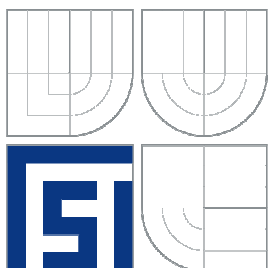


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE VYBRANÉ TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

OPTIMIZATION OF THE MACHINING TECHNOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Petr MOHYLA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Zdeněk FIALA, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Mohyla

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

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

Optimalizace vybrané technologie obrábění

v anglickém jazyce:

Optimization of the machining technology

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede teoretický rozbor vybrané technologie obrábění, dále vytvoří návrhy výroby danou technologií a provede ekonomické zhodnocení vytvořených variant.

Cíle bakalářské práce:

1. Úvod
2. Aktuální literární studie
3. Teoretický rozbor možností dané technologie
4. Využití v technické praxi a ekonomické zhodnocení
5. Závěry

Seznam odborné literatury:


- [1] Pease, W., An automatic machine tool, Scientific American, 1952, vol. 187, no. 3, s. 101-115, ISSN 0036-8733.
- [2] KOČMAN, K., PROKOP, J., Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: CERM, 2004. 270 s., ISBN 80-214-3068-0.
- [3] HUMÁR, A., PÍŠKA, M. Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály. MM Průmyslové spektrum. Speciální vydání včetně CD. 110 s. Praha, 2004, ISSN 1212-2572
- [4] WALKER, J.R. Machining Fundamentals. The Goodheart-Wilcox Company, Inc., Tinle Park, Illinois, 7th ed., 2004, pp. 640, ISBN 1-59070-249-2.
- [5] HUMÁR, A. Technologie obrábění – 3. část. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program. VUT-FSI v Brně, ÚST, Odbor technologie obrábění. 2005 [online].
- [6] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D.

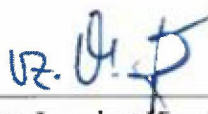
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 17.11.2014





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katoňický, Ph.D.
Děkan

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je rozbor technologického procesu výroby součásti „Těleso Kola“ na soustruhu SV18RA a na nově zakoupeném CNC DOOSAN PUMA 2600 SY. Je představena společnost LMR s.r.o., která danou součást vyrábí. V práci jsou popsány oba stroje a jsou provedeny technologické postupy na obou strojích. Cílem této práce je porovnání těchto technologických postupů z hlediska strojních časů a následně ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

technologický postup, výrobní proces, obrábění, DOOSAN PUMA 2600 SY, zhodnocení

ABSTRACT

The subject of this bachelor thesis is the analysis of technological process of manufacturing the component „Těleso Kola“ on the turning lathe SV18RA and on the newly bought CNC DOOSAN PUMA 2600 SY. The company LMR s.r.o. which manufactures the part is introduced in the thesis. There are both machines and technological procedures described in the thesis. The goal of this task is comparison of the technological processes from the machine time point of view and consequently economical evaluation.

Keywords

technological procedure, manufacturing process, machining, DOOSAN PUMA 2600 SY, evaluation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MOHYLA, Petr. *Optimalizace vybrané technologie obrábění*. Brno 2015. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 33 s. 1 příloha. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Fiala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Optimalizace vybrané technologie obrábění** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Petr Mohyla

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu Ing. Zdeňku Fialovi Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Dále děkuji firmě LMR s.r.o. za poskytnuté informace a ochotu spolupráce.

V neposlední řadě děkuji své rodině za podporu ve studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	8
1 Profil společnosti Lmr	9
1.1 Historie společnosti.....	9
1.2 Výrobní program firmy	9
1.3 Služby.....	11
1.3.1 Zkoušky důlních strojů	11
2 Analýza původního výrobního procesu z hlediska technologie obrábění	12
2.1 Obrobek - Těleso Kola	12
2.1.1 Aplikace v jiných zařízeních.....	12
2.2 Výroba.....	13
2.2.1 Nástroje	15
2.3 Dělení materiálu	16
2.4 Soustružení.....	17
2.4.1 Hrotový soustruh SV18RA.....	17
2.5 Cementace a Kalení.....	18
2.6 Broušení	18
3 Nová technologie	19
3.1 Výroba.....	19
3.1.1 Nástroje.....	20
3.2 Doosan Puma 2600 SY	20
4 Porovnání a zhodnocení technologií.....	22
4.1 Stanovení výrobních časů	22
4.2 Zhodnocení technologií.....	24
5 DISKUZE	28
ZÁVĚR	29
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	30
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	31
SEZNAM PŘÍLOH.....	33

ÚVOD

Technologie výroby se neustále potýká s novými inovacemi, jako např. nástroje a stroje, řízení výroby, automatizace a mnoho dalších. Je tedy nutné, aby technolog při své práci zohledňoval nejnovější trendy a přemýšlel, jestli není možné výrobu nějak zefektivnit.

I firma LMR s.r.o. se musí neustále zabývat touto otázkou. Často se vylepšení výroby neobejde bez nějaké investice. V roce 2010 zakoupila firma nový progresivní soustruh DOOSAN PUMA 2600 SY, který v mnoha ohledech urychlil výrobu a značně rozšířil možnosti firmy.

Obsahem této bakalářské práce je rozbor technologického procesu výroby součásti „Těleso Kola“ na klasickém hrotovém soustruhu SV18RA a na nově zakoupeném CNC DOOSAN PUMA 2600 SY. Tyto dvě technologie budou porovnány a následně zhodnoceny z hlediska strojních časů a ekonomiky provozu.

1 PROFIL SPOLEČNOSTI LMR

Společnost LMR s.r.o. byla založena v roce 1998 se zaměřením na vývoj, výrobu a servis důlních strojů pro závěsnou dopravu a individuální hydraulické výztuže [1].

Veškeré činnosti jsou prováděny ve vlastním průmyslovém areálu ve Frýdku-Místku. Díky kvalifikovanému personálu a modernímu strojnímu vybavení dokážou pružně reagovat na stále rostoucí požadavky zákazníků [1].

V současné době patří společnost LMR s.r.o. ke stabilním dodavatelům jak v oblasti důlní techniky, tak i CNC strojního opracování [1].

Zařízení realizovaná společností pracují mimo Českou a Slovenskou republiku také v hlubinných dolech v oblastech Ruské Sibiře, Ukrajiny, Kazachstánu, Číny, Vietnamu, Polska, Bosny a Hercegoviny či Mexika [1].

1.1 Historie společnosti

1998 - Založení společnosti LMR s.r.o. dne 2. 2. 1998. Zavedení výroby, oprav a speciálních zkoušek důlních strojů a zařízení, schválení a certifikace vlastních výrobků [2].

2002 - Certifikace systému řízení dle ISO 9001 [2].

2003 - Rozšíření aktivit v důlním průmyslu. Export výrobků do Španělska, Polska a hlavně Ruské federace. Pořízení vlastního výrobního areálu ve Frýdku-Místku o rozloze 4000 m² [2].

2005 - Nákup nového strojního vybavení, realizace mostového jeřábu ve výrobní hale a stavba nového zkušebního polygonu v rámci Dotačního programu „Technologické zabezpečení výroby“. Rozšíření strojírenské výroby v oblasti obrábění a svařování [2].

2010 - V rámci vývoje nového hydraulického brzdného vozíku BT30 byla získána dotace z prostředků Evropské unie (Dotační program „Inovace“) na pořízení nových CNC obráběcích strojů a rekonstrukci výrobní haly. Společnost zaznamenala významné navýšení dodávek svých výrobků na zahraniční trhy (Vietnam, Čína, Mexiko apod.) a také nárůst objemu strojírenské výroby mimo důlní průmysl [2].

2014 - Realizace technologického zařízení pro výrobu, opravy a zkoušení důlních hydraulických stojek [2].

1.2 Výrobní program firmy

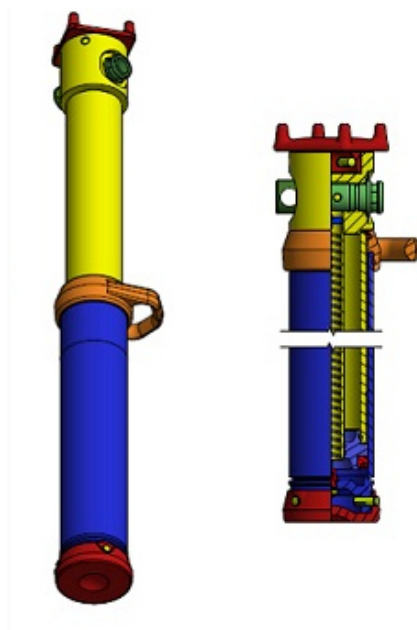
Hlavní výrobky, které firma vyrábí, jsou Hydraulické stojky a Brzdné vozíky [3].

Důlní hydraulické stojky

Tyto hydraulické stojky (viz obr. 1.1) jsou určeny k provádění individuálního porubního vyztužování, k zajištění pracovního prostoru vyuhlených prostorů v horizontálních a úklonných slojích. Jedná se o jednočinný pístový přímočarý hydro-motor se zabudovaným ventilovým blokem [3].

Brzdné vozíky

Jsou to mechanicko-hydraulické samonosné brzdy (viz obr. 1.2) sloužící jako bezpečnostní zařízení v důlních provozech na závěsné dráze. Svou funkcí zabezpečují soupravu a její části proti ujetí a ohrožení bezpečnosti provozu při překročení maximální dovolené přepravní rychlosti [3].



Obr. 1.1 Model individuální hydraulické výztuže (hydraulické stojky) [3].



Obr. 1.2 Brzdny vozik [3].

Omezovače rychlosti

Provádí trvalé sledování pojezdové rychlosti a jsou seřizeny tak, že jejich odstředivý mechanismus vydá povel k brzdění (pro hydraulické, pneumatické, elektronické systémy) při překročení maximální povolené dopravní rychlosti. Jsou nedílnou součástí brzdových vozíků, závěsných lokomotiv a jiných trakčních prostředků pro důlní závěsné dráhy [3].

Dále firma vyrábí kontrolní přístroje, které slouží k provoznímu ověřování důlní závěsné dopravy. Dnes se stále více zabývá obráběním, díky němuž značně rozšířila pole působitě a nekoncentruje se již pouze na důlní průmysl. Odkryly se tak nové možnosti a hlavně se zvýšila konkurence schopnost tím, že firma diverzifikuje svá rizika do více odvětví.

1.3 Služby [4]

- CNC frézování s podporou CAD/CAM systému
- CNC soustružení s podporou CAD/CAM systému
- Výroba a opracování svařenců střední velikosti
- Soustružení a frézování na klasických strojích
- Zkoušky důlních strojů

1.3.1 Zkoušky důlních strojů

Zkušební polygon (viz obr. 1.3) je technologické zařízení sloužící k provádění zkoušek prvků důlních závěsných drah, jako jsou manipulační kočky, brzdné vozíky, nosné vozíky, zvedací zařízení apod. Svou konstrukcí modeluje speciální extrémní podmínky jednokolejného dopravního systému [4].



Obr. 1.3 Zkušební polygon [4].

2 ANALÝZA PŮVODNÍHO VÝROBNÍHO PROCESU Z HLEDISKA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

Součást, jejíž výroba je předmětem této bakalářské práce má název Těleso Kola. Pro vyrobení součásti bylo třeba použít 2 stroje a 4 operace. Konkrétně se jedná o pásovou pilu Ergonomic 290.250, která byla využita na dělení materiálu a hrotový soustruh SV18RA, kde byla součást obrobena na 6 upnutí. Poslední dvě operace - tepelné zpracování a broušení byly prováděny v kooperaci, protože na ně firma nemá vybavení. Stroje a nástroje jsou popsány v kapitole níže, včetně technologického postupu.

2.1 Obrobek - Těleso Kola

Společnost vyrábí většinu komponentů, z kterých se brzdny vozík skládá. Jednou z nich je Těleso Kola (viz obr. 2.1 a obr. 2.2). Jak už bylo zmíněno, tato práce se bude zabývat technologií výroby součásti Těleso Kola a její optimalizací. Konkrétně jde o zefektivnění výroby za pomoci nových strojů. Tato součást slouží k pojezdu těžkých zařízení a je vždy v kontaktu s dráhou o profilu I. Zkušební polygon, po kterém se vozík pohybuje je na obr. 5. Výkres součásti je uveden v příloze č. 1.



Obr. 2.1 Těleso kola



Obr. 2.2 Těleso kola s ložiskem

2.1.1 Aplikace v jiných zařízeních

Tento výrobek je pro firmu důležitý nejen jako součást brzdny vozíků, ale firma jej vyrábí a dodává do dalších zařízení, která se pohybují po závěsné dráze v dolech. Výrobek se pak liší pouze o některé rozměry. Příkladem takového zařízení je např. závěsná důlní lokomotiva společnosti Ferrit s.r.o. (viz obr. 2.3).



Obr. 2.3 Důlní lokomotiva závěsná [5].

2.2 Výroba

Přehled operací:

- Dělení
- Soustružení
- Tepelné zpracování - Cementace a Kalení
- Broušení

Na dráze dochází v důsledku nerovností a velké váhy, kterou Těleso Kola přenáší, k velkým rázům. Je tedy důležité, aby měl povrch tělesa určitou tvrdost. Proto se Těleso Kola cementuje a kalí. Uvnitř kola je ložisko. Zde je naopak žádoucí, aby byl povrch pružný. To vše se projevuje v technologickém postupu.

Cementace a kalení se provádí v kooperaci, protože společnost LMR s.r.o. na toto není technologicky vybavena. Nicméně operace obrábění se dělá ve výrobně společnosti. Původně se Těleso Kola obrábělo na klasickém soustruhu SV18RA. Dnes už je sériová výroba pouze na CNC soustruhu Doosan Puma 2600 SY.

Technologický postup, který je uvedený v tab. 2.1, byl sestaven na základě pozorování činnosti pracovníka, zapisování nástrojů a jednotlivých upnutí.

Tab. 2.1 Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP				
Datum: 2.3.2015	Vyhotovil: Petr Mohyla	Hmotnost: 1,8 Kg	Materiál: 14 220.3	Název součástky: Těleso Kola
Č. op.	Název Stroje	Čas [min]	Popis práce	
0	Pásová pila Ergonomic 290.250 GAC		Řezání: na délku L = 39 mm v toleranci 0/+0,5	
1	Soustruh SV18RA	27	<p>Upnutí 1: Tvrdé čelisti za Ø115</p> <p>Přerovnání čela bez rozměru do čista</p> <p>Hrubování povrchu na Ø113 v délce co dovolí čelisti</p> <p>Upnutí 2: Tvrdé čelisti za Ø113</p> <p>Přerovnání čela na L=37,5 mm</p> <p>Hrubování povrchu na Ø113 po zbylé délce</p> <p>Vrtání Ø15, Ø35, Ø50 do hloubky 30mm</p> <p>Hrubování díry na Ø70, hloubka 24,5 mm</p> <p>Hrubování díry na Ø54, hloubka 30,5 mm</p> <p>Upnutí 3: Tvrdé čelisti za Ø113</p> <p>Obrábění na čisto Ø71,6 na čisto</p> <p>Obrábění na čisto Ø60 + zadní čelo</p> <p>Soustružení zápichu Ø75, šířka 2,65 mm</p> <p>Sražení hrany v díře (1x45°) a na povrchu (1,6x45°)</p> <p>Upnutí 4: Tvrdé čelisti za Ø71,6</p> <p>Přerovnání čela na L=37 mm</p> <p>Obrábění na čisto - povrch na Ø112</p> <p>Upnutí 5: Tvrdé čelisti za Ø71,6</p> <p>Vytočení podélného pomocného suportu s nožovou hlavou na úhel dle výkresové dokumentace a zhotovit zešikmení</p> <p>Upnutí 6: Tvrdé čelisti za Ø 71,6</p> <p>Soustružení zaoblení R6</p> <p>Soustružení zaoblení R20</p>	
2			V kooperaci cementace a kalení na 60 +/- 3 HRC	
3			V kooperaci broušení po kalení na rozměr dle výkresové dokumentace	

2.2.1 Nástroje

- **Hrubování povrchu:**

Držák – PWLNR 2020M08 / Destička – WNMG080408 – TM T9115

- **Vrtání:**

Vrták HSS $\emptyset 15$, $\emptyset 35$, $\emptyset 50$

- **Hrubování díry:**

Držák – A25S-SCLRL09-D270 / Destička – CCMT 09T308E-RM T9325

- **Obrábění na čisto (vnější průměr):**

Držák – SDJCR 2525 M11 – M – A / Destička – DCMT 11T308E – UR T9325

- **Obrábění na čisto (vnitřní průměr):**

Držák – A25S – SDUCRL11 – D320 / Destička – DCMT 11T308E – UR T9325

- **Vnitřní zápich:**

Držák – CNR0020R16AHD / Destička – TN 16NR185ZZ 8030

- **Zaoblení:**

Tvarový nůž

2.3 Dělení materiálu

Na řezání se využívá automatická pásová pila Ergonomic 290.250 GAC od firmy Bomar (viz obr. 2.4). Zde se materiál pro výrobu Tělesa Kola dělí na délku $L = 39$ mm. Technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.2.



Obr. 2.4 Automatická pásová pila Ergonomic 290.250 GAC

Tab. 2.2 Technické parametry - Ergonomic 290.250 GAC [7].

Ergonomic 290.250 GAC	
Výkon motoru	1,1/1,5 KW 400V/50Hz
Celkový instalovaný výkon	3,4 kVA
Rychlost pilového pásu	40/80 m/min
Rozměry pilového pásu	2910 x 27 x 0,9 mm
Nejmenší řezaný průměr	5 mm
Délka nejkratšího zbytku	auto. 160 mm/man. 20 mm
Ložná výška materiálu	760 mm
Rozměry stroje	1810 x 1790 x 1200 mm
Hmotnost	575 Kg

2.4 Soustružení

Soustružení se provádí na 6 upnutí. Na jedno upnutí jsou provedeny všechny operace, než je potřeba vyměnit nástroj nebo změnit uchycení obrobku. Dále jsou obrobena všechny součásti v sérii, aby se případné změny nástrojů nemusely dělat pro každý kus zvlášť. Poté se pokračuje v dalších upnutích a operacích dle technologického postupu v tab. 2.1.

2.4.1 Hrotový soustruh SV18RA

Původně se součást Těleso Kola a mnoho dalších vyráběly na hrotovém soustruhu SV18RA (viz obr. 2.5). Tento soustruh je velice přesný a pro svoje účely dostačoval. Dnes už je ve srovnání s moderními CNC stroji poněkud zastaralý. Proto se používá spíše na malosériovou nebo kusovou výrobu.

Technické parametry jsou uvedeny v tab. 2.3.



Obr. 2.5 Hrotový soustruh SV18RA [6].

Tab. 2.3 Technické parametry - Hrotový soustruh SV18RA [8].

Hrotový soustruh SV18RA	
Oběžný průměr nad ložem	380 mm
Oběžný průměr nad suportem	215 mm
Vzdálenost hrotů	750 mm
Maximální hmotnost obrobku	300 kg
Otáčky vřetena (21 stupňů)	14 – 2800 ot./min.
Rozsah závitů metrických	0,2 – 140 mm
Rozsah závitů modulových	0,2 – 70
Půdorysná plocha stroje (šířka x délka)	950 x 2520 mm

2.5 Cementace a Kalení

Tato operace probíhá externě, protože společnost nemá vybavení pro tepelné zpracování. Dosavadně opracovanou sérii výrobku Tělesa Kola musí společnost LMR provádět v kooperaci ve firmě Tatra Trucks a.s., kde je součást cementována a zakalena na tvrdost 60 +/- 3 HRC.

2.6 Broušení

Když je dosaženo správné tvrdosti na povrchu, je zapotřebí poslední operace broušení, které se také provádělo v kooperaci. S kooperací a další expedicí byla spojena také vyšší finanční náročnost. Dnes již je možno součástku za pomoci stroje Doosan Puma 2600 SY obrobit ve vlastní režii viz kapitola 3.

3 NOVÁ TECHNOLOGIE

V rámci vývoje nového hydraulického brzdného vozíku BT30 byla získána dotace z prostředků Evropské unie (Dotační program „Inovace“) na pořízení nových CNC obráběcích strojů a rekonstrukci výrobní haly [2]. Společnost začala vyrábět veškerou sériovou výrobu včetně Tělesa Kola na CNC strojích a výrazně tak zvýšila produktivitu práce.

3.1 Výroba

Operace soustružení se začala provádět na soustruhu Doosan Puma 2600 SY jehož popis je uveden v kapitole 3.2. Ačkoliv má tento soustruh vlastní zásobník na podávání polotovaru, operace dělení je stále prováděna na pásové pile Ergonomic 290.250, protože do zásobníku lze vložit pouze polotovar o průměru 100 mm. Velkou výhodou stroje v kompenzaci za vysokou pořizovací cenu jsou např. snížení strojních časů, zefektivnění výroby co se týče přesnosti, větší výkon a tuhost stroje. Konkrétně u výrobku Těleso Kola je kromě ušetření strojních časů velkou výhodou, že odpadá operace broušení, která se musela dělat v kooperaci. Je totiž možné dosáhnout požadované přesnosti i soustružením po kalení.

Technologický postup byl proveden na základě konzultace s pracovníky a je uveden v tab. 3.1.

Tab. 3.1 Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP				
Datum: 2.3.2015	Vyhotovil: Petr Mohyla	Název součástky: Těleso Kola	Materiál: 14 220.3	Hmotnost: 1,8 Kg
Č. op.	Název Stroje	Čas [min]	Popis práce	
0	Pásová pila Ergonomic 290.250 GAC		Řezání: na délku L = 39 mm v toleranci 0/+0,5	
1	Soustruh Doosan Puma 2600SY	5,88	Hl. vřetenno: Tvrdé čelisti za Ø115 mm	
			Přerovnění čela bez rozměru do čista	
			Hrubování povrchu na Ø113 v délce co dovolí čelisti	
			Vrtání Ø60 mm	
			Hrubování díry	
			Obrábění na čisto - povrch	
			Obrábění na čisto - díra	
			Soustružení vnitřního zápichu	
			<i>Předání obrobku mezi vřeteny</i>	
			Protivřetenno: Tvrdé čelisti za díru Ø71,6 mm	
Hrubování povrchu				
Obrábění na čisto				
2			V kooperaci cementace a kalení na 60 +/- 3 HRC	
3	Soustruh Doosan Puma 2600SY		Hl. vřetenno: Měkké čelisti za Ø112 mm	
			Hrubování díry	
			Obrábění na čisto	

3.1.1 Nástroje

- **Hrubování povrchu:**

Držák – PWLNR 2525M08 / Destička – WNMG080408 – TM T9115

- **Vrtání:**

Plátkový vrták Ø60 mm 180°

- **Hrubování díry:**

Držák – A25S-SCLRL09-D270 / Destička – CCMT 09T308E-RM T9325

- **Obrábění na čisto (vnější průměr):**

Držák – SDJCR 2525 M11 – M – A / Destička – DCMT 11T308E – UR T9325

- **Obrábění na čisto (vnitřní průměr):**

Držák A25S – SDUCRL11 – D320 / Destička – DCMT 11T308E – UR T9325

- **Vnitřní zápich:**

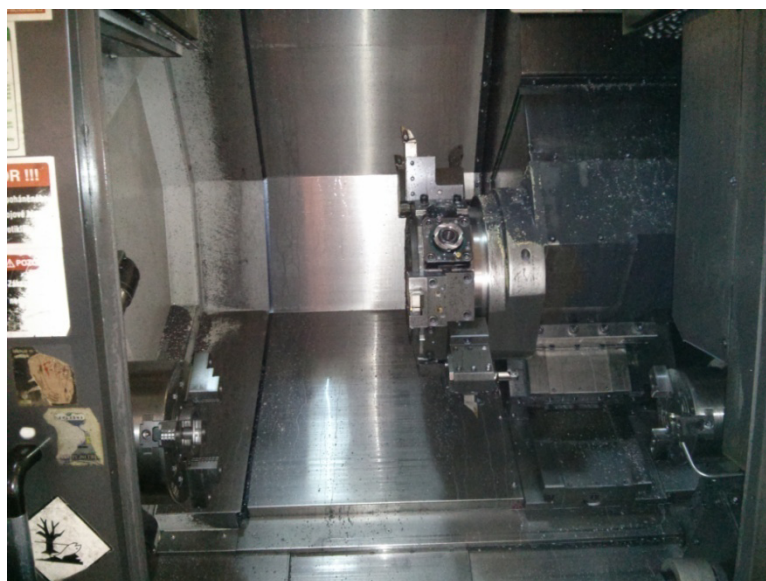
Držák – CNR0025R16AHD / Destička – TN 16NR185ZZ 8030

3.2 Doosan Puma 2600 SY

Jedná se o šestiosý horizontální soustruh s protějším vřetenem a poháněnými nástroji (viz obr. 3.1 a obr. 3.2). Řídicím systémem soustruhu je FANUC 0i-TD (viz obr. 3.3). Technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.2.



Obr. 3.1 Doosan Puma 2600 SY [9].



Obr. 3.2 Jednotlivá vřetena a zásobník na 12 nástrojů.



Obr. 3.3 Řídicí systém FANUC Oi-TD.

Tab. 3.2 Technické parametry - Doosan Puma 2600 SY [9].

Doosan Puma 2600 SY	
Počet řízených os	6
Oběžný průměr nad ložem	780 mm
Max. průměr soustružení	376 mm
Max. délka soustružení	760/1280 mm
Max. průměr soustružené tyče	76 mm
Otáčky	4000 ot/min
Výkon motoru	22 kW/30 min
Počet nástrojů	12
Řídicí systém	FANUC Oi-TD

4 POROVNÁNÍ A ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIÍ

Porovnává se pouze operace č. 1, protože zbylé operace se konají buď v kooperaci, nebo jsou totožné.

Zhodnocení technologií bylo provedeno na základě délky výrobních časů jednotlivých technologií a hodinové sazby strojů. Celkový výrobní čas, se kterým musíme počítat, se skládá z času operace č. 1, času na vedlejší práci (upínání a odepínání obrobku, měření součástí) a času nepravidelné obsluhy (výměna nástroje, broušení nástroje) [10].

4.1 Stanovení výrobních časů

Strojní čas operace č. 1 t_s , byl stanoven:

- Na soustruhu SV18RA měřením stopkami. V čase je zahrnuto obrábění dle technologického postupu v tab. 2.1, operace č. 1. Tento čas $t_s = 27$ min. Není v něm zahrnut vedlejší čas pro upínání a odepínání obrobku.
- Na Doosan Puma 2600 SY byl čas vyměřen počítačem dle naprogramovaného procesu obrábění na řídicím systému FANUC Oi-TD. Tento čas $t_s = 5$ min a 53 s.

Jednotkový vedlejší čas byl opět stanoven u obou strojů měřením stopkami.

- Na soustruhu SV18RA upnutí a odepnutí obrobku trvalo 15 s. Jedna operace se prováděla na 6 upnutí. Dohromady je to tedy 90 sekund na jeden kus. Čas na měření je odhadem 15 s a měří se každý desátý kus.
- Na Doosan Puma 2600 SY upnutí a odepnutí obrobku trvalo taktéž 15 s. Čas na měření se nezapočítává, protože obsluha stroje může měřit během práce stroje.

Čas nepravidelné obsluhy (výměna a broušení nástrojů) byl stanoven po konzultaci s dělníky.

- Čas na výměnu nástroje – VBD vydrží cca 80 kusů. Čas na výměnu nebo otočení všech břitových destiček, aby se dále mohlo pokračovat v obrábění, je cca 20 min. Tento čas, je pro obě technologie podobný, protože se používá podobných nástrojů.
- Celkové časy broušení některých nástrojů byly určeny v tab. 4.1. Čas byl určen pro sérii 500 kusů. Pro série s jiným počtem kusů byl postup obdobný. Brousí se pouze tvarový nůž a klasické vrtáky. To znamená, že broušení je pouze u klasického soustruhu SV18RA, kde nejsou u všech nástrojů použity VBD. U nového stroje se používají pouze nástroje s VBD, které se nebrousí. Tvarový nůž není u CNC stroje potřeba, protože stroj umožňuje trajektorii pohybu nástroje tak, že nahradí tvarový nůž.

Tab. 4.1 Časy broušení jednotlivých nástrojů

Nástroj	Čas broušení jednoho nástroje - t_{Bn} [min]	Počet kusů, obrobeneých na jedno nabroušení - n_{ks} [ks]	Počet broušení v sérii 500 ks - n_B [-]	Celkový čas broušení na nástroj - t_{Bnc} [min]
Tvarový nůž	3	80	6	18
Vrták Ø15	2	100	4	8
Vrták Ø35	3	70	7	21
Vrták Ø50	5	50	9	45
			Celkem [min]	92

Příklad stanovení počtu broušení jednoho nástroje n_B v sérii 500 ks pro 1. řádek:

$$n_B = \frac{n_s}{n_{ks}} = \frac{500}{80} = 6,25 \div 6 \quad [-]$$

n_{ks} – počet kusů, obrobeneých na jedno nabroušení,

n_s – počet kusů v sérii.

Pozn. Výsledek n_B je vždy zaokrouhlen dolů na celé číslo.

Příklad stanovení celkového času broušení na nástroj t_{Bnc} pro 1. řádek:

$$t_{Bnc} = t_{Bn} \times n_B = 3 \times 6 = 18 \quad [min]$$

t_{Bn} – čas broušení jednoho nástroje,

n_B – počet broušení jednoho nástroje v sérii 500 ks.

Další údaje:

- **Čas na přípravu stroje** byl stanoven po konzultaci s obsluhou stroje. U klasického soustruhu je to 30 min. a u novějšího 2 hodiny. V čase je započítáno seřízení a čištění stroje, výměna nástrojů a další náležitosti. Čas je pouze orientační, protože se může např. lišit tím, jaké nástroje zůstaly v zásobníku.
- **Náklady na hodinu strojní práce** pro stroj SV18RA jsou cca 300 Kč a pro stroj Doosan Puma 2600 SY 600 Kč. Náklady jsou tvořeny přímými položkami (odpisy stroje, mzda pracovníka, spotřeba energie) a nepřímými položkami, které jsou tvořeny dlouhodobým sledováním nákladů na spotřebu nástrojů a měřidel, broušení nástrojů, kalibrace měřidel apod.
- **Náklady na přípravu stroje** jsou menší v porovnání s náklady na hodinu strojní práce. Pro stroj SV18RA náklady činí cca 220Kč/hod, pro CNC Puma 2600 SY jsou náklady cca 280Kč/hod. Tyto náklady závisí především na mzdě a kvalifikaci pracovníka.

Souhrn všech potřebných údajů k zhodnocení jednotlivých technologií je v tab. 4.2 pro původní technologii a v tab. 4.3 pro technologii s novým strojem. Údaj pro čas broušení nástrojů – 92 min/500 kusů, byl vyhodnocen z tab. 4.1.

Tab. 4.2 Původní technologie

Původní technologie		
Stroj		SV18RA
Strojní čas operace č. 1		27 min/1 kus
Nepravidelná obsluha	Broušení nástrojů	92 min/500 ks
	Výměna nástroje	20 min na 80 kusů
Vedlejší práce	Výměna obrobku	15 s
	Měření součásti	Každý desátý kus – 15 s
Čas na přípravu stroje		30 min
Náklady na provoz stroje		300 Kč/hod
Náklady na přípravu stroje		220 Kč/hod

Tab. 4.3 Nová technologie

Nová technologie		
Stroj		Doosan Puma 2600 SY
Strojní čas operace č. 1		5 min 53 s/1 kus
Nepravidelná obsluha	Výměna nástroje	20 min. na 80 kusů
	Výměna obrobku	15 s
Čas na přípravu stroje		2 hod
Náklady na provoz stroje		600 Kč/hod
Náklady na přípravu stroje		280Kč/hod

4.2 Zhodnocení technologií

Společnost vyrábí cca 2000 kusů Tělesa Kola ročně. Zpravidla se z důvodu skladování nevyrábí v sérii více než 500 kusů. I když se výrobek dělá v sérii po 500 kusech, bylo provedeno vyhodnocení i pro série 10 ks, 50 ks, 100 ks, 200 ks a 300 ks, pro lepší názornost výhodnosti jednotlivých technologií. Vyhodnocení pro původní technologii je v tab. 4.4 a pro novou technologii v tab. 4.5. Graf znázorňující zhodnocení obou technologií po ekonomické stránce je na obr. 4.1.

Tab. 4.4 Původní technologie

Původní technologie							
Série [ks]	10	50	100	200	300	500	
Celkový strojní čas [min]	270	1350	2700	5400	8100	13500	
Broušení nástrojů [min]	0	0	11	29	50	92	
Výměna nástrojů [min]	0	0	20	40	60	120	
Výměna obrobku [min]	15	75	150	300	450	750	
Měření součásti [min]	0,25	1,25	2,5	5	7,5	12,5	
Celk. výrobní čas [hod]	4,75	23,77	48,06	96,23	144,46	241,24	
Celk. náklady na přípravu stroje [Kč]	110	110	110	110	110	110	
Výrobní náklady za provoz stroje [Kč]	1 536	7 241	14 528	28 980	43 448	72 483	

Tab. 4.5 Nová technologie

Nová technologie						
Série [ks]	10	50	100	200	300	500
Celkový strojní čas [min]	58,9	294,5	589	1178	1767	2945
Výměna nástrojů [min]	0	0	20	40	60	120
Výměna obrobku [min]	2,5	12,5	25	50	75	125
Celkový výrobní čas [hod]	1,02	5,12	10,57	21,13	31,70	53,17
Celkové náklady na přípravu stroje [Kč]	560	560	560	560	560	560
Výrobní náklady za provoz stroje [Kč]	1 174	3 630	6 900	13 240	19 580	32 460

Vzorové výpočty z tab. 4.4 pro sérii 500 kusů:

Celkový strojní čas t_{sc} :

$$t_{sc} = t_s \times n_s = 27 \times 500 = 13\,500 \text{ [min]}$$

t_s – strojní čas operace č. 1,

n_s – počet kusů v sérii.

Celkový čas broušení nástrojů t_B byl určen na základě tab. 4.1, jako suma všech celkových časů broušení na nástroj:

$$t_B = \sum_{j=1}^4 t_{Bncj} = 18 + 8 + 21 + 45 = 92 \text{ [min]}$$

t_{Bnc} – celkový čas broušení na nástroj.

Celkový čas na výměnu nástrojů t_{vnc} :

$$t_{vnc} = t_{vn} \times n_v \text{ [min]}$$

t_{vn} – čas na jednu výměnu nástrojů,

n_v – počet, kolikrát se musely měnit nástroje.

$$n_v = \frac{n_s}{n_k} = \frac{500}{80} = 6,25 \div 6$$

n_s – počet kusů v sérii,

n_k – počet kusů, obrobených jednou VBD.

Pozn. Výsledek n_v je vždy zaokrouhlen dolů na celé číslo.

$$t_{vnc} = t_{vn} \times n_v = 20 \times 6 = 120 \text{ [min]}$$

Celkový čas na výměnu obrobku t_{voc} byl stanoven:

$$t_{voc} = n_s \times u \times t_{vo} = 500 \times 6 \times 0,25 = 750 [min]$$

n_s – počet kusů v sérii,

u – počet upnutí,

t_{vo} – čas na výměnu obrobku.

Celkový čas měření součásti t_{mc} se spočítá jako součin počtu kusů v sérii n_s a času měření jedné součásti t_m , podělený deseti, protože se proměřuje každý desátý kus:

$$t_{mc} = \frac{n_s \times t_m}{10} = \frac{500 \times 0,25}{10} = 12,5 [min]$$

n_s – počet kusů v sérii,

t_m – čas měření jedné součásti.

Celkový výrobní čas t_c je stanoven jako suma všech časů:

$$t_c = t_{sc} + t_B + t_{vnc} + t_{voc} + t_{mc} = 13\,500 + 92 + 120 + 750 + 12,5 \\ = 14\,474,5 [min] = 241,24 [hod]$$

t_{sc} – celkový strojní čas,

t_B – celkový čas broušení nástrojů,

t_{vnc} – celkový čas na výměnu nástrojů,

t_{voc} – celkový čas na výměnu obrobku,

t_{voc} – celkový čas na výměnu obrobku,

t_{mc} – celkový čas měření součásti.

Celkové výrobní náklady N_c se stanoví:

$$N_c = (N_{sh} \times t_c) + N_p = (300 \times 241,24) + 110 = 72\,482 [Kč]$$

N_{sh} – náklady na hodinu strojní práce,

N_p – celkové náklady na přípravu stroje,

t_c – celkový výrobní čas.

Hodnoty v tab. 4.5 byly stanoveny obdobným způsobem.

Celkové snížení výrobního času t_R :

$$t_R = t_{c1} - t_{c2} = 241,74 - 55,17 = 186,57 \quad [\text{hod}]$$

t_{c1} – celkový výrobní čas soustruhu SV18RA včetně přípravy stroje,

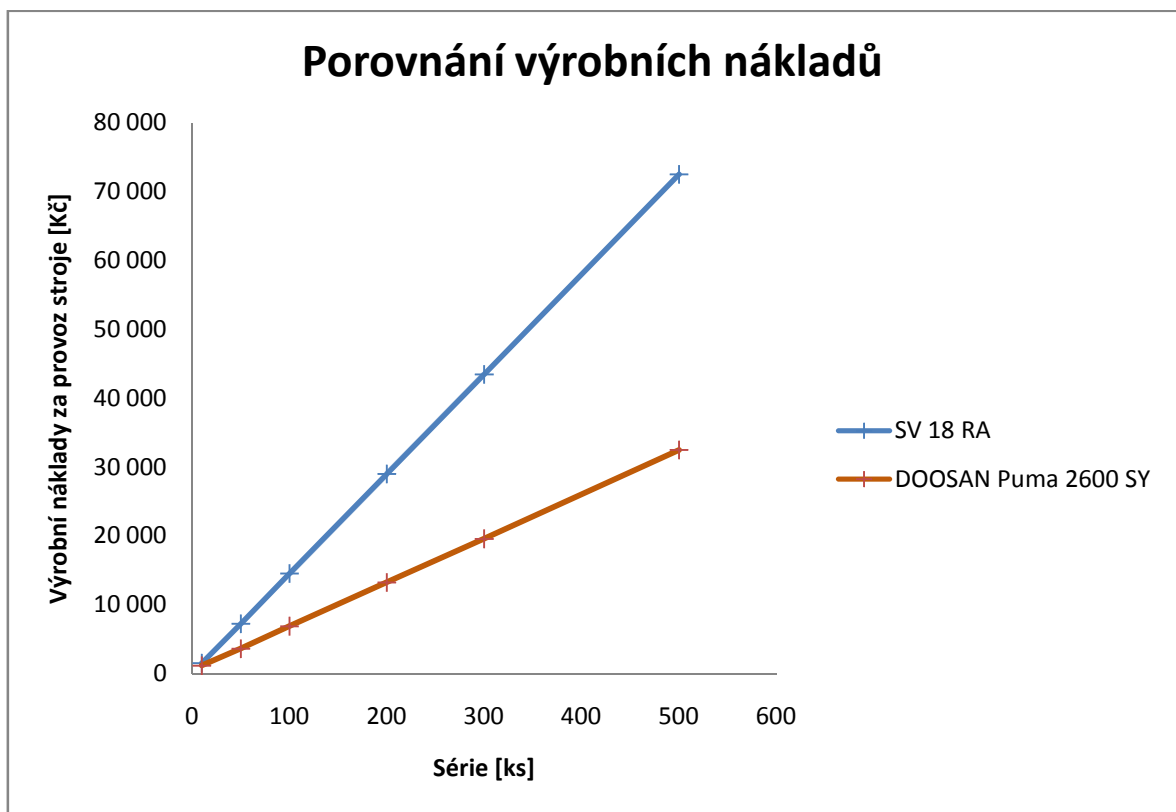
t_{c2} – celkový výrobní čas soustruhu Doosan Puma 2600 SY včetně přípravy stroje.

Celkové snížení nákladů za práci stroje N_R :

$$N_R = N_{c1} - N_{c2} = 72\,483 - 32\,460 = 40\,023 \quad [\text{Kč}]$$

N_{c1} – celkové výrobní náklady soustruhu SV18RA,

N_{c2} – celkové výrobní náklady soustruhu Doosan Puma 2600 SY.



Obr. 4.1 Graf porovnání výrobních nákladů.

5 DISKUZE

Získané výsledky jsou dle očekávání v prospěch nově zakoupeného CNC stroje. I když byl tento výsledek předpokládán, jsou konkrétní čísla zajímavá pro zhodnocení investice do samotného stroje nebo pro posuzování dalších investic. Dále také můžeme na základě výsledků bezpečně určit, pro jak velké série je vhodné použít nový stroj nebo klasický hrotový soustruh.

Je důležité si také uvědomit, že jsou zde i další výhody a nevýhody nově zakoupeného CNC stroje, které nejsou zohledněny. Např. obecně na klasických soustruzích soustružník koná práci pouze na jednom stroji na rozdíl od obsluhy nového stroje, která může během práce CNC soustruhu konat i další činnosti jako obsluhovat další stroj nebo připravovat další výrobu. K tomuto je důležité mít dobré rozmístění strojů na dílně a dobrou organizaci práce. Nevýhodou CNC stroje je, že musí být naprogramován a s tím se zvyšují počáteční náklady na výrobu. Tato počáteční práce se však při opakovaných sériích stává zanedbatelnou, protože její podíl na celkových nákladech ztrácí na významu.

V optimálně provedeném ekonomickém srovnání výroby, by mělo dojít i k přesnému zhodnocení ceny použitých nástrojů. Vzhledem k tomu, že u firmy LMR s.r.o. je tato položka zahrnuta v nákladech za provoz stroje, je porovnání které bylo provedeno dostačující. Cílem společnosti jsou větší úspory a tím i větší efektivita. Proto je dobré zamyslet se nad tím, jestli není do budoucna vhodné, hlavně v případě větších sérií, podrobněji sledovat náklady na nástroje a opotřebení. Detailněji se tak zabývat použitými nástroji a optimalizovat jejich výběr.

ZÁVĚR

Z výsledků pro daný výrobek je zřejmé, že se vzrůstajícím počtem kusů v sérii se zvětšuje rozdíl nákladů daných technologií. To znamená, čím větší série, tím více se vyplácí výroba na CNC soustruhu Doosan Puma 2600 SY. Naopak u malých sérií se vyplácí klasické obráběcí stroje, kde není tak dlouhá příprava výroby.

Konkrétní výsledky, kterých bylo dosaženo v porovnání s původní technologií:

- Při sérii 500 kusů byl snížen celkový výrobní čas o 186,57 hodin a celkové náklady na práci stroje o 40 023 Kč,
- Pro sérii 10 kusů byla cena výroby na novém stroji snížena pouze o 362 Kč. Pro menší série se výroba na novém stroji přestává vyplácet, kvůli dlouhým časům přípravy stroje.

Ze získaných výsledků je patrné, že technologie obrábění na CNC strojích je oproti technologii na klasických obráběcích strojích ekonomičtější. Hlavně pak je to zřejmé u složitých strojních součástí s vysokou přesností opracování a dlouhými obráběcími časy, kde je možné použít více-strojovou obsluhu jedním člověkem. Proto je do budoucna pro firmu velice důležité se optimalizací technologie a všech výrobních procesů detailně zabývat. Zakoupení soustruhu DOOSAN PUMA 2600 SY bylo správným rozhodnutím.

Výsledný ekonomický přehled a postup, jakým se technologie porovnávaly v této práci, může být nápomocný při rozhodování o dalších investicích, neboť společnost momentálně zvětšuje své výrobní prostory a staví novou výrobní halu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. LMR s.r.o. Profil společnosti LMR s.r.o. *LMR.cz* [online]. ©2014 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://lmr.cz/index.php/cz/>
2. LMR s.r.o. Historie společnosti. *LMR.cz* [online]. ©2014 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://lmr.cz/index.php/cz/historie-spolecnosti-cz>
3. LMR s.r.o. Výrobní program. *LMR.cz* [online]. ©2014 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://lmr.cz/index.php/cz/vyrobní-program-cz>
4. LMR s.r.o. Služby. *LMR.cz* [online]. ©2014 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://lmr.cz/index.php/cz/sluzby-lmr-cz>
5. Ferrit s.r.o. Důlní lokomotiva závěsná – DLZA90F. *Ferrit.cz* [online]. ©2005-2015 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.ferrit.cz/cs/produkty/dlza90f>
6. Web Shopping Center. *Stroje-naradie.sk* [online]. [b.r.] [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: http://www.stroje-naradie.sk/nove/stroje_katalog/231/110093.jpg
7. BOMAR. Ergonomic 290.250 GAC. *Bomar.cz* [online]. ©2015 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://bomar.cz/>
8. TOS Trenčín. *Manuál soustruhu SV18RA*.
9. TECNOTRADE OBRÁBĚCÍ STROJE. DOOSAN PUMA 2600 s protivřetenem. *Tecnotrade.cz* [online]. ©2014 [vid. 2015-05-11]. Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/horizontalni-soustruhy/doosan-puma-2600-s-protivretenem/>
10. ZEMČÍK, Oskar. Technologická příprava výroby. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002, 158 s. ISBN 80-214-2219-x.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
CNC	[-]	Computer Numerical Control
HRC	[-]	Tvrdost dle Rockwella
VBD	[-]	Vyměnitelná Břitová Destička
CAD	[-]	Computer Aided Design
CAM	[-]	Computer Aided Manufacturing

Symbol	Jednotka	Popis
L	[mm]	délka
N_c	[Kč]	celkové výrobní náklady
N_{sh}	[Kč]	náklady na hodinu strojní práce
N_{c1}	[Kč]	celkové výrobní náklady soustruhu SV18RA
N_{c2}	[Kč]	celkové výrobní náklady soustruhu Doosan Puma 2600 SY
N_p	[Kč]	celkové náklady na přípravu stroje
N_R	[Kč]	celkové snížení nákladů za práci stroje
n_B	[ks]	počet broušení jednoho nástroje
n_k	[ks]	počet kusů, obrobených jednou VBD
n_{ks}	[ks]	počet kusů, obrobených na jedno nabroušení
n_s	[ks]	počet kusů v sérii
n_v	[ks]	počet, kolikrát se musely měnit nástroje
t_B	[min]	celkový čas broušení nástrojů
t_{Bn}	[min]	čas broušení jednoho nástroje
t_{Bnc}	[min]	celkový čas broušení na nástroj
t_c	[hod]	celkový výrobní čas
t_{c1}	[hod]	celkový výrobní čas soustruhu SV18RA
t_{c2}	[hod]	celkový výrobní čas soustruhu Doosan Puma 2600 SY
t_R	[hod]	celkové snížení výrobního času
t_m	[min]	čas měření jedné součásti
t_{mc}	[min]	celkový čas měření součásti
t_s	[min]	strojní čas operace č. 1
t_{sc}	[min]	celkový strojní čas
t_{vn}	[min]	čas na jednu výměnu nástrojů
t_{vnc}	[min]	celkový čas na výměnu nástrojů

t_{vo}	[min]	čas na výměnu obrobku
t_{voc}	[min]	celkový čas na výměnu obrobku
u	[-]	počet upnutí

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Výkres součásti – Těleso Kola

