

# Návrhy na zvýšení životnosti střížných nástrojů

Bc.Zdeněk Pfeiler

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

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. Zdeněk PFEILER**  
Osobní číslo: **T090226**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**

Téma práce: **Návrhy na zvýšení životnosti střížných nástrojů.**

Zásady pro vypracování:

- 1. Zpracujte literární rešerši poznatků na dané téma.**
- 2. Provedte analýzu současného stavu ve výrobě výstřížků v lisovně TES Vsetín a.s.**
- 3. Navrhněte a rozpracujte možnosti vedoucí k zvýšení životnosti střížných nástrojů z hlediska jejich konstrukce, použitých materiálů a údržby.**
- 4. Zhodnocení a závěr**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

SRP, K, et al. Základy lisování. 1. vyd. Praha : SNTL ? Nakladatelství technické literatury Praha, 1965. 248 s. ISBN 04-239-65.

FOREJT, M; PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERN Brno, 2006. 226 s. ISBN 80-214-2374-9.

LUKOVICS, I. Konstrukční materiály a technologie. Brno : VUT, 1992. 273 s.

VASILKO, K. et al. Brúsenie kovových materiálov. Bratislava : ALFA, 1988. 240 s.

MACHEK, V, et al. Zpracování tenkých plechů. 1. vyd. Praha : SNTL ? Nakladatelství technické literatury Praha L, 1982. 272 s.

NOVOTNÝ, J; LANGER, Z. Stríhání a další způsoby dělení kovových. 1. vyd. Praha : SNTL ? Nakladatelství technické literatury Praha, 1980. 216 s.

KEJVAL, Z. Tváření plechu I. 2. vyd. Praha : SNTL ? Nakladatelství technické literatury Praha, 1963. 100 s. ISBN 04-215-63.

KEJVAL, Z. Tváření plechu II. 2. doplněné vyd. Praha : SNTL ? Nakladatelství technické literatury Praha, 1963. 112 s. ISBN 04-206-63.

PTÁČEK, L, et al. Nauka o materiálu II. 2. opr. a rozš. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERN Brno, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3.

FRISCHHERZ, A; PIEGLER, H. Technologie zpracování kovů II. 2. vyd. Praha : SNTL ? Nakladatelství technické literatury Praha, 1996. 280s. ISBN 80-902110-1-1@CTO.

NOVOTNÝ, J, et al. Technologie I (Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy). 2. vyd. Praha : Nakladatelství ČVUT Praha, 2006. 227 s. ISBN 80-701-02351-6.

Vedoucí diplomové práce:

**prof. Ing. Ivan Letko, CSc.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

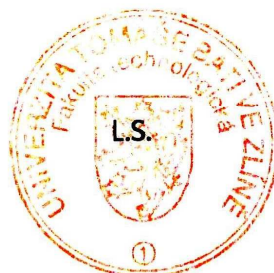
**14. února 2011**

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*

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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 27.4.2011

.....

---

<sup>1)</sup> 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 nevýdělečně 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 nahlížení 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 pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

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

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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). Odpírá-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 přihledne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce je navrhnout opatření vedoucí ke zvýšení životnosti střížných nástrojů. V teoretické části práce je zpracována literární rešerše teoretických a praktických poznatků z technologie stříhání. V praktické části práce je vykonána analýza silných a především slabých stránek konstrukce, výroby a údržby střížných nástrojů. A na základě analýzy jsou zde prezentovány návrhy opatření vedoucí ke zvýšení životnosti střížných nástrojů. Opatření jsou zaměřená na oblast konstrukce nástrojů – změna materiálu střížných nástrojů, a také oblast údržby – vhodnější způsob broušení nástrojů.

Klíčová slova: střížný nástroj, střížník, střížnice, životnost.

## **ABSTRACT**

The goal of this Master thesis is proposal for increasing lifetime of cutting tools.

The theoretical part introduces the technology of forming where the technology of cutting is detailed described. The practical part deals with strong and mainly weak sides of the construction, production and maintenance of cutting tools. Based on the analyse, it suggests improvements in the area of construction- more suitable material of cutting parts and in the area of maintenance- preferable grinding method of tools.

Keywords: a cutting tool, a cutting die, a die, a lifetime.

Tímto chci poděkovat prof. Ing. Ivanovi Letkovi, CSc. za cenné rady a konzultace spojené s touto prací.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ</b> .....	<b>13</b>
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY TEORIE TVÁŘENÍ.....	13
1.1.1 Podstata a hlavní znaky tvářecích procesů .....	13
1.1.2 Plastická deformace kovů.....	14
1.2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ.....	14
1.2.1 Průběh stříhání .....	15
1.2.2 Střížné operace .....	16
1.2.3 Střížná síla.....	17
1.2.4 Stírací síla.....	19
1.2.5 Střížná vůle.....	20
1.2.6 Střížný odpor .....	23
1.2.7 Kvalita střížné plochy.....	24
<b>2 STŘÍŽNÉ NÁSTROJE</b> .....	<b>27</b>
2.1 ROZDĚLENÍ STŘÍŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	27
2.2 SLOŽENÍ STŘÍŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	28
2.2.1 Střížníky .....	29
2.2.2 Střížnice.....	29
2.2.3 Desky.....	30
2.2.4 Vodící a naváděcí prvky.....	31
2.3 MATERIÁLY STŘÍŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	32
2.3.1 Členění ocelí a jejich vlastnosti.....	32
2.3.2 Příklady často používaných nástrojových ocelí.....	34
2.3.3 Konvenční výroba ocelí.....	36
2.3.4 Výroba ocelí práškovou metalurgií .....	38
2.3.5 Tepelné zpracování a chemicko-tepelné zpracování.....	40
2.3.6 Povlakování.....	42
2.4 MĚŘENÍ VLASTNOSTÍ MATERIÁLŮ K VÝROBĚ STŘÍŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	44
2.4.1 Spektrální analýza chemického složení.....	44
2.4.2 Měření tvrdosti metodou Vickers.....	45
2.5 ŽIVOTNOST STŘÍŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	45
2.5.1 Parametry určující životnost nástroje .....	45
2.5.2 Opatření a závady střížných nástrojů .....	46
2.6 BROUŠENÍ-OSTŘENÍ.....	47
2.6.1 Kvalita obrobeného povrchu .....	47
2.6.2 Drsnost povrchu a její vliv na opotřebení .....	48
<b>3 TVÁŘECÍ STROJE</b> .....	<b>49</b>



3.1	ZÁKLADNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY .....	49
3.2	LISY .....	49
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S. ....</b>	<b>52</b>
5.1	HISTORIE SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.....	52
5.2	VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S. ....	52
5.3	PŘEDSTAVENÍ LISOVNY SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.....	53
5.4	MATERIÁLY VÝROBKŮ SPOLEČNOSTI TES A.S.....	54
<b>6</b>	<b>STŘIŽNÉ NÁSTROJE .....</b>	<b>56</b>
6.1	SORTIMENT STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ POUŽÍVANÝCH SPOLEČNOSTÍ TES A.S.....	56
6.2	KONSTRUKCE STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ POUŽÍVANÝCH SPOLEČNOSTÍ TES A.S.....	58
6.2.1	Střížné části .....	58
6.2.2	Upínací části .....	61
6.2.3	Stírací a vyhazovací části .....	63
6.2.4	Vodící části.....	63
6.3	VÝROBA STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ SPOLEČNOSTÍ TES A.S. ....	65
6.3.1	Nástrojárna společnosti TES a.s.....	65
6.3.2	Typizace v konstrukci střížných nástrojů používaných společností TES a.s. ....	67
6.4	PÉČE O STŘIŽNÉ NÁSTROJE POUŽÍVANÝCH SPOLEČNOSTÍ TES A.S. ....	68
6.4.1	Skladování střížných nástrojů .....	68
6.4.2	Údržba střížných nástrojů.....	68
6.4.3	Nejčastější závady a opravy střížných nástrojů.....	69
6.4.4	Ostření střížných nástrojů.....	70
6.5	ŽIVOTNOST STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	72
6.5.1	Předpokládaná životnost střížných nástrojů společnosti TES a.s. ....	72
6.5.2	Analýza skutečné životnosti střížných nástrojů společností TES a.s.....	74
<b>7</b>	<b>NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....</b>	<b>76</b>
7.1	OBLASTI NAVRHOVANÝCH ZLEPŠENÍ.....	76
7.2	NÁVRH NA ZMĚNU MATERIÁLU STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ.....	77
7.2.1	Důvod návrhu změn materiálu střížných částí .....	77
7.2.2	Mikrostruktura nástroje z oceli ČSN 19 436.....	77
7.2.3	Mikrostruktura a fraktografie oceli Vanadis 10 .....	79
7.2.4	Specifikace navrhovaných materiálů.....	82
7.2.5	Výroba střížných nástrojů z navrhovaného materiálu .....	83
7.2.6	Vyhodnocení životnosti střížných nástrojů z navrhovaného materiálu.....	85
7.2.7	Ekonomické zhodnocení .....	86
7.3	NÁVRH NA ZMĚNU OSTŘENÍ STŘIŽNÝCH NÁSTROJŮ .....	87
7.3.1	Měření povrchu po ostření na současném zařízení .....	87
7.3.2	Měření povrchu po ostření na navrhovaném zařízení .....	88

7.3.3	Vyhodnocení měření .....	89
7.3.4	Technické a ekonomické zhodnocení .....	90
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>92</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>		<b>94</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>96</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>99</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>100</b>

## ÚVOD

K nejčastěji používaným technologiím tváření a zároveň bezodpadového dělení materiálu patří stříhání. Jde o proces, při němž dochází k oddělování částic materiálu nástroji podél křivky stříhu, kterou tvoří obvod výstřížku, střížníku či střížnice.

Cílem každého výrobce je mít co nejefektivnější proces výroby. S tím souvisí i snaha o co nejmenší náklady na výrobu za předpokladu udržení požadované kvality. S vyšší celkových nákladů souvisí také náklady spojené s výrobou nástrojů a jejich životností.

Má diplomová práce navrhuje nové ekonomičtější řešení výroby a údržby střížných nástrojů. Tyto návrhy předpokládají zvýšení životnosti střížných nástrojů potřebných k výrobě plechů pro elektrické stroje a tím snížení celkových výrobních nákladů finálního výrobku. Snížení těchto nákladů ovlivňuje konkurenceschopnost jejich prodeje a uplatnění na světových trzích.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ

## 1.1 Základní pojmy teorie tváření

*Tváření* – je to technologický proces, při kterém se mění tvar výchozího materiálu působením sil bez odběru třísek.[1]

*Technologie tváření kovů* – je výrobní proces, při kterém se používá tváření. Podle převládajícího průběhu deformace se technologie tváření dělí na plošné, objemové tváření a stříhání bez ohledu na to, jestli tvářecí proces probíhá bez předcházejícího ohřevu anebo s ním.

*Plošné tváření* – je proces, při kterém se dosahuje požadovaná změna tvaru bez podstatné změny průřezu výchozího materiálu.

*Objemové tváření* – je proces, při kterém se dosahuje požadovaná změna změnou tvaru průřezu výchozího materiálu.

*Výlisek* – je výrobek zhotovený lisováním, a to buď plošným anebo objemovým tvářením.[2]

*Stříhání* – je proces, při němž je materiál oddělen smykovým namáháním.[3]

### 1.1.1 Podstata a hlavní znaky tvářecích procesů

Základem všech tvářecích procesů jsou veliké plastické deformace, které jsou umožněny plastickými vlastnostmi některých kovů a slitin, jde zde o trvalou změnu tvaru a rozměrů výstřižků, vyvolanou účinkem vnějších sil pomocí tvářecího nástroje a stroje.

Vnější síly musí vyvolat takový stav napjatosti, při kterém je překročena mez kluzu. Vzniká tak trvalá deformace požadovaného směru a velikosti, aniž by došlo k porušení soudržnosti. Tento mechanický děj je provázen fyzikálními a strukturálními změnami materiálu, které se projevují ve změnách fyzikálních a mechanických vlastností. Změna tvaru a rozměrů je uskutečněna postupným přemísťováním částic kovu v jeho tuhém stavu a má některé podobné znaky, jakými je charakterizováno tečení viskózních látek.

Odlišnosti spočívají především v krystalické stavbě kovů. Proto se tváření také označuje jako plastické tečení kovů. Při tváření se předpokládá, že během velkých plastických trvalých deformací se objem tělesa nemění, proto tváření není spojeno se ztrátami materiálu.[4]

### 1.1.2 Plastická deformace kovů

Při tváření kovů předchází vždy plastické deformaci deformace elastická. Plastická deformace je ve své podstatě pohyb jednotlivých částíček kovů vůči sobě, aniž by mezi nimi přestala působit koheze. Tato vlastnost kovů umožňuje jejich zpracování tvářením.

Mechanismus vzniku plastické deformace lze vysvětlit na základě dislokační teorie, tj. pohybem a vznikem mřížkových poruch.[4]

## 1.2 Technologie stříhání

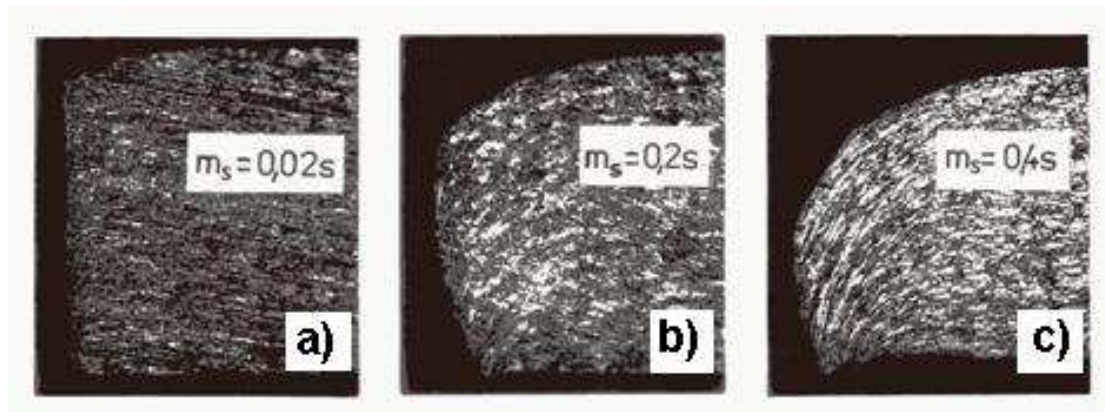
Technologie stříhání spadá do plošného tváření. Nástroje pro tuto technologii mají nejrůznější konstrukce závislé na tvaru, velikosti a složitosti výrobku. Výrobek se v této technologii označuje pojmy výlisek, nebo výstřížek.

Tato technologie má sice velmi progresivní charakter, ale na druhou stranu se při ní objevuje několik faktorů, které je nutno buď respektovat, nebo technologii upravit tak, aby se

výskyt alespoň některých omezil. Používají se např. technologie přistříhování, přesného stříhání, kalibrování, apod. [5]

Některé nepříznivé faktory:

- Drsnost střížné plochy
- Zkosení střížné plochy vlivem střížné vůle
- Zaoblení a zeslabení tloušťky výstřížku podél střížné plochy
- Zpevnění střížné plochy do určité hloubky
- Prohnutí některých výstřížků ohybovým momentem



Obr. 1. Vliv střížné mezery na kvalitu střížné plochy [6]

a) vhodná střížná mezera b); c) nevhodná střížná mezera

### 1.2.1 Průběh stříhání

Střížný proces se dá v podstatě rozdělit do tří fází [3]:

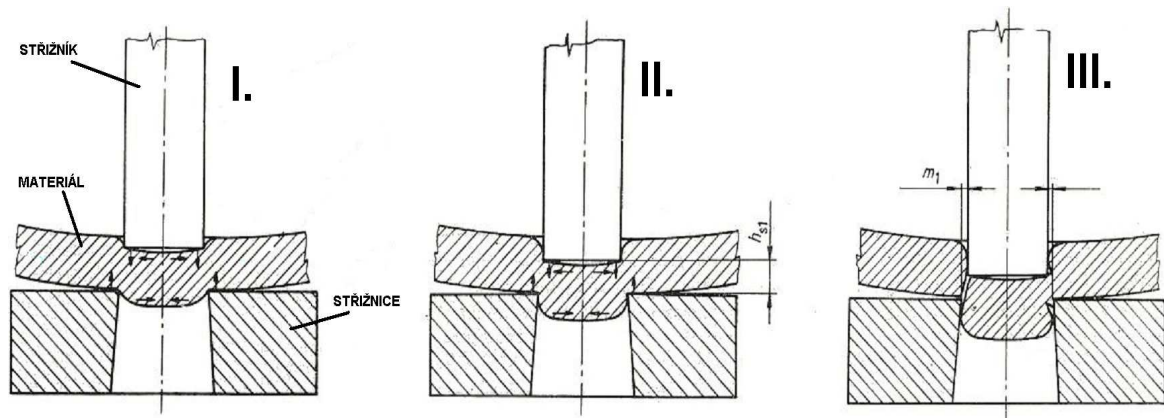
I. Fáze: tlačení střížníku na stříhaný materiál, je vyvoláno napětí, které je menší, než je mez pružnosti stříhaného materiálu. V této fázi se vyskytuje pouze deformace pružná. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu v této fázi je závislá zejména na jeho mechanických vlastnostech a bývá 5 až 8 % jeho tloušťky. Stříhaný materiál je namáhán silou působící v ploše mezi obvodem střížníku a střížnice. V důsledku toho dochází v rovinách kolmých ke střížným plochám ke vzniku silových dvojic, jež stříhaný materiál deformují ohybem. Tato deformace zaobluje stříhaný materiál na straně střížníku i střížnice.

II. Fáze: napětí, které zde vzniká je větší, než je mez kluzu stříhaného materiálu. Deformace je již trvalá. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu je závislá na jeho mechanických vlastnostech, ale obvykle se pohybuje mezi 10 až 25 % jeho tloušťky. Konečná hodnota napětí v této fázi je na mezi pevnosti ve stříhu.

III. Fáze: stříhaný materiál je namáhán nad mezí pevnosti ve stříhu. Hloubka vniku střížníku do stříhaného materiálu se pohybuje mezi 10 až 60 % jeho tloušťky. Tato hodnota je závislá jednak na velikosti střížné mezery a také na druhu stříhaného materiálu. V této fázi začínají vznikat mikroskopické a poté makroskopické trhliny v materiálu u hran střížníku a střížnice. Ty se rychle prodlužují, až dojde k úplnému oddělení výstřížku od výchozího materiálu. Rychlost, jakou trhliny postupují je závislá na vlastnostech stříhaného materiálu

a průběh na velikosti střížné mezery. Tvrdý a křehký materiál se oddělí téměř okamžitě, naproti tomu materiál měkký a houževnatý poměrně pomalu.

Na následujícím obrázku jsou znázorněny jednotlivé střížné fáze (zleva I., II., III.):



Obr. 2. Fáze stříhu [6]

### 1.2.2 Střížné operace

V technologii stříhání se objevuje několik operací, které jsou nutné pro realizaci finálního výstřížku.

Rozdělení stříhacích operací [5]:

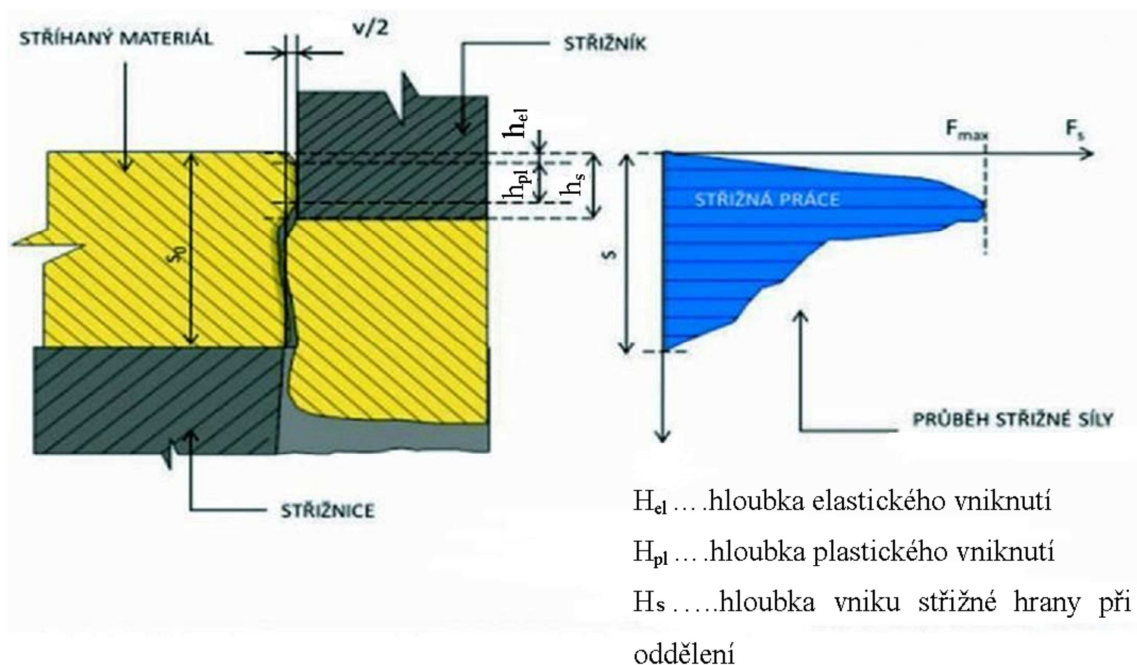
- Prosté stříhání – rozdělování materiálu nebo polotovarů na části.
- Vystříhování – vystřížení tvaru z materiálu po uzavřeném obrysu. Vystřížená část tvoří výstřížek.
- Děrování – prostřížení otvoru v materiálu nebo polotovaru. Vystřížená část tvoří odpad.
- Prostříhování – částečné oddělení materiálu v libovolném tvaru uvnitř dílce.
- Prosekávání – postupné prosekávání vnějších tvarů a otvorů v materiálu.
- Ostříhování – oddělení nerovného okraje nebo přebytečného materiálu plochých, nebo dutých součástí.
- Přistříhování – dosažení přesných rozměrů součástí, hladkého a kolmého povrchu stříhu. Dosáhne se odstraněním přídatku materiálu.



- Vysekávání – oddělování součástí z nekovových materiálů podél uzavřené křivky na podložce.
- Přesné stříhání – výroba přesných součástí s hladkou střížnou plochou

### 1.2.3 Střížná síla

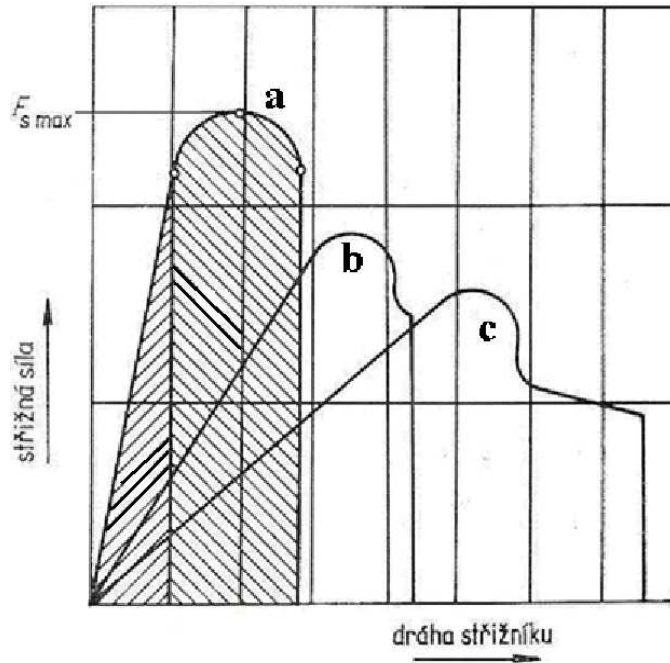
Je to síla, které je zapotřebí pro vystřížení výrobku. Velikost této síly se v průběhu pracovního zdvihu mění, neboť je v každém okamžiku dána součinem dvou proměnných veličin (střížného odporu a velikosti stříhané plochy).



Obr. 3. Závislost průběhu střížné síly na poloze střížníku [7]

U materiálů, které mají malý rozdíl mezi mezí kluzu a mezí pevnosti, což jsou materiály křehké, nastává ustřížení již při nepatrném proniknutí střížníku do stříhaného materiálu. Naproti tomu je u materiálů houževnatých potřeba, aby střížník zajel do materiálu hlouběji.

Na obrázku [8] jsou vidět průběhy střížné síly pro různé materiály.



Obr. 4. Průběh střížné síly v závislosti na dráze střížníku pro různé materiály [8]

a – málo tvárný materiál, b-středně tvárný materiál, c-tvárný materiál

Střížná síla se vypočte ze vztahu:

$$F_s = S_s \cdot k_s \cdot K$$

Kde je:

$F_s$  ..... střížná síla [N]

$S_s$  ..... stříhaná plocha [ mm<sup>2</sup>]

$k_s$  .....střížný odpor [MPa]

$K$  ..... součinitel otupení břitu

Součinitel otupení břitu se vypočte ze vztahu:

$$K = 1 + \frac{5,5 \cdot r}{t}$$

Kde:

$r$  ..... poloměr otupení břitu [mm] (toto označení platí pouze pro tento výpočet),

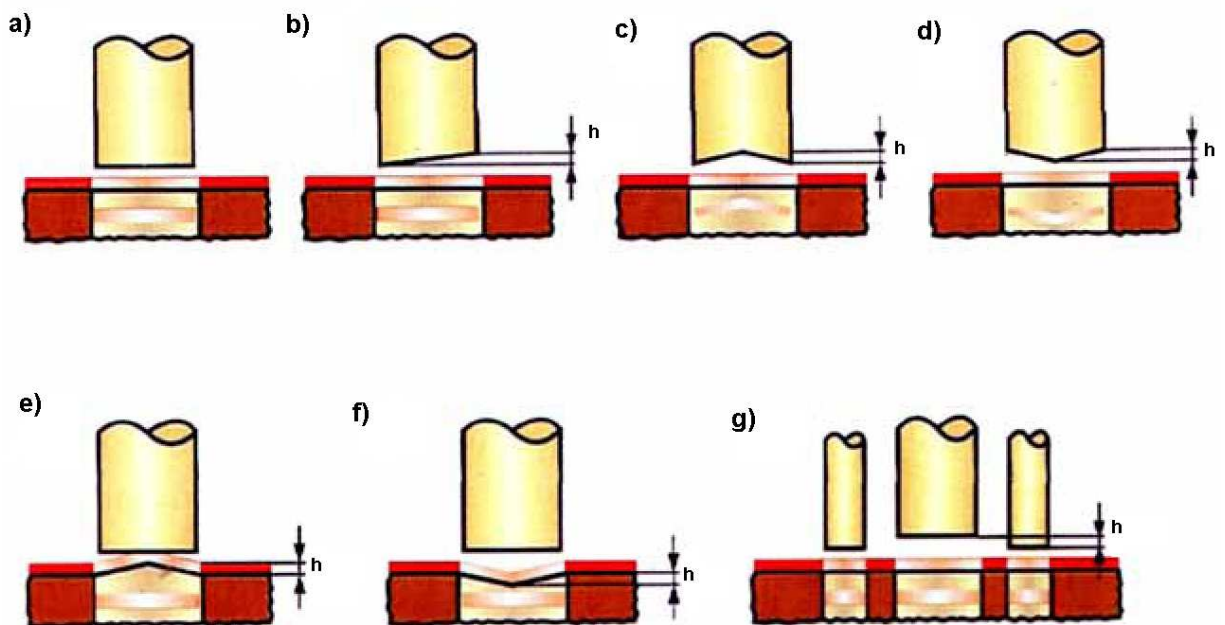
který se vypočte  $r = 0,1 \cdot t$

Provádí-li se najednou několik střížných operací, je výsledná celková střížná síla algebraickým součtem všech dílčích střížných sil.

$$F_{SC} = \sum_{i=1}^n F_{Si}$$

Tato síla se v praxi ještě zvyšuje o 20 až 25 %. Toto zvýšení zahrnuje další vlivy, které při stříhání mohou nastat.

Velikost střížné síly se dá různými úpravami zmenšovat. Pokud bychom nemohli upravovat druh, tloušťku stříhaného materiálu, nebo délku střížné hrany, jsou to úpravy typu zkosení střížných břitů, použití střížníků o nestejně délce apod. [5]



Obr. 5. Úpravy střížných hran ke snížení střížné síly[6]

- a) přímý stříh, b) jednostranné zkosení střížníku, c) d) dvoustranné zkosení střížníku, e) f) dvoustranné zkosení střížnice, g) stupňovité uspořádání střížníků

#### 1.2.4 Stírací síla

Při vystřížení materiálu např. z pásu plechu ulpí střížník v pásu vlivem pružnosti materiálu, z něhož je pás vyroben. K jeho „přesunutí“ zpět do původní polohy je třeba síly, která se nazývá síla stírací. Její velikost je závislá na druhu stříhaného materiálu, jeho tloušťce, tvarové složitosti výstřížku, střížné vůli, na mazání a jiných faktorech. [5, 8]

Stanovuje se empiricky ze vztahu:

$$F_T = F_S \cdot C_1$$

Kde:

$F_T$  ... stírací síla [N]

$C_1$  .... součinitel stírání, který se dá určit z níže uvedené tabulky

$F_S$  ... střížná síla [N]

Hodnoty součinitelů stírání

Tab. 1. Součinitele stírání [5]

Tloušťka materiálu	$C_1$
Ocel do 1 mm	0,02÷0,12
Ocel 1÷-5 mm	0,06÷0,16
Mosaz	0,06 ÷ 0,07
Slitiny hliníku	0,09

### 1.2.5 Střížná vůle

Jedná se o rozdíl rozměrů pracovních částí střížníku a střížnice. Jednostranný rozdíl vytváří střížnou mezeru. Střížná mezera musí být naprosto stejná a rovnoměrná na všech místech střížné křivky stříhu. Při nestejném rozložení střížné vůle (proměnné střížné mezery) po obvodě vznikají povrchové vady, prohnutí, ostřiny a střížná plocha je nekvalitní.

Vhodně zvolená velikost střížné vůle zaručuje setkání trhlin a tím správné oddělení stříhané plochy. [7]

Střížná vůle má vliv na:

- Velikost střížné síly
- Opatření-trvanlivost břitů nástroje a spotřebu energie
- Kvalitu střížných ploch
- Vznik ostřin

Velikost střížné vůle se určuje na úkor střížníku nebo střížnice vzhledem k požadovanému rozměru finálního výstřížku. V případě potřeby děrování přesného otvoru se volí střížná mezera zvětšením rozměru střížnice na úkor střížnice. Při stříhání přesného vnějšího obvodu se volí střížná vůle na úkor střížníku.

Velikost střížné vůle je závislá především na druhu a tloušťce stříhaného materiálu. Optimální střížná vůle je taková, při níž dosáhneme požadované jakosti střížné plochy při nejmenší střížné síle. Obvykle se velikost střížné vůle pohybuje v rozmezí 3–20 % tloušťky stříhaného materiálu. Při jednostranném stříhání v nástrojích bez přidržování stříhaného materiálu se doporučuje velikost střížné mezery do 1–3 %.

Velké střížné vůle způsobují ohyb stříhané součásti, malé pak způsobují vznik přestřížených nebo ohlazených prstenců. Například při přesném stříhání se velikost střížné vůle volí menší než pro stříhání. [7]

Pro přímé určení velikosti vůle se přihlíží k tloušťce stříhaného materiálu a k pevnosti ve stříhu. [8]

Velikost střížné mezery určíme podle vztahu

$$v = 2 C s \sqrt{\tau_{PS}}$$

v ... střížná mezera (1/2 střížné vůle) [mm]

c ... koeficient (0,005 – 0,025), nižší hodnota pro lepší střížnou plochu, vyšší pro minimální střížnou sílu

s ... tloušťka plechu [mm]

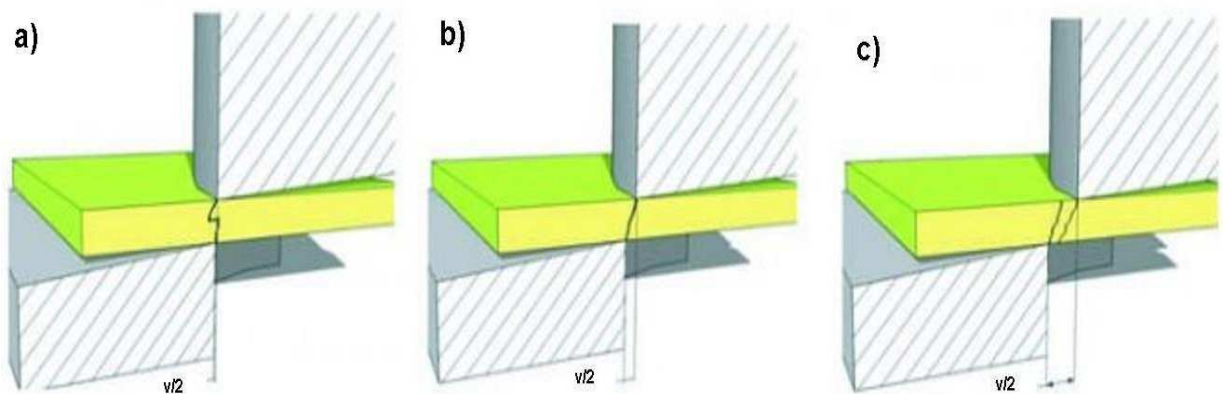
$\tau_{PS}$  ... pevnost ve stříhu [Mpa]

Přibližnou velikost střížné vůle je možné odečíst z následující tabulky.

Tab. 2. Střížná vůle [5]

Materiál	Střížná vůle $v$ (%)	
	do 2,5 mm	2,5÷6 mm
ocel měkká	5	7-8
ocel středně tvrdá	6	6÷8
ocel tvrdá	7÷9	7÷10
hliník	4÷7	5÷9
dural	7÷8	7÷10
měď měkká	4÷5	5÷6
měď polo-tvrdá a tvrdá	6÷7	6÷7
mosaz měkká	4÷5	4÷6
mosaz polo-tvrdá a tvrdá	5÷6	5÷7
papír, lepenka	2÷3	3
fibr, textil	2÷4	-

Při normální vůli se nástřihy od obou střížných prvků setkají a vytvoří ve střížné ploše jednu plochu bez ostřiny neboli trhliny iniciované střížníkem i střížnicí se setkají v témže místě (obr. 6b). Při malé nebo velké vůli se trhliny míjejí a utvoří nerovný povrch v ploše stříhu, což vede ke zhoršení kvality střížné plochy (obr. 6a, 6c).



Obr. 6. Střížné vůle [7]

### 1.2.6 Střížný odpor

Střížný odpor je vlastnost stříhaného materiálu odolávat proti svému oddělení. Je závislý na mnoha činitelích, např. na mechanických vlastnostech. Je dokázáno, že s rostoucí mezí pevnosti a klesající tvárností střížný odpor roste. Z toho je tedy zřejmé, že pro stříhání jsou nejvhodnější materiály s nižší hodnotou meze pevnosti, vyšší hodnotou tvárnosti a tudíž menším střížným odporem. Také s rostoucí tloušťkou stříhaného materiálu a s rostoucí velikostí křivky stříhu a její pravidelnosti se střížný odpor zmenšuje. Velký vliv má také střížná vůle. Nejmenšího střížného odporu dosáhneme při optimální volbě střížné vůle pro každý materiál a jeho tloušťku. Střížný odpor je také závislý na rychlosti stříhání, velikosti tření, mazání, chlazení, stavu střížných hran nástroje a na mnoha jiných faktorech. [5]

Tab. 3. Střížné odpory vybraných ocelí [5]

Druh oceli	ČSN	Pevnost ve stříhu-střížný odpor $k_s$ [Mpa]
Uhlíkové obvyklé jakosti	10 340	280÷360
	10 370	320÷400
	10 422	360÷450
	11 500	440÷530
Uhlíkové s nízkým obsahem uhlíku	11 301.21	240÷340
	11 321.2	240÷330
	11 321.9	240÷330
Uhlíkové tvářené za studena	11 340.22	290÷400
	11 340.24	400÷520
	11 341.20	240÷340
	11 341.21	260÷360
Uhlíkové ušlechtilé	12 000.20	700
	12 020.20	330÷440
	12 041.20	390÷520
	12 060.1	min. 540
	12 071.20	480÷600
Slitinové ušlechtilé	13 180.20	700
	14 160.0	820
	14 220.30	560
Nerezové oceli	17 021.2	470
	17 041.21	600
	17 246.1	560

Tab. 4. Střížné odpory neželezných kovů [5]

Materiál	ČSN	Pevnost ve stříhu-střížný odpor $k_s$ [Mpa]
Slitiny hliníku	42 4057.1	50÷70
	42 4432.1	60÷80
	42 4412.1	110÷120
	42 4412.2	140÷150
Mosaz	42 3212.1	260
	42 3213.3	340
	42 3222.3	360
	42 3256.4	500
Bronz	42 3016.1	300
	42 3035.1	260
	42 3035.4	560
Měď	42 3001.1	180
	42 3003.3	260
	42 3005.1	180
	42 3005.3	270
	42 3058.4	350

Tab. 5. Střížné odpory ostatních materiálů [5]

Materiál	Pevnost ve stříhu-střížný odpor $k_s$ [Mpa]
tvrdý papír	25÷40
lepenka	30÷60
pertinax	70÷80
tvrzené tkaniny	80÷150
pryž	6÷10
kůže	54

### 1.2.7 Kvalita střížné plochy

Výsledná kvalita povrchu stříhu při běžném způsobu stříhání není příliš dobrá. Vzniká mírně zkosená plocha stříhu s drsným povrchem a vytaženou ostřinou. Výška ostřin závisí na stavu střížníku i střížnice a zda stříháme bez maziva nebo materiál mažeme. V průběhu

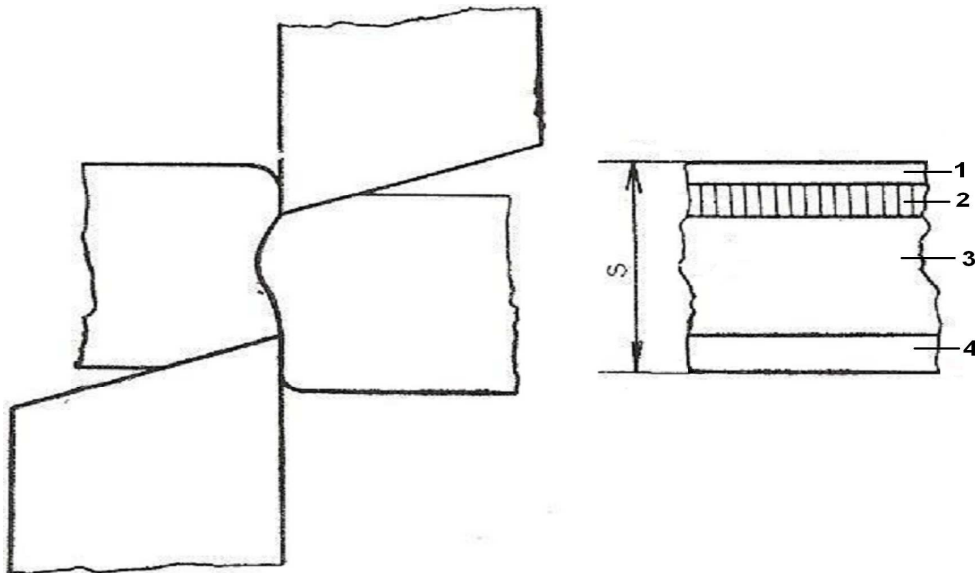


stříhání se trhliny, postupující od střížných hran střížnice a střížníku, setkávají uprostřed děleného materiálu a vytvoří střížnou plochu.

Střížná plocha je vytvořena obecně čtyřmi vrstvami.

1. vrstva zaoblení vstupní hrany plechu
2. vrstva zatlačení nože do vzniku trhliny
3. vrstva vlastní střížné plochy
4. vrstva odtažení

Znázornění střížné plochy a jejích vrstev je na následujícím obrázku č. 7., kde „s“ je tloušťka plechu.



Obr. 7. Vrstvy střížné plochy [8]

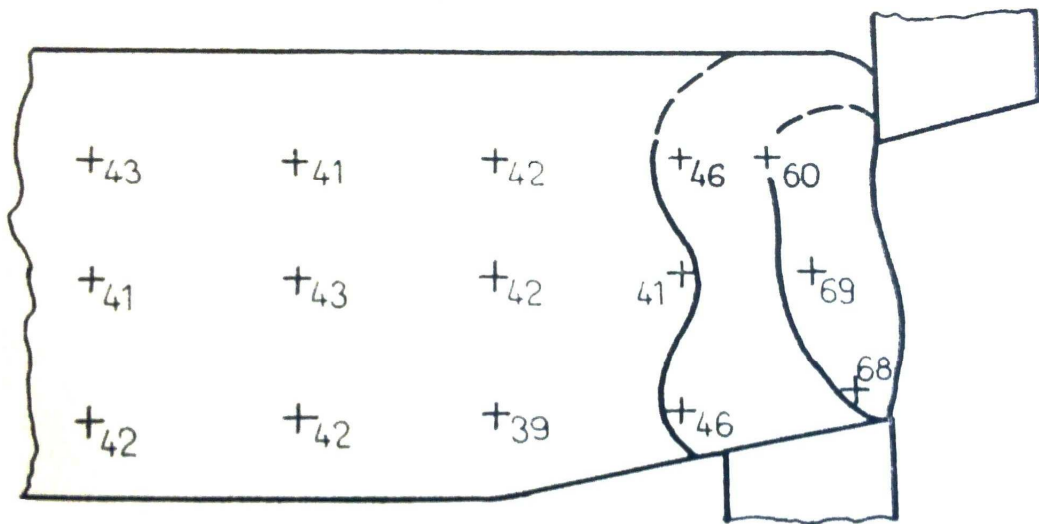
Např. u ocelového plechu ČSN 11 370.11 tloušťky  $s = 20,6$  mm, bylo naměřeno [5, 8]:

1. vrstva 6 % s,
2. vrstva 10 % s,
3. vrstva 80 % s,
4. vrstva 4 % s.

Jelikož 3. vrstva tvoří u běžného stříhu 80 % střížné plochy, je pro posouzení kvality střížné plochy charakteristická. [8]

Při vystříhování se obvykle dosáhne drsnosti  $Ra = 3,2$  až  $6,3$  a při ostříhování a děrování  $Ra = 2,5$  až  $6,3$ .

V okolí střížné plochy se stříhaný materiál trvale deformuje. Proto zde úměrně se stupněm deformace musí dojít i ke zpevnění a ke snížení tvárnosti. Maximální hodnoty přetvoření bylo dosaženo v těsné blízkosti střížné plochy, tj. plochy, v níž se od sebe stříhané části oddělily. [5, 8]



Obr. 8. Rozložení zpevnění v okolí střížné plochy [8]

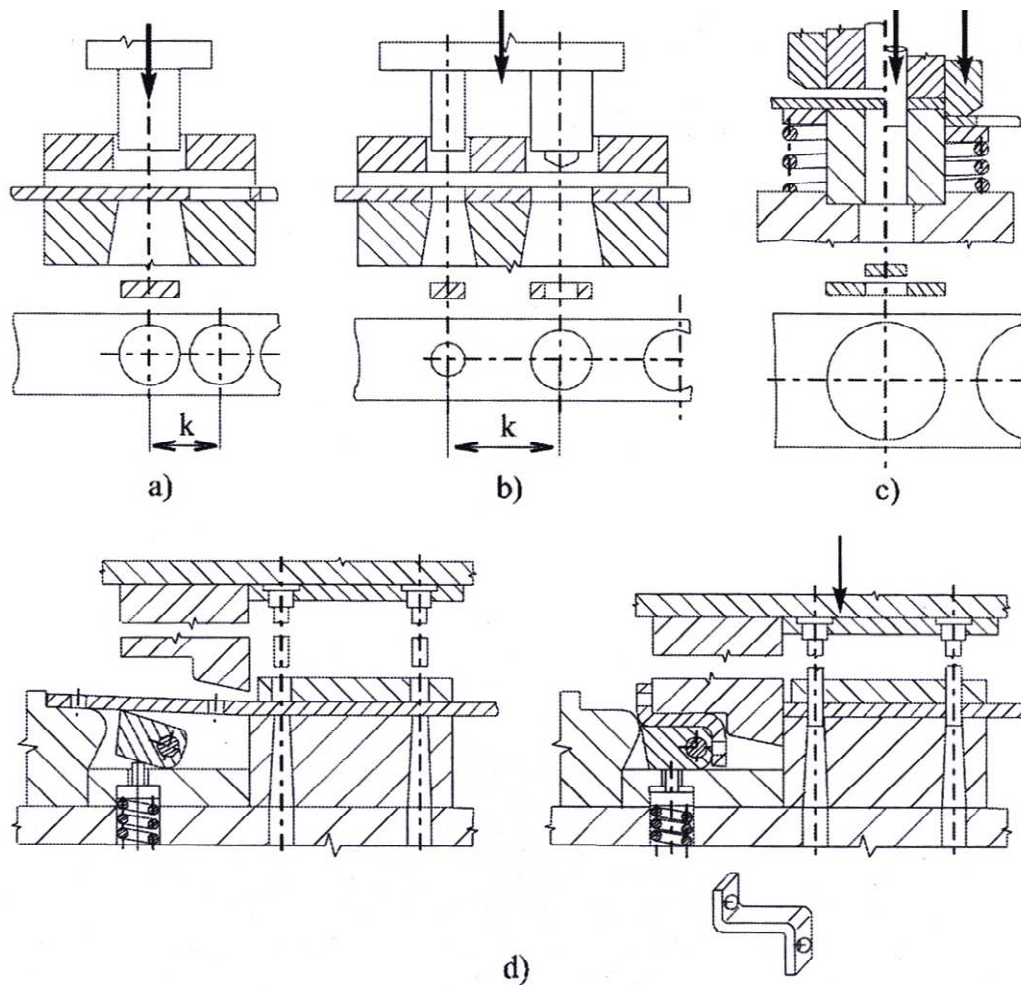
## 2 STŘIŽNÉ NÁSTROJE

### 2.1 Rozdělení střížných nástrojů

Nástroje, které se používají pro stříhání, se nazývají střížné nástroje resp. řezy. Tyto nástroje mohou mít nejrůznější konstrukci, podle níž se dá poznat, jaký materiál se pravděpodobně stříhá, jakou má stříhaný materiál tloušťku, atd. [9]

Podle počtu pracovních úkonů, které střížný nástroj vykoná během jednoho zdvihu, členíme nástroje na:

- Jednoduché – určené k vykonání jednoho pracovního úkonu. Na jednoduchých nástrojích se vystřihují výstřižky poměrně jednoduchého tvaru např. blokový nástroj či drážkový řez.
- Postupové – pro vykonání dvou či více pracovních úkonů stejného druhu za sebou. Výstřižek se vytvoří postupně, tj. na různých místech jednoho nástroje. V průběhu vystřihování je poloha plechu při každém kroku vymezená tzv. koncovým dorazem.
- Sloučené – na vytvoření výstřižku na jeden zdvih, při kterém se současně vykoná několik pracovních úkonů (např. děrování a stříhání obvodu). Výstřižek je vytvořen v jedné poloze materiálu.
- Sdružené – v tomto nástroji (postupovém či sloučeném) vykonáme několik pracovních úkonů různého druhu (např. vystřihování a tažení, vystřihování a ohýbání apod.). [1]



Obr. 9. Druhy nástrojů [1]

a) jednoduché, b) postupové, c) sloučené, d) sdužené

## 2.2 Složení střížných nástrojů

Pro zhotovení plně funkčního střížného nástroje je potřeba zhotovit mnoho součástí, jako jsou:

- Střížníky
- Střížnice
- Desky (kotevní, základové, vodící, stírací, vyhazovací...)
- Vodící lišty
- Vodící pouzdra
- Vodící čepy
- Upínací lišty
- Dorazy

- Hledáčky
- Pružiny
- Ostatní drobné součásti

### 2.2.1 Střížníky

U střížných nástrojů je možné se setkat se střížníky různých konstrukcí. Všechny by však měly splňovat několik základních předpokladů, které jsou nutné k výrobě kvalitních výstřižků.[9]

Jsou to:

- Tuhost
- Kolmé upevnění
- Odolnost proti bočním i stíracím silám
- Neotupené ostří

Pokud je na nástroji několik střížníků různých průřezů, měly by být střížníky většího průřezu asi o 0,4 násobek tloušťky stříhaného materiálu delší než střížníky menšího průřezu. Touto úpravou se zabrání zlomení střížníků malého průřezu, ke kterému by došlo pružnou deformací materiálu při vnikání střížníku většího průřezu. Což se v praxi u složitějších nástrojů neděje z důvodu komplikovaného ostření střížných částí. [9]

### 2.2.2 Střížnice

Je to nejnákladnější část střížného nástroje, jelikož střížný otvor vyžaduje precizní vypracování. Hlavní střížný otvor, děrující a pomocné otvory mají být rozděleny tak, aby žádný

okraj střížnice nebyl zvláště zeslaben. Tloušťka střížnic se pohybuje zpravidla mezi 18 až 30

mm. Většinou se střížnice zhotovují tak, že střížný otvor sahá jen do nějaké hloubky a poté je opatřen úkosem. Hloubka, do jaké sahá střížný otvor je závislá na tloušťce materiálu.

Do tloušťky plechu 0,5 mm se volí od 3 do 5 mm, pro plech do tloušťky do 5 mm se volí od

5 do 10 mm, pro plech do tloušťky 10 mm se volí od 10 do 15 mm. Tato úprava má tu

výhodu, že i při častém přebušování střížnice neztratí výstřižek rozměrovou přesnost. [9]

### 2.2.3 Desky

Střížný nástroj se skládá z mnoha desek. Desky se dělí dle funkce, kterou ve střížném nástroji zastávají na :

- Vodící deska

Vodící deska má za úkol vést střížníky přesně na místo stříhu. Navíc napomáhá dlouhým a tenkým střížníkům aby, nebyly namáhány na vzpěr. Nástroj je naváděn do správného stříhu pomocí vodících sloupků a vodících pouzder, které jsou součástí vodících desek.



Obr. 10. Vodící desky z karbonu[7]

- Základová deska

Tato deska je nejspodnější deskou na střížném nástroji. V této desce je přichycena kotevní deska. Tato deska není nijak výrazně zatížena, tudíž není třeba ji vyrábět např. z nástrojové oceli.

- Kotevní deska

V této desce jsou upevněny střížné části.

- Opěrná deska

O tuto desku mohou být opřeny například střížníky (v horní části nástroje), nebo střížnice (v dolní části nástroje). Tuto desku je vhodné vyrábět z materiálů, které mají větší tvrdost již za přírodního stavu, nebo jsou tepelně zpracovatelné.

- Stírací deska (resp. stěrač)

Tato deska stírá-přemísťuje vylisek mimo prostor střížných částí.

#### 2.2.4 Vodící a naváděcí prvky

- Vodící lišty

Vodící lišty, které jsou pevně uchyceny na nástroji a mají funkci vést pás plechu ve střižném nástroji.

- Vodící pouzdra

Vodící pouzdra jsou součásti, jejichž funkcí je vést vodící čep. Ten musí být veden velmi přesně, protože všechny funkční rozměry s ním jsou svázány. Vodící pouzdra se vyrábí např. z cementační oceli ČSN 14 220. Vodící pouzdra je vhodné mazat, proto mohou být v díře opatřeny zápichem, který je naplněn mazacím médiem. Výrobou těchto prvků se zabývá spousta firem. V dnešní době je snaha co nejvíce součástí nakoupit od výrobců, jelikož je to většinou ekonomicky a technologicky výhodnější.

- Vodící čepy

Mají za úkol co nejpřesněji vést např. horní část nástroje k dolní části. Tyto prvky taktéž vyrábí spousta specializovaných firem.

- Upínací lišty

Upínací lišta je prvek, jímž je střižný nástroj připevněn k pracovnímu stroji (lisu). Většina lišt je normalizovaná.

- Dorazy

Posouvání pásu plechu je v nástroji omezováno pomocí dorazů. V malosériové výrobě se jako doraz nejčastěji používá kolíku zalisovaného ve střižnici, který vyčnívá asi o polovinu tloušťky stříhaného materiálu, nejméně však 1,5 mm. Dále se používá různých dorazů mechanických. Dorazy by měly být konstrukčně jednoduché bezpečné a snadno ovladatelné.

- Hledáčky

Hledáčky se musí do střižného nástroje zakomponovat zejména, když se vyžaduje přesné vystředění pásu. Ve většině případů se používají hledáčky středící pás pomocí otvorů, které se vystříhnou v předchozím kroku. U silnějších materiálů, kde nehrozí deformace způsobené středěním pásu se středí obvykle přímo do otvoru v součásti. U výrobků, kde nejsou otvory, se otvor pro hledáček stříhá do odpadové části. Tento způsob středění se nazývá středění nepřímé.

- Pružiny

Pružin se u střížných nástrojů využívá zejména k vyvození stírací síly. Ta je nutná k vytažení střížníku, který ulpěl ve stříhaném materiálu. Dále mají také funkci vrátit nástroj zpět do výchozí polohy a připravit ho tak pro další stříh. Používají se jak pružiny vinuté, tak pružiny pryžové.

### 2.3 Materiály střížných nástrojů

Volba správného druhu materiálu pro součásti nástrojů je vyjádřena způsobem a velikostí namáhání, předpokládaným tvarem a technologií výroby. V současné době vývoj všeobecně směřuje k používání pokud možno nejmenších rozměrů, s velmi dobrými vlastnostmi zvoleného materiálu. Tento směr však nemusí být technicky, technologicky a ekonomicky nejvhodnější.

Pro výrobu střížných nástrojů se používají slitiny, oceli a slinuté kovy. Nejčastěji se používají oceli a to jak nástrojové, tak konstrukční.

Použití nástrojových ocelí je odůvodněno příznivou cenou, dobrou obrobiteľností a relativně snadnou dostupností.

U konstrukčních ocelí jsou rozhodující vlastnosti a to zejména mechanické, méně již fyzikální a chemické. Konstrukční oceli se používají především na nefunkční díly. [5]

#### 2.3.1 Členění ocelí a jejich vlastností

Podle účelu členíme vhodnost využití nástrojových materiálů do následujících skupin:

- Oceli nelegované
- Oceli legované, vhodné pro práci za studena
- Oceli legované, vhodné pro práci za tepla
- Oceli rychlořezné

Pro práci za studena jsou určeny legované a nelegované oceli, u kterých se během provozu povrchová teplota nástroje pohybuje kolem 20°C. Pro práci za tepla jsou určeny legované oceli, u kterých se povrch nástroje během provozu ohřeje nad 200°C. Rychlořezné oceli jsou oceli, které na základě svého chemického složení mají vysokou teplotu popouštění a



vysokou tvrdost za tepla a mohou být použity k výrobě nástrojů pro třískové obrábění i pro tváření. [10]

Členění podle způsobu výroby [10]:

- konvenčně vyráběné (včetně přetavovaných)
- vyráběné metodou práškové metalurgie

Vlastnosti nástrojových ocelí důležité z hlediska konstrukce nástrojů:

- Houževnatost

Závisí zejména na matici a množství, morfologii a velikosti karbidů a na přítomnosti vměstků, případně výrobních vad. Nežádoucí je zejména vyloučení karbidů ve formě síťoví u litých ocelí a výrazná karbidická řádkovitost u tvářených ocelí.

- Tvrdost

Je závislá především na obsahu uhlíku a na tepelném zpracování. Vysoké tvrdosti se dosahuje kalením a popouštěním na nízké teploty. U legovaných ocelí lze zvýšit tvrdost přísadou prvků, které tvoří s uhlíkem teplotně stabilní karbidy, zejména přísadou Cr, V, W, Mo příp. Ti.

- Mechanické vlastnosti (v tahu, tlaku a ohybu)
- Únavová pevnost
- Otěruvzdornost
- Mechanické vlastnosti za zvýšených teplot (odolnost proti popuštění)
- Korozivzdornost

V následující tabulce je přehled použití konstrukčních ocelí při výrobě nástrojů. [5]

Tab. 6. Využití konstrukčních ocelí ve střižných nástrojích [5]

OCEL		VHODNOST POUŽITÍ	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ TVRDOST (HRC)
Typ	Označení		
Neušlechtilé	11 107, 11 110	Na drobné součásti	
	11 340, 11 370	Pro méně namáhané součásti, opěrné desky	

	11 373, 11 353, 11 523	Pro svařování konstrukčních dílů nástrojů		
	11 500, 11 600	Pro klíny, pera, upínací a kotevní desky		
Zušlechťovat elné	12 060, 12 061	Stírače, stopky, opěrné vlož- ky	Zušlechťeno	50÷58
	12 040, 12 090, 13 180	Šroubové, talířové, listové pružiny		43÷48
	14 260, 15 260	Talířové, nejnamáhavější pružinové součásti		45÷46
	42 6450.2	Pružiny	Popuštěno	
Oceli cementační	12 010, 12 020	Součásti vodících mecha- nismů, sloupky, pouzdra	Cementován o	60÷62
	14 210, 14 220	Součásti s velmi tvrdou ce- mentační vrstvou		61÷63

### 2.3.2 Příklady často používaných nástrojových ocelí

19 083 – W.Nr. 1.1730: Svým složením se velmi podobá materiálu 12050, nicméně je zde odlišný způsob výroby, který snižuje množství vměstků ve struktuře a je tedy vhodnější pro nástrojařské účely využít tuto jakost. Jedná se o materiál houževnatý, dobře obrobitelný ve vyžíhaném stavu a také o materiál, který velmi dobře odolává vzniku trhlin po kalení. Tento materiál se také vyznačuje malou prokalitelností. Používá se zejména na výrobu rámců forem.

19 312 – W.Nr. 1.2842: Mangan-chrom-vanadová ocel, která má široké uplatnění zejména z důvodu velmi dobré rozměrové stálosti a také díky poměrně nízké prodejní ceně materiálu.

19 421 – W.Nr. 1.2210: Chrom-vanadová ocel, která vyniká poměrně dobrou houževnatostí při vysoké tvrdosti. Navíc má velmi dobrou odolnost vůči opotřebení a je tedy vhodná pro celou řadu aplikací. Ve výrobě forem se uplatňuje zejména při výrobě vyhazovačů, nebo jader.

19 436 – W.Nr. 1.2080: Vysoce legovaná chromová ocel s velkou prokalitelností ke kalení v oleji a na vzduchu, zvláště vysoká odolnost proti opotřebení jak kovovými tak minerálními látkami, dobrá řezivost, velmi vysoká pevnost v tlaku, značně nízká houževnatost zejména v příčném směru, výrazná karbidická řádkovitost. Tato ocel vykazuje dobrou stá-

lost rozměrů při tepelném zpracování, avšak změna rozměrů je větší než u oceli 1.2842. Ocel je citlivá na rychlý a nestejný ohřev, vhodná ke kalení na sekundární tvrdost (možnost nitridování). Dále se ocel velmi obtížně brousí, obtížně tváří za tepla a má poněkud ztíženou obrobiteľnost v žíhaném stavu. Díky vysokému obsahu chromu má tato ocel i vysokou ošetrivost a je tedy vhodná pro místa největšího opotřebení forem (např. tam kde se náhle mění směr toku plastické hmoty).

19 554 – W.Nr. 1.2344: Chrom – molybden – vanadová ocel ke kalení v oleji a na vzduchu s velmi dobrou prokalitelností (ocel se prokaluje v celém průřezu asi do průměru 150 mm), vysokou pevností za tepla a odolností proti popuštění i ošetrě (větší než u oceli 1.2343), velmi dobrou houževnatostí a plastickými vlastnostmi při normálních i zvýšených teplotách. Dále ocel vykazuje velmi dobrou odolnost proti vzniku trhlinek tepelné únavy (menší než u oceli 1.2343) a větší citlivost na prudké změny teplot než u oceli 1.2343. Ocel je vhodná pro tepelné zpracování i na pevnosti přes  $1765 \text{ N/mm}^2$ , a na nástroje chlazené vodou. Je dobře tvárná za tepla a dobře obrobiteľná ve stavu žíhaném na měkko. Oproti materiálu 1.2343 nabízí nižší houževnatost.

19 614 – W.Nr. 1.2718: Chrom – niklová ocel, velmi houževnatá s vysokou pevností v tlaku. Využívá se zejména při výrobě namáhaných razidel pro výrobu mincí, součástí hodinek atd. Při výrobě forem ji uplatňujeme pro mechanicky velmi namáhané součásti.

19 663 – W.Nr. 1.2714: Nikl-chrom-molybden-vanadová ocel s dobrou prokalitelností v praxi využívána zejména pro výrobu kovacího nářadí díky odolnosti vůči prudkým změnám teplot a tepelné únavě. Pro výrobu vstřikovacích forem se tento materiál osvědčil jako vhodný u rozměrově větších tvárnků, které se kalí na vzduchu.

Tab. 7. Příklad značení ocelí dle výrobců

ČSN	POLDI	TŘINEC	WNR	DIN	BOEHLER	AISI
11 373		37 BS-P	1.0036	USt 37-2		
11 523		52 BS	1.057	St 52-3		
12 020 VAR		C 15	1.1141	Ck 15		1017
12 060	W5	C 55	1.1203	Ck 55		1055
17 030						
19 083	T6H EXTRA	T 45 MN	1.173	C 45 W	K 945	
19 312	STABIL	80 MN 2 V	I.42	90 MnCrV 8	K 720 SA	O 2

19 313	STAEIL SPECIAL		I.42	90 MnCrV 8	K 720	O 2
19 421	DS SPECIAL		1.221	115 CrV 3	K 510	L 2
19 436	2002		1.208	X 210 Cr 12	K 100	D 3
19 452	SC	T 60 C	1.2101		K 243	
19 552	TLH	37CR5MOV	I.43	X 38 CrMoV 5 1	W 300	H 11
19 554	TLI		I.44	X 40 CrMoV 5 1	W 302	H 13
19 614	CNH SPECIAL		I.18	55 NiCr 10	K 609	
19 655	CNB		I.67	X 45 NiCrMo 4	W504	
19 663	TBM EXTRA 1		I.14	56 NiCrMoV 7	W 500	

### 2.3.3 Konvenční výroba ocelí

Surové železo vyrobené ve vysokých pecích má poměrně vysoký obsah uhlíku a dalších nežádoucích látek – křemíku, síry, fosforu, kyslíku, dusíku a vodíku. Zejména uhlík způsobuje, že surové železo je křehké a nedá se zpracovávat kováním a tažením. Proto se prakticky všechno surové železo dále upravuje tak, aby získalo požadované mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti. Tato úprava pomocí změny chemického složení, tváření a tepelného zpracování ústí v pestrou paletu vyráběných ocelí.

Výroba ocelí roztavením surového železa a dalšími procesy se provádí v metalurgických zařízeních několika typů. Nejstarším z nich jsou konvertory (Thomasův a Bessemerův), do kterých jako vsázka slouží tekuté surové železo a oxidace je zajištěna foukáním vzduchu otvory ve dně. Jejich nevýhodou byla omezená možnost zpracování recyklovaného železného odpadu – šrotu. Inovaci představovaly Siemens-Martinské pece, kde využití odpadního tepla k předehřívání topného plynu a vzduchu umožnilo dosáhnout teplot nad 1600 °C. Modernější metodou výroby ocelí jsou LD konvertory, do kterých je místo vzduchu vháněn kyslík tryskami svrchu skrz strusku. Na zpracování většího množství ocelového šrotu jsou určeny obloukové pece, kde jako zdroj tepla slouží elektrický oblouk mezi grafitovými elektrodami a vsázkou. Využívají se ale i metody mimopecního zpracování oceli v pánvích za atmosférického tlaku nebo částečného vakua



Obr. 11. Elektrická oblouková pec [12]

Existuje několik možností snižování koncentrace nežádoucích látek při výrobě ocelí. První z nich je jejich oxidace kyslíkem, který je vháněn do roztaveného železa. Oxidací je odstraňován zejména uhlík, který přechází do plynné formy:



Vznikající pevné a kapalné oxidy dalších prvků se rozpouštějí ve strusce. Pro vyvázání určitých prvků se používají buď tzv. zásadité strusky s převahou oxidu vápenatého, nebo tzv. kyselé strusky na bázi  $\text{SiO}_2$ . Strusky jsou za vysokých teplot poměrně reaktivní, takže se jejich složení musí přizpůsobit i chemismus žáruvzdorné vyzdívky.

Druhou možností odstranění nežádoucích látek (plynů) z ocelí je snížit jejich parciální tlak v atmosféře. Dmýcháním inertních plynů (argon, dusík) nad taveninu nebo tavením v částečném vakuu se odstraňuje vodík, dusík a prvky s nízkou teplotou varu. Snížení obsahu kyslíku na řádově desítitisíciny procenta se provádí přidáním prvků, které mají v tavenině vyšší afinitu ke kyslíku než železo. Jako deoxidační činidla se používají hliník, křemík, mangan, které na sebe navážou kyslík a pak přejdou do strusky. Modernější metody deoxidace jsou použití prvků vzácných zemin, které se v tekutém železe intenzivně slučují s kyslíkem a tvoří stabilní oxidy, případně vyloučení plynů z taveniny pomocí vakua.

Deoxidovaná ocel se dále metalurgicky zpracovává. Přejdem do strusky nebo vazbou na stabilní sulfidy (Mg, Ce, La aj.) se snižuje se obsah síry. V průběhu celé tavby zároveň probíhá legování oceli – jsou přidávány prvky, které upravují a zlepšují výsledné vlastnosti oceli. Prvky s nižší afinitou ke kyslíku než železo (Ni, Mo, W) se přidávají už před oxidačními procesy, protože nemůže dojít k jejich vyvázání a lépe se v tavenině promísí. Naopak prvky s vyšší afinitou ke kyslíku, jako jsou Mn, Cr, V, Si, Al, Nb a Ti se přidávají až v závěru tavby nebo po odpichu do pánve, aby jejich ztráty oxidací byly co nejmenší. [11]

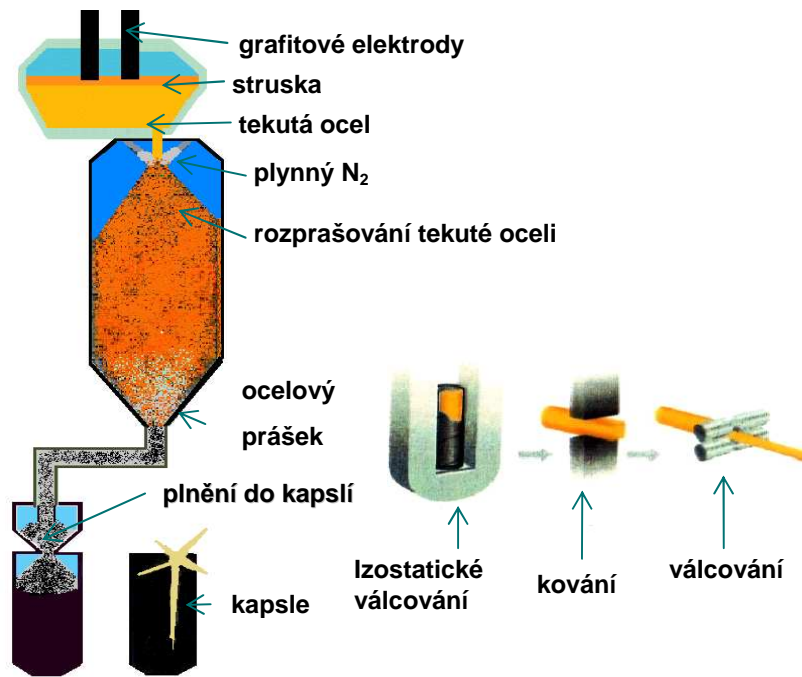
#### 2.3.4 Výroba ocelí práškovou metalurgií

Oceli vyráběné práškovou metalurgií jsou jedním z výsledků vývoje nástrojových ocelí, který probíhá prakticky již od počátku průmyslové historie lidstva. Tvrdší, houževnatější, odolnější proti otěru – požadavky na nástrojové materiály stoupaly se zvyšující se komplexitou komponentů, které byly s pomocí nástrojů vyráběny.

V dřívějších dobách byla v popředí především snaha o zvýšení odolnosti proti otěru. Tato tendence však velmi rychle narazila na hranice, dané při konvenční výrobě oceli fyzikálními okrajovými podmínkami. Zvýšená tvorba hrubě jehlovitých karbidických struktur s jejich špatnou tvařitelností při kování, výrazně sníženou houževnatostí a zvýšenými problémy při třískovém obrábění znamenají pro technickou využitelnost ocelí s obsahem uhlíku pohybujícím se v oblasti 2,15% citelná ohraničení. Teprve s rozvojem práškové metalurgie a její aplikací pro výrobu nástrojových materiálů začátkem sedmdesátých let minulého století mohla být tato bariéra prolomena.

Vysoce čistá tekutá ocel je rozprašována dusíkem, tedy bez přístupu atmosféry, na velmi jemné částičky za podmínek extrémně vysokých rychlostí ochlazování. Vzniklý prášek padá dolů, je při tom ochlazován, následně prosíván a ve vakuu plněn do kapslí. Následuje isostatické lisování za tepla (HIP – Hot Isostatic Pressing) při tlaku okolo 1000 bar a teplotě 1200°C. V místech dotyku částic kovového prášku vznikají za těchto podmínek nová spojení a z vysoce čistého kovového prášku tak vzniká produkt s homogenní strukturou a zcela isotropními vlastnostmi. Následné kování a válcování zajistí, že konečný produkt je bez pórů a má velmi jemnou karbidickou strukturu (velikost karbidů cca. 3÷5μm). Tyto konečné produkty mohou být ve formě drátů, tyčí, plechů nebo profilů. Tváření za tepla má také za následek výrazné zvýšení houževnatosti.

Tyto nákladné výrobní procesy umožňují v současnosti vyrábět slitiny s obsahem až 3,4% uhlíku a celkovým obsahem legujících prvků až 39%. Potenciál jejich výkonnosti je již srovnatelný s houževnatými druhy slinutých karbidů.



Obr. 12. Schéma výroby oceli práškovou metalurgií [11]

Paralelně s vývojem materiálů se stále vyšší otěruvzdorností (přísadami karbidotvorných prvků, které odolnost proti otěru zvyšují – speciálně vanadu) jsou práškovou metalurgií ve stále větší míře vyráběny i slitiny, které by bylo možno vyrobit konvenční metalurgií. Důvodem jsou i zde zvýšené požadavky výrobců nástrojů.

Homogenní struktura práškových kovů bez makroskopických defektů jako jsou lunkry, struskové vměstky a karbidická řádkovitost zaručují oproti svým konvenčním protějškům optimální vlastnosti při třískovém obrábění s vysokými úběry, jakož i nejvyšší jakosti povrchu po elektroerosivním obrábění nebo mechanickém leštění.

Objemové změny při tepelném zpracování jsou díky kvaziizotropním vlastnostem struktury ve všech směrech rovnoměrné a pozitivní. Za předpokladu dodržení doporučených parametrů jsou změny tvaru a rozměru tepelně zpracovaného dílce nepatrné. V konečném efektu to

pro výrobce nástrojů znamená významné snížení nákladů z důvodu menšího rozsahu dokončovacích operací hotového nástroje.

Uživatel naproti tomu získává nástroj, který na základě svého vysoce jakostního provedení vykazuje buďto vysokou bezpečnost proti lomům při stejném složení legur nebo zvýšenou odolnost proti otěru při stejné houževnatosti. Navíc se velmi kvalitní povrch s homogenní strukturou výtečně hodí pro následné povlakování. [11]

### 2.3.5 Tepelné zpracování a chemicko-tepelné zpracování

Pro získání odpovídajících mechanických vlastností, jako je především vysoká povrchová tvrdost oceli, je nutné materiál tepelně zpracovat.

- Žihání

Společným znakem četných způsobů žihání je snaha po dosažení struktur tvořených rovnovážnými fázemi. Pro žihání je charakteristická malá ochlazovací rychlost, zpravidla ne vyšší než odpovídá ochlazování na klidném vzduchu.

Nejčtenějšími cíli žihání jsou vytvoření homogenní a jemnozrnné struktury o dobré tvárnosti, houževnatosti a často i obrobitelnosti. Vhodným režimem žihání lze potlačit chemickou heterogenitu, odstranit nežádoucí prvky a snížit úroveň vnitřních pnutí.

- Kalení

Ohřevem oceli na požadovanou teplotu a rychlým ochlazováním, dosáhneme přeměny struktury materiálu na ocel s vysokým zastoupením martenzitu. Právě martenzitická struktura a stupeň přeměny na ni je důležitým aspektem výsledné tvrdosti. Ohřev a ochlazování materiálu se děje dle ARA, nebo IRA diagramu, který je dostupný pro každou nástrojovou a konstrukční ocel vhodnou pro kalení.

V případě kalení je třeba uvažovat, že v důsledku teplotní změny a zejména rozdílného objemu zbytkového austenitu a martenzitu ve struktuře dochází k rozměrovým změnám. Z tohoto důvodu, při výrobě různých částí střížného nástroje, se doporučuje materiál předhrubovat ve vyžíhaném stavu s přídatkem na dokončovací operace, které se provádějí až po kalení. Pokud se jedná o choulostivý díl a z technologického, resp. konstrukčního hlediska zde chceme minimalizovat deformace po kalení, přistoupíme k technologii kryogenního kalení, která odstraňuje, v důsledku velmi nízkých teplot, zbytkový austenit. [10, 12]



- Popouštění

To je ohřev na danou teplotu, výdrž a ochlazení. První operací je ohřev oceli na teplotu nad níž probíhá přeměna feriticko-perlitické struktury na austenit, austenitizace. Jednotlivá stádia austenitizace jsou: přeměna feritu na austenit, rozpouštění cementitu v austenitu a homogenizace austenitu. Na austenitizaci má vliv jak výchozí stav struktury, tak složení oceli. Jemná struktura urychluje austenitizaci, zatímco hrubá struktura jí zpomaluje. Rostoucí obsah uhlíku do eutektoidní koncentrace a nekarbidotvorné prvky urychlují austenitizaci, karbidotvorné prvky austenitizaci zpomalují.

- Zušlechťování

Pro dosažení vhodné struktury a vlastností materiálu se nejčastěji využívá zušlechťování. Proces zušlechťování se skládá z kalení a popouštění. [10, 12]

Chemicko-tepelným zpracováním rozumíme nasycování povrchu ocelí prvky, které zkvalitňují povrchové vlastnosti nezávisle na jádru. Nejčastěji se setkáváme s cílem zvýšit tvrdost, nebo otěruvzdornost při zachování houževnaté matrice. Podle použitého prvku rozeznáváme:

- Nitridování

Nasycování povrchu dusíkem. V ocelní legovaných s přísadami Cr, Al a V vytváří dusík speciální nitridy, které jsou ve srovnání s nitridy železa stálejší a tvrdší. Vzhledem k nízké difúzní hloubce nitridované vrstvy se výrobky, po této chemicko-tepelné úpravě, pouze brousí.

- Cementování

Nasycování povrchu uhlíkem do tvrdosti až 800HV. Výrobky je nutné následně kalit a nízkoteplotně popouštět. Cementování se provádí v prostředí sytkém, kapalném a plynném.

- Nitrocementování

Nasycování povrchu dusíkem a uhlíkem v prostředí tvořeném směsí uhlovodíku a čpavku (při teplotě cca 820 ÷ 840°C po dobu 1 ÷ 2hodin). Po nitrocementování, které dosahuje hloubky 0,3 až 0,4mm, se oceli kalí a popouštějí. Tvrdost vrstvy je 700 až 800HV a je nižší jak po cementaci, která naopak trvá delší dobu.

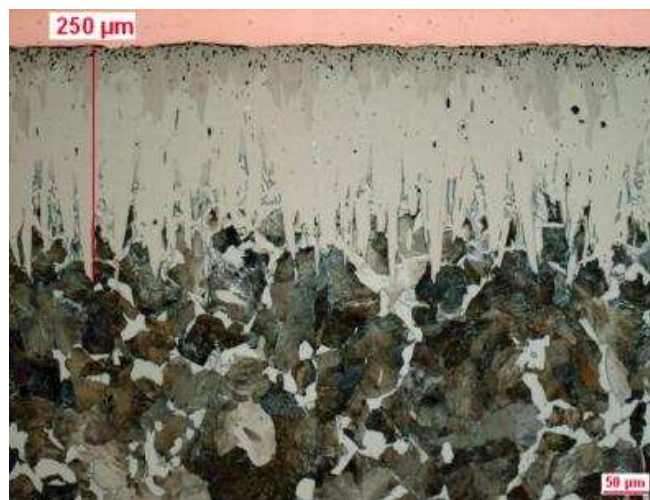
- Karbonitridování:

Nasycování povrchu dusíkem a uhlíkem v prostředí tvořeném směsí uhlovodíku a čpavku (při teplotě 600 až 630°C po dobu 4hodin). Cílem je vytvořit souvislou vrstvu karbonitridů

o tloušťce 0,05mm s tvrdostí až 1000HV. Na rozdíl od nitrocementování se výrobek dále nekalí a proto nedochází k následným deformacím.

- Boridování

Boridování přísluší stejně jako nitridování nebo nauhličování ke skupině postupů chemicko-tepelného zpracování. Nadifundovaný bór vytváří se železem velmi tvrdou sloučeninovou vrstvu, která se vyznačuje mimořádně vysokou odolností proti abrazivnímu otěru a malým sklonem k nalepování. Pro boridové vrstvy je charakteristické jejich zubové spojení se základním materiálem u nelegovaných a středně legovaných ocelí. Dosažitelná síla boridové vrstvy je závislá na teplotě, na době zpracování a na materiálu. Teoreticky se mohou boridovat veškeré železné materiály. Vývoj vrstvy závisí na stupni legování zvoleného materiálu. Při konstantních podmínkách zpracování obvykle s narůstajícím obsahem legur klesá míra zubového spojení a síla boridové vrstvy, naproti tomu se zvyšuje povrchová tvrdost. [7]



Obr. 13. Zubové spojení boridované vrstvy se základním materiálem [13]

### 2.3.6 Povlakování

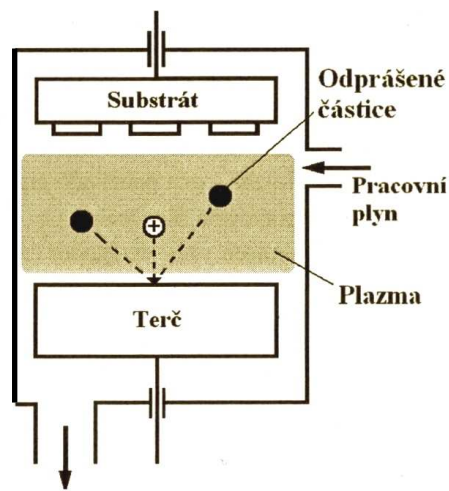
Jako jeden z nejprogresivnějšího směru, zvyšování užitkových vlastností nástrojů je v současnosti povlakování. Proti chemicko-tepelnému zpracování nabízí tyto technologie dosažení vyšších tvrdosti v mikrovrstvě na povrchu. Je třeba zdůraznit, že z hlediska přilnutí vrstvy povlaku je důležité použít materiál s jemnou strukturou.

Povlakování představuje metodu převážně slabých vrstev materiálu na matrici, která nemá požadovanou odolnost vůči otěru nebo agresivnímu chemickému prostředí. Právě Podle účelu dělíme povlaky na [14]:

- odolné vůči korozi
- odolné vůči abrazi
- jiné (povlaky od kterých je vyžadována například vysoká odrazivost, pohltivost, povlaky, které mají specifické elektrické nebo magnetické vlastnosti atd.)

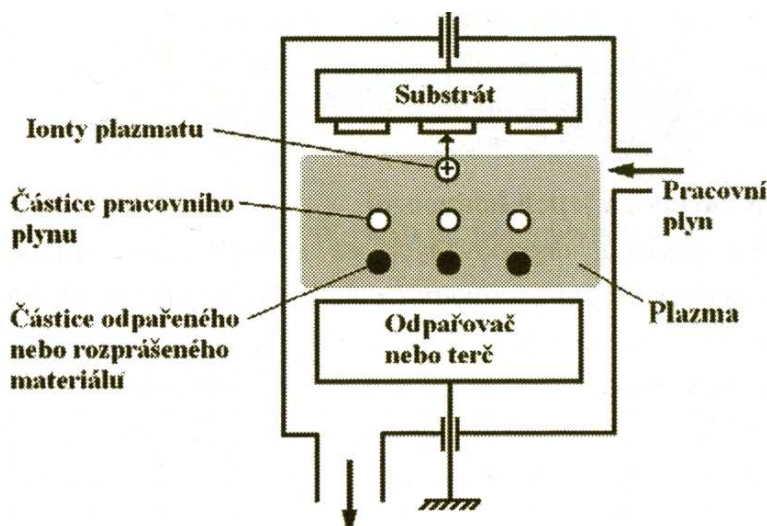
Mezi rozšířené metody v nástrojařské výrobě patří procesy probíhající ve vakuu:

- metoda PVD – reaktivní iontové plátování a reaktivní naprašování.



Obr. 14. Schéma metody naprašování [14]

- metoda CVD – reaktivní iontové plátování a disociace.



Obr. 15. Schéma metody plátování [14]

Pomocí PVD (Physical Vapour Deposition), CVD (Chemical Vapour Deposition) procesu a jejich modifikací zvyšujeme vlastnosti povrchu nástrojů. Cílem těchto povrchových

úprav je získání tvrdého otěruvzdorného povlaku, depozice vrstvy-multivrstvy, čímž dosáhneme snížení intenzity opotřebenosti nástroje a tím zvýšení jeho trvanlivosti. Zvýšení trvanlivosti nástroje vede k významné úspoře nákladu, přičemž komplexní působení povlaku v místě kontaktu nástroj – materiál dovoluje výrazně zvýšit technologické parametry výrobního procesu.

Deponované tenké vrstvy je třeba chápat jako systém, neboť vrstva pro svoji tloušťku dosahuje společně se substrátem specifických vlastností a chování. Samotné tenké vrstvy mají na rozdíl od objemového materiálu rozdílné vlastnosti a to nejen z důvodu svojí tloušťky, ale i následkem depozičních procesů, které lze označit jako nerovnovážné a iniciující vznik metastabilních fází. Pro zajištění požadovaných vlastností je nutné věnovat pozornost všem složkám tvořící daný systém. [14]

## **2.4 Měření vlastností materiálů k výrobě střížných nástrojů**

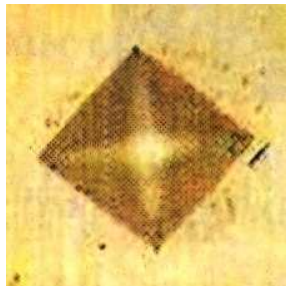
### **2.4.1 Spektrální analýza chemického složení**

Abychom dosáhli požadované kvality a životnosti nástroje, je důležité určit anebo potvrdit chemické složení materiálu. Jednou z metod, jak přesně stanovit jakost, je spektrální analýza. Analyzovaný materiál – vzorek je ojiskřován za pomoci odjiskřovací pistole. Po spuštění analýzy dojde mezi vzorkem a elektrodou umístěnou v odjiskřovací pistolí k elektrickému výboji. Tímto se vybudí jednotlivé atomy prvků obsažených ve vzorku. Tyto vybuzené atomy při návratu do rovnovážného stavu vyzařují světlo na charakteristických vlnových délkách příslušející analyzovaným prvkům. Tato světelná energie se speciálním optovodičem přivádí na vstupní štěrbinu optického systému. Průchodem štěrbinou (šířka 20 $\mu$ m) je světlo fokusováno na difrakční mřížku. Na této difrakční mřížce dochází k rozpadu světla na jednotlivé spektrální čáry s odpovídající vlnovou délkou. Takto se získá téměř lineární spektrum. Vzorek nesmí mít zakřivenou plochu v místě měření a musí být opracovaný (frézovaný nebo broušený), aby nedocházelo k uvolňování vzduchu nebo vlhkosti.

### 2.4.2 Měření tvrdosti metodou Vickers

Další důležité vlastnosti nástroje (zejména jeho střížných částí) je tvrdost. Tvrdost můžeme definovat jako schopnost odolávat vniknutí cizího tělesa. Rozeznáváme několik typů měření (mimo metody Vickers také metoda Brinell a Rockwell).

Nejčastěji používaná metoda je metoda Vickers, která je velmi přesná. Principem je vtlačování diamantového jehlanu do měřeného materiálu. Měřená vrstva musí být zbavena nečistot, mastnoty a tvořit rovný a hladký povrch, aby bylo možné zřetelně odečíst čtvercovou základnu otisknutého jehlanu. Měření probíhá kolmo k měřené ploše ( $F = 294,2 \text{ N}$ ). Tvrdost je následně vyjádřena jako poměr zkušebního zatížení k ploše povrchu vtisku.



Obr. 16. Detail vtisku Vickers jehlanu [14]

## 2.5 Životnost střížných nástrojů

Životnost střížných nástrojů z hlediska provozu se posuzuje podle počtu vyrobených výstřížků v požadovaných rozměrech a kvalitě. Nástroj je již úplně opotřebován, jestliže jeho funkční části nejdou naostřit, ani opravit.

### 2.5.1 Parametry určující životnost nástroje

Životnost nástroje ovlivňují tyto činitele:

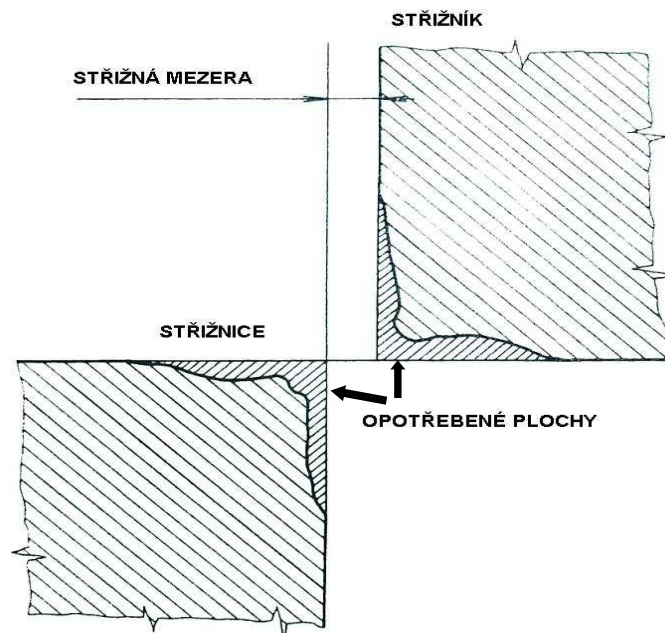
- tvar výstřížku
- druh a kvalita nástroje-geometrie, materiál, jakost výroby a tepelného zpracování
- zatížení a stav lisu – tuhost stroje a vedení beranu
- péče o nástroj-ustavení a seřízení na lisech, údržba a ostření
- zpracovávaný materiál – druh, vlastnosti a chemické složení

### 2.5.2 Opatření a závady střížných nástrojů

Před opotřebením nástroje začínají mít výstřižky špatnou kvalitu. Částečnému opotřebení se zabrání přebroušením střížných částí. Proto se u nástroje rozlišuje [5]:

- celková trvanlivost-životnost
- dílčí trvanlivost-mezi dvěma přebroušeními

Počet možných přebroušení je omezen rozměry činných částí, rozměry výstřižku a konstrukcí nástroje. Opotřebení nástroje je způsobeno úbytkem materiálů z činných ploch střížníku a střížnice. To se projeví otěrem boku činné plochy v šikmém směru, nebo žlábkovitým vymíláním čela. Opotřebení boku činných ploch nástroje je charakterizováno nepravidelnou kuželovou plochou. Oba základní typy opotřebení se v praxi vyskytují ve smíšené formě.



Obr. 17. Tvar opotřebených ploch [5]

Opotřebení vzniká tím, že při postupném vnikání střížníku do plechu se okraje vlákna prodlužují a materiál zpevňuje. Na střížných hranách nástroje vznikají vysoké tlaky, které vlivem adheze a abraze způsobují opotřebení. Adhezivní opotřebení převládá u střížných a řezných nástrojů, abraze u lisovacích nástrojů.

Mírou opotřebení je buď chybějící průřez plochy v řezu, nebo chybějící objem materiálu nástroje. Výška ostřin na výstřižku je také mírou opotřebení. Jejich velikost však není absolutní veličinou, protože do značné míry závisí na dalších činitelích.

Nejčastější závady nástrojů se objevují na střižných dílech. Zjistit jejich příčinu je někdy obtížné, protože jsou ovlivňovány mnoha činiteli. Při výskytu se odstraní nebo se jim alespoň částečně předchází. Otupení střižných dílů se nedá zabránit. Je přirozeným důsledkem stříhání. Snižuje se dokonalým obrobením ploch střižníku a střižnice a jejich správným slícováním. Rozdíly nebo jiné nedokonalosti mohou způsobit nestejně opotřebování funkčních dílů či jejich ohýbání a vylamování. To především při stříhání houževnatých materiálů. [5]

## 2.6 Broušení-ostření

Broušení je třískové obrábění mnohobřítým nástrojem. Průřez třísky, odebíraný při rotaci kotouče jednotlivými zrny je jen několik tisícín  $\text{mm}^2$  a střední tloušťka třísky dosahuje hodnot několik mikrometru. Tvar brusných zrn i jejich poloha v brousícím kotouči jsou zcela nepravidelné, takže i řezné úhly jednotlivých zrn nemají jednotnou geometrii břitu. Nepříznivý vliv nepravidelné geometrie břitu brousících zrn kotouče se vyrovnává vysokou řeznou rychlostí ( $20\div 80 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , vysokorychlostní broušení až  $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), které však způsobuje značné řezné odpory. Vyvinuje se velké množství tepla, a proto je nutné používat při broušení účinného chlazení. [15]

Broušení se používá zejména pro obrábění součástí s vyššími požadavky na přesnost rozměru, tvaru a jakost povrchu. Broušení se uplatňuje při obrábění materiálů, které není možné jinými obráběcími metodami obrobit nebo je brousící metoda hospodárnější než jiné.

### 2.6.1 Kvalita obrobeneho povrchu

Pod pojmem kvalita povrchu při obrábění rozumíme:

- drsnost povrchu
- fyzikálně-mechanické vlastnosti povrchové vrstvy (zejména tvrdost a zpevnění)
- fyzikálně-chemický stav povrchu

Stav povrchu je závislý na procesu obrábění, na použitém nástroji a stupni opotřebení břitu nástroje a také na statické a dynamické tuhosti celého systému, to znamená stroje, obrobku nástroje a upnutí. [16]

### 2.6.2 Drsnost povrchu a její vliv na opotřebení

Drsností povrchu nazýváme souhrn jemných nerovností (výstupků a prohlubní), které vznikají při každém zpracování materiálu. Na obrobeném povrchu to jsou nejčastěji poměrně pravidelně a směrově uspořádané stopy (rýhy) zanechávané řezným nástrojem.

Pro účely měření a vyhodnocování struktury povrchu byla zvolena profilová metoda hodnocení, kdy profil povrchu vzniká jako průsečnice nerovností skutečného povrchu s rovinou vedenou kolmo k tomuto povrchu. Profil povrchu je základním zdrojem informací pro posuzování struktury povrchu.

Z profilu povrchu se pomocí přístrojů odvodí profil drsnosti (R-profil), profil vlnitosti (W-profil) a profil základního profilu (P-profil). Profil drsnosti je pak základem pro hodnocení parametrů profilu drsnosti povrchu tzv. R-parametrů. Pro současnou praxi je nejpoužívanější a ověřený parametr  $R_a$  – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu. [17]

Z hlediska vlivu na životnost ostří jsou dále důležité parametry  $R_v$ -největší hloubka prohlubně profilu v rozsahu základní délky,  $R_p$  – největší výška výstupku profilu v rozsahu základní délky a také  $R_{mr}$  faktor.



## 3 TVÁŘECÍ STROJE

### 3.1 Základní technické parametry

Technickými parametry tvářecích strojů rozumíme veličiny, určující největší rozměry polotovaru nebo materiálu, který jde na stroji tvářet, veličiny určující hlavní rozměry a pracovní rozsah stroje. Jsou to zejména jmenovitá síla, zdvih, práce, rozměry a rozsah změny rozsahu pracovního prostoru, počet zdvihů a rychlost pracovního nástroje. Charakteristickou veličinou určující velikost lisů je jmenovitá síla. Charakteristické veličiny typizovaných tvářecích strojů jsou zpravidla odstupňovány podle geometrické řady. [4]

### 3.2 Lisy

Lisy používané k stříhání patří do dvou hlavních skupin – lisů mechanických a hydraulických. Nejčastěji se používají mechanické lisy.

Ty se dělí na:

- lisy výstředníkové
- lisy klikové
- vystřihovací automaty

Charakteristickými vlastnostmi mechanických lisů s klikovým mechanismem jsou pevná spodní úvrať beranu a také, že lis smí být zatížen jmenovitou silou jen po malou část zdvihu poblíž spodní úvrati. Základní částí lisu je stojan tvaru uzavřeného rámu, přenášející reakci lisovací síly mezi hlavním hřídelem a stolem lisu. U menších lisů se často používá otevřený stojan tvaru G, u něhož je pracovní prostor přístupnější. Poháněcí mechanismus lisu, umístěný zpravidla na horní části stojanu, skládá se z elektromotoru, z něhož se pohyb převádí klínovými řemeny na předlohu, která snižuje otáčky a převádí krouticí moment na setrvačnick. V přestávce mezi pracovními zdvihy zajišťuje beran v horní úvrati brzda na hlavní hřídeli. Na stole lisu ve spodní části stojanu je upevněna výměnná stolní deska s drážkami k upevnění nástroje, s propadovým otvorem. Podle potřeby může být lis opatřen vyhazovačem. Výstředníkové lisy mají mezi klikovým čepem a ojnicí výstředníkové pouzdro, jehož natočením lze měnit výstřednost klikového mechanismu a tím i zdvih beranu.

[18]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 STANOVENÍ CÍLŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Existence současného světa bez energií si umí málokdo představit. Mezi nejvýznamnější energie patří elektrický proud, neboť se vyskytuje téměř při každé lidské činnosti.

Elektrický proud je nejvyužívanější energií současné doby a to díky svým vlastnostem jakými jsou například snadná změna v jiné druhy energií a její poměrně snadný transport. Bez elektrické energie si nedokáže žádný vyspělý stát představit svůj každodenní chod.

V energetickém odvětví lze obecně rozdělit elektrické stroje na motory, které mění elektrickou energii v mechanickou a na generátory, které mění mechanickou energii na elektrickou. Cílem každého výrobce je mít co nejefektivnější proces výroby. S tím souvisí i snaha o co nejmenší náklady na výrobu za předpokladu udržení požadované kvality.

Tato diplomová práce navrhuje nové řešení výroby a údržby střížných nástrojů. Tyto návrhy předpokládají zvýšení životnosti střížných nástrojů potřebných k výrobě plechů pro elektrické stroje a tím snížení celkových výrobních nákladů elektrického stroje. Snižování těchto nákladů ovlivňuje konkurenceschopnost prodeje těchto elektrických strojů.

## **5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.**

### **5.1 Historie společnosti TES VSETÍN, a.s.**

V roce 1919 založil Josef Sousedík Elektrotechnickou továrnu, jež se stala předchůdcem dnešní společnosti TES VSETÍN, a.s. tehdejší výrobní program tvořily především asynchronní motory. Zakladatel firmy přihlásil 54 patentů v oborech elektrických přístrojů, pohonů, elektrické trakce i automatické regulace. Po roce 1945 dochází k rychlému rozvoji firmy pod značkou MEZ Vsetín. Výrobní program byl rozšířen o komutátorové motory a zkušební stanoviště pro měření výkonu a otáček, později i o kompletní pohony se stejnosměrnými motory. Podnik byl v té době orientován na trhy RVHP a patřil k nejvýznamnějším českým exportérům.

Po roce 1989 byl tradiční výrobní sortiment stejnosměrných motorů doplněn o synchronní a asynchronní generátory, asynchronní motory pro těžký průmysl a velké stroje s permanentními magnety.

V r. 1995 dochází k privatizaci firmy MEZ Vsetín společností TES VSETÍN a v r. 2008 se majoritním vlastníkem stává česko-slovenská investiční společnost PENTA INVESTMENTS LIMITED. K 1. 8. 2009 se mění právní forma společnosti na TES VSETÍN, a.s.

Díky technickému vývoji a výrobnímu potenciálu podloženému dlouhou tradicí si společnost udržuje významné odběratele na trzích v Německu, Švýcarsku, Francii, Nizozemsku, Rakousku, Itálii, Švédsku, Slovensku, Polsku, USA, Rusku či Thajsku, přičemž export činí každoročně 65 % z celkových tržeb.

### **5.2 Výrobní program společnosti TES VSETÍN, a.s.**

TES VSETÍN a.s., vyvíjí, vyrábí a dodává do celého světa tyto produkty:

- Asynchronní generátory pro MVE 100 ÷ 1500 kW (řada GAK)
- Synchronní generátory pro MVE 100 ÷ 15 000 kVA (řada GSH)
- Synchronní generátory pro všeobecné použití 200 ÷ 5 000 kVA (řada GSV)
- Asynchronní hutní motory 50 ÷ 1500 kW (řada MAK)

- Stejnoseměrné hutní motory 20 ÷ 550 kW (řada SH)
- Stejnoseměrné motory pro všeobecné použití 3 ÷ 1000 kW (řada S)
- Motory a generátory s permanentními magnety do 3 000 kW (řada MSP)
- Indukční regulátory napětí do 1440 kVA (řada NT)
- Zvedací stoly do 2400 kg (řada ZS)
- Kooperační výrobky
  - Plechy pro elektrické stroje
  - Pakety rotoru a statoru
  - Svařence
  - Obrobky
  - Elektrotechnologie – cívky, navíjení, impregnaci, montáž, zkoušení

### 5.3 Představení lisovny společnosti TES VSETÍN, a.s.

Technologie lisování plechů pro magnetické obvody statoru a rotoru elektrických strojů je v lisovně společnosti TES VSETÍN, a.s. (dále jen TES a.s.) nastavena na podmínky kusové až středně-sériové výroby.

Na třech vystřihovacích linkách jsou ze svitků lisovány rondely, které jsou dále drážkovány na automatických nebo poloautomatických lisech. Segmenty jsou lisovány se zuby nebo bez zubů.

Vystřihovací linky pracují s blokovým nářadím s horním vyjímáním výlisků pomocí vyjímacích lopatek vlastní výroby. Stohování výlisků je na trny nebo do kazet. Linky jsou pořízeny od renomovaných výrobců Müller-Weingarten a Žďas. Zpracovávají dynamoplechy ve svitcích síly 0,35÷0,65 mm a nízkouhlíkové plechy o síle 1 mm. Šířky svitků jsou od 200 do 1020 mm s možností rozšíření jedné linky na 1250 mm. U linky HS 250 je možnost při využití příčného posuvu svitku lisování víceřadým způsobem (úsporný program pro malé rondely a segmenty).

Tab. 8. Základní technické parametry vystřihovacích linek

Typ	HS 250	HUQ 250	LKDE 400
Jmenovitá síla [kN]	2500	2500	4000
Max. šířka svitku [mm]	1010	800	1250
Max. vyhazovací síla [kN]	150	150	300
Zdvih pevný [mm]	250	300	280
Rozsah počtu zdvihů plyn. reg. [1/mm]	20÷35	10÷50	15÷40

Lisovací nástroje jsou pro všechny linky vzájemně zaměnitelné. Střížné bloky jsou seřizeny do univerzálních upínacích a vodících desek konstrukce TES a.s. Nástroje mají předepnuté kuličkové vedení, které se po upnutí do lisu vyjímá. Lisování probíhá s vedením od valivě uloženého předepnutého beranu.

Dále je lisovna vybavena 6 automatickými drážkovacími lisy, 10 poloautomatickými lisy a 12 ručními lisy. V lisovně společnosti TES a.s. pracuje 90 zaměstnanců.

#### 5.4 Materiály výrobků společnosti TES a.s.

Společnost TES a.s. vyrábí mnoho druhů elektrických strojů, u nichž je použit magnetický obvod. Ten může být stejnosměrný nebo střídavý. Střídavé magnetické obvody jsou vždy skládány z jednotlivých navzájem elektricky odizolovaných plechů s dobrými magnetickými vlastnostmi. Těch se dosahuje u tzv. křemíkové oceli, vyráběné výhradně pro elektrotechniku. Křemík přidaný do nízkouhlíkové oceli způsobí významné zvýšení elektrického odporu oceli a zvýšení permeability. Zvýšení rezistivity oceli znamená potlačení ztrát vířivými proudy a tedy snížení celkových střídavých magnetických ztrát. Největší rezistivitu má křemíková ocel při obsahu 11 % Si. Tato ocel je však velice křehká a tvrdá a je pro výrobu nepoužitelná. Ve společnosti TES a.s. používáme plechy s obsahem Si 0,3÷4,6 %.

Magnetická kvalita a praktická využitelnost křemíkové elektrotechnické oceli závisí na obsahu křemíku, tloušťce plechu (nejčastěji 0,5 a 0,35 mm) a na technologii jeho výroby. Tato ocel se vyrábí válcováním za tepla nebo za studena ve tvaru tabulí nebo pásů.

Používáme tyto dvě skupiny:

- válcovaná za tepla, která je izotropní z hlediska magnetických vlastností,

- válcovaná za studena se slabou anizotropií,

První skupinu křemíkových plechů používáme pro magnetické obvody tvarově

jednoduché, které se vyskytují např. u transformátorů, tak i pro obvody tvarově složité

a výrobně náročné, jako jsou magnetické obvody točivých strojů. Jednodušší tvary plechů lisujeme z křemíkové oceli, která obsahuje 3,5 až 4,6 % Si. Vyšší zastoupení křemíku vede k nižším magnetickým ztrátám. Tato podskupina křemíkové izotropní oceli se dříve nazývala transformátorové plechy. Pro lisování složitých tvarů musí být plechy lépe zpracovatelné, a proto obsah Si musí být nižší, aby nebyl materiál příliš tvrdý a neničil střížný nástroj. Tato podskupina různých typů oceli, zvaná dříve dynamové plechy, obsahuje 0,3 až 3,5 % Si. Druhou používanou skupinou jsou křemíkové oceli válcované za studena, tato ocel má slabou magnetickou anizotropii a při tolerantním pohledu ji můžeme považovat za izotropní. Vyrábí se v pásech, obsahuje 0,5 až 3,5 % Si.

Tab. 9. Vlastnosti nejčastěji používaných dynamo plechů

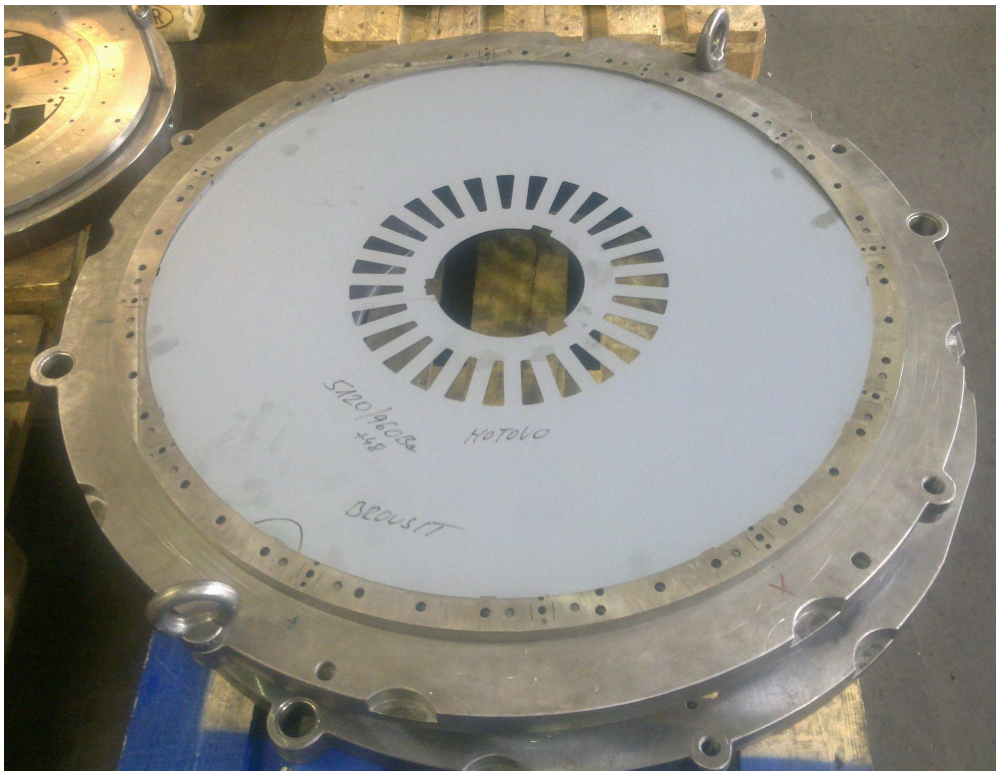
Typ plechu	Výrobce	Obsah		Magnet. ztráty (1,5 T a 50Hz)
		Si	Al	
M290-50A	Walzholz	2,67	0,77	2,6
M350-50A	Walzholz	2,47	0,34	3,2
M350-50A	IPLIK-RUS	3,06	0,4	3,1
M350-50A	Cogent	2,3	0,4	3,12
M400-50A	Erdemir -RUM	1,9	0,43	3,8
M400-50A	Severstal-RUS	1,37	0,24	4
M530-65A	Walzholz	1,5	0,24	3,7
M530-65A	Košice US steel	2	0,365	4,7
M530-65A	Erdemir -RUM	1,2	0,3	5,2
M600-50A	Erdemir -RUM	1	0,2	5
M800-65AA	Erdemir -RUM	0,65	0,17	7

## 6 STŘIŽNÉ NÁSTROJE

### 6.1 Sortiment střížných nástrojů používaných společností TES a.s.

V lisovně společnosti TES a.s. rozlišujeme tyto základní typy střížných nástrojů dle jejich geometrie tvaru:

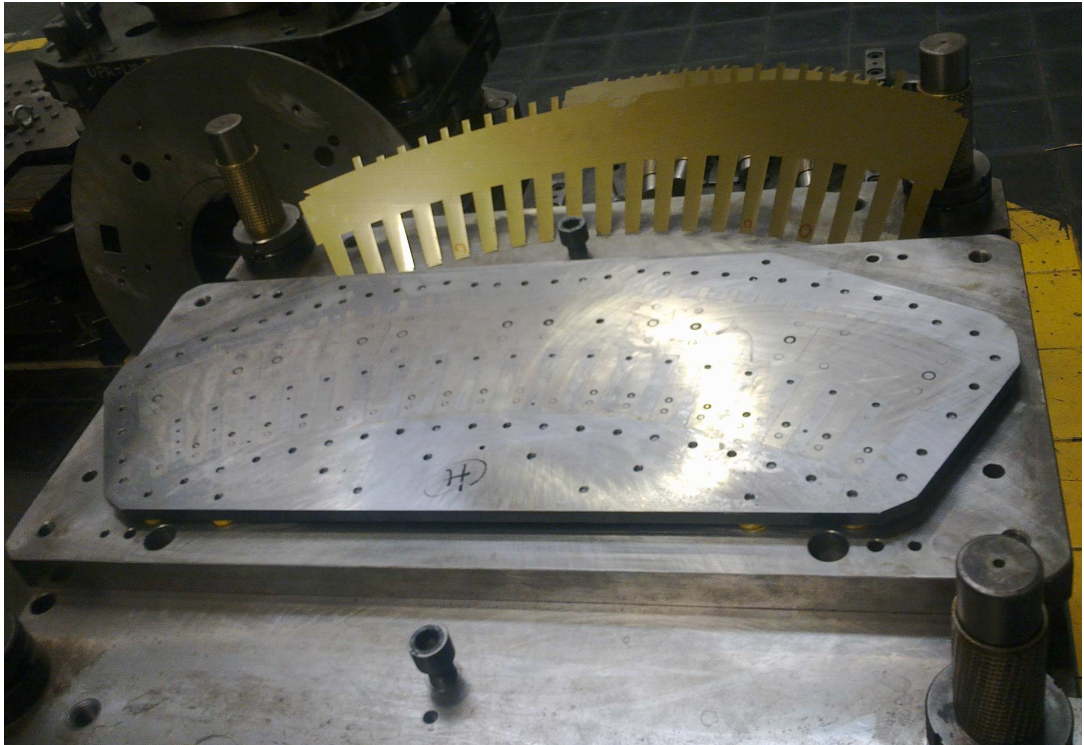
- blokové kruhové střížné nástroje – pomocí těchto nástrojů se stříhá plech základního tvaru obsahující jak budoucí statorový, tak rotorový plech. Nejčastěji má kruhovitý tvar s otvorem uprostřed, který slouží k unášení při následné operaci, nejčastěji při drážkování statoru. Tyto nástroje používáme pro výrobu plechů do maximálního průměru 1000mm.



Obr. 18. Spodní část blokového kruhového nástroje s výliskem

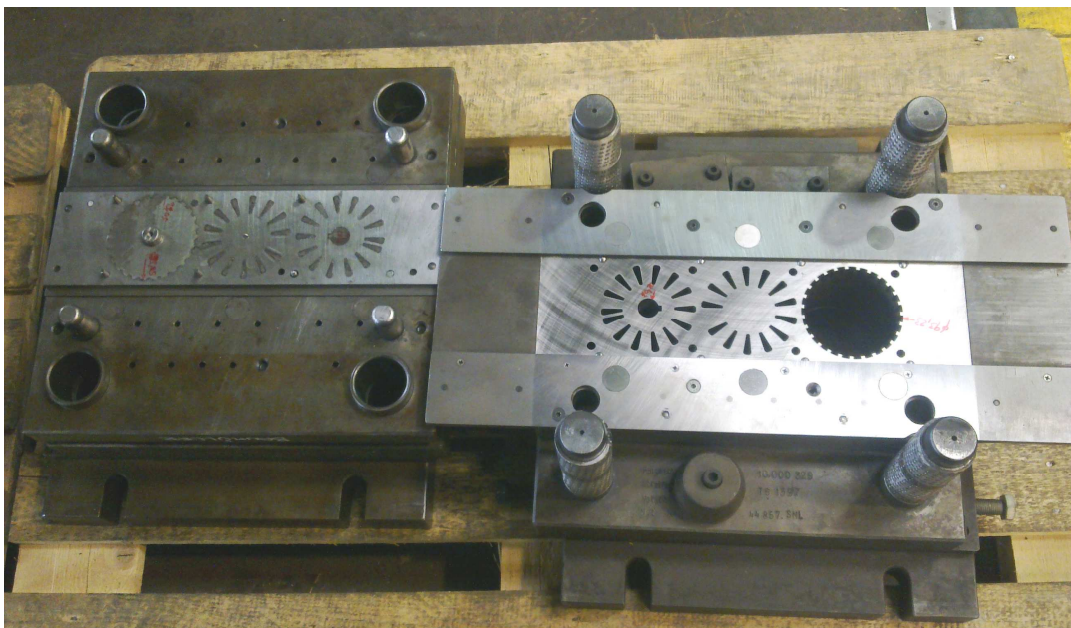
- blokové segmentové střížné nástroje-pomocí těchto nástrojů se stříhá plech o tvaru výseče mezikruží o průměru budoucího statoru. Segmentové střížné nástroje vyrábíme pro statory o velkých průměrech nad 1000mm ve dvou provedeních:
  - blokové segmentové nástroje s drážkami
  - blokové segmentové nástroje bez drážek tzv. hladké, které se dodatečně vydrážkují na drážkovacích lisech.





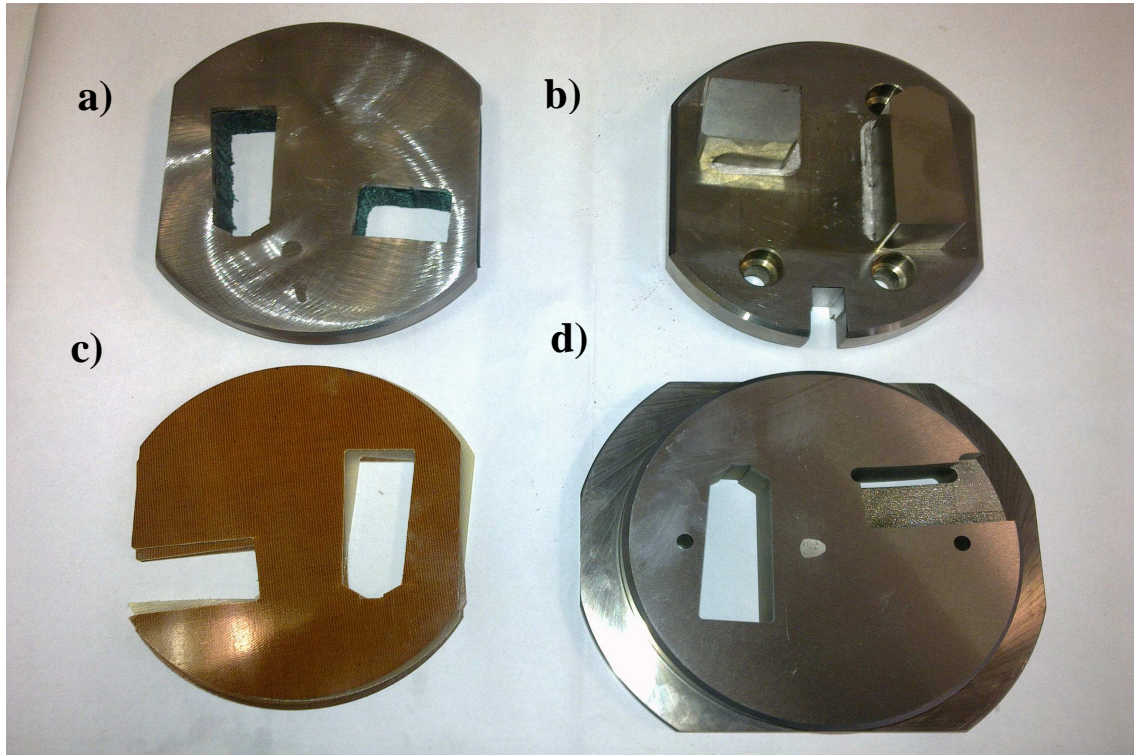
Obr. 19. Horní část blokového segmentového nástroje s výliskem

- Postupové střižné nástroje – pomocí těchto nástrojů se nejčastěji stříhá plech konečného tvaru. Tyto nástroje vyrábíme pro plechy do maximálního průměru 360 mm.



Obr. 20. Rozložený postupový střižný nástroj

- Drážkové střížné nástroje-pomocí těchto nástrojů stříháme drážky po obvodě statorového či rotorového plechu. Jsou to nejčteněji vyráběné nástroje v nástrojárně společnosti TES a.s.



Obr. 21. Rozložený drážkový střížný nástroj a)stěrač; b)kotevní deska se střížníky; c) podložky; d) střížnice

## 6.2 Konstrukce střížných nástrojů používaných společností TES a.s.

Části střížných nástrojů můžeme rozdělit na čtyři základní skupiny:

- střížné části
- upínací části
- stírací a vyhazovací části
- vodící části

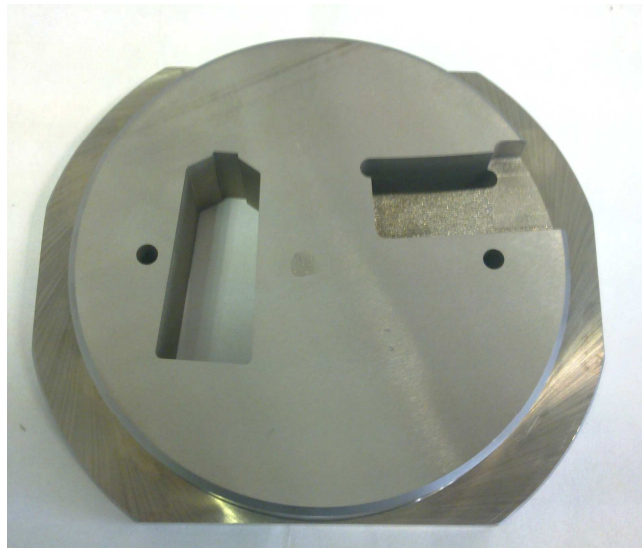
### 6.2.1 Střížné části

Střížné části větších nástrojů jsou konstrukcí společnosti TES a.s. navrženy tak, že jsou složeny z jednotlivých střížných segmentů, a to z důvodu snadné výměny poškozených dílů

nástroje a dobré dostupnosti dodávaných polotovarů materiálu, ze kterých jsou segmenty vyráběny.

Tyto segmenty jsou ustaveny a upnuty do základních-kotevních desek pomocí kolíků a šroubů. Nástroje jsou specifické svým tvarem střížných částí, kdy uložení střížnic a střížníků je provedeno dle geometrie vystříhovaného výstřížku. U menších nástrojů, jako jsou středové řezy či drážkové řezy, jsou střížné části tvořeny jedním kusem materiálu, kdy výměna poškozeného střížníku či střížnice není tak nákladná.

Střížné části kalíme na HRC 61÷63. Funkční výška střížných částí u blokových střížných nástrojů je vysoká 12 mm. U drážkových střížných nástrojů je 6 mm.



Obr. 22. Střížnice drážkového střížného nástroje

### **Materiály střížných částí**

Ve společnosti TES a.s., nejčastěji na výrobu střížných částí používáme tři druhy materiálu. Jedná se ocel ČSN 19436 (chromová), práškovou ledeburitickou ocel Vanadis 10 a výjimečně ocel ČSN 19830.

#### **Chromová ocel ČSN 19436 (X210Cr12 EN96-79)**

Jedná se o vysoce legovanou ocel s dobrou prokalitelností, která má vysokou odolnost proti opotřebení a otěru. Vyznačuje se také dobrou řezivostí a dobrou stálostí rozměrů při tepelném zpracování. Nevýhodou je menší houževnatost, obtížná brousitelnost a ztížená obrobitelnost i v žíhaném stavu.

Tab. 10. Chemické složení oceli ČSN 19 436

Chemické složení oceli ČSN 19 436 [% hmotn.]						
Cr	C	Ni	Mn	Si	P	S
11÷12	1,8÷2,05	max. 0,5	0,2÷0,45	0,2÷0,45	max. 0,03	max. 0,035

### Prášková ocel Vanadis 10

Ocel VANADIS 10 patří mezi ledeburitické nástrojové oceli. Ve společnosti TES a.s jej využíváme pro vysokovýkonné nástroje a velké série, kde je dominantní problém s abrazivním opotřebením. Je alternativou pro nástroje z materiálu, jako je např. Slinutý karbid, který je náchylný k vylamování hran, nebo vzniku trhlin. Materiál nalézá uplatnění tam, kde je zapotřebí vysoké tvrdosti a odolnosti proti opotřebení při zachování jisté houževnatosti. Tyto vlastnosti jsme se pokoušeli vylepšovat použitím speciálních povrchových úprav a to PVD vrstvami. Toto vylepšení však nemělo požadovaný účinek a tak jsme od něj upustili. A to zejména z důvodu odstranění funkční vrstvy ze střížných ploch při broušení-ostření nástroje. A také operativnost a rychlost výroby dodavatelů nanášení povrchů nebyla vyhovující.

Tab. 11. Chemické složení oceli Vanadis 10

Chemické složení oceli Vanadis 10 [% hmotn.]					
V	C	Mo	Cr	Mn	Si
9,8	2,9	1,5	0,8	0,5	0,5

### Rychlořezná ocel ČSN 19830 (HS 6-5-2 EN 96-79)

Ocel je charakterizována jako výkonná rychlořezná ocel se zvýšenou houževnatostí a snadnější obrobiteľností při broušení. Proti jiným ocelím je náchylnější na oduhličení.

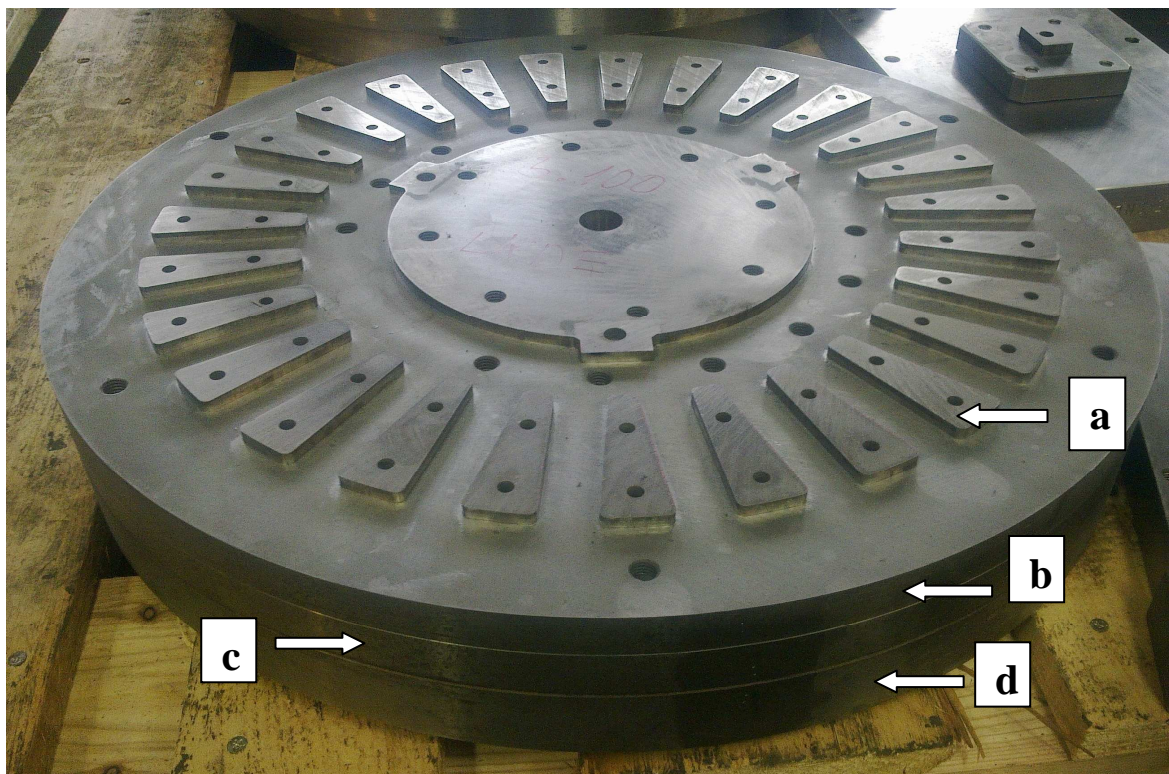
Používáme je pro výrobu nástrojů k obrábění materiálu ze střední a vyšší pevnosti. Především pro obráběcí nástroje.

Tab. 12. Chemické složení oceli ČSN 19 830

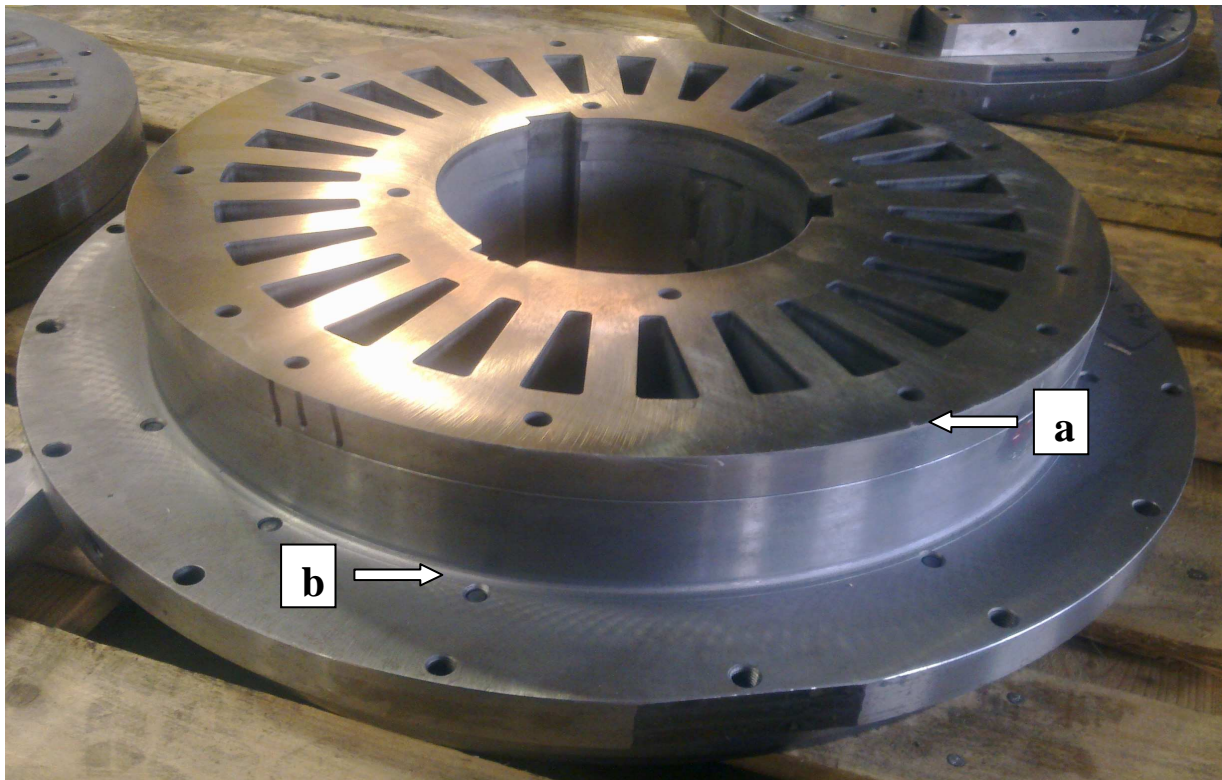
Chemické složení oceli ČSN 19 830 [% hmotn.]								
W	Mo	Cr	V	C	Mn	Si	P	S
5,5÷7	4,5÷5,5	3,8÷4,6	1,5÷2,2	0,8÷0,9	max. 0,45	max. 0,45	max. 0,035	max. 0,035

### 6.2.2 Upínací části

Konstrukce společnosti TES a.s. řeší upínání střížných částí pomocí kotevních a základních desek. Kdy u větších střížných nástrojů jsou střížníky přišroubovány ke kotevní desce a ta je upnuta k horní základní desce. Střížnice je upnuta přímo ve spodní základní desce.

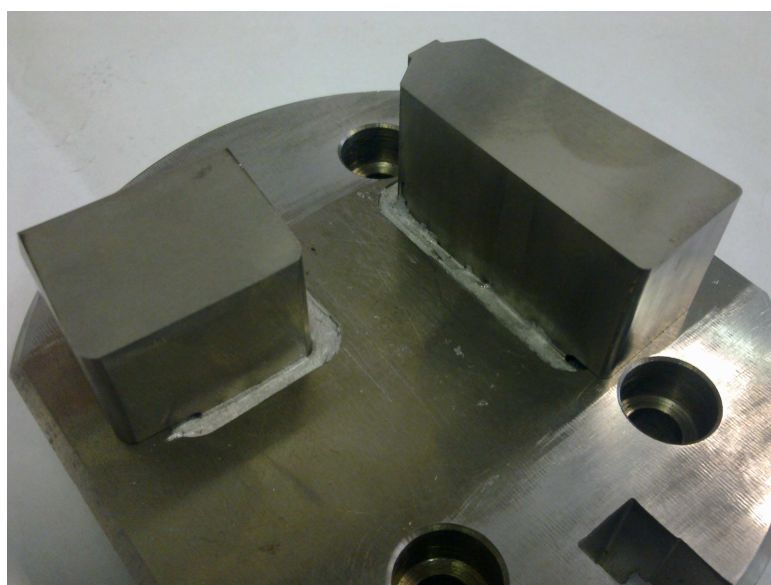


Obr. 23. Skladba horní části střížného nástroje a)střížníky; b)stírací deska; c)kotevní deska; d)základní deska



Obr. 24. Skladba spodní části střížného nástroje a)střížnice; b)kotevní deska

Menší střížné nástroje zejména drážkové nástroje řeší konstrukce spol. TES a.s., tak že střížníky jsou v horní kotevní desce ustaveny a poté zality slitinou hliníku. Kotevní deska se střížníkem a střížnice jsou upnuty přímo ve vodícím stojánku. Nejčastěji používáme k výrobě upínacích části ocel jakosti ČSN 14220 – 16MnCr5.



Obr. 25. Uchytení střížníků v kotevní desce drážkového střížného nástroje zalitím

### 6.2.3 Stírací a vyhazovací části

U blokových střížných nástrojů tvoří stírací a vyhazovací část stěrač, vyhazovač a vyhazovací most. Jsou vyrobeny z oceli ČSN 14 220.

U drážkových střížných nástrojů tvoří tuto část stěrač. Skládá se z ocelového víčka (ocel ČSN 11 373), pryžové pružiny (vulkolan) a sklotextitových podložek.

### 6.2.4 Vodící části

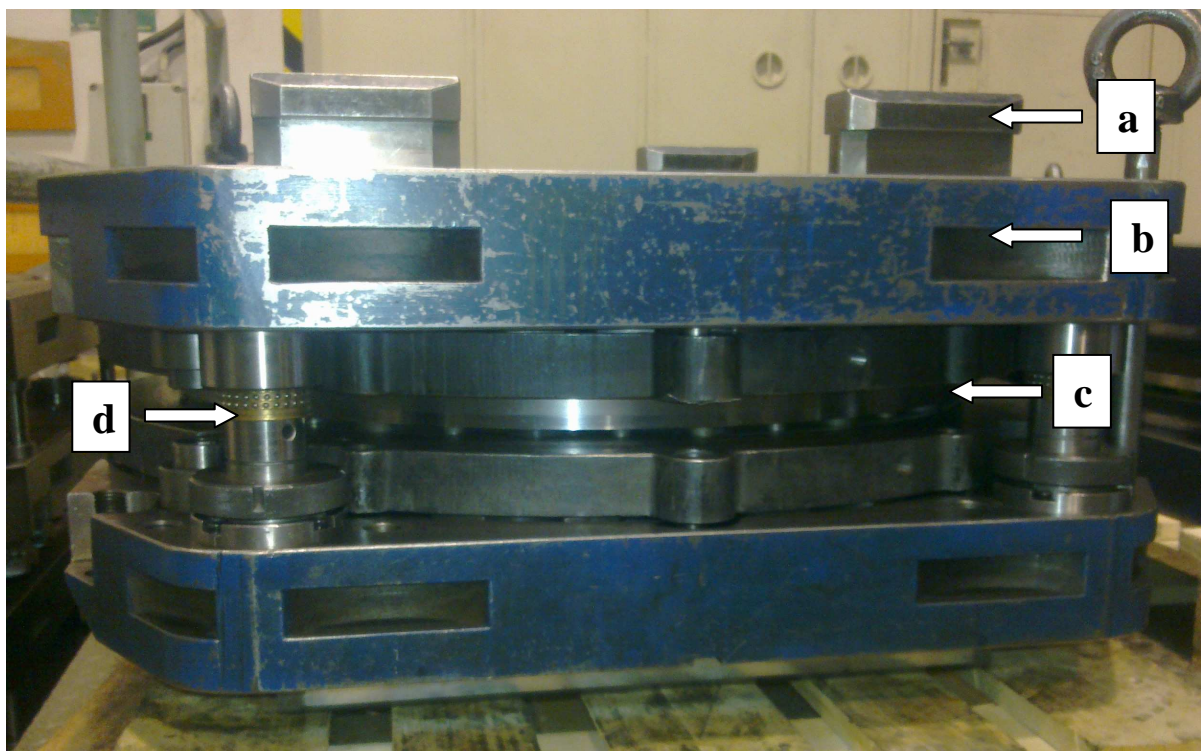
Upnutí samotného střížného nástroje do vodících desek řeší konstrukce společnosti TES a.s. univerzálním stavebnicovým systémem. Tento systém umožňuje maximální využití nástrojů a také vystřihovacích linek, pro možnost upnout kompatibilně celý blok nástroje nejen do všech tří linek, ale také do mechanických lisů. Tyto univerzální vodící desky (obr. 26.) jsou odstupňovány dle velikostí pro kruhové tvary výstřižků, pro segmentové tvary výstřižků a také pro čtvercové tvary výstřižků. Při upínání bloku nástroje do lisu je horní se spodní částí nástroje vedena vodícími sloupky (obr. 27.), které jsou uloženy ve valivém předepjatém vedení. Do lisu je nástroj upínán bez vůle. Po upnutí nástroje jsou vodící sloupky vyjmuty a vedení přebírá předepnuté valivé uložení vedení beranu lisu.



Obr. 26. Univerzální vodící desky pro blokové nástroje na segmenty

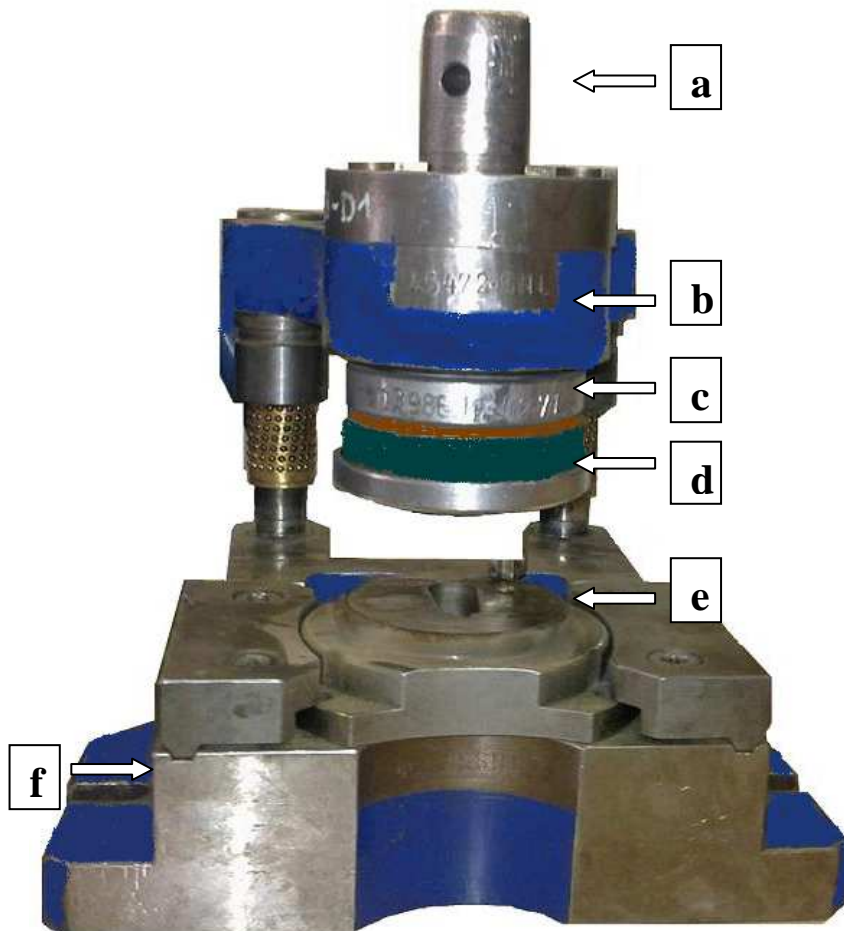


Obr. 27. Vodící sloupky



Obr. 28. Kompletní střížný nástroj a) upínací prvky; b) vodící univerzální desky; c) střížný nástroj; d) vodící prvky





Obr. 29. Kompletní drážkový střížný nástroj a) upínací prvky; b) horní část vodícího stojáku; c) kotevní deska se střížníky; d) stěrač; e) střížnice; f) spodní část vodícího stojáku

### 6.3 Výroba střížných nástrojů společností TES a.s.

#### 6.3.1 Nástrojárna společnosti TES a.s.

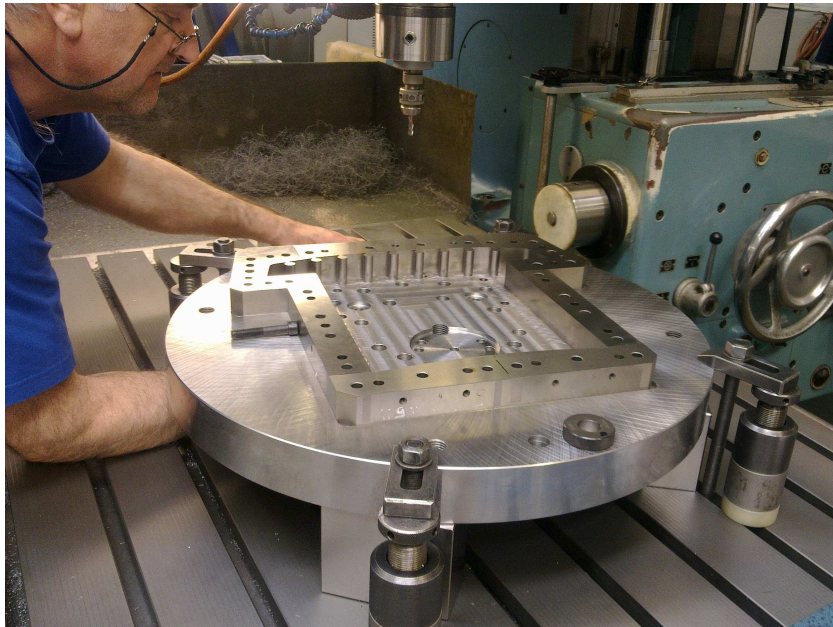
Střížné nástroje pro lisovnu společnosti TES a.s. dodává vlastní nástrojárna společnosti. Způsob výroby je dán technologickými postupy. Při tvorbě postupů se technologové společnosti opírají o své odborné znalosti a také o úzkou spolupráci se zkušenými nástrojaři.

Nástrojárna je dostatečně vybavena obráběcími stroji, kontrolními přístroji a také vlastní kalírnou. Mezi stěžejní vybavení patří:

- elektrojiskrové stroje AGIE a Fanuk
- přesné vyvrtávačky SIP
- CNC vyvrtávačka FVP20
- široká škála brusek
- klasické obráběcí stroje
- kalící pece
- 3D měřidlo Aberlink
- kontrolní přístroj Mahr

Orientační doby výroby a ceny střížných nástrojů:

- blokové střížné nástroje nad  $\varnothing 500$  – 7÷10 týdnů – 450 000÷700 000 Kč
- blokové střížné nástroje do  $\varnothing 500$  – 5÷8 týdnů – 200 000÷500 000 Kč
- drážkové střížné nástroje – 1÷3 dny – 17 000÷40 000 Kč



Obr. 30. Montáž blokového střížného nástroje na póly v nástrojárně TES a.s.

### 6.3.2 Typizace v konstrukci střížných nástrojů používaných společnostmi TES a.s.

Standardizace a typizace dílů střížných nástrojů umožňuje přecházet v nástrojárně z kusové výroby na sériovou výrobu, což má příznivé technické i ekonomické důsledky. Využívání typizace konstrukcí společnosti TES a.s. také zkracuje předvýrobní etapu, snižuje cenu a dodací lhůty. To je důležité při zakázkách, u kterých zákazník striktně požaduje dodržení termínu. V případě společnosti TES a.s. se jedná zejména o zákazníky Vestas a CGT.

Ve výrobě se typizace projevuje nejvíce při výrobě nástrojů. Kdy se kvalifikovaný nástrojař nezdržuje čekáním na všechny vyráběné díly nástroje, ale potřebné typizované díly si okamžitě odebere ze skladu přímo v nástrojárně.

Souhrn výhod využití typizovaných dílů:

- úsporu materiálu
- snížení výrobního času
- zavedení sériové výroby

Typizace je v nástrojárně společnosti TES a.s. využívána zejména u těchto dílů:

- hledáčky střížných nástrojů
- pouzdra střížných nástrojů
- polotovary stěračů drážkových řezů
- polotovary střížnic drážkových řezů
- polotovary střížníků drážkových řezů

## 6.4 Péče o střížné nástroje používaných společností TES a.s.

### 6.4.1 Skladování střížných nástrojů

Všechny střížné nástroje se ve společnosti TES a.s. skladují ve skladu umístěném v těsné blízkosti lisovny. Zde je každý nástroj evidován a je sledována také jeho životnost v elektronické podobě. Ke skladování menších a středních nástrojů se využívají patrové regály a pro manipulaci slouží jeřáb. Velké nástroje se skladují na paletách na volném prostranství skladu. Příslušenství a náhradní díly se skladují v kovových paletách v regálech.

### 6.4.2 Údržba střížných nástrojů

Běžnou údržbu nástroje, jako promazání vodících částí, konzervaci či čištění bez nutnosti demontáže vyhazovací části nástroje provádí v lisovně společnosti TES a.s. pracovník výdejny skladu – skladač, který má největší přehled o umístění, době uskladnění a poslední údržbě.



Obr. 31. Příprava blokového střížného nástroje – upínání do univerzálních vodících desek

Zaměstnancům výdejny-skladačům zdůrazňujeme důležitost péče o nástroje. Že musí být s nástroji zacházeno s pečlivostí a odborností. Skladači jsou seznámeni s interním předpi-

sem o údržbě střížných nástrojů, kde se klade důraz zejména na čistotu nástroje, mazání kluzných ploch a zamezení styku střížných ploch s tvrdými předměty.

V případě složitější údržby s nutností složitější demontáže či opravy se tato činnost provádí v nástrojárně společnosti.

### 6.4.3 Nejčastější závady a opravy střížných nástrojů

Aby bylo zamezeno zbytečně dlouhým prostojům ve výrobě z důvodu závad na střížném nástroji má společnost TES a.s. ve svém areálu vlastní nástrojárnu. Nástrojárna je dobře strojně vybavena a obsazena dostatečně kvalifikovanými zaměstnanci ve svém oboru, kteří jsou schopni rychle a operativně provádět širokou škálu oprav.

K nejčastějším závadám a opravám na střížných nástrojích patří:

- opotřebení střížných hran, oprava pomocí odbroušení a podložení segmentu střížné části.
- vylomené střížné hrany střížníků či střížnic, oprava elektroerozivním vyřezáním poškozené části a vložením nové úplné části zafixované zámkem.
- lokální zadírávání střížníku se střížnicí, oprava probíhá nejčastěji zvětšením vůle mezi stěračem a střížníkem, kdy stěrač střížník natlačí na střížnici a tím dochází k zadírávání.
- poruchy vyhazování kusů, oprava spočívá zpravidla ve vyčištění vyhazovacího mechanismu či výměně pružin.
- opotřebované hledáčky či vodící sloupky, oprava probíhá pouze výměnou těchto typizovaných částí střížného nástroje.

O způsobu a rozsahu opravy poškozeného nástroje rozhodujeme dle dané situace, nejčastěji zohledňujeme časové hledisko, zbývající životnost nástroje a také návratnost investice do opravy.



Obr. 32. Typická závada-vylomená střižná hrana drážkového střižného nástroje

#### 6.4.4 Ostření střižných nástrojů

Nejčastější procesem, který provádíme se střižnými nástroji je jejich ostření-broušení. Hlavním znakem, kdy se rozhodujeme pro ostření je velikost ostřiny na výlisku. Nenaostřené hrany mají větší tendenci k otupování a vedou ke zhoršení kvality výlisku.

Ostření střižných nástrojů provádíme ve společnosti TES a.s. na bruskách. Blokované či postupové střižné nástroje brousíme na svislé rovinné brusce 3E 756 s kruhovým stolem.

Jako brusivo se používají brusné segmenty, které se orovňávají orovňávačem. Střižný nástroj je při broušení chlazen kapalinou, která zaručuje dobrý odvod tepla do okolí. Výhodou je malá plocha styku mezi brusivem a broušeným povrchem, kdy se vyvine méně tepla a nástroj je méně namáhán.



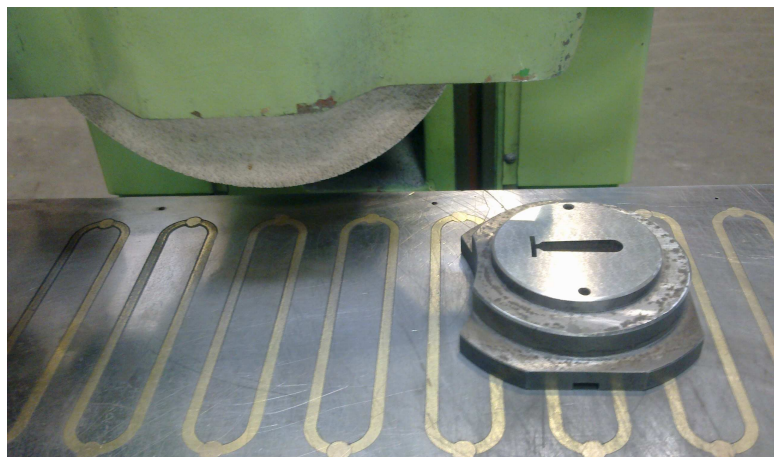
Obr. 33. Bruska 3E 756 v lisovně společnosti TES a.s.

Technická data:

- max. průměr obrobku 1200 [mm]
- otáčky brousící hlavy 750 [ $\text{min}^{-1}$ ]
- otáčky stolu 5÷30 [ $\text{min}^{-1}$ ]
- počet brusných segmentů 12 [ks]

Ostření drážkových střížných nástrojů provádíme na vodorovné brusce BPH20. Funkční plochy střížných nástrojů jsou v tomto případě broušeny obvodem kotouče bez chlazení.

Brusné segmenty a kotouče jsou pravidelně orovnávány, aby činné plochy brusiva byly funkční a čisté.



Obr. 34. Ostření na brusce BPH 20 v lisovně společnosti TES a.s.

Technická data:

- upínací plocha stolu 200x630 [mm]
- otáčky vřetena 3220 [min<sup>-1</sup>]
- max.  $\varnothing$  brusného kotouče 250 [mm]
- min.  $\varnothing$  brusného kotouče 130 [mm]

## 6.5 Životnost střížných nástrojů

Životnost nástroje ve společnosti TES a.s. posuzujeme podle počtu vykonaných stříhů při výrobě za dodržení požadované kvality a rozměrů výlisku. Střížný nástroj považujeme za již plně opotřebovaný, jestliže jeho střížné části již nelze opravit nebo výlisek nedosahuje předepsaných parametrů, a to zejména rozměrů a ostřin. V průběhu životnosti nástroje se rozměry výlisku mění-zvětšují a to z toho důvodu, že střížné části jsou vyráběny s úkosem 0°15', aby nedocházelo k pohybu odpadu zpět do střížného prostoru.

### 6.5.1 Předpokládaná životnost střížných nástrojů společnosti TES a.s.

Společnost TES a.s. předkládá zákazníkům při obchodních jednáních tabulku obsahující předpokládané hodnoty životností jednotlivých druhů nástrojů. Tabulka je určena pro nabídkovou činnost střížného nářadí.

Tab. 13. Předpokládané životnosti střížných nástrojů

PROVEDENÍ NÁSTROJE	MATERIÁL STŘIŽ. ČÁSTÍ	POČET STŘIHŮ NA JEDNO OSTŘENÍ	PŘEDP. ÚBĚR PŘI OSTŘENÍ [mm]	PRAC. VÝŠKA STŘIŽNÉ ČÁSTI [mm]	PŘEDP. POČET OSTŘENÍ	PŘEDP. ŽIVOTNOST NÁSTROJE [počet stříhů]
BLOKOVÝ NÁSTROJ DO $\varnothing$ 500 [mm]	OCEL 19436 = 1.2080	50 000	0,25	12	48	2 400 000
	VANADIS 10	150 000	0,25	12	48	7 200 000



BLOKOVÝ NÁSTROJ NAD $\varnothing$ 500 [mm]	OCEL 19436 = 1.2080	30 000	0,25	12	48	1 500 000
	VANADIS 10	108 330	0,25	12	48	5 200 000
POSTUP. NÁSTROJ JEDNOŘADÝ	OCEL 19436 = 1.2080	79 160	0,25	12	48	3 800 000
	VANADIS 10	150 000	0,25	12	48	7 200 000
DRÁŽK. ŘEZ BEZ OBSEKU	OCEL 19436 = 1.2080	50 000	0,1	6	60	3 000 000
	VANADIS 10	266 660	0,1	6	60	16 000 000
DRÁŽK. ŘEZ S OBSEKEM	OCEL 19436 = 1.2080	40 000	0,1	6	60	2 400 000
	VANADIS 10	216 660	0,1	6	60	13 000 000

## Specifikace podmínek:

- výchozí materiál je plech zastudena válcovaný v jakosti M 330-35 A až M 800 – 65 A o tloušťce 0,35; 0,5 a 0,65 mm s izolací či bez izolace, neplatí pro ocel. plech tl. 1 mm.
- životnost je stanovena na limitní ostřině 10 % tloušťky plechu, při požadavku na nižší ostřinu se životnost snižuje.
- stříhání probíhá bez mazání
- životnost je rozdílná pro různé typy lisů
- tabulková teoretická životnost je snížena koeficienty reality procesu:
  - a) tvar výlisku – ostré rohy, nízké můstky  $K_1 = 0,9$
  - rybiny, malé otvory  $K_2 = 0,85$
  - b) počet profilových střížníků do 20  $K_3 = 0,9$
  - do 50  $K_4 = 0,75$



Tab. 14. Skutečné životnosti střížných nástrojů

Nástroj/typ	Materiál	Počet zá- znamů vý- běrového souboru	Počet stř. nástrojů ve výběrovém souboru	Předpokl. výkon na 0,1mm výšky střížných částí [počet stříhů]	<b>Skut. výkon na 0,1mm výšky stříž- ných částí [po- čet stříhů]</b>
Drážkový střížný nástroj s obsekem/výb.soub.	19 436	170	79	40 000	<b>29 772</b>
Drážkový střížný nástroj s obsekem/výb.soub.	Vanadis 10	870	55	216 660	<b>220 800</b>
Drážkový střížný nástroj s obsekem/ I.	Vanadis 10	101	1	216 660	<b>273 070</b>
Drážkový střížný nástroj s obsekem/ II.	Vanadis 10	287	1	216 660	<b>389 915</b>
Drážkový střížný nástroj s obsekem/ III.	Vanadis 10	27	1	216 660	<b>418 000</b>

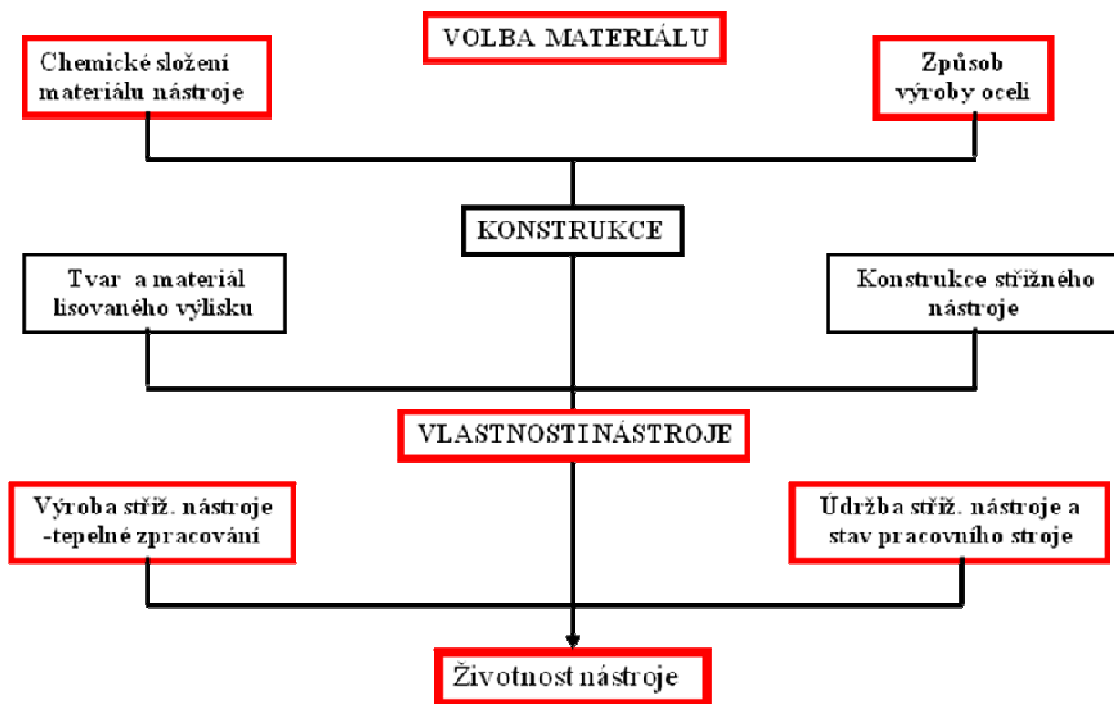
## 7 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

### 7.1 Oblasti navrhovaných zlepšení

Základní oblasti, které dle mého názoru nejvýrazněji ovlivňují životnost střížných nástrojů v lisovně TES a.s.:

- volba materiálu nástroje
- konstrukce nástroje
- vlastnosti nástroje

Produkce lisovny společnosti TES a.s. je z 80% kooperační. To znamená, že materiál a tvar vylisku a tím pádem také nástroje je dán zákazníkem a není možné jej měnit. Z toho důvodu jsem se zaměřil na oblasti, které mohu změnit a to na oblast volby materiálu střížného nástroje a na jeho vlastnosti. V oblasti volby materiálu navrhnu a odzkouším materiál, který bude houževnatější a z toho důvodu méně náchylný na výlomy. V oblasti vlastností nástroje se zaměřím na tepelné zpracování střížných částí střížného nástroje a na způsob jeho ostření.



Obr. 35. Grafické znázornění oblastí vlivu na životnost střížných nástrojů

## 7.2 Návrh na změnu materiálu střížných částí

### 7.2.1 Důvod návrhu změn materiálu střížných částí

Současnou dobu můžeme charakterizovat jako dobu materiálovou, kdy je možno vybrat si materiál z široké palety nabídky, ale také zajistit si materiál přesně „šitý na míru“ pro danou aplikaci. Při svém výběru materiálu jsem spolupracoval s firmou Bohdan Bolzano Kladno, která má dlouholeté zkušenosti s výrobou nástrojových ocelí.

Z důvodu častých poškození střížných nástrojů, a to zejména výlomů střížných hran, jsem se při návrzích soustředil na oblast zvýšení houževnatosti střížných hran. Aplikaci svých návrhů jsem provedl na menších střížných nástrojích a to na drážkových střížných nástrojích.

A to z nejen z důvodu nižších nákladů na aplikaci, ale také z důvodu častého výskytu poškození výlomem u těchto nástrojů. Výlomy se vyskytují zejména u střížných nástrojů z oceli ČSN19 436, ale také, i když v menší míře u nástrojů z oceli Vanadis 10.

### 7.2.2 Mikrostruktura nástroje z oceli ČSN 19 436

U blokového nástroje pro vlastní výrobek společnosti TES a.s., u kterého se nám často vyskytovalo poškození výlomem, jsme nechali provést u odborné firmy zkoušku mikrostruktury a tvrdosti střížné části. Výsledky tohoto hodnocení jsou uvedené níže.

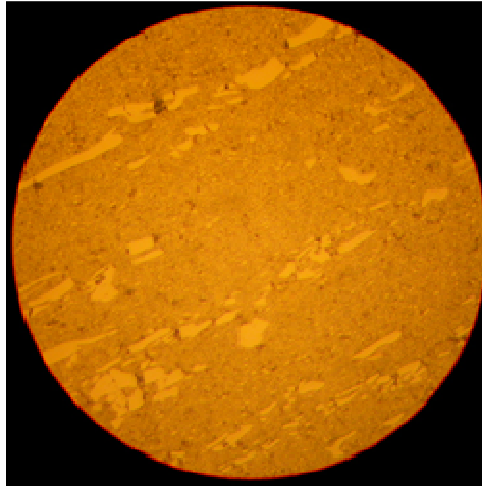
#### Stanovení tvrdosti:

Tab. 15. Tvrdost střížné části z oceli ČSN 19436 (přístroj Rockwell Škoda)

<b>povrch</b>	60,7 HRC	61,7 HRC	61,3 HRC
<b>jádro</b>	61,2 HRC	61,9 HRC	60,5 HRC

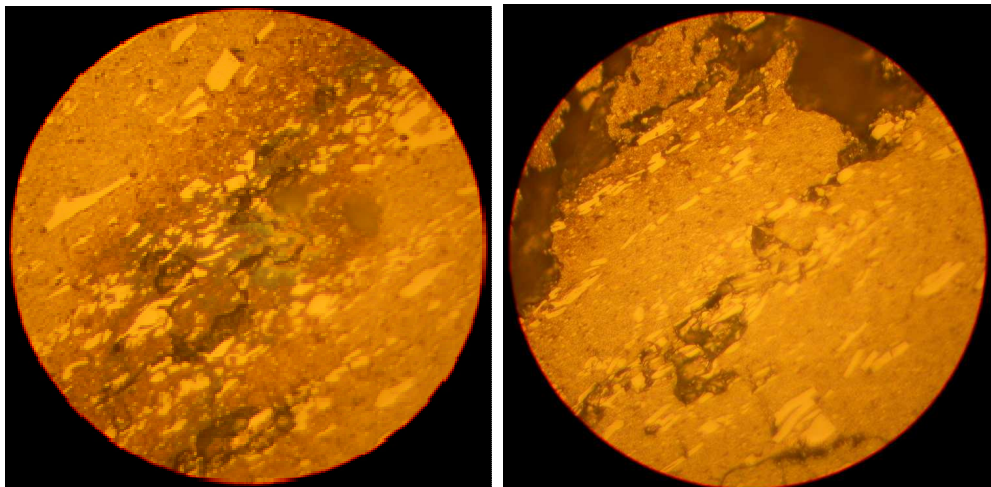
#### Mikrostruktura:

Mikrostruktura oceli ČSN 19 436 po tepelném zpracování byla hodnocena na 2 kusech vzorků.

**Vzorek č. 1**

Obr. 36. Mikrostruktura oceli ČSN 19 436-vzorek č. 1

Struktura vzorku je tvořená jemnozrnným martenzitem s malým množstvím velkých ostrohranných nerozpuštěných karbidů. Vzorek vyhovuje specifikacím kladeným na kalený materiál ČSN 19 436.

**Vzorek č. 2**

Obr. 37. Mikrostruktura oceli ČSN 19 436-vzorek č. 2

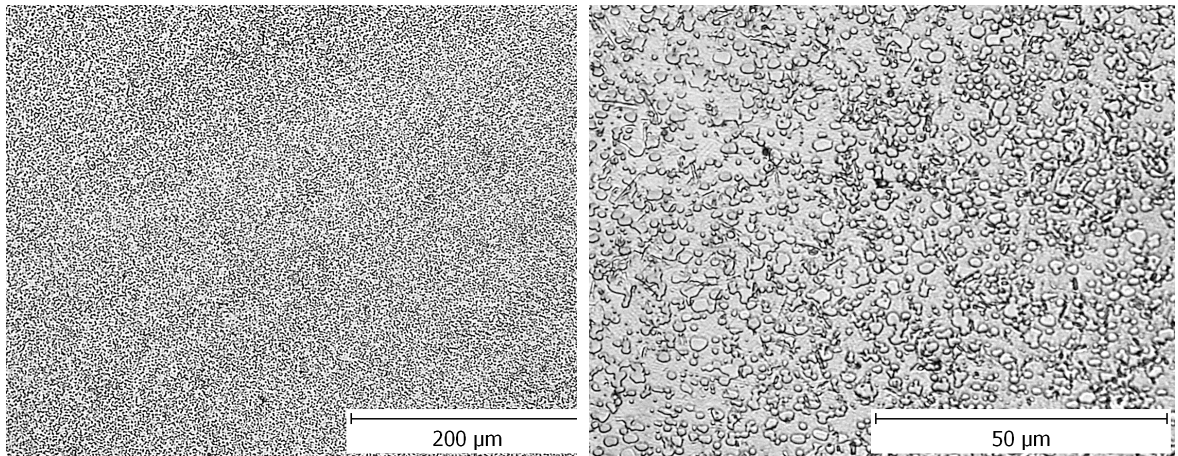
a) celkový pohled, b) zvětšení – pohled na trhlinu ve struktuře

Struktura vzorku je tvořená jemnozrnným martenzitem s větším množstvím velkých ostrohranných nerozpuštěných karbidů. V struktuře je viditelná trhlinka. Karbidické síťoví ještě vyhovuje normě, kladené na kalený materiál ČSN 19 436.

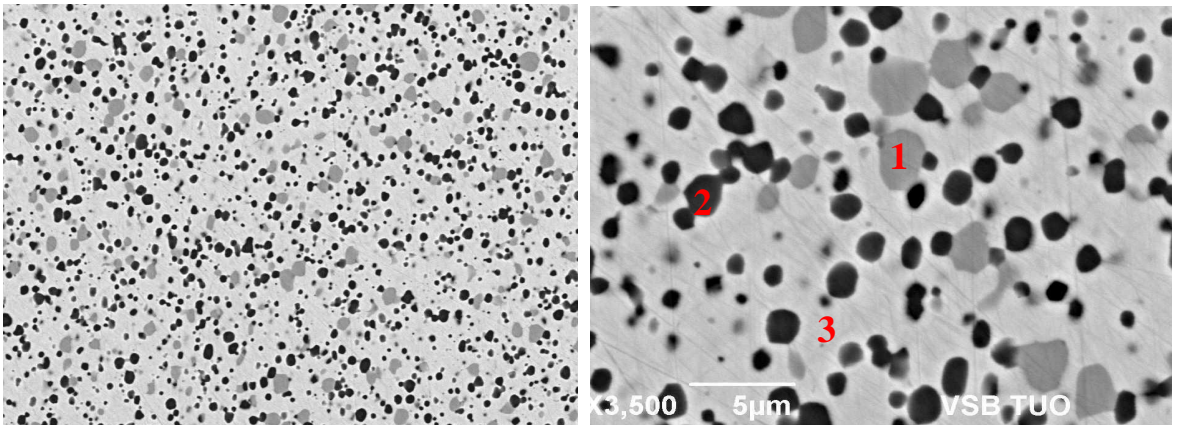
### 7.2.3 Mikrostruktura a fraktografie oceli Vanadis 10

Určení mikrostruktury střížnic z materiálu Vanadis 10 a fraktografie ploch u vylomené střížnice byla vykonána na FMMI VŠB-TU Ostrava. Fraktografické hodnocení bylo vykonáno na elektronovém mikroskopu JEOL JSM\_6490LV. Současně byla vykonána EDS analýza jednotlivých oblastí.

#### Hodnocení mikrostruktury



a)



b)

c)

Obr. 38. Mikrostruktura oceli Vanadis 10 a) leptané, b) leštěné, c) leptané – BEC zobrazení, čísla – místa analýzy jednotlivých oblastí

Tab. 16. Přehled obsahu prvků v jednotlivých oblastech [% hmotn.]

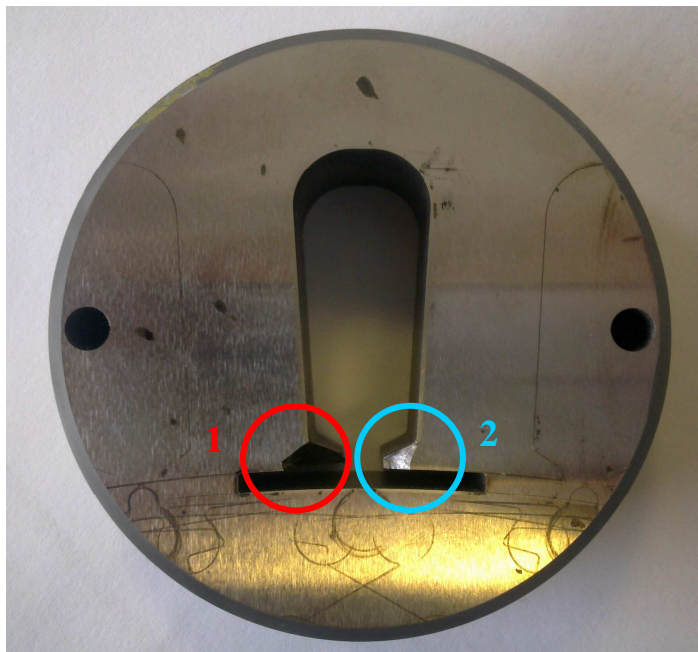
Prvek	C	O	Al	Si	V	Cr	Fe	Mo
<b>1- šedý kontrast</b>	14.07				12.08	31.94	39.71	2.20
<b>2- černý kontrast</b>	21.58				53.52	7.89	11.61	5.41
<b>3- matrice</b>				0.70	3.77	12.78	81.60	1.15

Tab. 17. Tvrdost střižné části z materiálu Vanadis 10 (přístroj Rockwell Škoda)

<b>povrch</b>	64,1 HRC	64,2 HRC	64,8 HRC
<b>jádro</b>	62,2 HRC	63,1 HRC	63,2 HRC

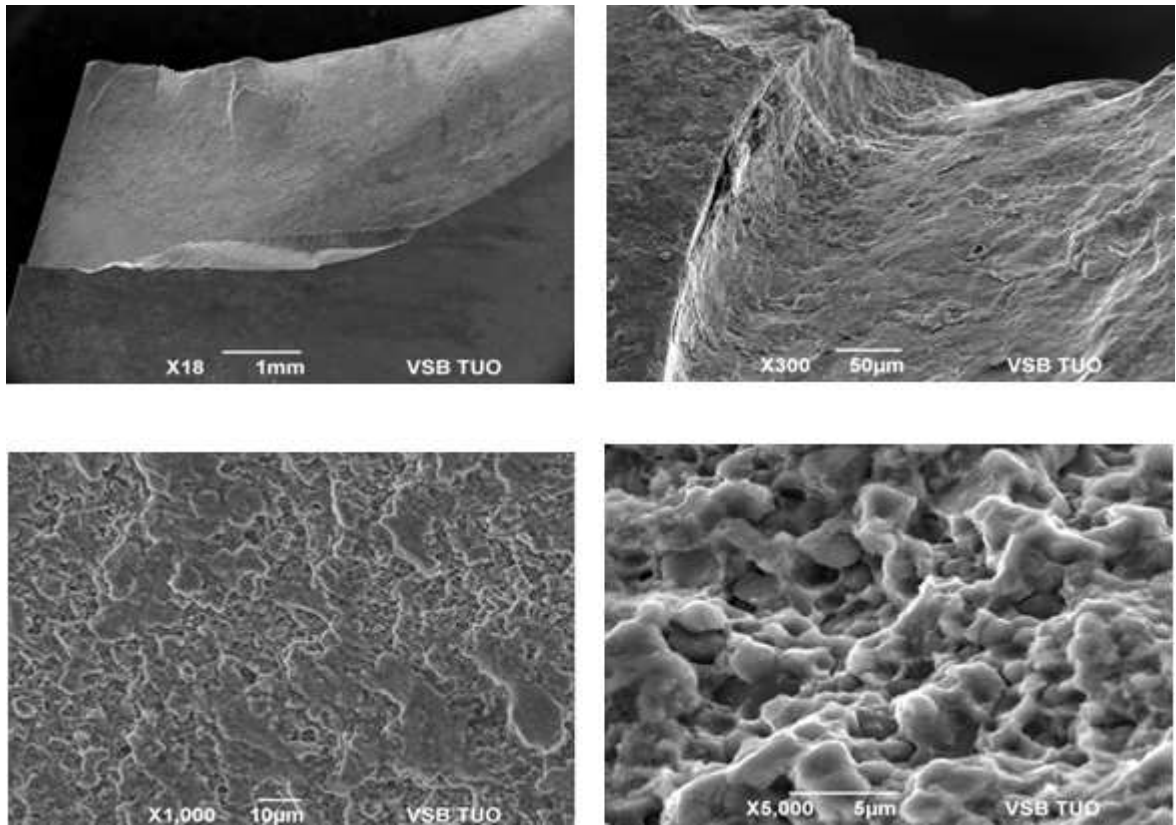
Mikrostruktura oceli Vanadis 10 po tepelném zpracování je tvořena jemnými globulárními zrny s rovnoměrně rozloženými globulárními karbidy (pravděpodobně V a Cr). Struktura po tepelném zpracování odpovídá optimální struktuře předepsanou výrobcem oceli pro střižné nástroje.

### Hodnocení lomových ploch

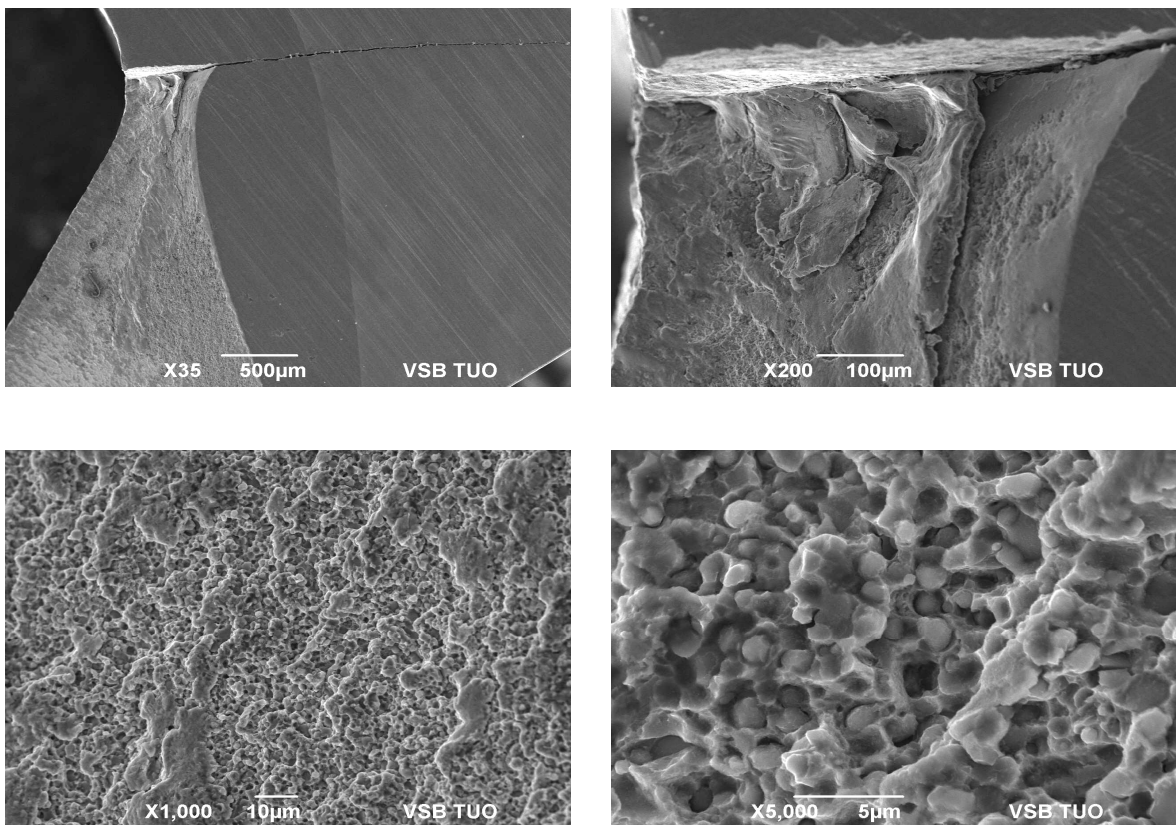


Obr. 39. Střižnice drážkového střižného nástroje typu II. s výlomy





Obr. 40. Fraktografie vylomu v místě 1



Obr. 41. Fraktografie vylomu v místě 2

Z hodnocení lomových ploch vyplývá, že v obou místech poškození střížnice se jedná o interkrystalický lom s malým podílem transkrystalického lomu. Z fotografií (obr. 41) je zřejmé, že se ve střížnici vytvořili trhliny, které se v ní šířily jak v radiálním tak i v axiálním směru. Na základě studie lomových ploch předpokládám, že lom byl iniciován z povrchu střížnice. Příčinou poškození byla pravděpodobně příliš vysoká tvrdost po tepelném zpracování a přetížení nejexponovanějších částí střížnice.

#### 7.2.4 Specifikace navrhovaných materiálů

Prvním navrhovaným materiálem je nástrojová ocel CPM 10 V. Tato ocel je vysokovýkonná ocel, vyráběná společností Crucible (USA) metodou práškové metalurgie. Byla vyvinuta s chemickým složením, odpovídajícím houževnaté oceli kalitelné na vzduchu, se zvýšeným obsahem uhlíku a vanadu. CPM 10 V představuje kombinaci neobyčejně dobré otěruvzdornosti, houževnatosti a stability řezné hrany. Z důvodu neobyčejně vysoké otěruvzdornosti a výjimečné houževnatosti je CPM 10 V předurčena nahrazovat tvrdé, otěruvzdorné nástrojové materiály v oblasti práce za studena tehdy, dochází-li k problémům s lomy nebo výlomy, které je třeba eliminovat a tím snížit náklady na opravy nástrojů.

Tab. 18. Chemické složení oceli CPM 10V

Chemické složení oceli CPM 10V [% hmotn.]					
V	C	Mo	Cr	Mn	Si
9,75	2,45	1,3	5,25	0,5	0,9

Fyzikální vlastnosti:

- modul pružnosti E [kN/mm<sup>2</sup> ] 221
- hustota [kg/dm<sup>3</sup> ] 7,41

Druhým navrhovaným materiálem je nástrojová ocel CPM REX M4 Pro speciální aplikace vyvinuta vysokovýkonná rychlořezná ocel. Svoji koncepcí zaručuje u nástrojů vysokou otěruvzdornost a stabilitu řezné hrany. CPM REX M4 je vyráběna společností Crucible (USA) metodou práškové metalurgie. Vysoký obsah vanadu a uhlíku způsobuje, že nástroje z ní vyrobené (lisovací, tvářecí, jakož i řezné) vykazují vysokou životnost, popř. umožňují obrábění vysokými řeznými rychlostmi. CPM REX M4 se vyznačuje vysokou otě-

ruvzdorností, vyšší houževnatostí a lepší obrobiteľnosť broušením než mají konvenční oceli.

Tab. 19. Chemické složení oceli CPM REX M4

Chemické složení oceli CPM REX M4 [% hmotn.]						
V	C	Mo	Cr	Mn	Si	W
4	1,35	4,5	4,25	0,3	0,3	5,75

Fyzikální vlastnosti:

- modul pružnosti E [kN/mm<sup>2</sup>] 230

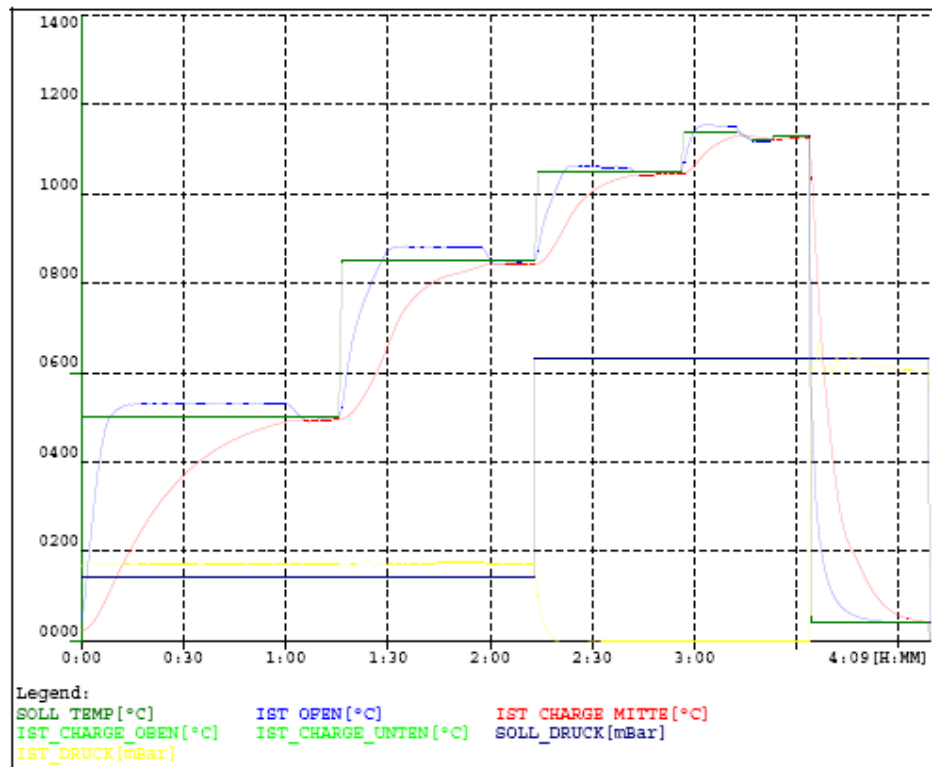
- hustota [kg/dm<sup>3</sup>] 7,97

### 7.2.5 Výroba střížných nástrojů z navrhovaného materiálu

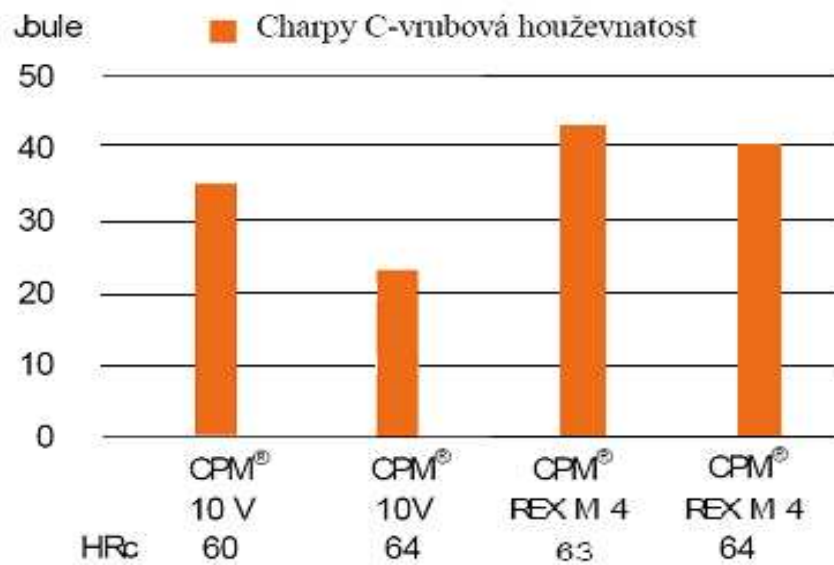
Pro odzkoušení navrhovaných materiálů jsem se rozhodl zhotovit tři drážkové střížné nástroje z materiálu CPM 10 V a z materiálu CPM REX M4 jsem nechal zhotovit dva drážkové řezy. Zvolil jsem střížné nástroje, které používáme pro hlavní sériové produkce.

Drážkové střížné nástroje jsem nechal vyrobit v nástrojárně společnosti TES a.s. s požadavkem, abychom u materiálu CPM 10 V snížili výslednou tvrdost z obvyklých 61÷63 HRC na 59÷61 HRC. Tvrdost jsem určil na této úrovni z toho důvodu, abychom zvýšili houževnatost střížných nástrojů. Z materiálových listů oceli CPM 10 V je zřejmé, že houževnatost je nejvyšší při tvrdosti 60 HRC (obr. 43.). U materiálu CPM REX M4 je houževnatost nejvyšší při tvrdosti 63 HRC.

Materiály vyráběné práškovou metalurgií nejsme schopni zcela dokonale tepelně zpracovat v kalírně nástrojárny společnosti TES a.s. A proto je tepelně zpracováváme v kooperaci ve specializované firmě. Tato firma dostala přesné instrukce k požadované tvrdosti, průběhu kalení i popouštění z materiálových listů a tyto podmínky dodržela.



Obr. 42. Průběh kalení materiálu CPM10 V [19]



Obr. 43. Graf houževnatosti ocelí CPM [11]



Obr. 44. Drážkový střížný nástroj I. CPM 10 V

### 7.2.6 Vyhodnocení životnosti střížných nástrojů z navrhovaného materiálu

Z materiálu CPM 10 V jsem nechal vyrobit tři typy drážkových střížných nástrojů, které jsem označil jako I. CPM 10V; II. CPM 10 V; III. CPM 10 V. Z materiálu CPM REX M4 jsem nechal zhotovit dva typy drážkových střížných nástrojů, které jsem označil jako II. CPM REX M4; III. CPM REX M4.

Nástroj I. CPM 10 V dosáhl perfektního výsledku, kdy na jedno naostření 0,1mm dosáhl 3 134 400 zdvihů (příloha P I).

Nástroj II. CPM 10 V dosáhl výsledku 9 345 600 zdvihů na 7 ostření při úběru 1,45 mm.

To znamená 644 524 na úběr 0,1mm. Výsledek byl výrazně ovlivněn jedním ostřením, při kterém muselo být z důvodu poškození střížné hrany odebráno 0,9 mm ze střížníku. Toto poškození bylo pravděpodobně způsobeno nevhodným nastavením nástroje. Při vyloučení tohoto úběru z hodnocení byl výsledek 7 828 800 zdvihů na úběr 0,55mm tzn. 1 423 418 zdvihů na 0,1mm (příloha P II).

Nástroj III. CPM 10 V dosáhl výsledku 1 134 000 zdvihů při úběru 0,2mm tzn. 567 00 na 0,1mm.

Nástroj II. CPM REX M4 dosáhl výsledku 3 259 200 zdvihů při úběru 0,7mm tzn. 465 000 zdvihů na 0,1mm úběru (příloha P III).

Nástroj III. CPM REX M4 nebyl zatím nasazen do výroby.

Z analýzy dosavadní životnosti střížných nástrojů a vyhodnocení životnosti střížných nástrojů z navrhovaného materiálu jsem zjistil, že nástroje z oceli CPM 10 V dosahují v průměru cca. 4 násobku dosavadní skutečné životnosti nástrojů z materiálu Vanadis 10.

Další navrhovaný materiál CPM REX M4 dosahuje 1,3 násobku dosavadní skutečné životnosti, což není tak výrazné zlepšení jako u oceli CPM 10 V. Tento materiál jsem zatím odzkoušel pouze na jednom střížném nástroji, a proto výsledek není zatím zcela směrodatný.

### 7.2.7 Ekonomické zhodnocení

Cena materiálu Vanadis 10, který je v současné době využíván k výrobě drážkových střížných nástrojů ve společnosti TES a.s. nejčastěji, je 850 Kč za kilogram. Cena navrhovaného materiálu CPM 10 V je 1 170 Kč za kilogram a za kilogram CPM REX M4 je 980 Kč. Vzhledem k výsledkům vyhodnocení životnosti sledovaných materiálů ekonomicky zhodnotím pouze návrh na změnu materiálu na CPM 10 V.

Pro drážkové střížné nástroje typu I; II; III je kalkulována cena za 0,9 kg materiálu. U materiálu Vanadis 10 jsou tedy náklady za materiál 765 Kč. Náklady na materiál střížných částí činí u drážkových střížných nástrojů 5% z celkové ceny nástroje.

V případě změny materiálu na ocel CPM 10 V by došlo k zdražení nástroje o 288 Kč což je o 1,88%. Toto zdražení je zanedbatelné v porovnání s cca. 300% zvýšením životnosti nástroje.

Lisovna společnosti TES a.s. spotřebuje za rok cca. 210 ks drážkových střížných nástrojů. Při průměrné ceně drážkového střížného nástroje 25 000 Kč to činí za rok náklady ve výši 5 250 000 Kč. Možným zvýšením životnosti nástrojů až o 300% by se tato částka dala výrazně redukovat – teoreticky až na 1 750 000 Kč při stejném objemu výroby. Bohužel, ne všechna produkce lisovny TES a.s. je velkosériová, 60%÷70% produkce má spíše charakter menších sérií v určitých cyklech. Tudíž nejsou všechny drážkové střížné nástroje opakovaně vyráběny v průběhu roku, a tak by úspory nedosáhly teoretické výše během tohoto ob-

dobí. Roční úspory při aplikaci nového materiálu na drážkové střížné nástroje pro sériově vyráběné plechy kvalifikovaně odhaduji ve výši 800 tis. až 1 mil. ročně.

Dalším ekonomickým přínosem změny by také mohlo být prodloužení doby mezi přerušením výroby z důvodu nutnosti ostření nástroje. To znamená, že u automatických lisů by došlo ke snížení frekvence nastavování stroje a nástroje po ostření, a tudíž by měla obsluha lisu více volného času a dalo by se uvažovat o možnosti zvýšení z dvou strojové obsluhy na obsluhu tří strojovou či zajistit obsluhu další činnosti např. nýtování rozpěrných plechů.

Další přínosem by mohl být příliv nových zakázek z důvodu nižších cen za výlisky díky vyšší dosahované produktivitě nástrojů.

### 7.3 Návrh na změnu ostření střížných nástrojů

#### 7.3.1 Měření povrchu po ostření na současném zařízení

Drsnost povrchu jsme měřili na přístroji Talysurf CLI 500 od firmy Taylor Hobson v laboratoři UTB Zlín. Povrchy jsme měřili 20krát, 10krát ve směru sever-jih a 10krát ve směru východ-západ.



Obr. 45. Měření drsnosti na přístroji Talysurf CLI 500

V prvním případě jsme měřili drsnost povrchu na vzorku broušenému na brusce 3E 756 používané k ostření velkých blokových nástrojů ve společnosti TES a.s.

Vzorek byl z materiálu Vanadis 10, používaném na výrobu střížných nástrojů v TES a.s.

Parametry měření:

- gaussovský typ filtru
- krokování po 10  $\mu\text{m}$
- celková délka  $L_n = 5 \times 0,8 \text{ mm} + \text{náběh a přeběh po } 0,8 \text{ mm}$

Tab. 20. Vyhodnocení měření drsnosti povrchu-bruska 3E 756

Broušeno na brusce 3E 756 – měřeno směrem sever-jih						Broušeno na brusce 3E 756 – měřeno směrem východ-západ					
Měření	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Rv [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rmr [%]	Měření	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Rv [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rmr [%]
1.	2,9	3,22	6,12	1,2	2,29	1.	2,2	2,76	4,96	0,88	1,25
2.	3,64	3,74	7,38	1,23	1,87	2.	3,14	3,27	6,41	1,04	1,04
3.	2,51	3,23	5,74	1,06	2,29	3.	3,03	3,23	6,26	1,12	1,04
4.	2,54	3,82	6,36	1,15	3,74	4.	2,99	2,84	5,83	1	3,53
5.	2,94	3,64	6,58	1,26	1,04	5.	2,46	2,81	5,27	0,9	0,42
6.	2,45	2,96	5,41	0,98	1,04	6.	2,65	3,01	5,66	1,02	4,25
7.	2,8	2,47	5,27	0,97	1,04	7.	2,62	3,34	5,96	1,05	9,98
8.	2,56	2,95	5,51	1	1,87	8.	2,65	3,21	5,86	1,02	3,2
9.	2,9	3,19	6,09	1,19	3,34	9.	2,55	2,9	5,45	1,1	2,81
10.	2,81	2,45	5,26	0,97	2,91	10.	2,97	2,83	5,8	1,08	2,1
<b>průměr</b>	<b>2,8</b>	<b>3,2</b>	<b>6,0</b>	<b>1,1</b>	<b>2,1</b>	<b>průměr</b>	<b>2,7</b>	<b>3,0</b>	<b>5,7</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>

### 7.3.2 Měření povrchu po ostření na navrhovaném zařízení

V druhém případě jsme měřili drsnost povrchu na vzorku broušenému na brusce BPP 120/2, kterou používá k ostření velkých nástrojů firma Siemens ve Frenštátu pod Radhoštěm.

Vzorek byl z materiálu Vanadis 10, používaném na výrobu střížných nástrojů v TES a.s.

Parametry při měření:

- gaussovský typ filtru



- krokování po 10  $\mu\text{m}$

- celková délka  $L_n = 5 \times 0,8 \text{ mm} + \text{náběh a přeběh po } 0,8 \text{ mm}$ .

Tab. 21. Vyhodnocení měření drsnosti povrchu-bruska BPP

Broušeno na brusce BPP 120/2-měřeno směrem sever-jih						Broušeno na brusce BPP120/2-měřeno směrem východ-západ					
Měření	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Rv [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rmr [%]	Měření	Rp [ $\mu\text{m}$ ]	Rv [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rmr [%]
1.	0,93	1,24	2,17	0,36	51,6	1.	2,18	2,04	4,22	0,59	2,29
2.	1,11	1,09	2,2	0,34	5,61	2.	1,57	2,26	3,83	0,62	4,16
3.	0,8	1,04	1,84	0,32	40,5	3.	1,54	1,9	3,44	0,5	1,25
4.	1,09	1,58	2,67	0,45	38,9	4.	1,79	1,81	3,6	0,64	5,95
5.	1,05	1,28	2,33	0,37	17,3	5.	2,13	2,17	4,3	0,62	1,87
6.	1,11	1,22	2,33	0,41	25,7	6.	1,77	1,93	3,7	0,64	3,53
7.	1,03	1,16	2,19	0,38	34,1	7.	1,59	2,15	3,74	0,61	9,17
8.	1,05	1,1	2,15	0,37	26,2	8.	1,25	1,63	2,88	0,47	26
9.	1,01	1,2	2,21	0,39	21,6	9.	1,19	1,48	2,67	0,44	17,8
10.	0,99	1,19	2,18	0,41	31,2	10.	1,12	1,53	2,65	0,37	3,12
<b>průměr</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>2,2</b>	<b>0,4</b>	<b>29,3</b>	<b>průměr</b>	<b>1,6</b>	<b>1,9</b>	<b>3,5</b>	<b>0,6</b>	<b>7,5</b>

### 7.3.3 Vyhodnocení měření

Z výsledků vyplývá, že povrch broušený na brusce BPP a měřený ve směru sever-jih má nejmenší hodnotu Rz a naopak největší hodnotu Rmr tzn. nejmenší náchylnost k vylomení z důvodu nerovnosti povrchu.

Z výsledku měření druhého vzorku lze vyčíst zřetelný rozdíl hodnot mezi směry sever-jih a východ-západ. Naopak u prvního vzorku jsou hodnoty podobné v obou směrech. Je to z toho důvodu, že v případě brusky 3E 756 koná nástroj s obrobkem planetový pohyb a tím dosáhne stejné drsnosti povrchu ve všech směrech tzv. křížový výbrus.

V případě volby broušením na brusce BPP120/2 by bylo opotřebování střižných hran nástrojů menší, i když zřejmě nerovnoměrné a závislé na směru broušení. Což by se projevilo u kruhovitých střižných nástrojů. Pozitivní efekt by to mělo u segmentových blokových nástrojů, kdy by se nástroj situoval do vhodné polohy, a větší část střižných hran nástroje by měla lepší hodnoty povrchu.

### 7.3.4 Technické a ekonomické zhodnocení

Bruska na plocho BPP 120/2 je stroj s portálovou konstrukcí a to v provedení s pojízdovým stolem a uzavřeným portálovým rámem.

Hlavní díly stroje jsou odlitky ze šedé litiny, které zaručují teplotní a dynamickou stabilitu a přesnost celého stroje. Tento typ brusky je navržen pro broušení rovinných ploch obvodem kotouče. Doporučené rozměry kotouče jsou: průměr 400mm a šířka 100mm.

Obráběcí stroj je řízen řídicím systémem Siemens Sinumerik 840D ve třech základních osách:

osa X – podélný pojezd stolu; osa Y – svislý pojezd smykadla s vřetenem; osa Z – příčný pojezd smykadla s vřetenem po příčnicku. Stroj je osazen předepnutým lineárním valivým vedením v osách X a Y. Mazání všech vedení a pohyblivých skupin je prováděno plně automaticky.

Na stroji je instalován uzavřený systém chlazení. Nádrž na chladicí kapalinu je složena ze dvou částí: pro znečištěnou kapalinu a pro vyčištěnou kapalinu. Chladicí kapalina jde z pracovního prostoru skrz magnetický separátor do nádrže se znečištěnou kapalinou a z ní přes cyklonový odlučovač do "čisté nádrže".



Obr. 46. Bruska BPP120/2

Tab. 22. Přehled nákladů na pořízení brusky BPP120/2

Stroj v základním provedení	BPP 120/2	8.250.000, -
Montáž stroje, instalace, školení	BPP 120	550.000, -
Magnetické upínací desky	1 200 x 2 000	1.200.000, -
Transport stroje (3 kamiony, 400 km)		80.000, -

Celková cena za stroj včetně magnetických desek a montáže je 10 080 000, -.

## ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout změny, které by vedly ke zvýšení životnosti střížných nástrojů ve společnosti TES a.s. Tyto návrhy předpokládají zvýšení produktivity střížných nástrojů a tím i snížení konečné ceny produktů, což výrazně ovlivňuje konkurenceschopnost na trhu s elektrickými stroji.

V praktické části mé práce jsem vykonal analýzu:

- současného stavu lisovny a nástrojárny z hlediska strojního vybavení a kvality výroby střížných nástrojů;
- konstrukce a výroby střížných nástrojů (zejména z hlediska materiálů používaných k výrobě nástrojů);
- podmínek údržby střížných nástrojů (zejména z hlediska způsobu ostření nástrojů);
- mikrostruktur doposud používaných materiálů a fraktografii lomových ploch
- životnosti střížných nástrojů (na základě důkladného rozboru jsem porovnal předpokládanou životnost se skutečně dosahovanou životností, přičemž ukazatelem byl počet stříhů na 0,1 mm výšky střížné části nástroje).

Poslední kapitola se věnuje návrhům na zlepšení. Zaměřil jsem se na oblast volby materiálu střížného nástroje, jeho tepelné zpracování a jeho vlastností. V oblasti volby materiálu jsem navrhl a odzkoušel, nově vyvinuté oceli vyrobené práškovou metalurgií značky CPM 10 V a CPM REX M 4. Navrhl jsem nový postup tepelného zpracování, kterého výsledkem je, že materiál má po tepelném zpracování nižší tvrdost (ze současných 61÷63HRC na 59÷61 HRC), je houževnatější a z toho důvodu méně náchylný na poškození. Dále jsou v této kapitole zdokumentovány mikrostruktury po tepelném zpracování, zhodnocení lomových ploch a vyhodnocení možných příčin poškození střížných nástrojů v provozu.

Výše uvedené změny v tepelném zpracování jsem aplikoval u všech materiálů používaných v TES a.s na výrobu střížných částí nástrojů.

V činnosti péče o střížný nástroj jsem se zaměřil na návrh změn v procesu ostření blokových nástrojů. Na přístroji Talysurf CLI 500 jsem analyzoval drsnosti povrchu střížných částí po broušení stávajícími technologiemi (bruska 3E 756) a navrhovanou technologiemi (bruska BPP 120). Z výsledků analýzy vyplývá, že povrch broušený na navrhovaném zařízení má

lepší sledované hodnoty (Rz a Rmr). Je tedy možné reálně předpokládat, že by střížné nástroje ostřené mnou navrhovanou technologií měly vyšší životnost.

Po odzkoušení takto upravených nástrojů v sériové výrobě jsem provedl vyhodnocení jejich životnosti. Výsledek byl velmi pozitivní. Střížné nástroje z navrhovaného materiálu CPM 10 V doposud dosahují v průměru čtyřnásobně vyšší životnost (viz. Tab. 23.).

Tab. 23. Vyhodnocení aplikace navrhovaného materiálu

Průměrné zvýšení ceny sledovaných střížných nástrojů používaných k sériové výrobě a vyrobených z navrhovaného materiálu	o 1,88%
Průměrné zvýšení životnosti-výkonnosti sledovaných střížných nástrojů používaných k sériové výrobě a vyrobených z navrhovaného materiálu	až o 300%

Vzhledem k velmi pozitivním výsledkům získaných v průběhu zpracování práce budu nadále pokračovat ve sledování a aplikaci tohoto vhodného materiálu na další nástroje.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] LETKO, J. *Průmyslová technologie I*. 1. vyd. Žilina: Vydavatelství ZUSI, 2001. 300 s. ISBN 80-968605-1-8
- [2] BLAŠČÍK, F. a kol. *Technológia tvárnenia, zlievárenstva a zvarovania*. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1988. 832s.
- [3] MACHEK, Václav, et al. *Zpracování tenkých plechů*. 1. vyd. Praha : SNTL – Nakladatelství technické literatury Praha, 1982. 272 s.
- [4] NOVOTNÝ, J. aj. *Technologie I (Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy)* 2. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 227s. ISBN 80-701-02351-6.
- [6] TU Liberec ([http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm))-01/2001
- [7] MM 2010 / 6 (<http://www.mmspektrum.com/vydani/2010/6/1>). Článek Akademie tváření.
- [8] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury Praha, 1980.
- [9] SRP, K. a kol. *Základy lisování*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1965. 248 s. 04-239-65
- [10] PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3
- [11] BOHDAN BOLZANO prezentace firmy-*Speciální nástrojové materiály* – 2010
- [12] LUKOVICS, Imrich. *Konstrukční materiály a technologie*. Brno: VUT Brno, 1992
- [13] Západočeská Univerzita Plzeň [online]. Kríž, A., *Systém tenká vrstva substrát v aplikaci na řezných nástrojích*, [cit. 01/2011]. Dostupný z <<http://www.ateam.zcu.cz>>
- [14] JURČI, P. *Nástrojové oceli ledeburitického typu*. 1.vyd. Praha: Vydalo České vysoké učení technické v Praze, 2009. 221 s.
- [15] KAŠTÁNEK, O. *Strojírenské materiály a technologie*. [s. l.] : VUT BRNO, 2001. 308 s. VUT BRNO.

- 
- [16] Sandvik Coromat: *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*, přeložil Kudela Miroslav, Praha, Scientia 1997, ISBN 91-97 22 99-4-6
- [17] SVOBODA, P., BRANDEJS, J., PROKEŠ, F. *Základy konstruování*, Brno, Akademické nakladatelství CERM 2003, ISBN 80-7204-306-4
- [18] ČABELKA, J. a kol. *Mechanická technológia*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1967. 1036s.
- [19] ZPS-FRÉZOVACÍ NÁSTROJE a.s., Grafický záznam průběhu kalení

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

$F_s$	střižná síla [N]
$F_{sc}$	celková střižná síla [N]
$S_s$	stříhaná plocha [ mm <sup>2</sup> ]
$k_s$	střižný odpor [MPa]
$K$	součinitel otupení břitu
$r$	poloměr otupení břitu [mm]
$F_T$	stírací síla [N]
$C_I$	součinitel stírání
$v$	střižná mezera [mm]
$s$	tloušťka plechu [mm]
$\tau_{PS}$	pevnost ve stříhu [Mpa]
$R_a$	drsnost povrchu-průměrná aritmetická úchylna posuzovaného profilu [ $\mu\text{m}$ ]
HRC	tvrdost podle Rockwella
PVD	Physical Vapour Deposition – fyzikální metoda nanášení povrchu
CVD	Chemical Vapour Deposition – chemická metoda nanášení povrchu
$R_v$	drsnost povrchu-největší hloubka prohlubně profilu v rozsahu základní délky [ $\mu\text{m}$ ]
$R_p$	drsnost povrchu-největší výška výstupku profilu v rozsahu základní délky [ $\mu\text{m}$ ]
$E$	modul pružnosti [kN/mm <sup>2</sup> ]



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Vliv střížné mezery na kvalitu střížné plochy.....	15
Obr. 2. Fáze stříhu .....	16
Obr. 3. Závislost průběhu střížné síly na poloze střížníku.....	17
Obr. 4. Průběh střížné síly v závislosti na dráze střížníku pro různé materiály.....	18
Obr. 5. Úpravy střížných hran ke snížení střížné síly.....	19
Obr. 6. Střížné vůle.....	22
Obr. 7. Vrstvy střížné plochy.....	25
Obr. 8. Rozložení zpevnění v okolí střížné plochy.....	26
Obr. 9. Druhy nástrojů.....	28
Obr. 10. Vodící desky z karbonu.....	30
Obr. 11. Elektrická oblouková pec.....	37
Obr. 12. Schéma výroby oceli práškovou metalurgií.....	39
Obr. 13. Zubové spojení boridované vrstvy se základním materiálem.....	42
Obr. 14. Schéma metody naprašování.....	43
Obr. 15. Schéma metody plátování.....	43
Obr. 16. Detail vtisku Vickers jehlanu.....	45
Obr. 17. Tvar opotřeбенých ploch.....	46
Obr. 18. Spodní část blokového kruhového nástroje s výliskem.....	56
Obr. 19. Horní část blokového segmentového nástroje s výliskem.....	57
Obr. 20. Rozložený postupový střížný nástroj.....	57
Obr. 21. Rozložený drážkový střížný nástroj.....	58
Obr. 22. Střížnice drážkového střížného nástroje.....	59
Obr. 23. Skladba horní části střížného nástroje.....	61
Obr. 24. Skladba spodní části střížného nástroje.....	62
Obr. 25. Uchycení střížníků v kotevní desce drážkového střížného nástroje zalitím... ..	62
Obr. 26. Univerzální vodící desky pro blokové nástroje na segmenty.....	63

Obr. 27. Vodící sloupky.....	65
Obr. 28. Kompletní střížný nástroj.....	65
Obr. 29. Kompletní drážkový střížný nástroj.....	65
Obr. 30. Montáž blokového střížného nástroje na póly v nástrojárně Tes a.s... ..	66
Obr. 31. Příprava blokového střížného nástroje.....	68
Obr. 32. Typická závada-vylomená střížná hrana drážkového střížného nástroje.....	70
Obr. 33. Bruska 3E 756 v lisovně společnosti Tes a.s.....	71
Obr. 34. Ostření na brusce BPH 20 v lisovně společnosti Tes a.s.....	71
Obr. 35. Grafické znázornění oblastí vlivu na životnost střížných nástrojů.....	76
Obr. 36. Mikrostruktura oceli ČSN 19 436 -vzorek č. 1 .....	78
Obr. 37. Mikrostruktura oceli ČSN 19 436- vzorek č. 2.....	78
Obr. 38. Mikrostruktura oceli Vanadis 10 .....	79
Obr. 39. Střížnice drážkového střížného nástroje typu II. s výlomy.....	80
Obr. 40. Fraktografie výlomu v místě 1.....	81
Obr. 41. Fraktografie výlomu v místě 2.....	81
Obr. 42. Průběh kalení materiálu CPM10 V .....	84
Obr. 43. Graf houževnatosti ocelí CPM .....	84
Obr. 44. Drážkový střížný nástroj I. CPM 10 V .....	85
Obr. 45. Měření drsnosti na přístroji Talysurf CLI 500.....	87
Obr. 46. Bruska BPP120/2.....	90

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Součinitele stírání.....	20
Tab. 2. Střížná vůle.....	22
Tab. 3. Střížné odpory vybraných ocelí.....	23
Tab. 4. Střížné odpory neželezných kovů.....	24
Tab. 5. Střížné odpory ostatních materiálů.....	24
Tab. 6. Využití konstrukčních ocelí ve střížných nástrojích.....	33
Tab. 7. Příklad značení ocelí dle výrobců.....	35
Tab. 8. Základní technické parametry vystřihovacích linek.....	54
Tab. 9. Vlastnosti nejčastěji používaných dynamo plechů.....	55
Tab. 10. Chemické složení oceli 19 436.....	60
Tab. 11. Chemické složení oceli Vanadis 10.....	60
Tab. 12. Chemické složení oceli 19 830.....	61
Tab. 13. Předpokládané životnosti střížných nástrojů.....	72
Tab. 14. Skutečné životnosti střížných nástrojů.....	75
Tab. 15. Tvrdost střížné části z oceli ČSN 19436.....	77
Tab. 16. Přehled obsahu prvků v jednotlivých oblastech.....	80
Tab. 17. Tvrdost střížné části z materiálu Vanadis 10.....	80
Tab. 18. Chemické složení oceli CPM 10V.....	82
Tab. 19. Chemické složení oceli CPM REX M4.....	83
Tab. 20. Vyhodnocení měření drsnosti povrchu-bruska 3E 756.....	88
Tab. 21. Vyhodnocení měření drsnosti povrchu- bruska BPP.....	89
Tab. 22. Přehled nákladů na pořízení brusky BPP120/2.....	91
Tab. 23. Vyhodnocení aplikace navrhovaného materiálu .....	93

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha PI – Evidence sledování životnosti nástroje I. CPM 10 V

Příloha PII – Evidence sledování životnosti nástroje II. CPM 10 V

Příloha PIII – Evidence sledování životnosti nástroje II. CPM REX M4

Příloha PIV – Technické parametry brusky BPP 120

Příloha PV – Evidenční karta střížného nástroje

**PŘÍLOHA P I: EVIDENCE SLEDOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI NÁSTROJE I.  
CPM 10 V**

<b>DRÁŽKOVÝ STŘIŽNÝ NÁSTROJ I.CPM 10 V</b>								
Datum	Počet dr.	Vyrob. kusů	Počet zdvihů	Úběr při ostření	Obsluha	Směna	Odprac. hodin	ks/hod
14.2.2011	96	2 400	230 400	0,10	Hlinský	N	16,0	150
21.2.2011	96	1 000	96 000		Běták	O	7,5	133
22.2.2011	96	1 300	124 800		Vlček	N	7,5	173
22.2.2011	96	1 300	124 800		Hlinský	R	7,5	173
22.2.2011	96	1 300	124 800		Kyjovský	O	7,5	173
23.2.2011	96	1 300	124 800		Běták	N	7,5	173
23.2.2011	96	1 200	115 200		Hlinský	R	7,5	160
23.2.2011	96	600	57 600		Kyjovský	O	7,5	80
7.3.2011	96	900	86 400		Hlinský	R	8,5	106
8.3.2011	96	1 800	172 800		Kyjovský	N	11,5	157
8.3.2011	96	2 000	192 000		Běták	R	11,5	174
9.3.2011	96	300	28 800		Hlinský	N	2,0	150
11.3.2011	96	200	19 200		Kyjovský	R	1,5	133
11.3.2011	96	1 300	124 800		Běták	O	7,5	173
12.3.2011	96	1 300	124 800		Vlček	N	7,5	173
12.3.2011	96	1 800	172 800		Hlinský	R	10,5	171
13.3.2011	96	400	38 400		Běták	N	2,5	160
18.3.2011	96	1 050	100 800		Běták	R	7,5	140
18.3.2011	96	1 150	110 400		Vlček	O	7,5	153
19.3.2011	96	1 350	129 600		Hlinský	N	7,5	180
19.3.2011	96	1 800	172 800		Kyjovský	R	11,5	157
20.3.2011	96	2 100	201 600		Vlček	N	12,5	168
20.3.2011	96	2 000	192 000		Kyjovský	R	11,5	174
21.3.2011	96	2 150	206 400		Vlček	N	12,5	172
21.3.2011	96	650	62 400		Kyjovský	R	7,5	87
		suma	3 134 400	0,10				

## PŘÍLOHA P II: EVIDENCE SLEDOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI NÁSTROJE

### II. CPM 10 V

<b>DRÁŽKOVÝ STŘIŽNÝ NÁSTROJ II.CPM 10 V</b>								
Datum	Počet dr.	Vyrob. kusů	Počet zdvihů	Úběr při ostření	Obsluha	Směna	Odprac. hodin	ks/hod
27.1.2011	48	3 600	172 800		Žáček	N	15,0	240
27.1.2011	48	3 300	158 400		Žlenek	R	11,5	287
28.1.2011	48	2 800	134 400		Běták	N	9,5	295
28.1.2011	48	2 500	120 000		Václavík	R	9,5	263
29.1.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
29.1.2011	48	2 200	105 600		Žáček	R	7,5	293
30.1.2011	48	4 000	192 000		Volčík	N	16,0	250
31.1.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	R	11,5	287
1.2.2011	48	2 000	96 000	0,10	Volčík	R	11,5	174
2.2.2011	48	1 800	86 400		Žlebek	N	6,0	300
2.2.2011	48	3 000	144 000		Žáček	R	11,5	261
5.2.2011	48	450	21 600	0,10	Václavík	R	11,5	39
6.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
6.2.2011	48	3 300	158 400		Žáček	R	11,5	287
7.2.2011	48	3 300	158 400		Václavík	N	11,5	287
7.2.2011	48	2 650	127 200		Volčík	R	11,5	230
8.2.2011	48	3 300	158 400		Žáček	N	11,5	287
8.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	R	11,5	287
10.2.2011	48	1 300	62 400		Žlebek	N	5,0	260
13.2.2011	48	1 840	88 320		Václavík	R	11,5	160
14.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
14.2.2011	48	2 000	96 000		Žáček	R	7,0	286
15.2.2011	48	3 300	158 400		Volčík	N	11,5	287
16.2.2011	48	1 100	52 800		Volčík	R	4,0	275
16.2.2011	48	3 600	172 800		Žáček	N	13,0	277
16.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	R	11,5	287
17.2.2011	48	1 660	79 680	0,10	Volčík	R	11,5	144
19.2.2011	48	900	43 200		Václavík	N	11,5	78
19.2.2011	48	2 700	129 600		Volčík	R	11,5	235
20.2.2011	48	3 300	158 400		Žáček	N	11,5	287
20.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	R	11,5	287
21.2.2011	48	2 700	129 600		Volčík	N	9,5	284
21.2.2011	48	3 300	158 400		Václavík	R	11,5	287
22.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
22.2.2011	48	3 300	158 400		Žáček	R	11,5	287
23.2.2011	48	3 300	158 400		Václavík	N	11,5	287
23.2.2011	48	1 000	48 000		Volčík	R	3,5	286
24.2.2011	48	900	43 200	0,05	Žlebek	R	5,5	164
25.2.2011	48	3 300	158 400		Václavík	R	11,5	287
26.2.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
26.2.2011	48	3 000	144 000		Žáček	R	11,5	261
27.2.2011	48	2 200	105 600		Václavík	N	11,5	191
28.2.2011	48	1 250	60 000	0,10	Žlebek	R	11,5	109
1.3.2011	48	2 800	134 400		Volčík	N	11,5	243

1.3.2011	48	3 100	148 800		Václavík	R	11,5	270
2.3.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
2.3.2011	48	1 700	81 600		Žáček	R	6,0	283
3.3.2011	48	2 600	124 800		Václavík	N	10,5	248
3.3.2011	48	4 450	213 600		Volčík	R	16,0	278
4.3.2011	48	1 200	57 600		Žlebek	R	3,5	343
6.3.2011	48	2 300	110 400		Volčík	N	11,5	200
6.3.2011	48	3 600	172 800		Žáček	R	12,5	288
7.3.2011	48	4 000	192 000		Václavík	N	15,0	267
7.3.2011	48	1 500	72 000	0,90	Volčík	N	11,5	130
8.3.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	R	11,5	287
9.3.2011	48	2 600	124 800		Volčík	N	11,5	226
9.3.2011	48	3 300	158 400		Václavík	R	11,5	287
10.3.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
10.3.2011	48	2 700	129 600		Žáček	R	11,5	235
13.3.2011	48	3 300	158 400		Václavík	R	11,5	287
14.3.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
14.3.2011	48	3 300	158 400		Žáček	R	11,5	287
15.3.2011	48	3 000	144 000		Václavík	N	11,5	261
15.3.2011	48	2 000	96 000	0,10	Žlebek	R	8,5	235
16.3.2011	48	3 000	144 000		Žáček	N	11,5	261
16.3.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	R	11,5	287
17.3.2011	48	3 000	144 000		Žáček	N	10,5	286
17.3.2011	48	3 300	158 400		Václavík	R	11,5	287
18.3.2011	48	3 300	158 400		Žlebek	N	11,5	287
18.3.2011	48	3 300	158 400		Volčík	R	11,5	287
19.3.2011	48	1 000	48 000		Václavík	R	4,0	250
		Suma	9 345 600	1,45				

# PŘÍLOHA P III: EVIDENCE SLEDOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI NÁSTROJE

## II. CPM REX M4

DRÁŽKOVÝ STŘIŽNÝ NÁSTROJ II.CPM REX M4								
Datum	Počet dr.	Vyrob. kusů	Počet zdvihů	Úběr při ostření	Obsluha	Směna	Odprac. hodin	ks/hod
7.3.2011	48	600	28 800		Pernický	O	3,0	200
14.3.2011	48	2 100	100 800		Gabryš	O	7,5	280
15.3.2011	48	2 100	100 800		Jančina	N	7,5	280
15.3.2011	48	2 100	100 800		Pangrác	R	7,5	280
15.3.2011	48	2 100	100 800		Pernický	O	7,5	280
16.3.2011	48	1 600	76 800	0,20	Gabryš	N	7,5	213
16.3.2011	48	2 100	100 800		Pangrác	R	7,5	280
16.3.2011	48	2 100	100 800		Pernický	O	7,5	280
17.3.2011	48	2 100	100 800		Gabryš	N	7,5	280
17.3.2011	48	1 600	76 800		Jančina	R	7,5	213
17.3.2011	48	1 600	76 800		Pangrác	O	6,5	246
18.3.2011	48	2 400	115 200		Pernický	N	8,5	282
18.3.2011	48	600	28 800		Jančina	R	2,5	240
18.3.2011	48	1 900	91 200		Pangrác	O	6,5	292
19.3.2011	48	2 400	115 200		Pernický	N	8,5	282
19.3.2011	48	3 200	153 600		Gabryš	R	11,5	278
20.3.2011	48	2 400	115 200		Pangrác	N	11,5	209
20.3.2011	48	2 400	115 200	0,30	Gabryš	R	11,5	209
21.3.2011	48	3 200	153 600		Pangrác	N	11,5	278
21.3.2011	48	1 500	72 000		Gabryš	R	7,5	200
21.3.2011	48	1 800	86 400		Jančina	O	7,5	240
22.3.2011	48	1 800	86 400		Pangrác	N	7,5	240
22.3.2011	48	2 100	100 800		Pernický	R	7,5	280
22.3.2011	48	2 100	100 800		Gabryš	O	7,5	280
23.3.2011	48	2 100	100 800		Jančina	N	7,5	280
23.3.2011	48	1 700	81 600	0,20	Pernický	R	7,5	227
23.3.2011	48	2 100	100 800		Gabryš	O	7,5	280
24.3.2011	48	2 100	100 800		Jančina	N	7,5	280
24.3.2011	48	2 100	100 800		Gabryš	R	7,5	280
24.3.2011	48	2 100	100 800		Pernický	O	7,5	280
25.3.2011	48	2 100	100 800		Gabryš	N	7,5	280
25.3.2011	48	1 800	86 400		Pernický	R	7,5	240
26.3.2011	48	1 800	86 400		Gabryš	N	7,5	240
26.3.2011	48	2 100	100 800		Jančina	O	7,5	280
		Suma	3 259 200	0,70				



## PŘÍLOHA P IV: TECHNICKÉ PARAMETRY BRUSKY BPP120

**Provedení /označení stroje:** **BPP 120/X**

**Řídicí systém:** Sinumerik 840D

**Pohony:** SIEMENS

	<b>BPP 120/2</b>	<b>BPP120/3,2</b>
Rozměr upínací plochy [mm]	2 000x1 200	3 200x1 200
Max. zatížení upínací plochy [kg]	4 500	6 500
Velikost upínacích T drážek [mm]	22 H8	22 H8
Rozteč T drážek [mm]	130	130
<b>Podélné přestavení stolu (osa X):</b> [mm]	2 200	3 400
<b>Svislé přestavení smykadla s vřetenem (osa Y):</b> [mm]	1 000	1 000
<b>Příčné přestavení saní se smykadlem (osa Z):</b> [mm]	1 600	1 600
<b>Vzdálenost mezi stojany:</b> [mm]		1 440
<b>Rozsah pracovních posuvů</b>	<b>X</b>	[mm/min] 2 - 30 000
	<b>Y</b>	[mm/zdvih] 0,001 - 0,1
	<b>Z</b>	[mm/zdvih] 0,005 - 0,5
<b>Odměřování pozice:</b>	přímé, opticko-elektrické Heidenhain (Y, Z)	
<b>Protokol přesnosti:</b>	VDI / DGQ 3441	
<b>Napětí/frekvence:</b> [V / Hz]	3 x 400 / 50	
<b>Maximální příkon stroje:</b> [kVA]	max. 90	
<b>Max. proud (při max. příkonu):</b> [A]	100	
<b>Hmotnost stroje:</b> [kg]	cca. 40 000	

## PŘÍLOHA P V: EVIDENČNÍ KARTA STŘIŽNÉHO NÁSTROJE

KARTA VÝROBNÍ POMŮCKY							1) ČÍSLO VÝROBNÍ POMŮCKY		
<b>DŘ.Ss11,8x32,9 48-PR.370,8 PR.366,8</b>						3) POČET KUSŮ 1			
4) TYP		5) ČÍSLO VÝKRESU DÍLCE		6) VÝR. PŘ. NÁSTROJÁRNÝ		7) VÝŠKA HORNÍ ČÁSTI / mm		8) ŽIVOTNOST - POČET STŘIHŮ	
9) VYSTAVIL		10) DATUM		11) HMOTNOST / Kg		12) MINIMÁLNÍ VÝŠKA HORNÍ ČÁSTI / mm		13) MATERIÁL STŘIŽNÝCH ČÁSTÍ	
14) KRESLIL		15) DATUM		16) VÝDEJNA		17) VÝŠKA SPODNÍ ČÁSTI / mm		18) STŘIHŮ NA JEDNO OSTŘENÍ	
19) OŘJ KONTROLOVAL		20) DATUM		21) UMÍSTĚNÍ VE VÝDEJNĚ		22) MINIMÁLNÍ VÝŠKA SPODNÍ ČÁSTI / mm		23) PŘEDP. OBĚR PŘI OSTŘENÍ / mm	
24) PŘEVZAL		25) DATUM		26) NÁČRT					
SLEDOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI									
28) DATUM	29) POČET STŘIHŮ	30) STROJ	31) SEŘIZOVAČ	32) OBVOD OSTŘENÍ	33) OSTŘIL	34) OBĚR OSTŘENÍ	35) HORNÍ ČASŤ / mm	36) SPODNÍ ČASŤ / mm	37) POZNÁMKA
20.1.2009	480 000	KAB	KREJČÍ	TUPÉ	ORAVEC M.	0,1	R 22,9	M 20,1	43
20.1.2009	7 668 169	SOUČET			ORAVEC M.				NAVEDENO
26.1.2009	220000		KREJČÍ	UKONČENO	ORAVEC M.	0,1	R 22,7	M 20	43
1.2.2009	560 000	KAB.	KOVARČIK	TUPE	VACLAVIK	0,1	R 22,6	M 19,9	43
4.2.2009	280000	Kab	Stastny	TUPÉ	Oravec T.	0,1	R-22,5	M-19,8	
8.2.2009	128000	XA7	ZIMEK	UKONČENO	CHOVANEK	0,1	R 22,4	M 19,7	43
16.2.2009	150000	XA7	ZIMEK	TUPÉ	CHOVANEK	0,1	R 22,3	M 19,6	43
22.2.2009	1800000	XA7	ZIMEK	TUPÉ	CHOVANEK	0,1	R 22,1	M 19,5	43
15.3.2009	580 000	KAB	DAVID	UKONČENO	JURÁŇ	0,1	R 22	M 19,4	43