje plastická i elastická složka, tyto složky mají za následek odpružení v místě ohybu, tomuto jevu se říká pružně plastická deformace.

Nevýhodou je vysoká pořizovací cena laseru, ale lze jej ve strojírenství dále využívat např. při vrtání, popisování povrchu, mikroobrábění, svařování a pájení. Mezi výhody patří rychlost dělení a možnost řezání tvarově komplikovaných součástí.

laserů se využívá výboje v plynu nebo jeho směsi. Nejčastěji se jako náplň využívá hélium, neon či oxid uhličitý. Plynné lasery jsou schopné pracovat v nepřetržitém provozu. Laserem je možné dělit plechy, tyče i profily. Dělení laserem je závislé na tepelné vodivosti, absorpci, odrazivosti a tavení povrchové vrstvy materiálu. Při použití laseru vzniká velmi čistý řez způsobený vysokou teplotou paprsku, není tedy nutné další opracování. Střední aritmetická hodnota drsnosti se pohybuje v rozmezí $3,6 \div 12 \mu\text{m}$. I když má paprsek vysokou teplotu, nedochází k prohřátí oblasti řezu, jelikož je průběh dělení rychlý. Rychlost řezání ovlivňuje tloušťka a druh materiálu, výkon přístroje a použitá metoda.



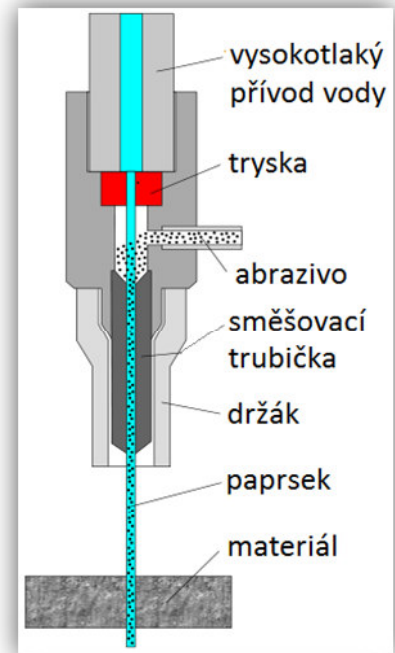
F_0 ... ohybová síla [N]

Obr. 1.3 Princip ohýbání [21]

o Řezání vodním paprskem s následným ohyb

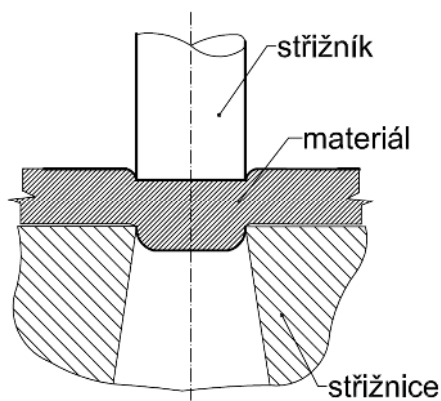
K dělení materiálu dochází obroušováním způsobeným vysokorychlostním proudem vodního paprsku o tlaku $800 \div 4100$ Bar procházejícího tryskou (obr. 1.4). Při dělení tvrdých materiálů, jako je ocel, titan, slinutý karbid, se do vodního paprsku přidává abrazivo. Jako abrazivo se používá křemičitý písek, olivín zelený nebo granát indický. U těchto materiálů je průměr zrna okolo $0,15$ mm. Kvalita a přesnost v místě dělení je dána hlavně rychlostí posuvu řezací hlavy a tloušťkou materiálu. Řez je od proudu vody studený a bez otřepů. Dosahovaná aritmetická hodnota drsnosti u plechů je $Ra\ 3,2 \div 6,3\ \mu m$. U tlustších materiálů vznikají ve spodní části vlny, čímž dochází ke snížení kvality řezné plochy. Celý proces musí být doprovázen následným ohybem.

Nevýhodou jsou vysoké pořizovací a provozní náklady zařízení a hlučný provoz. I zde je cena navýšena o samostatné zařízení na ohyb.



Obr. 1.4 Princip řezání vodním paprskem[24]

o Stříhání a následný ohyb



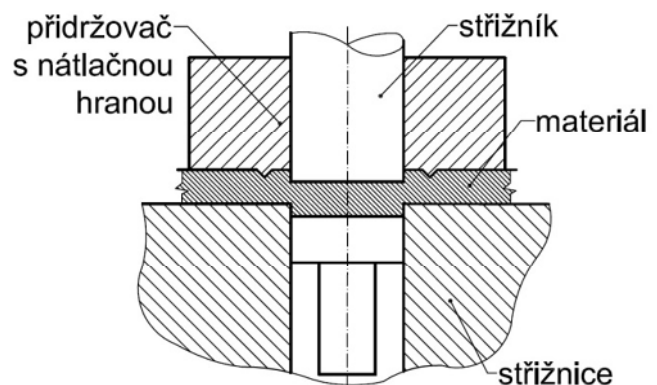
Obr. 1.5 Princip stříhání [7]

Pořizovací cena nástrojů na stříh a ohyb, v porovnání s laserem a vodním paprskem, není tak vysoká.

o Přesné stříhání s následným ohyb

Přesné stříhání je založeno na způsobu rozšíření plastického pásma stříhu po celé tloušťce materiálu, kterého je dosaženo vyvinutím trojosé napjatosti. Trojosá napjatost vzniká např. u přesného vystřihování s nátláčnou hranou (obr. 1.6). Tlačná hrana se prolisuje do materiálu a působí na něj již před začátkem samotného stříhu tlakovou silou. Tlaková síla vylučuje vznik trhlin a usnadňuje

U stříhání (obr. 1.5) je v každém kroku střížníkem vyděrován otvor, či více otvorů najednou. Počet kroků se odvíjí od složitosti součástí. Dále je pás posunut o velikost kroku, zastaven o doraz a probíhá další operace děrování. Jako poslední zbývá dohotovení součásti vystřižením, při kterém je vystřižený díl výrobkem. Všechny střížníky se pohybují současně, takže je prováděno několik operací najednou. Rychlost této metody záleží na počtu zdvihů beranu zvoleného lisu za minutu. Běžně se dosahuje přesnosti $IT14 \div IT15$, pro přesnější stříhání lze např. použít vodící stojánky, které zaručí přesnost $IT8 \div IT10$. Po stříhání následuje ohyb na jiném nástroji.

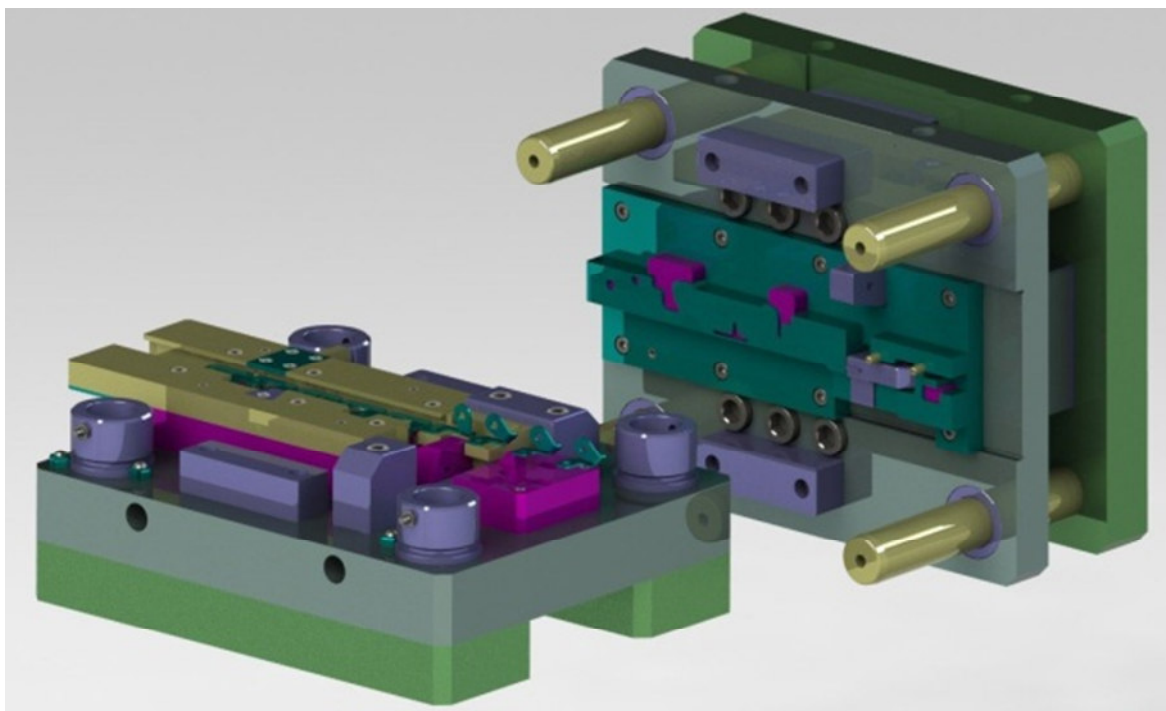


Obr. 1.6 Princip přesného stříhání s nátláčnou hranou [26]

průběh čistého smyku. Dochází ke změně stavu napjatosti, díky kterému se vystřihovaný materiál neprohne. Mezi metody technologie přesného stříhání dále patří stříhání se zápornou vůlí, se zaoblenou střížnou hranou, se zkoseným přidržovačem a jiné. Přesné stříhání zvyšuje kvalitu střížné plochy na $IT6 \div IT8$ a drsnost na $Ra 0,4 \div 1,6 \mu m$. Přesné stříhání musí být doprovázeno ohýbáním na samostatném nástroji.

Metoda přesného stříhání je výhodná u sériovosti výroby vyšší než 40 000 ks/rok.

Vzhledem k přesnosti řešené součásti a výše uvedeným variantám se jako neoptimálnější pro výrobu jeví použití technologie stříhání s následným ohýbáním. Ovšem kvůli velkému počtu kusů bude vhodné tyto metody sdružit v jednom nástroji (obr. 1.7), čímž pro výrobu stačí pouze jeden stroj a dochází ke zvýšení produktivity práce. Stříhání ve sdruženém nástroji je nejekonomičtější z navrhovaných variant. Teoretická část práce bude tedy zaměřena na tuto metodu.



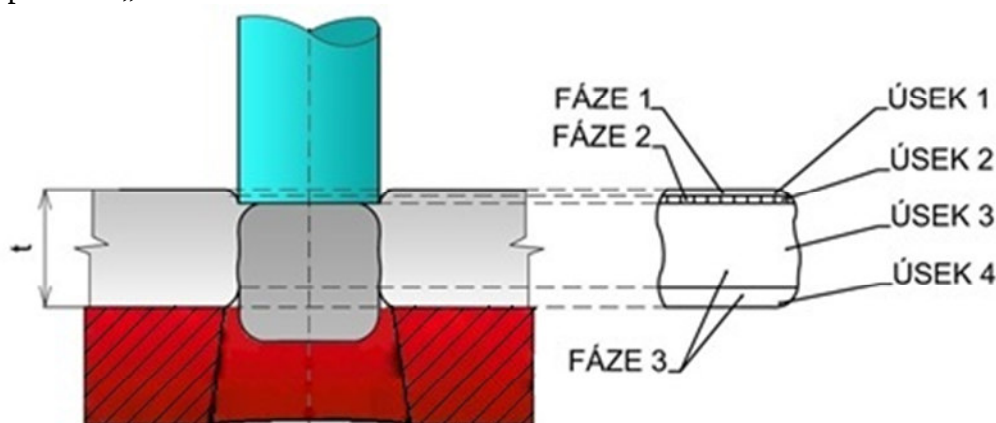
Obr. 1.7 Ilustrace sdruženého nástroje [12]

2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ [1], [2], [5], [7]

Tvarová složitost některých součástí vyžaduje více technologií současně, proto je stříhání často doprovázeno ohýbáním. Obě metody jsou řazeny mezi technologie plošného tváření. Při tváření plechů se tloušťka materiálu zanedbává, čímž se zjednoduší napěťový stav na dvousý. Změny napětí a deformační zóny se využívá u tváření za studena, které se provádí u plochých polotovarů. Výhodou tváření je vysoká využitelnost materiálu, rozměrová přesnost dílců a produktivita práce.

2.1 Stříhání [2], [6], [7], [9], [21]

Stříhání je řazeno do technologie tváření, kdy dochází k bezodpadovému dělení materiálu protilehlými reznými hranami. Jelikož má každý materiál elasticitu a tvárnost, dochází při tlaku rezných hran k smyku. Ten způsobuje, že střížná plocha není kolmá na řeznou hranu, ale má tvar písmene „S“.



Obr. 2.1 Princip běžného stříhání [6]

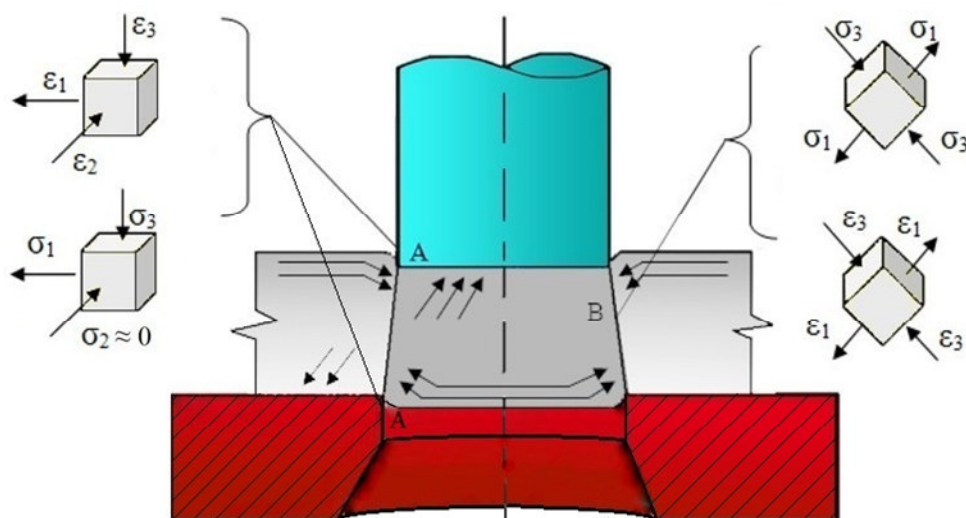
Stříhání probíhá ve třech fázích a střížnou plochu definují čtyři úseky (obr. 2.1):

Fáze 1 zobrazuje oblast pružné (elastické) deformace, kde se střížník začíná vtláčovat do polotovaru a vyvolává menší napětí, než je mez pružnosti materiálu. Pokud se stříh v této fázi přeruší, materiál se vrátí do původního tvaru, bez známek jakéhokoliv narušení. V této fázi vzniká úsek zaoblení (vtažení), který činí $5 \div 8 \%$ tloušťky plechu. Výška zaoblení závisí na velikosti střížné mezery, čím je větší, tím je vyšší zaoblení plochy. Fáze 2 je oblast plastické deformace, kde se střížník vtláčeje do stříhaného plechu a ten do střížnice. Napětí překračuje mez kluzu, narušení materiálu je již nevratné. V této fázi se tvoří úsek vlastního stříhu, který činí v závislosti na mechanických vlastnostech polotovaru $10 \div 25 \%$ tloušťky. Fáze 3 je oblast vzniku trhlin. Napětí překračuje mez pevnosti a dochází ke vzniku mikrotrhlin u hran střížníku a střížnice, k jejich následnému prodloužení a k utržení (smýknutí) materiálu v místě trhliny. Fáze 3 zahrnuje úsek 3 oddělení a úsek 4 otláčení. Velikost úseku oddělení závisí na tvrdosti a křehkosti materiálu, např. u tvrdých a křehkých dojde k oddělení mnohem rychleji, než u houževnatých. Na konci stříhu vzniká vlivem otláčení střížnice do plechu rádiusový úsek, který není podle obecné křivky konstantní. Výška zaoblení v úseku otláčení nemá stejnou velikost jako v úseku zaoblení.

Pro vznik kvalitní střížné plochy je důležité, aby se trhliny (vznikající ve fázi 3) vzájemně setkaly, a tím došlo k usmýknutí materiálu. Pokud by se tak nestalo, plocha by byla nerovná s výraznými ořepy. Tento proces lze ovlivnit velikostí střížné mezery. Dojde-li k propojení trhlin v jednu dělicí plochu, byla mezera určena správně.

Trvalá deformace v okolí střížné plochy způsobuje zpevnění a snížení tvárnosti použitého materiálu. Nejvyšší zpevnění se nachází v místě, kde se oddělily stříhané části. Při ohybu se může stát, že v místě stříhu začnou vznikat nežádoucí trhliny. Následky zpevnění lze odstranit dvěma způsoby. Žíháním, což je drahé a náročné, nebo obrobením střížné plochy.

Přefrézování či opilování střížné plochy by mělo zabránit vzniku trhlin při následném ohýbání.



Obr. 2.2 Deformace a napětí v místě stříhu [6]

Při stříhání, kdy obrys nože tvoří uzavřený obvod např. střížník a střížnice, vyvolává střížná síla nežádoucí deformace a napětí v místě stříhu (obr. 2.2). V bodě A, nacházejícího se u střížných hran střížníku a střížnice, je největší hlavní tahové napětí σ_1 , které je rovno napětí materiálu ve stříhu τ_s . Tahové napětí je přibližně dvojnásobné než hlavní tlakové napětí σ_3 . Lze uvažovat, že vzniká prostorová deformace, jelikož složka středního tlakového napětí σ_2 není nulová. S rostoucí tloušťkou materiálu klesá tlakové napětí až na nulu, v tomto okamžiku se vytváří pouze rovinná napjatost. V bodě B, ležícího uprostřed tloušťky plechu, je tahové napětí σ_1 rovno velikosti hlavního tlakového napětí σ_3 a střední tlakové napětí σ_2 je nulové. Bod B splňuje podmínky prostého smyku, čímž dojde k odstřížení materiálu.

2.1.1 Střížná vůle [2], [6], [21]

Rozměry střížníku a střížnice jsou upraveny tak, aby do sebe s jistotou zapadly. Rozdíl těchto velikostí je nazýván střížná vůle. Hodnota střížné vůle závisí na tloušťce a mechanických vlastnostech stříhaného materiálu. U klasického stříhání se její velikost bere jako 10 % tloušťky materiálu. Pro přesnější stanovení velikosti střížné vůle se vychází ze vztahu pro tloušťku plechu $t \leq 3 \text{ mm}$:

$$\frac{v}{2} = 0,32 \cdot c \cdot t \cdot \sqrt{k_s} \text{ [mm]} \rightarrow v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot t \cdot \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.1)$$

kde: v ... střížná vůle [mm],

c ... střední hodnota dosažení jakosti povrchu [-],

t ... tloušťka plechu [mm],

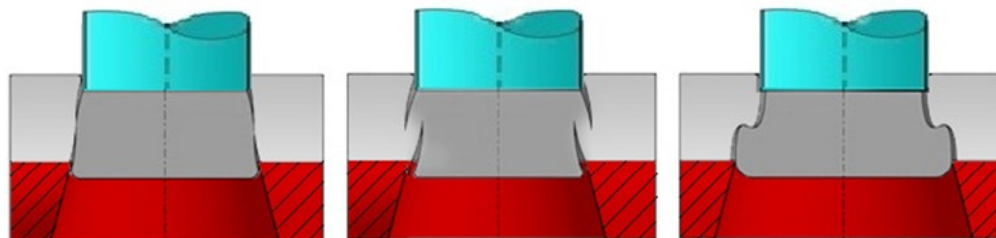
τ_s ... střížný odpor [-].

Dále je možné velikost střížné vůle vyhledat v normě ČSN 22 6015. Z uvedených norem jsou v tabulce 2 pro různé tloušťky a různé meze pevnosti kovových materiálů vypsány hodnoty střížné vůle.

Tab. 2 Velikost střížné vůle pro kovové materiály [21]

mez pevnosti	velikost střížné vůle [mm] pro tloušťky materiálu:			
	0,1 ÷ 1,5 mm	1,8 ÷ 3,5 mm	4,0 ÷ 10 mm	11 ÷ 16 mm
do 400 MPa	0,003 ÷ 0,09	0,09 ÷ 0,35	0,28 ÷ 1,30	1,43 ÷ 2,56
400 ÷ 600 MPa	0,005 ÷ 0,12	0,13 ÷ 0,42	0,36 ÷ 1,50	1,65 ÷ 2,88
nad 600 MPa	0,007 ÷ 0,15	0,16 ÷ 0,49	0,44 ÷ 1,70	1,87 ÷ 3,20

Jak již bylo uvedeno, velikost střížné vůle ovlivňuje kvalitu střížné plochy a souvisí s opotřebením nástroje. Při zvolení ideální střížné vůle (obr. 2.3 a) se trhliny vzniklé střížníkem a střížnicí setkají a vytvoří jedinou plochu bez otřepů. Ovšem, pokud je střížná vůle malá, nebo naopak příliš velká, trhliny se minou a vznikne nerovný povrch v místě stříhu. Při určení malé či velké střížné vůle (obr. 2.3 b, c) dochází ke zhoršení kvality střížného povrchu.

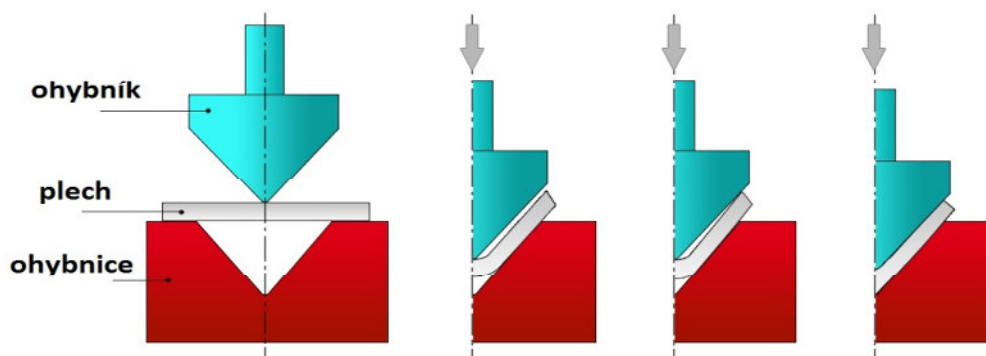


a) ideální střížná vůle b) malá střížná vůle c) velká střížná vůle

Obr. 2.3 Vliv střížné vůle na průběh pohybu trhlín [2]

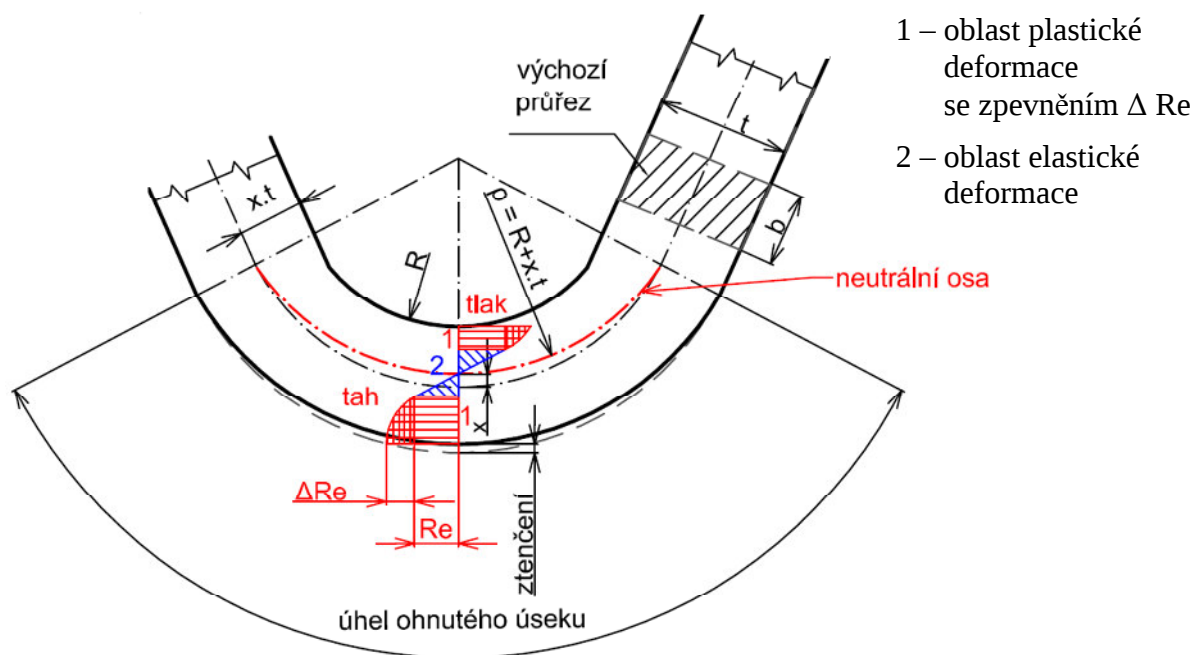
2.2 Ohýbání [1], [5], [7], [25]

Proces probíhá v ohýbadle, které se skládá z ohybníku a ohybnice (obr.2.4). Dochází k trvalé změně tvaru polotovaru působením ohybové síly. Velikost působící síly závisí na druhu a tloušťce materiálu a poloměru požadovaného ohybu. Překročením elastické deformace na plastickou dochází k trvalé změně tvaru. V oblasti plastické deformace se nadále částečně vyskytuje pružná deformace, ta má za následek odpružení v ohýbaném místě. Tento jev je nazýván pružně plastická deformace.



Obr. 2.4 Proces ohýbání [6]

Působením ohybové síly vzniká v průřezu tahové napětí, které způsobuje, že na vnější straně ohybu se vrstva kovu roztahuje a na vnitřní straně se stlačuje. U širších pásů plechu (šířka pásu je alespoň 3x vyšší než tloušťka plechu) zabraňuje deformaci odpor materiálu. Ve střední části průřezu ohýbaného materiálu jsou zmíněná tahová napětí malá a nedosahují meze kluzu. V této části tedy nevzniká napětí ani deformace v ohýbaných vláknech. Tato oblast, kde nedochází k roztahování ani stlačení, je nazývána neutrální osou (obr. 2.5). Před začátkem tváření se neutrální osa nachází uprostřed tloušťky materiálu, po zahájení operace se přesouvá k vnitřní straně ohybu. Neutrální osa ohybu tedy není totožná s osou těžiště.



Obr. 2.5 Tahové a tlakové napětí v ohýbaném průřezu [6]

Rozměr výchozího polotovaru je roven součtu délek oblouků v jednotlivých ohybech a délek rovných úseků. Délku oblouku uvažovaného ohybu lze za pomoci rovnice pro poloměr neutrální osy vyjádřit vztahem:

$$L_{0i} = \frac{\pi \cdot \rho \cdot \alpha}{180} [\text{mm}] \quad (2.2)$$

kde: L_{0i} ... délka oblouku uvažovaného ohybu [mm],
 ρ ... poloměr neutrální osy [mm],
 α ... úhel ohnutého úseku [°].

$$\rho = R + x \cdot t [\text{mm}] \quad (2.3)$$

kde: R ... poloměr zaoblení [mm],
 x ... součinitel posunutí neutrální osy [-].

Součinitel posunutí neutrální osy je závislý na poměru poloměru zaoblení ku tloušťce materiálu (tab. 3).

Tab. 3 Hodnoty součinitele posunutí neutrální osy [5]

součinitel posunutí neutrální osy x [-] pro mez pevnosti nad 400 MPa:											
R/t [mm]	1,00	1,20	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	9,00	10,00
x [mm]	0,35	0,36	0,37	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,45	0,47	0,47

2.2.1 Poloměr ohybu a odpružení [1], [5], [7]

Mezní hodnoty poloměru ohybu závisí na plastičnosti, šířce a tloušťce tvářeného materiálu, ale také na způsobu a úhlu ohybu. Ohýbání součásti lze provádět až do tzv. minimálního poloměru ohybu $R_{\min}$, kdy ještě není překročena mez pevnosti. Po překročení této hodnoty dochází vlivem tečného tahového napětí k lomu na vnější tahové straně. Na hodnotu minimálního poloměru se ohýbá jen v nutných případech a lze ji stanovit ve vztahu:

$$R_{\min} = c_o \cdot t [\text{mm}] \quad (2.4)$$

kde: $R_{\min}$... minimální poloměr ohybu [mm],
 c_o ... koeficient zohledňující materiál [-].

Opačný problém při ohýbání nastane, pokud je prováděn tzv. maximální poloměr ohybu $R_{\max}$. Dochází k překročení elastické deformace a tvářený materiál zůstane ohnutý. Aby se materiál nevrátil do původního tvaru, je nutné splnit podmínku danou vztahem:

$$R_{\max} = \frac{E \cdot t}{2 \cdot Re} \quad [\text{mm}] \quad (2.5)$$

kde: $R_{\max}$... maximální poloměr ohybu [mm],
 E ... Youngův modul pružnosti v tahu [MPa],
 Re ... mez kluzu materiálu [MPa].

Jak již bylo zmíněno, po ohybu v oblasti plastické deformace stále přetrvává část pružné deformace. Podle její velikosti dochází k částečnému navrácení dílu do původního stavu, tzv. odpružení. Rozsah odpružení je závislý na velikosti ohybového úhlu, mechanických vlastnostech a tloušťce použitého materiálu. Pro kovové materiály se hodnota odpružení pohybuje v rozsahu $3 \div 15^\circ$. Odpružení lze stanovit pro ohyb do tvaru „U“ a do tvaru „V“ pomocí vztahů:

$$\beta = \arctg \left(0,75 \cdot \frac{l_u}{x \cdot t} \cdot \frac{Re}{E} \right) \quad [^\circ] \quad (2.6)$$

kde: β ... úhel odpružení [$^\circ$],
 l_u ... vzdálenost mezi opěrou ohybnice a ohybníku [mm].

$$\beta = \arctg \left(0,375 \cdot \frac{l_v}{x \cdot t} \cdot \frac{Re}{E} \right) \quad [^\circ] \quad (2.7)$$

kde: l_v ... vzdálenost mezi opěrami ohybnice [mm].

Odpružení ohýbané součásti lze eliminovat různými způsoby, mezi které patří použití vyztužujících prolisů v místě ohybu. Dále zkonstruování nástroje s korekcí o úhel odpružení dle vztahů (2.6, 2.7), čímž se výlisek přetvoří o daný úhel navíc a po odpružení vznikne požadovaný tvar součásti. Také lze zvýšit tvářecí sílu na konci lisovacího procesu. Dojde k místní plastické deformaci tzv. kalibraci, čímž se úhel odpružení sníží či úplně vymizí. Poslední, nejnáročnější metodou je úprava konstrukce nástroje.

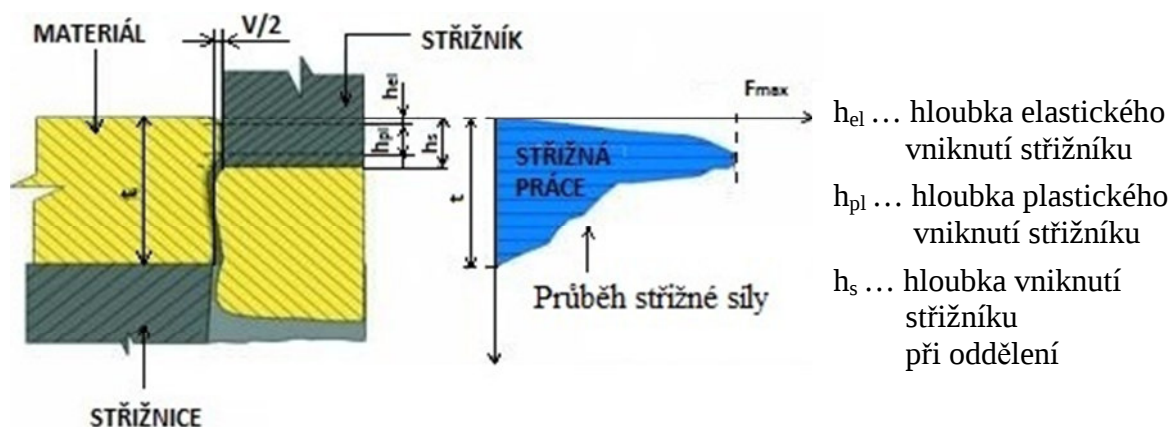
2.3 Síla a práce [1], [2], [5], [7], [9], [21]

Během stříhání dochází při překročení meze kluzu k zpevnění materiálu a tím roste jeho odpor ve stříhu. Nepřetržitou deformací se materiál postupně přestává zpevňovat, v tuto chvíli je dosaženo maxima sřížné síly (obr. 2.6). Při vzniku prvních trhlin začne sřížná síla klesat. Následná rychlost klesání závisí na druhu materiálu a velikosti sřížné mezery. Např. u materiálů s malou tvárností (tvrdé a křehké) je prudce dosaženo maxima síly, přestřížení plechu je krátce po dosažení maxima a následuje prudký pokles síly. Naopak u materiálů s větší tvárností (měkké a houževnaté) není zapotřebí tak velká síla a maxima síly je dosaženo pomaleji, přestřížení plechu nastává po delší době dosažení maxima a pokles síly je opět prudký. Pokud je zvolena malá sřížná mezera, pokles síly po přestřížení plechu je pozvolný. Při stříhání výrobku je nutné uvažovat třecí síly, které působí proti sřížné síle. Vznikají mezi sřížníkem, materiálem a sřížnicí. Jejich působení je možné snížit vhodným mazáním a konstrukcí nástroje.

Při volbě lisu je nutné znát velikost maximální sřížné síly, která je dána vztahem:

$$F_{si} = n \cdot \tau_s \cdot S \quad [\text{N}] \quad (2.8)$$

kde: F_{si} ... sřížná síla jednotlivých sřížníků [N],
 n ... koeficient zahrnující opotřebení nástroje [-],
 S ... délka křivky stříhu [mm²].



Obr. 2.6 Průběh střížné síly a velikost střížné práce [2]

Střížná práce je plocha pod křivkou střížné síly v závislosti na dráze (obr. 2.6). Lze ji tedy vypočítat integrálem, ale pro skutečný průběh není možné funkci vyjádřit. Dostatečně přesných hodnot lze dosáhnout eliptickou závislostí. Jedna z poloos je rovna střížné síle a druhá je rovna poloviční velikosti hloubky vtlačení střížníku, dle vztahu:

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot y \cdot F_{cs} \cdot t \quad [\text{J}] \quad (2.9)$$

kde: A_s ... střížná práce [J],
 y ... součinitel práce [-],
 F_{cs} ... celková střížná síla [N].

Střížnou práci je také možné vypočítat jednodušším vzorcem:

$$A_s = k \cdot F_{cs} \cdot t \quad [\text{J}] \quad (2.10)$$

kde: k ... součinitel hloubky vtlačení [-].

Součinitel hloubky vtlačení je určen tloušťkou a pevností stříhaného materiálu, jelikož jsou tyto hodnoty tolerovány, je střížná práce zvýšena o 10 ÷ 20 %.

K docílení požadovaného tvaru výrobku je stříhání doprovázeno ohýbáním. Ohýbaná součást je považována za nosník o dvou podpěrách, který je uprostřed zatížen silou. Působící síly jsou různé pro ohyb do tvaru „U“ a „V“ a lze je stanovit dle vztahů:

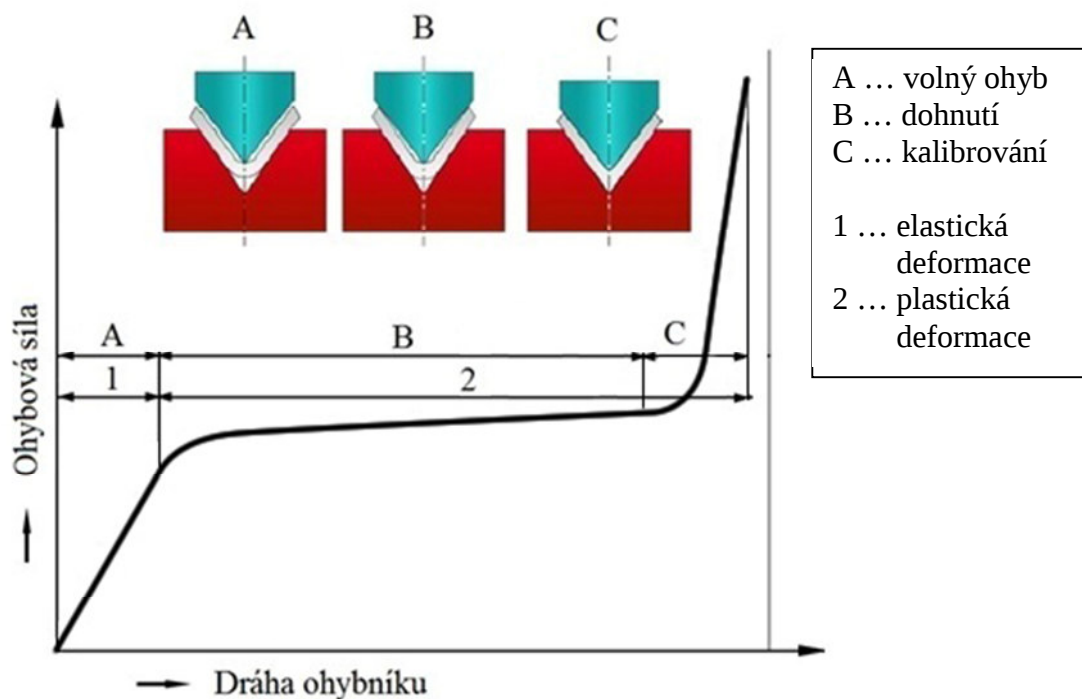
$$F_{OU} = (1 + 7 \cdot f) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot Re}{R + t} \quad [\text{N}] \quad (2.11)$$

kde: F_{OU} ... ohybová síla pro ohyb do tvaru „U“ [N],
 f ... součinitel statického tření [-],
 b ... šířka materiálu [mm].

$$F_{OV} = \frac{b \cdot t^2 \cdot Re}{2 \cdot R} \cdot \text{tg} \frac{\alpha}{2} \quad [\text{N}] \quad (2.12)$$

kde: F_{OV} ... ohybová síla pro ohyb do tvaru „V“ [N].

Na začátku ohýbání dochází k volnému ohybu, kdy je překročena elastická deformace na plastickou, následuje dohnutí plechu do požadovaného tvaru. Aby nedošlo k odpružení může být použito kalibrování, kdy ohybová síla působí ještě několik sekund na dohnutý plech. Ohybová síla má průběh znázorněný na obr. 2.7.



Obr. 2.7 Průběh ohybové síly [6]

Průběh ohybové práce vyjadřují vzorce:

$$A_{OU} = \frac{2}{3} \cdot F_{OU} \cdot \frac{Z}{1000} \quad [\text{J}] \quad (2.13)$$

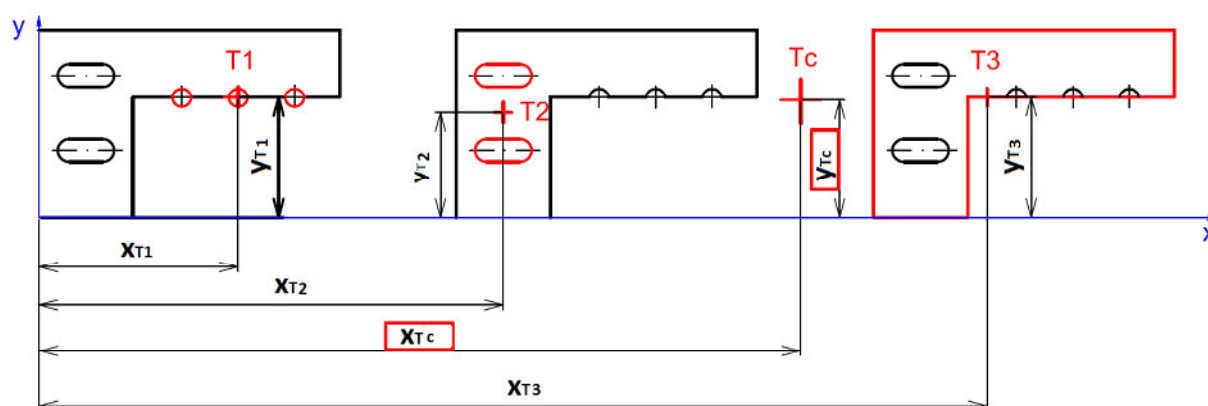
kde: A_{OU} ... ohybová práce pro ohyb do tvaru „U“ [J],
 Z ... potřebný zdvih beranu [mm]

$$A_{OV} = \frac{1}{3} \cdot F_{OV} \cdot \frac{Z}{1000} \quad [\text{J}] \quad (2.14)$$

kde: A_{OV} ... ohybová práce pro ohyb do tvaru „V“ [J].

2.3.1 Těžiště sil [5], [10]

Při stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji je nutné docílit rovnoměrného rozložení tvářecích sil, a to do osy lisu. Bod na této ose se nazývá těžiště výsledné střížné síly (obr. 2.8). Do tohoto bodu je umístěna stopka nástroje, která slouží k přenesení tvářecí síly do místa stříhu. Pokud by síla působila jinde než v těžišti, došlo by k zatížení beranu momentem. To by způsobilo nepřesnost výrobků a snížení životnosti nástroje.



Obr. 2.8 Těžiště výsledné střížné síly T_c

Velikost těžiště výsledné tvářecí síly lze spočítat vztahem, kde jsou k jednotlivým operacím vypočteny hodnoty těžišť ke zvolené ose x_T , y_T :

$$x_{Tc}(y_{Tc}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_{Ti}(y_{Ti}) \cdot F_{si}}{\sum_{i=1}^n F_{si}} \quad [\text{mm}] \quad (2.15)$$

kde: $x_{Tc} \dots x$ – ová souřadnice těžiště působení výsledné síly [mm],

$y_{Tc} \dots y$ – ová souřadnice těžiště působení výsledné síly [mm],

$x_{Ti} \dots x$ – ová souřadnice těžiště [mm],

$y_{Ti} \dots y$ – ová souřadnice těžiště [mm].

$$x_T(y_T) = \frac{\sum_{i=1}^n O_i \cdot l_{Ti}}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad [\text{mm}] \quad (2.16)$$

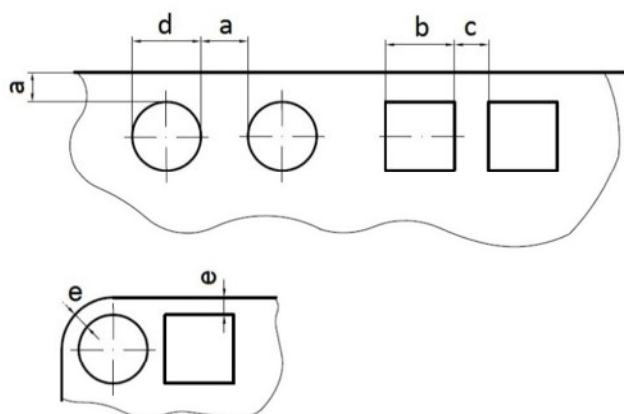
kde: $O \dots$ obvod výstřižku [mm],

$l_T \dots$ vzdálenost těžiště výstřižku od souřadného systému [mm].

2.4 Technologičnost součásti [2], [3], [21]

Slovo technologičnost znamená, že součást musí být snadno vyrobitelná s minimálním množstvím odpadu, ale zároveň musí splňovat svůj účel. Jelikož vstupní materiál činí $80 \div 90$ % výrobních nákladů, je důležité zvolit takový polotovar, z kterého zbyde co nejméně odpadu. Proto jsou u stříhání vytvářeny tzv. nástřihové plány, které slouží k určení různých způsobů uložení výstřižku na pásu plechu. Z více variant je vybráno nejekonomičtější uspořádání součásti, přičemž plech by měl být využit alespoň na 70 %. Pokud tomu tak není, je vhodné provést změnu konstrukce součásti.

Do technologičnosti součásti se také řadí zvolení přesnosti a drsnosti. Výrobní tolerance střížníků a střížnice by měla být o 3 stupně přesnější než tolerance výstřižku. Např. je-li požadována přesnost výstřižku IT 9, přesnost střížníku a střížnice by v ideálním případě měla být IT 6. Drsnost stříhadla pro plechy do 1 mm je vhodná v rozmezí $Ra 0,8 \div 0,4$ a pro plechy větších tlouštěk $Ra 3,2 \div 1,6$. U stříhání není dobré předepisovat kolmost střížné plochy, kterou nelze docílit běžným stříháním. Pro snížení ceny nástroje je výhodné volit kruhové otvory místo tvarových, jelikož plynulé napojení oblouku na rovný úsek je při výrobě nástroje drahé. Dalším důležitým kritériem je dodržení dostatečné velikosti otvorů, vzdálenosti otvorů mezi sebou a otvorů od okraje součásti (obr. 2.9).



Nejmenší velikost otvorů:

$$d/t = 1,$$

$$b/t = 0,8.$$

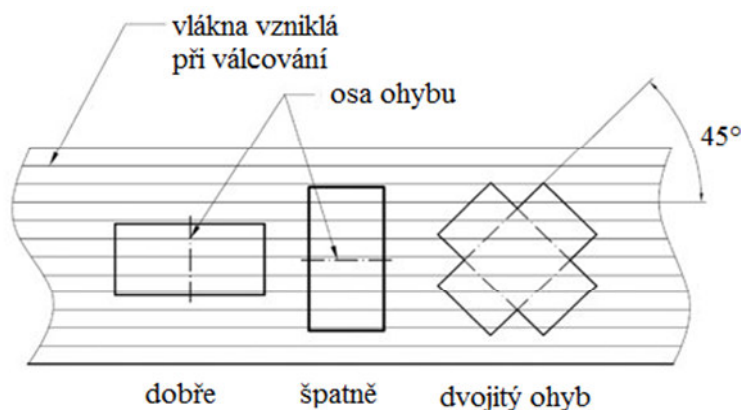
Vzdálenosti mezi otvory
a otvorů od okraje:

$$a \geq 0,8 t,$$

$$c \geq t,$$

$$e \geq 1,5 t.$$

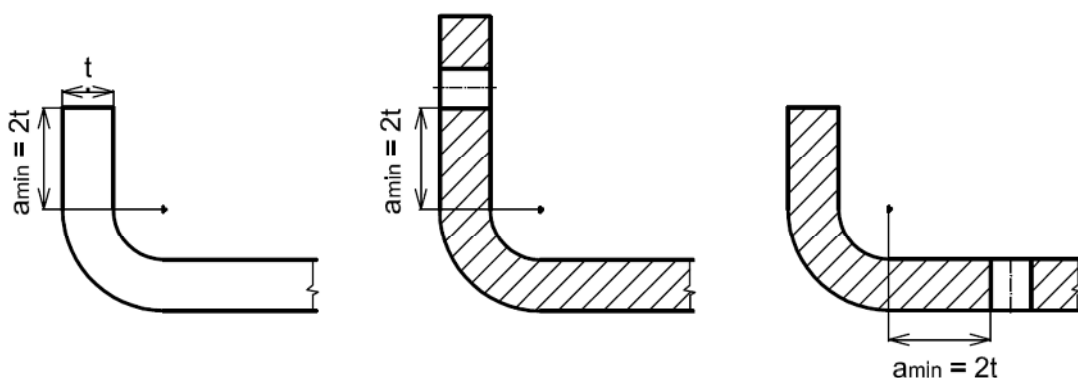
Obr. 2.9 Posouzení technologičnosti stříhané součásti [2]



Obr. 2.10 Umístění osy ohybu [3]

Při ohýbání je důležité, pokud možno, vést osu ohybu kolmo na směr vláken v materiálu (obr. 2.10). Pokud to tvar součásti nedovoluje, je vhodné zvolit minimální úhel 30° . V opačném případě by mohlo dojít ke vzniku trhlin na vnější straně ohybu, které jsou způsobeny překročením kritické hodnoty poloměru ohybu R/t . Čím je na dílci prováděno více ohybů, tím klesá jejich přesnost.

Další zásadou je založit výstřižek do ohýbadla tak, aby byly ostřížiny vzniklé stříháním na vnitřní straně ohybu. Nedoje tedy k jejich rozpínání, a tím se zabrání případnému vzniku trhlin. Velmi často ohýbání předchází operace stříhání. V tomto případě je nutné zohlednit vzdálenost okraje a otvorů od středu poloměru ohybu (obr. 2.11), jinak by mohlo dojít k deformaci otvorů. Není-li možné tuto podmínku dodržet, je otvor zhotoven až po operaci ohýbání.

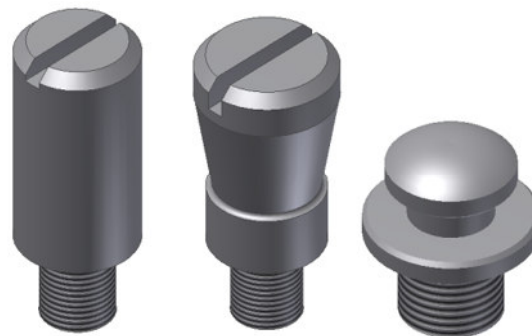


Obr. 2.11 Minimální vzdálenost okraje a otvorů od středu poloměru ohybu [3]

2.5 Nástroje [7], [10], [15], [22]

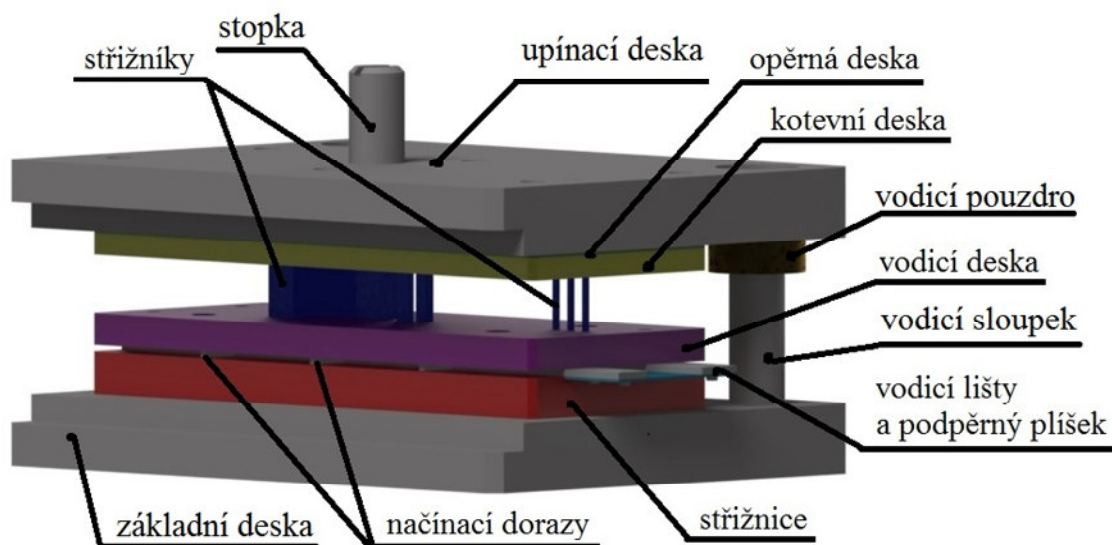
Správná konstrukce nástroje má zásadní vliv na kvalitu vyráběné součásti, proto se především vychází z normalizovaných dílů. Nástroje pro stříhání – stříhadla a nástroje pro ohýbání – ohýbadla se skládají z několika společných komponent, proto je lze sloučit do jednotného sdruženého nástroje. Mezi společné části patří upínací a základní deska, vodící sloupek a pouzdro, prvky zajišťující správnou polohu materiálu a stopka.

Konstrukce stopky (obr. 2.12) vychází z normy ČSN 22 6264. Vyrábí se z materiálu 11 600 a její velikost je závislá na parametrech stroje. Slouží k upnutí a zároveň proti pootočení hybné části nástroje. Stopku lze upevnit do upínací desky závitem či nalisováním, druhá část stopky je upnuta do beranu lisu. Stopka se vždy umísťuje do těžiště, aby došlo k rovnoměrnému rozložení sil. Pokud se nachází v těžišti, je ušetřena možná ohybu a je pouze stlačována.



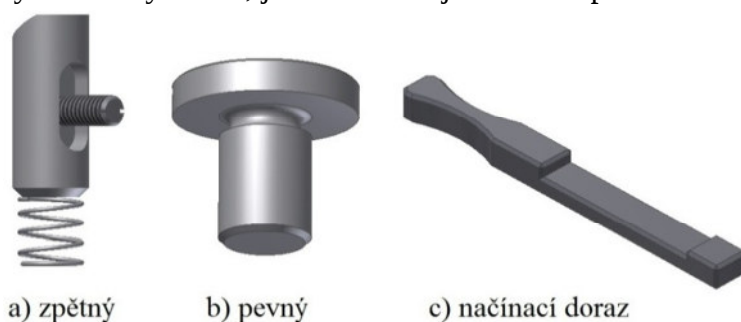
Obr.2.12 Upínací stopky se závitem[21]

2.5.1 Stříhadla [7], [10], [15], [22]



Obr. 2.93 Schéma postupového stříhadla [22]

Základní částí stříhadla (obr. 2.13) je vodící stojánek, skládající se z upínací a základní desky, vodícího sloupku a pouzdra, zvyšuje přesnost vyráběné součásti. Základní deska slouží jako rovina ukotvující střížnici a ohybníci, nachází se v ní otvory pro odvádění ustřiženého materiálu. Její rozměry se odvíjí od velikosti stroje a střížnice. Základní deska se vyrábí z materiálu 11 500 o tloušťce 25 ÷ 60 mm. Do upínací desky se s horní části připevní stopka a ze spodní se ustaví hlavní části nástroje střížník a ohybník. Vyrábí se z materiálu 11 500 o tloušťce 23 ÷ 50 mm. Obě desky jsou propojeny nalisovaným vedením nástroje. Vedení se skládá z vodících sloupků vyráběných z materiálu 12 020, které jsou dva nebo pro větší nástroje čtyři. Na sloupku je nasazeno pouzdro, které umožňuje pohyb upínací desky. Vodící pouzdra se vyrábí kluzná či valivá, na čemž závisí i jejich materiál. Kluzná pouzdra mají velkou vodící plochu, u které je nutné zaručit dostatečné mazání. Valivá pouzdra se využívají u rychloběžných lisů, jelikož zaručují lehkost a přesnost chodu bez oteplení a opotřebení.



Obr. 2.104 Zpětný, pevný a načínací doraz [22]

Počet dorazů se odvíjí od počtu kroků tvářecích operací. Nejjednodušším typem jsou dorazy pevné, které jsou zalisovány ve střížnici. Mají tvar hladkého nebo osazeného kolíku. Využívají se v malosériové výrobě při ručním podávání pásů. Dalším typem jsou zpětné dorazy, které je nutné přejet pásem plechu a zpětným pohybem pás dorazit. Využívají se zejména u tlustých plechů, kde díky odpružení či výkyvu nedojde k jejich ulomení. Pokud je součást vyráběna tzv. otáčením pásu, je vhodné využít načínací dorazy. Další možností jsou dorazy odstříhovací, automatické a výškové. U víceoperačních nástrojů je výhodné použít hledáčky (obr. 2.15), které hlídají rozměrové

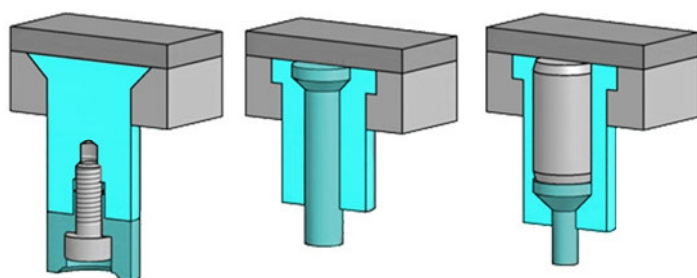
Při stříhání a ohýbání je velmi důležité správné ustavení tvářeného materiálu. K těmto účelům slouží hledáčky a různé druhy dorazů. Dorazy (obr. 2.14) určují správný posuv a polohu pásu v jednotlivých krocích zejména v postupovém nástroji.



Obr. 2.11 Hledáček [22]

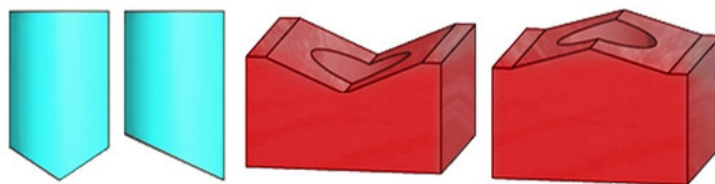
vazby jednotlivých operací a tím zaručují přesnost výlisku. U přímého středění hledáček zapadne do otvoru, který je vyděrován v předchozí operaci. Hledáček ustaví pás, ještě než dosedne střížník a během lisování si polohu hlídá. Přímé středění hledáčku se využívá u dostatečně velkých otvorů, u kterých nemůže dojít k poškození povrchu či ulomení samotného hledáčku. Nepřímo středěné hledáčky se používají, pokud výlisek nemá otvory nebo pokud jsou otvory malé a blízko sebe. U tohoto principu se totiž otvor vyděruje v odpadové části. Průběh ustavení pásu je stejný jako u přímého středění.

Hlavní střížnou částí jsou střížníky a střížnice. Stříhaný materiál je položen na vodící lišty a manuálně či automaticky posunován o velikost kroku do stříhadla. Správnou polohu pásu zajišťují dorazy a hledáčky. Všechny střížníky zajíždí současně do stříhaného materiálu a vytváří požadované tvary. Vodicí deska zaručuje správné vedení střížníků, které jsou ustaveny v kotevní desce. Velikost stříhadla je dána šířkou pásu a počtem kroků, na které je možné součást vyrobit.



Obr. 2.13 Provedení střížníků větších rozměrů [22]

Střížník je nůž, nejčastěji z nástrojové oceli, který tvoří uzavřený obvod požadovaného tvaru. Nejlépe se vyrábějí střížníky kruhové, jelikož napojení na rovnou plochu je složité a nákladné. U střížníků větších rozměrů lze z finančních důvodů funkční část vyrábět z nástrojové oceli 19 312, 19 191, 19 436 nebo slinutých karbidů G3, G4, G5 a nosnou část z konstrukční oceli 11 500, 11 600, 11 700 (obr. 2.16), přičemž obě části jsou napojeny pomocí šroubu, čepu nebo založením. Vodicí deska udává správnou polohu střížníků při jejich pronikání do tvářeného materiálu. Někdy je potřebné snížit střížnou sílu, např. aby mohl být použit lis o nižší síle. To se provádí úpravou střížníku při děrování a protilehlé střížnice při vystříhovávání (obr. 2.17). Na střížnici se při děrování provádí oboustranné zkosení, kde úhel sklonu je dle tloušťky materiálu $5 \div 8^\circ$. Jednostranné zkosení se provádí pouze při nastříhovávání materiálu. Střížníky se ustavují do kotevní desky kolmo na stříhaný materiál, tak aby se samovolně nevytáhly. Na konci střížníku se provádí roznýtování, výroba válcové či kuželové hlavy nebo zalití horní části do pryskyřice. U kruhových tvarů se dále střížník zajišťuje proti pootočení pery, kolíky, šrouby aj.



Obr. 2.12 Zkosení střížníků a střížnic [22]

Vzhledem k vnitřnímu vybrání a své délce je střížník namáhán na vzpěr. Do určité délky střížníku nedochází ke ztrátě vzpěrné stability. Je tedy nutné vypočítat pomocí kritické síly maximální délku střížníku, ze vztahu:

$$l = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J}{F_{kr}}} \quad [\text{mm}] \quad (2.17)$$

kde: l ...délka kontrolované součásti [mm],

J ...kvadratický moment [mm⁴],

F_{kr} ... kritická síla [N].

$$F_{kr} = \frac{\gamma^2 \cdot E \cdot J}{l^2} \text{ [N]} \quad (2.18)$$

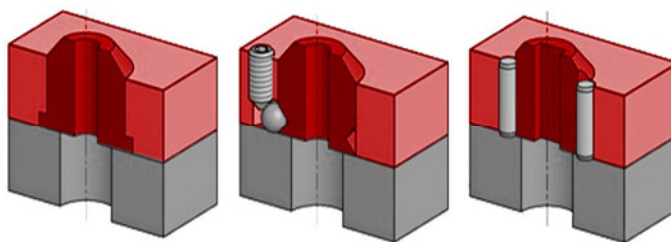
kde: γ ... uložení prutu [-]; $\gamma = \sqrt{2\pi}$.

Střížnice je 18 ÷ 30 mm silná deska z nástrojové oceli 19 191, 19 312, 19 436 nebo ze slinutých karbidů G3, G4 a G5, jejíž šířka se odvíjí od šířky polotovaru a délka od počtu kroků nutných k výrobě součásti. Na střížnici jsou vyrobeny funkční otvory pro ostřížení součásti. Otvory jsou broušeny, čímž získávají vysokou kvalitu a přesnost. Z broušené hrany musí být odstraněny případné otřepy, jinak by byla snížena kvalita střížné plochy. Pro dobré propadávání výstřižků je vhodné střížnici pod střížnou plochou rozšířit (obr. 2.18). Rozšíření se nesmí provádět u sloučeného nástroje, který provádí několik operací na jeden krok, neboť by mohlo dojít k poškození střížnice vlivem velkého tlaku mezi součástí a střížnicí. Pro snížení střížné síly se při vystřihování provádí již zmíněná úprava střížnice zkosením, které je dle tloušťky materiálu 5 ÷ 8 °.



Obr. 2.14 Rozšíření střížnic [22]

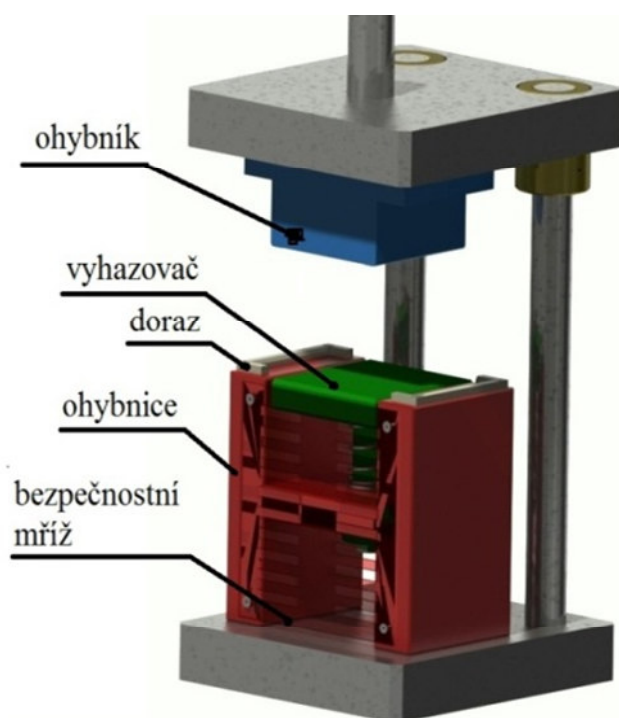
Z konstrukčního hlediska lze střížnice rozdělit na celistvé, skládané a vložkované. Celistvé střížnice jsou vyrobeny z jednoho kusu a používají se ke stříhání jednoduchých a menších tvarů. Skládané se kompletují z více menších dílů, u kterých je jednodušší výroba otvorů a jsou využívány pro opracování složitých a velkých tvarů. Stejně jako skládané jsou střížnice vložkované, které mají navíc upevněné vložky, ty chrání střížnici před opotřebením, a tím zvyšují její životnost. Vložky jsou jednoduché na výrobu a při jejich použití dochází k úspoře nástrojové oceli. Jsou využívány v sériové a hromadné výrobě. Aby bylo možné vložku obrousit, vyčnívá 3 ÷ 5 mm nad objímku. Pro zajištění polohy v objímce (bez vysunutí či pootočení) se vložka upevňuje buď zalisováním, nebo šrouby (obr. 2.19). Šroubované vložky jsou dle potřeby snadno vyměnitelné. Pro zajištění kolmosti stříhané plochy k základní rovině je zapotřebí střížnici dostatečně připevnit zalisováním nebo šrouby a kolíky k základní desce.



Obr. 2.19 Upevnění vložek do střížnic [22]

2.5.2 Nástroj pro ohýbání [7], [15], [21]

Hlavní ohybovou částí (obr. 2.20) je ohybník a ohybnice, které jsou konstruovány převážně do tvaru „U“ nebo „V“. Aby byl výstřižek před ohýbáním správně založen, využívá se dorazů, které jsou přichyceny přímo v ohybnici. Po dokončení ohybu se může stát, že se výlisek zasekne v ohybnici, proto bývají ohýbadla vybavena vyhazovačem. Vyhazovač se silou ohybníku tlačí na pružině. Při zpětném pohybu ohybníku se pružina vrátí do původní polohy a svým tlakem vyprostí výlisek z ohybnice ven. Pro zvýšení odolnosti funkčních částí nástroje se používají výměnné vložky z kalené nástrojové oceli nebo slinutých karbidů.



Obr. 2.20 Princip ohýbání do tvaru „U“ [21]

silnějších než 4 mm se k rádiu přidává zkosení. Úpravou konstrukce ohybnice lze zamezit odpružení. Korekce se provádí jejím odlehčením. Mezi pohyblivou a pevnou částí je předepsána vůle. U barevných kovů je vůle $1,0 \div 1,1$ tloušťky materiálu a u ocelí je $1,05 \div 1,15$ tloušťky materiálu. Se zvětšující se vůlí roste potřebná ohybová síla. Pokud je vůle příliš malá, může dojít ke ztenčení ohýbaného okraje.

2.6 Stroje [11], [16]

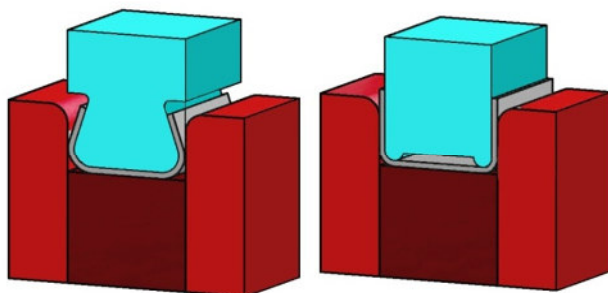
Volba vhodného tvářecího stroje závisí na počtu vyráběných kusů, rozměrech součástí a potřebné tvářecí síle. V praxi se výběr stroje řídí také strojní vybaveností podniku, což má rozhodující vliv na náklady výroby.

Na stůl stroje je připevněna nepohyblivá část nástroje a pohyblivá je upnuta do beranu stroje. Beran vykonává přímočarý vratný pohyb mezi horní a dolní úvratí. Tvářecí síla je vyvolána rychlostí beranu při pohybu směrem dolů z horní úvratě. Po vykonání práce stroj ztrácí rychlost a tvářecí proces je ukončen. Mezi nejčastěji využívané stroje patří mechanické a hydraulické lisy.

Podle převodového systému sloužícímu k přenosu energie se mechanické lisy (obr. 2.22 a) rozdělují na výstředníkové, klikové, šroubové, kolenové aj. Mezi lisy pro plošné tváření patří běžné výstředníkové, ohýbací a ohraňovací lisy, tabulové nůžky a speciální postupové automaty. Mechanické lisy dosahují maximální tvářecí síly v blízkosti dolní úvratě, což může mít za následek přetížení stroje. Z tohoto důvodu je lis při tváření zatěžován do jmenovité síly lisu. Hnací členem převodového systému mechanických lisů je klika nebo výstředník a výstupním členem je beran. Pracovní cyklus je dán jednou otáčkou klikové či výstředníkové hřídele.

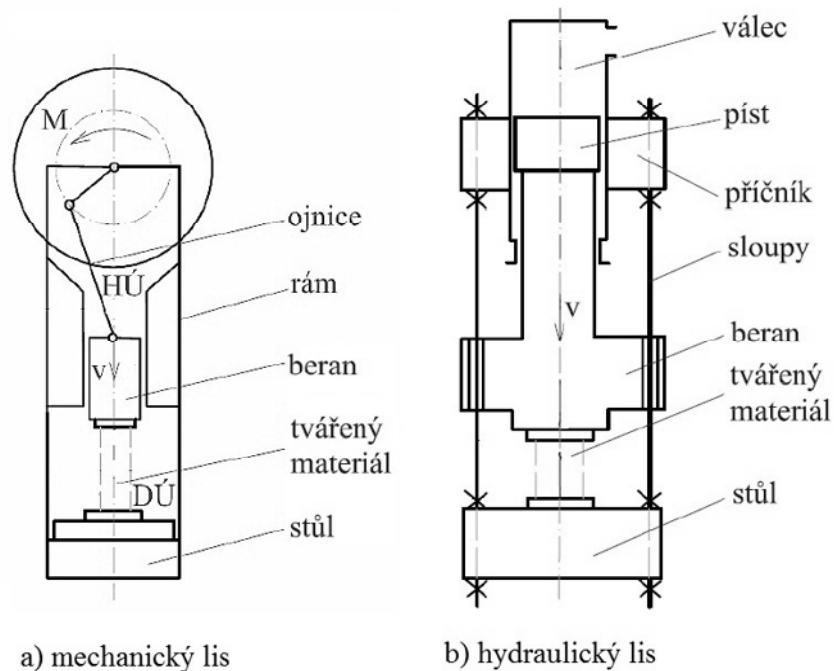
Ohybník je pohyblivá část ohýbadla z nástrojové oceli 19 191, 19 312, 19 436, 19 437 nebo slinutých karbidů. Jak již bylo zmíněno, ohyb je doprovázen odpružením. Jednou z možností zabránění odpružení je konstrukční úprava ohybníku. Mezi způsoby korekce (obr. 2.21) patří ohybník s kalibračním úhlem, zpevnění materiálu v rozích ohybníku, zkosení nebo zaoblení ohybníku a přidržovače. Další problém nastává u nesymetrických ohybů, kde dochází k posunutí materiálu k jedné straně a tím se vytváří nepřesný ohyb. Posunutí lze zabránit zdrsněním povrchu ohybníku či přidržovače, nebo nalisováním kalených špiček na tyto části.

Ohybnice je pevná, spodní část ohýbadla z nástrojové oceli 19 191, 19 312, 19 436, 19 437 nebo slinutých karbidů. Aby byl zaručen kvalitní povrch výlisku a snížena velikost ohýbací síly, je funkční hrana ohybnice zaoblena. U plechů



Obr.2.21 Konstrukční úprava ohybníků [7]

Hydraulické lisy (obr. 2.22 b) působí ve všech směrech rovnoměrným tlakem, proto jsou využívány na kování, tažení, vytlačování, protlačování a jiné objemové tvářecí operace. Nejsou vhodné pro stříhání na postupovém stříhadle. Oproti mechanickým lisům mají regulovatelnou rychlost beranu, což umožňuje vyvinout větší lisovací sílu. Nevýhodou je složitější konstrukce pohonu, menší počet zdvihů, menší účinnost a vyšší pořizovací náklady.

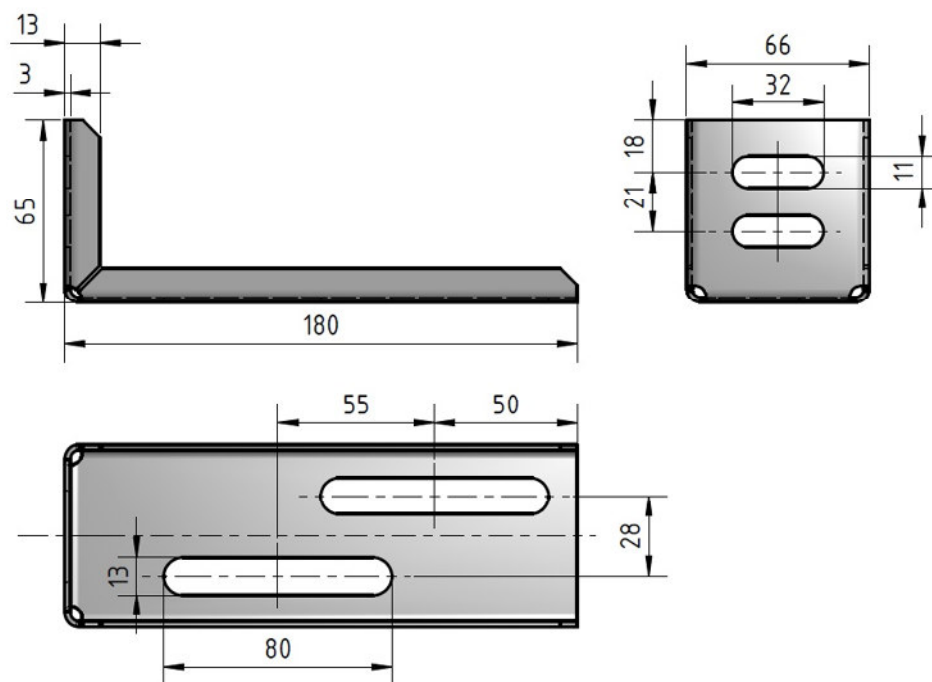


Obr. 2.22 Schéma mechanického a hydraulického lisu [16]

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY KONZOLY [9], [13], [20]

Dílec bude vyráběn ve sruženém nástroji, kde se skloubí technologie stříhání a ohýbání na jeden nástroj. Velikost série je 30 000 ks/rok a je předepsána tolerance dílu IT9. Konzola bude vyráběna z konstrukční, nelegované oceli 11 375. Zvolený materiál musí být svařitelný, jelikož se na lemu součásti nachází svar. Je vybíráno z plechů ve formě tabule dle ČSN 42 5310, a to z P3-1500x3000, P3-1250x2500 a P3-1000x2000, nebo ze svitku o šířce $7 \div 500$ mm. Plechy jsou dostupné v prodejně s hutním materiálem Kondor.

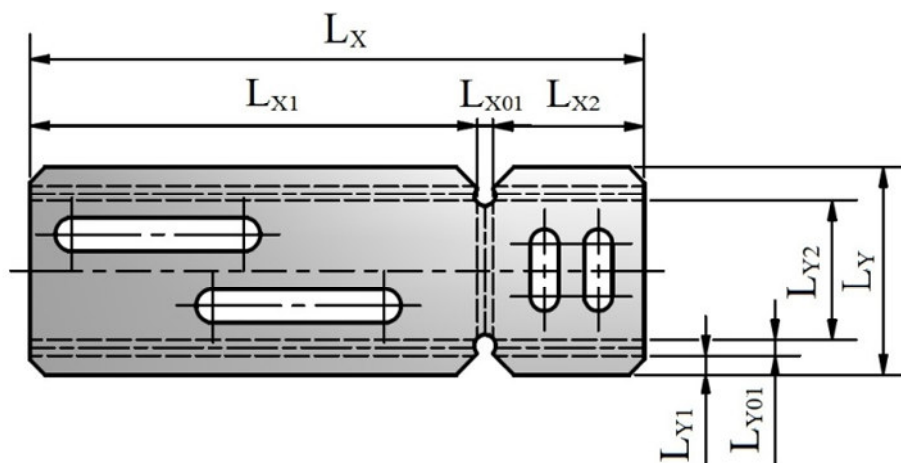
Součást (obr. 3.1) splňuje všechna kritéria technologičnosti, zvolený materiál lze tedy stříhat a ohýbat na sruženém nástroji. Pro dosažení předepsané tolerance IT9 bude využit stojánek, který zaručí správné vedení pohyblivých částí nástroje do pevných.



Obr. 3.1 Vyráběná součást

Délka rozvinuté součásti (obr. 3.2) je rovna součtu ramen ohybu a délek neutrálních os dle vzorce:

$$L_C = \sum_{i=1}^n L_i + \sum_{i=1}^n L_{0i}$$



Obr. 3.2 Určení délky rozvinuté součásti

Pro určení rozvinuté délky součásti je nutné znát poloměr neutrální osy ze vzorce (2.3). Součinitel neutrální osy je stanoven z tabulky 3, a to $x = 0,35$.

$$\rho = R_1 + x \cdot t = 3 + 0,35 \cdot 3 = 4,05 \text{ mm}$$

Délka oblouku ohybu v ose x je stanovena ze vztahu (2.2) a je rovna délce v ose y.

$$L_{x01} = L_{y01} = \frac{\pi \cdot \rho \cdot \alpha}{180} = \frac{\pi \cdot 4,05 \cdot 90}{180} = 6,36 \text{ mm}$$

Délka rozvinuté součásti v ose x a y.

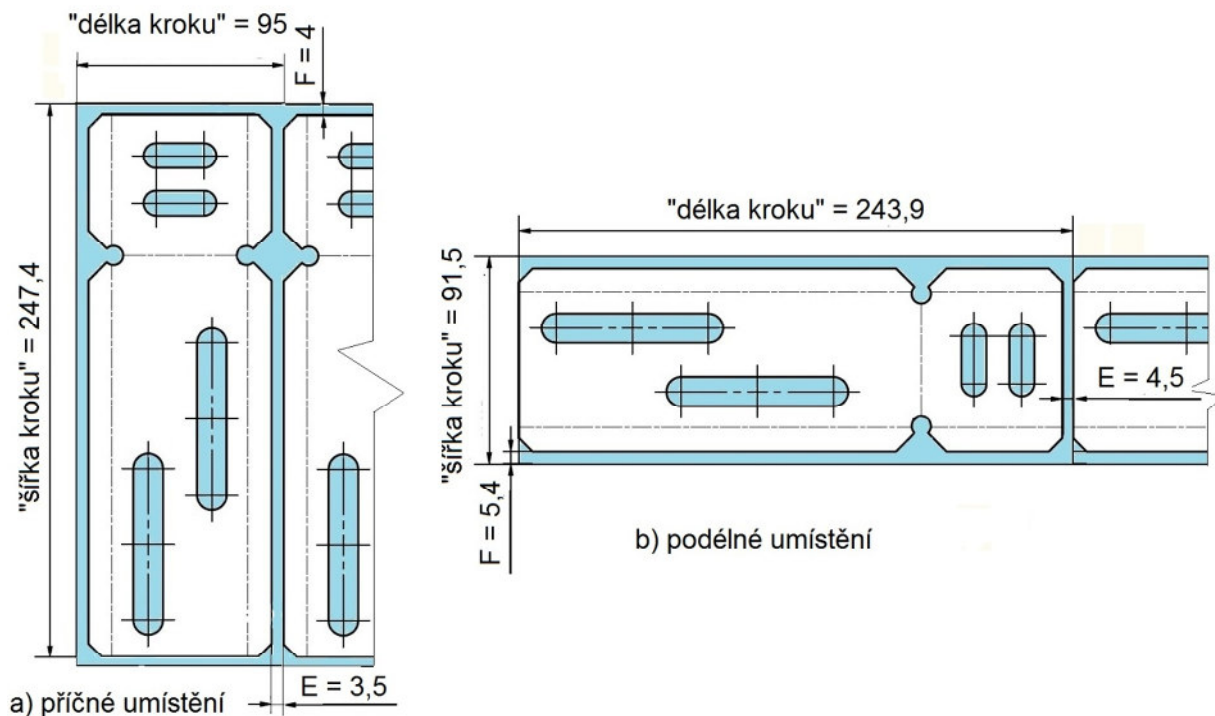
$$L_{XC} = L_{X1} + L_{X2} + L_{X01} = 174 + 59 + 6,36 = 239,36 = 239,4 \text{ mm}$$

$$L_{YC} = 2 \cdot L_{Y1} + L_{Y2} + 2 \cdot L_{Y01} = 2 \cdot 7 + 54 + 2 \cdot 6,36 = 80,72 = 80,7 \text{ mm}$$

Rozvinutý tvar součásti byl, vzhledem k použité technologii výroby, zaokrouhlen na jedno desetinné místo a má rozměry 239,4 x 80,7 mm. S těmito hodnotami je dále pracováno při určení nástřihového plánu.

3.1 Nástřihový plán [10], [21]

Tvar součásti umožňuje podélné či příčné umístění rozvinutého tvaru na pásu či svitku. Výhodou příčného umístění součásti na polotovaru (obr. 3.3 a) je širší, ale kratší pás, což umožní vyhotovení více kusů z jednoho pásu a zkrátí celkovou délku nástroje. Ovšem u stříhání ve sdruženém nástroji je výhodné využít můstku mezi jednotlivými kroky. Tento můstek zaručí posunutí a částečně ustavení součásti zejména mezi operacemi stříhu a ohybu. Ostřížení můstku před procesy ohýbání, které by bylo nutné provést u podélného umístění, by znamenalo složité ustavení kusu v pracovním prostoru. Vzhledem k zešíkmení hran a trojúhelníkovému otvoru podél dílce, je nejvýhodnější rozvinutý tvar součásti umístit na pás či svitek podélně (obr. 3.3 b). Další výhodou tohoto umístění je kolmost nejvíce namáhaného ohybu na směr vláken v materiálu. Lemy, které slouží ke zpevnění součásti, budou mít směr osy ohybu shodný se směrem vláken.



Obr. 3.3 Umístění součásti na plechu

Pro výrobu konzoly je vybíráno z již zmíněných plechů, ve formě tabule z P3- 500x3000, P3-1250x2500 a P3-1000x2000, nebo ve formě svitku o šířce 92 mm, na které je součást umístěna podélně. Pro tyto hutní materiály je spočteno využití, přičemž z důvodu kolmosti nejvíce namáhaného ohybu na směr vláken, je uvažováno pouze podélné dělení plechů.

- o Počet pásů z tabule:

$$P_{pi} = \frac{\dot{s}_t}{\dot{s}_k} = \frac{1\,500}{91,5} = 16,39 = 16$$

Lze využít pouze celé pásy, z tohoto důvodu je zaokrouhleno na 16 pásů z tabule.

- o Počet výstřížků na 1 pásu:

$$P_{vi} = \frac{d_p}{d_k} = \frac{3\,000}{243,9} = 12,20 = 12$$

Jelikož je zapotřebí mít součást kompletně dohotovenou, je počet výstřížků zaokrouhlen na celé číslo.

- o Celkový počet výstřížků z tabule:

$$P_{ci} = P_{pi} \cdot P_{vi} = 16 \cdot 12 = 192$$

- o Využití plechu:

$$V_p = \frac{P_{ci} \cdot S_v}{S_p} \cdot 100 = \frac{192 \cdot 19\,319,58}{4\,500\,000} \cdot 100 = 82 \%$$

Tab. 4 Využití tabulí plechu při dělení pásů ve směru vláken materiálu

tabule [mm]	počet pásů [-]	výstřížků z pásu [-]	výstřížků z tabule [-]	využití [%]
1 500 x 3 000	16	12	192	82
1 250 x 2 500	13	10	130	80
1 000 x 2 000	10	8	80	77

Výpočty pro jednotlivé tabule jsou uvedeny v tabulce 4, přičemž tabule s největším využitím 82 % má rozměry 1 500 x 3 000. Další možností je použití svitku o tloušťce 3 mm, šířce 91,5 mm, vnějším průměru je konstantní $D_{sv} = 1\,200$ mm a vnitřní průměr je proměnný $d_{sv} = 250 \div 500$ mm.

- o Délka svitku:

$$L_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_{sv}^2 - d_{sv}^2)}{4 \cdot t} = \frac{\pi \cdot (1\,200^2 - 250^2)}{4 \cdot 3} = 360\,628,65 \text{ mm}$$

- o Počet výstřížků z jednoho svitku:

$$P_{sv} = \frac{L_{sv}}{d_k} = \frac{360\,628,65}{243,9} = 1\,478,59 = 1\,478$$

Počet výstřížků ze svitku je 1 478. Číslo je zaokrouhleno ze stejného důvodu jako u použití pásu.

- o Využití svitku:

$$V_{sv} = \frac{P_{sv} \cdot S_v}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{1\,478 \cdot 19\,319,58}{32\,997\,521,48} \cdot 100 = 86 \%$$

- o Počet potřebných svitků pro výrobu celé série:

$$X_{sv} = \frac{N}{P_{sv}} = \frac{30\,000}{1\,478} = 20,30 = 20$$

Pro splnění výrobní série je zapotřebí 20 svitků.

- o Využití celkového počtu svitků pro výrobu celé série:

$$V_{csv} = \frac{N \cdot S_v}{S_{sv} \cdot X_{sv}} \cdot 100 = \frac{30\,000 \cdot 19\,319,58}{32\,997\,521,48 \cdot 20} \cdot 100 = 87 \%$$

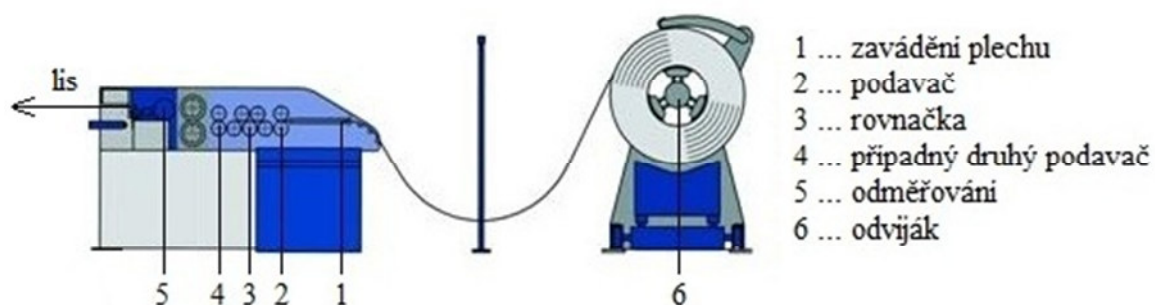
Pro splnění výrobní série je zapotřebí 20 svitků.

Tab. 5 Využití svitků

Vnitřní průměr [mm]	250	350	400	450	500
Vnější průměr [mm]	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
Délka [m]	360,63	344,92	335,10	323,98	31,54
Počet výstřížků [-]	1 478	1 414	1 373	1 328	1 277
Plocha [m ²]	34,00	31,56	30,66	29,64	28,51
Využití [%]	86	86	86	86	86
Svitků na sérii [-]	20	21	21	22	23
Využití všech svitků [%]	87	86	88	87	86

Výpočty pro jednotlivé svitky jsou uvedeny v tabulce 5, přičemž svitek o vnitřním průměru 400 mm a celkové délce 335 m má největší využitelnost 88 %. Má také využitelnost větší než pásy plechu, a proto je zvolen jako výchozí hutní materiál. Výhodou svitku je menší počet zakládání plechů do stroje, což vede k ušetření času.

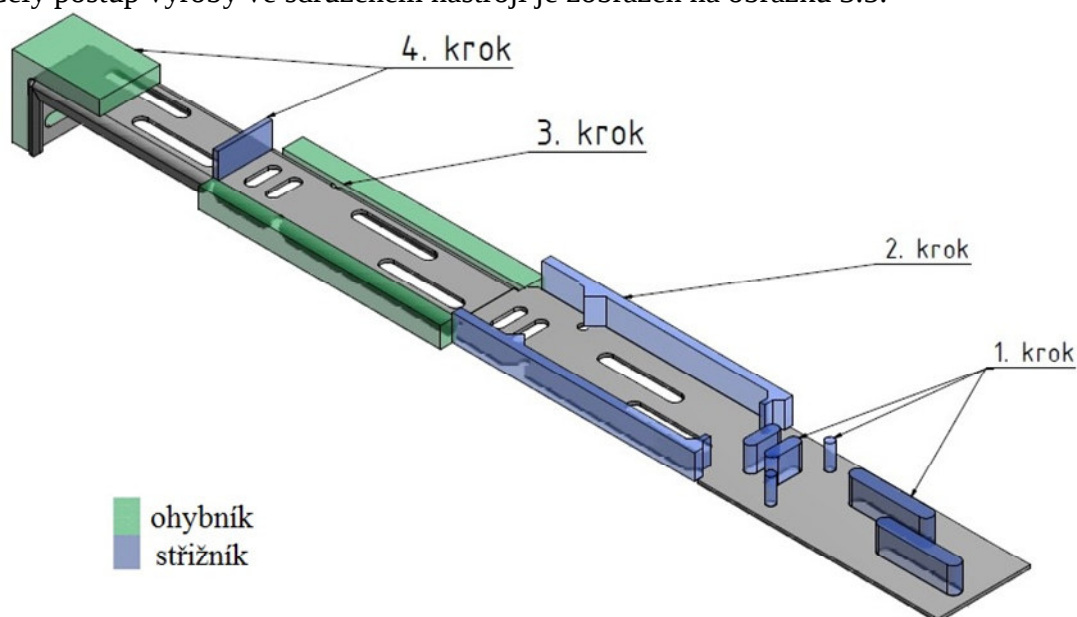
Svitky je nutné zavádět do lisu odvíjecím zařízením. Dále je důležité narovnat svinutý plech pomocí rovnačky, která zásobuje lis potřebným množstvím materiálu. Lis a pomocná zařízení (obr. 3.4) dohromady tvoří výrobní linku.



Obr. 3.4 Pomocná zařízení [8]

3.2 Postup výroby

Celý postup výroby ve sruženém nástroji je zobrazen na obrázku 3.5.



Obr. 3.5 Postup výroby ve sruženém nástroji

Plech je do nástroje zaveden pomocí lišt a posun je zprostředkován přidavným zařízením. V první operaci jsou vyděrovány veškeré otvory. Tyto otvory lze vyděrovat na jeden stříh, jelikož jejich rozměry se od sebe příliš neliší. V následujícím kroku je provedeno ostřížení podélných okrajů součásti tvarovými střížníky a vytvoření můstku, který propojuje dílce. V třetím kroku je součást olemována. Pomocí oboustranných lemů je součást vedena drážkou do poslední operace, kde je provedeno dokončení požadovaného tvaru ohybem a ostřížením můstku. V průběhu ohýbání je materiálu zabráněn nepatřičný pohyb přidržovačem. Zasouváním svitku je výrobek odsunut z pracovní plochy a vlastní tíhou sjíždí po nakloněné rovině na požadované místo.

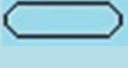
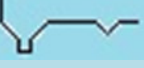
3.3 Výpočty pro stříhání [7], [10], [21]

Střížná síla (3.1) je spočtena pro nejmenší střížník Ø8,4, který je dále zkontrolován na vzpěr. Ostatní výpočty jsou provedeny analogicky a jsou zobrazeny v tabulce 6.

o Střížná síla:

$$F_s = n \cdot \tau_s \cdot S = 1,35 \cdot 0,8 \cdot 435 \cdot 3 \cdot \pi \cdot 8,4 = 37\,193,19 \text{ N} = 37,19 \text{ kN}$$

Tab. 6 Střížná síla jednotlivých střížníků

Tvar stříhané plochy						
S [mm ²]	524,52	79,17	229,67	862,44	268,20	Celková střížná síla
F _{si} [kN]	246,42	37,19	107,90	405,17	126,00	F _{sc} = ΣF _{si} · počet
počet [-]	2	2	2	2	1	1 719,36 kN

o Kontrola na vzpěr (2.2) je spočtena pomocí kvadratického momentu dle vztahu:

$$J = \frac{\pi \cdot d_{s2}^4}{64} = \frac{\pi \cdot 8,4^4}{64} = 244,39 \text{ mm}^4 \quad (3.1)$$

kde: d_s ... průměr daného střížníku [mm].

$$l = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot E \cdot J}{F_{s2}}} = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 244,39}{37\,193,19}} = 188,36 \text{ mm}$$

Kritická délka nejmenšího střížníku, po jejímž překročení dojde k deformaci střížníku je 188 mm. Během střížného procesu může také, vlivem tlaku, dojít k deformaci střížnice.

o Nejmenší výška střížnice se vypočítá ze vztahu:

$$h_s = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_{sc}} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 1\,715\,146} = 55,56 \text{ mm} \quad (3.2)$$

kde: h_s ... nejmenší výška střížnice [mm].

Střížnice může mít tedy nejmenší výšku 56 mm.

o Výpočet střížné práce (3.3):

$$A_s = \frac{k \cdot F_{cs} \cdot t}{1000} = \frac{0,55 \cdot 1\,702\,461 \cdot 3}{1000} = 2\,809 \text{ J}$$

Střížník musí mít rozměr menší, než je otvor ve střížnici. Rozdíl těchto velikostí je nazýván střížná vůle (2.1). Střední hodnota dosažení jakosti povrchu je c = 0,005 ÷ 0,035, přičemž 0,005 je hodnota pro velmi přesné výstřižky. Na konzole je předepsána tolerance IT9, proto je zvolena hodnota 0,02.

o Velikost střížné vůle:

$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot t \cdot \sqrt{\tau_s} = 2 \cdot 0,32 \cdot 0,02 \cdot 3 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 435} = 0,72$$

Na výkrese jsou veškeré rozměry netolerovány a jejich přesnost je stanovena z normy ČSN ISO 2768-1. Rozměry a výrobní tolerance funkčních částí nástroje pro děrování jsou stanoveny podle normy ČSN 22 6015 a jsou znázorněny v tabulce 7.

Tabulka 7 Výrobní tolerance funkčních částí

Rozmezí rozměrů [mm]	Tolerance [mm]	Výrobní tolerance střížníku [mm]	Výrobní tolerance střížnice [mm]
3 ÷ 6	± 0,1	+ 0,082	+ 0,868
		+ 0,045	+ 0,805
6 ÷ 30	± 0,2	+ 0,165	+ 1,025
		+ 0,075	+ 0,885
30 ÷ 120	± 0,3	+ 0,250	+ 1,160
		+ 0,130	+ 0,970

3.4 Výpočty pro ohýbání [6], [7]

- o Působící síly pro ohyb do tvaru „U“ a „V“ a počítají se ze vztahů (3.4) a (3.5):

$$F_{OU} = (1 + 7 \cdot f) \cdot \frac{b \cdot t^2 \cdot Re}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{239,4 \cdot 3^2 \cdot 235}{3 + 3} \cong 172\,996,43 \text{ N} = 173,00 \text{ kN}$$

$$F_{OV} = \frac{b \cdot t^2 \cdot Re}{2 \cdot R} \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{54 \cdot 3^2 \cdot 235}{2 \cdot 3} \cdot \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{2} = 19\,035 \text{ N} = 19,04 \text{ kN}$$

- o Z těchto hodnot lze určit celkovou ohybovou sílu dle vztahu:

$$F_{co} = F_{OU} + F_{OV} = 172\,996,43 + 19\,035,00 = 192\,031,43 \text{ N} \cong 192,03 \text{ kN}$$

- o Průběh ohybové práce vyjadřují vzorce (3.6) a (3.7):

$$A_{OU} = \frac{2}{3} \cdot F_{OU} \cdot \frac{Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot 172\,996,43 \cdot \frac{13}{1000} = 1\,499,30 \text{ J}$$

$$A_{OV} = \frac{1}{3} \cdot F_{OV} \cdot \frac{Z}{1000} = \frac{1}{3} \cdot 19\,035,00 \cdot \frac{65}{1000} = 412,43 \text{ J}$$

- o Z těchto hodnot lze určit celkovou ohybovou práci dle vztahu:

$$A_o = A_{OU} + A_{OV} = 1\,499,30 + 412,43 = 1\,911,73 \text{ J}$$

- o Minimální a maximální poloměr ohybu je spočten ze vztahu (2.4) a (2.5):

Koeficient zohledňující materiál pro ocel $c_o = 0,5 \div 0,6$.

$$R_{\min} = c_o \cdot t = 0,55 \cdot 3 = 1,65 \text{ mm}$$

$$R_{\max} = \frac{E \cdot t}{2 \cdot Re} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 3}{2 \cdot 235} \cong 1\,276,60 \text{ mm}$$

- o Odpružení pro ohyb do tvaru „U“ a do tvaru „V“ (2.6) a (2.7):

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(0,75 \cdot \frac{l_u}{x \cdot t} \cdot \frac{Re}{E} \right) = \operatorname{arctg} \left(0,75 \cdot \frac{9}{0,35 \cdot 3} \cdot \frac{235}{200\,000} \right) = 0,43^\circ$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \left(0,375 \cdot \frac{l_v}{x \cdot t} \cdot \frac{Re}{E} \right) = \operatorname{arctg} \left(0,375 \cdot \frac{37,28}{0,35 \cdot 3} \cdot \frac{235}{200\,000} \right) = 0,90^\circ$$

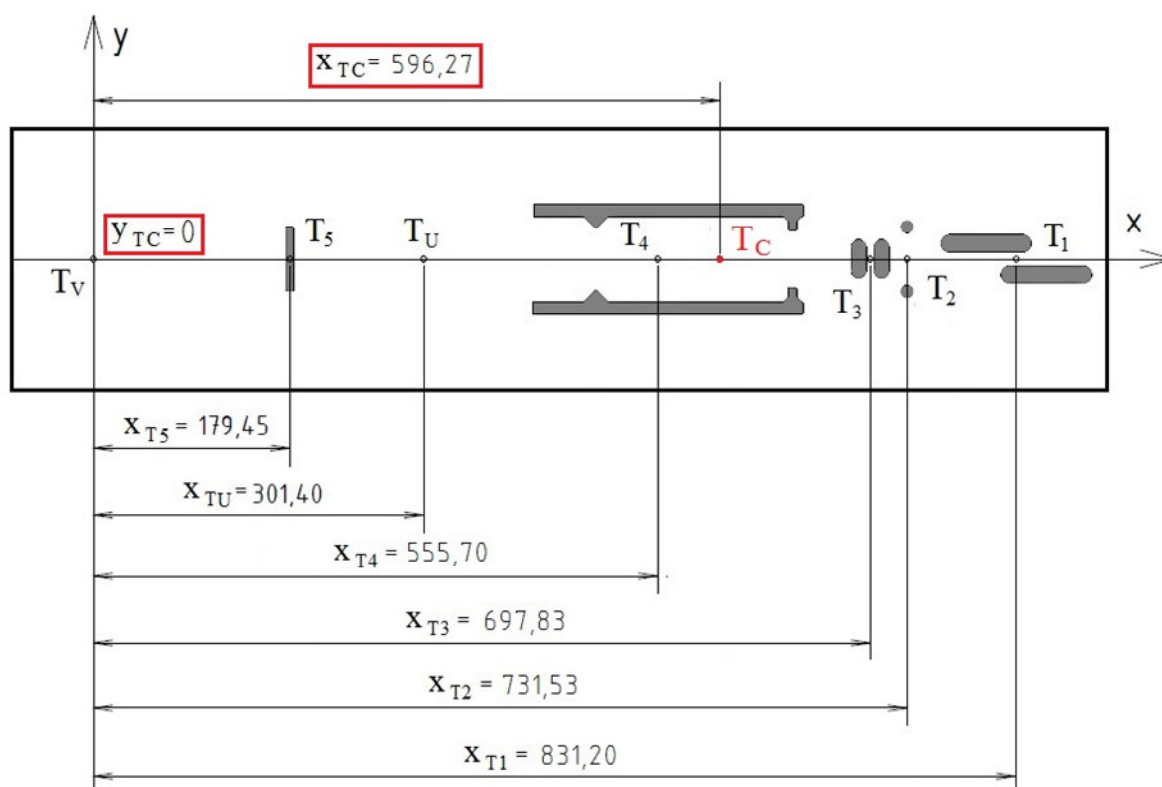
3.5 Výpočet těžiště nástroje [10], [21]

- o Velikost těžiště výsledné tvářecí síly v ose x a y (obr. 3.6) je spočtena dle vzorce (2.15). Pro výpočet je nutné znát celkovou tvářecí sílu:

$$F_c = F_{sc} + F_{co} = 1719,36 + 192,03 = 1911,39 \text{ kN}$$

$$x_{Tc} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{Ti} \cdot F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} = \frac{2 \cdot 831,20 \cdot 246,42 + 2 \cdot 731,53 \cdot 37,19 + 2 \cdot 697,83 \cdot 107,90}{1911,39} +$$

$$+ \frac{2 \cdot 555,70 \cdot 405,17 + 179,45 \cdot 126,00 + 301,40 \cdot 173,00 + 0 \cdot 19,04}{1911,39} = 596,27 \text{ mm}$$



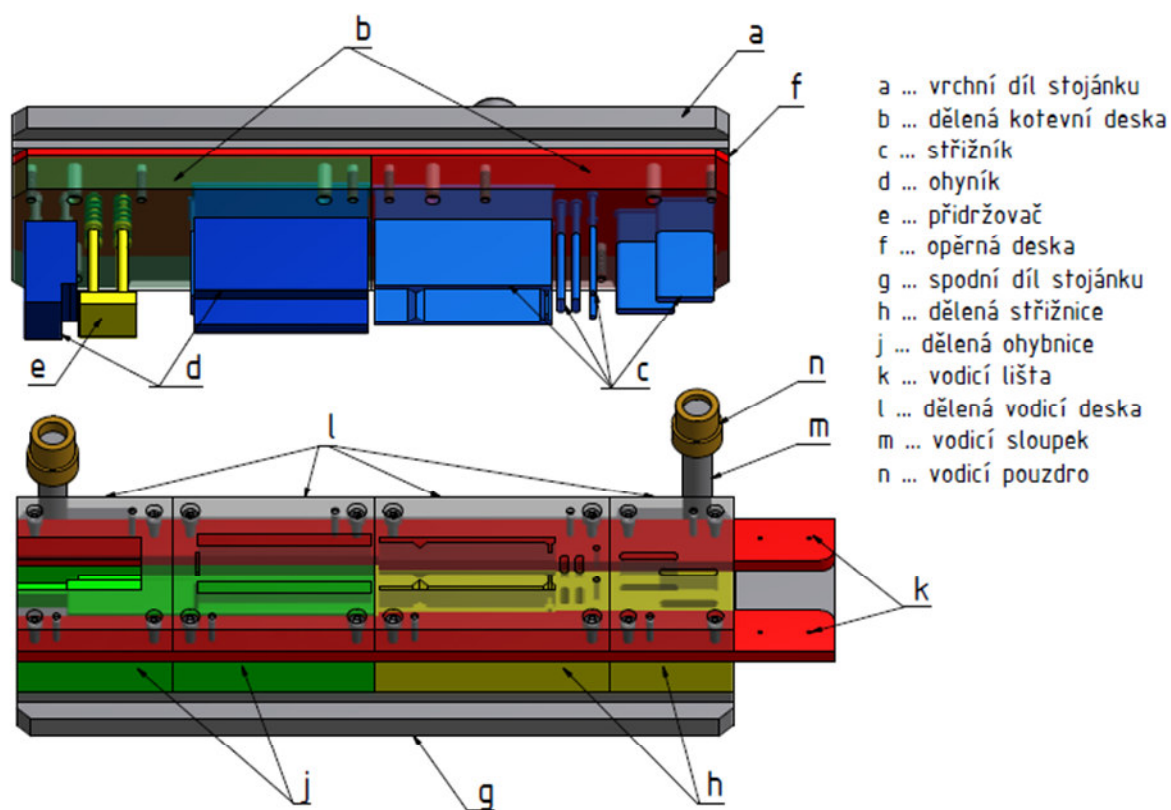
Obr. 3.4 Těžiště tvářecích sil

Poloha těžiště v ose x je dle obr. 3.4 ve vzdálenosti 596,27 mm od počátku. Počátek byl zvolen do místa těžiště ohybu „V“. Součást je podle osy x téměř symetrická, a proto je možné stanovit y – ovou složku nulovou i bez výpočtu. Tento bod je důležitý pro konstrukci nástroje, jelikož je do něho umístěna stopka, čímž je ušetřena možnému ohybu. Stopka louží k upnutí a zároveň proti pootočení hybné části nástroje.

3.6 Popis nástroje

Navržený nástroj (obr. 3.7) se skládá z pevné a pohyblivé části. Pohyblivá část je upevněna v beranu stroje pomocí stopky, umístěné v těžišti působících sil. Stopka je zašroubována ve vrchním dílu vodícího stojánu (a), ke kterému je připevněna dělená kotevní deska (b) a její poloha je zajištěna pomocí kolíků. V prvním dílu kotevní desky jsou vloženy střížníky (c) a v druhém ohybníky (d). Poloha střížníků a ohybníků do tvaru „U“ je zajištěna pomocí osazení. Kvůli zvýšení tuhosti upevnění je ohybník do tvaru „V“ přišroubován. V průběhu ohýbání je zabráněno nepatřičnému pohybu materiálu přidržovačem (e). Mezi kotevní deskou a vrchním dílem stojánu je kalená opěrná deska (f), která zabráňuje vtlačování funkčních částí nástroje do stojánu.

Na stůl lisu je upevněna spodní část stojánu (g), v které jsou otvory pro odvod odpadu. Se stojánkem je sešroubována lisovací skříň, jejíž poloha je zajištěna kolíky. Skříň obsahuje dělenou střížnici (h) a ohybnici (j). Výchozí materiál je během střížných operací veden pomocí dvou lišt (k), dále je vedení zprostředkováno vytvořeným lemem. Pro zvýšení přesnosti při stříhání, je použita dělená vodící deska (l). Pevná a pohyblivá část nástroje je propojena vodícími sloupky (m) s pouzdry (n).



Obr. 3.5 Sdružený nástroj

3.7 Volba stroje [11]

Volba vhodného tvářecího stroje závisí na potřebné tvářecí síle a práci. Lis je vybírán ze strojní vybavenosti firmy.

o Celková práce:

$$A_c = A_s + A_o = 2\,809 + 1\,912 = 4\,721 \text{ J}$$

Výsledná tvářecí síla $F_c = 1\,911 \text{ kN}$ a práce $A_c = 4\,721 \text{ J}$. Stroj tedy musí mít jmenovitou sílu a práci větší, než vypočtené hodnoty. Dle těchto kritérií byl jako vhodný vybrán výstředníkový lis LE 400 (obr. 3.6), jehož základní technické údaje jsou uvedeny v tab. 8.

Tabulka 8 Technické údaje lisu LE 400 [11]

Jmenovitá síla [kN]	4 000
Celková energie setrvačníku [J]	139 745
Počet zdvihů beranu [min^{-1}]	40
Počet využitelných zdvihů beranu [min^{-1}]	18
Sevření [mm]	470
Zdvih beranu [mm]	30 ÷ 160
Upínací plocha beranu [mm]	1 000 x 560
Přestavitelnost beranu [mm]	120
Upínací plocha stolu [mm]	1 250 x 825
Tloušťka upínací desky [mm]	140
Výkon elektromotoru [kW]	30



Obr. 3.6 Lis LE 400 [12]

4 Technicko ekonomické zhodnocení [18], [28]

Z technologického hlediska při výrobě součásti nenastal problém, proto nebylo nutné provádět konstrukční úpravy. Vzhledem k složitosti tvaru a zajištění posuvu materiálu během výrobních operací je zvoleno podélné umístění rozvinuté součásti. Pro takto navržený nástřihový plán je použit svitek ocelového plechu o rozměrech $t = 3 \text{ mm}$, $\delta_k = 91,5 \text{ mm}$, $D_{sv} = 1\,200 \text{ mm}$ a $d_{sv} = 400 \text{ mm}$.

V ekonomickém zhodnocení jsou stanoveny přibližné náklady na výrobu součásti v sérii 30 000 ks/rok. Cena je určena z nákladů na materiál, povrchovou úpravu, mzdy, energie, režie a konstrukce nástroje.

Náklady na vstupní a odpadový materiál jsou určeny z počtu potřebných svitků plechu $X_{sv} = 21$.

o Hmotnost svitku:

$$m_{sv} = \frac{\pi \cdot (D_{sv}^2 - d_{sv}^2) \cdot b \cdot \rho_{ocel}}{4} = \frac{\pi \cdot (1\,200^2 - 400^2) \cdot 91,5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}}{4} = 717,49 \text{ kg}$$

o Hmotnost svitků potřebných pro sérii:

$$m_{csv} = m_{sv} \cdot X_{sv} = 717,49 \cdot 21 = 15\,067,29 \text{ kg}$$

o Cena svitků potřebných pro sérii:

Cena jednoho kilogramu hutního materiálu u firmy Nová huť je $C_{sv} = 17,52 \text{ Kč / kg}$.

$$c_{csv} = m_{csv} \cdot c_{sv} = 15\,067,29 \cdot 17,52 = 263\,978,92 \text{ Kč}$$

o Hmotnost výrobků celé série:

Hmotnost jedné výrobku byla stanovena programem Autodesk Inventor 2012

$m_v = 0,382 \text{ kg}$.

$$m_{cv} = m_v \cdot N = 0,382 \cdot 30\,000 = 11\,460 \text{ kg}$$

o Hmotnost odpadu:

$$m_{od} = m_{csv} - m_{cv} = 15\,067,29 - 11\,460 = 3\,607,29 \text{ kg}$$

o Cena za vykoupný odpad:

Cena za kilogram vykoupného ocelového odpadu je $c_{od} = 3 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$.

$$c_{cod} = c_{od} \cdot m_{od} = 3 \cdot 3\,607,29 = 10\,821,87 \text{ Kč}$$

o Náklady na materiál:

$$N_{mat} = c_{csv} - c_{cod} = 263\,978,92 - 10\,821,87 = 253\,157,05 \text{ Kč}$$

o Náklady na materiál jednoho výrobku:

$$N_{matv} = \frac{N_{mat}}{N} = \frac{253\,157,05}{30\,000} = 8,45 \text{ Kč}$$

o Cena povrchové úpravy výrobku:

Je prováděna povrchová úprava základovou antikorozi barvou RAL 7005. Nanáší se ve dvou vrstvách a to stříkací pistolí. Cena takto provedené úpravy kilogramu součástí je odhadnuta na $c_{úpr} = 2 \text{ Kč}$.

Cena výrobku se dále odvíjí od pořizovací ceny nástroje a stroje. V tomto případě není cena stroje uvažována, jelikož je použit lis, který firma vlastní již řadu let. Cena nástroje je odhadnuta na $N_n = 380\,000$ Kč, přičemž v ní jsou zahrnuty náklady na materiál, mzdy dělníků, režie, manipulaci a zisk výrobce. Po stanovení nákladů na zahájení výroby je potřebné spočítat čas nutný na splnění série, odvíjející se od počtu využitelných zdvihů beranu $Z_{pv} = 18\text{ min}^{-1}$ zvoleného lisu LE 400 a počet dělníků. Délka pracovní doby dělníka je 7,5 hod za směnu a výše hodinové mzdy $c_{prac} = 120\text{ Kč} \cdot \text{hod}^{-1}$. Od tohoto času je nutné odečíst dobu na zahájení a ukončení směny, celkově 30 min. a v případě zpracování svitku 15 min na jeho výměnu.

- o Počet součástí vyrobených za hodinu:

$$X_v = Z \cdot 60 = 18 \cdot 60 = 1\,080$$

- o Počet výměn svitků za směnu:

$$X_{vsv} = \frac{7,5 \cdot X_{sv} \cdot X_v}{N} = \frac{7,5 \cdot 21 \cdot 1080}{30\,000} = 5,67$$

- o Počet hodin na výrobu všech součástí:

$$X_{čas} = \frac{7,5 \cdot N}{X_v \cdot (7,5 - 0,5 - 0,5 \cdot X_{vsv})} = \frac{7,5 \cdot 30\,000}{1\,080 \cdot (7,5 - 0,5 - 0,25 \cdot 5,67)} = 37,32$$

- o Mzda pracovníka navýšená o super hrubou mzdu, tedy 34:

$$M_{prac} = X_{čas} \cdot c_{prac} \cdot 1,34 = 37,32 \cdot 120 \cdot 1,34 = 6\,001,06\text{ Kč}$$

- o Náklady na mzdu včetně režie:

Správní režie činní $R_{sp} = 110\%$ a výrobní $R_{výr} = 340\%$ z M_{prac} .

$$M_c = M_{prac} \cdot (R_{sp} + R_{výr}) = 6\,001,06 \cdot (1,1 + 3,4) = 27\,004,77\text{ Kč}$$

V průběhu výroby je spotřebovávána elektrická energie, jelikož nejsou známa všechna pomocná zařízení, je spočítána pouze cena za energie odebírané lisem. Příkon lisu LE 400 činní $P_{lis} = 30\text{ kW}$ a cena elektrické energie je $c_e = 5\text{ Kč} \cdot \text{kWh}^{-1}$.

- o Náklady na energii lisu:

$$N_{lis} = P_{lis} \cdot X_{čas} \cdot c_e = 30 \cdot 37,32 \cdot 5 = 5\,598\text{ Kč}$$

- o Nyní je možné stanovit náklady na výrobu jedné součásti bez zisku:

$$\begin{aligned} N_v &= \frac{N_{mat} + M_c + N_n + N_{lis} + (m_{cv} \cdot c_{úpr})}{N} = \\ &= \frac{253\,157,05 + 27\,004,77 + 38\,000 + 5\,598 + (11\,460 \cdot 2)}{30\,000} = 11,56\text{ Kč} \end{aligned}$$

- o Náklady na výrobek se ziskem 35 %:

$$N_{vzisk} = N_v \cdot 1,35 = 11,56 \cdot 1,35 = 12,91\text{ Kč}$$

- o Fixní náklady:

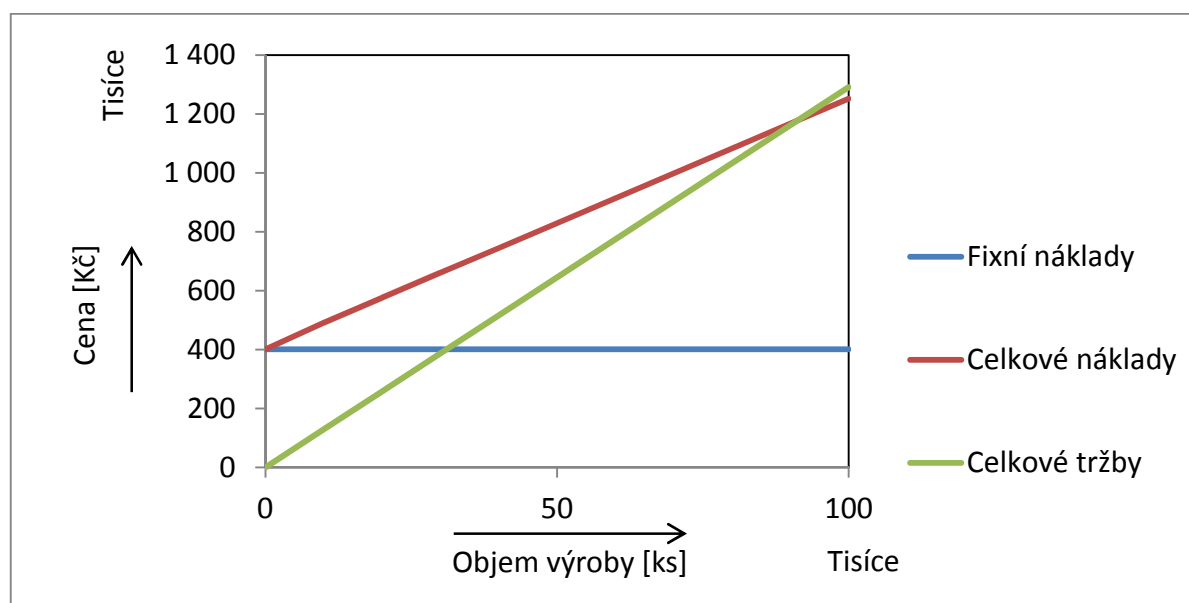
$$N_{fix} = M_c + N_n - M_{prac} = 27\,004,77 + 380\,000 - 6\,001,06 = 401\,003,71\text{ Kč}$$

- o Variabilní náklady:

$$N_{var} = N_{matv} + \frac{M_{prac}}{N} = 8,45 + \frac{6\,001,06}{30\,000} = 8,65\text{ Kč}$$

- o Bod zvratu:

$$b_{zv} = \frac{N_{fix}}{N_{vzisk} - N_{var}} = \frac{401\,003,71}{12,91 - 8,65} = 94\,132,33$$



Obr. 4.1 Bod zvratu

- o Roční zisk bez daně:

$$z_{rok} = (N - b_{zv}) \cdot (N_{vzisk} - N_v) = (30\,000 - 92\,132,33) \cdot (12,91 - 11,56) = -83\,878,65 \text{ Kč}$$

V místě střetnutí celkové tržby a celkových nákladů na obrázku 4.1 se nachází tzv. bod zvratu, který činí 94 133 ks/rok. V tomto bodě dochází k pokrytí nákladů výroby a po jeho překročení k ziskům z prodeje. V případě objemu výroby konzoly o velikosti 30 000 ks/rok dochází k ztrátám a náklady na výrobu nejsou pokryty. Ztráty činí 83 879 Kč/rok.

5 ZÁVĚR

Konzola slouží k uchycení pohyblivých mechanismů výtahových dveří. Součást je zhotovena z ocelového plechu ve formě svitku o tloušťce 3 mm. Na lemu součásti se nachází svar, a proto je použit materiál 11 375 zaručující svařitelnost, dále je povrch chráněn proti korozi základovou barvou.

Jako neoptimálnější technologie výroby byla zvolena metoda postupového stříhání s následným ohybem na sdruženém nástroji. Z technologického hlediska při výrobě dílce nenastal problém, takže nebylo nutné provádět konstrukční úpravy. Vzhledem k složitosti tvaru a zajištění posuvu materiálu během výrobních operací bylo zvoleno podélné umístění rozvinuté součásti na pásu. Tato varianta umožnila ponechání můstku, který zprostředkoval ustavení polotovaru do správné polohy.

Z provedených technologických a konstrukčních výpočtů byl navržen nástroj, pro který byla vytvořena základní výkresová dokumentace. Dle velikosti nástroje, tvářecí síly a práce byl ze strojní vybavenosti firmy vybrán výstředníkový lis LE 400 se jmenovitou silou 4 000 kN.

Z ekonomického hlediska byly stanoveny náklady na výrobu jedné součásti, a to 12,91 Kč včetně 35% zisku. Z celkových nákladů a celkové tržby byl stanoven bod zvratu, který činí přibližně 94 133 ks/rok. V tomto bodě dochází k pokrytí nákladů výroby a po jeho překročení k ziskům z prodeje. V případě objemu výroby konzoly o velikosti 30 000 ks/rok dochází k ztrátám a náklady na výrobu nejsou pokryty. Celkové ztráty činí 83 879 Kč, proto je výhodnější konzolu dále odebírat od konkurenční firmy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Akademie tváření: Ohýbání. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 22.06.2010 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-ohybani.html>
2. Akademie tváření: Stříhání. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 17.05.2010 [cit. 2013-03-23]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
3. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce při ohýbání. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 11.04.2012 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-pri-ohybani.html>
4. Bohdan Bolzano: Přehled vlastností oceli S235JR. In: *Bohdan Bolzano* [online]. 1998 - 2004 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprirI/tycovaocel/EN10025/S235JRG2/>
5. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. 3. vyd. Brno: CERM, 2003, 169 s. ISBN 80-214-2340-4.
6. DVOŘÁK, Milan. *Technologie*. Brno: CERM, 2001, 238 s. ISBN 80-214-2032-4.
7. FOREJT, Milan. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
8. Formetal: Kompaktní linky Cidan. *Formetal: prodej a servis strojů* [online]. 15 August 2007 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://www.formetal.cz/popis/linky_cidan.html
9. FRISCHHERZ, Adolf a Paul SKOP. *Technologie zpracování kovů 1: základní poznatky*. 2. vyd. Praha: SNTL (Wahlberg), 1996, 268 s. ISBN 80-902-1100-3.
10. GUIDI, A. *Přistřihování a přesné stříhání*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1969, 140 s. ISBN 04-209-69.
11. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí stroje 1971*. Praha: SNTL, 1972, 600 s. ISBN 04-220-72.
12. Karsit Příbram: KONSTRUKČNÍ KANCELÁŘ. *Karsit Příbram: KONSTRUKČNÍ KANCELÁŘ* [online]. 2010 [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://strojni-konstrukce.cz/menu/reference/karsit-pribram>
13. *KONDOR: Hutní materiály, armovna* [online]. 2011 [cit. 2012-11-28]. Dostupné z: <http://www.kondor.cz/>
14. *Laserové řezání (laser cutting)* [online]. 20.5.2011 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/serial-laserove-rezani.htm>
15. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření I*. Vyd. 1. Brno: Univerzita obrany, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7231-579-6.
16. MAŇAS, Stanislav. *VÝROBNÍ STROJE A ZAŘÍZENÍ: TVÁŘECÍ STROJE*. Praha, 2006/2007.

17. Měření a analýza povrchu při řezání abrazivním vodním paprskem. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 11.10.2006 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/mereni-a-analyza-povrchu-pri-rezani-abrazivnim-vodnim-paprskem.html>
18. MORAVEC Jiří: *Výroba pantu*. Brno, 2011. 62 s., CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
19. MSV výtahy a.s.: Montáže, servis a výroba výtahů. *MSV výtahy a.s.: Montáže, servis a výroba výtahů* [online]. 2009 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: <http://www.msv-vytahy.cz/vytahy-vytahy.php>
20. Nová huť: Katalog pásové oceli válcované za studena. In: *Nová huť: Válcovna za studena* [online]. [2011] [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: http://www.valcovnanh.cz/download/cz/katalog_cz.pdf
21. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216s. L 13-B3-IV-41/22674.
22. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
23. OSIČKA, Karel a Milan KALIVODA. *Nekonvenční technologie obrábění: (vzdělávací a tréninkový modul)*. Brno: OPUS - vzdělávací síť k výrobním technologiím, 2012, s. 47-71.
24. Řezání vodním paprskem: Wikipedie. *Řezání vodním paprskem: Wikipedie* [online]. 2010 [cit. 2013-02-20]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98ez%C3%A1n%C3%AD_vodn%C3%ADm_paprskem
25. SADÍLEK, Marek. *Nekonvenční metody obrábění I*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 146 s. ISBN 978-80-248-2107-8.
26. SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. *Speciální technologie tváření*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010-2011, 2 sv. (134, 155 s.). ISBN 978-80-214-4406-52.
27. STROJON výtahy: fotogalerie. *STROJON výtahy* [online]. © 2011 [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.strojon-vytahy.cz/fotogalerie>
28. SUCHOMEL, Svatoslav. *Výroba objímky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Odbor technologie tváření kovů a plastů, 2011. 68 s, 3 přílohy, 4 výkresy, CD. Vedoucí diplomové práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
29. Triplex: historie výtahů. VEJS, Pavel. *Triplex: historie výtahů* [online]. © 2007 - 2013 [cit. 2013-04-20]. Dostupné z: http://www.triplex.cz/historie_vytahu.php

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Tažnost	[%]
A _o	Celková ohybová práce	[J]
A _{OU}	Ohybová práce pro ohyb do tvaru „U“	[J]
A _{OV}	Ohybová práce pro ohyb do tvaru „V“	[J]
A _s	Střížná práce	[J]
b	Šířka materiálu	[mm]
b _{zv}	Bod zvratu	[-]
c	Střední hodnota dosažení jakosti povrchu	[-]
c _{cod}	Cena za vykoupený odpad	[Kč]
c _{csv}	Cena svitků potřebných na sérii	[Kč]
c _e	Cena elektrické energie	[Kč·kWh ⁻¹]
c _O	Koeficient zohledňující materiál	[-]
C _{od}	Cena za kilogram vykoupeného ocelového odpadu	[Kč·kg ⁻¹]
C _{prac}	Hodinová mzda pracovníka	[Kč·hod ⁻¹]
c _{sv}	Cena svitku	[Kč]
C _{úpe}	Cena povrchové úpravy jednoho kilogramu výrobků	[Kč]
d _k	Délka kroku	[mm]
d _p	Délka pásu	[mm]
d _s	Průměr daného střížníku	[mm]
D _{sv}	Vnější průměr svitku	[mm]
d _{sv}	Vnitřní průměr svitku	[mm]
E	Youngův modul pružnosti v tahu	[MPa]
f	Součinitel statického tření	[f]
F _c	Celková tvářecí síla	[N]
F _{co}	Celková ohybová síla	[N]
F _{cs}	Celková střížná síla	[N]
F _{kr}	Kritická síla	[N]
F _{OU}	Ohybová síla pro ohyb do tvaru „U“	[N]
F _{OV}	Ohybová síla pro ohyb do tvaru „V“	[N]
F _{si}	Střížná síla jednotlivých střížníků	[N]
h _s	Nejmenší výška střížnice	[mm]
IT	Základní tolerance	[-]
J	Kvadratický moment	[mm ⁴]
k	Součinitel hloubky vtlačení	[-]
l	délka kontrolované součásti	[mm]
L _{0i}	Délka oblouku uvažovaného ohybu	[mm]
L _C	Délka rozvinuté součásti	[mm]
L _i	Délka ramene	[mm]
L _{sv}	Délka svitku	[mm]
l _T	Vzdálenost těžiště výstřížku od souřadného systému	[]
l _u	Vzdálenost mezi opěrou ohybnice a ohybníku	[mm]
l _v	Vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
M _c	Mzda včetně režii	[Kč]
m _{csv}	Hmotnost svitků potřebných na sérii	[kg]
m _{cv}	Hmotnost výrobků celé série	[kg]
m _{od}	Hmotnost odpadu	[kg]
M _{prac}	Mzda pracovníka	[Kč]
m _{sv}	Hmotnost svitku	[kg]
m _v	Hmotnost výrobku	[kg]
n	Koeficient zahrnující opotřebení nástroje	[-]
N	Velikost výrobní série	[-]
N _{fix}	Fixní náklady	[Kč]
N _{mat}	Náklady na materiál	[Kč]

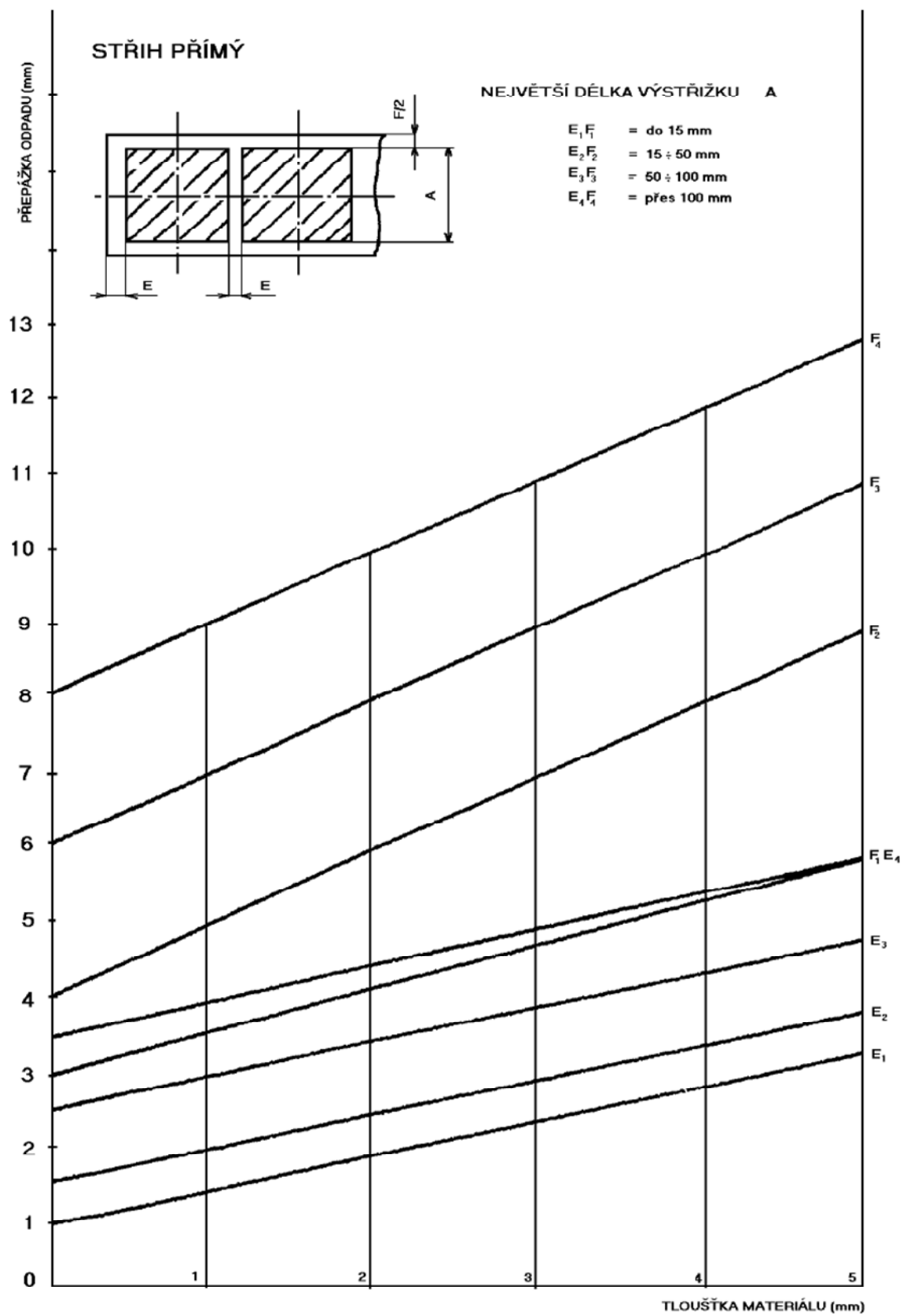
Označení	Legenda	Jednotka
N_{matv}	Náklady na materiál jednoho výrobku	[Kč]
N_n	Náklady na nástroj	[Kč]
N_v	Náklady na výrobek	[Kč]
N_{var}	Variabilní náklady	[Kč]
N_{vzisk}	Náklady na výrobek se ziskem 35 %	[Kč]
O	Obvod výstřižku	[mm]
P_{ci}	Celkový počet výstřižků z plechu	[-]
P_{lis}	Příkon lisu	[kW]
P_{pi}	Počet pásů z tabule	[-]
P_{sv}	Počet výstřižků z jednoho svitku	[-]
P_{vi}	Počet výstřižků na 1 pásu	[-]
R	Poloměr zaoblení	[mm]
R_a	Střední aritmetická hodnota drsnosti	[μ m]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
R_{max}	Maximální poloměr ohybu	[mm]
R_{min}	Minimální poloměr ohybu	[mm]
R_{sp}	Správné režie	[%]
$R_{výr}$	Výrobní režie	[%]
S	Délka křivky stříhu	[mm ²]
S_p	Plocha plechu	[mm ²]
S_{sv}	Plocha svitku	[mm ²]
S_v	Plocha výstřižku bez děr	[mm ²]
$\check{s}_k$	Šířka kroku	[mm]
$\check{s}_t$	Šířka tabule	[mm]
t	Tloušťka materiálu	[mm]
v	Střížná vůle	[mm]
V_{csv}	Využití celkového počtu svitků pro výrobu celé série	[%]
V_p	Využití plechu	[%]
V_{sv}	Využití svitku	[%]
x	Součinitel posunutí neutrální osy	[-]
$X_{čas}$	Počet hodin na výrobu všech součástí	[-]
X_{sv}	Počet potřebných svitků	[-]
x_{Tc}	x – ová souřadnice těžiště působení výsledné síly	[mm]
x_{Ti}	x – ová souřadnice těžiště	[mm]
X_{vsv}	Počet výměn svitků za hodinu	[-]
y	Součinitel práce	[-]
y_{Tc}	y – ová souřadnice těžiště působení výsledné síly	[mm]
y_{Ti}	y – ová souřadnice těžiště	[mm]
Z	Potřebný zdvih beranu	[mm]
Z_{pv}	Počet využitelných zdvihů beranu	[min ⁻¹]
Z_{rok}	Roční zisk bez daně	[Kč]
α	Úhel ohnutého úseku	[°]
β	Úhel odpružení	[°]
γ	Uložení prutu	[-]
ρ	Poloměr neutrální osy	[mm]
ρ_{ocel}	Hustota oceli	[kg·mm ⁻³]

SEZNAM VÝKRESŮ

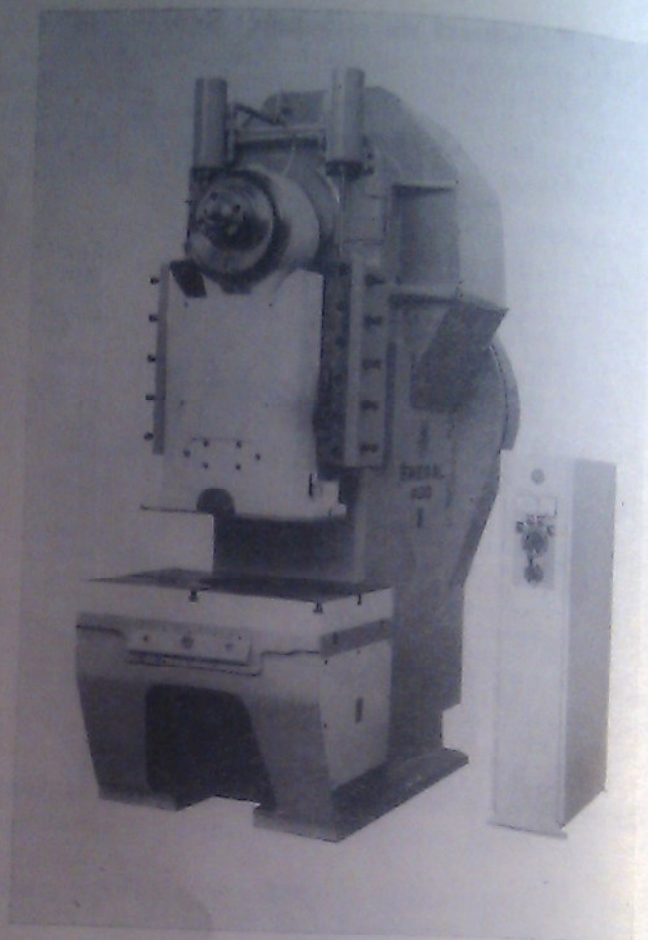
2013-BP-139439/KUS	Výkres součásti
2013-BP-139439	Výkres sestavy
2013-BP-139439/01	Výkres 1. dílu střížnice
2013-BP-139439/02	Výkres střížníku

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Volba můstku a bočního odpadu
Příloha 2	Technické parametry lisu LE 400



Výstředníkový lis s pevným stolem



LE 400

Technologické určení: pro těžké práce stříhací, děrovací, ohýbací, kalibrovací, razicí, protlačovací a pro mělké tažení. Je vhodný pro ostříhování výkovků v kovárnách.

Konstrukční provedení: svislý, s vyložením, jednobodový, jednočinný, s nastavitelným zdvihem beranu, bez průchodu, s ozubenou předlohou. Stojan *C* — svařenec z tlustých plechů a odlitků z lité oceli. Beran — zdvih *Z* se nastavuje natáčením výstředníkového pouzdra se slupnicí snímatelnou převodovou skříňkou, ovládanou ruční pákou s řehťáčkou; vzdálenost beranu od upínací plochy stolu (sevření *H*) se seřizuje otáčením kulového šroubu v ojnici pneumatickým zařízením. Rovnoměrný pohyb beranu zajišťují dva vzduchové vyvažovače.

Uspořádání pohonu: elektromotor, klínové řemeny, setrvačnik s vestavěnou spojkou, ozubená předloha, klikový mechanismus — beran. Kulisu pro pohon mechanizačních zařízení lze upevnit na přední konec výstředníkového hřídele. Spojka — třecí lamelová; brzda — třecí jedno-lamelová; spojka i brzda se ovládají stlačeným vzduchem.

Spouštění a ovládání: elektropneumatické, dvouruční — tlačítky, nebo nožní — šlapkou elektrického nožního spouštěče; chod beranu lze nastavit na jednotlivé zdvihy, na trvalý běh a po přitrzích (tipování) při seřizování nástrojů.

Mazání: hlavních míst olejové, ústřední, samočinné — tlakovým mazacím přístrojem s pohybem odvozeným od stroje.

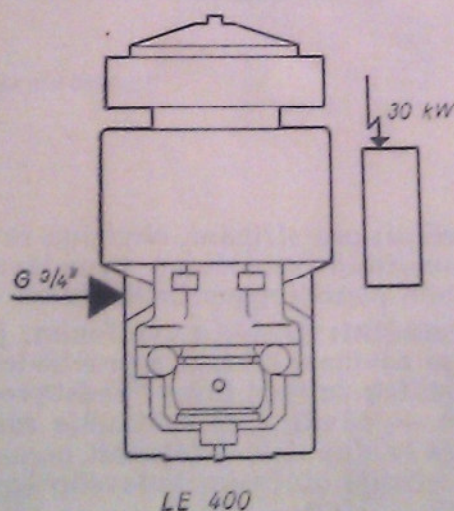
Pojistná zařízení: střižná pojistka v beranu, tlakový spínač.

Příslušenství dodávané se strojem: upínací deska, pravítkový vyhazovač v beranu, včetně zařízení pro nastavování zdvihu beranu a pneumatického zařízení pro seřizování sevření, součásti pro upevnění lisu.

Příslušenství na objednávku: mechanizační a přídavná technologická zařízení podle tabulky na str. 64, mechanické nebo elektrické počítadlo zdvíchů beranu, osvětlovací lampa.

Technické údaje:

		LE 400
Číselný znak	513 111	—7374 17
Jmenovitá síla	Mp	400
Pracovní dráha (při středním zdvihu Z)	mm	2,9
Celková energie setrvačniku	kpm	14 250
Max. střižná plocha materiálu pevnosti 40 kp mm ⁻²	mm ²	10 000
Počet zdvíchů beranu	za min	40
Počet využitelných zdvíchů beranu	za min	18
Vyložení A	mm	450
Sevření H	mm	470
Zdvih beranu Z	mm	30—160
Přestavitelnost beranu E	mm	120
Upínací plocha beranu $l \times b$	mm	1000 × 560
Upínací dutina beranu $\varnothing d/k$	mm	65/105
Upínací plocha stolu $l_1 \times b_1$	mm	1 250 × 825
Propad ve stole $\varnothing d_1/o \times p$	mm	450/630 × 360
Tloušťka upínací desky h_2	mm	140
Otvor v upínací desce $\varnothing d_2/\varnothing d_3$	mm	370/400
Výkon elektromotoru	kW	30
Spotřeba nasátého vzduchu pro 1 zapnutí spojky	dm ³	15
Rozměry lisu: $S \times L$	mm	1 550 × 2 900
	mm	3 360/250
Hmotnost lisu	kg	22 000
Hmotnost lisu se zámořským obalem	kg	24 400
Objem/počet obalů	m ³ /kusů	22/2



Výrobce: Šmeralovy závody, n. p., Brno