



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

JAROMÍR STEINER

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing.LADISLAV ŽÁK, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jaromír Steiner

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:

Navrhnout technologii výroby součásti přesným stříháním a doložit konstrukčním řešením nástroje

Cíle bakalářské práce:

1. Zhodnocení technologičnosti výroby součásti
2. Literární studie
3. Návrh technologie výroby
4. Konstrukční řešení nástroje
5. Ekonomické vyhodnocení

Seznam odborné literatury:

KŘÍŽ, Václav a Pavel VÁVRA. Strojírenská příručka. 1. vyd. Praha : Scientia, 1998. ISBN 80-7183-054-2. 255 s. (váz.)

BIRZER, Franz. Forming and fineblanking : cost-effective manufacture of accurate sheetmetal parts. 1st edition. Landsberg/Lech : Verl. Moderne Industrie, 1997. ISBN 3-478-93161-4. 70 s.

BOLJANOVIC, Vukota. Sheet metal forming processes and die design. New York : Industrial Press, 2004. ISBN 0-8311-3182-9. 219 s.

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

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 21.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

STEINER Jaromír: Stříhání součástí s vyšší přesností.

Hlavním tématem práce je technologie přesného stříhání s nátláčnou hranou, která byla zvolena jako nejvhodnější řešení. Cílem je návrh a zhodnocení technologičnosti zvolené součásti, návrh konstrukčního řešení nástroje a ekonomické vyhodnocení celého projektu.

Řetězové kolo bylo navrženo z konstrukční oceli 11500, parametry byly zhodnoceny jako vhodné. Nástroj byl navržen jako postupový pro jednořadé rozvržení výstřížků s pohyblivým střížníkem, nátláčná hrana je umístěna jak na střížnici tak na přidržovači.

Lis byl zvolen na základě vypočtené střížné síly, od firmy Feintool. Při zvolené dávce 500000 ks byla vypočtena cena jednoho výstřížku 5,1 Kč.

Klíčová slova:

Tváření, přesné stříhání, střížný nástroj, nátláčná hrana, střížník, střížnice, řetězové kolo

ABSTRACT

STEINER Jaromír: Cutting components with higher accuracy to size.

The main topic of this thesis is the fineblanking technology with a vee-ring which was chosen as the most suitable solution. The aim is a design and an assessment of technologicity of the selected component, a draft of the structural design of the tool and an economic evaluation of the project.

The chain wheel has been designed from structural steel 11500; parameters have been evaluated as appropriate. The instrument has been designed as two-station progressive tool for single-row layout of the fineblanked parts with a moving punch; the vee-ring is positioned both to the blanking plate and to the vee-ring plate.

The press was chosen on the basis of the calculated shearing force by Feintool Company. At the selected batch 500,000 units, 5.1 CZK per fineblanket part has been calculated.

Key words:

Forming, fineblanking, blanking tool, vee-ring, blanking punch, blanking plate, chain (sprocket) wheel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STEINER, Jaromír. *Stříhání součástí s vyšší přesností*. Brno, 2013. 54s, 8 výkresů, 5 příloh, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce doc. Ing. Ladislav Žák, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 24.5. 2013

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji Ing. Ladislavu Žákovi Ph.D. za cenné připomínky a rady při tvorbě bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	- 3 -
BIBLIOGRAFICKÁ CITACE	- 3 -
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ	- 4 -
PODĚKOVÁNÍ	- 5 -
OBSAH	- 6 -
ÚVOD	- 7 -
1 Technologie stříhání	- 8 -
1.1 Střížná plocha, střížná vůle	- 10 -
1.2 Rozdělení stříhání	- 12 -
1.3 Stříhání součástí s vyšší přesností	- 15 -
2 Zhodnocení a popis zadané součásti	- 19 -
2.1 Další možnosti výroby součásti	- 20 -
2.2 Zhodnocení technologičnosti zadané součásti	- 24 -
2.3 Návrhy a výpočty	- 26 -
2.3.1 Volba materiálu	- 26 -
2.3.2 Návrh nátláčné hrany – výběr tvaru, polohy a velikosti	- 28 -
2.3.3 Výpočet využití materiálu, nástříhový plán	- 30 -
2.3.4 Výpočet střížné síly, celkové síly a střížné práce	- 34 -
2.3.5 Výpočet těžiště sil	- 36 -
3 Návrh nástroje	- 36 -
3.1 Výpočet střížné vůle	- 37 -
3.2 Výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice	- 39 -
3.3 Volba materiálů a popis konstrukce částí střížného nástroje	- 43 -
3.4 Mazání při přesném stříhání	- 46 -
4 Volba stroje	- 47 -
5 Ekonomické vyhodnocení	- 49 -
ZÁVĚR	- 54 -
Seznam použitých značek a symbolů	
Seznam použitých zdrojů a literatury	
Seznam příloh	

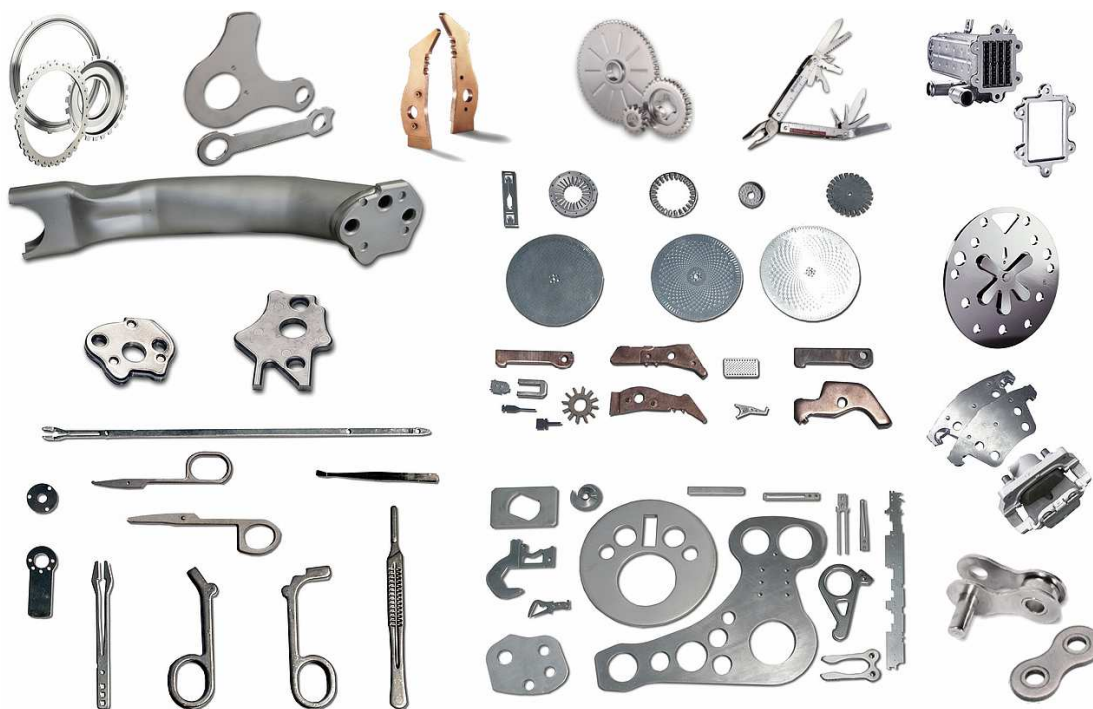
ÚVOD [5]

Nynější vývoj ve strojírenství si čím dál tím více vyžaduje zavádění nových technologií zkvalitňujících jak kvantitativní tak i kvalitativní rozvoj výroby a při co nejnižších nákladech.

Mezi vyvíjející se pokrokové metody strojírenské technologie jistě patří i tváření kovů, které zahrnuje jak výrobu polotovarů pro další zpracování, tak výrobu pokud možno hotových součástí. Výhoda výroby součástí technologií tváření se skrývá ve výrobě s vysokou produktivitou současně s úsporou energie a úsporou materiálu, která dosahuje i bezodpadového stupně zpracování.

Mezi tyto moderní, produktivní, vyvíjející se technologie tváření jistě patří technologie stříhání, speciálně technologie „přesného stříhání“, na kterou bude zaměřena tato bakalářská práce.

Tato technologie výroby dokáže překvapit, svojí přesností dodržení vysokých tolerančních stupňů, kvalitou a čistotou střížné plochy. Touto technologií je možné v některých případech nahradit technologii třískového obrábění a je využívána pro výrobu součástí používaných a využívaných v mnoha oborech (Obr.1) od strojírenství, přes elektrotechniku až po lékařskou techniku.

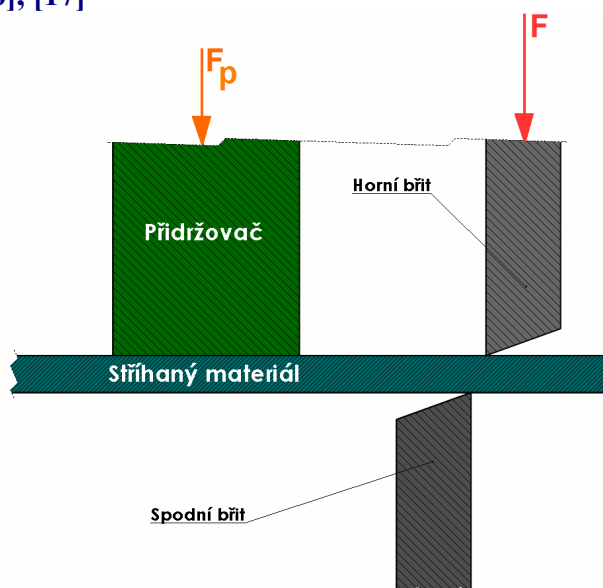


Obr.1 Součásti vyráběné metodou přesného stříhání [5]

1 Technologie stříhání [1], [8], [16], [17]

Střížný proces zahrnuje stříhání plochých materiálů které jsou ve formě tabule nebo svitku. Stříhání může být uskutečňováno různými druhy nůžek, střížnými nástroji nebo vysekávacími nástroji ve speciálních strojích poháněných mechanicky, hydraulicky nebo pneumatically.

Operace je založena na pevném přidržení (F_p) materiálu, během čehož se materiál oddělí vlivem působení síly na horní břit (F), který se pohybuje proti spodnímu nepohyblivému břitu (Obr.2). Břity v materiálu, v rovině stříhu vyvolají tak velké napětí, které je větší než je pevnost materiálu ve smyku čímž dojde k oddělení materiálu.



Obr.2 Schématický popis procesu stříhání [1]

Proces oddělování materiálu se uskutečňuje postupně nebo naráz podél trajektorie stříhu, tyto trajektorie mohou být jak otevřené (př.stříhání pásů plechu na tabulových nůžkách, kotoučových nůžkách nebo křivkových nůžkách) tak uzavřené (př.vystřihování, děrování – dále v kapitole Stříhání ve stříhadlech). Primární operace stříhání jsou uvedeny v tabulce na straně 9 (Tab.3). Stříháním lze dosáhnout různých stupňů přesnosti - rozsahy jsou uvedeny v tabulce (Tab.1) a různých drsností střížné plochy R_a které jsou uvedeny v tabulce (Tab.2).

Tab.1 Dosahované přesnosti IT [17]

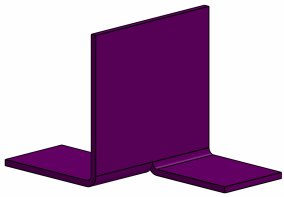
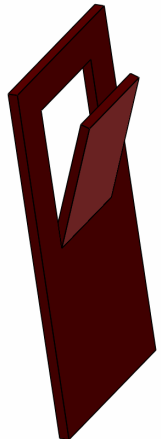
Nástroj	Dosažitelný stupeň přesnosti IT
Běžný	12 - 14
S vodícími prvky	9 - 11
Speciální	6 - 8

Tab.2 Dosahované drsnosti střížné plochy R_a [17]

Tl. materiálu	Dosažitelná drsnost R_a (μm)
Do 1 mm	10
Do 3 mm	20
Nad 3 mm	63

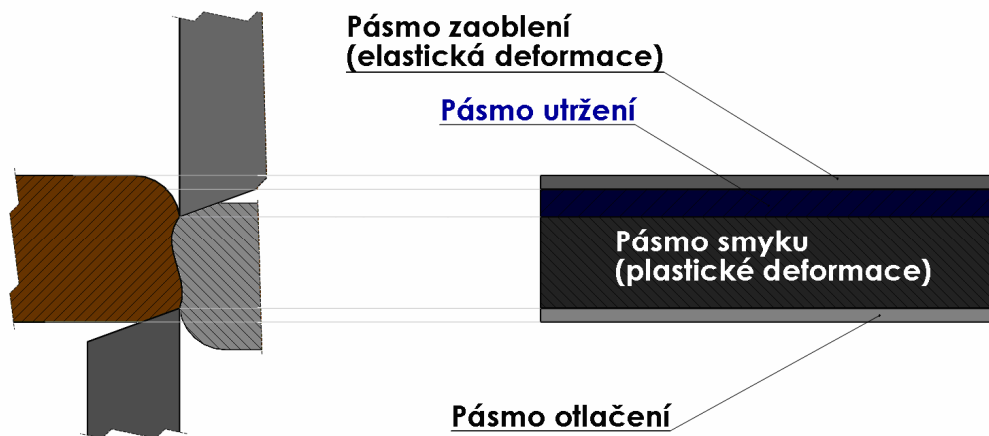
Tab.3 Primární operace při stříhání [8]

<u>Skupina</u>	<u>Název práce</u>	<u>Charakteristika operace</u>	<u>Vyobrazení</u>	<u>Název nástroje</u>	<u>Název výrobku</u>
<u>Plošné tváření – oddělování materiálu</u> Stříhání	<u>Prosté stříhání</u>	Dělení materiálu, např. pásů, tabulí, tyčí		Nůžky, stříhadlo	Výstřížek
	<u>Děrování</u>	Tvorba děr rozmanitých tvarů. Část která je vystřižena tvoří odpad.		Děrovadlo	Výstřížek
	<u>Vystříhování</u>	A) Výroba výstřížků různého tvaru oddělením od materiálu po uzavřeném obrysu – vystřižená část je výstřížek B) Oddělování částí z okraje materiálu – oddělená část je odpadem		Stříhadlo	Výstřížek
	<u>Přistříhování</u>	Účelem je vytvořit přesné tvary, přesné rozměry nebo hladké plochy		Stříhadlo	Výstřížek
	<u>Ostříhování</u>	Oddělování nepotřebného materiálu výtažků, protlaků, výstřížků		Stříhadlo	Výstřížek

	<u>Nastřihování</u>	Nastřihnutí materiálu v okraji, materiál není plně oddělen		Stříhadlo	Výstřížek
	<u>Prostřihování</u>	Částečné nastřihnutí materiálu v libovolném tvaru uvnitř výstřížku		Stříhadlo	Výstřížek

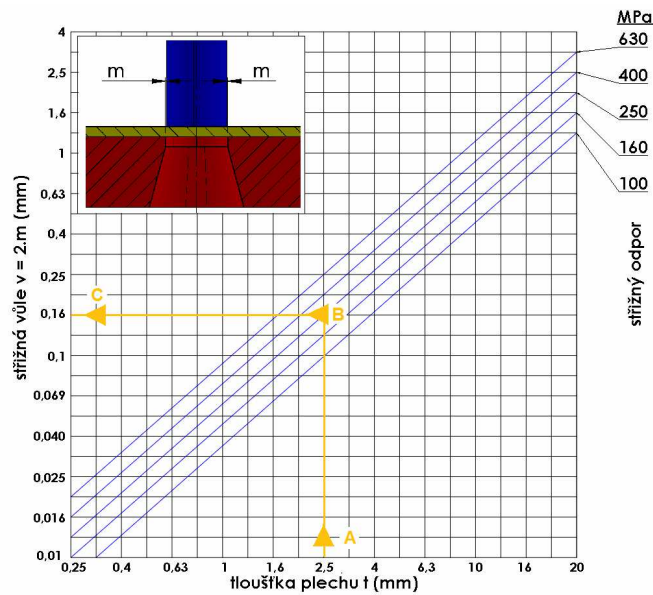
1.1 Střížná plocha, střížná vůle [15], [2], [11]

Při procesu stříhání vytváří břity na střížné ploše rozlišitelná pásma (Obr.3) jejichž podíl na střížné ploše je závislý na velikosti střížné vůle - mezery, druhu materiálu, tloušťce materiálu a zvolené technologii.



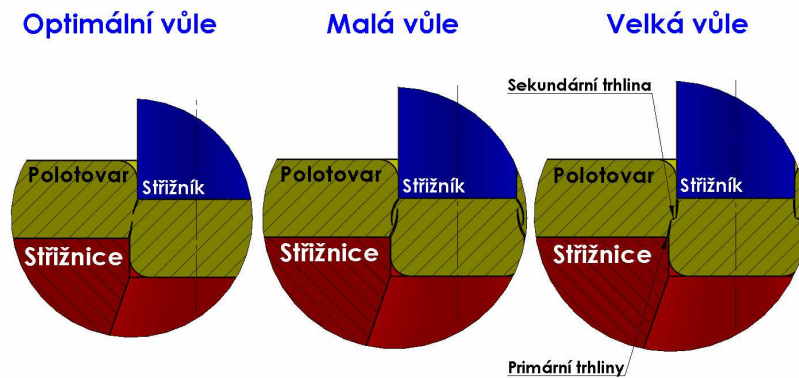
Obr.3 Deformační pásma při stříhání [11]

Střížná vůle je rozměr vzájemného posunutí břitů, jak například u šikmých nožů na tabulových nůžkách tak u střížníku a střížnice ve stříhadle. Vůle „v“ u stříhání se zhruba volí 2% - 10% tloušťky, některá literatura uvádí 5% - 12% tloušťky materiálu. Dále lze velikosti střížných vůlí pro různé druhy materiálů nalézt v tabulkách nebo normách v podobě tabulek, nogramů (Obr.4).

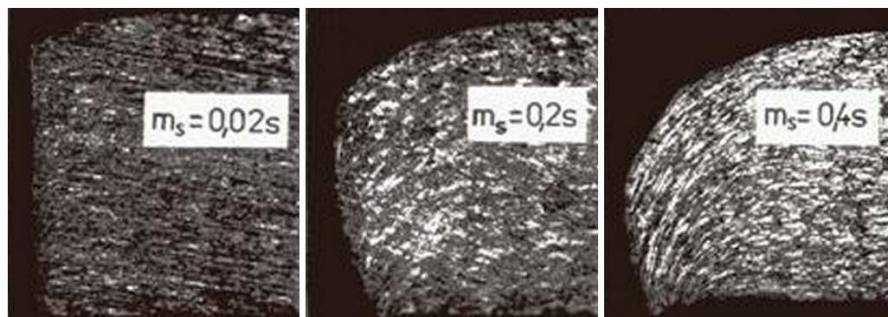


Obr.4 Nomogram k určování střížné vůle [15]

Norma ČSN 226015 Stříhadla a střížné vůle – směrnice pro výpočet a konstrukci uvádí potřebné informace - vztahy ke stanovení optimální střížné vůle respektive mezery. Stanovení střížné vůle „ v “ dle vztahu : $v = 2 \cdot m$ kde „ m “ má význam označení střížné mezery. Důležité je stanovit střížnou vůli tak aby se trhlinky vznikající na hranách střížných nástrojů setkali a materiál se oddělil při co nejmenší střížné síle. Jakmile je střížná vůle stanovena nesprávně (velká x malá) vzniká střížná plocha která má nežádoucí kvalitu povrchu (Obr.5, 6).



Obr.5 Tvorba střížné plochy v závislosti na střížné vůli [11]



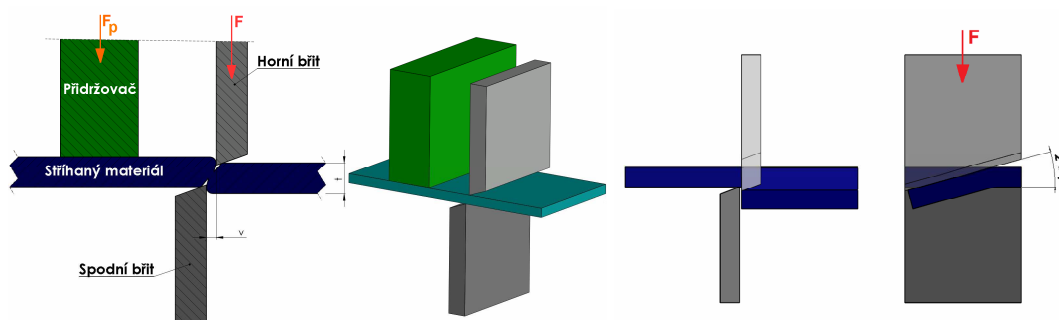
Obr.6 Kvalita střížné plochy v závislosti na velikosti střížné mezery [11]

1.2 Rozdělení stříhání [1], [15], [8]

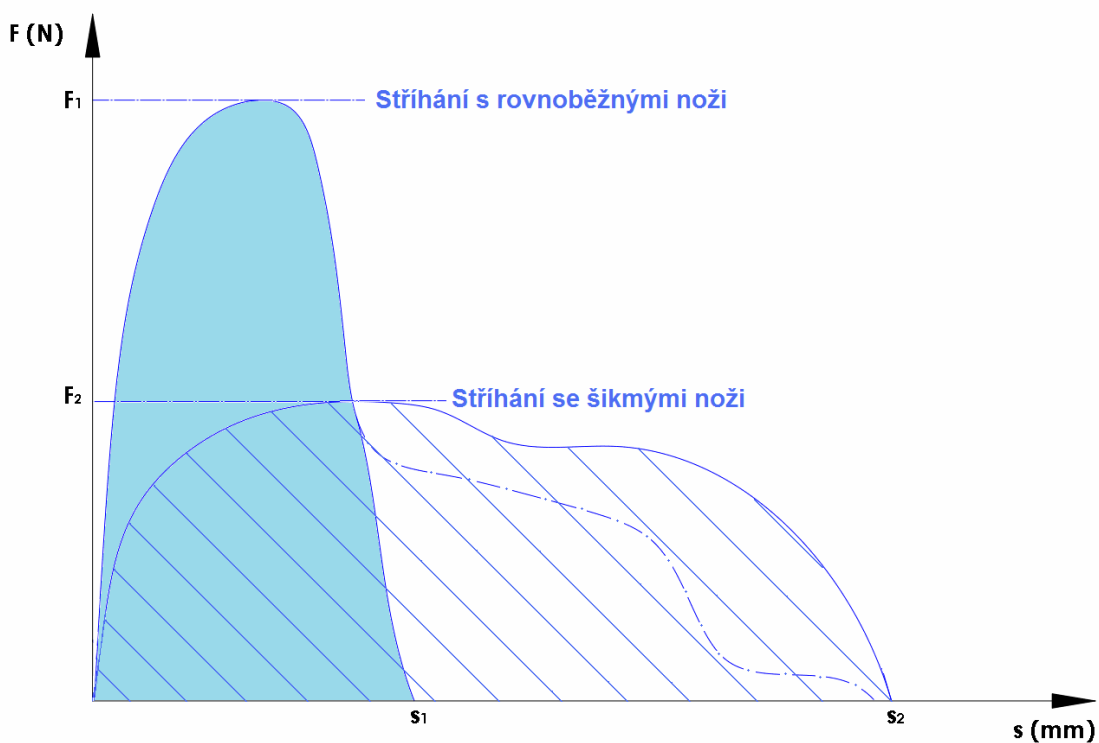
Nástroje využívané pro stříhání jsou dostupné v různých provedeních a v různých velikostech, podle druhu a tvaru výstřížku a podle druhu potřebné technologie. Podle tvaru a konstrukce nožů je stříhání rozděleno na stříhání rovnoběžnými noži, stříhání šikmými noži, stříhání rotačními noži a stříhání na stříhadlech.

- **Stříhání rovnoběžnými a šikmými noži**

Je využíváno pro stříhání rovných stříhů, neboli stříhání po otevřeném obryse. Při stříhání rovnoběžnými noži (obr.7) jsou břity rovnoběžné se stříhaným materiálem, výhodnější z hlediska velikosti střížné síly je využití šikmých nožů. Při stříhání šikmými noži (obr.7) dochází k postupnému vnikání břitu do materiálu (materiál je postupně odřezáván) čímž je dosaženo snížení střížné síly. Při stříhání šikmými noži je zapotřebí větší rozsah pohybu nožů pro oddělení materiálu. Zobrazení rozdílu střížné síly je znázorněno na obrázku (Obr.8) .



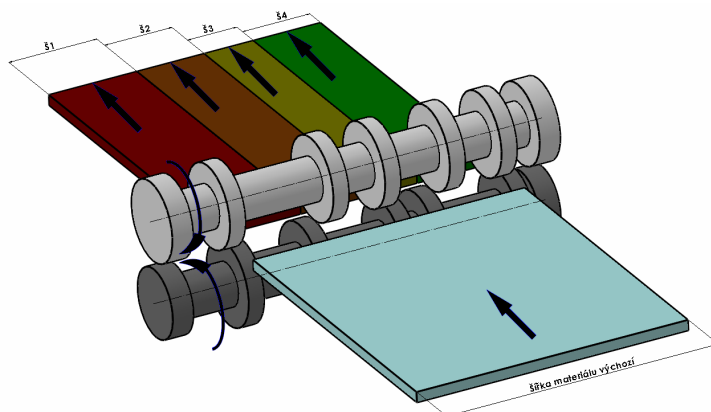
Obr.7 Stříhání rovnoběžnými a šikmými noži [1]



Obr.8 Rozdílný průběh střížných sil [15]

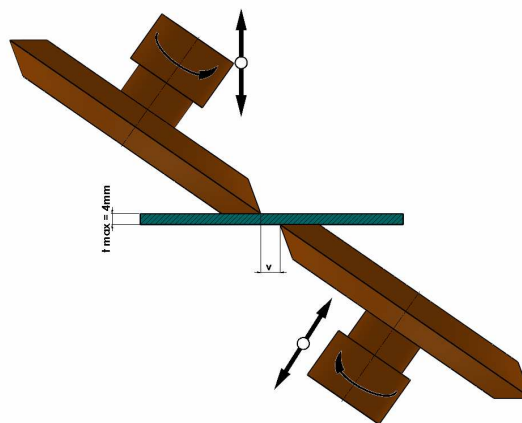
- **Stříhání rotačními noži**

Proces stříhání rotačními nůžkami je velmi podobný procesu stříhání s noži šikmými, rovná čepel může být vnímána jako rotační nůž s nekonečným poloměrem. Do stříhání rotačními noži může být zařazeno stříhání nůžkami na pásy (Obr.9) a stříhání křivkovými nůžkami. Jedná se o stříhání převážně otevřeného obrysu.



Obr.9 Znárodnění funkce nůžek na pásy [8]

Křivkové nůžky (obr.10) jsou určeny k vystřihování různých tvarů z plechu i ostřihování obvodů velkých výtažků. Křivkovými noži je možno stříhat jak podél přímé tak kruhové nebo nepravidelné trajektorie. Poháněn je pouze horní nůž.

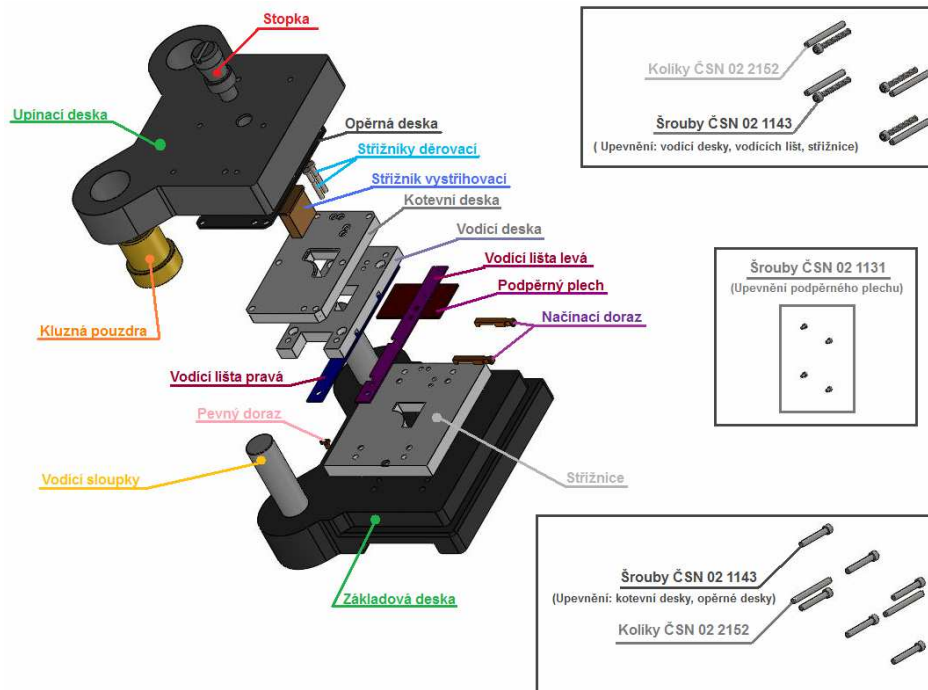


Obr.10 Znárodnění křivkových nůžek [1]

- **Stříhání na stříhadlech**

Stříhadlo je souhrn velkého množství součástí které můžeme rozdělit do několika skupin: součásti činné, součásti upínací a součásti doplňkové, které tvoří sestavu střížné skříně a střížné hlavice . Konstrukce stříhadel je několik druhů: Jednoduché stříhadlo, postupové stříhadlo, sloučené stříhadlo, sdružené stříhadlo. Základní popis a příklad stříhadla postupového znázorněn na obrázku (Obr.11)

Nezákladnější hlavní části stříhadel jsou STŘIŽNÍK upnutý ve střížné hlavici. Dalšími součástmi střížné hlavice jsou např. kotevní deska, opěrná deska, stopka. STŘIŽNICE je součástí souhrnu střížné skříně, jejíž další součásti jsou základová deska, dorazy, vodící lišty, vodící deska.



Obr.11 Popis a příklad postupového stříhadla

Mezi důležité faktory ovlivňující stříh jsou: střížná síla, rychlost střížníku, stav povrchu střížníku a střížnice - stav hran, typ maziva a velikost vůle mezi střížníkem a střížnicí.

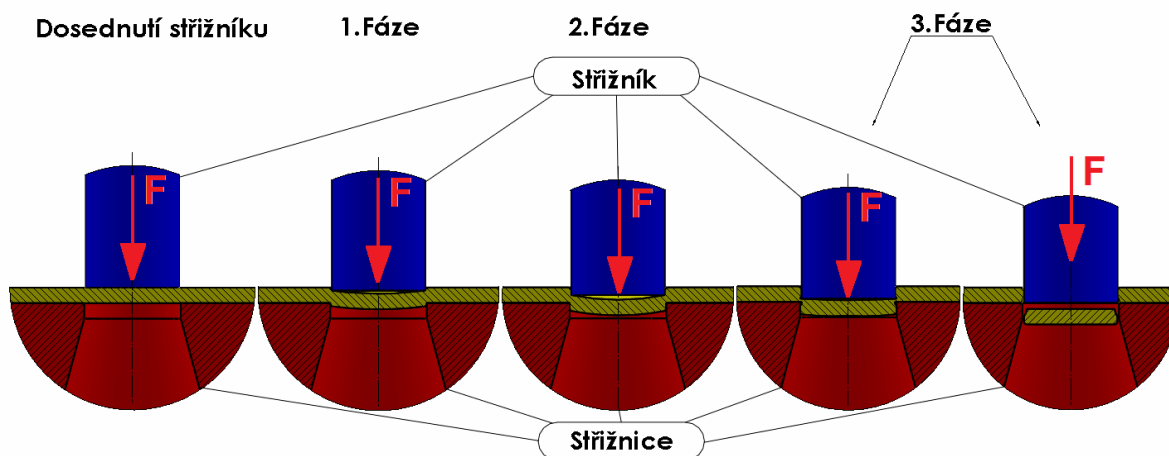
Dvě základní operace na stříhadlech jsou vystřihování a děrování. Při děrování se vystřižená část stává odpadem, přičemž při vystřihování je vystřižená část výstřížkem.

Stříhání na stříhadlech lze stejně jako stříhání na tabulových nůžkách rozdělit a popsat ve třech fázích (Obr.12).

1.Fáze, neboli fáze elastické deformace, materiál se začíná deformovat vlivem tlaku střížníku, napětí a deformace nepřesahují mez pružnosti

2.Fáze, neboli fáze plastické deformace, materiál se začíná vtlačovat do střížnice – začíná se plasticky deformovat na hranách střížníku a střížnice. Na konci této fáze dosáhne napětí v blízkosti střížné hrany napětí smykovému.

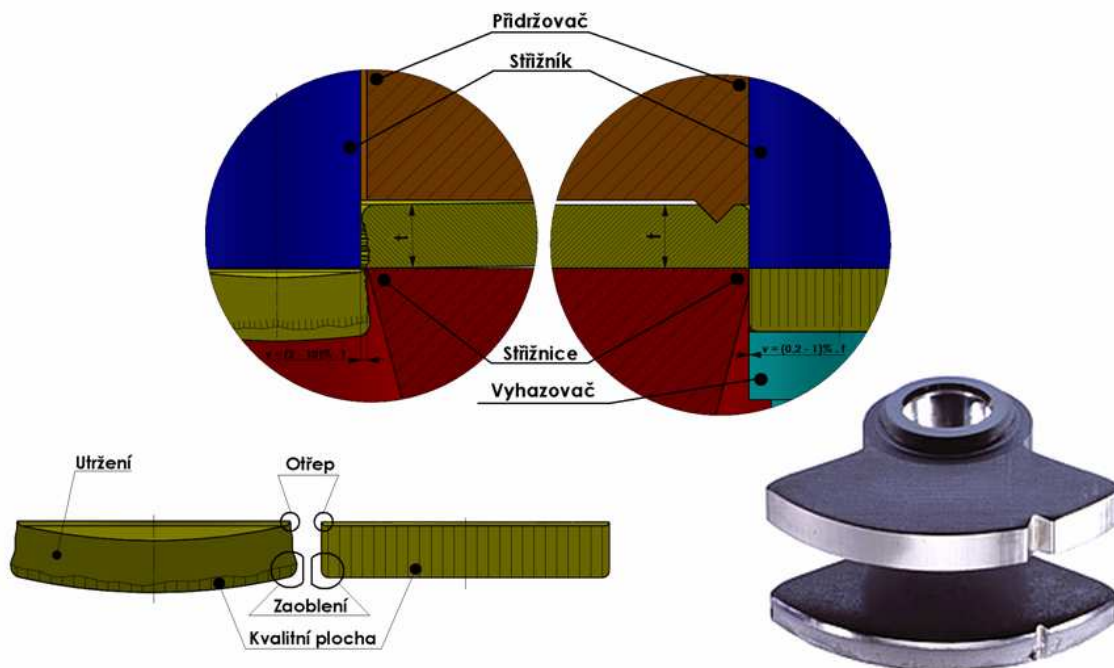
3.Fáze - napětí v materiálu se dostává na úroveň napětí ve stříhu, na hranách břitů střížníku a střížnice vznikají první trhliny které se šíří a dochází k utržení (usmýknutí) materiálu



Obr.12 Tři fáze stříhu na stříhadlu [1]

1.3 Stříhání součástí s vyšší přesností [1], [5], [10], [11], [14], [15], [19]

Při požadavku stříhání součástí s vyšší přesností neboli s nižším stupněm IT a kvalitnější střížnou plochou v porovnání s plochou stříhanou běžným způsobem (Obr.13) jež není nutno dále třískově opracovávat je možno volit technologie ze skupiny takzvaného přesného stříhání. Do této skupiny technologií zlepšující kvalitu střížné plochy a přesnost vyrobených rozměrů patří: stříhání bez střížné mezery (zaoblený střížník x zaoblená střížnice), přístřihování, kalibrování, stříhání se zkoseným přídržovačem a stříhání s nátláčnou hranou.

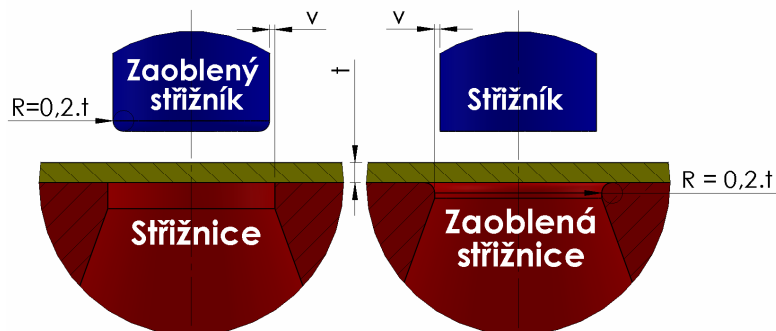


Obr.13 Kvalita stříhu pro běžné a přesné stříhání [15], [5]

- **Stříhání bez střížné mezery – zaoblené hrany**

Stříhání bez střížné mezery je metoda u které má jedna z částí (střížník x střížnice) zaoblenou hranu. Doporučené zaoblení je $R = 0,2 \cdot t$ (t - tloušťka materiálu) jak je i znázorněno na obrázku (Obr.14). Při volbě většího zaoblení dochází ke většímu prohnutí výstřížku což je nežádoucí.

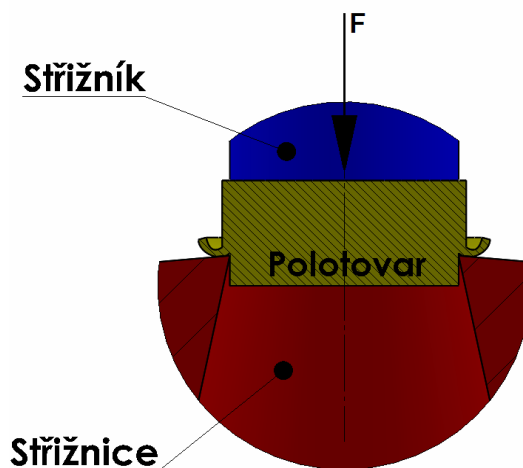
Střížná vůle se zde volí (0,01 – 0,025) mm což znamená střížnou mezeru o velikosti (0,005 – 0,012) mm. Kvůli této velice malé střížné mezeře je nutností zajistit dokonale přesné vzájemné polohování střížníku vůči střížnici. Stříhání metodou se zaoblenou střížnicí/střížníkem se dosahuje kvalitnější plochy o drsnosti (R_a 0,4 μm – 0,8 μm) a vyšší přesnosti rozměrů (IT 9 - 11). Nevýhodou metody je nárůst potřebné střížné síly.



Obr.14 Stříhání se zaoblenou stříž. hranou (vlevo – děrování, vpravo - vystřihování) [15]

- **Přistříhování**

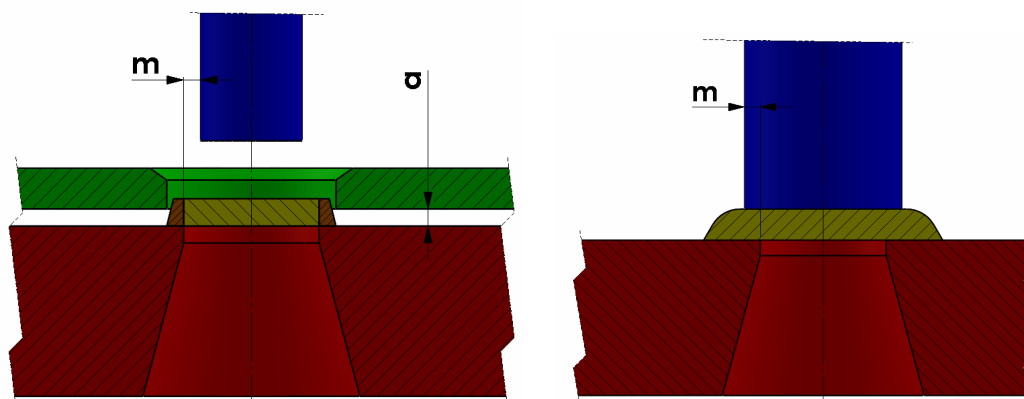
Přistříhování je operace oddělování malého množství materiálu (Obr.15) o tloušťce 0,1 mm – 0,5 mm z oblasti střížné plochy. Následuje po operaci stříhu na běžném střížném nástroji kde se vystříhne polotovar s přídatkem pro operaci přistříhování. Většinou využíváno jako jediná operace, výjimečně pro přistříhování tlustších materiálu na více operací.



Obr.15 Ilustrace přistříhování [1]

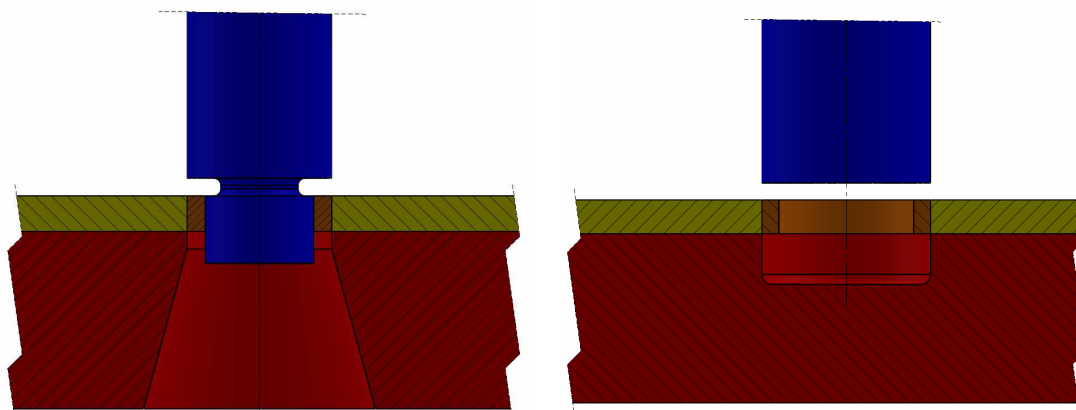
Materiál není vytlačen hned v první operaci, většinou je vytlačen až dalším zdvihem – dalším materiálem. Lepší přesnosti se dosahuje u tvrdších materiálu. Stříhání přistříhování se dosahuje kvality střížné plochy o drsnosti (R_a 0,6 μ m - 1,6 μ m) a přesnosti rozměrů (IT 6 - 9).

Podle konstrukce nástroje jde přistříhovat buď s kladnou nebo se zápornou střížnou vůlí (mezerou), znázorněno na obrázku (Obr.16).



Obr.16 Přistříhování s kladnou vůlí (vlevo), přistříhování se zápornou vůlí (vpravo) [1]

Přistříhovat lze i otvory, buď již vytvořené nebo lze děrovat s následným přistřížením v jednom zdvihu což je znázorněno na obrázku (Obr.17).

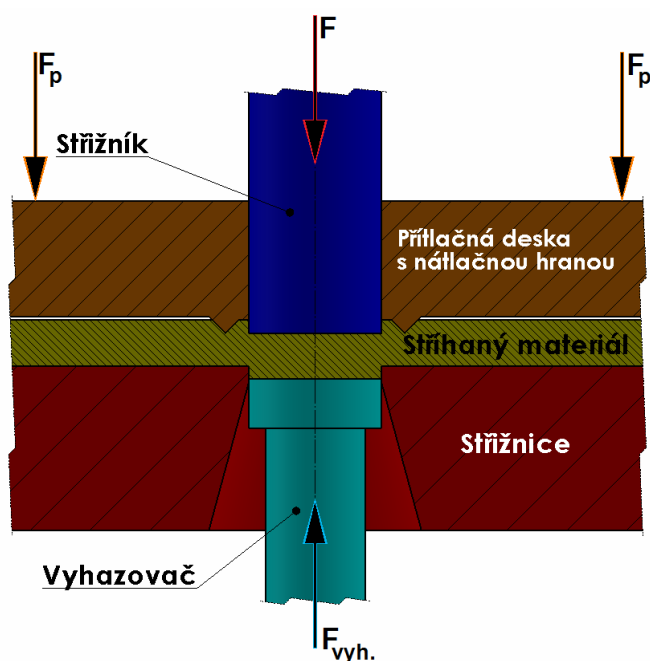


Obr.17 Děrování s přistříhováním (vlevo), přistříhování otvoru (vpravo) [1]

- **Stříhání s nátlacnou hranou**

Materiál je sevřen mezi střížníkem, vyhazovačem, střížnicí a přidržovačem s nátlacnou hranou. Nátlacná hrana vniká do materiálu před samotným stříhem, zachytává radiální složku tečení materiálu, zamezuje prohýbání, pásma plastického stříhu je rozšířeno přes celou tloušťku materiálu a tím je umožněno vytvořit kvalitní střížnou plochu. Hrana se umísťuje na přidržovač, pro materiály o tloušťce více jak 5 mm je možno nátlacnou hranu umístit na přidržovač a zároveň na střížnici. Pro přesné stříhání jsou využívány speciální stroje - trojčinné lisy. Každý ze tří pohybů lisu je možno ovládat samostatně.

Přesným stříháním s nátlacnou hranou (Obr.20) se dosahuje kvality plochy o drsnosti (R_a 0,4 μm - 1,6 μm) a přesnosti rozměrů (IT 6 - 9).

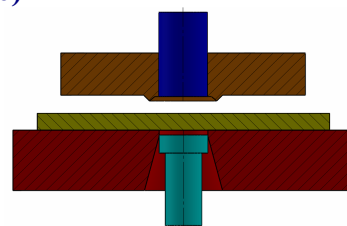


Obr.20 Stříhání s nátlacnou hranou [10]

- **Princip přesného stříhání s nátlacnou hranou (Obr. 21 - 26)**

Fáze 1:

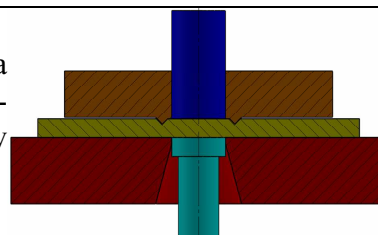
Počáteční pozice, nástroj je otevřený s materiálem připraveným v potřebné pozici.



Obr. 21 Fáze 1.

Fáze 2:

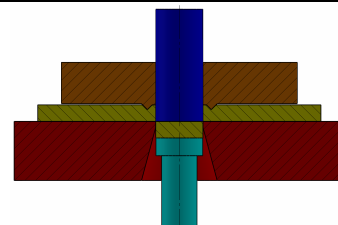
Nástroj se zavírá, materiál je svírán mezi přidržovačem a střížnicí a mezi střížníkem a vyhazovačem, zde dochází ke vtlačení nátlacné hrany a tím se vytváří trojosá tlaková napjatost v místě stříhu.



Obr. 22 Fáze 2.

Fáze 3:

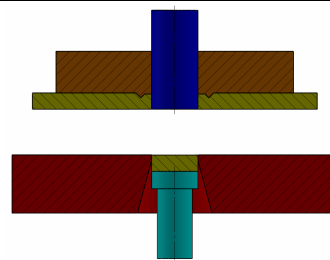
Součást je vystřížena a stále pevně svírána po obou stranách mezi střížníkem a vyhazovačem. Tím se docílí kvalitnější střížené plochy.



Obr. 23 Fáze 3.

Fáze 4:

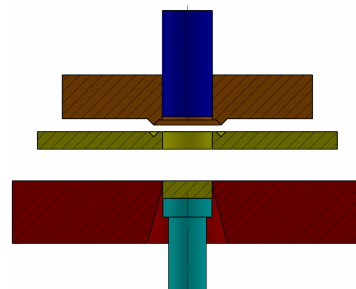
Nástroj se otevírá a zároveň se uvolňuje stisk výstřížku mezi střížníkem a vyhazovačem.



Obr. 24 Fáze 4.

Fáze 5:

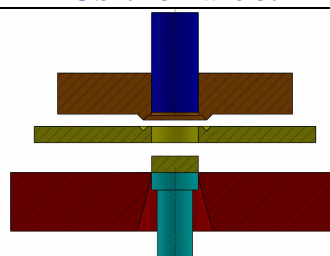
Materiál je odstraněn ze střížníku přítlačnou deskou.



Obr. 25 Fáze 5.

Fáze 6:

Výstřížek je vyhozen ze střížnice vyhazovačem, po té je odstraněn z pracovního prostoru, většinou odfouknut stlačeným vzduchem eventuelně mechanickou rukou.



Obr. 26 Fáze 6.

2 Zhodnocení a popis zadané součásti [3], [4], [6], [7], [9], [13], [18], [19]

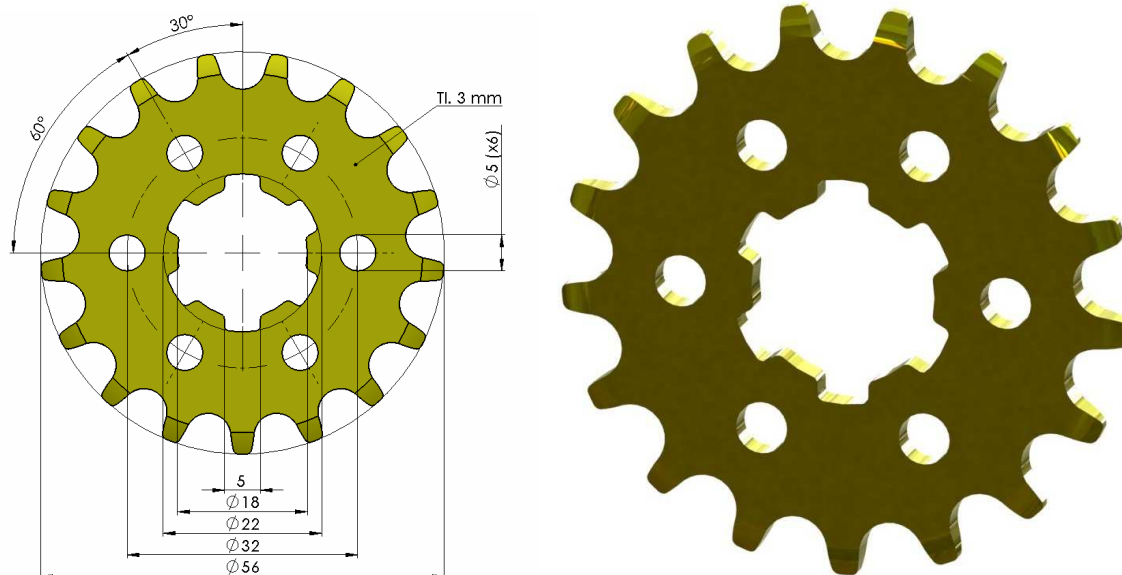
Řetězové kolo jednořadé - Pastorek (Obr.27) pro řetěz 06 B s roztečí $p = 9,525 \text{ mm}$. Při návrhu pastorku se vychází z řetězu se kterým bude zabírat. U řetězů s roztečí menší nebo rovnou $9,525 \text{ mm}$ se volí počet zubů pastorku lichý a to o počtu větším nebo rovném 17 zubů a tak i bylo zvoleno ($z = 17$). Další důležité parametry pro výpočet jsou průměr válečku řetězu ($d_1 = 6,35 \text{ mm}$), vnitřní šířka řetězu ($b_1 = 5,72 \text{ mm}$). Požadovaná drsnost povrchu na zubech a díry pro hřídel $Ra 0,8$.

Z výše uvedených údajů byly vypočteny rozměry pastorku ozubeného převodu:

- Průměr roztečné kružnice: $D_{t1} = 51,85 \text{ mm}$
- Průměr hlavové kružnice: $D_{a1min} = 55,03 \text{ mm}$
 $D_{a1max} = 57,41 \text{ mm}$
- Průměr patní kružnice: $D_{f1} = 45,50 \text{ mm}$
- Poloměr dna zubové mezery: $r_{i min} = 3,21 \text{ mm}$
 $r_{i max} = 3,34 \text{ mm}$
- Úhel otevření: $\alpha_1 = 114^\circ 42'$
- Největší průměr věnce: Řetězové kolo bude bez věnce – „disk“.
- Poloměr zaoblení zubu: $r_x = 9,525 \text{ mm}$
- Zaoblení zubu: $b_a = 0,9 \text{ mm}$
- Šířka řetězového kola: zvolena 4 mm
- Poloměr boku zubu: $r_{e1 min} = 14,48 \text{ mm}$
 $r_{e1 max} = 258,72 \text{ mm}$

Kromě vypočtených rozměrů bylo na součásti umístěno 6 odlehčovacích otvorů o průměru 5 mm a zvolena díra pro rovnooce drážkovanou válcovou hřídel s vnitřním středěním s označením:

ROVNOBOKÉ DRÁŽKOVÁNÍ 6 x 18 H7 x 22 H10 x 5H9



Obr.27 Nákres zadané součásti + vizualizace zadané součásti

2.1 Další možnosti výroby součásti [4], [7], [9]

Součást lze vyrobit více způsoby, více či méně vhodnými z hlediska přesnosti rozměrů, dosažitelné drsnosti povrchu, na jednu či více operací které dále prodražují výrobu a tím zvyšují celkovou konečnou cenu výrobku. Vhodnost technologie použitelné pro výrobu zadané součásti z hlediska přesnosti rozměrů, drsnosti plochy a vhodnosti pro výrobu je uvedena v tabulce na straně 26 (Tab.5).

• Laser

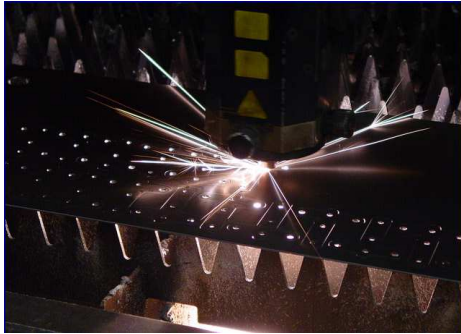
Technologie pro dělení materiálu do tloušťky (25-30) mm. Technologie řezání laserovým paprskem (Obr.28), jehož zdrojem je tzv. rezonátor (Obr.29), který je doveden do řezací hlavy souborem zrcadel. V řezací hlavě je paprsek zaostřen do definovaného ohniska závislého na druhu materiálu a jeho tloušťce.

Existují dvě metody a to řezání spalováním a řezání protavováním. Moderní systémy umožňují průběžně měnit výkon laseru, rychlosti posuvu.

Co se materiálů týče, lze řezat kovy plasty i dřevo. U ocelí dosti záleží na kvalitě materiálu (Obr.30, 31, 32), mezi faktory ovlivňující kvalitu řezné plochy patří chemické složení materiálu (zvláště škodlivý je vyšší obsah křemíku), způsob výroby (válcování za tepla x válcování za studena), homogenita, stav povrchu materiálu. Speciálně upravené materiály vhodné pro řezání laserem jsou např. Raex (Obr.31), SAEY-LaserFORM, Domex apod.

+	-
<ul style="list-style-type: none"> • Vysoká řezná rychlost. • Kvalitní a hladký řez bez okují a známek tepelně ovlivněné oblasti u malých tloušťek materiálů. • Přesnost řezání +/- 0,1mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vznik a přenos tepla – na dílech o větší tloušťce patrná tepelně ovlivněná oblast. • Vznik návarků • Tlustý materiál – tvarová omezení. • Deformace teplem.

- Řezná spára 0,2-0,5 mm
- Možnost využití mikromůstků.
- U tenkých materiálu možno řezat malé detaily.



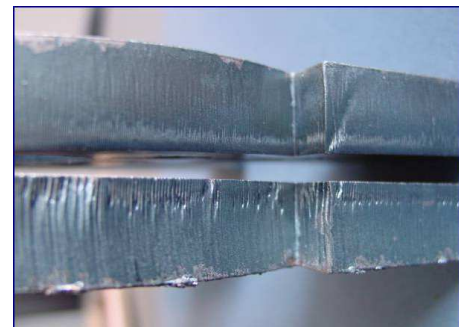
Obr.28 Řez laserem [9]



Obr.29 Rezonátor [9]



Obr.30 Laserový řez nekvalitního materiálu [9]



Obr.31 Porovnání řezu plechu pro laserové řezání pod názvem Raex(nahoře) a běžné oceli [9]



Obr.32 Kvalita řezu konstrukční oceli [9]

Přesnost rozměrů: IT10 – IT 12

Drsnost řezané plochy: 3,2 μm – 12,5 μm

• Vodní paprsek

Moderní technologie pro dělení deskových kovových, keramických, plastových, skleněných, kamenných materiálů o tloušťce cca 100 mm. Jedná se o řezání vysokotlakým vodním nebo hydroabrazivním paprskem (Obr.33) o tlaku 400 Mpa – 600 Mpa. Hlavní součástí řezacího stroje je vysokotlaké čerpadlo které generuje již uvedený tlak. Vodním paprskem (cca 0,15 - 0,30 mm) jsou řezány převážně měkké materiály – plasty, pryže, dřevo, korek. Hydroabrazivním paprskem (cca 0,8 - 1,5 mm) je spíše určen pro řez materiálu jako je kámen, sklo a samozřejmě kov.

Kvalita řezu se odvíjí od druhu použitého materiálu a jeho tloušťky, dalším významným faktorem je rychlost řezu. Dosahované kvality řezu jsou uvedeny v tabulce (Tab.4) a na obrázcích (Obr.34, 35).

+

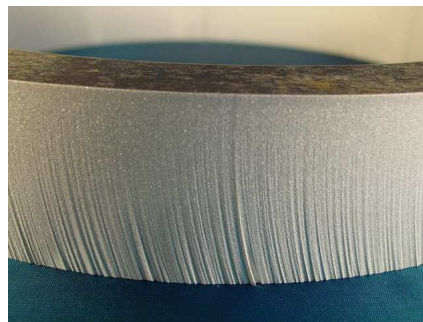
- Řez bez tepelného ovlivnění materiálu
- Možno řezat jakýkoliv materiál
- Nedochozí k porušení případné povrchové úpravy
- V mnohých případech není nutno dalšího opracování



Obr.33 Řez vodním paprskem [9]

-

- Znečištění (abrazivem)
- Kontakt s vodou – rychlý vznik povrchové koroze
- Omezené možnosti při výrobě menších dílů
- Deformace tvaru ve spodní části řezu
- Vyšší provozní náklady
- Technicky náročnější



Obr.34 Řez o kvalitě Q2 [9]



Obr.35 Kvalita řezu [9]

Tab.4 Dosahované stupně kvality

Stupeň kvality	Charakteristika	Drsnost v horní části řezu (Ra)	Drsnost ve spodní části řezu (Ra)	Tvarová přesnost v horní části řezu	Tvarová přesnost ve spodní části řezu	Úkos
Q5	Nejlepší řez	pod 3,2	cca 3,2	+/- 0,1	+/- 0,1	Mírný podřez
Q4	Kvalitní řez	cca 3,2	cca 6,3	+/- 0,1	+/- 0,2	Minimální
Q3	Střední řez	cca 4,0	do 12,5	+/- 0,15	Dle materiálu	Dle materiálu
Q2	Hrubý řez	cca 4,0	do 25	+/- 0,2	Dle materiálu	Dle materiálu
Q1	Dělicí řez	4,0 – 6,3	do 40	+/- 0,2	nepřesné	Výrazný úkos

Přesnost rozměrů: IT11 – IT 12

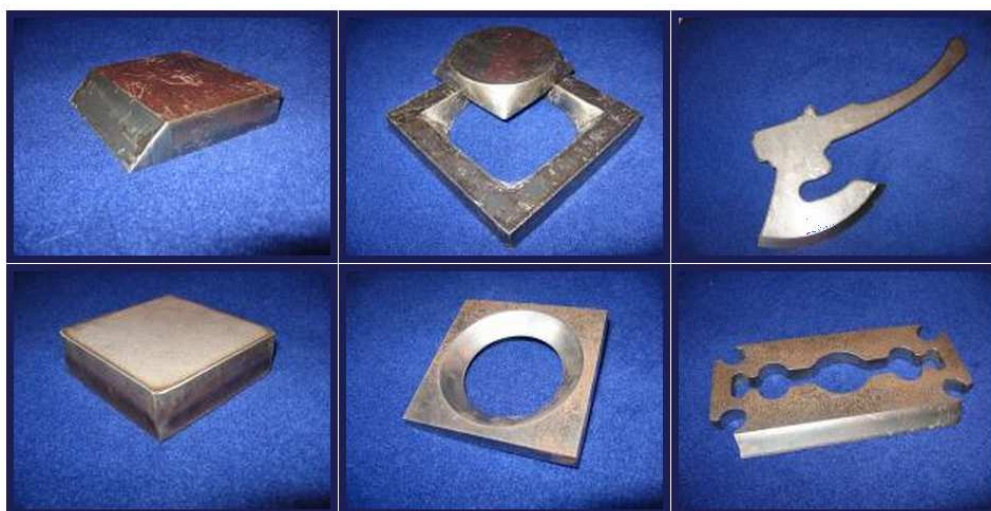
Drsnost řezané plochy: 3,2 μm – 25 μm

- **Plazma**

Plazma je tzv. čtvrté skupenství hmoty, elektricky vodivý ionizovaný plyn (argon, vodík, dusík, kyslík) o velice vysoké teplotě. Při řezání proudí nadzvukovou rychlostí. V oblouku vznikají teploty okolo 30 000°C.

Co se týče materiálu lze řezat veškerý elektricky vodivý materiál. Tloušťky materiálu vhodné pro řezání plazmou se pohybují od 1mm do 45mm. Příklady výrobků vyřizlých technologií řezání plazmou na obrázku (Obr.36)

+	-
<ul style="list-style-type: none"> • Provoz více hořáků vedle sebe • Všechny el. vodivé materiály • Vysoká řezná rychlost • Kvalitní řez u konstrukčních materiálů do tloušťky cca 30 mm • Automatizace 	<ul style="list-style-type: none"> • Širší řezná spára • Omezené použití u tlustších materiálů



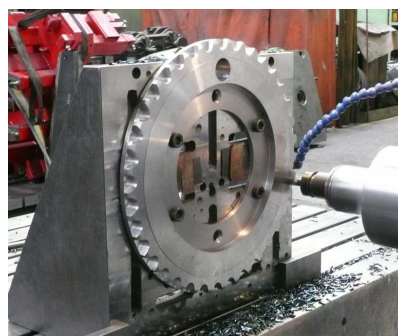
Obr.36 Výrobky vyřiznuté technologií řezání plazmou [4]

Přesnost rozměrů: IT11 – IT 12

Drsnost řezané plochy: 3,2 μm – 25 μm

- **Obrábění**

Řetězové kolo je možno vyrábět i obráběním (Obr.37), je ovšem nutno využít více operací jako například počáteční dělení materiálu, zarovnání čel, soustružení vnějšího průměru, vrtání jak odlehčovacích děr, tak otvoru pro další operaci protahování drážek, frézování nebo obrázení ozubení, dokončovací operace pro zajištění požadované kvality.



Obr.37 Obrábění řetězového kola [7]

Přesnost rozměrů: IT6 – IT 8

Drsnost řezané plochy: 0,4 μm – 12,5 μm

Technologie stříhání a technologie přesného stříhání viz. Kapitola 1.

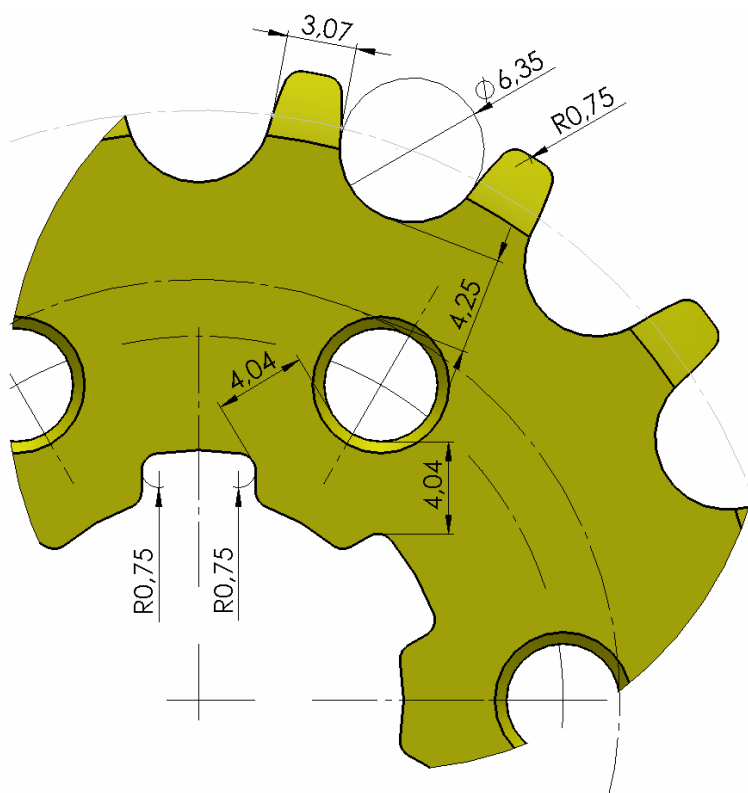
Tab.5 Možné technologie výroby – souhrn přesnosti rozměrů a drsnosti plochy

		Přesnost rozměrů IT	Drsnost plochy Ra (μm)
Laser		10 - 12	3,2 – 12,5
Plasma		11 - 12	3,2 – 25
Vodní paprsek		11 - 12	cca 3,2 – 25
Obrábění		6-8	0,4 - 12,5
Běžné stříhání s vodícími prvky		9 - 12	3,2 – 6,3
Přesné stříhání	Bez střížné mezery	9 - 11	0,4 - 0,8
	Přistříhování	6 - 9	0,6 - 1,6
	Kalibrování	6 - 9	0,8 – 1,6
	Se zkoseným přidržovačem	6 - 9	0,8 – 1,6
	S nátlakovou hranou	6 - 9	0,4 – 1,6

2.2 Zhodnocení technologičnosti zadané součásti [3], [6], [13], [19]

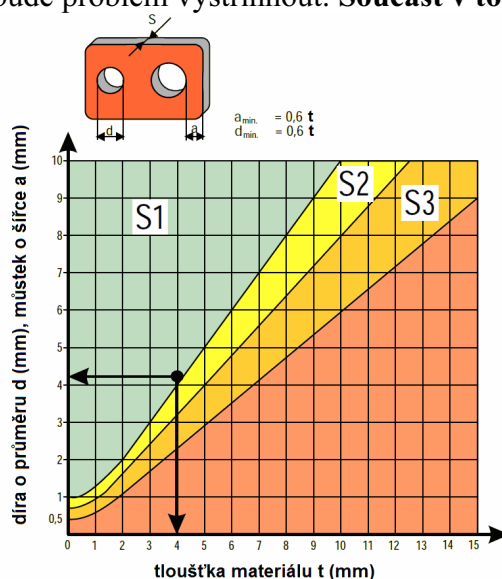
Technologičnost rozměrů zadané součásti (Obr.38) bude posouzena dle nomogramů. Posuzovány budou můstky mezi jednotlivými otvory, zaoblení zubů pastorku, šířka zubu v místě roztečné kružnice a zaoblení drážkování. Rozměry které se dají vyrobit jsou závislé i na stříhaném materiálu, materiál bude dále řešen v kapitole 2.3.1 Volba materiálu a rozměry budou překontrolovány.

Značky S1, S2, S3 v nomogramech mají význam stupně obtížnosti vytvoření požadovaného prvku.



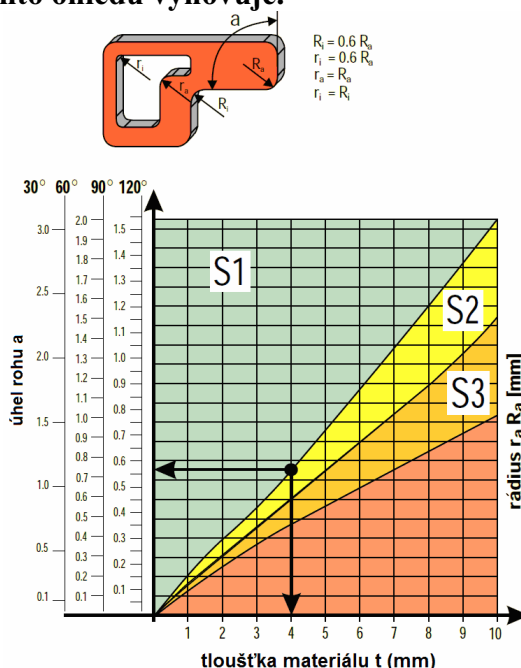
Obr.38 Rozměry zadané součásti – zhodnocení technologičnosti

Dle monogramu pro určení minimálního rozměru díry (Obr.39) vychází minimální průměr díry, pro materiál o tloušťce 3mm, $d_{\min.} = 1,8$ mm. V případě zadané součásti je průměr odlehčovací díry 5 mm a díru nebude problém vystřihnout. **Součást v tomto ohledu vyhovuje.**



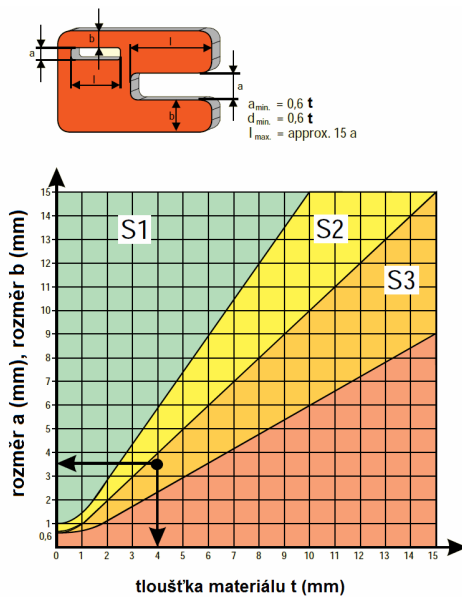
Obr.39 Nomogram k určení minimálního rozměru díry a k určení minimální šířky můstku [19]

Dle nomogramu pro určení vnitřních i vnějších poloměrů (Obr.40) a doporučení literatury, byla všechna zaoblení sjednocena (zuby, drážkování) a byl zvolen poloměr všech zaoblení 0,75 mm. Vypočtený průměr dna zubní mezery 6,35 mm respektive poloměr 3, 18 mm je také vyhovující. **Součást v tomto ohledu vyhovuje.**

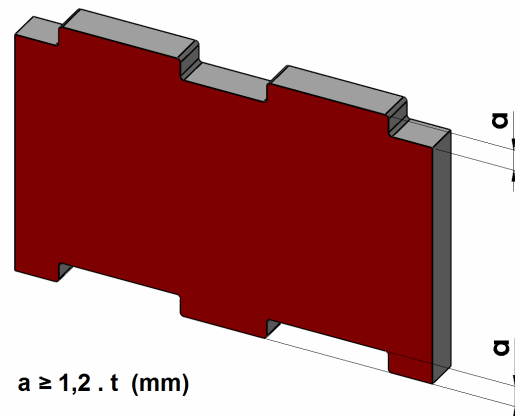


Obr.40 Nomogram k určení vnitřních a vnějších poloměrů zaoblení [19]

Dle nomogramu pro určení můstku, rozměrů drážky, rozměrů částí vyčnívajících ze součásti (jinak rozměrů a, b) (Obr.41), dle obrázku (Obr.42). Rozměry drážkování vyhovují. Můstky materiálu mezi jednotlivými otvory (cca 4 mm) taktéž vyhovují. **Součást v tomto ohledu vyhovuje.**



Obr.41 Nomogram k určení rozměrů a,b [19]



Obr.42 Minimální výška výstupků [3]

Aby mohlo být ozubení stříháno přesným stříhem musí být šířka zubu na roztečné kružnici minimálně cca 2/3 tloušťky materiálu aby tvar zubu nebyl deformován. Rozměr na roztečné kružnici je cca 3,1 mm > tloušťce materiálu -> podmínka vzhovuje. **Součást v tomto ohledu vyhovuje.** Hodnoty byly kontrolovány i dle jiné literatury, **součást je vhodná pro technologii přesného stříhání.**

2.3 Návrhy a výpočty [3], [6], [13], [19]

Kapitola se zabývá volbou materiálu, návrhem nástřihového plánu, spotřebou materiálu, výpočtem střižné síly a střižné práce, výpočtem těžiště střižných sil. Jsou to faktory ovlivňující konečnou cenu výrobku. Volba materiálu ovlivní cenu výrobku ne jen z pohledu ceny materiálu ale také z pohledu opotřebování nástrojů, které se budou muset např. častěji přebušovat. Nástřihový plán bude zhotoven a spočítán s ohledem na nátláčnou hranu – což znamená že výsledný pás nebo pruh plechu je širší než u běžného stříhání. Z toho vyplývá, že bude menší využití materiálu. Samotný tvar součásti, z pohledu využití materiálu, není prospěšný – využití je spočítáno pro různé varianty rozmístění výstřižků, z nichž bude vybrána nevyhovující varianta. Střižná síla, přítlačná síla, vyhazovací síla střižná práce a celková síla jsou spočítány z důvodu volby stroje. V posledním bodě je spočítáno těžiště střižných sil.

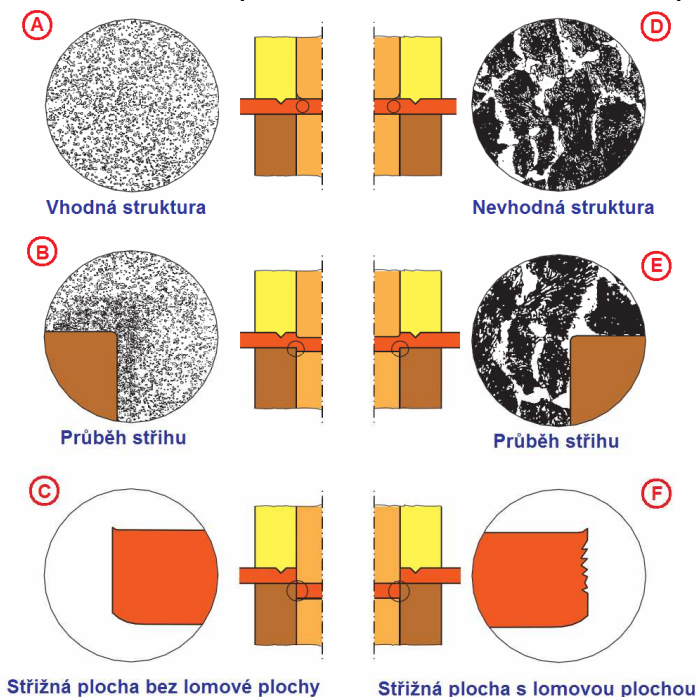
2.3.1 Volba materiálu [3], [19]

Technologií přesného stříhání je možno stříhat poměrně velké množství materiálů se specifickými vlastnostmi: hliník a slitiny hliníku do $R_m = 300\text{MPa}$, měď, některé mosazi, cementační oceli, feritické oceli, nelegované oceli, nízkolegované oceli, nerez. Druh materiálu společně s tloušťkou materiálu ovlivňují střižný proces od síly potřebné k ustřižení až po kvalitu střižné plochy. Mikrostruktura kovového materiálu je deformována tvářením za studena pomocí střižníku do doby než dojde k oddělení.

Možnost přesného stříhu materiálu je závislá na chemickém složení materiálu, stupni čistoty, mikrostruktura, zpracování a na mechanických a technologických podmínkách. Mikrostruktura materiálu má obzvláště velký vliv na kvalitu střižné plochy. Přehled materiálů vhodných pro přesné stříhání je uveden v tabulce na straně 30 (Tab. 6).

Obrázek „D“ (Obr.43)zobrazuje mikrostrukturu oceli 12 050, která nebyla žíhána na měkko, struktura obsahuje ferit a perlit. Během střížného procesu jsou tvrdé částice cementitu rozlámány a výsledkem toho je potrhaná střížná plocha („F“).

Obrázek „A“ (Obr.46) zobrazuje mikrostrukturu oceli 12 050 ve stavu po vyžíhání na měkko, struktura obsahuje feritovou matici s kuličkovým cementářem. Cementář zde není drcen ale zatlačován do feritu a střížná plocha vzniká hladká bez lomové plochy („C“).



Obr.43 Struktura materiálu [19]

Tab.6 Přehled materiálů vhodných/nevhodných pro přesné stříhání [3]

Označení materiálu		Vhodnost pro přesné stříhání
ČSN	11 300, 11 320, 11 330, 11 343, 11 373, 11 423, 11 425	Velmi dobrá
	12 010, 12 014, 12 020, 12 023, 12 024	
	42 4214 (Mosaz)	Dobrá
	11 500, 11 600, 11 700	
	16 720	
	Ms 63, Ms 60	Špatná
ČSN	42 3223 (Ms 58)	Nevhodná
	42 3214 (Ms 63Pb)	Nehodí se
	12 040, 12 041, 12 050, 12 060, 12 061, 12 073, 12 081, 12 088	Opotřebení nástroje
	13 180	
	14 109, 14 120, 14 180, 14 220, 14 221, 14 260	
	15 124, 15 130	
	16 220, 16 221, 16 231, 16 420	
	17 041, 17 240, 17 241, 17 246, 17 253	
	19 103, 19 132, 19 140, 19 152, 19 191, 19 192, 19 221, 19 222, 19 252, 19 255, 19 312, 19 419, 19 452	

Po porovnání těchto pěti materiálů (11 500, 11 600, 11 700, 12 050.1, 12 060.1) bylo rozhodnuto, že nejlepší volbou bude materiál 11500. Materiály 11 600, 11 700 a 12 060.1 mají pro přesný stříh vysokou pevnost v tahu proto jsou nevhodné. Ocel 12 050.1 je určena k zušlechťování a povrchovému kalení, při tomto tepelném zpracování by mohlo dojít k přehřátí konců zubů a následnému ulamování. Z těchto důvodů byla zvolena ocel 11 500.

Materiál 11500 je konstrukční ocel (ocel neušlechtilá) s obtížnou tavnou svařitelností., vhodná pro strojní součásti která jsou namáhány jak staticky tak dynamicky. Součásti které se z této oceli nejčastěji vyrábějí jsou tedy hřídele, ozubená kola, čepy, kolíky, podložky, příruby, pouzdra, základové desky, šrouby, matice, kladky atd.

Pevnost v tahu: $R_m = 470 - 600$ MPa

Minimální mez kluzu: $R_{e \text{ min.}} = 245$ MPa

Tvrdość HB: max. 268

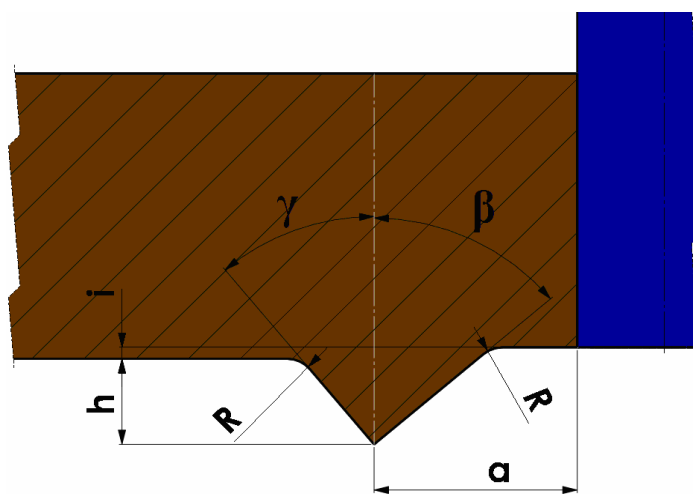
Třída odpadu: 001

2.3.2 Návrh nátláčné hrany – výběr tvaru, polohy a velikosti [6], [19]

Nátláčná hrana je charakteristickým rysem přesného stříhání s nátláčnou hranou má svoji definovanou geometrii, možnosti této geometrie nátláčných hran jsou uvedeny v tabulkách (Tab.7, 8, 9) a na obrázcích (Obr. 44, 45, 46). Volba nátláčné hrany ovlivňuje kvalitu střížné plochy a životnost nástroje. Střížná hrana se volí buď na přídržovací, nebo na střížnici a přídržovači v závislosti na tloušťce materiálu. **Při stříhání součástí s ostrými úhly jako jsou např. ozubená nebo řetězová kola se volí varianta s nátláčnou hranou na střížnici i na přídržovači i při menších tloušťkách materiálu.**

Tab.7 Rozměry nátláčné hrany

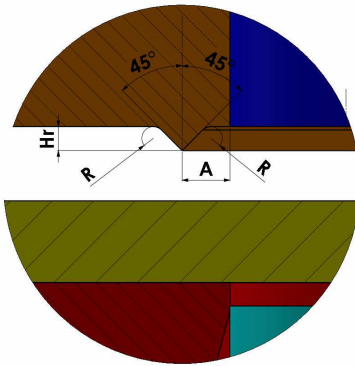
Firma	t	a	h	i	γ	β
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[°]	[°]
Feintool	1 – 4	$(1 - 1,5).t$	$(0,33 - 0,5).t$	0,05	30 – 40	40 - 50
E.A.Popov	do 5	$(0,6 - 0,7).t$	$(0,1 - 0,2).t$	0,05 – 1	30	45
Heinrich - Schmid	3 - 5	$(0,5 - 2).t$	$C = 0,3 - 1,0$	0	40	40
Maypres	1 – 4	$0,7.t$	$0,2 .t$	0,05	40	40



Obr.44 Tvar nátláčné hrany

Tab.8 Rozměry nátláčnej hrany Schuler (pouze střížnice) [19]

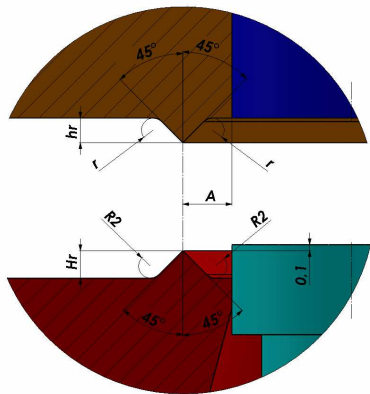
tl. Mat.	A	Hr	R
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
2,8 – 3,2	2,5	0,6	0,6
3,3 – 3,7	2,5	0,7	0,7
3,8 – 4,5	2,8	0,8	0,8



Obr.45 Tvar nátláčnej hrany Schuler [19]

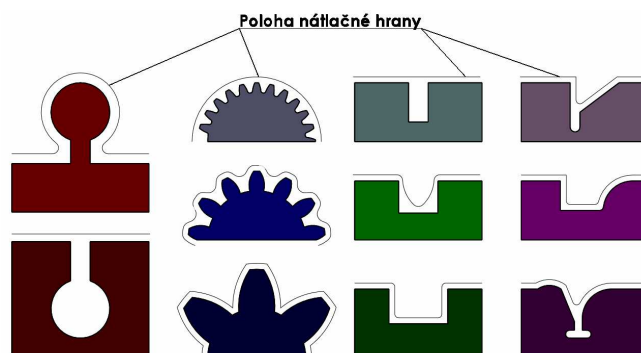
Tab.9 Rozměry nátláčnej hrany Schuler (střížnice + přidržovač) [19]

tl. Mat.	A	Hr	R	hr	r
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
4,5 – 5,5	2,5	0,8	0,8	0,5	0,2
5,6 – 7,0	3,0	1,0	1,0	0,7	0,2
7,1 – 9,0	3,5	1,2	1,2	0,8	0,2
9,1 – 11	4,5	1,5	1,5	1,0	0,5
11,1 – 13	5,5	1,8	2,0	1,2	0,5
13,1 - 15	7,0	2,2	3,0	1,6	0,5



Obr.46 Tvar nátláčnej hrany Schuler [19]

Hrana se vtlačuje před samotným stříhem, v určité definované vnější vzdálenosti od oblasti stříhu. Ne vždy hrana zcela přesně kopíruje vnější tvar součásti, v některých případech to není možné, umístění nátláčnej hrany v případě členitého obrysu znázorněno na obrázku (Obr.47) Funkce hrany je přidržet materiál a zabránit radiálnímu toku materiálu, čímž se zabrání prohnutí materiálu. Další funkcí je vytvořit v materiálu napětí (převažující tlakové) příznivé pro stříh v oblasti stříhu.

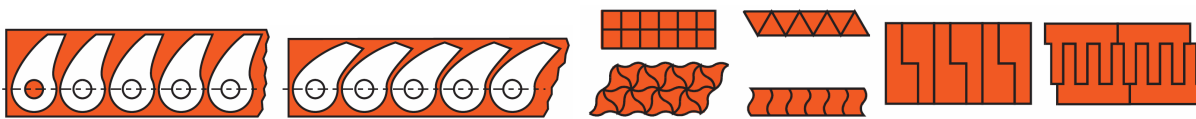


Obr.47 Poloha nátláčnej hrany [6]

Jelikož zadaný výstřížek je řetězové kolo a tato součást obsahuje ostré úhly, je volena varianta s nátláčnou hranou na střížnici a na přidržovači z tabulky „Tab.9“ pro materiál o tloušťce 4,5 mm – 5,5 mm, se změnou hodnoty A která bude 2 mm – netlačná hrana bude kopírovat ozubení ve vzdálenosti 2 mm.

2.3.3 Výpočet využití materiálu, nástřihový plán [3], [6], [13], [19]

Spolupráce mezi konstruktérem a technologem může výrazně snížit spotřebu materiálu. Výstřižky musí být navrženy s co nejmenší plochou, tvar součásti by měl být navržen tak aby výstřižky mohli být rozmístěny na pásu tak aby vznikl co nejmenší odpad. Příklad vhodného a nevhodného uspořádání je na obrázku (Obr.48).



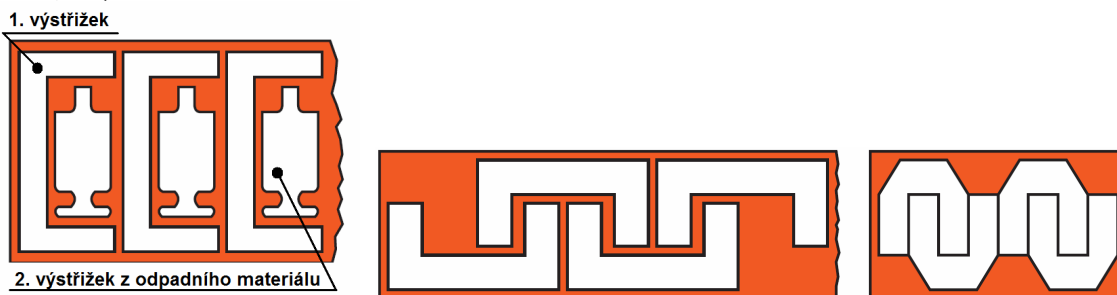
Obr.48 Uspořádání výstřižků, možné uspořádání těsně navazujících výstřižků [19]

Nejlepší možné využití materiálu je takové kdy součásti lze řadit přímo za sebe bez jakéhokoliv můstku (Obr.48), nevýhodou je že vzniká ořep na obou stranách výstřižku.

V případech kdy je možné výstřižky umístit v řadě za sebou je možné z odpadního materiálu vystříhnout další – jiný výstřižek (Obr.49).

Pokud byl materiál zdeformován předchozím stříhem je nutností aby materiál prošel rovnacím procesem.

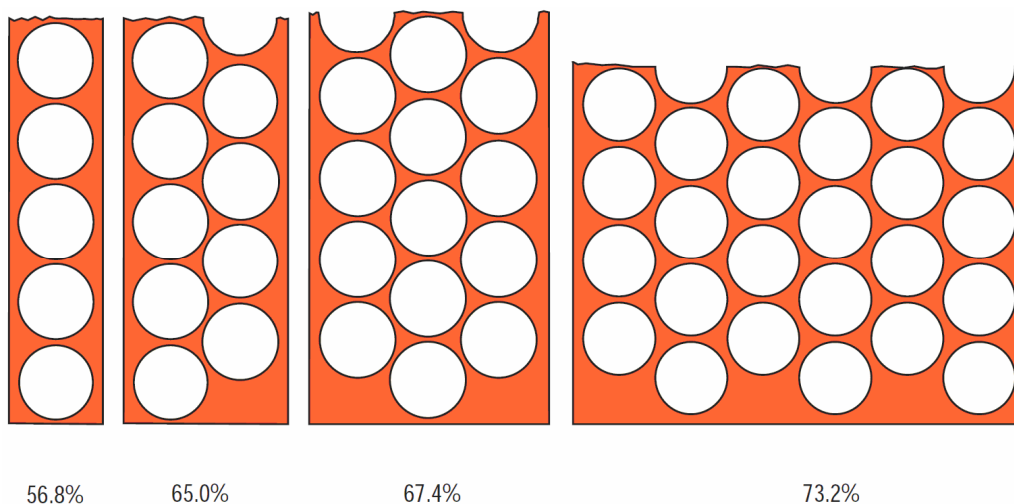
T, L a U tvary výstřižků je ideální z hlediska úspory materiálu, obrátit výstřižky proti sobě (Obr.48, 49).



Obr.49 Využití materiálu, umístění výstřižků tvaru U [19]

Krok stříhu je vypočítáván z rozměru výstřižku a šířky zvoleného můstku. Při stříhání kruhového výrobku je největší využití materiálu dosaženo přechodem z jednořádkového uspořádání na dvouřádkové, třířádkové až n - řádkové jak je znázorněno na obrázku (Obr.50).

Vysoké úspory materiálu při tomto uspořádání je většinou důvodem ke konstrukčnímu řešení stříhadla s více střížníky.

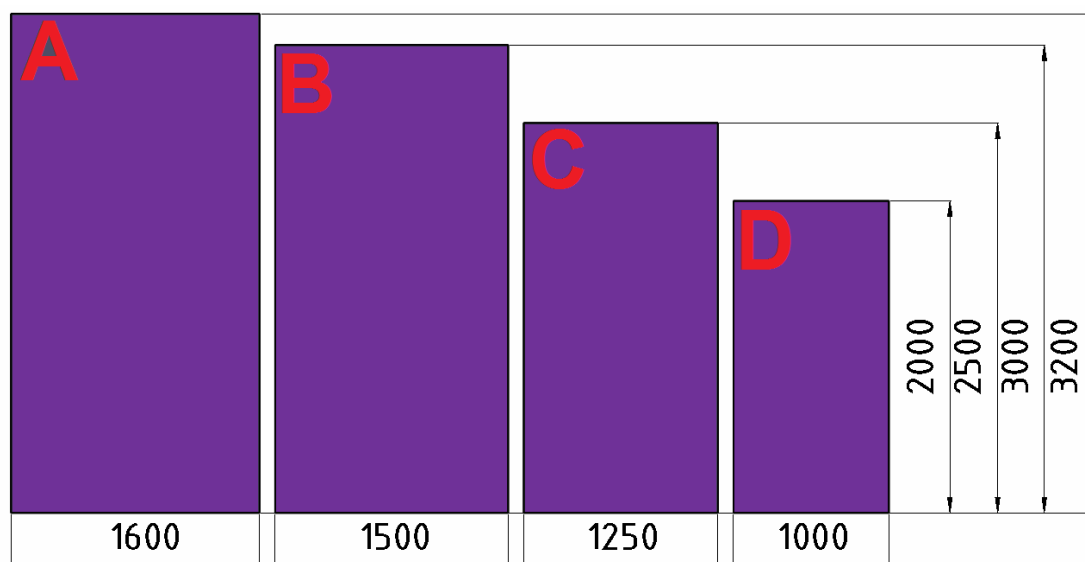


Obr.50 Uspořádání kruhového výstřižku (jednořadé, dvouřadé, třířadé, šestiřadé) [19]

Informace potřebné k výpočtům

Pro výpočet hospodárnosti využití materiálu je potřeba znát informace jako velikost plochy tabule/svitku, váhu tabule/svitku, kolik výstřížků je možné celkově z tabule/svitku vystříhnout a v neposlední řadě velikost plochy výstřížku. Hospodárnost je vypočítána z plochy tabule/svitku a plochy výstřížku bez vnitřních otvorů (Obr.52). Skutečné využití materiálu je vypočteno z tabule/svitku a z plochy konečného výstřížku (Obr.53).

Využití je vypočteno pro tabule plechu o tloušťce 3mm a velikostech 3,2m x 1,6m; 3m x 1,5m; 2,5m x 1,25m; 2m x 1m (Obr.51) a ze sviteků. **Zvolená série 500 000 ks.**



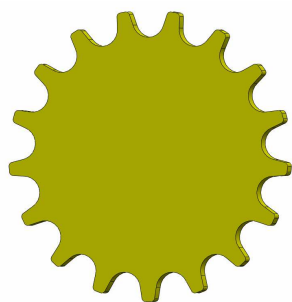
Obr.51 Velikosti tabulí plechu

<u>Plocha:</u>	3200 x 1600 x 3	→ Tabule A	→ $S_{TA} = \underline{5120000 \text{ mm}^2}$
	3000 x 1500 x 3	→ Tabule B	→ $S_{TB} = \underline{4500000 \text{ mm}^2}$
	2500 x 1250 x 3	→ Tabule C	→ $S_{TC} = \underline{3125000 \text{ mm}^2}$
	2000 x 1000 x 3	→ Tabule D	→ $S_{TD} = \underline{2000000 \text{ mm}^2}$
	307600 x 65 x 3	→ SVITEK 1	→ $S_{TS1} = \underline{19994000 \text{ mm}^2}$
	153800 x 119 x 3	→ SVITEK 2	→ $S_{TS2} = \underline{18302200 \text{ mm}^2}$
<u>Váha:</u>	3200 x 1600 x 3	→ Tabule A	→ $M_{TA} = \underline{119,9 \text{ kg}}$
	3000 x 1500 x 3	→ Tabule B	→ $M_{TB} = \underline{105,3 \text{ kg}}$
	2500 x 1250 x 3	→ Tabule C	→ $M_{TC} = \underline{73,1 \text{ kg}}$
	2000 x 1000 x 3	→ Tabule D	→ $M_{TD} = \underline{46,8 \text{ kg}}$
	307600 x 65 x 3	→ SVITEK 1	→ $M_{TV1} = \underline{467,9 \text{ kg}}$
	153800 x 119 x 3	→ SVITEK 2	→ $M_{TV2} = \underline{428,3 \text{ kg}}$

Tab. 10 Počet rozvržených kusů

<u>Počet rozvržených výstřížků</u>	
Jednořadé uspořádání:	Dvouřadé uspořádání:
Tabule A → <u>1224 ks</u>	Tabule A → <u>1326 ks</u>
Tabule B → <u>1104 ks</u>	Tabule B → <u>1152 ks</u>
Tabule C → <u>760 ks</u>	Tabule C → <u>800 ks</u>
Tabule D → <u>480 ks</u>	Tabule D → <u>506 ks</u>
SVITEK 1 → <u>5000 ks</u>	SVITEK 2 → <u>5000 ks</u>

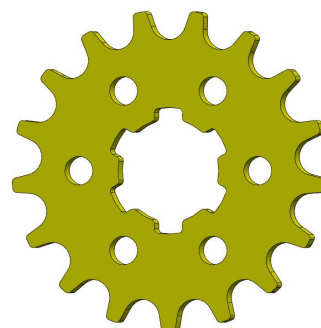
Plocha výstřížku bez otvorů:



Obr.52 Výstřížek bez otvorů

$$S_{V1} = \underline{1942,0 \text{ mm}^2}$$

Plocha kompletního výstřížku:



Obr.53 Konečný výstřížek

$$S_{V2} = \underline{1509,3 \text{ mm}^2}$$

Výpočet hospodárnosti – Jednořadé uspořádání:

$$\eta_i = \frac{\sum S_{V1}}{S_{Ti}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1.1)$$

Kde:

$\sum S_{V1}$ [mm²] - Plocha výstřížků rozmístěných na tabuli/svitku

S_{Ti} [mm²] - Plocha tabule/svitku (A-D)

$$\eta_A = \frac{1224 \cdot 1942}{5120000} \cdot 100 = \underline{46,4\%}$$

$$\eta_B = \frac{1104 \cdot 1942}{4500000} \cdot 100 = \underline{47,6\%}$$

$$\eta_C = \frac{760 \cdot 1942}{3125000} \cdot 100 = \underline{47,2\%}$$

$$\eta_D = \frac{480 \cdot 1942}{2000000} \cdot 100 = \underline{46,6\%}$$

$$\eta_{S1} = \frac{5000 \cdot 1942}{19994000} \cdot 100 = \underline{48,6\%}$$

Výpočet hospodárnosti – Dvouřadé uspořádání (podle vztahu 1.1):

$$\eta_i = \frac{\sum S_{V1}}{S_{Ti}} \cdot 100 [\%]$$

Kde:

$\sum S_{V1}$ [mm²] - Plocha výstřížků rozmístěných na tabuli/svitku

S_{Ti} [mm²] - Plocha tabule/svitku (A-D)

$$\eta_A = \frac{1326.1942}{5120000} \cdot 100 = \underline{50,3\%}$$

$$\eta_B = \frac{1152.1942}{4500000} \cdot 100 = \underline{49,7\%}$$

$$\eta_C = \frac{800.1942}{3125000} \cdot 100 = \underline{49,7\%}$$

$$\eta_D = \frac{506.1942}{2000000} \cdot 100 = \underline{49,1\%}$$

$$\eta_{S2} = \frac{5000.1942}{18302200} \cdot 100 = \underline{53,1\%}$$

Jako nejhospodárnější varianty bylo vypočítáno stříhání ze svitků a to pro jedno řadé rozmístění (48,6%) a pro dvojřadé rozmístění (53,1%). Pro víceřadé rozmístění by využití rostlo zhruba o 4,5%. Očekávány byly větší hodnoty využití materiálu (jednořadé uspořádání cca 57%, dvouřadé uspořádání cca 65%), možné ovlivnění nátlacnou hranou => větší velikosti můstků a okrajů.

I když i rozdíl 4,5% je celkem podstatný, varianta dvouřadá by konstrukčně zkomplikovala nástroj čímž by stoupla i jeho cena, střížná síla by byla dvojnásobná, zkomplikována by byla i údržba funkčních částí. Z těchto důvodů je zvolena varianta stříhání ze svitku v uspořádání jednořadém. Pro sérii 500 000 výstřížků bude potřeba 100 svitků.

Plocha série – výstřížky:

$$S_{VS} = 500000 \cdot S_{V2} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.2)$$

Kde:

S_{V2} [mm²] - Plocha kompletního výstřížku

$$S_{VS} = 500\,000 \cdot 1509,3 = \underline{754\,650\,000 \text{ mm}^2}$$

Plocha série – 100 svitků:

$$S_{SS} = 100 \cdot S_{TS1} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.3)$$

Kde:

S_{TS1} [mm²] - plocha svitku1

$$S_{SS} = 100 \cdot 19\,994\,000 = \underline{1\,999\,400\,000 \text{ mm}^2}$$

Odpad v mm²:

$$S_O = S_{SS} - S_{VS} \text{ [mm}^2\text{]} \quad (1.4)$$

Kde:

S_{SS} [mm²] - plocha série 100 svitků

S_{VS} [mm²] - plocha série 500 000 výstřížků

$$S_O = 1\,999\,400\,000 - 754\,650\,000 = \underline{1\,244\,750\,000 \text{ mm}^2}$$

Odpad v kg:

$$M_0 = S_0 \cdot t \cdot \rho \text{ [kg]} \quad (1.5)$$

Kde:

S_0 [m²] - plocha odpadního materiálu z celé série

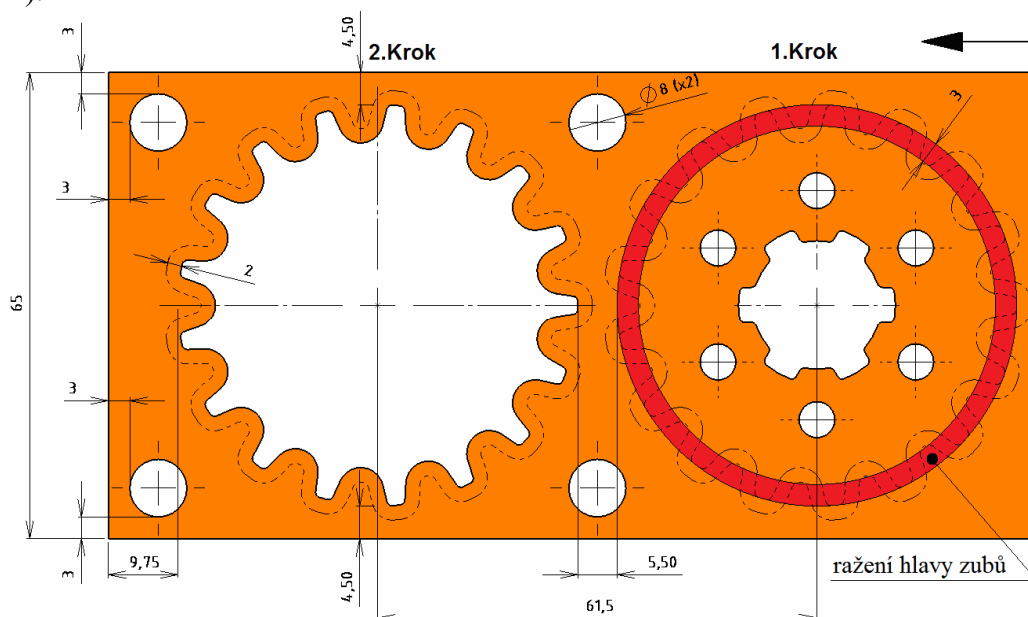
t [m] - tloušťka materiálu

ρ [kg/m³] - hustota materiálu

$$M_0 = 1244,75 \cdot 0,003 \cdot 7800 = \underline{\underline{29\,127,15 \text{ kg}}}$$

Nástřihový plán

Výstřížek bude zhotoven ve dvou krocích: **V 1. kroku** - bude vystříženo šest odlehčovacích otvorů na roztečné kružnici o průměru 32 mm, otvor s drážkováním pro hřídel, dva otvory o průměru 8 mm pro hledáčky a bude ražena oblast hlavy zubů. **V 2. kroku** - bude vystřížen vnější obrys řetězového kola (zuby). Jednotlivé kroky znázorňuje nástřihový plán (Obr.54).



Obr.54 Nástřihový plán

2.3.4 Výpočet střížné síly, celkové síly a střížné práce [3], [6], [13], [19]

Výpočet střížné síly:

- je potřeba znát délky kontur stříhu, jak pro první krok tak pro druhý krok. Hodnoty délek těchto kontur byly zjištěny z modelu (Obr.55).

$$F_S = n \cdot S \cdot \tau_S = n \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m = n \cdot (l_1 + l_2) \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \text{ [N]} \quad (1.6)$$

Kde:

S [mm²] - plocha stříhu ($S = l \cdot s$)

l [mm] - délka stříhu

l_1 [mm] - délka vnějšího obrysu

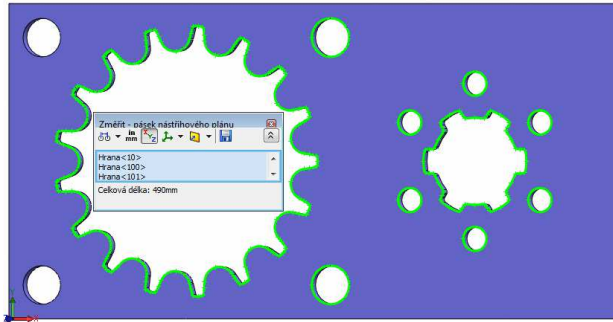
l_2 [mm] - délka vnitřního obrysu

t [mm] - tl. materiálu

τ_S [MPa] - střížný odpor ($\tau_S = 0,8 \cdot R_m$)

n [-] - koeficient opotřebení nástroje (1,2 ÷ 1,55)

$$F_S = 1,2 \cdot (490) \cdot 3 \cdot 0,8 \cdot 600 = \underline{\underline{846\,720 \text{ N}}}$$



Obr.55 Celková délka kontury vnitřní i vnější

Výpočet přitlačné síly:

Pro výpočet přitlačné síly je potřeba znát délku a výšku nátláčné hrany, výška hrany byla zvolena 0,5 mm a délka 280,91 mm byla zjištěna z modelu (Obr.56).

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \quad [N] \quad (1.7)$$

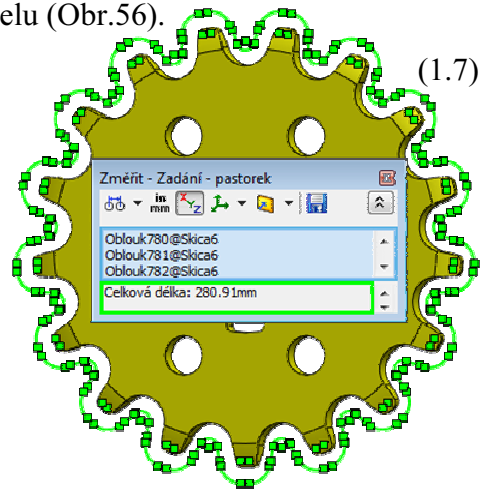
Kde:

R_m [MPa] - pevnost v tahu materiálu

L_h [mm] - délka nátláčné hrany

h [mm] - výška nátláčné hrany

$$F_p = 4 \cdot 600 \cdot 280,91 \cdot 0,5 = \underline{337\,092\,N}$$



Obr.56 Zjištění délky nátláčné hrany

Výpočet vyhazovací síly + ražení hlavy zubů:

Jelikož v prvním kroku bude předražena obrat hlavy zubů, je volen měrný tlak 150 MPa. Plocha stříhané součásti 1942 mm².

$$F_v = S' \cdot p \quad [N] \quad (1.8)$$

Kde:

S' [N] - Plocha stříhané součásti

p [Mpa] - Měrný tlak (bývá 30 Mpa – 70MPa, spojení stříhání s ohýbáním nebo ražením může být 100MPa – **150MPa**)

$$F_v = 1942 \cdot 150 = \underline{291\,300\,N}$$

Výpočet celkové střížné síly:

$$F_C = F_S + F_p + F_v \quad [N] \quad (1.9)$$

Kde:

F_S [N] - střížná síla

F_p [N] - přitlačná síla

F_v [N] - vyhazovací síla

F_L [N] - lisovací síla

$$F_C = 846\,720 + 337\,092 + 291\,300 = \underline{1\,475\,112\,N}$$

Výpočet střížné práce:

$$As = k \cdot F_c \cdot t \text{ [J]} \quad (1.10)$$

Kde:

k [-] - koeficient materiálu (pro $R_m = 500 - 700 \text{ MPa}$ a $s = 3 \text{ mm} \Rightarrow k = 0,35$)

F_c [N] - celková střížná síla

t [m] - tloušťka materiálu

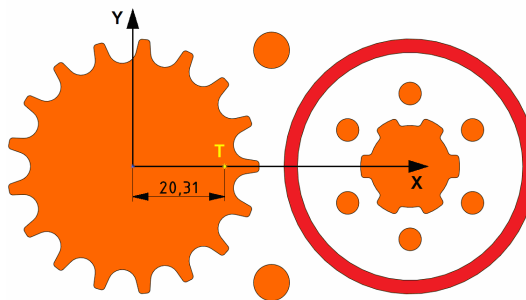
$$As = 0,35 \cdot 1475112 \cdot 0,003 = \underline{1548,9 \text{ J}}$$

2.3.5 Výpočet těžiště sil

Aby byla zajištěna správná poloha střížnice, po potřeba znát těžiště výsledné střížné síly. V této poloze, se suma střížných sil vyskytujících se na jednotlivých střížnicích považuje za jednu samostatnou sílu. Tato výsledná síla by měla být umístěna do středu střížného nástroje, aby byl stříh rovnoměrně rozložen na jednotlivé střížníky. Umístění nástroje do těžiště střížných sil také zajišťuje co nejlepší možnou životnost.

Výpočty těžiště u výstřížků složitějších tvarů mohou být často zjednodušeny na výpočty těžiště základních tvarů (obdélník, čtverec, kruh, ...). Výpočet těžiště byl zjištěn pomocí programu Solid Works (Obr.57).

Těžiště: $X_T = 20,31 \text{ mm}$
 $Y_T = 0 \text{ mm}$
 $Z_T = 1,5 \text{ mm}$



Obr.57 Znárodnění těžiště (oranžová – stříhání, modrá – ražení hlavy zubu)

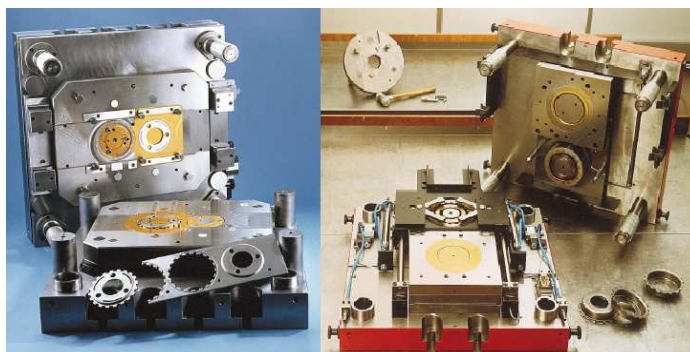
3 Návrh nástroje [2], [6], [19]

Vnitřní i vnější tvary součásti jsou vyrobeny v jednom zdvihu - sloučený nástroj.

Otřep jak na vnitřní tak na vnější kontuře stříhu je orientován na stejnou stranu. Součásti vyrobené tímto způsobem vykazují vysoký stupeň tolerance rovinnosti. Rozměrové tolerance jsou dosti ovlivněny kvalitou zpracování nástroje.

V některých případech – složitějších tvarů součástí, je součást vystřížena ve dvou nebo více krocích postupovým nástrojem. Pro zajištění kroku pásu/pruhu plechu jsou v odpadní části vystříženy otvory pro dorazy – hledáčky. Děrování těchto technologických otvorů zajistí vzájemnou požadovanou polohu děrovaných otvorů vzhledem k vystřížení vnějšího obrysu.

Ve srovnání se stříháním na sloučeném nástroji, součást dosahuje nižších rovinností. Vystřížená součást má otřepy vnitřní x vnější na opačných stranách. Postupový nástroj zahrnuje možnost ne jen stříhat ale v některém z kroků např. ohýbat nebo táhnou součást (Obr.58).

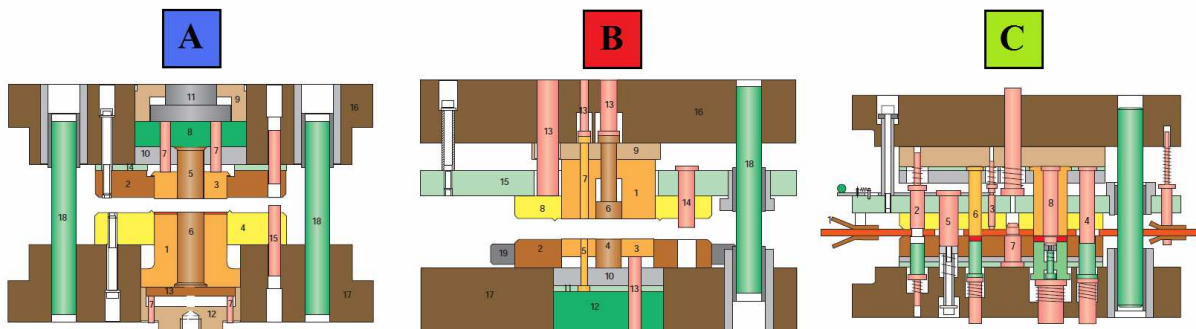


Obr.58 Postupový nástroj [19]

U technologie přesného stříhání je využíváno různých typů stříhadel rozdělených na stříhadla s pohyblivým střížníkem a pevným střížníkem.

Typ s pohyblivým střížníkem (Obr.59 A)) se používá zejména sloučené nástroje, při výrobě malých a středních výstřížků. Typ s pevným střížníkem (Obr.59 B)) je vhodný pro výrobu velkých výstřížků z tlustého materiálu. Princip s pevným střížníkem je také využíván pro postupové nástroje (Obr.59 C)).

Stříhání součásti řetězového kola bude prováděno na postupovém střížném nástroji s pohyblivým střížníkem. Mezi faktory ovlivňující návrh střížného nástroje patří geometrický tvar, typ a tloušťka stříhaného materiálu. Další parametry stříhadla jsou určeny podle dalších podmínek, které jsou podstatě stejné jako u běžného stříhání. Z důvodu optimálních střížných podmínek se musí těžiště shodovat s linií posuvové síly, čímž přesněji je to dodrženo tím přesnější je výstřížek a tím menší je opotřebování funkčních částí.



Obr.59 A) Střížný nástroj s pohyblivým střížníkem. [19]

B) Střížný nástroj s pevným střížníkem. [19]

C) Postupový střížný nástroj. [19]

A)

1 střížník (vystříhovací); 2 střížnice 3 vyhazovač; 4 vedení/přidržovač s nátláčnou hranou; 5 střížník vnitřní (děrování); 6 vnitřní vyhazovací kolík (děrování); 7 tlakové kolíky; 8 opěrná deska; 9 přidržovací kroužek; 10 kotevní deska střížníku (děrování); 11 tlaková vložka; 12 základna střížníku (vystříhování); 13 můstek vyhazovače (děrování); 14 podpěrná deska (střížnice) 15 doraz (kroku); 16 upínací deska; 17 základová deska; 18 vedení

B)

1 střížník (vystříhovací); 2 střížnice; 3 vyhazovač; 4 střížník vnitřní (děrování); 5 střížník (děrovací); 6 vnitřní vyhazovač (děrování); 7 vyhazovací kolíky; 8 přidržovač s nátláčnou hranou; 9 tlaková deska (kotevní deska střížníku - vystříhování); 10 kotevní deska střížníku (děrování); 11 mezilehlá - přechodová deska; 12 opěrná deska; 13 tlakové kolíky; 14 doraz (kroku); 15 vodící deska; 16 upínací deska; 17 základová deska; 18 vedení; 19 bandáž

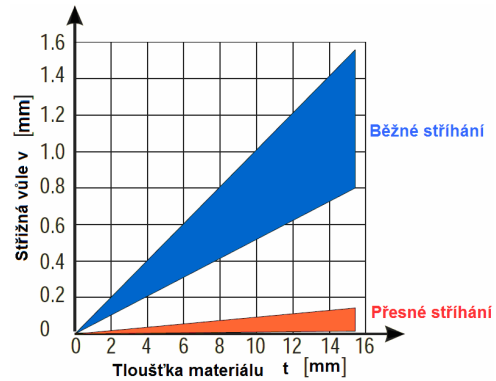
C)

1 vedení pásu/pruhu; 2 opěrný šroub vedení pásu; 3 počáteční doraz; 4 (positive press-off pins); 5 doraz (kroku); 6 střížník (děrování); 7 hledáček; 8 hledáček

3.1 Výpočet střížné vůle [2], [19]

Hladká část řezu a střížná vůle spolu těsně souvisí. Kromě velikosti střížné vůle je důležitá její neproměnnost podél celé kontury stříhu, vůle by měla zůstat konstantní v průběhu celého stříhu. Velikost střížné vůle je primárně určena tloušťkou stříhaného materiálu, ale také vlastnostmi a pevností stříhaného materiálu.

Na rozdíl od běžného stříhání kde se střížná vůle volí v rozmezí 5% - 10% tloušťky materiálu, vůle u přesného stříhání se volí okolo 0,5% (Obr.60). V některých případech se může střížná vůle lišit v závislosti na tvaru součásti. Díly s ozubením například, jsou vyráběny se střížnou mezerou která je větší v oblasti paty zubu a v oblasti hlavy zubu je menší.



Obr.60 Rozdíl ve střížné vůli [19]

Výpočet střížné vůle:

1. 0,5% tloušťky materiálu

$$v = 0,5\% \cdot t \quad [\text{mm}] \quad (1.11)$$

Kde:

t [mm] - tloušťka materiálu

$$v = 0,5\% \cdot 3 = \underline{\underline{0,015 \text{ mm}}}$$

2. Empirický vztah pro materiál do tloušťky 3 mm

$$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{k_s} \quad [\text{mm}] \quad (1.12)$$

Kde:

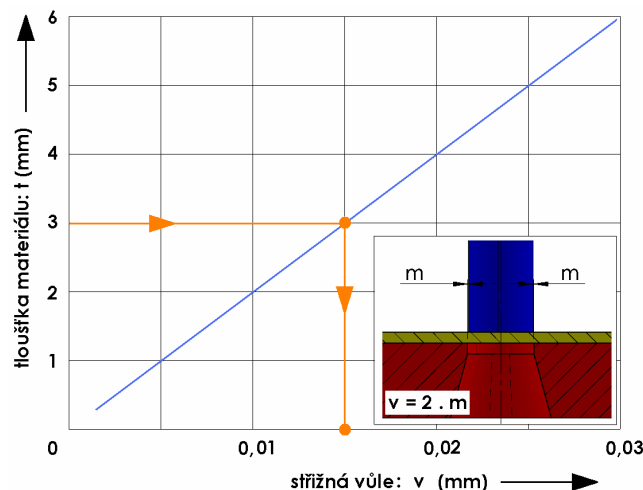
c [-] - koeficient závislý na stupni stříhu (přesné stříhání $c = 0,0007$)

t [mm] - tloušťka materiálu

k_s [MPa] - střížný odpor (ocel 11500 => $k_s = 440 \text{ MPa} - 530 \text{ MPa}$)

$$v = 0,0007 \cdot 3 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{530} = \underline{\underline{0,015 \text{ mm}}}$$

3. Odečteno z diagramu (Obr.61)



Obr.61 Diagram pro volbu střížné vůle při přesném stříhání [6]

Volím střížnou vůli: $v = 0,015 \text{ mm}$, která byla vypočtena jako 0,5% z tloušťky materiálu, odečtena z diagramu (Obr.61) i výpočet empirickým vztahem.

3.2 Výpočet základních rozměrů střížníku a střížnice [2], [6], [19]

Při návrhu střížného nástroje se vychází z několika důležitých pravidel. Záleží i na to m jestli se jedná o děrování nebo vystřihování.

Při děrování otvorů se vychází od rozměru střížníku, což znamená že střížník velikostně odpovídá jmenovitému rozměru předepsanému na výkrese a rozměry otvorů střížnice se upraví - zvětší o střížnou vůli.

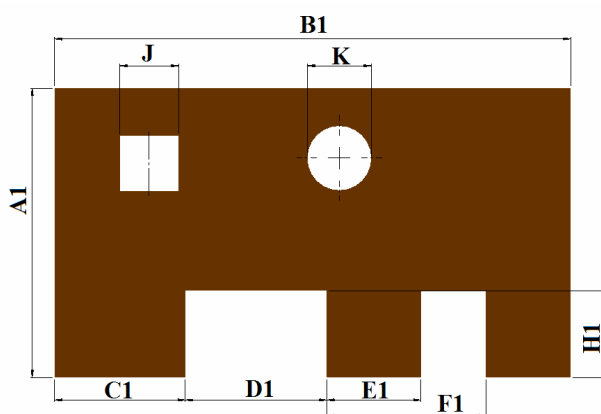
Při vystřihování je tomu právě naopak, vychází se z rozměrů střížnice. Otvory ve střížnici pro vystřihování jsou o velikosti jmenovitého rozměru předepsaného na výkrese a střížník se zmenšuje o střížnou vůli.

Při děrování i vystřihování dochází k opotřebení nástrojů, z tohoto důvodu se rozměry střížných nástrojů vyrábějí na min./max. dovolenou hodnotu.

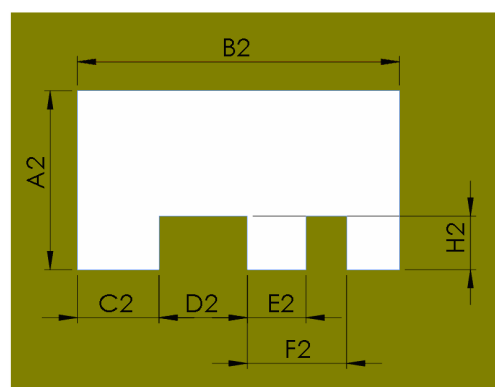
Střížník při děrování jelikož je o velikosti jmenovité hodnoty prochází materiálem o který se otírá tím dochází k opotřebení střížníku a zmenšování jeho průměru – postupem dochází ke zmenšení děrovaného otvoru.

Při vystřihování – střížnice konstruována na jmenovitou hodnotu. Dochází k protlačení materiálu přes střížnici, materiál se tře střížnici a opotřebovává ji. Některé rozměry se zvětšují a některé rozměry se na úkor těch zvětšujících se zmenšují.

Tyto zvětšující se a zmenšující se rozměry znázorněné na obrázku(Obr.62,63) s legendou v tabulce (Tab.11), střížnou vůli a základní rozměry střížnice a střížníků byly určeny s pomocí norem.



Obr. 62 Zvětšující se, zmenšující se rozměry [6]



Obr. 63 Zvětšující se, zmenšující se rozměry [6]

Tab.11 Změny rozměrů [6]

Změna rozměru součástek vlivem opotřebení pracovních částí nástrojů		
Rozměry se <u>zvětšují</u>	Rozměry se <u>zmenšují</u>	Rozměry se <u>nemění</u>
A1,B1,C1,E1,D2	D1,A2,B2,C2,E2,J,K	F1,H1,F2,H2,L

Přesným stříháním s nátláčnou hranou lze dosáhnou tolerancí uvedených v tabulce (Tab.12) na následující straně.

Tab. 12 Dosahované tolerance [19]

Tloušťka materiálu [mm]	Pevnost v tahu až do 500 MPa			Pevnost v tahu přes 500 MPa		
	Vnitřní kontura stihu - IT	Vnější kontura stříhu - IT	Tolerance vzdálenosti otvoru [mm]	Vnitřní kontura stihu - IT	Vnější kontura stříhu - IT	Tolerance vzdálenosti otvoru [mm]
0,5 - 1	6 - 7	7	± 0,01	7	8	± 0,01
1 - 2	7	7	± 0,015	7 - 8	8	± 0,015
2 - 3	7	7	± 0,02	8	8	± 0,02
3 - 4	7	8	± 0,02	8	9	± 0,02
4 - 5	7 - 8	8	± 0,03	8	9	± 0,03
5 - 6	8	9	± 0,03	8 - 9	9	± 0,03
> 6	8 - 9	9	± 0,03	9	9	± 0,03

1.krok - děrování 6x Ø5 H9 na roztečné kružnici Ø32 ± 0,1; základní pracovní částí jsou střížníky

H9	=>	$\begin{matrix} +36 \\ 0 \end{matrix}$
-----------	----	--

Opotřebení rozměry:	Zmenšuje
Orientace odchylek TS:	+
Jmenovitý rozměr součásti:	JR= 5 mm
Výrobní tolerance střížníku:	TA = 0,008 mm
Střížná vůle:	v = 0,015 mm
Výrobní tolerance střížnice:	TE = 0,011 mm
Přípustná míra opotřebení:	P = 0,035

Výpočet rozměru střížníku při děrování (technologicky základní část)

$$RAD = (JR + P) - TA \text{ [mm]} \quad (1.13)$$

Kde:

JR [mm] - jmenovitý rozměr součásti

TA [mm] - výrobní tolerance střížníku

P [mm] - přípustná míra opotřebení

$$RAD = (5 + 0,035) - 0,008 = \underline{\underline{5,035_{-0,008} \text{ mm}}}$$

Výpočet rozměru střížnice při děrování

$$RED = (JR + P + v) + TE \text{ [mm]} \quad (1.14)$$

Kde:

JR [mm] - jmenovitý rozměr součásti

P [mm] - přípustná míra opotřebení

v [mm] - střížná vůle

TE [mm] - výrobní tolerance střížnice

$$RED = (5 + 0,035 + 0,015) + 0,011 = \underline{\underline{5,05^{+0,011} \text{ mm}}}$$

1.krok - děrování drážkování (Ø18 H7, Ø22 H10, šířka drážky 5 H9, poloměry zaoblení R0,75) ; základní pracovní části jsou střížníky

Informační údaje potřebné k výpočtům jednotlivých rozměrů jsou vypsány z norem [2] a uvedeny v tabulce (Tab. 13).

H7	=>	+21 0
H9	=>	+36 0
H10	=>	+84 0

Tab.13 Informace potřebné k výpočtům rozměrů střížníků a střížnice, oblast prvního kroku – děrování drážkování

		Ø18 H7	Ø22 H10	5 H9
Opotřebení rozměry:		Zmenšuje	Zmenšuje	Zmenšuje
Orientace odchylek TS:		+	+	+
Jmenovitý rozměr součásti:	[mm]	JR= 18	JR= 22	JR= 9
Výrobní tolerance střížníku:	[mm]	TA = 0,004	TA = 0,020	TA = 0,008
Střížná vůle:	[mm]	v = 0,015	v = 0,015	v = 0,015
Výrobní tolerance střížnice:	[mm]	TE = 0,007	TE = 0,029	TE = 0,011
Přípustná míra opotřebení:	[mm]	P = 0,02	P = 0,08	P = 0,035
		R 0,75 (vnitř.)	R 0,75 (vněj.)	
Opotřebení rozměry:		Zvětšuje	Zmenšuje	
Orientace odchylek TS:		±	±	
Jmenovitý rozměr součásti:	[mm]	JR= 0,75	JR= 0,75	
Výrobní tolerance střížníku:	[mm]	TA = 0,04	TA = 0,04	
Střížná vůle:	[mm]	v = 0,015	v = 0,015	
Výrobní tolerance střížnice:	[mm]	TE = 0,063	TE = 0,063	
Přípustná míra opotřebení:	[mm]	P = 0,170	P = 0,170	

Výpočet rozměru střížníku při děrování (technologicky základní část)

Ø 18 H7, (dle rov. 1.13): $RAD = (JR + P) - TA$ [mm]

Ø22 H10, (dle rov. 1.13): $RAD = (JR + P) - TA$ [mm]

5 H9, (dle rov. 1.13): $RAD = (JR + P) - TA$ [mm]

R0,75 (vnitř.): $RAD = (JR - \frac{P}{2}) + TA$ [mm] (1.15)

R0,75 (vněj.): $RAD = (JR + \frac{P}{2}) - TA$ [mm] (1.16)

Kde:

JR [mm] - jmenovitý rozměr součásti

TA [mm] - výrobní tolerance střížníku

P [mm] - přípustná míra opotřebení

Ø 18 H7: $RAD = (18 + 0,02) - 0,004 = \underline{\underline{18,02_{-0,004} mm}}$

Ø22 H10: $RAD = (22 + 0,08) - 0,020 = \underline{\underline{22,08_{-0,02} mm}}$

5 H9: $RAD = (5 + 0,035) - 0,008 = \underline{\underline{5,035_{-0,008} mm}}$

$$\underline{R0,75 \text{ (vnitř.):}} \quad RAD = \left(0,75 - \frac{0,170}{2}\right) + 0,04 = \underline{\underline{0,665^{+0,04} \text{ mm}}}$$

$$\underline{R0,75 \text{ (vněj.):}} \quad RAD = \left(0,75 + \frac{0,170}{2}\right) - 0,04 = \underline{\underline{0,835_{-0,04} \text{ mm}}}$$

Výpočet rozměru střížnice při děrování

$$\underline{\varnothing 18 \text{ H7, (dle rov. 1.14):}} \quad RED = (JR + P + v) + TE \text{ [mm]}$$

$$\underline{\varnothing 22 \text{ H10, (dle rov. 1.14):}} \quad RED = (JR + P + v) + TE \text{ [mm]}$$

$$\underline{5 \text{ H9, (dle rov. 1.14):}} \quad RED = (JR + P + v) + TE \text{ [mm]}$$

$$\underline{R0,75 \text{ (vnitř.):}} \quad RED = \left(JR - \frac{P}{2} - v + TE\right) - TE \text{ [mm]} \quad (1.17)$$

$$\underline{R0,75 \text{ (vněj.), (dle rov. 1.14):}} \quad RED = \left(JR + \frac{P}{2} + v\right) + TE \text{ [mm]}$$

Kde:

JR [mm] - jmenovitý rozměr součásti

P [mm] - přípustná míra opotřebení

v [mm] - střížná vůle

TE [mm] - výrobní tolerance střížnice

$$\underline{\varnothing 18 \text{ H7:}} \quad RED = (18 + 0,02 + 0,015) + 0,007 = \underline{\underline{18,035^{+0,007} \text{ mm}}}$$

$$\underline{\varnothing 22 \text{ H10:}} \quad RED = (22 + 0,08 + 0,015) + 0,029 = \underline{\underline{22,08^{+0,029} \text{ mm}}}$$

$$\underline{5 \text{ H9:}} \quad RED = (5,035 + 0,015 - 0,011) + 0,011 = \underline{\underline{5,039^{+0,011} \text{ mm}}}$$

$$\underline{R0,75 \text{ (vnitř.):}} \quad RED = \left(0,75 - \frac{0,170}{2} - 0,015 + 0,063\right) - 0,063 = \underline{\underline{0,713_{-0,063} \text{ mm}}}$$

$$\underline{R0,75 \text{ (vněj.):}} \quad RED = \left(0,75 + \frac{0,170}{2} + 0,015\right) + 0,063 = \underline{\underline{0,85^{+0,063} \text{ mm}}}$$

2.krok - Vystřihování (vnější kontura ozubení – zaoblení hlavy zubu R 0,75; poloměr dna zubové mezery R 3,175); základní pracovní částí je střížnice

Informační údaje potřebné k výpočtům jednotlivých rozměrů jsou vypsány z norem [2] a uvedeny v tabulce (Tab. 14).

Tab.14 Informace potřebné k výpočtům rozměrů střížníků a střížnice, oblast prvního kroku – děrování drážkování

		<u>R 3,175 (vnitř.)</u> (IT9 => $\begin{smallmatrix} +0,30 \\ 0 \end{smallmatrix}$)	<u>R 0,75 (vněj.)</u> (IT9 => $\begin{smallmatrix} +0,25 \\ 0 \end{smallmatrix}$)
Opotřebení rozměry:		Zmenšuje	Zvětšuje
Orientace odchylek TS:		+	+
Jmenovitý rozměr součásti:	[mm]	JR= 3,175	JR= 0,75
Výrobní tolerance střížníku:	[mm]	TA = 0,006	TA = 0,005
Střížná vůle:	[mm]	v = 0,015	v = 0,015
Výrobní tolerance střížnice:	[mm]	TE = 0,009	TE = 0,008
Přípustná míra opotřebení:	[mm]	P = 0,035	P = 0,025

Výpočet rozměru střížnice při vystřihování (technologicky základní část)

$$\underline{R\ 3,175\ (vnitř.):} \quad REV = (JR + P) - TE \text{ [mm]} \quad (1.18)$$

$$\underline{R\ 0,75\ (vněj.):} \quad REV = (JR) + TE \text{ [mm]} \quad (1.19)$$

Kde:

JR [mm] - jmenovitý rozměr součásti

P [mm] - přípustná míra opotřebení

TE [mm] - výrobní tolerance střížnice

$$\underline{R\ 3,175\ (vnitř.):} \quad REV = (3,175 + 0,035) - 0,009 = \underline{\underline{3,21_{-0,009}\ mm}}$$

$$\underline{R\ 0,75\ (vněj.):} \quad REV = (0,75) + 0,008 = \underline{\underline{0,75^{+0,008}\ mm}}$$

Výpočet rozměru střížníku při vystřihování

$$\underline{R\ 3,175\ (vnitř.):} \quad RAV = (JR + P + v) + TA \text{ [mm]} \quad (1.20)$$

$$\underline{R\ 0,75\ (vněj.):} \quad RAV = (JR - v + TA) - TA \text{ [mm]} \quad (1.21)$$

Kde:

JR [mm] - jmenovitý rozměr součásti

P [mm] - přípustná míra opotřebení

v [mm] - střížná vůle

TA [mm] - výrobní tolerance střížníku

$$\underline{R\ 3,175\ (vnitř.):} \quad RAV = (3,175 + 0,035 + 0,015) + 0,006 = \underline{\underline{3,225^{+0,006}\ mm}}$$

$$\underline{R\ 0,75\ (vněj.):} \quad RAV = (0,75 - 0,015 + 0,005) - 0,005 = \underline{\underline{0,74_{-0,005}\ mm}}$$

3.3 Volba materiálů a popis konstrukce částí střížného nástroje [6], [13], [19]

Oceli nástrojů (Tab.15) pro lisování jsou speciálně legované oceli, u kterých jsou kladeny požadavky na vysokou pevnost, tvrdost a odolnost proti opotřebení. Jsou to oceli běžně používané v oblasti tváření a obrábění kovů jak za studena tak za zvýšených teplot. Většina těchto ocelí musí být tepelně zpracována speciálně pro konkrétní aplikaci.

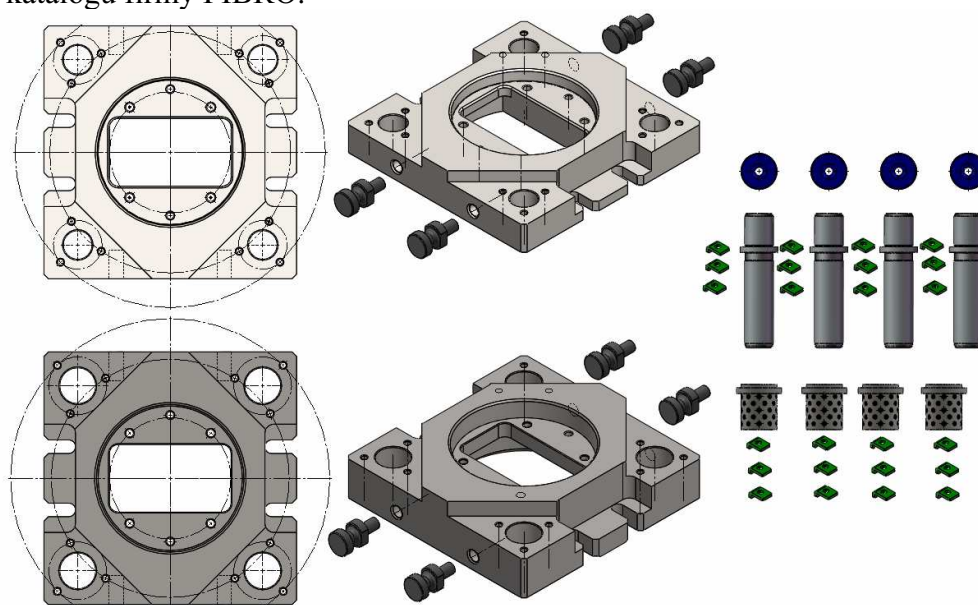
Tab.15 Materiály částí lisovacích nástrojů [6]

Části nástroje	Litina	Ocel (ČSN)
Střížnice		19 191, 19 356, 19 312, 19 436, 19 438, 19 572, 19 824, 19 830
Střížníky		19 191, 19 221, 19 312, 19 421, 19 436, 19 437
Pouzdra střížníků		14 160, 19 221
Stojánky		12 061.1
Pouzdra stojánek	422456	14 220.2, 14 160
Vodící desky		11 500.3
Upínací desky		11 500

Hlavice		11 500
Vložka		19 083.3
Deska stírače		11 500.3
Základová deska	422456	11 373, 11 375, 11 500, 11 523, 11 600
Přítlačné desky		19 437
Vodící sloupky		14 220

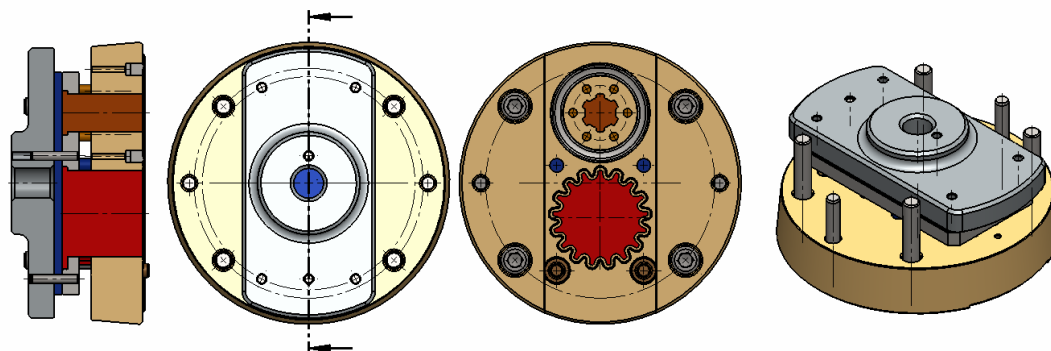
Popis konstrukce

Ocelový stojánek (Obr.64, sestava - Obr.65) složený ze základové desky (tmavší), upínací desky z materiálu (světlejší), čepů pro manipulaci z materiálu, vodících sloupků, kluzných pouzder, přítlačných podložek a upínacích podložek. Vodící elementy s podložkami byly voleny dle katalogu firmy FIBRO.



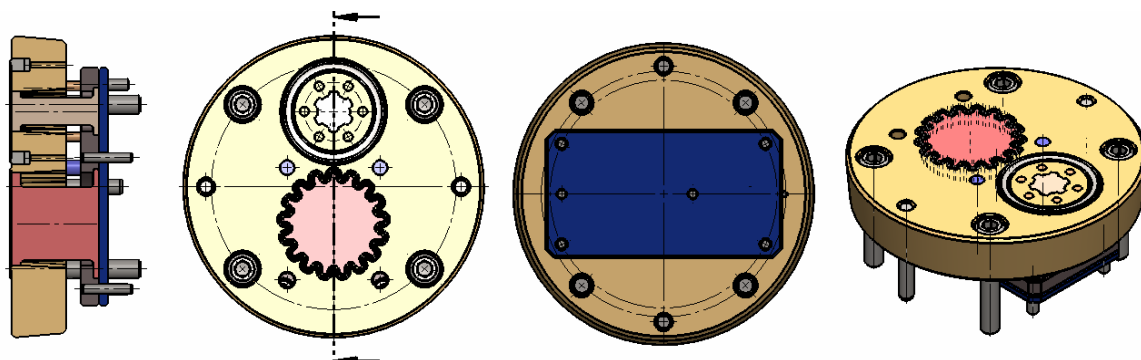
Obr. 64 Ocelový stojánek s čepů + vodící a upínací prvky

Sestavení střížné hlavice (Obr.66) je upnuta v horní části ocelového stojánku „Upínací deska“ pomocí čtyř šroubů velikosti M10, poloha vůči upínací desce je zajištěna dvěma kolíky o průměru 8mm. Hlavice je složena ze střížníků děrovacích a ze střížníku vystřihovacího, kotevní desky pro upnutí střížníků, opěrné desky, tlakového bloku, kaleného kroužku, razníku hlavy ozubení, hledáček, přídržovače s nátlacnou hranou. Poloha přídržovače je zajištěna již zmíněnými kolíky (Ø8 mm) a jeho tvarem (úhel 5°).



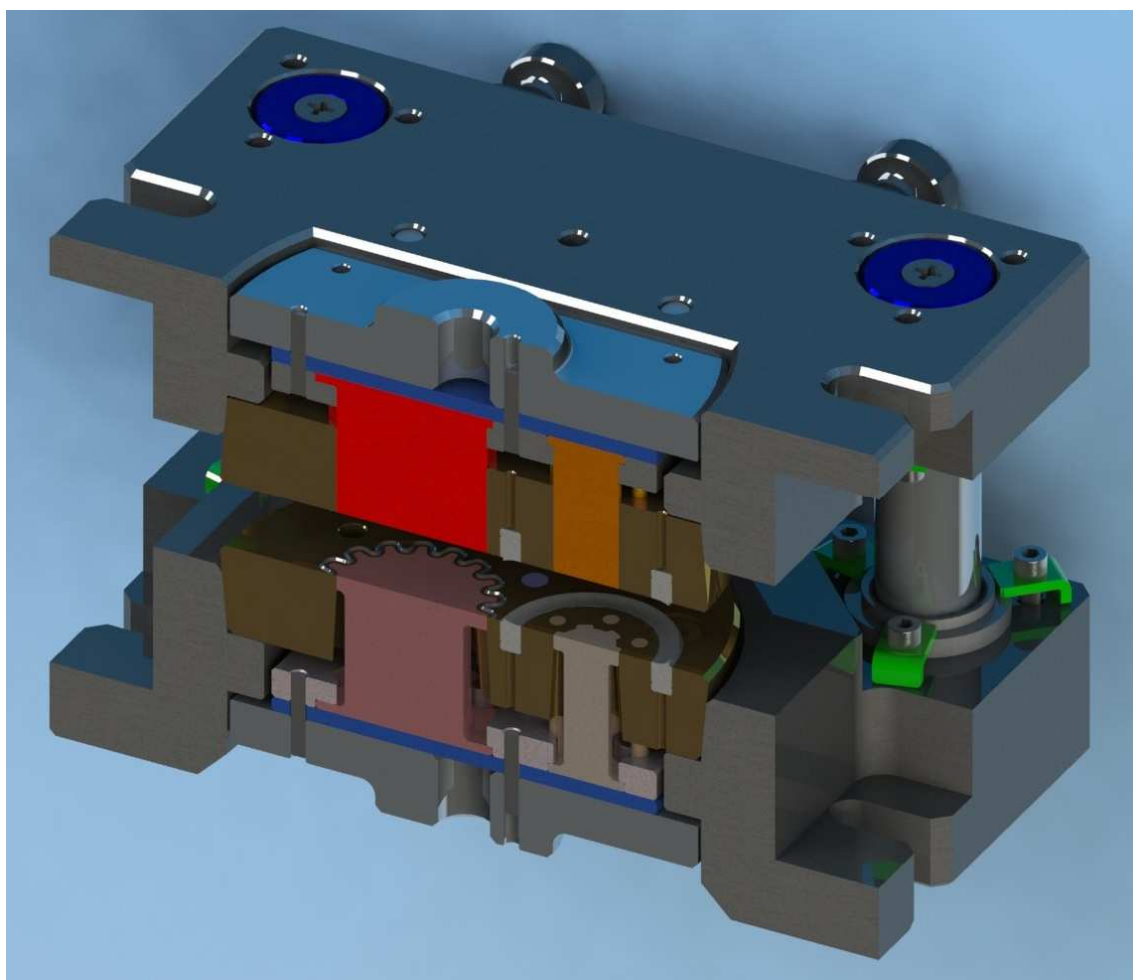
Obr. 65 Sestavení střížné hlavice s upínacími elementy

Sestavení střížné skříně (Obr.66) je upnuto a zapoložováno ve spodní části ocelového stánku „Základová deska“ pomocí 4 šroubů velikosti M10 a dvou kolíků velikosti 8 mm. Střížná skříň složená ze střížnice s nátlacnou hranou, kaleného krožku, razníku hlavy ozubení, veškerých vyhazovačů, spodní kotevní desky, spodní opěrné desky, tlakového bloku. Poloha střížnice je zajištěna jejím tvarem (úhel 5°) a již zmíněnými kolíky (Ø8 mm).



Obr. 66 Sestavení střížné skříně s upínacími elementy

Celková sestava střížného (Obr.67) nástroje je seskládána z výše zmíněných dílů do celkové sestavy obsahující cca 130 dílů. Sestava váží cca 70 kg.



Obr.67 Sestava střížného nástroje

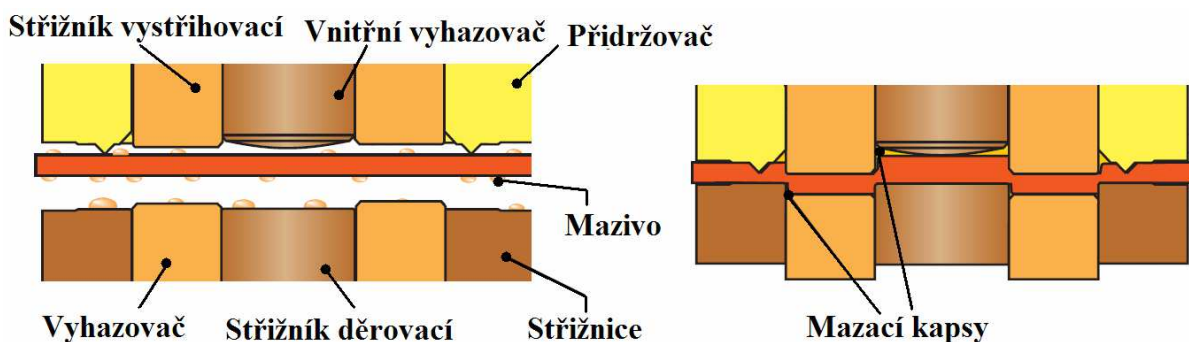
3.4 Mazání při přesném stříhání [19]

Přesné stříhání není možné uskutečnit bez mazání. Průběh stříhu bez mazání by vedl k rychlému opotřebení a otupení stříhadla. Z toho důvodu je nebytně nutné zajistit dostatečné množství maziva v každém místě kontury stříhu. Střížné oleje jsou nanášeny na stříhaný materiál buď pomocí válečků nebo pomocí trysek, horní i spodní plocha materiálu musí být rovnoměrně pokryta filmem maziva. Tam kde je využíváno nanášení maziva pomocí spreje - olejová mlha, je nutno zajistit vhodné odsávání. Při použití vysoce viskózních olejů, jež jsou používány pro stříhání tlustších materiálů nebo pevnějších materiálů je možné aplikovat olej válečky.

Aby bylo zajištěno mazání všech prvků zasahujících do střížného procesu je nutné navrhnout konstrukční úpravy těchto prvků (střížníků, střížnic, vyhazovačů,...). Vodící deska – přídržovač, vyhazovač výstřížku i vyhazovač vnitřní kontury musí být upraveny (zkoseny/zaobleny) tak aby byly vytvořeny zásobníky s mazivem – mazací kapsy (Obr.68).

Střížný olej musí být speciálně upraven v závislosti na materiálu – tloušťce, pevnosti. Požadavek na viskozitu oleje je řízen napětím vznikajícím při přesném stříhání. V závislosti na tloušťce a pevnosti materiálu, je olej vystaven různým tlakovým a teplotním zatížením. Olej musí být schopný těmto podmínkám odolávat.

Olej s nízkou viskozitou je vhodný pro materiály tenčí cca 3 mm a s pevností v tahu cca 400 MPa. Stejný olej by mohl být použit u materiálu s pevností v tahu 600 MPa ale jen u tloušťek do 1 mm. Vysoce viskózní olej může být použit na materiály o pevnosti 400 MPa o tloušťce 14 mm, nebo pro materiály o pevnosti 600 MPa a tloušťce 10mm.



Obr.68 Mazání při přesném stříhání [19]

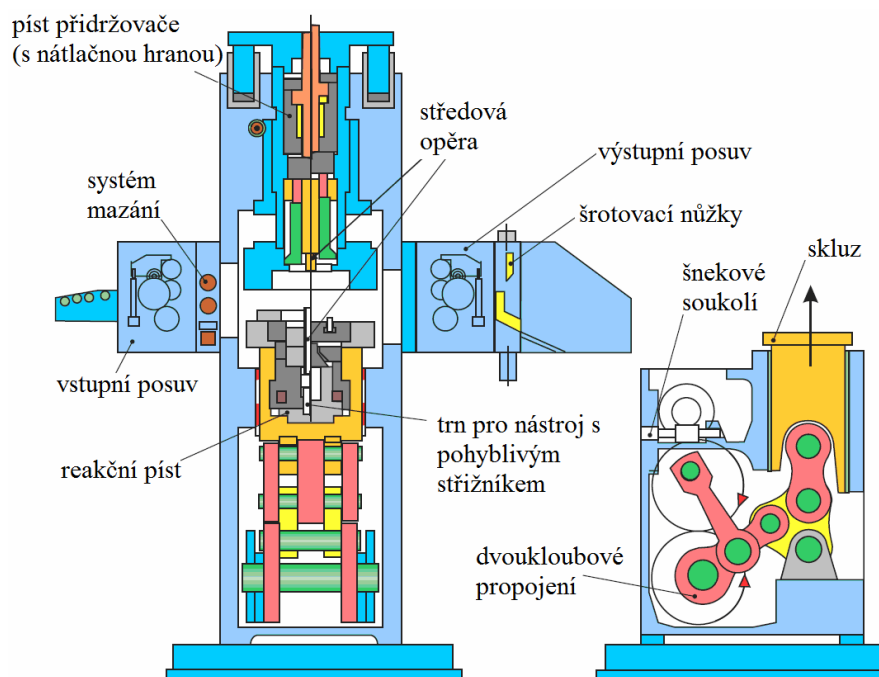
4 Volba stroje [19]

Přesné stříhání je možné pouze při využití tří sil: Střížné síly, síly přidržovací a síly vyhazovací. Proto jsou využívány speciální troj-činné lisy. Malá střížná vůle se nesmí měnit i při vysokých napětích. Proto tyto lisy musí splňovat přísné požadavky týkající se například vysoké tuhosti rámu a rovnoběžnosti upínacích ploch.

Popis stroje s mechanickým pohonem

Základní tělo tvoří svařený monoblok. Standardní uspořádání stroje s mechanickým pohonem na obrázku (Obr.69), do něhož lze upnout systém jak s pevným střížníkem tak s pohyblivým střížníkem (Obr.59 A, B). Mechanický systém je zejména vhodný pro stříhání materiálů tloušťky mezi cca 1mm - 8mm, pro celkové síly do 2500 kN. Mechanický pohon se vyznačuje vlastnostmi:

- Přesné polohy horní a dolní úvrati
- Nízká spotřeba energie
- Vysoký výkon v závislosti na velikosti lisu až 140 zdvihů /min
- Minimální potřeba údržby

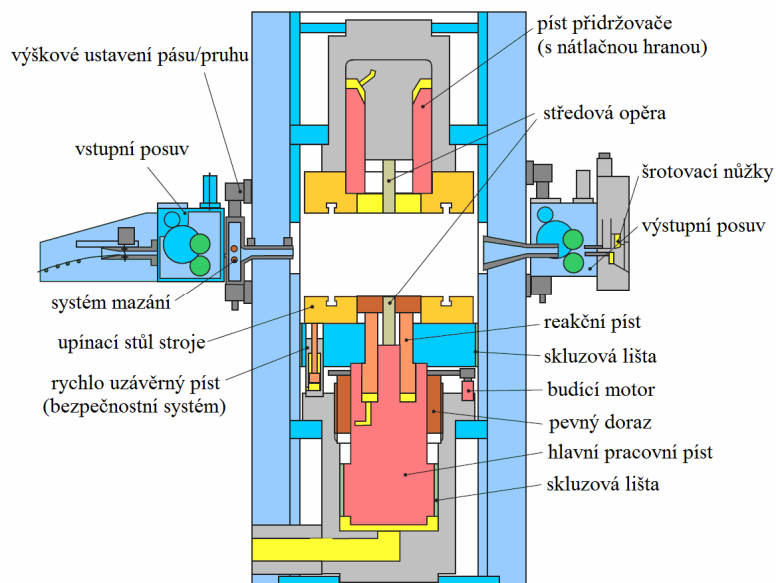


Obr.69 Nákres mechanického lisu pro přesné stříhání [19]

Popis stroje s hydraulickým pohonem (Obr.70)

Základní tělo tvoří svařený monoblok. Konstrukce má vysokou tuhost, která je dosažena zavedením vhodných konstrukčních opatření jako jsou volba vhodných profilů a umístění výztužných žebér. Hydraulické střížné lisy se vyznačují:

- Zpracování materiálu až 12 mm tlustého
- Vyvíjení síly nezávislé na poloze posunutí
- Možno integrovat tvářecí operace – postupové nástroje
- Vysoká provozní spolehlivost



Obr.70 Nákres hydraulického lisu pro přesné stříhání [19]

Vzhledem ke konstrukčnímu řešení střížníků pro přesné stříhání, jsou ne jen výrobky ale také všechny odpad odstraněn z prostoru stříhadla „odfouknutím“ stlačeným vzduchem nebo mechanicky. Pokud výstřížek nebo odpadní materiál není ze stříhadla odstraněn před dalším stříhem, musí být systém zastaven aby nedošlo k poškození stříhadla. Pro tento případ jsou lisy vybaveny bezpečnostním systémem, který nezávisle snímá tlak na střížnici a tlak kapaliny. Nezávislé snímání tlaku zabezpečuje největší míru bezpečnosti, ale mohou být použity pouze u hydraulických lisů.

Zvolený stroj (Obr.71):

Celková potřebná střížná síla F_c bude zvětšena o 20% což je možno brát jako pojistku proti přetížení stroje. V tom případě bude síla vyžadovaná po stroji 1 770 134,4 N. Dle uváděných údajů (Tab.16) stroj HFA 4000 vyhovuje požadavkům. Příkon stroje je **P = 82 kW**.

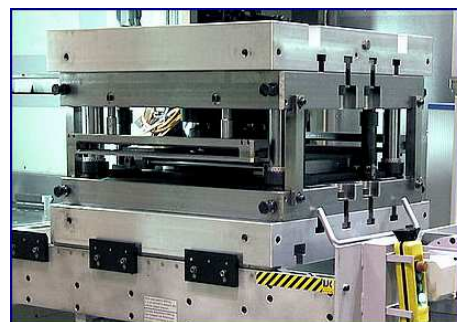
Tab.16 Technické údaje [5]

Celková síla:	<u>4000 kN</u>
Přítlačná síla:	<u>1800 kN</u>
Zpětná síla:	<u>800 kN</u>
Vyhazovací síla:	<u>300 kN</u>
Stírací síla:	<u>590 kN</u>
Upínací plocha:	<u>(800 x 800) mm</u>
Střížná rychlost:	<u>(5 - 50) mm/s</u>
Uzavírací rychlost:	<u>Max 120mm/s</u>
Rozměry stroje:	<u>(5000 x 3300 x 3360) mm</u>



**Obr.71 Zvolený stroj
Feintool HFA 4000 [5]**

Váha stroje:	<u>21700 kg</u>
Max šířka pásu:	<u>400 mm</u>
Rovnací zařízení:	<u>5 + 6 válců, Ø60 mm</u>
Posuvové zařízení	
Šrotovací nůžky	



**Obr.72 Upínání stříhadla
(Feintool) [5]**

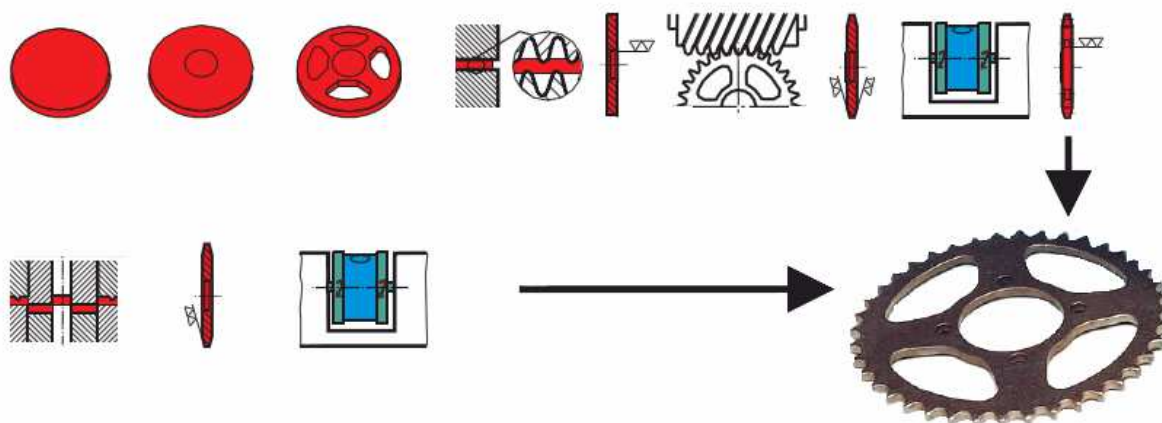
Díky mechanismu firmy Feintool je upínání nástroje velice rychlé. Upínání základové i upínací desky pomocí T drážek (Obr.72).

5 Ekonomické vyhodnocení (ceny materiálů ke dni 13.3.2013) [19],[20]

Zvolená součást není zadána podnikem, proto hodnoty použité ve výpočtech „ekonomického vyhodnocení“ jsou pouze orientační. Konečnou cenu výrobku ovlivňuje mnoho faktorů – volba materiálu a jeho cena, konstrukční řešení, volba technologie výroby, životnost nástroje, velikost série výrobku, náklady na zpracování výrobku.

Již z počátku návrhu je důležitá spolupráce mezi konstruktérem a technologem popřípadě ekonomem, aby bylo dosaženo výrobku funkčního, esteticky zpracovaného a rentabilního. Jako minimální výrobní série vhodná pro technologii přesného stříhání (z pohledu ekonomického) se udává 40000 kusů. V případě stříhání jednodušších tvarů 25000 kusů.

Zvolená součást „řetězového kolečka“ je možno vyrábět technologií např. řezání laserem, plasmou, vodním paprskem, obráběním, klasickým stříháním, přesným stříháním. Zvolením kterékoliv z těchto technologií, kromě technologie přesného stříhání, je nutno počítat s více jak 4 operacemi pro zhotovení v požadované kvalitě, což vyžaduje více pracovníků, času, strojů, nástrojů, manipulace a tím dochází ke zdražení finálního výrobku. Na obrázku (Obr.73) je možno pozorovat porovnání technologie přesného a klasického stříhání.



Obr.73 Porovnání technologií [19]

Hmotnost zvoleného svitku materiálu:

$$M_{TV1} = \underline{467,9 \text{ kg}}$$

Cena zvoleného svitku materiálu:

$$C_{TV1} = M_{TV1} \cdot (\text{Kč}/1\text{kg mat.}) [\text{Kč}] \quad (2.1)$$

Kde:

M_{TV1} [kg] - Hmotnost sviku 1

Kč/1kg mat. [Kč] - cena za kilogram materiálu

$$C_{TV1} = 467,9 \cdot 20 = \underline{11\,697,5 \text{ Kč}}$$

Na sérii 500000 výstrižků je potřeba 100 svitků materiálu.

Nákupní cena svitků na sérii:

$$C_{TV} = C_{TV1} \cdot 100 [\text{Kč}] \quad (2.2)$$

Kde:

C_{TV1} [Kč] - cena zvoleného svitku materiálu

$$C_{TV} = C_{TV1} \cdot 100 = \underline{1\,169\,750 \text{ Kč}}$$

Výkupní cena odpadu za 1kg:

$$C_V = \underline{5,8 \text{ Kč}}$$

Hmotnost odpadu:

$$M_O = \underline{29\,127,15 \text{ kg}}$$

Cena odpadu za sérii:

$$C_O = M_O \cdot C_V [\text{Kč}] \quad (2.3)$$

Kde:

M_O [kg] - hmotnost odpadu

C_V [Kč] - cena výkupní za 1kg odpadu

$$C_O = 29\,127,15 \cdot 5,8 = \underline{168\,937,5 \text{ Kč}}$$

Životnost nástroje:

$$T_n = 2 \text{ roky}$$

Přímá mzda na součástku:

$$PM = 0,05 \text{ Kč/ks}$$

Výrobní čas součástky:

$$TV = 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ N}_h/\text{ks}$$

Strojní hodinová mzda:

$$TS = 1000 \text{ Kč/h}$$

Cena elektrické energie:

$$CE = 4,6 \text{ Kč} \cdot \text{kW/h}$$

Podniková režie:

- Jednotková mzda: JM = 100 %
- Výrobní režie: VR = 445 %
- Provozní režie: PR = 125%
- Ostatní přímé náklady: OPN = 30%

Zpracovatelská režie:

$$ZR = JM + VR + PR + OPN \text{ [%]} \quad (2.4)$$

Kde:

JM [%] - Jednotková mzda

VR [%] - Výrobní režie

PR [%] - Provozní režie

OPN [%] - Ostatní přímé náklady

$$ZR = 100 + 445 + 125 + 30 = \underline{\underline{700\%}}$$

Pracovní třída na výrobu nástroje:

$$TKK7 = 95,5 \text{ Kč/h}$$

Náklady na nástroj a stroj:

- Jednotková mzda:
 $JM = TN \cdot TKK7 \text{ [Kč]} \quad (2.5)$

Kde:

TN [h] - čas potřebný na výrobu nástroje

TKK7 [Kč/h] - pracovní třída na výrobu nástroje

$$JM = 750 \cdot 95,5 = \underline{\underline{71624 \text{ Kč}}}$$

- Zpracovatelské náklady:
 $ZN = JM \cdot ZR \text{ [Kč]} \quad (2.6)$

Kde:

JM [Kč] - Jednotková mzda

ZR [%] - Zpracovatelská režie

$$ZN = 71624 \cdot 700\% = \underline{\underline{501368 \text{ Kč}}}$$

- Zisk:
 $Z = ZN \cdot 20\% = 501368 \cdot 20\% = \underline{\underline{100274 \text{ Kč}}}$

- Cena materiálu na nástroj (viz. Příloha 1): CMN = cca 11000 Kč

- Náklady na nástroj:
 $NN = ZN + Z + CMN \text{ [Kč]} \quad (2.7)$

Kde:

ZN [Kč] - Zpracovatelské náklady

Z [Kč] - Zisk

CMN [Kč] - Cena materiálu na nástroj

$$NN = 501368 + 100274 + 11000 = \underline{\underline{612642 \text{ Kč}}}$$

- Náklady na stroj a spotřebovanou el. energii:
 $NS = TV \cdot TS \cdot (\text{série}) \text{ [Kč]} \quad (2.8)$

Kde:

TV [N_h/ks] - Výrobní čas součástky
 TS [Kč/h] - Strojní hodinová mzda
 $NS = 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1000 \cdot 500000 = \underline{\underline{200000 \text{ Kč}}}$

$$NE = P \cdot TV \cdot (\text{série}) \cdot CE \text{ [Kč]} \quad (2.9)$$

Kde:

P [kW] - Příkon lisu
 TV [N_h/ks] - Výrobní čas součástky
 CE [Kč . kW/h] - Cena el.energie
 $NE = 82 \cdot 0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 500000 \cdot 4,6 = \underline{\underline{75440 \text{ Kč}}}$

Celkové roční náklady na mzdy a režii:

$$NR = M \cdot (\text{série}) \cdot (VR+PR) \text{ [Kč/rok]} \quad (2.10)$$

Kde:

PM [Kč/ks] - přímá mzda na součástku
 VR [%] - Výrobní režie
 PR [%] - Provozní režie
 $NR = 0,05 \cdot 500000 \cdot (445+125) = \underline{\underline{137500 \text{ Kč/rok}}}$

Variabilní náklady a zisky:

- Celkové variabilní náklady
 $NV = (C_{TV} - C_O) + NN + NS + NR \text{ [Kč]} \quad (2.11)$

Kde:

C_{TV} [Kč] - Nákupní cena svitků na sérii
 C_O [Kč] - Cena odpadu ze série
 NN [Kč/rok] - Náklady na nástroj
 NS [Kč] - Náklady na stroj
 NR [Kč/rok] - Celkové roční náklady na mzdy a režii
 $NV = (1\ 169\ 750 - 168937,5) + 612642 + 200000 + 137500 = \underline{\underline{1950954,5 \text{ Kč}}}$

- Variabilní náklady na jeden výrobek
 $NVV = NV / (\text{série}) \text{ [Kč]} \quad (2.12)$

Kde:

NV [Kč] - Celkové variabilní náklady
 $NVV = 1950954,5 / 500000 = \underline{\underline{3,9 \text{ Kč}}}$

- Cena jednoho výrobku při zisku 30%
 $CV = NVV \cdot 130\% \text{ [Kč]} \quad (2.12)$

Kde:

NVV [Kč] - Variabilní náklady na jeden výrobek
 $CV = 3,9 \cdot 130\% = \underline{\underline{5,1 \text{ Kč}}}$

- Celkový zisk na sérii
 $ZT = CV \cdot (\text{série}) \text{ [Kč]} \quad (2.13)$

Kde:

- CV [Kč] - Cena jednoho výrobku při zisku 30%
 $ZT = 5,1 \cdot 500000 = \underline{\underline{2550000 \text{ Kč}}}$

- Čistý zisk z jednoho výrobku
 $ZČ = CV - NVV \text{ [Kč]} \quad (2.14)$

Kde:

- CV [Kč] - Cena jednoho výrobku při zisku 30%
 NVV [Kč] - Variabilní náklady na jeden výrobek
 $ZČ = 5,1 - 3,9 = \underline{\underline{1,2 \text{ Kč}}}$

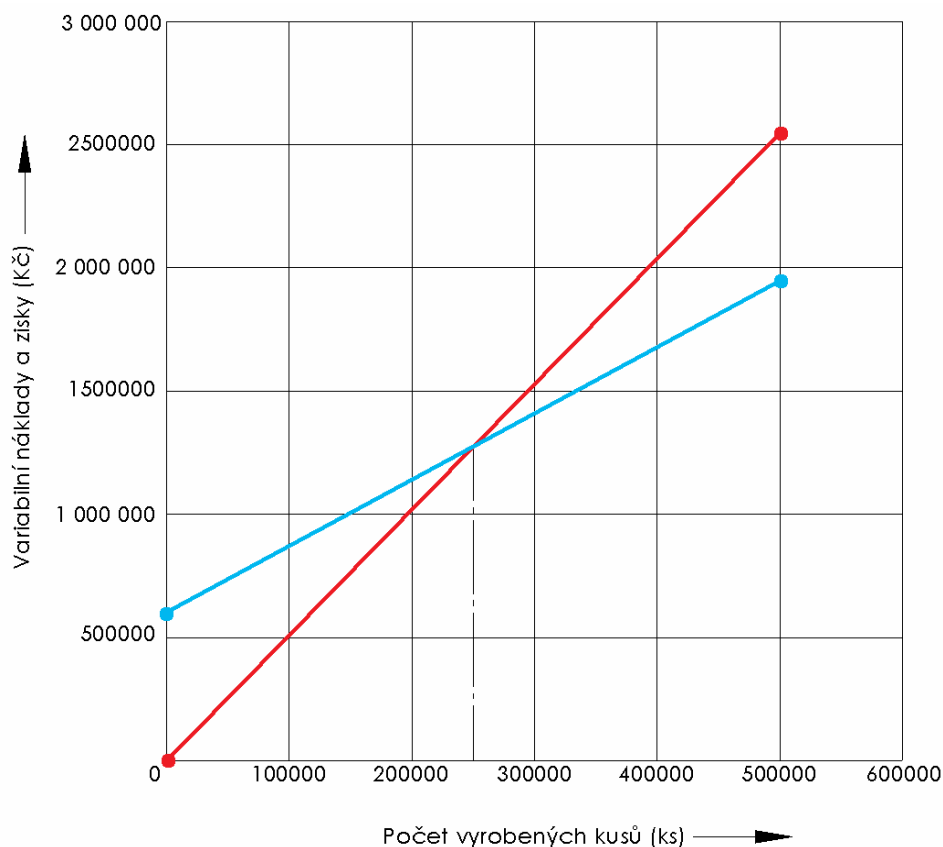
- Celkový čistý zisk na sérii
 $ZCČ = ZČ \cdot (\text{série}) \text{ [Kč]} \quad (2.15)$

Kde:

- ZČ [Kč] - Čistý zisk z jednoho výrobku
 $ZCČ = 1,2 \cdot 500000 = \underline{\underline{600000 \text{ Kč}}}$

Z vypočtených hodnot a následně zhotoveného grafu (Graf 1) je patrné že návratnost investic vložených do výroby řetězového kolečka při sérii 500 000 ks je zajištěna. Při výrobě cca 250 000 ks výstřížku jsou si náklady a zisky rovny. Cena jednoho výstřížku je 5,1 Kč.

Výstřížek je nutno dále ještě odjehlit což cenu nepatrně navýší. Cena řetězového disku 06B-1 17z (bez náboje, počet zubů 17, průměr roztečné kružnice 51,83 mm) firmy CHALLENGE se pohybuje okolo 25Kč.



Graf 1 Ekonomické vyhodnocení

ZÁVĚR

Vypočtené a navržené rozměry dílu „Řetězového kola“ - pastorku splňují technologické požadavky výroby přesným stříháním s nátláčnou hranou, výroba při zadaných požadavcích na přesnost a kvalitu povrchu by byla finančně náročnější při zvolení jiné technologie (při zadané sérii). Zvolený materiál 11500 je vhodný pro přesné stříhání (Vhodnost „Dobrá“).

Geometrie a poloha nátláčné hrany byla zvolena dle literatury [19] Schmid – nátláčná hrana s ohledem na geometrii stříhané součásti je umístěna jak na střížnici tak na přídržovači ve vzdálenosti 2 mm od stříhaného obrysu.

Pro řešení konstrukce nástroje bylo zvolena varianta uspořádání „Jednořadá“ i když „výpočet hospodárnosti“ jasně ukazuje lepší využití materiálu při víceřadém uspořádání. (Jednořadá uspořádání = využití materiálu 48,6% , Dvouřadá uspořádání = využití materiálu 53,1%). Čím víceřadá uspořádání by bylo zvoleno tím lépe by byl materiál využit.

Jako polotovar pro stříhání byl volen svitek ne jen z ohledu na využití materiálu, ale také z pohledu automatizace stříhání, manipulace s materiálem. Pro zvolenou sérii bude zapotřebí 100 svitků o rozměrech (307600x65x3) mm. Pásky nastříhané z tabule plechu by byly méně vhodné.

Nástroj byl navržen jako postupový, s pevnou střížnicí a pohyblivým střížníkem, vypočtené hodnoty pro funkční části nástroje byly zaneseny do výkresové dokumentace, každé části střížného nástroje byl přidělen vhodný materiál.

Stroj byl zvolen v závislosti na vypočtené střížné síle – hydraulický trojčinný lis Feintool HFA 4000 s celkovou silou 4000 kN.

Technologie přesného stříhání je vhodná pro výrobu zvolené součásti, finančně efektivní je až při sérii přesahující cca 250000 výstřížků což vyplývá z ekonomického vyhodnocení. V porovnání s klasickým stříháním odpadá mnoho operací pro dokončení součásti (levnější výroba) což je patrné z obrázku 73 na straně 49.

Seznam použitých značek a symbolů

<u>Zkratka/ Symbol</u>	<u>Jednotky</u>	<u>Popis</u>
As	[J]	Střížná práce
A,a	[mm]	Vzdálenost nátláčné hrany od stříhané kontury
CE	[Kč . kW/h]	Cena elektrické energie
CMN	[Kč]	Cena materiálu na nástroj
C _O	[Kč]	Cena odpadu ze série
C _{TV}	[Kč]	Nákupní cena svitků na sérii
CV	[Kč]	Cena jednoho výrobku při zisku 30%
D _{a1max}	[mm]	Průměr hlavové kružnice (maximální)
D _{a1min}	[mm]	Průměr hlavové kružnice (minimální)
D _{f1}	[mm]	Průměr patní kružnice
D _{t1}	[mm]	Průměr roztečné kružnice
F _c	[N]	Celková síla
F _p	[N]	Přítlačná síla
F _s	[N]	Střížná síla
F _v	[N]	Vyhazovací síla
Hr, h	[mm]	Výška nátláčné hrany
IT	[°]	Stupeň přesnosti
JM	[%]	Jednotková mzda
JR	[mm]	Jmenovitý rozměr součásti
L _h	[mm]	Délka nátláčné hrany
M _O	[kg]	Hmotnost odpadu
M _{TA}	[mm]	Hmotnost tabule/svitku plechu (A, B, C, D, S1,S2)
NE	[Kč]	Náklady na spotřebovanou energii
NN	[Kč]	Náklady na nástroj
NR	[Kč/rok]	Celkové roční náklady na mzdy a režii
NS	[Kč]	Náklady na stroj
NV	[Kč]	Celkové variabilní náklady
NVV	[Kč]	Variabilní náklady na jeden výrobek
OPN	[%]	Ostatní přímé náklady
P	[mm]	Přípustná míra opotřebení
PL	[kW]	Příkon lisu
PM	[Kč/ks]	Přímá mzda na součástku

PR	[%]	Provozní režie
R, r	[mm]	Zaoblení
Ra	[μm]	Drsnost povrchu
RAD	[mm]	Rozměr střížníku při děrování
R _{e min.}	[MPa]	Minimální mez kluzu
RED	[mm]	Rozměr střížnice při děrování
R _m	[MPa]	Pevnost v tahu
S	[mm ²]	Plocha stříhu (S=l.s)
S'	[mm ²]	Plocha stříhané součásti
S _o	[mm ²]	Plocha odpadu
S _{SS}	[mm ²]	Plocha série – 100 svitků
S _{Ti}	[mm]	Plocha tabule/svitku plechu (A, B, C, D , S1, S2)
S _{TS1}	[mm ²]	Plocha svitku1
S _{V2}	[mm ²]	Plocha kompletního výstřížku
S _{Vs}	[mm ²]	Plocha série výstřížků
TA	[mm]	Výrobní tolerance výstřížku
TE	[mm]	Výrobní tolerance střížnice
TKK7	[Kč/h]	Pracovní třída na výrobu nástroje
T _n	[roky]	Životnost nástroje
TN	[h]	Čas potřebný na výrobu nástroje
TS	[Kč/h]	Strojní hodinová mzda
TV	[N _h /ks]	Výrobní čas součástky
VR	[%]	Výrobní režie
X _T	[mm]	X souřadnice těžiště
Y _T	[mm]	Y souřadnice těžiště
Z	[Kč]	Zisk
ZCČ	[Kč]	Celkový čistý zisk z jednoho výrobku
ZČ	[Kč]	Čistý zisk z jednoho výrobku
ZN	[Kč]	Zpracovatelské náklady
ZR	[%]	Zpracovatelská režie
Z _T	[mm]	Z souřadnice těžiště
ZT	[Kč]	Celkový zisk na sérii
b _a	[mm]	Zaoblení zubu

c	[-]	Koeficient závislý na stupni stříhu
d_{\min}	[mm]	Minimální rozměr díry
i	[mm]	Rozdíl výšek ploch (viz. geometrie nátláčné hrany)
k	[-]	Koeficient materiálu
k_s	[MPa]	Střížný odpor materiálu
l	[mm]	Délka stříhu
l_1	[mm]	Délka vnějšího obrysu
l_2	[mm]	Délka vnitřního obrysu
m	[mm]	Střížná mezera
n	[-]	Koeficient opotřebení nástroje
p	[MPa]	Měrný tlak
$r_{e1 \max}$	[mm]	Poloměr boku zubu (maximální)
$r_{e1 \min}$	[mm]	Poloměr boku zubu (minimální)
$r_{i \max}$	[mm]	Poloměr dna zubové mezery (maximální)
$r_{i \min}$	[mm]	Poloměr dna zubové mezery (minimální)
r_x	[mm]	Poloměr zaoblení zubu
t	[mm]	Tloušťka materiálu
v	[mm]	Střížná vůle
$\sum S_{V1}$	[mm ²]	Plocha výstřížků rozmístěných na tabuli/svítku
α_1	[°]	Úhel otevření
β	[°]	Úhel nátláčné hrany (viz. geometrie nátláčné hrany)
γ	[°]	Úhel nátláčné hrany (viz. geometrie nátláčné hrany)
η_i	[%]	Hospodárnost (A, B, C, D, S1,S2)
ρ	[kg/m ³]	Hustota materiálu
τ_s	[MPa]	Střížný odpor

Seznam použitých zdrojů a literatury

1. BOLJANOVIC, Vukota. *Sheet metal forming processes and die design*. New York: Industrial Press, c2004, xix, 219 p. ISBN 08-311-3182-9.
2. ČSN 22 6015. *Stříhadla a střížné vŭle: Směrnice pro výpočet a konstrukci*. Praha: ÚNM, 1977.
3. DVOŘÁK, Milan. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007, 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
4. ECLAIR.CZ, ipexo.cz. *PLAZMA řezání hutního materiálu, prodej hutního materiálu* [online]. Tábor, [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.plazmacz.cz/>
5. FEEINTOOL INTERNATIONAL HOLDING AG. *Feintool :: Feintool* [online]. Lyss, © 2013 Feintool [cit. 2013-02-19]. Dostupné z: <http://www.feintool.com/en.htm>
6. FOREJT, Milan. *Ročníková projekt I: SYLABUS pro kombinované studium bakalářského studijního programu STROJÍRENSTVÍ*. Brno, 2002, 75 s.
7. GEDIP, spol. s r. o. - webservis. *VPAZ - Výroba přípravků a zařízení* [online]. Kopřivnice, [cit. 2013-03-13]. Dostupné z: <http://www.vpaz.cz/>
8. HLUCHÝ, Miroslav, Jan KOLOUCH a Rudolf PAŇÁK. *POLOTOVARY A TECHNOLOGIČNOST. Strojírenská technologie 2. 2., upr. vyd.* Praha: Scientia, 2001, 316 s. ISBN 80-718-3244-8.
9. CHPS S.R.O. *CHPS s.r.o. - řezání vodním paprskem, řezání laserem, zpracování kovů* [online]. Chomutov, [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://www.chps.cz/>
10. KALPAKJIAN, Serope a Steven R SCHMID. *Manufacturing processes for engineering materials*. 5th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Education, c2008, xxi, 1018 p. ISBN 01-322-7271-7.
11. Katedra tváření kovů a plastů: Skripta. LENFELD, Petr. *Katedra tváření kovů a plastů: Skripta* [online]. Liberec, 2005, [cit. 2013-02-21]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#067
12. KRÍŽ, Rudolf. *Strojírenská příručka 8. svazek: V-Tváření, W- Výrobky se slinovaných prášků, X- Výrobky z plastů, Z- Svařování součástí, Z- Protikorozní ochrana materiálu*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 255 s. ISBN 80-718-3054-2.
13. LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 1. vyd. Úvaly: ALBRA, 2003, 865 s. ISBN 80-864-9074-2.
14. NOVOTNÝ, Karel. *Speciální technologie výroby: Část tváření*. 2002. vyd. Brno, 2002, 89 s.
15. PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *VYSOKÁ ŠKOLA BĀŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA. Úvod do tváření II*. Ostrava, 2001, 115 s.
16. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3: Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2000, 256 s. ISBN 80-718-3207-3.
17. ŘASA, Jaroslav. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel. Zásady montáže*. 1. vyd. Praha: Scientia, 2003, 505 s. ISBN 80-718-3284-7.
18. Řezání plazmou | FERRUM s.r.o. WEB CONSULTING | WWW.WEBCONSULTING.CZ. *Specialista na hutní materiály | FERRUM s.r.o.* [online]. Moravské Budějovice, 28. 5. 2012 [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.ferrum-mb.cz/rezani-plazmou/>
19. SCHULER GMBH. *Metal forming handbook*. Berlin: Springer, 1998, xx, 563 s. ISBN 35-406-1185-1.
20. VARJAN, Matuš. *Stříhání součástí s vyšší přesností: Bakalářská práce* [PDF]. Vedoucí bakalářské práce L.Žák. Brno, 2008, 60 s. [cit. 19.5.2013]. Dostupné z: ust.fme.vutbr.cz/tvareni/publikace

Seznam příloh

- Příloha č.1 - Výpočet ceny materiálu na nástroj
- Příloha č.2 - Zvolený vodící sloupek
- Příloha č.3 - Katalogový list maziv AGIP
- Příloha č.4 - Oleje k tváření kovů za studena
- Příloha č.5 - Vizualizace střížného nástroje

- Příloha č.6 - Výkres zadané součásti BC2013
- Příloha č.7 - Výkres sestavy střížného nástroje - Stříhadla BC2013.0
- Příloha č.8 - Výkres střížnice BC2013.1
- Příloha č.9 - Výkres přídržovače BC2013.2
- Příloha č.10 - Výkres střížníku děrovacího – drážkování BC2013.3
- Příloha č.11 - Výkres střížníku děrovacího – odlehčení BC2013.4
- Příloha č.12 - Výkres střížníku vystřihovacího BC2013.5
- Příloha č.13 - Výkres razníku hlavy ozubení BC2013.5



AGIP metalStanz ST 130 CL

Agip metalStanz ST 130 CL je s vodou nemísitelné, chlor obsahující mazivo s vysoce účinnými EP aditivy pro hluboké tažení a přesné stříhání.

JAKOSTNÍ PARAMETRY

AGIP metalStanz ST 130 CL

Číslo barvy		7,5	ISO 2049
Hustota/ 15°C	kg/m ³	1207	DIN 51 757
Viskozita při 40°C	mm ² /s	105	DIN 51 562
Bod vzplanutí	°C	218	DIN ISO 2592
Korozivní účinek na měď	koroz. stupeň	I-100A3	DIN 51 759
Čtyřkuličkový aparát - svařovací tlak	N	10000	DIN 51 530
Reichert test	mm ²	2,0	

VLASTNOSTI

- velmi výkonný olej pro přesné stříhání
- výborná schopnost snášet tlak
- vysoký EP- účinek, obsahuje chlor
- s velmi dobrou ochranou proti stárnutí a korozi
- vysoká teplotní stálost
- polární aditiva

POUŽITÍ

Agip metalStanz ST 130 CL se používá k přesnému stříhání plechů střední tloušťky až 15 mm od jednoduchých C-ocelí až vysocelegované Cr-, Ni-, Mo-, V-legované oceli. Nanáší se pomocí válců, postříkem nebo štětcem.

K odmaštění je možné použít alkalické čisticí prostředky.

Skladování: 0 až 40 °C

tisk: 04/03

strana 1 z 1

Agip Česká republika, s.r.o. - divize oleje
Pod Chodovem 1267/7, 149 00 Praha 4
Tel.: 224 495 294, Fax: 224 495 285
e-mail: oleje@agip.cz
www.agip.cz



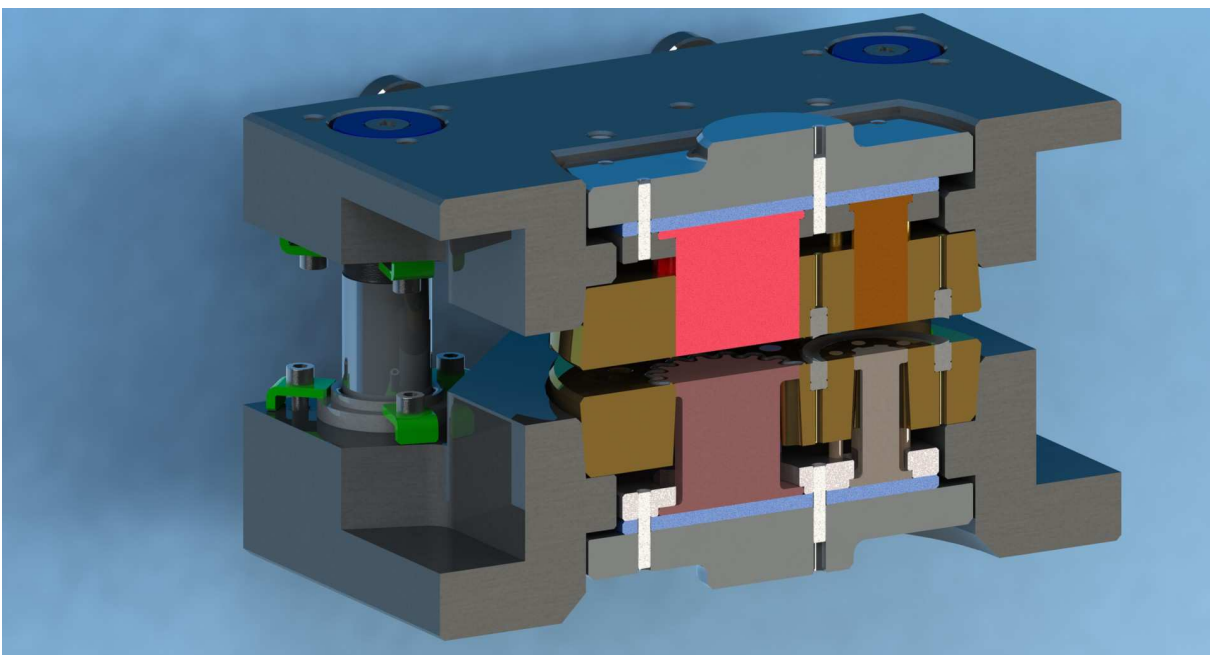
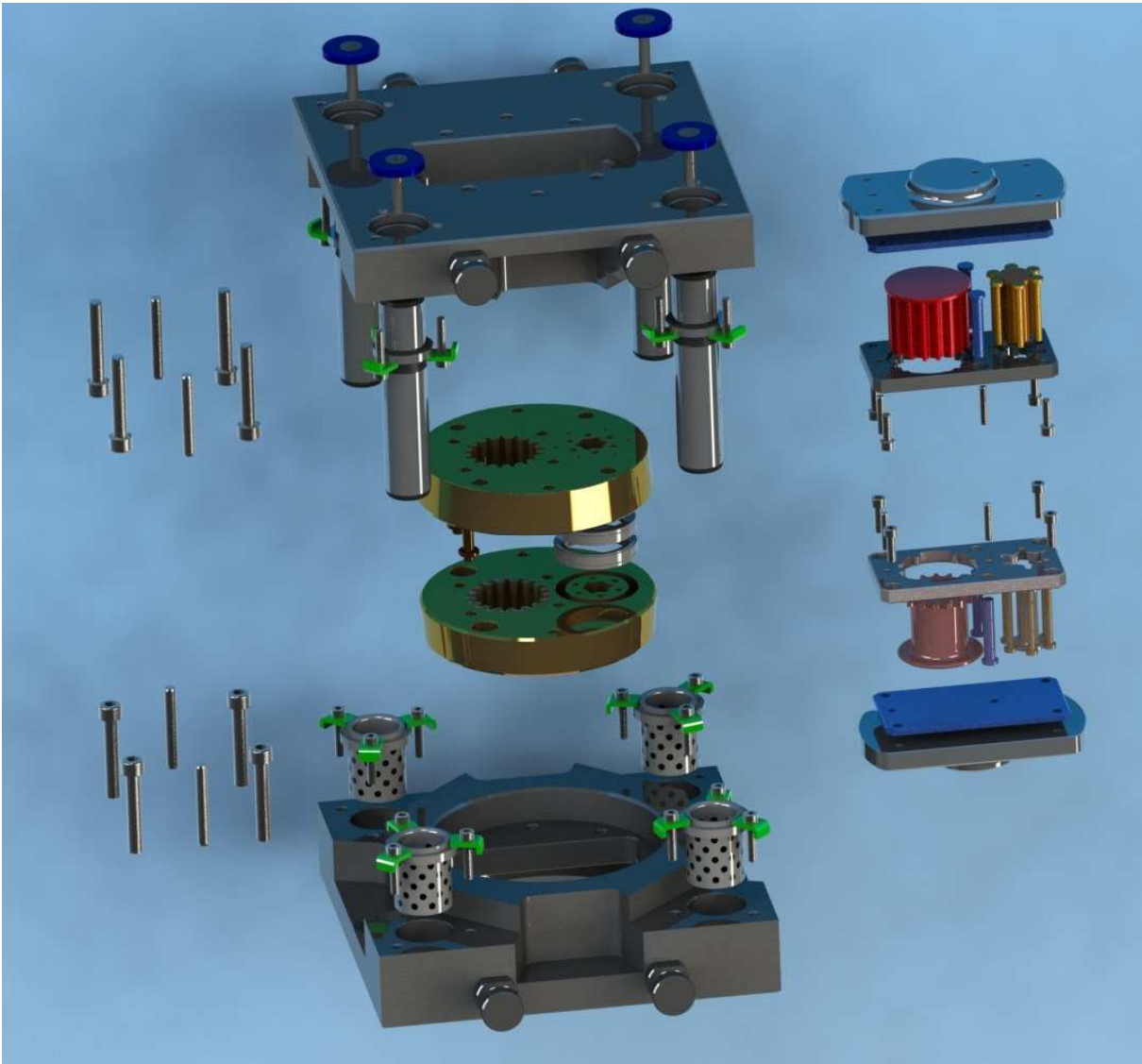
Agip Česká republika

Příloha č.4

23.3.13	Oleje k tváření kovů za studena																																																																																																																	
FIRMA	KAPALINY PRO OBRÁBĚNÍ A TVÁŘENÍ KOVŮ																																																																																																																	
Obrábění a tváření kovů	OLEJE K TVÁŘENÍ KOVŮ ZA STUDENA																																																																																																																	
Chladicí kapaliny	<ul style="list-style-type: none"> • Řada DRAWSOL 3000 Speciální oleje ke studenému tváření na bázi minerálního oleje pro tváření nelegovaných ocelí, hliníku a jeho slitin a barevných kovů. • Řada DRAWSOL 4000 Speciální oleje k jednoduchému i víceetapovému tváření na bázi technických přírodních esterů pro tváření feritických chromových ocelí, vysocelegovaných ocelí a ostatních obtížně tvářitelných materiálů. <p>Tabulka použitelnosti tvářecích olejů:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Produkt</th> <th>Viskozita při 40°C mm²/s</th> <th>Hustota při 20°C g/cm³</th> <th>Bod vzplanutí °C</th> <th>Aditivace</th> <th>Použití</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Drawsol 3005</td> <td>5</td> <td>0,84</td> <td>>135</td> <td>nízká</td> <td>Hluboké tažení, lisování, pēchování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, nibeřování, tažení profilů nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3022</td> <td>22</td> <td>0,85</td> <td>>150</td> <td>nízká</td> <td>Stejně jako Drawsol 3005.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3046</td> <td>46</td> <td>0,84</td> <td>>180</td> <td>nízká</td> <td>Stejně jako Drawsol 3005.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3068</td> <td>68</td> <td>0,85</td> <td>>180</td> <td>střední</td> <td>Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, lisování, pēchování, ohrařování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegované oceli, hliníku a barevných kovů.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3750 DB (přesné stříhání)</td> <td>55</td> <td>1,01</td> <td>>150</td> <td>vysoká</td> <td>Stejně jako Drawsol 3068.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3100</td> <td>100</td> <td>0,86</td> <td>>180</td> <td>střední</td> <td>Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, protlačování, pēchování, ohýbání, ražení, ohrařování, tažení profilů a drátů, válcování závitů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3480</td> <td>480</td> <td>0,91</td> <td>>220</td> <td>střední</td> <td>Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, lisování, pēchování, ohýbání, ražení, ohrařování, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů. Snižuje olěr mezi nástrojem a obrobkem.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 3500</td> <td>46</td> <td>0,96</td> <td>>200</td> <td>vysoká + chlorparafin</td> <td>Hluboké tažení nerezových ocelí (např. pivozavíracích sudů) i ostatních kovů.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol KC 40</td> <td>46</td> <td>0,92</td> <td>>180</td> <td>vysoká</td> <td>Hluboké tažení, tažení, lisování, pēchování, ohýbání, ohrařování, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů. Snižuje olěr mezi nástrojem a obrobkem.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol KC 100</td> <td>120</td> <td>0,92</td> <td>>180</td> <td>velmi vysoká</td> <td>Přesné stříhání a ražení do tloušťky plechu 12mm (nerez do 5mm), tažení, protlačování, hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, pēchování a další náročné tvářecí operace. Jeden z nejučinnějších tvářecích olejů na světovém trhu.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4046</td> <td>46</td> <td>0,84</td> <td>>180</td> <td>střední</td> <td>Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, protlačování, pēchování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, tažení profilů a trubek válcování závitů vysocelegovaných a feritických chromových ocelí.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4068</td> <td>68</td> <td>0,88</td> <td>>180</td> <td>střední</td> <td>Stejně jako Drawsol 4046 + válcování trubek na poutnické stolici, tváření závitů.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4100</td> <td>100</td> <td>0,91</td> <td>>180</td> <td>střední</td> <td>Stejně jako Drawsol 4068.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4150</td> <td>150</td> <td>0,93</td> <td>>220</td> <td>střední</td> <td>Stejně jako Drawsol 4068.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4220</td> <td>220</td> <td>0,97</td> <td>>220</td> <td>střední</td> <td>Stejně jako Drawsol 4068.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4460</td> <td>460</td> <td>0,98</td> <td>>250</td> <td>střední</td> <td>Stejně jako Drawsol 4068.</td> </tr> <tr> <td>Drawsol 4680</td> <td>680</td> <td>0,98</td> <td>>250</td> <td>střední</td> <td>Hluboké tažení, protlačování, ohýbání, tažení profilů a trubek válcování trubek na poutnické stolici.</td> </tr> </tbody> </table>						Produkt	Viskozita při 40°C mm ² /s	Hustota při 20°C g/cm ³	Bod vzplanutí °C	Aditivace	Použití	Drawsol 3005	5	0,84	>135	nízká	Hluboké tažení, lisování, pēchování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, nibeřování, tažení profilů nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů.	Drawsol 3022	22	0,85	>150	nízká	Stejně jako Drawsol 3005.	Drawsol 3046	46	0,84	>180	nízká	Stejně jako Drawsol 3005.	Drawsol 3068	68	0,85	>180	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, lisování, pēchování, ohrařování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegované oceli, hliníku a barevných kovů.	Drawsol 3750 DB (přesné stříhání)	55	1,01	>150	vysoká	Stejně jako Drawsol 3068.	Drawsol 3100	100	0,86	>180	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, protlačování, pēchování, ohýbání, ražení, ohrařování, tažení profilů a drátů, válcování závitů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů.	Drawsol 3480	480	0,91	>220	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, lisování, pēchování, ohýbání, ražení, ohrařování, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů. Snižuje olěr mezi nástrojem a obrobkem.	Drawsol 3500	46	0,96	>200	vysoká + chlorparafin	Hluboké tažení nerezových ocelí (např. pivozavíracích sudů) i ostatních kovů.	Drawsol KC 40	46	0,92	>180	vysoká	Hluboké tažení, tažení, lisování, pēchování, ohýbání, ohrařování, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů. Snižuje olěr mezi nástrojem a obrobkem.	Drawsol KC 100	120	0,92	>180	velmi vysoká	Přesné stříhání a ražení do tloušťky plechu 12mm (nerez do 5mm), tažení, protlačování, hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, pēchování a další náročné tvářecí operace. Jeden z nejučinnějších tvářecích olejů na světovém trhu.	Drawsol 4046	46	0,84	>180	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, protlačování, pēchování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, tažení profilů a trubek válcování závitů vysocelegovaných a feritických chromových ocelí.	Drawsol 4068	68	0,88	>180	střední	Stejně jako Drawsol 4046 + válcování trubek na poutnické stolici, tváření závitů.	Drawsol 4100	100	0,91	>180	střední	Stejně jako Drawsol 4068.	Drawsol 4150	150	0,93	>220	střední	Stejně jako Drawsol 4068.	Drawsol 4220	220	0,97	>220	střední	Stejně jako Drawsol 4068.	Drawsol 4460	460	0,98	>250	střední	Stejně jako Drawsol 4068.	Drawsol 4680	680	0,98	>250	střední	Hluboké tažení, protlačování, ohýbání, tažení profilů a trubek válcování trubek na poutnické stolici.
Produkt							Viskozita při 40°C mm ² /s	Hustota při 20°C g/cm ³	Bod vzplanutí °C	Aditivace	Použití																																																																																																							
Drawsol 3005							5	0,84	>135	nízká	Hluboké tažení, lisování, pēchování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, nibeřování, tažení profilů nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů.																																																																																																							
Drawsol 3022							22	0,85	>150	nízká	Stejně jako Drawsol 3005.																																																																																																							
Drawsol 3046							46	0,84	>180	nízká	Stejně jako Drawsol 3005.																																																																																																							
Drawsol 3068							68	0,85	>180	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, lisování, pēchování, ohrařování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegované oceli, hliníku a barevných kovů.																																																																																																							
Drawsol 3750 DB (přesné stříhání)							55	1,01	>150	vysoká	Stejně jako Drawsol 3068.																																																																																																							
Drawsol 3100							100	0,86	>180	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, protlačování, pēchování, ohýbání, ražení, ohrařování, tažení profilů a drátů, válcování závitů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů.																																																																																																							
Drawsol 3480							480	0,91	>220	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, lisování, pēchování, ohýbání, ražení, ohrařování, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů. Snižuje olěr mezi nástrojem a obrobkem.																																																																																																							
Drawsol 3500							46	0,96	>200	vysoká + chlorparafin	Hluboké tažení nerezových ocelí (např. pivozavíracích sudů) i ostatních kovů.																																																																																																							
Drawsol KC 40	46	0,92	>180	vysoká	Hluboké tažení, tažení, lisování, pēchování, ohýbání, ohrařování, přesné stříhání, tažení profilů a drátů z nelegovaných ocelí, hliníku a barevných kovů. Snižuje olěr mezi nástrojem a obrobkem.																																																																																																													
Drawsol KC 100	120	0,92	>180	velmi vysoká	Přesné stříhání a ražení do tloušťky plechu 12mm (nerez do 5mm), tažení, protlačování, hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, pēchování a další náročné tvářecí operace. Jeden z nejučinnějších tvářecích olejů na světovém trhu.																																																																																																													
Drawsol 4046	46	0,84	>180	střední	Hluboké tažení i s velkým ztenčením stěny, protlačování, pēchování, ohýbání, ražení, přesné stříhání, tažení profilů a trubek válcování závitů vysocelegovaných a feritických chromových ocelí.																																																																																																													
Drawsol 4068	68	0,88	>180	střední	Stejně jako Drawsol 4046 + válcování trubek na poutnické stolici, tváření závitů.																																																																																																													
Drawsol 4100	100	0,91	>180	střední	Stejně jako Drawsol 4068.																																																																																																													
Drawsol 4150	150	0,93	>220	střední	Stejně jako Drawsol 4068.																																																																																																													
Drawsol 4220	220	0,97	>220	střední	Stejně jako Drawsol 4068.																																																																																																													
Drawsol 4460	460	0,98	>250	střední	Stejně jako Drawsol 4068.																																																																																																													
Drawsol 4680	680	0,98	>250	střední	Hluboké tažení, protlačování, ohýbání, tažení profilů a trubek válcování trubek na poutnické stolici.																																																																																																													
Brusné oleje																																																																																																																		
Oleje k tváření kovů																																																																																																																		
Separační kapaliny																																																																																																																		
Další kapaliny a maziva																																																																																																																		
Speciální kapaliny																																																																																																																		
Přísady																																																																																																																		
Odmašťování a konzervace																																																																																																																		
Doplňková zařízení																																																																																																																		
NÁPOVĚDA																																																																																																																		
Využijte naši technické podpory pro přesné zvolení té správné kapaliny na vaše podmínky.																																																																																																																		



Příloha č.5



Příloha č.5 - pokračování

