



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA DÍLU SLUNOLAMU

PRODUCTION OF SUNSHADE'S PART

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Filip Obořil

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Michaela Císařová, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Filip Obořil**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Michaela Čisařová, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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 dílu slunolamu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby boční krytky slunolamu sloužící k zastínění proti slunci. Součást bude vyráběna z hliníkového plechu přesným střiháním. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Vypracování aktuální literární studie na technologii přesného střihání.
Návrh vhodné technologie výroby součásti s následným vypracováním postupu výroby.
Provedení technologických a kontrolních výpočtů.
Návrh nástroje s vyhotovením výkresů vybraných dílů.
Technicko–ekonomické hodnocení navržené výroby.
Zhodnocení a závěry.

Seznam doporučené literatury:

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.

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

GUIDI, Alfons. Přístřihování a přesné střihání. Praha: SNTL, 1969. Řada strojírenské literatury.

HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. Metal forming: mechanics and metallurgy. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.

TSCHAETSCH, Heinz. Metal Forming Practise: Process - Machines - Tools. Springer Berlin Heidelberg, New York, 2006. ISBN 3-540-33216-2.

VYSKOČIL, Oldřich a Pavel BARTOŠ. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. Brno: Zbrojovka Brno, 1977.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

OBOŘIL Filip: Výroba dílu slunolamu.

Práce se zabývá návrhem výrobní technologie pro zhotovení boční krytky slunolamu. Součást bude vyrobena z hliníku ČSN 42 4004 o tloušťce 2 mm. Výrobní série činí 100 000 kusů za rok. Byla provedena analýza různých výrobních technologií, ze kterých byla jako nejvhodnější zvolena technologie přesného stříhání s tlačnou hranou. Následně byly provedeny technologické a kontrolní výpočty, podle kterých byla provedena konstrukce střížného nástroje. Bylo zvoleno vertikální uložení součástí na svitek plechu. Pro výrobu byl zvolen servo-mechanický lis XFT 1500 speed od společnosti FEINTOOL. Na závěr byla vyhodnocena ekonomičnost zvolené výrobní technologie.

Klíčová slova: hliník ČSN 42 4004, tváření, slunolam, přesné stříhání, stříhadlo

ABSTRACT

OBOŘIL Filip: Production of sunshade's part.

The work deals with the design of the manufacturing technology for the lateral covering fabrication of the sunshade. The part will be made of aluminium ČSN 42 4004 with thickness of 2mm. A manufacturing series comes to 100 000 per year. Some different manufacturing technologies were analyzed and the most suitable of them - the technology of fine-blanking with pushed edge was chosen. It was chosen the vertical laying of components on a sheet of aluminium roll. For production the servomechanical press XFT 1500 speed from FEINTOOL company was selected. In conclusion, economy of chosen manufacturing technology was evaluated.

Keywords: aluminium ČSN 42 4004, forming, sunshade, fine-blanking, cutter

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

OBOŘIL, Filip. *Výroba dílu slunolamu* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124958>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Michaela Císařová.

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 25.6.2020

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní Ing. Michaelle Císařové, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále děkuji kamarádům a především rodině, která mě během studia podporovala.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

Str.

ÚVOD	9
1 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI	10
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ	12
2.1 Technologie přesného střihání	12
2.1.1 Přistřihování	13
2.1.2 Kalibrování	14
2.1.3 Střihání se zaoblenou hranou	15
2.1.4 Střihání se zkoseným přidržovačem	15
2.1.5 Přesné střihání s tlačnou hranou	16
2.2 Střižná síla a práce	19
2.3 Střižná vůle	20
2.4 Technologičnost vyráběných součástí	21
2.5 Nástroje pro přesné střihání	22
2.5.1 Konstrukce a materiály funkčních částí nástroje	23
2.6 Stroje pro přesné střihání	25
3 NÁVRH ŘEŠENÍ	26
3.1 Technologičnost součástí	26
3.2 Nástřihový plán	27
3.3 Tlačná hrana	30
3.4 Střižná síla, práce a vůle	31
3.6 Výpočet rozměrů střižníku a střižnice	32
3.7 Kontroly střižníku a střižnice	34
3.8 Princip střižného nástroje	35
3.9 Volba lisu	36
4 TECHNICKO – EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	37
5 ZÁVĚRY	39

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]

Strojírenská technologie je vědní obor, který se zabývá technickými zákonitostmi výrobního procesu. Strojírenská technologie je rozdělena do několika oborů: tváření, obrábění, svařování, slévání, tepelné zpracování, povrchové úpravy a technologie montáže. Je důležité zvolit správnou technologii výroby, protože má vliv na výslednou kvalitu a ekonomičnost celé výroby.

Technologie tváření kovů má počátky již od doby bronzové, ale tvářecí procesy se začaly více zkoumat až ve dvacátých letech dvacátého století. V dnešní době se rozděluje tváření na plošné a objemové, buď za tepla nebo za studena. Pro plošné tváření se používá převážně plech jako polotovary, který je dodáván se svitcích (obr. 3.). Mezi operace plošného tváření patří stříhání, ohýbání a tažení. Ukázka výrobků je vidět na obr. 1. a obr. 2.

Stříhání je jediná operace ze skupiny tváření, kde dochází k překonání meze pevnosti materiálu. Plech, který je polotovar, se nastříhá na pásy, na které je vhodně umístěn tvar výstřižku. Stříhání se převážně provádí na lisech (obr. 4.) a rozděluje se na běžné stříhání, postupové stříhání a přesné stříhání.



Obr. 1.
Výrobky plošného tváření [5]



Obr. 2.
Výrobky plošného tváření [5]



Obr. 3.
Svitek plechu [6]



Obr. 4.
Stříhací lis [7]

1 ROZBOR ZADANÉ SOUČÁSTI [8], [9], [10], [11], [21]

Zadaná součást je boční krytka slunolamu. Slunolam je zařízení, které brání proniknout slunečním paprskům do budovy. Slunolam nabývá v dnešní době stále více na oblíbenosti, vyrábí se ve dvou provedeních – horizontální a vertikální (obr. 5). Profil slunolamu mívá z pravidla kapkovitý, nebo elipsový tvar (obr. 6). Boční krytka bude hlavně sloužit jako zábrana v profilu proti vodě a větru. Krytka slunolamu se bude vyrábět z hliníkového plechu tloušťky 2 mm v sérii 100 000 kusů za rok.



Obr. 5. Vertikální slunolam [23]



Obr. 6. Profil slunolamu [23]

Technologie vhodné pro výrobu zadané součásti:

a) Řezání vodním paprskem

Jedná se o nekonvenční metodu dělení materiálu. Řezání vodním paprskem je poměrně nová metoda, která se začala objevovat v 70 letech minulého století, k dělení plastových a dřevěných materiálů. Ke konci 90 let 20. století se začaly touto technologií dělit i tvrdé materiály jako jsou sklo, beton a ocel. K řezání materiálu dochází pomocí vodního paprsku, který může být s abrazivem nebo jen jako čistý vodní paprsek. Při dělení materiálu se využívá kinematické energie vysokotlakého a vysokorychlostního vodního paprsku. Kapalina je přiváděna do řezací trysky a následně je pod velkým tlakem vháněna do materiálu. Při řezání vodním paprskem jsou kladeny vysoké nároky na úpravu a recyklaci kapaliny. Špatnou recyklací může dojít k zanesení trysky a potrubí. Tím se zhorší životnost nástroje, kvalita a rychlost řezu. Vodním paprskem lze vykonávat následující úkony: vrtání, soustružení, řezání, frézování a další. Hlavní výhodou vodního paprsku je bezkontaktní způsob obrábění, výrobek není tepelně ovlivněn, nemusí být pevně upevněn a šetrnost k životnímu prostředí. Mezi nevýhody patří zejména hluk a kuželovitý tvar paprsku. (viz obr. 7). Řezání je obvykle prováděno za pomoci NC a CNC strojů a skládá se z hydraulické jednotky s multiplikátorem, filtrů, ventilů, potrubí na rozvod vody, systému na dávkování abraziva atd.



Obr. 7. Řezání vodním paprskem [9]

b) Řezání laserem

Stejně jako v případě řezání vodním paprskem se řezání laserem řadí do nekonvenčních metod (obr.8). Význam slova laser znamená light amplification by stimulated emission of radiation. Laser má dva energetické stavy, stabilní a nestabilní. Princip metody spočívá, že na atom ve stabilním stavu bude dopadat foton s energií, která je tímto atomem zachycena, absorbována a přeměněna na nestabilní stav. Laserový nástroj se skládá z laserové hlavičky obsahující laserová média a rezonátor, budicího zařízení a chladicího zařízení. Lasery se rozdělují na pevnolátkové, plynové, kapalinové, polovodičové, plazmové a vláknové. Laserem lze vykonávat následující úkony: řezat, vrtat, soustružit, frézovat, popisovat, nanášet povlak, svařovat, gravírovat. Tato metoda se rozšířila do mnoha odvětví, nejvyužívanější je strojírenství, ale používá se i v medicíně mikroelektronice, astronomii a výpočetní technice. Výhodami laseru jsou např. bezkontaktní způsob obrábění, velká posuvná rychlost, malá tepelně ovlivněná oblast, je tichý, lze řezat všemi směry. Mezi nevýhody se především řadí pořizovací cena, nízká účinnost, špatný vliv na životní prostředí, vysoké nároky na bezpečnost a že tímto způsobem nelze řezat plasty.



Obr. 8. Řezáním laserem [10]

c) Stříhání

Stříhání patří mezi konvekční metody. K oddělení materiálu dochází za pomoci dvou proti sobě pohybujících se břitů (obr. 9.). Střížný nástroj se skládá ze dvou základních částí a to střížníku a střížnice. Tato technologie slouží převážně ke stříhání plechů, ale lze stříhat i tvarové součásti, například trubky za pomoci tvarových střížníků. Rozděluje se na postupové stříhání a na stříhání se zvýšenou přesností tzv. přesné stříhání. Postupové stříhání je nejrozšířenější metoda stříhání. Přesné stříhání se využívá především ve velkosériové výrobě, protože výroba nástroje je dražší než výroba nástroje pro postupové stříhání.



Obr. 9 Stříhání [11]

Z mého pohledu se jako nejefektivnější jeví technologie stříhání, konkrétně metoda přesného stříhání. Proto se nadále bude tato práce zabývat jen touto technologií. Technologií přesného stříhání lze dosáhnout přesných výstřižků bez dalších dokončovacích operací. Dále součást nebude tepelně ovlivněna a bude zaručena rovinnost a kolmost střížných ploch. Tato metoda je vhodná sériovou výrobou.

2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ [1], [2], [3], [4], [14]

Technologie stříhání se nejčastěji zabývá stříháním plochých materiálů jako jsou tabule a svitky plechu. V sériové výrobě lze stříhat rovnou ze svitku, nebo z tabule plechu, které se využívají spíše při kusové a malosériové výrobě. Střížný proces probíhá dvěma břity, které se pohybují kolmo vůči sobě a vyvolávají střížně-smykové napětí. Stříhání se provádí postupně nebo současně podél střížné křivky (trajektorie stříhu). Střížná křivka se rozděluje na otevřenou (např. stříhání plechu na tabulových nůžkách), nebo uzavřenou (např. vystřihování, děrování).

Přesnost a kvalitu výstřížku ovlivňuje několik faktorů: vlastnosti a stav střížného materiálu, tloušťka materiálu, elastické deformace při stříhání, kvalita zpracování a opotřebení nástroje, velikost střížné mezery a rychlost stříhání.

2.1 Technologie přesného stříhání [1], [2], [3], [4], [12]

Je to souhrn metod stříhání plechů a pásů, při které se dosahuje velice přesných výstřížků. Přesnost dosahující přesným stříháním se pohybuje mezi IT6 až IT9. Přesnější tolerance IT6 se docílí pouze u stříhání plechu, jehož tloušťka je do 1 mm. U materiálu přesahujícího tloušťku 6 mm je stříhá s přesností IT9. Takto velká přesnost u vystřižených součástí způsobí, že součást je ve většině případů připravena rovnou k použití bez jakéhokoliv dalšího zpracování. Přesné stříhání se používá spíše ve velkosériové výrobě přesahující minimálně 25 000 součástí za rok. Využití ve velkosériové výrobě je způsobeno hlavně složitou a přesnou konstrukcí střížného nástroje, které se z ekonomického hlediska vyplatí až při výrobě vyššího počtu součástí. U přesného stříhání je střížná plocha kolmá a hladká. Vlivem vyvození trojosé napjatosti se pásmo stříhu rozšíří přes celou tloušťku stříhané součásti a tím se docílí kvalitní střížné plochy.

U běžného stříhání se střížná plocha skládá ze tří částí. První fáze je pružná deformace, vyvolaná vtlačováním střížného nástroje do materiálu. Pásmo pružné deformace je malé a vzniká na začátku střížného procesu při dosednutí střížníku na stříhaný materiál. Ve druhé fázi se pružná deformace změní na plastickou kvůli překonání meze kluzu. Tato fáze je v rozsahu zhruba do 25 % střížné plochy, záleží na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu. V poslední třetí fázi se překoná mez pevnosti ve stříhu. Tato fáze je největší a přetrvává až do konce stříhu. V důsledku překonání meze pevnosti se začnou tvořit drobné trhliny, které se začnou velmi rychle rozšiřovat, až nakonec dojde k samotnému odtržení součásti. Vliv na tvorbu trhlin mají mechanické vlastnosti stříhaného materiálu a velikost střížné vůle. Více o střížné vůli bude uvedeno v kap. 2.3. Ukázka střížné plochy běžného (Obr. 10.) vlevo a přesného stříhání je na obr. 10. vpravo



Obr.10. Střížná plocha běžného a přesného stříhání [12]

2.1.1 Přistřihování [2], [3], [4]

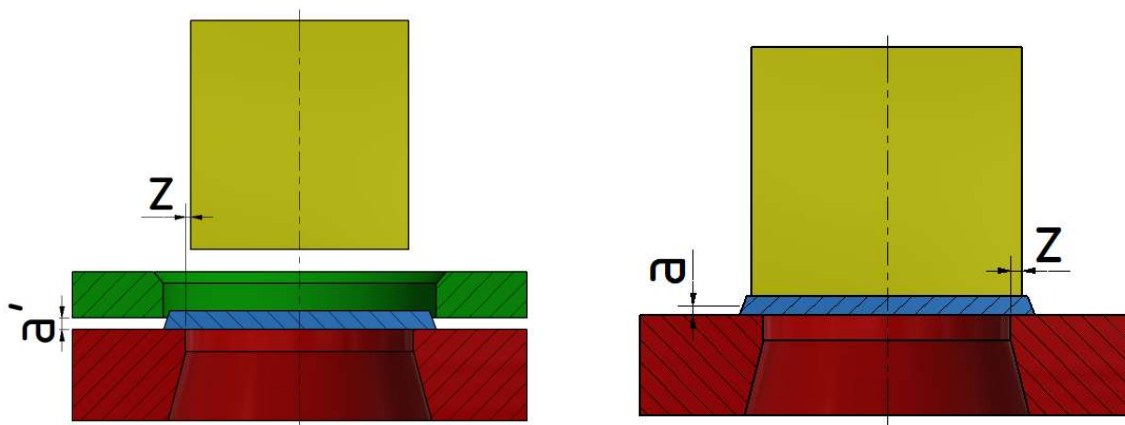
Touto technologií stříhání se docílí přesných rozměrů a tvarů nebo hladké plochy stříhu bez mikrotrhlin, zpevnění a vnitřního napětí. Přistřihování je dokončovací operace, kde se odstříhne jen malý přídavek materiálu ke zlepšení vlastností střížné plochy. Přídavek se volí co nejmenší, poněvadž s rostoucí tloušťkou ostřížku (odstřižený přídavek) se snižuje jakost povrchu. Například pro málo tvárné materiály je tloušťka odstřížku 0,1 až 0,5 mm. U tlustých plechů se přistřihování provádí na více zdvihů, avšak pro operaci jako děrování převážně stačí zdvih jeden. Přistřihování lze provádět s otevřenou i uzavřenou křivkou stříhu. Existují tři základní druhy přistřihování: s kladnou vůlí, se zápornou vůlí a přistřihování vnitřních otvorů. Dosažená drsnost povrchu se pohybuje v rozmezí $R_a = 0,8$ až $1,6 \mu\text{m}$. Nejlépe se přistřihují tvrdé, polotvrdé nelegované oceli, dále se používají pro přistřihování mosazi a hliníkové slitiny. Způsoby přistřihování otvorů:

a) Přistřihování vnějších obrysů s kladnou vůlí

Mezi střížníkem a střížnicí se nachází ještě zakládací deska, která slouží k vystředění přistřihovaného materiálu. Zakládací deska je od střížnice odsunuta, aby touto mezerou mohla odcházet tříska. Rozměry hotového výstřížku má střížnice, která má fazetku o velikosti 6 až 8 mm a dále se rozšiřuje do kuželovitého tvaru. Při přistřihování s kladnou vůlí hrozí předčasné odtržení při konci stříhání. To zapříčiní, že nebude dosaženo hladkého povrchu po celé ploše stříhu. Výhodou je, že stříhání s kladnou vůlí lze zhotovit na jeden zdvih. Schéma stříhání otvorů s kladnou vůlí je zobrazeno na obr.11. vlevo.

b) Přistřihování vnějších obrysů se zápornou vůlí

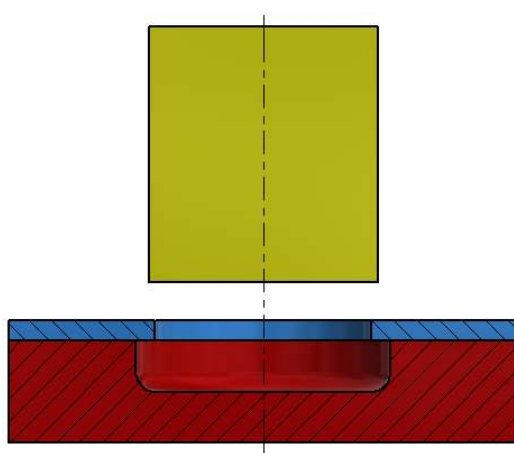
Při přistřihování se zápornou vůlí je střížnice menší než střížník v běžné výrobě o 0,1 až 0,5 mm. Při stříhání nesmí střížník dosednou až na střížnici, z důvodu poškození nástroje. Přiblíží se na vzdálenost $a = 0,2$ až $0,4$ mm, kde provede jen nastřihnutí součásti. Dostřihnutí se provede až při přistřižení další součásti, která pomůže protlačit nastřiženou součást skrz střížnici. Při této metodě přistřižení nedochází k předčasnému odtržení materiálu díky tomu, že stříhaný materiál je neustále podpírán. Přistřihováním otvorů se zápornou vůlí se získá velice přesná a hladká plocha stříhu. Schéma stříhání otvorů se zápornou vůlí je zobrazeno na obr.11. vpravo.



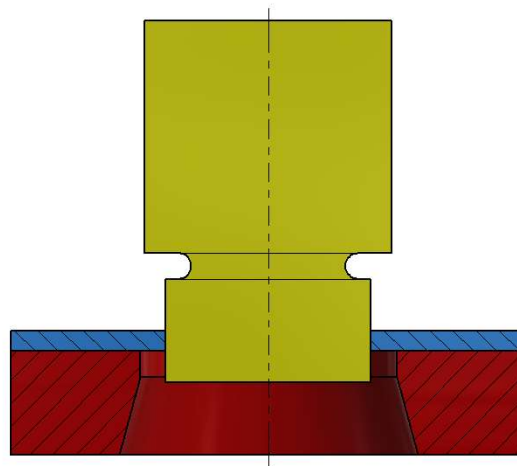
Obr. 11. Přistřihování vnějších obrysů s kladnou a se zápornou vůlí [2]

c) Přistřihování vnitřních otvorů a kombinace stříhání otvorů s přistřihováním

Přistřihování vnitřních otvorů se používá pro zlepšení přesnosti a jakosti otvoru po děrování, vrtání a dalších technologiích. Pomocí odsazeného střížníku lze provést na jeden zdvih stříh a následné přistřižení. Schéma přistřihování vnitřních otvorů je znázorněno na obr.12. a kombinace stříhání s přistřihováním je zobrazeno na obr.13.



Obr. 12. Přistřihování vnitřních otvorů [2]



Obr. 13. Kombinace stříhání otvorů s přistřihováním [2]

2.1.2 Kalibrování [3], [13]

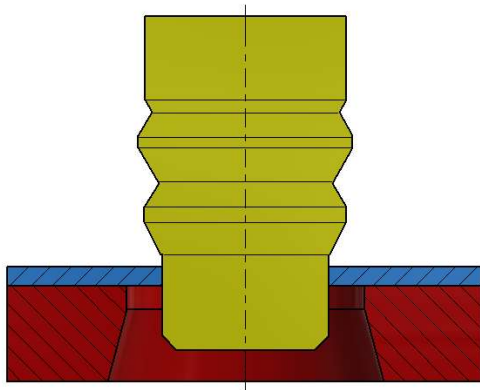
Metoda kalibrování slouží ke zvýšení přesnosti a jakosti povrchu podobně jako přistřihování. Kalibrování je méně přesné než přistřihování z důvodu odpružení a také se zde používají větší velikosti střížných sil. Plocha po kalibrování je zpevněná a okraje jsou mírně rozšířeny. Kalibrování se používá jak na vnitřní otvory, tak na vnější obrysy. Kalibrování se provádí:

a) kalibrování vnitřních otvorů

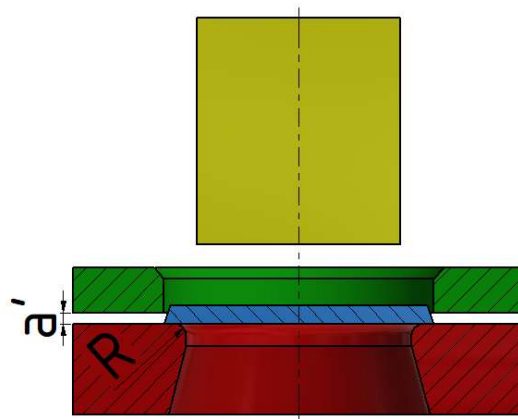
Kalibrování se provádí za pomoci trnu. Trn může mít jednu nebo více tvářecích ploch. Tyto plochy bývají široké 1 až 3 mm, náběh a výběh je zkosen o úhel 5° , aby šel kalibr jednodušeji zavádět a vytahovat. Je důležité dodržet dostatečnou vzdálenost od okraje plechu, aby se docílilo co nejlepší kvality otvoru. Kalibrování vnitřních otvorů je znázorněno na obr.14.

b) kalibrování vnějších obrysů

Kalibrování probíhá tak, že materiál je střížníkem vtlačěn do střížnice se zaoblenými hranami. Poloměr zaoblení hran střížnice je 0,5 až 1,5 mm. Správnou polohu kalibrované součásti hlídá základní deska, která je odsazená od střížnice o vzdálenost a' , aby mohla odcházet tříska. Kalibrační přídavky jsou v rozmezí 0,15 až 0,40 mm, u plechů s větší šířkou mohou být přídavky větší, ale musí se použít i větší poloměry u střížnice. Dále se větší přídavky volí u rohů a výstupků, naopak u zářezů bývají menší. Kalibrování vnějších obrysů je znázorněno na obr.15.



Obr. 14. Kalibrování vnitřních otvorů [13]

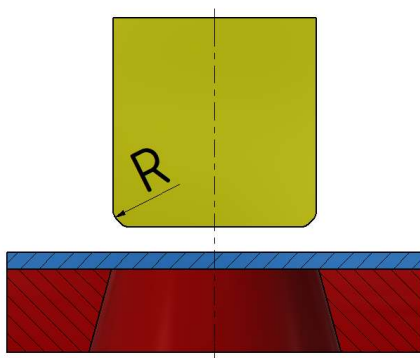


Obr. 15. Kalibrování vnějších obrysů [13]

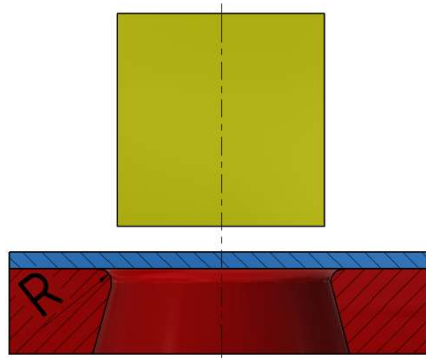
2.1.3 Stříhání se zaoblenou hranou [3], [13]

Metoda spočívá v úpravě nástroje a to zaoblení střížníku či střížnice. Stříháním se zaoblenou hranou se docílí hladké a kolmé střížné plochy. Zaoblení střížníku se používá při děrování a zaoblení střížnice při vystřihování. Díky zaoblení se zamezuje vzniku trhlin ve střížném procesu. Velikost zaoblení střížného nástroje má při malé střížné mezeře velký vliv na kvalitu střížné plochy. Velikost rádia střížné hrany se pohybuje v rozmezí 15 % až 20 % tloušťky stříhaného materiálu.

U tvarově složitějších součástí s ostrými přechody se zaoblení volí 25 % tloušťky materiálu a střížná mezera 0,01 až 0,02 mm. Střížný nástroj musí být velmi přesně zkonstruován, z důvodu velice malé střížné mezery. Velikost střížné síly je o 15 % větší, než v případě běžného stříhání. Výšku otřepu lze považovat za přibližně stejnou jako u běžného stříhání. Uvedená metoda stříhání se spíše hodí pro materiály s dostatečnou tvařitelností např. měkké oceli. Konstrukce nástroje se liší od jiných metod přesného stříhání v bandážování střížnice. Schéma děrování se zaoblenými střížnými hranami je na obr. 16 a vystřihování je na obr. 17.



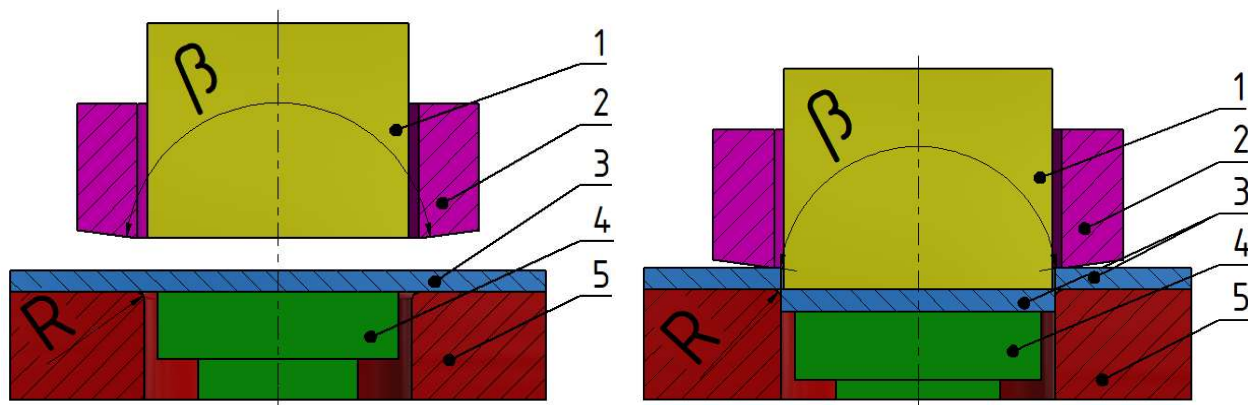
Obr. 16. Děrování se zaoblenými střížnými hranami [2]



Obr. 17. Vystřihování se zaoblenými střížnými hranami [2]

2.1.4 Stříhání se zkoseným přidržovačem [2], [3], [13]

Jedná se o poměrně zřídka používanou technologii přesného stříhání. U této metody se střížný nástroj skládá ze střížníku, střížnice, zkoseného přidržovače a vyhazovače. Princip metody spočívá v tom, že oproti běžnému stříhání má zkosený přidržovač obr. 24, který vyvíjí dvojosý stav napjatosti při stříhání. Úhel zkosení přidržovače je $\beta = 178^\circ 30'$. Dále se při této metodě používá střížnice s mírně zaoblenými střížnými hranami o poloměru $R \leq 0,01$ mm. Schéma procesu stříhu je znázorněno na obr. 18.



1 – střížník, 2 – zkosený přidržovač, 3 – stříhaný materiál, 4 – vyhazovač, 5 – střížnice

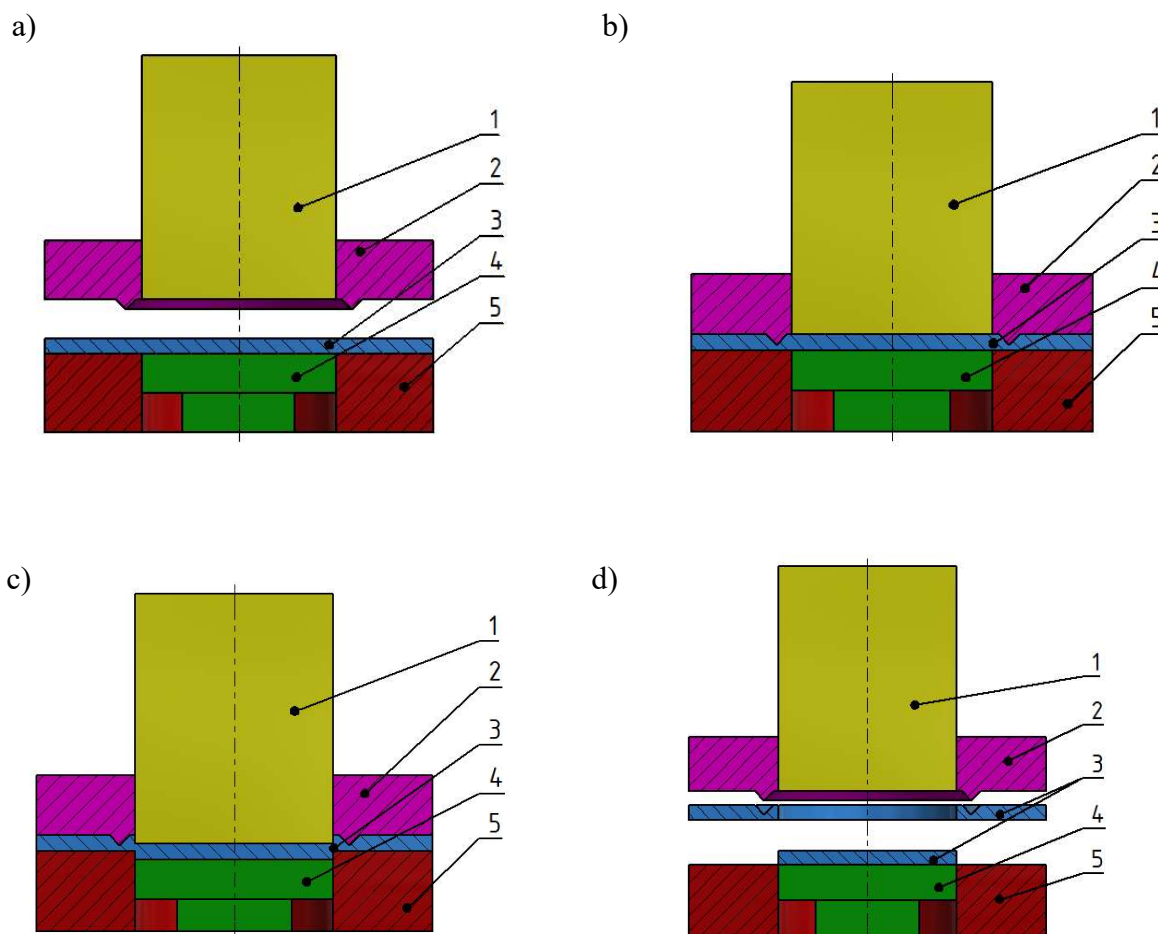
Obr. 18. Stříhání se zkoseným přidržovačem [2]

2.1.5 Přesné stříhání s tlačnou hranou [2], [3], [4], [13]

Přesné stříhání s tlačnou hranou je nejpoužívanější metoda přesného stříhání, dosahuje se velmi přesných rozměrů a kvalitní střížné hrany s malou drsností. Střížný nástroj se skládá ze střížníku, střížnice, přitlačné desky s tlačnou hranou a vyhazovače, uspořádané dle (obr. 19. a) Princip metody spočívá ve vyvození trojosého stavu napjatosti v místě stříhu. Všestranný tlak zamezuje vzniku elastické deformace tím i tvorbu trhlin v oblasti stříhu a podporuje čistě plastickou deformaci během stříhu. Tvorbě trhlin, lze zabránit pouze jen u materiálů vhodných ke přesnému stříhání. Jako nástroj pro přesné stříhání se často používá sloučené stříhadlo, to znamená, že se z velké části vystřihují součásti s uzavřenou křivkou stříhu. Dále nástroje mají velmi malou střížnou mezeru, volí se 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu (přibližně 10krát menší než u klasického stříhání).

Před začátkem samotného stříhání je do materiálu vtlačena přitlačná deska s tlačnou hranou (vyobrazeno na obr. 19. b). Tlačná hrana se umísťuje mimo křivku stříhu, po vnějším obvodu od křivky stříhu. Při stříhání je materiál sevřen z obou stran střížné křivky. Na vnitřní straně křivky stříhu na materiál působí síla od střížníku a vyhazovače a na vnější straně svírá materiál přitlačná deska s tlačnou hranou a střížnice. Součet sil u přesného stříhání tvoří přibližně 1,5 až 2,5násobek střížné síly běžného stříhání. Sevřením materiálu se zamezuje jeho pohybu na rozdíl od běžného stříhání, kde může dojít k pohybu. Přitlačná deska s tlačnou hranou během stříhu zabraňuje radiálnímu pružení, které je způsobeno plastickou deformací v oblasti stříhu. Při stříhání materiálu se pohybuje střížník společně s vyhazovačem, aby bylo stále udrženo trojosé napětí (znázorněno na obr. 19. c). Po odstříhnutí vysune vyhazovač zhotovenou součást pro jednodušší vyjmutí (viz. obr. 19. d).

Jako každá metoda má i tato své nevýhody. Mezi hlavní patří méně využitá plocha plechu. To je způsobeno širším můstkem a větší šířkou pásu, než je u běžného stříhání. Větší rozměry můstku a šířky pásu se musí volit kvůli tlačné hraně. Další nevýhoda je, z hlediska tvaru stříhané součásti, že nelze například stříhat ostré rohy musí se nahradit příslušným zaoblením.



1 – střižník, 2 – zkosený přidržovač, 3 – stříhaný materiál, 4 – vyhazovač, 5 – střižnic

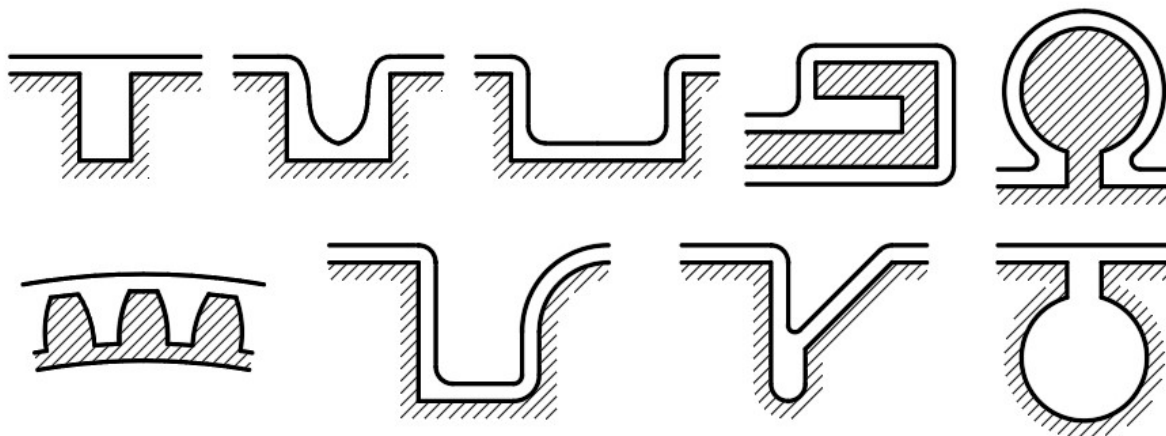
Obr. 19. Postup přesného stříhání s tlačnou hranou [4]

Tlačná hrana

K docílení ideální funkce tlačné hrany by bylo zapotřebí, aby se měnil tvar a velikost podél křivky stříhu mimo kruhových výstřižků. To by však bylo více nákladné a z konstrukčního hlediska mnohem složitější, proto se tento způsob nepoužívá. Řešením je zvolení vhodné vzdálenosti tlačné hrany od střižné křivky a vedení křivky. Určení rozměrů a umístění tlačné hrany záleží hlavně na zkušenosti technologa, který musí zohlednit několik faktorů. Jestliže je tlačná hrana menších rozměrů umístěná na menší vzdálenost od křivky stříhu, docílí se velice podobných podmínek jako při použití rozměrnější tlačné hrany, která je umístěna na větší vzdálenost. Při velmi blízkém umístění, může dojít k odebrání materiálu při začátku stříhu a tím k omezení plné funkčnosti tlačné hrany. U velké vzdálenosti se zvyšuje spotřeba množství materiálu a velikost střižné síly.

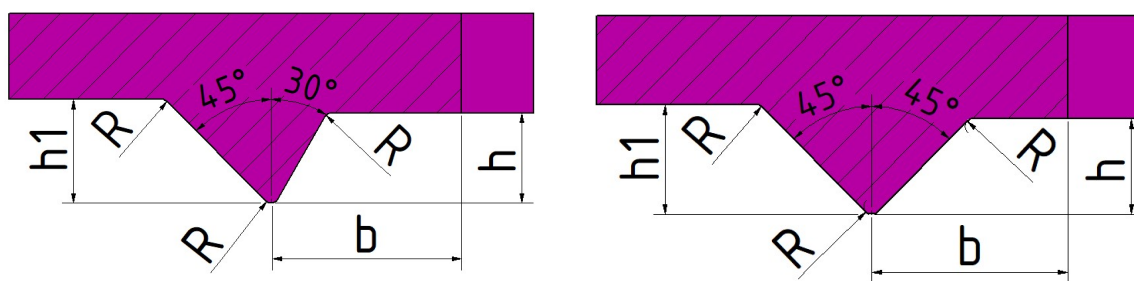
Stříhané části a výčnělky, které směřují dovnitř do součásti, se daleko lépe přesně stříhají ty, které vyčnívají ze stříhané součásti. Výstřižky, které obsahují úzké štěrby, (obr. 20.) s malou šířkou, v závislosti na tloušťce stříhaného materiálu, se vlivem přemístění materiálu vyruší. V tomto případě tlačná hrana nekopíruje střižnou plochu a je vedena kolem ústí štěrby.

Části výstřížků nacházející se v délce pásu výchozího materiálu, se lépe přesně stříhají, než části nacházející se na okrajích pásu. Doporučuje se části stříhané součásti, na které jsou kladeny vyšší nároky, umísťovat v délce stříhaného pásu. Rozměry tlačné hrany dále ovlivňuje tloušťka a vlastnosti střížného materiálu. Zvětšením tlačné hrany se docílí snížení zaoblení stříhu. Dále má velikost tlačné hrany vliv na opotřebení nástroje, čím bude větší, tím bude klesat počet kusů, které lze na nástroji vystříhnout.



Obr. 20. Umístění tlačné hrany při členitém obrysu výstřížku [3]

Při stříhání materiálu, který má tloušťku větší než 4 mm, se umísťuje tlačná hrana nejen na přidržovači, ale také na střížnici, aby se snížila velikost zaoblení na výstřížcích. Stříhání tvarově složitých výstřížků, jako jsou například ozubená kola, segmenty a ostré úhly, se používá tlačná hrana na střížnici i při menších tloušťkách materiálu. Jak už bylo řečeno, rozměry tlačné hrany závisí na vlastnostech materiálu, především na jeho tvářitelnosti. U málo tvářitelných materiálů se výška tlačné hrany "h" volí menší než u dobře tvářitelných materiálů. Vzdálenost tlačné hrany od střížné křivky označená v (obr. 21. vlevo) jako "b" se volí přibližně stejná jako je hloubka vniknutí tlačné hrany "h". Za tlačnou hranou je výška h_1 , která je větší kvůli odlehčení. Schématické naznačení dvou možností tlačných hran je na (obr. 31. vpravo)



Obr. 21. Tvary tlačné hrany [2]

Technologie přesného stříhání umožňuje stříhat například hliník a slitiny na jeho bázi do meze pevnosti $R_m = 300 \text{ MPa}$, dále se stříhají materiály jako jsou měď, některé druhy mosazi, cementační a feritické oceli, nelegované a nízkolegované oceli.

Jakost povrchu přesně stříhaných ploch

Nejvíce ovlivňuje povrch střížných ploch tvar křivky stříhu, stříhaný materiál, tvar a stav střížných hran střížníku či střížnice. Tvarové a povrchové vady jsou nejčastější nedostatky povrchu střížných ploch. Tvarovými vadami jsou myšleny větší odchylky od požadovaných rozměrů projevující se hrbolky, vlnkami a jamkami. Povrchové vady se projevují jako nedodržení drsnosti povrchu. Výše zmíněné vady jsou také ovlivněny směrem stříhu. Ve směru stříhu se převážně vyskytují vady tvarové. Povrchové vady se objevují spíše ve směru obvodu, avšak nejvíce tento druh vad ovlivňuje vlastnosti stříhaného materiálu.

Ostře nabroušené střížné hrany na střížnici a střížníku zapříčiní větší intenzitu povrchových vad, proto se na stříhání používají tzv. uhlazené střížné hrany. Uhlazené střížné hrany se liší od ostře nabroušených tím, že se odstraní ostrý a střížné hrany se srazí tvrdým brouskem. Střížná hrana se sražením zaoblí na rádius 0,1 až 0,25 mm a následně se provede leštění. S takto upravenou hranou lze dosáhnout střížných ploch jen s drobnými vadami povrchu.

Velkou nevýhodou je malá životnost upravené hrany. To způsobuje smykové tření během střížného procesu, díky kterému se uchycuje materiál na střížné hraně a to způsobuje zvýšení povrchových vad. Při stříhání vyčnívajících hran je velice obtížné zamezit tvorbu trhlín. Tyto trhliny jsou výrazně rozsáhlejší než u výše zmíněné dvojice vad. Jediný způsob, jakým lze tvorbě těchto trhlín zabránit, je zmenšení zakřivení součástí. Zmenšení zakřivení se provádí nahrazením ostrých přechodů a špiček rádiů, které nesmí ovlivnit, nebo zamezit funkčnosti vystřihované součásti.

2.2 Střížná síla a práce [1], [2], [13]

Celková síla F_c se u přesného stříhání s tlačnou hranou skládá ze tří sil. Základem je střížná síla F_s , která se vyskytuje u všech druhů stříhání a zabezpečuje samotné stříhání. Střížná síla je zpravidla největší složkou v celkové síle. Dále je síla vyvozená od přitlačné desky F_p . Síla od přitlačné desky zabezpečuje dostatečné vniknutí tlačné hrany do materiálu a tím i požadovanou napjatost. Poslední silou, která se u přesného stříhání nachází je síla vyvolaná vyhazovačem F_v . Ta přispívá udržet trojosé napětí po čas celého stříhu tím, že tlačí proti střížné síle. Celkovou sílu je nutné znát pro zvolení optimálního nástroje, který dokáže vyvodit požadovanou sílu.

Střížná síla:

$$F_s = n \cdot S \cdot \tau_s = n \cdot L_s \cdot s \cdot 0,9 \cdot R_m \text{ [N]} \quad (2.1)$$

kde: n – součinitel otupení; zvyšující koeficient zahrnující vliv vnějších podmínek stříhání $n = (1 \text{ až } 1,3)$ [-]
 S – střížná plocha [mm^2]
 τ_s – pevnost ve stříhu [MPa]
 L_s – délka stříhu [mm]
 s – tloušťka stříhaného materiálu [mm]
 R_m – mez pevnosti [MPa]

Síla přitlačné desky:

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \text{ [N]} \quad (2.2)$$

kde: L_h – délka tlačné hrany [mm]
 h – výška tlačné hrany [mm]

Síla vyhazovače:

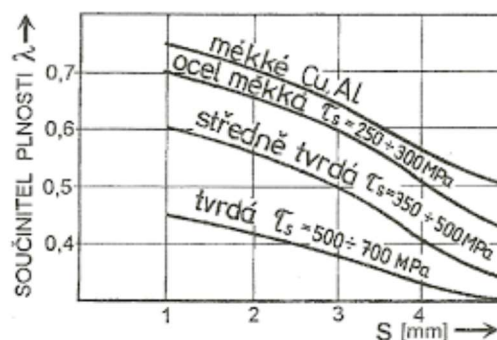
$$F_v = 0,2 \cdot F_s \text{ [N]} \quad (2.3)$$

Celková síla:

$$F_c = F_s + F_p + F_v \text{ [N]} \quad (2.4)$$

Střížná práce

Střížná práce je definovaná jako plocha pod křivkou střížné síly. Vztah pro výpočet střížné práce (2.5) obsahuje veličinu λ součinitel plnosti, který se odečte z diagramu, který je pro vybrané materiály uveden na obr. 22. Pro určení součinitele plnosti je potřeba znát tloušťku stříhaného materiálu a pevnost ve stříhu pro stříhaný materiál.



Střížná práce:

$$A = \lambda \cdot F_s \cdot s \text{ [J]} \quad (2.5)$$

kde: λ – Součinitel plnosti [-]

Obr. 22. Graf k určení součinitele plnosti [1]

2.3 Střížná vůle [1], [2], [3], [13]

Střížná vůle je definovaná jako součet dvou střížných mezer nacházející se po obou stranách mezi střížníkem a střížnicí. Vůle výrazně ovlivňuje jakost střížné plochy, střížný odpor, velikost střížné síly a tím i životnost nástroje. Při stříhání s optimálně zvolenou vůlí (viz obr. 23 b) se trhlina spojí v okamžiku stříhu. Při zvolení nevhodné střížné vůle tedy příliš malou a), nebo velkou c) dochází k rozšíření otěrového pásma (viz obr. 29 a, b). U zmenšování střížné vůle dochází k mírnému zvětšení střížné síly, avšak střížná práce může vzrůst až o 40 %. Velikost střížné vůle závisí na mnoha aspektech, z jichž jsou nejdůležitější – druh stříhaného materiálu a jeho tloušťka.

Střížná vůle:

$$v = 2 \cdot z \text{ [mm]} \quad (2.6)$$

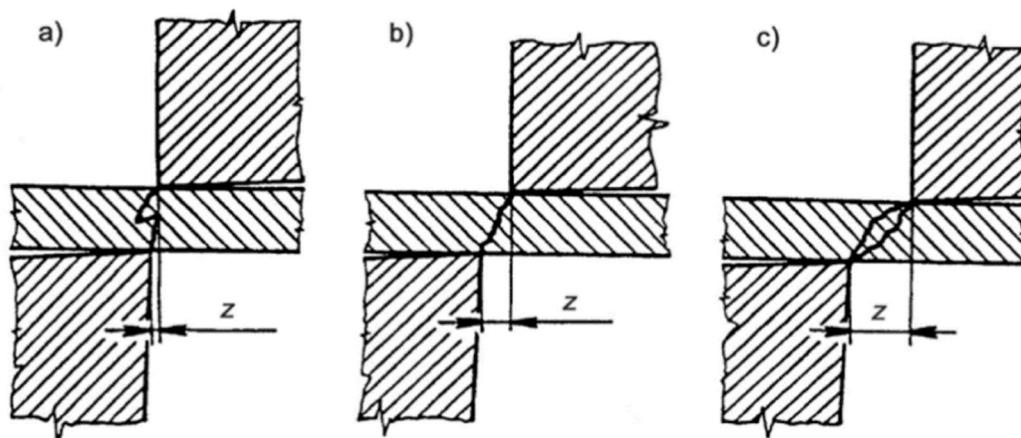
Střížná vůle pro materiál s tloušťkou rovnou nebo menší než 3 mm:

$$v = c \cdot s \cdot 0,32 \sqrt{0,9 \cdot R_m} \text{ [mm]} \quad (2.7)$$

kde: c – koeficient závislý na druhu stříhání [-], pro přesné stříhání se volí $c = 7 \cdot 10^{-4}$

Střížná vůle pro materiál s tloušťkou nad 3 mm:

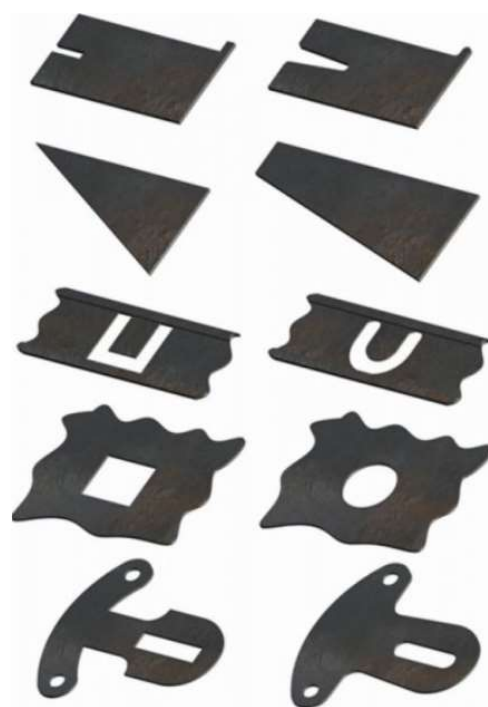
$$v = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,015) \cdot 0,32 \sqrt{\tau_s} \text{ [mm]} \quad (2.8)$$



Obr. 23. Vliv střížné mezery na kvalitu střížné plochy [13]

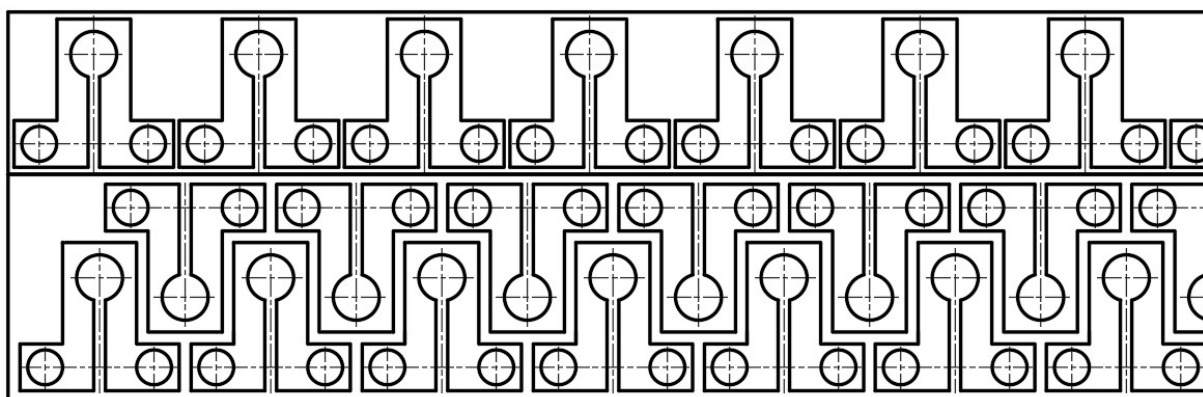
2.4 Technologičnost vyráběných součástí [2], [3], [15], [16]

Posouzení technologičnosti součásti se provádí u všech výrobních postupů ve strojírenství, rozhoduje se, zda je výrobek možno vyrobit vybranou technologií. Ideální výrobek bude mít splněné veškeré technické požadavky společně s co nejmenší spotřebou materiálu a nízkými výrobními náklady. V praxi se ideální výrobky moc nevyskytují a proto se provádí kompromis mezi technickými požadavky, možnostech výrobních strojů a ekonomickou stránkou věci. Při konstrukci výstřižku je vhodné se vyvarovat nevhodným tvarům jako jsou ostré přechody a nahradit je vhodnějšími, které budou splňovat stejnou funkčnost, například rádiem. Ukázka je na obr. 24, kde v levém sloupci jsou nevhodné tvary a v pravém jsou nahrazeny vhodnějšími. Dále je nutné dodržovat parametry, jako jsou například minimální možný průměr a minimální vzdálenost mezi otvory. Tyto parametry se určují podle monogramů v závislosti na tloušťce materiálu. Ukázka takového monogramu je při řešení praktické části práce (viz. obr. 31) a v příloze č. 1. Při nedodržení těchto rozměrů se výrazně snižuje kvalita stříhu a zkracuje se životnost nástrojů.



Obr. 24. Vhodné úpravy výstřižků [15]

Další důležitou částí technologičnosti je uspořádání součástí na pás plechu. Snaha je uspořádat součásti tak, aby využití tabule bylo co největší. Aby se docílilo maximální využitelnosti, umísťují se na jeden pás plechu dvě řady výstřižků, kdy po vystřížení jedné řady se pás otočí a vystříhne se druhá (víceřadé uspořádání). Tím vzroste využití plochy plechu. Ukázka takového uspořádání je na obr. 25. Největší úspory materiálu se dosáhne, když bude nástřihový plán bez můstku, to ovšem lze použít jen při postupovém stříhání, která má nižší kvalitativní požadavky než metoda přesného stříhání.



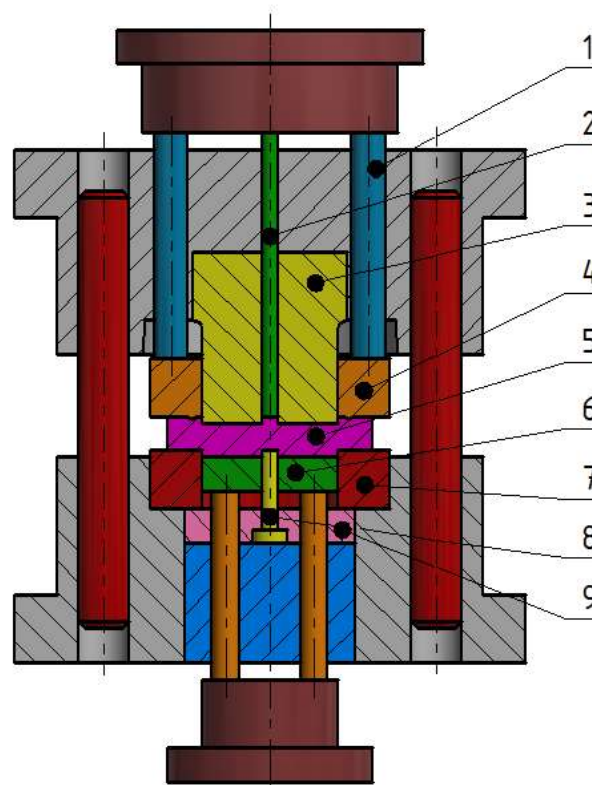
Obr. 25. Ukázka uspořádání součásti na pásu plechu

2.5 Nástroje pro přesné stříhání [1], [3], [4], [13]

Na nástroje pro přesné stříhání jsou kladeny vysoké požadavky. Oproti běžnému stříhání, kde se vyskytuje jen střížná síla, se zde vyskytují síly od přidržovače a vyhazovače. To zapříčiní větší zatížení nástroje, který se musí konstruovat dostatečně robustně, případně silně vyztuzit nejvíce namáhané části. Jako každý střížný nástroj musí i nástroj pro přesné stříhání obsahovat základní součásti, kterými jsou střížník a střížnice. Ty musí mít velice přesnou konstrukci, protože jsou vzdáleny o prakticky nulovou střížnou mezeru. Další součástí střížného nástroje je přitlačná deska s tlačnou hranou, která přitlačí stříhaný plech ke střížníku. Dále se zde nachází vyhazovač, který pomáhá k vyjmutí přesně vystřižené součásti, ale i k docílení trojosé napjatosti během celého procesu stříhu.

a) Nástroj s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem

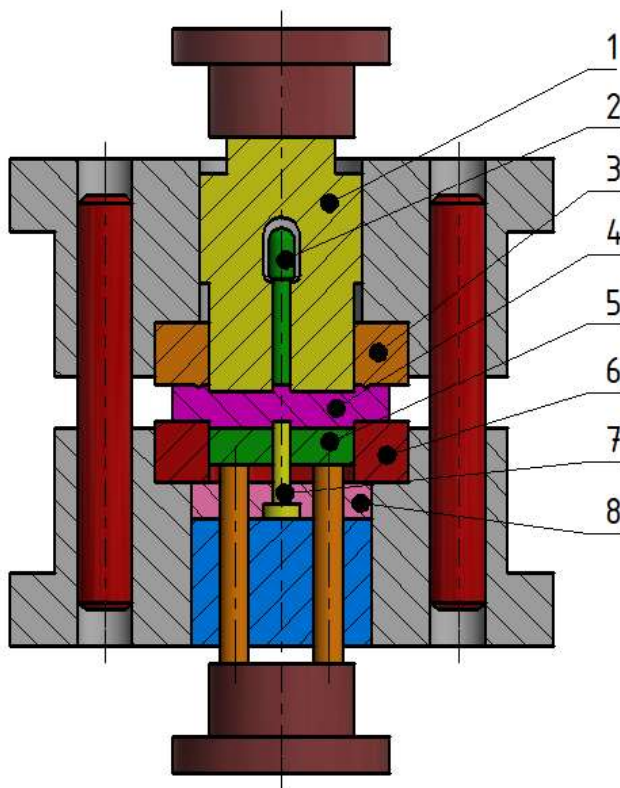
Ukázková konstrukce je znázorněna na obr. 26. Střížník (3) je situován v horní části nástroje společně s vyhazovačem (2) a přidržovačem (4), který je umístěn okolo střížníku. Pohyblivý přidržovač je poháněn tlakovým pístem. Síla vyvozená tlakovým pístem je přenášena pomocí kolíků (1). Mezi horní a dolní částí je stříhaný materiál (5). V dolní části střížného nástroje se nachází střížnice (7), ve které je pohyblivě umístěn vyhazovač (6), poháněný rovněž tlakovým pístem. Ve vyhazovači je malý střížník (8) pro otvory uložený v kotevní desce (9). Při této konstrukci je důležité dbát na to, aby střížník nebyl vybočený. Vybočení nastává vlivem příčných sil, které rostou, jestliže je průřez střížníku v porovnání s jeho výškou malý. Tato metoda se používá v méně než 10 % případů konstrukcí nástrojů pro přesné stříhání.



Obr. 26. Nástroj pro přesné stříhání s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem [4]

b) Nástroj s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem

Uspořádání střížného nástroje s pohyblivým střížníkem se používá ve valné většině konstrukcí. Ukázková konstrukce je znázorněna na obr. 27. V horní části je pevně umístěna přitlačná deska s tlačnou hranou (3), kterou jako v předchozí variantě prochází střížník (1). Pohyb střížníku zajišťuje píst, který je s ním spojen. Ve dřívku střížníku se nachází opěra vyhazovače výstřižků (2), který napomáhá k vytlačení výstřižků ze střížníku. Uprostřed stříhacího nástroje je situován stříhaný materiál (4). V tomto obrázku se stříhá součást s otvorem uprostřed. Vnitřní otvor je vystřížený druhým střížníkem (7). Dále se ve spodní části stříhadla nachází kotevní deska (8) a střížnice (6), ve které je pohyblivě uložen vyhazovač (5). Vyhazovač je ovládán kolíky, které ovládá píst ve spodní části stříhadla. Funkce vyhazovače neslouží jen k lepšímu vyjmutí součástí, ale také napomáhá k sevření plechu mezi ním a střížníkem, vyvozením opačného směru síly než je od střížníku.



Obr. 27. Nástroj pro přesné stříhání s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem [4]

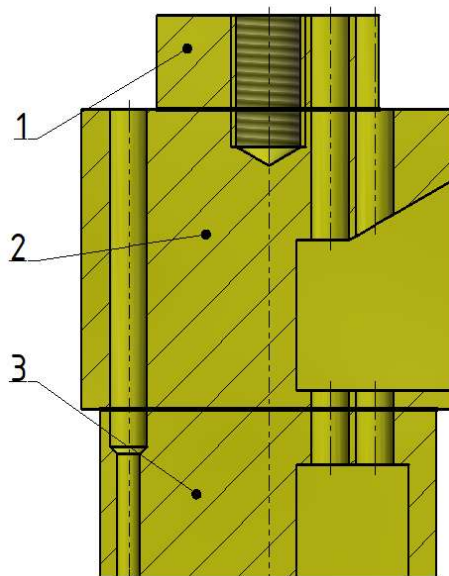
2.5.1 Konstrukce a materiály funkčních částí nástroje [2], [3], [4], [13], [18]

Konstrukce funkčních částí nástroje

Jsou to části střížného nástroje, které se přímo dotýkají stříhaného materiálu. Mezi funkční části nástroje pro přesné stříhání patří a) střížník, b) střížnice, c) přitlačná deska a d) vyhazovač.

a) Střížník

Střížník se skládá ze tří částí a to z hlavy (1), dřívku (2) a tvarové (profilové) části (3), znázorněné na obr. 28. V hlavě střížníku se nachází díra se závitem, která slouží k upevnění. V dřívku jsou otvory a vybrání pro vyhazovače výstřižků, případně i pro další pomocné pohybové části. Poslední část je tvarová, která odpovídá tvaru stříhané součásti, ve které jsou taktéž dutiny pro vyhazovače, nejčastěji se používají kruhového tvaru. Při přesném stříhání může dojít k ulomení části střížníku. Proto se používají tzv. vložky. Vložkování se využívá také při komplikované tvarové části střížníku. Střížník se dále rozděluje podle počtu částí. Skládaný, který se sestává z minimálně dvou částí a střížníky z jednoho kusu. V praxi se spíše používá střížník, který je vyroben z jednoho kusu.



Obr. 28. Střížník [4]

b) Střižnice

Střižnice má ze všech funkčních částí největší vliv na přesnost a jakost povrchu výstřižku. Rozděluje se podle dvou kritérií, podobně jako u střižníku na vyrobené z jednoho kusu nebo skládané. Další rozdělení je podle vnějšího tvaru, buď jsou kulatého, nebo obdélníkového tvaru. Střižnice mají určité části více namáhané než ostatní. Proto se využívá umístění vložek na více namáhaných částí, stejně jako u střižníku. Střižnice, které jsou skládané obsahují několik částí upnutých v objímkách. Takové spoje v objímkách mohou být rozebíratelné a nebo nerozebíratelné.

Protože u přesného stříhání je jen minimální střižná vůle v řádech setin milimetrů. Je nutné, aby i po několika rozebrání a opětovného sestavení měla střižnice přesnou polohu. Takovou přesnost nelze docílit ustředováním pomocí kolíků ani v kruhovém, nebo v obdélníkovém otvoru. V praxi se nejčastěji používá ustředění s úkosem na střižnicích a přidržovačích. Zkosení bývá 3° a zalisovávají se s předpětím 0,2 až 0,3 mm.

c) Přítlačná deska

Přítlačná deska napomáhá vedení střižníku a zároveň svírá stříhaný materiál společně se střižnicí z vnější strany stříhu. Aby bylo docíleno požadovaného stavu napjatosti, umísťuje se na přítlačnou desku tlačná hrana (viz kap. 2. 1. 5.). Podobně jako u střižnice se i přítlačné desky rozděluje na kruhové nebo obdélníkové, dělené nebo nedělené. Ustředování se provádí taktéž za pomoci zkosených bočních ploch. U nedělených se používá zkosení 3° a u dělených je $0^\circ 30'$.

d) Vyhazovač

Vyhazovač se pohybuje smykově ve střižnici, kde je uložen bez vůle. Vyhazovač společně se střižníkem svírá stříhaný materiál z vnitřní strany stříhu. Mezi další funkce vyhazovače patří rovnání a napomáhání při vyjmutí součásti, proto je nutné ho konstruovat tak, aby vyčníval o 0,1 až 0,2 mm nad střižnici. Vyhazovače je nezbytné pojistit proti pootočení a vypadnutí.

Materiály funkčních částí nástroje

Na nástroje pro přesné stříhání působí daleko větší síly než u běžného stříhání. Také jsou konstruovány pro velké série výrobků, proto se pečlivě volí materiály a tepelné zpracování jednotlivých dílů střižného nástroje. Vhodné materiály a tepelné zpracování testované do tloušťky 4 mm pro nástroje přesného stříhání jsou uvedeny v tab. 1.

Tab. 1. Materiály střižných nástrojů [18]

Část nástroje	Materiál	Tepelné zpracování
Střižník	19 437, G3, G4	Kaleno, popuštěno na 60 až 61 HRC
Střižnice	19 437, G3	Kaleno, popuštěno na 62 až 63 HRC
Přítlačná deska	19 437	Kaleno, popuštěno na 58 až 59 HRC
Vyhazovač	19 437	Kaleno, popuštěno na 58 až 59 HRC
Zděř	19 452	Kaleno, popuštěno na 55 HRC
Držák střižníku	19 437	Kaleno, popuštěno na 56 až 58 HRC
Vyrážecí	19 421	Kaleno, popuštěno na 60 HRC
Vyrážecí kolík	19 421	Kaleno, popuštěno na 60 HRC
Děrovací střižník	19 421	Kaleno, popuštěno na 64 HRC
Tlačný kolík	19 421	Kaleno, popuštěno na 60 HRC
Podložka střižníku	19 437	Kaleno, popuštěno na 56 až 58 HRC
Vyhazovací kroužek	19 437	Kaleno, popuštěno na 58 až 60 HRC
Kotevní deska spodní	19 437	Kaleno, popuštěno na 56 HRC
Kotevní deska horní	19 437	Kaleno, popuštěno na 56 HRC

2.6 Stroje pro přesné stříhání [4], [13], [16]

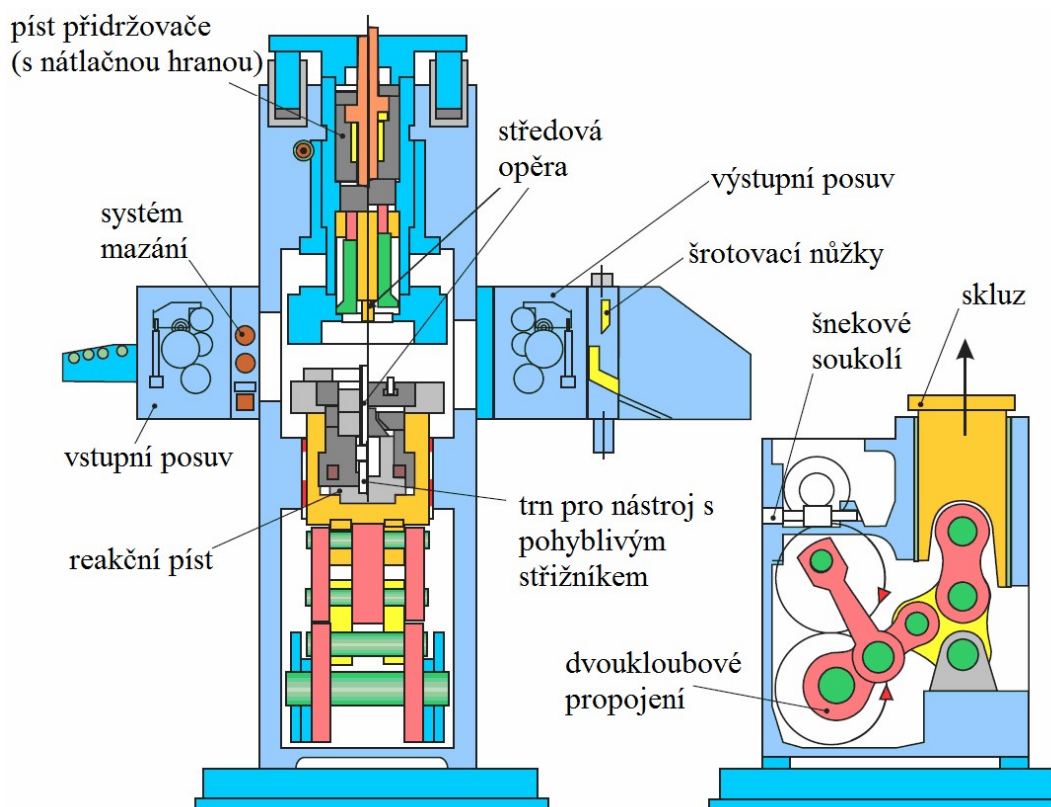
Přesné stříhání se provádí za působení tří sil: střížné síly, přidržovací síly a vyhazovací síly. Z toho důvodu přesné stříhání vyžaduje trojčinné lisy, které jsou schopny vyhovět speciálním požadavkům. Lisy pro přesné stříhání se rozdělují do dvou skupin podle způsobu pohonu na mechanické a hydraulické.

Mechanické lisy

Pro přesné stříhání mechanickým lisem se používá jednočinný lis s přidavným zařízením, které zajišťuje přenos síly přidržovače a vyhazovače na stříhací nástroj. Přídavné zařízení mohou být poháněny, buď mechanicky stejně jako lis, nebo hydraulicky. Znárodnění mechanického lisu je na obr. 29.

Hydraulické lisy

Stejně jako lisy poháněné mechanicky mohou být hydraulické jednočinné s přidavným zařízením pro přesné stříhání. Pohon hydraulického lisu obstarává kapalina, která je pod tlakem odváděna čerpadlem do pracovního válce lisu. Je doporučeno mít vlastní čerpadlo pro lis a další pro přídavné zařízení.



Obr. 29. Schéma mechanického lisu [16]

Při porovnání mechanických a hydraulických lisů pro přesné stříhání se jeví hydraulické jako výhodnější. Hlavní výhoda hydraulického lisu je snadná regulace a pohyb beranu. Dále jsou využívány u vysokých střížných sil nad 2 500 N, protože mechanické by pro takovou sílu byly konstrukčně příliš velké. Výhoda mechanického pohonu je v jednodušší konstrukci a tím spojenou snadnější údržbou. Nevýhodou mechanického pohonu je konstantní rychlost beranu, nelze regulovat. Další nevýhodou je konstrukce, lis musí mít uzavřený rám, aby deformace vzniklé během stříhání byly jen ve směru pohybu beranu.

3 NÁVRH ŘEŠENÍ [17]

Boční kryt slunolamu (obr. 30.) se bude stříhat metodou přesného stříhání s tlačnou hranou, která je vhodná i z hlediska roční série 100 000 ks. Součást má délku 210 mm, šířku 32 mm a tloušťku 2 mm. Vystřižena bude z plechu, který je z hliníku, označený evropskou normou EN AW 1050A, český ekvivalent je ČSN 42 4004. Chemické složení plechu je uvedeno v tabulce 2 a jeho pevnostní vlastnosti v tabulce 3. Tento materiál je velmi odolný proti korozi. Dále je vhodný ke svařování a tváření.

Tab. 2. Chemické složení materiálu [17]

Prvek	Al a běžné nečistoty	Si	Fe	Cu	Mn	Cr	Zn	Ti	Ostatní
Obsah [%]	99,13	0,25	0,40	0,05	0,01	0,01	0,07	0,05	0,03

Tab. 3. Pevnostní vlastnosti materiálu [17]

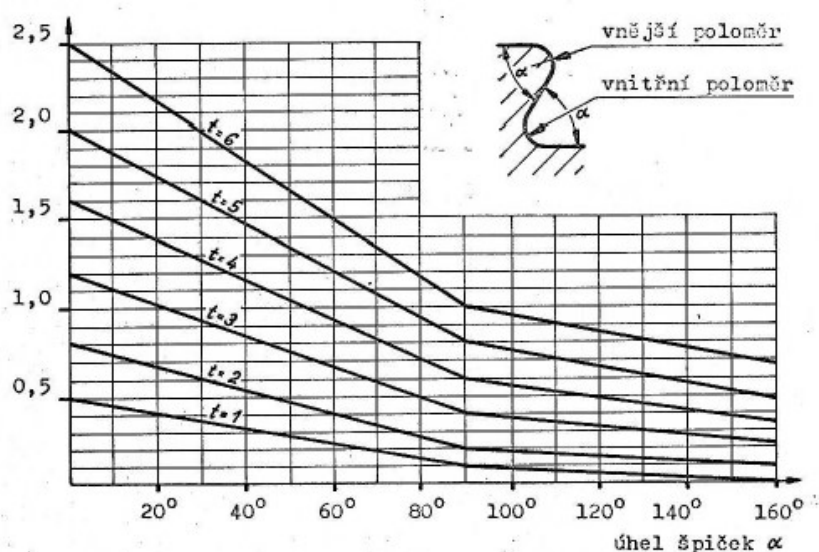
Pevnost v tahu [MPa]	Min. mez kluzu [%]	Min. tažnost [%]	Tvrдость [HBS]
60 – 90	15	29	18



Obr. 30. Boční kryt slunolamu

3.1 Technologičnost součásti [18]

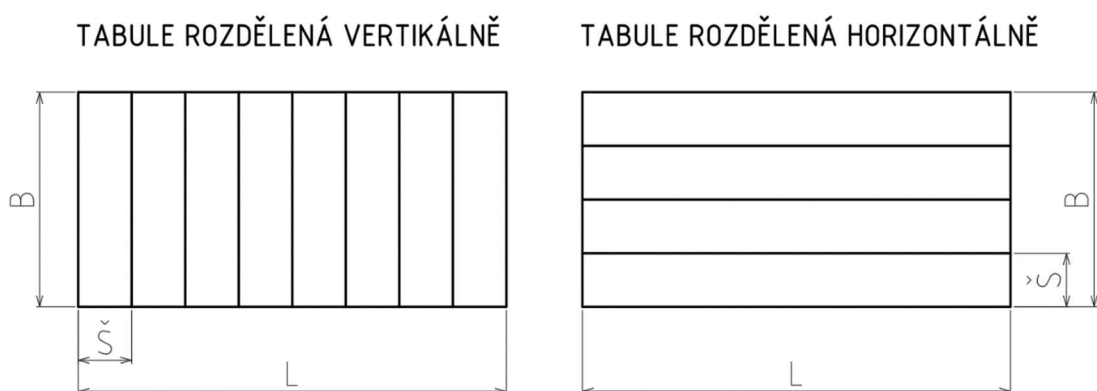
U navrhované součásti se bude kontrolovat jen velikost zaoblení na krajích, který byl navržen $R_s = 1$ mm. Běžně se kontroluje nejmenší možný výrobitelný otvor, vzdálenost otvoru od kraje apod. Tyto prvky se nenachází na součásti, takže nejsou třeba posuzovat. Rádus zaoblení se bude kontrolovat podle diagramu na obr. 31. V závislosti na tloušťce materiálu $s = 2$ mm a úhlu špičky $\alpha = 16,6^\circ$. Z diagramu je vidět, že navržený rádus lze metodou přesného stříhání vyrobit.



Obr. 31. Diagram minimálního poloměru [18]

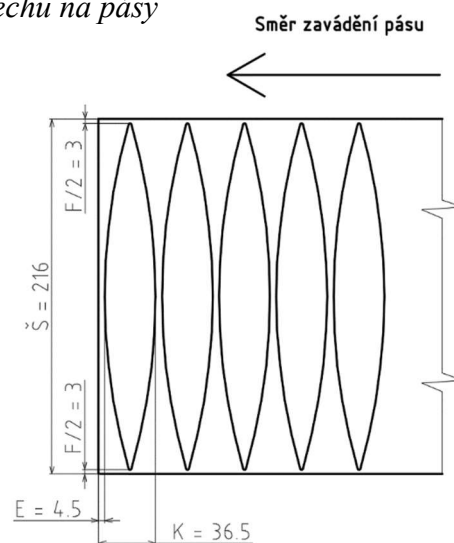
3.2 Nástřihový plán [19]

Zvolit co nevhodnější rozmístění součásti je velmi důležité, má podstatný vliv na ekonomičnost celé výroby a to především ve velkosériové výrobě. Nejdříve je nutné si určit velikost kroku a šířky pásu, tedy je potřeba určit vzdálenost mezi jednotlivými součásti a také vzdálenost od hrany pásu k součásti. Tyto hodnoty se určí z tabulky v příloze č. 2 podle tloušťky stříhaného materiálu. Nyní se zvažují různé varianty uložení součásti na plech. Součást lze stříhat rovnou ze svitku, nebo z pásů plechu, které se zhotoví dělením tabule. Pásky plechu se dělí dvěma způsoby, vertikálně a horizontálně (znázorněné obr. 32.) z tabule.

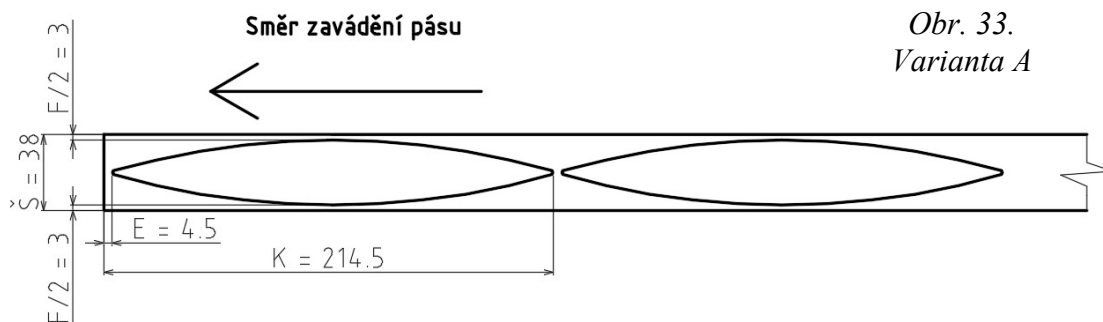


Obr. 32. Možnosti dělení tabule plechu na pásy

Dále se určí varianty rozložení na pás. Navrhovaná součást je poměrně jednoduchá, takže se budou zvažovat jen dvě varianty. Varianta A je na obrázku obr. 33 má šířku pásu 216 mm a krok 36,5 mm. Varianta B má šířku pásu 38 mm a délku kroku má 214,5mm na obr. 34. Pro každou variantu jsou provedeny výpočty a výsledky uvedeny v tabulkách, dle kterých je zvolena neoptimálnější varianta.



Obr. 33.
Varianta A



Obr. 34.
Varianta B

Pro výpočet nejefektivnější varianty se budou uvažovat tři rozměry tabule plechu a dva různě široké svitky o tloušťce 2 mm. Konkrétně plech 1000 x 2000 mm, 1250 x 2500 mm, 1500 x 3000 mm a Svitky s délkou 686 000 x 216 mm a 686 000 x 38 mm. Vypočtené hodnoty jsou shrnuty v tabulce 4. pro variantu A dělení tabule, v tabulce 5. pro variantu B dělení tabule a pro svitky v tabulce 6.

Výpočet hodnot pro stříhání z pásu plechu je proveden pro nejefektivnější uspořádání na tabuli. Je to tabule vertikálně dělená s rozdělením podle varianty A.

Počet pásů z tabule:

$$n_p = \frac{L}{\xi} = \frac{2000}{216} = 9,26 \dots 9 \text{ pásů} \quad (3.1)$$

Počet výstřížků z jednoho pásu:

$$n_{dp} = \frac{B}{K} = \frac{1000}{36,5} = 27,4 \dots 27 \text{ dílů} \quad (3.2)$$

Počet výstřížků z jedné tabule:

$$n_d = n_p \cdot n_{dp} = 9 \cdot 27 = 243 \text{ dílů} \quad (3.3)$$

Počet tabulí pro sérii:

$$n_t = \frac{n_{cs}}{n_D} = \frac{100\,000}{243} = 411,52 \text{ ks} \dots \text{ bude třeba 412 kusů tabule} \quad (3.4)$$

Využití materiálu z tabule:

$$\eta_t = \frac{S_d \cdot n_d}{S_t} \cdot 100 = \frac{4\,601,975 \cdot 243}{2\,000\,000} \cdot 100 = 55,9 \% \quad (3.6)$$

kde: S_d – plocha výstřížku [mm^2]

Tab. 4. Rozložení podle varianty A na tabule plechu

Vertikální rozdělení tabule					
Rozměry tabule	S_t	[mm^2]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000
Počet pásů z tabule	n_p	[ks]	9	11	13
Počet výstřížků z jednoho pásu	n_{dp}	[ks]	27	34	41
Počet výstřížků z tabule	n_d	[ks]	243	374	533
Počet tabulí pro sérii	n_t	[ks]	412	268	188
Využití materiálu z tabule	η	[%]	55,9	55,1	54,5
Horizontální rozdělení tabule					
Rozměry tabule	S_t	[mm^2]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000
Počet pásů z tabule	n_p	[ks]	4	5	6
Počet výstřížků z jednoho pásu	n_{dp}	[ks]	54	68	82
Počet výstřížků z tabule	n_d	[ks]	216	340	492
Počet tabulí pro sérii	n_t	[ks]	463	295	204
Využití materiálu z tabule	η	[%]	49,7	50,1	50,3

Tab. 5. Rozložení podle varianty B na tabule plechu

Vertikální rozdělení tabule					
Rozměry tabule	S_t	[mm ²]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000
Počet pásů z tabule	n_p	[ks]	52	65	78
Počet výstřížků z jednoho pásu	n_{dp}	[ks]	4	5	6
Počet výstřížků z tabule	n_d	[ks]	208	325	468
Počet tabulí pro sérii	n_t	[ks]	481	308	214
Využití materiálu z tabule	η_t	[%]	47,9	47,9	47,9
Horizontální rozdělení tabule					
Rozměry tabule	S_t	[mm ²]	1000 x 2000	1250 x 2500	1500 x 3000
Počet pásů z tabule	n_p	[ks]	26	32	39
Počet výstřížků z jednoho pásu	n_{dp}	[ks]	9	11	13
Počet výstřížků z tabule	n_d	[ks]	234	352	507
Počet tabulí pro sérii	n_t	[ks]	428	285	198
Využití materiálu z tabule	η_t	[%]	53,8	51,8	51,8

Při stříhání ze svitku má druh použitého odvíjecího zařízení zásadní vliv na délku svitku. Pro uchycení svitku se použije odvíjecí zařízení JO 200/1500, který vyrábí firma MASTR s.r.o. Odvíjecí zařízení a rovnací zařízení není součástí lisu a budou dodávány zvlášť. Výrobce udává maximální vnější průměr svitku $D_b = 1400$ mm a minimální vnitřní průměr $d_b = 460$ mm, další informace o odvíjecím zařízení jsou v příloze 3. Výpočet je proveden pro nejefektivnější rozložení na pás plechu.

Délka pásu plechu ve svitku:

$$L_p = \frac{D_b^2 - d_b^2}{4 \cdot s} \cdot \pi = \frac{1400^2 - 460^2}{4 \cdot 2} \cdot \pi = 686\,595 \text{ mm} \quad (3.7)$$

kde: D_b – maximální vnější průměr svitku [mm]
 d_b – minimální vnitřní průměr svitku [mm]

Objednaná délka svitku plechu bude 686 m.

Počet výstřížků z pásu plechu:

$$n_{ds} = \frac{L_p - l_0 - F}{K} = \frac{686\,595 - 100 - 3}{36,5} = 18\,808 \text{ ks} \quad (3.8)$$

kde: l_0 – délka odpadu pro zavedení pásu [mm]
 F – šířka postranního odpadu [mm]
 K – délka kroku [mm]

Počet svitků pro sérii:

$$n_s = \frac{n_{cs}}{n_{ds}} = \frac{100\,000}{18\,808} = 5,317 \text{ ks} \dots \text{ bude třeba 6 kusů svitků} \quad (3.9)$$

Využití materiálu z tabule:

$$\eta_s = \frac{n_{ds} \cdot S_d}{S_s} \cdot 100 = \frac{18\,808 \cdot 4\,601,975}{686\,000 \cdot 216} \cdot 100 = 58,4 \% \quad (3.10)$$

Tab. 6. Rozložení výstřížku na svitku plechu

Svitky				
Rozměry svitku	S_{svit}	[mm ²]	686 000 x 216 (v. A)	686 000 x 38 (v. B)
Počet výstřížků z pásu plechu	n_{ds}	[ks]	18 808	3 200
Počet svitků pro sérii	n_s	[ks]	6	32
Využití materiálu z tabule	η_s	[%]	58,4	56,5

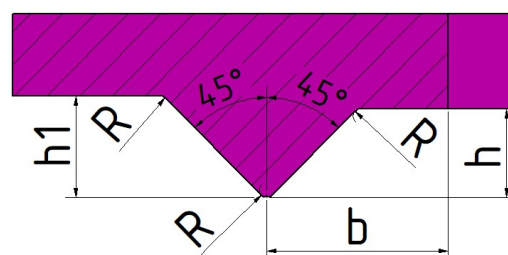
Jako nejhospodárnější metoda se z tabulek jeví rozmístění součástí podle metody A na svitek dlouhý 365 000 x 216 mm s využitím materiálu 58,4 %. Při porovnání nejefektivnějšího rozmístění na tabuli, kterým je tabule s vertikálním dělením a rozložením podle varianty A velikosti 1000 x 2000 mm a svitku, je svitek o 2,5 % více hospodárnější. Nejhorší využití vyšlo u vertikálně dělené tabule s variantou B u všech rozměrů tabule.

3.3 Tlačná hrana [2]

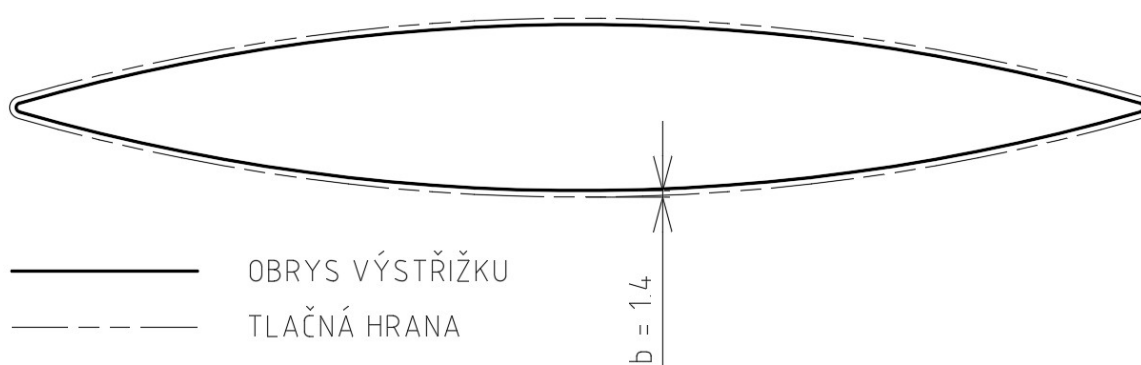
Tlačná hrana dopomáhá k docílení trojosé napjatosti. Umísťuje se vzhledem k tloušťce plechu jen na přitlačnou desku do 4 mm, nebo na přitlačnou desku a střížnici nad 4 mm. Také lze umístit tlačnou hranu na střížnici jen v rizikových místech. Při řešení zadané součásti bude tlačná hrana na přidržovači po celém obvodu, na střížnici není potřeba vzhledem k tloušťce stříhaného materiálu 2 mm. Znázornění tlačné hrany a obrysu součásti je obr. 36. Rozměry tlačné hrany se určí podle tloušťky plechu z tabulky v příloze č.4.

Rozměry tlačné hrany odpovídající obr. 35:

$b = 1,4 \text{ mm}$
 $h = 0,4 \text{ mm}$
 $h_1 = 0,45 \text{ mm}$
 $R = 0,08 \text{ mm}$



Obr. 35. Tlačná hrana [2]



Obr. 36. Vzdálenost tlačné hrany od obrysu výstřížku

3.4 Střížná síla, práce a vůle

Střížná síla

Výpočet se provede podle vztahu (2.1). Obvod stříhané součásti $L_s = 428,028$ mm byl vypočítán programem Autodesk Inventor Professional 2019. Pro zvolený materiál ČSN 42 4004 je mez pevnosti v rozmezí (100 až 140) $\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$ (viz příloha č. 3.) Jako mez pevnosti byla zvolena hodnota $R_m = 140 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$. Tloušťka materiálu je $s = 2 \text{ mm}$ a pro součinitel otupení byla zvolena hodnota $n = 1,2$.

$$F_s = n \cdot L_s \cdot s \cdot 0,9 \cdot R_m = 1,2 \cdot 428,028 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 140 = 129\,435,667 \text{ N}$$

Přidržovací síla

Přidržovací síla se vypočítá podle vztahu (2.2). Délka tlačné hrany byla opět vypočítána programem Autodesk Inventor Professional 2019 $L_h = 436,825$ mm. Výška tlačné hrany byla zvolena v předchozí kapitole a to $h = 0,4$ mm.

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h = 4 \cdot 140 \cdot 436,825 \cdot 0,4 = 97\,848,800 \text{ N}$$

Vyhazovací síla

Síla od vyhazovače se vypočítá podle vztahu (2.3), kde je velikost vyhazovací síly uvažována jako 20% střížné síly.

$$F_v = 0,2 \cdot F_s = 0,2 \cdot 129\,435,667 = 25\,887,133 \text{ N}$$

Celková síla

Celková síla se vypočítá podle vztahu (2.4) sečtením všech vypočtených sil.

$$F_c = F_s + F_p + F_v = 129\,435,667 + 97\,848,800 + 25\,887,133 = 253\,171,600 \text{ N}$$

Celková síla byla zaokrouhlena na $F_c = 253,17 \text{ kN}$

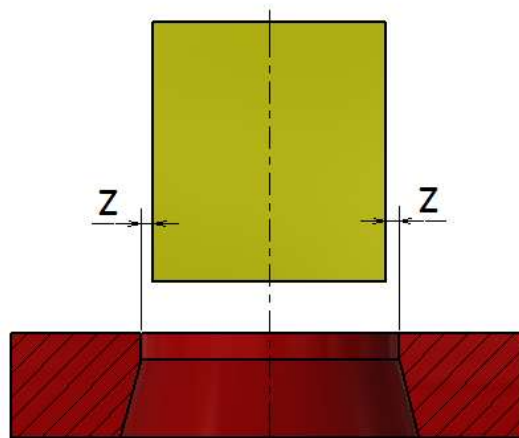
Střížná práce

Střížná práce se vypočítá podle vztahu (2.5). Součinitel plnosti byl určen podle obr.12 v kapitole 2.1. Pro hliníkové materiály je $\lambda = 0,7$.

$$A = \lambda \cdot F_s \cdot s = 0,7 \cdot 129\,435,667 \cdot 2 = 181\,209,934 \text{ J}$$

Střížná vůle

Střížná vůle se skládá ze dvou střížných mezer viz. obr. 37. Pro výpočet střížné vůle se používají dva různé vztahy, jejichž použití závisí na tloušťce stříhaného materiálu. Součást má tloušťku 2 mm, proto je použit vztah (2.7). Ve vztahu se nachází koeficient závislý na druhu stříhání, který se pro přesné stříhání s tlačnou hranou volí $c = 7 \cdot 10^{-4}$. Mez pevnosti byla definována jako $R_m = 140 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ při výpočtu střížné síly a tloušťka materiálu je $s = 2 \text{ mm}$. Pro výpočet střížné mezery se použije vztah (2.6).



Obr. 37.
Znázornění střížných mezer

Střížná vůle

$$v = c \cdot s \cdot 0,32 \sqrt{0,9 \cdot R_m} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0,32 \sqrt{0,9 \cdot 140} = 0,005 \text{ mm}$$

Střížná vůle, vypočítaná podle vztahu (2.7), vyšla vlivem nízké pevnosti stříhaného materiálu příliš malá a bylo by obtížné ji dodržet při konstrukci nástroje. V praxi lze spočítat střížnou vůli jako 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu. Nadále se bude používat střížná vůle vypočítaná podle vztahu (3.11)

Střížná vůle

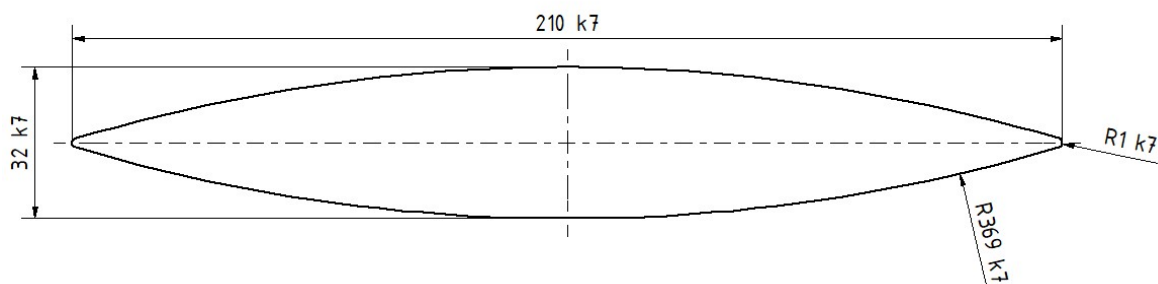
$$v = s \cdot 0,5 \% = 2 \cdot 0,5 \% = 0,01 \text{ mm} \quad (3.11)$$

Střížná mezera

$$v = 2 \cdot z \Rightarrow z = \frac{v}{2} = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ mm}$$

3.6 Výpočet rozměrů střížníku a střížnice [20], [21]

Při stanovení rozměrů střížníku a střížnice je nutné určit, zda se jedná o vystřihování nebo děrování. Při vystřihování je brán jako základní rozměr, rozměr střížnice. Rozměr střížníku je zmenšen o střížnou vůli. Naopak u děrování, se základní rozměr bere podle rozměru střížníku. Střížnice je následně zvětšena o střížnou vůli. Rozměry součásti s tolerancemi jsou na obrázku 38.



Obr. 38. Výstřížek s rozměry a tolerancemi

Zadaná součást nemá žádné prvky, které se musí děrovat. Rozměry střížníku a střížnice se spočítají podle následujících vztahů. Pro výpočet střížnice se použije vztah (3.12) a pro výpočet střížníku vztah (3.13). Výrobní tolerance střížnice a střížníku se určí podle tolerancí stříhané součásti. Hodnoty vybraných výrobních tolerancí jsou uvedeny v tabulce 7, celý seznam je v příloze 5. Rozměry střížnice a střížníku jsou na obrázku 39.

Střížnice

$$REV = (JR + \Delta_v) + TE \text{ [mm]} \quad (3.12)$$

kde: REV – rozměr střížnice při vystřihování [mm]
JR – jmenovitý rozměr [mm]
TE – výrobní tolerance střížnice [mm]
 Δ_v – tolerance výstřížku [mm]

Střížník

$$RAV = (JR - v + \Delta_v) - TA \text{ [mm]} \quad (3.13)$$

kde: RAV – rozměr střížnice při vystřihování [mm]
TA – výrobní tolerance střížnice [mm]

Tab. 7. Hodnoty vybraných výrobních tolerancí střížnice a střížníku [20], [21]

Jmenovitý rozměr [mm]	Rozsah tolerance součásti [mm]	Střížnice – TE [mm]	Střížník – TA [mm]
1	0,010	0,007	0,004
32	0,025	0,007	0,004
210	0,046	0,016	0,011
369	0,057	0,019	0,013

Rozměr 1 mm

$$REV = (JR + \Delta_v) + TE = (1 + 0,01) + 0,007$$

$$REV = 1,01_{-0}^{+0,007}$$

$$RAV = (JR - v + \Delta_v) - TA = (1 - 0,01 + 0,01) - 0,004$$

$$RAV = 1_{-0,004}^{+0}$$

Rozměr 32 mm

$$REV = (JR + \Delta_v) + TE = (32 + 0,025) + 0,007$$

$$REV = 32,025_{-0}^{+0,007}$$

$$RAV = (JR - v + \Delta_v) - TA = (32 - 0,01 + 0,025) - 0,004$$

$$RAV = 32,015_{-0,004}^{+0}$$

Rozměr 210 mm

$$REV = (JR + \Delta_v) + TE = (210 + 0,046) + 0,016$$

$$REV = 210,046_{-0}^{+0,016}$$

$$RAV = (JR - v + \Delta_v) - TA = (210 - 0,01 + 0,046) - 0,011$$

$$RAV = 210,036_{-0,011}^{+0}$$

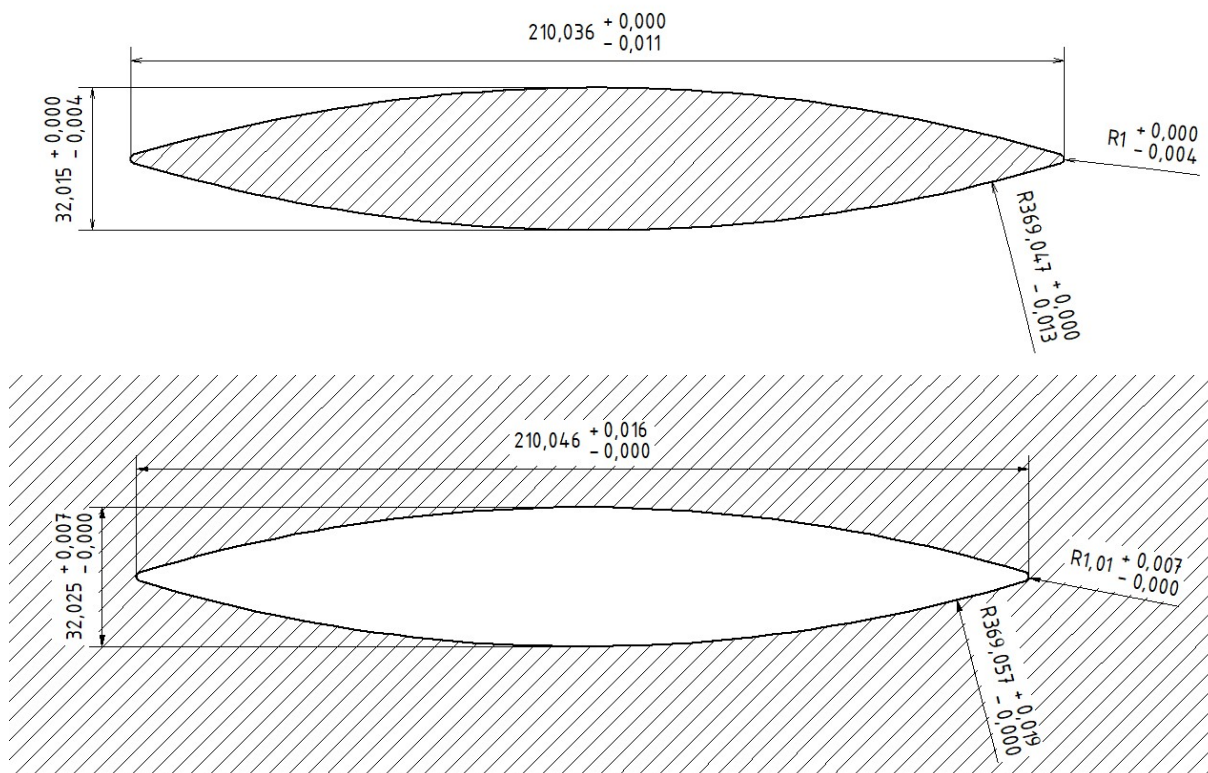
Rozměr 369 mm

$$REV = (JR + \Delta_v) + TE = (369 + 0,057) + 0,019$$

$$REV = 369,057_{-0}^{+0,019}$$

$$RAV = (JR - v + \Delta_v) - TA = (369 - 0,01 + 0,057) - 0,013$$

$$RAV = 369,047_{-0,013}^{+0}$$



Obr. 39. Rozměry střížníku a střížnice

3.7 Kontrola střížníku a střížnice

Kontrola na vzpěr

Při stříhání může dojít k vybočení či vzpěru střížníku vlivem tlakového působení sil. To může způsobit poškození stříhacího nástroje a negativně ovlivnit kvalitu stříhu. Z toho důvodu se počítá kritická délka střížníku podle vzorce (3.14).

$$l_k = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_s}} \text{ [mm]} \quad (3.14)$$

kde: E – modul pružnosti v tahu (pro ocel $E = 2,15 \cdot 10^5$) [MPa]
 I – moment setrvačnosti průřezu střížníku [mm⁴]
 k_b – koeficient bezpečnosti (1,5 až 2) [-]

Pro výpočet kritické délky střížníku je potřeba zvolit koeficient bezpečnosti a vypočítat moment setrvačnosti střížníku. Koeficient bezpečnosti bude zvolen $k_b = 2$ a moment setrvačnosti se spočítá podle vzorce (3.15)

$$I = \frac{\pi}{64} \cdot b_{st} \cdot h_{st}^3 = \frac{\pi}{64} \cdot 32 \cdot 210^3 = 14\,547\,144 \text{ mm}^4 \quad (3.15)$$

kde: b_{st} – šířka střížníku [mm]
 h_{st} – výška střížníku [mm]

Dosazení do vzorce (3.12):

$$l_k = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 14\,547\,144}{2 \cdot 129\,435,667}} = 21\,839,7 \text{ mm}$$

Délka střížníku nesmí být větší než 21 839,7 mm. Takto vysoká hodnota kritické délky střížníku je z důvodu poměrně velkých rozměrů střížníku.

Kontrola pevnosti střížníku

Jako další kontrola střížníku se provádí kontrola pevnosti podle vzorce. Kde se spočítá, jestli nemůže dojít k momentu, že by střížník nezvládl odolávat zatížení. Střížník je vyroben z nástrojové oceli 19 436, tento materiál je schopný odolávat napětí v tahu $\sigma_{dov} = (2\,700 \text{ až } 3\,100)$ MPa. Aby bylo dosaženo co možná největší bezpečnosti, byla zvolena nejnižší hranice dovoleného napětí v tahu $\sigma_{dov} = 2\,700$ MPa, při tepelném zpracování na 62 HRC. Pevnostní výpočet se provede podle (3.16) a následně se porovná s dovoleným napětím. Plocha průřezu střížníku $S_d = 4\,601,975 \text{ mm}^2$ byla vypočítána programem Autodesk Inventor Professional 2019.

$$\sigma_d = \frac{F_s}{S_d} = \frac{129\,435,667}{4\,601,975} = 28,13 \text{ MPa} \quad (3.16)$$

kde: S_d – plocha průřezu střížníku [mm²]

Při porovnání vypočtené pevnosti střížníku $\sigma_d = 28,13$ MPa a dovoleného napětí v tahu $\sigma_{dov} = 2\,700$ MPa je patrné, že střížník je namáhán mnohonásobně méně než je dovolené napětí, tedy vyhovuje. Nízká hodnota je z důvodu druhu střížného materiálu a je také ovlivněna poměrně velkými rozměry střížníku.

Výpočet minimální výšky střížnice

Střížnice je při stříhání namáhána na tlak a ohyb. Minimální výška se spočítá ze střížné síly a dovoleného napětí v ohybu pro ocel 19 437, ze které se bude střížnice vyrábět.

$$H = \sqrt{\frac{1,5 \cdot F_s}{\sigma_{dovs}}} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot 129\,435,667}{0,43 \cdot 3\,750}} = 10,97 \text{ mm} \quad (3.17)$$

kde: σ_{dovs} – dovolené napětí v ohybu pro ocel 19 437 [MPa] ($\sigma_{dovs} = 0,43 \cdot R_{ms}$)
 R_{ms} – mez pevnosti pro ocel 19 437 ($R_{ms} = 3\,750 \text{ MPa}$)

Z výpočtu bylo zjištěno že střížnice by neměla mít výšku menší než 10,97 mm. Jelikož pro konstrukci stříhadla byla zvolená střížnice o výšce 20 mm je tato podmínka splněna s velkou rezervou.

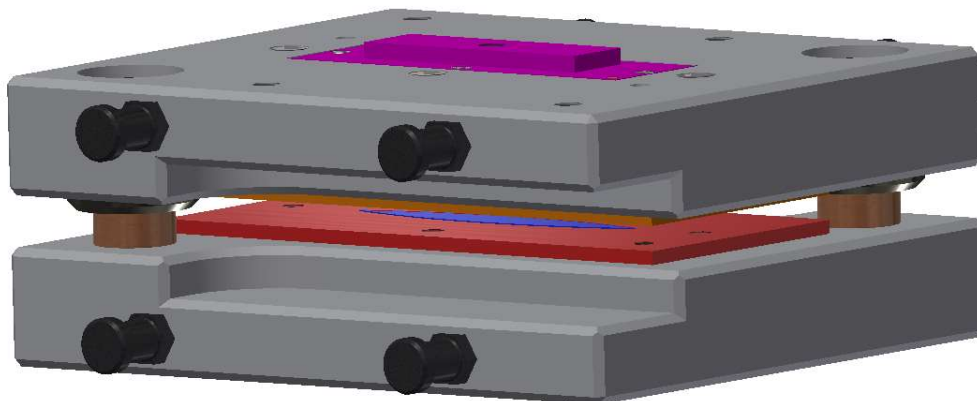
3.7 Princip střížného nástroje

Pro konstrukci střížného nástroje byla zvolena varianta s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. Návrh nástroje probíhal dle směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání Zbrojovky Brno. Model střížného nástroje (obr. 40.) byl vytvořen v programu Autodesk Inventor Professional 2019, číselný popis částí nástroje odpovídá pozicím ve výkresové dokumentaci. Nástroj lze rozdělit na dvě hlavní části, horní a spodní.

V horní části střížného nástroje se nachází upínací deska (2), která obsahuje přenášecí čepy (15). Obdélníková přitlačná deska (3) je uchycena do upínací desky za pomoci čtyř šroubů (21) a zajištěna proti pootočení dvěma válcovými kolíky (24). V přitlačné desce je umístěn střížník (8), ve kterém je odlepovací kolík (17), sloužící k případnému odlepení výstřižku od střížníku. Ten je ovládaný mechanicky pomocí pružiny (18) zajištěné šroubem (28). Střížník je osazením uložen v kotevní desce střížníku (9), která je spojena s opěrnou deskou střížníku (11) a držákem střížníku (6), za pomoci čtyř šroubů (23) a dvou kolíků (26).

V dolní části střížného nástroje se nachází základní deska (1), na které se taktéž nachází přenášecí čepy (15). Střížnice (4) je ustavena do základní desky pomocí dvou válcových kolíků (17) a uchycena čtyřmi šrouby (21). Vyhazovač (7) je také pomocí odsazení uchycen v kotevní desce vyhazovače (10). Kotevní deska vyhazovače je ustavena válcovými kolíky (27) a spojena šrouby (25) s opěrnou deskou vyhazovače (12). Pohyb vyhazovače zajišťuje vyhazovací deska (5).

Základní deska a upínací deska jsou spojeny vodícím sloupkem (13). Sloupky jsou v upínací desce uchyceny nalisovaným vodícím pouzdrem (14). V základní desce jsou sloupky ustaveny pomocí kuželového tvaru a jsou uchyceny pomocí podložky (16) a šroubu (22).



Obr. 40. Střížný nástroj

3.8 Volba lisu [22]

Pro přesné stříhání je zapotřebí použít trojčinné lisu (viz kap.2.5). Lis byl zvolen na základě celkové síly $F_c = 253,17 \text{ kN}$, rozměrů střížného nástroje (480 x 450) mm a výšky zdvihu 15 mm. Pro vyráběnou součást bude zvolen lis XFT 1500 speed od společnosti FEINTOOL. Jedná se o servo–mechanický lis, který kombinuje výhody hydraulických lisů, mechanických lisů a servo technologie. Lis XFT 1500 speed je zobrazen na obrázku 41. Parametry lisu jsou uvedeny v tabulce 8.



Obr. 41. XFT 1500 speed [21]

Tab. 8. Parametry lisu XFT 1500 speed [21]

Parametr	Hodnota	Jednotka
Maximální celková síla	1 500	kN
Maximální zdvih beranu	50	mm
Počet úderů za minutu	200	min ⁻¹
Maximální šířka pásu	220	mm
Maximální tloušťka pásu	6	mm
Horní upínací plocha	480 x 480	mm
Dolní upínací plocha	480 x 480	mm
Celkový příkon (50Hz/60Hz)	87/102	kW
Hmotnost	15 000	kg

4 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro zhodnocení výroby se provádí technicko-ekonomické zhodnocení. Výpočty se budou provádět z důvodů zjištění nákladů na výrobu střížného nástroje a bodu zvratu (obr. 42.). Bod zvratu udává počet vyrobených součástí, při kterých se z neziskové výroby stane zisková. Pro zjednodušení výpočtů se nebudou započítávat ceny lisu, odvíjecího zařízení a rovnacího zařízení. Bude se předpokládat, že podnik je těmito stroji již vybaven.

Pro výrobu součástí byl zvolen svitek plechu o délce 686 000 mm, šířce 216 mm a tloušťce 2 mm z hliníku ČSN 42 4004. Nákupní cena jednoho kilogramu zvoleného hliníku je stanovena na $C_{svkg} = 117,9 \text{ Kč/kg}$ a výkupní cena činí $C_{okg} = 12,3 \text{ Kč}$.

Celková hmotnost svítků

$$m_{sv} = L_p \cdot \check{S}_{sv} \cdot t_{sv} \cdot \rho_{Al} \cdot n_s = 686 \cdot 0,216 \cdot 0,002 \cdot 2\,700 \cdot 6 = 4\,800,9 \text{ kg} \quad (4.1)$$

Cena svítků

$$C_{sv} = C_{svkg} \cdot m_{sv} = 117,9 \cdot 4\,800,9 = 566\,026,11 \text{ Kč} \quad (4.2)$$

Hmotnost odpadu

$$m_o = m_{sv} \cdot \frac{100 - \eta_s}{100} = 4\,800,9 \cdot \frac{100 - 58,4}{100} = 1\,997,17 \text{ kg} \quad (4.3)$$

Cena za vykoupený odpad

$$C_o = C_{okg} \cdot m_o = 12,3 \cdot 1\,997,17 = 24\,565,19 \text{ Kč} \quad (4.4)$$

Celková cena za materiál

$$C_{mat} = C_{sv} - C_o = 566\,026,11 - 24\,565,19 = 541\,460,92 \text{ Kč} \quad (4.5)$$

Cena za materiál jedné součásti

$$C_{MatKS} = \frac{C_{mat}}{N} = \frac{541\,460,92}{100\,000} = 5,41 \text{ Kč} \quad (4.6)$$

Mezi další náklady, které je zapotřebí zvážit, patří mzdy obsluhy lisu. Hodinová mzda dělníků byla stanovena na $C_{obs} = 180 \text{ Kč}$, výroba bude probíhat v jednosměnném provozu. Směna byla zvolena $t_s = 8 \text{ hod}$, ve které je započtena 1 hodina na kontrolu součástí a 0,5 hodiny na údržbu a úklid. Počet zdvihů lisu byl stanoven $n_z = 170 \text{ min}^{-1}$. Náklady na výrobu střížného nástroje jsou $C_n = 621\,000 \text{ Kč}$ a byly stanoveny dle cenové nabídky firmy, zabývající se výrobou nástrojů pro přesné stříhání.

Počet součástí vyrobených za 1 hodinu

$$N_{sh} = n_z \cdot 60 = 170 \cdot 60 = 10\,200 \text{ ks} \quad (4.7)$$

Počet součástí vyrobených za 1 směnu

$$N_{ss} = N_{sh} \cdot (t_s - t_k - t_{uu}) = 10\,200 \cdot (8 - 1 - 0,5) = 66\,300 \text{ ks} \quad (4.8)$$

Počet potřebných směn pro splnění série

$$N_{ps} = \frac{N}{N_{ss}} = \frac{100\,000}{66\,300} = 1,51 \quad (4.9)$$

Pro splnění výrobní série 100 000 ks jsou zapotřebí $N_{ps} = 2$ směny.

Počet hodin pro splnění série

$$N_{ch} = N_{ps} \cdot t_s = 2 \cdot 8 = 16 \text{ hod} \quad (4.10)$$

Přímé náklady na mzdu obsluhy lisu

Navýšené o sociální (25 %) a zdravotní pojištění (9 %)

$$C_{pm} = N_{ch} \cdot C_{obs} \cdot 1,25 \cdot 1,09 = 16 \cdot 180 \cdot (1,25 + 1,09) = 6\,739,2 \text{ Kč} \quad (4.11)$$

Náklady na mzdy včetně režii

Výrobní režie byly zvoleny $V_R = 300 \%$ a správní režie byly zvoleny $S_R = 110 \%$.

$$C_{mr} = C_{pm} \cdot (V_R + S_R) = 6\,739,2 \cdot (3 + 1,1) = 27\,630,72 \text{ Kč} \quad (4.12)$$

Náklady na energie

Podle interních informací firmy byla určena hodinová energetická náročnost na $P_{vy} = 96 \text{ kW}$. Cena za 1 kWh je $C_e = 4,91 \text{ Kč}$.

$$C_{en} = P_{vy} \cdot C_e \cdot N_{ch} = 96 \cdot 4,91 \cdot 16 = 7\,541,76 \text{ Kč} \quad (4.13)$$

Náklady na výrobu jedné součásti

$$C_s = \frac{C_{mat} + C_{mr} + C_n + C_{en}}{N} \quad (4.14)$$

$$C_s = \frac{541\,460,92 + 27\,630,72 + 621\,000 + 7\,541,76}{100\,000} = 11,98 \text{ Kč}$$

Cena jedné součásti

Součást se bude prodávat s 60 % marží.

$$C_{ps} = C_s \cdot 1,6 = 11,98 \cdot 1,6 = 19,17 \text{ Kč} \quad (4.15)$$

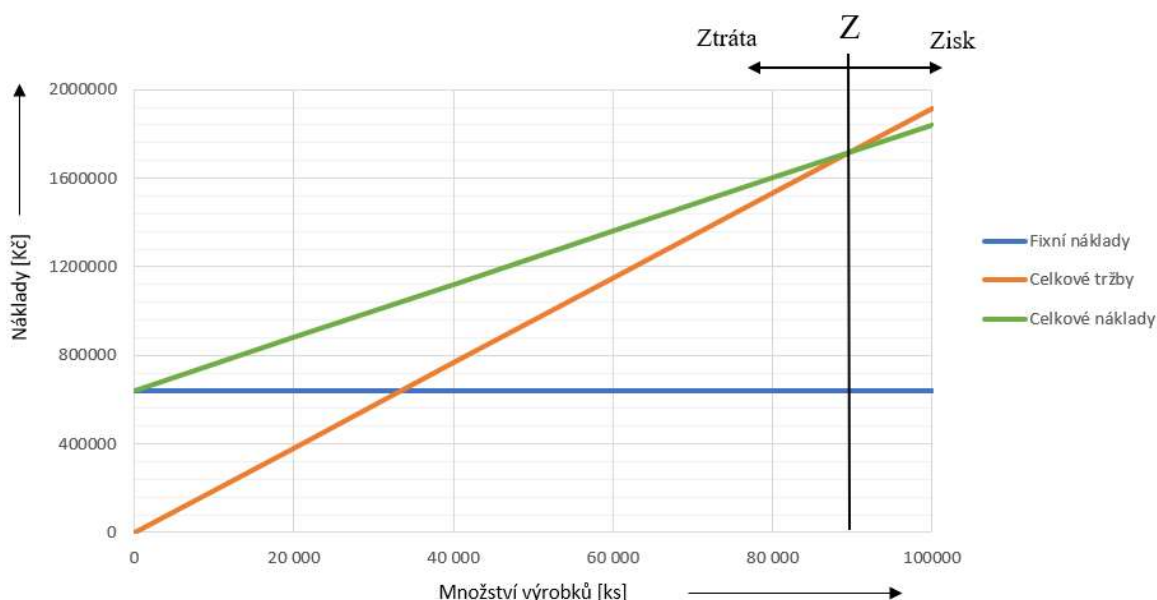
Fixní náklady

$$C_{fix} = C_n + C_{mr} - C_{pm} = 621\,000 + 27\,630,72 - 6\,739,2 = 641\,891,52 \text{ Kč} \quad (4.16)$$

Bod zvratu

$$Z = \frac{C_{fix}}{C_{ps} - C_s} = \frac{641\,891,52}{19,17 - 11,98} = 89\,275,59 \text{ ks} \quad (4.17)$$

Bod zvratu byl stanoven při 89 276 vyrobených kusech.



Obr. 42. Bod zvratu

5 ZÁVĚRY

Bakalářská práce se zabývá výrobou boční krytky slunolamu. Z možných technologií výroby jako řezání laserem, vodním paprskem nebo stříháním, byla vybrána nejvhodnější a to technologie přesného stříhání s tlačnou hranou, která je vhodná pro velkosériovou výrobu a zajišťuje specifické požadavky na kvalitu střížné plochy a rozměrovou přesnost krytky. Jako polotovár byl zvolen hliníkový plech označený normou ČSN 42 4004, který dokáže dobře odolávat korozi a povětrnostním vlivům a má nízkou hmotnost.

U součásti byla provedena kontrola technologičnosti. Jelikož se jedná o poměrně jednoduchou součást, byla provedena kontrola zaoblení ostrých rohů. Z různých variant uložení součástí na plech byla vybrána ta, kdy byly součásti rozloženy svisle na svitku plechu o rozměrech 686 000 x 216 x 2 mm. Pro splnění požadované roční série 100 000 kusů bude zapotřebí 6 svitků plechu, kdy využití materiálu vyšlo na 58,2 %.

Následoval výpočet střížné vůle, který vyšel $v = 0,005$ mm. Po výpočtu rozměrů a tolerancí střížníku a střížnice a jejich následné kontrole, byl proveden návrh střížného nástroje. Konstrukce probíhala podle směrnic pro přesné stříhání s tlačnou hranou podniku Zbrojovka Brno. Střížný nástroj byl zvolen s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. Na základě konstrukce byla zhotovena výkresová dokumentace sestavy střížného nástroje a výrobní výkresy střížníku a střížnice.

Při volbě lisu se vycházelo z parametrů jako jsou celková síla 253,17 kN, rozměry střížného nástroje 480 x 450 mm a výšky zdvihu 15 mm. Na základě těchto kritérií byl zvolen lis XFT 1500 speed od společnosti FEINTOOL, který vyhovuje všem zmíněným parametrům.

Na závěr bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, které posuzuje vybranou technologii. Podle provedených výpočtů byl stanoven bod zvratu, při vyrobených 89 276 kusech se stává výroba zisková. To znamená, že výrobní série 100 000 kusů za rok bude zisková.

Navržená technologie přesného stříhání je vhodná pro výrobu zadané součásti – krytky, jak z hlediska ekonomického, tak i technologického, díky použití sdruženého stříhadla a splnění požadavků na tvarovou a rozměrovou přesnost.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006, 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
2. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNY. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. ISBN 9788021434257.
3. DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; ŽÁK, Ladislav. *Technologie tváření: Návod do cvičení*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 103 s. ISBN 80-214-2881-3.
4. GUIDI, Alfons. *Přistřihování a přesné stříhání*. 1. vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1969. 138 s. DT 621.961
5. Plechové výlisky. *Rosta* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.rostra.cz/cz/referenzen/blechstanzteile/>
6. Střížné nástroje. *Company PMX s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.companypmx.cz/pmx/kontakt.html>
7. Svitek. *Contica STAV s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <http://www.econtica.cz/Plech/426-svitek-0-60x1000mm-hlinik-al-prirodni>
8. CHAMRAD, Jakub. *Porovnání technologií řezání vodním paprskem a laserem* [online]. Brno, 2014. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/studenti/zav_prace?zp_id=72772.
9. Watercut. *New Jersey WATERJET* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.newjerseywaterjet.com/>
10. Řezání laserem. *THkovo* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: https://thkovo.cz/nase_sluzby.html
11. Stříhání plechů. *GAF s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.gaf.cz/cs/strihani-plechu>
12. Plocha stříhu. *THE HONG KONG POLYTECHNIC UNIVERSITY* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: https://www.polyu.edu.hk/ise/fine_blank/information.html
13. NOVOTNÝ, Karel, Zdeněk MACHÁČEK. *Speciální technologie I: Plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: Nakladatelství VUT Brno, 1992. s. 171. ISBN 80-214-0404-3.
14. HOSFORD, William F. a Robert M. CADDELL. *Metal forming: mechanics and metallurgy*. 4th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. ISBN 978-1-107-00452-8.
15. Akademie tváření: Technologičnost konstrukce v návrhu výstřížků. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-technologicnost-konstrukce-vnavrhu-vystrizku.html>
16. SCHULER GMBH. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. ISBN 35-406-1185-1.
17. Hliníkové svitky. *NPS PROAL s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinikove-plechy-a-svitky/hlinikove-svitky-prirodni-a-embosovane/>

18. VYSKOČIL, Oldřich a Pavel BARTOŠ. 30. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. Brno: Zbrojovka Brno n. p., 1977. 88 s.
19. Odvíjecí zařízení. *MASTR s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <http://www.mastr.sk/>
20. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vřtle: Směrnice pro výpočet konstrukcí.* Praha: Vydavatelství ÚNM, 1977, 28 s. N 16 198.
21. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 5. vyd. Úvaly: Pedagogické nakladatelství Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4
22. Feintool. *Feintool* [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.feintool.com/en/>
23. Batima. Batima [online]. [cit. 2020-06-07]. Dostupné z: <https://www.batima.cz/produkty/stineni-a-pristresky/hlinikove-slunolamy>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Střížná práce	[J]
a	Vzdálenost střížníku od střížnice	[mm]
a'	Vzdálenost střížnice od základní desky	[mm]
B	Šířka tabule plechu	[mm]
b	Vzdálenost tlačné hrany od střížné křivky	[mm]
b _s	Šířka střížníku	[mm]
c	Koeficient závislý na druhu stříhání	[-]
C _e	Cena za 1 kWh	[Kč]
C _{en}	Náklady na energie	[Kč]
C _{matKS}	Celková cena materiálu	[Kč]
C _{mr}	Náklady na mzdy včetně režii	[Kč]
C _n	Náklady na výrobu nástroje	[Kč]
C _o	Celková cena odpadu	[Kč]
C _{obs}	Hodinová mzda obsluhy	[Kč]
C _{okg}	Cena výkupu 1 kg hliníku	[Kč]
C _{pm}	Přímé náklady na mzdu obsluhy	[Kč]
C _{ps}	Cena součásti	[Kč]
C _{sv}	Cena svitků pro sérii	[Kč]
C _{svkg}	Cena 1 kg svitku	[Kč]
D _b	Maximální vnější průměr svitku	[mm]
d _b	Minimální vnitřní průměr svitku	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
F	Šířka postranního odpadu	[mm]
F _c	Celková síla	[N]
F _p	Síla přitlačné desky	[N]
F _s	Střížná síla	[N]
F _v	Síla vyhazovače	[N]
H	Minimální výška střížnice	[mm]
h	Výška tlačné hrany	[mm]
h ₁	Výška tlačné hrany s odlehčením	[mm]
h _{st}	Výška střížníku	[mm]
h _s	Hloubka vniknutí nože	[mm]
I	Moment setrvačnosti	[mm ⁴]
JR	Jmenovitý rozměr	[mm]
K	Krok	[mm]
k _b	Koeficient bezpečnosti	[-]
L	Délka tabule plechu	[mm]
L _h	Délka tlačné hrany	[mm]
L _k	Kritická délka střížníku	[mm]
l _o	Délka odpadu pro zavedení pásu	[mm]
L _p	Délka svitku	[mm]
L _s	Délka stříhu	[mm]
m _o	Hmotnost odpadu	[kg]
m _{sv}	Hmotnost svitků pro výrobní sérii	[kg]
N	Výrobní série	[ks]
n	Součinitel otupení	[-]
n _d	Počet výstřížků z tabule	[ks]
n _{dp}	Počet výstřížků z jednoho pásu	[ks]
n _{ds}	Počet výstřížků z jednoho pásu	[ks]
N _{ch}	Počet hodin pro splnění série	[hod]
n _p	Počet pásů z tabule	[ks]

N_{ps}	Počet potřebných směn pro splnění výrobní série	[ks]
n_s	Počet svítek pro splnění výrobní série	[ks]
N_{sh}	Počet součástí za hodinu	[ks]
N_{ss}	Počet součástí za směnu	[ks]
n_t	Počet tabulí pro sérii	[ks]
n_z	Počet zdvihů	[min ⁻¹]
p	Měrný tlak	[MPa]
P_{vy}	Energetická náročnost	[kWh]
R	Rádus zaoblení	[mm]
R_s	Rádus zaoblení součásti	[mm]
RAV	Rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
REV	Rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
R_m	Mez pevnosti	[MPa]
R_{ms}	Mez pevnosti ocele 19 437	[MPa]
S	Plocha stříhané součásti	[mm ²]
s	Tloušťka stříhaného materiálu	[mm]
S_d	Plocha průřezu střížníku	[mm ²]
S_p	Plocha přidržovací síly	[mm ²]
S_R	Správné režie	[%]
S_{svit}	Rozměry svitku	[mm ²]
S_t	Rozměry tabule	[mm ²]
S_v	Plocha vyhazovací síly	[mm ²]
$\check{S}$	Šířka pásu	[mm]
$\check{S}_{sv}$	Šířka svitku	[mm]
TA	Výrobní tolerance střížníku	[mm]
TE	Výrobní tolerance střížnice	[mm]
t_k	Čas na kontrolu	[hod]
t_s	Čas směny	[hod]
t_{sv}	Tloušťka svitku	[mm]
t_{uu}	Čas na údržbu a úklid	[hod]
v	Střížná vůle	[mm]
V_R	Výrobní režie	[%]
z	Střížná mezera	[mm]
Z	Bod zvratu	[ks]
α	Úhel špičky	[°]
β	Úhel zkoseného přidržovače	[°]
η_s	Využití materiálu svitku	[%]
η_t	Využití materiálu tabule	[%]
λ	Součinitel plnosti	[-]
ρ_{Al}	Hustota hliníku	[kg/m ³]
σ_d	Napětí ve stříhu	[MPa]
σ_{dovs}	Dovolené napětí v ohybu pro ocel 19 437	[MPa]
τ_s	Pevnost ve stříhu	[MPa]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Výrobky plošného tváření [5].....	9
Obr. 2 Výrobky plošného tváření [5].....	9
Obr. 3 Svitek plechu [6].....	9
Obr. 4 Stříhací lis [7]	9
Obr. 5 Vertikální slunolam [23].....	10
Obr. 6 Profil slunolamu [23].....	10
Obr. 7 Řezání vodním paprskem [9].....	10
Obr. 8 Řezání laserem [10]	11
Obr. 9 Stříhání [11]	11
Obr. 10 Střížná plocha běžného a přesného stříhání [12]	12
Obr. 11 Přistřihování vnějších obrysů s kladnou a se zápornou vůlí [2]	13
Obr. 12 Přistřihování vnitřních otvorů [2]	14
Obr. 13 Kombinace stříhání otvorů s přistřihováním [2].....	14
Obr. 14 Kalibrování vnitřních otvorů [13].....	15
Obr. 15 Kalibrování vnějších obrysů [13]	15
Obr. 16 Děrování se zaoblenými střížnými hranami [2]	15
Obr. 17 Vystřihování se zaoblenými střížnými hranami [2]	15
Obr. 18 Stříhání se zkoseným přidržovačem [2]	16
Obr. 19 Postup přesného stříhání s tlačnou hranou [4].....	17
Obr. 20 Umístění tlačné hrany při členitém obrysu výstřížku [3]	18
Obr. 21 Tvary tlačné hrany [2]	18
Obr. 22 Graf k určení součinitele plnosti [1]	20
Obr. 23 Vliv střížné mezery na kvalitu střížné plochy [13].....	21
Obr. 24 Vhodné úpravy výstřížků [15]	21
Obr. 25 Ukázka uspořádání součástí na pásu plechu	22
Obr. 26 Nástroj pro přesné stříhání s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem [4]....	22
Obr. 27 Nástroj pro přesné stříhání s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem [4]....	23
Obr. 28 Střížník [4]	23
Obr. 29 Schéma mechanického lisu [16]	25
Obr. 30 Boční kryt slunolamu	26
Obr. 31 Diagram minimálního poloměru [18].....	26
Obr. 32 Možnosti dělení tabule plechu na pásy.....	27
Obr. 33 Varianta A.....	27
Obr. 34 Varianta B.....	27
Obr. 35 Tlačná hrana [2].....	30
Obr. 36 Vzdálenost tlačné hrany od obrysu výstřížku.....	30
Obr. 37 Znázornění střížných mezer.....	31
Obr. 38 Výstřížek s rozměry a tolerancemi	32
Obr. 39 Rozměry střížníku a střížnice	33
Obr. 40 Střížný nástroj.....	35
Obr. 41 XFT 1500 speed [21]	36
Obr. 42 Bod zvratu.....	38

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Materiály střížných nástrojů [18]	24
Tab. 2 Chemické složení materiálu [17]	26
Tab. 3 Pevnostní vlastnosti materiálu [17]	26
Tab. 4 Rozložení podle varianty A na tabule plechu	28
Tab. 5 Rozložení podle varianty B na tabule plechu	29
Tab. 6 Rozložení výstřížku na svitku plechu	30
Tab. 7 Hodnoty vybraných výrobních tolerancí střížnice a střížníku [20], [21].....	33
Tab. 8 Parametry lisu XFT 1500 speed [21].....	36

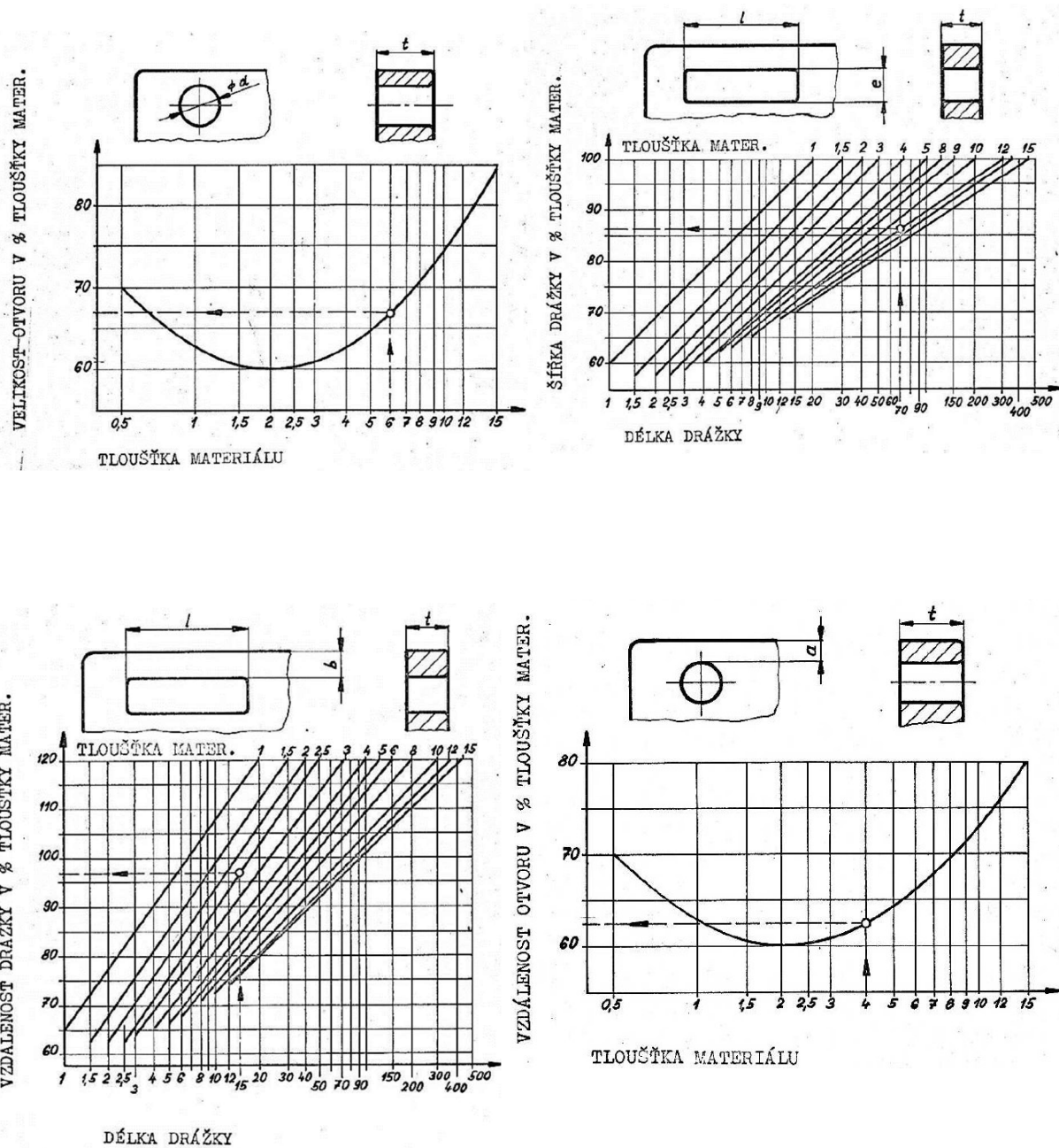
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Konstrukční parametry pro přesné stříhání s tlačnou hranou [18]
Příloha 2 Velikost postranních odpadů a můstků [18]
Příloha 3 Odvíjecí zařízení [19]
Příloha 4 Tlačná hrana a její umístění vzhledem k obrysu součásti [18]
Příloha 5 Výrobní rozměry střížníků a střížnic [20]

SEZNAM VÝKRESŮ

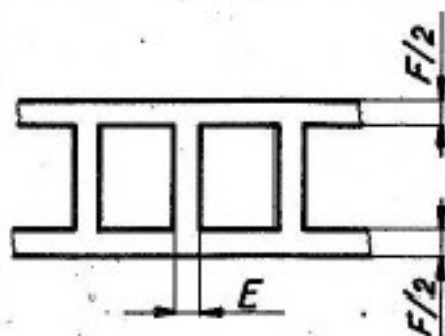
Boční kryt slunolamu	2020-BP-01-SO
Střížný nástroj	2020-BP-01-01
Střížník	2020-BP-01-05
Střížnice	2020-BP-01-09

Příloha 1 Konstrukční parametry pro přesné stříhání s tlačnou hranou [18]



Příloha 2 Velikost postranních odpadů a můstků [18]

Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/	Tloušťka mat. /mm/	E /mm/	F /mm/
0,5	2	3	6,0	8	14
0,8	3	3,5	7,0	9	15
1,0	3	4	8,0	10	16
1,2	3,5	4	9,0	11	17
1,5	4	5	10,0	12	18
2,0	4,5	6	12,5	15	20
2,5	5	8	15,0	18	25
3,0	5,5	9	16,5	22	28
3,5	6	10	18,0	23	32
4,0	6,5	11	20,0	25	35
5,0	7	12			



Příloha 3 Odvíjecí zařízení [19]

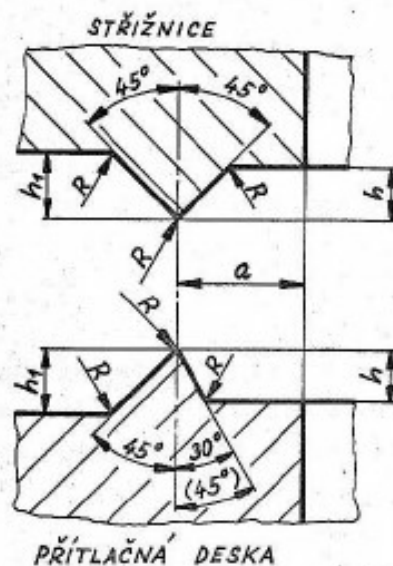
Odvíjáky zvitkov

**Odvíjáky zvitkov JO
zabezpečujú jednoduché
a bezpečné odvíjanie plechov.**

- Stabilný zváraný rám
 - Pákové rozpínanie upínacieho mechanizmu pomocou kľuky
 - Vysokopevná zušľachtená hriadeľ uložená vo valivých ložiskách zabezpečujúca dostatočnú nosnosť a minimalizujúca možnosť ohnutia
 - Prestaviteľné opierky podľa šírky spracovaného zvitku
 - Prítlačná kladka proti rozvinutiu zvitku pri jeho rozstrihovaní. V závislosti od hrúbky odvíjaného plechu v dvoch veľkostiach.
 - Čelustová brzda proti rozvinutiu.
-
- Rada JO bez pohonu s mechanickou dobrzdovacou brzdou
 - Rada JOM so ŠTART / STOP pohonom , ktorý tvorí motor s prevodovkou
 - Rada JOP s pohonom , ktorý tvorí motor s prevodovkou a umožňuje plynulú zmenu rýchlosti odvíjania frekvenčným meničom



Příloha 4 Tlačná hrana a její umístění vzhledem k obrysu součásti [18]



Rozměry tlačných hran

Tloušťka mat./mm/	a	h	h ₁	R
0,5	0,5	0,2	0,25	0,04
0,8	0,6	0,25	0,3	0,05
1,0	0,7	0,3	0,35	0,06
1,2	0,8	0,3	0,35	0,06
1,5	1,0	0,35	0,4	0,07
1,8	1,2	0,4	0,45	0,08
2,0	1,4	0,4	0,45	0,08
2,2	1,5	0,4	0,45	0,08
2,5	1,75	0,4	0,45	0,08
3,0	2,1	0,45	0,5	0,09
3,5	2,5	0,45	0,5	0,09
4,0	2,8	0,5	0,55	0,1
4,5	3,2	0,5	0,55	0,1
5,0	3,7	0,55	0,6	0,11
5,5	4,0	0,6	0,65	0,12
6,0	4,2	0,6	0,65	0,12
6,5	4,4	0,65	0,7	0,13
7,0	4,6	0,65	0,7	0,13
7,5	4,8	0,7	0,75	0,14
8,0	5,0	0,7	0,75	0,14
8,5	5,25	0,7	0,75	0,14
9,0	5,5	0,8	0,85	0,16
9,5	5,75	0,8	0,85	0,16
10,0	6,0	0,85	0,9	0,17

Příloha 5 Výrobní rozměry střížníků a střížnic [20]

Rozměry v mm

Tolerance součástí TS		Připustná 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	0,043	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	0,057
0,280	0,300	0,250	0,099	0,062
0,300	0,320	0,250	0,100	0,062
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	0,140	0,087
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	0,660	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