



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBA ŽACÍHO KOTOUČE KŘOVINOŘEZU
MANUFACTURING OF CUTTER WHEEL FOR BRUSH SAW

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB HANÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Hanáček

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:

Výroba žacího kotouče křovinořezu

v anglickém jazyce:

Manufacturing of cutter wheel for brush saw

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby žacího kotouče křovinořezu z ocelového plechu. Součástka je rotačního tvaru s otvorem a zuby. Bude vyráběna technologií přesného stříhání. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii přesného stříhání spolu se zhodnocením výroby součástí obdobných tvarů. Následovat bude návrh vhodné technologie a vypracování postupu výroby součásti (provedení technologických a kontrolních výpočtů), návrh sestavy nástroje spolu s výrobními výkresy zadaných dílů, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. MARCINIAK, Z.; DUNCAN, J.L.; HU, S.J. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07506530000.
2. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
4. NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
5. VYSKOČIL, O., BARTOŠ, P. Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno, 1977. 88 s.
6. HOSFORD, William F.; CADDEL, Robert M. Metal Forming : Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York : Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
7. NOVOTNÝ, J., LANGER, Z. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

HANÁČEK Jakub: Výroba žacího kotouče křovinořezu.

Projekt předkládá návrh technologie výroby součásti žací kotouče křovinořezu z ocelového plechu 12050 o tloušťce 2 mm a sériovostí výroby 120 000 kusů ročně. Z navržených variant výroby byla stanovena jako nejvýhodnější technologie přesného stříhání s tlačnou hranou. Byla navržena výroba přesným stříháním ve střížném nástroji, který je upnut na hydraulickém lisu HSR - 630 X - TRA od společnosti SCHMID, se jmenovitou silou 6300 kN. Pracovní části nástroje jsou vyrobeny z nástrojové oceli 19 437. Podle ekonomického propočtu se stanovila cena vyráběné součásti na 61,4 Kč.

Klíčová slova: Ocel 12050, přesné stříhání, tlačná hrana, střížný nástroj, hydraulický lis.

ABSTRACT

HANÁČEK JAKUB: Manufacturing of cutter wheel for brush saw.

The project is submitting design of technology production of the part from the sheet iron 12050, thickness of 2 mm and production run of 120 000 pieces per year. From the proposed options of manufacturing was determined that the fineblanking technology by vee ring is the most advantageous. The fineblanking manufacture was designed for fineblanking tool which is set on the hydraulic press HSR - 630 X - TRA from producer SCHMID with nominal force 6300 kN. Functional parts of tool are produced of tool steel 19 437. According to economical calculation it was defined the price of the manufactured part on 61,4 Kč.

Keywords: 12050 steel, fineblanking, vee ring, blanking tool, hydraulic press.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HANÁČEK Jakub. *Výroba žacího kotouče křovinořezu*. Brno, 2011. 48 s.,CD. FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření kovů a plastů. Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V dne 27.5.2011

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Kamilu Podanému, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

Zadání

Abstrakt

Bibliografická citace

Čestné prohlášení

Poděkování

Obsah

1 ÚVOD	9
2 ROZBOR SOUČÁSTI	10
2.1 Návrh variant výroby	11
3 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU	15
3.1 Střížná hrana a vůle	17
3.2 Síly a práce.....	19
3.3 Technologičnost a vady	20
3.5 Nástroje a stroje	23
4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY	26
4.1 Nástřihový plán	26
4.2 Výpočty síly a práce	28
4.2 Návrh nástroje a stroje	30
4.4.1 Pevnostní výpočty.....	31
4.4.2 Návrh střížného nástroje	32
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	34
6 ZÁVĚRY	37

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam příloh

1 ÚVOD [3] [11] [12] [14] [21] [26] [29]

Tváření se významně podílí na celosvětové produkci strojních součástí z kovů a jejich slitin. Součásti vyrobené touto technologií jsou velice přesné a zároveň je produktivita výroby velmi vysoká a několikanásobně předčí běžné technologie. Oproti obrábění, při kterém dochází ke vzniku odpadu ve formě třísek, tváření je technologie, při které odpad nevzniká. Využití materiálu při tváření je velmi vysoké.

Podstatou tváření je uvedení materiálu do plastického stavu působením vnějších sil. Tím se změní jeho vlastnosti a tvar. Dělí se na tváření plošné a objemové. Při plošném tváření převládá působení zatížení ve dvou směrech (technologie stříhání, ohýbání, tažení). Podstatou objemového tváření jsou deformace, které působí ve směrech všech tří os souřadného systému (protlačování, kování).

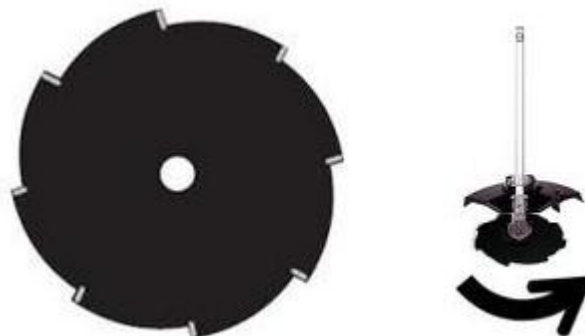
Na obrázku 1 jsou uvedeny příklady součástí vyrobených technologií plošného tváření.



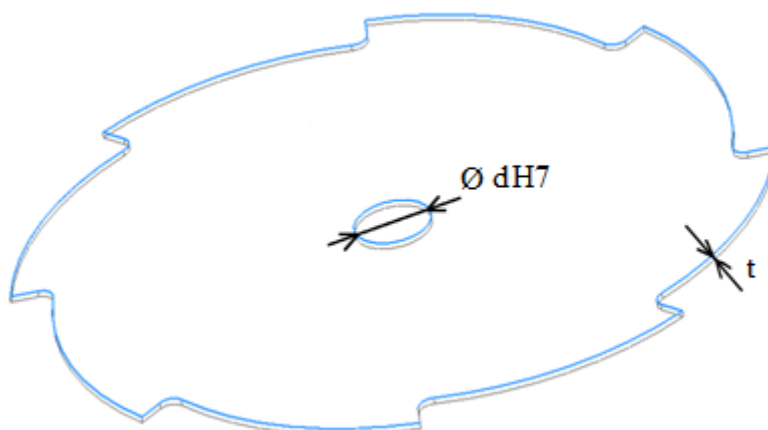
Obr. 1 Součásti zhotovené přesným stříháním [11] [12] [14] [26] [21] [29]

2 ROZBOR SOUČÁSTI [5] [17] [23]

Zadaná součást slouží jako žací část křovinořezu (obr. 2). Otáčením okolo své osy umožňuje sekání travin, případně i řezání tenkých křovin a větví. Kotouč má po obvodu osm žacích zubů, je kruhovitěho tvaru o průměru 250 mm a tloušťce $t = 2$ mm. Díra ve středu kotouče má průměr $d = 25,4$ mm (obr. 3). Sériovost je 120 000 kusů ročně. Hlavní požadavek je kladen na přesnost díry, s tolerančním stupněm IT7 a předepsanou drsností $1,6 \mu\text{m}$.



Obr. 2 Součást – žací kotouč křovinořezu [23]



Obr. 3 Model součásti

Součást bude vyrobena z ušlechtilé uhlíkové oceli 12050.3, ze které se vyrábí např. (větší ozubená kola, ojnice, rotory, vrtací tyče, frézovací trny apod.). Polotovarem bude materiál o tloušťce 2 mm. Vlastnosti materiálu jsou uvedeny v tabulkách níže (tab. 1; 2).

Tab. 1 Chemické složení materiálu [5]

Chemické složení [%]			
Označení oceli	C	Mn	Si
12050.3	0,42-0,5	0,5-0,8	0,17-0,37

Tab. 2 Mechanické vlastnosti materiálu [5]

Mechanické vlastnosti			
Označení oceli	Mez pevnosti R_m	Mez kluzu $R_p0,2$	Tažnost A_5
12050.3	460-610 MPa	280 MPa	29 %

2.1 NÁVRH VARIANT VÝROBY [1] [6] [10] [15] [16] [19] [22]

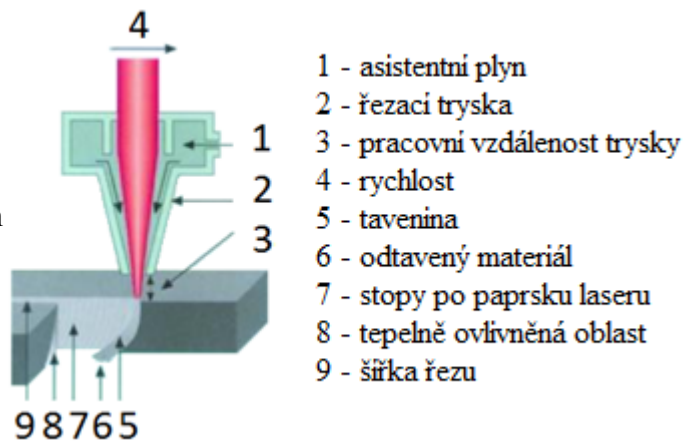
Vzhledem k požadovanému tvaru součásti a k materiálovým vlastnostem, připadají v úvahu pro výrobu konvenční a nekonvenční metody. Nekonvenční metody jsou řezání laserem, hydroabrazivním paprskem a vysekávání. Mezi konvenční metody patří běžné a přesné stříhání.

- Řezání laserem (obr. 4) - využívá přeměnu světelné energie na tepelnou. Paprsek laseru je soustředěn do jednoho místa a tam se ohřeje na příslušnou pracovní teplotu. Následně je materiál spalován, nebo odtavován. Nejčastěji se používají lasery plynové CO₂ a pevnolátkové Nd:YAG. Řezání laserem je přesné, dosahujeme vysoké řezné rychlosti a šířka řezné spáry je velice malá.

Tato metoda není vhodná, protože nelze dosáhnout požadované přesnosti funkčních částí součásti. Její zavedení do výroby je finančně náročné a pro velkosériovou výrobu se nehodí.

Parametry:

- drsnost Ra 12,5 – 3,2 μm
- odchylka vnitřních tvarů ± 0,05 mm
- odchylka vnějších tvarů ± 0,05 mm
- řezná mezera 0,5 – 0,2 mm



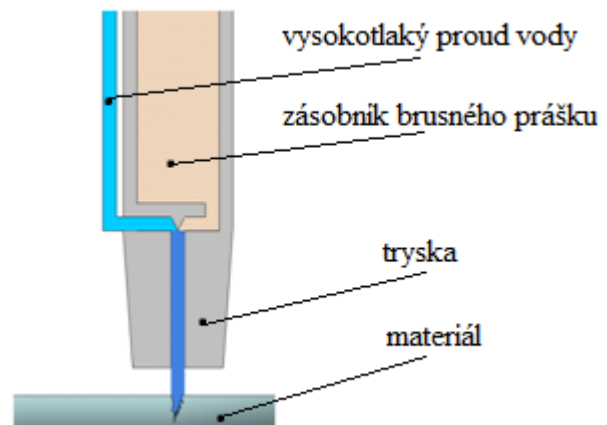
Obr. 4 Řezání laserovým paprskem [22]

- Řezání hydroabrazivním paprskem (obr. 5) – využívá vody, která je dopravena pomocí vysokotlakového čerpadla k řezací hlavě, kde pod vysokým tlakem prochází tryskou a vytváří paprsek. Vodní paprsek, slouží jako řezací nástroj. Je nejčastěji 0,8 – 1,5 mm široký a je do něj přidán brusný prášek (křemičitý písek). Hydroabrazivním paprskem se dají řezat kovy, sklo, kámen, apod.

Výhodou je, že při řezání nedochází k ohřevu materiálu a celý řezný proces je vysoce ekologický. Na druhou stranu je tato metoda málo produktivní, zaváděcí cena do výroby je velmi vysoká a plocha po vyříznutí je nekvalitní. Z těchto důvodů tato metoda není vhodná.

Parametry:

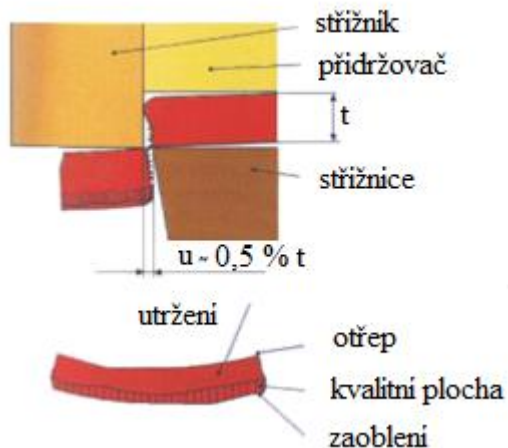
- drsnost Ra 12,5 – 2,5 μm
- odchylka vnitřních tvarů ± 0,1 mm
- odchylka vnějších tvarů ± 0,1 mm
- řezná mezera 2,5 – 1,1 mm



Obr. 5 Řezání hydroabrazivním paprskem [10]

- Běžné stříhání (obr. 6) - je velmi rozšířený způsob zpracování plechu. Podstatou je působení na materiál vhodně upravenými protilehlými noži tak, aby se v daném místě ustříhl. Mezi základní operace prováděné střížnými nástroji patří děrování a vystříhování. Vzhledem k předpokládané roční produkci se vylučuje použití jednoduchých střížných nástrojů. Vhodné nástroje pro stříhání velkých sérií jsou sloučená stříhadla a postupová stříhadla. Postupová stříhadla zhotovují součást v několika krocích. Nejprve jsou vystříženy otvory a potom obrys součásti. Sloučená stříhadla se konstruují tak, aby provedly několik operací v jednom kroku. Při stříhání dochází jak k děrování, tak i k vystříhování.

Běžné stříhání používá konstrukčně jednoduché a cenově dostupné nástroje. Lze použít universální tvářecí stroje (např. klikové lisy). Na druhou stranu má i své nevýhody, a to prohnutí výstřížků (obr. 6), horší kvalitu střížné plochy vyžadující dokončovací operace. Proto pro výrobu zadané součásti není vhodné.



Obr. 6 Běžné stříhání [19]

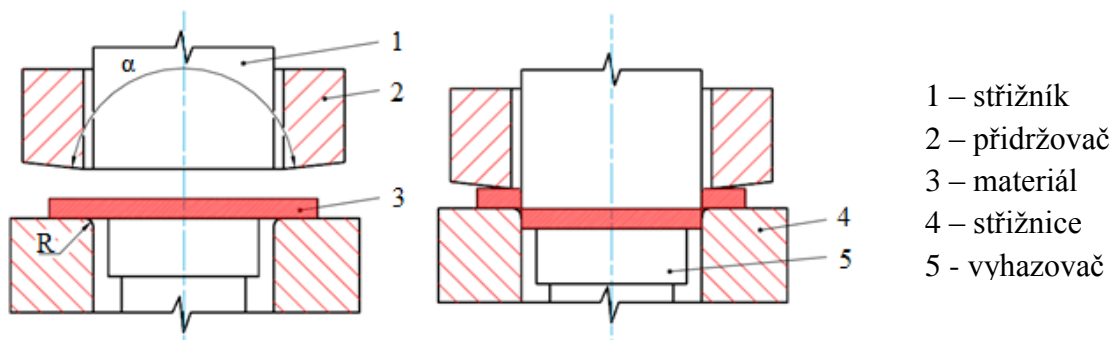
Parametry:

- drsnost R_a 6,3 – 2,5 μm
- stupeň lícování IT14 – IT12
- střížná mezera 0,1 – 1 mm

- Přesné stříhání je velice přesný způsob tváření plechů. Podstatou je změna napjatosti v materiálu v místě stříhu. Díky tomu lze dosáhnout kvalitní, hladké střížné plochy kolmé k rovině stříhu. Dosahuje se rozměrových přesností v rozmezí IT6 – IT9. Mezi přesné stříhání řadíme přesné stříhání se zkoseným přidržovačem, přistříhování, kalibrování, přesné stříhání se zaoblenými střížnými hranami a přesné stříhání s tlačnou hranou.

- Přesné stříhání se zkoseným přidržovačem (obr. 7) - od běžného stříhání se liší tím, že má zkosený přidržovač s vrcholovým úhlem $\alpha = 178^\circ 30'$. Díky tomu je při stříhání vyvozen v místě stříhu dvojosý stav napjatosti. Poloměr zaoblí na střížné hraně je $R \leq 0,01$ mm.

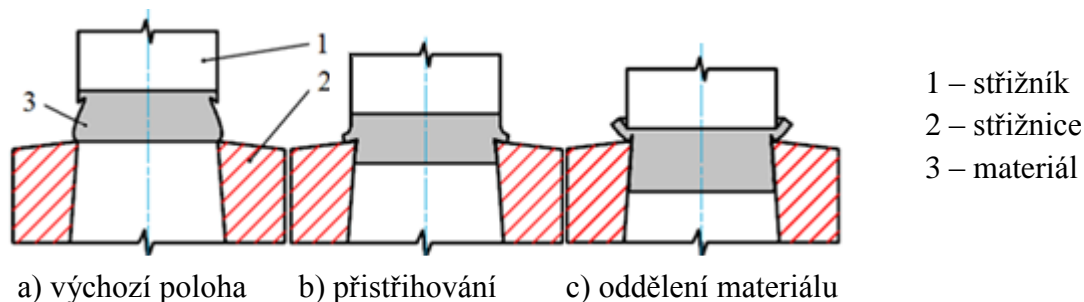
Tato technologie je málo používaná a používá se pro malosériovou výrobu do 25 000 kusů, proto není vhodná.



Obr. 7 Přesné stříhání se zkoseným přidržovačem [1]

- Přistřihování - je vhodné pro dodatečné opracování součástí. Principem je, že se ze střížné plochy odděluje malé množství materiálu, s cílem dosáhnout větší přesnosti a kvality střížné plochy. Oddělovaný materiál má tloušťku 0,1 – 0,5 mm. Provádí se přistřihování jak po otevřené, tak i uzavřené čáře stříhu. Dělí se na přistřihování se zápornou vůlí (střížník přesahuje střížnici obr. 8) a přistřihování s kladnou vůlí (střížník je menší než střížnice).

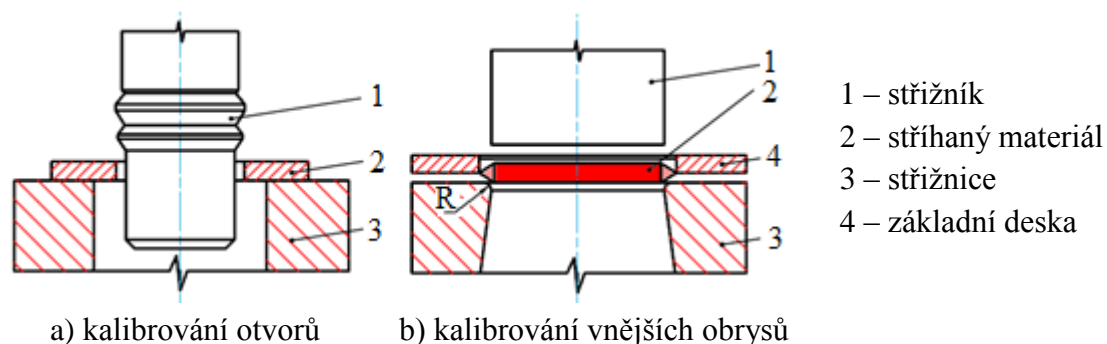
Jedná se spíše o dokončovací technologii. Většinou probíhá v několika krocích, což má za následek snížení produktivity výroby. Nehodí se pro velké série.



Obr. 8 Přistřihování se zápornou vůlí [6]

- Kalibrování (obr. 9) - tato metoda využívá podobného principu jako přistřihování. Vlivem odpružení je méně přesné a je zapotřebí použít větší sílu než u přistřihování. Touto metodou lze provádět kalibrování vnějšího obrysu, kde střížník protlačí výstřížek přes střížnici, která má zaoblené hrany. Dále se provádí kalibrování otvorů pomocí kalibrovacího trnu. Trn má jednu a více ploch o šířce 1 – 3 mm s náběhem a výběhem zkosenými pod úhlem 5°.

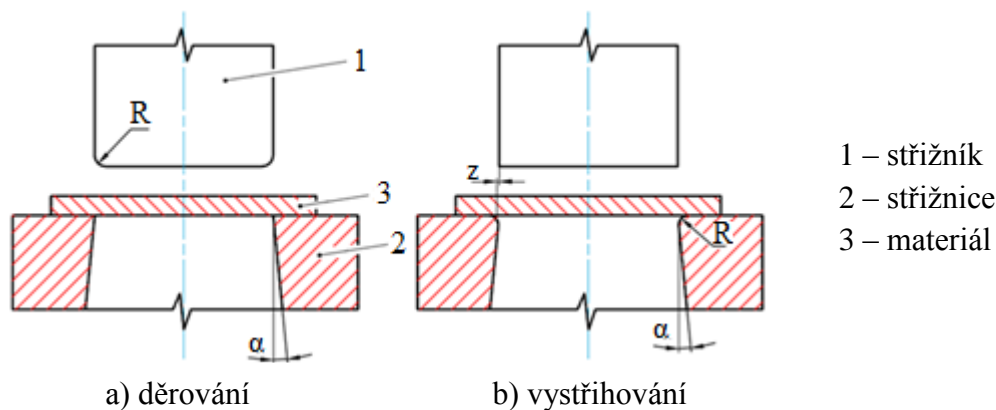
Tato metoda není vhodná pro velké série a slouží spíše jako dokončovací technologie.



Obr. 9 Kalibrování [1]

- Přesné stříhání se zaoblenými střížnými hranami (obr. 10) - při použití této metody je materiál při stříhu částečně dopředně protlačován. Díky tomu se dosahuje hladké a kolmé střížné plochy. V místě stříhu je vyvozen dvojosý stav napjatosti. Poloměr zaoblení střížné hrany je $R = (0,15 - 0,20) s$. Při konstrukci tvarově složitějších součástí se volí poloměr zaoblení $R = 0,25 s$ a střížná vůle $z = (0,01 - 0,02) \text{ mm}$. Konstrukce nástrojů je stejná jako u střížných nástrojů stejného typu, kromě střížnic, které jsou bandážované. Dosahuje se přesnosti IT9 – IT11, drsnost střížné plochy je $Ra 0,4 - 1,6 \mu\text{m}$.

Tato metoda není vhodná. Používá se pro měkké oceli a pro malosériovou výrobu. Nevýhodou je o asi o 15% větší střížná síla než u běžného stříhání.



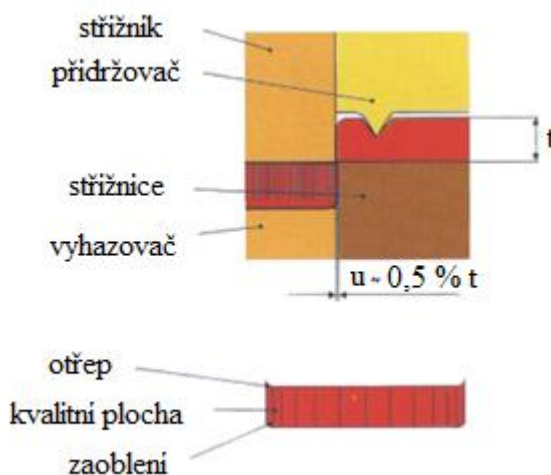
Obr. 10 Přesné stříhání se zaoblenými střižnými hranami [1]

- Přesné stříhání s tlačnou hranou (obr. 11) - využívá prostorový stav napjatosti ve stříhaném plechu. Dochází k rozšíření pásma plastického stříhu na celou tloušťku stříhaného materiálu a tím i ke zkvalitnění střižné plochy. Nástroje pro přesné stříhání se konstruují podobně jako u sloučených stříhadel. Součást je vystřižena jedním zdvihem, má kolmé hladké střižné plochy s minimální výškou ostříny. Výstřížky jsou rozměrově a geometricky přesné. Tato technologie je vysoce produktivní s nižší spotřebou energie a úsporou pracovních sil. Mezi nevýhody patří hlavně vysoké pořizovací náklady a použití specifických strojů (trojčinné lisy).

Tato metoda se jeví jako nejvhodnější, zadaná součást s ní půjde vyrobit s požadovanou přesností. Je vhodná pro velké série, avšak ekonomicky výhodná od 40 000 kusů ročně.

Parametry:

- drsnost R_a 1,6 – 0,4 μm
- stupeň lícování IT9 – IT6
- střižná mezera 0,01 – 0,05 mm



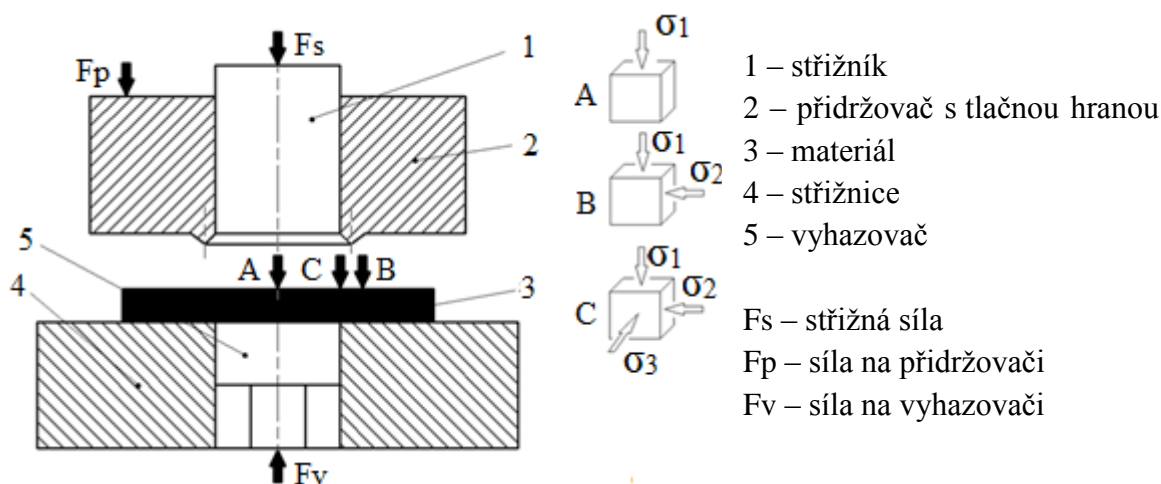
Obr. 11 Přesné stříhání s tlačnou hranou [19]

Z rozboru uvedených technologií vyplývá, že nejvhodnější metoda pro výrobu zadané součásti je přesné stříhání s tlačnou hranou. Součást půjde vyrobit s požadovanou přesností a s vysokou produktivitou. Při sériovosti 120 000 kusů za rok bude cenová úspora nákladů na výrobu, oproti ostatním technologiím velmi výrazná, proto se tato technologie použije při výrobě součásti a bude na ni zaměřena teoretická část práce.

3 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU [1] [2] [3] [6] [27]

Vlastní podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Dosažení kvalitního a přesného stříhu je závislé na několika faktorech, z nichž za nejdůležitější se považuje velikost střížné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje apod. Nekvalitní střížné ploše se širokým pásmem utržení a deformaci výstřížků můžeme zabránit různými konstrukčními úpravami střížného nástroje a vhodnou volbou způsobu stříhání. Výroba výstřížků s malými tolerancemi a s jakostní střížnou plochou je prováděna přesným stříháním.

Metoda přesného stříhání s tlačnou hranou (obr. 12) na rozdíl od běžného stříhání využívá prostorový stav tlakové napjatosti ve stříhaném plechu, kde vlivem této napjatosti dojde k rozšíření pásma plastického stříhu na celou tloušťku stříhaného materiálu. Stříhaný materiál je v počáteční fázi stříhání sevřen mezi přidržovač a střížnici. Tím je tlačná hrana vtlačena do plechu ještě před vlastním stříhem. Umístění tlačné hrany na přidržovači je voleno mimo křivku stříhu. Rozložení všech tří hlavních napětí σ_1 , σ_2 , σ_3 je právě v oblasti stříhu, kde vzniká trojosá napjatost. Díky všestranně vyvinutému tlaku dochází k čistě plastickému stříhu. Na druhou stranu se většinou volí větší šířka pásů plechu i větší můstky a tím je způsobena větší spotřeba materiálu než při klasickém stříhání.



Obr. 12 Schéma přesného stříhání s tlačnou hranou [6]

Přesné stříhání zlepšuje jakost plochy a zpřesňuje stříhané rozměry. Lze jím dosáhnout kvalitní hladké střížné plochy v rozměrové přesnosti vyrobených součástí v rozmezí IT6 až IT9. Pro přesné stříhání s tlačnou hranou jsou vhodné součásti vyráběné ve velkých sériích.

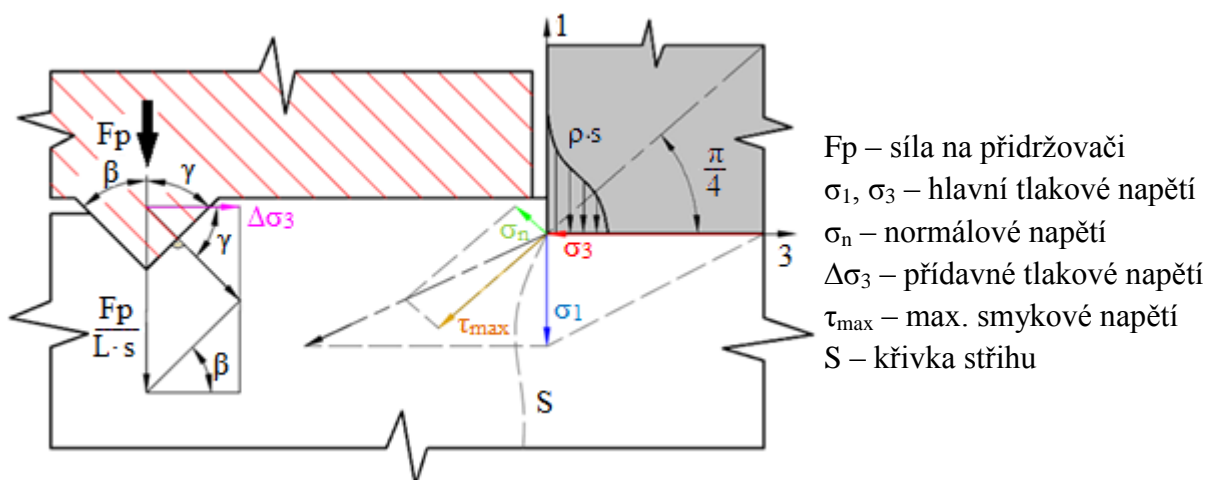
Při přesném stříhání se přímo v oblasti stříhu nachází nejvýhodnější rozložení hlavních tlakových napětí. To je způsobeno přidržovačem s tlačnou hranou. Při jeho použití se vytváří tlakové napětí $\Delta\sigma_3$, které výrazně mění vztahy v rovinné napjatosti uzavřeného stříhu.



konvenční stříhání přesné stříhání

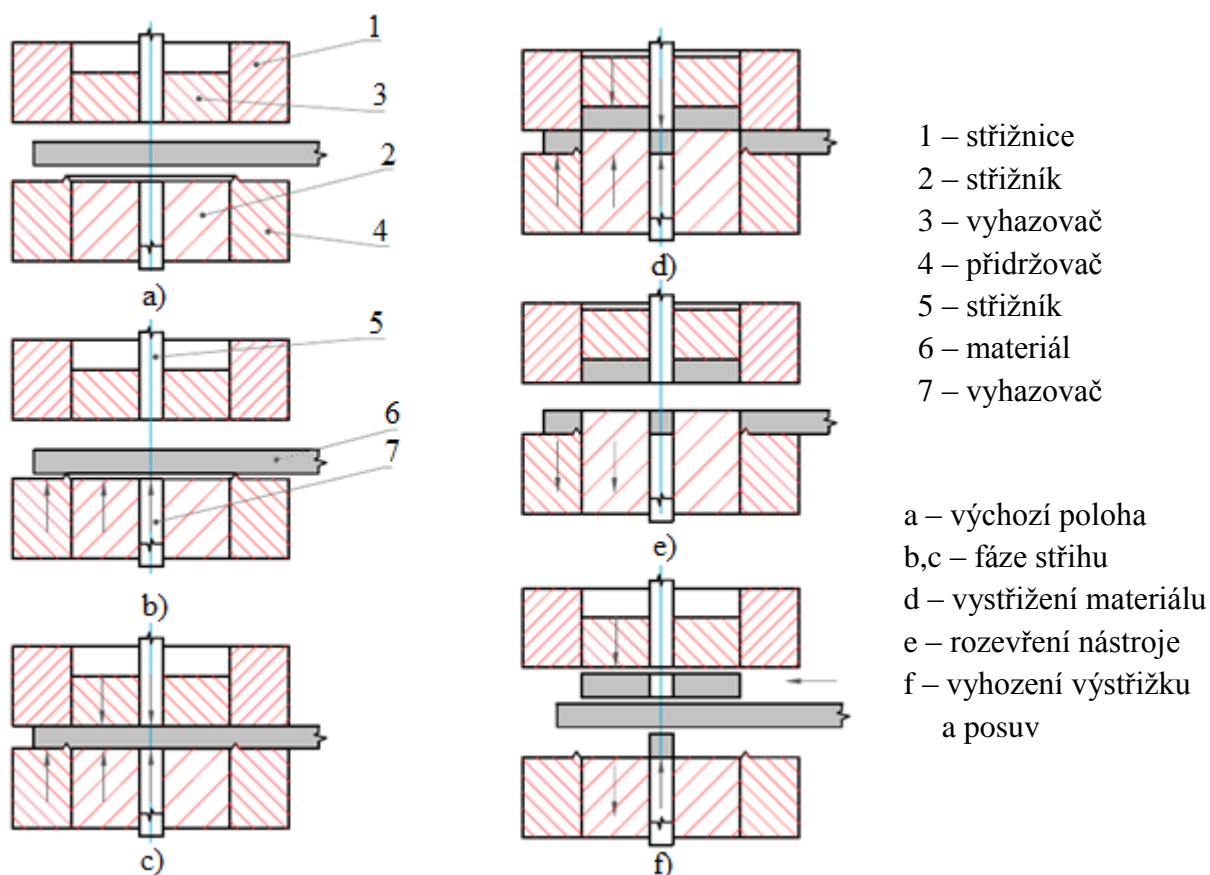
Obr. 13 Rozdíl mezi běžným a přesným stříháním [27]

Důsledkem toho je normálové napětí σ_n záporné, které se snaží uzavírat vznikající trhliny ve směru maximálního smykového napětí τ_{max} . Na obr. 14 je grafické zobrazení napjatosti pod střížnou hranou. Tento výhodný stav napjatosti umožňuje stříhat velmi složité tvary součástí, které by běžným stříháním nebylo možné vystříhnout.



Obr. 14 Schéma napjatosti [3]

Stříhání se provádí na jeden zdvih. Střížník i tlačná hrana vnikají do plechu a následuje prostřížení. Po té se jako první vrací střížník, následuje přidržovač a pás. V dalším kroku je výstřížek vyhozen ze střížnice a odstraněn z prostoru nástroje. Nakonec se posune pás plechu a celý cyklus se opakuje (obr. 15).

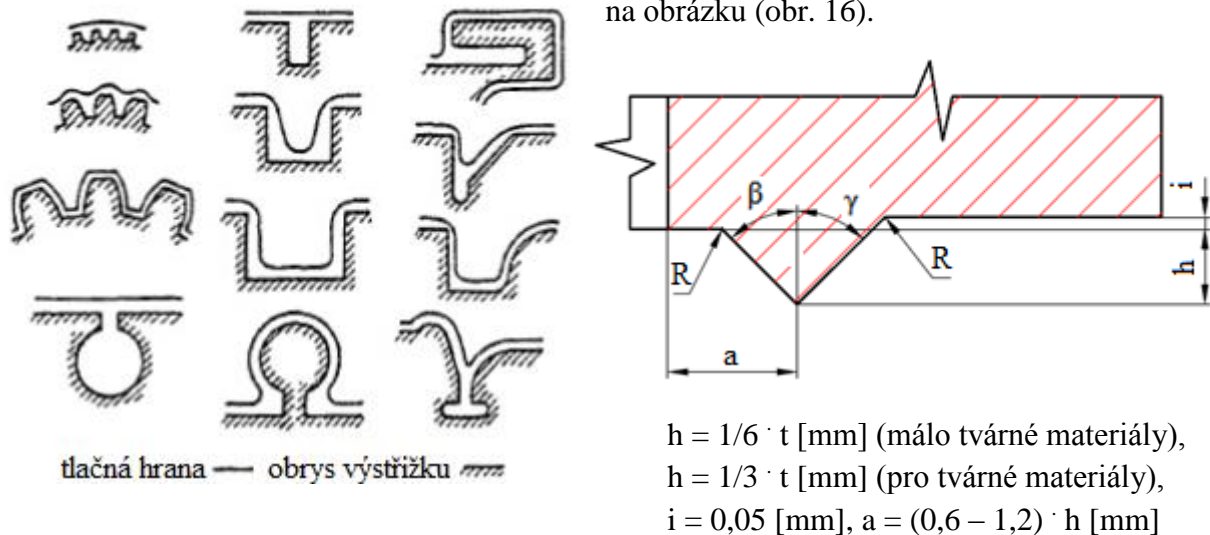


Obr. 15 Postup přesného stříhání [6]

3.1 STŘIŽNÁ HRANA A VŮLE [1] [2] [8]

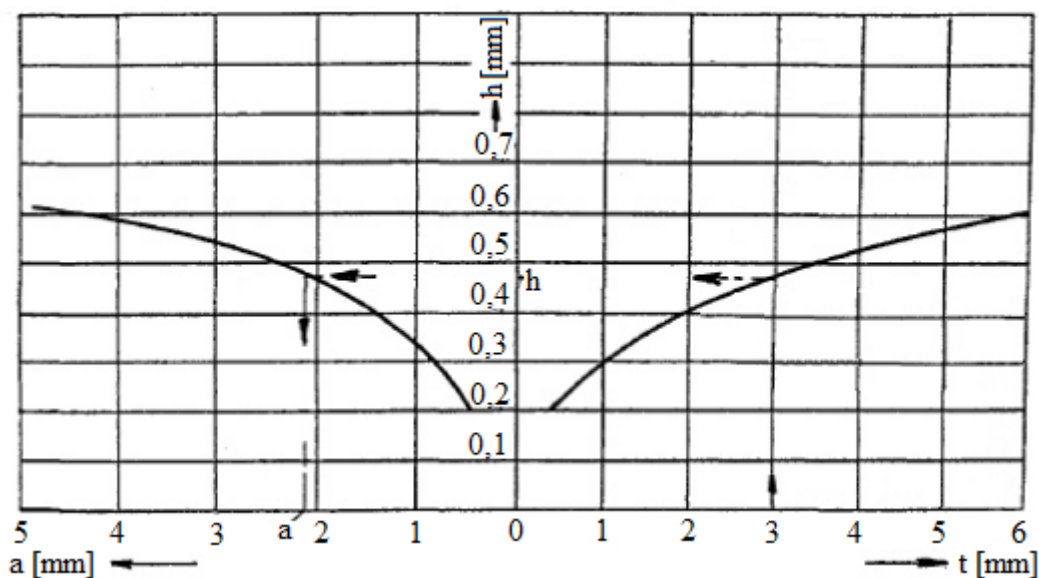
Kvalitu střížné plochy a životnost nástroje ovlivňují parametry tlačné hrany (tvar, poloha, rozměry). Do tloušťky materiálu $t = 4$ mm je použita jedna tlačná hrana a to na přidržovači. V případě že je tloušťka materiálu $t \geq 4$ mm používají se dvě tlačné hrany na přidržovači i na střížnici. Tlačná hrana v podstatě kopíruje obrys výstřížku, až na úzké záhyby a výstupky.

Geometrie a umístění tlačné hrany je na obrázku (obr. 16).



Obr. 16 Geometrie a umístění tlačné hrany [8]

Geometrické rozměry tlačné hrany jsou odvozeny od tloušťky a vlastností stříhaného materiálu a ovlivňují opotřebení nástroje. Různí výrobci (např. Feintoll, Schmid, Maypress), mají různé definované tlačné hrany, které se v praxi používají. Rozměry a polohu tlačné hrany je možné také určit pomocí diagramu (obr 17.).



Obr. 17 Diagram pro určení rozměrů a polohy tlačné hrany [2]

U přesného stříhání je střížná vůle v 10krát menší než u stříhání běžného. Díky tomu je střížná plocha mnohem kvalitnější. Je to v podstatě střížná mezera z , která rovnoměrně kopíruje obvod stříhu. Určuje se početně nebo se odečte z diagramu (obr. 18).

Výpočet střížné vůle pro plechy $t \leq 3$ mm:

$$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \text{ [mm]} \quad (3.1)$$

kde: τ_{ps} – pevnost materiálu ve stříhu [MPa]

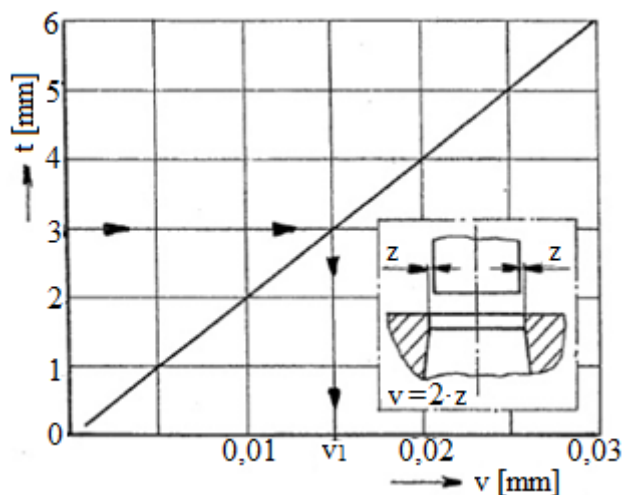
c – koeficient závislý na druhu stříhání,
pro přesné stříhání $c = 7 \cdot 10^{-4}$ [-]

Výpočet střížné vůle pro plechy $t > 3$ mm:

$$v = (1,5 \cdot c \cdot t - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} \text{ [mm]} \quad (3.2)$$

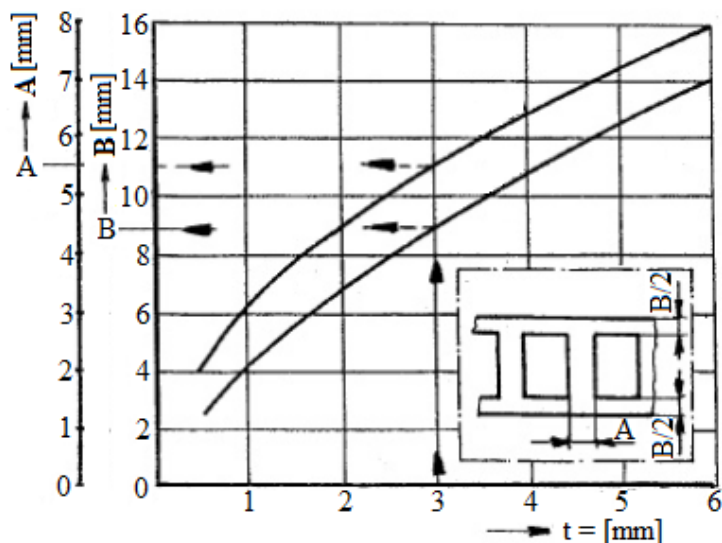
Při uzavřeném stříhu:

$$v = 2 \cdot z \text{ [mm]} \quad (3.3)$$



Obr. 18 Diagram pro stanovení střížné vůle [2]

Velikost postranního odpadu a šířka můstku je větší než u běžného. Čím je materiál tvrdší, tím se volí větší šířka můstku a širší pás plechu, čímž se zvyšuje velikost postranního odpadu, a to vede k větší spotřebě materiálu. Minimální rozměry velikosti postranního odpadu a šířky můstku můžeme odečíst z diagramu (obr. 19).



Obr. 19 Velikost postranního odpadu a šířka můstku [2]

3.2 SÍLY A PRÁCE [1] [2] [6] [28]

Síly u přesného stříhání se dají určit pomocí diagramů (viz. příloha č. 1) nebo počtově. Celková síla F_c se u přesného stříhání určuje ze tří podsložek: střížná síla F_s potřebná k ustřížení materiálu, síla na přidržovači F_p , která vtlačuje tlačnou hranu do materiálu před vlastním stříhem, síla na vyhazovači F_v , která svírá materiál mezi vyhazovačem a střížníkem.

Výpočet celkové síly:

$$F_c = F_s + F_p + F_v \text{ [N]} \quad (3.4)$$

Výpočet střížné síly:

$$F_s = S_s \cdot \tau_{ps} \cdot n = l \cdot t \cdot R_m \cdot 0,8 \cdot n \text{ [N]} \quad (3.5)$$

kde: S_s – střížná plocha [mm^2]

τ_{ps} – pevnost ve stříhu [MPa]

n – součinitel otupení (1,2) [-]; volí se v rozmezí (1,15 – 1,3)

l – obvod stříhané součásti [mm]

R_m – mez pevnosti v tahu [MPa]

Výpočet síly na přidržovači:

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \text{ [N]} \quad (3.6)$$

kde: $4 \cdot R_m$ – odpor materiálu [MPa]

L_h – délka (obvod) tlačné hrany [mm]

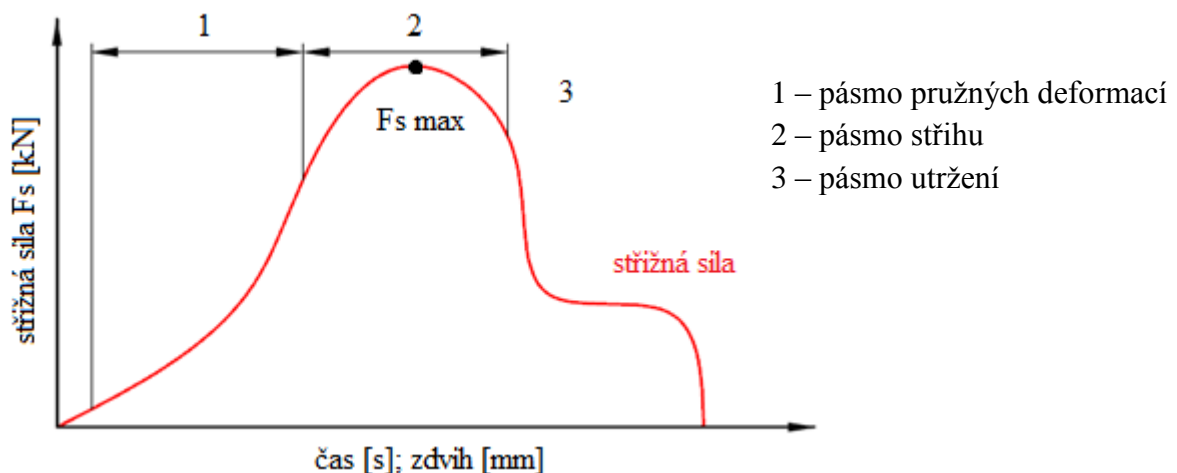
h – výška tlačné hrany [mm]

Výpočet síly na vyhazovači:

$$F_v = S \cdot p \text{ [N]} \quad (3.7)$$

kde: S – plocha součásti [mm^2]

p – měrný tlak na vyhazovači [MPa]; volí se v rozmezí (30 – 70 MPa)



Obr. 20 Průběh střížné síly u přesného stříhání [28]

Výpočet celkové práce A_c :

$$A_c = A_s + A_p + A_v \quad (3.8)$$

kde: A_s – střížná práce [J]

A_p – práce na přidržovači [J]

A_v – práce na vyhazovači [J]

Je to celková práce potřebná k hotovému vystřížení součásti.

Výpočet střížné práce:

$$A_s = \frac{0,48 \cdot l \cdot R_m \cdot t}{1000} \text{ [J]} \quad (3.9)$$

Je to práce potřebná k prostřížení plechu.

Výpočet práce na přidržovači:

$$A_p = \frac{2 \cdot R_m \cdot Lh \cdot h}{1000} \text{ [J]} \quad (3.10)$$

Je to práce potřebná k zatlačení tlačné hrany do materiálu.

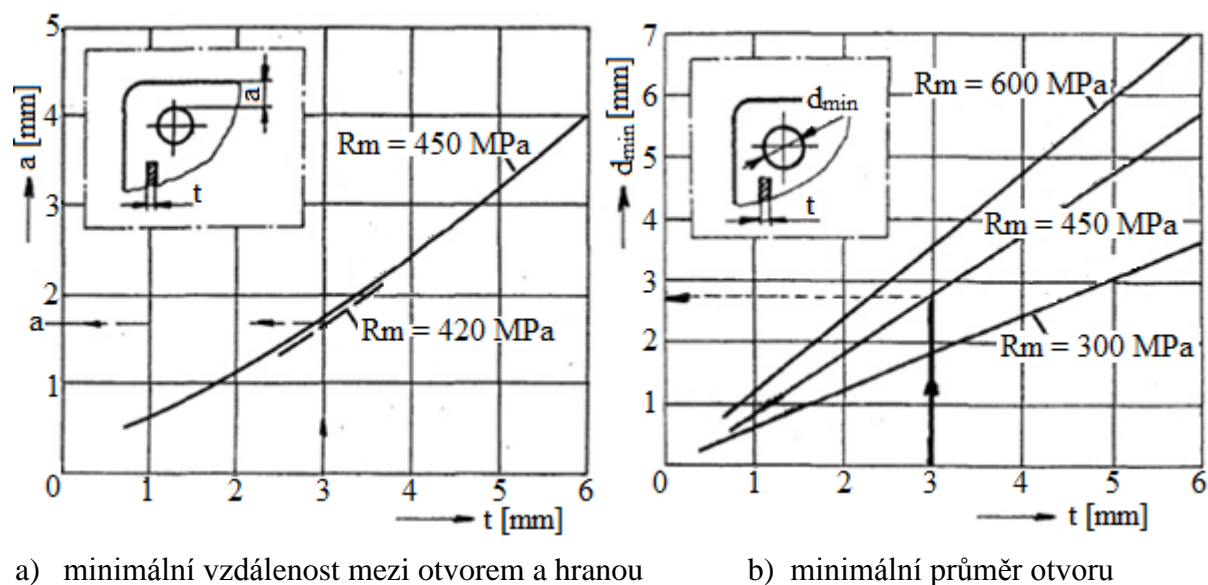
Výpočet práce na vyhazovači:

$$A_v = \frac{p \cdot S \cdot t}{1000} \text{ [J]} \quad (3.11)$$

Je to práce potřebná k vyhození výstřížku.

3.3 TECHNOLOGIČNOST A VADY [1] [2] [6]





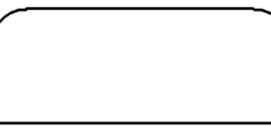
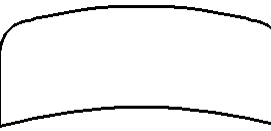

Součásti pro přesné vystřihování musí vyhovovat nejen požadavkům, které jsou všeobecně dány provozními podmínkami a jejich použitím, ale také technologičností konstrukce. Technologičnost konstrukce součásti lze zajistit respektováním následujících poznatků a doporučení. V praxi se dodržují konstrukčně technologické parametry, jako jsou minimální průměr stříhaného otvoru, šířka drážky v plechu, minimální vzdálenost mezi otvory a hranami součásti, poloměry rohů a hran součásti, minimální modul ozubení apod. V praxi se určují pomocí diagramů (viz příloha č. 2). Pokud jeden z těchto parametrů není dodržen, může se na výstřížku vyskytnout vada, snižuje se kvalita střížné plochy a klesá životnost funkčních částí nástroje. Na obr. 21 a 22 jsou příklady diagramů uvedeny.



Obr. 21 Diagramy konstrukčních parametrů [6]

V tabulce 4 jsou uvedeny některé vady vznikající při přesném stříhání ať už z důvodu špatné technologičnosti součásti nebo například opotřebením nástroje.

Tab. 4 Vady při přesném stříhání [6]

číslo	Tvar výstřížku	Stav střížné plochy	Příčina	Odstranění
1		dobrý	-	-
2		odtržený okraj	střížná vůle je velká	vyrobit nový střížník
3		kuželovité střížné plochy	zaoblení střížnice je velké	střížnici přebrousit a méně zaoblit
4		velký otřep	střížná vůle je malá, střížník je opotřebovaný; střížná vůle je optimální střížník je vyštípnutý; normální opotřebení	střížnou vůli zvětšit střížník přebrousit; horní stůl přestavit nahoru, střížník přebrousit a lapovat; střížník přebrousit
5		velký poloměr	zaoblení střížnice je velké; malý protitlak	střížnici přebrousit a méně zaoblit; zvýšit protitlak
6		plocha vypouklá	malý protitlak, kontrola oleje na páse	zvýšení protitlaku, vybrousit více drážek na odvod oleje
7		výstřížek zkroucený	napětí v materiálu, poloha výstřížku v pásu, nepříznivý průběh vláken	materiál vyžítat (odstranění pnutí), změna polohy výstřížku

3.4 NÁSTROJE A STROJE [4] [6] [8] [24]

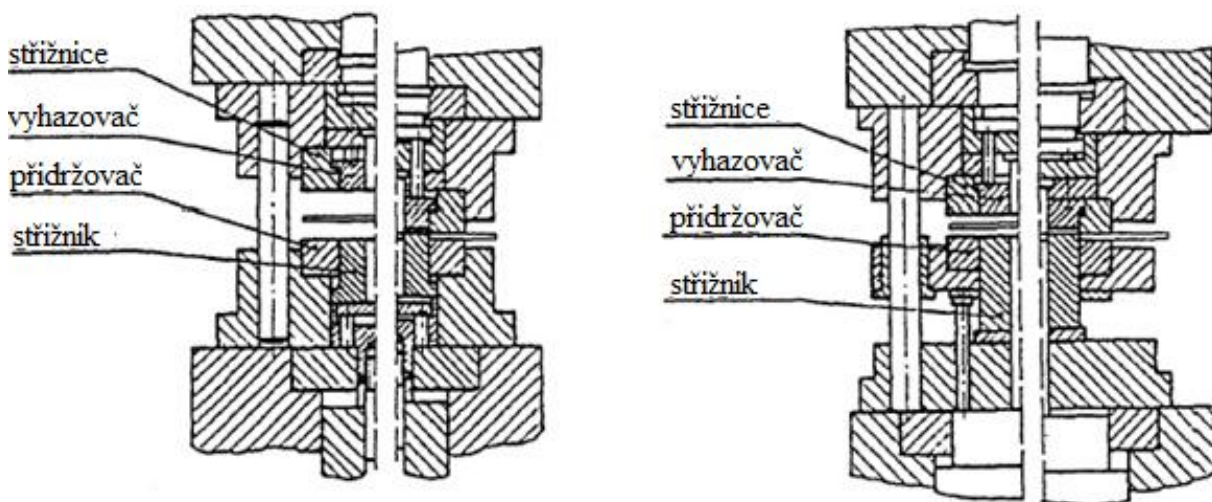
Kvalitních přesně stříhaných součástí se dosáhne použitím speciálních přesných lisovacích nástrojů. Musí se však vyhovět několika požadavkům, které jsou na ně kladeny. Mezi nejdůležitější se řadí tyto:

- nástroj musí být tuhý a přesný (sloupky s valivým vedením)
- stěny otvoru ve střížnici musí být rovnoběžné v celé tloušťce stříhaného materiálu
- přesně se vystředí a upevní funkční části
- možnost přenést potřebný tlak přes vyhazovač a přidržovač
- přesné výškové nastavení nástroje (střížník nesmí procházet střížnicí)

Z konstrukčního hlediska jsou nástroje pro přesné stříhání rozděleny do dvou základních systémů. Pro součásti symetrické do tloušťky materiálu $t < 5$ mm je volen nástrojový systém: pohyblivý střížník - pevný přidržovač (obr. 23 a). Pro součásti nesymetrické o tloušťce materiálu $t > 5$ mm se volí pevný střížník - pohyblivý přidržovač (obr. 23 b).

System pohyblivý střížník – pevný přidržovač je používán pro výrobu drobných a symetrických součástí s tloušťkou do 5 mm. Konstrukce nástroje pro přesné stříhání součástí s vnitřním otvorem je složena z tuhého vodícího stojánku s valivým vedením, ve kterém jsou uloženy funkční části nástroje. Pevně spojena je dolní část vodícího stojánku a přidržovač s tlačnou hranou. Přidržovač při stříhání vede střížník. Příčné síly, které působí na střížník, tak nevyvolávají přesun střížných prvků k sobě.

System pevný střížník – pohyblivý přidržovač je vhodný pro výrobu rozměrných součástí nesymetrických tvarů s velkým počtem otvorů a především pro součásti s tloušťkou nad 5 mm. Střížník je pevně spojen s horní částí stojánku a po obvodu je obepínán přidržovačem s tlačnou hranou. Tyto nástroje jsou citlivé na příčné síly, které způsobují vybočení střížníku ve směru stříhání. Nerovnoměrnost rozložení lisovací síly na některých tlakových kolících je důvodem nerovnoběžné polohy přidržovače a střížníku.



a) pohyblivý střížník - pevný přidržovač

b) pevný střížník – pohyblivý přidržovač

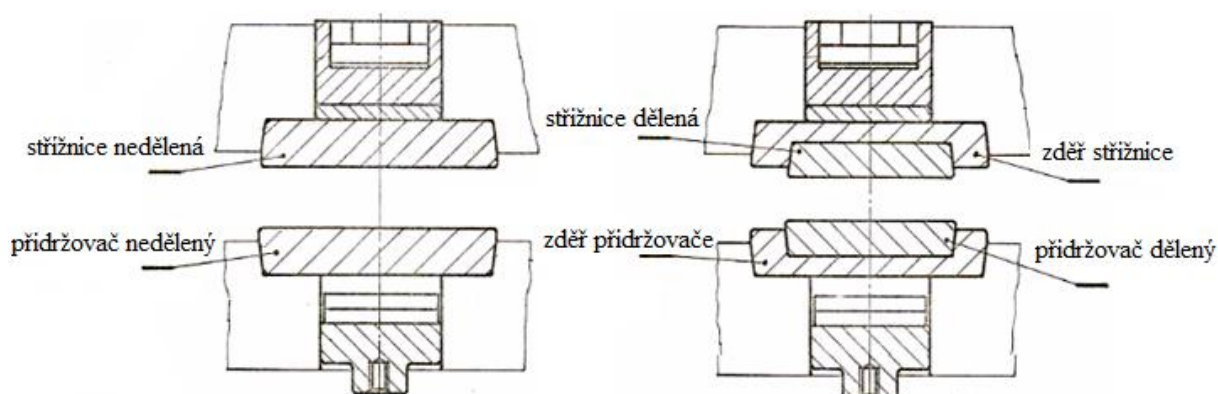
Obr. 23 Nástrojové systémy [6]

Nástroje pro přesné stříhání musí být správně ustaveny a vyrobeny s vysokou přesností. Mezi hlavní nástroje řadíme střížník, střížnici, přidržovač a vyhazovač. Uspořádáním a konstrukcí jsou si nástroje pro přesné stříhání velmi podobné, proto můžeme při jejich výrobě používat a vhodně kombinovat již vyrobené díly.

Střížník – je značně namáhán oproti běžnému vystřihování a to z toho důvodu, že má uvnitř otvory a vybrání pro vyhazovače. Jeho konstrukce je komplikovaná a tvarově složitá. Některé tvarově složitější střížníky se vložkují. Na počátku stříhu by měl být střížník ustaven tak, že bude ve stejné úrovni s plochou přídržovače, nebo o 0,2 mm níže. Pokud toto není dodrženo, snižuje se kvalita střížné plochy. Čelní plocha střížníku by se neměla zanořit do otvoru střížnice z důvodu rychlejšího opotřebování střížníku.

Střížník musí být dostatečně dlouhý pro ostření, musí být ve vyhazovači zalícován suvně a musí být zajištěn proti pootočení. Funkční části střížníku musí být pečlivě vybroušené. Dále musí být odmagnetizovaný a souosý.

Střížnice a přídržovač – dle vnějšího tvaru se rozlišují na střížnice/přídržovače kruhové nebo obdélníkové, dle konstrukce na střížnice/přídržovače z jednoho kusu či skládané (obr. 24). Z důvodu zabránění poruchám nebo např. kvůli přesnosti, jsou nejvíce namáhané části střížnic/přídržovačů z jednoho kusu osazeny vložkami. V objímkách jsou skládané střížnice/přídržovače složeny z několika částí v jeden celek. Spojení mezi objímkou a segmenty je buď rozebíratelné, nebo nerozebíratelné.



Obr. 24 Konstrukce střížnice a přídržovače [8]

Požadavky na střížnici jsou dostatečná výška kvůli ostření a ohybu, výroba bez přechodů a obroušení, popř. vyjiskřená, zalícování ve vodícím stojánku se správným předpětím, případně konstruování s odvzdušňovací drážkou. Střížnice je nejnákladnější funkční částí stříhadla. U přídržovače je vyžadována výroba s tlačnými hranami se správnou geometrií, zalícování ve vodícím stojánku s odpovídajícím přepětím a konstruování s ochrannými ploškami proti poškození tlačné hrany. Zcela výjimečně jsou na přední ploše konstruovány drážky pro odtok oleje.

Vyhazovač – je nutné, aby byl umístěn tak, že přečnívá střížnici o 0,1-0,2 mm. Tlakové kolíky zajišťují ovládání vyhazovače a je žádoucí, aby byly umístěny na okraji vyhazovače z důvodu možného vzpříčení. Je nutné, aby si tlakové kolíky udržely rovnoběžnost roviny vyhazovače s rovinou střížnice ve všech provozních polohách, a to zejména z důvodu, že plošné rozměry výstřížku jsou v porovnání s průměrem vyhazovače většinou větší.

Vyhazovač musí být podepřen dostatečným množstvím kolíků, musí se předejít jeho pootočení a vypadnutí a do střížnice musí být zalícován vsuvně.

Pro přesné stříhání s tlačnou hranou při velkosériové výrobě se používá specifických nástrojů trojčinných lisů, hydraulických. Pořizovací náklady na lis a nástroj jsou podstatně vyšší než u běžného stříhání. Přibližovací pohyb nástroje je u trojčinného lisu rychlý. Nízká je vlastní stříhací rychlost $10 - 15 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, která eliminuje ráz beranu a zajišťuje měkké střížné působení. Trojčinné lisy vyrábí řada firem (např. Feintool, Schmid, apod.). Příklady lisů společnosti Schmid jsou uvedeny na obr. 25.

Hydraulický lis je silový tvářecí stroj sestavený z množství hydraulických prvků a součástí, počínaje hlavním rámem určujícím základní tvar, pohyblivými součástmi (píst, beran), které přenášejí na zpracovávaný materiál síly až po pracovní kapalinu, která je potrubím převáděna od zdroje tlakové energie. Teoretickým základem pro konstrukci hydraulických lisů je Pascalův zákon o rovnoměrném šíření tlaků v kapalině.

K překonání deformačního odporu tvářeného materiálu používá hydraulický lis potenciální energii. Přeměňuje tlakovou energii, která je přenesena do pracovního prostoru, prostřednictvím výstupního členu v přetvárnou práci materiálu. Síla, která je podstatným parametrem lisu, je na beranu konstantní a není závislá na zdvihu beranu. K výhodám hydraulických lisů patří velká tvářecí síla, schopnost plynulé regulace tlaku a rychlosti, schopnost jednoduchého dosažení konstantní rychlosti a tlaku v průběhu tváření, snadná a rychlá reverzace pohybu pracovního pístu a dále např. libovolné nastavení zdvihu pracovního pístu v místě celkového zdvihu. I přes některé nedostatky těchto lisů, jako je např. nižší rychlost pohybu beranu, horší účinnost, vyšší složitost konstrukce pohonu či vyšší pořizovací náklady, dochází k jejich častějšímu uplatnění, a to díky vyšší schopnosti jednotlivé nedostatky eliminovat.

HSR 320 X-TRA



HSR 160X-TRA



HSR 800



Obr. 25 Lisy firmy Schmid [24]

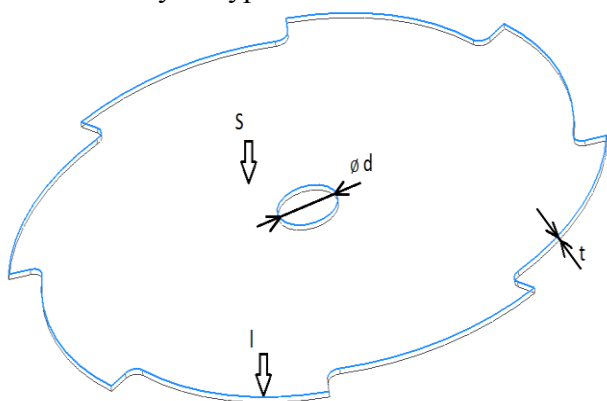
4 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY SOUČÁSTI [4] [7] [8]

Z rozboru variant výroby nejvhodnější technologií, kterou bude vyráběná zadaná součást z oceli 12 050.3, o průměru $D = 250$ mm a tloušťce $t = 2$ mm, je přesné stříhání s tlačnou hranou.

U zadané součásti se vyhodnocuje několik parametrů a požadavků, aby součást byla vhodná pro výrobu technologií přesného stříhání s tlačnou hranou, a aby byla vyrobena s požadovanou přesností, musí splňovat následující:

- Z hlediska roční produkce 120 000 kůsu je zadaná součást vodná.
- Rozměrovou přesnost IT7 a drsnost povrchu $Ra 1,6$ lze dodržet.
- Zadaná ocel 12050.3 je vhodná k přesnému stříhání.
- Poloměry rohů a hran – (viz obr. 21) součást vyhovuje.
- Minimální průměr otvoru – odečte se z diagramu na (obr. 21). Určený průměr $d_{\min} = 1,8$ mm. Zadaný otvor $\varnothing d = 25,4$ mm vyhovuje.
- Minimální vzdálenost mezi otvorem a hranou součásti – určuje se z diagramu (obr. 21) $a_{\min} = 1$ mm. Tato podmínka vyhovuje.

Parametry součásti uvedené níže byly zadány nebo zjištěny z modelu pomocí programu *Autodesk Inventor* (obr. 26). Zjištěné hodnoty se použijí při konstrukčních, technologických a ekonomických výpočtech.

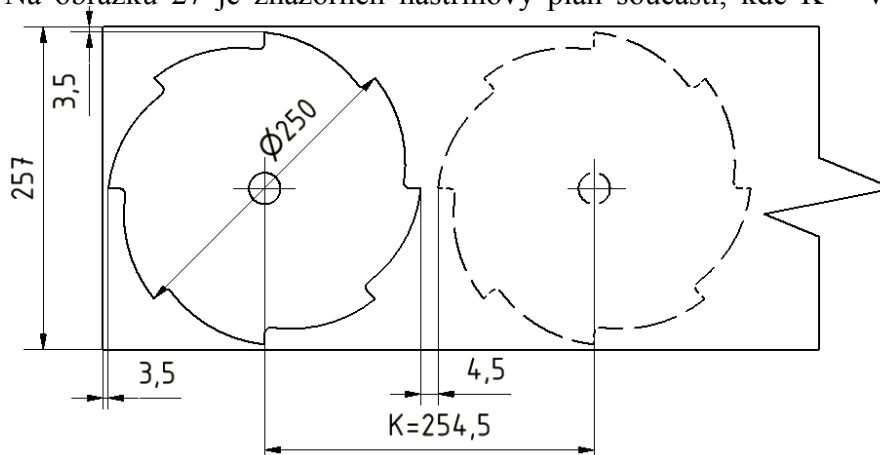


$S = 43604,8 \text{ mm}^2$	celková plocha součásti
$l = 925,5 \text{ mm}$	celkový obvod součásti
$t = 2 \text{ mm}$	tloušťka materiálu
$\varnothing d = 25,4 \text{ mm}$	průměr díry
$V = 78488,6 \text{ mm}^3$	objem součásti
$m = 0,62 \text{ kg}$	hmotnost součásti
$Q = 120\,000 \text{ ks}$	roční výroba

Obr. 26 Model součásti

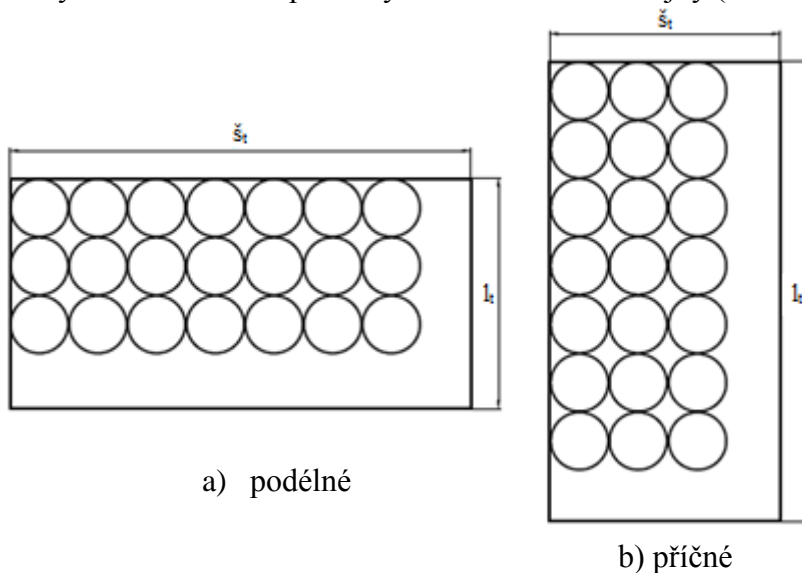
4.1 NÁSTŘIHOVÝ PLÁN [4] [9] [20]

Pro návrh optimálního nástřihového plánu se musí určit hodnoty minimálního postranního odpadu b_1 a můstku b_2 . Tyto hodnoty se určují pomocí diagramu (obr. 21), $b_1 = 4,25$ mm a $b_2 = 5,5$ mm. Na obrázku 27 je znázorněn nástřihový plán součásti, kde K – velikost kroku



Obr. 27 Nástřihový plán

Součást je kruhovitého tvaru a vzhledem k její velikosti nepřipadá v úvahu jiný návrh nástřihového plánu, než umístění v jedné řadě. Polotovaru může být svitek nebo tabule plechu. Tabule od dodavatele Akrostal má standardní rozměry t (tloušťka plechu) \times \check{s}_t (šířka tabule) \times l_t (délka tabule) $2 \times 1000 \times 2000$ mm. Vypočte se využití materiálu a porovná se s návrhem použití jako polotovaru svitku plechu. Může se uvažovat podélné nebo příčné rozdělení tabule na pásy. Výsledné využití materiálu a počet výstřížků však bude stejný (obr. 28)



Obr. 28 Rozdělení tabule na pásy

Počet pásů z tabule z_p :

$$z_p = \frac{\check{s}_t}{\check{s}_p} = \frac{1000}{257} = 3,89$$

Výslednou hodnotu 3,89 se zaokrouhlí dolů na 3, jelikož poslední tabule už nebude mít potřebnou hodnotu šířky pásu $\check{s}_p = 257$ mm, ale bude menší.

Počet výstřížků z pásu z_{vp} :

$$z_{vp} = \frac{l_t}{K} = \frac{2000}{254,5} = 7,86$$

Výsledná hodnota 7,86 se zaokrouhlí dolů na 7, jelikož poslední dvanáctý výstřížek už by se na pás nevešel.

Počet výstřížků z tabule z_c :

$$z_c = z_p \cdot z_{vp} = 3 \cdot 7 = 21$$

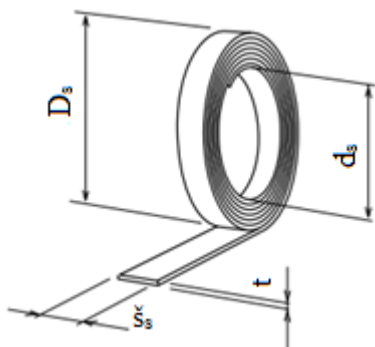
Využití materiálu z jedné tabule h_v :

$$h_v = \frac{S \cdot z_c}{\check{s}_t \cdot l_t} = \frac{43604,8 \cdot 21}{1000 \cdot 2000} \cdot 100 = 45,78\%$$

Z výpočtu vyplývá, že odpad bude tvořit 54,22 % materiálu.

Další variantou je svitek od firmy Nová Huť. Rozměry jako d_s vnitřní průměr svitku D_s vnější průměr svitku \check{s}_s šířka svitku jsou uvedeny v tabulce 6. Délka svitku l_s se dopočítá:

$$l_s = \frac{D_s^2 - d_s^2}{4 \cdot t} \cdot \pi = \frac{1100^2 - 500^2}{4 \cdot 2} \cdot \pi = 377 \text{ m}$$



Tab. 5 Rozměry svitků firmy Nová Huť [24]

Svitky	
[mm]	
š _s	7 - 500
t	0,09 - 5
d _s	150, 280, 350, 400, 450, 500
D _s	max. 1200

Obr. 29 Rozměry svitků [25]

Počet výstřížků ze svitku z_{sv} :

$$z_{sv} = \frac{l_s}{K} = \frac{376990}{254,5} = 1481,3$$

Výsledná hodnota 1481,3 se zaokrouhlí dolů na 1481, jelikož poslední výstřížek už by se na pás svitku nevešel.

Využití materiálu z jednoho svitku h_s :

$$h_s = \frac{S \cdot z_{sv}}{š_s \cdot l_s} = \frac{43604,8 \cdot 1481}{257 \cdot 376990} \cdot 100 = 66,65\%$$

Z výpočtu vyplývá, že odpad bude tvořit 33,35% materiálu. Je to mnohem větší úspora než při použití tabule plechu. Navíc se usnadní manipulace s materiálem a výroba bude částečně automatizovaná. Jako polotovar bude tedy použit svitek.

Aby byla dodržena plánovaná produkce 120 000 kusů musí se zabezpečit dostatečný počet svitků plechu. Svitků bude potřeba 82. Délka svitku je navržena 377 m a šířka je 257 mm.

Potřebný počet svitků plechu Q_s :

$$Q_s = \frac{Q}{z_{sv}} = \frac{120000}{1481} = 82$$

4.2 VÝPOČTY SÍLY A PRÁCE [1] [2] [6]

Výpočet střížné síly:

$$F_s = S_s \cdot \tau_{ps} \cdot n = 1 \cdot t \cdot R_m \cdot 0,8 \cdot n = 925,5 \cdot 2 \cdot 500 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 888480 \text{ N}$$

Koeficient n volím 1,2 podle kapitoly 3.2. Potřebná síla pro vystřížení součásti je 888480 N.

Výpočet síly na přidržovači:

$$F_p = 4 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h = 4 \cdot 500 \cdot 933,67 \cdot 0,4 = 746936 \text{ N}$$

Délka tlačné hrany L_h byla zjištěna z modelu pomocí programu *Autodesk Inventor*.

Potřebná síla pro vtlačení tlačné hrany do materiálu je 746936 N

Výpočet síly na vyhazovači:

$$F_v = S \cdot p = 43604,8 \cdot 30 = 1308144 \text{ N}$$

Měrný tlak p volím 30 podle kapitoly 3.2. Potřebná síla pro vyhození výstřížku je 1308144 N.

Výpočet celkové síly:

$$F_c = F_s + F_p + F_v = 888480 + 746936 + 1308144 = 2943560 \text{ N}$$

Celková síla F_c slouží jako hlavní parametr při volbě lisu. Zvolený lis musí zvládnout celkové zatížení 2943560 N.

Výpočet sřížné práce:

$$A_s = \frac{0,48 \cdot l \cdot R_m \cdot t}{1000} = \frac{0,48 \cdot 925,5 \cdot 500 \cdot 2}{1000} = 444,24 \text{ J}$$

Práce, která se spotřebuje při vystřížení součásti, je 444,24 J.

Výpočet práce na přidržovači:

$$A_p = \frac{2 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h}{1000} = \frac{2 \cdot 500 \cdot 933,67 \cdot 0,4}{1000} = 373,468 \text{ J}$$

Práce, která se spotřebuje při zatlačení tlačné hrany do materiálu, je 373,468 J.

Výpočet práce na vyhazovači:

$$A_v = \frac{p \cdot S \cdot t}{1000} = \frac{30 \cdot 43604,8 \cdot 2}{1000} = 2616,288 \text{ J}$$

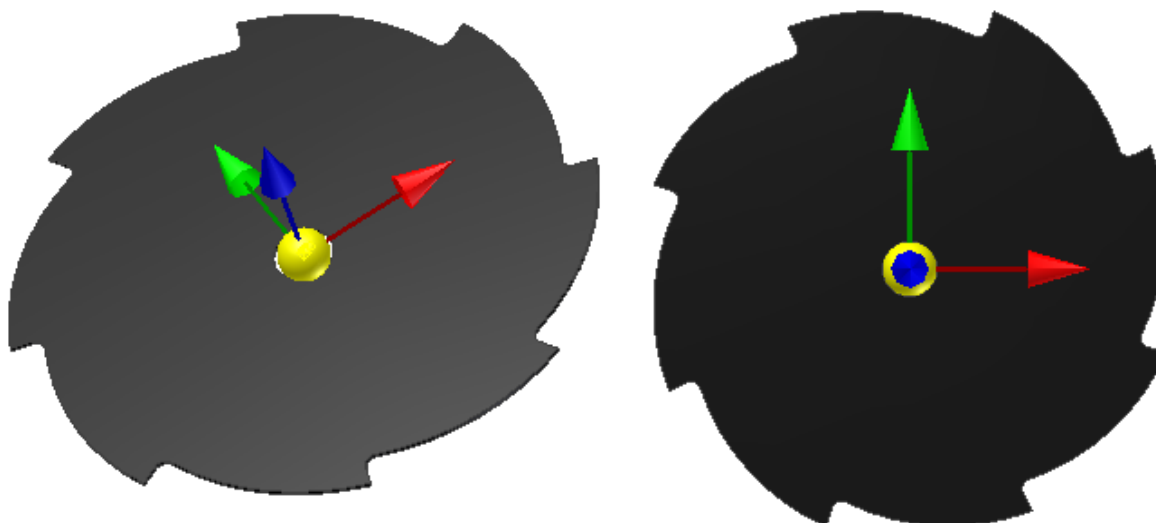
Práce, která se spotřebuje při vyhození výstřížku, je 444,24 J.

Výpočet celkové práce:

$$A_c = A_s + A_p + A_v = 444,24 + 373,468 + 2616,288 = 3433,996 \text{ J}$$

Celková práce, potřebná k vystřížení součásti je 3433,996 J.

Těžiště sřížných sil bylo zjištěno pomocí programu *Autodesk Inventor* (obr. 29) a je v bodech [0;0] k souřadnému systému. Výslednice sil musí působit v ose beranu a osa nástroje je umístěna do těžiště. Pokud je zvoleno špatné umístění, dochází k namáhání vedení nástroje.



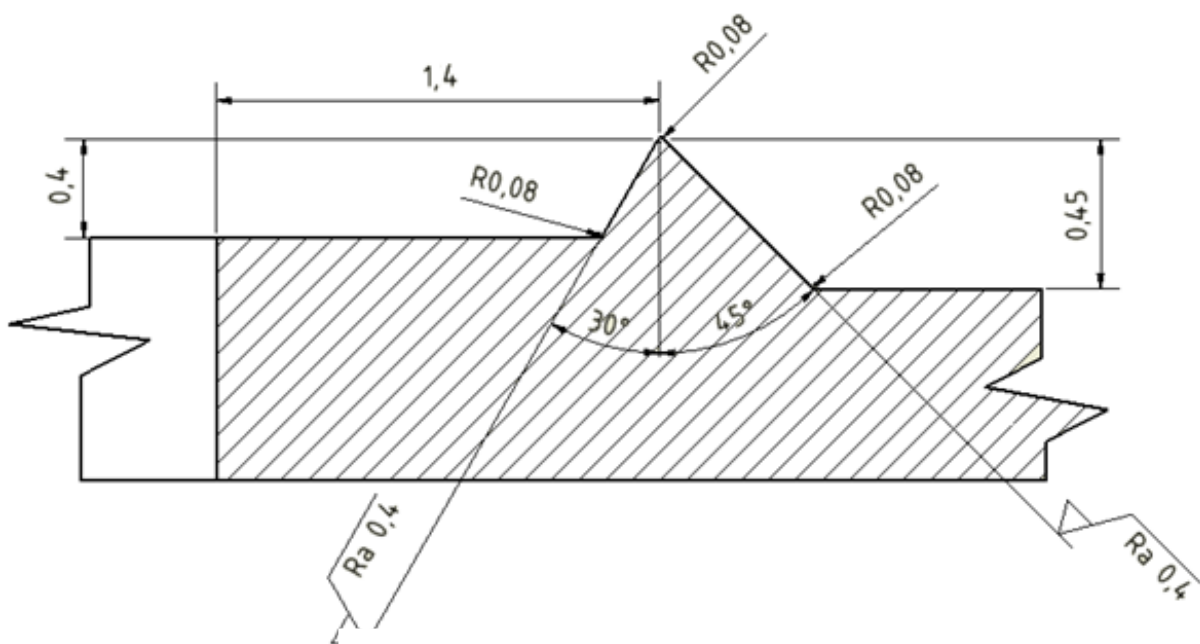
Obr. 30 Těžiště

4.3 NÁVRH NÁSTROJE A STROJE [4] [6] [8] [24]

Tlačná hrana může být dána výrobcem, ale dá se i určit z diagramu (obr. 17). Geometrii tlačné hrany volím z tab. 6. Stříhaný materiál je o tloušťce 2 mm, proto volíme jednu tlačnou hranu na přidržovači. Toto obecně platí pro materiály až do tloušťky 4 mm. Pro tlustší materiály se používá tlačné hrany na přidržovači i na střížnici. Dále je pro materiály do tloušťky 4 mm volen úhel $\beta = 30^\circ$ a úhel $\gamma = 45^\circ$.

Tab. 6 Geometrie tlačné hrany [8]

Geometrie tlačné hrany				
t [mm]	a [mm]	h [mm]	h1 [mm]	R [mm]
0,5	0,5	0,2	0,25	0,04
0,8	0,6	0,25	0,3	0,05
1,5	1	0,35	0,4	0,07
2	1,4	0,4	0,45	0,08



Obr. 31 Geometrie tlačné hrany [8]

Střížná vůle ovlivňuje kvalitu střížné plochy, je cca 10krát menší než u běžného stříhání a dá se určit několika způsoby: odečte se z diagramu obr. 18. V tomto případě střížná vůle $v = 0,01$ mm. Nebo se vyjádří početně.

Výpočet střížné vůle:

$$v = c \cdot t \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_{ps}} = 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{400} = 0,0094 \text{ mm}$$

Vypočtená hodnota se prakticky shoduje s hodnotou určenou z grafu.

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.4, pro součásti vyráběné přesným stříháním ve velkých sériích se používá trojčinných lisů. Velký výrobce těchto lisů je švýcarská společnost Schmid. Tato společnost dodává několik typů lisů (viz příloha č. 3). Při volbě lisu je hlavním určujícím parametrem celková síla, která nesmí být větší než maximální dovolené zatížení lisu a současně nesmí být lis při trvalém chodu zatížen z víc jak 90 % dovoleného zatížení lisu.

Pro výrobu zadané součásti byl navržen hydraulický lis HSR 630 X – TRA. Nejvyšší dovolené zatížení je 2943,560 kN což je 47 % z dovoleného zatížení lisu. Další parametry

rovněž vyhovují jako šířka a tloušťka materiálu a jsou uvedeny v příloze č. 2. Stroj je uveden na obr. 32.



Obr. 32 Lis HSR - 630 X – TRA [24]

4.4.1 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY [6] [7]

Střížnice se při výpočtu považují za celistvé rovinné desky namáhané na ohyb za předpokladu rovnoměrného rozložení tlaku po střížném obvodu. Pevnostní výpočet střížníku se provede pro střížník s nejmenším průřezem (střížník děrovací $\varnothing d = 25,4$ mm). Předpokládá se u něj největší namáhání tlakem a vzpěrem. Nejdříve se vypočte síla pro vystřížení díry a pak namáhání na tlak a vzpěr.

Výpočet střížné síly pro děrování $\varnothing d$ F_{s_d} :

$$F_{s_d} = l_d \cdot t \cdot R_m \cdot 0,8 \cdot n = \pi \cdot d \cdot t \cdot R_m \cdot 0,8 \cdot n = \pi \cdot 25,4 \cdot 2 \cdot 500 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 76604,6\text{N}$$

kde: l_d – obvod stříhané díry [mm]

Výpočet namáhání střížnice tlakem σ_d :

$$\sigma_d = \frac{F_{s_d}}{S_d} = \frac{76604,6}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{76604,6}{506,71} = 1512,9\text{MPa}$$

kde: S_d - plocha stříhané díry [mm²]

Dovolené napětí σ_{dov} je možné volit v rozmezí (1600 – 2000 MPa), střížník vyhovuje.

Výpočet pevnosti střížníku na vzpěr l_{krit} :

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot F_{s_d}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{64}}{1,2 \cdot 76604,6}} = 858,5\text{mm}$$

kde: $E = 2,1 \cdot 10^5$ - modul pružnosti v tahu pro ocel [MPa]

I – kvadratický moment pro kruhový průřez [mm⁴]

Výpočet minimální výšky střížnice h_{st} :

$$h_{st} = \sqrt[3]{0,1 \cdot F_s} = \sqrt[3]{0,1 \cdot 888480} = 44,62\text{mm}$$

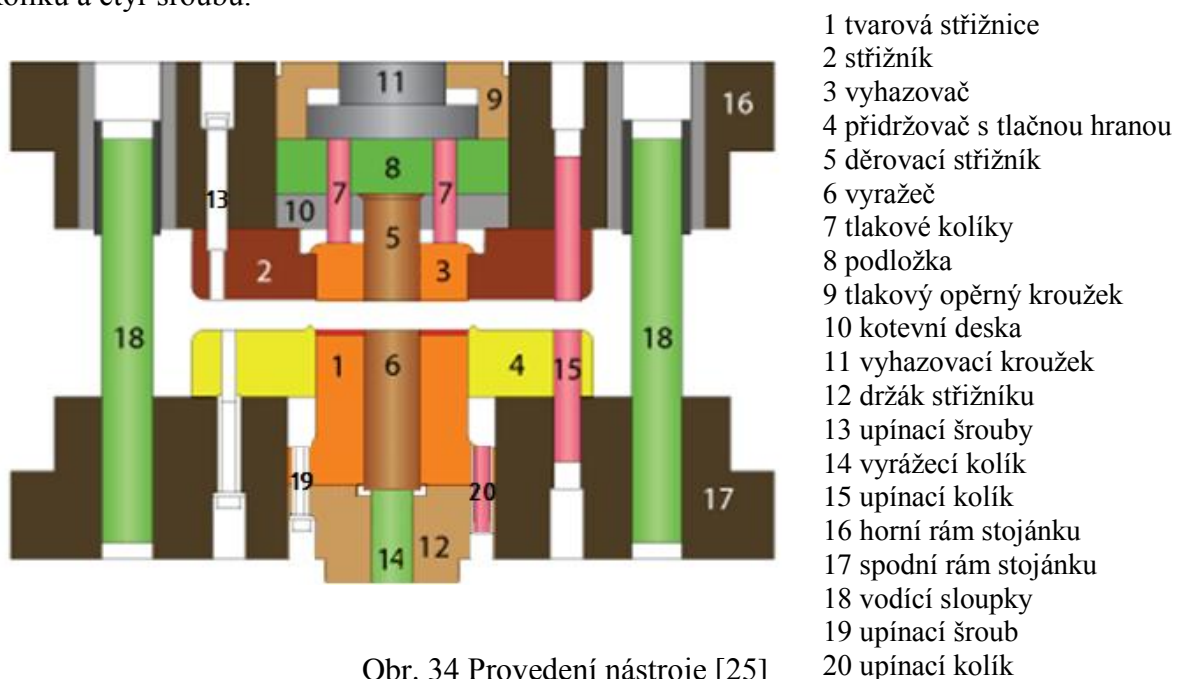
Vypočtené limitní hodnoty kritické délky $l_{krit} = 858,5$ mm a minimální výšky střížnice $h_{st} = 44,62$ mm nesmí být překročeny.

4.4.2 NÁVRH STŘIŽNÉHO NÁSTROJE [4] [8] [25]

Vzhledem k rozměrům zadané součásti a tloušťce materiálu byl navržen nástrojový systém s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. V robustním stojánku jsou uloženy všechny funkční části nástroje. Ve spodní části byl umístěn přidržovač a tvarový střížník, v horní části je uložena střížnice a děrovací střížník. 3D Model nástroje je zobrazen na obrázku 33. Vedení stojánku je přesné, zajišťují ho valivé vodící části. Podle geometrie součásti byl zvolen kruhový tvar přidržovače a střížnice.

Provedení nástroje je na obrázku 34. Hlava tvarového střížníku je vedena v základové desce vodícího stojánku a jeho tvarová část je vedena v přidržovači. Beranem lisu přes držák střížníku se ovládá jeho pohyb. Přidržovač je pevně usazen v základové desce a jeho pohyb je tedy sousledný se spodní částí nástroje.

Střížnice je pevně uchycena v upínací desce vodícího stojánku a je v ní veden vyhazovač, jehož pohyb se ovládá hydraulickým pístem pro vytvoření protitlaku (přes tlačnou vložku, vyhazovací kroužek a tlačné kolíky). Nástroj je řešen nástrojovým systémem s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem, kdy střížník je pevně radiálně veden ve stojánku zakotvenou přitlačnou deskou v bezprostřední blízkosti pásma stříhu. Vzhledem ke geometrii stříhané součásti a nástřihovému plánu bude použit kruhový tvar přidržovače a střížnice. Ty jsou pevně ustaveny v rámu stojánku s třístupňovým úkosem pomocí dvou kalených kolíků a čtyř šroubů.

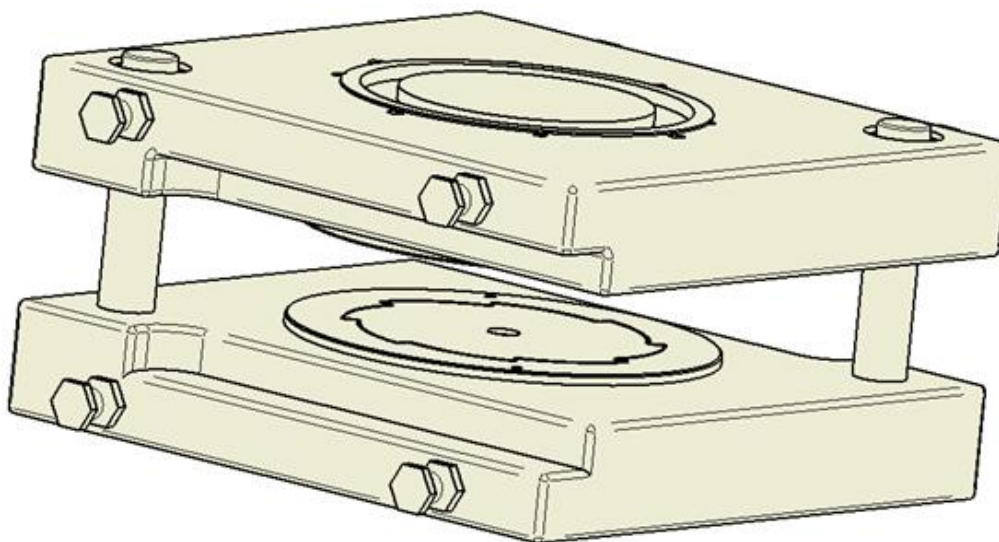


Obr. 34 Provedení nástroje [25]

V horní části nástroje je tvarová střížnice kruhového průřezu 2 zalisovaná do horního rámu stojánku 16. V ní je 3 spojena čtyřmi šrouby 13 a dvěma kolíky 15 s horním rámem stojánku 16. V ní je zasazen vyhazovač 3, který je tlačěn kolíky 7 přes vyhazovací kroužek 11. Ve vyhazovači je děrovací střížník 5, který je pevně uchycen v kotevní desce. Ve spodní části nástroje je přidržovač s tlačnou hranou kruhového průřezu 4 zalisován do spodního rámu stojánku 17. V něm je nasazena tvarová střížnice 1, která je spojena pomocí čtyř šroubů 19 a dvou kolíků 20 s držákem střížníku. V ní je vyražeč 6, na který tlačí vyrážecí kolík 14.

Výstřížek je zhotoven na jeden dvíh. V první fázi stříhu se sevře stříhaný materiál mezi přidržovač a střížnici, tak že se k sobě posunou horní i dolní část nástroje. Tím se

do materiálu vtlačí tlačná hrana ještě před samotným stříhem. Dále je tvarový střížník 1 vysunut tlakem hydraulického lisu, prostřihává materiál a zasunuje vyhazovač 3. V té samé fázi děrovací střížník 5 prostřihává materiál a zasunuje vyražeč 6. Výstřížek je zasunut ve střížnici 2 a odpad z prostřizené díry je zatlačen do tvarového střížníku 1. Následuje rozevření nástroje a vyhození výstřížku pomocí vyhazovače 3, na který působí tlačné kolíky. Podobně je vytlačen odpad ve formě prostřizené díry z prostoru tvarové střížnice 1 pomocí vyražeče 6. Odpad je dále z prostoru lisu odstraněn pomocí vzduchu. Materiál se posouvá o hodnotu kroku a celý proces se opakuje.



Obr. 34 3D model Nástroje

Pro lepší chod nástroje a menší opotřebení se používá maziv. Mazání je při přesném stříhání velmi důležité, výrazně snižuje součinitele tření a tím i tlak, který při stříhání vzniká, a to na bocích střížníku a otvoru střížnice. Zároveň se prodlouží životnost funkčních částí a zlepšuje se kvalita střížné plochy. Jako maziva slouží specifické oleje, které se oboustranně nanáší na stříhaný materiál. Příklad použití maziv WISURA od firmy FUSCH je uveden v tabulce 4.

Tab. 4 maziva pro přesné stříhání uvedené firmou FUSCH [25]

Pro feritické oceli	tloušťka materiálu t [mm]
WISURA AK 2976 CF	2
WISURA ZO 3190	4 - 6
WISURA ZO 3180	6 - 8
WISURA ZO 3180	8 - 10
WISURA ZO 3311/220	10 - 14

Pro zadanou součást bude použito mazivo WISURA AK 2976 CF.

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ [13]

Výši nákladů pro zhotovení součásti před zahájením výroby umožňuje tzv. předběžná kalkulace, prostřednictvím které dojde ke zhodnocení ekonomické efektivity. Předběžným výpočtem je možné posoudit, zdali není výhodnější vyrábět jiným způsobem. Cena výstřižku se určí z nákladů na materiál, nákladů na nástroj a nákladů na provoz lisu.

Náklady na materiál – jsou určeny podle množství použitého materiálu a jeho ceny. Vyráběná součást je z oceli 12 050.3 o tloušťce 2 mm. Cena 1 kg tohoto materiálu k_m byla stanovena na 45 Kč.

Hmotnost spotřebovaného materiálu m_c :

$$m_c = \rho \cdot V_s \cdot Q_s = \rho \cdot S_{sv} \cdot t \cdot Q_s = 7850 \cdot 98,86 \cdot 0,002 \cdot 82 = 127273 \text{ kg}$$

kde: m_c – hmotnost spotřebovaného materiálu [kg]

ρ – hustota materiálu [kg/m^3]

V_s – objem svitku plechu [m^3]

S_{sv} – plocha svitku [m^2]

Hmotnost odpadu m_o :

$$m_o = m_c \cdot 0,3335 = 42446 \text{ kg}$$

kde: 0,3335 – procentuální koeficient odpadu

Nákupní cena materiálu svitků K_n :

$$K_n = m_c \cdot k_m = 127273 \cdot 45 = 5727285 \text{ Kč}$$

Prodejní cena odpadu K_o :

$$K_o = m_o \cdot k_s = 42446 \cdot 2,8 = 118848 \text{ Kč}$$

kde: k_s – výkupní cena 1 kg šrotu [Kč]

Výsledná cena materiálu série K_c :

$$K_c = K_n - K_o = 5727285 - 118848 = 5608437 \text{ Kč}$$

Cena materiálu jedné součásti K_s :

$$K_s = \frac{K_c}{Q} = \frac{5608437}{120000} = 46,74 \text{ Kč}$$

Náklady na nástroj – tyto jsou určeny z nákladů na materiál střížného nástroje a výrobních nákladů. Náklady na materiál 19 437.3 byly stanoveny na 30 000 Kč a náklady výrobní na 205000 Kč. Celkem jsou náklady na nástroj K_{na} 235 000 Kč.

Náklady na provoz lisu – při zapojení navrhovaného lisu Schmid HSR – 630 X – TRA v kompletní tvářecí lince byla jeho provozní hodinová cena C_h stanovena na 4500 Kč, s tím že neuvažujeme pořizovací cenu lisu, protože byl již ve výrobě zaveden. Při počtu zdvihů 50

za minutu dokáže tento lis vyrobit za hodinu práce 3000 výstřížků. Během výroby však dochází k prodlevám (zavádění pásu, kontrola, údržba apod.). Hodnota hodinové výroby musí být upravena, předpokládané ztráty jsou okolo 8 %. Skutečná hodinová produkce je tedy $q_h = 2760$ výstřížků. Bod zvratu B_z se vypočte z podílu fixních nákladů F_n a zisku z jednoho kusu. Předpokládaná marže je 20 %.

Cena výroby součásti C_s :

$$C_s = \frac{c_h}{q_h} = \frac{4500}{2760} = 1,63 \text{ Kč}$$

Cena výroby série C_{se} :

$$C_{se} = C_s \cdot Q = 1,63 \cdot 120000 = 195600 \text{ Kč}$$

Náklady na mzdy – určí se z předpokládaného hodinového platu h_p , předpokládaný hodinový plat je 150 Kč/hod a podle počtu hodin na jednu směnu. Předpokládaný čas je $t_s = 7,5$ hodiny na jednu směnu.

Počet vyrobených součástí za směnu q_s :

$$q_s = q_h \cdot t_s = 2760 \cdot 7,5 = 20700 \text{ ks/směna.}$$

Potřebný počet směn n_{ps} :

$$n_{ps} = \frac{Q}{q_s} = \frac{120000}{20700} = 6$$

Počet hodin potřebných k výrobě n_{hv} :

$$n_{hv} = n_{ps} \cdot t_s = 6 \cdot 7,5 = 45 \text{ hod}$$

Celkové náklady na mzdy C_{nm} :

$$C_{nm} = n_{hv} \cdot 150 = 45 \cdot 150 = 6750 \text{ Kč}$$

Přímé mzdy P_m - celkové náklady na mzdy navšené o sociální a zdravotní pojištění (34 %):

$$P_m = C_{nm} \cdot 1,34 = 6750 \cdot 1,34 = 9045 \text{ Kč}$$

Celkové náklady na mzdy a režii C_{mr} – výrobní režije = 390 % z přímých nákladů a správní režie = 120 % z přímých nákladů.

$$C_{mr} \cdot (3,9 + 1,2) \cdot P_m = 5,1 \cdot 9045 = 51557 \text{ Kč}$$

Celkové výrobní náklady na jednu sérii C_{vn} se rovnají součtu nákladů na materiál, nákladů na nástroj, nákladů na provoz lisu a celkových nákladů na režii a mzdy.

Celkové výrobní náklady:

$$C_{vn} = K_c + K_{na} + C_{se} + C_{mr} = 195600 + 235000 + 5608437 + 51557 = 609059 \text{ Kč}$$

Celkové výrobní náklady jednoho výstřižku C_{vzv} :

$$C_{vzv} = \frac{C_{vn} + C_{mr}}{Q} = \frac{6090594 + 51557}{120000} = 51,18 \text{ Kč}$$

Celkové výrobní náklady jednoho výstřižku s marží 20 % $C_{vzv20\%}$

$$C_{vzv20\%} = C_{vzv} \cdot 1,2 = 51,18 \cdot 1,2 = 61,4 \text{ Kč}$$

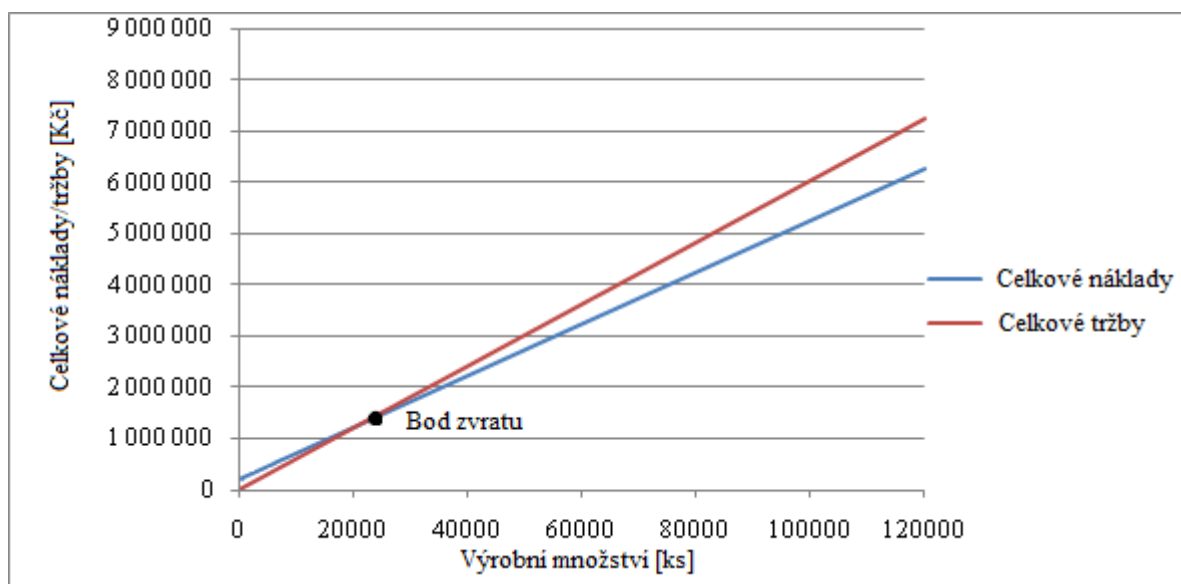
Fixní náklady:

$$F_n = K_{na} + C_{mr} - P_m = 235000 + 51557 - 9045 = 277512 \text{ Kč}$$

Bod zvratu:

$$B_z = \frac{F_n}{C_{vzv20\%} - C_{vzv}} = \frac{277512}{61,4 - 51,18} = 27154$$

Celková cena jedné součásti žacího kotouče křovinořezu bude i s marží 61,4 Kč. Při sériovosti 120 000 kusu ročně nastává bod zvratu při vyrobení 27154 kusů.



Obr. 33 Grafické znázornění bodu zvratu

6 ZÁVĚRY

Vyráběná součást slouží jako žací část křovinořezu, je kruhového průřezu o průměru $D = 250$ mm s osmi zuby a středovou dírou $d = 25,4$ mm. Je vyrobena z plechu 12 050.3 tloušťky 2 mm o sériovosti 120 000 ks za rok. Výroba je realizována technologií přesného stříhání.

Z uvažovaného rozboru dostupných variant výroby je zvolena technologie stříhání s tlačnou hranou ve střížném nástroji. Pro tento nástroj jsou navrženy a vypočteny technologické parametry a zvolen vhodný stroj, podle celkové střížné síly a to hydraulický lis HSR – 630 X – TRA firmy Schmid. Nástroj je řešen nástrojovým systémem s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. Součást je vyrobena na jeden zdvih lisu a pás plechu se vždy posouvá o hodnotu kroku. Odpad je pomocí vzduchu odstraněn z prostoru nástroje. Výkresová dokumentace a sestava je uvedena v příloze.

Z ekonomického hlediska při uvažovaném zisku 20 % jsou vypočítány náklady na výrobu součástí a stanoven bod zvratu. Ten nastává při 27154 kusech a od tohoto bodu je výroba zisková. Při sériovosti 120 000 kusů ročně se tato metoda vyplatí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření: plošné a objemové tváření*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
2. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Ladislav ŽÁK. *Technologie tváření: návody do cvičení*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 103 s. ISBN 80-214-2881-3.
3. FOREJT, Milan. *Teorie tváření a nástroje*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 167 s. ISBN 80-214-2764-7.
4. KOTOUČ, Jiří, Jan ŠANOVEC, Jan ČERMÁK a Luděk MÁDLE. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1.
5. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
6. NOVOTNÝ, Josef a Zdeněk LANGER. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13-B3-IV- 41/22674.
7. NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky: část 1 - tváření*. 2. vyd. Praha: SNTL, Redakce báňské a strojírenské literatury, 1985. 180 s.
8. VYSKOČIL, Oldřich a Pavel BARTOŠ. *Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání (učební texty)*, Brno Zbrojovka a.s. 1997, 87 s.
9. *ArcelorMittal – Válcovna za studena* [online]
Dostupný z WWW: <http://www.valcovna-nh.cz/download/cz/katalog_cz.pdf>.
10. *Big blue saw: How does waterjet cutting work* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.bigbluesaw.com/saw/faqs/parts/how-does-waterjet-cutting-work.html>>.
11. *Feintool: Sitz Komplett* [online]
Dostupný z WWW: http://www.feintool.com/fileadmin/user_upload/MG-FSP-Internet/Bilder/Sitz_Komplett_Homepage.jpg>.
12. *Feintool: Sitzbeschlaege* [online]
Dostupný z WWW: <http://www.feintool.com/fileadmin/user_upload/MG-FSP-Internet/Bilder/Sitzbeschlaege_Homepage.jpg>.
13. *Fuchs: WISURA – maziva pro přesné stříhání* [online]
Dostupný z WWW: [http://www.servis-oleju.cz/partneri/fuchs/technicke_listy/PI/PI\(c\)%20WISURA%20oleje%20pro%20strian.pdf](http://www.servis-oleju.cz/partneri/fuchs/technicke_listy/PI/PI(c)%20WISURA%20oleje%20pro%20strian.pdf)>.
14. *Going.gear: Folding knife* [online]
Dostupný z WWW: <http://goinggear.com/index.php?main_page=product_info&cPath=109_120&products_id=1426>.
15. *HomeN: Lamelové a plazmové řezání* [online]
Dostupný z WWW: <<http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/16-17-83-84.pdf>>.
16. *CHPS s.r.o.: Technologie řezání laserem* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.chps.cz/vodni-paprsek/technologie.html>>.

17. *JKZ Bučovice, a.s.: Konstrukční ocel ČSN 12 050* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.jkz.cz/cs/printpdf/produkty/konstrukcni-ocel-12-050>>.
18. *Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví, České vysoké učení technické: Náklady v podniku* [online]
Dostupný z WWW: <http://eko.fsv.cvut.cz/cz/predmety/126mma1/mma1_6-naklady.pdf>.
19. *Katedra strojírenské technologie, Technická univerzita Liberec: Technologie plošného tváření – stříhání* [online]
Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#064>.
20. *Katedra strojírenské technologie, Technická univerzita Liberec: Technologie plošného tváření – stříhání* [online]
Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#065>.
21. *KONTURAtools: Lisy pro přesné stříhání a tváření - Fineblanking* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.konturatools.cz/lisy-pro-presne-strihani-a-tvareni-feintool.php>>.
22. *Řasa Jaroslav, Kerečaninová Zuzana: Nekonvenční metody obrábění – 5.díl* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>>.
23. *ShopMania: Garland - žací nůž* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.shop-mania.cz/koupit~online-naradi~koupit-eg120-0201-zaci-nuz-8-zuby~p-3790786.html>>.
24. *Schmid: HSR 630 X-TRA* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.schmidpress.ch/index.php?id=63&L=1>>.
25. *The fabricator: moving punch system* [online]
Dostupný z WWW: <<http://image.thefabricator.com/a/blanking-developments---part-i-moving-punch-system.gif>>.
26. *The Fabricator: Toll and die* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.thefabricator.com/article/toolanddie/die-basics-101-part-xiv>>.
27. *The Hong Kong Polytechnic University: The Fine-blanking technology* [online]
Dostupný z WWW: <http://www.ise.polyu.edu.hk/fine_blank/information.html>.
28. *Tooling Online: Fundamentals of Fineblanking – part 1* [online]
Dostupný z WWW: <<http://www.toolingonline.com/article.mvc/Fundamentals-of-Fineblanking-Part-1-0001>>.
29. *Velmonic* [online]
Dostupný z WWW: <http://www.velmoinc.com/full_product.php?image=Fine%20Blanking%201.jpg>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A_c	Celková práce	[J]
A_p	Práce na přidržovači	[J]
A_s	Střížná práce	[J]
A_v	Práce na vyhazovači	[J]
A	Vzdálenost hrotu tlačné hrany od obrysu stříhu	[mm]
a_{min}	Minimální vzdálenost mezi otvorem a hranou součásti	[mm]
B_z	Bod zvratu	[-]
C	Koeficient pro přesné stříhání	[-]
C_{mr}	Celkové náklady na mzdy a režii	[Kč]
C_{nm}	Celkové náklady na mzdy	[Kč]
C_s	Cena výroby součásti	[Kč]
C_{se}	Cena výroby série	[Kč]
C_{vn}	Celkové výrobní náklady na jednu sérii	[Kč]
C_{vnv}	Celkové výrobní náklady jednoho výstřížku	[Kč]
$C_{vnv20\%}$	Celkové výrobní náklady jednoho výstřížku s marží	[Kč]
C_h	Provozní hodinová cena lisu	[Kč]
D_s	Vnější průměr svitku	[mm]
D	Průměr	[mm]
d_s	Vnitřní průměr svitku	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
F_c	Celková síla	[N]
F_n	Fixní náklady	[Kč]
F_s	Střížná síla	[N]
F_{s_d}	Střížná síla pro děrování	[N]
F_p	Síla na přidržovači	[N]
F_v	Síla na vyhazovači	[N]
H	Výška tlačné hrany	[mm]
h_{st}	Minimální výška střížnice	[mm]
h_v	Využití materiálu	[-]
I	Kvadratický moment pro kruhový průřez	[mm]
I	Odlehčení za tlačnou hranou	[mm]
K	Velikost kroku	[mm]
K_c	Výsledná cena materiálové série	[Kč]
K_{na}	Náklady na nástroj	[Kč]
K_n	Nákupní cena materiálu svitků	[Kč]
K_o	Prodejní cena odpadu	[Kč]
K_s	Cena materiálu jedné součásti	[Kč]
k_m	Cena materiálu 1 kg oceli 12 050	[Kč]
k_s	Výkupní cena 1 kg šrotu	[Kč]
L_h	Délka tlačné hrany	[mm]
L	Obvod stříhané součásti	[mm]
l_d	Obvod stříhané díry	[mm]
l_{krit}	Kritická délka	[mm]
l_s	Délka svitku	[mm]

l_t	Délka tabule	[mm]
M	Hmotnost součásti	[kg]
m_c	Hmotnost spotřebovaného materiálu	[kg]
m_o	Hmotnost odpadu	[kg]
N	Součinitel otupení	[-]
n_{hv}	Počet hodin potřebných k výrobě	[hod]
n_{ps}	Potřebný počet směn	[-]
P	Měrný tlak na vyhazovači	[MPa]
P_m	Přímé mzdy	[Kč]
Q	Roční výroba	[ks]
Q_s	Počet svitků	[ks]
q_h	Skutečná hodinová produkce lisu	[ks]
q_s	Počet vyrobených součástí za směnu	[-]
R	Poloměr zaoblení	[mm]
R_m	Mez pevnosti tahu	[MPa]
S	Plocha součásti	[mm ²]
S_d	Plocha stříhané díry	[mm ²]
S_s	Střížná plocha	[mm ²]
S_{sv}	Plocha svitku	[mm ²]
$š_p$	Šířka pásu	[mm]
$š_s$	Šířka svitku	[mm]
$š_t$	Šířka tabule	[mm]
t	Tloušťka	[mm]
t_s	Počet hodin na směnu	[hod]
V_s	Objem svitku plechu	[m ³]
v	Střížná vůle	[mm]
V	Objem součásti	[mm ³]
Z	Střížná mezera	[mm]
z_c	Počet výstřížků z tabule	[ks]
z_p	Počet pásů z tabule	[ks]
z_{sv}	Počet výstřížků ze svitku	[ks]
z_{vp}	Počet výstřížků z pásu	[ks]
ρ	hustota materiálu	[-]
σ_d	namáhání střížnice tlakem	[MPa]
σ_{dov}	dovolené napětí	[MPa]
σ_1	hlavní napětí	[MPa]
σ_2	hlavní napětí	[MPa]
σ_3	hlavní napětí	[MPa]
σ_n	normálové napětí	[MPa]
$\Delta\sigma_3$	přídavné tlakové napětí	[MPa]
τ_{max}	maximální smykové napětí	[MPa]

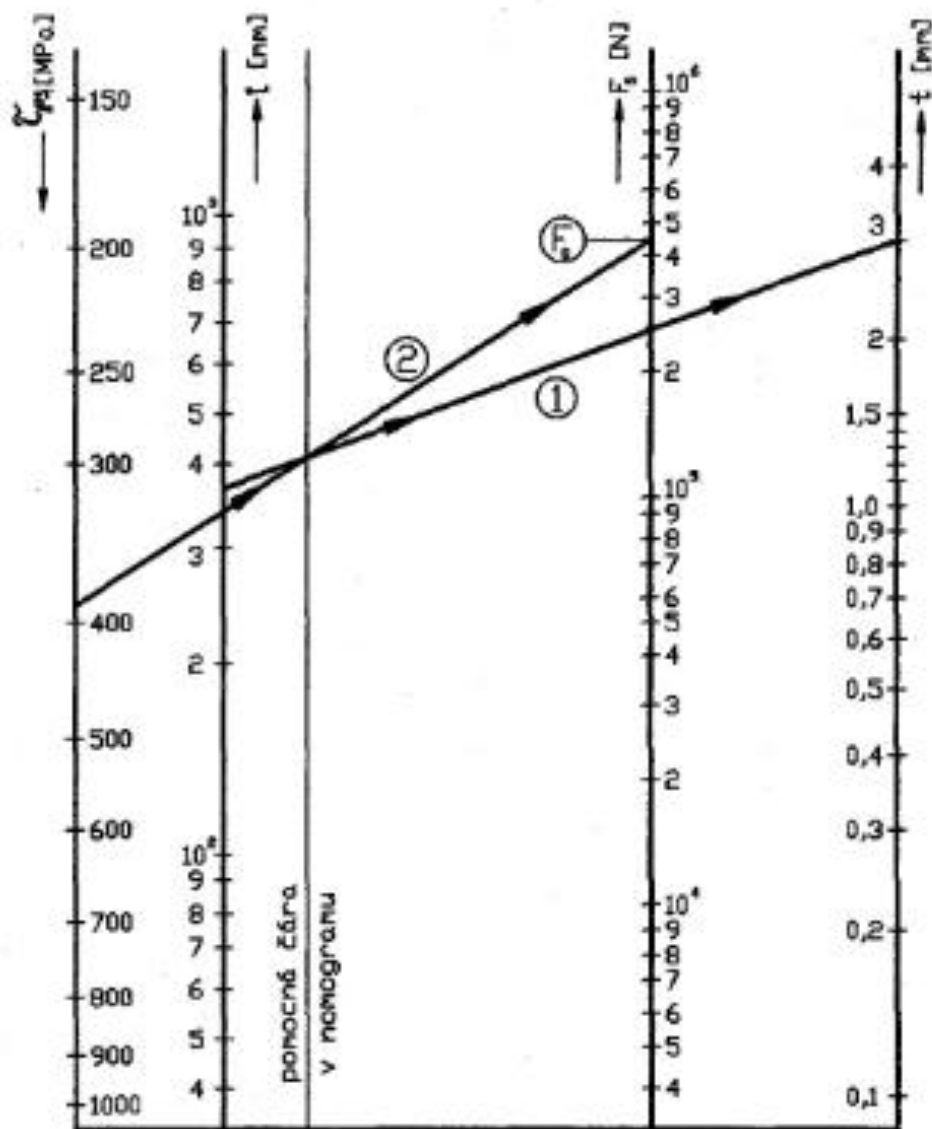
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Diagramy pro určení střižných sil

Příloha 2 – Diagramy konstrukčních parametrů přesného stříhání

Příloha 3 – Lis HSR – 630 X – TRA firmy Schmid

Příloha 4 – Výkresová dokumentace střižného nástroje



Nomogram k určení střížné síly

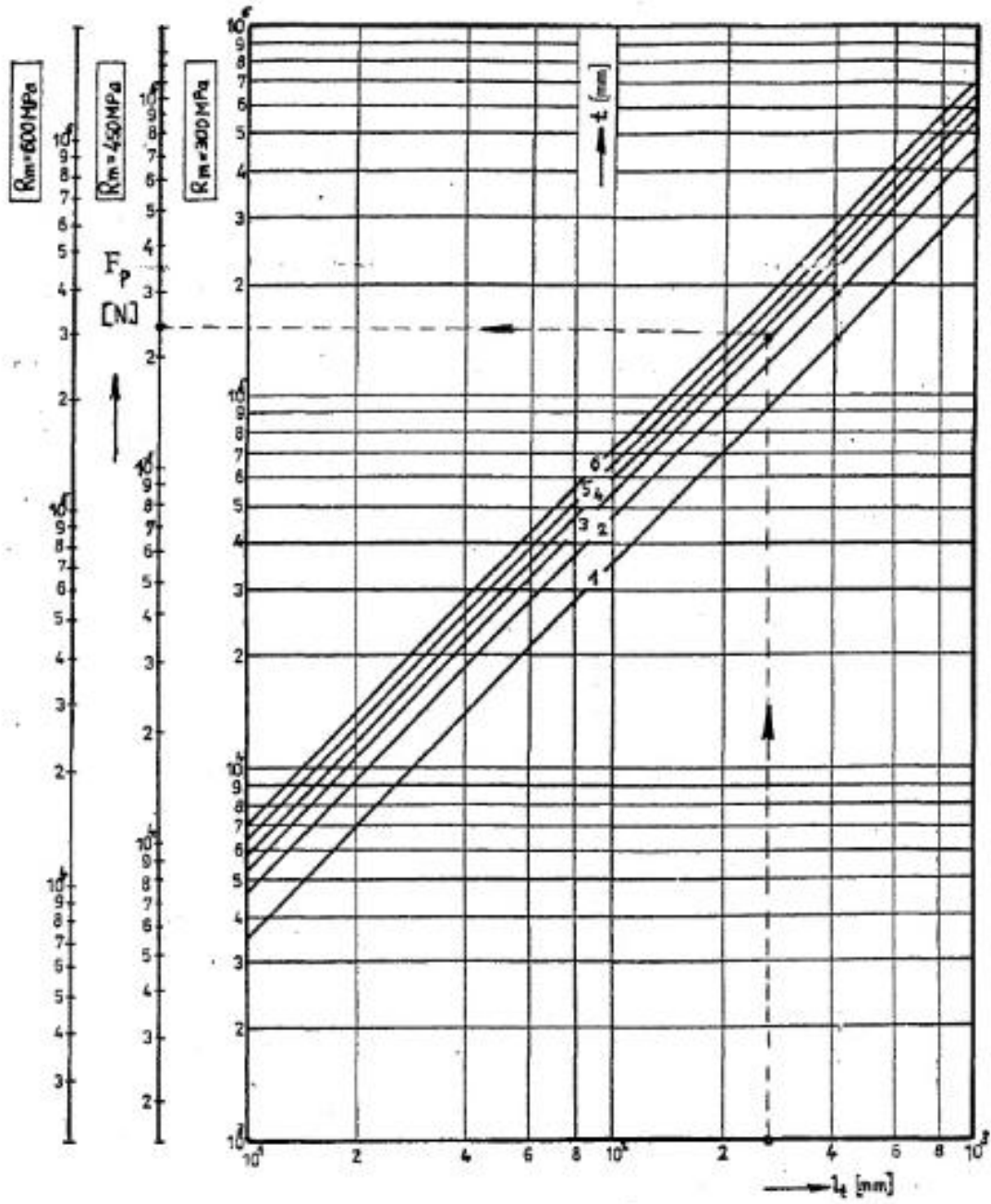


Diagram k určení přidržovací síly

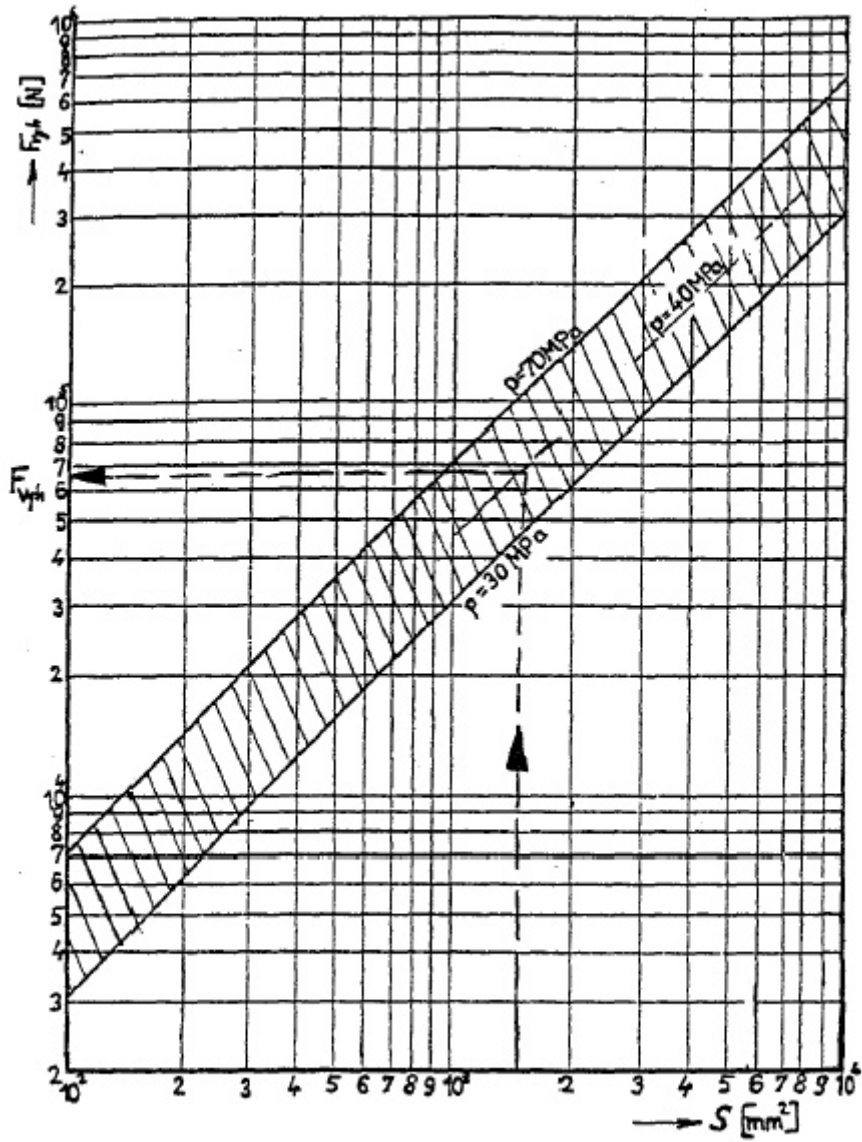
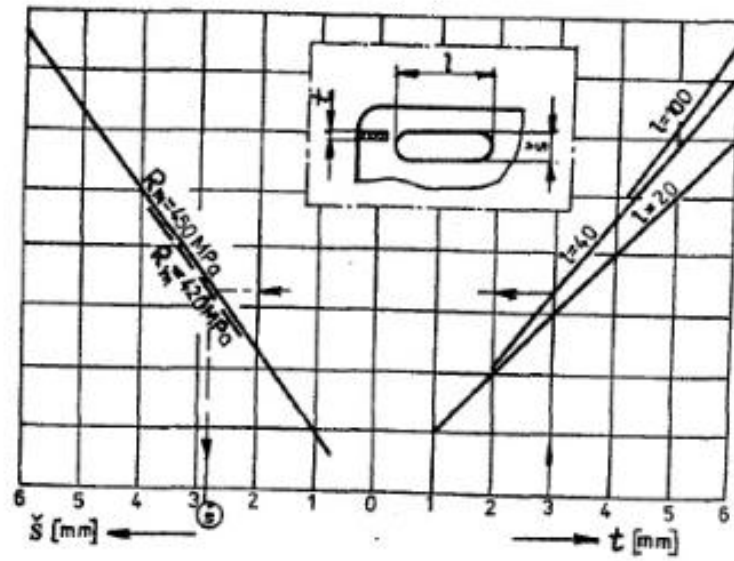
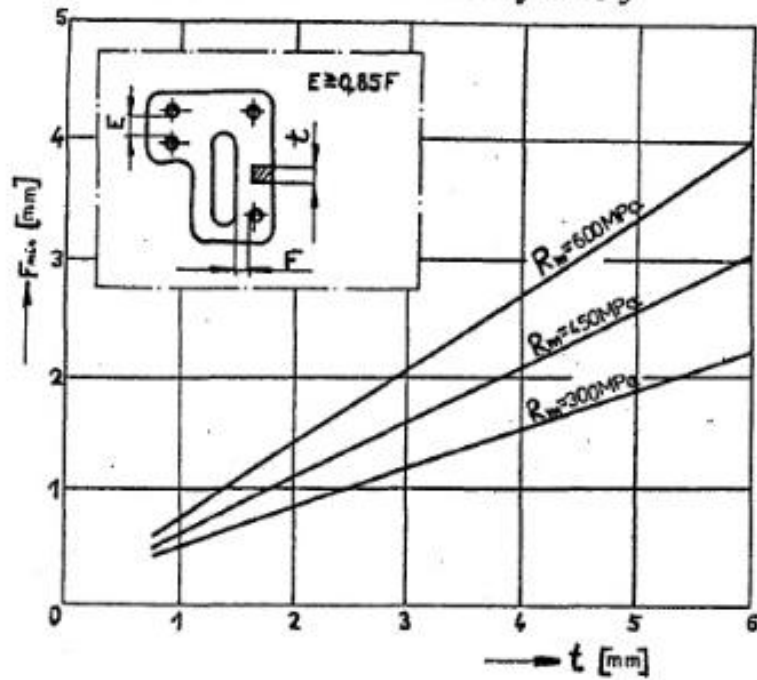


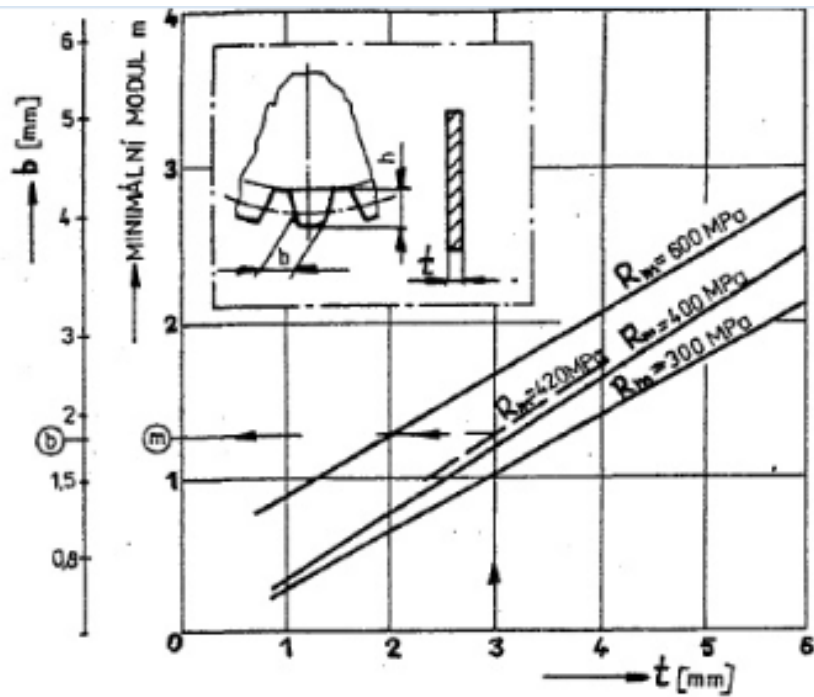
Diagram ke stanovení vyhazovací síly



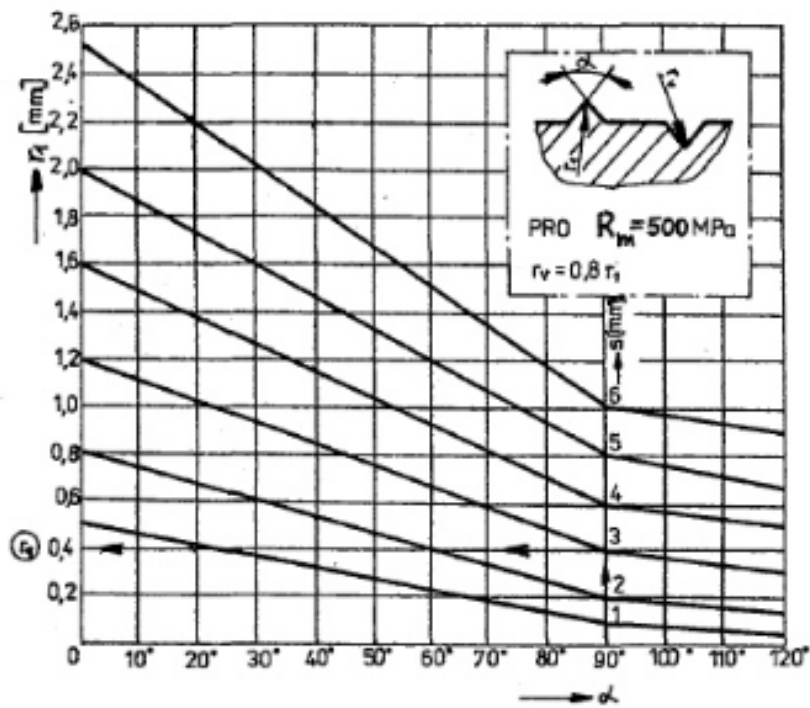
Obr. 25 Určení min. šířky drážky



Obr. 26 Minimální vzdálenost mezi otvory



Obr. 28 Minimální modul ozubení



Obr. 29 Určení poloměrů rohů a hran

Příloha 3 - Lis HSR – 630 X – TRA firmy Schmid [23]

HSR 630 X-TRA



The latest member of a winning team. Based on our extremely successful 320/400 ton presses. Force, efficiency and price optimized to the maximum. A true workhorse!

Total force	6300 kN
V-Ring force	3200 kN
Counter force	1600 kN
Upper insert dia.	450 mm
Lower insert dia.	450 mm
Total shut height	320 - 420 mm