

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

**Montáž honovacího automatu**

**Assembling Honing Machine**

**Student:**

**Jiří Bílek**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

**Ostrava 2017**

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Bílek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Montáž honovacího automatu  
Assembling Honing Machine**  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Problematika honování.
3. Návrh technologie montáže vybraného stroje.
4. Diskuse navržené technologie.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

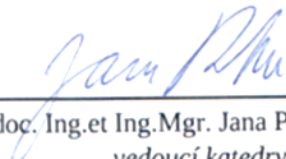
- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [3] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] DUŠÁK, K. *Technologie montáže. Základy*. 1. vyd. Liberec : Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2005. 116 s. ISBN 80-7083-906-6.
- [4] HOFMANN, P. *Technologie montáže*. 1. vyd. Plzeň : Západočeská univerzita, 1997. 90 s. ISBN 80-7082-382-8.


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 že jsem uvedl všechny použité podklady a všechnu použitou literaturu.

V Ostravě 15.5.2014



podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že se na moji bakalářskou práci 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. Současně 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.
- Dále 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 Ostravě: 15.5.2014.....



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Bílek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Studená Loučka 42, 789 85 Mohelnice

## **Anotace bakalářské práce**

Bílek, J. Montáž honovacího automatu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2017, 43 str. Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Bakalářská práce je zaměřená na montáž honovacího automatu pro firmu Poneco Poděbrady s. r. o. V první části práce je pojednáváno o metodě honování, superfinišování a jejich srovnání. Jsou zde popsány základní znaky a základní rozdíl mezi metodami. V druhé části práce je popsána samotná kompletace honovacího automatu a zhodnocení dosaženého výsledku.

### **Klíčová slova**

Honování, superfinišování, montáž, honovací automat

### **Annotation**

Bílek, J. Honing machine assembly: bachelor thesis. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2017, 43 str. Lecturer: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

The bachelor thesis is focused on the assembly of the honing machine for Poneco Poděbrady s. r. o. The first part of the thesis deals with the method of honing, superfinishing and their comparison. Here are the basic features and the basic difference between the methods. The second part of the thesis describes the assembly of the honing machine itself and the evaluation of the achieved result.

### **Keywords**

Honing, superfinishing, assembly, Honing machine

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. a panu Ing. Jaroslavu Hofmanovi, vedoucím mé bakalářské práce, za odborné vedení a cenné rady, které mi pomohly, při zpracování této bakalářské práce.

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Úvod .....                                      | 9  |
| I. TEORETICKÁ ČÁST .....                        | 10 |
| 1. O firmě .....                                | 11 |
| 2. Honování.....                                | 12 |
| 2.1. Historie honování.....                     | 12 |
| 2.2. Výhody honování .....                      | 14 |
| 2.3. Použití honování .....                     | 15 |
| 2.4. Rozsahy délek a přesnost honování .....    | 15 |
| 2.5. Jakost povrchu .....                       | 16 |
| 2.6. Znaký honování .....                       | 16 |
| 2.7. Brusivo pro výrobu honovacích kamenů ..... | 18 |
| 2.8. Pojiva honovacích nástrojů .....           | 19 |
| 2.9. Tvary a rozměry honovacích kamenů .....    | 19 |
| 2.10. Honovací stroje.....                      | 21 |
| 2.11. Řezné kapaliny .....                      | 22 |
| 2.12. Příprava na honování .....                | 23 |
| 3. Superfinišování .....                        | 25 |
| 3.1. Jakost povrchu .....                       | 25 |
| 4. Porovnání honování a superfinišování .....   | 26 |
| II. Praktická část.....                         | 27 |
| 5. Montáž .....                                 | 28 |
| 5.1. Kompletace podstavce .....                 | 28 |
| 5.2. Kompletace svislého suportu .....          | 28 |
| 5.3. Kompletace vřeten.....                     | 29 |
| 5.4. Kompletace pracovní dráhy .....            | 30 |
| 5.5. Kompletace vyklápěče .....                 | 31 |
| 5.6. Kompletace vyhazovače .....                | 32 |
| 5.7. Kompletace suportu honovací hlavy .....    | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 5.8. Montáž krytování honovacího stroje ..... | 38 |
| 5.9. Pneumatika, chlazení a mazání .....      | 38 |
| 6. Technicko - ekonomické zhodnocení .....    | 40 |
| Závěr .....                                   | 41 |
| Seznam obrázků .....                          | 42 |
| Seznam použité literatury .....               | 43 |



# Úvod

Při výběru tématu bakalářské práce jsem vycházel ze svého dlouhodobějšího zájmu o tuto problematiku. Ve svém volném čase se aktivně zabývám montáží průmyslových strojů. Proto jsem se rozhodl své dosavadní zkušenosti uplatnit v této odborné práci.

Cílem této práce je seznámit čtenáře se dvěma dokončovacími metodami obrábění. První z těchto metod je honování, druhou superfinišování. Následně jsou obě tyto metody srovnávány. Hlavním úkolem této práce je sestavení montážního postupu honovacího automatu, který slouží k usnadnění a ke zpřehlednění montáže sestav honovacího stroje.

V první kapitole seznamuji s firmou Poneco Poděbrady, se kterou v tomto směru spolupracuji. Druhá kapitola se zabývá problematikou honování. V třetí kapitole se zabývám metodou superfinišování. Ve čtvrté kapitole se zaměřuji na porovnání obou metod. V praktické části se zabývám samotnou montáží honovacího automatu. Tato část také pojednává o postupu montáže jednotlivých sestav. V poslední kapitole praktické části hodnotím navržený postup. Celou práci doplňuji obrázky a vlastními fotografiemi.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1. O firmě

Metoda honování se používá ve velké míře i při výrobě ložisek, kde hraje významnou roli. V dnešní době je zcela nemožné tuto metodu ve výrobním procesu vynechat, proto se výrobou a zdokonalováním honovacích strojů zabývá velké množství firem. Jednou z těchto firem je také firma Poneco Poděbrady s. r. o.

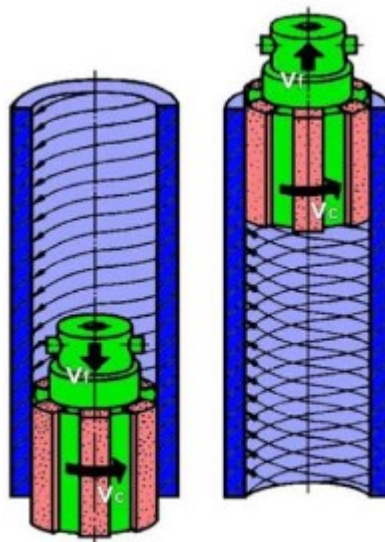
Firma Poneco Poděbrady s.r.o. byla založena v roce 1995. Společnost se zabývá průmyslovou organizací, konstrukcí a organizací jednoúčelových strojů, vytvářením projektů, návrhům řízení, dodávkám řídicích systémů, aplikací programového vybavení a dodávce a konfiguraci pohonů.<sup>[12]</sup>

Činnost je realizována v potravinářském, sklářském a strojírenském průmyslu. Firma také realizuje revize elektrických zařízení nízkého napětí strojů či linek průmyslových i domovních rozvodů.<sup>[12]</sup>

Firma Poneco Poděbrady s. r. o. je jinou firmou v ČR, která se zabývá výrobou honovacích automatů. Výrobou honovacích automatů začala v roce 2005.

## 2. Honování

Honování je broušení za malých rychlostí. Jedná se o dokončovací metodu, která je založená na principu abrazivního účinku. Úběr materiálu je uskutečňován brusivem honovacích kamenů, lišt nebo kartáčků upevněných na honovací hlavě. <sup>[1]</sup> Honovací kámen je přitlačován malou silou v rozmezí od 0,35 do 1,4 MPa. Při honování je vykonáván složený pohyb - rotace + přímočarý vratný pohyb (viz obrázek 1). <sup>[2]</sup>



Obrázek 1 - Pohyb při honování <sup>[5]</sup>

### 2.1. Historie honování

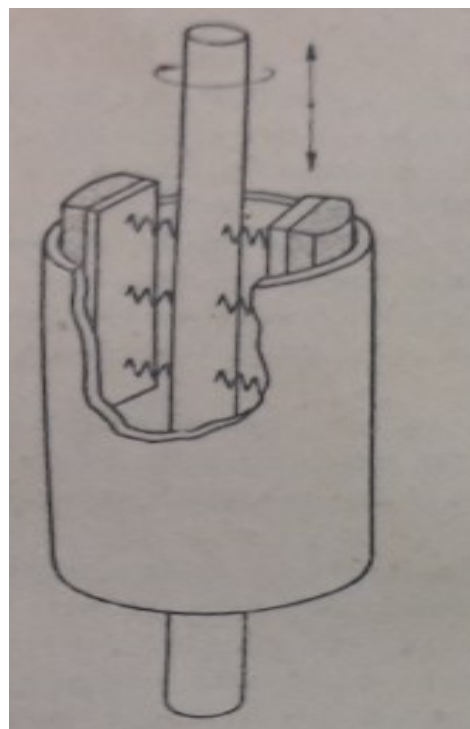
Technologický postup honování byl vypracován ve Francii po první světové válce při výrobě motorů do závodních automobilů. V roce 1920 byla licence těchto tehdy nejlepších motorů prodána do Spojených států amerických. S technologií putovala do Ameriky i celá výroba. Velký význam tohoto zcela nového dokončovacího pochodu byl v USA velmi rychle zpozorován. Další vývoj této technologie byl urychlen velkým rozvojem automobilového průmyslu. Již po několika letech se honování začalo vracet zpět do Evropy jako operace opírající se o nové zkušenosti. <sup>[3]</sup>

Dříve bylo honování výlučně dokončovací operací. Řadu let se jím pouze zlepšovala jakost povrchu děr, které byly předtím obrobeny na správný geometrický tvar a předepsaný rozměr. <sup>[3]</sup>

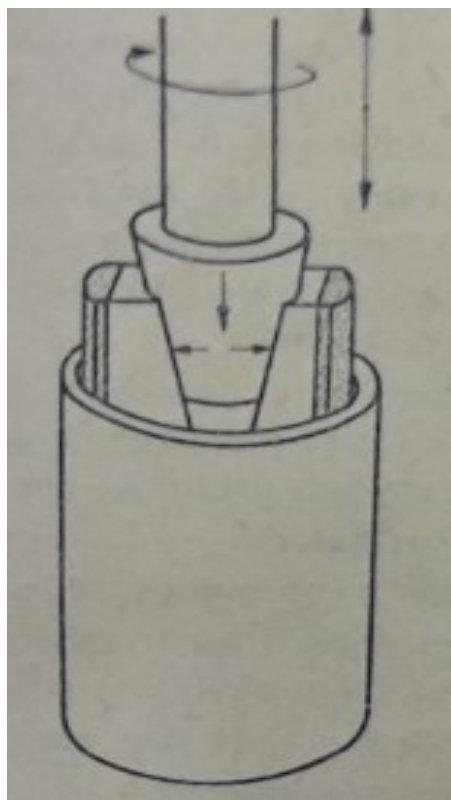
Další vývoj honování závisel především na stálém zdokonalování konstrukce honovacích nástrojů. Honovací nástroje jsou hlavice, které na svém obvodu nesou držáky

s brusnými (honovacími) kameny, které lze rozpínat jako stavěcí výstružníky. Kameny konají současně otáčivý a vratný přímočarý pohyb. Nejstarší konstrukce hlavic měla lišty s natmelenými odpruženými honovacími kameny, aby se mohly přizpůsobovat tvaru obráběné plochy (viz obrázek 2). Při použití tohoto způsobu se nemohla měnit geometrie otvorů, ani její rozměr.<sup>[3]</sup>

Pozdější princip konstrukce honovacích hlavic je naopak tuhý (viz obrázek 3). Těmito hlavicemi již lze postupně ubírat přídavek materiálu z obráběné plochy tak, aby se dosáhlo požadovaného geometrického tvaru a rozměru. Protože tato hlavice má řádné posuvové ústrojí, které lze ovládat ručně, nebo strojně. Honování se stalo několikaúčelovým pochodem. Znamená to, že se ubírá předepsaný přídavek, a zároveň se dosahuje předepsaného rozměru při vynikající jakosti obrobené plochy. Toho se dosahuje i u obrobků, které byly buď nepřesně obrobeny na hrubo, nebo které byly tepelným zpracováním zdeformovány.<sup>[3]</sup>



Obrázek 2 – Honovací nástroj s pružně uloženými kameny<sup>[3]</sup>



Obrázek 3 - Honovací nástroj  
tuhé konstrukce <sup>[3]</sup>

## 2.2. Výhody honování

Honování je několikrát rychlejší než broušení děr, neboť styková plocha honovacích kamenů a obráběné plochy je 150krát až 350krát větší. U honování je 2000krát až 36000 krát více řezných dotyků. Je zde větší počet honovacích kamenů. Počet těchto kamenů je závislý na průměru hlavice. Lze honovat větší počet obrobků nebo otvorů, vedlejší čas je krátký, neboť při výkyvném upnutí honovací hlavice není nutné obrobek přesně upínat a jeho upnutí kontrolovat. <sup>[3]</sup>

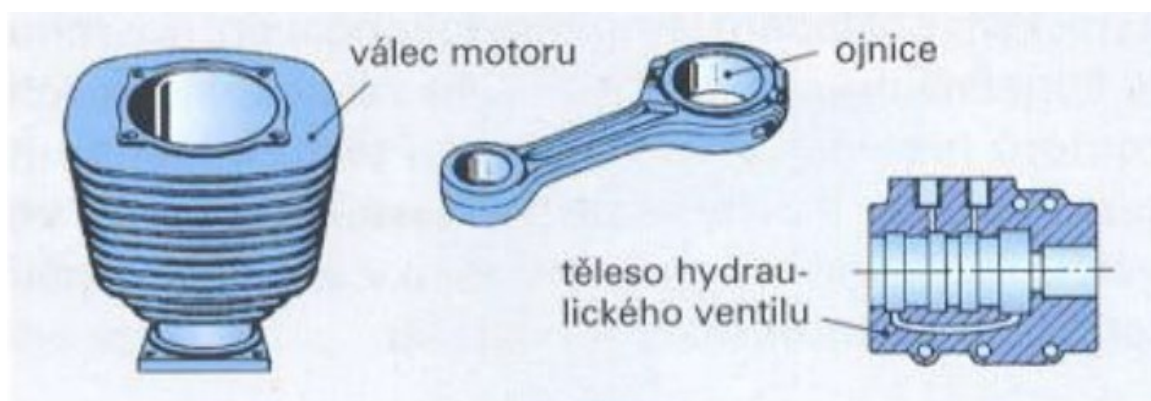
Při honování vzniká daleko méně tepla, protože při tak velkém množství řezných dotyků stačí jen malá řezná rychlost. Toto malé množství tepla nemá vliv na strukturu povrchové vrstvy obráběného materiálu. Naopak při broušení vzniká působením velkých řezných rychlostí velké množství tepla, v důsledku toho se mění povrchová struktura materiálu na úkor kluzných vlastností. <sup>[3]</sup>

Nevýhodou honování je, že jím nelze například opravit osu obráběné díry, byla-li díra v předchozí operaci umístěna nepřesně. <sup>[3]</sup>

### 2.3. Použití honování

Honovat lze všechny kovové i nekovové materiály. Nejlépe se honují obrobky z materiálů, které dávají krátké třísky, jako například obrobky u zušlechtěné oceli, kalené oceli, litiny, bronzu, mosazi, lehkých kovů, plastických kovů či skla. Plochy, které lze honovat, jsou převážně válcové, v nynější době se honují i plochy rovinné. Nejčastěji se honují válcové otvory, ale stále častěji se honování používá u vnějších válcových ploch. <sup>[3]</sup>

Obrobky mohou mít libovolný tvar, pokud je příslušná plocha válcová a pokud honovací kameny mohou délku honované plochy na obou stranách přesáhnout čtvrtinou až třetinou své délky. Můžeme honovat i neprůchozí díry, avšak na jejich koncích musí být přiměřené zápichy. Honovaná plocha může být s drážkami i otvory, ale honovací kameny musí být širší než drážka nebo otvor. <sup>[4]</sup> Honování je velmi rozšířené i při výrobě valivých ložisek, válců motorů, hydraulických a pneumatických válců i jiných (viz obrázek 4). <sup>[4]</sup>



Obrázek 4 – Příklady honovaných součástí <sup>[10]</sup>

### 2.4. Rozsahy délek a přesnost honování

Rozsah délek, které lze honovat, je značný a závislý především na druhu stroje. Svislé honovačky se staví s maximální délkou zdvihu 5200 mm na otvory do délky 5000 mm, vodorovné až do délky 25 mm. Spodní hranice délek honovacích ploch je omezena poměrem délky na průměru, který má rozhodující vliv na přesnost geometrického tvaru. Přesného tvaru se dosáhne, je-li tento poměr alespoň 2 : 1. Je-li výrobek kratší, popřípadě menší než průměr, dosahuje se přesného geometrického tvaru obtížněji. <sup>[3]</sup>

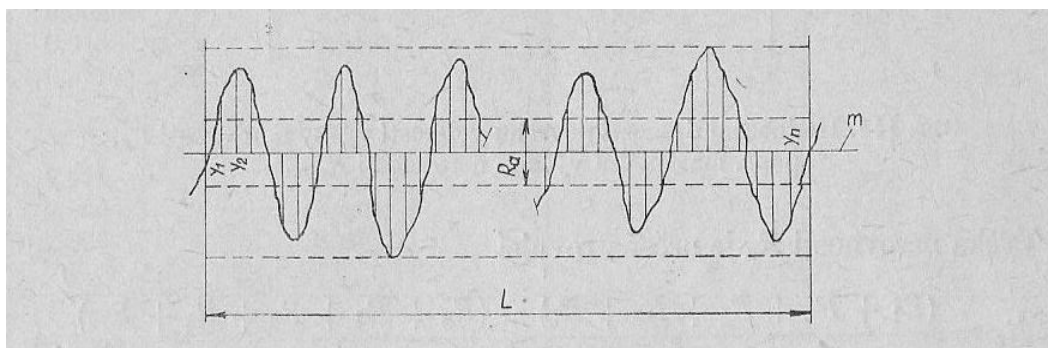
Honované průměry bývají obvykle v mezích 5 až 1500 mm. Hranici 5 mm lze v krajním případě překročit o 1 až 2 mm, protože při menších rozměrech by honovací nástroj již neměl takovou tuhost, jaká je pro dobrý výsledek nezbytná. [3]

## 2.5. Jakost povrchu

Charakteristickou vlastností honování je, kromě rychlého úběru materiálu při malém úbytku honovacích kamenů, především velká geometrická přesnost, jednotnost rozměrů udržovaných v úzkých tolerancích a vznikající jakost povrchu. [3]

Honováním lze dosáhnout přesného geometrického tvaru 2 až 5  $\mu\text{m}$ . Honovací hlavice je totiž v radiálním směru velmi tuhá, takže řezný tlak a tím související úběr třísek v místech menšího průměru vzrůstá. Takto se geometrický tvar křivých, oválných i kuželových povrchů stále více blíží přesnému válcovému povrchu. Nevyskytují se ani jiné nepříznivé vlivy, zejména chvění nebo úhyb nástroje. S větší přesností a jakostí obrobenej plochy klesá součinitel tření. Honováním lze dosáhnout velmi dobré drsnosti povrchu  $R_a = 0,4$  až  $0,025 \mu\text{m}$ . [3]

Na obrázku 5 je znázornění drsnosti.

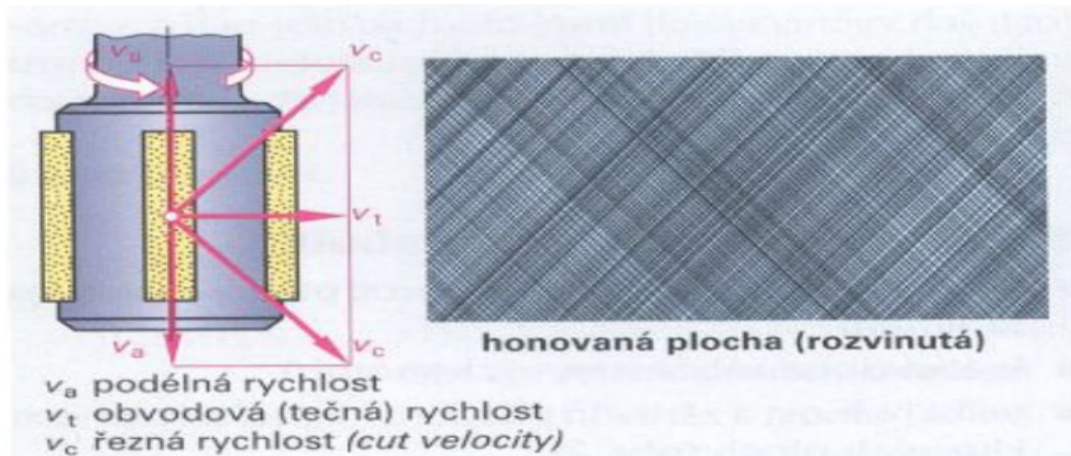


Obrázek 5 – Drsnost povrchu [6]

## 2.6. Znak honování

Honuje se většinou kameny pravoúhlého průřezu, které jsou uloženy v pravidelných roztečích na obvodu vnitřní honovací hlavice nebo v otvoru vnější honovací hlavice. Při vlastním honování jsou kameny vnitřní honovací hlavice tlačeny konstantním tlakem směrem do středu hlavice na honovanou plochu otvoru, naopak kameny vnější honovací hlavice směrem do středu hlavice na vnější válcovou plochu obrobku. [3]

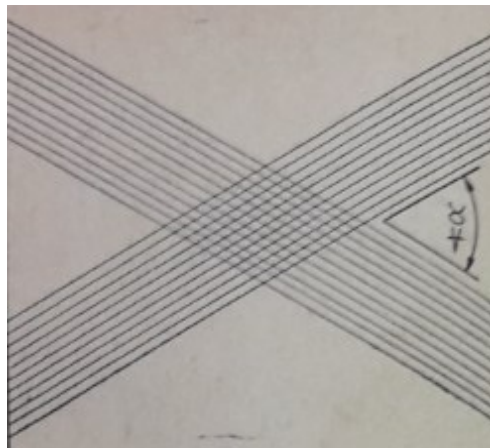




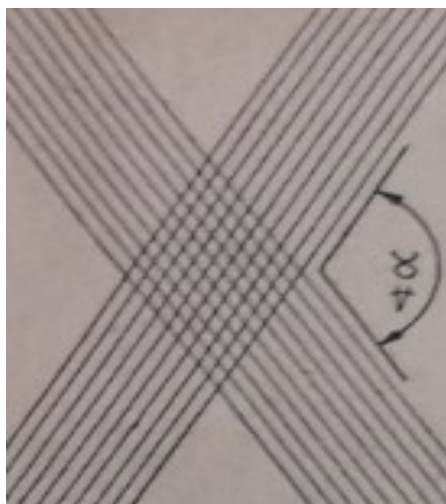
Obrázek 6 – Plocha po honování <sup>[10]</sup>

Honovací hlavice dostává současně kombinovaný pohyb otáčivý a přímočarý vratný, takže kameny vykonávají stopu šroubovice, přičemž vytvářejí charakteristický křížový výbrus (viz obrázek 6). Úběr třísek závisí na různých činitelích, z nichž nejdůležitější jsou materiál obrobku, druh brusiva, jeho zrnitost, vlastnosti pojiva a konstrukce honovací hlavice. Velikost, délka, rozsah rozpínajícího pohybu honovacích kamenů a způsob jejich uložení v honovací hlavici závisí na pracovním rozsahu stroje, druhu řezné kapaliny a řezných podmínkách. <sup>[3]</sup>

Následující Obrázek 7 a 8 popisuje charakteristický křížový výbrus.



Obrázek 7 – Křížové stopy po honování při pomalém pohybu <sup>[3]</sup>



Obrázek 8 – Křížové stopy při rychlém honování <sup>[3]</sup>

## 2.7. Brusivo pro výrobu honovacích kamenů

Honovací kameny se vyrábí ze tří druhů brusiv:

- a) z taveného oxidu hlinitého
- b) z karbidu křemíku
- c) z diamantu

Kromě toho se vyrábějí také honovací kameny grafitové, kterých se používá výhradně k leštění. Dále se používají kameny z taveného oxidu hlinitého, které jsou vhodné na honování obrobků z oceli o pevnosti větší než  $60 \text{ kp/mm}^2$ , z ocelí zušlechtěných, kalených a na součástky z tvrdého chromu. Kameny z karbidu křemíku volíme při honování ocelí o pevnosti menší než  $60 \text{ kp/mm}^2$ . Používá se i při honování litiny, bronzu, hliníku, slinutých karbidů, skla a podobně. Kamenů s diamantovou brusnou vrstvou používáme na slinuté karbidy zejména pro vytváření malých otvorů. <sup>[3]</sup>

Kromě druhu brusiva jsou pro posuzování jakosti povrchu honovacích kamenů důležité zrnitost brusiva, tvrdost kamenů, jejich struktura a druh pojiva. Zrnitost brusiva honovacích kamenů má na jakost honované plochy největší vliv. Volíme kameny o zrnitosti 100 až 600. Na hrubování se používá zrnitosti 100 až 200, na honování na čisto se užívá zrnitosti 220 až 600. Při honování lze dosáhnout s kamenem téže zrnitosti různé kvality povrchu, jestliže změníme buď poměr otáčivého pohybu hlavice k vratnému pohybu, nebo tlak na kameny. <sup>[3]</sup>

Tvrdost honovacího kamene závisí na druhu a množství pojiva. Je označena písmeny velké abecedy. Z tvrdostí používaných u brusných kotoučů se u honovacích kamenů vyskytují pouze stupně J, K, L, M, N. Tvrdost honovacího kamene je vhodná tehdy,

jestliže se otupená zrna brusiva působením tlaku sama vylomí. K všeobecnému pravidlu, že na tvrdý materiál patří měkký kámen, je třeba dodat, že příliš tvrdý kámen se rychle zanáší a naopak, ale příliš měkký kámen nemá ekonomickou trvanlivost. <sup>[3]</sup>

## 2.8. Pojiva honovacích nástrojů

Pojiva jsou vazné látky spojující brusivo v honovací kámen žádané tvrdosti, struktury, tvaru a rozměrů. Rozeznáváme tři druhy pojiva:

- a) Keramické
- b) s umělou pryskyřicí
- c) kovové pojivo

Ostatní pojiva obvyklá u jiných brusných nástrojů, zejména u kotoučů, se na honovací kameny nepoužívá. <sup>[3]</sup>

Keramické pojivo dává brusným nástrojům značnou tuhost a lze tak vyrábět nástroje s velkou pórovitostí. Odolávají dobře řezným kapalinám a jejich struktura se chemickými vlivy nemění. Z navlhčené a dobře promísené směsi brusiva a pojiva se lisují brusné nástroje, které se po vysušení vypalují v pecích až na teplotu kolem 1300 °C. Jako další pojivo používáme umělou pryskyřici, je to pojivo dávající brusným nástrojům velkou houževnatost. Směs brusiva a umělé pryskyřice se formuluje za tepla nebo za studena a pak se vypaluje v elektrických pecích. Kovová pojiva se používají jen při výrobě diamantových brusných nástrojů a honovacích lišt. Kovovým pojivem jsou zejména bronz a ocel, kterými se diamantové brusivo váže. <sup>[3]</sup>

## 2.9. Tvary a rozměry honovacích kamenů

Obvykle vyráběné honovací kameny jsou obdélníkového nebo čtvercového průřezu, začínajícího od rozměru 3x4 mm do rozměru 30x30 mm. Podle průřezu mají různé délky, a to od 63 mm do 400 mm (viz obrázek 9). <sup>[3]</sup>



Obrázek 9 – Kameny čtvercového a obdélníkového průřezu <sup>[8]</sup>

Kromě kamenů pravoúhlého průřezu pro honovací hlavice výstružnickového typu se vyrábí i segmentové kameny různých druhů (viz obrázek 10). Konstrukce segmentových kamenů se opírá o to, že přesného tvaru lze dosáhnout brusným válcem téže velikosti. Hlavice jsou konstruovány tak, aby úbytek bylo možno vyrovnávat rozpínáním. <sup>[3]</sup>



Obrázek 10 – Segmentové kameny <sup>[9]</sup>

Dvoujdílné brusné kameny jsou vhodné na malé díry. Obrobky se většinou drží v ruce. Pro honování větších děr se volí segmentové kameny, které mají větší stykovou plochu. Dosahuje se jimi velmi kvalitních povrchů, protože okrajová pásma kamenů působí jako dokončovací nástroj. <sup>[3]</sup>

Honovací kameny se značí podobně jako brusné kotouče (viz obrázek 11). Na obrázku je vyznačena jejich zrnitost, druh brusiva, tvrdost, struktura a druh pojiva. <sup>[3]</sup>



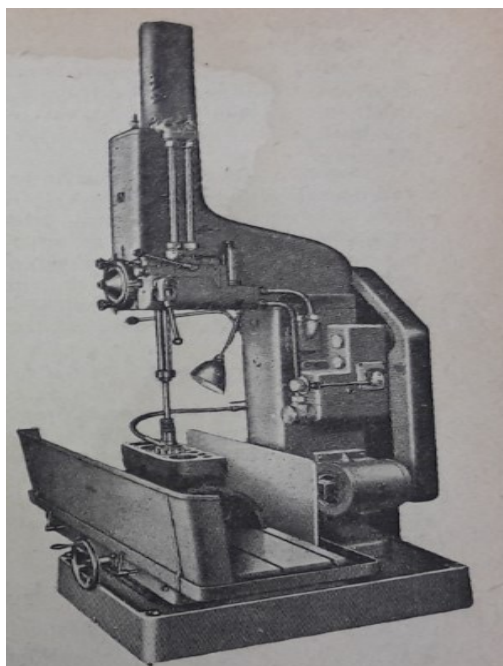
Obrázek 11 – Označení kamenů <sup>[11]</sup>

## 2.10. Honovací stroje

### Svislé honovací stroje

Jsou to nejrozšířenější stroje, a to z několika důvodů - při výkyvném způsobu zapojení se neprojevuje vychýlení hlavice z osy, zaujímají malou plochu a mají jednodušší upínání obrobků. U honovacích strojů se velmi brzy prosadil hydraulický pohon vratného pohybu vřetene, který umožnil klidný chod bez rázů v úvratích zdvihu. Někteří výrobci začali používat pro otáčivý pohyb také hydraulických pohonů. <sup>[3]</sup>

Na následujícím obrázku 12 je ukázka původní svislé honovačky.



Obrázek 12 – Svislá honovačka <sup>[3]</sup>

## Vodorovné honovací stroje

Tyto stroje se převážně používají na honování otvorů v dlouhých obrobkách a na vnější honování. Jsou však i malé vodorovné stroje, kde se obrobky buď drží v ruce, nebo se malé obrobky podávají nakládacím zařízením se zásobníkem. Držení v ruce se osvědčilo u tenkostěnných obrobků, které se často deformují. V hromadné výrobě však nemohou obstát, proto se plně automatizují. Při honování dlouhých otvorů nemá délka zdvihu překročit dvacetinásobek průměru. Překročí-li se však průměr 16 mm, pak není pro délku honovaného otvoru takřka žádné omezení. Vodorovné honovací stroje daleko přesahují pracovní rozsahy svislých strojů, a to až do délky 25 m. Stroje tohoto typu se staví jako jednovřetenové i několikavřetenové. Vodorovné honování je vhodné k honování dlouhých obrobků. <sup>[3]</sup>

Na následujícím obrázku 13 je ukázka původní vodorovné honovačky.



Obrázek 13 – Vodorovná honovačka <sup>[3]</sup>

## 2.11. Řezné kapaliny

Řezná kapalina je velmi důležitá. Musí jí být velké množství, musí mít vhodné složení a musí být čistá. Při tomto způsobu obrábění je potřeba mnohem větší množství kapaliny než při jiných způsobech obrábění. Proto mají honovací stroje na řeznou kapalinu čerpadla větších výkonů a účinné filtry. Honovací stroje jsou v dnešní době většinou zásobovány centrálním rozvodem řezné kapaliny. <sup>[3]</sup>

Řezné kapaliny musí zabránit ohřevu obrobku a tím vzniku pnutí, které má velmi špatný vliv na přesnost tvaru obrobku. Nejvíce jsou ohrožené tenkostěnné obrobky

nebo obrobky nepravidelných tvarů, které se za vyšších teplot mohou deformovat. Další funkcí řezné kapaliny je odplavování brusných zrn, třísek a různých nečistot. Znečištěná řezná kapalina je příčinou zanášení brusného kamene a tím zhoršuje úběr materiálu, zhoršují se tím i operační časy a klesá jakost povrchu. <sup>[3]</sup>

Při složení řezných kapalin se nejčastěji používá petrolej, směsi petroleje a emulzních olejů nebo petrolej a olejové kyseliny. Při volbě kapaliny se přihlíží k jejich viskozitě. Viskozita má vliv na úběr materiálu. Čím větší viskozita, tím je nižší úběr materiálu. Při velké viskozitě zůstává řezná kapalina mezi nástrojem a obrobkem jako izolační vložka. Kromě toho způsobuje i větší citlivost na řeznou rychlost. Rozdíl několika metrů obvodové rychlosti se může projevit velmi výrazně na výkonu stroje. Na litinu se obvykle volí petrolej nebo směs petroleje a strojního oleje 10 až 20 %, na ocelové trubky směs petroleje a oleinu, popřípadě olejové kyseliny. Na tvrdou ocel je vhodná směs petroleje a strojního oleje, na bronz stačí obyčejná voda. <sup>[3]</sup>

## 2.12. Příprava na honování

Obrobky určené k honování nepotřebují v podstatě žádné konstrukční úpravy. Největší přesnosti se nejnadhěji dosáhne u obrobků tuhé konstrukce se stejnoměrným průřezem, které mají výhodu stejnoměrného odvodu tepla. Lze honovat ve dvou operacích. Na předběžné honování se volí hrubší kameny, které rychleji ubírají materiál a méně zahřívají obrobek. <sup>[3]</sup>

Velmi důležité je i upnutí obrobku. Upínat obrobek by se mělo za stejných podmínek, za jakých pak budou obrobky montovány. Hrany obrobku by se měly lehce srazit, protože ostré hrany způsobují rychlejší úbytek honovacích kamenů. <sup>[3]</sup>

Jakost povrchu dosažená předchozí operací nemá vliv na jakost povrchu dosaženou honováním, ale má vliv na operační čas. Čím je povrch před honováním hladší, tím je operační čas kratší. Je-li operací před honováním broušení, musí se použít hrubšího kotouče a většího posuvu, neboť při obrábění kalené oceli je samoostření honovacích kamenů důležité. <sup>[3]</sup>

Velikost přídavku závisí na honovaném průměru, na způsobu předchozího obrábění a na druhu materiálu obrobku. Honováním lze ubírat přídavky až 0,5 mm, ale musí se volit přídavek co nejmenší. Přitom musí být dostatečný, aby se mohly odstranit všechny odchylky tvaru. Při stanovení velkých přídavků vzhledem k větším odchylkám geometrického tvaru je nutno uvážit, zda je honování skutečně nejvhodnější operací pro odstranění těchto odchylek. Honováním lze odchylky několika desetin milimetrů odstranit velmi rychle, u větších odchylek je někdy vhodnější obrobek obrousit a pak honovat. Větší

odchyly geometrických tvarů se odstraňují vhodnou volbou délky a polohy zdvihu, jakož i délky přeběhu honovacích kamenů v úvratích. <sup>[3]</sup>

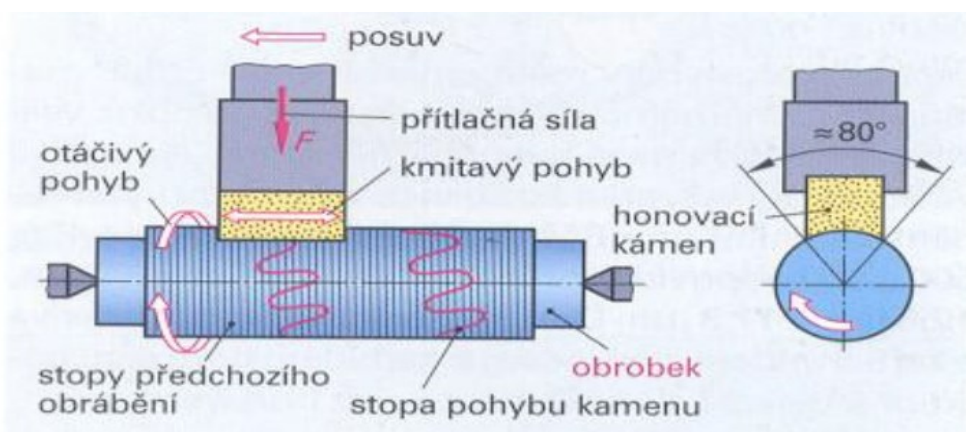
U kuželových otvorů se přemístí poloha zdvihu směrem k úzké straně, kde se přeběh zvětší až na polovinu délky kamene a na druhé straně se přeběh přiměřeně zkrátí. Je-li kuželovitost příliš velká, pak se musí úzká strana předběžně tzv. vyhonovat, aby oba konce měly stejný průměr. Pak se průměr dokončí obvyklým zdvihem. <sup>[3]</sup>



### 3. Superfinašování

Superfinašování je jemné broušení, nazývané také jako přehlazování. Tato metoda patří k dokončovacím metodám obrábění. Superfinašování se používá především k obrábění vnějších válcových ploch z kalené i měkké oceli, z litiny a neželezných kovů. Metoda se používá také pro díry a rovinné plochy. <sup>[13]</sup>

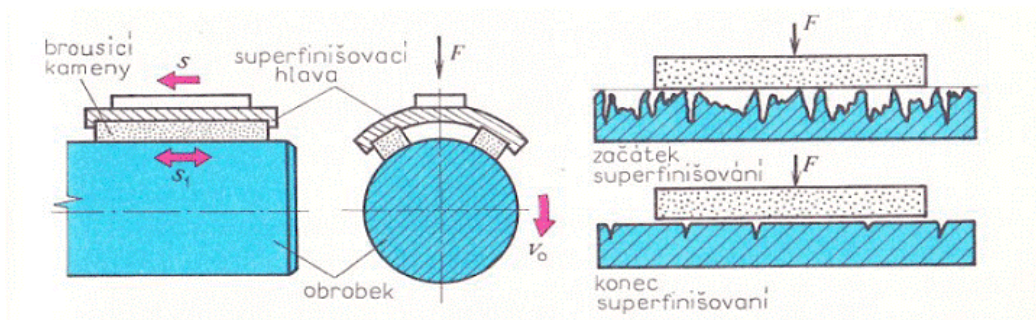
Při superfinašování je používán rychlý kmitavý pohyb kamene při současném pohybu obrobku (viz obrázek 14). Kameny jsou k obrobku přitlačovány tlakem do 0,25 MPa. Touto metodou se dokončují čepy, konce hřídel pro kluzná uložení, valivé prvky ložisek a jiné. <sup>[13]</sup>



Obrázek 14 – Stopa po superfinašování <sup>[10]</sup>

#### 3.1. Jakost povrchu

Při superfinašování dosahujeme přesnosti IT3 až IT5, drsnost obrobene plochy se pohybuje v rozmezí  $R_a = 0,05$  až  $0,4 \mu\text{m}$ . Před superfinašováním se provádí broušení s přídávkem 0,01 až 0,02 mm. Po dokončení operace dosahujeme lesklého povrchu (viz obrázek 15). <sup>[7]</sup>



Obrázek 15 – Princip superfinašování <sup>[7]</sup>

#### **4. Porovnání honování a superfinišování**

Honování se používá například při výrobě ložisek, kdy je velmi důležité dosáhnout dobré jakosti povrchu. Jelikož po broušení vzniká nepřesný geometrický povrch, tak stržením vršků docílíme honováním a vytvoříme křížový povrch. Kdyby se při výrobě ložisek nepoužívalo honování, mohlo by se stát, že by například valivé ložisko táhlo k jedné straně.

Superfinišování není vhodné k výrobě vnitřních průměrů ložisek, jelikož při této metodě dosahujeme lesklého povrchu a tím by docházelo k nedokonalému mazání ložiska. Proto užíváme honování. Honováním dosahujeme větší drsnosti a díky tomu dochází k lepšímu ulpívání maziva. Samotný rozdíl mezi honováním a superfinišováním spočívá zejména v přítlačném tlaku a druhu provozních kapalin.

## **II. Praktická část**

## 5. Montáž

### 5.1. Kompletace podstavce

Do základního svařence podstavce vyvrtáme otvory a vyřežeme závity. Poté hydraulický agregát, včetně vyrovnávací nádržky tlaku, namontujeme (viz obrázek 16). V horní části podstavce umístíme kolíbkou pro pohon vřeten a pneumatický válec na dopínání řemene. Na kolíbkou připevníme servomotor s kolíbkou pro pohon vřeten. Na podstavec připevníme ochranná dvířka. Do dvířek přimontujeme větrací mřížky. V následujícím kroku na podstavec upevníme základní desku.



Obrázek 16 - Hydraulický agregát

### 5.2. Kompletace svislého suportu

Na základní desku namontujeme základní svařenec svislého suportu, včetně per pro zajištění kolmých ploch. Namontujeme pevnou část svislého suportu, nasuneme jeho pohyblivou část s lištou a seřizovacími šrouby. Suport promažeme olejem pro kluzné plochy a seřídíme do bezvúlového stavu s volným chodem.

Do horní části pohyblivého suportu namontujeme kostku s trapézovou maticí na základní svařenec svislého suportu namontujeme zkompletovaný mechanismus

zvedání svislého suportu. Svislý suport osadíme vodicím perem a namontujeme konzolu pro vodorovný suport.

Na obrázku 17 je fotografie svislého suportu.



Obrázek 17 – Svislý suport

### 5.3. Kompletace vřeten

Na hřídel nalisujeme ložiska ze strany od rolen. Do ložiskových domků nalisujeme protikusy kuželových ložisek. Hřídele nasuneme do ložiskových domků.

Ze strany od řemenic nasuneme kuželová ložiska, ložiska musí být namazána vhodným tukem pro vysoké otáčky, vložíme podložku a KM matici. Utahujeme až do bezvůlového stavu, poté matici povolíme o 30° a poklepeme paličkou pro odlehčení chodu ložiska. Zkontrolujeme radiální vůli a matici zajistíme.

Do přírub nalisujeme těsnicí gufera a přimontujeme na ložiskový domek. Do střední části připevníme kompletní konzolu pro snímač kontroly kroužku. Do bočních drážek v podstavci vřeten vložíme osazené šrouby, na které nasuneme levé a pravé vřeteno. Prodlouženou maticí je lehce přitáhneme. Zkompletovaná vřetena, včetně podstavce,

přimontujeme na základní desku stroje. Na hřídele vřeten nasadíme svěrnou objímku s řemenicí, poté maticí zajistíme v ose náhonové řemenice v podstavci stroje. Poté namontujeme rolny dle požadovaného průměru ložiskového kroužku a zajistíme je. Poté připevníme na základní desku.

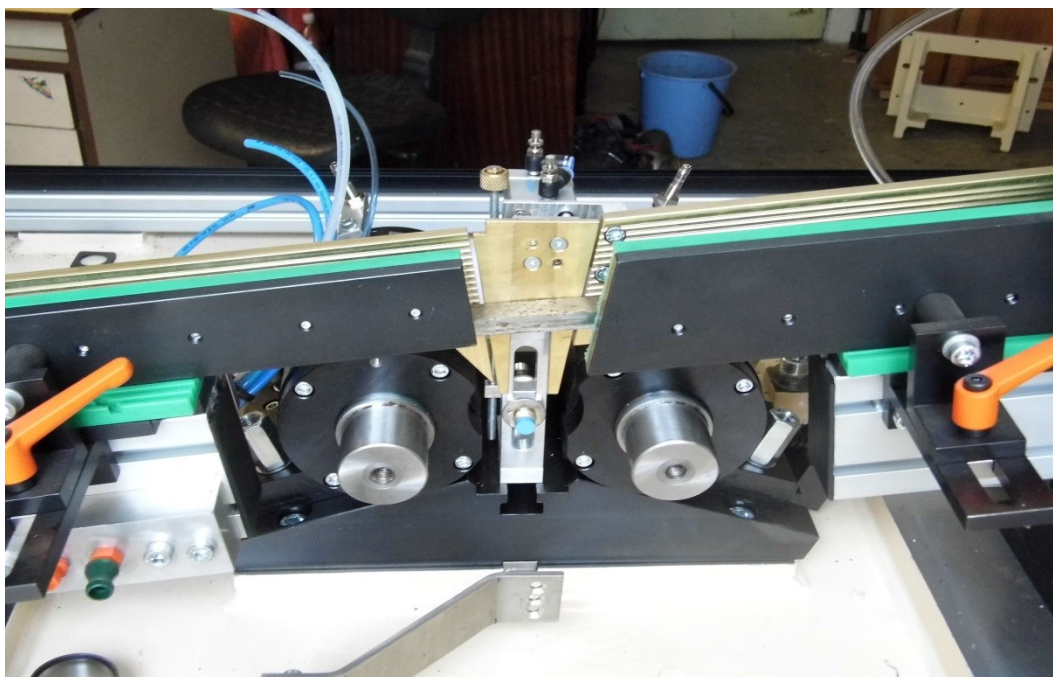
Na obrázku 18 vidíme částečně zkompletované vřetena.



Obrázek 18 - Vřetena

#### **5.4. Kompletace pracovní dráhy**

Na základní desku levé a pravé strany drah přimontujeme alutecové profily s podélnými drážkami pro snadnou montáž a seřiditelnost. Na alutecový profil nejprve namontujeme mosazné zadní bočnice se snímači a podélnými drážkami pro odvod obráběcí kapaliny. Poté namontujeme spodní část dráhy s munfeldem a čelní seřiditelnou bočnicí. Následně přimontujeme dávkovač kroužků na vstup a výstup drah. Následně celý komplet přimontujeme na základní desku (viz obrázek 19).

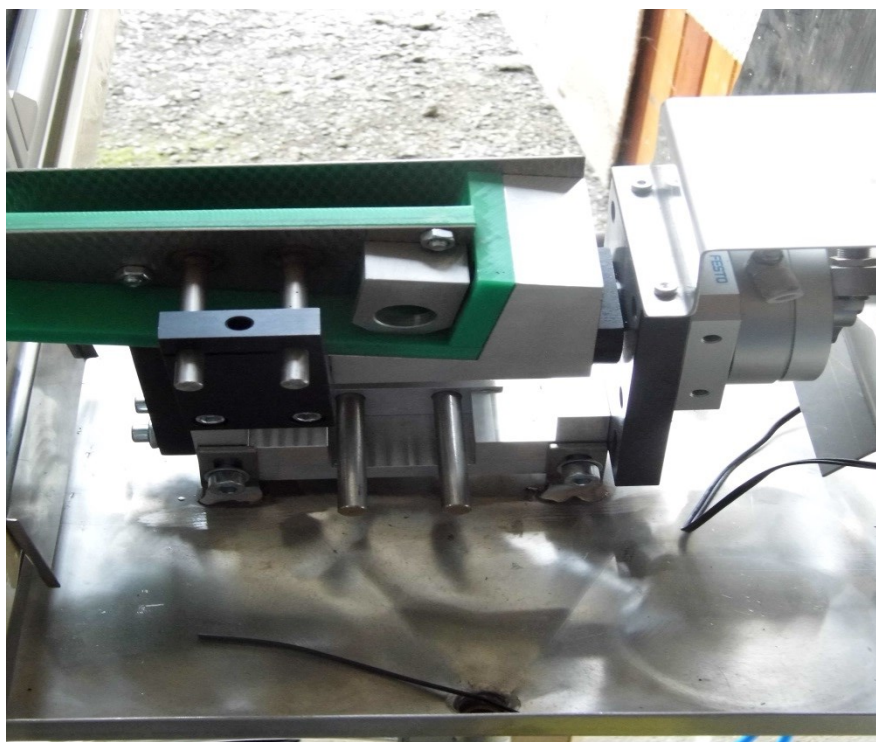


Obrázek 19 - Dráhy

### 5.5. Kompletace vyklápěče

Na základní alutecový profil připevníme kovové desky, poté celý profil umístíme na základní desku. Z boční strany na základní alutecový profil položíme mezidesku s alutecem k rychlému seřízení vyklápěče, na který připevníme plechovou vaničku pro odtok provozních kapalin. Na plechovou vaničku připevníme duralovou kostku. Na duralovou kostku připevníme přírubu pohonu a samotný pneumatický pohon. Na pohon připevníme vyklápěcí kolíbkou a z boční strany připevníme posuvnou bočnici se snímačem kontroly přítomnosti kroužku. Pohon zakryjeme. Z čela duralové kostky zasuneme výstupní skluz kroužků.

Na následujícím obrázku 20 je znázorněn vyklápěč.

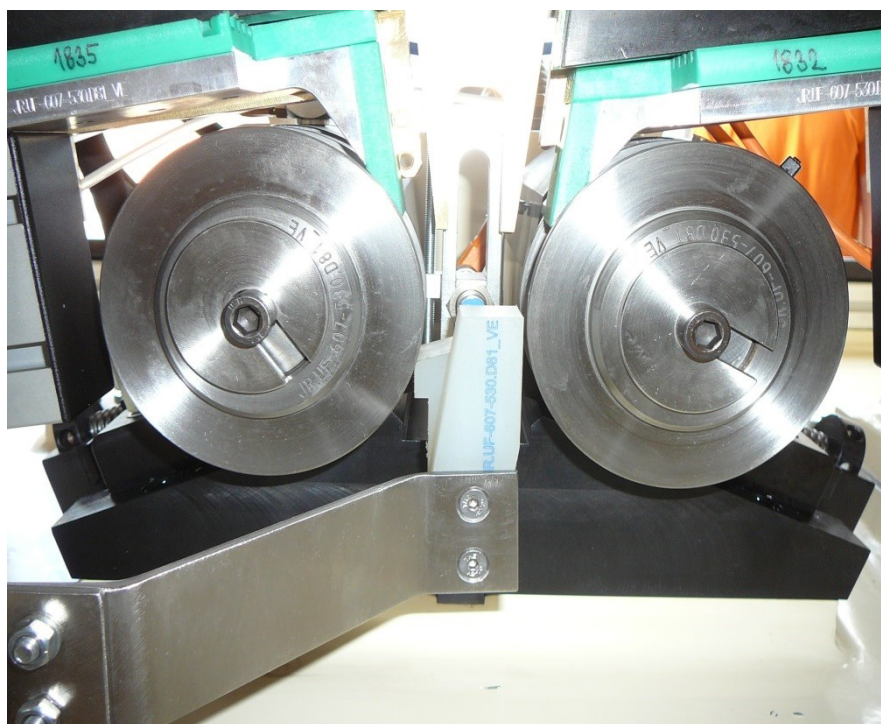


Obrázek 20 - Vyklápěč

## 5.6. Kompletace vyhazovače

Na základní desku připevníme svařenec vyhazovače. Na svařenec vyhazovače přimontujeme rameno vyhazovače a pneumatický válec, což umožní chod vyhazovače. Na rameno vyhazovače položíme plechový držák a na jeho konec silonovou kostku vyhazovače, a to dle požadovaného průměru kroužku (viz obrázek 21).





Obrázek 21 – Část vyhazovače

## 5.7. Kompletace suportu honovací hlavy

Na konzolu svislého suportu připevníme mezidesku s vodicími pery. Dle následujícího postupu provedeme zaškrabání suportu. Pevná část suportu musí být smontována s mezideskou a držákem, poté pohyblivý díl suportu natřeme modřidlem, tzv. berlínskou modří, opišeme na pevný díl suportu. Pohyblivý díl sundáme a škrabákem odstraníme části, na kterých suport tzv. sedí. Zaškrabáváme do kříže. Tento postup opakujeme až do doby, kdy nám bude suport tzv. sedět na celá horní ploše. Poté musíme obdobným způsobem zaškrabat rybinu a lištu suportu.

Po dokončení zaškrabání suport řádně očistíme a namažeme olejem pro kluzné plochy. Odmontujeme pevný díl suportu. Mezi pevný díl suportu a mezidesku vložíme hydraulický válec, včetně hydraulického potrubí.

Na suport namontujeme dorazové kolíky společně se seřizovacími šrouby, Takto zkompletovaný díl přimontujeme na mezidesku suportu. Do svařence horní části suportu vložíme dutou hřídel s rozřízými kuželi a vačkou pro seřízení náklonu honovací hlavy. Poté vše dotáhneme maticí. Do dutého hřídele nalisujeme hřídel, včetně ložisek a čelní příruby, která tuto hřídel axiálně zajistí.

Z pravé strany hřídele nasuneme řemenici se samosvěrným pouzdem a pouzdro dotáhneme. Zkompletované seřizovací závaží vložené do šroubovice nasuneme na hřídel, abychom odstranili tzv. neváhy excentrického pohybu honovací hlavy.

Z levé části hřídele namontujeme závěsnou desku se čtyřmi vodicími pouzdry a chromovými tyčemi k uchycení honovací hlavy a k zajištění přímočarého pohybu honovacího kamene.

Na středovou hřídel v levé části nasuneme excentrické pouzdro s ložiskem, vačkou a závěsnou podkovou. Celek zajistíme z čela pojistným šroubem. Na vodicí chromové tyče přimontujeme kompletní honovací hlavu. V zadní části horního svařence přimontujeme desku s elektromotorem a seřizovací kostky pro napnutí řemene. Všechny rotační části opatříme rotačním krytem.

Pro snadnější seřiditelnost horního svařence použijeme rychloupínací páčky. V zadní části je nutno použít ozubeného soukolí s prodlouženou hřídelí, z důvodu špatného přístupu.

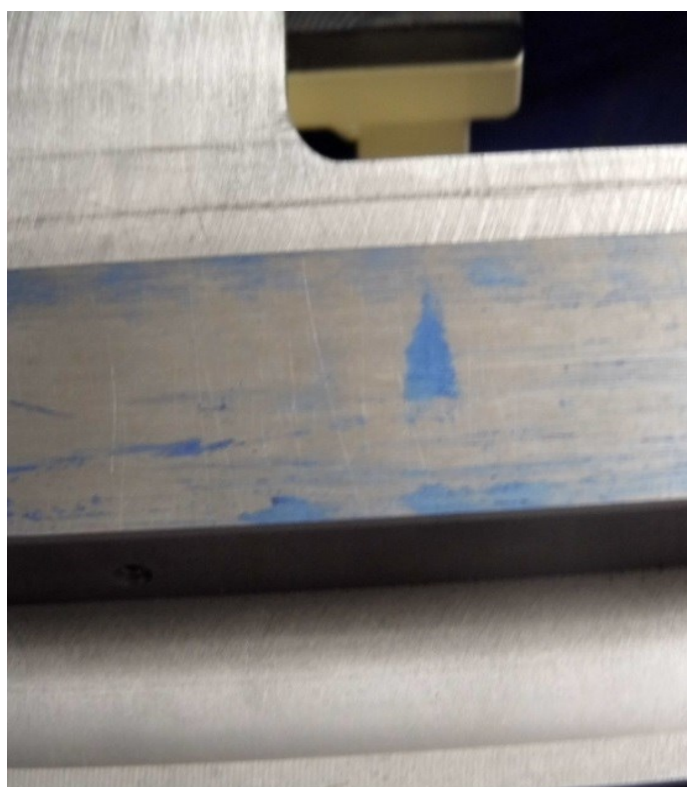
Na obrázku 22 – 27 je znázorněn pomocí fotografií postup zaškrabávání.



Obrázek 22 – Vodorovný suport



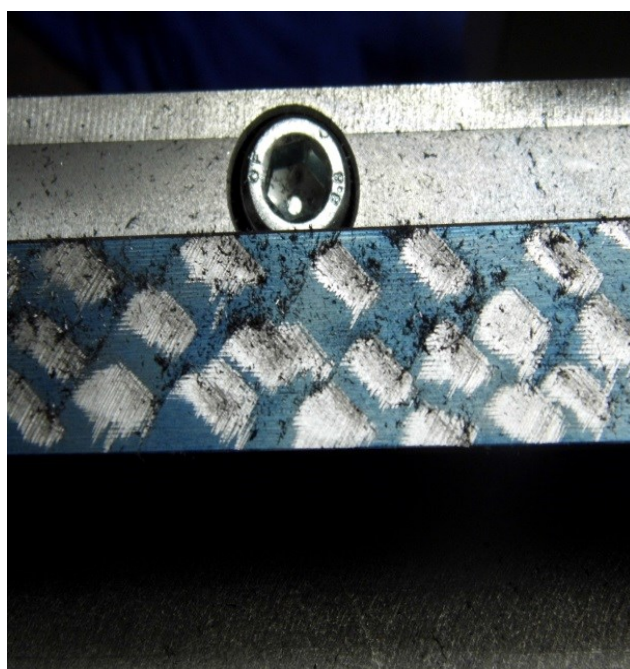
Obrázek 23 – Vodorovný suport



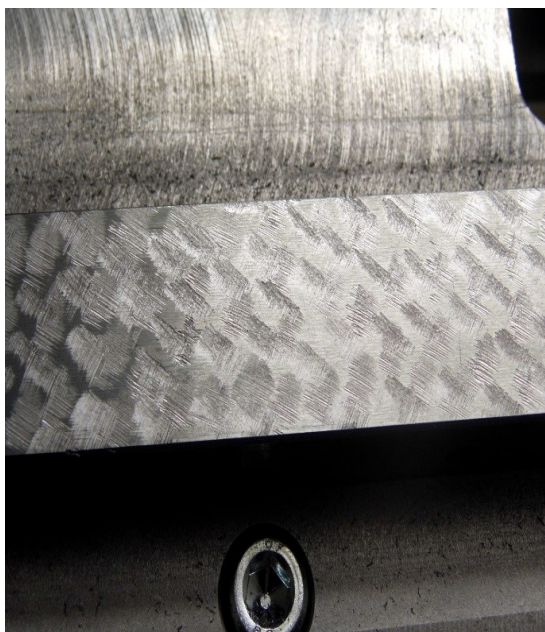
Obrázek 24 – Vodorovný suport



Obrázek 25 – Vodorovný suport

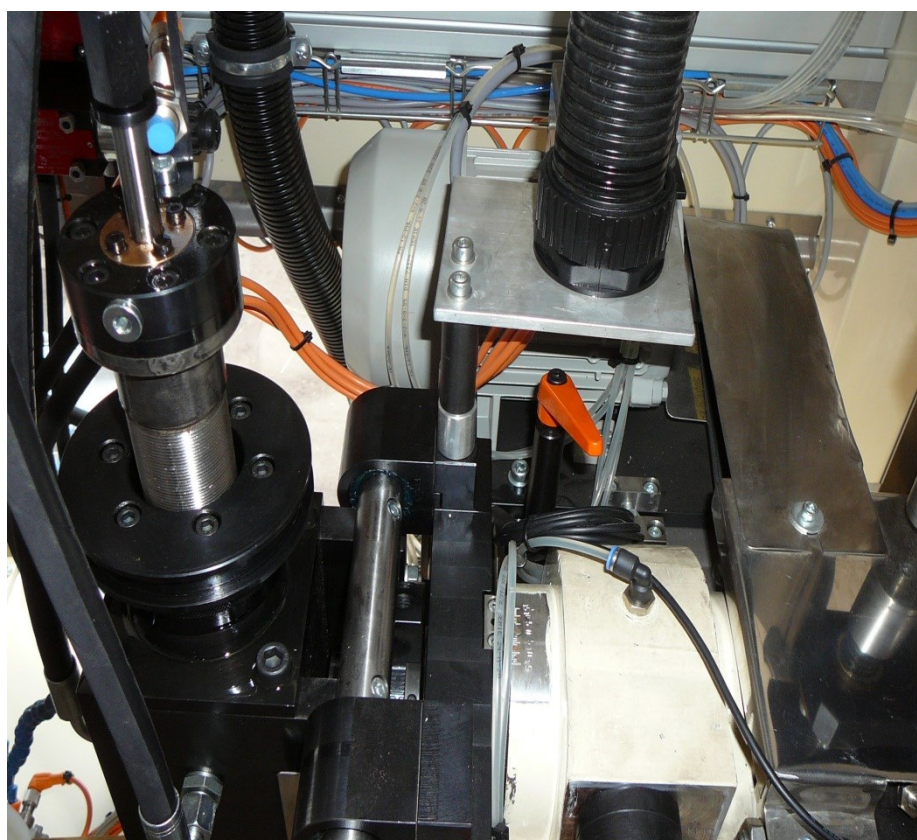


Obrázek 26 – Vodorovný suport



Obrázek 27 – Vodorovný suport

Na obrázku 28 je ukázka připevnění honovací hlavy a jejího pohonu.



Obrázek 28 – Uchycení honovací hlavy

## 5.8. Montáž krytování honovacího stroje

Na základní desku honovacího stroje připevníme alutecové profily, ke kterým pomocí úhelníků zkompletujeme krytovací skelet, včetně oblých rohů a příčníků. V horní středové části tohoto příčnicku přimontujeme plech s nátrubkem pro připojení k centrálnímu odsávání.

Pod tento kryt přimontujeme odkapovou vanu s hadicí pro zabránění případného znečištění pracovního prostoru. Do drážek alutecových profilů vnitřních hran vložíme vodící lišty. Do těchto lišt vložíme ochranné krytování z makrolomu, které je v potřebných částech zdvojené, aby bylo možné otevření k případnému seřízení, nebo případné opravě stroje. Do vnitřní části krytování přimontujeme plastová a drátěná koryta pro rozvod elektroinstalace a pneumatiky.

## 5.9. Pneumatika, chlazení a mazání

### Pneumatika

Do pravé čelní spodní části základní desky připevníme vstupní pneumatickou jednotku, která obsahuje hlavní uzávěr vzduchu, jeho čištění a elektronické hlídání poklesu tlaku. V zadní levé části základní desky umístíme ovládací pneumatický blok, (viz obrázek 29), včetně třech ovládacích regulačních jednotek. Provedeme rozvod pomocí pneumatických hadic na příslušná místa dle schématu.



Obrázek 29 – Pneumatický blok

### Chlazení:

Do pravé přední části podstavce přimontujeme hlavní uzávěr chladicí kapaliny. Poté připevníme elektrický uzávěr. Pomocí pneumatické hadice propojíme oba komponenty. Dále je propojíme s elektrickým uzávěrem, poté s průtokoměrem a s rozvodnými

kostkami. Z rozvodných kostek používáme článkové hadice k velmi snadnému upřesnění toku kapaliny.

**Mazání:**

Do levé části pracovního stroje umístíme nádobu pro mazací olej s blokem, s možností ručního i pneumatického ovládní pro jednotlivá mazací místa. Rozvod na jednotlivá mazací místa provedeme speciální mazací hadicí dle schématu.

## 6. Technicko - ekonomické zhodnocení

Montáž tohoto stroje je velmi náročná. Pro začátečníky, bez předchozí strojírenské praxe, by bylo sestavení tohoto stroje velmi obtížné. Tuto montáž bych doporučil zkušenějším pracovníkům s dostatečnou praxí v oboru.

Během sestavování montážního postupu jsem se neseťkal s žádným zásadním problémem. Komplikace nastaly po předání honovacího automatu do provozu. Provozovatel stroje příčiny komplikací spojoval s nepřesným sestavením pracovních vřeten, protože výsledná kresba obrobeného kroužku byla v určitých místech narušena. Při řádném šetření jsme došli k závěru, že chyba vznikla v předchozí operaci. Nejednalo se tedy o chybu v honovacím automatu. S dalšími problémy jsem se při sestavování výrobního postupu neseťkal.

Z ekonomického hlediska by měl postup, který jsem vytvořil, urychlit montáž stroje. Díky tomu by mělo dojít k úspoře času a v důsledku toho i ke snížení finančních nákladů. Výsledné ekonomické zhodnocení a celková kalkulace budou provedeny při následné výrobě.



## **Závěr**

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval montáží honovacího automatu. V teoretické části se podařilo zmapovat historii honování, podstatu honování, jeho výhody a použití. Nebyly také opomenuty následující skutečnosti: rozsahy délek, přesnosti, jakost povrchu, znaky honování, druhy brusiv, pojiva honovacích nástrojů, honovací stroje, řezné kapaliny, příprava na honování, superfinišování a porovnání obou metod.

Cílem této práce bylo vytvoření montážního postupu, který by měl usnadnit montáž honovacího stroje. Výchozím materiálem pro vypracování montážního postupu byla technická dokumentace sestav stroje. Nedílnou součástí práce jsou fotografie. Při sestavování postupu byly také využity připomínky zkušených pracovníků. Díky tomu se podařilo vytvořit montážní postup, který by měl usnadnit montáž stroje. Z toho vyplývá, že cíl bakalářské práce byl naplněn.

Tato práce může sloužit začínajícím technikům jako doplnění informací k sestavám stroje.

## Seznam obrázků

|   |    |
|---|----|
| Obrázek 1 - Pohyb při honování <sup>[5]</sup> .....                           | 12 |
| Obrázek 2 – Honovací nástroj s pružně uloženými kameny <sup>[3]</sup> .....   | 13 |
| Obrázek 3 - Honovací nástroj tuhé konstrukce <sup>[3]</sup> .....             | 14 |
| Obrázek 4 – Příklady honovaných součástí <sup>[10]</sup> .....                | 15 |
| Obrázek 5 – Drsnost povrchu <sup>[6]</sup> .....                              | 16 |
| Obrázek 6 – Plocha po honování <sup>[10]</sup> .....                          | 17 |
| Obrázek 7 – Křížové stopy po honování při pomalém pohybu <sup>[3]</sup> ..... | 17 |
| Obrázek 8 – Křížové stopy při rychlém honování <sup>[3]</sup> .....           | 18 |
| Obrázek 9 – Kameny čtvercového a obdélníkového průřezu <sup>[8]</sup> .....   | 20 |
| Obrázek 10 – Segmentové kameny <sup>[9]</sup> .....                           | 20 |
| Obrázek 11 – Označení kamenů <sup>[11]</sup> .....                            | 21 |
| Obrázek 12 – Svislá honovačka <sup>[3]</sup> .....                            | 21 |
| Obrázek 13 – Vodorovná honovačka <sup>[3]</sup> .....                         | 22 |
| Obrázek 14 – Stopa po superfinišování <sup>[10]</sup> .....                   | 25 |
| Obrázek 15 – Princip superfinišování <sup>[7]</sup> .....                     | 25 |
| Obrázek 16 - Hydraulický agregát.....   | 28 |
| Obrázek 17 – Svislý suport .....  | 29 |
| Obrázek 18 - Vřetena.....   | 30 |
| Obrázek 19 - Dráhy.....   | 31 |
| Obrázek 20 - Vyklápěč.....  | 32 |
| Obrázek 21 – Část vyhazovače .....  | 33 |
| Obrázek 22 – Vodorovný suport.....  | 34 |
| Obrázek 23 – Vodorovný suport.....  | 35 |
| Obrázek 24 – Vodorovný suport.....  | 35 |
| Obrázek 25 – Vodorovný suport.....  | 36 |
| Obrázek 26 – Vodorovný suport.....  | 36 |
| Obrázek 27 – Vodorovný suport.....  | 37 |
| Obrázek 28 – Uchycení honovací hlavy .....                                    | 37 |
| Obrázek 29 – Pneumatický blok.....  | 38 |

## Seznam použité literatury

- [1] HUMÁR, Anton, 2005. Technologie I: Technologie obrábění – 3. část. Vysoké učení technické v Brně. [on-line]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: [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)
- [2] HAMERNÍK, Jan, ©2017. *Jhamernik.sweb.cz* Dokončovací operace. [on-line]. [cit. 2017-05-02] Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/Dokoper.htm>
- [3] OUTRATA, Jiří, 1963. *Honování: Knižnice strojírenské. výroby – Svazek 86.* SNTL, 86
- [4] GEISTOVÁ, 2012. Michaela. *Dokončovací metody obrábění* [online]. [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/ZAV/ZAV3-Dokon%C4%8Dovac%C3%AD%20metody%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD-UT.pdf>
- [5] Dokončovací metody obrábění: Honování. *Blog.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1503/honovani>
- [6] Drsnost obrobeného povrchu. *Tumlikovo.cz* [online]. 2011 [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/drsnost-obrobeneho-povrchu/>
- [7] Superfinašování. *Eluc.kr-olomoucky.cz* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1386>
- [8] Honovací kameny. *Arhetektura armastatud linna* [online]. 2016 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://ehitusmaaruse.bststroy.ru/honovac-kameny/>
- [9] Honovací kameny. *Firma Duštír* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.dustir.eu/produkty.html>
- [10] Honování. *Tech centrum* [online]. [cit. 2016-05-11]. Dostupné z: <http://www.prodejbrusiva.cz/honovani-postupy-a-vhodna-brusiva>
- [11] Brousící segmenty. *Best Holding* [online]. [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.brusivobestb.cz/k51-koren-b2b-brousici-segmenty-kameny-pilniky>
- [12] O firmě. *Poneco Poděbrady* [online]. [cit. 2016-10-11]. Dostupné z: <http://www.poneco.cz/>