



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA DRŽÁKU KABELÁŽE

MANUFACTURING OF A CABLE HOLDER

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radek Šimka

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Řiháček, Ph.D.

BRNO 2021

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Radek Šimka</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	<b>Ing. Jan Řiháček, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2020/21

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 držáku kabeláže

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o výrobu dílce – držáku kabeláže pomocí technologie plošného tváření. Na tuto oblast bude rovněž vypracována literární rešerše. Dále bude práce obsahovat návrh technologického postupu výroby součásti, technicko – ekonomické hodnocení a závěry se zhodnocením navrhované technologie. V tomto směru se rovněž počítá s ověřením návrhu užitím numerické simulace.

### Cíle bakalářské práce:

- vypracování aktuální literární rešerše,
- zhodnocení možností výroby,
- návrh výroby součásti,
- provedení technologických a kontrolních výpočtů.

### Seznam doporučené literatury:

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

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

HOSFORD, William a Robert CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. Cambridge: Cambridge University Press, 2011, 331 s. ISBN 978-1-107-00452-8.

LOGAN, Daryl. A first course in the finite element method. United States: Cengage Learning, 2007, 808 s. ISBN 978-0-534-55298-6.

MARCINIAK, Zdislaw, John. DUNCAN a Jack HU. Mechanics of Sheet Metal Forming. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07-506-5300-00.

SCHULER GMBH. Metal forming handbook. New York: Springer-Verlag, 1998, 563 s. ISBN 35-40-1185-1.

TSCHATSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: Springer-Verlag, 2006. ISBN 978-3-540-33216-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

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

## **ABSTRAKT**

ŠIMKA Radek: Výroba držáku kabeláže.

---

Bakalářská práce předkládá návrh technologie výroby držáku kabeláže ve venkovní části klimatizace. Díl je vyráběn z ocelového plechu s označením DC01 o tloušťce 1 mm. Výrobní série je stanovena na 200 000 kusů ročně. Na základě literární studie různých výrobních technologií byla jako nejvhodnější vybrána varianta výroby ve sdruženém postupovém nástroji. Ten umožní sloučení stříhání a ohýbání do jednoho nástroje. Výroba bude probíhat na mechanickém výstředníkovém lisu LEN 63 C. Ten splňuje všechny potřebné požadavky.

Klíčová slova: Ocel DC01, stříhání, ohýbání, sdružený postupový nástroj

## **ABSTRACT**

ŠIMKA Radek: Production of cabling holder.

---

The bachelor's thesis proposes a design for the production technology of the cabling holder, situated in the outdoor part of the air conditioner. This product is made of steel sheet DC01 with a thickness of 1 mm. The production of this holder is set to be 200 000 pieces per year. A progressive die tool was selected as the most suitable type of production technology, based on a literature study of various production technologies. This enables to combine cutting and bending of steel sheets with the use of one tool device. Manufacture will be performed using a mechanical eccentric press LEN 63 C. All the necessary requirements of this device are satisfactory for the production.

Keywords: steel DC01, cutting, bending, progressive die tool

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

ŠIMKA, Radek. *Výroba držáku kabeláže* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132291>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jan Řiháček.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

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

V Brně dne 15.5.2021

.....  
Podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu Ing. Janu Řiháčkovi, Ph.D za cenné připomínky a rady týkající se zpracování mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu během celého studia.

## Obsah

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 ROZBOR ZADÁNÍ.....</b>	<b>10</b>
1.1 Metody výroby součástí .....	11
<b>2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 Stříhání .....</b>	<b>15</b>
2.1.1 Průběh stříhání.....	16
2.1.2 Střížná vůle a plocha .....	16
2.1.3 Střížná síla a střížná práce.....	18
2.1.4 Technologičnost výstřížků .....	19
2.1.5 Střížné nástroje .....	20
<b>2.2 Ohýbání .....</b>	<b>22</b>
2.2.1 Rozložení napětí při ohybu .....	23
2.2.2 Odpružení .....	24
2.2.3 Ohybová síla a práce .....	25
2.2.4 Technologičnost ohýbaných součástí .....	26
2.2.5 Ohýbací nástroje .....	27
<b>3 NÁVRH VÝROBY .....</b>	<b>28</b>
3.1 Výpočet rozvinutého tvaru .....	28
3.2 Volba nástřihového plánu.....	30
3.3 Postup výroby .....	32
3.4 Výpočty pro střížnou část nástroje.....	33
3.5 Výpočty pro ohybovou část nástroje .....	36
3.6 Stanovení polohy stopky .....	37
3.7 Kontrolní výpočty .....	38
3.8 Volba tvářecího stroje.....	39
3.9 Popis sduženého nástroje .....	39
<b>4 ZÁVĚRY.....</b>	<b>42</b>



## ÚVOD [1], [2], [3]

Ve strojírenském průmyslu je velice důležité správně navrhnout způsob výroby každé součásti. Je možné vybírat z mnoha technologií, kterými lze docílit správné jakosti výrobku, vysoké produktivity výroby a tedy kvalitní výrobě. Při výběru vhodné metody zpracování kovů je kladen důraz na počet kusů výrobku, kvalita povrchu součásti a jejich přesnost. Mezi základní technologie patří svařování, obrábění, slévání a tvářeni.

Tváření splňuje všechny náročné požadavky na přesnost, geometrii tvaru, jakost výrobku a přitom dosahuje vysoké produktivity při velké úspoře materiálu. Technologie tvářeni je rozdělena na objemové a plošné. Při objemovém tvářeni je získáván požadovaný tvar změnou průřezu polotovaru. V případě plošného tvářeni se dosahuje změny tvaru bez výrazné změny tloušťky polotovaru. Náklady na výrobu nástrojů jsou vysoké, proto se využívá těchto technologií většinou při sériové výrobě. Příklady výrobků, vyrobené plošným tvářením jsou na obr. 1.

Jednou z metod plošného tvářeni je stříhání. Pomocí této technologie je plech oddělován břity a je získávána požadovaná součást. Mezi další operace tvářeni patří také ohýbání, při kterém dochází k trvalé změně křivosti součásti.

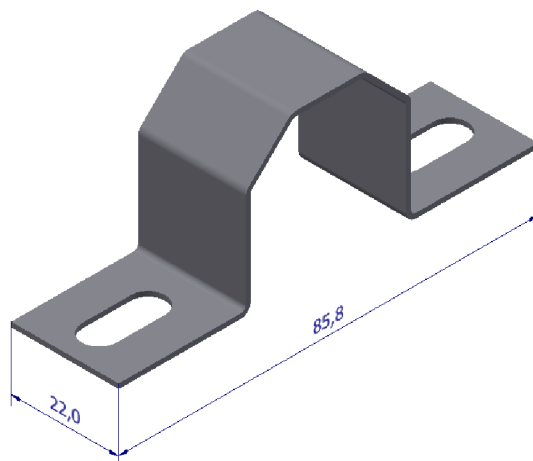


Obr. 1 Výrobky plošného tvářeni [4]

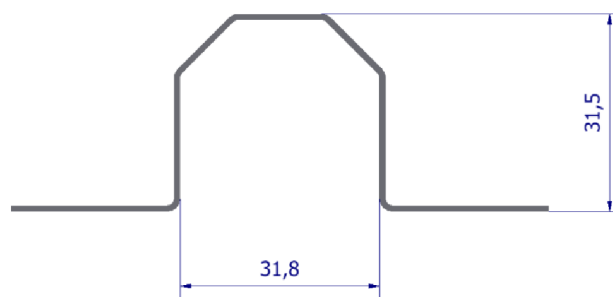
## 1 ROZBOR ZADÁNÍ

Řešeným dílem je držák kabeláže a trubek u klimatizací viz obrázek 2. Cílem práce je navrhnout vhodnou technologii výroby pro zadaný kus, při výrobní sérii 200 000 ks/rok. Jednou z funkcí držáku, je přichycení kabeláže napájení a rozvodů v klimatizacích a druhou její funkcí je uchycení potrubí chladiva, kvůli vibracím.

Součást bude vyráběna z ocelového plechu o tloušťce 1mm, její tvar je upraven pro lepší přilehnutí k trubce a otvory slouží k uchycení držáku, pomocí šroubů k povrchu. Délka dílce je 85,8mm, jeho šířka je 22mm a je zobrazena na obrázku 2. Na obrázku 3 je lépe zachycený tvar držáku a výška, která je 31,5mm. Tvar bude zhotoven dle tolerance ČSN ISO 2768 – mK, která je pro držák dostatečná. Díl bude umístěn ve vnitřní části venkovní jednotky klimatizace, která je kvůli tepelným ztrátám zapěnována. Tudíž nebude vystaven korozivzdornému prostředí a různým klimatickým podmínkám. Pro potřebnou funkci držáku není nutné předepisovat velké nároky na přesnost a kvalitu plochy, díl musí být schopen pevně uchytit potrubí chladiva. S ohledem na funkci držáku a prostředí, kde bude použit, byla za materiál vybrána ocel s označením DC01 (dle ČSN 11 321), bez větších povrchových úprav. Jedná se o nelegovanou nízkouhlíkatou ocel válcovanou za studena, která je vhodná pro tváření za studena. Mechanické vlastnosti a chemické složení dané oceli jsou uvedeny v tab. 1 a tab. 2.



Obr. 3 Držák



Obr. 2 Tvar držáku

Tab. 1 Mechanické vlastnosti oceli DC01. [5]

Re [MPa]	Rm [MPa]	A [%]
280	270-410	28-32

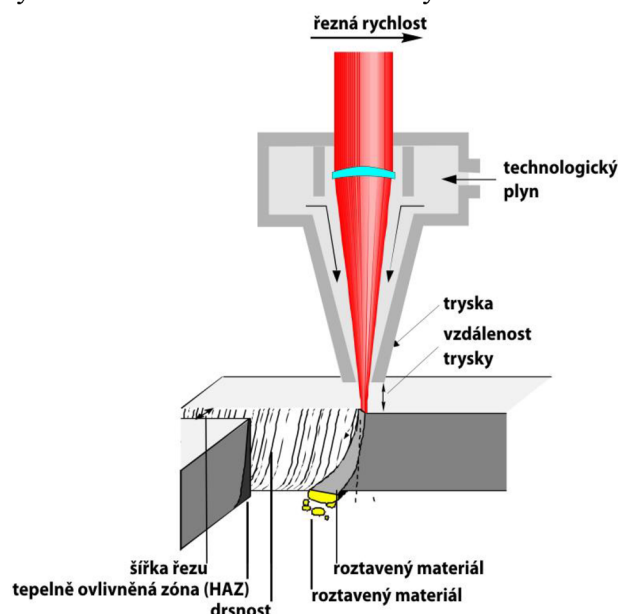
Tab. 2 Chemické složení oceli DC01. [5]

C [hm. %]	Mn [hm. %]	P [hm. %]	S [hm. %]
Max 0,12	Max 0,60	Max 0,045	Max 0,045

## 1.1 Metody výroby součástí [1],[2], [7], [8], [9], [10], [12], [13], [15], [18], [19], [20]

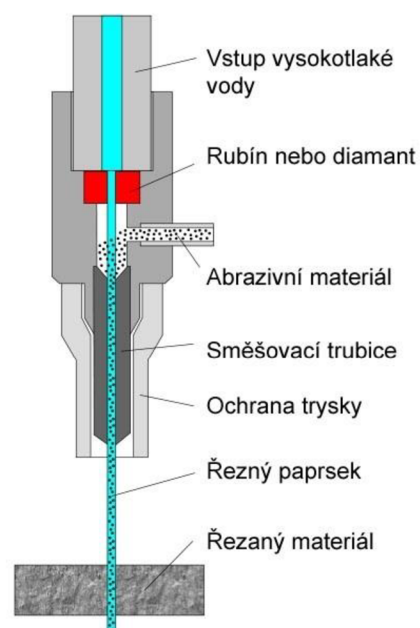
Součást lze vyrobit několika možnými způsoby. Při výběru optimální technologie musí být kladen důraz na přesnost zadané součásti a to jak rozměrovou, tak i geometrickou. Jedním z dalších ukazatelů by měla být ekonomičnost a hospodárnost výroby a v neposlední řadě také velikost série. Součást můžeme rozdělit na výběr vhodné technologie dělení materiálu, pro získání rozvinutého tvaru a následně ohnutí součásti na požadovaný tvar. Mezi vhodné výrobní technologie dělení materiálu patří:

- Řezání laserem (obr. 4) – je jedna z nejpoužívanějších metod dělení materiálů. Základem je vytvoření propalu a následné odtavování materiálu pomocí tenkého laserového paprsku. Zbytky materiálu jsou z místa řezu odváděny pomocí proudu plynu a díky tomu se výrazně zvyšuje rychlost řezání. Při řezání kovových materiálů se používá kyslík, který díky zvýšení teploty kovů odstraňuje z řezné spáry tekuté oxidy. Moderními lasery můžeme lehce měnit výkon laseru, posuv a tím získáváme velmi čisté plochy, ostré hrany a na materiál máme stále menší teplotní dopad. Řezací lasery se využívají pro velmi jemné kontury a složité tvary, kde vzniká vysoká přesnost řezání. Také lze nastavit minimální průřez a díky tomu menší odpad. U dělení laserem dochází k velkému přenosu tepla, které může způsobit prohnutí, a také mohou vznikat návarčky. Po zohlednění vysokých pořizovacích nákladů a všech ostatních informací nebyla technologie řezání laserem zvolena.



Obr. 4 Řezání laserem [6]

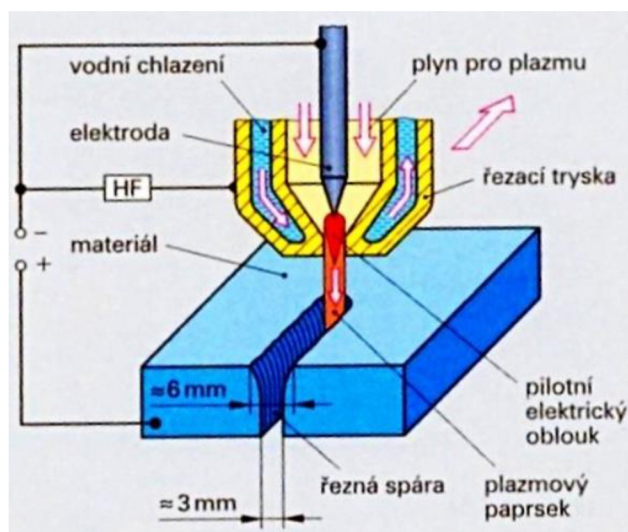
- Řezání vodním paprskem (obr. 5) – je moderní a zároveň ekologická metoda dělení materiálu. Podstatou této metody dělení materiálu je jeho odbrušování tlakem vodního paprsku, který je vysoce zrychlený a zaměřený na jedno místo. Celý proces řezání probíhá ve dvou etapách. Prvně vzniká v materiálu otvor a až následně dochází k prohlubování a vytváření řezné spáry. Řezaný materiál nebývá tepelně ani silově namáhán, což je hlavním rozdílem od ostatních technologií dělení a to hlavně laserem. Pro vytvoření nutné rychlosti proudění se používá tlak v řádu 2000 až 6500 barů a jako kapalina se využívá upravená voda. Velmi často bývá pohyb paprsku řízen počítačem, díky tomu je umožněno řezat tvarově složité součásti s velkou přesností. Řezat lze čistým vodním paprskem nebo je



Obr. 5 Řezání vodním paprskem [11]

možnost do proudu přidat abrazivní materiál, jako je přírodní olivín nebo granát, kteří mají dostatečně velkou energii a může se s nimi řezat materiál s velkou pevností, měkký, ale také křehký a houževnatý materiál. Výstupní tryska musí mít schopnost odolat velkým abrazivním účinkům. Průběh řezání je bez dotyku nástroje s materiálem a může být prováděn v blízkosti hrany materiálu a snížit tím odpad. Výsledná řezná hrana je bez otřepů a nepotřebuje jiný způsob úpravy. Tato technologie nebyla vybrána kvůli problému s korozi při kontaktu vody a kovového materiálu.

- Řezání plazmou (obr. 6) – je technologie, při níž je materiál propalován úzkým plazmovým paprskem, který dosahuje vysokých teplot. Řezaný materiál se rychle taví a je vyfukován z místa natavení pomocí tlaku plazmového plynu a tím vzniká řezná drážka o šířce 3 až 8mm. Po přivedení elektrického napětí mezi materiál a trysku se vytváří elektrický oblouk a z trysky vychází ionizovaný plyn velkou rychlostí a zároveň je velmi horký. Složení proudícího plynu bývá většinou kyslík, dusík, vodík, argon a jejich směsi. Pro větší trvanlivost trysky se používá metoda, kdy je do paprsku přiváděna voda a řezání může být prováděno pod vodou a to snižuje i hluk, prašnost a UV záření. Materiál má po řezání méně tepelně ovlivněnou oblast řezu a dochází k získání vysoké kvality řezání. Při této technologii vznikají škodlivé plyny, velký hluk a s přidáním vysoké pořizovací ceny a nákladným provozem není tato technologie vhodná.



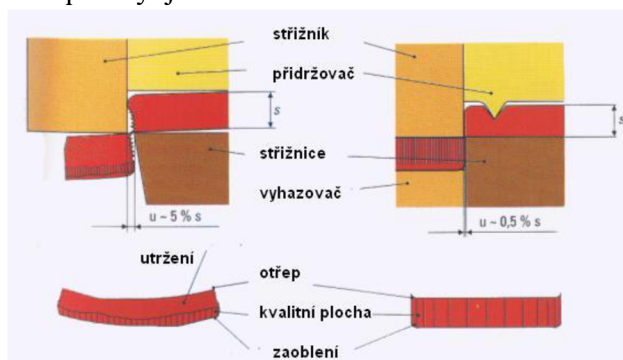
Obr. 6 Řezání plazmou [14]

- Vysekávání (obr. 7) – umožňuje dělení plechu za studena, při beztržkové metodě, probíhá na stroji, kde je tvar součásti postupně vysekáván kruhovým nebo čtvercovým razníkem. Plech je na stůl lisu připnut pomocí kleštin. Posunutím plechu mezi kmitající razník a matici je vytvářena drážka. Plech je posouván podle vytvořeného programu a stroj vysekává tvar požadovaného výstřížku. Střížný nástroj se skládá z razníku a matrice a stroj si podle programu vybírá ze zásobníku nástrojů potřebné nástroje pro výrobu zadaného tvaru. Výrobky vyrobené touto technologií mají vysokou kvalitu zpracování při nízkých nákladech. Pro výrobu požadovaných kusů, není tato technologie vhodná.



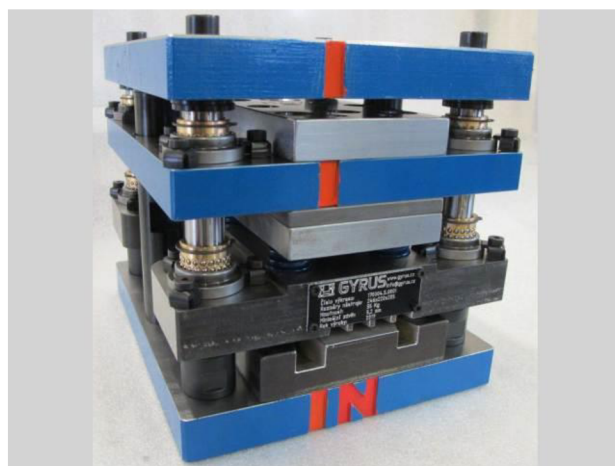
Obr. 7 Vysekávání [16]

- Přesné stříhání (obr. 8) – je jedna z nejpoužívanějších metod dělení materiálu, která končí lomem materiálu v ohnisku deformace. Materiál je při stříhání postupně oddělován podél křivky stříhu. Přesným stříháním lze získat výstřížky, které jsou rozměrově velice přesné. Kvalita střížné plochy je velmi dobrá. Různou konstrukcí stříhadla je ovlivněn průběh stříhu, snížen podíl tahového napětí a to způsobuje oddělení materiálu a vznik širokého pásma utržení. Takto vyrobené výstřížky jsou připravené k použití a nepotřebují žádné další úpravy. Při výrobě držáku kabeláže není potřeba zajistit vysokou přesnost, kterou dokážeme získat metodou přesného stříhání, proto není technologie zvolená.



Obr. 8 Kvalita plochy po stříhání [17]

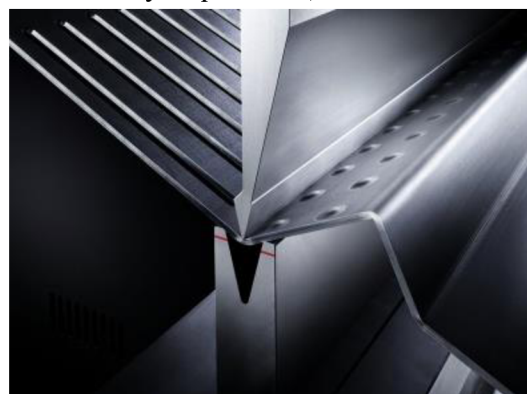
- Stříhání v nástroji (obr. 9) – zhotoví výrobek postupně a to na několik operací na více zdvihů. Nástroj je rozdělen na 2 části, kdy spodní část je upevněna na stůl lisu a vrchní část je přichycena do beranu lisu. Do nástroje na začátku vchází pás plechu dané šířky, ze kterého jsou postupně vystříhované jednotlivé tvary, což nám umožní výrobu složitějších součástí. Výstupem je hotový vystříhnutý tvar, který je konečným tvarem, anebo je to polotovár pro další operace. Plech je prostřížen mezi střížnicí a střížníkem. Nástroj je složitý na výrobu, proto je jeho pořizovací cena vyšší, ale velkou výhodou je jeho snadná opravitelnost a celková údržba. Pro zadaný počet výrobní série 40 000ks/rok je také výhodou vysoká produkce a proto je pro výrobu zadaného držáku tato technologie vhodná.



Obr. 9 Postupový střížný nástroj [21]

Po získání rozvinutého tvaru součásti následuje ohnutí výstřížku na požadovaný tvar, který lze získat těmito metodami:

- Ohraňování (obr. 10) – se používá pro ohýbání rozměrných přístříhů, bez velké změny průřezu. Nástroj je tvořen z lišt, které se upínají na stůl a beran lisu. Na jeden zdvih je vytvořen jeden požadovaný ohyb a další ohyby jsou zhotovovány postupně. Na vnitřní straně plechu dochází ke stlačení materiálu a zároveň na straně vnější k roztahování. Největšími přednostmi ohraňování je jeho přesnost, automatizace výroby a také téměř neomezené tvarové možnosti. Ohraňování lze využít i pro kusovou výrobu. Zásadní nevýhodou těchto lisů je jejich pořizovací cena.



Obr. 10 Ohraňování [20]

- Ohýbání na ohýbačkách (obr. 11) – je základní způsob ohýbání. Plech je upnutý mezi svěrací čelisti a je ohnut přes ohýbací lištu. Hlavní předností ohýbaček jsou jejich nízké pořizovací náklady, také snadná údržba a snadné ovládání. Tato metoda je vhodná pro jednoduché ohýbané součásti malé tloušťky a spíše pro kusovou výrobu. Mezi další výhodou patří, že jednoduchá ohýbačka patří mezi běžné vybavení strojírenského podniku. Pro velký počet kusů není tato technologie vhodná.
- Ohýbání v nástroji (obr. 12) – je vždy možné pouze pro jednu součást, pro kterou je nástroj vyroben. V nástroji dojde díky ohybníku a ohybnici k vytvoření požadovaných ohybů z již vystříhané součásti. Nástroj má 2 části a to spodní (pevnou), která je upevněná na stole lisu a horní (pohyblivou), která je upevněná v beranu lisu. Po překročení meze kluzu dojde k trvalé změně tvaru, tudíž vzniku plastické deformace. Nástroj se používá pro velké výrobní série a hlavní výhodou je rychlost výroby a jednoduchá automatizace, proto je tato technologie výroby vhodná.



Obr. 11 Jednoduchá ohýbačka [23]

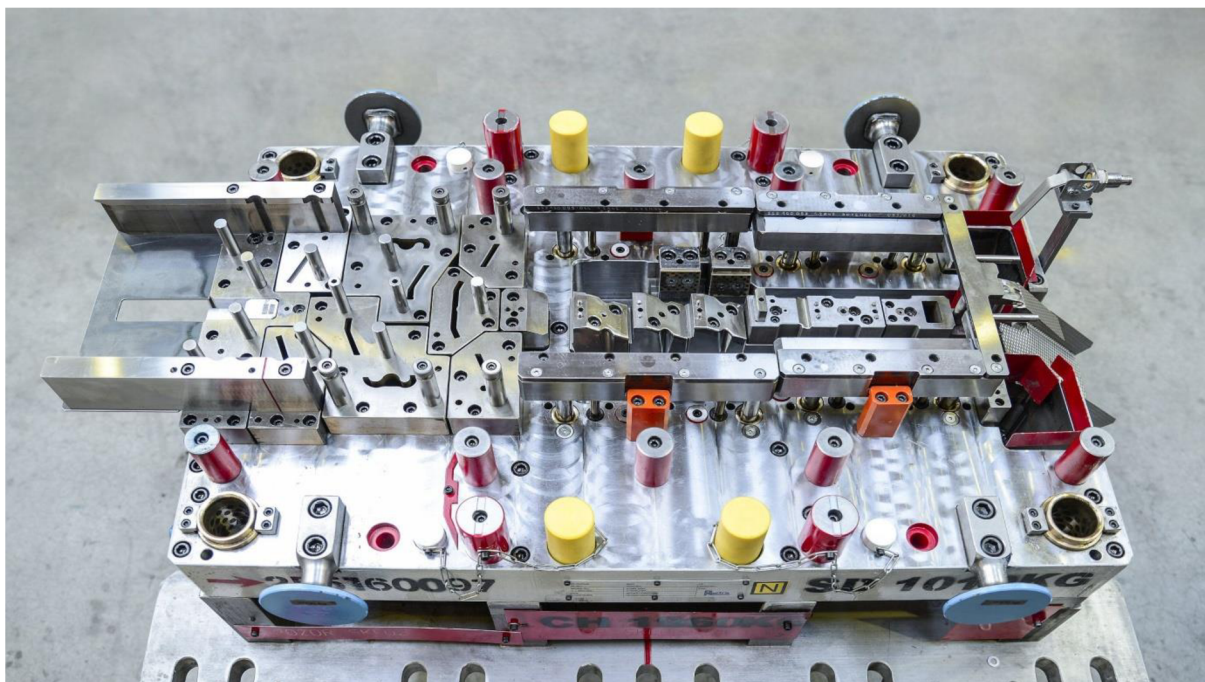


Obr. 12 Ohybový nástroj [22]

Jedním z hlavních cílů je dosáhnout nejlepší kvality výrobku za nejnižší cenu. Z těchto výrobních technologií pro výrobu držáku, bylo po zvážení všech okolností, kterými jsou zadaná výrobní série, tvarová a geometrická přesnost byla zvolena metoda výroby stříhání a ohýbání v nástroji. Tyto dvě operace je možné sloučit do jednoho sdruženého nástroje. Nevýhodou nástroje bude jeho vyšší pořizovací cena nebo nutný výkonný lis, pro dosažení všech potřebných sil. Výhodou sdruženého nástroje je vysoká produktivita, protože není potřeba mít nástroje dva, ale všechny operace budou provedeny v jednom nástroji, tím se mimo jiné sníží náklady na manipulaci s materiálem a tím i mzdy. Další výhodou je skutečnost, že stačí pouze jeden tvářecí nástroj. Pro výrobu držáku bude použita technologie stříhání a ohýbání, na které bude zaměřená literární rešerše v další kapitole.

## 2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ [1], [3]

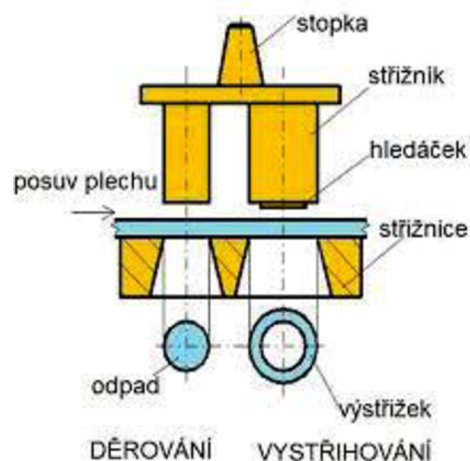
Zadaný držák bude vyráběn ve sdruženém postupovém nástroji (obr. 13). Tento nástroj je kombinací dvou nejrozšířenějších operací tváření kovů, stříhání a ohýbání, kdy v nástroji dochází prvně k vystřížení zadaného tvaru z pásu plechu a následné ohnutí do požadovaného tvaru. Tyto technologie jsou ve strojírenství velice používané, z důvodu velmi dobré automatizace a ve velkosériové výrobě i nízké ceně výrobku. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady na poměrně složitý nástroj a nutnost vhodného tvářecího stroje. V následujících kapitolách bude popsán princip těchto dvou metod.



Obr. 13 Sdružený postupový nástroj [21]

### 2.1 Stříhání [1], [2], [3]

Stříhání je nejrozšířenější technologická operace dělení materiálů. Používá se pro přípravu polotovarů (stříhání tabulí nebo svitků) a také k vystříhování součástek z plechů, buď pro konečné použití, anebo jako polotovary pro zpracování dalšími technologiemi (ohýbání, tažení, apod.). Při stříhání dochází k plastické deformaci, která průběh doprovází, ale je nežádoucí. Materiál je oddělován postupně, podél křivky stříhu. Ta je vytvořena pohybem dvou protilehlých břitů na povrch materiálu a vytváří střížné-smykové napětí a je zakončena lomem v ohnisku deformace. Zvolená střížná vůle mezi břity má vliv na celý průběh stříhání. Při stříhání v nástroji rozlišujeme dva základní způsoby. Při děrování (obr. 14) vystříhujeme do součásti otvor a vystřížená část tvoří odpad, opakem je vystříhování, kdy stříháme z materiálu po uzavřeném obrysu a ten nazýváme výstřížek.

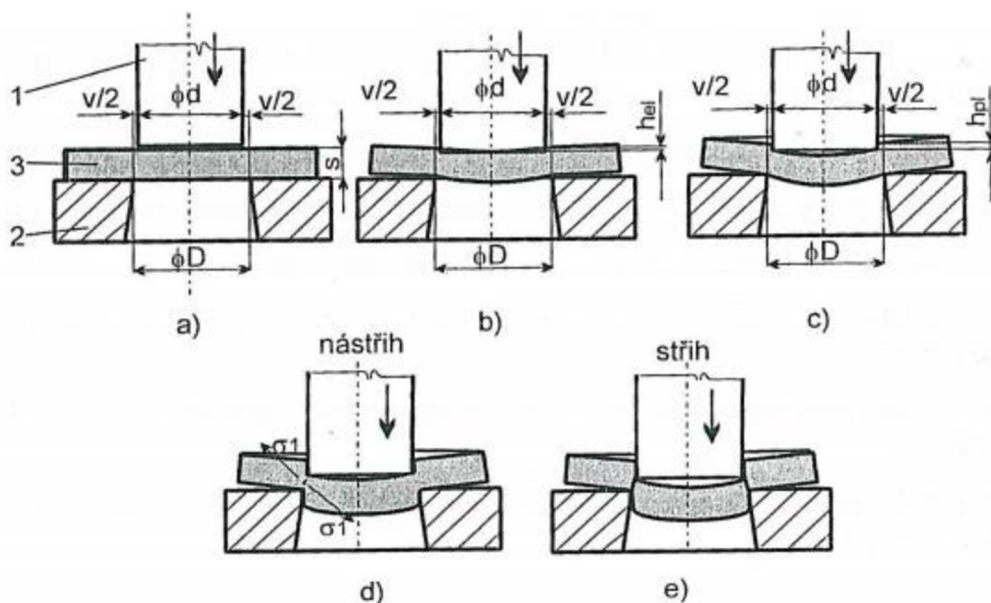


Obr. 14 Vystříhování a děrování [13]

### 2.1.1 Průběh stříhání [1], [2], [3], [18], [24], [25], [24]

Proces stříhání se skládá ze tří základních fází, při kterých dochází k dělení materiálu pomocí střížníku a střížnice. Celý průběh začíná při dolehnutí střížníku na dělený materiál. Tyto fáze jsou zobrazeny na obrázku 15.

1. fáze je oblast pružných deformací. V této fázi vzniká silová dvojice a dochází k nežádoucímu ohýbání a protahování povrchových pásem materiálu. Působí zde nůž, střížník, určitou silou na stříhaný materiál a vniká do dané hloubky. Tato hloubka závisí na mechanických vlastnostech, především na mezi-kluzu a pohybuje se v rozmezí 5 – 8%. Tato fáze končí, když napětí překročí hodnotu meze kluzu.
2. fáze je oblast plastických deformací. Nastává po překročení meze kluzu, kde střížník vniká do určité hloubky, která taktéž závisí na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu a v této fázi bývá 10 – 25% tloušťky materiálu. Stříhaný materiál se v místě břitu nachází v pružně plastickém stavu a dochází k trvalé deformaci materiálu.
3. fáze je oblast stříhu. V momentě, kdy napětí dosáhne meze pevnosti ve stříhu, dochází k porušení materiálu v důsledku vzniku tahového napětí a začínají se tvořit trhliny. Stříh nastává v době, kdy dojde k setkání trhlin. Ve středu materiálu je vytvořeno pásmo otěru. Průběh stříhání a postup trhlin je dán několika faktory, kterými jsou například nastavení střížné vůle a vliv vlastností zvoleného materiálu.



Obr. 15 Fáze stříhání [1]

### 2.1.2 Střížná vůle a plocha [1], [2], [3], [17], [23]

Střížnou vůli lze definovat jako součet dvou střížných mezer, což je rozdíl jmenovitých rozměrů střížnice a střížníku. Správná volba střížné vůle má vliv na kvalitu střížné plochy, velikost střížného odporu a ovlivňuje životnost střížného nástroje. Velikost střížné plochy je ovlivňována několika faktory a to druh děleného materiálu, jeho tloušťka, materiál střížného nástroje a tvar výstřížku. Různé vůle jsou na obrázku 16.

Vůli lze stanovit několika způsoby, například volbou podle procenta tloušťky materiálu, které je uvedeno v tabulce 3, nebo výpočtem ze vzorce.



Tab. 3 Volba střížné vůle pro různé materiály. [1]

	Druhy oceli		
	Měkká	Středně tvrdá	Tvrdá
<b>Střížná vůle v [%s]</b>	2 - 7	3 - 8	4 - 10

Střížnou vůli můžeme vypočítat pomocí střížné mezery:

$$v = 2 \cdot z, \quad (2.1)$$

kde:  $v$  – střížná vůle [mm],  
 $z$  – střížná mezera [mm].

Hodnota střížné vůle pro plech s tloušťkou  $s \leq 3$  mm je stanovena výpočtem:

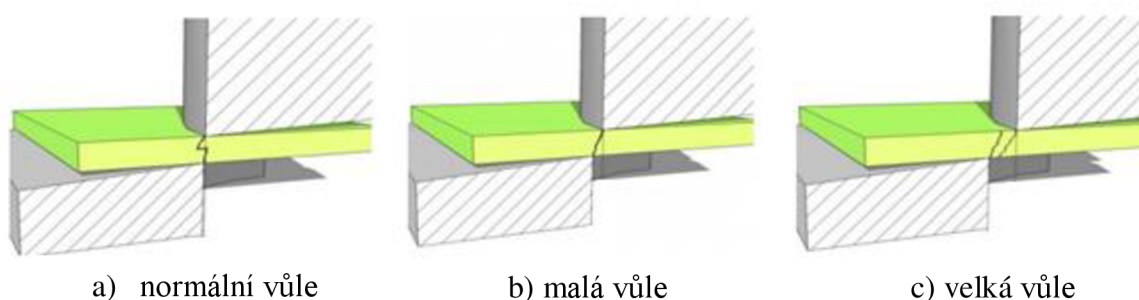
$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s}, \quad (2.2)$$

kde:  $c$  – součinitel závislý na stupni stříhu (0,005 až 0,035) [-],  
 $s$  – tloušťka materiálu [mm] ,  
 $\tau_s$  – pevnost materiálu ve stříhu [MPa].

Pro plech s tloušťkou  $s \leq 3$  mm je vzorec pro výpočet stanoven takto:

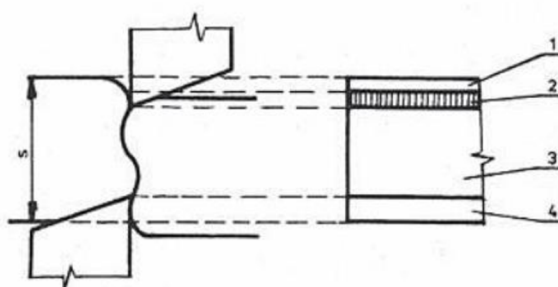
$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (2.3)$$

Při zvolení malé střížné vůle nastává dvojnásobné stříhání, což snižuje kvalitu střížné hrany a snižuje ohyb. Při zvolení velké střížné vůle dochází k částečnému vtahování materiálu do střížné mezery, což zapříčiní vytvoření velkých ostřin a nekvalitní střížnou hranu.



Obr. 16 Vliv střížné vůle na tvar trhlin [30]

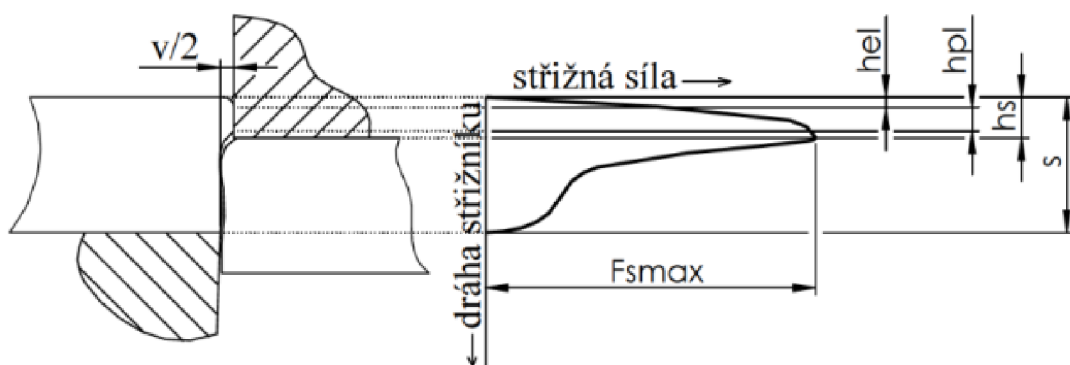
Střížnou plochu vytvoří trhliny, které postupují od břitů obou nožů a uprostřed se setkají. Její čtyři části jsou zobrazeny na obr. 17. První je tzv. pásmo zaoblení a tvoří ho oblast pružné deformace. Druhé je pásmo vlastního stříhu a představuje oblast plastické deformace. Třetí a nejširší oblast na střížné ploše je pásmo utržení, kde dochází k samotnému dělení materiálu a poslední část tvoří pásmo otlacení od spodního nože. Na kvalitu plochy má vliv střížná mezera, tloušťka materiálu a kvalita střížných hran.



Obr. 17 Kvalita střížné plochy [17]

### 2.1.3 Střížná síla a střížná práce [1], [2], [3], [17]

Při návrhu vhodného tvářecího stroje je nutné znát velikost střížné síly. Její průběh je zobrazen na obrázku 18.



Obr. 18 Průběh střížné síly [28]

První krátká dráha je pružné vniknutí břitu, kdy dochází k napěchování kovu a pod břitem dojde k plastickému přetvoření. Dochází k nárůstu síly, i když se zmenšuje střížná plocha a to vlivem lokálního zpevnění. Po vzniku prvních trhlin nastává mírný, ale plynulý pokles síly až po hloubku vniknutí, kde dochází k lomu ve tvaru „S“ a následnému oddělování výstřížku. Tudíž k výraznému poklesu síly. Pro snížení střížné síly se dají použít různé úpravy střížníků.

Střížnou sílu lze vypočítat ze vztahu:

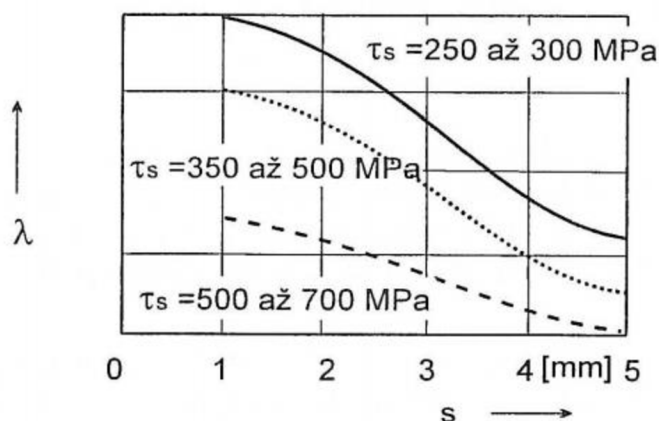
$$F_s = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot S_s = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot l \cdot s, \quad (2.4)$$

kde:  $F_s$  – střížná síla [N],  
 $k_{ot}$  – koeficient otupení nástroje [-],  
 $S_s$  – plocha stříhu [mm<sup>2</sup>],  
 $l$  – délka stříhu [mm].

Střížná práce je při stříhání rovnoběžnými střížnými hranami určena plochou pod křivkou střížné síly obr. 18. Součinitel plnosti diagramu  $F_s - s$  lze pro různé kovy určit z grafu (obr.19).

$$A_s = \lambda \cdot F_s \cdot s, \quad (2.5)$$

kde:  $A_s$  – střížná práce [J],  
 $\lambda$  – součinitel plnosti diagramu [-].



Obr. 19 Graf ke stanovení součinitele plnosti [25]

### 2.1.4 Technologičnost výstřížků [1], [3], [17], [19], [24]

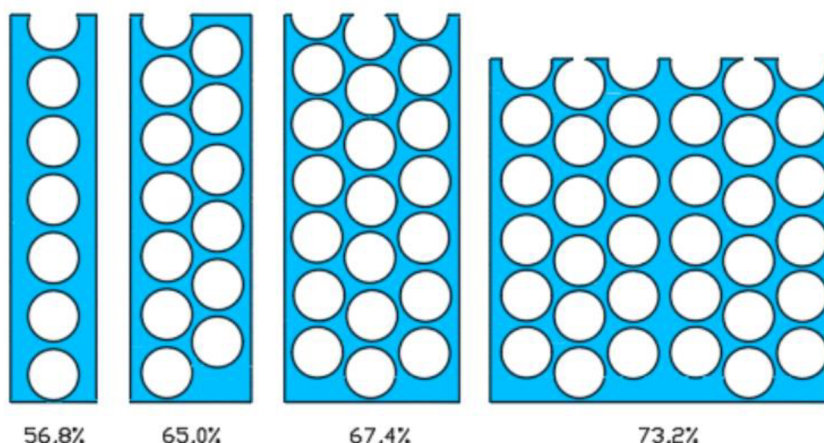
Při tvorbě výstřížků je důležité dodržovat předepsané zásady. Před návrhem výroby se musí brát v úvahu mechanické vlastnosti materiálu, kdy by pevnost neměla přesáhnout 1200MPa a konečný tvar součásti upravit tak, aby jeho rohy byly sražené nebo zaoblené. U stříhání se posuzuje, zda je nutné využít speciální nástroje pro přesné stříhání se zvýšenou přesností (je možné dosáhnout přesnosti až IT6) nebo zda je přesnost dosažitelná běžným stříháním, kde se dosahuje základních přesností IT 12 až IT 14.

Mezi důležitou součástí patří vhodné rozvržení tvaru výstřížku na pás, či tabuli plechu. Uspořádání na pásu zásadně ovlivňuje využití stříhaného materiálu, a proto je důležité, aby technologický odpad, který závisí na uspořádání výstřížku na pásu, byl co nejnižší. Příklady nástřihových plánů lze vidět na obrázku 20.

Využití materiálu lze vypočítat ze vztahu:

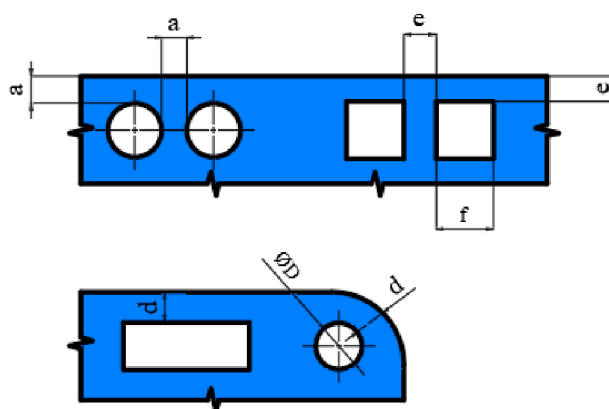
$$\eta_t = \frac{n_t \cdot S_v}{S_{\text{tab}}}, \quad (2.6)$$

kde:  $\eta_t$  – využití tabule plechu [%],  
 $n_t$  – počet výstřížků z tabule plechu [ks],  
 $S_v$  – plocha výstřížku [mm<sup>2</sup>],  
 $S_{\text{tab}}$  – plocha tabule [mm<sup>2</sup>].



Obr. 20 Příklady nástřihových plánů [22]

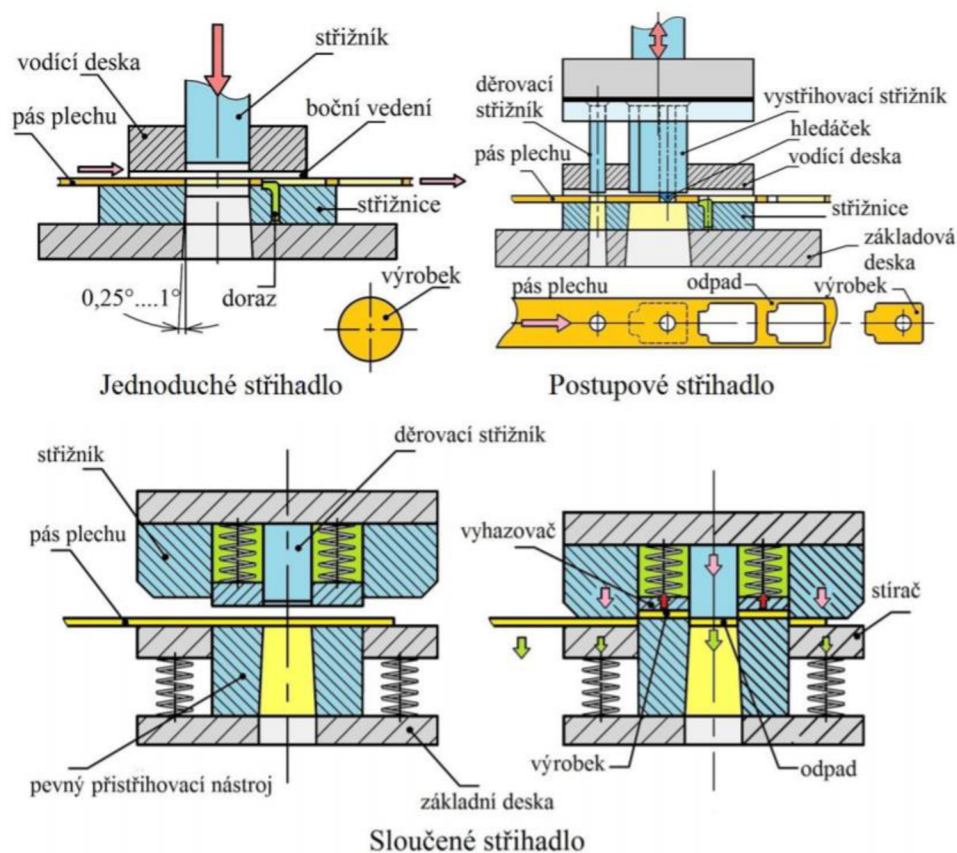
Mezi důležitá pravidla při konstrukci výstřížků určitě patří dodržování minimální vzdálenosti. Vzdálenosti mezi kruhovými otvory, zobrazené na obrázku 21 jsou  $a \geq 0,8 \cdot s$ . Dále pak minimální vzdálenost pro hranaté otvory je  $c \geq s$ , a také  $d \geq 1,5 \cdot s$ . Nejmenší možná velikost otvoru, která lze vystříhnout záleží na tloušťce materiálu. Jestliže není střízná plocha funkční, není vhodné určovat její drsnost. Při volbě materiálu dbát na jeho dobrou zpracovatelnost s náležitými vlastnostmi. Minimální velikost stříhaných otvorů je  $\text{Ø}D = s$ . Pro hranaté otvory je to hodnota  $f = 0,8 \cdot s$ .



Obr. 21 Vzdálenosti mezi otvory [24]

### 2.1.5 Střížné nástroje [1], [3], [15], [16], [23], [27], [32], [33]

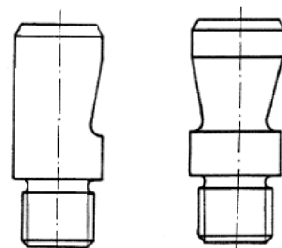
Střížné nástroje se dělí na jednoduchá, postupová a sloučená stříhadla (obr. 22), která patří podle ČSN 22 6001 mezi lisovací nástroje. Při použití jednoduchého stříhadla je polotovar založen mezi dorazy, zakládací kostky nebo jiné elementy, které zaručí přesné uchycení. Jsou vhodná pro vystřížení jednoduchých tvarů. Naopak postupové stříhadlo vytváří výstřížek postupně, na několik kroků. Správné vedení materiálu zde zajišťují vodící lišty, polotovar se posune o tzv. krok, mezi jednotlivými zdvihy lisu. Sloučené stříhadlo umožňuje v jedné poloze pásu děrovat i vystříhovat a díky tomu je výstřížek zhotoven na jeden pracovní zdvih. Stříh probíhá mezi hlavními částmi nástroje a tedy mezi střížnicí a střížníkem.



Obr. 22 Druhy stříhadel [31]

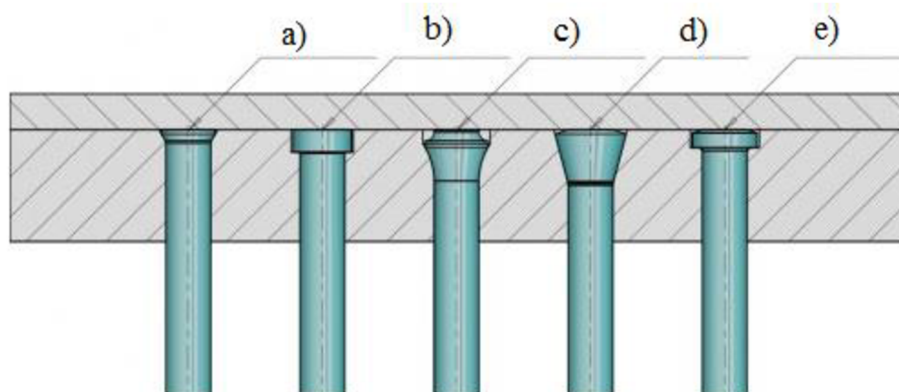
- Základová deska – slouží k ustavení a upnutí spodní části nástroje ke stolu lisu. Pomocí šroubů a kotlíků je k ní upevněná střížnice, případně vodící deska a lišty. Její důležitou funkcí je tlumení rázů.
- Vodící lišty – v nástroji slouží k vedení pásu plechu či svitku. Jejich výška je dána tloušťkou polotovaru a způsobu posouvání plechu. Vzdálenost mezi lištami se volí tak, aby materiál procházel volně. Se střížnicí jsou spojeny pomocí šroubů a kolíků.
- Vodící deska – má úlohu vést střížníky při pohybu směrem dolů a při zpětném pohybu zastává funkci stírače. Pokud má deska velké rozměry, je vhodné ji vyrobit z konstrukční oceli a vložkovat, čímž se docílí snížení nákladů.
- Kotevní deska – slouží k uchycení střížníků. Může být konstruována z konstrukční oceli, ale i z nástrojových uhlíkových ocelí. Je pevně uchycena pomocí šroubů a kolíků k upínací a opěrné desce.

- Opěrná deska – je jednoduchá součást, která je umístěna mezi kotevní a upínací deskou. Slouží jako podložka pro střížníky v horní části nástroje. Má za úkol chránit upínací desku, před otlačením od střížníků. Materiál kotevních desek je vhodné volit s vyšší tvrdostí, které se dají tepelně zpracovat.
- Upínací deska – zajišťuje spojení a upevnění nástroje. Je k ní připevněna stopka. Materiál desky je stejný, jako u základní desky. Ostatní desky jsou k ní upevněny pomocí šroubů a kolíků.
- Stopka – slouží k upnutí horní části nástroje do lisu. Vyrábí se nejčastěji z oceli 11 600 a je umístěna v těžišti sil. Může být upevněna do upínací desky osazením, nebo závitem. Podle volby lisu se odvíjí její rozměry, které podléhají normě a volby konkrétní stopky. Je umístěna do těžiště působících sil. Různé typy jsou zobrazené na obrázku 23.



Obr. 23 Druhy stopek [31]

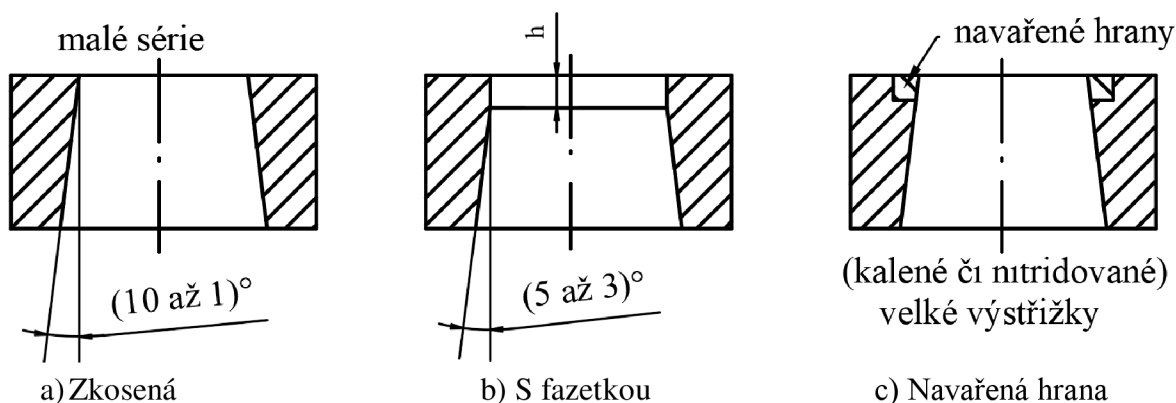
- Dorazy – jsou polohovací elementy, které zajišťují posunutí plechu o jeden krok. Zvolení vhodného dorazu ovlivňuje chod nástroje a jeho životnost. Mezi základní typy patří pevné, zpětné a načínací dorazy.
- Střížníky – patří k nejdůležitějším částem střížného nástroje. Jsou upevněny v jeho pohyblivé části několika možnými způsoby. Tvar a rozměry střížníku se mění v závislosti na vyráběné součásti a je důležité je kontrolovat na tlak a vzpěr. Velké střížníky se vyrábí jako skládané, naopak tenké se vkládají do pouzder. Na výrobu se používají nástrojové oceli a následně se tepelně zpracují. Střížník s kuželovou hlavou (obr. 24a) vyžaduje pouze malý prostor, a proto je to nejpoužívanější. Snadnější montáž vyžaduje střížník s válcovou hlavou (obr. 24b a 24e). Je vhodný pro větší síly při zpětném pohybu. Střížníky s pozounovou hlavou (obr. 24c a 24d) jsou vhodné pro velmi velké síly při zpětném pohybu.



Obr. 24 Způsoby upnutí střížníku [34]

- Střížnice – je nejdůležitější pevná část střížného nástroje. Vyrábí se z kalené nástrojové oceli. Pro jednoduché tvary je z jednoho kusu, při stříhání složitějších tvarů se vyrábí skládaná. Používají se různé tvary střížné hrany. Pro malé série se používá střížnice zkosená, kde propadávají výstřížky dolů. Dále může být rovná,

výstřižky se vyhazují zpátky a dále se zpracovávají, nebo se volí varianta, kdy je hrana do určité hloubky rovná a pak až s úkosem. Volí se pro přesnější výstřižky, které propadávají. Výhodou je, že se dá střižnice dále přeastřovat, a proto je stále kvalitní střižná hrana. Různé úpravy jsou na obrázku 25.



Obr. 25 Úpravy střižnic [33]

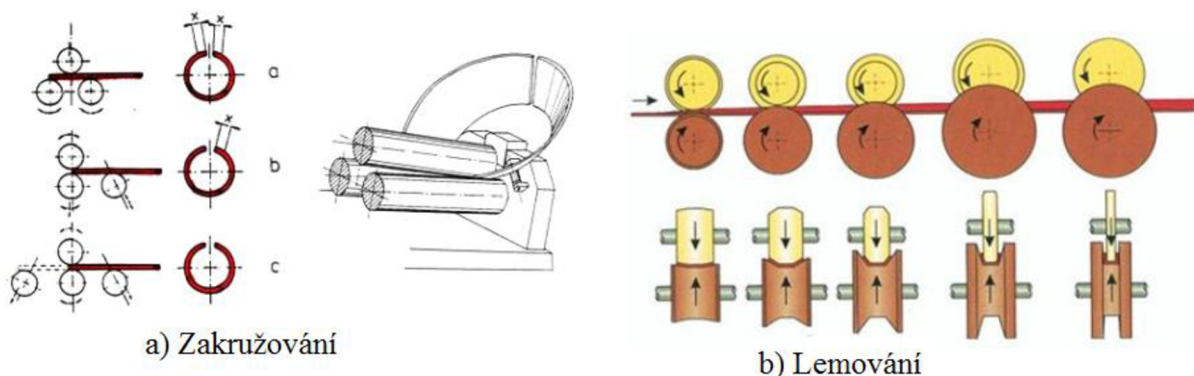
## 2.2 Ohýbání [1], [2], [3], [27], [35]

Ohýbání je typický proces plošného tváření, při kterém dochází vlivem ohybové síly a ohybových momentů k trvalému přetvoření součástí z plechů, drátů a tyčí. Ohýbání probíhá většinou za studena. Při ohýbání větších průřezů materiálu, nebo pro tvrdé a křehké materiály se dá použít ohýbání za tepla. Ohýbání se dělí podle různých faktorů a kritérií:

- Z teoretického hlediska:
  - ohýbání zatěžovací silou,
  - ohýbání momenty,
- Dle způsobu ohýbání:
  - ohýbání na lisech (ohýbadle),
  - ohýbání na ohýbacích strojích (ohýbačkách),
  - ohýbání na ohraňovacích strojích,
  - ohýbání pomocí válců,

Mezi základní operace ohýbání patří: jednoduché ohýbání, rovnání, lemování a zakružování zobrazené na obrázku 26.

Jednoduché ohýbání patří k základním způsobům ohýbání. Patří sem ohýbání polotovaru do tvaru "U" nebo "V". Další technologií je zakružování, při kterém je polotovar tvářen buď do válcového, kuželového, nebo do části těchto ploch. Lemování je operace, při které je ohnut okraj polotovaru za účelem vytvoření ozdobného vzhledu, odstranění ostrých hran anebo zvýšení tuhosti. Lemováním je možné připravit plech na vytvoření spoje. Rovnání je proces, při kterém se pomocí rovnacích válců polotovar zvětšuje. Tato operace se většinou používá k odstranění nežádoucí deformace.

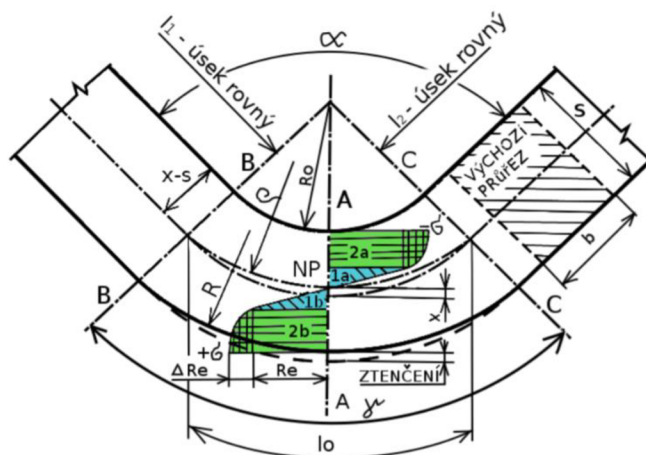


Obr. 26 Zakružování a Lemování [22]

### 2.2.1 Rozložení napětí při ohybu [1], [2], [27]

Při ohýbání je materiál pružně-plasticky deformován, pomocí lokálních sil, nebo momentem vnějších sil. Na velikost deformace má vliv tloušťka materiálu a jeho kvalita, poloměr ohybu a také velikost ohybových momentů. Na vnitřní straně ohýbaného polotovaru vzniká tlakové napětí, kde se materiál v podélném směru stlačuje a v příčném směru rozšiřuje. Na vnější straně polotovaru vznikají tahová napětí, která materiál v podélném směru natahují a v příčném směru zužují. Uprostřed ohýbaného profilu se nachází vrstva s nulovým napětím a to znamená, že se délka této vrstvy nemění v celém průběhu ohýbání. Jedná se o plochu nazývanou neutrální osa deformace, zobrazenou na obrázku 26.

Neutrální osa se při ohýbání s malým poloměrem ohybu přesouvá k vnitřní straně ohybu a současně dochází k zeslabování tloušťky materiálu. Její poloha je důležitá pro stanovení délky polotovaru.



Obr. 27 Schéma ohýbání [36]

Pro výpočet rozměrů polotovarů pro ohýbání je nutné znát délku a polohu neutrální osy v místě ohybu. Součást je rozdělena na rovné úseky, jejichž délky lze zjistit z výkresu a na ohýbané. Délka ohýbaných úseků se stanoví z polohy neutrální vrstvy. Poloměr neutrální vrstvy v ohnuté části lze vypočítat vztahem:

$$\rho = R_0 + x \cdot s, \tag{2.7}$$

kde:  $\rho$  – poloměr neutrální vrstvy [mm],

$R_0$  – poloměr ohybu [mm],

$x$  – součinitel posunutí neutrální osy viz tabulka 4 [-].

Tab. 4 Hodnoty součinitele x. [27]

$R_o / s$	0,1	0,25	0,5	1	2	3	4	5	6	8	10
x	0,32	0,35	0,38	0,42	0,445	0,47	0,475	0,478	0,48	0,483	0,486

Délku ohnuté části lze určit pomocí poloměru posunuté neutrální vrstvy. Využívá se proto vzorce:

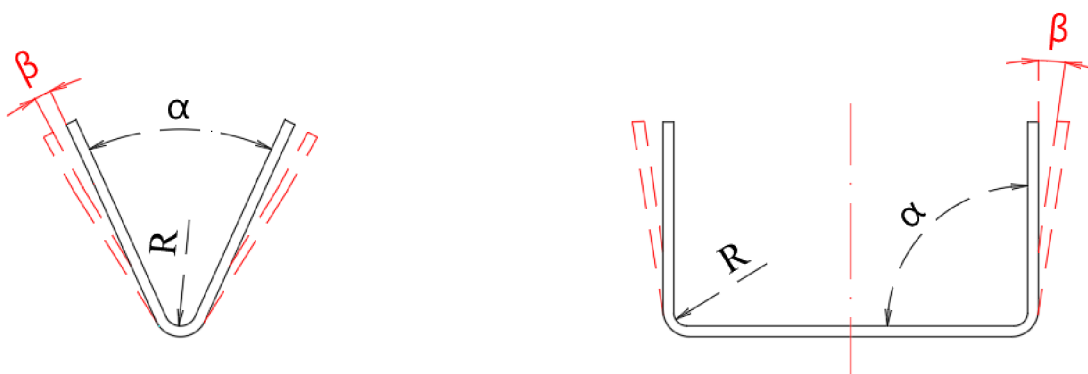
$$L_o = \frac{\pi \cdot \alpha}{180} \cdot \rho, \quad (2.8)$$

kde:  $L_o$  – délka neutrální vrstvy [mm],

$\varphi$  – úhel ohybu [°].

### 2.2.2 Odpružení [1], [2], [3], [27]

Důsledkem pružně-plastického stavu v materiálu vzniká odpružení, zobrazené na obrázku 28. To je výrazným průvodním jevem ohýbání. Způsobuje změnu rozměru a tvar ohýbaného materiálu. Ty neodpovídají rozměrům daným tvarem ohýbadla. Při konstrukci je nutné uvažovat o odpružení, proto se hodnoty ohybu zvětší o hodnoty odpružení. Na jeho velikost mají vliv mechanické vlastnosti materiálu, velikost poloměru ohybu, tloušťka materiálu i konstrukce ohýbadla. Čím větší je poloměr ohybu a tvrdost materiálu, tím větší je odpružení.



a) Ohyb do tvaru „V“

b) Ohyb do tvaru „U“

Obr. 28 Schéma odpružení [22]

Výpočet odpružení při ohýbání do tvaru „V“:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_v}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E}, \quad (2.9)$$

kde:  $\beta$  – úhel odpružení [°],

$l_v$  – vzdálenost mezi opěrami ohybnice [mm],

$k$  – součinitel určující polohu neutrální plochy podle tabulky 5 [-],

$R_e$  – mez kluzu materiálu [MPa],

$E$  – modul pružnosti v tahu [MPa].

Výpočet odpružení při ohýbání do tvaru „U“:

$$\operatorname{tg} \beta = 0,375 \cdot \frac{l_u}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E}, \quad (2.10)$$

kde:  $l_u$  – rameno ohybu při ohýbání do tvaru „U“ [mm].

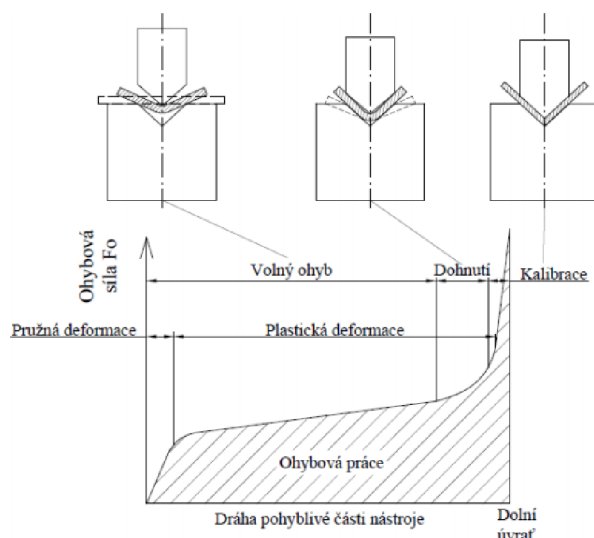


Tab. 5 Hodnoty součinitele k.[33]

$R_o / s$	0,1	0,25	0,5	0,8	1	2	3	4	5	6
$x$	0,68	0,65	0,62	0,58	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52	0,52

### 2.2.3 Ohybová síla a práce [1], [2], [3], [27], [35]

Při ohýbání vzniká ohybová síla. Její průběh v závislosti na dráze je znázorněn na obrázku 28. První část představuje oblast pružného ohybu, kdy síla prudce roste. Druhá část je oblast plastického ohybu, síla zde mírně roste, až po třetí oblast, kalibraci. V této třetí ohýbací operaci síla znovu prudce roste a dochází ke kalibraci ohybu.



Obr. 29 Průběh ohýbací síly při ohybu do tvaru „V“ [37]

Při výpočtu ohybové síly do tvaru „V“ se vychází z momentové rovnice pro nosník, na dvou podporách, který je uprostřed zatížen ohýbací silou. Průběh síly je zobrazen na obrázku 29. Pro výpočet lze použít vztah:

$$F_{ov} = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right), \quad (2.11)$$

kde:  $F_{ov}$  – ohybová síla pro tvar „V“ [N],  
 $b_o$  – šířka ohýbaného pásu [mm].

V případě, že je ohýbaný materiál ohýbán do tvaru „U“, potřebná síla pro ohnutí se spočítá ze vztahu:

$$F_{ou} = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot (1 + 7\mu), \quad (2.12)$$

kde:  $F_{ou}$  – ohybová síla pro tvar „U“ [N],  
 $\mu$  – součinitel tření [-].

Při ohýbání je nutné počítat i s dalšími silami, jako je kalibrační síla, nebo při použití přidržovače také síla přidržovací. S těmito složkami je nutné počítat při určení celkové ohybové síly, kterou lze určit ze vztahu:

$$F_{co} = F_o + F_k + F_p, \quad (2.13)$$

kde:  $F_{co}$  – celková ohýbací síla [N],

$F_k$  – kalibrační síla,  $F_k = (2,5 \text{ až } 3) \cdot F_o$  [N],

$F_p$  – přidržovací síla,  $F_p = (0,25 \text{ až } 0,3) \cdot F_o$  [N].

Ohybová práce se počítá ze vztahu:

$$A_o = F_o \cdot h \cdot \delta, \quad (2.14)$$

kde:  $A_o$  – ohybová práce [J],

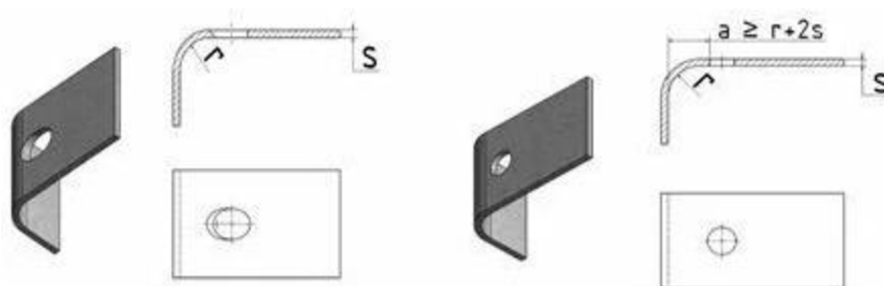
$h$  – dráha ohybníku [m],

$\delta$  – koeficient zaplnění diagramu [-].

#### 2.2.4 Technologičnost ohýbaných součástí [1], [2], [3], [27], [38]

Při tvorbě ohýbaných součástí je důležité dodržovat předepsané technologické zásady, které posuzují vyrobiteľnost součástí:

- poloměr ohybu by měl být co nejmenší, tím se zmenší úhel odpružení a nedojde ke vzniku trhlin,
- minimální vzdálenost okraje otvoru od ohybu musí platit podmínka  $a \geq r + 2 \cdot s$  zobrazenou na obrázku 30,
- minimální délka ohýbaného ramene musí být delší, než  $2 \cdot s$ ,
- osa ohybu by měla být kolmá na směr vláken, nebo pod úhlem  $30^\circ$ , pokud to není dodrženo, mění se minimální poloměr ohybu,
- při ohýbání součástí, jenž má ramena různě dlouhá, musí být zabráněno posuvu materiálu na stranu delšího ramene,
- u součástí s velkým poloměrem ohybu, se doporučuje provést v místě ohybu prolisy, za účelem zvýšení tuhosti,
- nejmenší poloměr pohybu je závislý na tvárnosti materiálu,
- osu ohybu je lepší volit kolmo na směr vláken materiálu. V opačném případě hrozí porušení materiálu, a proto se musí zvětšit minimální poloměr ohybu.



a) Špatná volba

b) Správná volba

Obr. 30 Konstrukční vzdálenosti [38]

Mezi nejdůležitější faktory patří minimální a maximální poloměr ohybu. Minimální poloměr ohybu závisí na anizotropii materiálu, na způsobu ohýbání, šířce a tloušťce polotovaru. Při překročení hodnoty minimálního ohybu nastává porušení na vnější straně ohýbaného materiálu. Tuto hodnotu lze vypočítat ze vztahu:

$$R_{\min} = \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_p \cdot s, \quad (2.15)$$

kde:  $R_{\min}$  – minimální hodnota poloměru ohybu [mm],  
 $\varepsilon_c$  – mezní prodloužení [-],  
 $c_p$  – součinitel minimálního poloměru ohybu [-].

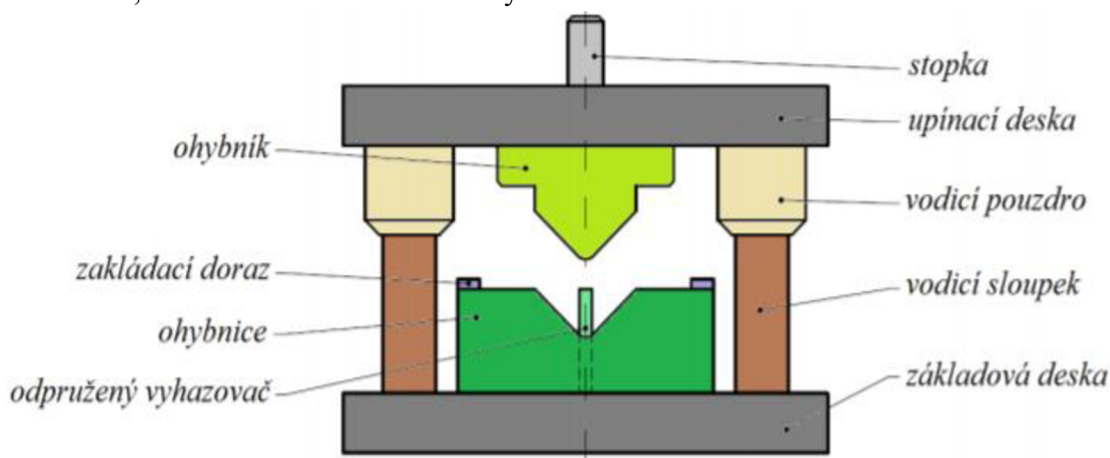
Maximální poloměr ohybu je podmíněn nutnou existencí trvalé plastické deformace v krajních vrstvách ohýbaného polotovaru. Při dosažení této hodnoty nedojde po odlehčení k návratu do původního stavu. Hodnotu lze získat ze vzorce:

$$R_{\max} = \frac{s}{2} \cdot \left( \frac{E}{R_e} - 1 \right), \quad (2.16)$$

kde:  $R_{\max}$  – maximální hodnota poloměru ohybu [mm].

### 2.2.5 Ohýbací nástroje [3], [22], [33], [35], [39], [40], [41]

Ohýbací nástroj (obr. 31) bývá konstruován podle velikosti výrobní série a použitého tvářecího stroje. Dále jejich konstrukce závisí na tvaru a složitosti požadovaných ohybů. Při menších nebo méně náročných výrobních sériích jsou používány jednoduchá ohýbadla, která se používají při jedné operaci ohýbání. Naopak pro větší série a složitější ohybové operace jsou použité postupové ohýbací nástroje. Jako další alternativa se může použít sloučení více technologických operací do jednoho sdruženého nástroje, kdy na jeden zdvih lisu se na jednom nebo více místech vykoná více operací různého druhu. Tyto nástroje lze použít pro výstředníkové, klikové nebo ohraňovací lisu.



Obr. 31 Jednoduchý ohýbací nástroj [42]

Mezi nejdůležitější části ohýbacího nástroje patří ohybník a ohybnice. Ohybník patří do horní pohybové části, jež se přišroubuje, nebo ukotví ke kotevní desce. Poloměr ohybníku je shodný s požadovaným poloměrem na výlisku, pokud nesouhlasí, lze ho s ohledem na odpružení upravit.

Kvalita ohýbané součásti a velikost ohybové síly jsou závislá na tvaru pevné ohýbací čelisti, tedy ohybnice. Ta bývá často vložkováná a to za účelem úspory nástrojového materiálu. Pevná ohýbací čelist se upíná na základovou desku, která je upevněna na stole lisu. U plechů, které mají tloušťku větší, než 3 mm se sráží ohybové hrany pod úhlem 45° a poloměr ohybnice se pohybuje v rozmezí  $r_m = (2 \text{ až } 6) \cdot s$ .

Další dílčí části ohybového nástroje jsou vodičí sloupky a pouzdra. Ty zajišťují přesné provedení ohybu, tudíž zvyšují přesnost. Dále je použita stopka, ta má za cíl upnutí horní pohyblivé části nástroje do beranu tvářecího stroje. Je možné použít vyhazovače, které pomáhají k vyjmutí dílce z nástroje.

### 3 NÁVRH VÝROBY

Řešeným dílem je držák, který slouží k přichycení kabeláže a také chladicího potrubí ve venkovní jednotce klimatizací. Velikosti výrobní série je stanovena na 200 000 ks ročně. V předchozích kapitolách byla pro výrobu součásti zvolená technologie stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji. V nástroji se nejprve vystřihne rozvinutý tvar součásti a následně se ohne do požadovaného tvaru. Držák bude vyráběn z materiálu DC01 o tloušťce 1mm, který vyhovuje požadavkům. Hlavní rozměry dílce jsou zobrazeny na obrázku 32.

Při návrhu nástroje pro držák je nutné zkontrolovat technologické zásady výstřižku. Jeho tvar splňuje všechny zásady, nemá totiž žádné ostré hrany. Předepsané tolerance vyhovují pro výrobu ve sdruženém nástroji. Při stříhání v nástroji se dosahuje přesnosti IT9 – IT11, což splňuje požadavky na přesnost. Dále musí být zkontrolovány minimální vzdálenosti otvorů mezi sebou a od kraje. Pro otvory platí minimální vzdálenost od kraje:

$$a = 0,8 \cdot s = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ mm}$$

a tato velikost podmínce vyhovuje. Pro minimální stříhaný otvor platí podmínka:

$$f = 0,8 \cdot s = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ mm}$$

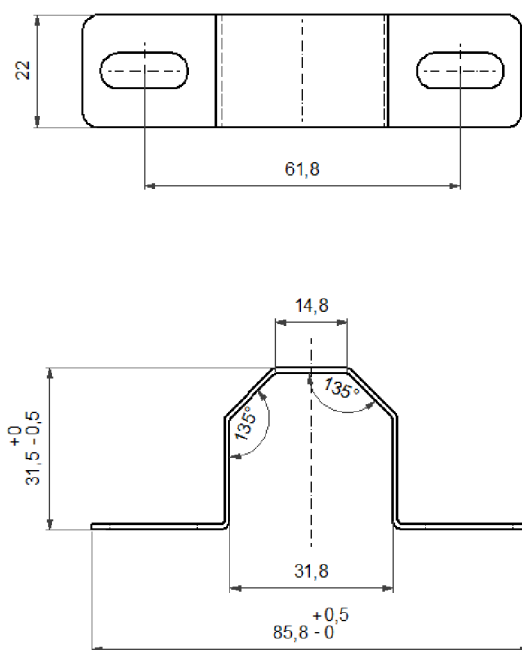
i v tomto případě je podmínka splněna. Součást je potřeba zkontrolovat i z hlediska technologičnosti konstrukce pro ohýbané součásti. Minimální délka ohýbaného ramene je dvojnásobek tloušťky, tedy 2 mm. U držáku je toto kritérium splněno a zároveň je splněná minimální vzdálenost otvorů od ohybu. Hodnota  $c_p$  je zde zvolena optimálně pro danou ocel 0,8. Pro výpočet minimálního poloměru bude využito vztahů (2.14):

$$R_{\min} = c_p \cdot s = 0,8 \cdot 1 = 0,8 \text{ mm}$$

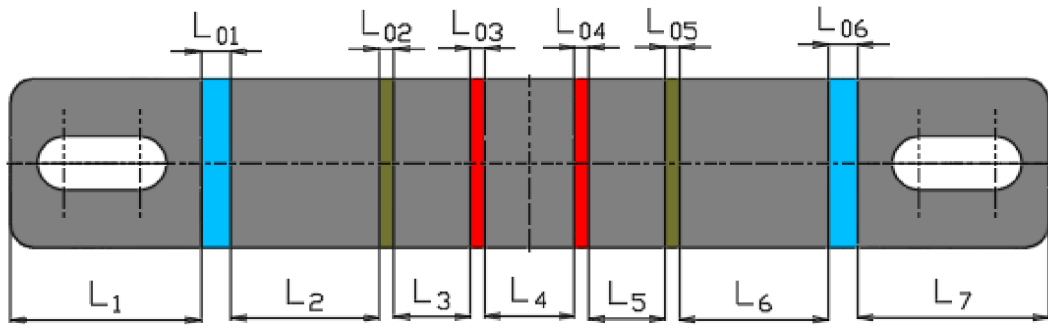
Vyráběná součást splňuje všechny podmínky z hlediska technologičnosti konstrukce a vyhovuje výrobě ve sdruženém nástroji. V další kapitole bude zvolena optimální varianta dodávaného materiálu DC01, jestli bude dodáván ve formě svitku nebo v tabulích.

#### 3.1 Výpočet rozvinutého tvaru

Je nutné zjistit rozměry rozvinutého dílce. Výpočtem získáme rozměry, podle kterých určíme velikost polotovaru a následně jeho orientaci na pásu plechu, či svitku. Součást je nutné rozdělit na rovné úseky a na úseky ohybu. Toto rozdělení můžeme vidět na obrázku 33. Součtem těchto úseků dostaneme rozměr rozvinutého tvaru. Pro výpočet délek bude využita rovnice (2.8).



Obr. 32 Hlavní rozměry držáku



Obr. 33 Rozvin součásti

- Výpočet délky oblouku  $L_{01}$ :

$$\frac{R_1}{s} = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow x_1 = 0,445$$

$$\rho_1 = R_1 + x_1 \cdot s = 2 + 0,445 \cdot 1 = 2,445 \text{ mm}$$

$$L_{01} = \frac{\pi \cdot \alpha_1}{180} \cdot \rho_1 = \frac{\pi \cdot 90}{180} \cdot 2,445 = 3,84 \text{ mm}$$

- Výpočet délky oblouku  $L_{06}$ :

$$L_{06} = L_{01} = 3,84 \text{ mm}$$

- Výpočet délky oblouku  $L_{02}$ :

$$\frac{R_2}{s} = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow x_2 = 0,445$$

$$\rho_2 = R_2 + x_2 \cdot s = 2 + 0,445 \cdot 1 = 2,445 \text{ mm}$$

$$L_{02} = \frac{\pi \cdot \alpha_2}{180} \cdot \rho_2 = \frac{\pi \cdot 45}{180} \cdot 2,445 = 1,92 \text{ mm}$$

- Výpočet délky oblouku  $L_{05}$ :

$$L_{05} = L_{02} = 1,92 \text{ mm}$$

- Výpočet délky oblouku  $L_{03}$ :

$$\frac{R_3}{s} = \frac{2}{1} = 2 \rightarrow x_3 = 0,445$$

$$\rho_3 = R_3 + x_3 \cdot s = 2 + 0,445 \cdot 1 = 2,445 \text{ mm}$$

$$L_{03} = \frac{\pi \cdot \alpha_3}{180} \cdot \rho_3 = \frac{\pi \cdot 45}{180} \cdot 2,445 = 1,92 \text{ mm}$$

- Výpočet délky oblouku  $L_{04}$ :

$$L_{04} = L_{03} = 1,92 \text{ mm}$$

- Celková rozvinutá délka obloukových úseků:

$$L_{oc} = L_{01} + L_{02} + L_{03} + L_{04} + L_{05} + L_{06}$$

$$L_{oc} = 3,84 + 3,84 + 1,92 + 1,92 + 1,92 + 1,92 = 15,36 \text{ mm}$$

- Celková rozvinutá délka rovných úseků:

$$L_{rc} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6$$

$$L_{rc} = 24 + 18,9 + 10,8 + 12,5 + 10,7 + 18,9 + 24 = 119,9 \text{ mm}$$

- Celková rozvinutá délka polotovaru:

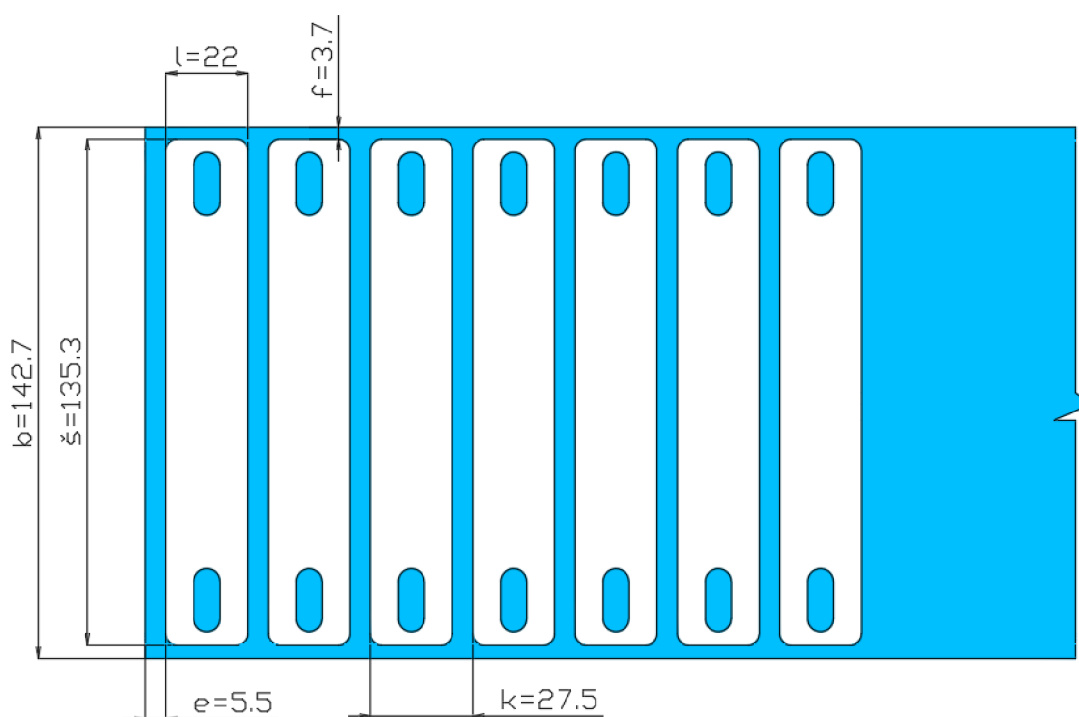
$$L_c = L_{oc} + L_{rc} = 15,36 + 122,7 = 135,26 \text{ mm}$$

Celková rozvinutá délka součásti byla vypočtena  $L_c = 135,26 \text{ mm}$  a vzhledem na přesnost výroby je zvolena  $L_c = 135,3 \text{ mm}$ .

### 3.2 Volba nástřihového plánu

Při tvorbě nástřihového plánu je důležité umístit součást na polotovar tak, aby bylo dosaženo největšího využití materiálu. Technologický i konstrukční odpad by měl být co nejnižší, jelikož materiál tvoří nedílnou součást ceny výrobku.

Nástřihový plán bude vytvořen pro tabule plechu standardních formátů a také pro svitek plechu. Pro ocel DC01 o tloušťce 1 mm jsou dostupné formáty plechu: 1 000 x 2 000 mm, 1 250 x 2 500 mm a 1 500 x 3 000 mm. Materiál bude dělen na podélné a příčné pásy. Kvůli tvaru výstřižku je vhodná pouze jedna varianta umístění na polotovar (obr. 34). Pro tuto variantu bude navržen nástřihový plán.



Obr. 34 Rozmístění výstřižků na pás plechu

Vzorové výpočty jsou uvedeny pro formát plechu 1 x 1 000 x 2 000 mm a to pro příčné dělení tabule. Využití ostatních tabulí jsou zobrazeny v tabulce 6. Velikosti přídavku  $e$  a  $f$  jsou stanoveny dle přílohy 1.

- Délka kroku:

$$K = l + e = 22 + 5,5 = 27,5 \text{ mm} \quad (3.1)$$

- Šířka pásu:

$$b = \check{s} + 2 \cdot f = 135,3 + 2 \cdot 3,7 = 142,7 \text{ mm} \quad (3.2)$$

- Počet pásů z tabule:

$$n_p = \frac{b_t}{b} = \frac{1000}{142,7} = 7,007 \rightarrow 7 \text{ pásů} \quad (3.3)$$

- Počet dílů z pásu:

$$n_{vp} = \frac{l_T}{k} = \frac{2000}{27,5} = 72,73 \rightarrow 72 \text{ dílů} \quad (3.4)$$

- Počet dílů z tabule:

$$n_{vt} = n_{vp} \cdot n_p = 72 \cdot 7 = 504 \text{ dílů} \quad (3.5)$$

- Počet tabulí pro sérii:

$$n_T = \frac{N}{n_{vt}} = \frac{200\,000}{504} = 396,82 \rightarrow 397 \text{ ks} \quad (3.6)$$

- Plocha jednoho dílu:

$$S_v = l \cdot š = 22 \cdot 142,7 = 2976,6 \text{ mm}^2 \quad (3.7)$$

- Plocha jedné tabule:

$$S_t = l_T \cdot b_T = 2000 \cdot 1000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2 \quad (3.8)$$

- Plocha dílů na tabuli:

$$S_{dt} = S_v \cdot n_{vt} = 2976,6 \cdot 504 = 1\,500\,206,4 \text{ mm}^2 \quad (3.9)$$

- Využití tabule:

$$\eta_t = \frac{S_{dt}}{S_t} = \frac{1\,500\,206,4}{2\,000\,000} = 0,7501 \cdot 100 \rightarrow 75,01\% \quad (3.10)$$

- Využití všech tabulí:

$$\eta_{ct} = \frac{N \cdot S_v}{S_t \cdot n_t} = \frac{200\,000 \cdot 2976,6}{2\,000\,000 \cdot 397} = 0,7497 \cdot 100 \rightarrow 74,97\% \quad (3.11)$$

Tab. 6 Využití dostupných plechů

Rozměr tabule [mm]	1000x2000		1250x2500		1500x3000	
	Podélné	Příčné	Podélné	Příčné	Podélné	Příčné
Počet pásů z tabule $n_p$ [ks]	14	7	17	8	21	10
Počet dílů z pásu $n_{vp}$ [ks]	36	72	45	90	54	109
Počet dílů z tabule $n_{vt}$ [ks]	504	504	765	720	1090	1134
Plocha tabule $S_t$ [m <sup>2</sup> ]	2	2	3,125	3,125	4,5	4,5
Plocha výstřižku $S_v$ [mm <sup>2</sup> ]	2976,6	2976,6	2976,6	2976,6	2976,6	2976,6
Počet tabulí pro sérii $n_t$ [ks]	397	397	262	278	184	177
Využití tabule $\eta_t$ [%]	75,01	75,01	72,87	68,58	72,09	75,01
<b>Využití všech tabulí <math>\eta_{ct}</math> [%]</b>	<b>74,97</b>	<b>74,97</b>	<b>72,71</b>	<b>68,53</b>	<b>71,90</b>	<b>74,75</b>

Jako další možná varianta je vyrábět součást ze svitku plechu o tloušťce 1mm. Svitek je dodáván v potřebné šířce. Jeho velikost je dána vnějším průměrem, který byl kvůli manipulaci zvolen na  $D_{sv} = 1200\text{mm}$ , vnitřní průměr výrobce udává na  $d_{sv} = 610\text{mm}$ . Bude počítáno s hustotou oceli  $\rho_{ocel} = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$ .

- Hmotnost svitku

$$m_{sv} = \pi \cdot \frac{D_{sv}^2 - d_{sv}^2}{4} \cdot b \cdot \rho_{ocel} = \pi \cdot \frac{1200^2 - 610^2}{4} \cdot 142,7 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}, \quad (3.12)$$

$$m_{sv} = 939,5 \text{ kg.}$$

- Délka svitku

$$L_{sv} = \frac{m_{sv}}{s \cdot b \cdot \rho_{ocel}} = \frac{939,5}{1 \cdot 142,7 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}} = 838\,693,27 \text{ mm} \quad (3.13)$$

- Plocha svitku

$$S_{sv} = L_{sv} \cdot b = 838\,693,27 \cdot 142,7 = 119\,681\,529,6 \text{ mm}^2 \quad (3.14)$$

- Počet výstřižků z jednoho svitku

$$n_{vsv} = \frac{L_{sv}}{K} = \frac{838\,693,27}{27,5} = 30\,497,93 = 30\,497 \text{ ks} \quad (3.15)$$

- Počet svitků pro danou sérii

$$n_{sv} = \frac{N}{n_{vsv}} = \frac{200\,000}{30\,497} = 6,55 = 7 \text{ ks} \quad (3.16)$$

- Využití svitku

$$\eta_{sv} = \frac{n_{sv} \cdot S_v}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{30\,497 \cdot 2976,6}{119\,681\,529,6} \cdot 100 = 75,85 \% \quad (3.17)$$

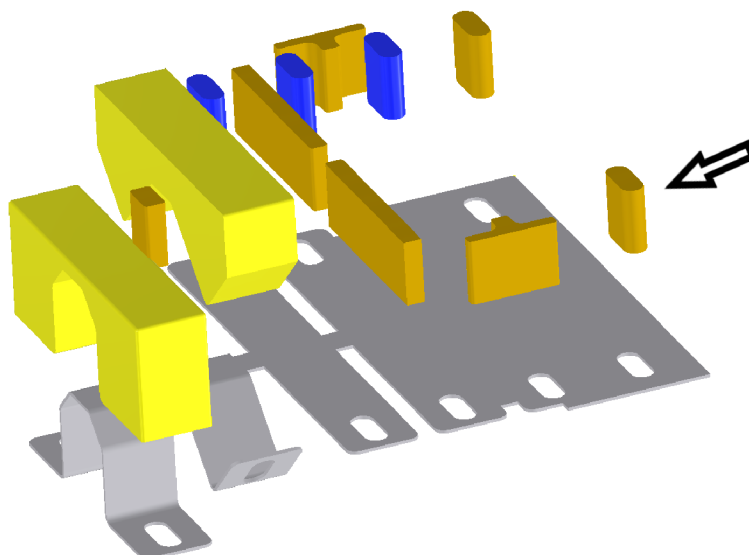
- Využití všech svitků

$$\eta_{csv} = \frac{N \cdot S_v}{S_{sv} \cdot n_{sv}} \cdot 100 = \frac{200\,000 \cdot 2976,6}{119\,681\,529,6 \cdot 7} \cdot 100 = 71,06 \% \quad (3.18)$$

Z výsledků je patrné, že jako nejlepší varianta vyšla výroba z tabule plechu o rozměrech 1000 x 2000 mm. I když vyšlo využití 74,79 %. Jelikož je firma vybavena pomocným zařízením, jako jsou rovnačky a podávací zařízení je pro výrobu zvolen svitek plechu, který nám umožní efektivnější výrobu bez časových prodlev s manipulací s materiálem. Tato varianta je taky lepší pro automatizaci celé výroby.

### 3.3 Postup výroby

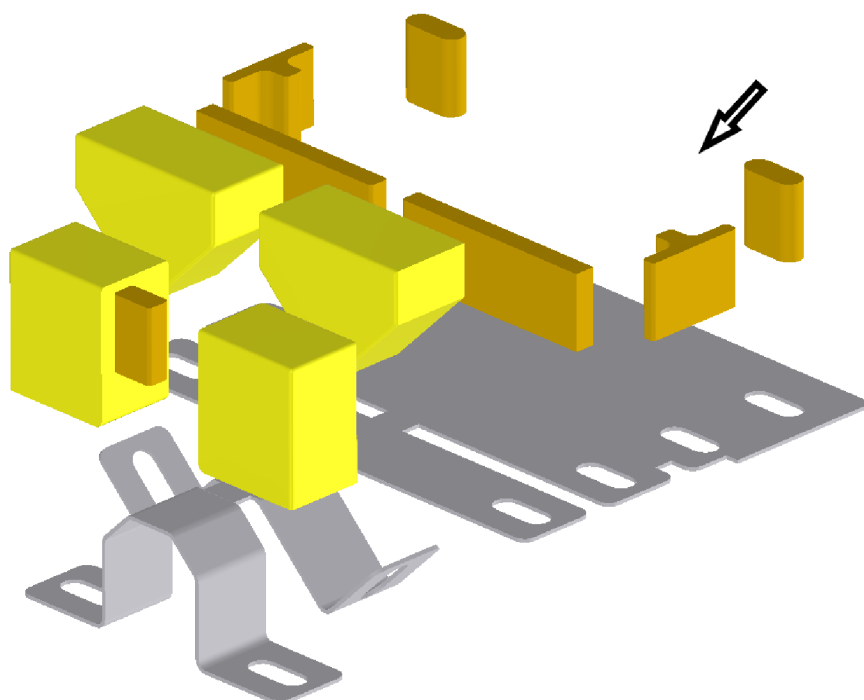
Výroba zadané součásti bude provedena ve sdruženém nástroji. Výchozím materiálem budou pásy plechu z tabule. Nyní je nutné zvolit optimální postup výroby. Jednotlivé operace jsou rozděleny, rozvrženy tak, aby byla zajištěna potřebná přesnost a vyrobiteľnost. Návrh výroby variantou 1 je na obrázku 35.





Obr. 35 Návrh výroby variantou 1

- První krok – pás je zaveden do nástroje a jsou prostříženy dva otvory o rozměru 17x7 mm
- Druhý až třetí krok – dochází k vystřížení zaoblených okrajů výstřížku.
- Třetí až čtvrtý krok – zde je dostřížen vnější tvar výstřížku dvěma střížníky a zůstane pouze můstek.
- Pátý krok – následuje ohyb součásti do tvaru "V".
- Šestý krok – dochází k ohnutí součásti do požadovaného tvaru a ostříhnutí můstku.



Obr. 36 Návrh výroby variantou 2

Na obrázku 36 je zobrazen postup výroby variantou 2. Tato varianta se liší od návrhu 1 hlavně posledním krokem, kdy bude můstek, který zaručoval posuv součásti odstříhnut až nakonec. Je také možné použít společný přídržovač pro pátou a šestou operaci. Tato varianta byla zvolena pro výrobu držáku.

### 3.4 Výpočty pro střížnou část nástroje

Před volbou vhodného tvářecího stroje a návrhem sruženého nástroje je důležité zjistit velikosti střížných sil a střížné práce. Pro materiál DC01 jsou zvoleny hodnoty  $R_m = 410\text{MPa}$ ,  $s = 1\text{mm}$ , koeficient otupení nástroje  $k_{ot} = 1,3$ , součinitel plnosti diagramu  $\lambda = 0,6$  a součinitel závislý na stupni stříhu  $c = 0,01$ . Zde uvedené výpočty jsou pro střížník otvoru 1. Ostatní výpočty jsou uvedeny v tabulce 7.

- Napětí ve stříhu:

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 410 = 328 \text{ MPa} \quad (3.19)$$

- Střížná vůle dle vzorce (2.2):

$$v = 2 \cdot 0,32 \cdot c \cdot s \cdot \sqrt{\tau_s} = 2 \cdot 0,32 \cdot 0,01 \cdot 1 \cdot \sqrt{328} = 0,12 \text{ mm}$$

- Střížná síla pro střížník 1 dle vzorce (2.4):

$$F_{s1} = k_{ot} \cdot \tau_s \cdot L_{s1} \cdot s = 1,3 \cdot 328 \cdot \left( \frac{\pi \cdot 7}{2} + \frac{\pi \cdot 7}{2} + 10 + 10 \right) \cdot 1 = 17905,0 \text{ N}$$

- Střížná práce pro střížník 1 dle vzorce (2.5):

$$A_s = \lambda \cdot F_s \cdot s = 0,6 \cdot 17905,0 \cdot 0,001 = 10,74 \text{ J}$$

Tab. 7 Shrnutí všech střížníků.

Střížník	Střížná síla [kN]	Počet [ks]	Celková střížná síla [kN]	Střížná práce [J]	Celková střížná práce [J]
1	17,9	2	35,8	10,7	21,4
2	61,0	2	122,0	36,6	73,2
3	54,2	2	108,4	32,5	65,0
4	14,1	1	14,1	8,5	8,5

Střížníky jsou rozděleny podle čísel. Střížník jedna je pro vystříhnutí drážky, střížník dva je tvarový, který stříhá vnější tvar součásti. Třetí je pro odstřížení přepážky mezi díly a čtvrtý je v posledním kroku, kde odstříhne můstek.

- Celková střížná síla:

$$F_{sc} = F_{sc1} + F_{sc2} + F_{sc3} + F_{sc4} = 35,8 + 122 + 108,4 + 14,1 = 280,3 \text{ kN}$$

- Celková střížná práce:

$$A_{sc} = A_{sc1} + A_{sc2} + A_{sc3} + A_{sc4} = 21,4 + 73,2 + 64,0 + 8,5 = 167,1 \text{ J}$$

Pro funkční části střížného nástroje je nutné vypočítat jejich tolerance. Z důvodu zajištění klidného chodu a dobré životnosti nástroje určujeme tolerance pro střížník a střížnici. V našem případě budeme počítat tolerance pro děrování a to u stříhání prvních otvorů. Při tomto procesu je výrobkem otvor a vystřížený tvar je odpad. U tolerování rozměrů při děrování je základní tvar střížník a jeho rozměry jsou zvětšeny o tuto toleranci. Tím se zajistí, že otvor bude v dovolené toleranci i po opotřebení nástroje. Při výpočtech budou použity vzorečky z přílohy 2. Ostatní střížníky obstříhují výslednou součást a výpočty budou použity podle přílohy 3. Vzorový výpočet bude proveden pro nejmenší střížník. Ostatní rozměry jsou uvedeny v tabulce 9. Z hlediska vyrobitelnosti a kontroly jsou rozměry na výkresech zaokrouhleny na setiny.

Pro výpočet budeme potřebovat znát všeobecné tolerance délkových a úhlových rozměrů. Hodnoty úchylek pro střední třídu přesnosti označovanou m jsou uvedeny v tabulce 8.

Tab. 8 Mezní úchytky pro jednotlivé rozměry. [43]

Rozsah rozměrů [mm]	Hodnota mezních úchylek [mm]
3 - 6	± 0,1
6 - 30	± 0,2
30 - 120	± 0,3

- Funkční rozměry střížníku pro děrování 17x7 mm:

$$RAD = \left( JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left( 17 + \frac{0,160}{2} \right) - 0,074 = 17,155_{-0,074} \text{ mm}, \quad (3.20)$$

kde: RAD – rozměr střížníku při děrování [mm],

JR – jmenovitý rozměr otvoru [mm],

P – přípustná míra opotřebenění viz příloha 4 [mm],

TA – výrobní tolerance střížníku [mm].

$$RAD = \left( JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left( 7 + \frac{0,160}{2} \right) - 0,074 = 7,155_{-0,074} \text{ mm.}$$

- Funkční rozměry střížnice pro děrování 17x7 mm:

$$RED = \left( JR + \frac{P}{2} + v \right) + TE = \left( 17 + \frac{0,160}{2} + 0,12 \right) + 0,120 \quad (3.21)$$

$$= 17,275^{+0,120} \text{ mm,}$$

kde: RED – rozměr střížnice při děrování [mm],

TE – výrobní tolerance střížnice [mm].

$$RED = \left( JR + \frac{P}{2} + v \right) + TE = \left( 7 + \frac{0,160}{2} + 0,12 \right) + 0,120 = 17,275^{+0,120} \text{ mm.}$$

- Funkční rozměry střížníku pro vystřihování 11x5,5 mm:

$$RAV = \left( JR + \frac{P}{2} + v \right) + TA = \left( 11 + \frac{0,310}{2} + 0,12 \right) + 0,035 \quad (3.22)$$

$$= 11,275^{+0,035} \text{ mm.}$$

kde: RAV – rozměr střížníku při vystřihování [mm].

$$RAV = \left( JR + \frac{P}{2} + v \right) + TE = \left( 5,5 + \frac{0,160}{2} + 0,12 \right) + 0,035 = 5,7^{+0,035} \text{ mm.}$$

- Funkční rozměry střížnice pro vystřihování 11x5,5 mm:

$$REV = \left( JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left( 11 + \frac{0,310}{2} \right) - 0,120 = 11,155_{-0,120} \text{ mm,} \quad (3.23)$$

kde: REV – rozměr střížnice při děrování [mm].

$$REV = \left( JR + \frac{P}{2} \right) - TA = \left( 5,5 + \frac{0,160}{2} \right) - 0,034 = 5,58_{-0,034} \text{ mm.}$$

Tab. 9 Funkční rozměry střížníků a střížnic.

Stříhaný tvar	Funkční rozměr střížníku s toleranci [mm]	Funkční rozměr střížnice s toleranci [mm]
1 - Drážka	7,155 <sub>-0,074</sub>	7,275 <sup>+0,120</sup>
	17,155 <sub>-0,074</sub>	17,275 <sup>+0,120</sup>
2 – Obrys součásti	3,2 <sup>+0,035</sup>	3,08 <sub>-0,054</sub>
	3,2 <sup>+0,035</sup>	3,08 <sub>-0,054</sub>
	3,965 <sup>+0,074</sup>	3,845 <sub>-0,120</sub>
	5,7 <sup>+0,035</sup>	5,58 <sub>-0,034</sub>
	9,275 <sup>+0,074</sup>	9,155 <sub>-0,120</sub>
	29,775 <sup>+0,074</sup>	29,655 <sub>-0,120</sub>
3 - Přepážka	5,7 <sup>+0,035</sup>	5,58 <sub>-0,034</sub>
	58,35 <sup>+0,120</sup>	58,23 <sub>-0,190</sub>
4 - Můstek	5,7 <sup>+0,035</sup>	5,58 <sub>-0,034</sub>
	11,275 <sup>+0,035</sup>	11,155 <sub>-0,120</sub>

### 3.5 Výpočty pro ohybovou část nástroje

Před začátkem konstrukce ohybové části sruženého nástroje budou provedeny výpočty pro tuto část. Ohybové síly budou spočítány dle vztahu (2.11) a (2.13). Pro stanovení celkové síly u každého kroku, je důležité počítat i síly přidržovače a kalibrační.

- Výpočet ohybové síly pro první krok:

$$F_{o1} = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{22 \cdot 1^2 \cdot 280}{2 \cdot 2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90}{2}\right) = 1540 \text{ N}$$

- Výpočet přidržovací síly pro první krok, koeficient volím 0,25:

$$F_{p1} = (0,25 \text{ až } 0,3) \cdot F_{o1} = 0,25 \cdot 637,9 = 385 \text{ N}$$

- Výpočet kalibrační síly pro první krok, koeficient volím 2,5:

$$F_{k1} = (2,5 - 3) \cdot F_{o1} = 2,5 \cdot 637,9 = 3850 \text{ N}$$

- Výpočet celkové ohybové síly pro první krok:

$$F_{co1} = 2 \cdot (F_{o1} + F_{k1}) + F_{p1} = 2 \cdot (1540 + 3850) + 385 = 11\,165 \text{ N}$$

Ve výpočtu násobím ohybovou a kalibrační sílu dvěma, protože v tomto kroku jsou 2 ohybníky. Pro další výsledná síla zaokrouhlena na 11,2 kN.

- Výpočet ohybové síly pro druhý krok:

$$F_{o2} = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi}{2}\right) = \frac{22 \cdot 1^2 \cdot 280}{2 \cdot 2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{45}{2}\right) = 637,9 \text{ N}$$

- Výpočet síly přidržovače pro druhý krok, koeficient volím 0,25:

$$F_{p2} = (0,25 - 0,3) \cdot F_{o2} = 0,25 \cdot 637,9 = 159,5 \text{ N}$$

- Výpočet kalibrační síly pro druhý krok, koeficient volím 2,5:

$$F_{k2} = (2,5 - 3) \cdot F_{o2} = 2,5 \cdot 637,9 = 1594,8 \text{ N}$$

- Výpočet celkové síly pro druhý krok:

$$F_{co2} = 2 \cdot (F_{o2} + F_{k2}) + F_{p2} = 2 \cdot (637,9 + 1594,8) + 159,5 = 4624,9 \text{ N}$$

Ve výpočtu násobím ohybovou a kalibrační sílu dvěma, protože v tomto kroku jsou 2 ohybníky. Pro další výpočty je síla zaokrouhlena na 4,6 kN.

- Výpočet celkové síly pro vytvoření všech ohybů:

$$F_{co} = F_{co1} + F_{co2} = 11,2 + 4,6 = 15,8 \text{ kN}$$

Pro výpočet ohybové práce bude využito vztahů (2.14) a to pro každou operaci. Jako součinitel plnosti diagramu volím  $\delta = 0,55$ .

- Výpočet ohybové práce pro první krok:

$$A_{o1} = F_{co1} \cdot h \cdot \delta = 11165 \cdot 0,0215 \cdot 0,55 = 132,1 \text{ J}$$

- Výpočet celkové ohybové práce pro první krok:

$$A_{co1} = 2 \cdot A_{o1} = 2 \cdot 132,1 = 264,2 \text{ J}$$

- Výpočet ohybové práce pro druhý krok:

$$A_{o2} = F_{co2} \cdot h \cdot \delta = 4624,9 \cdot 0,022 \cdot 0,55 = 56,0 \text{ J}$$

- Výpočet celkové ohybové práce pro první krok:

$$A_{co2} = 2 \cdot A_{o2} = 2 \cdot 56 = 112,0 \text{ J}$$

- Výpočet celkové ohybové práce pro první krok:

$$A_{co} = A_{co1} + A_{co2} = 264,2 + 112 = 376,2 \text{ J}$$

Po zjištění výsledků pro jednotlivé technologie a operace je nutné vypočítat celkovou tvářecí sílu a práci, pro výpočet těžiště sil a pro volbu tvářecího stroje.

- Výpočet celkové tvářecí síly:

$$F_c = F_{sc} + F_{co} = 280,3 + 15,8 = 296,1 \text{ kN}$$

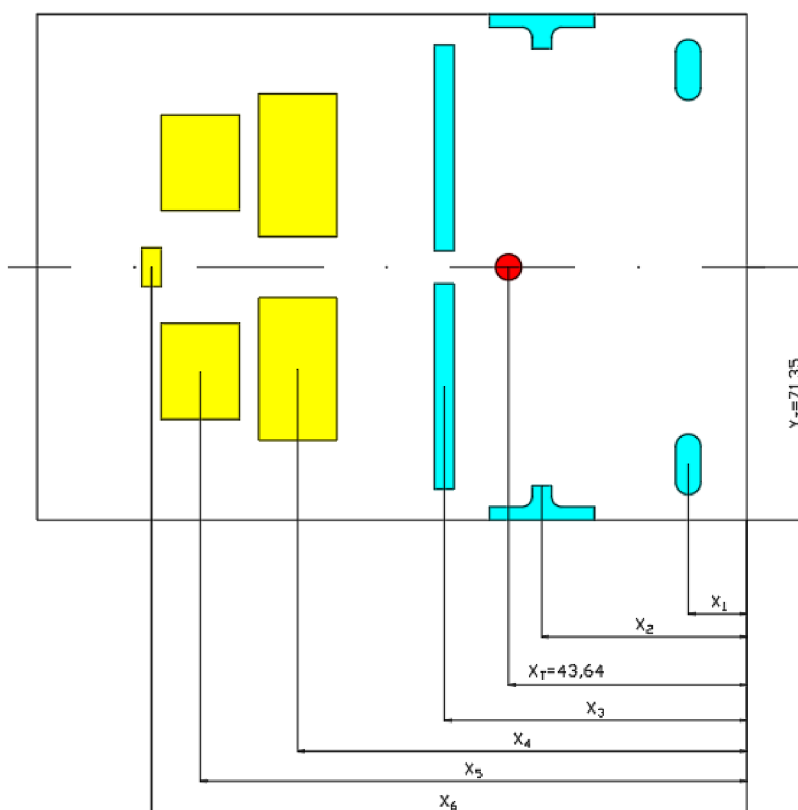
- Výpočet celkové tvářecí práce:

$$A_c = A_{sc} + A_{co} = 167,1 + 376,2 = 543,3 \text{ J}$$

### 3.6 Stanovení polohy stopky

V této části bude vypočítána poloha stopky sruženého nástroje, která spojuje vrchní část nástroje s beranem lisu. Ta je umístěna ve středu těžiště tvářecích sil. Při špatném umístění stopky dochází ke snížení přesnosti výroby, zvýšení opotřebení nástroje a může dojít k poškození stroje. Pro zjištění její polohy je využita výpočetní metoda. S ohledem na symetrické rozložení k podélné ose, je patrné, že poloha těžiště v příčném směru bude ležet právě na ní. Polohu v podélném směru zjistíme výpočtem pomocí jednotlivých těžišť zobrazené na obrázku 37 z rovnice:

$$\begin{aligned} X_t &= \frac{\sum F_i \cdot x_i}{F_c} = \frac{F_{s1} \cdot x_1 + F_{s2} \cdot x_2 + F_{s3} \cdot x_3 + F_{co1} \cdot x_4 + F_{co2} \cdot x_5 + F_{s4} \cdot x_6}{F_{sc} + F_{co}} = \\ &= \frac{17,4 \cdot 16,5 + 61 \cdot 57,75 + 54,2 \cdot 85,25 + 11,2 \cdot 126,5}{280,3 + 15,8} + \\ &+ \frac{4,6 \cdot 154 + 14,1 \cdot 167,75}{280,3 + 15,8} = 43,64 \text{ mm} \end{aligned}$$



Obr. 37 Poloha těžiště

Poloha stopky je zobrazena na obrázku 37. Je ve vzdálenosti 43,64 mm v podélném směru. V příčném směru je umístěna uprostřed pásu. V tomto místě bude vytvořen závit a umístěna stopka.

### 3.7 Kontrolní výpočty

Je důležité zkontrolovat střížníky na otláčení a vzpěr. U otláčení se zjistí, zda je nutné použít kalenou desku mezi kotevní a upínací desku. Může totiž hrozit, že dojde k otláčení dosedací části střížníku na upínací desku. Výpočty budou provedeny na nejmenším střížníku a na střížníku zatíženém největší silou. Pro výpočet je  $\sigma_{dov} = 180$ , zvoleno dle strojnických tabulek.

- Kontrola na otláčení nejmenšího střížníku (odstřihující můstek):

$$\sigma_1 = \frac{F_{s4}}{S_{d4}} = \frac{14900}{16 \cdot 11} = 84,65 \text{ MPa}, \quad (3.24)$$

kde:  $S_{d4}$  – dosedací plocha střížníku [ $\text{mm}^2$ ],

$$\sigma_1 \leq \sigma_{dov} \rightarrow 84,65 \text{ MPa} \leq 180 \text{ MPa} \rightarrow \text{není potřeba kalená opěrná deska.}$$

- Kontrola na otláčení střížníku zatíženého největší silou (tvarový):

$$\sigma_2 = \frac{S_{s2}}{S_{d2}} = \frac{61000}{413,4} = 147,46 \text{ MPa},$$

kde:  $S_{d2}$  – stanovená pomocí programu Autodesk Inventor 2020,  
 $S_{d2} = 413,4 \text{ mm}^2$

$$\sigma_2 \leq \sigma_{dov} \rightarrow 147,46 \text{ MPa} \leq 180 \text{ MPa} \rightarrow \text{není potřeba kalená opěrná deska.}$$

Z uvedených výpočtů je patrné, že není potřeba použít opěrnou desku. Při konstrukci nástroje jsem ji navrhnul, abych zabránil případnému opotřebení upínací desky z důvodu otláčení.

- Kontrola na vzpěr je provedena pro nejmenší střížník, který je nejvíce náchylný. Určení kritické délky se stanoví podle vztahu:

$$l_{\text{krit}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot J}{n \cdot F_{s4}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 166,375}{1,7 \cdot 14900}} = 233,35 \text{ mm}, \quad (3.25)$$

kde:  $n$  – koeficient bezpečnosti (1,5 až 2),

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{12 \cdot 5,5^3}{12} = 166,375 \text{ mm}^2,$$

kde:  $J$  – kvadratický moment obdélníkového střížníku [ $\text{mm}^2$ ],

$b$  – větší rozměr střížníku [ $\text{mm}$ ],

$h$  – menší rozměr střížníku [ $\text{mm}$ ].

Pro ohybovou část je nutné určit velikost odpružení pro každý ohyb. Tato velikost se následně porovná s tolerancí na výkrese. Podle tabulky 5 je zvolen koeficient  $k = 0,53$ . Pro výpočet bude využito vztahů (2.9).

- Odpružení v kroku 1:

$$\beta_1 = \arctg\left(0,375 \cdot \frac{l_{v1}}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E}\right) = \arctg\left(0,375 \cdot \frac{45,5}{0,53 \cdot 1} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5}\right) = 2,45^\circ$$

- Odpružení v kroku 2:

$$\beta_2 = \arctg\left(0,375 \cdot \frac{l_{v2}}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E}\right) = \arctg\left(0,375 \cdot \frac{5}{0,53 \cdot 1} \cdot \frac{280}{2,1 \cdot 10^5}\right) = 0,27^\circ$$

S odpružením je potřeba počítat při návrhu nástroje. Jelikož je odpružení  $\beta_1$  poměrně velké je potřeba upravit ohybník a ohybnici tak, aby po odlehčení zůstal ohyb  $90^\circ$ .

### 3.8 Volba tvářecího stroje

Pro vypočtenou potřebnou tvářecí sílu, která vyšla 296,1 kN je potřeba zvolit i tvářecí stroj. Mezi další důležité faktory patří velikost stolu a velikost zdvihu, aby bylo možné nástroj správně uchytit. Po zhodnocení všech kritérií se jako nejvýhodnější typ jeví výstředníkový lis LEN 63 C (obr. 38) od výrobce Šmeral Trnava, zobrazený na obrázku 38. Jeho maximální vyvinutá síle 630 kN, což postačuje výrobě součásti i s rezervou. Tento stroj je vhodný pro technologii stříhání i ohýbání a jeho parametry jsou v tabulce 10. Při výrobě je využíván svitek, proto je výrobní linka doplněna o podávací a rovnací zařízení. Firma má k dispozici takovou linku od firmy Attl a spol.

Tab. 10 Parametry lisu LEN 63C [44]

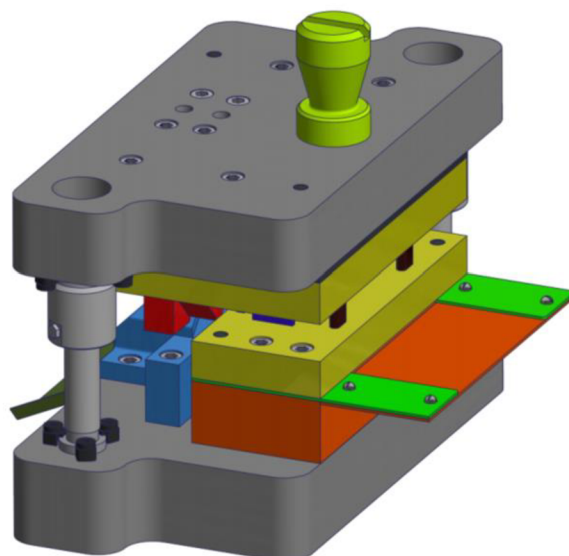
Parametr	Hodnota	Jednotka
Jmenovitá síla	630	kN
Tvářecí práce	1100	J
Sevření	335	mm
Zdvih	10-105	mm
Počet zdvihů	65	min
Upínací plocha stolu	800 x 630	mm
Výkon elektromotoru	7,5	kW
Upínací dutina beranu	50/85	mm
Přestavitelnost beranu	70	mm



Obr. 38 Lis LEN 63 C [45]

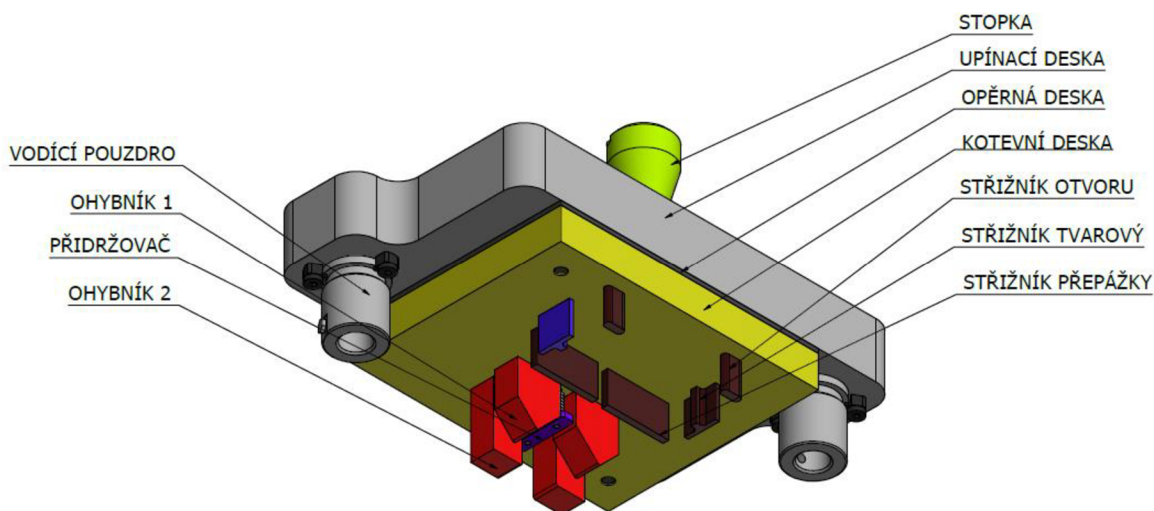
### 3.9 Popis sruženého nástroje

Pro výrobu držáku byl navržen sružený nástroj, který je jako 3D model zobrazený na obrázku 39. Nástroj byl navržen s ohledem na přesnost zadané součásti a to podle zvoleného výrobního postupu v programu Autodesk Inventor 2020. Při konstrukci bylo využito několik normalizovaných součástí a součástí od firmy Fibro. Nástroj lze rozdělit na dvě hlavní části, spodní část nástroje a vrchní část. Ten dokáže součást vyrobit na šest kroků.

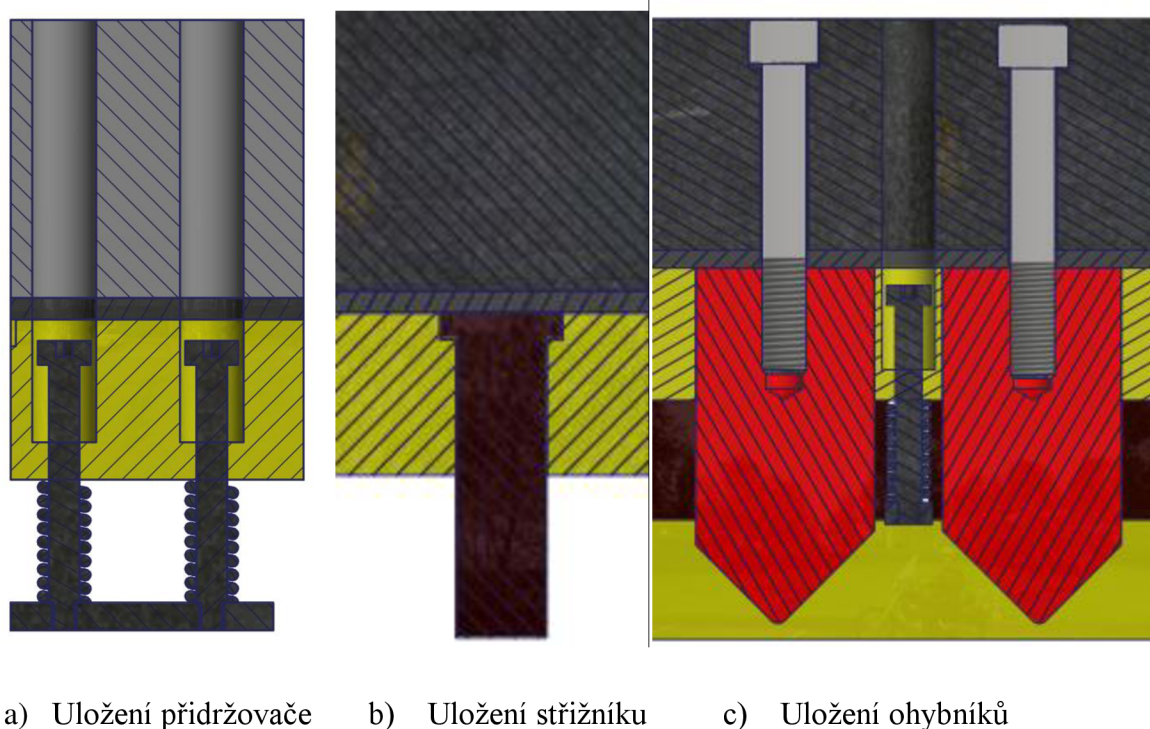


Obr. 39 Sružený nástroj

Horní část nástroje (obr. 40) se skládá z kotevní desky, ke které jsou upevněny střížníky a ohybníky. Střížníky jsou v desce usazeny odsazením (obr. 41 b) a ohybníky jsou k desce přišroubovány (obr. 41 c). Pro zabránění otláčení střížníku je mezi kotevní a upínací deskou vložena kalená deska, která tomu má zabránit. Do upínací desky jsou zalisována a přišroubována vodící pouzdra a do středu těžiště sil je umístěna stopka. Pomocí stopky je horní část nástroje do dutiny beranu lisu. V ohybové části je nutné použít přidržovač. Jeho vedení je zajištěné pomocí dvou lícovaných šroubů (příloha 5) a uložení je zobrazeno na obrázku 41 a. U přidržovače se využívá dvou tlačných pružin (příloha 6).



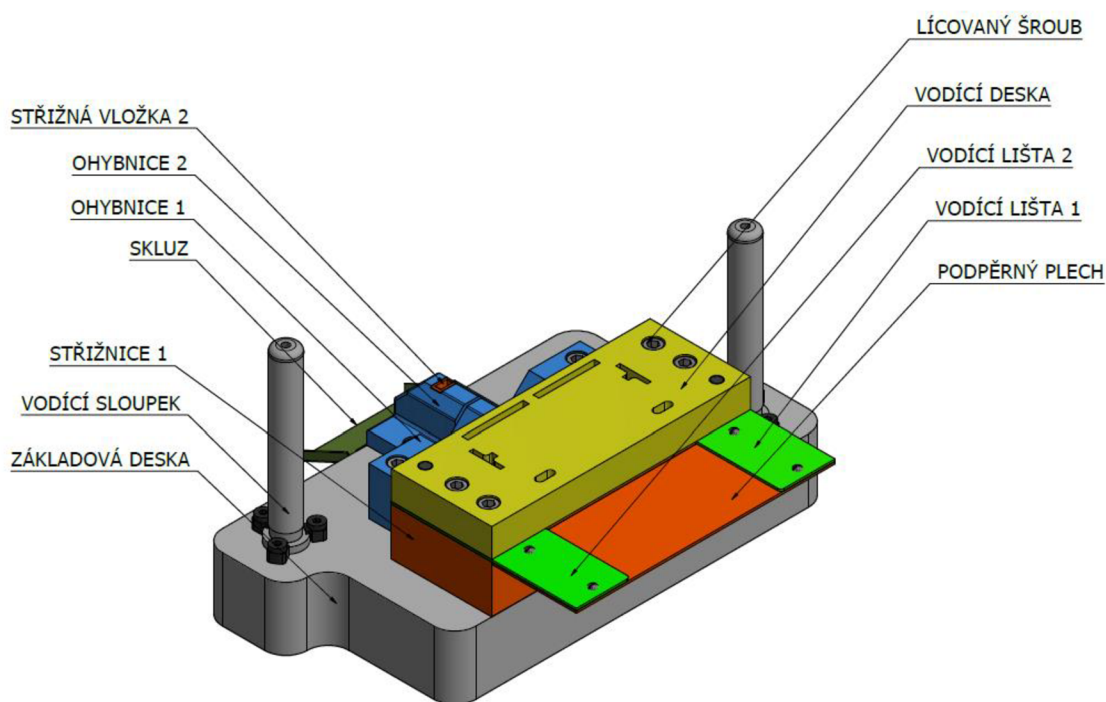
Obr. 40 Vrchní část nástroje



Obr. 41 Schéma uložení



Spodní část nástroje (obr. 42) se skládá ze základové desky, která je pomocí upínek pevně přichycená ke stolu lisu. K této desce jsou pomocí šroubů a kolíků upevněny hlavní části nástroje, tedy střížnice, ohybnice 1 a ohybnice 2. Ze zvoleného postupu vyplývá, že je nutné vytvořit střížnici i v posledním kroku. Ta je vytvořena, jako vložka v ohybnici 2. Ke střížnici jsou také připevněny vodící lišty, které zaručují přesné vedení pásu plechu. Na těchto lištách je umístěna vodící deska, která slouží pro přesné vedení střížníků. Ze strany vcházení plechu je k vodícím lištám pomocí dvou šroubů připevněn podpěrný plech, sloužící k lepšímu zavádění pásu do nástroje. Do základové desky jsou také pomocí šroubů přichyceny vodící sloupky (příloha 7), které spolu s vodícími pouzdry (příloha 8) zajišťují správnou polohu vůči vrchní části nástroje. Posledním dílem spodní části nástroje je skluz, po kterém sjíždí hotové díly.



Obr. 42 Spodní část nástroje

## 4 ZÁVĚRY

Cílem práce bylo navrhnout výrobu držáku, sloužícího k uchycení kabeláže a trubek ve venkovní jednotce klimatizací. Požadovaná roční výrobní série byla stanovená na 200 000 ks. Jelikož držák není vystaven žádným povětrnostním vlivům, byla k jeho výrobě zvolena konstrukční ocel DC01 o tloušťce 1mm.

Jako nejvhodnější způsob výroby byla zvolena kombinace technologií stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji. Pro tento způsob výroby byl tvar držáku upraven, aby vyhovoval z hlediska technologičnosti. Vzhledem k vyšší výrobní sérii byl zvolen polotovar ve formě svitku plechu o vnějším průměru 1200 mm. Po rozebrání různých způsobů umístění dílů na pás svitku bylo zvoleno podélné rozmístění součástí. Pro tento způsob umístění byla následně stanovena potřebná šířka svitku i jeho využití. Využitelnost materiálu činí 71,06 %. Pro zhotovení celé série je potřeba 7 svitků. Následně byly rozebrány různé varianty výroby, z nichž byla zvolena optimální varianta (varianta 2), při které je součást zhotovena na 6 kroků.

Po provedení technologických, konstrukčních a kontrolních výpočtů, byl zkonstruován sdružený postupový nástroj. Potřebná tvářecí síla na výrobu dílu byla stanovena na 296,1 kN, přičemž potřebná střižná síla je 280,3kN a ohybová síla je 15,8 kN. Rovněž byla provedena kontrola vybraných nástrojů – střižníků na vzpěr a otláčení. S ohledem na potřebnou tvářecí sílu byl zvolen jako vhodný výrobní stroj výstředníkový lis LEN 63 C od firmy Šmeral Trnava. Ten vyhovuje nejen z hlediska potřebné síly, ale i rozměrů nástroje.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [29]

1. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Brno: Univerzita obrany, 2008, 105 s. ISBN 978-80-7231-579-6.
2. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
3. BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2010, 245 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3242-0.
4. IndiaMART. *IndiaMART.com* [online]. UttarPradesh: IndiaMARTInterMESH, 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/custom-stainless-steel-laser-cut-plates-sheet-metal-laser-cutting-parts-22461905433.htm>
5. European Steel and AlloyGrades. *Steelnumber.com* [online]. Kharkov: NationalTechnical University KhPI, 2021 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: [http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=1996](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=1996).
6. KOŘÁN, Pavel. SERIÁL NA TÉMA LASERY - LASEROVÉ ŘEZÁNÍ. *Lao.cz* [online]. Praha: LAO - průmyslové systémy, 2013 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://www.lao.cz/lao-info-49/serial-na-tema-lasery---laserove-rezani-laser-cutting-129>
7. Laserové řezání. *Narran* [online]. Brno: Narran, 2018 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: [https://narran.cz/aplikacelaseru/laseroverezani/?gclid=EAIAIqObChMIoquS9Nvq6AIVFeDtCh3pugsAEAAYAiAAEgKeWPD\\_BwE&fbclid=IwAR1pI2kwKWtyfBZPQtnpVdERuj2EckYMy7638eNfx23r\\_wHrgcs3a5Crc](https://narran.cz/aplikacelaseru/laseroverezani/?gclid=EAIAIqObChMIoquS9Nvq6AIVFeDtCh3pugsAEAAYAiAAEgKeWPD_BwE&fbclid=IwAR1pI2kwKWtyfBZPQtnpVdERuj2EckYMy7638eNfx23r_wHrgcs3a5Crc)
8. Řezání laserem. *Chps.cz* [online]. Chomutov: CHPS, 2020 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://www.chps.cz/rezanolaserem/technologie?fbclid=IwAR1mqK2hBMMbY4hnGePk-2e80jSzQofQf6wMI5dJpjEoQOkG28MY7ftbL54>
9. Princip řezání. WCM: *Řezání vodním paprskem, Řezání laserem* [online]. [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://wcm.cz/technologie-rezani-vodnim-paprskem/princip-rezani>
10. Řezání vodním paprskem. *Rezani-cnc.cz* [online]. Slavíč: MORKUS MORAVA S.R.O, 2016 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <http://www.rezani-cnc.cz/princip-rezani-vodnim-paprskem.html>
11. Vodní paprsek. *Nessap řízené stroje* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.cncstroje.cz/vodni-paprsek>
12. PILOUS, Václav. *Technologie kovových materiálů*. 2. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2008. ISBN ISBN978-80-7043-699-8.
13. PALÁT, Hynek. Stříhání [online]. 2011, 2011 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: [https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/\\_sablony/STT\\_IV/VY\\_52\\_INOVACE\\_I-04-18.pdf](https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/STT_IV/VY_52_INOVACE_I-04-18.pdf)
14. Řezání kovů. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. ELUC, 2021 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1858>
15. NĚMEC, Dobroslav. *Základy výrobních technologií*. Vyd. 5., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-731-8477-X.

16. CNC vysekávání plechu. *Agiatech.cz* [online]. Kyjovice: agiatech, 2016 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.agiatech.cz/sluzby/cnc-vysekavani-plechu/>
17. LENFELD, Petr. Technologie plošného tváření: Stříhání. *Ksp.tul.cz: Technologie II* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2021 [cit. 2021-05-18]. 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)
18. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
19. TATÍČEK, František a Roman DVOŘÁK. Akademie tváření: Stříhání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2010, 2010 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani>
20. Ohraňování plechu. *CNC Ohýbání plechu* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.ohranovaniplechu.cz/>
21. Stříhadlo. *Gyrus: Nástrojárna, kovoobrábění* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.gyrus.cz/galerie/>
22. LENFELD, Petr. Technologie plošného tváření: Ohýbání. *Ksp.tul.cz: Technologie II* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2021 [cit. 2021-05-18]. Dostupné z: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/07.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm)
23. Ohýbání plechů. *Kondor.cz* [online]. Praha: KONDOR, 2013 [cit. 2021-5-20]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/ohybani-plechu/t-206/>
24. BAREŠ, Karel et al. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971, 544 s. ISBN ISBN 04-234-71.
25. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
26. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN ISBN978-80-214-4747-9.
27. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., dopl., v Akademickém nakl. CERM 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2683-7
28. KRÁČMAR, Lukáš. *Výroba nástěnného držáku televizoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 65 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Eva Peterková, Ph.D..
29. CITACE PRO [online]. 2016 [cit. 2020-03-29]. Dostupné z: [citace.lib.vutbr.cz](http://citace.lib.vutbr.cz)
30. HŘEBÍČEK, Robert. *Výroba držáku mobilního telefonu*. Brno, 2017. 55s, 4 výkresy, 2 přílohy, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
31. BRDECKOVA, Zuzana. *Výroba těsnící lišty pro provzdušňovací systém*. Brno, 2012. 51 s., CD. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.
32. TSCHATSCH, Heinz. *Metal forming practise: processes - machines - tools*. New York: Springer-Verlag, 2006. ISBN 978-3-540-33216-9.
33. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-214-0401-9.

34. Meusburger: Srovnání různých upevnění střížníků. *Bvv* [online]. 2019 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/meusburger-srovnani-ruznych-uevneni-strizniku/>
35. HOSFORD, William F., Robert M. CADDELL a Karel NOVOTNÝ. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN ISBN978-1-107-00452-8.
36. PITERKA, Miloslav. *Studium deformace kruhových otvorů v závislosti na jejich odstupu od ohybu při dvoubodovém ohýbání na ohraňovacím lisu*. Brno, 2018. 66s, 12 výkresů, 67 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. RNDr. Libor Mrňa, Ph.D.
37. RÉRYCH Pavel. *Návrh technologie výroby žlabu*. Brno, 2017. 37 s, 1 výkresů, 6 příloh, 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.
38. TATÍČEK, František a Roman DVOŘÁK. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce při ohýbání. *MM Průmyslové spektrum* [online]. V praze, 2012 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-pri-ohybani>.
39. ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: návrhy nástrojů, přípravků a měřidel: zásady montáže*. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003. ISBN 80-7183-284-7.
40. KOTOUČ, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena*. Dotisk. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1978, 158 s.
41. BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Praha: SNTL, 1983, 213 s.
42. LIPKA, Ondřej. *Výroba držáku antény sruženým nástrojem*. Brno, 2015. 60s, 7 výkresů, 8 příloh, CD. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
43. ŘASA, Jaroslav a Josef ŠVERCL. *Strojnické tabulky pro školu a praxi*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2004. ISBN 80-718-3312-6.
44. HÝSEK, Rudolf. *Tvářecí stroje*. Praha: SNTL, 1980. s. [1a]. Dostupné také z: <https://kramerius5.nkp.cz/uuid/uuid:644d671e-3daa-4a4a-88d4-a780c5b14fa4>.
45. Excentrický lis: SMERAL TRNAVA LEN 63 C. *UniMachines* [online]. Poland [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://unimachines.cz/excentrick%C3%BD-lis-smeral-trnava-len-63-c-1985-19154.html>.
46. 415-06-205. *Směrnice pro stanovení šířky odpadu*. Brno: Zbrojovka Brno, 1981.
47. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřtle: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977.
48. Fibro normálie. *Fibro* [online]. DE, 2021 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: [https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/Blaetterkataloge/NormalienGesamtkatalog\\_Czech/HTML5/777/#zoom=z](https://www.fibro.de/fileadmin/FIBRO/Blaetterkataloge/NormalienGesamtkatalog_Czech/HTML5/777/#zoom=z).

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Tažnost	[MPa]
a	Vzdálenosti mezi kruhovými otvory	[mm]
$A_o$	Ohybová práce	[J]
$A_s$	Střížná práce	[J]
b	Šířka pásu	[mm]
b	Větší rozměr střížníku	[mm]
$b_o$	Šířka ohýbaného pásu	[mm]
c	Součinitel závislý na stupni stříhu	[-]
c	Minimální vzdálenost pro hranaté otvory	[mm]
$c_p$	Součinitel minimálního poloměru ohybu	[-]
d	Minimální vzdálenost pro kulatý otvor	[mm]
D	Minimální velikost stříhaných kulatých otvorů	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
f	Minimální velikost stříhaných hranatých otvorů	[mm]
$F_{co}$	Celková ohýbací síla	[N]
$F_k$	Kalibrační síla	[N]
$F_{ou}$	Ohybová síla pro tvar „U“	[N]
$F_{ov}$	Ohybová síla pro tvar „V“	[N]
$F_p$	Přidržovací síla	[N]
$F_s$	Střížná síla	[N]
h	Menší rozměr střížníku	[mm]
J	Kvadratický moment obdélníkového střížníku	[mm]
JR	Jmenovitý rozměr otvoru	[mm]
k	součinitel určující polohu neutrální plochy	[-]
K	Délka kroku	[mm]
$k_{ot}$	Koeficient otupení nástroje	[-]
l	Délka stříhu	[mm]
$L_c$	Celková rozvinutá délka	[mm]
$L_{co}$	Celková rozvinutá délka obloukových úseků	[mm]
$L_{ci}$	Délka oblouku	[mm]
$L_{rc}$	Celková rozvinutá délka rovných úseků	[mm]
$L_{sv}$	Délka svitku	[mm]
$l_u$	Rameno ohybu při ohýbání do tvaru „U“	[mm]
$l_v$	Vzdálenost mezi opěrami ohybnice	[mm]
$m_{sv}$	Hmotnost svitku	[kg]
n	Koeficient bezpečnosti	[-]
$n_p$	Počet pásů z tabule	[ks]
$N_{sv}$	Počet svitků pro danou sérii	[ks]
$n_t$	Počet výstřížků z tabule plechu	[ks]
$n_T$	Počet tabulí pro sérii	[ks]
$n_{vp}$	Počet dílů z pásu	[ks]
$n_{vsv}$	Počet výstřížků z jednoho svitku	[ks]

$n_{vt}$	Počet dílů z tabule	[ks]
$P$	Přípustná míra opotřebení	[mm]
$RAD$	Rozměr střížníku při děrování	[mm]
$RAV$	Rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
$R_e$	Mez kluzu materiálu	[MPa]
$RED$	Rozměr střížnice při děrování	[mm]
$REV$	Rozměr střížníku při děrování	[mm]
$R_i$	Poloměr zaoblení	[mm]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$R_{max}$	Maximální hodnota poloměru ohybu	[mm]
$R_{min}$	Minimální hodnota poloměru ohybu	[mm]
$R_o$	Poloměr ohybu	[mm]
$s$	Tloušťka materiálu	[mm]
$S_{d2}$	Dosedací plocha	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{d4}$	Dosedací plocha střížníku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{dt}$	Plocha dílů na tabuli	[mm <sup>2</sup> ]
$S_s$	Plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{sv}$	Plocha svitku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_t$	Plocha tabule	[mm <sup>2</sup> ]
$S_{tab}$	Plocha tabule	[mm <sup>2</sup> ]
$S_v$	Plocha výstřížku	[mm <sup>2</sup> ]
$TA$	Výrobní tolerance střížníku	[mm]
$TE$	Výrobní tolerance střížnice	[mm]
$v$	Střížná vůle	[mm]
$x$	Součinitel posunutí neutrální osy viz tabulka 4	[-]
$X_T$	Poloha stopky v podélném směru	[mm]
$z$	Střížná mezera	[mm]
$\delta$	Koeficient zaplnění diagramu	[-]
$\varepsilon_c$	Mezní prodloužení	[-]
$\eta_{csv}$	Využití všech svitků	[%]
$\eta_{ct}$	Využití všech tabulí	[%]
$\eta_{sv}$	Využití svitku	[%]
$\eta_t$	Využití tabule plechu	[%]
$\lambda$	Součinitel plnosti diagramu	[-]
$\mu$	Součinitel tření	[-]
$\rho$	Poloměr neutrální vrstvy	[mm]
$\tau_s$	Napětí ve stříhu	[MPa]
$L_o$	Délka neutrální vrstvy	[mm]
$\beta$	Úhel odpružení	[°]
$\varphi$	Úhel ohybu	[°]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Výrobky plošného tváření [4].....	9
Obr. 2 Tvar držáku.....	10
Obr. 3 Držák.....	10
Obr. 4 Řezání laserem [6].....	11
Obr. 5 Řezání vodním paprskem [11].....	11
Obr. 6 Řezání plazmou [14].....	12
Obr. 7 Vysekávání [16].....	12
Obr. 8 Kvalita plochy po stříhání [17].....	13
Obr. 9 Postupový střížný nástroj [21].....	13
Obr. 10 Ohraňování [20].....	13
Obr. 11 Jednoduchá ohýbačka [23].....	14
Obr. 12 Ohybový nástroj [22].....	14
Obr. 13 Sdružený postupový nástroj [21].....	15
Obr. 14 Vystříhování a děrování [13].....	15
Obr. 15 Fáze stříhání [1].....	16
Obr. 16 Vliv střížné vůle na tvar trhlin [30].....	17
Obr. 17 Kvalita střížné plochy [17].....	17
Obr. 18 Průběh střížné síly [28].....	18
Obr. 19 Graf ke stanovení součinitele plnosti [25].....	18
Obr. 20 Příklady nástřihových plánů [22].....	19
Obr. 21 Vzdálenosti mezi otvory [24].....	19
Obr. 22 Druhy stříhadel [31].....	20
Obr. 24 Způsoby upnutí střížníku [34].....	21
Obr. 23 Druhy stopek [31].....	21
Obr. 25 Úpravy střížnic [33].....	22
Obr. 26 Zakružování a Lemování [28].....	23
Obr. 27 Schéma ohýbání [36].....	23
Obr. 28 Schéma odpružení [28].....	24
Obr. 29 Průběh ohýbací síly při ohybu do tvaru „V“ [37].....	25
Obr. 30 Konstrukční vzdálenosti [38].....	26
Obr. 31 Jednoduchý ohýbací nástroj [42].....	27
Obr. 32 Hlavní rozměry držáku.....	28
Obr. 33 Rozvin součásti.....	29
Obr. 34 Rozmístění výstřižků na pás plechu.....	30
Obr. 35 Návrh výroby variantou 1.....	33
Obr. 36 Návrh výroby variantou 2.....	33
Obr. 37 Poloha těžiště.....	37
Obr. 38 Lis LEN 63 C [45].....	39
Obr. 39 Sdružený nástroj.....	39
Obr. 40 Vrchní část nástroje.....	40
Obr. 41 Schéma uložení.....	40
Obr. 42 Spodní část nástroje.....	41



## SEZNAM TABULEK


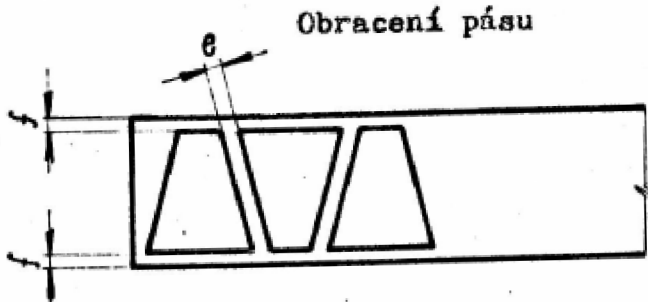
Tab. 1 Mechanické vlastnosti oceli DC01. [5].....	10
Tab. 2 Chemické složení oceli DC01. [5].....	10
Tab. 3 Volba střížné vůle pro různé materiály. [1].....	17
Tab. 4 Hodnoty součinitele $x$ . [27].....	24
Tab. 5 Hodnoty součinitele $k$ . [33].....	25
Tab. 6 Využití dostupných plechů.....	31
Tab. 7 Shrnutí všech střížníků.....	34
Tab. 8 Mezní úchytky pro jednotlivé rozměry. [43].....	34
Tab. 9 Funkční rozměry střížníků a střížnic.....	35
Tab. 10 Parametry lisu LEN 63C [44].....	39

## SEZNAM PŘÍLOH

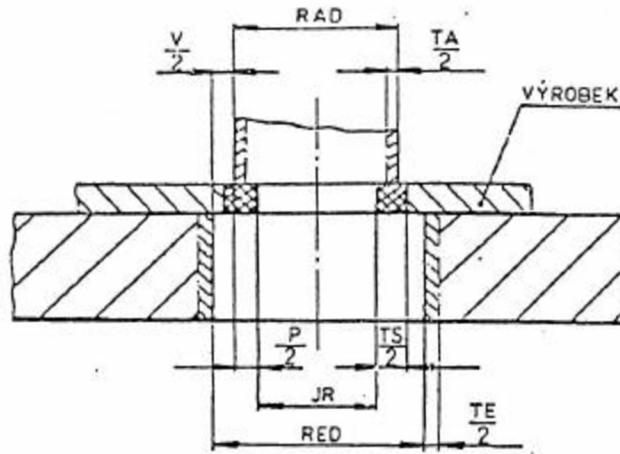
- Příloha 1 Směrnice pro stanovení šířky odpadu [46]
- Příloha 2 Směrnice pro výpočet tolerancí při děrování [47]
- Příloha 3 Směrnice pro výpočet tolerancí při vystřihování [47]
- Příloha 4 Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel [47]
- Příloha 5 Lícované šrouby od firmy Fibro [48]
- Příloha 6 Tlačné pružiny od firmy Fibro [48]
- Příloha 7 Vodící sloupky od firmy Fibro [48]
- Příloha 8 Vodící pouzdra od firmy Fibro [48]

## SEZNAM VÝKRESŮ

Střížný nástroj	2021-BP-200378-00
Držák kabeláže	2021-BP-200378-01
Střížnice	2021-BP-200378-02
Střížník	2021-BP-200378-03

 NÁŘ KON-KL	SMĚRNICE PRO STANOVENÍ ŠÍŘKY ODPADU		415 - 06 - 205									
												
Tl. mat.	Šířka pásu											
	do 15		15÷30		50+100		100+200		200+300		300+400	
	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f	e	f
C,1+0,4	1,8	1,5	2,8	1,8	3,5	2,2	5	3,1				
0,4+0,9	1,8	1,5	2,8	1,8	3,8	2,2	5,2	3,1				
1	2	1,6	3	2	4	2,5	5,5	3,7	7,3	4,8	9	6
1,3	2,2	1,7	3,2	2,5	4,2	3,1	5,8	4,3	7,5	5,7	9,6	7
1,5	2,2	1,8	3,2	2,7	4,2	3,2	5,8	4,5	7,8	6	9,8	7,2
1,8	2,2	2,2	3,2	2,8	4,2	3,5	5,8	4,7	7,8	6,2	9,8	7,4
2	2,5	2,5	3,5	3,1	4,5	3,7	6	5	8	6,3	10	7,5
2,2	2,5	2,7	3,5	3,2	4,5	4	6	5,2	8	6,4	10	7,5
2,5	2,8	3,1	3,8	3,5	4,8	4,1	6,2	5,25	8,2	6,5	10,2	7,6
2,8	2,8	3,5	3,8	3,7	4,8	4,2	6,2	5,3	8,5	6,5	10,5	7,6
3	3	3,7	4	4	5	4,5	6,8	5,5	9	6,7	11	7,8
3,5			4,2	4,3	5,2	5	7	6	9	7,2	11,2	8,4
4			4,5	4,5	5,5	5,5	7,2	6,5	9,2	7,8	11,3	9,3
4,5			4,8	4,8	5,8	5,7	7,5	6,8	9,8	8,3	12	9,8
5			5	5	6	6	8	7	10	8,5	12,2	10
Rozměry uvedené v tabulce platí pro kovy. Pro hmoty měkké (chrom. kůže, textil, azbest) použít dvojnásobné hodnoty e; f.												
Kreslil <i>Buček</i>	Přezkoušel <i>Ky Prator</i>	Schválil <i>Čelák</i>							Platí od: 1.4.1981			

SN 23 6015



Obr. 7. Děrování

Tab. 8. Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice při děrování

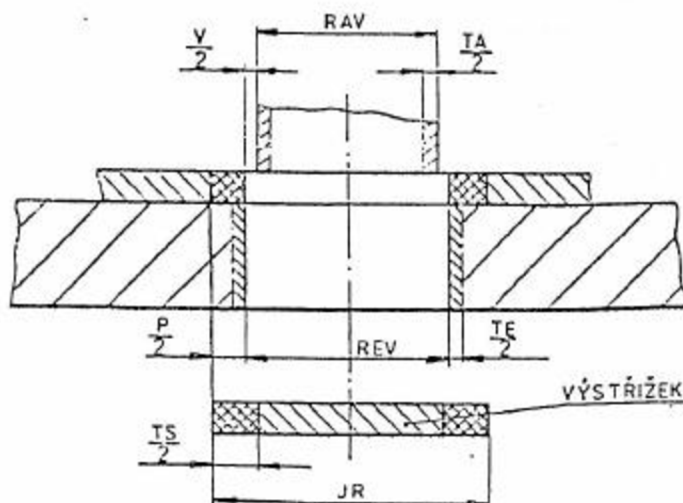
Opořebením rozměry:	Orientace odchylek TS	Technologicky základní část			
		Střížník	*)	Střížnice	**)
Zvětšuje (např.: D <sub>2</sub> obr. 4)	+	$RAD = (JR) + TA$	$RED = (RAD + V + TE)$	$RED = (JR - V + TE) - TE$	$RAD = (RED + V + TA)$
	-	$RAD = (JR - P) + TA$		$RED = (JR - P - V + TE) - TE$	
	±	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) + TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2} - V + TE) - TE$	
Zmenšuje (např.: A <sub>2</sub> , B <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> , E <sub>2</sub> , J, K obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + P) - TA$	$RED = (RAD + V + TE)$	$RED = (JR + P + V) + TE$	$RAD = (RED + V + TA)$
	-	$RAD = (JR) - TA$		$RED = (JR + V) + TE$	
	±	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) - TA$		$RED = (JR + \frac{P}{2} + V) + TE$	
Nemění (např.: F <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , L obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$RED = (RAD) \pm TE$	$RED = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAD = (RED) \pm TA$
	-	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$	
	±	$RAD = (JR) \pm TA$		$RED = (JR) \pm TE$	
*) Odvozené vzorce pro střížník			Tlustě zarámované vzorce se používají nejčastěji		
**) Odvozené vzorce pro střížnice					

světlivky:

RED — rozměr střížnice při děrování  
 RAD — rozměr střížníku při děrování  
 JR — jmenovitý rozměr součásti  
 V — střížná vůle (tab. 9 až 13 uvedené v příloze této normy)

TS — tolerance jmenovitého rozměru  
 P — přípustná míra opořebením  
 TE — výrobní tolerance střížnice  
 TA — výrobní tolerance střížníku (tab. 8 uvedená v příloze této normy)

CSN 22 6015



Obr. 6. Vystřihování

Tab. 7. Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při vystřihování

Opo- tře- bení rozměry:	Orien- tace odchylek TS	Technologicky základní část			
		Střížnice	*)	Střížník	**)
Zvětšuje (např.: A <sub>1</sub> , B <sub>1</sub> , C <sub>1</sub> , E <sub>1</sub> obr. 3)	+	$REV = (JR) + TE$	$RAV = (REV + TA) - TA$	$RAV = (JR - V + TA) - TA$	$REV = (RAV + V + TE) + TE$
	-	$REV = (JR - P) + TE$		$RAV = (JR - P - V + TA) - TA$	
	±	$REV = (JR - \frac{P}{2}) + TE$		$RAV = (JR - \frac{P}{2} - V + TA) - TA$	
Zmen- šuje (např.: D <sub>1</sub> obr. 3)	+	$REV = (JR + P) - TE$	$RAV = (REV + V + TA) + TA$	$RAV = (JR + P + V) + TA$	$REV = (RAV - V + TE) - TE$
	-	$REV = (JR) - TE$		$RAV = (JR + V) + TA$	
	±	$REV = (JR + \frac{P}{2}) - TE$		$RAV = (JR + \frac{P}{2} + V) + TA$	
Nemění (např.: F <sub>1</sub> , H <sub>1</sub> obr. 3)	+	$REV = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAV = (REV) + TA$	$RAV = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$REV = (RAV) \pm TE$
	-	$REV = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$		$RAV = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$	
	±	$REV = (JR) \pm TE$		$RAV = (JR) \pm TA$	
*) Odvozené vzorce pro střížník			Tlustě zarámované vzorce se používají častěji		
**) Odvozené vzorce pro střížnici					

Vysvětlivky:

REV — rozměr střížnice při vystřihování  
 RAV — rozměr střížníku při vystřihování  
 JR — jmenovitý rozměr součástí  
 V — střížná vůle (tab. 9 až 13 uvedené v příloze této normy)

TS — tolerance jmenovitého rozměru  
 P — přípustná míra opotřebení  
 TE — výrobní tolerance střížnice  
 TA — výrobní tolerance střížníku (tab. 8 uvedená v příloze této normy)

Příloha 4 Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel [47]

1/1

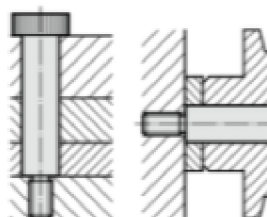
Rozměry v mm

Tolerance součástky TS		Přípustná míra opotřebení P	Výrobní tolerance	
od	do		Střížnice - TE	Střížníku - TA
0,020	0,025	0,020	0,007	0,004
0,025	0,030	0,025	0,008	0,005
0,030	0,035	0,030	0,009	0,006
0,035	0,040	0,035	0,011	0,008
0,040	0,045	0,040	0,013	0,009
0,045	0,050	0,045	0,016	0,011
0,050	0,060	0,050	0,019	0,013
0,060	0,070	0,060	0,022	0,015
0,070	0,080	0,070	0,025	0,018
0,080	0,090	0,080	0,029	0,020
0,090	0,100	0,090	0,032	0,023
0,100	0,120	0,100	0,036	0,025
0,120	0,140	0,110	0,036	0,025
0,140	0,160	0,120	0,040	0,027
0,160	0,180	0,140	0,044	0,030
0,180	0,200	0,160	0,054	0,035
0,200	0,220	0,170	0,063	0,040
0,220	0,240	0,180	0,072	0,046
0,240	0,260	0,200	0,081	0,052
0,260	0,280	0,220	0,089	0,058
0,280	0,300	0,230	0,089	0,059
0,300	0,320	0,250	0,100	0,060
0,320	0,350	0,270	0,100	0,062
0,350	0,370	0,290	0,120	0,074
0,370	0,400	0,310	0,120	0,074
0,400	0,430	0,330	0,140	0,087
0,430	0,460	0,350	0,140	0,087
0,460	0,500	0,360	0,150	0,100
0,500	0,530	0,410	0,160	0,100
0,530	0,560	0,430	0,160	0,100
0,560	0,600	0,460	0,190	0,120
0,600	0,650	0,500	0,190	0,120
0,650	0,700	0,540	0,220	0,140
0,700	0,750	0,580	0,220	0,140
0,750	0,800	0,620	0,250	0,160
0,800	0,900	0,680	0,250	0,160
0,900	1,000	0,760	0,290	0,185
1,000	1,200	0,880	0,320	0,210
1,200	1,400	1,000	0,360	0,230
1,400	více	1,200	0,400	0,250

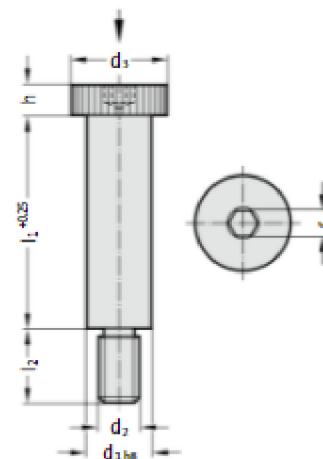
## LÍCOVANÝ ŠROUB



Příklad montáže



244.17.



**Materiál:**

Zušlechťená ocel,  
zušlechťená na 12.9 ISO 898-1.

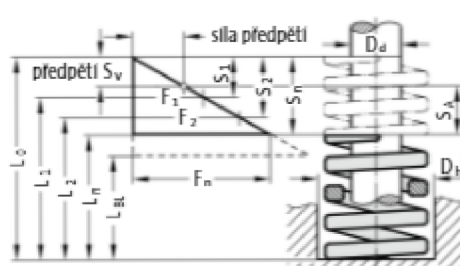
**Provedení:**

d<sub>1</sub> broušený,  
vroubkovaná hlava.

**244.17. Lícovaný šroub**

d <sub>1</sub>	6	8	10	12	16	20	24
d <sub>2</sub>	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20
Úťahovací moment šroubů [Nm]	7	13	32	65	120	290	500
d <sub>1a</sub>	10	13	16	18	24	30	36
h	4,5	5,5	7	9	11	14	16
s	3	4	5	6	8	10	12
l <sub>2</sub>	9,5	11	13	16	18	22	27
l <sub>1</sub>							
10	•	•					
12	•	•					
16	•	•	•	•			
20	•	•	•	•			
25	•	•	•	•	•		
30	•	•	•	•	•		
35	•	•	•	•	•		
40	•	•	•	•	•		
45			•	•	•	•	
50		•	•	•	•	•	•
55			•	•	•	•	•
60			•	•	•	•	•
65			•	•	•	•	•
70			•	•	•	•	•
80				•	•	•	•
90				•	•	•	•
100				•	•	•	•
120					•	•	•

**SPECIÁLNÍ ŠROUBOVÁ TLAČNÁ PRUŽINA, SF, IDENTIFIKAČNÍ BARVA "ZELENÁ", DIN ISO 10243**



- $D_h$  = průměr otvoru
- $D_d$  = průměr trnu
- $L_0$  = délka nezátžené pružiny
- $L_1...L_n$  = délky zatížené pružiny, přifázené síle pružiny  $F_1...F_n$
- $L_{Bl}$  = délka 100% stlačené pružiny
- $F_1...F_n$  = síla pružiny v N přifázené k délkám pružiny  $L_1...L_n$
- $S_{v1}...S_{vn}$  = min. předpětí pružiny přifázené k délce pružiny  $S_1...S_n$
- $S_1...S_n$  = zdvih pružiny přifázené k síle pružiny  $F_1...F_n$
- $R$  = tuhost pružiny v N/mm
- $S_{A1}...S_{An}$  = pracovní zdvih pružiny

**241.14. Speciální šroubová tlačná pružina, SF, Identifikační barva "zelená", DIN ISO 10243**

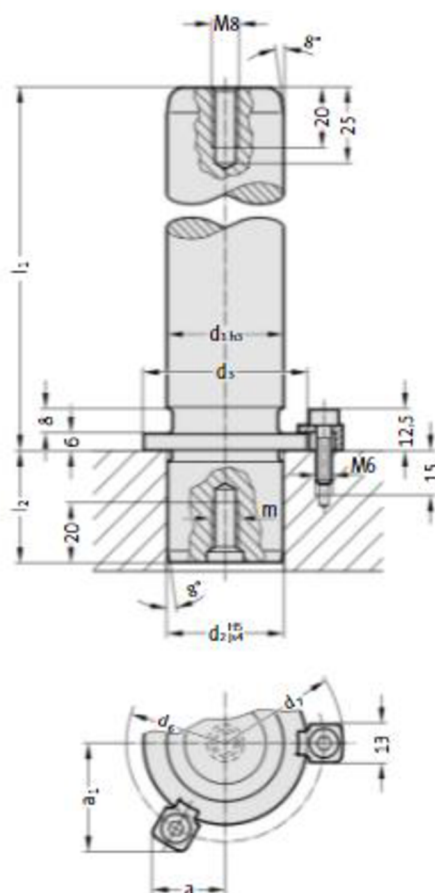
Objednací číslo	$D_h$	$D_d$	$L_0$	$R$	45%	45%	45%	62%	62%	62%	80%	80%	80%	100%	100%	100%		
					$S_1$	$S_{v1}$	$S_{A1}$	$F_1$	$S_2$	$S_{v2}$	$S_{A2}$	$F_2$	$S_3$	$S_{v3}$	$S_{A3}$	$F_3$		
241.14.10.025	10	5	25	11	5,6	1,6	4	62	7,8	3,8	4	85	10	7,2	2,8	110	12,5	138
241.14.10.032	10	5	32	8,5	7,2	2,1	5,1	61	9,9	4,8	5,1	84	12,8	9,3	3,5	109	16	136
241.14.10.038	10	5	38	6,8	8,6	2,5	6,1	58	11,8	5,7	6,1	80	15,2	11	4,2	103	19	129
241.14.10.044	10	5	44	6	9,9	2,9	7	59	13,6	6,6	7	82	17,6	12,8	4,8	106	22	132
241.14.10.051	10	5	51	5	11,5	3,3	8,2	57	15,8	7,6	8,2	79	20,4	14,8	5,6	102	25,5	128
241.14.10.064	10	5	64	4,1	14,4	4,2	10,2	59	19,8	9,6	10,2	81	25,6	18,6	7	105	32	131
241.14.10.076	10	5	76	3,6	17,1	4,9	12,2	62	23,6	11,4	12,2	85	30,4	22	8,4	109	38	137
241.14.10.305	10	5	305	0,9	68,6	19,8	48,8	62	94,6	45,8	48,8	85	122	88,4	33,6	110	152,5	137
241.14.13.025	12	6	25	21	5,6	1,6	4	118	7,8	3,8	4	163	10	7,2	2,8	210	12,5	262
241.14.13.032	12	6	32	16,4	7,2	2,1	5,1	118	9,9	4,8	5,1	163	12,8	9,3	3,5	210	16	262
241.14.13.038	12	6	38	13,6	8,6	2,5	6,1	116	11,8	5,7	6,1	160	15,2	11	4,2	207	19	258
241.14.13.044	12	6	44	12,1	9,9	2,9	7	120	13,6	6,6	7	165	17,6	12,8	4,8	213	22	266
241.14.13.051	12	6	51	10,3	11,5	3,3	8,2	118	15,8	7,6	8,2	163	20,4	14,8	5,6	210	25,5	263
241.14.13.064	12	6	64	7,6	14,4	4,2	10,2	109	19,8	9,6	10,2	151	25,6	18,6	7	195	32	243
241.14.13.076	12	6	76	6,3	17,1	4,9	12,2	108	23,6	11,4	12,2	148	30,4	22	8,4	192	38	239
241.14.13.089	12	6	89	5,4	20	5,8	14,2	108	27,6	13,4	14,2	149	35,6	25,8	9,8	192	44,5	240
241.14.13.305	12	6	305	1,6	68,6	19,8	48,8	110	94,6	45,8	48,8	151	122	88,4	33,6	195	152,5	244
241.14.16.025	16	8	25	29	5,6	1,6	4	163	7,8	3,8	4	225	10	7,2	2,8	290	12,5	362
241.14.16.032	16	8	32	22,9	7,2	2,1	5,1	165	9,9	4,8	5,1	227	12,8	9,3	3,5	293	16	366
241.14.16.038	16	8	38	19,3	8,6	2,5	6,1	165	11,8	5,7	6,1	227	15,2	11	4,2	293	19	367
241.14.16.044	16	8	44	17,1	9,9	2,9	7	169	13,6	6,6	7	233	17,6	12,8	4,8	301	22	376
241.14.16.051	16	8	51	14	11,5	3,3	8,2	161	15,8	7,6	8,2	221	20,4	14,8	5,6	296	25,5	357
241.14.16.064	16	8	64	10,7	14,4	4,2	10,2	154	19,8	9,6	10,2	212	25,6	18,6	7	274	32	342
241.14.16.076	16	8	76	9	17,1	4,9	12,2	154	23,6	11,4	12,2	212	30,4	22	8,4	274	38	342
241.14.16.089	16	8	89	7,3	20	5,8	14,2	146	27,6	13,4	14,2	201	35,6	25,8	9,8	260	44,5	325
241.14.16.102	16	8	102	6,8	23	6,6	16,3	156	31,6	15,3	16,3	215	40,8	29,6	11,2	277	51	347
241.14.16.305	16	8	305	2,3	68,6	19,8	48,8	158	94,6	45,8	48,8	217	122	88,4	33,6	281	152,5	351
241.14.20.025	20	10	25	55,8	5,6	1,6	4	314	7,8	3,8	4	432	10	7,2	2,8	558	12,5	698
241.14.20.032	20	10	32	45	7,2	2,1	5,1	324	9,9	4,8	5,1	446	12,8	9,3	3,5	576	16	720
241.14.20.038	20	10	38	36	8,6	2,5	6,1	308	11,8	5,7	6,1	424	15,2	11	4,2	547	19	684
241.14.20.044	20	10	44	30	9,9	2,9	7	297	13,6	6,6	7	409	17,6	12,8	4,8	528	22	660
241.14.20.051	20	10	51	24,5	11,5	3,3	8,2	281	15,8	7,6	8,2	387	20,4	14,8	5,6	500	25,5	625
241.14.20.064	20	10	64	19,2	14,4	4,2	10,2	276	19,8	9,6	10,2	381	25,6	18,6	7	492	32	614
241.14.20.076	20	10	76	16	17,1	4,9	12,2	274	23,6	11,4	12,2	377	30,4	22	8,4	486	38	608
241.14.20.089	20	10	89	14	20	5,8	14,2	280	27,6	13,4	14,2	386	35,6	25,8	9,8	498	44,5	623
241.14.20.102	20	10	102	12	23	6,6	16,3	275	31,6	15,3	16,3	379	40,8	29,6	11,2	490	51	612
241.14.20.115	20	10	115	10,9	25,9	7,5	18,4	282	35,6	17,2	18,4	389	46	33,4	12,6	501	57,5	627
241.14.20.127	20	10	127	9,5	28,6	8,3	20,3	271	39,4	19	20,3	374	50,8	36,8	14	483	63,5	603
241.14.20.139	20	10	139	8,4	31,3	9	22,2	263	43,1	20,8	22,2	362	55,6	40,3	15,3	467	69,5	584
241.14.20.152	20	10	152	7,6	34,2	9,9	24,3	260	47,1	22,8	24,3	358	60,8	44,1	16,7	462	76	578
241.14.20.305	20	10	305	4	68,6	19,8	48,8	274	94,6	45,8	48,8	378	122	88,4	33,6	488	152,5	610
241.14.25.025	25	12	25	105	5,6	1,6	4	591	7,8	3,8	4	814	10	7,2	2,8	1050	12,5	1312
241.14.25.032	25	12	32	80,3	7,2	2,1	5,1	578	9,9	4,8	5,1	797	12,8	9,3	3,5	1028	16	1285
241.14.25.038	25	12	38	62	8,6	2,5	6,1	530	11,8	5,7	6,1	730	15,2	11	4,2	942	19	1178
241.14.25.044	25	12	44	52,9	9,9	2,9	7	524	13,6	6,6	7	722	17,6	12,8	4,8	931	22	1164
241.14.25.051	25	12	51	44	11,5	3,3	8,2	505	15,8	7,6	8,2	696	20,4	14,8	5,6	898	25,5	1122
241.14.25.064	25	12	64	35,2	14,4	4,2	10,2	507	19,8	9,6	10,2	698	25,6	18,6	7	901	32	1126
241.14.25.076	25	12	76	28	17,1	4,9	12,2	479	23,6	11,4	12,2	660	30,4	22	8,4	851	38	1064
241.14.25.089	25	12	89	24	20	5,8	14,2	481	27,6	13,4	14,2	662	35,6	25,8	9,8	864	44,5	1068
241.14.25.102	25	12	102	21,1	23	6,6	16,3	484	31,6	15,3	16,3	667	40,8	29,6	11,2	861	51	1076
241.14.25.115	25	12	115	18,7	25,9	7,5	18,4	484	35,6	17,2	18,4	667	46	33,4	12,6	860	57,5	1075
241.14.25.127	25	12	127	16,7	28,6	8,3	20,3	477	39,4	19	20,3	657	50,8	36,8	14	848	63,5	1060
241.14.25.139	25	12	139	15,3	31,3	9	22,2	479	43,1	20,8	22,2	659	55,6	40,3	15,3	851	69,5	1063
241.14.25.152	25	12	152	14	34,2	9,9	24,3	479	47,1	22,8	24,3	660	60,8	44,1	16,7	851	76	1064
241.14.25.178	25	12	178	12,5	40	11,6	28,5	501	55,2	26,7	28,5	690	71,2	51,6	19,6	890	89	1112
241.14.25.203	25	12	203	10,4	45,7	13,2	32,5	475	62,9	30,4	32,5	654	81,2	58,9	22,3	844	101,5	1056
241.14.25.305	25	12	305	7	68,6	19,8	48,8	480	94,6	45,8	48,8	662	122	88,4	33,6	854	152,5	1068



**VODÍCÍ SLOUPEK S OSAZENÍM, DRŽÁČEK SE ŠROUBEM, DIN 9825/~ISO 9182-5**



2021.46.



**Popis:**

Výměnné vodící sloupky FIBRO s osazením se používají všude tam, kde je nutná opakovaná montáž, nebo výměna.

**Materiál:**

ocel, (Jádrová pevnost v tahu:  $\geq 900$  N/mm<sup>2</sup>)  
povrchově kaleno

Tvrdost povrchu: 60 + 3 HRC, Hloubka zakalení  $\geq 1,8$  mm

**Provedení:**

jemně broušeno

Středící dílky nejsou součástí vnějším průměrem.

**Upozornění:**

Na zajištění se používají 3 držáčky, od  $\varnothing d_1$  – 38 mm 4 držáčky, které jsou obsaženy v dodávce (Objednáací číslo: 207.45 - držáčky

**VODÍCÍ SLOUPEK S OSAZENÍM, DRŽÁČEK SE ŠROUBEM, DIN 9825/~ISO 9182-5**

2021.46. Vodící sloupek s osazením, Držáček se šroubem, DIN 9825/~ISO 9182-5

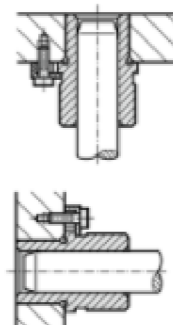
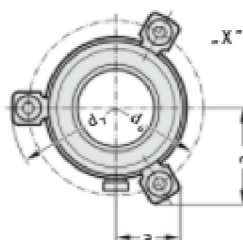
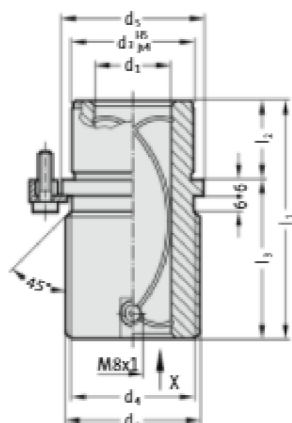
	15 16	19 20	24 25	30 32	38 40	48 50	60 63	80
$d_1$	15 16	19 20	24 25	30 32	38 40	48 50	60 63	80
$d_2$	22	25	32	40	50	63	80	95
$d_3$	33	36	43	51	61	74	91	106
$d_4$	45,7	48,7	55,7	63,7	73,7	86,7	103,7	118,7
$a$	15,9	16,6	18,4	20,4	29,2	33,8	39,8	46,2
$a_1$	21,7	23	26	29,5	29,2	33,8	39,8	46,2
$m$	8	8	8	8	8	8	8	12
$l_2$	20	23	30	37	37	47	47	60
$l_1$								
100	●	●	●					
112	●	●	●	●				
125	●	●	●	●	●			
140	●	●	●	●	●	●		
160	●	●	●	●	●	●	●	
180	●	●	●	●	●	●	●	●
200	●	●		●	●	●	●	●
224			●	●	●	●	●	●
250			●	●	●	●	●	●
280				●	●	●	●	●
315				●	●	●	●	●
355					●	●	●	●
400						●	●	●

**VODÍCÍ POUZDRA S OSAZENÍM A BRONZOVOU VÝSTELKOU, ISO 9448-6**

2081.81.



Příklad montáže



**Materiál:**

1.0503  
 $\varnothing d_2$  a  $d_1$  indukčně kalený 500+100 HV 10

**Provedení:**

Vodící plochy s bronzovou výstelkou.  
 Upínací průměr jemně broušený.

**Upozornění:**

Na zajištění se používají 3 držáčky, od  $\varnothing d_1 = 38$  mm 4 držáčky, které jsou obsaženy v dodávce (Objednací číslo: 207.45 - držáčky včetně šroubků s válcovou hlavou dle DIN 6912, hlavy  $\varnothing 13$ ).  
 Mazání pomocí trychtýřové tlakové mazničky se závitem DIN 3405-A M8x1.

- Popis kluzného vedení na začátku kapoty D.
- Výběr vhodného vedení viz. výběrová tabulka na začátku kapoty D.
- Směnice pro vesavbu / Tabulky rozměrů na konci kapoty D.

**2081.81. Vodící pouzdra s osazením a bronzovou výstelkou, ISO 9448-6**

	19 20	24 25	30 32	38 40	48 50	60 63	80
$d_1$	19,20	24,25	30,32	38,40	48,50	60,63	80
přípustná odchylka	+0,003/+0,012	+0,003/+0,012	+0,004/+0,015	+0,004/+0,015	+0,004/+0,015	+0,005/+0,018	+0,005/+0,018
$d_2$	32	40	48	58	70	85	105
$d_4$	32	40	48	58	70	85	105
$d_5$	40	48	56	66	80	95	118
$d_6$	52	60	67	77	91	106	129
$d_7$	64,7	72,7	79,7	89,7	103,7	118,7	141
$d_8$	39	46	53	63	77	92	115
$a$	20,9	22,7	24,4	35,3	40,2	45,5	54,5
$a_1$	30,3	33,4	36,4	35,3	40,2	45,5	54,5
$l_1$	59	79	93	108	127	150	150
$b$	23	23	30	37	47	60	60
$b_1$	36	56	63	71	80	90	90

**Příklad objednávky:**

Vodící pouzdra s osazením a bronzovou výstelkou, ISO 9448-6	- 2081.81.
Průměr vedení $d_1$	38 mm - 038
Objednací číslo	- 2081.81.038

Změny výtvarnými

D127