

Návrh střížného nástroje

Design of blanking tool

Bc. Radek Kostka

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek KOSTKA**
Osobní číslo: **T09690**
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Konstrukce technologických zařízení**

Téma práce: **Návrh střížného nástroje**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma
2. Návrh konstrukce střížného nástroje a upnutí ke stroji
3. Zhotovení výkresové dokumentace
4. Vyhodnocení z hlediska produktivity a ekonomičnosti z dosažených výsledků

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **14. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce: **13. května 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Ve své diplomové práci budu řešit zvýšení produktivity při výrobě statorových plechů na poloautomatickém drážkovacím lisu značky Weintgarten NN20, zařazeného do výrobního procesu pro výrobu elektrických strojů ve firmě TES VSETÍN, a.s. Cílem práce bude nové navržení střížného nástroje, jeho výkresová dokumentace a způsob upnutí zařízení ke stroji. Součástí práce je ekonomické vyhodnocení a přínos navrženého řešení.

Klíčová slova: Střížník, střížnice, střížný nástroj.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the productivity increase during the production of stator metal plate on the semiautomatic grooving presser Weintgarten NN20, which is included in the production process of the electrical machines in the TES VSETÍN, a.s. company. The main aim of this work is to design of the blanking tool, its design documentation and the technique of fastening of this device to the original machine. The economic evaluation as well as the benefits of the suggested solution is also included in the thesis.

Keywords: punch, die, blanking tool.

Poděkování:

Úvodem chci poděkovat panům ing. R. Švajkovi – řediteli vývoje, R. Kopeckému – vedoucímu konstrukčních přípravků a V. Kašparovi – výrobnímu řediteli za odbornou pomoc a čas strávený při konzultacích. Dále chci poděkovat vedoucímu své diplomové práce panu doc. M. Maňasovi, CSc., za konzultace spojené s touto prací.

Příjmení a jméno: Kostka Radek

Obor: KTZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 13.5 2011



¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce požítovat na své náklady výtisk, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odprá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ.....	12
1.1 PRŮBĚH STŘÍHÁNÍ	12
1.2 STŘIŽNÁ SÍLA	13
1.2.1 Výpočet střížné síly.....	13
1.2.2 Těžiště střížné síly.....	15
1.2.3 Střížná práce.....	16
1.3 DEFORMAČNÍ PÁSMA PŘI STŘÍHÁNÍ	16
1.4 PŘESNOST POVRCHU PŘI STŘÍHÁNÍ	17
1.5 HOSPODÁRNÉ VYUŽITÍ MATERIÁLU	18
2 ROZDĚLENÍ STŘÍHÁNÍ	20
2.1 STŘÍHÁNÍ TABULOVÝMI NŮŽKAMI.....	20
2.2 STŘÍHÁNÍ KŘIVKOVÝMI NOŽI.....	20
2.3 STŘÍHÁNÍ OKRUŽNÍMI NOŽI	21
2.4 STŘÍHÁNÍ TVAROVÝMI NOŽI	22
2.5 STŘÍHÁNÍ KMITACÍMI NOŽI	23
2.6 PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ	23
2.6.1 Stříhání bez vůle.....	23
2.6.2 Stříhání s přidržovačem.....	23
2.6.3 Stříhání s nátlacnou hranou.....	24
2.6.4 Stříhání se zápornou vůlí.....	24
2.6.5 Přistřihování	25
2.6.6 Reverzní stříhání	25
2.7 STŘÍHÁNÍ NEPEVNÝMI NÁSTROJI	25
3 STŘIŽNÉ NÁSTROJE	26
STŘIŽNÉ NÁSTROJE BEZ VEDENÍ	26
STŘIŽNÉ NÁSTROJE S VEDENÍM	27
3.1 JEDNODUCHÉ STŘIŽNÉ NÁSTROJE	27
3.2 POSTUPOVÉ STŘIŽNÉ NÁSTROJE.....	28
3.3 SLOUČENÉ STŘIŽNÉ NÁSTROJE	28
3.4 SDRUŽENÉ STŘIŽNÉ NÁSTROJE	28
4 HODNOCENÍ ŽIVOTNOSTI.....	29
4.1 MATERIÁLY STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ	31
4.1.1 Oceli třídy 19.....	31
4.1.1.1 Nástrojové oceli uhlíkové	32
4.1.1.2 Nástrojové oceli slitinové	32
4.1.1.3 Rychlořezné oceli	33
4.1.2 Oceli třídy 10.....	33
4.1.3 Oceli třídy 11.....	33
4.1.4 Ocel třídy 12.....	34
4.1.5 Oceli třídy 13.....	34

4.1.6	Oceli třídy 14.....	34
4.1.7	Oceli třídy 15.....	35
4.1.8	Oceli třídy 16.....	35
4.1.9	Oceli třídy 17.....	35
4.1.10	Třída 18 - Slinuté karbidy	36
5	CHEMICKO-TEPELNÉ A TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLU STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ	37
5.1	CEMENTOVÁNÍ	37
5.2	NITRIDOVÁNÍ	37
5.3	BORIDOVÁNÍ	37
5.4	KALENÍ	38
5.5	ŽÍHÁNÍ	39
5.5.1	Bez překrystalizace	40
5.5.2	S překrystalizací	40
5.6	POPOUŠTĚNÍ	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	42
6	POPIS PROCESU VÝROBY ELEKTRO-PLECHU GENERÁTORU	43
6.1	TECHNOLOGIE PRO VÝROBU ELEKTRO-PLECHU	44
6.1.1	Vystříhovací CNC linka HS – 250.....	44
6.1.2	Drážkovací poloautomatický lis NN20	44
6.2	MATERIÁL PRO VÝROBU ELEKTRO-PLECHU	45
7	NÁVRHY STŘIŽNÉHO PROCESU ELEKTRO-PLECHU	47
7.1	SOUČASNÝ STAV STŘIŽNÉHO PROCESU ELEKTRO-PLECHU	47
7.2	NÁVRHY NA ZPRODUKTIVNĚNÍ STŘIŽNÉHO PROCESU ELEKTRO-PLECHU	48
7.2.1	Návrh 1	48
7.2.2	Návrh 2	49
7.2.3	Návrh 3	50
7.2.4	Návrh 4	50
7.2.5	Návrh 5	51
8	VÝPOČTOVÉ PARAMETRY STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ	53
8.1	CELKOVÁ STŘIŽNÁ DÉLKA.....	53
8.2	CELKOVÁ STŘIŽNÁ PLOCHA.....	53
8.3	VÝPOČET STŘIŽNÉ SÍLY	54
8.4	VÝPOČET STÍRACÍ SÍLY	54
8.5	VÝPOČET STŘIŽNÉ PRÁCE	54
8.6	VÝPOČET VELIKOSTI STŘIŽNÉ MEZERY	55
8.7	TLAČNÉ PRUŽINY	55
9	SESTAVA STŘIŽNÉHO NÁSTROJE	57
10	STŘIŽNÝ NÁSTROJ.....	58
10.1	VRCHNÍ DÍL STŘIŽNÉHO NÁSTROJE	58
10.1.1	Střížník drážky	59
10.1.2	Střížník obseku.....	59
10.1.3	Kotevní deska.....	60
10.1.4	Uchycení pružin	61

10.1.5	Distanční šroub.....	61
10.1.6	Stěrač.....	63
10.1.7	Středící čep.....	63
10.2	SPODNÍ DÍL STŘIŽNÉHO NÁSTROJE:.....	64
10.2.1	Střižnice.....	64
10.2.2	Pružná část	65
11	VODÍCÍ STOJÁNEK.....	66
11.1	VRCHNÍ ČÁST VODÍCÍHO STOJÁNKU.....	66
11.1.1	Horní deska	67
11.1.2	Přední a zadní lišta s perem.....	67
11.1.3	Podložka.....	68
11.1.4	Pouzdro středící.....	68
11.2	SPODNÍ ČÁST VODÍCÍHO STOJÁNKU:	69
11.2.1	Spodní deska	69
11.2.2	Vložka propadu	69
11.2.3	Středící čep.....	70
11.3	PŘESNÉ KULIČKOVÉ VEDENÍ.....	70
12	EKONICKÉ VYHODNOCENÍ	72
12.1	HOSPODÁRNÉ VYUŽITÍ	72
12.2	NÁKLADY NA VÝRONU STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ Z HLEDISKA ŽIVOTNOSTI	73
	ZÁVĚR	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	76
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	78
	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
	SEZNAM TABULEK.....	83
	SEZNAM PŘÍLOH.....	84

ÚVOD

Společnost TES VSETÍN a.s. podniká ve výrobě elektrických točivých strojů a současně ve výrobě jednotlivých komponentů elektrických strojů pro světoznámé firmy. Pod současnou značkou TES VSETÍN, a.s. firma zahájila svou činnost v roce 1995, kdy byla zprivatizována, ze státního podniku MEZ Vsetín. Tradice výroby však sahá až do roku 1919. Před rokem 1990 byla význačným českým exportérem stejnosměrných motorů a pohonů pro východní trhy a zaměstnávala 3000 zaměstnanců. Po roce 1990 však o tyto trhy přišla a musela se začít prosazovat na trzích západní Evropy. To se jí začalo dařit hlavně po privatizaci a to díky rychlé restrukturalizaci a zvýšení produktivity práce.

Firma navázala jak na dobré obchodní jméno, tak i na technickou spolupráci s významnými firmami světových značek své porfólio výrobků rozšířila o synchronní a asynchronní generátory, motory a stroje s permanentními magnety, které jsou svými parametry na světové špičce.

Vývoz se každoročně pohybuje na úrovni 70% z celkových tržeb a společnost vyvážá do zemí EU, ESVO, Ruska, Turecka, USA, Thajska atd.

Nyní zaměstnává 520 vlastních zaměstnanců a 60 zaměstnanců agentur práce různých národností. Společnost má vlastní výzkum a vývoj, patří k jednomu z největších zaměstnavatelů ve Vsetínském regionu a nemalou mírou se podílí na jeho rozvoji.

Ještě před 8 lety firmu TES VSETÍN, a.s. nikdo neznal, jako výrobce generátorů pro malé vodní elektrárny a dnes je renomovaným dodavatelem na světové trhy, jako je Evropa, Asie a Amerika. Společnost je poměřována s nejlepšími a největšími firmami v oboru jako Siemens, Leroy Somer, Marelli, ABB a Genereal Electric. Současní zákazníci jsou spokojeni s výrobky a službami TESu VSETÍN, a.s., které mají uplatnění v rozdílných segmentech aplikací a to jak v oblasti zelené energie – výroba vodních a větrných generátorů, tak i v hutním a loďařském průmyslu – výrobu motorů.

Společnost poskytuje zákazníkům velmi dobrý poměr cena/výkon, vždy jedná se zákazníky seriózně a díky tomuto přístupu v jednání vždy nachází velmi kladnou odezvu a získává si tím dobré jméno. Usiluje o to být pro zákazníky nejlepším partnerem a současně dodavatelem. [11]

I. TEORETICKÁ ČÁST

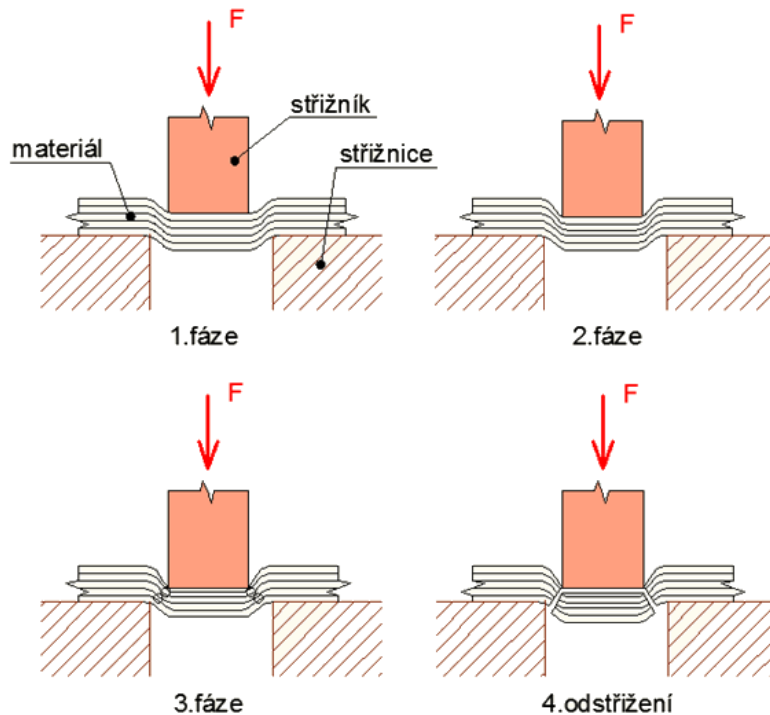
1 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ

Cyklus stříhání je operace při působení dvou řezných hran v řezné rovině, z nichž pohybující se část se nazývá střížník a druhá pevná část se nazývá střížnice. Střížný materiál je umístěn mezi těmito dvěma řeznými hranami. Postupně je oddělován působením střížné síly, která má vzrůstající tendenci a dosahuje maxima v okamžiku začínajícího oddělování materiálu, což bývá v okamžiku, kdy střížník vnikne do hloubky stříhaného materiálu a to v $1/3$ tloušťky. Poté klesá střížná síla rychle k nule, přičemž rychlost poklesu závisí na vlastnostech stříhadla, stříhaném materiálu a odporech působících proti zasunutí výstřížku do střížnice. Metodou stříhání lze vyrábět součásti k přímému použití nebo polotovary, které se dále zpracovávají (stříhání tabulí nebo svitků plechů, stříhání profilů, vystřihování apod.). Tato metoda patří k nerozšířenější operací při výrobě plošným tvářením. Kromě klasického stříhání existují i další operace, které se nazývají podle způsobu odstraňování materiálu. Patří sem děrování, ostříhování, přistříhování, atd.

1.1 Průběh stříhání

Průběh stříhání plechů dle (obr. 1) lze rozdělit do tří fází:

1. Pružná deformace – napětí ve stříhaném materiálu nepřesahuje mez kluzu. Jedná se o oblast pružných deformací, kdy se materiál stlačí, ohne a je vtlačen do otvoru střížnice. Střížník vnikne do materiálu 5 – 8 % tloušťky materiálu.
2. Trvalá deformace – napětí ve stříhaném materiálu je vyšší než mez kluzu. Největší napětí je v okolí hran střížníku a střížnice. Jedná se o oblast plastických deformací stříhaného materiálu. Dochází k trvalým deformacím. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je okolo 10 – 25 % jeho tloušťky.
3. Stříhání – napětí ve stříhaném materiálu dosáhne meze pevnosti ve smyku (stříhu). Materiál se u hran střížníku a střížnice nastříhne, vzniklé trhlinky se rychle rozšiřují, až se výstřížek úplně oddělí od základního materiálu. Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu. Při dalším pohybu střížníku je výstřížek ze střížnice vytlačen. Aby se trhliny (nástříhy) materiálu od střížníku a střížnice setkaly a materiál se hladce oddělil, musí být mezi střížníkem a střížnicí určitá vůle. Správná velikost vůle v je taková, při níž se za optimálních podmínek stříhání získá co nejčistší plocha. Bývá asi 5 až 12 % tloušťky materiálu. [2]



Obr. 1 Průběh stříhání

1.2 Střížná síla

Jedná se o sílu, která je zapotřebí k vystřížení určitého výrobku z tabule plechu, svitku či pásu. Velikost střížné síly, se mění během průběhu pracovního zdvihu. V každém okamžiku je dána součinem dvou proměnných veličin, střížného odporu a stříhané, nebo střížné plochy. Při stříhání křehkých materiálů, nastane ustřížení již při mírném proniknutí střížníku do stříhaného materiálu. Naopak je tomu u měkkých materiálů, kde střížník musí proniknout hlouběji. [4]

1.2.1 Výpočet střížné síly

$$F_S = k \cdot S \cdot \tau_{ps} = k \cdot l \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m \quad (1)$$

Kde:

F_S - střížná síla [N]

l - délka stříhu [mm]

t - tloušťka stříhu [mm]

S - plocha roviny stříhu $S = k \cdot t$ [mm²]

τ_{ps} - pevnost materiálu ve stříhu $\tau_{ps} = 0,8 \cdot R_m$ [MPa]

$k = (1,2 \div 1,55)$ - koeficient zahrnující vliv nestejné tloušťky materiálu [-].

Pokud je prováděno naráz několik střížných operací, střížné síly se sčítají.

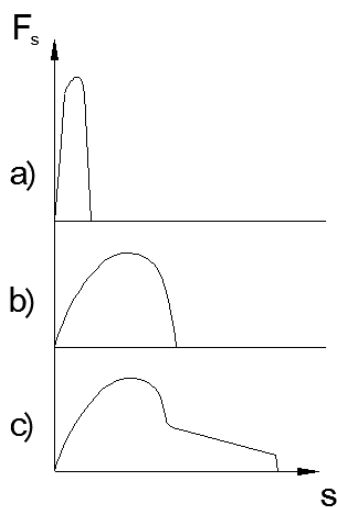
$$F_S = \sum_{i=1}^n F_{si} \quad (2)$$

Střížná síla, která se vypočítá ze vzorce (1), se zvyšuje v rozmezí 20 – 25 %. Toto zvýšení se používá z toho důvodu, že v průběhu stříhání může nastat změna střížných podmínek a mohlo by dojít k poškození stroje či nástroje. [4]

Hodnota střížné síly F_S se může zmenšit vhodnými úpravami:

- Použitím více střížníků o různých délkách
- Skosením střížných břitů
- Změna tloušťky materiálu
- Volbou tvárnějšího materiálu

Na obr. 2 lze vidět, průběh střížných sil v závislosti tažnosti materiálu na velikosti střížné vůle.



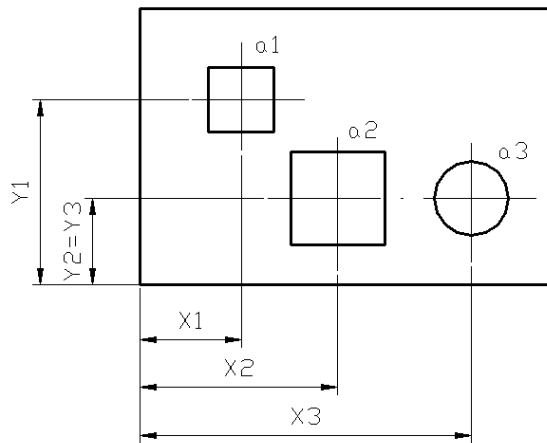
- a) Materiály s nízkou tažností
- b) Materiály s vysokou tažností a velkou střížnou vůlí
- c) Materiály s vysokou tažností a malou střížnou vůlí

Obr. 2 Průběh střížných sil

Mezi hlavními faktory ovlivňující průběh těchto křivek, je tažnost materiálu a střížná vůle. Křivka *a* znázorňuje materiály s malou tažností (tvrdé, křehké). Materiál se oddělí při malém vnitřním břitu. Křivka *b* patří skupině materiálů s vysokou tažností (měkké, houževnaté) a velkou střížnou vůlí. Při vzniku prvních trhlin klesá velmi rychle střížná síla. Křivka *c* znázorňuje materiály s dobrou tažností a malou střížnou vůlí. Na rozdíl od křivky *b*, dochází k pozvolnému poklesu střížné síly i po vzniku trhlin ve stříhaném materiálu. Střížná síla klesne na nulovou hodnotu až tehdy, kdy střížník dosáhne úrovně střížnice.

1.2.2 Těžiště střížné síly

Při konstrukci střížných nástrojů je znalost těžiště střížných sil velmi důležitá. Stopku střížného nástroje je nutné umístit právě do těžiště střížných sil, poloha stopky totiž odpovídá poloze osy tvářecího stroje, která pak také koresponduje s těžištěm, což je zvláště důležité v operacích postupového stříhání, kdy je využito více střížníků ve více krocích. Pokud by těžiště bylo situováno mimo osu stroje, docházelo by ke vzniku klopných momentů, které by se negativně projevovaly na přesnosti výstřížků a také na životnosti stroje i nástroje. Polohu těžiště střížných sil, v němž působí silová výslednice, lze určit grafickou, nebo početní metodou. [9].



Obr. 3 Stanovení těžiště střížných sil

$$X_T = \frac{\sum X_i \cdot o_i}{\sum o_i} = \frac{X_1 \cdot o_1 + X_2 \cdot o_2 + X_3 \cdot o_3}{o_1 + o_2 + o_3} \quad (3)$$

$$Y_T = \frac{\sum Y_i \cdot o_i}{\sum o_i} = \frac{Y_1 \cdot o_1 + Y_2 \cdot o_2 + Y_3 \cdot o_3}{o_1 + o_2 + o_3} \quad (4)$$

Kde:

X_i – vzdálenost od osy x [mm]

Y_i – vzdálenost od osy y [mm]

o_i – obvod stříhaného materiálu [mm]

1.2.3 Střížná práce

Střížnou práci je potřeba dodat, aby došlo k vystřížení výrobku. Hodnota střížné práce je přímo úměrná střížné síle a hloubce vtačeného střížníku do materiálu.

$$A = K_A \cdot F_S \cdot t \quad (5)$$

Kde:

A - střížná práce [J]

K_A - součinitel hloubky vtažení střížníku [mm]

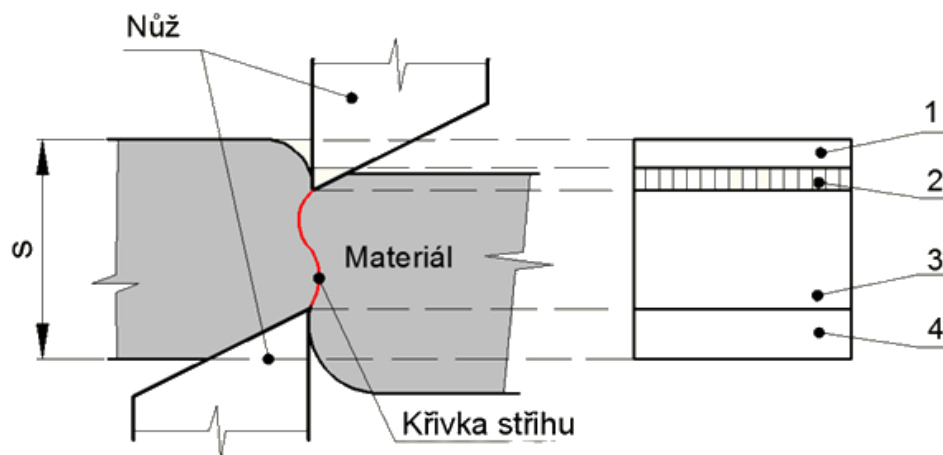
F_S - střížná síla [N]

t - tloušťka plechu [mm]

1.3 Deformační pásma při stříhání

Při stříhání se výstřížek oddělí dříve, než střížník projde celou tloušťkou stříhaného materiálu a následně je tento výstřížek vytlačen. To má za následek, že okraje střížných ploch nejsou zcela rovinné a střížná plocha má určitou drsnost. Vzniklá drsnost není ve střížné ploše rovnoměrně rozdělena. Největší drsnost vzniká v místech, kde se objevily první trhliny.

Oddělení však nenastane přesně v žádané rovině a to proto, že materiál je elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše – podle toho rozeznáváme na odstříhnuté ploše různá pásma. [2]



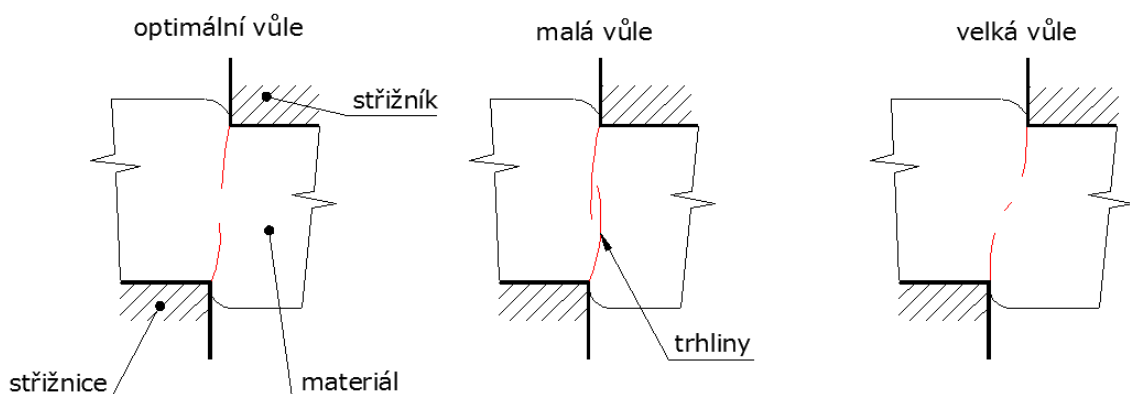
Obr. 4 Deformace materiálu při stříhání (1 – pásmo zaoblení (elastická deformace), 2 – pásmo utržení, 3 – pásmo smyku (plastické deformace), 4 – pásmo odtlačení)

Jakost střížné plochy, velikost střížné síly a tím i související opotřebení nástroje jsou hlavním hlediskem k volbě střížné vůle mezi střížníkem a střížnicí. Tato vůle se

realizuje na úkor střížníku, pokud při vystřihování je výstřížek výrobkem a jeho rozměr se získá podle rozměrů střížnice. [3]

Střížná vůle by měla být stejná ve všech místech křivky stříhu. Nebude-li tomu tak, vznikají na střížné ploše povrchové vady a ostřiny, střížná plocha tak není kvalitní. Nastane-li situace, kdy je střížná vůle velká, dochází k ohybu stříhané součásti. Při malé vůli narůstá střížná síla a na střížné ploše vznikají přestřížené, ohlazené prstence. Velmi malé vůle se používají pro materiály nekovové, jako jsou např. papír, textil, plasty apod. Vzhledem k těmto malým vůlím je kladen důraz na velmi přesné vedení nástroje.

Na (obr. 5) lze vidět, že u optimální střížné vůle se trhlinky od střížných hran setkají a tím se stříhaný materiál oddělí.



Obr. 5 Vliv střížné vůle na tvorbu střížné

1.4 Přesnost povrchu při stříhání

Přesnost součásti vyrobených stříháním závisí na řadě činitelů, jako je např. přesnost zhotovení střížníku a střížnice, druh a stav nástroje, vlastnosti stříhaného materiálu, takt stroje a ustavení polotovaru v nástroji. Hlavním ukazatelem přesnosti je budoucí výrobek (výstřížek). Podle něj navrhujeme způsob, jakým bude vyroben. Přesnost je obvykle požadována v jednotlivých stupních.

- Výstřížky menších rozměrů než 150 mm se vyrábějí v toleranci IT 12 až 14, u přesných stříhadel s vodícími sloupky v toleranci IT 9 až IT 11.
- Drsnost střížných ploch má být $Ra = 3,2$ až $6,3$. Přesným stříháním a děrováním lze dosáhnout $Ra = 0,2$ až $0,8$.
- Plynulé přechody oblouků do přímkové části výstřížku většinou zdražují nástroj a vyžadují uzavřený stříh s bočními a podélnými přepážkami, spotřeba materiálu je velká.

- Hospodárné využití materiálu má být co největší (min. 70%). [2, 8]

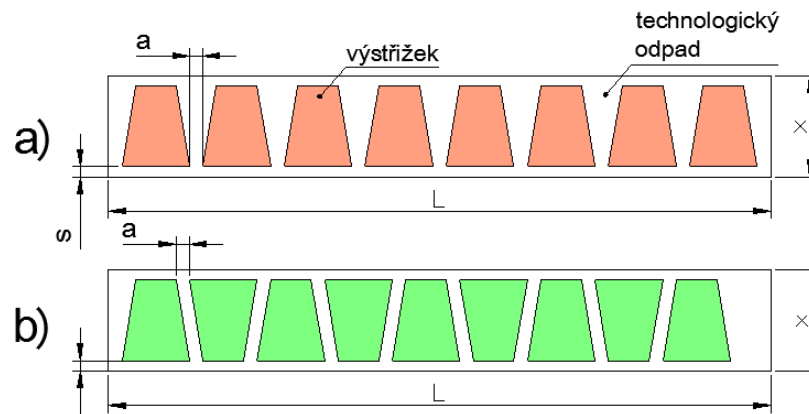
1.5 Hospodárné využití materiálu

Nástřihový plán je při výrobě stříháním velmi důležitý. Jedná se o rozmístění výstřížků na pás plechu za účelem vzniku co nejmenšího odpadu. Při stříhání vzniká tzv. technologický odpad (závisí na tvaru a uspořádání výstřížku na pásu) a konstrukční (závisí na vnějším a vnitřním uspořádání součásti).

Maximální úspora materiálu je v některých oborech rozhodující, např. v automobilovém průmyslu a všude tam, kde se zpracovávají rozměrné, tvarově členité výlisky, u nichž procento využití materiálu kolísá v rozmezí 80 až 50%. Při zpracování menších výlisků s méně členitým obvodovým tvarem je využití plechu vyšší a pohybuje se mezi 75 až 90%. [4]

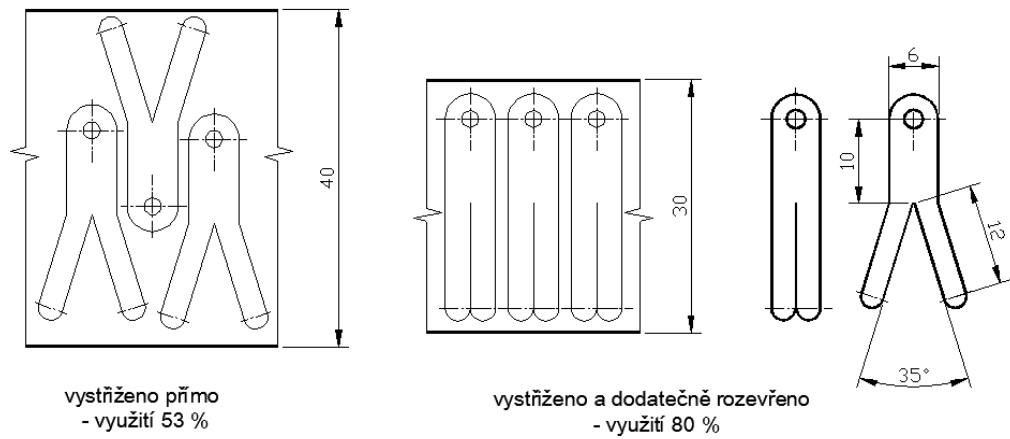
Hospodárné využití materiálu (pásu) polotovaru se zjišťuje výpočtem součinitele k_m , který má být větší než 0,7 (70 %).

$$k_m = \frac{\text{celková plocha výstřížků zhotovených z pásu}}{\text{plocha pásu}} \quad (6)$$



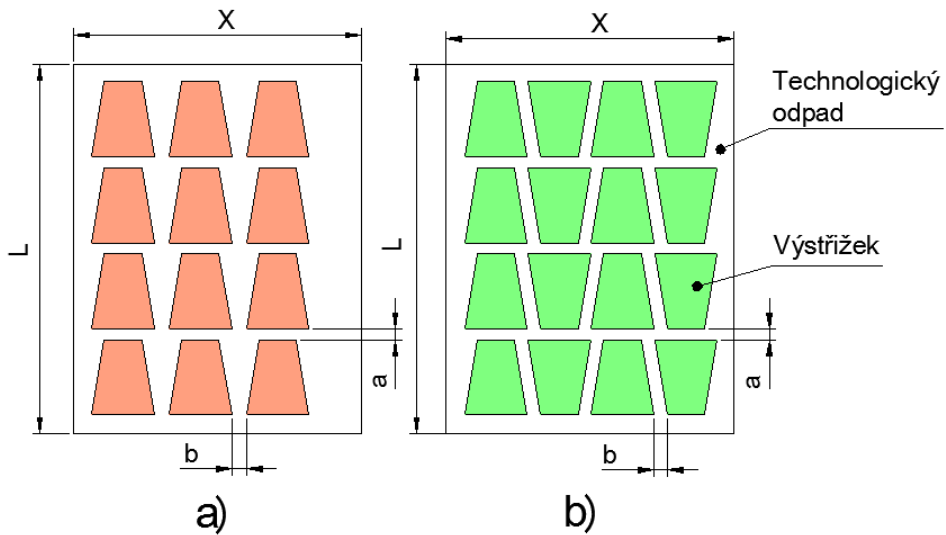
Obr. 6 Uspořádání výstřížků na pásu (a- nevhodné uspořádání výstřížku, b- vhodné uspořádání výstřížku)

Někdy je nutné za zvýšení hospodárnosti změnit tvar součásti (po dohodě s konstruktérem) nebo udělat konečný tvar až po stříhání (obr. 7).



Obr. 7 Uspořádání výstřížků na pásu a úprava konečného tvaru po stříhání

Podobné tomu bude při stříhání součásti z tabule plechu. Správným rozmístěním výstřížků, lze hospodárně využít materiál.



Obr. 8 Uspořádání výstřížků na tabuli plechu (a- nevhodné uspořádání výstřížku, b- vhodné uspořádání výstřížku)

2 ROZDĚLENÍ STŘÍHÁNÍ

Podle konstrukce nožů (střížníků) se stříhání dělí:

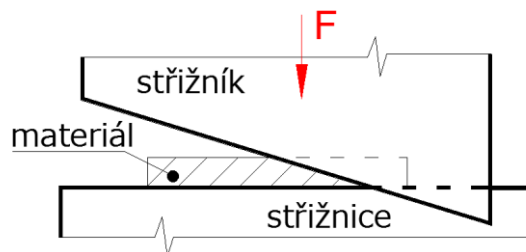
- stříhání tabulovými nůzkami
- stříhání křivkovými noži
- stříhání okružními noži
- noži na profily a tyče
- stříhání kmitacími noži
- přesné stříhání

2.1 Stříhání tabulovými nůzkami

Ke stříhání rovnoběžnými noži se používá střížný nástroj, který se skládá ze střížníku a střížnice mezi kterými je střížná vůle (viz. 1.3). Materiál je stříhán najednou v celé šířce, čímž dochází k rychlému nárůstu a poklesu síly. Po dosednutí střížníku na materiál síla prudce stoupne a dosahuje maxima v okamžiku, kdy je v určité hloubce materiálu. Následuje prudký pokles síly při přetržení materiálu. K oddělení stříhaného materiálu dojde dříve, než střížník projde celou tloušťkou stříhaného materiálu.

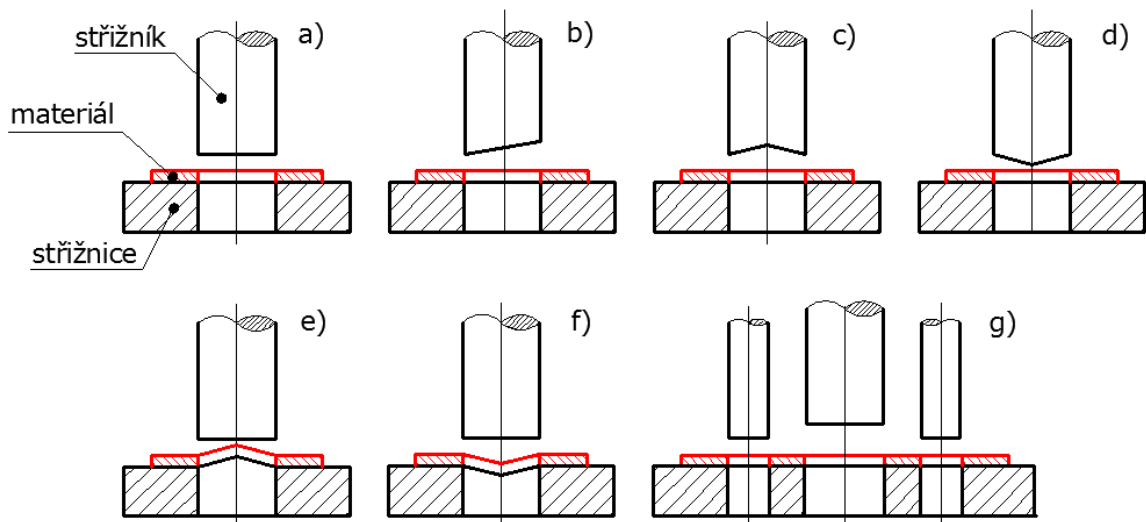
2.2 Stříhání křivkovými noži

Stříhání šikmými, skloněnými noži, které při stříhání svírají určitý úhel, je výhodné proto, že se při tomto způsobu zmenší celková potřebná střížná síla oproti stříhání na rovných nožích. Stříhaný materiál tak není stříhán v celé šířce najednou, ale postupně. Pracovní zdvih potřebný k ustřížení materiálu je v porovnání s rovnoběžnými noži větší. Úhel sklonu nože bývá v rozmezí 1 až 5 °, aby byla zaručena podmínka samosvornosti a stříhaný materiál před nožem neujížděl.



Obr. 9 Stříhání skloněnými noži

Podobně jako u jednoduchého rovného stříhání je i v tomto případě průběh okamžité síly možno regulovat, i když naproti tomu se celková práce, vynaložená na stříhání, nezmenší. U nástrojů, stříhadel, složených ze střížníku a střížnice, používaných pro dva nejrozšířenější způsoby stříhání, tj. děrování a vystřihování, to lze provést několika způsoby. [3]



Obr. 10 Úpravy střížníku a střížnice (a – rovný stříh, b – jednostranné zkosení střížníku, c, d – oboustranné zkosení střížníku, e, f – zkosení střížnice, f - stupňovité uspořádání střížníků)

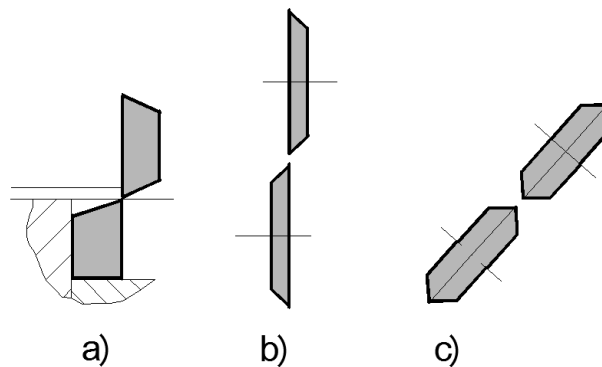
Stříhadla se zkoseným ostřím používáme tehdy, když chceme zmenšit střížnou sílu, která je větší jak síla lisu. Na vystřihování se zkosení dělá oboustranné a to na střížnici, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Způsob oboustranného zešikmení vyrovnává síly na střížníku a nevychyluje jej z osy. Jednostranné zkosení střížníku se používá jen pro nastřihování. U děrování je střížnice rovná a střížník zkosení, výrobek je rovný, odpad ohnutý. Při stříhání složitých tvarů se nedoporučuje provádět zkosení ostří. [1]

2.3 Stříhání okružními noži

Tato metoda se nejčastěji používá při dělení podélných pásů, nebo plechů. Čas stříhu je v porovnání s ostatními metodami stříhání delší, ale rázy vznikající při stříhání se snižují. Použití kruhových nožů prodlužuje čas stříhu, ale snižuje rázy při stříhání. Sklon řezné hrany se mění od nejvyšší hodnoty v místě záběru do nuly.

Kombinace dvoj-kuželového a válcového nože je určená pro stříh zakřivených tvarů, s výhodou skloněných os nástrojů. Na přímé stříhání se užívají kotoučové nože větších průměrů, naopak při křivkovém stříhání se uplatňují spíše nože s co nejmenším průměrem.

Kotouče malých průměrů se upevňují na dlouhá ramena a umožňují snadnou manipulaci se stříhaným materiálem. Touto metodou zpracovávat materiál o maximální tloušťce 10 mm.



Obr. 11 Uspořádání kotoučových nožů

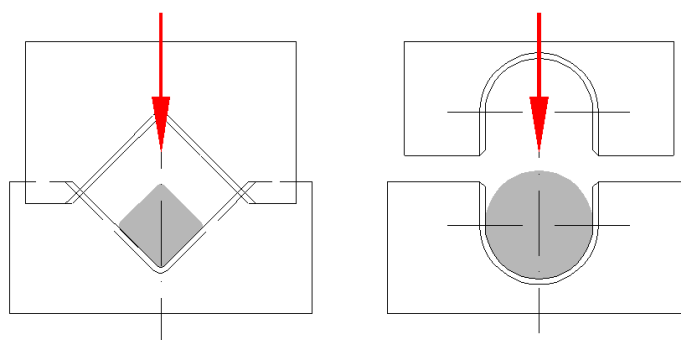
a – jednokotoučové, b – velké kotouče (přímé stříhy),

c – malé kotouče (křivkové stříhy)

2.4 Stříhání tvarovými noži

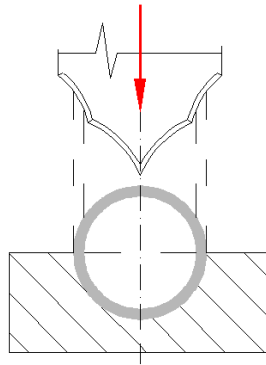
Často se stříhá také profilový materiál, čtvercový, kruhový, profily, atd. Zatímco příčný průřez funkčních částí nástrojů zůstává ve všech případech zhruba beze změny, mění se podélný tvar podle účelu stříhu.

Při stříhání jakéhokoliv profilového materiálu platí zásada, aby přestřihovaná tloušťka v každém okamžiku byla téměř stále stejná. Této zásadě se potom přizpůsobuje obrys pohyblivého nože. Na obrázku je ukázán tvar nože pro stříhání profilů a tvar nožů určený jednak pro stříhání čtvercových profilů, jednak tvar nožů pro stříhání kulatiny. [1]



Obr. 12 Nože na čtvercový a kruhový materiál

Při stříhání trubek je důležité, aby nedocházelo k deformaci stříhaného materiálu. Toho lze docílit použitím speciálním nožem. Tento nůž má tvar oblouků, to nám zajišťuje ve spodní části nástroje tvar špičky. Při stříhání dochází nejprve pomocí špičky propíchnutí stěny trubky a následnému stříhu zbytku trubky. Střížná mezera roste od okrajů směrem ke středu.



Obr 13 Tvar nože pro
stříhání trubek

2.5 Stříhání kmitacími noži

Slouží k ostříhování výlisků i vystřihování drážek a tvarových děr v plechu.

2.6 Přesné stříhání

Při popsaných metodách stříhu má střížná plocha i vystřižený kus určitou standardní jakost. Jedná se o drsnost povrchu střížné plochy a přesnost střížných rozměrů. Kvalita stříhu pro normální a přesné stříhání.

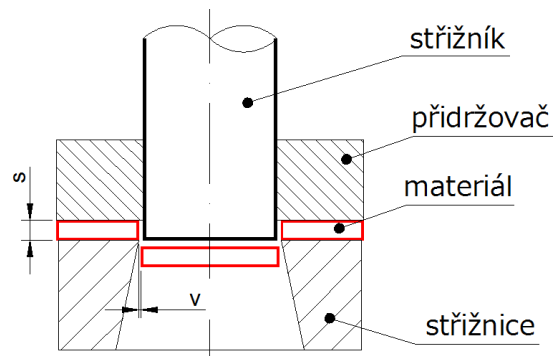
Všechny metody, zlepšující jakost povrchu střížné plochy a zpřesňující stříhané rozměry se uvádějí pod společným označením - přesné stříhání. Pro kvalitu výstřížku je velmi důležitá vůle (mezera) mezi střížníkem a střížnicí, neboť se zmenšující se mezerou se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání a napjatost se blíží čistému smyku. [1]

2.6.1 Stříhání bez vůle

Jedna funkční část nástroje, buď střížník nebo střížnice je vypracována bez bříty, se zaoblením střížné strany. Druhá část je nabroušena. [1]

2.6.2 Stříhání s přidržovačem

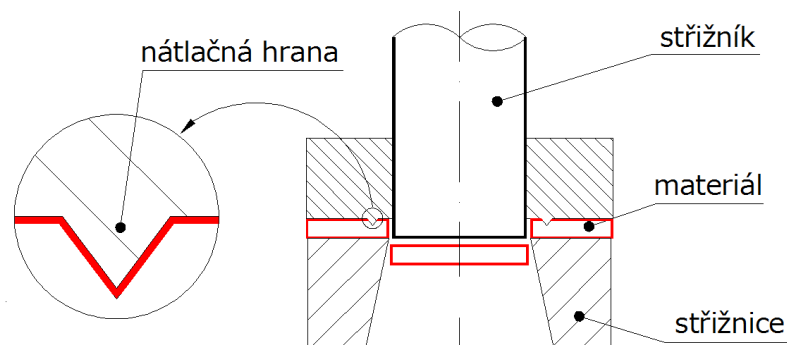
Proti ohýbání okrajů výstřížků i pro zlepšení povrchu střížných ploch působí použití přidržovače při stříhání. K tahové složce napjatosti přibývá složka tlaková, která zlepšuje stav napjatosti v místě stříhu. [1]



Obr. 14 Stříhání s přidržovačem

2.6.3 Stříhání s nátláčnou hranou

Zatím nejlepší výsledky v oboru přesného stříhání přináší tzv. stříhání s nátláčnou hranou. Nátláčná hrana se prolisuje v oblasti střížného obvodu, kde změni napjatost ve střížné ploše na trojosou, nátláčná hrana způsobí navíc složku tlakovou, která usnadňuje přiblížení k čistému smyku. Protitlak je zajištěn odpruženým spodním lisovníkem. Toto uspořádání umožňuje stříhání načisto i u poměrně tlustých materiálů. [1]



Obr. 15 Stříhání s nátláčnou hranou

2.6.4 Stříhání se zápornou vůlí

Stříhání se zápornou vůlí je popsáno doslova tak, že střížník nepronikne do otvoru ve střížnici. Vnější průměr střížníku je větší než vnitřní průměr střížnice. Většinou to bývá zhruba o 0,1 až 0,2% tloušťky plechu. Střížník musí zůstat nad rovinou střížnice ve vzdálenosti 0,2 až 0,5 mm a tím vyvolává v materiálu (mezikruží) tlakové napětí, kdy však střížná síla je větší. Střížník nejenom stříhá, ale také svým kmitáním vyleští střížnou plochu. [1]

2.6.5 Přistřihování

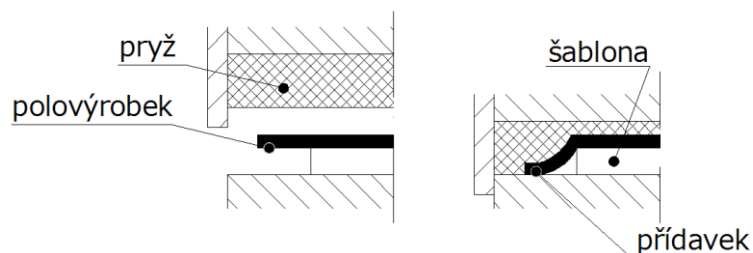
V případě přistřihování se provádí stříhání na dvě operace. V první se provádí normální stříhání ovšem s přidavkem na ostřížení. V druhé operaci se tento přidavek odstřihne. [5]

2.6.6 Reverzní stříhání

Reverzní stříhání je charakterizováno tím, že polotovár je sevřen ve všech částech tak, že se neprojevují výrazněji tahová pnutí. [5]

2.7 Stříhání nepevnými nástroji

Při stříhání nepevnými nástroji se využívá vlastností elastomerů. Jedná o tzv. stříhání pomocí pryže, tato metoda je vhodná zejména pro malosériovou výrobu při stříhání výstřižků značných rozměrů z tenkého plechu. Ve velkosériové výrobě se používá stříhání pomocí pryže, a to při vystřihování malých součástek z tenkého plechu, a to folií 0,1 až 0,005 mm. Nástrojem pro vystřihování pryží je vystřihovací šablona, kterou je ocelová plocha tloušťky 6 až 10 mm. Její obrys se shoduje s obrysem vystřihovaného výstřižku. Proti-nástrojem je hrubá pryžová plocha, která je uzavřena v ocelové kostře nebo volně položená na součástku. [5]



Obr. 16 Obstřihování pryží

3 STŘIŽNÉ NÁSTROJE

Nástroje pro stříhání, stříhadla, jsou nástroje, kdy funkci horního pohyblivého nože vykonává střížník a funkci spodního pevného nože střížnice. Při konstrukci a návrhu střížných nástrojů, je třeba dodržet několik podmínek.

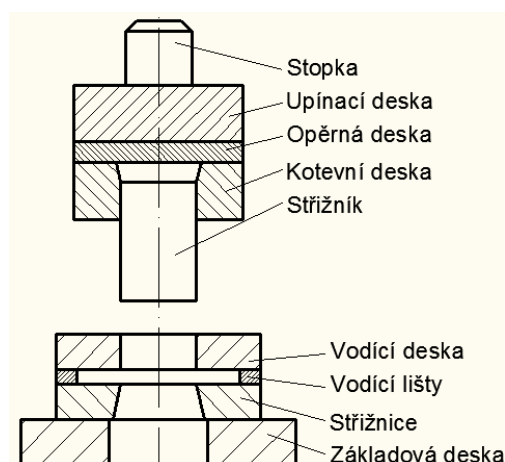
- Technické zásady – Tyto zásady zaručují funkčnost nástroje. Mezi tyto zásady patří vyrobitelnost nástroje, montáž jednotlivých dílců, životnost nástroje a cena.
- Ekonomické zásady – Mezi ekonomické zásady patří maximální využití materiálu, energie a výkon stroje.
- Ekologické a bezpečnostní zásady – Určují pracovní podmínky nástroje, zásady bezpečnosti při práci a také vliv provozu nástroje na okolí.

Při rozdělení střížných nástrojů, patří mezi hlavní kritéria požadavky na přesnost výstřížku, a také počet tvářecích operací ve výrobním cyklu. Střížné nástroje se podle výrobní přesnosti dělí na:

- Střížné nástroje bez vedení
- Střížné nástroje s vedením

Střížné nástroje bez vedení

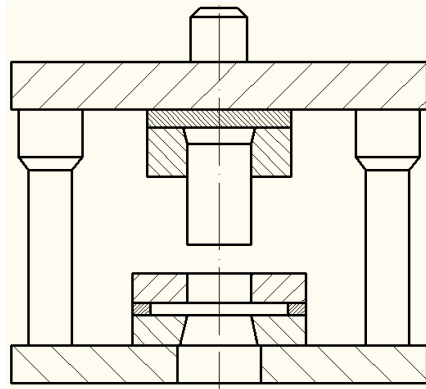
Jejich použití se většinou vyskytuje pro výrobu výstřížku s malou přesností. Poloha mezi střížníkem a střížnicí je zajištěna pouze stojanem a beranem lisu. Správné zavedení střížníku do střížnice se provádí pomocí vodící desky, která je upevněná na základové desce.



Obr. 17 Schéma Střížného nástroje bez vedení

Střížné nástroje s vedením

Vedením se rozumí vodící sloupky, které slouží především pro správné vedení horní části střížného nástroje. Tyto nástroje jsou oproti střížným nástrojům bez vedení výrobně přesnější. Jejich nevýhodou je náročná výroba a pořizovací cena.



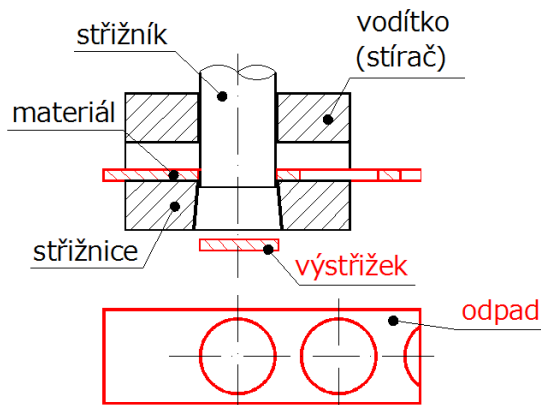
Obr. 18 Schéma střížného nástroje s vedením

Stříhací nástroje rozlišujeme podle počtu stříhacích operací:

- Jednoduché střížné nástroje
- Postupové střížné nástroje
- Sloučené střížné nástroje
- Sdružené střížné nástroje

3.1 Jednoduché střížné nástroje

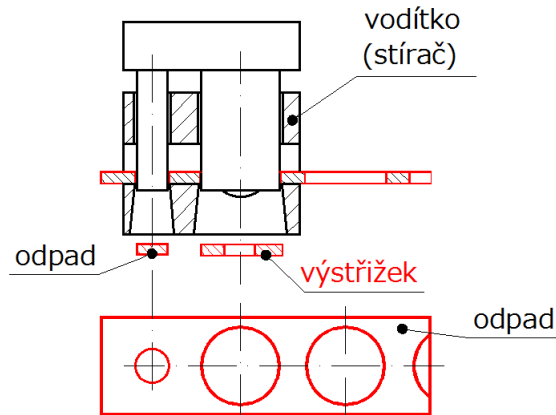
Tento typ střížného nástroje je určen pouze pro jeden pracovní úkon. Poloha pásu je zajištěna pevným dorazem, posuv může být proveden manuálně nebo automaticky či poloautomaticky.



Obr. 19 Jednoduchý střížný nástroj

3.2 Postupové střížné nástroje

Postupový střížný nástroj zhotovuje výstřížek postupně tj. pro dva nebo více pracovních úkonů stejného druhu vykonaných stejným nástrojem za sebou, např. děrování a stříhání. Poloha pásu je zajištěna koncovým dorazem.



Obr. 20 Postupový střížný nástroj

3.3 Sloučené střížné nástroje

Tento typ střížného nástroje se používá, pro několik operací na jeden krok tj. pro zhotovení výlisků najednou. (např. děrování a vystříhování).

3.4 Sdružené střížné nástroje

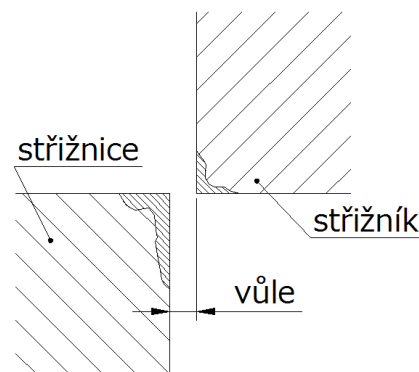
Sdružený střížný nástroj se používá v řadě případů pracovních úkonů na jeden krok (např. stříhání, tažení, ohýbání apod.). Jednotlivé operace jsou zajištěny vhodnou konstrukcí střížníku.

4 HODNOCENÍ ŽIVOTNOSTI

Efektivitu výroby a výrobní náklady na tvářecí nástroje ovlivňuje rozhodujícím způsobem jejich životnost. Zejména v oblasti velkosériové výroby výkovku je nutno používat nástroje s vyšší životností, protože náklady spojené s častou výměnou nástrojů zhoršují efektivitu výroby. Střížný nástroj je opotřeben tehdy, nejde-li naostřit či opravit. Částečnému opotřebenění lze zabránit přebroušováním střížných částí.

Počet možných přebroušení je omezen rozměry činných částí, rozměry výstřížku a konstrukcí střížného nástroje. Otupená střížnice se brousí na horní ploše s úběrem asi 0,1 mm. Pokud je střížný otvor ve střížnici zkosen od střížné hrany (zkosení je velmi malé, maximálně do 1°), zvětšuje se broušením otvor ve střížnici a tím i narůstá střížná vůle. Pro větší série je střížnice vhodná bez úkosu. Běžný nástroj se může přebroušovat až 25krát.

Opotřebenění nástroje je způsobeno úbytkem materiálu z činných ploch střížníku a střížnice. Vysoké tlaky na hranách nástroje způsobují otěr boku činné plochy v šikmém směru nebo žlábkovité vymílání čela, jak je zobrazeno na (obr. 21). [7]



Obr. 21 Opotřebenění nástroje

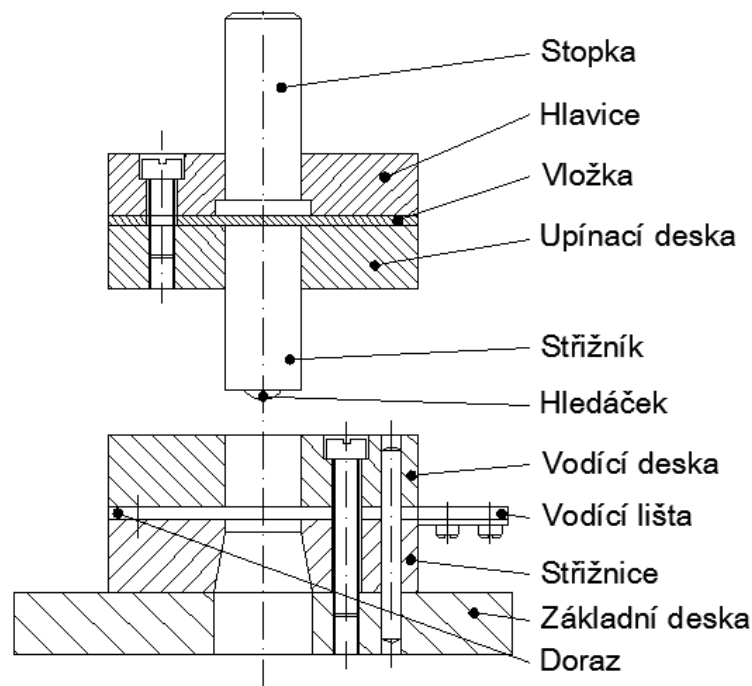
Ovlivňující činitelé na životnost nástroje:

- druh a kvalita nástroje
- druh a vlastnosti stříhaného materiálu
- péče o nástroj
- volba lisu

Přehled nejčastěji používaných materiálu pro střížné nástroje lze vidět v následující tabulce (tab. 4.1).

Tab. 4.1 Běžné materiály pro střížné nástroje

Části nástrojů	Materiál	Tepelné zpracování
Střížník	19 312, 19 436, 19 573	Kalit na 60 / 62 HRC, popustit
Střížnice	19 312, 19 436, 19 573	Kalit na 60 / 62 HRC, popustit
Vodící deska	11 523, 19 132	19 132 kalit na 38 / 40 HRC
Základová deska	11 500, 11 523, 42 2425	
Upínací deska	11 500, 11 523, 14 220	Zušlechtěno 850 HRC
Vložka	11 700, 12 050, 19 083	
Hlavice	11 523, 11 600, 14 220	Zušlechtěno 850 HRC
Stopka	11 600	
Vodící lišta	11 600, 19 312	19 132 kalit na 38 / 40 HRC, popustit
Dorazy	12 060	12 060 kalit, popustit
Hledáčky	19 312	Kalit na 60 – 62 HRC, popustit



Obr. 22 Střížný nástroj

Technologičnost konstrukce výstřížku je jedním z předpokladů optimalizace nákladů na výrobu nástroje a jeho bezproblémovou funkci. Z toho vyplývají následující zásady: [7]

- Volit optimální přesnost vnějších rozměrů výstřížků, děrovaných otvorů a roztečí otvorů.
- Dát přednost kruhovým otvorům před nekruhovými.

- V případě kvalitnějších ploch pro zajištění funkce součásti musí následovat další, např. obráběcí operace
- Obtížně se dodržuje rovinnost výstřižků, především z tvárných plechů. Zejména úzké kroužky, podložky se mohou ohýbat.
- Nejmenší děrované otvory závisí zejména na tloušťce materiálu
- Nejmenší šířka štíhlých výstřižků nebo šířka vyčnívajících částí nemá být menší než 1,5.t ,
- Nedoporučují se ostré rohy u vnitřního obrysu výstřižku, lépe je volit zaoblení minimálně s poloměrem 0,5.t ,
- Sestavit optimální nástřihový plán (viz. 3.4)

4.1 Materiály střížných částí

Z materiálu používaných pro konstrukci nástrojů jsou nejdůležitější nástrojové oceli. Nástrojové oceli jsou zařazeny ve třídě 19 (tab. 4.2.). Pro méně namáhané součásti se používají oceli konstrukční, které jsou zařazeny ve třídě s označením 11 – 17. Speciální skupinu tvoří oceli třídy 18 – slinuté karbidy.

4.1.1 Oceli třídy 19

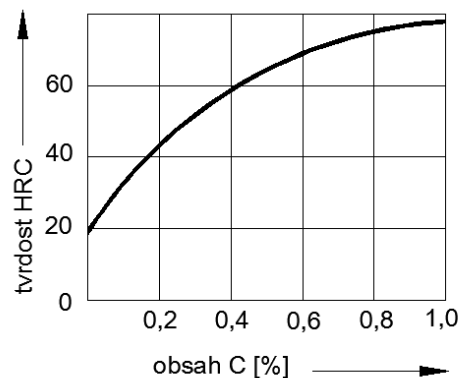
K základním požadavkům kladených na vlastnosti nástrojových ocelí patří jeho tvrdost, odolnost proti opotřebení, tepelná vodivost, pevnost v ohybu, houževnatost apod. Uvedené vlastnosti by měl nástrojový materiál splňovat při vyšších teplotách a po dostatečnou dobu.

Tab. 4.2 Nástrojové oceli

Základní číselná značka	Význam třetí číslice v základním značení	
19 0.xx 19 1.xx 19 2.xx	Dvojčíslí ze 3. a 4. číslice vyjadřuje střední obsah uhlíku	Nástrojové oceli uhlíkové
19 3.xx	Oceli manganové, křemíkové, vanadové	Nástrojové oceli legované a rychlořezné
19 4.xx	Oceli chromové	
19 5.xx	Oceli chrommolybdenové	
19 6.xx	Oceli niklové	
19 7.xx	Oceli wolframové	
19 8.xx	Oceli rychlořezné	
19 9.xx	Volné	

4.1.1.1 Nástrojové oceli uhlíkové

Na tom jaké mají tyto materiály vlastnosti, má největší podíl množství obsaženého uhlíku. Tvrdość materiálu v zakaleném stavu, bude vzrůstat se stoupajícím obsahem uhlíku (Obr. 23).



Obr. 23 Závislost tvrdosti zakalené nelegované nástrojové oceli na obsahu uhlíku

Nástroje z nástrojových nelegovaných ocelí snáší teplotu břitu do 220° C a je možné je využívat pro řezné rychlosti do 15 m.min⁻¹. V současné době ztrácejí na významu a jsou často nahrazovány legovanými nástrojovými ocelemi. [10]

4.1.1.2 Nástrojové oceli slitinové

Mezi hlavní legující prvky těchto ocelí patří karbidotvorné prvky Cr, V, W, Mo, které vytváří tvrdé karbidy a až do vysokých teplot stálé karbidy. Mezi další legující prvky patří Ni, Si, Co. Tyto prvky nejsou karbidotvorné.

Legované nástrojové oceli jsou nejpoužívanějším materiálem při výrobě různých druhů řezacích, stříhacích, tvářecích a jiných nástrojů. Oproti nelegovaným ocelím jsou oceli legované lepšími v několika vlastnostech. Větší prokalitelností, zvýšenou odolností proti popouštění, avšak jsou náročnější na tepelné zpracování. Nástroje z legovaných nástrojových ocelí snáší teplotu břitu 250° C – 350° C a řeznou rychlost 15 – 25 m.min⁻¹. [10]

4.1.1.3 Rychlořezné oceli

Rychlořezné oceli – RO – řadíme jako samostatnou skupinu legovaných nástrojových ocelí. Především pro svou využitelnost a vlastnosti u vysoce výkonných řezných nástrojů. Tyto oceli obsahují karbidotvorné prvky W, Cr, V, Mo a nekarbidotvorný Co. Množství uhlíku, které obsahují, bývá zpravidla méně než 1 %. Podle obsahu legujících prvků a vlastností jsou vhodné pro řezné nástroje na obrábění oceli, ocelí na odlitky o vysoké pevnosti a tvrdosti a těžko obrobitelných materiálů. Tyto oceli se vykazují střední odolností proti opotřebení a vysokou lomovou pevností. Uvedené vlastnosti dávají rychlořezným materiálům možnost širokého uplatnění. Důležitým předpokladem pro optimální využití nástrojů z RO je použitím vhodného řezného prostředí, tj. řezných emulzí a olejů. Nástroje vyrobeny z rychlořezné oceli snášejí teplotu bříty 500 – 700 ° C a mohou být využity pro řeznou rychlost 25 – 50 m.min⁻¹.

4.1.2 Oceli třídy 10

Tyto oceli mají vesměs nízký obsah uhlíku (do 0,2%). Nejlevnější ocel – bez zaručených vlastností (10 001, 10 002, 10 003) pro nejméně náročné stavební a zámečnické práce a betonovou výztuž - pevnost okolo 500 MPa.

4.1.3 Oceli třídy 11

Jedná se o konstrukční ocel obvyklých jakostí, u kterých se již zaručuje maximální obsah uhlíku. Protože není zaručeno minimální množství obsahovaného uhlíku, nedoporučuje se tato ocel k zušlechťování. Pevnost v tahu materiálu třídy 11 je 340 – 900 MPa.

Ocel 11 343 – jedná se o ocel, která je dobře svařitelná, tvárná za tepla i za studena, tuto ocel lze cementovat. Nejběžnější ocelí pro strojní součásti, jež lze zušlechťovat je 11 500 (0,3%C) minimální pevnost v normalizačně žíhaném stavu 500 MPa. Zušlechťováním lze dosáhnout nejvýše na pevnost okolo 700 MPa. Oceli 11 378, 11 483, 11 523 a 11 583 jsou označeny jako oceli jemnozrnné. Mají zvýšenou mez kluzu

Oceli 11 600, 11 700, 11 800 - části vystavené značným měrným tlakům a opotřebení (klíny, vodící hřídele, vřetena lisů)

Zvláštní oceli jsou tzv. automatové (11 109, 11 110, 11 120, 11 121, 11 140), tyto oceli obsahují až 0,2 % S. Síra je vázána zvýšeným obsahem manganu (kolem 1%) na

MnS. Tyto oceli dosahují dobré obrobitelnosti s kvalitním povrchem při velké řezné rychlosti a snadné lámavosti třísky. [12]

4.1.4 Ocel třídy 12

Tvoří konstrukční oceli legované uhlíkem, obsah uhlíku je odstupňován podle požadované pevnosti. Obsah uhlíku se pohybuje v rozmezí 0,06 – 0,7% C a některé, např. pružinové až 0,9% C. Při kalení těchto materiálu, je nutné počítat s jejich malou prokalitelností. Oceli třídy 12 řadíme mezi ušlechtilé, konstrukční oceli, které mají vymezené hranice chemického složení, to rozšiřuje možnost jejich využití. Prakticky jsou rozděleny na oceli určené k:

- cementování - obsah C od 0.06 do 0.2%C. nízká pevnost jádra, ale vysoká houževnatost. Tvrdost cementované vrstvy po zakalení a popuštění je asi HRC=62. Patří sem např. 12 010, 12 020 a 12 024.
- zušlechťování - obsahují 0.25 až 0.7%C. Prokalitelné do \varnothing 40mm.
- povrchovému kalení - obsahují 0.4 až 0.6%C
- Oceli s vyšším obsahem C (12 024) používáme na součásti s vyšší pevností v jádře. [12]

4.1.5 Oceli třídy 13

Tyto oceli jsou legovány prvky Mn nebo Si popř. oběma. Mangan je často levnou a dobrou náhradou niklu. Tyto oceli lze tepelně zpracovávat zušlechťováním, avšak k cementování jsou tyto oceli nevhodné. Dlouhým ohřevem při cementování hrubnou a při následném kalení je nebezpečí vzniku trhlin. Oceli třídy 13 jsou určeny pro výrobu velmi namáhaných pružin s vysokou houževnatostí a pružností, proto se těmto oceli nazýváme pružinové. Křemíkové oceli se používají v oboru elektrotechniky. [12]

4.1.6 Oceli třídy 14

Oceli třídy 14 jsou legovány Cr, popřípadě Cr a Mn či Si a Al. Jedná se o nejvíce používané slitinové oceli, které umožňují dosáhnout velmi dobrých vlastností. Obvykle se tyto oceli cementují, zušlechťují, kalí, některé jsou určeny k nitridování např. 14 340. Chromové oceli jsou vhodným materiálem na součásti, které jsou značně namáhány (vačkové hřídele, ozubená kola apod.). [12]

4.1.7 Oceli třídy 15

Oceli třídy 15 jsou legovány prvky Cr s V, nebo Mo popř. Wo. Používají se převážně na součásti namáhané za tepla, neboť se jedná o oceli žáruvzdorné tj. mají vysokou mez tečení. Kromě toho se tyto oceli používají na velmi namáhané součásti a to buď jako oceli cementované, zušlechtěné, povrchově kalené nebo nitridované. [12]

- 15 124 - cementování
- 15 230, 15 241, 15 261 - vhodné pro povrchové kalení
- 15 330, 15 340 - oceli k nitridování
- 15 230, 15 231 - dobře svařitelné a používají se na svařování

4.1.8 Oceli třídy 16

Tyto oceli jsou legovány prvky Cr popř. Wo, V, Mo. Jedná se o skupinu nejjakostnějších ocelí a jsou určeny převážně na vysoce namáhané strojní součásti menší a střední velikosti. Nejjakostnější oceli na vysoce namáhané strojní součásti menší a střední velikosti. Dobře prokalitelné a umožňují dosáhnout největší meze kluzu a pevnosti při dobré houževnatosti. [12]

- Oceli k cementování – 16 121, 16 220, 16 320, 16 420, 16 520
- Oceli zušlechtitelné – 16 250, 16 720
- Ocel pro nízké teploty 16 320 (velmi pomalý pokles vrubové houževnatosti s poklesem teploty)
- Oceli pro povrchové kalení 16 250, 16 440
- Oceli 16 341, 16 640 kalený stav na součásti, které mají být velmi tvrdé, pevné a odolné proti opotřebení.

4.1.9 Oceli třídy 17

Vysokolegované oceli, zejména prvky Cr, Cr a Ni. Nejdůležitější z těchto ocelí jsou oceli korozivzdorné neboli „nerezavějící“ a oceli žáruvzdorné. Oceli třídy 17 obsahují obvykle přes 12 % Cr. Chromové korozivzdorné oceli se dle struktury dělí na tři skupiny

- **martenzitické** – kalitelné (12 – 18%Cr, 0,15 – 1%C) méně agresivní prostředí (nožičství, potravinářství, zdravotnictví)
- **poloferitické** obsahují 6-18%Cr, asi 0,1%C popř. Si, Al ... méně agresivní prostředí (potravinářsky průmysl)

- **feritické** mají 20-26%Cr a malý obsah uhlíku. Jsou převážně žáruvzdorné. Použití na součásti, které jsou vystaveny žáru a přitom nejsou příliš mechanicky namáhány – např. nádoby pro cementaci ocelí, součásti sklářských pecí. [12]

4.1.10 Třída 18 - Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou produktem práškové metalurgie a vyrábí se z různých karbidů a kovového pojiva. Nejčastěji používané jsou karbidy wolframu, titanu, tantalu, chromu. Jako pojivo se ve většině případů používá kobalt. Jedná se v podstatě o směs dvou a více fází a není možné je dále zpracovávat.

Obsahované množství jednotlivých fází ovlivňují vlastnosti SK. Mezi charakteristické vlastnosti patří vysoká pevnost a tvrdost, odolnost proti korozi a otěru, špatná tepelná a elektrická vodivost, pracovní teploty 800-1000°C. Slinuté karbidy dělíme do dvou základních skupin a to na nepovlakované a povlakované SK.

- *Nepovlakované slinuté karbidy:*

Slinuté karbidy se dle ČSN ISO 516 (22 0801) člení v závislosti na svém složení a oblasti použití do tří skupin. [10]

- Skupina P - (WC –TiC –Co nebo WC-TiC-TaC-Co). Používají se pro obrábění železných kovů se vznikem dlouhé třísky (oceli, oceli na odlitky, temperovaná litina).
- Skupina M - (WC-TiC-TaC-Co nebo WC-TiC-Cr₃Cr₂). Použití zejména ocelí i litin a těžko obrobitelných slitin.
- Skupina K - (WC-Co). Používají se pro obrábění materiálů s krátkou třískou, např. šedá litina, neželezné kovy, kalené oceli, měď, bronz, hliník a nekovové materiály.

- *Povlakované slinuté karbidy:*

Od řezaných materiálů se vyžaduje, aby vykazovaly co největší otěruvzdornost a současně i velkou houževnatost. Povlaky mohou být jedno- nebo vícevrstvé, s jedním nebo více komponenty. Jednovrstvé jsou nejčastěji tvořeny TiC nebo TiCN, případně TiN. Tloušťka jednovrstvých povlaků dosahuje až 13 μm. Vícevrstvé povlaky představují dvě, tři a více vrstev. Používají se pro soustružení, vrtání a frézování. [10]

5 CHEMICKO-TEPELNÉ A TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLU STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ

Tepelné zpracování ocelí, je pochod, při kterém je součást, nebo její část podrobena tepelným cyklům, aby se dosáhlo požadovaných vlastností. Jedná se o ohřev, výdrž na této teplotě a následné ochlazení.

5.1 Cementování

Jedná se o sycení povrchu obvykle nízkouhlíkových ocelí, uhlíkem. Tím vznikne povrchová vrstva, která po zakalení vyznačuje velkou tvrdost a odolnosti proti opotřebením. Při velké povrchové tvrdosti, zůstane jádro houževnaté. Cementování je možno v prostředí plynném, kapalném a sypkém. Cementační teploty se pohybují kolem 800° až 950°C. Doba výdrže na této teplotě je nutné volit podle požadované tloušťky cementované vrstvy. Je možno získat nasycenou vrstvu o tloušťce 2 až 3 mm.

- Plynné prostředí – využívá se reakce oxidu uhelnatého, nebo rozpadu metanu, kde C je rozpuštěný v austenitu. Sycení povrchu probíhá při teplotě kolem 900°C. Výhodou je čistý povrch součásti.
- Kapalném prostředí – provádí se v kyanidových lázních. Probíhá velmi rychle, povrch je nasycen rovnoměrně.
- Sypké prostředí – provádí se ve směsi, jejíž hlavními složkami jsou dřevěné uhlí a uhličitany barnatý $BaCO_3$.

5.2 Nitridování

Sycení povrchu součásti dusíkem v plynném, nebo kapalném prostředí. Tvrdost povrchu po nitridaci je vyšší než po cementování. Nejčastěji se používají kombinace s prvky Al, V, Cr. Přičemž kombinace s hliníkem dosahuje vrstva největší tvrdosti. Nitridační teploty jsou docela nízké kolem 550° C. Před nitridací se dílce zušlechťují, po nitridaci se již součást tepelně nezpracovává.

5.3 Boridování

Nasycení povrchu bórem. Boridují se většinou uhlíkové a nízkouhlíkové oceli – zejména skupiny 10 a 11. Boridy snesou teplotu až 1200°C. Tvrdost dosahují HV 1500. Boridy mají stejnou tepelnou roztažnost jako ocel a proto je lze kalit a popouštět bez obav z odloupení vrstvy.

5.4 Kalení

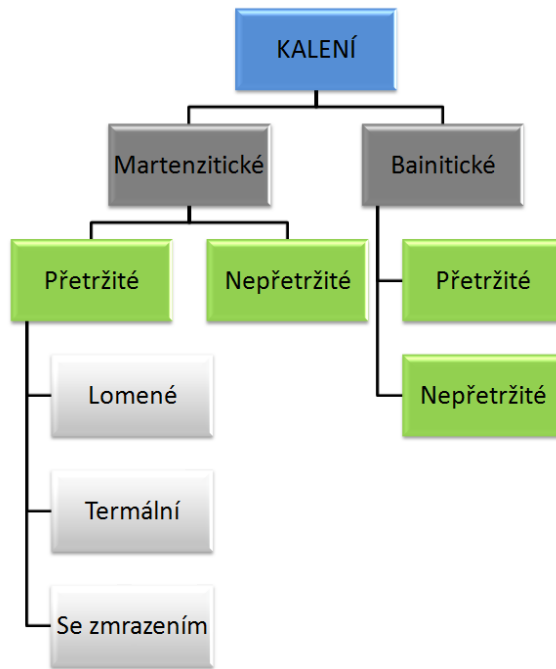
Kalitelnost je schopnost oceli dosáhnout kalením části nástrojů, zvýšené tvrdosti. Kalení je ohřev na kalící teplotu, výdrž na této teplotě a ochlazení takovou rychlostí, aby v oceli vznikla martenzitická struktura (martenzit je nestabilní, tj. ohřevem se rozpadající, tuhý roztok uhlíku v železe α). U podeutektoidních ocelí je kalící teplota asi 30 – 60° C nad A_3 , u ocelí nadeutektoidních nad A_1 . Ohřev na vyšší teploty má za následek, že vzniklý martenzit je po zakalení hrubší a křehčí. Kalitelná je pouze taková ocel, u níž nastává překrystalizace. Při určitém chemickém složení jsou oceli nekalitelné, protože u nich mezi teplotou tavení a normální teplotou nenastává překrystalizace. Lze je však zakalit zmrazením.

Při kalení se přeměňuje měkký a houževnatý austenit v martenzit. Je to kalení **martenzitické** (65 – 67 HRC). Uhlík je v železe násilně uzavřen, deformuje krystalovou mřížku, působí velká pnutí a velkou tvrdost. Kromě tvrdosti se zakalením zvětšuje i pevnost v tahu, ale značně klesá tažnost a vrubová houževnatost. Na tvrdost oceli po zakalení má největší vliv obsah uhlíku rozpuštěného austenitu v okamžiku zakalení.

Podle účelu a podle druhu se oceli kalí do různého prostředí. Uhlíkové oceli se většinou kalí do vody, slitinové materiály většinou do oleje. Některé slitinové oceli, tzv. samokalitelné, se zakalí i ochlazením na vzduchu.

Pro rozvoj tepelného zpracování má značný význam povrchové kalení. Jeho účelem je dosažení dostatečně tvrdého povrchu, odolného proti otěru a opotřebení, při poměrně měkčím a houževnatějším jádru.

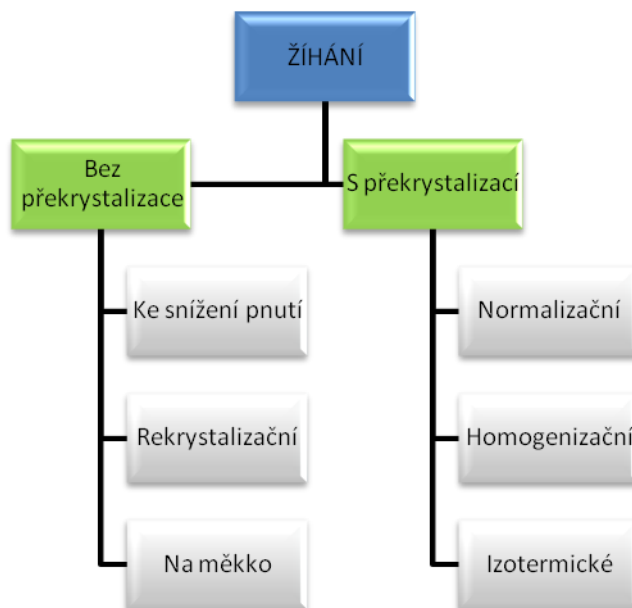
Kromě martenzitického kalení existuje také kalení **bainitické**, to se dělí na kalení přetržité a nepřetržité.



Obr. 24 Rozdělení kalení

5.5 Žihání

Žihání je druh tepelného zpracování kovů. Cílem takto zpracovávaného materiálu je dosáhnout zlepšení některých vlastností, jako je povrchová tvrdost a odstranění účinků některých operací (kalení, tváření). Provádí se ohřevem na tzv. žihací teplotu (500 – 1200 °C) a následným pozvolným chlazením.



Obr. 25 Rozdělení žihání

5.5.1 Bez překrystalizace

Teplota při žíhání bez překrystalizace je taková, při níž nedochází k fázovým přeměnám jednotlivých struktur.

- Ke snížení pnutí (520 – 650 °C) – Cílem je snížení vnitřního pnutí, která vznikla ve výrobcích při jeho předchozím zpracování. Prodleva na žíhací teplotě 1- 10 hodin, dle velikosti dílce. Pomalé chlazení, aby se zabránilo vzniku pnutí.
- Rekrystalizační (500 – 700 °C) – Používá se pro odstranění zpevnění při tváření za studena u ocelí s nízkým obsahem uhlíku.
- Na měkko (660 – 690 °C) – Zlepšuje obrobiteľnosť u ocelí s obsahem uhlíku nad 0,4 % (pod 0,4 % C dochází spíše ke zhoršení obrobiteľnosti, výjimku tvoří součásti tvárené za studena). Při žíhání na měkko se lamelární perlit mění na zrnitý, ohřev nad A_{C1} a výdrž zhruba 3 – 4 hodin.

5.5.2 S překrystalizací

U ocelí proběhne úplná, nebo aspoň částečná austenitizace tzn. Ohřev nad rekrystalizační teplotu (723 °C).

- Normalizační (750 – 900 °C) – Ohřev podeutektoidních ocelí 30 -50 °C nad A_3 a ochlazení takovou rychlostí, aby se vytvořila struktura ferit + perlit, ochlazování na klidném vzduchu. Dochází k zjemnění austenitu a zvýšení mechanických vlastností.
- Homogenizační (1000 – 1200 °C) – Dochází k vyrovnání chemické nestejnorodosti, které vznikají při tuhnutí odlitků. Výdrž na žíhací teplotě 10 – 15 hodin. Dochází k zhrubnutí zrna austenitu, tím se zhoršují vlastnosti.
- Izotermické – Spočívá v austenitizaci a rychlým ochlazením na teplotu 600 – 700 °C. Během této doby, by mělo dojít k přeměně zrn austenitu na ferit a perlit. Po skončení této přeměny se ochlazuje libovolnou rychlostí.

5.6 Popouštění

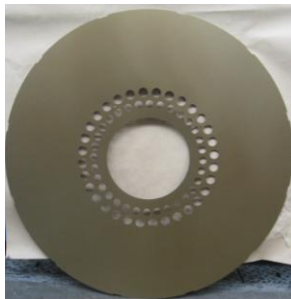
Postup při ohřevu na teplotu nižší než A_1 , výdrži na této teplotě a ochlazení vhodnou rychlostí. Protože vnitřní pnutí mohou vést k popraskání součásti, mělo by popouštění následovat po kalení.

- Popouštění za nízkých teplot – za teplot 100 – 300° C. Cílem je snížit pnutí, zmenšit obsah zbytkového austenitu a stabilizovat rozměry.
- Popouštění za vysokých teplot – za teplot v rozmezí 400 – 650° C k dosažení optimální kombinace pevnostních vlastností houževnatosti a plasticity.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

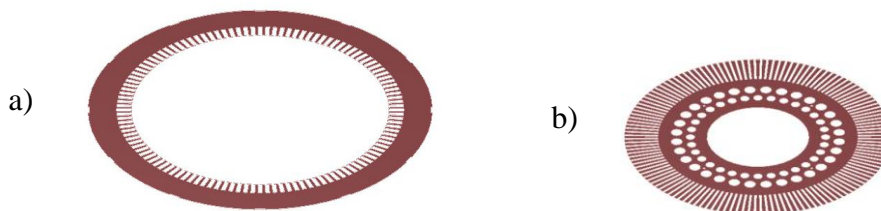
6 POPIS PROCESU VÝROBY ELEKTRO-PLECHU GENERÁTORU

Elektro-plech generátoru je vyroben s polotovaru (obr. 26), který je vystřižen ze svitku dynamo plechu na speciální vystřihovací CNC lince HS – 250 od firmy Weintgarten.



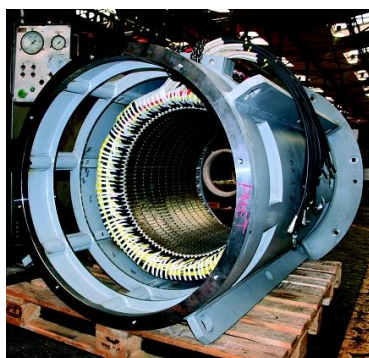
Obr. 26 Polotovar

S polotovaru se na dalším speciálním drážkovacím stroji NN20 od firmy Weintgarten vydrážkuje statorový plech (obr. 27 A) a následně v se dalším procesu výroby zhotoví plech rotoru (obr. 27 B).



Obr. 27 Výstřižky (a – Statorový plech, b – Rotorový plech)

Takto vystřižené plechy slouží jako jeden z mnoha dílů pro sestavení statorové části (obr. 28 A) a rotorové části (obr 28 B) elektrického stroje.



a)



b)

Obr. 28 Části elektrického stroje (a – statorová část, b – rotorová část)

6.1 Technologie pro výrobu elektro–plechu

V následující kapitole je popsána technologie na výrobu elektro–plechů ve firmě TES VSETÍN, a.s..

6.1.1 Vystříhovací CNC linka HS – 250

Tato CNC vystříhovací linka je plně automatizována a slouží pro výrobu polotovarů ze svitku dynamo plechu.



Obr. 29 CNC linka HS – 250

Tab. 6.1 Technologické parametry CNC linky HS - 250

Lisovací síla	2500	KN
Zdvih beranu	250	mm
Maximální lisovaný průměr	1020	mm
Minimální počet zdvihů	1	střih/min
Maximální počet zdvihů	50	střih/min

6.1.2 Drážkovací poloautomatický lis NN20

Jedná se o poloautomatický drážkovací lis značky Muller Weintgarten NN20 s numericky řízeným pohonem. Numerický řízený dělicí pohon se používá zvláště pro výrobu malých sérií, tj. tam kde se musí často přestavovat.



Obr. 30 Drážkovací poloautomatický lis NN20

Tab. 6.2 Technologické parametry drážkovacího poloautomatického lisu NN20

Lisovací síla	200	KN
Zdvih beranu	25	mm
Maximální lisovaný průměr	1800	mm
Minimální počet zdvihů	1	střih/min
Maximální počet zdvihů	999	střih/min

6.2 Materiál pro výrobu elektro-plechu

Jednotlivé výstřižky pro statorovou a rotorovou část elektrického přístroje, budou vyráběny z materiálu s označením M 350 – 50A ČSN EN 10106 (42 0234). Jedná se o plechy a pásy pro izotropní elektrotechniku.

Tab. 6.3. Chemické složení elektro-plechu

	C	Si	Mn	P	S	Al
[%]	0,0020	2,4080	0,1690	0,015	0,0005	0,3650

Tab. 6.4. Mechanické vlastnosti elektro - plechu

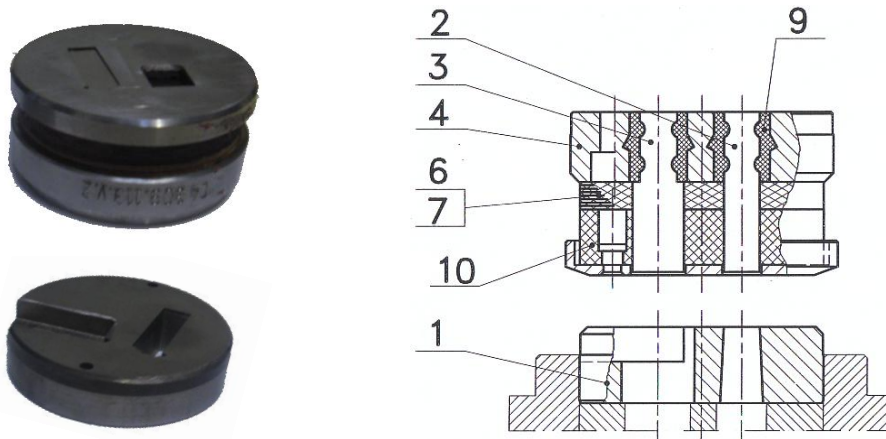
Hustota [kg/dm ³]	Mez kluzu [MPa]	Mez pevnosti [MPa]	Modul pružnosti [MPa]	Tvrдост [HV5]
7,65	330	470	210 000	160

7 NÁVRHY STŘIŽNÉHO PROCESU ELEKTRO-PLECHU

Doposud se firma TES VSETÍN, a.s. specializovala výrobou plechů na statory a rotory, na jedno-drážkovacích střížných nástrojích.

7.1 Současný stav střížného procesu elektro-plechu

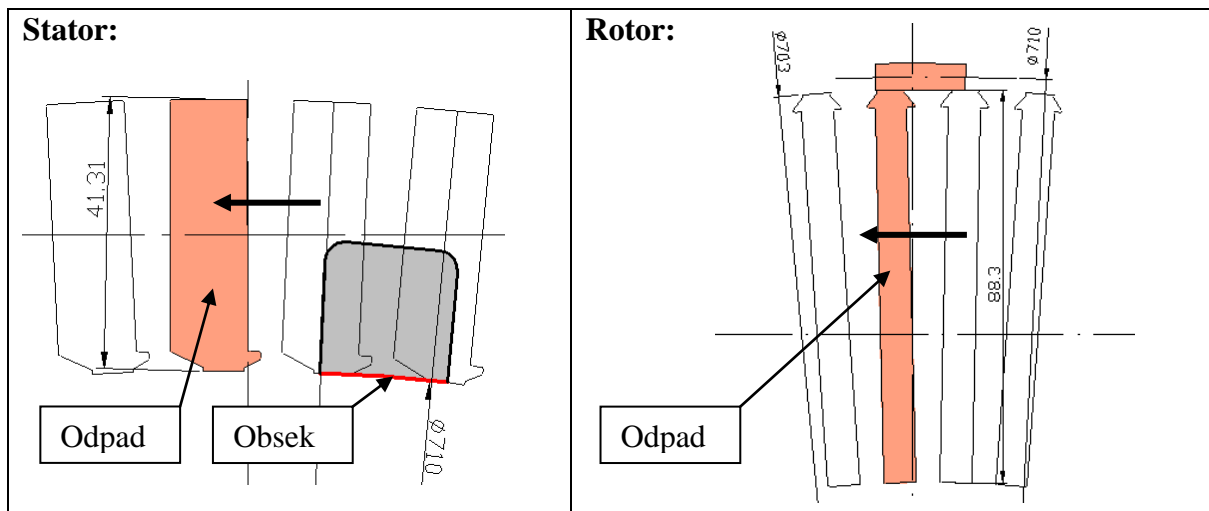
Jedno-drážkovací střížný nástroj je upnut ve střížném nástroji pomocí speciálních univerzálních upínek.



Obr. 31 Jedno-drážkovací střížný nástroj (1. Střížnice, 2. střížník drážky, 3. Střížník obseku, 4. Kotevní deska, 6. 7. Podložka, 7. výplň, 10. stěrač

Při procesu výroby elektro-plechu pomocí jedno-drážkovacího střížného nástroje, bude docházet nejprve k vystřížení statorových drážek a následně v dalším pocesu výroby dochází k vystřížení mezery a plechu rotoru.

Tab. 7.1. Jedno-drážkovací střížný nástroj

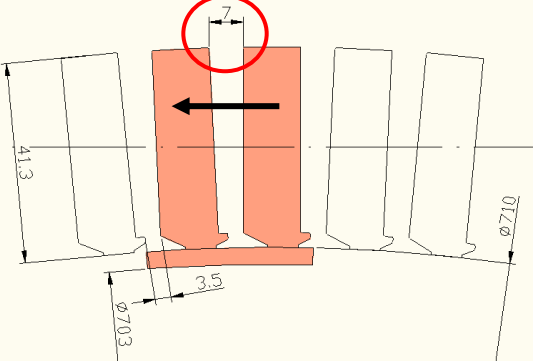
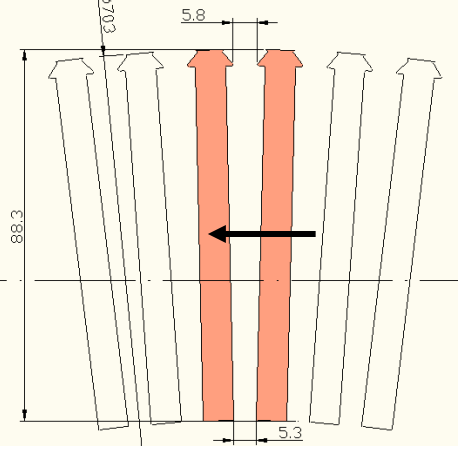


7.2 Návrhy na zproduktivnění střížného procesu elektro–plechu

7.2.1 Návrh 1

Návrh 1 znázorňuje postup výroby dvou-drážkovacím střížným nástrojem statorových a rotorových plechů, kdy při drážkování statorového plechu vzniká mezera. Nejprve se budou vyrábět na plechy statoru a poté bude následovat stříhání plechu rotoru.

Tab. 7.2. Návrh 1 - Dvou-drážkovacího lisování pro plechy statorové a rotorové části.

	<p>Stator:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nebezpečí prasknutí střížnice - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Nevhodný návrh řešení. - Fs = 66,6 kN
	<p>Rotor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lze použít při stříhání drážek rotoru, bohužel předchozí aplikace nevyhovuje. - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Nevhodný návrh řešení. - Fs = 96,5 kN

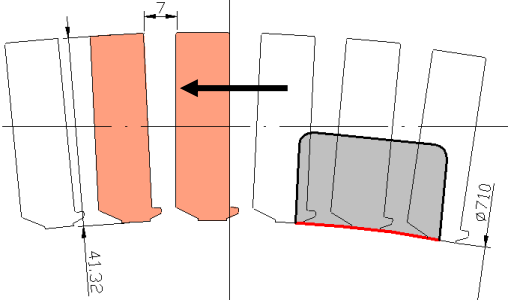
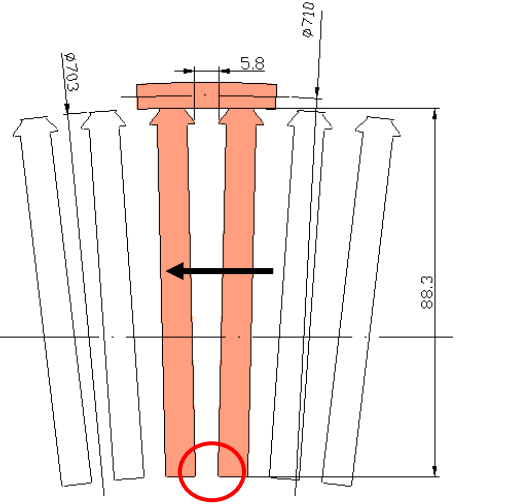
Stator – Návrh znázorňuje vystřížení dvou drážek a obsek rotorové části. Při takto konstrukčně řešeném stříhání, hrozí nebezpečí prasknutí střížnice (tab. 7.2). Z tohoto důvodu není možné, aby tento návrh byl dále konstrukčně řešen.

Rotor – Návrh určený na výrobu rotorové části, se skládá ze dvou střížných částí. Ty mají přesný tvar potřebných drážek. Tento návrh řešení nelze použít z důvodu nevyhovující varianty na statorovou část.

7.2.2 Návrh 2

Návrh 2 znázorňuje postup výroby dvou-drážkovacím střížným nástrojem statorových a rotorových plechů, kdy dochází k drážkování statorového plechu a mezera vzniká až při výrobě rotorového plechu.

Tab. 7.3. Návrh 2 - Dvou-drážkovacího lisování pro plechy statorové a rotorové části.

	<p>Stator:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Šedou barvou je znázorněný nůž obseku. - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Vhodná návrh řešení. - F_s = 61 kN
	<p>Rotor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nebezpečí deformace drážky. - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Nevhodný návrh řešení. - F_s = 109,9 kN

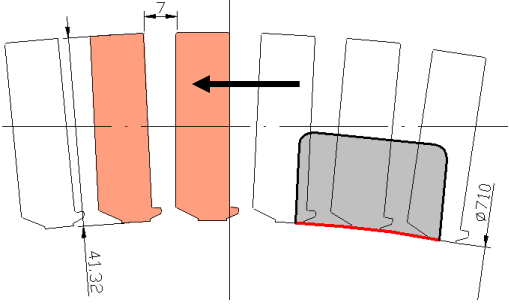
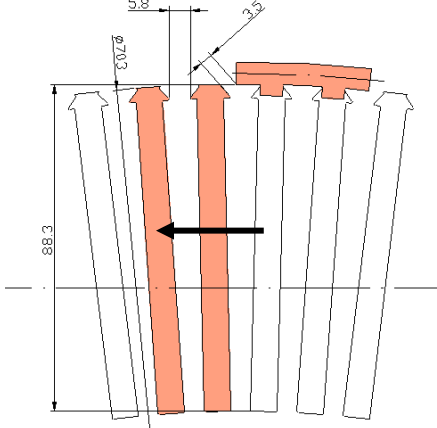
Stator – Návrh určený na výrobu statorové části, se skládá z několika střížných částí. Ty mají potřebný tvar střížných drážek a obsek statoru. Takto provedený střížný nástroj lze použít na výrobu statorových částí.

Rotor – Návrh znázorňuje vystřížení dvou drážek a obsek rotorové části. Při takto konstrukčně řešeném stříhání, hrozí nebezpečí prasknutí střížnice (tab. 7.3). Z tohoto důvodu nelze použít tento návrh, i když předešlá operace stříhání statorových drážek vyhovuje.

7.2.3 Návrh 3

Návrh 3 je řešen podobně, jako návrh 2. Jedná se o postup výroby dvou-drážkovacím střížným nástrojem statorových a rotorových plechů. Nejprve dochází k drážkování statorového plechu a mezera vzniká až při výrobě rotorového plechu.

Tab. 7.4. Návrh 2 - Dvou-drážkovacího lisování pro plechy statorové a rotorové části.

	<p>Stator:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Šedou barvou je znázorněný nůž obseku. - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Vhodný návrh řešení. - $F_s = 61 \text{ kN}$
	<p>Rotor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Vhodný návrh řešení. - $F_s = 109,5 \text{ kN}$

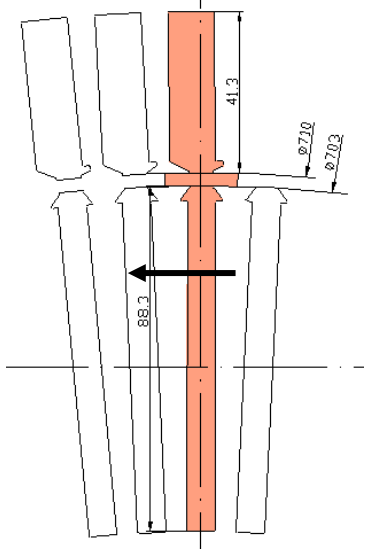
Stator – Vhodný návrh konstrukčního řešení.

Rotor – Návrh znázorňuje vystřížení dvou drážek a obsek rotorové části. Při takto konstrukčně řešeném stříhání, nehrozí prasknutí střížnice, jak tomu bylo u předešlého návrhu (viz. 7.2.2.). Vhodný návrh konstrukčního řešení.

7.2.4 Návrh 4

Návrh 4 je zcela odlišný od předešlých návrhů. Jednalo by se o vystřížení statorového a rotorového plechu najednou. Bohužel tuto metodu lze použít jen za předpokladu, že počet drážek na statorovém a rotorovém plechu bude totožný. V našem případě tomu tak není. Nelze tedy tento návrh dále konstrukčně řešit.

Tab. 7.5. Návrh 4 - Dvou-drážkovacího lisování pro plechy statorové a rotorové části.

	<p>Stříhání drážek statoru a rotoru:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tuto variantu lze použít jen za předpokladu, že na statorovém i rotorovém plechu je stejný počet drážek. - Nutné použití stroje s většími rozměry pracovního prostoru. - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Nevyhovuje <p>$F_s = 78,4 \text{ kN}$</p>
---	--

7.2.5 Návrh 5

Návrh 5 se zabývá podobně jako návrh 4, výrobou jednotlivých součástí na jednom stroji. Na rozdíl od předchozího návrhu 4, je tento návrh řešen zcela odlišně. Stříhání drážek na statorovém a rotorovém plechu, nebude prováděno současně na jeden pracovní zdvih stroje. Nejprve tedy dojde k vystřížení plechu na statorovou část a k vytvoření mezery, poté bude následovat vystřížení plechu na rotorovou část. Aby tomu tak bylo, musí být ve střížném stroji umístěn speciálně upravený střížný nástroj. Ten bude obsahovat obě střížné části, které se budou pohybovat nezávisle na sobě. Při dokončení stříhání statorového plechu, dojde pomocí hydraulického mechanismu ve střížném nástroji k přepnutí jednotlivých střížníků a následně dojde k vystřížení plechu rotoru. Návrh takto propracované výroby nebyl dále řešen a to z důvodu neexistující technologie ve firmě TES VSEÍN, a.s.

Tab. 7.6. Návrh 5 - Dvou-drážkovacího lisu pro plechu statorové a rotorové části.

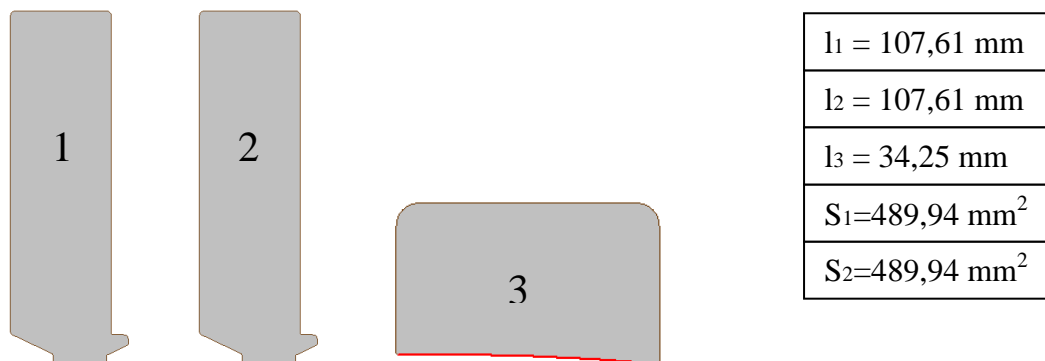
	<p>Stříhání drážek statoru a rotoru</p> <ul style="list-style-type: none"> - Použití speciálního manipulátoru. - Použití stroje s většími rozměry pracovního prostoru. - Nelze použít předstříhnutí na rotorové části - Výroba na jednom stroji. - Černá šipka znázorňuje, směr otáčení plechu. - Nevyhovuje. <p>$F_{s_{st}} = 32,2 \text{ kN}$, $F_{s_{rot}} = 47,7 \text{ kN}$</p>
--	--

Z jednotlivých návrhů na zproduktivnění výrobního procesu ve firmě TES VSETÍN, a.s., byl vybrán jako optimální řešení návrh 3. Dále se ve své diplomové práci zabývám, konstrukčním řešením na výrobu statorové části podle návrhu 3.

8 VÝPOČTOVÉ PARAMETRY STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ

Výpočty jednotlivých parametrů slouží k navržení a správné funkčnosti navrženého střížného nástroje.

8.1 Celková střížná délka



Obr. 33 Střížné části

l_1 – obvod drážky 1	[mm]
l_2 – obvod drážky 2	[mm]
l_3 – střížná délka obseku	[mm]
S_1 – plocha drážky 1	[mm ²]
S_2 – plocha drážky 2	[mm ²]

U součásti č. 3 na obr. 4, tedy střížníku obseku nedochází k vystřížení plochy. Z tohoto důvodu se dále nepočítá s plochou S_3 , nýbrž jen délkou střížné hrany l_3 .

$$l_c = l_1 + l_2 + l_3 = 107,61 + 107,61 + 34,25 \quad (8.1)$$

$$l_c = 249,47 \text{ mm}$$

8.2 Celková střížná plocha

Celková střížná plocha se skládá pouze z obsahu vystříhovaných drážek a to z toho důvodu že nedochází k vystříhování tvaru.

$$S_c = S_1 + S_2 = 489,94 + 489,94 \quad (8.2)$$

$$S_c = 979,86 \text{ mm}^2$$

8.3 Výpočet střížné síly

$$\begin{aligned}
 F_S &= k \cdot S \cdot \tau_S = k \cdot l_C \cdot t \cdot 0,8 \cdot R_m & (8.3) \\
 F_S &= 1,3 \cdot 249,47 \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 470 \\
 F_S &= 60970,67 \text{ N} = 61 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

τ_S – pevnost materiálu ve smyku $\tau_S = 0,8 \cdot R_m$ [MPa]

S – plocha roviny stříhu $S = k \cdot t$ [mm²]

l_C – celková střížná délka (obvod všech stíhaných částí) [mm]

t – tloušťka stříhaného materiálu [mm]

k – (1,2 ÷ 1,5) – koeficient zahrnující vliv nestejně tloušťky materiálu, velikosti střížné mezery (z), vliv otupení břitu [-]

8.4 Výpočet stírací síly

Velikost stírací síly se stanoví z celkové střížné síly. V praxi se nejčastěji používá hodnota 3% ze střížné síly.

$$\begin{aligned}
 F_C &= 0,03 \cdot 60970,67 & (8.4) \\
 F_C &= 1829,11 \text{ N}
 \end{aligned}$$

8.5 Výpočet střížné práce

$$\begin{aligned}
 A &= K_A \cdot F_S \cdot t & (8.5) \\
 A &= 0,167 \cdot 60970,47 \cdot 0,5 \\
 A &= 5091,03 \text{ J}
 \end{aligned}$$

k_A - součinitel hloubky vtlačení střížníku [mm]

F_S - střížná síla [N]

t - tloušťka plechu [mm]

8.6 Výpočet velikosti střížné mezery

Pro plechy tloušťky $t \leq 3$ mm.

$$v = c \cdot t \cdot \sqrt{\frac{\tau_s}{10}} \quad (8.6)$$

$$v = 0,02 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{\frac{376}{10}}$$

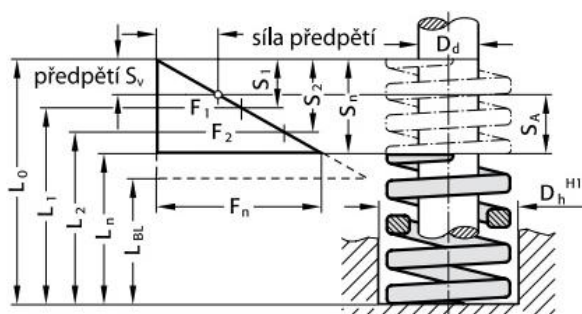
$$v = 0,0613 \text{ mm}$$

c – koeficient (0,005÷0,035) [-]

τ_s – pevnost ve stříhu [MPa]

8.7 Tlačné pružiny

Na střížný nástroj byly použity celkem tři pružiny. Síla, kterou musí tyto pružiny vyvodit, nazýváme stírací silou. Celková stírací síla je $F_C = 1829,11 \text{ N}$, ta byla vypočtena ze střížné síly F_S . Na každou pružinu bude celkem vyvinuta stírací síla $F_{C1} = 609,7 \text{ N}$. Minimálně tuto sílu musí, každá pružina vyvinout.



Obr. 34 Schéma tlačné pružiny [14]

Tab. 8.1. Parametry tlačné pružiny

Speciální tlačná pružina FIBRO 241.17.20.025.							
D_h	D_d	L_o	R	S_1	S_{v1}	S_{A1}	F_1
[mm]	[mm]	[mm]	[N/mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[N]
20,0	10,0	25	293	2,3	1,0	1,3	674

D_h – průměr otvoru [mm]

D_d – průměr trnu (vnitřní vedení) [mm]

L_o – délka nezátížené pružiny [mm]

R – tuhost pružiny [N/mm]

$S_1 \dots S_n$ – zdvih pružiny přiřazené k síle pružiny $F_1 \dots F_n$ [mm]

$S_{V1} \dots S_{V7}$ – min. předpětí pružiny přiřazené k síle pružiny $S_1 \dots S_7$ [mm]

$S_{A1} \dots S_{A7}$ – pracovní zdvih pružiny [mm]

$F_1 \dots F_n$ – síla pružiny [N], přiřazené k délkám pružiny $L_1 \dots L_n$

$$F_{(l)} \geq F_{C1} \quad (8.7)$$

$$R \cdot h \geq F_{C1}$$

$$293 \cdot 3 \geq 609,7N$$

$$879N \geq 609,7N$$

R – tuhost pružiny [N/mm]

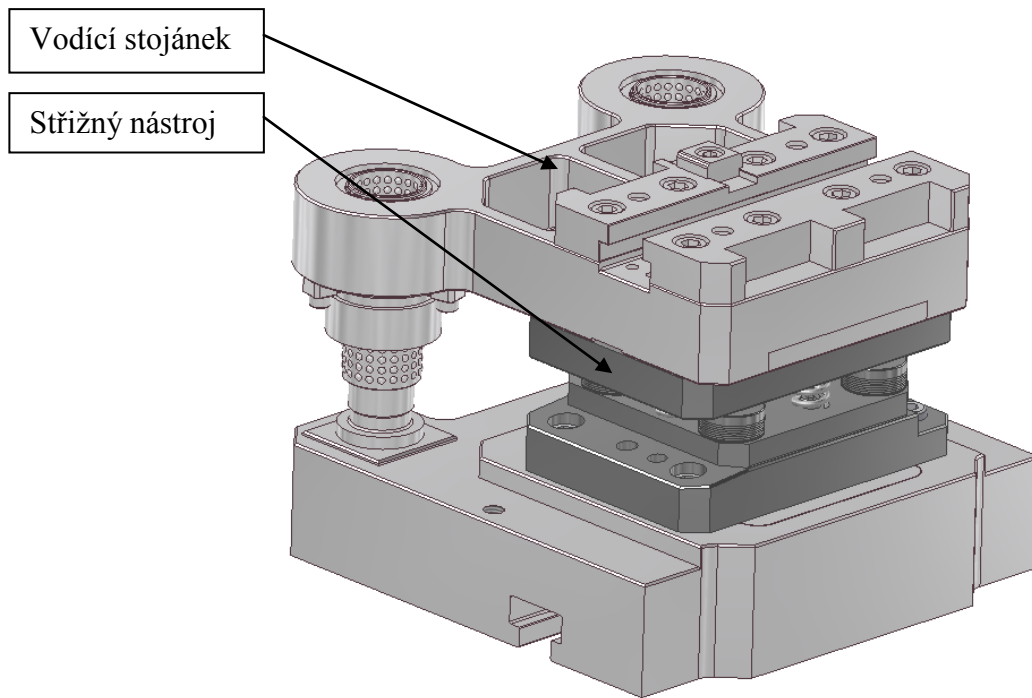
h – délka stlačené pružiny [mm]

$F_{(l)}$ – Vypočtena stírací síla na jednu pružinu [N]

V našem případě, budou všechny pružiny uloženy s předpětím 2mm, celkově bude každá pružina stlačena o 3 mm, což nám zaručuje dostatečně velkou stírací sílu. (Maximální stlačení pružiny dle katalogu FIBRO - $h_{\max} = 7,7$ mm)

9 SESTAVA STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

Na (obr. 35) je znázorněný střížný nástroj připevněný pomocí šroubů a středících čepů do vodícího stojánu. Tato celá sestava je upnuta do pracovní části poloautomatického drážkovacího stroje NN20.

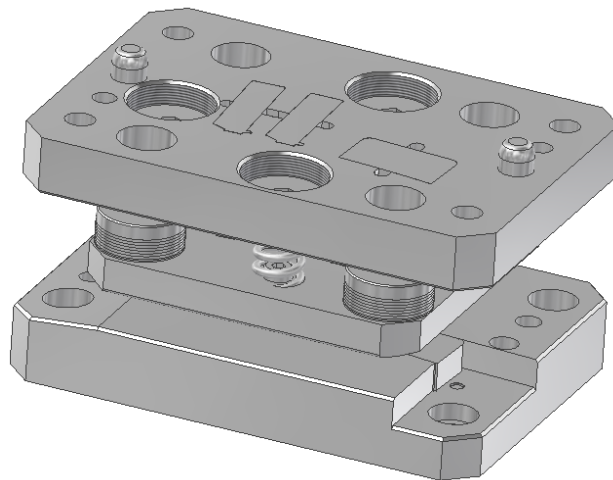


Obr. 35 Sestava

Jednotlivé komponenty střížného nástroje a vodícího stojánu jsou podrobně uvedeny v následujících kapitolách.

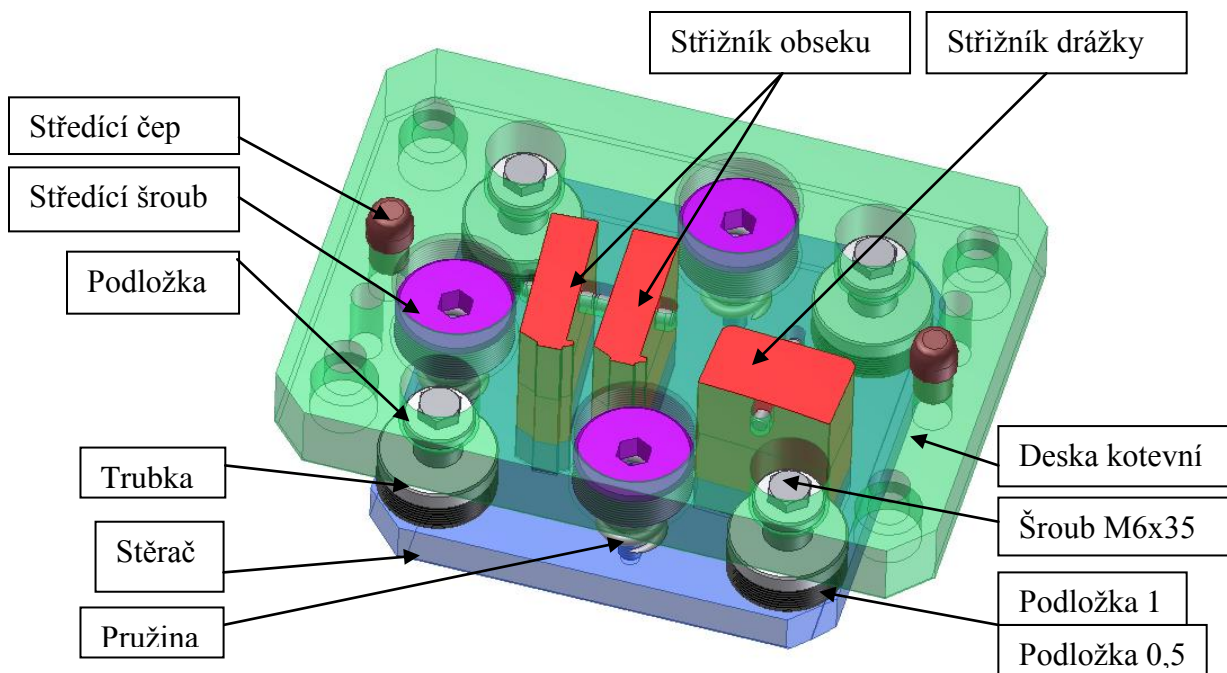
10 STŘIŽNÝ NÁSTROJ

Střižný nástroj bude upevněn ve vodícím stojánku pomocí šroubů ČSN 02 1143 a vystředěn středícími čepy. Speciální otvory pro střižníky na jednotlivých deskách, budou vyrobeny elektroerozivním drátovým řezáním. Tato technologie se ve firmě TES Vsetín a.s. používá poměrně často a to na výrobu jedno-drážkovacích střižných nástrojů. Jedná se o elektroerozivní drátové řezání, které vytváří pomocí drátu (elektrody) a programované kontury požadovaný tvar na výrobku. Drát je většinou z mosazi o průměru 0,02 mm.



Obr. 36 Střižný nástroj

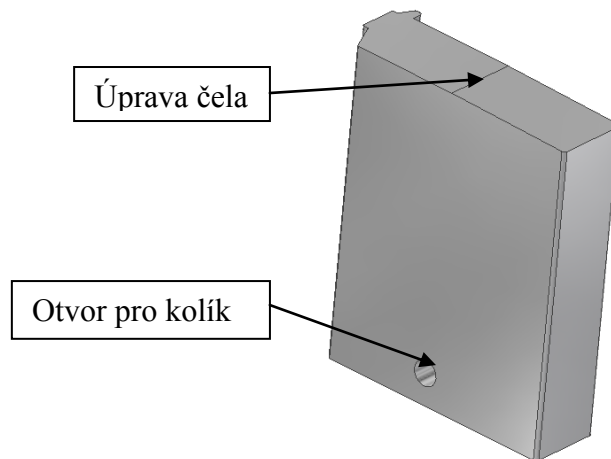
10.1 Vrchní díl střižného nástroje



Obr. 37 Vrchní díl střižného nástroje

10.1.1 Střížník drážky

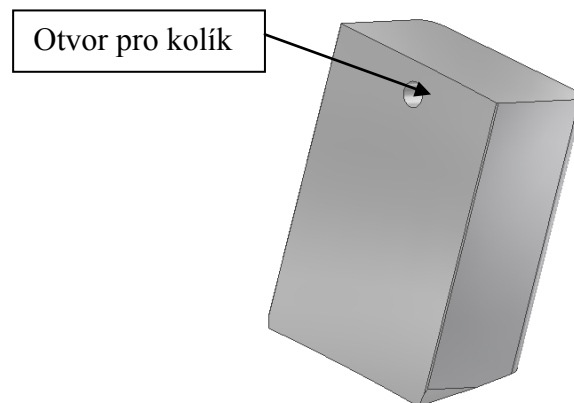
Ve střížném nástroji budou umístěny dva tyto střížníky pro vystříhování drážek. Jednotlivé střížníky budou umístěny v určité vzdálenosti pod určitým úhlem od středu stříhaného plechu. Vhodnou úpravou čela nástroje, zaručíme prodlouženou životnost nástroje. Otvor pro kolík, nám slouží pro uchycení střížníku v kotevní desce.



Obr. 38 Střížník drážky

10.1.2 Střížník obseku

Střížník obseku bude umístěn podobně, jako střížník drážky v kotevní desce. Zajištění střížníku drážky bude provedeno kolíkem, který bude umístěn ve vyvrtaném otvoru. Princip střížníku, bude spočívat v obstříhování jednotlivých drážek a také k obstřížení vnitřní části, která dále bude sloužit, k výrobě rotorového jádra elektrického přístroje.



Obr. 39 Střížník obseku

Střížníky drážky a střížník obseku budou vyrobeny z materiálu s označením VANADIS 10. Tyto vyrobeny nástroje, budou tepelně zpracovány a to kalením na hodnotu 62 + 1 HRc.

Vanadis 10

Jedná se o legovanou práškovou ocel, která vykazuje extrémně vysokou odolnost proti opotřebení, vysokou pevnost v tlaku, velmi dobrou prokalitelnost, houževnatost, dobrou rozměrovou stálost po kalení a popouštění. Svým profilem vlastností je vhodná pro vysoko-výkonné nástroje a velké série, kde je dominantním problémem abrazivní opotřebení. Příklady použití (stříhání, tažení, tváření, lisování apod.).

Tab. 10.1. Chemické složení Vanadis 10.

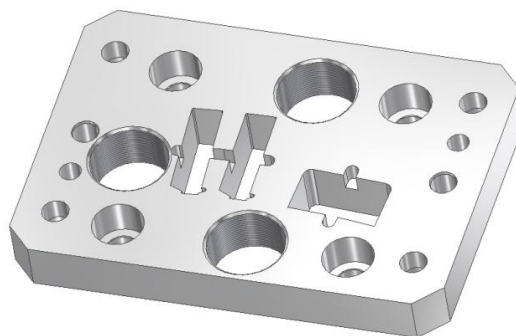
Prvek	C	Si	Mn	Cr	Mn	V
[%]	2,9	1,0	0,5	8,0	1,5	9,8

Tab. 10.2 Mechanické vlastnosti (kaleno a popouštěno - 62 HRc)

Teplota [°C]	Hustota [kg/dm ³]	Tepelná vodivost [W/m.°C]	Modul pružnosti [MPa]
20	7,4	14	234 000

10.1.3 Kotevní deska

Kotevní deska nám slouží, jako jeden z hlavních dílů střížného nástroje. Tato deska obsahuje otvory na střížné části, šrouby, středící čepy a také na středící matice. Otvory na středící matice, budou opatřeny vnitřním závitem. Kotevní deska bude vyrobena z materiálu 14 220 a zušlechtěna na $R_m = 850_{-50}$ MPa.



Obr. 40 Kotevní deska

Materiál 14 220:

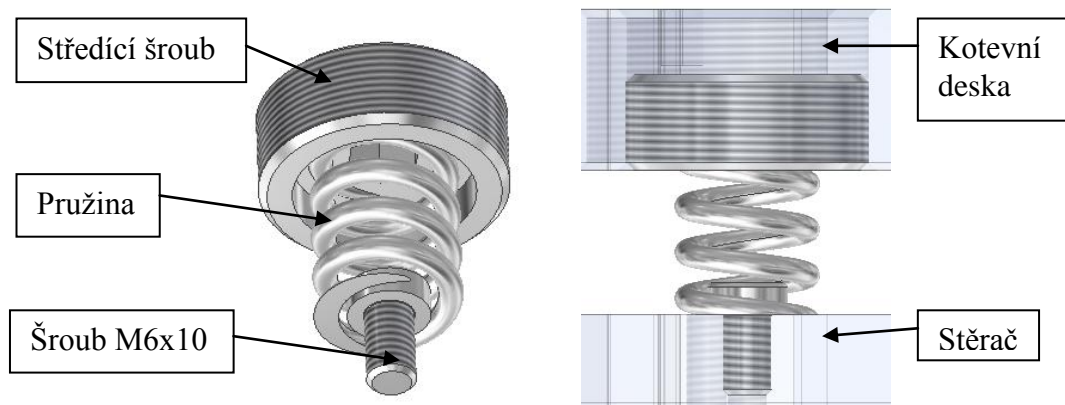
Tento materiál je dobře tvářitelný za tepla, po žíhání na měkko i za studena a je dobře obrobitelný (pro hladké obrábění se doporučuje ocel zušlechtěná na pevnost 690 až 880 MPa). Je dobře svařitelná, vhodná pro strojní součásti pro zušlechtění do průměru 35 mm k cementování s velmi tvrdou cementovanou vrstvou s velkou pevností v jádře.

Tab. 10.3. Chemické složení 14 220

Prvek	C	Cr	Mn
[%]	0,17	1,00	1,30

10.1.4 Uchycení pružin

Středící pouzdro bude umístěno v kotevní desce střížného nástroje. Tlačná pružina bude umístěna mezi kotevní deskou a stěračem. Vybrání v středícím šroubu, je z důvodu umístění pružiny. Na stěrači bude pružina zajištěna proti vystředění šroubem M6x10 ČSN 02 1143. Středící šroub bude vyroben z materiálu 14 220 a zušlechtěna na $R_m = 850 - 50$ MPa.

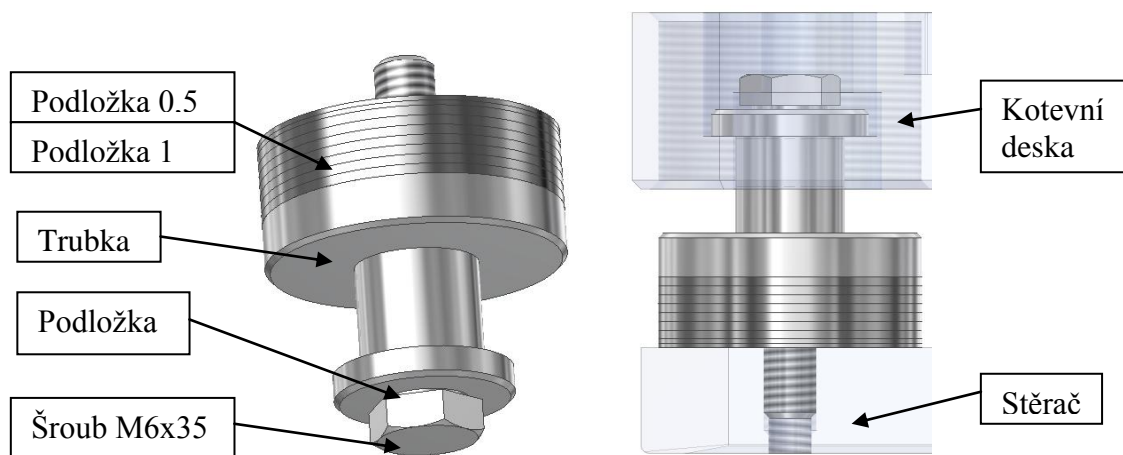


Obr. 41 Uchycení pružin

10.1.5 Distanční šroub

Dojde-li vlivem opotřebení střížné části k jeho otupení. Lze tento problém vyřešit přebroušením součástí. S měnícími se rozměry střížných částí, vlivem broušení bude nutné upravit vzdálenost mezi kotevní deskou a stěračem. K tomu nám poslouží distanční šroub M6x35 ČSN 02 1103. Úběrem jednotlivých podložek a následným dotažením šroubu,

docílíme požadované vzdálenosti. S touto vzdáleností bude potřeba upravit předpětí 2mm, u všech tří pružin ve střížném nástroji (viz. 9.2.4.). Podložka bude vyrobena z materiálu 14 220 a zušlechtěna na $R_m = 850 -_{50}$ MPa. Podložky 0,5 a 1 budou vyrobeny z oceli třídy 17 240, tento materiál byl použit zejména pro svou pevnost, výchozím materiálem je kalibrováný plech. Trubka, na které budou umístěny podložky na odebrání, bude vyrobena z materiálu 19 421, tato součást bude tepelně zpracována kalením na tvrdost 54 – 2 HRc.



Obr. 42 Distanční šroub

Materiál 17 240:

Materiál s označením 17 240 odolává teplotám až do 350 °C. Ocel má velmi dobré leštící schopnosti, dobrou tvárnost, hlubokotažnost, obrobiteľnosť a pevnost.

Tab. 10.4. Chemické složení 17 240

Prvek	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
[%]	0,15	1,0	2,00	18,0	0,03	0,045	10,0

Materiál 19 421:

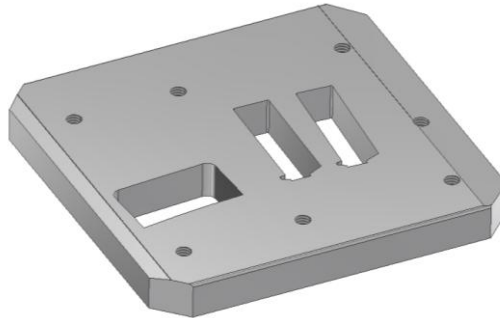
Jedná se ocel nízkolegovanou, nástrojová pro práci za studena. Vykazuje dobrou houževnatost a dobrou obrobiteľnosť. Použití na nástroje pro stříhání, tváření za studena, ruční a řezací. Obtížná svařitelnost.

Tab. 10.5. Chemické složení 19 421

Prvek	C	Si	Mn	V	S	P	Ni
[%]	1,15	0,30	0,20	0,15	0,03	0,035	0,35

10.1.6 Stěrač

Při zpětném pohybu střížných částí, bude tato stírací deska působit stírací silou na stříhaný materiál. Stírací deska bude vyrobena z materiálu 14 220 a zušlechtěna na $R_m = 850_{-50}$ MPa.



Obr. 43 Stěrač

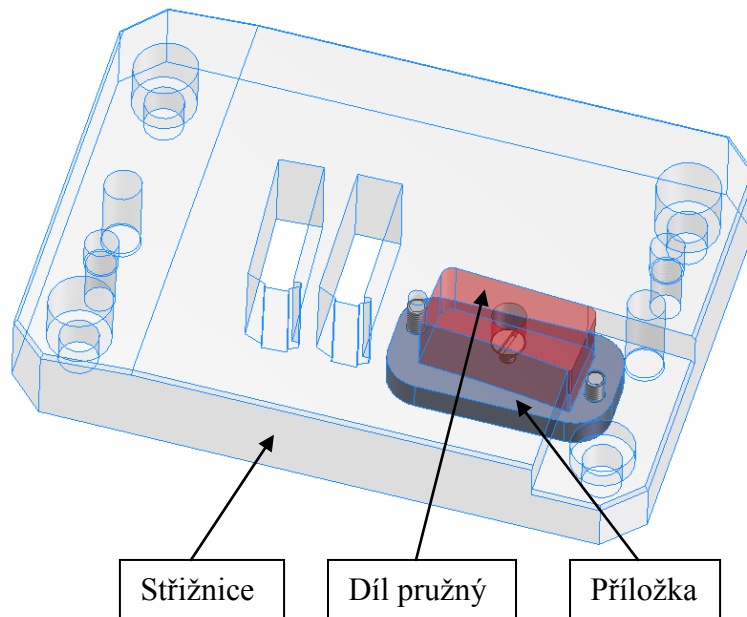
10.1.7 Středící čep

Pomocí středícího čepu bude vystředěn a upevněn střížný nástroj ve vodícím stojánku. Středící čepy budou vyrobeny z materiálu 19 421, kaleny na hodnotu 54 – 2 HRC.



Obr. 44 Středící čep

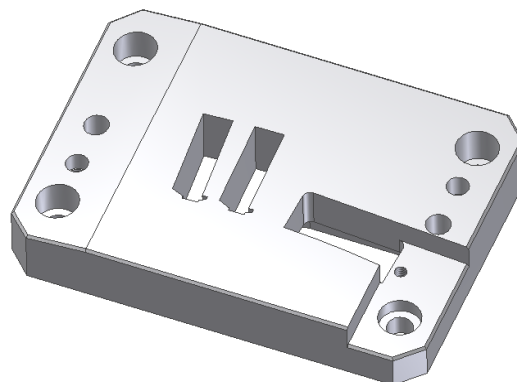
10.2 Spodní díl střížného nástroje:



Obr. 45 Spodní díl střížného nástroje

10.2.1 Střížnice

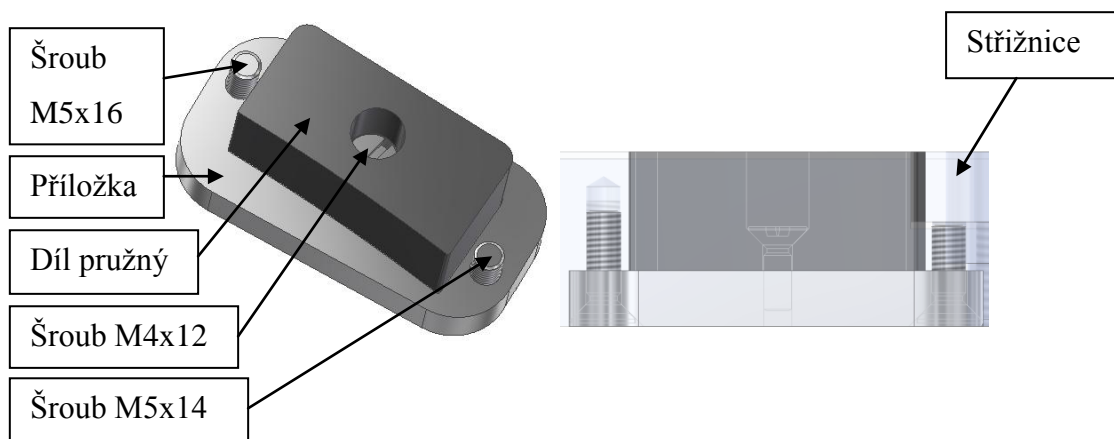
Střížnice stejně jako deska kotevní budou přichyceny k vodícímu stojánku šrouby a vystředěny středícími čepy. Otvory pro střížníky budou vyrobeny se střížnou vůlí (viz. 7.3.6.). Ve střížnici budou dále otvory na středící čepy a dva otvory s vnitřním závitem, které slouží k případné manipulaci střížného nástroje. Střížnice bude vyrobena z materiálu vanadis 10 a kalena na hodnotu 64-1 HRc.



Obr. 46 Střížnice

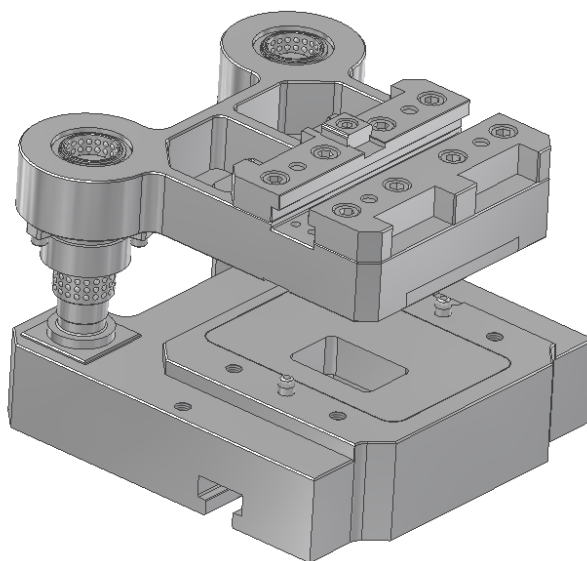
10.2.2 Pružná část

Příložka bude přichycena dvěma šrouby ISO 2009 k střížnici. Příložka bude vyrobena z materiálu 11 373. K příložce bude dalším šroubem ISO 2009 přichycen pružný díl. Ten bude vyroben z materiálu polytan. Jedná se o polyuretanový elastomer, který má velmi vysoké pevnostní parametry, vysokou odolnost vůči oděru, výborné tlumící vlastnosti a odolává minerálním olejům, benzínům, mazacím tukům a ozónu. Díky těmto vlastnostem patří polytan mezi materiály, které vykazují spolehlivost při velkém dynamickém zatížení.



Obr. 47 Pružná část

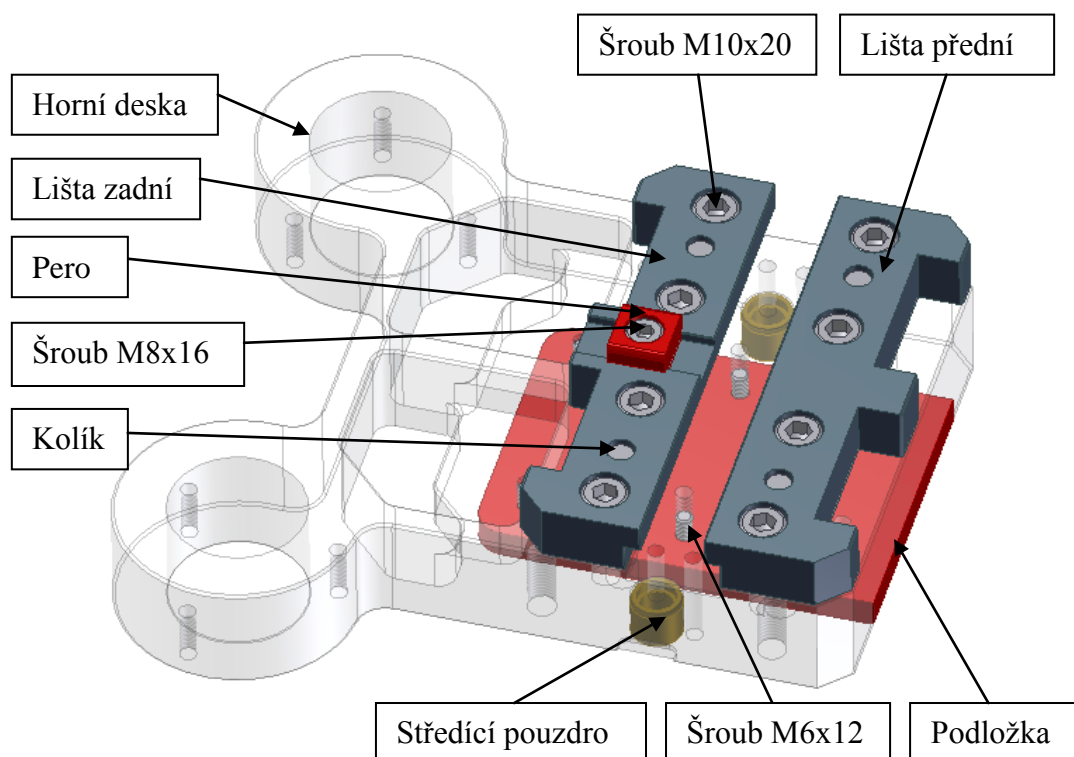
11 VODÍCÍ STOJÁNEK



Obr. 48 Vodící stojánek

11.1 Vrchní část vodícího stojánu

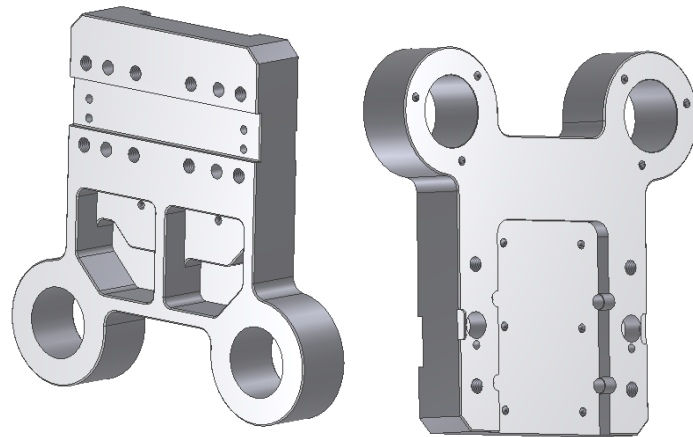
Vrchní část vodícího stojánu, bude ke stroji přichycena pomocí přední a zadní lišty. Tyto dvě lišty vytváří drážku ve tvaru „T“, která odpovídá úchytnému čepu na stroji.



Obr. 49 Vrchní část vodícího stojánu

11.1.1 Horní deska

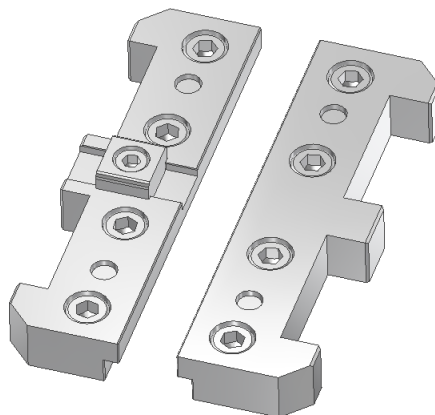
Horní deska obsahuje otvory pro dva vodící sloupky, otvory se závitem pro šrouby na lišty, šrouby pro uchycení podložky, šrouby na uchycení upínek, dále pak otvory na kolíky a středící pouzdra. Deska bude vyrobena z materiálu 14 220 a zušlechtěna na $R_m = 850_{-50}$ MPa.



Obr. 50 Horní deska

11.1.2 Přední a zadní lišta s perem

Obě lišty jsou přichyceny k horní desce vodícího stojánu šrouby M10x20 ČSN 021143 a vystředěny kolíky ČSN 022152. Vzhledem k vysokým požadavkům při uchycení a následnému používání, budou tyto lišty vyrobeny z nástrojové oceli třídy 19 312 a kaleny na hodnotu 56-2 HRC. Na zadní lištu bude šroubem M8x16 ČSN 021143 přichyceno pero, které slouží k vystředění vodícího stojánu na drážkovacím lisu.



Obr. 51 Přední a zadní lišta s perem

11.1.3 Podložka

Podložka bude přichycena k horní desce šesti šrouby M6x12 ČSN 021143. O takto připevněnou podložku se budou při každém rázu, opírat jednotlivé střížné části, proto bude podložka vyrobena z nástrojové oceli 19 312 a tepelně upravena kalením na hodnotu 52-2 HRc.



Obr. 52 Podložka

11.1.4 Pouzdro středící

Středící pouzdro bude vyrobeno z materiálu 19 452 kaleno 58±1 HRc. Čep, který bude umístěn na střížném nástroji, bude vsazen do středícího pouzdra, to bude umístěno v horní desce vodícího stojánu.



Obr. 53 Středící pouzdro

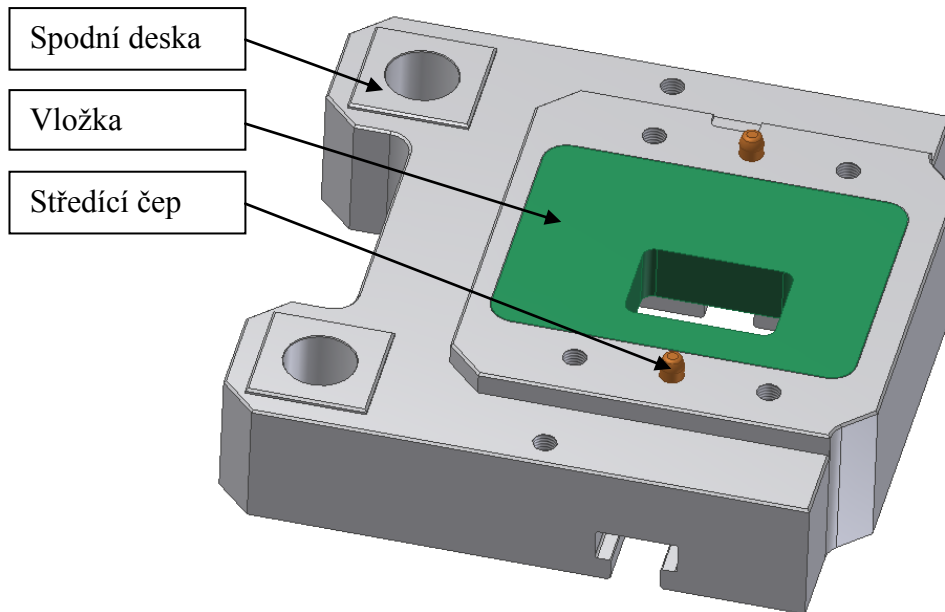
Materiál 19 452:

Jedná se o chrom-křemíkovou ocel se střední prokalitelností. Tento materiál má velmi dobrou houževnatost, vysokou tvrdost, odolnost proti dynamickému střídavému namáhání a namáhání údery, velmi dobrou pružnost a odolnost proti opotřebení, tvárnost za tepla a dobrou obrobiteľnosť v žíhaném stavu.

Tab. 11.1 Chemické složení 19 452

Prvek	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni
[%]	0,55	1,50	0,60	0,70	0,035	0,030	0,35

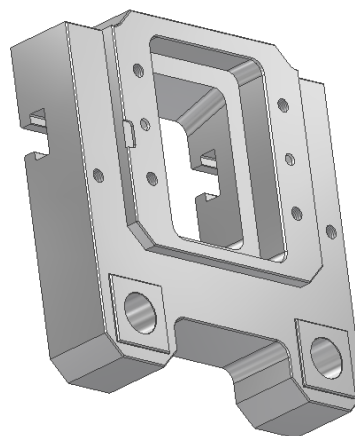
11.2 Spodní část vodícího stojánu:



Obr. 54 Spodní část vodícího stojánu

11.2.1 Spodní deska

Spodní deska bude ke stroji přichycena podobně, jak je tomu u desky vrchní části. Drážka ve tvaru „T“ je zde přímo vyfrézována. Deska obsahuje otvory na vodící čepy a na vložku propadu. Dále několik otvorů se závitem na šrouby a otvory na středící čepy. Materiál spodní desky 14 220 a zušlechtěna na $R_m = 850_{-50}$ MPa.

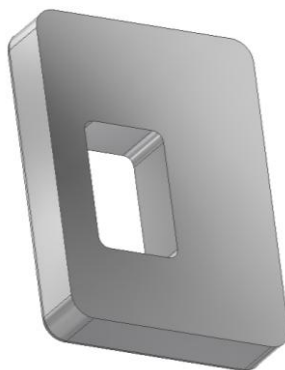


Obr. 55 Deska spodní

11.2.2 Vložka propadu

Při stříhání plechu bude otvorem v desce procházet odpad. Při stříhání rotorových drážek, které budou mít úplně jiný tvar, nebude nutné měnit celý stojánek, postačí jen

vyměnit vložku propadu. Vložka propadu bude ve vodícím stojánku uchycena pomocí střížného nástroje. Deska bude vyrobena z materiálu 14 220 a zušlechtěn na $R_m = 850_{-50}$ MPa.



Obr. 56 Deska propadu

11.2.3 Středící čep

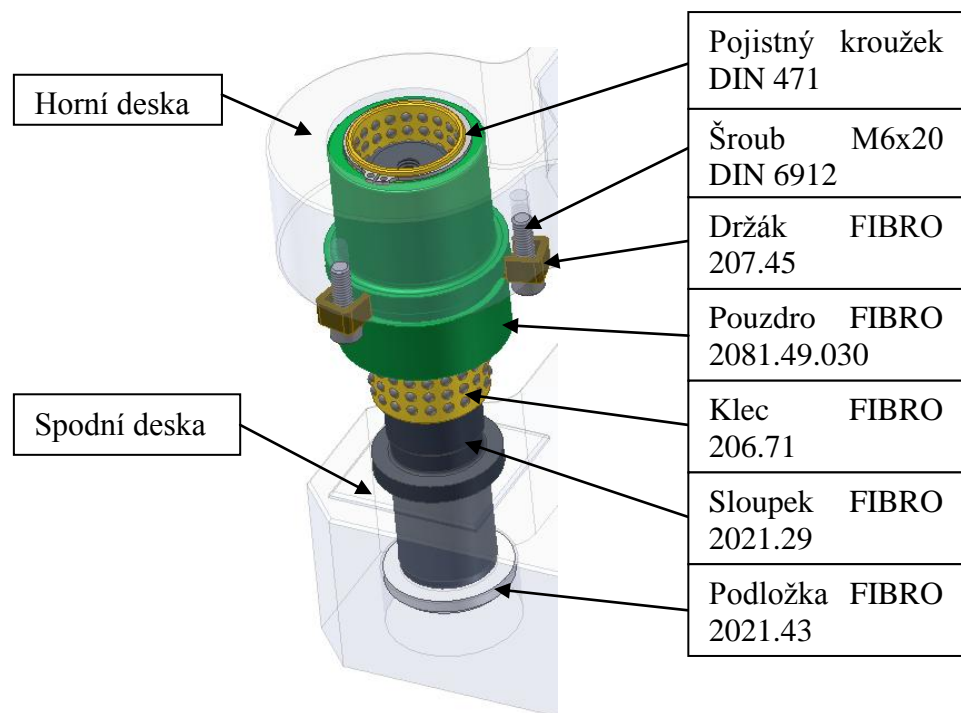
Pomocí středícího čepu bude vystředěn a upevněn střížný nástroj na spodní části vodícího stojánku. Středící čepy budou vyrobeny z materiálu 19 421, kaleny na hodnotu 54_{-2} HRC.



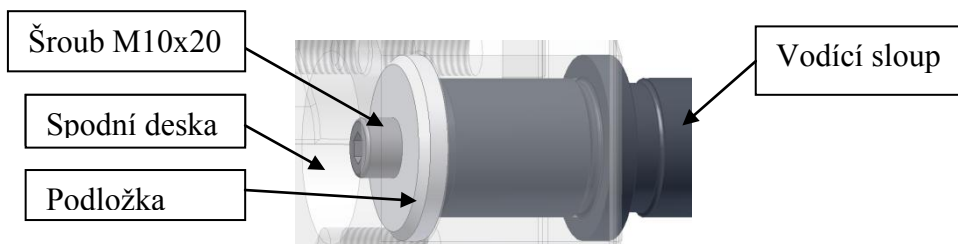
Obr. 57 Středící čep

11.3 Přesné kuličkové vedení

Výsledkem pečlivé výroby, zvláště přesně vyrobených kuliček a správného předpětí je vedení téměř bez vůle. Tento druh vedení se často používá, zejména kvůli lehkému a bezhlučnému chodu. Kuličková vedení FIBRO jsou standardně vybavena mosaznou klecí, v které jsou obsaženy jednotlivé kuličky. Ty nám zajišťují vedení, jedná se o bodový styk kuliček s plochou. [13]



Obr. 58 Přesné kuličkové vedení



Obr. 59 Upevnění vodícího sloupu k spodní desce vodícího stojánu

Vodící sloupek bude k spodní desce přichycen pomocí podložky a šroubu EN ISO 4762.

12 EKONICKÉ VYHODNOCENÍ

12.1 Hospodárné využití

Hospodárnost stříhání je možné kvantifikovat stupněm dosažení co největšího efektu z daných výrobních možností. Analýza technologických možností a vzájemných souvislostí jednotlivých prvků střížného systému stroj-nástroj-materiál umožňuje významně ovlivnit produktivitu a hospodárnost celého střížného procesu.

Tab. 12.1 Tvorba t_{AC} pro elektro-plech statoru

	P_{dr} [stříh/ks]	P_{zdv} [stříh/min]	t_{st} [1ks/min]	t_m [1ks/min]	T [%]	t_{AC} [1ks/min]
1 DR	120	800	0,15	0,380	1,04	0,55
2 DR	60	650	0,092	0,380	1,04	0,49
Úspora t_{AC}						0,06
Úspora v %						11%

P_{dr} – Počet stříhů stroje na vyrobení jednoho elektro-plechu statoru

P_{zdv} – Počet stříhů stroje za 1 minutu

t_{st} – Strojní čas (doba za kterou dojde k vystřížení jednoho plechu na stroji)

$$t_{st} = \frac{P_{dr}}{P_{zdv}} = \frac{120}{800} = 0,15 \text{ ks/min} \quad (12.1)$$

t_m – Manipulační čas (doba za kterou dělník vymění vyrobený kus za polotovár)

T – Směnový čas (Konzultace s mistrem na dílně, návštěva WC apod.)

t_{AC} – Výrobní čas (Čas potřebný na výrobu jednoho plechu)

$$t_{AC} = (t_{st} + t_m) \cdot 1,04 = (0,15 + 0,38) \cdot 1,04 = 0,55 \text{ ks/min} \quad (12.2)$$

Z výše uvedených hodnot (Tab. 12.1) lze vidět, že při výrobě elektro-plechu statoru je z hlediska produktivity výhodnější použití dvou-drážkovacího střížného nástroje. Úspora v čase na výrobu jednoho kusu elektro-plechu statoru je $t_{AC} = 0,06$ min.

Tab. 12.2 Náklady na výrobu elektro-plechu statoru

	t_{AC} [1ks/h]	N_{ST} [Kč/h]	N_{PR} [Kč]	P_{KS} [ks]	N_R [Kč]
1 DR	0,00917	774	7,1	700 000	4 970 000
2 DR	0,0082	774	6,3	700 000	4 410 000
Úspora N_R					560 000

N_{ST} – Náklady na provoz stroje za 1 hodinu (Cena zahrnuje náklady spojené s provozem stroje, včetně nákladů na dělníka).

N_{PR} – Náklady na výrobu jednoho elektro-plechu statoru.

$$N_{PR} = t_{AC} \cdot N_{ST} = 0,00917 \cdot 774 = 7,1 \text{ Kč} \quad (12.3)$$

P_{KS} – Roční potřeba kusů elektro-plechů statoru ve firmě TES VSETÍN, a.s..

N_R – Náklady na celoroční provoz pro výrobu elektro-plechů statoru.

$$N_R = N_{PR} \cdot P_{KS} = 7,1 \cdot 700000 = 4970000 \text{ Kč} \quad (12.4)$$

Ekonomickým vyhodnocením bylo zjištěno, že při celoroční výrobě statorových plechů dosáhne firma TES VSETÍN, a.s. úspory $N_R = 560\,000$ Kč.

12.2 Náklady na výrobu střížných nástrojů z hlediska životnosti

Životnost střížného nástroje z hlediska provozu ve výrobě, se posuzuje podle počtu výstřížků v požadovaných rozměrech a kvalitě. Jestliže střížné plochy nejdou dále naostřit či opravit, je nástroj úplně opotřebován. Abychom předešli tomuto opotřebování je nutné střížné části přebrušovat po určité provozní době. Doba životnosti jednoho střížného nástroje ve firmě TES VSETÍN, a.s. je 12 mil. stříhů.

Tab. 12.3 Náklady na výrobu střížných nástrojů z hlediska životnosti

	$P_{SŽ}$ [stříh]	P_{dr} [stříh/1ks]	$P_{PŘ}$ [ks]	P_{KS} [ks]	P_{NA} [ks]	N_D [kč]	N_C [kč/rok]
1 DR	12 000 000	120	100 000	700 000	7	21 350	149 450
2 DR	12 000 000	60	200 000	700 000	3,5	37 700	131 950
Úspora N_C						17 500	

$P_{S\dot{Z}}$ – Počet stříhů na celkovou životnost nástroje

P_{dr} – Počet stříhů nástroje na výrobu jednoho elektro-plechu statoru

$P_{P\dot{R}}$ – Počet vyrobených elektro-plechů statoru na celkovou životnost střížného nástroje.

$$P_{P\dot{R}} = \frac{P_{S\dot{Z}}}{P_S} = \frac{12000000}{120} = 100000k_s \quad (12.5)$$

P_{NA} – Počet střížných nástrojů na roční potřebu výroby elektro-plechů statoru

$$P_{NA} = \frac{P_{KS}}{P_{P\dot{R}}} = \frac{700000}{100000} = 7k_s \quad (12.6)$$

N_D – Náklady na výrobu jednoho střížného nástroje (U dvou-drážkovacího střížného nástroje se jedná o předběžnou výrobní cenu)

N_C – Celkové náklady pro výrobu střížných nástrojů na roční potřebu firmy TES VSETÍN, a.s.

$$N_C = N_D \cdot P_{NA} = 21350 \cdot 7 = 149500K\check{c} \quad (12.7)$$

Ekonomickým vyhodnocením z hlediska životnosti nástroje firma TES VSETÍN, a.s. ušetří $N_C = 17\,500k\check{c}$. Tuto částku N_C připočteme k úsporám celoročního procesu výroby elektro-plechů statoru $N_R = 560\,000k\check{c}$.

C_U – Celková úspora ve firmě TES VSETÍN, a.s. během celoročního procesu výroby elektro-plechů statoru.

$$C_U = N_C + N_R = 17500 + 560000 = 577500K\check{c} \quad (12.8)$$

Při použití dvou-drážkovacího střížného nástroje se předpokládá, že firma TES VSETÍN, a.s. takto ročně ušetří až $C_U=577\,500k\check{c}$.

ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zaměřil na zproduktivnění výroby satorových plechů ve firmě TES VSETÍN, a.s. Praktická část je rozdělena na tři části a to na technologickou, konstrukční a ekonomickou.

Technologická část je zaměřena na popis výroby procesu elektro-plechu generátoru, popis materiálu z jakého bude součást vyrobena a použité technologie na zpracování. Dále jsou v této části popsány návrhy střížných metod vedoucí ke zproduktivnění výroby dvou-drážkovacího střížného nástroje.

Konstrukční část popisuje návrh nového řešení dvou-drážkovacího střížného nástroje a upnutí ke stroji pomocí vodícího stojánku. Dvou-drážkovací střížný nástroj bude upnut pomocí šroubů ve vodícím stojánku, ten bude uchycen v poloautomatickém drážkovacím stroji značky Weintgarten NN20.

Ekonomická část porovnává hospodárnost mezi dosavadní výrobou jedno-drážkovacím nástrojem a mnou navrženým způsobem výroby na dvou-drážkovacím střížném nástroji. Z vypočtených výsledků vyplývá předpokládaná úspora na celoroční provoz firmy TES VSETÍN, a.s., při výrobě elektro-plechů satoru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] LENFELD, P. *Technologie plošného tváření - stříhání* [online]., 2008 [cit. 2010-01-25]. Dostupný z WWW: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm>.
- [2] HLUCHÝ, M.; KOLOUCH, J.; PAŇÁK, R.. *Strojírenská technologie 2 : polotovary a jejich technologičnost*. 1. díl. Praha: Scientia s.r.o., 2001. 316 s. ISBN 80-7183-244-8.
- [3] ZÁTORSKÝ, M. *Střížný nástroj*. Zlín, 2010. 81 s. Bakalářská práce. UTB Zlín, Fakulta technologická.
- [4] BOBČÍK, L. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 216 s. ISBN 04-229-83.
- [5] BARTOŠ, V. *Vývoj stříhacího nástroje pro složitou tvarovou součást*. Zlín, 2007. 55 s. Bakalářská práce. UTB Zlín, Fakulta technologická.
- [6] HOLČÁK, M. *Vývoj postupového střížného nástroje*. Zlín, 2008. 77 s. Bakalářská práce. UTB Zlín, Fakulta technologická.
- [7] HÁJEK, P. *Návrh konstrukce střížného nástroje s prodlouženou životností*. Ostrava, 2009. 53 s. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- [8] NOVOTNÝ., J., LANGER Z. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. Vydalo SNTL v roce 1980, Stran 213, DT 621.96.
- [9] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F. *Základy konstruování – výběr z norem pro konstrukční cvičení*. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 223 s. ISBN 978-80-7204-534-1.
- [10] KOČMAN, K; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
- [11] Mise společnosti TES je být partnerem vašeho úspěchu. *Vsetínské NOVINY*. 22.10 2010, 19, s. 4.
- [12] Rozdělení a označení ocelí. In *Číselné značení ocelí dle ČSN* [online]. [cit. 2011-04-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.isstechn.cz/objekty/Ciselne-znacen-oceli-dle-Csn.pdf>>.
- [13] *Katalog FIBRO 2010* [online], 2010 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW: <http://www.gore.cz/Katalog/2010/D_Vodici_Prvky.pdf>.

- [14] *Katalog FIBRO 2010* [online], 2010 [cit. 2011-04-19]. Dostupné z WWW:
<http://www.gore.cz/Katalog/2010/F_Pruziny_Sroubove_A_Talirove.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Ra	Drsnost povrchu [-]
F _s	Střížná síla [N]
l	Délka stříhu [mm]
t	Tloušťka stříhu [mm]
S	Plocha roviny stříhu [mm ²]
k	Vliv otupení břitu [-]
z	Velikost střížné mezery [mm]
X _i	Vzdálenost od osy x [mm]
Y _i	Vzdálenost od osy y [mm]
o _i	Obvod stříhaného materiálu [mm]
A	Střížná práce [J]
K _A	Součinitel hloubky vtlačení střížníku [mm]
P	Střížný výkon [W]
t _s	Čas [s]
k _m	Hospodárné využití materiálu [%]
CNC	Computer Numeric Control (Číslicové řízení počítačem)
ČSN	Ochráné označení České technické normy
l ₁	Obvod drážky 1 [mm]
l ₂	Obvod drážky 2 [mm]
l ₃	Obvod drážky 3 [mm]
S ₁	Plocha drážky 1 [mm ²]
S ₂	Plocha drážky 2 [mm ²]
l _c	Celková střížná délka [mm]
F _C	Stírací síla [N]

R	Tuhost pružiny [N/mm]
h	Délka stlačené pružiny [mm]
$F_{(1)}$	Stírací síla jedné pružiny [N/mm]
D_h	Průměr otvoru pro tlačnou pružinu [mm]
D_d	Průměr trnu pro tlačnou pružinu [mm]
L_o	Délka nezatížené pružiny [mm]
h_{max}	Maximální délka stlačené pružiny [mm]
$S_1 \dots S_n$	Zdvih pružiny [mm]
S_v	Minimální předpětí pružiny [mm]
S_A	Pracovní zdvih pružiny [mm]
F_1	Síla pružiny [N]
1DR	Jedno-drážkovací střížný nástroj
2DR	Dvou-drážkovací střížný nástroj

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1</i>	<i>Průběh stříhání</i>	12
<i>Obr. 2</i>	<i>Průběh střížných sil</i>	13
<i>Obr. 3</i>	<i>Stanovení těžiště střížných sil [9]</i>	14
<i>Obr. 4</i>	<i>Deformace materiálu při stříhání (1 – pásmo zaoblení (elastická deformace), 2 – pásmo utržení, 3 – pásmo smyku (plastické deformace), 4 – pásmo odtlačení)</i>	16
<i>Obr. 5</i>	<i>Vliv střížné vůle na tvorbu střížné</i>	16
<i>Obr. 6</i>	<i>Uspořádání výstřížků na pásu (a- nevhodné uspořádání výstřížku, b- vhodné uspořádání výstřížku)</i>	18
<i>Obr. 7</i>	<i>Uspořádání výstřížků na pásu a úprava konečného tvaru po stříhání</i>	18
<i>Obr. 8</i>	<i>Uspořádání výstřížků na tabuli plechu (a- nevhodné uspořádání výstřížku, b- vhodné uspořádání výstřížku)</i>	19
<i>Obr. 9</i>	<i>Stříhání skloněnými noži</i>	20
<i>Obr. 10</i>	<i>Úpravy střížníku a střížnice (a – rovný stříh, b – jednostranné zkosení střížníku, c, d – oboustranné zkosení střížníku, e, f – zkosení střížnice, f - stupňovité uspořádání střížníků)</i>	21
<i>Obr. 11</i>	<i>Uspořádání kotoučových nožů a – jednokotoučové, b – velké kotouče (přímé stříhy), c – malé kotouče (křivkové stříhy)</i>	22
<i>Obr. 12</i>	<i>Nože na čtvercový a kruhový materiál</i>	22
<i>Obr. 13</i>	<i>Tvar nože pro stříhání trubek</i>	23
<i>Obr. 14</i>	<i>Stříhání s přidržovačem</i>	24
<i>Obr. 15</i>	<i>Stříhání s nátláčnou hranou</i>	24
<i>Obr. 16</i>	<i>Obstříhování pryží</i>	25
<i>Obr. 17</i>	<i>Schéma Střížného nástroje bez vedení</i>	26
<i>Obr. 18</i>	<i>Schéma střížného nástroje s vedením</i>	27
<i>Obr. 19</i>	<i>Jednoduchý střížný nástroj</i>	27

<i>Obr. 20</i>	<i>Postupový střižný nástroj</i>	28
<i>Obr. 21</i>	<i>Opotřebení nástroje</i>	29
<i>Obr. 22</i>	<i>Střižný nástroj</i>	30
<i>Obr. 23</i>	<i>Závislost tvrdosti zakalené nelegované nástrojové oceli na obsahu uhlíku</i>	32
<i>Obr. 24</i>	<i>Rozdělení kalení</i>	39
<i>Obr. 25</i>	<i>Rozdělení žihání</i>	39
<i>Obr. 26</i>	<i>Polotovar</i>	42
<i>Obr. 27</i>	<i>Výstřížky (a – Statorový plech, b – Rotorový plech)</i>	42
<i>Obr. 28</i>	<i>Stator a rotor</i>	42
<i>Obr. 29</i>	<i>Obr. 29 CNC linka HS – 250 43</i>	43
<i>Obr. 30</i>	<i>Drážkovací poloautomatický lis NN20 [15]</i>	44
<i>Obr. 31</i>	<i>Obr. 31 Jedno-drážkovací střižný nástroj (1. Střižnice, 2. střižník drážky, 3. Střižník obseku, 4. Kotevní deska, 6. 7. Podložka, 7. výplň, 10. stěrač</i>	46
<i>Obr. 32</i>	<i>Sestav jedno-drážkovacího střižného nástroje</i>	46
<i>Obr. 33</i>	<i>Střižné části</i>	52
<i>Obr. 34</i>	<i>Schéma tlačné pružiny [14]</i>	54
<i>Obr. 35</i>	<i>Sestava</i>	56
<i>Obr. 36</i>	<i>Střižný nástroj</i>	57
<i>Obr. 37</i>	<i>Vrchní díl střižného nástroje</i>	57
<i>Obr. 38</i>	<i>Střižník drážky</i>	57
<i>Obr. 39</i>	<i>Střižník obseku</i>	58
<i>Obr. 40</i>	<i>Kotevní deska</i>	59
<i>Obr. 41</i>	<i>Uchycení pružin</i>	60
<i>Obr. 42</i>	<i>Distanční šroub</i>	61

<i>Obr. 43</i>	<i>Stěrač</i>	62
<i>Obr. 44</i>	<i>Středící čep</i>	62
<i>Obr. 45</i>	<i>Spodní díl střižného nástroj</i>	63
<i>Obr. 46</i>	<i>Střižnice</i>	63
<i>Obr. 47</i>	<i>Pružná část</i>	64
<i>Obr. 48</i>	<i>Vodící stojánek</i>	65
<i>Obr. 49</i>	<i>Vrchní část vodícího stojánku</i>	65
<i>Obr. 50</i>	<i>Horní deska</i>	66
<i>Obr. 51</i>	<i>Přední a zadní lišta s perem</i>	66
<i>Obr. 52</i>	<i>Podložka</i>	67
<i>Obr. 53</i>	<i>Středící pouzdro</i>	67
<i>Obr. 54</i>	<i>Spodní část vodícího stojánku</i>	68
<i>Obr. 55</i>	<i>Deska spodní</i>	68
<i>Obr. 56</i>	<i>Deska propadu</i>	69
<i>Obr. 57</i>	<i>Středící čep</i>	69
<i>Obr. 58</i>	<i>Přesné kuličkové vedení</i>	70
<i>Obr. 59</i>	<i>Upevnění vodícího sloupu k spodní dece vodícího stojánku</i>	70

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 4.1. Běžné materiály pro střížné nástroje</i>	29
<i>Tab. 4.2. Nástrojové oceli</i>	30
<i>Tab. 6.1. Technologické parametry CNC linky HS – 250</i>	43
<i>Tab. 6.2. Technologické parametry drážkovacího poloautomatického lisu NN20</i>	44
<i>Tab. 6.3. Chemické složení elektro – plechu</i>	44
<i>Tab. 6.4. Mechanické vlastnosti elektro – plechu</i>	45
<i>Tab. 7.1 Jedno-drážkovací střížný nástroj</i>	46
<i>Tab. 7.2 Návrh 1 - Dvou-drážkovacího lisu pro plechu statorové a rotorové části</i>	47
<i>Tab. 7.3 Návrh 2 - Dvou-drážkovacího lisu pro plechu statorové a rotorové části</i>	48
<i>Tab. 7.4 Návrh 3 - Dvou-drážkovacího lisu pro plechu statorové a rotorové část.</i>	49
<i>Tab. 7.5 Návrh 4 - Dvou-drážkovacího lisu pro plechu statorové a rotorové části</i>	50
<i>Tab. 7.6 Návrh 5 - Dvou-drážkovacího lisu pro plechu statorové a rotorové části</i>	51
<i>Tab. 8.1 Parametry tlačné pružiny</i>	54
<i>Tab. 10.1 Chemické složení Vanadis 10</i>	59
<i>Tab. 10.2 Mechanické vlastnosti (kaleno a popouštěno - 62 HRc)</i>	59
<i>Tab. 10.3 Chemické složení 14 220 60%</i>	60
<i>Tab. 10.4 Chemické složení 17 240</i>	61
<i>Tab. 10.5 Chemické složení 19 421</i>	61
<i>Tab. 11.1 Chemické složení 19 452</i>	67
<i>Tab. 12.1 Tvorba t_{AC} pro plech statoru</i>	71
<i>Tab. 12.2 Náklady na výrobu plechu statoru na jeden rok</i>	72
<i>Tab. 12.3 Náklady na výrobu střížných nástrojů z hlediska životnosti</i>	72

SEZNAM PŘÍLOH

- PI Výkres sestavy střížného nástroje
- PII Výkres sestavy vodícího stojánu
- PIII Výkres elektro-plechu statoru
- PIV CD disk:
- Kompletní výkresová dokumentace
 - 3D model sestavy dvou-drážkovacího střížného nástroje
 - 3D model elektro-plechu statoru
 - Textová část diplomové práce