



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OPTIMALIZACE PROCESU OBRÁBĚNÍ TĚLESA CP4

OPTIMALIZATION OF MACHINING OF CP4 BODY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

LUKÁŠ CAHA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ANTON HUMÁR, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Lukáš Caha

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:

Optimalizace procesu obrábění tělesa CP4

v anglickém jazyce:

Optimization of machining of CP4 body

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je zaměřena na posouzení stávajícího stavu procesu obrábění tělesa CP4 pro vysokotlaká čerpadla systému Common Rail v konkrétních podmínkách společnosti Bosch Diesel, s.r.o. v Jihlavě, a to s ohledem na optimalizaci technologie obrábění. Cílem práce je návrh optimalizované technologie obrábění, zaměřené na zkrácení výrobního taktu.

Cíle bakalářské práce:

1. Analýza současného stavu výrobního procesu těles CP4 z hlediska technologie obrábění
2. Analýza a prověření možností optimalizace procesu obrábění těles CP4
3. Návrh jednotlivých optimalizačních opatření s ohledem na zkrácení výrobního taktu
4. Zhodnocení navržených optimalizačních opatření



Seznam odborné literatury:

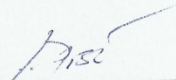
1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
2. AB SANDVIK COROMANT, Sandviken, Švédsko. Technická příručka obrábění. Elanders Švédsko. Říjen 2005. 601 s. C-2900:3CZE/01.
3. HOFMANN GmbH, Germany. Garant - Příručka obrábění. [online]. Dostupné na [www: http://www.hoffmann-gmbh.de/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf](http://www.hoffmann-gmbh.de/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf).
4. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. MM publishing s. r. o., Praha. 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
5. Technické materiály a prospekty firem Ceratizit, Iscar, Kennametal, Mitsubishi, Pramet Tools, Sandvik Coromant, Seco, Walter, Widia.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc.

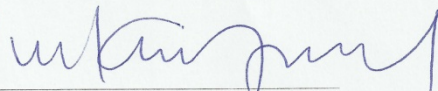
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 19.11.2010

L.S.


prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu




prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem práce na téma „Optimalizace procesu obrábění tělesa CP4“, je analyzovat současný stav procesu obrábění na výrobní lince těles CP4 ve společnosti Bosch Diesel, s.r.o, Jihlava. V bakalářské práci budou dále navržena jednotlivá optimalizační opatření s ohledem na zkrácení výrobního taktu a závěrečná zhodnocení.

Klíčová slova

Obrábění, těleso CP4, optimalizace, výrobní takt.

ABSTRACT

The objective of Bachelor work with theme "Optimization of machining of CP4 body" is to analyze the current state of the machining process on the production line of body CP4 in the company Bosch Diesel s.r.o, Jihlava. The Bachelor work will propose individual optimization measures with regard to reducing cycle time and the final evaluation.

Key words

Machining, body CP4, optimization, production cycle.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CAHA, Lukáš. *Optimalizace procesu obrábění tělesa CP4*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 58 s, příloh 12. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Optimalizace procesů obrábění tělesa CP4 vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24. 5. 2011

.....

Lukáš Čaha

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Antonu Humárovi, CSc. z VUT Brno, Ing. Liboru Doležalovi a kolegům z firmy BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
ÚVOD	9
2. VÝROBNÍ PROGRAM BOSCH GROUP	10
2.1 Historie a vývoj společnosti	10
2.2 Vznik společnosti Bosch Diesel s.r.o. Jihlava a její výrobní program.....	11
2.3 Přehled produktů vyráběných v Jihlavě.....	12
2.4 Hlavní komponenty tělesa CP4	14
3. TĚLESO CP4	15
3.1 Funkce CP4	15
3.2 Výroba CP4.....	16
4. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU TĚLESA CP4 Z HLEDISKA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ.....	16
4.1 Polotovár	17
4.2 Procesní kapalina	17
4.3 Odpadové hospodářství.....	18
4.4 Popis výrobního zařízení	18
4.5 Přehled operací	19
4.6 Krok B	19
4.6.1 Technologický postup.....	20
4.7 Krok C	21
4.8 Krok D.....	21
4.8.1 Technologický postup.....	23
4.9 Krok E	23
4.10 Krok F	24
4.10.1 Technologický postup	25
4.11 Krok G	26
4.12 Krok H.....	26
4.13 Měřicí a kontrolní operace	27
4.14 Sledování těles CP4 při výrobě.....	27
5. ANALÝZA A PROVĚŘENÍ MOŽNOSTÍ OPTIMALIZACE PROCESU OBRÁBĚNÍ TĚLES CP4.....	28
5.1 Prověření možností zkrácení výrobního taktu.....	29
5.2 Prověření optimalizací zlepšující jakost výrobku	30
6. NÁVRH A ZAVEDENÍ OPTIMALIZAČNÍCH OPATŘENÍ.....	31
6.1 Optimalizace na nástroji TXX80XX.....	31
6.2 Optimalizaci otvoru pro měřicí jednotku.....	33
6.3 Optimalizace zahloubení mazacího kanálu	34
6.4 Optimalizace nástrojů TXX77XX a TXX50XX	35
6.5 Optimalizace nástrojů TXX03XX a TXX57XX.....	35
6.6 Optimalizace nástrojů TXX75XX, TXX06XX a TXX42XX	36
6.7 Optimalizace nástrojů TXX45XX, TXX45XX, TXX47XX.....	37
6.8 Optimalizace zásobníků nástrojů	38
7. ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPTIMALIZAČNÍCH OPATŘENÍ	38
7.1 Možné budoucí optimalizační návrhy	40

ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	43
SEZNAM PŘÍLOH	44

ÚVOD

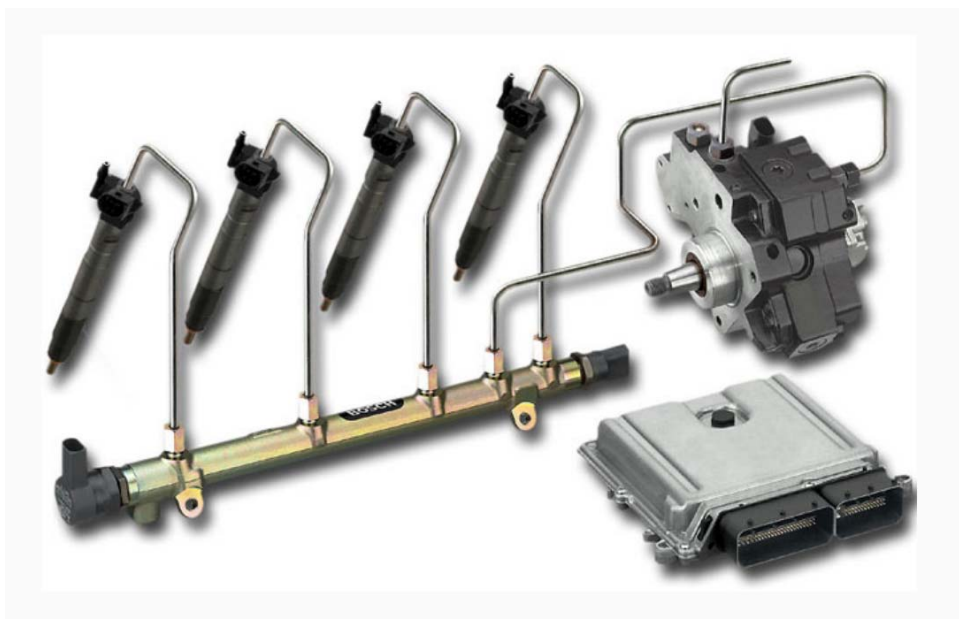
Optimalizace výrobního systému je snaha najít co nejlepší řešení, které povede k nejúčinnějšímu využití zdrojů.

Při hledání optimálního řešení ve výrobním systému je důležité stanovit konkrétní problém, který má být optimalizován. Ve strojní výrobě je možné optimalizací dosáhnout snížení nákladů, zvýšení zisku, snížení výrobního času. Optimalizací je tedy možné dosáhnout určité hospodárnosti. Důležitou podmínkou pro provádění optimalizace, je celkový přehled o kompletním průběhu výroby a znalost všech existujících výrobních postupů.

Neustálé zdokonalování po technické a ekonomické stránce vede k zabezpečení dalšího rozvoje společnosti. Úroveň ekonomiky a průmyslu rozhoduje, do jaké míry bude podnik konkurenceschopný a dokáže se vyvarovat stagnacím v tomto průmyslovém odvětví. Výroba by měla být dostatečně pružná, tzn. co nejkratší náběh výroby a dosažení její nejvyšší efektivity.

Výrobky společnosti Bosch nabízejí zákazníkům nejvyšší technologické standardy, jedná se především o praktické využití, kvalitu a šetrnost výrobku k životnímu prostředí.

S novou technologií vstřikování paliva (Common Rail) označené CR pro vznětové motory (viz. obr. 1.1), se značka Bosch v tomto oboru stala pojmem a udává tón. Tomuto úspěchu na přelomu tisíciletí však předcházeli několikaleťtý výzkum. Vysokotlakým vstřikováním s využitím elektronicky ovládaných vstřikovacích jednotek se palivo do válce dávkuje s velkou přesností. Výsledkem je kultivovanost chodu motoru, která se projevuje lepším prohořením paliva, což má za následek nižší spotřebu, nižší emise i snížená hladina hluku. Srdcem systému Common Rail je čerpadlo označené (Common Pump) CP3 a novější generace CP1H¹.



Obr. 1.1 Common Rail².

Další vývoj přinesl vysokotlaké čerpadlo označené CP4. S výrobou CP4 byla vybudována štíhlá výroba dle principů Bosch Production System (BPS).

BPS principy²:

- nízké výrobní náklady,
- vysoká produktivita,
- malé zásoby,
- krátké průběžné doby,
- flexibilní nasazení pracovníků,
- vysoká standardizace procesů,
- krátké doby na přeseřizení,
- vysoká standardizace procesů.

S výrobou vysokotlakého čerpadla je spojena tato bakalářská práce. V projektu bude analyzován proces obrábění tělesa CP4 a následně navrženy možnosti optimalizace procesu obrábění tělesa CP4.

2. VÝROBNÍ PROGRAM BOSCH GROUP

V oblasti technologií a služeb je společnost Bosch vedoucím mezinárodním dodavatelem. Především v oblasti automobilové techniky zaujímá dnes společnost Bosch první místo na světě. Díky řadě technických průkopnických objevů je dnes jízda autem bezpečnější, úspornější, pohodlnější a ekologičtější¹.

Od roku 1964 patří 92 % majetkových podílů Robert Bosch GmbH veřejně prospěšné společnosti Robert Bosch Stiftung GmbH/Nadaci Roberta Bosche. Společnost Robert Bosch Industrietreuhand KG vlastní většinová hlasovací práva a zároveň vykonává funkci společníků. Rodina Boschových vlastní ostatní podíly a hlasovací práva¹.

Bosch Group je aktivní na všech kontinentech a celosvětově zaujímá silnou pozici ve všech oblastech činností. Své výrobky vyrábí ve 270 pobočkách a více než 200 z nich neleží na území Německa. Bosch je zastoupen zhruba ve 150 zemích světa, zaměstnává 270 000 lidí z toho 150 000 mimo území Německa¹.

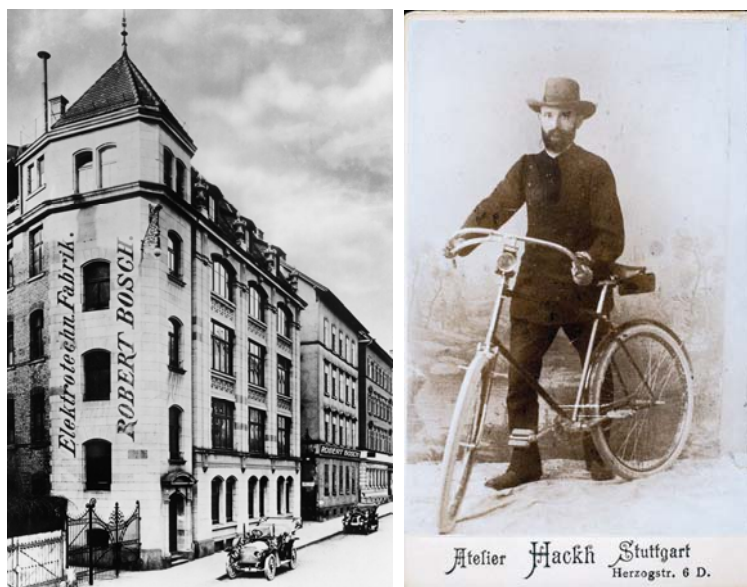
V roce 2009 společnost Bosch vynaložila 3,6 miliardy eur na oblast výzkumu a vývoje, což činí 9,4 % z obrátu. V této oblasti je zaměstnáno přibližně 33 000 zaměstnanců, více než 1300 z nich pracuje v centrálním oddělení výzkumu a prvotního vývoje. V novém výzkumném centru blízko Stuttgartu by mělo být zaměstnáno 11 000 stálých zaměstnanců. Hlavním bodem výzkumu je budoucnost elektromotorů v motorových vozidlech, ale spalovací motory mají ještě značný potenciál¹.

2.1 Historie a vývoj společnosti

Bosch je celosvětový pojem pro mnoho výrobků v oblasti automobilové a průmyslové techniky, spotřebního zboží a techniky budov. Firma byla založena Robertem Boschem (1861 – 1842) ve Stuttgartu v roce 1886, z počátku

to byla pouze dílna pro jemnou mechaniku a elektrotechniku (viz. obr. 2.1). Svoji činnost rozšířila na zapalovací zařízení pro motory všeho druhu. Na mezinárodní úrovni začal Bosch působit již na konci 19. století, první zastoupení firmy vzniklo v Londýně a Paříži¹.

Již od konce 19. století působí společnost Bosch také na českém území, kde obchodovala především s firmou Laurin & Klement. Oficiálně první pobočka Bosch byla založena roku 1920 v Praze. V následujících letech začínají vznikat smluvní opravárenské dílny pod značkou Bosch. Po druhé světové válce bylo působení firmy Bosch na českém území přerušeno na celých 44 let, obnovení činnosti přišlo až v roce 1991. V současnosti sídlí v České Republice několik na sobě nezávislých dceřiných firem Robert Bosch GmbH Stuttgart. Obchodní činnost zajišťují v Praze – firmy Robert Bosch odbytová s.r.o., Bosch Security Systems s.r.o. a v Brně firma Bosch Rexroth s.r.o. V Praze obchoduje s domácími spotřebiči dceřiná společnost Bosch Siemens Hausgeräte. Výrobní činností se v České Republice zabývá v Jihlavě - Bosch Diesel s.r.o., v Českých Budějovicích – Robert Bosch s.r.o., v Brně - Bosch Rexroth s.r.o., v Krnově – Bosch Termotechnika s.r.o. V Mikulově sídlí firma, která se zabývá servisem elektrického nářadí, zastřešuje trhy v České Republice, Slovensku, Maďarsku a Rakousku. V těchto firmách na území Česka je zaměstnáno okolo 7200 pracovníků. Podle hospodářského výsledku za rok 2009 dosáhl obrát Bosch Group v ČR 966 milionů euro¹.



Obr. 2.1 První Boschova továrna v Hoppenlaustrasse ve Stuttgartu z roku 1901, Robert Bosch v počátcích svého podnikání¹.

2.2 Vznik společnosti Bosch Diesel s.r.o. Jihlava a její výrobní program

První smlouva mezi společnostmi Robert Bosch a jihlavským Motorpalem byla podepsána 2. října 1992. Bosch Diesel byl založen 4. ledna 1993.

Historie Bosch v Jihlavě je podstatně starší. V roce 1927 byl založen servis Bosch, který provozoval Josef Poláček s Josefem Binderem, se souhla-

sem mateřského závodu prodávali a opravovaly výrobky Bosch. V roce 1948 podnikání Josef Poláček ukončil z důvodu změněných poměrů. V roce 1946 byl založen národní podnik Motorpal, kde se vyráběly vstřikovací zařízení pro vznětové motory¹.

Společným projektem Bosche a Motorpalu bylo postavení nové haly na Humpolecké, kde bylo vyrobeno první jednoválcové čerpadlo PF33. Od 1. října 1996 se Bosch Diesel stal samostatným majitelem společnosti, od Motorpalu odkoupil jeho podíl. V následujících letech Bosch Diesel s.r.o. zaznamenal prudký rozvoj, byly vystavěny další dva výrobní závody. V roce 2008 byla dokončena a slavnostně otevřena největší výrobní hala firmy Bosch na světě a to v Jihlavě na Pávově. V roce 2010 bylo v Bosch Diesel s.r.o. Jihlava zaměstnáno 5000 pracovníků. Investice do zdejších provozů dosáhly od roku 1993 téměř 650 mil. eur. Podnik Bosch v Jihlavě se tak stal největším zaměstnavatelem kraje Vysočina a společně s ostatními závody skupiny Bosch i významným zaměstnavatelem na území České republiky¹.

Převážnou část výrobního programu tvoří komponenty palivového vstřikovacího systému Common Rail. Produkty jsou dodávány předním celosvětovým výrobcům automobilů a musí tak splňovat nejnáročnější kritéria kvality. Ve společnosti Bosch je zaveden systém bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí ISO 14001:2004/OHSAS 18001/1999¹.

Produkce v Bosch Diesel s.r.o. Jihlava je zajišťována ve třech výrobních závodech:

- Závod I – Humpolecká,
- Závod II – Dolina,
- Závod III – Pávov.

Výrobní program:

- Vysokotlaké čerpadlo CP4,
- vysokotlaké čerpadlo CP3,
- vysokotlaké čerpadlo CP1H,
- rail,
- vysokotlaký ventil DRV.

2.3 Přehled produktů vyráběných v Jihlavě

Čerpadlo CP1H

Skupina zabývající se výrobou vysokotlakých čerpadel CP1H, čerpadlo je zobrazeno na obrázku 2.3 (systém Common Rail).

V Jihlavě probíhá obrábění jednotlivých dílů čerpadel:

- Tělesa čerpadel – opracování a dokončovací operace,
- Zylinderkopf – broušení a honování,
- Laufrolle – soustružení, broušení, dokončovací operace,
- Exzenterwelle – broušení a kartáčování.

Z těchto v Jihlavě zhotovených a dalších nakupovaných dílců se provádí montáž na montážní lince.

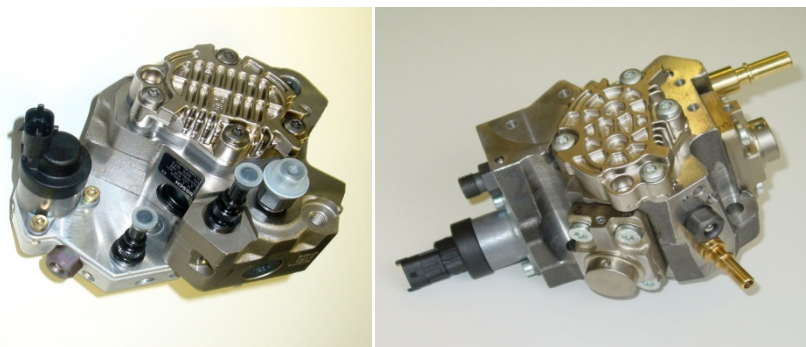
Čerpadlo CP3

Tato skupina se zabývá výrobou vysokotlakých čerpadel CP3, které je zobrazeno na obrázku 2.2 (systém Common rail).

V Jihlavě je prováděna montáž čerpadla a vyrábí se zde těleso čerpadla a drobné dílce (Laufrolle, Exzenterwelle, Kolben)

V současné době jsou v provozu:

- 3 výrobní linky na výrobu tělesa (2 velkosériové, 1 linka CNC),
- 3 kompletní výrobní linky na výrobu drobných dílců (Laufrolle, Exzenterwelle, Kolben),
- 3 montážní linky (2 velkosériové, 1 malosériová).



Obr. 2.2 Čerpadlo CP3². Obr. 2.3 Čerpadlo CP1H².

Čerpadlo CP4

Tato výrobní oblast se zabývá výrobou vysokotlakých čerpadel CP4 na obrázku 2.4 pod textem (systém Common Rail). Vyrábí se zde těleso čerpadla, příruba a je zde prováděna montáž čerpadla.



Obr. 2.4 Čerpadlo CP4². Obr. 2.5 DRV2 a DRV1².

V současnosti jsou v provozu:

- 4 montážní moduly CP4,
- 4 moduly na výrobu těles CP4,
- 3 moduly na výrobu přírub CP4.

V roce 2011 je v plánu výstavba 2 montážních modulů CP4 a 3 modulů na výrobu těles CP4. Celkem tedy v Jihlavě bude prozatím, 6 montážních modulů a 7 obráběcích modulů pro výrobu těles CP4.

DRV

Výrobní skupina DRV se zabývá technologickou přípravou a výrobou tlakového regulačního ventilu DRV, který je další součástí systému „Common Rail“. Tento ventil reguluje tlak paliva mezi čerpadlem a motorem.

Vyrábí se ve dvou základních typech DRV1 a DRV2 zobrazeno na obrázku 2.5 na předcházející straně:

- DRV1 (počátek výroby v roce 2002), montuje se na CP1, nebo na rail.
- DRV2 (počátek výroby v roce 2004), montuje se pouze na rail a používá se s čerpadlem CP3. Výroba zahrnuje montáž, praní dílců, broušení kuželového sedla ventilu, výroba filtrů.

RAIL

Rail (viz obrázek 2.6) je další součástí systémů „Common Rail“. Jedná se o zásobník, kam proudí palivo z čerpadla pod tlakem a z kterého je rozváděno k jednotlivým vstřikovacím jednotkám.

V Jihlavě je soustředěna výroba velké a malé série těles railu a kompletní montáž jednotlivých komponentů (senzory, omezovací a ochranné ventily apod.)

Vyrábí se zde typy pro 3,4,5,6 i 8mi válcové motory a jsou dodávány zákazníkům z celého světa.



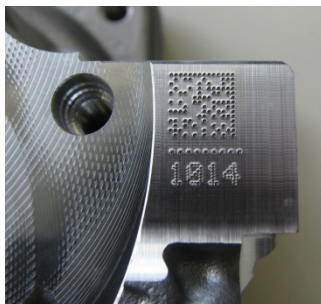
Obr. 2.6 Rail².

2.4 Hlavní komponenty tělesa CP4

Těleso CP4

Vyrábí se dva základní typy těles, tzv. jednopístové a dvoupístové. Odlietek pro výrobu tělesa je tvořen slitinou hliníku. K jeho obrobení dochází na plně automatizované obráběcí lince. Celý proces obrábění je rozložen do několika fází. V určité fázi je do tělesa vyražen data matrix kód (DMC), který můžeme vidět na obrázku 2.7. Dále je nalisováno ložiskové pouzdro pro vačkovou hřídel. Po dokončení všech fází obrábění následuje vysokotlaké odjehlení a praní. Následuje vizuální kontrola. Obrobené a zkontrolované těleso je odvedeno na montáž, kde je kompletně smontováno.

DMC (data matrix kód), dříve byl používán pouze v kosmickém průmyslu, později se začal používat v mnoha průmyslových odvětvích. Funkce DMC je identifikační, podává informace o výrobcí, o průběhu výroby a číse součástky. Může být čtený kamerami či snímacími zařízeními.

Obr. 2.7 DMC kód².Obr. 2.8 Příruba CP4².

Příruba CP4

Polotovár pro výrobu příruby je výkovek ze slitiny hliníku, je zpracován v jednotlivých operacích výrobní linky. Po obrobení vnitřního průměru je do něj lisováno kluzné ložisko, dále je čištěn a vizuálně kontrolován. Následně hotový díl příruba zobrazena na obrázku 2.8 je odvedena na montáž.

Hlava válce CP4

Materiál pro výrobu hlavy válce je kalený polotovár, který je dále obráběn. Broušení průměru a sedla, broušení průměru pro píst, broušení čela příruby, honování průměru pro píst. Následuje montáž. Hlava válce je vysokotlaková část čerpadla CP4, je zobrazena na obrázku 2.9.

3. TĚLESO CP4

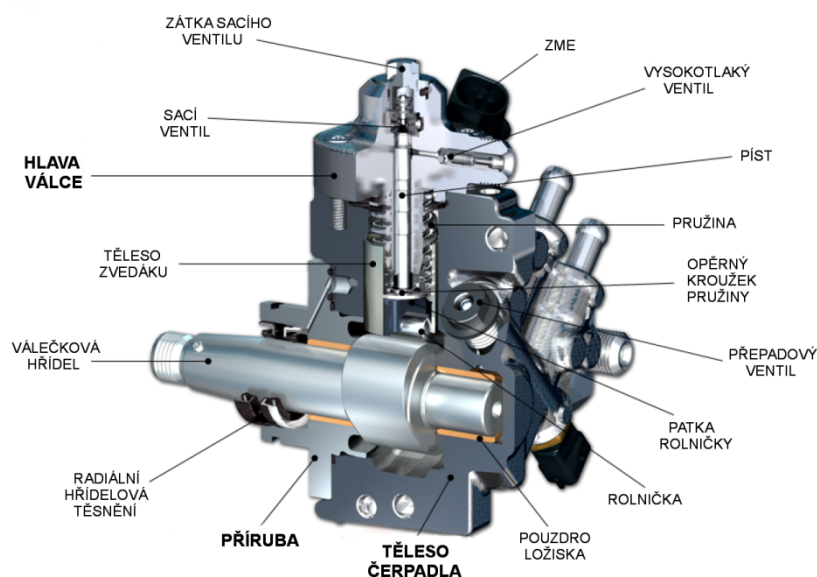
3.1 Funkce CP4

Čerpadlo CP4 je vyráběno ve dvou základních variantách. První je CP4.1 s jednou vysokotlakovou hlavou válce, které je zobrazeno na obrázku 3.2 a druhá varianta je CP4.2 se dvěma vysokotlakovými hlavami. Toto jsou základní rozdíly mezi tělesy. Pohon čerpadla je zajišťován vačkovou hřídelí, která je symbolem CP4-loga na obrázku č. 3.1.

Obr. 2.9 Hlava válce CP4².Obr. 3.1 Logo CP4².

Těleso CP4 je konstruováno pro použití v osobních i v užitkových vozech s použitím motoru do 350 kw. Konstruováno je tak, aby zvládlo tlaky až do 2000 barů².

Převodový poměr mezi otáčkami čerpadla a motoru byly doposud konstruovány v poměru 1:2 a 2:3, otáčení čerpadla je tedy pomalejší než otáčky motoru. V tomto směru je těleso CP4 velice inovativní, protože převodový poměr může být až 1:1. Vačka použitá v tělese CP4 je dvojitá, výsledkem jsou dva podávací zdvihy. Dříve s jednou otáčkou byl možný pouze jeden podávací zdvih. S takovými to inovativními technologiemi společnost Bosch neustále zlepšuje svoji konkurenceschopnost a je stále atraktivní pro světový trh².



Obr. 3.2 Popis jednotlivých komponentů čerpadla CP4².

3.2 Výroba CP4

Ve Stuttgart-Feuerbach v Německu byla zahájena v září roku 2006 sériová výroba těles CP4. V Jihlavě začala výroba CP4 v lednu 2008. Závod ve Feuerbachu je vedoucím závodem a zodpovídá za světovou koordinaci. Do budoucna je plán vyrábět 7 milionů čerpadel ročně. Výroba je velice flexibilní, většinu strojů a zařízení je možné přeseřdit na jiný typ za dobu menší než jednu minutu. Výroba tedy vyhovuje standardům BPS².

4. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VÝROBNÍHO PROCESU TĚLESA CP4 Z HLEDISKA TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ

V současné době probíhá výroba těles CP4 v jihlavském závodě na čtyřech obráběcích linkách. Do konce roku 2011 bude výroba rozšířena o další tři obráběcí linky.

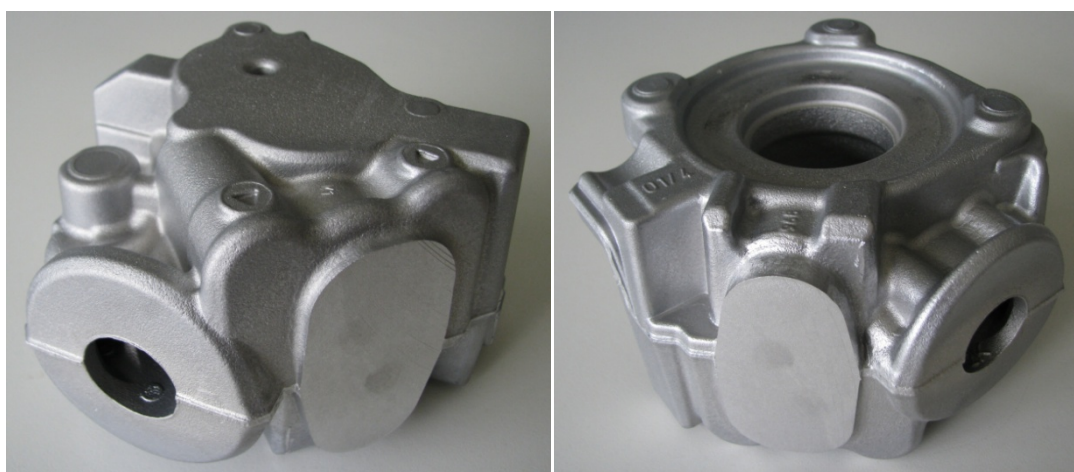
V této bakalářské práci bude technologická analýza současného obráběcího stavu zaměřena na těleso CP4. Jedná se o těleso CP4.1 s jednou vysokotlakou hlavou.

4.1 Polotovary

Polotovary pro výrobu tělesa CP4 (obr. 4.1), vstupující do obráběcího procesu je vyroben metodou odlévání do kokil.

Chemické složení tělesa AlSi, což je slitina hliníku s příměsí legujících prvků.

Podrobnější informace nezveřejněny.



Obr. 4.1 Polotovary pro výrobu tělesa CP4, (dva pohledy)².

4.2 Procesní kapalina

Na obráběcích linkách pro obrábění těles CP4 je používán speciální řezný olej. Tento řezný olej vykazuje výborné vlastnosti při obrábění hliníkových slitin. Za pomoci vzniklého řezného prostředí se dosahuje výborné povrchové úpravy a přesnosti.

Vlastnosti oleje:

- Nízkoviskózní olej k obrábění kovů,
- obsahuje přírodní a derivované tukové látky,
- účinné látky obsahující fosfor,
- aditiva neobsahující síru,
- neobsahuje chlor,
- slabě vytváří mlhu,
- na bázi minerálního oleje.

Potrubím je řezný olej dopravován do filtračního zařízení, kde se olej zároveň filtruje od hrubých nečistot. V tomto zařízení se udržuje konstantní teplotu oleje. Po přefiltrování je olej potrubím dopravován zpět k obráběcím strojům.

4.3 Odpadové hospodářství

Činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, nakládání s odpady a následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale umístěny, a kontrola těchto činností.

V Jihlavském závodě zajišťuje kompletní odpadové hospodářství externí firma v souladu s Bosch normou N93 A13 Management odpadů, Bosch normou N93 S14 stroje, zařízení a vybavení pro manipulaci s látkami ohrožujícími vodní zdroje.

Třísky z obráběcích strojů jsou nahrnuty na pásový dopravník. Pásový dopravník je vyveze do záchytného kontejneru o objemu cca 500 litrů. Obsluha linky odveze kontejner k lisovacímu zařízení, zhruba dvakrát za osmi hodinovou pracovní směnu, kde jsou třísky automaticky slisovány do podoby válcových kotoučů. Lisováním se dosahuje snížení objemu třísek a zároveň dojde k vyloučení oleje, který stéká do speciální záchytné vany. Slisované třísky jsou zachyceny do kontejneru a následně je odváží externí firma.

4.4 Popis výrobního zařízení

Automaticky pracující, volně programovatelná výrobní linka složená z obráběcích středisek.

Nosník obrobku s upnutým obrobkem se transportuje pomocí transportního systému do příslušné nakládací polohy příslušné obráběcí stanice. Transportní systém se v podstatě skládá z horního dopravního pásu (nakládací a vykládací pás), spodního dopravního pásu (vratný pás) a tří výtahů. Obrobek se ručně uloží na nosník obrobku na nakládací poloze před krokem A. Obrobky s nosníkem obrobku se pomocí horního dopravního pásu transportují do příslušné nakládací/vykládací polohy před každým vykládacím střediskem. Před krokem G jsou obrobky vyloženy. Prázdný nosník obrobku se pomocí spodního transportního pásu přepravuje zpět k nakládací poloze.

U každého obráběcího střediska se obrobky předávají pomocí nakládací jednotky na upínací přípravek obráběcího střediska a po obrobení jsou stejným způsobem odebrány.

Upínací přípravky se ovládají hydraulicky a poloha se testuje upínací pákou. Dosedací plocha se oplachuje chladícím a mazacím prostředkem. Kontrola dosednutí obrobku se rovněž provádí splachovacími tryskami pomocí chladícího a mazacího prostředku.

V každém obráběcím středisku se nachází dva zásobníky pro nástroje. Nástroje jsou vybaveny systémem upínání HSK 63. Nástroje s tímto systémem je možné vidět v přílohách č. 7 až 11.

Na zadní straně obráběcího centra jsou umístěny CO₂ hasící zařízení. Zařízení je dále vybaveno odsávacím zařízením na olejovou mlhovinu, hydraulickým agregátem, přívodem stlačeného vzduchu, přívodem chladícího a mazacího prostředku. Odvod třísek je zajištěn pomocí lopatkového dopravníku.

Zařízení je vybaveno ovládacími pulty. Hlavní se nachází na začátku linky u kroku A. Každé obráběcí středisko je vybaveno jedním ovládacím pultem v otočném provedení.

4.5 Přehled operací

Přehled operací je možné vidět v tabulce 4.1. Na obráběcích linkách se vyrábí velké množství typů těles CP4. Na každé lince je určené typové spektrum těles, které je možné na dané lince vyrábět. Každé těleso je možné vyrábět minimálně na dvou výrobních linkách pro případ, že jedna linka by byla odstavena, např. z důvodu preventivní údržby.

Tab. 4.1 Přehled kroků.

Krok	Proces na daném kroku
A	Kontrola správného odlitku a správného založení – Kamera
B	Hrubování
C	Značení tělesa
D	Hrubování, dokončování
E	Lisování ložiskového pouzdra
F	Dokončování
G	Vysokotlaké čištění a praní
H	Kontrola těles

Rozmístění linky je možné vidět na půdorysném výkresu, který je zobrazen v příloze č. 1. Pohled na řez obráběcím střediskem (viz. obr. 4.2). Parametry zařízení je možné vidět v příloze č. 2.

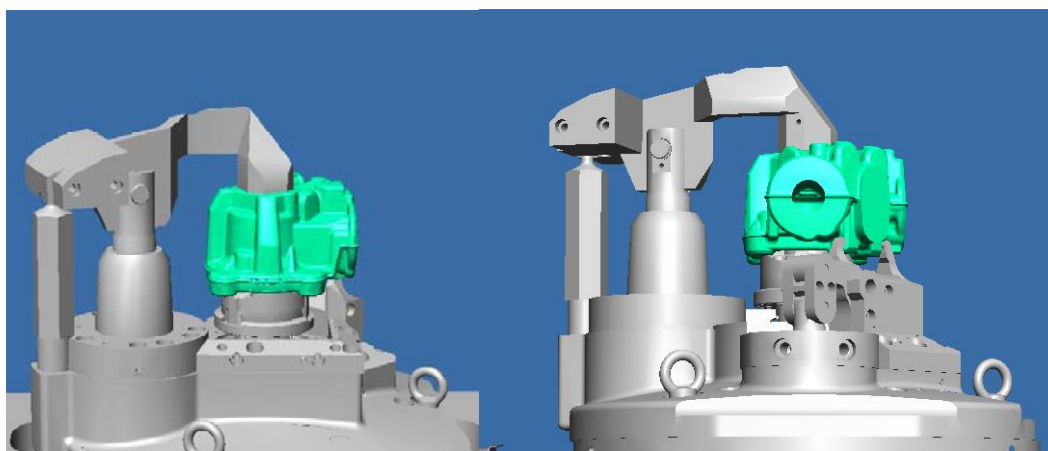
Obr. 4.2 Obráběcí centrum - *nezveřejněno*².

4.6 Krok B

Krok B je realizována jedním obráběcím centrem. Odlitky přijíždějí k této operaci na technologických paletkách po válečkovém dopravníku. Dva polotovary na paletkách zastaví na požadovaných snímačích a automatický

nakladač naloží tělesa v páru do stroje. Každé těleso je samostatně upnuto do speciálního přípravku. Obě tělesa jsou současně obráběna dle technologického postupu. Po celkovém obrobení najede do stroje nakladač, dvěma páry kleští uchopí obrobené polotovary za technologické otvory, popojede s polotovary a druhým párem kleští založí do přípravku nové odlitky, které během obrábění byly naloženy z technologických paletky. Po takto provedené výměně nakladač odloží obrobené polotovary na technologické paletky, na kterých po dopravníku přijely odlitky. Paletky s polotovary jsou uvolněny k následující operaci.

V kroku B jsou přípravky odlišné, než na ostatních operacích, to je z důvodu, že těleso dosud nemá obrobené dosedací plochy. Upínací přípravek z OP10 je zobrazen na obrázku č. 4.3.



Obr. 4.3 Dva pohledy na upínací zařízení z kroku B².

4.6.1 Technologický postup

Podrobnější informace k technologickému postupu na OP10 nejsou veřejně přístupné.

Tab. 4.2 Technologický postup v kroku B².

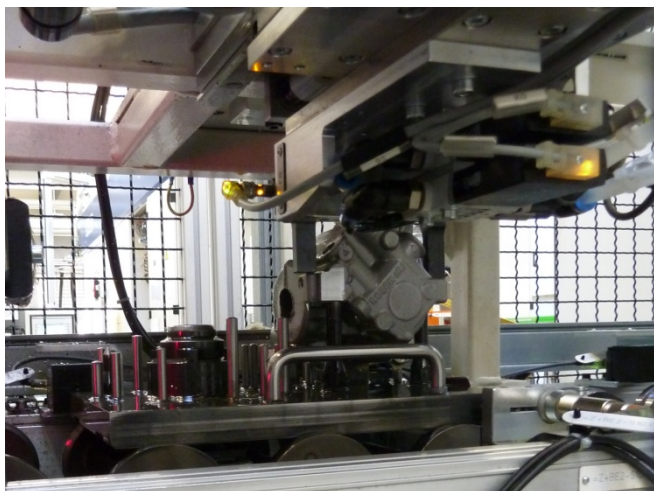
Číslo nástroje	Proces
TXX80XX	Frézování ploch pro indexové otvory a plochy pro DMC kód,
TXX77XX	vrtání a předvrtání upínacích otvorů,
TXX50XX	předvrtání a vrtání otvorů,
TXX79XX	vystružení otvorů,
TXX11XX	předvrtání mazacího kanálku,
TXX12XX	vrtání mazacího kanálku,
TXX86XX	předvrtání,

Technické parametry k jednotlivým nástrojům jsou uvedeny v příloze č. 4.

4.7 Krok C

Těleso přijede na technologické paletce k popisovacímu zařízení. Mechanicky je přidrženo, jak je vidět na obr. 4.4. Během přidržování je na požadované místo vyznačen DMC kód.

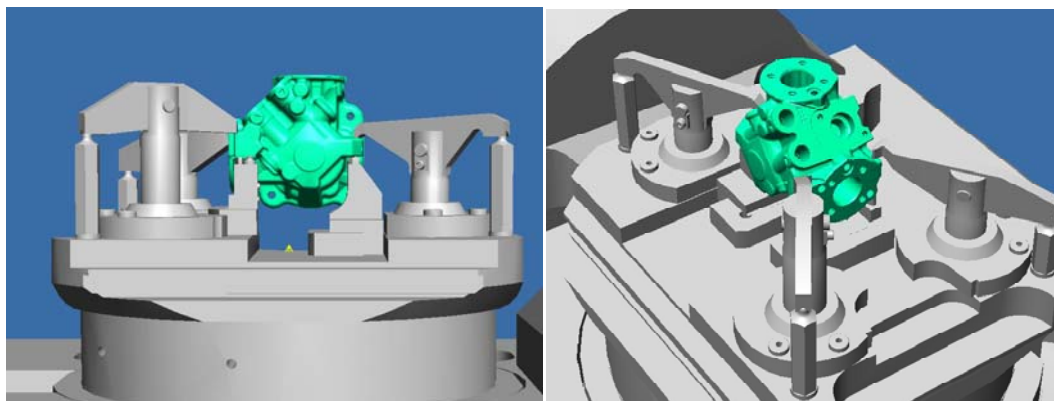
Pod DMC kódem se skrývá datum výroby, sériové číslo tělesa, informace o závodě, lince a stroji, kde byl výrobek vyroben. Pomocí kamery nebo speciálním čtecím zařízením můžeme toto číslo zjistit. DMC slouží k identifikaci tělesa. Na příklad, pokud je těleso na konci obráběcího procesu z nějakého důvodu označeno jako špatné, tak načtením DMC je možno určit přesně konkrétní problém daného výrobku a na které operaci byl vyroben.



Obr. 4.4 Krok C, značení tělesa².

4.8 Krok D

Tato operace je prováděna dvěma stroji. Polotovár tělesa je zde frézován, stružen a vrtán podle technologického postupu. Tělesa jsou na této operaci založena do stroje, obráběna a vyložena v páru stejně jako v kroku B. V kroku D a F je upínací zařízení (viz. obr. 4.5) odlišné od kroku B, protože těleso má již obrobene dosedací plochy.



Obr. 4.5 Dva pohledy na upínací zařízení v kroku D a F².

Obr. 4.6 Technologický postup obrábění, *veřejně nepřístupno*².

Obr. 4.7 Technologický postup obrábění, *veřejně nepřístupno*².

4.8.1 Technologický postup

Podrobnější informace k technologickému postupu v kroku D nejsou veřejně přístupné.

Tab. 4.3 Technologický postup v kroku D².

Číslo nástroje	Proces
TXX24XX	Frézování plochy,
TXX95XX	hrubování ploch pro upnutí k motoru, zvedáku a pro zubové čerpadlo,
TXX03XX	hrubování funkčního prostoru,
TXX57XX	hrubování funkčního prostoru,
TXX27XX	zápich v ložiskovém otvoru,
TXX65XX	hrubování průměru zvedáku,
TXX12XX	hrubování otvoru ZME,
TXX38XX	odjehlení otvorů,
TXX16XX	předvrtání otvoru z příruby do přepadového kanálu,
TXX17XX	vrtání otvoru z příruby do přepadového kanálu,
TXX11XX	předvrtání otvorů,
TXX12XX	vrtání kanálku, předvrtání otvorů,
TXX10XX	předvrtání propojovacího otvoru do teplotního senzoru,
TXX26XX	vrtání přítokového otvoru do hlavy válce a propojení přepadového ventilu s přítokovým otvorem,
TXX75XX	předvrtání otvoru pod ložiskem AZP,
TXX76XX	hrubování přepadového ventilu, označ. vřeten na ploše,
TXX87XX	stružení přepadového ventilu,
TXX92XX	frézování závitu M16×1,5,
TXX79XX	stružení otvorů,
TXX30XX	předvrtání otvoru,
TXX30XX	vrtání otvoru,
TXX01XX	vrtání ložiskového otvoru a polygonu na čisto.

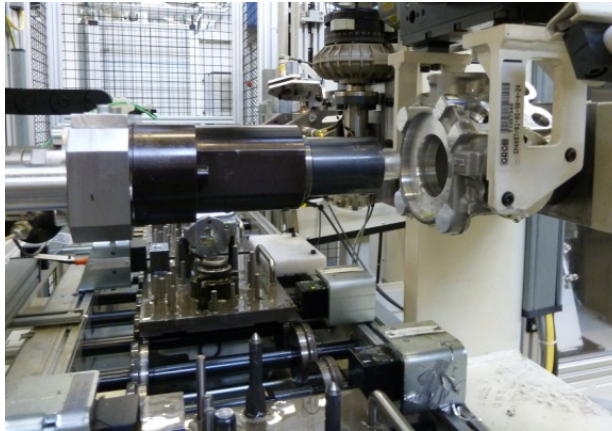
Technické parametry k jednotlivým nástrojům jsou uvedeny v příloze č. 4.

4.9 Krok E

V kroku E probíhá nalisování ložiskového pouzdra do tělesa, průběh lisování je vidět na obr. 4.8.

Těleso přijede ke kroku E na technologické paletce, zastaví na požadovaném snímači. Speciální kleště uchopí těleso za technologické otvory a ustaví ho na lisovací pozici. V době ustavování tělesa najede lisovací trn pro ložiskové pouzdro, nasadí si ho na trn a zkontroluje, zda je správně nasazeno a natočeno. Požadované pozice pouzdra pro nasazení na trn je dosaženo systémem vibračního zásobníku, podávacího mechanismu a skluzu. Pokud ložisko není správně nasazeno, najede trn s ložiskem do otáčecího zařízení, kde je otočeno a znovu nasazeno, opět se pak kontroluje jeho správné natočení. Z jedné strany ložiska je ustavovací drážka. Z toho důvodu se provádí otáčení ložiska, dokud nedojde k zajištění ložiska ve správné poloze na lisovacím trnu.

Dále trn s ložiskem najede k tělesu a dojde k samotnému lisovacímu procesu. Po nalisování je těleso vráceno na paletku a pokračuje k následující operaci.



Obr. 4.8 Nalisování ložiskového pouzdra².

4.10 Krok F

Krok F, je realizována dvěma stroji stejně jako krok D Polotovar tělesa je zde frézován, stružen a vrtán podle technologického postupu. Tělesa jsou na této operaci založena do stroje, obráběna a vyložena v páru stejně jako v kroku B a D.

Obr. 4.9 Technologický postup obrábění, veřejně nepřístupno².

Obr. 4.10 Technologický postup obrábění, veřejně nepřístupno².

4.10.1 Technologický postup

Podrobnější informace k technologickému postupu v kroku F nejsou veřejně přístupné.

Tab. 4.4 Technologický postup v kroku F².

Číslo nástroje	Proces
TXX95XX	frézování plochy pro upnutí k motoru na čisto,
TXX00XX	zahlobení průměru zvedáku na čisto,
TXX71XX	obrábění vačkového a ložiskového otvoru na čisto,
TXX06XX	vtání otvoru pod ložiskem AZP,
TXX76XX	vtání otvorů,
TXX81XX	vtání čistícího otvoru pro zvedák, propojovacího otvoru a vačkového prostoru,
TXX92XX	Frézování závitu M16,
TXX80XX	vtání zákaznického otvoru pro uchycení na motor,
TXX42XX	sražení čelní plochy pro hřídel,
TXX44XX	předvtání otvorů pro závit M8,
TXX75XX	předvtání otvorů pro závit M6,
TXX45XX	tváření závitu M8,
TXX47XX	tváření závitů M6,
TXX24XX	zahlobení O-kroužků,
TXX43XX	předvtání otvorů pro závit M5, označ. vřeten na ploše,
TXX45XX	tváření závitů M5,
TXX23XX	zahlobení otvoru pro pozici zubového čerpadla,
TXX35XX	zahlobení otvoru na čisto,

Technické parametry k jednotlivým nástrojům jsou uvedeny v příloze č. 4.

4.11 Krok G

Tento krok je vybaven zařízením, ve kterém dochází k vysokotlakému čištění těles od oleje a třísek, parametry stroje jsou uvedeny v příloze č. 3.

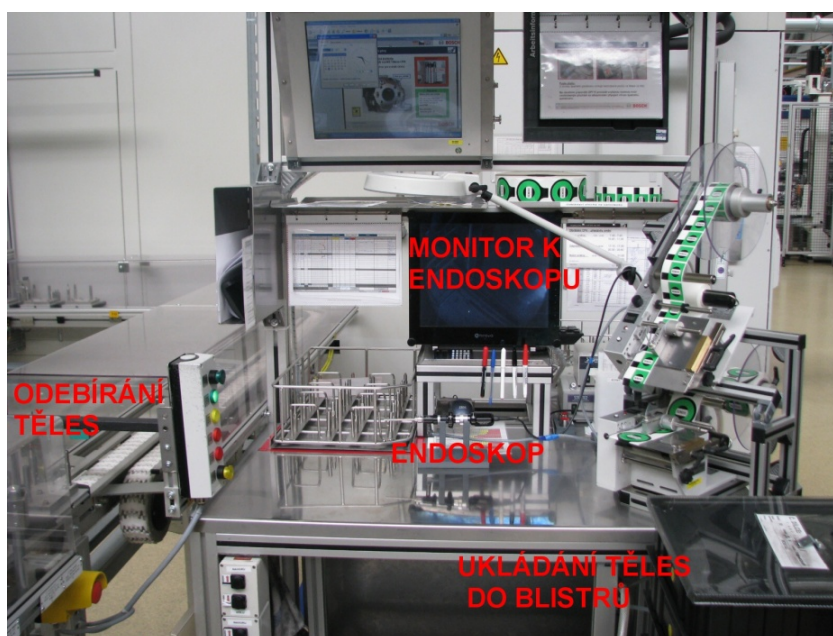
Zařízení pracuje ve čtyřech základních fázích. Každá fáze je vybavena robotem, který slouží k manipulaci s tělesem.

K praní se používá speciální prostředek, který je v určitém poměru naředěn s vodou.

Podrobnější informace nejsou zveřejněny.

4.12 Krok H

Tento krok se nazývá výstupní kontrola (viz. obr. 4.11), je poslední na obráběcí lince a zde jsou tělesa kontrolována. Obsluha na tomto pracovišti kontroluje tělesa podle katalogu hraničních vzorků, využívá k tomu endoskopu a zvětšovací lupy na kontrolu dutin. Hrot endoskopu má průměr 5 mm a je možné pomocí něho nahlížet do těžko přístupných dutin. Uvnitř hrotu je zabudována kamera a kontrolor může detaily z dutin sledovat na monitoru před sebou.



Obr. 4.11 Výstupní kontrola².

Zkontrolovaná tělesa jsou uložena do plastových obalů (blistrů). *Další informace nejsou veřejně přístupné.*

4.13 Měřicí a kontrolní operace

Po kroku D a F se nachází stanoviště ruční kontroly (viz. obr. 4.12), kde jsou tělesa měřena kalibry. U kroku F je pneumatické měřidlo (viz obr. 4.13), které je určeno k měření průměrů vnitřní části tělesa.



Obr. 4.12 Stanoviště ručního měření po kroku D².



Obr. 4.13 Pneumatické měřidlo².

V případě, že jsou tělesa ručně nebo automaticky odeslána na ruční měření, vždy vyjedou mimo hlavní dopravník na stanoviště kolmé k hlavnímu dopravníku (viz. obr. 4.12). Tělesa jsou ručně změřena a vrácena zpět na hlavní dopravník.

Podrobnější informace nejsou zveřejněny.

4.14 Sledování těles CP4 při výrobě

Ke sledování průběhu výroby těles CP4 je používán speciální software. Pomocí snímačů a zapisovacích zařízení jsou do softwaru zaznamenány informace o průběhu a správnosti výroby z jednotlivých strojů. K těmto informacím je možno se dostat načtením DMC kódu.

Podrobnější informace nejsou zveřejněny.

Aby bylo možné rozpoznat, které vřeteno v kroku D a F obrábělo určitý polotovár hned a bez načítání DMC kódu, je značeno těleso zahloubením teček na určité ploše. Těleso je označeno takovým počtem teček, které odpovídá danému vřetenu.

Obr. 4.14 Označení vřeten na tělese CP4 (*veřejně nepřístupné*)².

5. ANALÝZA A PROVĚŘENÍ MOŽNOSTÍ OPTIMALIZACE PROCESU OBRÁBĚNÍ TĚLES CP4

Optimalizace, jinak řečeno nalezení optimálního řešení se týká konkrétního problému. Za optimální pokládáme takové hodnoty řešení problému, které za daných podmínek vedou k maximální či minimální hodnotě zadaného kritéria³.

Optimalizované veličiny nejsou pevně dány a mohou se pohybovat v určitém rozsahu³.

Optimalizaci je možné řešit třemi způsoby³:

- Solidním logickým rozborem,
- zkusmo, intuitivně na základě zkušenosti,
- aplikací matematických metod.

Při optimalizaci na tělesové obráběcí lince, při výrobě tělesa CP4, byl zvolen postup solidním logickým rozborem.

Prověření optimalizací na tělese CP4 budou provedeny ve dvou hlavních směrech. V prvním směru bude řešena optimalizace za účelem zvýšení produktivity a v druhém směru bude řešena jakost těles.

Protože se jedná o obráběcí linku, jednotlivá obráběcí centra jsou na sobě závislá. Je potřeba sladit operace, aby jedna operace nebyla rychlejší než druhá a nedocházelo k hromadění těles před pomalejší operací. Důležitou

roli hraje každá sekunda, z hlediska celodenní produkce by se už nejednalo jen o zanedbatelný čas.

5.1 Prověření možností zkrácení výrobního taktu

Snížení jednotkového strojního času t_{AS} poklesnou náklady na strojní práci N_S , což se promítne do výrobních nákladů na zhotovení jednoho kusu N_C . Nejčastěji lze dosáhnout tohoto výsledku zvýšením řezné rychlosti v_c , nebo zvýšením posuvu na otáčku f .

Při zvyšování posuvu na otáčku f , je nutné zkontrolovat drsnost povrchu R_z . Zvýšením posuvu na otáčku dojde ke zvětšení drsnosti a zároveň ke snížení trvanlivosti. Podle výkresové dokumentace je možné zjistit jaká je předepsaná drsnost a zda je možné zvyšovat posuv na otáčku f . Snížením trvanlivosti se zvýší náklady na výrobu jednoho kusu N_C . Záleží, co je pro výrobce důležitější, vyrobit více i za cenu zvýšení nákladů nebo úspora nákladů.

Před zvyšováním otáček n je vhodné zjistit, zda umožňuje pracovní vřeteno stroje navýšení otáček. Může se stát, že některé nástroje už pracují na maximálních otáčkách vřetene. Podle dokumentace obráběcího centra, uvádí výrobce maximální otáčky vřetene 18000 min^{-1} , doporučené otáčky 15000 min^{-1} . Většina nástrojů na obráběcí lince nedosahuje tak vysokých otáček, což je možné vidět v příloze č. 5 a 6.

Na řezné rychlosti je závislá trvanlivost břítu nástroje. Trvanlivosti břítu nástroje je dosaženo tehdy, není-li břit již schopen plnit stanovené úkoly. Při stanovení kritérií trvanlivosti břítu nástroje, je důležité vědět, zda se jedná o obrábění na čisto, nebo hrubování. Trvanlivost se vztahuje na opotřebení břítu a ne na jeho lom. Důležité je, aby byl nástroj vyměněn dříve, než dojde k jeho lomu a vzniku zmetků⁴.

Trvanlivost nástroje, závisí zejména na metodě obrábění (soustružení, frézování, vrtání, atd.), vlastnostech obráběného a nástrojového materiálu a řezných podmínkách (řezná a posuvová rychlost, šířka záběru ostří, řezné prostředí). Již počátkem 20. století Frederick Winslow Taylor definoval, že z řezných podmínek má na trvanlivost nástroje největší vliv právě řezná rychlost a odvodil základní vztah pro vzájemnou závislost těchto dvou veličin, známí pod názvem "T- v_c závislost"⁵.

T- v_c závislost:

$$v_c = \frac{C_v}{T^{1/m}} \quad (5.1)$$

$$T = \frac{C_T}{v_c^m} \quad (5.2)$$

Kde: v_c [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] je řezná rychlost,
T [min] je trvanlivost nástroje,
m [-] je exponent,
 C_v [-] je konstanta (řádově 10^2 až 10^3),
 C_T [-] je konstanta s vysokou hodnotou (řádově 10^9 až 10^{13}).

Nevýhodou uvedených základních vztahů $T-v_c$ závislosti je omezení následujícími podmínkami:

- šířka záběru ostří $a_p = \text{konst.}$,
- posuv na otáčku $f = \text{konst.}$,
- opotřebením $VB = \text{konst.}$

Proto se v praxi často používají rozšířené vztahy $T-v_c$ závislosti:

$$V_{cT} = \frac{C_{vT}}{a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \quad (5.3)$$

$$V_c = \frac{C_{v1}}{T^{1/m} \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \quad (5.4)$$

Kde: C_{vT} [-] je konstanta,

x_v [-] exponent, vyjadřující vliv hloubky řezu,

y_v [-] exponent, vyjadřující vliv posuvu na otáčku,

V_{cT} [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$] je řezná rychlost při konstantní trvanlivosti T ,

C_{v1} [-] je konstanta.

Vztahy (5.3) a (5.4) platí pro soustružení, jejich výhodou je menší počet omezujících podmínek, nevýhodou mnohem větší rozsah zkoušek, potřebných pro jejich konkrétní stanovení⁵.

Při provádění optimalizací, je nejprve důležité zoptimalizovat kvalitu. To znamená, aby všechny otvory plnily správně svoji funkci, R_z – drsnost povrchu na plochách odpovídala potřebám a zkontrolovat zda někde nevznikají nežádoucí otřepy. Po zajištění kvality, je žádoucí provést optimalizace na zkrácení výrobního taktu.

V případě, že by byl nejprve zkrácen výrobní takt a pak až jakost, je velká pravděpodobnost vzniku neefektivní optimalizace. Při optimalizacích na zvýšení jakosti je častým jevem zvýšení výrobního taktu. Je důležité zvolit správný postup při optimalizaci.

5.2 Prověření optimalizací zlepšující jakost výrobku

Těleso CP4 má vysoký výkon a je kvalitně zpracováno. Čerpadlo CP4 je konstruováno s poměrně malými tolerancemi, a proto je velice citlivé na výskyt i drobných částic pohybujících se ve funkční části čerpadla. Abychom se vyhnuli případným reklamám ze strany zákazníka z důvodu výskytu drobných částic materiálu ve funkční části čerpadla. V horším případě, aby nedošlo k zadření, nebo přídření čerpadla. Musí být podniknuty potřebné opatření k tomu, aby se částice materiálu neměly odkud uvolnit.

Po důsledném prozkoumání tělesa čerpadla bylo zjištěno, že na některých hranách nebo přechodech mezi plochami vznikají otřepy. Otřepy jsou dostatečně velké, aby mohlo dojít k jejich utržení a následně se mohly dostat do funkční části čerpadla. Mohly by se stát pozdější příčinou zákaznické reklama-

mace. Proto je velice důležité provést návrh optimalizací vedoucí k zamezení vzniku otřepů, které mohou vést k poškození nebo zničení čerpadla.

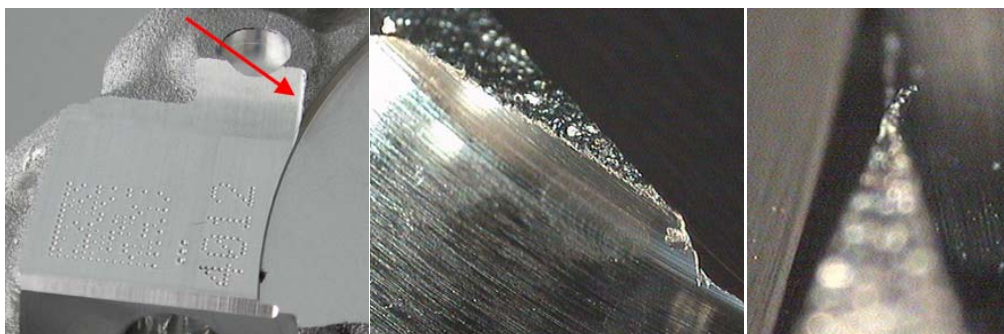
6. NÁVRH A ZAVEDENÍ OPTIMALIZAČNÍCH OPATŘENÍ

Na jednotlivých operacích obráběcí linky byly prověřeny možné způsoby optimalizace. Celkově bylo zhodnoceno těleso CP4. V místech kde dochází k vyhrnování otřepů, byly navrženy a zavedeny optimalizační opatření zabráňující vzniku otřepů. Stejným způsobem byly posouzeny nástroje, na kterých by mohla být úspora času nejvýraznější. V poslední řadě bylo provedeno prověření a následné seřazení nástrojů v zásobnících na jednotlivých obráběcích centrech a sladěny operace navzájem mezi sebou.

6.1 Optimalizace na nástroji TXX80XX

Návrh:

Návrh tří optimalizací na nástroji TXX80XX (viz. obr. 6.2), které vedou ke zlepšení jakosti tělesa CP4. Na hranách frézované plochy vnikají otřepy, které je možné vidět na obrázku 6.1. Při změně dráhy pohybu frézy TXX80XX v kroku D, která by se provedla úpravou programu, by se zabránilo vzniku otřepů na přechodových hranách s plochou.



Obr. 6.1 Otřepy vznikající při frézování výběhové plochy.

Při frézování ploch xxxx a xxxx, dochází ke vzniku otřepů na přechodové hraně mezi těmito plochami. Otřep je možné vidět na obrázku 6.2. Úpravou dráhy pohybu frézy TXX80XX v kroku B, dojde k zabránění vzniku otřepů na přechodové hraně.

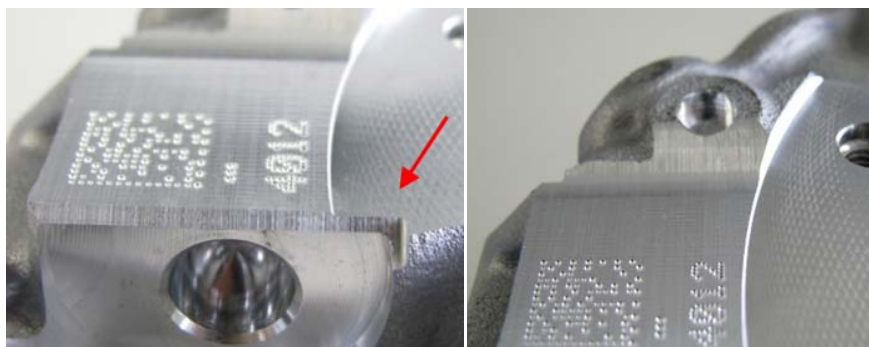


Obr. 6.2. Otřep na hraně mezi plochami xxxx a xxxx¹.

Návrh na optimalizaci frézované plochy označené číslem xxxx (viz. obr. 4.6). Při frézování plochy dochází k zalamování frézy TXX80XX v kroku B. Na frézované ploše je velký náletek a fréza odebírá příliš velké množství materiálu. Podle stávajícího programu fréza odebírá množství materiálu na jeden záběr. Vhodné by bylo, aby fréza odebírala dané množství materiálu na dvakrát.

Zavedení:

Po zavedení úpravy dráhy pohybu frézy TXX80XX v kroku B, bylo zamezeno vzniku otřepů na ploše xxxx. Na obr. 6.1 je možné vidět otřepy před úpravou a na obr. 6.3 je znázorněna plocha xxxx bez otřepů.



Obr. 6.3 plocha po úpravě bez otřepů.

Tab. 6.1

Změny při obrábění plochy xxxx nástrojem TXX80XX.	
Před úpravou.	Po úpravě.
Nezveřejněno.	Nezveřejněno.

Další optimalizací provedené na nástroji TXX80XX bylo zavedení zamezení vzniku otřepů na hraně mezi plochami xxxx a xxxx. S touto úpravou souvisí ještě jedna optimalizace na stejném nástroji, která zamezí zalamování frézy TXX80XX. Po zavedení již byla hrana mezi plochami xxxx a xxxx bez otřepů. Nástroj odebírá materiál z plochy xxxx na dvakrát a k zalamování už

nedochází. Změny provedené v programu související s plochou xxxx jsou pro příklad uvedeny v tabulce 6.1 a zvýrazněny.



Obr. 6.2 Detail nástroje TXX80XX².

6.2 Optimalizaci otvoru pro měřicí jednotku

Návrh:

V otvoru xxxx pro měřicí jednotku dochází k vyhrnování otřepů při vrtání kanálu xxxx. Aby nedošlo k pozdějšímu uvolnění části otřepů, bylo by vhodné vyhrnutý materiál odstranit. Nejlépe by pro takto špatně dostupné místo vyhovovala kulová fréza.

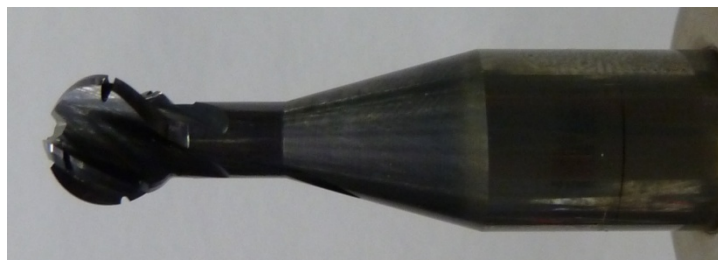
Současný postup obrábění otvoru pro měřicí jednotku:

1. Hrubování otvoru xxxx nástrojem TXX12XX v kroku D,
2. vrtání kanálu xxxx nástrojem TXX26XX kroku D,
3. dokončování otvoru xxxx nástrojem TXX35XX kroku F.

Obr. 6.3 Nově zavedený postup obrábění otvoru pro měřicí jednotku (*nezveřejněno*)².

Zavedení:

Podle návrhu byl zaveden na odstranění otřepů nástroj TXX38XX – kulová fréza (viz. obr. 6.4 a také příloha č. 7). Po zavedení už nejsou problémy s otřepy v otvoru xxxx.



Obr. 6.4 Detail nástroje TXX38XX².

Nově zavedený postup (viz. obr. 6.3):

1. Hrubování otvoru č. xxxx nástrojem TXX12XX v kroku D,
2. zahloubení kulovou frézou, nástroj TXX38XX v kroku D,
3. vrtání kanálu č. xxxx nástrojem TXX26XX v kroku D,
4. dokončování otvoru č. xxxx nástrojem TXX35XX v kroku F.

Technické parametry k nástrojům jsou uvedeny v příloze č. 5 a 6. Obrázky nástrojů jsou v příloze č. 7.

6.3 Optimalizace zahloubení mazacího kanálu**Návrh:**

V kroku D je provedeno zahloubení pod číslem xxxx u mazacího kanálu, který je zobrazen na obrázku 6.5. Zahloubení je provedeno nástrojem TXX27XX (viz. obr. 6.6). Na hraně zahloubení se tvoří nepatrný otřep, který je v kroku E při lisování radiálního pouzdra částečně stržen. Jelikož dochází k tvorbě otřepů, je zde riziko uvolnění částic materiálu, které by později mohly způsobit problémy při chodu čerpadla. Změnou plátku na nástroji pro zahloubení otvoru by se mohlo předejít tvorbě nežádoucích otřepů.



Obr. 6.5 Zahloubený otvor xxxx po kroku D².

Obr. 6.6 Detail nástroje TXX27XX (dva pohledy)².

Zavedení:

Dle návrhu byla provedena úprava destičky na nástroji TXX27XX. Na destičce bylo prodlouženo ostří o 0,5 mm, které je zobrazeno na obrázku v příloze č. 8. Na obrázku je vidět, že nástroj při obrábění koná rotační pohyb a výstupkem ostří provede zahloubení. Po zavedené optimalizaci již nedochází k vyhrnování otřepů na hraně zahloubení u mazacího kanálu xxxx.

6.4 Optimalizace nástrojů TXX77XX a TXX50XX**Návrh:**

Nástroj TXX77XX v kroku B vrtá indexové otvory, které jsou určeny pro manipulaci a k ustavení obrobku při upínání. Nástroj TXX50XX předvrtává otvor xxxx v kroku B. Tyto dva nástroje by bylo možné sloučit v jeden, který by převzal práci za oba nástroje. Došlo by k úspoře vedlejšího času, který je potřebný k výměně nástroje.

Zavedení:

Sloučením nástrojů TXX77XX a TXX50XX byl zaveden nástroj TXX33XX (viz. obr. 6.7), který oba jmenované nástroje nahradil. Zavedenou optimalizací došlo k úspoře času, který by byl potřebný na výměnu nástroje. Obrázky uvedených nástrojů jsou zobrazeny v příloze č. 9.



Obr. 6.7 Detail nového nástroje TXX33XX².

6.5 Optimalizace nástrojů TXX03XX a TXX57XX**Návrh:**

Nástroj TXX03XX hrubuje vnitřní prostor tělesa, který má označení 1000 a 1100 nástroj obrábí průměry a axiální plochu. Nástroj TXX57XX hrubuje průměr a dno otvoru xxxx vnitřního prostoru čerpadla. Navrhované nástroje by bylo možné sloučit. Oba nástroje mají stejný charakter obrábění. Obrábění probíhá v kroku D.

Zavedení:

Sloučením Nástrojů TXX03XX a TXX57XX vznikl upravený nástroj TXX54XX (viz. obr. 6.8). Bylo vyrobeno nové tělo nástroje TXX54XX s tím, že byl rozšířen o část, kterou nahradil nástroj TXX57XX. Nástroj po úpravě hrubuje celý vnitřní prostor čerpadla. Výsledkem je opět zkrácení výrobního taktu.

Byl uspořen vedlejší čas potřebný pro výměnu nástroje. Nástroje jsou zobrazeny v příloze č. 10.



Obr. 6.8 Nově zavedený nástroj TXX54XX (dva pohledy)².

6.6 Optimalizace nástrojů TXX75XX, TXX06XX a TXX42XX

Návrh:

Jedná se opět o sloučení nástrojů. Nástroj TXX75XX v kroku D vrtá průchozí otvor z vačkového otvoru na plochu pro zubové čerpadlo. U tohoto vrtaného otvoru je v kroku F provedeno sražení nástrojem TXX06XX. Nástrojem TXX42XX jsou v kroku F odjehleny otvory xxxx a xxxx. Jmenované nástroje by mohl nahradit pouze jeden nástroj, který by v kroku F provedl obrobení najednou místo stávajících tří nástrojů.

Zavedení:

Byl zkonstruován nástroj TXX52XX (viz. obr. 6.9), který provede vrtání a sražení dvou typů otvorů, vše v kroku F. Průchozí otvor je zahlouben pod úhlem 90° a otvory na ploše pro zubové čerpadlo jsou zahloubeny pod úhlem 140°. Zavedením nového nástroje došlo k úspoře vedlejšího času, který byl potřebný na výměnu nástrojů. Nástroje jsou zobrazeny v příloze č. 11.



Obr. 6.9 Detail nástroje TXX52XX².

6.7 Optimalizace nástrojů TXX45XX, TXX45XX, TXX47XX

Návrh:

Návrh na zvýšení otáček n a posuvu f při zpětném chodu u tvářecích závitových nástrojů TXX45XX, TXX45XX, TXX47XX, které je možno vidět na obr. 6.10. Závity jsou tvářeny v kroku F. Na tělese CP4 je tvářeno celkem 17 závitů. Zrychlení při vyjíždění z tvářených závitů by znamenalo značnou úsporu času.

Zavedení:

U vybraných tvářecích nástrojů na válcování závitů bylo dle návrhu zavedeno dvojnásobné zvýšení otáček n a posuvů f při zpětném vyjíždění z dokončeného závitu. Tímto způsobem bylo dosaženo výrazného snížení výrobního taktu v kroku F. Programová změna na nástroji TXX45XX je znázorněna v tabulce 6.2. Změny jsou pro lepší přehlednost zvýrazněny. Stejným způsobem jsou programově upraveny i ostatní tvářecí závitové nástroje.



Obr. 6.10 Tvářecí závitové nástroje.

Tab. 6.2

Programové změny při tváření závitů nástrojem TXX45XX	
Před úpravou	Po úpravě
<i>Nezveřejněno.</i>	<i>Nezveřejněno.</i>

6.8 Optimalizace zásobníků nástrojů

Návrh:

Po návrhu optimalizace vedoucí ke zlepšení jakosti, tak zkrácení jednotkového strojního času úpravou řezných podmínek, je na řadě srovnání zásobníků nástrojů.

Na každém výrobním kroku je potřeba srovnat zásobníky nástrojů tak, aby při výměně nástroje byla dráha natočení zásobníku co nejkratší a výměna trvala krátkou dobu. Zde může dojít k výraznému zkrácení výrobního taktu.

Kroky D,C,F jsou obráběcí centra a jsou na sobě závislá. Po provedených optimalizacích je potřeba zkontrolovat zda jsou operace synchronní. To znamená, jestli není některá operace rychlejší než druhá. V takovém případě by byla výroba v určitém místě přibrzdována a jinde by zas byla příliš rychlá. Takováto situace by musela být řešena přerováním některých nástrojů mezi operacemi, aby bylo dosaženo synchronizmu mezi operacemi.

Zavedení:

Podle optimalizačního návrhu bylo provedeno přerovnění některých nástrojů z jedné operace na jinou. Současně se srovnaly nástroje v zásobnících strojů, aby sled nástrojů při výměně jdoucích po sobě trval co nejkratší možnou dobu.

Uspořádání nástrojů před optimalizací je znázorněno v tabulkách č. 4.2, 4.3 a 4.4. Uspořádání nástrojů po optimalizaci je možno vidět v příloze č. 12. Jedná se o úvodní část programů z kroků D,C,F, kde je možné vidět nástroje, jak jsou seřazeny po optimalizaci a jak jdou za sebou při obrábění. V seznamu nástrojů byly nahrazeny optimalizované nástroje novými, které převzaly jejich práci.

7. ZHODNOCENÍ NAVRŽENÝCH OPTIMALIZAČNÍCH OPATŘENÍ

V návrhu optimalizace procesu obrábění bylo řešeno zlepšení jakosti a snížení jednotkového strojního času na tělese CP4.

Nejprve byla řešena optimalizace z hlediska jakosti. Snahou bylo zamezit vzniku ostrých hran a otřepů, které by mohly být nebezpečné při manipulaci, anebo by mohlo dojít k uvolnění otřepů do funkčního prostoru čerpadla. Dále zamezení poškozování nástrojů z důvodů špatných řezných nebo technologických podmínek a jiných vlivů. Tyto optimalizační návrhy byly úspěšně zavedeny do praxe. Zlepšení jakosti obvykle doprovázelo negativní zvýšení jednotkového strojního času.

Zavedené jakostní optimalizace byly nejprve zkušebně zavedeny a následně po určitou dobu sledovány, než byla nová technologie plně uvolněna.

Další etapa optimalizace byla zaměřena na zkrácení výrobního taktu. Na vybraných nástrojích byla navržena úprava řezných podmínek, která byla zavedena do praxe.

Významným způsobem byly sníženy vedlejší časy potřebné na výměnu nástrojů. Docíleno toho bylo sloučením některých nástrojů v jeden. Prokázalo se, že sloučení nástrojů přišlo v pravý čas, než byly nově vystavěné obráběcí linky osazeny původním větším počtem nástrojů, což by znamenalo vyšší náklady.

Po provedených optimalizacích byly srovnány zásobníky nástrojů na jednotlivých operacích, tak aby výměny nástrojů trvaly co nejkratší dobu. Stejně tak se provedla synchronizace linky, aby obráběná tělesa projížděla plynule a nedocházelo k hromadění polotovarů před některou operací.

Veškeré změny prováděné na jednotlivých operacích byly elektronicky zaznamenávány. Pomocí dříve zmíněného programu je možné provedené změny vyhodnotit a získat tak přesné informace o zkrácení výrobního taktu na všech obráběcích strojích. Získané informace taktů jsou uvedeny v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Výrobní takt na jedno těleso před a po optimalizaci.

	Před optimalizací	Po optimalizaci	Úspora času
Krok B	<i>nezveřejněno</i>	<i>nezveřejněno</i>	4,65 s
Krok D	<i>nezveřejněno</i>	<i>nezveřejněno</i>	1,98 s
Krok F	<i>nezveřejněno</i>	<i>nezveřejněno</i>	4,45 s
Takt linky	<i>nezveřejněno</i>	<i>nezveřejněno</i>	4,17 s

Zavedenými optimalizacemi byla zlepšena jakost produktu tělesa CP4 (viz. obr. 7.1) a bylo docíleno zkrácení výrobního taktu. Výsledným výrobním taktům obráběcí linky je čas nejpomalejší operace. Výrobní takt linky při obrábění tělesa CP4 byl zkrácen o 4,17 s, tuto hodnotu získáme odečtením času nejpomalejšího kroku po optimalizaci od času nejpomalejšího kroku před optimalizací. Zavedené optimalizace byly po zkušební době zavedeny i na ostatní obráběcí linky.

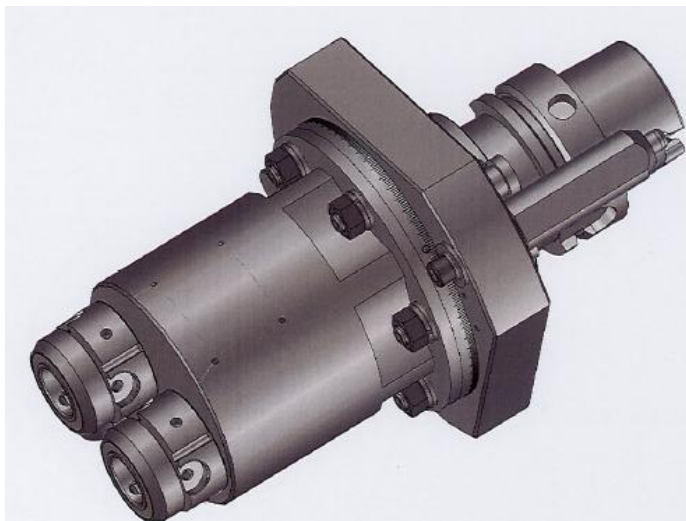


Obr. 7.1 Obrobené těleso CP4, (dva pohledy)².

7.1 Možné budoucí optimalizační návrhy

Kromě zavedených optimalizací, by bylo možno uvažovat do budoucna o dalších optimalizacích, které zkrátí výrobní takt obráběcí linky.

Například tváření závitů na válcové hlavě tělesa, by bylo možné do budoucna válcovat dva závity jedním nástrojem najednou. Závity je možné vidět na obrázku 4.6 pod čísly xxx-xx. Tento nástroj je možné použít na všechny typy těles, protože tyto čtyři závity na válcové hlavě jsou u všech typů stejné. Nástroj je mechanická hlava a mohla by být osazená dvěma závitníky pro tváření závitů. Pokud by to dovoloval prostor zásobníku stroje. Nástroj obrobí dva otvory, natočí se o 90° a dokončí zbývající dva. Již dříve byl podobný nástroj použit v závodě Bosch v Německu při výrobě staršího typu čerpadel. Jednalo se rovněž o mechanickou hlavu osazenou dvěma závitníky (viz. obr. 7.2). Bohužel tento nástroj má několik nevýhod, je příliš velký, v zásobníku potřebuje vedle sebe volná místa, nástroj není vnitřně chlazen a jeho pořizovací cena je vysoká.



Obr. 7.2 Mechanická hlava

Je zřejmé, že některé typy těles se od sebe technologií obrábění liší. Proto uspořádání nástrojů v zásobníku není vždy pro všechny typy těles stejně vyhovující. Z tohoto důvodu některé typy těles jsou obráběny na určitých linkách, dosahuje se tak kratšího výrobního taktu. Řešením by byl software, (který je již vyvinut) a pracuje tak, že při změně typu, dojde k automatickému přerovnání zásobníků nástrojů v čase kolem 2 minut. Výsledkem by bylo efektivní srovnání zásobníků nástrojů, které by bylo nejvíce vyhovující technologii výroby daného typu těles. Tímto způsobem by bylo opět možné zkrátit výrobní takt tělesa.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo prověřit proces obrábění tělesa CP4 a navrhnout optimalizační opatření, které by vedlo ke zkrácení výrobního taktu, na obráběcí lince těles CP4.

V úvodu bakalářské práce proběhlo seznámení s firmou BOSCH DIESEL s.r.o. Popsáno bylo působení společnosti z celosvětového pohledu, až po vývoj společnosti v České Republice. Dále byl popsán jihlavský podnik, sestávající ze tří závodů.

Analýzou současného stavu výrobního procesu, byla poměrně detailně přiblížena výroba tělesa CP4, od odlitku z hliníkové slitiny, až po hotový polotovár, který je použit ke zkompletování na montážní lince.

Prověřením možných optimalizací procesu obrábění, byly navrženy optimalizace zlepšující kvalitu tělesa CP4, tak i zkrácení výrobního taktu.

Hlavní částí této bakalářské práce bylo zkrácení výrobního taktu. Za účelem dosažení tohoto cíle byly prověřeny nástroje na jednotlivých operacích, aby byly vybrány právě ty, u kterých by došlo k nejnápadnější optimalizaci a tím pádem k největšímu zkrácení výrobního taktu.

Na vybraných nástrojích byly optimalizace zavedeny. Nejčastěji se jednalo o sjednocení vybraných nástrojů a tím došlo k požadované optimalizaci. V některých případech se jednalo i o úpravu otáček n a posuvů na otáčku f .

Zavedená optimalizační opatření zlepšují konkurenceschopnost jihlavského závodu. Takováto přínosná opatření dávají určité záruky, že Bosch v Jihlavě bude i nadále schopen zaměstnávat velký počet pracovníků.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Králík, J. Robert Bosch GmbH, *Bosch v České republice*. 2007. 102 stran. Praha: BB Partner, s.r.o., neprodejné.
2. Bosch Diesel Jihlava spol. s.r.o. *Firemní a školící materiály*.
3. Zemčík, O. *Speciální technologie – Optimalizace ve strojírenské technologii*. Studijní opory pro bakalářskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění.
4. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia, s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting – A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6.
5. HUMÁR, A. *Technologie I – Technologie obrábění – 1. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. 2003. 138 stran. [online]. [cit. 15. Března 2011]. Dostupné na [www: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory).

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
N_c	[Kč]	Operační výrobní náklady
N_s	[Kč]	Náklady na strojní práci
PKD	[-]	Polykrystalický diamant
R_z	[μm]	Největší výška profilu posuzovaného povrchu
T	počet	Trvanlivost (počet obrobených děl, ploch)
VHM	[-]	Rychlořezná ocel
a_p	[mm]	Šířka záběru ostří
f_z	[mm]	Posuv na zub
f	[mm]	Posuv na otáčku
m	[-]	Exponent v T- v_c závislosti
C_T	[-]	Konstanta v T- v_c závislosti
C_v	[-]	Konstanta v T- v_c závislosti
C_{v1}	[-]	Konstanta v T- v_c závislosti
C_{vT}	[-]	Konstanta v T- v_c závislosti
n	[1/min]	Otáčky
v_f	[mm/min]	Posuvová rychlost
v_c	[m/min]	Řezná rychlost
v_{cT}	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost při konstantní trvanlivosti
t_{AS}	[min]	Jednotkový strojní čas
x_v	[-]	Exponent vyjadřující vliv hloubky řezu
y_v	[-]	Exponent vyjadřující vliv posuvu na otáčku

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 2	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 3	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 4	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 5	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 6	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 7	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 8	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 9	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 10	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 11	<i>Nezveřejněno</i>
Příloha 12	<i>Nezveřejněno</i>

Příloha 1, (nezveřejněno)

Příloha 2, (nezveřejněno)

Příloha 3, (nezveřejněno)

Příloha 4, (nezveřejněno)

Příloha 5, (nezveřejněno)

Příloha 6, (nezveřejněno)

Příloha 7 (1/2), (nezveřejněno)

Příloha 7 (2/2), (nezveřejněno)

Příloha 8, (nezveřejněno)

Příloha 9, (nezveřejněno)

Příloha 10, (nezveřejněno)

Příloha 11 (1/2), (nezveřejněno)

Příloha 11 (2/2), (nezveřejněno)

Příloha 12, (nezveřejněno)