



# **Vliv hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin, na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při frézování**

## **Diplomová práce**

**Studijní program:** N2301 – Strojní inženýrství

**Studijní** 2016

**obor:**

**Autor**

**práce:**

**Vedoucí**

**práce:**



2301T048 –  
Strojírenská technologie a materiály **Bc. Robert Schindelarz**  
prof. Ing. Alexey Popov, DrSc



2301T048 –  
Engineering Technology  
and Materials

**Bc. Robert Schindelarz**  
prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Robert Schindelarz**  
Osobní číslo: **S13000484**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojní technologie a materiály**  
Název tématu: **Vliv hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin, na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při frézování**  
Zadávající katedra: **Katedra obrábění a montáže**

### Zásady pro vypracování:

1. Shrnutí poznatků o chlazení při obrábění, klasifikace procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje.
2. Shrnutí poznatků o kvalitě povrchu po obrábění. Definice pojmu drsnost povrchu, metody měření drsnosti povrchu.
3. Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při frézování v laboratoři KOM FS TUL.
4. Zjištění vlivu hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin, na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při frézování v laboratoři KOM FS TUL.
5. Analýza laboratorních výsledků; vyvození závěrů.

kapalin, na  
ní

obrábění, vlast  
i na trvanlivos

ovrchu, metody

frézování v la

alivost nástroj

Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

1.MÁDL, J. Řezné kapaliny v současné technologii obrábění. In: *Sborník vědeckých prací*. 1.vyd. Ekologie obrábění, Strojírenská technologie knihovnička,2000,s. 9 - 18.ISBN 80-7044-232-8.

2.JERSÁK, J., REJZEK, M. Účinek procesní kapaliny na proces soustružení a vybrané parametry integrity povrchu. *Strojírenská technologie*. Rec. prof. Vasilko, prof. Holešovský. roč. 16, duben 2011,č.2.s.17 - 23.ISSN 1211-4162.

3.SANDVIK Coromant, Sandviken:Technická příručka obrábění: soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů. 2005. 601 s.

4.HOLEŠOVSKÝ, F., DUŠÁK, K., JERSÁK, J., aj. *Terminologie obrábění a montáže*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, ÚTRV, 2005. 208 s. ISBN 80- 7044-616-1.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.

Katedra obrábění a montáže

Konzultant diplomové práce: Ing. Miloslav Ledvina

Katedra obrábění a montáže

Datum zadání diplomové práce: 1. března 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 1. srpna 2017

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
Měšan



doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. března 2016

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem. Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

# **Vliv hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin, na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při frézování**

## **ANOTACE**

*Tato diplomová práce shrnuje informace o procesních kapalinách, jejich vlastnostech a charakteristikách, trvanlivosti nástroje při třískovém obrábění, drsnost povrchu obrobku a metodách jejího měření.*

*Práce se zabývá vlivem hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin se zaměřením na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli. V práci jsou shrnuty poznatky z laboratorních měření, kde byl zjišťován vliv hydraulického oleje na procesní kapaliny se zaměřením na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu obrobku po frézování.*

**Klíčová slova:** PROCESNÍ KAPALINY, TRVANLIVOST NÁSTROJE, DRSNOST POVRCHU, MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

## **The effect of hydraulic oil on properties of procedural liquids, on shelf-life of the tool and surface quality during milling**

## **ANNONTATION**

*The thesis summarizes information about the procedural liquids, their properties and attributes, shelf-life of a tool during chip machining, roughness of workpiece surface and about methods of its measuring.*

*The thesis deals with the effect of hydraulic oil on properties of procedural liquids with the focus on shelf-life of the tool and roughness of the surface during milling of stainless steel. During the thesis, findings of laboratory measurements were summarized, where the effect of procedural liquids with the focus on shelf-life of the tool and surface roughness of the workpiece after milling was investigated.*

**Key words:** PROCEDURAL LIQUIDS, SHELF-LIFE OF THE TOOL, SURFACE ROUGHNESS, MEASURING OF THE SURFACE ROUGHNESS



## **Katedra obrábění a montáže**

Evidenční číslo práce: **KOM 1286**

Jméno a příjmení: **Bc. Robert SCHINDELARZ**

Vedoucí práce: Prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.  
Konzultant: Ing. Miloslav Ledvina

Počet stran:	92
Počet příloh:	30
Počet tabulek:	5
Počet obrázků:	45
Počet diagramů:	16

## Obsah:

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	13
Úvod.....	14

### I. OBECNÁ ČÁST

1.	<b>Shrnutí poznatků o chlazení při obrábění, klasifikaci procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin, analýza vlivu procesních kapalin na trvanlivost nástroje.....</b>	<b>15</b>
1.1	Obrábění.....	15
1.2	Řezný nástroj.....	15
1.3	Frézování.....	16
1.3.1	Sousledné frézování.....	16
1.3.2	Nesousledné frézování.....	17
1.4	Teplo při obrábění.....	17
1.4.1	Tepelná bilance.....	18
1.5	Procesní kapaliny.....	20
1.5.1	Užití procesní kapaliny.....	20
1.5.2	Význam procesních kapalin.....	20
1.5.3	Technologické požadavky na procesní kapaliny.....	21
1.5.3.1	Chladicí účinek.....	21
1.5.3.2	Mazací účinek.....	21
1.5.3.3	Čisticí účinek.....	22
1.5.3.4	Provozní stálost.....	22
1.5.3.5	Ochranný účinek.....	22
1.5.3.6	Zdravotní nezávadnost.....	23
1.5.3.7	Přiměřené provozní náklady.....	23
1.5.4	Členění procesních kapalin.....	23
1.5.4.1	Vodní roztoky.....	24
1.5.4.2	Emulzní kapaliny.....	24
1.5.4.3	Zušlechtěné řezné oleje.....	25
1.5.4.4	Syntetické a polosyntetické kapaliny.....	25
1.6	Průmyslové oleje.....	26
1.6.1	Funkce hydraulického oleje.....	27
1.6.1.1	Primární funkce hydraulického oleje.....	27
1.6.1.2	Sekundární funkce hydraulického oleje.....	27
1.6.1.3	Terciální funkce hydraulického oleje.....	27
1.7	Trvanlivost nástroje.....	27
1.7.1	Opotřebení bříty nástroje.....	28

1.7.1.1	Mechanismus opotřebení břitu nástroje.....	28
1.7.1.1.1	Abrazivní (brusný) otěr.....	28
1.7.1.1.2	Difuzní (chemický) otěr.....	29
1.7.1.1.3	Oxidační otěr.....	29
1.7.1.1.4	Adhezní otěr.....	30
1.7.1.2	Formy opotřebení břitu nástroje.....	31
1.7.1.2.1	Opotřebení hřbetu .....	32
1.7.1.2.2.	Opotřebení čela ve tvaru žlábků.....	32
1.7.1.2.3	Plastická deformace břitu.....	32
1.7.1.2.4	Opotřebení hřbetu ve tvaru vrubu.....	32
1.7.1.2.5	Hřebenovité trhliny na ostří.....	33
1.7.1.2.6	Únavový lom.....	33
1.7.1.2.7	Vydrolování ostří.....	33
1.7.1.2.8	Lom.....	33
1.7.1.2.9	Tvoření nárůstku.....	34
1.7.1.3	Časový průběh opotřebení.....	34
1.7.1.4	Závislost opotřebení břitu nástroje na řezné rychlosti – taylorův vztah.....	35
1.7.1.5	Zvýšení trvanlivosti nástroje.....	38
<b>2.</b>	<b>Shrnutí poznatků o kvalitě povrchu po obrábění, definice pojmu drsnost povrchu, metody měření drsnosti povrchu.....</b>	<b>40</b>
2.1	Integrita povrchu .....	40
2.1.1	Drsnost povrchu.....	40
2.1.2	Drsnost obrobeného povrchu po obrábění.....	41
2.1.3	Parametry drsnosti povrchu.....	41
2.1.3.1	Výškové parametry.....	42
2.1.3.2	Délkové profily.....	43
2.1.3.3	Tvarové parametry.....	44
2.1.4	Hodnocení drsnosti povrchu.....	44
2.1.5	Metody měření drsnosti povrchu.....	45
2.1.5.1	Porovnání s etalony drsnosti.....	45
2.1.5.2	Měření pomocí dotkových profiloměrů.....	45
2.1.5.3	Měření metodou světelného řezu.....	46
2.1.5.4	Měření s využitím interference světla.....	46

## II. Experimentální část

<b>3.</b>	<b>Navržení metodiky zkoumání trvanlivosti nástroje a drsnosti povrchu při frézování v laboratoři KOM FS TUL.....</b>	<b>47</b>
3.1	Příprava procesní kapaliny.....	49
3.2	Metodika měření trvanlivosti.....	54
3.3	Metodika měření drsnosti povrchu obrobku.....	55
3.4	Použité nástroje a materiály.....	58
3.4.1	Zkušební hranol.....	58
3.4.2	Nástrojová frézka .....	59
3.4.3	Výměnná břitová destička .....	61
3.4.4	Refraktometr.....	62
3.4.5	Lupa.....	62
3.4.6	Drsnoměr.....	63
3.4.7	Mikroskop .....	64
<b>4.</b>	<b>Zjištění vlivu hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin, na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při frézování v laboratoři KOM FS TUL.....</b>	<b>65</b>
4.1	Vliv hydraulického oleje na trvanlivost nástroje při užití různých procesních kapalin.....	65
4.1.1	Hocut.....	66
4.1.2	Grindex.....	67
4.1.3	B-cool.....	68
4.1.4	Průměrné hodnoty.....	69
4.2	Vliv hydraulického oleje na různé procesní kapaliny na drsnost povrchu obrobku .....	70
4.2.1	Parametr drsnosti Ra.....	70
4.2.1.1	Hocut.....	70
4.2.1.2	Grindex.....	70
4.2.1.3	B-Cool.....	70
4.2.1.4	Průměrné hodnoty Ra .....	74
4.2.2	Parametr drsnosti Rz.....	75
4.2.2.1	Hocut.....	75
4.2.2.2	Grindex.....	75
4.2.2.3	B-Cool.....	75
4.2.2.4	Průměrné hodnoty Rz.....	79
4.2.3	Parametr drsnosti Ctp50.....	80
4.2.3.1	Hocut.....	80

4.2.3.2	Grindex.....	80
4.2.3.3	B-Cool.....	80
4.2.3.4	Průměrné hodnoty Ctp50.....	84
<b>5.</b>	<b>Shrnutí výsledků a vyvození závěru.....</b>	<b>85</b>
<b>5.1</b>	<b>Shrnutí výsledků.....</b>	<b>85</b>
<b>5.2</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>87</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>88</b>
	<b>Přílohy.....</b>	<b>92</b>

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Prof. Ing. Alexeyi Popovovi, DrSc. za pomoc, cenné rady, připomínky a odborné vedení práce.

Dále bych chtěl poděkovat konzultantovi bakalářské práce panu Ing. Miloslavu Ledvinovi za poskytnutou pomoc v dílnách a věcné rady.

Též děkuji paní Ing. Štěpánce Dvořáčkové, Ph.D. za pomoc v laboratoři metrologie a dalším pracovníkům katedry obrábění a montáže za pomoc při řešení vyskytlých problémů.

Mé díky patří i panu Josefovi Kotrbáčkovi, dále kolegovi panu Radkovi Luňákovi a pracovním kolegům firmy Monta se sídlem v Mladé Boleslavi za projevenou podporu a vstřícnost.

V neposlední řadě patří můj velký dík také svým rodičům, rodině a manželce za velkou trpělivost a podporu při mém studijním úsilí.

Bc. Robert Schindelarz

Seznam použitých zkratk a symbolů:

<b>Zkratka / Symbol</b>	<b>Jednotka</b>	<b>Popis</b>
-------------------------	-----------------	--------------

$a_e$	[mm]	šířka pracovního záběru
$a_p$	[mm]	hloubka řezu
$a_1$	[mm]	tloušťka třísky
$c$	[%]	skutečná koncentrace
$C_T$	[-]	konstanta Taylorova vztahu
$C_{tp50}$	[ $\mu\text{m}$ ]	materiálový nosný podíl
$C_v$	[-]	konstanta Taylorova vztahu
$D$	[mm]	průměr nástroje v řezu
$f$	[mm/min]	posuv
$f_z$	[mm]	posuv na zub
$l$	[mm]	měřená délka obrábění
$l_r$	[mm]	základní délka
$l_n$	[mm]	vyhodnocovaná délka
$l_t$	[mm]	celková délka
$L$	[mm]	celková naměřená obrobená délka
$K$	[-]	refrakční faktor
$KB$	[mm]	šířka žlábků na čele
$KL$	[mm]	vzdálenost od ostří k okraji žlábků
$KM$	[mm]	vzdálenost od ostří ke středu žlábků
$KT$	[mm]	hloubka žlábků na čele
$pH$	[-]	záporná hodnota dek. logaritmu koncentrace
$PK$	[-]	procesní kapalina
$m$	[-]	exponent Taylorova vztahu
$n$	[ $\text{min}^{-1}$ ]	otáčky nástroje
$p$	[-]	celkový počet hodnot
$Q_{DI}$	[J]	teplo primárních plastických deformací
$Q_{DII}$	[J]	teplo sekundárních plastických deformací
$Q_{DIII}$	[J]	teplo terciálních plastických deformací
$Q_N$	[J]	teplo odvedené nástrojem
$Q_O$	[J]	teplo odvedené obrobkem
$Q_T$	[J]	teplo odvedené třískou
$Q_{TC}$	[J]	teplo vzniklé třením třísky na čele nástroje
$r$	[-]	koncentrace naměřená refraktometricky
$R_a$	[ $\mu\text{m}$ ]	střední aritmetická úchylka profilu
$R_e$	[MPa]	mez kluzu
$R_m$	[MPa]	mez pevnosti
$R_p$	[ $\mu\text{m}$ ]	největší výška výstupku
$R_q$	[ $\mu\text{m}$ ]	průměrná kvadratická úchylka profilu
$R_v$	[ $\mu\text{m}$ ]	největší hloubka prohlubně profilu
$R_z$	[ $\mu\text{m}$ ]	největší výška profilu
$T$	[min]	trvanlivost bříty
$v_c$	[m/min]	řezná rychlost
$VB$	[mm]	velikost opotřebení na hřbetu
$VB_k$	[mm]	velikost kritického opotřebení na hřbetu
$VB_{max}$	[mm]	maximální velikost opotřebení na hřbetu
$VR$	[mm]	radiální otupení
$z$	[-]	počet lůžek na nástroji
ČSN	[-]	česká státní norma
VBD	[-]	vyměnitelná břitová destička
TUL	[-]	Technická Univerzita v Liberci
KOM	[-]	Katedra Obrábění a Montáže

## Úvod

Tato diplomová práce navazuje na předchozí bakalářskou práci, kde jsem zkoumal vliv procesních kapalin na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu obrobku při nesousledném frézování nerezové oceli. V diplomové práci jsem k tomuto zkoumání přidal další kapalinu, které ovlivňuje jistým způsobem proces obrábění. Jedná se hydraulický olej.

Hydraulický olej hraje v současném strojírenství nezastupitelnou roli stejně jako samotné procesní kapaliny. Kapaliny mají v hydraulických mechanismech plnit hlavně přenos tlakové energie z místa výroby k místu přeměny na mechanickou energii. Dalšími úkoly mohou být přenos signálů tlakovými vlnami, mazání pohybových vnitřních částí, odvod nečistit a tepla.

Užitím hydraulického oleje v mechanismech strojů dochází k většímu či menšímu úniku této kapaliny a stékání kapaliny po částech stroje až k místu vstřiku procesní kapaliny do místa tvorby obráběcího procesu. Tímto způsobem tak přímo vstupuje do obráběcího procesu a ovlivňuje tak charakter a vlastnosti procesních kapalin a řezného prostředí. Zjištění tohoto vlivu na procesní kapaliny a tím pádem vliv na trvanlivost nástroje a drsnost obrobku při frézování je tak nosným tématem smyslem této diplomové práce.



# I. OBECNÁ ČÁST

## 1. SHRnutí POZNATKŮ O CHLAZENÍ PŘI OBRÁBĚNÍ, KLASIFIKACI PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN, ANALYZA VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA TRVANLIVOST NÁSTROJE.

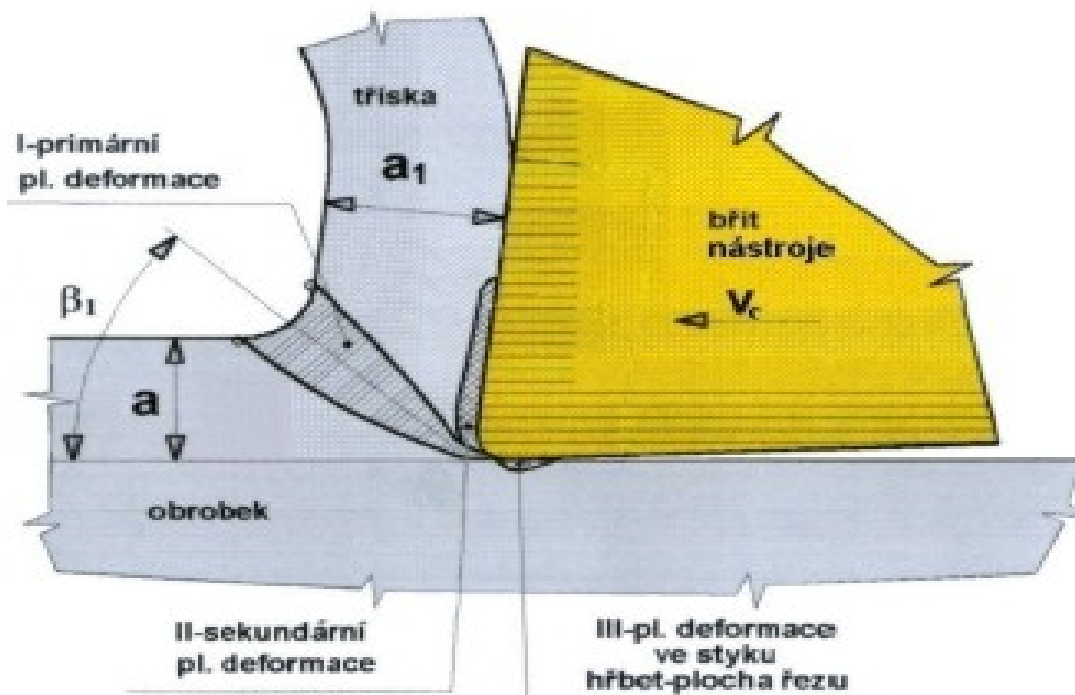
### 1.1 OBRÁBĚNÍ

Obrábění je takový technologický pochod, při němž dochází k vytvoření nových povrchů strojních součástí oddělováním částic materiálu. Toto odebrání se může realizovat různými způsoby, především oddělováním určitého objemu materiálu řezným nástrojem ve formě třísky, jindy chemickým, elektrickým, proudem elektronů apod. (obecně používaný pojem nanotechnologie). Proto nyní pojem "obrábění" lze definovat např. takto: *„Obrábění – část výrobního procesu, který je založen na využití energie a při kterém činností stroje, strojního vybavení a nástroje (tj. odebráním určitého objemu materiálu řezným nástrojem) vzniká obrobek žádaného tvaru, rozměrů a jakosti povrchu“* [11].

### 1.2 ŘEZNÝ NÁSTROJ

Řezný nástroj odebrá třísku tím, že jeho klín vniká do materiálu obrobku. K tomu musí však řezný nástroj splňovat přinejmenším tyto podmínky:

- ✓ Musí být tvrdší, než je tvrdost obráběného materiálu
- ✓ Musí být odolný vůči mechanickému a tepelnému namáhání
- ✓ Klín nástroje musí být vytvořen podle určitých pravidel
- ✓ Břit nástroje musí být jednoznačně určen úhly a rozměry tak, aby byl podle nich vyrobitelný a po otupení obnovitelný třením [12].



Obr.1 – Tvorba třísky

### I.3 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je obráběcí metoda, při které se materiál obrobku odebrává břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást, převážně ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů jsou posuvné pohyby plynule měřitelné a mohou se realizovat ve všech směrech (obráběcí centra, víceosé CNC frézky). Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky. [7]

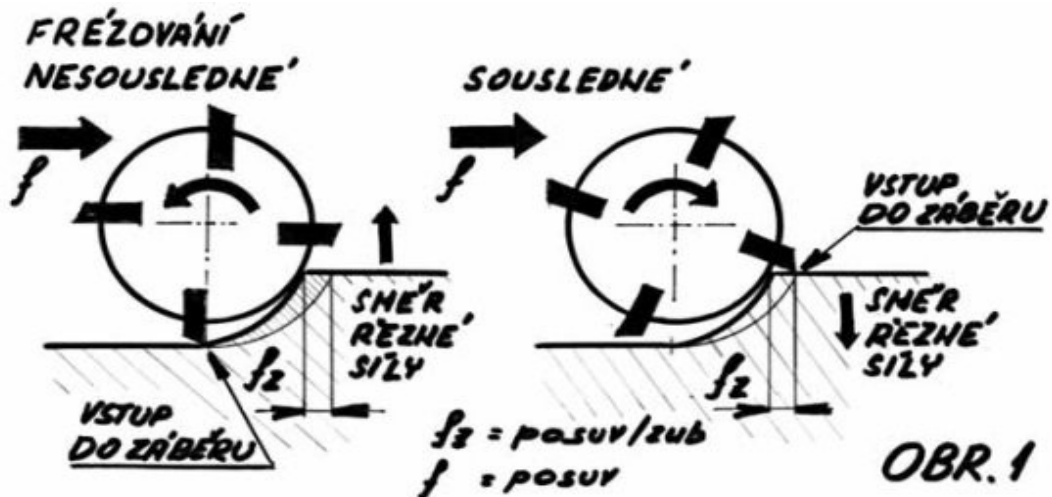
#### I.3.1 Sousedné frézování

Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky vzniká při vnikání zubu frézky do obrobku. Obrobená plocha se vytváří, když zub vychází ze záběru. Řezné síly působí obvykle směrem dolů. Sousedné frézování může probíhat pouze na přizpůsobeném stroji při vymezené vůli a přepětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. V opačném případě způsobuje vůle nestejný posuv, při němž může dojít k poškození nástroje, popř. i stroje. [7]

#### I.3.2 Nesousedné frézování

Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se postupně mění

z nulové hodnoty na hodnotu maximální. K oddělování třísky nedochází v okamžiku její nulové tloušťky, ale po určitém skluzu břitu po ploše vytvořené předcházejícím zubem. Přitom vznikají silové účinky a deformace způsobující zvýšené opotřebení břitu. Řezná síla při protisměrném frézování má složku, která působí směrem nahoru a odtahuje obrobek od stolu. [7] Princip nesousledného a sousledného frézování vidíme na obrázku č. 2.



Obr. 2 – Princip nesousledného a sousledného frézování [29]

## 1.4 TEPLŮ PŘI OBRÁBĚNÍ

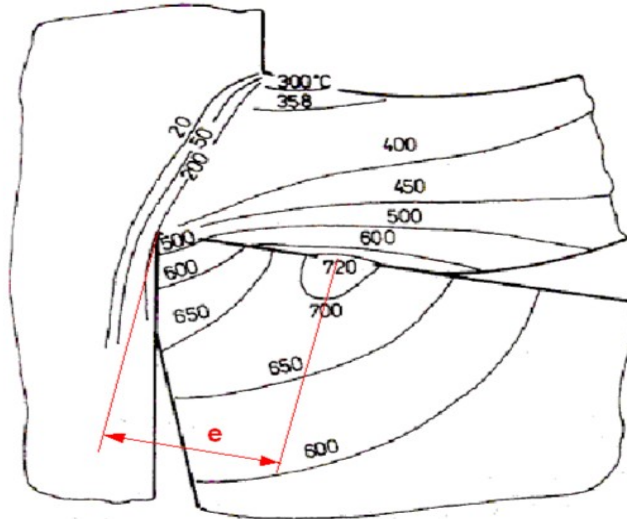
Při třískovém obrábění se až 99% energie mění v teplo, které má vliv na přesnost obrobku, na vlastnosti povrchové vrstvy obrobku, vlastnosti nástroje apod. Teplo vznikající při obrábění (velikost závislá zejména na řezných podmínkách) způsobuje ohřev třísky, obrobku, nástroje i vnějšího prostředí. Všechny tyto aspekty jsou povětšinou nežádoucí a jsou tedy pochopitelné snahy o snížení tohoto tepla. Pro snížení teploty vznikající při obrábění se užívají tzv. procesní média. Nejčastěji jsou to:

- procesní (řezné) kapaliny
- plyny
- mlhy.

### 1.4.1 Tepelná bilance

Teplo řezného procesu vzniklé při obrábění určitého množství materiálu je přibližně rovné práci řezného procesu. Hlavní zdroje tepla jsou v oblasti plastických deformací při tvoření třísky, v oblasti tření třísky po čele nástroje a v oblasti tření hřbetu po obrobené ploše.

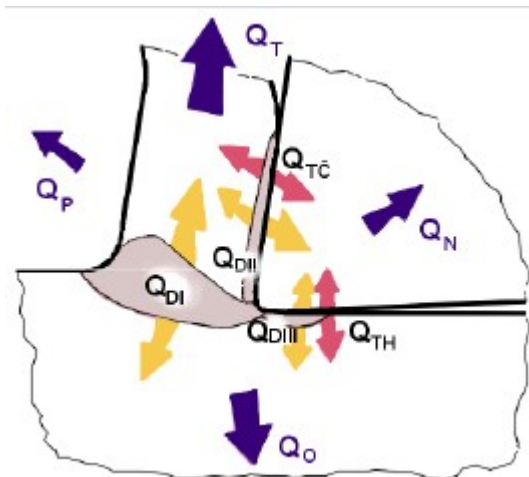
Teplotní pole v oblasti řezání jsou znázorněny na obrázku č. 3



Obr. 3 – Teplotní pole v oblasti řezání [30]

Vzniklé teplo řezného procesu (označování jako  $Q$ ) je odváděno do jednotlivých prvků obráběcího systému.

Podíl jednotlivých odváděných složek tepla řezného procesu do třísky, obrobku, nástroje a prostředí závisí na tepelné vodivosti materiálu obrobku a nástroje, na řezných podmínkách (především na řezné rychlosti), řezném prostředí (způsobu chlazení a mazání) a na geometrii břitu řezného nástroje. Největší část tepla vzniklého při obrábění je v ideálním případě odváděna do zóny řezání třískou. Teplota třísky zatěžuje řezný nástroj jen tak dlouho, pokud je s ním v kontaktu. Největší teplo vzniká v rovině stříhu. Teplo vznikající v oblasti hřbetu, kde se dráhy nástroje a opracovávaného obrobku rozdělují, by mělo být udržováno na co nejnižších hodnotách. Dostatečně velký úhel hřbetu a zamezení výrazného opotřebení hřbetu, které ve svém konečném efektu úhel hřbetu zmenšuje, jsou důležitými faktory. Nebereme-li je v potaz, vzniknou vysoké teploty, které mají za následek rychlý lom břitu a tím pádem okamžitý konec obráběcího procesu [7]. Tepelná bilance je přehledně uvedena na obrázku č. 4.



Obr. 4 – Teplo v oblasti řezání – tepelná bilance [36]

Rovnice celkové tepelné bilance k obr. č. 4 (teplo vzniklé a teplo odvedené)

$$Q_{DI} + Q_{DII} + Q_{DIII} + Q_{TC} + Q_{TH} = Q_T + Q_O + Q_N + Q_P$$

$Q_{DI}$  ... teplo vzniklé v oblasti primárních plastických deformací

$Q_{DII}$  ... teplo vzniklé v oblasti sekundárních plastických deformací

$Q_{DIII}$  ... teplo vzniklé v oblasti terciálních plastických deformací

$Q_{TC}$  ... teplo vzniklé třením třísky na čele nástroje

$Q_{TH}$  ... teplo vzniklé třením na hřbetu nástroje

$Q_T$  ... teplo odvedené třískou

$Q_O$  ... teplo odvedené obrobkem

$Q_N$  ... teplo odvedené nástrojem

$Q_P$  ... teplo odvedené prostředím

## 1.5 PROCESNÍ KAPALINY

### 1.5.1 UŽITÍ PROCESNÍ KAPALINY

Jak již bylo shora řečeno, při obrábění vzniká poměrně velké množství tepla, které zpravidla podstatně negativně ovlivňuje výrobní proces. Při třískovém obrábění mohou teploty dosahovat až 1000°C. Proto je zapotřebí toto teplo regulovat a snižovat teplotu při obrábění. K tomuto slouží velmi významně užití tzv. procesních kapalin (někdy nazývané též řezné kapaliny). Jejich množství a variabilita je v současném průmyslu velmi vysoká a jejich výrobců je velké množství. Vývoj procesních kapalin má vysoký význam pro současný průmysl. [6]

Řezné kapaliny jsou tedy obecně prostředky, které se používají při třískovém obrábění kovů. Vytvářejí prostředí, ve kterém probíhá řezný proces, na který působí svým chladícím, mazacím a čistícím účinkem. Řezné kapaliny jsou krom konstrukce obráběcího stroje a nástrojového materiálu jedním z faktorů, které významně ovlivňují produktivitu a ekonomiku obrábění. Hlavním účelem použití řezných kapalin je zvýšení trvanlivosti ostří řezného nástroje, zlepšení jakosti obráběného povrchu, ulehčení odstraňování třísek a snížení spotřeby energie. [6]

### 1.5.2 VÝZNAM PROCESNÍCH KAPALIN

Z hlediska procesních kapalin je důležité si uvědomit, že procesní kapaliny mají velký význam pro charakter řezného prostředí a mají vůbec velký vliv na samotné řezné prostředí. Procesní kapaliny mohou v řezném prostředí zejména:

- ✓ Zvýšit trvanlivost obráběcího nástroje
- ✓ Redukovat deformaci při tvoření třísky
- ✓ Redukovat celkovou řeznou sílu a spotřebu energie
- ✓ Redukovat deformace obrobku v důsledku zvýšení teploty v části obrobku
- ✓ Usnadňovat utváření třísky
- ✓ Zabraňovat tvorbě nárůstku
- ✓ Minimalizovat minimální tloušťku třísky
- ✓ Ovlivňovat průběh a velikost zbytkových pnutí v povrchové vrstvě obrobku
- ✓ Ovlivňovat průběh a velikost zpevnění v povrchové vrstvě obrobku.

### 1.5.3 TECHNOLOGICKÉ POŽADAVKY NA PROCESNÍ KAPALINY

Z technologického a provozního hlediska se na řezné prostředí specifikují určité požadavky, k nimž patří zejména:

- ✓ chladicí účinek
- ✓ mazací účinek

- ✓ čistící účinek
- ✓ provozní stálost
- ✓ ochranný účinek
- ✓ zdravotní nezávadnost
- ✓ přiměřené náklady [22]

### **1.5.3.1 Chladicí účinek**

Chladicím účinkem se rozumí schopnost řezného média odvádět teplo z místa řezu. Tuto schopnost má každé médium smáčecí povrch kovů, za předpokladu, že mezi povrchem obrobku a médiem existuje tepelný spád. Odvod tepla vzniklého při řezání se uskutečňuje tím, že řezné médium obklopuje nástroj, třísky i obrobek a přejímá část vzniklého tepla. Důsledkem chladicího účinku je snížení teploty řezání, což má příznivý vliv na opotřebení a trvanlivost nástroje i na jakost povrchové vrstvy obrobené plochy (nižší hodnoty zbytkových napětí). Chladicí účinek řezného média závisí na jeho smáčecí schopnosti, na výparném teple, rychlosti vypařování za určitých teplot, tepelné vodivosti, měrném teple a průtokovém množství. Čím budou tyto veličiny větší, tím bude chladicí účinek řezného média vyšší. Výparné teplo zvětšuje chladicí účinek, ale přílišné odpařování řezného média není žádoucí [22].

### **1.5.3.2 Mazací účinek**

Mazací účinek je umožněn tím, že médium vytváří na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Vzhledem k vysokým tlakům, které vznikají při řezání, zde nemůže dojít ke kapalnému tření. Může ale vzniknout mezní tření, má-li řezné médium velkou afinitu ke kovu, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky, v mikroskopické povrchové mezní vrstvě. Mazací účinek znamená zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Mazací účinek řezného média se uplatní zejména u dokončovacích obráběcích operací, ale také při protahování, výrobě závitů nebo výrobě ozubení. Mazací schopnost řezného média je závislá na viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Negativním důsledkem vyšší viskozity je omezení průniku média mezi třecí plochy, zhoršení jeho proudění a snížení odvodu tepla. Viskóznější médium ve větším množství ulpívá na třískách, čímž dochází k jeho značným ztrátám. Pevnost mazací vrstvy se zvyšuje přísadami povrchově aktivních

látek, které napomáhají pronikání do trhlin deformovaného kovu a usnadňují tak vlastní proces řezání [22].

#### **1.5.3.3 Čisticí účinek**

Čisticí účinek řezného média spočívá zejména v odstraňování třísek z místa řezu. Čisticí účinek je významný zejména při broušení (zlepšení řezivosti broušícího kotouče v důsledku vyplavování zanesených pórů, zabránění slepování částic třísky a usnadnění jejich usazování), řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr [22].

#### **1.5.3.4 Provozní stálost**

Měřítkem provozní stálosti řezného média je doba jeho výměny. Dlouhá doba mezi jednotlivými výměnami média je podmíněna tím, aby se jeho vlastnosti po celou tuto dobu neměnily. Stárnutí řezného média olejového typu se projevuje tvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. Produkty stárnutí mají vliv i na zhoršování funkčních vlastností média, jeho rozklad, zmenšení mazacího účinku, ztrátu ochranných schopností, korozi a hnilobný rozklad. Provozní stálost řezného média závisí na jeho fyzikálních a chemických vlastnostech a na pracovní teplotě [22].

#### **1.5.3.5 Ochranný účinek**

Ochranný účinek řezného média se projevuje tím, že nenapadá kovy a nezpůsobuje korozi. Tento požadavek je důležitý proto, aby nebylo nutné výrobky mezi jednotlivými operacemi konzervovat a aby byly obráběcí stroje chráněny před korozí. Pro zvýšení antikorozního účinku jsou do řezného média přidávány pasivační přísady. Dalším důležitým požadavkem je, aby řezné médium nerozpouštělo nátěry obráběcích strojů a nebylo agresivní vůči gumovým těsněním [22].

#### **1.5.3.6 Zdravotní nezávadnost**

Požadavek na zdravotní nezávadnost řezného média vychází z toho, že při práci na obráběcích strojích s ním obsluhující pracovník přichází do přímého styku. Proto médium nesmí být zdraví škodlivé, nesmí obsahovat látky dráždící sliznici a pokožku, nesmí být jedovaté a nesmí zamořovat ovzduší nepříjemným zápachem.



Jeho zdravotní nezávadnost závisí také na jeho provozní stálosti a čistotě. Přitom je nutné v provozu dbát na to, aby byla zajištěna základní hygienická opatření, jako je větrání (někdy je nutné, aby vznikající páry byly odsávány), umývání, preventivní ochrana pokožky apod. [22].

#### **1.5.3.7 Přiměřené provozní náklady**

Přiměřené provozní náklady souvisí především se spotřebou řezného média. Při rozboru nákladů je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění (průběh plastických deformací v zóně řezání, opotřebení, trvanlivost, ostření nebo výměna nástroje, změny struktury povrchu obrobené plochy, spotřeba energie). Po tomto rozboru musí následovat hodnocení řezného média s ohledem na jeho provozní stálost, spotřebu, výměnu a náklady na likvidaci.

Jedině podrobný technicko - ekonomický rozbor může rozhodnout o vhodnosti určitého druhu řezného média. Hodnocení podle cenových rozdílů je sice jednoduché, ale zcela nedostačující, protože cena řezného média není tím hlavním parametrem, který by rozhodujícím způsobem ovlivňoval ekonomii obrábění [22].

#### **1.5.4 ČLENĚNÍ PROCESNÍCH KAPALIN**

Procesní kapaliny lze členit různě. Procesní kapaliny lze členit např. na kapaliny s převažujícím chladicím účinkem a kapaliny s převažujícím mazacím účinkem. Toto rozdělení však přesně nevystihuje sortiment kapalin, které jsou v současné době na trhu. Stále více se totiž projevuje snaha zvyšovat mazací účinky i u procesních kapalin s převažujícím chladicím účinkem. Všechny moderní druhy procesních kapalin tento požadavek plní, čímž je prakticky rozdíl mezi oběma skupinami stírá. Procesní kapaliny se dle složení rozdělují na:

- ✓ vodní roztoky,
- ✓ emulzní kapaliny,
- ✓ zušlechtěné mastné řezné oleje,
- ✓ syntetické a polysyntetické kapaliny. [22]

##### **1.5.4.1 Vodní roztoky**

Vodní roztoky jsou nejjednodušší a nejlevnější řezné kapaliny, neposkytují však žádné další výhody. Voda, která je jejich základem, vyžaduje řadu úprav - změkčování a přidávání přísad proti korozi (kalcinová soda trinitriumfosfát, triethanolamin), pro zlepšení smáčivosti a proti pěnivosti. Vodní roztok musí být vždy alkalický. U těchto kapalin vzniká nebezpečí rozmnožování anaerobních bakterií,

které způsobují tvorbu kalů a nepříjemný zápach. Vodní roztoky mají velmi dobrý chladicí a čistící účinek, ale téměř žádný mazací účinek [22].

#### **1.5.4.2 Emulzní kapaliny**

Emulzní kapaliny tvoří disperzní soustavu dvou vzájemně nerozpustných kapalin, z nichž jedna tvoří mikroskopické kapky, rozptýlené v kapalině druhé (olej ve vodě). Aby toto bylo umožněno, je třeba do této soustavy přidat ještě třetí složku, tzv. emulgátor zmenšující mezipovrchové napětí emulgovaných kapalin, stabilizující emulzi a zabraňující koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě. Funkce emulgátoru je podmíněna tím, že některé jeho částice mají na jednom konci silný elektrický náboj, zatímco druhý, neutrální konec je rozpustný v oleji. Záporný náboj polární části molekuly způsobuje, že olejové částice jsou elektrostatickou silou vzájemně odpuzovány, což brání jejich spojování. Emulzní kapaliny spojují do určité míry přednosti vody a mazacích olejů. Chladicí účinek emulzní kapaliny závisí na koncentraci emulze, s jejímž nárůstem klesá. Schopnost ochrany proti korozi závisí na tom, jaké hodnoty pH emulze dosahuje (pro slitiny na bázi železa postačuje hodnota  $\text{pH} = 8\div 9$ ), ale v daleko menší míře než u vodných roztoků. Emulzní kapaliny jsou nejčastěji používanými řeznými kapalinami, tvoří asi 80 % jejich celkového objemu [22].

#### **1.5.4.3 Zušlechtěné řezné oleje**

Jsou to kapaliny na bázi minerálních olejů. Přísady, které se používají (mastné látky, organické sloučeniny a pevná maziva), zvyšují jejich tlakovou únosnost a mazací vlastnosti. Mastné látky jsou zmýdelnitelné mastné oleje, mastné kapaliny

nebo syntetické estery. Tyto přísady zvětšují přilnavost oleje ke kovu a zlepšují jeho mazací schopnosti, ne však za extrémních tlaků. Organické sloučeniny jsou vytvořeny na bázi síry, chloru, nebo fosforu. Všechny tyto látky se osvědčily jako vysokotlaké přísady. Na povrchu předmětů vytvářejí vrstvičku kovových mýdel, která zabraňují svařování a usnadňují kluzný pohyb troucích se ploch. Sloučeniny s chlorem zmenšují tření, ale jejich účinnost klesá při teplotách nad 400°C. Sloučeniny s fosforem mají vyšší účinek a jako neúčinnější se projevily kombinace sloučenin síry, chloru a fosforu. Pevná maziva, která se používají jako přísady do řezných olejů, působí při řezání navíc mechanickým účinkem. Svou afinitou ke kovu vytvářejí mezní vrstvu, odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje. Mezi pevná maziva patří grafit a sirník molybdeny. Jejich nevýhodou je, že se v kapalinách nerozpouští a musí se proto udržovat v rozptýleném stavu. [22]

#### ***1.5.4.4 Syntetické a polosyntetické kapaliny***

Tento druh řezných kapalin se vyznačuje velkou provozní stálostí. Většinou jsou rozpustné ve vodě a mají dobré chladicí, mazací a ochranné účinky. Syntetické řezné kapaliny neobsahují minerální oleje, ale jsou složeny z rozpouštědel - glykolů, které ve vodě emulgují, nebo se rozpustí. Glykoly jsou průsvitné, takže umožňují sledovat průběh obráběcího procesu. Aplikace syntetických řezných kapalin má proti kapalinám na bázi oleje ekonomické výhody a navíc zajišťuje rychlé odvádění tepla, dobrý čistící účinek a jednoduchou přípravu. V syntetických řezných kapalinách je možné rovněž rozptýlit oleje, čímž vznikají polosyntetické řezné kapaliny, které mají příznivější mazací schopnosti. V polosyntetických kapalinách jsou olejové částice mnohem menší než v emulzích. [22]

## **1.6. Průmyslové oleje**

Pod souhrnným názvem „průmyslové oleje“ rozumíme velkou skupinu mazacích olejů, které se v širokém rozsahu uplatňují při mazání strojů a zařízení provozovaných v průmyslu, energetice, těžebním průmyslu, ve stavebnictví,

zemědělství apod. Průmyslové oleje se dělí do několika hlavních skupin, jejichž názvy vycházejí z charakteristiky a použití těchto olejů. Rozlišujeme tak třeba oleje:

- ✓ strojní (ložiskové),
- ✓ turbínové,
- ✓ kompresorové,
- ✓ převodové,
- ✓ hydraulické,
- ✓ válcové,
- ✓ tmavé,
- ✓ pro kluzná vedení apod. [31].

Zvláštní skupinou průmyslových olejů jsou tzv. hydraulické oleje, jejichž funkce a použití jsou uvedeny v kapitolách níže.

Pro tuto diplomovou práci byl zvolen hydraulický olej značky Paramo HM 46. Dle specifikace výrobce má olej vlastnosti, které jsou uvedeny v následující tabulce.

Typ	Kinematická viskozita při 40 °C (mm <sup>2</sup> /s)	Viskozitní index	Bod vzplanutí OK (°C)	Bod tekutosti (°C)
<b>Paramo HM 46</b>	46	100	238	-30

Tab. 1 - Tabulka vlastností hydraulického oleje Paramo HM 46

*Paramo HM* jsou vysoce rafinované ropné oleje obsahující přísady zlepšující oxidační stálost oleje, protikorozní i protioděrové přísady a přísady proti pění. Používají se pro hydrostatické mechanismy s vysokým mechanickým a tepelným namáháním. [19]

## 1.6.1 FUNKCE HYDRAULICKÉHO OLEJE

### 1.6.1.1 Primární funkce hydraulického oleje

- ✓ Minimalizace tření
- ✓ Odvod a rozptýlení tepla
- ✓ Prodlužování životnosti stroje

- ✓ Přenos tlaku a pohybové energie
- ✓ Přenos sil a momentů při použití jako mazivo
- ✓ Minimalizace opotřebení v podmínkách mezného tření
- ✓ Ochrana součástí (ze železných i neželezných kovů) před korozí
- ✓ Dobrá viskozitně-teplotní závislost a vhodnost pro široký rozsah teplot [20]

#### **1.6.1.2 Sekundární funkce hydraulického oleje**

- ✓ Vysoká tepelná stabilita a odolnost proti stárnutí
- ✓ Kompatibilita s kovy a elastomery
- ✓ Dobré odlučování vzduchu a vody
- ✓ Nízká pěnivost a dobrá smyková stabilita [20]

#### **1.6.1.3 Terciální funkce hydraulického oleje**

- ✓ Nízká odpařivost související s nízkým tlakem par
- ✓ Toxikologická neškodnost
- ✓ Ekologická bezpečnost (hlavně u „ekologických“ olejů)
- ✓ Nízká hořlavost (především u „nehořlavých“ kapalin). [20]

## **1.7 TRVANLIVOST NÁSTROJE**

Trvanlivost řezného nástroje lze definovat jako součet všech čistých časů řezání od začátku obrábění, až po opotřebení břitu nástroje na předem stanovenou hodnotu vybraného kritéria (kritérium opotřebení a jeho hodnota musí být stanoveny tak, aby vyráběný obrobek měl požadovaný tvar, rozměry a kvalitu povrchu a to po celou dobu trvanlivosti nástroje). Jedná se tedy o dobu trvání řezného procesu, která koresponduje s provozuschopným stavem břitu neboli 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. [7]

### **1.7.1 OPOTŘEBENÍ BŘITU NÁSTROJE**

Jak již bylo několikrát zmíněno, při obrábění vzniká velké množství tepla, které se vyvíjí na ploše čela a hřbetu nástroje. Tepelná zatížení značně namáhají

materiál břítu nástroje a v některých případech, jako například při frézování, mohou vytvářet dynamický faktor v okamžiku, kdy jeden břit z materiálu vystupuje a opět do něj vniká.

Procesem utváření třísky se kontinuálně vytváří při vysokém tlaku a teplotách čistý kovový povrch, který má sklony k chemickým reakcím, případně k difuzním procesům.

Většina obráběných materiálů obsahuje tvrdé částice různého druhu, které se svou tvrdostí neliší od materiálu břítu nástroje. Tyto částice vyvolávají u nástroje brousící, případně abrazivní efekt.

Kombinací mechanických, tepelných, chemických a abrazivních faktorů dochází ke složitému zatěžování břítu nástroje, které se projevuje jeho opotřebením. [7]

#### **1.7.1.1 Mechanismus opotřebení břítu nástroje**

Na základě analýzy zatěžujících faktorů břítu nástroje je možné identifikovat základní mechanismy opotřebení:

- Abrazivní otěr
- Difuzní otěr
- Oxidační otěr
- Adhezní otěr. [7]

##### **1.7.1.1.1 Abrazivní (brusný) otěr**

Jedná se o velmi rozšířený mechanismus, který vzniká hlavně působením tvrdých částic v materiálu obrobku. Je to podobně jako při broušení, při němž se tvrdé částice dostávají mezi povrch obrobku a povrch nástroje.

Schopnost břítu odolávat abrazivnímu otěru je z větší části závislá na jeho tvrdosti. Řezný materiál, který obsahuje hustou strukturu tvrdých částic, bude abrazivnímu otěru odolávat dobře, avšak nemusí stejně dobře odolávat také jiným mechanismům opotřebení.

Abrazivní otěr je významný především při nízkých řezných rychlostech, kdy se oba materiály stýkají na vrcholcích mikronerovností. Brusný otěr je tedy významný především při obrábění nástroji z nástrojových a rychlořezných ocelí. [7]

#### **1.7.1.1.2 Difuzní (chemický) otěr**

Vzniká působením chemických vlivů při procesu obrábění. Chemické vlastnosti řezného materiálu a jeho afinita vůči obrobku jsou rozhodujícími činiteli pro vznik a průběh difusního opotřebení. Na tomto procesu má tvrdost materiálu jen relativně malý podíl. O podílu difusního opotřebení na celkovém opotřebení nástroje rozhoduje chemické složení řezného nástrojového materiálu a materiálu obrobku.

Některé řezné materiály nereagují s materiálem obrobku vůbec, zatímco jiné mají ve vztahu k materiálu obrobku vysoký stupeň afinity.

Například afinita mezi slinutým karbidem a ocelí vede ke vzniku difusního opotřebení. Důsledkem je vytvoření žlábků na čele břitu břitové destičky. Protože toto opotřebení souvisí s teplotou, vytvoří se při vysokých řezných rychlostech největší žlábek. K výměně atomů dochází ve dvou různých směrech. Jeden transfer probíhá z feritu oceli do nástroje a při druhém transferu putují atomy uhlíku, který inklinuje k difuzi do železa, do třísky. [7]

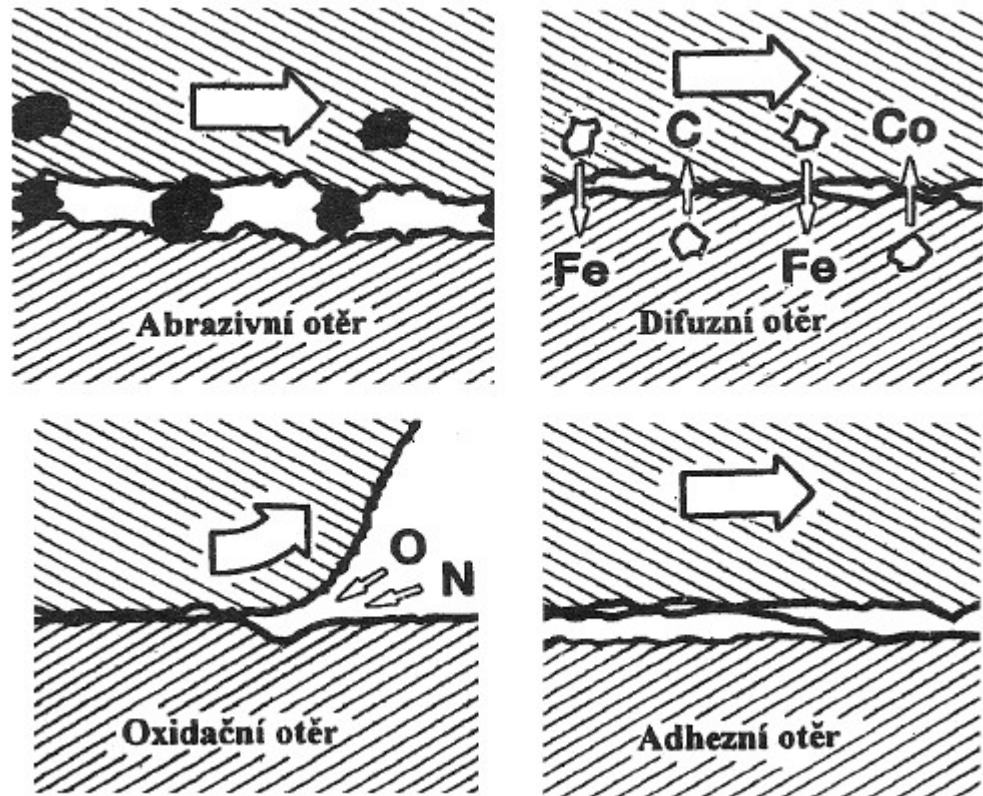
#### **1.7.1.1.3 Oxidační otěr**

Souvisí s vysokými teplotami řezného procesu, které spolu s okolním vzduchem mají za následek oxidaci nástrojového materiálu. Vzniklé oxidy působí velmi rozdílně. Wolfram kobalt tvoří porézní filmy oxidu, které jsou snadno odnášeny třískou. Jiné oxidy, jako například oxid hlinitý, jsou naproti tomu podstatně pevnější a tvrdší. Některé řezné nástrojové materiály jsou proto náchylnější k oxidačním opotřebením, než jiné. Speciálně v místě kontaktu břitu, kde končí šířka třísky, má vzduch přístup do řezného procesu. V tomto případě vznikají působením oxidace typické žlábků, které jsou však v současné výrobě relativně vzácným fenoménem. [7]

#### **1.7.1.1.4 Adhezivní otěr**

Vyskytuje se hlavně při nízkých teplotách obrábění na čele břitu nástroje. Může vzniknout jak u ocelí tvořících dlouhou třísku, tak u materiálů s krátkou třískou. Adhezivní otěr je způsoben vytrháváním částic břitu v důsledku adhezivních spojení mezi nástrojem a obrobkem. Je významný při nižších řezných rychlostech, kdy vzniká bodový styk mezi třískou a nástrojem a kdy je umožněno adhezní spojení obou materiálů. Adhezní otěr vniká zejména při obrábění nástroji z nástrojových a

rychlořezných ocelí. Tento jev často vede k vytváření nárůstku mezi třískou a břitem. Jedná se přitom o dynamický průběh s narůstajícím počtem vrstev, které jsou z třísky navařovány a vytvrzovány a stávají se tak součástí břitu. Takto nárůstkem vytvořený břit může tvořit základ pro nové nárůstky břitu, nebo může poškodit původní břit vydrolováním nebo výlomem. [7]



Obr.5 – Mechanismy opotřebení břitu nástroje [18]

### 1.7.1.2 Formy opotřebení břitu nástroje

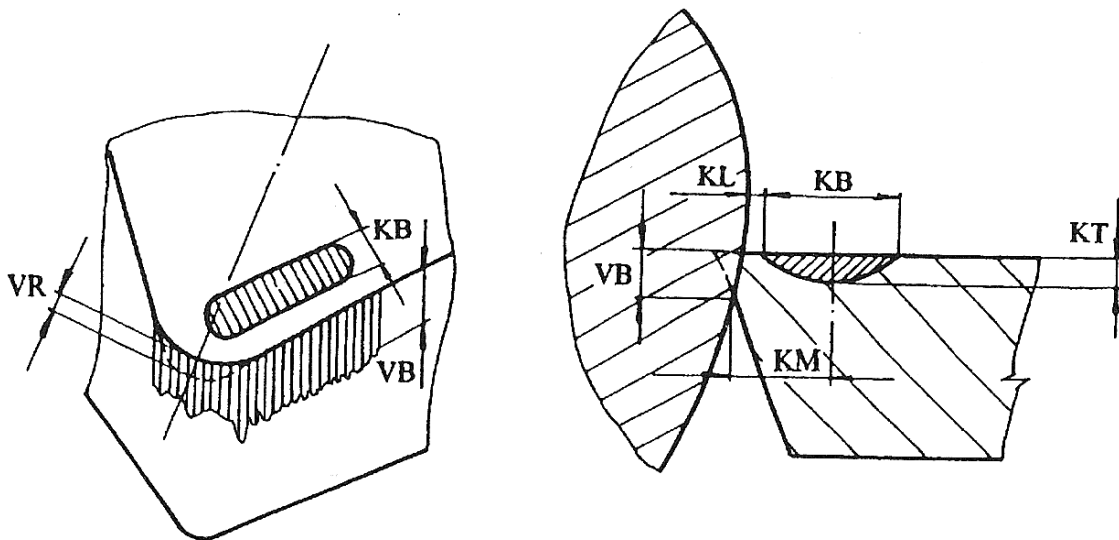
V závislosti na technologických podmínkách řezného procesu nabývá opotřebení břitu různých forem jako:

- ✓ Opotřebení hřbetu
- ✓ Opotřebení čela ve tvaru žlábků
- ✓ Plastická deformace břitu
- ✓ Opotřebení hřbetu ve tvaru vrubu
- ✓ Hřbenové trhliny na ostří
- ✓ Únavový lom
- ✓ Vydrolování ostří
- ✓ Lom

Opotřebení břitu obráběcího nástroje lze určovat následujícími délkovými charakteristikami (obr.6) [35]:



- ✓ šířka opotřebené plochy na hřbetu VB
- ✓ hloubka žlábků na čele KT
- ✓ šířka žlábků na čele KB
- ✓ vzdálenost od ostří k okraji žlábků KL
- ✓ vzdálenost od ostří ke středu žlábků KM
- ✓ radiální otupení VR
- ✓ objemem nebo hmotností opotřebovaného materiálu břitu



Obr. 6 Délkové charakteristiky otupení břitu [35]

#### 1.7.1.2.1 Opotřebenění hřbetu

Řadí se mezi abrazivní formy opotřebenění. Plochy hřbetu hlavního ostří, u vedlejšího ostří a poloměru špičky, jsou před utvářením třísky, v průběhu a po utváření třísky zvlášť vystaveny působení materiálu obrobku. Opotřebenění hřbetu je všeobecně obvyklým typem opotřebenění. Příliš velké opotřebenění hřbetu má za následek zhoršení jakosti obrobeného povrchu, nepřesnost rozměrů a narůstající tření, které vzniká změnou geometrie břitu. [7].

#### **1.7.1.2.2 Opotřebení čela ve tvaru žlábků**

Je důsledkem působení mechanismů difuzního opotřebení a abraze. Žlábků vzniká částečně úběrem materiálu nástroje vyvolaným brousícím pochodem, který způsobují tvrdé částice obsažené v materiálu obrobku, ale hlavně difuzí v místě břitu s největší teplotou, tzn. v kontaktním místě mezi třískou a materiálem břitu. Tvrdost za tepla a malá afinita mezi materiály obrobku a břitu nástroje snižují tendenci ke vzniku tohoto typu opotřebení. Velké opotřebení čela ve tvaru žlábků může změnit geometrii břitu a ovlivnit tak tvar třísky, změnit směr působení řezných sil a zeslabit břit. [7].

#### **1.7.1.2.3 Plastická deformace břitu**

Vzniká působením kombinace vysokých teplot a řezných tlaků na břitu. Vysoké řezné rychlosti a posuvy, jakož i tvrdé materiály obrobků vyvolávají vznik vysokých teplot a tlaků. Plastická deformace břitu ještě více zvyšuje teploty a má za následek změnu geometrie břitu a změny v odchodu třísek. Plastická deformace břitu se vyskytuje při obrábění všemi nástrojovými materiály po dosažení určité teploty v některém místě stykových ploch mezi nástrojem a obrobkem. Při dosažení této teploty (limitní teplota) dochází k prudkému poklesu tvrdosti řezného materiálu v důsledku strukturních změn. Plastickou deformaci břitu lze zmenšit použitím správného zaoblení ostří a volbou vhodné geometrie břitu. [7].

#### **1.7.1.2.4 Opotřebení hřbetu ve tvaru vruby**

Patří k typickým adhezním opotřebením, může však stejně dobře souviset s jevem oxidačního opotřebení. Vruby vznikají v místě kontaktu břitu s bokem třísky. Toto opotřebení se omezuje přesně na to místo, kudy proniká vzduch do oblasti obrábění. Velké opotřebení břitu ve tvaru vruby ovlivňuje utváření třísky a může vést k lomu destičky. [7].

#### **1.7.1.2.5 Hřebenovité trhliny na ostří**

Jedná se o formu únavového opotřebení, které vzniká tepelnými šoky. Zvláště změna teplot při frézování často vede k tomuto druhu opotřebení. Trhliny se tvoří kolmo na ostří; přitom se mohou částice řezného nástrojového materiálu mezi jednotlivými trhlinami vylamovat a vyvolat tak náhlý lom břitu. Změnou tloušťky třísky

se při obrábění mění rovněž teploty. Použitím řezných kapalin se zvyšují teplotní rozdíly při záběru břitu do materiálu obrobku a při výstupu z něj. [7].

#### **1.7.1.2.6 Únavový lom**

Je typický následek velký změn velikosti řezných sil. Tento druh lomu vzniká za součtu neustále se měnících různých zatížení, kdy působení jednotlivých druhů zatížení není samo o sobě dost velké, aby mělo za následek křehký lom. Lomové plochy probíhají obvykle paralelně s ostřím. [7].

#### **1.7.1.2.7 Vydrolování ostří**

Je forma opotřebení, při níž se břit vydroluje. Toto opotřebení je způsobeno špičkami zatížení a vede k tomu, že drobné částičky řezného materiálu se začínou postupně oddělovat z povrchu břitu. Přerušované řezy jsou nejčastější příčinou tohoto typu opotřebení. Odlupování materiálu a trhliny jsou příznaky, které upozorňují na možnost křehkého lomu břitu. [7].

#### **1.7.1.2.8 Lom**

Lom břitu představuje náhlou poruchu a okamžitý konec technického života nástroje. Totální lom je často velmi nebezpečný a mělo by se mu za všech okolností zabránit. Lom břitu nástroje je nutné v každém případě považovat za ukončení trvanlivosti. Změny geometrie, oslabení břitu, nárůst teplot a sil mohou vést ke značným škodám. Křehký lom může být způsoben různými faktory; často je zvolený materiál břitu málo houževnatý, aby mohl zvládnout všechny požadavky na obrábění. [7].

#### **1.7.1.2.9 Tvoření nárůstku**

Tvoření nárůstku se převážně vztahuje k teplotám a řezným rychlostem. Může však být způsoben i odlupováním vrstev v místě břitu, nebo jinými formami opotřebení. Mimo změny geometrie břitu působí tato forma opotřebení negativně ještě proto, že se mohou částice materiálu břitu odlomit společně s navařeným nárůstkem, který je tvořen částicemi materiálu obrobku.

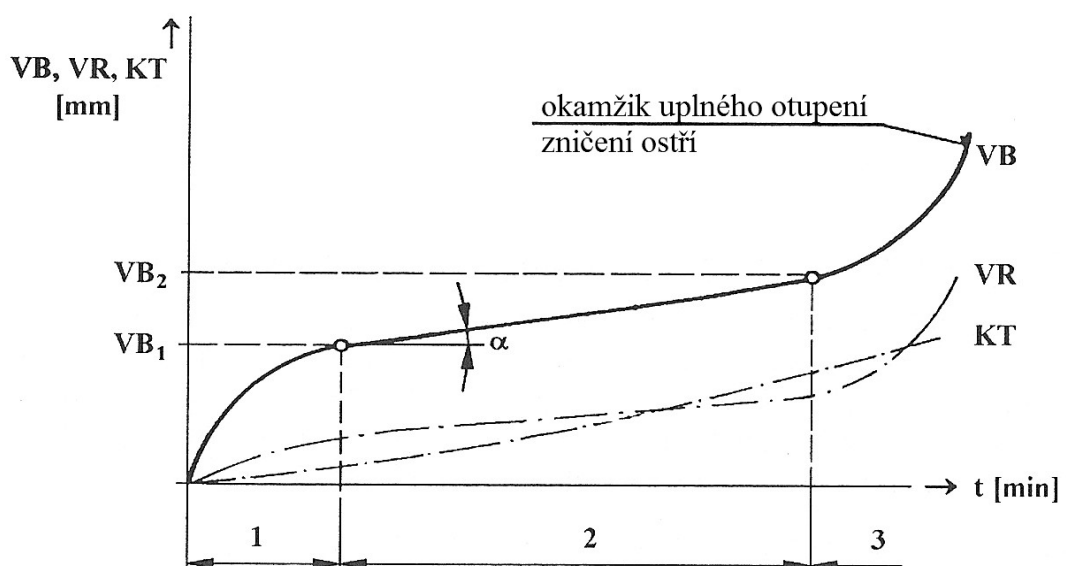
**Nízké teploty a vysoké tlaky** přitom vyvolávají mezi materiálem třísky a čelem nástroje efekt svařování ⇒ **tvorba nárůstku**.

Zhoršená jakost obráběného povrchu je často prvním negativním důsledkem pokračování tvorby nárůstku. Nadměrná tvorba nárůstku může vést i k lomu břitové destičky [27].

### 1.7.1.3 Časový průběh opotřebení

Průběh závislosti otupení na času obrábění lze vymežit tři charakteristické oblasti (obr. 7).[35]

- oblast *počátečního otupování (rychlého záběhového opotřebení)* – ovlivňuje srovnávání vrcholků mikronerovností hřbetu a případná defektní povrchová vrstva hřbetu (vyvolaná podmínkami ostření nebo v důsledku výroby).[30,35]
- oblast *rovnoměrného otupování (lineárního opotřebení)* – jsou již srovnány vrcholky mikronerovností hřbetu a průběh otupení má prakticky lineárně stoupající tendenci (intenzita opotřebení je konstantní).[30,35]
- oblast *zrychleného otupování (nadměrného opotřebení)* – počáteční bod této oblasti je obvykle spojen s limitní teplotou řezání a s výrazným poklesem tvrdosti řezného materiálu.[30] Nastává rychlé (lavinovité) opotřebení, může skončit i případným zničením břitu.[30,35]



Obr. 7 Průběh typického otupení na čase [35]

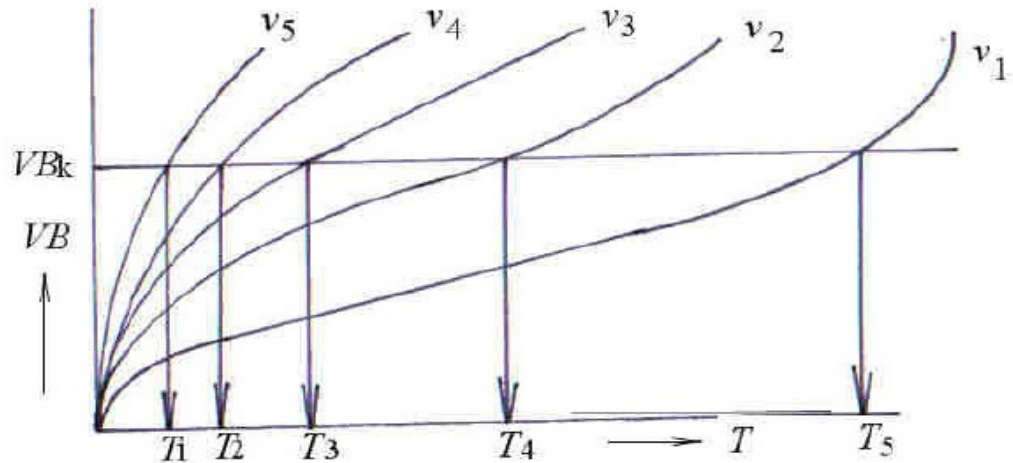
#### 1.7.1.4 ZÁVISLOST OPOTŘEBENÍ BŘITU NÁSTROJE NA ŘEZNÉ RYCHLOSTI - TAYLORŮV VZTAH

Trvanlivost nástroje, podobně jako opotřebení nástroje, závisí zejména na metodě obrábění (soustružení, frézování, vrtání apod.), vlastnostech obráběného a nástrojového materiálu a řezných podmínkách (řezná a posuvová rychlost, šířka záběru ostří, řezné prostředí). Již počátkem XX. Století zjistil Frederik Winslow Taylor (Obr. č 16), že z řezných podmínek má na trvanlivost nástroje největší vliv právě řezná rychlost a odvodil základní vztah pro vzájemnou závislost těchto dvou veličin, na němž jsou založeny dnešní normy ČSN ISO 3685, i ČSN ISO 8688-1 a ČSN ISO 8688-2. Tento vztah je u nás znám pod názvem „ $T-v_c$  závislost (někdy též Taylorův vztah). [18]



Obr. č. 8 – Frederik Winslow Taylor

Dle Vasilka existuje v reálných podmínkách obrábění jediná hodnota řezné rychlosti, při které se dosahuje nejvyšší trvanlivosti nástroje. Její stanovení je podmíněné analytickým přístupem, který vychází ze znalosti zákonitostí procesu opotřebení nástroje na strojním čase a průběhu závislosti trvanlivosti nástroje na řezné rychlosti. [32].



Obr. 9 – Křivky opotřebení nástroje při rozličných řezných rychlostech ( $v_5 > v_4 > v_3 > v_2 > v_1$ ) [32].

V roce 1906 Taylor (po objevení rychlořezné oceli), sestrojil grafické závislosti při rozličných řezných podmínkách. Graf těchto závislostí je vidět na obrázku č. 9. Zde  $VB = f(t_s)$  je opotřebení břitu,  $VB_k$  je zvolené kritérium otupení shodné pro všechny křivky. Při tomto kritériu se odčítají hodnoty trvanlivosti ( $VB_1 - VB_5$ ) a sestrojí se graf závislosti  $T = f(v_c)$ .

Taylorův vztah lze matematicky vyjádřit dvojím způsobem a to v komplexním tvaru:

$$T = \frac{C_T'}{v_c^m \cdot a_p^x \cdot f^y} \quad v_c = \frac{C_v'}{T^{\frac{1}{m}} \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}}$$

Nebo v základním tvaru

$$T = \frac{C_T}{v_c^m} \quad v_c = \frac{C_v}{T^{\frac{1}{m}}}$$

Kde:

$T$  ... trvanlivost nástroje / min /

$V_c$  ... řezná rychlost / m.min<sup>-1</sup> /

$a_p$  ... hloubka záběru / mm /

$f$  ... posuv / mm.ot<sup>-1</sup> /

$C_T$  ... konstanta Taylorova vztahu

$C_V$  ... konstanta Taylorova vztahu

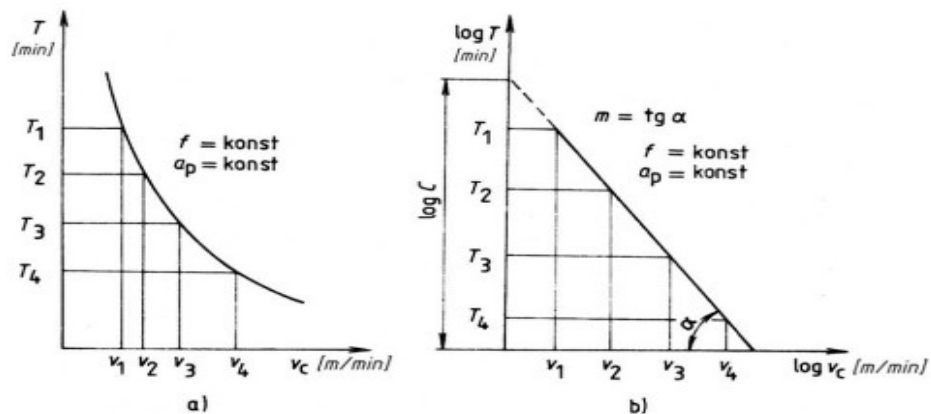
$m$  ... exponent Taylorova vztahu

$x$  ... exponent Taylorova vztahu

$y$  ... exponent Taylorova vztahu

Vzhledem k velmi vysoké a nepraktické hodnotě konstanty  $C_T$  (řádově  $10^9 \div 10^{13}$ ) u základního tvaru rovnice, se tedy častěji uvádí tato rovnice ve druhém tvaru, kde  $C_V$  [-] - konstanta (protože  $C_V = C_T^{1/m}$ , je řádová velikost konstanty  $C_V$  pouze  $10^2 \div 10^3$ ).

Na následujícím obrázku vidíme průběh závislosti času na opotřebení nástroje a to jak v lineárních souřadnicích, tak v logaritmických souřadnicích.



Obr. 10 – Průběh závislosti času na opotřebení znázorněn a) v lineárních souřadnicích b) v logaritmických souřadnicích [30]

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot h^{x_v} \cdot s^{y_v}} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$$

Obr.mat	Druh řezného materiálu	C <sub>v</sub>	m		x <sub>v</sub>		y <sub>v</sub>		K <sub>opt</sub>	
			T	m	rozsah h /mm/	x <sub>v</sub>	rozsah s /mm.ot <sup>-1</sup> /	y <sub>v</sub>		
Ocel skupiny obrábitelnosti 14b	RO malé stroje s chlazením	60		0,17	h ≤ 1,5	0,10	s ≤ 0,5	0,33	0,4	
		64	min.	0,17	h > 1,5 h ≤ 12	0,26	s < 0,8	0,33	0,8	
	RO malé stroje bez chlazení	54	480	0,17	h ≤ 1,5	0,10	s ≤ 0,5	0,25	0,4	
		58	30	0,17	h = 1,5 h ≤ 12	0,26	s < 0,8	0,25	0,8	
	RO velké stroje bez chlazení	94	ú	0,17	h ≤ 5 h ≤ 50	0,38	s ≤ 0,5 s ≤ 1,25	0,33	1,2	
		100	v	0,17	h ≤ 5 h ≤ 50	0,38	s > 1,25 s < 4	0,64	1,2	
	P 10 bez chlazení	600	t	0,32	h ≤ 12	0,18	s ≤ 0,3	0,24	0,8	
		460	o	0,26	h ≤ 15	0,18	s > 0,5 s ≤ 1,2	0,24	0,8	
	P 20 bez chlazení	1250	t	0,50	h ≤ 10	0,18	s ≤ 0,3	0,10	0,8	
		420	v	0,31	h ≤ 25	0,18	s > 0,3 s < 2,0	0,30	0,8	
	P 30 bez chlazení	400	l	0,34	h ≤ 5 h ≤ 40	0,2	s > 0,35 s < 2,5	0,48	0,8	
		500	v	0,40	h ≤ 5 h < 45	0,22	s ≤ 0,5 s < 3	0,17	0,8	
	Litina skup. obráb. 11a	RO bez chlazení	42	t	0,14	h ≤ 12	0,18	s ≤ 0,3	0,32	0,8
			39	h	0,14	h ≤ 40	0,25	s > 0,3	0,45	1,6
K 10 bez chlazení		165	o	0,26	h ≤ 12	0,16	s ≤ 0,3	0,26	0,8	
		125	v	0,20	h ≤ 40	0,25	s > 0,3	0,35	0,8	

Tab. 2 - Tabulka konstant a exponentů pro výpočet řezné rychlosti [28]

### 1.7.1.5 ZVÝŠENÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE.

Pro zvýšení trvanlivosti nástroje lze užít v podstatě dvě základní techniky. Jednou z nich je dodržení techniky správného frézování a druhou je užití procesních kapalin při frézování. Samozřejmě, že nejlepších výsledků pro zvýšení trvanlivosti nástroje má užití obou technik kumulativně.



Trvanlivost nástroje lze zvýšit buď za užití správné techniky frézování tedy dodržením třech *základních pravidel*.

1. Používat co největší  $a_p$  – hloubku řezu (sníží se počet řezů)

*Příliš malá hloubka řezu:*

- Ztráta kontroly utváření třísek
- Vznik vibrací
- Vznik nadměrného množství tepla
- Neekonomické

*Příliš velká hloubka řezu:*

- Vysoká spotřeba energie
- Lom břitové destičky
- Rychlý růst velikosti řezných sil

2. Používat co největší  $f_n$  – rychlost posuvu (zkrátí se čas v řezu)

*Příliš nízká rychlost posuvu:*

- Vznik dlouhých spojitých třísek
- Rychlé opotřebení hřbetu
- Vytváření nárůstku na břitu
- Neekonomické

*Příliš vysoká rychlost posuvu:*

- Ztráta kontroly utváření třísek
- Špatná kvalita obrobené plochy
- Opotřebení ve tvaru žlábků/plastická deformace
- Vysoká spotřeba energie
- Navařování třísek
- Zasekávání třísek

3. Snížit  $v_c$  - řeznou rychlost (sníží se množství vznikajícího tepla)

*Příliš nízká řezná rychlost:*

- Vytváření nárůstku na břitu
- Otupení břitu
- Neekonomické
- Špatná drsnost povrchu

*Příliš vysoká řezná rychlost:*

- Rychlé opotřebení hřbetu
- Špatná výsledná kvalita obrobené plochy
- Rychlé opotřebení ve tvaru žlábků
- Plastická deformace [21].

## 2. SHRUTÍ POZNATKŮ O KVALITĚ POVRCHU PO OBRÁBĚNÍ. DEFINICE POJMU DRSNOST POVRCHU, METODY MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU.

### 2.1 Integrita povrchu

Integritou povrchu rozumíme soubor všech vlastností a charakteristik povrchu strojních součástí vzniklé výrobním procesem, hodnotící vlastnosti povrchové plochy, povrchové vrstvy a podpovrchové vrstvy ve vztahu k vlastnostem základního materiálu součástí. Do tohoto souboru řadíme:

- ✓ Drsnost povrchu
- ✓ Tvrdost povrchu
- ✓ Zbytkové napětí v povrchové vrstvě
- ✓ Zpevnění v podpovrchové vrstvě

Někteří řadí k integritě povrchu i:

- ✓ Geometrickou přesnost
- ✓ Změny struktury v povrchové vrstvě
- ✓ Tepelné změny – opaly
- ✓ Trhliny.

Nelze říci, že jednotlivé složky tvoří oddělené části integrity povrchu. Složky se navzájem ovlivňují a doplňují. Například vlnitost povrchu jako geometrická veličina může vyvolat změny drsnosti povrchu, změny tvrdosti v povrchové vrstvě mohou souviset se změnami struktury a tepelnými změnami atp. [5].

### **2.1.1 DRSNOST POVRCHU**

Drsnost povrchu je jeden z nejdůležitějších parametrů tzv. struktury povrchu, která je součástí tzv. integrity povrchu (viz ČSN EN ISO 8785). Názvem integrita povrchu je nazýván soubor vlastností povrchové vrstvy, která byla změněna technologickým procesem a má rozdílné vlastnosti vzhledem k základnímu materiálu. Na drsnosti povrchu do značné míry závisí přesnost chodu strojních součástí, hlučnost, doba záběhu, ztráty třením, únavová pevnost, odolnost proti opotřebení, korozi a další vlastnosti. Drsnost povrchu je jedno z hledisek sledujících tzv. integritu povrchu. [10].

### **2.1.2. DRSNOST OBROBENÉHO POVRCHU PO OBRÁBĚNÍ**

Nositelem kvalitativních charakteristik v procesu obrábění je obrobek. Geometrie obrobené součásti se liší od ideální geometrie zadané výkresem. Na obrobené ploše se vlivem působení nástroje po obrábění objeví mikronerovnosti. Drsnost povrchu, předepsanou na výkrese, je možné považovat za limitní hodnotu, kterou se snažíme technologickým procesem dosáhnout.

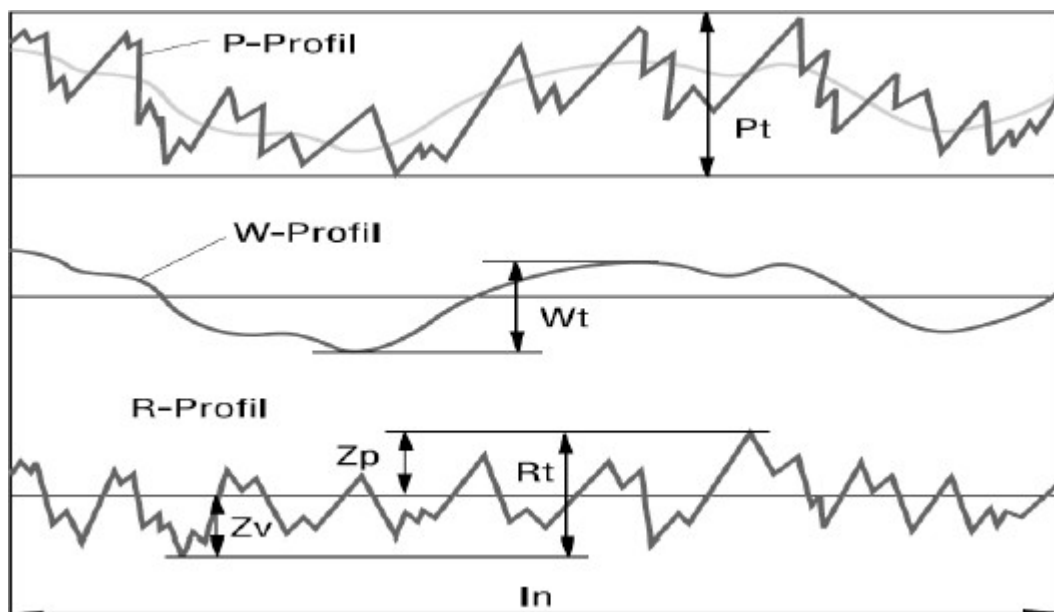
Drsnost povrchu je určena zejména řeznou rychlostí, velikostí posuvů a hloubkou třísky, dále použitou technologií (definována nástrojem a jeho geometrií, typem pohybů, způsobem řezání atp.), použitým prostředím probíhajícího procesu, obráběným materiálem. [10].

### 2.1.3 PARAMETRY DRSNOSTI POVRCHU

Při použití jakékoliv technologické metody vzniká na povrchu technických ploch nerovnost, která má velký význam při funkci těchto ploch. Protože povrch představuje prostorový útvar, problém posuzování nerovností se řeší redukcí do roviny řezu rovinou kolmou k povrchu. Tím se získá profil, který je základním zdrojem informací. Rozteč příslušných nerovností charakterizuje strukturu povrchu a dělí ji na složky. Složka s nejmenší roztečí tvoří drsnost povrchu, dále existuje složka nazvaná vlnitost povrchu a největší rozteč nerovností určuje základní profil.

Tyto geometrické parametry jsou definované normou ISO 4287 a jedná se o:

- ✓ R - parametr vypočítaný z profilu drsnosti,
- ✓ W - parametr vypočítaný z profilu vlnitosti,
- ✓ P - parametr vypočítaný ze základního profilu.



Obr. 11 - Typy profilu R,W a P

Základní délka  $l_r$  – délka ve směru osy x používaná pro rozpoznání nerovností charakterizující daný profil.

Vyhodnocovaná délka  $l_n$  – délka ve směru osy x na které se profil vyhodnocuje.[13]

Parametry drsnosti (charakteristiky) jsou rozděleny do tří základních skupin:

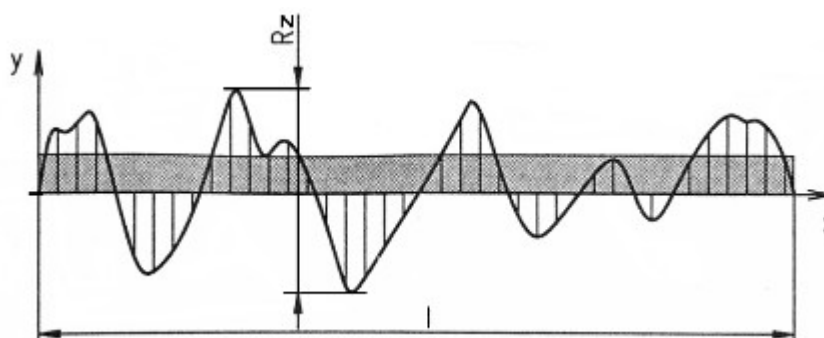
- ✓ výškové
- ✓ podélné (délkové, šířkové)
- ✓ tvarové

### 2.1.3.1 Výškové parametry

Největší výška výstupku  $R_p$  – největší výška výstupku profilu  $Z_p$  v rozsahu základní délky.

Největší hloubka prohlubně profilu  $R_v$  – největší hloubka prohlubně profilu  $Z_v$  v rozsahu základní délky

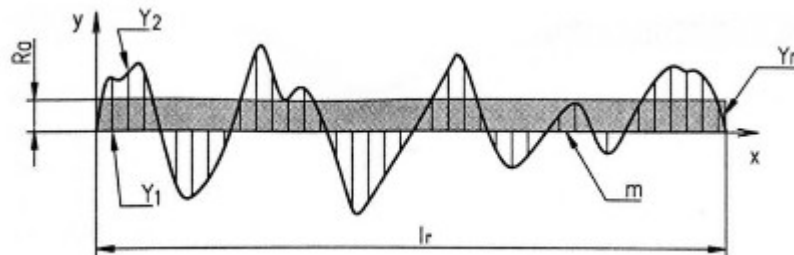
Největší výška profilu  $R_z$  – součet největší výšky profilu  $Z_p$  a největší hloubky profilu  $Z_v$  v rozsahu základní délky. Jeho užívání je doporučeno vzhledem k jeho mezinárodního používání při charakterizování drsnosti povrchu strojních součástí.



Obr. 12 – Parametr  $R_z$  [34]

Střední aritmetická úchylna profilu  $R_a$  – aritmetický průměr absolutních hodnot  $Z(x)$  v rozsahu základní délky. Tato hodnota nevypovídá zcela přesně o dané drsnosti, protože  $R_a$  nereaguje citlivě na extrémní výšky a hloubky měřeného profilu. V praxi užíván na technických výkresech.

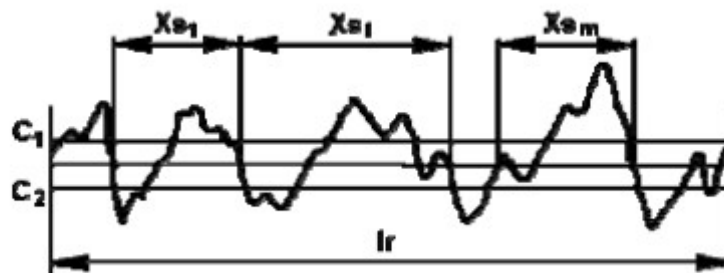
Průměrná kvadratická úchylka profilu  $Rq$  – průměrná hodnota odchylek  $Z(x)$  profilu v rozsahu základní délky. Parametr  $Rq$  má význam při statistickém pozorování profilu povrchu, neboť zároveň odpovídá standardní odchylce z profilových souřadnic.



Obr. 13 - Parametr  $Ra$  [34]

### 2.1.3.2 Délkové profily

Průměrná vzdálenost prvků profilu  $RSm$  – průměrná hodnota šířek  $Xs$  profilu v rozsahu základní délky.



Obr. 14 - Parametr  $RSm$  [13]

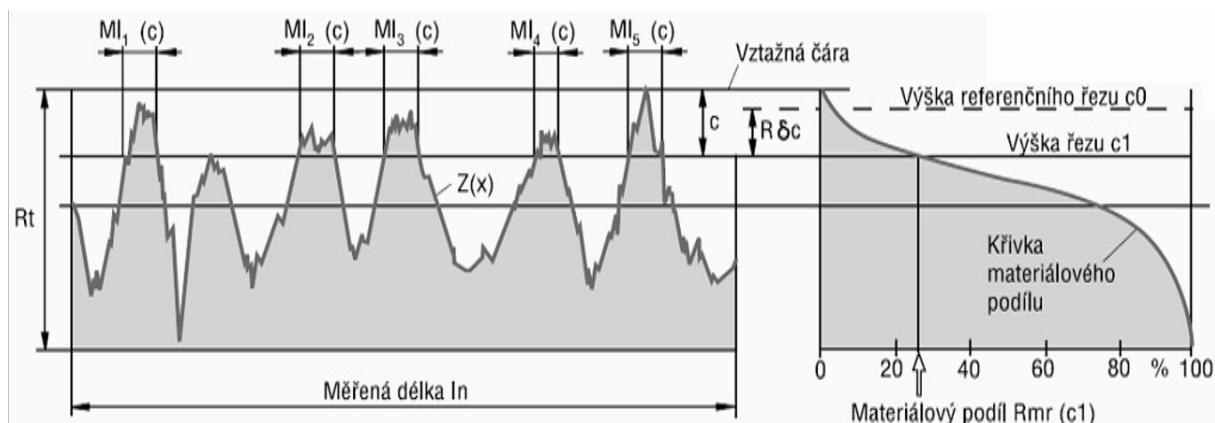
### 2.1.3.3 Tvarové parametry

Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu  $R\Delta q$  – průměrná kvadratická hodnota sklonů  $dZ/dX$  v rozsahu základní délky. Tento parametr je důležitý při hodnocení tribologických vlastností, odrazu světla nebo galvanického pokovování.

### 2.1.4 HODNOCENÍ DRSNOSTI POVRCHU

Při hodnocení drsnosti je nutno bezpodmínečně znát definice parametrů, jejich vypovídající schopnost a vhodnost pro povrchy vytvořené určitými technologiemi. Pro posouzení funkce a ostatních vlastností povrchu zdaleka nestačí např. podle zvyklostí a tradic dosud nejpoužívanější parametr  $Ra$  (průměrná aritmetická úchylka),

neboť na základě své definice neumožňuje určit charakter povrchu a jeho vypovídající schopnost ve vztahu k funkci a součásti je malá (viz výškové profily). Je vhodné připomenout podstatný význam tvarových parametrů, především nosného podílu  $\tau_p$  a jeho grafického průběhu, tzv. nosné křivky profilu (Abbotova křivka). Parametrů drsnosti je v současné době několik desítek a postupně se vyvíjejí další nové způsoby hodnocení. [10]



Obr. 15 – Abbotova křivka

## 2.1.5 METODY MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU

### 2.1.5.1 Porovnání s etalony drsnosti

Při této metodě se porovnává povrch buď okem, nebo mikroskopem. Tato metoda, je již svou podstatou nepřesná (porovnává a vyhodnocuje odlišné parametry) a hraje zde velmi důležitou roli zkušenost metrologa.

Podmínky, které je důležité dodržovat při použití této metody:

- ✓ stejný materiál etalonu a součásti (stejná by měla být alespoň barva)
- ✓ tvar povrchu součásti etalonu by měl být stejný (vypuklý, plochý...)
- ✓ musí být použita stejná trajektorie obrábění povrchu etalonu a součásti
- ✓ stejné podmínky pozorování (světlo) [13].

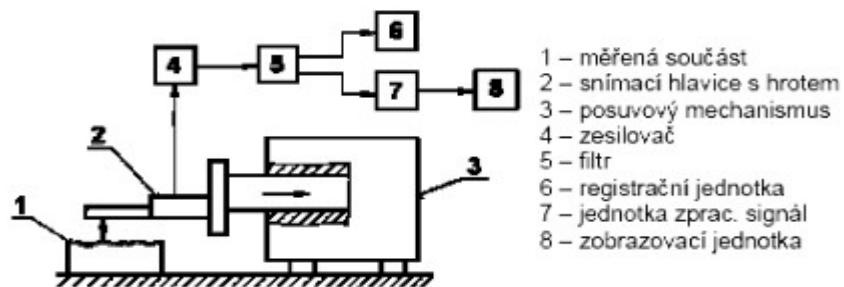


Obr. 16 - Vzorkovnice drsnosti od firmy ADAST [35]

### 2.1.5.2 Měření pomocí dotykových profiloměrů

Při použití této metody se přímo odečítají číselné hodnoty jednotlivých parametrů drsnosti. Využívá se pro nejmodernější statistické a spektrální hodnocení nerovnosti povrchu. Dotykový profiloměr má dvě část:

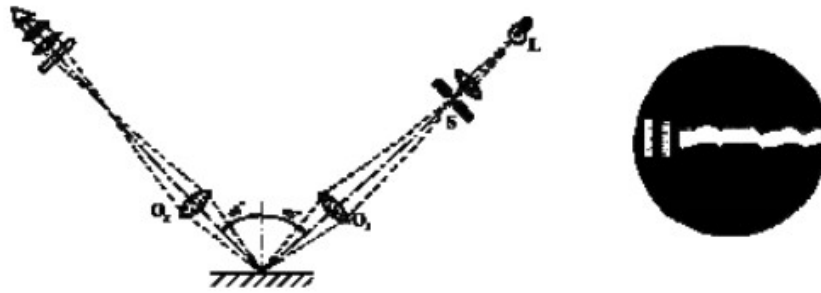
1. mechanickou
2. elektronickou [13].



Obr. 17 - Princip měření dotykovým profilometrem [13]

### 2.1.5.3 Měření metodou světelného řezu

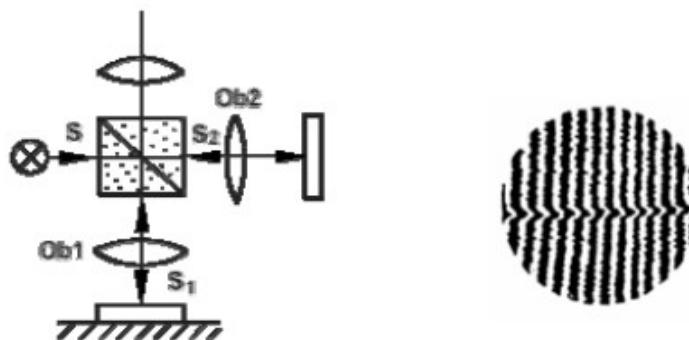
Při určování drsnosti touto metodou se nejčastěji používá dvojitý mikroskop např. Schmaltz. Velmi tenký paprsek dopadá na měřený povrch pod úhlem 45°. Odrazem od nerovnosti vzniká obraz profilu v poli mikroskopu. [13].



Obr. 18 - Metoda světelného řezu – princip a obraz v okuláru [13]

#### 2.1.5.4 Měření s využitím interference světla

Paprsek prostupuje přes polopropustné zrcadlo a to jej rozdělí na dvě části. Část S1 pokračuje dále na měřený povrch a zpátky do okuláru a druhá část S2 se odrazí od zrcadla přímo zpět do okuláru. Tam paprsky interferují (spojí se) a získáme obraz povrchu. [13].



Obr. 19 - Interferenční mikroskop (vlevo) – obraz v okuláru přístroje (vpravo) [13]

## II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 3. NAVRŽENÍ METODIKY ZKOUMÁNÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE A DRSNOSTI POVRCHU PŘI FRÉZOVÁNÍ V LABORATOŘI KOM FS TUL

Smyslem práce je pomocí laboratorních měření a analýzami jejich výsledků určit vliv hydraulického oleje na vlastnosti procesních kapalin, trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu při frézování. Hlavním činitelem je zde ovšem hydraulický olej, který je v průmyslu přítomný jako součást strojních částí a vždy ve větším či menším množství vstupuje do procesní kapaliny a tím ovlivňuje obrábění.



Celé měření probíhalo v laboratořích Katedry obrábění a montáže na Technické univerzitě v Liberci.

Cílem bylo frézovat obrobek z konkrétního materiálu totožnými VBD při chlazení různými procesními kapalinami s přimíchaným hydraulickým olejem v různých koncentracích a následné měření opotřebení břitu a kvality povrchu v čase a z výsledků vyvodit závěry. Tímto měřením jsem schopen zjistit dopad hydraulického oleje obsaženém v procesní kapalině na trvanlivost nástroje a kvalitu povrchu. Příklad výskytu hydraulického oleje v procesní kapalině, je vidět na následujících fotografiích strojů, umístěné ve firmě MONTA – sdružení podnikatelů Mladá Boleslav.



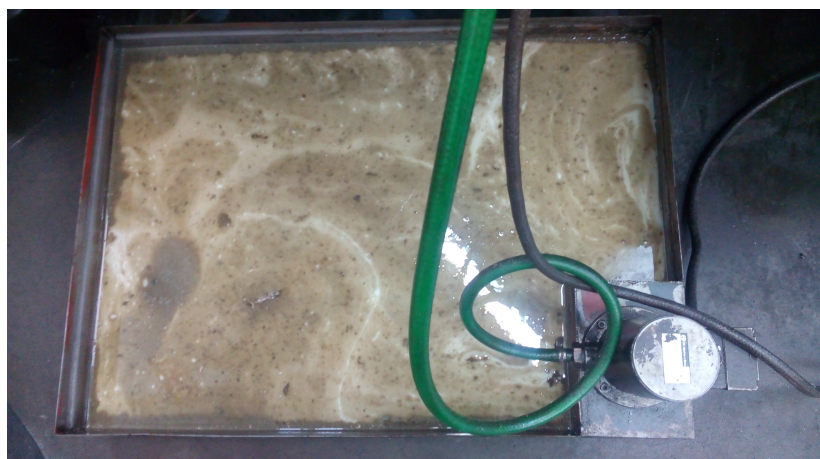
*Obr. 20 – Externí nádrž chladicí kapaliny (soustruh OPTIMUM)*



*Obr.21 - Nádrž s chladicí kapalinou CNC frézky ATOL*



Obr.22 – Externí nádrž s chladicí kapalinou (soustruh SUI40)



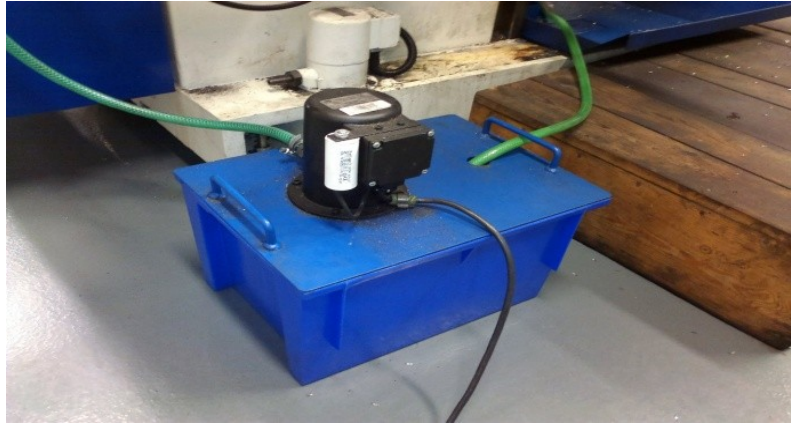
Obr.23 – Externí nádrž s chladicí kapalinou (soustruh SVI8RD)

### 3.1 PŘÍPRAVA PROCESNÍ KAPALINY

Pro přípravu procesních kapalin jsem použil následující postup. Nejprve jsem připravil 5 % roztok každé užití procesní kapaliny (Hocut – emulzní procesní kapalina, Grindex – syntetická procesní kapalina, B-Cool – polosyntetická procesní kapalina). Při přípravě 5% roztoku procesní kapaliny jsem postupoval dle rovnice  $c=K.r$ , kde  $c$  = skutečná koncentrace,  $K$ =refrakční faktor a  $r$  = koncentrace naměřená refraktometricky. V našem případě se dá tato rovnice převést do tvaru  $r = 5/K$ , kde  $r$ =koncentrace naměřená na refraktometru,  $5$ =konečná koncentrace,  $K$ =refrakční faktor (opravný koeficient).

Při přípravě kapaliny vléváme koncentrát procesní kapaliny do vody (nikoliv opačně) z důvodu lepšího rozmístění částic procesní kapaliny ve vodě.

Poté jsem postupně vytvářel směsi každé takto připravené 5 % procesní kapaliny a to přimícháním hydraulického oleje Paramo HM 46 s různým obsahem. Nejprve s obsahem 13 ml/l, dále 26 ml/l a nakonec 39ml/l. Obsah nádrže na procesní kapalinu u použité frézky je přesně 16 litrů.



*Obr.24 – Chladicí systém stroje*

Vzhledem k tomu jsem na základě shora uvedených informací použil nejprve 200ml oleje (13ml/l), poté 400 ml (26ml/l) a nakonec 600 ml (39ml/l) hydraulického oleje.



*Obr. 25 – Procesní kapaliny s přidaným hydraulickým olejem v různých koncentracích od PK bez přidání hydraulického oleje (vlevo) až po obsah 39ml/l hydraulického oleje v PK (vpravo) – fotografie z boku*



*Obr. 26 – Procesní kapaliny s přidaným hydraulickým olejem v různých koncentracích od PK bez přidání hydraulického oleje (vlevo) až po obsah 39ml/l hydraulického oleje v PK (vpravo) – fotografie shora*

Z obrázku 26 je zcela patrně vidět, že největší vizuální rozdíl mezi jednotlivými připravenými vzorky je pozorovatelný mezi vzorky bez užití hydraulického oleje a s obsahem hydraulického oleje 39ml/l.



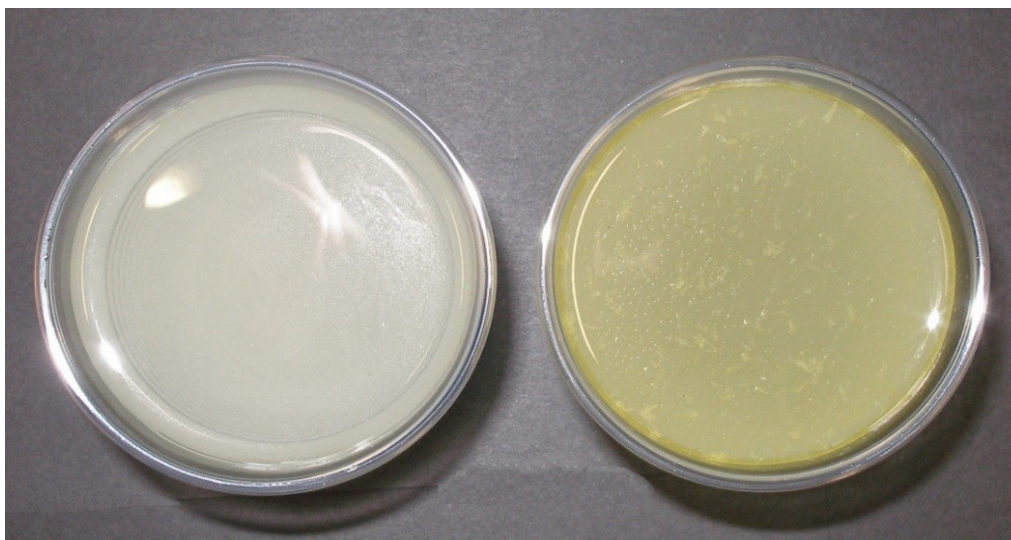
*Obr. 27 – Fotografie procesní kapaliny Hocut – vlevo bez přidání hydraulického oleje, vpravo s největším obsahem hydraulického oleje (39ml/l) – fotografie z boku*



*Obr. 28 – Fotografie procesní kapaliny Hocut – vlevo bez přidání hydraulického oleje, vpravo s největším obsahem hydraulického oleje (39ml/l) – fotografie shora*



*Obr. 29 – Fotografie procesní kapaliny Grindex – vlevo bez přidání hydraulického oleje, vpravo s největším obsahem hydraulického oleje (39ml/l) – fotografie z boku*



*Obr. 30 – Fotografie procesní kapaliny Grindex – vlevo bez přidání hydraulického oleje, vpravo s největším obsahem hydraulického oleje (39ml/l) – fotografie shora*



*Obr. 31 – Fotografie procesní kapaliny B-Cool – vlevo bez přidání hydraulického oleje, vpravo s největším obsahem hydraulického oleje (39ml/l) – fotografie z boku*



Obr. 32 – Fotografie procesní kapaliny B-Cool – vlevo bez přidání hydraulického oleje, vpravo s největším obsahem hydraulického oleje (39ml/l) – fotografie shora

### 3.2 METODIKA MĚŘENÍ TRVANLIVOSTI

Po upnutí obrobku předepsaným způsobem tak, aby byla dodržena bezpečnost práce do nejmenšího detailu, jsem vynuloval panel se zobrazeným číslicovým odměřováním, aby se mi lépe odečítala naměřená hodnota. Frézka FNG je totiž vybavena číslicovým odměřováním a tedy i panelem, na kterém se zobrazuje aktuální poloha obrobku po určení nulového bodu. Toto odměřování jsem také využil k určování doby frézování VBD. Po určitém časovém úseku jsem měření přerušil a zapsal naměřenou hodnotu, kterou jsem následně podělil hodnotou posuvu a tím jsem získal přesnou hodnotu času práce rezného nástroje.

Řezné podmínky jsem nastavil na následující hodnoty:

- Řezná rychlost  $v_c = 47$  [m/min]
- Otáčky  $n = 250$  [ot/min]
- Posuv na zub  $f_z = 0,1$  [mm/zub]
- Posuv  $f = 25$  [mm/min]
- Hloubka záběru  $a_p = 0,1$  [mm]
- Šířka záběru  $a_e = 30$  [mm]



*Obr. 33 - Výroba obrobku pro zkoumání trvanlivosti*

Zásadní pro stanovení doby trvanlivosti výměnné destičky, resp. jejího břitu bylo stanovení meze otupení. Hodnotou kritického otupení jsem tedy volil plošku vytvořenou na hřbetě VBD o velikosti 0,5 mm.

Pro každou jednu procesní kapalinu jsem provedl celkem 20 měření, kdy těchto dvacet měření se skládalo vždy nejprve z 5 měření za užití PK bez přidání hydraulického oleje a poté 5 měření pro PK s jednotlivými obsahy PK a hydraulického oleje. Celkem jsem užil tři různé hodnoty obsahu hydraulického oleje a PK (13 ml/l, 26 ml/l a 39 ml/l). To znamená, že pro každou procesní kapalinu jsem provedl celkem 4 x 5 měření = 20 měření. Při experimentu jsem použil 3 PK, což mi dává počet **60 měření u zkoušek trvanlivosti**.

Opotřebenění jsem měřil nejdříve na místě pomocí lupy Brinell, a poté detailně pomocí mikroskopu SZP 3112-T, jenž je opatřen kamerou.

### **3.3 METODIKA MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU OBROBKU**

Při tomto měření jsem zkoumal drsnost obrobeného povrchu, který vznikne odebráním třísky při užití různých procesních kapalin v koncentraci 5% s různým



množstvím hydraulického oleje či bez něj. Řezné podmínky byly po celou dobu procesu stejné:

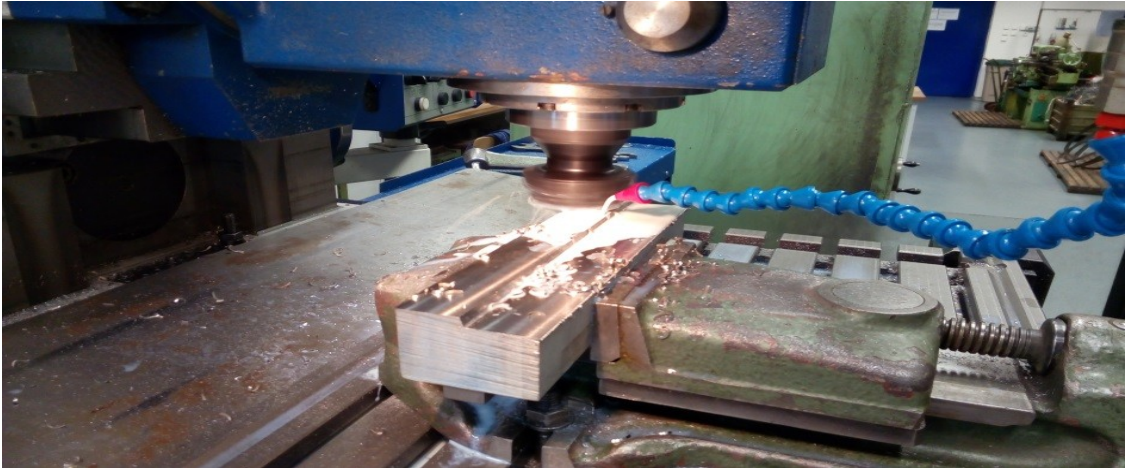
- Řezná rychlost  $v_c = 47$  [m/min]
- Otáčky  $n = 250$  [ot/min]
- Posuv  $f_z = 0,1$  [mm/zub]
- Posuv  $f = 25$  [mm/min]
- Hloubka záběru  $a_p = 0,1$  [mm]
- Šířka záběru  $a_e = 30$  [mm]

Pro tuto zkoušku jsem si nejdříve připravil hranol materiálu o rozměru 60 x 60 x 250 mm z materiálu ČSN 17 240, který jsem postupně frézoval každým prostředím. U každé procesní kapaliny to byly celkem 4 různé prostředí (od obsahu 0 ml/l hydraulického oleje v procesní kapalině až po obsah 39 ml/l hydraulického oleje v procesní kapalině). V každém prostředí jsem provedl celkem 10 měření, což mi dává 40 měření pro každou procesní kapalinu. Jelikož jsem zkoumal tři procesní kapaliny, celkem jsem tak provedl **120 měření u zkoušek drsnosti povrchu**.

Díky velké složitosti výměny PK v chladicím systému jsem si dále připravil jednotlivé PET lahve s jednotlivými PK. Přípravu PK provedu stejně jako pro zkoušky měření trvanlivosti. Takto připravenou PK přilévám pomocí trychtýře s hadičkou. Po obrábění v každém jednotlivém prostředí se tento trychtýř s hadičkou důkladně propláchne a vyčistí, aby nezůstalo ani stopové množství předešlého prostředí. To samé po každém frézování provedu i se samotnou plochou polotovaru ze stejného důvodu. Řezné podmínky se po celou dobu měření nemění. Obrábění bude prováděno 1 destičkou osazenou na fréze. Obrábět se bude každá plocha polotovaru v daném prostředí.

Nejprve upnu do svěráku hranol, který obrobím emulzní PK bez obsahu hydraulického oleje (plocha č. 1). Po frézování dostatečně veliké plochy polotovaru, za neustálého stříkaní PK z hadičky na obráběnou plochu, vyměním použitou VBD za novou, z důvodu zamezení vlivu opotřebení destičky na kvalitu povrchu. Poté důkladně omyji a následně vysuším jak obrobenou plochu, tak i chladicí systém. Stejným způsobem obrobím další část hranolu a to za užití PK s obsahem hydraulického oleje 13 ml/l a vytvořím tak plochu č. 2. Dále pokračuji opět výměnou VBD, omytím a následným vysušením obrobené plochy a chladicího systému a vyfrézováním plochy č. 3 za užití PK s obsahem hydraulického oleje 26 ml/l. Plochu č. 4 vytvořím stejným postupem (výměna VBD, omytí a vysušení obrobku a

chladicího systému) a to za užití PK s obsahem hydraulického oleje 39 ml/l. Takto jsem vytvořil plochy 1-4 na kontrolním hranolu. Dále postupuji analogicky u dalších dvou procesních kapalin a vytvořím tak plochy 5 až 8 pro syntetickou PK a plochu 9 až 12 pro polosyntetickou PK.



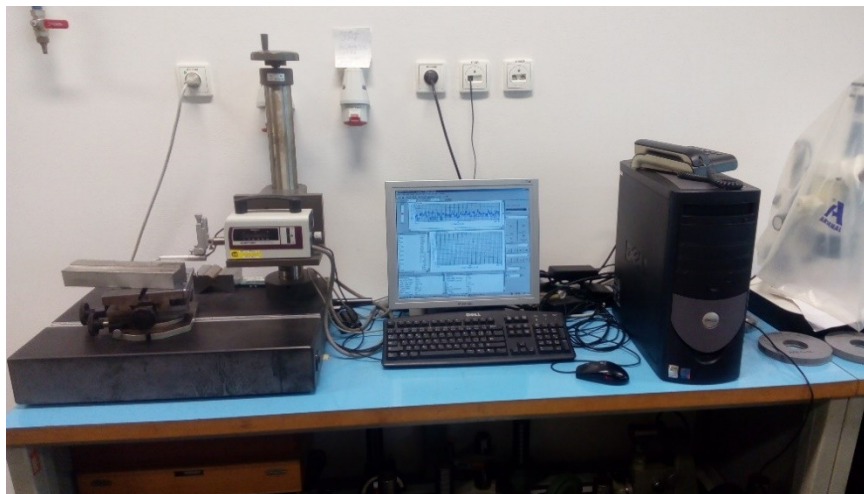
*Obr. 34 - Výroba vzorku pro měření drsnosti*



*Obr. 35 - Vzorek pro měření drsnosti*

U takto obrobeného vzorku, budu měřit drsnost dotykovou metodou pomocí sondy MITUTOYO- SURFTTEST- SV 2000. Každá plocha bude pro dostatečně velkou množinu hodnot měřena celkem 10 krát. Sledovat budu parametry Ra, Rz a Ctp50,

které budou následně zprůměrovány a vloženy do grafu. Z těchto grafů budou poté vyvozeny závěry o vlivu jednotlivých prostředí na kvalitu povrchu.



Obr. 36 - Příklad přístroje pro měření drsnosti

### 3.4 POUŽITÉ NÁSTROJE A MATERIÁLY

Frézování jsem prováděl na frézce FNG32 s čelní frézou NAREX 2460.12 o průměru  $D=60$  mm s 5 vyměnitelnými lůžky pro VBD ( $z=5$ ). Pro měření jsem použil tyto přístroje:

- nástrojová lupa Brinell,
- mikroskop SZP 3112-T
- laboratorní profiloměr Mitutoyo SV – 2000.

Ke stanovení správné koncentrace PK jsem použil refraktometr Optech Brix, typ RLC/ATC. Všechny použité stroje a měřicí přístroje se nachází v laboratoři KOM TUL. K experimentům jsem použil tyto procesní kapaliny:

- kapalina na bázi syntetické Grindex 10,
- kapalina na bázi polosyntetické B-Cool 9665
- kapalina na bázi emulze Hocut 795B.

Jako hydraulický olej jsem použil olej od firmy Paramo a to HM 46.

### 3.4.1 ZKUŠEBNÍ HRANOL

Hranol o rozměrech 60x60x250 mm, který jsem použil pro všechny zkoušky je vyroben z materiálu ČSN 17 240 – nerezová ocel 1.4301 (nově značena dle ČSN 10088-1 1.4301 X5CrNi 18-10 ).

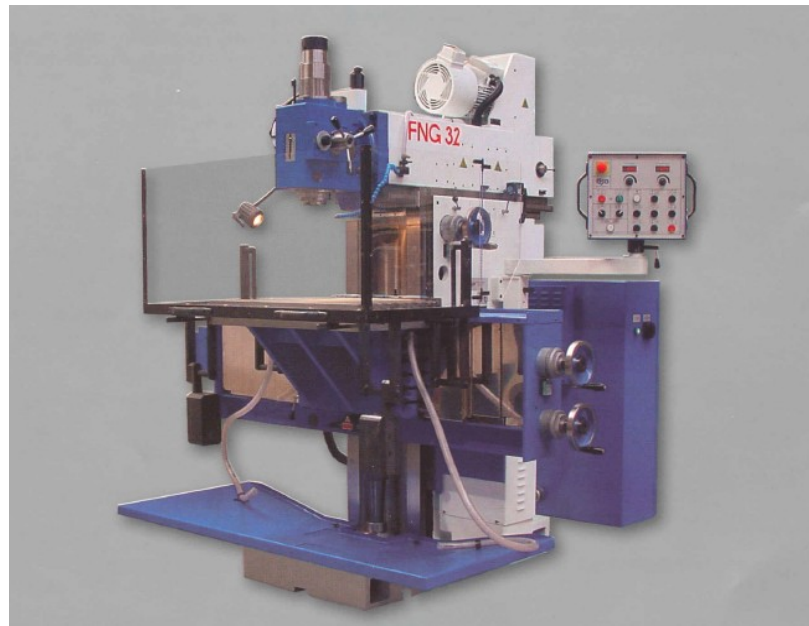
Jedná se o základní nerezavějící austenitickou ocel obsahující 18% chromu (Cr) a 10% niklu (Ni). Austenitická gama fáze je paramagnetická, ocel je tedy nemagnetická. Má vynikající odolnost proti korozi v prostředích voda a ovzduší bez koncentrace chloridů nebo anorganických kyselin a solí. Svařitelnost je zaručena. Odolnost proti korozi lze zvýšit povrchovým leštěním. Použití do provozní teploty až 350°C. Obrobitelnost je ztížená, nutno obrábět velmi ostrými nástroji z vysoce legovaných rychlořezných ocelí nebo nástroji vyrobených z tvrdokovových materiálů (destičky). Tvářitelnost tažením a ohýbáním je velmi dobrá. Ocel má velmi dobré mechanické vlastnosti i při extrémně nízkých teplotách. [25]

Základní složení: Cr 17 - 19,5 %, Ni 8 - 10,5, C < 0,07%. Pevnost v tahu Rm 520 - 720 N/mm<sup>2</sup> Mez průtažnosti (kluzu) Rp 0,2 min. 210 N/mm<sup>2</sup> Tažnost A80mm min. 45 % Žihací teplota 1000-1100°C. [25]

### 3.4.2 NÁSTROJOVÁ FRÉZKA

Pro frézování byl navržen a použit stroj FNG 32. Jedná se o konvenční nástrojařskou frézku, určenou pro frézovací, vrtací, vyvrtávací a závitovací operace na obrobcích do hmotnosti 350 kg v malosériové výrobě, zejména v nářadovných. Je dodávána s horizontálním vřetenem, uloženým ve smykadlovém vřeteníku. Dále je stroj vybaven vertikální hlavou a pevným úhlovým stolem. Vertikální hlava je opatřena pinolou s ručním výsuvem, vřeteno lze naklápět v rozsahu  $\pm 90^\circ$ . Dokonalé upnutí nástroje je zajištěno pneumaticko-hydraulickým upínáním nástroje v horizontálním i vertikálním vřetenu. Rozsah otáček vřetena je rozdělen do dvou stupňů s plynulou regulací s maximem 4 000 ot./min. a v kombinaci s plynulou regulací pracovních posuvů umožňuje hospodárné obrábění nejrůznějších druhů materiálů. Optimální mazání funkčních ploch je zajištěno pomocí mazacího agregátu s dávkovači. Stroj je rovněž vybaven chlazením nástroje, svítilkem a bezpečnostním

krytem pracovního prostoru. Technologické možnosti stroje rozšiřuje použití zvláštního příslušenství. [33]



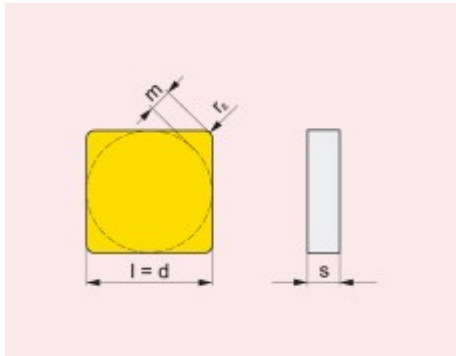
*Obr. 37 – Frézka FNG 32 [33]*

<b>STŮL</b>			
Rozměr pracovní plochy	mm		800 x 400
Upínací drážky – počet			7
– šířka a rozteč	mm		14 x 50
Maximální zatížení stolu	kg		350
Pracovní zdvih – podélný (X)	mm		600
– příčný (Y)	mm		400
– svislý (Z)	mm		400
Posuvy – počet stupňů			plynule
– rozsah X, Y	mm/min.		15–1 000
– rozsah Z	mm/min.		6–400
Rychloposuv X, Y	mm/min.		2 000
Z	mm/min.		800
<b>HORIZONTÁLNÍ VŘETENO</b>			ISO40
Vzdálenost osy vřetene od plochy pevného stolu	mm		148–548
Rozsah otáček – plynule	ot/min		50–4 000
Počet rychlostních stupňů			2
Řazení otáček			plynulé
<b>VERTIKÁLNÍ VŘETENO</b>			ISO40
Vzdálenost osy vřetene od vedení stojanu	mm		250–650
Rozsah otáček – plynule	ot/min		50–4 000
Počet rychlostních stupňů			2
Řazení otáček			plynulé
Natočení vřetena			± 90°
Výsuv pinoly	mm		80
Upínání nástroje			pneu-hydraulické
<b>STROJ</b>			
Výkon hlavního motoru	kW		4,0
Výkon posuvového motoru	kW		1,1
Celkový příkon	kVA		22
Hmotnost	kg		2 500
Zastavěná plocha	mm		2 070 x 2 120
Výška	mm		2 115

Obr. 38 - Štítek s technickými údaji frézky FNG 32 [33]

### 3.4.3 VÝMĚNNÁ BŘITOVÁ DESTIČKA

Do čelní frézy jsem upnul výměnnou břitovou destičku PRAMET SNUN 120412; 8230. Tyto destičky jsou nepovlakované a jsou vyrobené ze slinutých karbidů. Technické údaje užití VBD jsou:



$l - 12,7$	$f_e \text{ min} - 0,10$
$d - 12,700$	$f \text{ max} - 0,40$
$s - 4,76$	$a_p \text{ min} - 1,20$

Obr. 39 – technické údaje VBD PRAMET SNUN 12412;8230 – vlevo nákres, vpravo technické údaje [23]



Obr. 40 – Fotografie užitých VBD

### 3.4.4 REFRAKTOMETR

Pomoci refraktometru jsem správně namíchal poměr vody a procesní kapaliny. K měření správné koncentrace jsem použil ruční refraktometr BRIX ATC 0 - 18% s automatickou teplotní kompenzací. Maximální odchylka se u tohoto typu refraktometru pohybuje v rozmezí  $\pm 0,15$  %. Refraktometr lze použít v teplotách 10 – 30 °C, a umožňuje zjištění koncentrace v rozmezí 0 – 18 %.



*Obr. 41 - Refraktometr*

### 3.4.5. LUPA

Ke zjišťování opotřebení VBD jsem použil nástrojovou lupu Brinell se 24 násobným zvětšením. Nástrojová lupa má svou stupnici, ze které se dají odečíst naměřené hodnoty (1 dílek odpovídá 0,05mm) .



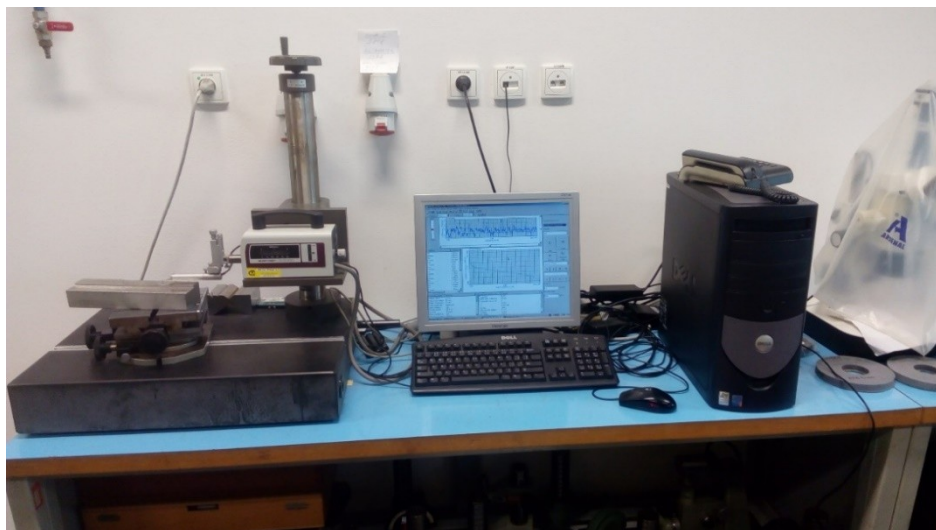
*Obr. 42 - Nástrojová lupa Brinell*



### 3.4.6 DRSNOMĚŘ

Pro výsledné měření drsnosti povrchu obrobku jsem použil drsnoměr Mitutoyo Surftrtest SV 2000. Jedná se o velmi přesné měření parametrů drsnosti povrchu, které je realizováno dotekovou metodou. Parametry měření odpovídají mezinárodním normám. K analýzám využíváme mezinárodní normy: 23 519 a EN 10049.

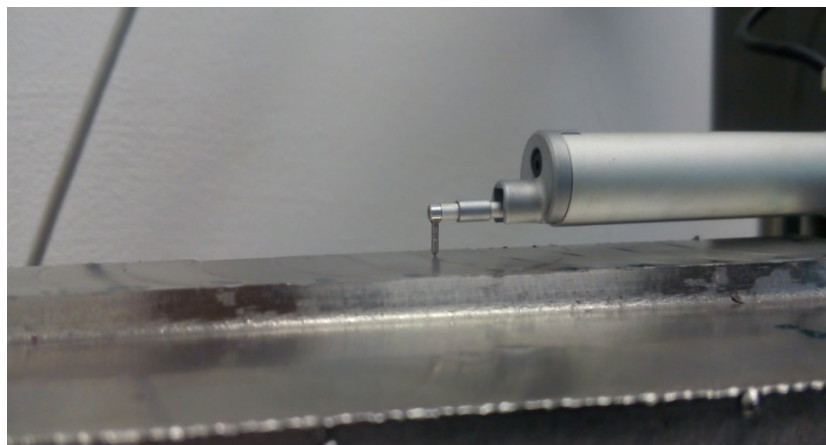
Prakticky orientovaný mnohotvárný přístroj pro měrové středisko a laboratoř. Hospodárný, mobilní i stacionární přístroj pro měření od vztažné roviny s vyhraněným profilem a sériově dodávaným špičkovým softwarem. [24]. Drsnoměr umožňuje měřit drsnost, vlnitost a primární profil.



Obr. 43 – Drsnoměr Mitutoyo Surftrtest SV 2000 v laboratoři KOM FS TUL

Měřený povrch se snímá přímočarým pohybem snímačem s měřícím hrotem ve spojení s posuvnou jednotkou. Měřící hrot je diamantový ve tvaru kužele. Snímač je vyměnitelný. Hlavní části jsou:

- základní deska s prismaticem,
- posuvová jednotka včetně vertikálního motorického pohybu,
- snímač,
- zesilovač s elektrickými frekvenčními filtry,
- počítač se softwarem Surfpack + monitor + klávesnice + přídatná tiskárna pro tisk výsledků měření,
- lineární zapisovač pro záznam profilu ve zvoleném zvětšení. [10]



*Obr. 44 – Detail z měření drsnosti*

### **3.4.7 MIKROSKOP**

Mikroskop Arsenal SZP 3112-T jsem použil pro vytvoření fotografií opotřebení bříty. Součástí mikroskopu je integrovaná kamera a speciální osvětlení nasvětlující zkoumaný předmět. Integrovaná kamera je propojena s připojeným osobním počítačem, který převádí výsledek pozorování na monitor a poté je možno vyfotografovat zkoumaný předmět.



*Obr. 45 – Mikroskop Arsenal SZP 3112-T*

## **4. ZJIŠTĚNÍ VLIVU HYDRAULICKÉHO OLEJE NA VLASTNOSTI PROCESNÍCH KAPALIN, NA TRVANLIVOST NÁSTROJE A KVALITU POVRCHU PŘI FRÉZOVÁNÍ V LABORATOŘI KOM FS TUL**

Jak již bylo shora popsáno, hydraulický olej má obecně schopnost více či méně měnit vlastnosti procesních kapalin užitých při frézování a tím pádem ovlivňovat schopnost procesní kapaliny prodlužovat či naopak zkracovat dobu trvanlivosti nástroje. Pochopitelně stejné vlastnosti je schopen měnit i u procesních kapalin co do drsnosti povrchu. Níže uvádím přehled naměřených hodnot, z nichž lze vyčíst vliv hydraulického oleje na jednotlivé vybrané procesní kapaliny při různém obsahu hydraulického oleje.

### **4.1 VLIV HYDRAULICKÉHO OLEJE NA TRVANLIVOST NÁSTROJE PŘI UŽITÍ RŮZNÝCH PROCESNÍCH KAPALIN**

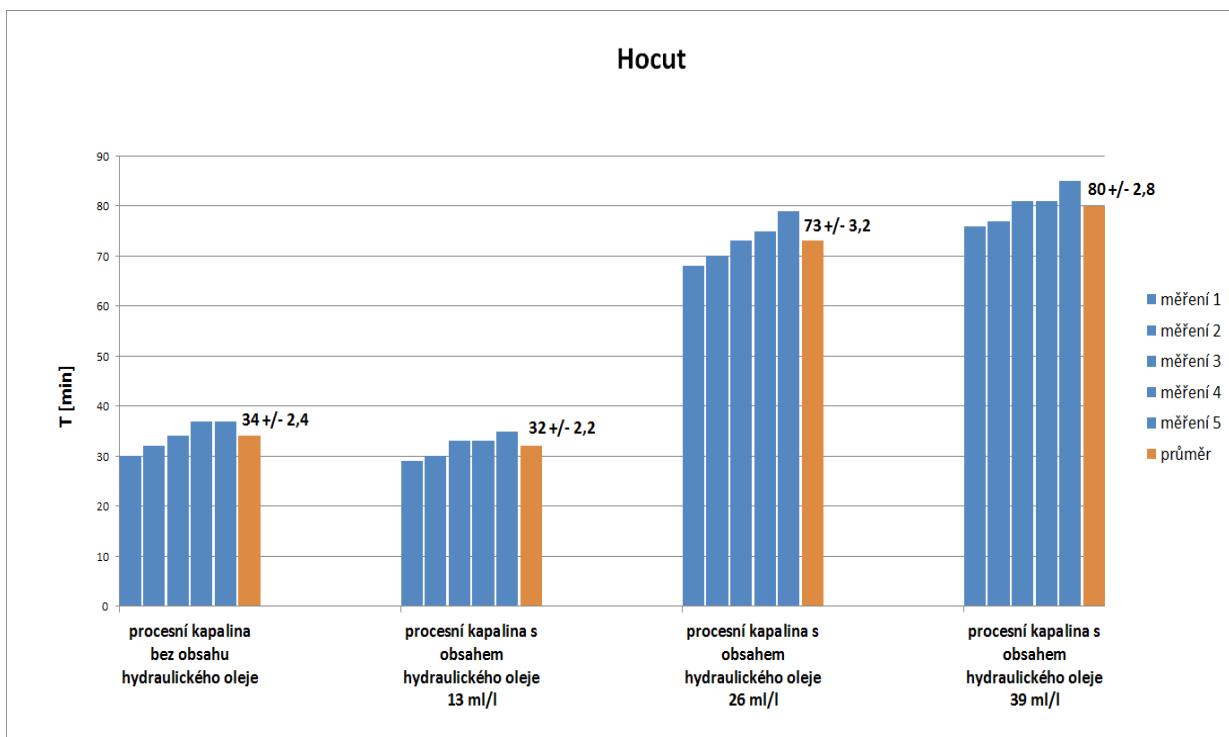
Při tomto experimentu jsem použil celkem tři procesní kapaliny (emulzní, syntetickou a polosyntetickou), do nichž jsem postupně přimíchal hydraulický olej v různých obsazích, přesněji ve třech množstvích. Z každé takto namíchané směsi (procesní kapalina + hydraulický olej) jsem pak provedl 5 měření pro každé množství (tj. 3 sady po 5 měřeních). Jednu sadu pěti měření jsem pro porovnání provedl i za užití pouze procesní kapaliny o koncentraci 5% bez přidání hydraulického oleje. Níže uvádím sloupcové grafy, kde zachycuji výsledky jednotlivých měření.

#### 4.1.1 HOCUT

Provedeným experimentem jsem zjistil že, u emulzní kapaliny **Hocut** dokázalo užití hydraulického oleje Paramo HM 46 zvýšit trvanlivost nástroje o 135 % v koncentraci 39 ml oleje/1 litr směsi procesní kapaliny a vody oproti frézování bez užití hydraulického oleje.

HOCUT								
	0 ml/l		13 ml/l		26 ml/l		39 ml/l	
Měření	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]
1	750	30	723	29	1700	68	1875	76
2	800	32	750	30	1750	70	1925	77
3	850	34	825	33	1825	73	2025	81
4	925	37	875	35	1875	75	2025	81
5	925	37	800	32	1975	79	2125	85
průměr	850	34	800	32	1825	73	2000	80
(+/-)	-	2,4	-	2,2	-	3,2	-	2,8

*Tab.3 - Tabulka s naměřenými hodnotami u trvanlivosti – PK Hocut*



Graf 1 - Výsledky měření trvanlivosti nástroje u procesní kapaliny Hocut

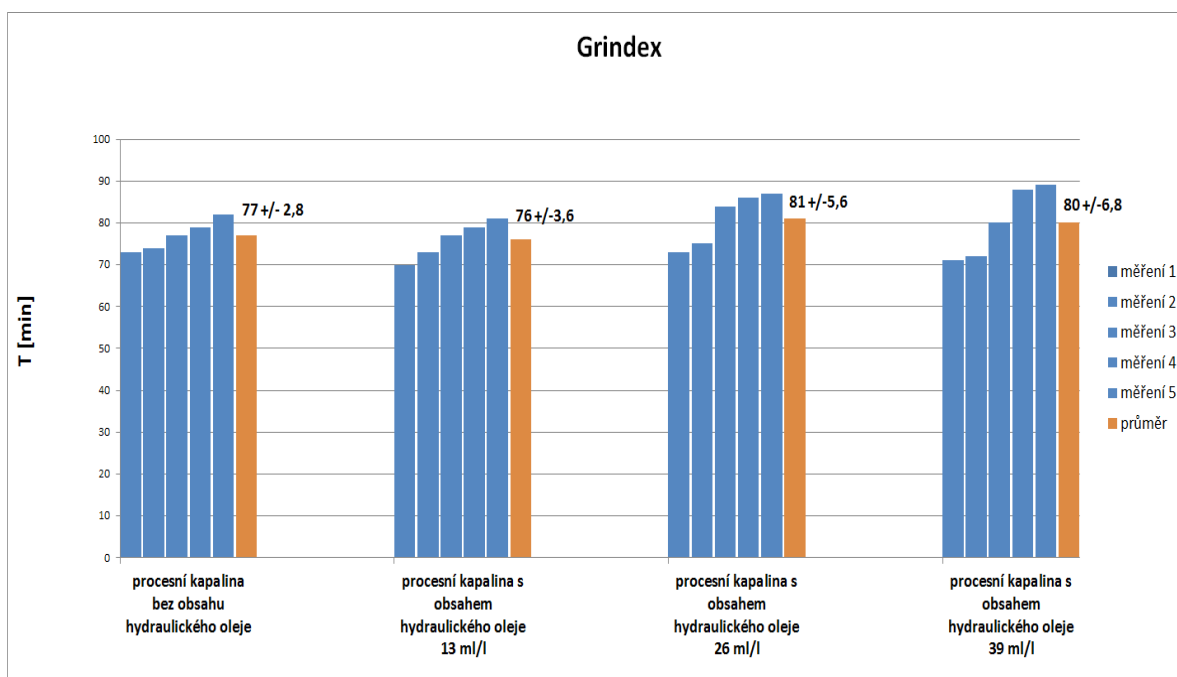
#### 4.1.2 GRINDEX

U procesní kapaliny **Grindex** jsem zjistil, že hydraulický olej, který je přítomný v procesu frézování dokáže zvýšit trvanlivost nástroje o 4 % v koncentraci 39ml oleje/1 liter směsi procesní kapaliny a vody oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

GRINDEX								
	0 ml/l		13 ml/l		26 ml/l		39 ml/l	
Měření	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]
1	1825	73	1750	70	1825	73	1775	71
2	1850	74	1825	73	1875	75	1800	72
3	1925	77	1925	77	2100	84	2000	80
4	1975	79	1975	79	2150	86	2200	88
5	2050	82	2025	81	2175	87	2225	89
průměr	1925	77	1875	76	2025	81	2000	80

(+/-)	-	2,8	-	3,6	-	5,6	-	6,8
-------	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----

Tab. 4 – Tabulka s naměřenými hodnotami u trvanlivosti – PK Grindex



Graf 2 - Výsledky měření trvanlivosti nástroje u procesní kapaliny Grindex

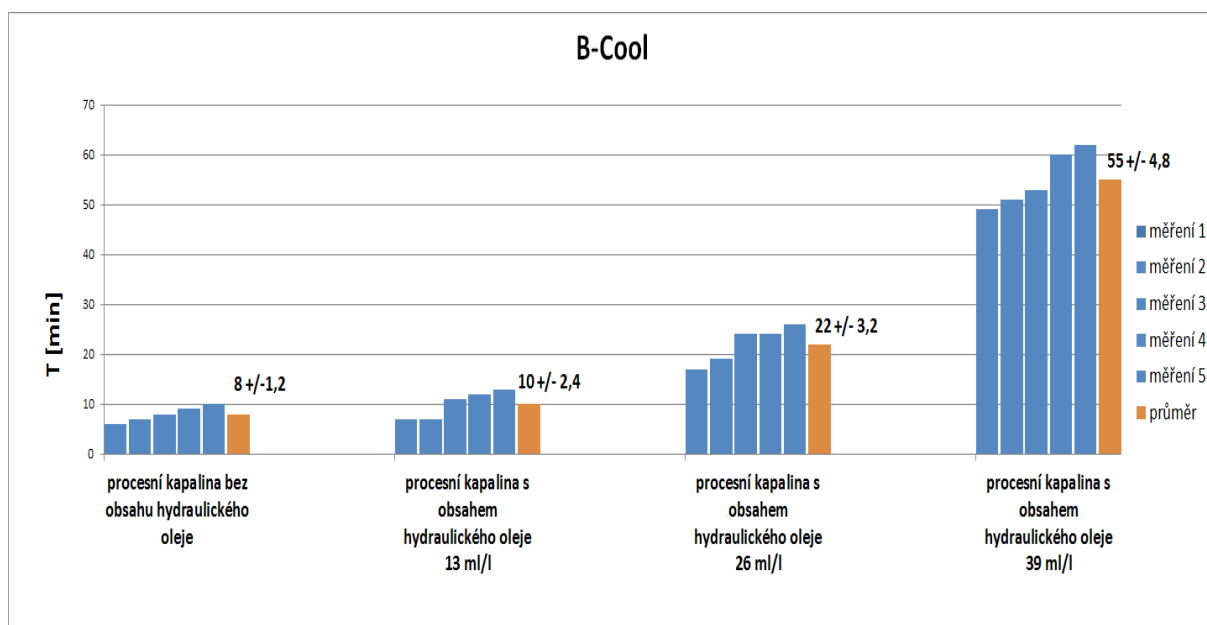
#### 4.1.3 B-COOL

Analýzou výsledků experimentálních měření u polosyntetické procesní kapaliny B-Cool jsem zjistil, že přítomnost hydraulického oleje dokáže zvýšit trvanlivost nástroje o 588 % v koncentraci 39 ml oleje/1 litr směsi procesní kapaliny a vody oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

B-COOL								
	0 ml/l		13 ml/l		26 ml/l		39 ml/l	
Měření	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]	L [mm]	T [min]
1	150	6	175	7	425	17	1225	49
2	175	7	175	7	475	19	1275	51
3	200	8	275	11	600	24	1325	53
4	225	9	300	12	600	24	1500	60

5	1250	10	325	13	650	26	1550	62
průměr								
r	200	8	250	10	550	22	1375	55
(+/-)	-	1,2	-	2,4	-	3,2	-	4,8

Tab. 5 – Tabulka s naměřenými hodnotami u trvanlivosti – PK B-Cool



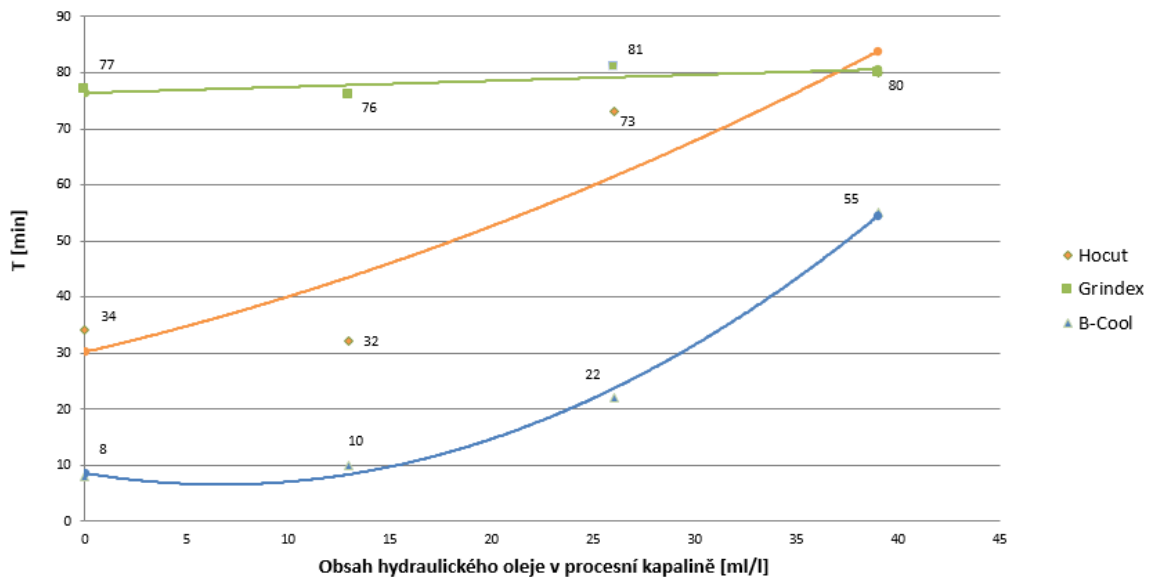
Graf 3 - Výsledky měření trvanlivosti nástroje u procesní kapaliny B-Cool

#### 4.1.4 PRŮMĚRNÉ HODNOTY

Z naměřených a shora vyhodnocených výsledků je tedy patrné, že největší dopad má hydraulický olej má na polosyntetickou procesní kapalinu B-Cool, kdy z grafu průměrných hodnot (Graf č. 4) můžeme vidět, že nárůst trvanlivosti nástroje ve velice strmý a svým způsobem je přímo úměrný množství hydraulického oleje v procesní kapalině.

U emulzní procesní kapaliny Hocut je zvýšení patrné, avšak při nižších obsazích oleje v procesní kapalině může docházet i k mírnému snížení trvanlivosti nástroje, což však lze přičíst chemickému složení procesní kapaliny a hydraulického oleje.

Nejméně znatelný je vliv hydraulického oleje u syntetické procesní kapaliny Grindex, kdy i zde můžeme pozorovat v nízkém množství hydraulického oleje mírné snížení doby trvanlivosti nástroje, což však také můžeme přičíst onu chemickému složení hydraulického oleje a procesní kapaliny.



Graf č. 4 - Průměrné hodnoty měření trvanlivosti nástroje se spojnicí trendů

## 4.2 HODNOCENÍ VLIVU HYDRAULICKÉHO OLEJE NA RŮZNÉ PROCESNÍ KAPALINY NA DRSNOST POVRCHU OBROBKU

I u tohoto experimentu jsem použil tři různé procesní kapaliny, co nichž jsem přimíchal hydraulický olej ve třech různých množstvích a zde jsem provedl sérii 10 měření s každým procesním prostředím (procesní kapalina + hydraulický olej o různém obsahu). Jednu sérii deseti měření pro každou ze tří procesních kapalin jsem opět provedl i bez přimíchání hydraulického oleje. Výsledky jsou následující.

### 4.2.1 PARAMETR DRSNOSTI Ra



#### **4.2.1.1 Hocut**

Z provedeného experimentu jsem zjistil, že emulzní kapalina Hocut v kombinaci s hydraulickým olejem o obsahu 39 ml/l procesní kapaliny dokáže snížit parametr Ra o 24% oproti frézování bez užití hydraulického oleje.

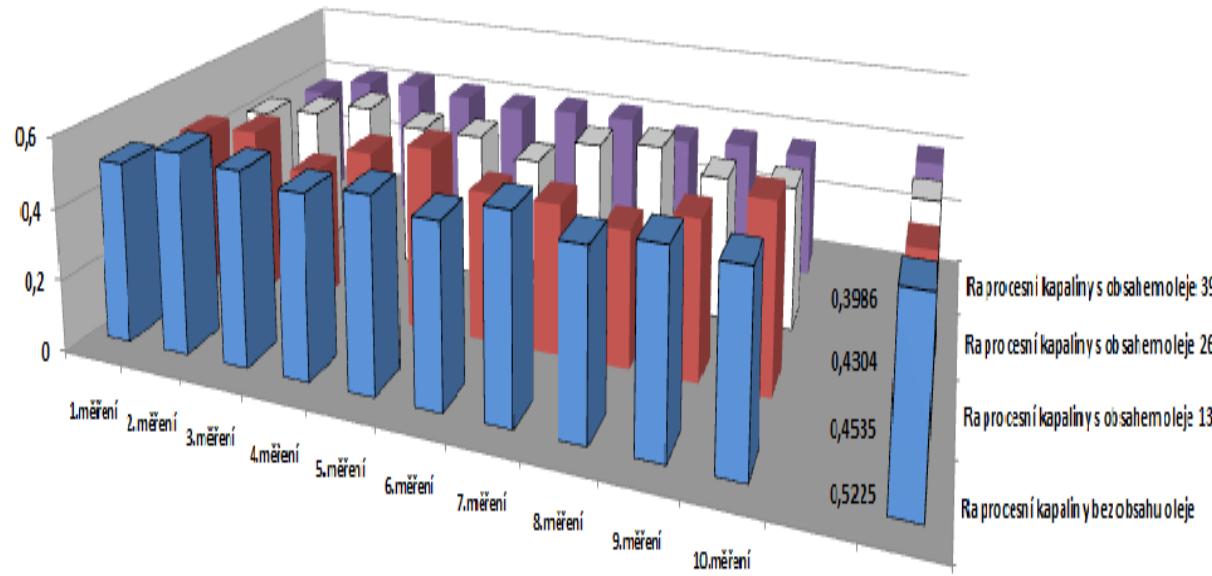
#### **4.2.1.2 Grindex**

U syntetické procesní kapaliny Grindex dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l procesní kapaliny zvýšit parametr Ra o 8 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje, což však opět lze vysvětlit konkrétním chemickým složením použitého oleje a procesní kapaliny.

#### **4.2.1.3 B-Cool**

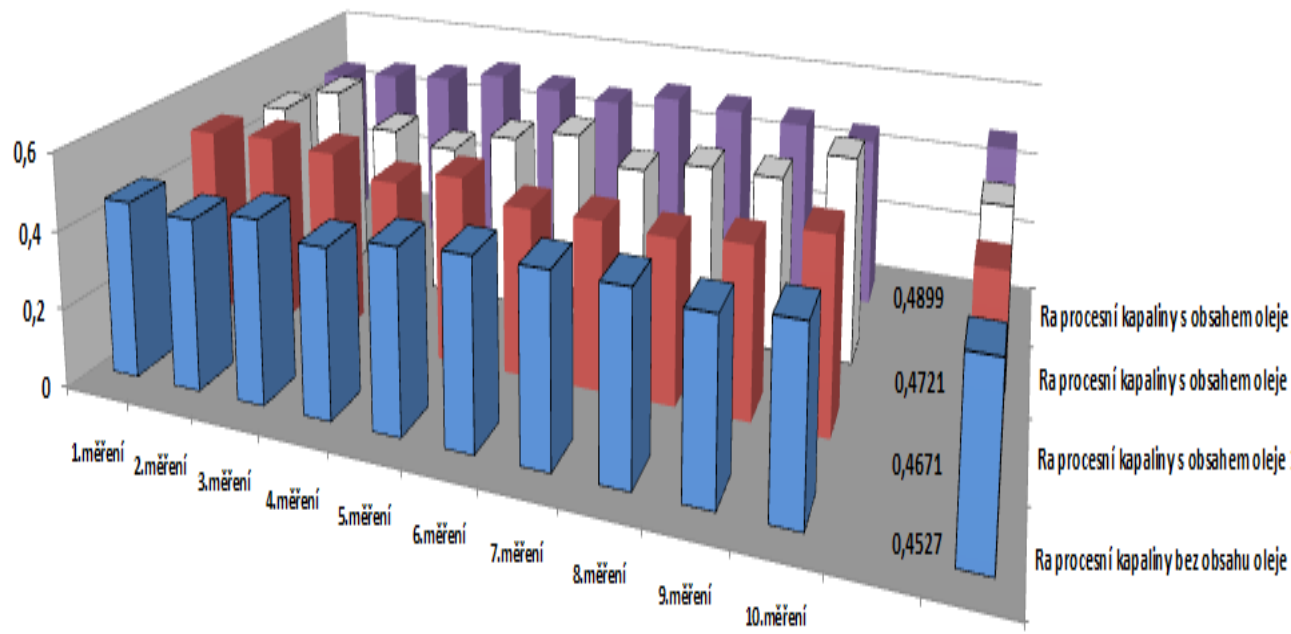
U polosyntetické procesní kapaliny B-Cool dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l procesní kapaliny snížit parametr Ra o 40 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

# Hocut



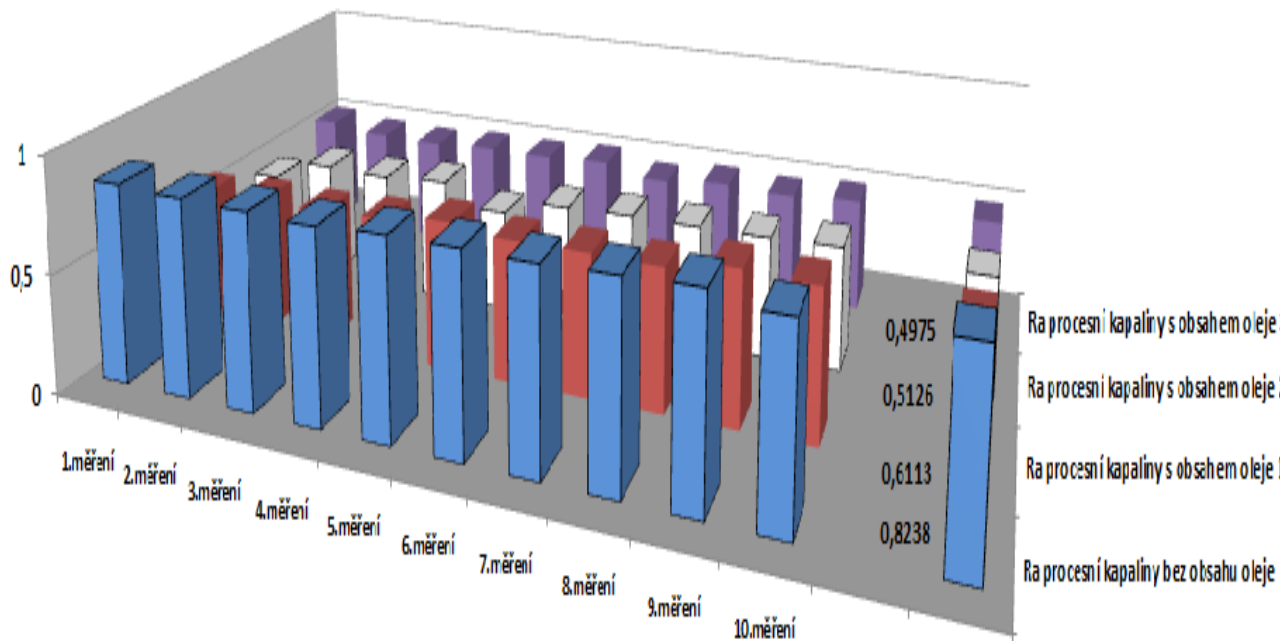
Graf 5 – Výsledky měření parametru drsnosti Ra – PK Hocut

# Grindex



Graf 6 – Výsledky měření parametru drsnosti Ra – PK Grindex

## B-Cool



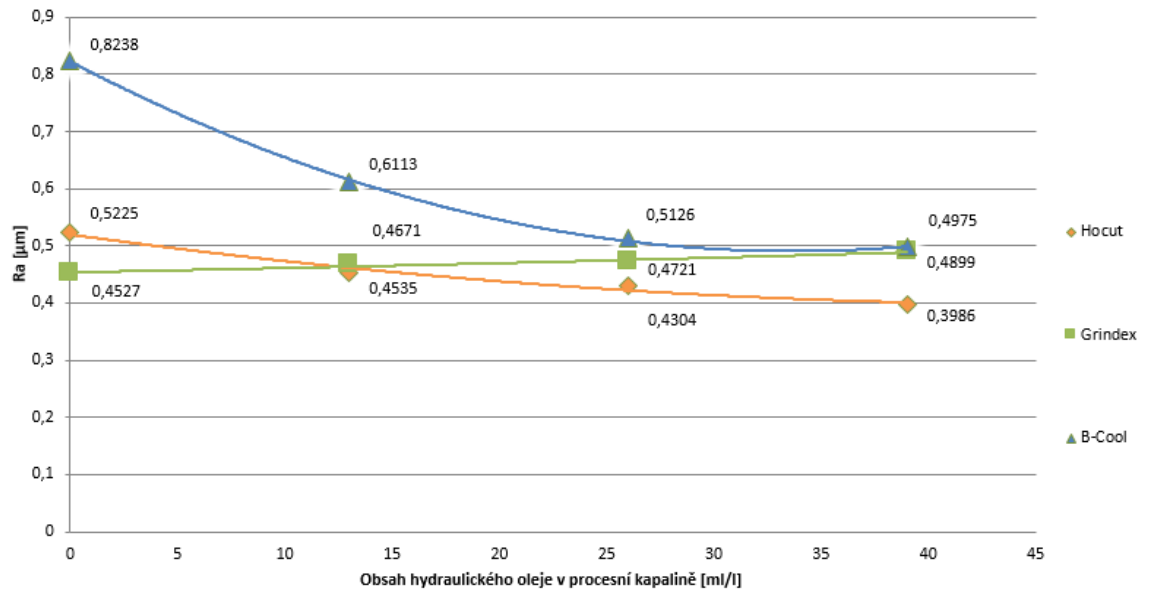
### 4.2.1.4 Průměrné hodnoty

Graf 7 – Výsledky měření parametru drsnosti Ra – PK B-Cool

Po analýze průměrných hodnot všech procesních kapalin u parametru drsnosti Ra jsem dospěl k závěru, že u polosyntetické procesní kapaliny B-Cool jsem pozoroval snižování tohoto parametru nejrapidnější.

U emulzní procesní kapaliny Hocut hydraulický olej snižuje parametr drsnosti Ra poměrně kontinuálně a snižování tohoto parametru je defakto nepřímě úměrné narůstajícímu obsahu oleje v procesní kapalině.

U syntetické procesní kapaliny Grindex jsem pozoroval velmi mírné zvýšení tohoto parametru, které defakto přímo úměrně stoupá se zvyšujícím se obsahem hydraulického oleje v procesní kapalině.



Graf 8 – Průměrné hodnoty parametru drsnosti Ra – všechny PK

## 4.2.2 PARAMETR DRSNOSTI RZ

### 4.2.2.1 Hocut

U emulzní procesní kapaliny Hocut dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l v procesní kapalině snížit parametr Rz o 20 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

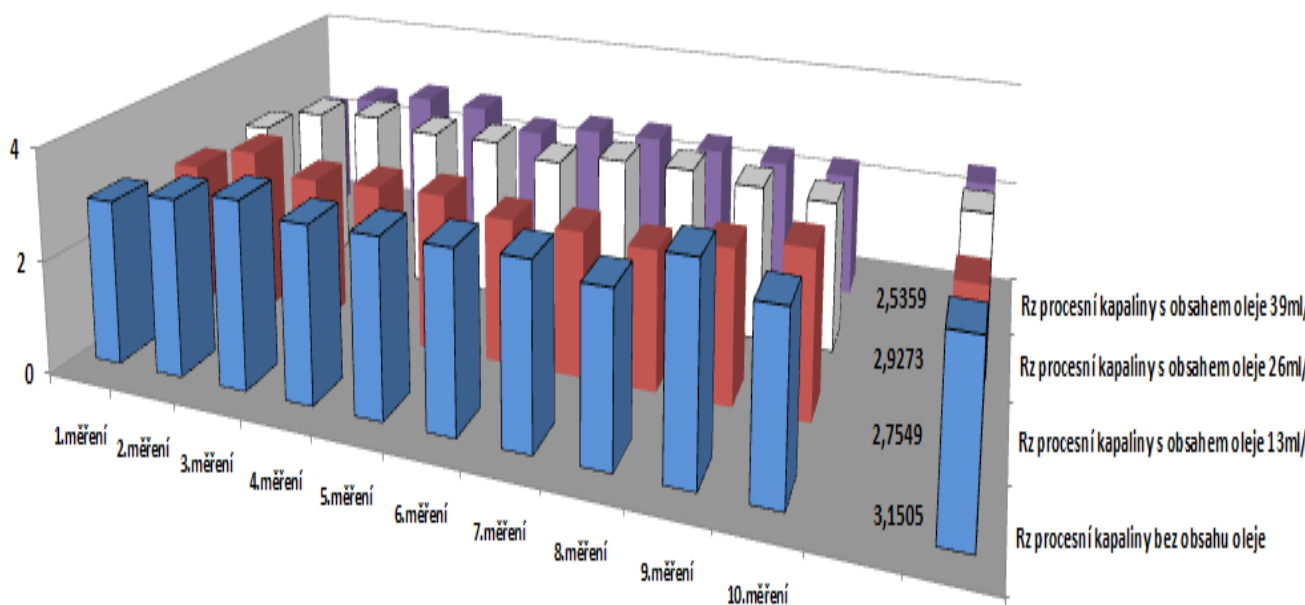
### 4.2.2.2 Grindex

U syntetické procesní kapaliny Grindex dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l v procesní kapalině snížit parametr Rz o 5 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

#### **4.2.2.3 B-Cool**

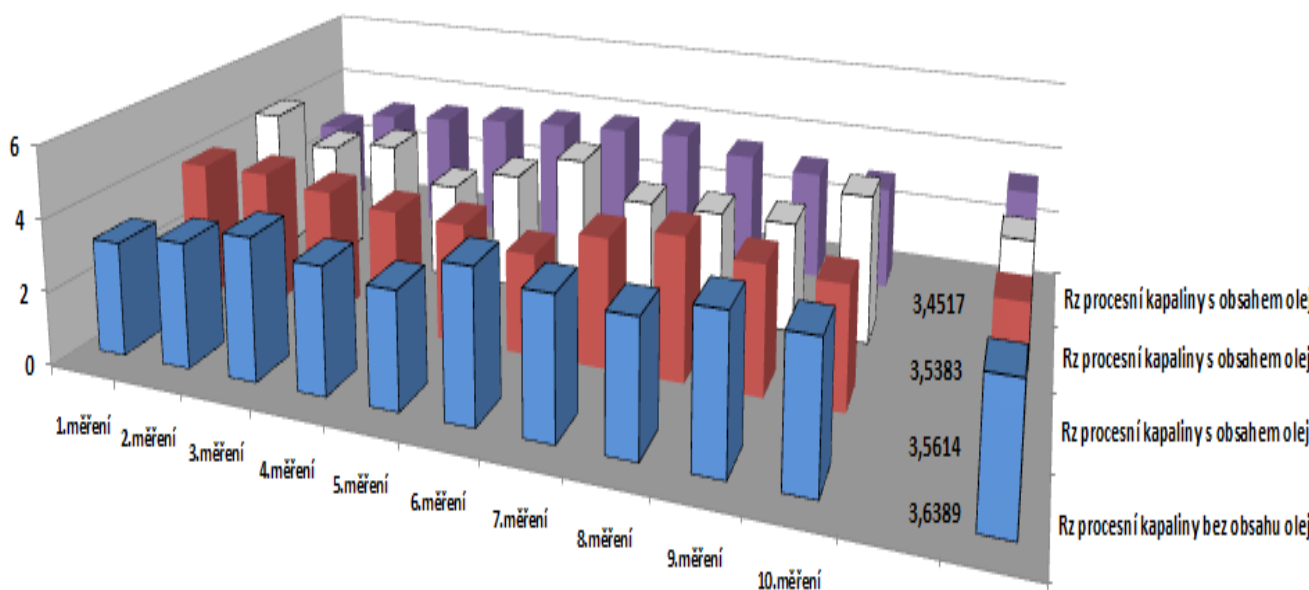
U polosyntetické procesní kapaliny B-Cool dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l v procesní kapalině snížit parametr Rz o 30 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

## Hocut



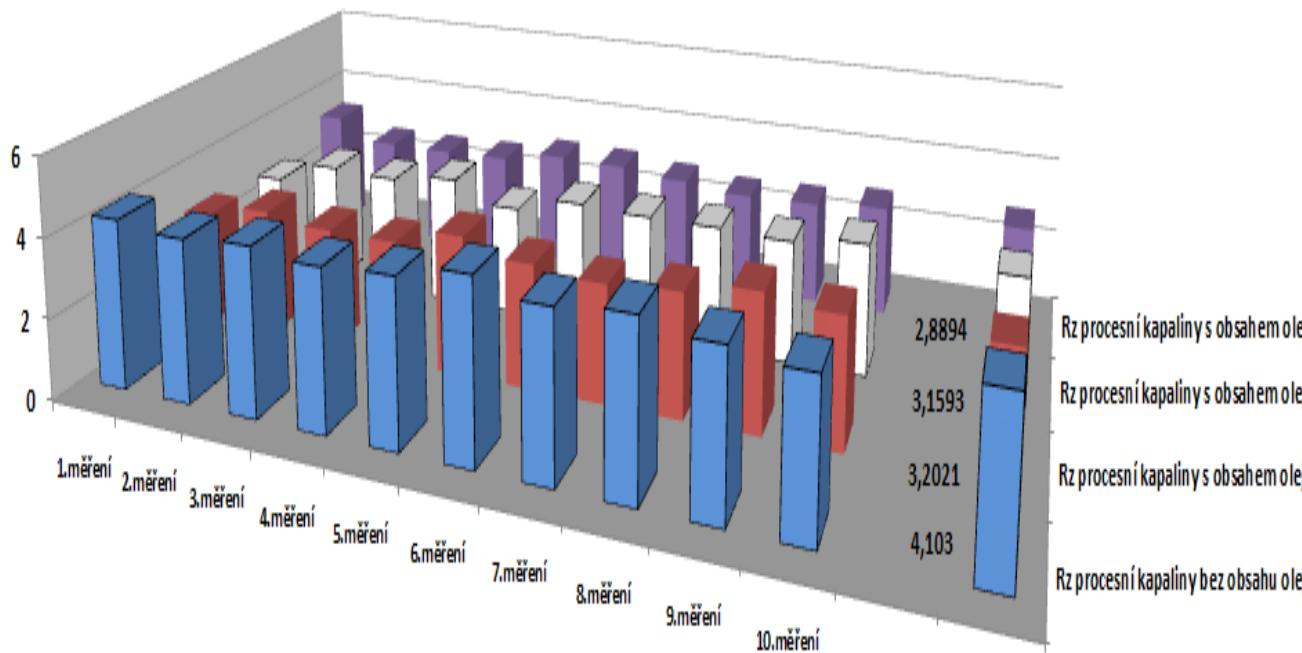
Graf 9 – Výsledky měření parametru drsnosti Rz – PK Hocut

## Grindex



Graf 10 – Výsledky měření parametru drsnosti Rz – PK Grindex

## B-Cool

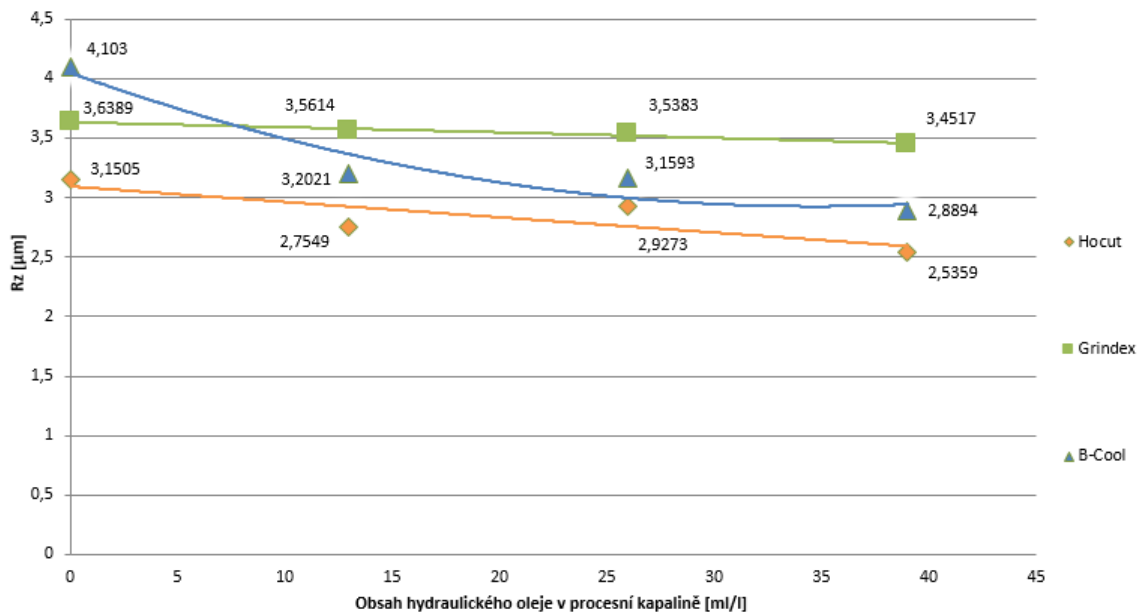


Graf 11 – Výsledky měření parametru drsnosti Rz – PK B-Cool

### 4.2.2.4 Průměrné hodnoty Rz

U průměrných hodnot u parametru Rz jsem zjistil, že u polosyntetické procesní kapaliny B-Cool jsem zaznamenal největší snížení tohoto parametru, a je závislé na konkrétním obsahu hydraulického oleje v procesní kapalině. U emulzní kapaliny Hocut je snižování tohoto parametru pozvolné avšak i zde je poměrně vysoká závislost na konkrétním obsahu hydraulického oleje. U syntetické procesní kapaliny Grindex je snižování parametru Rz velmi pozvolné a mírné a kopíruje defakto množství přidávaného hydraulického oleje.





Graf 12 – Průměrné hodnoty parametru drsnosti Rz – všechny PK

## 4.2.3 PARAMETR DRSNOSTI CTP50

### 4.2.3.1 Hocut

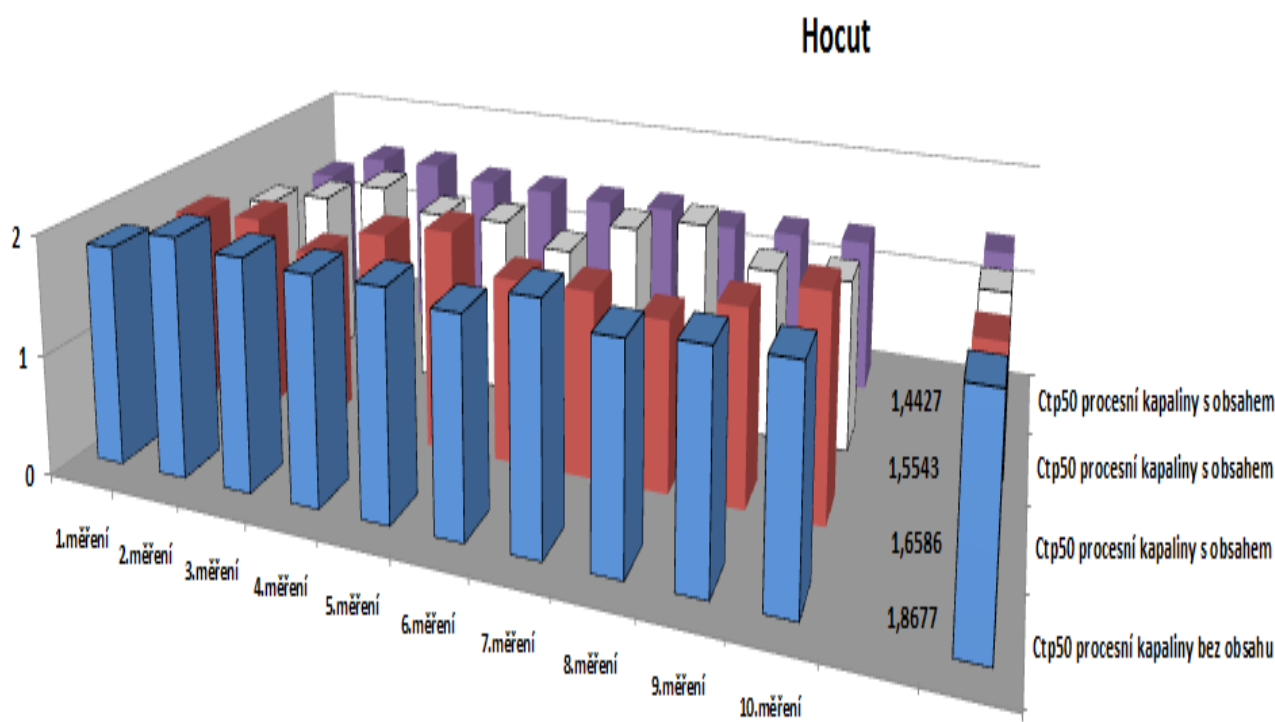
U emulzní procesní kapaliny Hocut dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l v procesní kapalině snížit parametr Ctp50 o 23 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.

### 4.2.3.2 Grindex

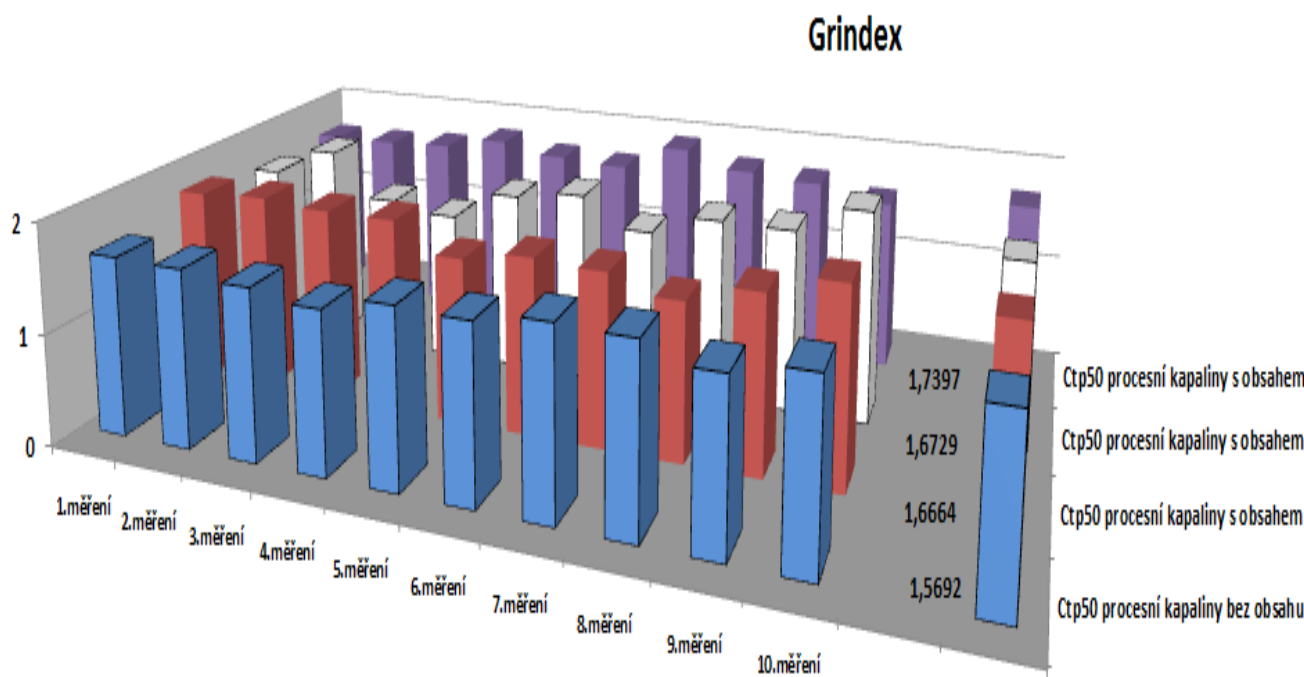
U syntetické procesní kapaliny Grindex dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l v procesní kapalině zvýšit parametr Ctp50 o 11 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje. Toto zvýšení však opětovně můžeme vysvětlit chemickým složením oleje a procesní kapaliny.

#### **4.2.3.3 B-Cool**

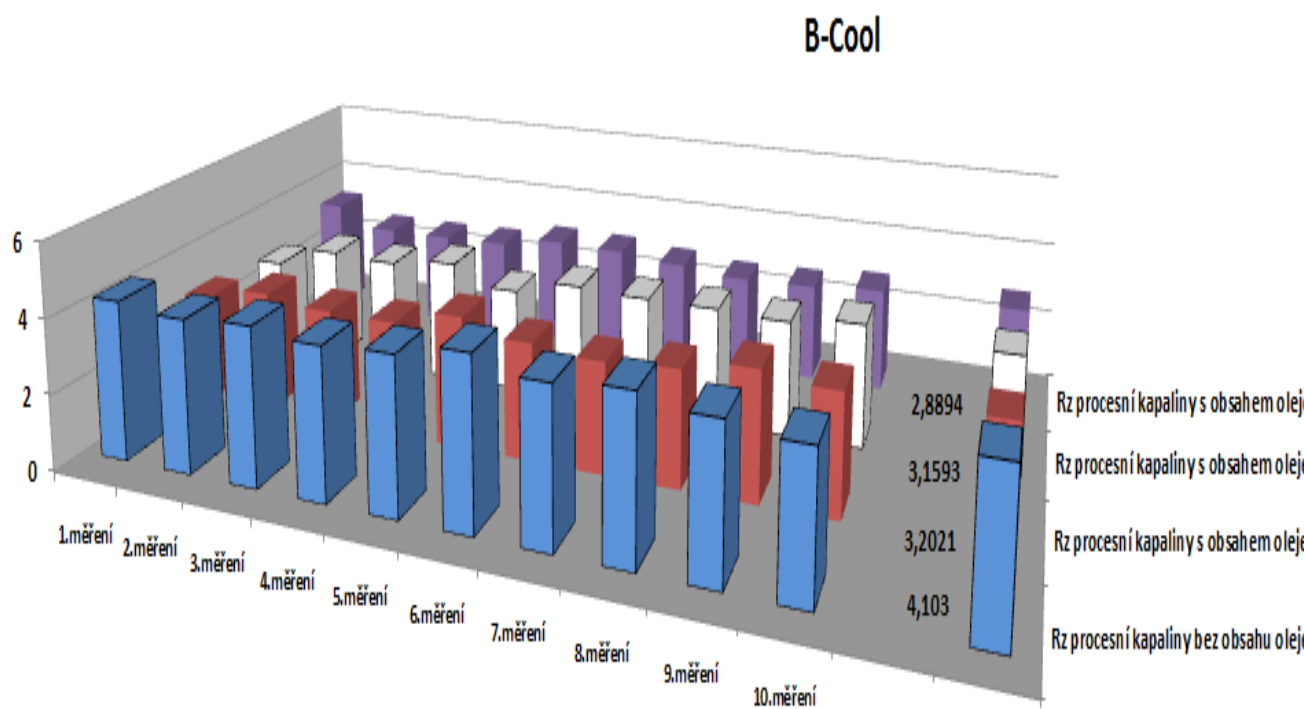
U polosyntetické procesní kapaliny B-Cool dokázal hydraulický olej o obsahu 39 ml/l v procesní kapalině snížit parametr Ctp50 o 35 % oproti frézování bez přidání hydraulického oleje.



Graf 13 – Výsledky měření parametru drsnosti Ctp50– PK Hocut



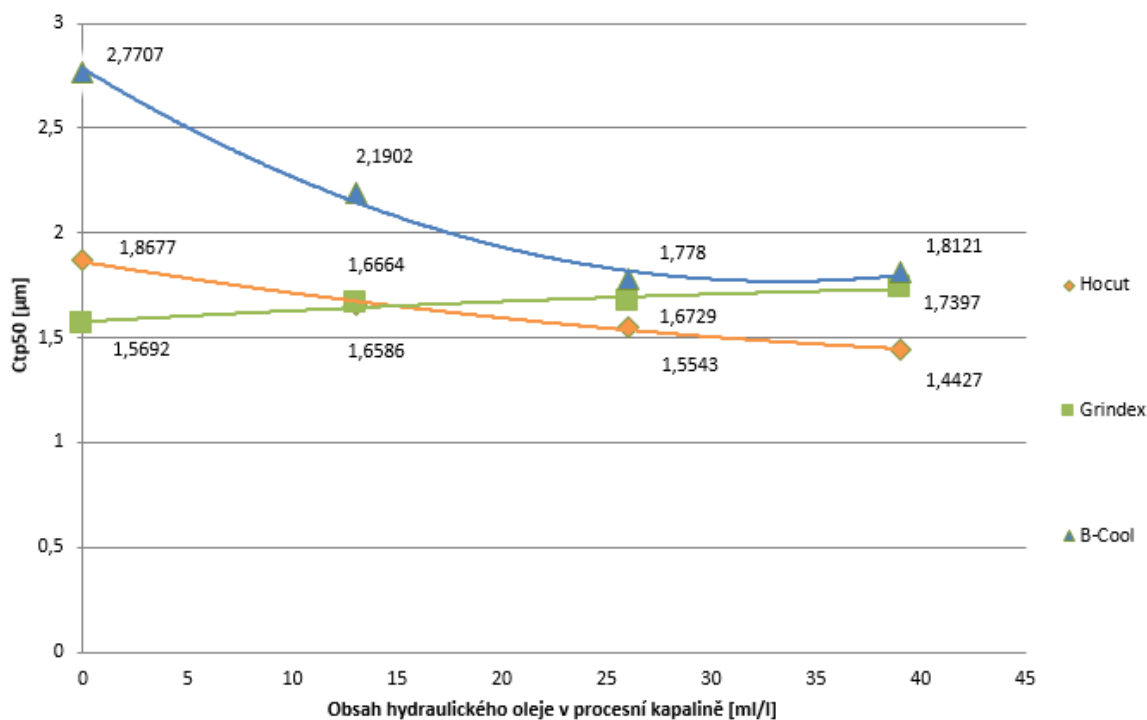
Graf 14 – Výsledky měření parametru drsnosti Ctp50– PK Grindex



*Graf 15 – Výsledky měření parametru drsnosti Ctp50– PK B-Cool*

#### **4.2.3.4 Průměrné hodnoty Ctp50**

U parametru Ctp50 jsem zjistil, že u polosyntetické procesní kapaliny B-Cool dochází ke snižování tohoto parametru opět nejrapidněji, ale může zde pozorovat jemnou závislost na konkrétním obsahu hydraulického oleje, kdy i zde v jistém množství může dojít k mírnému zvýšení tohoto parametru. U emulzní kapaliny Hocut dochází ke snižování tohoto parametru pozvolně a defakto kopíruje přidávání hydraulického oleje (zvýšování jeho obsahu ve směsi procesní kapaliny a vody). U syntetické procesní kapaliny Grindex dochází stejně pozvolně, avšak ke zvyšování tohoto parametru, kdy toto zvýšení již bylo shora vysvětleno.



Graf 16 – Průměrné hodnoty parametru drsnosti Ctp50 – všechny PK

## 5. Shrnutí výsledků a vyvození závěru

### 5.1 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ

Diplomová práce byla zaměřena na zkoumání vlivu hydraulického oleje na různé procesní kapaliny při jejich užití při frézování nerezové oceli. Zkoumal jsem vliv na trvanlivost nástroje a na drsnost povrchu obrobku. Za tímto účelem jsem navrhl metodiku zkoumání trvanlivosti nástroje a metodiku zkoumání drsnosti povrchu

obrobku po frézování a provedl pak řadu laboratorních experimentů, s cílem získat požadované hodnoty a následně jsem provedl analýzu laboratorních výsledků, abych mohl učinit následující závěry:

### ***Stran trvanlivosti nástroje***

- ✓ Hydraulický olej Paramo HM 46 vykazuje největších výsledků v kombinaci s použitím polosyntetické procesní kapaliny B-Cool, kdy při koncentraci 39 ml hydraulického oleje na 1 litr 5% procesní kapaliny byla zvýšena trvanlivost nástroje o 588 % oproti užití procesní kapaliny bez přidání hydraulického oleje
- ✓ Nejnižšího zvýšení trvanlivosti při stejné koncentraci bylo dosaženo u kombinace syntetické procesní kapaliny Grindex a hydraulického oleje, kdy zde jsem zjistil zvýšení trvanlivosti pouze o 4 %
- ✓ Procesní kapalina na bázi emulze Hocut dokázala zvýšit trvanlivost nástroje o 136 % v totožném množství hydraulického oleje.
- ✓ **Zkoumáním vlivu hydraulického oleje na procesní kapaliny na trvanlivost nástroje při frézování nerezové oceli jsem jednoznačně dospěl k závěru, že hydraulický olej jednoznačně nezhoršuje trvanlivost nástroje, nebo-li nemá žádné negativní účinky na trvanlivost nástroje.**

### ***Stran drsnosti povrchu obrobku***

#### *Parametr drsnosti Ra*

- ✓ Užitím hydraulického oleje a polosyntetické procesní kapaliny B-Cool lze při obsahu 39 ml hydraulického oleje na 1 l 5 % směsi procesní kapaliny a vody lze snížit parametr drsnosti Ra o 40%.
- ✓ Hydraulický olej dokázal v totožném množství hydraulického oleje s emulzní procesní kapalinou Hocut snížit tento parametr o 24 %.
- ✓ Přidáním hydraulického oleje do syntetické procesní kapaliny Grindex ve stejném množství jako v předchozích případech dojde k mírnému zvýšení tohoto parametru a to o 8 %. I zde lze však toto mírné zvýšení přičíst chemickému složení konkrétní kapaliny a konkrétního oleje.

#### *Parametr drsnosti Rz*

- ✓ Kombinace procesní kapaliny na bázi polosyntetické B-Cool a hydraulického oleje o obsahu 39 ml hydraulického oleje na 1 l směsi procesní kapaliny a vody dokázala snížit parametr Rz o 30%.
- ✓ Kombinace procesní kapaliny na bázi emulze Hocut s hydraulickým olejem (opět o obsahu 39ml/l) dokázala tento parametr snížit o 20 %.
- ✓ Užitím hydraulického oleje v procesní kapalině na bázi syntetické (Grindex) bylo dosaženo snížení uváděného parametru pouze o 5 %.

#### *Parametr drsnosti Ctp50*

- ✓ Hydraulický olej dokázal nejvíce snížit tento parametr u užití v kombinaci s polosyntetickou procesní kapalinou B-Cool a to o 35 % při obsahu 39ml hydraulického oleje na 1 l směsi procesní kapaliny a vody.
- ✓ U emulzní kapaliny Hocut lze užitím hydraulického oleje dosáhnout snížení tohoto parametru o 23% (opět stejný obsah hydraulického oleje).
- ✓ Syntetická kapalina Grindex v kombinaci s hydraulickým olejem může zvýšit parametr Ctp50 o 11 % při užití ve stejném množství jako u předchozích kapalin. Tento negativní dopad lze přičíst konkrétnímu chemickému složení konkrétního hydraulického oleje a konkrétní procesní kapaliny.
- ✓ **Užití hydraulického oleje nemá výrazný negativní vliv na drsnost povrchu obrobku, kdy drobné zhoršení několika parametrů drsnosti u syntetické procesní kapaliny lze přičíst konkrétnímu chemickému složení konkrétních kapalin, tedy hydraulickému oleji a procesní kapaliny.**

## **5.2 ZÁVĚR**

- Provedenými měřeními jsem dospěl k závěru, že použití hydraulického oleje **nezhoršuje trvanlivost nástroje**. Provedenými měřeními zjišťuji, že největší vliv na trvanlivost nástroje má dopad hydraulického oleje do **polosyntetické procesní kapaliny B-Cool (39 ml/l)**, kdy trvanlivost se zvýšila o **588%**. Při užívání **emulzní procesní kapaliny Hocut** o stejné koncentraci hydraulického oleje se dokáže trvanlivost nástroje zvýšit až o **135 %**. Při užívání **procesní kapaliny na bázi syntetické Grindex** je zvýšení trvanlivosti prakticky nepatrné a sice **4 %**.
- Provedeným experimentem jsem zjistil, že při koncentraci hydraulického oleje 39ml/l se **nezhoršuje drsnost nástroje**. Bylo zjištěno, že dopad hydraulického oleje do **polosyntetické procesní kapaliny B-Cool** snížil Rz o

**30 %**, dopad hydraulického oleje do **emulze Hocut** snížil sledovaný parametr o **20 %**, dopad hydraulického oleje do **syntetické procesní kapaliny Grindex** snížila parametr  $R_z$  o **5 %**. Jediný negativní výsledek byl zaznamenán u parametru  $R_a$ , kdy došlo k nepatrnému zvýšení tohoto parametru a to o 8 %, kdy toto můžeme nejspíše vysvětlit chemickým složením této procesní kapaliny a hydraulického oleje.

### **Seznam použité literatury:**

- [1] MAŠEK, Libor. *Vliv maziv na opotřebení tvářecích nástrojů*. Brno, 2001. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [2] MÁDL, Jan a Ivo KVASNIČKA. *Optimalizace obráběcího procesu*. Praha: České vysoké učení technické, 1998.
- [3] ŘEZÁČ, Antonín. *Obrábění kovů*. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963, 135 s.
- [4] BUMBÁLEK, Bohumil, Bohuslav OŠTÁDAL a Emil ŠAFR. *Řezné kapaliny*. 1. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1963, 136 s.



- [5] MÁDL, Jan, Jan JERSÁK, František HOLEŠOVSKÝ, Václav KOUTNÝ a Vítězslav RÁZEK. *Jakost obráběných povrchů*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, ÚTRV, 2003, 179 s. ISBN 80-7044-539-4.
- [6] *Rezné kvapaliny a ich použitie pri obrábaní kovov*. Bratislava: Svépomoc, 1990, 69 s. ISBN 80-851-6812-X.
- [7] KOČMAN, Karel. *Technologické procesy obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, 330 s. ISBN 978-80-7204-722-2.
- [8] PŘÍKRYL, Zdeněk, Miloslav BARTUŠKA a Karel SKŘIVAN. *Technologie obrábění*. 1. Praha: Nakladatelství technické literatury, n.p., 1967, 448 s.
- [9] MÁDL, Jan, Martin VRABEC, Jindřich KAFKA a Rudolf DVOŘÁK. *Technologie obrábění*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 1999, 80 s. ISBN 978-80-01-03752-2.g
- [10] MÁDL, Jan, Jindřich KAVKA, Martin VRABEC a Rudolf DVOŘÁK. *Technologie obrábění 1. díl*. 1. Praha: ČVUT, neznámý, 79 s.
- [11] DRÁB, Vojtěch a kol. *Technologie I. 2*. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní, 1985, 295 s. ISBN 55-809-84.
- [12] FIALA, František a Vlastimil CHRÁST. *Strojírenská technologie II. 1*. Brno: Státní pedagogické nakladatelství, n.p., 1983, 158 s. ISBN 17-054-83.
- [13] BRYCHTA, Josef, Robert ČEP, Jana NOVÁKOVÁ a Lenka PETŘKOVSKÁ. *Technologie II 1. díl*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 126 s. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [14] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje 1. díl: Řezné nástroje*. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě - Moravské tiskařské závody, 1984, 192 s.
- [15] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I - 1. díl*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001, 136 s. ISBN 80-707-8811-9.
- [16] BILÍK, Oldřich. *Obrábění I - 2. díl*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2002, 80 s. ISBN 80-248-0033-0.
- [17] KOČMAN, Karel, a kol. *Frézování I. 1*. Brno: Vysoké učení technické, 1999, 192 s. ISBN 80-214-1425-1.

- [18] SCHINDELARZ, Robert. *Vliv procesních kapalin od firmy Paramo, a.s. na trvanlivost nástroje a drsnost povrchu při frézování nerezové oceli*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Alexey Popov.
- [19] *Paramo* [online]. Pardubice, 2012 [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: [https://eshop.paramo.cz/data/tiskoviny/Paramo\\_katalog\\_vyrobyku.pdf](https://eshop.paramo.cz/data/tiskoviny/Paramo_katalog_vyrobyku.pdf).
- [20] *Hydraulické kapaliny* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: [https://www.cahp.cz/wp-content/2012/03/01\\_Cimcool\\_Hydraulické\\_kapaliny.pdf](https://www.cahp.cz/wp-content/2012/03/01_Cimcool_Hydraulické_kapaliny.pdf)
- [21] Soustružnická příručka. *Sandvik Comorat* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: [https://ec-s.s3.amazonaws.com/2013/media/catalogues/250/C-1020-18\\_CZE.pdf](https://ec-s.s3.amazonaws.com/2013/media/catalogues/250/C-1020-18_CZE.pdf)
- [22] BRYCHTA, J., ČEP, R., NOVÁKOVÁ, J., PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II - 1. díl*. 1. vyd. [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, 119 s. Dostupné na: [http://home1.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_1dil.pdf](http://home1.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_1dil.pdf)
- [23] Výměnné břitové destičky. *Pramet* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/insertsGrid.aspx>
- [24] *Drsnoměr Mitutoyo* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: [http://gps.fme.vutbr.cz/STAH\\_INFO/2609\\_Mitutoyo\\_Drsnomery.pdf](http://gps.fme.vutbr.cz/STAH_INFO/2609_Mitutoyo_Drsnomery.pdf)
- [25] Charakteristika nerezových ocelí. *ALU KÖNIG FRANKSTAHL* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: <http://www.akfs.cz/akfs/index.php?menu=234>
- [26] Tabulka norem nerezové oceli. *INOX* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: <http://inoxspol.cz/nerezova-ocel-14301.html>
- [27] Druhy opotřebení břitu nástroje. *Taegutec* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: [http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka\\_obrabeni\\_321.pdf](http://www.taegutec.cz/innotool/prirucka_obrabeni_321.pdf)
- [28] Technologie III - obrábění. *TUL* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: [http://www.kom.tul.cz/soubory/tob\\_nhrp.pdf](http://www.kom.tul.cz/soubory/tob_nhrp.pdf)
- [29] Frézování I. *T-SUPPORT: Trvalá podpora vašich provozů* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.t-support.cz/kat/frezovani-i-7>
- [30] KOČMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.

- [31] Průmyslové oleje a maziva. *GTBIG: Kompletní servis olejů a maziv* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.gtbig.cz/prumyslove-oleje-a-maziva/>
- [32] Taylorův vztah. *Strojírenská technologie* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: [http://casopis.strojirenskatechnologie.cz/templates/Podklady%202/proceedings\\_ICTKI\\_2010.pdf](http://casopis.strojirenskatechnologie.cz/templates/Podklady%202/proceedings_ICTKI_2010.pdf)
- [33] Produktové informace FNG 32. *TOS Olomouc* [online]. [cit. 2016-08-21]. Dostupné z: <http://www.tos-olomouc.cz/files/oc/produktove-informace/fng32.pdf>
- [34] *Technická dokumentace (přednášky pro hodiny cvičení) – Drsnost povrchu.* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, [cit. 2016-08-21]. Dostupné na: [http://fei1.vsb.cz/kat410/www453/soubory/texty/ucebni\\_texty/td/01-textyVSB/005\\_Drsnost%20povrchu.pdf](http://fei1.vsb.cz/kat410/www453/soubory/texty/ucebni_texty/td/01-textyVSB/005_Drsnost%20povrchu.pdf)
- [34] Vzorkovnice drsnosti. *Stroje svoboda* [online]. [cit. 2016-09-01]. Dostupné z: <https://www.strojesvoboda.cz/katalog.php?page=DETAIL&katalog=&key=&o=1&id=7519>
- [35] BILÍK, O., MÁDL, J. *Trvanlivost bříty a provozní spolehlivost obráběcího nástroje.* (sv. 1 Knihovničky strojírenské technologie). Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, 2001, 86 s. ISBN 80-7044-389-8
- [36] Technologie III - obrábění: Studijní podklady. *Technická univerzita v Liberci* [online]. [cit. 2016-09-01]. Dostupné z: <http://www.kom.tul.cz/download.php>

### **Seznam příloh:**

- Příloha č. 1 – měření trvanlivosti - PK B-Hocut 0 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 2 – měření trvanlivosti - PK Hocut 13 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 3 – měření trvanlivosti - PK Hocut 26 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 4 – měření trvanlivosti - PK Hocut 39 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 5 – měření trvanlivosti - PK Grindex 0 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 6 – měření trvanlivosti - PK Grindex 13 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 7 – měření trvanlivosti - PK Grindex 26 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 8 – měření trvanlivosti - PK Grindex 39 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 9 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 0 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 10 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 13 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 11 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 26 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 12 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 39 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 13 – Tabulka výsledků měření drsnosti - Hocut
- Příloha č. 14 – Tabulka výsledků měření drsnosti - Grindex
- Příloha č. 15 – Tabulka výsledků měření drsnosti – B-Cool
- Příloha č. 16 – měření drsnosti PK Hocut 0 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 17 – měření drsnosti PK Hocut 13 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 18 – měření drsnosti PK Hocut 26 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 19 – měření drsnosti PK Hocut 39 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 20 – měření drsnosti PK Hocut – průměrné hodnoty
- Příloha č. 21 – měření drsnosti PK Grindex 0 ml/l hydraulického oleje
- Příloha č. 22 – měření drsnosti PK Grindex 13 ml/l hydraulického oleje

Příloha č. 23 – měření drsnosti PK Grindex 26 ml/l hydraulického oleje

Příloha č. 24 – měření drsnosti PK Grindex 39 ml/l hydraulického oleje

Příloha č. 25 – měření drsnosti PK Grindex – průměrné hodnoty

Příloha č. 26 – měření drsnosti PK B-Cool 0 ml/l hydraulického oleje

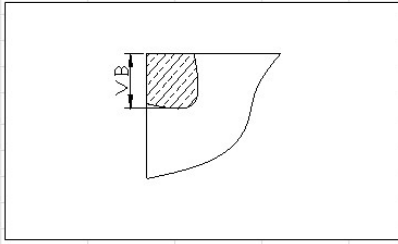
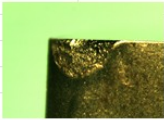
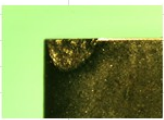
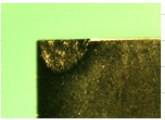
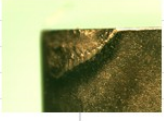

Příloha č. 27 – měření drsnosti PK B-Cool 13 ml/l hydraulického oleje

Příloha č. 28 – měření drsnosti PK B-Cool 26 ml/l hydraulického oleje

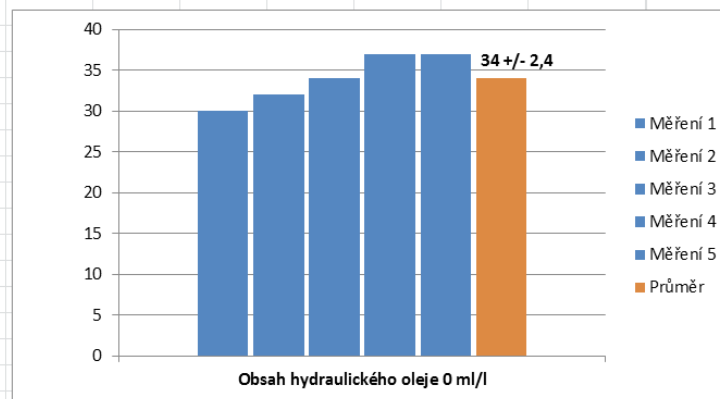
Příloha č. 29 – měření drsnosti PK B-Cool 39 ml/l hydraulického oleje

Příloha č. 30 – měření drsnosti PK B-Cool – průměrné hodnoty

### Příloha č. 1 – měření trvanlivosti - PK Hocut 0 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na emulzní procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje			
- obsah hydraulického oleje:	<b>0 ml/l</b>		
- procesní kapalina:	<b>HOCUT</b>	datum měření:	5.4.2016
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>		
<b>Podmínky měření</b>			
stroj			FNG 32
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování			30 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%
koeficient refrakce			1
velkost na refraktometru			5
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB
<b>Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD</b>			
			
			
<b>Naměřené hodnoty - tabulka</b>			
<b>Obsah hydraulického oleje 0 ml/l</b>			
Měření		T [min]	
1		30	
2		32	
3		34	
4		37	
5		37	
Ø		34	
(±, -)		2,4	

Naměřené hodnoty - graf



Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 0 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 34 min.

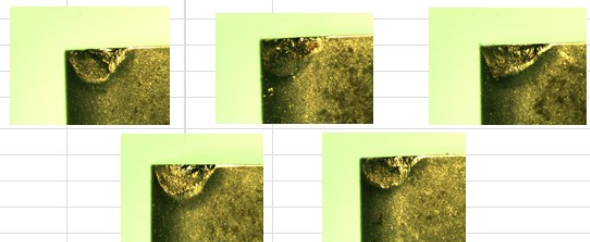
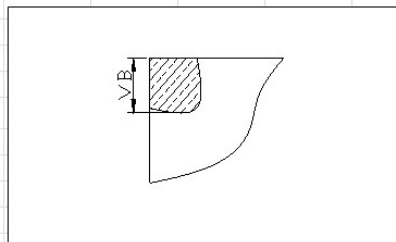
**Příloha č. 2 – měření trvanlivosti - PK Hocut 13 ml/l hydraulického oleje**

Vliv hydraulického oleje na emulzní procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje			
- obsah hydraulického oleje:	<b>13 ml/l</b>		
- procesní kapalina:	<b>HOCUT</b>	datum měření:	5.4.2016
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>		

#### Podmínky měření

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	30 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1
velkost na refraktometru	5
kritérium opotřebení VBD	0,5 mm VB

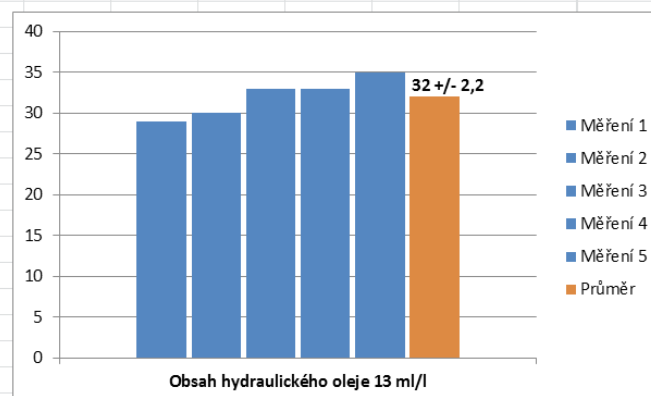
#### Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD



#### Naměřené hodnoty - tabulka

Obsah hydraulického oleje 13 ml/l	
Měření	T [min]
1	29
2	30
3	33
4	33
5	35
∅	32
(+,-)	2,2

#### Naměřené hodnoty - graf



#### Trvanlivost VBD

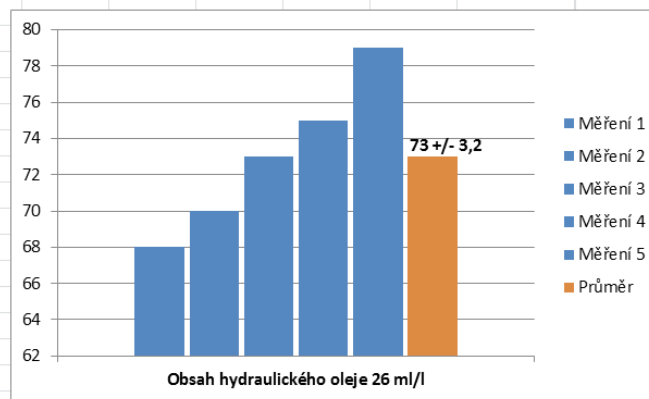
U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 13 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 32 min.

## Příloha č. 3 – měření trvanlivosti - PK Hocut 26 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na emulzní procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>26 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>HOCUT</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
<b>Podmínky měření</b>																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1																		
velkost na refraktometru			5																		
kriterium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
<b>Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD</b>																					
																					
<b>Naměřené hodnoty - tabulka</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 26 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>3,2</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 26 ml/l		Měření	T [min]	1	68	2	70	3	73	4	75	5	79	∅	73	(+,-)	3,2
Obsah hydraulického oleje 26 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	68																				
2	70																				
3	73																				
4	75																				
5	79																				
∅	73																				
(+,-)	3,2																				



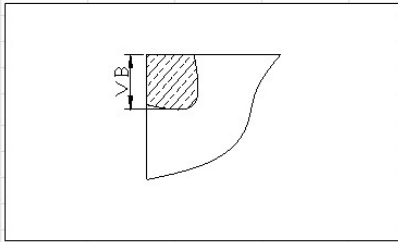
### Naměřené hodnoty - graf



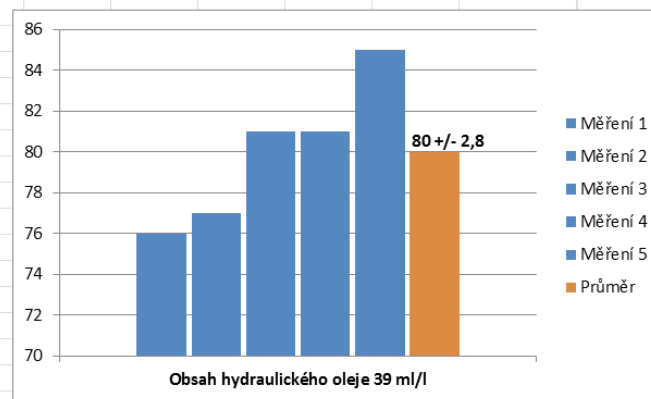
### Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 26 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 73 min.

## Příloha č. 4 – měření trvanlivosti - PK Hocut 39 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na emulzní procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>39 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>HOCUT</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
Podmínky měření																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1																		
velkost na refraktometru			5																		
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD																					
																					
Naměřené hodnoty - tabulka																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 39 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>2,8</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 39 ml/l		Měření	T [min]	1	76	2	77	3	81	4	81	5	85	∅	80	(+,-)	2,8
Obsah hydraulického oleje 39 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	76																				
2	77																				
3	81																				
4	81																				
5	85																				
∅	80																				
(+,-)	2,8																				

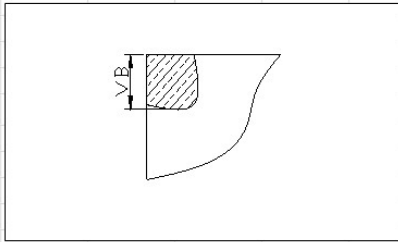
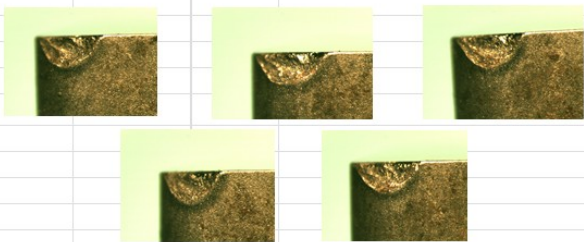
### Naměřené hodnoty - graf



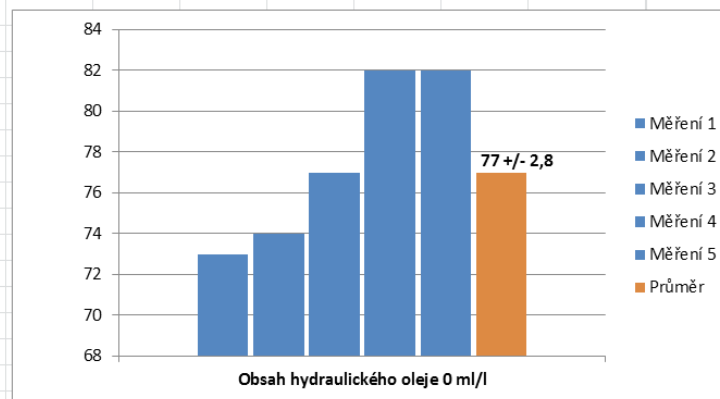
### Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 39 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 80 min.

## Příloha č. 5 – měření trvanlivosti - PK Grindex 0 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na syntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje			
- obsah hydraulického oleje:	<b>0 ml/l</b>		
- procesní kapalina:	<b>GRINDEX</b>	datum měření:	5.4.2016
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>		
<b>Podmínky měření</b>			
stroj			FNG 32
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování			30 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%
koeficient refrakce			1,6
velkost na refraktometru			3,1
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB
<b>Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD</b>			
			
<b>Naměřené hodnoty - tabulka</b>			
		Obsah hydraulického oleje 0 ml/l	
		Měření	T [min]
		1	73
		2	74
		3	77
		4	79
		5	82
		∅	77
		(+,-)	2,8

### Naměřené hodnoty - graf



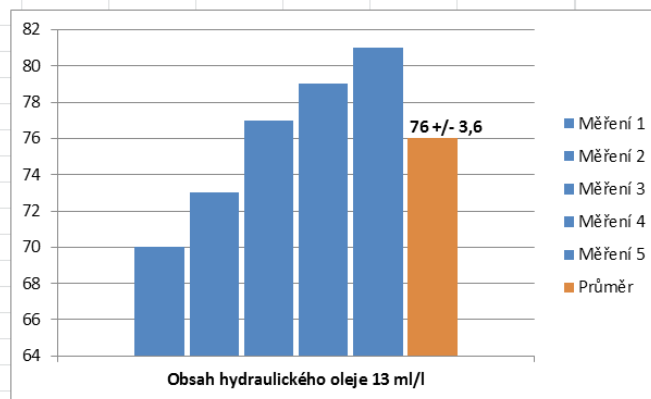
### Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 0 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 77 min.

## Příloha č. 6 – měření trvanlivosti - PK Grindex 13 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na syntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>13 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>GRINDEX</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
<b>Podmínky měření</b>																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1,6																		
velkost na refraktometru			3,1																		
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
<b>Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD</b>																					
																					
<b>Naměřené hodnoty - tabulka</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 13 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>77</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>79</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>76</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>3,6</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 13 ml/l		Měření	T [min]	1	70	2	73	3	77	4	79	5	81	∅	76	(+,-)	3,6
Obsah hydraulického oleje 13 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	70																				
2	73																				
3	77																				
4	79																				
5	81																				
∅	76																				
(+,-)	3,6																				

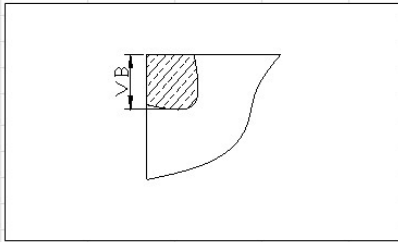
### Naměřené hodnoty - graf



### Trvanlivost VBD

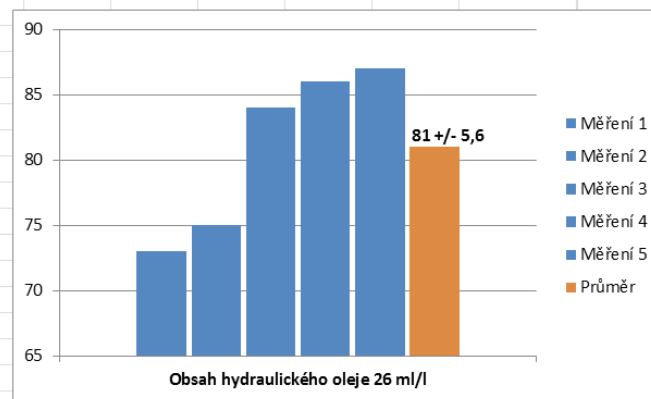
U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 13 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 76 min.

## Příloha č. 7 – měření trvanlivosti - PK Grindex 26 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na syntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>26 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>GRINDEX</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
Podmínky měření																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1,6																		
velkost na refraktometru			3,1																		
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD																					
																					
Naměřené hodnoty - tabulka																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 26 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>73</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>84</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>86</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>87</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>81</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>5,6</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 26 ml/l		Měření	T [min]	1	73	2	75	3	84	4	86	5	87	∅	81	(+,-)	5,6
Obsah hydraulického oleje 26 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	73																				
2	75																				
3	84																				
4	86																				
5	87																				
∅	81																				
(+,-)	5,6																				



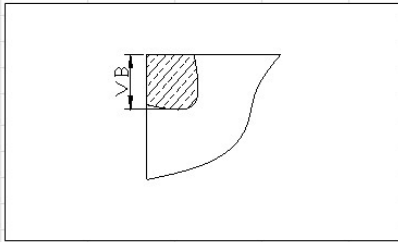
Naměřené hodnoty - graf



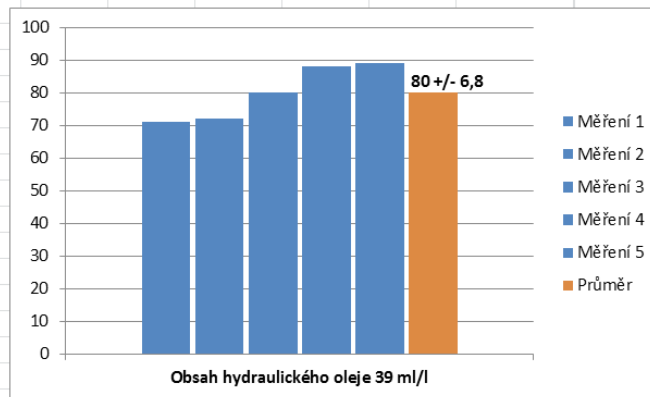
Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 26 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 81 min.

## Příloha č. 8 – měření trvanlivosti - PK Grindex 39 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na syntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>39 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>GRINDEX</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
Podmínky měření																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1,6																		
velkost na refraktometru			3,1																		
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD																					
																					
Naměřené hodnoty - tabulka																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 39 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>71</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>89</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>6,8</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 39 ml/l		Měření	T [min]	1	71	2	72	3	80	4	88	5	89	∅	80	(+,-)	6,8
Obsah hydraulického oleje 39 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	71																				
2	72																				
3	80																				
4	88																				
5	89																				
∅	80																				
(+,-)	6,8																				

**Naměřené hodnoty - graf**



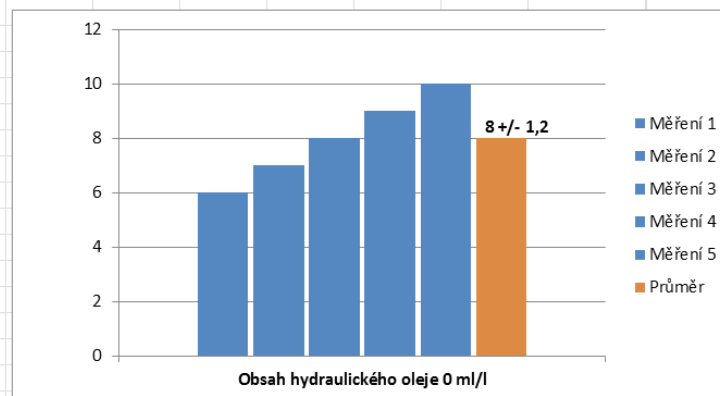
**Trvanlivost VBD**

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 39 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 80 min.

## Příloha č. 9 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 0 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na polosyntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>0 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>B-COOL</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
<b>Podmínky měření</b>																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1,9																		
velkost na refraktometru			2,6																		
kritérium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
<b>Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD</b>																					
																					
<b>Naměřené hodnoty - tabulka</b>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 0 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>1,2</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 0 ml/l		Měření	T [min]	1	6	2	7	3	8	4	9	5	10	∅	8	(+,-)	1,2
Obsah hydraulického oleje 0 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	6																				
2	7																				
3	8																				
4	9																				
5	10																				
∅	8																				
(+,-)	1,2																				

Naměřené hodnoty - graf



Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 0 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 8 min.

**Příloha č. 10 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 13 ml/l hydraulického oleje**

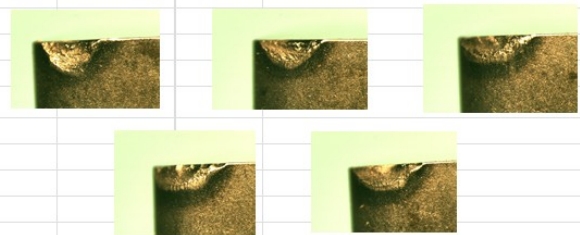
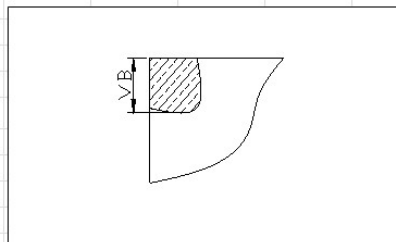
Vliv hydraulického oleje na polosyntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje

- obsah hydraulického oleje:	<b>13 ml/l</b>		
- procesní kapalina:	<b>B-COOL</b>	datum měření:	5.4.2016
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>		

**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	30 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,9
velkost na refraktometru	2,6
kritérium opotřebení VBD	0,5 mm VB

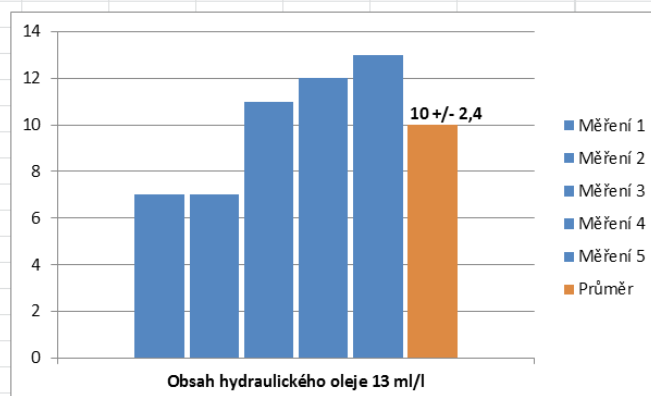
**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD**



**Naměřené hodnoty - tabulka**

Obsah hydraulického oleje 13 ml/l	
Měření	T [min]
1	7
2	7
3	11
4	12
5	13
∅	10
(+,-)	2,4

**Naměřené hodnoty - graf**



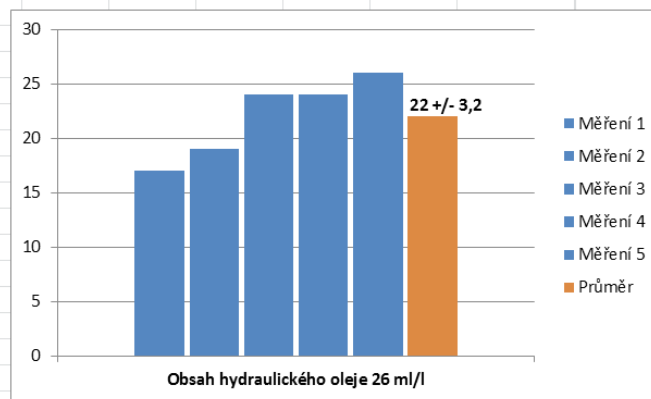
**Trvanlivost VBD**

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 13 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 10 min.

# Příloha č. 11 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 26 ml/l hydraulického oleje

Vliv hydraulického oleje na polosyntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje																					
- obsah hydraulického oleje:	<b>26 ml/l</b>																				
- procesní kapalina:	<b>B-COOL</b>	datum měření:	5.4.2016																		
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																		
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																				
Podmínky měření																					
stroj			FNG 32																		
druh frezy			čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm																		
druh a materiál VBD			VBD PRAMET SNUN 120412; 8230																		
řezné podmínky			vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm																		
šířka frézování			30 mm																		
požadovaná koncentrace procesní kapaliny			5%																		
koeficient refrakce			1,9																		
velkost na refraktometru			2,6																		
kriterium opotřebení VBD			0,5 mm VB																		
Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD																					
																					
Naměřené hodnoty - tabulka																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Obsah hydraulického oleje 26 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>T [min]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>∅</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>(+,-)</td> <td>3,2</td> </tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 26 ml/l		Měření	T [min]	1	17	2	19	3	24	4	24	5	26	∅	22	(+,-)	3,2
Obsah hydraulického oleje 26 ml/l																					
Měření	T [min]																				
1	17																				
2	19																				
3	24																				
4	24																				
5	26																				
∅	22																				
(+,-)	3,2																				

Naměřené hodnoty - graf



Trvanlivost VBD

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 26 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 22 min.

**Příloha č. 12 – měření trvanlivosti - PK B-Cool 39 ml/l hydraulického oleje**



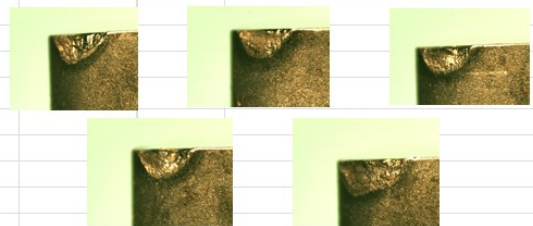
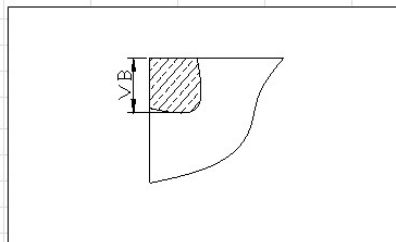
Vliv hydraulického oleje na polosyntetickou procesní kapalinu, na trvanlivost nástroje

- obsah hydraulického oleje:	<b>39 ml/l</b>		
- procesní kapalina:	<b>B-COOL</b>	datum měření:	5.4.2016
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>		

**Podmínky měření**

stroj	FNG 32
druh frezy	čelní fréza NAREX 2460.12 D=60 mm
druh a materiál VBD	VBD PRAMET SNUN 120412; 8230
řezné podmínky	vc=47 m/min; fz=0,1 mm/zub; ap=1 mm
šířka frézování	30 mm
požadovaná koncentrace procesní kapaliny	5%
koeficient refrakce	1,9
velkost na refraktometru	2,6
kritérium opotřebení VBD	0,5 mm VB

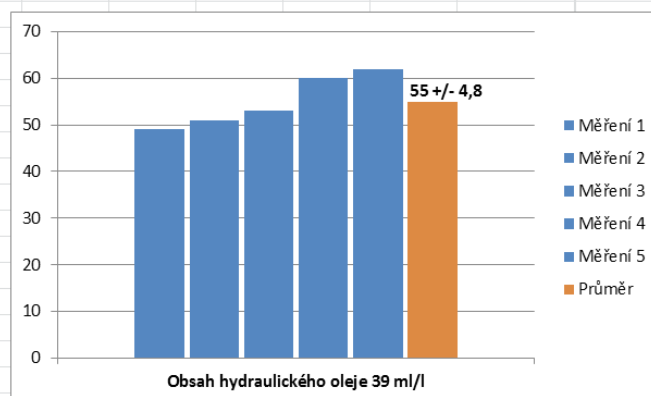
**Schéma měření a fotografie opotřeбенé VBD**



**Naměřené hodnoty - tabulka**

Obsah hydraulického oleje 39 ml/l	
Měření	T [min]
1	49
2	51
3	53
4	60
5	62
∅	55
(+,-)	4,8

**Naměřené hodnoty - graf**



**Trvanlivost VBD**

U této kapaliny, při koncentraci hydraulického oleje 39 ml/l, jsem zjistil průměrnou trvanlivost 55 min.

### Příloha č. 13 – Tabulka výsledků měření drsnosti – Hocut

Hocut												
	0 ml/l			13 ml/l			26 ml/l			39 ml/l		
Měření	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50
1	0,504	2,925	1,826	0,466	2,681	1,703	0,409	2,663	1,432	0,369	2,266	1,343
2	0,56	3,147	1,994	0,492	3,125	1,739	0,433	3,101	1,554	0,424	2,654	1,582
3	0,538	3,325	1,917	0,397	2,774	1,514	0,472	3,189	1,724	0,435	2,844	1,589
4	0,506	3,103	1,872	0,481	2,822	1,716 2	0,43	3,007	1,548	0,418	2,777	1,488
5	0,531	3,11	1,869	0,519	2,854	1,875	0,43	3,009	1,558	0,401	2,395	1,469
6	0,495	3,123	1,766	0,421	2,6	1,554	0,38	2,782	1,373	0,413	2,585	1,437
7	0,551	3,151	1,976	0,42	2,2589	1,557	0,455	2,976	1,659	0,413	2,592	1,443
8	0,497	2,924	1,783	0,38	2,478	1,419	0,475	2,979	1,775	0,365	2,5	1,345
9	0,53	3,601	1,836	0,441	2,711	1,622	0,41	2,835	1,458	0,378	2,411	1,361
10	0,513	3,096	1,838	0,518	2,915	1,841	0,41	2,732	1,462	0,37	2,335	1,37
průměr	0,522 5	3,15	1,868	0,453 5	2,755	1,659	0,4304	2,927	1,554	0,3986	2,536	1,443
+/-	0,021 7	0,1795	0,0716	0,046 7	0,1769	0,141 5	0,0286	0,159 5	0,1242	0,0245	0,182 1	0,0866

### Příloha č. 14 – Tabulka výsledků měření drsnosti – Grindex

Grindex												
	0 ml/l			13 ml/l			26 ml/l			39 ml/l		
Měření	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50
1	0,451	3,134	1,614	0,508	3,957	1,788	0,463	4,323	1,639	0,461	2,755	1,678
2	0,435	3,437	1,601	0,515	3,967	1,822	0,533	3,508	1,91	0,479	3,377	1,682
3	0,465	3,899	1,537	0,5	3,702	1,78	0,443	3,788	1,487	0,493	3,511	1,71
4	0,426	3,462	1,451	0,448	3,419	1,778	0,414	2,785	1,407	0,521	3,675	1,825
5	0,458	3,173	1,584	0,488	3,351	1,512	0,469	3,383	1,687	0,499	3,773	1,725
6	0,469	4,101	1,56	0,435	2,825	1,613	0,502	4,113	1,772	0,483	3,847	1,693
7	0,468	3,76	1,65	0,434	3,587	1,582	0,431	3,124	1,502	0,513	3,898	1,942
8	0,462	3,555	1,63	0,42	3,944	1,424	0,464	32,10 7	1,693	0,502	3,488	1,786
9	0,437	4,057	1,474	0,434	3,524	1,596	0,462	3,094	1,687	0,485	3,195	1,741

10	0,456	3,811	1,591	0,489	3,338	1,769	054	4,158	1,945	0,461	2,998	1,615
průměr	0,452 7	3,639	1,569	0,467 1	3,561	1,666	0,4721	3,538	1,673	0,4899	3,452	1,74
+/-	0,014 3	0,3242	0,0617	0,034 3	0,3385	0,131 3	0,0392	0,504 0	0,1663	0,0192	0,357 2	0,0874

### Příloha č. 15 – Tabulka výsledků měření drsnosti – B-Cool

B-Cool												
	0 ml/l			13 ml/l			26 ml/l			39 ml/l		
Měření	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50	Ra	Rz	Ctp50
1	0,842	4,247	2,912	0,58	2,95	2,065	0,441	2,657	1,596	0,524	3,324	1,928
2	0,829	4,062	2,785	0,599	3,335	2,193	0,535	3,242	1,849	0,495	2,744	1,785
3	0,822	4,191	2,841	0,592	3,137	2,143	0,528	3,181	1,814	0,488	2,742	1,773
4	0,811	4,006	2,717	0,602	3,113	2,178	0,546	3,415	1,878	0,503	2,781	1,855
5	0,826	4,106	2,752	0,638	3,558	2,31	0,448	2,877	1,62	0,502	3,069	1,843
6	0,826	4,454	2836	0,607	3,159	2,176	0,517	3,285	1,762	0,516	3,038	1,895
7	0,82	4,074	2,784	0,609	2,984	2,102	0,526	3,212	1,842	0,464	2,865	1,688
8	0,829	4,233	2,804	0,603	3,114	2,156	0,525	3,211	1,79	0,494	2,701	1,811
9	839	3,945	2,717	0,649	3,442	2,301	0,526	3,145	1,792	0,483	2,741	1,736
10	0,794	3,712	2,561	0,634	3,229	2,278	0,534	3,368	1,837	0,503	2,889	1,807
průměr	0,823 8	4,103	2,771	0,6113	3,202	2,19	0,5126	3,159	1,778	0,4975	2,889	1,812
+/-	0,013 0	0,1893	0,0898	0,020 8	0,1832	0,078 5	0,0348	0,216 7	0,0909	0,0154	0,188 7	0,0683

**Příloha č. 16 – měření drsnosti PK Hocut 0 ml/l hydraulického oleje**

### Měření drsnosti povrchu

- procesní kapalina:	HOCUT	datum měření:	9.5.2016
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		

### Místa měření



### Fotografická dokumentace



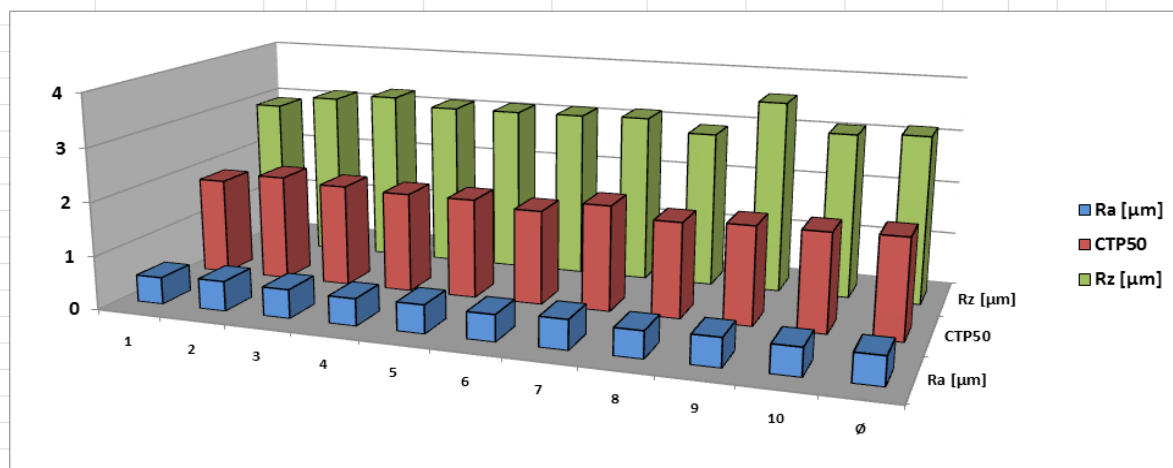
### Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo SurfTest SV-2000.  
 Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)  
 Měřená délka: 4,8 mm  
 Polotovar: 60 x 60 x 250 mm

### Naměřené hodnoty - tabulka

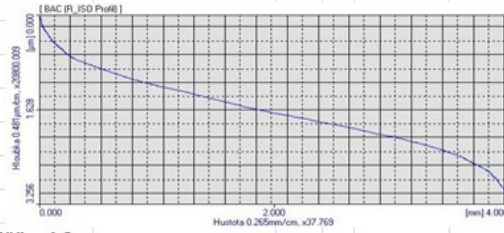
Obsah hydraulického oleje 0 ml/l			
Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	CTP50
1	0,504	2,925	1,826
2	0,56	3,147	1,994
3	0,538	3,25	1,917
4	0,506	3,103	1,872
5	0,531	3,11	1,869
6	0,495	3,123	1,766
7	0,551	3,151	1,976
8	0,497	2,924	1,783
9	0,53	3,601	1,836
10	0,513	3,096	1,838
$\bar{\phi}$	<b>0,5225</b>	<b>3,1505</b>	<b>1,8677</b>
(+,-)	<b>0,0217</b>	<b>0,1795</b>	<b>0,0716</b>

### Průměrné hodnoty - graf

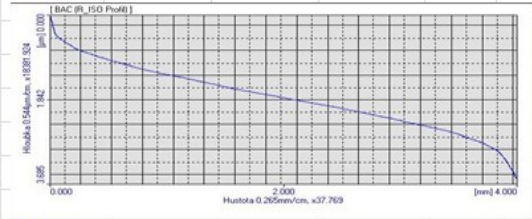


# Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

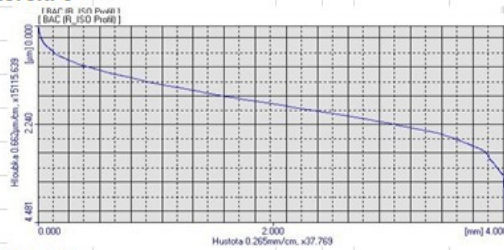
## Měření 1



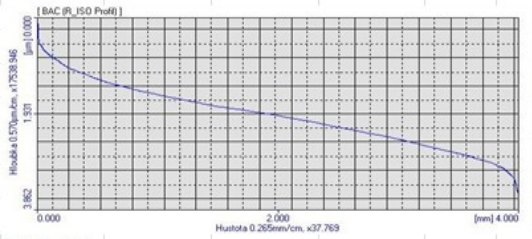
## Měření 2



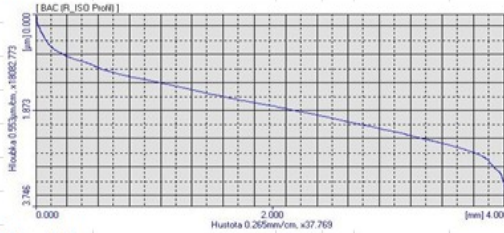
## Měření 3



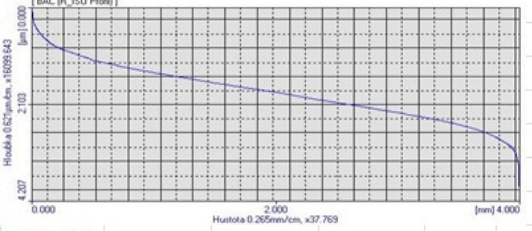
## Měření 4



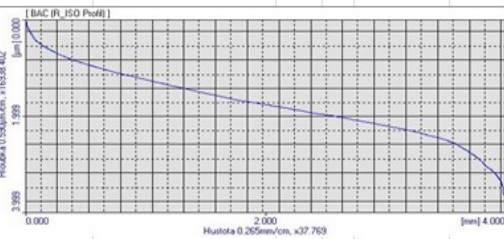
## Měření 5



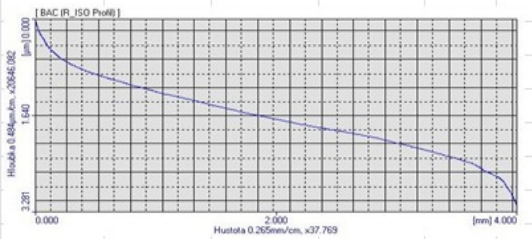
## Měření 6



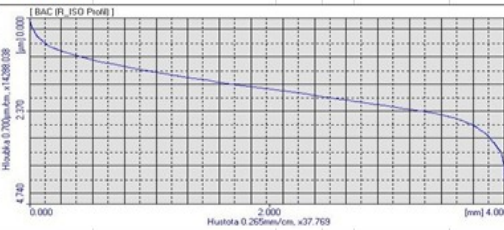
## Měření 7



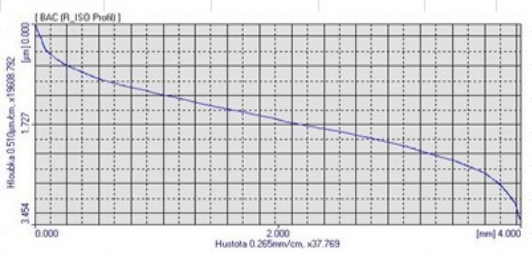
## Měření 8





## Měření 9



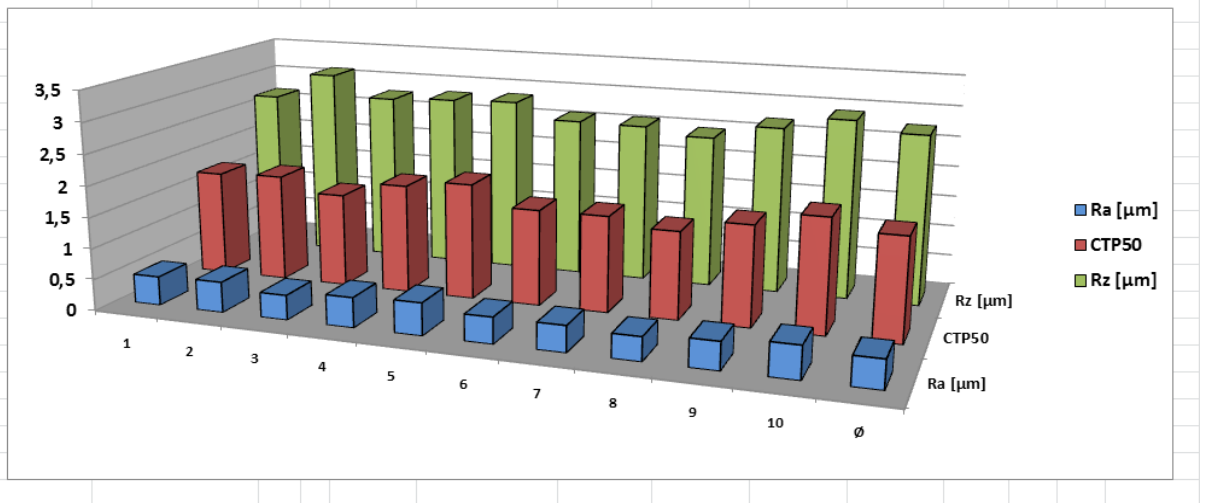
## Měření 10



## Příloha č. 17 – měření drsnosti PK Hocut 13 ml/l hydraulického oleje

Měření drsnosti povrchu			
- procesní kapalina:	HOCUT	datum měření:	9.5.2016
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		
Místa měření		Fotografická dokumentace	
			
Podmínky měření			
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.			
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)			
Měřená délka: 4,8 mm			
Polotovár: 60 x 60 x 250 mm			
Naměřené hodnoty - tabulka			
Obsah hydraulického oleje 13 ml/l			
Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>
1	0,466	2,681	1,703
2	0,492	3,125	1,739
3	0,397	2,774	1,514
4	0,481	2,822	1,762
5	0,519	2,854	1,875
6	0,421	2,6	1,554
7	0,42	2,589	1,557
8	0,38	2,478	1,419
9	0,441	2,711	1,622
10	0,518	2,915	1,841
$\bar{\phi}$	<b>0,4535</b>	<b>2,7549</b>	<b>1,6586</b>
(+,-)	<b>0,0467</b>	<b>0,1769</b>	<b>0,1415</b>

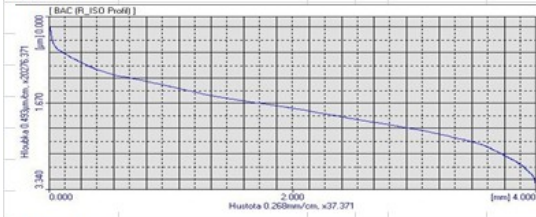
Průměrné hodnoty - graf



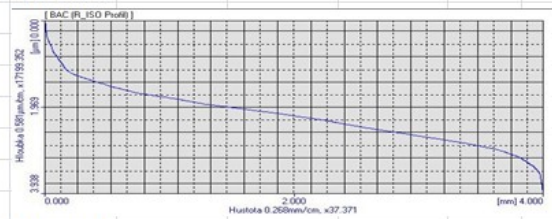


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

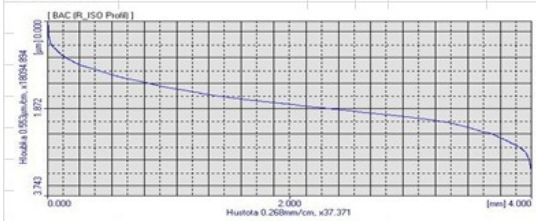
### Měření 1



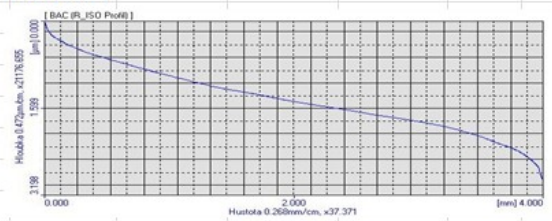
### Měření 2



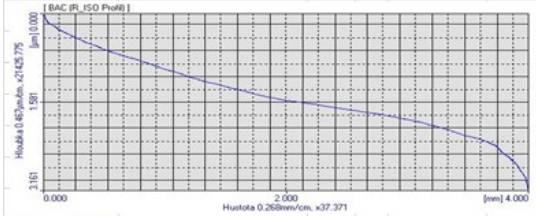
### Měření 3



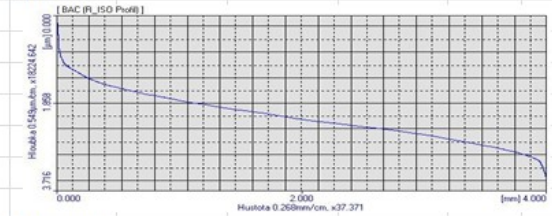
### Měření 4



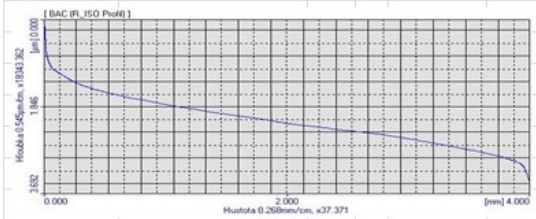
### Měření 5



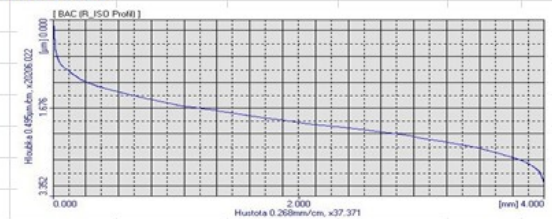
### Měření 6



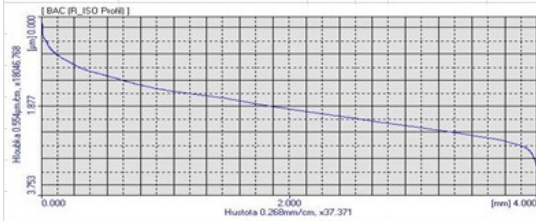
### Měření 7



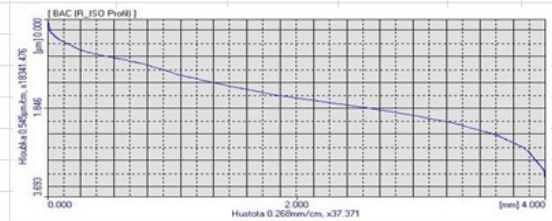
### Měření 8





### Měření 9



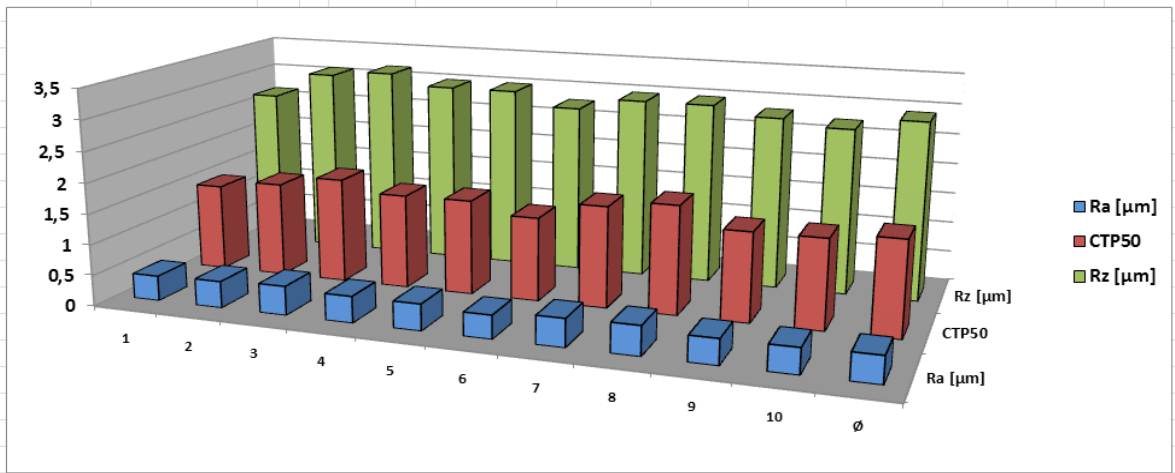
### Měření 10



## Příloha č. 18 – měření drsnosti PK Hocut 26 ml/l hydraulického oleje

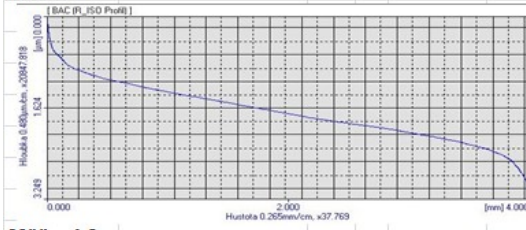
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	HOCUT	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	PARAMO HM46																																																										
Místa měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka: 4,8 mm																																																											
Polotovar: 60 x 60 x 250 mm																																																											
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 26 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [<math>\mu</math>m]</th> <th>Rz [<math>\mu</math>m]</th> <th>C<sub>TP50</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,409</td><td>2,663</td><td>1,432</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,433</td><td>3,101</td><td>1,554</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,472</td><td>3,189</td><td>1,724</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,43</td><td>3,007</td><td>1,548</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,43</td><td>3,009</td><td>1,558</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,38</td><td>2,782</td><td>1,373</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,455</td><td>2,976</td><td>1,659</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,475</td><td>2,979</td><td>1,775</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,41</td><td>2,835</td><td>1,458</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,41</td><td>2,732</td><td>1,462</td></tr> <tr><td><math>\bar{\varnothing}</math></td><td><b>0,4304</b></td><td><b>2,9273</b></td><td><b>1,5543</b></td></tr> <tr><td>(+,-)</td><td><b>0,0286</b></td><td><b>0,1595</b></td><td><b>0,1242</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 26 ml/l				Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>	1	0,409	2,663	1,432	2	0,433	3,101	1,554	3	0,472	3,189	1,724	4	0,43	3,007	1,548	5	0,43	3,009	1,558	6	0,38	2,782	1,373	7	0,455	2,976	1,659	8	0,475	2,979	1,775	9	0,41	2,835	1,458	10	0,41	2,732	1,462	$\bar{\varnothing}$	<b>0,4304</b>	<b>2,9273</b>	<b>1,5543</b>	(+,-)	<b>0,0286</b>	<b>0,1595</b>	<b>0,1242</b>
Obsah hydraulického oleje 26 ml/l																																																											
Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>																																																								
1	0,409	2,663	1,432																																																								
2	0,433	3,101	1,554																																																								
3	0,472	3,189	1,724																																																								
4	0,43	3,007	1,548																																																								
5	0,43	3,009	1,558																																																								
6	0,38	2,782	1,373																																																								
7	0,455	2,976	1,659																																																								
8	0,475	2,979	1,775																																																								
9	0,41	2,835	1,458																																																								
10	0,41	2,732	1,462																																																								
$\bar{\varnothing}$	<b>0,4304</b>	<b>2,9273</b>	<b>1,5543</b>																																																								
(+,-)	<b>0,0286</b>	<b>0,1595</b>	<b>0,1242</b>																																																								

Průměrné hodnoty - graf

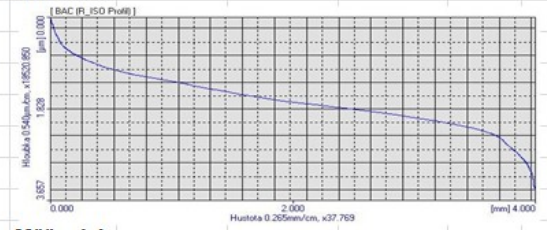


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

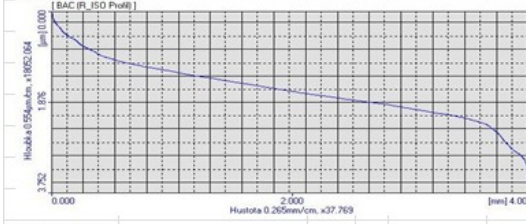
### Měření 1



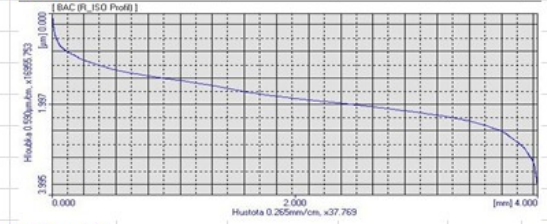
### Měření 2



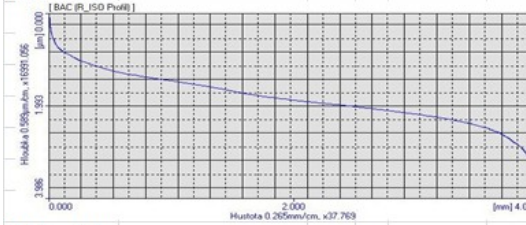
### Měření 3



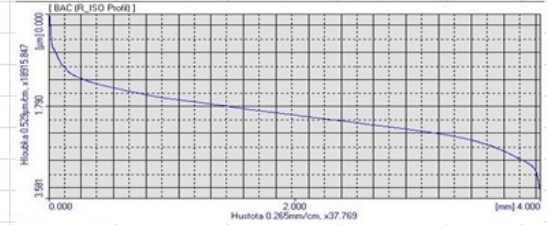
### Měření 4



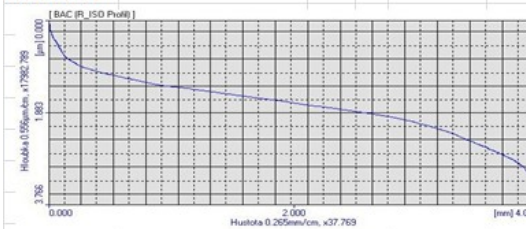
### Měření 5



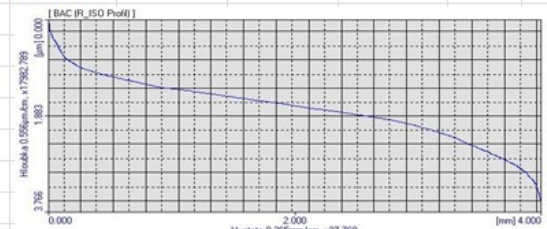
### Měření 6



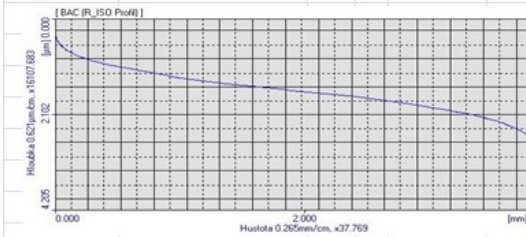
### Měření 7



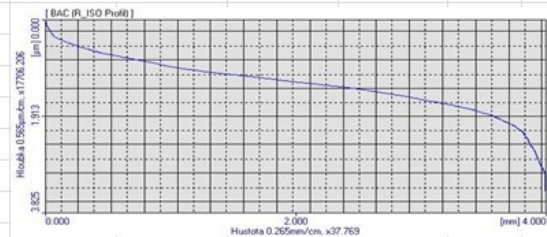
### Měření 8



### Měření 9



### Měření 10



# Příloha č. 19 – měření drsnosti PK Hocut 39 ml/l hydraulického oleje

<b>Měření drsnosti povrchu</b>			
- procesní kapalina:	HOCUT	datum měření:	9.5.2016
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		

## Místa měření



## Fotografická dokumentace



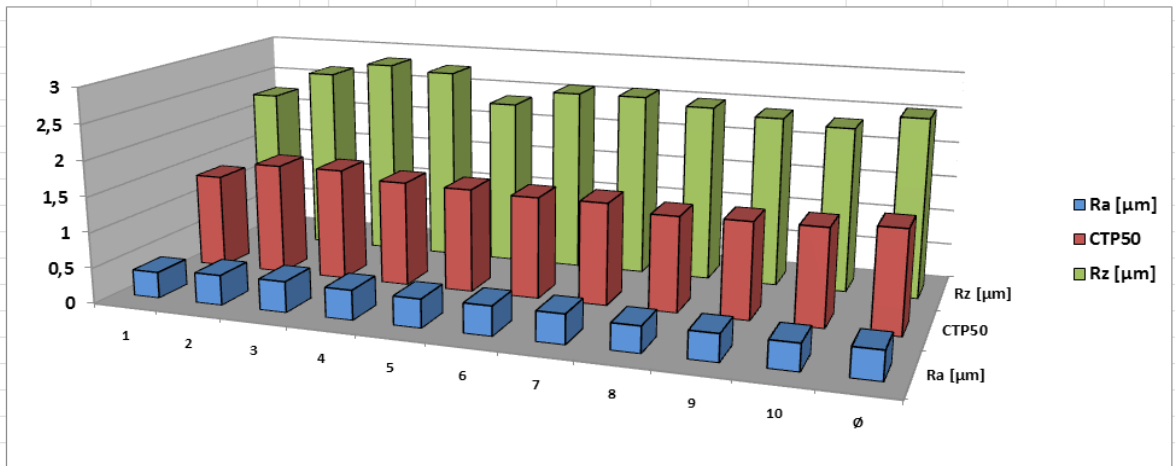
## Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.  
 Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)  
 Měřená délka: 4,8 mm  
 Polotovar: 60 x 60 x 250 mm

## Naměřené hodnoty - tabulka

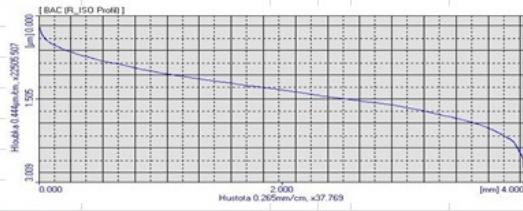
Obsah hydraulického oleje 39 ml/l			
Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>
1	0,369	2,266	1,343
2	0,424	2,654	1,582
3	0,435	2,844	1,589
4	0,418	2,777	1,488
5	0,401	2,365	1,469
6	0,413	2,585	1,437
7	0,413	2,592	1,443
8	0,365	2,5	1,345
9	0,378	2,411	1,361
10	0,37	2,335	1,37
$\bar{\sigma}$	<b>0,3986</b>	<b>2,5359</b>	<b>1,4427</b>
(+,-)	<b>0,0245</b>	<b>0,1821</b>	<b>0,0866</b>

Průměrné hodnoty - graf

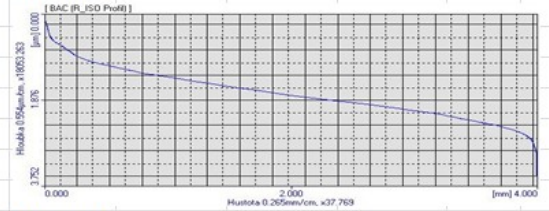


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

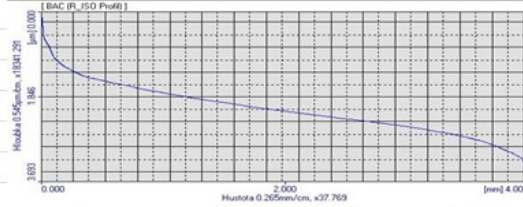
### Měření 1



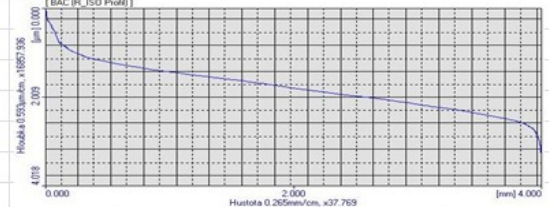
### Měření 2



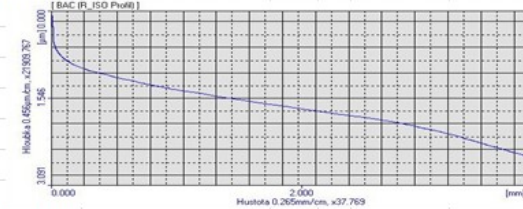
### Měření 3



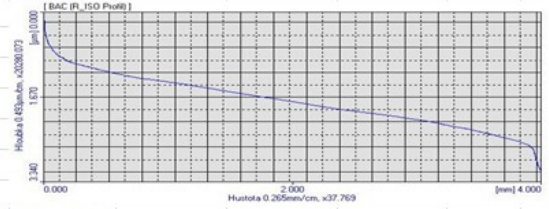
### Měření 4



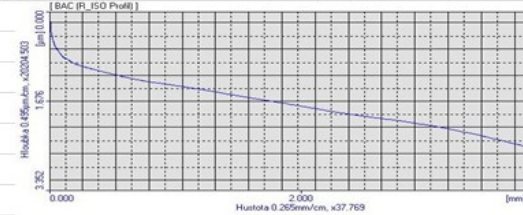
### Měření 5



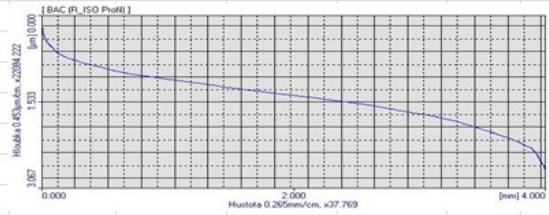
### Měření 6



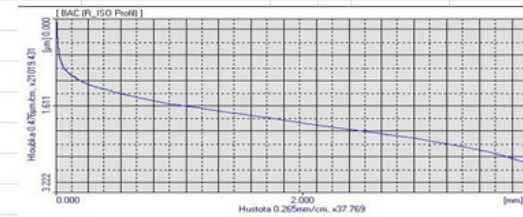
### Měření 7



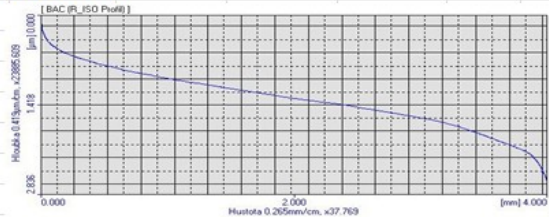
### Měření 8



### Měření 9





### Měření 10



## Příloha č. 20 – měření drsnosti PK Hocut - průměrné hodnoty

Měření drsnosti povrchu			
- procesní kapalina:	HOCUT	datum měření:	9.5.16
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		

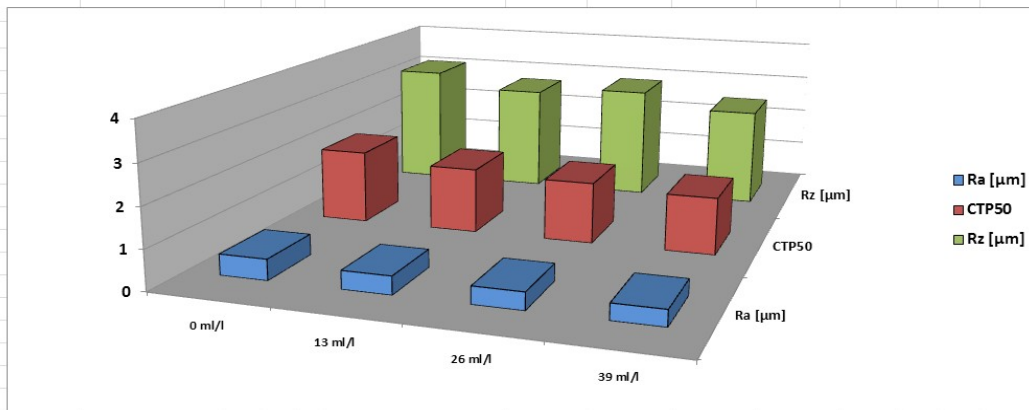
Místa měření	Fotografická dokumentace
	

Podmínky měření
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)
Měřená délka: 4,8 mm
Polotovar: 60 x 60 x 250 mm

Naměřené hodnoty - tabulka			
Průměrné hodnoty			
Obsah hydraulického oleje	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>
0 ml/l	0,5225	3,1505	1,8677
13 ml/l	0,4535	2,7549	1,6586
26 ml/l	0,4304	2,9273	1,5543
39 ml/l	0,3986	2,5359	1,4427

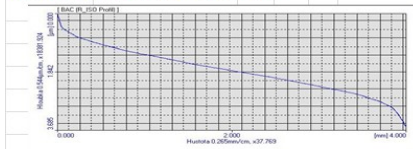


**Průměrné hodnoty - graf**

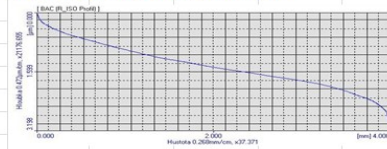


**Křivka materiálového podílu jednotlivých procesních kapalin**

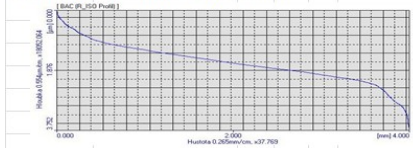
**Obsah hydraulického oleje 0 ml/l**



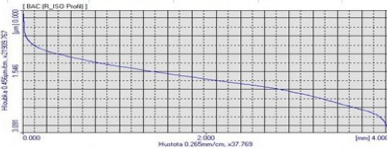
**Obsah hydraulického oleje 13 ml/l**





**Obsah hydraulického oleje 26 ml/l**



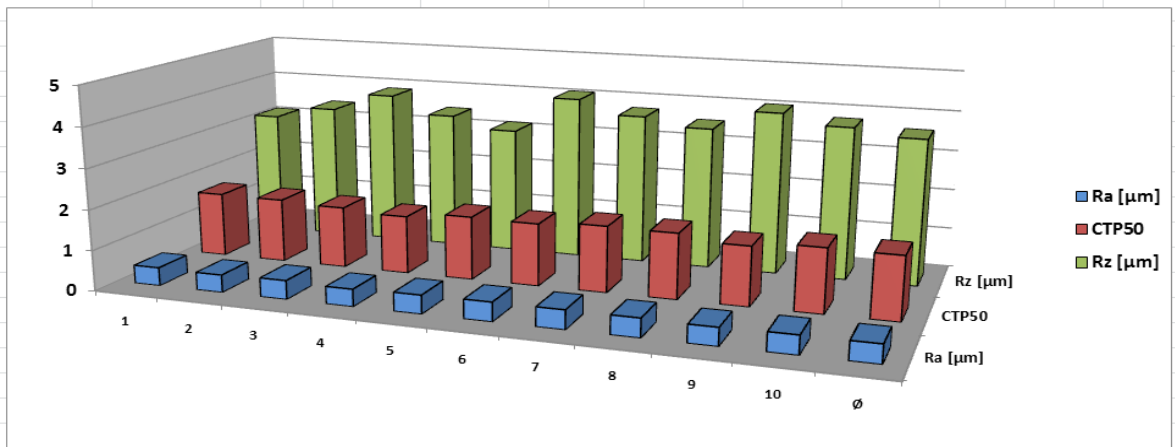
**Obsah hydraulického oleje 39 ml/l**



## Příloha č. 21 – měření drsnosti PK Grindex 0 ml/l hydraulického oleje

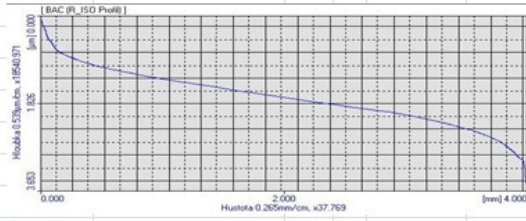
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	GRINDEX	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	PARAMO HM46																																																										
Místa měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5µm, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka: 4,8 mm																																																											
Polotovary: 60 x 60 x 250 mm																																																											
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 0 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [µm]</th> <th>Rz [µm]</th> <th>C<sub>TP50</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,451</td><td>3,134</td><td>1,614</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,435</td><td>3,437</td><td>1,601</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,465</td><td>3,899</td><td>1,537</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,426</td><td>3,462</td><td>1,451</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,458</td><td>3,173</td><td>1,584</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,469</td><td>4,101</td><td>1,56</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,468</td><td>3,76</td><td>1,65</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,462</td><td>3,555</td><td>1,63</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,437</td><td>4,057</td><td>1,474</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,456</td><td>3,811</td><td>1,591</td></tr> <tr><td><b>∅</b></td><td><b>0,4527</b></td><td><b>3,6389</b></td><td><b>1,5692</b></td></tr> <tr><td><b>(+,-)</b></td><td><b>0,0143</b></td><td><b>0,3242</b></td><td><b>0,0617</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 0 ml/l				Měření	Ra [µm]	Rz [µm]	C <sub>TP50</sub>	1	0,451	3,134	1,614	2	0,435	3,437	1,601	3	0,465	3,899	1,537	4	0,426	3,462	1,451	5	0,458	3,173	1,584	6	0,469	4,101	1,56	7	0,468	3,76	1,65	8	0,462	3,555	1,63	9	0,437	4,057	1,474	10	0,456	3,811	1,591	<b>∅</b>	<b>0,4527</b>	<b>3,6389</b>	<b>1,5692</b>	<b>(+,-)</b>	<b>0,0143</b>	<b>0,3242</b>	<b>0,0617</b>
Obsah hydraulického oleje 0 ml/l																																																											
Měření	Ra [µm]	Rz [µm]	C <sub>TP50</sub>																																																								
1	0,451	3,134	1,614																																																								
2	0,435	3,437	1,601																																																								
3	0,465	3,899	1,537																																																								
4	0,426	3,462	1,451																																																								
5	0,458	3,173	1,584																																																								
6	0,469	4,101	1,56																																																								
7	0,468	3,76	1,65																																																								
8	0,462	3,555	1,63																																																								
9	0,437	4,057	1,474																																																								
10	0,456	3,811	1,591																																																								
<b>∅</b>	<b>0,4527</b>	<b>3,6389</b>	<b>1,5692</b>																																																								
<b>(+,-)</b>	<b>0,0143</b>	<b>0,3242</b>	<b>0,0617</b>																																																								

Průměrné hodnoty - graf

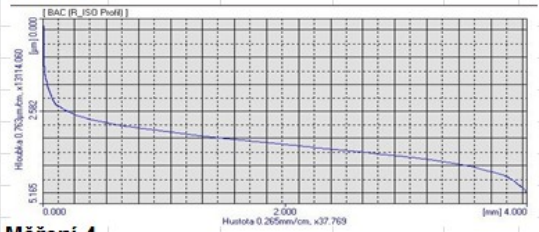


# Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

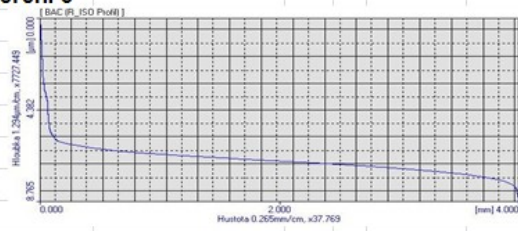
## Měření 1



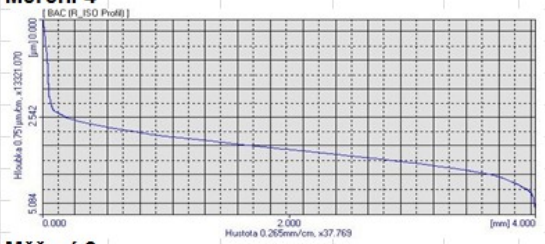
## Měření 2



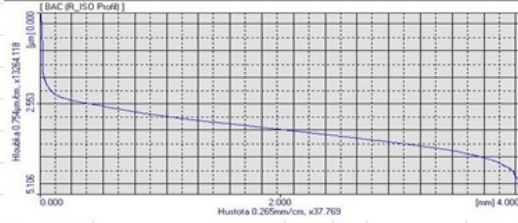
## Měření 3



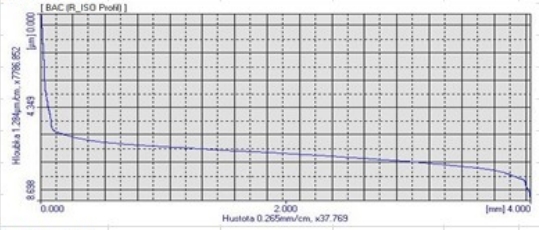
## Měření 4



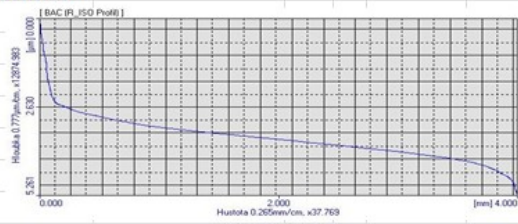
## Měření 5



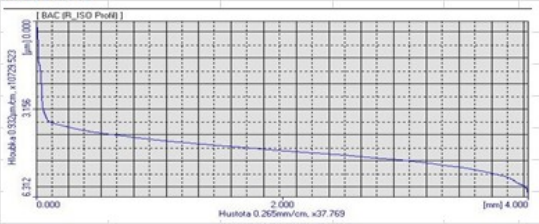
## Měření 6



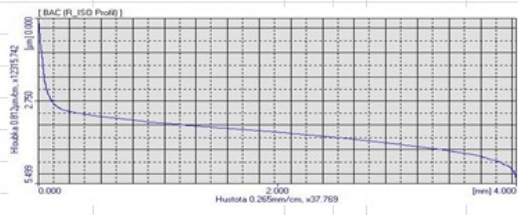
## Měření 7



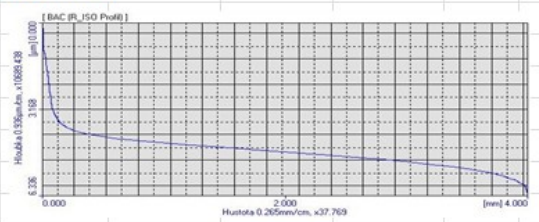
## Měření 8





## Měření 9



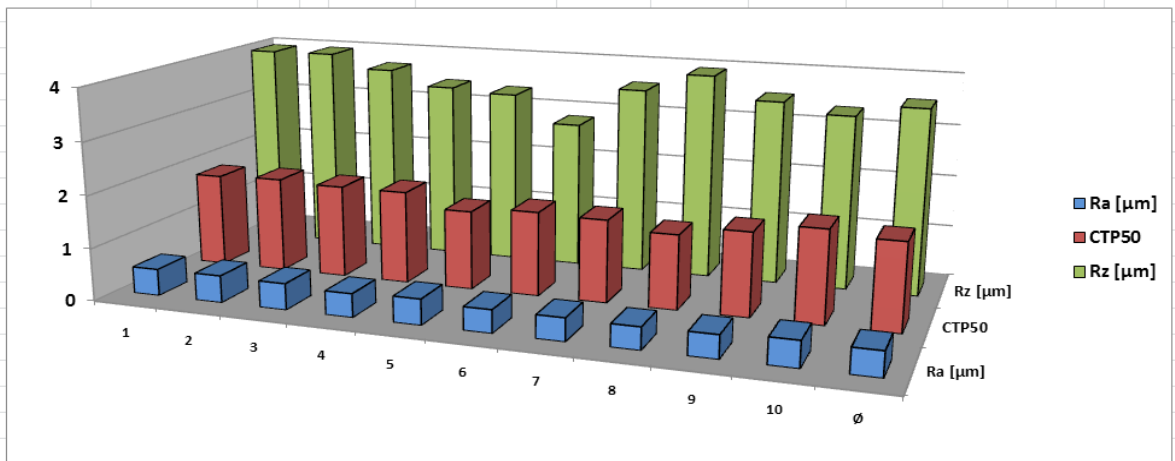
## Měření 10



## Příloha č. 22 – měření drsnosti PK Grindex 13 ml/l hydraulického oleje

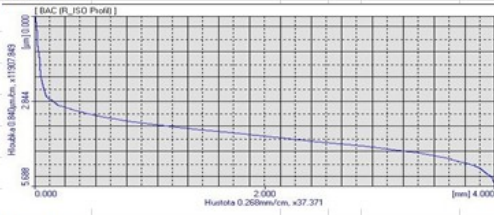
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	GRINDEX	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	PARAMO HM46																																																										
Místa měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5µm, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka: 4,8 mm																																																											
Polotovár: 60 x 60 x 250 mm																																																											
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 13 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [µm]</th> <th>Rz [µm]</th> <th>C<sub>TP50</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,508</td><td>3,957</td><td>1,788</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,515</td><td>3,967</td><td>1,822</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,5</td><td>3,702</td><td>1,78</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,448</td><td>3,419</td><td>1,778</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,488</td><td>3,351</td><td>1,512</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,435</td><td>2,825</td><td>1,613</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,434</td><td>3,587</td><td>1,582</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,42</td><td>3,944</td><td>1,424</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,434</td><td>3,524</td><td>1,596</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,489</td><td>3,338</td><td>1,769</td></tr> <tr><td>∅</td><td><b>0,4671</b></td><td><b>3,5614</b></td><td><b>1,6664</b></td></tr> <tr><td>(+,-)</td><td><b>0,0343</b></td><td><b>0,3385</b></td><td><b>0,1313</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 13 ml/l				Měření	Ra [µm]	Rz [µm]	C <sub>TP50</sub>	1	0,508	3,957	1,788	2	0,515	3,967	1,822	3	0,5	3,702	1,78	4	0,448	3,419	1,778	5	0,488	3,351	1,512	6	0,435	2,825	1,613	7	0,434	3,587	1,582	8	0,42	3,944	1,424	9	0,434	3,524	1,596	10	0,489	3,338	1,769	∅	<b>0,4671</b>	<b>3,5614</b>	<b>1,6664</b>	(+,-)	<b>0,0343</b>	<b>0,3385</b>	<b>0,1313</b>
Obsah hydraulického oleje 13 ml/l																																																											
Měření	Ra [µm]	Rz [µm]	C <sub>TP50</sub>																																																								
1	0,508	3,957	1,788																																																								
2	0,515	3,967	1,822																																																								
3	0,5	3,702	1,78																																																								
4	0,448	3,419	1,778																																																								
5	0,488	3,351	1,512																																																								
6	0,435	2,825	1,613																																																								
7	0,434	3,587	1,582																																																								
8	0,42	3,944	1,424																																																								
9	0,434	3,524	1,596																																																								
10	0,489	3,338	1,769																																																								
∅	<b>0,4671</b>	<b>3,5614</b>	<b>1,6664</b>																																																								
(+,-)	<b>0,0343</b>	<b>0,3385</b>	<b>0,1313</b>																																																								

Průměrné hodnoty - graf

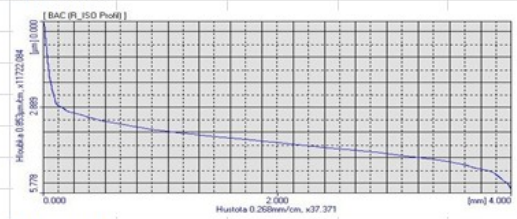


# Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

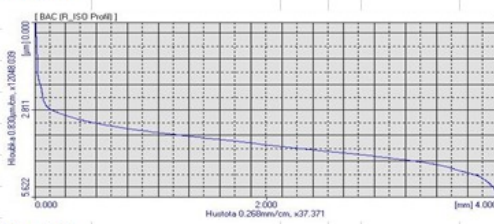
## Měření 1



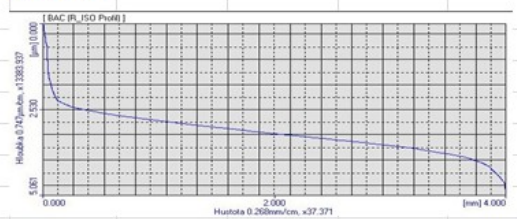
## Měření 2



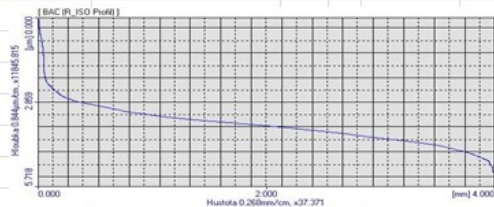
## Měření 3



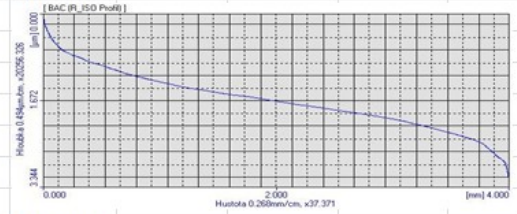
## Měření 4



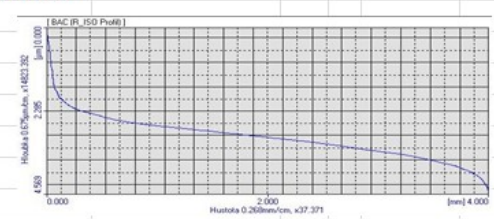
## Měření 5



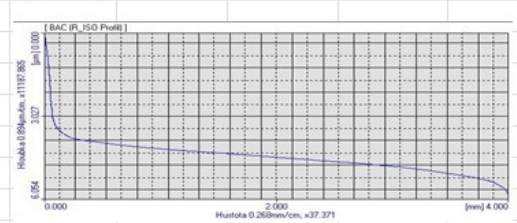
## Měření 6



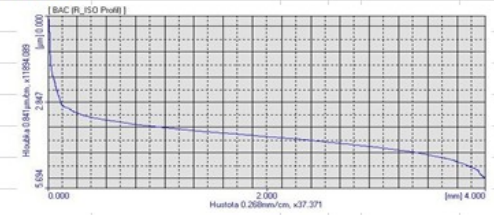
## Měření 7



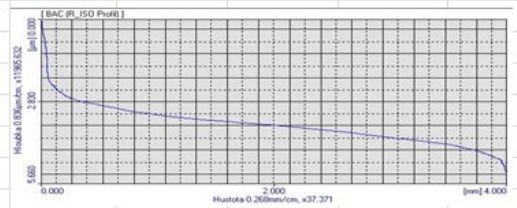
## Měření 8



## Měření 9





## Měření 10



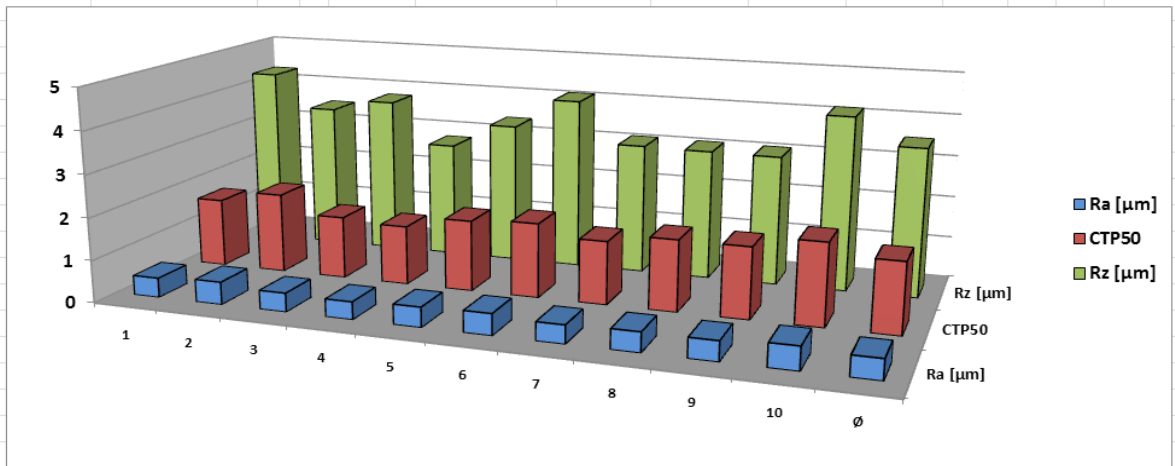




## Příloha č. 23 – měření drsnosti PK Grindex 26 ml/l hydraulického oleje

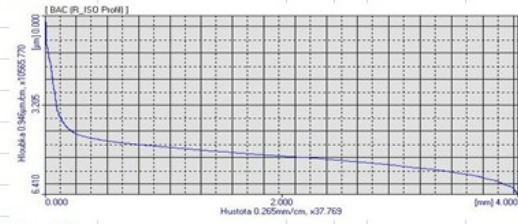
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	GRINDEX	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	PARAMO HM46																																																										
Místa měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka:	4,8 mm																																																										
Polotovár:	60 x 60 x 250 mm																																																										
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 26 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [<math>\mu</math>m]</th> <th>Rz [<math>\mu</math>m]</th> <th>C<sub>TP50</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,463</td><td>4,323</td><td>1,639</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,533</td><td>3,508</td><td>1,91</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,443</td><td>3,788</td><td>1,487</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,414</td><td>2,785</td><td>1,407</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,469</td><td>3,383</td><td>1,687</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,502</td><td>4,113</td><td>1,772</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,431</td><td>3,124</td><td>1,502</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,464</td><td>3,107</td><td>1,693</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,462</td><td>3,094</td><td>1,687</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,54</td><td>4,158</td><td>1,945</td></tr> <tr><td><math>\bar{\phi}</math></td><td><b>0,4721</b></td><td><b>3,5383</b></td><td><b>1,6729</b></td></tr> <tr><td>(+,-)</td><td><b>0,0392</b></td><td><b>0,5040</b></td><td><b>0,1663</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 26 ml/l				Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>	1	0,463	4,323	1,639	2	0,533	3,508	1,91	3	0,443	3,788	1,487	4	0,414	2,785	1,407	5	0,469	3,383	1,687	6	0,502	4,113	1,772	7	0,431	3,124	1,502	8	0,464	3,107	1,693	9	0,462	3,094	1,687	10	0,54	4,158	1,945	$\bar{\phi}$	<b>0,4721</b>	<b>3,5383</b>	<b>1,6729</b>	(+,-)	<b>0,0392</b>	<b>0,5040</b>	<b>0,1663</b>
Obsah hydraulického oleje 26 ml/l																																																											
Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>																																																								
1	0,463	4,323	1,639																																																								
2	0,533	3,508	1,91																																																								
3	0,443	3,788	1,487																																																								
4	0,414	2,785	1,407																																																								
5	0,469	3,383	1,687																																																								
6	0,502	4,113	1,772																																																								
7	0,431	3,124	1,502																																																								
8	0,464	3,107	1,693																																																								
9	0,462	3,094	1,687																																																								
10	0,54	4,158	1,945																																																								
$\bar{\phi}$	<b>0,4721</b>	<b>3,5383</b>	<b>1,6729</b>																																																								
(+,-)	<b>0,0392</b>	<b>0,5040</b>	<b>0,1663</b>																																																								

Průměrné hodnoty - graf

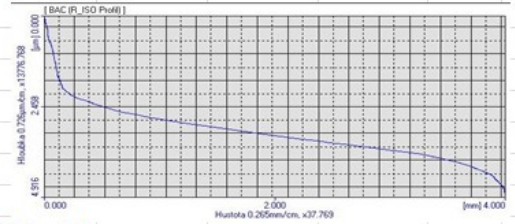


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

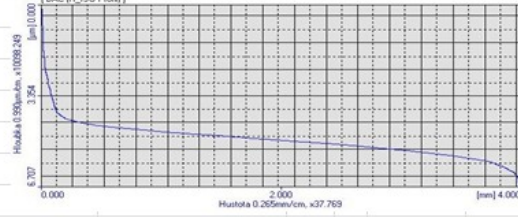
### Měření 1



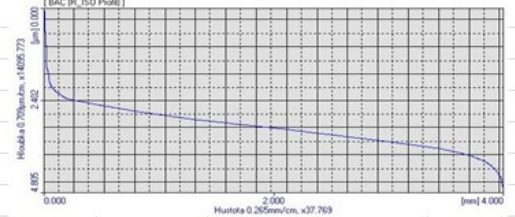
### Měření 2



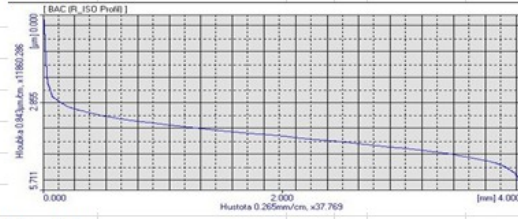
### Měření 3



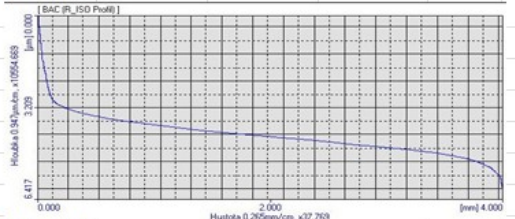
### Měření 4



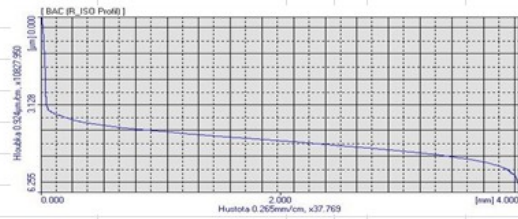
### Měření 5



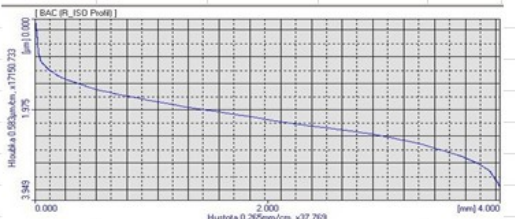
### Měření 6



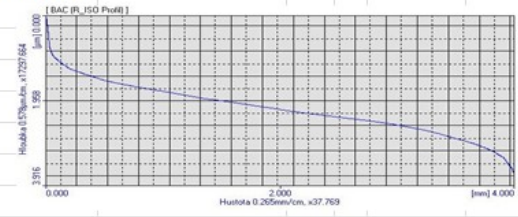
### Měření 7



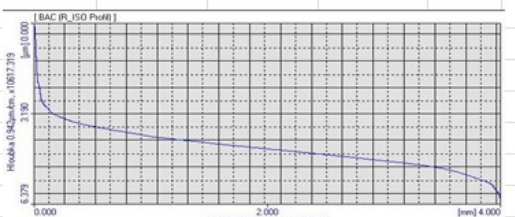
### Měření 8





### Měření 9



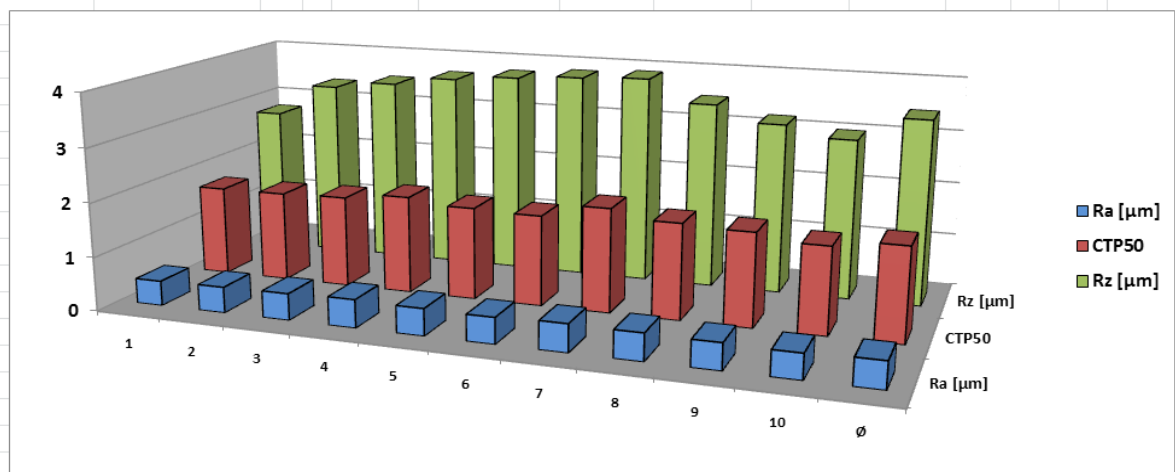
### Měření 10



## Příloha č. 24 – měření drsnosti PK Grindex 39 ml/l hydraulického oleje

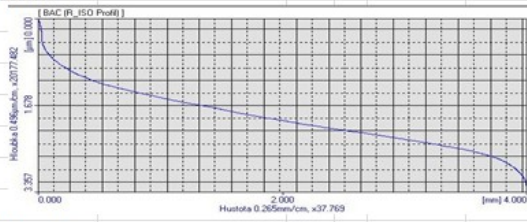
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	GRINDEX	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	PARAMO HM46																																																										
Mista měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka: 4,8 mm																																																											
Polotovar: 60 x 60 x 250 mm																																																											
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 39 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [μm]</th> <th>Rz [μm]</th> <th>CTP50</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,461</td><td>2,755</td><td>1,678</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,479</td><td>3,377</td><td>1,682</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,493</td><td>3,511</td><td>1,71</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,521</td><td>3,675</td><td>1,825</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,499</td><td>3,773</td><td>1,725</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,483</td><td>3,847</td><td>1,693</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,515</td><td>3,898</td><td>1,942</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,502</td><td>3,488</td><td>1,786</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,485</td><td>3,195</td><td>1,741</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,461</td><td>2,998</td><td>1,615</td></tr> <tr><td>∅</td><td><b>0,4899</b></td><td><b>3,4517</b></td><td><b>1,7397</b></td></tr> <tr><td>(+,-)</td><td><b>0,0192</b></td><td><b>0,3572</b></td><td><b>0,0874</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 39 ml/l				Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	CTP50	1	0,461	2,755	1,678	2	0,479	3,377	1,682	3	0,493	3,511	1,71	4	0,521	3,675	1,825	5	0,499	3,773	1,725	6	0,483	3,847	1,693	7	0,515	3,898	1,942	8	0,502	3,488	1,786	9	0,485	3,195	1,741	10	0,461	2,998	1,615	∅	<b>0,4899</b>	<b>3,4517</b>	<b>1,7397</b>	(+,-)	<b>0,0192</b>	<b>0,3572</b>	<b>0,0874</b>
Obsah hydraulického oleje 39 ml/l																																																											
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	CTP50																																																								
1	0,461	2,755	1,678																																																								
2	0,479	3,377	1,682																																																								
3	0,493	3,511	1,71																																																								
4	0,521	3,675	1,825																																																								
5	0,499	3,773	1,725																																																								
6	0,483	3,847	1,693																																																								
7	0,515	3,898	1,942																																																								
8	0,502	3,488	1,786																																																								
9	0,485	3,195	1,741																																																								
10	0,461	2,998	1,615																																																								
∅	<b>0,4899</b>	<b>3,4517</b>	<b>1,7397</b>																																																								
(+,-)	<b>0,0192</b>	<b>0,3572</b>	<b>0,0874</b>																																																								

### Průměrné hodnoty - graf

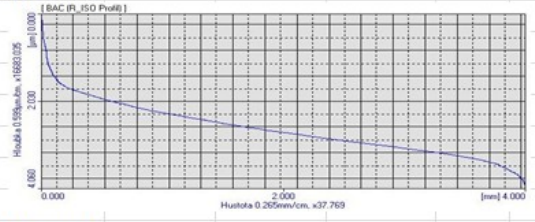


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

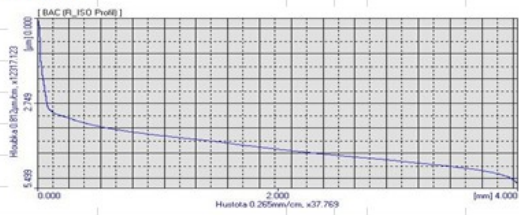
### Měření 1



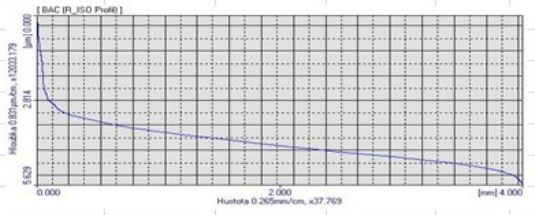
### Měření 2



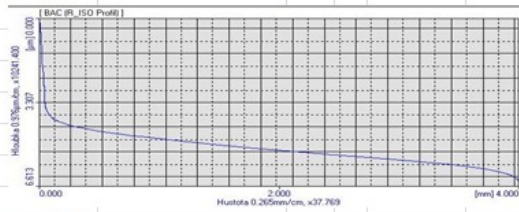
### Měření 3



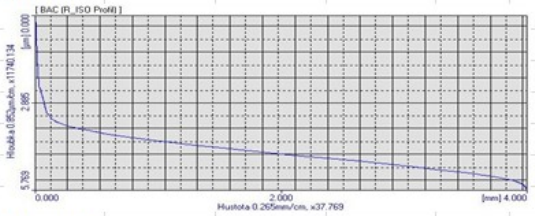
### Měření 4



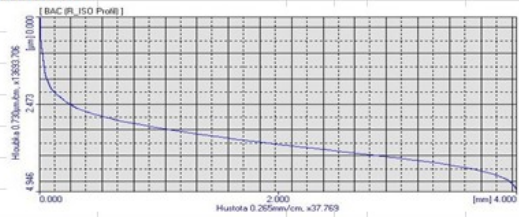
### Měření 5



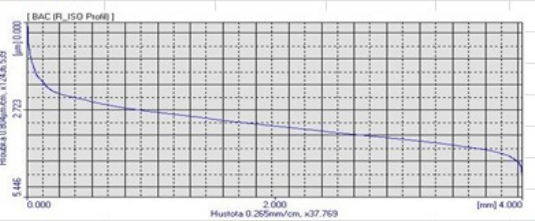
### Měření 6



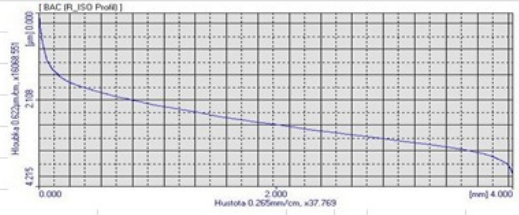
### Měření 7



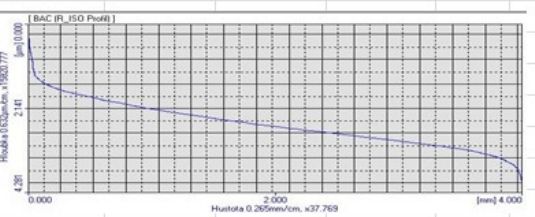
### Měření 8





### Měření 9



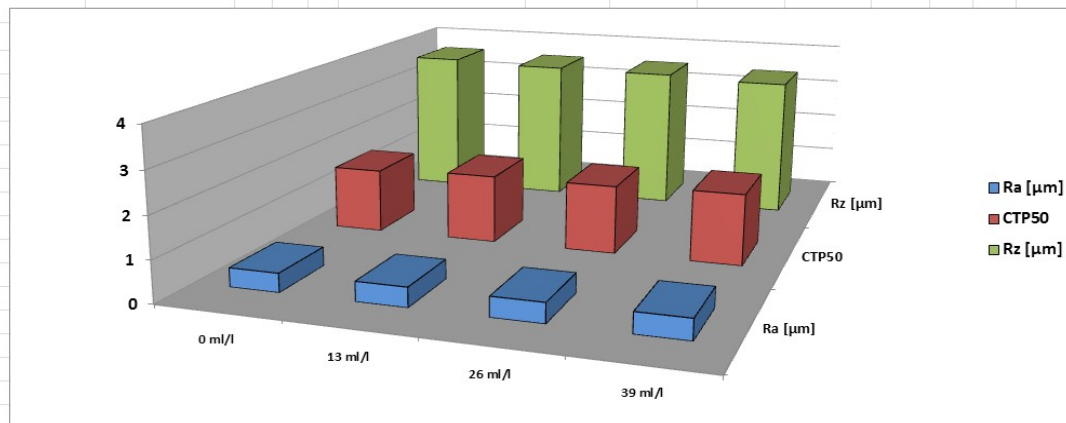
### Měření 10



## Příloha č. 25 – měření drsnosti PK Grindex – průměrné hodnoty

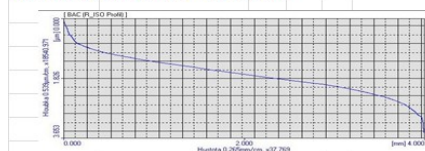
Měření drsnosti povrchu		datum měření: 9.5.2016	
- procesní kapalina:	GRINDEX	- obráběný materiál:	ČSN 17 240
- hydraulický olej:	PARAMO HM46	- měření provedl:	Schindelarz
Místa měření		Fotografická dokumentace	
			
Podmínky měření			
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo SurfTest SV-2000.			
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5µm, vrcholový úhel 90°)			
Měřená délka: 4,8 mm			
Polotovary: 60 x 60 x 250 mm			
Naměřené hodnoty - tabulka			
Průměrné hodnoty			
Obsah hydraulického oleje	Ra [µm]	Rz [µm]	CTP50
0 ml/l	0,4527	3,6389	1,5692
13 ml/l	0,4671	3,5614	1,6664
26 ml/l	0,4721	3,5383	1,6729
39 ml/l	0,4899	3,4517	1,7397

### Průměrné hodnoty - graf

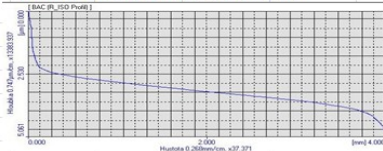


### Křivka materiálového podílu jednotlivých procesních kapalin

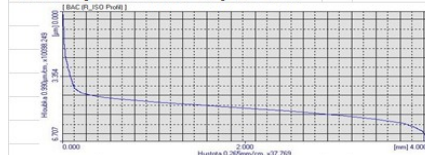
#### Obsah hydraulického oleje 0 ml/l



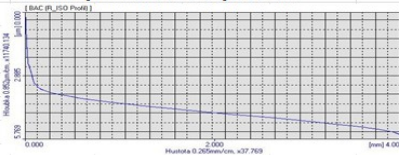
#### Obsah hydraulického oleje 13 ml/l





#### Obsah hydraulického oleje 26 ml/l



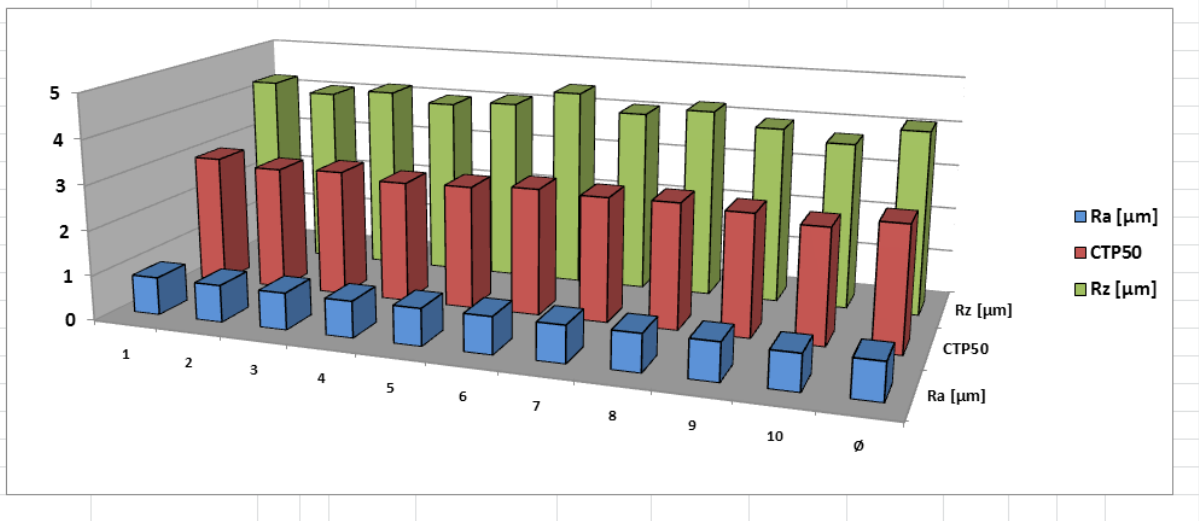
#### Obsah hydraulického oleje 39 ml/l



## Příloha č. 26 – měření drsnosti PK B-Cool 0 ml/l hydraulického oleje

Měření drsnosti povrchu			
- procesní kapalina:	B-COOL	datum měření:	9.5.2016
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		
Místa měření		Fotografická dokumentace	
			
Podmínky měření			
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.			
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)			
Měřená délka:	4,8 mm		
Polotovár:	60 x 60 x 250 mm		
Naměřené hodnoty - tabulka			
Obsah hydraulického oleje 0 ml/l			
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	C <sub>TP50</sub>
1	0,842	4,247	2,912
2	0,829	4,062	2,785
3	0,822	4,191	2,841
4	0,811	4,006	2,717
5	0,826	4,106	2,752
6	0,826	4,454	2,836
7	0,82	4,074	2,784
8	0,829	4,233	2,802
9	0,839	3,945	2,717
10	0,794	3,712	2,561
∅	<b>0,8238</b>	<b>4,103</b>	<b>2,7707</b>
(+,-)	<b>0,0130</b>	<b>0,1893</b>	<b>0,0898</b>

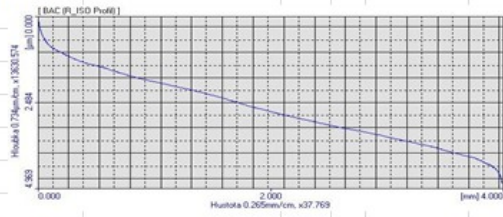
Průměrné hodnoty - graf



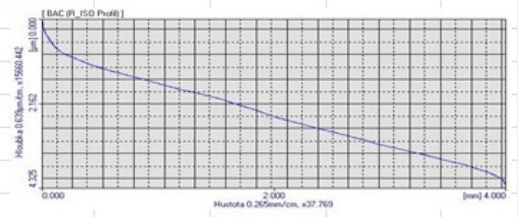


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

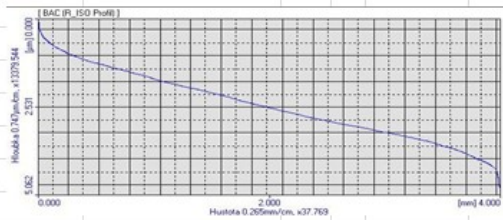
### Měření 1



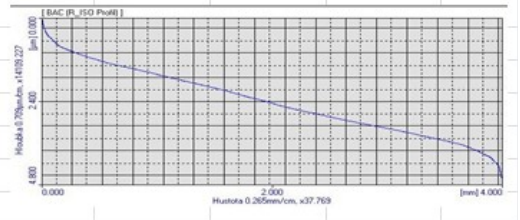
### Měření 2



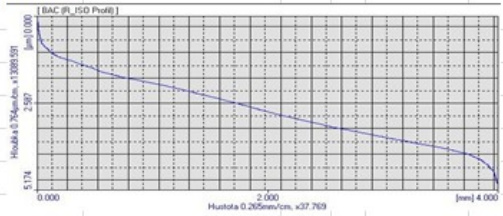
### Měření 3



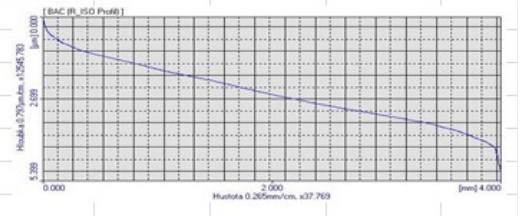
### Měření 4



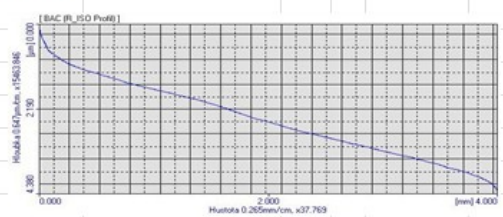
### Měření 5



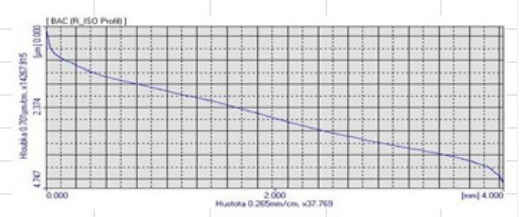
### Měření 6



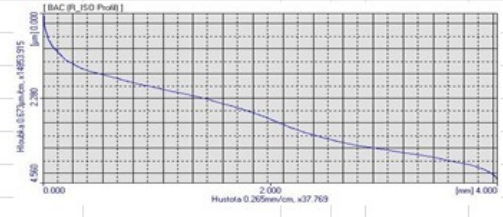
### Měření 7



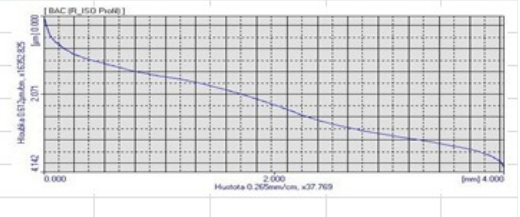
### Měření 8





### Měření 9



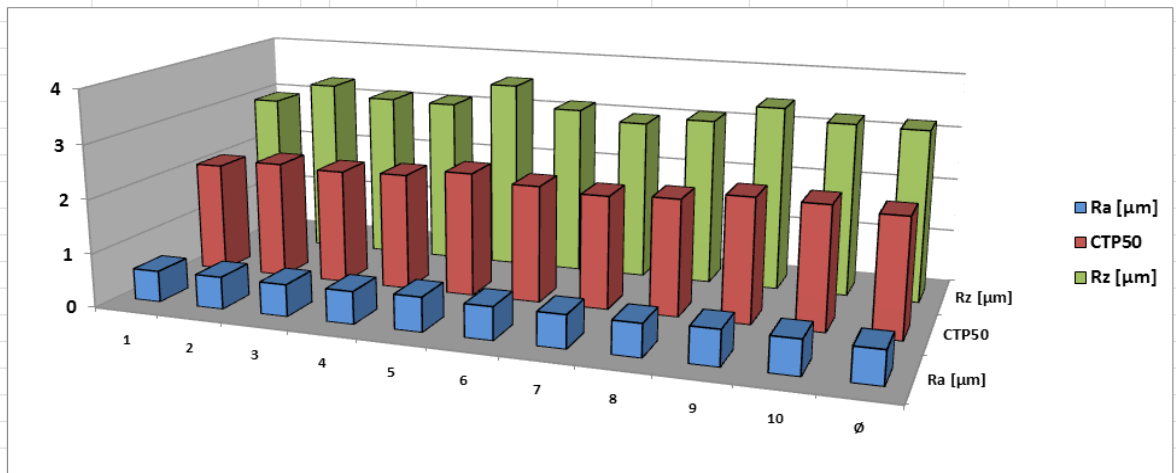
### Měření 10



## Příloha č. 27 – měření drsnosti PK B-Cool 13 ml/l hydraulického oleje

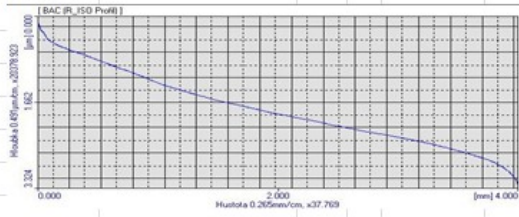
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	B-COOL	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	PARAMO HM46																																																										
Místa měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka:	4,8 mm																																																										
Polotovár:	60 x 60 x 250 mm																																																										
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 13 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [<math>\mu</math>m]</th> <th>Rz [<math>\mu</math>m]</th> <th>C<sub>TP50</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,58</td><td>2,95</td><td>2,065</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,599</td><td>3,335</td><td>2,193</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,592</td><td>3,137</td><td>2,143</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,602</td><td>3,113</td><td>2,178</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,638</td><td>3,558</td><td>2,31</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,607</td><td>3,159</td><td>2,176</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,609</td><td>2,984</td><td>2,102</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,603</td><td>3,114</td><td>2,156</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,649</td><td>3,442</td><td>2,301</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,634</td><td>3,229</td><td>2,278</td></tr> <tr><td><math>\bar{\varnothing}</math></td><td><b>0,6113</b></td><td><b>3,2021</b></td><td><b>2,1902</b></td></tr> <tr><td>(+,-)</td><td><b>0,0208</b></td><td><b>0,1832</b></td><td><b>0,0785</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 13 ml/l				Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>	1	0,58	2,95	2,065	2	0,599	3,335	2,193	3	0,592	3,137	2,143	4	0,602	3,113	2,178	5	0,638	3,558	2,31	6	0,607	3,159	2,176	7	0,609	2,984	2,102	8	0,603	3,114	2,156	9	0,649	3,442	2,301	10	0,634	3,229	2,278	$\bar{\varnothing}$	<b>0,6113</b>	<b>3,2021</b>	<b>2,1902</b>	(+,-)	<b>0,0208</b>	<b>0,1832</b>	<b>0,0785</b>
Obsah hydraulického oleje 13 ml/l																																																											
Měření	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>																																																								
1	0,58	2,95	2,065																																																								
2	0,599	3,335	2,193																																																								
3	0,592	3,137	2,143																																																								
4	0,602	3,113	2,178																																																								
5	0,638	3,558	2,31																																																								
6	0,607	3,159	2,176																																																								
7	0,609	2,984	2,102																																																								
8	0,603	3,114	2,156																																																								
9	0,649	3,442	2,301																																																								
10	0,634	3,229	2,278																																																								
$\bar{\varnothing}$	<b>0,6113</b>	<b>3,2021</b>	<b>2,1902</b>																																																								
(+,-)	<b>0,0208</b>	<b>0,1832</b>	<b>0,0785</b>																																																								

Průměrné hodnoty - graf

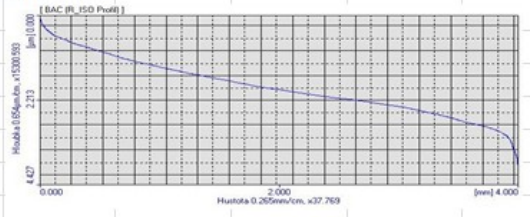


# Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

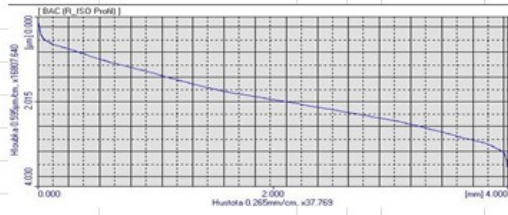
## Měření 1



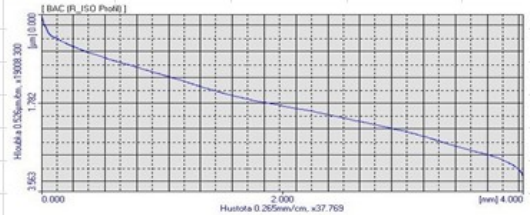
## Měření 2



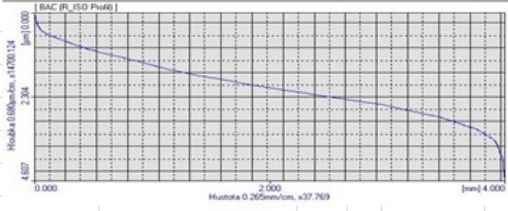
## Měření 3



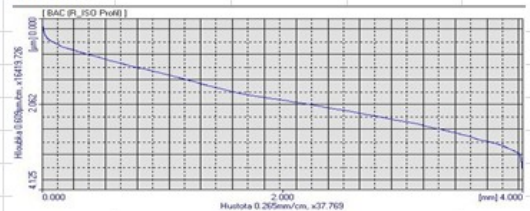
## Měření 4



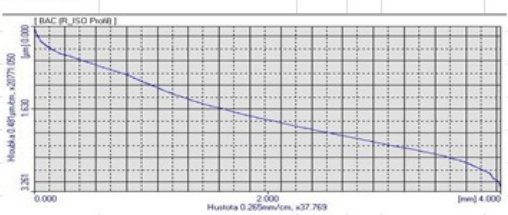
## Měření 5



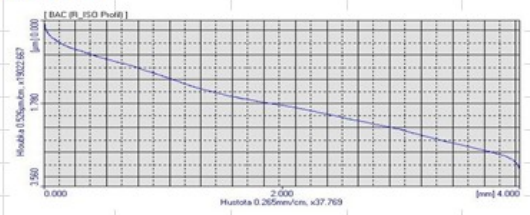
## Měření 6



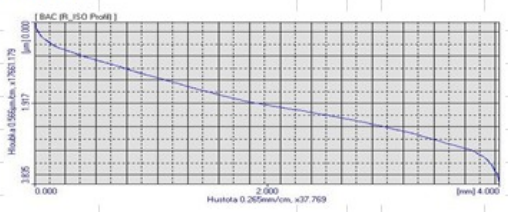
## Měření 7



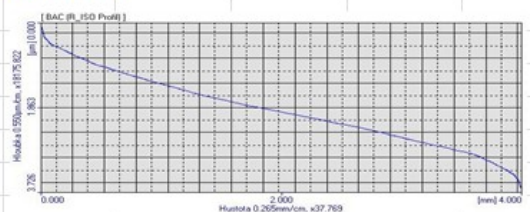
## Měření 8





## Měření 9



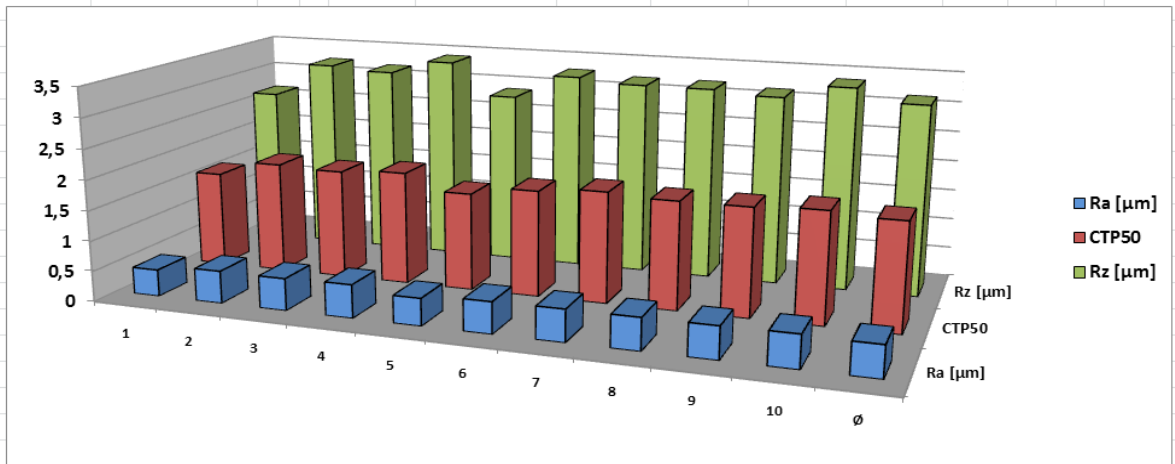
## Měření 10



## Příloha č. 28 – měření drsnosti PK B-Cool 26 ml/l hydraulického oleje

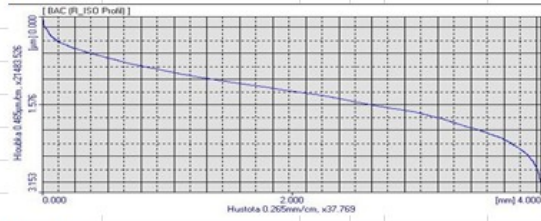
Měření drsnosti povrchu																																																											
- procesní kapalina:	<b>B-COOL</b>	datum měření:	9.5.2016																																																								
- obráběný materiál:	<b>ČSN 17 240</b>	měření provedl:	Schindelarz																																																								
- hydraulický olej:	<b>PARAMO HM46</b>																																																										
Místa měření		Fotografická dokumentace																																																									
																																																											
Podmínky měření																																																											
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.																																																											
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)																																																											
Měřená délka: 4,8 mm																																																											
Polotovar: 60 x 60 x 250 mm																																																											
Naměřené hodnoty - tabulka																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Obsah hydraulického oleje 26 ml/l</th> </tr> <tr> <th>Měření</th> <th>Ra [μm]</th> <th>Rz [μm]</th> <th>C<sub>TP50</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0,441</td><td>2,657</td><td>1,596</td></tr> <tr><td>2</td><td>0,535</td><td>3,242</td><td>1,849</td></tr> <tr><td>3</td><td>0,528</td><td>3,181</td><td>1,814</td></tr> <tr><td>4</td><td>0,546</td><td>3,415</td><td>1,878</td></tr> <tr><td>5</td><td>0,448</td><td>2,877</td><td>1,62</td></tr> <tr><td>6</td><td>0,517</td><td>3,285</td><td>1,762</td></tr> <tr><td>7</td><td>0,526</td><td>3,212</td><td>1,842</td></tr> <tr><td>8</td><td>0,525</td><td>3,211</td><td>1,79</td></tr> <tr><td>9</td><td>0,526</td><td>3,145</td><td>1,792</td></tr> <tr><td>10</td><td>0,534</td><td>3,368</td><td>1,837</td></tr> <tr><td>∅</td><td><b>0,5126</b></td><td><b>3,1593</b></td><td><b>1,778</b></td></tr> <tr><td>(+,-)</td><td><b>0,0348</b></td><td><b>0,2167</b></td><td><b>0,0909</b></td></tr> </tbody> </table>				Obsah hydraulického oleje 26 ml/l				Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	C <sub>TP50</sub>	1	0,441	2,657	1,596	2	0,535	3,242	1,849	3	0,528	3,181	1,814	4	0,546	3,415	1,878	5	0,448	2,877	1,62	6	0,517	3,285	1,762	7	0,526	3,212	1,842	8	0,525	3,211	1,79	9	0,526	3,145	1,792	10	0,534	3,368	1,837	∅	<b>0,5126</b>	<b>3,1593</b>	<b>1,778</b>	(+,-)	<b>0,0348</b>	<b>0,2167</b>	<b>0,0909</b>
Obsah hydraulického oleje 26 ml/l																																																											
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	C <sub>TP50</sub>																																																								
1	0,441	2,657	1,596																																																								
2	0,535	3,242	1,849																																																								
3	0,528	3,181	1,814																																																								
4	0,546	3,415	1,878																																																								
5	0,448	2,877	1,62																																																								
6	0,517	3,285	1,762																																																								
7	0,526	3,212	1,842																																																								
8	0,525	3,211	1,79																																																								
9	0,526	3,145	1,792																																																								
10	0,534	3,368	1,837																																																								
∅	<b>0,5126</b>	<b>3,1593</b>	<b>1,778</b>																																																								
(+,-)	<b>0,0348</b>	<b>0,2167</b>	<b>0,0909</b>																																																								

Průměrné hodnoty - graf

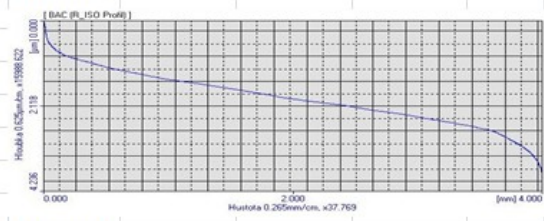


# Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

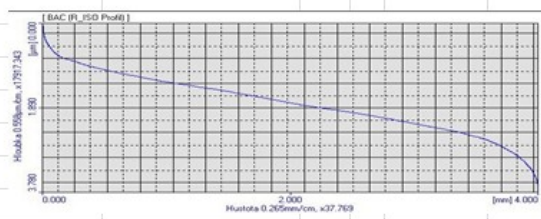
## Měření 1



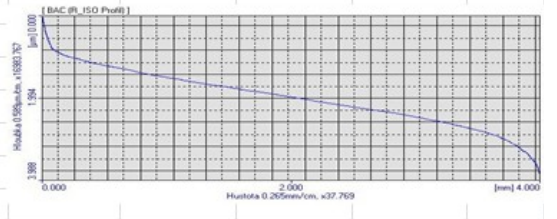
## Měření 2



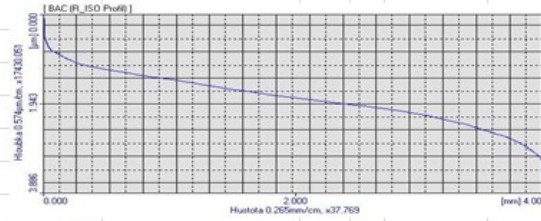
## Měření 3



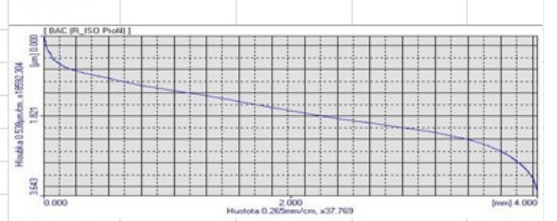
## Měření 4



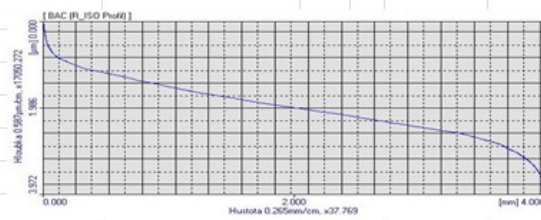
## Měření 5



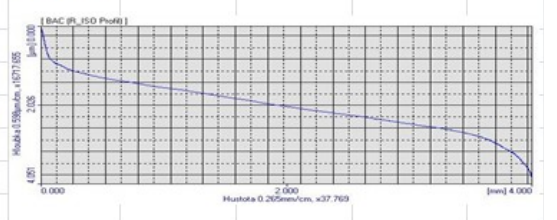
## Měření 6



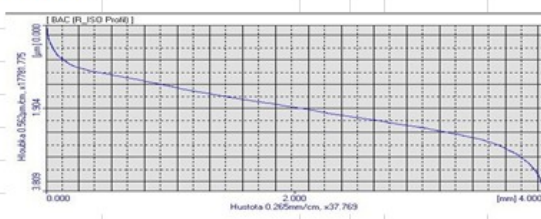
## Měření 7



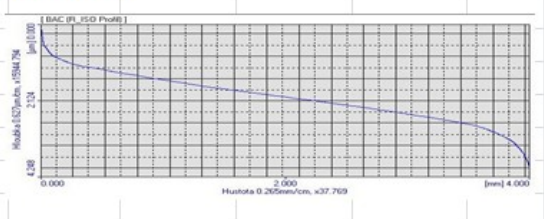
## Měření 8





## Měření 9



## Měření 10

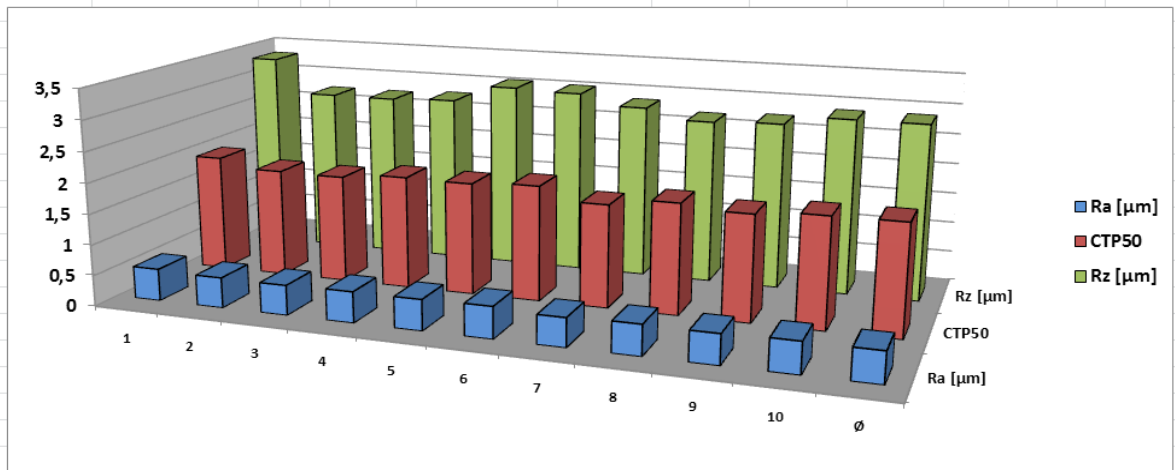


## Příloha č. 29 – měření drsnosti PK B-Cool 39 ml/l hydraulického oleje

Měření drsnosti povrchu			
- procesní kapalina:	B-COOL	datum měření:	9.5.2016
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		
Místa měření		Fotografická dokumentace	
			
Podmínky měření			
Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.			
Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5μm, vrcholový úhel 90°)			
Měřená délka:	4,8 mm		
Polotovar:	60 x 60 x 250 mm		
Naměřené hodnoty - tabulka			
Obsah hydraulického oleje 39 ml/l			
Měření	Ra [μm]	Rz [μm]	C <sub>TP50</sub>
1	0,524	3,324	1,928
2	0,495	2,744	1,785
3	0,488	2,742	1,773
4	0,503	2,781	1,855
5	0,502	3,069	1,843
6	0,516	3,038	1,895
7	0,467	2,865	1,688
8	0,494	2,701	1,811
9	0,483	2,741	1,736
10	0,503	2,889	1,807
∅	<b>0,4975</b>	<b>2,8894</b>	<b>1,8121</b>
(+,-)	<b>0,0154</b>	<b>0,1887</b>	<b>0,0683</b>

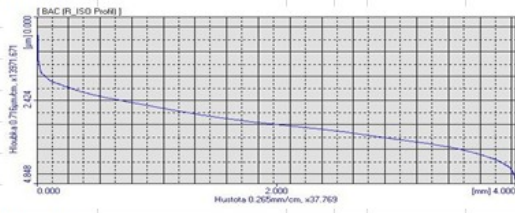


Průměrné hodnoty - graf

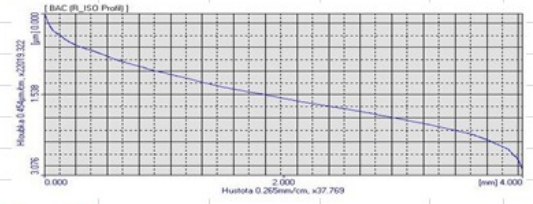


## Křivka materiálového podílu jednotlivých měření

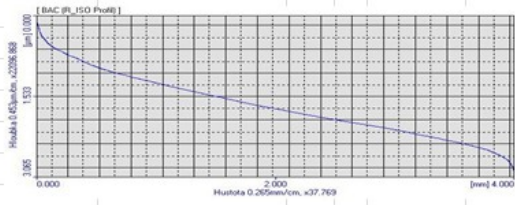
### Měření 1



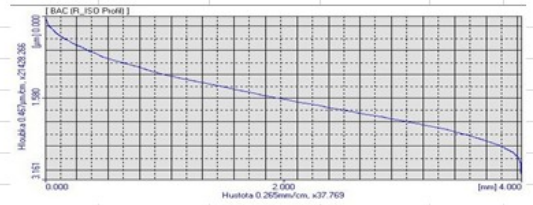
### Měření 2



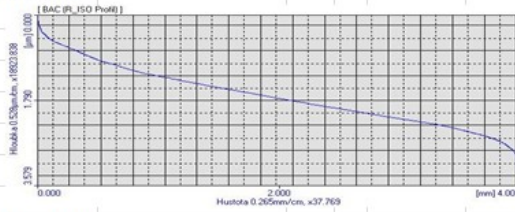
### Měření 3



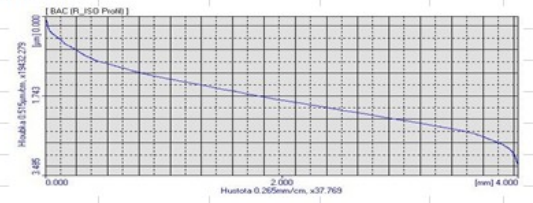
### Měření 4



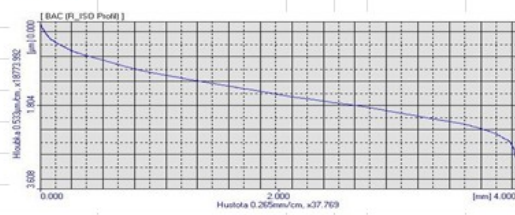
### Měření 5



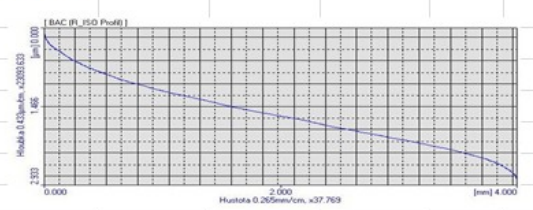
### Měření 6



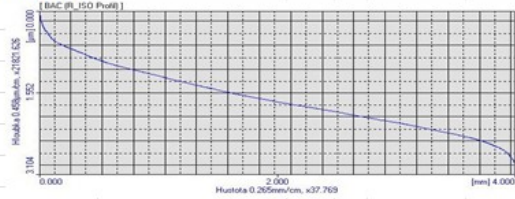
### Měření 7



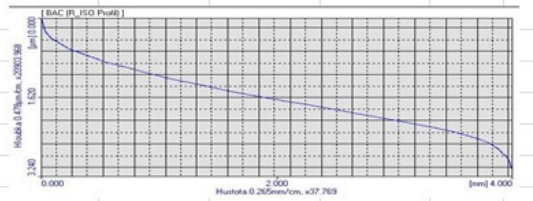
### Měření 8



### Měření 9



### Měření 10



## Příloha č. 30 – měření drsnosti PK B-Cool – průměrné hodnoty

Měření drsnosti povrchu			
- procesní kapalina:	B-COOL	datum měření:	9.5.2016
- obráběný materiál:	ČSN 17 240	měření provedl:	Schindelarz
- hydraulický olej:	PARAMO HM46		

### Mista měření



### Fotografická dokumentace



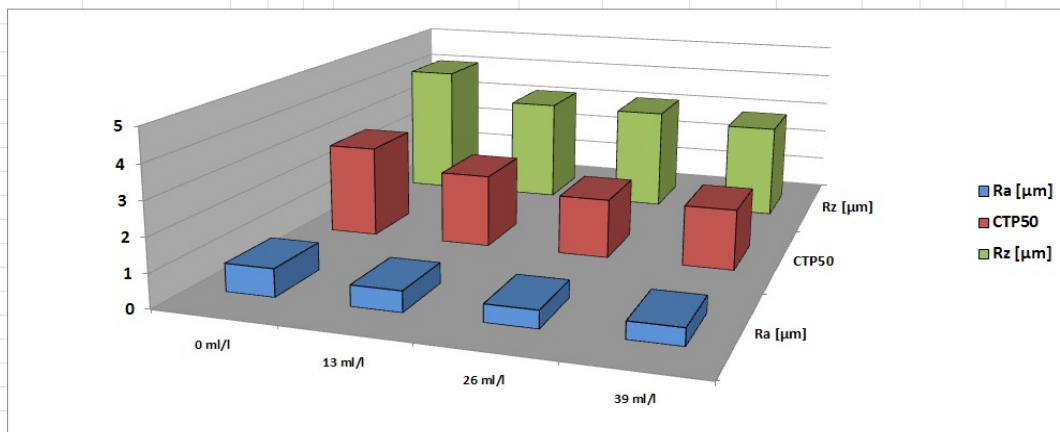
### Podmínky měření

Měření bylo provedeno dotykovou metodou pomocí přístroje Mitutoyo Surftest SV-2000.  
 Použité příslušenství: dotek č. 12AAB403 - standardní dotek (rádius 5 $\mu$ m, vrcholový úhel 90°)  
 Měřená délka: 4,8 mm  
 Polotovár: 60 x 60 x 250 mm

### Naměřené hodnoty - tabulka

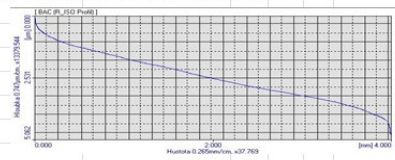
Průměrné hodnoty			
Obsah hydraulického oleje	Ra [ $\mu$ m]	Rz [ $\mu$ m]	C <sub>TP50</sub>
0 ml/l	0,8238	4,103	2,7707
13 ml/l	0,6113	3,2021	2,1902
26 ml/l	0,5126	3,1593	1,778
39 ml/l	0,4975	2,8894	1,8121

**Průměrné hodnoty - graf**

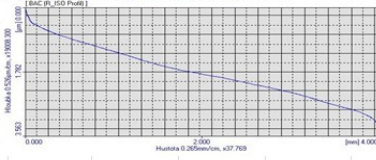


**Křivka materiálového podílu jednotlivých procesních kapalin**

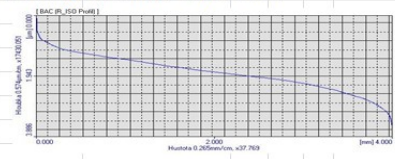
**Obsah hydraulického oleje 0 ml/l**



**Obsah hydraulického oleje 13 ml/l**



**Obsah hydraulického oleje 26 ml/l**



**Obsah hydraulického oleje 39 ml/l**

