



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

STŘÍHÁNÍ SOUČÁSTÍ S VYŠŠÍ PŘESNOSTÍ

CUTTING COMPONENTS WITH HIGHER ACCURACY TO SIZE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MATÚŠ VARJAN

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. LADISLAV ŽÁK, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Varjan Matúš

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

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

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

Stříhání součástí s vyšší přesností

v anglickém jazyce:

Cutting components with higher accuracy to size

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Variantní zpracování technologie výroby zadané součásti s vyšší přesností

Cíle bakalářské práce:

Literární studie

Výběr technologie výroby

Zpracování technologie výroby

Návrh konstrukce nástroje

Seznam odborné literatury:

1. BOBČÍK, Ladislav. Střížné nástroje pro malosériovou výrobu. 1. vyd. Praha : SNTL, 1983. 216 s.
2. HAACK, Johannes, BIRZER, Franz. Feinschneiden : Handbuch für die Praxis. 2. überarb. Auflage. Bern : Feintool AG Lyss, 1977. 261 s

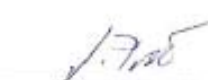
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.


V Brně, dne 28.11.2007

L.S.





doc. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

VARJAN Matúš: Strihanie súčiastky s vyššou presnosťou.

Projekt vypracovaný v rámci bakalárskeho štúdia oboru B2307-00 predkladá návrh technológie výroby súčiastky, výstrižku, strihaním z konštrukčného nelegovaného ocelového plechu 12010. Na základe literárnej štúdie problematiky presného strihania a výpočtov bolo navrhnuté strihanie v nástroji určenom pre presné strihanie s obvodovou hranou. Nástroj má pohyblivý strižník a pevnú prítlačnú dosku. Nástroj je konštruovaný pre umiestnenie v trojčinnom lise SCHMID HSR 100, s nominálnou silou 1000 kN.

Kľúčové slová: plošné tvárnenie, presné strihanie, technológia výroby

ABSTRACT

VARJAN Matúš: Cutting components with higher accuracy to size

The project elaborated within scope of the Bachelor study's discipline B2307-00, put suggestions of the component, cutting production by cutting from constructing alloyed steel sheet 12010. The fineblanking was designed on the basis of the component cutting with the higher precision study and calculating. The tool has a moving punch and hard V-ring plate. The tool is designed for locating in the special press SCHMID HSR 100, with 1 000KN nominal force.

Keywords: surface moulding, fineblanking, production technology

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

VARJAN, M. *Strihanie súčiastky s vyššou presnosťou*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 60 s., CD FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedúci bakalárskej práce Ing. Ladislav Žák, Ph.D. Dostupný z WWW: <ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace>.

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Týmto prehlasujem, že predloženú bakalársku prácu som vypracoval samostatne, s využitím uvedenej literatúry a podkladov na základe konzultácií a pod vedením vedúceho bakalárskej práce.

V Brne, dňa 10.05.2008

.....
Podpis

POĎAKOVANIE

Pán Ing. Ladislav Žák, Ph.D., týmto Vám ďakujem za cenné pripomienky, rady a pomoc týkajúce sa spracovania bakalárskej práce.

Rád by som sa poďakoval aj pani Ing. Eve Šmehlíkovej za pomoc pri návrhu strižného nástroja.

Veľká vďaka patrí aj mojim rodičom za podporu, ktorú mi prejavili a prejavujú v rámci môjho štúdia.

Ďakujem.

OBSAH

Zadanie	- 2 -
Abstrakt	- 4 -
Bibliografická citácia	- 5 -
Čestné prehlásenie	- 6 -
PodĎakovanie	- 7 -
Obsah	- 8 -
1 Úvod	- 11 -
2 Strihanie v strihadlách – literárna štúdia	- 12 -
2.1 Podstata konvenčného strihania v strihadlách	- 12 -
2.1.1 Proces strihania	- 12 -
2.1.2 Strižná plocha	- 14 -
2.1.3 Stav napätia	- 14 -
2.1.4 Strižná sila a jej priebeh	- 15 -
2.1.5 Strižná práca	- 16 -
2.2 Metódy strihania pre dosiahnutie lepšej kvality strižnej plochy	- 17 -
2.2.1 Pristrihovanie	- 17 -
2.2.2 Kalibrovanie	- 18 -
2.2.3 Strihanie so zaoblenou strižnou hranou	- 18 -
2.2.4 Vystrihovanie so skoseným pridržiavačom	- 19 -
2.2.5 Reverzné strihanie	- 20 -
2.2.6 Presné strihanie s obvodovou hranou	- 20 -
3 Presné strihanie s obvodovou hranou	- 22 -
3.1 Vhodnosť použitia	- 22 -
3.2 Vhodnosť materiálov	- 23 -
3.3 Dosahovaná kvalita povrchu strižnej plochy	- 23 -
3.3.1 Rozmerová presnosť a drsnosť povrchu	- 24 -
3.3.2 Stiahnutie hrán a tvorba otrepov	- 25 -
3.4 Princíp presného vystrihovania	- 26 -
3.5 Vyvodenie trojosej napätosti	- 27 -
3.6 Určenie pôsobiacich síl a práce	- 28 -
3.6.1 Celková sila	- 28 -

3.6.2	Celková práca	- 29 -
3.7	Strižná vôľa a strižné hrany.....	- 29 -
3.8	Obvodová hrana	- 30 -
3.9	Veľkosť postranného odpadu a šírka môstikov	- 31 -
3.10	Vhodnosť tvaru súčiastky pre presné strihanie s obvodovou hranou.....	- 31 -
3.11	Mazanie	- 31 -
3.12	Nástroje pre presné strihanie	- 32 -
3.12.1	Konštrukcia funkčných častí nástroja	- 32 -
3.12.2	Typy nástrojov pre presné strihanie s obvodovou hranou	- 33 -
3.13	Stroje pre presné strihanie	- 35 -
4	Technológie výroby zadanej súčiastky	- 38 -
4.1	Súčasný stav riešenia	- 39 -
4.2	Voľba vhodnej technológie výroby.....	- 39 -
4.3	Podmienky vhodnosti súčiastky	- 39 -
4.4	Voľba nástrihového plánu	- 40 -
4.4.1	A variant nástrihového plánu	- 40 -
4.4.2	B variant nástrihového plánu	- 41 -
4.4.3	C variant nástrihového plánu	- 42 -
4.4.4	D variant nástrihového plánu	- 43 -
4.4.5	Voľba nástrihového plánu.....	- 43 -
5	Spracovanie technológie výroby podľa vybranej varianty.....	- 44 -
5.1	Nástrihový plán	- 44 -
5.2	Plošné a objemové parametre súčiastky a obvodovej hrany	- 45 -
5.3	Výpočet celkovej sily a celkovej práce	- 46 -
5.4	Ťažisko strižnej sily.....	- 47 -
Určenie ťažiska za pomoci programu Solidwork	- 47 -	
5.5	Konštrukčné výpočty	- 47 -
5.5.1	Stiahnutie hrán a tvorenie otrepov	- 47 -
5.5.2	Strižná vôľa.....	- 48 -
5.5.3	Tvar, poloha a rozmer obvodovej hrany	- 48 -
5.5.4	Pevnostný výpočet strižníku, strižnice.....	- 48 -
5.5.5	Tolerancia strižníku	- 49 -

5.6	Popis navrhnutého nástroja	- 49 -
5.7	Voľba strojného zariadenia	- 50 -
6	Technicko – ekonomické zhodnotenie	- 51 -
6.1	Technické zhodnotenie	- 51 -
6.2	Ekonomické zhodnotenie	- 51 -
6.2.1	Vstupné hodnoty	- 51 -
6.2.2	Náklady na materiál	- 52 -
6.2.3	Náklady na nástroj a stroj	- 53 -
6.2.4	Celkové ročné náklady na mzdy a réžiu	- 54 -
6.2.5	Variabilné náklady a zisky	- 54 -
6.2.6	Zhodnotenie	- 55 -
7	Záver	- 56 -
	Zoznam použitých zdrojov	- 57 -
	Zoznam použitých symbolov a skratiek	- 58 -
	Zoznam príloh	- 60 -
	Zoznam výkresov	- 60 -

1 ÚVOD

Strihanie patrí už dlhodobo medzi progresívne technológie spracovania materiálu a výroby produktov. Strihanie spadá do oblasti technológie plošného tvárnenia kovov. Všeobecne sa o technológii tvárnenia kovov, respektíve i plastov, dá povedať, že patrí medzi najobtiažnejšie odbory technológie, pretože na tvárniaci pochod má vplyv obrovské množstvo činiteľov, ktoré môžu mať za následok neúspech pri tvárnení. Preto je nevyhnutné osvojiť si poznatky z danej oblasti ešte pred prvotným opracovaním polotovaru, aby sme dosiahli požadovanú akosť výrobku a predišli tak nepresnostiam.

Strihaním rozumieme oddeľovanie materiálu v celom priereze bez ohľadu na to, či oddelený kus je hotový výrobok, alebo polotovar určený pre ďalšie spracovanie. V posledných rokoch priniesla prudko rozvíjajúca sa priemyselná výroba mnoho nových technológií v procese strihania, u ktorých sa kladú čoraz vyššie požiadavky na presnosť výrobkov ako aj vyššiu kvalitu strižnej plochy. Jedným z týchto inovatívnych procesov je aj presné strihanie.

Nakoľko u zadanej súčiastky je požadovaná vyššia presnosť, bude vyrábaná technológiou presného strihania, a tejto téme bude venovaná značná časť bakalárskej práce, ktorej cieľom nie je len literárna štúdia danej problematiky výroby súčiastky s vyššou presnosťou, ale predovšetkým navrhnuť jednoduchý a čo najefektívnejší výrobný postup s ohľadom na technologicko-ekonomické ukazovatele, ktoré by sa mali stať hybnou silou pri realizácii celého návrhu.

2 STRIHANIE V STRIHADLÁCH – LITERÁRNA ŠTÚDIA

Strihanie v strihadlách patrí k najrozšírenejším spôsobom v spracovaní plechu. Základnými operáciami, ktoré sa najčastejšie vyskytujú zo strihacích operácií, sú dierovanie a vystrihovanie. Touto technológiou je možné vyrobiť polotovary k ďalšiemu spracovaniu alebo výstrižky k priamemu použitiu.

2.1 Podstata konvenčného strihania v strihadlách [4]

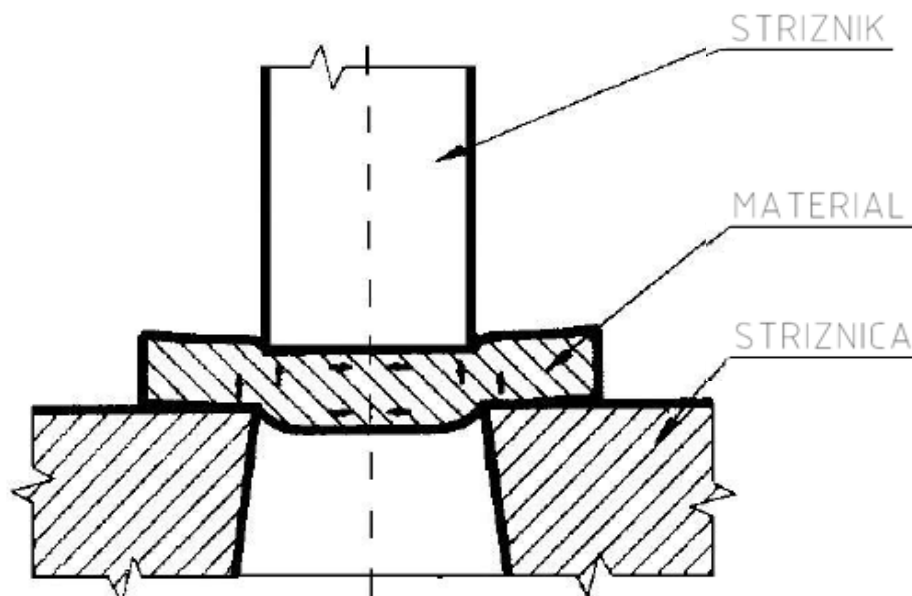
Všeobecne, je strihanie postupné alebo súčasné oddeľovanie častí materiálu strihacími nástrojmi pozdĺž plochy, ktorá je zvyčajne kolmá k povrchu materiálu.

Strihaním teda rozumieme oddeľovanie častí materiálu pôsobením protiľahlých strižných hrán nástrojov, alebo ostria nožov, ktoré vyvolávajú v reznej rovine šmykové napätie τ_{strihu} . Oddelenie však nenastane v požadovanej reznej rovine. Spôsobuje to elasticosť a tvárnosť materiálu a šmykové napätie je spôsobené tlakom nožov na celej ploche.

2.1.1 Proces strihania [1][4][7]

Priebeh strižného procesu môžeme rozdeliť do troch základných fáz.

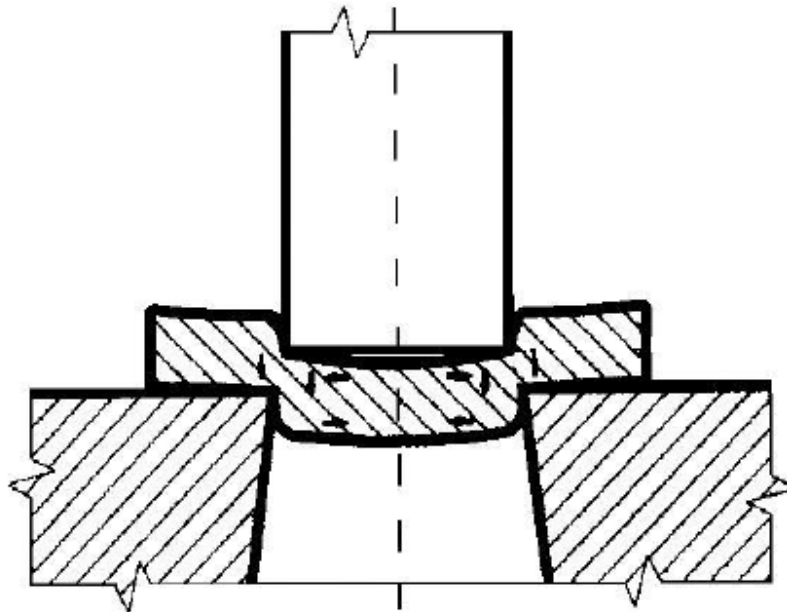
V prvej fáze (obr. 1) dosadá strižník na strihaný materiál, na ktorom dochádza k pružnej deformácii. Napätie, ktoré vyvolávajú funkčné časti strižníku (3) a strižnice (1) je menšie ako medza klzu R_e , dôsledkom čoho sa spočiatku materiál pod vplyvom tvárniacej sily pružne stlačuje a ohýba. Pritom sa ľahko vtlačuje do otvoru strižnice. Hĺbka vniknutia strižníku do strižného materiálu býva obvykle päť až osem percent hrúbky materiálu v závislosti na jeho mechanických vlastnostiach.



Obr. 1 [7]

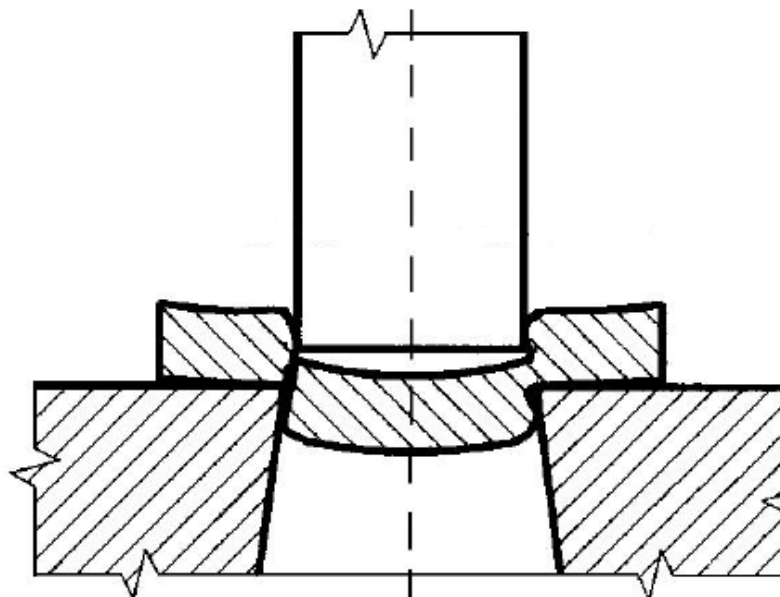
V druhej fáze (obr. 2) je napätie väčšie ako medza klzu R_e strihaného materiálu. Dochádza k trvalej tvárnej deformácii. Strižník sa vtlačuje do materiálu, materiál sa vtlačuje do otvoru strižnice, vlákna materiálu sa značne ohýbajú a roztáhujú. Nastáva čistý strih.

Hĺbka vniknutia strižníku do strihaného materiálu je desať až dvadsaťpäť percent hrúbky materiálu. Závisí to opäť na jeho mechanických vlastnostiach.



Obr. 2 [7]

V tretej fáze (obr. 3) je materiál namáhaný napätím vyšším, ako je medza pevnosti R_m v strihu. Najprv vzniknú pri hranách strižníku a strižnice mikroskopické trhlinky. Ich tvorba je podporovaná stavom napätia vo vláknach strihaného materiálu. Tieto trhlinky sa rýchlo predlžujú až dôjde k oddeleniu výstrižku od strihaného materiálu. Hĺbka vniknutia nástroja do materiálu je v tejto fázy desať až šesťdesiat percent hrúbky materiálu v závislosti na jeho mechanických vlastnostiach. Na mechanických vlastnostiach strihaného materiálu taktiež závisí rýchlosť vzniku trhlín a ich šírenie.

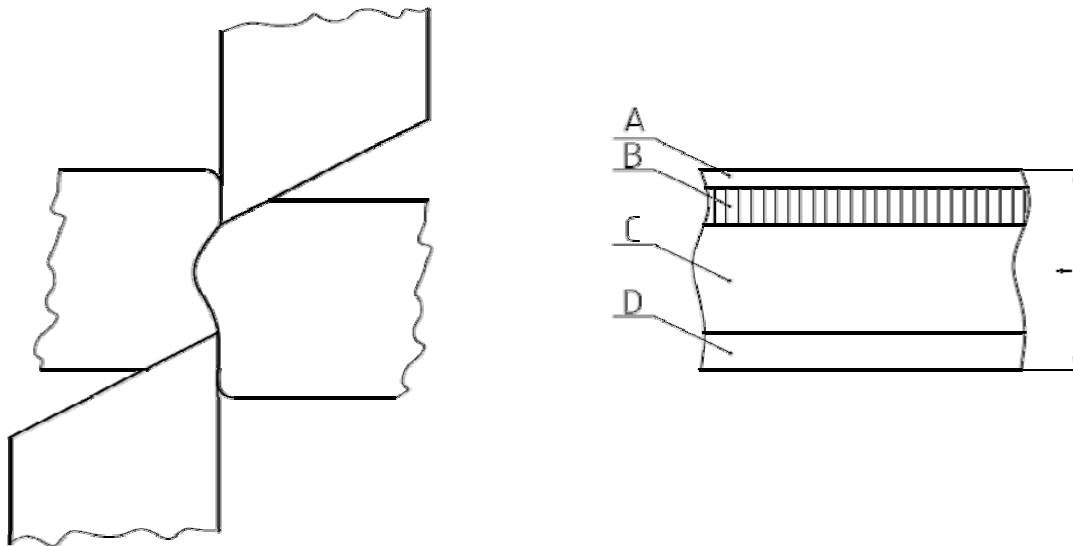


Obr. 3 [7]

2.1.2 Strižná plocha [1][4]

Trhliny, ktoré postupujú od strižníku a strižnice sa stretávajú uprostred deleného materiálu a vytvárajú tak *strižnú plochu*. Celkový tvar a akosť strižnej plochy veľmi úzko súvisí s kvalitou strihu. Za priaznivých podmienok má tvar písmena S a je vytvorená štyrmi plochami (obr. 4):

- plocha zaoblenia od vstupnej hrany plechu (A), tvorí približne šesť percent hrúbky materiálu
- plocha zatlačenia noža do vzniku trhliny (B), tvorí približne desať percent hrúbky materiálu
- vlastná strižná plocha (C), tvorí až osemdesiat percent hrúbky materiálu
- plocha zatlačenia od spodného noža (D), približne štyri percentá hrúbky materiálu

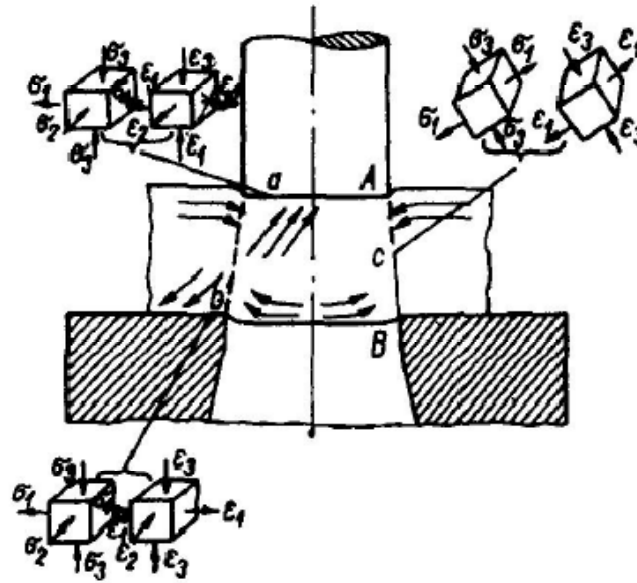


Obr. 4 Strižná plocha [1]

Charakteristická kvalita strižnej plochy sa u bežného strihu posudzuje na vlastnej strižnej ploche. Kvalita je závislá na faktoroch akými sú hrúbka a druh strihaného materiálu, presnosť strižníku a strižnice, veľkosť strižnej medzery, konštrukcia strižného nástroja a pod. K niektorým faktorom, ktoré ovplyvňujú kvalitu strižnej plochy sa budem venovať v nasledujúcich kapitolách.

2.1.3 Stav napätia [1][2][3]

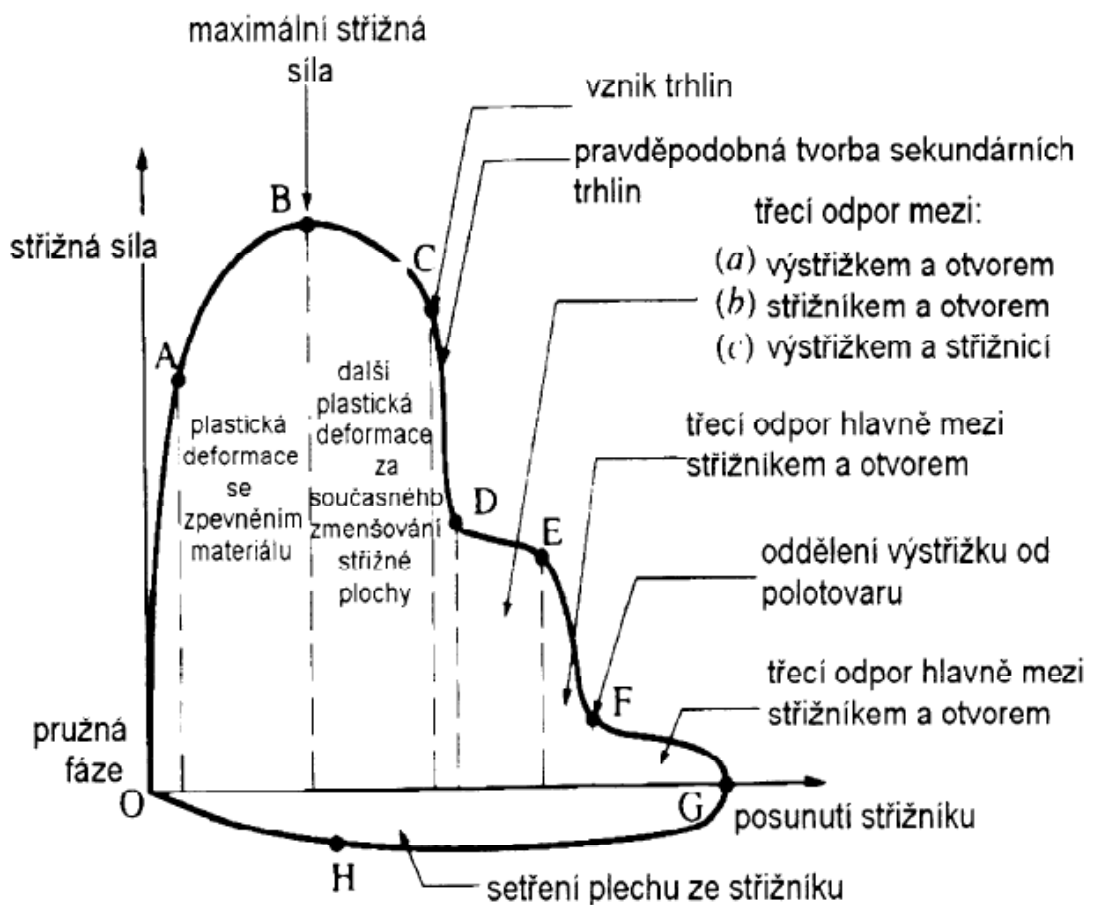
Stav napätia pri strihaní je charakterizovaný schémov deformácie (obr. 5). Pod plochou strižníku, oblasť *a*, vzniká nerovnorodá priestorová napätosť s jedným napätím ťahovým a s dvomi napätiami tlakovými. Nerovnorodá priestorová napätosť vzniká aj v obalsti *b*, nad strižnicou. V miestach ležiacich na ploche strihu, oblasť *c*, v ktorom sa strihaný materiál oddeľuje, vzniká nerovnorodá rovinná napätosť i deformácia. V smere kolmom ku strihu prebiehajú napätia ťahové, v smere strihu sú napätia tlakové, čo celkovo odpovedá smykovému napätiu. So vznikom plastických deformácií sa yačina mení tvar strihaného polotovaru v dôsledku toho vstupuje v platnosť yákon prídavných napätí. Prídavne napätia yvzšujú odpor proti deformácii materiálu. Pri deformácii sa zlučujú s hlavnými napätiami. Tak vyniká skutočné pracovné napätie. Vplyvom čoho i strihaní bez vôle dochádza pri strihu k prechodu napätosti rovinnej k napätosti priestorovej.



Obr. 5 Stav napätí pri strihaní [2]

2.1.4 *Strižná sila a jej priebeh* [1][4][6][10][11]

Priebeh strižnej sily v závislosti na posunutí strižníku vystihuje obr. 8.



Obr. 6 Priebeh strižnej sily s popisom [6]

Pri strihaní rovnobežnými nožmi rastie strižná sila od nuly až do určitého maxima. V okamihu, kedy vznikne v strihanom materiáli trhlinka, začne strižná sila postupne klesať. Pri oddelení materiálu na celej ploche klesne sila až na nulu. Pomer maximálnej hodnoty strižnej sily k pôvodnému prierezu strihaného materiálu nazývame *pevnosť v strihu* τ_{PS} .

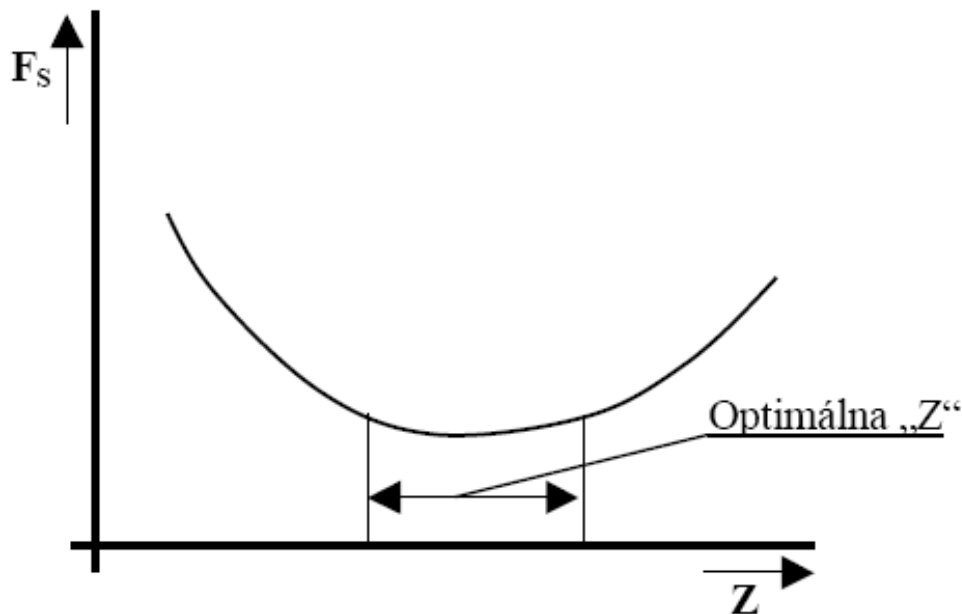
Tú dostávame empirickým vzťahom:

$$\tau_{PS} = (0,8 \div 0,9) \cdot R_m \quad [MPa] \quad (1)$$

Pre oddelenie materiálu je nevyhnutná strižná sila. Pri strihaní s rovnobežnými reznými hranami sa veľkosť strižnej sily vypočíta podľa (2). Do vzťahu sa zahrňuje aj opotrebenie nástroja.

$$F_S = S \cdot \tau_{PS} = n \cdot t \cdot l \cdot 0,8 \cdot R_m \quad [N] \quad (2)$$

Veľkosť strižnej sily taktiež závisí na vhodnom zvolení strižnej medzery (obr. 7). Malá strižná medzera zvyšuje strižnú silu a prácu, zhoršuje kvalitu strižnej plochy, spôsobuje takzvané dvojnásobné strihanie. Veľká strižná medzera spôsobuje veľké deformácie okraja ohybom a vťahovanie materiálu do medzery, vzniká nekvalitná strižná plocha a zvyšuje sa strižná sila.



Obr. 7 Veľkosť strižnej sily v závislosti na strižnej medzere [10]

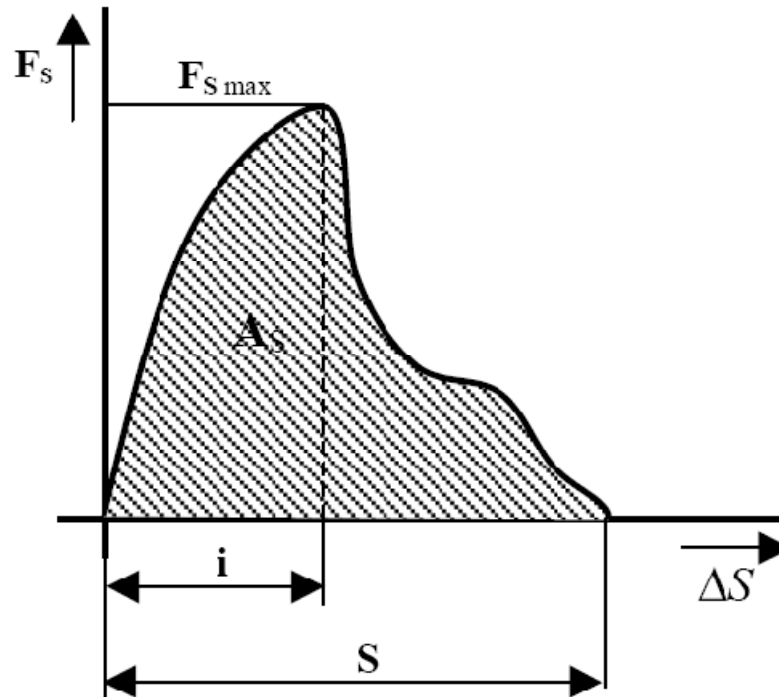
2.1.5 Strižná práca [1][6][10][11]

Je to práca potrebná na ustrihnutie a závisí na veľkosti strižnej sily F_S a hĺbky vniknutia strižnej hrany. Vypočítame ju podľa [6] vzťahom

$$A_S = k \cdot F_S \cdot t \cdot 10^{-3} \quad [J] \quad (3)$$

Strižná práca je určená plochou pod krivkou priebehu strižnej sily, presnejšie podľa [1] ako integrál plochy pod čiarou znázorňujúcou priebeh strižnej sily v závislosti na dráhe (obr. 8). Ak by sme chceli dostatočne presnú matematickú hodnotu, je potrebné priebeh sily nahradiť eliptickou závislosťou. Plocha polepisy, teda strižná práca je

$$A_S = \frac{\pi}{4} \cdot \kappa \cdot t \cdot F_S [J] \quad [J] \quad (4)$$



Obr. 8 Určenie veľkosti práce [10]

2.2 Metódy strihania pre dosiahnutie lepšej kvality strižnej plochy

Jednoduché strihanie v strihadle je ovplyvnené nerovnomerným pôsobením plastickej deformácie. Tá spôsobuje, že plocha strihu je v mnohých smeroch nekvalitná. Práve preto sa zdokonalila metóda strihania, pričom sa vyvinuli nové technológie v procese strihania. Pomocou nich ľahšie dosahujeme vyššiu geometrickú presnosť a kvalitu povrchu.

2.2.1 Pristrihovanie [1][8]

Princíp pristrihovania spočíva v oddeľovaní malého množstva kovu (triesky) od strižnej plochy. Dosahuje sa tak vyššia presnosť a akosť povrchu strižnej plochy bez mikrotrhlín, spevnenie a vnútorné pnutie. Je to jediná technológia, pri ktorej vzniká trieska, ktorej hrúbka je 0,1 až 0,5 mm. Podľa konštrukcie funkčných častí je možné pristrihovať:

- vonkajšie otvory s kladnou vôľou (strižník je menší ako strižnica)
- vonkajšie otvory so zápornou vôľou (strižník presahuje strižnicu)
- vnútorné otvory

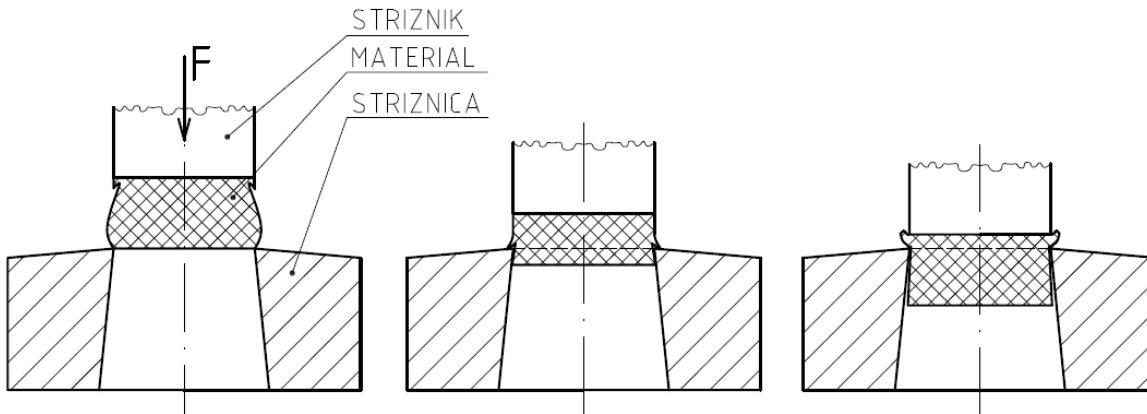
Na pristrihovaní vonkajšieho otvoru s kladnou vôľou je potrebné, aby došlo k vystredeniu výstrižku. To umožní doska so zakladacou dutinou (A). Medzi zakladacou doskou a strižnicou musí byť dodržaná určitá vzdialenosť, aby mohla trieska do vymedzeného priestoru odchádzať. Strižnica má rozmery chceného výstrižku, v hornej časti je *fazetka*. Potom sa kužeľovito rozširuje.

U pristrihovania vonkajšieho otvoru so zápornou vôľou je rozmer strižníku o 0,1 až 0,5 mm väčší ako rozmer strižnice. Preto nesmie strižník dosadnúť na strižnicu, len sa priblížiť na vzdialenosť maximálne 0,2 až 0,4 mm. Z tohto dôvodu je pristrihnutie dokončené čiastočne. Úplne dokončenie nastane až pri pristrihovaní ďalšieho výstrižku, ktorý predchádzajúci výstrižok pretlačí do strižnice.

Pre túto metódu sú vhodné tvrdé a polotvrde nelegované ocele. Neodporúča sa pristrihovať proti smeru strihania, pretože materiál sa môže pretrhnúť. Na túto metódu je vhodné okrem klasických hydraulických a výstredníkových lisov použiť i špeciálne

pristrihovacie lisy s kmitavým pohybom o frekvencii 700 až 1000 kmitov a amplitúde 0,5 až 1,5mm.

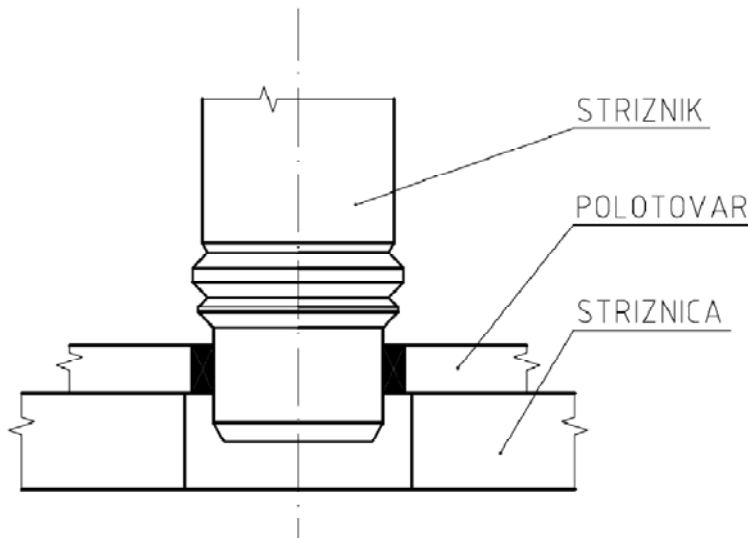
Drsnosť povrchu strižnej plochy je v rozsahu $R_a = (0,8 \div 1,6)[\mu m]$.



Obr. 9 Schéma pristrihovania so zápornou vôľou [1]

2.2.2 Kalibrovanie [1][5]

Podstata kalibrovania spočíva v ubíjaní materiálu polotovaru funkčnými časťami nástroja. Prídavky na kalibrovanie sa pohybujú v medziach 0,15 až 0,4 mm. Polomer zaoblenia strižnice sa prevádza v rozmedzí 0,5 až 1,5 mm a závisí na hrúbke plechu. U kalibrovania dochádza i k odpruženiu výstrižku po pretlačení strižnicou. Odpruženie je 0,02 až 0,6 % z rozmeru. Výhoda kalibrovania spočíva v spevnení kalibrovanej plochy. No narozdiel od pristrihovania je kalibrovanie menej presné vplyvom odpruženia, taktiež je potrebná vyššia sila. Kalibrujú sa vonkajšie obrysy výstrižkov, ale aj vnútorné otvory (obr. 10).



Obr. 10 Kalibrácia otvorov [5]

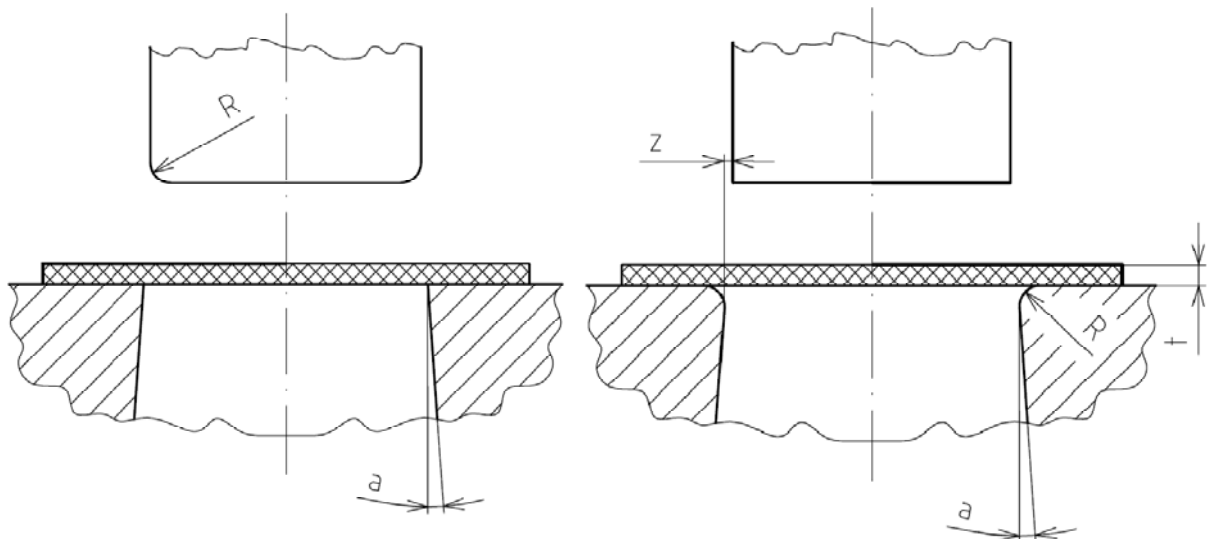
2.2.3 Strihanie so zaoblenou strižnou hranou [1][5]

Pre túto metódu sú vhodné materiály s dostatočnou tvárnosťou. Pri vystrihovaní so zaoblenými strižnými hranami na strižnici alebo strižníku (obr. 11) sa doceli iný priebeh napätia. V mieste strihu vzniká dvojosý stav napätosti. Preto k vzniku strižnej trhliny dochádza neskôr, teda pri väčšom zatlačení nástroja do materiálu. Tým sa dosiahne hladká

a kolmá strižná plocha. Potrebný polomer zaoblenia strižnej hrany sa pohybuje medzi 15% až 20% hrúbky materiálu.

U tvarovo zložitých súčiastok, ako sú zárezy, ostré prechody a pod., musíme voliť polomer zaoblenia až 25% hrúbky materiálu a strižná vôľa $z = (0,01 \div 0,02)[mm]$.

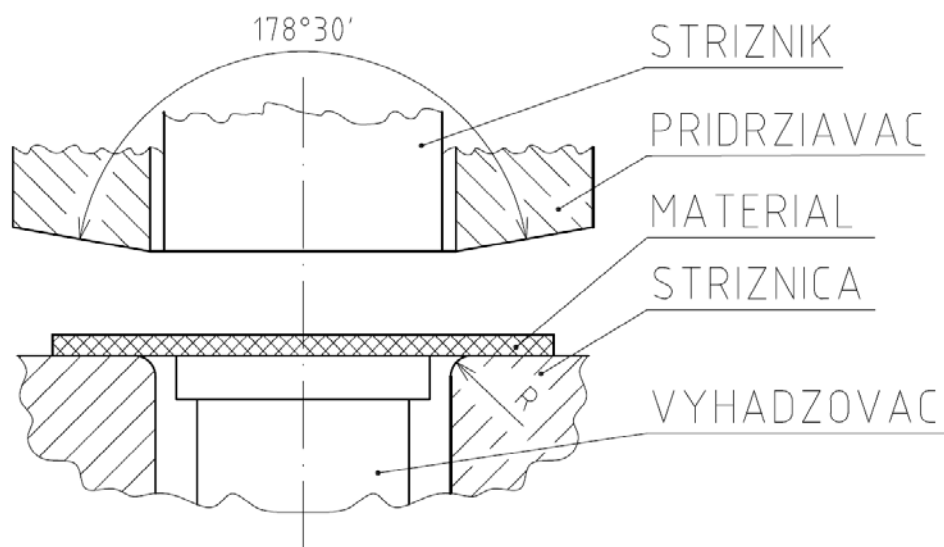
Oproti bežnému vystrihovaniu je strižná sila F_s približne o 15% vyššia. Dosahuje sa rozmerová presnosť IT9 až IT11 a drsnosť v rozsahu $R_a = (0,4 \div 1,6) [\mu m]$.



Obr. 11 Strihanie so zaoblenými strižnými hranami [1]

2.2.4 Vystrihovanie so skoseným pridržiavačom [1][5]

Princíp spočíva v použití skoseného pridržiavača (obr. 12), ktorý vyvoláva dvojosí stav napätosti. Vrcholový uhol pridržiavača je $\alpha = 178^\circ 30'$, pričom polomer na strižnej hrane strižnice je $R \leq 0,01 [mm]$.



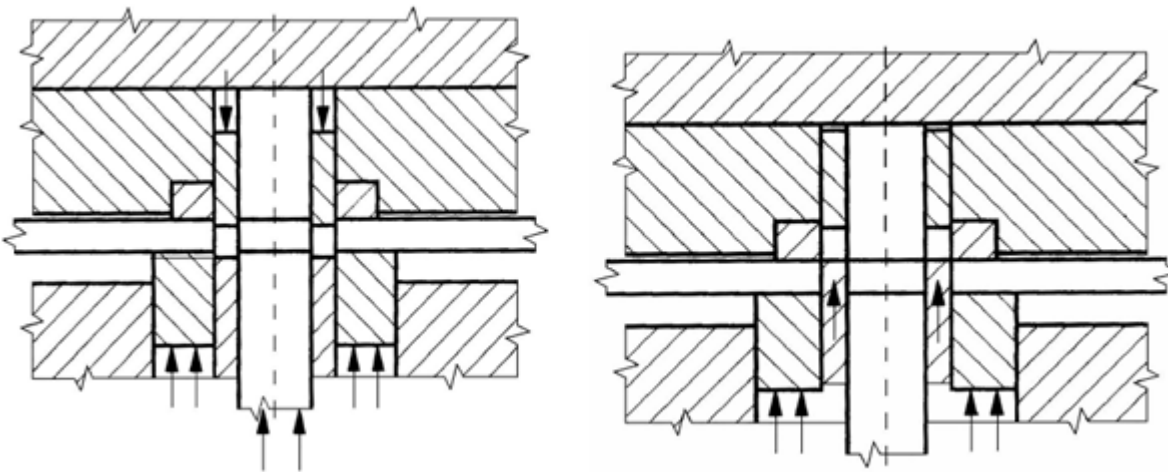
Obr. 12 Strihanie so skoseným pridržiavačom [1]

2.2.5 *Reverzné strihanie* [1][4][11]

Reverzné strihanie nahradzuje presne vystrihovanie na trojčinnom lise a zároveň odstraňuje možnosť vytvorenia otrepov. Využíva sa tu deformácia s tečením materiálu súčasne z oboch strán. Zhora i zdola tak vzniká hladká strižná plocha.

Reverzné strihanie má dve etapy (obr. 13). V prvej etape sa plech vystrihne len dokiaľ materiál preteká v rozmedzí plastickej deformácie, čo je približne 25% hrúbky materiálu. V druhej etape sa smer strihu obracia, nastáva vlastný strih a materiál sa v opačnom smere prestrihne. Pre túto technológiu je potrebný pneumatický spodný pridržiavač, hydraulická univerzálna hlava a strižný nástroj.

Výstrižky majú charakteristické zaoblenie z oboch strán a sú bez otrepov. Do hrúbky materiálu 3,5 mm môžeme vystrihovať bez použitia obvodových hrán. Od danej hrúbky 3,5mm a viac už s ich použitím.

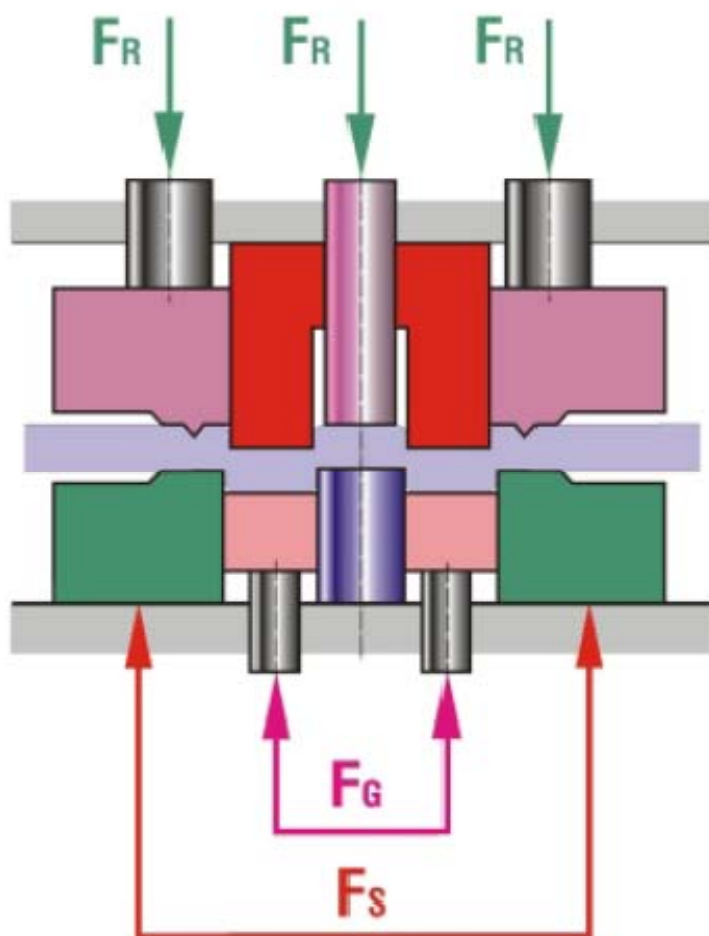


Obr. 13 Reverzné strihanie [11]

2.2.6 *Presné strihanie s obvodovou hranou* [1][12]

Presné strihanie s obvodovou hranou patrí k najdokonalejšiemu a najpoužívanejšiemu spôsobu vystrihovania. Dosahuje sa výborná akosť strihaných plôch s malou drsnosťou povrchu a veľmi presnou geometriou tvaru. Uplatňuje sa tu vyvodenie trojosého stavu napätosti v mieste strihu. Je vhodná pre súčiastky, ktoré majú veľké percento odpadu, prípadne vyžadujú dokončovacie operácie (vystružovanie, brúsenie, preťahovanie) a pre veľkosériovú výrobu súčiastok z plechu s uzavretou krivkou strihu.

Táto metóda je podrobnejšie spracovaná v kapitole 3.



Obr. 14 Schéma presného strihania s obvodovou hranou [12]



Obr. 15 Súčiastky vyrobené technológiou presného strihania s obvodovou hranou [14][15]

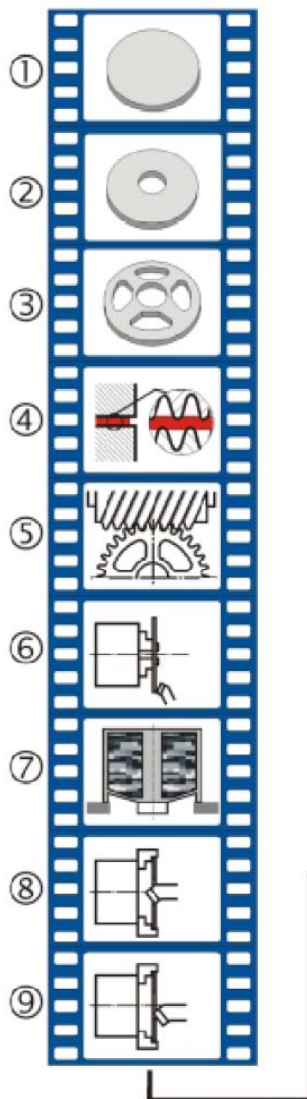
3 PRESNÉ STRIHANIE S OBVODOVOU HRANOU

Najpoužívanejší spôsob strihania, ktorým môžeme dosiahnuť veľmi kvalitnú strižnú plochu kolmú k rovine plechu a presné rozmery, je presné strihanie. Základný princíp je vyvodenie trojosého stavu napätostí v mieste strihu.

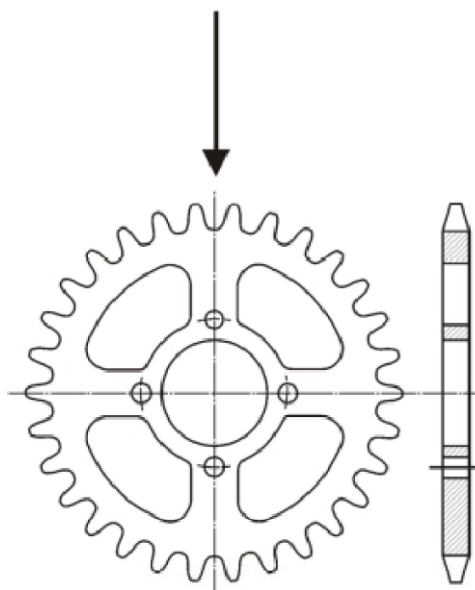
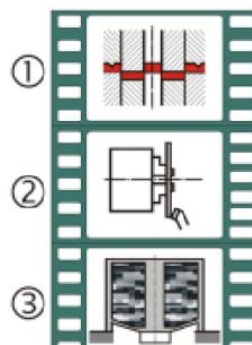
3.1 Vhodnosť použitia [12][13]

Táto technológia je vhodná pre súčiastky, ktoré majú veľké percento odpadu a vyžadujú veľké množstvo dokončovacích operácií (vystružovanie, brúsenie, preťahovanie) a pre veľkosériovú výrobu súčiastky z plechu s uzavretou čiarou strihu. Veľkou výhodou je veľmi kvalitná strižná plocha, ktorá oproti klasickému strihaniu má minimálne stiahnutie hrán, je bez natrhnutia. Výstrižok tak zaručuje vysokú presnosť rozmerov, rovinnosti a tvarov, čo znamená, že ani u veľmi náročných presných dielov pre mechanické / elektromechanické pohony a prevody nie sú potrebné žiadne ďalšie operácie a dokončovacie činnosti.

Konvenčné strihanie:



Presné strihanie:



Obr. 16 Hospodárnosť konvenčného strihania so strihaním s obvodovou hranou [13]

Obrázok 16 znázorňuje typický príklad vhodnosti použitia presného strihania pre výrobu súčiastky ozubeného kolesa, ktorá potrebuje veľa dokončovacích operácií. Z obrázku jasne vidíme rozdielny počet operácií potrebných na to, aby sme dostali konečný tvar súčiastky. Konvenčné strihanie zahrňuje tieto operácie:

- 1) Vystrihnutie kruhu
- 2) Dierovanie
- 3) Vystrihnutie odľahčovacích otvorov
- 4) Rovnanie
- 5) Frézovanie zubov
- 6) Zrazenie špičiek zubov
- 7) Leštenie
- 8) Sústruženie stredu
- 9) Zrazenie hrán

U presného strihania s obvodovou hranou sú to len tieto tri:

- 1) Vystrihnutie požadovaného tvaru s otvormi
- 2) Zrazenie špičiek zubov
- 3) Leštenie

Na základe týchto skutočností sa dá konštatovať, že presné strihanie s obvodovou hranou znižuje množstvo potrebných operácií, čím urýchľuje čas výroby a tým zlepšuje efektívnosť a hospodárnosť výrobného procesu.

3.2 Vhodnosť materiálov [1][7]

Pre túto technológiu sú vhodné materiály, respektíve ocele s dostatočnou tvárnosťou za studena a minimálnou medzou sklzu. Ideálne sú nízkouhlíkové a nízkoalloyované ocele s malým obsahom prímiesí ako pozostatok hutného pochodu. Vhodné druhy materiálov uvádza príloha č.1.

Rozhodujúcim faktorom u vhodnosti materiálu je jeho štruktúra, ktorá je ovplyvnená obsahom uhlíku a prítomných legujúcich prvkov i predchádzajúce tepelné spracovanie. S rastúcim podielom tvrdých štruktúrnych zložiek rastie opotrebenie nástrojov a znižuje sa presnosť strihania. Z makroštruktúrneho hľadiska nemá oceľ vykazovať metalurgické chyby, t.j. zhluk nekovových prímiesí, trhliny, segregáciu a ostatné chyby, ktoré sú po naleptaní na priečnom reze viditeľné voľným okom.

Vhodné sú pásy, prípadne pruhy plechov valcovaných za studena. Povrch musí byť hladký, bez zavalcovaných okují, šupín, preložiek a i. Na základe poznatkov uvedených v [1], hĺbka oduhličenia nesmie prekročiť dve percentá hrúbky plechu. Úchylka rovinnosti pruhu nesmie na jeden meter dĺžky prekročiť päť milimetrov a úchylka priamosti v smere šírky (šavovitost') by nemala prekročiť na jeden meter dĺžky štyri milimetre.

3.3 Dosahovaná kvalita povrchu strižnej plochy [1][8][12][15]

Technológia presného strihania bola navrhnutá pre zvýšenie akosti strižnej plochy a preto celková dosahovaná kvalita je podstatne vyššia ako u konvenčného strihania. Rozdiel v akosti (obr. 17) je viditeľný už voľným okom.



Obr. 17 Porovnanie akosti povrchu [15]

3.3.1 Rozmerová presnosť a drsnosť povrchu

Rozmerová presnosť a drsnosť povrchu závisí:

- ~ na strihanom materiály
- ~ na strižnej vôli
- ~ na tvare a stave strižných hrán
- ~ na tlaku pridržiavača a vyhadzovača

Rozmerová presnosť je tým lepšia, čím je tenší materiál. Pre tenké plechy do troch milimetrov je bežne dosahovaná rozmerová presnosť IT7 pre otvory a IT8 pre vonkajšie obrysy. Materiál o hrúbke nad 3 milimetre je to IT8 až IT9. Taktiež dochádza k odchýlke kolmosti strižnej plochy, ktorá je pre hrúbku materiálu do štyroch milimetrov v intervale $(0,01 \sim 0,02)$ [mm]. u materiálov hrubých nad štyri milimetre, kde sa používajú dve obvodové hrany, je kolmosť takmer rovnaká.

Drsnosť strižnej plochy je závislá na kvalite funkčných častí nástroja (strižník, strižnica). U presného strihania s obvodovou hranou zodpovedá hodnote $R_a = (0,4 \div 0,6)$ [μm]. U nevhodne zvolenom postrannom odpade, môstiku alebo nevhodne zvoleným protitlakom sa drsnosť úmerne zhoršuje.

Kvalita strižnej plochy je závislá i na tlaku pridržiavača. Jeho celkový tlak $(3 \div 4) \cdot \tau_{PS}$ je súčtom tlaku, ktorý vzniká pri vniknutí obvodovej hrany do materiálu $(2,2 \div 2,8) \cdot \tau_{PS}$, a tlaku pridržiavača na pracovnej ploche $(1,2 \div 1,3) \cdot \tau_{PS}$.

Kvalita je taktiež závislá i na tlaku vyhadzovača. Jeho optimálna veľkosť je $(0,1 \div 0,2) \cdot \tau_{PS}$. Zvýšením tlaku pridržiavača i vyhadzovača nad hranicu daných optimálnych hodnôt sa kvalita strižnej plochy podstatne nezlepší.



Obr. 18 Rozdiel rozmerovej presnosti a drsnosti povrchu súčiastky vyrobenej konvenčným strihaním (dole) a presným strihaním s obvodovou hranou (hore) [12]

3.3.2 *Stiahnutie hrán a tvorba otrepu*

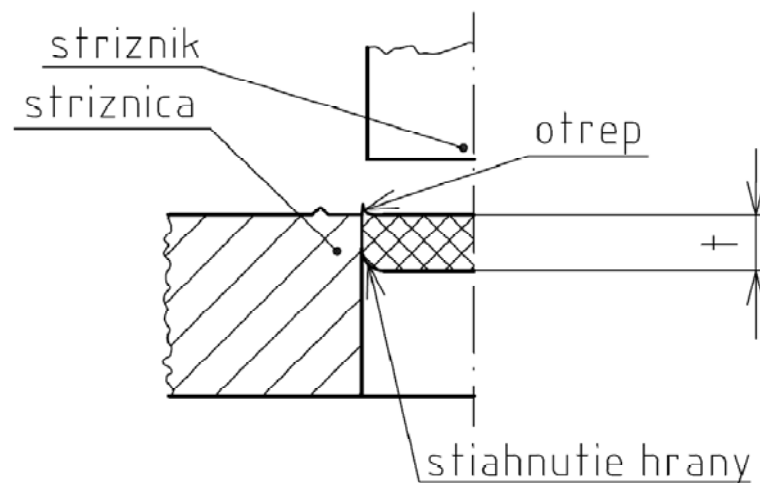
Stiahnutie hrán pozdĺž strižného obvodu kolíše. Pre výšku stiahnutia hrany platia nasledujúce pravidlá:

- u mäkkého materiálu je stiahnutie hrán väčšie ako u tvrdého materiálu
- u priamych tvarov je stiahnutie hrán menšie ako 10% hrúbky materiálu
- u zakrivených tvarov môže stiahnutie hrán činiť až 20% hrúbky materiálu
- u extrémne nepriaznivých tvarov, ktoré majú zubovú šírku menšiu ako hrúbka materiálu, je stiahnutie hrán maximálne 30% z hrúbky materiálu

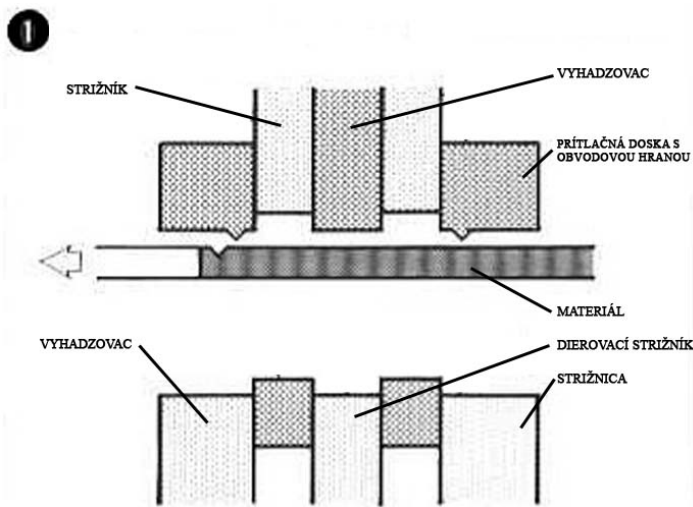
Otrep, ktorý vzniká pri presnom strihaní s obvodovou hranou je minimálny. Výška otrepu závisí na:

- ~ pevnosti a hrúbke strihaného materiálu (viď príloha č.2)
- ~ na stave strižných hrán strižníku a strižnice

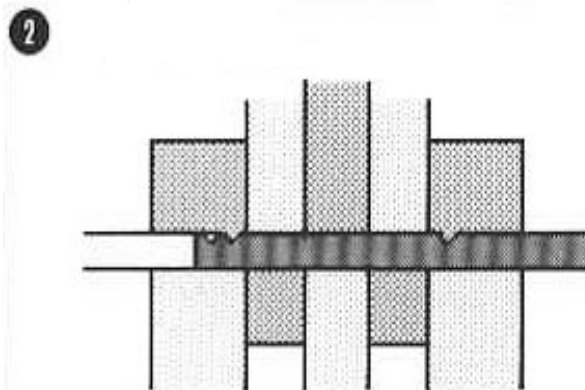
Výška otrepu nie je tak rozhodujúca ako šírka. Otrep so širšou základňou vzniká pri strihaní so zaoblenými hranami strižnice.



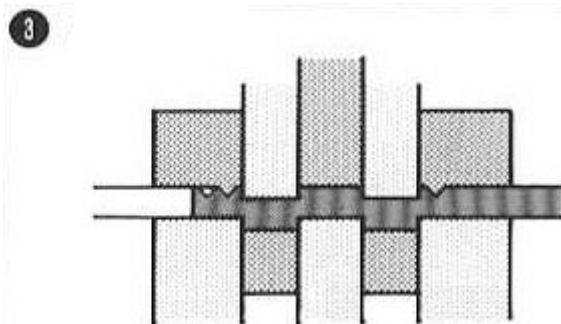
Obr. 19 Vznik otrepu a stiahnutie hrany na výstrižku [1]

3.4 Princíp presného vystrihovania [1][7][16]*1. Otvorený nástroj*

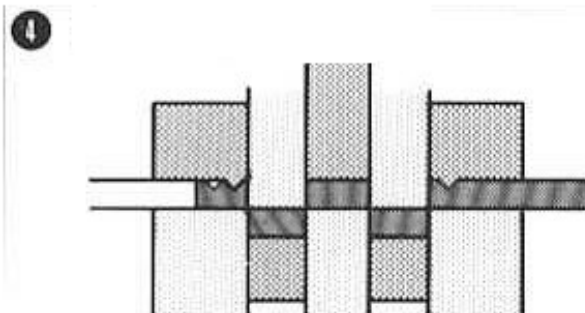
V prvotnej fáze je nástroj v základnej polohe, funkčné časti nástroja, strižník, strižnica, pridržiavač, vyhadzovač sú v jednej rovine. Pruh alebo pás strihaného plechu je privedený medzi hornú a dolnú časť nástroja o dĺžku kroku.

*2. Zatlačenie obvodovej hrany*

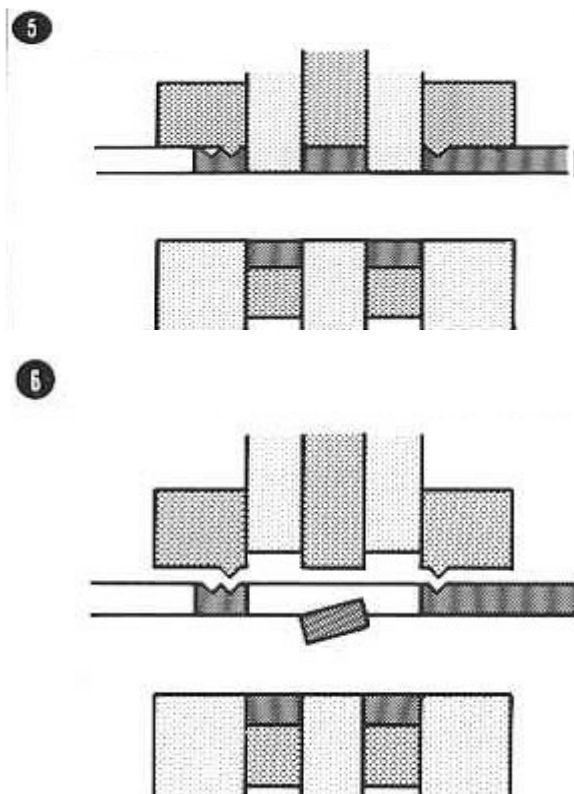
V druhej fáze sa nástroj uzavrie. Obvodová hrana je zatlačená do materiálu, ktorý je zovretý medzi strižnicu a pridržiavač a zároveň medzi strižník a vyhadzovač. Vyhadzovač kladie odpor postupujúcemu strižníku, začína strih.

*3. Strihanie*

V tejto fáze je súčiastka strihaná. Vyhadzovač kladie odpor postupujúcemu strižníku.

*4. Ukončenie strihu*

Súčiastka je prestrihnutá a nachádza sa v strižnici. Dôležitým momentom v tejto fáze je, že strižníky neprechádzajú do strižnice.



5. Roztvorenie nástroja

Nástroj sa začína otvárať. Spodná časť nástroja sa pohybuje smerom dole a tým uvoľňuje prestrihnutý materiál.

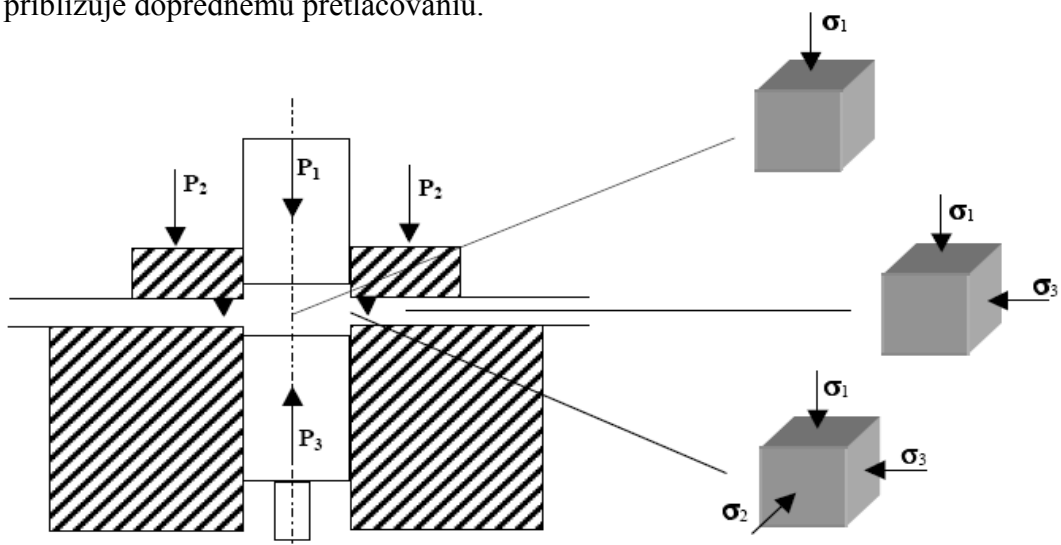
6. Vysunutie súčiastky a odpadu

V poslednej fáze je prostredníctvom vyhadzovača a strižníku vyhodенý výstrižok z hornej časti nástroja a odpad z dolnej časti nástroja. Vystrihnutá súčiastka a odpadový materiál sú z pracovného priestoru nástroja vyfúknuté stlačeným vzduchom alebo odstránené mechanicky.

Obr. 20 (1 až 6) Princíp presného strihania [16]

3.5 Vyvodenie trojosej napätosti [1][2][10]

Pri presnom strihaní s obvodovou hranou je materiál zovretý medzi strižník a vyhadzovač. Materiál sa pri vystrihovaní neprehne, radiálna zložka pruženia, ktorá vznikne ako následok plastickej deformácie, je zachytávaná obvodovou hranou. Pásmo plastickeho strihu sa rozširuje cez celú hrúbku materiálu. Tak vznikajú v materiále tri oblasti s rôznymi schémami napätosti (obr. 21). Najvýhodnejšie rozloženie hlavných napätí je v oblasti strihu, kde vzniká trojosá tlaková napätosť. Všestranný tlak vylučuje vznik trhlín a podporuje priebeh čistého plastickeho strihu. Podľa [1] sa mechanika presného strihania s obvodou hranou približuje doprednému pretlačovaniu.



Obr. 21 Napätosť pri presnom strihaní s obvodovou hranou [10]

3.6 Určenie pôsobiacich síl a práce [1][7]

3.6.1 Celková sila

Celková sila F_C sa u presného strihania s obvodovou hranou skladá z troch rôznych zložiek (obr. 22). Sily strižnej F_S , pridržiavacej F_P a vyhadzovacej F_V .

Sila na strižníku F_S , vykonáva vlastnú strižnú prácu. Sila na prítlačnej doske F_P spôsobuje zatlačenie obvodovej hrany do strihaného materiálu, čím vytvára požadovaný stav napätosti v pásme strihu. Taktiež zvierá materiál v rámci krivky strihu medzi prítlačnou doskou a strižnicou. Sila na vyhadzovači F_V vyvodzuje tlak proti strižnej sile F_S a spolu s ňou zvierá materiál vnútri krivky strihu.

Veľkosti týchto síl sa určujú s ohľadom na druh a hrúbku materiálu a tvaru súčiastky. I napriek tomu sa ich veľkosti musia dať samostatne nastaviť, pretože počiatok a koniec ich pôsobenia je rôzny.

$$\text{Strižná sila:} \quad F_S = l \cdot t \cdot \left(1 - \frac{a_y}{t}\right) \cdot R_m = 0,9 \cdot l \cdot s \cdot R_m \quad [N] \quad (5)$$

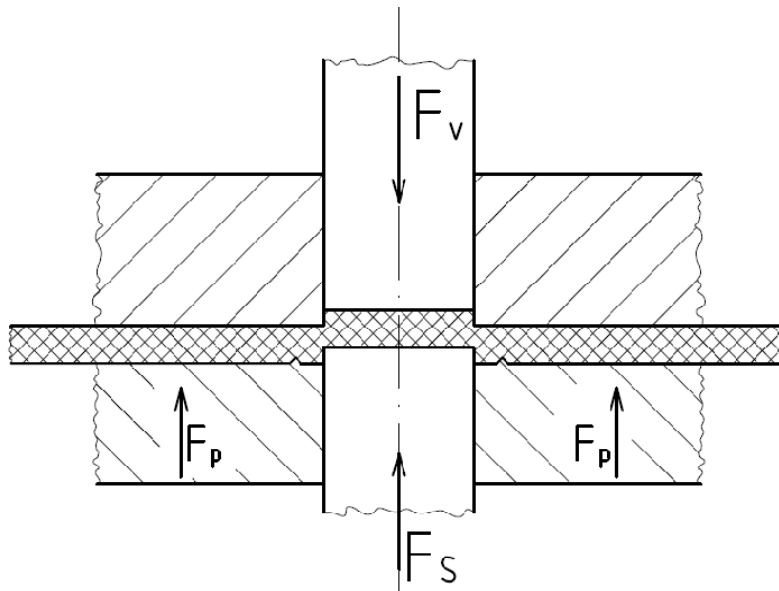
$$\left(1 - \frac{a_y}{t}\right) = 0,8 \sim 0,9 \quad [-] \quad (6)$$

$$\text{Pridržiavacia sila:} \quad F_P = k_P \cdot l_P \cdot h_P = 4 \cdot R_m \cdot l_P \cdot h_P \quad [N] \quad (7)$$

$$k_P = 4 \cdot R_m \quad [MPa] \quad (8)$$

$$\text{Vyhadzovacia sila:} \quad F_V = S \cdot p_V \quad [N] \quad (9)$$

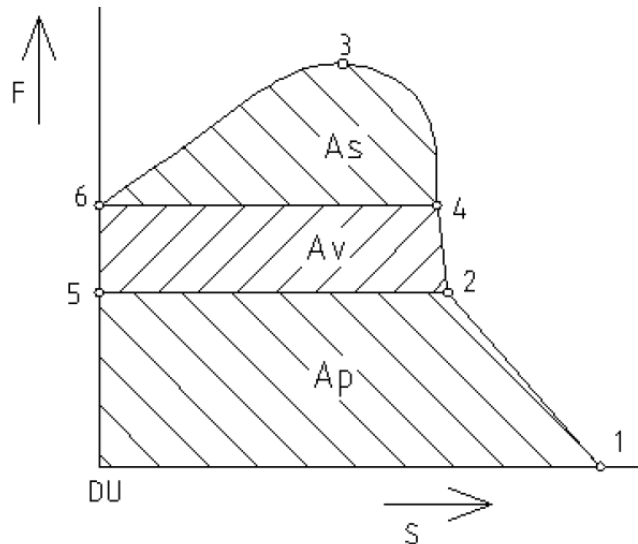
$$\text{Celková sila:} \quad F_C = F_S + F_P + F_V = (1,5 \sim 2,5) \cdot F_S \quad [N] \quad (10)$$



Obr. 22 Smery pôsobiacich síl [7]

3.6.2 Celková práca

Každá zložiek síl vykoná určitú prácu (obr. 23). Plocha A_S predstavuje spotrebovanú strižnú prácu, plocha A_P zodpovedá práci spotrebovanej pri zatlačení obvodovej hrany do materiálu. Plocha A_V je práca vynaložená k prekonaniu sily vyhadzovača. Celková práca A_C pri presnom strihaní je s porovnaním konvenčného strihania dva až tri a polkrát vyššia.



Obr. 23 Strižná práca pri presnom vystrihovaní s obvodovou hranou [1]

$$\text{Strižná práca:} \quad A_S = 0,48 \cdot l \cdot t^2 \cdot R_m \cdot 10^{-3} \quad [J] \quad (11)$$

$$\text{Pridržiavacia práca:} \quad A_P = 2 \cdot R_m \cdot l_p \cdot h_p \cdot 10^{-3} \quad [J] \quad (12)$$

$$\text{Vyhadzovacia práca:} \quad A_V = S \cdot p_V \cdot t \cdot 10^{-3} \quad [J] \quad (13)$$

$$\text{Celková práca:} \quad A_C = A_S + A_P + A_V \quad [J] \quad (14)$$

3.7 Strižná vôľa a strižné hrany [1][9]

Strižná vôľa je rozdiel medzi skutočným rozmerom strižníku a strižnice, meria sa v smere normály k obrysu strižného tvaru. Strižná vôľa má najväčší vplyv na kvalitu strižnej plochy. Preto je jej veľkosť, rovnomernosť a stabilita v priebehu opotrebenia nástroja veľmi dôležitá. Pri správnom ustanovení strižníku v strižnici sa medzi nimi vytvorí prázdny priestor, strižná medzera, ktorá by mala byť po celom obvode strihu rovnomerná. Strižná medzera je polovičnou veľkosťou strižnej vôle (obr. 24).

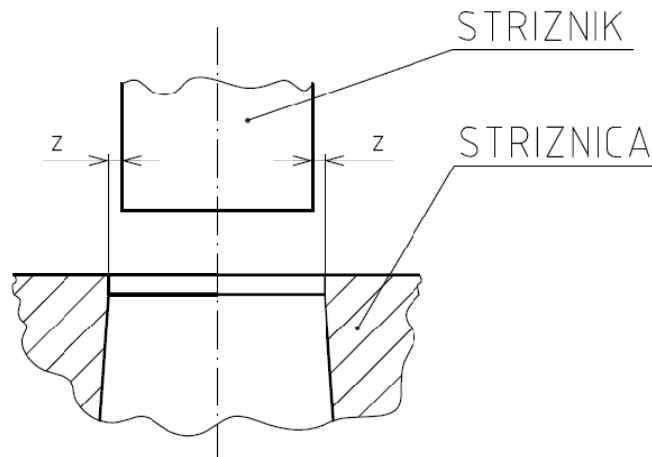
Výpočet strižnej vôle:

$$v = 2 \cdot z \quad [mm] \quad (15)$$

$$\text{Plech } t \leq 3[mm] \quad v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{PS}} \quad [mm] \quad (16)$$

$$\text{Plech } t > 3[mm] \quad v = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{PS}} \quad [mm] \quad (17)$$

Orientačne sa dá strižná vôľa určiť aj graficky (viď príloha č.3).



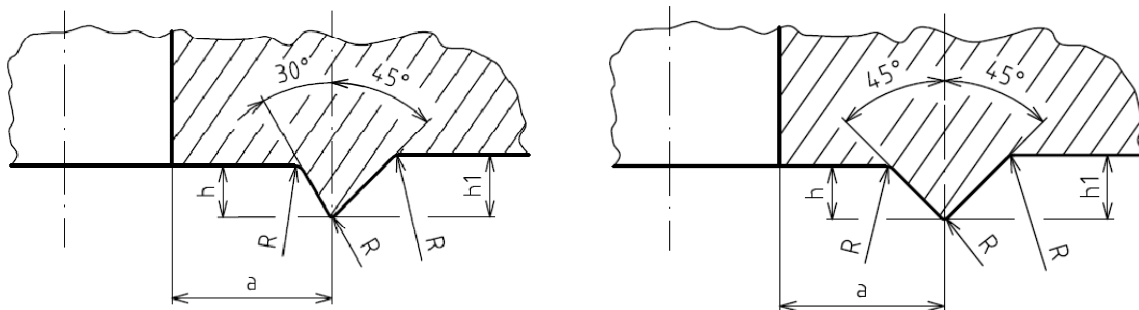
Obr. 24 Strižná medzera

Strižné hrany musia byť uhladené. Strižník je obzvlášť presne brúsený a strižnica má ostrie zaoblené. Maximálna veľkosť zaoblenia r_s sa vypočíta podľa (18). Pri prekročení tejto hodnoty sa kvalita strižnej plochy zhoršuje a vznikajú otrepy.

$$r_s = (0,1 \div 0,2) \cdot t \quad [mm] \quad (18)$$

3.8 Obvodová hrana [1][5][9]

Obvodová hrana (obr. 25 a,b) ovplyvňuje kvalitu strižnej plochy a životnosť nástrojov.

Obr. 25 a) pre materiál $t \leq 4[mm]$, b) pre materiál $t > 4[mm]$ [5]

Tvar, poloha a rozmery obvodovej hrany sa volia na základe nasledujúcich podmienok:

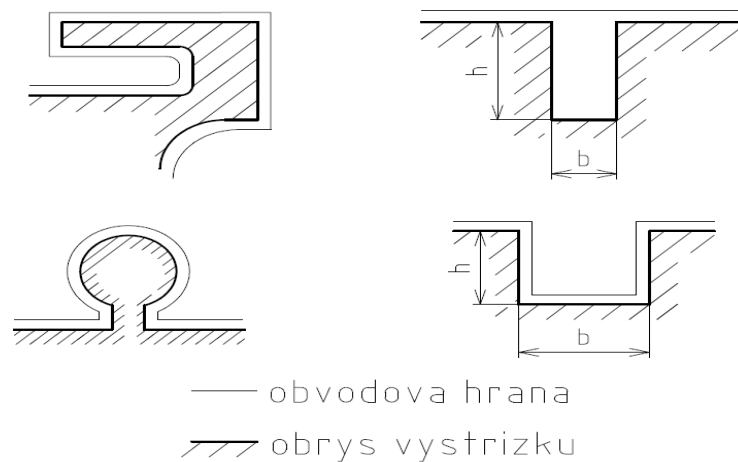
- ak je jej vzdialenosť od krivky strihu veľká, zvýši sa tým aj spotreba materiálu a účinok obvodovej hrany sa znižuje. Naproti tomu malá vzdialenosť obvodovej hrany od krivky strihu obmedzuje jej vplyv a tým znižuje kvalitu strižnej plochy.
- pre hrúbku plechu do štyroch milimetrov sa používa len jedna obvodová hrana na pridržiavači, pre hrúbku plechu nad štyri milimetre sa používajú dve obvodové hrany, na pridržiavači aj na strižnici.
- obvodová hrana musí kopírovať tvar výstrižku, výnimkou je ak platí, že zárez o šírke $b \leq 15h$, vtedy nie je obvodová hrana vedená pozdĺž krivky strihu (obr. 26)
- rozmery obvodovej hrany sú závislé na hrúbke a vlastnostiach strihaného materiálu. Čím väčšia bude obvodová hrana, tým menšie môže byť zaoblenie strihu

- v miestach, kde sú na súčiastke nevhodné tvary (malé zaoblenia, vyčnievajúce časti, ostré rohy a i) má obvodová hrana prebiehať vo väčšej vzdialenosti od krivky strihu
- Rozmery obvodovej hrany (obr. 25 a,b) vypočítame podľa (19)(20)(21), alebo určíme graficky z tabuľky (príloha č.4).

$$h_p = \left(\frac{1}{3} \div \frac{1}{6}\right) \cdot t \quad [mm] \quad (19)$$

$$h_1 = h_p + 0,05 \quad [mm] \quad (20)$$

$$a = (0,6 \div 1,2) \cdot h_p \quad [mm] \quad (21)$$



Obr. 26 Umiestnenie obvodovej hrany [9]

3.9 Veľkosť postranného odpadu a šírka mŕstikov [1][7]

Obvodová hrana spôsobuje, že šírka mŕstikov a postranného odpadu musí byť väčšia ako pri bežnom strihaní. Všeobecne platí, že čím je materiál tvrdší, tým sa musí voliť väčšia šírka, pretože inak nejde vyvodiť dostatočný trojosí stav napätosti. Šírka má byť približne trojnásobkom až štvornásobkom hrúbky plechu. Minimálna veľkosť postranného odpadu a šírka mŕstikov je uvedená v prílohe č.5.

3.10 Vhodnosť tvaru súčiastky pre presné strihanie s obvodovou hranou [1][7]

Správne posúdenie vhodnosti tvaru súčiastky je jedným z hlavných predpokladov pre docielenie kvalitných výstrižkov presným strihaním. Touto technológiou sa dajú zhotoviť veľmi členité obrysy i s tvarovými vnútornými otvormi.

Súčasne však musí daná súčiastka spĺňať požiadavky, ktoré sú dané použitím a prevádzkovými podmienkami, ale taktiež technológiou konštrukcie. Pre dosiahnutie minimálnych výrobných nákladov musíme rešpektovať tvar súčiastky podľa určitých pravidiel a doporučení. Ich nedodržanie vedie k zníženiu kvality strižnej plochy a životnosti funkčných častí nástroja.

Smernice pre vhodnosť tvaru súčiastky do procesu presného strihania sú v prílohe č.6.

3.11 Mazanie [1][7]

Pri presnom vystrihovaní vzniká na bokoch strižníku a otvoru strižnice vysoký merný tlak. Mazaním týchto plôch sa dosiahne zníženie súčiniteľa trenia. Zároveň zvýši životnosť

funkčných častí a kvalita strižnej plochy. Mazanie taktiež spomaľuje oxidačné opotrebenie a znižuje nebezpečie adhézneho opotrebenia.

Mazivo rozdeľujeme pre strihanie plechu o hrúbke do štyroch milimetrov a nad štyri milimetre. Sú to špeciálne syntetické oleje na báze voľných mastných kyselín a musia spĺňať tieto požiadavky:

- odolnosť proti vysokému tlaku
- vysoká tepelná vodivosť
- schopnosť zabrániť kovovému styku povrchu
- ľahká manipulácia a nanášanie
- zníženie energetických strát spôsobené trením
- zdravotná a ekonomická nezávadnosť

Konkrétne sú to maziva s označením Curtis 525, XS-163 a XS-164, FS-100 s vyššou viskozitou a iné. Bežné minerálne, živočíšne či rastlinné oleje nie sú vhodné a nepoužívajú sa, pretože pri presnom strihaní vznikajú pomerne vysoké tlaky a teploty.

3.12 Nástroje pre presné strihanie [1][7]

3.12.1 Konštrukcia funkčných častí nástroja

Pri konštrukcii funkčných častí nástroja pre presné strihanie je nutné sústrediť všetku pozornosť na správne ustanovenie a výrobnú presnosť jednotlivých dielov nástroja. Ide predovšetkým o strižník, strižnicu, pridržiavač a vyhadzovač. Vstupným materiál na výrobu týchto nástrojov sú predovšetkým tepelne upravené nástrojové ocele, alebo spekané karbidy s (15 ÷ 30) percentným obsahom kobaltu. Prehľad doporučených materiálov funkčných častí nástrojov je uvedený v prílohe č.7.

Strižník:

Strižník slúži k vystrihovaniu vonkajšiemu obvodu súčiastky. Ideálne je, ak je strižník z jedného kusu, operná časť s ohľadom na tuhosť a stabilitu čo najväčšia. Obsahuje otvory pre vyhadzovač, čo značne komplikuje jeho konštrukciu. Pri ustanovení nástroja je nutné, aby na začiatku procesu vystrihovania bol strižník buď v rovnakej úrovni s plochou pridržiavača, alebo o dve stotiny milimetra nižšie. V opačnom prípade sa znižuje kvalita strižnej plochy. Aby nedošlo k jeho rýchlemu opotrebeniu, pri ukončení strihania sa čelná plocha strižníku nesmie ponoriť do otvoru strižnice. Strižník musí byť vo vyhadzovači zaistení proti pootočeniu a vsunutý zalícovaním. Strižné hrany strižníku musia byť starostlivo vybrúsené. Strižník musí mať dostatočnú dĺžku na ostrenie, musí byť odmagnetizovaný a súosí.

Strižnica:

Má rozhodujúci vplyv na presnosť tvaru a akosť povrchu výstrižku. S ohľadom na charakter tvaru výstrižku môžu byť strižnice obdĺžnikového alebo kruhového tvaru. Podľa zložitosti tvaru v strižnici delené alebo nedelené. Strižnica musí byť vyrobená bez prechodov a brúsená, poprípade vyiskrená. Oslabené miesta sa zospoďu podopierajú tvarovými vložkami. Je nutné jej polohu vystrediť stredovými kolíkmi. Pri konštruovaní sa nesmie zabudnúť na odvzdušňovaciu drážku, ochranné plôšky proti poškodeniu od obvodovej hrany. Strižná hrana musí mať polomer zaoblenia približne (0,05 ÷ 0,1) milimetra.

Pridržiavač:

Vedie strižník a spolu so strižnicou zvierajú strihaný materiál. Jeho súčasťou je obvodová hrana, ktorá vyvodzuje požadovaný trojosí stav napätosti. Preto sa musí dbať pri

konštrukcii na jej geometriu, na jej predpätie a na nutnosť ochranných plôch proti poškodení obvodovej hrany. Na čelnej ploche pridržiavača môžu byť drážky k odtoku oleja.

Vyhadzovač:

Vyhadzovač je v spodnej časti strihadla vsunutý do strižnice zalícovaním a má z nej vyčnievať asi o $(0,1 \div 0,2)$ milimetra. Je opatrený jedným alebo niekoľkými odpruženými kolíkmi, ktoré uvoľňujú výstrižok. Vyhadzovač je ovládaný cez tlakové kolíky. Tlakové kolíky majú byť umiestnené na jeho okraji, aby znemožnili jeho vzpriečenie. Tlakové kolíky musia vo všetkých pracovných polohách zachovať rovnobežnosť roviny vyhadzovača s rovinou strižnice. Kruhový vyhadzovač musí byť zaistený v strižnici proti pootočeniu. Vyhadzovač presne vystredený v strižnici zaisťuje polohu dierovacích strižníkov, ktoré sú ním vedené.

V hornej časti strihadla zaisťuje vyhadzovač stieranie materiálu z vnútorných tvarov v strižníku. Vyhadzovače výstrižku sú zaistené opierkou alebo sú opreté o tlakové kolíky. Kolíkové vyhadzovače o malom priemere majú väčšinou kruhovitú čelnú plochu. Vyhadzovače odstrižkov o priemere nad päť milimetrov sú opatrené pružnými kolíkmi. Tieto pružné kolíky odtlačujú výstrižok od vyhadzovača výstrižku hneď, ako opustí otvor v strižníku. Vyhadzovače sa nesmú vysunúť zo strižníka, a preto sú obvykle opatrené osadením. V otvore strižníku má byť upravený tak, aby vyčnieval o $(1 \div 1,5)$ milimetra.

Ďalšie funkčné časti nástroja:

- držiak strižníku
- vyhadzovací kolík
- dierovací strižník
- základová doska, kotviaca doska a upínacia doska
- tlačné kolíky
- podložky
- vyhadzovacie krúžky

3.12.2 Typy nástrojov pre presné strihanie s obvodovou hranou

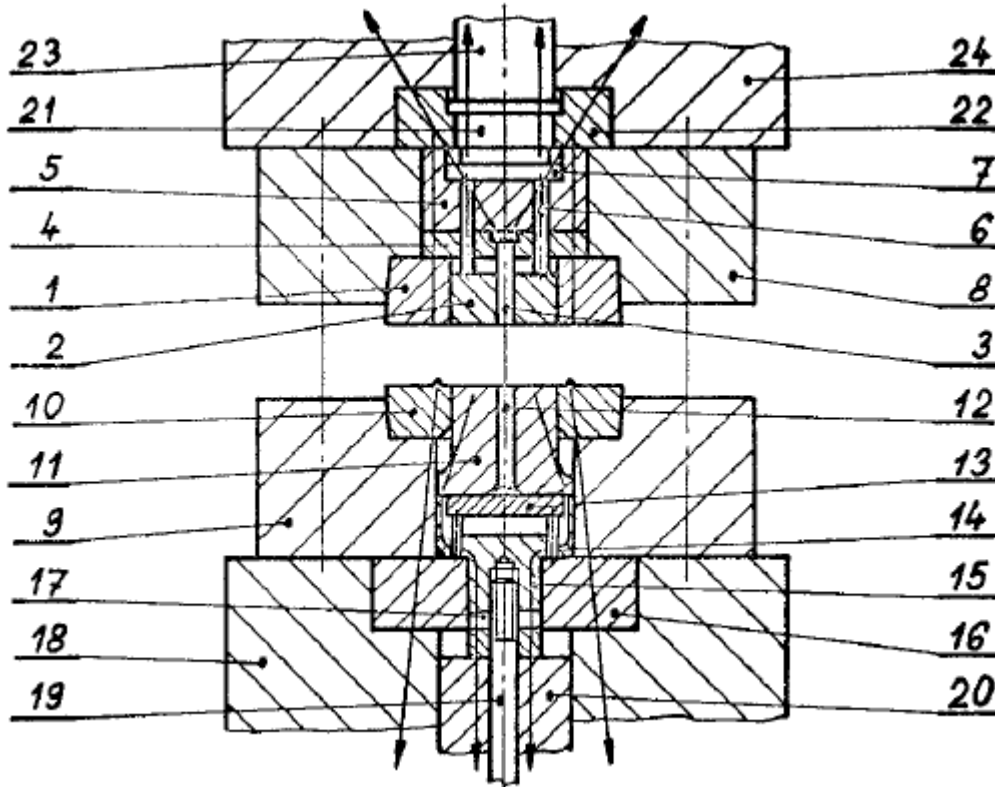
Na nástroj sú kladené tieto požiadavky:

- tuhosť a presnosť nástroja (stĺpiky s valivým vedením)
- možnosť prenášať potrebný tlak cez pridržiavač a vyhadzovač
- rovnobežnosť stien otvoru strižnice po celej hrúbke strihaného materiálu
- bez akéhokoľvek úkosu
- presné výškové nastavenie nástroja

Nástroj s pohyblivým strižníkom a pevnou prítlačnou doskou

Nástroj je vhodný pre vystrihovanie symetrických súčiastok do hrúbky päť milimetrov. Strižnica a pridržiavač s obvodovou hranou sú pevné. Strižník je pohyblivý a pri strihaní je vedený pridržiavačom. Nástroj s popisom je na obr. 27.

Hlava tvarového strižníku {11} je vedená v základovej doske vodiaceho stojanu {9} a jeho tvarová časť je vedená v prítlačnej doske {10}. Jeho pohyb je ovládaný cez držiak strižníku {15} baranom lisu {20}. V základovej doske je pevne usadená prítlačná doska {10}. Jej pohyb je súhlasný s pohybom celej spodnej časti stroja. Strižnica {1} je pevne uchytaná v upínacej doske vodiaceho stojanu {8}. Vyhadzovač {2} vedený strižnicou je ovládaný hydraulickým piestom pre vytvorenie protitlaku {23} cez tlačnú vložku {21}, vyhadzovací krúžok {7} a tlačné kolíky {6}.



Obr. 27 Nástroj s pohyblivým strižníkom

Legenda k obr. 27:

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1. strižnica | 13. vyhadzovacia lišta |
| 2. vyhadzovač | 14. tlačný kolík |
| 3. dierovací strižník | 15. držiak strižníku |
| 4. kotviaca doska | 16. tlakový operný krúžok |
| 5. podložka | 17. staviaci tlakový krúžok |
| 6. tlačný kolík | 18. stôl lisu |
| 7. vyhadzovací krúžok | 19. upevňovacia skrutka |
| 8. upínacia doska vod. stoj. | 20. baran lisu |
| 9. základová doska vod. stoj. | 21. tlačná vložka |
| 10. prítlačná doska | 22. tlakový operný krúžok |
| 11. tvarový strižník | 23. hydraulický piest pre protitlak |
| 12. vyhadzovač | 24. stôl lisu |

Nástroj s pevným strižníkom a pohyblivou prítlačnou doskou

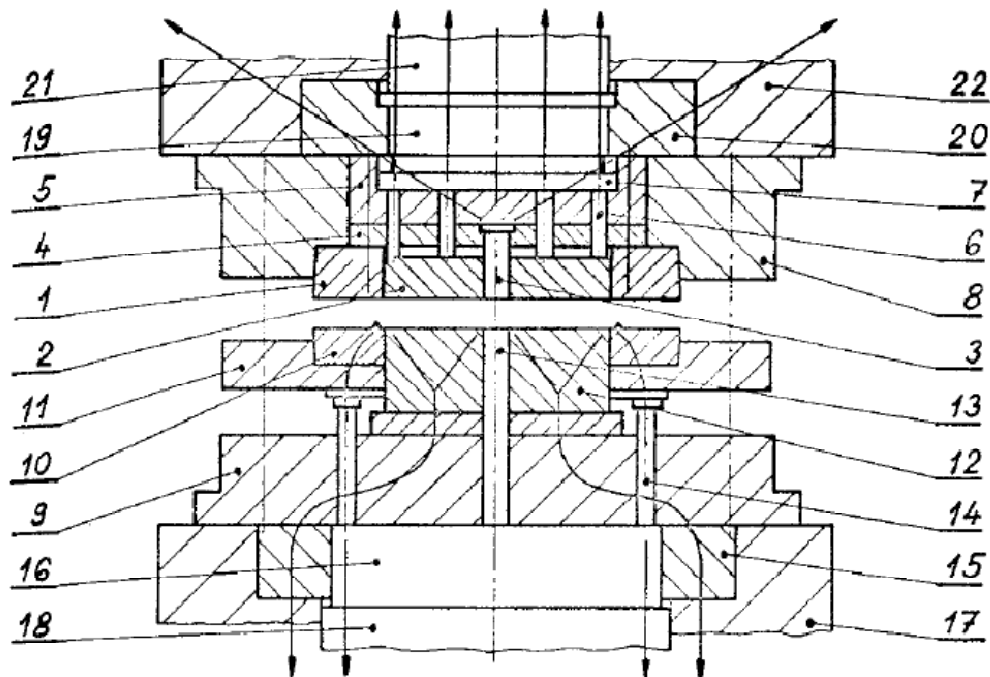
Tento nástroj je vhodný pre veľké a dlhé nesymetrické súčiastky a najmä súčiastky do hrúbky nad päť milimetrov. Táto konštrukcia nie je vhodná pre súčiastky, ktoré majú tvarovo poddimenzované partie (dlhé výstupky, ramena a pod.).

Nevýhodou systému je:

- pretínanie strižnej sily a sily na prítlačnej doske
- v priebehu strižného procesu je strižník vychýľovaný priečnymi silami
- otvory pre tlačné kolíky oslabujú prierez základovej dosky vodiaceho stojanu, ktorá prenáša strižnú silu na strižník

Tento systém môže byť uspořobený s pevným strižníkom umiestneným dole, alebo hore.

Tvarový strižník {12} je pevne spojený so základovou doskou vodiaceho stojanu {9} a je ovládaný baranom lisu tak, že sa pohybuje s celou spodnou časťou nástroja. Cez hydraulický piest {18}, tlakový krúžok {16}, a tlačné kolíky {14} je samostatne hydraulickým tlakovým zariadením ovládaný pohyb prítlačnej dosky {10}. Strižnica {1} je pevne uchytená v upínacej doske vodiaceho stojanu {8}. Strižnicou je vedený vyhadzovač {2}, jeho pohyb je ovládaný hydraulickým piestom pre vytvorenie protitlaku {21}, cez tlačnú vložku {19}, vyhadzovací krúžok {7} a tlačný kolík {6}.



Obr. 28 Nástroj s pevným strižníkom

Legenda k obr. 28:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1. strižnica | 12. tvarový strižník |
| 2. vyhadzovač | 13. vyhadzovač |
| 3. dierovací strižník | 14. tlačný kolík |
| 4. kotviaca doska | 15. tlakový operný krúžok |
| 5. podložka | 16. staviaci tlakový krúžok |
| 6. tlačný kolík | 17. stól lisu |
| 7. vyhadzovací krúžok | 18. hydraulický piest pre lisovaciú silu |
| 8. upínacia doska vod. stoj. | 19. tlačná vložka |
| 9. základová doska vod. stoj. | 20. tlakový operný krúžok |
| 10. prítlačná doska | 21. hydraulický piest pre protitlak |
| 11. vodiaca doska | 22. stól lisu |

3.13 Stroje pre presné strihanie [1][7][17]

Technológia presného strihania vyžaduje špeciálne trojčinné lisy, ktoré okrem bežných požiadaviek kladených na tvárniace stroje musia vyhovovať aj požiadavkám špecifickým, ktoré sú nevyhnutné vzhľadom k odlišnému charakteru strihania.

Dôležitým faktorom je vhodné rozdelenie rýchlosti barana v závislosti na dráhe barana. Uzavretie nástroja, kedy sa spodná a horná časť nástroja privádza do pracovnej polohy, prebieha vysokou rýchlosťou. Vlastné presné strihanie, behom ktorého musí lis vyvodit' tri na sebe nezávislé sily čo sa týka ich veľkostí a začína zatlačením obvodovej hrany do strihaného materiálu a končí úplným oddelením strihanej súčiastky, má rýchlosť barana lisu malú (*do 15 mm/s*). Veľká rýchlosť opäť prebieha pri otváraní nástroja, kde spodná a horná časť nástroja sa vracia späť do počiatočnej polohy. Pri otváraní nástroja sa zo strižníku stiera pás odpadu, vysunú sa vystrihnuté odpady z vnútorných častí strižníku a strihaná súčiastka zo strižnice.

Požiadavky na lisy:

- Lis pracuje ako trojčinný. Maximálna pridržiavacia sila a maximálna vyhadzovacia sila musí byť v určitom pomere k najvyššiemu prípustnému zaťaženiu lisu. Obe tieto sily sú ľubovoľne voliteľné, najviac však štyridsať percent z menovitej tvárniacej sily lisu pre pridržiavaciu silu a maximálne dvadsať percent pre silu vyhadzovaciu. Na sile strižnej sú úplne nezávislé.
- Pracovná schopnosť lisu má zodpovedať požiadavkám presného strihania, nakoľko potrebná práca je približne dvojnásobkom až trojnásobkom práce dosahovanej pri konvenčnom strihaní.
- Rýchlosť strihania pri vlastnom strižnom procese nemá prekročiť u tenkých plechov $15 [mm \cdot s^{-1}]$, pre hrubšie plechy $10 [mm \cdot s^{-1}]$.
- Súčiastky lisu sa môžu i pri najväčšom zaťažení len minimálne pružne deformovať jedine v smere strihu. Preto je stojan lisu masívny s uzavretou konštrukciou.
- Vedenie barana lisu musí byť úplne presné, bez vôle.
- Lis musí byť vybavený bezpečnostnými prvkami pre kontrolu a ochranu obsluhujúceho pracovníka, bezpečnostnou poistkou proti preťaženiu a i.
- Lis má vyhovovať aj po hospodárnej a ekonomickej stránke, má mať jednoduché ovládanie, nenáročnú údržbu
- Moderné lisy sú bežne vybavené automatickým podávaním a mazaním pásu, strihaním odpadu a vyfukovaním, prípadne mechanickým vynímaním výliskov.

Rozdelenie lisov podľa spôsobu pohonu:

- a) Mechanicko-hydraulické lisy
Strižná sila sa vyvodzuje mechanicky, pridržiavacia a vyhadzovacia hydraulicky. Vedenie barana musí byť pomocou guľôčkového vedenia s predpätím. Tieto lisy sú ideálne pre výrobu súčiastky, kde celková sila $F_C < 2500 [kN]$.
- b) Hydraulické lisy
Všetky tri sily sú na sebe nezávislé a sú vyvodzované samostatnými jednotkami hydraulických valcov. Pohonná energia sa dodáva priamo čerpadlom. Sú vhodné pre celkovú silu procesu $F_C > 2500 [kN]$.

Určenie vhodného lisu:

Pre trvalú prevádzku má byť lis zaťažený na 80% sily, pre ktorú je konštruovaný. Po vytlačení obvodovej hrany sa sila pridržiavača zmenší o 30%.

Moderné stroje pre technológiu presného strihania:

Rastúci význam technológie presného strihania spôsobil, že mnoho firiem sa začalo špecializovať priamo na výrobu trojčinných lisov. Do základného vybavenia lisu pribudla rada prídavných zariadení, ktoré sú plne automatizované. Napríklad automat pre podávanie materiálu, automatické delenie odpadového materiálu, kontrolné zariadenie vyhodnenia výstrižku z pracovného priestoru, bezpečnostné systémy okamžitého zastavenia lisu pri akomkoľvek porušení nástroja a pod.



Obr. 29 Moderný trojčinný lis **Feintool GKP-F 250** určený výhradne pre technológiu presného strihania [17]

4 TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANEJ SÚČIASTKY

Predmetom riešenia bakalárskej práce je súčiastka s názvom „Zámková vložka“ (obr. 30). Jej výrobný výkres sa nachádza vo výkresovej dokumentácii. Pre jej výrobu je navrhnutý materiál 12010.



Obr. 30 Zámková vložka – 3D model

Materiál 12010 je konštrukčná nelegovaná oceľ využívaná predovšetkým na výrobu strojných súčiastok, ktoré sú menej namáhané (čapy, puzdrá, hriadele, skrutky a pod.). Chemické a mechanické vlastnosti sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka č. 1:

<i>Chemické zloženie</i>			<i>Mechanické vlastnosti</i>		
<i>Chemický prvok</i>	<i>Max. obsah v %</i>		<i>Vlastnosť</i>		<i>Hodnota</i>
Uhlík /C/	0,14		Medza pevnosti /R _m /		400 MPa
Mangán /Mn/	0,65		Medza klzu /R _{emin} /		230 Mpa
Kremík /Si/	0,37		Tvrdosť		127-236 HB
Chróm /Cr/	0,15		Ťažnosť /A ₈₀ /		24 %
Nikel /Ni/	0,30		Pevnosť v strihu /τ _{ps} /		min. 300Mpa
Fosfor /P/	0,04				
Síra /S/	0,04				

Súčiastka sa po vystrihnutí nebude tepelne spracovávať. Hrúbka materiálu je 3 mm a výroba je možná z tabúľ plechu alebo zo zvitku. Ročná produkcia 550 000 kusov.

4.1 Súčasný stav riešenia

Zadaná súčiastka „Zámková vložka“ je z technologického hľadiska pomerne zložitá čo sa týka vnútorného tvaru otvoru. Na tento špecifický otvor a kruhový otvor s priemerom $\varnothing 4$ sa požaduje drsnosť povrchu $R_a 0,8\mu\text{m}$. Presnosť celkovej výroby podľa ISO je IT9. Výroba s touto presnosťou a drsnosťou povrchu významne ovplyvňuje voľbu technológie výroby pri požadovanej produkcii 550 000 kusov za rok.

4.2 Voľba vhodnej technológie výroby

Získanie kvalitnej strižnej plochy dosahujú metódy spísané v kapitole 2, podkapitola 2.3. Zadanú súčiastku by bolo možné vyrobiť každou popísanou technológiou. Okrem technológie presného strihania s obvodovou hranou sú však tieto metódy vhodné predovšetkým pre malosériovú a kusovú výrobu a tak rozhodujúcim faktor vo voľbe technológie výroby je veľkosť série.

Práve technológia presného strihania s obvodovou hranou bola navrhnutá za účelom zvýšenia produktivity a znížením nákladov.

Technológia presného strihania s obvodovou hranou umožní vystrihnúť do konečného tvaru na jednu operáciu. To umožní vyrobiť zadanú súčiastku podľa požadovanej rozmerovej presnosti a drsnosťou povrchu.

4.3 Podmienky vhodnosti súčiastky [1]

Pre postupové, ako aj presné strihanie s obvodovou hranou platia určité reštrikcie z hľadiska technologickosti výstrižku. Aby sme mohli súčiastku vyrobiť danou technológiou, musia byť tieto predpoklady splnené. Porovnanie obmedzujúcich hodnôt s hodnotami zadanej súčiastky obsahuje tabuľka 2.

Tabuľka 2:

Podmienka vhodnosti (pre $\leq 3\text{mm}$)	Teoretická (literárna)	Reálna (na súčiastke)	Zhodnotenie
<i>Materiál</i>	Nelegované, nízkolegované ocele z triedy 11,12	12010	✓ Vyhovuje
<i>Drsnosť povrchu</i>	$R_a = (0,4 \div 1,6)\mu\text{m}$	$R_a = 0,8 \mu\text{m}$	✓ Vyhovuje
<i>Stupeň presnosti</i>	IT8 až IT9 pre plechy hrúbky (2,5 ÷ 4)mm	IT9	✓ Vyhovuje
<i>Max. hrúbka strihaného materiálu</i>	do 20 mm	3 mm	✓ Vyhovuje
<i>Min. priemer otvorov</i>	2,5 mm	4 mm	✓ Vyhovuje
<i>Min. vzdialenosť medzi otvormi</i>	1,6 mm	13 mm	✓ Vyhovuje
<i>Min. vzdialenosť medzi hranou a okrajom otvoru materiálu</i>	1,7 mm	15 mm	✓ Vyhovuje

Zo zhodnotenia vyplýva, že vybraná technológia výroby výstrižku vyhovuje teoretickým požiadavkám.

Teoretické hodnoty použité v tabuľke – vid' príloha č.6.

4.4 Voľba nástrihového plánu

Pri návrhu nástrihového plánu som zohľadnil tieto vplyvajúce faktory:

- efektívne umiestnenie výstrižkov v polotovare
- minimálny počet krokov v postupovom strihaní
- zachovanie väčších rozmerov pre môstiky, aby bolo umožnené pôsobenie obvodovej hrany pri presnom strihaní
- hospodárnosť materiálu

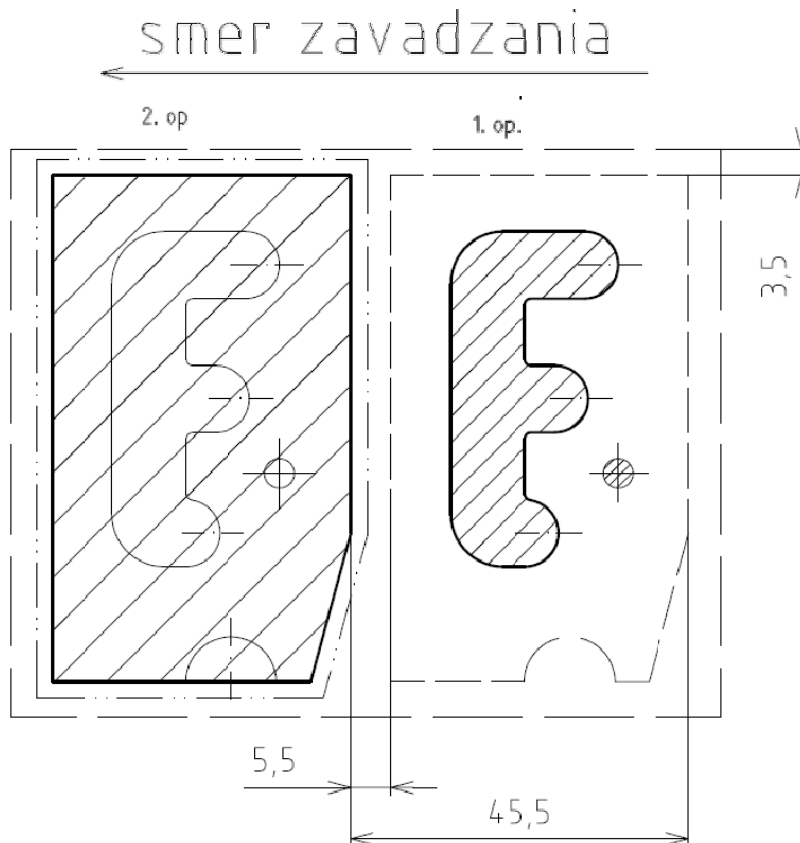
Pre názornosť a posúdenie vhodnosti voľby nástrihového plánu sú uvedené viaceré varianty. U variant A a B je znázornené, ako by mohlo prebiehať presné strihanie združené spoločne s konvenčným strihaním postupovým. Varianty C,D sú zamerané len na presné strihanie s obvodovou hranou.

4.4.1 A variant nástrihového plánu

Postupovým strihaním sa najprv vystrihne otvor priemeru štyri milimetre a súčasne tvarový otvor. V druhom kroku sa vystrihne celkový tvar súčiastky. Strih v druhom kroku sa deje za pomoci pridržiavača s obvodovou hranou.

Nevýhody:

- × vnútorné otvory sú vystrihnuté konvenčným strihaním, čo znamená, že nedosiahneme potrebnú rozmerovú presnosť a drsnosť povrchu
- × nutnosť vyrobiť tvarový strižník aj celkový tvar súčiastky
- × nízka efektivita práce



Obr. 31 Variant A

4.4.2 *B variant nástrihového plánu*

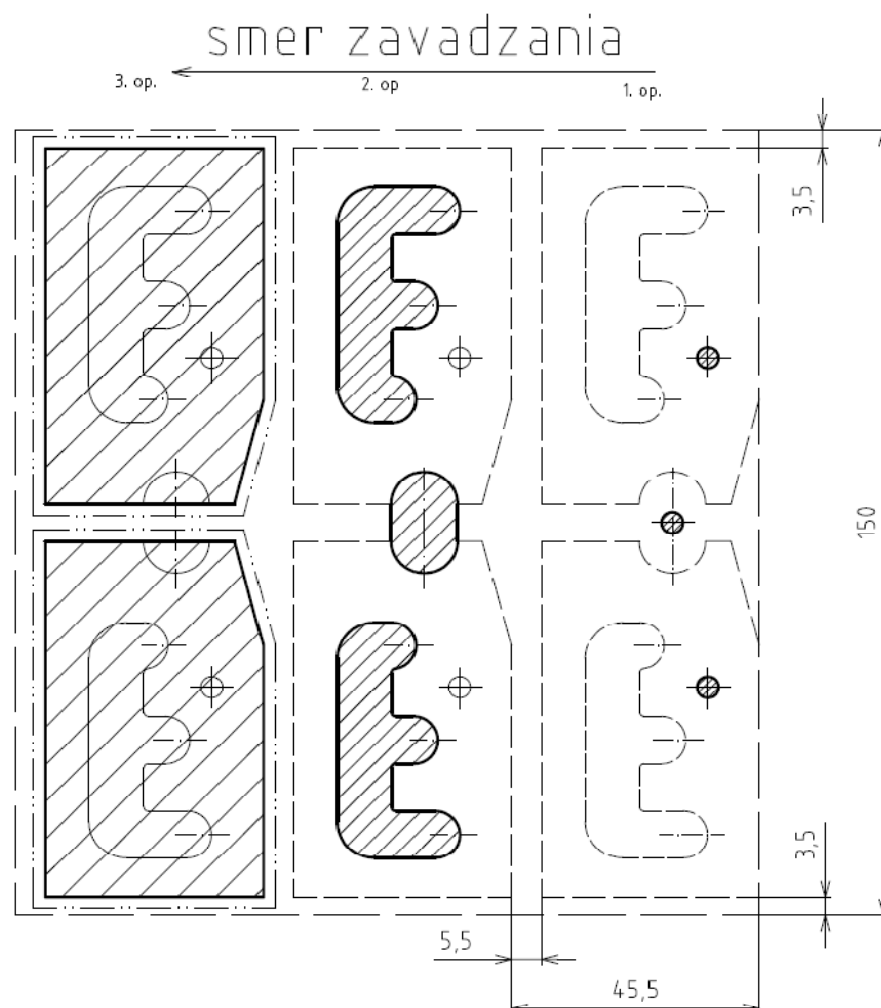
Je to postupové strihanie na tri operácie, pričom vystrihuje dve súčiastky naraz. V prvej operácii sa vystrihnú dva vnútorné kruhové otvory o priemere štyri milimetre a jeden kruhový o tom istom priemere, ktorý bude použitý pre priamy hľadáčik. V druhom kroku sa vystrihnú vnútorné tvarové otvory na základe vystredenia priameho hľadáčiku, ktorý je umiestnený v oválnom strižníku. V konečnej kroku sa vystrihne vonkajší tvar súčiastky za pomoci pridržiavača s obvodovou hranou.

Výhody:

- ✓ vystrihnutie dvoch súčiastok súčasne
- ✓ vyššia produktivita ako u varianty A
- ✓ vystredenie tvarových otvorov v druhej operácii pomocou hľadáčiku
- ✓ 150 mm široký pás umožní použitie zvitku plechu

Nevýhody:

- × veľký počet operácií
- × vnútorné otvory sú opäť vystrihnuté konvenčným strihaním, čo znamená, že nedosiahneme potrebnú rozmerovú presnosť a drsnosť povrchu
- × veľmi veľká strižná sila potrebná k vystrihnutiu súčasne dvoch súčiastok
- × nevýhodné umiestnenie ťažiska strižnej sily



Obr. 32 Variant B

4.4.3 *C variant nástrihového plánu*

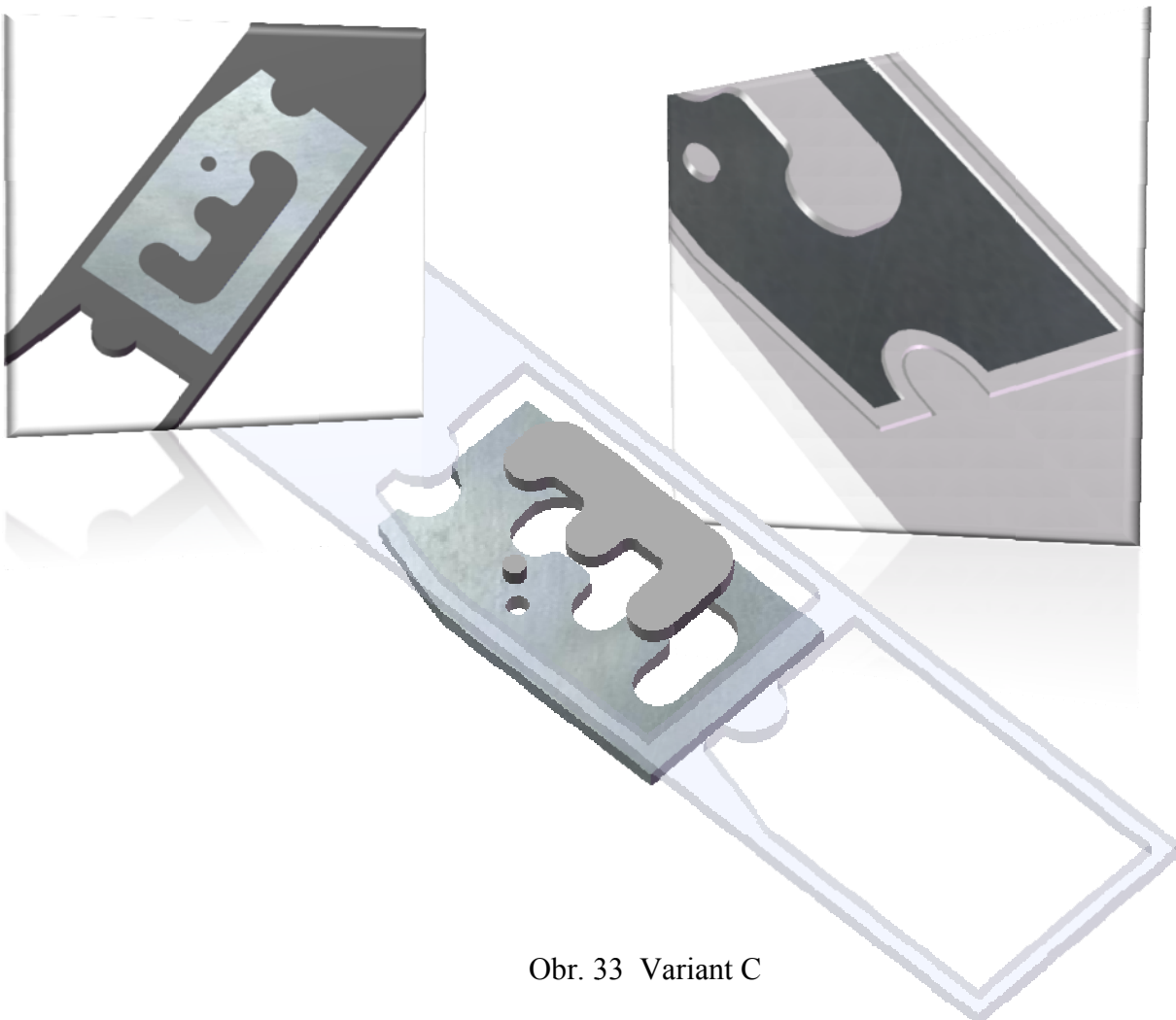
Vychádza z technológie presného strihania s obvodovou hranou. Súčiastka je orientovaná pozdĺžne. Vystrihnutá na jedenkrát pomocou nástroja s pohyblivým strižníkom a pevnou prítlačnou doskou opísaného v kapitole 3.12 *Nástroje pre presné strihanie*.

Výhody:

- ✓ dosiahnutie požadovanej rozmerovej presnosti a drsnosti povrchu
- ✓ výroba súčiastky na jeden krát
- ✓ vysoká produktivita práce
- ✓ pri použití moderných strojov plná automatizácia

Nevýhody:

- × náklady na konštrukciu nástroja pre presné strihanie
- × nutnosť použiť špeciálny trojčinný mechanický lis
- × kvôli malej šírke súčiastky musí byť ako vstupný polotovar použitá tabuľa plechu, ktorá bude nastrihaná na potrebnú šírku pásov



Obr. 33 Variant C

4.4.4 D variant nástrihového plánu

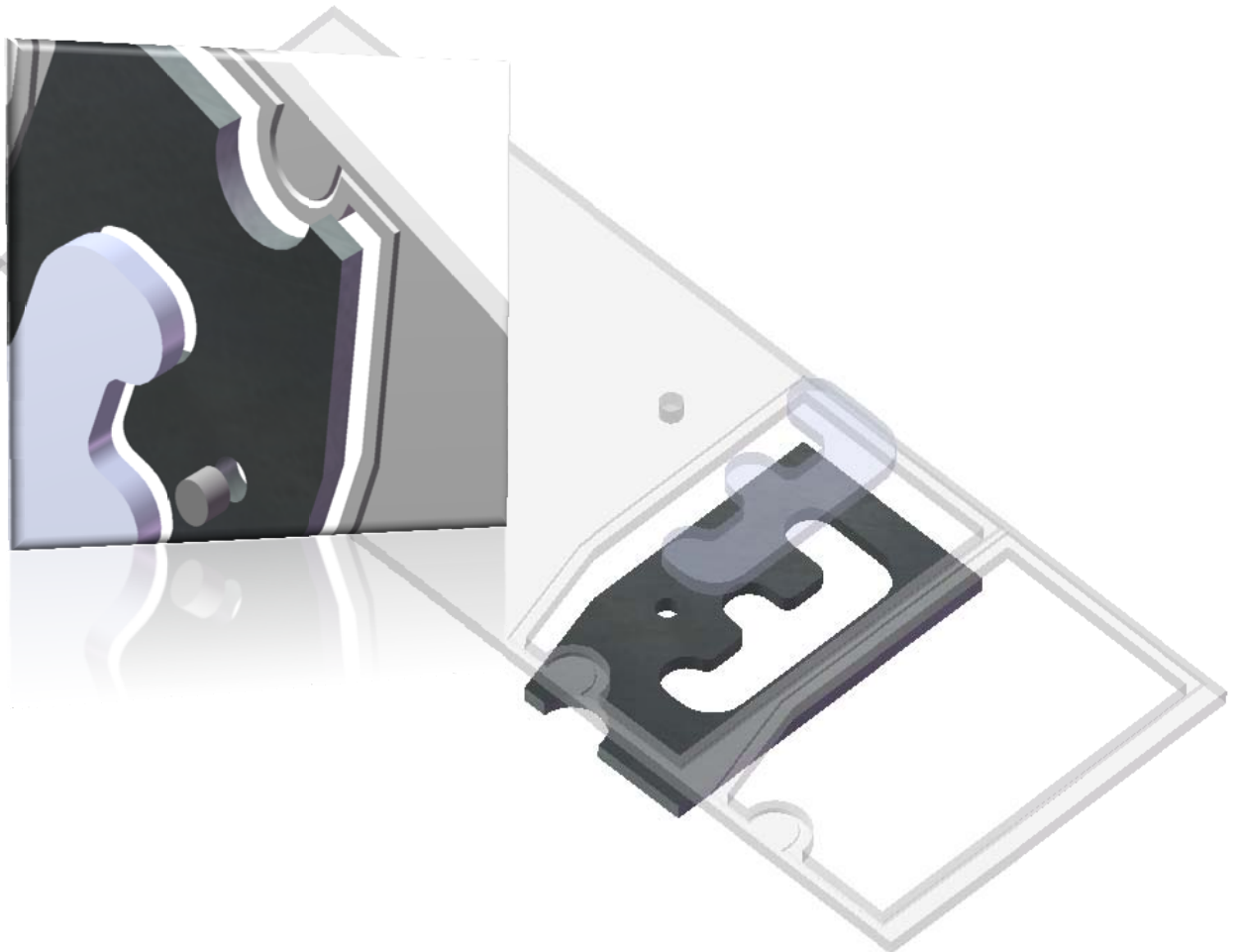
Obdobne ako variant C. Vychádza z technológie presného strihania s obvodovou hranou. Súčiastka je ale orientovaná priečne. Vystrihnutá na jedenkrát pomocou nástroja s pohyblivým strižníkom a pevnou prítlačnou doskou opísaného v kapitole 3.12 *Nástroje pre presné strihanie*.

Výhody:

- ✓ dosiahnutie požadovanej rozmerovej presnosti a drsnosti povrchu
- ✓ výroba súčiastky na jeden krát
- ✓ vysoká produktivita práce
- ✓ pri použití moderných strojov plná automatizácia
- ✓ možnosť použitia zvitku plechu

Nevýhody:

- × náklady na konštrukciu nástroja pre presné strihanie
- × nutnosť použiť špeciálny trojčinný mechanický lis



Obr. 34 Variant D

4.4.5 Voľba nástrihového plánu

Na základe zváženia všetkých spomínaných faktov, nevýhod ako aj výhod volím variantu D.

5 SPRACOVANIE TECHNOLOGIE VÝROBY PODĽA VYBRANEJ VARIANTY

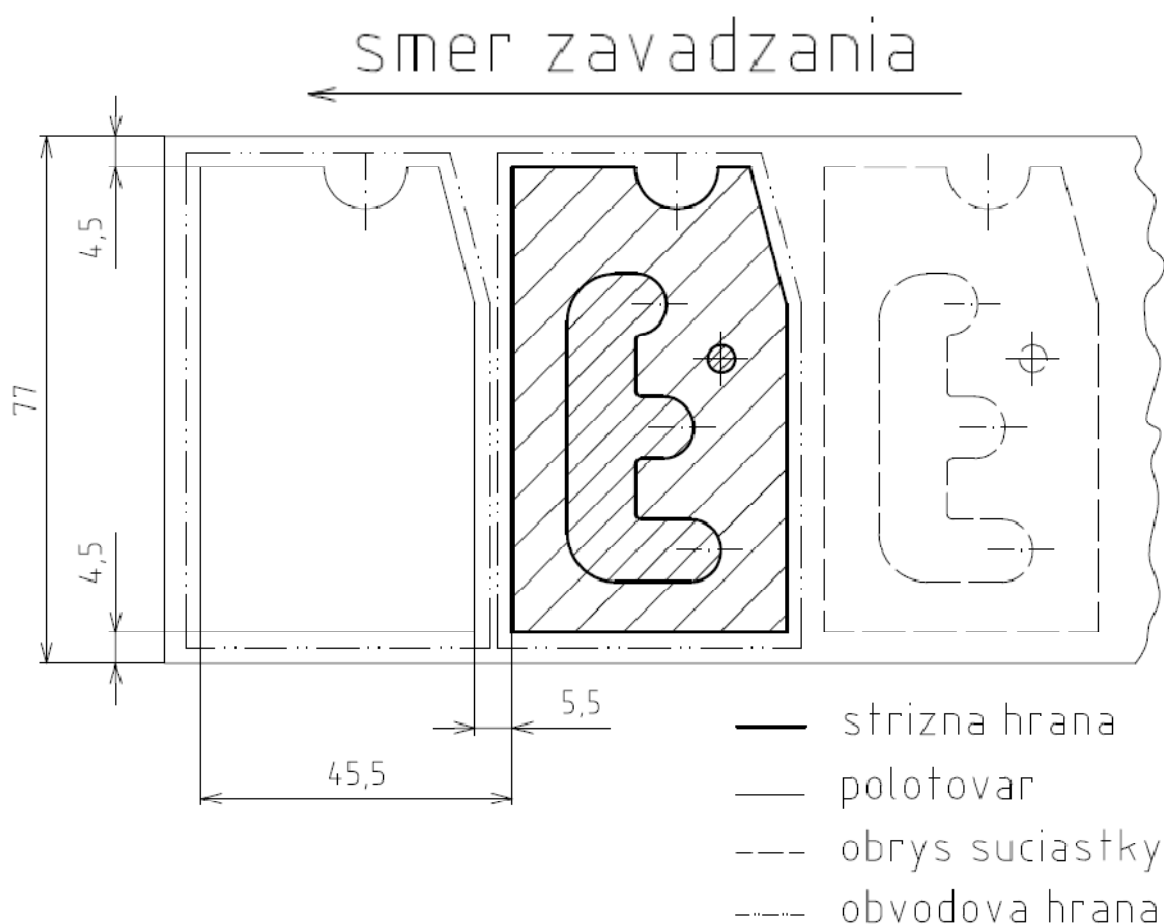
5.1 Nástrihový plán

Nástrihový plán je podľa varianty D. Rozmery mostíkov, ako aj šírka postranného odpadu je volená na základe prílohy č.5.

Pre hrúbku materiálu 3 mm: – mostík $E = 5,5$ [mm]
 – postranný odpad $F = 9$ [mm]

Na základe týchto hodnôt sa určí šírka pásu a veľkosť kroku:

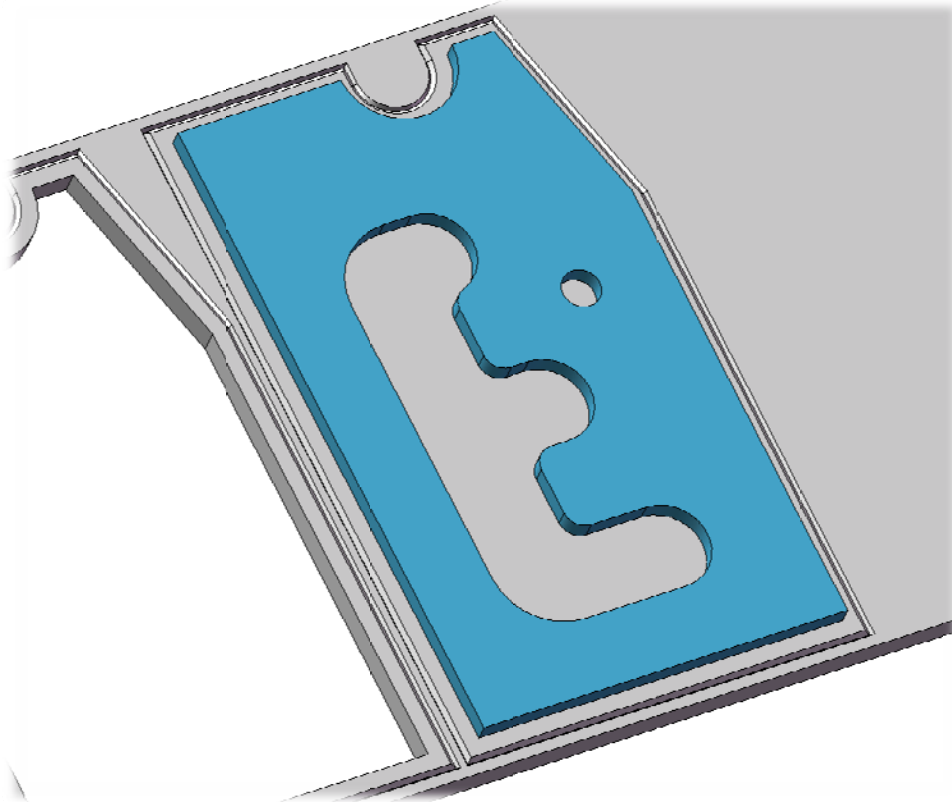
- šírka pásu $\text{š}_{\text{pásu}} = \text{výška súčiastky} + F = 68 + 9 = 77$ [mm]
- veľkosť kroku $\text{krok} = \text{šírka súčiastky} + E = 40 + 5,5 = 45,5$ [mm]



Obr. 35 Nástrihový plán

5.2 Plošné a objemové parametre súčiastky a obvodovej hrany

Pre výpočet plošných a objemových rozmerov súčiastky a obvodovej hrany je z dôvodu zložitosti ich tvarov využitý 3D model (obr. 36) nakreslený v programe *Solidworks*, prostredníctvom ktorého sú stanovené potrebné hodnoty.



Obr. 36 3D model zadanej súčiastky *Zámková vložka*

(údaje vypočítané programom *Solidworks*, vid' príloha č. 8, 9)

Parametre súčiastky *Zámková vložka*:

– obvod vnútorných otvorov	kruhový	12,57	[mm]
	tvarový	140,25	[mm]
– vonkajší obvod		218,31	[mm]
– celkový obvod (dĺžka strižnej hrany)		$l = 371,13$	[mm]
– plocha vrchnej časti		$S = 1959,92$	[mm ²]
– celkový plošný obsah		5033,23	[mm ²]
– objem súčiastky		5879,77	[mm ³]
– hmotnosť súčiastky		45,88	[g]

Parametre obvodovej hrany:

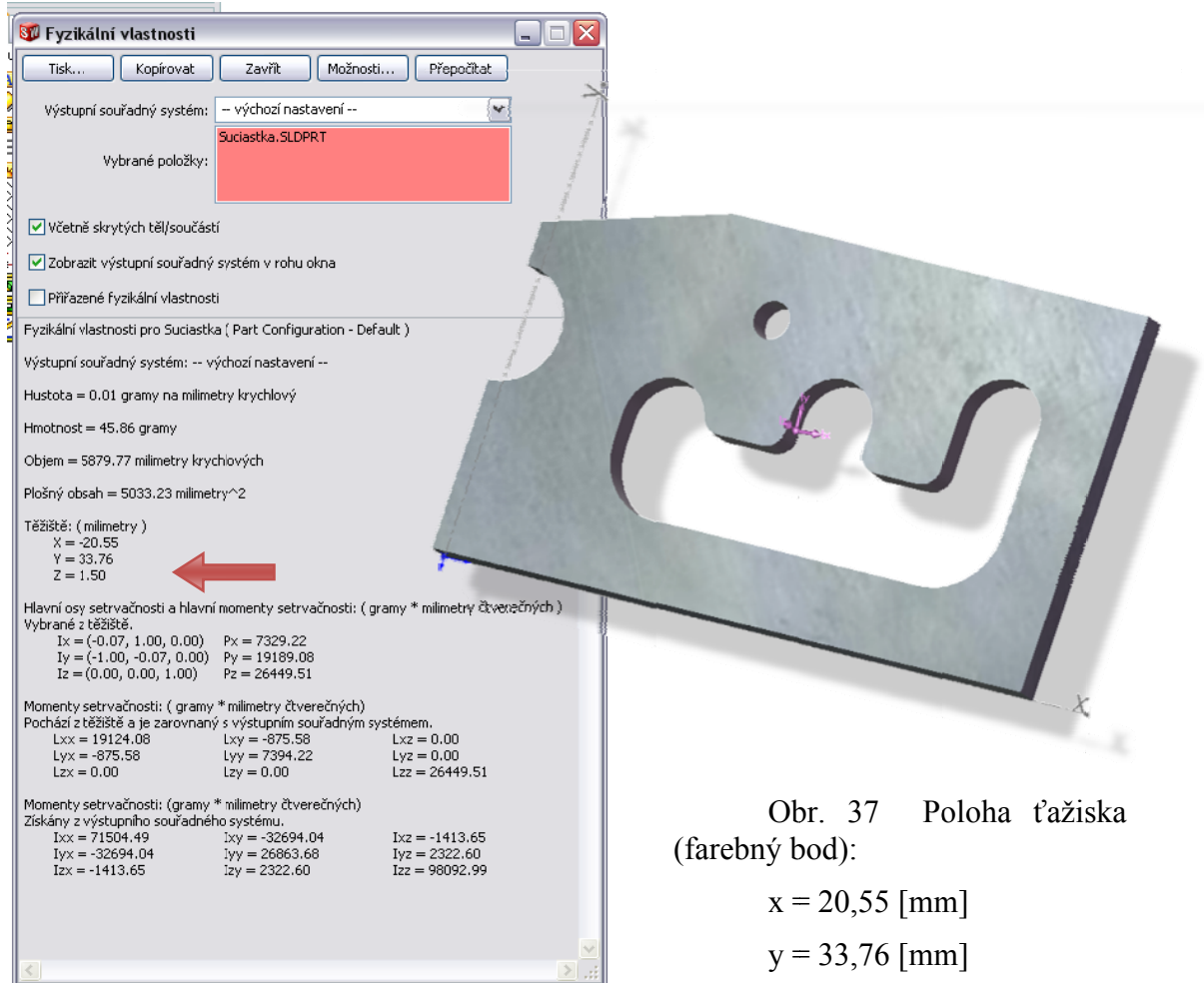
– celková dĺžka obvodovej hrany		$l_p = 236,49$	[mm]
---------------------------------	--	----------------	------

5.3 Výpočet celkovej sily a celkovej práce

Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Strižná sila F_S; Strižná práca A_S		
$l = 371,13\text{mm}$ $t = 3\text{mm}$ $R_m = 400\text{MPa}$	$F_S = l \cdot t \cdot \left(1 - \frac{a_y}{t}\right) \cdot R_m = l \cdot t \cdot 0,9 \cdot R_m =$ $= 371,13 \cdot 3 \cdot 0,9 \cdot 400 = 400820,4\text{ N}$ $\cong 400,82\text{ kN}$	
	$A_S = \frac{0,48 \cdot t^2 \cdot l \cdot R_m}{10^3} = \frac{0,48 \cdot 3^2 \cdot 371,13 \cdot 400}{10^3} =$ $= 641,31\text{ J}$	$F_S = 400,82\text{ kN}$ $A_S = 641,31\text{ J}$
Sila pridržovača F_P; Práca pridžiavača A_P		
$l_p = 236,49\text{mm}$ $h_p = 0,47\text{mm}$ $S = 1959,92\text{mm}^2$	$F_P = k_p \cdot l_p \cdot h_p = 4 \cdot R_m \cdot l_p \cdot h_p =$ $= 4 \cdot 400 \cdot 236,49 \cdot 0,47 = 177840,48\text{ N}$ $\cong 177,84\text{ kN}$	
	$A_P = \frac{2 \cdot R_m \cdot l_p \cdot h_p}{10^3} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 236,49 \cdot 0,47}{10^3} =$ $= 88,92\text{ J}$	$F_P = 177,84\text{ kN}$ $A_P = 88,92\text{ J}$
Sila vyhadzovača F_V; Práca na vyhadzovači A_V		
$p_v = 50\text{MPa}$ $S = 1959,92\text{mm}^2$ $t = 3\text{mm}$	$F_V = S \cdot p_v = 1959,92 \cdot 50 = 97996\text{ N} \cong 98\text{ kN}$	
	$A_V = \frac{S \cdot p_v \cdot t}{10^3} = \frac{1959,92 \cdot 50 \cdot 3}{10^3} = 293,98\text{ J}$	$F_V = 98\text{ kN}$ $A_V = 1024,21\text{ J}$
Celková sila F_C; Celková práca A_C		
$F_S = 400,82\text{ kN}$ $F_P = 177,84\text{ kN}$ $F_V = 98\text{ kN}$ $A_S = 641,31\text{ J}$ $A_P = 88,92\text{ J}$ $A_V = 1024,21\text{ J}$	$F_C = F_S + F_P + F_V = 400,82 + 177,84 + 98 =$ $= 676,66\text{ kN}$	
	$A_C = A_S + A_P + A_V = 641,31 + 88,92 + 293,98 =$ $= 1024,21\text{ J}$	$F_C = 676,66\text{ kN}$ $A_C = 1024,21\text{ J}$

5.4 Ťažisko strižnej sily

Určenie ťažiska za pomoci programu *Solidwork*.



Pre konvenčné strihanie je poznanie výslednice pôsobiacej strižnej sily veľmi dôležité, pretože do osy jej pôsobiska umiestňujeme stopku, ktorá sa upína do barana lisu, čím sa zaručí rovnomerné pôsobenie sily na strihaný materiál od barana lisu. Nakoľko sa stopka pri presnom strihaní nepoužíva, je určenie ťažiska strižnej sily len informačné.

5.5 Konštrukčné výpočty

5.5.1 Stiahnutie hrán a tvorenie otrepov

Stiahnutie hrán	Priamy tvar	max 10% t = 0,01 · 3 = 0,03 [mm]
	Zakrivený tvar	max 20% t = 0,02 · 3 = 0,06 [mm]
Výška otrepu (príloha č.2)		min. 60 [μm], max. 250 [μm]

5.5.2 Strižná vôľa

Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Veľkosť strižnej vôľe:		
$c = 7 \cdot 10^{-4}$ $t = 3 \text{ mm}$ $\tau_{PS} = 360 \text{ MPa}$	$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{PS}} = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{360} =$ $= 0,012 \text{ mm}$	v $= 0,012 \text{ mm}$
Veľkosť strižnej medzery:		
$v = 0,012 \text{ mm}$	$v = 2 \cdot z \Rightarrow z = \frac{v}{2} = \frac{0,012}{2} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$	z $= 0,012 \text{ mm}$

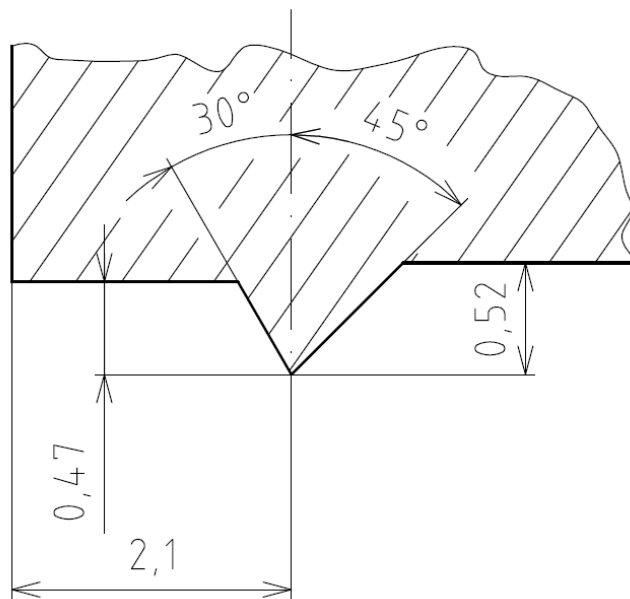
5.5.3 Tvar, poloha a rozmer obvodovej hrany

Parametre obvodovej hrany (obr. 38) sú určené podľa prílohy č.4.

$$\text{pre } t = 3 \text{ mm} \rightarrow a = 2,1 \text{ mm}; h = 0,47 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \alpha = 30^\circ; \beta = 45^\circ$$

Obvodová hrana bude použitá len na pridržiavači.



Obr. 38 Rozmery obvodovej hrany

5.5.4 Pevnostný výpočet strižníku, strižnice

Výpočet sa týka dierovacieho strižníka, pretože ten bude najviac namáhaný na tlak a vzper. Kontrolu na ohyb môžeme zanedbať, nakoľko strižníky budú bežnej konštrukcie s pomerne malou dĺžkou.

U strižnice bude výpočet zameraný na jej najmenšiu prípustnú hrúbku. Výpočet prihliada k dovolenému napätiu v ohybe.

Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Kontrola dierovacieho strižníku na tlak:		
$d = 4mm$ $t = 3mm$ $R_m = 400MPa$ $\sigma_{dov} = (1600 \div 1800)MPa$	$\sigma_d = \frac{F_S}{S} = \frac{\pi \cdot d \cdot t \cdot \tau_{PS}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4 \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m}{d} =$ $= \frac{4 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 400}{4} = 960MPa$	
	$\sigma_d < \sigma_{dov} \rightarrow 960MPa < 1700MPa \Rightarrow$ <i>vyhovuje</i>	$\sigma_d = 960MPa$
Kontrola dierovacieho strižníku na vzper; výpočet maximálnej dĺžky strižníku:		
$E_T = 2,15 \cdot 10^5 MPa$ $I = 0,05 \cdot d^4$ $k_b = (1,5 \div 2)$ $d = 4mm$ $t = 3mm$ $R_m = 400MPa$	$l_k = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{k_b \cdot F_S}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{k_b \cdot \pi \cdot d \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m}} =$ $= \sqrt{\frac{4 \cdot \pi \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 4^4}{2 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 400}} =$ $= 67,10mm$	
		$l_k = 67mm$
Výpočet minimálnej hrúbky strižnice		
$F_S = 400820,4N$	$H = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_S} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 400820,4} = 34,22mm$	$H = 34,5mm$

5.5.5 Tolerancia strižníku

Strižník je u presného strihania tolerovaný na základe strižnej vôle, ktorá ma hodnotu $v = 0,012 [mm]$. To znamená, že strižník bude zmenšený o rozmer $0,012 [mm]$ po celom obvode.

5.6 Popis navrhnutého nástroja

Nástroj je navrhnutý pre lis SCHMID HSR 100 a konštruovaný s pohyblivým strižníkom a pevnou prítlačnou doskou. Tuhosť a presnosť nástroja je zaistené dvoma stĺpkami s valivým vedením.

V upínacej doske {8} vodiacich stojanov je nalisovaná strižnica {1} s presahom H7/p6. V strižnici sú uložené vyhadzovače {2,3} s presahom voči strižnici 0,1mm. Spolu so strižníkom {11} majú zvierat strihaný materiál z vnútornej strany krivky strihu, rovnať výstrižok a vyhadzovať ho zo strižnice. Vo vyhadzovači sú vedené dierovacie strižníky {4,5}, ktoré slúžia k vystrihnutiu otvorov v súčiastke a sú ukotvené v kotviacej doske {6}. Cez tlačné

kolíky {20,21,22,23} a vyhadzovací krúžok {9} je vyhadzovač ovládaný vyhadzovacou silou lisu. Tlačné kolíky pôsobia na vyhadzovače {2,3} cez podložku {7} a kotviacu dosku {6}.

Spodná časť nástroja obsahuje držiak strižníku {15} ktorý prenáša strižnú silu. Strižník {11} je vedený prítlačnou doskou {10}. Materiál je zvieraný medzi strižníkom a strižnicou. K docieleniu trojosej napätosti je v prítlačnej doske umiestnená obvodová hrana. Strižník {11} slúži k vystrihnutiu vonkajšieho tvaru súčiastky a je vedený šmykom bez vôle. V strižníku sú vedené vyhadzovače {12,13}.

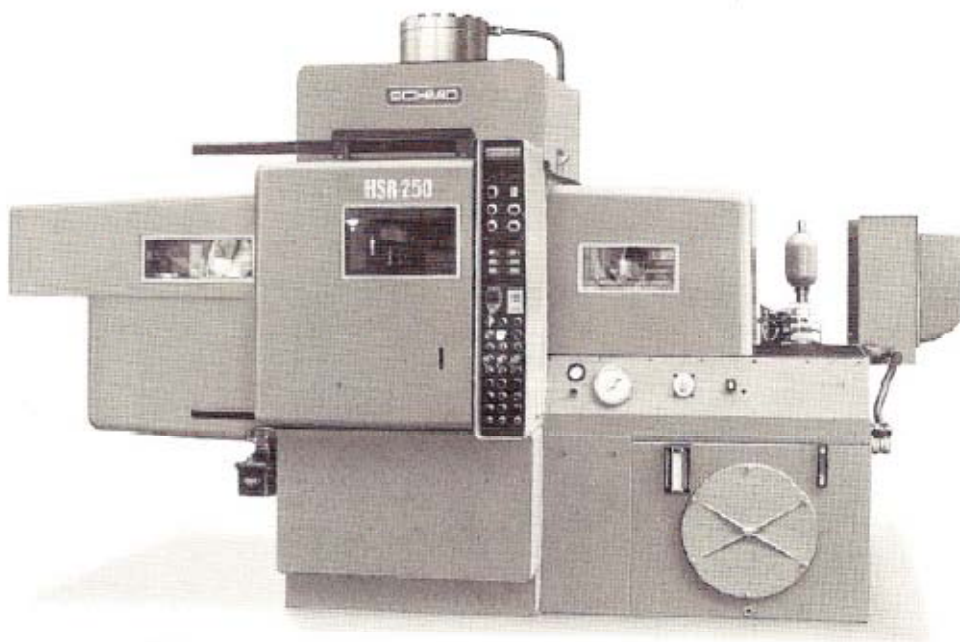
5.7 Voľba strojného zariadenia

Ako vhodný stroj pre výrobu súčiastky je zvolený trojčinný lis SCHMID HSR 100 (obr. 39). Technické údaje lisu sú uvedené v tabuľke č.3. Lis je vybavený podávacou jednotkou pre prísun a odsun.

Tabuľka č.3:

Strihací automat SCHMID HSR 100

– celková sila	1000	[kN]
– pracovný zdvih	20 ÷ 150	[mm]
– strižná rýchlosť	10 ÷ 50	[mm · s ⁻¹]
– maximálne rozmery nástroja	$L \times B = 410 \times 410$	[mm]
– elektrický príkon	$P = 38$	[kW]
– hmotnosť stroja	5870	[kg]



Obr. 39 Lis SCHMID HSR 100

6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOTENIE

6.1 Technické zhodnotenie

Technológia presného strihania s obvodovou hranou v plnom rozsahu vyhovuje požiadavkám kladeným na súčiastku *Zámková vložka*. Predovšetkým ide o rozmerovú presnosť IT9 a drsnosť povrchu vnútorných otvorov $R_a = 0,8 [\mu m]$. Z vypočítaných hodnôt celkovej sily F_C a celkovej práce A_C vyplýva, že zvolený trojčinný lis SCHMID HSR 100 postačuje pre navrhnutý nástroj a následnú výrobu súčiastky. Keďže technické parametre lisu umožňujú zaradenie do výrobnéj linky, dá sa celý výrobný proces plne automatizovať na základe riadiaceho systému.

Súčiastka je vyrábaná z materiálu 12 010. Na základe prílohy č.1 je oceľ vhodná pre zvolenú technológiu. Z technologického rozboru plynie, že na súčiastke nebude potrebné upravovať zmenu tvaru. Výroba súčiastky technológiou presného strihania s obvodovou hranou taktiež zaručí, že výroba *Zámkovej vložky* bude prebiehať bez akýchkoľvek dokončovacích operácií.

Ako vstupný polotovár pre produkciu sa použije zvitok plechu o šírke 77 milimetrov a hrúbke 3 milimetrov. Posuv plechu zabezpečí podávacia jednotka pre prísun a odsun (je súčasťou lisu). Podávacia jednotka vždy pred vystrihnutím posunie plech o jeden krok. Veľkosť kroku je 45,5 milimetrov. Pred zasunutím do nástroja je materiál pomocou mazacieho zariadenia naolejovaný. Výstrižky a vystrihnutý odpad sú z priestoru nástroja vyfúknuté stlačeným vzduchom do triediaceho prístroja pre dielce a odpad. Ďalším potrebným strojom pre plne automatizovanú výrobu je odvíjacie a rovnacie zariadenie, ktoré ešte pred vstupom do lisu pás plechu narovnaná a taktiež nožnice na odpad. Tie nastrihajú mriežkový odpad na určitú veľkosť. Schéma automatizácie uvádza príloha č. 10.

6.2 Ekonomické zhodnotenie

Táto kapitola zahŕňa ekonomické výpočty na výrobu zadanej súčiastky technológiou presného strihania s obvodovou hranou. Pri výpočtoch sú do nákladov zahrnuté len ceny nástrojov a ceny spotrebovaného materiálu, ktorým je zvitok plechu o šírke 77 [mm] a hrúbke 3 [mm].

6.2.1 Vstupné hodnoty

Pre výpočet ekonomických ukazovateľov sú potrebné tieto vstupné údaje:

Hodnoty:		
– životnosť nástroja	$T_n = 2$	[roky]
– vyrábané množstvo	$Q = 550000$	[ks · rok ⁻¹]
– priama mzda na súčiastku	$M = 0,0406$	[Kč · kus ⁻¹]
– výrobný čas súčiastky	$T = 0,33 \cdot 10^{-3}$	[N _h · ks ⁻¹]
– strojná hodinová mzda	$T_s = 750$	[Kč · hod ⁻¹]
– cena elektrickej energie	$c_e = 3,6$	[Kč · kW/h]

Podniková réžia:

– jednotková mzda	$JM = 100$	[%]
– výrobná réžia	$VR = 437$	[%]
– prevádzková réžia	$PR = 112$	[%]
– ostatné priame náklady	$OPN = 21$	[%]

Spracovateľská réžia:

$$SR = JM + VR + PR + OPN \\ = 100 + 437 + 112 + 21 \\ = 670 \%$$

Pracovná trieda na výrobu nástroja:

$TKK 5 = 85$	[Kč · hod ⁻¹]
$TKK 6 = 91$	[Kč · hod ⁻¹]
$TKK 7 = 95,5$	[Kč · hod ⁻¹]

Cena materiálu:

– jeden kilogram materiálu plechu vo zvitku	$C_Z = 25,64$	[Kč]
– cena za jeden kilogram odpadu plechu	$C_O = 4,6$	[Kč]

6.2.2 Náklady na materiál

Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Hmotnosť plechu spotrebovaného za rok:		
ρ	$m_p = \rho \cdot V \cdot Q$	
$= 7,85$	$= \rho \cdot \text{šírka pásu} \cdot \text{krok} \cdot t$	m_p
$\cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^{-3}$	$\cdot Q$	$= 45379,08 \text{ kg}$
$Q = 550000 \text{ ks}$	$= 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 77 \cdot 45,5 \cdot 3$	$\cdot \text{rok}^{-1}$
	$\cdot 550000$	
	$= 45379,08 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1}$	
Hmotnosť odpadu vyprodukovaného za rok:		
ρ	m_o	
$= 7,85$	$= \rho \cdot (\text{objem pásu na výrobu jednej súčiastky}$	
$\cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^{-3}$	$- \text{objem súčiastky})$	
	$= Q \cdot \rho$	
$Q = 550000 \text{ ks}$	$\cdot \{(\text{šírka pásu} \cdot \text{krok} \cdot t) - \text{objem súčiastky}\}$	m_o
	$= 550000 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6}$	$= 19993,17 \text{ kg}$
	$\cdot \{(77 \cdot 45,5 \cdot 3) - 5879,77\}$	$\cdot \text{rok}^{-1}$
	$= 19993,17 \text{ kg} \cdot \text{rok}^{-1}$	
Cena spotrebovaného plechu za rok:		
m_p	$C_{SP} = m_p \cdot C_Z = 45379,08 \cdot 25,64$	C_{SP}
$= 45379,08 \text{ kg}$	$= 1163519,61 \text{ Kč} \cdot \text{rok}^{-1}$	$= 1163519,61 \text{ Kč}$
$\cdot \text{rok}^{-1}$		$\cdot \text{rok}^{-1}$
$C_Z = 25,64 \text{ Kč}$		

Cena vyprodukovaného odpadu za rok:		
m_o = 19993,17 kg · rok ⁻¹ $C_o = 4,6$ Kč	$C_{VO} = m_o \cdot C_o = 19993,17 \cdot 4,6$ = 91968,61 Kč · rok ⁻¹	C_{VO} = 91968,61 Kč · rok ⁻¹
Cena nákladov na materiál:		
C_{SP} = 1163519,61 Kč · rok ⁻¹ C_{VO} = 91968,61 Kč · rok ⁻¹	$N_m = C_{SP} - C_{VO} = 1163519,61 - 91968,61$ = 1071551 Kč · rok ⁻¹	N_m = 1071551 Kč · rok ⁻¹

6.2.3 Náklady na nástroj a stroj

Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Jednotková mzda:		
$N_h = 750$ TKK7 = 95,5 Kč	$JM = N_h \cdot TKK7 = 750 \cdot 95,5 = 71625$ Kč	JM = 71625 Kč
Spracovateľské náklady:		
JM = 71625 Kč	$SN = JM \cdot 670\% = 71625 \cdot 670\% = 479887,5$ Kč	SN = 479887,5 Kč
Zisk:		
SN = 479887,5 Kč	$Z = SN \cdot 15\% = 71983,1$ Kč	Z = 71983,1 Kč
Cena nákladov na materiál a nakupovaných dielov pre nástroj:		
<i>odhadnutá na 20000 Kč</i>		
Náklady na nástroj:		
SN = 479887,5 Kč Z = 71983,1 Kč	$N_n = SN + Z + \text{cena nákladov na materiál a diely}$ = 479887,5 + 71983,1 + 20000 = 571870,6 Kč	N_n = 571870,6 Kč
Náklady na stroj a spotrebovanú elektrickú energiu:		
T = 0,33 · 10 ⁻³ Nh/ks $T_s = 750$ Kč/h $Q = 550000$ ks	$N_s = T \cdot T_s \cdot Q = 0,33 \cdot 10^{-3} \cdot 750 \cdot 550000$ = 136125 Kč $N_e = P \cdot T \cdot Q \cdot c_e = 38 \cdot 0,33 \cdot 10^{-3} \cdot 550000 \cdot 3,6$ = 24829,2Kč	N_s = 136125 Kč N_e = 24829,2Kč

6.2.4 Celkové ročné náklady na mzdy a réžiu

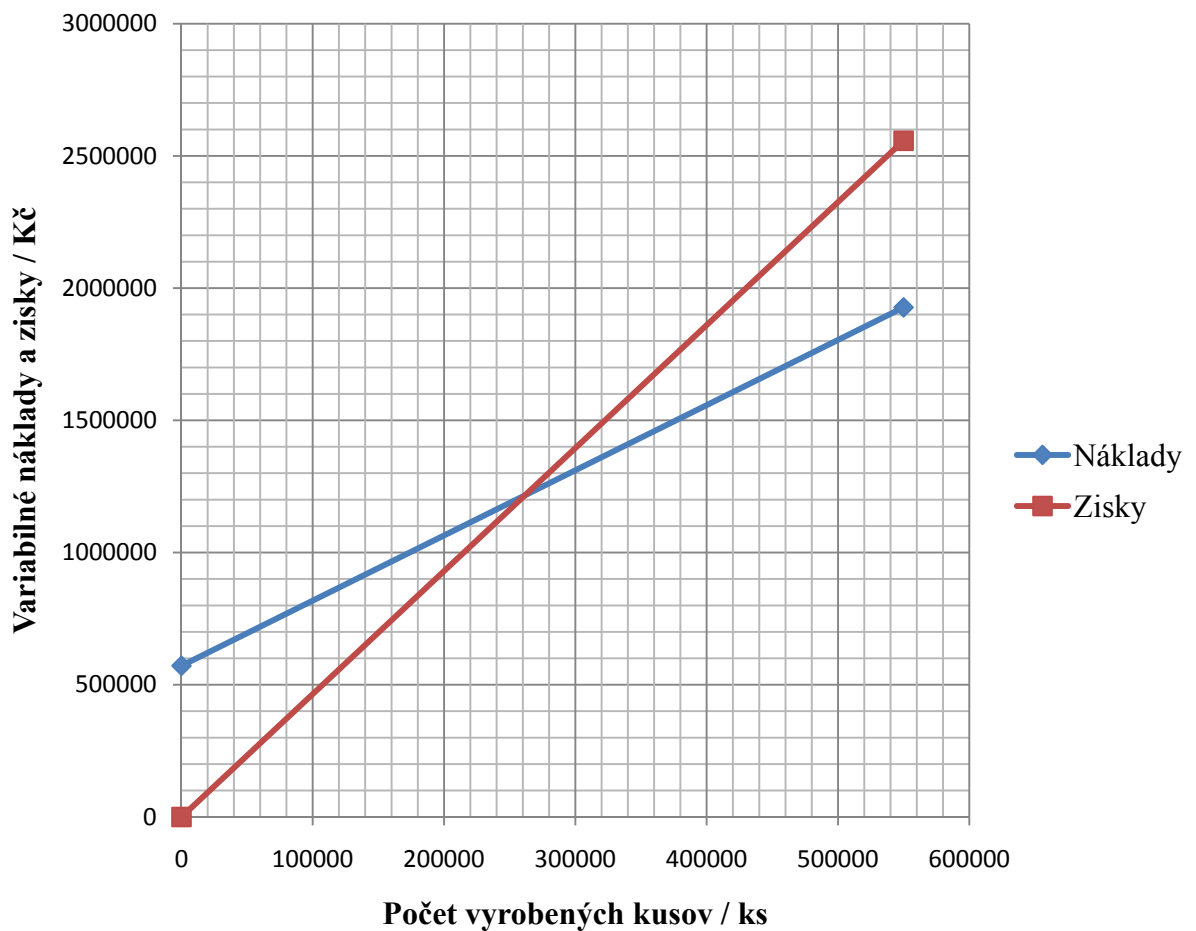
Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Celkové ročné náklady:		
M = 0,0406 Kč /ks	$N_r = M \cdot Q \cdot (VR + PR)$ = 0,0406 · 550000 · (4,37 + 1,12) = 122591,7 Kč · rok ⁻¹	N_r = 122591,7 Kč · rok ⁻¹
Q = 550000ks		
$VR = 437\%$		
$PR = 112\%$		
Z_c		

6.2.5 Variabilné náklady a zisky

Dané:	Výpočet:	Výsledok:
Celkové variabilné náklady:		
N_m = 1071551 Kč · rok ⁻¹	$N_v = N_m + N_n + N_s + N_r$ = 1071551 + 571870,6 + 136125 + 24829 + 122591,7 = 1926967,3 Kč	N_v = 1926967,3 Kč
N_n = 571870,6 Kč		
$N_s = 136125$ Kč		
N_r = 122591,7 Kč · rok ⁻¹		
Variabilné náklady na jeden výrobok:		
N_v = 1926967,3 Kč $Q = 550000$ ks	$N_{vv} = \frac{N_v}{Q} = \frac{1926967,3}{550000} = 3,50$ Kč	$N_{vv} = 3,50$ Kč
Cena jedného výrobku pri zachovaní zisku 30%:		
$N_{vv} = 3,50$ Kč	$C_v = N_{vv} + 130\% = 3,5 + 130\% = 4,65$ Kč	$C_v = 4,65$ Kč
Celková zisk z tržby na výrobnú sériu:		
$C_v = 4,65$ Kč $Q = 550000$ ks	$Z_T = C_v \cdot Q = 4,65 \cdot 550000 = 2557500$ Kč	
Čistý zisk na jednu súčiastku a celkový čistý zisk:		
$C_v = 4,65$ Kč $N_{vv} = 3,50$ Kč $Q = 550000$ ks	$Z_{\check{c}} = C_v - N_{vv} = 4,65 - 3,5 = 1,15$ Kč $Z_c = Q \cdot Z_{\check{c}} = 550000 \cdot 1,15 = 623500$ Kč	$Z_{\check{c}} = 1,15$ Kč $Z_c =$ = 623500 Kč

6.2.6 Zhodnotenie

Z vypočítaných nákladov potrebných pre výrobu súčiastky *Zámková vložka* je zrejmé, že táto technológia nepatrí k najlacnejším. Avšak návratnosť investície, ktorá bude vynaložená na výrobu technológiou presného strihania s obvodovou hranou, je zrejma z grafu č.1. V bode, kde sa priamky pretínajú sa náklady rovnajú ziskom z množstva vyrobených kusov. V tomto prípade je dosiahnutie rovnosti približne dvestošesťdesiat tisíc kusov. Keďže produkcia *Zámkovej vložky* má sériovosť až päťstopäťdesiat tisíc kusov, dá sa s určitosťou konštatovať, že navrhnutá technológia má návratnosť investícií a vykazuje zisk.



Graf č.1: Náklady a zisk

7 ZÁVER

Úlohou tejto bakalárskej práce „Strihaní součástí s vyšší přesností“ bolo navrhnúť výrobu súčiastky *Zámková vložka* metódou strihania pri dosiahnutí vyššej rozmerovej presnosti ako aj drsnosti povrchu.

Úvod bakalárskej práce je zameraný na literárnu štúdiu danej problematiky. Všeobecne popisuje strihanie ako strižný proces v strihadlách – konvenčné strihanie a ďalej spracováva technológie pre dosiahnutie vyššej presnosti – presné strihanie. Keďže pre výrobu súčiastky bola zvolená technológia presného strihania s obvodovou hranou, je tejto technológii venovaná značná časť literárnej štúdie.

V nasledujúcej časti bakalárskej práce je spracovaný technologický postup výroby zadanej súčiastky *Zámková vložka* v rámci zvolenej výrobnéj metódy. Na základe vypočítanej strižnej sily bol vybraný vhodný trojčinný lis SCHMID HSR – 100, ktorý môže byť plne automatizovaný a zodpovedá aj bezpečnostným požiadavkám. K nemu je navrhnutý strižný nástroj s pohyblivým strižníkom a pevnou prítlačnou doskou. Jeho výkresová dokumentácia ako aj 3D model je zahrnutý v prílohách, ktoré tvoria súčasť tejto bakalárskej práce.

Záverečná časť práce poukazuje na technicko-ekonomické zhodnotenie. Rozoberá tak výrobu súčiastky po technickej, ako aj ekonomickej stránke, pričom zo záverečného zhodnotenia jasne vyplýva, že proces výroby touto technológiou je prínosný, ekonomicky výhodný a predovšetkým pri pomerne vysokej výrobnéj dávke časovo nenáročný a efektívny.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] NOVOTNÝ, J., LANGER, Z.: Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů, SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1980, 216 str.
- [2] KOLEKTIV AUTOR: Lisování, SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1971, 544 str.
- [3] FOREJT, M.: Teorie tváření, 1. vyd., Skriptum, VUT Brno, 1992, ISBN 80-214-0415-9
- [4] BLAŠČÍK, F.: Teória a metodika tvárnenia – metodika tvárnenia, ALFA – Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1976
- [5] DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ, K.: Technologie tváření – plošné a objemové tváření, 1. vyd., Skriptum, VUT Brno, 2003, ISBN 80-214-2340-4
- [6] PETRUŽELKA, J., BŘEZINA, R.: Úvod do tváření II, Ostrava 2001
- [7] VYSKOČIL, O., Ing. BARTOŠ, P.: Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání, Zbrojovka Brno, n.p., 1977
- [8] GUILDI, A.: Přistřihování a přesné stříhání, SNTL – Nakladatelství technické literatury, n.p., 1969, 140 str.
- [9] DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., ŽÁK, L.: Technologie tváření – návody do cvičení, 2005, ISBN 80-214-2881-3
- [10] *Katedra tváření kovů a plastů* [online]. Dostupný z WWW: http://www.ksp.vslib.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#061
- [11] *Technológia tvárnenia* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.mtfda.szm.sk/subory/tvarnenie.pdf>
- [12] *Konturatools* [online]. Dostupný z WWW: http://www.konturatools.cz/News/Presny_strih_-_vice_nez_jen_vyrobní_metoda.pdf
- [13] *Fine blanking* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.levipeterson.se/en/fineblanking.asp>
- [14] *Fineblanking* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.fineblanking.org/process/howitworks.htm>
- [15] *Petersen precision* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.petersenprecision.com/fineblanking.html>
- [16] *Sequences of fineblanking* [online]. Dostupný z WWW: http://www.partechfineblanking.com/design_guide/sequence.htm
- [17] *Anc components* [online]. Dostupný z WWW: <http://www.anccomponents.cz/technologie.html>

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Symbol	Popis	Jednotky
a	vzdialenosť špičky obvodovej hrany od otvoru	[mm]
A_C	celková práca	[J]
A_P	pridržiavacia práca	[J]
A_S	strižná práca	[J]
A_S	strižná práca	[J]
A_V	vyhadzovacia práca	[J]
a_y	hlbka do nej prenikne strižník pri max FS	[mm]
c	súčiniteľ závislý na druhu strihania, pre persné strihanie $c = 0,0007$	[-]
c_e	cena elektrickej energie	[Kč/kWh]
C_O	výkupná cena plechu za odpad	[Kč/kg]
C_V	cena za jeden výrobok pri zachovaní zisku	[Kč]
C_Z	cena zvitku plechu	[Kč/kg]
d	priemer strižníka	[mm]
E	šírka môstika	[mm]
E_T	modul pružnosti v ťahu	[MPa]
F	veľkosť postranného odpadu	[mm]
F_C	celková sila	[N]
F_P	pridržiavacia sila	[N]
F_S	strižná sila	[N]
F_V	vyhadzovacia sila	[N]
H	minimálna výška strižnice	[mm]
h_1	odľahčenie za obvodovou hranou	[mm]
h_p	výška obvodovej hrany	[mm]
I	moment zotrvačnosti v priereze	[mm ⁴]
JM	jednotková mzda	[%]
k	koeficient závislý na druhu a hrúbke materiálu	[-]
k_b	koeficient bezpečnosti (1,5-2)	[-]
k_p	merný odpor proti vnikaniu obvodovej hrany pridržiavača do materiálu	[MPa]
l	dĺžka strihu	[mm]
l_p	dĺžka obvodovej hrany	[mm]
M	priama mzda na súčiastku	[Kč/ks]
m_o	hmotnosť odpadu plechu vyprodukovaného za rok	[kg/rok]
m_p	hmotnosť plechu spotrebovaného za rok	[kg/rok]

n	súčiniteľ zahrňujúci opotrebenie nástroja	[-]
N_e	náklady na elektrickú energiu spotrebovanú strojom	[Kč]
N_m	cena nákladov na materiál	[Kč]
N_n	náklady na nástroj	[Kč]
N_r	celkové ročné náklady	[Kč]
N_s	náklady na stroj	[Kč]
N_v	celkové variabilné náklady	[Kč]
N_{vv}	variabilné náklady na jednu súčiastku	[Kč]
OPN	ostatné priame náklady	[%]
PR	prevádzková réžia	[%]
p_v	merný tlak na vyhadzovači	[MPa]
Q	vyrábané množstvo	[ks/rok]
R_a	drsnosť povrchu	[μm]
R_e	medza klzu	[MPa]
R_m	medza pevnosti v ťahu	[MPa]
r_s	maximálna veľkosť zaoblenia	[mm]
S	plošný obsah	[mm^2]
SR	spracovateľská réžia	[%]
t	hrúbka materiálu	[mm]
T	výrobný čas súčiastky	[N_h/ks]
T_n	životnosť nástroja	[rok]
T_s	strojná hodinová mzda	[Kč/hod]
v	strižná vôľa	[mm]
V	objem súčiastky	[mm^3]
VR	výrobná réžia	[%]
z	strižná medzera	[mm]
Z_C	čistý zisk pre vyrábané množstvo	[Kč]
$Z_{\check{c}}$	čistý zisk na jednu súčiastku	[Kč]
Z_T	celkový zisk z tržby na vyrábané množstvo	[Kč]
τ_{ps}	pevnosť v strihu	[MPa]
κ	hodnota 0,2 pre ocele o vyššej pevnosti; 0,4 pre nízkouhlíkovú oceľ	[-]
ρ	hustota	[kg/mm^3]
σ_d	namáhanie v tlaku	[MPa]
σ_{dov}	maximálne prípustné namáhanie v tlaku	[MPa]

ZOZNAM PRÍLOH

- Príloha č.1 Materiály vhodné k presnému strihaniu s obvodovou hranou
- Príloha č.2 Výška otrepu pri presnom vystrihovaní
- Príloha č.3 Veľkosť strižnej vôle pri presnom strihaní
- Príloha č.4 Obvodová hrana
- Príloha č.5 Veľkosť postranného odpadu a šírka mostíkov
- príloha č.6 Určenie vhodnosti súčiastky pre presné strihanie
- Príloha č.7 Doporučené materiály funkčných častí nástrojov
- Príloha č.8 Parametre súčiastky *Zámková vložka*
- Príloha č.9 3D model nástroja pre presné strihanie s obvodovou hranou
- Príloha č.10 Schéma automatizovanej linky určenej k presnému strihaniu

ZOZNAM VÝKRESOV

- BP – A4 – BP – 00 Technický výkres zadanej súčiastky
- BP – A0 – 3P2 – 00 Výkres zostavy nástroja
- BP – A3 – 3P2 – 01 Výrobný výkres strižnice
- BP – A3 – 3P2 – 11 Výrobný výkres strižníka

PRÍLOHA č.1

Materiály vhodné k presnému strihaniu s obvodovou hranou

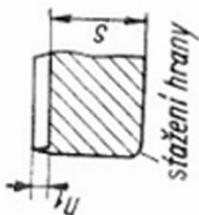
Materiál	Chemické zložení (%)											t (mm)	Vhodnosť pro přesné strihání
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Pb				
010	0,10	0,25	0,40	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	15	velmi dobrá
0k10	0,10	0,25	0,40	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	15	velmi dobrá
015	0,15	0,25	0,40	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	12	velmi dobrá
0k15	0,15	0,25	0,40	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	12	velmi dobrá
022	0,22	0,25	0,45	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	8	velmi dobrá
0k22	0,22	0,25	0,45	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	8	velmi dobrá
Mk3	0,04	-	0,30	0,035	0,035	(0,10)	-	-	-	-	-	15	velmi dobrá
035	0,35	0,25	0,55	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	8	dobrá, zväčšené
0k35	0,35	0,25	0,55	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	8	opotrebení nástř.
045	0,45	0,25	0,65	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	5	"
0k45	0,45	0,25	0,65	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	5	"
0k53	0,53	0,38	0,55	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	5	"
060	0,60	0,25	0,65	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	4	"
0k60	0,60	0,25	0,65	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	4	"
0k67	0,67	0,38	0,70	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	3	"
C.75	0,75	0,35	0,70	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-	3	"
14Ni16	0,15	0,25	0,40	0,035	0,035	(0,20)	-	1,5	-	-	-	8	"
14NiCr10	0,15	0,25	0,40	0,035	0,035	0,60	-	2,5	-	-	-	7	"
14NiCr14	0,15	0,25	0,40	0,035	0,035	0,60	-	3,5	-	-	-	7	"

tab. 8

PRÍLOHA č.2

Výška otrepov pri presnom vystrihovaní

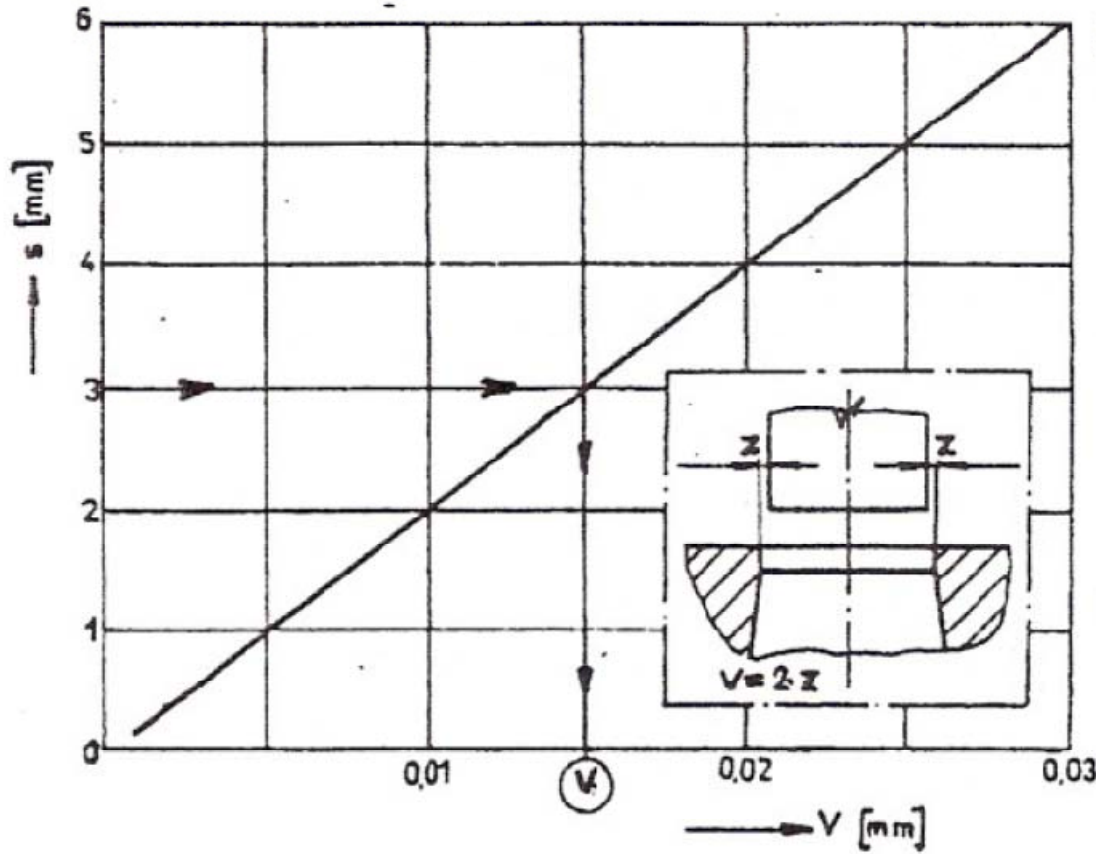
Tab. 21. Výška otrepu pri presnom vystrihovaní

	Tloušťka materiálu s (mm)																	
	do 0,4		0,4 až 0,6		0,6 až 1		1 až 1,6		1,6 až 2,5		2,5 až 4		4 až 6,3		6,3 až 10			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max		
σ_{Pt} (MPa)	výška otrepu h_1 (μm)																	
	do 250		20	50	30	80	30	120	40	170	50	250	70	360	100	600	140	950
	250 až 400		20	40	20	50	30	90	30	120	50	180	60	250	80	360	110	500
	400 až 630		20	30	20	40	30	50	30	70	40	110	50	200	70	220	90	320
nad 630		10	20	10	20	20	30	30	40	40	60	50	90	60	130	70	170	

¹⁾ Viz norma DIN 9830/1975 — Výška jehel na výstřižcích.

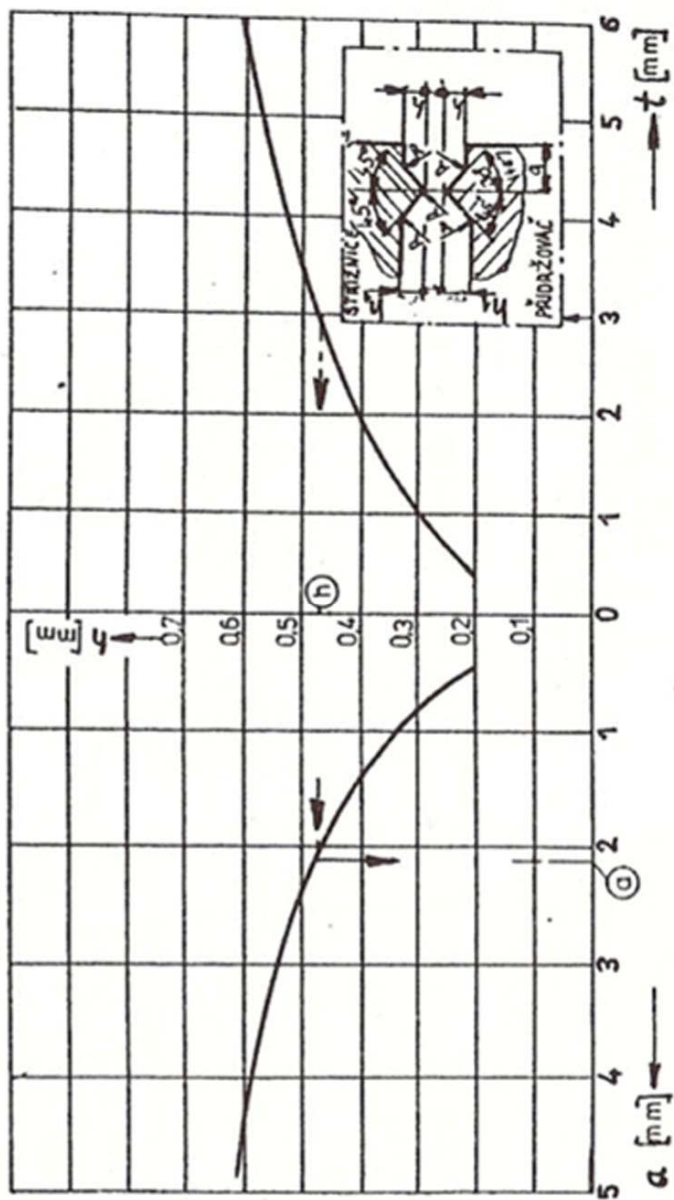
PRÍLOHA č.3

Veľkosť strižnej vôle pri presnom strihaní



PRÍLOHA č.4

Obvodová hrana

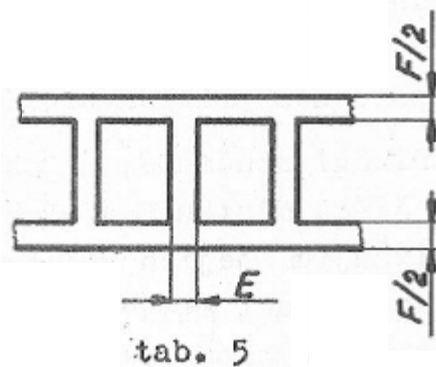


Obr. 37 Tvar a rozměry tlačné hrany

PRÍLOHA č.5

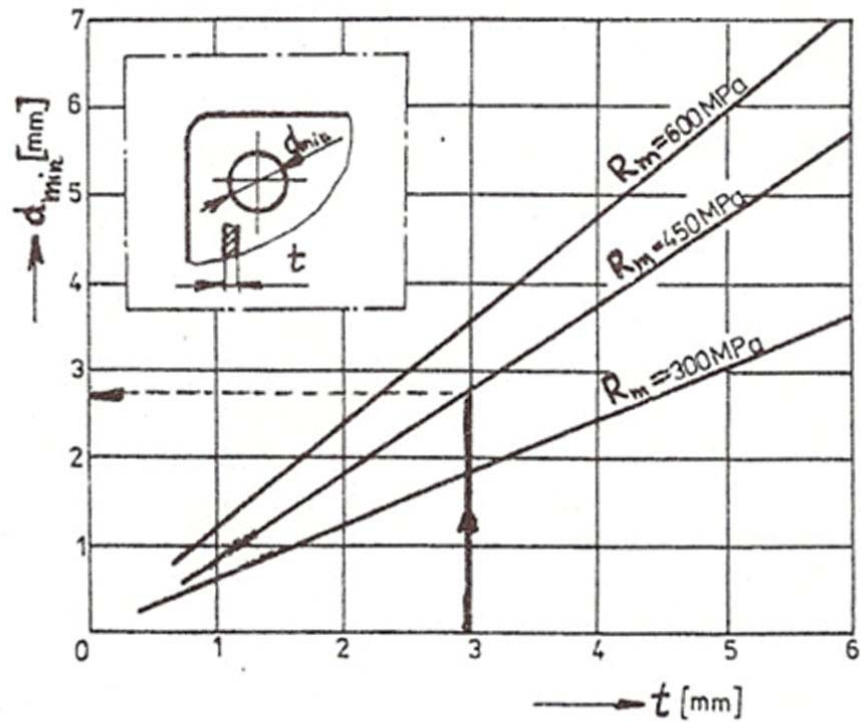
Veľkosť postranného odpadu a šírka mostíkov

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			

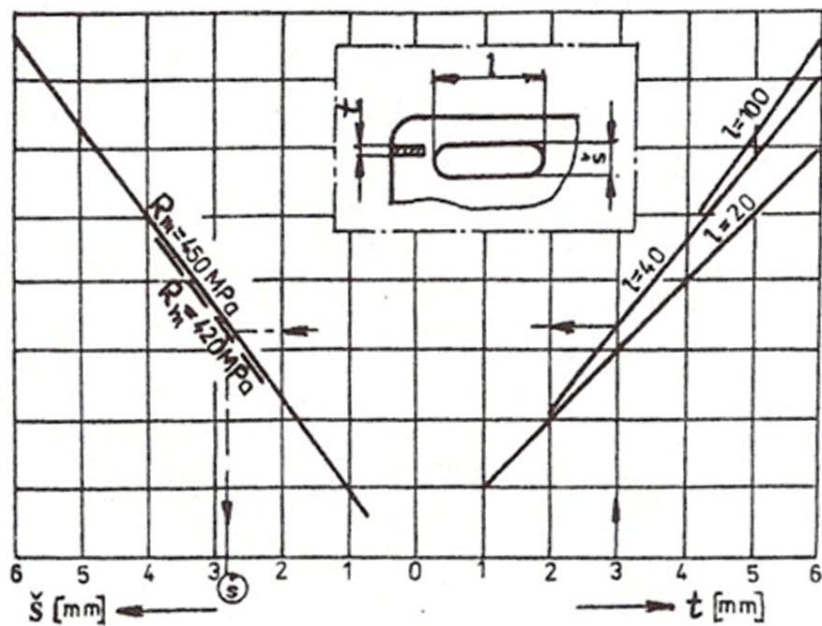


PRÍLOHA č.6

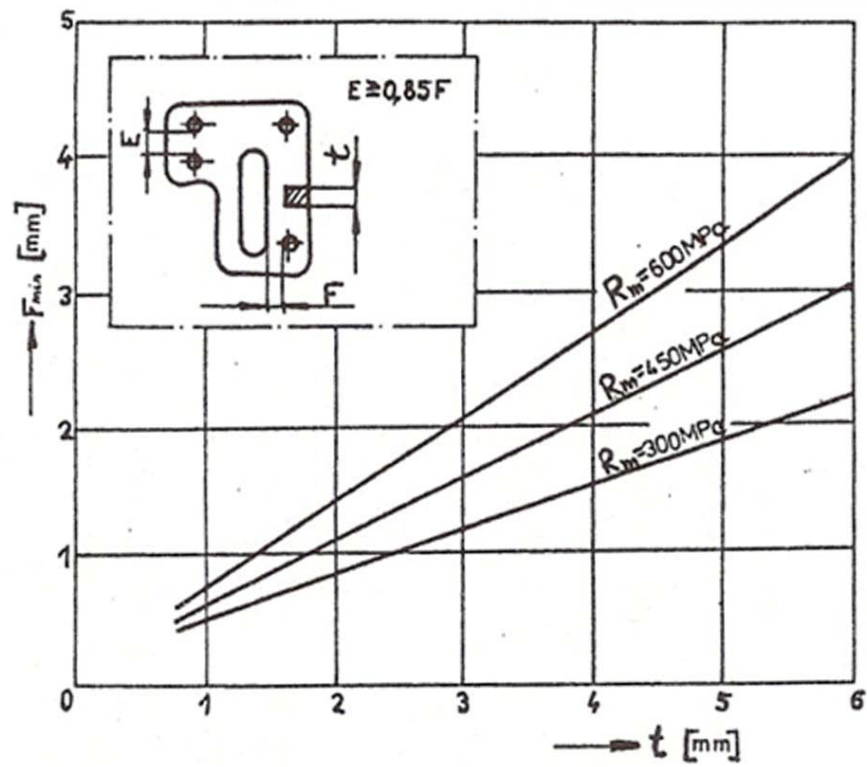
Určenie vhodnosti súčiastky pre presné strihanie



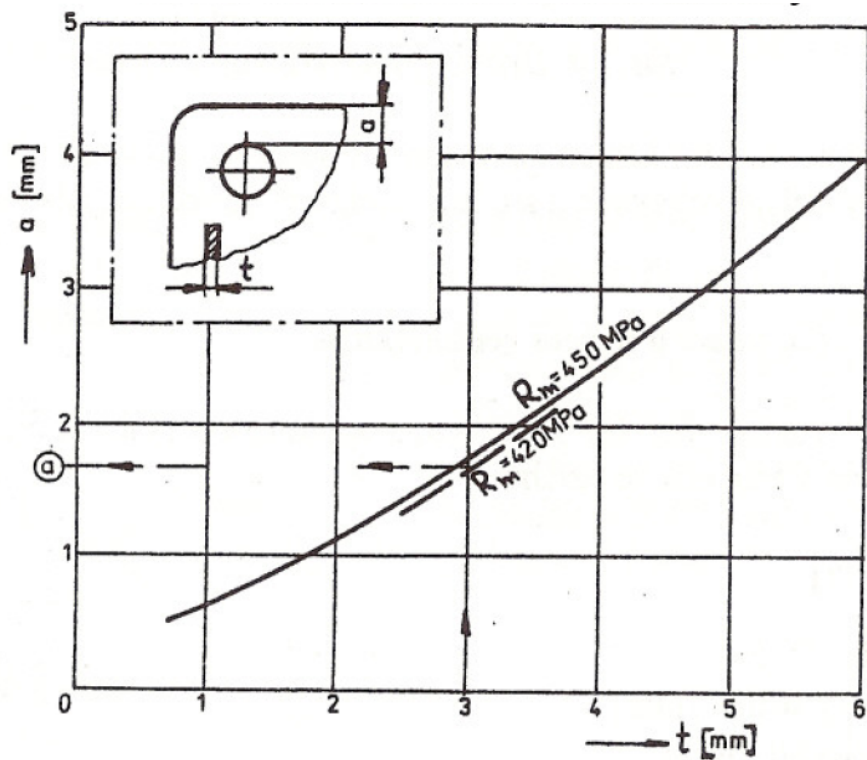
Obr. 24 Určenie min. průměru otvoru



Obr. 25 Určenie min. šírky drážky



Obr. 26 Minimální vzdálenost mezi otvory



Obr. 27 Minimální vzdálenost mezi otvorem a hranou

PRÍLOHA č.7

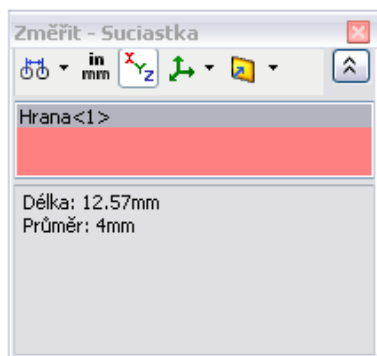
Doporučené materiály funkčních částí nástrojov

Tab. 23. Doporučené materiály funkčních částí nástroje

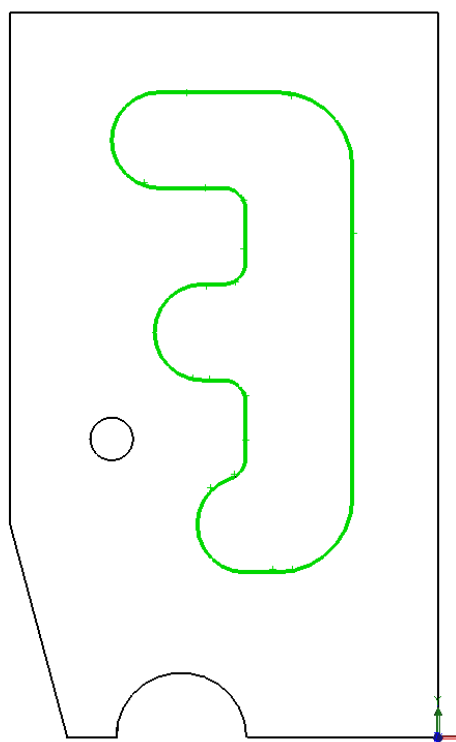
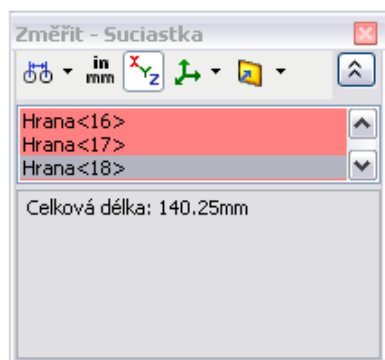
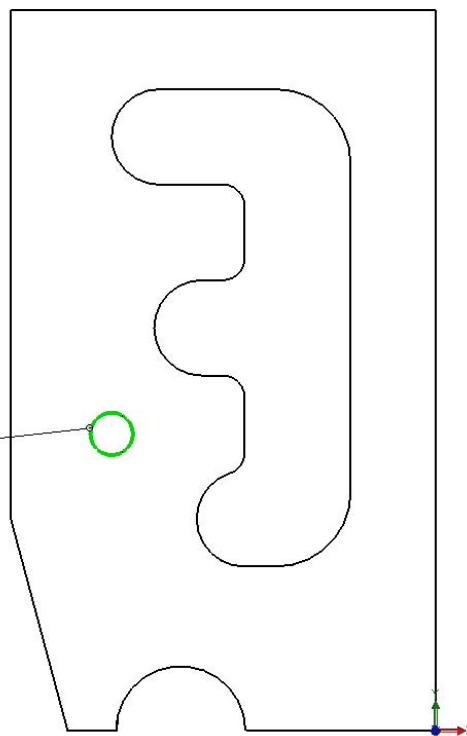
Funkční část nástroje		Materiál	Tepelné zpracování
střížnice		19 436 19 437	kaleno a popuštěno na: 61 až 63 HRC pro $s = 0,4$ až 3 mm 58 až 61 HRC pro $s = 3$ až 7 mm
		slinutý karbid G 3	pro sérii nad 700 000 kusů
střížník kruhový	dříková část	19 437	59 až 61 HRC pro $s = 0,4$ až 3 mm 58 až 60 HRC pro $s = 3$ až 7 mm
		slinutý karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	19 437	56 až 58 HRC
střížník tvarový	dříková část	Mo 5 PK kovaná	dokonalý pozvolný předehřev — kalicí teplota 1 160 až 1 180 °C, velikost zrna 14 až 16 — popouštění na 550 až 570 °C—5x — kaleno a popuštěno na 59 až 61 HRC ¹⁾
		slinutý karbid G 3, G 4	pro sérii nad 700 000 kusů
	hlava	Mo 5 PK	56 až 58 HRC
přidržovač		19 437	55 až 57 HRC
vyhazovač		19 436	58 až 60 HRC
tlačný kolík		19 421 19 422	59 až 61 HRC
opěrná deska		19 436	58 až 60 HRC
zděř		19 452 — výkovek	kaleno a 2krát popuštěno na 55 až 57 HRC

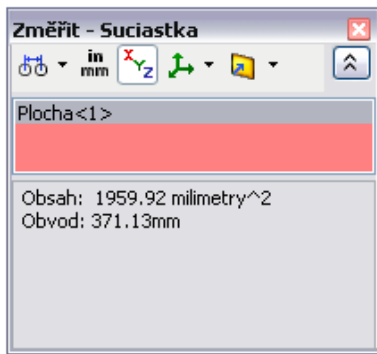
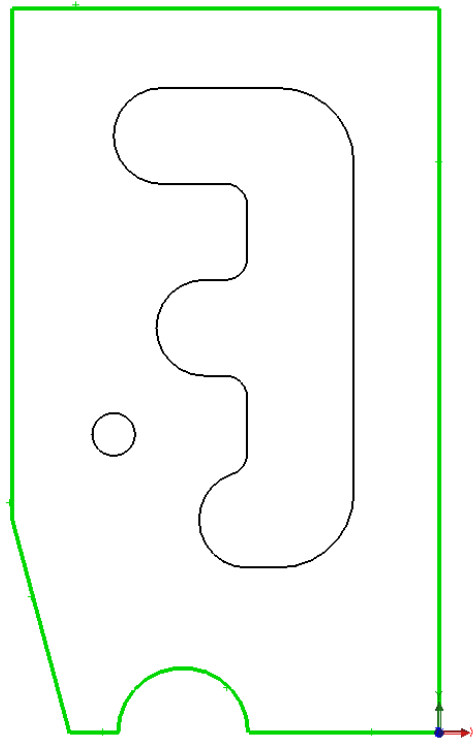
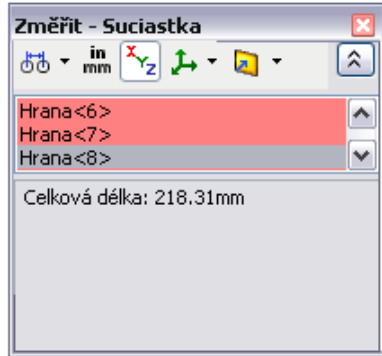
PRÍLOHA č.8

Parametre súčiastky *Zámková vložka*

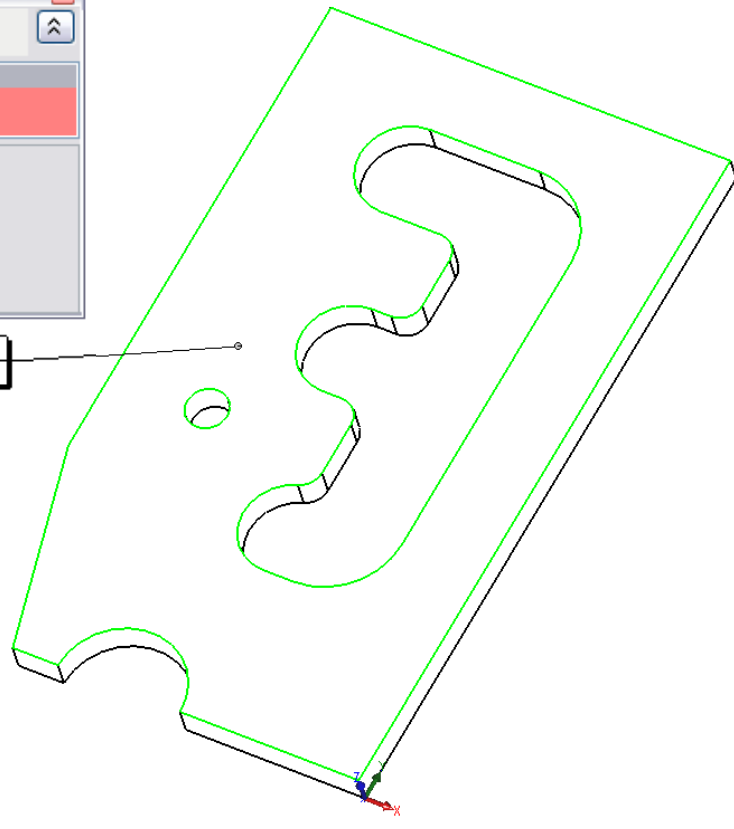


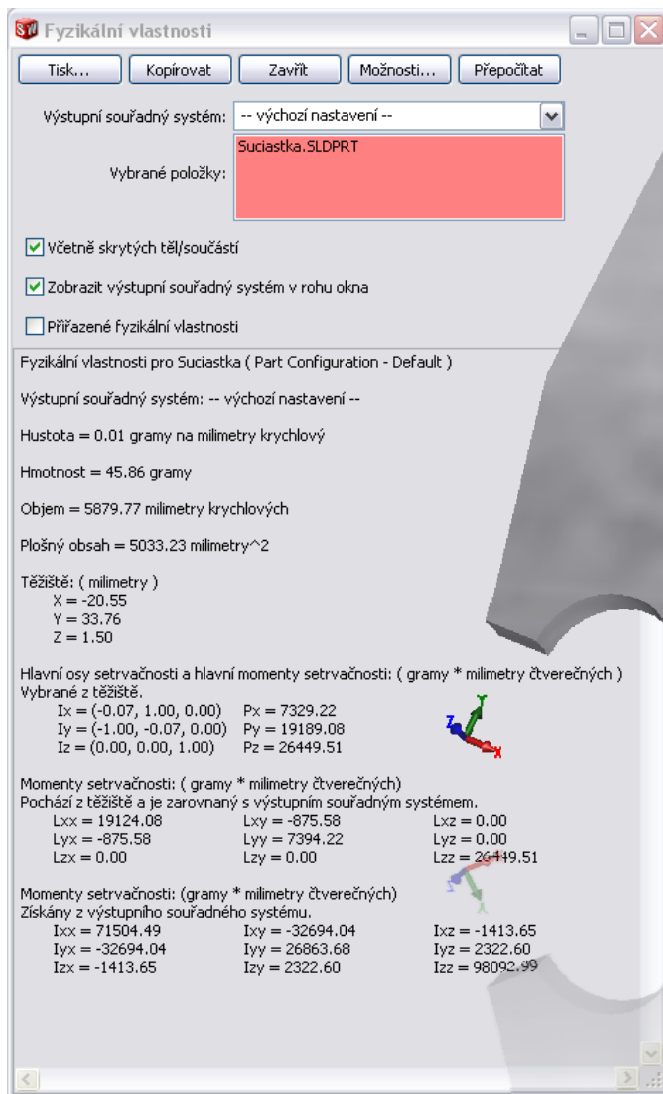
Průměr: 4mm
Na střed: -30.50mm, 28mm, 3mm



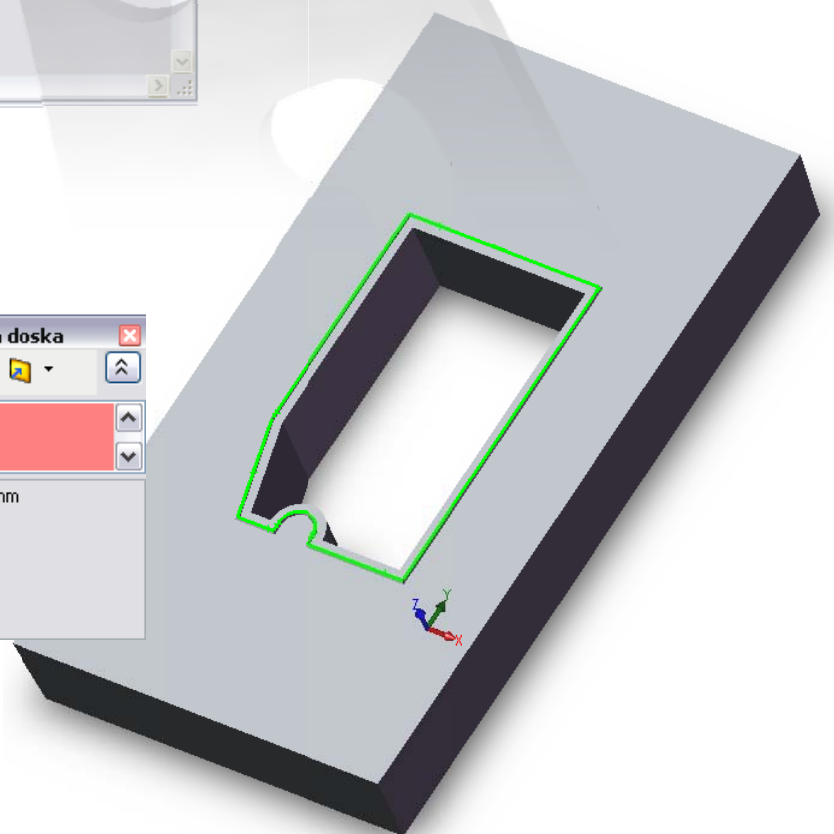
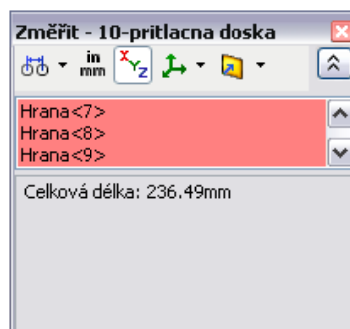


Obsah: 1959.92milimetry²
Obvod: 371.13mm



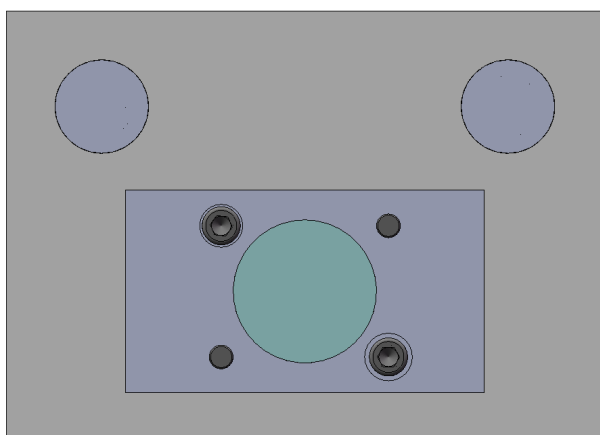
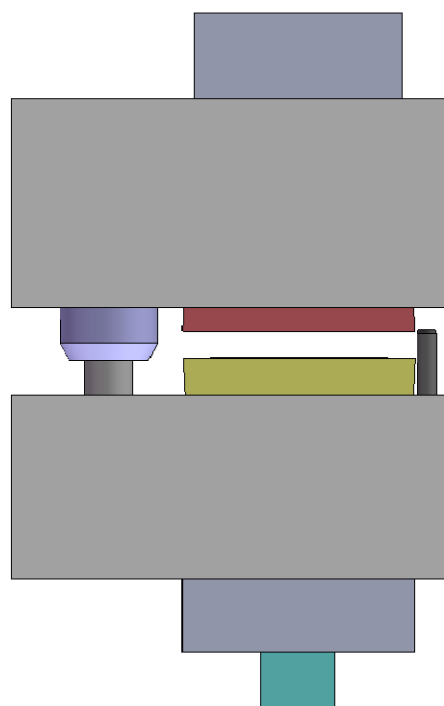
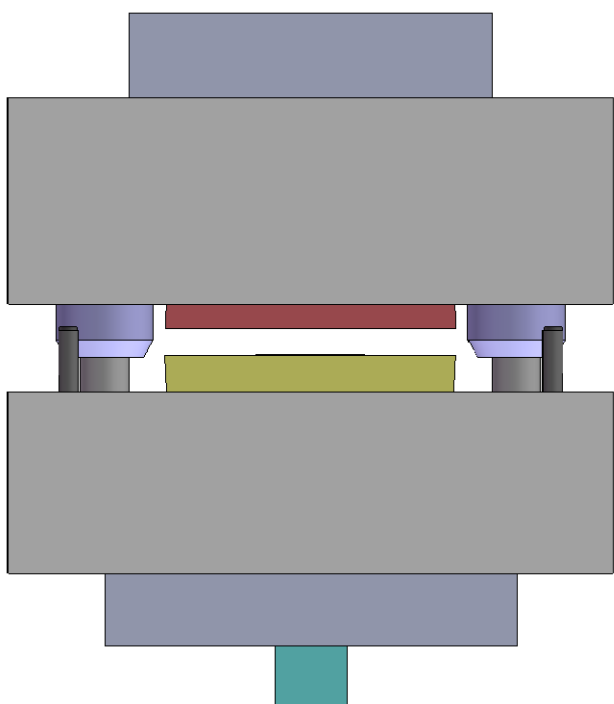
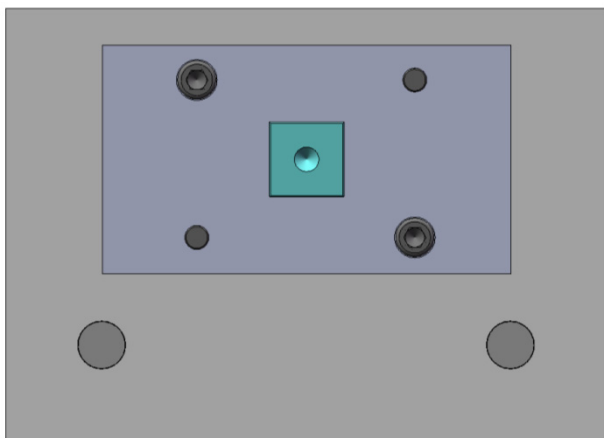


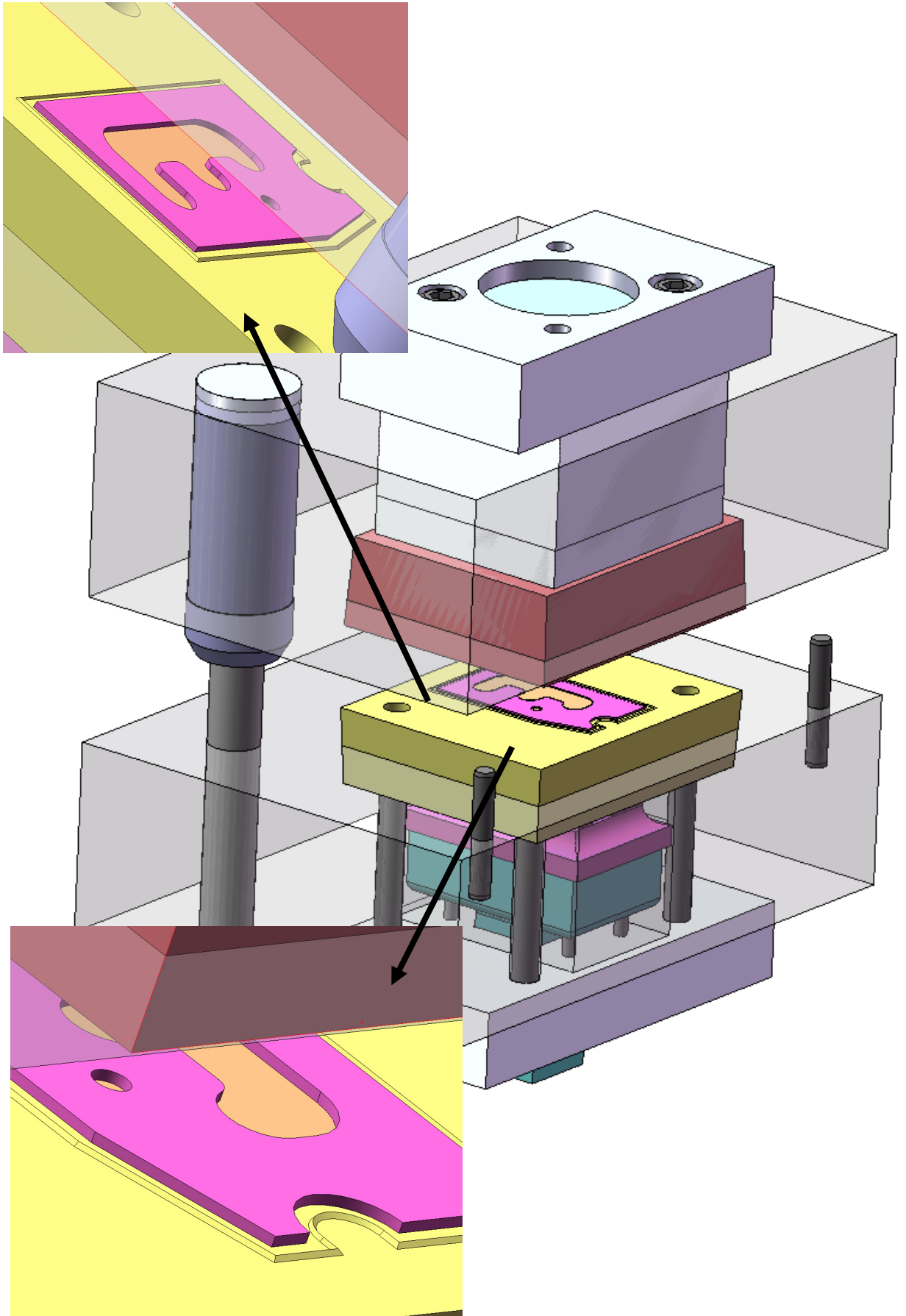
Délka obvodovej hrany:

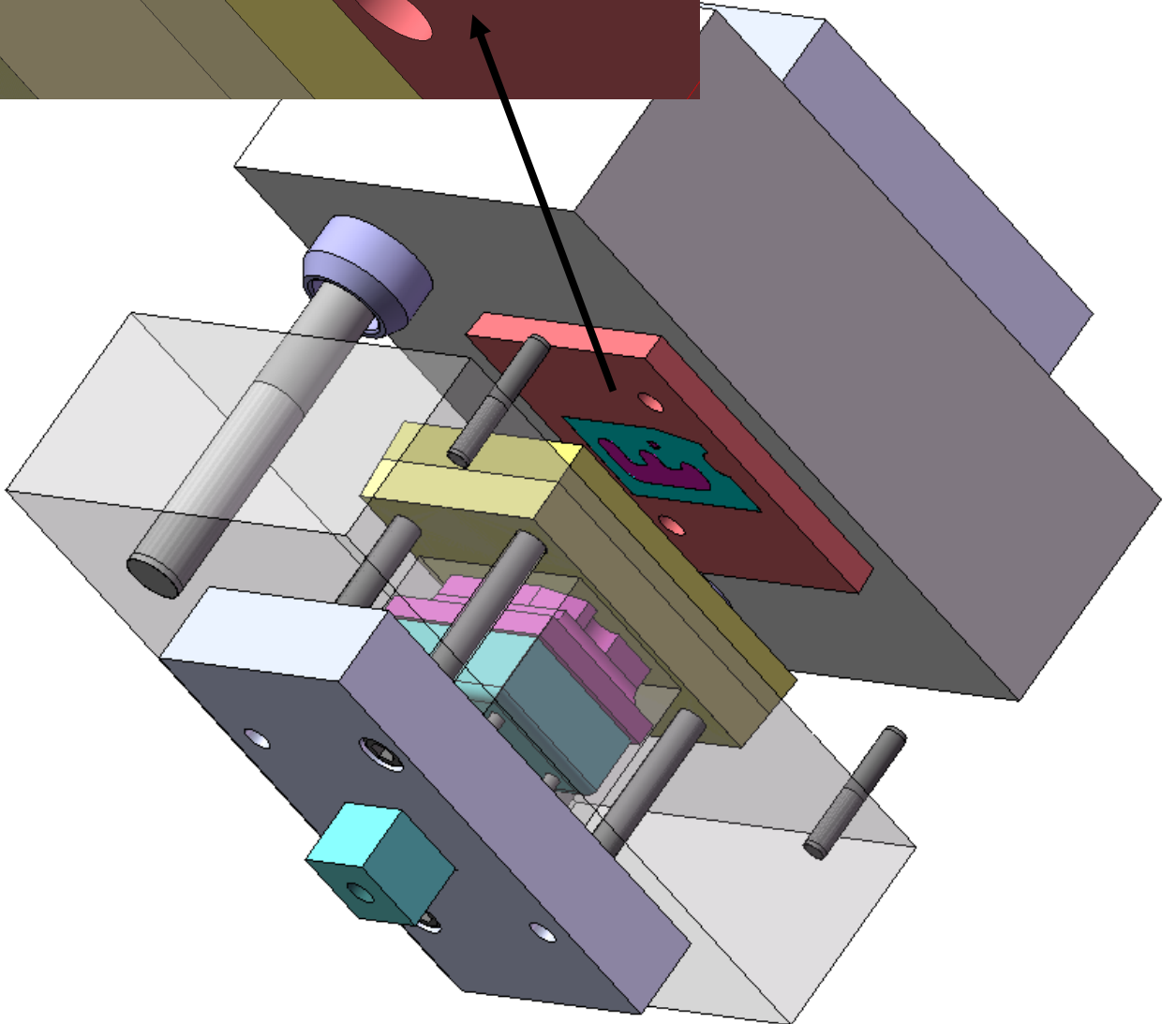
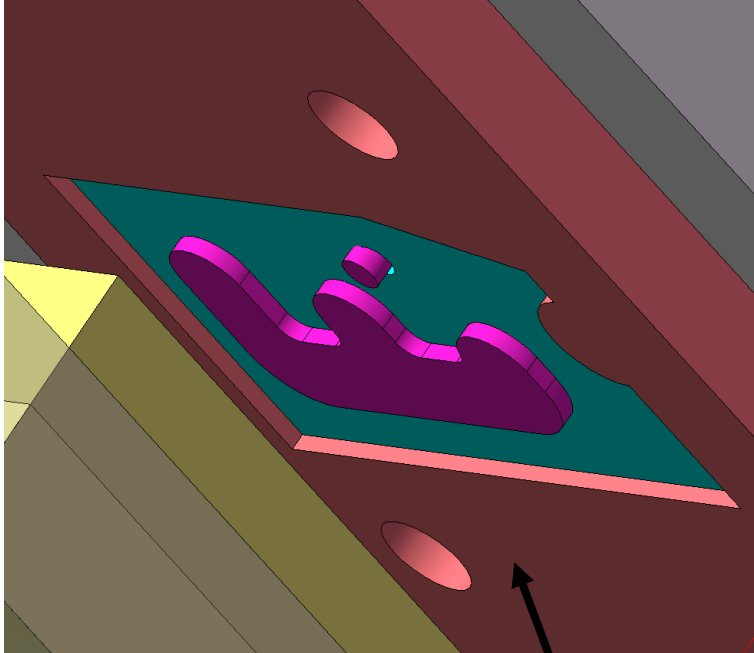


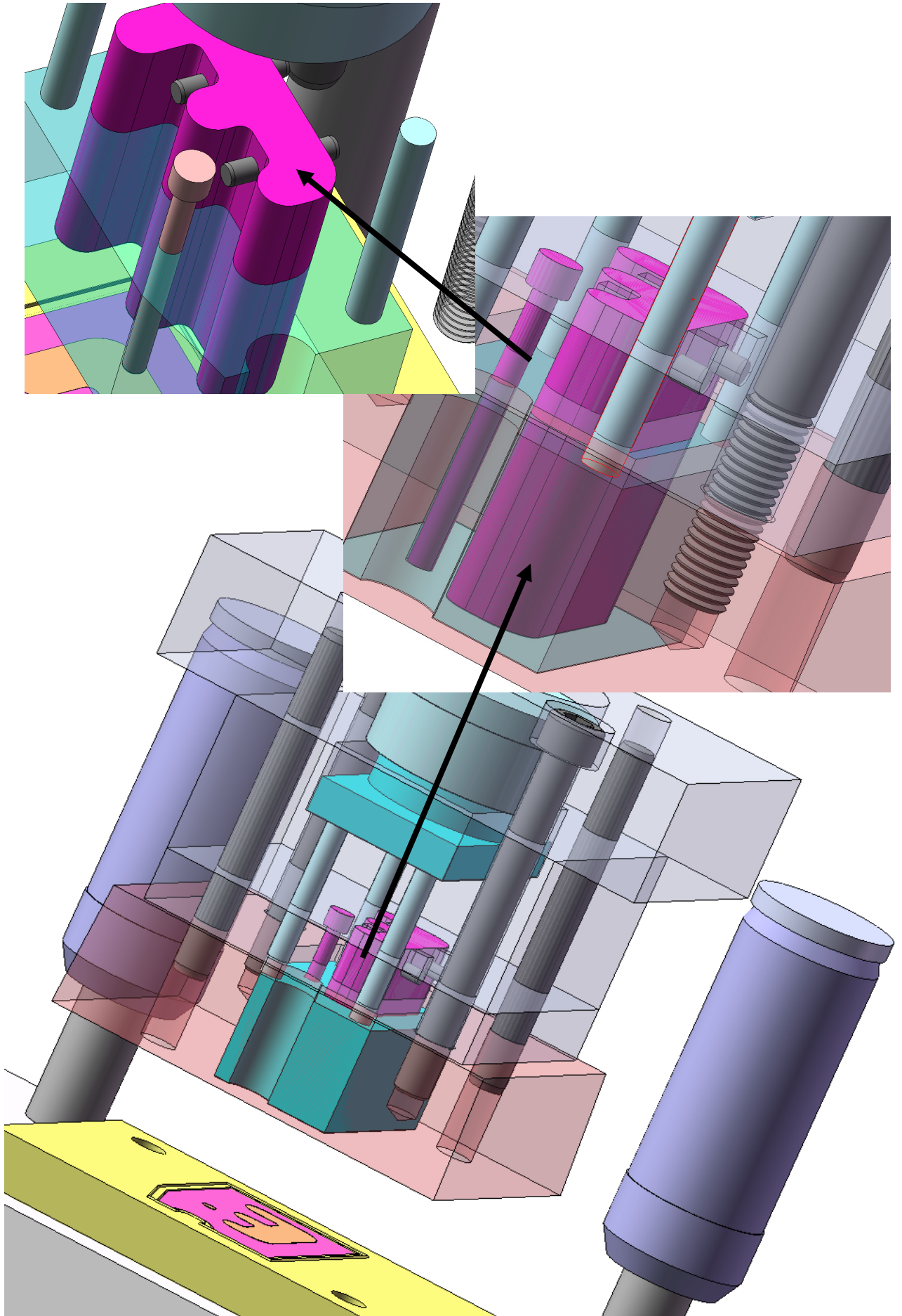
PRÍLOHA č.9

3D model navrhnutého nástroja pre presné strihanie s obvodovou hranou









PRÍLOHA č.10

Schéma automatizovanej linky určenej k presnému strihaniu

