

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra obrábění, montáže a strojírenské  
metrologie**

**Hodnocení trvanlivosti řezných nástrojů**

**Evaluation of Durability of Cutting Tools**

**Student:**

**Pavel Buchta**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

**Ostrava 2017**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Buchta**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Hodnocení trvanlivosti řezných nástrojů**  
**Evaluation of Durability of Cutting Tools**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Kritéria trvanlivosti nástrojů.
3. Návrh vlastního řešení.
4. Diskuse k navrženému řešení.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

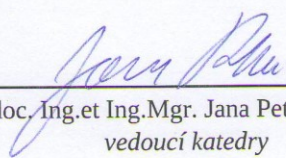
- [1] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [2] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [3] BRYCHTA, J; ČEP, R; NOVÁKOVÁ, J; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II. 1. díl* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007, s 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [4] BRYCHTA, J; ČEP, R; NOVÁKOVÁ, J; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II. 2. díl* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, s 150. ISBN 978-80-248-1822-1.

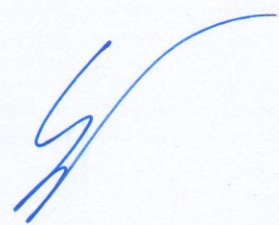
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



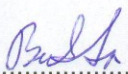


Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Tato práce byla vypracována se souhlasem společnosti Klein Automotive S.r.o. ve Štítech.

V Šumperku dne 13.5.2017.....

  
.....

podpis studenta



### Prohlašuji, že

• jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

• beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

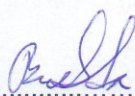
• souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

• bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

• bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

• beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Šumperku dne 13.5.2017



.....  
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Pavel Buchta

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BUCHTA, P. *Hodnocení trvanlivosti řezných nástrojů*. Ostrava: Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2017, 48 s. Bakalářská práce, vedoucí: Vrba, V.

Bakalářská práce se zabývá problematikou trvanlivosti řezných nástrojů pro obrábění. Úvodní část se zabývá obecnou charakteristikou řezných materiálů, řezných nástrojů a břitových destiček. Následuje analýza vybraných nástrojů firmy Klein Automotive s.r.o., použitých v běžném provozu. Hlavní téma této práce je zaměřeno na porovnání trvanlivosti více řezných nástrojů.

Klíčová slova: řezný nástroj, břitová destička, řezný materiál, trvanlivost nástroje

## ANNOTATION TO BACHELOR THESIS

BUCHTA, P. *Evaluation of Durability of Cutting Tools*. Ostrava: Department of Machining and Assembly, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2017, 48 p. Bachelor thesis, heads: Vrba, V.

The bachelor thesis deal with questions of durability of cutting tools. In the beggining there is a common characteristic of cutting materials, cutting tools and edge plates. Then there is analysis of chosen tools from firm Klein Automotive s.r.o, used in practise. Main theme is focused on comparing durability of variable cutting tools.

Keywords: cutting tool, edge plate, cutting material, durability of a tool

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	7
Úvod.....	8
1 Obecný úvod do řezných materiálů.....	9
1.1 Obecné informace o řezných materiálech.....	9
2 Rozdělení řezných materiálů.....	10
2.1 Nástrojové oceli.....	10
2.2 Slinuté karbidy.....	11
2.3 Cermety.....	11
2.4 Řezná keramika.....	12
2.5 Supertvrdé řezné materiály.....	12
3 Vyměnitelné břitové destičky.....	13
3.1 Obecný popis.....	13
3.2 Mechanismy opotřebení břitu vyměnitelných destiček.....	14
3.3 Průvodní jevy opotřebení nástroje.....	18
3.4 Kvantifikace opotřebení a jeho časový průběh.....	19
4 Úvod do vlastního měření.....	21
4.1 Porovnání břitových destiček pro upichování a zapichování.....	21
4.2 Porovnání břitových destiček pro dokončovací operace.....	25
4.3 Porovnání závitovacích břitových destiček.....	29
5 Návrh vlastního řešení.....	33
5.1 Návrh vlastního řešení pro upichovací a zapichovací destičky.....	33
5.2 Návrh vlastního řešení pro destičky na dokončovací operace.....	34
5.3 Návrh vlastního řešení pro závitovací destičky.....	35
6 Technicko-ekonomické zhodnocení.....	36
6.1 Upichovací a zapichovací VBD.....	36
6.2 Dokončovací VBD.....	37
6.3 Závitovací VBD.....	38
7 Závěr.....	39
8 Použitá literatura.....	40

## Seznam použitých zkratek a symbolů

$A_{pmin}$  – min. hloubka řezu [mm]

$A_{pmax}$  – max. hloubka řezu [mm]

$f_{max}$  – max. posuv na otáčku [mm]

$f_{min}$  – min. posuv na otáčku [mm]

KB - šířka žlábků opotřebení na čele [mm]

KM - poloha středu žlábků opotřebení na čele [mm]

KT - hloubka žlábků opotřebení na čele [mm]

$t$  – šířka fazetky [mm]

$T$  – trvanlivost [min]

VBb - opotřebení hřbetu průměrné [mm]

VBc opotřebení hřbetu v oblasti špičky [mm]

VBD – vyměnitelná břitová destička [-]

VBmax - opotřebení hřbetu maximální [mm]

VB2 - opotřebení hřbetu vrubové [mm]

$v_c$  – řezná rychlost [m·min<sup>-1</sup>]

VR - radiální opotřebení špičky [mm]

# Úvod

Při obrábění ocelí je v dnešní době kladen velký důraz na co největší trvanlivost řezného nástroje a vyměnitelných břitových destiček. Snahou je dosáhnout co největší produktivity při minimálních nákladech a dodržet předepsané vlastnosti pro obráběný povrch i obráběcí nástroj. Z tohoto důvodu je nutné provádět mnoho testů s různými parametry a řeznými podmínkami. Nástroje ve firmě Klein Automotive S.r.o. jsou opatřeny vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Slinutý karbid je momentálně nejběžnějším materiálem pro břitové destičky.

Téma bakalářské práce mi bylo zadáno firmou Klein Automotive S.r.o., která se zabývá nejrůznějšími zpracováními ocelí, ať už jde o obrábění, lisování, tepelné zpracování, či svařování. Cílem práce je porovnání více řezných nástrojů při různém zatížení a následné vyhodnocení trvanlivosti.



# 1 Obecný úvod do řezných materiálů

## 1.1 Obecné informace o řezných materiálech

Strojní součásti se vyrábějí z různých materiálů a pomocí různých metod obrábění. Nejvíce je zastoupeno soustružení, poté frézování a vrtání. Pro odebrání třísky a vytváření požadovaných povrchů je třeba důkladně vybrat řezný nástroj s břitem s odpovídajícími vlastnostmi k obrábění obráběného materiálu, zejména houževnatost a tvrdost v oblasti ostří, která musí být co nejstálejší i při vyšších pracovních teplotách. [1]

Dnešní řezné nástroje jsou vyráběny z různých materiálů, od nástrojových ocelí, slinutých karbidů, přes cermety až po supertvrdé materiály. Za tento široký sortiment může dlouhodobý a intenzivní výzkum a vývoj v dané oblasti. Téměř každý nový druh nástrojového materiálu znamenal zvýšení řezných rychlostí. V současné době ale nelze počítat s objevením nového řezného materiálu. [1]

Aplikační oblasti materiálů pro řezné nástroje jsou vymezeny jejich fyzikálními, chemickými, tepelnými a mechanickými vlastnostmi. Například nástrojové materiály s vysokou tvrdostí lze používat při vyšších řezných rychlostech a malých průřezech třísky, kde je velké tepelné zatížení. Materiály s vysokou houževnatostí lze naopak používat při vyšších posuvových rychlostech a většího průřezu třísky, kde převládá mechanické zatížení nad tepelným. [1]



**Obr. 1:** Řezný nástroj s oboustrannými dvoubřítými destičkami [3]

## 2 Rozdělení řezných materiálů

V současnosti se pro výrobu řezných nástrojů používá řada materiálů, a to zejména:

- **nástrojové oceli** – nelegované, legované, rychlořezné,
- **slinuté karbidy** – bez povlaků i s tvrdými, otěruvzdornými povlaky,
- **cermety** – včetně povlakovaných,
- **řezná keramika** – včetně povlakované
- **supertvrdé materiály** – syntetický diamant, kubický nitrid boru.

### 2.1 Nástrojové oceli

Nástrojové oceli se dále dělí na nelegované, legované a rychlořezné. Nelegované oceli jsou vhodné pro ruční nástroje. Ve strojním obrábění se téměř nepoužívají. Neobsahují legovací prvky a jejich vlastnosti určuje pouze obsah uhlíku. Legované oceli se dělí na manganové, chromové a wolframové. [1]

**Manganové oceli** – mají výslednou odolnost a tvrdost téměř stejnou jako nelegované oceli. Používají se tam, kde záleží na dodržení maximální tvarové a rozměrové přesnosti, například různá měřidla. [1]

**Chromové oceli** – jsou vhodné pro obrábění velmi tvrdých materiálů, jako je například sklo, mramor či břidlice, i pro obrábění materiálů se špatným odvodem tepla, jako jsou plasty či tvrdé dřevo. [1]

**Wolframové oceli** – často se kombinují s chromem a dalšími prvky. Wolframové oceli si zachovávají tvrdost i při vyšších teplotách. Oceli s obsahem W do 5% s kombinací Cr a V do 2% se používají k výrobě nejvyšší kvality šroubovitých vrtáků, fréz závitořezných nástrojů, výstružníků a chirurgických nástrojů. Tyto oceli se používají k obrábění nejtvrdějších materiálů, korku, pryže, dřeva a jiných. [1]

**Rychlořezné oceli** – jsou to v podstatě nástrojové oceli legované s většími přísadami legujících prvků. Kromě dobré řezivosti má rychlořezná ocel i příznivé mechanické

vlastnosti jakožto tvrdost, pevnost a houževnatost. Tyto vlastnosti se dobře uplatňují při namáhání nástrojů v řezu. Nástroje z rychlořezných ocelí se používají na obrábění tvrdých ocelí, ocelí na odlitky a těžkoobrobitelných materiálů. [1]

## **2.2 Slinuté karbidy**

Slinuté karbidy mají nejvyšší modul pružnosti, lomovou houževnatost a ohybovou pevnost. Díky tomu mohou být použity pro těžké přerušované řezy a pro obrábění vysokými posuvovými rychlostmi. Slinuté karbidy jsou vyráběny práškovou metalurgií z karbidů těžkých kovů, jako je karbid titanu či wolframu. Tyto karbidy zvyšují pevnost, chemickou stálost za vyšších teplot a odolnost proti opotřebení. [1]

## **2.3 Cermety**

Cermet je kompozitní materiál vyrobený spékáním směsi prášku keramiky a kovů. Díky vysoké tvrdosti si cermety zachovávají dobré vlastnosti i při zvýšených teplotách na rozdíl od slinutých karbidů. Mají vyšší odolnost proti oxidaci a tvorbě nárůstků, také mají lepší chemickou stálost a jsou levnější než slinuté karbidy. Hlavní nevýhodou je nízká houževnatost. Nástroje vyrobené z cermetů se používají pro dokončovací obrábění ocelí, kde jsou schopny vytvořit plochy s velmi nízkou drsností povrchu. Při obrábění korozivzdorných ocelí vykazují vyšší trvanlivost než nepovlakované slinuté karbidy. Nemohou být ale používány pro obrábění žáruvzdorných slitin s vysokým obsahem niklu. [1]



## 2.4 Řezná keramika

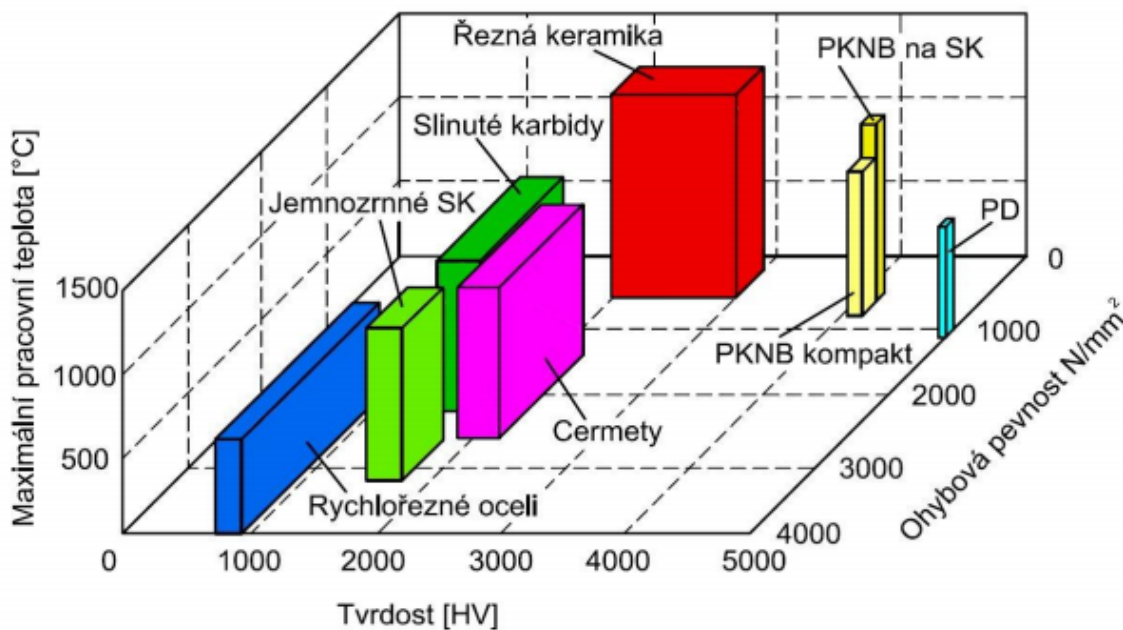
Keramika je obecně charakterizována jako převážně krystalický materiál, jehož hlavní složkou jsou anorganické sloučeniny nekovového charakteru. Mezi nejnovější trendy patří oxidicko-nitridové keramiky. Tyto materiály mají poměrně vysokou houževnatost, kterou si zachovávají i při vysokých teplotách. Jejich současná aplikace je omezena na soustružení a frézování šedých litin, někdy se používají pro soustružení superslitin. [1]

## 2.5 Supertvrdé řezné materiály

Supertvrdé materiály se dále dělí na diamanty a kubický nitrid boru.

**Diamant** – je průmyslově vyráběn z velmi čistého grafitu. Má poměrně nízkou teplotní stálost, nad 700 °C se mění na grafit, proto nesmí být používán pro obrábění materiálů na bázi železa. Při obrábění diamantovými nástroji je doporučeno chlazení běžnými procesními kapalinami bez speciálních požadavků. Jediný požadavek je, aby byla kapalina na místo řezu dodávána pod vysokým tlakem. [1]

**Kubický nitrid boru** – je průmyslově vyráběn z nitridu boru. Používá se pro obrábění kalených ocelí a tvrzených slitin, kde s výhodou nahrazuje operace broušení. Jako řezný materiál se kubický nitrid boru používá k výrobě brousících nástrojů. Teplota řezání může dosáhnout hodnoty 1400 až 1600 °C aniž by došlo ke změně jeho vlastností. [1]



Obr. 2: Diagram s vlastnostmi řezných materiálů [1]

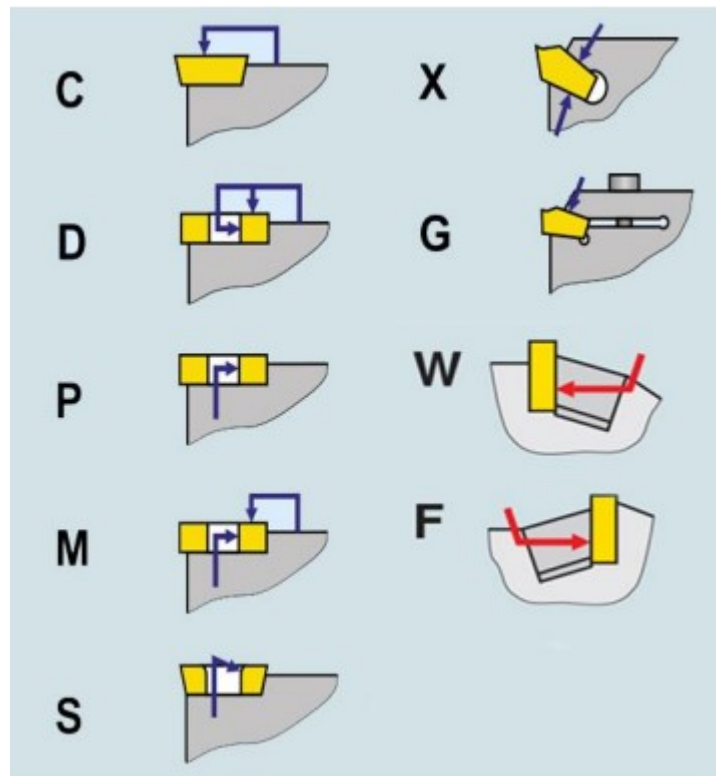
### 3 Vyměnitelné břitové destičky

#### 3.1 Obecný popis

Nástroje s vyměnitelnou břitovou destičkou, dále jen VBD, jsou dnes stále více používány díky numericky řízeným strojům. Destičky lze vyrobit v nejrůznějších tvarech se speciálními prvky, jako například utvařeče třísek. VBD lze používat k obrábění nejrůznějších materiálů, díky možnosti rozmanitosti použitelných materiálů pro břitové destičky. Na konstrukci nástrojů s VBD má vliv několik parametrů, které se odvíjí od typu obráběného materiálu a typu operace. Ovlivňujícími faktory při konstrukci nástroje s VBD: [2]

- tvar a rozměr řezné destičky,
- materiál řezné destičky,
- typ upnutí řezné destičky do těla nástroje,
- materiál těla nástroje. [2]

Upnutí VBD musí být pevné a tuhé v celém rozsahu řezných podmínek. Musí být dobře opakovatelné a s vysokou přesností polohy při výměně otupené destičky. Dalším důležitým faktorem je jednoduchost a rychlost upínání destiček. Mechanismus musí být řešen tak, aby bránil co nejméně odchodu třísek z místa řezu. Dle mezinárodních technických ISO norem se nabízejí upnutí ISO C, D, P, M, S, X, G, W, F. [2]



*Obr. 3: Přehled upínacích systémů ISO [2]*

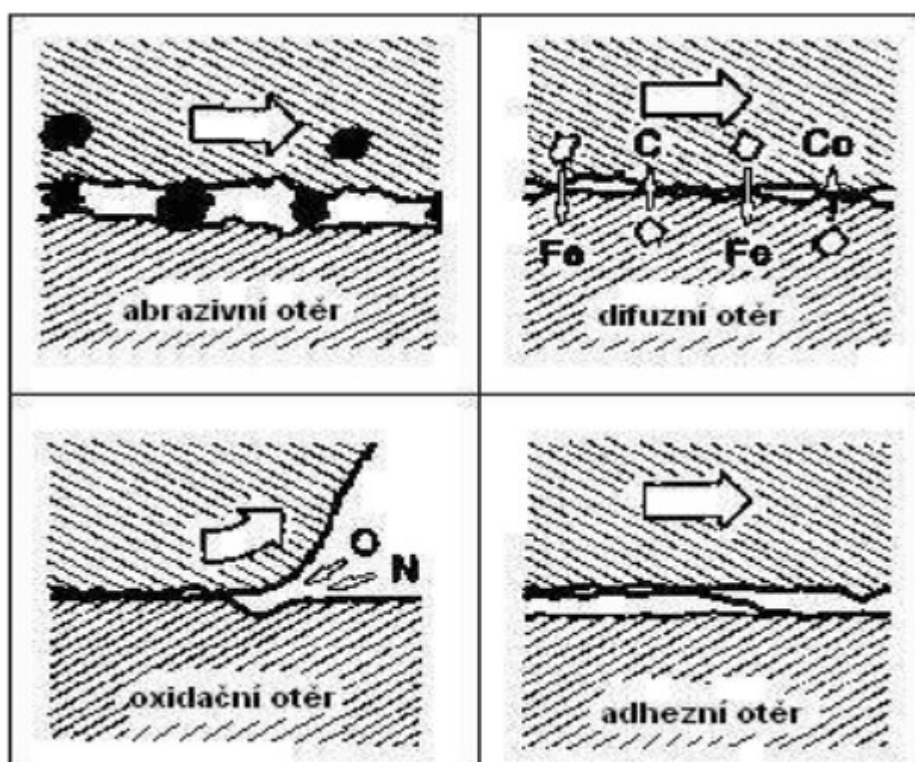
### 3.2 Mechanismy opotřebení břitu vyměnitelných destiček

Životnost VBD, potažmo celého řezného nástroje, limituje opotřebení řezného břitu. Toto opotřebení je indikováno několika znaky a dosáhne-li určité mezní hodnoty, končí životnost VBD. Toto opotřebení se může projevovat zhoršením kvality povrchu nebo překročením tolerance rozměru součásti. Při utváření třísky dochází k procesu, při kterém



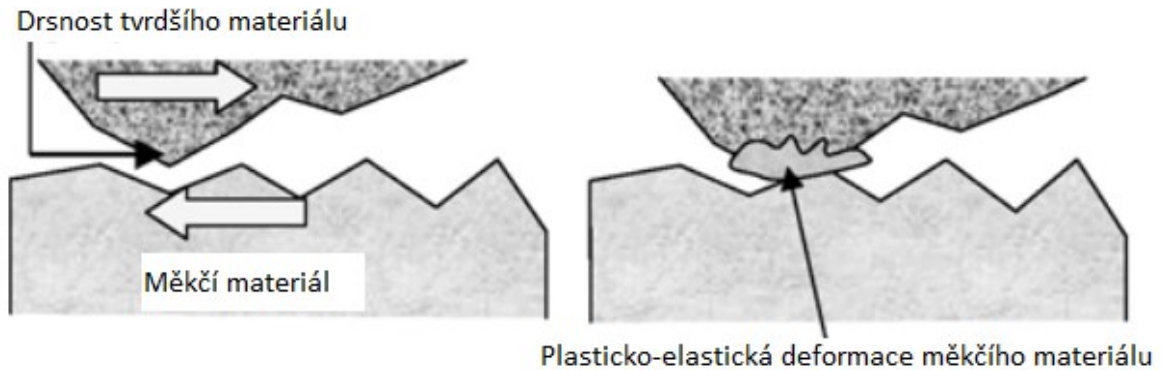
se neustále posouvá kov obrobku po čele a hřbetu břitu za vysokých teplot a tlaků a za vzniku nového kovově čistého povrchu. V tomto prostředí probíhají různé mechanismy opotřebení. Aby došlo k co nejmenšímu opotřebení a největší produktivity, je nutno volit velmi pečlivě rezný material destičky. [2]

Jsou čtyři základní mechanismy opotřebení. **Abraze, difúze, oxidace a adheze.** Celkové opotřebení nástroje je dáno kombinací těchto mechanismů v různém poměru. K těmto mechanismům opotřebení, které se vytvářejí v průběhu času, je třeba přidat mechanismy náhlé, které mohou způsobit okamžitou destrukci břitu. Mezi tyto mechanismy patří křehký lom a plastická deformace břitu. [2]



**Obr. 4:** Schéma základních mechanismů opotřebení břitu [4]

**Abraze** je nejčastějším mechanismem opotřebení. K abrazi dochází při většině operací obrábění kovu. Vzniká při kontaktu dvou povrchů, které přes sebe kloužou, přičemž ten tvrdší materiál proniká do měkčího a část ho unáší pryč. Aby byl břit schopen odolat abrazivnímu otěru, potřebuje velkou tvrdost. Zpravidla slinuté karbidy odolávají abrazivnímu opotřebení relativně dobře, jelikož obsahují hustou strukturu tvrdých částic. [2]



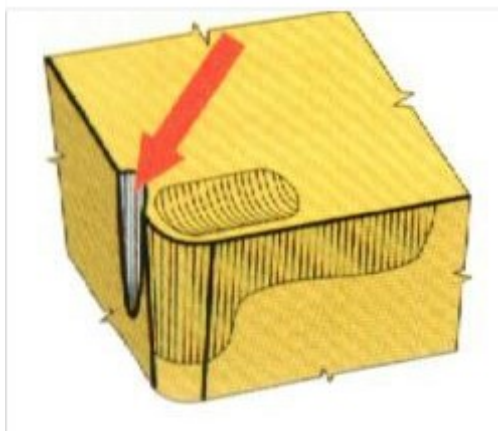
**Obr. 5: Abrazivní opotřebení [5]**

**Difuzní otěr** při obrábění vzniká působením chemických vlivů při procesu. Rozhodujícími činiteli jsou chemické vlastnosti řezného materiálu a materiálu obrobku. O míře toku atomů mezi oběma povrchy rozhoduje schopnost materiálu nástroje udržet si metalurgickou odolnost proti materiálu obrobku. Vysoké teploty a tlaky v místě řezání napomáhají vzniku chemických reakcí mezi oběma materiály. Difuzní opotřebení se projevuje vznikem žlábků na čele břitu VBD. Jelikož toto opotřebení je spjato s teplotou, lze jej ovlivnit řeznou rychlostí. Nadměrné opotřebení ve tvaru žlábků zeslabuje břit a může vést až k jeho lomu. [2]



**Obr. 6: Vliv difuze na čelo břitu [6]**

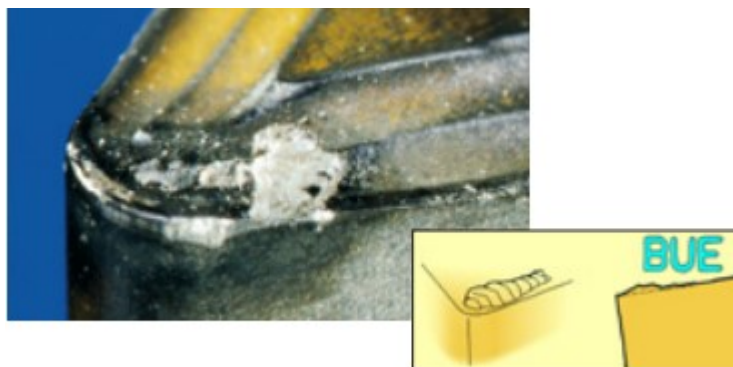
**Oxidační opotřebení** vzniká důsledkem vysokých teplot, ale na rozdíl od difuze vyžaduje oxidace přístup kyslíku. Nejintenzivnější přístup kyslíku vzniká v místě kontaktu břítu, kde končí šířka třísky. Při nevhodných parametrech obrábění zde vznikají hluboké drážky neboli oxidační rýhy. Ty jsou zejména u soustružení jedním z nejvýznamnějších kritérií, jež limitují životnost VBD. Různé řezné materiály vykazují různou náchylnost k oxidaci. Oxidy wolframu a kobaltu tvoří na povrchu břítu velmi porézní vrstvu, která je odnášena třískou, čímž je narušován břit. Naopak např. oxid hlinitý je podstatně odolnější proti otěru. Toto opotřebení se nejčastěji projevuje jako oxidační rýha na vedlejším břítu. Propojení oxidační rýhy s výlomem na čele se projevují na zvýšení drsnosti povrchu obrobku a dochází k jevu, který se slengově označuje jako "chlupacení". Toto opotřebení lze zmenšit nebo odstranit zvýšením intenzity chlazení či snížením řezné rychlosti. [2]



**Obr. 7:** Oxidační rýha na vedlejším břítu [7]



**K adheznímu otěru** dochází zejména při obrábění za nižších teplot a při nízkých řezných rychlostech. Namísto plynulého posunování tvořící se třísky po čele břitu dochází k návarům materiálu obrobku na čelo břitu. To vede k vytváření nárůstků, které mění geometrii nástroje a stávají se základem pro další návary. Tato vrstva neustále narůstá až dojde k jejímu odtržení procházející třískou a zpravidla dojde k odtržení i části původního břitu. Sklon k vytváření nárůstků mají zejména nástrojové a rychlořezné oceli. [2]



*Obr. 8: Tvorba nárůstku [6]*

### 3.3 Průvodní jevy opotřebení nástroje

Opotřebení nástroje lze charakterizovat jak přímými viditelnými, tak i měřitelnými kritérii, která je možné pozorovat na opotřebovaném břitu. Jedná se zejména o úbytek řezného materiálu na čele nebo na hřbetě břitu. Na postupující opotřebení však mohou poukazovat i další průvodní jevy. [2]

Nežádoucí známkou opotřebení je nárůst výkonu potřebného pro obrábění. Zvýšený příkon stroje spolehlivě indikuje nárůst řezných sil v důsledku změny geometrie řezného břitu. [2]

Většina druhů opotřebení se projevuje také zhoršením kvality obrobených ploch a nedodržením předepsaných rozměrových tolerancí. To bývá limitujícím kritériem životnosti břitu při dokončovacích operacích s předepsanou přesností a drsností povrchu. [2]

Rovněž tvorba otřepů často indikuje neostrý řezný břit nebo změnu geometrie, která již není tak pozitivní jako u nového břitu. K otupení břitu vede nadměrné opotřebení hřbetu, plastická deformace či tvorba nárůstku. Sklon k nečistému řezu a otřepům při částečně otupeném břitu mají zejména korozivzdorné oceli a slitiny některých neželezných kovů. [2]

Jinou známkou toho, že břit již neřeže tak hladce jako na začátku, je zvýšené a narůstající množství tepla. Tupý břit vykazuje větší tření a při procesu obrábění tak dochází ke zvýšenému vývinu tepla. [2]

Při dosažení určité úrovně opotřebení dochází i ke změnám tvaru, barvy a teploty třísky. Změny geometrie způsobené opotřebením zhoršují její utváření a mají za následek nesprávný přenos tepla mezi obrobkem, nástrojem a třískou. Výsledkem je nesprávné formování a lámání třísky. [2]

Nadměrný hluk je též všeobecně známým indikátorem toho, že proces obrábění neprobíhá správně. Častou příčinou jsou vibrace vyvolané opotřebením a s ním spojenými vyššími řeznými silami. Vnímavá obsluha stroje často již podle zvuku, vznikajícího při obrábění rozezná, zda řezný proces probíhá správně nebo ne. Vibrace způsobené tupým břitem se také projevují stopami na obrobenej ploše jako součástí výsledného snížení jakosti povrchu, tzv. pochvělý povrch. [2]

Předvídatelná životnost nástroje je důležitá zejména při obrábění na CNC strojích s omezeným dozorem obsluhy. Interval výměny VBD vyžaduje takové hodnoty životnosti břitu, aby nemohlo dojít k provedení operace břitem, který překročil svoji životnost a není proto dostatečně bezpečný. [2]

### 3.4 Kvantifikace opotřebení a jeho časový průběh

Rozměrové charakteristiky, kterými lze kvantifikovat opotřebení břitu, jsou následující:

- **VBb** opotřebení hřbetu průměrné,
- **VBc** opotřebení hřbetu v oblasti špičky,
- **VB2** opotřebení hřbetu vrubové,
- **VB<sub>max</sub>** opotřebení hřbetu maximální,
- **KT** hloubka žlábků opotřebení na čele,
- **KB** šířka žlábků opotřebení na čele,

- **KM** poloha středu žlábků opotřebení na čele,
- **VR** radiální opotřebení špičky.

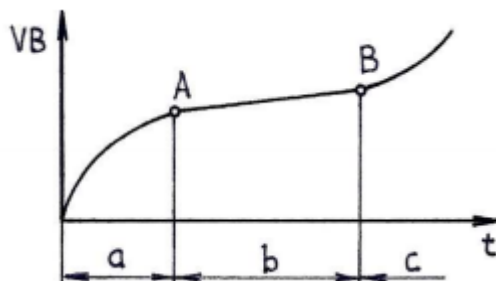
**Kvantifikace** těchto parametrů se provádí měřeními pod měřícím mikroskopem a následným vyhodnocením. Opotřebení břitu se nejčastěji udává jako závislost kritéria VB, popř. KT na čase řezného procesu. [2]

Typický průběh závislosti  $VB = f(t)$  je znázorněn na obr. 9. Je charakterizován třemi oblastmi:

**a) Oblast zrychleného záběhového opotřebení:** zrychlené opotřebení je dáno vysokým měrným tlakem na vrcholcích mikronerovností povrchu hřbetu nového, nezaběhnutého nástroje, případně mikrotrhlinami po broušení v povrchové vrstvě. [2]

**b) Oblast lineárního opotřebení:** v této oblasti se rychlost opotřebení postupně normalizuje vlivem obroušení vrcholků mikronerovností; intenzita opotřebení je konstantní a průběh závislosti je zhruba lineární. [2]

**c) Oblast zrychleného nadměrného opotřebení:** její počátek obvykle nastává po dosažení limitní teploty řezání v souvislosti s poklesem tvrdosti řezného materiálu. Nastává zrychlené lavinovité opotřebení. [2]



**Obr. 9:** Časový průběh závislosti  $VB = f(t)$  [4]

## 4 Úvod do vlastního měření

Ve své praktické části popisují vývoj opotřebených vyměnitelných břitových destiček a následné porovnání s břitovou destičkou jiného výrobce při stejné pracovní operaci i vytiženosti. Porovnával jsem 3 druhy vyměnitelných břitových destiček, destičky pro upichování a zapichování, destičky pro jemné dokončovací operace a závitovací destičky. Tyto destičky jsem získal přímo z provozu firmy Klein Automotive S.r.o. a s pomocí kolegů z firmy Pramet Tools S.r.o. byly tyto destičky nasnímány a změřeny na velikost opotřebenosti. Firma Klein Automotive S.r.o. využívá 3 různé výrobce vyměnitelných břitových destiček. Tímto experimentem chci firmě Klein Automotive S.r.o. pomoci optimalizovat výrobu a vybrat nejvhodnější produkt pro nadcházející činnost.

### 4.1 Porovnání břitových destiček pro upichování a zapichování

Pro tento první pokus jsem ve firmě Klein Automotive S.r.o. dostal k dispozici destičky firmy Pramet Tools S.r.o. a Iscar ČR S.r.o. Nastavení obráběcích strojů je totožné, stejně jako upnutí destiček do držáku, i obráběcí operace. Obráběným materiálem je nerezová ocel X8CrNiS18-9. Porovnání destiček v tomto případě je prováděno po obrobených 1600 a 2400 kusech. Fotky byly pořízeny mikroskopem Vision SX45 a velikost opotřebenosti byla změřena na speciálním mikroskopu Spitzenhöhe, stejně tak i u ostatních pokusů.



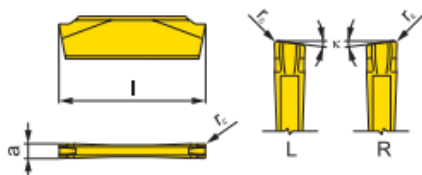
**Obr. 10:** Mikroskop Vision SX4



**Obr. 11:** Mikroskop Spitzenhöhe

VYMĚNITELNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY PRO SOUSTRUŽENÍ  
INDEXABLE CUTTING INSERTS FOR TURNING

LCMF 20



Velikost Size	a	l	r <sub>t</sub>		
0220	2,00	19,50	0,2		

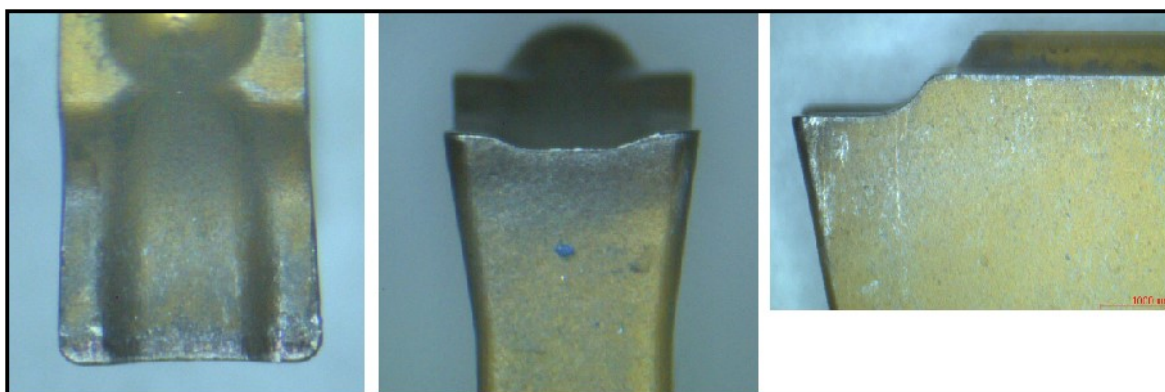
Utvářec Chip breaker	ISO	ANSI	Materiály/Grades						Rádus Radius		Posuv na ot. Feed per rev.		Hloubka řezu Depth of cut	
			T8330						κ°	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>	
	LCMF 022002-F1		●						0	0,08	0,20	0,2	2,0	
	LCMF 022002-M2		●						0	0,09	0,23	0,2	2,0	
	LCMF 022002R6-M2		●						6	0,09	0,23	0,2	2,0	
	LCMF 022002L6-M2		●						6	0,09	0,23	0,2	2,0	

Obr. 12: Doporučené parametry [8]



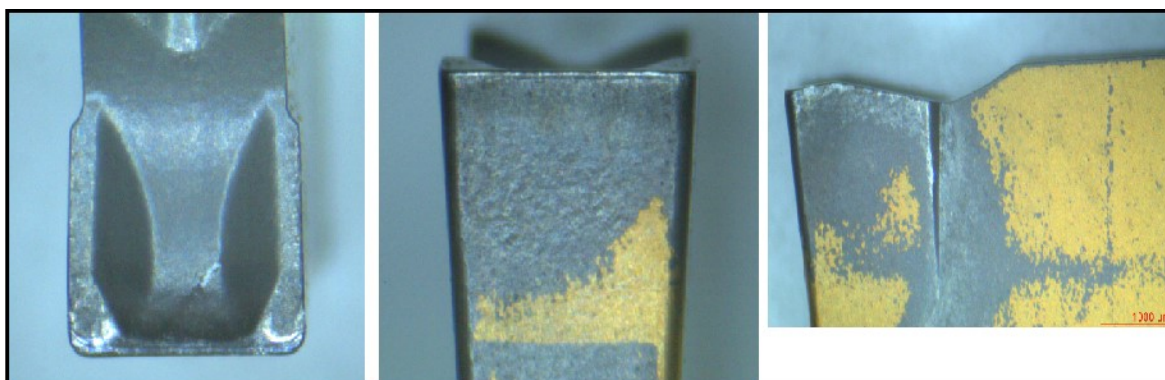
**Porovnání:**

LCMF 022002-F1, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 1600 kusech. [9]



**Obr. 13:** Půdorys, nárys, bokorys, 1600 kusů

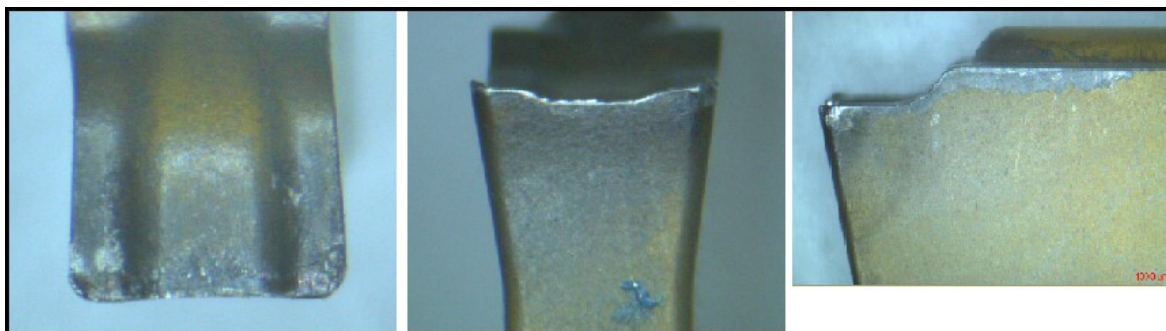
DGN 2002C IC808, firma **Iscar ČR S.r.o.**, po 1600 kusech. [10]



**Obr. 14:** Půdorys, nárys, bokorys, 1600 kusů

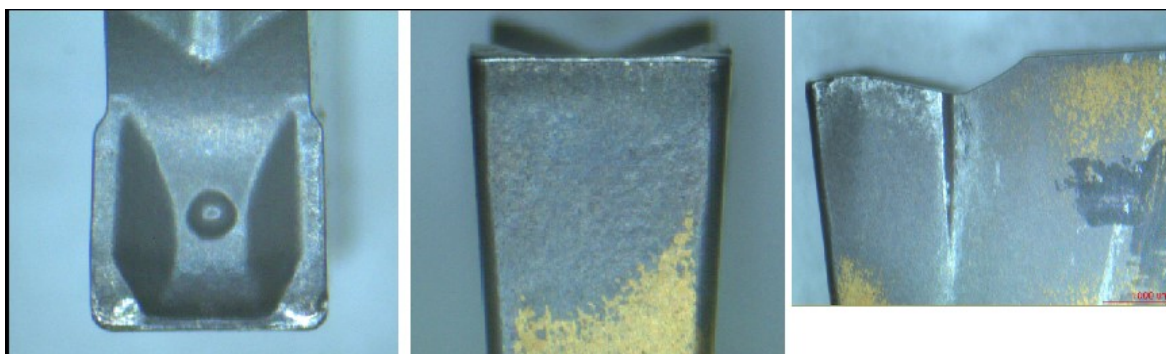
Firma Klein Automotive S.r.o., vyměňuje tyto destičky po 1600 obroběných kusech. Destičky mají minimální opotřebení na hřbetu vlivem abraze a u obou destiček lze na obrázcích úplně vpravo vidět křehké porušení břitu, tedy mikrovyštipování. Při vytížení 1600 kusech stále destička obrábí s velkou přesností. Počet zmetků je minimální u obou výrobců. [17]

LCMF 022002-F1, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 2400 kusech.



**Obr. 15:** Půdorys, nárys, bokorys, 2400 kusů

DGN 2002C IC808, firma **Iscar ČR S.r.o.**, po 2400 kusech.



**Obr. 16:** Půdorys, nárys, bokorys, 2400 kusů

**Tab. 1:** Naměřené opotřebení

Výrobce	Označení VBD	Materiál	Ks	Opotřebení		
				VBb	VBc	VB2
Pramet	LCMF 022002-F1	T8330	1600	0,044 mm	-	-
			2400	0,048 mm	-	-
Iscar	DGN 2002C	IC808	1600	0,082 mm	-	-
			2400	0,089 mm	-	-

Při 2400 obrobených kusech je opotřebení již značné, mikrovyštipování břitu přešlo do fáze úplného opotřebení hřbetu a vydrolení ostří, rovněž špička destičky se značně deformuje. Nárůstky se netvoří při obrábění těchto ocelí, avšak abraze působí velmi silně. Přesnost u výrobků velmi kolísá, zatížení 2400 obrobených kusů už nelze využívat. Po změření velikosti opotřebení na mikroskopu, jsem získal data, která nám říkají, že opotřebení destičky od firmy Iscar ČR S.r.o., je až 2x takové (viz. tab.1). Tudíž pro další obrábění bych zvolil pouze destičky LCMF 022002-F1, firmy Pramet Tools S.r.o. [17]

## 4.2 Porovnání břitových destiček pro dokončovací operace

Tentokrát jsem porovnával destičky firmy Pramet Tools S.r.o. a SAFETY S.r.o. pro velmi přesné dokončovací práce, tedy i při minimálním opotřebení je třeba destičky vyměnit, jelikož výsledný obrobek by neprošel kalibračním měřením. Nastavení obráběcích strojů je opět totožné. Obrábí se oceli S355J2C. Tentokrát jsem destičky měřil ve třech etapách, po 100, 120 a 140 kusech, přičemž ve firmě Klein Automotive S.r.o. tyto destičky vyměňují po 100 kusech.

NOVÉ VÝROBKY / NEW PRODUCTS

VYMĚNITELNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY PRO SOUSTRUŽENÍ  
INDEXABLE CUTTING INSERTS FOR TURNING

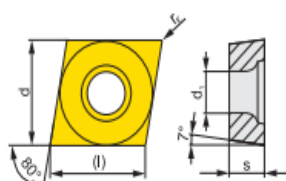
2013.1

DESTIČKY PRO FRÉZOVÁNÍ  
INSERTS FOR MILLING



NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ  
MILLING CUTTERS

PRO SOUSTRUŽENÍ  
FOR TURNING

**CCMT**



Velikost Size	l	d	d <sub>1</sub>	s
0602	6,400	6,350	2,80	2,38
09T3	9,700	9,525	4,40	3,97
1204	12,900	12,700	5,50	4,76

Utvářec Chip breaker	ISO	ANSI	Materiály/Grades						Rádus Radius			Posuv na ot. Feed per rev.		Hloubka řezu Depth of cut	
			T8315	T8330	T9315	T9325	6605	6640	9235	r <sub>c</sub>	f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>	
	CCMT 060202E-FF	CCMT 2(1.5)(0.5)E-FF	●	●					0,2	0,05	0,15	0,2	2,0		
	CCMT 060204E-FF	CCMT 2(1.5)1E-FF	●	●					0,4	0,05	0,23	0,4	2,0		
	CCMT 09T304E-FF	CCMT 3(2.5)1E-FF	●	●					0,4	0,05	0,23	0,4	2,0		
	CCMT 060202E-FM	CCMT 2(1.5)(0.5)E-FM	●	●	●		●		0,2	0,08	0,15	0,2	1,0		
	CCMT 060204E-FM	CCMT 2(1.5)1E-FM	●	●	●	●	●		0,4	0,08	0,20	0,4	1,5		
	CCMT 060208E-FM	CCMT 2(1.5)2E-FM		●	●	●			0,8	0,12	0,30	0,8	2,0		
	CCMT 09T302E-FM	CCMT 3(2.5)(0.5)E-FM	●	●	●				0,2	0,05	0,15	0,2	3,0		
	CCMT 09T304E-FM	CCMT 3(2.5)1E-FM	●	●	●	●		●	0,4	0,10	0,30	0,4	3,0		

Obr. 17: Doporučené parametry [11]

## Porovnání:

CCMT 060204e-FM, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 100 kusech. [12]



*Obr. 18: Půdorys, nárys, bokorys, 100 kusů*

CCMT 060204-pm5, firma **SAFETY S.r.o.**, po 100 kusech. [13]



*Obr. 19: Půdorys, nárys, bokorys, 100 kusů*

Oproti destičkám z firmy Pramet Tools S.r.o., lze vidět tvorbu nárůstku i po 100 obrobených kusech na SAFETY destičkách. I zmetkovitost je daleko větší u těchto SAFETY destiček. Destičky z firmy Pramet Tools S.r.o. mají při tomto zatížení minimální zmetkovitost. Opotřebení je nepatrné, malý náznak tvoření nárůstku na čele. [17]



CCMT 060204e-FM, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 120 a 140 kusech.



*Obr. 20: Půdorys, nárys, bokorys, 120 kusů*



*Obr. 21: Půdorys, nárys, bokorys, 140 kusů*

Tyto destičky z firmy Pramet Tools S.r.o. vykazují velmi malé opotřebení i po překročení doporučené normy 100 obrobených kusů. I při 120 obrobených kusech nelze vidět výrazné zhoršení, ovšem při překročení cca 130 obrobených kusů se začíná tvořit nárůstek na hřbetě, který deformuje břit a destička již neobrábí s požadovanou přesností. [17]



CCMT 060204-pm5, firma **SAFETY S.r.o.**, po 120 a 140 kusech.



**Obr. 22:** Půdorys, nárys, bokorys, 120 kusů



**Obr. 23:** Půdorys, nárys, bokorys, 140 kusů

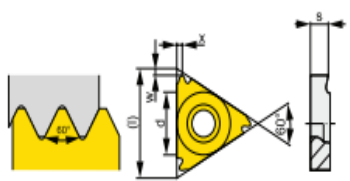
**Tab. 2:** Naměřené opotřebení

Výrobce	Označení VBD	Materiál	Ks	Opotřebení		
				VBb	VBc	VB2
Pramet	CCMT 060204E-FM	T9325	100	0,096 mm	0,06 mm	-
			120	0,098 mm	0,068 mm	-
			140	0,102 mm	0,085 mm	-
Safety	CCMT 060204-PM5	5625	100	0,097 mm	0,088 mm	-
			120	0,103 mm	0,095 mm	-
			140	0,123 mm	0,107 mm	-

Destičky od firmy SAFETY S.r.o. jsou viditelně méně kvalitní oproti destičkám z firmy Pramet Tools S.r.o., nárůstky se tvoří již po obrobených 100 kusech a neustále se zvětšují. Hrozí odtržení nárůstku i s částí břitu a výsledné obrobky budou velmi nekvalitní. I z naměřených výsledků je zřejmé, že destičky firmy SAFETY S.r.o. jsou náchylnější na tvorbu nárůstku a k rychlejšímu opotřebení. [17]

### 4.3 Porovnání závitovacích břitových destiček

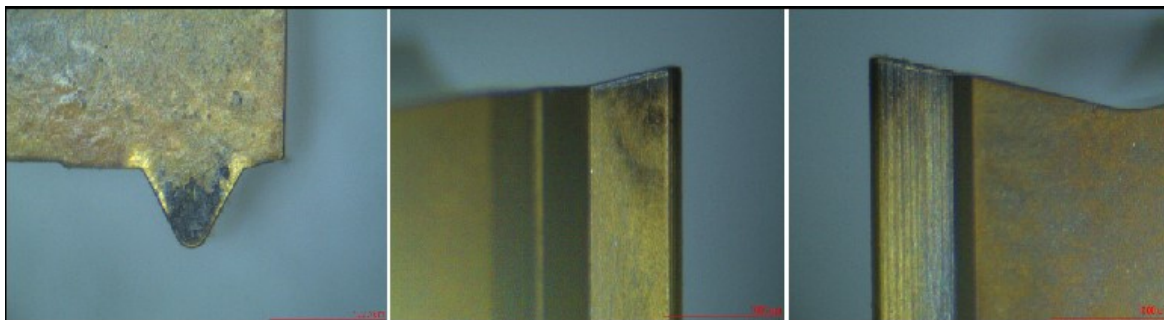
Pro poslední experiment jsem dostal závitovací destičky firmy Pramet Tools S.r.o. a Iscar ČR S.r.o., tyto destičky se používají k řezání metrického závitu. Obrábí se ocel S355J2C. Firma Klein Automotive S.r.o. tyto destičky vyměňuje po 500 kusech, měření probíhá po obrobených 500, 525 a 550 kusech.

20		VYMĚNITELNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY - PRO SOUSTRUŽENÍ ZÁVITŮ VYMENITELNÉ REZNÉ DOŠTIČKY - PRE SÚSTRUŽENIE ZÁVITOV											
ISO D ISO D	<b>METRICKÝ 60° ISO 965/1-1980</b> PLNÝ PROFIL VNĚJŠÍ / VONKAJŠÍ			Velikost	(l)	d	s						
				16	16,5	9,525	3,47						
				22	22,0	12,700	4,71						
ISO P ISO P													
	Všechny rozměry / Všetky rozmery v [mm]			Nástroj viz strana / Nástroje vid' str.:157									
ISO M ISO M	Utvářeč Utvárač	ISO	Stoupání Stúpanie	Materiály				x	w	Posuv na ot.		Hloubka řezu Hĺbka rezu	
				T8030						f <sub>min</sub>	f <sub>max</sub>	a <sub>p min</sub>	a <sub>p max</sub>
		TN 16ER050M	0,50	●				0,50	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER075M	0,75	●				0,50	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER080M	0,80	●				0,50	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER100M	1,00	●				0,70	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER125M	1,25	●				0,80	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER150M	1,50	●				1,00	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER175M	1,75	●				1,40	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER200M	2,00	●				1,40	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER250M	2,50	●				1,40	1,30	-	-	-	-
		TN 16ER300M	3,00	●				1,50	1,60	-	-	-	-
TNÍ TNÉ		TN 22ER350M	3,50	●				2,30	1,60	-	-	-	-

Obr. 24: Doporučené parametry [14]

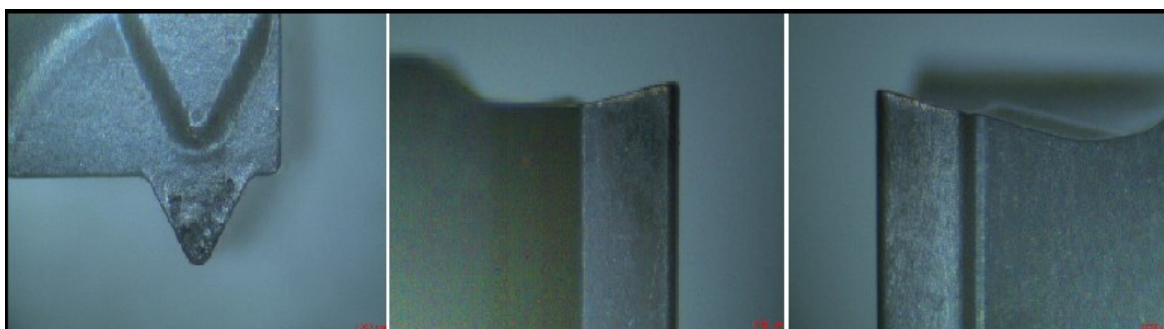
## Porovnání:

TN 16ER100M, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 500 kusech. [15]



**Obr. 25:** Půdorys, nárys, bokorys, 500 kusů

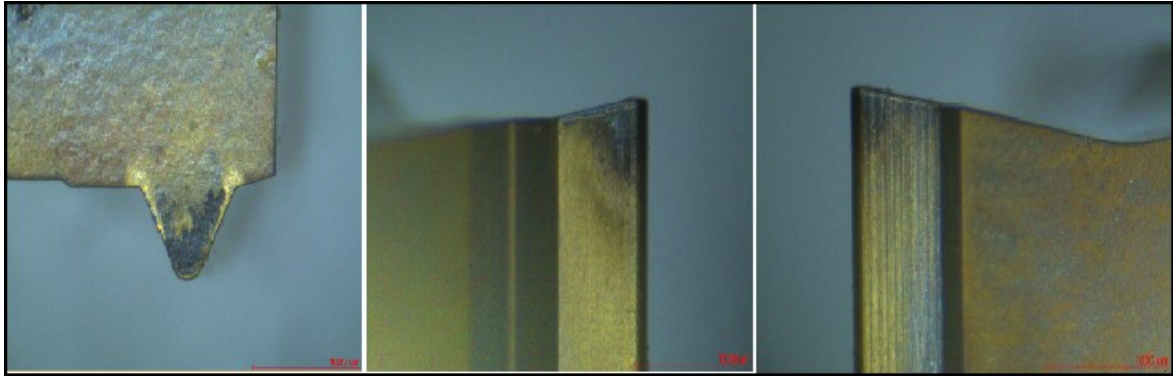
16ERM 1.00 ISO IC908, firma **Iscar ČR S.r.o.**, po 500 kusech. [16]



**Obr. 26:** Půdorys, nárys, bokorys, 500 kusů

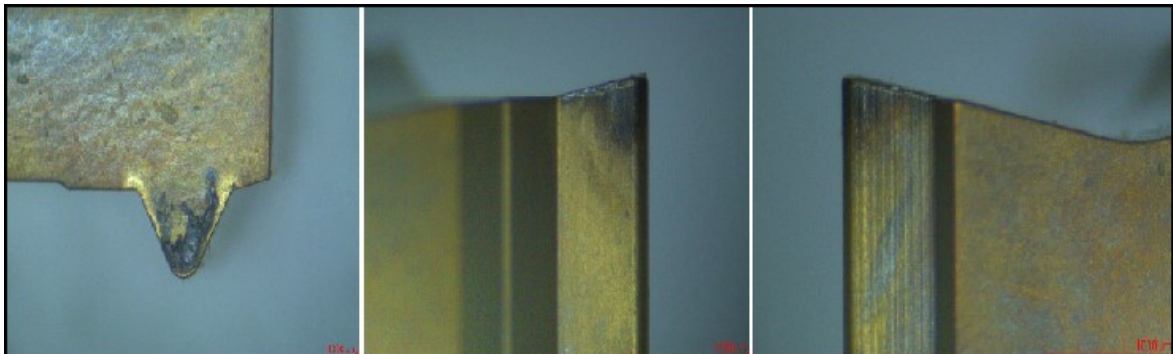
U těchto závitníků se opotřebení projevuje jako vybroušení čela. Působí zde silná abraze z obráběného materiálu už při 500 obrobených kusech. U těchto velkých destiček jsou větší tolerance při obrábění, tudíž lze obrábět i s lehčím opotřebením. Obrobené části ve větší míře vyhovují kalibračnímu měření, ale hrozí zde změna geometrie břitu při takto silném vybrušování čela. Kromě výmolu na čele se začínají tvořit u obou výrobců hřebenové trhliny, které mohou vést až k vážnému porušení břitu. [17]

TN 16ER100M, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 525 kusech.



*Obr. 27: Půdorys, nárys, bokorys, 525 kusů*

TN 16ER100M, firma **Pramet Tools S.r.o.**, po 550 kusech.



*Obr. 28: Půdorys, nárys, bokorys, 550 kusů*

Je patrné, že vybrušování čela pokračuje se zvětšujícím se počtem obrobků. Lze vidět i pokračující opotřebení hřbetu, které ale není tak závažné. Kvůli silnému opotřebení na čele destičky jsou výsledné obrobky nekvalitní. [17]

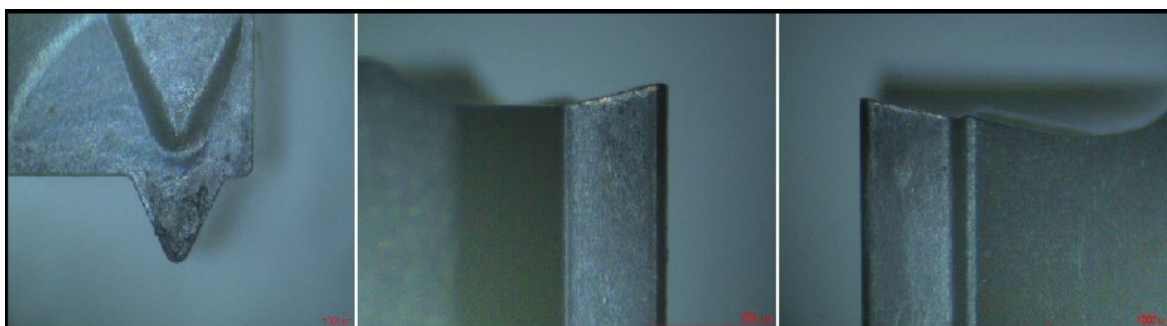


16ERM 1.00 ISO IC908, firma **Iscar ČR S.r.o.**, po 525 kusech.



**Obr. 29:** Půdorys, nárys, bokorys, 525 kusů

16ERM 1.00 ISO IC908, firma **Iscar ČR S.r.o.**, po 550 kusech.



**Obr. 30:** Půdorys, nárys, bokorys, 550 kusů

**Tab. 3:** Naměřené opotřebení

Výrobce	Označení VBD	Materiál	Ks	Opotřebení		
				VBb	VBc	VB2
Pramet	TN 16ER100M	T8030	500	0,036 mm	0,031 mm	0,054 mm
			525	0,032 mm	0,027 mm	0,043 mm
			550	0,048 mm	0,028 mm	0,047 mm
Iscar	16ERM 1.00 ISO	IC908	500	0,03 mm	0,027 mm	0,038 mm
			525	0,031 mm	0,026 mm	0,045 mm
			550	0,03 mm	0,032 mm	0,033 mm

Opotřebení se vyvíjí u obou destiček stejně. Čelo se neustále vybrušuje a dochází k mikrovyštipování břitu, což může vést k úplné desktrukci břitu. Opotřebení je velmi silné i při nastavené normě 500 kusů, to může vést ke tvorbě zmetků. [17]



## 5 Návrh vlastního řešení

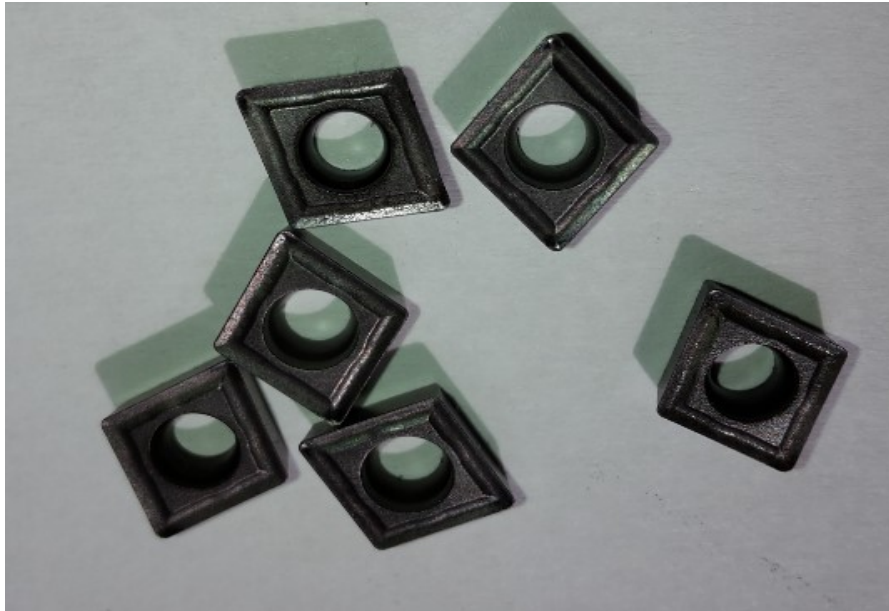
### 5.1 Návrh vlastního řešení pro upichovací a zapichovací destičky



*Obr. 31: Upichovací a zapichovací VBD*

Vyměnitelné břitové destičky LCMF 022002-F1 z firmy **Pramet Tools S.r.o.** a DGN 2002C IC808, **Iscar ČR S.r.o.** jsou náchylné na abrazivní opotřebení, tedy obroušení hřbetu. S přibývajícím počtem obrobených kusů se opotřebení rozšiřuje a tvoří se trhlínky v oblastech namáhání. Při doporučeném počtu 1600 obrobených kusů mají výsledné obrobky požadované vlastnosti. Opotřebení, zejména u destiček z firmy **Pramet Tools S.r.o.**, je velmi malé. Jako návrh vlastního řešení bych doporučil po určitou dobu zvýšit počet obrobených kusů o 10 % a lehce snížit řeznou rychlost. Pokud by se zvolil jiný, tvrdší povlak a zvýšila by se intenzita chlazení, bylo by možné obrábět až o cca 20 % více obrobků. [17]

## 5.2 Návrh vlastního řešení pro destičky na dokončovací operace



*Obr. 32: VBD pro dokončovací práce*

Na destičky CCMT 060204e-FM, firmy **Pramet Tools S.r.o.** a CCMT 060204-pm5, firmy **SAFETY S.r.o.** působí velmi silně adheze. Nárůstky jsou velmi zřetelné zejména u destiček firmy SAFETY S.r.o., a při nastavené trvanlivosti pouhých 100 obroběných kusů je nutné brát zvýšený zřetel na kvalitu obráběných ploch. Proti nárůstkům se dá bojovat zvýšením řezné rychlosti, tak i posuvu, obzvláště pokud je posuv menší jak 0,1 mm. Stejně tak intenzita chlazení ovlivňuje vývoj nárůtku. U destiček firmy Pramet Tools S.r.o. se tyto nárůstky projevují až od 120 obroběných kusů, tudíž bych zvýšil počet obráběných kusů o 20 % a dále sledoval vývoj opotřebení. [17]

### 5.3 Návrh vlastního řešení pro závitovací destičky



*Obr. 33: Závitovací VBD*

Destičky TN 16ER100M, firmy **Pramet Tools S.r.o.** a 16ERM 1.00 ISO IC908, firmy **Iscar ČR S.r.o.** mají problém s abrazivním opotřebením. Vybrušuje se především čelo destičky, tedy tvoří se výmol a také je přítomné abrazivní opotřebení hřbetu. Destičky i při doporučené trvanlivosti 500 obrobeneých kusů prokazují výrazné poškození čela. I přesto je velmi malá zmetkovitost z důvodu větších tolerancí při konkrétních operacích. Jako vlastní řešení bych doporučil zvolit jiné povlakování, zejména s větší teplotní stabilitou. Také snížením řezné rychlosti se účinky abrazivního otěru snižují. Samozřejmě intenzivnější chlazení by této situaci pomohlo. [17]

## 6 Technicko-ekonomické zhodnocení

Při porovnání těchto vyměnitelných břitových destiček z technicko-ekonomického hlediska jednoznačně vedou ty z firmy Pramet Tools S.r.o., destičky prokazují větší kvalitu než u konkurenčních firem, co se týče odolnosti i přesnosti a také jejich cena je příznivá.

**Ekonomické porovnání:** (ceny jsou z internetových katalogů, ke dni 10.5.2017)

### 6.1 Upichovací a zapichovací VBD

1. LCMF 022002-F1, firma **Pramet Tools S.r.o.**, cena v katalogu 490,00 CZK bez DPH. [9]

2. DGN 2002C IC808, firma **Iscar ČR S.r.o.**, cena v katalogu 494,00 CZK bez DPH. [10]



**Tab. 4:** Naměřené hodnoty

**Obr. 34:** Upich. a zapich. VBD

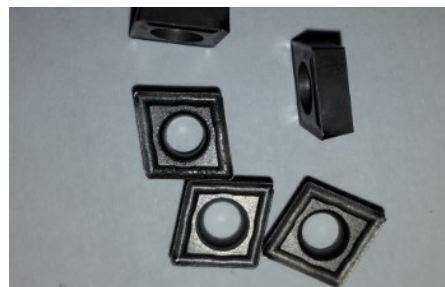
Výrobce	Označení VBD	Materiál	Ks	Opotřebení		
				VBb	VBc	VB2
Pramet	LCMF 022002-F1	T8330	1600	0,044 mm	-	
			2400	0,048 mm	-	-
Iscar	DGN 2002C	IC808	1600	0,082 mm	-	-
			2400	0,089 mm	-	-

Z naměřených hodnot vyplývá, že destičky firmy Pramet Tools S.r.o. mají 2x menší hodnotu opotřebení a zároveň je zde potenciál ke zvýšení produktivity a trvanlivosti až o 20 %. Současně jsou tyto destičky o 4,00 CZK levnější. Pro další výrobu bych rozhodně doporučil omezit se pouze na destičky LCMF 022002-F1 z firmy **Pramet Tools S.r.o.**

## 6.2 Dokončovací VBD

1. CCMT 060204e-FM, firma **Pramet Tools S.r.o.**,  
cena v katalogu 168,00 CZK bez DPH. [12]

2. CCMT 060204-pm5, firma **SAFETY S.r.o.**, cena  
v katalogu 121,00 CZK bez DPH. [13]



**Obr. 35:** Dokončovací VBD

**Tab. 5:** naměřené hodnoty

Výrobce	Označení VBD	Materiál	Ks	Opotřebení		
				VBb	VBc	VB2
Pramet	CCMT 060204E-FM	T9325	100	0,096 mm	0,06 mm	-
			120	0,098 mm	0,068 mm	-
			140	0,102 mm	0,085 mm	-
Safety	CCMT 060204-PM5	5625	100	0,097 mm	0,088 mm	-
			120	0,103 mm	0,095 mm	-
			140	0,123 mm	0,107 mm	-

U destiček z firmy SAFETY S.r.o. je problémem příliš velký sklon k tvorbě nárůstků. Už při doporučené normě 100 obrobených kusů jsou nárůstky značné, a proto bych opět jednoznačně zvolil destičky od firmy **Pramet Tools S.r.o.**, kde opotřebení při 100 obrobených kusech je minimální, a při určitých úpravách obráběcích parametrů by se trvanlivost těchto destiček dala prodloužit cca o 20 % a tím by se i cena vyrovnala oproti o 47,00 CZK levnějším SAFETY destičkám.

## 6.3 Závítovací VBD

1. TN 16ER100M, firma **Pramet Tools S.r.o.**,  
cena v katalogu 346,00 CZK bez DPH. [15]

2. 16ERM 1.00 ISO IC908, firma **Iscar ČR S.r.o.**,  
cena v katalogu 383,00 CZK bez DPH. [16]



**Obr. 36:** Závítovací VBD

**Tab. 6:** Naměřené hodnoty

Výrobce	Označení VBD	Materiál	Ks	Opotřebení		
				VBb	VBc	VB2
Pramet	TN 16ER100M	T8030	500	0,036 mm	0,031 mm	0,054 mm
			525	0,032 mm	0,027 mm	0,043 mm
			550	0,048 mm	0,028 mm	0,047 mm
Iscar	16ERM 1.00 ISO	IC908	500	0,03 mm	0,027 mm	0,038 mm
			525	0,031 mm	0,026 mm	0,045 mm
			550	0,03 mm	0,032 mm	0,033 mm

Tyto destičky jsou velmi podobné, co se týče vývoje opotřebení, i ceny. U destičky z firmy Iscar ČR S.r.o. je naměřeno o něco menší opotřebení. Bohužel u obou výrobců se i při stávající normě 500 obrobených kusů vyskytuje velmi nežádoucí výmol na čele destičky. Z důvodu nižší pořizovací ceny bych se soustředil pouze na destičky z firmy **Pramet Tools S.r.o.** a zaměřil se na jejich optimalizaci.



## 7 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo porovnat opotřebení a trvanlivost destiček různých výrobců. První část práce popisuje rozdělení řezných materiálů pro vyměnitelné břitové destičky a také přehled možných druhů opotřebení. V další části jsem porovnával opotřebení břitových destiček z praxe.

Během vypracovávání bakalářské práce jsem měl možnost spolupracovat s více firmami, tedy Klein Automotive S.r.o. a Pramet Tools S.r.o., díky kterým jsem měl možnost získat praktické zkušenosti v oblasti obrábění i metrologie. Díky přátelskému přístupu v obou firmách nebyl problém se získáním jakýchkoliv informací potřebných k této práci.

Doufám, že touto prací přinesu firmě Klein Automotive S.r.o. užitečné a použitelné informace pro nadcházející činnost. Celkové hodnotím tento experiment za zdařilý.

## 8 Použitá literatura

- [1] Materiály pro řezné nástroje. Ust.fme.vutbr.cz [online]. [cit. 2017-1-15]. Dostupné z [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat\\_pro\\_rez\\_nastroje/materialy\\_pro\\_rezne\\_nastroje\\_v2.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf)
- [2] Teorie ke způsobům opotřebení. [Home.zcu.cz](http://home.zcu.cz/~radekv/Bakalářka/Radek_Vesely_Bakalarska_prace_final.pdf) [online]. [cit. 2017-1-15]. Dostupné z [http://home.zcu.cz/~radekv/Bakalářka/Radek\\_Vesely\\_Bakalarska\\_prace\\_final.pdf](http://home.zcu.cz/~radekv/Bakalářka/Radek_Vesely_Bakalarska_prace_final.pdf)
- [3] Řezný nástroj. Mmspektrum.com [online]. [cit. 2017-1-15]. Dostupné z <http://www.mmspektrum.com/clanek/nove-konstrukce-nastroju-s-vbd.html>
- [4] Schéma mechanism opotřebení bříty. Vutbr.cz [online]. [cit. 2017-1-15]. Dostupné z [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=28233](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28233)
- [5] Schéma abrazivního opotřebení. Web2.mendelu.cz [online]. [cit. 2017-1-15]. Dostupné z [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3596&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3596&typ=html)
- [6] Způsoby opotřebení. Sandvik.coromant.com [online]. [cit. 2017-1-16]. Dostupné z [http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting\\_tool\\_materials/wear\\_on\\_cutting\\_edges/pages/default.aspx](http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/cutting_tool_materials/wear_on_cutting_edges/pages/default.aspx)
- [7] Oxidační rýha. Eluc.kr-olomoucky.cz [online]. [cit. 2017-1-17]. Dostupné z <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1203>
- [8] Parametry LCMF VBD. Katalog.mav.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z [https://katalog.mav.cz/data/upload/files/54377-lcmf\\_20.pdf](https://katalog.mav.cz/data/upload/files/54377-lcmf_20.pdf)
- [9] LCMF VBD katalog. Katalog.mav.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z <https://katalog.mav.cz/detail.php?id=89725>
- [10] DGN VBD katalog. Bo-import.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z <https://www.bo-import.cz/vymenitelne-britove-desticky-vbd-nastroje-s-vbd/upichovani-zapichovani-s-vbd/vbd/dgn-2002c-ic808-33133.html>

- [11] CCMT VBD katalog. Katalog.mav.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z [https://katalog.mav.cz/data/upload/files/36798-ccmt\\_new.pdf](https://katalog.mav.cz/data/upload/files/36798-ccmt_new.pdf)
- [12] CCMT VBD katalog. Kovonastroje.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z <https://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Soustruzeni/Soustruznicke-noze-a-VBD/Britove-desticky/Tvar-C/CCMT/Vymenitelna-britova-desticka-CCMT-060204E-FM-T8330-PRAMET.html>
- [13] CCMT VBD katalog. Kovonastroje.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z <https://www.kovonastroje.cz/Nastroje-pro-kovoobrabeni/Soustruzeni/Soustruznicke-noze-a-VBD/Britove-desticky/Tvar-C/CCMT/Vymenitelna-britova-desticka-CCMT-060204-PM5-WPP20-Walter.html>
- [14] TN VBD katalog. Katalog.mav.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z [https://katalog.mav.cz/data/upload/files/55066-tn\\_m60\\_ext.pdf](https://katalog.mav.cz/data/upload/files/55066-tn_m60_ext.pdf)
- [15] TN VBD katalog. Katalog.mav.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z <https://katalog.mav.cz/detail.php?id=88838>
- [16] 16ERM VBD katalog. Bo-import.cz [online]. [cit. 2017-5-10]. Dostupné z <https://www.bo-import.cz/vymenitelne-britove-desticky-vbd-nastroje-s-vbd/zavitovani-s-vbd/vbd/16erm-1-00-iso-ic908-39214.html>
- [17] Způsoby opotřebení. Dormer Pramet. Katalog. UK 2017