



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA HÁKU OKAPOVÉHO ŽLABU

PRODUCTION OF THE GUTTER HOOK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Šobáň

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Jakub Šobáh**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Kamil Podaný, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

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 háku okapového žlabu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby zaobleného háku pro okapový žlab z ocelového plechu. Součástka je prostorového tvaru s otvory a bude vyráběna technologií stříhání a ohýbání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

- zhodnotit technologičnost háku,
- provést rozbor možných technologií výroby a zvolit optimální dle strojního vybavení firmy,
- vypracovat aktuální literární studii se zaměřením na zvolenou technologii,
- zpracovat návrh výroby doložený nezbytnými technologickými a kontrolními výpočty,
- navrhnout a popsat tvářecí nástroj včetně základní výkresové dokumentace,
- provést technicko–ekonomické hodnocení.

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

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

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

ŠOBÁŇ Jakub: Výroba háku okapového žlabu.

Bakalářská práce předkládá návrh technologie výroby háku okapového žlabu, který bude vyráběn z ocelového plechu 11 321 o tloušťce 5 mm. Na základě variantního řešení vhodných technologií byla navržena výroba ve sdruženém nástroji stříháním a ohýbáním, ke které byly provedeny technologické a konstrukční výpočty. Byl navržen nástroj, který vyděruje a ohne výslednou součástku ve 3 krocích. Dle hodnoty celkové síly byl pro výrobu navrhnut výrobní lis HMG 100 od firmy TVARtech – stroje. s.r.o., do kterého bude materiál odvíjen pomocí linky na zavádění svitků od firmy Coiltech.

Klíčová slova: hák okapového žlabu, ocel 11 321, stříhání, ohýbání, sdružený nástroj

ABSTRACT

ŠOBÁŇ Jakub: Production of the gutter hook.

This bachelor thesis introduces a gutter hook technology production design made of 5 mm thick 11 321 steel sheet. Progressive die tool shearing and bending was chosen as the best production technology. Technology and structure calculations were done for this method. A three step hole punching bender tool has been designed. HMG 100 press produced by TVARtech company – stroje s.r.o. with a coil feeding line by Coiltech company was chosen for production in accordance with the power requirements.

Keywords: gutter hook, 11 321 steel, shearing, bending, progressive die tool

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠOBÁŇ, Jakub. *Výroba háku okapového žlabu*. Brno, 2018. 40 s, 2 výkresy, 1 příloha, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V dne 25.5.2018

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat všem svým blízkým za podporu během studia.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADÁNÍ.....	10
1.1 Metody výroby součástí.....	11
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ.....	13
2.1 Stříhání.....	13
2.1.1 Rozmístění výstřížku a nástřihový plán.....	14
2.1.2 Střížná vůle a mezera.....	15
2.2 Ohýbání.....	16
2.2.1 Odpružení	17
2.3 Síla a práce.....	18
2.4 Nástroje.....	20
2.4.1 Střížníky a ohybníky.....	20
2.4.2 Střížnice a ohybnice.....	21
2.5 Stroje	22
2.6 Technologičnost.....	23
3 NÁVRH VÝROBY	25
3.1 Umístění výstřížku a volba polotovaru	26
3.2 Volba výrobního postupu	29
3.3 Výpočty pro střížnou část.....	30
3.4 Výpočty pro ohybovou část	32
3.5 Výsledná síla a poloha těžiště.....	33
3.6 Popis nástroje	33
3.7 Volba stroje.....	37
3.8 Povrchová úprava	37
4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	38
5 ZÁVĚRY	40

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD [2], [3]

Ve strojírenském průmyslu se pro výrobu produktů používá velké množství technologií, přičemž mezi nejzákladnější patří obrábění, svařování, odlévání a tváření. Před zahájením výroby je velmi důležité zvolit tu nejvhodnější z nich. K vytvoření optimálního výrobku se často používají kombinace několika z nich. Cílem je minimalizace finančních nákladů za současného udržení dostatečné kvality.

Za nejrozšířenější může být považována technologie tváření, jež se řadí do skupiny beztržkové výroby, jelikož během procesu většinou nedochází k porušení materiálu, s výjimkou stříhání, kde se jedná o úmyslné oddělení materiálu. Podle výroby součástí se dělí na objemové a plošné.

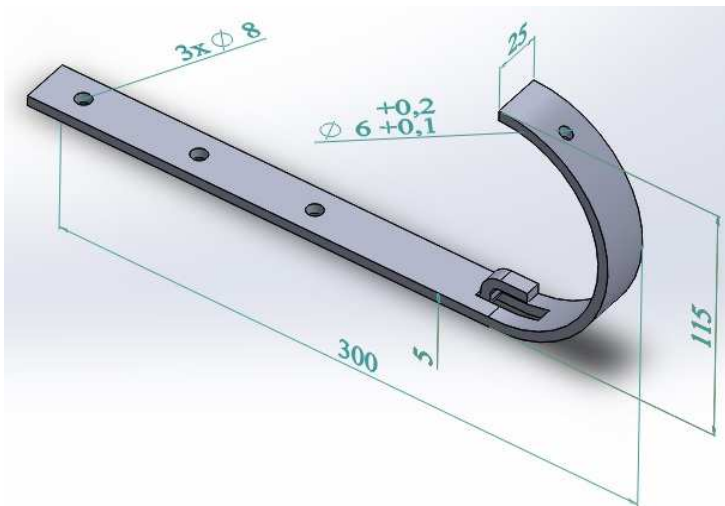
Plošné tváření dosahuje požadovaného tvaru součástí, aniž by došlo k podstatné změně průřezu či tloušťky výchozího polotovaru, který je vyroben převážně z plechu. Do této skupiny se řadí stříhání, tažení, lemování, zakružování, rovnání a další. Hlavními výhodami této technologie jsou velmi nízké výrobní časy a vysoká využitelnost materiálů, ale z ekonomického hlediska se vyplácí až u větších sérií. Příklady součástí zhotovených pomocí plošného tváření jsou na obr. 1.



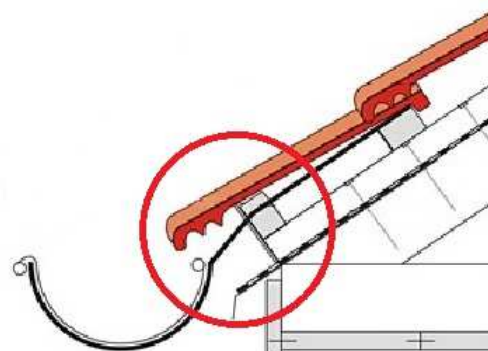
Obr. 1 Příklad součástí zhotovených plošným tvářením

1 ROZBOR ZADÁNÍ [4], [5]

Řešenou součástí je hák okapového žlabu (obr. 2). Slouží primárně jako funkční prvek, jehož úkolem je zajistit ukotvení okapového žlabu ke krovu, viz obr. 3. Obsahuje 5 otvorů, tři z nich mají průměr 8 mm a slouží k ukotvení háku k podkladu pomocí 6 mm vrutů. Další otvor o průměru 6 mm je jediný tolerovaný kvůli následnému přinýtování plíšku o rozměrech 60 x 15 x 1 mm a společně s háčkem, který je vyrobený vystřižením a ohýbáním posledního otvoru o rozměrech 30 x 8 mm, přidržují samotný okapový žlab. Všechny rozměry jsou tolerované podle normy ISO 2768 – mH. Technologem bylo zadáno, že tloušťka plechu bude 5 mm a během celé výroby se nebude měnit. Výrobní série byla určena na 200 000 ks/rok. Součást bude doupravena pomocí ruční ohýbačky (obr. 4) klempířem dle sklonu střechy (obr. 3).



Obr. 2 Rozměry součásti



Obr. 3 Použití řešené součásti [6], [7]

Při volbě materiálu musí být zohledněny jeho mechanické vlastnosti, především ty, které jsou zodpovědné za odolnost vůči povětrnostním vlivům. Vzhledem k uvedeným požadavkům byla konstruktérem zvolena ocel 11 321, také označována jako DC 01 nebo Cr 01. Tato nelegovaná ocel obvyklých jakostí má vhodné materiálové vlastnosti pro tváření za studena, ke středně hlubokému tažení a k povrchové úpravě. Svařitelnost je zajištěna v závislosti na rozměrech polotovaru. Chemické složení a mechanické vlastnosti jsou zobrazeny v tab. 1.



Obr. 4 Ohýbací kleště na háky okapových žlabů [8]

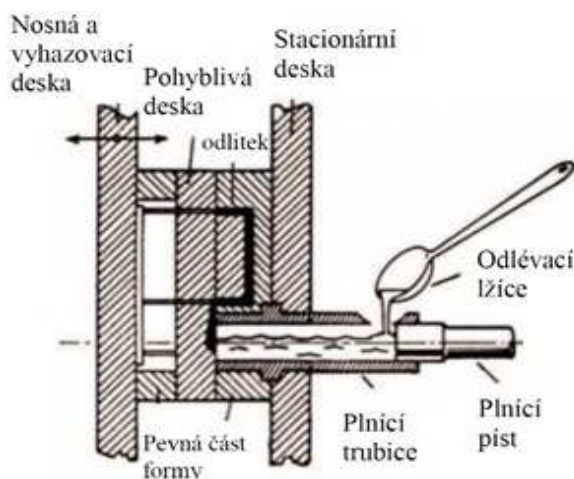
Tab. 1 Základní mechanické vlastnosti a chemické složení oceli 11 321 []

Materiál		Ocel 11 321	
Mechanické vlastnosti			
Mez pevnosti Rm [MPa]	Mez kluzu Re [MPa]	Tažnost A [%]	
280 – 380	235	29	
Chemické složení			
Uhlík - C [%]	Fosfor - P [%]	Síra - S [%]	Dusík - Mn [%]
max. 0,10	max. 0,030	max. 0,030	max. 0,45

1.1 Metody výroby součástí [9], [10], [12], [16]

S ohledem na velikost série, materiál a tvarovou složitost součásti připadá v úvahu hned několik metod výroby, jak je možné vyhotovit požadovaný tvar. Mohou být použity tyto technologie:

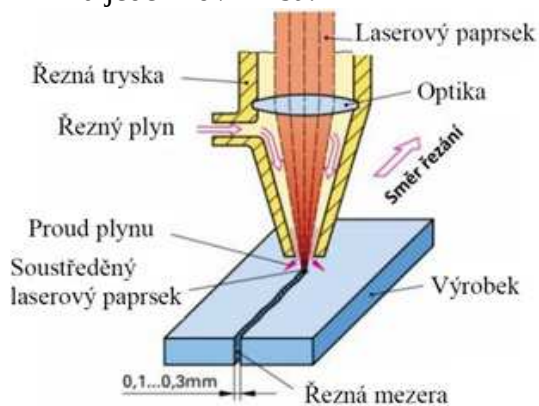
- Vysokotlaké lití – je metoda, při které po roztavení kovu dochází k jeho vstříknutí za vysoké rychlosti do formy. Princip je znázorněn na obr. 5. Výhodou jsou vysoké přesnosti a téměř bezodpadová výroba. Nevýhodou je výroba formy a vysoká energetická náročnost pro roztavení oceli, a navíc při montážním ohybu mohou vznikat trhliny v materiálu kvůli jeho krystalické struktuře.
- Nekonenční dělení a ohyb na ohraňovacím lisu – za nekonvenční dělení je považováno řezání plazmou, laserem či vodním paprskem. Z těchto technologií se nejvýhodněji jeví řezání laserem, protože je nejpresnější a nejlevnější, jeho princip je znázorněn na obr. 6. Spočívá ve vysoké koncentraci energie v místě řezu, kde následně dochází k dělení materiálu. Na řezaných hranách zůstávají okraje, které se obtížně odstraňují a brání povrchové úpravě, což může snižovat životnost dílu. Ohraňovací lis (obr. 7) umožňuje ohyby součásti bez podstatné změny průřezu. Nevýhodou je nutnost předdefinovaného polotovaru o konkrétních rozměrech, nelze využít svitku či pásu. Vzhledem ke dvěma ohybům na součásti je nutné zhotovit každý na jeden zdvih lisu.



Obr. 5 Princip vysokotlakého lití [10]

jeví řezání laserem, protože je nejpresnější a nejlevnější, jeho princip je znázorněn na obr. 6. Spočívá ve vysoké koncentraci energie v místě řezu, kde následně dochází k dělení materiálu. Na řezaných hranách zůstávají okraje, které se obtížně odstraňují a brání povrchové úpravě, což může snižovat životnost dílu.

Ohraňovací lis (obr. 7) umožňuje ohyby součásti bez podstatné změny průřezu. Nevýhodou je nutnost předdefinovaného polotovaru o konkrétních rozměrech, nelze využít svitku či pásu. Vzhledem ke dvěma ohybům na součásti je nutné zhotovit každý na jeden zdvih lisu.



Obr. 6 Princip laserového dělení [11]



Obr. 7 Ohraňování [12]

- Vysekávání (obr. 8) a ohyb na zakružovačce – je metoda využívaná pro dělení materiálů na vysekávacích lisech, pracuje na principu prostřihání a je určena pro děrování různých tvarů. Výhodou je levný a rychlý provoz, při kterém nedochází k tepelným změnám. Nevýhodou je větší zbytkovost, protože mezi vysekanými součástmi musí být technologické můstky.

Při zakružování (obr. 9) se plynulým a postupným pohybem mezi válci získávají kruhové tvary. Nevýhodou jsou dlouhé výrobní časy kvůli zpětnému pohybu stroje do původní polohy, mezioperační časy a nutnost obsluhy.



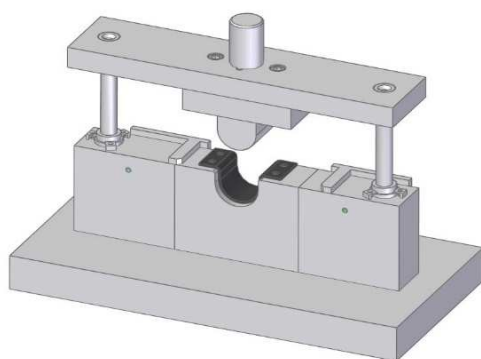
Obr. 8 Vysekávání [13]



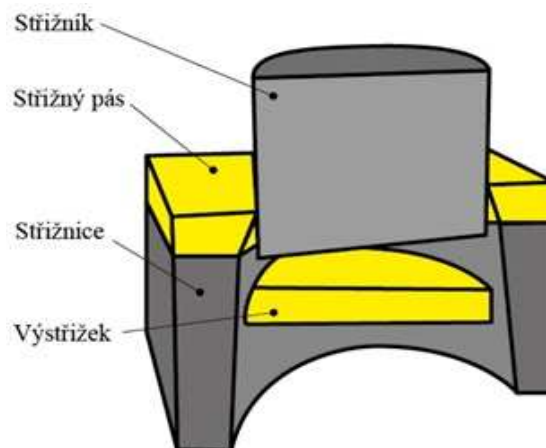
Obr. 9 Zakružování [14]

- Střih s ohybem v nástroji – lze rozdělit na dva základní způsoby, buď samostatnými nástroji, nebo nástrojem sdruženým. Princip střihání (obr. 11) spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů díky smykovému napětí. Všechny kroky jsou zhotovovány na jeden zdvih a je potřeba pouze jeden stroj.

Ohýbání je trvalá deformace materiálu, který se působením síly buď ohýbá, nebo rovná. Výhodou je vysoká produktivita a rychlost ohybu, kdy výrobek kopíruje tvar nástroje. Příklad ohýbadla lze vidět na obr. 10.



Obr. 10 Ohýbadlo [15]



Obr. 11 Princip střihání [16]

Po porovnání variantních řešení se nejvhodněji jeví střihání a ohýbání v nástroji, protože vznikají minimální odpady a lze je plně automatizovat. Důležité je zvolit, zda budou využity samostatné nebo sdružené nástroje. Oddělené se používají především pro malosériovou výrobu. Nevýhodou jsou větší manipulační časy, kvůli mezioperačním přepravám. Sdružený nástroj se většinou volí pro velké série, které dostatečně pokryjí počáteční náklady na konstrukčně náročnější nástroj. Nevýhodou je potřeba větší jmenovité síly, jelikož zahrnuje sílu střížnou i ohýbací. Naopak výhodou je zkrácení výrobního času, z důvodu eliminace mezioperačních přeprav. Pro řešenou součást se jeví výhodněji výroba ve sdruženém nástroji, na kterou bude zaměřena teoretická i praktická část práce.

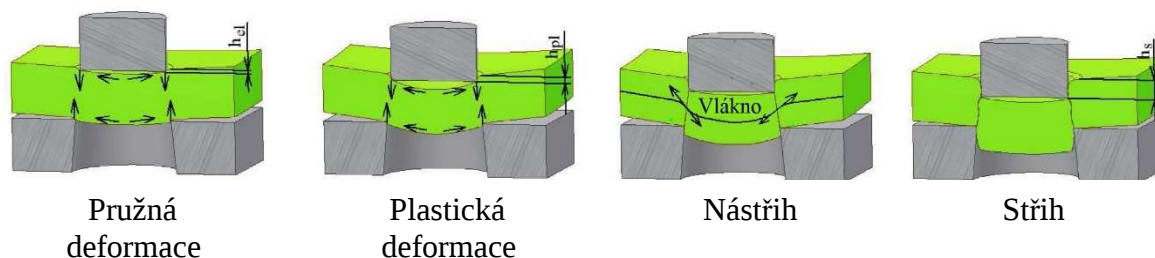
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ A OHÝBÁNÍ [3], [17], [18], [19]

Stříhání a ohýbání jsou značně rozšířené a hojně používané technologie, budou aplikovány i pro výrobu dané součásti ve sdruženém nástroji, který se využívá především při sériové výrobě. Polotovarem jsou většinou svitky, tabule plechů či pásoviny, tváří se za studena na tvářecím stroji. Nástroje se skládají z pohyblivých (střižník, ohybník) a pevných částí (střižnice, ohybnice), které jsou vůči sobě vzájemně polohově zajištěny. Nevýhodou oproti ostatním metodám jsou vstupní investice, které jsou vyšší zejména kvůli konstrukční složitosti nástroje. Hlavní výhodou je odstranění mezioperačních přeprav, čímž se sníží náklady na manipulaci a zvýší se produktivita.

2.1 Stříhání [9], [18], [19], [20]

Stříhání je základní a nejčastěji využívaná operace plošného tváření kovů, která se používá na přípravu polotovaru, na vystřihování součástek z plechu buď pro konečné použití, pro zpracování další technologií nebo na dokončovací či pomocné operace. Nástrojem je stříhadlo, které se skládá ze dvou částí – střižníku a střižnice. Kvalita a přesnost plochy je ovlivněna faktory jako je střižná vůle, použitý materiál, provedení nástrojů a jejich kvalita či použitý tvářecí stroj.

Stříháním je materiál dělen buď postupným nebo současným působením dvou protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí. Stříhání probíhá ve třech fázích, které jsou zobrazeny na obr. 12.



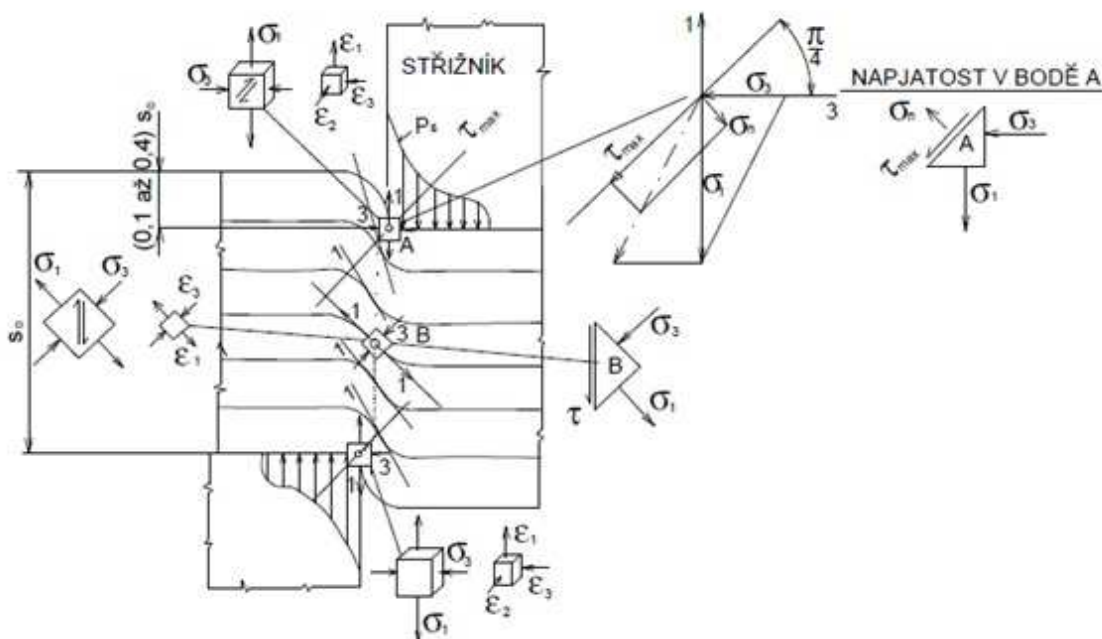
Obr. 12 Průběh stříhu [17]

V první fázi tlačí střižník na plech, čímž vyvolává napětí v tvářeném kovu. Toto napětí je však menší než mez pružnosti, a tudíž dochází pouze k elastické deformaci. Hloubka tohoto vniknutí střižníku do stříhaného materiálu je 5 až 10 % jeho tloušťky, závisí hlavně na mechanických vlastnostech. Vznikem silových dvojic, které jsou kolmé ke střižným plochám, se materiál ohýbá mezi střižníkem a střižnicí. Na straně střižnice je materiál vtahován a na straně střižnice vytlačován.

V druhé fázi vzniká napětí větší, než je jeho mez kluzu a tím dochází k trvalé deformaci. Hloubka plastického vniknutí střižníku do stříhaného materiálu je 6 až 30 % jeho tloušťky, vzniká nejkvalitnější povrch stříhu, a tudíž by tato plocha měla být co největší. Na konci této fáze se napětí pohybuje na hodnotách pevnosti ve stříhu.

Ve třetí fázi je již materiál nad touto mezí, a tím dochází ke vzniku mikroskopických a později makroskopických trhlin. Ty se začínají tvořit u hran střižníku a střižnice a rychle se prodlužují, až nastane oddělení výstřižku od výchozího polotovaru. Rychlost prostupu těchto trhlin je závislá na vlastnostech stříhaného materiálu.

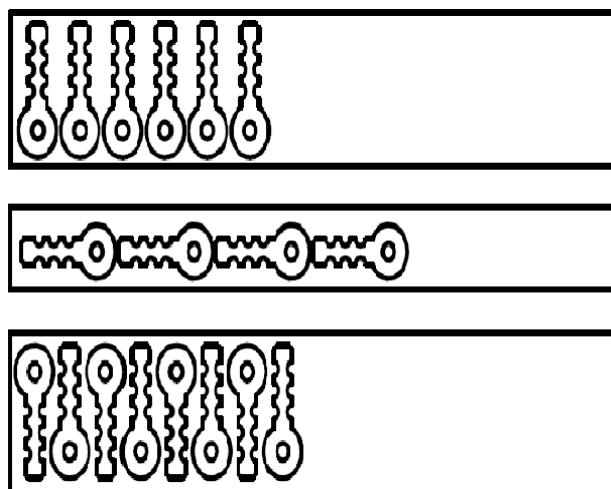
Při stříhání dochází k natahování materiálu mezi střižné hrany a zároveň je vytlačován vnikajícími břity, viz obr. 13. Největší tahové napětí vzniká v bodě A v blízkosti střižné hrany, tlakové napětí v tomto místě odpovídá přibližně polovině tahového. Uprostřed, v bodě B, platí, že tahové napětí se přibližně rovná tlakovému, ovšem mají opačná znaménka.



Obr. 13 Stav napjatosti [3]

2.1.1 Rozmístění výstřížku a nástřihový plán [18]

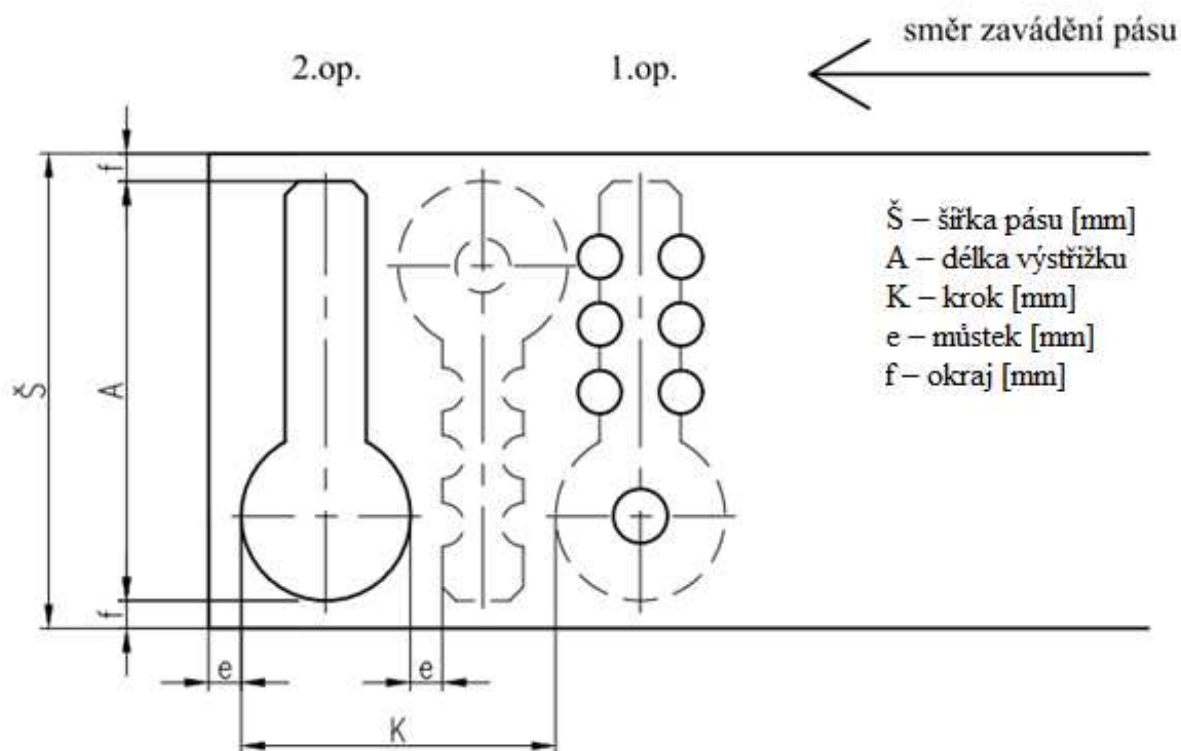
Při stříhání je velmi důležité rozmístit výstřížky tak, aby bylo dosaženo co nejmenšího množství odpadu. K tomuto účelu se navrhuje varianty rozmístění (obr. 14) výstřížků a nástřihový plán. Odpad může být buď technologický nebo konstrukční a je nedílnou součástí této technologie. Rozmístění výrobků se musí věnovat velká pozornost, jelikož materiál často tvoří většinu celkových nákladů. Volba nástřihového plánu závisí především na tvaru a konstrukci výrobku, na dodržování zásad konstrukce a na minimálních vzdálenostech mezi výrobky a okraje pásu. Návrh nástřihového plánu je znázorněn na obr. 15, může být kusový, kdy se určuje nejvýhodnější způsob stříhání, nebo skupinový, u kterého se stříhají různé tvary a součásti jednoho výrobku. Hospodárnost nástřihu je charakterizována součinitelem využití materiálu, který lze popsat vztahem:



Obr. 14 Rozmístění výstřížků

$$\eta = \frac{S_0}{S_p}, \quad (2.1)$$

kde: η – součinitel využití materiálu [%],
 S_0 – celková plocha výstřížků [mm²],
 S_p – plocha pásu plechu [mm²].



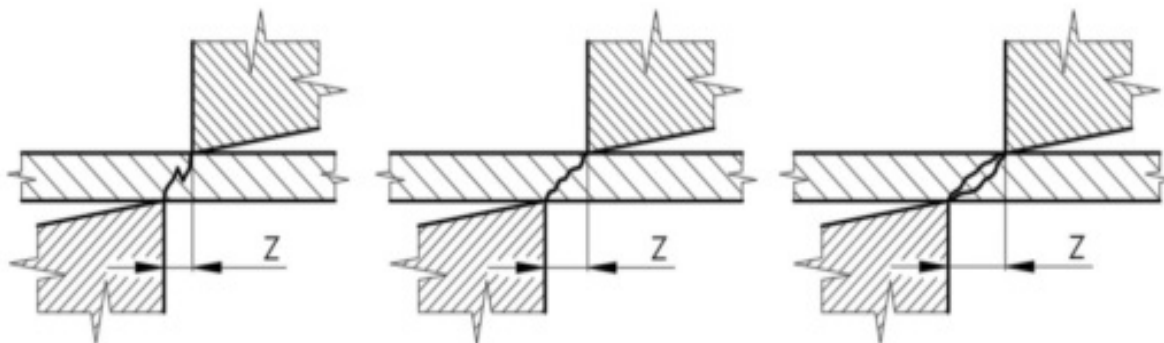
Obr. 15 Příklad nástrihového plánu

2.1.2 Střížná vůle a mezera [2], [18], [21]

Vzdálenost mezi protilehlými střížnými hranami se označuje střížná mezera, je zobrazena na obr. 16. Střížná vůle představuje dvojnásobek střížné mezery, v případě uzavřeného stříhu se nachází po obou stranách nástroje.

Velikost střížné vůle je podstatným faktorem ovlivňujícím kvalitu plochy, velikost potřebné síly a trvanlivost nástroje. Správně zvolená velikost střížné mezery zaručuje, že se trhliny, které při stříhání vznikají, setkají, dojde ke správnému oddělení stříhané plochy a výstrižek bude mít přesnější tvar. Naopak při nevhodně zvolené vůli vznikají nežádoucí deformace.

Při stříhání se posuzuje, zda se jedná o vystříhování či děrování. V prvním případě je jmenovitý rozměr střížníku zmenšen o střížnou vůli, ve druhém je o střížnou vůli navýšen.



Obr. 16 Vliv velikosti střížné mezery na střížnou plochu [21]

Určení velikosti střížné mezery pro tloušťky plechů nad 3 mm je pak podle rovnice:

$$z = \frac{v}{2} = 0,32 \cdot (1,5 \cdot s \cdot c - 0,015) \cdot \sqrt{\tau_s} = [\text{mm}], \quad (2.2)$$

kde: z – střížná mezera [mm],
 v – střížná vůle [mm],
 s – tloušťka plechu [mm].

2.2 Ohýbání [2], [3], [17], [18], [19], [23]

Ohýbání je trvalé deformování materiálu, při němž se materiál napětím, které vzniká působením síly, buď ohýbá nebo rovná. Je velmi využívanou technologickou operací především pro výrobu požadovaného tvaru z plechu, drátu a tyčí. Většina jich probíhá za studena, křehké a tvrdé materiály se ohýbají za tepla.

V blízkém okolí střední části průřezu jsou velmi malá tahová napětí, která nedosahují ani meze kluzu. Mezi těmito pásmy nejsou vlákna nijak deformovaná, spojnice mezi nimi tvoří neutrální osu. Na této ose se materiál neprodlužuje ani nestlačuje. Před začátkem operace ohýbání se tato osa nachází na středu průřezu a při ohybu se postupně posouvá k vnitřní straně ohybu. Tento posun je závislý na úhlu α a na poměru zaoblení ohýbacího nástroje, který je znázorněn v tab. 2.

Tab. 2 Hodnoty součinitele x

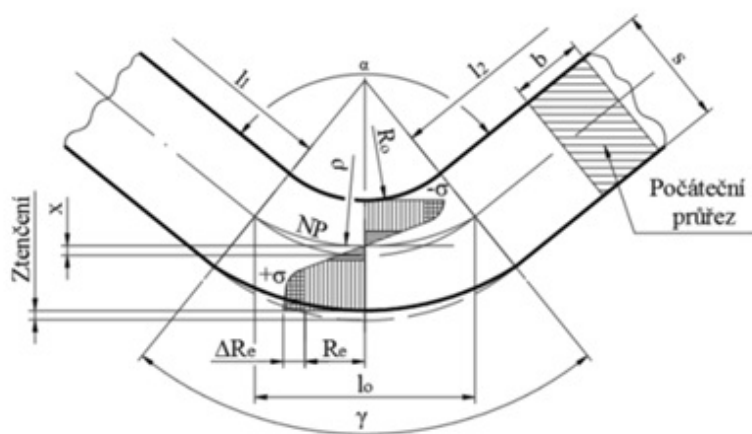
R_o/s	0,1	0,25	1	2	3	4	6	10
x	0,32	0,35	0,42	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48

Ke stanovení rozměru výchozího polotovaru je velmi důležitá znalost polohy neutrální plochy ohýbaného průřezu. Schéma ohýbání je na obr.17. Délka vlákna na neutrální ose se určí ze vzorce:

$$L = \frac{\pi}{180} \cdot \alpha \cdot (R_o + x \cdot s) \quad (2.3)$$

kde: L – délka neutrální osy [mm],
 α – úhel ohybu $^\circ$,
 R_o – poloměr ohybu [mm],
 x – součinitel posunutí neutrální osy [-].

Při ohýbání dochází nejprve k pružné deformaci a po překročení meze kluzu dojde k plastickému přetvoření v krajních bodech. S narůstajícím ohybovým momentem narůstá i hloubka plastického přetvoření. Na krajích ohýbaného materiálu dochází z vnější strany k tahu a z vnitřní k tlaku, jedná se tak o trojosý stav přetvoření, viz obr.17.



α – úhel ohybu
 ρ – poloměr neutrální osy
 l_1, l_2 – rovinný úsek
 l_o – délka ohnutého úseku
 x – velikost posunutí neutrální osy
 R_o – poloměr ohybu
 γ – úhel ohnutého úseku
 $1a, 1b$ – oblast pružné deformace
 $2a, 2b$ – oblast plastické deformace se zpevněním ΔR_e

Obr. 17 Schéma ohýbání [21]

Minimální možný poloměr ohybu je nejmenší výrobitelný poloměr, který na vnější straně ohybu nezpůsobí trhliny. Vypočte se dle vzorce:

$$R_{min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c \cdot s, \quad (2.4)$$

kde: R_{min} – minimální poloměr [mm],
 ε_c – mezní prodloužení [mm],
 c – materiálová konstanta [-].

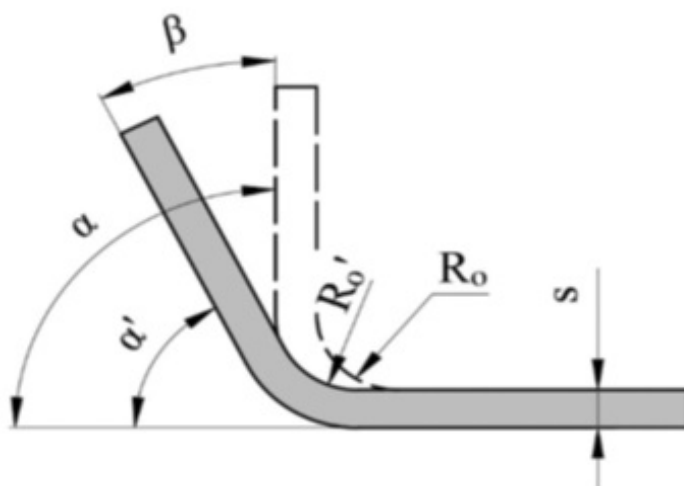
Maximální poloměr je poloměr ohybu, při němž vznikají trvalé plastické deformace a na součásti vznikne požadovaný ohyb. Vypočte se ze vztahu:

$$R_{max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right), \quad (2.5)$$

kde: E – modul pružnosti [MPa],
 R_e – mez kluzu [MPa].

2.2.1 Odpružení [2], [17]

Při ohýbání za studena dochází k pružným deformacím, které po odtížení způsobují odpružení. Jeho velikost závisí zejména na mechanických vlastnostech ohýbaného materiálu, konstrukci nástroje a na již zmíněných parametrech α' , a poměru R_0/s . S narůstající tloušťkou materiálu a nižším poloměrem ohybu odpružení klesá a se zvětšující se pevností materiálu odpružení narůstá. Velikost odpružení je definována jako rozdíl mezi skutečným úhlem α'' a uvažovaným úhlem α' , viz obr. 18. Odpružení lze přibližně určit pro tvar V (obr. 19) dle rovnice:

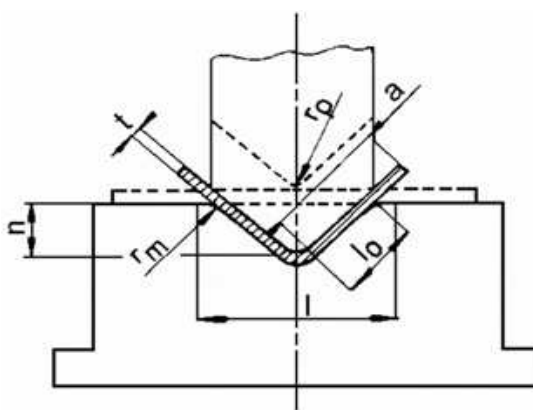


Obr. 18 Schéma odpružení [24]

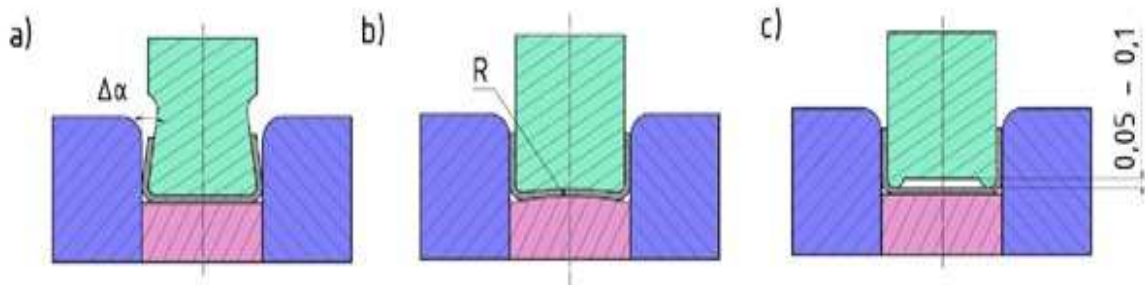
$$\tan \beta = 0,375 \cdot \frac{l}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E}, \quad (2.6)$$

kde: β – úhel odpružení [°],
 l_m – rameno ohybu [mm],
 l – vzdálenost ohýbacích hran [mm],
 k – součinitel pro výpočet úhlu odpružení [-].

Odpružení lze snížit změnou zaoblení hran ohybníku a přidržovače, vyztužením žebry, změnou úhlu ohybu nebo kalibrací. Ta se provádí na konci lisovacího procesu, kdy se násobně zvýší síla a dojde tak k lokální plastické deformaci v místě ohybu, čímž se odpružení sníží nebo úplně eliminuje. Další způsoby snížení odpružení jsou například podbroušení ohybníku (obr. 20a) pod úhlem v rozsahu $(0,8 \text{ až } 0,9) \cdot s$, zaoblením spodní části ohybnice nebo vyhazovače (obr. 20b) anebo kalibrace rohů v místě ohybu (obr. 20c).



Obr. 19 Ohyb do tvaru V [25]



Obr. 20 Způsoby odstranění odpružení [17]

2.3 Síla a práce [2], [9], [17], [19], [26]

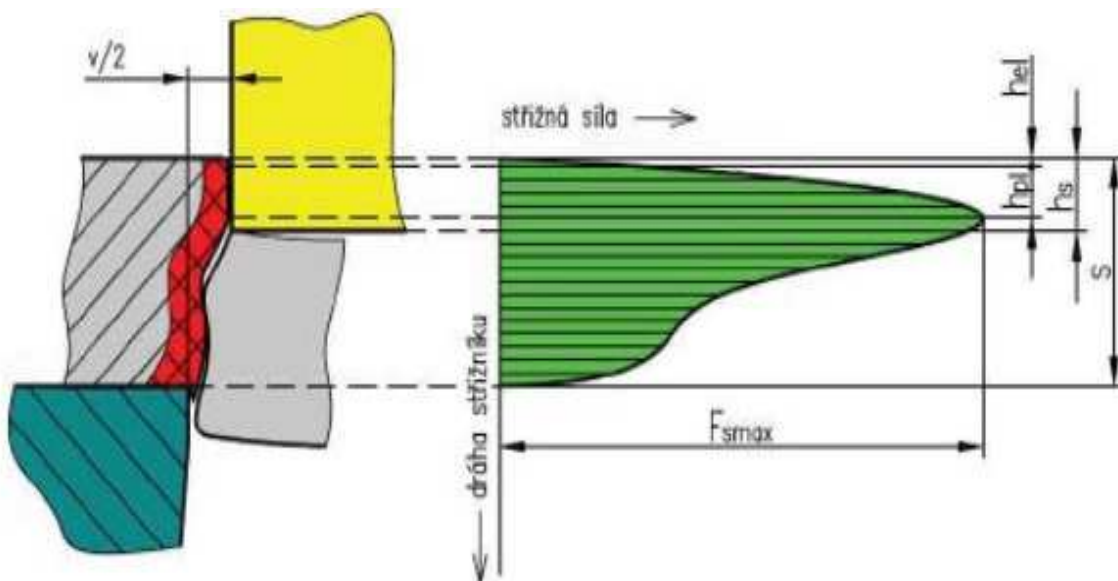
Při procesu výroby je nezbytné znát sílu a práci potřebnou k vyhotovení dané součásti. Výroba zvolené součásti bude probíhat ve sdruženém nástroji, což znamená, že se bude v několika krocích vyrábět na jednom tvářecím stroji. Proto se celková síla a práce vypočtou jako součet jednotlivých složek. Vztah pro celkovou sílu F_C je definován jako součet síly střížné F_S a celkové ohybové F_{CO} :

$$F_C = F_S + F_{CO}. \quad (2.7)$$

Střížná síla je závislá na hloubce vniknutí střížníku do materiálu, na jeho tažnosti a geometrii nástroje. Na začátku stříhání dochází k přechování kovu pod nástroj a vzniká tak plastické přetvoření. Střížná plocha se sice zmenšuje, ale střížná síla stále lineárně roste. Tuto nepřímou úměru způsobuje lokální zpevnění materiálu. Při vzniku prvních trhlin začne střížná síla prudce klesat, až dosáhne nuly, tento průběh lze vidět na obr. 21. V ten moment dojde k úplnému přerušení materiálu lomem. Střížná síla se vypočte ze vztahu:

$$F_S = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s, \quad (2.8)$$

kde: n – koeficient otupení nástroje (1,2 až 1,5) [-],
 l_s – délka stříhu [mm],
 S – plocha stříhu [mm²].



Obr. 21 Průběh střížné síly [17]

Ohybová síla je další nezbytnou složkou síly celkové. Její průběh je znázorněn na obr. 22. V první oblasti ohybová síla lineárně roste až po mez kluzu, kde se z elastické deformace stává plastická, která pokračuje v druhém pásmu. Síla zde roste mnohem pomaleji až po hranici

s třetím pásmem, kde dochází ke kalibrování. Základní ohybovou sílu F_0 lze vypočíst dle vztahu:

$$F_0 = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right), \quad (2.9)$$

kde: b_o – šířka ohýbaného pásu [mm].

Takto vypočtená síla však nemusí být celkovou. Lze připočíst již zmíněnou kalibrační složku, pokud byl použit přidržovač, je nezbytné připočíst i přidržovací sílu. Takto upravená ohýbací síla se pak nazývá celkovou a lze vypočíst ze vztahu:

$$F_{CO} = F_0 + F_K + F_P, \quad (2.10)$$

kde: F_K – kalibrační síla, $F_K = (2,0 \text{ až } 2,5) \cdot F_0$ [N],

F_P – přidržovací síla, $F_P = (0,25 \text{ až } 0,3) \cdot F_0$ [N].

Těžiště této síly určuje polohu stopky (obr. 23), tedy i střed upínací desky lisu. V případě, že by stopka nebyla umístěna v těžišti, mohly by vzniknout momenty, které způsobí menší přesnost a vyšší opotřebení nástroje. Těžiště ve směru osy x a y lze vypočítat dle vztahů:

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F_c}, \quad (2.11)$$

kde: x_c – souřadnice těžiště v ose x [mm],

n – počet operací [-],

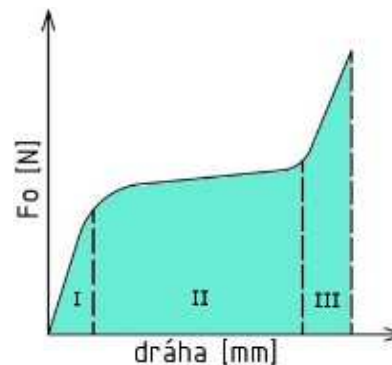
F_i – síla jedné operace [N],

x_i – poloha těžiště jedné operace v ose x [mm],

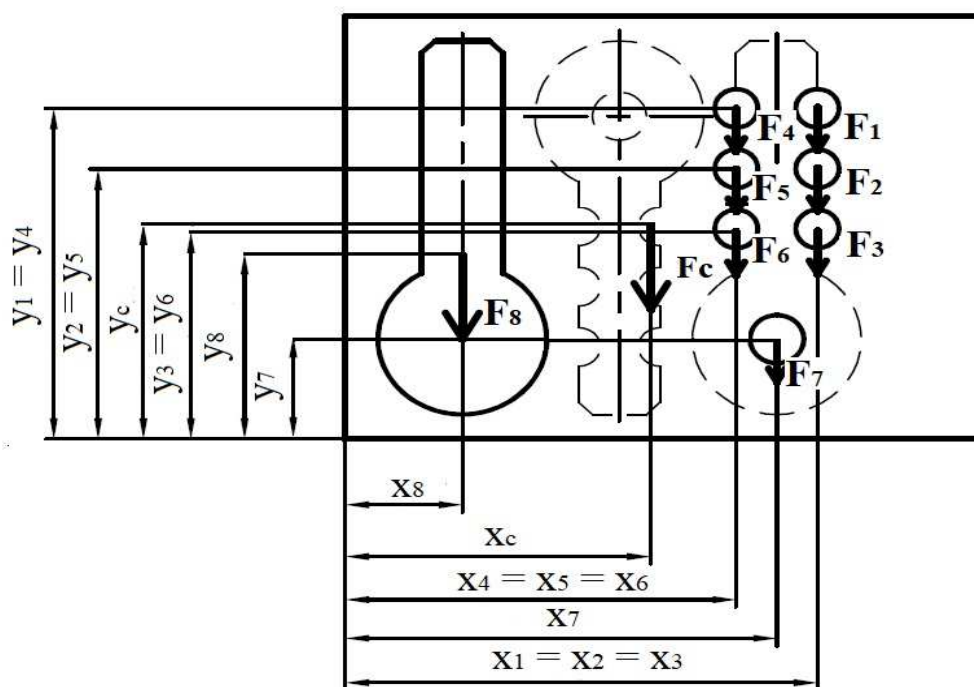
$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot y_i}{F_c}, \quad (2.12)$$

kde: y_c – souřadnice těžiště v ose y [mm],

y_i – poloha těžiště jedné operace v ose y [mm].



Obr. 22 Průběh ohybové síly [19]



Obr. 23 Příklad určení polohy těžiště

Celková práce A_c , která musí být vykonána pro zhotovení součásti, se bude skládat ze střižné A_s a ohybové A_o . Velikost střižné práce se vypočte podle vztahu:

$$A_s = \frac{\lambda \cdot F_s \cdot s}{1000}. \quad (2.13)$$

Velikost ohybové práce se vypočítá ze vztahu:

$$A_o = \frac{F_o \cdot h \cdot \psi}{1000}, \quad (2.14)$$

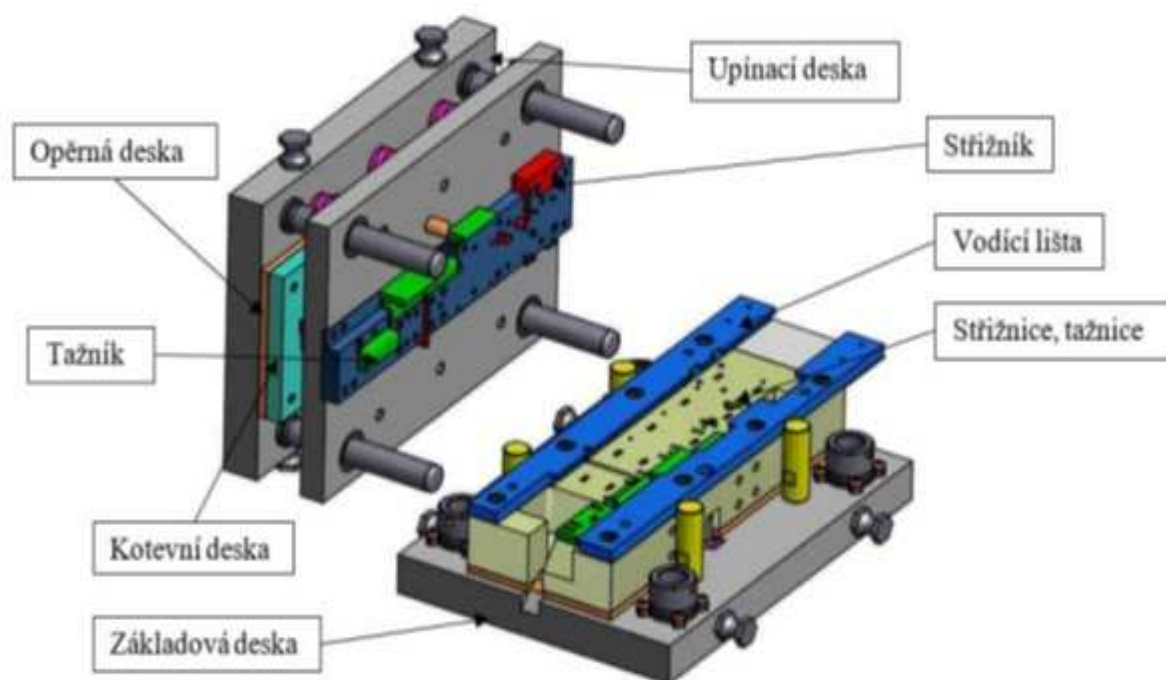
Celková práce pak bude jejich součtem:

$$A_c = A_s + A_o. \quad (2.15)$$

2.4 Nástroje [17], [25], [28], [29]

Při konstrukci nástrojů je důležité ohlížet se na výrobní výkres součásti, kde jsou stanoveny rozměrové tolerance. Z nich vyplývá, jaké konstrukční části musí nástroj obsahovat (obr. 24). Lze volit součásti buď normalizované, nebo vyrobené na míru. První varianta je výhodnější z důvodu nižší pořizovací ceny a náhradní díly jsou snadněji dostupné. Dále lze dělit na vedené a nevedené. Kdy u nevedených nástrojů nejsou spojeny horní a spodní části, což značně ovlivňuje kvalitu střižné plochy. Výhodou je především zvýšení životnosti.

Principiálně funguje většina nástrojů stejně, pohybem horní desky a se stacionární spodní deskou. Jejich vzájemná poloha musí být zajištěna. Nástroje by měly být snadno rozebíratelné, levné, vyrobitelné a dostatečně pevné. Upínají se do stroje pomocí stopky, která je připevněna v upínací desce. Vodící sloupky a pouzdra zajišťují vzájemnou polohu základové a upínací desky. Pomocí základové desky se nástroj upne ke stolu lisu. Jsou v ní otvory odvádějící odstřižený materiál nebo ohnutou součást. Funkčními částmi pak jsou střižník, střižnice, ohybník a ohybnice. Nezbytné jsou dorazy, které se využívají u postupových nástrojů. Pevné, pro zajištění požadovaného kroku pásu při děrování, a načínací se využívají v místě, kde nepůsobí pevný doraz, pro nastavení kroku pásu. Další nezbytné součásti pro správnou funkčnost nástroje jsou vodící lišty, vodící desky, šrouby, kolíky.



Obr. 24 Popis sduženého nástroje [27]

2.4.1 Střížníky a ohybníky [25], [30], [31]

Střížníky se upevňují do upínací desky pomocí válcové (obr. 25) nebo kuželové upínací hlavy, pomocí šroubů, kolíků nebo kuličky. Tvarově odpovídá vystříhované či děrované součásti. Funkcí střížníku je pohyb do střížnice skrze pás plechu, který svým pohybem stříhne. Musí být z materiálu s vysokou tuhostí pro dosažení požadované kvality stříhu a co nejvyšší životnosti.

Ohybník je pohyblivá čelist, která se upevňuje do upínací desky, jeho funkční hrany jsou zušlechtěny kalením. Rozměry jsou určeny dle ohýbaného materiálu, poloměr zaoblení hrany ohybníku je shodný s vnitřním poloměrem ohýbaného výlisku.

Z bezpečnostního hlediska je důležité provést kontrolu na vzpěr a otláčení. V případě, kdy navržená délka přesáhne kritickou hodnotu, dojde vlivem vzniklého napětí k vybočení. Kritická délka l_{krit} se vypočte pomocí vzorce:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n_b \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} \quad (2.16)$$

kde: n_b – koeficient bezpečnosti (1,5 až 2) [-],

d – průměr kontrolovaného střížníku [mm],

E – modul pružnosti v tahu [MPa],

I – kvadratický moment setrvačnosti kruhového průřezu [mm⁴].

Otláčení může vznikat na dosedací ploše v momentě, kdy na ní vzniklé napětí přesáhne dovolenou hodnotu. V tom případě je nutné mezi upínací a kotevní desku vložit kalenou opěrnou desku pro rozložení vzniklého napětí, které se kontroluje výpočtem:

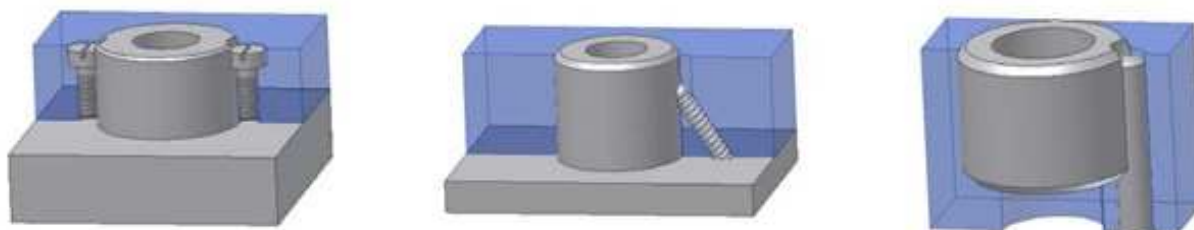
$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_s} \leq \sigma_{dov}. \quad (2.17)$$

2.4.2 Střížnice a ohybnice [25], [30], [31], [32]

Střížnice je nejkomplikovanější a nejdražší součástí nástroje. Jsou kladeny vysoké požadavky na její přesnost. Umisťuje se na základovou desku, jsou v ní otvory, které se shodují s tvarem výstřížku. Střížnice mohou být celistvé, vložkované (obr. 26) a skládané (obr. 27). Celistvé se používají pro stříhání méně složitých výrobků a jsou vyrobeny z nástrojové oceli. U vložkované střížnice jsou vkládány její menší funkční části z nástrojové oceli do rámu z konstrukční oceli, což zajišťuje menší finanční náročnost. Nevýhodou je však složitější konstrukce. Skládané bývají



Obr. 25 Střížník s válcovou upínací hlavou [43]



Obr. 26 Vložkované střížnice [25]



Obr. 27 Skládané střižnice [25]

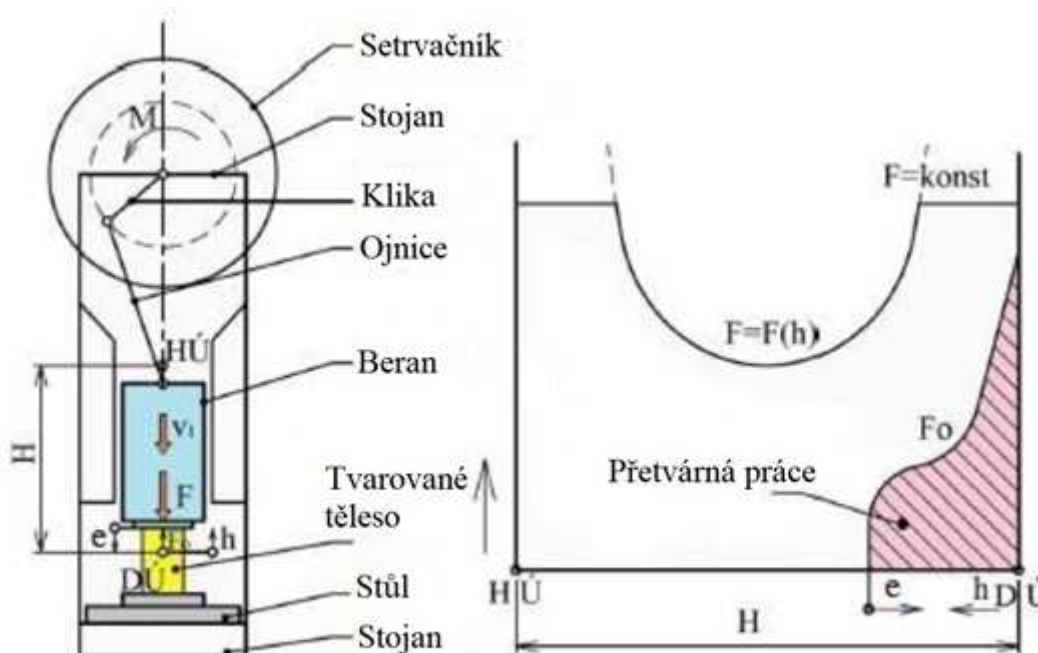
využity v případě tvarově složitějších součástí, hlavní devízou je levná výroba přesných rozměrů u menších částí.

Ohybnice je pevná část nástroje, která se upíná na základovou desku. Konstrukčně je mnohem složitější než ohybník. Může být celistvá z nástrojové oceli, nebo podobně jako střižnice s vložkami a rámem. K zajištění přesnosti je kolíky zaaretovaná poloha vůči základové desce. Pro zabránění posuvu materiálu se zajišťuje přidržovačem.

2.5 Stroje [33], [34], [35]

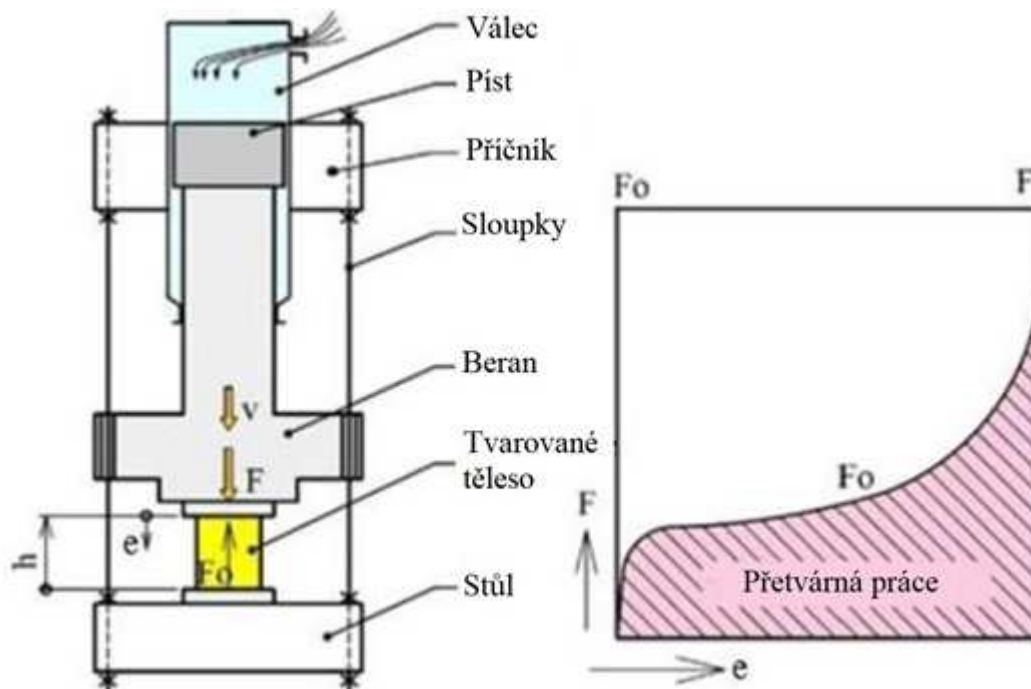
Vzhledem k použitým technologiím a parametrům součásti bude pro výrobu použit lis. Volba lisu probíhá podle důležitých parametrů, kde mezi nejdůležitější patří jmenovitá síla a práce, zdvih a velikost pracovní desky. Lisy se rozdělují podle mechanismu na hydraulické a mechanické.

- Mechanické lisy – patří mezi silové stroje, které využívají kinetickou i potenciální energii. Jsou vhodné především pro plošné tváření a jsou nejvyužívanější. Jejich výhodou je vysoká rychlost, produktivita, jednoduchá konstrukce a nízké pořizovací náklady. Velkou nevýhodou je nebezpečí přetížení stroje a tváření velkou silou po celé dráze. Rotačním pohybem setrvačníku je přes vačku převáděna energie na lineární pohyb beranu. Na obr. 28 je znázorněn klikový mechanismus přenosu.



Obr. 28 Princip a schéma mechanického – klikového lisu a průběh síly [36]

- Hydraulické lisy (obr. 29) – jsou silové stroje, které využívají energie tlakové kapaliny. Tento druh strojů má konstantní sílu beranu, která je nezávislá na dráze. Jmenovité síly dosahují až 10^3 MN a rychlost beranu lze regulovat v rozsahu 0 až $0,25 \text{ ms}^{-1}$. Pracují na základě Pascalova zákona, kdy využívají rovnoměrné šíření tlaku do všech směrů. Hojně se využívá při objemovém tváření a při některých operacích plošného tváření.



Obr. 29 Princip a schéma hydraulického lisu a průběh síly [36]

Hydraulický lis ve srovnání s mechanickým vyniká především regulací rychlosti a možností konstantního tlaku. Má však nižší účinnost a nižší efektivitu z důvodu pomalejšího chodu pracovní části. Vzhledem k jeho složitější konstrukci je náročnější na údržbu a má vyšší pořizovací náklady.

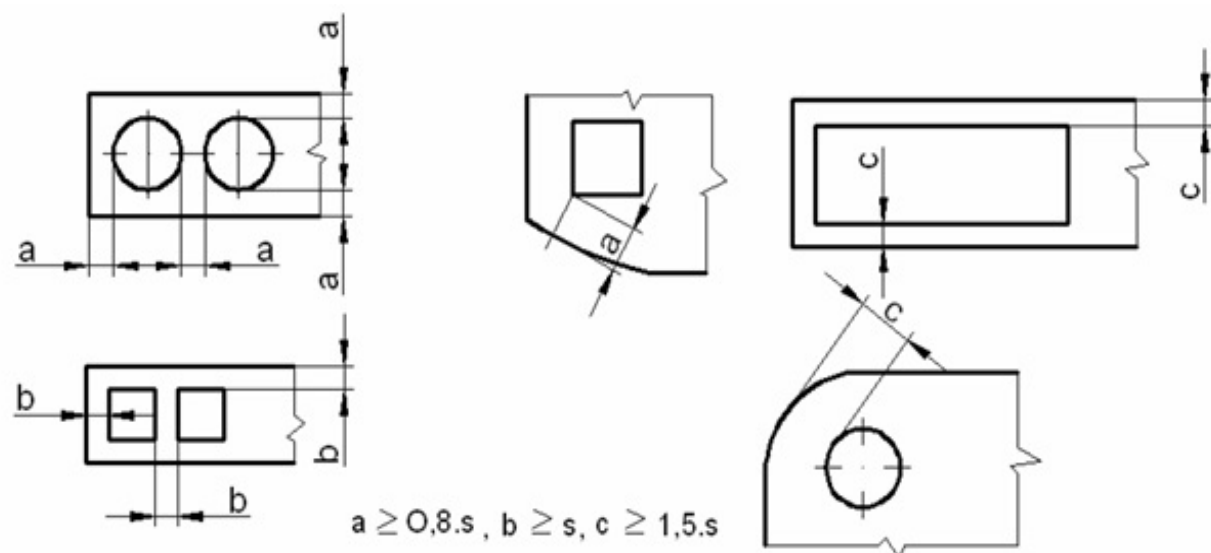
2.6 Technologičnost [19], [25], [37], [38]

Zhodnocením technologičnosti výroby lze posoudit, zda je součást technologicky realizovatelná. Výroba musí být co nejjednodušší, hospodárná a musí splňovat konstrukční požadavky. Při konstrukci součásti musí být brány na vědomí tyto zásady:

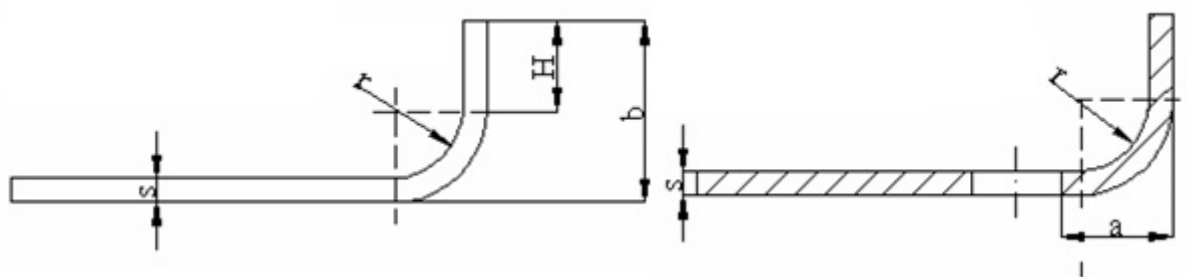
- levný, dobře zpracovatelný materiál, splňující požadované vlastnosti,
- mají přednost kruhové otvory z důvodu nákladovosti výroby,
- nepředepisovat menší drsnost, než $Ra 3,2$, pokud to není nezbytné,
- dodržet základní rozměrová pravidla pro stříh (obr. 30) a pro ohyb (obr. 31).

Dosahovaná přesnost vystřihovaných součástí se pohybuje mezi IT12 a IT14. Při stříhání ve stříhadlech se zvýšenou přesností (vodící stojánek, hledáčky...) IT9 až IT11. Přesnost je závislá především na velikosti vŕle, druhu materiálu, pružné deformaci při stříhání a konstrukci střížníku se střížnicí. U měkkých ocelí je minimální prostřižitelný průměr 0,6 až 0,8 mm (s přidržovačem 0,25 až 0,30), u tvrdých 1,2 až 1,5 mm (s přidržovačem 0,25 až 0,5 mm).

Přesnost ohýbaných součástí závisí zejména na přesnosti a druhu použitého nástroje, rozměrech a poloměru ohybu, druhu stroje a rovnoměrnosti tloušťky plechu. Poloměr ohybu by se měl volit co nejmenší kvůli minimalizování odpružení. Je však omezen přípustným ztenčením a vznikem trhlin na straně ohybu. Pro velké poloměry ohybu je doporučeno provést prolisy.



Obr. 30 Vzdálenost mezi stříhanými obrysy [37]

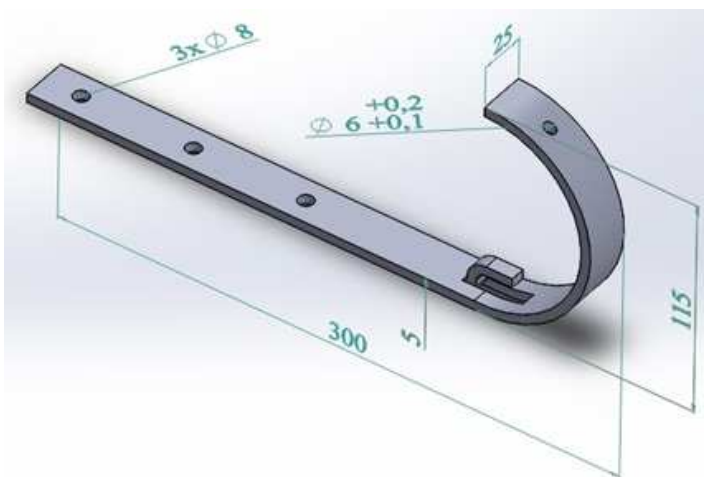


Obr. 31 Technologičnost ohýbané součásti [37]

3 NÁVRH VÝROBY

Hák okapového žlabu (obr. 32), bude vyráběn z oceli 11 321 o tloušťce 5 mm. Velikost roční produkce byla stanovena na 200 000 ks/rok. Výroba bude prováděna pomocí sduženého nástroje, což zajišťuje eliminaci mezioperační manipulace a snížení výrobních nákladů.

Navržený tvar součásti splňuje všechny zásady technologičnosti. Jediný předepsaný přesnější rozměr je otvor o průměru 6 mm kvůli následnému nýtování. Z hlediska minimálních vzdáleností od okraje a mezi otvory součást vyhovuje. Všechny vystřižené otvory jsou větší než povolený minimální průměr díry. Tato tvrzení jsou doložena následujícími výpočty:



Obr. 32 Hák okapového žlabu

(3.1)

- Minimální vzdálenost otvoru od okraje (obr. 30):

$$a \geq 0,8 \cdot s$$

$$8,5 \geq 0,8 \cdot 5$$

$$8,5 \geq 4$$

Vzdálenost na součásti je větší než minimální povolená, tudíž vyhovuje.

- Minimální vzdálenost otvoru od hrany ohybu (obr. 31):

$$a \geq 2 \cdot s$$

$$41 \geq 2 \cdot 5$$

$$41 \geq 10$$

(3.2)

Vzdálenost otvoru od hrany je násobně větší než minimální povolená, proto vyhovuje.

- Minimální poloměr (2.4):

$$R_{min} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c \cdot s = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ mm.}$$

Hodnota maximálního poloměru byla vypočtena na 2 mm.

- Maximální poloměr (2.5):

$$R_{max} = \frac{s}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{5}{2} \cdot \left(\frac{210\,000}{235} - 1 \right) = 2231,5 \text{ mm.}$$

Maximální možný poloměr na součásti byl vypočten na 2231,5 mm.

- Pro další výpočty je důležité znát délku rozvinutého tvaru součásti. Ta bude vypočtena pomocí vzorce (2.3):

$$L_o = \frac{\pi}{180} \cdot \alpha \cdot \rho = L = \frac{\pi}{180} \cdot 180 \cdot 60 = 188,49 \text{ mm,}$$

$$\text{kde: } \rho = R_o + x \cdot s = 57,5 + 0,5 \cdot 5 = 60 \text{ mm,}$$

x – součinitel stanovený dle tab. 2,

$$\frac{R_o}{s} = \frac{52,5}{5} = 10,5.$$

Z tab. 2 plyne, že poměr $R_o/s = 10,5$ je větší než 10 a v takových případech je volen součinitel $x = 0,5$.

Vzhledem k využití součásti a tolerancím je tato hodnota zaokrouhlena na 188,5 mm.

- Celková délka byla vypočtena součtem délek ramene a oblouku:

$$|L = L_o + L_1 = 188,5 + 235,5 = 425 \text{ mm.} \quad (3.3)$$

Celková délka vychází na 425 mm.

Základní rozměry rozvinutého polotovaru jsou tak stanoveny na 5 x 25 x 425 mm.

3.1 Umístění výstřížku a volba polotovaru

Výchozím polotovarem může být buď tabule plechu o tloušťce 5 mm, dostupná v několika rozměrových variantách, pásovina nebo svitek. Vzhledem k rozměrům součásti a druhu použitého nástroje je z hlediska vyrobitelnosti možné uvažovat pouze jednu variantu nástřihového plánu, kdy výrobek bude rovnoběžně se zaváděním pásu (obr. 34). Umístění kolmo na zavádění (obr. 33) by zapříčinilo podstatně větší rozměry nástroje a složitější konstrukci. Pro výrobu součásti bude porovnáno využití plechu a pásoviny. Vzhledem k dostupnosti různých rozměrů tabulí plechu budou porovnány rozměry 1000 x 2000 mm, 1250 x 2500 mm, 1500 x 3000 mm, pásovina o rozměrech 25 x 6000 mm, svitek o šířce 25 mm, vnitřním Ø 610 mm a vnějším Ø 1000 až 1350 mm, vše o tloušťce 5 mm.



Obr. 33 Umístění výrobku kolmo ve směru pásu

Tabule plechu lze dělit podélně nebo příčně (obr. 35). Vzorový výpočet je proveden pro



Obr. 34 Umístění výrobku ve směru pásu

podélně rozdělenou tabuli o rozměrech 5 x 1000 x 2000 mm:

- Šířka pásu:

$$\check{S} = A = 25 \text{ mm,} \quad (3.4)$$

kde: A – šířka součásti [mm].

Šířka pásu vychází na 25 mm.

- Délka kroku:

$$K = L = 425 = 425 \text{ mm} \quad (3.5)$$

Délka kroku má hodnotu 425 mm.

- Počet pásů z tabule:

$$n_p = \frac{b_t}{\check{S}} = \frac{1000}{25} = 40 \text{ ks,} \quad (3.6)$$

kde: b_t – šířka tabule = 1000 mm.

Bylo vypočteno množství pásů z tabule
 $n_p = 40 \text{ ks.}$

- Počet výstřížků z pásu:

$$n_{vp} = \frac{l_p}{K} = \frac{2000}{425} = 4,71 \text{ ks.} \quad (3.7)$$

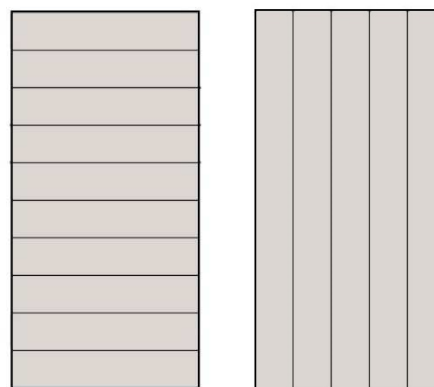
Odstřížky se nepovažují za výrobek, proto n_{vp} rovná 4 ks.

- Počet výstřížků z tabule:

$$n_{vt} = n_p \cdot n_{vp} = 40 \cdot 4 = 160 \text{ ks,} \quad (3.8)$$

kde: n_{vt} – počet výstřížků z tabule.

Z jedné tabule tak bude vystříženo 160 ks.



Obr. 35 Příčné a podélné dělení tabule plechu

- Počet tabulí pro sérii:

$$n_t = \frac{N}{n_{vt}} = \frac{200\,000}{160} = 1250 \text{ ks}, \quad (3.9)$$

kde: N – velikost série = 200 000 ks.

Pro výrobu celé série je nutné použít 1250 tabulí.

- Plocha tabule plechu:

$$S_t = b_t \cdot l_p = 1000 \cdot 2000 = 2\,000\,000 \text{ mm}^2 \quad (3.10)$$

Plocha tabule plechu vychází 2 000 000 mm².

- Plocha výstřižku (bez konstrukčních otvorů):

$$S_v = A \cdot L = 25 \cdot 425 = 10\,625 \text{ mm}^2. \quad (3.11)$$

Plocha výstřižku bez konstrukčních otvorů byla vypočtena na 10 625 mm².

- Využití tabule plechu:

$$\eta_t = \frac{n_{vt} \cdot S_v}{S_t} \cdot 100 = \frac{160 \cdot 10\,625}{2\,000\,000} \cdot 100 = 85 \%, \quad (3.12)$$

Využití jedné tabule plechu je rovno 85 %.

- Využití všech tabulí plechu:

$$\eta_{ct} = \frac{N \cdot S_v}{S_t \cdot n_t} \cdot 100 = \frac{200\,000 \cdot 10\,625}{2\,000\,000 \cdot 1250} \cdot 100 = 85 \%, \quad (3.13)$$

Využití všech tabulí plechu vychází na 85 %.

Všechny výpočty k dostupným variantám plechu jsou shrnuty v tab. 3.

Tab. 3 Využití různých formátů tabulí plechu

Rozměry tabule	1000 x 2000		1250 x 2500		1500 x 3000	
Směr stříhu	podélné	příčné	podélné	příčné	podélné	příčné
Š - šířka pásu plechu [mm]	25	25	25	25	25	25
n_p - počet pásů z tabule [ks]	40	80	50	100	60	120
K - délka kroku [mm]	425	425	425	425	425	425
n_{vp} - počet výstřižků z pásu [ks]	4	2	5	2	7	3
n_{vt} - počet výstřižků z tabule [ks]	160	160	250	200	420	360
S_t - plocha tabule plechu [m2]	2	2	3,125	3,125	4,5	4,5
S_v - plocha výstřižku [mm2]	10625	10625	10625	10625	10625	10625
n_t - počet tabulí pro sérii [ks]	1250	1250	800	1000	477	556
η_t - využití tabule [%]	85,00	85,00	85,00	68,00	99,17	85,00
η_{ct} - využití všech tabulí [%]	85,00	85,00	85,00	68,00	99,00	84,93

Další varianta, kterou lze uvažovat je pás o rozměrech 5 x 25 x 6000 mm.

- Plocha pásu:

$$S_{pas} = L_{pas} \cdot b_{pas} = 6000 \cdot 25 = 150\,000 \text{ mm}^2. \quad (3.14)$$

Plocha pásu byla vypočtena na 150 000 mm².

- Počet výstřižků z jednoho pásu:

$$n_{vpas} = \frac{L_{pas}}{L} = \frac{6000}{425} = 14,12 \text{ ks}. \quad (3.15)$$

Odstřižky se nepovažují za výrobek, proto je počet výstřižků $n_{vpas} = 14$ ks.

- Počet pásů pro sérii:

$$n_{pas} = \frac{N}{n_{vpas}} = \frac{200\,000}{14} = 14\,285,7 \text{ ks.} \quad (3.16)$$

Vzhledem k nutnosti zakoupit celé pásy, je počet pásů zaokrouhlen na 14 286 ks.

- Využití pásu:

$$\eta_{pas} = \frac{n_{vpas} \cdot S_v}{S_{pas}} \cdot 100 = \frac{14 \cdot 10\,625}{150\,000} \cdot 100 = 99,17 \%. \quad (3.17)$$

Využití jednoho pásu je rovno 99,17 %.

- Využití všech pásů:

$$\eta_{vpas} = \frac{N \cdot S_v}{S_{pas} \cdot n_{pas}} \cdot 100 = \frac{200\,000 \cdot 10\,625}{150\,000 \cdot 14\,286} \cdot 100 = 99,17 \%. \quad (3.18)$$

Využití všech pásů je rovno 99,17 %.

Další varianta je svitek plechu o tloušťce $s = 5 \text{ mm}$, který je dodáván o šířce $b_s = 25 \text{ mm}$, vnitřní $d_{sv} = 610 \text{ mm}$ a vnější průměr $D_{sv} = 1000$ až 1350 mm , délka kroku $K = 425 \text{ mm}$ a hustota oceli $\rho_{ocel} = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$.

- Hmotnost svitku:

$$\begin{aligned} m_{sv} &= \frac{\pi \cdot (D_{sv}^2 - d_{sv}^2)}{4} \cdot b_s \cdot \rho_{ocel} = \\ &= \frac{\pi \cdot (1000^2 - 610^2)}{4} \cdot 25 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 96,16 \text{ kg.} \end{aligned} \quad (3.19)$$

Hmotnost svitku je rovna 96,16 kg.

- Délka svitku:

$$L_{sv} = \frac{m_{sv}}{b_s \cdot s \cdot \rho_{ocel}} = \frac{96,16}{25 \cdot 5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}} = 98\,630,3 \text{ mm.} \quad (3.20)$$

Délka svitku byla vypočtena a pro další výpočty zaokrouhlena na 98 630,3 mm.

- Plocha svitku:

$$S_{sv} = L_{sv} \cdot b_s = 98\,630,3 \cdot 25 = 2\,465\,757,53 \text{ mm}^2 \quad (3.21)$$

Plocha svitku je rovna 2 465 757,53 mm².

- Počet výstřížků z jednoho svitku:

$$n_{vsv} = \frac{L_{sv}}{K} = \frac{98\,630,3}{425} = 232,07 \text{ ks.} \quad (3.22)$$

Počet výstřížků z jednoho svitku je 232 ks, jelikož odstřížky nejsou výrobek.

- Počet svitků pro sérii:

$$n_{sv} = \frac{N}{n_{vsv}} = \frac{200\,000}{232} = 862,07 \text{ ks.} \quad (3.23)$$

Celkový počet svitků pro sérii je 862 ks.

- Využití svitku:

$$\eta_{sv} = \frac{n_{vsv} \cdot S_v}{S_{sv}} \cdot 100 = \frac{232 \cdot 10\,625}{2\,465\,757,53} \cdot 100 = 99,97 \%. \quad (3.24)$$

Využití jednoho svitku je 99,97 %.

- Využití všech svitků:

$$\eta_{vsv} = \frac{N \cdot S_v}{S_{sv} \cdot n_{sv}} \cdot 100 = \frac{200\,000 \cdot 10\,625}{2\,465\,757,53 \cdot 862} \cdot 100 = 99,861 \%. \quad (3.25)$$

Využití všech svitků je rovno 99,861 %.

Výpočty pro dostupné rozměry byly shrnuty v tab. 4.

Tab. 4 Využití svitků plechu

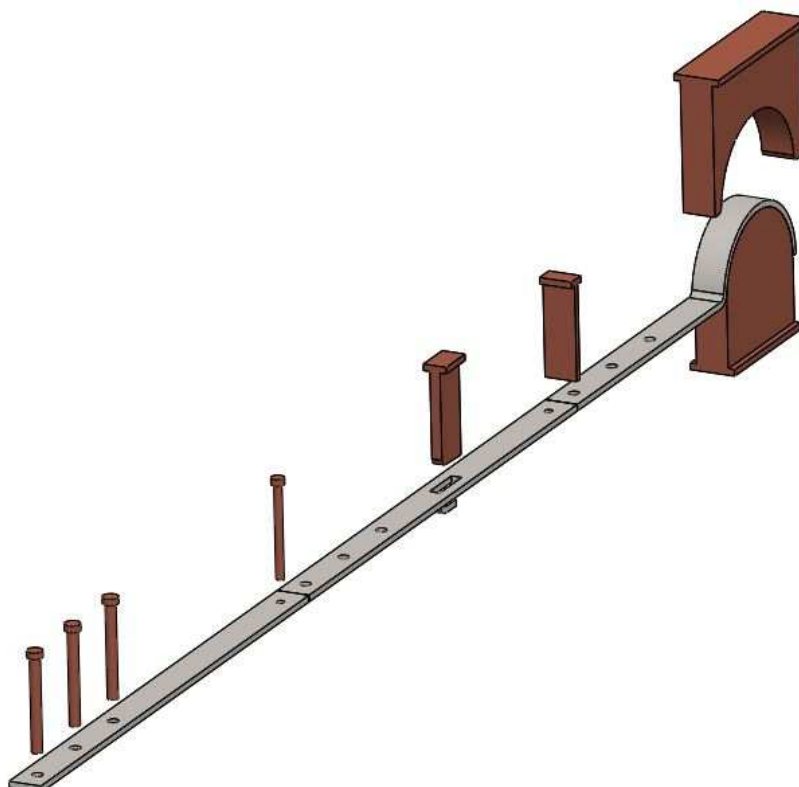
D_{sv} [mm]	m_{sv} [kg]	L_{sv} [m]	S_{sv} [m ²]	n_{vsv} [ks]	n_{sv} [ks]	η_{sv} [%]	η_{vsv} [%]
1000	96,16	98,63	2,465	232	863	99,969	99,861
1050	111,86	114,73	2,868	269	744	99,646	99,578
1100	128,33	131,61	3,290	309	648	99,778	99,663
1150	145,56	149,28	3,732	351	570	99,924	99,889
1200	163,55	167,74	4,193	394	508	99,824	99,748
1250	182,31	186,98	4,674	439	456	99,779	99,688
1300	201,84	207,01	5,175	487	411	99,981	99,902
1350	222,13	227,82	5,695	536	374	99,988	99,756

Z tab. 3 vyplývá, že tabule o rozměrech 1500 x 3000 mají ze všech rozměrových variant největší využitelnost 99,46 %. Využití všech pásů je 99,165 % a nejlépe využitelný svitek má využitelnost 99,9 %. Tabule je třeba podélně dělit a stejně jako pásy postupně zavádět do podavače. Vzhledem ke kontinuálnímu odvíjení do lisu se jako nejlepší možnost jeví svitek. Kvůli minimálním rozdílům využitelnosti byl jako nejvhodnější zvolen svitek o největším průměru 1350 mm, z důvodu úspory času při zavádění.

3.2 Volba výrobního postupu

V navrženém výrobním postupu bude zhotovení probíhat ve sdruženém nástroji, do kterého bude číslicově řízeným podavačem zaváděn svitek.

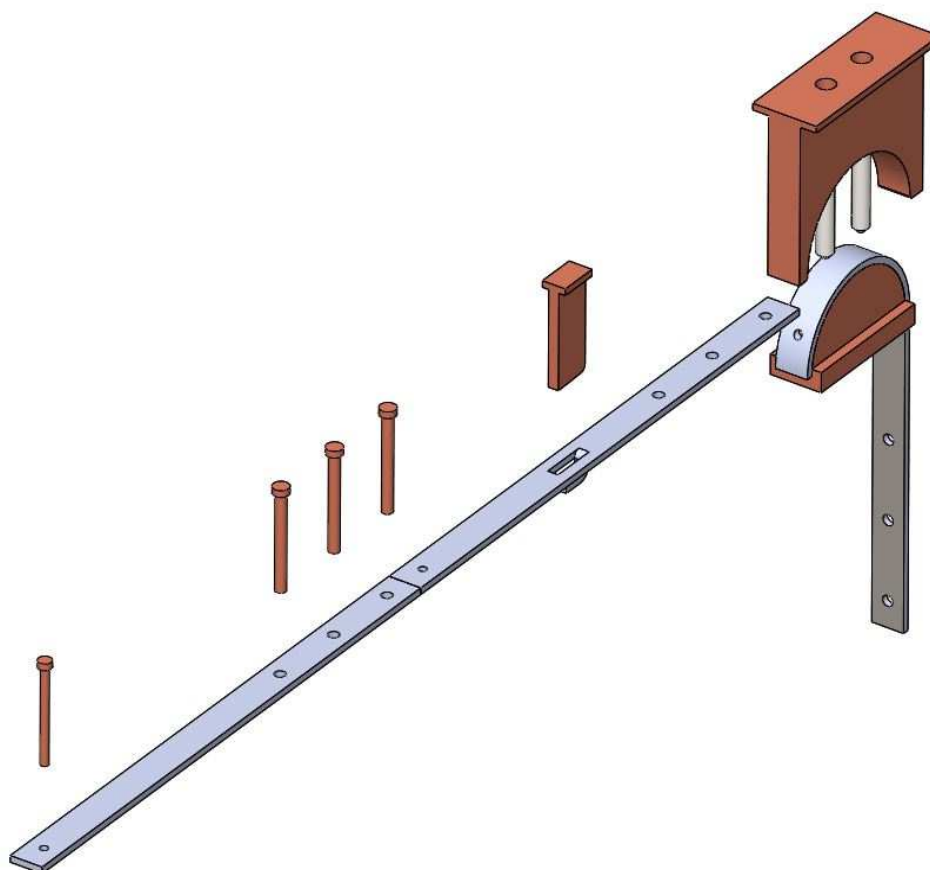
- Varianta A (obr. 36):
 krok 1 – vystřížení čtyř otvorů Ø 6 a Ø 8 mm
 krok 2 – vystřížení háčku 8 x 30 mm
 krok 3- vystřížení můstku 5 x 25 mm a ohyb R55



Obr. 36 Varianta A

Problém této varianty vzniká až při konečném ohybu, kdy je nezbytné skloubit pohyb ohybníku, jelikož je nutno použití dalšího mechanismu k jeho zdvihu. Musel by být použit jednoúčelový stroj.

- Varianta B (obr. 37):
 krok 1 – vystřížení čtyř otvorů Ø 6 a Ø 8 mm
 krok 2 – vystřížení háčku 8 x 30 mm
 krok 3 – odstřížení součásti a ohyb R55



Obr. 37 Výrobní varianta B

Jsou zde odstraněny nevýhody varianty A, je zvolena jako nejvýhodnější a bude uvažována pro následující výpočty.

3.3 Výpočty pro střížnou část

Do výpočtů vstupuje materiál 11 321 o tloušťce 5 mm, $R_m = 340 \text{ MPa}$, $R_e = 220 \text{ MPa}$ a koeficientem otupení $n = 1,3$. Budou vypočteny jednotlivé střížné síly, celková práce, podle které se určí konstrukce nástroje.

- Napětí ve stříhu:

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 340 = 272 \text{ MPa.} \quad (3.26)$$

Napětí ve stříhu má hodnotu 272 MPa.

- Velikost střížné vůle podle vzorce (2.2):

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

$$= 2 \cdot 0,32 \cdot (1,5 \cdot 5 \cdot 0,008 - 0,015) \cdot \sqrt{272} = 0,475 \text{ mm,} \quad (3.27)$$
 kde: c – součinitel, zvolen 0,008.

Velikost střížné vůle byla vypočtena na 0,48 mm.

- Velikost střížné síly se vypočte podle vzorce (2.8):

$$F_{Si} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s.$$

- o Pro kruhový střížník Ø 6 mm:

$$F_{S1} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (\pi \cdot 6) \cdot 5 \cdot 272 = 33\,326 \text{ N}.$$

- o Pro kruhový střížník Ø 8 mm:

$$F_{S2} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (\pi \cdot 8) \cdot 5 \cdot 272 = 44\,435 \text{ N}.$$

- o Pro střížník ve tvaru U 30 x 8 mm:

$$F_{S3} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot (30 \cdot 2 + 8) \cdot 5 \cdot 27 = 120\,224 \text{ N}.$$

- o Pro odstřihovací střížník:

$$F_{S4} = n \cdot l_s \cdot s \cdot \tau_s = 1,3 \cdot 25 \cdot 5 \cdot 272 = 44\,200 \text{ N}.$$

- Jejich součtem je získána celková střížná síla F_S :

$$\begin{aligned} F_S &= F_{S1} + 3F_{S2} + F_{S3} + F_{S4} = \\ &= 33\,326 + 3 \cdot 44\,435 + 120\,224 + 44\,200 = 331\,055 \text{ N}. \end{aligned} \quad (3.28)$$

Velikost střížné síly byla vypočtena na 331 055 N.

- Celková střížná práce, kde součinitel zaplnění byl zvolen $\lambda = 0,5$:

$$A_S = \frac{\lambda \cdot F_S \cdot s}{1000} = \frac{0,5 \cdot 331\,055 \cdot 5}{1000} = 827,64 \text{ J}. \quad (3.29)$$

Celková střížná práce má hodnotu 827,64 J.

Je nezbytné provést kontrolu střížníku na vzpěr. Provádí se u malých průměrů a větších délek střížníků. Při stříhání vzniká ve střížníku napětí, které při překročení meze způsobí vybočení. Proto zjištěná kritická délka l_{krit} nesmí být překročena.

- Tento výpočet bude proveden pro střížník o Ø 6 mm a vypočte se pomocí vzorce (2.16):

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n_b \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 63,62}{1,7 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 272}} = 194,99 \text{ mm},$$

kde: n_b – koeficient bezpečnosti (1,5 až 2), zvolen = 1,7 [-],

d – průměr kontrolovaného střížníku [mm],

E – modul pružnosti v tahu, $E = 2,1 \cdot 10^5$ [MPa],

I – kvadratický moment setrvačnosti kruhového průřezu [mm⁴].

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 6^4}{64} = 63,62 \text{ mm}^4 \quad (3.30)$$

Kritická délka střížníku o Ø 6 mm byla vypočtena na 194,99 mm.

Pro konstrukci je důležitý výpočet napětí, které vzniká na dosedací ploše. V případě, že by toto napětí překročilo dovolené napětí $\sigma_{dov} = 180$ MPa, je nutné mezi upínací a kotevní desku vložit kalenou opěrnou desku, pro rozložení vzniklého napětí na větší plochu a zabránění vtlačení střížníku do dosedací plochy. Napětí vzniklé na této ploše se vypočte dle vzorce:

$$\sigma_s = \frac{F_{S1}}{S_s} \leq \sigma_{dov} \rightarrow \frac{33\,326}{78,54} \leq 424,32 \rightarrow 424,32 \geq 180 \text{ MPa}. \quad (3.31)$$

Z výpočtu vyplývá, že je vzniklé napětí násobně větší než dovolené, proto je potřeba konstruovat kalenou opěrnou desku.

Posledním zásadním výpočtem je určení výšky střížnice, která je během procesu namáhána tlakem. Je nezbytné, aby měla dostatečnou tloušťku, pro minimalizování rizika průhybu.

$$H = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_S} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 331\,055} = 32,1 \text{ mm}. \quad (3.32)$$

Minimální výška střížnice vychází na 32,1 mm.

3.4 Výpočty pro ohybovou část

- Z výrobního hlediska je nutné vypočíst úhel odpružení dle vzorce (2.6):

$$\beta = \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{l}{k \cdot s} \cdot \frac{R_e}{E} \right) =$$

$$= \tan^{-1} \left(0,375 \cdot \frac{188,5}{0,5 \cdot 5} \cdot \frac{235}{2,1 \cdot 10^5} \right) = 1^\circ 41' 48''.$$

Odpružení bylo vypočteno na $1^\circ 41' 48''$, toto odpružení je vzhledem k použití součásti zanedbatelné, proto nebude zohledňováno.

- Ohybová síla pro háček při do tvaru V dle vzorce (2.9):

$$F_{Oh} = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{25 \cdot 5^2 \cdot 235}{2 \cdot 7,5} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{90}{2} \right) = 9\,791,67 \text{ N}.$$

Síla pro ohnutí háčku byla vypočtena a následně zaokrouhlена pro další výpočty na 9 792 N, stejná síla působí i pro ohyb druhého rádiusu.

- Ohybová síla pro oblouk do tvaru V dle vzorce (2.9):

$$F_{Oo} = \frac{b_o \cdot s^2 \cdot R_e}{2 \cdot R_o} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} \right) = \frac{25 \cdot 5^2 \cdot 235}{2 \cdot 55} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{160}{2} \right) = 7\,572,45 \text{ N}.$$

Tato síla byla vypočtena a pro další výpočty zaokrouhlена na 7 572 N.

- Síla přidržovače se vypočítá z ohybové síly:

$$F_p = 0,25 \cdot F_o = 0,25 \cdot 7\,572 = 1\,893 \text{ N}. \quad (3.33)$$

Síla přidržovače byla vypočtena a následně pro další výpočty zaokrouhlена na 1 772 N.

- Síla vyhazovače bude působit dvojnásobkem gravitační síly F_{Gh} , působící na výrobek:

$$F_v = 2 \cdot F_{Gh} = 2 \cdot m_h \cdot q = 2 \cdot 0,4 \cdot 10 = 8 \text{ N}, \quad (3.34)$$

kde: m_h – hmotnost háku se rovná 0,4 kg, která byla určena pomocí programu Solidworks 2016,

q – gravitační zrychlení, zaokrouhlено na 10 ms^{-2} .

Síla vyhazovače byla vypočtena na 8 N.

- Celková ohybová síla se pak vypočte dle vzorce:

$$F_{Co} = F_{Oh} + F_{Oo} + F_p + F_v = 9\,792 + 7\,572 + 1\,893 + 8 = 19\,265 \text{ N}. \quad (3.35)$$

Výsledná ohybová síla tak činí 19 265 N.

- Výpočet ohybové práce pro háček podle vzorce (2.14):

$$A_{Oh} = \frac{F_o \cdot h \cdot \psi}{1000} = \frac{9\,792 \cdot 13,5 \cdot 0,33}{1000} = 43,62 \text{ J},$$

kde: h – dráha ohybníku [mm]

Práce pro ohnutí háčku vychází 43,62 J.

- Výpočet ohybové práce pro oblouk podle vzorce (2.14):

$$A_{Oo} = \frac{F_{Oh} \cdot h \cdot \psi}{1000} = \frac{7\,572 \cdot 52,5 \cdot 0,33}{1000} = 131,19 \text{ J},$$

Ohybová práce oblouku byla vypočtena na 131,19 J.

- Celková ohybová práce je pak součtem těchto dvou:

$$A_{Co} = A_{Oh} + A_{Oo} = 43,62 + 131,19 = 174,81 \text{ J}, \quad (3.36)$$

Celková ohybová práce vychází 174,81 J.

3.5 Výsledná síla a poloha těžiště

- Výsledná síla je důležitá pro další výpočty těžišť, vypočte se součtem síly střížné i ohybové podle vzorce (2.7):

$$F_C = F_S + F_{Co} = 331\,055 + 19\,265 = 350\,320\,N$$

Celková síla je rovna 350,32 kN.

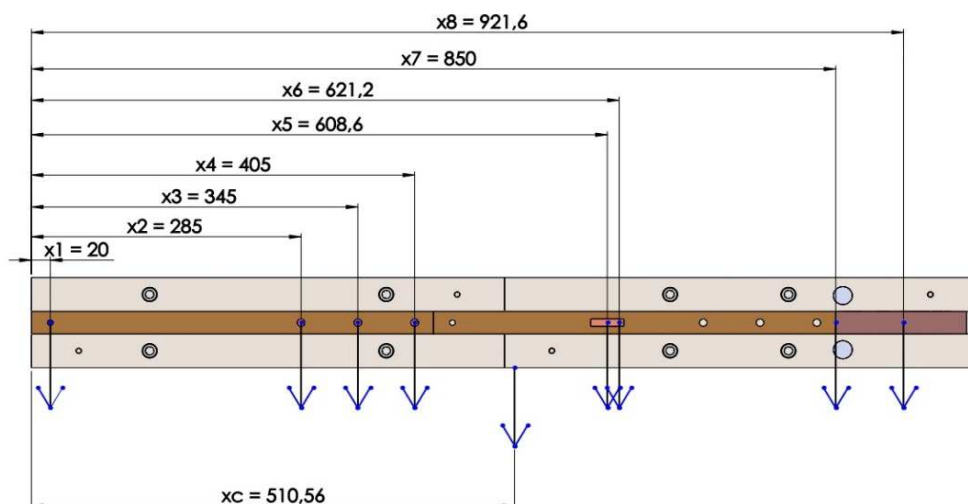
Tuto sílu je vhodné z bezpečnostního hlediska navýšit o 30 %, proto bude celková síla rovna 455,4 kN.

Je velice důležité, aby výslednice sil působila v ose lisu, kde se umístí stopka nástroje. Kdyby stopka byla mimo tuto výslednici, byl by lis zatížen momentem, který způsobí menší přesnosti výrobků a snižuje životnost nástroje. Bude proveden výpočet pouze pro souřadnice x. Y souřadnice se počítat nebudou, protože v tomto směru všechny operace leží v ose součástí.

- Poloha těžiště sil v ose x dle vzorce (2.11):

$$\begin{aligned} x_c &= \frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot x_i}{F_C} = \\ &= \frac{F_{s1} \cdot x_1 + F_{s2} \cdot x_2 + F_{s2} \cdot x_3 + F_{s2} \cdot x_4 + F_{s3} \cdot x_5 + F_{oh} \cdot x_6 + F_{s4} \cdot x_7 +}{F_C} \\ &\quad + F_{Oo} \cdot x_8 = \frac{33326 \cdot 20 + 44435 \cdot 285 + 44435 \cdot 345 + 44435 \cdot 405 +}{350\,320} \\ &\quad + 134368 \cdot 606,2 + 9792 \cdot 618,7 + 44200 \cdot 853,12 + 7572 \cdot 922,24 = \\ &= 510,56\,mm \end{aligned}$$

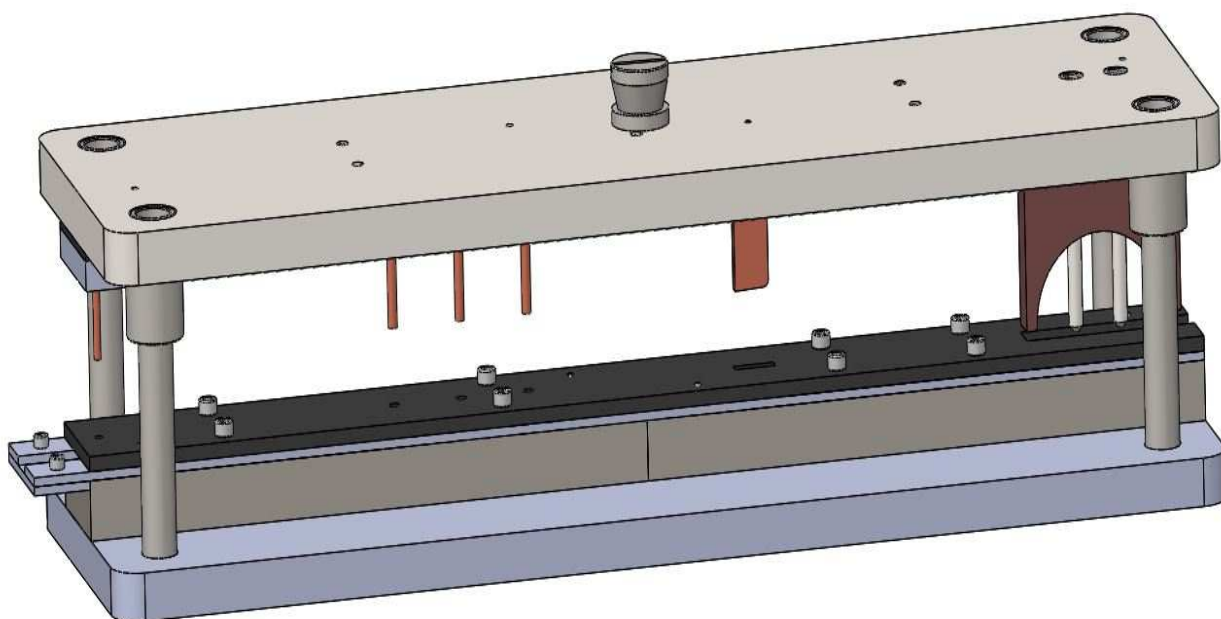
Těžiště v ose x je ve vzdálenosti 510,56 mm od levého kraje a je znázorněno na obr. 38.



Obr. 38 Grafické znázornění těžiště v ose x

3.6 Popis nástroje

Pro výrobu háku okapového žlabu byl zkonstruován sdružený postupový nástroj (obr. 39), který bude součást zhotovovat ve třech krocích stříháním a ohýbáním. Model nástroje byl vytvořen v programu Solidworks 2016.

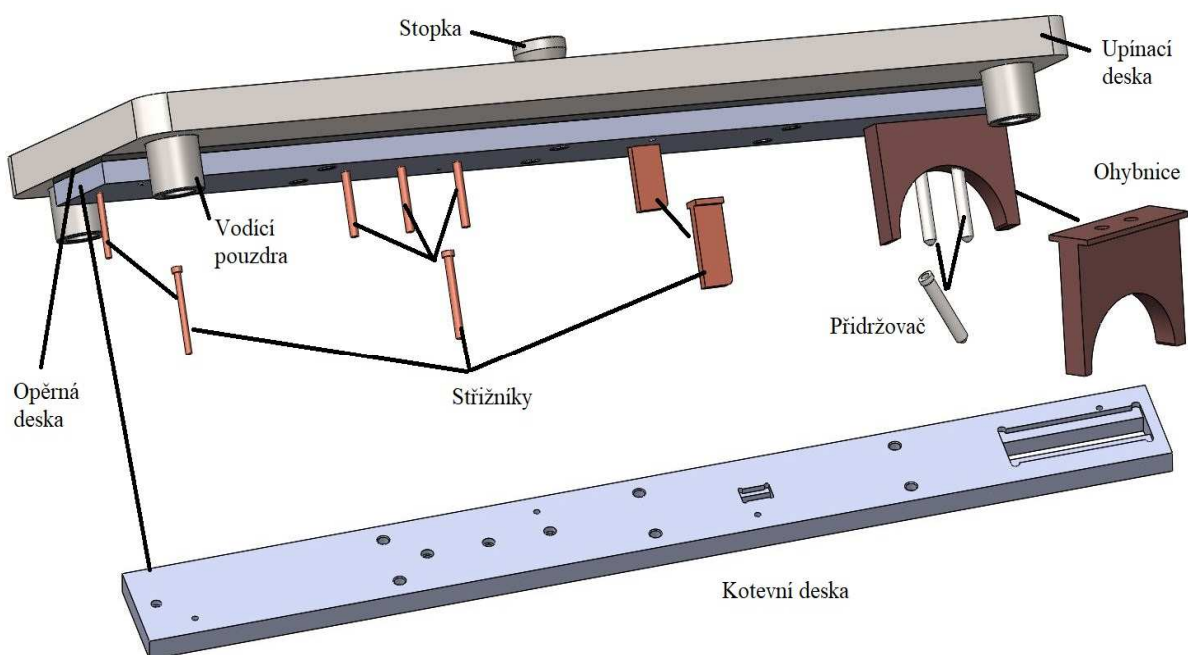


Obr. 40 Postupový sdružený nástroj

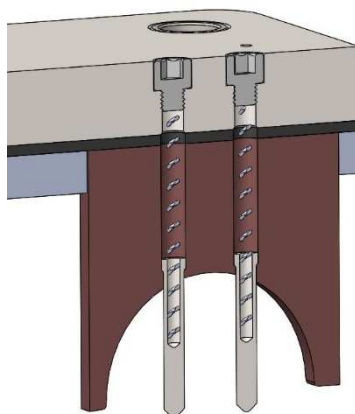


Obr. 39 Průběh tváření v nástroji

Horní část nástroje (obr. 41) se skládá z upínací, opěrné a kotevní desky. V upínací jsou nalisovány vodící pouzdra a našroubována stopka, která spojuje nástroj s beranem lisu. Kotevní deska slouží k umístění střížníků a ohybnice, konkrétně jeden střížník o průměru 6 mm, tři o průměru 8 mm, střížník v kombinaci s ohybníkem o rozměru 30 x 8 mm a ohybnice, která pracuje zároveň jako odstříhovač. V ní je upevněn přidržovač, jehož princip je znázorněn v řezu na obr. 42.

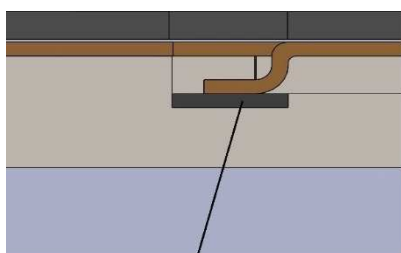


Obr. 42 Horní část sduženého nástroje



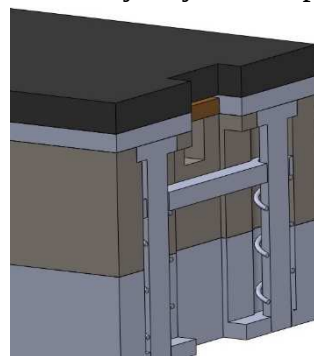
Obr. 41 Řez ohybnice s přidržovačem

V dolní části (obr. 45) je základová deska, která je připevněna na upínací desku lisu, k ní je přilísovaná střížnice, ohybník, vodící sloupky, deska a lišty, které společně s opěrným plechem slouží k vedení pásu plechu. Do jedné ze dvou částí střížnice je vložena pryž (obr. 43), která zabraňuje odpružení vystřiženého háčku, kvůli kterému je v ní a v ohybníku vyfrézovaná drážka, což je znázorněno v řezu na obr. 46. Pod odstřihovacím nástrojem je zakomponován vyhazovač (obr. 44), který po odlehčení pomocí pružin zajišťuje vyhození součástí z nástroje.

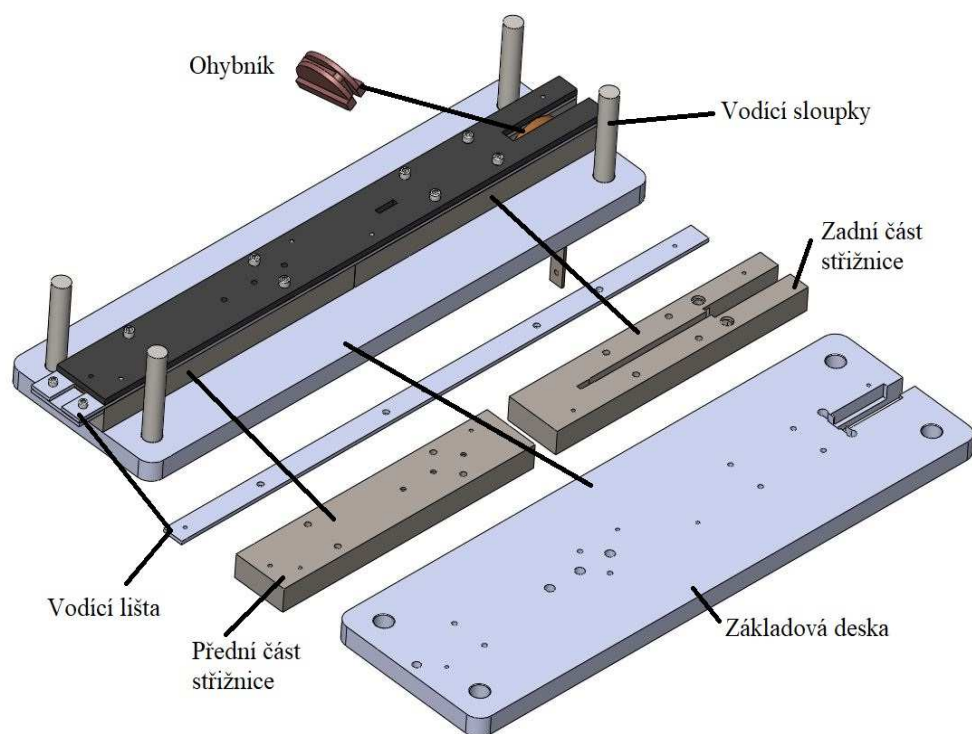


Pryž

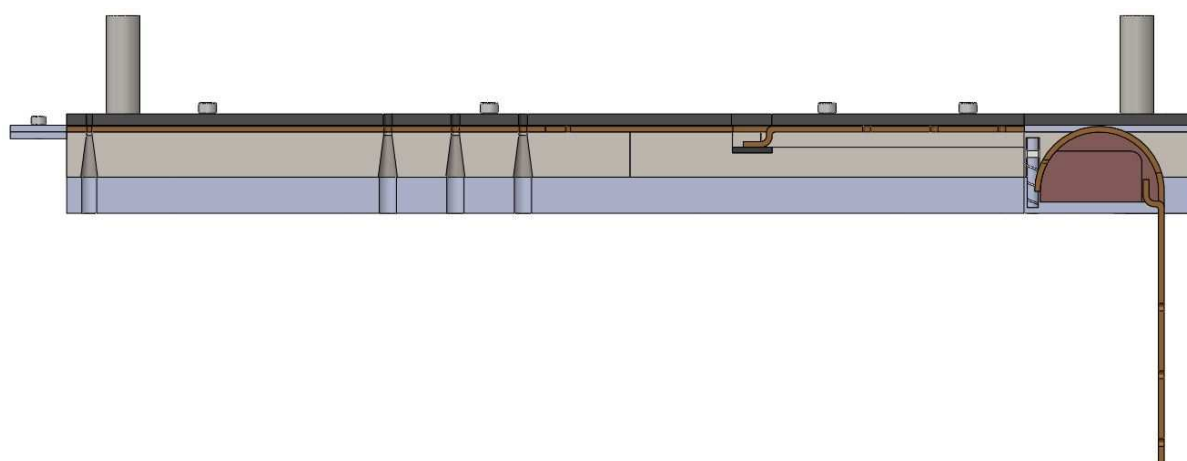
Obr. 43 Zobrazení pryže v řezu



Obr. 44 Zobrazení vyhazovače v řezu



Obr. 45 Dolní část sdruženého nástroje



Obr. 46 Řez dolní části nástroje

3.7 Volba stroje

Pro vyšší produktivitu práce, snadnou údržbu a obsluhu byl vybrán lis s klikovým mechanismem. Při jeho volbě je zásadním parametrem celková síla, která je rovna 455,4 kN a velikost upínací desky. Proto byl vybrán excentrický lis HMG 100 od firmy TVARtech – stroje. s.r.o., který je znázorněn na obr. 48 a jeho technické specifikace uvedeny v příloze 1.

V kombinaci s lisem bude pracovat linka na odvíjení svitku od firmy Coiltech (obr. 47), která je vybavena rovnačem plechu a číslicově řízeným podavačem.



Obr. 48 Linka na svitky [39]



Obr. 47 Excentrický lis HMG 100 [40]

3.8 Povrchová úprava [41], [42]

Vzhledem k využití dané součásti, je vhodné povrch chránit vůči korozi. Pro tento účel bylo zvoleno žárové pozinkování. Tato metoda patří mezi nejrozšířenější ochrany ocelí před korozí. Hlavní výhody jsou vysoká životnost, rovnoměrný povlak po celém povrchu i ve vnitřních plochách, stejná vrstva i na hranách, vysoká odolnost proti mechanickým vlivům, možnost kombinace s dalšími povlaky a především nízké náklady.

Hák se nejprve odmastí, opláchne a ponoří do lázně s kyselinou k moření. Následuje další oplach a ponoření součásti do tavidla. Po osušení se ponořuje do roztaveného zinku při teplotě okolo 450 °C po dobu v rozmezí 150 až 300 sekund. Po ochlazení se povrch zkontroluje a připraví k expedici.

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení bude provedeno pro výrobu háku okapového žlabu s předpokládaným množstvím produkce 200 000 kusů. Nebudou zde zahrnuty pořizovací náklady na výrobní stroje, jelikož jsou součástí výrobního podniku. Nejdříve budou provedeny výpočty nákladů na materiál:

- Celková hmotnost svitků:

$$m_{csv} = m_{sv} \cdot n_{sv} = 222,13 \cdot 374 = 83\,076,62 \text{ kg}, \quad (4.1)$$

Celková hmotnost všech svitků na výrobu celé série vychází na 83 076,62 kg,

kde: m_{sv} – hmotnost svitku = 222,13 kg,

n_{sv} – počet svitků pro sérii.

- Cena všech svitků:

$$N_{csv} = m_{csv} \cdot C_m = 83\,076,62 \cdot 19,52 = 1\,621\,655,6 \text{ Kč}, \quad (4.2)$$

kde: C_m – cena materiálu, stanovena firmou Ferona a.s. = 19,52 Kč/kg,

Náкупní cena všech svitků je rovna 1 621 655,6 Kč.

- Hmotnost jedné součásti:

$$m_s = S_{vo} \cdot s \cdot \rho_{ocel} = 10\,530,75 \cdot 5 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 0,41 \text{ kg}, \quad (4.3)$$

kde: S_{vo} – celková plocha výstřižku,

$$S_{vo} = A \cdot L - \pi \cdot d_{s6} - 3 \cdot \pi \cdot d_{s8} =$$

(4.4)

$$= 25 \cdot 425 - \pi \cdot 6 - 3 \cdot \pi \cdot 8 = 10\,530,75 \text{ mm}^2,$$

kde: d_{s6} – průměr stříhaného otvoru = 6 mm,

d_{s8} – průměr stříhaného otvoru = 8 mm.

Jeden hák okapového žlabu váží 0,41 kg.

- Celková hmotnost součástí:

$$m_{cs} = m_s \cdot N = 0,41 \cdot 200\,000 = 82\,139,85 \text{ kg}, \quad (4.5)$$

Hmotnost celé série 82 139,85 kg.

- Hmotnost odpadu:

$$m_{od} = m_{csv} - m_{cs} = 83\,076,62 - 82\,139,85 = 936,77 \text{ kg}, \quad (4.6)$$

Odpad z celé série činí 936,77 kg.

- Zhodnocení odpadu:

$$N_{od} = C_{výk} \cdot m_{od} = 3 \cdot 936,77 = 2\,810,3 \text{ Kč}, \quad (4.7)$$

kde: $C_{výk}$ – výkupní cena odpadu = 3 Kč/kg.

- Výsledná cena materiálu:

$$\begin{aligned} N_{cm} &= N_{csv} - N_{od} = 1\,621\,655,6 - 2\,810,3 \\ &= 1\,618\,845,3 \text{ Kč}, \end{aligned} \quad (4.8)$$

Po odprodeji odpadu vychází celková cena za materiál na 1 618 845,3 Kč.

- Cena materiálu na jeden kus:

$$N_{mzk} = \frac{N_{cm}}{N} = \frac{1\,618\,845,3}{200\,000} = 8,09 \text{ Kč}. \quad (4.9)$$

Náklady na materiál jednoho okapového háku jsou 8,09 Kč.

Dále budou započteny náklady na mzdy. Předpokládaná délka pracovní doby je 7,5 hodiny, skládá se z času přípravného $t_p = 0,5$ hod, výrobního $t_v = 6,5$ hod a kontrolního $t_k = 0,5$ hod. Hodnota mzdy w byla stanovena na 150 Kč/hod.

- Počet vyrobených součástí za hodinu:

$$n_{sh} = n_z \cdot 60 = 60 \cdot 60 = 3\,600 \text{ ks/hod}, \quad (4.10)$$

kde: n_z – počet zdvihů lisu za minutu, z přílohy 1. určen jako $n_z = 60 \text{ min}^{-1}$.

Počet vyrobených součástí za jednu hodinu je 3600.

- Počet vyrobených součástí za jednu směnu:

$$n_{ss} = n_{sh} \cdot 6,5 = 3\,600 \cdot 6,5 = 23\,400 \text{ ks/směna} \quad (4.11)$$

Za jednu směnu se vyrobí 23 400 ks.

- Počet potřebných směn:

$$n_{sm} = \frac{N}{n_{ss}} = \frac{200\,000}{23\,400} \cong 8,5 \text{ směn} \quad (4.12)$$

K vyrobění série 200 000 součástí je potřeba 8,5 pracovních směn.

- Počet hodin potřebných na výrobu série:

$$n_h = n_{sm} \cdot (t_p + t_v + t_k) = 8,5 \cdot (0,5 + 6,5 + 0,5) = 63,75 \text{ hod.} \quad (4.13)$$

Výroba série bude trvat 63,75 hodin.

- Náklady na mzdy:

$$N_{mz} = n_h \cdot w = 63,75 \cdot 150 = 9\,562,5 \text{ Kč.} \quad (4.14)$$

Náklady na mzdy činí 9 562,5 Kč.

- Celkové náklady na mzdy:

$$N_{cpmz} = N_{mz} + 0,34 \cdot N_{mz} = 9\,562,5 + 0,34 \cdot 9\,562,5 = 12\,813,75 \text{ Kč} \quad (4.15)$$

Celkové náklady na mzdy mají hodnotu 12 813,75 Kč.

- Režijní náklady:

$$N_r = (V_r + S_r) \cdot N_{cpmz} = (1,2 + 0,9) \cdot 12\,813,75 \cong 26\,909 \text{ Kč} \quad (4.16)$$

Kde: V_r – výrobní série 120 % $\Rightarrow V_r = 1,2$

S_r – správní série 90 % $\Rightarrow S_r = 0,9$

Režijní náklady vychází na 26 909 Kč.

- Celkové výdaje:

$$N_{cmz} = N_{cpmz} + N_r = 12\,813,75 + 26\,909 = 39\,722,75. \quad (4.17)$$

Celkové výdaje jsou 39 722,75 Kč.

- Náklady na nástroj byly odhadnuty na $N_n = 340\,000 \text{ Kč}$.

- Náklady na výrobu jedné součásti:

$$N_{v1} = \frac{N_{cm} + N_n}{N} + N_{mzk} = \frac{1\,618\,845,3 + 340\,000}{200\,000} = 9,79 \text{ Kč.} \quad (4.18)$$

Náklady na výrobu jedné součásti jsou 9,79 Kč.

- Celková cena součásti se ziskem 50 %:

$$C_c = N_{v1} \cdot Z_{sk} = 9,79 \cdot 1,5 = 14,69 \text{ Kč.} \quad (4.19)$$

Celková cena součásti se ziskem 50 % je 14,69 Kč.

Výsledná cena součásti je pouze orientační, do výpočtů nebyly zahrnuty všechny proměnné jako jsou náklady na servis, energie a údržbu.

5 ZÁVĚRY

Řešenou součástí je hák okapového žlabu, který slouží k jeho ukotvení ke krovu a zajištění spádu ze střechy. Ze zhodnocení vhodných metod výroby byla vybrána nelegovaná ocel 11 321, která díky svým mechanickým vlastnostem vyhovuje součásti. Bude vyráběna z plechu o tloušťce 5 mm v sérii 200 000ks/rok technologií postupového stříhání a ohýbání ve sdruženém nástroji.

Navržené rozměry háku splňují kritéria technologičnosti pro obě metody, není tedy nutné součást upravovat. Při volbě polotovaru byly srovnány možnosti volby tabule plechu, pásoviny a svitku. Procentuálně nejvyšší využití (99,9%) bylo vypočteno u svitku. Vzhledem k minimálním rozdílům mezi jednotlivými variantami, byl vybrán největší svitek o šířce 25 mm a délce 227,82 m. Tato varianta byla zvolena především z ekonomického hlediska, jelikož jsou výrazně zkráceny manipulační časy, díky přítomnosti linky na odvíjení svitků s rovnačem plechu a číslicově řízeným podavačem.

Sdružený nástroj byl navržen k vyhotovení součásti ve třech krocích. V prvním budou vystřiženy otvory o průměru 6 a 8 mm, následně háček, nakonec bude součást oddělena, ohnuta a vyhozena z nástroje. Pro tento nástroj byla zhotovena výkresová dokumentace. Podle celkové síly 455,5 kN a velikosti nástroje (1000 x 300 x 251 mm) byl zvolen excentrický lis HMG 100 s jmenovitou silou 1000 kN.

V technicko – ekonomickém zhodnocení byly určeny náklady na materiál, mzdy a režie výroby součásti, které činily 9,79 Kč. Nebyly započítány náklady na energie, údržbu apod.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [1]

1. Citace PRO [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com>.
2. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: Plošné a objemové tváření*. 3. vyd. Brno: CERM, 2013.
3. FOREJT, Milan. *Teorie tváření*. 2 vyd. Brno: CERM, 2004, 167 s. ISBN 80-214-2764-7.
4. ČSN 41 1321: Ocel 11 321. Český normalizační institut, 1988.
5. Ferona: Velkoobchod s hutním materiálem [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.ferona.cz/cze/index.php>.
6. IMateriály: Nadkroevní systémy zateplení podkroví [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/technologie/nadkroevni-systemy-zatepleni-podkrovi_101378.html.
7. IMateriály: Okapový systém Lindab Rainline s inovovanými detaily [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://imaterialy.dumabyt.cz/rubriky/informace-vyrobcu/okapovy-system-lindab-rainline-s-inovovanymi-detaily_43102.html.
8. Kleste.cz: Klempířské kleště ohýbací na okapové háky [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.kleste.cz/eshop/2148-klempirske-kleste-ohybaci-na-okapove-haky--630-mm-yato-yt5410.html>.
9. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1.vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, n. p., 1980, 216 s. ISBN L13 B3-IV-41/22674.
10. HORÁČEK, Milan a Ladislav ZEMČÍK. *SLÉVÁRENSKÁ TECHNOLOGIE: Studijní opory k předmětu TECHNOLOGIE II* [online]. 25 s. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/slevarenstvi/sites/default/files/clanky/slevarenska-technologie/slevtech.pdf>
11. Diğer Kaynak ve Kaynakla İlgili Yöntemler. *Doc player* [online]. Docplayer, ©2017 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://docplayer.biz.tr/6570483-Diger-kaynak-ve-kaynakla-ilgili-yontemler.html>.
12. Evropská databanka: Výroba na ohraňovacím lisu – CNC ohraňování plechů na Vysočině [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://nabidky.edb.cz/Nabidka-41333-Vyroba-na-ohranovacim-lisu-CNC-ohranovani-plechu-Vysocina>.
13. Prostor design: CNC děrování, vystřihování a tvarové opracování plechu [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.prostor-design.cz/derovani-sekani-plechu/>.
14. Peddy: Zakružovačka profilů s ručním ovládáním [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.peddy.cz/elektricke-zakruzovacky-profilu/zakruzovacka-profilu-s-rucnim-ovladanim-bow-z-080>.
15. Zihos strojírenská výroba: Tvářecí nástroje [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.zihos.cz/index.php?oid=3581706>.
16. RYŠAVÝ, Jan. *Návrh výroby držáku madla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů, 2013. 34 s., 3 přílohy, 1 CD. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Peterková, Ph.D.
17. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
18. BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. STU, 2009. ISBN 9788022732420.

19. LIDMILA, Zdeněk. *Teorie a technologie tváření*. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 9788022732420
20. TATÍČEK, František a Tomáš PILVOUSEK. MM průmyslové spektrum. *Akademie tváření: Stříhání* [online]. 2010, č. 6, s. 72 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani.html>
21. MACHÁČEK, Zdeněk a Karel NOVOTNÝ. *Speciální technologie I: plošné a objemové tváření*. Brno: Vysoké učení technické, 1986.
22. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Ladislav ŽÁK. *Technologie tváření: Návod do cvičení*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o, 2005, 103 s. ISBN 80-214-881-3.
23. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDEL. *Metal Forming: Mechanics and Metalurgy*. 3th ed. New York: Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
24. KŘÍŽ, Rudolf a Pavel VÁVRA. *Strojírenská příručka: 24 oddílů v osmi svazcích*. 1. svazek, A – Veličiny a jednotky, B – Matematika, C – Elektrotechnika. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1992. ISBN 80-03-00680-5.
25. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství Vysokého učení technického v Brně, 1992, 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
26. LENFELD, Petr. *Technologie II: Tváření kovu a zpracování plastů* [online]. Liberec [cit. 2017-05-16]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/obsah_kovy.htm
27. HARYCH, Libor. *VÝROBA ZÁVĚSU SEDADLA MOTOCYKLU*. Brno, 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce doc. Ing. Zdeněk Lidmila, CSc.
28. KOTOUČ, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena*. dotisk. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1978, 158 s. ISBN 60-964-78.
29. FREMUNT, Jiří, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. *Nástrojové oceli (odborná kniha)*. 1. vyd. Brno: Dům techniky. 1994. 230 s.
30. SRP, Karel, et al. *Základy lisování 1.*, 1965. 248 s
31. KOTOUČ, Jiří, Jan ŠANOVEC, Jan ČERMÁK a Luděk MÁDLE. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
32. PRIBAN, Jiří. *Střížné nástroje* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.vyrobaforem.cz/cs/strizne_nastroje.html
33. NOVOTNÝ, Karel. *Výrobní stroje a zařízení: Tvářecí stroje* [online]. 122 s. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/hvs_vyrobní_stroje_a_zarizeni_novotny.pdf
34. Šmeral: *Klikové lisy* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.smeral.cz/klikove_lisy.html
35. POKORNÝ, Přemysl. *Výrobní stroje II.: Mechanické lisy* [online]. 1998, 121 s. [cit. 2018 – 5-22]. Dostupné z: http://www.kvs.tul.cz/download/vyrobní_stroje/tvareci.pdf
36. KOPECKÝ, Miloslav a Bedřich RUDOLF. *Tvářecí stroje: mechanické a hydraulické lisy: určeno pro posl. Fakulta. Strojní v Praze, Plzni, Brně a Bratislavě*. 1. Vyd. Praha: SNTL, 1967. Učební texty vysokých škol.
37. DVOŘÁK, Milan. *Technologie II*. Vyd. 3., doplněné. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
38. BŘEZINA, Richard, PETRUŽELKA, Jiří. *Úvod do tváření II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB, 2002. 116 s. ISBN 80-248-0068-3.

39. *HMG rám typ H: Vysoce výkonné excentrické lisy* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.novestroje.cz/detail/R%C3%A1m%20typ%20H%20HMG>.
40. *Excentrický lis rám typ H* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.novestroje.cz/obrazky/detaily/5a76e887c8305.pdf>
41. *Eurometal Chotěboř: Rozdíl mezi žárovým a galvanickým zinkováním* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.eurometal.cz/magazin/rozdil-mezi-zarovym-a-galvanickym-zinkovanim-detail-60>
42. *Signum: Žárové zinkování* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: http://www.signumcz.com/assets/custom/zinkovny/zinkovani_prospekt_CZ.pdf
43. *Doc player: Press Fit* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/40747159-Press-fit-strizniky-s-hlavou-iso-8020-tuff-punch-strizniky-tezka-rada-hledacky-ustavovaci-koliky-s-hlavou-vodici-pouzdra-kotevni-desky-s-hlavou.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Legenda	Jednotky
1a,1b	oblast pružné deformace	
2a, 2b	oblast plastické deformace se zpevněním ΔRe	
A	Tažnost	[%]
a	minimální vzdálenost otvoru od okraje, od hrany ohybu	[mm]
A	šířka součásti	[mm]
A_0	ohybová práce	[J]
A_{CO}	celková práce	[J]
A_O	ohybová práce	[J]
A_{Oh}	ohybová práce pro háček	[J]
A_{Oo}	ohybová práce pro oblouk	[J]
A_S	střížná práce	[J]
A_S	celková střížná práce	[J]
b_o	šířka ohýbaného pásu	[mm]
b_s	tloušťka svitku	[mm]
b_t	šířka tabule	[mm]
B_z	bod zvratu	[ks]
c	materiálová konstanta	[-]
Cc	celková cena součásti	[Kč]
C_m	cena materiálu	[Kč/kg]
$c_{výk}$	výkupní cena odpadu	[Kč/kg]
d	průměr kontrolovaného střížníku	[mm]
d_{s6}	průměr stříhaného otvoru = 6 mm	[mm]
d_{s8}	průměr stříhaného otvoru = 8 mm	[mm]
D_{sv}	vnější průměr svitku	[mm]
d_{sv}	vnitřní průměr svitku	[mm]
E	modul pružnosti	[MPa]
E	můstek	[mm]
E	modul pružnosti v tahu	[MPa]
F_{CO}	celková ohybová síla	[N]
F_i	síla jedné operace	[N]
F_K	kalibrační síla	[N]
F_O	základní ohybová síla	[N]
F'_O	ohybová síla pro ohyb do tvaru V	[N]
F_{Oh}	ohybová síla pro háček	[N]
F_{Oo}	ohybová síla pro oblouk	[N]
F_p	přidržovací síla	[N]
F_S	celková střížná síla	[N]

Značka	Legenda	Jednotky
F_{S1}	střižná síla pro kruhový střižník Ø 6 mm	[N]
F_{S2}	střižná síla pro kruhový střižník Ø 8 mm	[N]
F_{S3}	střižná síla pro střižník ve tvaru U 30 x 8 mm	[N]
F_{S4}	střižná síla pro odstřihovací střižník	[N]
F_{Si}	střižná síla	[N]
F_v	síla vyhazovače	[N]
h	dráha ohybníku	[mm]
H	výška střižnice	[mm]
I	kvadratický moment setrvačnosti kruhového průřezu	[mm ⁴]
k	součinitel pro výpočet úhlu odpružení	[-]
K	délka kroku	[mm]
L	délka neutrální plochy	[mm]
l	rameno ohýbacích hran	[mm]
L	celková délka	[mm]
L_0	délka rozvinutého tvaru součásti	[mm]
l_0	délka ohnutého úseku	[mm]
l_1, l_2	rovinný úsek	[mm]
l_{krit}	kritická délka	[mm]
l_m	rameno ohybu	[mm]
L_m	volená délka můstku pro střich ve druhé operaci	[mm]
l_p	délka tabule	[mm]
L_{pas}	délka pásu	[mm]
l_s	délka střihu	[mm]
L_{sv}	délka svitku	[mm]
m_{cs}	celková hmotnost součástí	[kg]
m_{csv}	celková hmotnost svitků	[kg]
m_{od}	hmotnost odpadu	[kg]
m_s	cena jedné součásti	[Kč]
m_{sv}	hmotnost svitku	[kg]
m_{sv}	hmotnost svitku	[kg]
n	počet operací	[-]
n	koeficient otupení nástroje	[-]
N	velikost série	[ks]
n_b	koeficient bezpečnosti	[-]
N_{cm}	výsledná cena materiálu	[Kč]
N_{cmz}	Celkové výdaje	[Kč]
N_{cpmz}	celkové náklady na mzdy	[Kč]
N_{csv}	cena všech svitků	[Kč]
n_h	počet hodin potřebných k vyrobení série	[hod]

Značka	Legenda	Jednotky
N_{mz}	náklady na mzdy	[Kč/hod]
N_{mzk}	cena materiálu na jeden kus	[Kč]
N_n	náklady na nástroj	[Kč]
N_{od}	zhodnocení odpadu	[Kč]
n_p	počet pásů z tabule	[ks]
n_{pas}	počet pásů pro sérii	[ks]
N_r	režijní náklady	[Kč]
n_{sh}	počet vyrobených součástí za hodinu	[ks/hod]
n_{sm}	počet potřebných směn k vyrobení série	[směna]
n_{ss}	počet vyrobených součástí za směnu	[ks/směna]
n_{sv}	počet svitků pro sérii	[ks]
n_{sv}	počet svitků pro sérii	[ks]
n_t	počet tabulí pro sérii	[ks]
N_{v1}	náklady na výrobu 1 součásti	[Kč]
n_{vp}	počet výstřížků z pásu	[ks]
n_{vpas}	počet výstřížků z jednoho pásu	[ks]
n_{vsv}	počet výstřížků z jednoho svitku	[ks]
n_{vt}	počet výstřížků z tabule	[ks]
n_z	počet zdvihů lisu	[min ⁻¹]
R_a	drsnost	[-]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
R_{max}	maximální poloměr	[mm]
R_{min}	minimální poloměr	[mm]
R_o	poloměr ohybu	[mm]
s	tloušťka plechu	[mm]
S	plocha stříhu	[mm ²]
S_0	celková plocha výstřížků	[mm ²].
S_p	plocha pásu plechu	[mm ²].
S_{pas}	plocha pásu	[mm ²]
S_r	správné rezie	[-]
S_s	dosedací plocha	[mm ²]
S_{sv}	plocha svitku	[mm ²]
S_t	plocha tabule plechu	[mm ²]
S_v	plocha výstřížku	[mm ²]
S_{vo}	celková plocha výstřížku	[mm ²]
$\bar{S}$	šířka pásu plechu	[mm]

Značka	Legenda	Jednotky
v	Střížná vůle	[mm]
V_r	výrobní série	[-]
w	mzda	[Kč/hod]
x	součinitel posunutí neutrální osy	[-]
x_c	souřadnice těžiště v ose x	[mm]
x_i	poloha těžiště jedné operace v ose x	[mm]
y_c	souřadnice těžiště v ose y	[mm]
y_i	poloha těžiště jedné operace v ose y	[mm]
z	střížná mezera	[mm]
α	úhel oblouku	[°]
β	úhel odpružení	[°]
γ	úhel ohnutého úseku	[°]
ε_c	mezní prodloužení	[mm]
η	součinitel využití materiálu	[%]
η_{ct}	využití všech tabulí plechu	[%]
η_{pas}	využití pásu	[%]
η_{sv}	využití svitku	[%]
η_t	využití tabule plechu	[%]
η_{vpas}	využití všech pásů	[%]
η_{vsv}	využití všech svitků	[%]
λ	součinitel zaplnění diagramu	[-]
v	střížná vůle	[mm]
ρ	poloměr neutrální vrstvy	[mm]
ρ_{ocel}	hustota oceli	[kg/mm ³]
σ_{dov}	dovolené napětí	[MPa]
σ_s	napětí vzniklé na dosedací ploše	[MPa]
τ_s	Napětí ve stříhu	[MPa]
ψ	součinitel plnosti diagramu	[-]

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklad součástí zhotovených plošným tvářením	9
Obr. 2 Rozměry součásti.....	10
Obr. 3 Použití řešené součásti [6], [7]	10
Obr. 4 Ohýbací kleště na háky okapových žlabů [8].....	10
Obr. 5 Princip vysokotlakého lití [10]	11
Obr. 6 Princip laserového dělení [11].....	11
Obr. 7 Ohraňování [12].....	11
Obr. 8 Vysekávání [13].....	12
Obr. 9 Zakružování [14]	12
Obr. 10 Ohýbadlo [15].....	12
Obr. 11 Princip stříhání [16].....	12
Obr. 12 Průběh stříhu [17]	13
Obr. 13 Stav napjatosti [3].....	14
Obr. 14 Rozmístění výstřižků	14
Obr. 15 Příklad nástřihového plánu	15
Obr. 16 Vliv velikosti střížné mezery na střížnou plochu [21].....	15
Obr. 17 Schéma ohýbání [21]	16
Obr. 18 Schéma odpružení [24].....	17
Obr. 19 Ohyb do tvaru V [25]	17
Obr. 20 Způsoby odstranění odpružení [17].....	18
Obr. 21 Průběh střížné síly [17].....	18
Obr. 22 Průběh ohybové síly [19].....	19
Obr. 23 Příklad určení polohy těžiště	19
Obr. 24 Popis sdruženého nástroje [27].....	20
Obr. 25 Střížník s válcovou upínací hlavou [43].....	21
Obr. 26 Vložkované střížnice [25].....	21
Obr. 27 Skládané střížnice [25]	22
Obr. 28 Princip a schéma mechanického – klikového lisu a průběh síly [36].....	22
Obr. 29 Princip a schéma hydraulického lisu a průběh síly [36].....	23
Obr. 30 Vzdálenost mezi stříhanými obrysy [37].....	24
Obr. 31 Technologičnost ohýbané součásti [37]	24
Obr. 32 Háček okapového žlabu	25
Obr. 33 Umístění výrobku kolmo ve směru pásu	26
Obr. 34 Umístění výrobku ve směru pásu	26
Obr. 35 Příčné a podélné dělení tabule plechu	26
Obr. 36 Varianta A	29
Obr. 37 Výrobní varianta B	30
Obr. 38 Grafické znázornění těžiště v ose x	33
Obr. 39 Postupový sdružený nástroj	34
Obr. 40 Průběh tváření v nástroji.....	34
Obr. 41 Horní část sdruženého nástroje.....	35
Obr. 42 Řez ohybnice s přidržovačem.....	35
Obr. 43 Zobrazení pryže v řezu	35
Obr. 44 Zobrazení vyhazovače v řezu	35
Obr. 45 Dolní část sdruženého nástroje	36
Obr. 46 Řez dolní části nástroje.....	36
Obr. 47 Linka na svitky [39].....	37
Obr. 48 Excentrický lis HMG 100 [40]	37

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tab. 1 Základní mechanické vlastnosti a chemické složení oceli 11 321 [].....	11
Tab. 2 Hodnoty součinitele x.....	16
Tab. 3 Využití různých formátů tabulí plechu.....	27
Tab. 4 Využití svitků plechu.....	29

SEZNAM POUŽITÝCH PŘÍLOH

Příloha č. 1 Technické parametry excentrického lisu HMG 100

SEZNAM VÝKRESŮ

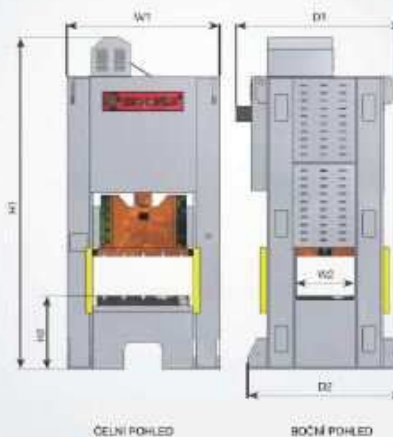
Výkres sestavy: BP-2018-162266-00
Kusovník: BP-2018-162266-00K

STANDARTNÍ VÝBAVA

- Kombinace pneumatické spojky a brzdy
- Dvojitý bezpečnostní ventil
- Ovládání oběma rukama
- Ovládání nožním pedálem
- Centrální motorizovaný mazací systém
- Ozubená kola v uzavřené olejové lázni
- Automatické nastavení ramen
- Magnetický koncový spínač
- Sledování vačky pomocí snímače
- Programovatelný řídicí systém (PLC)
- Dotykový monitor
- Shoda směrnice o bezpečnosti CE
- Ochranná krytka fotobuňky
- Hydraulická ochrana proti přetížení
- Samostatný tlačítkový elektrický panel
- Nastavitelný pohyb zdvíhu
- Pneumatické vyrovnávací válce
- Antivibrační podložky
- Záruka 2 roky

PŘÍPLATKOVÁ VÝBAVA

- Tepelně zušlechťený ocelový rám
- Systém řízení rychlosti
- Hydraulická pojistka proti přetížení
- Pneumatický nebo hydraulický vyrovnávací válec
- Systém rychlé výměny
- Vícenásobný paměťový systém
- Monitoring zátěže

**ROZMĚRY STROJE**

MODEL / HMG		HMG 100	HMG 160	HMG 200	HMG 250	HMG 300	HMG 400
H1	mm	4100	4250	4350	4400	4450	4550
H2	mm	300	350	1000	1000	1000	1100
W1	mm	1700	1800	2000	2000	2100	2100
W2	mm	300	700	700	800	800	800
D1	mm	2150	2250	2300	2400	2450	2450
D2	mm	1650	1900	2000	2100	2150	2150

TECHNICKÉ PARAMETRY

lisovací síla	t	100	160	200	250	300	400
zdvih za minutu	stroke / min	60	50	40	40	40	30
jmenovitá výška tonáže	mm	5,5	8	6,5	7	7,5	7,5
úprava zdvíhu	mm	150	150	150	150	200	200
max. uzavřená výška formy	mm	300	400	450	500	500	500
vzdálenost stůl - rám	mm	500	550	500	650	700	700
úprava razníku	mm	0-80	0-100	0-120	0-120	0-120	0-140
rozměry stolu	mm/mm	900x1000	1000x1000	1000x1200	1100x1200	1100x1300	1100x1300
vyložení	mm/mm	900x1000	1000x1000	1000x1200	1100x1200	1100x1300	1100x1300
výkon motoru	kW	11	15	18,5	18,5	22	30



TVARtech - stroje, s.r.o.

www.novestroje.cze-mail : obchod@novestroje.cz