

# **Vliv koncentrace řezné kapaliny na trvanlivost nástroje**

Petr Král

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2011/2012

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr KRÁL**  
Osobní číslo: **T07218**  
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Vliv koncentrace řezné kapaliny na trvanlivost nástroje**

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická studie z oblasti technologie soustružení, vlivu řezných kapalin na řezný proces a trvanlivost nástroje
2. Experimentální obrábění součástí soustružením za použití různých koncentrací řezných kapalin
3. Měření parametrů opotřebení soustružnického nástroje
4. Vyhodnocení a diskuze výsledků experimentu

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**KOCMAN, K., PROKOP, J.:** Technologie obrábění. Brno. Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0

**ŘASA, J., GABRIEL, V.:** Strojírenská technologie 3, 1.díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění. Praha. Grafikon 2000. ISBN 80-7183-207-3

**LIEMERT, G.:** Teorie obrábění. STNL Praha, 1970. ISBN 80-7099-429-0

**KOCMAN, K.:** Speciální technologie. Brno. Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2562-8

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ondřej Bílek, Ph.D.**  
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **13. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2012**

Ve Zlíně dne 13. února 2012

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: PETR KRÁL

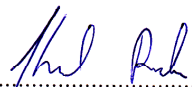
Obor: TECHN. ZAŘÍZENÍ

## 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 20.5.2012

  
.....

<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 nevdělečně 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 přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Jedná se o bakalářskou práci, jejímž úkolem je ukázat, co má vliv na zvyšování produktivity výroby. Práce se zabývá používání produktivity nářadí, produktivity řezné kapaliny, produktivity strojů. Zároveň vás bakalářská práce seznámí s vývojem a geometrií řezných procesů.

Klíčová slova: řezná kapalina, produktivita, výkon řezného procesu, trvanlivost, soustružení

## **ABSTRACT**

It is a bachelor thesis, whose task is to show what the effect of increasing the productive production. This work deals with the use of productivity tools, productivity, coolant, machine productivity. And we bachelor is introduced to the development and geometry of the cutting process.

Keywords: fluids, productivity, cutting process performance, durability, machining

Na tomto místě bych rád vyjádřil poděkování panu Ing. Ondřeji Bílkovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady, připomínky a čas strávený u mé bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Vasmo s.r.o. za vytvoření optimálních podmínek a umožnění měření.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a vedoucího ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně      20.05. 2012

.....

Podpis

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 SOUSTRUŽENÍ .....</b>	<b>12</b>
1.1    DEFINICE A CHARAKTERISTIKA .....	12
1.2    NÁSTROJE.....	13
1.2.1    Druhy soustružnických nožů .....	13
1.2.2    Geometrie soustružnického nože .....	15
1.2.3    Tříška, druhy třísek.....	16
1.2.4    Upínání nástrojů a obrobků .....	16
1.3    SOUSTRUHY .....	20
1.3.1    Rozdělení.....	20
1.3.2    Druhy.....	21
<b>2 ŘEZNÉ KAPALINY .....</b>	<b>26</b>
2.1    VÝZNAM ŘEZNÉ KAPALINY .....	26
2.2    VLASTNOSTI ŘEZNÉ KAPALINY .....	26
2.3    DRUHY ŘEZNÝCH KAPALIN.....	28
2.4    VOLBA ŘEZNÉ KAPALINY.....	31
2.4.1    Volba řezné kapaliny z hlediska materiálu.....	31
2.4.2    Volba řezné kapaliny z hlediska metody obrábění.....	32
2.5    ZPŮSOBY CHLAZENÍ ZA PROVOZU .....	33
2.6    KONTROLA KAPALINY .....	35
2.7    ČIŠTĚNÍ KAPALINY.....	36
2.8    VÝMĚNA KAPALINY.....	36
2.9    BEZPEČNOST PRÁCE S ŘEZNÝMI KAPALINAMI.....	37
2.10    URČOVÁNÍ KONCENTRACE KAPALINY.....	37
<b>3 TRVANLIVOST BŘITU NÁSTROJE.....</b>	<b>38</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>41</b>
<b>4 PODMÍNKY EXPERIMENTU .....</b>	<b>42</b>
4.1    SPINNER TC65 .....	42
4.2    MIKROSKOP CARTON SPZT 50 .....	44
4.3    PROFILOMĚR CONTRACER CV-1000 .....	45
4.4    DRSNOMĚR PERTHNO METER M1 .....	46
4.5    SNÍMAČ TEPLoty MS6530.....	46
4.6    REFRAKTOMETR ATAGO .....	47
4.7    OBRÁBĚNÝ VZOREK .....	48
4.8    POUŽITÁ PROCESNÍ KAPALINA .....	48
4.8.1    Blasocut KOMBI 883.....	48
<b>5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ .....</b>	<b>50</b>



5.1	OBRÁBĚNÍ BEZ CHLAZENÍ.....	50
5.2	OBRÁBĚNÍ S 3% ŘEZNOU KAPALINOU.....	51
5.3	OBRÁBĚNÍ S 5,5% ŘEZNOU KAPALINOU.....	53
5.4	OBRÁBĚNÍ S 8,5% ŘEZNOU KAPALINOU.....	56
5.5	OPOTŘEBENÍ PLÁTKŮ PO KRITICKÉM ČASU OBRÁBĚNÍ .....	59
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>62</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>64</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>		<b>65</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>66</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>68</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>		<b>69</b>

## ÚVOD

Obrábění kovů na obráběcích strojích vzniklo jako jedna ze základních strojírenských výrobních technologií v počátcích průmyslové revoluce. Její počátky sahají až do doby mladší doby kamenné, kdy nacházíme různé soustružené předměty. V době bronzové pak předměty z bronzu.

Za obrábění podobné dnešní době lze považovat počátky ve 13. století po kr. Od poloviny 13. století se objevuje modifikovaná podoba „lukového“ principu: nahoře pod stropem byla upevněna pružná vodorovná tyč, od níž vedlo lanko obtočené jedním nebo dvěma závitů okolo soustruženého kusu k podlaze, kde bylo upevněno na šlapadle; tato konstrukce dala soustružníkovi možnost pracovat se soustružnickým nožem oběma rukama.

V pozdější době se vynalézaly další možnosti soustružení. Soustružení poháněné vodní silou. V 15. století byla idea primitivního suportu sloužícího k držení a vedení soustružnického nože. Z počátku 2. poloviny 16. století pocházejí nákresy soustruhu na řezání závitů a soustruhu na soustružení podle šablony, vzniká soustruh s poháněným vřetenem, k němuž byl obrobek pevně upnut.

Díky nástupu průmyslové revoluce v polovině 18. století byl vyvinut železný soustruh s pevně vedeným suportem, umožňujícím pohyb nože podél soustruženého předmětu i kolmo k němu.

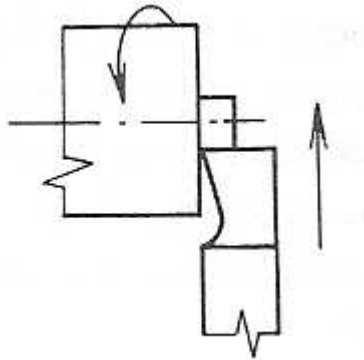
Ve 20. století se pod technologickými pokroky a požadavky na obrábění muselo vyvíjet i soustružení. Byly vynalézány konkrétní druhy soustruhů. Stále se zrychlovaly podmínky soustružení jako řezné podmínky, kvalita, rychlost. Na druhou stranu se zvyšovala teplota obrábění. To dalo za vznik řezné kapaliny, která snižuje teplotu během procesu a má i jiné vlastnosti. V dnešní době se upouští od soustružení jako takového a přechází se na soustružení NC a CNC strojích. [6]

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

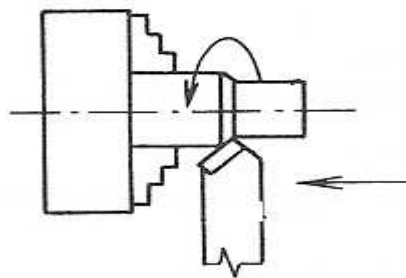
# 1 SOUSTRUŽENÍ

## 1.1 Definice a charakteristika

Soustružení je metoda, která se používá při obrábění rotačních součástí. Obvykle se používají jednobřité nástroje různého provedení. Hlavní pohyb koná obrobek (otáčivý). Vedlejší pohyb koná nástroj (podélný posuv, příčný posuv). Výsledkem podélného posuvu (obr. 2) nástroje je válcová plocha, při příčném posuvu (obr. 1) je čelní rovinná plocha. Kombinací těchto dvou posuvů vzniká obecná rotační plocha. Nástroj může konat taky přísuv. Tímto pohybem, který probíhá před obráběním, se nastavuje požadovaná hloubka řezu.



Obr. 1. Příčné soustružení [2]



Obr. 2. Podélné soustružení [2]

Na soustruzích se lze obrábět válcové plochy (vnitřní, vnější), kuželové i tvarové plochy, čelní rovinné plochy.

Kromě soustružení lze na soustruzích provádět i jiné operace jako jsou: řezání závitu, vr-tání, vyvrtávání, vystružování, vyrábění zápichů (vnější, vnitřní, čelní), vroubkování leště-ní. Díky přídatným zařízením můžeme na soustruzích i brousit, frézovat apod. [1,2]

## 1.2 Nástroje

Nástroje pro soustružení jsou soustružnické nože. Mají různé geometrické tvary. Nože se rozdělují podle různých hledisek.

- **materiálu:** rychlořezná ocel, slinuté karbidy, cernety, řezné keramiky, diamanty
- **dle tvaru těla:** přímé, ohnuté, prohnuté, osazené
- **dle operace:** ubírací, zapichovací, upichovací, závitové
- **typu stroje:** soustružnické nože, revolverové nože, automatové nože

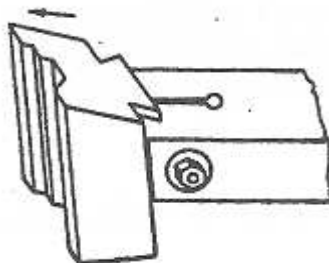
### 1.2.1 Druhy soustružnických nožů

#### Radiální nože

Se skládají z upínací a pracovní části. Podle polohy ostří v pracovní souřadnicové soustavě se rozlišují na pravé a levé.

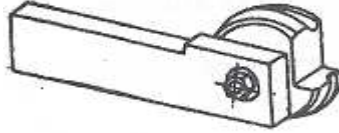
#### Prizmatické, kotoučové a tangenciální nože

Prizmatické nože - se jako nože tvarové používají pro vnější soustružení tvarových ploch a zapichování. Nože se ostří na čele (obr. 3).



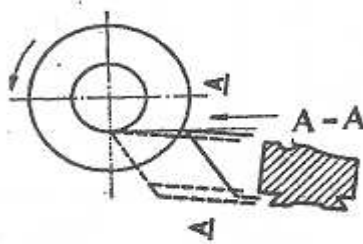
Obr. 3. Prizmatický nůž [2]

Kotoučové nože - Tvar obvodu kotoučového nože (obr. 4) je jiný než ten, který má být obrobek. Ostření se provádí na čele a může se mnohokrát opakovat.



Obr. 4. Kotoučový nůž [2]

Tangenciální nože (obr. 5) - Nejčastěji se používají na soustružnických revolučních automatech. Nůž vykonává posuvný pohyb po přímce mimoběžné k ose rotace.



Obr. 5. Tangenciální nůž [2]

### Nože s vyměnitelnými břitovými destičkami

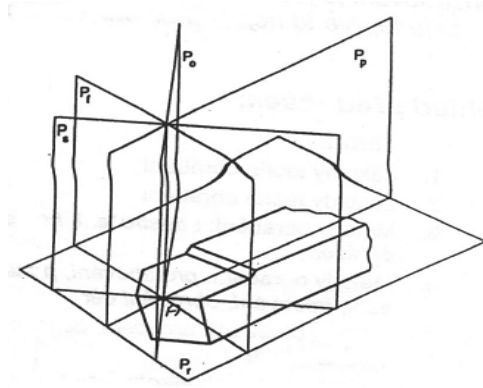
Destičky jsou upnuté k nožovému držáku. Destička je obvykle vícebřitá a po otupení jednoho břitu se pootočí na nový ostrý břit. Uložení břitových destiček se ukládají vzhledem k zamezení řezných odporů, které by směřovaly do stěn a zatěžovaly by upínací mechanismus do nožového držáku (obr. 6). [1,7]



Obr. 6. Nůž s vyměnitelnou břitovou destičkou

### 1.2.2 Geometrie soustružnického nože

Soustružnický nůž je charakterizován materiálem a geometrií. Geometrie břitu se vyjadřuje v nástrojové souřadnicové soustavě (obr. 7), která vychází z předpokládaného směru hlavního a posuvného pohybu.



Obr. 7. Nástrojové roviny [5]

Pr nástrojová rovina základní

Pf nástrojová rovina boční

Pp nástrojová rovina zadní

Ps nástrojová rovina ostří

Po nástrojová rovina ortogonální

Řezné úhly se definují v soustavě nástrojových rovin následovně:

$\alpha$  - **úhel hřbetu** (úhel mezi rovinou hřbetu a rovinou Ps),

$\beta$  - **úhel břitu** (úhel mezi rovinou hřbetu a rovinou čela),

$\gamma$  - **úhel čela** (úhel mezi rovinou čela a rovinou Pr),

$\delta$  - **úhel řezu** ( $\alpha + \beta$ ),

$\chi$  - **úhel nastavení ostří** (úhel mezi rovinou Pf a rovinou Ps),

$\lambda$  - **úhel sklonu ostří** (úhel mezi rovinou Pr a ostřím),

$\varepsilon$  - **úhel špičky břitu**,

$r_\varepsilon$  - **poloměr špičky břitu** (zaoblení). [5]

### 1.2.3 Tříska, druhy třísek

Třísky představují vedlejší produkt řezného procesu, avšak jejich technologické charakteristiky významně vypovídají o průběhu procesu řezání jak z energetického hlediska, tak i z hlediska jejich řízeného odchodu z řezné zóny.[1]

V závislosti na průběhu řezného procesu mají třísky tvar (obr. 8).



Obr. 8. Základní druhy tvářených třísek při obrábění kovů [1]

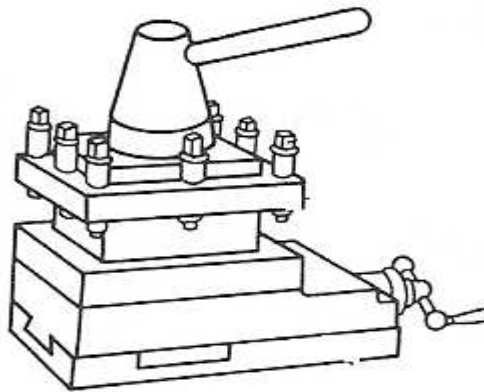
a ) plynulá článkovitá soudržná tříska, vznikající u větších ocelí; b) plynulá soudržná tříska, vznikající u většiny korozivzdorných ocelí; c) tvářená elementární tříska, vznikající u většiny litin; d) nepravidelně článkovitá plynulá tříska, vznikající u většiny vysoce legovaných materiálů; e) tvářená plynulá soudržná tříska, vznikající při malých řezných silách, např. při obrábění hliníku; f) dělená segmentová tříska, vznikající při velkých řezných silách a vysokých teplotách, při obrábění tvrdých materiálů; g) plynulá segmentová tříska, vznikající při obrábění titanu

### 1.2.4 Upínání nástrojů a obrobků

#### Nástroj

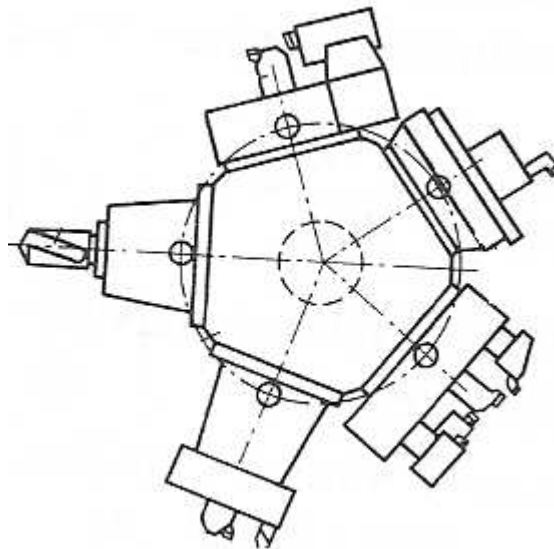
Upnutí nožů by mělo být spolehlivé. Nože se proto upínají do nožových hlav upínkami. Nožové hlavy (obr. 9) jsou otočné a obvykle se dají do nich upnout 4 nože. U revolverových soustruhů, automatických soustruhů a svislých soustruhů se upínají nože pomocí speciálních držáků do revolverových hlav (obr. 10) .





Obr. 9. Nožová hlava [2]

U NC a CNC strojů je upnutí nožů řešeno ve speciálních držácích, které jsou vyřešeny tak, že seřízení nástroje je provedeno mimo stroj seřizovacími přístroji.



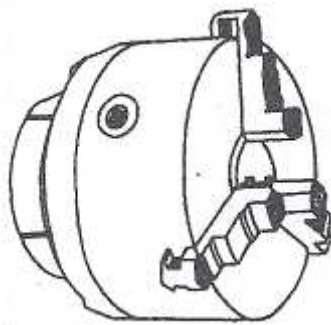
Obr. 10. Revolverová hlava [2]

## Obrobek

Upnutí obrobku má vykazovat dostatečnou tuhost a má zajistit konečnou polohu obrobku.

Pro upnutí obrobku existuje celá řada metod a způsobů. Jako jsou upnutí do univerzálního sklíčidla, univerzální upínací deska, upínací kleština, upnutí pomocí lunet, mezi hroty.

Univerzální sklíčidlo - Nejpoužívanější způsob. Sklíčidla (obr. 11) jsou tří nebo čtyřčelistová. Pro obrobky dlouhé, které se mohou upínat buď oboustranně nebo letmo. Čelisti se pohybují pomocí spirálových zubů současně.



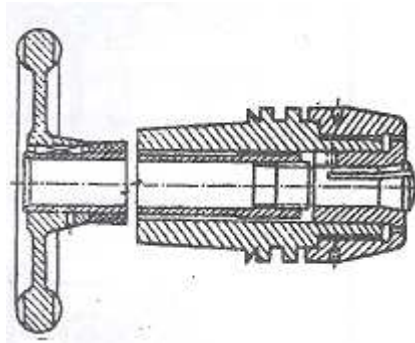
*Obr. 11. Univerzální sklíčidlo [1]*

Univerzální upínací deska - Má samostatně stavitelné čelisti. Místo čelistí lze použít příložky, nebo šrouby. Využívají se pro součásti nepravidelných a složitých tvarů (obr. 12).



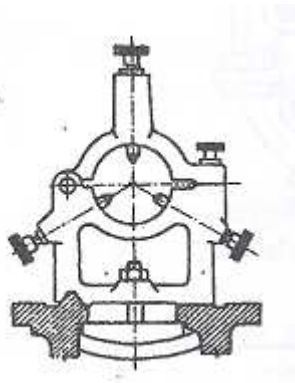
*Obr. 12. Univerzální upínací deska [2]*

Upínací kleština- Kleštiny jsou rozříznuté 3 drážkami a vtahováním do kuželové dutiny materiál vtáhnou. Využívají se pro obrobky kruhového nebo šestihranného průřezu (obr. 13).

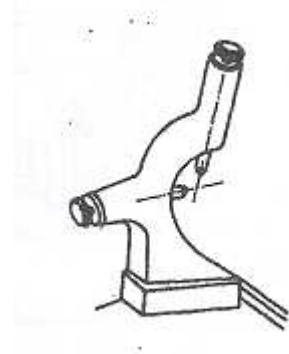


*Obr. 13. Upínací kleština [3]*

Upnutí pomocí lunet - Používá se pro obrobky štíhlé s velkým poměrem délky k průměru. Lunety mohou být buď pevně upnuty na loži stroje (obr. 14), nebo jsou připevněny k suportu, s kterým se posouvají po loži (obr. 15).

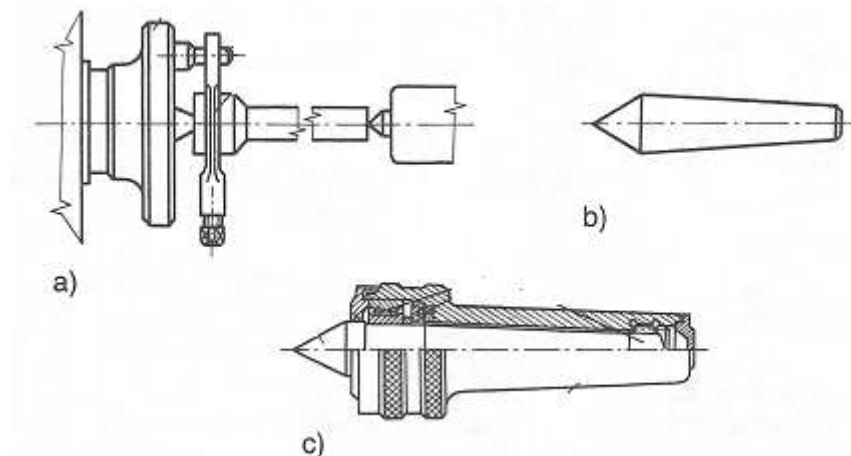


*Obr. 14. Pevná luneta [4]*



Obr. 15. Posuvná luneta [5]

Upnutí mezi hroty - Je nejpřesnější upnutí obrobku při broušení. Musíme zajistit otáčení obrobku pomocí „srdce“, odpruženými unášecími hroty (obr. 16). [1,2]



a) unášení obrobku, b) pevný hrot, c) posuvný hrot

Obr 16. Upínání mezi hroty [6]

## 1.3 Soustruhy

### 1.3.1 Rozdělení

Jsou nejčastěji se vyskytující obráběcí stroje. Soustruhy rozdělujeme podle konstrukčně technologické hlediska na hrotové, revolverové, svislé, čelní a speciální. Dále se rozdělují podle stupně automatizace na ručně ovládané, poloautomatické a automatické.

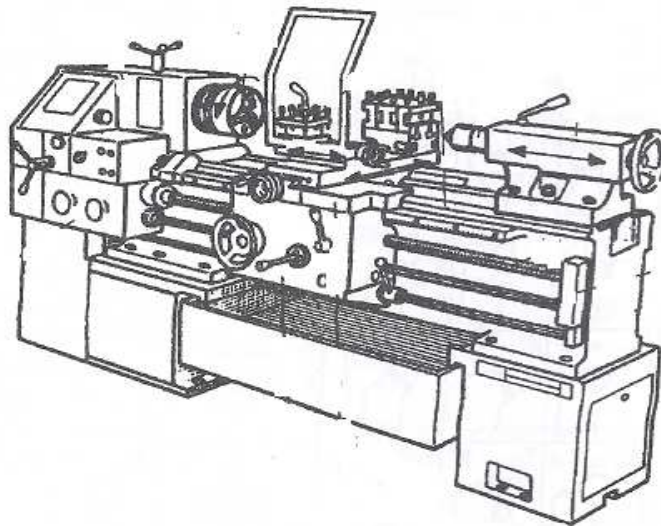
### 1.3.2 Druhy

Hrotový soustruh - Používají se v kusové a malosériové výrobě. Mají obvykle rozsáhlé příslušenství pro upínání nástrojů i obrobků. Vyrábějí se na nich součásti rozličných rozměrů, bez náročného seřizování stroje. Na hrotových soustruzích lze obrábět vnější a vnitřní rotační plochy, rovinné plochy čelní, řezat závity, soustružit kuželové plochy.

Hrotové soustruhy (obr. 17) se vyrábějí jako univerzální a jednoduché (produkční).

Univerzální soustruhy umožňují pomocí vodícího šroubu pro posuv suportu řezat závit závitovým nožem.

Produkční soustruhy vodící šroub nemají a používají se zejména pro hrubování.



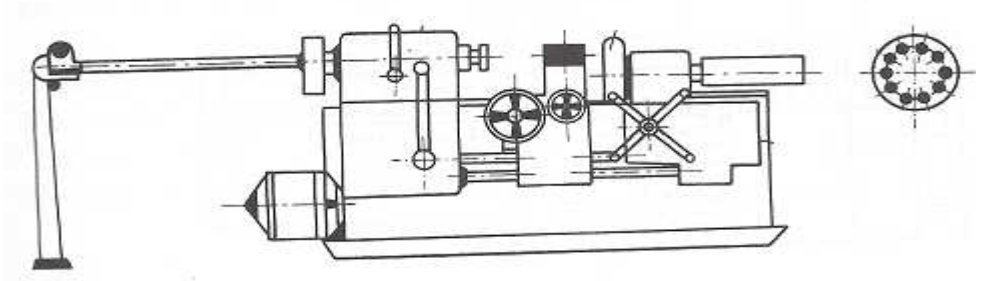
Obr. 17. Univerzální hrotový soustruh [1]

Revolverové soustruhy - Využívají se pro obrábění součástí menšího průměru, nejčastěji z polotovarů ve formě dlouhých tyčí. Revolverové soustruhy mají revolverovou hlavu, která umožňuje větší počet upnutí nástrojů. Nástroje se upínají v držácích.

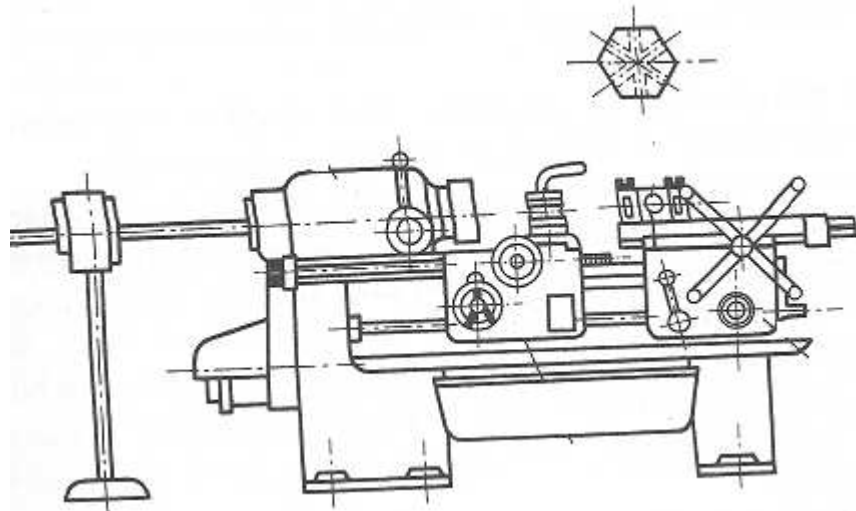
V porovnání s hrotovými soustruhy mají rychlejší a přesnější nastavení nástroje vzhledem k upnutému obrobku. Mají možnost obrábět několika nástroji současně. Na revolverových soustruzích je možno soustružit podélně i příčně v ose obrobku vrtat, vyvrtávat, vystružovat apod.

Polotovar může být buď tyčový materiál, který upínáme do kleštin, nebo výkovky, odlitky. Ty upínáme do sklíčidel.

Revolverové soustruhy dělíme na soustruhy s vodorovnou osou revolverové hlavy (obr. 18), nebo svislou osou revolverové hlavy (obr. 19).



Obr. 18. Revolverový soustruh s vodorovnou osou revolverové hlavy [2]

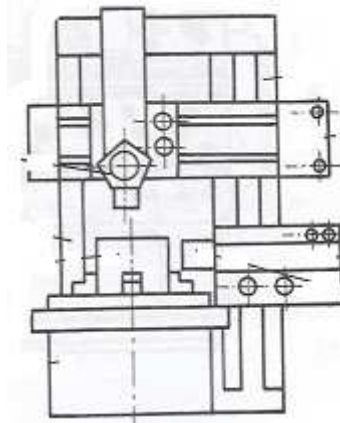


Obr. 19. Revolverový soustruh se svislou osou revolverové hlavy [2]

Svislé soustruhy - Používají se pro soustružení velkých a těžkých obrobků. Hlavní části těchto strojů jsou: otočný stůl, stojany a příčnický suport.

Svislé soustruhy se vyrábějí ve dvou variantách. Buď jednostojanové (obr. 20), nebo dvoustojanové. Rozdíl mezi nimi je v příčnicku, pohybujícím se po stojanu.

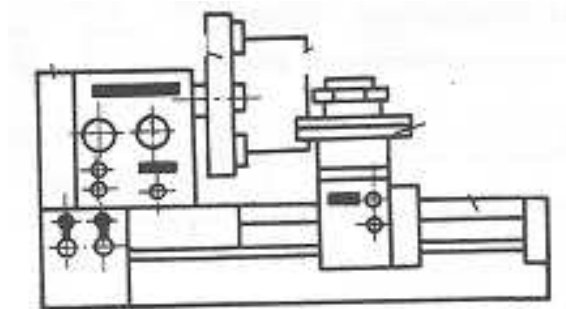
U jednostojanových soustruhů se příčnický suport pohybuje po stojanu s pětibokou revolverovou hlavou. U dvoustojanových se příčnický suport pohybuje po dvou stojanech. Na příčnicku jsou obvykle dva suporty.



Obr. 20. Svislý soustruh

jednostojanový [2]

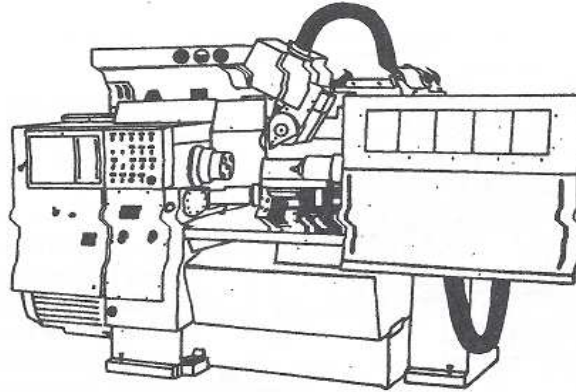
Čelní soustruhy - používají se pro soustružení krátkých součástí velkých průměrů. Obrobky se upínají na upínací desku s vodorovnou osou otáčení. Soustruhy nemají koník (obr. 21).



Obr. 21. Čelní soustruh [2]

Poloautomatické soustruhy - Mají pracovní cyklus automatický, ale obsluha upíná nástroje, odepíná obrobky.

Poloautomatické soustruhy (obr. 22) se rozdělují na hrotové (kopírovací) a sklíčidlové (revolverové). Automatizace cyklu se dosahuje použitím křivkových kotoučů.



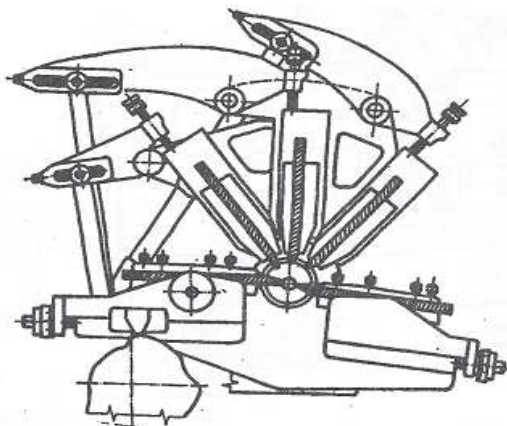
Obr. 22. Poloautomatický soustruh [1]

Automatické soustruhy - Slouží k obrábění složitých rotačních součástí obvykle z tyčového materiálu. Výměna a vkládání obrobku probíhá zcela automaticky.

Automatické soustruhy (obr. 23) se rozdělují z hlediska:

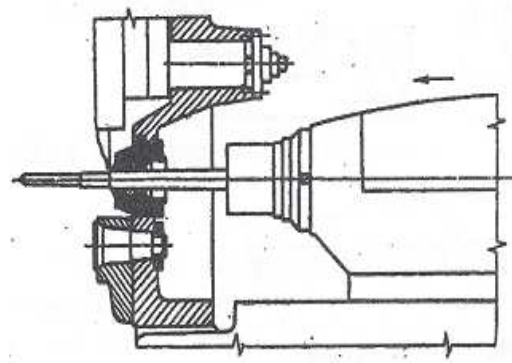
- aplikované řízení (CNC, křivkové, bezkřivkové)
- konstrukční uspořádání (revolverové, zapichovací)
- počtu vřeten (jednovřetenové, několikavřetenové)

Díky automatizaci soustruhů a jejich příslušenství je možné dokončovat na soustruzích i nesoustružnické operace (frézování drážek, vrtání děr apod.). [1,2]



a) schéma uspořádání suportů





*b) vedení materiálu*

*Obr. 23. Automatický soustruh [1]*

## 2 ŘEZNÉ KAPALINY

Fyzikální a chemické vlastnosti prostředí při řezání podstatně ovlivňují deformaci řezaného materiálu, tření na nástroji, teplotu řezání, a tím i odpor, trvanlivost nástroje, jakost a přesnost obrobené plochy. Hospodářský význam řezného prostředí je tedy nesporný, a proto se snažíme výběrem vhodných řezných kapalin připravit nejvhodnější řezné podmínky.

### 2.1 Význam řezné kapaliny

Během obrábění dochází v místě styku nástroje a obrobku k velkému tření a tím i vysoké teplotě, dále pak vzniká napětí. Proto musíme přivádět do místa styku řezná média. Nejčastěji se jedná o řezné kapaliny, plynné prostředky. Existují i prostředky konzistentní, jako jsou tuky. Nebo pevné, jako jsou prášková maziva. Tyto prostředky se ale používají jen velmi málo z důvodů špatného odvodu tepla z místa řezu. Používají se převážně na řezání závitů, nebo při speciálních řezných operacích.

### 2.2 Vlastnosti řezné kapaliny

Řezné kapaliny mají fyzikální a chemické vlastnosti, které se projevují mazacím účinkem, chladícím účinkem, čistícím účinkem, ochranným účinkem. Dále řezné kapaliny musí mít vlastnosti jako provozní stálost, zdravotní nezávadnost, a v poslední řadě přiměřené náklady.

Mazací účinek- Je schopnost kapaliny vytvořit na povrchu materiálu vrstvu, která zabraňuje přímému styku kovových povrchů a tím i zmenšuje tření vznikající mezi obrobkem a nástrojem. Ale na druhou stranu může vzniknout tzv. „mezní tření“. To může vzniknout díky velké afinitě kapaliny ke kovu, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky v mikroskopické povrchové vrstvě.

Mazací účinek tedy znamená zmenšení řezných sil, zlepšení jakosti obrobeného materiálu a snížení spotřeby energie.

Mazací schopnost je především víc závislá na její viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Čím větší viskozita, tím se zhoršuje schopnost průniku řezného média mezi třecí plochy, dále se zhoršuje odvod tepla a viskoznější řezné médium ulpívá více na třískách a tím dochází ke značným ztrátám.

Abychom zvýšili pevnost řezných kapalin, můžeme dodávat různé přísady.

Chladicí účinek – Je charakterizován schopností řezných médií odvádět teplo z místa řezání. Tuto vlastnost má každá kapalina, která smáčí povrch kovu, pokud existuje tepelný spád mezi povrchem a kapalinou. Na odvodu tepla se nepodílí řezná kapalina samostatně. Schopnost odvádět teplo mají i třísky vzniklé při obrábění a obrobek samotný.

Chladicí účinek řezných kapalin bude záviset na smáčecí schopnosti, na výparném teple, na rychlosti vypařování za určitých teplot, na tepelné vodivosti a na měrném teple. Čím budou tyto veličiny větší, tím se bude chladicí účinek zvětšovat. Stejně důležitá vlastnost je průtokové množství. Výparné teplo zvětšuje chladicí účinek prostředí.

Ale velké odpařování řezného média není vhodné, proto musíme zajistit v některých případech odpařování.

Čistící účinek – Je charakterizován přívodem řezné kapaliny do řezného prostředí a tím odstraňování třísek. U broušení zlepšuje vlastnosti brusného kotouče tím, že vyplavuje zanesené póry.

Řezné prostředí má také bránit slepování částic vzniklých při řezání a má vyvolávat jejich usazování.

Čistící účinek má velký význam pro broušení a u operací jako jsou řezání závitů, vrtání hlubokých děr.

Provozní stálost – Je možné hodnotit dobou výměny řezné kapaliny. Dlouhodobost je záruka, že po tuto dobu se nebudou vlastnosti řezné kapaliny měnit.

Stárnutí řezné kapaliny olejového typu se projevuje vytvářením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit poruchu stroje. Stárnutí řezných kapalin má negativní vliv na zhoršování jejich vlastností, jako jsou rozklad, zmenšování mazacího účinku, ztráty ochranných schopností, hnilobný zápach, dále pak může napomáhat ke korozi obrobku.

Ochranný účinek – Ochranný účinek řezných kapalin je schopnost kapaliny zamezit korozi. Toto je důležitý požadavek, díky kterému nemusíme výrobky mezi operacemi konzervovat. Stroje jsou chráněny díky tomu před korozi. Pro vytvoření dokonalého antikorozního účinku jsou do řezného prostředí přidávány přísady, které pasivují kovy proti nežádoucím účinkům.

kům. Mezi další požadavky na ochranné účinky patří to, aby nebylo řezné prostředí agresivní vůči gumovým těsněním a nerozpouštělo nátěry obráběcích strojů.

Zdravotní nezávadnost - Při práci na obráběcích strojích dochází ke styku pracující obsluhy a nosných médií. Proto řezné kapaliny nesmí obsahovat dráždivé látky, které dráždí pokožku a sliznici a nesmí být jedovaté. Řezné prostředí nesmí zamořovat ovzduší nepříjemným zápachem. Dále závisí na provozní stálosti a čistotě okolí. Musíme dbát na to, abychom zajistili základní hygienická opatření, jako jsou větrání, preventivní ochrana pokožky atd.

Přiměřené náklady - Pod tímto pojmem si můžeme představit především spotřebu řezného média. Musíme si uvědomit, jaký vliv bude mít na proces obrábění (trvanlivost nástroje ostření, jakost obrobku a spotřebu energie). Dále si musíme uvědomit provozní stálost, spotřebu a výměnu řezné kapaliny. Je třeba zvážit i náklady na likvidaci řezného prostředí. Řezné prostředí je jedním z prostředků, jak ovlivňovat hospodárnost procesu obrábění. Při jeho výběru je nutné zvážit jeho působení na proces řezání (průběh plastických deformací v zóně řezání, na opotřebení nástroje a na změnu struktury povrchu obrobené plochy).

### 2.3 Druhy řezných kapalin

Řezné kapaliny můžeme rozdělit vlastně do dvou skupin. Kapaliny s chladícím účinkem a kapaliny s mazacím účinkem.

Do skupin řezných kapalin s převažujícím chladícím účinkem můžeme zařadit kapaliny na vodní bázi a do skupiny s převažujícím mazacím účinkem můžeme zařadit kapaliny na bázi oleje.

Řezné kapaliny se obecně rozdělují do následujících skupin. Vodní roztoky, emulzní kapaliny, mastné oleje, zušlechtěné řezné oleje, syntetické kapaliny.

Vodní roztoky - Jsou to nejjednodušší řezné kapaliny. Mají velmi dobré chladící a čistící účinky. Ale nejsou příliš výhodné z hlediska aplikace. Voda, jako základ těchto roztoků, vyžaduje řadu úprav jako jsou: změkčování, přidávání přísad proti korozi, přísady proti pěnovosti, pro zlepšení smáčivosti. Vodní roztok musí být vždy alkalický.

Vodní roztoky jsou náchylné na tvorbu kalů a nepříjemných zápachů, díky rozmnožování anaerobních bakterií.

Emulzní kapaliny – Jedná se o disperzní soustavu dvou a více nerozpustných kapalin (olej + voda), z nichž jedna kapalina tvoří mikroskopické kapky, které jsou rozptýlené ve druhé kapalině. Je třeba využívat tzv. emulgátory.

Emulgátory snižují mezipovrchové napětí mezi emulgovanými kapalinami a stabilizují emulzi. Emulzní kapaliny spojují přednosti vody a mazacích olejů. Chladicí účinek emulzních kapalin závisí na koncentraci emulze. Ochranu proti korozi zajišťuje pH emulze v menší míře než u vodných roztoků.

Emulzní kapaliny zahrnují asi 80% všech používaných řezných kapalin.

Řezné oleje - Jsou zušlechťené minerální oleje. Přísady, které se používají, mají vyšší tlakovou únosnost a také lepší mazací vlastnosti. Jako přísady, které zlepšují mazací schopnosti, se používají mastné látky, organické sloučeniny a pevná maziva.

*Mastné látky:* jsou zmýdelnitelné mastné oleje, mastné kapaliny nebo syntetické estery, tyto přísady zvětšují přilnavost oleje ke kovům a zlepšují mazací schopnosti, ale ne za extrémních tlaků.

*Organické sloučeniny:* Jsou sloučeniny určitých prvků ( S, Cl, P). Všechny tyto látky se osvědčily jako vysokotlakové přísady. Na povrchu vytvářejí vrstvičku kovových mýdel, která zabraňují kovovým svarům a usnadňují kluzný pohyb troucích se ploch. Sloučeniny s chlorem zmenšují tření, ale účinnost klesá pod 400°C. Sloučeniny s fosforem jsou účinnější. Ale jako nejúčinnější se projevily kombinace sloučenin všech 3 prvků.

*Pevná maziva:* Používají se jako přísady do řezných olejů. Při řezání působí mechanickým účinkem. Díky své afinitě ke kovu vytvářejí mezní vrstvu odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje. Jako pevná maziva se uvádějí grafit a sirník molybdeny. Jedinou nevýhodou těchto maziv je,

že se nerozpouští v kapalinách a musí se proto udržovat v rozptýleném stavu.

Minerální oleje - Jsou to výrobky z ropy, s dobrými mazacími vlastnostmi, na úkor chladících účinků. Mají dobrý ochranný účinek a dobrou odolnost proti stárnutí. Díky dobrým provozním vlastnostem se využívají jako základ pro řezné oleje.

Mastné oleje a tuky - Jsou to látky živočišného a rostlinného původu. Jejich vlastnosti jsou podobné jako u minerálních olejů. Mají ale menší povrchové napětí a tím i smáčivost. To vede k lepšímu odvodu tepla. Nevýhodou mastných látek je náchylnost ke stárnutí (zvyšuje se kyselost). Mezi mastné látky patří: řepkový olej, ricinový olej, lněný olej a další.

Syntetické kapaliny - mají velkou provozní stálost, ale jejich chladící a mazací schopnosti nejsou větší než u minerálních olejů. Jsou většinou rozpustné ve vodě a mají velmi dobrý chladící a mazací účinek, stejně jako ochranný.

Tab. 1. Přehled doporučených řezných kapalin pro různé metody obrábění [4]

Metoda obrábění	Ocel			Liti- na	nikl a jeho slitiny	bronz a mosa z	meď a sli- tiny	hliník a jeho slitiny	hoř- čik a jeho slitiny
	nízkouhlíko- vá ocel	s vyšším obsahem uhlíku	nerez oceli						
Soustružení	D 3	D 5	D 10	-	E	D 3	D 3	D 3	B
Vrtání a vystružování	E, D 10	F	J	D 5	E	B	B	B	B
Frézování	D 5	D 5	D 10	D 5	F	B	D 3	D 3	B
Řezání závi- tů	H	J	J	D 10	J	C	B	C	B
Řezání závi- tů na auto- matech	E	H	H	-	H	B	A	C	B
Válcování závitů	F	F	F	-	-	C	A	B	A
Řezání pilou	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	B
Výroba ozu- bení	E	F	J	D 5	-	B	-	-	-
Protahování	J	J	J	D 10	J	C	B	C	B
Broušení	D 2	D 2	D 2	D 2,5	D 2	D 2	D 2	D 2	B
Broušení závitů	J	J	J	-	-	C	-	C	C

A – minerální oleje

E – minerální oleje s přísadami

B – mastné oleje

F – lehké minerální oleje s přísadami

C - maštěné oleje

H – oleje aditivované

D – emulze (číslo značí koncentraci v %)

J – maštěné oleje s přísadami

## 2.4 Volba řezné kapaliny

Při výběru řezné kapaliny musíme brát v úvahu, jaký bude mít kapalina vliv na trvanlivost nástroje. Dále by měla kapalina snížit příkon stroje snížením řezných sil a v neposlední řadě musíme hodnotit cenu a spotřebu.

Běžné emulze nemají vliv na snížení řezných sil. Z hlediska trvanlivosti se používá koncentrace 5%, ale pokud chceme, aby kapalina měla vliv na snížení vnitřních sil, tak by se měla koncentrace pohybovat v rozmezí 10% až 15 %. Daleko významnější je funkce řezné kapaliny při dokončovacích operacích, kdy ani nejde tak o dodržení trvanlivosti, jako o dosažení vysoké jakosti obrobenej plochy.

Při malých řezných rychlostech je výhodné použít řezný olej, nebo vysoké aditivované emulze.

Tab. 2. Doporučené množství řezné kapaliny pro různé metody obrábění [4]

Metoda obrábění		Množství řezné kapaliny [l.min ]
Soustružení	hrubování	10 až 15
	dokončování	8 až 10
	rychlostní soustružení	15 až 20
Vrtání		4 až 10
Zahlubování		5 až 6
Vystružování		6 až 10
Řezání závitů		2 až 3
Protahování	dokončování	8 až 15
	vnější	8 až 12
Výroba ozubení	hrubování	8 až 10
	dokončování	2 až 3
Broušení	hrubování	do 30
	dokončování	30 až 60

### 2.4.1 Volba řezné kapaliny z hlediska materiálu

Z hlediska výběru kapaliny podle opracovaného materiálu platí pravidla: Zvětšuje-li se pevnost obráběného materiálu, dochází k většímu namáhání břitu nástroje a je proto nutné

volit řeznou kapalinu s větší koncentrací, nebo přísady, které zaručují vyšší pevnost mazací vrstvy i za vyšších teplot.

#### **2.4.2 Volba řezné kapaliny z hlediska metody obrábění**

Při této volbě se musí brát v úvahu trvanlivost nástroje a jakost obrobené plochy.

Soustružení - Především jde o dodržení trvanlivosti nástroje, a proto nejvýhodnější jsou emulze. Pokud chceme, aby nůž zabezpečil vedle tvaru i jakost obrobené plochy, musíme zvolit řeznou kapalinu s vyšší koncentrací (emulze s přísadami, řezné oleje).

Vrtání - Kapalina se používá k chlazení vrtáku a tím i jeho delší životnosti, ale kapalina ještě navíc odplavuje třísky po vrtání hlubokých děr. Používá se řezný olej.

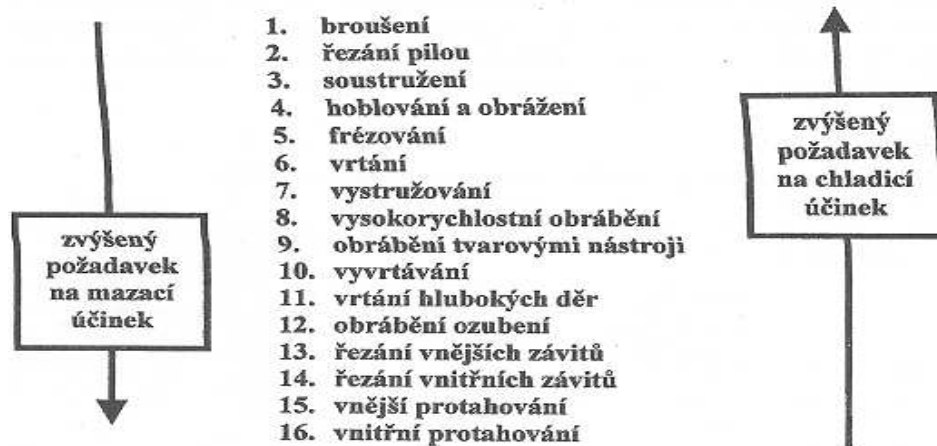
Řezání závitů - U této operace se vyžaduje dodržení profilu závitu i jakost povrchu. U běžných materiálů se používá běžná emulze s přísadou aktivních látek, nebo řezný olej. Při řezání závitu z nesehnadno obrobiteľných materiálů se používá olej s přísadami, nebo olej rostlinný.

Broušení - Řezná kapalina u této metody musí mít velmi dobré chladicí účinky, jelikož při broušení vzniká vysoká teplota, která přechází do obrobku. Pro běžné broušení se používá emulze o koncentraci 5%. Pro speciální broušení (závitů, ozubených kol) se používá řezný olej.

Honování - Kapalina při tomto druhu obrábění odvádí teplo vzniklé při pohybu hlavy a vyplachuje z brusných kamenů částičky obráběného materiálu. Pro ocel se doporučuje používat směs oleje, nebo také emulze o koncentraci 5 až 10%.

Superfinašování – Používá se směs oleje. Snahou je její náhrada vodnými roztoky vhodně upravenými pro superfinašování.



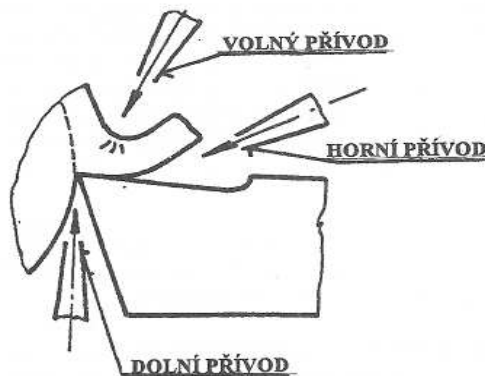


Obr.24. Požadavky na chlazení a mazání z hlediska metod obrábění [4]

## 2.5 Způsoby chlazení za provozu

Přívodem řezné kapaliny do místa řezu výrazně můžeme ovlivnit parametry řezného procesu, zejména trvanlivost břitu nástroje a jakost obrobenej plochy. Podstatou různých druhů metod chlazení je zvýšení chladicího účinku a mazacího účinku řezné kapaliny. U většiny metod obrábění se řezná kapalina přivádí do míst řezání ze strany povrchu obrobku. Metodami chlazení se myslí standardní chlazení, tlakové chlazení, podchlazování řezné kapaliny, chlazení řeznou mlhou, vnitřní chlazení.

Standardní chlazení - Nejběžnější způsob chlazení. Nevyžaduje žádnou zvláštní úpravu přívodního potrubí. Toto zařízení je tvořeno nádrží s řeznou kapalinou, čerpadlem a rozvodným potrubím. Množství dodávané kapaliny je dáno čerpadlem a škrcením průtoku výstupním kohoutem. Variantně se upravuje poloha výstupu řezné kapaliny z výstupní trysky (obr. 25).



Obr. 25. Standardní chlazení [1]

Tlakové chlazení - Tímto způsobem přivádíme do místa řezu kapalinu pod velkým tlakem. Tlakové chlazení je vhodné tam, kde vzniklé teplo má špatný vliv na trvanlivost nástroje. Průměr výstupní trysky bývá 0,3 až 1mm a tlak 0,3 až 3 MPa. Kapalinu přivádíme zespodu na břit nástroje, do místa řezu.

Nevýhodou tlakového chlazení je, že se kapalina rozstříkuje a tvoří mlhu. Proto se musí dbát na krytování pracovního prostoru stroje, aby se zabránilo znečišťování pracovního prostředí.

Podchlazování řezné kapaliny – Podstatou metody je ochlazení kapaliny pod teplotu okolního prostředí. Tím se zvýší trvanlivost nástroje. Ochlazování řezných kapalin je ovlivněno jejich stálostí, u emulzí a u olejů jejich houstnutím. Běžné druhy řezných kapalin mohou být podchlazeny na 5° až 7°C, oleje potom na 15° až 20°C.

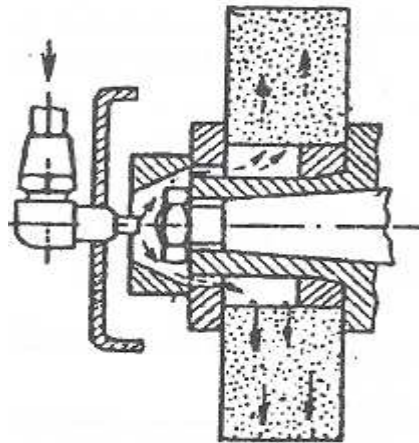
Kdybychom chtěli ochladit kapalinu pod bod mrazu, museli bychom použít jiné složení řezné kapaliny. Taková úprava může zvýšit výkon obrábění.

Chlazení řeznou mlhou – Řezná kapalina je rozptýlena tlakem vzduchu. Vzduch vytéká z trysky rychlostí 300 m.s<sup>-1</sup>. Tímto způsobem se velmi dobře odvádí vzniklé teplo. Podstatou dobrého odvodu tepla je, že rozpínající se vzduch obsahuje částičky řezné kapaliny a tím má schopnost líp přijímat vzniklé teplo. Výsledky publikovaných zkoušek ukazují na podstatné zvýšení výkonu obrábění a úsporu řezné kapaliny.

Vnitřní chlazení – Touto metodou můžeme výrazně zvýšit výkon obrábění. Při soustružení se používají nástroje ze slinutých karbidů. Tím se dá zvýšit rychlost o 5 až 15%.

Při vrtání je kapalina přiváděna otvory v tělese nástroje až do místa řezu. Toho se využívá při hloubkovém vrtání a při vrtání špatně obrobitelných materiálů. Zvýšení tlaku řezné kapaliny přiváděné do místa řezu vede ke zvýšení výkonu a k lepšímu odvodu třísek.

Na obr. 26 je znázorněné vnitřní chlazení při broušení. Řezná kapalina je přiváděna do příruby brousícího kotouče a odstředivou silou postupuje přes póry v kotouči až do míst styku brousícího kotouče s obrobkem. Díky tomu se zlepšuje drsnost povrchu a zvětšuje se nám trvanlivost nástroje. Je nutné ovšem zajistit dokonalé čištění kapaliny.



Obr.26 . Vnitřní chlazení brousícího kotouče [1]

## 2.6 Kontrola kapaliny

Kapalinu za provozu kontrolujeme jednoduše. Podle posouzení vzhledu, pachu a vzhledu obrobku omývaného řeznou kapalinou.

Nejjednodušší kontrola je u emulzních kapalin. Souvislý olejový povlak na povrchu emulze upozorňuje na to, že je emulze nestabilní. Na známky znečištěné a zestárlé kapaliny nás upozorňují kaly na dně a stěnách nádrže. Kritickým stavem jsou skvrny rzi na plochách stroje, toho bychom se měli vyvarovat. Kontrola se provádí indikačními papírky. pH emulze by se mělo pohybovat nad 7,5. Klesne-li pH pod 7,5, je nutné kapalinu upravit přidáním základní emulze.

Větší problém nastává, když jsou řezné kapaliny napadeny bakteriemi. Tomu lze zabránit přidáním baktericidních přísadami, které ale nemusí mít příznivý vliv na stabilitu řezné kapaliny. Účinnějším způsobem, jak zabránit vzniku bakterií, je čištění emulze, desinfekce nádrže, provzdušňování emulze nebo její sterilizace ohřátím na 70°C.

Řezné oleje stárnou velmi pozvolna. Neexistuje pro ně jednoduchá kontrola. Vniknutí vody do oleje se projeví hustou emulzí.

## 2.7 Čištění kapaliny

Nečistoty v řezných kapalinách mají negativní vliv na drsnost obrobenej plochy a snižují trvanlivost nástroje. Nejvíc se projeví znečištěná kapalina u dokončovacích operací. Zejména broušení vyžaduje dokonalé čištění.

Řezné kapaliny se čistí zpravidla usazováním, nebo filtrací. Usazování je nejjednodušší způsob čištění kapaliny. Usazování probíhá v nádrži po jejím obvodu. Nevýhodou usazování je časová náročnost (1 den) a to, že probíhá nerovnoměrně. Usazovací účinek můžeme zvýšit pomocí odstředivek.

Filtrace je rychlejší a spolehlivější než usazování. Filtrace probíhá pomocí filtrů. Máme několik druhů filtrů.

Magnetické filtry zaručují odstranění všech kovových nečistot a vyrábějí se jako průtokové, nebo rotační.

Elektromagnetické rotační filtry mají výkon 40 až 50min<sup>-1</sup>. Tyto filtry nejsou moc účinné, proto jsou častěji spojovány s filtry mechanickými.

Mechanické filtry fungují tak, že nečistoty se uchycují na povrchu filtračního materiálu. Materiál může být papír, plátno aj. Filtrační papír zachycuje nečistoty větší než 1  $\mu\text{m}$ . Větší účinnost mají plátna vyrobená z umělých látek.

Centrální rozvod řezné kapaliny. Uplatní se tam, kde se pracuje s větším množstvím obráběcích strojů se stejným druhem kapaliny. Čištění je snazší a jednodušší pro provoz i obsluhu. Řezná kapalina se dá také snáze kontrolovat.

## 2.8 Výměna kapaliny

Výměna kapalin závisí na několika aspektech jako jsou druh obrábění (soustružení, frézování, vrtání, broušení), na provozu (jednosměnný, vícesměnný), obráběném materiálu (litina, ocel).

U soustruhů, frézek stačí kapalinu měnit po 6 až 8 týdnech. U brusek, kde požadujeme velkou přesnost, se kapalina mění po 2 až 4 týdnech. Delší doba přísluší jednosměnnému provozu, kratší doba vícesměnnému. Při centrálním rozvodu, kdy se provádí dokonalejší čištění, je doba výměny dvojnásobná. Naopak při obrábění materiálu jako je litina je tato doba výrazně kratší.

Olejové náplně se vyměňují za podstatně delší dobu. Při jednosměnném provozu stačí jednou do roka. U vícesměnného provozu po 6 měsících.

## 2.9 Bezpečnost práce s řeznými kapalinami

Kapaliny nejsou zdravotně ani požárně zabezpečeny. Každý pracovník by měl dbát bezpečnostních předpisů při práci s řeznou kapalinou, kterou dodává výrobce společně s produktem.

Protipožární bezpečnost pro řezné kapaliny je nejméně náročná. Oleje jsou sice hořlavé látky, ale ne za podmínek, při kterých se používají při obrábění. Netvoří zápalné ani výbušné směsi. Nevznítí se ani při krátkodobém styku s otevřeným plamenem.

Ze zdravotního hlediska je k práci s řeznými kapalinami daleko více připomínek. Nejvíce škodlivý účinek nastává při kontaktu kapaliny s pokožkou pracovníka, nebo se mohou rozprášené kapičky kapaliny dostat i do dýchacího ústrojí pracovníka.

Nejmenší nebezpečí ze zdravotního hlediska je při používání minerálních olejů. Ale i tady může dojít ke vdechnutí výparů olejů.

Při práci s emulzemi může, ale zřídka, vzniknout kožní onemocnění. Nejlepší ochranou proti onemocnění pokožky je její preventivní ochrana. Tím se myslí udržování pokožky v čistotě a zabránění přímému styku s emulzí. K ochraně taky přispívá kontrola a výměna řezných kapalin. [1,3,4]

## 2.10 Určování koncentrace kapaliny

Nejjednodušší metodou určování koncentrace chladící kapaliny je pomocí ručního refraktometru. Jedná se o přesný optický přístroj s jednoduchým ovládáním. Při měření se na plochu hranolu nanese několik kapek chladící kapaliny. Přístroj se nastaví proti světlu a odečítá se hodnota ze stupnice. [8]

Refraktometry slouží k určení koncentrace oleje ve vodních emulzích a průhledných roztocích, jako je například chladící kapalina obráběcích strojů. Refraktometry jsou vhodné k určení správného složení chladící kapaliny, která má zásadní význam pro optimální výkonnost řezných nástrojů, dále k ochraně stroje a obrobku proti korozi a snížení rizika ohrožení zdraví vyplývajících z nesprávné koncentrace olejů rozpustných ve vodě a také pro optimalizaci používání řezných a brusných kapalin rozpustných ve vodě. [9]

### 3 TRVANLIVOST BŘITU NÁSTROJE

Doba trvání řezného procesu, která koresponduje s provozuschopným stavem břitu se označuje jako trvanlivost. Je to doba, po kterou je nástroj schopen efektivně plnit požadované funkce, které jsou identifikovatelné příslušnými parametry. Trvanlivost nástroje je tedy určena intervalem mezi nasazením nástroje do řezného procesu a vznikem poruchy, kterou končí provozuschopný stav nástroje.

Poruchy nástroje lze třídit z různých hledisek, přičemž z technologického hlediska se rozlišují 2 poruchy:

- **postupná** (např. opotřebení nástroje)
- **náhlá** (např. vylomení břitu). Postupná porucha může být v závislosti na čase predikována, zatímco predikce náhlé poruchy je prakticky nemožná.

Jako kritérium vzniku poruchy se mohou diagnostikovat parametry opotřebení břitu:

- drsnost povrchu obrobené plochy
- úchylka rozměru obrobené plochy, velikost řezné síly

Z hlediska teorie spolehlivosti se neobnovuje jeho provozuschopný stav (vyměnitelná břitová destička s jedním břitem), nebo jako obnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se provozuschopný stav obnovuje (šroubový vrták- přeastření). U neobnovovaných nástrojů je trvanlivost identická s životností a koresponduje s dobou do poruchy. Pro obnovované nástroje koresponduje trvanlivost s dobou mezi poruchami a životnost s dobou technického života, která je dána součtem trvanlivosti za celou dobu používání.

Trvanlivost břitu  $T$  je obecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje jednoduchým Taylorovým vztahem ve tvaru:

$$T = f(v_c) = C_T \cdot v_c^{-m} \quad [\text{min}] \quad [1]$$

$C_T$  - konstanta [-]

$m$  – exponent [-]

$v_c$  - řezná rychlost [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]

Konstanta  $C_T$  závisí především na materiálu obrobku a nástroje a nabývá hodnot  $10^8$  až  $10^{12}$ .

Velikost exponentu  $m$  charakterizuje především vlastnosti řezného nástroje:

nástrojové oceli	$m = 10 - 8$
rychlořezné oceli	$m = 8 - 5$
slinuté karbidy	$m = 5 - 2,5$
řezná keramika	$m = 2,5 - 1,5$

Závislost řezné rychlosti  $v_c$  na šířce záběru ostří  $a_p$  a trvanlivosti břitu  $T$  při jinak konstantních podmínkách se vyjadřuje tzv. kompletním Taylorovým vztahem :

$$v_c = f(a_p, f, T) = C_{vT} \cdot T^{-\frac{1}{m}} \cdot a_p^{-x_v} \cdot f^{-y_v} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad [2]$$

Tab. 3. Orientační hodnoty konstant a exponentů pro aplikaci komplexního Taylorova vztahu

Materiál		$C_{vT}$	$m$	$a_p$ [mm]	$x_v$	$f$ [mm]	$y_v$
obrobku	nástroje						
12 050.1	RO s chlazením	60	5,9	do 1,5	0,10	do 0,5	0,33
	RO bez chlazení	54	5,9	do 1,5	0,10	do 0,5	0,25
	RO bez chlazení	94	5,9	nad 5	0,38	0,5 až 1,25	0,33
	P10	600	3,1	do 1,2	0,18	do 0,3	0,24
	P20	1250	2,0	do 1,8	0,18	do 0,3	0,10
422 420	P30	400	2,9	nad 5	0,20	0,35 až 2,5	0,48
	P40	500	2,5	nad 5	0,22	0,50 až 3,0	0,17
422 420	RO	42	7,1	do 12	0,18	do 0,3	0,32
	K10	165	3,8	do 12	0,16	do 0,3	0,26

V technologické praxi a v normativních podkladech se často pracuje s řeznou rychlostí při trvanlivosti  $T$ , označenou jako  $v_{cT}$ ; pro její vyjádření se formuluje závislost na šířce záběru  $a_p$  a posuvu  $f$  pro jinak konstantní podmínky ve tvaru:

$$v_{cT} = f(a_p, f) = C_{vT1} \cdot a_p^{-x_{vT}} \cdot f^{-y_{vT}} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad [3]$$

Konstanta  $C_{vT1}$  a exponenty  $x_{vT}$ ,  $y_{vT}$  jsou stanoveny empirickým postupem.

Životnost bříty  $Z$  obnovovaného nástroje se formálně vyjádří zápisem:

$$Z = f(n_0, T) = (n_0 + 1)T = (n_0 + 1) C_T \cdot v_c^{-m} \quad [\text{min}] \quad [4]$$

$n_0$  je počet ostření

Počet ostření  $n_0$  závisí na hodnotě opotřebeného bříty, která limituje jeho trvanlivost a měla by být optimalizována tak, aby životnost byla co nejdelší. [1]

U vícebřítých vyměnitelných destiček lze kvantifikovat ve tvaru:

$$Z = f(k_B, T_B) = k_B \cdot T_B = k_B C_T \cdot v_c^{-m} \quad [\text{min}] \quad [5]$$

$k_B$  je počet břitů vyměnitelné destičky [-]

$T_B$  - trvanlivosti jednoho bříty vyměnitelné destičky [min]



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 PODMÍNKY EXPERIMENTU

Praktická část se zabývá soustružením soustružnickým nožem za pomoci různých koncentrací řezné kapaliny a bez použití řezné kapaliny. Jako řezná kapalina byla použita Blascut Kombi. Soustružilo se v časovém úseku 15 minut pro každou koncentraci, rozděleného do 5 minutových intervalů při konstantních řezných podmínkách (viz. Tab.4). Soustružený materiál ČSN 15142 (EN 42CrMo4) se zušlechtil na 1100MPa o průměru 120mm, délce 150mm a upnuté za 50mm ve sklíčidle (viz. Atesty v příloze I a II) a bylo sledováno:

- hřbetní opotřebení soustružnického nože pomocí dílenského mikroskopu
- hloubka výmolu na čele KT – pomocí profiloměru
- hmotnostní opotřebení plátek na digitální tisícinové váze
- teplotu povrchu soustruženého materiálu - pomocí bezkontaktního teploměru
- drsnost povrchu, pomocí drsnoměru perthometeru M1

### 4.1 SPINNER TC65

Pro mou praktickou část jsem používal univerzální CNC soustruh SPINNER TC65.

Počáteční řezné podmínky jsem volil dle VBD WNMG 060408EN-TRM HCX1125 z firemního katalogu pro daný materiál, který je povlakovaný povlakem Dragonskin (dle ISO – P25 univerzální provedení s vysokou bezpečností procesu.) Držák byl použit vhodný pro tento druh plátek PWLNL 2020 K06 [10]

Tab. 4. Řezné podmínky pro VBD WNMG 060408EN

Tloušťka třísky $a_p$ [mm]	Posuv $f$ [mm/ot]	Konstantní rychlost $v_c$ [m/min]	Počáteční otáčky $n_{poč.}$ [ot/min]
1,5	0,25	250	500



Obr. 27. WNMG 060408EN-TRM

HCX1125

Tab. 5. Parametry univerzálního soustruhu TC65 [11]

<b>Parametry soustružení</b>	
Počet os	2/3
Průměr soustr. max.	310mm
Délka soustr. max	600mm
Hmotnost obrobku max.	300kg
<b>Parametry stroje</b>	
Délka stroje	2743mm
Šířka stroje	1448mm
Výška stroje	1620mm
Čistá hmotnost stroje	4200kg
<b>Vřeteno</b>	
Výkon vřetene	18,49kW
Otáčky vřetene max.	4500 1/min



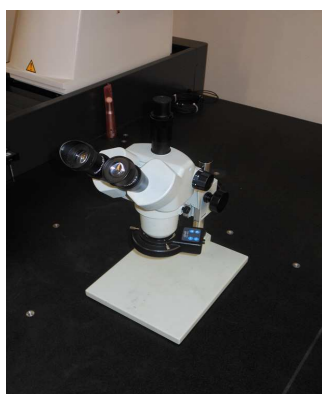
Obr. 28. Univerzální soustruh TC-65

## 4.2 Mikroskop Carton SPZT 50

Binokulární mikroskop s pevným zvětšením. Vysílá světlo žárovky, osvětlení Incident je zabudováno s kompletním rozsahem. [12]

Tab. 6. Parametry mikroskopu Carton SPZT 50

Hlava	Zvětšení	Pracovní vzdálenost	Stupeň	Osvětlení
Trinokulární	6.7x až 50x-	108 mm	Povrch 220x284mm	Zářivka 9W osvětlení



Obr. 29. Mikroskop

Carton SPZT 50

### 4.3 Profiloměr Contracer CV-1000

Přenosný přístroj s digitálním skleněným pravítkem, také v ose Z. Pro vysoce přesné měření kontury v mobilním nasazení. Digitální snímání naměřené hodnoty v ose X a v ose Z. [13]

*Tab.7. Technické parametry profiloměru  
Contracer CV-1000*

<i>Rozsah měření</i>	
Horizontální	50mm
Vertikální	25mm
<i>Rozlišení</i>	
Osa X	0,2 $\mu$ m
Osa Z	0,4 $\mu$ m
<i>Přesnost měření</i>	
Osa X	(3,5+0,02L) $\mu$ m
Osa Z	$\pm$ ( 3,5+ 4H /25) $\mu$ m
<i>Přímost osa X</i>	
	3,5 $\mu$ m/50mm



*Obr. 30. Profiloměr Contracer CV-1000*

#### 4.4 Drsnoměr Perthnometer M1

Měření drsnosti povrchu obrobeného materiálu bylo provedeno přístrojem Perthometer M1. Po každém intervalu soustružení jsem pomocí drsnoměru zjistil drsnost povrchu obrobeného materiálu  $R_a$ .

Vlastnosti přístroje:

Parametry drsnosti podle DIN/ ISO/ SEP:  $R_a/ R_z$

Znázornění měřeného výsledku na displeji [14]



*Obr. 31. Drsnoměr Perthnometer M1*

#### 4.5 Snímač teploty MS6530

Jedná se o bezkontaktní teploměr, který je určen k rychlému bezkontaktnímu měření teplot od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+537^{\circ}\text{C}$ .

Vybavení:

- zobrazení maximální, minimální teploty a průměrné hodnoty
- bodový laser
- optika 12:1
- rozlišení  $0,1^{\circ}\text{C}$ , základní přesnost  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
- reakční doba 500 m/s, emisní stupeň 0,85 [15]



*Obr. 32. Snímač teploty Mastech*

*MS6530*

## 4.6 Refraktometr ATAGO

Ruční refraktometr ATAGO slouží k jednoduchému a rychlému změření koncentrace emulzí.

*Tab. 8. Refraktometr ATAGO*

Měřicí rozsah	Ostrost	Rozměry	Hmotnost
0-32%	0,2°	27x40x160mm	176g



*Obr. 33. Refraktometr ATAGO*

## 4.7 Obráběný vzorek

**Ocel 15142 (42CrMo4)** – Ocel 15142 je vhodná pro zušlechťování a k povrchovému kalení. Ocel je dobře tvářitelná za tepla, ve stavu žíhaném na měkko dobře obrobitelná. Je vhodná pro povrchové kalení. Tvrdost povrchově kalené vrstvy závisí na způsobu kalení rozměru a geometrickému tvaru součásti. Svařitelnost dobrá. Použití- např. velmi namáhané součásti strojní a součásti silničních motorových vozidel (hřídele a spojovací součásti).

Tento materiál jsem volil kvůli častému používání ve firmě Vasmo s.r.o.

## 4.8 Použitá procesní kapalina

### 4.8.1 Blasocut KOMBI 883

Jedná se o výkonnou řeznou kapalinu s obsahem minerálního oleje pro univerzální použití - s jedinečným biologickým konceptem.

Produkt Blasocut KOMBI je vhodný téměř na všechny obráběcí operace. Vyrábí se pro všechny stupně jakosti vody od měkké až po tvrdé.

Minimální doporučená koncentrace je 3%.

Doporučená koncentrace je v rozmezí 6% až 8%.

Výkon:

Vysoký výkon v různých stupních s obsahem nebo bez obsahu vysokotlakých přísad.

Vynikající mazací vlastnosti zaručující nízký stupeň tření, tím se zabráňuje tvorbám nárustku na čele nástroje.

Vysoká jakost povrchu a trvanlivosti nástroje.

Bezpečnost:

Díky biologickému konceptu velmi dobrá snášenlivost s lidským organismem.

Pečlivě zvolené suroviny.

Vylučování příměsí cizích olejů:



Emulgátorový systém Blasocutu zajišťuje velmi dobré vylučování příměsí cizích olejů, tím se zabrání negativním vlivům olejů, vmíchaných v emulzi. [16]

## 5 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH ZPRACOVÁNÍ

Naměřené hodnoty opotřebení při soustružení jsem zapsal do tabulek a vynesl do grafů pro každou koncentraci zvlášť. Při obrábění se sledovalo několik parametru opotřebení.

- Hmotnostní opotřebení VBD
- Hřbetní opotřebení VB
- Hloubka opotřebení na čele KT
- Drsnost obrobeného povrchu soustruženého materiálu, charakterního pro drsnost Ra
- Změna teploty soustruženého materiálu při daných podmínkách

### 5.1 Obrábění bez chlazení

Obrábění probíhalo v časovém intervalu 5 a 9 minut z důvodu značného jiskření mezi obráběným materiálem a soustružnickým plátkem.

Plátek se po 9,5 minutách vylomil a pokus se ukončil.

Tab. 9. Naměřené hodnoty s obráběním bez kapaliny

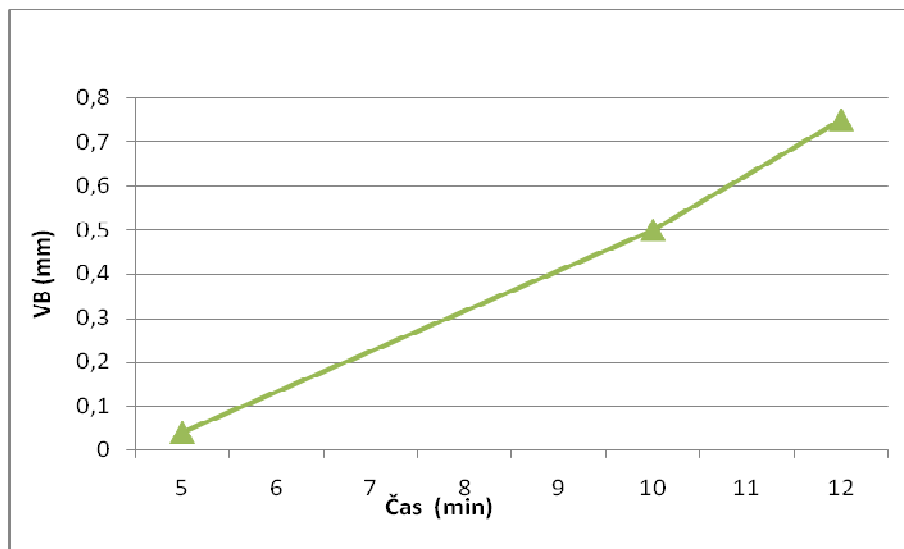
Bez chlazení					
Čas (min)	Hmotnostní opotřebení (g)	Kritéria opotřebení		Drsnost obr. mat. Ra ( $\mu\text{m}$ )	Teplota obr.mat. ( $^{\circ}\text{C}$ )
	poč. 5,7	VB (mm)	KT(mm)		
5	5,265	0,14	0,12	2,8	48
9,5	5,193	0,5	0,32	3	61

## 5.2 Obrábění s 3% řeznou kapalinou

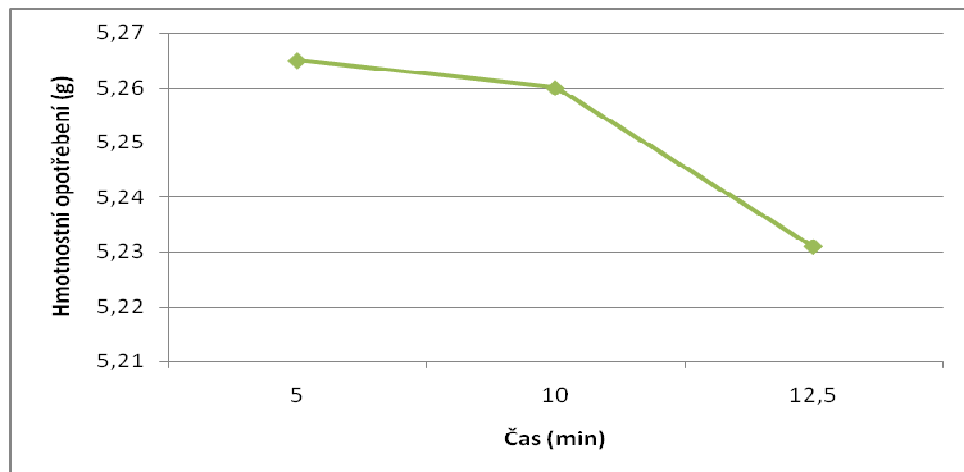
Obrábění probíhalo v časových intervalech 5, 10 a 12,5 min. Potom došlo k značným zhoršení podmínek pro soustružení (značné jiskření plátek) a pokus byl přerušen. Plátek byl po vytažení značně opotřebený a nebyl schopen dále pokračovat v pokusu.

Tab. 10. Naměřené hodnoty s 3% hustotou řezné kapaliny

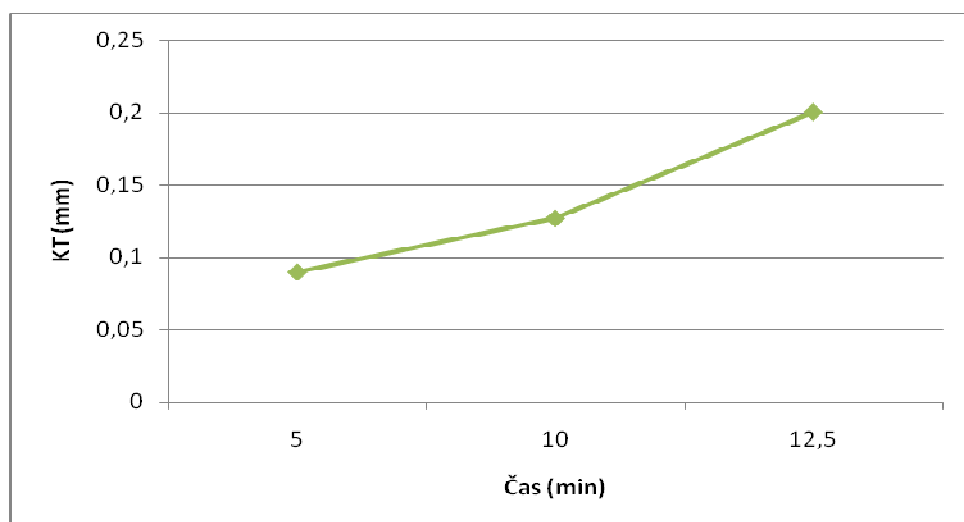
Koncentrace 3%					
Čas (min)	Hmotnost opotřebení (g)	Kritéria opotřebení		Drsnost obr. mat. Ra ( $\mu\text{m}$ )	Teplota obr.mat. ( $^{\circ}\text{C}$ )
	poč. 5,269	VB (mm)	KT(mm)		
5	5,265	0,04	0,09	2,15	27,5
10	5,26	0,5	0,127	2,21	29,1
12,5	5,231	0,75	0,2	2,65	30,8



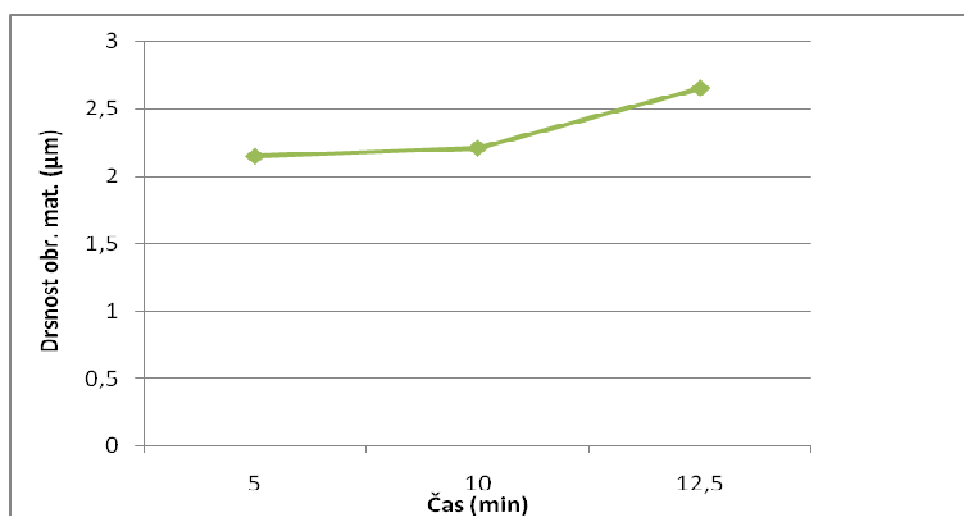
Obr. 34. Graf závislosti opotřebení VB na délce soustružení



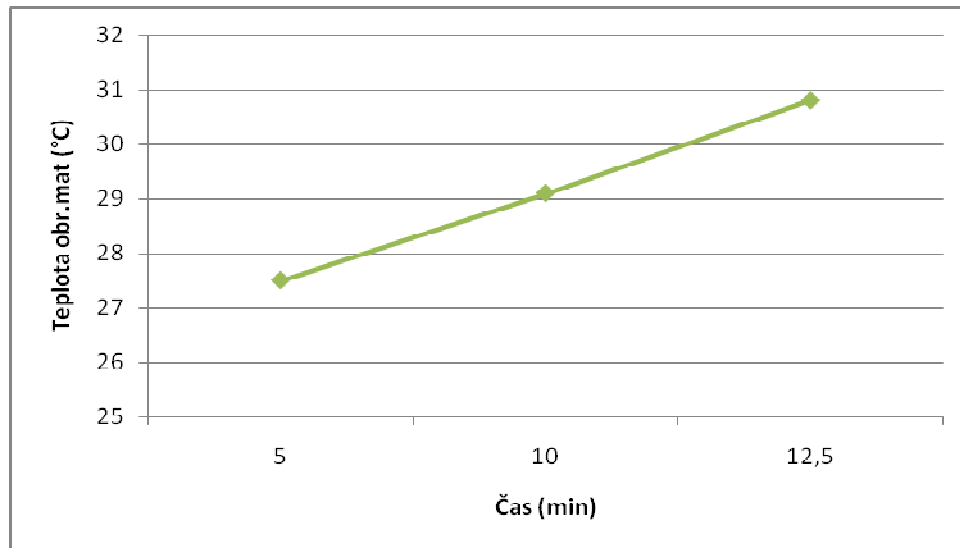
Obr. 35. Graf závislosti hmotnostního opotřebení na délce soustružení



Obr. 36. Graf závislosti opotřebení KT na délce soustružení



Obr. 37. Graf závislosti drsnosti obr. mat. na délce soustružení



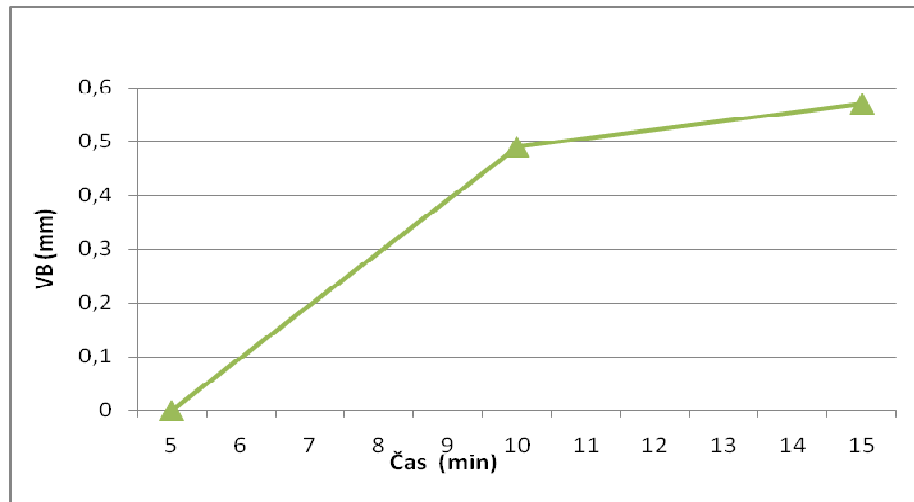
Obr. 38. Graf závislosti teploty obr. mat. na délce soustružení

### 5.3 Obrábění s 5,5% řeznou kapalinou

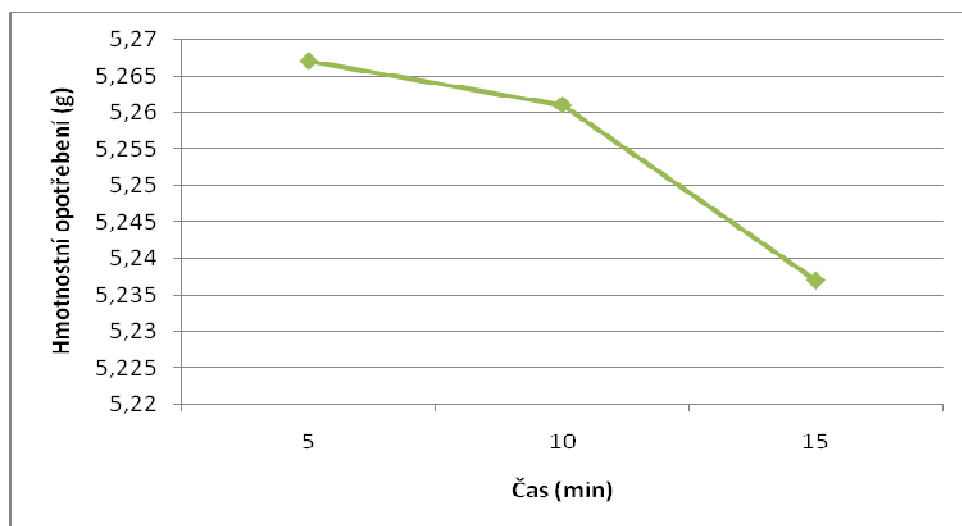
Obrábění probíhalo v časových intervalech 5, 10 a 15 min. V časovém intervalu 5 min. nedošlo k žádnému viditelnému opotřebení. Po dokončení soustružení se zkoušela maximální výdrž plátku. Za daných řezných podmínek. Plátek vydržel celkově 17,5 min., než došlo k jeho vylomení.

Tab.11. Naměřené hodnoty s 5,5% hustotou řezné kapaliny

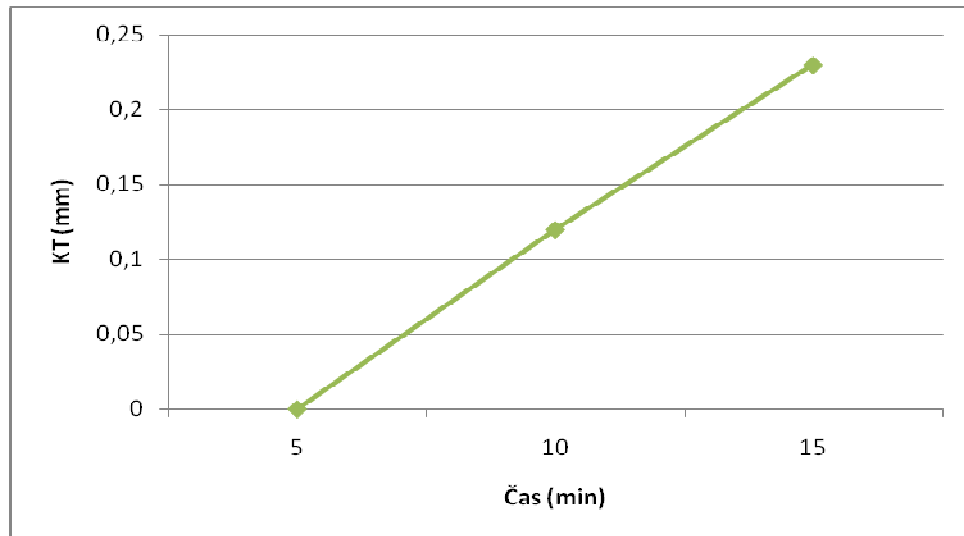
Koncentrace 5,5%					
Čas (min)	Hmotnost opotřebení (g)	Kritéria opotřebení		Drsnost obr. mat. Ra (μm)	Teplota obr.mat. (°C)
	poč. 5,267	VB (mm)	KT(mm)		
5	5,267	0	0	2	28,1
10	5,261	0,49	0,12	2,25	28,2
15	5,237	0,57	0,23	2,5	28,4



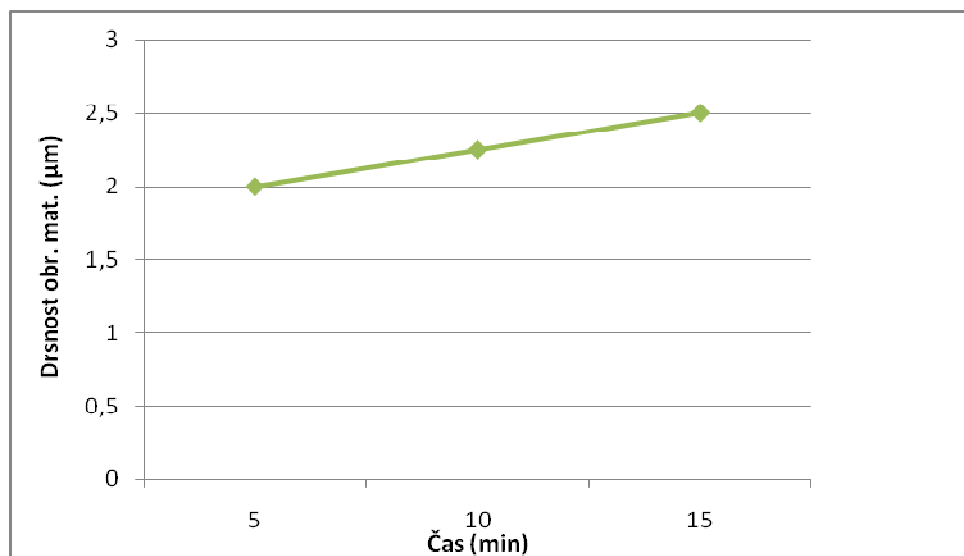
Obr. 39. Graf závislosti opotřebení VB na délce soustružení



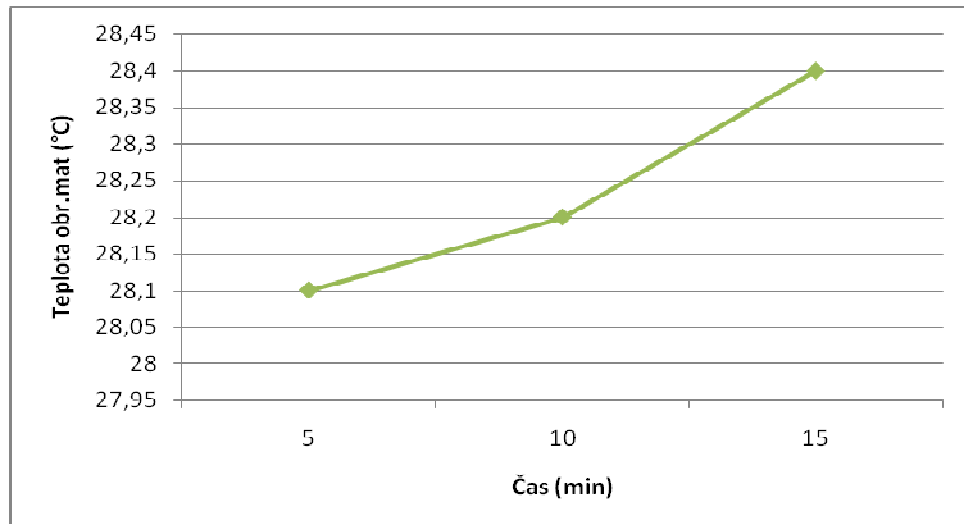
Obr. 40. Graf závislosti hmotnostního opotřebení na délce soustružení



Obr. 41. Graf závislosti opotřebení KT na délce soustružení



Obr. 42. Graf závislosti drsnosti obr. mat. na délce soustružení



Obr. 43. Graf závislosti teploty obr. mat. na délce soustružení

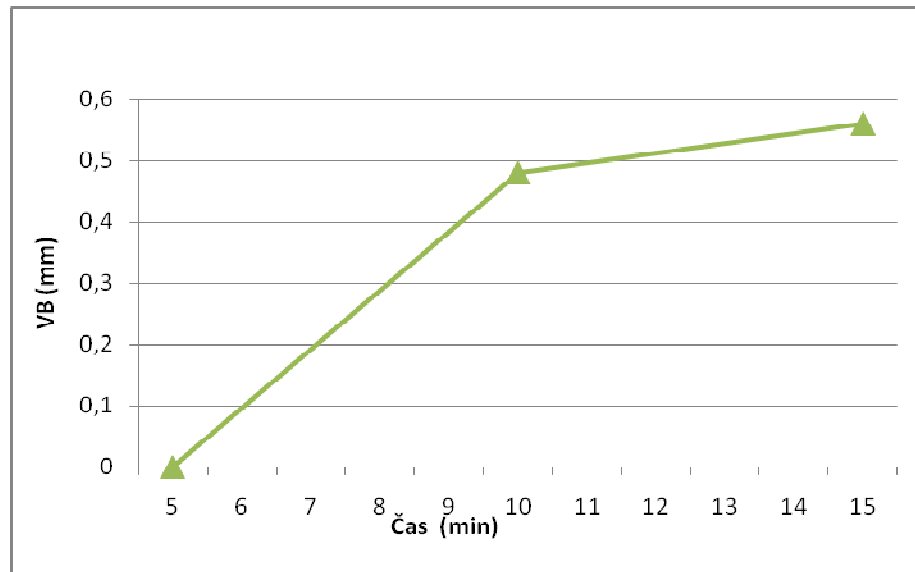
#### 5.4 Obrábění s 8,5% řeznou kapalinou

Obrábění probíhalo v časových intervalech 5, 10 a 15 min., v časovém intervalu 5 min. nedošlo k žádnému viditelnému opotřebení.

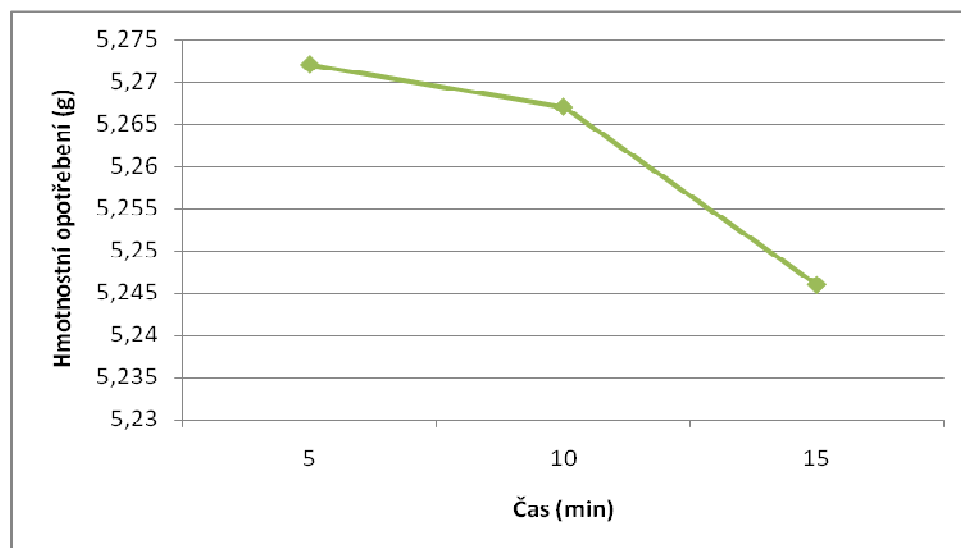
Tab. 12. Naměřené hodnoty s 8,5% hustotou řezné kapaliny

Koncentrace 8,5%					
Čas (min)	Hmotnost opotřebení (g)	Kritéria opotřebení		Drsnost obr. mat. Ra (μm)	Teplota obr.mat. (°C)
	poč. 5,274	VB (mm)	KT(mm)		
5	5,272	0	0	2	28,3
10	5,267	0,48	0,13	2,5	28,4
15	5,246	0,56	0,19	2,52	28,6

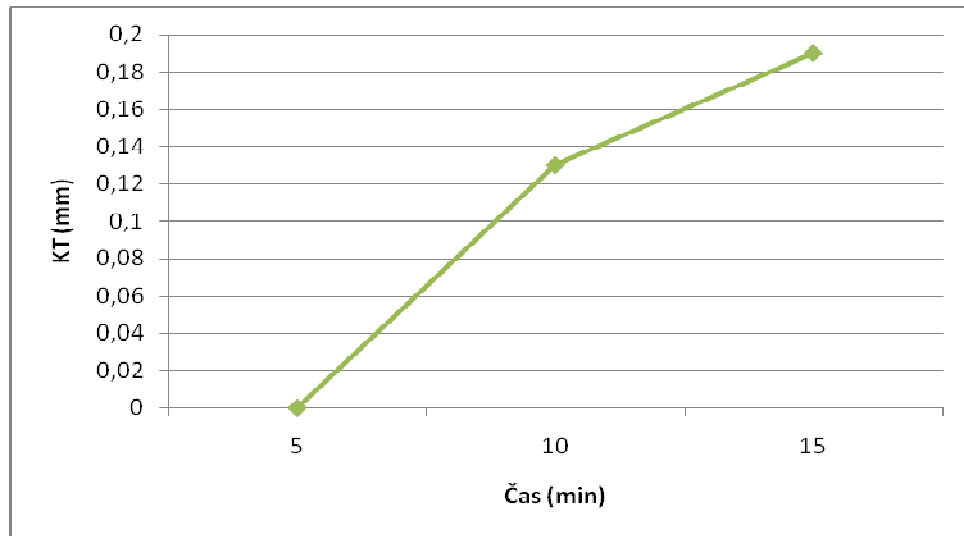




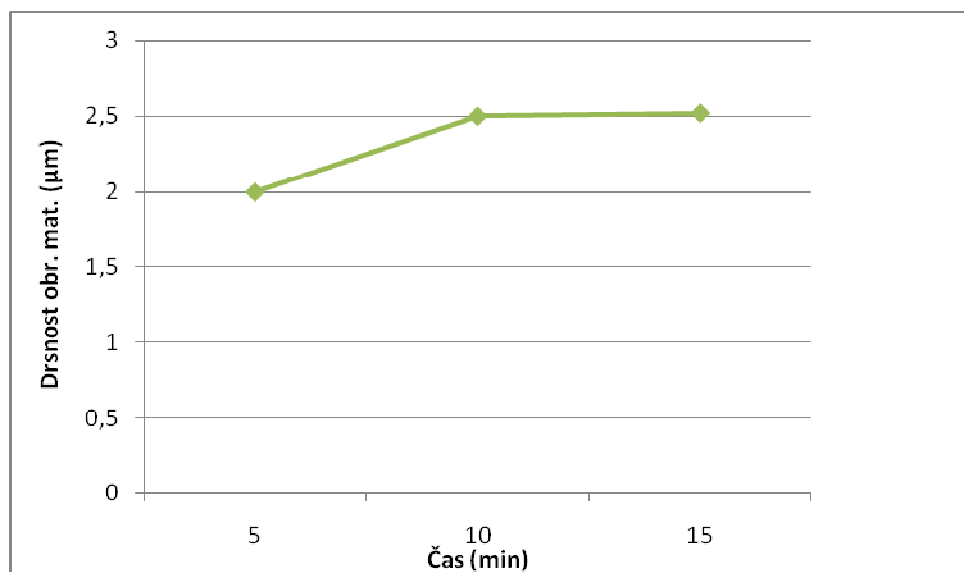
Obr. 44. Graf závislosti opotřebení VB na délce soustružení



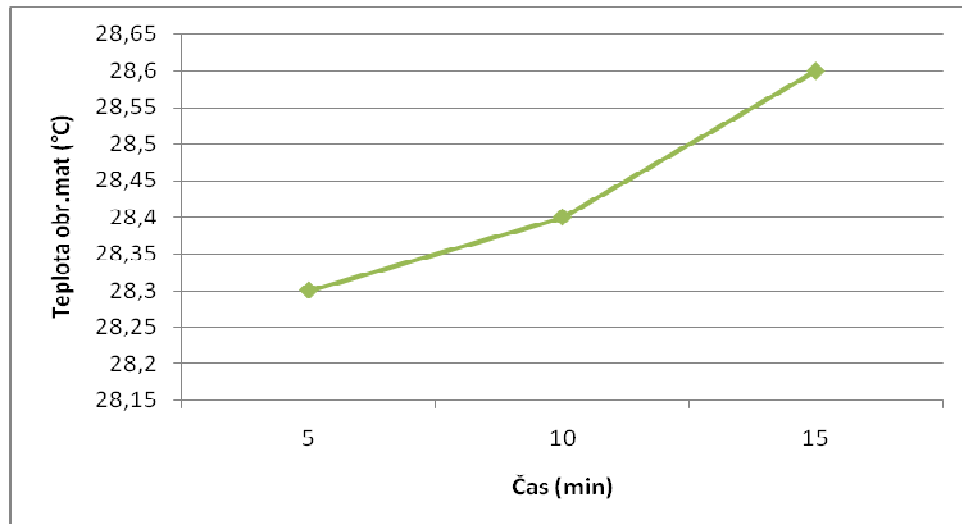
Obr. 45. Graf závislosti hmotnostního opotřebení na délce soustružení



Obr. 46. Graf závislosti opotřebení  $KT$  na délce soustružení



Obr. 47. Graf závislosti drsnosti obr. mat. na délce soustružení

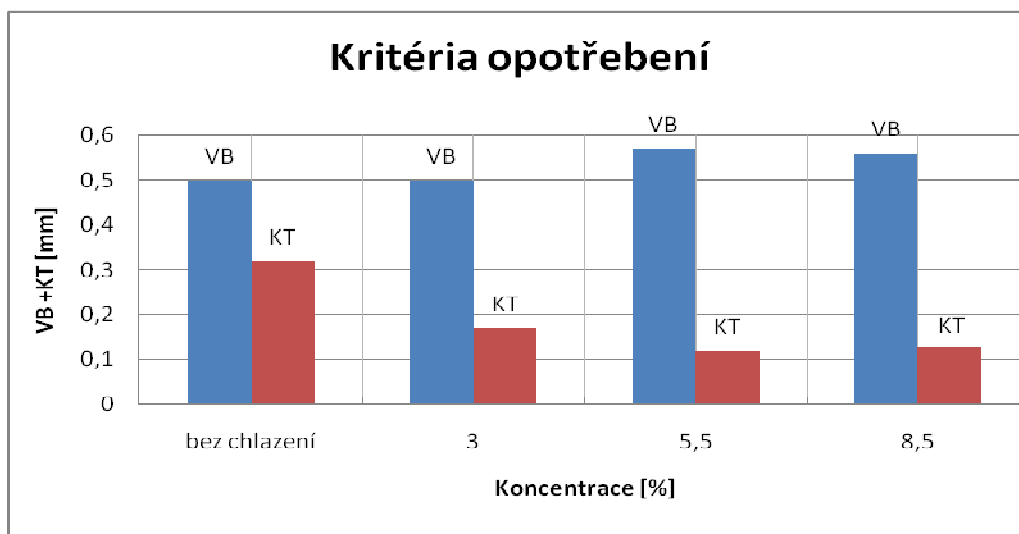


Obr. 48. Graf závislosti teploty obr. mat. na délce soustružení

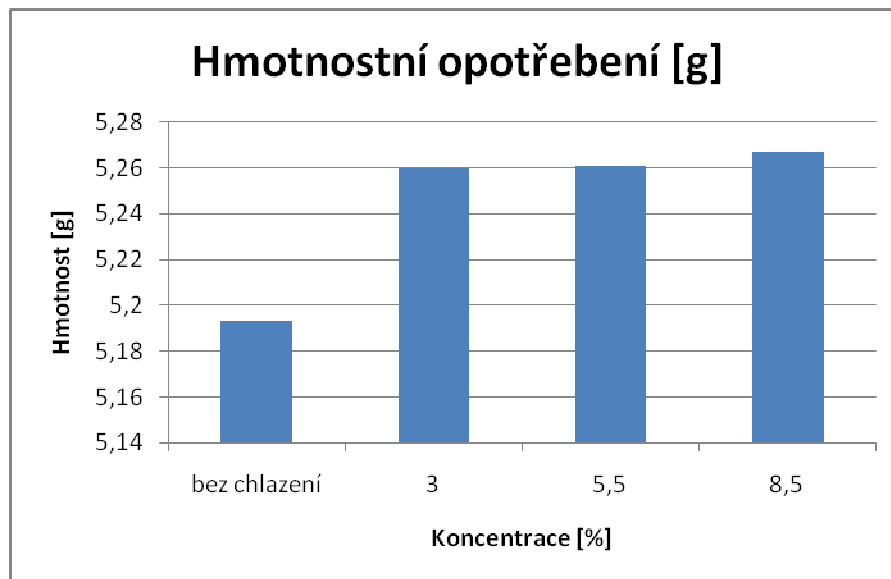
### 5.5 Opotřebení plátek po kritickém čase obrábění

Tab. 13. Opotřebení plátek po kritickém čase obrábění

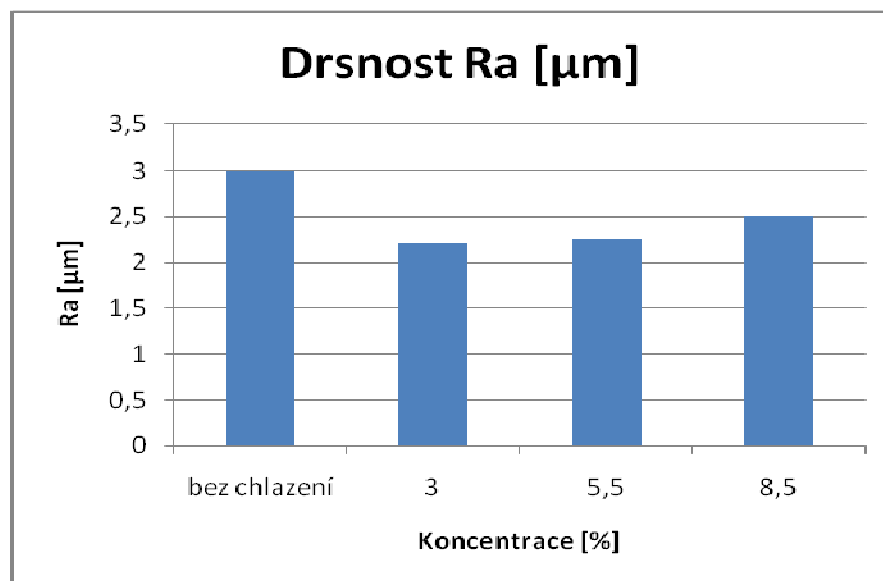
Opotřebení plátek po kritickém čase						
Koncentrace [%]	Kritéria opotřebení		Hmotnostní opotřebení [g]	Drsnost Ra [μm]	Teplota obrobku po soustružení [°C]	Čas kritického opotřebení [min]
	VB [mm]	KT [mm]				
bez chlazení	0,5	0,32	5,193	3	61	9
3	0,5	0,17	5,26	2,21	29,1	10
5,5	0,57	0,12	5,261	2,25	28,2	10
8,5	0,56	0,13	5,267	2,5	32,1	10



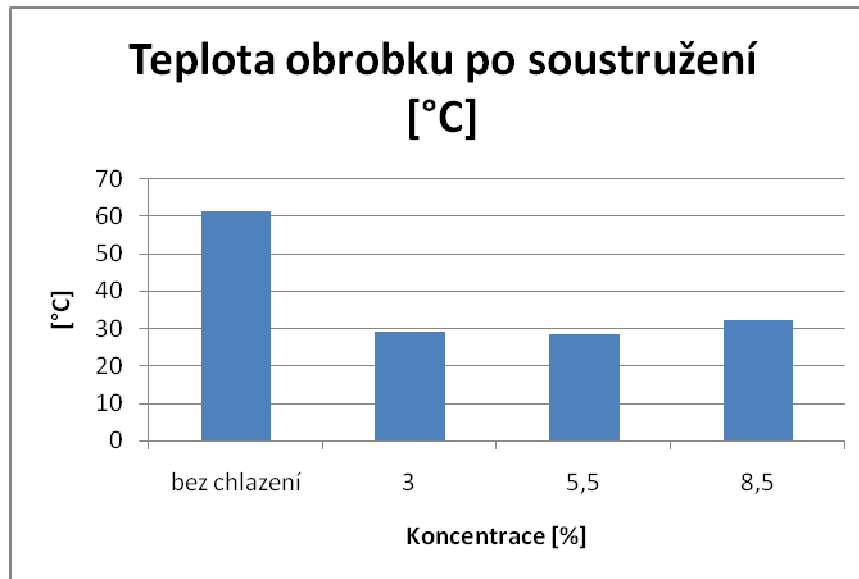
Obr.49. Graf kritéria opotřebení



Obr. 50. Graf hmotnostního opotřebení



Obr. 51. Graf drsnosti



*Obr. 52. Graf teploty obrobku po soustružení*

## ZÁVĚR

Teoretická část se zabývala teorií soustružení, používání a vlastnostmi řezných kapalin a trvanlivostí břitů obráběcích nástrojů.

Praktická část se zabývala vlivem koncentrace řezné kapaliny na opotřebení soustružnických plátků na hřbetě, opotřebení na čele plátků, měřením jakosti povrchu obráběného materiálu vlivem obrábění a sledováním teploty materiálu při obrábění. Samotné obrábění se provádělo na univerzálním soustruhu SPINNER TC65. Obráběným materiálem byla ocel 42CrMo4 (15142), která byla zušlechtěná na 1100MPa. Soustružilo se břitovými destičkami VNMG-060408EN-TRM HCX1125, které jsou vhodné pro tento druh materiálu. V časových intervalech 5,10 a 15 minut. Pro soustružení byly zvoleny řezné podmínky dle použití břitových destiček. Otáčky  $n_{poc.} = 500$  (ot/min), posuv  $ap = 0,25$ (m/ot), tloušťka třísky  $ap = 3$ (mm) a řezná rychlost byla konstantní  $v_c = 250$ (m/min). Použitá řezná kapalina byla BLASOCUT KOMBI 883, jejíž hustota se připravovala dle potřeby.

V první části se obrábělo bez použití řezné kapaliny. Při tomto obrábění došlo po 9,5 minutách k vylovení plátků a pokus byl ukončen.

V druhé části byla použita řezná kapalina o koncentraci 3%. U tohoto obrábění došlo po 12,5 minutách k značnému opotřebení plátku a jeho následném vylovení. Pokus byl taktéž ukončen.

Ve třetí části se obrábělo za pomoci 5,5% hustoty kapaliny. Při tomto pokusu vydržel plátek celých 15 minut soustružení. Z naměřených hodnot lze vypočítat, že VBD v časovém intervalu byla neporušena díky povlaku který měla na sobě. Po opotřebení povlaku se VBD začala rychle opotřebovávat.

Ve čtvrté části se obrábělo za pomoci 8,5% hustoty kapaliny. Tato hustota se ukázala jako nejvíc vyhovující. Plátek VBD po 15 minutách soustružení byl po vyjmutí jen částečně opotřebovaný a schopný k dalšímu použití.

Použité různé koncentrace řezných kapalin ukazují, jak velký vliv má koncentrace řezné kapaliny na jakost obrobené plochy a trvanlivost obráběcích nástrojů.

Z hlediska ekonomického se může zdát, že vyšší koncentrace řezné kapaliny zdražuje proces obrábění, ale na druhou stranu prodlužuje trvanlivost obráběcích nástrojů, které mají několikanásobně vyšší pořizovací náklady.

Výsledky měření budou využity v praxi, v technologii při výrobě zakázek.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno. Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0
- [2] ŘASA, J., GABRIEL, V. *Strojírenská technologie 3*, 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění. Praha. Grafikon 2000. ISBN 80-7183-207-3
- [3] LIEMERT, G. *Teorie obrábění*. STNL Praha, 1970. ISBN 80-7099-429-0
- [4] KOCMAN, K. *Speciální technologie*. Brno. Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2562-8

## SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

- [5] *Ollie.info* [online]. 2009 [cit. 2010-05-20]. Soustružnické nože. Dostupné z WWW: <[http://ollie.info/skola/UTRV\\_UJEP/Soustruznicke\\_noze.pdf](http://ollie.info/skola/UTRV_UJEP/Soustruznicke_noze.pdf)>.
- [6] *TOS VARNSDORF a. s.* [online]. 2010 [cit. 2010-05-20]. Historie. Dostupné z WWW: <<http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/o-spolecnosti/historie/>>.
- [7] *Wikipedia.org* [online]. 2005 [cit. 2010-04-20]. Benick. Dostupné z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Soustru%C5%BEnick%C3%BD\\_n%C5%AF%C5%BE](http://cs.wikipedia.org/wiki/Soustru%C5%BEnick%C3%BD_n%C5%AF%C5%BE)>.
- [8] *CIMCOOL*, [online]. [cit. 2012-1-5]. Dostupné z WWW: <<http://www.cimcool.net/>>
- [9] *GESPROFI*, [online]. [cit. 2012-1-5]. Dostupné z WWW: <<http://www.gesprofi.cz/>>
- [10] Katalog firmy WNT Česká republika s.r.o.
- [11] Návod na použití soustruhu SPINNER TC65
- [12] Návod na použití mikroskopu Carton SPZT 50
- [13] Návod na použití profiloměru Contracer CV-1000
- [14] Návod na použití snímač teploty Mastech MS6530
- [15] Návod na použití Drsnoměru Perthometer M1
- [16] Uživatelská příručka pro řeznou kapalinu Blascocut Kombi 883



## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	význam	jednotka
T	trvanlivost břitu	[min]
f	posuv	[mm]
$v_c$	řezná rychlost	[m.min <sup>-1</sup> ]
m	exponent	-
$a_p$	šířka záběru ostří	[mm]
$x_v$	exponent	-
$y_v$	exponent	-
$v_{ct}$	řezná rychlost při trvanlivosti	[m.min <sup>-1</sup> ]
$C_{vT1}$	konstanta	-
$x_{vT}$	exponent	-
$y_{vT}$	exponent	-
Z	životnost břitu	[min]
$n_0$	počet ostření	
$k_B$	počet břitů vyměnitelné destičky	-
$T_B$	trvanlivost jednoho břitu vym. destičky	[min]
VBD	vyměnitelná břitová destička	
VB	šířka fazetky opotřebení na čele VBD	[mm]
KT	hloubka výmolu na čele VBD	[mm]

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Příčné soustružení [2]</i> .....	12
<i>Obr. 2. Podélné soustružení[2]</i> .....	12
<i>Obr. 3. Prizmatický nůž [2]</i> .....	13
<i>Obr. 4. Kotoučový nůž [2]</i> .....	14
<i>Obr. 5. Tangenciální nůž [2]</i> .....	14
<i>Obr. 6. Nůž s vyměnitelnou břitovou destičkou</i> .....	14
<i>Obr. 7. Nástrojové roviny [5]</i> .....	15
<i>Obr. 8. Základní druhy tvářených třísek při obrábění kovů [1]</i> .....	16
<i>Obr. 9. Nožová hlava [2]</i> .....	17
<i>Obr. 10. Revolverová hlava [2]</i> .....	17
<i>Obr. 11. Univerzální sklícidlo [1]</i> .....	18
<i>Obr. 12. Univerzální upínací deska [2]</i> .....	18
<i>Obr. 13. Upínací kleština [3]</i> .....	19
<i>Obr. 14. Pevná luneta [4]</i> .....	19
<i>Obr. 15. Posuvná luneta [5]</i> .....	20
<i>Obr. 16. Upínání mezi hroty [6]</i> .....	20
<i>Obr. 17. Univerzální hrotový soustruh [1]</i> .....	21
<i>Obr. 18. Revolverový soustruh s vodorovnou osou revolverové hlavy [2]</i> .....	22
<i>Obr. 19. Revolverový soustruh se svislou osou revolverové hlavy [2]</i> .....	22
<i>Obr. 20. Svislý soustruh</i> .....	23
<i>Obr. 21. Čelní soustruh [2]</i> .....	23
<i>Obr. 22. Poloautomatický soustruh [1]</i> .....	24
<i>Obr. 23. Automatický soustruh [1]</i> .....	25
<i>Obr. 24. Požadavky na chlazení a mazání z hlediska metod obrábění [4]</i> .....	33
<i>Obr. 25. Standardní chlazení [1]</i> .....	33
<i>Obr. 26. Vnitřní chlazení brousícího</i> .....	35
<i>Obr. 27. WNMG 060408EN-TRM</i> .....	43
<i>Obr. 28. Univerzální soustruh TC-65</i> .....	44
<i>Obr. 29. Mikroskop</i> .....	44
<i>Obr. 30. Profiloměr Contracer CV-1000</i> .....	45

<i>Obr. 31. Drsnoměr Perthnometer M1</i> .....	46
<i>Obr. 32. Snímač teploty Mastech</i> .....	47
<i>Obr. 33. Refraktometr ATAGO</i> .....	47
<i>Obr. 34. Graf závislosti opotřebení VB na délce soustružení</i> .....	51
<i>Obr. 35. Graf závislosti hmotnostního opotřebení na délce soustružení</i> .....	52
<i>Obr. 36. Graf závislosti opotřebení KT na délce soustružení</i> .....	52
<i>Obr. 37. Graf závislosti drsnosti obr. mat. na délce soustružení</i> .....	52
<i>Obr. 38. Graf závislosti teploty obr. mat. na délce soustružení</i> .....	53
<i>Obr. 39. Graf závislosti opotřebení VB na délce soustružení</i> .....	54
<i>Obr. 40. Graf závislosti hmotnostního opotřebení na délce soustružení</i> .....	54
<i>Obr. 41. Graf závislosti opotřebení KT na délce soustružení</i> .....	55
<i>Obr. 42. Graf závislosti drsnosti obr. mat. na délce soustružení</i> .....	55
<i>Obr. 43. Graf závislosti teploty obr. mat. na délce soustružení</i> .....	56
<i>Obr. 44. Graf závislosti opotřebení VB na délce soustružení</i> .....	57
<i>Obr. 45. Graf závislosti hmotnostního opotřebení na délce soustružení</i> .....	57
<i>Obr. 46. Graf závislosti opotřebení KT na délce soustružení</i> .....	58
<i>Obr. 47. Graf závislosti drsnosti obr. mat. na délce soustružení</i> .....	58
<i>Obr. 48. Graf závislosti teploty obr. mat. na délce soustružení</i> .....	59
<i>Obr. 49. Graf kritéria opotřebení</i> .....	59
<i>Obr. 50. Graf hmotnostního opotřebení</i> .....	60
<i>Obr. 51. Graf drsnosti</i> .....	60
<i>Obr. 52. Graf teploty obrobku po soustružení</i> .....	61

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Přehled doporučených řezných kapalin pro různé metody obrábění.....	28
Tab. 2. Doporučené množství řezné kapaliny pro různé metody obrábění.....	29
Tab. 3. Orientační hodnoty konstant a exponentů pro aplikaci komplexního Tailorova vztahu.....	37
Tab. 4. Řezné podmínky pro VBD WNMG 060408EN.....	40
Tab. 5. Parametry univerzálního soustruhu TC65.....	41
Tab. 6. Parametry mikroskopu Carton SPZT 50.....	42
Tab. 7. Technické parametry profiloměru Contracer CV-1000.....	42
Tab. 8. Refraktometr ATAGO.....	44
Tab. 9. Naměřené hodnoty s obráběním bez kapaliny.....	46
Tab. 10. Naměřené hodnoty s 3% hustotou řezné kapaliny.....	47
Tab. 11. Naměřené hodnoty s 5,5% hustotou řezné kapaliny.....	49
Tab. 12. Naměřené hodnoty s 8,5% hustotou řezné kapaliny.....	52
Tab. 13. Opatření plátek po max. době soustružení.....	55

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI: Atest materiálu

Příloha PII: Atest zušlechtění materiálu

# PŘÍLOHA PI: ATEST MATERIÁLU

Page: 1 of 1

Number: 2011/03/000882-REI



SOCHOROVÁ VÁLCOVNA TŽ, a.s. / Průmyslová 1000/ 739 70 Třinec - Staré Město / Czech republic/  
výrobní závod: 272 01 Kladno-Dřihův

"CZ TOP TRADE s.r.o."

Ústí č.p. 190  
755 01 Vsetín  
Česká republika

Objednávka - Ihr Auftrag - Your order: 10 40124  
Kontrakt/Zakázka-Werks Nr. - Our order: 7000298082 / 000010  
0041144382 / 06

Avizo - Aviso - Advise note: neboloderlor  
Dopr. prostředek č. - Waggon No: 2268871 1Z89190

EU-Lieferschein Nr-Delivery note-L.list: 3711002245

## Abnahmeprüfzeugnis 3.1- Inspection certificate 3.1 - Inspekční certifikát 3.1, EN 10204:2004

Lieferung - Delivery - Popis materiálu	Gewicht - Weight - Hmotnost	Güte - Grade - Jakost	Norm - Standard - Norma
Tyče kruhové 120 mm 4-6 m	5770 kg	15142 měkce žihaná	ČSN 415142 ČSN 420220.70

## CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG - CHEMICAL ANALYSIS - CHEMICKÉ SLOŽENÍ (%)

Schmelze Heat Tavba	Gewicht Mass Hmotnost (kg)	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
T19382 KKO-kontislitky	5770	0.44	0.79	0.26	0.013	0.030	1.14	0.03	0.05
		Mo	Al	Sn	V	Ti	N	H	
		0.191	0.029	0.005	0.005	0.0012	0.0093	1.17	ppm

## MECHANISCHE WERTE - MECHANICAL VALUES - MECHANICKE ZKOUSKY

Schmelze Heat Tavba	Streckgrenze Yield point Mez kluzu Rp 0,2(MPa)	Zugfestigkeit Tensile strength Mez pevnosti Rm (MPa)	Bruchdehnung Elongation Tažnost A5 (%)	Bruchdehnung Contraction Zúžení Z (%)	Schlagarbeit Energy of impact Nárazová práce KV (JYKCU)(Jcm2)	Reinheitsgrad nach Microcleaness acc. Mikročistota die DIN 50602	Brinellhärte Brinellhardness Tvrdost die Brinella HB	Entkohlen Decarburization Odúhličení (MM)
T19382								
Toto jsou výrobky, které nezpůsobí škodlivé emise toxického zamoření, nebezpečné složky nebo záření do vnitřního prostředí ani znečištění vnějšího prostředí (vzduchu, půdy nebo vody).								
DODRŽENA RADIOIZOTOPICKÁ AKTIVITA TAVEB. VZORKU - MAX. 100 BQ/KG.								

Tento dokument byl elektronicky podepsán v souladu se zákonem č. 227/2000 Sb.

Dodaný materiál odpovídá předpisu objednávky.  
Die obengenannten Erzeugnisse entsprechen den Bestimmungsvorschriften - Products conform with the prescription of order.  
Potvrtil: Reitmajerová Alena, referent KSIVj - Uvolňování a atestace, nezávislý oprávněný zástupce

Kladno : 03.03.2011

Obrázek PI č.1

# PŘÍLOHA P II: ATEST ZUŠLECHTĚNÍ MATERIÁLU

## ATEST - protokol o naměřené tvrdosti

Dodavatel: Kalírna Frydrych s.r.o.  
Jasenice 2095, 755 01 Vsetín  
IČO : 27799573, DIČ : CZ27799573

Odběratel: *VASMO*

Číslo objednávky: *131*

Zakázka:

ks: *2*

č.v. :

mat: *15142*

požadovaná tvrdost: *35*

HRc

naměřená tvrdost: *33, 34, 35*

HRc

datum: *15-03-2012*

protokol vystavil:

**KONTROLA JAKOSTI**  
**KALÍRNA VSETÍN**  
Jiřoslav Frydrych  
Jasenice 771, 755 01 VSETÍN

Obrázek PII č.2