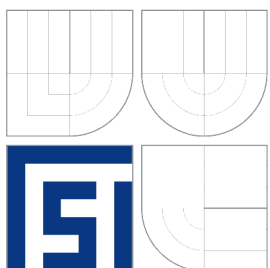


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH CNC TECHNOLOGIE SOUČÁSTI „HŘÍDEL“

DESIGN CNC TECHNOLOGY COMPONENTS SHAFT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petr ŠKRABÁLEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan KALIVODA

BRNO

2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie  
Akademický rok: 2014/15

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Škrabálek

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Návrh CNC technologie součásti "hřídel"**

v anglickém jazyce:

### **Design CNC Technology Components Shaft**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zakázková výroba ve firmě.
2. Detailní rozbor součásti "hřídel".
3. Porovnání stávajících verzí technologie ve firmě.
4. Návrh zlepšené verze.
5. Technicko-ekonomické posouzení.
6. Diskuze.
7. Závěr.

Cíle bakalářské práce:

Navržení zlepšené verze technologického procesu z pohledu reálných možností firmy.

Seznam odborné literatury:


1. PÍŠKA, Miroslav et al. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 252 s. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
3. ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003 (2002). 193 s. ISBN 80-214-2336-6.
4. ZDRAVECKÁ, Eva a Ján KRÁL'. Základy strojárskkej výroby. 1. vyd. Prešov: Vydavateľstvo Michala Vaška, 2002. 145 s. ISBN 80-7165-353-5.
5. Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

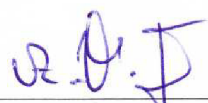
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milan Kalivoda

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 21.11.2014



  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá technologickým postupem výroby svařované hřídele ve firmě STT Servis, s.r.o. V práci je pojednáváno o technologických možnostech a řešení výroby, způsob zajištění unášení hřídele a náročnost soustružení tvarových zápichů. Hlavním bodem řešení je použití technologie pro finální opracování hřídele, zde jsou porovnávány strojní časy tří technologií, původní, nové a navrhované. V závěru práce jsou technologie porovnány a zhodnoceny.

### Klíčová slova

výroba, hřídel, CNC obrábění, CNC soustruh, kvalita, přesnost

## ABSTRACT

This thesis deals with the technological process of producing welded shaft in company STT Servis, s.r.o. The work is addressed the technological possibilities and production solutions, way to ensure the rotation of the shaft when turning and turning shaped recesses. The main point solution is to use technology for the final machining of the shaft, here are three times compared to machine technology, original, new and proposed. In conclusion the technologies are compared and evaluated.

### Keywords

production, shaft, CNC machining, CNC lathe, quality, accuracy

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠKRABÁLEK, Petr. *Návrh CNC technologie součásti „hřídel“*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 37 s. 5 příloh. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Návrh CNC technologie součásti „hřídel“** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

20.5.2015

-----  
Datum

-----  
Petr Škrabálek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Vladimíru Ticháčkovi z firmy STT Servis, s.r.o. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat firmě STT Servis, s.r.o. za možnost zpracování bakalářské práce.

V neposlední řadě vedoucímu bakalářské práce Ing. Milanovi Kalivodovi z VUT v Brně za poskytnuté rady při zpracování.

**OBSAH**

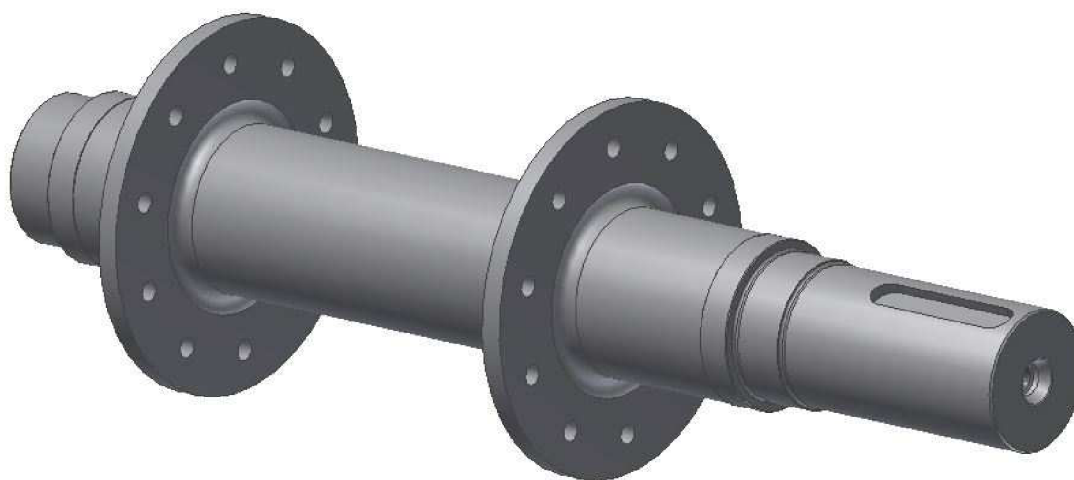
ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ .....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 ZAKÁZKOVÁ VÝROBA VE FIRMĚ.....	9
1.1 Historie firmy.....	9
1.2 Představení firmy.....	9
1.3 Strojní vybavení.....	10
2 DETAILNÍ ROZBOR SOUČÁSTI „HŘÍDEL“ .....	11
2.1 Popis součásti.....	12
2.1.1 Materiál součásti .....	13
2.2 Technologičnost konstrukce součásti .....	14
2.3 Rozbor technologických řešení pro výrobu .....	16
2.3.1 Technologický přídavek pro unášení hřídele.....	16
2.3.2 Technologie tvarových zápichů .....	16
3 POROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍCH VERZÍ TECHNOLOGIE VE FIRMĚ.....	19
3.1 Vývoj pořizování obráběcích strojů ve firmě .....	19
3.2 Počáteční fáze původní technologie .....	19
3.3 Pořízení CNC soustruhu .....	20
3.4 Výrobní postup .....	21
4 NÁVRH ZLEPŠENÉ VERZE.....	27
5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ.....	30
6 DISKUZE .....	33
ZÁVĚR .....	34
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	35
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	36
SEZNAM PŘÍLOH.....	37

## ÚVOD

Ve strojírenském průmyslu představuje výroba hřídelí značnou část produkce strojírenských výrobků tohoto charakteru. Hřídele jako strojní prvek, disponuje snad ve všech výrobních zařízeních. Hřídele zajišťují přenos otáčivého pohybu, krouticího momentu, ale i mechanické práce. V některých případech vyžaduje konstrukce hřídele složitější technologii výroby, což má ale za následek důkladnější technologický postup výroby a použití speciálních nástrojů popř. i strojů. Firma STT Servis, s.r.o. jednu takovou zakázku získala.

V bakalářská práce pojednává o technologickým postupem svařované hřídele. Jedná se o hřídel, která je svařena z pěti dílů polotvarů předem připravených soustružením. Hřídel byla pro bakalářskou práci vybrána právě z větší náročnosti na technologický postup, kde vstupuje hrubování polotvarů a jejich svaření, aby vznikl svarek hřídele, jakožto polotvar pro součást. Hřídel pracuje v těžkých provozních podmínkách, kdy je namáhána dynamickými rázy a proto její výsledná kvalita musí dosahovat co nejlepší výsledků, ale s co nejmenšími náklady na výrobu, jakožto rostoucím trendem ve strojírenských firmách v obstarání konkurence schopnosti.

Hřídel společně s dalšími podobnými hřídelemi tvoří soustavu hřídelí, propojených spojkou, které jsou poháněny přes převodovou skříň od elektromotoru. Toto zařízení se v praxi nazývá stacionární kladivo. Na hřídeli (obr. 1) jsou otvory, ve kterých jsou uchycené silentbloky, přes které jsou připevněné prvky, které z hřídele tvoří určitý typ „vačkové“ hřídele. Dále pak tato soustava „vaček“ ovládá svislá kladiva dusající mleté uhlí do hranolu, který se po udusání zakládá do koksárenské baterie. Zde se uhlí přemění na koks, za teploty 1100 °C bez přístupu během 24 hodin. Koks slouží nejen jako palivo, ale i redukční činidlo pro výrobu surového železa ve vysokých pecích [1].



Obr. 1 Vyráběná součást- hřídel, zobrazená ve 3D modelu..



## 1 ZAKÁZKOVÁ VÝROBA VE FIRMĚ

Společnost STT Servis, s.r.o. je rodinná firma v Dlouhé Loučce, která se nachází v Olomouckém kraji mezi Uničovem a Rýmařovem. Firmou byly od roku 2003 dodávány jednoduché svařence vyrobené za použití jednoduchých konvečních strojů. Nyní firma dokáže zákazníkovi nabídnout kompletní dodávku opracovaných svařenců včetně lakování a montáže jednotlivě vyrobených dílů.

### 1.1 Historie firmy

Jak již bylo zmíněno, firma STT Servis vznikla v roce 2003. V počátcích se jednalo o výrobu středně velkých adaptérů pro zemědělské nakladače. Dále své zaměření rozšířila výrobou vysokotlakých potrubních systémů a kovových pozinkovaných palet pro lahve s technickými plyny, které vyrábí do dnes. V roce 2008 firma zakoupila první CNC horizontální vyvrtávačku. Tímto strojem se firmě otevřeli nové výrobní možnosti. Kapacity jednoho CNC stroje dlouho nepostačovaly, a tak od roku 2009 se firma zaměřila na investice do obráběcích strojů. Každý rok firma investovala do jednoho až dvou nových CNC strojů, hlavně tedy díky využití dotací z Evropské unie.

V roce 2012 začalo rozšiřování firmy kolidovat s dostupnými výrobními prostory. V červenci roku 2014 proběhla kolaudace nové výrobní haly, kde byly umístěny čtyři CNC horizontální vyvrtávačky. Nyní firma disponuje čtyřmi CNC horizontálními vyvrtávačkami, dvěma CNC frézovacími centry a dvěma CNC soustruhy. Moderní strojní vybavení dokáže uspokojit i náročného zákazníka [2], [3].

### 1.2 Představení firmy

Zaměření firmy STT Servis, s.r.o. je především na kompletní dodávce svařenců včetně přesného opracování a v případě požadavků zákazníka, i nátěru a montáže strojních celků. Firma se zabývá kusovou a zakázkovou výrobou. Velikost výrobků je omezená nosností manipulačních zařízení a to 20 000 kg. Výrobky jsou expedovány do různých odvětví nejen strojírenského průmyslu, ale i automobilového, důlního, zemědělského a lékařského průmyslu.

Firma získává polotvary (svařence) svařováním metodou MAG. Nejčastěji zpracovávaným materiálem je konstrukční ocel jakosti S355J2 dle normy EN 10027-1. Hutní materiál i tvarové výpalky jsou dodávány okolními firmami. Zámečnická dílna je vybavena mimo jiné hydraulickými nůžkami, ohraňovacím lisem a stojanovou vrtačkou. Žíhání a tryskání nebo jiné povrchové úpravy jsou zajištěny v kooperaci.

Vzhledem k větším kapacitám opracování, než je produkce svařenců ze zámečnické dílny, je nutné doplňovat kapacity externími kooperacemi. To staví firmu do vyhledávané pozice na trhu poptávek. Opracování je prováděno na nových CNC strojích jejichž stáří nepřesahuje 5 let. Na základě dokumentace zákazníka vyrábí dílce do 20 000 kg a 10 m délky.

Firma zaměstnává 35 zaměstnanců, kteří se podílí na zhotovení zakázek. Zázemí ve firmě je i pro technickou a technologickou přípravu výroby a kontrolu. Firma má celkem tři výrobní provozy, zámečnickou dílnu, lehkou a těžkou obrobnu [2], [3].

### 1.3 Strojní vybavení

Společnost STT Servis disponuje moderními CNC obráběcími stroji. V nových výrobních prostorách jsou uloženy celkem čtyři horizontální vyvrtávačky z produkce českého výrobce obráběcích strojů Fermat CZ. Největším strojem ve firmě je horizontální vyvrtávačka WF 13 R CNC s rozjezdem v ose X 10 000 mm a v ose Y 3 000 mm, jejíž příslušenstvím je i automatická úhlová hlava klopná ve dvou rovinách. Nejmenší horizontální vyvrtávačka WFC 10 CNC s rozjezdem osy X 2 000 mm a osy Y 1 250 mm, vyplňuje kapacitní mezeru mezi většími stroji a menšími frézovacími centry od korejské firmy DOOSAN. Dvě frézovací centra DOOSAN jsou ukotveny v prostorách lehké obrobny. Kde jsou dále i dva CNC soustruhy také od firmy DOOSAN (obr. 1.1), kterou v České republice zastupuje firma TECNOTRADE OBRÁBĚCÍ STROJE s.r.o. z Kuřimi. Podnik tedy disponuje čtyřmi CNC horizontálními vyvrtávačkami (obr. 1.2), dvěma CNC frézovacími centry a dvěma CNC soustruhy.

Svařování je prováděno metodou MIG, MAG, WIG a obalenou elektrodou. Ve firmě je celkem pět svářecích agregátů, z toho dva umožňují svařovat metodou WIG. V zámečnické dílně jsou k dispozici tabulové hydraulické nůžky se střížnou délkou 3 000 mm, ohraňovací lis o max. délce ohybu 3 000 mm, sloupovou vrtačku VR4, kotoučovou brusku, přístroj pro řezání závitů M5-M16, pásovou pilu a tři mostové jeřáby s maximální nosností 8 000 kg.



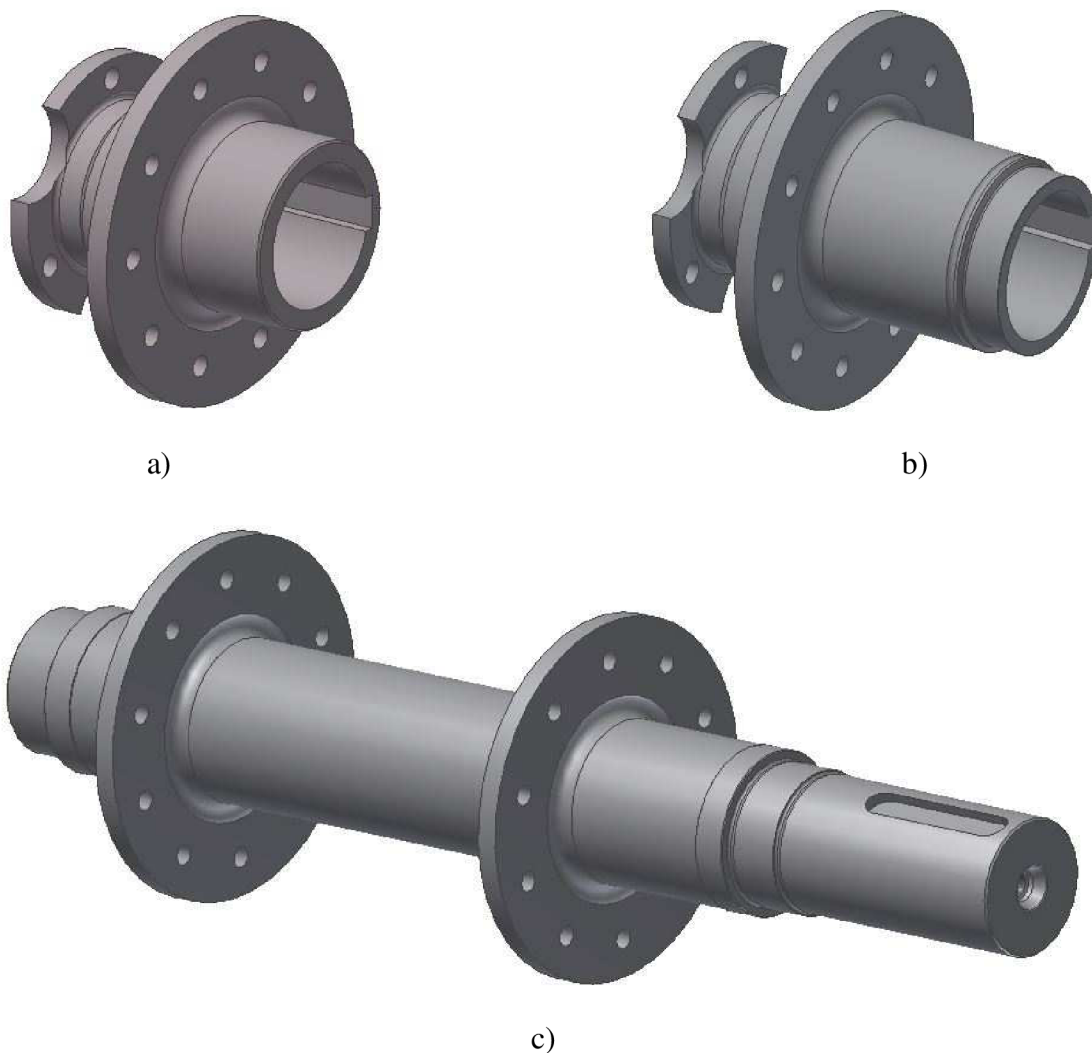
Obr. 1.1 CNC soustruh DOOSAN- Puma 2600 L [2].



Obr. 1.2 Horizontální vyvrtávačka FREMAT CZ- WFT 13 CNC [3].

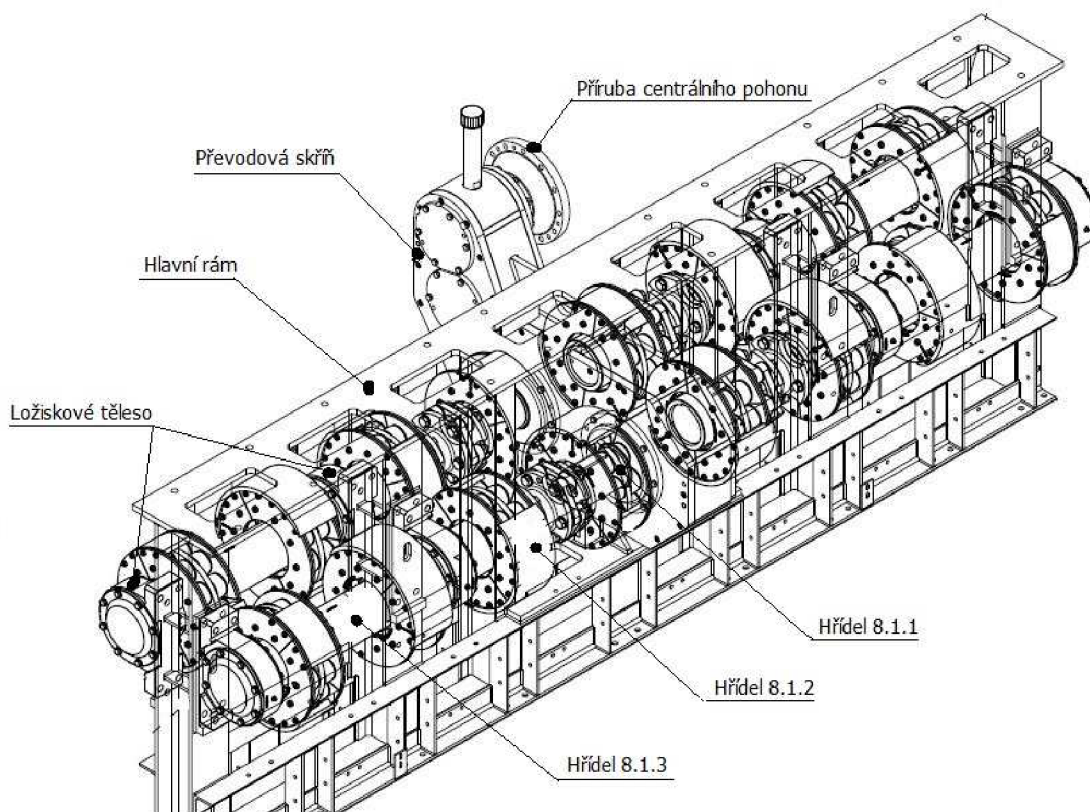
## 2 DETAILNÍ ROZBOR SOUČÁSTI „HŘÍDEL“

Hřídel (obr. 2.1c) je funkční součást a spolu s dalšími hřídelemi (obr. 2.1a, b) a spojkami tvoří rotační soustavu, která pomocí namontovaných segmentů pracuje jako „vačková hřídel“ zvedající kladiva, která dusají mleté uhlí do hranolu, který je následně zakládán do koksárenské baterie, kde probíhá jeho přeměna z uhlí na koks. V praxi se toto zařízení nazývá stacionární pěchovadlo.

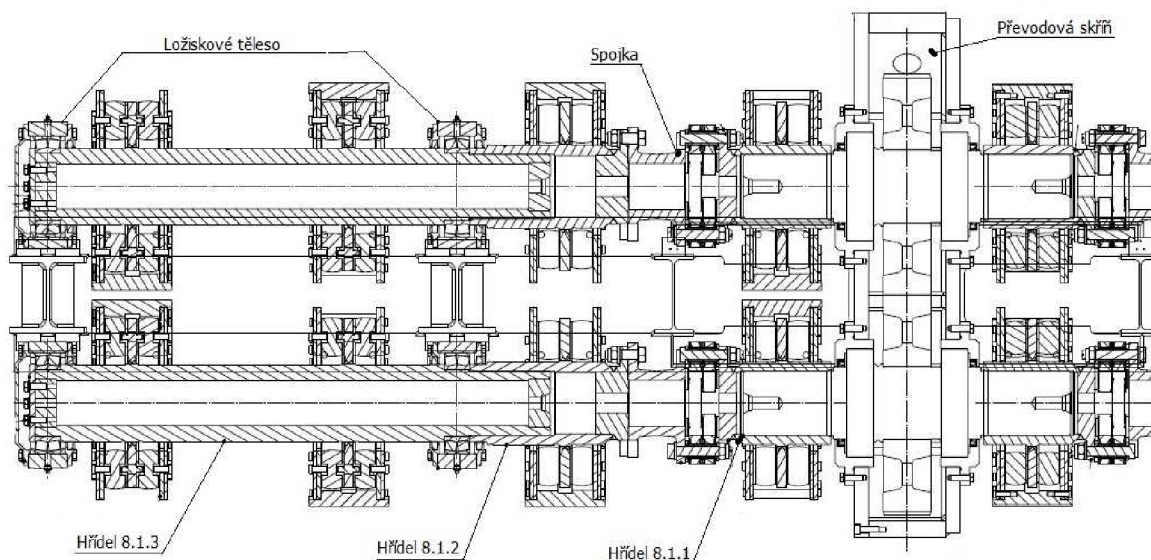


Obr. 2.1 Typy hřídelí, a) hřídel 8.1.1, b) hřídel 8.1.2, c) hřídel 8.1.3.

Soustava hřídelí je uložena v ložiskových tělesech a poháněna od centrálního pohonu. Krouticí moment od elektromotoru je hnán přes převodovou skřín do čtyř větví soustav hřídelí, jak vidět na obr. 2.2. Každá větev obsahuje tři hřídele. Poháněné hřídele jsou vyrobeny ve čtyřech variantách, zrcadlené v ose X a zrcadlené v ose Y. Rozdíl mezi jednotlivými variantami je v počáteční úhlové rozteči vrtaných otvorů v nosných kotoučích. Výrobní dávka zakázky je 32 kusů od každého typu.



Obr. 2.1 Izometrický pohled na celkovou sestavu zařízení.



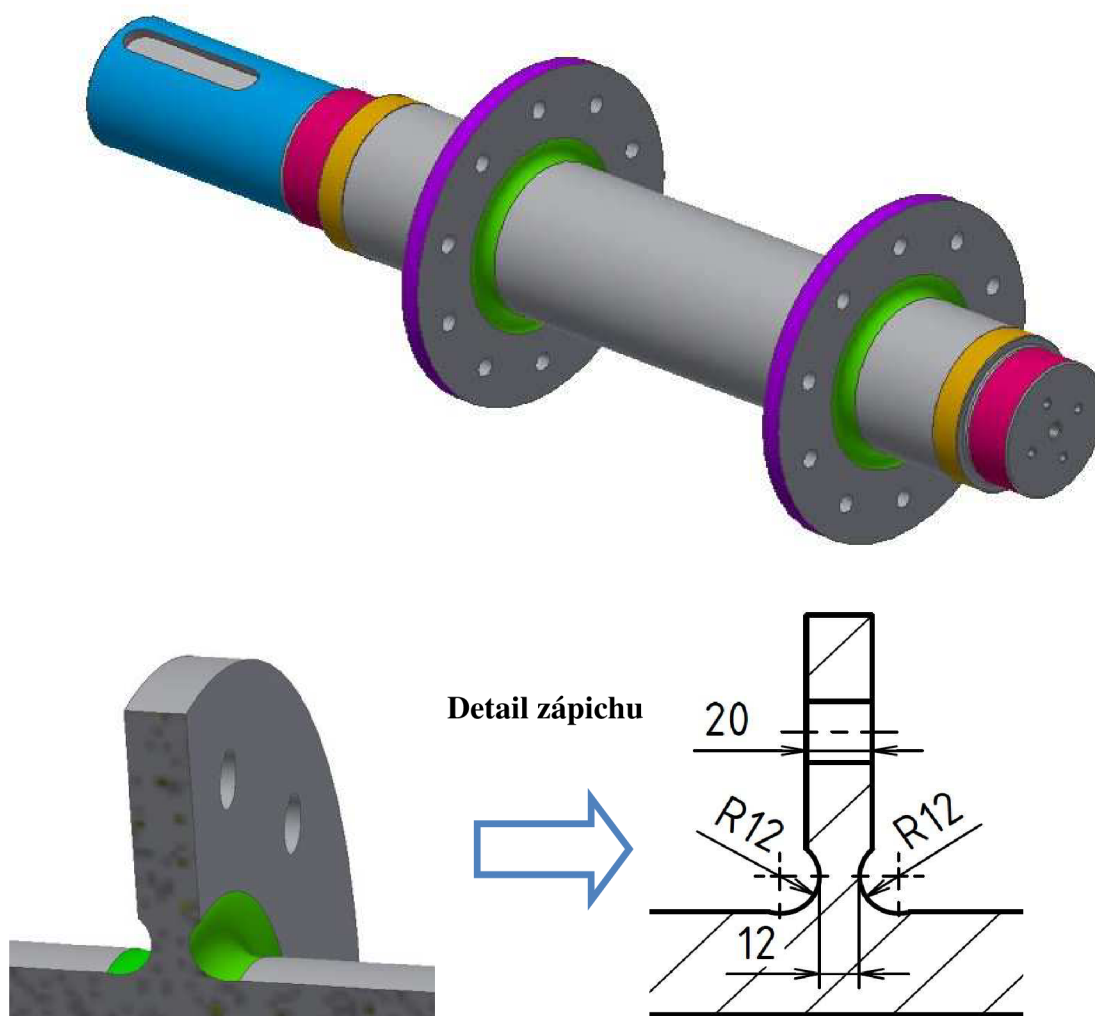
Obr. 2.2 Poloviční řez sestavou.

## 2.1 Popis součástí

Polotvar hřídele je získán svařením jednotlivých dílů z konstrukční oceli jakosti S355J2 dle normy EN 10027-1. Základním dílem svařence je trubka TR 168 × 40 délky 1 150 mm, dále dvě zátky z kruhové tyče o  $\text{Ø}100$  mm délky 45 mm a dva nosné kroužky vypálené z tabule plechu tl. 25 mm jako mezikruží o rozměrech  $\text{Ø}360/\text{Ø}155$  mm.

Pro získání svařence, který je stejný pro všechny čtyři varianty, byl vypracován technologický výkres s dostatečnými přídávky na opracování (příloha 1). Při technologickém postupu byly určeny přídávky 3 mm na všech průměrech a 2 mm na čelních plochách a celkové délce. Tyto přídávky jsou vyzkoušeny a vyhovují.

Opracování hřídele vyžaduje vnější soustružení a frézování spojené s vrtáním na CNC horizontální vyvrtávače. Hřídel je složena z pěti průměrů, třech zápichů a čtyř tvarových zápichů (obr. 2.3). Dále obsahuje drážku pro pero, vrtané otvory na kruhovém rastru a závitové otvory v čelních plochách pro montáž víček.



Obr. 2.3 Barevné rozlišení průměrů a zápichů hřídele.

### 2.1.1 Materiál součásti

Polotvary hřídele jsou vyrobeny z materiálu jakosti S355J2 dle normy EN 10027-1. Po osoustružení polotvarů s patřičnými přídávky dle výkresu č. 813- 01BP (příloha 1) jsou polotvary svařeny metodou MAG v poloze vodorovné ze shora- PB. V následující tabulce 2.1 jsou pro přehled uvedeny základní mechanické vlastnosti daného materiálu. Dále je v příloze 2 k nahlédnutí materiálový atest hlavního dílu TR 168 × 40.

Tab. 2.1 Mechanické vlastnosti materiálu S355J2 [9].

Materiál	S355J2
Mez pevnosti	(520÷628) MPa
Mez kluzu	min. 333 MPa
Tvrdość HB	max. 274
Třída odpadu	002

Materiál S355J2 je konstrukční ocel nelegovaná. Ploché a dlouhé výrobky válcované za tepla, určené pro další zpracování a po dalším zpracování výrobky vyráběné z nich. Ocel není určena k tepelnému zpracování, kromě výrobků dodávaných ve stavu +N, které mohou být následně po dodání tvářeny za tepla nebo normalizačně žháný. Žhání k odstranění vnitřního pnutí je dovoleno. Vhodná pro svařované konstrukce a strojní součásti s vyšší mezí kluzu, staticky i dynamicky namáhané. Je vhodná pro běžné operace mechanického opracování, kvůli dobré tažnosti (z materiálového atestu v příloze 2 je tažnost daného materiálu 27 %) se mohou projevit problémy při lámání třísek a v kvalitě konečného povrchu [9, 10].

Na základě konkrétního materiálového listu hlavního dílu TR 168 × 40 (příloha 2) byla vytvořena tabulka 2.2 s chemickým obsahem prvků.

Tab. 2.2 Přehled obsahu chemického složení oceli S355J2 konkrétního polotvaru TR 168 × 40.

S355J2	[%]
C	0,180
Mn	1,300
Si	0,210
P	0,012
S	0,002
Cr	0,090
Ni	0,100
Mo	0,030
Cu	0,200
Al	0,027
Ti	0,002
V	0,019
Fe	97,828

## 2.2 Technologičnost konstrukce součásti

Pro zajištění požadované funkce zařízení musí být hřídele vyrobeny v nejlepší kvalitě a požadované přesnosti. Je potřeba dodržet rozměrové a geometrické tolerance, požadovaná uložení a kvalitu povrchu. Pod pojmem „technologičnost konstrukce“ je možno rozumět souhrn vlastností konstrukce, které zabezpečují při optimálním plnění pracovních úkolů stroje z hlediska spotřeby materiálu nejehospodárnější a časově co nejméně náročnou výrobu. [4]

Svařenec hřídele je svařen metodou MAG z konstrukční oceli S355J2 dle normy EN 10027-1 v poloze vodorovné ze shora-PB, za pomoci polohovadla. Svařenec je následně normalizačně žhán. Všeobecné tolerance svařence jsou výkresově určeny podle normy ISO 13920 ve třídě B a F.

Rozměrové tolerance, které nejsou předepsané je nutno vyrobit podle normy ISO 2768-1 ve třídě m.

Na hřídeli je požadován středící důlek se závitem M30 podle normy ČSN 01 4917.

Drážka pro pero, umístěná na válcovém konci hřídele o  $\varnothing 134$  js6, bude zhotovena frézováním na rozměr 32 P9.

Otvory  $\varnothing 20H7$  vrtané na kruhovém rastru v kotoučích a závitové otvory z čela hřídele pro víčko, jsou zhotoveny na CNC horizontální vyvrtávačce společně s drážkou pro pero.

Kvalita povrchu: nejnižší požadovaná kvalita povrchu je Ra 1,6  $\mu\text{m}$  u lícovaných průměrů, dále Ra 6,3  $\mu\text{m}$  u nefunkčních průměrů, čel a dna drážky pro pero. Z rohového razítka je pro ostatní plochy předepsaná hodnota Ra 3,2  $\mu\text{m}$ , jedná se o funkční a dosedací čela, boků drážky. Podle ukazatele kvality povrchu (vztah 2.1) je průměrná kvalita povrchu Ra 3,92  $\mu\text{m}$ .

Geometrické tolerance jsou vztaheny k ploše průměru pod ložisko, jedná se o celkové čelní házení v toleranci 0,2 mm a o celkové obvodové házení v toleranci 0,05 mm. Ostatní nepředepsané tolerance jsou podle normy ISO 2768-2 ve třídě K. Podle ukazatele průměrné přesnosti (vztah 2.2) spadá hřídel do stupně přesnosti 8,  $\overline{66}$ .

Ukazatel jakosti povrchu obráběné plochy [4]:

$$U_h = \frac{\sum_{i=1}^h H_i \cdot n_j}{n_c} \quad [\mu\text{m}] \quad (2.1)$$

Kde:  $H_i$ ... jakost povrchu [Ra],

$n_j$ ... četnost výskytu dané jakosti povrchu,

$n_c$ ... četnost výskytu všech uvažovaných jakostí povrchu.

$$U_h = \frac{\sum_1^3 (6,3 \cdot 7) + (3,2 \cdot 7) + (1,6 \cdot 5)}{19} = 3,92$$

Ukazatel průměrné přesnosti [4]:

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^h P_i \cdot n_i}{n_t} \quad [\text{stupeň IT}] \quad (2.2)$$

Kde:  $P_i$ ... číslo dané operace [IT],

$n_i$ ... četnost výskytu určité tolerance,

$n_t$ ... četnost výskytu všech uvažovaných tolerancí.

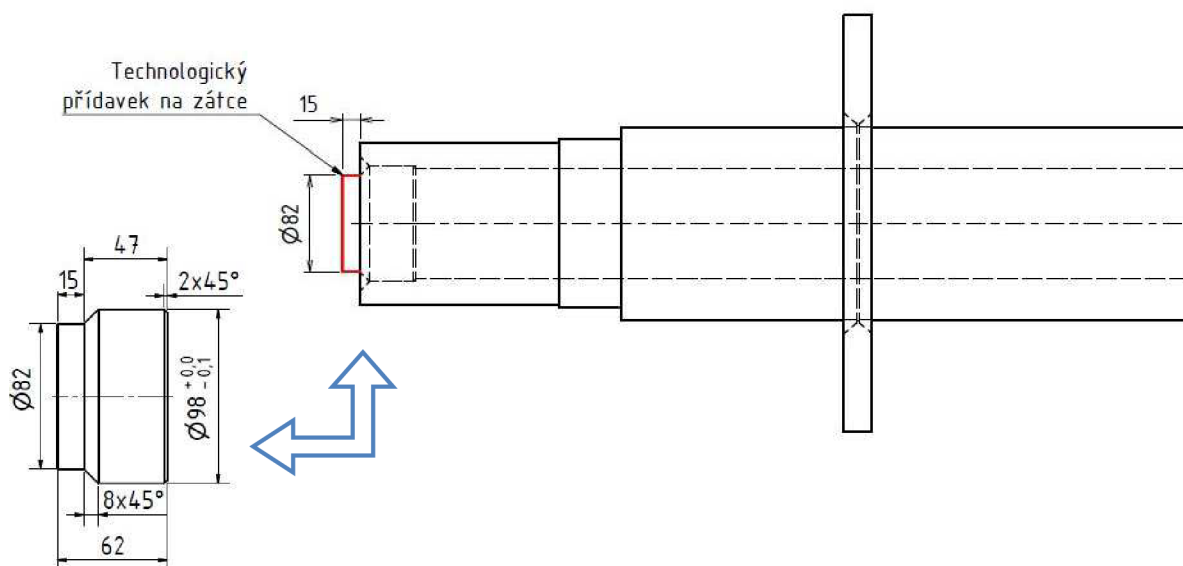
$$U_p = \frac{\sum_1^6 (14 \cdot 5) + (11 \cdot 5) + (10 \cdot 2) + (9 \cdot 1) + (7 \cdot 20) + (6 \cdot 3)}{36} = 8, \overline{66}$$

### 2.3 Rozbor technologických řešení pro výrobu

Aby bylo možné splnit požadavky výkresové dokumentace na přesnost a dodržet všechny rozměrové i geometrické tolerance a povrchy, je nutno soustružit hřídel na jedno upnutí.

#### 2.3.1 Technologický přídavek pro unášení hřídele

Soustružit hřídel na jedno upnutí je možné za použití unášejícího hrotu upnutého ve sklíčidle a koníka. Nebo pomocí vytvořením technologického přídavku pro unášení hřídele. Vzhledem k počtu úkonů je pravděpodobnost, že se obráběná součást protočí, což může vést k deformaci či zničení nástroje anebo součásti, proto je bezpečnější unášet hřídel přímo a to za pomoci technologického výstupku. Ten je zvolen na jedné zátce, která vyrobena s tímto technologickým přídavkem pro unášení hřídele (obr. 2.4). Technologický přídavek je následně odstraněn frézováním na horizontální vyvrtávače.



Obr. 2.4 Technologický přídavek pro unášení hřídele na soustruhu.

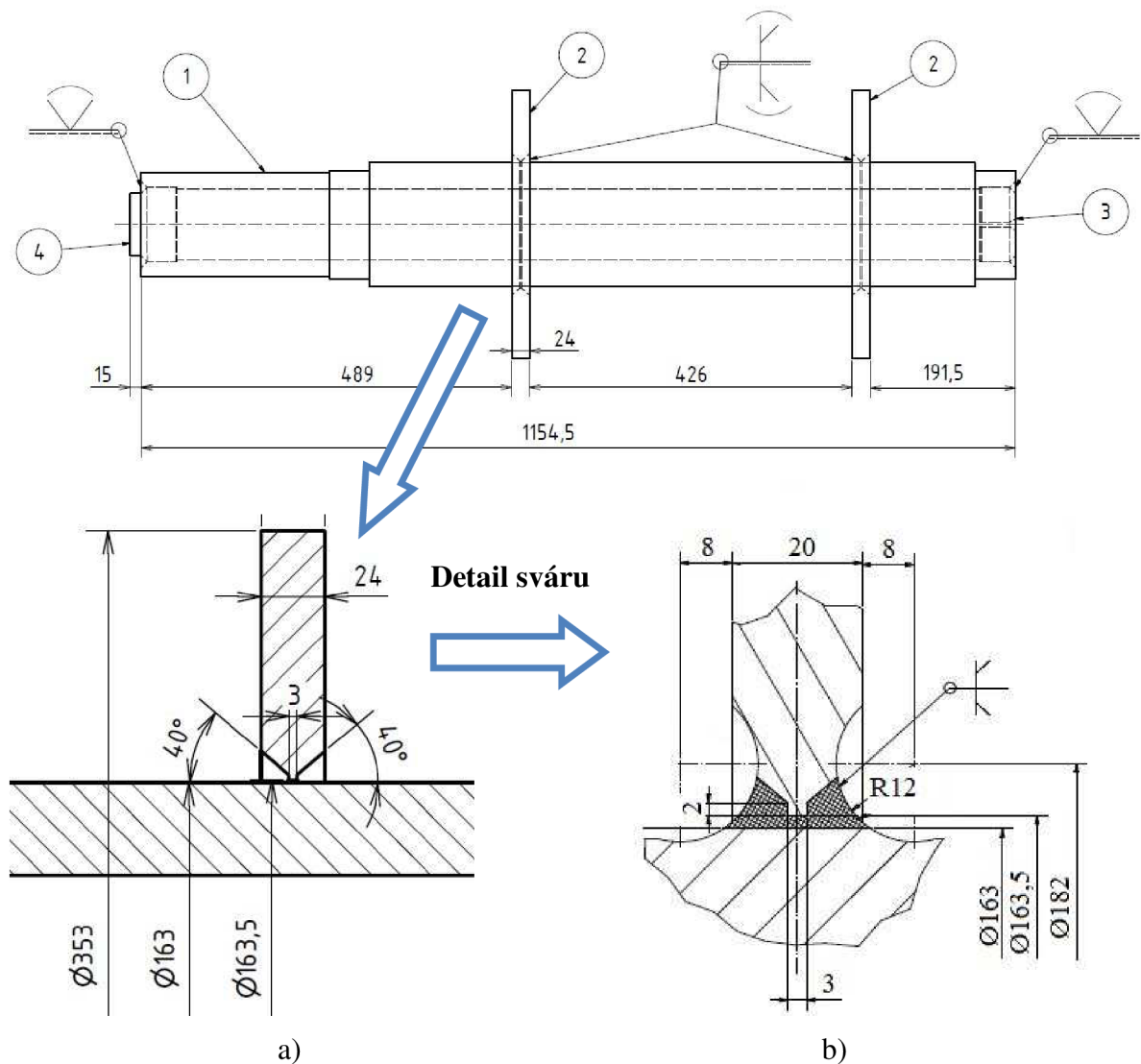
#### 2.3.2 Technologie tvarových zápichů

Soustružení tvarových zápichů (obr. 2.5) mezi průměrem hřídele a čelní plochou kotouče je možno provádět několika způsoby. Na začátku každého způsobu je nutno hrubovat svár, který není u každého kusu stejný, vzhledem k ručnímu svařování. Tyto sváry však vyžadují důkladnou přípravu již u soustružení polotvarů (obr. 2.5a). Především se jedná o kotouč pozice 2. Při soustružení úkosů pro sváry je nutno zanechat 3 mm můstek s  $\text{Ø}163.5$  mm, pomocí kterého je kroužek vystředěn v přípravku na trubku pozice 1. Můstek o šířce 3 mm je již ověřen a vyzkoušen, že při svařování kořenové housenky z obou stran, dochází k plnému průvaru, což je nezbytně nutné pro celkovou pevnost svarového spoje.

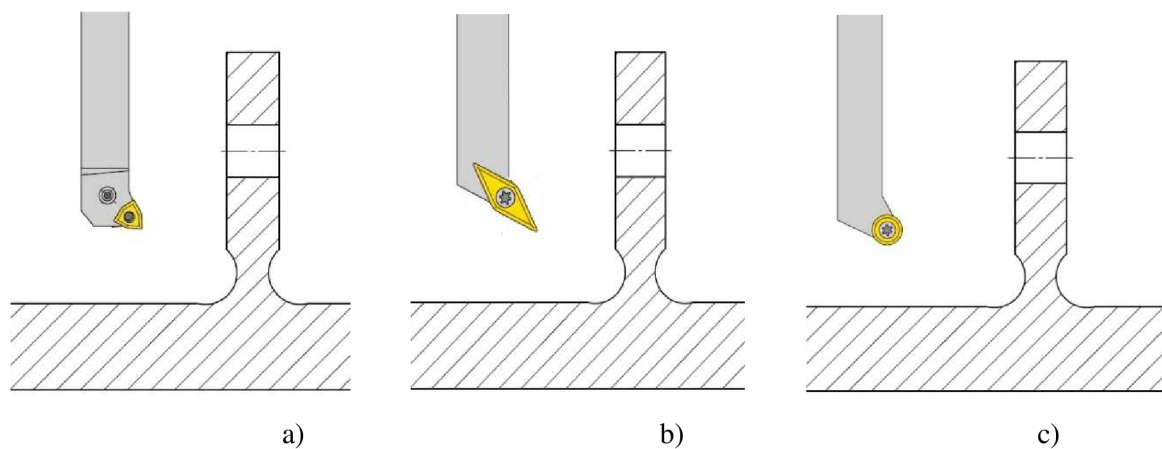
Soustružení svárů je obvykle provedeno standardním nožem pro vnější soustružení s oboustrannou břitovou destičkou ve tvaru W (obr. 2.6a). Po osoustružení svárů je provedeno hrubování tvarových zápichů, zde na konvenčním soustruhu je možnost použít nůž s pájenou rádiusovou břitovou destičkou nebo s vyměnitelnou břitovou destičkou, která je vzhledem k vyšším řezným podmínkám výhodnější. Pohyb nože na



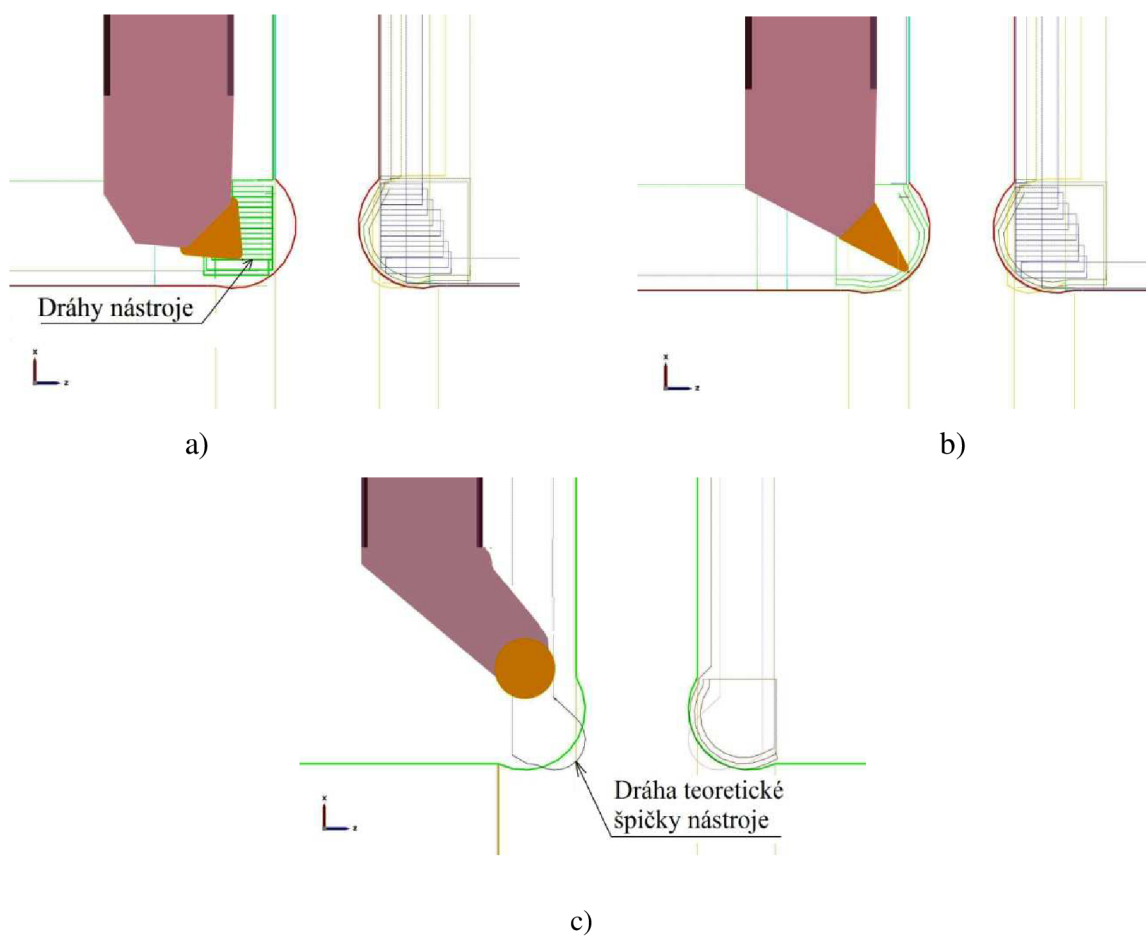
konvenčním soustruhu zajistí obsluha skládaným pohybem suportu, což není v dnešní době efektivní. Proto je výhodnější použití CNC soustruhu, kde dráha nože je naprogramována právě i pro jiný typ nože (obr. 2.6b), než s kruhovou břitovou destičkou, která při svém vzrůstajícím opášení ve vzniklém zápichu může zapříčinit nežádoucí vibrace, které ovlivňují kvalitu povrchu. Použití CNC soustruhu, s použitím CAM systému, otevírá možnost použití vnějšího soustružnického nože pro dokončování s vykloněnou destičkou na více menších záběrech, rychle a souvisle. Na dokončování tvarových zápichů, je kladen požadavek na kvalitu povrchu o hodnotě  $Ra\ 3,2\ \mu\text{m}$ , v zápichu nesmí zůstat žádný pór od nedokonalého sváru nebo jiné nežádoucí nedostatky povrchu, které jsou chápány jako koncentrátor napětí. Dokončování je provedeno naopak zase kruhovou destičkou, kterou je dokončen tvarový zápich ve všech místech své kontury (obr. 2.6c). Dokončovací záběr odebrává třísku  $0,1\ \text{mm}$ . Kruhová břitová destička nabízí tečný pohyb po boku tvarového zápichu.



Obr. 2.5 Detail kořene sváru, a) příprava pro svár,  
b) detail po svaření a osoustružení sváru.



Obr. 2.6 Jednotlivé operace při soustružení tvarových zápichů,  
 a) hrubování sváru, b) hrubování zápichu,  
 c) dokončování zápichu.



Obr. 2.6 Generování drah v CAM systému,  
 a) hrubování sváru, b) hrubování zápichu,  
 c) dokončování zápichu.

### 3 POROVNÁNÍ STÁVAJÍCÍCH VERZÍ TECHNOLOGIE VE FIRMĚ

Stávající technologie ve firmě STT Servis, s.r.o. prošla za posledních pět let významnou změnou a nákupem nových technologií. Zakázky technologicky náročných rotačních součástí vyvolaly impulz pro zamyšlení se nad investicí a to zakoupení CNC soustruhu, který by nahradil původní soustruh (obr. 3.1). Tyto konvenční soustruhy lze ještě uplatnit u kusové výroby nebo pro přípravu polotvarů, kde není mnoho tvarových ploch a nastavení konvenčního soustruhu je rychlejší než seřízení a nastavení CNC soustruhu.



Obr. 3.1 Universální hrotový soustruh TOS Čelákovice SU63 A/2750.

#### 3.1 Vývoj pořizování obráběcích strojů ve firmě

Proces soustružení na konvenčním soustruhu je dosti náročný na manuální práci a zručnost obsluhy. Velkou roli při konkurenční boji hraje i strojní čas, přesnost, kvalita a plnění termínů dodání vyrobených součástí. Strojní čas na konvenčním soustruhu trvá déle než na moderním CNC stroji (i když je normohodina řádově o polovinu levnější). Jestli je konvenční soustruh pro nějakou zakázku dostačující, je možno jej použít, kolize pak může nastat s termínem dodání zakázky. Tento problém, jak obstát v konkurenční boji, byl jeden z hlavních důvodů proč se firma STT Servis, s.r.o. rozhodla investovat do nových CNC obráběcích strojů. Dalšími rozhodujícími aspekty byly: úzké využití stroje, neopakovatelnost obrobeneých součástí, chybování obsluhy, ale i spotřeba elektrické energie.

#### 3.2 Počáteční fáze původní technologie

Univerzální hrotový soustruh TOS Čelákovice SU63 A/2750 (obr. 3.1) získala firma v roce 2006 při koupi bývalé strojírny ADAM v Oskavě- Bedřichově, která byla v insolvenčním řízení. Tento soustruh byl pro začínající firmu dostačující, co se týče strojních parametrů i kapacit. S první zakázkou v roce 2010 vyráběných hřídelí byly zjištěny nedostatky při výrobním procesu, zejména dlouhý strojní čas, soustružení tvarových zápichů (kap. 2.3.2), kvalita a přesnost obrobeneých ploch. Při hledání řešení, nákupu nové technologie, se naskytl možnost využít dotace z Evropské unie.

Při zadávání projektu, na výběrové řízení vhodného dodavatele CNC soustruhu, musel být zpracován projekt, ve kterém musely být v první řadě zadány kritéria pro dodání stroje: dodací lhůta, příslušenství, platební podmínky, servis i dostupnost náhradních dílů a hlavně cena včetně montáže a zaškolení obsluhy. Výsledkem výběrového řízení byl nový CNC soustruh DOOSAN Puma 2600L od firmy TECNOTRADE OBRÁBĚCÍ STROJE s.r.o. z Kuřimi, který splňoval veškeré kritéria a požadavky.

### 3.3 Pořízení CNC soustruhu

V původním výrobním procesu byly na konvenčním soustruhu připraveny všechny polotovary pro svařování hřídelí a následně soustruženy svařené polotovary hřídelí na hotovo. Nasazením CNC soustruhu (obr. 3.2) do výrobního procesu odpadly všechny nedostatky konvenčního soustruhu, zvýšila se kapacita výroby, byl celkově zrychlen výrobní proces (tab. 3.1 uvádí skutečné odměřené hodnoty), kde je vidět zkrácení výrobního času o 4,5 hod na 1 ks což při celkové zakázce, kdy bývá objednána dávka 32 ks hřídelí, vykazuje zkrácení o 144 hod. Ve výsledku, při dvousměnné provozu je zkrácení dodacího termínu řádově o 9 dní.

Tab. 3.1 Porovnání strojních časů původní a nové technologie.

Výrobní proces	Původní technologie	Nová technologie
Jednotlivé operace	Strojní čas [hod]	Strojní čas [hod]
Dělení materiálu	0,4	0,4
Soustružení polotvarů	2,5	1,5
Zámečnické práce	2,0	2,0
Dokončení- soustruh	5,0	1,5
CNC horizontka	2,5	2,5
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>12,4</b>	<b>7,9</b>



Obr. 3.2 CNC soustruh DOOSAN- Puma 2600 L [2].

Použitím CNC soustruhu byla zvýšena i celková kvalita a přesnost vyrobené součásti. Odpadla manuální práce a složité pracovní operace, což je spojeno i s úsporou pracovní síly. Výrobní proces s tímto CNC soustruhem byl optimalizován. Pomocí řídicího systému stroje a NC programu bylo soustružení hřídelí mnohem pohodlnější a efektivnější i výskyt neshodných součástí téměř odpadl.

### 3.4 Výrobní postup

Výrobní postup nové technologie (tab. 3.3) je stejný i pro původní technologii, jen s výjimkou nahrazení konvenčního soustruhu novým CNC soustruhem (obr. 3.2). Po soustružení hřídelí následuje ve výrobním postupu, mimo průběžnou kontrolu, konečné obrobení na CNC horizontální vyvrtávače. Zde po ustavení a vyrovnaní je ofrézován technologický přídavek, vyfrézována drážka 32 P9, vyvrtány zavity v čelech a v poslední operaci jsou vrtány otvory Ø20H7 na kruhovém rastu v kotoučích. Práce je díky modernímu stroji jednoduchá, přesná a celkem rychlá, jen vykazuje přepínání obrobku ze soustruhu na prizmata horizontální vyvrtávačky.

K výrobnímu postupu patří nástrojový list (tab. 3.2), který je doplňkem výrobního postupu. Nástrojový list může být poskytnut obsluze, která z něj vyčte případně další informace, jako jsou poloměrové a délkové korekce nástrojů. Seřízení nástroje v upínači, řezné parametry a jiné poznámky technologa nebo programátora. Nástroje byly voleny z katalogů firmy Hoffmann Group [5], Pramet tools (Dormer) a dalších [6, 7].

Tab. 3.2 Rámcový nástrojový list pro celý výrobní postup.

VUT FSI ÚST BRNO	NÁSTROJOVÝ LIST			Datum vydání:	1.5.2015
Vyhotovil: <b>Petr Škrabálek</b>				Číslo výkresu:	Č. listu
				<b>813- 01BP</b>	
Č. nástroje:	Popis nástroje:	Výrobce:	Označení výrobce	Materiál	
T1	Pilový pás	M.K. Morse	3110x27x0,9 z3/4	M42	
T2	Nůž vnější	Pramet	DWLNL 2525 M 08		
	VBD	Pramet	WNMG 080408E - M	SK	
T3	Nůž vnější	Pramet	DWLN R 2525 M 08		
	VBD	Pramet	WNMG 080408E - M	SK	
T4	Nůž vnitřní	Pramet	A32S-SCLCL 12-A		
	VBD	Pramet	CCGT 120408EL-SI	SK	
T5	Středící vrták 5 mm 60°	Hoffmann	DIN 333, typ A, N60°	HSS	
T6	Šroub. vrták Ø6	Hoffmann	DIN 338, typ N	HSS	
T7	Nůž vnější	Pramet	SVPCR 2525 M 16-M-A		
	VBD	Pramet	VCMT 160408E-47	SK	
T8	Nůž vnější	Pramet	SVPC L 2525 M 16-M-A		
	VBD	Pramet	VCMT 160408E-47	SK	
T9	Nůž vnější	Pramet	SRSCL 2525 M 10-M-A		
	VBD	Pramet	RCMT 10T3MOE-UR	SK	

VUT FSI ÚST BRNO	NÁSTROJOVÝ LIST			
			Datum vydání:	1.5.2015
			Číslo výkresu:	Č. listu
Vyhotovil:	<b>Petr Škrabálek</b>		<b>813- 01BP</b>	<b>2.</b>
Č. nástroje:	<b>Popis nástroje:</b>	<b>Výrobce:</b>	<b>Označení výrobce</b>	<b>Materiál</b>
T10	Nůž vnější	Pramet	SRSCR 2525 M 10-M-A	
	VBD	Pramet	RCMT 10T3MOE-UR	SK
T11	Čelní fréza	Pramet	100A07R-S45OD06D	SK
	VBD	Pramet	ODMT 0504ZZN	SK
T12	Šroub. vrták Ø26,5	Hoffmann	DIN 345, TYP N	HSS
T13	Šroub. vrták Ø31	Hoffmann	DIN 345, TYP N	HSS
T14	Kužel. záhlubník 60°	Hoffmann	Ø40, DIN 334	HSS
T15	Závitník M30 -6H	Hoffmann	DIN 371	HSS
T16	Šroub. vrták Ø19,25	Hoffmann	DIN 345, TYP N	HSS
T17	Výhrubník Ø19,75	Hoffmann	DIN 222N	HSS
T18	Výstružník Ø20H7	Hoffmann	DIN 208-B	HSS
T19	Šroub. vrták Ø17,5	Hoffmann	DIN 6537	SK
T20	Šroub. vrták Ø10,2	Hoffmann	DIN 6537	SK
T21	Kužel. záhlubník 90°	Hoffmann	Ø25, DIN 335-C	HSS
T22	Závitník M20 -6H	Hoffmann	DIN 371	HSS
T23	Závitník M12 -6H	Hoffmann	DIN 371	HSS
T24	Stopková fréza	Pramet	25A2R033A25-SAD16E-C	
	VBD	Pramet	ADMX 160608SR -M	SK
T25	Monolitní fréza Ø15,7mm	Gühring	RF100diver Ø15,7mm	SK
legenda:	Pramet= Pramet Tools, s.r.o. (Dormer)			
	Hoffmann= Hoffmann Qualitätswerkzeuge CZ s.r.o.			
	Gühring= GÜHRING s.r.o.			

Optimalizace výrobního času zahrnuje optimální trvanlivost nástroje nebo řezných podmínek pro minimální výrobní čas. Optimalizace výrobních nákladů je úzce propojena s optimální trvanlivostí nástroje nebo optimální řeznou rychlostí. Obvykle nelze splnit všechny požadavky současně a proto se hledá kompromisní řešení, závislé na reálných výrobních podmínkách. Proces optimalizace zahrnuje mnoho jiných fyzikálních, technologických a ekonomických omezení:

- řezivost nástroje a způsob její kvantifikace,
- vliv řezných podmínek na silovou a energetickou náročnost obrábění,
- rozsah použitelných řezných rychlostí a posuvů,
- druh utvařeče třísek,
- příkon a tuhost stroje, jeho rozsahy otáček a posuvů,
- požadavky na kvalitu povrchu [8].

V příloze 4 je k nahlédnutí plná verze nástrojového listu.

Tab. 3.3 Rámcový výrobní postup výroby hřídele novou technologií.

VUT BRNO FSI ÚST		<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>		Název součásti: <b>HŘÍDEL</b>
Datum : 1.5.2015		Vyhotovil : Škrabálek		Polotovary pozice 1 : TR 168x40-1160
				Polotovary pozice 2 : Pl.25, Ø360/Ø155
				Polotovary pozice 3 : Ø100- 50
Číslo výkresu: <b>813-01BP</b>				Polotovary pozice 4 : Ø100- 65
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	
Orientační:	Třídící číslo :			
01/01	PÁSOVÁ PILA PILOUS ARG 300 35967	TPV	ŘEZAT POZICI 1 NA DÉLKU 1160±0,5 ŘEZAT POZICI 3 NA DÉLKU 50±0,5 ŘEZAT POZICI 4 NA DÉLKU 65±0,5	
01/02	PÁLICÍ STROJ ALFATEC CNC KOMPACT PLAZMA 32945		PÁLIT POZICI 2 DO TABULE PLECHU TL.25 MEZIKRUŽÍ Ø360/Ø155	
02/01	OTK 09863	OTK	KONTROLOVAT POLOTVARY ČETNOST 10%	
03/01	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 1 UPNOUT MEZI HROTY Z PRAVA: ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 1157±0,5 SOUSTRUŽIT Ø163+0,5 DO DÉLKY 854±0,3 SOUSTRUŽIT Ø143+0,5 DO DÉLKY 53-0,3 Z LEVA: ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 1154,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø143+0,5 DO DÉLKY 300,5-0,3 SOUSTRUŽIT Ø137+0,5 DO DÉLKY 248,5-0,3 SOUSTRUŽIT ZÁPICH Ø67h12 ŠÍŘKY 2,65H13 POZICI 1 UPNOUT DO ČELISTÍ PODEPŘÍT LUNETOU SOUSTRUŽIT Ø98,1+0,1 DO DÉLKY 47+0,5 OTOČIT POZICI 1 UPNOUT DO ČELISTÍ PODEPŘÍT LUNETOU SOUSTRUŽIT Ø98,1+0,1 DO DÉLKY 47+0,5	

VUT BRNO FSI ÚST		<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>		Název součásti:	<b>HŘÍDEL</b>
Datum : 1.5.2015		Vyhotoval : Škrabálek		Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160	
				Polotovar pozice 2 : Pl.25, Ø360/Ø155	
				Polotovar pozice 3 : Ø100- 50	
Číslo výkresu:		<b>813-01BP</b>		Polotovar pozice 4 : Ø100- 65	
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :		
Orientační:	Třídící číslo :				
03/02	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 2 UPNOUT DO ČELISTI ZA OTVOR ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 24,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø353+0,5 PO CELÉ DÉLCE SOUSTRUŽIT Ø163,5+0,3 DO DÉLKY 12+0,5 SOUSTRUŽIT ÚKOS PRO SVÁR 40° DÉLKY 10,5 OTOČIT A UPNOUT DO ČELISTI ZA Ø353 ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 24±0,5 SOUSTRUŽIT Ø163,5+0,3 DO DÉLKY 13+0,5 SOUSTRUŽIT ÚKOS PRO SVÁR 40° DÉLKY 10,5		
03/03	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 3 UPNOUT DO ČELISTI V DELCE 10 ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 48,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø98-0,1 DO DÉLKY 40 SRAZIT HRANU 2x45°  OTOČIT A UPNOUT DO ČELISTI ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 47±0,5 SRAZIT HRANU 8x45° NAVRTAT STŘEDÍCÍ DŮLEK VRTAT Ø6 SKRZ		
03/04	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 4 UPNOUT DO ČELISTI V DELCE 15 ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 63,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø98-0,1 DO DÉLKY 40 SRAZIT HRANU 2x45°  OTOČIT A UPNOUT DO ČELISTI ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 62±0,5 SOUSTRUŽIT Ø82+0,5 DO DÉLKY 15 SRAZIT HRANU 8x45°		
04/01	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 1: Ø163 DO DÉLKY 854+0,5 - 10% Ø143 DO DÉLKY 53-0,3 - 10% DÉLKA OBROBKU 1154,5 -10% Ø137 DO DÉLKY 248,5-0,3 - 10% Ø143 DO DÉLKY 52-0,3 - 10% Ø98,1 DO DÉLKY 47+0,5 - 10%		



VUT BRNO FSI ÚST		<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>		Název součásti:	<b>HŘÍDEL</b>
Datum : 1.5.2015		Vyhotovil : Škrabálek		Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160	
				Polotovar pozice 2 : Pl.25, Ø360/Ø155	
				Polotovar pozice 3 : Ø100- 50	
Číslo výkresu:		<b>813-01BP</b>		Polotovar pozice 4 : Ø100- 65	
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :		
Orientační:	Třídící číslo :				
04/02	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 2: Ø353 DO DÉLKY 24+0,5 - 10% Ø163,5 DO DÉLKY 3 - 10% DÉLKA OBROBKU 24 -10%		
04/03	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 3: Ø98-0,1 DO DÉLKY 39 - 10% DÉLKA OBROBKU 47 -10%		
04/04	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 4: Ø98-0,1 DO DÉLKY 39 - 10% Ø82 DO DÉLKY 39 - 10% DÉLKA OBROBKU 62 -10%		
05/01	SVAŘOVACÍ ZDROJ FRONIUS 12752	SVAŘOVNA	USTAVIT POZICE DO PŘÍPRAVKU STEHOVAT SVAŘOVAT V POLZE PB: 4x 12 1/2Y + 2x 8V		
06/01	ŽÍHACÍ PEC	KOOPERA- CE	ŽÍHAT KE SNÍŽENÍ VNITŘNÍHO PNUTÍ PŘI TELPOTĚ 610°C		
07/01	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	UPNOUT OBROBEK DO ČELISTÍ ZA TECHNOLOGICKÝ VÝSTUPEK A PODEPŘÍT SOUSTRUŽIT DLE PROGRAMU Č. O183		
08/01	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ: Ø140k6 DÉLKY 53-0,1- 100% Ø160h11 DÉLKY 30- 100% Ø134js6 DÉLKY 248,5- 100% Ø140k6 DÉLKY 52-0,1- 100% Ø160h11 DÉLKY 30- 100% DÉLKA OBROBKU 1150,5±0,5 -100%		
09/01	HORIZONTÁLNÍ VYVRTÁVAČKA WFT 13 CNC 45827	OBROBNA	UBNOUT OBROBEK DO PRIZMAT SROVNAT OBROBEK FRÉZOVAT TECHNOLOGICKÝ VÝSTUPEK ZAFRÉZOVAT ČELA NA DÉLKU 1150,5±0,5 OPRACOVAT DLE PROGRAMU Č. HŘÍDEL 813		

VUT BRNO FSI ÚST		<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>		Název součásti: <b>HŘÍDEL</b>
Datum : 1.5.2015		Vyhotovil : Škrabálek		Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160
				Polotovar pozice 2 : Pl.25, Ø360/Ø155
				Polotovar pozice 3 : Ø100- 50
Číslo výkresu:		<b>813-01BP</b>		Polotovar pozice 4 : Ø100- 65
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	
Orientační:	Třídící číslo :			
10/01	OTK 09863	OTK	VIZUÁLNÍ KONTROLA 100% KONTROLA ROZMĚRŮ: Ø20H7 20x- 100% DRÁŽKA 32P9- 100% ZÁVIT M30- 50% ZÁVIT M20- 50% ZÁVITY M12- 50% OBVODOVÉ HÁZENÍ NA Ø140k6- 50µm- 20% OBVODOVÉ HÁZENÍ NA Ø134JS6- 50µm- 20% ČELNÍ HÁZENÍ NA KOTOUČÍCH 200µm- 20%	

V příloze 5 je k nahlédnutí plná verze výrobního postupu.

## 4 NÁVRH ZLEPŠENÉ VERZE

Po zavedení CNC soustruhu DOOSAN PUMA 2600 L do výrobního postupu je výroba hřídelí mnohem efektivnější a kvalitnější. Spolu s CNC horizontální vyvrtávačkou WFT 13 od firmy Fermat CZ, vytváří dvojici strojů pomocí, díky které je konkurence schopnost firmy silnější. Ale právě tyto dva stroje vytváří myšlenku, proč nevyrobět hřídel na jednom stroji. Tím by odpadly jisté nedostatky, které jsou spojené s opracováním na CNC horizontální vyvrtávače, jako jsou například:

- manipulace s obrobkem,
- více pracovníků zapojených do výrobního cyklu, tím vyšší náklady na výrobu,
- nepřesnost vlivem ustavení a upnutí v prizmotech na horizontální vyvrtávače,
- blokování kapacit stroje z vyšší hodnotou normohodiny,
- časové ztráty upínáním na druhý stroj, cca (45÷60) minut,
- možné poškození dílce vlivem manipulace.

I když je obrábění jednoduchých úseků, jako je vrtání otvorů a frézování drážky, na moderní CNC horizontální vyvrtávače jednoduché, rychlé a přesné. Vzniká zbytečná ztráta času přepínáním obrobku ze soustruhu na prizmata horizontální vyvrtávačky. Zkrácení výrobního času a eliminování nedostatků by mohlo být docíleno použitím CNC soustruhu s poháněnými nástroji neboli CNC multifunkčním soustružnickým centrem.

Při porovnání základních faktorů mezi volbou CNC soustruhu s poháněnými nástroji (tab. 4.1) a aktuální technologií, kdy je obrobek přepínán ze soustruhu na horizontální vyvrtávačku, plynou určité výhody příklánějící se k pořízení této nově navrhované technologií.

Tab. 4.1 Porovnání technologií.

Sledované parametry	Nová technologie	Navrhovaná technologie
Strojní vybavení	Více obráběcích strojů	CNC soustruh s poháněnými nástroji
Pracovní síla	4 pracovníci	2 pracovníci
Kvalita výroby	Větší riziko lidské chyby	Eliminování neshody přepínáním obrobku
Pořizovací cena	12 000 000 Kč	5 500 000 Kč
Normohodina	1 500 Kč.hod <sup>-1</sup>	1 000 Kč.hod <sup>-1</sup>
Strojní čas	2,5 hod	1,5 hod
Výrobní náklady	3 750 Kč	1 500 Kč

Pro porovnání byl zvolen CNC soustruh s poháněnými nástroji DOOSAN PUMA 480 XLM, od firmy TECNOTRADE OBRÁBĚCÍ STROJE s.r.o. z Kuřimi (obr. 4.1.).

Zakoupení takového stroje by bylo jednou ze větších investic firmy STT Servis, s.r.o., kterou doprovází mnoho úvah, které jsou podloženy i na požadavky zákazníků, ale i trhu jako takového. Přínosem pro firmu by mohlo být zvýšení kapacit na soustruzích, obrábět velkorozměrné součásti, tím odstranit potřebu kooperovat tyto obrobky. Díky pojízdné lunetě obrábět štíhlé tyče, obrábět rotační součásti s otvory nebo

drážkami na jedno upnutí bez potřeby přepínání na jiný stroj a tím zvýšit kapacitu ostatním obráběcím strojům.

V tab. 4.2 je vidět návrh, jak by se tímto řešením zefektivnila výroba, tj. zkrátí by se strojní čas při použití navrhované technologie. Strojní čas by byl kratší o 1 hodinu (manipulace a přepínání obrobku) než u aktuální technologie rozebírané v kap. 3.3 v tab. 3.1. Dále je vidět, že by odpadlo využití CNC horizontální vyvrtávačky z výrobního postupu a tím náklady spojené s dalšími dvěma pracovníky. Omezením počtu pracovníků ve výrobním procesu by se mimo jiné snížilo počet možných neshod součástí. Na druhou stranu musí být brán zřetel na finanční zatížení firmy vzhledem k pořízení stroje a na vyšší kvalifikaci obsluhy.

Tab. 4.2 Srovnání aktuální a navrhované technologie.

Výrobní proces	Aktuální technologie	Navrhovaná technologie
<b>Jednotlivé operace</b>	<b>Strojní čas [hod]</b>	<b>Strojní čas [hod]</b>
Dělení materiálu	0,4	0,4
Soustružení polotvarů	1,5	1,5
Zámečnické práce	2,0	2,0
Dokončení- soustruh	1,5	3,0
CNC horizontka	2,5	-
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>7,9</b>	<b>6,9</b>



Obr. 4.1 CNC soustruh DOOSAN- PUMA 480 XLM [2].

CNC soustruh DOOSAN PUMA 480 XLM (obr. 4.1, tab. 4.3) je mimo jiné vybaven pojízdnou lunetou a poháněnými nástroji. Díky svým přednostním technickým parametrům, jako max. soustružený  $\varnothing$  650 mm a max. délka soustružení 3 065 mm nabízí možnost obrábět velkorozměrné součásti.

Tab. 4.3 Technické parametry stroje DOOSAN- PUMA 480 XLM

<b>HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE</b>		
<b>Vřeteno:</b>		
Hydraulické sklíčidlo se 3 čelistmi, průměr	[mm]	533
Otáčky vřetena souvisle proměnné	[min <sup>-1</sup> ]	15-1500
Výkon motoru vřetena (trvalé/30 min)	[kW]	37/45
Kroutící moment vřetena (trvalé/30 min)	[Nm]	2431/2957
Průměr otvoru vřetena	[mm]	166,5
Osa C s úhlovým souvislým polohováním vřetene		
<b>Zdvihy pojezdu:</b>		
Zdvih v ose X	[mm]	362
Zdvih v ose Z	[mm]	3100
Zdvih v ose C (otáčení vřetene)		±360°
<b>Posuvy:</b>		
Rychloposuv v ose X	[m.min <sup>-1</sup> ]	16
Rychloposuv v ose Z	[m.min <sup>-1</sup> ]	10
Rychloposuv otočné osy C	[min <sup>-1</sup> ]	100
<b>Automatická nástrojová hlava:</b>		
Počet míst v nástrojové hlavě	[ks]	12
Rozměry nástrojů pro vnější soustružení	[mm]	25x25
Rozměry nástrojů pro vnitřní soustružení	[mm]	Ø 60
Otáčky poháněných nástrojů	[min <sup>-1</sup> ]	30-3000
Výkon poháněných nástrojů (trvale/30 min/10 min)	[kW]	5,5/7,5/11
Kroutící moment poháněných nástrojů (trvale/30 min/10 min)	[Nm]	70/95,5/140
<b>Řídicí systém:</b>		
Fanuc Oi		
<b>Koník:</b>		
Průměr pinoly	[mm]	Ø 120
Zdvih pinoly	[mm]	120
Přítlačná síla při tlaku 40 bar	[N]	14560
<b>Pracovní rozsah:</b>		
Max. průměr soustružení	[mm]	650
Max. délka soustružení	[mm]	3065
Max. hmotnost obrobku bez použití koníku	[kg]	665
Max. hmotnost obrobku při použití koníku	[kg]	3165
<b>Příslušenství:</b>		
Pásový dopravník třísek		
Automatické vysokotlaké chlazení nástrojů	[bar]	6
Systém automatického mazání		
Hydraulická samostředící luneta s rozsahem	[mm]	45-310

## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ POSOUZENÍ

Sled operací ve výrobním postupu se nezměnil, jen konvenční soustruh v operacích 03 a 07 byl nahrazen CNC soustruhem DOOSAN PUMA 2600 L. Tím odpadla manuální práce a potřebná zručnost obsluhy. Po technické stránce byla zvýšena přesnost a kvalita vyráběných součástí.

Díky nové technologii, která nahrazuje konvenční soustruh, je zefektivnění výroby o více jak jednu třetinu původního času (tab. 5.1). Nabízí se i možnost zapracovat do výrobního procesu nahrnovanou technologii, kde by se výrobní čas zkrátit o další 1 hodinu. Tato varianta má i další výhody a to takové, že by odpadlo využití CNC horizontální vyvrtávačky, omezila by se nepřesnost spojená s přepínáním kusů a dále by tento stroj nabídl nové technologické možnosti a zkrácení výrobních časů.

Tab. 5.1 Srovnání výrobních časů technologií

Výrobní proces	Původní technologie	Nová technologie	Navrhovaná technologie
Jednotlivé operace	Strojní čas [hod]	Strojní čas [hod]	Strojní čas [hod]
Dělení materiálu	0,4	0,4	0,4
Soustružení polotvarů	2,5	1,5	1,5
Zámečnické práce	2,0	2,0	2,0
Dokončení- soustruh	5,0	1,5	3,0
CNC horizontka	2,5	2,5	-
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>12,4</b>	<b>7,9</b>	<b>6,9</b>
<b>Celkem na výrobní dávku 32 Ks</b>	<b>396,8</b>	<b>252,8</b>	<b>220,8</b>

V tabulce 5.1 je možno vidět srovnání výrobních časů použitím různých technologií. Jsou zde zahrnuty hlavní operace, vedlejší jako čištění, balení, expedice není potřeba zmiňovat, vzhledem ke stejným časům bez ohledu na použitou technologii. I když je firma STT Servis, s.r.o. orientována na kusovou výrobu, vyplatí se investovat do nových technologií jakožto pořízení CNC soustruhu, který má širší využití, větší produktivitu a univerzálnost.

Dále je potřeba si uvědomit finanční dopad na firmu, v případě pořízení nové technologie, kde je nezbytné proškolení zaměstnance, kteří budou stroj obsluhovat, ale také i například zajištění postprocesoru pro generování NC programů z CAM systému. Investice musí být tedy pro podnik ekonomicky výhodná, i když má velký technický přínos.

Tabulka 5.2 ukazuje finanční náročnost na výrobu 1 ks hřídele, ale i pro lepší představu, na výrobu 32 ks, tj. výrobní dávky. Výsledná částka 42 300 Kč (1 350 Kč/ks) je finanční rozdíl mezi původní a novou technologií (tab. 5.3). Tato částka není zanedbatelná a navíc se jedná jen o jeden typ hřídele (v zakázce jsou vyráběny celkem tři typy hřídelí, obr. 2.1). Částka odpovídá výrobnímu času, který je zkrácen o 144 hod., tj. 9 pracovních při dvousměnném provozu, o které může být zkrácen termín dodání. Tyto faktory staví firmu STT Servis, s.r.o. do popředí v konkurenčním boji o získání zakázky.

Tab. 5.2 Ekonomické zhodnocení výrobních nákladů původní technologie

<b>Původní technologie</b>			
<b>Jednotlivé operace</b>	<b>Strojní čas [hod]</b>	<b>Sazba [Kč/hod]</b>	<b>Výsledné náklady</b>
Dělení materiálu	0,4	350	140 Kč
Příprava polotvarů	2,5	500	1 250 Kč
Zámečnické práce	2,0	400	800 Kč
Dokončení- soustruh	5,0	500	2 500 Kč
CNC horizontka	2,5	1500	3 750 Kč
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>8 440 Kč</b>
<b>Celkem na výrobní dávku 32 Ks</b>		<b>x</b>	<b>270 080 Kč</b>

V tabulce 5.3 ve srovnání s tabulkou 5.2 je vidět, jak se zkrátily výrobní časy, největší rozdíl je právě u dokončovacích prací na soustruhu, kdy takto členitá hřídel na konvenčním soustruhu je obzvlášť pracná a náročná na zručnost obsluhy.

Tab. 5.3 Ekonomické zhodnocení výrobních nákladů nové technologie

<b>Nová technologie</b>			
<b>Jednotlivé operace</b>	<b>Strojní čas [hod]</b>	<b>Sazba [Kč/hod]</b>	<b>Výsledné náklady</b>
Dělení materiálu	0,4	350	140 Kč
CNC příprava polotvarů	1,5	800	1 200 Kč
Zámečnické práce	2,0	400	800 Kč
Dokončení- CNC soustruh	1,5	800	1 200 Kč
CNC horizontka	2,5	1500	3 750 Kč
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>7 090 Kč</b>
<b>Celkem na výrobní dávku 32 Ks</b>		<b>x</b>	<b>226 880 Kč</b>

Tab. 5.4 Ekonomické zhodnocení výrobních nákladů navrhované technologie

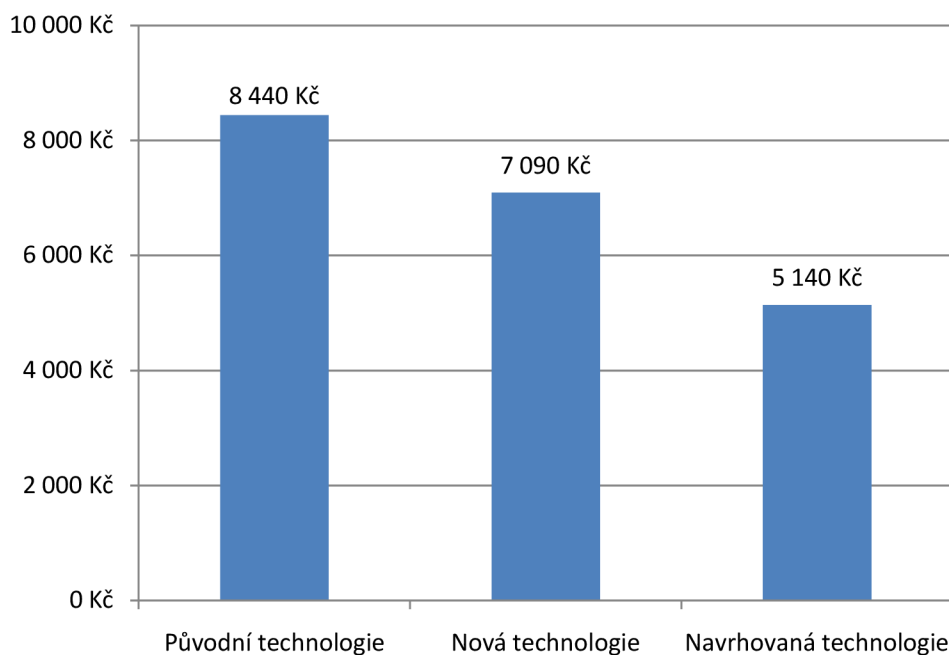
<b>Navrhovaná technologie</b>			
<b>Jednotlivé operace</b>	<b>Strojní čas [hod]</b>	<b>Sazba [Kč/hod]</b>	<b>Výsledné náklady</b>
Dělení materiálu	0,4	350	140 Kč
Příprava polotvarů	1,5	800	1 200 Kč
Zámečnické práce	2,0	400	800 Kč
Dokončení- soustruh	3,0	1000	3 000 Kč
CNC horizontka	0,0	1500	0 Kč
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>5 140 Kč</b>
<b>Celkem na výrobní dávku 32 Ks</b>		<b>x</b>	<b>164 480 Kč</b>

Tab. 5.5 Finanční srovnání výrobních nákladů jednotlivých technologií

Výrobní proces	Původní technologie	Nová technologie	Navrhovaná technologie
<b>Jednotlivé operace</b>	<b>Výrobní náklady</b>	<b>Výrobní náklady</b>	<b>Výrobní náklady</b>
Dělení materiálu	140 Kč	140 Kč	140 Kč
Soustružení polotvarů	1 250 Kč	1 200 Kč	1 200 Kč
Zámečnické práce	800 Kč	800 Kč	800 Kč
Dokončení- soustruh	2 500 Kč	1 200 Kč	3 000 Kč
CNC horizontka	3 750 Kč	3 750 Kč	-
<b>Celkem na 1 Ks</b>	<b>8 440 Kč</b>	<b>7 090 Kč</b>	<b>5 140 Kč</b>
<b>Celkem na výrobní dávku 32 Ks</b>	<b>270 080 Kč</b>	<b>226 880 Kč</b>	<b>164 480 Kč</b>

Tabulka 5.5 je sestavena na základě tabulek 5.2, 5.3, 5.4, hodnoty v tabulce 5.4 jsou brány z teoretického hlediska, tak že odpadne 1 hodina strojního času upínáním na horizontální vyvrtávačku, ale počet jednotlivých úkonů zůstává stejný.

### Výrobní náklady na 1 Ks



Obr. 5.1 Grafické srovnání výrobních nákladů jednotlivých technologií

Obr. 5.1 znázorňuje finanční hodnotu výrobních časů porovnaných jednotlivých technologií v tab. 5.5. Porovnáním lze konstatovat, že výrobní náklady klesly o 16 %. Při volbě navrhované technologie (tab. 5.4) by byl pokles o 39 %.



## 6 DISKUZE

V bakalářské práci byly rozebrány tři možné technologie, pomocí kterých je možné danou hřídel vyrobit. Nová technologie, která je nyní i aktuální ve firmě STT Servis, s.r.o. splňuje požadované nároky na přesnost i universálnost, neboť tento stroj DOOSAN PUMA 2600 L byl koncipován a vybírán právě pro tyto hřídele v určité cenové relaci. Po zaběhnutí technologie do výrobního procesu byly nalezeny možnosti navrhované technologie a to obrábět hřídel kompletně na jednom stroji. Tato možnost se jeví jako efektivní, ale musí být brán ohled na teoretický návrh, který může skrývat určitá omezení. Celkově by tato technologie měla výrobní proces zrychlit, je ale možné, že naopak kvůli neodhaleným problémům může být výrobní proces prodloužen. Každopádně je velkou výhodou, že odpadne využití CNC horizontální vyvrtávačky, která může obrábět jiné zakázky. Dále by tento stroj pomohl obrábět i velké rotační součásti jako třeba podávací bubny do štěpkovacích linek, bubny různých dopravníků, které nyní firma musí vzhledem k velikosti kooperovat.

Důležitým faktorem při výrobě hřídelí je svarový spoj mezi hlavní trubkou a kotoučem. Svařování dílů je prováděno v poloze vodorovné ze shora- PB za pomoci polohovadla ručním svařováním metodou MAG. Tento proces svařování by bylo vhodné také optimalizovat, například automatickým svařováním pod tavidlem, jelikož investice do robotického svařování by byla poměrně drahá a pro kusovou výrobu se nemusí vyplatit. Svařování pod tavidlem by mohlo vyřešit i problémy s póry ve svárech, které se objevují při soustružení tvarových zápchů (kap. 2.3.2). Touto metodou by se díly svařily jednou oboustranně položenou svarovou housenkou, a tím by se docílilo vyšší rychlosti svaření a větší čistoty sváru, která je v tomto případě velice důležitá. Této problematice by se mohla věnovat celá kapitola, možná i práce, pro kterou by se mohly vyrobit vzorky pro různé zkoušky. Vzhledem k zaměření bakalářské práce na návrh CNC technologie pro obrábění hřídelí, je tato problematika okrajově rozebrána v kapitole 2.2 a kapitole 2.3.2.

Vyráběná hřídel řešená v bakalářské práci spadá do výroby kusové, alespoň z pohledu firmy STT Servis, s.r.o. Tomuto aspektu odpovídá i technologie výroby i celý výrobní postup, který dokáže rychle a pružně reagovat na změny nebo nové požadavky zákazníka. Kdyby vyráběná hřídel a její modifikace měli být vyráběné ve stovkách kusů, mohla by se celá výroba co nejvíce automatizovat. Od skladů a manipulaci s materiálem přes dělení polotvarů, jejich hrubování a následné svaření a žíhání, až po finální opracování.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout CNC technologii, pomocí které dojde ke zkrácení strojních časů při výrobě hřídelí. Na základě získaných poznatků a technicko-ekonomického zhodnocení se jako optimální řešení jeví použití CNC soustruhu DOOSAN PUMA 2600 L s následným frézováním a vrtáním otvorů na CNC horizontální vyvrtávače FERMAT WFT 13 CNC. Použitím tohoto řešení bylo dosaženo následujících výsledků:

- nedostatečné strojní vybavení bylo nahrazeno novými CNC stroji,
- odpadly složité pracovní úkony na konvenčním soustruhu,
- získání vyšší produktivity, univerzálnosti a efektivity,
- vyšší přesnost, kvalita a menší výskyt neshodných součástí,
- třetinová úspora strojních časů (ze 12,4 hod/ks na 7,9 hod/ks),
- pokles výrobních nákladů o 16 % (z 8 440 Kč/ks na 7 090 Kč/ks),
- zkrácení dodacího termínu o 9 dní,
- celkové zvýšení výrobních kapacit firmy,
- snížení požadavků na pracovní sílu.

I když se tyto výsledky jeví jako dobré a vyhovující, byly po analýze aktuálního stavu výroby byly odhaleny určité nedostatky, spojené s přepínáním obrobku z CNC soustruhu na CNC horizontální vyvrtávačku, a to:

- zbytečná manipulace s obrobkem,
- více pracovníků zapojených do výrobního cyklu, tím vyšší náklady na výrobu,
- nepřesnost vlivem ustavení a upnutí v prizmatech na horizontální vyvrtávače,
- blokování kapacit stroje z vyšší hodnotou normohodiny,
- časové ztráty upínáním na druhý stroj, cca (45÷60) minut,
- možné poškození dílce vlivem manipulace.

Pro eliminaci výše uvedených nedostatků byl navržen CNC soustruh DOOSAN PUMA 480 XLM s poháněnými nástroji, na kterém by mohla být hřídel vyrobena kompletně v jedné operaci. Realizace tohoto návrhu by přinesla další pozitivní výsledky a zkrácení strojních časů a to zejména:

- zkrácení strojních časů o další 1 hodinu (celkem tedy o 5,5 hod/ks),
- pokles výrobních nákladů o dalších 25 % (celkem tedy o 39%, z 8 440 Kč/ks na 5 140 Kč/ks),
- vyšší přesnost díky opracování na jedno upnutí,
- vyřazení dražšího stroje z výrobního postupu,
- snížení rizika poškození součásti vlivem manipulace
- odstranění potřeby kooperovat velké rotační součásti jiných zakázek.

Z ekonomického hlediska plynou určité výhody přiklánějící se k pořízení této navrhované technologii CNC soustruhu s poháněnými nástroji. Na druhou stranu se jedná o teoretický návrh, který není reálně podložen a může skrývat určité omezení. Závěrem lze říci, že by zakoupení nové technologie znamenalo pro firmu STT Servis, s.r.o. zvýšení konkurenceschopnosti na trhu se strojírenskými výrobky.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. JIRÁSEK, Jakub a Martin VAVRO. *Nerostné suroviny a jejich využití*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-1378-3.
2. STT Servis. O firmě. *STT Servis.cz* [online]. Webdesign Olomouc 2012 [vid. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.sttservis.cz/o-firme>
3. ZAJÍČKOVÁ, Klára a Roman DVOŘÁK. Vodorovné vyvrtávačky v praxi, zastavení první. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2012/11 [vid. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vodorovne-vyvrtavacky-v-praxi-zastaveni-prvni.html>
4. KOČMAN, Karel a Jiří PERNIKÁŘ. *Ročníkový projekt II – obrábění* [online]. 2002. Dostupné z: [http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/RocnikovyProjekt\\_II-obrabeni.pdf](http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/RocnikovyProjekt_II-obrabeni.pdf)
5. HOFFMANN GmbH: *Hlavní katalog* [online]. Hoffmann GmbH, Munich, Germany. [vid. 1. 5. 2015]. Dostupné z: <http://www.hoffmann-group.com/cz/produkty/katalog-naradi.html>
6. Pramet Tools, s.r.o.: *Soustružení* [online]. Pramet Tools, s.r.o., Šumperk, ČR. [vid. 2015-05-01]. Dostupné z: <http://www.pramet.cz/download.php?id=80>
7. Pramet Tools, s.r.o.: *Frézování* [online]. Pramet Tools, s.r.o., Šumperk, ČR. [vid. 2015-05-01]. Dostupné z: [www.pramet.com/download.php?id=438](http://www.pramet.com/download.php?id=438)
8. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
9. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. doplněné vyd. Úvaly: Albra, 2008, XIV, 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
10. Materiálové normy. *Ferona a.s.* [online]. © 2004–2013 [vid. 2015-03-23]. Dostupné z: [http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat\\_normy.php](http://www.ferona.cz/cze/katalog/mat_normy.php)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

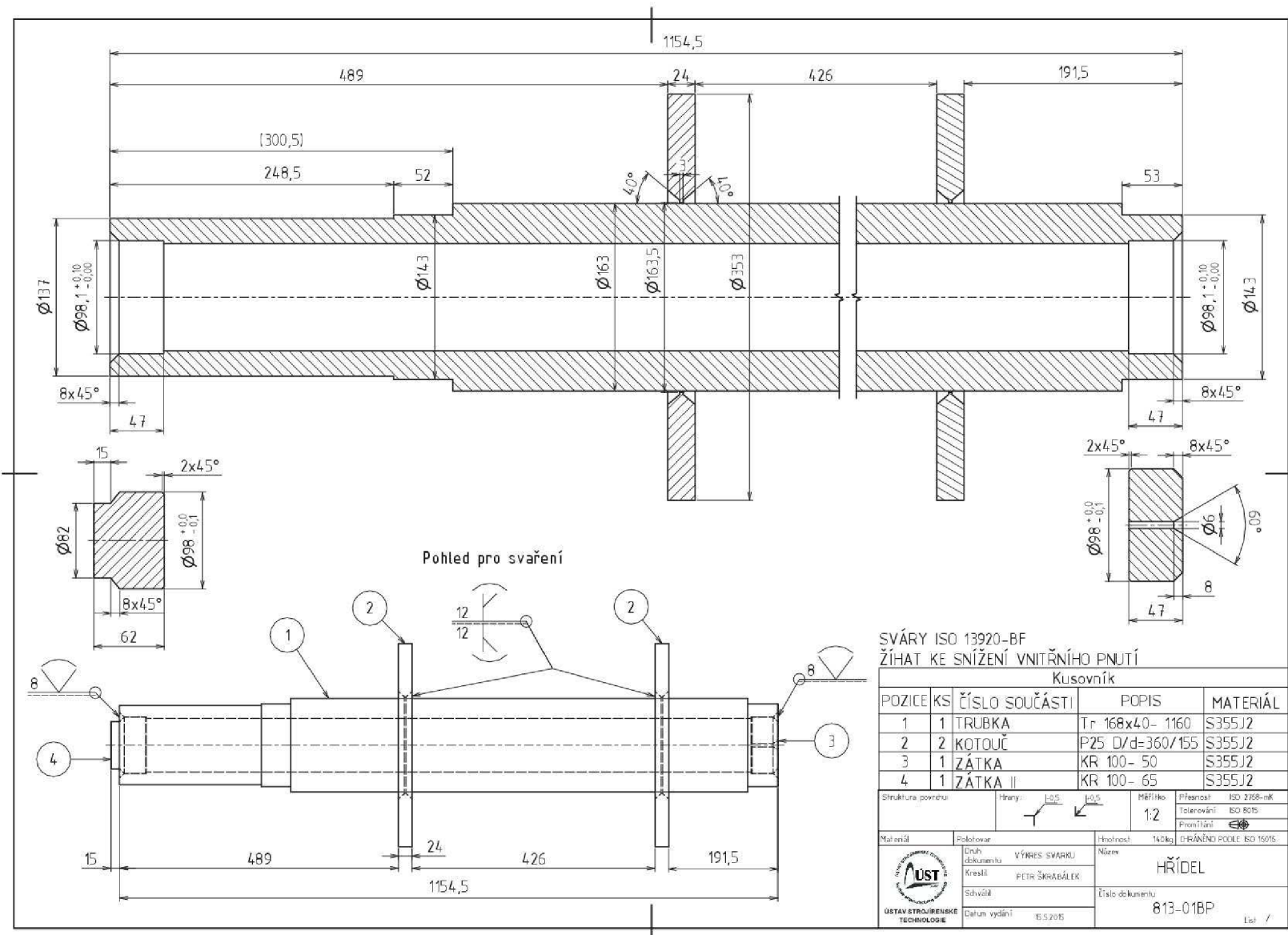
CAM	[-]	- Počítačová podpora obrábění
CNC	[-]	- Počítačem řízený stroj
ČSN	[-]	- Česká technická norma
DIN	[-]	- Německá národní norma
EN	[-]	- Evropská norma
HB	[-]	- Tvrdost podle Brinela
H <sub>i</sub>	[Ra]	- Jakost povrchu
ISO	[-]	- Mezinárodní organizace pro normalizaci
MAG; MIG	[-]	- Svařování v ochranné atmosféře
n <sub>c</sub>	[-]	- Četnost výskytu všech uvažovaných jakostí povrchu
NC	[-]	- Číslicové řízení
Nh	[-]	- Normohodina
n <sub>i</sub>	[-]	- Četnost výskytu určité tolerance
n <sub>j</sub>	[-]	- Četnost výskytu dané jakosti povrchu
n <sub>t</sub>	[-]	- Četnost výskytu všech uvažovaných tolerancí
PB	[-]	- Poloha při svařování vodorovně ze shora
P <sub>i</sub>	[-]	- Stupeň přesnosti dané operace
Ra	[μm]	- Střední aritmetická hodnota struktury povrchu
VBD	[-]	- Vyměnitelná břitová destička
WIG	[-]	- Svařování v argonu netavnou elektrodou

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1      Hrubovací výkres součásti pro získání polotvaru- svařence
- Příloha 2      Materiálový atest jakost S355J2 k TR 168 × 40
- Příloha 3      Výkres součásti
- Příloha 4      Nástrojový list
- Příloha 5      Výrobní postup

# PŘÍLOHA 1

Hrubovací výkres součásti pro získání polotovaru - svařence



# PŘÍLOHA 2

Materiálový atest jakost S355J2 k TR 168 × 40

COD QC - 3.1 - Ed. 2 REV 3/2013



**TMK - ARTROM S.A.**  
 Dragănești Street, No. 31, 230119, SLATINA, OLT, ROMANIA  
 Tel: +40-248-434882 (top management), 43-4840, 43-4841; fax: +40-248-434330, 43-1233  
 E-mail: office.slating@tmk-ortrom.ro; www.tmk-ortrom.ro  
 F 234/1941; VAT No.: RO 1810213/1942;  
 Subscribed and Paid Share Capital: 391.587.538, 34 lei

## MILL TEST CERTIFICATE / INSPECTION CERTIFICATE - EN 10204: 2004 / 3.1

No/Nr : E6342 Date/Datum: 14.04.2014	Manufacturer's mark : Herstellerzeichen :	Customer Order No. / Vertrags Nr. 1345593	PL: 12303
CUSTOMER - KUNDE : Van Leeuwen Pipe and Tube, s.r.o. Turanka 115- 627 00 Brno CZECH REPUBLIC VAT: CZ 274 06873			
Specification / Spezifikation: DIN 2448: 81 EN 10210-1; 2: 06 (Option 1.2) / EN 10297-1: 03; DIN 1629: 84; Spec. 12702 E/ EDIAN/2008/ REV.1		Dimensions-Abmessungen: 168,3 x 40 x 6 000±200/-0mm Steel-Stahlsorte: S355J2H / E355 / St 52.0 S	
Description: Hot rolled seamless steel pipes; marking at one end: manufacturer's mark, heat no., LOT, mill inspector no. 2, technical control sign.; marking by painting at one end: steel grade, standard, 1345593- STOCK ZWDT, ITEM#8, CE Beschreibung: Warmgewalzte Nahtlose Stahlrohre; Markierung an einen Ende: Herstellerzeichen, Chargen nr., LOT, Werkssachverständiger nr. 2, technisches - Kontrollzeichen; FarbMarkierung an einen Ende: Stahl Qualität, Norm, 1345593- STOCK ZWDT, ITEM#8, CE			
Heat No. - Schmelze Nr.: 40152 / FF			
Quantity delivered Gesamtgewicht	Pcs. - Stückzahl	Length -Gesamtlänge - m	Weight - Gesamtgewicht - Kg
	10	61,8	7844

### Ladle Chemical Analysis-Schmelzenanalyse (%)

Heat no.	C	Mn	S	P	Si	Ni	Cr	Mo	Cu	Al	Nb	Ti	N	V	CEV
40152	0.18	1.30	0.002	0.012	0.21	0.10	0.09	0.03	0.20	0.027	0.001	0.002	0.008	0.019	0.444

### Mechanical Properties- Mechanische Eigenschaften

TENSILE TEST ( EN 10002-1 ) Test Specimen Strip-longitudinal			R <sub>pt.2</sub> N/mm <sup>2</sup>	R <sub>m</sub> N/mm <sup>2</sup>	A %
Dimension - Proben-Abmessungen (mm): 6.25 x 39.7			379	541	27
Section - Proben-Durchschnitt (mm <sup>2</sup> ): 248,1					
Length - Proben-Länge - (L <sub>0</sub> ) (mm) : 85					
Ring expanding test Ringaufdehnversuch ( EN ISO 8495 )	Flattening test Ring flattersuch ( EN ISO 8492 )	Charpy V - Notch/ Kerbschlagbiegeversuch ( EN 10045 -1 ) Longitudinal 10 x 10 [mm]	Ring tensile test Ring zugversuch ( EN ISO 8496 )		
-	OK	151 ( 150; 153; 151 ) J ( - 20 <sup>o</sup> C )	-		

Hydraulic test pressure- Wasserinnendruckversuch 70 bar for 5 sec: OK	Process of melting - electric arc furnace
---	---

Visual inspection and dimensional check : OK  
 Besichtigung und Ausmessung : OK  
 Melting process: electric arc furnace, fully killed, RR  
 \* NO WELD REPAIR ON HEREBY CERTIFIED TUBES \*  
 The manufacturer of pipes is certified in acc. with ISO 9001: 2008, 14001:2004 and ISO 18001:2007 and PED 97/23/EC

**MILL INSPECTOR**  
 UNTERSCHRIFT DES WERKSACHVERSTÄNDIGEN  
 Eng. Adrian Bobariu

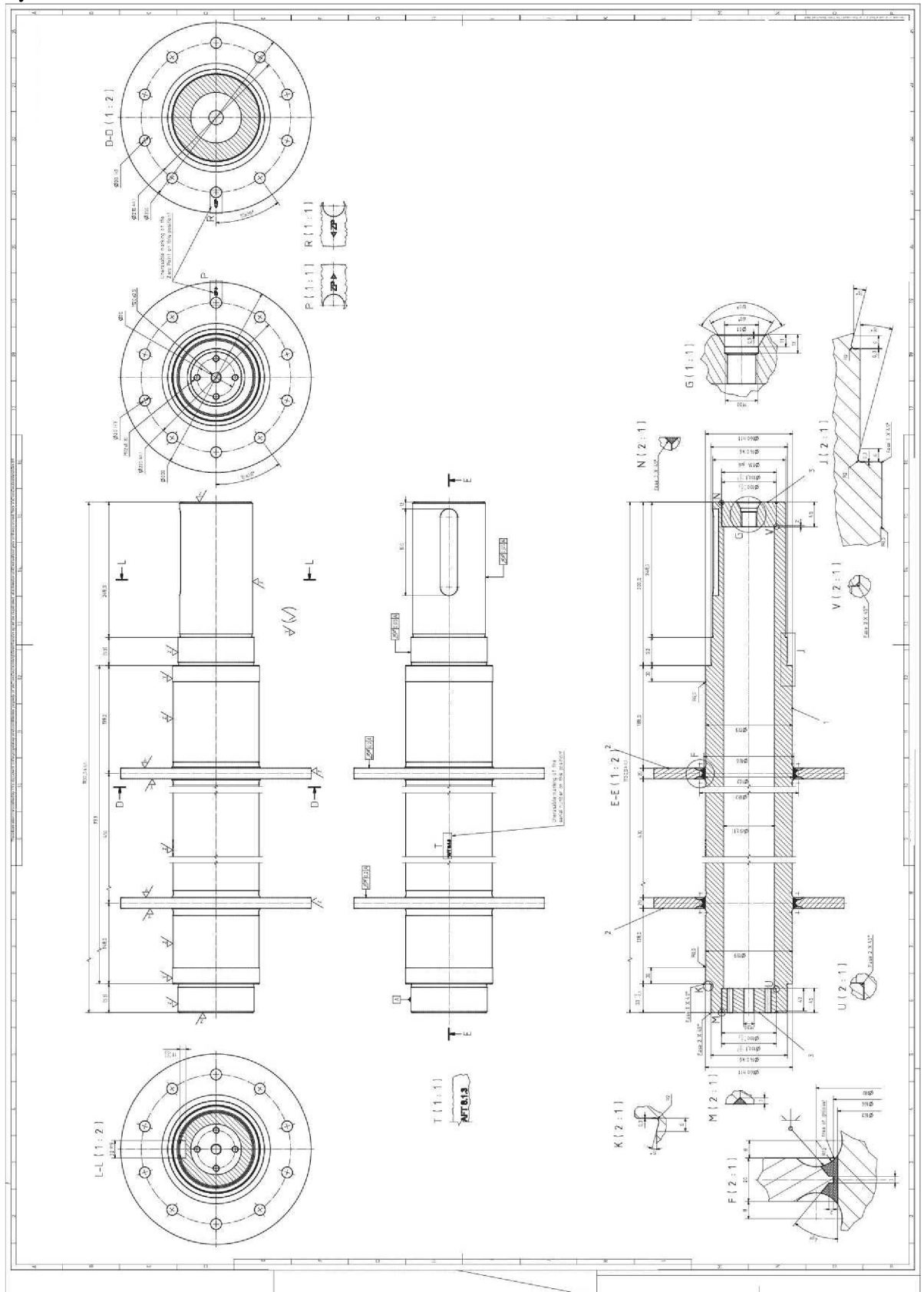


 0036 CPR-M-008-2007 TMK-ARTROM S.A. Dragănești Street, No.30, 230119, SLATINA, OLT, ROMANIA 14 No. 6 / CPR 10-06-13	
EN 10210-1:2006 S355J2H / 1.0376 intended to be used in metal structures or in composite metal and concrete structures	
Tolerances: Elongation: Tensile strength: Yield strength: Impact strength: Weldability: Durability:	expressed as indicated in the DoP
Dangerous substance: No performance determined	

The forgery of this certificate concludes to responsibility mentioned on Romanian Penal Code (art. 290-292).  
 THIS IS FOR CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN DESCRIBED HAS BEEN MANUFACTURED WITH THE ORDERED SPECIFICATION AND THAT INFORMATION IS CORRECT, THEY MEET THE SPECIFICATION'S REQUIREMENTS AND ARE RECORDS IN OUR COMPANY DOCUMENTS.

# PŘÍLOHA 3

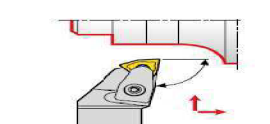

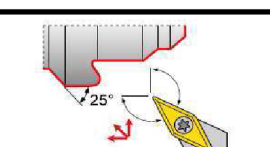
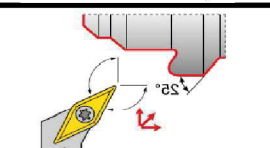
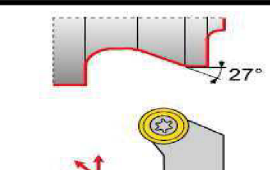
## Výkres součásti





# PŘÍLOHA 4 (1/3)

## Nástrojový list

VUT FSI ÚST BRNO		NÁSTROJOVÝ LIST		Datum vydání: 1.5.2015	
Vyhotočil: Petr Škrabálek				Číslo výkresu:	Č. listu
				813- 01BP	1.
Pozice nástroje:	Znázornění:	Popis nástroje:	Výrobce:	Označení výrobce	Materiál
T1		Pilový pás	M.K. Morse	3110x27x0,9 z3/4	M42
T2		Nůž vnější	Pramet	DWLNL 2525 M 08	
		VBD	Pramet	WNMG 080408E - M	SK
T3		Nůž vnější	Pramet	DWLNK 2525 M 08	
		VBD	Pramet	WNMG 080408E - M	SK
T4		Nůž vnitřní	Pramet	A32S-SCLCL 12-A	
		VBD	Pramet	CCGT 120408EL-SI	SK
T5		Středící vrták 5 mm 60°	Hoffmann	DIN 333, typ A, N60°	HSS
		Kleština ER25x13	Hoffmann	DIN6499, ER25x13	
T6		Šroub. vrták Ø6	Hoffmann	DIN 338, typ N	HSS
T7		Nůž vnější	Pramet	SVPCR 2525 M 16-M-A	
		VBD	Pramet	VCMT 160408E-47	SK
T8		Nůž vnější	Pramet	SVPCL 2525 M 16-M-A	
		VBD	Pramet	VCMT 160408E-47	SK
T9		Nůž vnější	Pramet	SRSCCL 2525 M 10-M-A	
		VBD	Pramet	RCMT 10T3MOE-UR	SK
T10		Nůž vnější	Pramet	SRSCR 2525 M 10-M-A	
		VBD	Pramet	RCMT 10T3MOE-UR	SK

# PŘÍLOHA 4 (2/3)

## Nástrojový list

VUT FSI ÚST BRNO		NÁSTROJOVÝ LIST		Datum vydání: 1.5.2015	
Vyhotožil: Petr Škrabálek				Číslo výkresu:	Č. listu
				813- 01BP	1.
Pozice nástroje:	Znázornění:	Popis nástroje:	Výrobce:	Označení výrobce	Materiál
T11		Čelní fréza	Pramet	100A07R-S45OD06D	
		VBD	Pramet	ODMT 0504ZZN	SK
T12		Šroub. vrták Ø26,5	Hoffmann	DIN 345, TYP N	HSS
T13		Šroub. vrták Ø31	Hoffmann	DIN 345, TYP N	HSS
T14		Kužel. záhlubník 60°	Hoffmann	Ø40, DIN 334	HSS
T15		Závitník M30 -6H	Hoffmann	DIN 371	HSS
		do průchoz. otvoru			
T16		Šroub. vrták Ø19,25	Hoffmann	DIN 345, TYP N	HSS
T17		Výhrubník Ø19,75	Hoffmann	DIN 222N	HSS
T18		Výstružník Ø20H7	Hoffmann	DIN 208-B	HSS
T19		Šroub. vrták Ø17,5	Hoffmann	DIN 6537	SK
T20		Šroub. vrták Ø10,2	Hoffmann	DIN 6537	SK
T21		Kužel. záhlubník 90°	Hoffmann	Ø25, DIN 335-C	HSS

# PŘÍLOHA 4 (3/3)

## Nástrojový list

VUT FSI ÚST BRNO		NÁSTROJOVÝ LIST		Datum vydání: 1.5.2015	
Vyhotožil: <b>Petr Škrabálek</b>				Číslo výkresu:	Č. listu
				<b>813- 01BP</b>	<b>1.</b>
Pozice nástroje:	Znázornění:	Popis nástroje:	Výrobce:	Označení výrobce	Materiál
T22		Závitník M20 -6H	Hoffmann	DIN 371	HSS
		do průchoz. otvoru			
T23		Závitník M12 -6H	Hoffmann	DIN 371	HSS
		do průchoz. otvoru			
T24		Stopková fréza	Pramet	25A2R033A25-SAD16E-C	
		VBD	Pramet	ADMX 160608SR -M	SK
T25		MONOLITNÍ FRÉZA	GÜHRING	RF100diver Ø11,7mm	SK

# PŘÍLOHA 5 (1/5)

## Výrobní postup

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: HŘÍDEL	Číslo výkresu: 813-01BP
Datum :		Vyhotovil :	Kontroloval :	Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160	
1.5.2015		Škrabálek		Polotovar pozice 2 : PL.25, Ø360/Ø155	
				Polotovar pozice 3 : Ø100- 50	
				Polotovar pozice 4 : Ø100- 65	
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :
Orientační:	Třídící číslo :				
01/01	PÁSOVÁ PILA PILOUS ARG 300 35967	TPV	ŘEZAT POZICI 1 NA DÉLKU 1160±0,5 ŘEZAT POZICI 3 NA DÉLKU 50±0,5 ŘEZAT POZICI 4 NA DÉLKU 65±0,5	PILOVÝ PÁS 3110x27x0,9; 3/4z SVINOVACÍ PÁSMO 5m	M42
01/02	PÁLÍČÍ STROJ ALFATEC CNC KOMPAKT PLAZMA 32945		PÁLIT POZICI 2 DO TABULE PLECHU TL.25 MEZIKRUŽÍ Ø360/Ø155		
02/01	OTK 09863	OTK	KONTROLOVAT POLOTVARY ČETNOST 10%	SVINOVACÍ PÁSMO 5m	
03/01	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 1 UPNOUT MEZI HROTY Z PRAVA: ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 1157±0,5 SOUSTRUŽIT Ø163+0,5 DO DÉLKY 854±0,3 SOUSTRUŽIT Ø143+0,5 DO DÉLKY 53-0,3 Z LEVA: ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 1154,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø143+0,5 DO DÉLKY 300,5-0,3 SOUSTRUŽIT Ø137+0,5 DO DÉLKY 248,5-0,3 SOUSTRUŽIT ZÁPICH Ø67h12 ŠÍŘKY 2,65H13 POZICI 1 UPNOUT DO ČELISTÍ PODEPŘÍT LUNETOU SOUSTRUŽIT Ø98,1+0,1 DO DÉLKY 47+0,5 OTOČIT POZICI 1 UPNOUT DO ČELISTÍ PODEPŘÍT LUNETOU SOUSTRUŽIT Ø98,1+0,1 DO DÉLKY 47+0,5	UNÁŠECÍ HROT OTOČNÝ HROT NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNL 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M  NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNR 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M  LUNETA NŮŽ VNITŘNÍ PRAMET A32S-SCLCL 12-A VBD CCGT 120408EL-SI	SK           SK
03/02	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 2 UPNOUT DO ČELISTI ZA OTVOR ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 24,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø353+0,5 PO CELÉ DÉLCE  SOUSTRUŽIT Ø163,5+0,3 DO DÉLKY 12+0,5 SOUSTRUŽIT ÚKOS PRO SVÁR 40° DÉLKY 10,5 OTOČIT A UPNOUT DO ČELISTI ZA Ø353 ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 24±0,5 SOUSTRUŽIT Ø163,5+0,3 DO DÉLKY 13+0,5 SOUSTRUŽIT ÚKOS PRO SVÁR 40° DÉLKY 10,5	NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNL 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M NŮŽ VNITŘNÍ PRAMET A32S-SCLCL 12-A VBD CCGT 120408EL-SI	SK      SK
03/03	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 3 UPNOUT DO ČELISTI V DELCE 10 ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 48,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø98-0,1 DO DÉLKY 40 SRAZIT HRANU 2x45° OTOČIT A UPNOUT DO ČELISTI ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 47±0,5 SRAZIT HRANU 8x45° NAVRTAT STŘEDÍCÍ DŮLEK	NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNL 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M	SK
				STŘEDÍCÍ VRTÁK A5	HSS

# PŘÍLOHA 5 (2/5)

## Výrobní postup

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: <b>HŘÍDEL</b>	Číslo výkresu: <b>813-01BP</b>
Datum :		Vyhotovil :	Kontroloval :	Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160	
1.5.2015		Škrabálek		Polotovar pozice 2 : PL25, Ø360/Ø155	
				Polotovar pozice 3 : Ø100- 50	
				Polotovar pozice 4 : Ø100- 65	
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravy, měřidla, pomůcky :	Matériál nástroje :
Orientační:	Třídící číslo :				
03/03	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	VRTAT Ø6 SKRZ	DIN 333, TYP A ŠROUBOVÝ VRTÁK Ø6 DIN 338, TYP N	HSS
03/04	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	POZICI 4 UPNOUT DO ČELISTI V DELCE 15 ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 63,5±0,5 SOUSTRUŽIT Ø98-0,1 DO DÉLKY 40 SRAZIT HRANU 2x45° OTOČIT A UPNOUT DO ČELISTI ZAROVNAT ČELO NA ROZMĚR 62±0,5 SOUSTRUŽIT Ø82+0,5 DO DÉLKY 15 SRAZIT HRANU 8x45°	NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNL 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M	SK
04/01	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 1: Ø163 DO DÉLKY 854+0,5 - 10% Ø143 DO DÉLKY 53-0,3 - 10% DĚLKA OBROBKU 1154,5 -10% Ø137 DO DÉLKY 248,5-0,3 - 10% Ø143 DO DÉLKY 52-0,3 - 10% Ø98,1 DO DÉLKY 47+0,5 - 10%	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ 1500 DIN 862 HLOUBKOMĚR 500, DIN 862 POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ 150, DIN 862	
04/02	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 2: Ø353 DO DÉLKY 24+0,5 - 10% Ø163,5 DO DÉLKY 3 - 10% DĚLKA OBROBKU 24 -10%	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ 500 DIN 862 HLOUBKOMĚR 300, DIN 862	
04/03	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 3: Ø98-0,1 DO DÉLKY 39 - 10% DĚLKA OBROBKU 47 -10%	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ 150 DIN 862	
04/04	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ POZICE 4: Ø98-0,1 DO DÉLKY 39 - 10% Ø82 DO DÉLKY 39 - 10% DĚLKA OBROBKU 62 -10%	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ 150 DIN 862	
05/01	SVAŘOVACÍ ZDROJ FRONIUS VARIO SYNERGIC 12752	SVAŘOVNA	USTAVIT POZICE DO PŘÍPRAVKU STEOVAT SVAŘOVAT V POLZE PB: 4x 12 1/2Y + 2x 8V	SVAŘOVACÍ DRÁT ESAB OK ARISTOROD 12.50 1,2mm POLOHOVADLO	
06/01	ŽÍHACÍ PEC	KOOPERA- CE	ŽÍHAT KE SNÍŽENÍ VNITŘNÍHO PNUTÍ PŘI TELPOTĚ 610°C		
07/01	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	UPNOUT OBROBEK DO ČELISTÍ ZA TECHNOLOGICKÝ VÝSTUPEK A PODEPŘÍT KONÍKEM <b>ZPRAVA:</b> ZAROVNAT ČELO NA DÉLKU 1152±0,5 SOUSTR. Ø140k6 NA Ø140,5 DO DÉLKY 53-0,1 SOUSTR. Ø160h11 NA Ø160,5 DO DÉLKY 30+0,3 SOUSTR. Ø159 PO SVÁR	NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNL 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M	SK

# PŘÍLOHA 5 (3/5)

## Výrobní postup

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: <b>HŘÍDEL</b>	Číslo výkresu: <b>813-01BP</b>
Datum :	Vyhotovil :	Kontroloval :	Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160		
1.5.2015	Škrabálek		Polotovar pozice 2 : PL25, Ø360/Ø155		
			Polotovar pozice 3 : Ø100- 50		
			Polotovar pozice 4 : Ø100- 65		
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Matériál nástroje :
Orientační:	Třídící číslo :				
07/01	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	ZAROVNAT ČELO P. KOTOUČE NA DÉLKU 22 SOUSTRUŽIT SVÁR SOUSTR. Ø350 DO DÉLKY 22 <b>MEZI KOTOUČI:</b> ZAROVNAT ČELO L. KOTOUČE NA DÉLKU 22 ZAROVNAT ČELO P. KOTOUČE NA DÉLKU 20 SOUSTR. Ø159 MEZI KOTOUČI SOUSTRUŽIT SVÁR NA OBOU KOTOUČÍCH <b>ZLEVA:</b> ZAROVNA ČELO NA DÉLKU 1150±0,5 SOUSTR. Ø134js6 NA Ø134,5 DO DÉLKY 248,5-0,1 SOUSTR. Ø140k6 NA Ø140,5 DO DÉLKY 52-0,1 SOUSTR. Ø160h11 NA Ø160,5 DO DÉLKY 30+0,3 SOUSTR. Ø159 PO SVÁR ZAROVNAT ČELO L. KOTOUČE NA DÉLKU 20 SOUSTRUŽIT SVÁR SOUSTR. Ø350 DO DÉLKY 20 HRUBOVAT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA L. KOT. <b>MEZI KOTOUČI:</b> HRUBOVAT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA P. KOT. HRUBOVAT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA L. KOT. <b>ZPRAVA:</b> HRUBOVAT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA P. KOT. DOKONČIT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA P. KOT. <b>MEZI KOTOUČI:</b> DOKONČIT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA L. KOT. DOKONČIT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA P. KOT. <b>ZLEVA:</b> DOKONČIT TVAROVÝ ZÁPICH R12 NA L. KOT.	NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET DWLNR 2525 M 08 VBD WNMG 080408E - M	SK
07/01	CNC SOUSTRUH DOOSAN PUMA 2600 L 44584	OBROBNA	SOUSTR. Ø134js6 HOTOVĚ DO DÉLKY 248,5-0,1 SOUSTR. Ø140k6 HOTOVĚ DO DÉLKY 52-0,1 SOUSTR. Ø160h11 HOTOVĚ DO DÉLKY 30+0,3 <b>ZPRAVA:</b> SOUSTR. Ø140k6 HOTOVĚ DO DÉLKY 53-0,1 SOUSTR. Ø160h11 HOTOVĚ DO DÉLKY 30+0,3	NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET SVPCR 2525 M 16-M-A VBD VCMT 160408E-47	SK
				NŮŽ VNĚJŠÍ PRAMET SVPCL 2525 M 16-M-A VBD VCMT 160408E-47	SK
08/01	OTK 09863	OTK	KONTROLA ROZMĚRŮ: Ø140k6 DÉLKY 53-0,1- 100% Ø160h11 DÉLKY 30- 100% Ø134js6 DÉLKY 248,5- 100% Ø140k6 DÉLKY 52-0,1- 100% Ø160h11 DÉLKY 30- 100% DÉLKA OBROBKU 1150,5±0,5 -100%	POSUVNÉ MĚŘÍTKO DIGITÁLNÍ 1500 DIN 862 MIKROMETR TRĚMENOVÝ 125-150mm, DIN 863 150-175mm, DIN 863	

# PŘÍLOHA 5 (4/5)

## Výrobní postup

VUT BRNO FSI ÚST		VÝROBNÍ POSTUP		Název součásti: <b>HŘÍDEL</b>	Číslo výkresu: <b>813-01BP</b>
Datum :	Vyhotovil :	Kontroloval :	Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160		
1.5.2015	Škrabálek		Polotovar pozice 2 : PL25, Ø360/Ø155		
			Polotovar pozice 3 : Ø100- 50		
			Polotovar pozice 4 : Ø100- 65		
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Matériál nástroje :
Orientační:	Třídící číslo :				
09/01	HORIZONTÁLNÍ VYVRTÁVAČKA WFT 13 CNC 45827	OBROBNA	<p>UBNOUT OBROBEK DO PRIZMAT SROVNAT OBROBEK FRÉZOVAT TECHNOLOGICKÝ VÝSTUPEK ZAFRÉZOVAT ČELA NA DÉLKU 1150,5±0,5</p> <p><b>LEVÉ ČELO:</b> VRTAT Ø26,5 POD M30 ZKRZ VRTAT OSAZENÍ Ø31 HLOUBKY 17 VRTAT SRAŽENÍ 60° HLOUBKY 11 ZÁVITOVAT M30 VRTAT 10x Ø19,25 POD 20H7 HRUBOVAT 10x Ø19,75 POD 20H7 VYSTRUŽIT 10x Ø20H7</p> <p><b>PRAVÉ ČELO:</b> VRTAT Ø17,5 POD M20 VRTAT 4x Ø10,2 POD M12 SRAZIT HRANY POD ZÁVITY</p>	<p>ČELNÍ FRÉZA PRAMET 100A07R-S45OD06D VBD ODMT 0504ZZN ŠROUB. VRTÁK Ø26,5 DIN 345, TYP N ŠROUB. VRTÁK Ø31 DIN 345, TYP N KUŽELOVÝ ZÁHLUBNÍK 60°, Ø40, DIN 334 ZÁVITNÍK DO PRŮCHOZ. M30, DIN 371 ŠROUB. VRTÁK Ø19,25 DIN 345, TYP N VÝHRUBNÍK Ø19,75 DIN 222N VÝSTRUŽNÍK Ø20H7 DIN 208-B ŠROUB. VRTÁK Ø17,5 DIN 6537 ŠROUB. VRTÁK Ø10,2 DIN 6537</p>	<p>SK HSS HSS HSS HSS HSS HSS HSS SK SK</p>
09/01	HORIZONTÁLNÍ VYVRTÁVAČKA WFT 13 CNC 45827	OBROBNA	<p>ZÁVITOVAT M20 ZÁVITOVAT 4x M12 VRTAT 10x Ø19,25 POD 20H7 HRUBOVAT 10x Ø19,75 POD 20H7 VYSTRUŽIT 10x Ø20H7</p> <p><b>Z BOKU:</b> FRÉZOVAT DRÁŽKU 32P9 DO HL. 11+0,1/+0,2</p>	<p>KUŽELOVÝ ZÁHLUBNÍK 90°, Ø25, DIN 335-C ZÁVITNÍK DO PRŮCHOZ. M20, DIN 371 ZÁVITNÍK DO PRŮCHOZ. M12, DIN 371 STOPKOVÁ FRÉZA 25A2R033A25-SAD16E-C VBD ADMX 160608SR -M STOPKOVÁ FRÉZA RF100diver Ø15,7mm GÜHRING</p>	<p>HSS HSS HSS SK SK</p>
10/01	OTK 09863	OTK	<p>VIZUÁLNÍ KONTROLA 100% KONTROLA ROZMĚRŮ: Ø20H7 20x- 100% DRÁŽKA 32P9- 100% ZÁVIT M30- 50% ZÁVIT M20- 50% ZÁVITY M12- 50% OBVODOVÉ HÁZENÍ NA Ø140k6- 50µm- 20% OBVODOVÉ HÁZENÍ NA Ø134JS6- 50µm- 20%</p>	<p>MEZNÍ KALIBRAČNÍ TRN Ø20H7, DIN 7164 KONCOVÉ MĚRKY ČSN EN ISO 3650 ZÁVIT. KALIBR M30-6H, DIN 13 ZÁVIT. KALIBR M20-6H, DIN 13 ZÁVIT. KALIBR M12-6H, DIN 13 DIGITÁLNÍ ÚCHYLKOMĚR ID-C MITUTOYO</p>	

**PŘÍLOHA 5 (5/5)**

## Výrobní postup

VUT BRNO FSI ÚST		<b>VÝROBNÍ POSTUP</b>		Název součásti: <b>HŘÍDEL</b>	Číslo výkresu: <b>813-01BP</b>
Datum :	Vyhotovil :	Kontroloval :	Polotovar pozice 1 : TR 168x40-1160		
1.5.2015	Škrabálek		Polotovar pozice 2 : PL25, Ø360/Ø155		
			Polotovar pozice 3 : Ø100- 50		
			Polotovar pozice 4 : Ø100- 65		
Číslo op. Pořadové	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :
Orientační:	Třídící číslo :				
10/01	OTK 09863	OTK	ČELNÍ HÁZENÍ NA KOTOUČÍCH 200µm- 20%	DVOJITÁ PRISMATA MITUTOYO UNIVERZÁLNÍ MĚŘÍCÍ STŮL PLANLITH	
11/01	BALÍRNA 09913	SKLAD	BALENÍ 4KS NA PALETU EXPEDICE		