

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA STROJNÍ**

**Ústav technologie Obrábění, projektování a metrologie**

**NÁVRH TECHNOLOGIE BROUŠENÍ HVOF NÁSTŘIKU  
NA DÍLECH LISOVACÍCH NÁSTROJŮ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Autor:** Klára Ivanišová

**Studijní obor:** Technologie, materiály a ekonomika ve strojírenství

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Kyncl

**Praha 2015**



### Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne .....

.....

**podpis**

## **Poděkování:**

Děkuji zejména vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Kynclovi za vždy jasné nasměrování na správnou cestu a všechny cenné rady. Jako vedoucí mi pan Ing. Jiří Kyncl byl velmi nápomocný a pokaždé mi ochotně poradil. Dále bych chtěla poděkovat svým nejbližším za podporu při tvorbě bakalářské práce.

## **Abstrakt:**

Bakalářská Práce se věnuje problematice broušení vysokorychlostního nástřiku HVOF – High Velocity Oxygen Fuel. Jsou v ní obsaženy informace o vytváření principu žárových nástřiků a jejich rozdělení. Dále je zmíněna charakteristika a výhody právě vysokorychlostního nástřiku HVOF. Práce dále podrobně rozebírá metody broušení, základní prvky tohoto procesu, broušení velmi tvrdých povrchů a vliv broušení na kvalitu vysokorychlostních nástřiků HVOF. Následuje analýza zadaných součástí a návrh technologie broušení pro zvýšení kvality povrchu na dílech lisovacích nástrojů. Tato technologie je volena s respektováním parametrů zadaných v technickém výkresu, převážně s ohledem na požadovanou drsnost povrchu. Jsou navrženy vhodné stroje, brousící materiály, řezné kapaliny, předúpravy povrchu a parametry broušení.

## **Abstract:**

This bachelor thesis is focused on grinding of high velocity spray HVOF (High Velocity Oxygen Fuel) layer. Principle of thermal spraying is explained, sorted and HVOF is further characterized with respect to its' advantages. The main properties of grinding are described in detail, followed by grinding of super hard surfaces and HVOF surfaces, pointing out impact on its' quality. Research continues with analysis of chosen workpieces concluding the grinding technology solution to increase surface properties of moulding tools' parts. HVOF technology has been chosen according to parameters derived from technical drawing with respect to desired surface roughness. As an output, optimal machinery, grinding materials, cutting fluids, preparative surface' fittings and grinding parameters were selected.

# Obsah

1. Úvod .....	7
2. Společnost P-D Refractories CZ a.s. ....	8
3. Žárové nástřiky .....	10
3.1. Princip vytváření žárového nástřiku .....	11
4. Vysokorychlostní nástřik HVOF .....	13
4.1. Charakteristika HVOF nástřiku .....	15
5. Broušení .....	16
5.1. Základní prvky procesu broušení .....	17
5.2. Brousící kotouče pro broušení tvrdých materiálů .....	19
5.3. Opotřebením brusných kotoučů .....	21
6. Broušení součástí po povrchové úpravě HVOF WC-Co-Cr .....	22
6.1. Vliv broušení na kvalitu povrchu HVOF WC-Co-Cr nástřiku .....	23
6.2. Technické požadavky na broušení HVOF WC-Co-Cr nástřiku .....	23
7. Analýza zadaných součástí .....	25
8. Návrh technologie broušení .....	27
8.1. Volba stroje pro zadané součásti .....	27
8.2. Volba řezné kapaliny pro všechny součásti .....	29
8.3. Návrh kontroly drsnosti pro všechny součásti .....	30
8.4. Volba brusných kotoučů pro součást č. 1 .....	30
8.5. Volba řezných podmínek pro součást č. 1 .....	32
8.6. Volba brusných kotoučů pro součást č. 2 .....	33
8.7. Volba řezných podmínek pro součást č. 2 .....	35
8.8. Volba brusných kotoučů pro součást č. 3 .....	36
8.9. Volba řezných podmínek pro součást č. 3 .....	38
9. Závěr .....	40
10. Použitá literatura .....	42
11. Seznam obrázků .....	44
12. Seznam tabulek .....	45
13. Seznam příloh .....	46

# 1. Úvod

Na mnoho strojních součástí jsou kladeny velké nároky a to především z hlediska prodloužení jejich životnosti, spolehlivosti a zlepšení funkčních vlastností. V současné době je brán také velký ohled na životní prostředí, a tudíž se zpřísnují ekologické požadavky na výrobu, což musíme zohlednit při volbě vhodné technologie výroby, vše s ohledem na snížení nákladů a co největší finanční úspory. Je nezbytné, aby každá společnost dbala na zvýšení konkurenceschopnosti používáním perspektivních technologií povrchových úprav a jejich následné opracování.

Tato bakalářská práce je zaměřena na popis principu žárových nástřiků, jejich rozdělení, použití a specifikaci. Dále obsahuje podrobný popis vysokorychlostního nástřiku HVOF – High Velocity Oxygen Fuel, který byl použit na součástech, pro které bude následně navržena technologie broušení. Je popsána charakteristika vysokorychlostního nástřiku HVOF, definován jeho princip, technické, ekonomické a ekologické přínosy. V další kapitole je zmíněn proces broušení jakožto zásadní metoda dokončování ve strojírenské výrobě, konkrétně se jedná o charakteristiku broušení, příklady broušících procesů, základní prvky broušení, rozdělení broušících materiálů a jejich porovnání. Na broušení HVOF nástřiků jsou používány diamantové broušící kotouče, které jsou zmíněny v další kapitole této bakalářské práce. Početné studie zabývající se měřením vlastností, jako je například zvýšení tvrdosti povrchu, odolnosti proti otěru a zvýšení abrazivní i erozivní odolnosti, prokazují zlepšení povrchových charakteristik broušením vysokorychlostního nástřiku HVOF. Dále jsou zmíněny požadavky, které musí být dodrženy při volbě stroje, brusného materiálu, chladicí kapaliny a daných řezných podmínek jako je např. obvodová rychlost, velikost přísuvů a posuvů.

Hlavními představiteli výroby žárově stříkaných dílů jsou tři zadané součásti ze společnosti P-D Refractories CZ a.s., které jsou podrobně popsány v kapitole zabývající se analýzou těchto součástí. Broušené plochy dílů mají specifický charakter – rovinné i tvarové plochy a různé požadavky na drsnost povrchu. Technologie broušení je zaměřena na volbu konkrétních strojů, nástrojů a pracovních podmínek, které jsou definovány s ohledem na požadovanou drsnost povrchu součástí, která je v tomto případě rozhodující. Stroj je zvolen pro všechny zadané součásti a to především tak, aby splňoval požadované parametry, jako je například CNC řízená vertikální i příčná osa, automatické orovnávání kotouče a také rozměry pracovního prostoru. Použití řezné kapaliny je pro dodržení stanovených požadavků nezbytné, proto je navržena konkrétní vyhovující řezná kapalina, která byla použita při broušení všech zadaných součástí. Dále je navržena konkrétní technologie pro každou součást zvlášť, kde je stanoven tvar kotouče, jeho rozměry, zrnitost, koncentrace brusiva a použité řezné podmínky, jako je například obvodová rychlost kotouče, posuv a hloubka třísky.

## 2. Společnost P-D Refractories CZ a.s.

Tato bakalářská práce byla napsána ve spolupráci se společností P-D Refractories CZ a.s., která je jedním z největších výrobců a dodavatelů žárovzdorných výrobků a surovin a její sídlo se nachází ve Velkých Opatovicích.

Společnost vyrábí a dodává materiál pro kompletní i částečné vyzdívky pro tepelná zařízení (agregáty), především pak pro koksové pece, vysoké pece (včetně ohříváčů větru), sklářské pece, elektrolyzéry primární výroby hliníku a další. [1]

„Výrobní sortiment zahrnuje šamotové kameny, vysoce hlinité kameny, dinasové kameny, izolační kameny, žárovzdorné jíly a ostřiva, akumulární magnetit, komínové vložky, žárovzdorné malty, tmely a betony. Společnost je vybavena moderním výrobním a zkušebním zařízením, které garantuje vysokou stabilní výrobní kvalitu. Výroba v P-D Refractories CZ a.s. probíhá v souladu s certifikátem podle ISO 9001. Společnost zabezpečuje také dodávky modifikovaných kvalit podle individuálního přání zákazníka.“ [1]

Tato firma se specializuje převážně na sklářský průmysl, ve kterém jsou její výrobky používány především v tavicích vanách, regenerátorech, rekuperátorech a pánvových pecích. Dále se zaměřuje na průmysl cementu a vápna, ve kterém může nabídnout např. předeříváče, poklopy pecí, chladiče a další. V keramickém průmyslu tato firma nabízí široký sortiment speciálních produktů, které mohou být použity pro kruhové pece, tunelové pece, tunelové pecní vozy, hořáky a hořákové komory, sušárny atd. [1]

„Historie dnešní akciové společnosti sahá do roku 1892, kdy se rozhodla firma "Gessner a Pohl" těžící jíly v březinské oblasti postavit ve Velkých Opatovicích, v blízkosti nové železniční trati spojující od roku 1889 Velké Opatovice s Chornicemi, továrnu na žárovzdorné výrobky (šamotové kameny a malty) a zhodnocovat tak do té doby odpadové suroviny (jemnější frakce). Tehdy netušili, že postavením nevelké šamotky dávají základ svého času největšímu výrobcí žárovzdorných materiálů ve střední Evropě a také k pozdějšímu rozvoji obce Velké Opatovice.

Továrna měla tři oddělení: pece, mlýny a cihlovku. Strojní zařízení bylo skromné a pohon všech strojů obstarával parní stroj. Výpal se prováděl generátorovým plynem, vyráběným ve vlastním generátoru typu Siemens, v komorové peci typu Mendheim, která měla osm komor. V roce 1897 se přistavělo dalších šest. Šamotové cihly se vyráběly většinou v šesti jakostech. Výroba se pohybovala podle odbytu v rozsahu 4 000 a 9 500 tun ročně.

Od roku 1950 je již firma známa jako Moravské šamotové a lupkové závody Velké Opatovice (MŠLZ) se závody Velké Opatovice, Mladějov, Nová Ves, Koclířov - Hřebeč, Janůvky, Březina



a Roubanina. V roce 1961 vznikl závod Březinka, který byl v roce 1965 sloučen se závodem Březina. V letech 1955 - 86 k tomuto národnímu podniku patřil závod Vidnava vyrábějící šamot a dinas. Závod Jevíčko byl součástí firmy v letech 1955 - 92 a produkoval převážně lehčený šamot. Nadřízeným orgánem byly Československé keramické závody n. p. Praha.

Závod ve Velkých Opatovicích byl rozšířen v letech 1960 - 1965 o nový provoz, pro který se vžil název "Nová šamotka" (nyní divize D 02). Původní závod byl od té doby nazýván "Stará šamotka" (nyní divize D 01). Touto dostavbou se stal opatovický závod v té době největším producentem šamotového zboží ve střední Evropě se schopností produkovat až 120 000 t výrobků v roce.

Tyto dva provozy (divize) mají následovníka s mnohem kratším historickým vývojem. Je to výrobní závod Dinas Svitavy, který byl postaven v letech 1981 - 1985 a jeho výrobky měly pokrýt potřeby dinasového zboží především v koksovnách. Zdlouhavý zkušební provoz přivedl závod k plné výrobě ve chvíli, kdy se díky rozpadu tehdejšího trhu stal dinas takřka neprodejným. Po náhradní výrobě dal teprve rok 1997, díky zakázce do USA, možnost ověřit si schopnost závodu vyrábět dinas v projektovaném objemu výroby a vysoké kvalitě. Dinas je hlavní náplní výroby zajišťované divizí 03 Dinas Svitavy.

V roce 1991 se firma MŠLZ stává akciovou společností. Od 1. 1. 2000 byla provedena změna organizačního uspořádání a závody byly rozděleny na divize. Koncem roku 2000 odkupuje majoritní podíl akcií německá společnost P-D Glas und Feurfestwerke Wetro GmbH a Moravské šamotové a lupkové závody a. s. se stávají členem mezinárodní skupiny Preiss-Daimler Group a dostávají název P-D Refractories CZ a.s.“ [2]

### 3. Žárové nástřiky

Technologie žárového nástřiku je povrchová úprava spočívající v nanášení roztavených částic přídavného materiálu na předem připravený povrch. Cílem žárového nástřiku je zlepšit vlastnosti povrchu a vytvořit souvislý povlak. Materiál nanášený pomocí žárového nástřiku je v podobě jemného prášku nebo drátu veden do zařízení, které slouží k jeho natavení a následné přenesení na upravovaný materiál. Po dopadu částic přídavného materiálu na povrch součásti dojde k jejich rozprostření a následnému tuhnutí. Tímto způsobem se vytváří požadovaný povlak, který má charakteristické vlastnosti. Technologie žárových nástřiků umožňuje nanášení mnoha mnoha materiálu, například kovové povlaky, cermetové povlaky, keramické povlaky a přetavované povlaky. [3, 11 - 12]

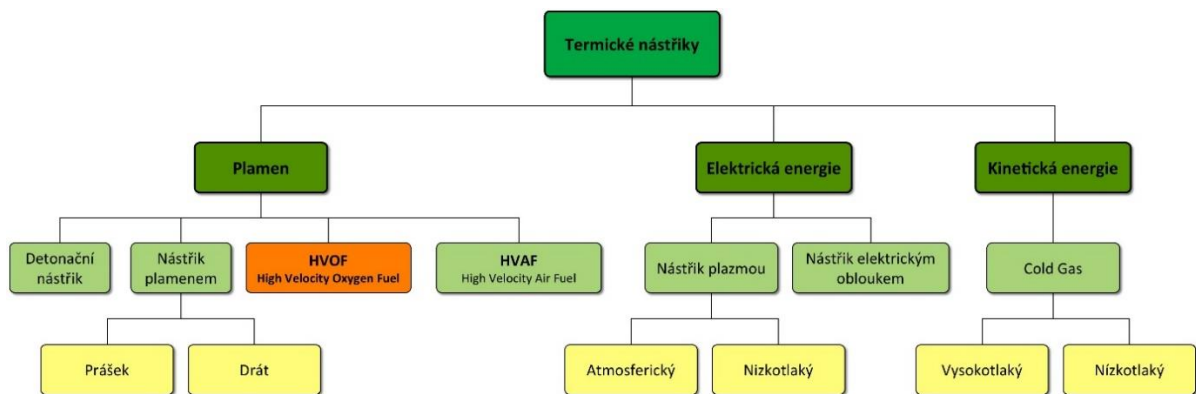
V současné době se zvyšují požadavky na životnost a spolehlivost strojních součástí, jejichž povrch je velmi namáhán mechanickým opotřebením. V tomto případě je vhodné použít progresivní technologii žárového nástřiku (Obr. 1).

Žárové nástřiky jsou v současnosti považovány za technologii s dobrými vyhlídkami do budoucnosti z toho důvodu, že poskytují funkční a efektivní povlaky o tloušťce větší než 50 mikrometrů. Žárové nástřiky jsou používány v mnoha odvětvích průmyslu hlavně pro jejich typické vlastnosti, například flexibilitu, vysokou kvalitu a ekonomičnost, díky kterým umožňují optimálně přizpůsobit vlastnosti povrchu součásti s ohledem na provozní podmínky. Prodlužují životnost, zvyšují spolehlivost, bezpečnost a zlepšují ekonomičnost daného procesu. [4, 10]

K jejich hlavním kladným vlastnostem patří především:

- Odolnost proti mechanickému opotřebení
- Vynikající tribologické vlastnosti
- Odolnosti proti oxidaci a proti působení agresivního chemického prostředí
- Odolnost proti extrémně vysokým teplotám
- Doplnění rozměrů, doplnění chybějícího materiálu

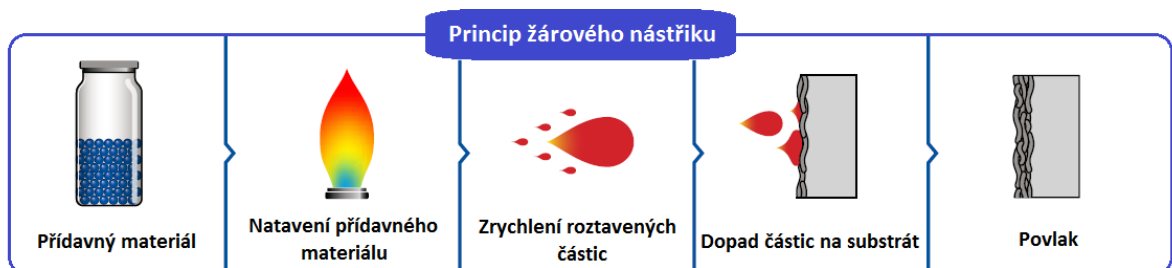
Pomocí žárového nástřiku lze povlaky nanášet na všechny běžné materiály. K natavení přídavného materiálu je potřebná tepelná energie, jejímž zdrojem může být buď spalovací proces, elektrická energie nebo kinetická energie. Podle použitého zdroje energie lze rozlišit metodu nanášení žárového nástřiku (Obr. 1). [4, 10] Tato práce se podrobněji věnuje metodě HVOF, která spadá do kategorie nástřiků, při kterých je k natavení přídavného materiálu použita tepelná energie (plamen).



Obr. 1 Rozdělení termických nástřiků

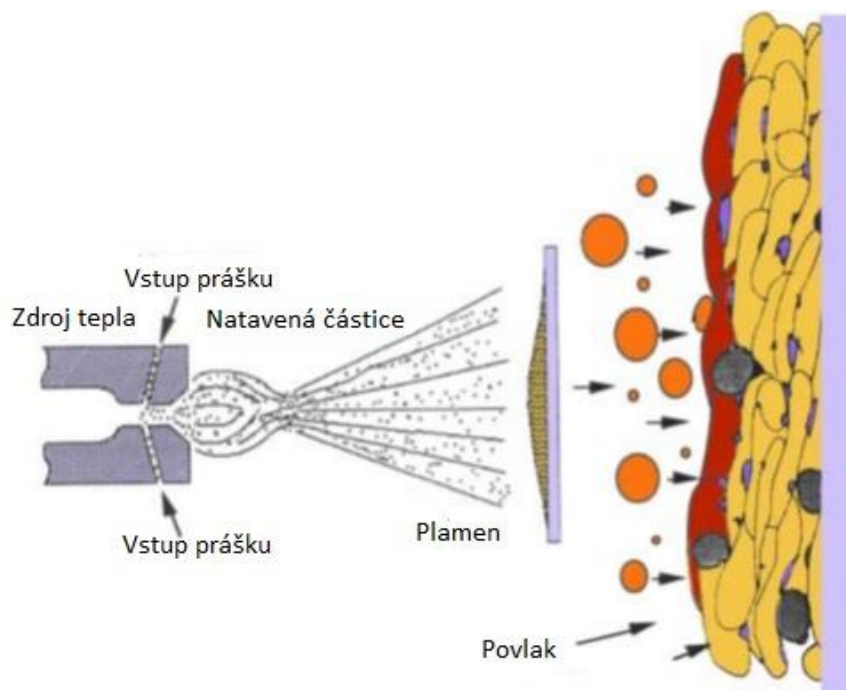
### 3.1. Princip vytváření žárového nástřiku

Žárový nástřik je proces, při kterém se vytváří povlak o tloušťce obvykle větší než 50 mikrometrů, nanášený materiál je buď ve formě prášku nebo drátu přiváděn do zařízení, kde dojde k jeho natavení a následné urychlení na součást. Po dopadu dojde k plošnému rozprostření částic a k rychlému ztuhnutí na povrchu součásti, tím se vytváří povlak s charakteristickou strukturou a charakteristickými vlastnostmi (Obr. 2). [4, 11 - 12]



Obr. 2 Princip vytváření žárového nástřiku [5]

Metody žárových nástřiků umožňují vytvářet povlaky z druhů kovů, keramik a jejich slitin, u kterých nedochází k rozpadu pod bodem tání, a to na prakticky všechny druhy materiálů. Toto je umožněno převážně mechanickým zdrsněním povrchu materiálu. Technologický proces žárového stříkání se provádí hluboko pod teplotou strukturních přeměn materiálu, což zabraňuje deformacím součástí, které jsou nežádoucí. [4, 11 - 12]



Obr. 3 Schéma procesu vytváření žárových nástřiků [4, 13]

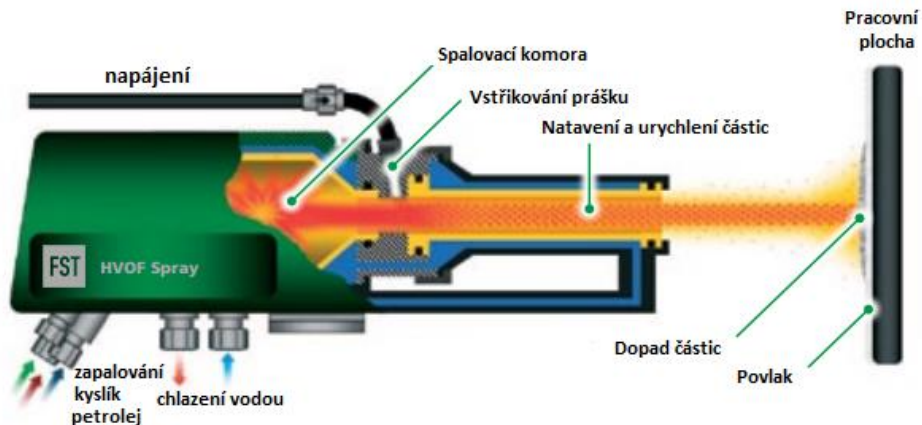
Součásti, na které byla použita technologie žárového nástřiku, vykazují výrazné zvýšení životnosti, spolehlivosti, odolnosti a funkčnosti. Popisovaná povrchová úprava přináší nemalé úspory i přes vyšší náklady pro výrobu. Vysokou úsporu přináší náhrada legovaných materiálů v celém objemu funkčním povlakem 0,1 – 1 mm, respektive doplnění materiálu s požadovanými vlastnostmi na povrch součásti. Cena renovace součásti za pomocí žárových nástřiků se pohybuje v rozmezí okolo 5 – 60 % ceny nového kusu v závislosti na druh a složitost renovované součásti. Cenové kalkulace se zpracovávají přímo na konkrétní součást. [6]

## 4. Vysokorychlostní nástřik HVOF

Zkratka HVOF označuje High Velocity Oxygen Fuel. U této metody plnění spalovací komory probíhá kontinuálně. Metoda HVOF je založena na použití speciálním tvaru hořáku, ve kterém dochází k hoření směsi kyslíku a paliva (kerosin, propylen, propan, acetylen, vodík, atd.). Spaliny jsou dále urychleny v konvergentně-divergentní trysce na supersonické hodnoty. Práškový materiál je za pomoci nosného plynu přiváděn do supersonického plamene, kde dojde k jeho natavení a výraznému urychlení na součást (Obr. 5). Vysoká rychlost práškových částic zapříčiní dokonalé rozprostření materiálu na součást, z čehož se odvíjí přilnavost a vysoká hustota HVOF nástřiku. Nízká teplota plamene zabraňuje oxidaci, tepelným změnám a vyhořívání některých prvků nanášeného materiálu. Nízká teplota je však omezující pro technologii nástřiku keramických materiálů jelikož nedochází k dostatečnému natavení prášku během urychlení na součást a tím pádem ani k dostatečnému rozprostření na součást. Unikátní vlastnost HVOF nástřiku je, že při vhodné volbě depozičních parametrů (nanášení povlaků v tlakovém pnutí), umožňuje nanášení povlaků velkých tloušťek. Velké tloušťky nástřiku zlepšují únavové vlastnosti povlakovaných součástí. [4, 19 - 20]



Obr. 4 Nanášení HVOF nástřiku [3, 21]



Obr. 5 Princip vytváření HVOF nástřiku [5]

Typickými materiály pro HVOF nástřik jsou cermety, nejčastěji na bázi karbidů wolframu, chromu a titanu. Typické jsou povlaky odolné proti opotřebení a korozi v různých prostředích. [4, 20] Použití technologie žárového nástřiku HVOF sebou přináší mnoho výhod.

#### Technické přínosy:

- Náhrada klasických technologií povrchových úprav HVOF stříkanými povlaky
- Zlepšení funkčních vlastností součástí a tím prodloužení jejich životnosti
- Prodloužení životnosti a spolehlivost u součástí, na které prozatím nebyla povrchová úprava aplikována [6]

#### Ekonomické přínosy:

- Významné úspory při aplikaci HVOF nástřiku v porovnání s klasickými technologiemi povrchových úprav, jako jsou nitridace, oxidování, atd.
- Snížení nákladů na renovaci a výměny součástí z důvodů zlepšení jejich vlastností
- Zvýšení konkurenceschopnosti v používání perspektivních technologií povrchových úprav  
Úspory plynoucí ze souvislosti s ekologickými požadavky, které jsou v současné době vyžadovány [6]

#### Ekologické přínosy:

- Náhrada klasických neekologických metod povrchových úprav, např. tvrdé chromování [6]

## 4.1. Charakteristika HVOF nástřiku

Povlaky vyrobené za použití HVOF technologie mají vynikající vlastnosti, které převyšují ostatní technologie žárového stříkání. HVOF nástřiky vykazují následující parametry (Tab. 1):

- **Vysoká hustota** - typické povlaky mají pórovitost od 1 – 2% [7, 1 - 2]
- **Vysoká adheze** - například typické povlaky WC nanášené HVOF technologií prokazují vysokou pevnost vazby. Ostatní materiály stříkané technologií HVOF mají významně vyšší pevnost vazby než při použití jiných technologií žárového nástřiku [7, 1 - 2]
- **Optimální tvrdost povrchu** - nástřik wolfram karbidu, který je typický pro technologii HVOF, vykazuje mikro tvrdost od 1100 do 1350 HV [7, 1 - 2]
- **Houževnatost** - v závislosti na chemickém složení a dalších faktorech, jako je krátká prodleva a snížení teploty, může HVOF nástřik produkovat povlaky, které mají vynikající odolnost proti opotřebení a odolnost proti nárazu [7, 1 - 2]
- **Větší tloušťka vrstvy povlaku** - HVOF povlaky při použití stejných materiálů umožňují nanesení větší tloušťky povlaku, než u nástřiku plazmou, plamenem a nástřiku drátu plamenem. Některé HVOF nástřiky karbidu wolframu mohou mít tloušťku dokonce až 6,4 mm [7, 1 - 2]
- **Prospěšné zbytkové pnutí** - zbytkové tlakové pnutí zvyšuje pevnost v tahu a výrazně zvyšuje mez únavy, životnost potahované součásti a snižuje citlivost k praskání [7, 1 - 2]
- **Vynikající odolnost proti opotřebení** - HVOF povlaky vykazují vynikající odolnosti vůči opotřebení tření v závislosti na použitém materiálu a vybraných procesních parametrech [7, 1 - 2]
- **Vynikající odolnost vůči korozi** - díky vysoké hustotě a vynikajícím metalurgickým vlastnostem poskytují HVOF povlaky zvýšenou odolnost vůči korozi, oxidaci a agresivním látkám, např. zásadité a kyselé prostředí [7, 1 - 2]
- **Možnost použití dokončovacích operací** - HVOF nástřiky umožňují použití velkého množství dokončovacích operací, které jsou podmínkou pro mnoho součástí. Povlaky lze brousit, omílat, honovat nebo superfinišovat. HVOF nástřiky po použití dokončovacích operací vykazují vysokou přesnost a velmi dobrou drsnost povrchu [7, 1 - 2]

Tab. 1 Orientační parametry HVOF nástřiku [8]

Rychlost částic [m.s <sup>-1</sup> ]	Adheze [Mpa]	Obsah oxidů [%]	Pórovitost [%]	Výkon nanášení [kg.h <sup>-1</sup> ]	Typická tloušťka nástřiku [mm]
600 - 100	< 70	1 - 2	1 - 2	3 - 6	0,2 - 2

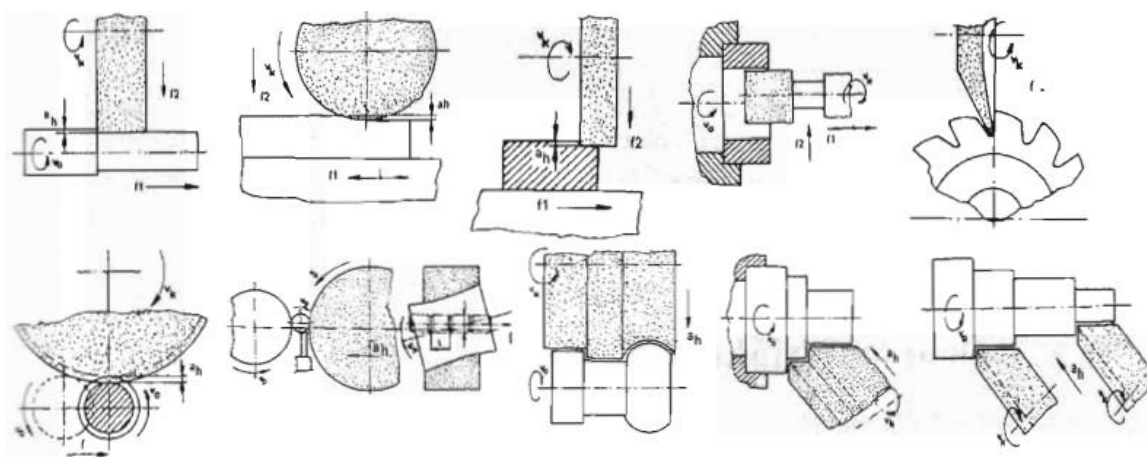
## 5. Broušení

Broušení je proces, při kterém dochází k obrábění vícebřitým nástrojem vytvořeným ze zrn brusiva, která jsou spojena pojivem. Broušení patří mezi nejstarší metody obrábění materiálů, které člověk dříve využíval, především k ostření zbraní. V současné době se broušení využívá jako zásadní metoda dokončování ve strojírenské výrobě. [9, 3 - 15]

Broušením lze obrábět mnoho druhů ploch, jako jsou například rotační vnější i vnitřní, rovinné a tvarové plochy (Obr. 6). Nástrojem je nejčastěji celistvý brousící kotouč nebo brousící pás. Hlavní pohyb vykonává rotující brousící kotouč, který svým obvodem, čelem nebo oběma plochami současně odebírá materiál. Vedlejší pohyb, kterým je posuv a přísuv, koná obrobek. [9, 3 - 15]

Trvanlivost kotouče a kvalitu povrchu výrazně ovlivňuje volba řezné kapaliny, která má především chladicí a čistící účinek. Kapalina zamezuje lokálnímu zvýšení teploty v místě styku, tudíž i teplotním ovlivněním, jako jsou roztažnost, strukturní změny a zbytkové napětí. Při velkém ohřevu třísky se zvyšuje riziko zalepení póru nástroje třískou. [9, 3 - 15]

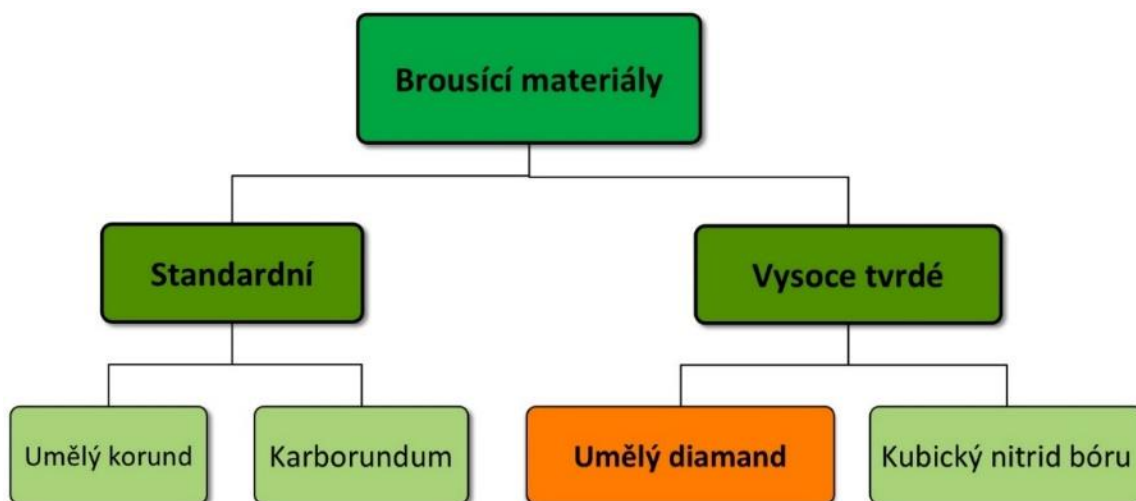
„Řezné podmínky se volí především s ohledem na výkon nástroje, obráběný materiál, požadovanou kvalitu povrchu součásti a způsob broušení“. [10, 12] Příklady broušení brusnými kotouči (Obr. 6).



Obr. 6 Příklady broušení brusnými kotouči [10, 13]







Obr. 8 Rozdělení brousících materiálů

Použití těchto brusných kotoučů je v celé šíři jejich obvodových rychlostí, ale vzhledem k vysoké ceně a zvýšení produktivity se používají při vyšších řezných rychlostech. Všechny zmiňované materiály mají specifické parametry, dle kterých je třeba zvolit vhodnou technologii (Obr. 10).

Tab. 2 Porovnání vlastností vybraných druhů zrna a pojiva brousících kotoučů [12]

	Označení	Měrná hustota [g.cm-3]	Tepelná vodivost [W.m-1.K-1]	Maximální teplota použití [°C]
<b>Brousící zrna</b>				
Bílý korund Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	A	3,92	1 - 6	1600
Karbonundum SiC	C	3,21	10 - 15	1800
Diamant	PD	3,52	≈ 140	800
Kubický nitrid boru	CBN	3,48	35 -120	1400
<b>Pojivo</b>				
Keramické	V	2,2 - 2,5	0,5 - 1,5	800
Umělá pryskyřice	B	1,3	0,2	180
Bronz		8,7 - 8,9	26 - 42	900

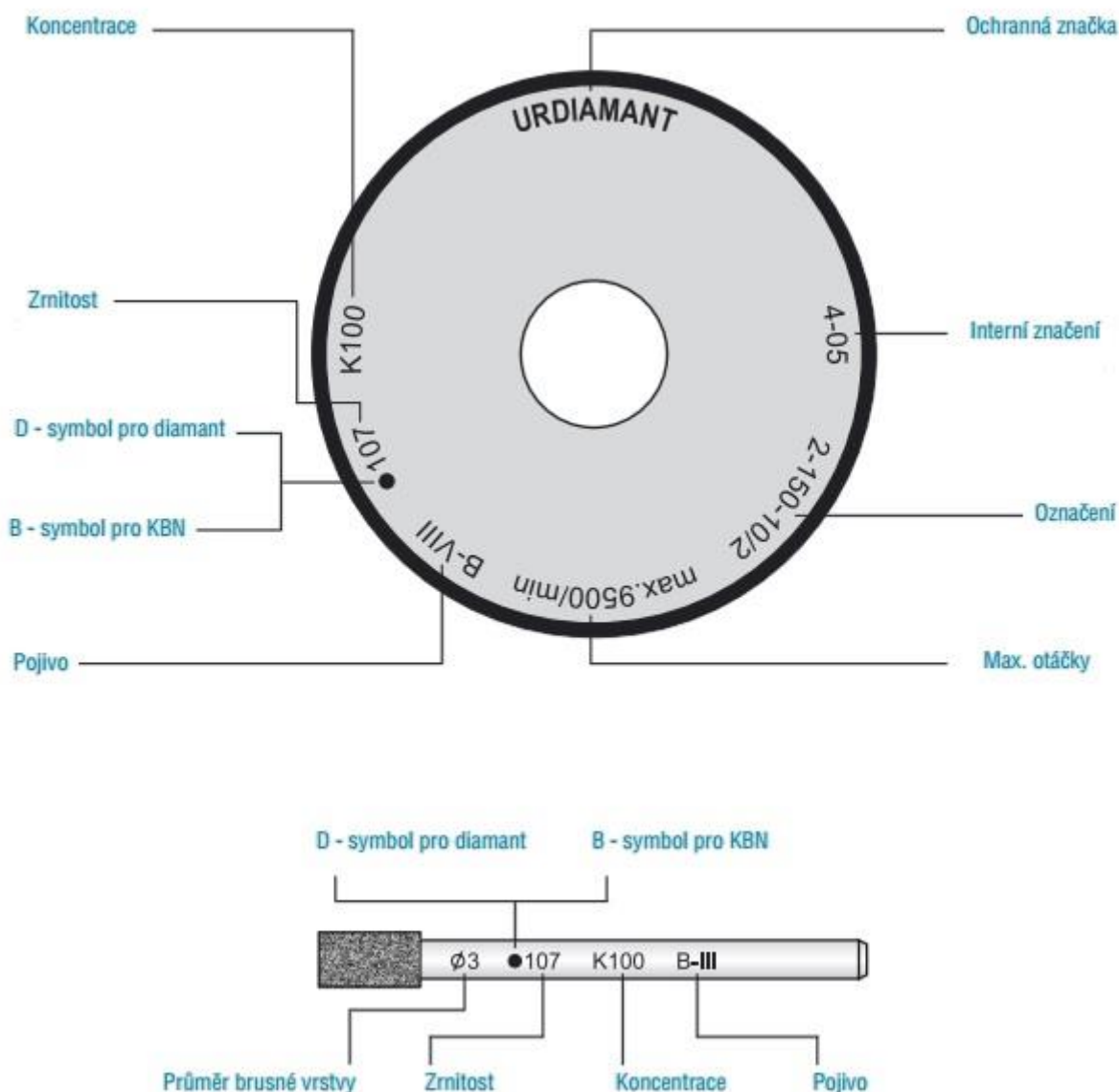
## 5.2. Brousící kotouče pro broušení tvrdých materiálů

Základem brusných kotoučů z velmi tvrdých materiálů je nosný kotouč, na kterém je nanesena brousící vrstva, která obsahuje brusná zrna stmelená pojivem. Materiály nosných kotoučů jsou různé, nejčastěji se používají slitiny hliníku, oceli a bronzu. Každý brousící kotouč má své značení, označující jeho specifikace (Obr. 11). Tyto brousící kotouče obsahují dva druhy materiálu - kotouče s diamantem a kubickým nitridem boru. [13, 4]

„Přes vyšší pořizovací náklady přináší používání diamantových a KBN kotoučů nesporné výhody a úspory. Jedná se především o:

- Možnost opracování tvrdých materiálů, které jsou klasickými brusivy těžko obrobitelné nebo neobrobitelné
- Zlepšení hospodaření s odpady (vodou)
- Vysoký výkon broušení vysoká produktivita práce
- Vysoká životnost
- Stálost tvaru kotouče
- Zlepšení pracovních podmínek

Aby došlo k optimálnímu využití vynikajících vlastností kotoučů, je nutno volit vhodnou charakteristiku kotouče za použití doporučených podmínek.“ [13, 4]



Obr. 9 Příklad značení diamantového kotouče URDIAMANT [13, 21]

## Diamantové brusivo:

Diamant (DIA) je určitou formou uhlíku krystalizující v kubické modifikaci a je to nejtvrdší známý materiál. K dalším jeho výhodám patří dobrá tepelná vodivost a tepelná odolnost (do 800°C). Za normální teploty je diamant odolný vůči chemickým vlivům. Avšak za vysokých teplot není vhodný pro broušení ocelí, z důvodu afinity k železu. Proto se nejvíce používá k broušení slinutých karbidů, keramiky, žáruvzdorných a žárupevných materiálů, drahokamů a polodrahokamů, skla, porcelánu, křemíku a umělých hmot s abrazivními plnivými. Rozeznáváme dva druhy diamantu – přírodní a umělý (syntetický). [11, 19 - 20]

Diamant je po chemické stránce čistý uhlík, který v přírodě krystalizuje za extrémně vysokých teplot a tlaků. Tyto podmínky se vyskytují pouze v sopkách, i proto ho lze těžit pouze hluboko v podzemí v kráterech vyhaslých sopek. Tvary přírodních diamantů jsou různé, nejčastěji

se vyskytují osmistěny, dvanáctistěny, krychle a křivostěny v jejich různých kombinacích. [11, 19 - 20]

Syntetický diamant byl poprvé vyroben v roce 1955 firmou General Electric Company. Vyrábí se syntézou za vysokých teplot a tlaků, při které se taví za přítomnosti katalyzátoru a materiál bohatý na uhlík, atomy uhlíku následně mění svojí hexagonální mřížku na kubickou, která je pro diamant typická. [11, 19 - 20]

### **Pryskyřicové pojivo brusných kotoučů:**

Pryskyřice pojiva se vyrábí na bázi fenolové pryskyřice. Tyto pryskyřice jsou používány nejvíce, protože poskytují vysokou produktivitu broušení a dobré samoostřicí vlastnosti. Jsou vhodné pro nejjemnější broušení a jemné broušení, také i pro hrubovací broušení a broušení za sucha. Tyto kotouče jsou používány při výrobě vyžadující velké úběry, samoostřicí efekt, nebo zvláště vysokou kvalitu povrchu. K opotřebenosti pojiva dochází díky vzniku tepla během procesu broušení a výskytu brusných sil. [14, 10]

### **Tvar kotouče:**

Kotouče se označují typovým číslem, které udává jejich tvar a je přizpůsobeno standardu ISO 6104 a 6168.

### **Rozměry kotouče:**

Rozměry kotoučů jsou nejčastěji popsány těmito údaji: průměr kotouče, jeho šířka a celková výška, tloušťka a šířka brousící vrstvy a rozměr upínacího otvoru. Průměr kotouče je volen podle typu brusky. Platí však, že při větším průměru se zlepšují kinematické vlastnosti (kotouč se lépe ochlazuje). [11, 20]

## **5.3. Opotřebenění brusných kotoučů**

Při broušení se brousící kotouč postupně opotřebává, což vede ke změnám provozních podmínek, snížení pracovní rychlosti a snížení výsledné jakosti povrchu obráběné součásti. Opotřebenění funkční části kotouče je způsobeno mnoha faktory a je ovlivněno všemi podmínkami broušení. Podle podmínek broušení, jako jsou parametry kotouče a řezných rychlostí, dochází k otupování zrn brusného kotouče. [11, 23 - 24]

Otupení kotouče nastává zaoblováním, štěpením a vylamováním brusných zrn, čímž kotouč ztrácí své řezné vlastnosti. Naopak k samoostření dochází v důsledku postupného otupování brusných zrn a jejich vylamování z pojiva. Následným vydrolením pojiva se dostávají do záběru nová zrna, takže se plocha kotouče neustále obnovuje. [11, 23 - 24]

## 6. Broušení součástí po povrchové úpravě HVOF WC-Co-Cr

Na zadaných součástech je nanesen povlak metodou HVOF se složením 86WC 10Co 4Cr s obsahem WC 86,0%, Co 10,0% a Cr 4,0%. Na tyto díly bude navržena technologie broušení s ohledem na drsnost povrchu a zlepšení povrchových vlastností.

Použití cermetových povlaků považujeme jako možné řešení pro širokou škálu součástí, převážně díky zvýšení odolnosti proti opotřebení a zvýšení jejich životnosti. Tyto nástřiky jsou považovány za důležitou alternativu k tvrdému chromování kvůli zpřísnění předpisů v oblasti ochrany životního prostředí. Míra abrazivního opotřebení při broušení těchto povlaků je udávána několika faktory, jako je například velikostí a rozdělením zrn karbidů, tvrdost karbidu vzhledem k brusným vlastnostem použitého materiálu, atd. [15, 1]

Broušené povlaky WC-Co-Cr nanášené metodou HVOF jsou aplikovány na prvky vyrobené z nástrojové oceli. Takto upravené součásti jsou následně používány na komponenty s vysokými požadavky, například součástky z podvozku letadel, které vyžadují velkou odolnost vůči opotřebení, teple a odolnost vůči korozi. [16, 17]

Žárově stříkané povrchy mají za následek horší drsnost povrchu. Zejména u cermetových HVOF povlaků je v mnoha případech drsnost vyšší než jsou přijatelné limity. Z tohoto důvodu musí být nástřík dokončen tak, aby bylo dosaženo požadované drsnosti povrchu, proto je důležité zvolit vhodnou dokončovací metodu. Volba dokončovací práce a operace se mění s požadovanými vlastnostmi povrchu. [15, 1]

Jak ukázaly početné studie, broušení součástí s povlakem WC-Co-Cr nanášeným metodou HVOF zlepšuje některé vlastnosti povrchu, jako je například zvýšení tvrdosti, odolnosti vůči otěru, erozivní odolnosti, atd.

## 6.1. Vliv broušení na kvalitu povrchu HVOF WC-Co-Cr nástřiku

Většina součástí s HVOF povlakem vyžaduje další povrchové úpravy, aby bylo dosaženo požadovaných parametrů drsnosti povrchu. Existuje mnoho studií, které se zabývají zlepšení vlastností HVOF nástřiku po broušení jako jsou například tvrdost, odolnost vůči otěru a abrazivní i erozivní odolnosti proti opotřebení. [15, 2 - 6]

Studie zabývající se zlepšení vlastností HVOF nástřiku na bázi WC-Co-Cr broušením ukázala, že broušení těchto povlaků zlepšuje výrazně jejich vlastnosti. V této studii byly použity 3 vzorky, na které byl aplikován povlak na bázi WC-Co-Cr pomocí metody HVOF. Následně byly vzorky broušeny v různých hloubkách (100, 200 a 300  $\mu\text{m}$ ) a po broušení u nich byla měřena tvrdost povrchu. [15, 2 - 6]

Zkouška tvrdosti ukázala, že tvrdost povlaku u broušené hloubky 200  $\mu\text{m}$  vzrostla o 33 %. Měření pomocí rentgenové difrakce ukázalo, že broušení zvyšuje v povlaku zbytkové napětí, což zapříčiňuje zvýšení tvrdosti. Odolnost vůči otěru se zvýšila při broušení do hloubky 100  $\mu\text{m}$ , u dalších hloubek zůstala konstantní. Erozivní odolnost byla dle měření provedených v rámci této studie zvýšena nejvíce při broušení do hloubky 200  $\mu\text{m}$ . Z těchto dat tedy vyplývá, že broušení HVOF povlaků na bázi WC-Co-Cr zvyšuje abrazivní i erozivní odolnosti proti opotřebení. Předpokládá se, že důvodem zlepšení vlastností je zvýšení mikro tvrdosti broušeného povlaku. [15, 2 - 6]

## 6.2. Technické požadavky na broušení HVOF WC-Co-Cr nástřiku

### Stroje:

Brusky musí být schopny udržovat konstantní rychlost brousícího kotouče, rychlost obrobku, rychlost posuvu a přísuvu a to hlavně z toho důvodu, aby se zabránilo degradaci povrchu součásti. Při broušení je třeba zajistit konstantní dodávání řezné kapaliny (chladicí kapaliny) na rozhraní broušené zóny. [16, 241 - 246]

### Materiály:

Brusné kotouče musí být označeny kompletní specifikací, včetně brusného materiálu, velikosti zrna, třídy, struktury a maximální provozní rychlostí. Pokud není uvedeno jinak, používá se pro broušení WC-Co-Cr povlaků nanášených metodou HVOF diamantové brusivo s pryskyřicovým pojivem. [16, 241 - 246]

## Řezné kapaliny:

Pro broušení musí být použita vhodná řezná kapalina, která nemá nepříznivý vliv na části zařízení. Recirkulační řezné kapaliny musí být neustále filtrovány, aby se minimalizovalo nechtěné opětovné broušení. Při chlazení se používá dostatečně širokého proudu chladicí kapaliny v celé šířce brusného kotouče. Pro správné použití by měla být tryska navržena tak, aby se rychlost dodávané kapaliny rovnala nebo byla mírně rychlejší než obvodová rychlost brusného kotouče. [16, 241 - 246]

## Čištění:

Před broušením musí být odstraněny všechny nátěry a jiné materiály ze součástí, aby se zamezilo kontaminaci chladicí kapaliny a brusných kotoučů. Zbytky po broušení, které by na součást mohly mít škodlivý vliv, musí být po broušení rovněž odstraněny. Čistící materiály nesmějí korodovat, nebo jinak znehodnocovat součást. Při opoždění může ke korozi dojít, proto je třeba volit takové čisticí prostředky, abychom korozi předešli. [16, 241 - 246]

## Řezné podmínky:

„Základem pro ekonomické využití diamantového a KBN kotouče je správný výběr jeho charakteristik nabízených výrobcem, tj. typ, rozměr, pojivo, zrnitost brusiva, koncentrace brusiva, ale i jeho použití za vhodných řezných podmínek na vhodném typu broušícího stroje. Stejně důležité je chlazení, tuhé upnutí nástroje i obrobku, obráběný materiál, přídavky na broušení, požadovaná drsnost povrchu, možnost orovnávání, případně čištění kotouče atd. Zajistit optimální řezné podmínky v praxi je velmi obtížné, neboť existuje mnoho způsobů broušení.“ [13, 11] Všechny zvolené parametry v návrhu technologie broušení tří zadaných součástí budou v souladu s doporučením výrobce brusných kotoučů.

Při dodržení všech potřebných parametrů doporučených výrobcem broušících kotoučů lze dosáhnout velmi dobrých drsností povrchu (Tab. 3).

Tab. 3 Drsnosti povrchů dosažitelné diamantovými brusnými kotouči [16, 242]

Zrnitost kotouče	Drsnost povrchu Ra ( $\mu\text{m}$ )	
	hrubování	dokončování
100-120	0,8 - 0,9	0,5 - 0,8
150	0,5 - 0,6	0,4 - 0,5
180	0,4 - 0,5	0,3 - 0,4
220	0,3 - 0,4	0,2 - 0,3
320-400	0,2 - 0,3	0,1 - 0,2

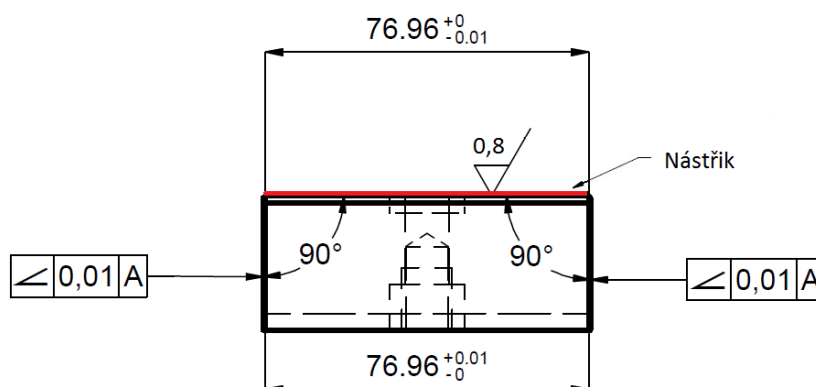


## 7. Analýza zadaných součástí

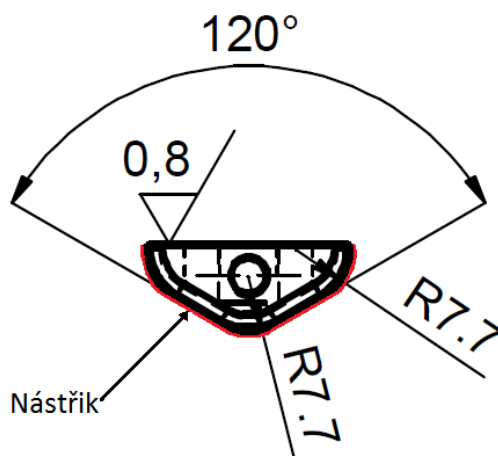
Pro návrh technologie broušení jsou zadány 3 představitelé součástí – díly lisovacích nástrojů (Příloha 1-3). Na součásti bude navržena technologie broušení HVOF nástřiku o složení 86WC 10Co 4Cr, u kterého Co Cr matrice vykazuje vyšší odolnost vůči korozi a otěru. Nástřikem tohoto materiálu vzniká jemná mikrostruktura se silnou vazbou. Brousí se diamantovými kotouči za použití řezné kapaliny. [17, 22]

HVOF nástřik je na součástech nanesen na rovinné i tvarové plochy, na které následně bude navržena technologie broušení s ohledem na zadané požadavky. Plochy s HVOF nástřikem určené k broušení jsou v následujících obrázcích označeny červenou barvou (Obr. 10, 11, 12) a požadavky na broušené plochy jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4).

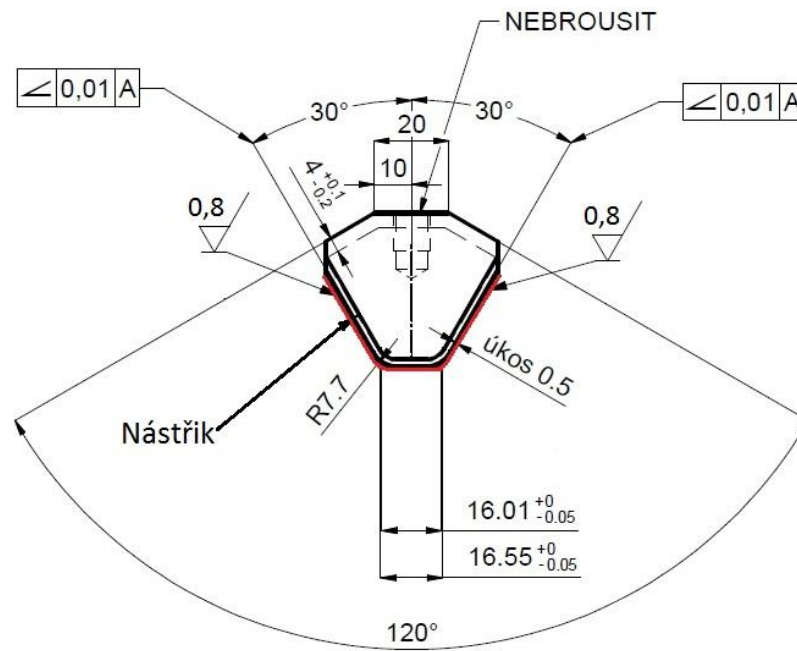
Pro součást č. 2 a č. 3 musí být navržen přípravek, kvůli upnutí na elektro-magnetickou desku.



Obr. 10 Rovinná plocha určená k broušení na součásti č. 1



Obr. 11 Tvarová plocha určená k broušení na součásti č. 2



Obr. 12 Tvarová plocha určená k broušení na součásti č. 3

Tab. 4 Požadavky na broušené plochy součástí 1-3

	broušená plocha	požadovaná drsnost	maximální úběr	přípravek
<b>součást č. 1</b>	rovinná	Ra 0,8	0,05 mm	ne
<b>součást č. 2</b>	tvarová	Ra 0,8	není zadáno	ano
<b>součást č. 3</b>	tvarová	Ra 0,8	0,05 mm	ano

## 8. Návrh technologie broušení

Při návrhu technologie broušení uvažujeme nákup nového stroje a nových nástrojů, které budou na zvolenou technologii použity. Technologie broušení bude navržena pro tři zadané díly lisovacích nástrojů ze společnosti P-D Refractories CZ a. s. (Příloha 1-3). Technologie bude spočívat v návrhu stroje a řezné kapaliny, použitých pro všechny součásti. Dále jsou pro každou součást zvoleny vhodné brousící materiály, tvary kotoučů, zrnitosti, koncentrace brusiva a řezné podmínky, například obvodová řezná rychlost, posuv, hloubka třísky a počet záběrů. To vše s ohledem na požadovanou drsnost povrchu.

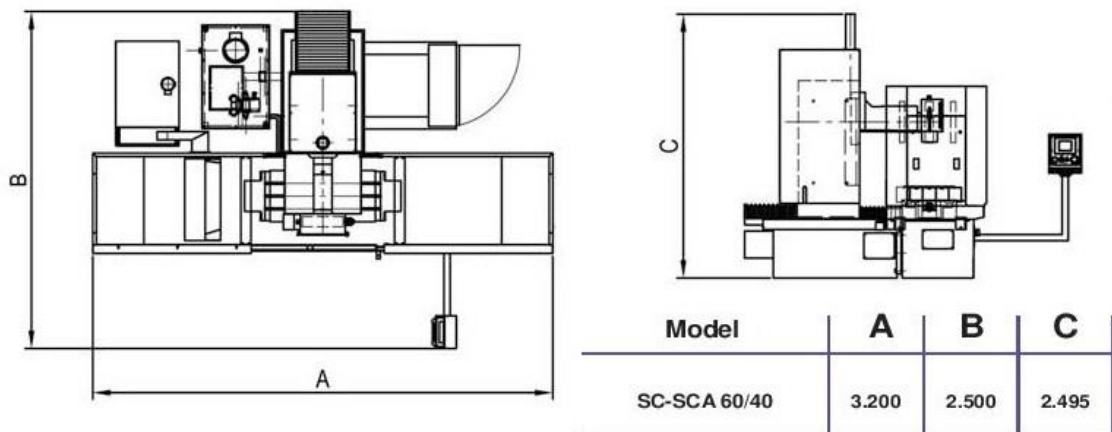
### 8.1. Volba stroje pro zadané součásti

Pro všechny zadané součásti byla zvolena rovinná CNC bruska od společnosti GER Máquinas Herramienta S. L. řady SCA 60/40. Tato bruska splňuje požadavky, které vyplývají z požadavků na broušení HVOF nástřiku WC-Co-Cr. Má CNC řízenou jak vertikální, tak příčnou osu, automatické orovnávaní kotouče a kompenzaci průměru kotouče po jeho orovnáání. Rozměry pracovní plochy brusky odpovídají velikosti součástí (Tab. 5). Součástí rovinné brusky SCA 60/40 je magnetický stůl o velikosti 600 x 400 mm. Tato bruska poskytuje nutnou stabilitu a utlumení. [18]



*Obr. 13 Rovinná bruska od společnosti GER [18]*

## Základní rozměry rovinné brusky [m]:



Obr. 14 Základní parametry rovinné brusky GER SC-SCA 60/40 [18]

## Hlavní vlastnosti rovinné brusky:

- „Snadné nastavené stroje - obrobku
- Snadná rozměrová korekce
- Zadávání parametrů pomocí tutoriálu
- Různé možnosti automatického orovnávaní
- Automatická kompenzace orovnaní
- Možnosti profilového orovnávaní
- Pro hrubování a hlazení mohou být zadány různé pracovní parametry a parametry orovnávaní
- Možnost rovinného a čelního broušení (kroky)
- Úhlové broušení pomocí interpolace
- Zvláštní volba broušení drážky
- Možnost ukládat a řadit 6 různých pracovních cyklů
- Libovolné jazykové rozhraní
- Možnost včasného zásahu do automatického cyklu“ [19]

## Základní technické vlastnosti rovinné brusky:

Tab. 5 Technické parametry rovinné brusky GER SCA 60/40 [18]

Základní technické vlastnosti		
Pracovní plocha	[mm x mm]	600 x 450
Magnetický stůl	[mm x mm]	600 x 400
Vzdálenost osy kotouče od stolu	[mm]	525
Maximální výška obrobku	[mm]	275
Maximální hmotnost obrobku	[kg]	400
Drsnost povrchu	[mm]	0,001
Výkon motoru	[kW]	9
Hmotnost stroje	[kg]	2100
Rozměr kotouče	[mm]	225x25x51

### 8.2. Volba řezné kapaliny pro všechny součásti

Při broušení tvrdých povrchů diamantovými kotouči je doporučeno chladit ve všech možných případech. Chlazení kotoučů má vliv na jejich životnost, výkon broušení a drsnost povrchu. Při použití řezné kapaliny je možnost využít vyšší obvodové rychlosti, menší průměr kotouče a tlustší brousící vrstvy. [13, 15] U zadaných součástí volíme kapalinu především s ohledem na prodloužení životnosti nástrojů a kvalitu povrchu. Pro všechny zadané součásti a navržené technologie broušení bude použita řezná kapalina od společnosti ZET-CHEMIE **ZET-cut 9010, 9100** se následující specifikací:

- Emulzní řezná kapalina pro obrábění a broušení
- Bez obsahu kyseliny borité
- Vysoká řezivost a kvalita obrobeného povrchu
- Prodlužuje zřetelně životnost nástrojů [20]

Tato kapalina byla zvolena z toho důvodu, že je určena pro broušení a zaručuje vysokou řezivost, kvalitu obrobeného povrchu a prodloužení životnosti nástrojů.

### 8.3. Návrh kontroly drsnosti pro všechny součásti

Na všech součástech bude na broušených plochách kontrolována drsnost. Pro měření drsnosti byl vybrán digitální drsnoměr **ART-100** (Obr. 15). Tento drsnoměr byl zvolen především kvůli jeho malým rozměrům, velkému rozsahu měření a možnosti měření většiny materiálů. [21]



Obr. 15 Drsnoměr ART-100 [21]

### 8.4. Volba brusných kotoučů pro součást č. 1

Pro zadanou součást s označením F-2500-002-1 (Příloha č. 1), na které je požadovaná drsnost Ra 0,8 µm na rovinné ploše volíme brusný kotouč od značky Urdiamant s. r. o., který bude vyroben na zakázku s následujícími parametry (Tab. 6, 7), (Obr. 16). Pro požadovanou drsnost volíme pouze jeden brusný kotouč pro hrubovací operaci, který nám při zvolení správné zrnitosti umožní dosáhnout požadované drsnosti Ra 0,8 µm.

#### Materiál:

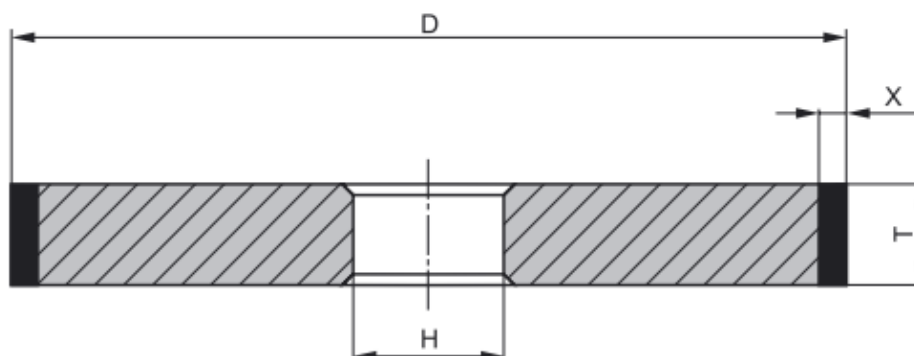
Dle požadavků na materiály použité k broušení HVOF WC-Co-Cr jsou použity následující materiály brusného zrna a pojiva (Tab. 6).

Tab. 6 Materiál brusného kotouče pro součást č. 1

<b>Brusný materiál</b>	diamant
<b>Pojivo</b>	pryskyřičné

## Tvar kotouče:

Pro broušení rovinné plochy volíme tvar kotouče dle katalogu Urdiamant, s. r. o. s označením 2-D-T/X, FEPA 1A1 (Obr. 12).



Obr. 16 Tvar diamantového kotouče pro součást č. 1 [13, 48]

## Rozměry kotouče:

Požadované rozměry kotouče nejsou v nabídce společnosti Urdiamant, s. r. o., je proto nutné nechat vyrobít diamantový brousící kotouč na zakázku s následujícími rozměry, které odpovídají použité rovinné brusce (Tab. 7).

Tab. 7 Rozměry brusného kotouče pro součást č. 1

Rozměry kotouče [mm]		
Průměr kotouče	D	225
Rozměr upínacího otvoru	H	51
Šířka	T	25
Tloušťka brousící vrstvy	X	3

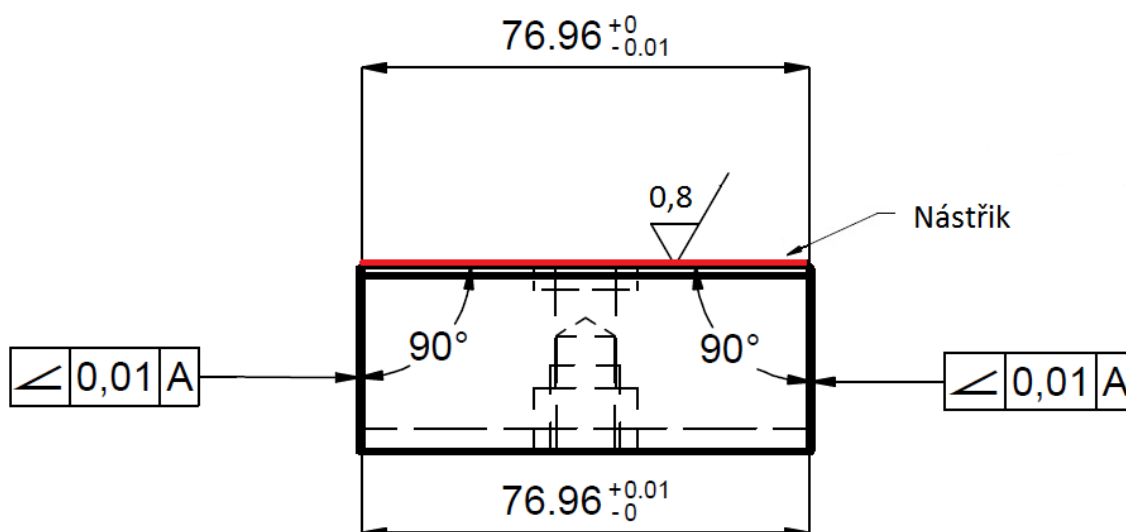
## Zrnitost kotouče:

Při volbě zrnitosti brusiva zohledňujeme vliv na drsnost povrchu. Požadovaná drsnost na součásti je Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . Volíme zrnitost diamantového kotouče **D 91**, která dle katalogu Urdiamant s. r. o. vykazuje při výkonném broušení a hrubovacích operacích dosahovanou drsnost povrchu Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . [13, 9]

## Koncentrace brusiva:

„Koncentrace brusiva vyjadřuje hmotnostní obsah brusiva (diamantu nebo KBN) v 1  $\text{cm}^3$  brousící vrstvy, vyjádřené vzorcem  $K = \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .“ [13, 9] Nízká koncentrace brusiva se používá především pro zvláštní operace, střední koncentrace pro běžné broušení a vysoká pro profilové broušení. Z těchto důvodů volíme střední koncentraci **K 75** s obsahem brusiva 0,66  $[\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$ . [13, 9]

## 8.5. Volba řezných podmínek pro součást č. 1



Obr. 17 Plocha určená k broušení na součásti č. 1

V následující tabulce je uveden bodový technologický postup s konkrétními řeznými podmínkami pro broušení součásti č. 1 (Tab. 8).

Tab. 8 Bodový technologický postup pro součást č. 1

číslo	úsek	$V_c$ [m.s <sup>-1</sup> ]	$f$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$a_p$ [mm]	$i$ [-]
1	upnout pomocí magnetické desky				
2	brousit HVOF nástřík	35	20	0,02	2
3	brousit HVOF nástřík			0,01	1
4	vyjmout				
5	kontrola				

$V_c$  – obvodová řezná rychlost [m.s<sup>-1</sup>]

$f$  – posuv [m.min<sup>-1</sup>]

$a_p$  – hloubka třísky [mm]

$i$  – počet záběrů [-]



## 8.6. Volba brusných kotoučů pro součást č. 2

Pro zadanou součást s označením F-2500-002-2 (Příloha č. 2), na které je požadovaná drsnost Ra 0,8  $\mu\text{m}$  na tvarové ploše volíme brusný kotouč od značky Urdiamant, s. r. o., který bude vyroben na zakázku s následujícími parametry (Tab. 9, 10), (Obr. 18). Pro požadovanou drsnost volíme pouze jeden brusný kotouč pro hrubovací operaci, který nám při zvolení správné zrnitosti umožní dosáhnout požadované drsnosti Ra 0,8  $\mu\text{m}$ .

### Materiál:

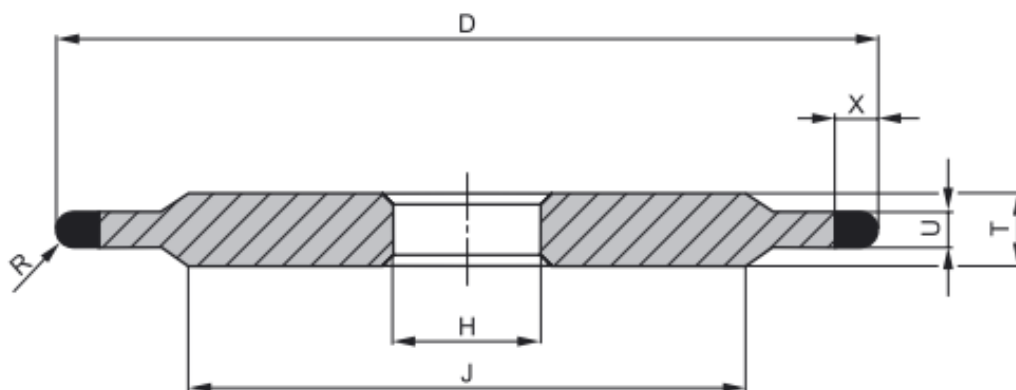
Dle požadavků na materiály použité k broušení HVOF WC-Co-Cr jsou použity následující materiály brusného zrna a pojiva (Tab. 9).

Tab. 9 Materiál brusného kotouče pro součást č. 2

<b>Brusný materiál</b>	diamant
<b>Pojivo</b>	pryskyřičné

### Tvar kotouče:

Dle geometrie součásti je zvolen tvar kotouče z katalogu Urdiamant, s. r. o. označení kotouče 21-D-R/X, FEPA 14F1 (Obr. 17), kterým lze požadovanou tvarovou plochu obrobít za pomoci řádkování.



Obr. 18 Tvar diamantového kotouče pro součást č. 2 [13, 57]

## Rozměry kotouče:

Požadované rozměry kotouče nejsou v nabídce společnosti Urdiamant, s. r. o., je proto nutné nechat vyrobit diamantový brousící kotouč na zakázku s následujícími rozměry, které odpovídají použité rovinné brusce (Tab. 10).

Tab. 10 Rozměry brusného kotouče pro součást č. 2

Rozměry kotouče [mm]		
Průměr kotouče	D	225
Rozměr upínacího otvoru	H	51
Rádus	R	5
Šířka kotouče	T	10
Šířka pracovní plochy kotouče	U	10
Tloušťka brousící vrstvy	X	6

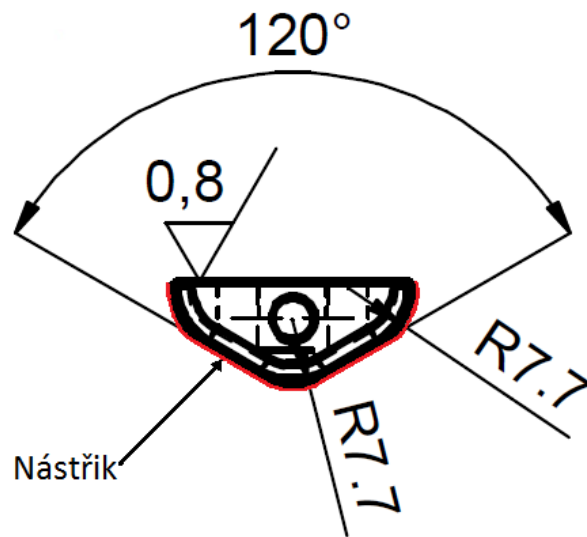
## Zrnitost kotouče:

Při volbě zrnitosti brusiva zohledňujeme vliv na drsnost povrchu. Požadovaná drsnost na součásti je Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . Volíme zrnitost diamantového kotouče **D 91**, která dle katalogu Urdiamant s. r. o. vykazuje při výkonném broušení a hrubovacích operacích dosahovanou drsnost povrchu Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . [13, 9]

## Koncentrace brusiva:

„Koncentrace brusiva vyjadřuje hmotnostní obsah brusiva (diamantu nebo KBN) v 1  $\text{cm}^3$  brousící vrstvy, vyjádřené vzorcem  $K = \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ .“ [13, 9] Nízká koncentrace brusiva se používá především pro zvláštní operace, střední koncentrace pro běžné broušení a vysoká pro profilové broušení. Z těchto důvodů volíme střední koncentraci **K 75** s obsahem brusiva 0,66  $[\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}]$ .

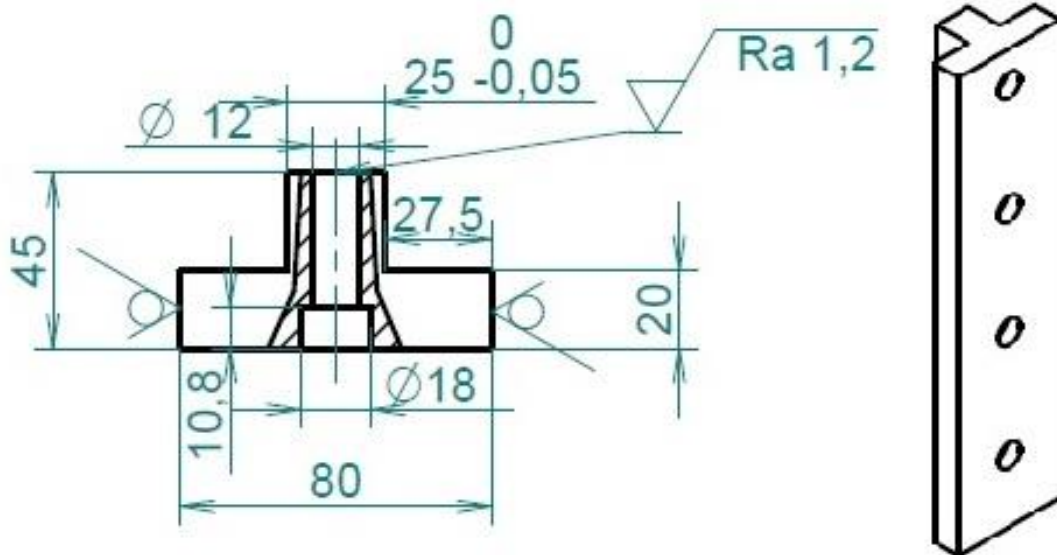
## 8.7. Volba řezných podmínek pro součást č. 2



Obr. 19 Plocha určená k broušení na součásti č. 2

### Návrh přípravku pro upnutí součásti č. 2:

Pro tuto součást bude použit přípravek k upnutí na elektro-magnetickou desku (Obr. 20), (Příloha č. 5). K tomuto přípravku bude součást připevněna pomocí čtyř šroubů M10x 1,5 x 50 mm.



Obr. 20 Skica přípravku pro broušení součásti č. 2

V následující tabulce je uveden bodový technologický postup s konkrétními řeznými podmínkami pro broušení součásti č. 2 (Tab. 11).

Tab. 11 Bodový technologický postup pro součást č. 2

číslo	úsek	$V_c$ [m.s <sup>-1</sup> ]	f [m.min <sup>-1</sup> ]	$a_p$ [mm]	i [-]
1	Upnout pomocí přípravku na magnetickou desku				
2	Brousit HVOF nástřik	25	15	0,02	2
3	Brousit HVOF nástřik	25	15	0,01	1
3	Vyjmout				
4	Kontrola				

$V_c$  – obvodová řezná rychlost [m.s<sup>-1</sup>]

f – posuv [m.min<sup>-1</sup>]

$a_p$  – hloubka třísky [mm]

i – počet záběrů [-]

## 8.8. Volba brusných kotoučů pro součást č. 3

Pro zadanou součást s označením F-2500-003 (Příloha č. 3), na které je zavedením nové technologie požadovaná drsnost Ra 0,8 μm na rovinné ploše (dle stávajícího výkresu Ra 1,6), volíme brusný kotouč od značky Urdiamant s. r. o., který bude vyroben na zakázku s následujícími parametry (Tab. 12, 13), (Obr. 21). Pro požadovanou drsnost volíme pouze jeden brusný kotouč pro hrubovací operaci, který nám při zvolení správné zrnitosti umožní dosáhnout drsnosti Ra 0,8 μm.

Brusný kotouč na broušení součásti č. 3 je shodný s kotoučem použitým na broušení součásti č. 2. Při použití stejného brusného kotouče, který je v těchto případech vhodný pro obě zmíněné součásti, ušetříme pořizovací náklady na další brusný kotouč.

### Materiál:

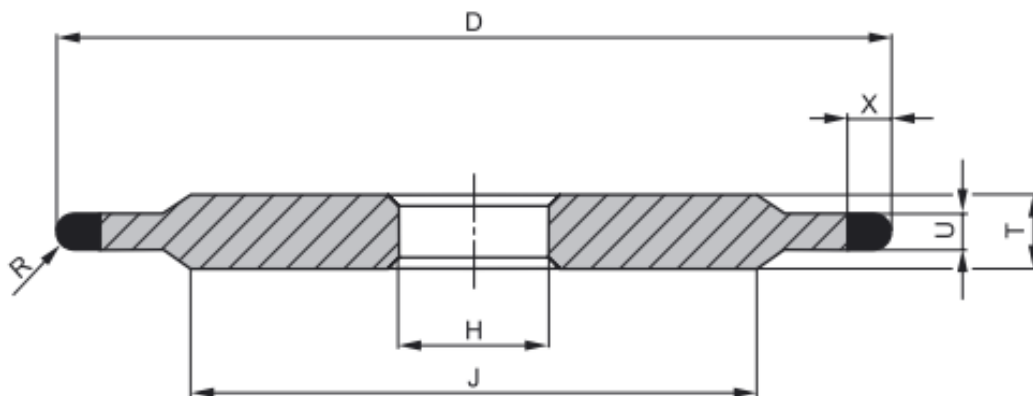
Dle požadavků na materiály použité k broušení HVOF WC-Co-Cr jsou použity následující materiály brusného zrna a pojiva (Tab. 12).

Tab. 12 Materiál brusného kotouče pro součást č. 3

<b>Brusný materiál</b>	diamant
<b>Pojivo</b>	pryskyřičné

## Tvar kotouče:

Dle geometrie součásti je zvolen tvar kotouče dle katalogu Urdiamant, s. r. o. označení kotouče 21-D-R/X, FEPA 14F1 (Obr. 21), kterým lze požadovanou tvarovou plochu obrobít za pomoci řádkování.



Obr. 21 Tvar diamantového kotouče pro součást č. 3 [13, 57]

## Rozměry kotouče:

Požadované rozměry kotouče nejsou v nabídce společnosti Urdiamant, s. r. o., je proto nutné nechat vyrobít diamantový brousící kotouč na zakázku s následujícími rozměry, které odpovídají použité rovinné brusce (Tab. 13).

Tab. 13 Rozměry brusného kotouče pro součást č. 3

Rozměry kotouče [mm]		
Průměr kotouče	D	225
Rozměr upínacího otvoru	H	51
Rádus	R	5
Šířka kotouče	T	10
Šířka pracovní plochy kotouče	U	10
Tloušťka brousící vrstvy	X	6

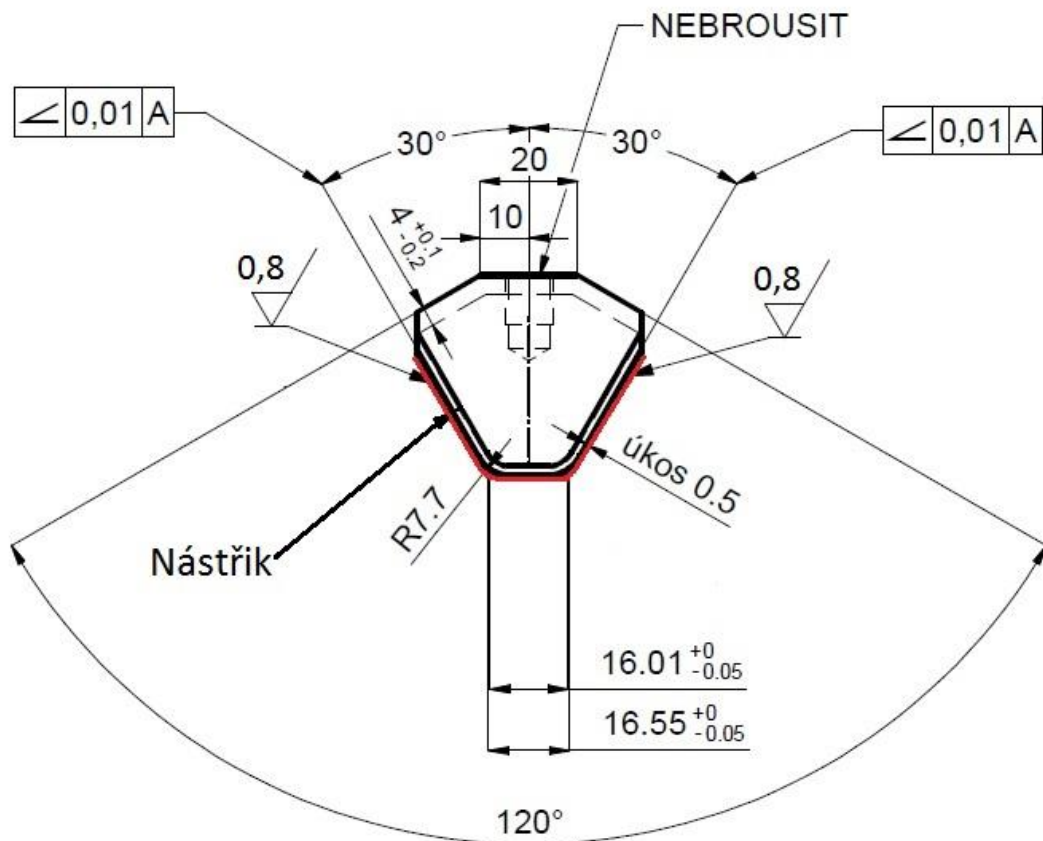
## Zrnitost kotouče:

Při volbě zrnitosti brusiva zohledňujeme vliv na drsnost povrchu. Požadovaná drsnost na součásti je Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . Volíme zrnitost diamantového kotouče **D 91**, která dle katalogu Urdiamant s. r. o. vykazuje při výkonném broušení a hrubovacích operacích dosahovanou drsnost povrchu Ra 0,8  $\mu\text{m}$ . [13, 9]

## Koncentrace brusiva:

„Koncentrace brusiva vyjadřuje hmotnostní obsah brusiva (diamantu nebo KBN) v 1 cm<sup>3</sup> brousící vrstvy, vyjádřené vzorcem  $K = g \cdot cm^{-3}$ .“ [13, 9] Nízká koncentrace brusiva se používá především pro zvláštní operace, střední koncentrace pro běžné broušení a vysoká pro profilové broušení. Z těchto důvodů volíme střední koncentraci **K 75** s obsahem brusiva 0,66 [g.cm<sup>-3</sup>].

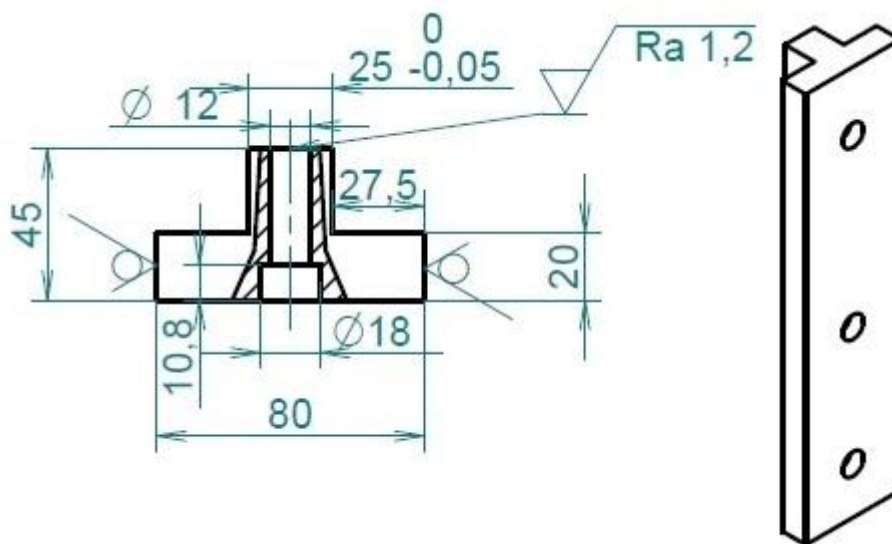
### 8.9. Volba řezných podmínek pro součást č. 3



Obr. 22 broušená plocha na součásti č. 3

### Návrh přípravku pro upnutí součásti č. 3:

Pro tuto součást bude použit přípravek k upnutí na elektro-magnetickou desku (Obr. 23), (Příloha č. 5). K tomuto přípravku bude součást připevněna pomocí tří šroubů M10x 1,5 x 50 mm.



Obr. 23 Skica přípravku pro broušení součásti č. 3

V následující tabulce je uveden bodový technologický postup s konkrétními řeznými podmínkami pro broušení součásti č. 2 (Tab. 14).

Tab. 14 Řezné podmínky pro součást č. 3

číslo	úsek	$V_c$ [m.s <sup>-1</sup> ]	$f$ [m.min <sup>-1</sup> ]	$a_p$ [mm]	$i$ [-]
1	Upnout pomocí přípravku na magnetickou desku				
2	Brousit HVOF nástřik	25	15	0,02	2
3	Brousit HVOF nástřik	25	15	0,01	1
3	Vyjmout				
4	Kontrola				

$V_c$  – obvodová řezná rychlost [m.s<sup>-1</sup>]

$f$  – posuv [m.min<sup>-1</sup>]

$a_p$  – hloubka třísky [mm]

$i$  – počet záběrů [-]

## 9. Závěr

Tato bakalářská práce měla několik dílčích cílů. Shrnutí problematiky technologie žárových nástřiků a vysokorychlostního nástřiku HVOF, který patří mezi žárové nástřiky při kterých je k natavení přídavného materiálu použita tepelná energie (plamen). Dále souhrn problematiky broušení a broušení vysoce odolných materiálů. Následné použití získaných informací k analýze součástí a volbě stroje, nástrojů a řezných podmínek pro zadané součásti, které jsou představiteli žárově stříkaných dílů ve společnosti P-D Refractories CZ a.s.

Žárové nástřiky jsou považovány za technologii s dobrými vyhlídkami a to především díky jejich vynikajícím vlastnostem. Tato povrchová úprava například zvyšuje odolnost vůči mechanickému opotřebení, oxidaci a extrémně vysokým teplotám. Pomocí žárových nástřiků lze nanášet všechny běžné materiály, jako jsou například materiály na bázi kovů, slitin kovů, keramické bázi a materiály na bázi plastů.

Vysokorychlostní nástřik HVOF, který je použit na zadaných součástech, zaručuje zlepšení funkčních vlastností součástí a prodloužení jejich životnosti. Z použití tohoto nástřiku plynou úspory v porovnání s klasickými technologiemi povrchových úprav. HVOF nástřik nahrazuje neekologické metody povrchových úprav. Vyznačuje se mnoha vynikajícími vlastnostmi, jako jsou například vysoká hustota, vysoká adheze, optimální tvrdost povrchu, houževnatost, prospěšné zbytkové pnutí a vynikající odolnost vůči opotřebení a korozi. Další výhodou aplikace HVOF nástřiku je také možnost nanesení větší tloušťky povrchu než u ostatních metod žárového nástřiku. HVOF nástřiky umožňují použití velké škály dokončovacích operací, které jsou podmínkou pro zadané součásti, kvůli dosažení požadované drsnosti povrchu.

V této práci je jako dokončovací metoda ploch použito broušení. Na zadaných součástech je nanesen vysokorychlostní nástřik HVOF o složení 86WC 10Co 4Cr. Pro broušení těchto nástřiků se používají diamantové kotouče s pryskyřicovým pojivem. Broušení HVOF nástřiku vykazuje výrazné zlepšení povrchových vlastností povlaku, tudíž je v tomto případě zlepšována nejen drsnost povrchu, ale také povrchové vlastnosti jako je například tvrdost povrchu, odolnost vůči otěru a erozivní odolnost.

Technické požadavky na broušení těchto povrchů jsou poměrně vysoké. Brusky musí být schopny udržovat konstantní rychlosti z toho důvodu, aby se zabránilo degradaci povrchu. Při broušení HVOF nástřiku musí být použita řezná kapalina a základem je vhodné zvolení řezných podmínek.

Dle všech těchto poznatků je v práci zvolena vhodná technologie broušení pro zadané díly, která spočívá v návrhu stroje a řezné kapaliny. Dále pro každou součást zvlášť volby nástrojů, jejich



parametrů a řezných podmínek, popřípadě přípravků potřebných k upnutí součásti. Tato technologie počítá se vstupní investicí na pořízení strojů a nástrojů, která v tomto případě nebude zanedbatelná. I přes to, bude vklad do nové technologie určitě rentabilní zejména z důvodu udržení konkurenceschopnosti díky zavedení nových perspektivních technologií.

## 10. Použitá literatura

- [1] **P-D REFRACTORIES a. s.** *O nás.* [Online] [Citace: 26. květen 2015] <http://www.pd-refractories.cz/>.
- [2] **P-D REFRACTORIES a. s.** *PD Refractories. Historie.* [Online] [Citace: 13. červen 2015] <http://www.pd-refractories.cz/historie>.
- [3] **ŠILBERG, R.** *Optimalizace parametrů nástřiku elektrickým obloukem.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2008. 76 s.
- [4] **KOUDELKA, T.** *Aplikace žárového nástřiku na spalovací motor automobilu.* Pardubice : Univerzita Pardubice, 2009. 58 s.
- [5] **WHAT IS THERMAL SPRAY?.** *About Thermal Spray.* [Online] [Citace: 28. duben 2015] [http://www.fst.nl/upload/documents/PDF%20for%20download/FST-poster-2014\\_web.pdf](http://www.fst.nl/upload/documents/PDF%20for%20download/FST-poster-2014_web.pdf).
- [6] **PRATNEROVÁ, M.** *Technologie žárových nástřiků.* © Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o. - webmaster. [Online] [Citace: 14. duben 2015] <http://www.vzuplzen.cz/zarove-nastriky/technologie.php>.
- [7] **MURTHY, J.K.N., RAO, D.S. a VENKATARAMAN, B.** *Effect of grinding on the erosion behaviour of a WC-Co-Cr coating deposited by HVOF and detonation gun spray processes.* [Online] 8. květen 2001. [Citace: 30. 4 2015.] 249 (2001) 592–600, 9 s.
- [8] **SERVIS ARMATUR.** *Vysokorychlostní nástřik HVOF (High Velocity Oxy-Fuel).* [Online] Servis Armatur spol. s r. o., [2012]. [Citace: 26. květen 2015.] <http://www.servisarmatur.cz/index.php?page=high-velocity-spray>.
- [9] **HUMÁR, A.** *Technologie I - Technologie obrábění - Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT v Brně, FSI - Ústav strojírenské technologie - studijní opory.* [Online] [Citace: 21. duben 2015.] [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci\\_a\\_nekonvencni\\_metody\\_obrabeni/TI\\_TO-3.cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/Dokoncovaci_a_nekonvencni_metody_obrabeni/TI_TO-3.cast.pdf).
- [10] **MÁDL, J., KAFKA, J., VRABEC, M., DVOŘÁK, R.** *Technologie obrábění 3. díl.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 2007. 978-80-01-03752-2. 81 s.
- [11] **MANGL, P.** *Optimalizace parametrů broušení slinutých karbidů diamantovými kotouči.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2009. 55 s.
- [12] **HOLEŠOVSKÝ, F.** *STO - Speciální technologie obrábění. Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie.* [Online] 26. květen 2015. [Citace: 26. květen 2015.] <http://utopm.fsid.cvut.cz/?udaj=predmet&id=C41068>.
- [13] **URDIAMANT, s.r.o.** *Brousící kotouče z diamantu a kubického nitridu boru.* URDIAMANT, s.r.o. Šumperk. [Online] srpen 2007. [Citace: 21. duben 2015.] <http://www.urdiamant.cz/wpimages/other/doc2/BK.pdf>. 81 s.
- [14] **ATLANTIC.** *Brousící kotouče a segmenty. ATLANTIC Premium customed grinding systems.* [Online] [Citace: 21.. duben 2015.] [http://www.atlantic-schleifscheiben.de/fileadmin/redaktion/bilder/downloads/broschueren/czech/Grinding\\_wheels\\_Czech\\_03.pdf](http://www.atlantic-schleifscheiben.de/fileadmin/redaktion/bilder/downloads/broschueren/czech/Grinding_wheels_Czech_03.pdf).

- [15] **MAITI, A.K., MUKHOPADHYAY, N. a RAMAN, R.** *Improving the Wear Behavior of WC-CoCr-based HVOF Coating by Surface Grinding.* [Online] 26. prosinec 2009. [Citace: 20. duben 2015.] (2009) 18:1060–1066. 7 s.
- [16] **SARTWELL, B. D., KEITH, O. L., SCHELL J., SAUER, J., NATISHAN, P., DULL, D., FALKOWSKI, J., BRETZ, P., DEVEREAUX, J., EDWARDS, C., PARKER, D.** *Validation of HVOF WC/Co Thermal Spray Coating as a Replacement for Hard Chrome Plating on Aircraft Landing Gear.* [Online] 2004. březen 2004. [Citace: 20. duben 2015.] NRL/MR/6170--04-8762. 285 s.
- [17] **FST FLAME SPRAY TECHNOLOGIES.** *Thermal Spray Powders.* [Online] [Citace: 10. červen 2015.] <http://www.fst.nl/upload/documents/PDF%20for%20download/FST-Powders-2015-72dpi.pdf>. 34 s.
- [18] **GER GRINDING SOLUTIONS SINCE 1952.** *Rovinné brusky, malé.* [Online] [Citace: 8. červen 2015.] <http://www.germh.com/SCAche.html>.
- [19] **EDM TRADE s.r.o.** *Rovinné brusky GER.* [Online] [Citace: 8. červen 2015.] [http://www.edmtrade.cz/admin/upload/files/r4884-2010-03-15-20-07-32-Brusky\\_SC-SCA\\_Czech\\_New.pdf](http://www.edmtrade.cz/admin/upload/files/r4884-2010-03-15-20-07-32-Brusky_SC-SCA_Czech_New.pdf).
- [20] **SAPTEC** OPTIMALIZACE PROCESNÍCH KAPALIN. *Řezné kapaliny.* [Online] 2014. [Citace: 8. červen 2015.] [http://www.saptec.cz/rezne\\_kapaliny.php](http://www.saptec.cz/rezne_kapaliny.php).
- [21] **JIRKA & SPOL.** *Digitální drsnoměry.* [Online] SolarisMedia.net. [Citace: 12. červen 2015.] <http://www.jirkaspol.cz/digitalni-prenosny-drsnomer-art-100.html>.

# 11. Seznam obrázků

Obr. 1 Rozdělení termických nástřiků .....	11
Obr. 2 Princip vytváření žárového nástřiku [5] .....	11
Obr. 3 Schéma procesu vytváření žárových nástřiků [4, 13].....	12
Obr. 4 Nanášení HVOF nástřiku [3, 21] .....	13
Obr. 5 Princip vytváření HVOF nástřiku [5] .....	14
Obr. 6 Příklady broušení brusnými kotouči [10, 13] .....	16
Obr. 7 Schéma základních prvků při rovinném broušení [10, 13].....	17
Obr. 8 Rozdělení brousících materiálů.....	18
Obr. 9 Příklad značení diamantového kotouče URDIAMANT [13, 21] .....	20
Obr. 10 Rovinná plocha určená k broušení na součásti č. 1 .....	25
Obr. 11 Tvarová plocha určená k broušení na součásti č. 2.....	25
Obr. 12 Tvarová plocha určená k broušení na součásti č. 3.....	26
Obr. 13 Rovinná bruska od společnosti GER [18] .....	27
Obr. 14 Základní parametry rovinné brusky GER SC-SCA 60/40 [18] .....	28
Obr. 15 Drsnoměr ART-100 [21] .....	30
Obr. 16 Tvar diamantového kotouče pro součást č. 1 [13, 48].....	31
Obr. 17 Plocha určená k broušení na součásti č. 1 .....	32
Obr. 18 Tvar diamantového kotouče pro součást č. 2 [13, 57].....	33
Obr. 19 Plocha určená k broušení na součásti č. 2 .....	35
Obr. 20 Skica přípravku pro broušení součásti č. 2.....	35
Obr. 21 Tvar diamantového kotouče pro součást č. 3 [13, 57].....	37
Obr. 22 broušená plocha na součásti č. 3 .....	38
Obr. 23 Skica přípravku pro broušení součásti č. 3.....	39

## 12. Seznam tabulek

Tab. 1 Orientační parametry HVOF nástřiku [8] .....	15
Tab. 2 Porovnání vlastností vybraných druhů zrna a pojiva brousících kotoučů [12] .....	18
Tab. 3 Drsnosti povrchů dosažitelné diamantovými brusnými kotouči [16, 242] .....	24
Tab. 4 Požadavky na broušené plochy součástí 1-3 .....	26
Tab. 5 Technické parametry rovinné brusky GER SCA 60/40 [18] .....	29
Tab. 6 Materiál brusného kotouče pro součást č. 1 .....	30
Tab. 7 Rozměry brusného kotouče pro součást č. 1 .....	31
Tab. 8 Bodový technologický postup pro součást č. 1 .....	32
Tab. 9 Materiál brusného kotouče pro součást č. 2 .....	33
Tab. 10 Rozměry brusného kotouče pro součást č. 2 .....	34
Tab. 11 Bodový technologický postup pro součást č. 2 .....	36
Tab. 12 Materiál brusného kotouče pro součást č. 3 .....	36
Tab. 13 Rozměry brusného kotouče pro součást č. 3 .....	37
Tab. 14 Řezné podmínky pro součást č. 3 .....	39

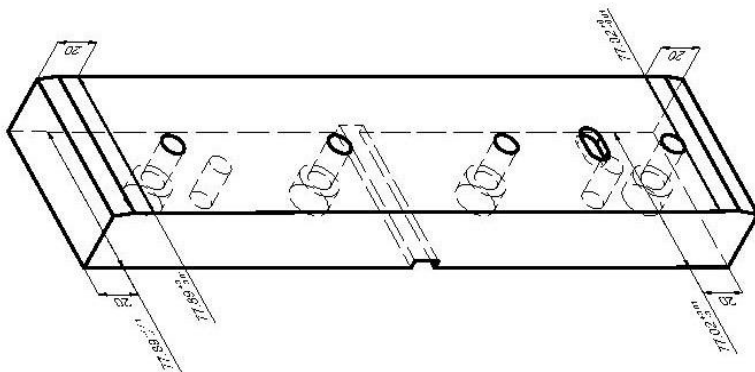
## 13. Seznam příloh

Příloha č. 1 Výkres součásti č. 1 (F-2500-002-1) .....	47
Příloha č. 2 Výkres součásti č. 2 (F-2500-002-2) .....	48
Příloha č. 3 Výkres součásti č. 3 (F-2500-003).....	49
Příloha č. 4 Skica přípravku k upnutí součásti č. 2 (2015-01).....	50
Příloha č. 5 Skica přípravku k upnutí součásti č. 3 (2015-02).....	51

3.2/ (M)

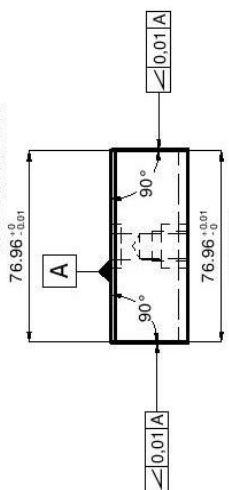
# Příloha č. 1

KONTROLNÍ ROZMĚRY

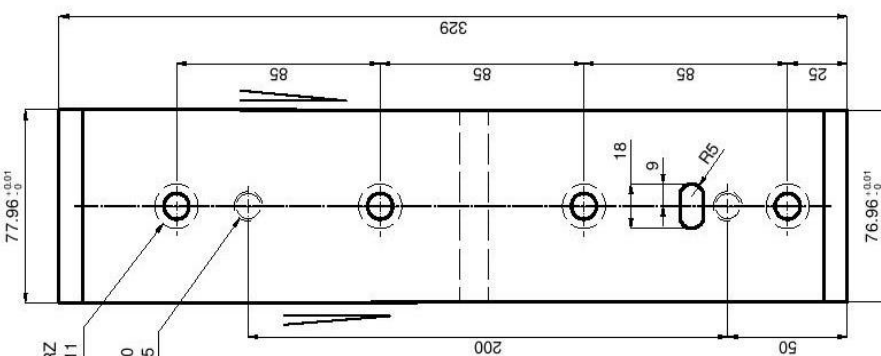


VÝROBNÍ POSTUP		POZN
č.op	Popis	
60	NÁSTRÍK	+ 0,4 mm
70	BROUSIT TVAROVĚ	NA HOTOVO NÁSTRÍK MAX - 0,05 mm
80	KONTROLA	

SPODEK ZÁLOŽKY

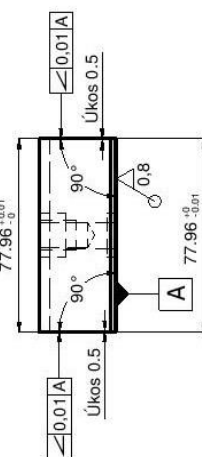


Ø10.5 SKRZ  
└┘ Ø18 ▽ 11  
Ø10.25-20  
M12x1.75 - 15



Brousit max. 0,05mm  
Brousit 0,15mm na rozměr  
0° 5' 13"

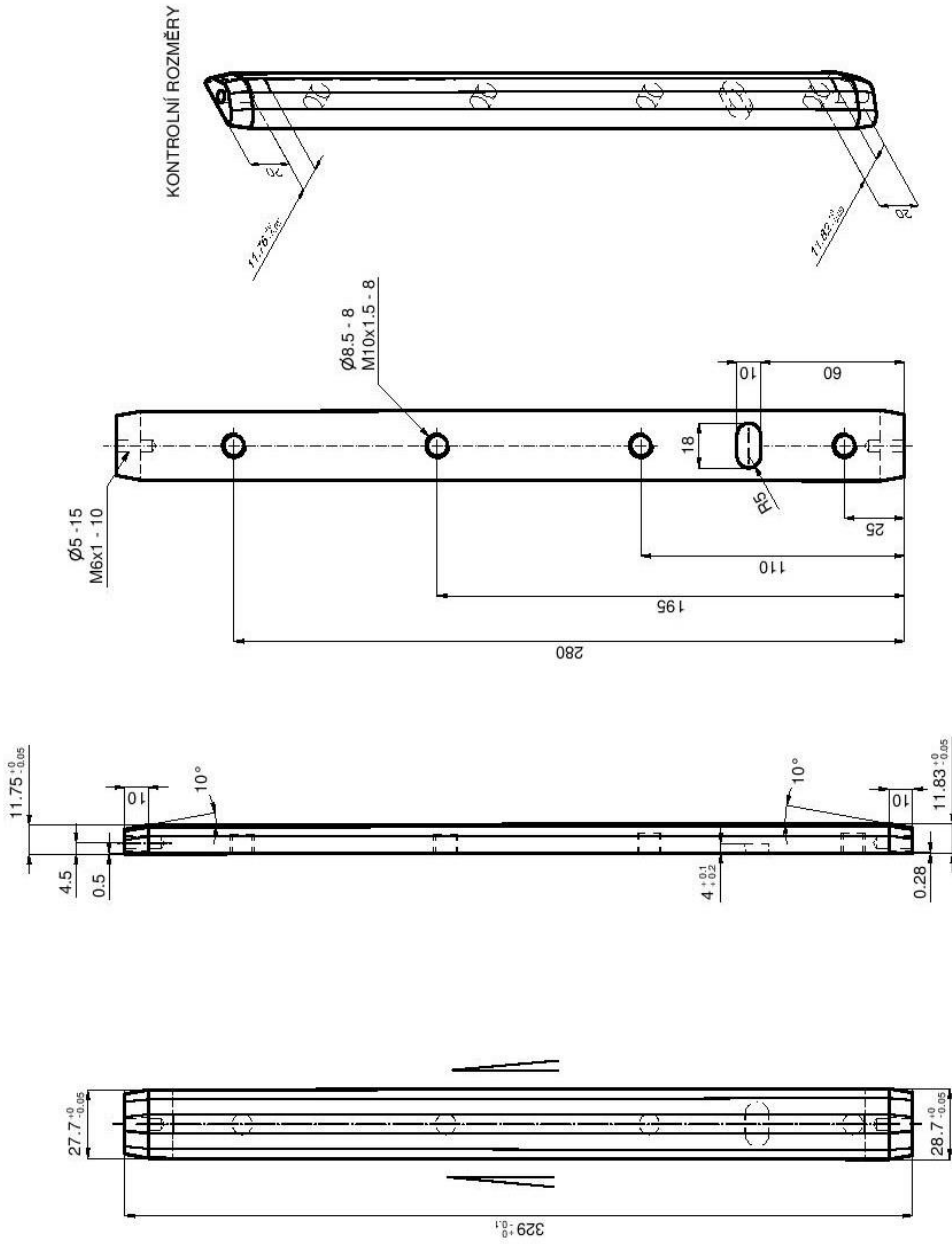
VRCH ZÁLOŽKY



7	Název - Rozměr	35 x 65 - 335	Polotovar	Mat. vých.	7.8	Číslo výkresu	F-2500-002	2.1	Poz.
Poznámka: POZ. DCSI 3/55K		TOOLOX44		Mat. vých.		Číslo výkresu		7.8	
Měřítko	Kreslí	MIFKOVÁ	Promítání	Datum		Index změny		a	
1:2	Prozradil	HORAČEK	1:2	Datum		Index změny		b	
	Norm. ref.	SYNEK	1:2	Datum		Index změny		c	
	Schwälli		1:2	Datum		Index změny		d	
Dne		10.6.2014	Datum		Index změny		e		
P-D Refractories CZ		Typ: SGP 800	Stary výkres:		Index změny		e		
Název		DESKA ZÁLOŽKY	Číslo výkresu:		Index změny		e		
			F-2500-002-1		Index změny		e		
			REVIZE		Index změny		e		
			B		Index změny		e		

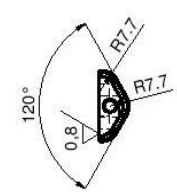
Příloha č. 2

VÝROBNÍ POSTUP		POZN
č.op	Popis	
80	NÁSTRŽÍK	+ 0,4 mm
90	BROUSIT TVAROVĚ	NA HOTOVO
100	LEŠTIT	FUNKČNÍ PLOCHA
110	KONTROLA	



KONTROLNÍ ROZMĚRY

8	Ks.	Název - Rozměr	25 x 40 - 335	Mat. kon.	Mat. vých.	2,6	2,6	F-2500-002	2,2
Poznámka:		POZ. DGS1 3,5SK	Polotovár					Číslo výkresu	Poz.
Měřičko	Kreslí	MIFKOVÁ	Promítání						
	Prozkoušel	HORAČEK							
1:2	Norm. ref.	SYNEK							
	Schválil								
P-D Refractories CZ		Typ: SGP 800	Dne	10.6.2014					
Název		TVAROVÝ KUS		F-2500-002-2		Revize		B	

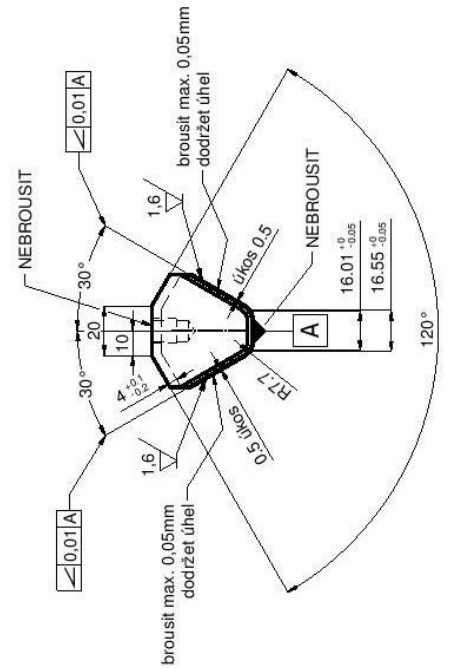
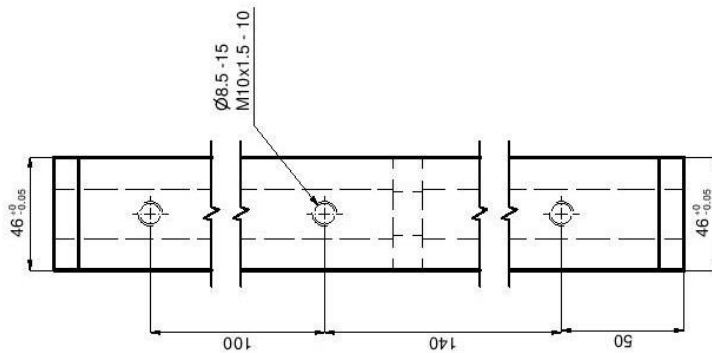
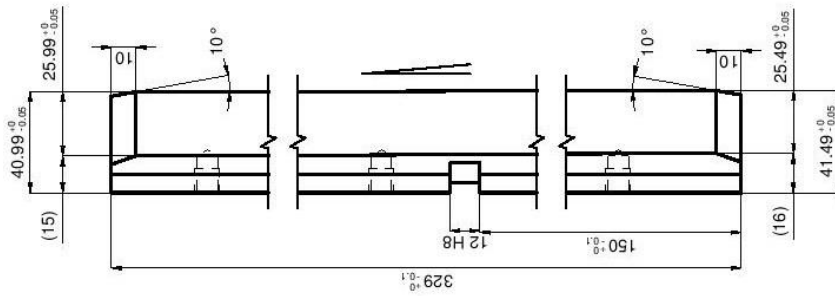
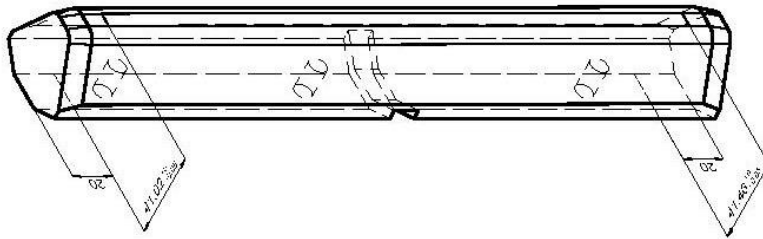




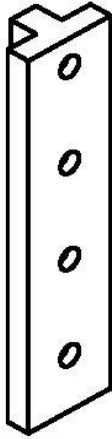
Příloha č. 3

VÝROBNÍ POSTUP		
č.op	Popis	POZN
80	NÁSTRÍK	+ 0,4 mm
90	BROUSIT TVAROVÉ	NA HOTOVO
100	LEŠTIT	FUNKČNÍ PLOCHA
110	KONTROLA	

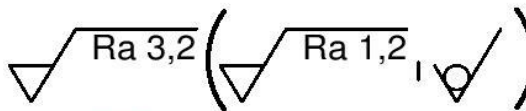
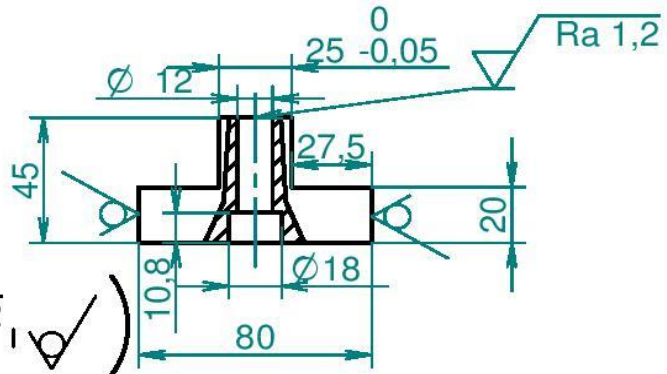
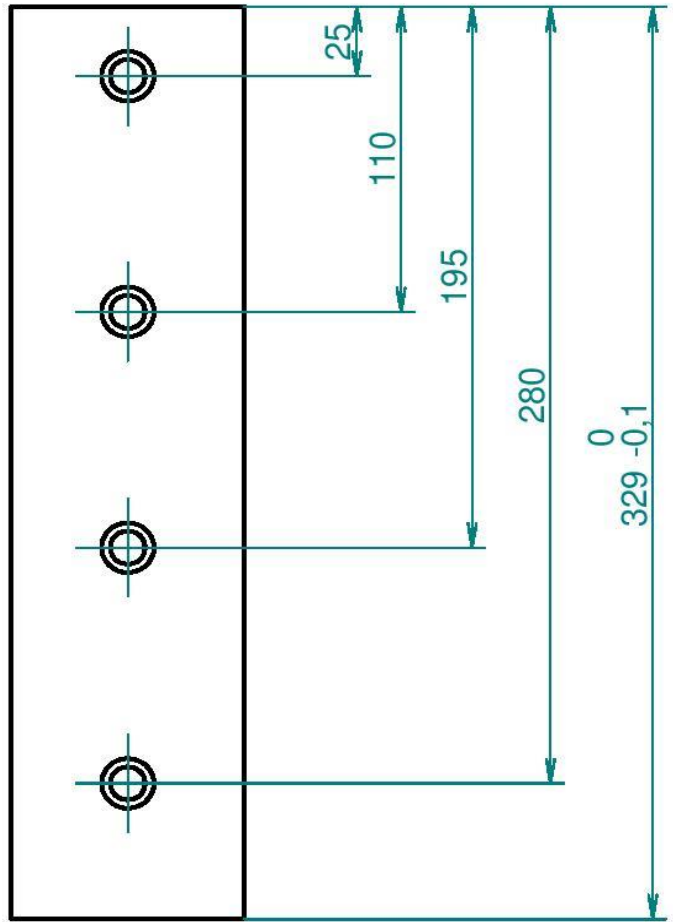
KONTROLNÍ ROZMĚRY



7	Název - Rozměr	55 x 55 - 395	Polotovár	Mat. kon.	Mat. vých.	Odp.	litr. hm.	7.9	F-2500-000	3	Číslo výkresu	Reviz
Ks.		Položovar		Mat. vých.		Odp.		litr. hm.		Číslo výkresu		Reviz
Poznámká: DGS1 3/55K		Měřičko		Měřičko		Měřičko		Měřičko		Měřičko		Reviz
Měřičko		Měřičko		Měřičko		Měřičko		Měřičko		Měřičko		Reviz
Kreslil		MIFKOVÁ		MIFKOVÁ		MIFKOVÁ		MIFKOVÁ		MIFKOVÁ		Reviz
Přezkoušel		HORÁČEK		HORÁČEK		HORÁČEK		HORÁČEK		HORÁČEK		Reviz
Norm. ref.		SYNEK		SYNEK		SYNEK		SYNEK		SYNEK		Reviz
Schválil		Dne 11.6.2014		Dne 11.6.2014		Dne 11.6.2014		Dne 11.6.2014		Dne 11.6.2014		Reviz
1:2		Typ: SGP 800		Typ: SGP 800		Typ: SGP 800		Typ: SGP 800		Typ: SGP 800		Reviz
P-D Refractories CZ		Název		Název		Název		Název		Název		Reviz
ZÁLOŽKA 2		F-2500-003		F-2500-003		F-2500-003		F-2500-003		F-2500-003		Reviz
B		B		B		B		B		B		Reviz



M (1:5)



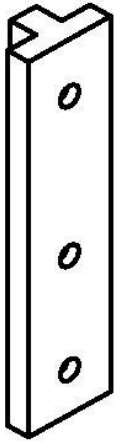
MATERIAL: 11 500									
POLOTOVAR: ČSN 42 5522.11 □ 80X50									
PROMĪTAN: [ISO E]									
TOLEROVANI PODLE ISO 8015: Ne									
PRESNOST ISO 2768 - mK									
	Podpis	Datum	Podpis	Datum		INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS
NAVRHL	Klára Ivanišová	12.06.2015	STATIK						
KRESLIL	Klára Ivanišová	12.06.2015	NORM. REF.						
SKUPINAR			PREZK.						
TECHNOL.			SCHVALIL						
					MERITKO 1:2				

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

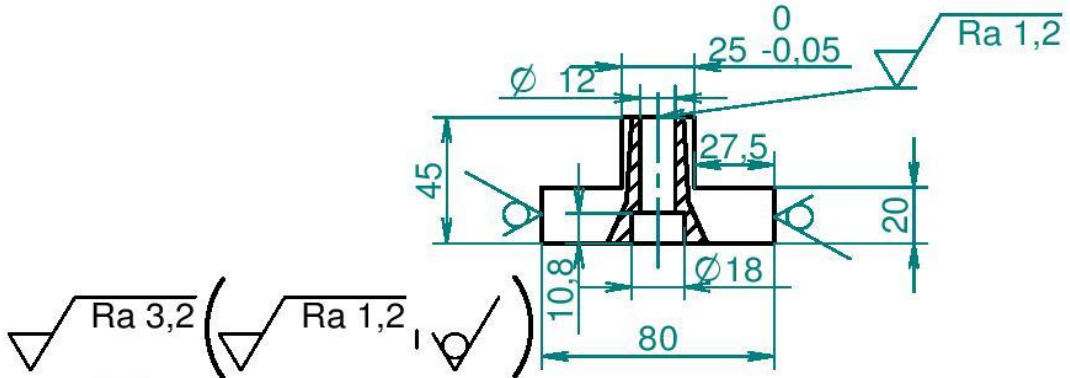
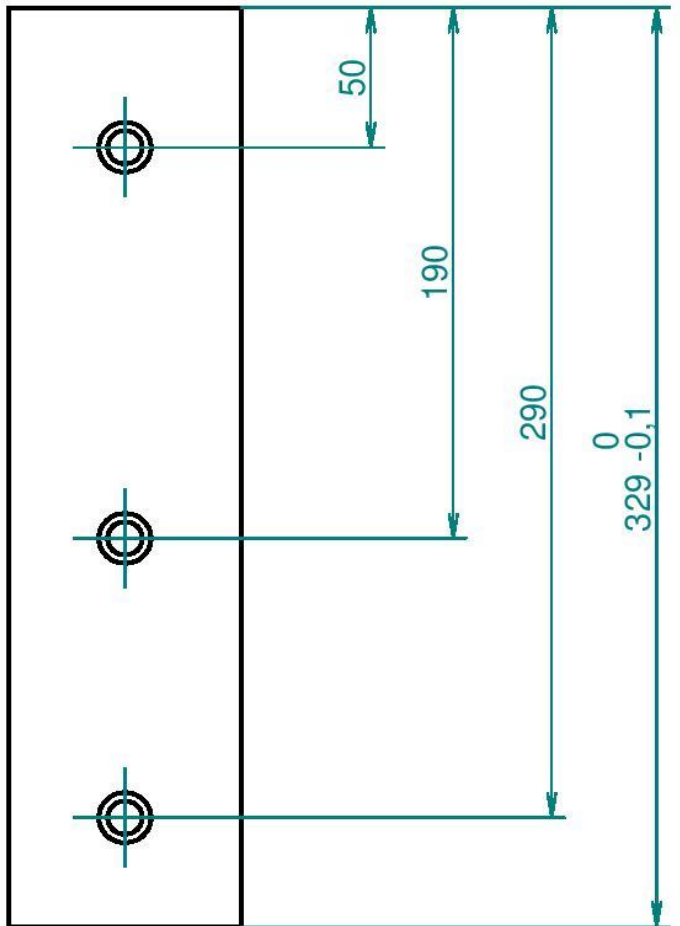
FAKULTA STROJNÍ

Přípravek pro součást č. 2

2015 - 01



M (1:5)



MATERIAL: 11 500		POLOTOVAR: ČSN 42 5522.11 □ 80X50		PROMITANI:  [ISO E]		TOLEROVANI PODLE ISO 8015: Ne		PRESNOST ISO 2768 - mK		INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS
NAVRHL	Klára Ivanišová	12.06.2015	STATIK			HMOTNOST	MERITKO 1:2						
KRESLIL	Klára Ivanišová	12.06.2015	NORM. REF.			MIKROFILM	C. SVITKU						
SKUPINAR			PREZK.			SESTAVA	KUSOVNIK						
TECHNOL.			SCHVALIL			STARÝ V.							

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**FAKULTA STROJNÍ**

Přípravek pro součást č. 3

2015 - 02