



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA SEGMENTU ZÁMKU DVEŘÍ AUTOMOBILU

MANUFACTURING OF A CAR DOOR LOCK SEGMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Roman Vrtilška

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Řiháček, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Roman Vrtiška**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Strojírenská technologie
Vedoucí práce: **Ing. Jan Řiháček, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

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 segmentu zámku dveří automobilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o výrobu dílce pomocí technologie přesného stříhání. Na tuto oblast bude rovněž vypracována literární rešerše. Dále bude práce obsahovat návrh technologického postupu výroby součásti, technicko – ekonomické hodnocení a závěry se zhodnocením navrhované technologie.

Cíle bakalářské práce:

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

Seznam doporučené literatury:

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

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

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

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

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

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

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřená na výrobu segmentu zámku dveří automobilu z oceli 15CrMo5 o tloušťce 4 mm. Na základě stanovené výrobní série 280 000 kusů za rok, předepsaných tolerancí a drsností povrchu, je zvolena výroba technologií přesného stříhání s tlačnou hranou. V praktické části je zhodnocena technologičnost součástí. Je zvolen polotovár ve formě svitku a nástřihový plán s nejvyšším procentuálním využitím. Pro výrobu zadané série je potřeba 61 ks svitku o hmotnosti 500 kg. Na základě vyhotovených technologických, kontrolních a konstrukčních výpočtů je zkonstruován nástroj včetně vypracování výkresové dokumentace. Vzhledem k vypočtené celkové síle $F_c = 1\,085,85$ kN a půdorysné ploše nástroje je zvolen mechanický trojčinný lis XFT 1500speed. Lis je součástí linky společně se zařízením na zpracování vstupního polotovaru FBA 6/300.

Klíčová slova

segment zámku dveří automobilu, ocel 15CrMo5, přesné stříhání, tlačná hrana, trojčinný mechanický lis

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on production of car door lock segment, which is made of steel 15CrMo5 with a thickness of 4 mm. Based on the established production quantity of 280 000 pieces per year, the prescribed dimensional accuracy and surface quality of the cutting surface, the technology of fine blanking with vee-ring is chosen. In the practical part of the work, technological controls of the manufactured part are carried out. A coil of the sheet metal as a semi-finished product and cutting plan with the highest percentage utilization were chosen. For established quantity production, 61 pieces of coil weighing 500 kilograms are needed. Based on the technological, control and construction calculations, the tool is constructed, including drawing documentation. Due to the calculated overall force $F_c = 1\,085,85$ kN and the top view area of the tool the triple-action mechanical press XFT 1500speed is chosen. The press is part of the line with the FBA 6/300 coil processing line.

Keywords

car door lock segment, steel 15CrMo5, fine blanking, vee-ring, triple action mechanical press

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VRTIŠKA, Roman. *Výroba segmentu zámku dveří automobilu* [online]. Brno, 2023. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/148813>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jan Řiháček.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Výroba segmentu zámku dveří automobilu vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

místo, datum

Roman Vrtilška

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Janu Řiháčkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání práce

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

ÚVOD	9
1 Rozbor zadání	10
1.1 Variantní řešení výroby	11
2 Přesné stříhání s tlačnou hranou	14
2.1 Tlačná hrana	15
2.1.1 Umístění tlačné hrany vzhledem k obrysu stříhané součásti	16
2.2 Střížná síla a práce	17
2.3 Střížná vůle	18
2.4 Technologičnost	20
2.5 Konstrukce nástroje	21
2.5.1 Střížník	22
2.5.2 Střížnice	23
2.5.3 Materiály nástrojů	24
2.6 Volba stroje	24
3 Návrh technologie výroby	26
3.1 Využití materiálu a nástřihový plán	27
3.2 Tlačná hrana a střížná vůle	31
3.3 Střížná síla a práce	32
3.4 Rozměry střížníku a střížnice	33
3.5 Kontrola částí nástroje	35
3.6 Konstrukce nástroje	36
3.7 Volba lisu a podávacího zařízení	38
ZÁVĚR	40

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

Seznam výkresů

ÚVOD

V současnosti je pro výrobu součástí používáno velké množství technologií. Jedna z nejvíce používaných jsou technologie tváření. Základní princip tváření je vyvodit pomocí nástroje tlak na materiál, aby došlo ke změně jeho tvaru, bez vzniku trhlin nebo porušení.

Kromě zlepšení mechanických vlastností je tváření často využíváno zejména kvůli vysoké hospodárnosti, vzniká jen minimální množství přebytečného materiálu jako odpad. Mezi další výhody patří také vysoká produktivita, protože tváření jako jedna z mála metod lze i efektivně automatizovat.

Při zpracování plechů, trubek apod. se jedná zejména o plošné tváření (ohýbání, hluboké tažení, stříhání a podobně). Z rovinného materiálu se vytvoří prostorová součást, přičemž změna mikrostruktury a jevy s tím spojené jsou spíše vedlejší. Při objemovém tváření (kování, tažení drátu, pěchování atd.) nastává změna tvaru polotovaru ve všech třech osách souřadného systému, přičemž změna mikrostruktury, mechanických vlastností a dalších jevů je v častých případech žádoucí.

Stříhání je nejrozšířenější metodou tváření. Na rozdíl od výše zmíněných metod tu ale dochází k porušení materiálu. Pomocí nástroje se vyvine dostatečný tlak na materiál, dojde k přesáhnutí meze pevnosti a jeho následné oddělení. Vystřižený materiál má tvar vyráběné součásti a zbytek materiálu je vyřazen jako odpad. Technologie stříhání může být využíváno například v elektrotechnickém, leteckém nebo automobilovém průmyslu. Příklady stříhaných součástí lze vidět na obrázku 1. [2]



Obr.1 Příklady stříhaných součástí [1].

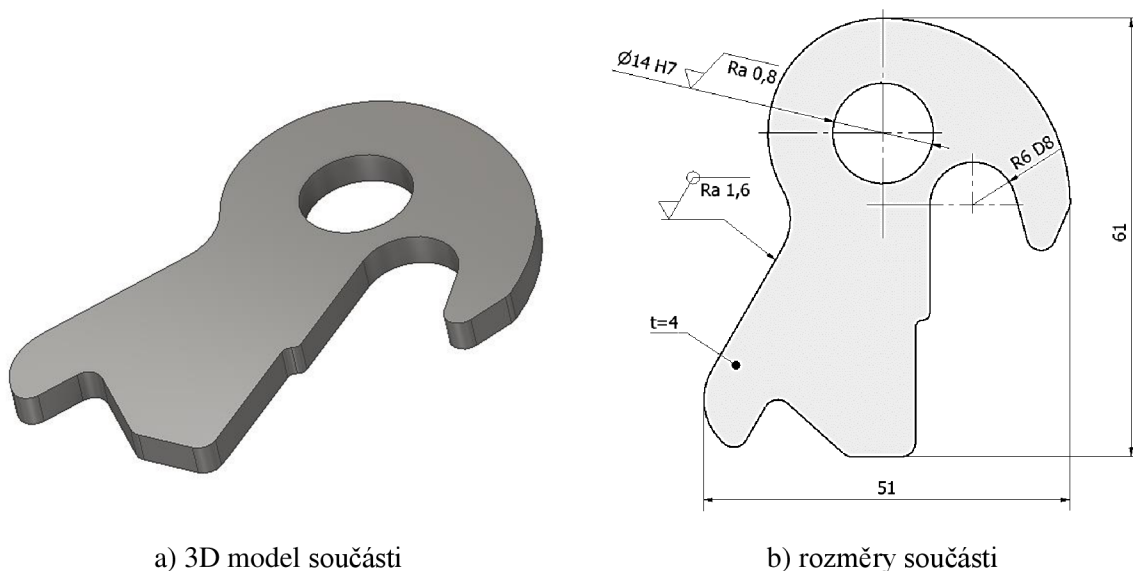
1 ROZBOR ZADÁNÍ

Součást, jejíž návrh výroby předkládá tato práce je segment zámku (obr. 3a) dveří automobilu. Při zavírání dveří, západka uchycená na rámu nebo karoserii automobilu zapadne do vybrání segmentu zámku (obr. 2). Zámek (resp. segment zámku) následně zajišťuje dveře automobilu proti jejich otevření.



Obr. 2 Zámek auta [2; 3].

Tvar segmentu byl vytvořen pomocí programu Autodesk Inventor professional 2023, viz obr. 3. Jedná se plošnou součást o tloušťce 4 mm. Hlavní pohyb a polohu segmentu zajišťuje otvor s předepsanou tolerancí H7 a drsností povrchu $Ra = 0,8 \mu\text{m}$. Vybrání R6 má předepsanou toleranci D8 aby bylo zajištěno uložení s vůlí mezi západkou a vybráním. Základní rozměry a výše zmíněné tolerance segmentu lze vidět na obrázku 3b. Netolerované rozměry jsou tolerovány dle všeobecných tolerancí střední třídy přesnosti ISO 2768–1. Velikost výrobní série byla stanovena na 280 000 kusů ročně.



Obr. 3 Vyráběná součást.

Vzhledem k funkci součásti by materiál měl být odolný proti nárazům, opotřebení a taky mírně proti negativním vlivům okolního prostředí. Na základě těchto požadavků byl zvolen materiál součásti 15CrMo5. Ekvivalentní značení je uvedeno v tabulce 1.

Tab. 1 Značení oceli 15CrMo5 [22; 23].

Číslo materiálu	DIN	JIS	AFNOR	UNE	SS
1.7262	15CrMo5	SCM415	12CD4	12CrMo4	2216

Jedná se o legovanou chrom – molybdenovou ocel nacházející využití při výrobě ozubených kol, šroubů, kolíků atd. Díky hlavním legujícím prvkům má ocel vysokou odolnost proti opotřebení, pevnost, tvrdost a také zvýšenou korozní odolnost. Chemické a mechanické vlastnosti oceli jsou v tabulkách 2 a 3. [27]

Tab. 2 Chemické složení oceli 15CrMo5 [21].

C [hm. %]	Si [hm. %]	Mn [hm. %]	P [hm. %]	S [hm. %]	Cr [hm. %]	Mo [h. %]
0,13 až 0,17	0,15 až 0,35	0,8 až 1,1	≤0,035	≤0,035	1,0 až 1,3	0,2 až 0,3

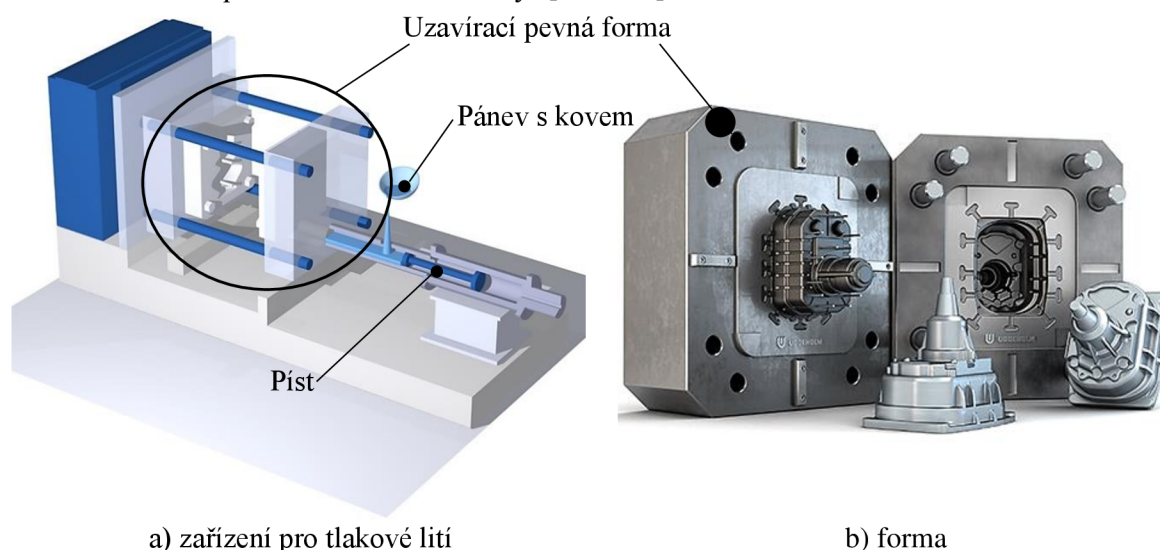
Tab. 3 Fyzikální a mechanické vlastnosti oceli 15CrMo5 [21].

Název	Hustota	Mez kluzu v tahu	Mez pevnosti v tahu	Tažnost
Značka	ρ [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	R_e [MPa]	R_m [MPa]	A [%]
Hodnota	7 900	≥440	640 až 930	≥11

1.1 Variantní řešení výroby

Existuje spousta technologií, kterou lze zadaná součást vyrobit, ovšem ne každá je vhodná. Mezi důležité faktory, které budou mít zásadní vliv na výběr metody jsou například schopnost metody dosáhnout předepsaných rozměrových tolerancí a drsnosti povrchu, časová náročnost na výrobu jednoho dílu nebo náklady na výrobu (cena stroje, cena nástroje apod.):

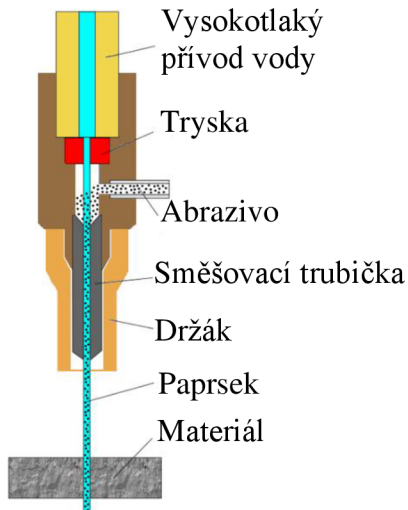
- Tlakové lití – technologie antigravitačního odlévání roztaveného kovu do pevné formy. Kov je pod tlakem speciálním zařízením vtlačen do formy (obr. 4), kde následně za ponechání tlaku vychladne. Metoda dosahuje, i přes velké rychlosti výroby, dobré kvality výrobků. Trvalá licí forma může být použita pro desetitisíce dílů, proto se používá pro sériově vyráběný dílce. Omezení přichází s možností odlévání materiálu. Tlakové lití je vhodné především pro odlévání kovů a slitin s nízkými body tání do 1000 °C, proto materiál 15CrMo5 není pro tuto metodu vhodný. [6; 7; 28]



Obr. 4 Tlakové lití [23; 30].

- Řezání vodním paprskem – podstatou dělení je obušování řezaného materiálu vodním paprskem. Technologický proces je v podstatě stejný jako vodní eroze, avšak mnohonásobně zrychlený a soustředěný do jednoho místa. Úzký paprsek vzniká v řezací hlavě, která je číslicově řízená. Měkčí materiály jako například plasty nebo další neželezné

materiály lze řezat čistým vodním paprskem. Při řezání železných materiálů se voda v řezací hlavě (obr. 5) smíchá s abrazivem, která zvyšuje řezací účinek vody. Oddělením materiálu z plechu vznikne tepelně neovlivněný výrobek, s kvalitní plochou bez okují nebo mikrotrhlin. Lze řezat jakékoli materiály (sklo, keramika, plasty, kovy, gumy, textilie, kompozitní materiály, neželezné kovy atd.). Největší omezení přichází s dosažitelnou kvalitou řezané plochy. Řezáním paprskem nelze dosáhnout požadované drsnosti $Ra = 0,8 \mu\text{m}$. I přes vysoké řezné rychlosti je produktivita této technologie nízká, proto není vhodná pro velkosériovou výrobu. Náklady na výrobní zařízení jsou vysoké. Řezání vodním paprskem lze vidět na obrázku 6. [8; 9]

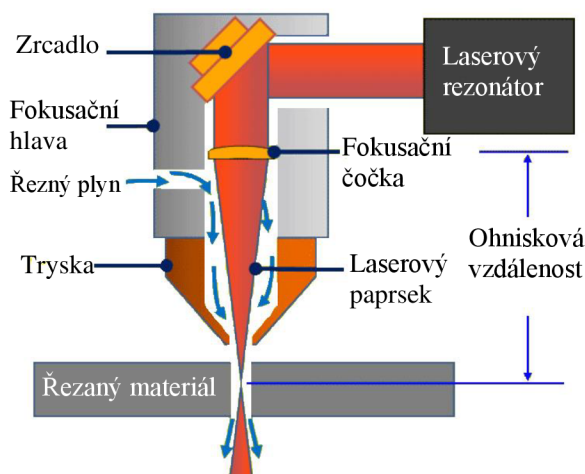


Obr. 5 Řezací hlava [9].



Obr. 6 Řezání vodním paprskem [10].

- Řezání laserem – vybuzené světelné záření o vysoké intenzitě je pomocí optických a fokusačních zařízení usměřováno a zaostřeno do jednoho bodu. V místě dopadu se hromadí teplo, které taví materiál a pomocí řezného plynu je materiál odváděn pryč. Řezání laserem je vhodné na řezání složitějších a větších plošných součástí. Nevýhodou je velmi nákladné zařízení a produktivita pro větší výrobní série i přes velké řezné rychlosti je nízká. Princip funkce laseru je znázorněn na obrázku 7 a 8. [11]

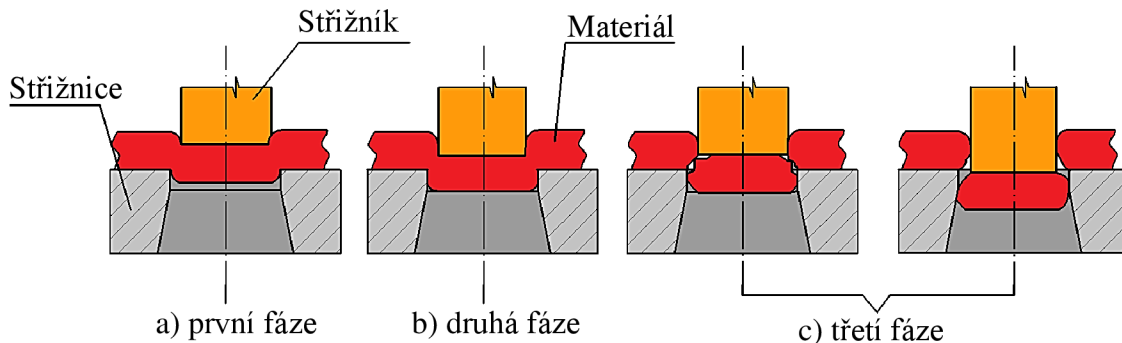


Obr. 7 Princip řezání laserem [11].



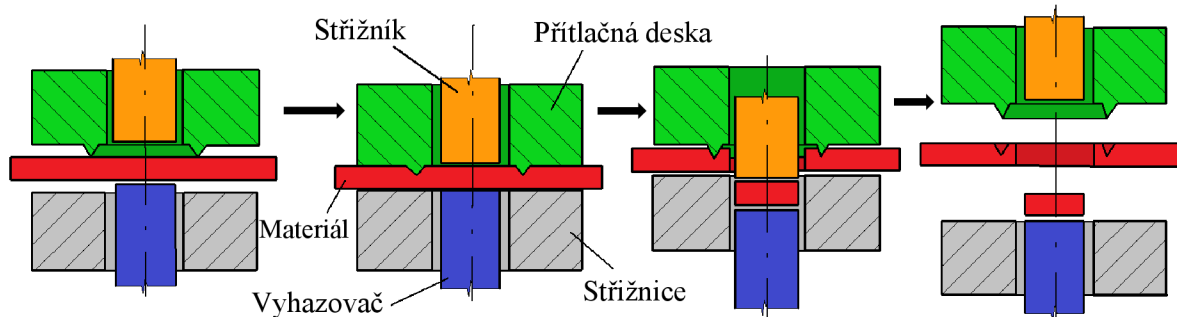
Obr. 8 Řezání laserem [12].

- Postupové stříhání – stříhání je oddělování části materiálu za pomoci protilehlých řezných hran způsobujících v řezné rovině smykové napětí. V první fázi stříhu střížník dosedá a působí na materiál v oblasti pružných deformací. V druhé fázi stříhu působící síla je větší než mez kluzu ale menší než mez pevnosti, probíhá stříh (nástroj vniká do materiálu). V poslední fázi stříhu síla překonává mez pevnosti, ve střížné rovině vzniká trhlinka a dochází k oddělení materiálu. Jednotlivé fáze stříhu jsou znázorněny na obrázku 9. Při postupovém stříhání se výstřížek zhotovuje postupně. V prvním kroku se provede děrování, v dalším vystřížení. Cena nástrojů je vysoká proto je metoda vhodná pro velké série kde se cena nástroje pro jeden kus při zvětšování výrobní série snižuje. Při této metodě se dosahuje přesnosti IT9 až IT11 a drsnosti střížné plochy $R_a = (3,2 \text{ až } 6,3) \mu\text{m}$. [13;14]



Obr. 9 Jednotlivé fáze stříhu [15].

- Přesné stříhání – je technologie při které je součást vystřížena na jeden zdvih. Současně se provádí operace děrování a vystříhování. Pomocí různých metod přesného stříhání lze docílit drsnosti povrchu $R_a = (0,4 \text{ až } 1,6) \mu\text{m}$ a rozměrové přesnosti IT6 až IT9. Mezi tzv. dokončovací metody přesného stříhání patří přistříhování, kalibrování a stříhání se zaoblenou střížnou hranou. Tyto metody se zpravidla provádí po vystřížení součásti a mají za úkol zlepšit rozměry a kvalitu střížné plochy. Jelikož se jedná o přídavné operace, nejsou vhodné pro větší výrobní série. Metodami stříhání se zkoseným přidržovačem a tlačnou hranou je vystřížen kvalitní výstřížek bez nutnosti dokončení. Zkosený přidržovač a přidržovač s tlačnou hranou vytváří v místě stříhu přídavné napětí které podporuje průběh čistě plastického stříhu. Zatímco stříhání se zkoseným přidržovačem je poměrně málo používáno, přesné stříhání s tlačnou hranou je hojně využíváno, zejména ve velkosériové výrobě. Princip přesného stříhání s tlačnou hranou lze vidět na obrázku 10. [13]

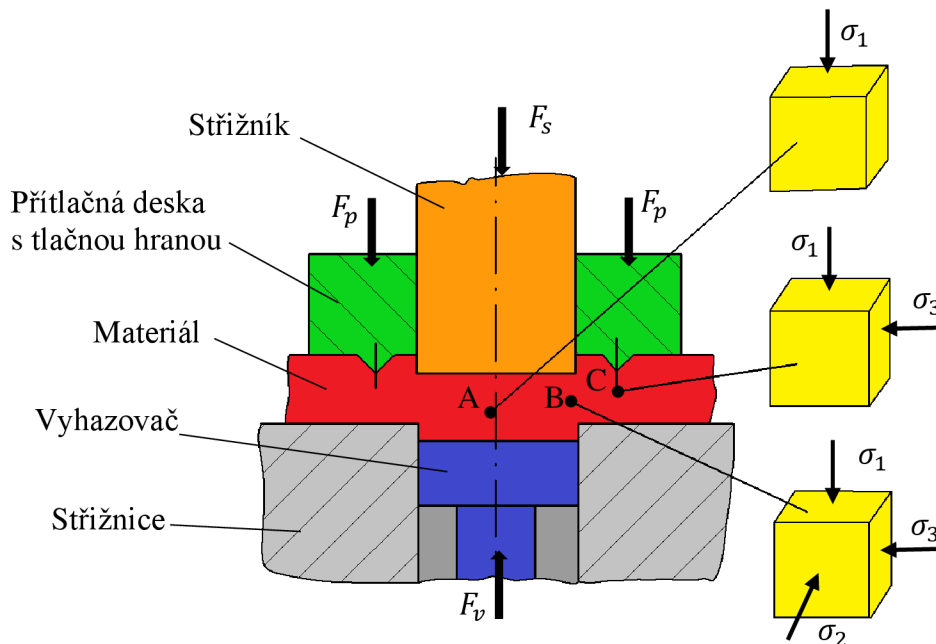


Obr. 10 Princip stříhání s tlačnou hranou [19].

Řezání laserem, vodním paprskem nejsou vhodné metody pro výrobu velkých výrobních sérií. Tlakovým litím nelze zpracovat zvolený materiál pro tuto součást. Předepsané rozměrové tolerance a jakost povrchu metodou postupového stříhání jsou těžko či nemožné dosáhnout. Z metod přesného stříhání se jeví jako nejvhodnější metoda stříhání s tlačnou hranou, na kterou bude vypracována rešeršní část práce.

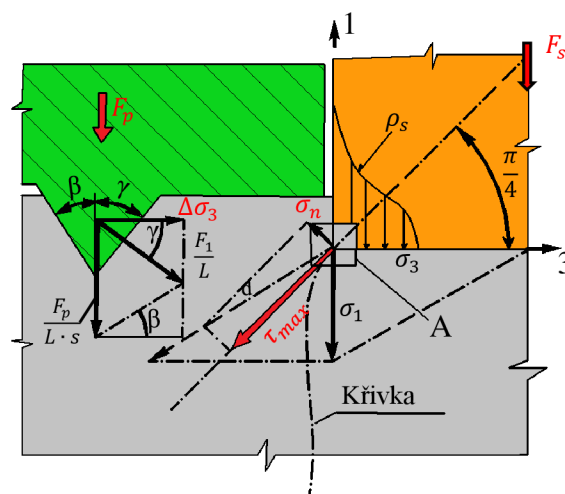
2 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU

Přesné stříhání se rozumí souhrn metod stříhání plechů a pásů, jimiž lze dosáhnout hladké střížné plochy kolmé k rovině plechu s rozměrovými přesnostmi IT6 až IT9. Stříhaný materiál je v počáteční fázi ještě před vlastním stříhem pevně sevřen mezi přidržovač a střížnici, tlačná hrana, umístěna mimo křivku stříhu, je vtlačena do materiálu, kde vyvodí přídavné napětí. Následně vznikne v místě stříhu trojosá napjatost, podporující průběh čistě plastického stříhu. Během procesu stříhu je materiál zespoda podepírán vyhazovačem, který výrazně snižuje jeho zvlnění. Princip přesného stříhání s tlačnou hranou lze vidět na obr. 11. [13; 14]



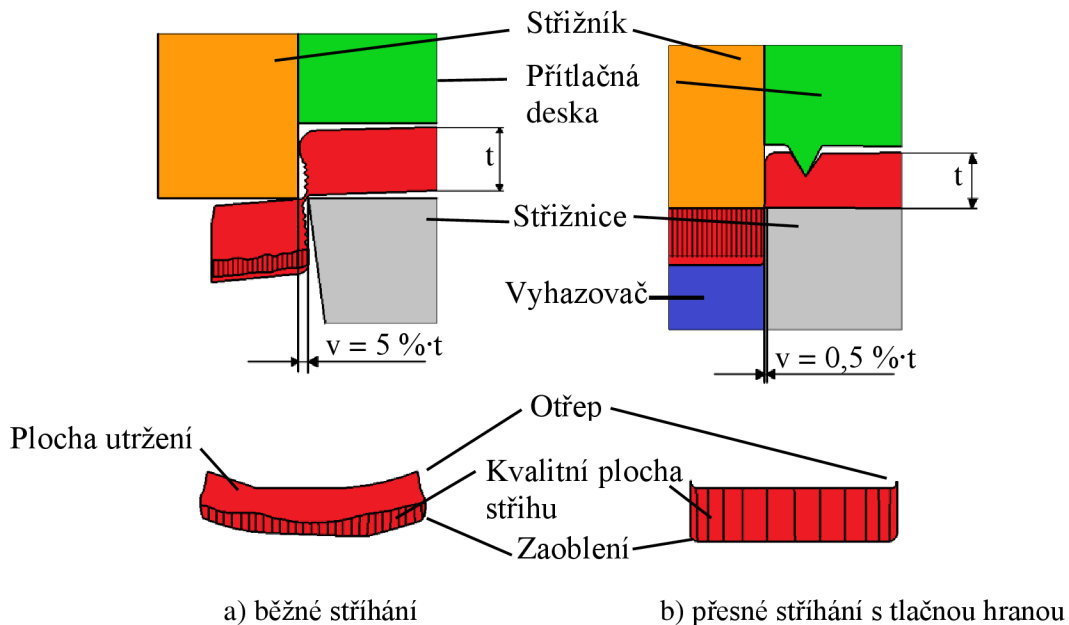
Obr. 11 Schéma přesného stříhání se stavem napjatosti [17].

Znázorněné napětí v místě stříhu lze vidět na obrázku 12. Tlačná hrana v materiálu vyvodí přídavné tlakové napětí $\Delta\sigma_3$, které změní poměry v rovinné napjatosti stříhu, jehož důsledkem je dosažení záporné hodnoty složky normálové napětí σ_n . Toto normálové napětí se snaží vznikající trhliny ve směru τ_{\max} uzavírat, dochází k čistě plastickému stříhu v celé tloušťce s vysokou kvalitou plochy a rozměrovou přesností. [13; 18; 20]



Obr. 12 Stav napjatosti v místě stříhu [18].

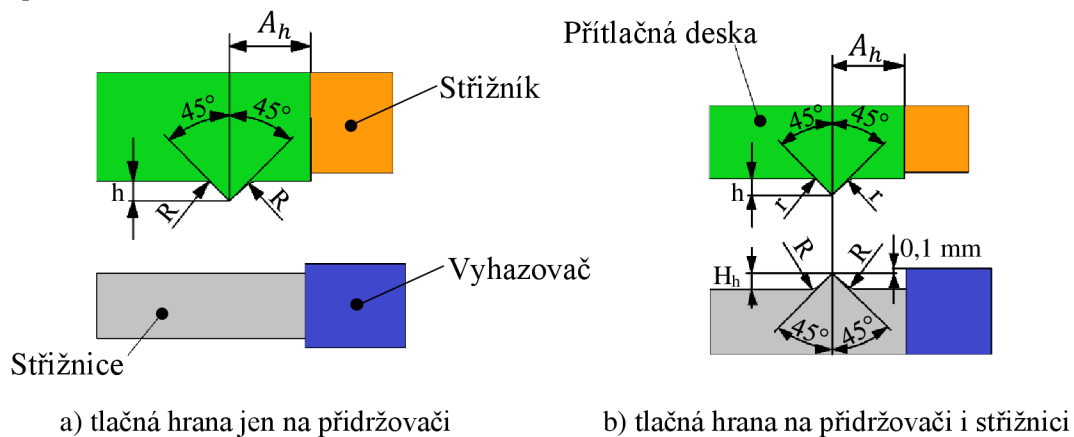
Kvalita plochy nezávisí jen na působení tlačné hrany, ale i na dalších mnoha parametrech jako velikost střížné vůle, ostrost hran střížníku a střížnice, rychlost stříhu apod. Výsledkem je součást s kvalitní plochou a minimálními otřepy (obr. 13). [16; 19; 20]



Obr. 13 Rozdíl kvality plochy [16].

2.1 Tlačná hrana

Jak již bylo zmíněno, nejdůležitější funkce tlačné hrany je vyvodit přídavné napětí v místě stříhu. Tlačná hrana rovněž snižuje materiálu tendenci být během procesu vtahován mezi střížník a střížnici. Tvar, poloha a rozměry tlačné hrany výrazně ovlivňují kvalitu střížné plochy a životnost nástroje. Ve většině případů při stříhání materiálů do tloušťky $t = 4 \text{ mm}$, se tlačná hrana nachází jen na přídržovači (obr. 14a) podél celého obrysu stříhu. Pro tlustší materiály ($t > 4 \text{ mm}$) dvě tlačné hrany (obr. 14b), a to na přídržovači a střížnici. Hroty obou hran musí být umístěn přesně nad sebou. V případě ostrých hran a přechodů se volí tlačná hrana na střížnici i při menších tloušťkách stříhaných materiálů. Z praktických zkušeností se volí vhodný tvar (obr. 14) a rozměry tlačné hrany v závislosti nejen na tloušťce ale i jakosti materiálu nebo pevnosti v tahu. Doporučené rozměry tlačných hran lze vidět v tabulce 4 a v tabulce nacházející se v příloze 1. [13; 17; 19; 20]



Obr. 14 Tvar a vzdálenost tlačné hrany od kraje [16].

Tab. 4 rozměry tlačné hrany [16; 19].

	t [mm]	A_h [mm]	h [mm]	R [mm]	H_h [mm]	r [mm]
FEINTOOL	1,0 až 4,5	1,0 až 2,8	0,3 až 0,8	0,2	/	/
	4,5 až 15	2,5 až 7,0	0,5 až 1,6	0,8 až 3,0	0,8 až 2,2	0,2 až 0,5
Schuler	2,8 až 4,5	2,5 až 2,8	0,6 až 0,8	0,6 až 0,8	/	/
	4,5 až 15	2,5 až 7,0	0,5 až 1,6	0,8 až 3,0	0,8 až 2,2	0,2 až 0,5

Úhel špičky tlačné hrany ve většině případů bývá 45°, pro tvárné materiály o tloušťce $t < 4$ mm může být jedna strana zkosená pod úhlem 30°. [16; 19; 20]

Doporučené rozměry tlačné hrany lze zjistit i pomocí výpočtu. Výška tlačné hrany h se vypočítá dle vztahu [20]:

- pro málo tvárné materiály:

$$h = \frac{1}{6} \cdot t, \quad (2.1)$$

kde: t – tloušťka materiálu [mm].

- pro tvárné materiály:

$$h = \frac{1}{3} \cdot t. \quad (2.2)$$

Vzdálenost špičky tlačné hrany od obrysu stříhu se vypočte v závislosti na výšce tlačné hrany h [20]:

$$A_h = (0,6 \text{ až } 1,2) \cdot h. \quad (2.3)$$

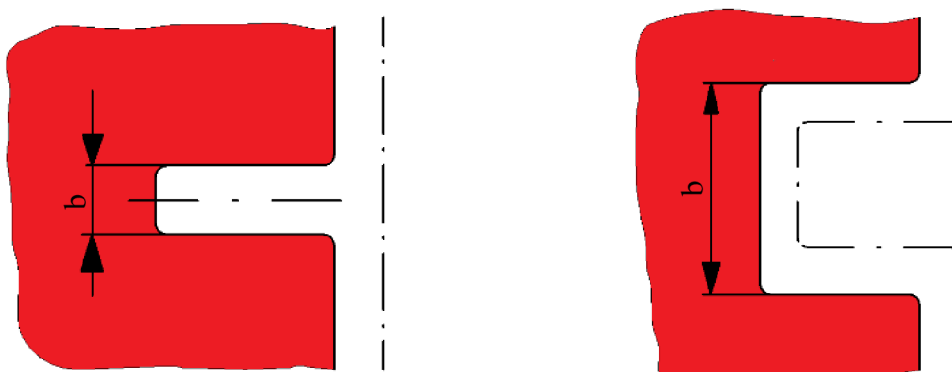
2.1.1 Umístění tlačné hrany vzhledem k obrysu stříhané součásti

Správné působení tlačné hrany souvisí s jejím umístěním kolem obrysu součásti. Tlačná hrana sleduje obrys součásti ve vzdálenosti A_h v závislosti na tloušťce materiálu. Tento požadavek lze možno splnit u jednoduchých tvarů (obr. 15b). Jelikož se přesným stříháním často stříhají složitější tvary, u kterých nelze tyto požadavky splnit, není tlačná hrana u příliš úzkých zářezů vedena podél obrysu (obr. 15a), protože se vlivy přemístování materiálu vzájemně ruší. [20]

Mezní hodnoty tohoto požadavku lze vypočítat dle následujících nerovnic [20]:

- $b \leq 15 \cdot h \rightarrow$ tlačná hrana není vedena kolem obrysu, (2.4)

- $b > 15 \cdot h \rightarrow$ tlačná hrana je vedena kolem obrysu. (2.5)

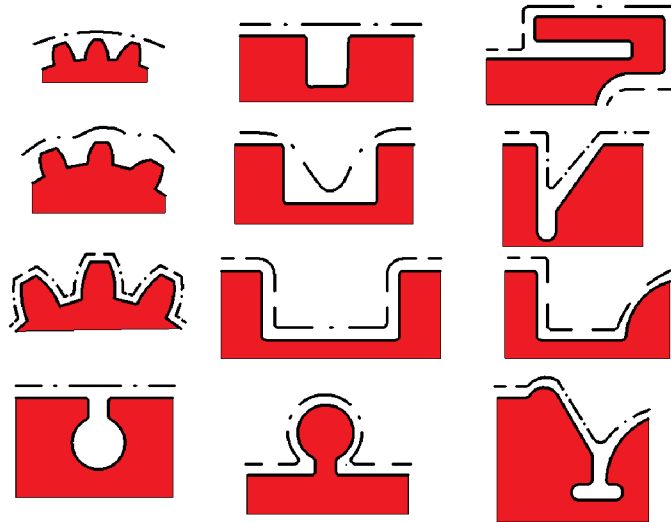


a) tlačná hrana vedena mimo zářez

b) tlačná hran vedena podél obrysu

Obr. 15 Vedení tlačné hrany [20].

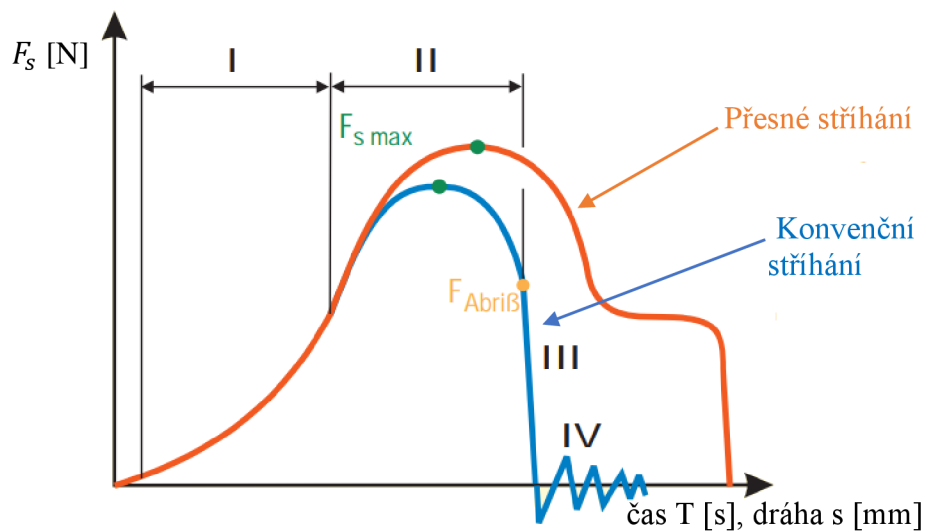
S vedení tlačné hrany souvisí i tvarová složitost dílce. Zatímco u jednoduchých tvarů hrana kompletně kopíruje obrys, s rostoucí složitostí či zužování mezer se vedení tlačné hrany omezuje. Může být mírně zakřivena podle tvaru přechodu či změny taru, v případě úzkých štěrbin nebo vnitřních tvarů tyto přechody kompletně ignoruje. Další příklady vzájemné závislosti vedení tlačné hrany a obrysu lze vidět na obrázku 16. [20]



Obr. 16 Příklad vedení tlačné hrany kolem obrysu [20].

2.2 Střížná síla a práce

Při přesném stříhání je potřeba vyvodit celkem tři síly, viz obr. 11. Hlavní úlohu vykonává střížník působením na stříhaný materiál silou F_s . Silou F_p přítlačná deska vytvoří pomocí tlačné hrany všestranný tlak v místě stříhu. Vyhazovač působící silou F_v proti pohybu střížníku tlačí na materiál pro zabránění jeho prohýbaní. Při přesném stříhání je materiál stříhán v celé tloušťce materiálu, nedochází ke vzniku a šíření trhliny, proto je potřeba vyvodit o něco větší střížnou sílu než u konvenčního stříhání. Tento rozdíl průběhů střížných sil v závislosti na čase znázorňuje graf, viz obrázek 17. [16; 19; 20]



Obr. 17 Graf průběhů střížné síly konvenčního a přesného stříhání [16].

Vlastní stříh vykonává síla na střížníku. Vzorec pro výpočet stejně jako u konvenčního stříhání obsahuje délku stříhané křivky, tloušťku materiálu a střížný odpor materiálu τ_s . Většina zdrojů [29] vyjadřuje střížný odpor jako $0,8 \cdot R_m$. U přesného stříhání dle [16; 19] se udává zvětšená hodnota, a to $(0,9 \text{ až } 1) \cdot R_m$. Při stříhání dochází k působení negativních vlivů, zejména opotřebením nástroje, které mohou výrazně ovlivnit průběh stříhání nebo velikost střížné síly. Z tohoto důvodu dle [13] je zahrnut do výpočtu koeficient n zahrnující tyto vlivy. Ostatní zdroje [16; 19; 20] s tímto součinitelem nepočítají ale například kvůli bezpečnosti je vhodné ho ve výpočtu zohlednit. [13; 16; 19; 20; 29]

Střížná síla se vypočte dle vztahu [20; 13]:

$$F_s = l \cdot t \cdot \tau_s \cdot n, \quad (2.6)$$

kde: l – délka stříhu [mm],

τ_s – pevnost ve stříhu [MPa],

n – součinitel otupení nástroje [-]; voleno v rozmezí $n = 1,2 \div 1,55$.

Tlačná hrana je pomocí síly na přidržovači zatlačena do materiálu, kde vyvodí požadovaný stav napjatosti. Přidržovací síla se vypočte dle vztahu [18]:

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot h \cdot L_h, \quad (2.7)$$

kde: h – výška tlačné hrany [mm],

L_h – délka tlačné hrany [mm].

Síla na vyhazovači působí proti střížné síle a spolu svírají materiál uvnitř křivky stříhu. Její velikost se určí dle vztahu [18]:

$$F_v = S' \cdot p, \quad (2.8)$$

kde: S' – plocha na níž působí vyhazovač [mm^2],

p – měrný tlak [MPa]; bývá volen v rozmezí 20 až 70 MPa

v závislosti na velikosti a tloušťce materiálu [19].

Stanovení celkové síly pro přesné stříhání s tlačnou hranou [20]:

$$F_c = F_s + F_p + F_v, \quad (2.9)$$

kde: F_s – střížná síla [N],

F_p – síla přidržovače [N],

F_v – síla vyhazovače [N].

Na střížnou sílu přímo závisí střížná práce, závislá na stejných faktorech (střížná vůle, otupení hran a další). Při stříhu rovnoběžnými hranami je dána plochou pod křivkou střížné síly (obr. 18). [18]

Vypočte se dle vztahu: [18; 25]

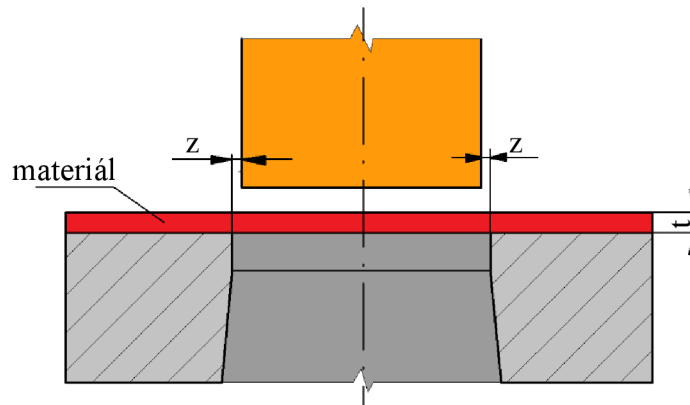
$$A_f = \lambda \cdot F_s \cdot t, \quad (2.10)$$

kde: λ – součinitel plnosti diagramu závislý na druhu a tloušťce materiálu;

viz příloha 2.

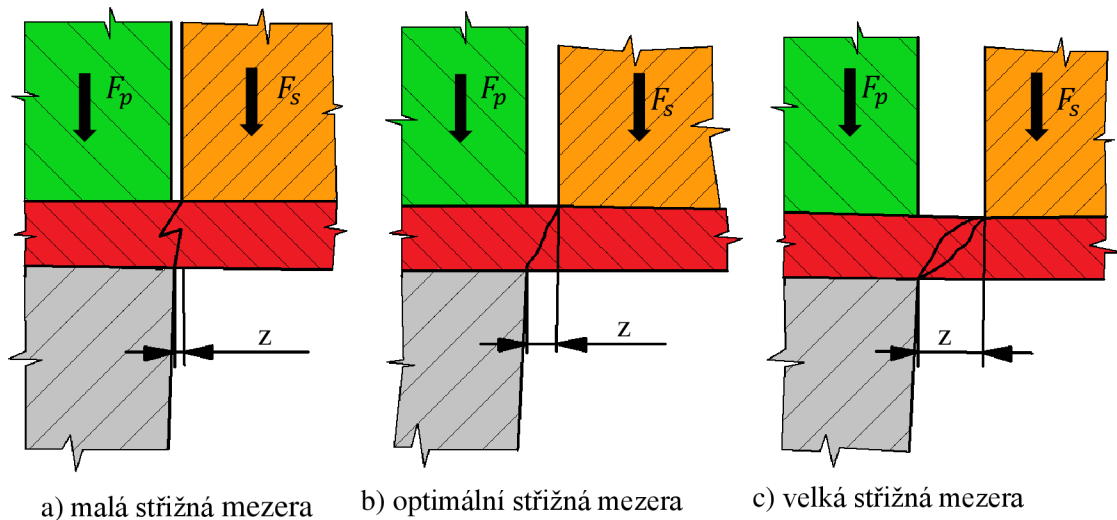
2.3 Střížná vůle

Střížná vůle v je rozdíl mezi skutečným rozměrem střížníku a střížnice. Při správném ustavení střížníku a střížnice představuje dvojnásobek tzv. střížné mezery z (obr. 18). Při nestejném rozložení mohou vznikat povrchové vady, otřepy a nekvalitní plocha. [20; 16]



Obr. 18 Střížná mezera [26].

Na velikosti střížné vůle závisí především kvalita a jakost stříhu, ale i například životnost nástroje nebo spotřeba energie. Velikost přímo ovlivňuje směr smykového napětí a následného šíření trhliny. Na obrázku 19 lze vidět šíření trhliny v závislosti na velikosti mezery u konvenčního stříhání. Z tohoto důvodu se u přesného stříhání volí několikanásobně menší vůle, kde toto napětí působí kolmo na stříhaný materiál. [20; 24; 16]



Obr. 19 šíření trhliny [25].

Volba velikosti vůle závisí především na pevnosti stříhaného materiálu a jeho tloušťce. Z praktických zkušeností byli pro výpočet střížné vůle odvozeny empirické vztahy: [16; 20; 19]

- pro tloušťky materiálu $t \leq 3$ mm [17; 20]:

$$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s}, \quad (2.11)$$

kde: c – součinitel závislý na druhu stříhání;

pro přesné stříhání se volí hodnota $c = 7 \cdot 10^{-4}$ [-].

pro tloušťku materiálu $t > 3$ mm [17; 20]:

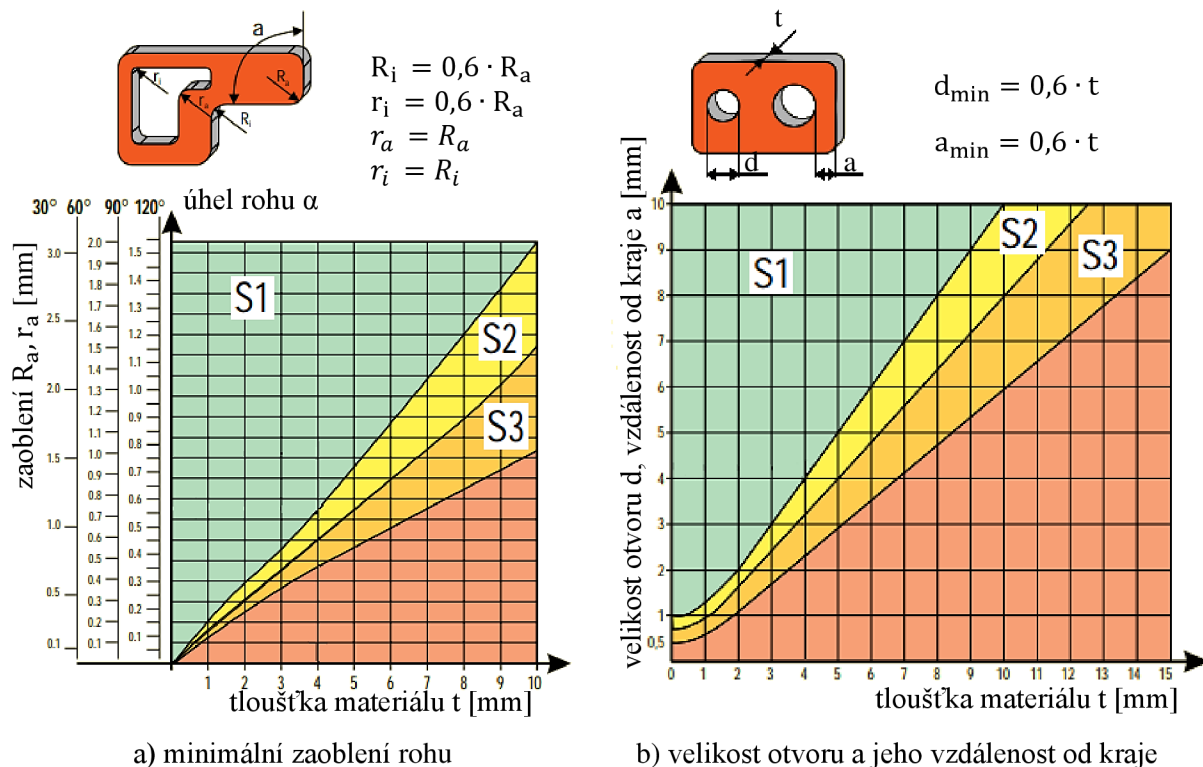
$$v = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s}. \quad (2.12)$$

V běžné praxi se vůle volí dle tloušťky stříhaného materiálu. Je volena přibližně 0,5 % tloušťky stříhaného materiálu [20]:

$$v = 0,05 \cdot t. \quad (2.13)$$

2.4 Technologičnost

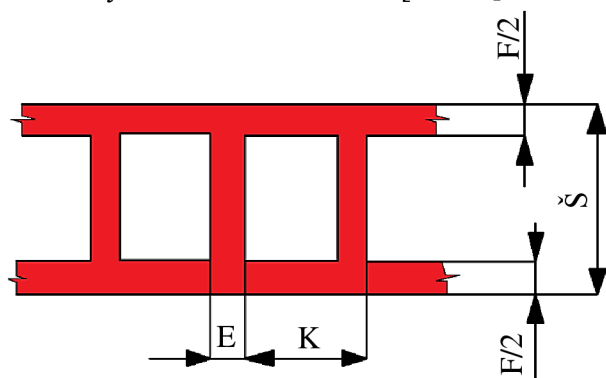
Technologii přesného stříhání s tlačnou hranou lze vyrábět součásti složitých tvarů s kruhovými nebo tvarovými otvory. Pro zaručení požadované kvality je nutné se řídit následujícími zásadami, získanými většinou na základě praktických zkušeností. Při posuzování technologičnosti vyráběné součásti je potřeba v první řadě zkontrolovat minimální rozměry vnitřních kruhových nebo tvarových otvorů a jejich vzdálenost od kraje. Z rozměru díry a tloušťky materiálu lze pomocí nomogramu (obr. 20b) určit minimální povolenou vzdálenost od kraje. Zóny S1, S2, S3 na nomogramech (obr. 20), představují stupeň obtížnosti vyrobitelnosti. Při stanovování vyrobitelnosti je nejvýhodnější, aby se posuzovaná hodnota nacházela v zelené zóně S1. V zóně S3 je daný prvek vyrobitelný, ale je potřeba věnovat větší pozornosti při výběru materiálu nástroje i stříhané součásti. V případě že se daná hodnota nachází v červené zóně, je potřeba konkrétní hodnotu upravit. Přesným stříháním se nedoporučuje stříhat ostré hrany, dochází v nich k vytrhávání materiálu což má za následek nekvalitní plochu. Mimo to, ostré hrany na nástroji jsou nejvíce namáhané a nejrychleji se opotřebovávají. [16; 19; 20]



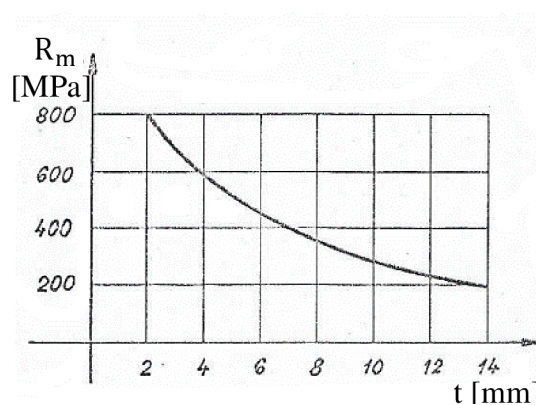
Obr. 20 nomogramy technologičnosti [20].

Požadavky na stříhaný materiál jsou u přesného stříhání náročnější než u konvenčního stříhání. Materiál musí být tvárný, aby nedocházelo v oblasti stříhu ke vzniku trhlinek. Velký vliv má struktura materiálu, tvrdé části jako cementit a karbid by měli být v materiálu v co nejmenším množství rovnoměrně rozloženy. Nejlepší pro přesné stříhání jsou oceli s $R_m < 600$ MPa a obsahem uhlíku do 0,5 %. V zájmu hospodárného využití nástrojů je nutno při vyšších hodnotách R_m brát v úvahu tloušťku a tvar stříhané součásti, viz obr. 22. Stříhání materiálu s vyšší pevností je doporučeno provádět v žíhaném stavu. Žiháním se docílí vhodnější struktura a snížení odolnosti materiálu proti střížným silám. [20; 37]

Další oblasti technologičnosti je též snaha o co nejvyšší využití výchozího materiálu, tj. tabule plechu nebo svitku. Nástřihový plán představuje způsob rozmístění stříhaných součástí na výchozím polotovaru, a jeho účelem je především maximální využití materiálu, snadná manipulace při vystřihování (krátký krok, vystřihnutí více součástí apod.), případně splnění jiných technologických požadavků (vhodný směr vláken, přesnost atd.). Pro vyhotovení kvalitních a přesných výrobků je potřeba dokonale vtlačit střížnou hranu do materiálu. Z toho důvodu je u přesného stříhání nutná větší šířka okrajů F a velikost můstku E , jehož následkem je zvětšení velikosti kroku K šířky pásu \check{S} (obr. 21). Zvětšením všech hodnot má za následek snížení využitelnosti materiálu. [20; 25]



Obr. 21 Zakótovaný okraj a můstek [20].



Obr. 22 Hospodárné využití nástrojů [20].

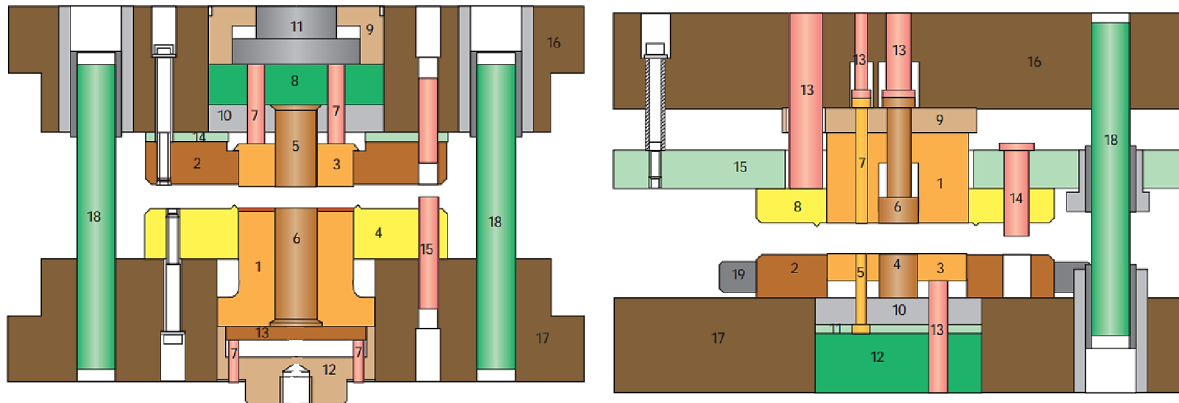
Tvar vystřihované součásti, jakost materiálu nebo rozměry tlačné hrany jsou důležití činitelé ovlivňující jejich velikost. Velikosti lze zjistit z tabulky 5. [20; 13]

Tab. 5 Hodnoty E a F [20].

Tloušťka materiálu [mm]	0,5	0,8	1	1,2	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
E [mm]	2	3	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
F [mm]	3	3,5	4	4	5	6	8	9	10	11	12

2.5 Konstrukce nástroje

Pro realizaci přesného stříhání je potřeba zkonstruovat a vyhotovit střížný nástroj. Nástroje pro přesné stříhání jsou namáhány 1,5 až 2,5 krát většími silami než u konvenčního stříhání tudíž konstrukce musí být tuhá a robustní. Tuhý vodící stojánek a pečlivé ustředění funkčních částí nástroje musí zachovat požadovanou střížnou vůli i po několika demontážích. Přidržovač s tlačnou hranou slouží i k stírání plechu ze střížníku. Konstrukci nástroje lze rozdělit na nástroj s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou (obr. 23a) nebo nástroj s pevným střížníkem a pohyblivou přitlačnou deskou (obr. 23b). V praxi se častěji využívá konstrukce s pohyblivým střížníkem. U této konstrukce je střížník dobře vystředěný a přesně veden vzhledem ke střížnici, stříhané součásti jsou kvalitnější a životnost nástroje větší. Stejně tak náklady na výrobu, údržbu a seřízení jsou menší než u nástrojů s pevným střížníkem. Tento typ nástroje se doporučuje používat pro střížnou sílu do 1 500 kN. [16; 19; 20]



1 – střížník, 2 – střížnice, 3 – vyhazovač,
4 – přitlačná deska, 5 – děrovací střížník,
6 – vyhazovač děrovaného otvoru, 7 – tlačný
kolík, 8 – opěrná deska, 9 – přídržovací
kroužek, 10 – kotevní deska, 11 – tlačná
deska, 12 – držák střížníku, 13 – můstek
vyhazovače, 14 – opěrná deska, 16 – horní
základní deska, 17 – spodní základní deska,
18 – vodící sloupek.

a) nástroj s pohyblivým střížníkem

1 – střížník, 2 – střížnice, 3 – vyhazovač,
4 – střížník vnitřního otvoru, 5 – děrovací
střížník, 6 – vyhazovač děrovaného otvoru,
7 – vyhazovací kolík, 8 – přitlačná deska,
9 – opěrná deska, 10 – kotevní deska,
11 – mezideska, 12 – podložka, 13 – tlačný
kolík, 15 – vodící deska, 16 – horní základní
deska, 17 – dolní základní deska, 18 –
vodící sloupek.

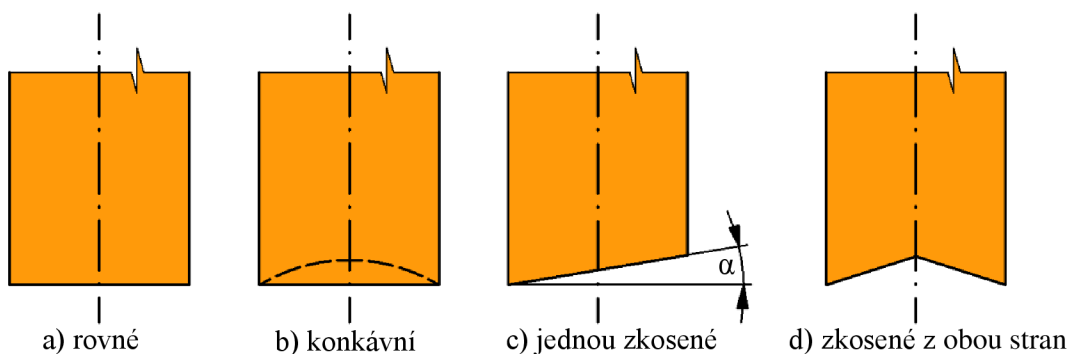
b) nástroj s pevným střížníkem

Obr. 23 Střížný nástroj [16].

2.5.1 Střížník

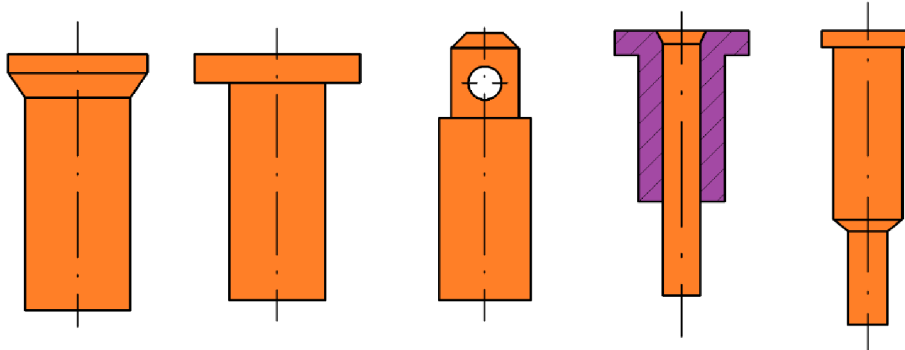
Střížník společně se střížnicí plní hlavní funkci nástroje, tedy vystřížení součásti. Celý střížník by měl být vyroben z jednoho kusu pro zajištění maximální tuhosti. Při navrhování by měl být kladen důraz na to, aby se střížník v průběhu stříhání nekroutil, neotáčel se a odolával sil na něj působících. Pro zajištění stability a tuhosti by opěrná část měla být co největší. [15; 20]

Změnou tvaru čela střížníku lze podstatně ovlivnit vniknutí jeho hrany do materiálu. V případě rovného čela (obr. 24a) dochází při stříhání k prudkému nárůstu síly, protože celý výstřížek je stříhán najednou. Pokud je potřeba tuto sílu zmenšit je možné využít jednu z modifikací vyobrazených na obr. 24. Použitím lze stříhat podstatně silnější materiálu a také se sníží hlučnost. Nevýhodou je ovšem deformace výstřížku a znemožnění použití vyhazovače. [15; 20]



Obr. 24 Tvary čel střížníků [15].

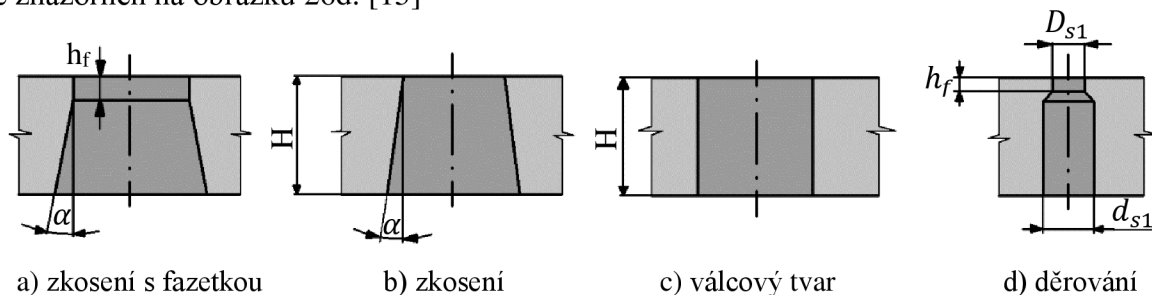
Jak již bylo zmíněno, při přesném stříhání vznikají několikanásobně větší síly, proto střížníky musí být pevně upnuty se základovou deskou. Děrovací střížníky mají většinou menší průměr a jsou delší než střížníky vystřihovací. Musí být schopny odolat nárazům a prohnutím, riziko prohnutí se dá redukovat zesílením nefunkční části těla nebo použitím pouzdra (obr. 25). [15; 20]



Obr. 25 Upínání střížníků [15].

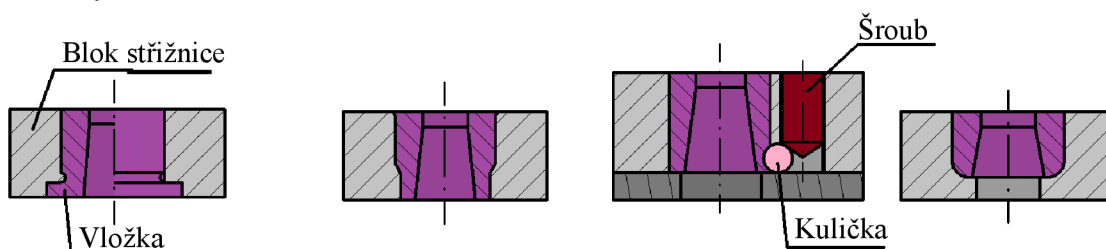
2.5.2 Střížnice

Střížnice představuje druhou hlavní část nástroje. Vnitřní tvarem střížnice, viz obrázek 26a, se vyrábějí součásti složitějšího tvaru s vyšší přesností. Výška tzv. „fazetky“ h_f musí být větší než tloušťka stříhané součásti kvůli budoucímu přebrušování. Pro malé výstřížky s menší přesností se využívá tvar znázorněn na obrázku 26b. Hodnoty zkosení pro materiály tenčí než 1 mm jsou $\alpha = 10'$ až $20'$ a pro tloušťku 1 mm až 5 mm $\alpha = 0,25'$ až $45'$. Pro přesné stříhání s tlačnou hranou se používá střížnice vyobrazena na obr. 26c. Po vystřihnutí je výstřížek vyhazovačem vytlačen a odstraněn z nástroje. Profil střížnice pro stříhání otvorů o průměru menším než 5 mm je znázorněn na obrázku 26d. [15]



Obr. 26 Tvar střížnic [15].

Střížnice může být vyrobena celistvá z jednoho bloku nebo pro úsporu materiálu dělená s vložkou funkční částí. Blok střížnice bývá připevněn k základní desce šrouby ze spodu, přičemž její polohy zajišťují kolíky. Příklady upínání vložkováné části u dělené střížnice jsou znázorněny na obrázku 27. [15]



Obr. 27 Upnutí vložky střížnice [15].

2.5.3 Materiály nástrojů

Materiál funkčních částí nástroje musí odolávat silám které jsou u přesného stříhání podstatně větší, než u konvenčního stříhání. Dále taky vzniká mezi nástrojem a stříhaným materiálem tření které výrazně snižuje jeho životnost. Nejčastěji se proto používají oceli nástrojové. Pro dosažení požadovaných vlastností nástrojových ocelí je nutné provádět tepelné zpracování. V některých případech se dají použít i slinuté karbidy, s kterými lze dosáhnout vyšších výkonů i u složitých stříhů. Ostatní dílce, které nejsou přímo v kontaktu se stříhaným materiálem jsou vyráběny z méně kvalitních ocelí třídy 11, 12 a 14. Přehled používaných materiálů a jejich tepelné zpracování jsou v tabulce 6. [19; 20; 29]

Tab. 6 Materiály nástrojů a jejich tepelné zpracování [19; 20; 29].

Část nástroje	Materiál	Tepelné zpracování
Střížník tvarový	19 437	Kalit a popustit na 60 až 61 HRC
	19 573	
	G3	
Střížník válcový (děrovací)	19 421	Kalit a popustit na 64 HRC
Střížnice	19 437	Kalit a popustit na 62 až 63 HRC
	19 572	
	G4	
Přítlačná deska a vyhazovač	19 437	Kalit a popustit na 58 až 59 HRC
Zděř	19 452	Kalit a 2x popustit na 55 až 57 HRC
Základní, kotevní a upínací desky	11 373	
	11 500/600	
Vodící sloupky a pouzdra	14 220	Cementovat do hloubky 0,5; 0,6 až 0,8, kalit na 61 až 63 HRC
Opěrné desky a vložky	12 050/060	Kaleno 54 až 50 HRC
Vodící lišty	11 600	
	12 050	

2.6 Volba stroje

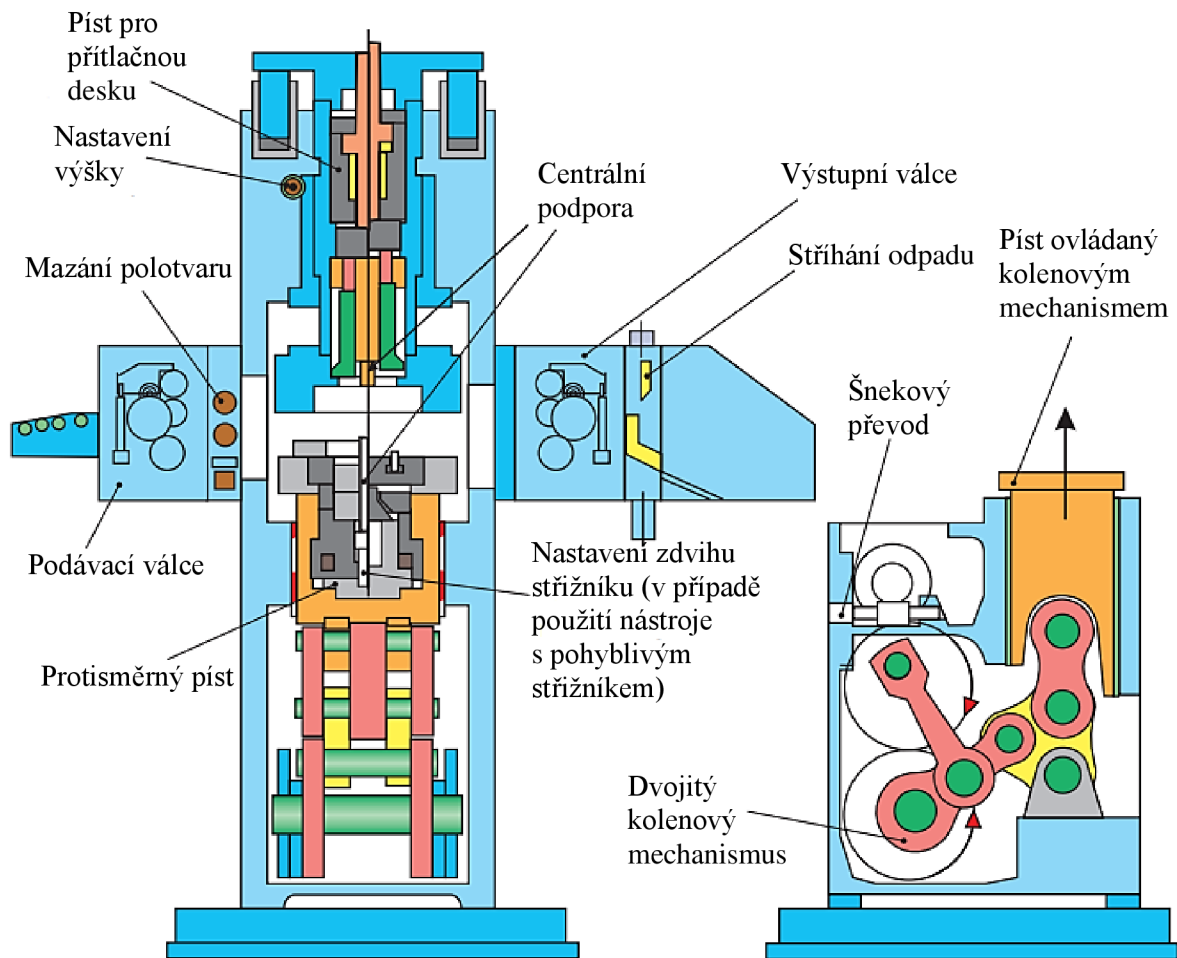
Pro vyvození všech tří potřebných sil, tj. střížná síla, síla na vyhazovači a přítlačné desce, je potřeba trojčinný lis. Dle způsobu pohonu lze lisy pro přesné stříhání rozdělit na mechanicko – hydraulické a hydraulické. U prvního zmíněného pohonu je střížník poháněn zpravidla pomocí kolenového mechanismu, jehož výhodou je zejména dodržení horní a spodní úvratí. Přidržovací síla a síla na vyhazovači je vyvozována hydraulicky pomocí pístu. Na základě praktických zkušeností je vhodné vyrábět a používat tento typ lisů pro celkové síly do 2 500 kN.

Výhodou hydraulického lisu oproti mechanickému je vzájemná nezávislost všech tří sil, snadná regulace a ovládání beranu, a celková lepší přizpůsobivost daným pracovním požadavkům. Tento typ lisů je vhodný pro celkové síly nad 2 500 kN.

Schéma mechanicko – hydraulického lisu je znázorněno na obrázku 28. Požadovaný lis by měl splňovat následující: [16; 19; 20]

- pracovní schopnost lisu by měla odpovídat požadavkům přesného stříhání, práce pro tuto technologii je přibližně dvou až třináásobek práce než při konvenčním stříhání,
- rychlost stříhání by neměla přesáhnout $15 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ u slabších plechů a $10 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ u silnějších,
- masivní, uzavřený stojan lisu pro snížení vibrací,
- přesné vedení beranu lisu bez vůle,

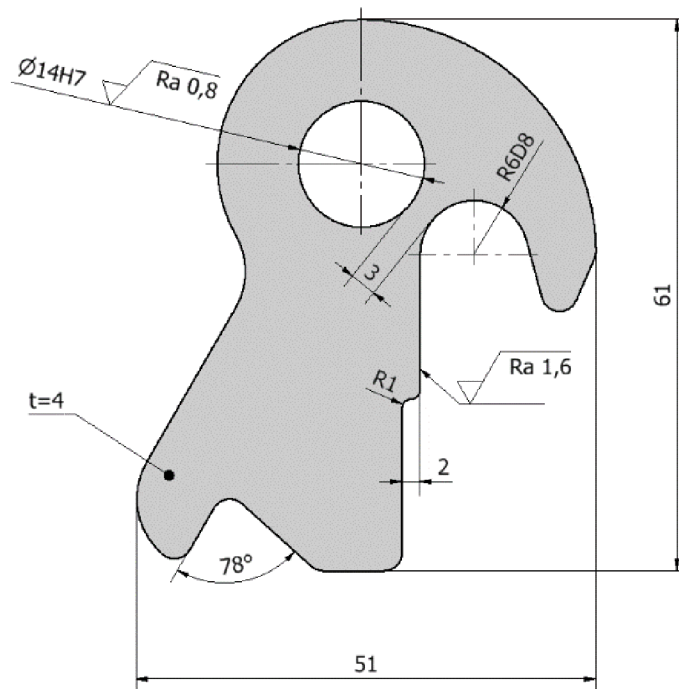
- mít bezpečnostní pojistkou proti přetížení a jiné ochranné zařízení proti poškození, zranění obsluhy atd.,
- být vybaven automatickým podáváním a mazáním vstupního polotovaru a schopností odstranit odpad a hotové součásti z pracovního prostoru.



Obr. 28 Mechanicko – hydraulický trojčinný lis [16].

3 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Vyráběná součást je segment zámku dveří automobilu, viz obr. 29. Pro její výrobu byla zvolena technologie přesného stříhání s tlačnou hranou a bude vyráběna z nízkolegované oceli 15CrMo5. Před začátkem návrhu výroby je nutné posoudit technologičnost, zda splňuje veškeré požadavky. Předepsané tolerance H7 a D8 jsou technologií přesného stříhání s tlačnou hranou běžně dosažitelné. Ostatní netolerované rozměry jsou tolerovány dle všeobecných tolerancí střední třídy přesnosti ISO 2768–1. Nejnižší předepsaná drsnost povrchu $Ra = 0,8 \mu\text{m}$ je taky snadno dosažitelná pomocí technologie přesného stříhání s tlačnou hranou. [31]



Obr. 29 Segment zámku.

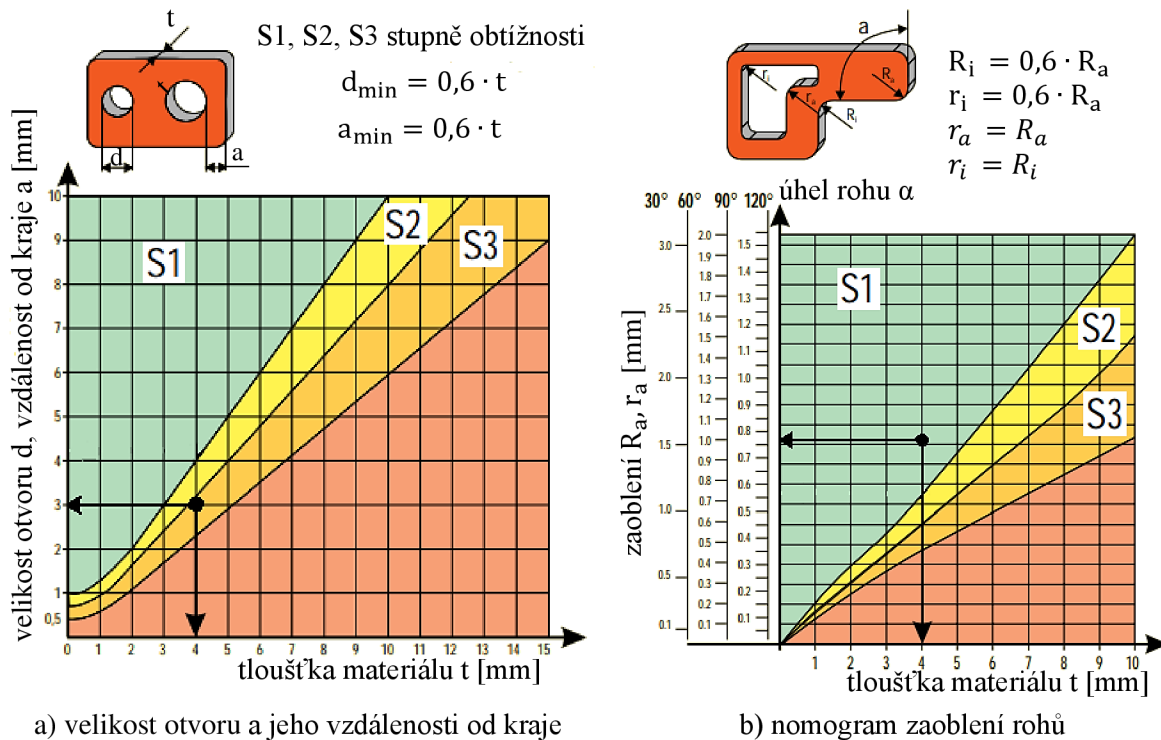
Na součásti se bude kontrolovat minimální průměr otvoru, jeho nejmenší vzdálenost od kraje a nejmenší zaoblení rohů. Kontrola bude prováděna pomocí nomogramů, jenž se nachází na obrázku 20 (kap. 2.4), kde hranici vyrobitelnosti představuje červená oblast. Na součásti se nachází jediný otvor o průměru 14 mm a jeho nejmenší vzdálenost od kraje součásti je $a = 3 \text{ mm}$. Pro určení minimální hodnoty zaoblení je potřeba znát úhel rohu kde se dané zaoblení nachází. Na obrázku 30 lze vidět že hodnota přechodu jsou 2 mm a hodnota zaoblení je 1 mm. Z toho vyplývá že rádiusy na sebe navazují a úhel rohu má 90° . [16; 19; 20]

V první řadě se zjistí, zda minimální hodnoty vyrobitelnosti otvoru a jeho vzdálenosti od kraje nebyly překročeny, a to dosažením do následující vztahu, jenž je součástí příslušného nomogramu (obr. 20b). [16; 19; 20]

Minimální hodnota se vypočte dle vztahu: [16; 19]

$$\begin{aligned} a_{\min} &= d_{\min} = 0,6 \cdot t, \\ a_{\min} &= d_{\min} = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ mm}. \end{aligned} \quad (3.1)$$

Z vypočtené hodnoty lze usoudit že minimální hodnota a_{\min} a d_{\min} nebyly reálnými hodnotami překročeny. Hodnota $a = 3 \text{ mm}$ se nachází na hranici zóny S2 a S3 (obr. 30a), při výrobě v těchto místech se bude muset počítat s větším opotřebením nástroje. Velikost otvoru dostatečně vyhovuje požadavkům, tj. v nomogramu se vyskytuje v zelené zóně. Minimální poloměr součásti R1 se nachází v zelené zóně S1 (obr. 30b), tudíž splňuje veškeré technologické požadavky. [16; 19; 20]



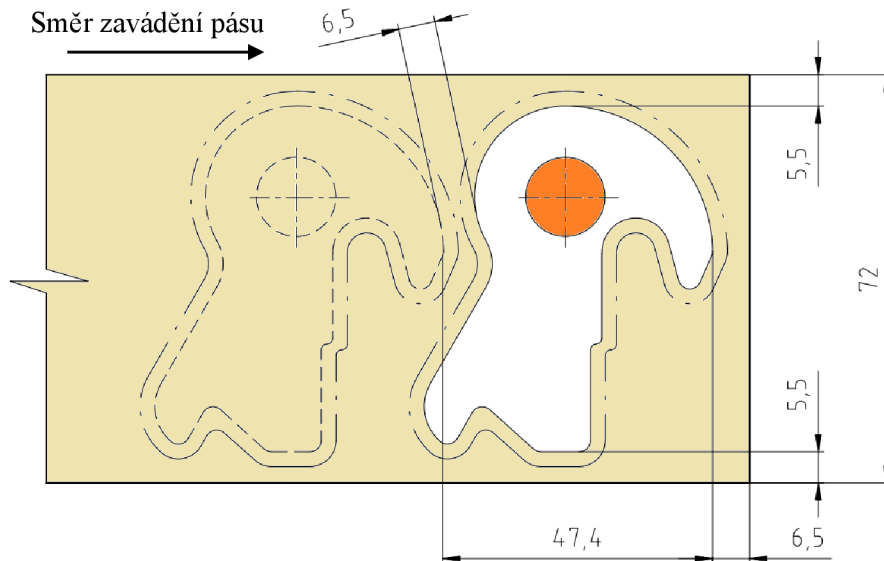
Obr. 30 Použité nomogramy [16].

Mezi nejdůležitější požadavky na stříhaný materiál, které ovlivňují životnost nástrojů a kvalitu stříhu, mimo jiné patří jeho vysoká čistota, tj. minimální množství vycezenin nebo vměstků. Ocel by měla mít maximální obsah uhlíku 0,5 %, což zvolená ocel 15CrMo5 splňuje. Jak bylo zmíněno v kapitole 2.4, materiál by bylo vhodné zpracovávat v žíhaném stavu pro zmenšení pevnosti v tahu. Dle [27; 34] je možné zadanou ocel žíhat na měkko, proto výchozí polotovár bude dodáván od firmy NIPPON steel [32], která zvolený materiál v tomto stavu dodává a zaručuje její maximální tvrdost 160 HV. Vzhledem k tomu, že už ale neuvádí mez pevnosti potřebnou pro výpočet, byla její hodnota určena pomocí tabulky od stejné firmy. V následujících výpočtech se bude tedy počítat s převedenou hodnotou $R_m = 515 \text{ MPa}$, která vyhovuje požadavku na hospodárné využití nástrojů, viz obr. 22 (kap. 2.4). [20; 27; 32; 34]

3.1 Využití materiálu a nástřihový plán

Při výrobě plošných součástí se využívá vstupní polotovar ve formě svitku nebo tabule plechu. Při uvažované sérii 280 000 kusů ročně, je výhodnější použít svitek. Jeho procentuální využití je vyšší, jelikož se především sníží množství počátečních a koncových odpadů. Manipulace je za pomoci jeřábů či vozíků snazší a vkládání pásu do stroje je při použití podavače a odvíjecího zařízení automatizované. Nevýhodou jsou ovšem náklady na pořízení zařízení. Výchozí polotovár bude tedy dodáván ve formě svitku s tloušťkou 4 mm od firmy NIPPON steel. Před vytvořením návrhu rozmístění stříhané součásti na pásu plechu je nutné znát hodnoty okrajů a můstku. Z tabulky 5 (kap. 2.4) byly pro tloušťku materiálu 4 mm zvoleny hodnoty můstku $E = 6,5 \text{ mm}$ a velikost okrajů $F = 11 \text{ mm}$. Byly navrženy tři verze nástřihových plánů, s uspořádáním v jedné řadě, kde bílá barva vyznačuje vystřihovaný tvar a oranžová barva děrovaný otvor. [20; 25; 32]

Ve variantě A (obr. 31) bylo uvažováno uspořádání výstřížků na výšku. Pro přehlednost bude pro tuto variantu zpracován vzorový výpočet procentuálního využití a společně s výsledky variant B a C budou zapsány do tabulky 7.



Obr. 31 Varianta A.

Nejdříve je potřeba zjistit délku pásu namotaného ve svitku. Svitky dle požadavků mohou být dodávány výrobcem [32] o hmotnostech 500 kg až 2 500 kg. Procentuální využití bude počítáno pro svitky o hmotnostech 500 kg, 1 500 kg a 2 500 kg. Pro hmotnost svitku 500 kg bude vypočítána délka pásu pomocí vztahu:

$$l_p = \frac{m \cdot 100^3}{\rho \cdot \check{S} \cdot t}, \quad (3.2)$$

$$l_p = \frac{500}{7900 \cdot 72 \cdot 4} \cdot 100^3 = 219,76 \text{ m},$$

kde: m – hmotnost svitku [kg]; $m = 500$ kg,
 ρ – hustota materiálu [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]; $\rho = 7900$ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$],
 \check{S} – šířka pásu [mm]; pro variantu A je $\check{S} = 72$ mm.

Z vypočtené hodnoty délky pásu ve svitku lze stanovit počet výstřížků vystřižených z jednoho pásu dle vztahu:

$$n_v = \frac{l_p \cdot 1000 - l_{zo} - 2 \cdot E}{K}, \quad (3.3)$$

$$n_v = \frac{219,76 \cdot 1000 - 200 - 2 \cdot 6,5}{47,4} = 4631,8 \text{ ks},$$

kde: l_{zo} – délka zaváděcího odpadu [mm]; zvoleno 200 mm,
 E – velikost můstku [mm]; $E = 6,5$ mm,
 K – délka kroku [mm]; $K = 47,4$ mm.

Vypočítaná hodnota počtu výstřížků z plechu je nutno zaokrouhlit dolů na $n_v = 4631$ kusů.

Počet svitků pro zadanou výrobní sérii se stanoví dle:

$$n_s = \frac{v_s}{n_v}, \quad (3.4)$$

$$n_s = \frac{280000}{4631} = 60,46 \text{ ks},$$

kde: v_s – výrobní série [$\text{ks} \cdot \text{rok}^{-1}$]; $v_s = 280000$ $\text{ks} \cdot \text{rok}^{-1}$,
 n_v – počet výstřížků z pásu [ks]; $n_v = 4631$ ks.

Pro zadanou výrobní sérii bude potřeba 61 svitků o hmotnosti 500 kg.

Výsledné procentuální využití svitku se stanoví poměrem plochy svitku a plochy všech výstřížků vystřížených z pásu:

$$p_v = \frac{S_v}{S_p}, \quad (3.5)$$

$$p_v = \frac{7\,686\,070,7}{15\,822\,784,8} \cdot 100 = 48,58 \%,$$

kde: S_v – plocha všech výstřížků z pásu [mm^2];

$$S_v = n_v \cdot S, \quad (3.6)$$

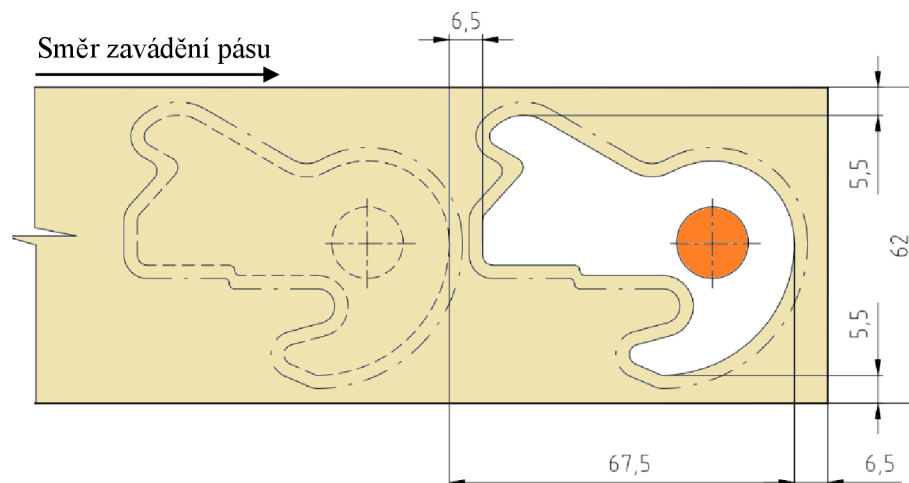
$$S_v = 4\,631 \cdot 1\,659,7 = 7\,686\,070,7 \text{ mm}^2,$$

kde: S – plocha součásti i s otvorem [mm^2]; zjištěno pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2023 na $S = 1\,659,7 \text{ mm}^2$,

S_p – plocha pásu [mm^2];

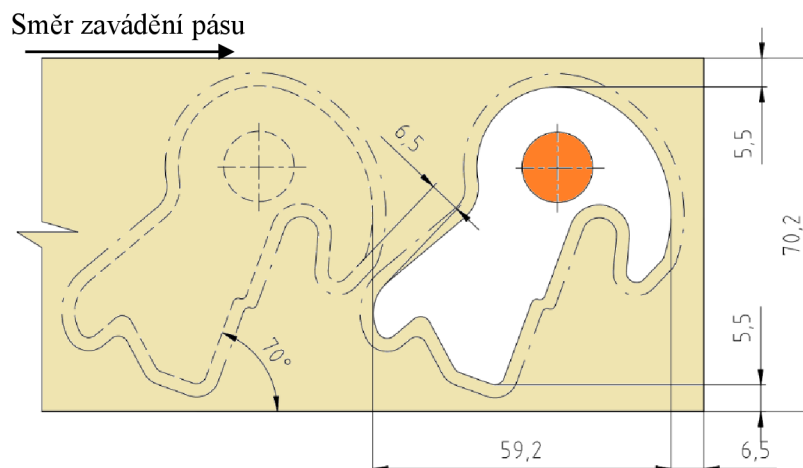
$$S_p = l_p \cdot 1000 \cdot \text{Š}, \quad (3.7)$$

$$S_p = 219,76 \cdot 1000 \cdot 72 = 15\,822\,784,8 \text{ mm}^2.$$



Obr. 32 Varianta B.

Uspořádání na ležato bylo zvoleno u varianty B (obr. 32) a natočená součást pod úhlem 70° lze vidět na obrázku 33. V porovnání s variantou A se výrazně zvětšila hodnota kroku oproti zmenšení šířky pásu. Lze proto očekávat zmenšení procentuálního využití materiálu.



Obr. 33 Varianta C.

Tab. 7 Ekonomické využití materiálu.

Varianta A				
Hmotnost svitku [kg]	m	500	1500	2500
Délka pásu [m]	l_p	219,76	659,28	1098,80
Počet výstřížků ze svitku [ks]	n_v	4 631	13 904	23 177
Plocha pásu svitku [mm ²]	S_p	15 822 784,8	47 468 354,4	79 113 924,1
Plocha výstřížků ze svitku [mm ²]	S_v	7 686 070,7	23 076 468,8	38 466 866,9
Potřebný počet svitků [ks]	n_s	61	21	13
Procentuální využití [%]	p_v	48,58	48,61	48,62
Varianta B				
Hmotnost svitku [kg]	m	500	1500	2500
Délka pásu [m]	l_p	255,21	765,62	1276,03
Počet výstřížků ze svitku [ks]	n_v	3 777	11 339	18 901
Plocha pásu svitku [mm ²]	S_p	15 822 784,8	47 468 354,4	79 113 924,1
Plocha výstřížků ze svitku [mm ²]	S_v	6 268 686,9	18 819 338,3	31 369 989,7
Potřebný počet svitků [ks]	n_s	75	25	15
Procentuální využití [%]	p_v	39,62	39,65	39,65
Varianta C				
Hmotnost svitku [kg]	m	500	1500	2500
Délka pásu [m]	l_p	225,4	676,19	1126,98
Počet výstřížků ze svitku [ks]	n_v	3 803	11 420	19 034
Plocha pásu svitku [mm ²]	S_p	15 822 784,8	47 468 354,4	79 113 924,1
Plocha výstřížků ze svitku [mm ²]	S_v	6 311 839,1	18 953 774	31 590 729,8
Potřebný počet svitků [ks]	n_s	74	25	15
Procentuální využití [%]	p_v	39,89	39,93	39,93

Nejlepší využití svitku vyšlo u varianty A. Nástroj proto bude konstruován pro tuto variantu. Z důvodu nevyužití až 90 % posledního svitku o hmotnosti svitku 1 500 kg a 2 500 kg bude polotovar dodáván o hmotnosti 500 kg. Tím se sníží náklady na polotovar, které představují značnou část nákladů na výrobu a taky se zlepší manipulace se svitkem.

Odvíjení pásu bude zajišťovat odvíjecí zařízení FBA 6/300. Důležité je zkontrolovat, zda svitek vyhovuje parametrům zařízení. Maximální nosnost zařízení je 3 000 kg a maximální vnější průměr svitku jsou 2 m. [38]

Pro zvolenou hmotnost svitku 500 kg je potřeba stanovit jeho vnější průměr dle vztahu:

$$D_{sv} = \sqrt{\frac{l_p \cdot 4 \cdot t}{\pi} + d_{sv}^2}, \quad (3.8)$$

$$D_{sv} = \sqrt{\frac{219,76 \cdot 4 \cdot 0,004}{\pi} + 0,51^2} = 1,17 \text{ m},$$

kde: D_{sv} – vnější průměr svitku [m],
 l_p – délka pásu [m]; $l_p = 219,76 \text{ m}$ pro svitek o hmotnosti 500 kg,
 d_{sv} – dodávaný vnitřní průměr svitku [m] ($d_{sv} = 0,51 \text{ m}$).

Hmotnost svitku 500 kg a jeho vnější průměr 1,17 m dostatečně vyhovuje parametrům odvíjecího zařízení.

3.2 Tlačná hrana a střížná vůle

Přesto že tloušťka materiálu 4 mm je hraniční hodnota, bude konstruována tlačná hrana jen na přidržovači. Materiál disponuje nízkou tvařitelností, proto bude špička hrany zkosena na obou stranách pod úhlem 45° . [16; 19; 20]

První možností stanovení výšky tlačné hrany je použití vzorce (2.1):

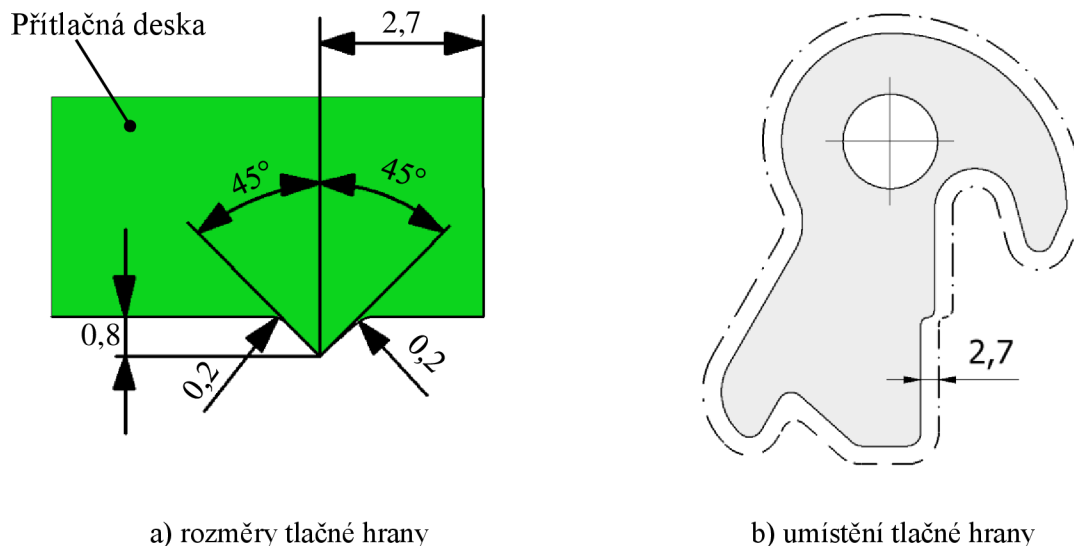
$$h = \frac{1}{6} \cdot t = \frac{1}{6} \cdot 4 = 0,67 \text{ mm.}$$

Vzhledem k důležitosti tlačné hrany, musí být její rozměry navrženy tak, aby dokázala v materiálu vyvodit zápornou složku normálového napětí v místě stříhu. Výrobci Schuler [16] a FEINTOOL [19] doporučují hodnotu **h** pro tloušťku materiálu 4 mm přibližně (0,7 až 0,8) mm (tabulka 4). Jelikož je zvolený materiál obtížnější stříhat, tak výška hrany bude upravena na vyšší hodnotu z rozsahu, aby byla zajištěno vytvoření dostatečného napětí v materiálu. Výsledná hodnota výšky hrany tedy byla zvolena na $h = 0,8$ mm. [16; 19; 20]

Z upravené hodnoty a zvoleným koeficientem 0,9 z rozsahu se vypočte vzdálenost špičky od obrysu dle vztahu (2.3):

$$A_h = (0,6 \text{ až } 1,2) \cdot h = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72 \text{ mm.}$$

Vypočtená hodnota a hodnoty v tabulce 4 (kap. 2.1) se výrazně liší, kde oba výrobci udávají hodnotu přibližně $A_h = 2,7$ mm. Dle [20] hodnota vzdálenosti hrany od kraje pro tloušťku 4 mm odpovídá 2,8 mm. S přihlédnutím spíše k doporučeným hodnotám byla zvolena vzdálenost $A_h = 2,7$ mm. Poslední parametr, který je nutný určit, je zaoblení **R**. Dle [19] je zaoblení $R = 0,1$ mm a dle [20] $R = 0,2$ mm. Výrobce [16] doporučuje hodnotu zaoblení stejnou jako výšku hrany, tj 0,8 mm. Aby bylo zabezpečeno snazší dosednutí přitlačné desky na polotovar, bylo zvoleno zaoblení $R = 0,2$ mm. Všechny zvolené parametry jsou znázorněny na obrázku 34a. Tvar součásti obsahuje dvě vybrání, trojúhelníkové a do kterého zapadá západka. Obě svým tvarem přibližně odpovídají obrysům znázorněným na obrázku 16. Tlačná hrana proto bude vedena kolem celého obrysu (obr. 34b). [16; 19; 20]



Obr. 34 Tlačná hrana.

Kromě působení tlačné hrany má zásadní vliv na kvalitu výstřížku střížná vůle. Budou použity dva způsoby pro její určení. Při přesném stříhání s tlačnou hranou je potřeba větší střížné síly než u běžného stříhání. Z tohoto důvodu byla zvolena hodnota střížného odporu $\tau_s = 0,9 \cdot R_m$, jenž je v praxi nejvíce využívána. [16]

Jako první bude použit empirický vztah pro tloušťku materiálu $t > 3$ mm (2.12):

$$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,9 \cdot Rm} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 4 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{0,9 \cdot 515} = 0,019 \text{ mm},$$

kde: c – součinitel pro přesné stříhání; $c = 7 \cdot 10^{-4}$ dle [13; 20].

Druhý způsob vyházi z tloušťky stříhané součásti a hodnota se vypočítá dle (2.13):

$$v = 0,005 \cdot t = 0,005 \cdot 4 = 0,02 \text{ mm}.$$

Obě hodnoty se liší jen nepatrně. Při stanovování rozměrů střížníku a střížnice je do výpočtu zahrnuta i střížná vůle. Aby byla zajištěna snazší vyrobiteľnost byla zvolena střížná vůle $v = 0,02$ mm.

3.3 Střížná síla a práce

Pro správnou volbu lisu je nutné znát celkovou sílu kterou musí být schopný vykonat. Operace vystřihování i děrování se provádí najednou, proto se do délky stříhu zahrne jak obvod součásti, tak i obvod otvoru. Délka stříhu byla zjištěna pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2023 a jeho hodnota je $l_s = 260,2$ mm. Hodnota koeficientu střížného odporu τ_s byla zvolena 0,9. Stříhaný materiál bude mít podstatný vliv na funkční povrch střížníku a střížnice, opotřebení bude z tohoto důvodu větší, proto hodnota součinitele otupení byla zvolena 1,3. [16; 17; 18; 19; 20]

Střížná síla se vypočte dle vztahu (2.6):

$$F_s = l_s \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot Rm \cdot n = 260,2 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 515 \cdot 1,3 = 627\,134,04 \text{ N}.$$

Přidržovací síla se vypočte dle vztahu (2.7):

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot h \cdot L_h = 4 \cdot 515 \cdot 0,8 \cdot 227,99 = 375\,727,52 \text{ N},$$

kde: L_h - délka tlačné hrany [mm], zjištěno pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2023; $L_h = 227,99$ mm.

Hodnota měrného tlaku zahrnutý ve vzorci pro stanovení vyhadzovací síly se volí na základě velikosti a tloušťky stříhané součásti. Dle [16; 19] se pro malé a tenké součásti volí hodnota 20 MPa. Zdroje [13; 20] uvádí spodní hranici 30 MPa. Naopak pro větší a tlustší součásti je volena hodnota 70 MPa. Vyráběný segment sice spadá spíše do kategorie menších výrobků, ovšem po zohlednění tloušťky 4 mm a poměrně vysoké odolnosti zvoleného materiálu byla zvolena hodnota měrného tlaku $p = 50$ MPa. [16; 13; 19]

Síla na vyhadzovači se zjistí dle vztahu (2.8):

$$F_v = S' \cdot p = 1659,7 \cdot 50 = 82\,985 \text{ N},$$

kde: S' – plocha na níž působí vyhadzovač [mm^2]; $S' = 1\,659,7 \text{ mm}^2$.

Celková síla se nakonec vypočte dle (2.9):

$$\begin{aligned} F_c &= F_s + F_p + F_v = 627\,134,04 + 375\,727,52 + 82\,985 = \\ &= 1\,085\,846,56 \text{ N} = 1\,085,85 \text{ kN}. \end{aligned}$$

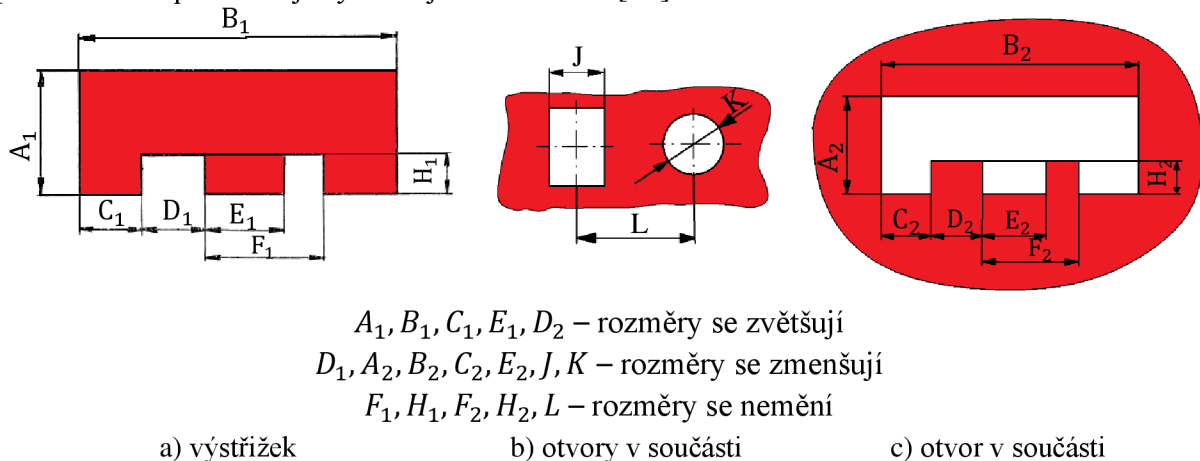
Střížná práce se stanoví dle vztahu (2.10):

$$A_f = \lambda \cdot F_s \cdot t = 0,35 \cdot 627\,134,04 \cdot 4 = 877\,987,7 \text{ J} = 878 \text{ kJ},$$

kde: λ – součinitel plnosti diagramu závislý na druhu a tloušťce materiálu; hodnota zvolena z tabulky v příloze 2 jako $\lambda = 0,35$.

3.4 Rozměry střížníku a střížnice

Při počítání rozměrů hlavních částí nástroje, tj. střížníku nebo střížnice je jedna z nich považována za základní. Při operaci vystřihování to je střížnice a při děrování střížník. Druhá část se stanoví podle základní s ohledem na velikosti střížné vůle. Rozměry jsou určovány na základě tvaru, rozměrů a tolerancí stříhané součásti. Při stříhání dochází k opotřebení funkčních ploch, tedy může docházet ke změně jejich rozměrů. V závislosti na operaci, tj. děrování nebo vystřihování se konkrétní rozměr může zvětšit, zmenšit, a nebo může zůstat stejný. Tuto problematiku podrobněji vysvětluje obrázek 35. [33]



A_1, B_1, C_1, E_1, D_2 – rozměry se zvětšují

$D_1, A_2, B_2, C_2, E_2, J, K$ – rozměry se zmenšují

F_1, H_1, F_2, H_2, L – rozměry se nemění

a) výstřížek

b) otvory v součásti

c) otvor v součásti

Obr. 35 Změna rozměrů při stříhání [33].

Při děrování otvoru se za základní těleso bude považovat střížník. Vlivem opotřebení se bude jeho rozměr zmenšovat (obr. 35b), proto jeho jmenovitý rozměr by měl být větší než jmenovitý rozměr otvoru. Zároveň ale nesmí být větší než horní mezní rozměr, aby nedošlo k přesáhnutí předepsané tolerance. Pro zvolení vhodného vztahu je nutné znát orientaci odchylek jmenovitého rozměru otvoru. Předepsaná tolerance H7 pro rozměr 14 mm má velikost 0,018 mm a její orientace je nad nulovou čarou, tj. v plusu. Protože velikost tolerance je příliš malá a v tabulce pro určení přípustné míry opotřebení se nenachází, viz. příloha 5. Hodnota míry opotřebení P byla zvolena jako velikost tolerance díry, tj. 0,018 mm. Výrobní tolerance střížníku TA a střížnice TE byli zvoleny ze stejné tabulky pro nejbližší (nejmenší v tabulce) toleranci součástky. [31; 33]

Na základě všech výše zmíněných podmínek byl zvolen vzorec z tabulky pro výpočet základních rozměrů střížnice při děrování (příloha 4) [33]:

$$RAD_{14} = (JR + P) - TA, \quad (3.9)$$

$$RAD_{14} = (14 + 0,018) - 0,004 = 14,018_{-0,004}^{0} \text{ mm},$$

kde: JR – jmenovitý rozměr díry [mm] ($JR = 14$ mm),

P – přípustná míra opotřebení [mm]; $P = 0,018$ mm,

TA – výrobní tolerance střížníku [mm]; $TA = 0,004$ mm.

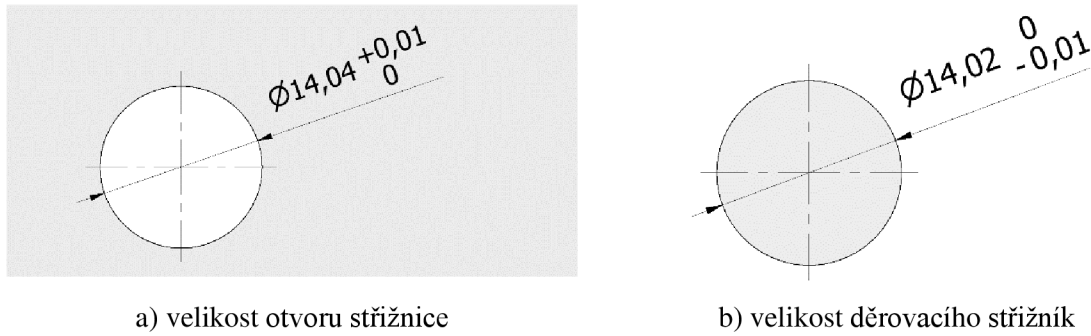
Rozměr střížnice se stanoví dle vztahu [33]:

$$RED_{14} = (JR + P + v) + TE, \quad (3.10)$$

$$= (14 + 0,018 + 0,02) + 0,007 = 14,038_0^{+0,007} \text{ mm},$$

kde: TE – výrobní tolerance střížnice [mm]; $TE = 0,007$ mm.

Jelikož by bylo velmi náročné a drahé vyrobít střížník a střížnici s tak přesnými rozměry a tolerancemi, byly proto vhodně upraveny (zaokrouhleny), viz obr. 36.



a) velikost otvoru střížnice

b) velikost děrovacího střížník

Obr. 36 Děrovací střížník a střížnice.

Vystřihováním se zhotoví vnější tvar součásti, proto se za základní část bude považovat střížnice. Pro její největší rozměr bude zpracován vzorový výpočet. Největší rozměr na součásti je jeho výška 61 mm (obr. 29). Při porovnání s tvarem na obrázku 35a je zřejmé že se jedná o zvětšující se rozměr. Jak již bylo zmíněno v kapitole 1, jedná se o netolerovaný rozměr, proto se jeho tolerance zjistí z tabulky pro mezní úchytky netolerovaných rozměrů dle ČSN ISO 2768 - 1 pro střední třídu přesnosti, kde tomu odpovídají úchytky $\pm 0,3$ mm. Na základě tolerance rozměru 0,6 mm byly zvoleny hodnoty výrobních tolerancí střížníku a střížnice a přípustná míra opotřebení **P**. Rovnice pro výpočet byla vybrána z tabulky pro vystřihování (příloha 3), a to pro orientaci úchylek do plusu a do mínusu: [31; 33]

- Rozměr a tolerance střížnice se stanoví dle vztahu [33]:

$$REV_{61} = \left(JR - \frac{P}{2} \right) + TE, \quad (3.11)$$

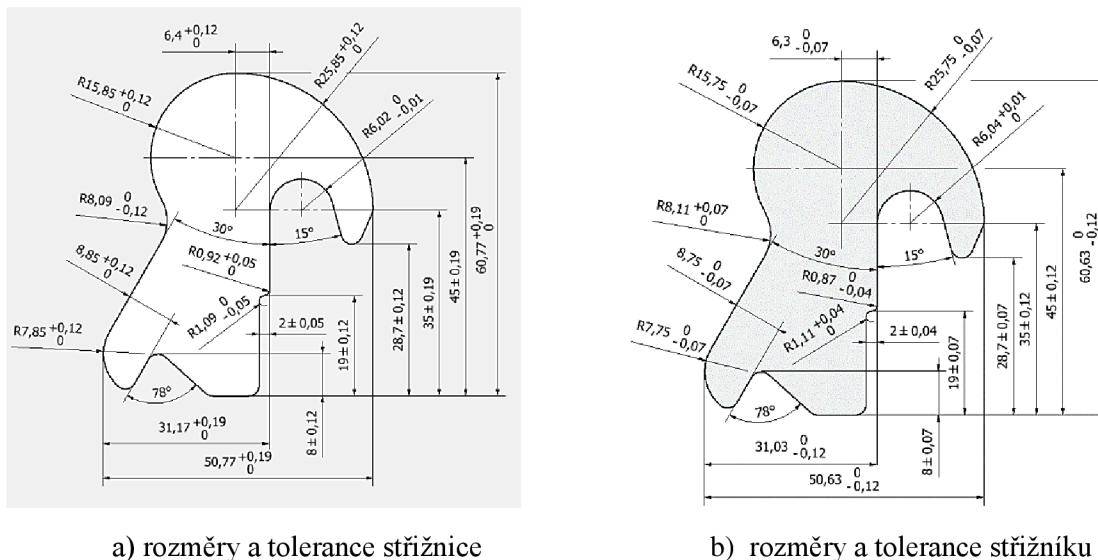
$$REV_{61} = \left(61 - \frac{0,46}{2} \right) + 0,19 = 60,77^{0,19}_0 \text{ mm.}$$

- Rozměr a tolerance střížníku se stanoví ze střížnice dle vztahu [33]:

$$RAV_{61} = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TA \right) - TA, \quad (3.12)$$

$$RAV_{61} = \left(61 - \frac{0,46}{2} - 0,02 - 0,12 \right) - 0,12 = 60,631^{0}_{-0,12} \text{ mm.}$$

Všechny rozměry střížníku a střížnice pro vystřihování byly zakresleny do obrázku 37 už přizpůsobeny (zaokrouhleny), aby je bylo možné vyrobit a zkontrolovat.



a) rozměry a tolerance střížnice

b) rozměry a tolerance střížníku

Obr. 37 Rozměry a tolerance střížníku a střížnice.

Nezakótované poloměry mají hodnotu R2. Pro přehlednost nebylo zaoblení R2 zakótováno. Vnější zaoblení R2 má rozměr střížníku $1,87_{-0,04}^0$ mm a střížnice $1,92_0^{+0,05}$ mm. Velikost rozměru vnitřního zaoblení střížníku je $2,12_0^{+0,04}$ mm a střížnice $2,09_{-0,05}^0$ mm.

3.5 Kontrola částí nástroje

Během stříhání může dojít vlivem vysokých sil k poškození nebo jinému ovlivnění funkčních částí nástroje. U střížníků menších průměrů je riziko jeho vybočení nebo prohnutí. U nástrojů pro přesné stříhání je ovšem děrovací střížník v téměř celé jeho délce veden vyhazovačem, proto kontrola jeho kritické délky, při které by mohlo k vybočení docházet není potřeba. Další riziko, jež je už potřeba zkontrolovat je nebezpečí otláčení upínací hlavy střížníku do podložky, která je z méně kvalitního materiálu než střížník.

Napětí působící na opěrnou desku se stanoví dle vztahu: [36; 37]

$$\sigma_{otl} = \frac{F_{sd}}{S} = \frac{\pi \cdot d \cdot t \cdot \tau_s \cdot n}{\frac{\pi \cdot d_{pi}^2}{4}}, \quad (3.13)$$

$$\sigma_{otl} = \frac{\pi \cdot d \cdot t \cdot \tau_s \cdot n}{\frac{\pi \cdot d_{ph}^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 14 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 515 \cdot 1,3}{\frac{\pi \cdot 18^2}{4}} = 416,58 \text{ MPa},$$

kde: d – průměr otvoru [mm]; $d = 14$ mm,

d_{ph} – průměr upínací hlavy střížníku [mm]; $d_{ph} = 18$ mm,

σ_{otl} – napětí na otláčení [MPa],

d_{pi} – průměr kontrolované plochy [mm],

F_{sd} – síla na vystřížení otvoru [N].

Napětí, kterému by materiály opěrných desek měly odolat je 180 MPa. Vypočtené napětí σ_{otl} vyšlo více než dvojnásobně vyšší, proto děrovací střížník musí být podepřen kalenou vložkou. [36]

Další riziko nutné zkontrolovat je kontrola samotného střížníku na namáhání tlakem. Střížník musí sám odolat tlaku kterým působí na stříhaný materiál. [36; 37]

Působící tlak se stanoví pomocí předešlého vztahu (3.13):

$$\sigma_{tl} = \frac{F_{sd}}{S} = \frac{\pi \cdot d \cdot t \cdot \tau_s \cdot n}{\frac{\pi \cdot d_{pd}^2}{4}} = \frac{\pi \cdot 14 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 515 \cdot 1,3}{\frac{\pi \cdot 14,02^2}{4}} = 686,67 \text{ MPa},$$

kde: d – průměr otvoru [mm]; $d = 14$ mm,

d_{pd} – průměr děrovacího střížníku [mm]; $d_{pd} = 14,02$ mm,

σ_{tl} – napětí na čele střížníku [MPa].

Běžné nástrojové oceli jsou schopné přenášet tlaky 2 000 MPa až 2 400 MPa, pro bezpečnost je možno volit 1 600 MPa až 1 800 MPa. Vypočtený tlak je více než dvojnásobně menší, střížník tedy nebude mít problém danému tlaku odolat. [36]

Střížnice v nástroji je na krajích podepřená a uprostřed na ní působí střížná síla. Je proto namáhána na tlak ale i na ohyb. Aby byla schopná střížné síle odolat je nutné stanovit její bezpečnou výšku (tloušťku). [36; 37]

Pro předběžný návrh byl použit vztah [37]:

$$H_1 = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_s}, \quad (3.14)$$

$$H_1 = \sqrt[3]{0,1 \cdot 627\,134,04} = 39,73 \text{ mm}.$$

Pro přesnější hodnotu je vhodné použít vztah se zaimplementovanými reálnými podmínkami, jako je např. nepodepřená plocha a velikost otvoru ve střížnici. Výšku **H** je vhodné dimenzovat na největší dovolené namáhání v ohybu pro příslušný materiál střížnice. [36; 37]

Výška se vypočte dle vztahu [36]:

$$H = \sqrt{\frac{2,5 \cdot F_s}{\sigma_o} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot D_s}{3 \cdot d_s}\right)}, \quad (3.15)$$

$$H = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 627\,134,04}{400} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 61}{3 \cdot 75}\right)} = 42,36 \text{ mm},$$

kde: D_s – největší rozměr vnitřního otvoru střížnice [mm]; $D_s = 61 \text{ mm}$,
 d_s – průměr otvoru zděre střížnice [mm]; $d_s = 75 \text{ mm}$,
 σ_o – maximální dovolené napětí v ohybu [MPa]; $\sigma_o = 400 \text{ MPa}$ [36].

Za přesnější hodnotu lze považovat hodnotu 42,36 mm. Při stříhání může dojít k neočekávaným událostem, např. o něco vyšší pevnost polotovaru, větší opotřebení nástroje apod., jež mohou zvýšit střížnou sílu. Z tohoto důvodu byla hodnota výšky střížnice zaokrouhlena na 45 mm.

Pro přenos sil pohyblivých částí nástroje slouží tzv. tlačné a vyrážecí kolíky. Je potřeba stanovit jejich bezpečný průměr a počet. Byla zvolena konstrukce nástroje s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou, proto budou kontrolovány především vyrážecí kolíky, které ovládají pohyb vyhazovačů. Kolíky byly navrženy o průměru 12 mm a jejich bezpečný počet se zjistí pomocí vztahu: [39; 40]

$$n_{vk} = \frac{S_{vs}}{S_{vk}} = \frac{\frac{F_{vs}}{3 \cdot p}}{\frac{\pi \cdot d_{vk}^2}{4}}, \quad (3.16)$$

$$n_{vk} = \frac{75\,285}{\frac{\pi \cdot 12^2}{4}} = 4,44 \text{ ks},$$

kde: d_{vk} – průměr vyrážecích kolíků [mm]; navrhuto $d_{vk} = 12 \text{ mm}$,
 F_{vs} – vyhazovací síla pro výstřížek [N],

$$F_{vs} = S_v \cdot p = 1\,505,7 \cdot 50 = 75\,285 \text{ N},$$

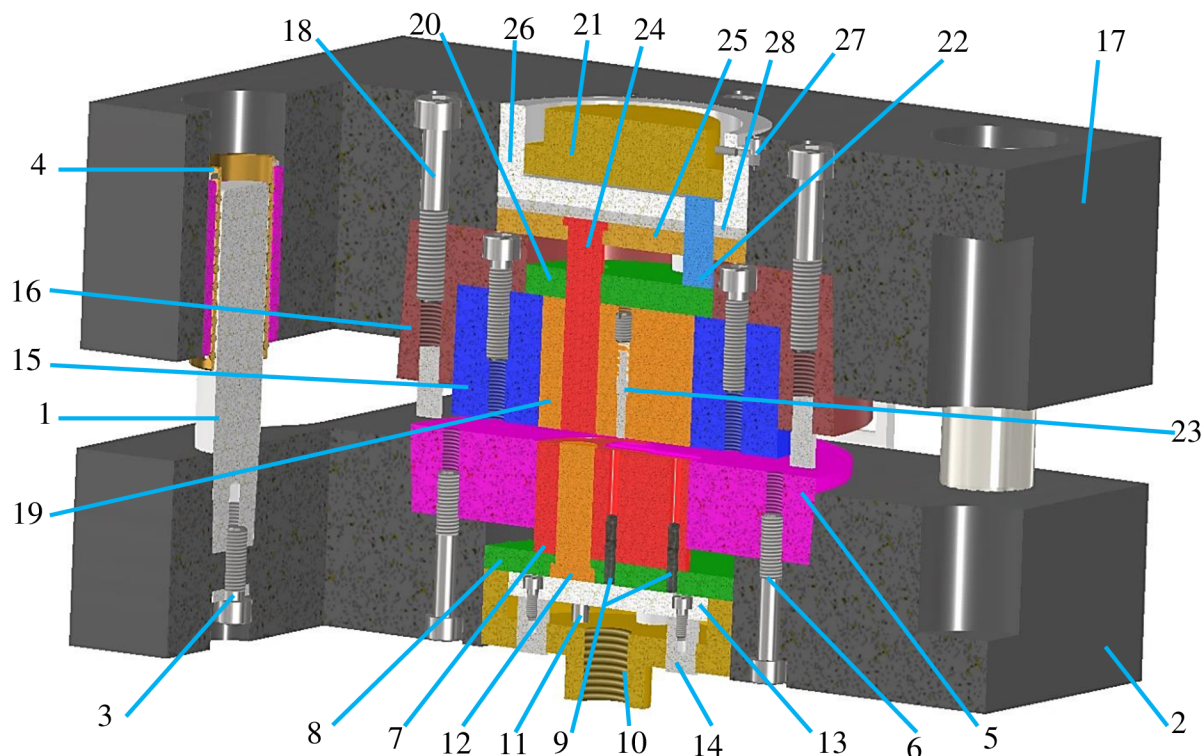
kde: S_v – plocha výstřížku [mm²]; $S_v = 1\,505,7 \text{ mm}^2$,
 p – měrný tlak [MPa]; viz kap. 3.3.

Kvůli bezpečnosti je potřeba výsledná hodnota zaokrouhlit nahoru, vyhazovač výstřížku bude tedy ovládán 5 vyrážecími kolíky. Krom zmíněných jsou zde ještě další kolíky, které ovládají pohyb, který není tak silově náročný, proto 4 kolíky namísto 5 by měly dostačovat.

3.6 Konstrukce nástroje

Konstrukce nástroje byla především prováděna pomocí směrnic pro konstrukci nástrojů od firmy Zbrojovka Brno. Byla zvolena varianta nástroje s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou. Tímto typem nástroje lze dosáhnout lepší kvality stříhu a rovněž náklady na výrobu, seřízení a údržbu jsou nižší. Řez modelem nástroje je na obrázku 38. [20]

Nástroj se skládá z horní a spodní části. Obě části jsou vůči sobě vymezeny a vedeny pomocí dvou vodících sloupků (1), které jsou upořádány v uhlopříčce o různém průměru, aby nedošlo ke špatnému nasazení. Pro zajištění maximální souososti a kolmosti jsou sloupky v dolní základové desce (2) kotveny do kužele. Zajištěny jsou pomocí podložky a šroubu (3). Lepená pouzdra s kuličkovou klecí (4) zajišťují dokonalé vedení horní části nástroje.



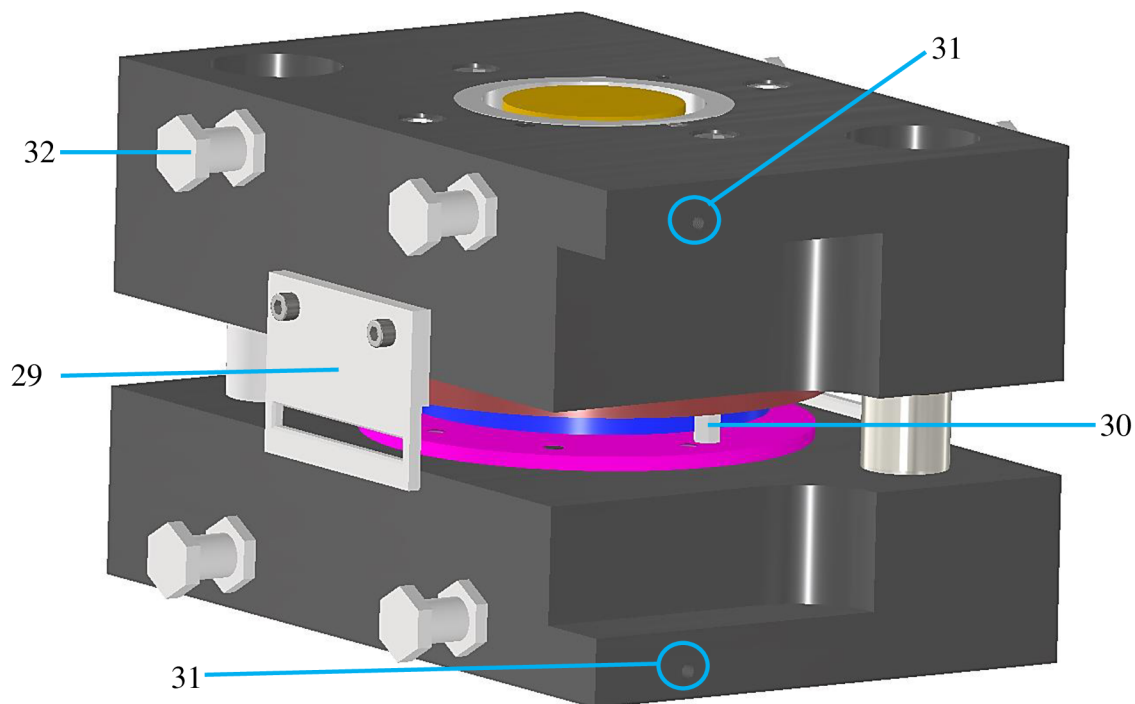
Obr. 38 Řez nástrojem.

Ve spodní části se nachází celistvá přítlačná deska (5) s tlačnou hranou. Přítlačná deska má obvodový úkos 3° a je vložena do dolní základové desky s přesahem H7/p6. Zajištěna je čtyřmi šrouby (6) a proti pootočení dvěma kolíky o různém průměru, aby nedocházelo k záměně při ustavení. V přítlačné desce je smykově bez vůle veden střížník (7). Samotný střížník dosedá na podložku (8), kde je jeho poloha zajištěna kolíky (9). Pohyb střížníku je řízen držákem (10) ke kterému je skrz podložku a vyrážecí lištu přišroubován dvěma šrouby (11). Vyhazovač otvoru (12) je veden ve střížníku. Je ukotven pomocí podložky střížníku a jeho pohyb řídí vyrážecí lišta (13). Pro nezávislý pohyb střížníku a vyhazovače, je vyrážecí lišta ovládána vyrážecími kolíky (14) které jsou k ní přišroubované, aby nedošlo k jejich vypadnutí.

Ústředním dílem horní části nástroje je střížnice. Z důvodu možného vyššího opotřebení a možné častější výměny, byla zvolena dělená střížnice (15). Důležité je dokonalé ustavení střížnice vůči střížníku. Proto má střížnice obvodový úkos $0^\circ 30'$ a je vložena s přesahem H7/p6 do zděře střížnice (16) a zděř s obvodovým úkosem 3° do horní základové desky (17). Střížnice je ke zděři přišroubována čtyřmi šrouby (18) a zděř k základové desce. Zajištěny jsou proti pootočení a špatnému ustavení dvěma kolíky o různém průměru. V průběhu stříhu působí proti střížníku silou vyhazovač (19). Vyhazovač je pevně sešroubován s podložkou (20) dvěma šrouby. Podložka zároveň určuje dolní polohu vyhazovače. Pro přenos vyhazovací síly slouží vyhazovací kroužek (21) který tuto sílu pomocí vyhazovacích kolíků (22) přenáší na podložku s vyhazovačem. Aby nedošlo k přilepení výstřížků na vyhazovač, a bylo je možné speciálním zařízením jež je součástí stroje odstranit, je uvnitř umístěn odtlačovací kolík (23). Jeho pohyb a sílu na odtlačení vykonává pružina. Děrovací střížník (24) je ustaven v kotevní desce (25). V průběhu stříhu zůstává vůči horní základové desce ve stejné poloze pomocí podložky (26),

která je proti vypadnutí zajištěna šroubem (27). Pro zamezení otláčení, je mezi kotevní desku a podložku vložena kalená opěrná vložka (28). Při zdvihu nástroje je pás nadzvedáván pomocí nadzvedávače pásu (29), tím se zamezí kontaktu pásu s tlačnou hranou, což by mohlo vést až k jejímu poškození (obr. 39).

Aby nedošlo k poškození tlačné hrany při manipulaci s nástrojem, jsou do zděre střížnice našroubovány dva přenašecí čepy (30), viz obr. 39.



Obr. 39 Model nástroje.

Díry se závitem (31) na základových deskách slouží k uchycení skladovacích lišt. Lišty zajišťují pevnou polohu horní a spodní částí nástroje při manipulaci. Samotná manipulace s nástrojem je prováděna pomocí přenašecích šroubů (32) jež jsou našroubovány v dolní a horní základové desce po obou stranách.

Konstrukce lisu umožňuje upínání nástroje mimo jeho pracovní prostor. Nástroj je předem upnut k upínacím deskám s T-drážkami a následně je celá sestava vložena do stroje. Jelikož nejsou uvedeny přesné rozteče drážek, byly v základových deskách nástroje vyfrézovány plochy pro upínky.

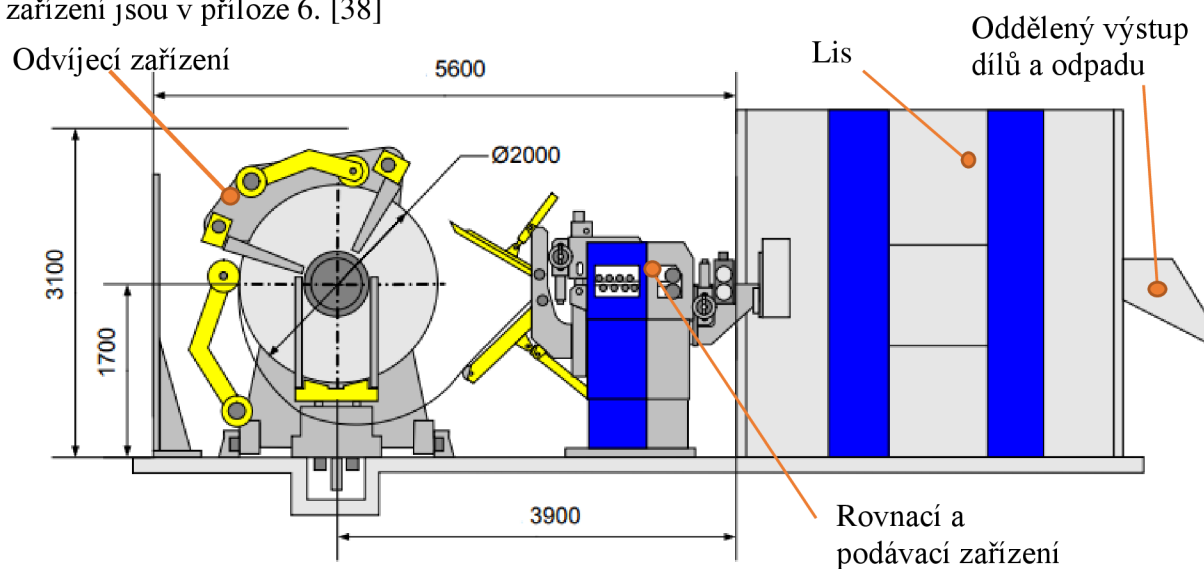
3.7 Volba lisu a podávacího zařízení

Na základě stanovených technických parametrů se zvolí vhodný lis. Zásadní vliv na volbu bude mít velikost celkové síly kterou musí být schopný vykonat a velikost pracovního prostoru. Lis byl zvolen XFT 1500speed od firmy FEINTOOL. Lis je schopný vyvodit potřebnou sílu 1 085,85 kN a půdorysný rozměr nástroje (305 x 200) mm je menší než velikost stolu lisu. Přesné rozměry výšky pracovního prostoru zvoleného lisu nejsou uvedeny. Ovšem díky vysoké flexibilitě pracovního prostoru je možné namontovat nástroje jež byly používané v předešlých verzích, které tento lis nahrazuje. Na základě výšky pracovního prostoru předešlých verzí, výška nástroje vyhovuje. Součástí lisu je i zařízení na mazání pásu, odstranění výstřížků ze stroje a odpadu. Dostupné technické údaje lisu jsou zapsány v tabulce 8. [38]

Tab. 8 Lis XFT 1500speed [38].

	XFT 1500speed
Maximální síla [kN]	1500
Zdvih beranu při maximální výšce nástroje [mm]	50
Počet zdvihů [min^{-1}]	200
Maximální šířka pásu [mm]	220
Maximální tloušťka pásu [mm]	6
Rozměry stolu [mm × mm]	480 × 480

Zvolený lis bude fungovat v lince (obr. 40) společně s podávacím zařízením FBA 6/300, od stejné firmy. Zařízení vyhovuje požadavkům, jelikož je schopné odvíjet svitek o maximální šířce 300 mm a tloušťce 6 mm. Maximální hmotnost svitku je 3 000 kg. Veškerá technická data zařízení jsou v příloze 6. [38]



Obr. 40 Stříhací linka [38].

ZÁVĚR

Vyráběný segment zámku zajišťuje dveře automobilu proti jejich otevření. Výrobní série byla stanovena na 280 000 kusů za rok. Jako vhodný materiál byla zvolena legovaná ocel 15CrMo5. Z několika výrobních metod, byla zvolena jako optimální technologie přesného stříhání s tlačnou hranou.

Při kontrole vyrobitelnosti bylo zjištěno, že zadaná součást vyhovuje, ovšem v místě nejmenší vzdálenosti otvoru od kraje je nutno brát zvýšené pozornosti, kvůli možnému vyššímu opotřebovávání střížníku a střížnice. Na základě stanovené výrobní série byl jako výchozí polotovar zvolen svitek. Procentuální využití materiálu bylo počítáno pro tři varianty, přičemž nejvyšší využití 48,6 % vyšlo u varianty A. Kvůli snížení nákladů na vstupní polotovar budou dodávány svitky o hmotnosti 500 kg. Pro výroby stanovené série bude potřeba celkem 61 svitků.

Aby bylo možné zkonstruovat nástroj, bylo potřeba stanovit rozměry tlačné hrany, její umístění vzhledem k obrysu a určení velikosti střížné vůle. Po výpočtech rozměrů a tolerancí střížníku a střížnice byl zkonstruován střížný nástroj s pohyblivým střížníkem a pevným přídržovačem. Nástroj a jeho části byly konstruovány taky vzhledem k požadavkům stanovených pevnostními výpočty. Dle konstrukce byla vypracována výkresová dokumentace sestavy nástroje, střížníku a střížnice.

Na základě vypočtené celkové síly $F_c = 1\,085,85$ kN a rozměrů půdorysu nástroje (305 × 200) mm byl jako vhodný lis zvolen XFT 1500speed od firmy FEINTOOL. Pro získání co nejvyšší produktivity bude lis pracovat v lince s podávacím zařízením FBA 6/300.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *MPI Engineered Technologies LLC: Fineblanking* [online]. Detroit: MPI Engineered Technologies, 2023 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.mpiproducts.com/fineblanking/>
2. SCHINDLER, Ivo a Rostislav KAWULOK. *Teoretické základy tváření materiálu* [online]. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/139309921-Teoreticke-zaklady-tvareni-materialu-studijni-opory.html>. Učební text. VŠB – Technická univerzita Ostrava.
3. *IROA - HDC s.r.o.: Nakládání vozíku* [online]. Praha: EasyWeb, 2023 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <http://www.iroa.cz/produkty-posuvne-dvere-detail-70>
4. *PAN TAIWAN ENTERPRISE CO., LTD.: front right door latch volkswagen golf jetta scirocco* [online]. Taiwan: PAN TAIWAN ENTERPRISE, 2023 [cit. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://auto.pantaiwan.com.tw/en/product/Front-Right-Door-Latch-Volkswagen-Golf-Jetta-Scirocco/EP090334.html>
5. *Kipp CZ: 1.7262 Cementační ocel* [online]. Brno: Kipp CZ, c2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Slu%C5%BEby/P%C5%99ehled-materi%C3%A1l%C5%AF/Ocel/1-7262-cementa%C4%8Dn%C3%AD-ocel.html>
6. *KUKA: lití pod tlakem* [online]. Německo: KUKA, c2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/procesn%C3%AD-technologie/lit%C3%AD-pod-tlakem>
7. PENG, Austin. Vstřikování vs tlakové lití, jaký je rozdíl?. *DEK* [online]. Čína: DEK, 2020, 3.8.2020 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.dekmake.com/cs/vst%C5%99ikov%C3%A1n%C3%AD-vs-tlakov%C3%A9-lit%C3%AD/>
8. *Gumex: řezání vodním paprskem* [online]. Strážnice: Gumex, c1995 - 2023 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/sluzby/profily-a-vyroba-tesneni-75/rezani-vodnim-paprskem-46>
9. *MM vodní paprsek: princip řezání vodním paprskem* [online]. Slavíč: Morkus Morava, 2016 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <http://www.rezani-cnc.cz/princip-rezani-vodnim-paprskem.html>
10. *DIMONT HDX: dělení vodním paprskem* [online]. Ostrava: DIMONT HDX [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://dimonthdx.cz/sluzby/deleni-vodnim-paprskem/>
11. *ESAB: jak funguje laserové řezání?* [online]. Washington: ESAB, c2023 [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: https://esab.com/cz/eur_cs/esab-university/blogs/how-does-laser-cutting-work/
12. *3Djet: řezání laserem* [online]. Kuřim: 3Djet [cit. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://3djet.cz/rezani-laserem/>
13. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. Vyd. 5., V Akademickém nakladatelství CERM 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4747-9.
14. TSCHÄTTSCH, Heinz. *Metal forming practise: processes, machines, tools*. Berlin: Springer, c2006. ISBN 978-3-540-33216-9.
15. BOLJANOVIC, Vukota. *SHEET METAL FORMING PROCESSES AND DIE DESIGN* [online]. New York: Industrial Press, c2004, 217 s. [cit. 2023-03-24]. ISBN 0-8311-3182-9.
16. SCHULER GMBH. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998. ISBN 3-540-61185-1.
17. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL -Nakladatelství technické literatury, 1980, 213 s.

18. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
19. BIRZER, Franz. *Forming and Fineblanking: cost-effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. Švýcarsko: FEINTOOL, 1997. ISBN 3-478-93161-4.
20. VYSKOČIL, Oldřich a Pavel BARTOŠ. *Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání: učební texty*. Brno: Zbrojovka Brno, 1977.
21. Kipp CZ: 1.7262 Cementační ocel [online]. Brno: Kipp CZ, c2023 [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://www.kipp.cz/cz/cs/Slu%C5%BEby/P%C5%99ehled-materi%C3%A1l%C5%AF/Ocel/1-7262-cementa%C4%8Dn%C3%AD-ocel.html>
22. Mitsubishi Materials U.S.A. Corporation: material cross reference list [online]. California: Mitsubishi Materials U.S.A. Corporation [cit. 2023-03-06]. Dostupné z: http://mitsubishicarbide.net/contents/mhg/enuk/manual/material_cross_reference.pdf
23. FUCHS: tlakové lití [online]. Říčany: FUCHS, c2023 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.fuchs.com/cz/cs/pouziti/image/265-tlakove-liti/>
24. TATÍČEK, František a Tomáš PILVOUSEK. Akademie tváření: Stříhání. *Průmyslové spektrum* [online]. 1997-, 17.5.2010, (6) [cit. 2023-03-08]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/akademie-tvareni-strihani>
25. ČADA, Radek. *TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ A SLEVÁNÍ – V PŘÍKLADECH: stříhání plechu*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3016-2.
26. *Technická univerzita Liberec: Technologie plošného tváření - stříhání* [online]. Liberec [cit. 2023-02-08]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm
27. SIJ Metal Ravne: siqual 7262 steel [online]. Slovinsko: SIJ Metal Ravne, c2022 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://steelselector.sij.si/steels/16CD4.html>
28. NOVÁ, Iva, Zdeněk HOŠEK a Iva NOVÁKOVÁ. Rozvoj tlakového lití. *MM Průmyslové spektrum* [online]. Praha: MM publishing, 2004, 17.05.2024, (5) [cit. 2023-03-14]. ISSN 1212-2572. Dostupné z: doi:40548
29. FOREJT, Milan. *ROČNÍKOVÝ PROJEKT I -tváření, svařování* [online]. Brno, 2002 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/img/opory/dr2_rocnikovy_projekt_I_2019_forejt.pdf
30. *Tlakové lití kovů* [online]. Uddeholm Czech, c2023 [cit. 2023-04-01]. Dostupné z: <https://www.uddeholm.com/czech/cs/applications/tlakove-liti-kovu/>
31. LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. Šesté vydání. Úvaly: Albra, 2017. ISBN 978-80-7361-111-8.
32. *SPECIAL STEEL STRIP* [online]. Tokyo: NIPPON STEEL CORPORATION, c2020 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: https://www.nipponsteel.com/product/catalog_download/pdf/U112en.pdf
33. ČSN 22 6015. *Lisovací nástroje: Stříhadla a střížné vřtle. Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1977.
34. *15CrMo5 steel* [online]. Německo: EQUIMETALS, c2018 [cit. 2023-04-15]. Dostupné z: <https://equimetals.com/catalogue/deu/d/15crmo5>
35. JANIČEK, Přemysl, Emanuel ONDRÁČEK a Jan VRBKA. *Mechanika těles: Pružnost a pevnost 1*. Brno: VUT Brno, 1992.
36. NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky, Část 1 - tvářenní*. 2. Praha: SNTL, 1985.
37. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Praha: SNTL, 1980.
38. FEINTOOL: *Presses and equipment* [online]. Švýcarsko: FEINTOOL, c2020 [cit. 2023-04-22]. Dostupné z: <https://www.feintool.com/en/products-and-services/complete-press-systems/presses-and-systems/>

39. HORÁK, Jan. Výroba segmentu polohovacího systému sedadla [online]. Brno, 2022 [cit. 2022 - 05 - 17]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/139369>
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jan Řiháček.
40. ŘIHÁČEK, Jan. Výroba řetězového kolečka motocyklu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 45 s., 6 příloh, CD. Vedoucí bakalářské práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
A	tažnost	[%]
A	vzdálenost od kraje	[J]
A _f	střížná práce	[J]
A _h	vzdálenost spíčky hrany od obrysu	[mm]
a _{min}	minimální vzdálenost otvoru od kraje	[-]
B	šířka vybrání	[mm]
C	součinitel závislý na druhu stříhání	[-]
D	vnější průměr	[-]
D	vnitřní průměr	[mm]
d _{min}	minimální průměr otvoru	[mm]
d _{pi}	průměr kontrolované plochy	[mm]
d _{ph}	průměr hlavy děrovacího střížníku	[mm]
d _{pd}	průměr děrovacího střížníku	[mm]
D _s	největší rozměr vnitřního otvoru střížnice	[mm]
d _s	průměr otvoru zděre střížnice	[mm]
D _{s1}	průměr vstupu otvoru děrovací střížnice	[mm]
d _{s1}	průměr výstupu děrovací střížnice	[mm]
D _{sv}	vnější průměr svitku	[mm]
D _{vk}	průměr vyrážecích kolíků	[mm]
E	velikost můstku	[mm]
F	šířka okraje	[mm]
F _p	Přítlačná síla	[N]
F _s	Střížná síla	[N]
F _{sd}	Děrovací síla	[N]
D _{smax}	maximální střížná síla	[N]
F _v	vyhazovací síla	[N]
F _{vs}	vyhazovací síla výstřížku	[N]
h	výška tlačné hrany	[mm]
H1	výška střížnice	[mm]
H _f	výška fazetky	[mm]
H _h	výška tlačné hrany na střížnici	[mm]
JR	jmenovitý rozměr	[mm]
K	velikost kroku	[mm]
L	délka stříhu	[mm]
l _h	délka tlačné hrany	[mm]
l _p	délka pásu	[m]
l _{z0}	délka zaváděcího odpadu	[mm]
M	hmotnost	[kg]
n	koeficient otupení nástroje	[-]
N _s	počet svitků pro sérii	[ks]
n _v	počet výstřížků z pásu	[ks]
p	měrný tlak	[mm]
P	míra opotřebení	[MPa]
p _v	procentuální využití	[%]
R	zaoblení	[mm]
r	zaoblení	[mm]
Ra	Průměrná aritmetická úchylka profilu povrchu	[μm]

RAD	rozměr střížníku otvoru	[mm]
RAV	rozměr střížníku při vystřihování	[mm]
Re	Mez kluzu v tahu	[MPa]
RED	rozměr střížnice otvoru	[mm]
REV	rozměr střížnice při vystřihování	[mm]
Rm	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
S	plocha součásti	[mm ²]
S'	plocha na níž působí vyhazovač	[mm ²]
S _p	plocha pásu	[mm ²]
S _v	plocha výstřížku	[mm ²]
Š	šířka pásu	[mm]
t	tloušťka materiálu	[mm]
T	čas	[s]
TA	výrobní tolerance střížníku	[mm]
TE	výrobní tolerance střížnice	[mm]
v	střížná vůle	[mm]
z	střížná mezera	[mm]
α	úhel	[°]
$\Delta\sigma$	přídavné tlakové napětí	[MPa]
λ	součinitel plnosti diagramu	[-]
ρ	hustota	[kg·m ⁻³]
σ_0	maximální dovolené napětí v ohybu	[MPa]
σ_n	normálové napětí	[MPa]
σ_{otl}	napětí na otláčení	[MPa]
σ_{tl}	napětí na čele střížníku	[MPa]
τ_s	střížný odpor	[MPa]

Zkratky

Označení	Legenda
HRC	tvrdost dle Rockwella
HV	tvrdost dle Vickerse

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Rozměry tlačných hran.
- Příloha 2 Tabulka pro stanovení koeficientu zaplnění grafu.
- Příloha 3 Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při vystřihování.
- Příloha 4 Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při děrování.
- Příloha 5 Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel.
- Příloha 6 Technická data zařízení.

SEZNAM VÝKRESŮ

- Segment zámku; 2023-BP-229626-01
- Střížný nástroj; 2023-BP-229626-26
- Střížník; 2023-BP-229626-15
- Střížnice; 2023-BP-229626-06
- Kusovník; 2023-BP-229626-27

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

tab. 7

Tabulka pro stanovení koeficientu zaplnění grafu [25].

Tab. 3.7 Hodnoty koeficientu m_s (-) pro výpočet střížné práce při stříhání ve stříhadlech

Stříhaný materiál	Tloušťka stříhaného materiálu s (mm)			
	do 1	1 až 2	2 až 4	nad 4
ocel měkká ($R_m = 250 \div 350$ MPa)	0,65 ÷ 0,70	0,60 ÷ 0,65	0,50 ÷ 0,60	0,35 ÷ 0,50
ocel středně tvrdá ($R_m = 350 \div 500$ MPa)	0,55 ÷ 0,60	0,50 ÷ 0,55	0,40 ÷ 0,50	0,30 ÷ 0,40
ocel tvrdá ($R_m = 500 \div 700$ MPa)	0,42 ÷ 0,45	0,38 ÷ 0,42	0,33 ÷ 0,38	0,20 ÷ 0,33
Al, Cu (žíhané)	0,70 ÷ 0,75	0,65 ÷ 0,70	0,55 ÷ 0,65	0,40 ÷ 0,55

Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při vystřihování [33].

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

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

Vysvětlivky:

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

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

Vzorce pro výpočet základních rozměrů střížnice při děrování [33].

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

Opo- tře- bení rozměry:	Orien- tace odchylek TS	Technologicky základní část			
		Střížník	*)	Střížnice	**)
Zvět- šuje (např.: D ₂ obr. 4)	+	$RAD = (JR) + TA$	$RED =$ $(RAD + V + TE)$ $- TE$	$RED = (JR - V + TE) - TE$	$RAD =$ $(RED + V + TA)$ $+ TA$
	-	$RAD = (JR - P) + TA$		$RED = (JR - P - V + TE) - TE$	
	±	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) + TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2} - V + TE) - TE$	
Zmen- šuje (např.: A ₂ , B ₂ , C ₂ , E ₂ , J, K obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + P) - TA$	$RED =$ $(RAD + V + TE)$ $+ TE$	$RED = (JR + P + V) + TE$	$RAD =$ $(RED + V + TA)$ $- TA$
	-	$RAD = (JR) - TA$		$RED = (JR + V) + TE$	
	±	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) - TA$		$RED = (JR + \frac{P}{2} + V) + TE$	
Nemění (např.: F ₂ H ₂ L obr. 4 a 5)	+	$RAD = (JR + \frac{P}{2}) \pm TA$	$RED =$ $(RAD) \pm TE$	$RED = (JR + \frac{P}{2}) \pm TE$	$RAD = (RED)$ $\pm TA$
	-	$RAD = (JR - \frac{P}{2}) \pm TA$		$RED = (JR - \frac{P}{2}) \pm TE$	
	±	$RAD = (JR) \pm TA$		$RED = (JR) \pm TE$	
*) Odvozené vzorce pro střížnici			Tlustě zarámované vzorce		
**) Odvozené vzorce pro střížník			se používají nejčastěji		

Vysvětlivky:

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

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

Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel [33].

Tab. 18. Tolerance a přípustné míry opotřebení pracovních částí stříhadel

Rozměry v mm

Tolerance součástky TS		Přípustná míra opotřebení P	Výrobní tolerance	
od	do		Střížnice - TE	Střížnisku - 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	0,046	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	0,230	0,089	0,057
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	0,380	0,160	0,100
0,500	0,530	0,410	0,160	0,100
0,530	0,560	0,430	0,160	0,100
0,560	0,600	0,460	0,190	0,120
0,600	0,650	0,500	0,190	0,120
0,650	0,700	0,540	0,220	0,140
0,700	0,750	0,580	0,220	0,140
0,750	0,800	0,620	0,250	0,160
0,800	0,900	0,680	0,250	0,160
0,900	1,000	0,760	0,290	0,185
1,000	1,200	0,880	0,320	0,210
1,200	1,400	1,000	0,360	0,230
1,400	více	1,200	0,400	0,250

DATA, FACTS AND FIGURES

Numbers that add up

Feeding line type		FBA 6/300	FBA 6/500
Material specification			
max. strip width	mm	300	500
Strip thickness	mm	0,8 - 6	0,8 - 6
max. leveling capacity bs**	mm ³	8000	8000
max. cross section over complete strip width*	mm ²	300 x 5,1	500 x 4,0
Technical specification			
max. acceleration*	m/s ²	5	5
max. speed of the feeder leveler	m/min	50	50
max. acceleration with option <speed>	m/s ²	15	15
Strokes			
Feeding length	mm	0,1 - 999,9	0,1 - 999,9
max. strokes	1/min	100	100
Coil			
Inside diameter	mm	508	508
Inside diameter option	mm	610	610
External diameter	mm	2000	2000
Coil weight standard	kg	3000	5000
Coil weight optional	kg	5000 or 8000	8000
Machine specification			
Decoiler			
Expansion range (standard)	mm	470 - 530	470 - 530
Expansion range additional (option)	mm	570 - 630	570 - 630
Number of restrictor arms standard version		1	1
Number of restrictor arms optional version		-	-
Coil stopper on decoiler mandrel		4 cone rolls	4 cone rolls
Coil chair with lateral decoiler movement		option	option
Threading Unit		included	included
Feeder Leveler			
Number of leveling rolls (standard)		9	9
Leveling rolls diameter	mm	56	56
Number of leveling rolls with option <additional roll>	min.	9	9
Feeding rolls diameter	mm	100	100
High adjustment		included	included
Hinged leveling unit		included	included
Measuring wheel for feed length adjustment		included	included
Pilot release		hydraulically	hydraulically
All rolls driven (leveling and feeding rolls)		included	included
Power supply			
Total power	KW	40	40

* See diagram

** Depending of the material to level

Rights reserved to data modifications for technical improvement reason.