



# ZJIŠŤOVÁNÍ VLIVU HLOUBKY VRTÁNÍ NA SCHOPNOST PROCESNÍCH KAPALIN PRONIKAT DO ZÓNY ŘEZÁNÍ

## Diplomová práce

*Studijní program:* N2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301T048 – Strojírenská technologie a materiály  
*Autor práce:* **Bc. Michal Černík**  
*Vedoucí práce:* prof. Ing. Alexey Popov, DrSc.



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal Černík**  
Osobní číslo: **S14000659**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Strojírenská technologie a materiály**  
Název tématu: **Zjišťování vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání**  
Zadávací katedra: **Katedra obrábění a montáže**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Rešerše literárních poznatků o vlivu procesních kapalin na obrábění, klasifikace procesních kapalin pro obrábění, vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin, analýza vlivu procesních kapalin na jakost obrobeneho povrchu.
2. Shrnutí poznatků o integritě povrchu po obrábění a metodách měření drsnosti povrchu.
3. Návrh metodiky experimentů pro zkoumání vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání.
4. Realizace experimentů v laboratořích KOM FS TUL.
5. Hodnocení vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání.
6. Shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků a vyvození závěrů.

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

[1] LICEK, R., POPOV, A. Modern fluids and tool materials for turning of construction steel. *Manufacturing Engineering. Rec. M. Havrila aj. roč. 10, červen 2011, č. 2., s. 42 - 44. ISSN 1335-7972.*

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

[3] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje. Rec. P. Holubář, V. Šída. 1. vyd. Praha: MM publishing s.r.o., 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.*

[4] SANDVIK Coromant, Sandviken: *Technická příručka obrábění, soustružení, frézování, vrtání, vyvrtávání, upínání nástrojů. 2005.601 s.*

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

[6] ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. 1999. Praha: Český normalizační institut.*

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: 9. března 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 9. června 2016

  
prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



  
doc. Ing. Jan Jersák, CSc.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 9. března 2015

## 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:

## **Zjišťování vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání**

### *ANOTACE:*

První část diplomové práce popisuje poznatky o vlivu procesních kapalin na obrábění, klasifikaci, charakteristiky a vlastnosti procesních kapalin. Dále tato práce shrnuje poznatky o integritě povrchu po obrábění a metodách měření drsnosti. V rámci řešení byla navržena metodika experimentů pro zjišťování vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání. Bylo odzkoušeno jedenáct vodou mísitelných procesních kapalin od různých výrobců. Výsledkem diplomové práce bylo určení optimální hloubky vrtání pro zjišťování schopnosti procesních kapalin pronikat do zóny řezání. Dále byly určeny procesní kapaliny s nejlepší schopností pronikat do zóny řezání.

**Klíčová slova:** vrtání, drsnost povrchu, nárůstek, procesní kapalina, hliník

## **Determination of the influence the drilling depth on the ability to cutting fluids to penetrate into the cutting zone**

### *ANNOTATION:*

The first part of diploma thesis describes the knowledge about the influence of cutting fluids after machining, classification, characteristics and properties of cutting fluids. This thesis summarizes the knowledge about the integrity of the surface after machining and roughness measurement methods. It was designed the methodology of experiments to detect the influence of the drilling depth on the ability to cutting fluids to penetrate into the cutting zone. It has been tested in eleven water-miscible cutting fluids from various producers. The result of this thesis was to determine the optimal drilling depth for detecting the ability of process fluids to penetrate the cutting zone. It has been determined the cutting fluid with the best ability to penetrate into the cutting zone.

**Keywords:** drilling, surface roughness, cutting fluid, aluminum

Zpracovatel: TU, FS v Liberci, KOM

Dokončeno: 2015

Archivní označ. zprávy:

Počet stran: 78

Počet příloh: 14

Počet obrázků: 34

Počet tabulek: 5

Počet grafů: 13

## *PODĚKOVÁNÍ*

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu Prof. Ing. Alexeyi Popovovi, DrSc za poskytnuté informace, podnětné rady a čas, který mi věnoval při tvorbě této diplomové práce.

Také bych chtěl poděkovat panu Ing. Miloslavu Ledvinovi a Ing. Jiřímu Karáskovi za podporu, rady a cennou pomoc při řešení a provádění měření v laboratořích katedry obrábění a montáže.

Rád bych také poděkoval své rodině, svým blízkým a všem, kteří mi pomáhali a podporovali mě při řešení diplomové práce.

Katedra obrábění a montáže

Evidenční číslo práce: **KOM 1270**

Jméno a příjmení: **Bc. Michal ČERNÍK**

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

Počet stran: 78  
Počet příloh: 14  
Počet tabulek: 34  
Počet obrázků: 5  
Počet diagramů: 13



SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ.....	11
ÚVOD.....	13
1. REŠERŠE LITERÁRNÍCH POZNATKŮ O VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA OBRÁBĚNÍ, KLASIFIKACE PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN.....	14
1.1 Rešerše literárních poznatků o vlivu procesních kapalin na obrábění.....	14
1.1.1 Mechanismus tvorby třísky .....	15
1.2 Klasifikace procesních kapalin pro obrábění.....	17
1.2.1 Vodné roztoky .....	18
1.2.2 Emulzní kapaliny .....	18
1.2.3 Mastné oleje .....	19
1.2.4 Minerální oleje .....	19
1.2.5 Zušlechtěné řezné oleje .....	19
1.2.6 Syntetické a polosyntetické kapaliny .....	20
1.3 Vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin .....	21
1.4 Způsoby přívodu procesní kapaliny do místa řezu .....	24
1.5 Chlazení plynnými látkami.....	28
1.6 Vliv procesních kapalin na jakost obrobeného povrchu.....	28
2. SHRNUTÍ POZNATKŮ O INTEGRITĚ POVRCHU PO OBRÁBĚNÍ A METODÁCH MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU .....	30
2.1 Shrnutí poznatků o integritě povrchu po obrábění .....	30
2.2 Drsnost povrchu.....	32
2.2.1 Základní parametry popisující drsnost povrchu.....	33
2.3 Metody měření drsnosti povrchu .....	38
3. NÁVRH METODIKY EXPERIMENTŮ PRO ZKOUMÁNÍ VLIVŮ HLOUBKY VRTÁNÍ NA SCHOPNOST PROCESNÍCH KAPALIN PRONIKAT DO ZÓNY ŘEZÁNÍ .....	43
3.1 Charakteristika technologie vrtání.....	43

3.2	Popis použitých přístrojů, nástrojů a měřících zařízení.....	43
3.3	Charakteristika použitého materiálu pro obrábění.....	47
3.4	Volba a příprava procesních kapalin .....	48
3.5	Realizace experimentu.....	51
4.	VYHODNOCENÍ VLIVU HLOUBKY VRTÁNÍ NA PARAMETRY DRSNOSTI OBROBENÉHO POVRCHU $R_A$ A $R_Z$ U VRTÁNÍ SLITINY HLINÍKU PŘI POUŽITÍ RŮZNÝCH PROCESNÍCH KAPALIN.....	56
4.1	Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu $R_a$ a $R_z$ při hloubce vrtání 20 mm .....	56
4.2	Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu $R_a$ a $R_z$ při hloubce vrtání 30 mm .....	59
4.3	Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu $R_a$ a $R_z$ při hloubce vrtání 40 mm .....	62
4.4	Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu $R_a$ a $R_z$ při hloubce vrtání 50 mm .....	65
5.	ANALÝZA SCHOPNOSTÍ PROCESNÍCH KAPALIN PRONIKAT DO ZÓNY ŘEZÁNÍ PŘI RŮZNÝCH HLOUBKÁCH VRTÁNÍ.....	68
5.1	Vliv procesních kapalin na parametr $R_a$ a $R_z$ na začátku otvoru .....	68
5.2	Vliv procesních kapalin na parametr $R_a$ a $R_z$ na konci otvoru v závislosti na hloubce vrtání .....	70
6.	SHRNUTÍ A SHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ; VYVOZENÍ ZÁVĚRŮ.....	72
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	75
	SEZNAM PŘÍLOH.....	78

## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

KOM [-]	katedra obrábění a montáže
TUL [-]	Technická univerzita v Liberci
ČSN [-]	česká státní norma
EN [-]	evropská norma
ISO [-]	celosvětová norma
pH [-]	záporný logaritmus koncentrace vodíkových iontů
H <sub>2</sub> O [-]	chemická zkratka pro vodu
CO <sub>2</sub> [-]	chemická zkratka pro oxid uhličitý
v <sub>c</sub> [m/min]	řezná rychlost
n [1/min]	frekvence otáčení stroje
f <sub>min</sub> [mm/min]	posuv za minutu
f <sub>ot</sub> [mm/ot]	posuv za otáčku stroje
HSS [-]	rychlořezná ocel (high speed steel)
S-N-O [-]	soustava stroj-nástroj-obrobek
Ra [μm]	střední aritmetická úchylka profilu
Rz [μm]	největší výška profilu
NC [-]	číslicově řízený (Numeric Control)
CNC [-]	počítačem číslicově řízený (Computer Numeric Control)
Re [MPa]	mez napětí v kluzu
Rm [MPa]	mez pevnosti v tahu
L [mm]	vrtaná délka
D [mm]	průměr díry
S [-]	chemická zkratka síry
Cl [-]	chemická zkratka chlóru
P [-]	chemická zkratka fosforu

Cu	[-]	chemická zkratka mědi
Mn	[-]	chemická zkratka manganu
Mg	[-]	chemická zkratka hořčíku
Pb	[-]	chemická zkratka olova
Al	[-]	chemická zkratka hliníku
Fe	[-]	chemická zkratka železa
Zn	[-]	chemická zkratka zinku
Ni	[-]	chemická zkratka niklu
Sn	[-]	chemická zkratka cínu
Cd	[-]	chemická zkratka kadmia
MQL	[-]	chlazení řeznou mlhou (Minimal Quantity Lubrication)
Q <sub>O</sub>	[J]	teplo odvedené obrobkem
Q <sub>N</sub>	[J]	teplo odvedené nástrojem
Q <sub>T</sub>	[J]	teplo odvedené třískou
Q <sub>P</sub>	[J]	teplo odvedené prostředím
κ	[-]	refrakční koeficient
r	[-]	hodnota na stupnici refraktometru
c	[%]	koncentrace procesní kapaliny

## ÚVOD

V dnešní době jsou neustále kladeny vysoké nároky na produktivitu a efektivitu výrobního procesu. Nejinak je tomu i při třískovém obrábění. Průvodním nežádoucím jevem třískového obrábění je tření a vznik tepla v zóně řezání. Volbou vhodného řezného prostředí lze těmto nežádoucím jevům do jisté míry zamezit. Proto v současné době existuje na trhu široká škála procesních kapalin pro různé druhy obrábění. Zejména u technologie vrtání jsou kladeny vysoké nároky na vlastnosti procesních kapalin, a to nejen na chladicí, mazací a čistící účinky, ale také na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání. Správná volba procesních kapalin pro obrábění je velmi důležitá jak z hlediska trvanlivosti nástroje, tak z hlediska kvality povrchu. Použitím vhodné procesní kapaliny lze docílit vyšší efektivity práce a snížení nákladů na výrobu.

Cílem této diplomové práce je zjištění vlivu hloubky vrtání na schopnost vybraných procesních kapalin pronikat do zóny řezání a získání doporučujících informací pro praktické využití v průmyslu. Dále tato práce shrnuje teoretické poznatky o vlivu procesních kapalin na obrábění včetně rozdělení a vlastností procesních kapalin, popisuje vliv procesních kapalin na jakost obrobeneho povrchu a v neposlední řadě shrnuje poznatky o integritě povrchu po obrábění a metodách měření drsnosti povrchu.

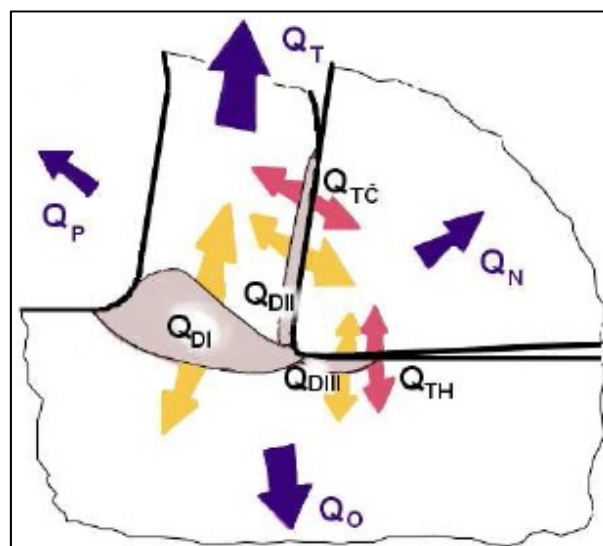
V laboratořích katedry obrábění a montáže Technické univerzity v Liberci byla provedena výzkumná práce vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání při vrtání slitiny hliníku. Jako řezný nástroj byl zvolen vrták z rychlořezné oceli o průměru 8 mm. Bylo odzkoušeno 11 procesních kapalin, z nichž 6 bylo poskytnuto firmou PARAMO a.s a dalších 5 kapalin bylo dodáno od světových výrobců.

# 1. REŠERŠE LITERÁRNÍCH POZNATKŮ O VLIVU PROCESNÍCH KAPALIN NA OBRÁBĚNÍ, KLASIFIKACE PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ, VLASTNOSTI A CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN

## 1.1 Rešerše literárních poznatků o vlivu procesních kapalin na obrábění

Hlavním úkolem procesních kapalin používaných při opracování kovových materiálů formou třískového obrábění je odvádění tepla z místa řezu, snižování třecího odporu a odplavování třísky. Procesní kapaliny výrazným způsobem napomáhají ke zvýšení trvanlivosti nástrojů a ke zlepšení jakosti obráběného povrchu. Zároveň mají pozitivní vliv na snížení řezných výkonů a zatížení obráběcího stroje.

Největší význam při obrábění mají chladicí účinky procesních kapalin, neboť převážná část příkonu obráběcího stroje se při obrábění přemění na teplo (obr. 1). To je odváděno převážně procesní kapalinou a třískami (až 85%), v menší míře obrobkem (do cca 15%) a nástrojem (cca 5 – 10%). Velikost vzniklého tepla při obrábění se obecně zvyšuje s rostoucí houževnatostí obráběného materiálu, řeznou rychlostí a řezným výkonem. Chladicí účinek závisí na řadě faktorů, především na množství procesní kapaliny přiváděné k řeznému nástroji, na rychlosti proudění, na tvaru a směru proudu procesní kapaliny vzhledem k místu řezu, na viskozitě, měrném teple a součiniteli tepelné vodivosti procesní kapaliny.



Obr. 1. Teplo vzniklé při obrábění [17]

Největšího chladícího a vyplachovacího účinku dosahují chladicí a mazací látky mísitelné s vodou. Podle stanovených podmínek při obrábění je kladen větší důraz buď na mazání, nebo na chlazení. Obecně platí, že mazání je v popředí u velkých průřezů třísek a nízkých řezných rychlostí a rovněž u obráběcích operací, kde jsou vysoké požadavky na jakost povrchu. Výrazný odvod tepla je nezbytný především při vysokých řezných rychlostech a vysokých požadavcích na rozměrovou přesnost obrobků. [6]

Vedle procesních kapalin existují i prostředky konzistentní, které jsou na bázi různých tuků, nebo pevné, což jsou především prášková maziva. Tyto prostředky sice snižují tření při obrábění, avšak neumožňují intenzivní odvod tepla z místa řezu. Jedná se v podstatě o prostředky pouze s mazací schopností. V praxi se při obrábění tyto prostředky používají zcela ojediněle, např. při řezání závitů, nebo při vybraných speciálních obráběcích operacích. Více je těchto prostředků využíváno při tvářecích operacích.

Dalším prostředím obráběcích procesů jsou plyny. Plynné prostředky zatím ve větší míře nepronikly do výrobní praxe, protože jejich využití je obtížnější. Plynné prostředí má oproti tuhým mazivům opačné vlastnosti s výrazně převažujícím chladícím účinkem, přičemž mazání je velice obtížné. U vhodně zvolených plynů lze snižovat tření pomocí chemických účinků a reakcí v místě řezu. V poslední době je poměrně rozšířenou formou plynného prostředí „chlazení mlhou“, což jsou v podstatě rozptýlené kapičky vody unášené proudem vzduchu.

Kapaliny tedy zůstávají stále základními prostředky pracovního prostředí při obrábění kovů, kde vedle chladících, mazacích a čistících účinků mají i funkci ochrannou. V neposlední řadě je u procesních kapalin kladen důraz na zdravotní nezávadnost a z ekologického hlediska i na jejich snadnou likvidaci nezpůsobující zátěž životního prostředí.

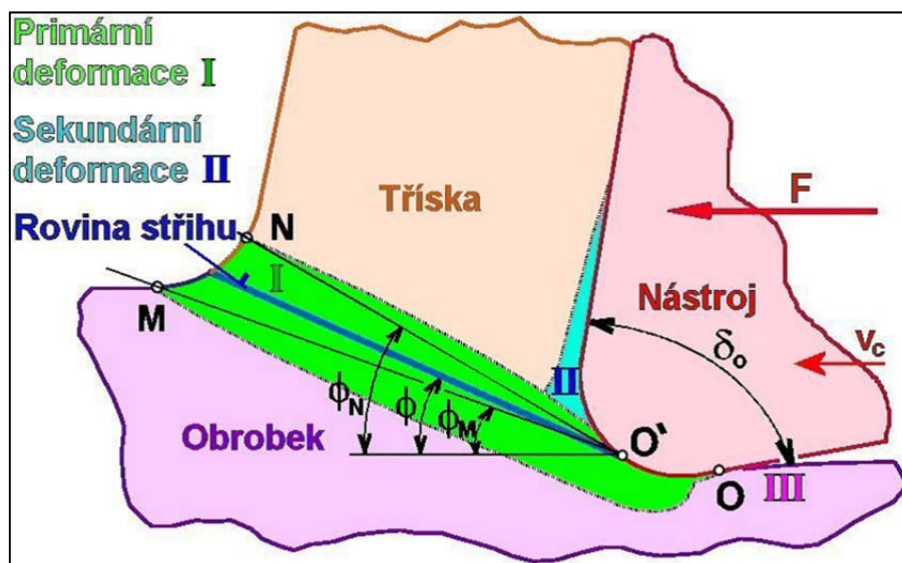
### **1.1.1 Mechanismus tvorby třísky**

Třískové obrábění je procesem plastické deformace, při které je její poslední fáze zakončena oddělením odebírané vrstvy materiálu ve tvaru třísky. Tento řezný proces lze chápat jako proces postupného stlačování, deformování a oddělování částic materiálu.

Plastická deformace, která probíhá před břitem nástroje, úzce souvisí také s řezným prostředím, tj. s přívodem procesních médií. Přívod procesní kapaliny může

ovlivňovat plastickou deformaci tak, že zmenšuje, usměrňuje nebo zhoršuje její průběh. Velikost deformací se projevuje změnami součinitele přechování třísky a řezné prostředí jej podstatně ovlivňuje. Přívod procesní kapaliny má zároveň výrazný vliv i na součinitel tření.

Řezný proces je provázen řadou průvodních jevů. Jedním z nich je tvorba nárůstku, který je do jisté míry nežádoucí, hlavně z hlediska jakosti obrobeneho povrchu. Procesní kapalina ovlivňuje tvorbu nárůstku tím, že působí na velikost teploty řezání, ovlivňuje velikost plastické deformace a ovlivňuje i velikost tření. Obsahuje-li procesní kapalina přísady, které zmenšují tření, potom je možné počítat s tím, že s přívodem takovéto procesní kapaliny dojde v celém rozsahu řezných podmínek ke zmenšování tvorby nárůstku a tím i ke zlepšení jakosti obrobeneho povrchu. Procesní kapaliny působí na řezný proces pozitivně nehledě na nastavené řezné podmínky. Přívod procesní kapaliny bude působit vždy příznivě, přihlíží-li se pouze k otázkám snižování teploty řezání. Předpoklad ekonomického využívání všech vlastností procesní kapaliny spočívá v tom, že její účinnost bude hodnocena komplexně, a to z hlediska procesu řezání, z hlediska nástroje, materiálu obrobku a jakosti. [1]



Obr. 2. Mechanismus tvorby třísky [18]



## 1.2 Klasifikace procesních kapalin pro obrábění

Procesní kapaliny se obecně dělí do dvou následujících skupin:

- a) Chladicí kapaliny – vodou mísitelné procesní kapaliny
- b) Řezné oleje – vodou nemísitelné procesní kapaliny

Procesní kapaliny s převažujícím chladícím účinkem jsou založeny na vodní bázi, kdežto procesní kapaliny s převažujícím mazacím účinkem jsou na bázi oleje. V dnešní době se však projevuje snaha zvyšovat mazací účinek i u procesních kapalin s převažujícím chladícím účinkem a tak se zmenšují rozdíly mezi oběma skupinami.

Proto lze procesní kapaliny dále rozdělit do těchto skupin:

- Vodné roztoky
- Emulzní kapaliny
- Mastné oleje
- Minerální oleje
- Zušlechtěné řezné oleje
- Syntetické a polosyntetické kapaliny

Tab. 1. Obecné rozdělení typů procesního prostředí

Rozdělení procesního prostředí		
Skupina	Podskupina 1	Podskupina 2
Plynné prostředí	Vzduch Inertní plyn Mlha	
Kapalné prostředí	<b>Vodou mísitelné (chladicí kapaliny)</b>	<b>Minerální Polosyntetické Syntetické Speciální</b>
	<b>Vodou nemísitelné (řezné oleje)</b>	<b>Rostlinné Minerální Syntetické Koncentráty vysokotlakých přísad</b>
Tuhá maziva		

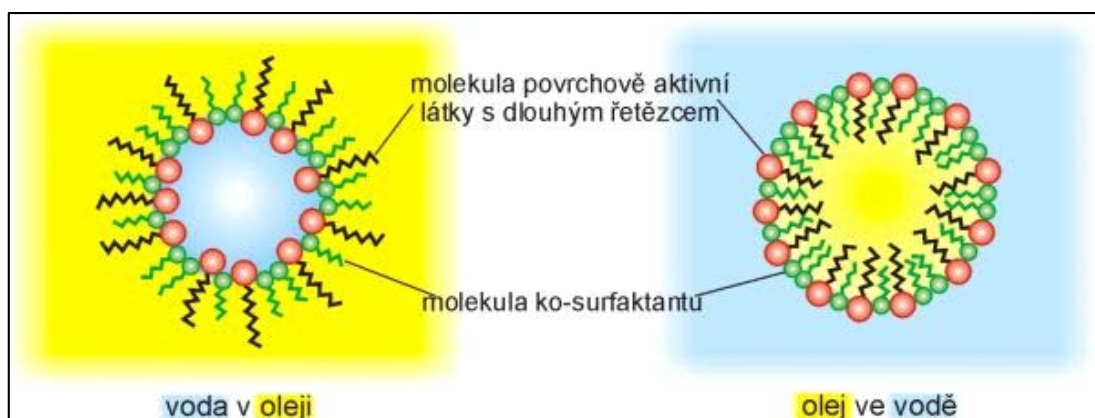
### 1.2.1 Vodné roztoky

Jedná se o nejjednodušší rezné kapaliny, které však neskýtají mnoho výhod pro praktické použití. Vynikají velmi dobrým chladicím a čistícím účinkem, avšak postrádají mazací schopnosti. Základem vodných roztoků je voda, která vyžaduje řadu úprav jako je její změkčování, přidávání přísad proti korozi, pro zlepšení smáčivosti a proti pěnivosti. Vodný roztok musí být vždy alkalický.

U vodných roztoků vzniká nebezpečí, že dojde k rozmnožování anaerobních bakterií, které způsobují tvorbu kalů a nepříjemný zápach.

### 1.2.2 Emulzní kapaliny

Emulzní kapaliny jsou disperzní soustavy jemných kapek oleje ve vodě, jejichž stabilita je zajištěna přítomností emulgátoru a koemulgátoru. Dalšími složkami emulzních kapalin jsou inhibitory koroze, biocidy a fungicidy, odpěňovač, EP a AW přísady, eventuálně aditiva potřebná k vylepšení vlastností a funkčnosti při procesu obrábění. [7]



Obr. 3. Rozptýlení vody v oleji a oleje ve vodě [20]

Emulgátory snižují mezipovrchové napětí emulgovaných kapalin, stabilizují emulzi a zabraňují koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě. Chladicí i mazací účinek procesní kapaliny závisí na koncentraci emulze, přičemž s rostoucí koncentrací chladicí účinek klesá. Schopnost ochrany proti korozi je závislá na pH emulze, avšak v daleko menší míře než u vodných roztoků. Má-li emulze pH vyšší než 7, jedná se o alkalický roztok, přičemž pH = 8 až 9 zajišťuje již dostatečnou ochranu proti korozi slitin železa.

Emulgační prostředky musí splňovat požadavky především na jakost a spolehlivost účinku při vysokých tlacích. Provozní vlastnosti emulzních kapalin jsou závislé především na jejich přípravě. [19]

Pro přípravu emulzní kapaliny je třeba zachovat určitý postup:

- použití vhodně upravené vody
- emulgační prostředek je zapotřebí přidávat pozvolně za stálého míchání
- koncentraci emulze volit podle druhu operace a podle množství ochranných látek (koncentrace se pohybuje obvykle v rozmezí 2 až 10%)

### 1.2.3 Mastné oleje

Mastné oleje a tuky jsou látky živočišného a rostlinného původu a vykazují v podstatě stejné vlastnosti jako minerální oleje. Mají však nižší povrchové napětí a díky tomu i lepší smáčivost, což napomáhá k účinnějšímu odvodu tepla z chlazeného místa.

Velká nevýhoda těchto mastných olejů je značný sklon ke stárnutí, který se projevuje zvyšováním jejich kyselosti a tvořením pryskyřičných látek. Jako mastné oleje se nejčastěji používá řepkový olej, ricinový olej a lněný olej a další.

### 1.2.4 Minerální oleje

Jedná se o výrobky z ropy s dobrými mazacími účinky, ale horším chladicím účinkem. Mají však dobrý ochranný účinek a dobrou odolnost proti stárnutí. Minerální oleje mají velmi dobré provozní vlastnosti, a proto se využívají jako základ pro řezné oleje.

### 1.2.5 Zušlechtěné řezné oleje

Jsou to zušlechtěné minerální oleje pomocí *přísad*, které zvyšují tlakovou únosnost procesní kapaliny a také zlepšují mazací vlastnosti.

Přísady zlepšující mazací schopnost řezných olejů jsou následující:

- Mastné látky
- Organické látky
- Pevná maziva

Mezi **masné látky** patří především zmýdelnitelné masné oleje, masné kapaliny nebo syntetické estery. Tyto přísady kladně ovlivňují přílnavost oleje k povrchu kovu a zlepšují i mazací schopnosti, které však mají nižší účinky při extrémních tlacích.

**Organické látky** používají jako základ síru, chlor nebo fosfor. Díky těmto přísadám dochází na povrchu obrobku k vytváření vrstvičky kovových mýdel, která zabraňují kovovým svarům a usnadňují kluzný pohyb při obrábění i za působení vysokých tlaků. Sloučeniny, které obsahují chlor, mají za následek snížení tření v třecích plochách. Nevýhodou je jejich klesající účinnost při teplotách nad 400°C, proto se ke zvýšení účinnosti přidává ještě fosfor. Jako vůbec neúčinnější se ukázala být kombinace všech hlavních přísadových prvků S, Cl a P.

**Pevná maziva** svou afinitou ke kovu vytvářejí na povrchu mezní vrstvu, která odolává vysokým tlakům a zlepšuje mazací schopnost řezného oleje. Jsou používána jako přísady do řezných olejů a při řezání působí navíc mechanickým účinkem. Pevná maziva jsou zastoupena především grafitem a siričkem molybdenu. Nevýhodou u těchto přísad je jejich nerozpustnost v kapalinách a proto se musí udržovat v rozptýleném stavu. [2]

### 1.2.6 Syntetické a polosyntetické kapaliny

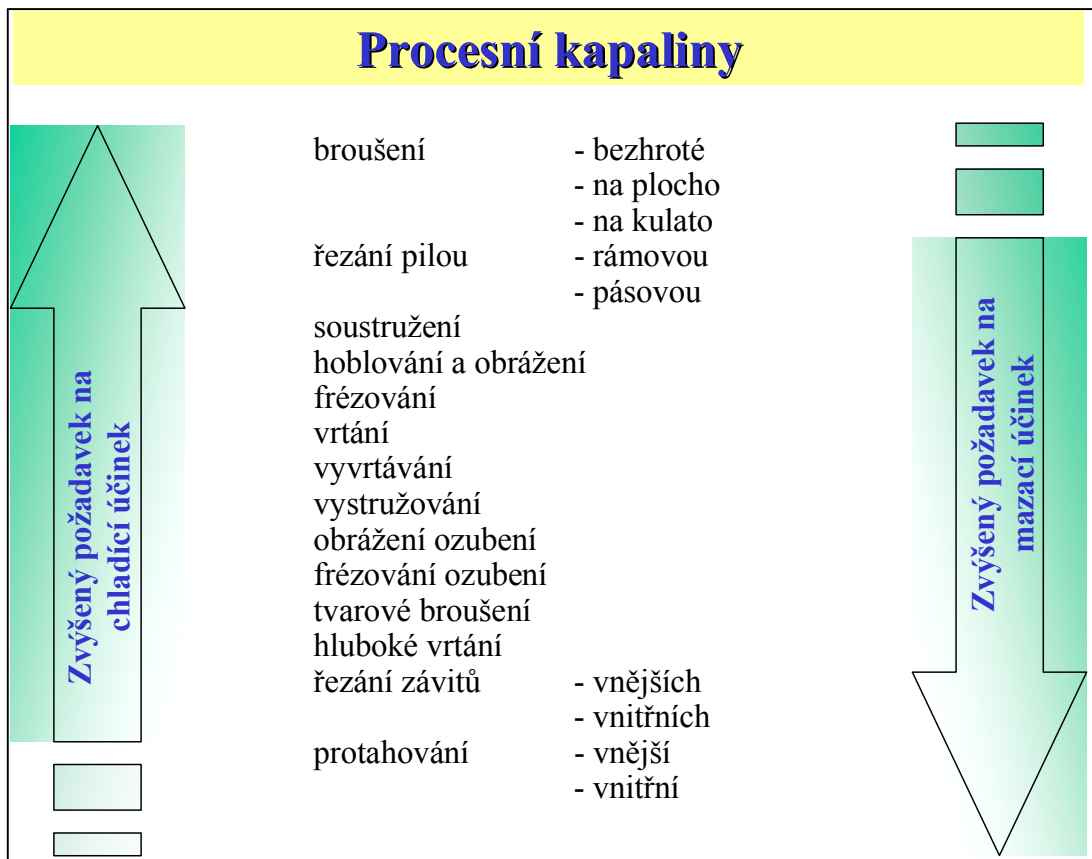
Syntetické kapaliny se vyznačují především velkou provozní stálostí. Na druhou stranu ale mají horší mazací a chladicí účinky než v případě minerálních olejů. Procesní kapaliny tohoto typu jsou většinou rozpustné ve vodě a mají poměrně dobrý chladicí a mazací účinek, stejně jako účinek ochranný.

Syntetické procesní 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 procesních kapalin má na rozdíl od kapalin na bázi oleje ekonomické výhody a navíc zajišťuje rychlé odvádění tepla, dobrý čistící účinek a jednoduchou přípravu.

V syntetických procesních kapalinách je navíc možné rozptýlit oleje, čímž vznikají polosyntetické procesní kapaliny, které mají lepší mazací schopnosti. V polosyntetických kapalinách jsou olejové částice mnohem menší než v emulzích.

### 1.3 Vlastnosti a charakteristiky procesních kapalin

- ❖ Chladicí účinek
- ❖ Mazací účinek
- ❖ Čistící účinek
- ❖ Ochranný účinek
- ❖ Provozní stálost
- ❖ Zdravotní nezávadnost
- ❖ Přiměřené náklady



Obr. 4. Obecné doporučení pro výběr charakteru procesní kapaliny [7]

#### **Chladicí účinek**

Chladicí účinek je jedna z nejdůležitějších vlastností procesních kapalin. Jedná se o schopnost procesní kapaliny odvádět teplo z místa řezu. Této schopnosti dosahuje každá kapalina, která smáčí povrch obráběného kovu v případě, že existuje tepelný spád mezi povrchem a kapalinou.

Chladicí účinek procesních kapalin závisí na jejich smáčecí schopnosti, na výparném teple, na rychlosti vypařování za určitých teplot, na tepelné vodivosti a na

měrném teple. Čím větší budou tyto veličiny, tím větší bude i chladicí účinek procesní kapaliny. Dalším faktorem ovlivňujícím chladicí účinek je rovněž průtokové množství, které lze na jednotlivých strojích a obráběcích centrech libovolně redukovat tak, aby bylo dosaženo optimálních podmínek řezného procesu. Nežádoucí vlastností vznikající při chlazení je nadměrné odpařování procesní kapaliny. Z hlediska čistoty a zdraví je nutné vznikající páry odsávat. [2]

Procesních kapaliny s chladícím účinkem jsou využívány převážně při operacích s vysokými řeznými rychlostmi, tzn. tam, kde se dosahuje vysokých teplot při řezání. Typickým představitelem procesních kapalin s převažujícím chladícím účinkem jsou „emulzní kapaliny“.

### ***Mazací účinek***

Mazací účinek je schopnost procesní kapaliny vytvořit na povrchu obrobku a nástroje tenkou vrstvu (film), která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Díky nižšímu tření dochází ke zmenšení řezných sil, snížení spotřeby energie, zlepšení jakosti obrobeného povrchu a v neposlední řadě ke zmenšení oblasti primární plastické deformace v místě řezu.

Mazací účinek procesních kapalin je závislý také na jejich viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. Vyšší viskozita zhoršuje pronikání kapaliny mezi třecí plochy, její proudění, a také odvod tepla. Zároveň dochází ke zvýšenému ulpívání kapaliny na třískách a tím dochází ke značným ztrátám. Pevnost mazací vrstvy se zvyšuje přísadami povrchově aktivních látek, což usnadňuje vlastní proces řezání. Procesních kapalin s převažujícím mazacím účinkem se využívá především při nižších řezných rychlostech. Typickým představitelem procesních kapalin s převažujícím mazacím účinkem jsou nemísitelné procesní kapaliny neboli „řezné oleje“. [19]

### ***Čistící účinek***

Proudění procesní kapaliny významně napomáhá k odstranění třísky vzniklé při obrábění jak z místa řezu, tak z ostatních pracovních ploch. Odstraněné třísky a jiné nečistoty jsou odnášeny spolu s kapalinou do sběrných nádrží, kde se od procesní kapaliny oddělí pomocí čistících a filtračních zařízení. Je důležité, aby byla procesní kapalina před navrácením do oběhu řádně pročištěna. Při průniku nečistot do místa řezu by mohlo dojít i ke zhoršení jakosti povrchu. Velký význam má účinek čištění pro

broušení a u těch operací, kdy procesní kapalina musí odnášet třísky z místa řezu (např. řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr). [2]

### ***Ochranný účinek***

Ochranný účinek procesní kapaliny se projevuje tím, že nenapadá kovy a nezpůsobuje jejich korozi. Aby nebylo nutné výrobky mezi operacemi konzervovat, je proto kladen důraz na ochranný účinek procesních kapalin. Toho se docílí přidáním přísad, které pasivují kovy proti nežádoucím účinkům. [2]

Dalším důležitým požadavkem na ochranu je to, aby procesní kapaliny nerozpouštěly nátěry stroje a nebyly agresivní vůči gumovým a silikonovým těsněním či tmelům.

### ***Provozní stálost***

Provozní stálost procesní kapaliny je dána dobou její výměny. Dlouhodobé užívání procesní kapaliny je podmíněno jejími stálými vlastnostmi, které se po dobu užívání nesmějí měnit. Stárnutí procesní kapaliny zhoršuje její výše uvedené funkční vlastnosti, čímž dochází ke snížení kvality obrobeneho povrchu, trvanlivosti nástroje a v krajním případě může dojít i k poruše chladicího okruhu stroje.

Provozní stálost procesní kapaliny závisí na jejich fyzikálních a chemických vlastnostech a na teplotě.

### ***Zdravotní nezávadnost***

Vychází se ze skutečnosti, že při práci na obráběcích strojích přichází jeho obsluha do styku s procesní kapalinou. Z tohoto důvodu nesmí být procesní kapalina zdraví škodlivá a nesmí obsahovat jedovaté látky a látky dráždící sliznici a pokožku. Kapaliny také nesmí zamořovat ovzduší nepříjemným zápachem.

Zdravotní nezávadnost procesních kapalin závisí také na jejich provozní stálosti a čistotě. Zároveň je nutné dbát na to, aby byla při provozu zajištěna základní hygienická opatření jako je větrání, umývání, preventivní ochrana pokožky apod.

### ***Přiměřené náklady***

Přiměřené náklady jsou úzce svázány se spotřebou procesní kapaliny. Při rozboru nákladů na procesní kapaliny je důležité nejprve porovnat jejich vliv na proces

obrábění. Dále je důležité zhodnotit procesní kapaliny s ohledem na jejich stálost, spotřebu a výměnu, nebo také zvážit i náklady na její likvidaci.

Teprve podrobný technickoekonomický rozbor pomůže rozhodnout o vhodnosti použití určitého druhu procesní kapaliny. Vždy bude nutné řešit případ od případu otázky výběru řezné kapaliny, její koncentraci a způsobu přívodu, aby byly splněny požadavky hospodárnosti obrábění. [19]

#### **1.4 Způsoby přívodu procesní kapaliny do místa řezu**

Parametry řezného procesu jsou do značné míry ovlivněny právě způsobem přívodu vlastní procesní kapaliny do místa řezu. Mezi tyto důležité parametry patří zejména trvanlivost břítu nástroje a jakost obrobené plochy. Dále také závisí na tom, jaký účinek procesní kapaliny má převládat – jestli chladicí, nebo mazací. Pokud má převládat chladicí účinek, směr proudu procesní kapaliny by měl směřovat spíše na kořen třísky, tedy do místa vzniku nejvyšší teploty při obrábění. Pokud má mít procesní médium spíše chladicí účinek, směr proudu by měl směřovat spíš pod hřbetní plochu nástroje. Při obrábění je důležité zajistit plynulý tok procesní kapaliny do místa řezu, aby nedocházelo k teplotním výkyvům.

V praxi jsou rozlišovány tyto základních způsoby chlazení a přívodu procesní kapaliny do místa řezu:

- Vnější přívod
- Vysokotlaký přívod
- Přívod tělem nástroje
- Podchlazování procesních kapalin
- Chlazení procesní mlhou
- Vírová trubice

##### ***Vnější přívod***

Jedná se o běžný způsob přívodu procesní kapaliny bez nutnosti jakýchkoliv úprav přívodního potrubí, zcela postačuje standartní chladicí zařízení obráběcího stroje. Toto zařízení sestává ze sběrných nádrží na procesní kapalinu, čerpadla a rozvodového potrubí. Nejčastěji je využíván pro olejové emulze, stlačený vzduch a MQL. Množství protékané kapaliny je dáno výkonem a typem čerpadla a škrcením průtoku výstupním kohoutem.



### ***Vysokotlaký přívod***

Procesní kapalina je přiváděna ze spodu na břit nástroje přímo do místa řezu pod vysokým tlakem (obr. 5). Tím se zvyšuje její účinnost chlazení a především odplavování třísek. Tento typ přívodu se nejčastěji používá tam, kde má teplo nepříznivý vliv na trvanlivost nástroje a současně musí být zaručen bezproblémový odvod třísek. Nevýhodou však je, že vlivem vysokého proudění se procesní kapalina rozstříkává a tvoří mlhu, proto musí být pracovní prostor během řezného procesu uzavřen, aby nedošlo k jejímu úniku do okolí a ke znečištění pracovního prostředí. Průměr výstupní trysky se pohybuje mezi 0,3 až 1,0 mm a tlak mezi 0,3 až 3,0 MPa. Množství přiváděné kapaliny se pohybuje v rozmezí 0,5 až 2,0 litrů za minutu. [19]



*Obr. 5. Vysokotlaký přívod procesní kapaliny tělem nástroje*

### ***Přívod tělem nástroje***

U tohoto typu přívodu je procesní kapalina vedena tělem nástroje přímo na jeho břit (obr. 5). To umožňuje výrazné zvýšení výkonu obrábění a řezných rychlostí tam, kde není možné zajistit dostatečný přísun procesních kapalin pomocí standardního chladicího zařízení stroje. Při zvýšení tlaku média dochází ke zvýšení odvodu tepla i vzniklých třísek. Tato metoda nalézá uplatnění především u vnitřního soustružení či u vrtání.

Nevýhodou je nutnost pořízení speciálních nástrojů či nožových držáků, které mají z důvodu složité výroby velmi vysokou pořizovací cenu.

### ***Podchlazování procesních kapalin***

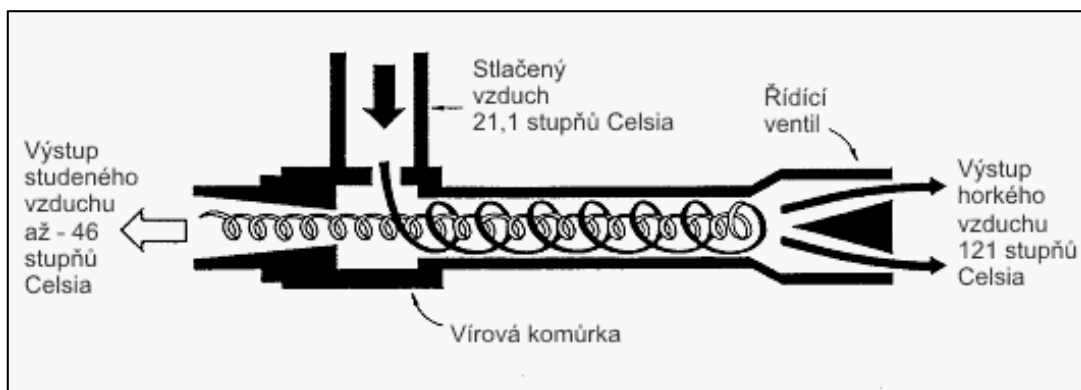
Ke zvýšení trvanlivosti nástrojů přispívá také podchlazování procesní kapaliny na teplotu nižší, než je teplota okolního prostředí. Běžné procesní kapaliny jsou podchlazovány na teplotu 5 až 7 °C, oleje pak na 15 až 20 °C, přičemž zůstávají zachovány jejich mazací vlastnosti. Při podchlazování na nižší teploty hrozí nestálost kapaliny a houstnutí řezných olejů. Proto je potřeba používat procesní kapaliny speciálního složení. Při podchlazení pod bod mrazu sice zvyšujeme výkon řezání, ale procesní média musí být upraveny dalšími přísadami, z důvodu zabránění zamrzání vodní složky. Podchlazením procesních médií docílíme snížení teploty v místě řezu o 75 až 100°C, přičemž největší efektivita podchlazení procesního média je při procesu hrubování, kde dochází díky velkým úběrům materiálu a tím ke vzniku vysokých teplot. Podchlazování se používá i tam, kde je požadavek na velkou rozměrovou přesnost a kde neměnná teplota procesních médií omezí rozptyl požadovaných rozměrů.

### ***Chlazení řeznou mlhou (MQL)***

Technologie MQL je v poslední době stále více využívána, ať už jde o technologii soustružení, frézování, či vrtání. Tento systém využívá maximálního účinku procesního média s minimálním množstvím oleje. Jedná se o kombinaci stlačeného vzduchu a oleje, přičemž podle druhu technologie je volen typ vhodného oleje. Procesní kapalina je v tomto případě rozptýlena tlakem vzduchu proudícího z trysky až  $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  a ve formě kapek nasměrována na řeznou část nástroje před jeho najetím do řezu. Velikost kapek je v optimálním případě 0,5  $\mu\text{m}$ . Médium, které obsahuje vzduch a kapky oleje se nazývá aerosol, který má tak větší schopnost přejímat teplo a odvádět ho z místa řezu. Aerosol se přivádí mezi nástroj a obrobek, kde vytváří souvislou vrstvu. Koncentraci aerosolu je možné volit škrtícím ventilem, přičemž je tato koncentrace volena dle druhu technologie a aktuální situace. Použitím MQL odpadají problémy se zpětným sběrem, recyklací apod., pouze při použití v malých prostorách s nastavenou vyšší koncentrací je nutné zajištění odsávání. S velkou účinností je MQL využíváno na strojích, jejichž konstrukce neumožňuje použití procesních kapalin nebo olejů, a kde při obrábění dochází k velkému tření.

## Vírová trubice

Jedním z dalších způsobů, se kterým se dnes setkáváme, je využití vírové trubice. Jedná se o velice efektivní způsob vnějšího chlazení nástrojů hlavně při finálním opracování. Tento způsob je nevhodný pro těžké a střední hrubování včetně technologie vrtání. Stlačený vzduch vstupuje do tangenciálně vrtaného stacionárního generátoru (kde dosahuje až rychlosti zvuku), který nutí vzduch rotovat trubicí podél vnitřní stěny směrem k horkému řídicímu ventilu. Část tohoto vzduchu vystupuje přes jehlový ventil jako horký výfuk vzduchu. Zbývající vzduch je tlačěn zpět středem proudu vzduchu, kde stále se točící se pohybuje pomalejší rychlostí při konání jednoduché (přirozené) výměny tepla. Vnitřní pomaleji se pohybující sloupec vzduchu nechává teplo vnějšímu rychleji se pohybujícímu sloupci vzduchu. Když pomalejší vnitřní sloupec vzduchu prochází středem stacionárního generátoru a vystupuje studeným výfukem, dosáhne extrémně nízké teploty. Odcházející vzduch dosahuje teploty až  $+ 100^{\circ}\text{C}$ . Vzduch, který neodchází, je tlačěn středem proudu vzduchu na opačnou stranu. Zde vystupuje jako studený vzduch, který dosahuje teploty až  $- 46^{\circ}\text{C}$ .



Obr. 6. Princip vírové trubice

Tato metoda se využívá tam, kde nemůžeme z nějakého důvodu použít klasické metody chlazení. Hlavní využití má při ochlazování během svařování, chlazení při řezání papírových krabic a mnoha dalších, mimo jiné také při třískovém obrábění. Opačným výstupem vírové trubice je naopak ohřátý vzduch na teplotu až  $100^{\circ}\text{C}$ . Jeho využití nachází uplatnění například při vysoušení vzorků a testování teplotních senzorů.

[8]

## 1.5 Chlazení plynnými látkami

Plynné látky se běžně jako procesní média nepoužívají, protože mají poměrně nízký chladicí a čistící účinek a hlavně žádný mazací účinek. Avšak některé obráběné materiály, případně nástrojové materiály se chladí vzduchem, který se přivádí do místa řezu pod tlakem.



*Obr. 7. Chlazení stlačeným CO<sub>2</sub>*

Jedním z účinných způsobů chlazení plynem je chlazení stlačeným CO<sub>2</sub> (obr. 7), kdy se tenký paprsek plynu přivádí do místa řezu pod tlakem 0,5 až 7,0 MPa. Tento způsob ochlazování se doporučuje např. pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů. Chlazení plynnými látkami s sebou však nese řadu nevýhod, ať už se jedná o výše zmíněné nižší účinky procesního média, tak například vysoké náklady na pořízení CO<sub>2</sub>, zvýšené nebezpečí při jeho používání či nutnost dokonalého odsávání a větrání pracoviště. Zvláštní případ aplikování plynného procesního prostředí je tzv. suché obrábění, kde je plynným prostředím atmosférický vzduch. [2]

## 1.6 Vliv procesních kapalin na jakost obrobeného povrchu

Použití procesních kapalin výrazně ovlivňuje rozměrovou stálost, tvarovou přesnost a jakost povrchu obráběné součásti oproti obrábění za sucha. V důsledku přívodu procesní kapaliny do zóny řezu dochází ke změně objemu plasticity deformované oblasti, odstranění nárůstku na čela nástroje, což se projeví i na výsledné drsnosti povrchu.

### **Vliv na dosahovanou drsnost**

Z výsledků experimentálních zkoušek při obrábění je patrné, že použití procesních kapalin má nezanedbatelný vliv na drsnost obráběného povrchu. Nejlepších hodnot dosahují procesní kapaliny s vyšším mazacím účinkem (např. emulze s vyšší koncentrací). Zkoušky procesních kapalin také potvrdily, že správně zvolená a připravená procesní kapalina může zlepšit drsnost povrchu o jednu až dvě třídy oproti obrábění za sucha.

### **Vliv na zbytková napětí**

Zbytková napětí patří k dalším důsledkům ovlivňující změny vlastností povrchové vrstvy při obrábění. Tato napětí, která jsou často spojována s fázovými přeměnami, jsou vyvolána plastickou deformací povrchové vrstvy za působení teplot vznikajících v místě řezu. V závislosti na charakteru energetického působení mohou být tato napětí tlaková nebo tahová. Působení mechanických sil vyvolává v povrchové vrstvě tlaková napětí. Přivedeme-li procesní kapalinu do místa řezu, dojde vlivem jejího chladicího účinku ke snižování teploty během řezání a tím následně k ovlivnění zbytkových tahových napětí. Díky mazacím účinkům procesní kapaliny dojde ke zmenšení tření mezi nástrojem a obrobkem a tím i ke snížení řezné síly, což má pozitivní vliv na tlakové napětí.

Při obrábění materiálu, u kterého dochází k velkému zpevnění, má přívod procesní kapaliny ještě příznivější vliv na vznik napětí v povrchové vrstvě tím, že je snižuje. To se projevuje i při obrábění nástroji s negativním úhlem čela. V případě, že je po obrábění bez procesní kapaliny zbytkové napětí tahové, pak se po přívodu procesní kapaliny změny na tlakové. Tlaková napětí jsou výhodnější s ohledem na namáhání součástí a její únavovou pevnost. Mezi těmito procesy vytváření a uvolňování napětí nastává určitá rovnováha a její porušení potom vede k růstu jednoho nebo druhého typu napětí.

### **Vliv na zpevnění**

Použití procesních kapalin má vliv i na fyzikální stav obrobené povrchové vrstvy. Ve většině případů přívod procesní kapaliny do místa řezu zmenšuje hloubku vrstvy, u které dochází ke zpevnění. Jedním z ukazatelů stupně zpevnění povrchové vrstvy je porovnání tvrdosti výchozího materiálu a tvrdosti povrchové vrstvy po obrábění. Tato tvrdost bývá až 3krát vyšší než u výchozího materiálu. Přívodem procesní kapaliny se tyto rozdíly snižují. [16][19]

## **2. SHRUTÍ POZNATKŮ O INTEGRITĚ POVRCHU PO OBRÁBĚNÍ A METODÁCH MĚŘENÍ DRSNOSTI POVRCHU**

### **2.1 Shrnutí poznatků o integritě povrchu po obrábění**

Z hlediska výroby má zásadní význam znalost mechanismu vytváření nového povrchu součásti, protože umožňuje pochopit povahu a vlastnosti takto vytvořeného povrchu, dává možnost pro zlepšení použitých procesů a případně umožňuje vytvoření obrobených ploch bez poruch. Všechny změny, které nastávají v povrchové vrstvě součásti lze shodně posuzovat jako změny jakosti. Tyto změny se potom mohou dávat do vztahu s budoucí funkcí dokončené plochy a využívají se pro hodnocení její integrity.

Integrita povrchu je proto odrazem podmínek, za kterých funkční plocha vzniká, bere v úvahu důsledky působení technologických metod na jakost obrobené plochy a dává je do vztahu k funkčním požadavkům na celý výrobek. V současnosti neexistuje způsob, jak komplexním způsobem zhodnotit nově vytvořenou plochu z hlediska její integrity. I když se dnes již běžně zjišťuje celá řada údajů o obrobené ploše a pro jiné údaje jsou navrhovány různé metody měření a potřebná měřicí zařízení, stále je nejspolehlivější metodou zkoušení integrity povrchu její vlastní provoz. [13]

Nejčastěji sledované parametry z hlediska integrity povrchu jsou:

- Fázové změny povrchové vrstvy
- Drsnost a mikrostruktura (je dána řeznou rychlostí, tvarem nástroje a použitými řeznými materiály)
- Zbytkové napětí

## Vznik zbytkových napětí

Při posuzování vlivu technologických procesů na vlastnosti povrchové vrstvy obrobku při jeho výrobě je možné vycházet z druhu a intenzity energií, které se na jeho realizaci podílejí. Jedná se o energii mechanickou, tepelnou a chemickou. Je nutné ale brát v úvahu i vlivy metalurgické, fyzikální a také vlastnosti materiálu.

**Hlavní příčiny vzniku zbytkových napětí jsou:**

- Nerovnoměrná plastická deformace v obrobeném povrchu
- Nerovnoměrný ohřev a ochlazování materiálu, které vyvolává jeho roztažení a smršťování
- Nerovnoměrné změny struktury, vyvolané působením tepla a mechanických sil
- Chemické procesy, spojené s reakcí částic pronikajících do povrchové vrstvy.

Každá technologická operace dosahuje přestavby zbytkových napětí svým vlastním způsobem jen v takovém objemu, v jakém je schopna vyvolat plastickou deformaci a tepelně jej ovlivnit. [13]



Obr. 8. Zbytková napětí po soustružení

## 2.2 Drsnost povrchu

Tento parametr je hlavní složkou integrity povrchu, což je potvrzeno zejména tím, že jsou hodnoty drsnosti předepsány téměř na každém výrobním výkrese součástí. Předepsaného rozměru, tvaru, ani jakosti nelze při obrábění dosáhnout s absolutní přesností. Vždy se projeví vlivy pracovní metody, stroje, práce dělníka, opotřebení nebo deformace nástrojů, výrobních pomůcek, teploty při obrábění i kontrole apod. Proto je nutné připustit během výroby určité malé kolísání skutečných rozměrů a geometrických tvarů dvou spolu spojovaných součástí, tj. určitou dovolenou nepřesnost výroby danou systémem dovolených úchylek.

Během výroby je povrch obrobku v důsledku výrobního procesu plasticky deformován vlivem mechanického a tepelného účinku. Dochází k rekrystalizaci, resp. k fázovým transformacím a mění se tvrdost povrchové vrstvy. Tím vnikají mikrotrhliny a makrotrhliny, zbytková napětí v povrchové vrstvě a dochází ke změnám vlastností povrchové vrstvy v důsledku chemické absorpce.

Nerovnosti povrchu se projevují jednak jako vlnitost, jednak jako drsnost. Vlnitost je nepravidelnost, která se v řezu kolmém k povrchu jeví jako pravidelná, nebo několikrát se opakující vlnovka, jejíž délka  $L$  je větší než největší hloubka  $v$ . Drsností obrobeného povrchu rozumíme rozměrově nepatrné nepravidelnosti povrchu (vyvýšeniny a prohloubeniny, důlky, rýhy), řádově až v tisícinách milimetru (mikronech). [12]

Drsnost obrobeného povrchu je různá a závisí především na těchto faktorech:

- způsob opracování
- druh obráběného materiálu
- použitý materiál a tvar břítu nástroje
- řezné podmínky (především řezná rychlost a posuv)
- způsob upnutí obrobku, chvění nástroje i stroje a celková tuhost soustavy stroj-nástroj-obrobek (S-N-O)
- použité procesní prostředí



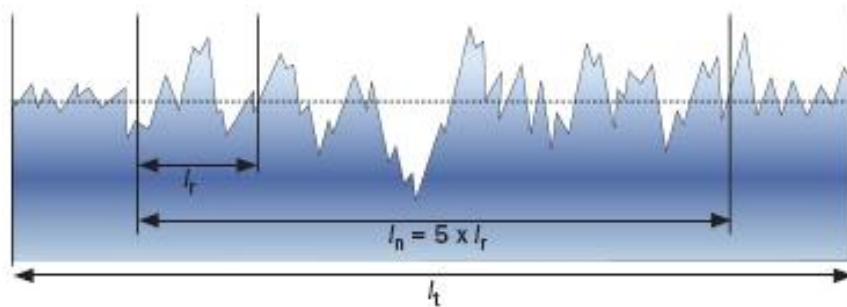
### 2.2.1 Základní parametry popisující drsnost povrchu

Strukturu povrchu vytvářeného na obrobku je možné popsat pomocí tří základních parametrů dle normy ČSN EN ISO 4287:

- P-profil – základní profil, celkový profil
- W-profil – profil vlnitosti
- R-profil – profil drsnosti. Profil R je odvozen z profilu P potlačením dlouhovlnných složek s využitím filtru profilu. Profil R je tedy záměrnou modifikací profilu P.

Základní principy vyhodnocení

V rámci měření jakosti povrchu se vyhodnocení obvykle provádí na jediné předepsané referenční délce. Jestliže referenční délka není určena na výkrese součásti, musí v takovém případě stanovit referenční délku osoba provádějící měření jakosti povrchu.



Obr. 9. Měřené délky pro vyhodnocení jakosti povrchu

Měřené délky:

$l_t$  ... celková délka (skládá se z délky nájezdu, vyhodnocované délky a délky doběhu)

$l_n$  ... vyhodnocovaná délka (standardně se skládá z pěti základních délek)

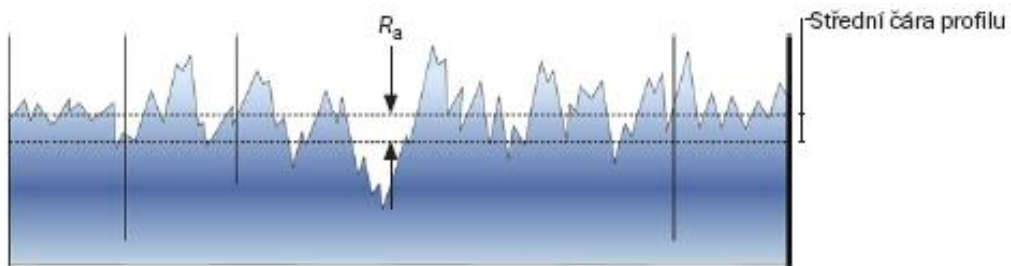
$l_r$  ... základní (referenční délka)

**Parametry určené profilem R:**

a)  $R_a$  – střední výška nerovnosti profilu (obr. 10)

Jedná se o střední hodnotu všech odchylek od střední čáry profilu na vyhodnocované délce, bez ohledu na jejich vertikální směr. To znamená, že pomocí hodnoty  $R_a$  nelze určit, zda odchylky mají charakter výstupků nebo

prohlubní. Hodnota  $R_a$  není významně ovlivňována ojedinělými odchylkami, což znamená, že také existuje riziko zanedbání velkého výstupku nebo rýhy.



Obr. 10. Střední výška nerovnosti profilu

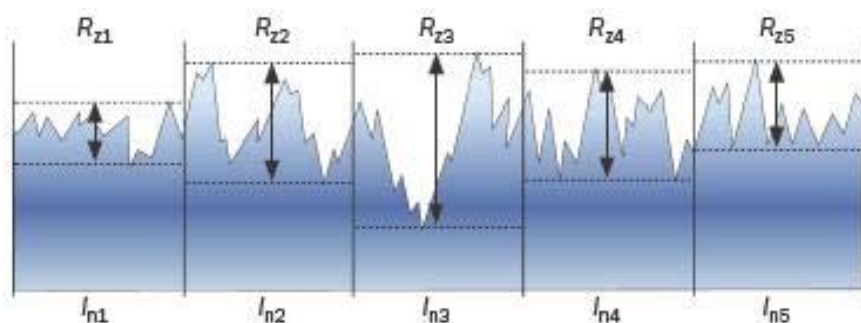
Vzorec pro výpočet parametru drsnosti povrchu  $R_a$ :

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

Struktura povrchu se může jevit odlišně, ale přesto může vykazovat stále stejnou hodnotu  $R_a$ . Tyto rozdíly ve struktuře povrchu určuje parametr  $C_{tp50}$ , neboli nosný podíl profilu.

b)  $R_z$  – maximální výška profilu (průměrná)

Největší výška profilu je průměrná hodnota jednotlivých výšek profilu  $R_z$  (obr. 11), stanovených z největší výšky výstupku a největší hloubky prohlubně profilu na základních délkách, ze kterých se skládá vyhodnocovaná délka. Obvykle se jedná o pět základních délek, ale jejich počet se u moderních měřicích přístrojů může lišit. Hodnota  $R_z$  na základní délce, která udává největší úchylku, se označuje  $R_{zmax}$  nebo také  $R_{max}$ .



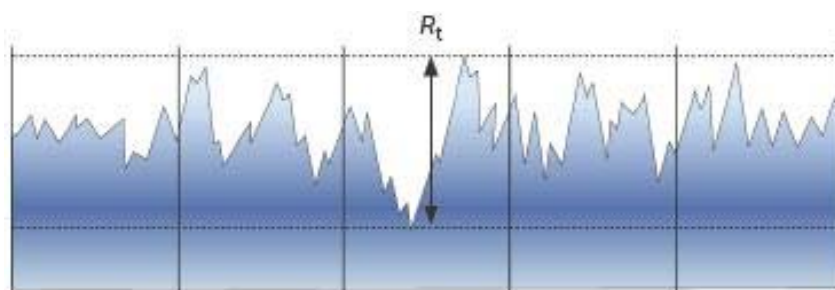
Obr. 11. Maximální výška nerovnosti profilu

Vzorec pro výpočet parametru drsnosti povrchu Rz:

$$R_z = \frac{1}{5} (\sum_{i=1}^5 |y_{p\ mi}| + |\sum_{i=1}^5 y_{v\ mi}|)$$

c)  $R_t$  – celková výška profilu

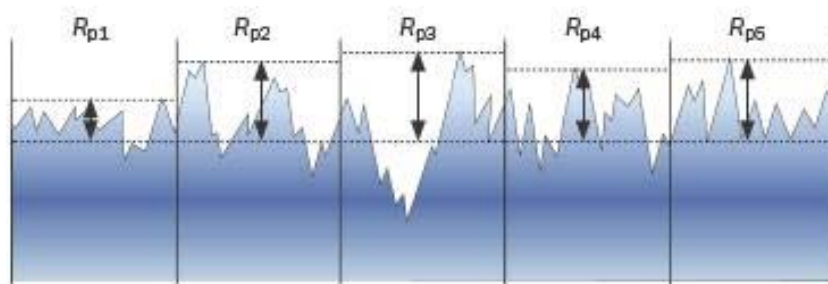
Celková výška profilu (obr. 12) je součtem výšky nejvyššího výstupku profilu a hloubky nejnižší prohlubně profilu na vyhodnocované délce (která se obvykle skládá z pěti základních délek). Nezávislá hodnota  $R_t$  (která nesouvisí s  $R_z$  nebo  $R_a$ ) představuje jeden z nejpřísnějších požadavků na R-profil.



Obr. 12. celková výška profilu

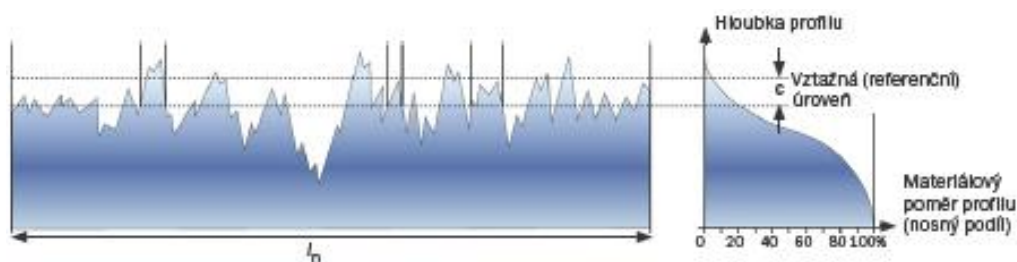
d)  $R_p$  – maximální výška výstupku profilu (průměrná)

Maximální výška výstupku profilu je střední hodnota jednotlivých největších výšek výstupků profilu  $R_p$  (obr. 13), stanovených pro jednotlivé základní délky. Parametr jakosti povrchu,  $R_p$  spolu s,  $R_z$ , lze použít pro stanovení údajů o vlastnostech povrchu.



Obr. 13. Maximální výška profilu

- e)  $R_{mr}$  – materiálový poměr profilu – nosná křivka (Abbot-Firestoneova křivka)  
 Nejvhodnější metodou pro určení "míry odolnosti proti opotřebení" u dané součásti je stanovení příslušného materiálového poměru profilu jejího povrchu. Hodnota  $R_{mr}$  se udává v %. Vyhodnocení materiálového poměru profilu se provádí jednoduchou metodou, která umožňuje posoudit stupeň povrchových vad. [22]



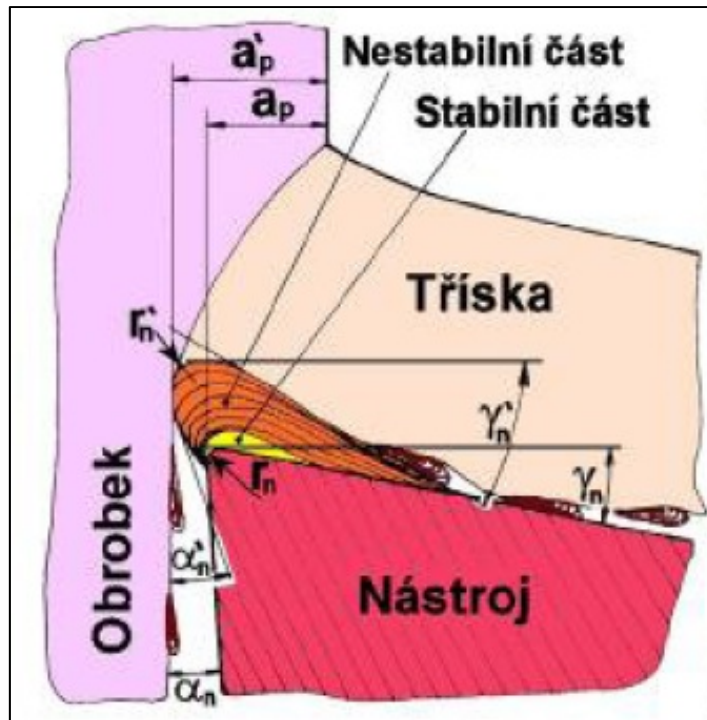
Obr. 14. Materiálový poměr profilu – nosná křivka

### ***Vliv řezných podmínek na drsnost povrchu***

Drsnost povrchu obrobené plochy je ovlivněna zásadně procesem řezání. Struktura povrchové vrstvičky má jiné vlastnosti než materiál uvnitř obrobku, který je tvrdší a projevuje se u něj vnitřní pnutí. S rostoucí řeznou rychlostí tloušťka deformované vrstvičky klesá.

Charakter drsnosti je dán hlavně metodou obrábění, tvarem funkční části nástroje a řeznými podmínkami. Určení a vyhodnocování drsnosti se provádí kolmo na stopy po nástroji, tj. ve směru posuvu (drsnost příčná). Z řezných podmínek má na drsnost povrchu obrobené plochy vliv hlavně řezná rychlost a posuv, dále pak závisí na tvaru nože, poloměru špičky, chlazení a mazání při obrábění, způsobu upnutí obrobku a celkové tuhosti soustavy S-N-O. Při nízkých řezných rychlostech dochází na břitu nástroje k vytváření nárůstku, který má na drsnost povrchu zásadní vliv.

Třením třísky na čele nástroje se setře zoxidovaná vrstva a působením vysokých tlaků a teplot se v místě styku s čelem nástroje uplatňují adhezní síly, což má za následek navaření třísky k čelu nástroje. Další pohyb třísky je možný až tehdy, dojde-li k porušení soudržnosti materiálu třísky. Část třísky však zůstane navařena a tvoří tzv. nárůstek (obr. 15). Nárůstek má vysokou pevnost (materiál byl sekundárně tvářen) a tvrdost, která dosahuje 2x až 6x vyšších hodnot než je tvrdost materiálu třísky.



Obr. 15. Tvorba nárůstku při obrábění

Nárůstek může převzít funkci břitu nástroje. V průběhu řezného procesu postupně přibývají jednotlivé vrstvy nárůstku a tím se mění skutečný úhel řezu. Během obrábění pravidelně dochází k odtržení části nárůstku, přičemž se celý děj pravidelně opakuje s frekvencí  $10^2$  až  $10^3$  Hz. Pokud dojde k odtržení celého nárůstku, vylomí se i část břitu nástroje. Tento děj je nežádoucí a je snaha mu zamezit volbou vhodných řezných podmínek a aplikováním procesních kapalin. Při obrábění ocelí se nárůstek tvoří při teplotě 300 až 400°C, při teplotách nad 600°C se nárůstek netvoří. Tvorba nárůstků je typická především pro nástroje z rychlořezných ocelí.

I když stabilní část nárůstku chrání břit před otěrem, opotřebení nástroje je větší následkem vylamování ostří. Zároveň dochází k ulpívání částí rozrušeného nárůstku na obrobek, což má výrazně negativní vliv na jakost obrobku.

Proto je obecná snaha se tvorbou nárůstku vyvarovat nebo jej alespoň do určité míry omezit aplikováním vhodných procesních kapalin a nastavením vhodných řezných podmínek.

## 2.3 Metody měření drsnosti povrchu

Drsnost povrchu lze posuzovat a měřit přímým nebo nepřímým pozorováním a měřením profilu povrchu obrobku různými pomůckami. Ve výrobě se drsnost posuzuje nejčastěji přímým pozorováním obrobené plochy lidskými smysly a porovnáváním obrobeného povrchu s vhodně volenými vzory apod. Přesné stanovení a číselné vyjádření drsnosti však vyžaduje vhodné měřicí přístroje. [12]

Metody a přístroje pro kontrolu drsnosti povrchu obrobené plochy jsou různé co do principu i co do přesnosti měření. V zásadě mohou být shrnuty do těchto hlavních způsobů stanovení drsnosti povrchu:

- Kvalitativní, subjektivní metoda ocenění drsnosti povrchu obrobené plochy pozorováním a srovnáváním
- Kvantitativní stanovení číselných hodnot ( $R_{max}$ ,  $R_z$ ,  $R_a$ ,  $R_q$ ) jakožto měř pro charakteristické ocenění drsnosti
- Souhrnná kontrola povrchu



Obr. 16. Přenosný digitální drsnoměr TR-200

### ***Kvalitativní metody měření drsnosti***

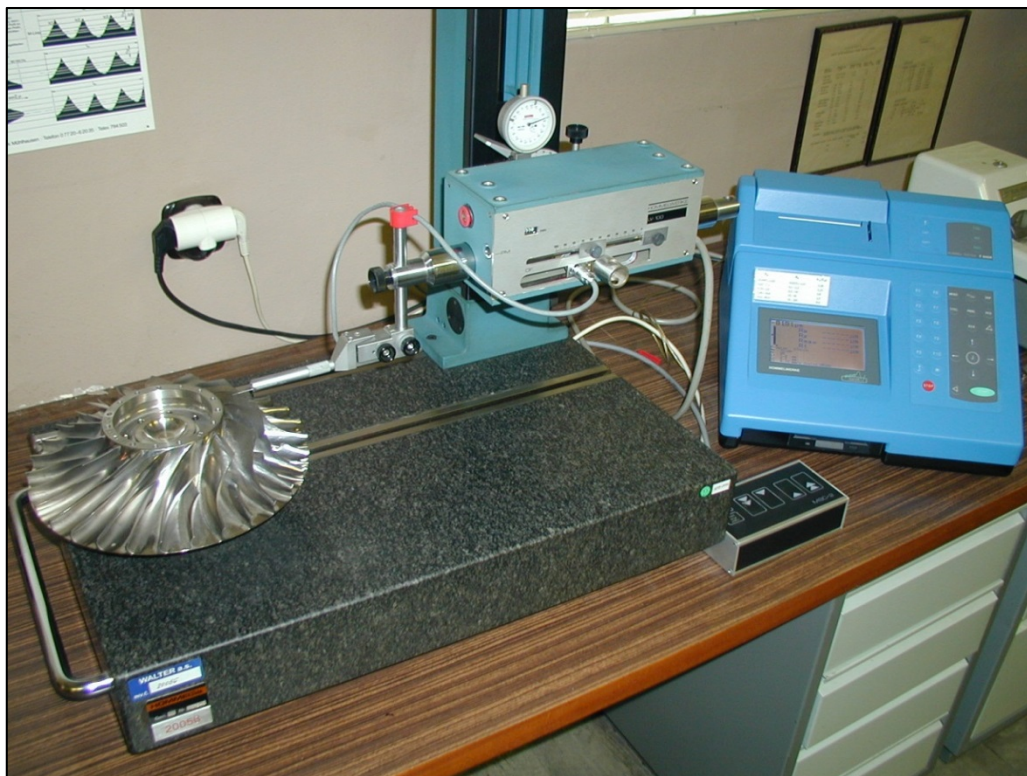
Kvalitativní metody měření drsnosti a kvalitativní ocenění povrchu je vázáno na osobní dojmy a smysly kontrolujícího. Dělník vnímá a posuzuje vlastnosti povrchu přímo nebo porovnáváním se vzorovými povrchy (standardy). I když tyto jednoduché kvalitativní způsoby ocenění nejsou úplně přesné, postačí pro běžný dílenský provoz.

Používá se jich běžně pro rychlé posouzení povrchu, který se popř. ještě namátkově kontroluje i kvantitativním přístrojem. [14]

- vzorkovnice povrchu
- srovnávací mikroskopy
- kontrolní dalekohled pro kontrolu hlubokých děr

### ***Kvantitativní metody kontroly drsnosti***

Porovnání podle vzorků nebo vzorkových kusů nemůže být považováno vždy za zcela objektivní. Proto musí mít alespoň ve větších závodech oddělení technické kontroly k dispozici přístroje pro kvantitativní měření drsnosti, a skutečnou drsnost obrobku spolehlivě kontrolovat alespoň výběrově, popř. u prvních kusů. Měření kontrolními přístroji pro kvantitativní určení drsnosti je zdlouhavé, přístroje jsou velmi drahé a je jich málo. Při určování drsnosti je třeba změřit povrch na několika různých místech (3 až 5) a vypočítat střední hodnoty, neboť drsnost povrchu i na téže ploše značně kolísá. [14]



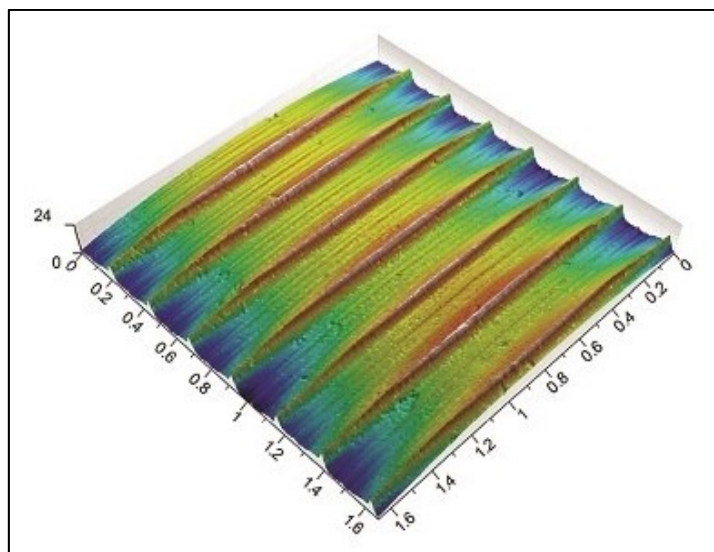
*Obr. 17. Drsnoměr HOMMEL TESTER T6000*

Drsnost povrchu je hlavní složkou integrity povrchu. Důležitost tohoto parametru je doložena zejména tím, že hodnoty drsnosti jsou předepsány téměř na

každém výrobním výkrese součástí. V České republice se používá zejména parametr  $R_a$ , v menší míře pak parametr  $R_z$ .

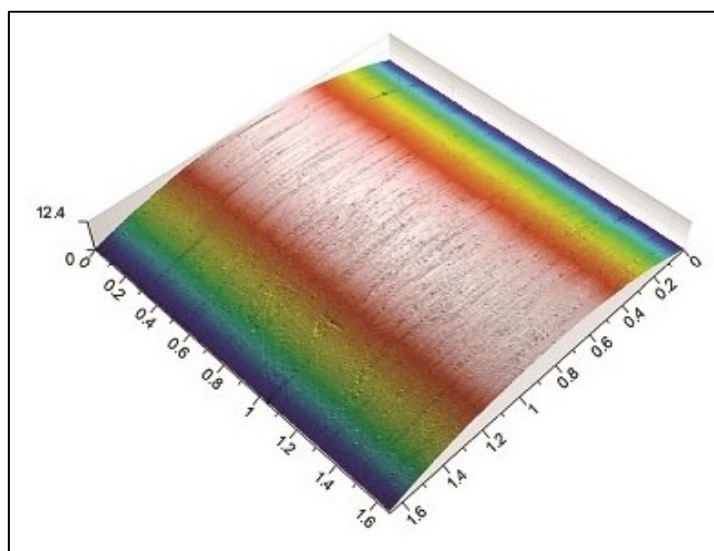
Na každé obrobené ploše zůstávají stopy zejména po nástroji, které jsou vzájemně uspořádány. Ovšem sledování jejich uspořádání je technicky náročné a proto se přistupuje ke zjednodušenému měření drsnosti v jednom řezu. Směr nerovností na povrchu může být buď výrazný (periodický) nebo nevýrazný (aperiodický).

- Periodický povrch (obr. 18) vzniká při soustružení, frézování, vrtání, broušení apod., tedy v případě, kdy nástroj vytváří na povrchu součásti rýhy v určitém směru.



*Obr. 18. Periodický povrch [24]*

- Aperiodický povrch (obr. 19) vzniká při odlévání, kování apod.



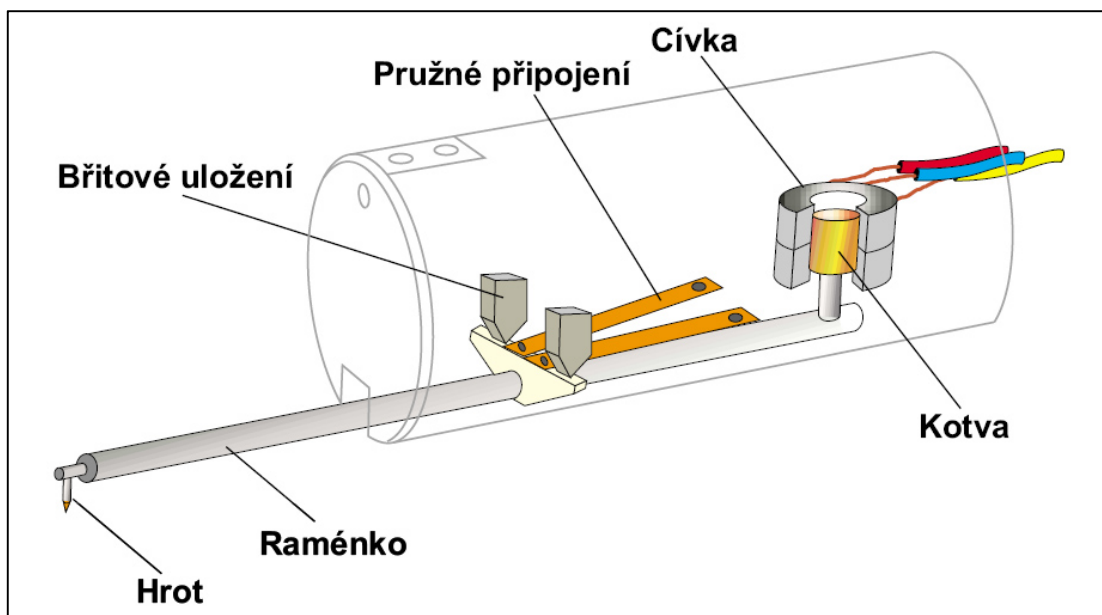
*Obr. 19. Aperiodický povrch [24]*



Pro měření drsnosti se dnes používají dvě základní metody. Je to dotyková metoda (měření v rovině řezu) a optická metoda (vhodná pro měření plošných nerovností). [10]

### **Dotyková metoda**

Tato metoda měření drsnosti povrchu zahrnuje velmi přesné přístroje s vysokou citlivostí. Přístroje umožňují grafický záznam průběhu povrchu a jeho převod do digitální formy. Nejpoužívanější dotykovou metodou je v současnosti profilová metoda (obr. 20). Snímačem je profilometr, jehož základním prvkem je diamantový hrot.



*Obr. 20. Schéma indukčního systému měření povrchu dotykovou metodou*

U dotykové metody rozlišujeme dva druhy snímání:

- Absolutní snímání – měřicí základna je přesná přímá nebo tvarová dráha pro snímač
- Relativní snímání – patka klouzající po měřeném povrchu generuje dráhu měřicí základny

## **Bezdotykové měření struktury povrchu**

U přístrojů na hodnocení povrchů pracujících na bezdotykovém principu se nejčastěji využívá snímačů CLA (Chromatic Length Aberration) a snímačů laserových. Princip měření spočívá ve využití světelného paprsku, který se odráží od měřeného povrchu do přijímacího optického systému (laser), nebo se rozkládá a optikou je směřován na kontrolovaný povrch (CLA snímače). Výhodou oproti měření dotykovou metodou je, že odpadá nutnost korekce snímacího hrotu, která se provádí u dotykových přístrojů. Rozdíl spočívá v tom, že hrot, kterým je profil snímán, má tendenci rozšiřovat výstupky a zmenšovat šířku prohlubní, což ovlivňuje data pro hodnocení šikmosti. Problémem použití optických měřicích přístrojů je to, že dochází k tzv. ztrátě dat. K tomuto problému dochází v hraničních oblastech nebo v místech náhlých změn profilu. Paprsek se nemusí správně odrazit zpět do detektoru a tím pádem data nejsou zaznamenána. Ztrátu dat může způsobit i velmi vysoká nebo nízká odrazivost povrchu. Software dodávaný s měřidlem dokáže některé chyby měření napravit, zpravidla vhodnou interpolací okolních dat. [9][26]

### **3. NÁVRH METODIKY EXPERIMENTŮ PRO ZKOUMÁNÍ VLIVŮ HLOUBKY VRTÁNÍ NA SCHOPNOST PROCESNÍCH KAPALIN PRONIKAT DO ZÓNY ŘEZÁNÍ**

Nežádoucím průvodním jevem při vrtání je vznik tření a tepla v zóně řezu a problematický odvod třísky. Následky těchto jevů lze zmírnit použitím vhodné procesní kapaliny. Zejména u technologie vrtání je zapotřebí volit kapaliny s dobrými schopnostmi pronikat do zóny řezání. Navržení metodiky zjišťování vlivů hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání a určení procesních kapalin s nejlepší schopností pronikat do zóny řezání je cílem této diplomové práce.

#### **3.1 Charakteristika technologie vrtání**

Technologie vrtání zahrnuje téměř veškeré způsoby obrábění, při kterých dochází ke zhotovování válcových děr v obrobku při použití řezných nástrojů. Kromě vrtání krátkých a dlouhých děr zahrnuje tato technologie také další způsoby obrábění, jako je vystružování, vyhrubování, vyvrtávání, ale také některé operace obrábění načisto, např. válečkování a vyvrtávání. Společnou charakteristikou těchto metod obrábění je rotační pohyb nástroje, případně obrobku, při kterém zároveň dochází k přímočarému pohybu nástroje, popř. obrobku. Vrtání je jedna z nejběžnějších operací obrábění a v současné době nachází uplatnění téměř na všech strojích, flexibilních výrobních systémech, obráběcích centrech, NC a CNC soustruzích atd. [3]

#### **3.2 Popis použitých přístrojů, nástrojů a měřících zařízení**

##### ***Pásová pila PILOUS AGR 300 PLUS***

Dělení materiálu na jednotlivé vzorky bylo provedeno za pomoci pásové pily PILOUS AGR 300 PLUS. Pila je vybavena hydraulickým agregátem, který slouží k automatickému zvednutí ramene pilového pásu po ukončení řezu. Výška zdvihu je nastavitelná dle velikosti řezaného materiálu. Posuv do řezu je prováděn vlastní vahou ramene s možností plynulé regulace škrtícím ventilem olejového tlumiče. Upínání a posuv materiálu je ruční. Vysoká tuhost a stabilita odlitku ramene pily a celková robustní koncepce stroje zaručují dosažení vysoké přesnosti řezu, optimální využití pilového pásu i celkovou dlouhodobou životnost stroje.



*Obr. 21. Pásová pila PILOUS AGR 300 PLUS*

Základní technické parametry pásové pily PILOUS AGR 300 PLUS:

- Rozměr pilového pásu: 3110x27x0,9.
- Řezná rychlost: 40 a 80m/min
- Úhel řezání: 60° vpravo / 45° vlevo

### ***Univerzální frézka FNG 32***

Část experimentu, konkrétně vrtání vzorků v různých procesních prostředích, byla provedena na univerzální nástrojářské konzolové frézce FNG 32 (obr. 22) od výrobce TOS Olomouc, kterou je laboratoř KOM TUL vybavena. Tato frézka má dostatečnou tuhost a umožňuje plynulou regulaci otáček vřetena a posuvů stolu, čímž umožňuje nastavit vhodné parametry pro měření. Součástí frézky je digitální ovládací panel (obr. 23), na kterém je možno odečítat hodnoty dráhy stroje v jednotlivých osách a parametry posuvu a otáček frézky.



*Obr. 22. Univerzální nástrojářská frézka FNG 32*

Základní technické parametry univerzální frézky FNG 32 [26]:

- Rozměry stolu: 800 x 400 [mm]
- Posuv-Z: 6 – 400 [mm/min]
- Posuv-XY: 15 – 1000 [mm/min]
- Rozsah otáček: 50 – 4000 [ot./min]



*Obr. 23. Digitální ovládací panel frézky FNG 32*

### ***Vrták z rychlořezné oceli***

Pro vrtání vzorků byl použit válcový vrták ČSN 221121 (obr. 24) z rychlořezné oceli o průměru 8 mm, úhlem stoupání šroubovice 25° - 30° a vrcholovým úhlem 118°. Jedná se o středně dlouhý vrták s válcovou stopkou určený k vrtání kovů. Vhodný je zejména pro vrtání součástek z nelegované i legované oceli, ocelolitiny do pevnosti 900 N/mm<sup>2</sup>, šedé, temperované i tvárné litiny, spékané oceli, hliníkových slitin s krátkou třískou, bronzu, houževnaté mosazi apod.



*Obr. 24. Vrták z HSS ČSN 221121*

### ***Ruční refraktometr Brix 0-18% ATC***

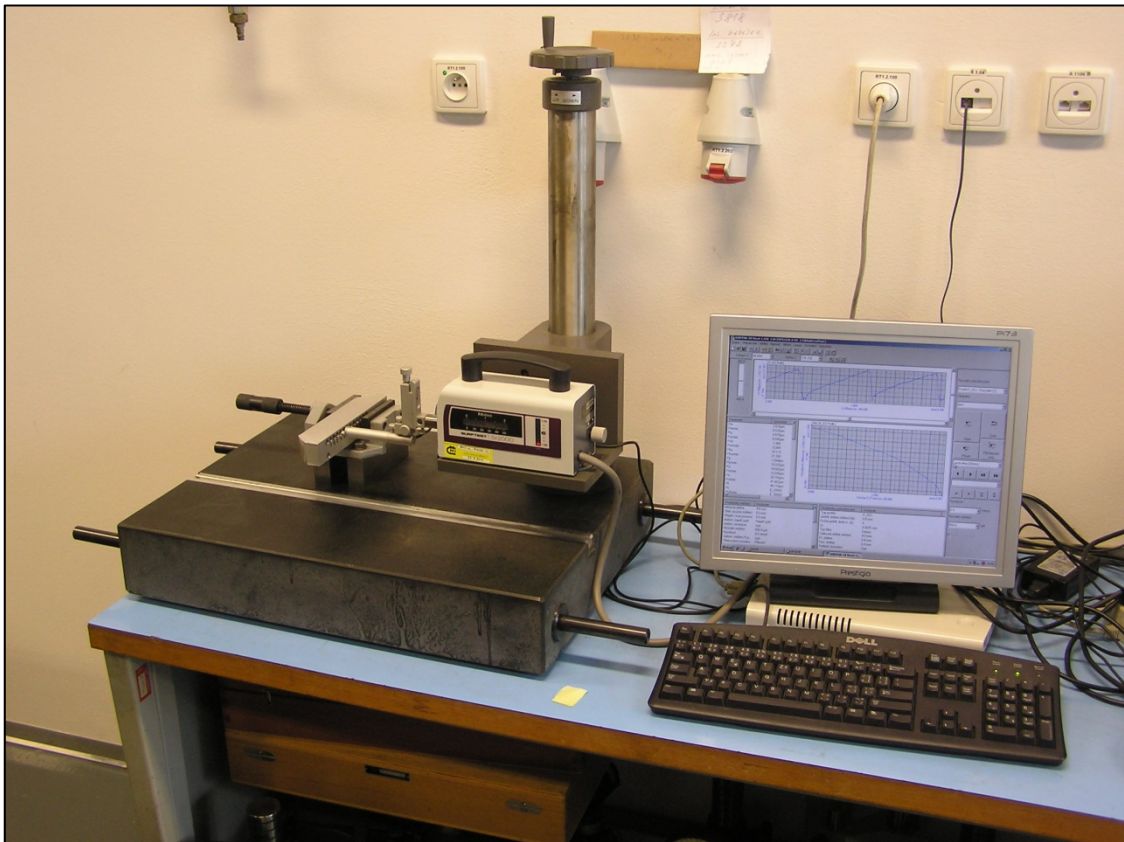
Pro kontrolu koncentrace procesních kapalin při jejich přípravě byl použit refraktometr Brix 0-18% ATC s přesností  $\pm 0,15\%$  (obr. 18). U procesních kapalin je nutné při refraktometrickém měření násobit naměřenou koncentraci opravným koeficientem, který je uveden u jednotlivých výrobků.



*Obr. 25. Ruční refraktometr Brix 0-18% ATC*

## *Drsnoměr Mitutoyo SV-2000*

Měření drsnosti povrchu proběhlo na drsnoměru Mitutoyo SV-2000 (obr. 26)



*Obr. 26. Drsnoměr Mitutoyo SV-2000*

### **3.3 Charakteristika použitého materiálu pro obrábění**

Pro účely našeho experimentu jsme jako materiál obráběných vzorků zvolili slitinu hliníku EN AW-2030 (AlCu4BiPbMg) dle ČSN 424254.

Tato slitina hliníku se vyznačuje střední pevností, která je dosažená jejím tepelným zpracováním. Slitina hliníku tvoří při obrábění krátkou třísku, a proto je vhodná pro zpracování na automatech. Používá se především pro přesné stroje a zařízení, např. pro jemnou mechaniku, optiku apod.

*Tab. 2. Chemické složení slitinových prvků v hmot. [%]*

<b>Materiál</b>		<b>Cu</b>	<b>Mn</b>	<b>Mg</b>	<b>Pb + Bi</b>	<b>AL</b>
AlCu4BiPb	min	3.0	0.30	0.40	0,5	zbytek
AlCu4BiPb	max	5.0	1.5	1.5	1,5	

Tab. 3. Chemické složení doprovodných prvků v hmot. [%]

Materiál		Fe	Zn	Ni	Sn + Cd	Si
AlCu4BiPb	max	1	0,7	0,3	0,4	1

Tab. 4. Základní mechanické a fyzikální vlastnosti slitiny hliníku [27]

Měrná hmotnost [kg/dm <sup>3</sup> ]	2,8
Bod tavení	650
Střední teplotní součinitel délkové roztažnosti $\alpha \cdot 10^6$ [1/K]	20-100°C 22,9 20-200°C 23,4
Tepelná vodivost $\lambda$ [W/K·m]	147
Elektrický měrný odpor $\rho \cdot 10^9$ [ $\Omega \cdot m$ W/K·m]	Vytvrzený 43-55
Modul pružnosti v tahu $E \cdot 10^{-3}$ [MPa]	
Struktura	Základní mřížka $\alpha$ kubická, plošně centrovaná Pb kubická plošně centrovaná
Vhodnost pro svařování	nevhodný
Nejnižší tvrdost podle Brinella	(95)
Nejnižší pevnost v tahu $R_m$ [MPa]	370
Nejnižší mez kluzu $R_{p02}$ [MPa]	250

### 3.4 Volba a příprava procesních kapalin

Jako procesní prostředí pro náš experiment byly použity vodou mísitelné procesní kapaliny, tj. olejové emulze. Mezi vybranými procesními kapalinami měly své zastoupení kapaliny jak na bázi rostlinných, tak i minerálních olejů. Tyto procesní kapaliny byly zvoleny jako vhodné pro obrábění slitin hliníku včetně technologie vrtání. Celkem bylo vybráno 11 procesních kapalin, 6 kapalin poskytla firma PARAMO a.s. a 5 procesních kapalin bylo dodáno od různých světových výrobců. Kromě vodou mísitelných procesních kapalin byla jako procesní prostředí použita i pitná voda z řádu.

Přehled vybraných procesních kapalin použitých pro měření:

- Vasco 1000
- Blasocut 35 Kombi
- Grindex 10
- Hocut 795 B
- Cimstar 620



- EOPS 1030
- ESOK 1.0 D
- ESOK 1.0 E
- ESOK 1.0 F
- ESOK 1.1 B
- ESOK 1.1 D



*Obr. 27. Procesní kapaliny od předních světových výrobců*



*Obr. 28. Procesní kapaliny od firmy PARAMO a.s.*

### ***Příprava procesních kapalin***

Pro přípravu procesních kapalin je základem voda, u které je velmi důležitá její kvalita. V našem případě byla použita čistá pitná voda z řádu s neutrální hodnotou (pH 7). Smícháním koncentráту a vody vzniká emulzní kapalina s určitou koncentrací, která je doporučena výrobcem.

Míchání emulze se provádělo formou manuálního mísení v čistých, dezinfikovaných plastových kanystrech o objemu 5 l. Koncentrát se nejprve odlil do odměrky, kde se stanovilo přibližné množství pro namíchání emulze v požadované koncentraci. Poté se koncentrát plynule za stálého míchání přiléval do vodou naplněného kanystru.

K dodržení přesného mísícího poměru bylo potřeba během míchání měřit koncentraci kapaliny ručním refraktometrem. Přitom je důležité dát pozor na refrakční koeficient, který je pro každou procesní kapalinu specifický. Aby bylo možné přesně změřit koncentraci procesních kapalin, bylo nutné nejprve z daného refrakčního koeficientu a požadované koncentrace určit hodnotu na stupnici refraktometru pro danou. Ta se vypočítá ze vzorce:  $r = \frac{c}{\kappa} [\%]$

- kde
- r ... hodnota na stupnici refraktometru
  - c ... požadovaná koncentrace kapaliny v %
  - $\kappa$  ... refrakční koeficient (specifická hodnota každé kapaliny)

V tabulce č 5 jsou znázorněny refrakční koeficienty jednotlivých kapalin a přiřazené hodnoty na stupnici refraktometru odpovídající požadované koncentraci.

*Tab. 5. Refrakční koeficienty procesních kapalin*

	<b>koncentrace [%]</b>	<b>refrakční koeficient</b>	<b>hodnota na stupnici</b>
<b>VASCO 1000</b>	5	1	5
<b>ESOK 1.1D</b>	5	1	5
<b>ESOK 1.0D</b>	5	1,6	3,1
<b>HOCUT 795</b>	5	1	5
<b>ESOK 1.0E</b>	5	3,1	1,6
<b>GRINDEX 10</b>	5	1,1	4,5
<b>BLASOCUT 35 KOMBI</b>	5	2,73	1,8
<b>ESOK 1.0F</b>	5	2,1	2,4
<b>ESOK 1.1B</b>	5	3,1	1,6
<b>CIMSTAR 10</b>	5	1,88	2,7
<b>EOPS 1030</b>	5	1,4	3,6

Připravená procesní kapalina s požadovanou koncentrací se poté přelila z kanystrů do zásobníku chladícího zařízení na frézce FNG 32 (obr. 29). Odtud byla vedena samotíží přívodní hadičkou k obrobku do místa řezu.



*Obr. 29. Zásobník chladícího zařízení na frézce FNG 32*

Aby byla zaručena čistota a provozní stálost procesních kapalin, bylo nutné po každé její výměně chladící zařízení vyčistit. Použité procesní kapaliny byly uskladněny do plastových kanystrů a následně připraveny pro ekologickou likvidaci.

### **3.5 Realizace experimentu**

Experiment zjišťování vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání byl navržen tak, že se u jednotlivých vzorků, lišících se právě hloubkou vrtání, vyhodnocovala kvalita povrchu vrtaných otvorů a to zejména na konci vrtaného otvoru. U vrtání hlubších otvorů dochází vlivem zhoršené schopnosti procesních kapalin pronikat do zóny řezání k větší tvorbě nárůstku, což má za následek zhoršení kvality obráběného povrchu.

### ***Příprava vzorků***

Pro účely našeho experimentu jsme jako materiál obráběných vzorků zvolili slitinu hliníku EN AW-2030 (AlCu4BiPb). Polotovar materiálu byl ve formě kruhové tyče o průměru 300 mm, který bylo nejprve zapotřebí nadělit na dílčí vzorky. Bylo nařezáno 5 vzorků o tloušťkách 10, 20, 30, 40 a 50 mm. Dělení materiálu bylo provedeno na pásové pile PILOUS AGR 300 PLUS (obr. 21).

### ***Řezné podmínky***

Po přípravě vzorků a namíchání procesních kapalin bylo zapotřebí stanovit vhodné řezné podmínky. Pro náš experiment byly stanoveny takové řezné podmínky, které jsou podle odborné literatury i výrobce vrtáku vhodné pro vrtání slitiny hliníku nástrojem z rychlořezné oceli.

Vlastní vrtání probíhalo za následujících řezných podmínek a parametrů:

- Nástroj: Vrták z HSS ČSN 22 1121
- Obráběný materiál: Slitina hliníku EN AW-2030
- Průměr otvoru D: 8 [mm]
- Délka otvoru L: 10/20/30/40/50 [mm]
- Řezná rychlost  $v_c$ : 40 [m/min]
- Otáčky n: 1600 [ $\text{min}^{-1}$ ]
- Posuv na otáčku  $f_{ot}$ : 0,05 [mm/ot]
- Posuv za minutu  $f_{min}$ : 80 [mm/min]

Posuv stolu s vrtaným vzorkem byl strojní a po celou dobu vrtání konstantní, stejně jako otáčky nástroje.

### ***Vlastní vrtání***

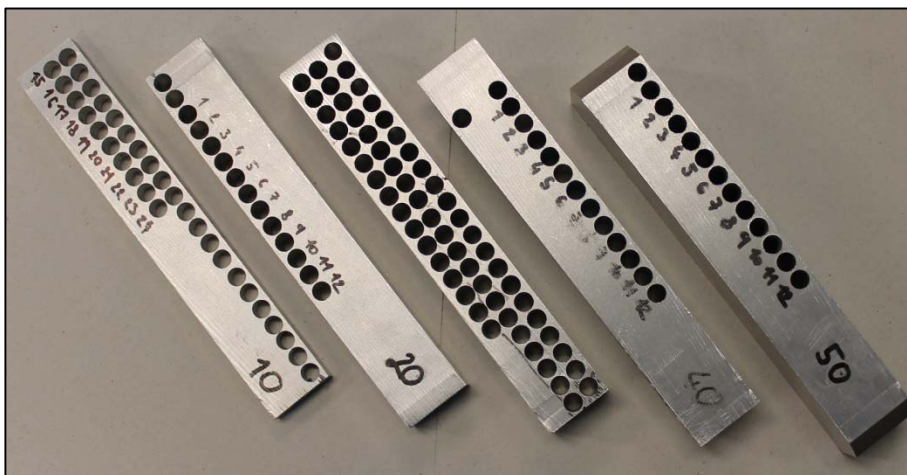
Experiment byl rozdělen do 5-ti částí podle příslušných tlouštěk vzorků a jím odpovídajících délek otvorů.

Postupně se vrtaly vzorky od nejmenší vrtané hloubky po největší, přičemž všechny vrtané otvory byly průchozí skrze celý vzorek. U každého vzorku bylo použito 11 procesních kapalin, kde každé kapalině odpovídal jeden příslušný otvor.



*Obr. 30. Přívod procesní kapaliny k nástroji*

Během procesu vrtání bylo potřeba dbát na správný přívod procesní kapaliny k nástroji (obr. 30). U každého vzorku bylo nutné změnit výšku nastavení přívodní trysky procesní kapaliny kvůli rozdílným vrtaným hloubkám otvorů. Jednotlivé otvory byly označeny a přiřazeny příslušným kapalinám, které byly aplikovány v daném pořadí. Celkem bylo pro účely měření zhotoveno 55 otvorů na 5-ti vzorcích (obr. 31).

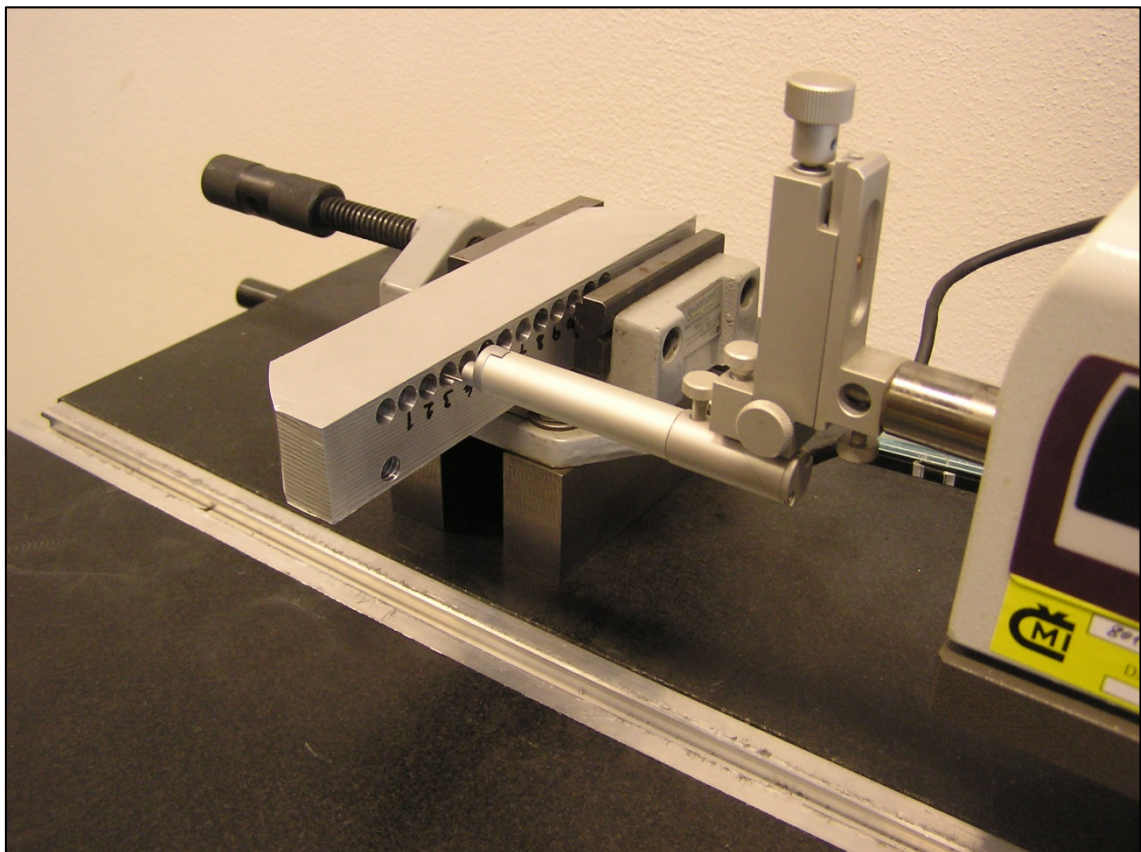


*Obr. 31. Obrobené vzorky*

Před každým vrtaným otvorem byl pracovní prostor řádně očištěn od vzniklých třísek a procesní kapaliny. Zařízení na přívod procesní kapaliny bylo vyčištěno čistou vodou.

### ***Měření drsnosti povrchu obrobků***

Měření drsnosti povrchu probíhalo na drsnoměru Mitutoyo Surftest SV-2000 (obr. 32), který se nachází v laboratoři KOM FS TUL. Naměřené hodnoty byly zaznamenávány na stolním PC pomocí programu Surfpack. U každého vyvrtaného otvoru byla drsnost povrchu měřena na jeho počátku, v místě vstupu vrtáku do obrobku (cca 2-3 mm od povrchu vzorku) a na jeho opačném konci, v místě výstupu vrtáku z obrobku. Schéma měření drsnosti povrchu jednotlivých vzorků je znázorněno na obrázku (obr. 33). V každém měřeném úseku bylo provedeno 10 měření, přičemž byl po každém měření vzorek pootočen tak, aby každá dráha měřicího přístroje byla vždy jiná a byla tak zaručena statistická přesnost. Celkem bylo tedy naměřeno 20 hodnot drsnosti povrchu pro každou kapalinu u jednoho vzorku.

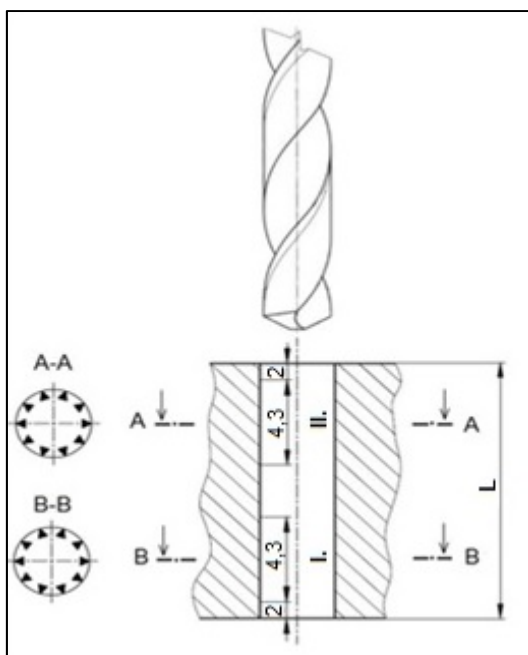


*Obr. 32. Měření drsnosti na drsnoměru Mitutoyo Surftest SV-2000*

Pro náš experiment byly k vyhodnocení kvality povrchu po vrtání použity následující parametry drsnosti povrchu:

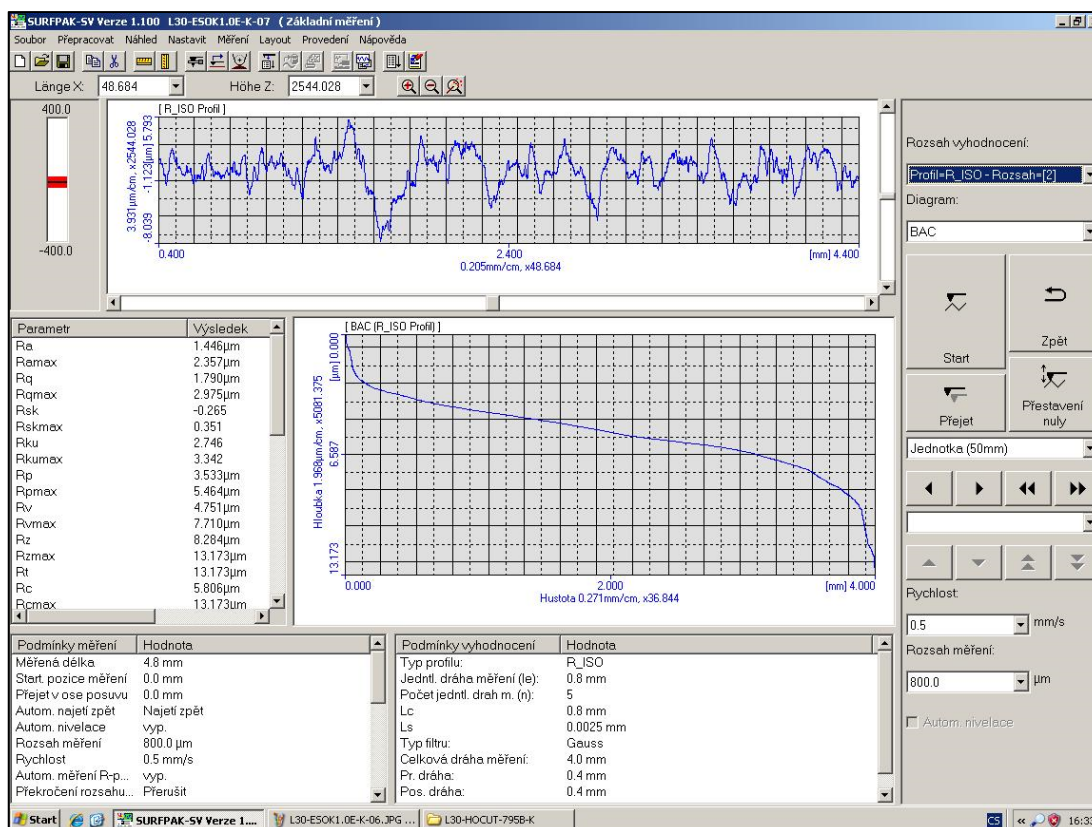
**Ra** ... střední aritmetická úchylka profilu

**Rz** ... maximální výška profilu



Obr. 33. Schéma měření drsnosti povrchu

Tyto hodnoty lze odečíst z monitoru PC v uživatelském rozhraní programu Surfpack-SV Verze 1.1 (obr. 34) a exportovat je do elektronického souboru. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulek a grafů.

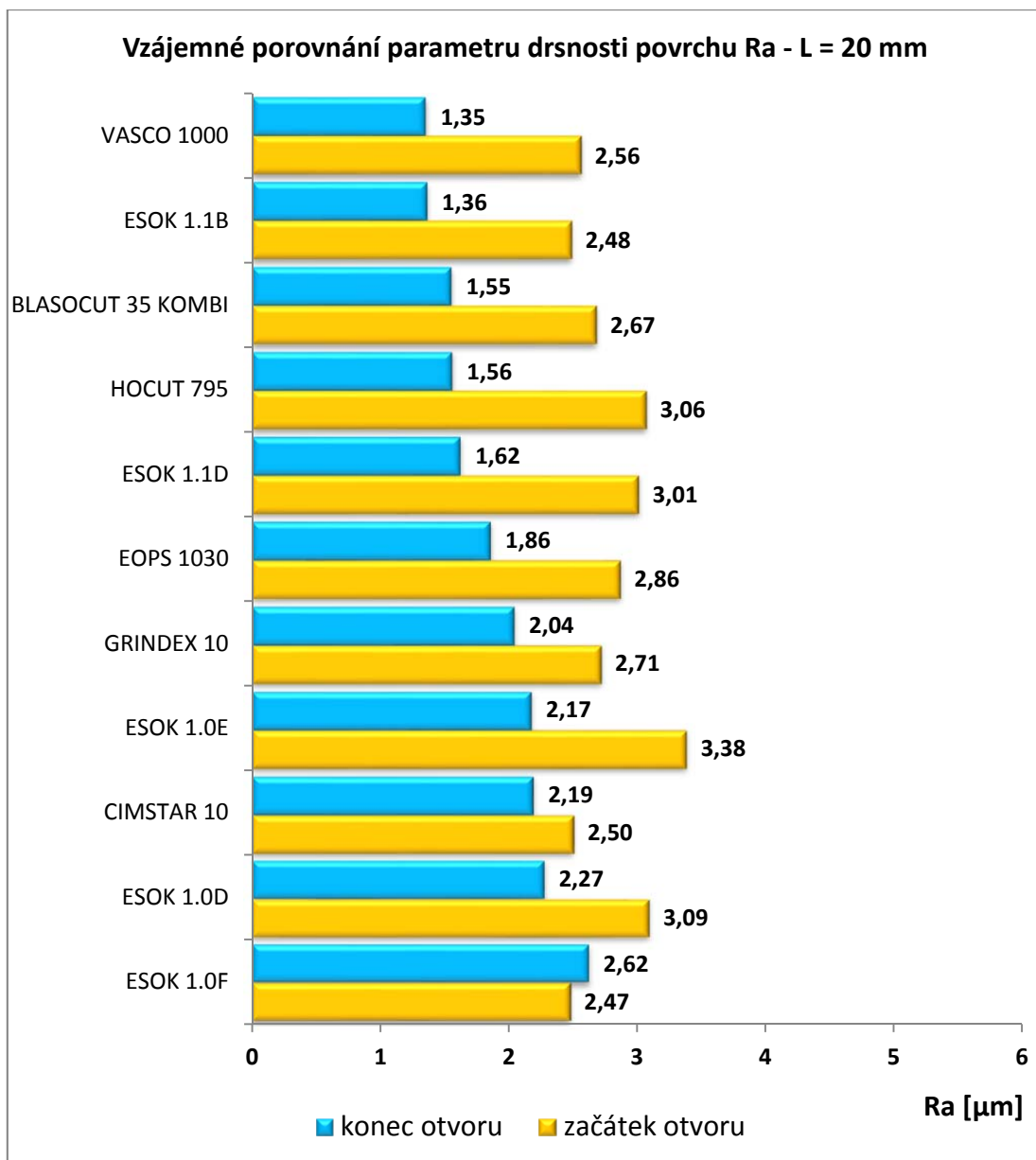


Obr. 34. Prostředí programu surfpak-SV Verze 1.1.

#### 4. VYHODNOCENÍ VLIVU HLOUBKY VRTÁNÍ NA PARAMETRY DRSNOSTI OBROBENÉHO POVRCHU Ra A Rz U VRTÁNÍ SLITINY HLINÍKU PŘI POUŽITÍ RŮZNÝCH PROCESNÍCH KAPALIN

##### 4.1 Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz při hloubce vrtání 20 mm

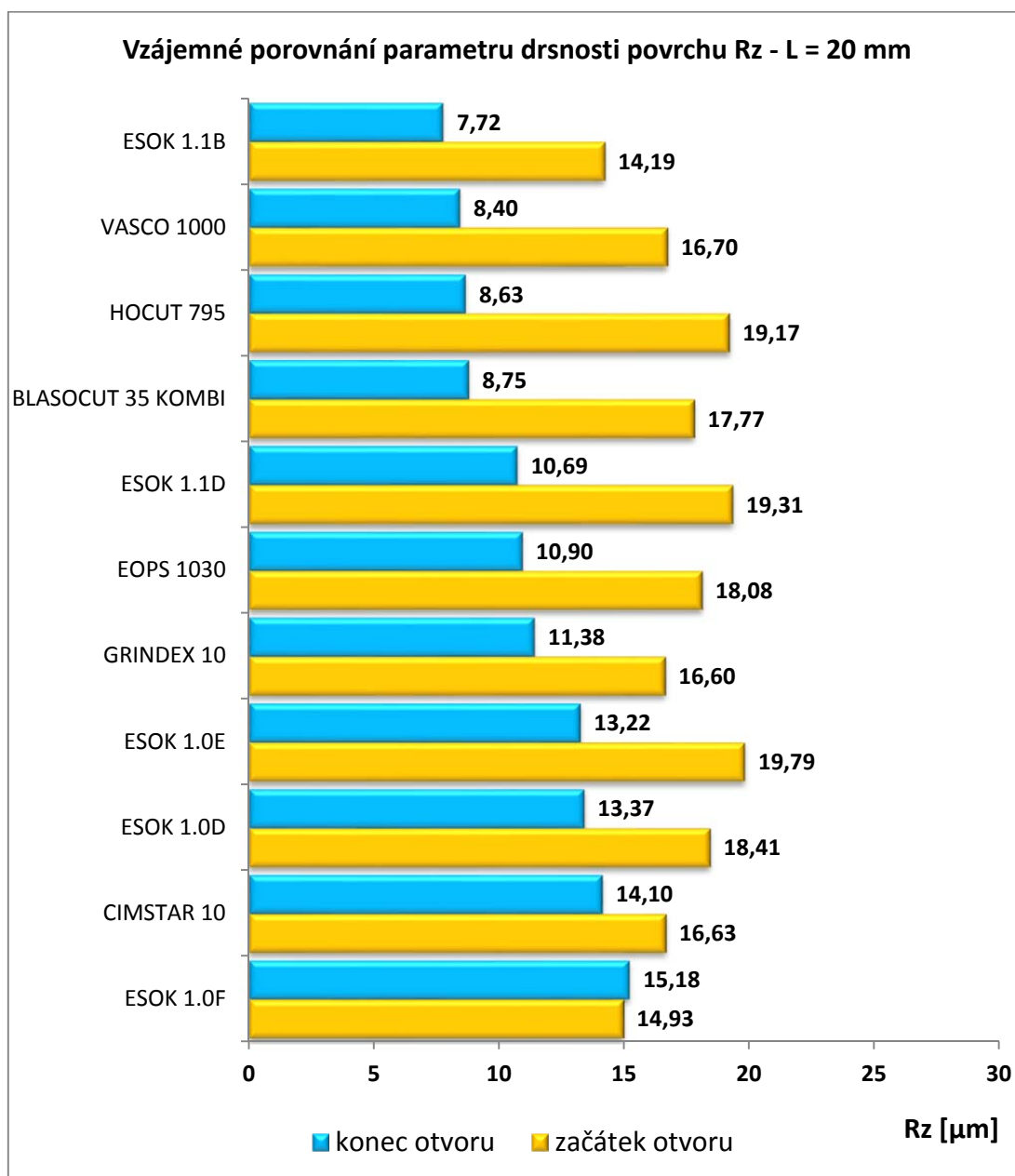
V grafu č. 2 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Ra u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



Graf č. 2. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Ra při hloubce vrtání 20 mm



V grafu č. 3 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Rz u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



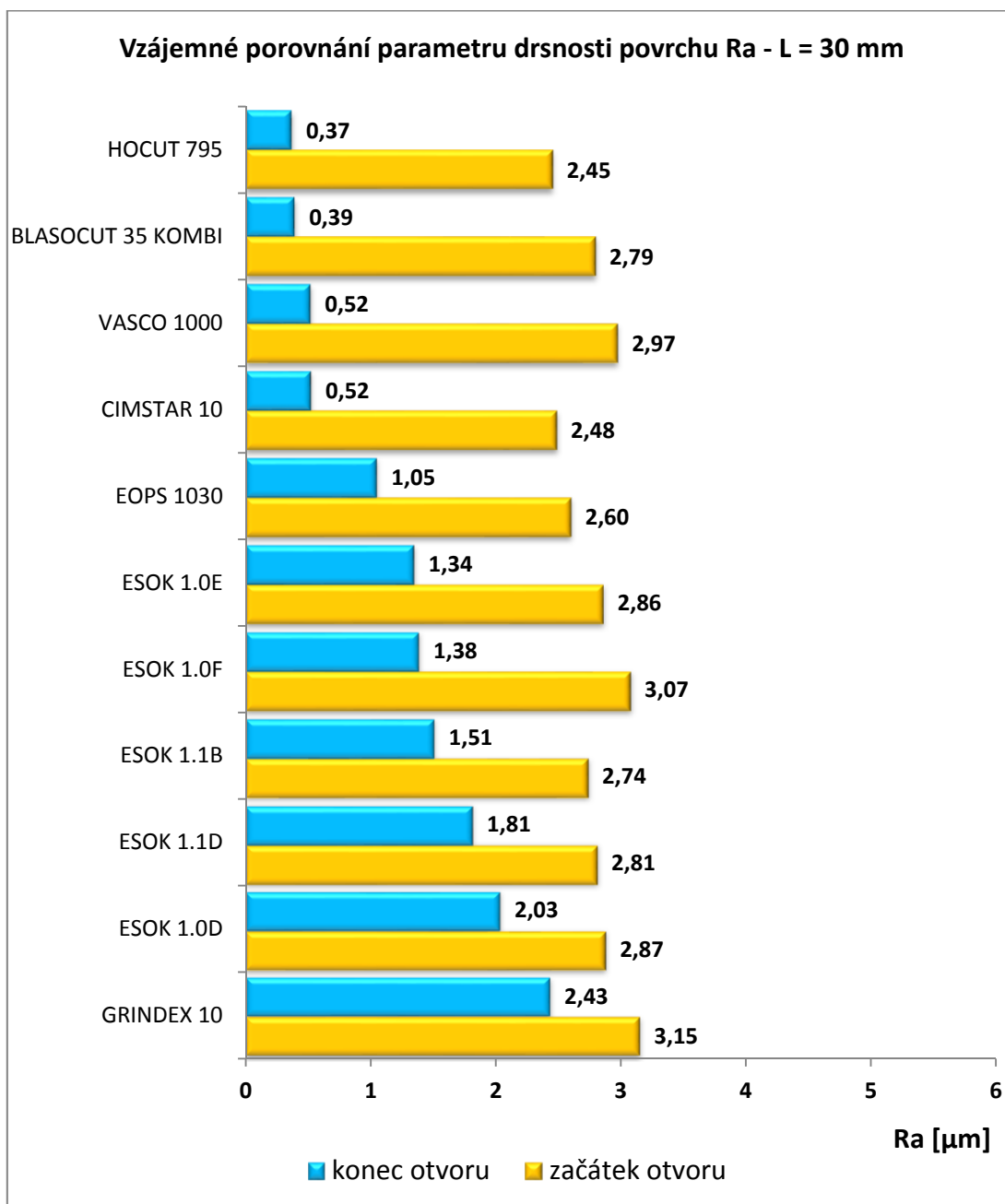
Graf č. 3. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Rz při hloubce vrtání 20 mm

## Závěr:

Z provedeného měření bylo zjištěno, že při hloubce vrtání 20 mm je na začátku otvoru parametr drsnosti povrchu Ra přibližně 1,5 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. V případě parametru Rz byla drsnost povrchu na začátku otvoru 1,6 krát vyšší. Vliv procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Ra a Rz na začátku vrtaného otvoru není patrný. Největší rozdíl činil u parametru drsnosti povrchu Ra 36% a u parametru drsnosti Rz 39%, a to mezi procesními kapalinami ESOK 1.0E a ESOK 1.1B. Na konci vrtaného otvoru je již patrný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti Ra a Rz. Největší rozdíl parametru Ra dosáhl hodnoty 94% a parametru Rz 96% mezi procesními kapalinami ESOK 1.1B a ESOK 1.0F. Procesní kapalina ESOK 1.1B dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 1,35 [ $\mu\text{m}$ ] a Rz = 7,72 [ $\mu\text{m}$ ].

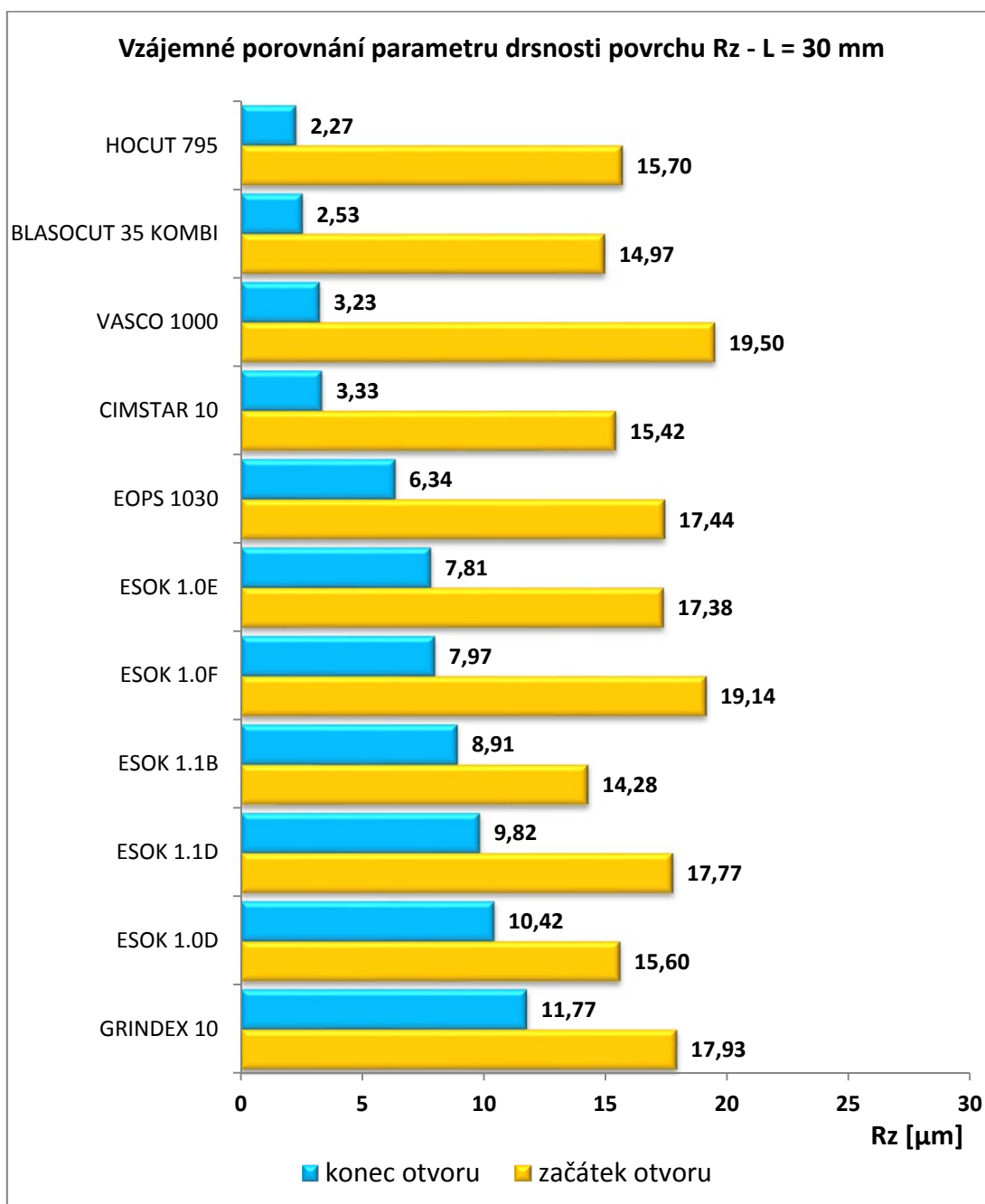
#### 4.2 Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz při hloubce vrtání 30 mm

V grafu č. 4 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Ra u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



Graf č. 4. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Ra při hloubce vrtání 30 mm

V grafu č. 5 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Rz u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



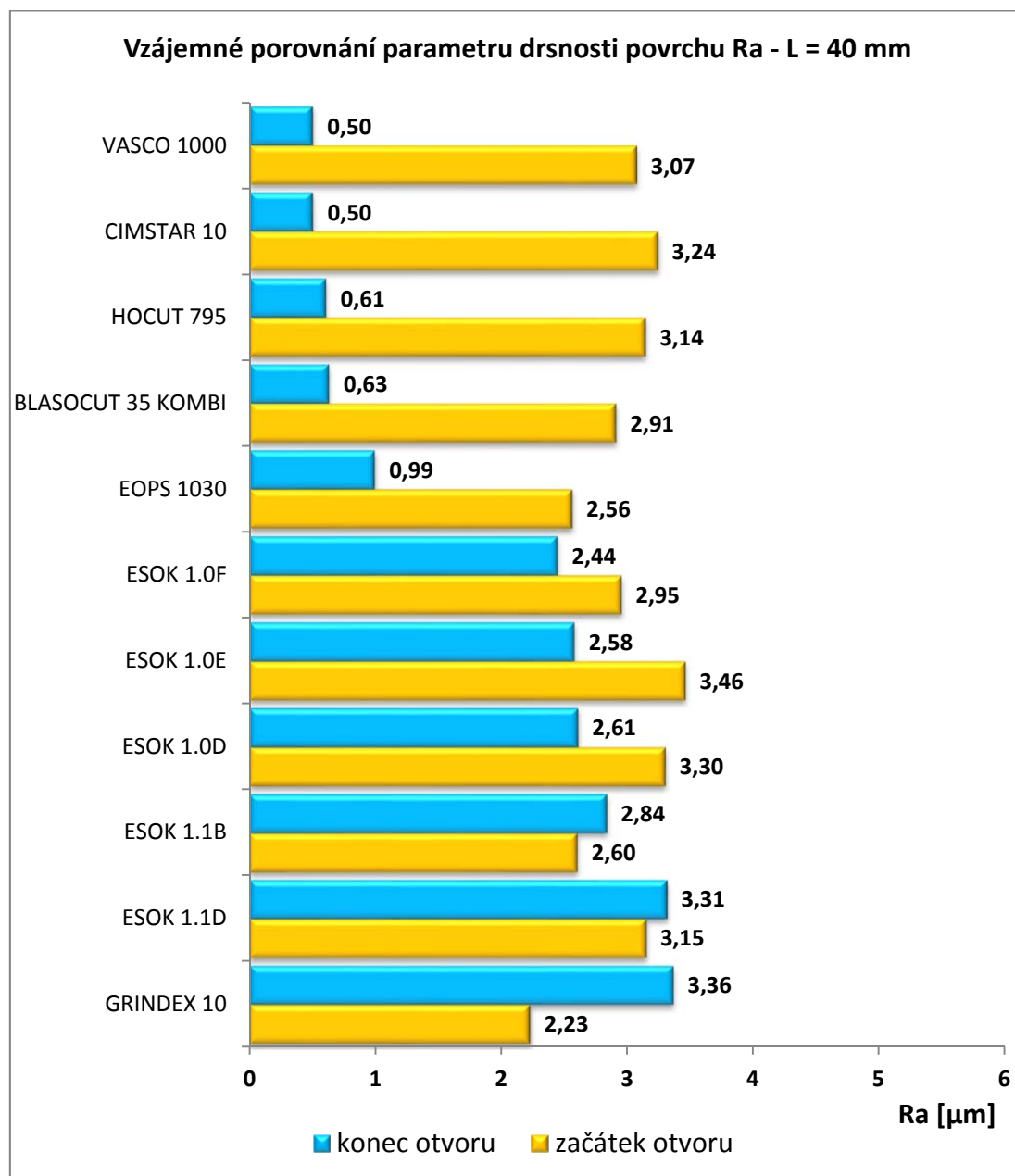
Graf č. 5. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Rz při hloubce vrtání 30 mm

## Závěr:

Z provedeného měření bylo zjištěno, že při hloubce vrtání 30 mm je na začátku otvoru parametr drsnosti povrchu Ra přibližně 2,3 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. V případě parametru Rz byla drsnost povrchu na začátku otvoru 2,5 krát vyšší. Vliv procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Ra a Rz na začátku vrtaného otvoru není patrný. Největší rozdíl parametru drsnosti povrchu Ra byl 28% a to mezi procesními kapalinami HOCUT 795 a GRINDEX 10. U parametru drsnosti Rz tento rozdíl činil 36%, a to mezi procesními kapalinami ESOK 1.1B a VASCO 1000. Na konci vrtaného otvoru o délce 30 mm se již projevil výrazný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl parametru Ra dosáhl hodnoty 557% a parametru Rz 418% mezi procesními kapalinami HOCUT 795 a GRINDEX 10. Procesní kapalina ESOK 1.1B dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 0,37 [ $\mu\text{m}$ ] a Rz = 2,27 [ $\mu\text{m}$ ].

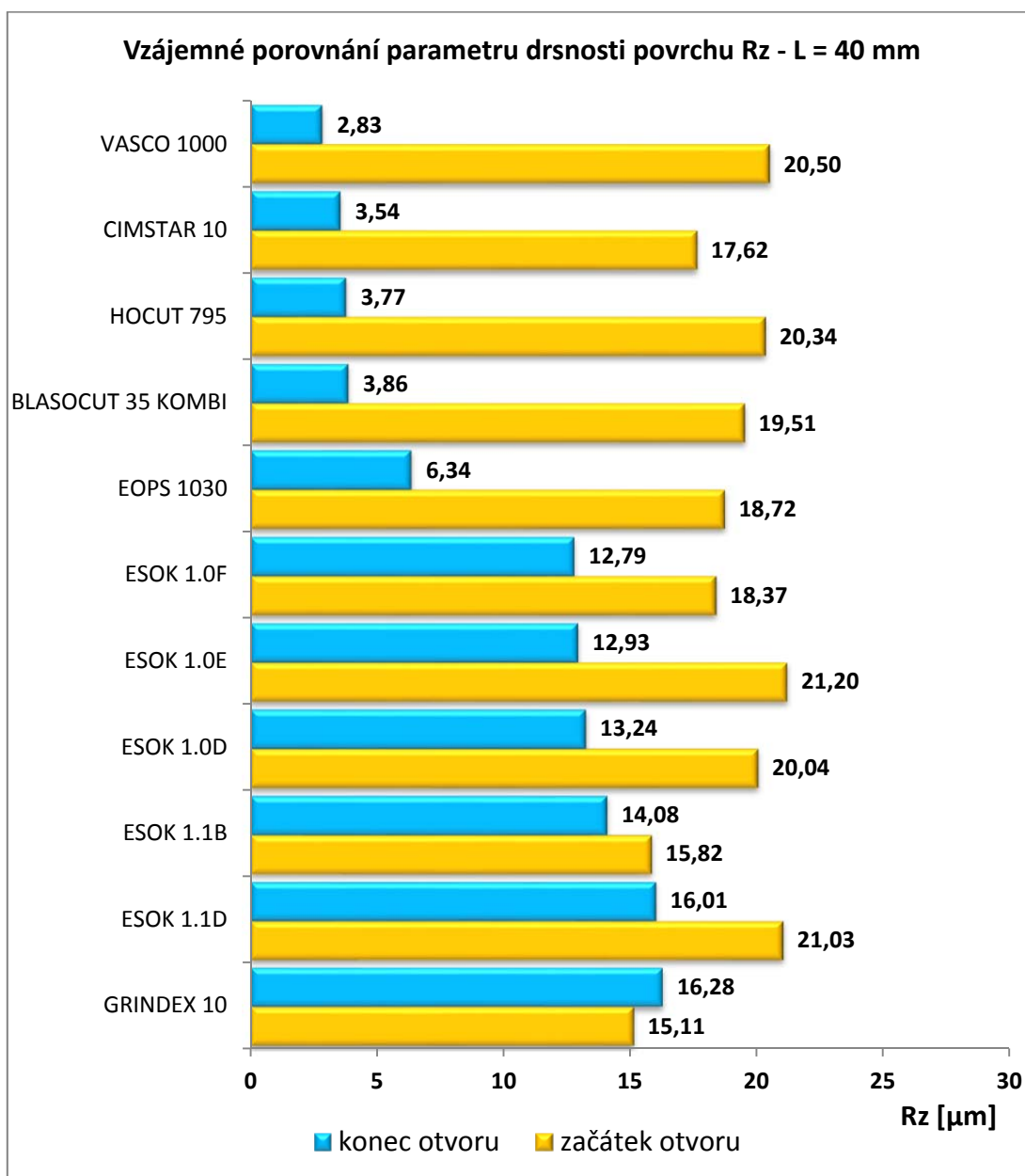
#### 4.3 Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz při hloubce vrtání 40 mm

V grafu č. 6 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Ra u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



Graf č. 6. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Ra při vrtané hloubce 40 mm

V grafu č. 7 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Rz u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



Graf č. 7. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Rz při hloubce vrtání 40 mm

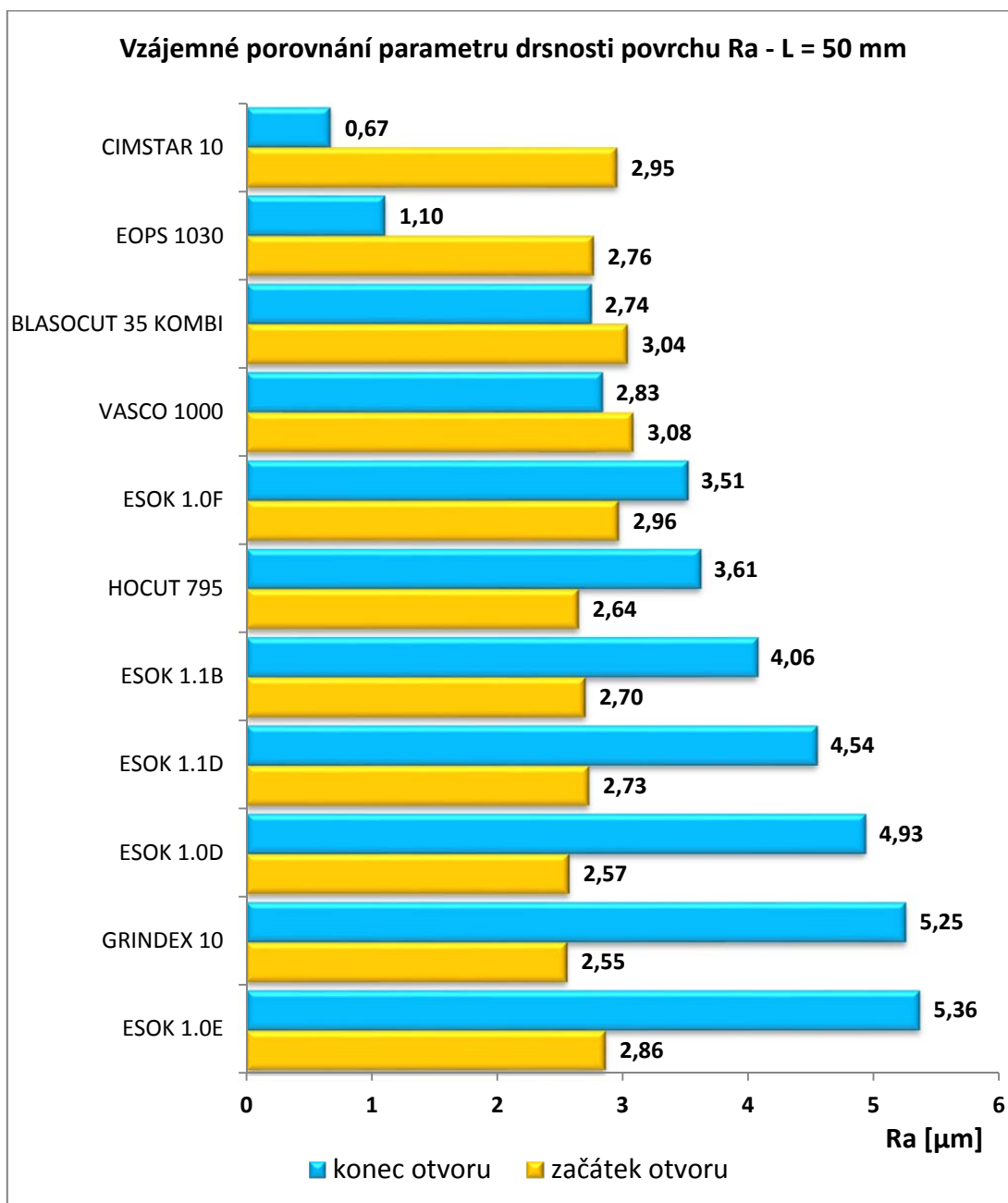
## Závěr:

Z provedeného měření bylo zjištěno, že při hloubce vrtání 40 mm jsou již patrné značné rozdíly ve schopnostech procesních kapalin pronikat do zóny řezání. U nejlepších pěti procesních kapalin je parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru přibližně 4,6 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. V případě parametru Rz je tento rozdíl téměř pětinasobný. Oproti tomu u zbylých šesti testovaných procesních kapalin je rozdíl v parametrech drsnosti Ra a Rz na začátku a na konci otvoru minimální. Vliv procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Ra a Rz na začátku vrtaného otvoru není patrný. Největší rozdíl u parametru drsnosti povrchu Ra byl 55% a u parametru drsnosti Rz tento rozdíl činil 36%, a to mezi procesními kapalinami GRINDEX 10 a ESOK 1.0E. Na konci vrtaného otvoru o délce 40 mm se již projevil výrazný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl parametru Ra dosáhl hodnoty 572% a parametru Rz 475% mezi procesními kapalinami VASCO 1000 a GRINDEX 10. Procesní kapalina VASCO 1000 dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 0,50 [μm] a Rz = 2,83 [μm].



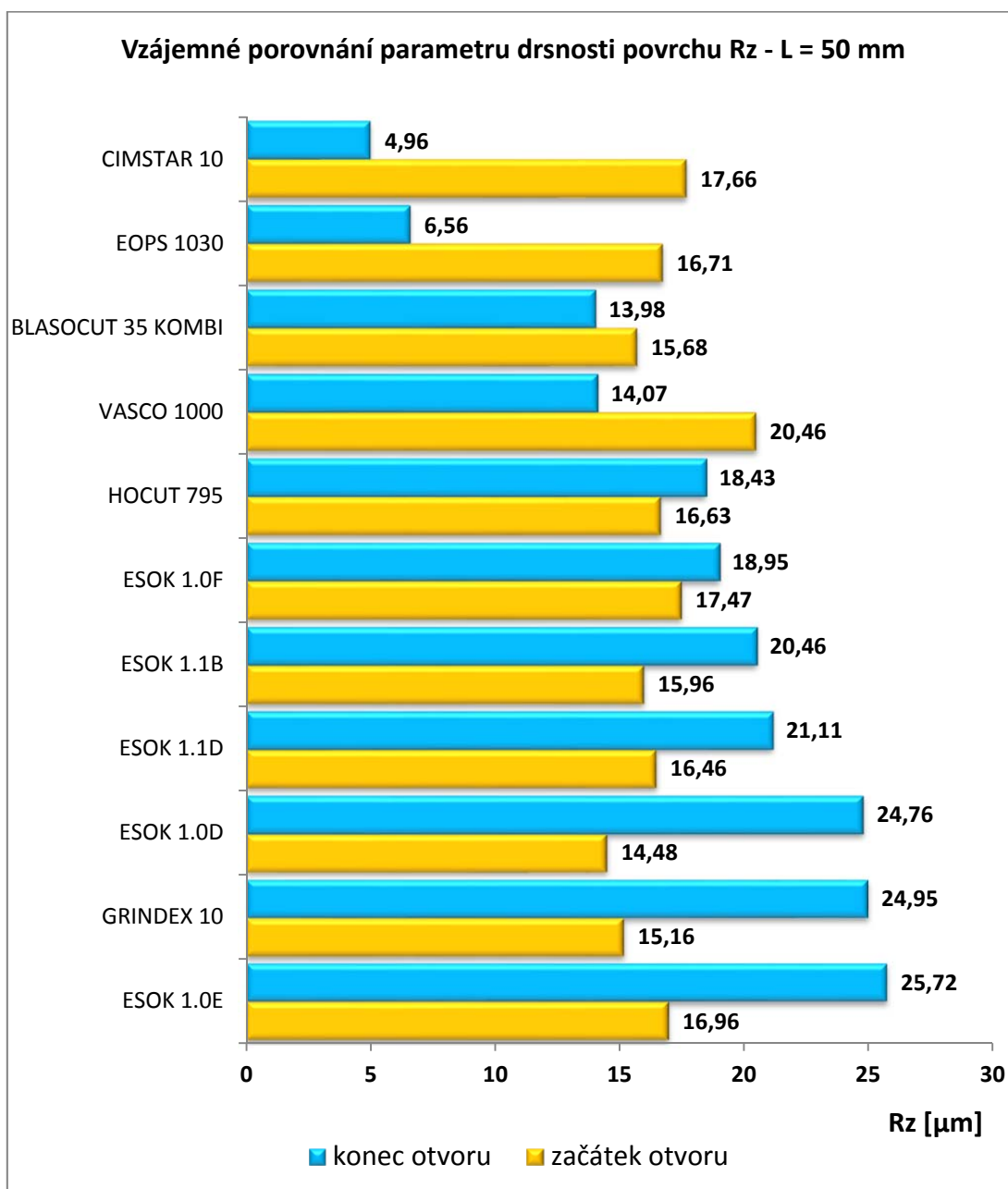
#### 4.4 Výsledky vlivu procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz při hloubce vrtání 50 mm

V grafu č. 8 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Ra u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci vrtaného otvoru.



Graf č. 8. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Ra při hloubce vrtání 50 mm

V grafu č. 9 je graficky znázorněno vzájemné porovnání aritmetických průměrů naměřených hodnot parametru drsnosti povrchu Rz u jednotlivých procesních kapalin na začátku a na konci otvoru.



Graf č. 9. Vzájemné porovnání parametru drsnosti povrchu Rz při hloubce vrtání 50 mm

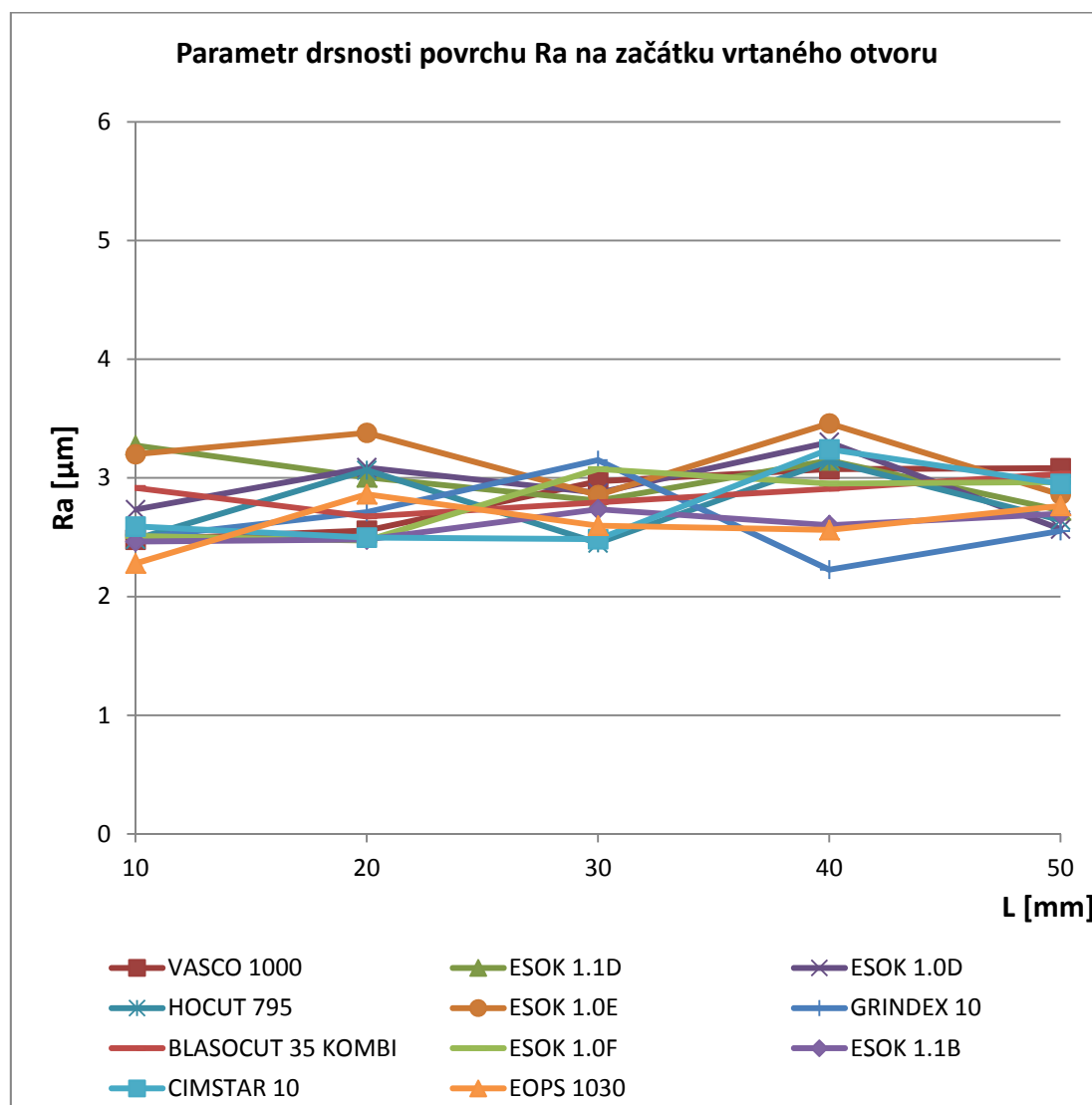
## Závěr:

Z provedeného měření bylo zjištěno, že při hloubce vrtání 50 mm je již patrná zhoršená schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání. U nejlepších dvou procesních kapalin jsou parametry drsnosti povrchu Ra i Rz na začátku vrtaného otvoru přibližně 3 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. Naopak u nejhorších pěti kapalin už jsou tyto parametry na začátku otvoru přibližně o polovinu nižší, než je tomu na konci otvoru. Vliv procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Ra a Rz na začátku vrtaného otvoru není patrný. Největší rozdíl u parametru drsnosti povrchu Ra byl 20% a u parametru drsnosti Rz tento rozdíl činil 41%, a to mezi procesními kapalinami ESOK 1.0D a VASCO 1000. Na konci vrtaného otvoru o délce 50 mm se již projevil výrazný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl parametru drsnosti Ra dosáhl hodnoty 700% a parametru Rz 419% mezi procesními kapalinami CIMSTAR 10 a ESOK 1.0E. Procesní kapalina CIMSTAR 10 dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 0,67 [μm] a Rz = 4,96 [μm] a prokázala tak nejlepší schopnost pronikat do zóny řezání. Na druhém místě se umístila procesní kapalina EOPS 1030, která dosáhla parametrů drsnosti Ra = 1,1 [μm] a Rz = 4,96 [μm].

## 5. ANALÝZA SCHOPNOSTÍ PROCESNÍCH KAPALIN PRONIKAT DO ZÓNY ŘEZÁNÍ PŘI RŮZNÝCH HLOUBKÁCH VRTÁNÍ

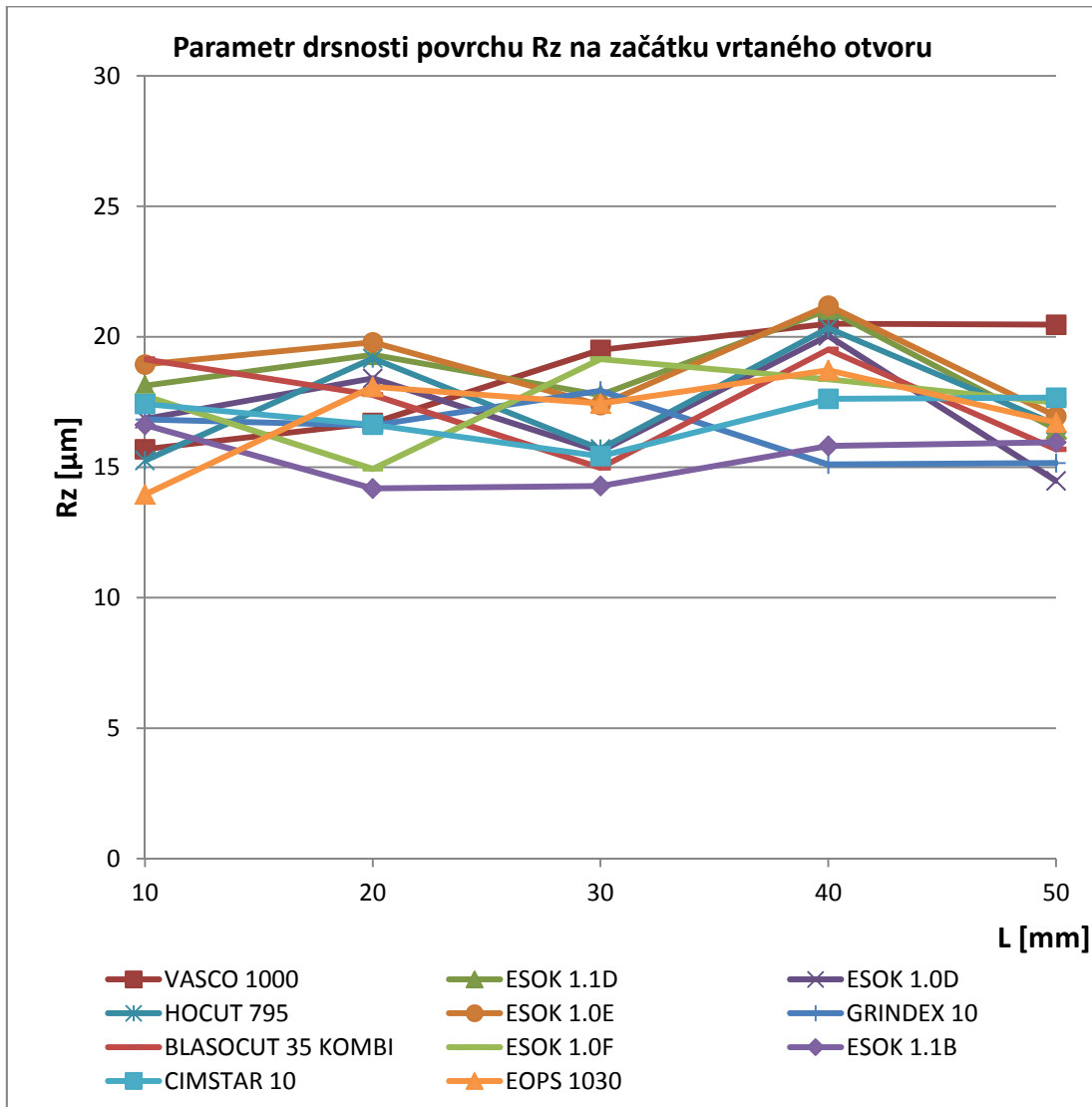
### 5.1 Vliv procesních kapalin na parametr Ra a Rz na začátku otvoru

V grafu č. 10 je graficky znázorněn vliv zkoušených procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Ra na začátku otvoru u jednotlivých vzorků.



Graf č. 10. Parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru

V grafu č. 10 je graficky znázorněn vliv zkoušených procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Rz na začátku otvoru u jednotlivých vzorků.



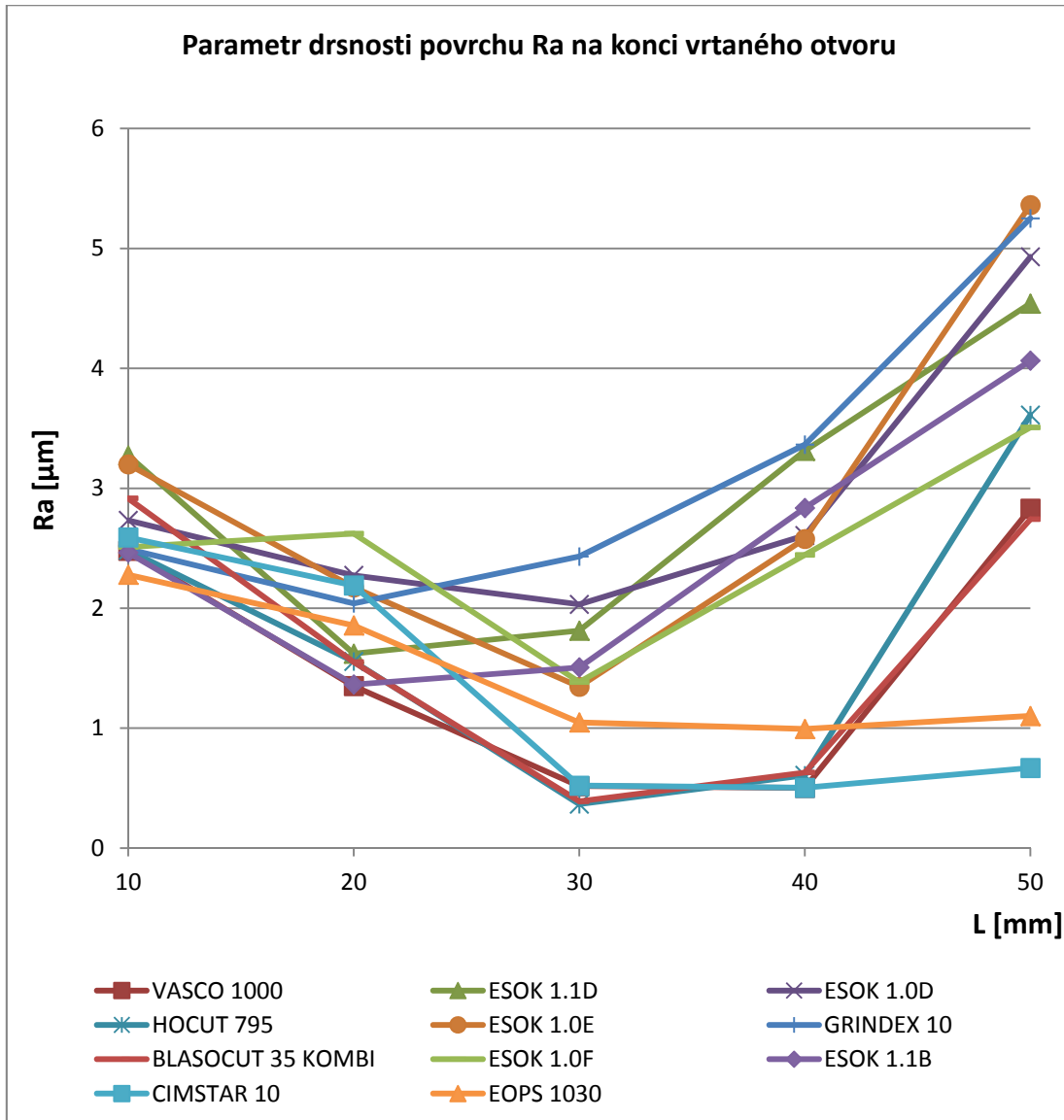
Graf č. 11. Parametr drsnosti povrchu Rz na začátku vrtaného otvoru

Závěr:

Na začátku vrtaného otvoru mají procesní kapaliny zanedbatelný vliv na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl mezi nejlepší a nejhorší kapalinou činil u parametru drsnosti povrchu Ra 55% a u parametru drsnosti povrchu Rz 41%.

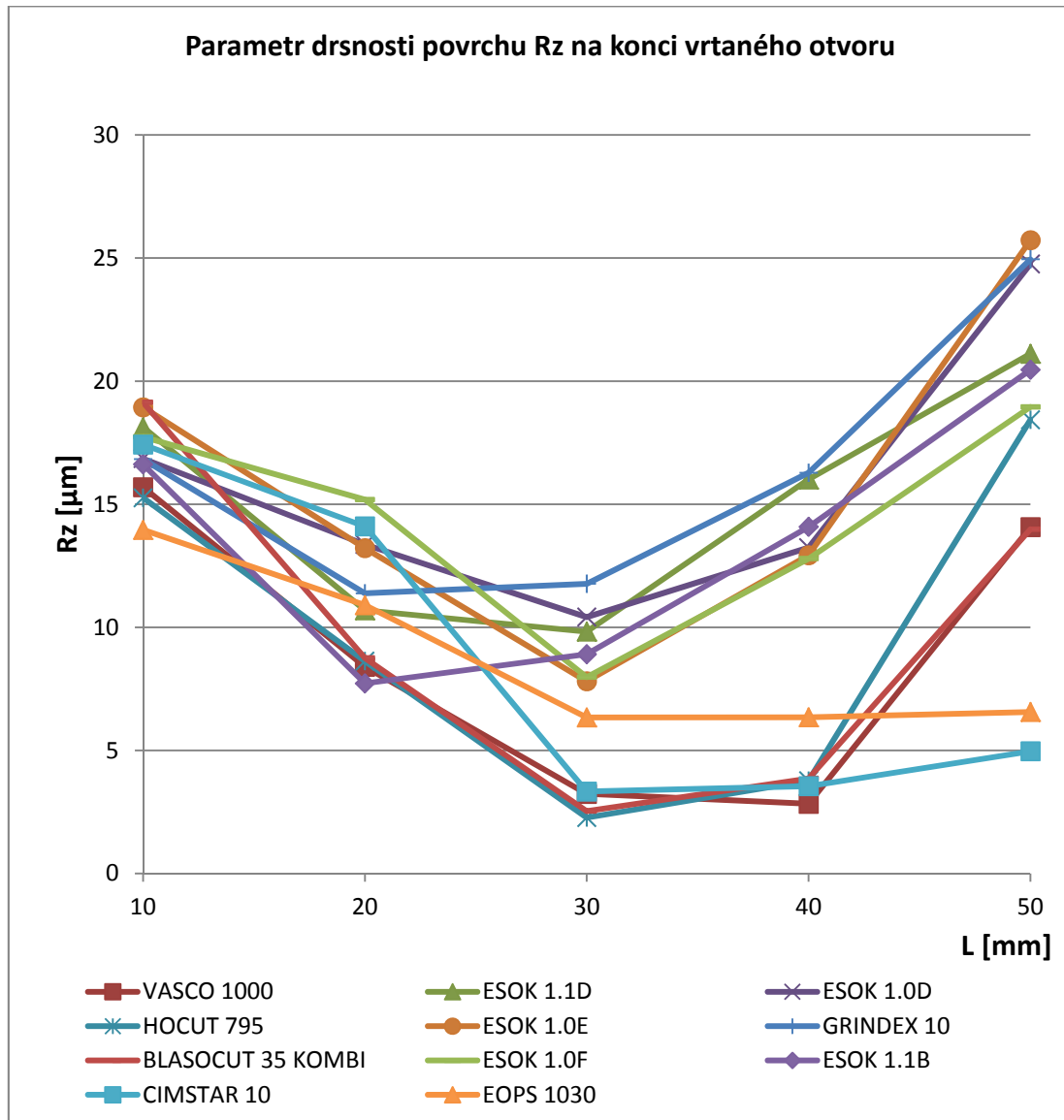
## 5.2 Vliv procesních kapalin na parametr Ra a Rz na konci otvoru v závislosti na hloubce vrtání

V grafu č. 12 je graficky znázorněn vliv procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Ra na konci otvoru v závislosti na hloubce vrtání.



Graf č. 12. Parametr drsnosti povrchu Ra na konci vrtaného otvoru

V grafu č. 13 je graficky znázorněn vliv procesních kapalin na parametr drsnosti povrchu Rz na konci otvoru v závislosti na hloubce vrtání.



Graf č. 13 Parametr drsnosti povrchu Rz na konci vrtaného otvoru

Závěr:

Na konci vrtaného otvoru mají procesní kapaliny výrazný vliv na parametr drsnosti povrchu Ra a Rz. Všechny zkoušené procesní kapaliny měly přibližně stejný vliv na parametr drsnosti povrchu Ra a Rz při vrtání do hloubek 30 mm. Procesní kapaliny VASCO 1000, BLASOCUT 35 KOMBI, HOCUT 795, CIMSTAR 10 A EOPS 1030 vykazují nejlepší schopnost pronikat do hloubky 40 mm. Procesní kapaliny CIMSTAR 10 A EOPS 1030 vykazují nejlepší schopnost pronikat do hloubky až 50 mm.

## 6. SHRNU TÍ A SHODNOCENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ; VYVOZENÍ ZÁVĚRŮ

Cílem této diplomové práce bylo navržení metodiky experimentů pro zjišťování vlivu hloubky vrtání na schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání v laboratoři KOM FS TUL. Za tímto účelem byly nejprve zjištěny dostupné informace o vlastnostech a charakteristikách procesních kapalin, technologii vrtání, problematice vzniku nárůstku a určování drsnosti povrchu v odborné literatuře. Pro potřeby našeho experimentu byla jako materiál obráběných vzorků použita slitina hliníku. Odkoušeno bylo 11 procesních kapalin, 5 kapalin od různých světových výrobců a 6 kapalin od firmy PARAMO a.s.

*Na základě provedeného měření byly získány následující výsledky:*

- Při hloubce vrtání 20 mm byl na začátku otvoru parametr drsnosti povrchu Ra přibližně 1,5 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. V případě parametru Rz byla drsnost povrchu na začátku otvoru 1,6 krát vyšší. Na konci vrtaného otvoru je patrný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti Ra a Rz. Největší rozdíl parametru Ra dosáhl hodnoty 94% a parametru Rz 96% mezi procesními kapalinami ESOK 1.1B a ESOK 1.0F. Procesní kapalina ESOK 1.1B dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 1,35 [ $\mu\text{m}$ ] a Rz = 7,72 [ $\mu\text{m}$ ].
- Při hloubce vrtání 30 mm byl na začátku otvoru parametr drsnosti povrchu Ra přibližně 2,3 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. V případě parametru Rz byla drsnost povrchu na začátku otvoru 2,5 krát vyšší. Na konci vrtaného otvoru o délce 30 mm se již projevil výrazný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl parametru Ra dosáhl hodnoty 557% a parametru Rz 418% mezi procesními kapalinami HOCUT 795 a GRINDEX 10. Procesní kapalina ESOK 1.1B dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 0,37 [ $\mu\text{m}$ ] a Rz = 2,27 [ $\mu\text{m}$ ].
- Při hloubce vrtání 40 mm se projevíly značné rozdíly ve schopnostech procesních kapalin pronikat do zóny řezání. U nejlepších pěti procesních kapalin byl parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru přibližně 4,6 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. V případě parametru Rz je tento rozdíl téměř pětinasobný. Oproti tomu u zbylých šesti testovaných procesních



kapalin je rozdíl v parametrech drsnosti Ra a Rz na začátku a na konci otvoru minimální. Na konci vrtaného otvoru o délce 40 mm byl znatelný výrazný vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl parametru Ra dosáhl hodnoty 572% a parametru Rz 475% mezi procesními kapalinami VASCO 1000 a GRINDEX 10. Procesní kapalina VASCO 1000 dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 0,50 [μm] a Rz = 2,83 [μm].

- Při hloubce vrtání 50 mm je již patrná zhoršená schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání. U nejlepších dvou procesních kapalin jsou parametry drsnosti povrchu Ra i Rz na začátku vrtaného otvoru přibližně 3 krát vyšší, než je tomu na konci tohoto otvoru. Naopak u nejhorších pěti kapalin už jsou tyto parametry na začátku otvoru přibližně o polovinu nižší, než je tomu na konci otvoru. Na konci vrtaného otvoru o délce 50 mm je nejvýraznější vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. Největší rozdíl parametru drsnosti Ra dosáhl hodnoty 700% a parametru Rz 419% mezi procesními kapalinami CIMSTAR 10 a ESOK 1.0E. Procesní kapalina CIMSTAR 10 dosáhla nejlepších parametrů drsnosti Ra = 0,67 [μm] a Rz = 4,96 [μm] a prokázala tak nejlepší schopnost pronikat do zóny řezání. Na druhém místě se umístila procesní kapalina EOPS 1030, která dosáhla parametrů drsnosti Ra = 1,1 [μm] a Rz = 4,96 [μm].

Bylo zjištěno, že vyvrtané otvory mají v oblasti vstupu nástroje do obrobku až 5 krát vyšší parametry drsnosti povrchu, než je tomu na konci vrtaného otvoru. Zároveň bylo zjištěno, že vliv procesních kapalin na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz na začátku vrtaného otvoru je zcela minimální a proto jsou tyto parametry u všech testovaných procesních kapalin téměř shodné. Tato skutečnost je dána především tím, že již obrobený povrch otvoru je na jeho počátku poškozován vystupující třískou, která odchází z místa řezu a vliv nárůstku na břitu nástroje není značný.

Na konci vrtaného otvoru mají procesní kapaliny značný vliv na parametry drsnosti povrchu Ra a Rz. S rostoucí hloubkou vrtaného otvoru se již projevuje vliv nárůstu což je dáno rozdílnou schopností procesních kapalin pronikat do zóny řezání.

***Doporučení do praxe:***

- Pro vrtání slitiny hliníku do hloubky 30 mm lze doporučit všechny zkoušené procesní kapaliny.
- Pro vrtání slitiny hliníku do hloubky 40 mm lze doporučit procesní kapaliny Vasco 1000, Blasocut 35 kombi, Hocut 795, Cimstar 10 a EOPS 1030.
- Pro vrtání slitiny hliníku do hloubky 50 mm lze doporučit procesní kapaliny Cimstar 10 a EOPS 1030, které mají nejlepší schopnost pronikat do zóny řezání.
- Z výsledků měření vyplývá, že schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání se nejvíce projevuje v hloubkách otvoru o délce 50 mm.
- Na základě naměřených hodnot doporučujeme zjišťovat schopnost procesních kapalin pronikat do zóny řezání při hloubce vrtání 50 mm.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [ 1 ] KOCMAN, K. *Speciální technologie: Obrábění*. 3., přeprac. a dopl. vyd. Brno: CERM, 2004. 227 s.
- [ 2 ] HUMÁR, A. *Technologie I, Technologie obrábění I. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. Brno 2003, VUT Brno. 138 s.
- [ 3 ] AB SANDVIK COROMANT – SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s.r.o. 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6
- [ 4 ] MADL, 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.
- [ 5 ] HOLEŠOVICKÝ, F., DUŠÁK, K., JERSÁK, J., AJ. *Terminologie obrábění a montáže*. 1. Vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně, ÚTRŮV, 2005. 208 s. ISBN 80-7044-616-1.
- [ 6 ] Vyšlo v MM Průmyslové spektrum. 2002/11 v rubrice Trendy / Průmyslové kapaliny, strana 32.
- [ 7 ] KREJČÍK, L., PSCHERA, J., *Kapaliny pro obrábění*. Vyšlo v MM Průmyslové spektrum. 2011 / 7, strana 22.
- [ 8 ] TREFIL, A., SIKORA, K., *Procesní média*. Ostrava, VŠB-TU, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže
- [ 9 ] AICHLER, J., *Systém managementu měření*. [Diplomová práce]. TUL Brno, 2009. 56 s.
- [ 10 ] BURIAN, Z., *Zjišťování vlivu procesních kapalin od světových výrobců na technologii vrtání slitiny hliníku a na jakost obrobeného povrchu*. [Diplomová práce]. TUL Liberec, 2014. 59 s.
- [ 11 ] FOREJT, M., HUMÁR, A., PÍŠKA, M., JANÍČEK, L., *Experimentální metody, Syllabus pro magisterský studijní program 23-01-T Strojní inženýrství, obor strojírenská technologie – obrábění – tváření*. Brno, říjen 2003.

- [ 12 ] DOSTÁL, F., *70. svazek Knihnice strojírenské výroby - Drsnost obrobených ploch*. SNTL, Praha 1962
- [ 13 ] BUMBÁLEK, B., *Integrita povrchu a její význam pro posouzení vhodnosti plochy pro její funkci*. Vysoké učení technické v Brně
- [ 14 ] BUMBÁLEK, B., Odvody, V., Ošťádal, B., *Drsnost povrchu*, SBTL – nakladatelství technické literatury. Praha 1989
- [ 15 ] HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Rec. P. Holubář, V. Šída. 1. Vyd. Praha: MM publishing, s.r.o. 2008. ISBN 978-80-254-2250-2
- [ 16 ] POPELKA, Z., *Řezné kapaliny a jejich využívání při broušení*. [Bakalářská práce]. VUT Brno, 2009. 39s.
- [ 17 ] JERSÁK, J., *Základní pojmy, podstata technologie obrábění – přednáška č. 2*. Technická univerzita v Liberci – Katedra obrábění a montáže
- [ 18 ] ELUC – Elektronická učebnice, *Vznik třísky a její druhy*. [online] Dostupná na WWW: <http://eluc.cz/verejne/lekce/1190>
- [ 19 ] KOČMAN, K., *Aktuální příručka pro technický úsek*. Základní dílo – stav srpen 2001 – včetně 18 aktualizací. Praha: Verlag DASHÖFER, 1996 – 2001. 4 svazky. ISBN 80-902247-2-5.
- [ 20 ] BENEŠ, P., *Chladicí a mazací schopnost procesních kapalin při obrábění*. [Diplomová práce]. TUL Liberec, 2009. 78 s.
- [ 21 ] DOBEŠ, P., *Současné trendy v oblasti kapalin pro obrábění*. Vyšlo v MM Průmyslové spektrum. 2007 / 5, strana 54.
- [ 22 ] SANDVIK Coromant, *Znalosti a zkušenosti – Měření jakosti povrchu*. Dostupné na WWW: [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/measuring\\_surfaces/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/measuring_surfaces/pages/default.aspx)
- [ 23 ] ŠŇUPÁREK, P., MAREK, M., *Technická dokumentace – drsnost povrchu*. VŠB-TU Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky elektrických strojů a přístrojů – KAT 453

- [ 24 ] Vyšlo v MM Průmyslové spektrum. 2014/11 v rubrice Výroba / Metrologie, strana 106.
- [ 25 ] PARAMO a.s., *Katalog produktů – obráběcí kapaliny*, 2014. Paramo a.s
- [ 26 ] TOS Olomouc s.r.o., frézka FNG 32. [online] Dostupné na:  
<http://www.tos-olomouc.cz/files/oc/produktove-informace/fng32.pdf>
- [ 27 ] Vyšlo v MM Průmyslové spektrum. 2005/6 v rubrice Trendy / Měření, strana 23.
- [ 28 ] ŠAŠINKA, O., *Řešení technologie součástky ve středně velkém strojírenském podniku [Bakalářská práce]*. Brno, VUT v Brně, 2011. 34 s.

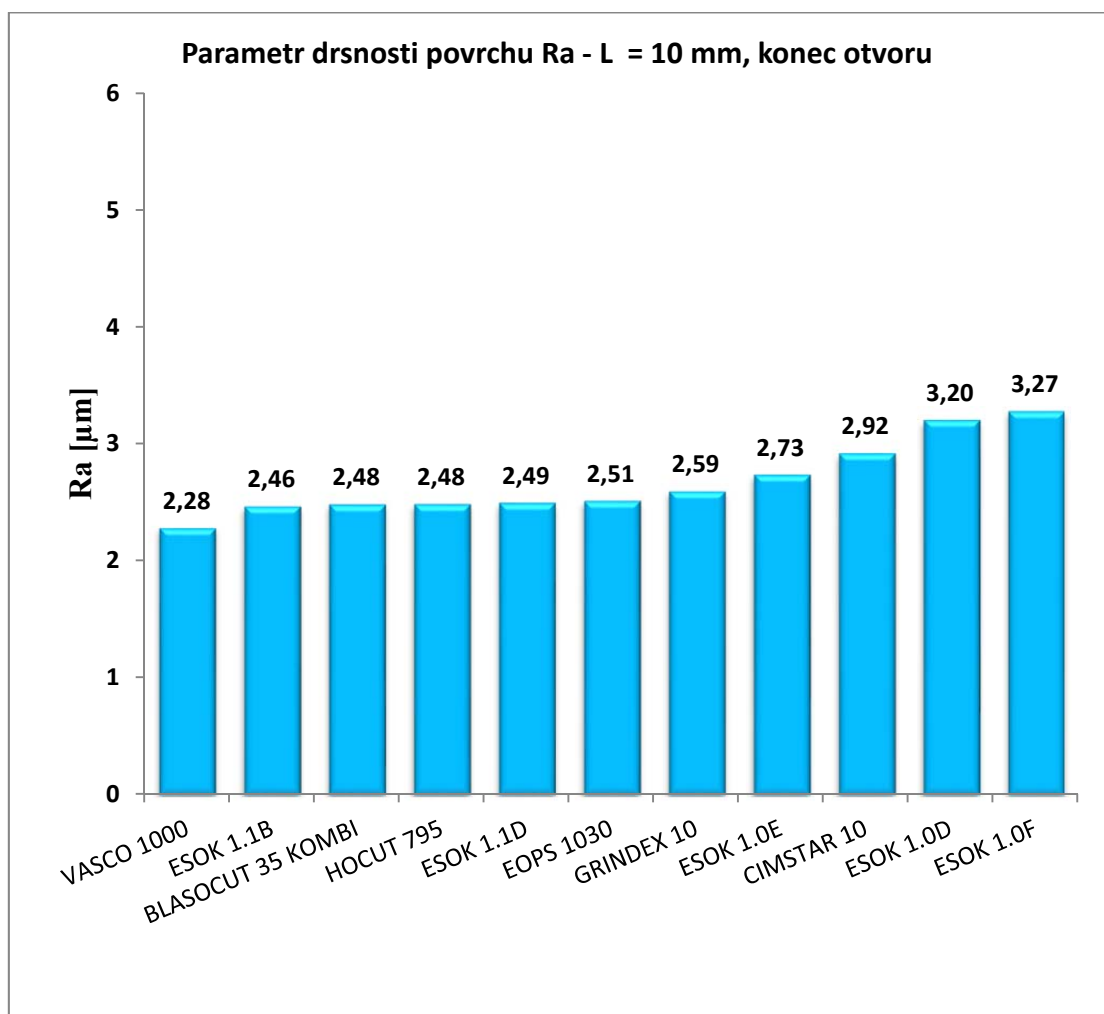
## **SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 10 mm na konci otvoru
- Příloha 2 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 20 mm na začátku otvoru
- Příloha 3 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 20 mm na konci otvoru
- Příloha 4 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 30 mm na začátku otvoru
- Příloha 5 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 30 mm na konci otvoru
- Příloha 6 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 40 mm na začátku otvoru
- Příloha 7 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 40 mm na konci otvoru
- Příloha 8 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 50 mm na začátku otvoru
- Příloha 9 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 50 mm na konci otvoru
- Příloha 10 – Produktový list procesní kapaliny Blasocut BC 35 Kombi
- Příloha 11 – Produktový list procesní kapaliny CIMSTAR 620
- Příloha 12 – Produktový list procesní kapaliny Grindex 10
- Příloha 13 – Produktový list procesní kapaliny HOCUT 795 B
- Příloha 14 – Produktový list procesní kapaliny VASCO 1000

Příloha 1 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 10 mm na konci otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	3,02	1,98	2,81	2,73	2,89	2,97	2,19	1,84	2,57	1,81	2,48
ESOK 1.1D	3,79	4,10	3,08	3,82	3,01	2,46	3,13	3,07	3,09	3,19	3,27
ESOK 1.0D	2,67	2,92	2,89	3,86	3,26	3,22	2,51	3,13	1,24	1,64	2,73
HOCUT 795	1,88	2,25	2,99	2,87	1,58	2,77	3,08	2,80	2,35	2,26	2,48
ESOK 1.0E	3,10	3,68	3,64	2,36	2,89	2,83	3,00	3,72	3,52	3,25	3,20
GRINDEX 10	2,83	2,87	2,94	2,35	2,01	1,88	2,96	2,14	2,10	2,86	2,49
BLASOCUT 35 KOMBI	2,55	2,85	3,64	3,76	2,62	2,52	2,53	2,43	2,91	3,34	2,92
ESOK 1.0F	2,10	2,71	2,20	2,99	2,21	2,42	2,99	2,08	2,99	2,42	2,51
ESOK 1.1B	1,88	2,91	2,90	2,09	2,18	2,42	1,96	3,28	2,50	2,51	2,46
CIMSTAR 10	3,16	2,77	2,55	2,46	2,79	2,60	2,65	2,48	2,38	2,05	2,59
EOPS 1030	2,13	2,09	3,04	2,09	2,36	2,14	2,07	2,32	2,31	2,24	2,28

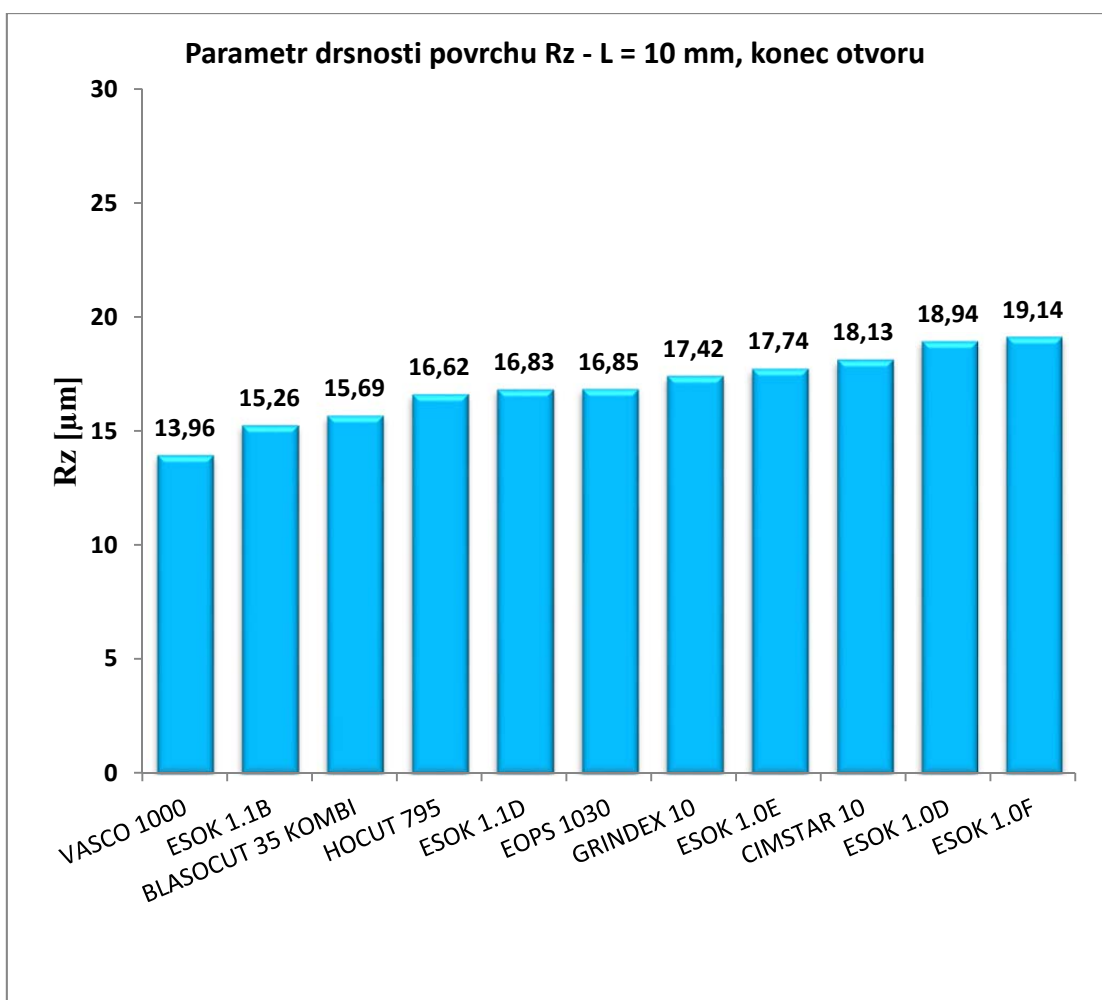
Tab. 6. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na konci otvoru



Graf č. 14. Parametr drsnosti povrchu Ra na konci vrtaného otvoru

Procesní kapaliny	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	18,21	14,53	17,04	17,48	18,07	17,26	16,65	11,18	14,93	11,55	15,69
ESOK 1.1D	19,75	22,45	20,80	20,22	17,31	14,40	15,58	16,71	18,18	15,88	18,13
ESOK 1.0D	13,49	19,09	18,15	20,24	19,87	21,64	17,09	18,10	9,16	11,72	16,85
HOCUT 795	12,26	12,74	19,37	16,77	9,57	17,43	18,02	17,84	14,02	14,57	15,26
ESOK 1.0E	17,55	19,70	18,95	16,25	16,22	16,06	16,41	27,05	21,58	19,60	18,94
GRINDEX 10	15,90	20,52	20,46	15,25	16,63	13,90	20,85	15,13	13,98	15,65	16,83
BLASOCUT 35 KOMBI	16,51	20,33	24,15	22,72	18,27	16,23	17,00	16,37	18,21	21,58	19,14
ESOK 1.0F	17,20	18,49	15,91	21,48	13,74	16,48	21,48	15,39	20,70	16,48	17,74
ESOK 1.1B	14,73	20,70	18,10	13,28	15,11	17,49	12,39	19,12	17,22	18,09	16,62
CIMSTAR 10	20,66	16,12	19,19	18,28	18,22	16,20	17,79	17,13	16,86	13,79	17,42
EOPS 1030	14,58	14,42	17,96	11,56	9,10	14,43	12,75	15,58	14,07	15,11	13,96

Tab. 7. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na konci otvoru



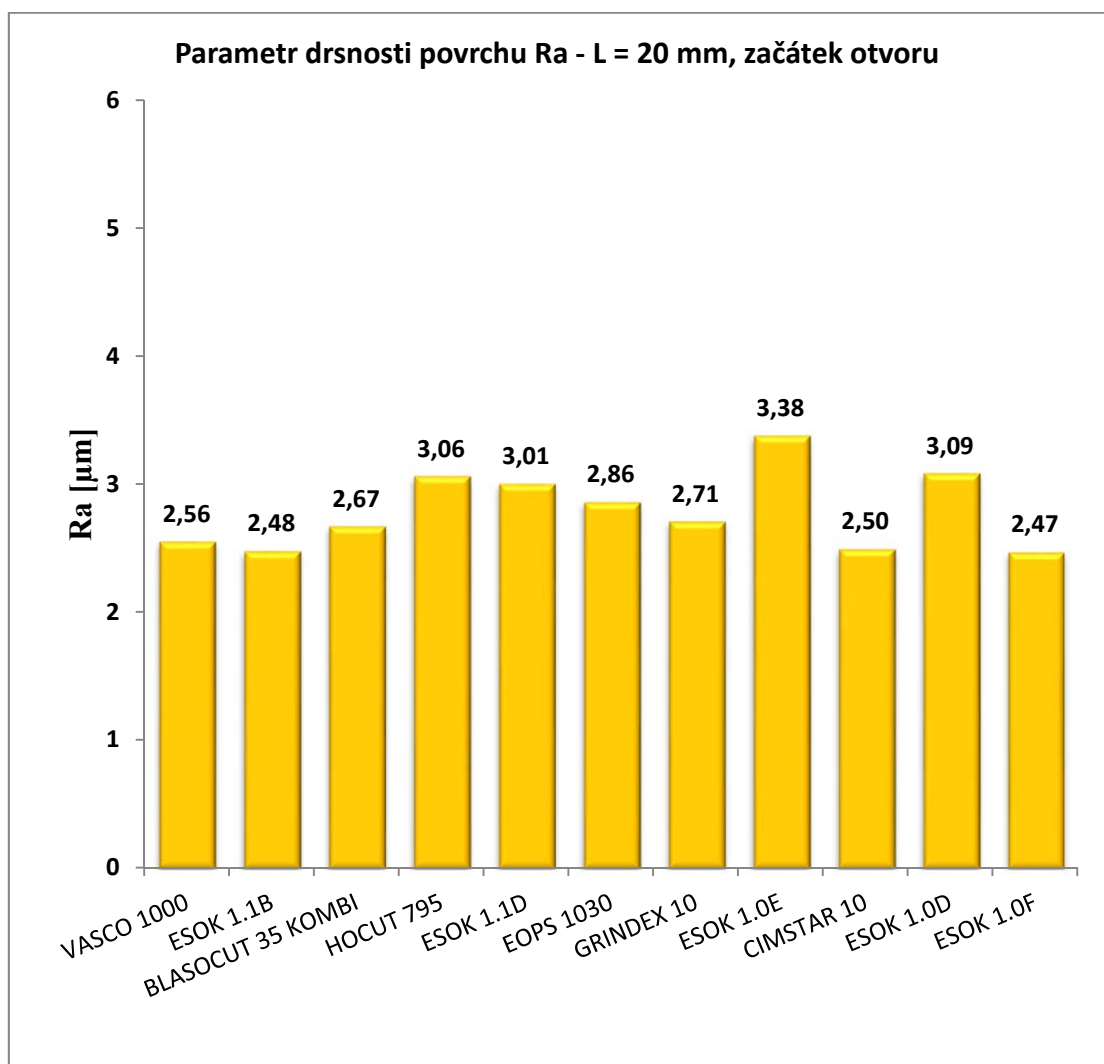
Graf č. 15. Parametr drsnosti povrchu Rz na konci vrtaného otvoru



Příloha 2 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 20 mm na začátku otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	2,29	1,91	2,85	2,34	3,39	2,21	1,98	2,75	2,44	3,39	2,56
ESOK 1.1D	2,60	3,31	2,81	2,99	3,32	2,75	3,22	2,89	2,86	3,32	3,01
ESOK 1.0D	3,27	3,56	2,42	2,96	3,22	3,31	3,57	2,39	2,98	3,20	3,09
HOCUT 795	3,50	3,94	2,57	2,65	2,66	3,55	3,92	2,55	2,66	2,60	3,06
ESOK 1.0E	3,71	3,76	3,56	3,43	2,44	3,55	3,75	3,72	3,44	2,42	3,38
GRINDEX 10	2,79	2,74	2,48	2,85	2,71	2,88	2,73	2,45	2,75	2,69	2,71
BLASOCUT 35 KOMBI	3,42	2,99	2,26	2,38	2,33	3,40	2,78	2,35	2,32	2,43	2,67
ESOK 1.0F	2,32	2,33	2,33	2,81	2,56	2,31	2,33	2,42	2,75	2,55	2,47
ESOK 1.1B	2,26	2,13	2,31	2,88	2,83	2,26	2,22	2,41	2,78	2,74	2,48
CIMSTAR 10	2,07	3,45	2,93	2,01	2,01	2,15	3,30	2,78	2,22	2,11	2,50
EOPS 1030	3,55	3,55	2,04	3,01	2,17	3,67	3,16	2,24	2,98	2,22	2,86

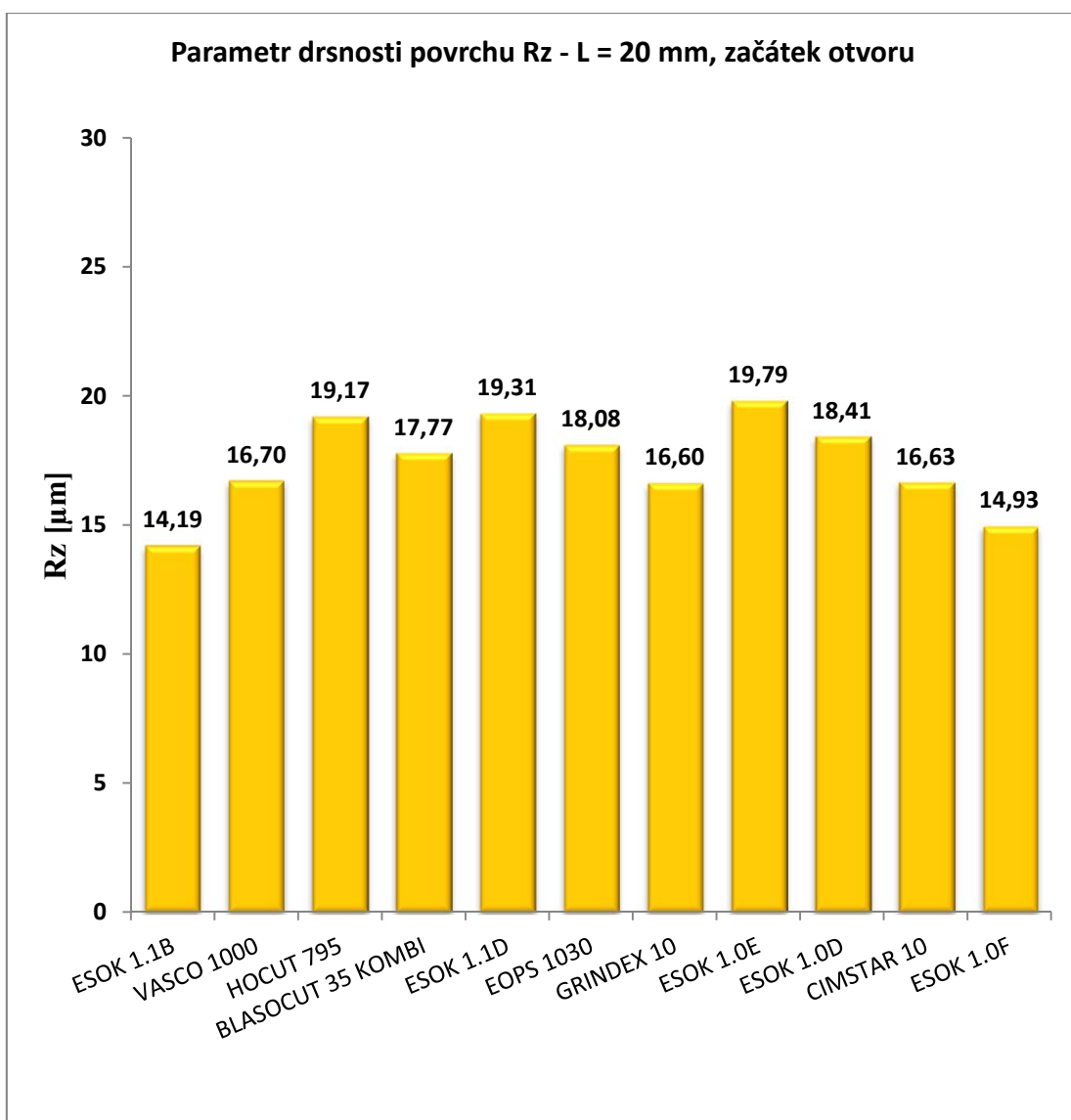
Tab. 8. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na začátku otvoru



Graf č. 16. Parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	14,18	14,78	22,06	16,20	16,26	14,22	14,75	22,03	16,24	16,26	16,70
ESOK 1.1D	16,84	19,72	18,87	19,03	22,10	16,65	19,72	18,55	19,85	21,78	19,31
ESOK 1.0D	18,77	19,87	14,11	18,16	21,13	18,67	19,95	14,06	18,26	21,13	18,41
HOCUT 795	20,89	24,31	15,20	18,68	16,78	20,96	24,51	15,07	18,58	16,68	19,17
ESOK 1.0E	21,71	20,51	20,38	19,41	16,94	21,55	20,87	20,12	19,55	16,84	19,79
GRINDEX 10	16,34	20,61	14,20	16,00	15,86	16,24	20,44	14,38	16,22	15,68	16,60
BLASOCUT 35 KOMBI	24,47	19,00	16,38	13,67	15,32	24,37	19,22	16,35	13,55	15,32	17,77
ESOK 1.0F	13,61	13,83	14,67	15,89	16,67	13,89	13,98	14,32	15,87	16,55	14,93
ESOK 1.1B	17,05	11,75	11,75	14,33	16,04	16,98	12,35	11,65	14,21	15,75	14,19
CIMSTAR 10	15,98	20,43	19,40	11,35	15,98	16,21	20,45	19,24	12,35	14,89	16,63
EOPS 1030	21,79	21,74	13,68	20,13	13,08	21,77	21,85	13,64	20,05	13,08	18,08

Tab. 9. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na začátku otvoru

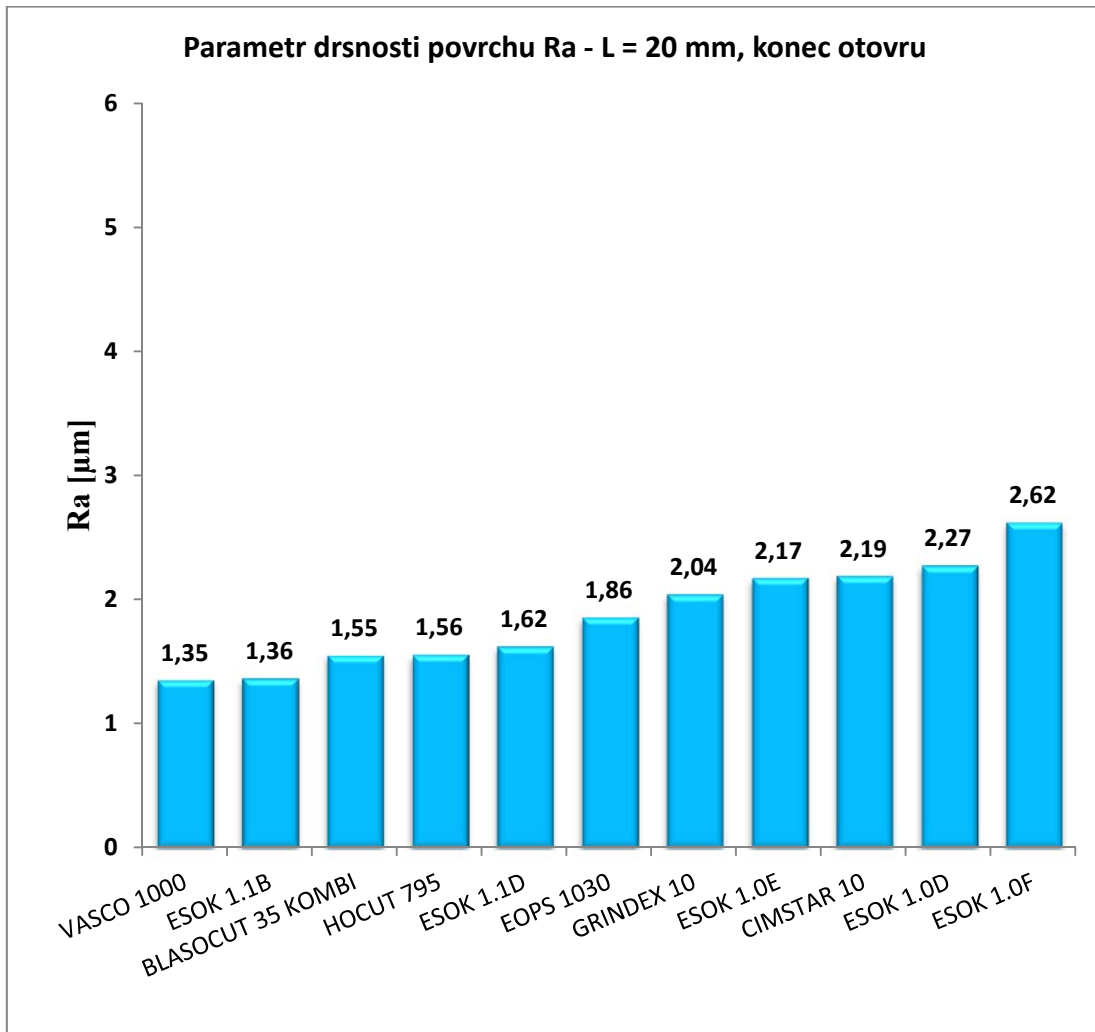


Graf č. 17. Parametr drsnosti povrchu Rz na začátku vrtaného otvoru

Příloha 3 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 20 mm na konci otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	1,15	1,38	1,05	1,31	1,65	1,72	1,03	1,99	1,04	1,19	1,35
ESOK 1.1D	2,19	0,23	0,36	2,33	2,42	0,97	2,00	1,98	1,73	1,99	1,62
ESOK 1.0D	2,04	2,39	2,34	2,65	2,37	2,15	2,15	2,27	1,88	2,51	2,27
HOCUT 795	0,58	2,03	1,81	1,13	1,91	1,07	1,34	1,66	2,30	1,74	1,56
ESOK 1.0E	1,12	1,01	2,69	2,64	2,36	2,35	2,54	3,07	2,77	1,19	2,17
GRINDEX 10	1,67	1,85	1,67	1,90	2,15	2,08	2,31	2,28	2,26	2,23	2,04
BLASOCUT 35 KOMBI	1,10	1,65	1,36	0,98	1,84	1,91	1,85	1,70	1,59	1,53	1,55
ESOK 1.0F	2,66	2,48	2,69	2,69	2,80	2,48	2,77	2,72	2,34	2,58	2,62
ESOK 1.1B	1,46	1,27	1,43	1,17	1,16	1,17	1,30	1,52	1,11	2,04	1,36
CIMSTAR 10	1,52	2,34	2,38	2,06	1,78	2,28	2,08	1,78	2,82	2,84	2,19
EOPS 1030	2,92	2,80	2,07	1,94	1,62	1,76	0,76	0,79	1,00	2,92	1,86

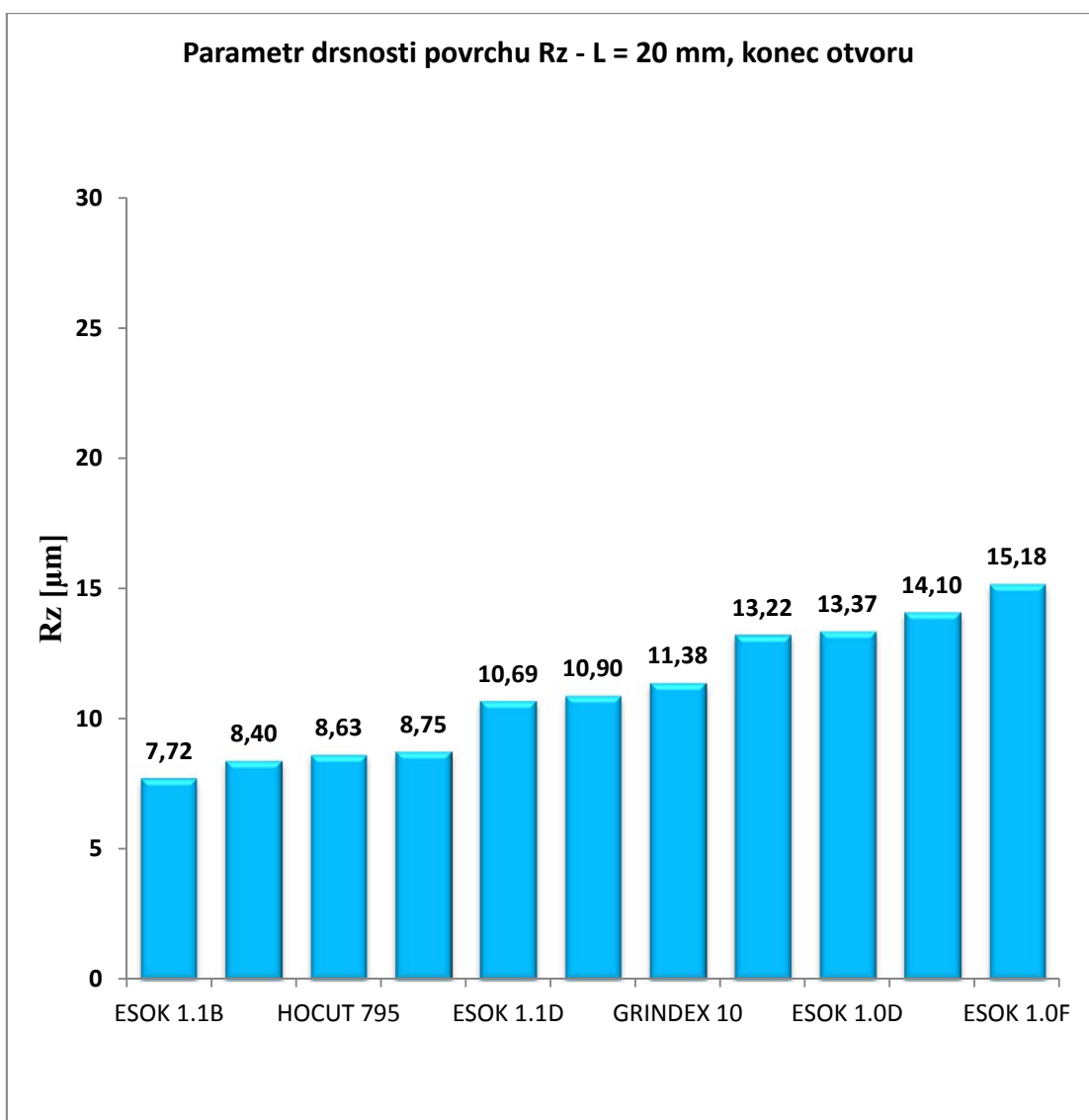
Tab. 10. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na konci otvoru



Graf č. 18. Parametr drsnosti povrchu Ra na konci vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	7,99	8,77	5,14	8,33	10,72	10,86	7,65	11,13	6,32	7,05	8,40
ESOK 1.1D	14,91	2,28	3,65	16,90	13,06	5,60	14,37	13,04	11,15	11,98	10,69
ESOK 1.0D	14,14	14,52	14,09	14,37	14,05	11,91	12,65	13,95	10,91	13,11	13,37
HOCUT 795	3,43	10,84	9,10	7,10	9,99	6,28	8,24	9,42	13,01	8,85	8,63
ESOK 1.0E	6,46	6,18	15,94	16,39	15,13	13,41	16,36	17,81	16,76	7,72	13,22
GRINDEX 10	9,04	10,16	11,34	10,95	12,17	11,20	11,73	13,52	11,45	12,22	11,38
BLASOCUT 35 KOMBI	6,06	10,13	8,04	5,10	10,20	9,53	10,31	9,64	9,37	9,13	8,75
ESOK 1.0F	14,19	15,41	14,14	14,14	14,20	15,41	15,32	16,68	14,63	17,74	15,18
ESOK 1.1B	8,56	6,59	8,50	6,15	8,21	7,22	7,97	8,09	6,06	9,87	7,72
CIMSTAR 10	11,07	14,38	15,02	12,15	12,57	14,95	11,17	12,57	17,10	20,00	14,10
EOPS 1030	18,41	18,84	12,96	10,47	9,47	9,47	11,50	4,98	5,87	7,02	10,90

Tab. 11. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na konci otvoru

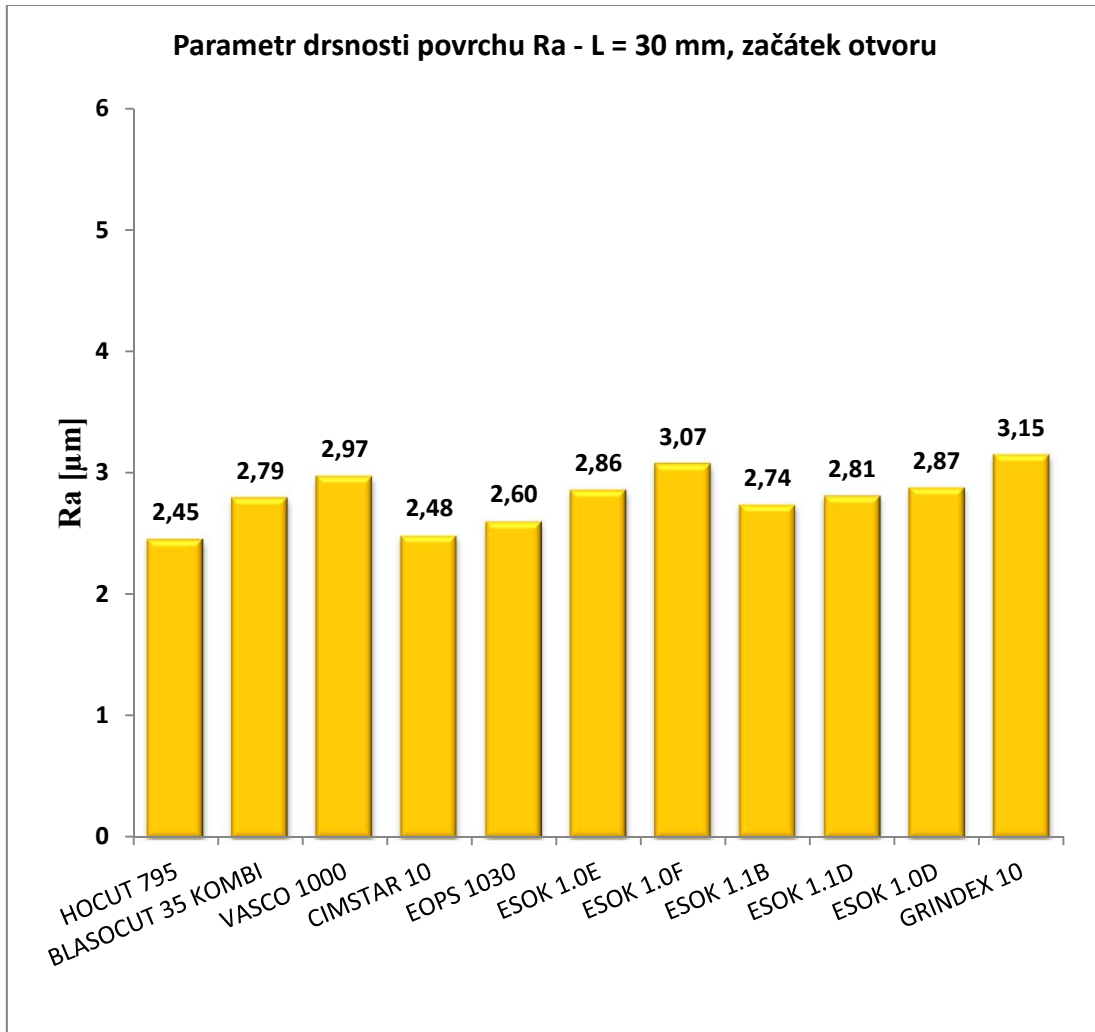


Graf č. 19. Parametr drsnosti povrchu Rz na konci vrtaného otvoru

Příloha 4 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 30 mm na začátku otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	3,14	3,21	2,86	2,62	3,03	3,04	3,24	2,98	2,99	2,58	2,97
ESOK 1.1D	2,96	2,72	2,60	2,96	2,80	2,96	2,82	2,64	2,75	2,92	2,81
ESOK 1.0D	2,74	2,82	3,01	2,59	3,22	2,64	2,82	2,98	2,63	3,22	2,87
HOCUT 795	3,44	2,13	2,41	2,15	2,13	2,99	2,54	2,41	2,15	2,13	2,45
ESOK 1.0E	2,62	2,87	3,09	2,81	2,89	2,95	2,99	2,84	2,81	2,72	2,86
GRINDEX 10	3,26	2,92	3,57	3,12	2,88	3,26	3,21	3,27	3,05	2,92	3,15
BLASOCUT 35 KOMBI	2,47	2,46	3,32	2,62	3,11	2,47	2,12	3,12	2,99	3,24	2,79
ESOK 1.0F	2,76	3,15	3,68	2,71	3,08	2,76	3,06	3,44	2,89	3,21	3,07
ESOK 1.1B	3,05	2,78	2,21	2,77	2,87	3,05	2,92	2,45	2,54	2,74	2,74
CIMSTAR 10	2,77	2,13	2,02	2,65	2,86	2,22	2,13	2,54	2,92	2,56	2,48
EOPS 1030	2,81	2,53	2,65	2,44	2,56	2,54	2,92	2,34	2,65	2,56	2,60

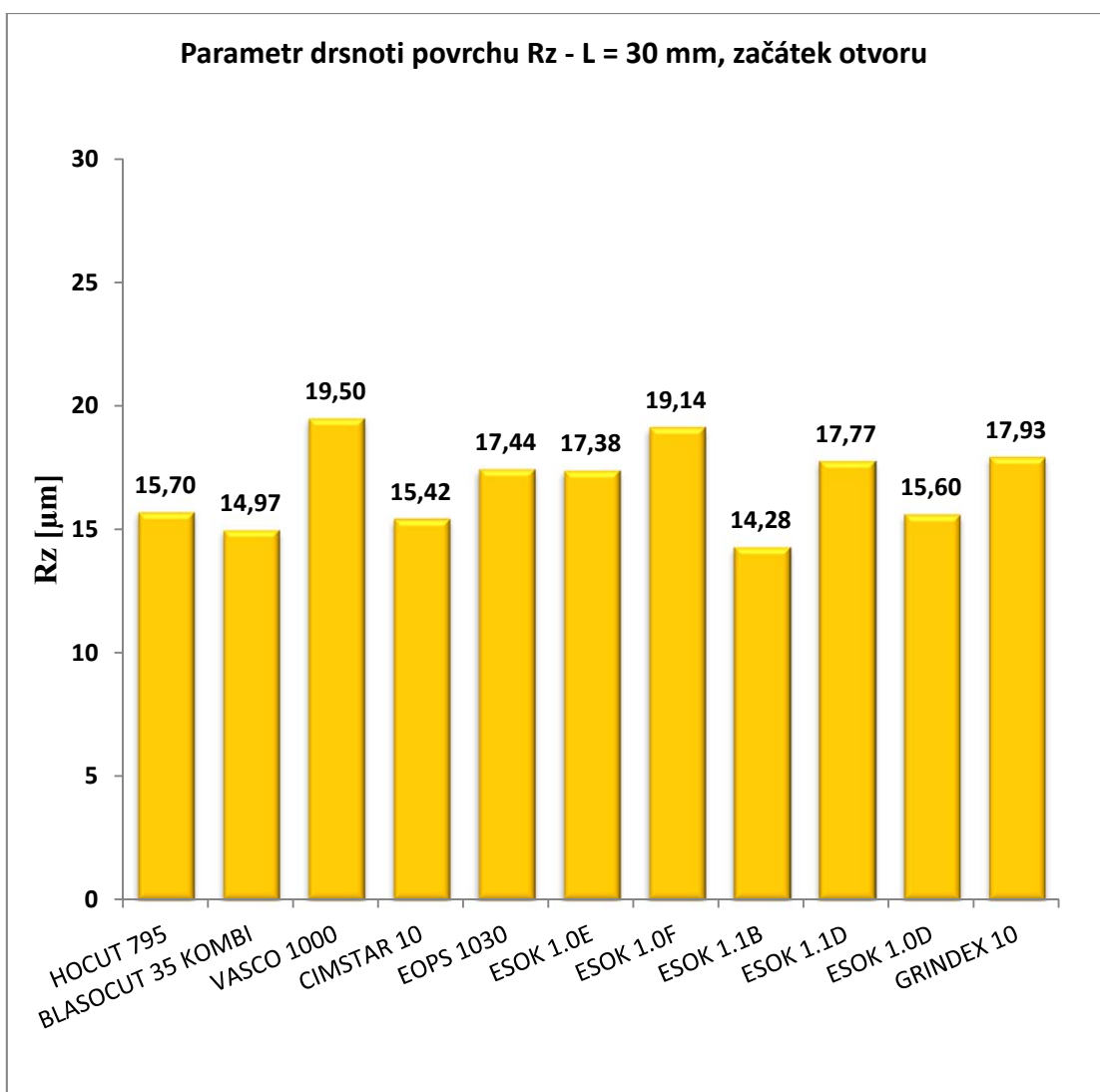
Tab. 12. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na začátku otvoru



Graf č. 20. Parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	19,45	21,59	17,43	17,72	21,29	19,33	21,66	17,43	17,82	21,29	19,50
ESOK 1.1D	18,52	16,79	17,92	18,16	17,45	18,30	17,20	17,94	18,02	17,45	17,77
ESOK 1.0D	14,18	14,73	14,17	14,15	20,78	14,08	14,83	14,82	14,12	20,12	15,60
HOCUT 795	19,76	17,33	14,70	14,83	11,87	19,55	16,45	15,32	14,83	12,32	15,70
ESOK 1.0E	15,39	17,16	17,26	19,34	17,77	15,87	17,16	17,54	19,12	17,23	17,38
GRINDEX 10	19,22	16,82	18,69	17,74	17,19	19,11	16,72	18,87	17,74	17,19	17,93
BLASOCUT 35 KOMBI	13,32	12,81	17,91	14,14	16,68	13,32	12,55	17,87	14,51	16,56	14,97
ESOK 1.0F	20,99	20,27	16,89	19,35	18,20	20,12	20,27	17,23	19,35	18,75	19,14
ESOK 1.1B	15,52	14,13	11,22	15,01	15,53	14,98	14,13	13,21	15,01	14,12	14,28
CIMSTAR 10	15,66	14,98	13,46	15,03	17,99	14,52	14,98	14,31	15,33	17,99	15,42
EOPS 1030	18,05	16,36	16,02	16,45	20,32	18,01	16,55	16,97	16,45	19,24	17,44

Tab. 13. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na začátku otvoru

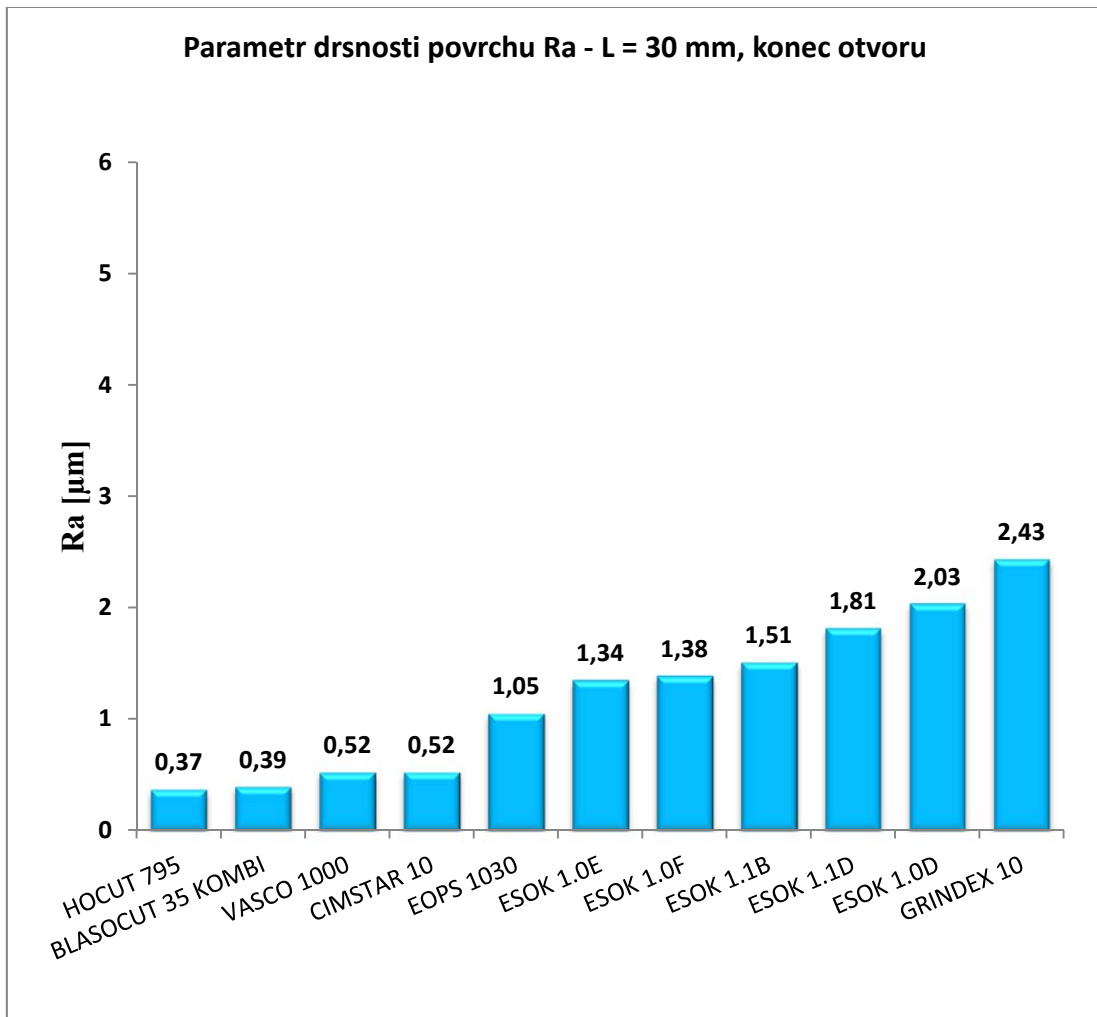


Graf č. 21. Parametr drsnosti povrchu Rz na začátku vrtaného otvoru

Příloha 5 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 30 mm na konec otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	0,28	0,52	0,45	0,64	0,56	0,53	0,58	0,58	0,49	0,55	0,52
ESOK 1.1D	1,36	1,35	1,43	1,40	1,58	2,47	2,31	2,17	2,25	1,82	1,81
ESOK 1.0D	1,83	1,94	2,00	2,02	1,92	2,02	1,80	2,10	2,44	2,25	2,03
HOCUT 795	0,21	0,26	1,00	0,28	0,44	0,29	0,28	0,31	0,32	0,29	0,37
ESOK 1.0E	1,40	1,34	1,27	1,30	1,27	1,33	1,45	1,24	1,40	1,45	1,34
GRINDEX 10	1,96	2,48	2,47	2,04	1,94	2,63	2,62	2,61	2,83	2,75	2,43
BLASCOCUT 35 KOMBI	0,39	0,34	0,33	0,41	0,39	0,37	0,34	0,46	0,44	0,42	0,39
ESOK 1.0F	1,15	1,42	1,45	1,34	1,25	1,59	1,33	1,45	1,37	1,50	1,38
ESOK 1.1B	1,14	1,31	1,38	1,75	1,55	1,42	1,71	1,18	1,80	1,81	1,51
CIMSTAR 10	0,57	0,65	0,64	0,51	0,47	0,45	0,41	0,49	0,54	0,48	0,52
EOPS 1030	0,62	1,23	0,92	1,34	1,11	1,08	1,00	1,34	0,99	0,84	1,05

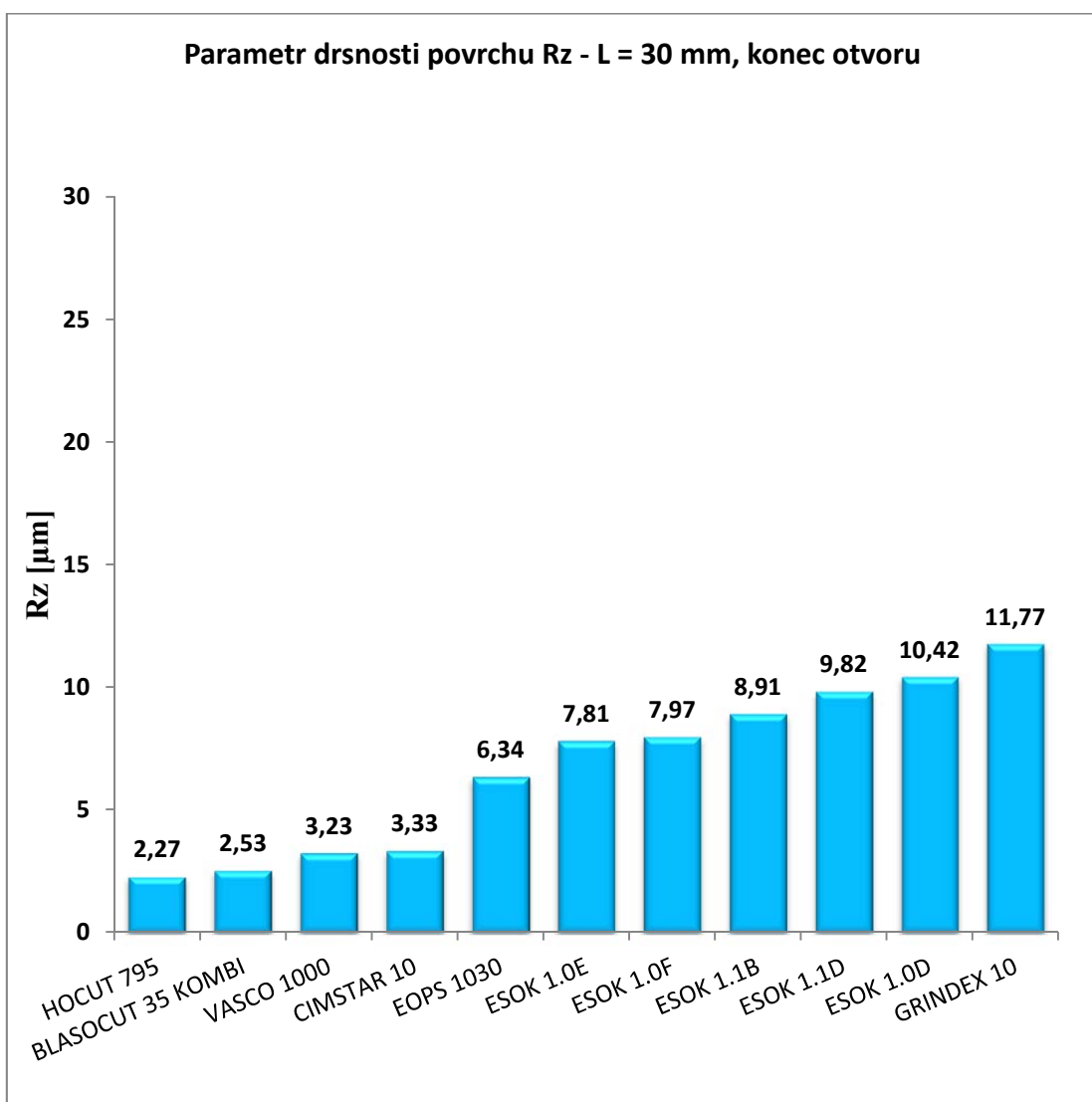
Tab. 14. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na konci otvoru



Graf č. 22. Parametr drsnosti povrchu Ra na konci vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	2,07	3,14	2,99	3,91	3,58	3,28	3,63	3,14	3,35	3,24	3,23
ESOK 1.1D	7,74	7,79	8,49	7,96	8,38	11,97	12,01	11,55	11,73	10,62	9,82
ESOK 1.0D	9,61	10,78	9,83	10,87	9,27	9,67	9,29	11,09	11,44	12,32	10,42
HOCUT 795	1,54	1,51	5,74	1,83	2,78	1,78	1,78	1,98	2,03	1,73	2,27
ESOK 1.0E	8,36	7,88	7,76	7,99	7,31	7,22	8,28	6,63	7,89	8,74	7,81
GRINDEX 10	9,67	11,01	11,10	8,91	10,90	12,12	13,43	13,04	14,22	13,24	11,77
BLASOCUT 35 KOMBI	2,20	2,63	2,27	2,48	2,59	2,20	2,35	3,42	2,75	2,47	2,53
ESOK 1.0F	6,90	8,41	8,80	7,79	7,62	9,04	7,68	8,59	7,00	7,90	7,97
ESOK 1.1B	6,64	7,31	7,87	10,56	9,69	7,76	9,28	11,24	9,66	9,07	8,91
CIMSTAR 10	3,46	3,89	3,31	3,33	3,67	2,90	3,15	3,27	3,11	3,17	3,33
EOPS 1030	3,94	7,35	5,87	7,76	5,83	5,86	6,37	7,59	5,92	6,90	6,34

Tab. 15. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na konci otvoru



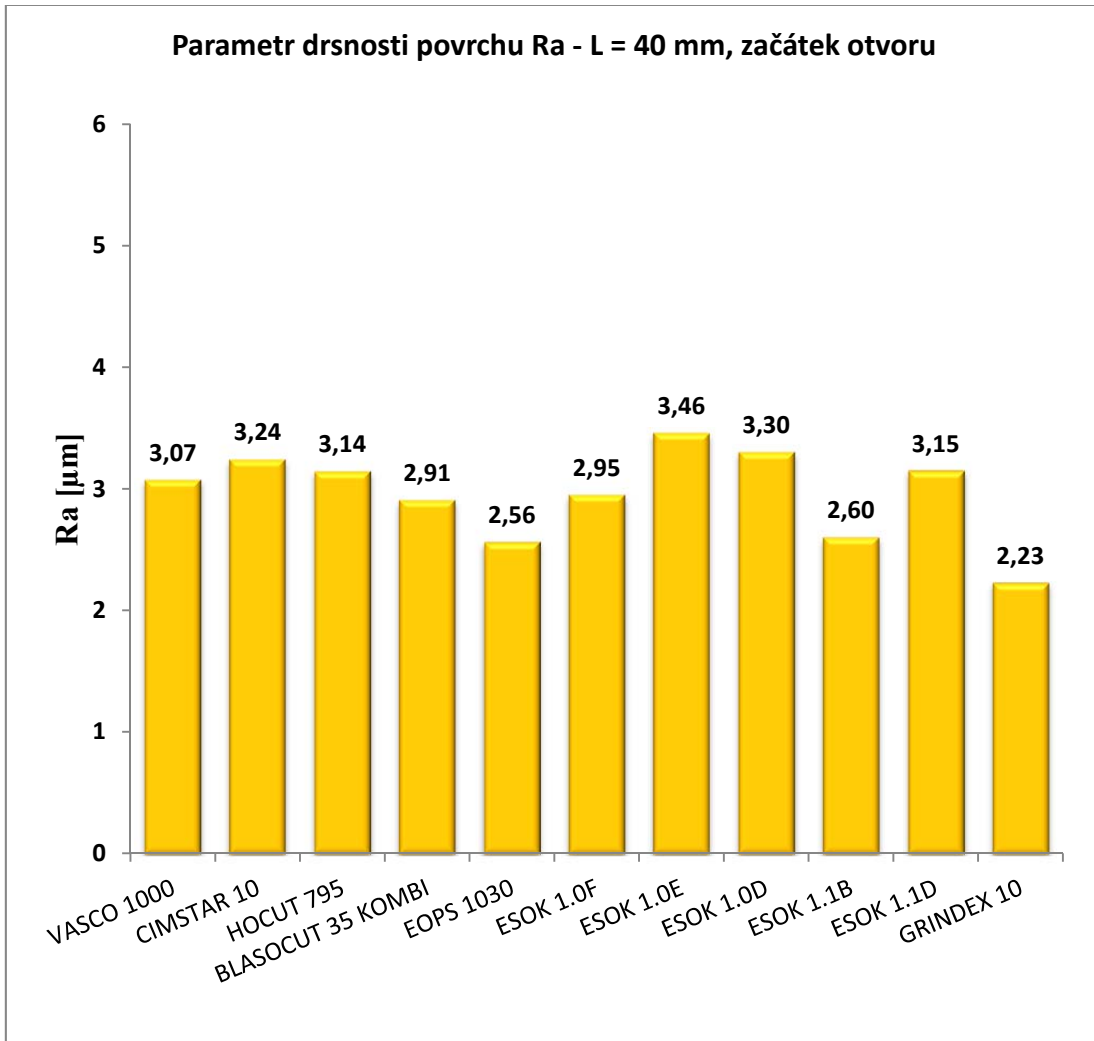
Graf č. 23. Parametr drsnosti povrchu Rz na konci vrtaného otvoru



Příloha 6 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 40 mm na začátku otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	3,26	2,97	2,50	3,17	3,47	3,23	3,12	2,64	2,92	3,47	3,07
ESOK 1.1D	2,91	3,31	3,06	3,79	2,67	2,99	3,05	3,12	3,51	3,12	3,15
ESOK 1.0D	3,23	3,29	3,42	3,42	3,15	3,12	3,24	3,42	3,42	3,32	3,30
HOCUT 795	3,40	3,34	2,50	2,94	3,52	3,40	3,16	2,64	2,97	3,51	3,14
ESOK 1.0E	3,72	3,21	3,19	3,86	3,31	3,82	3,11	3,25	3,86	3,31	3,46
GRINDEX 10	2,07	2,12	2,47	2,24	2,24	2,12	2,14	2,31	2,45	2,14	2,23
BLASOCUT 35 KOMBI	2,91	3,69	2,30	3,27	2,37	3,01	3,27	2,33	3,12	2,81	2,91
ESOK 1.0F	2,88	3,01	2,51	2,77	3,59	2,88	3,01	2,61	2,81	3,46	2,95
ESOK 1.1B	2,14	3,00	3,23	2,20	2,44	2,14	3,14	2,15	2,91	2,64	2,60
CIMSTAR 10	3,35	3,20	3,23	3,21	3,22	3,35	3,31	3,23	3,18	3,15	3,24
EOPS 1030	2,20	2,52	1,76	3,26	3,05	2,20	2,97	2,11	2,97	2,58	2,56

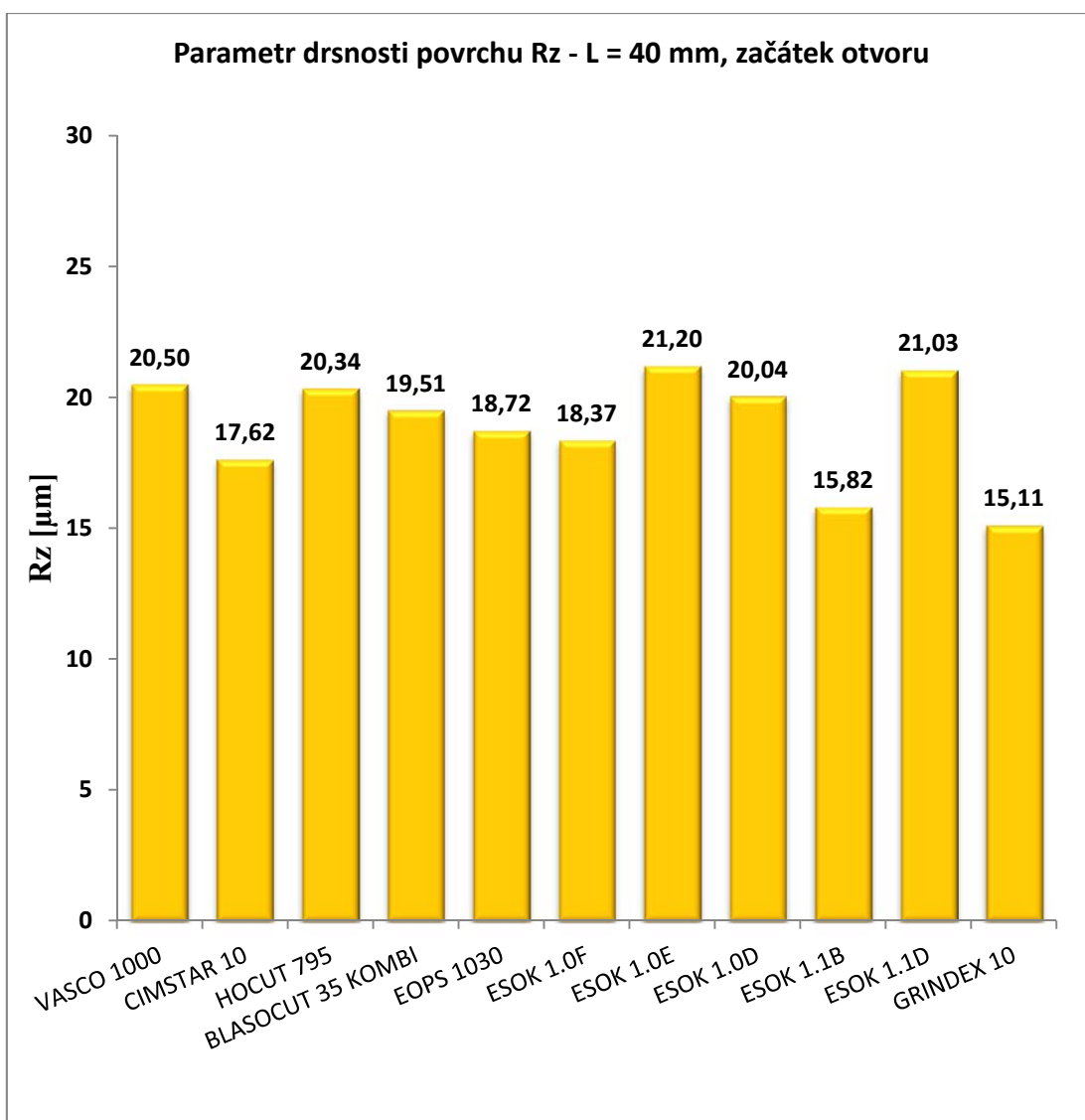
Tab. 16. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na začátku otvoru



Graf č. 24. Parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	19,92	20,40	18,77	19,60	23,80	19,55	19,65	19,32	20,20	23,80	20,50
ESOK 1.1D	16,51	25,08	20,97	25,65	16,96	17,32	25,08	20,87	24,60	17,22	21,03
ESOK 1.0D	19,11	20,74	19,83	20,65	19,87	19,32	20,55	19,73	20,65	19,97	20,04
HOCUT 795	18,03	20,35	18,77	21,21	23,31	18,45	20,35	19,56	21,21	22,14	20,34
ESOK 1.0E	20,73	20,41	19,46	22,65	22,73	20,56	20,41	20,95	21,44	22,63	21,20
GRINDEX 10	15,02	14,60	17,78	15,32	12,81	15,02	14,86	16,32	16,45	12,91	15,11
BLASOCUT 35 KOMBI	20,58	23,30	14,33	23,13	16,20	20,58	22,18	16,21	22,21	16,42	19,51
ESOK 1.0F	17,34	18,37	15,21	20,82	20,10	17,09	17,22	16,87	20,55	20,14	18,37
ESOK 1.1B	12,79	18,98	18,96	15,34	13,01	14,64	18,56	18,69	14,27	13,01	15,82
CIMSTAR 10	17,95	18,07	17,42	17,24	17,42	17,65	18,21	17,23	17,35	17,65	17,62
EOPS 1030	16,05	20,21	10,85	22,01	24,46	16,35	19,67	14,42	19,47	23,66	18,72

Tab. 17. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na začátku otvoru

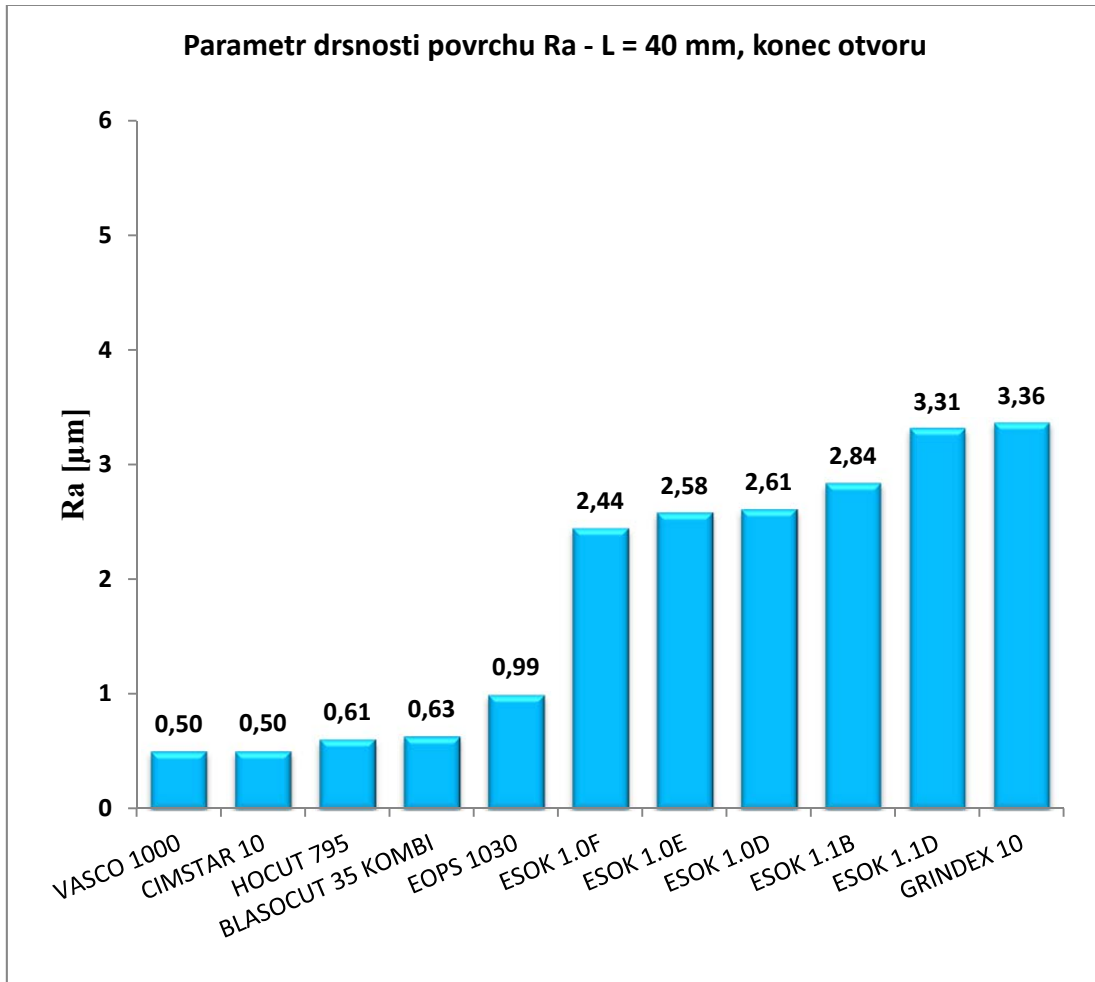


Graf č. 25. Parametr drsnosti povrchu Rz na začátku vrtaného otvoru

Příloha 7 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 40 mm na konec otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	0,51	0,45	0,42	0,55	0,47	0,56	0,47	0,49	0,55	0,55	0,50
ESOK 1.1D	2,78	3,90	3,41	3,18	3,28	3,42	4,09	3,34	2,86	2,87	3,31
ESOK 1.0D	2,77	2,67	2,23	2,74	2,95	2,33	2,79	2,42	2,26	2,90	2,61
HOCUT 795	0,60	0,64	0,59	0,62	0,68	0,67	0,63	0,51	0,55	0,58	0,61
ESOK 1.0E	2,71	2,38	2,43	2,33	2,42	2,57	2,92	2,67	2,75	2,61	2,58
GRINDEX 10	3,81	3,74	3,39	2,94	2,89	3,55	3,38	3,87	2,83	3,24	3,36
BLASOCUT 35 KOMBI	0,65	0,53	0,42	0,41	0,36	0,53	0,69	0,88	0,95	0,88	0,63
ESOK 1.0F	2,23	2,62	2,53	2,34	2,18	2,70	3,37	2,23	2,23	2,01	2,44
ESOK 1.1B	2,86	2,89	2,86	2,61	3,17	3,03	2,87	2,84	2,69	2,54	2,84
CIMSTAR 10	0,51	0,65	0,50	0,47	0,44	0,41	0,55	0,45	0,44	0,61	0,50
EOPS 1030	0,99	0,99	0,98	1,13	0,96	0,95	0,95	1,08	0,96	0,95	0,99

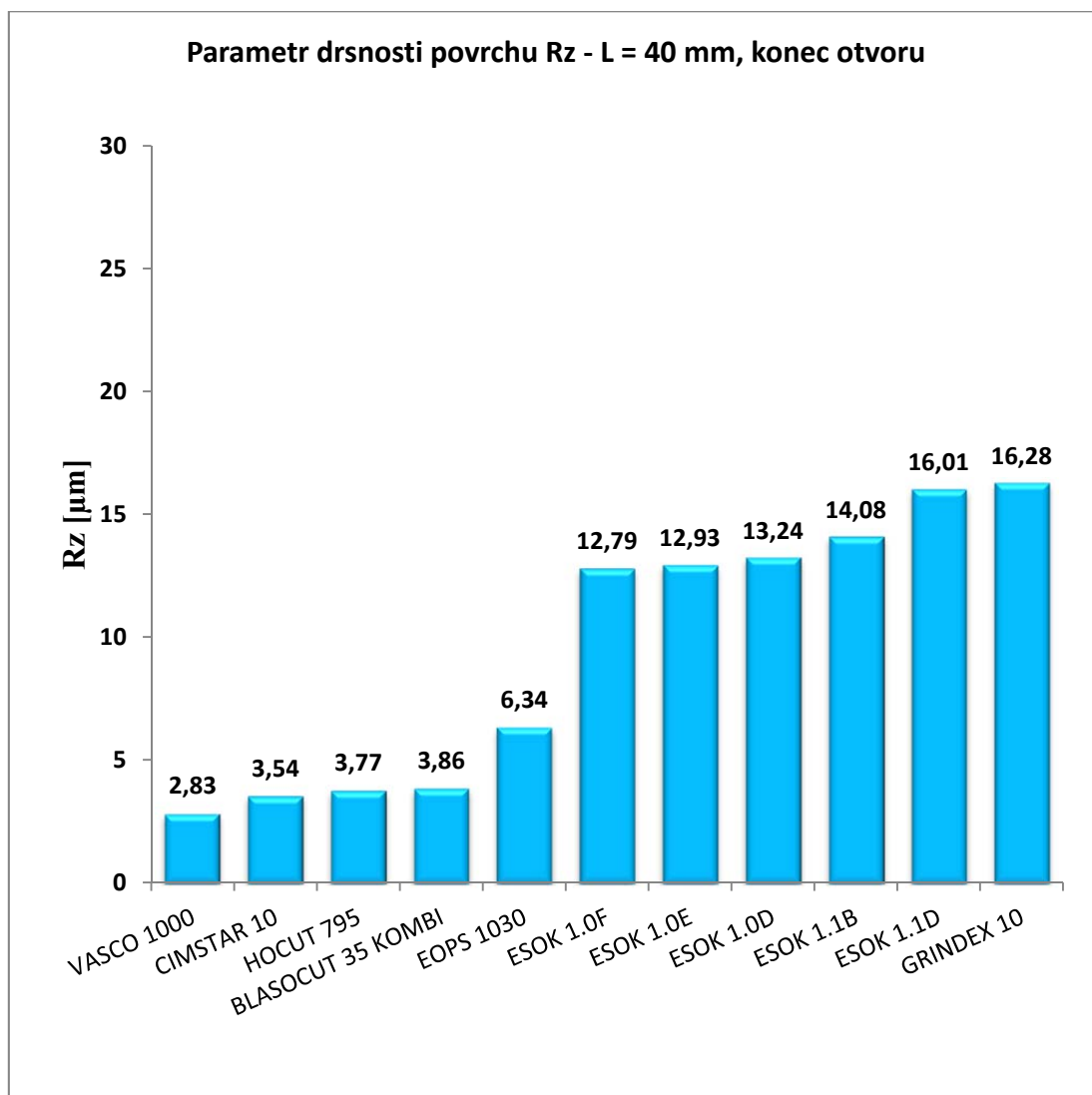
Tab. 18. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na konci otvoru



Graf č. 26. Parametr drsnosti povrchu Ra na konci vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	3,27	2,34	2,48	3,34	2,28	3,07	2,50	2,81	3,08	3,12	2,83
ESOK 1.1D	14,00	19,76	17,15	14,64	14,75	16,43	18,10	16,43	15,17	13,64	16,01
ESOK 1.0D	13,90	12,40	11,22	12,58	14,53	11,22	13,97	14,63	12,90	15,02	13,24
HOCUT 795	4,13	4,05	3,72	4,02	3,83	3,79	3,85	3,11	3,75	3,44	3,77
ESOK 1.0E	14,66	13,10	12,38	12,32	11,98	12,58	13,78	14,02	12,25	12,20	12,93
GRINDEX 10	17,32	18,51	16,31	13,88	14,27	18,32	15,21	17,56	14,92	16,45	16,28
BLASOCUT 35 KOMBI	3,56	3,31	2,88	2,70	2,47	2,93	4,47	4,77	4,93	6,59	3,86
ESOK 1.0F	10,70	12,70	12,29	11,85	12,98	13,36	17,07	13,58	12,66	10,70	12,79
ESOK 1.1B	13,69	14,08	14,99	13,44	14,14	15,63	13,88	14,84	14,45	11,65	14,08
CIMSTAR 10	3,64	4,20	3,29	3,40	3,38	2,50	3,48	3,46	3,86	4,24	3,54
EOPS 1030	6,35	6,39	6,22	7,59	5,64	6,37	5,91	6,77	6,33	5,89	6,34

Tab. 19. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na konci otvoru

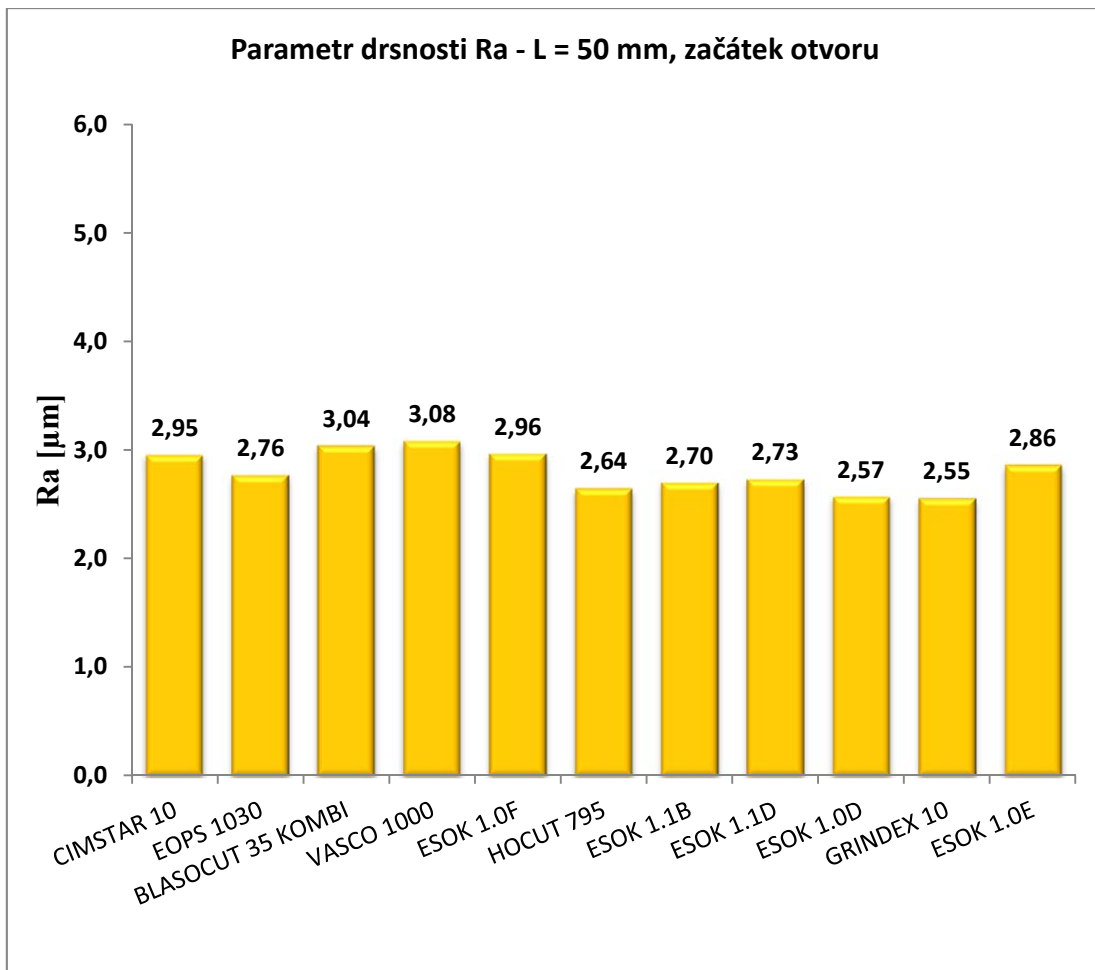


Graf č. 27. Parametr drsnosti povrchu Rz na konci vrtaného otvoru

Příloha 8 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 50 mm na začátku otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	3,51	3,25	3,14	2,79	2,71	3,44	3,65	2,98	2,76	2,61	3,08
ESOK 1.1D	2,75	3,01	2,45	2,81	2,61	2,62	2,87	2,45	2,64	3,12	2,73
ESOK 1.0D	2,45	3,17	2,46	2,28	2,49	2,31	2,89	2,46	2,57	2,67	2,57
HOCUT 795	2,62	2,62	2,37	2,75	2,86	2,86	2,54	2,37	2,65	2,78	2,64
ESOK 1.0E	2,78	2,87	2,95	3,00	2,70	2,87	2,65	2,95	2,99	2,81	2,86
GRINDEX 10	2,65	2,37	2,85	2,80	2,11	2,36	2,37	2,74	2,78	2,51	2,55
BLASOCUT 35 KOMBI	2,72	2,66	2,93	2,91	3,96	2,67	2,87	2,84	2,91	3,96	3,04
ESOK 1.0F	2,70	2,72	3,95	2,75	2,70	2,94	2,62	3,47	2,75	2,97	2,96
ESOK 1.1B	2,89	2,44	2,75	2,65	2,75	2,77	2,56	2,75	2,89	2,56	2,70
CIMSTAR 10	2,30	2,41	3,76	3,27	3,02	2,30	2,97	3,31	3,13	2,99	2,95
EOPS 1030	2,79	2,64	2,70	3,10	2,60	2,79	2,64	2,99	2,75	2,60	2,76

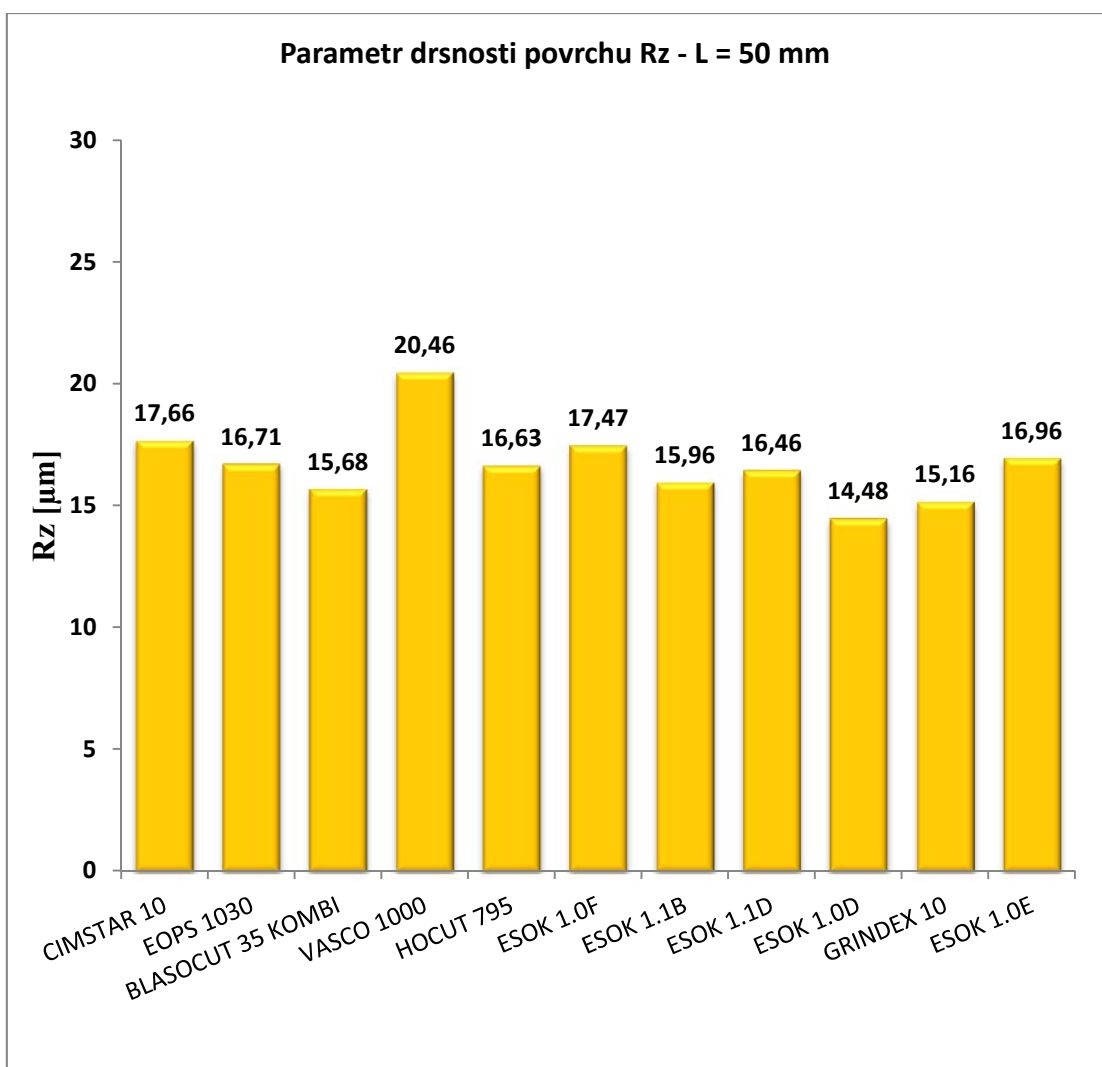
Tab. 20. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na začátku otvoru



Graf č. 28. Parametr drsnosti povrchu Ra na začátku vrtaného otvoru

Procesní kapalina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	21,99	21,93	20,43	19,35	18,60	20,78	21,61	20,74	19,78	19,42	20,46
ESOK 1.1D	18,37	17,04	16,53	14,76	15,59	18,37	16,67	15,22	15,86	16,21	16,46
ESOK 1.0D	13,63	17,45	14,42	13,57	13,33	13,63	16,35	15,64	13,48	13,33	14,48
HOCUT 795	16,93	18,55	14,66	16,71	16,33	17,64	17,94	15,65	15,57	16,33	16,63
ESOK 1.0E	15,27	16,41	19,04	16,53	17,54	16,35	16,41	18,24	16,53	17,31	16,96
GRINDEX 10	16,50	14,75	16,14	15,36	13,04	16,75	14,75	15,37	14,67	14,32	15,16
BLASOCUT 35 KOMBI	14,38	14,27	13,07	16,71	19,99	14,48	15,31	14,56	16,71	17,37	15,68
ESOK 1.0F	16,22	15,00	24,25	15,62	16,26	16,22	17,24	22,19	15,51	16,18	17,47
ESOK 1.1B	17,07	15,94	15,24	17,41	14,12	16,59	16,24	15,24	17,41	14,35	15,96
CIMSTAR 10	18,70	12,30	12,89	26,10	18,32	18,70	15,75	13,31	22,19	18,32	17,66
EOPS 1030	16,47	15,56	18,35	15,66	17,53	16,37	15,46	18,21	16,12	17,42	16,71

Tab. 21. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na začátku otvoru

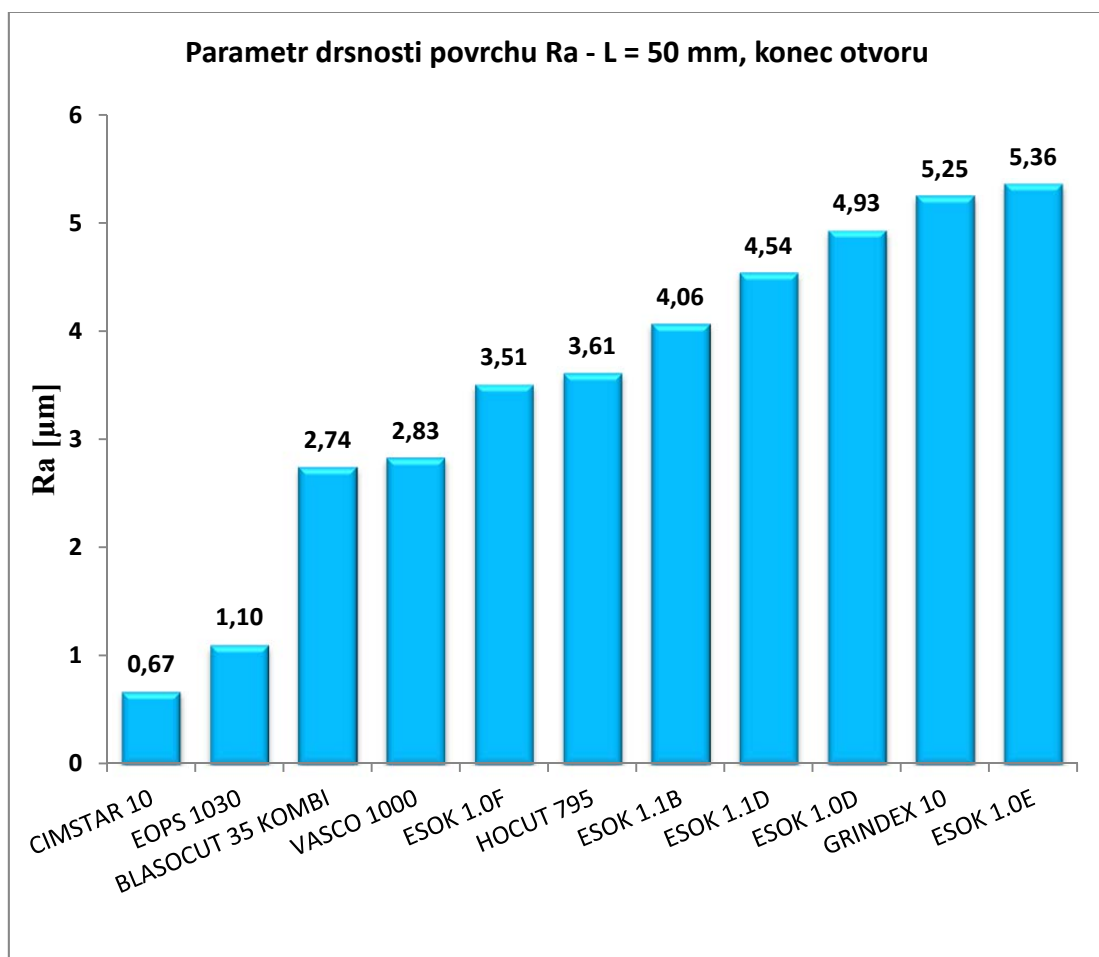


Graf č. 29. Parametr drsnosti povrchu Rz na začátku vrtaného otvoru

Příloha 9 – Grafy a tabulky naměřených hodnot parametrů drsnosti povrchu Ra a Rz u vzorku L = 50 mm na konec otvoru

Procesní kaplina	Číslo měření										Průměr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
VASCO 1000	3,67	3,11	3,15	2,66	2,37	3,21	2,79	3,10	2,08	2,16	2,83
ESOK 1.1D	5,80	4,11	5,15	3,62	4,43	4,03	5,10	4,33	4,42	4,43	4,54
ESOK 1.0D	5,27	5,70	4,63	4,37	5,18	6,61	3,40	2,45	5,74	5,95	4,93
HOCUT 795	3,29	3,15	2,85	3,65	4,23	3,32	2,53	4,50	3,92	4,67	3,61
ESOK 1.0E	5,38	5,18	5,68	5,99	5,13	5,44	3,92	6,55	6,26	4,09	5,36
GRINDEX 10	3,97	4,15	4,60	5,25	4,81	5,52	6,85	6,81	5,63	4,92	5,25
BLASOCUT 35 KOMBI	3,10	2,09	2,02	2,52	2,67	2,92	3,17	2,19	3,01	3,74	2,74
ESOK 1.0F	2,55	5,64	3,04	2,90	3,12	1,92	3,96	3,26	4,75	3,94	3,51
ESOK 1.1B	3,76	3,31	3,62	4,59	5,76	3,98	4,29	3,09	4,54	3,72	4,06
CIMSTAR 10	0,56	0,53	0,70	0,68	0,64	0,53	1,09	0,68	0,56	0,73	0,67
EOPS 1030	1,11	1,10	1,05	1,11	1,18	0,99	1,22	0,99	1,07	1,18	1,10

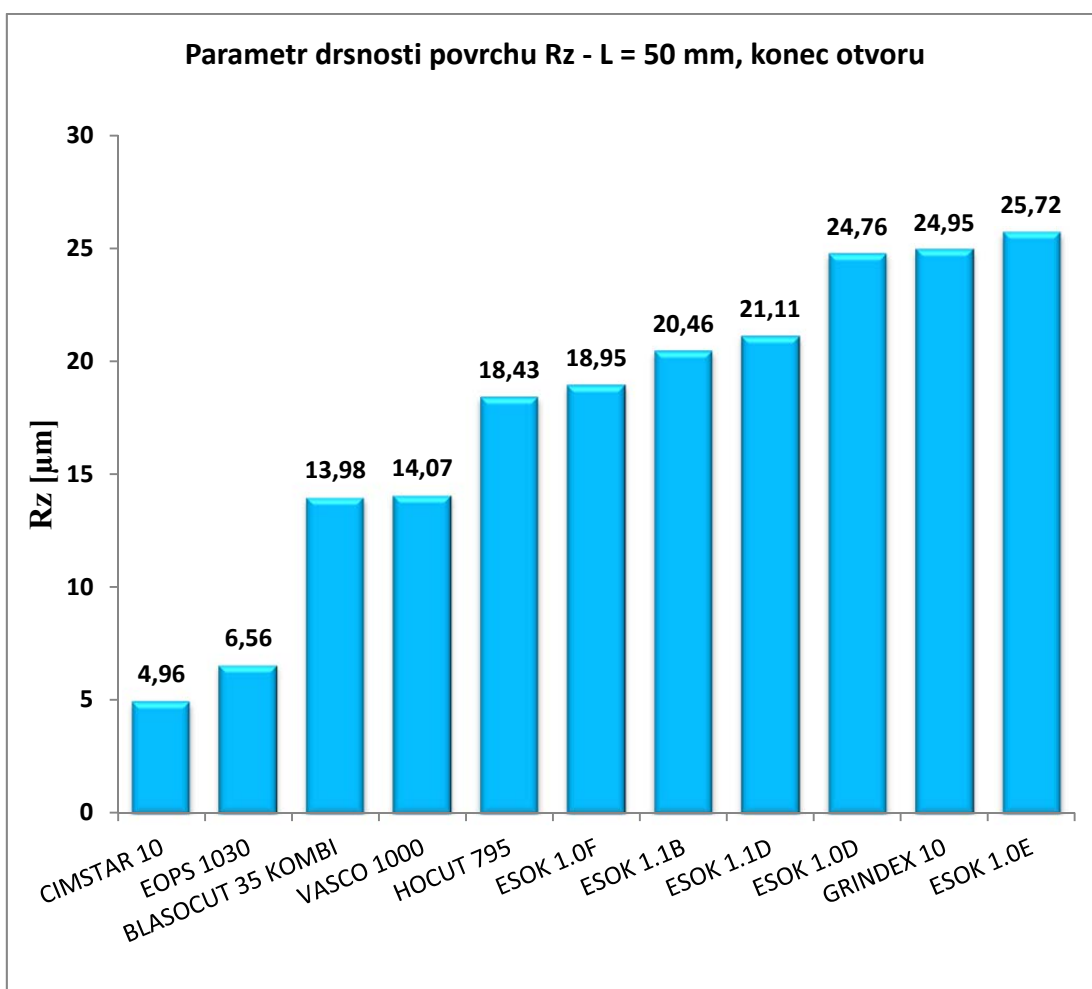
Tab. 22. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Ra na konci otvoru



Graf č. 30. Parametr drsnosti povrchu Ra na konci vrtaného otvoru

Procesní kaplina	Číslo měření										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměr
VASCO 1000	18,64	14,92	14,94	14,11	11,36	16,93	14,42	15,56	9,47	10,32	14,07
ESOK 1.1D	21,77	20,17	23,24	17,29	21,92	19,82	21,86	18,97	25,46	20,62	21,11
ESOK 1.0D	25,04	28,12	19,65	24,93	24,55	30,07	18,75	12,94	32,12	31,41	24,76
HOCUT 795	15,73	16,57	15,86	17,46	20,70	18,39	13,69	24,00	20,49	21,39	18,43
ESOK 1.0E	23,65	25,07	30,42	29,66	23,21	26,51	19,20	27,87	30,43	21,22	25,72
GRINDEX 10	21,73	21,49	21,39	23,88	21,29	26,96	32,81	30,72	27,19	22,03	24,95
BLASOCUT 35 KOMBI	15,41	10,43	10,75	13,44	12,14	15,60	18,16	12,21	15,41	16,26	13,98
ESOK 1.0F	14,13	28,97	15,83	15,44	15,25	13,27	25,50	17,57	24,45	19,09	18,95
ESOK 1.1B	20,41	16,46	19,31	21,26	23,82	21,14	21,30	16,81	25,10	18,98	20,46
CIMSTAR 10	3,65	4,64	5,31	5,26	4,45	3,96	9,36	4,52	4,01	4,49	4,96
EOPS 1030	6,92	6,96	5,82	7,24	6,60	5,70	6,91	5,98	6,66	6,81	6,56

Tab. 23. Tabulka naměřených hodnot parametru drsnosti Rz na konci otvoru



Graf č. 31. Parametr drsnosti povrchu Rz na konci vrtaného otvoru



Příloha 10 – Produktový list procesní kapaliny Blasocut BC 35 Kombi

Art. 1350	Concentrate	Emulsion
Colour	<b>brown</b>	<b>milky, light beige</b>
Density at 20°C	<b>0.95 g/cm<sup>3</sup></b>	
Viscosity at 40°C	<b>59 mm<sup>2</sup>/s</b>	
Flashpoint	<b>150°C</b>	
Mineral oil content	<b>54%</b>	
Water content	<b>3%</b>	
pH-value		<b>8.5 – 9.2</b>
Refractometer factor		<b>1.0</b>

All information given in this flyer is based on the product characteristics and our application know-how. However, no legal obligation or liability can be derived there from.

Blaser.  
SWISSLUBE

Blasocut BC 35 KOMBI  
Art. 1350

Universal  
Cutting fluid

CAST IRON  
STEEL  
ALUMINIUM

CUTTING  
GRINDING

Blaser Swisslube AG  
CH-3415 Hasle-Rüegsau • Tel. +41 (0)34 460 01 01 • Fax +41 (0)34 460 01 00  
www.blaser.com

ISO 9001/14001 OHSAS 18001 Reg. Nr. 11321  
101172 (B72)

**Blasocut BC 35 KOMBI**

**The universal water-miscible and chlorine-free cutting fluid**

Based on more than 30 years of experience with the superior performance of Blasocut products, the Blaser specialists have optimised the formulation to give higher performance and stability for metalworking fluids.



**universal**

A product specifically designed for almost all applications – BC 35 Kombi is perfectly suited for both, **machining and grinding**, hard or soft alloys within central coolant systems or stand-alone machines.

**high performance**

The unique Blasocut high performance formulation ensures superb lubrication for all applications.

**skin-friendly**

Thanks to the bactericide-free Blasocut concept, that is well proven and documented over decades, BC 35 is an extremely "user-friendly" product.

**high stability**

BC 35 will offer extremely long and stable sump life with guaranteed maximum process security.

**Applications / suitability**

Blasocut BC 35 Kombi is a high performance, universal cutting fluid suitable for light to heavy machining and grinding operations on cast iron, steels and aluminium alloys.

Variable concentrations, from 3 % to 15 % depending on application:

- General machining 5 to 8 %
- Heavy machining minimum 7 %
- Grinding 3 to 5 %

**This product does not contain:**

chlorine, sulphur or phosphor based EP additives, nitrite or nitrite releasing substances, formaldehyde or formaldehyde releasing substances, boron compounds, secondary amines, nitrosamine, silicon, heavy metals, PCP, PCB, PCT, TCDD or other substances containing dioxine.



# CIMCOOL®

## METALWORKING FLUIDS

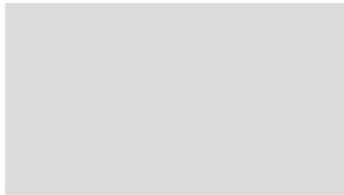
### CIMSTAR® 620 NFM SEMISYNTHETIC, METALWORKING FLUID CONCENTRATE

<p><b>APPLICATIONS</b></p>	<p><b>CIMSTAR® 620 NFM</b> is a clear, amber, water miscible, preformed micro-fine emulsion type cutting fluid concentrate. CIMSTAR® 620 NFM is a general purpose cutting fluid recommended for medium to heavy-duty grinding and machining of all ferrous and most non-ferrous metals. It is especially suitable for aluminum alloys. CIMSTAR® 620 NFM is a product designed for use in individual machines and central systems.</p> <p>CIMSTAR® 620 NFM is specifically designed for use in soft water (&lt; 50 ppm total hardness)</p> <p><b>Metals:</b> Aluminum alloys, Cast Iron, Nodular Iron, Carbon Steels, High Speed Steel, High Alloy Steels, Stainless Steels</p> <p><b>Duty Range:</b> For moderate to heavy duty operations</p>
<p><b>FEATURES &amp; BENEFITS</b></p>	<p><b>LONGEVITY</b> - Long fluid life due to special product composition</p> <p><b>VERSATILE</b> - Suitable for a wide range of materials and operations - Does not stain aluminum and aluminum alloys</p> <p><b>CLEANLINESS</b> - Clean and mild product, giving a pleasant working environment - will not smoke or burn</p> <p><b>FOAM</b> - Excellent foam control</p>

<b>RECOMMENDED STARTING DILUTIONS</b>	<p><b>FOR INDUSTRIAL USE ONLY</b>  <b>Recommended Starting Dilution: 5% (1:20)</b>  <b>Typical Operating Range: 5% (1:20) to 10% (1:10)</b>  <b>For concentrations outside this range contact CIMCOOL® Technical Service at 513-458-8199.</b></p> <p><b>CIMSTAR® 620 NFM</b> is to be mixed with water for use (add concentrate to water). Add no other substances to the concentrate or mix unless approved by CIMCOOL® Technical Services.</p> <p>Not recommended for use with magnesium or alloyed magnesium.</p> <p><b>For concentration analysis, use the MI Titration Procedure, Non-Solvent Titration Procedure, Total Alkalinity Titration Procedure, CIMCHEK™ Test Strip, or Refractometer.</b></p>
<b>TYPICAL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES</b>	<p><b>Physical state:</b> Liquid  <b>Appearance and odor:</b> Clear/Chemical  <b>Colors available:</b> Undyed  <b>Solubility in water:</b> 100% Miscible  <b>Weight, lb/gal, 60°F (15.6°C):</b> 8.4  <b>Specific gravity, (H<sub>2</sub>O = 1):</b> 1.01  <b>Boiling point, °F (°C):</b> 212 (100)  <b>Flash point, COC, °F (°C):</b> None, Self Extinguishing  <b>Fire point, COC, °F (°C):</b> None, Self Extinguishing  <b>Freezing point, °F, (°C):</b> 23 (-5)          If frozen, product separates. Thaw completely at room temperature and stir thoroughly.  <b>pH, concentrate:</b> 9.4  <b>pH, 5.0% mix, typical operating conditions:</b> 9.0  <b>Total chlorine/chloride, wt%, calculated:</b> 0.00/ &lt; 50 ppm  <b>Total sulfur, wt%, calculated:</b> 0.16  <b>Silicones:</b> Yes</p>
<b>PACKAGING</b>	Available in 5-gallon pails, 55-gallon drums, and bulk containers.
<p><b>REFRACTOMETER FACTOR = 1.4</b> Multiply the scale reading obtained on your CIMCOOL® Metalworking Fluid or other acceptable refractometer by the <b>Refractometer Factor</b> to obtain the mix concentration in percent.</p> <p><b>NOTE: Calibrate the refractometer so that it reads 0.0 with water, before testing the sample mix. Remove gross contaminants from the sample mix before testing.</b></p>	
<p>For additional information concerning CIMSTAR® 620 NFM, refer to its OSHA MSDS or contact CIMCOOL® Technical Services at 1-513-458-8199. Reprints/Updates of this Product Information Flyer (PIF) can be found on our web site, <a href="http://WWW.CIMCOOL.COM">WWW.CIMCOOL.COM</a> or from your Milacron representative.</p> <p style="text-align: center;"><small>Minor formulation changes or normal variations in the manufacture of this product may cause slight variances in the data presented on this sheet.          Consumable Products Division/ Milacron Marketing Company          Cincinnati, Ohio 45209</small></p> <p>PC-9998 12/4/06</p>	



## Příloha 12 – Produktový list procesní kapaliny Grindex 10



Art.No 1101-04

### Grindex 10

<b>Description</b>	Grindex 10 is a synthetic, water miscible, mineral oil free cutting fluid for grinding.	
<b>Range of application</b>	Grindex 10 is designed for grinding cast iron and steel alloys. It is also suitable for machining glass and ceramic materials.	
	<b>Product properties</b>	<b>Benefits</b>
	Good rinsing behaviour	→ keeps grinding wheels and machines clean
	Excellent foam behaviour	→ suitable for high pressure and high wheel peripheralspeeds
	Efficient corrosion protection	→ no corrosion even at low concentrations
	Good settling behaviour	→ grit and fines don't remain in suspension
<b>Physical-chemical data</b>	<b>Concentrate</b>	<b>Solution</b>
Colour	yellow	transparent, yellowish
Mineral oil content	0%	
Water content	40%	
Density at 20°C	1.12 g/cm <sup>3</sup>	
pH-value		8.7 - 9.2
Refractometer factor		1.6
<b>Note</b>	The product does not contain: EP additives containing sulphur, chlorine, zinc or phosphor, boron compounds, nitrite, nitrite releasing substances, secondary amines, diethanolamine, nitrosamines, formaldehyde, formdehyde releasing substances, heavy metals, PCP, PCB, PCT, TCDD or other dioxin-containing substances.	
<b>Concentration of use</b>	Variable concentrations from 3% to max. 7% (Refractometer reading: 1.8 - 4.3) For central systems: 4% (Refractometer reading: 2.5)  Before the first filling of a central system, please contact the customer service of Blaser Swisslube for further support.	
<b>Packaging units</b>	4 / 47 Gal.	

Information contained in this data sheet is based upon the properties and applications of use as known to us. However, generally no legal liability may be deducted from such information.

0667 09.03.2011 V 09

ISO 9002 Reg. Nr. US96/0693

Blaser Swisslube Inc.  
31 Hatfield Lane, Goshen, New York 10924 • Tel. (845) 294-3200 • Fax (845) 294-3102  
www.blaser.com

**Blaser.**  
SWISSLUBE



## TECHNICKÉ INFORMACE

### HOCUT 795B

#### Emulsní olej (fluidcare in drum)

bezchlorový, s vysokými mazacími účinky s ultra dlouhou životností

#### POPIS

Tento emulsní olej je vytvořen na základě nejnovějších poznatků fy.Houghton. Jedná se o mléčnou emulsi s velmi nízkým sklonem k pěnovosti a s vysoce výkonnými mazacími bezchlorovými aditivami. Tato vyjimečná formulace zajišťuje vynikající kvalitu obráběné plochy a zajišťuje vysokou trvanlivost nástrojů. Zároveň tato formulace zajišťuje nadstandardní životnost emulze v systému.

**HOCUT 795B** je velmi bezpečným produktem pro používání, neobsahuje totiž žádná aditiva na bázi chloru ani biocidy. Dle evropské legislativy není třeba označovat tento produkt výstražnými značeními.

#### POUŽITÍ

Vynikající vlastnosti produktu ho předurčují k obrábění hliníku, slitin hliníku (i pro letecký, automobilový průmysl,) a pro vysoce jakostní legované oceli. Kapalina je předurčena pro aplikaci v systémech s vysokotlaké systémy chlazení v moderních CNC automatech.

**HOCUT 795B** zajistí ultra dlouhou životnost bez nutnosti přidávání biocidů. S výhodou se používá pro centrální systémy. Nezanedbává žádné stopy na hliníku!

#### DOPORUČENÁ KONCENTRACE

Běžné materiály 4-5%  
vysocepevnostní mat. 5-10%

#### VÝHODY

- vysoké mazací schopnosti emulze
- bezchlorové
- bez Biocidů
- nízká pěnovost
- nevytváří usazeniny
- extra životnost
- korozní ochrana v tvrdé vodě
- bez výstražných značení
- nejsou stopy na hliníku
- ochrana nástroje

#### SKLADOVÁNÍ

V suchém uzavřeném skladu, chráněn proti mrazu.

Doporučená teplota skladování 5-35°C.  
Skladovací doba cca 6 měsíců.

#### DATA (koncentrát)

vzhled	kalný hnědý
Hustota při 15°C:	0,94 g/ml
refrakt.faktor	1,00

#### DATA (5% emulze)

vzhled	transparentní emulze
pH	8,7-9,2

# Příloha 14 – Produktový list procesní kapaliny VASCO 1000

Blaser Swissslube Inc.  
31 Hatfield Lane, Goshen, New York • Tel. (845) 294-3200 • Fax (845) 294-3102



## MSDS Vasco

### PRODUCT IDENTIFICATION

**Manufacturer:** Blaser Swissslube, Inc.  
31 Hatfield Lane  
Goshen, NY 10924  
USA

**Emergency phone number:** (845) 294-3200

**Product name:** Vasco 1000 Art. No. 2800

**Product type:** vegetable oil based metalworking fluid

**Prepared by:** OH & S Coordinator

**Date of issue:** March 22, 2012

**Supersedes:** June 20, 2005

HMIS <sup>1</sup>	
Health	1
Fire	1
Reactivity	0

### PRODUCT COMPOSITION

Vasco 1000 is a mixture of vegetable oils, emulsifiers and inhibitors. None of the ingredients are subject to exposure limits:

Ingredient	%
Food grade vegetable oil	45 – 80
Emulsifiers	25 – 45
Polar and EP Additives	7 – 10

Vasco 1000 does not contain as an ingredient: mineral oil, chlorinated additives, phenols, nitrites and/or nitrate releasing agents, boron, diethanolamine, NDELA, heavy metals (i.e. lead, mercury etc.) arsenic, PCB, PCT, TCDD or other dioxin related substances.

### EMERGENCY & FIRST AID PROCEDURES

**Skin contact:** Wash with plenty of soap and fresh water (good personal hygiene practices are sufficient). Remove any contaminated clothing and launder before reuse.

**Eye contact:** Rinse with plenty of fresh water for 15 minutes. Consult physician if necessary.

**Inhalation:** Remove to fresh air.

**Ingestion:** Do not induce vomiting, pulmonary aspiration hazard. Consult a physician without delay. If involuntary vomiting occurs, keep airways clear; ensure that head is below hips. Get medical attention.

### FIRE & EXPLOSION HAZARD DATA

**Flash point (COC):** 356°F (180°C)

**Auto Ignition temperature:** Not determined

**Explosion limits:** Not determined

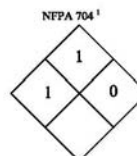
**Hazardous combustion products:** Oxides of carbon, nitrogen and traces of oxides of sulfur and phosphorus.

**Products formed under abnormal conditions:** None

**Fire fighting media:** CO<sub>2</sub>, dry chemical, foam

**Special fire fighting procedures:** Wear self-contained breathing apparatus when fighting fires in confined spaces. Cool exposed containers with water mist to prevent pressure build-up.

**Unusual fire or explosion hazards:** Not recommended for machining magnesium due to significant fire and explosion hazards; end-user assumes all liability.



<sup>1</sup> See last page for explanations

**MSDS Vasco**

**PRECAUTIONS FOR SAFE HANDLING & USE**

<b>Steps to be taken in case material is released or spilled:</b>	Spills or leaks may cause slippery conditions. Contain spill and recover free product. Absorb remainder using oil-binding agents (such as 'Speedy Dry®'). Prevent material from entering surface waters, storm sewers and soils.
<b>Waste disposal methods:</b>	Dispose according to all applicable federal, state and local regulations.
<b>Precautions to be taken in handling/storing:</b>	Avoid direct solar irradiation of concentrate containers. <b>Do not store below 39°F (4°C).</b>
<b>Other precautions:</b>	Do not store with strong oxidizers.

**CONTROL MEASURES**

<b>Ventilation:</b>	Ventilation sufficient to comply with recommended NIOSH exposure limit for metalworking fluids is suggested.
<b>Respiratory protection:</b>	Not generally required.
<b>Protective gloves:</b>	Impervious gloves recommended where prolonged or repeated contact cannot be avoided. Use extreme care when wearing gloves around moving machinery.
<b>Eye protection:</b>	Industrial safety glasses are recommended.
<b>Other protective equipment or clothing:</b>	Standard work clothing and shoes.
<b>Work/hygiene practices:</b>	Thorough personal hygiene and clean working practices are sufficient.

**CHEMICAL & PHYSICAL PROPERTIES OF THE COMPLETE PRODUCT**

<b>Volatiles in %:</b>	Not volatile	
<b>VOC:</b>	Nil	
<b>Vapor pressure:</b>	Not volatile	
<b>Boiling point:</b>	> 390°F (200°C)	
<b>Pour point:</b>	12.2°F (-11°C)	
<b>pH @ 5% (after 24 hours):</b>	8.8 - 9.0	
<b>Density:</b>	0.95 g/cm <sup>3</sup>	
<b>Solubility in water:</b>	Emulsifies	
<b>Viscosity:</b>	150 mm <sup>2</sup> /s @ 68°F (20°C)	60 mm <sup>2</sup> /s @ 104°F (40°C)
<b>Color of liquid:</b>	Brown	

**REACTIVITY DATA**

<b>Stability:</b>	Stable	
<b>Conditions to avoid:</b>	Avoid direct solar irradiation of containers. Do not store below 39°F (4°C). Good and safe housekeeping procedures suggest that all combustible materials be stored away from strong oxidizers.	
<b>Incompatibility (materials to avoid):</b>	<u>Concentrate:</u> Strong oxidizers	<u>End use dilutions:</u> Magnesium
<b>Hazardous decomposition or by-products:</b>	None	
<b>Hazardous polymerization or by-products:</b>	Will not occur	



**MSDS Vasco**

**HEALTH HAZARD DATA**

<b>LD<sub>50</sub> of concentrate:</b>	> 5 g/kg (calculated)
<b>Health hazards (acute/chronic):</b>	Not established, none expected under normal use conditions
<b>Skin irritation:</b>	Negative
<b>Eye irritation:</b>	Negative
<b>Carcinogenicity:</b>	None of the ingredients are listed on OSHA, IARC, NTP or other lists of carcinogenic ingredients
<b>Routes of entry:</b>	• Inhalation: Possible • Skin: Not likely to be absorbed through skin • Ingestion: Accidental only
<b>Signs and symptoms of exposure:</b>	None established, none expected under normal use conditions
<b>Medical conditions generally aggravated by exposure:</b>	Not established, none expected under normal use conditions
<b>OSHA regulated:</b>	No
<b>WHMIS regulated:</b>	No
<b>NIOSH recommended exposure limit for Metalworking Fluids</b>	0.5 mg/m <sup>3</sup>

**ENVIRONMENTAL, REGULATORY AND SUPPLEMENTAL INFORMATION**

<b>NFPA Storage:</b>	III B		
<b>SARA Title III Information:</b>			
• Immediate health (acute):	No	• Delayed health (chronic):	No
• Fire hazard:	No	• Reactive hazard:	No
• Sudden pressure release:	No		

**SARA notification under 40 CFR part 372:** This notification must not be detached from the MSDS and any copying and redistribution of this MSDS must include this notice, as required by 40 CFR part 372: Vasco 1000 contains a zinc compound that is reportable under SARA Title III, Section 313:

Zinc compound: ~15.3 lbs per drum

**RCRA / Hazardous Waste:** Vasco, as sold, does not meet the criteria of a hazardous waste as defined under 40CFR 261, in that it does not exhibit the characteristics of a hazardous waste of Subpart C, nor is it listed as a hazardous waste under Subpart D. It is the end user's responsibility to determine the regulatory status of the waste at the time of disposal.

**TSCA:** All ingredients of Vasco are listed on the TSCA Chemical Substances Inventory.

**Clean Air Act:** Vasco does not contain nor is it manufactured with ozone depleting substances as defined in the Federal Clean Air Act Amendments of 1990, sections 602 and 611.

**Canadian DSL / NDSL Information:** All ingredients of Vasco are listed on the Canadian DSL.

**DOT:** This product is not considered hazardous under current DOT Regulations.

**Spills:** This product is classified as oil. Spills into or leading to surface waters that cause a sheen should be reported to the National Response Center at 1-800-424-8802.

**California Prop 65:** WARNING! This product contains trace amounts of the following chemicals which the State of California has found to cause cancer, birth defects or other reproductive harm: formaldehyde



**MSDS Vasco**

	0	1	2	3	4
<b>HMIS Ratings</b>					
Health, Fire, Reactivity	Minimal	Slight	Moderate	Serious	Extreme
<b>NFPA 704 Ratings</b> (Under Fire Conditions)					
Health Hazard	Normal Material	Slightly Hazardous	Hazardous	Extreme danger	Deadly
Fire (Flash Point)	Will not Burn	>200°F	100-200°F	73-100°F	<73°F
Reactivity	Stable	Unstable if heated	Violent Chemical change	Shock and Heat may detonate	May detonate

**Notice to Reader:** Information presented in this MSDS has been compiled from sources considered to be dependable and is, to the best of Blaser Swisslube Inc. knowledge, accurate and reliable, but is not guaranteed to be so. The Data in this MSDS relates only to the specific material designated herein. Blaser Swisslube Inc. assumes no legal responsibility for the use or reliance upon these data. Since conditions of use are not under our control, Blaser Swisslube Inc. makes no warranty as to the results to be obtained in using this material and we must necessarily disclaim all liability with respect to the use of any material supplied by us.