

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Strojírenská technologie-technologie obrábění

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Studie racionalizace práce při upínání obrobku pro soustruh Takamaz
X10-i

Autor: **Jáchym VAŠÍČEK**
Vedoucí práce: **Ing. Václava POKORNÁ**
Odborný konzultant: **Ing. Jan Jezl**

Akademický rok 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jáchym VAŠÍČEK**

Osobní číslo: **S18B0024P**

Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Strojírenská technologie-technologie obrábění**

Název tématu: **Studie racionalizace práce při upínání obrobku pro soustruh
TAKAMAZ X10-i**

Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Racionalizace práce v oblasti strojírenské výroby
2. Charakteristika práce na vybraném pracovišti obráběcího centra
3. Aplikace vybraných metod racionalizace práce
4. Vyhodnocení a návrh řešení
5. Zhodnocení a posouzení inovačního návrhu

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- **TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Řízení výroby. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.**
- **ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. Projektování výrobních systémů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2.**
- **NOVÁK, Josef a Pavlína ŠLAMPOVÁ. Racionalizace výroby. Ostrava: Realizace VŠB Technická univerzita Ostrava, 2007. Číslo CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Václava Pokorná**
Katedra technologie obrábění
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Jezl**
JTEKT Automotive Czech Plzeň s.r.o.
Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry


V Plzni dne 18. října 2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: 17.5.2019.....


.....
podpis autora

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Václavě Pokorné za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Děkuji také Ing. Janu Jezlovi za konzultace a cenné rady ve firmě JTEKT Automotive Czech Plzen s.r.o.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Vašíček	Jméno Jáchym	
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 „Strojírenská technologie-technologie obrábění“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Pokorná	Jméno Václava	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Studie racionalizace práce při upínání obrobku pro soustruh Takamaz X10-i		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	31	TEXTOVÁ ČÁST	22	GRAFICKÁ ČÁST	9
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce se věnuje snížení času manipulace obsluhy na pracovišti obráběcího centra TAKAMAZ X10-i. S ohledem na zvolené zadání jsou v práci použity vybrané racionalizační metody pro analýzu časové náročnosti operace. Cílem práce je návrh opatření pro snížení manipulačního času při změně vyráběného výrobku.
KLÍČOVÁ SLOVA	příruba, lower shaft, worm shaft, racionalizace, soustruh

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Vašíček	Name Jáchym	
FIELD OF STUDY	2301R016 „Technology of Metal Cutting“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Pokorná	Name Václava	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLÓMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Rationalization study for clamping of the workpiece for the lathe TAKAMAZ X10-i		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machining Technology	SUBMITTED IN	2019
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	31	TEXT PART	22	GRAPHICAL PART	9
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis deals with the reduction of time that the operator needs for handling at the cutting center working compartment TAKAMAZ X10-i. According to the topic of this thesis appropriate rationalization methods for the analysis of the operation were used. The aim of this thesis is the concept for reducing the time, which is needed to adjust the working compartment when the product is changed.
KEY WORDS	flange, lower shaft, worm shaft, rationalization, lathe

Obsah

Úvod	8
1 Racionalizace práce v oblasti strojírenské výroby	9
1.1 Výrobní proces	10
1.2 Racionalizace práce	10
1.2.1 Základní postup racionalizace práce	10
1.2.2 Štíhlá výroba	11
1.2.3 Zásady implementace štíhlé výroby	12
1.2.4 Štíhlé pracoviště	12
1.3 Časová studie	13
1.4 Snímky operace	13
2 Charakteristika práce na vybraném pracovišti obráběcího centra	14
2.1 Používané anglické výrazy ve firmě	15
2.2 Produktová řada výrobků firmy JTEKT	15
2.2.1 Lower shaft a Worm shaft	15
2.2.2 Uspořádání linky pro výrobu komponentů lower shaft a worm shaft	17
2.2.3 Technologický postup na LS lince	17
2.2.4 Technologický postup na WS lince	19
2.3 Vybrané pracoviště	20
2.3.1 Upínací systém pro LS a WS	21
3 Aplikace vybraných metod racionalizace práce	23
4 Vyhodnocení vybrané metody a návrh řešení	24
5 Zhodnocení a posouzení inovačního návrhu	26
Závěr	27
Seznam použité literatury	28
Seznam obrázků	29
Seznam tabulek	30
Seznam příloh	31

Úvod

Téma předložené bakalářské práce se nazývá Studie racionalizace práce při upínání obrobku pro soustruh Takamaz X10-i. Toto téma je navrženo z důvodu snížení času manipulace obsluhy na pracovišti obráběcího centra TAKAMAZ X10-i. S ohledem na zvolené zadání jsou v práci použity vybrané racionalizační metody pro analýzu časové náročnosti operace a na základě vyhodnocení časové bilance je navrženo nápravné opatření, které je v samém závěru práce zhodnoceno.

Téma této práce je zvoleno na základě mého úkolu v rámci studentského pracovního programu, která je součástí spolupráce společnosti JTEKT Automotive Czech Plzen s.r.o. (dále jen JAPL) a fakulty strojní v Plzni. Velkou pomocí a zdrojem potřebných informací pro mne je kolektiv zaměstnanců na uvedeném úseku výroby, zejména pak mně přidělený konsultant Ing. Jan Jezl.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. Teoretická část bakalářské práce se zabývá řešením výběru z oblasti racionalizace práce. Praktická část navazuje realizací časové analýzy, která bude důležitým podkladem pro zavedení změny standardu a následné snížení manipulačního času, které by se efektivně projevilo v objemu produkce. V závěru bude provedeno zhodnocení a posouzení inovace z pohledu optimalizace.

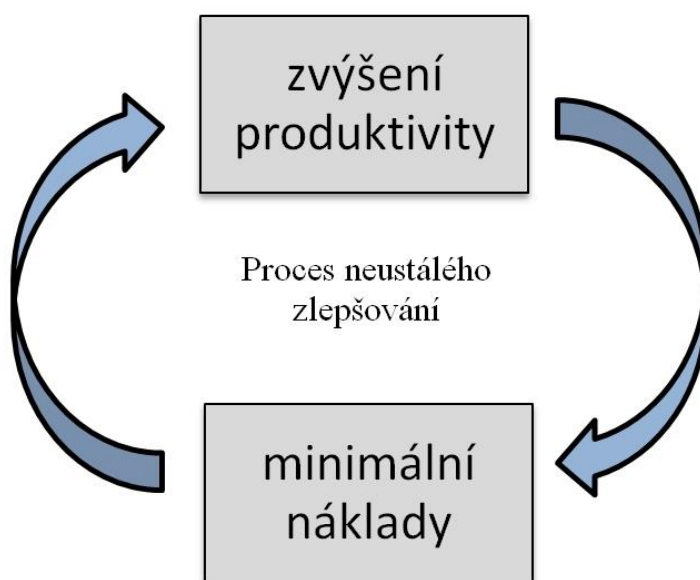
Cílem práce je návrh opatření pro snížení manipulačního času při změně vyráběného výrobku. Pro vypracování bakalářské práce je vybrán stroj Takamaz X10-i, který je vyřazen a přepracován pro testovací výrobu. Hlavním cílem je navržení nového standardu pro JAPL.

1 Racionalizace práce v oblasti strojírenské výroby

Podstata racionalizace práce je snaha o stálé zdokonalování výrobního systému při použití minimálních nákladů. [2]

Jedním z důležitých faktorů pro firmy je schopnost zvýšení efektivity a produktivity práce. Zvyšování produktivity zlepšuje ekonomické výsledky firmy včetně posílení konkurenceschopnosti na daném trhu. Prakticky se jedná o to, aby se výrobní proces realizoval na stále se zvyšující úrovni techniky, technologie, organizace práce, výroby a řízení. [2]

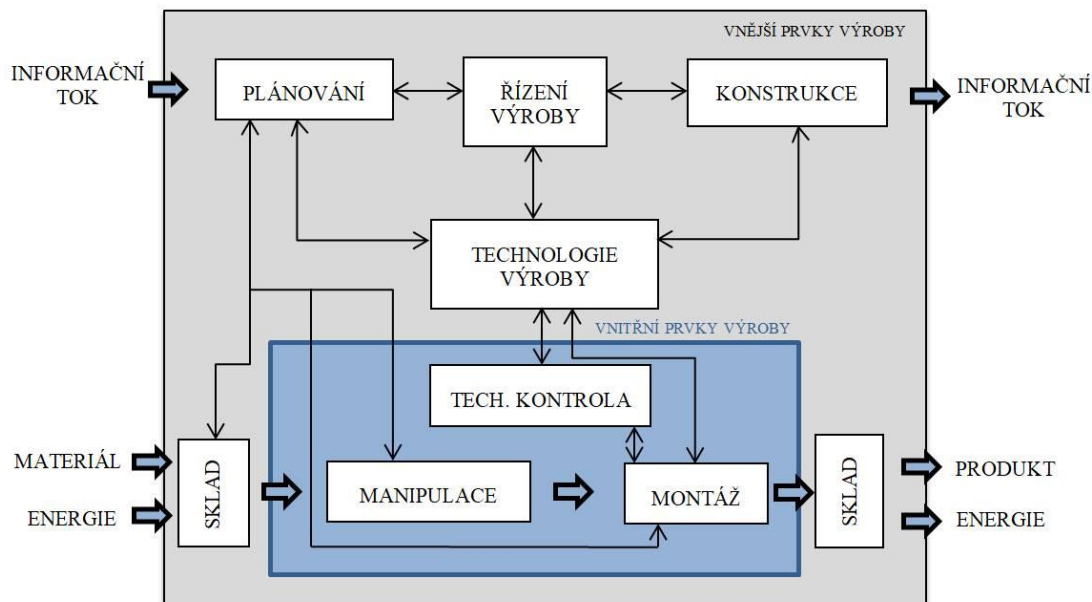
Jako základ racionalizace lze považovat snahu o vyloučení zbytečných ztrát a využití takto získaných prostředků pro zvýšení efektivity firmy. Díky těmto racionalizačním opatřením se zavádějí nové technologie a organizační opatření, které dokážou udržet či zlepšit konkurenceschopnost firmy. [2]



Obr. 1: Cíle racionalizace v podniku [2]

1.1 Výrobní proces

Pro výrobní proces strojírenské firmy je charakteristický souhrn technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností. Účelem tohoto souhrnu je měnit tvar, složení, rozměry, jakost a spojení výchozích materiálů či polotovarů dle požadavků zákazníka. [1]



Obr. 2: Zjednodušené schéma struktury výrobně-montážního systému [1]

Na Obr. 2 je schéma výrobně-montážního systému, kde jsou patrné prvky vnější a vnitřní struktury. Toto dělení je velmi důležité z hlediska časové, obsahové a prostorové návaznosti toku informací, materiálu, rozmístění a využití výrobních prostředků. Zjednodušená struktura odpovídá výrobně montážnímu systému ve firmě JAPL. [1]

Prvky, které jsou obsaženy ve vnější struktuře, zajišťují především provoz výrobních systémů jako celku (např. útvary technické přípravy výroby, výrobně plánovací útvary, materiálové zajištění, expedice apod.) [1]

Prvky, které jsou obsaženy ve vnitřní struktuře, zajišťují především vlastní výrobu a montáž souborů součástí. [1]

1.2 Racionalizace práce

Racionalizace práce udává vztah mezi technologií, organizací, fyziologií a psychologií práce na daném pracovišti. Prakticky se jedná o technické normování práce na daném pracovišti. [2]

1.2.1 Základní postup racionalizace práce

Mezi základní postupy racionalizace patří: [2]

- analýza pracovního systému
- posouzení funkce současného pracovního systému
- vytváření racionalizačních opatření
- realizace opatření
- vyhodnocení přínosů

V dnešní době lze racionalizaci práce začlenit do konceptu štíhlé výroby.

1.2.2 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba umožňuje definovat smysl a směr tvorby firemních cílů. Hlavním zaměřením štíhlé výroby je nalezení procesů, které neposkytují či nepřidávají hodnotu, a snaha tyto procesy pomocí štíhlých systémů eliminovat. Výsledkem je získání důležitých informací, co je pro firmu přínosné a co nikoli. Štíhlou výrobu chápeme jako odstranění plýtvání za pomoci zkoumání procesů a následné kroky k neustálému zlepšování. [5]

Výrobní procesy, které probíhají ve firmě, lze rozdělit na dvě základní skupiny. První skupinou jsou procesy, které výrobku přidávají určitou hodnotu a zákazník je ochoten za tuto přidanou hodnotu zaplatit. Druhou skupinou jsou procesy, které výrobku žádnou hodnotu nepřidávají. Tuto druhou skupinu procesů lze dále rozdělit na procesy nezbytné (např. účetnictví, BOZP, apod.) a procesy zbytečné. Taiichi Ohno označil tyto zbytečné procesy jako plýtvání. Zbytečné procesy jsou nejvýraznější u masové výroby, kde dochází ke zbytečné spotřebě zdrojů a tím k určité ztrátovosti financí. Hlavní snahou štíhlé výroby je právě eliminace těchto zbytečných procesů a dosažení vyšší efektivity výroby. [6]

Štíhlá výroba definuje 7 základních druhů plýtvání:

Plýtvání způsobené nadprodukcí

Tento typ vzniká při produkci vyšší, než jakou zákazník požaduje. Důvodem vzniku toho plýtvání je získání vyššího využití výrobních kapacit a dosažení vyšší produktivity práce zaměstnanců. Dalším důvodem může být výroba výrobků do zásoby, která by byla využita v případě výpadku, či poruchy stroje. Společně s tímto plýtváním vzniká zbytečná potřeba skladových prostor, což má za následek zvýšení dopravních a administrativních nákladů. [6]

Plýtvání způsobené nadbytečnými zásobami

Tento druh plýtvání vzniká díky skladování nadprodukce, náhradních dílů, polotovarů, nedokončených dílů, zmetků, atd. Na všechny tyto položky se vážou finanční prostředky, které zbytečně navyšují cenu výrobku (zaměstnanci logistiky, regály, prostor, přepravní vozidla, atd.), a tím se snižuje určitá konkurenceschopnost firmy. Tento druh plýtvání je ve filosofii štíhlé výroby jedním z největších „prohřešků“. [6]

Plýtvání způsobené opravami a zmetky

Výrobou zmetků vznikají firmě další finanční zatížení pro firmu, a to na opravy (práce, čas zaměstnanců, energie, atd.). Velkým problémem může být neodhalení vadného kusu, který by se dostal až k zákazníkovi. S tímto problémem souvisí nápravná opatření, finanční odškodnění, či dokonce ztráta kontraktu a pro firmu to může mít v některých případech až existenční důsledky. [6]

Plýtvání způsobené zbytečnými pohyby

Zaměstnanec činí při výrobě mnoho pohybů. Mnoho těchto pohybů je zbytečných. Zbytečný pohyb klasifikujeme jako pohyb, který nepřidává žádnou přidanou hodnotu (např. chůze pro nevhodně umístěný materiál). Zároveň s těmito zbytečnými pohyby přichází na zaměstnance únava, díky které se zvyšuje pravděpodobnost vytvoření či neodhalení vadného dílu. [6]

Plýtvání způsobené špatným technologickým postupem

Plýtvání lze často zjistit i v samotném technologickém procesu výroby a lze ho odstranit pouhým zdravým rozumem. [6]

Plýtvání způsobené prostoji

K tomuto typu plýtvání dochází tehdy, kdy kvůli čekání nelze pokračovat v produkci. Mezi čekání patří nejčastěji porucha stroje, špatná komunikace logistiky a čekání na materiál. [6]

Plýtvání v oblasti dopravy

Materiálový tok mezi pracovišti je velmi důležitý a výroba se bez něj ve většině případů neobejde. Toto plýtvání je snadno identifikovatelné (např. čekání jednoho vozíku na vozík předcházející, který zásobuje jinou linku). [6]

Hranice v některých případech plýtvání lze velmi těžko stanovit, a proto se jednotlivé druhy plýtvání prolínají. Díky tomuto prolínání lze při odstranění plýtvání v jedné oblasti zjistit, že se tímto způsobem eliminovalo plýtvání i v ostatních oblastech. Ideálním stavem by bylo eliminovat všechna tato plýtvání, avšak toho zatím nelze dosáhnout. Cílem je tedy všechny plýtvání snížit na nejnižší možnou úroveň. [6]

1.2.3 Zásady implementace štihlé výroby

Na implementaci štihlé výroby se podílejí tyto zásady:

1. Určení hodnoty z hlediska koncového zákazníka.
2. Identifikace všech kroků, které se vyskytují v rámci hodnotového toku pro každou skupinu výrobků a odstranění kroků, které nepřidávají hodnotu.
3. Vytvoření opatření zajišťujících vytváření přidané hodnoty v těsném sledu a zajistit tok, aby produkt postupoval plynule směrem k zákazníkovi.
4. Zavedení tahového principu výroby začínající požadavkem zákazníka.
5. Pokud je zaveden plynulý tok a tahový systém, je také specifikována hodnota a hodnotový řetězec a jsou odstraněny zbytečné kroky. Poté začíná celý proces znovu a pokračuje tak dlouho, dokud není dosaženo ideálního stavu bez jakéhokoli plýtvání. [6]

Základním a upřesňujícím faktorem je, aby jeden proces prošel důsledným pozorováním zaměstnanců z různých oddělení. Díky těmto pozorováním je získáno několik různých pohledů na danou věc a eliminuje se provozní slepota typu „vždy se to tak dělalo, tak proč to měnit“ [6]

Hlavním cílem štihlého myšlení je zaměřit se na činnosti, které dokáží přidat hodnotu, a eliminovat plýtvání. Činnosti, které přidávají hodnotu, by měly splnit následující podmínky:

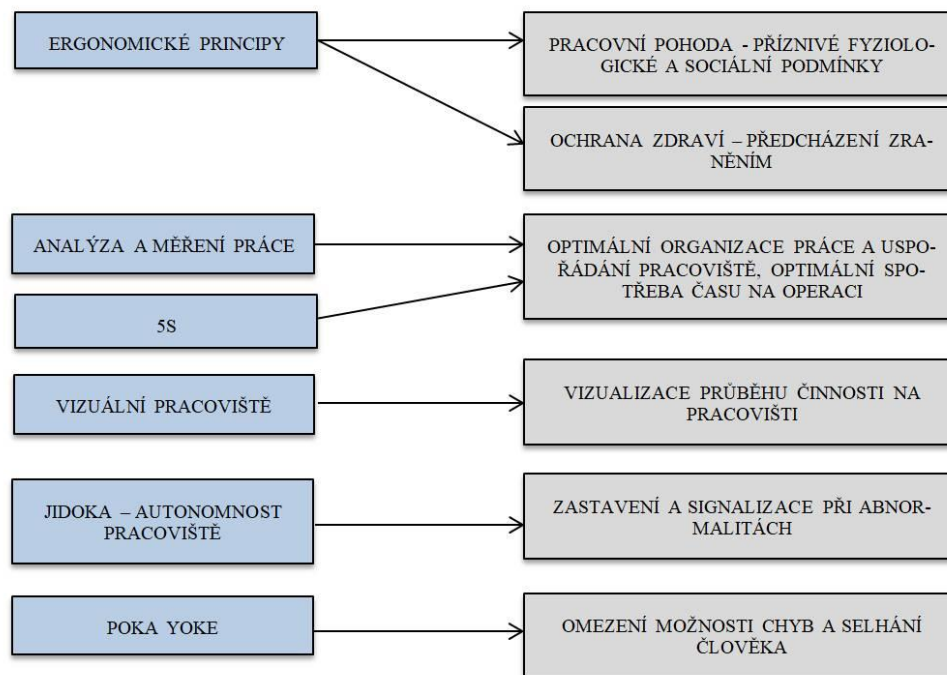
- zákazník je ochoten za něj zaplatit
- fyzicky přeměňuje produkt nebo informaci nezbytnou k jeho výrobě
- je proveden napoprvé správně [6]

Výhodou štihlé výroby je pomoc při odstraňování nedostatků. Součástí procesu racionalizace je využití tahového, ne tlakového principu, což znamená, že pozdější fáze výroby si diktují, co mají dělat fáze předcházející. Na základě tohoto principu lze dříve a s menšími ztrátami objevit vadný materiál či nekvalitní výrobek a zajistit včasnou nápravu chyb. [6]

1.2.4 Štihlé pracoviště

Základním prvkem štihlé výroby je štihlé pracoviště. Jde o pracoviště, kde je zavedeno 5S (rozděl, seříd, uspořádej, zdokumentuj, dodržuj). Na neštihlém pracovišti je patrné, že pracovník dělá velké množství zbytečných pohybů a činností, které snižují jeho produktivitu. Štihlé pracoviště je uspořádáno tak, aby sjednotilo principy 5S, ergonomie a spolu s analýzou a měřením práce se pokouší dosáhnout situace, kdy operátor maximalizuje svůj výkon při minimální námaze. [6]

Štihlé pracoviště by mělo obsahovat šest základních principů, znázorněné na Obr. 3.



Obr. 3: Principy štíhlého pracoviště [6]

Hlavní cíle štíhlého pracoviště:

- zvýšení výkonnosti
- snížení úrazovosti a zatížení organismu
- zvýšení autonomnosti a možnost víceúrovňové obsluhy
- zlepšení kvality a stability procesu [6]

Nejčastějším cílem aplikace štíhlého pracoviště je zvýšení produktivity a snížení zatížení na pracovníky. Dalším cílem je snížení chybovosti zaměstnanců a tím docílení menší zmetkovitosti. [6]

1.3 Časová studie

Časové studie práce jsou nástrojem metod průmyslového inženýrství. Svým zaměřením spadají do oblasti měření práce. Tyto techniky slouží primárně pro účely tvorby normování práce, ale zároveň mohou být podkladem pro zlepšování pracovních procesů.

Časové studie mají celou řadu přínosů. Mezi zásadní patří:

- Identifikace a kvantifikace plýtvání během vykonávané práce
- Podklad pro zvyšování produktivity
- Definování časových norem
- Podklad pro kapacitní plánování
- Podklad pro odměňování pracovníků [6]

1.4 Snímky operace

Snímek operace je jednou z časových studií práce, která se používá pro pozorování, hodnocení a měření určité opakované činnosti. Definice, účel snímků operace a jejich druhy jsou čerpány z literatury [3].

Účelem snímků operace:

- a) získání podkladových materiálů pro vytvoření normativů času
- b) posouzení účelnosti pracovního postupu a vytvoření předpokladů pro návrh technicko-organizačních opatření
- c) poskytnutí podkladů pro výpočet normy času v případech, kdy nejsou vypracovány studie času (vhodné provést několik snímků stejné operace u rozdílných pracovníků)

Druhy snímků operace:

- 1) Snímek průběhu práce
- 2) Chronometráž – plynulá, výběrová a obkročná
- 3) Videosnímek

Dílní druhy snímků jsou odlišné postupem činnosti sběru podkladových informací, druhem použité měřicí techniky, způsobem měření a záznamů časových hodnot. [3]

2 Charakteristika práce na vybraném pracovišti obráběcího centra

Praktická část této bakalářské práce je řešena na vybraném pracovišti v provozu firmy JTEKT Czech Plzen s.r.o.



Obr. 4: Logo společnosti JTEKT [4]

Společnost JTEKT Automotive Czech Plzen s.r.o. je součástí japonského koncernu JTEKT Corporation. Společnost JAPL se zabývá výrobou a montáží systémů řízení pro osobní automobily. Společnost JAPL působí na trhu od roku 2005 a díky svým zkušenostem a vysoké kvalitě výrobků dodává systémy řízení pro automobily světových značek (např. Toyota, Renault, Mercedes, Audi a Peugeot). V poslední době společnost JAPL získala několik velkých zakázek na systémy řízení. S těmito kontrakty vznikl velký tlak na proces výroby, který je třeba neustále zefektivňovat tak, aby společnost dokázala uspokojit své zákazníky. Z tohoto důvodu se JAPL rozhodl investovat do optimalizace procesu a zefektivnění výroby. Společnost věnuje pozornost odstranění plýtvání ve výrobní oblasti. [4]



Obr. 5: Foto areálu společnosti JTEKT [4]

2.1 Používané anglické výrazy ve firmě

Níže vypsané anglické výrazy jsou běžně používané ve firmě JAPL. Dané výrazy jsou vypsané a vysvětleny pro čtenáře bakalářské práce z důvodu jednoznačnosti a nezaměnitelnosti smyslu.

Lower shaft - hřídel

Worm shaft - šneková hřídel

Teamleader - vedoucí směny

Change over – jedná se o změnu výroby z jednoho typu výrobku na druhý

Cycle time – jedná se o čas, za který lze vyrobit jeden výrobek na určeném pracovišti

2.2 Produktová řada výrobků firmy JTEKT

Firma JTEKT vyrábí několik systémů řízení pro automobily typu C-EPS+MS Gear, P-EPS a DP-EPS.

- C-EPS + MS Gear – (Column Electric Power Steering + Manual Steering Gear / sloupek elektrického posilovače řízení + ruční řízení)
- P-EPS – (Pinion Electric Power Steering / elektrický posilovač řízení s pastorkem)
- DP-EPS – (Dual Pinion Electric Power Steering / elektrický posilovač řízení s dvojitým pastorkem)

2.2.1 Lower shaft a Worm shaft

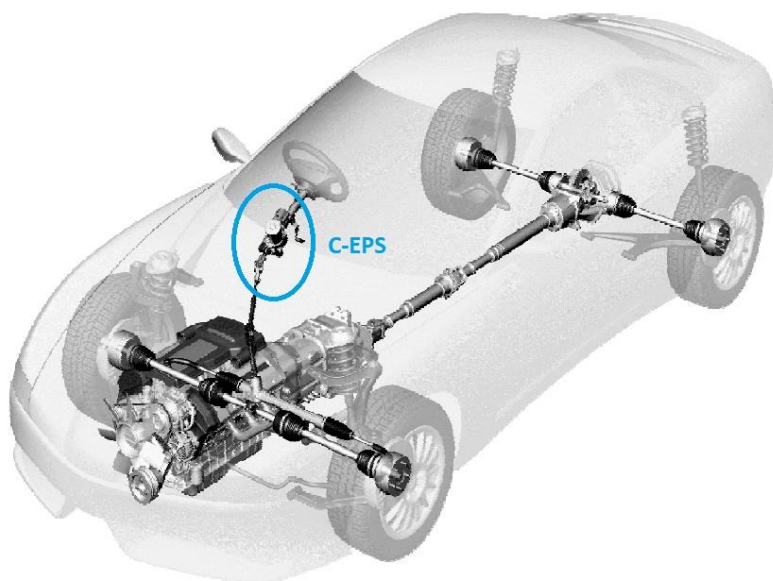


Obr. 6: Ukázka lower shaft [4]



Obr. 7: Ukázka worm shaft [4]

Jak je výše zmíněno, JTEKT je výrobně-montážní firma. Firma JAPL si jako základ pro své řízení vyrábí lower shaft, který můžeme vidět na Obr. 6 a worm shaft na Obr. 7. Většinu zbylých komponentů společnosti JAPL dodávají externí dodavatelé nebo společnosti z koncernu JTEKT. Z těchto dílů se ve firmě JAPL na montážních linkách kompletují řídicí systémy (C-EPS) do automobilů.



Obr. 8: Ukázka systému řízení C-EPS [4]

Pro detailnější přehlednost jsou zařazeny Obr. 8 a Obr. 9 systému řízení s umístěním lower shaft a worm shaft. Pro systém C-EPS + MS je charakteristické uložení posilovací jednotky uvnitř kabiny automobilu, což umožní využití systému u automobilů s malým motorovým prostorem.



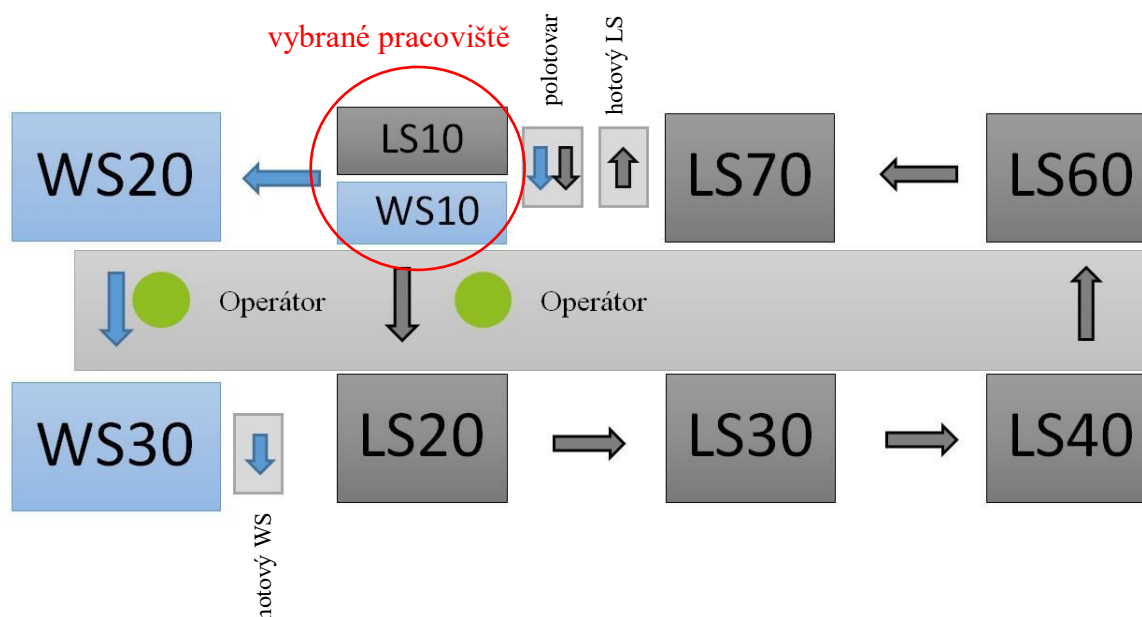
Obr. 9: Zvětšený systém řízení C-EPS [4]

Na Obr. 9 je vyznačené umístění komponentů lower shaft (modrý) a worm shaft (fialový) v systému C-EPS. V tomto systému je na lower shaft nalisované šnekové kolo vyrobené z nylonu. Šnekové kolo tvoří protikus pro worm shaft. Worm shaft je dále spojený s elektrickým posilovacím motorem. Síla z elektrického motoru je přenášena přes tuto soustavu a dále z lower shaft přes středový hřídel na ramena ručního řízení (MS Gear).

Při samotné montáži převládá manuální práce, která je systematicky kontrolována pro minimalizaci zmetkovitosti. Kontroly jsou běžně prováděny po každé pracovní operaci, za pomoci přípravků, kalibrů, vzduchového měření či číselníkových úchylkoměrů.

2.2.2 Uspořádání linky pro výrobu komponentů lower shaft a worm shaft

Následující Obr. 10 představuje schéma uspořádání linky pro výrobu lower shaft a worm shaft.



Obr. 10: Uspořádání pracovních strojů pro výrobu lower shaft a worm shaft [4]

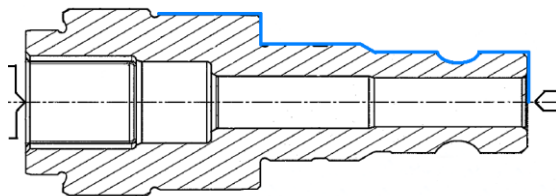
Názvy jednotlivých pracovišť jsou převzaty z firemního označení a znamenají následující. LS značí, co se na konkrétním pracovišti vyrábí (v našem případě Lower Shaft). Následuje číslo 10, které značí číslo operace (v našem případě se jedná o první operaci).

Na výrobní lince se využívá třísměnný provoz a na lince pracují vždy pouze dva operátoři, kteří obsluhují tyto stroje. První operátor obsluhuje linku pro WS a druhý operátor linku pro LS. Pouze v případě, že je třeba využít stroj LS 10/WS 10 pro hrubovací operaci pro worm shaft, tak linka LS využívá předem vytvořenou zásobu dílů z této operace. Šipky znázorňují směr toku výroby. Cycle time na výrobní lince LS činí 44 sekund a na WS lince činí 26 sekund. V praxi to znamená, že lower shaft nebo worm shaft je vyrobený v požadované kvalitě a připravený k odběru každých 44 sekund či 26 sekund. Na základě těchto časů by mělo být vyrobeno 586 kusů lower shaft a 992 kusů worm shaft za jednu směnu.

2.2.3 Technologický postup na LS lince

- Pracoviště LS10

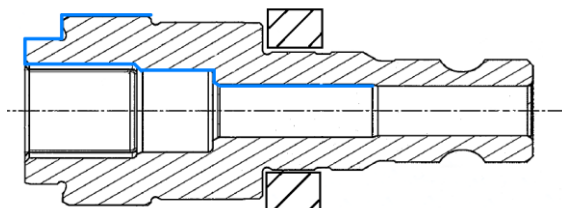
Na pracovišti LS10 se díl upne zleva do specifického unašeče, který je vykovan v obrobku, a zprava koníkem. Srazí se čelo a obrábí se větší průměry polotovaru.



Obr. 11: Vyznačení obráběných ploch na LS10 [4]

- Pracoviště LS20

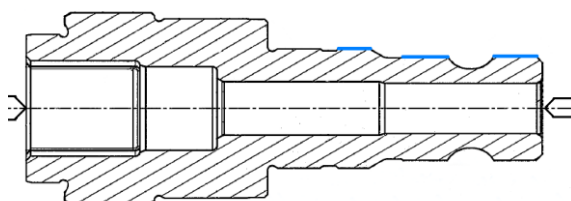
Na pracovišti LS20 se díl upne do kleštiny a obrobí se vnější i vnitřní průměry.



Obr. 12: Vyznačení obráběných ploch na LS20 [4]

- Pracoviště LS30

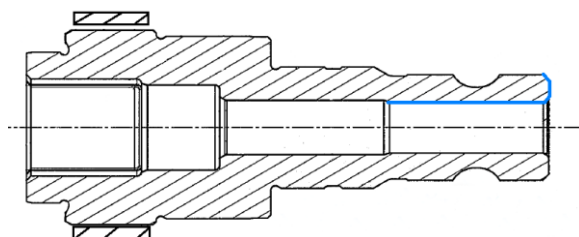
Na pracovišti LS30 se válcováním za studena vytvoří drážkování.



Obr. 13: Vyznačení obráběných ploch na LS30 [4]

- Pracoviště LS40

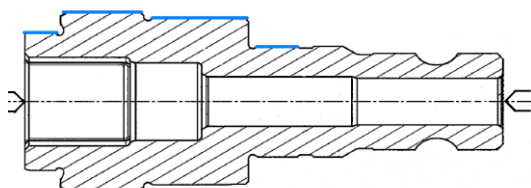
Na pracovišti LS40 se díl upne do kleštiny a srazí se hrana čela a vyvrtá vnitřní průměr.



Obr. 14: Vyznačení obráběných ploch na LS40 [4]

- Pracoviště LS60

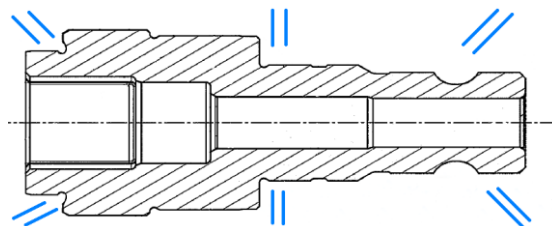
Na pracovišti LS60 se dobrousí vnější průměry pro nalisování šnekového kola a ložisek.



Obr. 15: Vyznačení obráběných ploch na LS60 [4]

- Pracoviště LS70

Na pracovišti LS70 se provádí celkové mytí a ofukování vyrobeného lower shaftu (směr mytí je vidět na Obr. 16).



Obr. 16: Vyznačení mytí a ofuku na LS70 [4]

2.2.4 Technologický postup na WS lince

Pracoviště WS 10

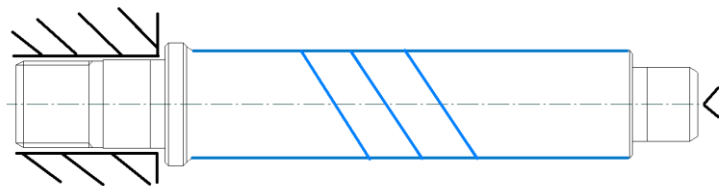
Na pracovišti WS 10 se provádí hrubovací operace, kdy se kus upne mezi hroty a je unášen za pomoci unašeče s drážkováním, který je zobrazen na Obr. 23. Za pomoci hrubovacího nože se vytvoří kontura WS dle Obr. 17.



Obr. 17: Vyznačení hrubovací operace [4]

Pracoviště WS 20

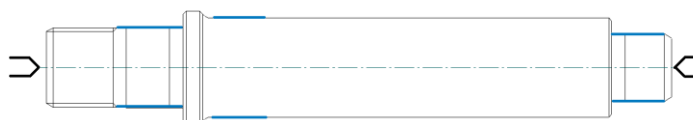
Na pracovišti WS 20 se kus upne mezi kleštinu a koníka. Za pomoci kotoučové frézy s výměnnými břitovými destičkami se vyřeže příprava šnekové hřídele. Jedná se pouze o přípravnou operaci. K finálnímu vytvoření šnekové hřídele se využívá bruska, která je zavedena v lince pro kompletaci řídicího systému. Konečná hloubka jednotlivých závitů je určena měřením vyrobeného šnekového kola.



Obr. 18: Vyznačení frézování šnekové hřídele [4]

Pracoviště WS 30

Na pracovišti WS 30 se kus upne mezi hroty a dochází k broušení vnějších průměrů šnekové hřídele ($\varnothing 12$, $\varnothing 10$, $\varnothing 17$). Na tyto průměry jsou později nalisována ložiska a další potřebné díly.



Obr. 19: Vyznačení broušení vnějších průměrů [4]

2.3 Vybrané pracoviště

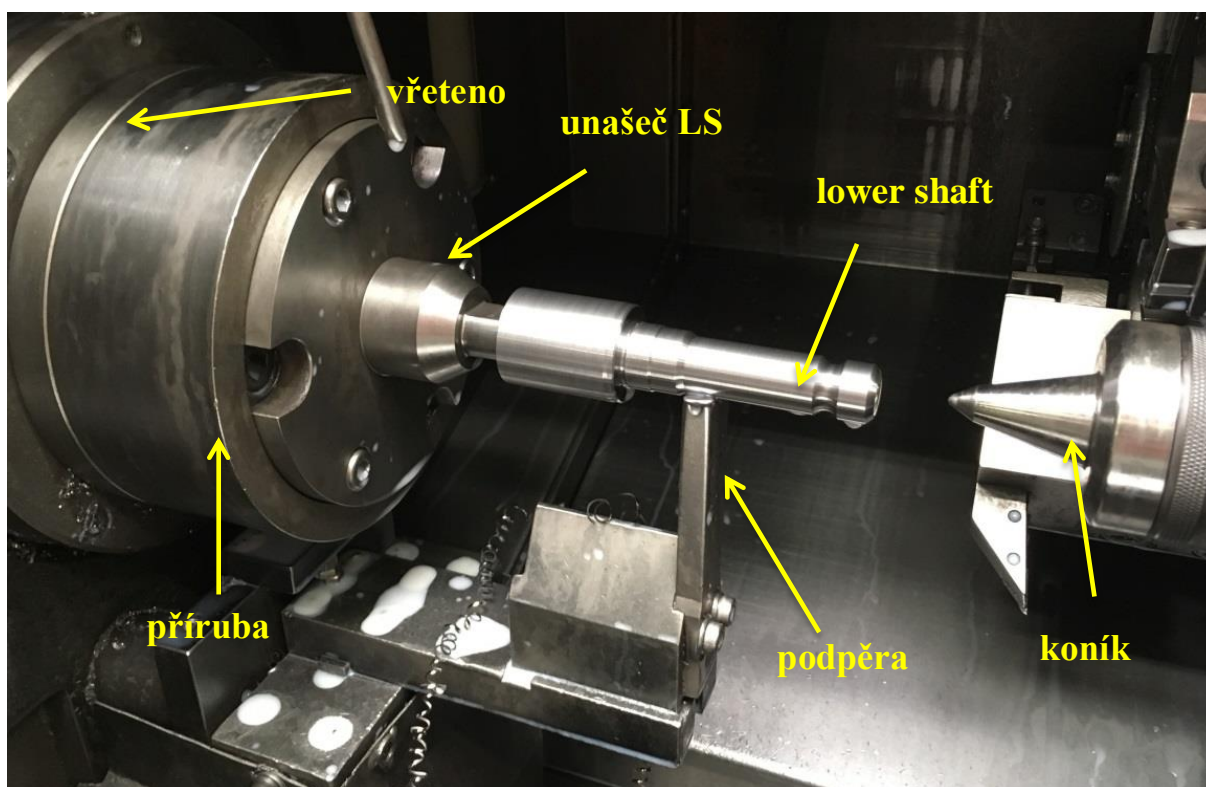
Pro vybraný racionalizační projekt je vybráno pracoviště LS10/WS10. Toto pracoviště slouží pro výrobu lower shaft a worm shaft. Tato skutečnost je zároveň problémem z hlediska dodržení časové normy. Teamleader musí ve stanovený časový úsek změnit nastavení výrobní operace z jednoho postupu na druhý. Provádí tzv. change over. Je žádoucí, aby tato činnost byla provedena za co nejkratší dobu a tak, aby se nezasahovalo do výrobního taktu linky. Aby bylo možné provést časovou studii, tj. patřičné snímky operace, a najít optimální racionalizační řešení, je stanoveno, že se studie provede na duplicitním stroji. Jedná se o soustruh Takamaz X10-i se systémem FANUC Series 21i-TB, který je zobrazen na Obr. 20.



Obr. 20: Testovací stroj Takamaz X10-i [4]

Při změně vyráběného produktu jde v praxi pouze o změnu programu, o výměnu podpěry a o výměnu samotného unašeče. V ideálním případě by měli operátoři po příchodu z pauzy začít s výrobou jiného produktu bez zbytečných prostojů, které by znamenaly finanční ztráty.

2.3.1 Upínací systém pro LS a WS



Obr. 21: Ukázka upnutí pro díl lower shaft

Na Obr. 21 je ukázka upnutí prvního typu obrobku, kterým je lower shaft. Celou sestavu tvoří

- 1) Vřeteno
- 2) Příruba
- 3) Unašeč
- 4) Obrobek (lower shaft nebo worm shaft)
- 5) Podpěra
- 6) Koník

Je nezbytné použít takový způsob upnutí, při kterém je obrobek pevně sevřen mezi hroty. Tento způsob je běžný pro upínání tyčových materiálů a zajišťuje přesnou sousost obrobku. Je jednoduchý a rychlý, a v tomto případě splňuje podmínku snadného přestavení při změně technologického postupu. Hrubovací operace je charakterizována velkým úběrem třísky a to je spojené s vyšším parametrem řezných sil. Pro bezpečné upnutí a průběh obrábění je velmi důležité zvolit správný způsob unášení obrobku. Jelikož se díly lower shaft a worm shaft liší svým tvarem, musí být použity speciální unašeče pro každý typ obrobku. Pro lower shaft se tedy využívá unašeč se speciálním tvarem, který je vykován i do samotného polotovaru a je zobrazen na Obr. 22. Pro worm shaft se využívá unašeč s drážkováním, který můžeme vidět na Obr. 23.



Obr. 22: Unašeč pro lower shaft [4]



Obr. 23: Unašeč pro worm shaft [4]

Pro samotnou operaci je tedy nezbytné využít dobré unášecí přípravky, které by vyloučily nechtěné proklouznutí polotovaru. Proklouznutí polotovaru by mělo za následek zničení nástroje, polotovaru nebo dokonce poškození sousosti mezi hroty. Tím by docházelo k velkým prostojům na linkách a velkým finančním ztrátám.

K montáži unašeče na vřeteno se využívá příruba, která toto spojení umožňuje. Pro každý unašeč je vytvořena vlastní specifická příruba, která musí být měněna zároveň s unašečem. Pro korektní výrobu dílů je správné upnutí velmi důležité. Proto je důležité věnovat pozornost měření celkové sousosti mezi hroty a házení jednotlivých hrotů při samotném change over. Pokud by se tato podmínka ignorovala, tak bude velmi složité dosahovat stability výroby a dodržení některých výkresem definovaných rozměrů či geometrických tolerancí na vyráběném produktu.

Řešením tedy je navrhnout takový způsob upínání unašeče, který zajistí rychlou manipulaci a nasazení do pozice, která splňuje podmínky předepsané technologickým postupem. Tento návrh pak splní stanovený cíl racionalizačního úkolu, kterým je požadavek na provedení change over v nejkratším možném čase, ve správné kvalitě a bez zásahu do výrobního taktu linky. Výsledný čas má velký vliv jak na produkci, tak na finanční stránku výroby. Change over je aplikován 1x-2x denně dle požadavků zákazníků.

3 Aplikace vybraných metod racionalizace práce

Aby bylo možné objektivně posoudit časovou náročnost, je nutné využít některou z metod měření času. V tomto případě je použit snímek operace, který se používá při určité opakované činnosti v rámci pracovního procesu na vybraném pracovišti. Existuje několik možností, jak pořídit snímek operace. Zde je využita plynulá chronometráž průběhu práce výměny unašeče (change over). Samotný change over unašeče je rozepsán do jednotlivých úkonů a zaznamenán do pozorovacího listu. Vyhodnocení pozorovacího listu poslouží jako podklad pro návrh snížení manipulačního času.

Tab. 1: Sledovací protokol k plynulé chronometráži starého upnutí

Sledovací protokol	Pozorovací doba: 12:00-12:21:30	Pozorovatel: Vašíček	Datum: 15.11.2018
	Pracoviště: LS10	čas	
poř. č.	úkon	postup.	jednotl. [min]
1	Počátek sledování	12:00	-
2	Zastavení stroje a výměna podpěry	12:01	1
3	Demontáž unašeče LS	12:03	2
4	Demontáž příruby (mezi unašečem LS a vřetenem)	12:07	4
5	Očištění unašeče WS + vřetene	12:10	3
6	Montáž příruby (mezi unašečem WS a vřetenem)	12:14	4
7	Montáž unašeče WS	12:16	2
8	Kontrola geometrie (OK)	12:20	4
9	Nastavení chlazení	12:21	1
10	Změna programu	12:21:30	0,5
11	Konec sledování	12:21:30	Σ 21,5

Z Tab. 1 vidíme, že celkový čas výměny činí 21,5 minuty. Pro potřeby firmy JAPL je tento čas neakceptovatelný, a to z důvodu, že se change over provádí během pauzy, která má 10 minut. Čímž okamžitě dochází k prostoji 11,5 minuty.

Při samotném pozorování výměny unašeče dochází k velkému množství úkonů, které lze považovat za plýtvání. Už jen předpoklad, že nevyjde první měření geometrie a bude třeba unašeč demontovat a přírubu lépe očistit či seřídít, je velmi neuspokojivý. V praxi nám tedy půjde o to snížit tyto manipulační časy na minimální hodnotu nebo se jich úplně zbavit.

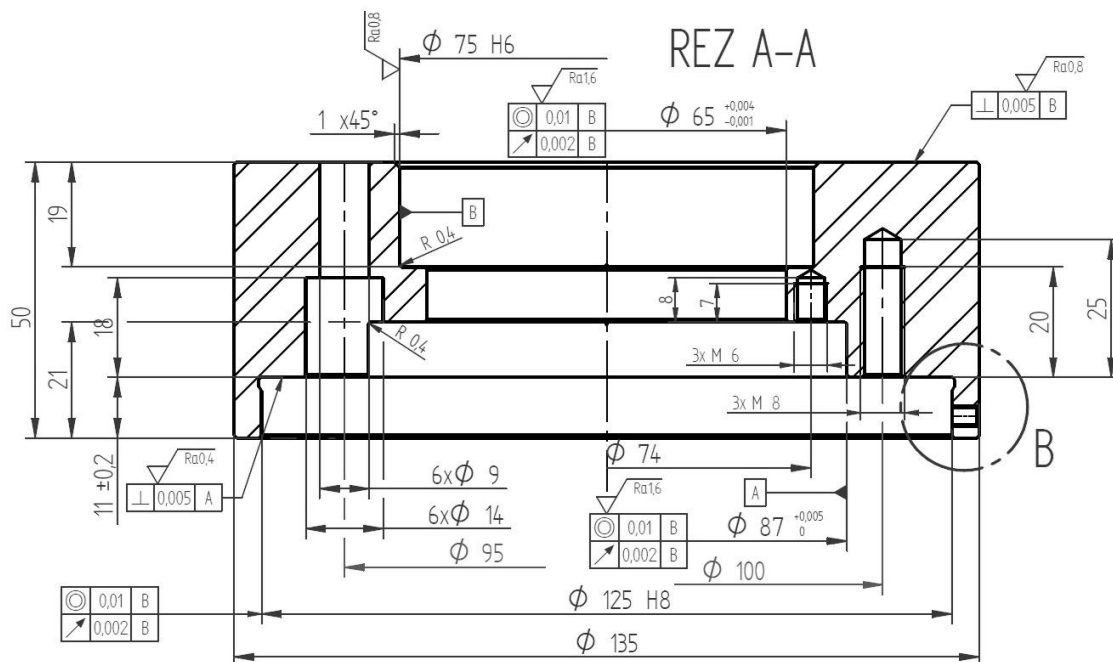
4 Vyhodnocení vybrané metody a návrh řešení

Z pozorovacího listu vyplívá, že současný čas výměny upínacího systému pro obrábění lower shaft a worm shaft je nevyhovující. Pokud má být splněna podmínka dodržení času výměny během přestávky, tj. v čase 10 minut, tak současných 21,5 minuty značně převyšuje požadovanou hodnotu.

Z pozorovacího listu jsou zřejmé jednoznačně dlouhé časové nároky na demontáž a montáž jednotlivých přírub. Dalším velkým časovým nárokem je předepsaná kontrola házení hrotu ze strany vřetene.

Jedna z možností řešení by byla příprava unašeče s přírubou mimo stroj. Tento postup by ovšem zapříčinil využití pouze poloviny upínacích šroubů ve vřeteni a tím by se ignoroval požadavek na správné upnutí a nedodržení technologického postupu. Tento postup by mohl zapříčinit změnu parametrů během výroby, jako jsou sousost hrotů či házení jednotlivých hrotů.

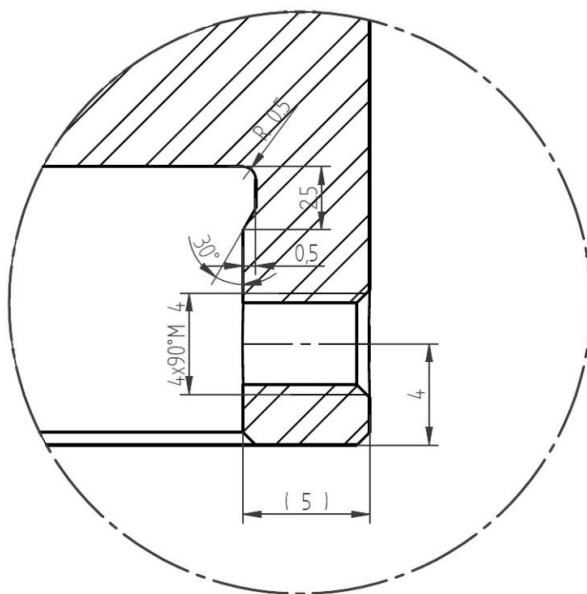
Další možností řešení problému a usnadnění celé operace je navržení a vytvoření příruby, která je mezi vřetenem a příslušným unašečem, jako univerzální, tj. společné pro oba typy unašečů. Toto řešení by jednak ušetřilo čas samotné výměny unašečů a dále pak i čas na očištění vřetene. Pro JAPL je tato možnost vybrána z důvodu maximální úspory času.



Obr. 24: Ukázka z návrhu nové příruby

Tato univerzální příruba, která je zobrazena na Obr. 24 a Obr. 26, je tedy navržena s ohledem na jednoduchost a přesnost ustavení unašečů. Aby příruba odolala tepelným a tlakovým podmínkám při obrábění, je příruba vyrobena z oceli 19 573 (označení dle ČSN 42 0002). Jako první krok se připraví patřičný polotovár KR 140-55. Za pomoci soustruhu a frézky připravíme obrobek, který má patřičné rozměry dle výkresu. Připraví se díry pro uchycení příruby na vřeteno a to za pomoci šesti šroubů M8x30. Další díry jsou připraveny pro uchycení unašečů, a to za pomoci třech šroubů M8x16. Při použití WS unašeče je nutné do samotné příruby vložit ještě přírubu s hrotem. Příruba s hrotem je uchycena za pomoci tří šroubů M6x6. V případě nechtěného poškození nové příruby nebo využívaného unašeče je navrženo opatření, které umožní nouzově nastavit správné házení, a to za pomoci čtyř

stavěcích šroubů M4x4. Stavěcí šrouby budou umístěny do děr, které můžeme vidět na Obr. 25.



DETAIL B

Obr. 25: Ukázka z návrhu nové příruby (díra pro stavěcí šroub)

Z technologického hlediska se nechávají na přesných průměrech ($\varnothing 125$, $\varnothing 87$, $\varnothing 65$, $\varnothing 75$) přídavky 0,2 mm pro finální broušení. Finální broušení průměrů následuje po vakuovém kalení na 52-56 HRC. S průměrem $\varnothing 75$ souvisí všechny velmi důležité geometrické tolerance házení a souososti na jednotlivé průměry, za které jsou uchyceny unašeče, tj. tedy průměry $\varnothing 65$ mm, $\varnothing 87$ mm a $\varnothing 125$. Všechny tyto průměry mají předepsané házení 0,002mm a souosost 0,01 mm. Jako posledním a též důležitým prvkem je vygravírování označení příruby dle standardu JAPL. Toto označení je důležité jednak pro identifikaci dílu na lince, tak pro jednoznačné určení ve skladových prostorech.



Obr. 26: Nová příruba pro uchycení unašečů

5 Zhodnocení a posouzení inovačního návrhu

Tab. 2: Teoretický sledovací protokol k plynulé chronometráži nového upnutí

Sledovací protokol	Pozorovací doba:	Pozorovatel:	Datum:
		-	Vašíček
	Pracoviště:	čas	
	LS10		
poř. č.	úkon	postup.	jednotl. [min]
1	Počátek sledování	12:00	-
2	Zastavení stroje a výměna podpěry	12:01	1
3	Demontáž unašeče LS	12:03	2
4	Montáž unašeče WS	12:05	2
5	Nastavení chlazení	12:06	1
6	Změna programu	12:06:30	0,5
7	Konec sledování	12:06:30	$\Sigma 6,5$

Na základě předpokládaných vlastností nové příruby je sestaven nový sledovací protokol, který je zobrazen v Tab. 2, který nám pomůže odhadnout ušetřený čas a porovnat, zda se nám investice vyplatí. Dále může sloužit k porovnání s reálně vyrobenou přírubou. Při porovnání jednotlivých výměn vidíme, že nově navrhovaná příruba může ušetřit 15 min manipulačního času.

Nyní lze dopočítat celkovou úsporu času během roční výroby na této lince.

Tab. 3: Výpočet uspořené času během roční výroby

Název	Hodnota	Jednotka
Počet change over za jeden den (průměrně)	1,5	[-]
Počet pracovních dnů za rok	355	[den]
Uspořený čas na jeden change over	15	[min]
Uspořený čas za rok (součin)	7987,5/133,1	[min]/[hod]

Z Tab. 3 vidíme úsporu času 7987,5 [min]. Pokud tento čas využijeme pro výrobu LS nebo WS, tak během roku zvýšíme produkci buď o 10892 [ks] lower shaft nebo o 18432 [ks] worm shaft. Lze tedy počítat s lepším zásobováním montážních linek a tedy i s možností zrychlení montážních linek. Tento ušetřený čas nemusí nutně sloužit k samotné výrobě, ale může posloužit jako prostor pro další racionalizační studii, která by přinesla další zefektivnění pracovního procesu.

Závěr

Bakalářská práce se věnuje racionalizační studii práce při upínání obrobku pro soustruh Takamaz X10-i ve firmě JTEKT Automotive Czech Plzen s.r.o. (JAPL) s cílem dosažení snížení manipulačního času při změně vyráběného výrobku (Change over).

Teoretická část uvádí základy racionalizace práce a výrobního procesu, a dále se pak věnuje možnostem a rozdělení typů snímkování pracovních operací. Součástí teoretické části je popis charakteristiky práce ve firmě JAPL se specifikací jednotlivých komponentů, které se vyrábějí na vybraném pracovišti. Pro přehlednost je uveden celý pracovní postup výroby worm shaft (WS) a lower shaft (LS). Dále se práce věnuje vybranému pracovišti z hlediska možností upnutí obrobku a druhům použitých unašečů.

Praktická část zahrnuje aplikaci plynulé chronometráže záměny vyráběného výrobku na soustruhu Takamaz X10-i. Na základě uvedené studie je navrženo racionalizační opatření v podobě nové upínací příruby. Dalším krokem je zhodnocení navržené upínací příruby z hlediska funkčnosti dané výkresem.

Díky nově navržené univerzální přírubě se teoretický čas pro change over zkrátí z 21,5 minuty na 6,5 minuty. Z Tab. 3 je patrné, že uspořené čas činí za rok 133,1 hod a tento čas může být využit buď pro nadvýrobu 10892 [ks] lower shaft nebo 18432 [ks] worm shaft dílů.

Skutečnou úsporu času lze garantovat až po vyrobení, otestování a zavedení nově navrhované příruby do pracovního procesu. Již nyní můžeme ovšem konstatovat, že příruba upravuje způsob upínání obrobku ve stroji TAKAMAZ X10-i a její využití zjednoduší pracovní náplň teamleadera.

Seznam použité literatury

- [1] ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. *Projektování výrobních systémů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01302-2.
- [2] NOVÁK, Josef a Pavlína ŠLAMPOVÁ. *Racionalizace výroby*. Ostrava: Realizace VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. Číslo CZ.04.1.03/3.2.15.3/0414.
- [3] [ZPRACOVAL MIROSLAV KRÁL]. *Metody a techniky užívané v ergonomii*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2001. ISBN 8023879308.
- [4] Archiv JTEKT Automotive Czech Plzen s.r.o.
- [5] FAULKNER, Bill. *Lean Management definition*. In: EHow [online]. ©2009 - 2012 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: http://www.ehow.com/about_6556988_lean-management-definition.html
- [6] DAŇKOVÁ, Kateřina. *Projekt racionalizace pracoviště víceosých strojů ve společnosti CZUB, a.s.* Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta managementu a ekonomiky.

Seznam obrázků

- Obr. 1: Cíle racionalizace v podniku [2]
- Obr. 2: Zjednodušené schéma struktury výrobně-montážního systému [1]
- Obr. 3: Principy štíhlého pracoviště [6]
- Obr. 4: Logo společnosti JTEKT [4]
- Obr. 5: Foto areálu společnosti JTEKT [4]
- Obr. 6: Ukázka lower shaft [4]
- Obr. 7: Ukázka worm shaft [4]
- Obr. 8: Ukázka systému řízení C-EPS [4]
- Obr. 9: Zvětšený systém řízení C-EPS [4]
- Obr. 10: Uspořádání pracovních strojů pro výrobu lower shaft a worm shaft [4]
- Obr. 11: Vyznačení obráběných ploch na LS10 [4]
- Obr. 12: Vyznačení obráběných ploch na LS20 [4]
- Obr. 13: Vyznačení obráběných ploch na LS30 [4]
- Obr. 14: Vyznačení obráběných ploch na LS40 [4]
- Obr. 15: Vyznačení obráběných ploch na LS60 [4]
- Obr. 16: Vyznačení mytí a ofuku na LS70 [4]
- Obr. 17: Vyznačení hrubovací operace [4]
- Obr. 18: Vyznačení frézování šnekové hřídele [4]
- Obr. 19: Vyznačení broušení vnějších průměrů [4]
- Obr. 20: Testovací stroj Takamaz X10-i [4]
- Obr. 21: Ukázka upnutí pro díl lower shaft
- Obr. 22: Unašeč pro lower shaft [4]
- Obr. 23: Unašeč pro worm shaft [4]
- Obr. 24: Ukázka z návrhu nové příruby
- Obr. 25: Ukázka z návrhu nové příruby (díra pro stavěcí šroub)
- Obr. 26: Nová příruba pro uchycení unašečů

Seznam tabulek

Tab. 1: Sledovací protokol k plynulé chronometráži

Tab. 2: Teoretický sledovací protokol k plynulé chronometráži nového upnutí

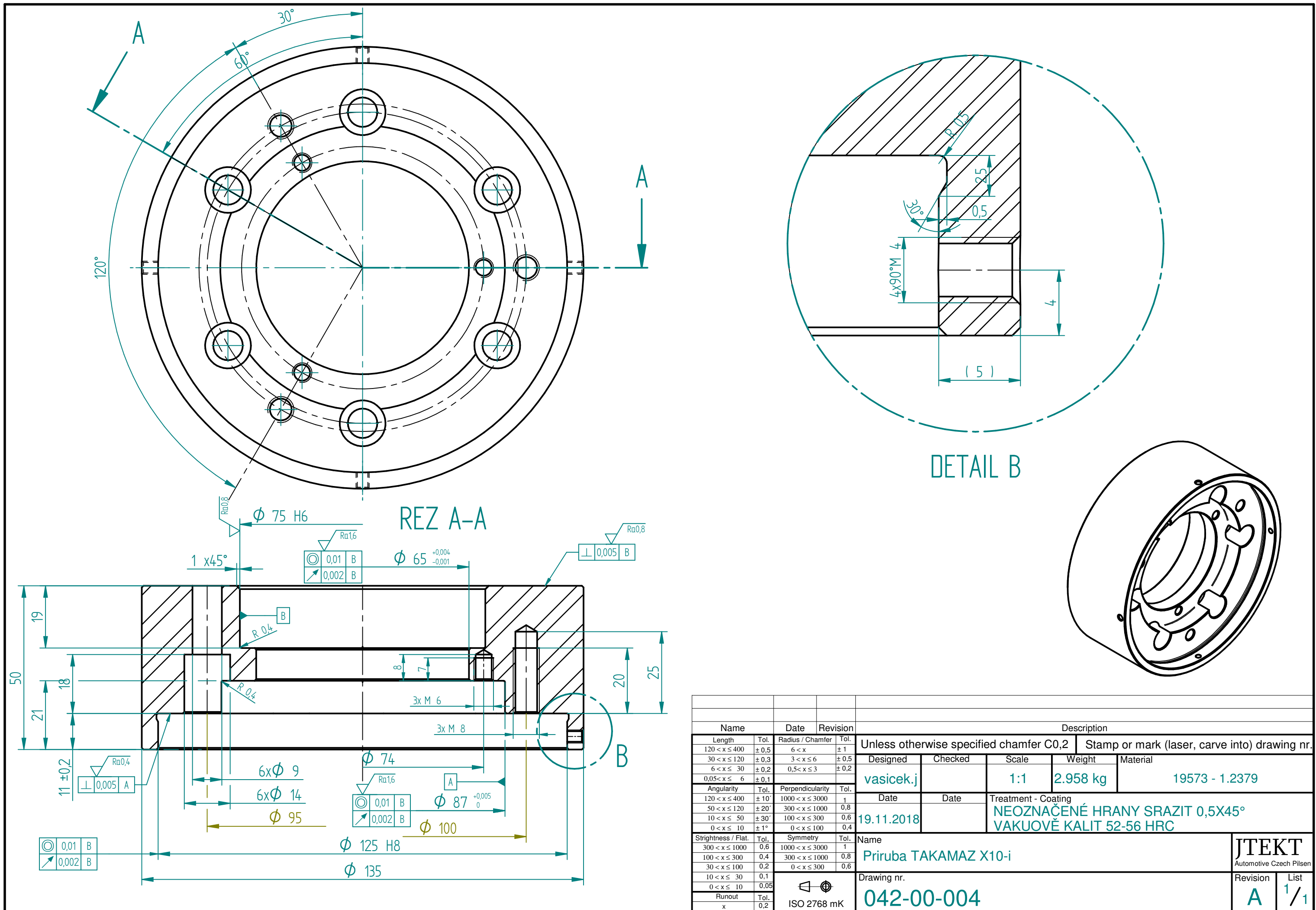
Tab. 3: Výpočet uspořeného času během roční výroby

Seznam příloh

Příloha č.1 – Výkres příruby pro TAKAMAZ X10-i

Příloha č. 1

Výkres příruby pro TAKAMAZ X10-i



REZ A-A

DETAIL B

Name	Date	Revision	Description		
Length	Tol.	Radius / Chamfer	Tol.	Unless otherwise specified chamfer C0,2 Stamp or mark (laser, carve into) drawing nr.	
120 < x ≤ 400	± 0,5	6 < x	± 1	Designed	Checked
30 < x ≤ 120	± 0,3	3 < x ≤ 6	± 0,5	Scale	Weight
6 < x ≤ 30	± 0,2	0,5 < x ≤ 3	± 0,2	1:1	2.958 kg
0,05 < x ≤ 6	± 0,1			Material	19573 - 1.2379
Angularity	Tol.	Perpendicularity	Tol.	Date	Date
120 < x ≤ 400	± 10'	1000 < x ≤ 3000	1	19.11.2018	
50 < x ≤ 120	± 20'	300 < x ≤ 1000	0,8	Treatment - Coating	
10 < x ≤ 50	± 30'	100 < x ≤ 300	0,6	NEOZNAČENÉ HRANY SRAZIT 0,5X45°	
0 < x ≤ 10	± 1°	0 < x ≤ 100	0,4	VAKUOVĚ KALIT 52-56 HRC	
Strightness / Flat	Tol.	Symmetry	Tol.	Name	
300 < x ≤ 1000	0,6	1000 < x ≤ 3000	1	Priruba TAKAMAZ X10-i	
100 < x ≤ 300	0,4	300 < x ≤ 1000	0,8	Drawing nr.	
30 < x ≤ 100	0,2	0 < x ≤ 300	0,6	042-00-004	
10 < x ≤ 30	0,1			JTEKT	
0 < x ≤ 10	0,05			Automotive Czech Pilsen	
Runout	Tol.	ISO 2768 mK		Revision	List
x	0,2			A	1/1