

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNOSTI ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESU OBRÁBĚNÍ VE VÝROBĚ TĚLES VE, VP30

**OPTIONS OF EFFICIENCY INCREASE OF MACHINING PROCESS IN THE PRODUCTION
OF VE AND VP30 BODIES**

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. PETR ŠVAŘÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. ANTON HUMÁR, CSc.

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Švaříček

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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 diplomové práce:

Možnosti zefektivnění procesu obrábění ve výrobě těles VE, VP30

v anglickém jazyce:

Options of efficiency increase of machining process in the production of VE and VP30 bodies

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce je zaměřena na analýzu obráběcího procesu ve výrobě těles VE, VP30 pro rotační čerpadla (tělesa VE, VP30 – obrábění hliníkové slitiny) v konkrétních podmínkách společnosti Bosch Diesel, s.r.o. v Jihlavě. Cílem práce je možné zefektivnění obráběcího procesu s ohledem na požadavky výroby a zabezpečení systémů jakosti.

Cíle diplomové práce:

1. Historie společnosti a její výrobní program
2. Zhodnocení současného stavu obráběcích procesů na stanoveném úseku
3. Analýza a prověření možností zefektivnění procesu obrábění
4. Vypracování projektu zlepšení, včetně jednotlivých možných návrhů
5. Zhodnocení a posouzení účinnosti zavedených 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]. [vid. 2011-09-26]. Dostupné z: <http://www.hoffmann-group.com/cz/kompetence-v-oblasti-servisu/stahovani-souboru/prirucka-obrabeni.html>.
4. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing s. r.o., 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 diplomové práce: doc. Ing. Anton Humár, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 28.9.2011




prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá analýzou obráběcího procesu ve výrobě těles VE, VP30 pro rotační vstřikovací čerpadla v konkrétních podmínkách společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava se záměrem navržení možností zefektivnění procesu obrábění. Úvodní část práce popisuje historii firmy a její výrobní program. V druhé části je provedeno zhodnocení současného stavu obráběcích procesů na stanoveném úseku. Hlavní část práce analyzuje a prověřuje varianty vedoucí k zefektivnění obráběcího procesu a navrhuje konkrétní možnosti zlepšení s ohledem na požadavky výroby a zabezpečení systému jakosti. Závěr práce obsahuje zhodnocení navržených opatření.

Klíčová slova

Obrábění, těleso rotačního čerpadla, zefektivnění, povlakování.

ABSTRACT

Master thesis describe machining process in production of units VE, VP30 for rotary injection pumps in specific conditions of the BOSCH DIESEL company in Jihlava with intention to offer an possibilities of machining process efficiency optimization. The introduction describes the history of the company and product range. In the second part is carried out evaluation of current state of machining process at a specified section. The main part of the master thesis analyzes and examines the leading options to more efficient machining process and propose specific options for improvement with regard to the requirements of production and quality systém. The conclusion includes evaluation of the proposed actions.

Key words

Machining, rotary pump unit, efficiency, coating

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVAŘÍČEK, Petr, Bc. *Možnosti zefektivnění procesu obrábění ve výrobě těles VE, VP30*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 59 s., 9 příloh. doc. Ing. Anton Humár, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Možnosti zefektivnění procesu obrábění ve výrobě těles VE, VP30 vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

21. 5. 2012

.....
Bc. Petr Švaříček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto doc. Ing. Antonu Humárovi, CSc. z VUT Brno, Ing. Jiřímu Francovi a všem kolegům z firmy BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava za poskytnutí cenných rad a připomínek, které významně přispěly k vytvoření této diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT.....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	9
1 HISTORIE SPOLEČNOSTI A JEJÍ VÝROBNÍ PROGRAM.....	10
1.1 Historie společnosti.....	11
1.2 Struktura společnosti na území České republiky.....	11
1.3 Výrobní program	12
1.4 Společnost BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava	13
1.4.1 <i>Produkce jihlavských závodů</i>	13
1.4.2 <i>Funkce systému rotačního čerpadla</i>	17
2 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ NA STANOVENÉM ÚSEKU	18
2.1 Přehled operací	18
2.2 Polotovary	19
2.3 Řezné prostředí.....	20
2.3.1 <i>Procesní kapaliny a jejich členění</i>	20
2.3.2 <i>Řezný olej používaný v procesu</i>	21
2.4 Materiálový tok	22
2.5 Operace OP10.....	22
2.5.1 <i>Technologický postup OP10</i>	22
2.5.2 <i>Řezné podmínky a osazení nástroji OP10</i>	23
2.5.3 <i>Měřicí procesy v OP10</i>	23
2.6 Šroubování a kódování technologické paletky.....	23
2.7 Operace OP20.....	24
2.7.1 <i>Technologický postup OP20</i>	24
2.7.2 <i>Měřicí procesy OP20</i>	25
2.8 Operace OP30.....	25
2.8.1 <i>Technologický postup OP30</i>	25
2.8.2 <i>Měřicí procesy OP30</i>	26
2.9 Operace OP40.....	26
2.9.1 <i>Technologický postup OP40</i>	27
2.9.2 <i>Měřicí procesy OP40</i>	28
2.10 Operace OP50	28
2.11 Operace OP60	29
2.11.1 <i>Technologický postup OP60</i>	29
2.11.2 <i>Měřicí procesy OP60</i>	30
2.12 Operace OP70	30
2.13 Operace OP80.....	30
2.14 Operace OP90.....	31
2.15 Operace OP100	31
2.16 Operace OP110.....	32
2.17 Zhodnocení procesu	32
3 ANALÝZA A PROVĚŘENÍ MOŽNOSTÍ ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESU OBRÁBĚNÍ	33

3.1	Možnost inovace výrobního zařízení	33
3.2	Analýza a prověření možnosti snížení kvalitativních výpadků.....	33
3.2.1	<i>Systém Shopfloor cykle</i>	34
3.2.2	<i>Kvalitativní výpadek v OP30</i>	35
3.2.3	<i>Kvalitativní výpadek v OP40</i>	36
3.3	Analýza a prověření možnosti snížení spotřeby času obráběcích operací	38
3.3.1	<i>Spotřeba času z hlediska výrobního zařízení</i>	38
3.3.2	<i>Analýza spotřeby času obráběcích operací</i>	39
3.4	Analýza a prověření trvanlivosti nástrojů v obráběcích operacích.....	40
4	VYPRACOVÁNÍ PROJEKTU ZLEPŠENÍ, VČETNĚ JEDNOTLIVÝCH MOŽNÝCH NÁVRHŮ	41
4.1	Odstranění tvorby nárůstku v OP30.....	41
4.1.1	<i>Povlakování nástrojů z rychlořezné oceli</i>	42
4.1.2	<i>Volba vhodného povlaku nástroje</i>	43
4.2	Odstranění nevyhovující jakosti povrchu dosedacích ploch tělesa v OP40	44
4.2.1	<i>Volba vhodného povlaku nástroje</i>	45
4.2.2	<i>Použití břitové destičky z PKD</i>	46
4.3	Srovnání časů obráběcích operací	47
4.3.1	<i>Rozbor operace OP20</i>	48
4.3.2	<i>Rozbor operace OP30</i>	49
4.3.3	<i>Rozbor operace OP40</i>	49
4.3.4	<i>Rozbor operace OP60</i>	49
4.3.5	<i>Praktické odzkoušení navržených změn</i>	50
4.4	Prověření trvanlivostí nástrojů na obráběcích operacích	51
5	ZHODNOCENÍ A POSOUZENÍ ÚČINNOSTI ZAVEDENÝCH OPATŘENÍ ..	52
	ZÁVĚR	54
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	56
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	58
	SEZNAM PŘÍLOH	59

ÚVOD

Současný globalizovaný svět se stává stále rychlejší, komplexnější a méně předvídatelný. Tento proměnlivý stav znamená vyšší nároky na rychlost, flexibilitu a přizpůsobivost. Úroveň průmyslu a ekonomiky je hlavním faktorem, který v podstatné míře ovlivňuje úspěšnost či neúspěšnost podniku. V době celosvětové recese v oblasti těžkého průmyslu je snahou všech výrobců zabezpečit svůj další možný rozvoj, tzn. trvale zdokonalovat svoji technickou, ale i ekonomickou základnu.

V dnešní době částečně stagnující automobilový průmysl a snaha o jeho plné oživení klade na zainteresované firmy vysoké nároky na vývoj nových produktů, náběh jejich výroby v co nejkratším termínu a nepochybně i jejich efektivnost. Výše uvedená měřítko lze splnit jen s efektivním využitím technické vybavenosti a maximálním využitím lidského potenciálu.

Společnost Robert Bosch GmbH ze Stuttgartu lze díky široké výrobní základně, globálnímu zastoupení a smyslu pro inovace zařadit mezi přední výrobce vstřikovacích systémů do vznětových motorů a má veškeré předpoklady k tomu, aby využívala šance, které se jí v celém světě neustále nabízejí.



Obr. 1. Vstřikovací systém vznětového motoru.⁴

Dceřiná společnost BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava započala v roce 1995 s výrobou a opravami dieselových vstřikovacích čerpadel (obr. 1) typu VE a VP. Po dobu existence prošel tento proces mnoha vývojovými změnami a po dobu tří let představoval nosný výrobní program firmy. V 2010 byla do jihlavského závodu přemístěna obráběcí linka těles rotačních čerpadel VE a VP30. Produkty VE a VP30 sice v rámci firemního portfolia nepředstavují produkty, které dosahují nejlepších obchodních výsledků a nelze v této oblasti očekávat zásadní inovace, nicméně i nadále představují produkci, která je zákazníky společnosti žádána. Z tohoto důvodu je nutno se zaměřit na proces samotný a maximalizovat jeho efektivnost.

V diplomové práci bude analyzován proces obrábění ve výrobě těles pro rotační čerpadla s vyjádřením možností zefektivnění obráběcího procesu s ohledem na požadavky výroby a zabezpečení systému jakosti.

1 HISTORIE SPOLEČNOSTI A JEJÍ VÝROBNÍ PROGRAM

Bosch Group lze bezesporu označit za lídra v oblasti mezinárodních dodávek technologií a služeb.

Podnikatelskou samostatnost Bosch Group zabezpečuje obchodně právní struktura Robert Bosch GmbH – je neobvyklé, že u soukromé společnosti této velikosti drží 92 % majetkových podílů společnost nezisková nadace, konkrétně veřejně prospěšná společnost Robert Bosch Stiftung GmbH (Nadace Roberta Bosche), která však nemá žádná hlasovací práva. Většinová hlasovací práva (93 %) vlastní společnost Robert Bosch Industrietreuhand KG, která má současně právo vykonávat funkci společníků. Ostatní podíly a hlasovací práva vlastní rodina Boschových a společnost Robert Bosch GmbH¹.

Větší část produkovaného zisku kapitalizuje firma v zájmu trvalého budoucího rozvoje a růstu a výnosy z akcí pro akcionáře jsou pak věnovány na humanitární účely.

Bosch Group tvoří společnost Robert Bosch GmbH spolu s více jak 300 dceřinými (obr. 1.1) a regionálními společnostmi ve více jak 60 zemích po celém světě. V případě, že započteme i všechny servisní a prodejní partnery, lze společnost Bosch nalézt ve více jak 150 zemích. Služby i výrobky Bosch přináší do našeho života inovativní, ale i užitečná řešení; v roce 2011 investoval Bosch do výzkumu a vývoje více jak 4 miliardy euro a v této oblasti zaměstnává zhruba 39 000 zaměstnanců. Ročně pak společnost přihlašuje zhruba 4000 patentů (v loňském roce bylo podáno 4 100 žádostí o patenty, což představuje úctyhodných 16 podaných žádostí denně)¹.



Obr. 1.1 Letecký snímek jihlavského závodu⁴.

Bosch Group nepodceňuje současné trendy, a tak zintenzivňuje své aktivity například v oblasti elektromobility – do roku 2013 se očekává rozjezd 21 projektů na hybridní a plně elektrické pohony, resp. zahájení sériové výroby u 13 výrobců aut¹.

Dle předběžných výsledků dosáhla společnost Bosch Group, který dodává technologie a služby, v roce 2011 obratu 51,4 miliard euro, tj. o 8,8 % více než v roce předcházejícím. Na počátku roku 2012 překonal celkový počet zaměstnanců hranici 303 000, největší nárůst byl zaznamenán v Evropě, a to cca 10 300 nových pracovníků¹.

1.1 Historie společnosti

Společnost vznikla v roce 1886 ve Stuttgartu jako „dílna pro jemnou mechaniku a elektroniku“, jejím zakladatelem byl Robert Bosch (1861 – 1942)².

Na českém území působí společnost Robert Bosch aktivně od konce 19. století, kdy mimo jiné obchodovala i s firmou Laurin and Klement. První oficiální pobočka společnosti byla založena v Praze v roce 1920. Robert Bosch se aktivně účastnil veletrhů a výstav, pět let po svém založení otevírá nové, prakticky koncipované ústředí společnosti v prestižní části hlavního města².

Strmý růst počtu smluvních opravárenských dílen začíná ve třicátých letech – značka Bosch se velmi dobře etablovala v odvětví automobilového průmyslu a slovo „bošák“ se dokonce dostalo do slovní zásoby českého jazyka. Působení české filiálky společnosti však bylo přerušeno na celých 44 let a znovu se vrací po revolučním roce 1989, aktivní činnost firmy byla obnovena v prosinci roku 1991².

1.2 Struktura společnosti na území České republiky

V České republice nyní sídlí několik na sobě vzájemně nezávislých dceřiných firem Robert Bosch GmbH.

Obchodní činnost je zajišťována prostřednictvím pražských společností – Robert Bosch odbytová s.r.o., Bosch Termotechnika s.r.o. a částečně také společností Bosch Rexroth s.r.o., která sídlí v Brně. Obchodování v rámci segmentu domácí spotřebiče je v kompetenci společnosti s ručením omezeným BSH domácí spotřebiče s.r.o., která je dceřinou společností Bosch-Siemens Hausgeräte GmbH (zde má Robert Bosch GmbH 50 % majetkovou účast)².

Výrobní závody společnosti Bosch nalezneme v Českých Budějovicích – Robert Bosch, spol. s r.o., v Jihlavě – Bosch Diesel s.r.o., v Krnově a Albrechticích – Bosch Termotechnika s.r.o. a v již zmiňovaném Brně – společnost Bosch Rexroth s.r.o.².

Po dobu svého působení v České republice si firma vybudovala nejen postavení významného výrobce, ale i investora. Produkty Bosch se zabydlely nejen v našich domácnostech, ale i v průmyslových závodech, automobilech a službách².

Na našem území zaměstnává Bosch Group prostřednictvím svých dceřiných společností zhruba 8000 pracovníků, dle hospodářských výsledků roku 2010 představoval celkový obrát společností 1,2 miliard euro².

1.3 Výrobní program

Výrobní program společnosti lze rozčlenit do několika samostatných okruhů, které jsou popsány níže.

Průmyslová technika

- Nárůst a rozvoj této oblasti je dán díky automatizační technice a obchodu společnosti Bosch Rexroth s.r.o. se součástkami a pohony pro větrné elektrárny, dále zahrnuje výrobu balicí techniky pro potravinářský, farmaceutický (obr. 1.2) a chemický průmysl. V roce 2011 byla oblast průmyslové techniky nejsilnější ve svém meziročním růstu – celosvětově zaznamenala zlepšení o 20 % na 8 miliard euro^{1,2}.



Obr. 1.2 Balicí stroj pro farmaceutický průmysl⁵.

Spotřební zboží a technika budov

- Základním výrobním programem tohoto odvětví jsou elektrická nářadí, tepelná, zabezpečovací a satelitní technika, širokopásmová komunikační technika a výroba domácích spotřebičů. Tyto produkty znají spotřebitelé pod značkami Bosch, Skil, Dremel, Acto-Qualcast, Buderus, Dakon, Junkers, Geminox, Radon, Vulcano, e.i.m. Leblanc nebo Worcester².

Automobilová technika

- Automobilová technika je největším podnikovým odvětvím (59 % podílu na obratu), v loňském roce zaznamenala 8 % meziroční nárůst. Divize Automobilová technika se zaměřuje především na benzinové a dieslové palivové systémy, podvozkové systémy, energetické a komfortní systémy vybavení vozidel, dále na car multimedia, automobilovou elektroniku a automotive aftermarket^{1,2}.

1.4 Společnost BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava

Dceřiná společnost BOSCH DIESEL s.r.o. se sídlem v Jihlavě vznikla formou Joint venture, tj. založením společného podniku jihlavského strojírenského závodu Motorpal a.s. a německé firmy Robert Bosch GmbH. Jediným majitelem společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. se mateřská firma Robert Bosch GmbH stala v roce 1996 a jako prioritu si stanovila vybudování nových výrobních prostor a zahájení výroby v co nejkratším termínu².

Za dobu svého působení prodělala jihlavská společnost velký rozvoj, aktuálně se svými více než 4500 pracovníky patří rozhodně k největším zaměstnavatelům v Kraji Vysočina. Mezi klíčové priority firmy se řadí ochrana životního prostředí, bezpečnost práce a ochrana zdraví zaměstnanců (v oboru bezpečnosti práce vlastní od roku 2005 osvědčení „Bezpečný podnik“)².

V BOSCH DIESEL s.r.o. je zdárně implementován a certifikován systém bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí dle ISO 14001:2004/OHSAS 18001:2007. Firma se také význačně angažuje v regionu Vysočina, podporuje zejména charitativní organizace, nemocnice a zdravotnická zařízení, vzdělávací instituce či sportovní kluby².

V roce 2011 získala společnost BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava Národní cenu kvality a oprávnění užívat titul „Excelentní firma“. Národní cena kvality je považována na nejprestižnější uznání, které může firma získat, představuje ocenění excelentních výkonů a rozvoje moderního managementu firmy, jedná se o jediné ocenění, které je udělované v 80 zemích světa dle jednotných pravidel³.

1.4.1 Produkce jihlavských závodů

BOSCH DIESEL s.r.o. zajišťuje svoji produkci v celkem třech jihlavských závodech:

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

Výrobní program společnosti zahrnuje komponenty automobilové techniky pro divizi Dieslové systémy. Obchodní oblast Dieslové systémy vyvíjí, aplikuje a vyrábí v mezinárodní spolupráci nejmodernější systémy vznětových motorů, které přispívají k vyšší výkonnosti, úspornosti a ekologičnosti automobilů. Mezi odběratele jihlavských závodů lze zařadit téměř všechny významné evropské automobilky, ale také některé asijské či jihoamerické⁴.

Prvními produkty společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava bylo jednoválcové čerpadlo PFM a vstřikovače. V roce 1994 se hlavním výrobním programem stala výroba řadových čerpadel, tato však byla po pěti letech ukončena – jejich výroba se přesunula do jiných filiálek Bosch Group⁴.

Výroba řadových čerpadel byla postupně nahrazena výrobou balicích strojů a čerpadel PDM. Výrobní program se dále rozšiřoval o sériové opravy vstřikovacích jednotek a rotačních čerpadel, přechodnou dobu se vyráběly i světlomety. V roce 2003 došlo k přesunu výroby jednoválcových čerpadel PFM a PDM do Indie⁴.

Na přelomu let 1999 a 2000 je zahájena výroba komponentů pro systém Common Rail (dále jen CR), dodnes představuje nosný výrobní program jihlavských závodů. Pro výrobu vysokotlakých čerpadel Common Pump (dále jen CP) byl v roce 2001 postaven nový výrobní závod Pávov, který je jednou z největších výrobních hal koncernu Bosch ve světě. Počátek roku 2008 znamená potom zahájení sériové výroby nejnovější generace čerpadel CP4⁴.

VYRÁBĚNÉ PRODUKTY⁴:

Rail

Součást systému CR – vysokotlaký zásobník (obr. 1.3), kam proudí palivo z čerpadla a pod tlakem je rozváděno k vstřikovacím jednotkám:

- výroba těles railů a kompletní montáž.



Obr. 1.3 Vysokotlaký zásobník⁵.

DRV

Zpětný tlakový ventil – součást systému CR – reguluje tlak paliva ve vstřikovacím systému:

- montáž dvou základních typů – DRV 1 a DRV 2.

CP1H

Obrábění jednotlivých dílců čerpadla:

- tělesa čerpadla – opracování a dokončovací operace,
- hlava válce – broušení honování,
- vačková hřídel – broušení a kartáčování,
- rolna – soustružení, broušení, dokončovací operace.

Z dalších dodávaných komponentů a z výše uvedených dílců je prováděna kompletní montáž čerpadla CP1H (obr. 1.4) na montážní lince.



Obr. 1.4 Čerpadlo CP1H⁵.

CP3

Prováděna montáž čerpadla (obr. 1.5) a výroba tělesa čerpadla včetně drobných komponentů:

- výrobní linky na výrobu těles,
- kompletní linky na výrobu drobných dílců,
- montážní linky.



Obr. 1.5 Řez čerpadlem CP3⁵.

CP4

Výroba těles, příruby a montáž čerpadla (obr. 1.6):

- montážní linky,
- linky na výrobu těles,
- linky na výrobu přírub čerpadla.



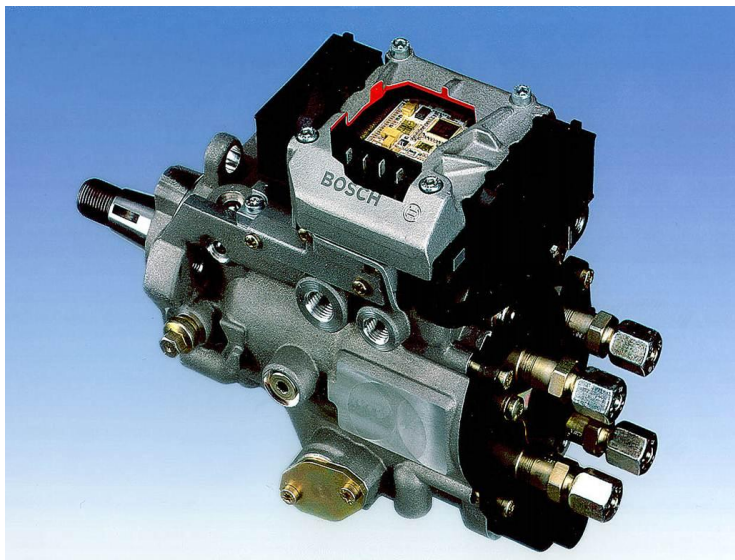
Obr. 1.6 Čerpadlo CP4⁵.

Rotační čerpadla VE, VP30, VP44

Montáž nových čerpadel a zároveň prováděny generální opravy těchto produktů (obr. 1.7):

- montážní linky VE, VP30, VP44,
- výrobní linka těles VE, VP30, VP44.

Ostatní součásti potřebné k montáži rotačních čerpadel jsou dodávány z jiných dceřiných závodů společnosti Bosch a externích dodavatelů.



Obr. 1.7 Rotační čerpadlo VP44⁴.

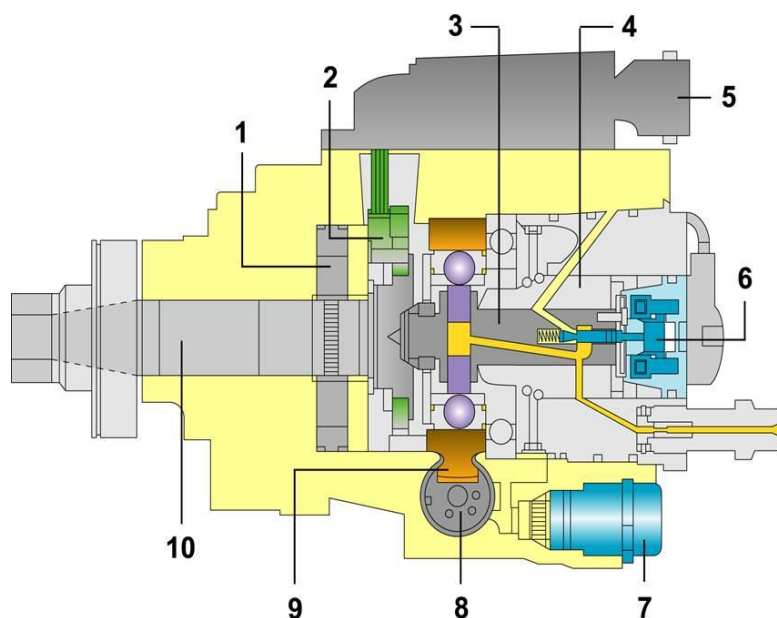
1.4.2 Funkce systému rotačního čerpadla

Rotační čerpadla jsou součástí dieslových systémů již od roku 1965 a lze je rozdělit na tři základní vývojové typy:

- rozdělovací nastavovací čerpadlo s axiálním pístem (Verteilen einstellen pumpe – dále jen VE),
- rozdělovací čerpadlo s axiálním pístem (Verteilen pumpe – dále jen VP30),
- rozdělovací čerpadlo s radiálním pístem (Verteilen pumpe – dále jen VP44).

Tento vstřikovací systém se používá pro motory s výkonem do 350 kW, tedy pro osobní automobily a malé užitkové vozy a stroje (obráz. 1.8).

Pohon čerpadla je zabezpečován rozvodovým systémem motoru, převodový poměr rotačního čerpadla je 1:2, přičemž otáčky čerpadla jsou nižší než otáčky samotného motoru⁴.



Obr. 1.8 Řez rotačním čerpadlem⁴.

Palivo je nasáváno přes palivový filtr z nádrže prostřednictvím křídlového čerpadla (1). Křídlové čerpadlo vytváří přes regulační ventil pracovní tlak paliva v tělese čerpadla. Palivo je dále tlačeno do pístu hlavy (3), kde dochází k rozdělení paliva na jednotlivé válce (4). Řídící jednotka čerpadla (5) reguluje přes elektromagnetický vysokotlaký ventil (6) množství dávky paliva, které je přes vysokotlaké vedení dopravováno ke vstřikovacím jednotkám a následně vstříknuto do válce. Elektromagnetický ventil počátku vstřiku (7) nastavuje přesuvník vstřiku (8), který je spojen s prstencem s vačkou (9), natočení přesuvníku v této fázi snímá snímač úhlu otočení (2). Rotační pohyb udává hřídel pohonu (10).

Z výše uvedeného popisu je zřejmé, že hlavními úkoly rotačního čerpadla jsou nasávání paliva z nádrže, vytvoření vysokého tlaku pro proces vstřiku a rozdělení paliva do válců motoru.

2 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU OBRÁBĚCÍCH PROCESŮ NA STANOVENÉM ÚSEKU

Dále se bude tato diplomová práce zabývat detailněji pouze tělesem rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem. Tento dílec slouží k vedení rotačních součástí, k udržení tlaku paliva, jeho správného toku a uložení hřídele. Další neopomenutelnou funkci má těleso ve vztahu k motoru – čerpadlo je přímo upevněno k motoru a propojeno přes hřídel na rozvodový systém.

Těleso rotačního vstřikovacího čerpadla s axiálním pístem je vyráběno ve třech modifikacích VE mech, VE EDC, VP30. Jednotlivé modifikace těchto těles mají dle svého využití samostatné varianty neboli podtypy.

2.1 Přehled operací

Výroba těles rotačních čerpadel s axiálním pístem probíhá na výrobní lince L1 (obr. 2.1, tab. 2.1). Tato linka byla do jihlavského závodu přemístěna z mateřského závodu Bosch Stuttgart v listopadu 2010, v roce 2011 již plně naběhla sériová výroba. Jihlavský závod je unikátní tím, že je jediným závodem v rámci Evropy, kde se tato tělesa vyrábí.



Obr. 2.1 Výrobní linka těles rotačních čerpadel.

Tab.2.1 Přehled operací.

OP	Proces	Zařízení L1
10	Vrtání	STAMA
15	Kódování, šroubování technologické paletky	PC
20	Frézování, vrtání	GROB
30	Vrtání, vystružení	GROB
40	Frézování, vrtání	GROB
50	Lisování ložiskového pouzdra	PFUDERER
60	Frézování, vrtání, vystružení	GROB
70	Popis	BORRIES
80	Čištění	INDA
90	Lisování kolíků, tlumivky, kuličky	PFUDERER
100	Zkouška těsnosti	BAYER
110	Vizuální kontrola a balení	-----

Pro přesné grafické rozmístění pracovišť lze nahlédnout do půdorysu v příloze č. 1.

2.2 Polotovary

Polotovarem tělesa rotačního vstřikovacího čerpadla je odlitek ze slitiny hliníku. Tyto slitiny patří k nejpoužívanějším neželezným konstrukčním materiálům, které jsou hojně využívány v automobilovém průmyslu.

„K přednostem slitin hliníku lze počítat zejména nízkou měrnou hmotnost a poměrně dobrou pevnost, což znamená, že měrné pevnostní charakteristiky (např. R_m/ρ) jsou srovnatelné s obdobnými charakteristikami ocelí, případně jsou lepší. Slitiny hliníku pokud neobsahují měď, velmi dobře odolávají korozi v atmosféře a látkám kyselé povahy. Odolnost slitin hliníku proti působení látek alkalických je naopak malá⁶.“

„Nedostatkem slitin hliníku je jejich nízká tvrdost a tedy snadné zhmoždění povrchu zpracovávaného materiálu a výrobků, obtížné třískové obrábění a mechanické leštění měkkých slitin (materiál se maže)⁶.“

Hliníkové slitiny jsou používány k výrobě tvarových odlitků pro lití do forem nebo tlakově. Tvářené výrobky dosahují lepších mechanických vlastností než výrobky odlité, u kterých závisí na způsobu odlévání. Odlitky lité do forem z písku mají hrubou strukturu a nízké pevnostní charakteristiky. Odlitky lité do kovových forem nebo při lití tlakovém jsou jemné struktury a mají lepší mechanické vlastnosti⁶.



Obr. 2.2 Polotovar tělesa.

Odlitek tělesa rotačního vstřikovacího čerpadla (obr. 2.2) s chemickým složením Al-Si-Cu-Mg-Ni lze zařadit mezi speciální siluminy. Tyto slitiny vynikají vyšší výdrží při dlouhodobé mechanické zátěži za teplot do 250 °C, ale slévárenské vlastnosti mají speciální siluminy horší než siluminy binární Al-Si. Speciální siluminy jsou používány na odlitky tvarově složité a tenkostěnné všech druhů např. bloky spalovacích motorů, převodové skříně, písty a hlavy válců⁶.

2.3 Řezné prostředí

Prostředí v zóně řezání významně ovlivňuje kvantitativní, kvalitativní a ekonomické veličiny řezného procesu. Řezné prostředí je tvořeno tzv. řeznými médii - řeznými (procesními) kapalinami, plyny, pastami, a mlhami. Výše uvedená media jsou vyrobena a zejména užívána tak, aby měla chladicí, mazací i čistící účinek. K zásadním specifickým požadavkům, kladeným na řezná média, patří provozní stálost, ochranný účinek, zdravotní nezávadnost a samozřejmě přiměřené provozní náklady⁷.

2.3.1 Procesní kapaliny a jejich členění

Řezné kapaliny lze dělit dle účinku na kapaliny s převažujícím mazacím nebo s převažujícím chladicím účinkem. Vzhledem ke stále se zvyšujícím požadavkům na funkčnost kapalin, není výše uvedené členění již zcela přesné, neboť stávající produkty, které jsou na trhu nabízeny, již plní funkci mazací i chladicí⁷.

Řezné kapaliny lze dále členit na:

- vodní roztoky,
- emulzní kapaliny,
- řezné oleje (ekologicky nezávadné),
- syntetické kapaliny⁷.

Vodní roztoky

Tento druh kapaliny na bázi vody vyžaduje řadu úprav, např. přidávání přísad proti korozi, zlepšení smáčivosti, má výrazně vyšší chladicí účinek než účinek mazací. Vodní roztok musí být alkalický, existuje zde zvýšené riziko rozmnožování anaerobních bakterií, jejichž důsledkem je nepříjemný zápach a tvorba kalů⁷.

Emulzní kapaliny

Emulzní kapaliny jsou tvořeny soustavou dvou vzájemně nerozpustných kapalin. Další podstatnou součástí je tzv. emulgátor, který emulzi stabilizuje a zabraňuje koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě. Jako hlavní benefit emulzní kapaliny lze označit spojení předností vody i mazacích olejů⁷.

Řezné oleje

Jedná se o kapaliny na bázi minerálních olejů obohacených o přísady, jejichž úkolem je zvýšení mazacích vlastností a tlakové únosnosti. Jako přísady jsou nadále používány mastné látky, organické sloučeniny, pevná maziva⁷.

Syntetické kapaliny

Hlavní výhodou těchto řezných kapalin je jejich velká provozní stálost, jsou snadno rozpustné ve vodě, vynikají chladicími, mazacími i ochrannými účinky. Syntetické řezné kapaliny jsou složeny z glykolů (rozpuštědel). Glykoly jsou průsvitné, což umožňuje sledovat průběh obráběcího procesu, ve vodě emulgují nebo se rozpustí⁷.

2.3.2 Řezný olej používaný v procesu

Na úseku obrábění těles rotačních čerpadel se používá procesní kapalina Multicut speciál 4. Tento řezný olej je vhodný pro obrábění neželezných kovů, speciálně pro slitiny hliníku s vysokým podílem obsahu křemíku ve slitině. Dosahuje velmi dobrých výsledků při soustružení, vrtání, hlubokém vrtání a též u vnitřně chlazených nástrojů pod vysokým tlakem.

Technické údaje řezného oleje:

- nízkoviskózní olej k obrábění kovů,
- na bázi minerálního oleje,
- s účinnými látkami obsahující fosfor,
- bez chlóru,
- bez aditiv, která by obsahovala síru,
- obsahuje přírodní a derivované tukové látky,
- slabě vytváří mlhu⁴.

Další parametry řezného oleje jsou uvedeny v příloze č. 2.

2.4 Materiálový tok

Tok materiálu úsekem obrábění těles rotačních čerpadel je zabezpečován systémem Kanban, jenž lze z japonštiny přeložit jako oznamovací kartu, štítek nebo informaci. V rámci Evropy je tento pojem známý jako systém dílenského řízení výroby za využití karet, který má původ právě v Japonsku, a je postaven v podstatě na principu supermarketu – pracoviště ve výrobě je možné rozdělit na prodáváče a kupující⁸.

Cílem kanbanu je postupná eliminace veškerých skladů, se jedná o „tahání“ součástek procesem výroby tak, jak je požaduje výroba, bez nepotřebných meziskladů a rozpracovanosti (přechod od tlačného toku materiálu k tzv. tahanému). Úkolem tohoto systému je signalizovat stav zásob a rozpracované výroby⁹.

Zavedení kanbanu umožňuje pružněji reagovat na potřeby zákazníků, snižují se výrobní dávky, což znamená menší počet dílců ve výrobě, zmenšování nároků na prostor pro sklady a redukce ztrát z nekvality. Výše uvedené výhody kanbanu logicky znamenají snižování nákladů a zpřehlednění výrobního procesu – všechna data se nalézají na kanban tabuli^{9,10}.

Systém dílenského řízení výroby kanban lze dělit na dva základní typy – jednokartový nebo dvoukartový systém⁹.

Kanban nemusí existovat pouze uvnitř podniku, ale také jako vztah dodavatel – centrální sklad či dodavatel – montážní sklad apod.⁹.

Systém kanban je nejvhodnější implementovat pro výrobu stejných dílců, které vykazují velkou setrvačnost odbytu⁹.

Tok materiálu – obráběcí operace:

- automatický pás + technologické paletky,
- manipulátor.

Mezioperační tok materiálu:

- skluzy,
- automatický dopravník – definuje mezioperační zásobu.

Grafické znázornění toku materiálu je zobrazeno v příloze č. 1.

2.5 Operace OP10

Odlitek tělesa rotačního čerpadla vstupuje do výroby operací OP10, která je osazena obráběcím centrem STAMA a obsluha pouze vkládá polotovar do upínacího přípravku stroje a mění obráběcí program dle typu tělesa. V této přípravné operaci jsou obráběny technologické otvory (vrtání děr, řezání závitů) pro upevnění odlitku na technologickou paletku.

2.5.1 Technologický postup OP10

Úsek 1: vrtání - otvor pro závit 3x (znak č. 101, 102, 103).

Úsek 2: řezání závitu 3x (znak č. 101, 102, 103).

Grafické znázornění obráběcích úseků OP10 je možno zhlédnout v příloze č. 3.

2.5.2 Řezné podmínky a osazení nástroji OP10

Řezné podmínky, do kterých spadá řezná rychlost v_c , posuv na otáčku f , otáčky n , hloubka záběru a_p , délka řezu nástroje l , délka dráhy nástroje L , délka náběhu nástroje l_n , délka přeběhu nástroje l_p , byly nastaveny na základě výkresové dokumentace, doporučení výrobců nástrojů, vyměnitelných břitových destiček a uzpůsobeny tuhosti upnutí obrobku a výkonu stroje. Tyto parametry nebudou dále v diplomové práci uváděny – jedná se o interní data společnosti, která nedala souhlas k jejich zveřejnění.

2.5.3 Měřicí procesy v OP10

V operaci OP10 jsou prováděny dva měřicí procesy, které lze rozdělit na měření 3D přístrojem a ruční měření, kdy jejich četnost je rozdílná.

Měření 3D přístrojem je vykonáváno po obráběcím procesu na měřicím pracovišti zařízením od firmy STOTZ. Měření se provádí vždy na začátku směny (první dva kusy), vždy na začátku výroby nového typu nebo po odstávce stroje.

K ručnímu měření je používán měřicí stůl se všemi potřebnými měřidly (tab. 2.2). Důležitým prvkem je čistota samotného dílce, před zahájením měření je nutno dílec vyprat v ultrazvukové pračce a očistit tlakovým vzduchem. Ručním měřením je měřen průměr závitu s četností dva kusy za směnu a dále se provádí kontrolní měření po výměně nástroje nebo po nucené odstávce stroje (příloha č. 3).

Tab.2.2 Používaná měřidla.

Číslo znaku	Měřidlo	Rozměr
101 - 103	Závitový kalibr	M10x1,5 – 6H

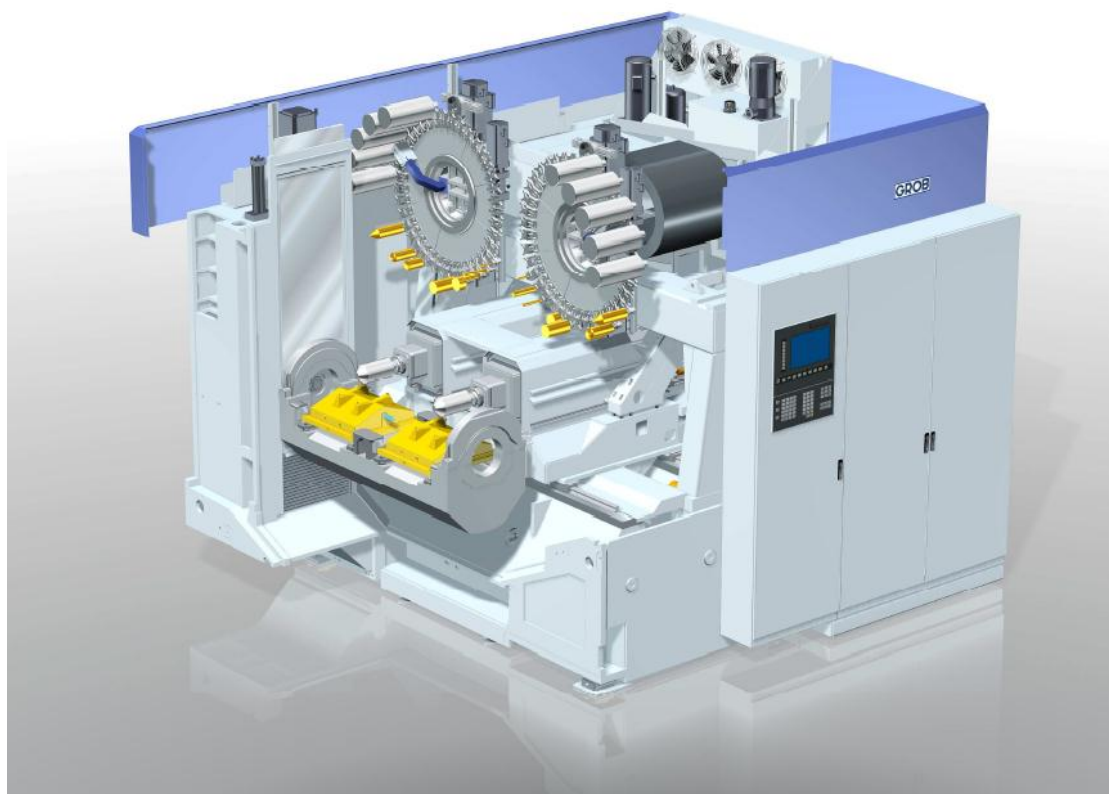
2.6 Šroubování a kódování technologické paletky

Spojení technologické paletky s obrobkem se provádí jejím vložením do speciálního přípravku. Těleso je odebráno z vozíku a vloženo na paletu, ke které jej připevníme automatickým šroubovacím systémem.

Těleso s technologickou paletou je vyjmuto ze speciálního přípravku a následně vloženo na kódovací desku, kde jsou do čipu technologické paletky vložena typová data. Tato vložená data jsou zdrojová pro další obráběcí operace, kdy v podstatě specificky určují, jaký typ tělesa je obráběn v dalších operacích a jaký typ obráběcího programu musí být použit.

2.7 Operace OP20

Tato operace je osazena obráběcím centrem GROB (obr. 2.3), na kterém jsou vykonávány tyto obráběcí úseky – frézování, vrtání.



Obr. 2.3 Řez obráběcím centrem GROB⁵.

2.7.1 Technologický postup OP20

Úsek 1: frézování – těsnící plocha víka (znak č. 370).

Úsek 2: zahloubení – otvory vnitřního prostoru čerpadla (znak č. 200),
rovinná plocha dopravního čerpadla (znak č. 270).
sražení – dosedací plocha (znak č. 212).

Úsek 3: oběžné frézování – plocha příruby (znak č. 451, 471).

Úsek 4: oběžné frézování – příruba vnější průměr (znak č. 472).

Úsek 5: vrtání zahloubení – nalícování pouzdra (znak č. 410).

Úsek 6: vrtání – mazací drážka (znak č. 213).

Úsek 7: navrtání, sražení hrany – upevňovací otvory (znak č. 201, 209, 316).

Úsek 8: vrtání otvoru pro závit – upevňovací otvory (znak č. 201, 209, 316).

Úsek 9: tváření závitů – upevňovací závity (znak č. 201, 209, 303, 316).

Úsek 10: vrtání – drážky k regulačnímu ventilu (znak 207).

Úsek 11: vrtání, tváření závitů – upevňovací záv. dopr. čerpadla (znak č. 205).

Úsek 12: stupňovité vrtání – k regulačnímu ventilu (znak č. 313).

Úsek 13: vrtání – přívod čerpadla (znak č. 302, 372).

Úsek 14: vystružení – přívod čerpadla (znak č. 302, 372).

Úsek 15: frézování závitu – přívod čerpadla (znak č. 302, 372).

Úsek 16: frézování – doraz osy (znak č. 373).

Úsek 17: frézování – dlouhé otvory odlitku (znak č. 494 – 496).

Ke grafickému znázornění jednotlivých obráběcích úseků je možno nahlédnout do přílohy č. 4.

2.7.2 Měřicí procesy OP20

V této operaci je možno rozdělit měřicí procesy na měření 3D přístrojem a ruční měření, kdy četnost měření je rozdílná.

Měření 3D přístrojem je prováděno měřicím zařízením SIRIO, a to s četností jeden kus za směnu. Po odstávce stroje nebo po výměně nástroje se měří vždy první čtyři kusy a to tak, aby byla změřena všechna upínací místa na stole obráběcího stroje. Měření probíhá s upnutým obrobkem na technologickou paletku.

Ruční měření je prováděno kalibry (tab. 2.3) na počátku směny a v její polovině. Obrobek je nutno řádně očistit tlakovým vzduchem a provést měření kontrolovaných znaků (příloha č. 4) na kontrolním pracovišti, které se nachází vedle obráběcího stroje.

Tab.2.3 Používaná měřidla.

Číslo znaku	Měřidlo	Rozměr
201 - 204	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
205 - 206	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
209 – 210	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
303 – 310	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
207	Válečkový kalibr	5H13
410	Hodinková měrka	
302, 372	Závitový kalibr	M12x1,5 – 6G
306	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
306	Válečkový kalibr	7,39H9
313	Válečkový kalibr	4±0,1

2.8 Operace OP30

V operaci OP30 se provádí vrtání kanálků a spojovacích otvorů tělesa (příloha č. 5), rozlišuje se těleso pro pravotočivé (RL) a levotočivé čerpadlo (LL). Je zde též používáno obráběcí centrum GROB.

2.8.1 Technologický postup OP30

Úsek 1: navrtání, vrtání – spojovací otvor (znak č. 401).

Úsek 2: navrtání, vrtání – spojovací otvor (znak č. 315).

Úsek 3: vrtání – otvor přesuvníku vstřiku (znak č. 500).

Úsek 4: navrtání, vrtání – pravotočivý propojovací otvor (znak č. 512).

Úsek 5: navrtání, vrtání – levotočivý propojovací otvor (znak č. 612).

Úsek 6: navrtání, vrtání, vystružení – otvor pro tlumivku (znak č. 519)

Úsek 7: navrtání, vrtání – propojovací otvor časovacího ventilu (znak č. 520)

Úsek 8: navrtání, vrtání, vystružení – otvor pro tlumivku (znak č. 619)

Úsek 9: navrtání, vrtání – propojovací otvor (znak č. 620)

Úsek 10: zahloubení, tváření závitu – tlakový ventil (znak č. 301)

Úsek 11: vrtání, řezání závitu – stupňovitý otvor (znak č. 300, 375)

Úsek 12: vystružení – náběh pouzdra (znak č. 400)

Ke grafickému znázornění jednotlivých obráběcích úseků je možno nahlédnout do přílohy č. 5.

2.8.2 Měřicí procesy OP30

Vždy na začátku a v druhé polovině směny je nezbytné provádět měření kalibry, jež se nacházejí na kontrolním pracovišti u pásu vedle stroje. Postup je specifikován dle Seznamu kalibrů a měřidel (tab. 2.4) a Popisu znaků (příloha č. 5). Kontrola daného otvoru či závitu musí být uskutečněna po každé výměně nástroje.

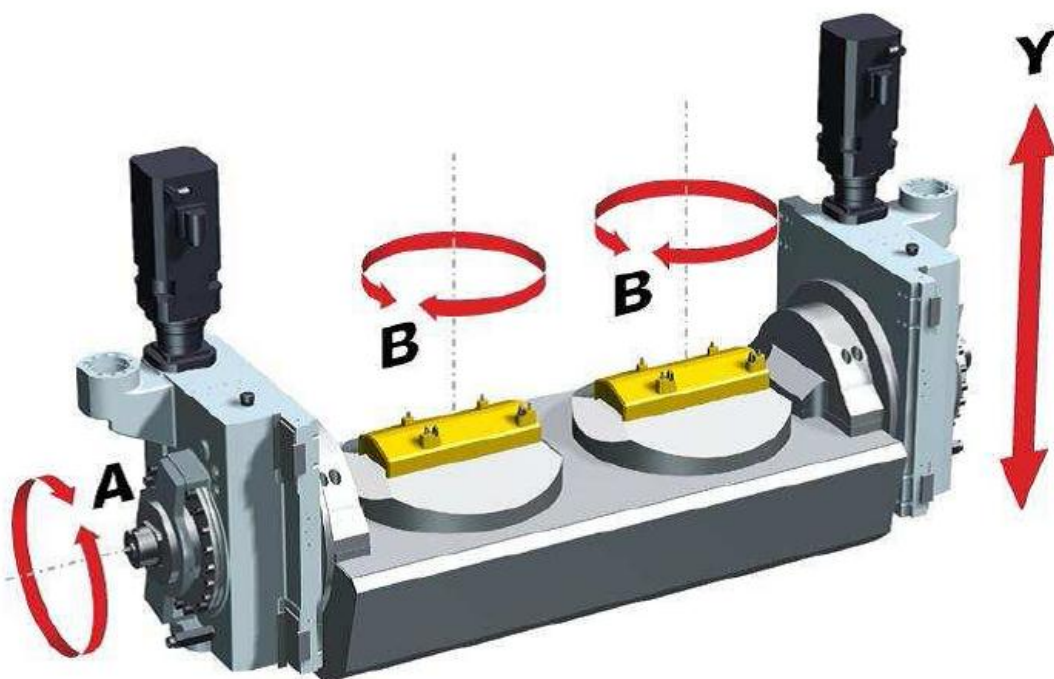
Další metodou měřicího procesu je měření na zařízení 3D Sirio, je využíváno pro kontrolu po odstávce stroje (např. z důvodu opravy) nebo při náběhu nového typu tělesa. Je nutné změřit vždy první čtyři kusy pro všechna upínací místa na stole obráběcího centra, k měření obrobek dodáván včetně technologické paletky.

Tab.2.4 Používaná měřidla.

Číslo znaku	Měřidlo	Rozměr
300	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
300	Měřidlo hloubky závitu	0 – 30 mm
300	Válečkový kalibr	D4,8Js10
300 / 371	Závitový kalibr	M14x1 - 6H
300 / 371	Válečkový kalibr	14,5H11
300 / 371	Měrka hodinková	
400	Ditinoměr analogový dvoudotekový	21H7/20,98-21,02
400	Ditinoměr analogový dvoudotekový	24H7/20,00-24,02
401	Válečkový kalibr	3+0,15,-0,05
512, 612	Válečkový kalibr	3H13
519, 612	Válečkový kalibr	3H13
520	Válečkový kalibr	3H13
213	Válečkový kalibr	3,5-0,5
519, 619	Válečkový kalibr	3,3U8
313	Válečkový kalibr	4 ±0,1

2.9 Operace OP40

Operace OP40 představuje vrtání, frézování a navrtávání. Operace se uskutečňuje na obráběcím centru GROB (obr. 2.4), jedná se poslední obráběcí operaci před lisování ložiskového pouzdra.



Obr. 2.4 Upínací stůl obráběcího centra GROB⁴.

2.9.1 Technologický postup OP40

Úsek 1: vrtání – otvor pro štítek (znak č. 510, 511, 610, 611).

Úsek 2: frézování – plocha štítku (znak č. 573, 673).

Úsek 3: frézování – plocha přesuvníku vstříku (znak č. 572, 672).

Úsek 4: frézování – plocha ventilu (znak č. 571, 671).

Úsek 5: navrtání, sražení hrany – otvor přesuvníku vstříku (znak č. 501, 521).

Úsek 6: navrtání, sražení hrany – otvor KSB (znak č. 515, 516)

Úsek 7: stupňovité vrtání – otvor přesuvníku vstříku (znak č. 501, 521).

Úsek 8: stupňovité vrtání – otvor KSB (znak č. 515, 516).

Úsek 9: tváření závitu – otvor přesuvníku vstříku (znak č. 501, 521).

Úsek 10: tváření závitu – otvor KSB (znak č. 515, 516).

Úsek 11: stupňovité vrtání – vstupní, výstupní otvor (znak č. 506, 606).

Úsek 12: frézování závitu – vstupní, výstupní otvor (znak č. 506, 606).

Úsek 13: stupňovité vrtání – otvory na kolíky (znak č. 505, 605).

Úsek 14: stupňovité vrtání – blokovací otvor (znak č. 513, 613).

Úsek 15: frézování závitu – blokovací otvor (znak č. 513, 613).

Úsek 16: zhloubení – čelní plocha s odsazením (znak č. 572, 672).

Úsek 17: předvrtání, zhloubení – otvor KSB (znak č. 507, 517).

Ke grafickému znázornění jednotlivých obráběcích úseků je možno nahlédnout do přílohy č. 6.

2.9.2 Měřící procesy OP40

Měřící procesy jsou prováděny kalibry dvakrát za směnu - na jejím začátku a v polovině. Další kontrolní měření otvoru či závitu je nutno provést při výměně nástroje (příloha č. 6). Na kontrolním pracovišti se nacházejí kalibry, které se používají dle popisu znaků v dokumentaci (tab. 2.5).

Dále je prováděno měření na přístroji 3D SIRIO, vždy jeden kus po odstávce stroje, jeho opravě nebo náběhu nového typu. Měření se uskutečňuje vždy s upnutou paletkou na těleso.

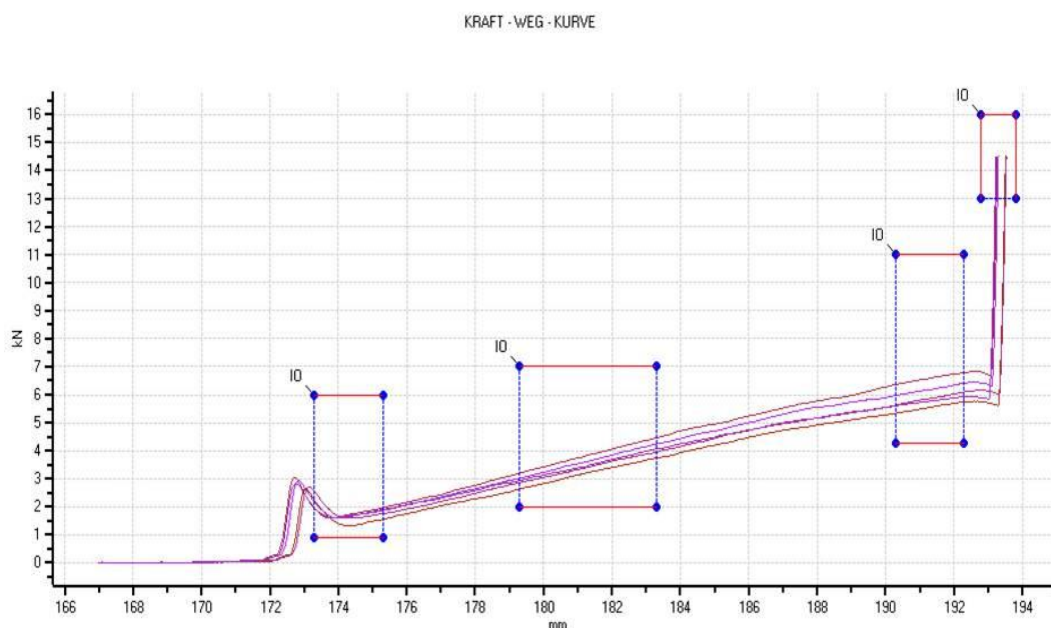
Tab.2.5 Používaná měřidla.

Číslo znaku	Měřidlo	Rozměr
501, 502	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
521 - 524	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
505 / 575	Válečkový kalibr	6U7
506 / 576	Závitový kalibr	M8x1 – 6G
507 / 571	Válečkový kalibr	24H11
507 / 571	Válečkový kalibr	32+0,2
508, 509	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
521, 524	Závitový kalibr	M6x1 – 6G
510, 511, 610	Válečkový kalibr	2H11
510, 511, 610	Měrka kontr. (poloha otvorů)	-----
513 / 577	Závitový kalibr	M10x1 – 6G
572	Válečkový kalibr	32Z11
504, 505	Závitový kalibr	M10x1 – 6H
604, 605	Závitový kalibr	M12x1 – 6H
506, 606	Závitový kalibr	M12x1,5 – 6H
572	Měrka hodinková	66,85±0,2

2.10 Operace OP50

V operaci OP50 je lisováno ložiskové pouzdro do příruby obrobeného tělesa a měřena výška zalisování pouzdra na lisovacím stroji PFUDERER. Tento lisovací proces probíhá plně automaticky. Těleso upevněné na technologické paletce prochází na automatickém dopravníku lisovací stanicí, kde je těleso i s technologickou paletkou ustaveno a dojde k procesu zalisování ložiskového pouzdra. Obsluha volí pouze typ lisovacího programu podle typu tělesa a lisovací stanice vybere ze zásobníků vhodné ložiskové pouzdro.

Průběh nárůstu lisovací síly v závislosti na hloubce zalisování ložiskového pouzdra se monitoruje pomocí systému Flexpress. Křivka průběhu závislosti lisovací síly na hloubce zalisování musí být v měřených bodech ve vyznačených tolerancích, aby lisovací proces splňoval požadované parametry (obr. 2.5).



Obr. 2.5 Závislost lisovací síly na hloubce zalisování⁵.

2.11 Operace OP60

Jedná se o závěrečnou obráběcí operaci dané obráběcí linky, operace se uskutečňuje na obráběcím centru GROB. Operace je složena z vrtání, frézování a vystružení.

2.11.1 Technologický postup OP60

Úsek 1: stupňovité vrtání, navrtávání – propojení přívodu (znak č. 503).

Úsek 2: stupňovité vrtání – otvor pro kolík (znak č. 504)

Úsek 3: frézování – drážka přesuvníku vstřiku (znak č. 390).

Úsek 4: stupňovité vrtání – otvor regulační osy (znak č. 402).

Úsek 5: frézování – přesuvník vstřiku (znak č. 530).

Úsek 6: vykroužení zápichu – plocha příruby (znak č. 452)

Úsek 7: stupňovité vrtání, řezání závitu – otvory příruby (znak č. 404, 406).

Úsek 8: stupňovité vrtání – fixační otvor (znak č. 403, 423).

Úsek 9: stupňovité vrtání, vystružení – otvor pro ventil (znak č. 211).

Úsek 10: zahloubení, centrování – otvor čelní plocha (znak č. 211).

Úsek 11: vrtání otvoru pro závit, řezání závitu – otvor (znak č. 211).

Úsek 12: frézování – zápich na průměru příruby (znak č. 454).

Úsek 13: zahloubení – plocha příruby (znak č. 451, 470).

Úsek 14: vystružení, řezání závitu – otvor regulační osy (znak č. 402).

Úsek 15: zahloubení – pro gufero, vč. sražení (znak č. 410).

Úsek 16: dokončovací obrábění – vnitřní prostor čerpadla (znak č. 200, 221, 270, 271).

Úsek 17: jemné vrtání – otvor přesuvníku vstřiku (znak č. 500).

Ke grafickému znázornění jednotlivých obráběcích úseků je možno nahlédnout do přílohy č. 7.

2.11.2 Měřicí procesy OP60

Měření kalibry se uskutečňuje opětovně vždy dvakrát za směnu – na jejím počátku a v její druhé polovině. Kontrola závitů či otvorů (tab. 2.6) je prováděna i po každé výměně nástroje. Měřidla jsou umístěna na kontrolním pracovišti za strojem, postup je stanoven dle Seznamu kalibrů a měřidel a Popisu znaků.

Měření na 3D Sirio postačuje u jednoho kusu za směnu při zahájení směny nebo po odstávce stroje či při zahájení výroby nového typu.

Tab.2.6 Používaná měřidla.

Číslo znaku	Měřidlo	Rozměr
211, 404 - 406	Závitový kalibr	M8x1 – 6G
211	Válečkový kalibr	12,8H11
390	Válečkový kalibr	12+03
402	Závitový kalibr	M10x1 – 6H
402	Válečkový kalibr	11,5H11
403	Válečkový kalibr	9,5H7
423	Válečkový kalibr	6H7
503	Válečkový kalibr	4H13
504 / 574	Válečkový kalibr	5U7
500	Válečkový kalibr	24H6
221	Válečkový kalibr	16,997
410	Měrka kontrolní	31H7x7,1
451	Kroužek kontrolní	42-0,5
205, 206	Měrka kontrolní	D17, D20
424 - 426	Válečkový kalibr	9 ±0,2
200	Analogový dutinoměr	66H8
221	Analogový dutinoměr	20H7

2.12 Operace OP70

V rámci OP70 je prováděn popis tělesa na horní stranu příruby tělesa na automatickém pásu, kde je integrováno popisovací zařízení. Úkolem popisovacího zařízení je vyryt jehlou označení tělesa, resp. je typ, kódované datum a čísla obráběcích operací. Výše uvedené úkony zajišťují identifikaci tělesa při případném reklamačním řízení.

2.13 Operace OP80

Následně je nastartován proces průmyslového čištění těles na čistícím zařízení INDA. Jedná se o tříkomorové tlakové čištění s cílem zbavit těleso špon a rezného oleje, případně dalších nečistot. Čistící zařízení je bezobslužné, prochází jím automatický pás s tělesy. Po ukončení čištění dochází ke zchlazení tělesa v chladícím tunelu.

2.14 Operace OP90

Před zahájením operace OP90 dochází k automatickému odšroubování paletky od obrobeného tělesa. Předmětem této operace je nalisování kuličky, kolíku a tlumivky do tělesa čerpadla, které je prováděno na lisovacím zařízení PFUDERER (obr 2.6).

Použití komponentů se liší dle typu tělesa a je zde také vyhodnocována závislost lisovací síly na hloubce zalisování. Funkcí kuličky je ucpání (utěsnění) technologických otvorů nutných pro obrábění kalků tělesa. Kolíky slouží u těles VE mech jako základní bod nastavení regulátoru. Funkcí tlumivky je snížení tlakových rázů paliva při proudění kanálkem.



Obr. 2.6 Lisovací zařízení PFUDERER.

2.15 Operace OP100

Zkouška těsnosti tělesa se uskutečňuje na zařízení zn. Bayer, jedná se o zkoušku těsnosti héliem. Před započítáním směny se ověřuje funkčnost stroje zkušebním etalonem.

Obsluha přišroubuje k tělesu těsnicí přípravky a přívod plynu, po uzavření tělesa do formy nastává tlačení hélia pracovním tlakem 0,8 MPa. Po natlakování pracovního tlaku je přívod uzavřen a po dobu 30 s je sledován pokles tlaku. Pokud je těsnost tělesa v normě, rozsvítí se zelené světlo, v opačném případě (při rozsvícení červeného světla) je těleso porézní a musí být vyřazeno z výroby.

2.16 Operace OP110

OP110 představuje závěrečnou fázi procesu výroby tělesa, konkrétně jde o vizuální kontrolu. Je prováděna s četností 100 %, jsou využívány zvětšovací nástroje (mikroskopy a lupy) k přezkoumání otlaků na těsnících plochách a průchodnosti kanálků v tělese.

Balení těles je řešeno prostřednictvím transportních plastových boxů, ve kterých jsou umístěny plastové řadiče těles dle dané návodky balení. V tomto procesním kroku jsou již zabalená tělesa dělena na ta, která jsou určena k expedici a která budou použita při montáži v závodě.

2.17 Zhodnocení procesu

V kapitole 2 Zhodnocení současného stavu obráběcích procesů na stanoveném úseku je detailně popsán postup jednotlivých operací při obrábění tělesa rotačního vstřikovacího čerpadla.

Jak je již výše uvedeno, obráběcí linka L1 byla do Závodu I Humpolecká převedena ze Stuttgartu a instalována koncem roku 2010. Počátkem roku 2011 byla zahájena sériová výroba těles.

Produkty rotační čerpadla VE a VP30 se z hlediska svého životního cyklu nacházejí ve druhé polovině – firma již v rámci své vývoje vyvinula a vyrábí modernější variantu vstřikovacích systémů do dieslových motorů.

Do České republiky byla převedena výroba z důvodu nižších nákladů, poptávka po výrobku sice klesá, čerpadla VE a VP30 jsou i nadále součástí výrobního portfolia společnosti, v jihlavském závodě se předpokládá jejich výroba z důvodu zajištění dodávek do cca roku 2017.

V rámci společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava je proto za využití dostupných znalostí a dovedností veškeré úsilí zaměřeno na snížení nákladů na výrobu rotačních čerpadel při zachování jejich špičkové kvality.

Z hlediska získaných poznatků již nelze očekávat významné investice do inovace linky L1 (linka byla do Jihlavy přesunuta spolu s velkou zásobou komponentů - např. obráběcí nástroje), je nutné se tudíž zaměřit na proces samotný a nalézt co nejefektivnější variantu pro snížení kvalitativních výpadků a zvýšení produktivity.

Možnosti zefektivnění obráběcího procesu budou analyzovány spolu s návrhy konkrétních řešení v následující části diplomové práce.

3 ANALÝZA A PROVĚŘENÍ MOŽNOSTÍ ZEFEKTIVNĚNÍ PROCESU OBRÁBĚNÍ

Pokud firma vyrábí produkty, které uspokojují potřeby trhu, s maximálním využitím výrobních faktorů, které jsou v optimálním množství a proporcí, lze konstatovat, že vyrábí efektivně¹⁵.

Základem slova efektivnost je „efekt“ neboli účinek, výsledek či následek. Efektivnost, která bývá označována také jako účinnost, efektivita či produktivita, obecně označuje účinnost vložených zdrojů a užitek jimi získaný, tedy poměr výstupů a vstupů určité činnosti či systému¹⁵.

V současné době celosvětové hospodářské krize, která citelně zasáhla i oblast strojírenství, resp. automobilového průmyslu, je úkolem managementu všech výrobců maximalizovat efektivnost výrobních procesů, tj. účelně zkombinovat výrobní faktory a využívat je k tvorbě nových hodnot. Jde tedy o takové využití zdrojů, kterým se dosáhne maximálního objemu produkce při zachování výborné kvality¹⁴.

3.1 Možnost inovace výrobního zařízení

Jak vyplývá z výše uvedeného zhodnocení stávajícího procesu výroby těles rotačních vstřikovacích čerpadel, produkt se nachází v druhé polovině svého životního cyklu.

Do budoucna se už v rámci společnosti Bosch Group neočekává razantní zvýšení objemu produkce čerpadel VE, VP30 a VP44 a rozvoj této výroby již není zařazen do plánů investic společnosti. Z těchto důvodů není možno předpokládat řešení zvýšení efektivnosti výrobního procesu nákupem nového výrobního zařízení vzhledem k délce trvání produktu. Strojní zařízení pro výrobu rotačních těles jsou specifikována jako jednoúčelová, proto se jejich prodej před ukončením životnosti stroje jeví jako problematický.

Výrobní linka L1 byla z mateřské společnosti dodána včetně velké zásoby obráběcích nástrojů, které jsou aktuálně umístěny ve skladových prostorech společnosti. Z úsporných důvodů nedojde k nákupu nových, byť i výkonnějších obráběcích nástrojů do vyčerpání stávající zásoby.

3.2 Analýza a prověření možnosti snížení kvalitativních výpadků

Jakost neboli kvalita představuje souhrn vlastností vyjadřujících způsobilost produktu plnit svoji funkci, pro kterou je určen. Je jednou z rozhodujících složek, jež ovlivňuje nejen cenu, ale goodwill, tj. dobré jméno podniku, které je výsledkem dlouhodobé činnosti firmy v oblasti technické úrovně¹³.

Pro firmu by měla být jakost proměnnou veličinou, a to zejména z hlediska času – co je kvalitní dnes, nemusí být kvalitní za několik let. Podnik vychází zpravidla z požadavků zákazníka, sleduje jakost svého výrobku ve srovnání s výrobky stejné cenové hladiny, které vyrábí konkurence^{11,15}.

Cíle a celkové zaměření organizace ve vztahu k jakosti je vyjádřeno tzv. firemní politikou jakosti.

Kvalitativní výpadky jsou ve společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava sledovány prostřednictvím elektronického systému Shopfloor cykle (dále jen SC).

3.2.1 Systém Shopfloor cykle

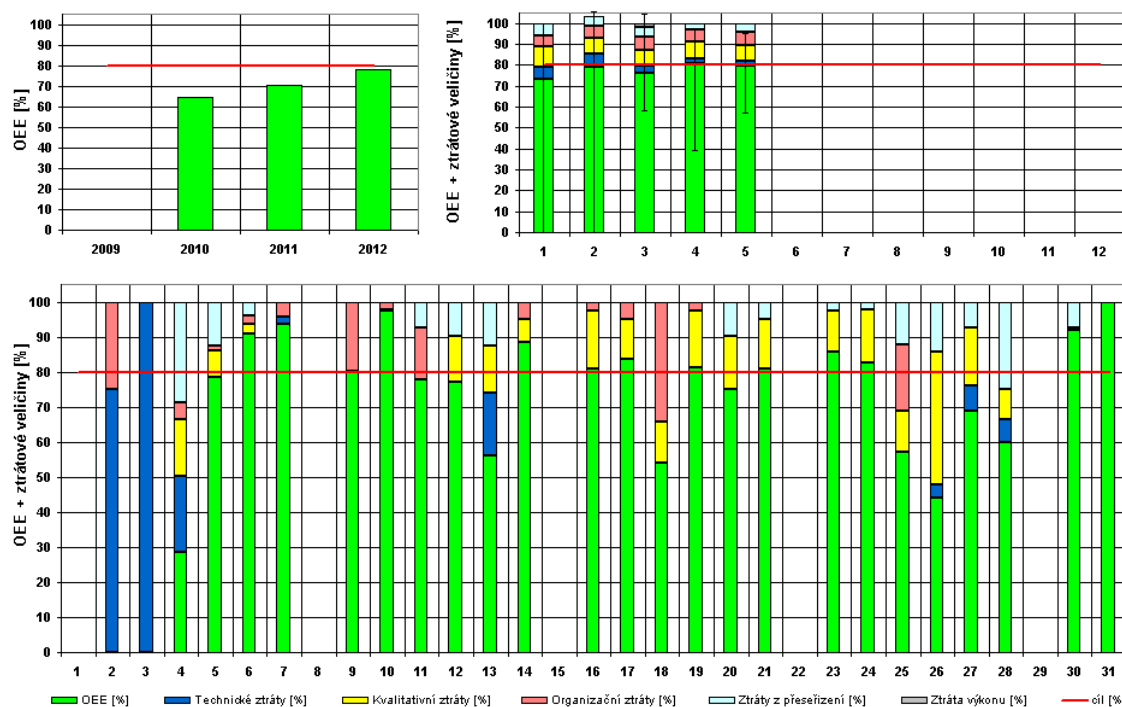
Mezi výhody elektronického systému SC lze zařadit:

- zdůvodnění ztrát ve výrobě a jejich analýza,
- snadný a rychlý popis problému – poruchy jsou popsány jednotným způsobem,
- přehled poruch a jejich četnosti – jsou uchovány záznamy z minulosti,
- flexibilní přístup a grafické znázornění,
- cenný zdroj informací pro další projekty⁴.

Ztráty jsou zapisovány na začátku každé následující hodiny do hodinového sledování a systému SC, kdy jsou zvlášť evidovány

- **technické ztráty** - dělí se dle předepsaných poruch,
- **ostatní ztráty** - dělí dle sledované ztráty na organizační (nedostatek personálu, zaškolení pracovníka, pozdě dovezené díly ze skladu apod.), kvalitativní (vadné dílce, zaměněné dílce) a ztráty při přeseřžení (na jiný typ produktu, změna programu, výměna nástrojů)⁴.

Výsledkem evidence ztrát jsou kontingenční tabulky s možností filtrace získaných informací dle požadovaných hledisek a následná analýza zmetkovosti, kterou lze názorně graficky zobrazit (obr. 3.1)⁴.



Obr. 3.1 Ukázka grafické znázornění výstupu SC⁴.

3.2.2 Kvalitativní výpadek v OP30

Na základě pravidelného vyhodnocování elektronickým systémem SC byl vyjádřen jako největší kvalitativní výpadek v celém procesu obrábění těles rotačních čerpadel výpadek v operaci OP30 na operačním úseku 3 - vrtání otvoru pro přesuvník vstříku (příloha č. 5, znak č. 500).

Na tomto operačním úseku je prováděno vrtání nahrubo do plného materiálu bez předvrtání, a to u těles VE EDC (obr. 3.2), VE mech průchozí otvor, u těles VP30 otvor neprůchozí.



Obr. 3.2 Otvor přesuvníku vstříku tělesa VE EDC.

Vrták je vyroben z vysokolegované nástrojové oceli „rychlořezná ocel“ s centrálním přívodem řezné kapaliny. Při samotném procesu vrtání docházelo k tvorbě nárůstku na čele nástroje (obr. 3.3).

Nárůstkem je nazývána spěchovaná vrstva obráběného materiálu s odlišnou strukturou a vyznačuje se vysokou pevností a tvrdostí. Předpokladem vzniku nárůstku je splnění níže uvedených podmínek:

- vysoký tlak,
- vysoká teplota,
- styk chemicky příbuzných materiálů (nástroj – obrobek),
- styk kovově čistých povrchů (nekontaminovaný povrch)⁷.

Nárůstek se tvoří převážně při obrábění materiálů, které jsou tvárné a mají sklon k deformačnímu zpevňování. Má svoji stabilní a nestabilní část, která se periodicky porušuje a je odnášen třískou a obrobenou plochou. Nárůstek po určitou dobu může přebírat funkci bříty a chránit tak nástroj před jeho opotřebením, následkem poškození stabilní části však může dojít k nadměrnému opotřebení. Obecně lze konstatovat, že vznik nárůstku je nežádoucí, neboť mění geometrii nástroje a rozměry obrobku, snižuje strukturu povrchu obrobené plochy, může způsobit i samobuzené kmitání soustavy stroj, nástroj, obrobek⁷.

Důsledkem vzniku nárůstku na čele nástroje je zkrácení trvanlivosti nástroje a předčasné ukončení jeho životnosti. V provozu byla zaznamenána destrukce nástroje již po šedesáti vrtacích cyklech.



Obr. 3.3 Nárůstek na čele nástroje.

Tvorbu nárůstku je možné minimalizovat změnou řezných podmínek, využitím vhodnějších řezných kapalin s vyšším mazacím účinkem, vyleštěním čelní plochy nástroje, povlakování nástroje, popřípadě změnou povlaku nástroje⁷.

3.2.3 Kvalitativní výpadek v OP40

Na základě vyhodnocování prostřednictvím elektronického systémem SC byl vyjádřen jako další závažný kvalitativní výpadek v celém procesu obrábění těles rotačních čerpadel výpadek v operaci OP40 na operačním úseku 11 - stupňovité vrtání vstupního a výstupního otvoru u těles pro pravotočivá rotační čerpadla (příloha č. 6, znaky č. 504, 606) a u těles pro levotočivá rotační čerpadla (příloha č. 6, znaky č. 604, 606).

V tomto operačním úseku se provádí vrtání vstupního a výstupního otvoru pro závit u těles VP30 a zároveň zarovnání čelní plochy těchto otvorů v jednom operačním úkonu, po kterém následuje operační úsek frézování závitů vstupu a výstupu tělesa.

Stupňovitý vrták je vyroben z vysokolegované nástrojové oceli „rychlořezná ocel“ s centrálním přívodem řezné kapaliny. Při samotném procesu vrtání docházelo k viditelným nerovnostem čili nežádoucí struktuře povrchu čelních ploch vstupního a výstupního otvoru tělesa VP30 (obr 3.4). Tento povrch nesplňoval parametr vypočítaný ze základního profilu celkové výšky (P_t)¹⁷, který je udáván ve výkresové dokumentaci.

Úkolem čelních ploch vstupních a výstupních otvoru je utěsnění otvorů při zkoušce těsnosti v OP100 a zároveň těsní přívod a přepad paliva na samotném motoru.



Obr. 3.4 Nežádoucí jakost povrchu dosedacích ploch tělesa VP30.

V řezném procesu docházelo k rozkmitání soustavy stroj, nástroj, obrobek, kterou je charakterizován obráběcí systém se složitými dynamickými charakteristikami. Kmitáním prvků obráběcího systému se zhoršuje kvalita obrobené plochy a má za následek vznik vlnitosti, zhoršení drsnosti povrchu. Dalšími negativními vlivy kmitání je zvýšení intenzity opotřebení nástroje (vylamování břitu a možnost celkové destrukce nástroje), urychlení opotřebení součástí obráběcího stroje. Působením různých impulzů a sil je možné rozdělit kmitání na **vlastní**, **vynucené** a **samobuzené**⁷.

Vlastní kmitání může vyvolat např. ráz záběru nástroje, který je udržován působením pružných sil, ale vlivem odporů se utlumí, proto lze tento vliv zanedbat⁷.

Vynucené kmitání vniká působením proměnlivé budící síly na danou soustavu, jejíž frekvence kmitání je obvykle shodná s frekvencí této síly např. nevyvážené rotující součásti, přerušovaný řez, kolísání hloubky řezu⁷.

Samobuzené kmitání vznikne bez vnějšího budícího účinku, kdy je soustava uváděna do samobuzeného kmitání prvním impulzem. Tento impulz vyvolá vychýlení rovnovážné polohy a kmitání dále pokračuje bez energie přiváděné z vnějšku. Mezi první impulzy můžeme zařadit např. nestabilitu nárůstku, trhavé pohyby při malých posuvech, reprodukce předchozí vlnitosti povrchu, změna součinitele tření⁷.

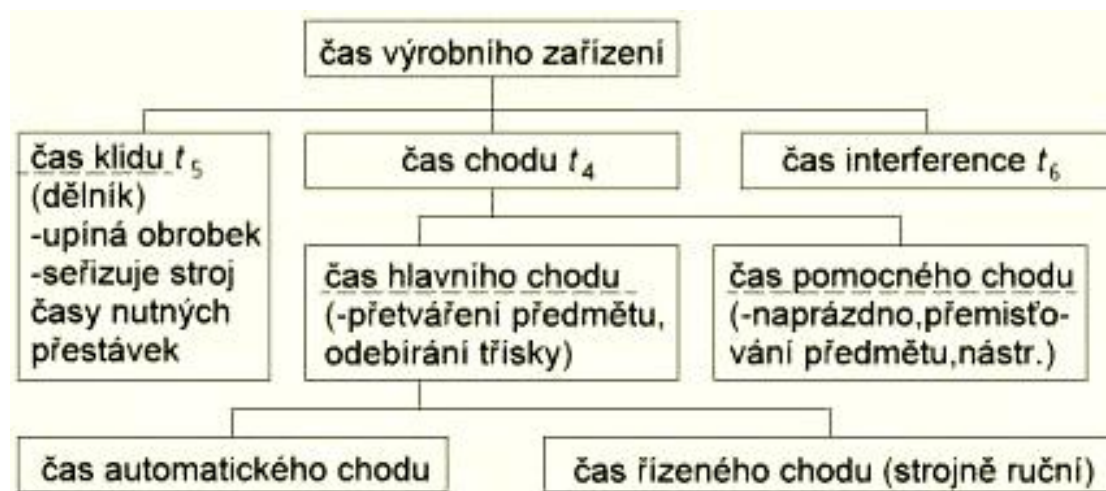
3.3 Analýza a prověření možnosti snížení spotřeby času obráběcích operací

Pracovní a výrobní proces, kde dochází k přerušení, je doprovázen spotřebou času. Základním měřítkem spotřeby času je organizace práce a pracovní metody, které lze dále zkoumat z hlediska pracovníka nebo pracovního prostředku (předmět výroby, typ výrobního zařízení). Hledisko výrobního zařízení a hledisko pracovníka se mohou vzájemně lišit např. u vícestrojové obsluhy (jeden pracovník obsluhuje více výrobních zařízení), nebo jsou v některých případech totožné, kdy je obsluhou obsluhován pouze jeden stroj¹⁸.

V našem případě je na výrobní lince těles L1 využívána vícestrojová obsluha, počet pracovníků není konstantní z důvodu kolísání zakázek. Z tohoto důvodu bude analýza spotřeby času řešena pouze na výrobním zařízení, resp. obráběcích operacích.

3.3.1 Spotřeba času z hlediska výrobního zařízení

Sledováním a rozbořením spotřeby času výrobního zařízení se přihlíží, jestli se nachází stroj v chodu nebo v klidu. Pokud dělník nebo stroj u vícestrojové obsluhy čeká, tento nevyužitý čas se nazývá interference. Časové členění chodu nebo prostojů výrobního zařízení i s označením je uvedeno na obr. 3.5¹⁸.



Obr. 3.5 Schéma časového členění výrobního zařízení¹⁸.

Přínosem vícestrojové obsluhy je nejčastěji zvyšování produktivity a maximální využívání výrobního zařízení. Ke zvýšení produktivity práce strojního zařízení při vícestrojové obsluze je nutno srovnávat časy jednotlivých operací nebo zkracovat tyto strojní časy¹⁸.

K analýze spotřeby času obráběcích operací (OP20, OP30, OP40, OP60) bude použita chronometrážní metoda, jejímž úkolem je prozkoumat jednotlivé části - konkrétně dílčí operační úseky¹⁸.

3.3.2 Analýza spotřeby času obráběcích operací

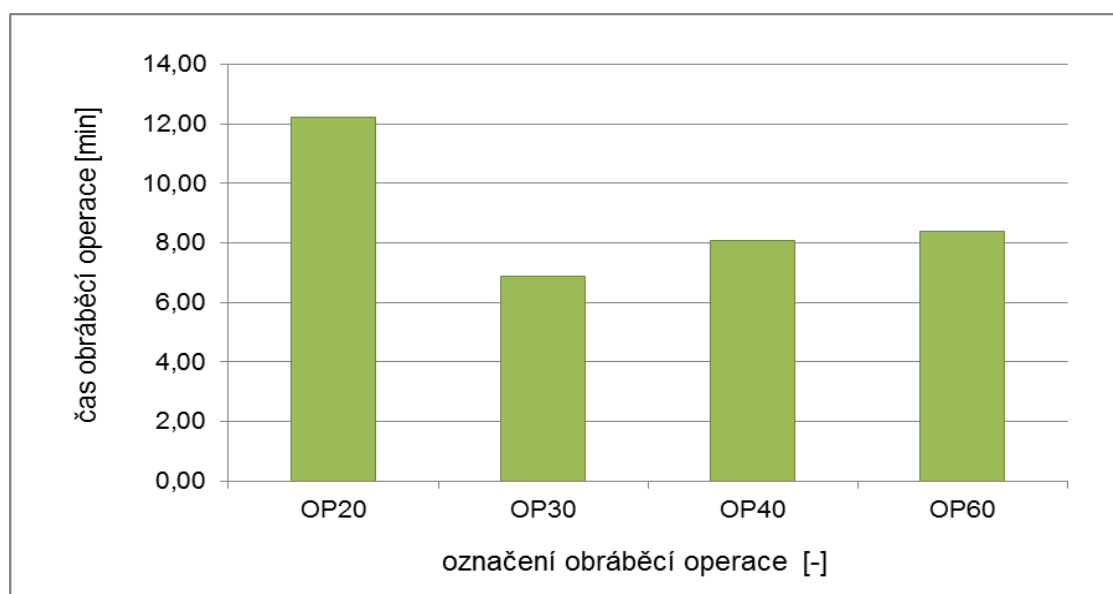
Při snímkování jednotlivých operací procesu výroby těles se jeví jednotlivé obráběcí operace časově nestejněměrné. Na základě těchto poznatků vznikl požadavek na přesné změření operačního cyklu každé z obráběcích operací. Pro měření byl vybrán univerzální typ čerpadla VE EDC (označení typu 354), jehož univerzálnost umožňuje aplikaci případně navržených opatření i na další typy čerpadel. Časy jednotlivých operací a operačních úseků byly v určitém poměru upraveny, aby nedošlo ke zveřejnění interních dat firmy.

Obráběcí operace se liší počtem upnutých kusů těles, u operací OP20, OP40 a OP60 jsou upínána vždy čtyři tělesa, v rámci operace OP30 jsou současně upnuty jen dva kusy těles. Pomocí stopek bylo provedeno měření všech operačních úkonů v rámci dané operace, jejíž součet je v tabulce 3.1.

Tab.3.1 Časy obráběcích operací.

Název operace	Počet obrobků [ks]	Čas operace [min]
OP20	4	12,20
OP30	2	3,43
OP40	4	8,07
OP60	4	8,40

Měřením bylo zjištěno, že nejdelším časem cyklu stroje (t_{CS})¹⁸ obráběcího procesu je operace OP20. Tento čas cyklu stroje udává maximální průchodnost linkou L1 tzv. takt linky. Cílem návrhu na zefektivnění je dosáhnout zkrácení času operace OP20, s možností přesunutí operačních úseků na jiné operace a tím celkově srovnat jednotlivé obráběcí operace. Vzhledem k tomu, že v operaci OP30 dochází k obrábění pouze dvou kusů těles na operační cyklus, musí být tento fakt zohledněn při srovnání časů jednotlivých operací, a to pro obrábění čtyř kusů těles (obr. 3.6).



Obr. 3.6 Grafické znázornění operačních časů.

3.4 Analýza a prověření trvanlivosti nástrojů v obráběcích operacích

Trvanlivost řezného nástroje koresponduje se součtem všech čistých časů řezání od počátku obrábění až po opotřebení břitu nástroje na stanovenou hodnotu. Kritéria opotřebení se stanovují tak, aby byly zaručeny rozměry, požadovaný tvar a kvalita povrchu každého obrobku po celou dobu trvanlivosti nástroje^{7,12}.

Životnost lze definovat jako součet všech trvanlivostí nástroje, nebo rovněž dobou funkčnosti nástroje od uvedení do činnosti až po jeho vyřazení. Nástroje v obráběcím procesu, které je možno ostřit, jsou vyřazeny až po odbroušení jejich funkční části^{7,12}.

Trvanlivost nástroje je závislá na metodě obrábění, na konkrétních vlastnostech materiálu, který obrábíme, a na vlastnostech použitých nástrojů. Důležitých prvkem ovlivňujícím trvanlivost nástroje jsou řezné podmínky, zejména pak řezná rychlost. Vztah trvanlivosti a řezné rychlosti byl popsán již počátkem 20. století Frederickem Winslowem Taylorem, kdy byla odvozena vzájemná závislost těchto dvou veličin⁷.

Závislost řezné rychlosti na trvanlivosti (Taylorův vztah)⁷:

$$v_c = \frac{C_v}{T^{1/m}} \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}] \quad (3.1)$$

kde: C_v [-] – konstanta,
 v_c [m · min⁻¹] – řezná rychlost,
 T [min] – trvanlivost,
 m [-] – exponent.

Trvanlivost a životnost řezného nástroje je možné vyjadřovat jako dráhu řezu například v metrech pro vrtání, vyhrubování a vystružování, nebo jako čas řezného procesu v minutách. Ve velkosériové automatizované výrobě je čas řezného procesu přepočítáván na počet kusů obrobků součástí¹².

V procesu obrábění byly nastaveny konkrétní trvanlivosti jednotlivých obráběcích nástrojů, v diplomové práci proto bude prověřena možnost prodloužení trvanlivostí těchto nástrojů, kdy bude sledováno jejich opotřebení při periodickém prodloužení doby jejich trvanlivosti.

Prodloužení trvanlivosti řezných nástrojů přináší úspory nákladů, a to úsporu časovou – snížení počtu výměn jednotlivých nástrojů, jenž koresponduje se snížením prostojů obráběcích strojů.

4 VYPRACOVÁNÍ PROJEKTU ZLEPŠENÍ, VČETNĚ JEDNOTLIVÝCH MOŽNÝCH NÁVRHŮ

Navrhované možnosti zefektivnění procesu obrábění těles rotačních čerpadel VE, VP30 byly důkladně posouzeny v kapitole č. 3. Návrh inovace do výrobního zařízení a celková obměna řezných nástrojů za výkonnější byl shledán jako nevhodný a zamítnut z důvodů uvedených v podkapitole č. 3.1. Ostatní návrhy, a to jsou: odstranění kvalitativních výpadků, snížení spotřeby času obráběcích operací a prověření trvanlivosti nástrojů byly hodnoceny kladně a bylo navrženo podrobnější prozkoumání jednotlivých variant.

4.1 Odstranění tvorby nárůstku v OP30

Po konzultacích se zainteresovanými pracovníky byly zvažovány jednotlivé možnosti minimalizovat tvorbu nárůstku (operační úsek 3 - vrtání otvoru přesuvníku vstříku) – změnou řezných podmínek, změnou řezné kapaliny, povlakování nástroje.

Změna řezných podmínek (zvýšení otáček nástroje) se jevila jako neefektivní z důvodů přetěžování nástroje a vřetene stroje.

Řezná kapalina byla vyvinuta výrobcem přímo pro obrábění hliníkových slitin, byly prováděny testy se zvýšením přívodu tlaku řezné kapaliny do místa řezu ze 4 MPa na 6 MPa, což je maximální tlak, který je možno nastavit na obráběcím stroji. Ani tyto testy nepřinesly žádné zlepšení k minimalizaci tvorby nárůstku.

Varianta leštění čela nástroje a tím snížení adheze (styk na vrcholcích nerovností čela nástroje a třísky)⁷, nebyla zvažována, jelikož povlakování nástroje se jeví účinnější a efektivnější možností.

V rámci společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava existuje plně funkční a vybavené oddělení zabývající se výrobou a ostřením obráběcích nástrojů, které spolupracuje s celou řadou renomovaných firem z oboru výroby a povlakování nástrojů. Na základě analýzy nákladů na řezné nástroje bylo navrženo, že stávající nástroj z rychlořezné oceli (obr. 4.1) bude povlakován, což přinese odstranění nárůstku, zvýší spolehlivost, sníží náklady.



Obr. 4.1 Nepovlakovaný vrták.

4.1.1 Povlakování nástrojů z rychlořezné oceli

Povlakování nástrojů z rychlořezné oceli se provádí metodou PVD (Physical Vapour Deposition = fyzikální napařování), je charakterizováno nízkými pracovními teplotami (podle některých údajů pod 600 °C, 350 °C nebo dokonce 180°C)⁷. Metoda PVD byla vyvinuta pro povlakování nástrojů z rychlořezné oceli, jelikož je zaručena nízká teplota, při které nedojde k tepelnému ovlivnění povlakovaného nástroje^{7,19}.

U metody PVD jsou povlaky vytvářeny za sníženého tlaku (0,1÷1,0 Pa) kondenzací částic (atomů, případně shluku atomů), které jsou uvolňovány ze zdrojů částic (terčů, targetů) fyzikálními metodami – rozprašováním (urychlenými ionty Ar vytvářenými ve zkříženém elektromagnetickém poli) nebo odpařováním (indukčně, nízkonapěťovým obloukem, laserem nebo elektronovým paprskem), některé metody využívají i klasický odporový ohřev¹⁹.

Další metodou povlakování, která je používána pro povlakování rychlořezných ocelí, je PCVD (Plasma CVD)¹⁹, která se liší od základní metody CVD (Chemical Vapour Deposition – chemické napařování z plynné fáze)²⁰ vyznačuje nízkými pracovními teplotami, princip je však zachován, tzn. povlak je vytvářen z plynné fáze. Pro metodu PCVD je charakteristické, že molekuly reaktivního plynu jsou ionizovány plazmovým výbojem, který je vyvolán přiložením negativního pólu elektrického napětí na povlakovaný předmět a tím lze dosáhnout snížení teploty na 300÷600 °C¹⁹.

Povlakování nástrojů probíhá v povlakovacích komorách (obr. 4.2), které jsou tvořeny relativně složitým vakuovým systémem s nutností zajištění pohybu povlakovaných nástrojů, což zaručuje rovnoměrné ukládání povlaků po celém jejich povrchu. V této souvislosti bývá zmiňován tzv. stínový efekt, který způsobuje, že na plochách neležících ve směru odpařovaných částic vzniká nedokonalá vrstva povlaku nebo se povlak nevytvoří vůbec^{20,21}.



Obr. 4.2 Povlakovací zařízení²².

Samotnému procesu povlakování předchází příprava nástroje, která je složena z čištění nástroje, předpřípravy (u materiálů, které nejsou vhodné pro přímé zpracování v prostředí vakua je prováděno mikropískování), odpovlakování (pouze v případě, že nástroj byl již v minulosti povlakován) a diagnostika (analýza opotřebení nástrojů a rozbor případných poruch)²⁴.

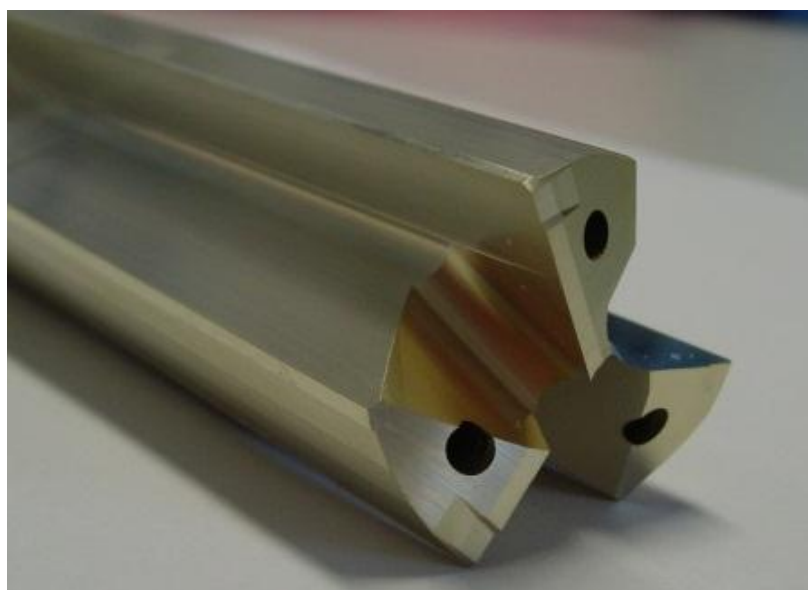
4.1.2 Volba vhodného povlaku nástroje

Poznatky posledních let ukazují, že lze vlastnosti povlaků nasměrovat cíleně přes složení povlakovacích materiálů, případně vývojem procesních parametrů. Mezi charakteristické vlastnosti povlaků lze zařadit odolnost proti opotřebení, tepelnou tvrdost, tepelnou přílnavost, také adheze a drsnost povlaku. Tyto benefity povlakovacích materiálů lze cílit do budoucnosti a navrhnout tak povlakovací systém pro konkrétní použití. Pro cílenou optimalizaci je nezbytné důkladné pochopení souvislosti obrábění, souvislostí mezi technickými a mechanickými vlastnostmi povlakování a aktuálními povlakovacími parametry. Efektivnost povlakování je závislá na kvalitě povrchu nástroje a kvalitě materiálu substrátu – pokud jsou všechny parametry optimálně zkoordinovány, dosahuje povlak svého plného potenciálu²⁵.

Na základě diskuse s oddělením nářadovna byla vytipována společnost, jejímž předmětem činnosti je vývoj a tvorba povlaků, konkrétně společnost Liss (příloha č. 8), a to z důvodu dlouhodobé spolupráce, nastavených dodacích podmínek, také vzhledem k flexibilitě jednání, aktivnímu přístupu při řešení problémů a úrovni vývoje a výzkumu.

Proběhla konzultace problematiky tvorby nárůstku při vrtání otvoru do materiálu z hliníkové slitiny s 12 % Si. Firma Liss navrhla k testování dva druhy povlaků:

- AlTiN – černá barva, standardně vyráběný,
- ZrN – zlatá barva (obr 4.3), speciálně vytvořen²³.



Obr. 4.3 Vrták s povlakem ZrN.

Do společnosti Liss byly dodány dva kusy nástrojů (vrtáků) za účelem nanesení výše uvedených povlaků a následně byly zahájeny zkoušky těchto nástrojů. Testování bylo prováděno při plné zátěži na obráběcí lince v operaci OP30 na operačním úseku 3, kdy byl vrták, resp. jeho povlak, kontrolován pod mikroskopem na opotřebení, a to po 100 minutách nástroje v řezu a zároveň probíhala kontrola obrobeného otvoru dvakrát za směnu při ručním měření.

V průběhu testů bylo zjištěno, že odvod třísky vodorovnou drážkou vrtáku z místa řezu nebyl zcela optimální, proto byla navržena navíc i konstrukční úprava vrtáku, byly vyrobeny prototypy vrtáku se šroubovitou odvodovou drážkou (obr. 4.4).



Obr. 4.4 Vrták se šroubovitou drážkou a povlakem AlTiN.

Následně proběhly nové testy upraveného vrtáku s oběma druhy navrhovaných povlaků - povlakem AlTiN a ZrN. Po přezkoumání se v obou případech nárůstek netvořil.

Pozorování vrtáků pod mikroskopem prokázalo vyšší odolnost povlaku ZrN proti abrazi (tj. brusnému otěru tvrdých mikročástic)⁷, čímž byla ověřena účinnost daného povlaku. Současně šroubovitá drážka vrtáku prokazatelně zlepšila odvod třísky z místa řezu.

4.2 Odstranění nevyhovující jakosti povrchu dosedacích ploch tělesa v OP40

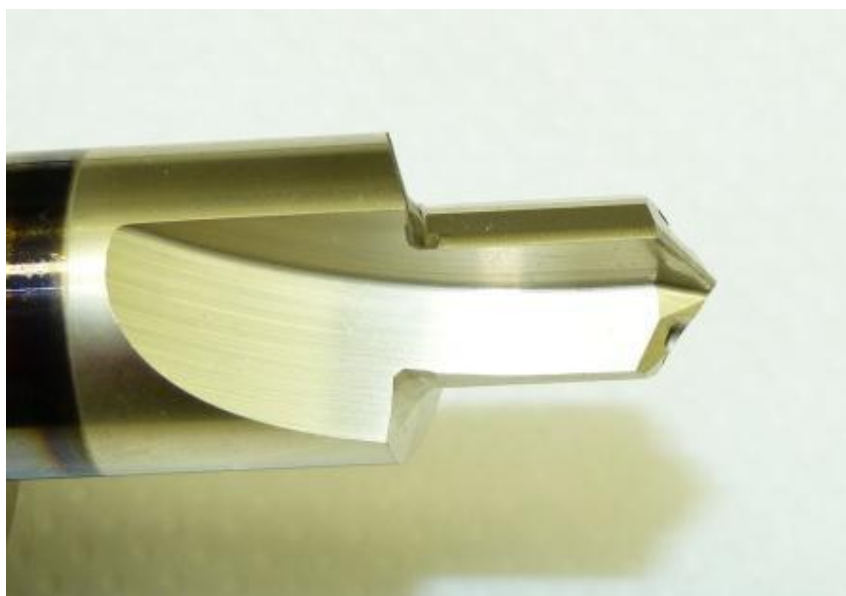
Nevyhovující jakost povrchu dosedacích ploch vstupního a výstupního otvoru tělesa VP30 v operaci OP40 na operačním úseku 11 může mít několik příčin, lze jej kvalifikovat jako opravitelný zmetek. Opravy jsou prováděny na obráběcím centru CHIRON, které je z důvodu zachování kontinuity provozu umístěno mimo linku L1 a je využíváno na opravu již použitých těles.

Při opravách dosedací plochy byly prováděny se stávajícím nástrojem zkušební pokusy s cílem odstranit zvlnění dosedacích ploch. Aby nevyhovující struktura povrchu byla odstraněna a odpovídala celkové výšce profilu (P_t) uvedené ve výkresové dokumentaci, musely být sníženy otáčky vřetene o 50 % a posuv o 30 %. Toto zjištění vedlo k názoru, že ke zvlnění dosedacích ploch dochází z důvodu změny součinitele tření.

Problém nevyhovující struktury povrchu dosedacích ploch byl diskutován odpovědnými pracovníky, z diskuse vyplynul návrh řešení povlakovat stupňovitý vrták s cílem snížit součinitele tření.

4.2.1 Volba vhodného povlaku nástroje

Volbu vhodného povlaku pro stupňovitý vrták probíhalo ve stejném období jako řešení problematiky tvorby nárůstku, byly vybrány k testování stejné povlaky, a to AlTiN, ZrN (obr. 4.5) navržené společností Liss.



Obr. 4.5 Stupňovitý vrták s povlakem ZrN.

Povlakované nástroje (stupňovité vrtáky), a to konkrétně každý jiným povlakem – AlTiN a ZrN, byly testovány stejným způsobem jako nástroje v OP30 operačním úseku 3 (podkapitola 4.1.2). Následně byla nařízena kontrola struktury povrchu obrobených ploch vstupního a výstupního otvoru vždy při měřících procesech této operace, a to dvakrát za směnu (podkapitola 2.9.2) dle měřících postupů uvedených na pracovišti.

Při těchto kontrolách bylo zjištěno, že ke konci trvanlivosti obou povlakovaných nástrojů (která zůstala nastavena na původní trvanlivost nepovlakovaného nástroje 500 minut) se problém se strukturou povrchu dosedacích ploch vstupního a výstupního otvoru začal znovu projevovat, i když parametr celkové výšky profilu (P_t)¹⁷ nepřesáhl maximální hodnotu uvedenou ve výkresové dokumentaci.

Toto zjištění bylo pro další průběh testování velice zásadní, jelikož se předpokládalo, že povlakování nástrojů přinese výrazně lepší výsledky. Z těchto důvodů byla trvanlivost snížena na 400 minut a povlakované stupňovité vrtáky byly dále používány, aby nedošlo k narušení kontinuity výroby, zároveň bylo sledováno opotřebením povlaků nástrojů.

K úplnému odstranění problému nevyhovující struktury povrchu dosedacích ploch vstupního a výstupního otvoru tělesa VP30 byly dále posuzovány návrhy s testováním jiných povlaků nástrojů např. AlCrN, DLC²³, nebo použít na řeznou část nástroje břitovou destičku z polykrystalického diamantu (dále jen PKD). Pro další postup bylo navrženo použít břitovou destičku z PKD.

4.2.2 Použití břitové destičky z PKD

Česká zkratka PKD vyjadřuje polykrystalický diamant, tj. formu, ve které se jako řezný nástroj používají jednotlivé krystaly spojené do kompaktního tělesa pomocí různých pojiv¹⁹.

Protože má diamant poměrně nízkou teplotní stálost (při dosažení teplot nad 800 °C se mění na grafit), nesmí být používán pro obrábění materiálů na bázi železa (oceli, litiny), kde by při nadměrném ohřevu docházelo k silné difuzi mezi nástrojem a obráběným materiálem a tím i k velmi rychlému opotřebením v důsledku probíhajících chemických reakcí⁷.

Širokou škálu možností poskytuje PKD naopak při obrábění neželezných kovů např. hliníkových slitin, především obsahují-li vysoké procento křemíku, který působí silným abrazivním účinkem na čelo nástroje¹⁹.

Při obrábění diamantovými řeznými nástroji se obvykle doporučuje chlazení běžnými procesními kapalinami, na něž nejsou kladeny žádné speciální nároky. Je ovšem požadováno, aby obráběcí stroj byl schopen dodávat procesní kapalinu do místa řezu pod vysokým tlakem, jenž má např. při vrtání děr efektivně odvádět třísky z místa řezu. Nástroje z PKD pracují zpravidla za vysokých řezných rychlostí, je nutno, aby daný obráběcí stroj dosahoval vysokého výkonu a tuhosti¹⁹. Tyto aspekty jsou důležité s ohledem na úběry obráběného materiálu. Veškeré stroje na lince L1 splňují všechny výše uvedené parametry.

Stupňovitý vrták byl upraven a na jeho řeznou část, která obrábí dosedací plochy vstupního a výstupního otvoru tělesa VP30, byla napájena břitová destička z PKD (obr. 4.6). Nástroj byl následně ještě upraven a do těla vrtáku byl vyvrtán otvor pro přívod procesní kapaliny do místa řezu (obr. 4.6).

Po těchto úpravách se nástroj znovu vsadil do výroby, kde byly prováděny testy nástroje v plném zatížení, zda jeho úpravy vedly k odstranění nevyhovující struktury povrchu dosedacích ploch vstupního a výstupního otvoru. Kontroly struktury povrchu byly nastaveny na interval čtyř kusů za směnu po dvou hodinách z důvodů sledování a zpřesnění vývoje struktury povrchu. První kontrola opotřebením nástroje byla nastavena po 300 minutách a další po 100 minutách až do konce trvanlivosti, která činila 500 minut dle nastavení původního nástroje.



Obr. 4.6 Stupňovitý vrták s povlakem AlTiN s břitovou destičkou z PKD.

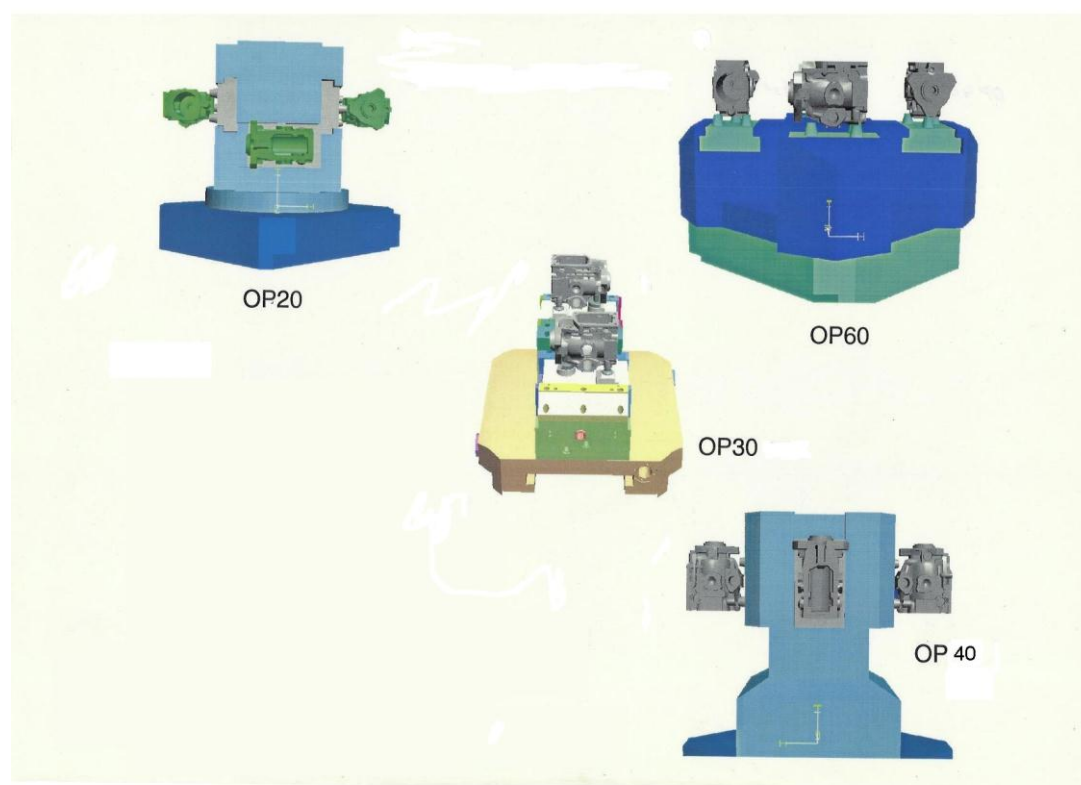
Zkoušky obou nástrojů s povlakem AlTiN a ZrN a břitovou destičkou z PKD prokázaly odstranění nevyhovující jakosti povrchu vstupního a výstupního otvoru tělesa VP30. Z důvodu vyšší odolnosti proti otěru budou nástroje po skončení trvanlivosti povlaku AlTiN využívat pouze povlaku ZrN. Bude zachována délka trvanlivosti nástroje na stávající hodnotě 500 min. s tím, že břitová destička z PKD by měla zajistit prodloužení trvanlivosti.

4.3 Srovnání časů obráběcích operací

Při snímkování jednotlivých obráběcích operací (podkapitola 3.3.2) bylo zjištěno, že operace OP20 má nejdelší operační čas (12,20 min.) a tím představuje „nejužší místo“ obráběcího procesu na lince L1. Operace OP20 vzhledem ke své délce udává produktivitu linky.

V rámci zvýšení efektivity je nutno zvážit možnost přesunu některých operačních úkonů do jiných obráběcích operací. Překážku představují omezující podmínky, konkrétně technologický sled operačních úseků i jednotlivých úkonů, způsob upnutí obrobku jednotlivých operací (obr. 4.7) – stávající strojní zařízení neumožňuje provést konkrétní operační úkon v jiné operaci.

Byly rozfázovány a analyzovány obráběcí operace OP20, OP30, OP40, OP60. Jednotlivé úkony daných operací byly změřeny na obrobku tělesa VE EDC (typ 354), které lze zařadit k nejčastěji vyráběnému produktu těles rotačních čerpadel, jeho univerzálnost umožňuje inovativní návrh aplikovat i na jiné typy těles.



Obr. 4.7 Způsoby upínání obrobku na jednotlivých obráběcích operacích⁴.

4.3.1 Rozbor operace OP20

Každý operační úsek všech operací má přiřazen znak, kdy první číslo z trojčíslí značí stranu tělesa (příloha č. 9), která má být obráběna. Pohyb vřetene stroje v kartézském souřadném systému současně s polohou upnutí tělesa ve stroji výrazně snižují jednotlivé možnosti přesunu operačních úseků.

V operaci OP20 jsou prováděny hrubovací operační úkony pouze na straně tělesa dvě a tři, je možno přesunout operační úkony vrtání a tváření závitů (příloha č. 4, znaky 201 ÷ 204, 303 ÷ 306). Tyto úkony v této operaci nenaruší operační sled, ale z důvodů způsobu upínání těles na následujících operacích nelze přesunout tyto úkony na operaci OP30 nýbrž pouze na OP40 a OP60 (tab. 4.1).

Tab.4.1 Přesun operačních úkonů z OP20.

Nástroj - číslo	Znak	Přemístění do OP
Navrtávák - 3007	201 ÷ 204, 303 ÷ 306	OP40, OP60
Vrták - 3008	306	OP40, OP60
Navrtávák - 3029	201 ÷ 204, 303 ÷ 306	OP40
Tvářecí závitník - 3009	201 ÷ 204, 303 ÷ 306	OP40, OP60

Těmito přesuny bylo dosaženo zkrácení času operace OP20 o 3,8 minut na celkový čas operace OP20 8,4 minut.

4.3.2 Rozbor operace OP30

V operaci OP30 je obsaženo zejména vrtání kanálků tělesa. Představuje sice nejkratší operaci obráběcího procesu (její čas činí 3,43 minut), současně na operační cyklus umožňuje obrobení pouze 2 kusů těles (obr. 4.7). Pro objektivní zobrazení času operace musí být přepočítán čas operace na 4 kusy – tímto přepočtem se celkový čas operace prodlouží na 6,86 min. Tento čas je i po přepočtu nejkratším operačním časem.

Z důvodů nenarušení technologického sledu operačních úseků bylo možno přesunout do této operace z OP40 operační úkony vrtání (příloha č. 6, znaky 510, 511, 505, 575, 605, 675) a z OP60 operační úkony vrtání (příloha č. 7, znaky 503, 504, 574).

Délka operace OP30 umožňuje přeložení operačních úkonů z jiných operací, konkrétně z operací OP40 a OP60 (tab. 4.2, příloha č. 9), které se po přesunutí operačních úkonů z OP20 prodloužily.

Tab.4.2 Přesun operačních úkonů do OP30.

Nástroj - číslo	Znak	Přemístění z OP
Vrták - 3309	510, 511	OP40
Stupňovitý vrták - 3136	505, 575, 605, 675	OP40
Vrták - 3101	503	OP60
Stupňovitý vrták - 3100	503	OP60
Stupňovitý vrták - 3135	504, 574	OP60

Tyto přesuny prodloužily celkový čas operace OP30 o 2,7 minut na celkový čas operace OP30 9,56 minut.

4.3.3 Rozbor operace OP40

Obráběcí operace OP40 obsahuje především vrtání kanálků a obrábění načisto. Původní časový úsek OP40 činil 8,07 minut, tento čas byl přesunem některých operačních úkonů z OP20 prodloužen na 10,66 minut.

Tato změna celkového času vyvolala přesun dvou operačních úseků z OP40 do obráběcí operace OP30, což vyvolalo zkrácení celkového času o 1,01 minut na čas 9,65 minut.

4.3.4 Rozbor operace OP60

V operaci OP60 je prováděno dokončovací obrábění, její původní čas činil 8,40 minut. Po přesunutí obráběcích úkonů z operace OP20 byl čas operace OP60 prodloužen na 10,75 minut. Proto bylo nutno přemístit tři operační úkony do operace OP30, což vyvolala srovnání časů všech výše uvedených obráběcích operací. Celkový čas operace OP60 dosáhl 9,55 minut.

4.3.5 Praktické odzkoušení navržených změn

Rozbor jednotlivých operací obráběcího procesu vyústil ve zpracování návrhu přesunu operačních úseků s cílem přiblížit časy jednotlivých operací a zvýšit průchodnost linky L1.

Došlo ke změnám času u všech obráběcích operací (OP20, OP30, OP40, OP 60), rozdíly mezi časy jednotlivých operací se výrazně snížily (tab. 4.3, obr. 4.8).

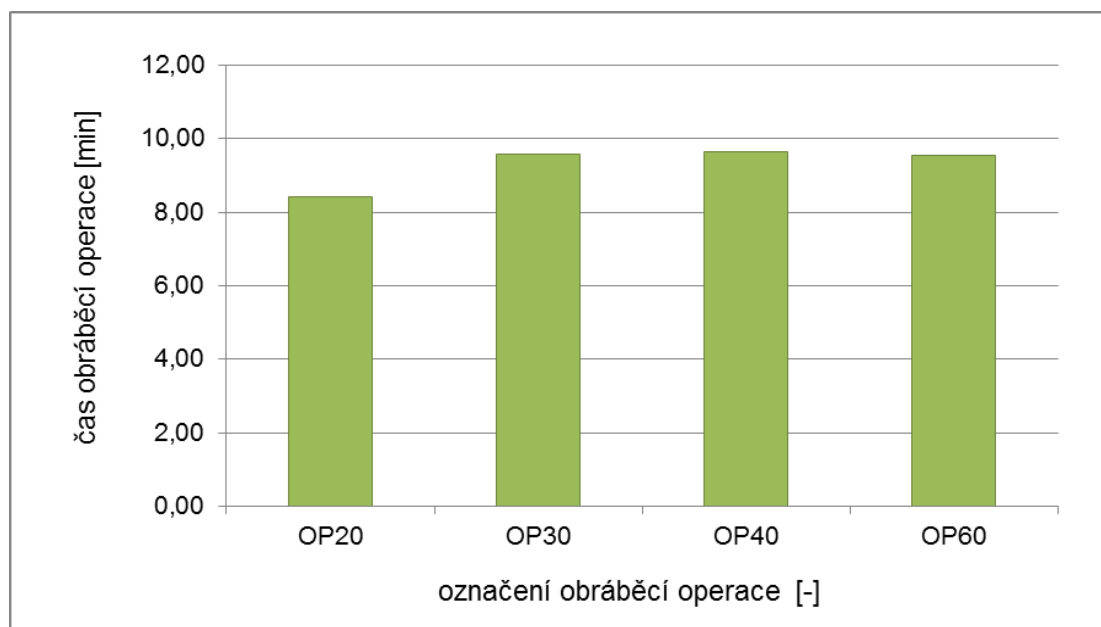
Tab.4.3 Časy obráběcích operací.

Název operace	Počet obrobků [ks]	Čas operace [min]
OP20	4	8,40
OP30	4	9,56
OP40	4	9,65
OP60	4	9,55

Po teoretickém rozboru informací se uskutečnilo přenastavení obráběcích programů linky L1 v úsecích OP20, OP30, OP40 a OP60 současně s přemístěním nástrojů dle navržených změn přesunů operačních úkonů dle tabulek 4.1 a 4.2.

Ve zkušebním provozu byly změny testovány na tělese VE EDC (typ 354). Byla ověřena účinnost provedených přesunů operačních úseků, testy prokázaly zvýšení produktivity linky L1 o 10 kusů za směnu.

Navržená opatření byla následně aplikována všechny typy těles čerpadel VE EDC a VE mech vyráběných v jihlavském závodě společnosti BOSCH.



Obr. 4.8 Grafické znázornění operačních časů po přesunech operačních úseků.

4.4 Prověření trvanlivostí nástrojů na obráběcích operacích

Obráběcí linka L1 byla přestěhována s poměrně velkou zásobou obráběcích nástrojů, k nim již byly nastaveny jednotlivé trvanlivosti a jsou vyjadřovány jako čas řezného procesu v minutách. Tyto trvanlivosti se sledovaly od počátku náběhu sériové výroby a následně pečlivě zaznamenávaly do vyhodnocovacího systému.

V systému je možno analyzovat konkrétní obráběcí nástroj – zda byl měněn periodicky po ukončení trvanlivosti bez známek razantního opotřebení, nebo zda musel být měněn z důvodů nevyhovující struktury povrchu obráběné plochy či musel být měněn z důvodů otupení nebo vylomení břitu.

Tyto data potvrdila, že trvanlivosti nástrojů jsou nastaveny optimálně, pouze je možno zabývat se prodloužením trvanlivosti u nástrojů, jenž byly řešeny v podkapitolách 4.1 a 4.2 a je od nich očekáván delší čas řezného procesu. Kritériem opotřebení obou nástrojů byla kvantifikována struktura povrchu dle výkresové dokumentace a průměr obrobeného otvoru.

Obráběcí nástroj (vrták) v operaci OP30 na operačním úseku 3 (vrtání otvoru přesuvníku vstříku) byl konstrukčně upraven a povlakován povlakem ZrN. Při stejné trvanlivosti jako u nepovlakovaného nástroje, která činila 250 minut nástroje v řezu, vrták nejevil známky opotřebení a jakost povrchu, která se kontrolovala dle měřicího postupu, byla vyhovující. Bylo navrženo, že interval prodloužení a kontroly obráběného otvoru bude nastaven na 50 minut. Prodlužování trvanlivosti a kontroly probíhaly po daném intervalu až na parametr 500 minut nástroje v řezu, kdy při kontrole struktury povrchu bylo zjištěno výrazné zhoršení kontrolovaného parametru. Následně byl vrták vyjmut ze stroje a kontrolován na opotřebení, byl zjištěn výraznější otěr povlaku a otupení břitu nástroje. Po tomto zjištění byl parametr nastaven na 450 minut nástroje v řezu.

Obráběcí nástroj (stupňovitý vrták) v operaci OP40 na operačním úseku 11 (vrtání otvoru a zarovnání dosedací plochy vstupního a výstupního otvoru), byl konstrukčně upraven, povlakován povlakem ZrN a osazen břitovou destičkou z PKD. Při trvanlivosti 500 min, která byla převzata od původního nástroje, nebylo při kontrole nástroje a kontrolách obrobených ploch dle měřících postupů zjištěno opotřebení a struktura povrchu dosedacích ploch byla vyhovující. Byl nastaven interval prodloužení trvanlivosti na 100 minut a následné kontroly vnitřního průměru otvoru a parametru celkové výšky profilu. Po 1000 minutách při kontrole dosedacích ploch vstupního a výstupního otvoru se naměřená hodnota parametru celkového výškového profilu pohybovala na horní hranici udávané ve výkresové dokumentaci. Konečná trvanlivost byla tedy nastavena na 900 minut nástroje v řezu.

Výše uvedené trvanlivosti obou nástrojů byly zaneseny do obráběcích center daných operací a po dobu pěti výměn těchto nástrojů prováděna důkladnější sledování těchto nástrojů na opotřebení. Nebyl zjištěn žádný zásadní nedostatek a nastavená trvanlivost je tedy v pořádku.

5 ZHODNOCENÍ A POSOUZENÍ ÚČINNOSTI ZAVEDENÝCH OPATŘENÍ

Možnosti zefektivnění procesu obrábění těles rotačních čerpadel byly podrobně analyzovány v kapitole 3. Při zhodnocení současného stavu vznikla určitá omezení:

- analyzovaný produkt se nachází na konci druhé etapy svého životního cyklu,
- linka L1 byla přestěhována z mateřského závodu s větším počtem skladových zásob obráběcích nástrojů.

Z těchto důvodů není možné předpokládat, že by společnosti významně investovala finanční prostředky do této výroby. Na základě analýzy provedené v kapitole 3 byly nadále sledovány možnosti snížení kvalitativních výpadků a zvýšení produktivity obráběcího procesu.

Proto byla v kapitole 4 navržena a konkrétně řešena možnost odstranění kvalitativních výpadků (operace OP30 – operační úsek 3, operace OP40 – operační úsek 11), možnost srovnání operačních časů a prověření trvanlivosti nástrojů.

Kvalitativní výpadek v OP30 – tvorba nárůstku na čele nástroje - byl odstraněn povlakováním. Po testování a přezkoumání byla vyšší účinnost prokázána u povlaku ZrN. Dalším krokem ke zvýšení efektivity byla úprava těla vrtáku, kdy na těle nově vyrobeného nástroje byl změněn tvar odvodové drážka do šroubovice.

Kvalitativní výpadek v OP40 – nevyhovující jakost povrchu - byl odstraněn povlakováním a napájením břitové destičky z PKD.

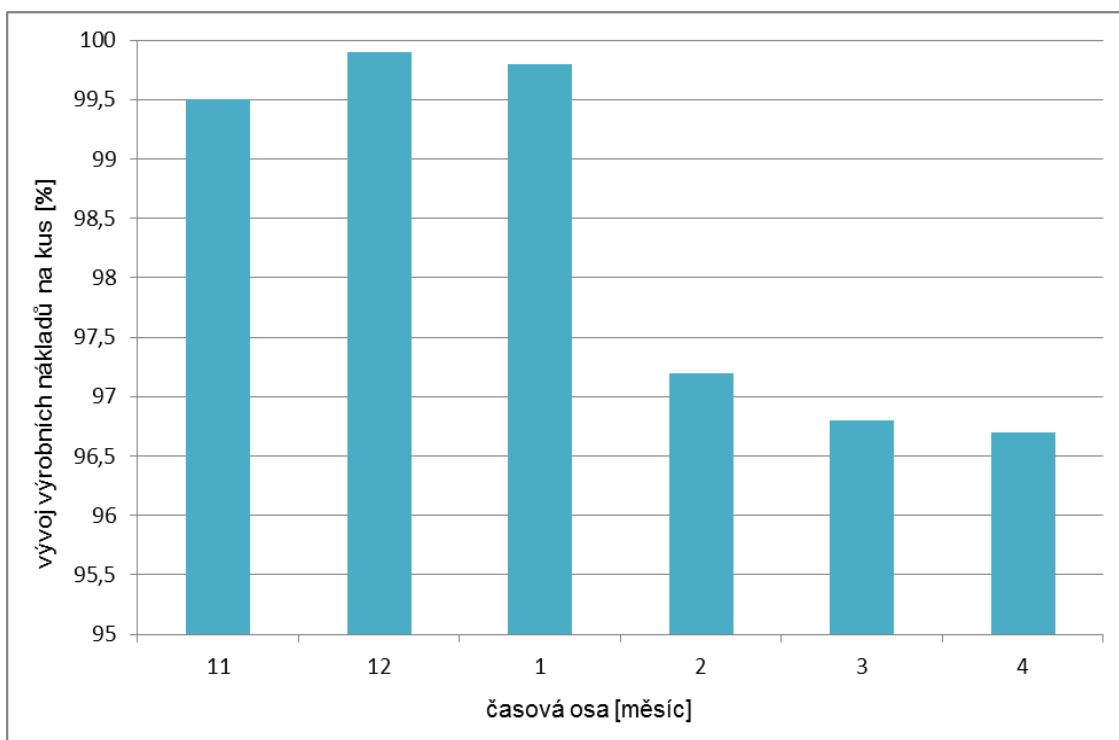
Provedená opatření v operaci OP30 a OP40 odstranila potíže s tvorbou nárůstku na čele nástroje i nevyhovující jakosti povrchu a zcela vedla k odstranění kvalitativních výpadků.

Srovnání operačních časů na konkrétním typu tělesa vedlo k jejich rozboru, byla zjištěna výrazná časová difference operace OP20 a OP30. Operace OP20 byla nejdelší operací a udávala tím takt celého obráběcího procesu. Všechny obráběcí operace byly rozebrány na operační úseky a úkony, následně byla individuálně posuzována možnost jejich přesunu do jiných obráběcích operací. Tyto možnosti přesunů měly omezující podmínky, a to nenarušení technologického sledu operačních úseků, dále podmínku způsobu upnutí v jednotlivých operacích (zda lze daný operační úkon v jiné operaci provést). Byla nalezena varianta pro teoretický přesun operačních úseků a následně stanoveny časy jednotlivých operací, kdy se jevila jejich difference jako optimální. Poté byly upraveny programy obráběcích center daného typu tělesa a provedeny zkoušky účinnosti přesunů. Výsledky testování, resp. změření délky operačních časů, prokázaly zvýšení produktivity obráběcího procesu o 9 %. Navržené změny byly posléze aplikovány u všech typu těles VE EDC, VE mech.

V závěru kapitoly 4 byla prověřována trvanlivost nástrojů. Výměny jednotlivých nástrojů v plném provozu byly pečlivě sledovány a byly prověřovány možnosti prodloužení jejich trvanlivosti s ohledem na strukturu povrchu obrobených ploch. Výsledky rozsáhlého testování vedly k zjištění, že trvanlivost nástrojů

jsou nastaveny optimálně, úpravy byly provedeny pouze u dvou nástrojů – jejich trvanlivost byla prodloužena povlakováním a použitím břitové destičky z PKD.

Možnosti zefektivnění obráběcího procesu byly analyzovány, navrhovány, testovány a aplikovány na přelomu let 2011 a 2012 (září 2011 – únor 2012). Navržené změny jsou v současné době zavedeny do praxe a lze konstatovat, že přinesly očekávané výsledky. Výrobní náklady na kus procesu obrábění se snížily (obr. 5.1) o 3,5 %. Produktivita výrobní linky byla zvýšena o 9 %.



Obr. 5.1 Vývoj výrobních nákladů na kus v jednotlivých měsících.

Konkrétní úspory nákladů nejsou v rámci diplomové práce kvantifikovány – jedná se o interní data společnosti, která nedala souhlas k jejich zveřejnění.

ZÁVĚR

V současném složitém prostředí poznamenaném celosvětovou ekonomickou krizí je snahou všech firem udržet si svoji pozici na trhu. Domácí i zahraniční podniky se stále častěji střetávají s konkurencí z rychle se rozvíjejících ekonomik.

Důsledkem globální hospodářské krize, které významně zasáhla oblast automobilového průmyslu, je pokles poptávky po produkci malých firem, ale i nadnárodních koncernů.

Společnost BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava si je této situace vědoma a je nucena zvládnout obtížné obchodní prostředí, přezkoumávat veškeré nákladové položky a současně maximalizuje snahu o zachování na budoucnost změřených inovačních projektů.

Záměrem této diplomové práce bylo posouzení současného stavu procesu obrábění ve výrobě těles pro rotační čerpadla VE a VP30 ve výše uvedeném podniku s cílem maximalizovat jeho efektivnost při dodržení všech požadavků výroby a zabezpečení systému jakosti.

Úvodní část diplomové práce seznamuje s historií společnosti BOSCH Group, její stávající pozicí, strukturou na území ČR a především jejím výrobním programem. Následně bylo provedeno zhodnocení současného stavu obráběcích procesů na stanoveném úseku výrobní linky L1, které popisuje veškeré aspekty výrobního procesu obrábění ve výrobě těles pro rotační vstřikovací čerpadla s axiálním pístem – přehled operací, popis polotovaru a řezného prostředí a technologické procesy jednotlivých obráběcích operací.

Stěžejní část diplomové práce analyzuje a prověřuje možnosti zefektivnění obráběcího procesu. Jako varianty vedoucí ke zvýšení efektivnosti byly analyzovány možnosti inovace výrobního zařízení, snížení kvalitativních výpadků, snížení času spotřeby obráběcích operací a prověření trvanlivosti obráběcích nástrojů. Na základě provedené analýzy byl zamítnut návrh investice do rozsáhlejší inovace výrobního zařízení z důvodu očekávané doby návratnosti investice vzhledem k předpokládané délce produkce. Obměna řezných nástrojů byla zamítnuta z důvodu jejich vysoké skladové zásoby.

Možnost snížení, resp. odstranění, kvalitativních výpadků byla vyhodnocena kladně, a to vzhledem k inovacím a rozvoji oblasti povlakování nástrojů a téměř okamžité možnosti aplikovat tento návrh do praxe. Povlakování vrtáku povlakem ZrN a současně jeho konstrukční úprava odstranila tvorbu nárůstku a zvýšila spolehlivost nástroje. Nevyhovující jakost povrchu dosedacích ploch tělesa byla odstraněna navrženým povlakováním vrtáku a použitím břitové destičky z polykrystalického diamantu. Povlakování nástrojů současně prodloužilo jejich trvanlivost o 80 %.

Jako další varianta zefektivnění obráběcího procesu bylo navrženo a kladně vyhodnoceno srovnání časů obráběcích operací. Přesun vybraných operačních úseků a tím dosažené srovnání délky operačních časů vybraných operací přineslo zvýšení produktivity obráběcí linky od 10 kusů za jednu směnu.

Navržená opatření prokázala zvýšení efektivity procesu obrábění ve výrobě těles VE, VP30, představují zlepšení v oblasti řízení jakosti, kdy dochází ke snížení zmetkovosti produkce. Doporučená opatření jsou již aplikována v praxi, jednotlivé parametry jsou stále monitorovány a předpokládá se další rozvoj projektu.

Lze konstatovat, že navržená opatření vedoucí k zefektivnění procesu obrábění jsou přínosem pro společnost BOSCH DIESEL s.r.o. Jihlava, podílí se na úspoře nákladů a tím mimo jiné zvyšují konkurenceschopnost firmy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BOSCH DIESEL s.r.o., Jihlava. *Tisková informace - leden 2012*. [online]. [vid. 2012-02-25].
Dostupné z: http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=1003.
2. BOSCH. *O firmě Bosch*. [online]. [vid. 2012-02-22].
Dostupné z: <http://www.bosch.cz/content/language1/html/867.htm>.
3. BOSCH DIESEL s.r.o., Jihlava. *Tisková zpráva - listopad 2011*. [online]. [vid. 2012-02-25].
Dostupné z: http://www.bosch.cz/press/detail.asp?f_id=998.
4. *Firemní a školící materiály*. BOSCH DIESEL JIHLAVA spol. s.r.o. Leden 2012.
5. ŠVARÍČEK Petr. *Optimalizace procesů obrábění ve výrobě přírub CP4*. Bakalářská práce v oboru „Strojírenská technologie – obrábění“. Brno: VUT-FSI, Ústav strojírenské technologie. 2010. 40 s.
6. PTÁČEK, Luděk. a kolektiv. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3.
7. HUMÁR, Anton. *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]. [vid. 10. Března 2012]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>.
8. ECONOMIC WIZARD v.o.s., *Ekonomický slovník - Kanban*. [online]. [vid. 2012-03-15].
Dostupné z: <http://www.ewizard.cz/logistika-slovník.php?detail=174>.
9. ACADEMY OF PRODUKTIVITY AND INNOVATIONS. *Průmyslové inženýrství - Kanban a jeho aplikace*. [online]. [vid. 2012-03-15].
Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68342.kanban-a-jeho-aplikace/>.
10. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. Část 1, 2.přeprac.vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., listopad 2005. 81 s. ISBN 80-214-3066-4
11. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I. Část 2, 2.přeprac.vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., únor 2006. 138 s. ISBN 80-214-3134-2
12. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0
13. MACHKOVÁ, Hana. *Mezinárodní marketing*. 3. aktualizované a přepracované vydání. Praha: Grada Publishing a.s., 2009. 200 s. ISBN 978-80-247-2986-2
14. MANAGEMENT MANIA. *Efektivnost*. [online]. [vid. 2012-03-23].
Dostupné z: <http://www.managementmania.com/efektivnost>.
15. SYNEK, Miloslav a kolektiv. *Podniková ekonomika*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 1999. 456 s. ISBN 80-7179-228-4.
16. HUMÁR, Anton. *Technologie I - Technologie obrábění - 2. část*. Studijní opory pro magisterskou formu studia. VUT-FSI v Brně, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění. 2003. 93 stran. [online]. [vid. 20. Března 2012]. Dostupné z: <http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/?page=opory>.

17. ČECH, Jaroslav, Jiří PERNIKÁŘ a Kamil PODANÝ. *Strojírenská metrologie*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2005. 176 s. ISBN 80-214-3070-2.
18. ZEMČÍK, Oskar. *Technologická příprava výroby*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2002. 158 s. ISBN 80-214-2219-X.
19. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
20. SHM. *Vývoj a praktické aspekty povlakování řezných nástrojů technologií PVD*. [online]. [vid. 2012-04-07].
Dostupné z: http://www.google.cz/search?sourceid=chrome&ie=UTF-8&q=http%3A%2F%2Fvakspol.cz%2FIsvt06%2Fzindulka_Isvt06_1.pdf.
21. MM PRŮMYSLOVÉ SPEKTRUM. *Moderní metody povlakování nástrojů*. [online]. [vid. 2012-04-07].
Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-metody-povlakovani-nastroju.html>.
22. LISS a.s.. *Povlakovací zařízení*. [online]. [vid. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.liss.cz/?page=products&i=u1thu4fgg7w62ivgwsb2s4njzcc2e8n>.
23. LISS a.s.. *Typy povlaků*. [online]. [vid. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.liss.cz/?page=products&i=kopz2i380m8jhuf5uz906xd5lhqkmfwf>.
24. HMC ENGINEERING SYSTÉM. *Povlakování nástrojů*. [online]. [vid. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.hmc-system.cz/cs/povlakovani-nastroju.html>.
25. OERLIKON BALZERS. Moderní metody povlakování. *Technický týdeník – Celostátní nezávislý list pro výzkum, vývoj a průmyslovou praxi*. Listopad 2011, roč. 59, č. 24, s. 32. ISSN 0040-1064

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Jednotka	Popis
CP	[-]	Common Pump
CP1H	[-]	typ Common Pump
CP3	[-]	typ Common Pump
CP4	[-]	typ Common Pump
CR	[-]	Common Rail
CVD	[-]	Chemical Vapour Deposition
DLC	[-]	typ povlakované vrstvy
DRV	[-]	Druck Rück Ventil
GmbH	[-]	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
L1	[-]	označení výrobní linky
OP	[-]	označení operace
OEE	[%]	dobré vyrobené kusy
PCVD	[-]	Plasma Chemical Vapour Deposition
PDM	[-]	systém vstřikování čerpadlo - tryska
PFM	[-]	vstřikovací element
PKD	[-]	Polykrystalický diamant
PVD	[-]	Physical Vapour Deposition
SC	[-]	Shopfloor cykle
VE	[-]	Verteilen einstellen pumpe
VE EDC	[-]	typ Verteilen einstellen pumpe
VE mech	[-]	typ Verteilen einstellen pumpe
VP30	[-]	Verteilen pumpe
VP44	[-]	Verteilen pumpe
s.r.o	[-]	společnost s ručením omezeným

Symbol	Jednotka	Popis
C_v	[-]	konstanta
P_t	[μm]	Celková výška profilu
R_m	[MPa]	mez pevnosti v tahu
T	[min]	trvanlivost nástroje
m	[-]	exponent ($m = \text{tg } \alpha$)
t_4	[min]	čas chodu výrobního zařízení
t_5	[min]	čas klidu výrobního zařízení
t_6	[min]	čas interference
t_{cs}	[min]	čas cyklu stroje
v_c	[$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	řezná rychlost
ρ	[$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	hustota

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Půdorys
Příloha 2	Řezný olej
Příloha 3	Popis znaků OP10
Příloha 4	Popis znaků OP20
Příloha 5	Popis znaků OP30
Příloha 6	Popis znaků OP40
Příloha 7	Popis znaků OP60
Příloha 8	Povlaky nástrojů od firmy Liss
Příloha 9	Přesun operačních úkonů

[illegible]

Příloha 2

Technické informace

MULTICUT SPEZIAL 4

Popis:

- nízkoviskozní olej k obrábění kovů,
- na bázi minerálního oleje,
- obsahuje přírodní a derivované tukové látky,
- s účinnými látkami obsahujícími fosfor,
- bez chloru,
- slabě vytvářející mlhu,
- bez aditiv, která by obsahovala síru.

Typická charakteristika:

Barva světlejší než 1,0 DIN ISO 2049,
Hustota/20°C kg/m³ 840 DIN 51 757,
Viskozita/40°C mm²/s 5,3 DIN 51 562,
Bod vzplanutí °C > 135 DIN ISO 2592,

Použití:

MULTICUT SPEZIAL 4 je používán s velmi dobrými výsledky při soustružení, vrtání, hloubkovém vrtání, honování a tření, také u vnitřně chlazených nástrojů pod vysokým tlakem. S **MULTICUTem SPEZIAL 4** mohou být opracovány barevné kovy, speciálně slitiny hliníku, dokonce i s vysokým podílem křemíku. Produkt vytváří extrémně málo mlhy. Tím jsou dosaženy vysoké kvality povrchu s nepatrnými tolerancemi.

MULTICUT SPEZIAL 4 se osvědčuje při výrobě hliníkových těles a přírub pro dieslová vstřikovací čerpadla.

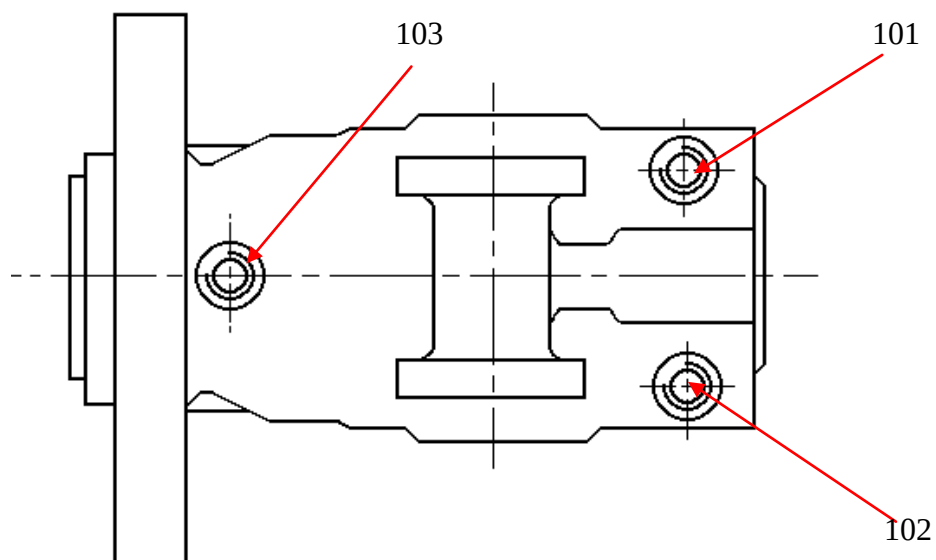
MULTICUT SPEZIAL 4 je dermatologicky testován. TEWL (transepidermální ztráta vody) potvrzuje zdravotní nezávadnost při práci.

Skladování:

Skladovat při pokojové teplotě. Teplota při nasazení nesmí být nižší než +7 °C. Zakaleniny, které vznikají na základě skladování při nízkých teplotách jsou reverzibilní.

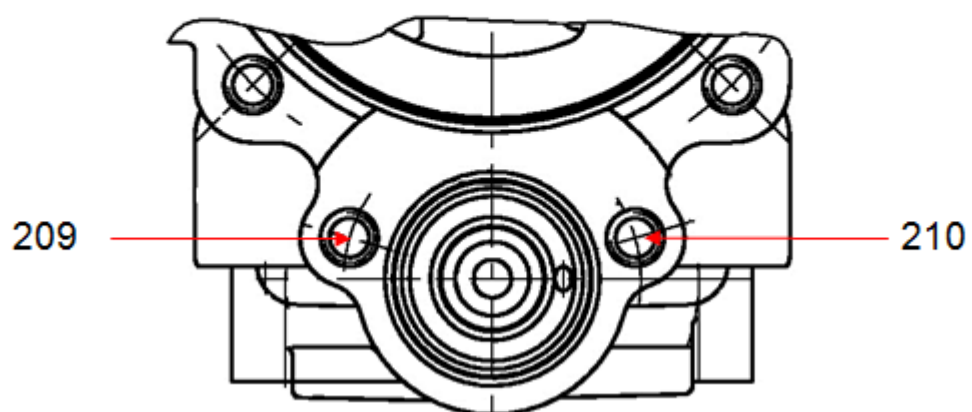
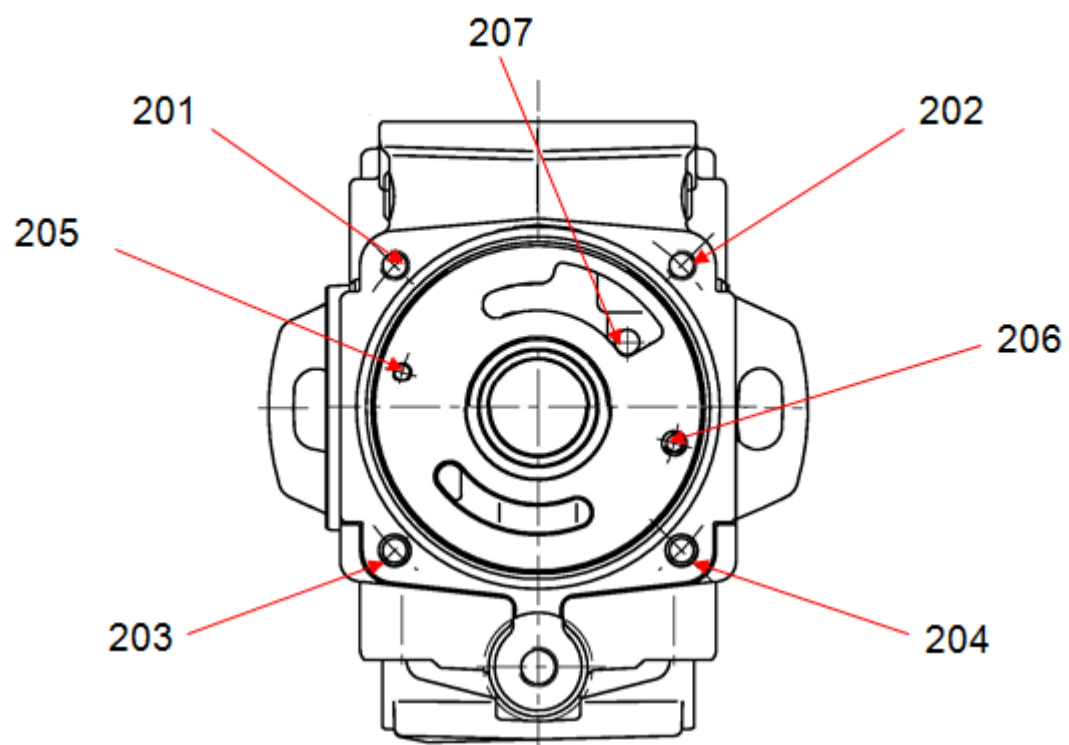
Příloha č. 3

Popis znaků OP10



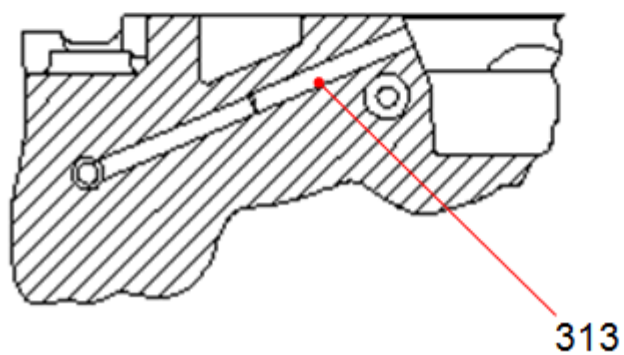
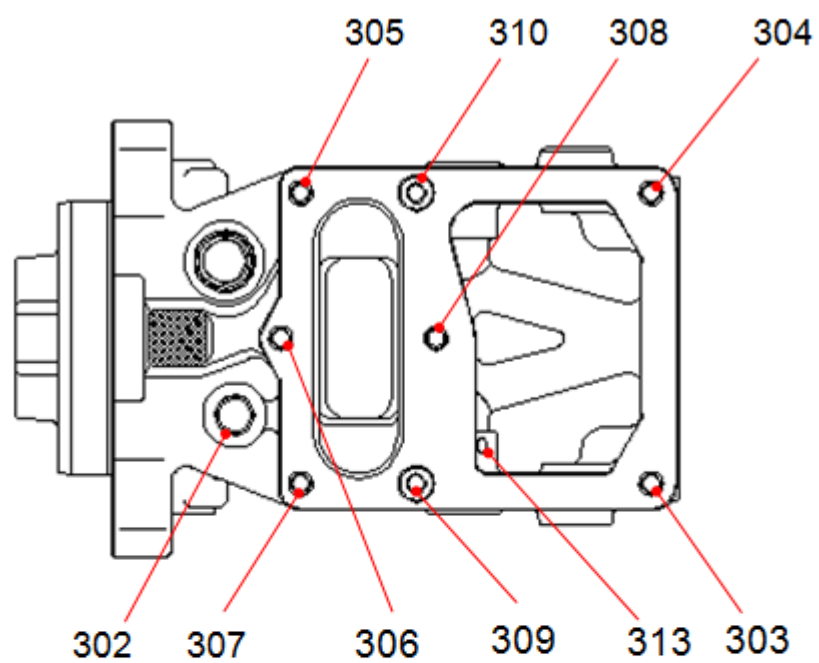
Příloha č. 4 (1/3)

Popis znaků OP20



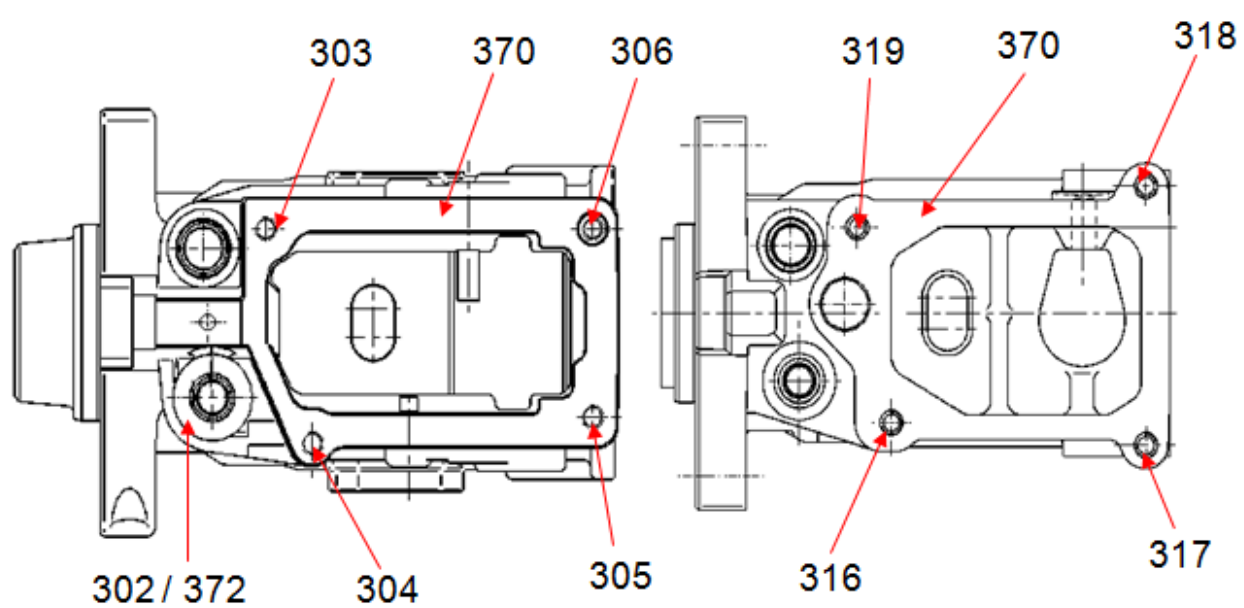
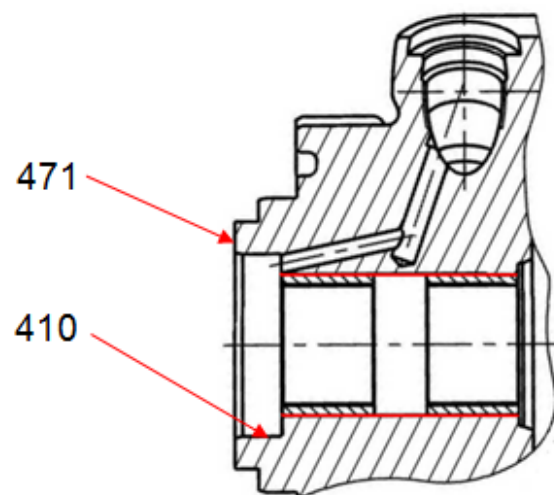
Příloha č. 4 (2/3)

Popis znaků OP20



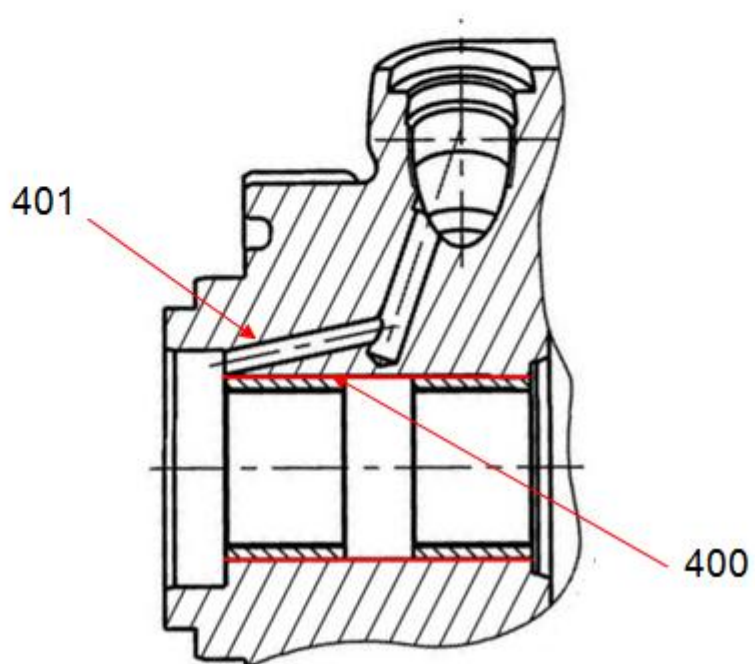
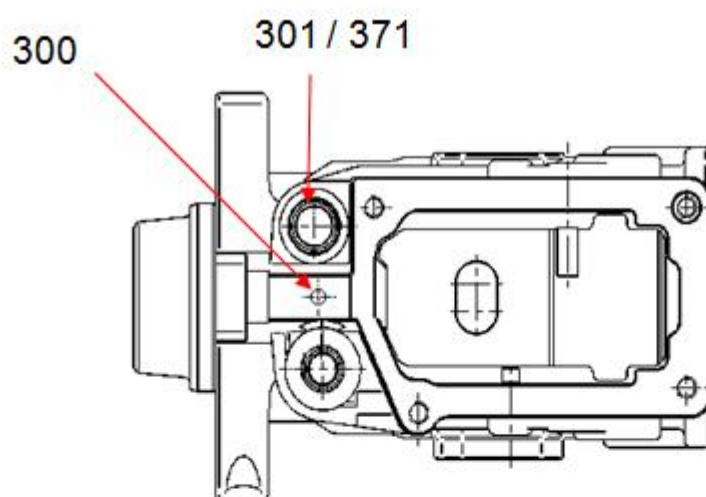
Příloha č. 4 (3/3)

Popis znaků OP20



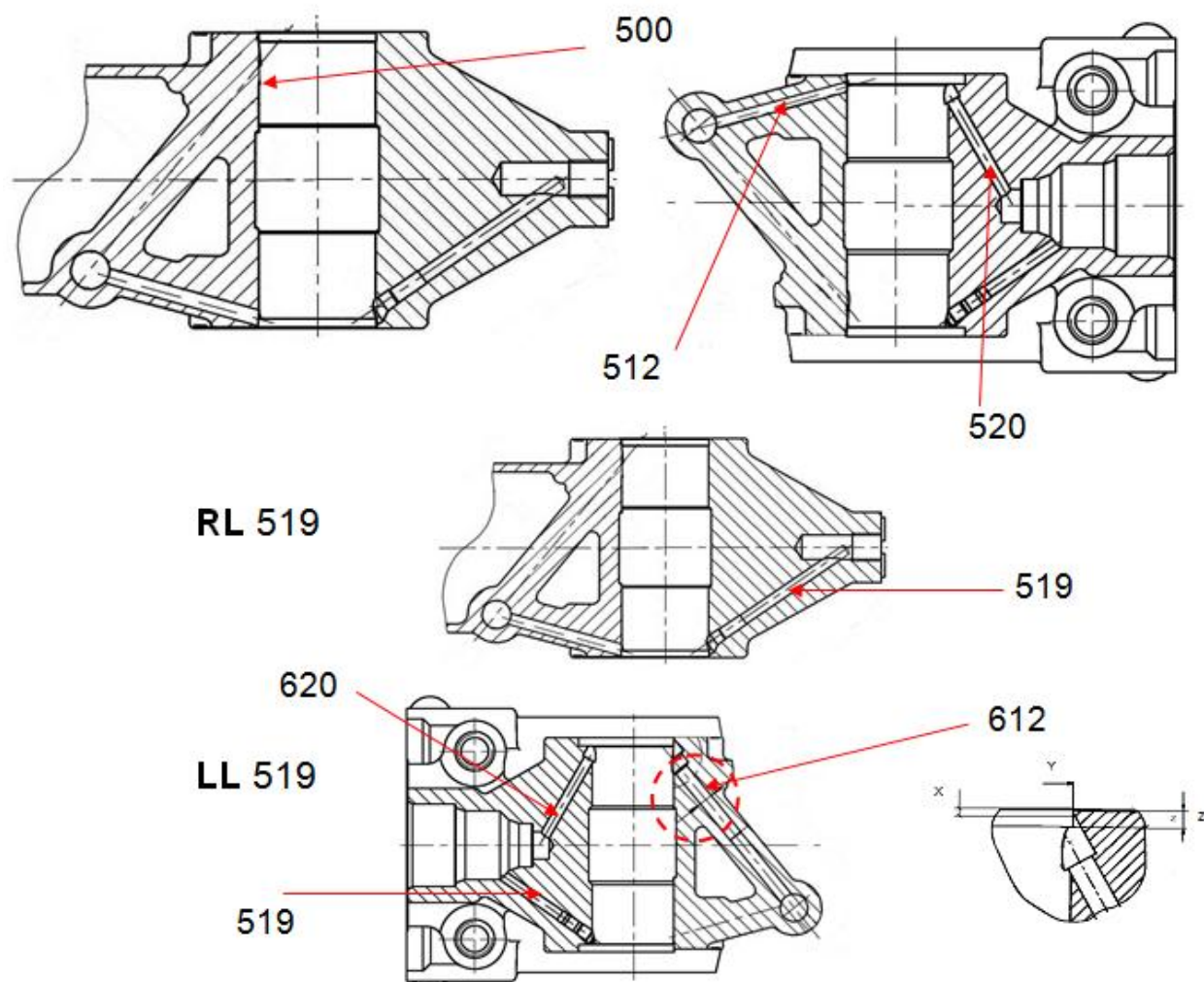
Příloha č. 5 (1/4)

Popis znaků OP30



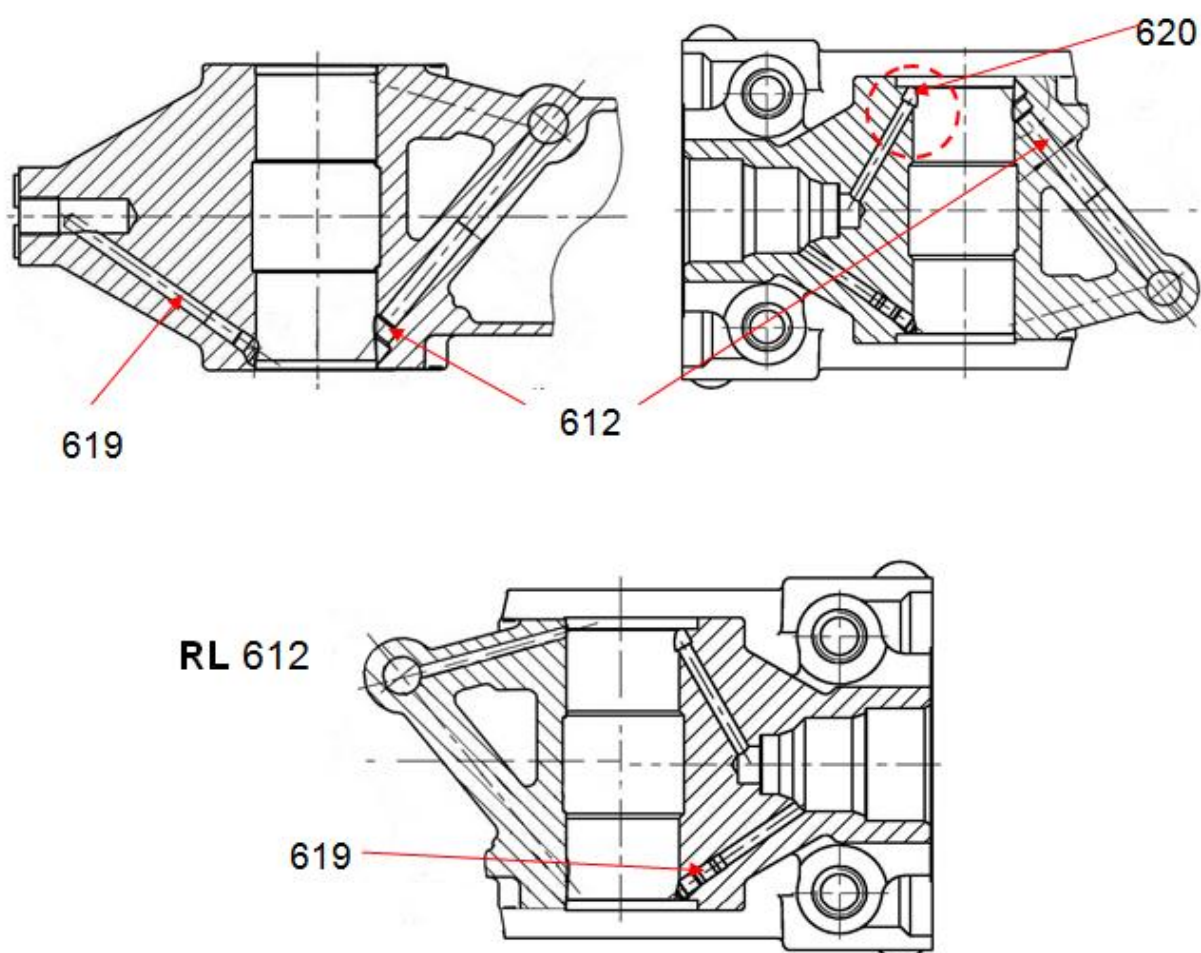
Příloha č. 5 (2/4)

Popis znaků OP30



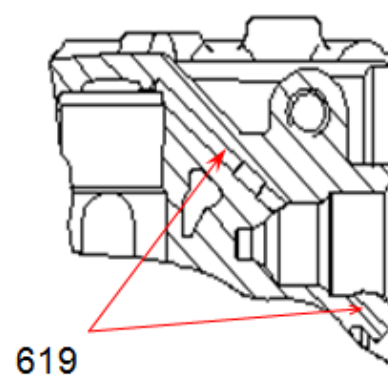
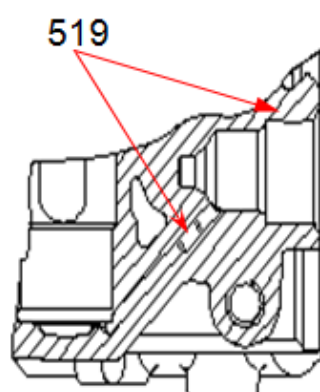
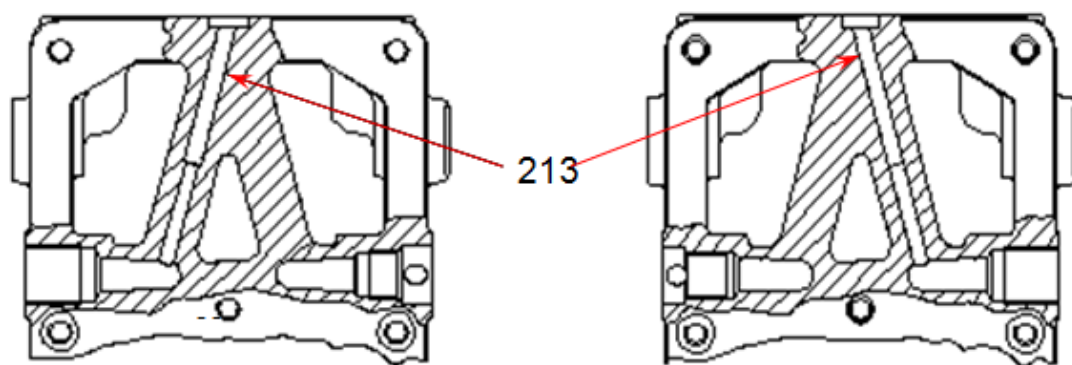
Příloha č. 5 (3/4)

Popis znaků OP30



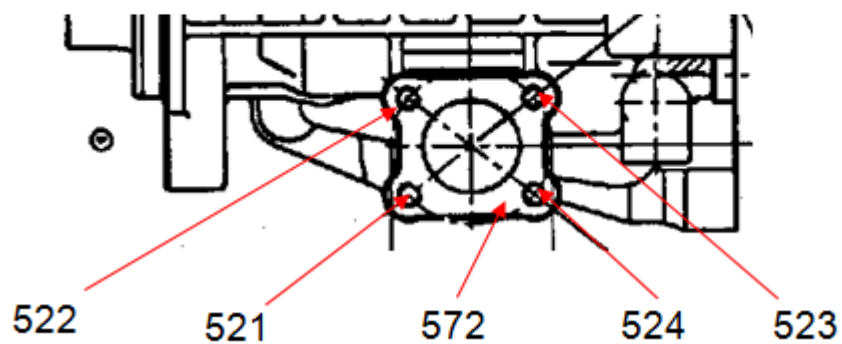
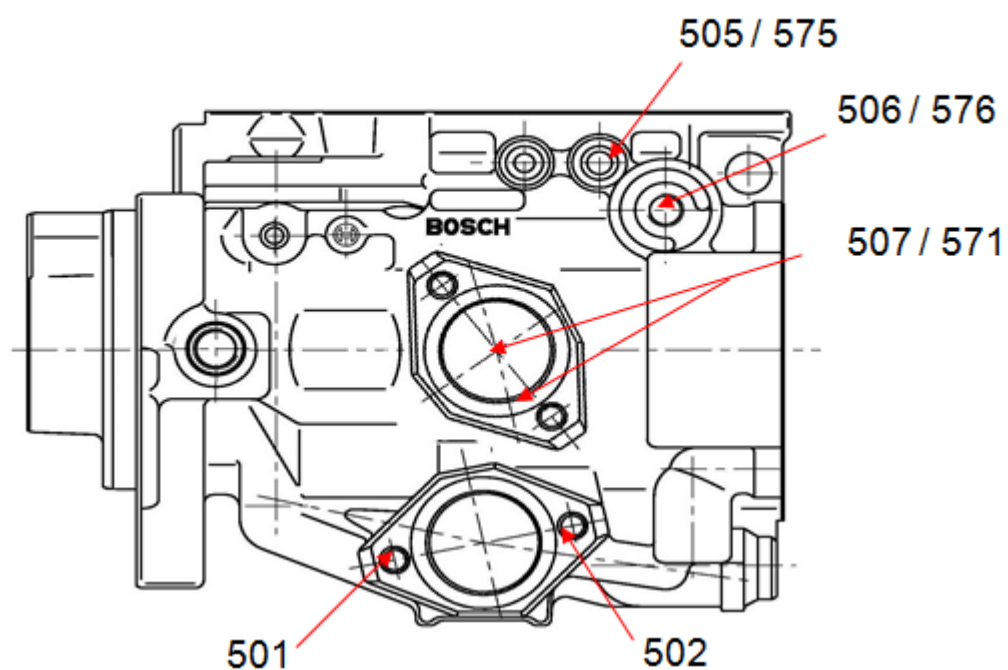
Příloha č. 5 (4/4)

Popis znaků OP30



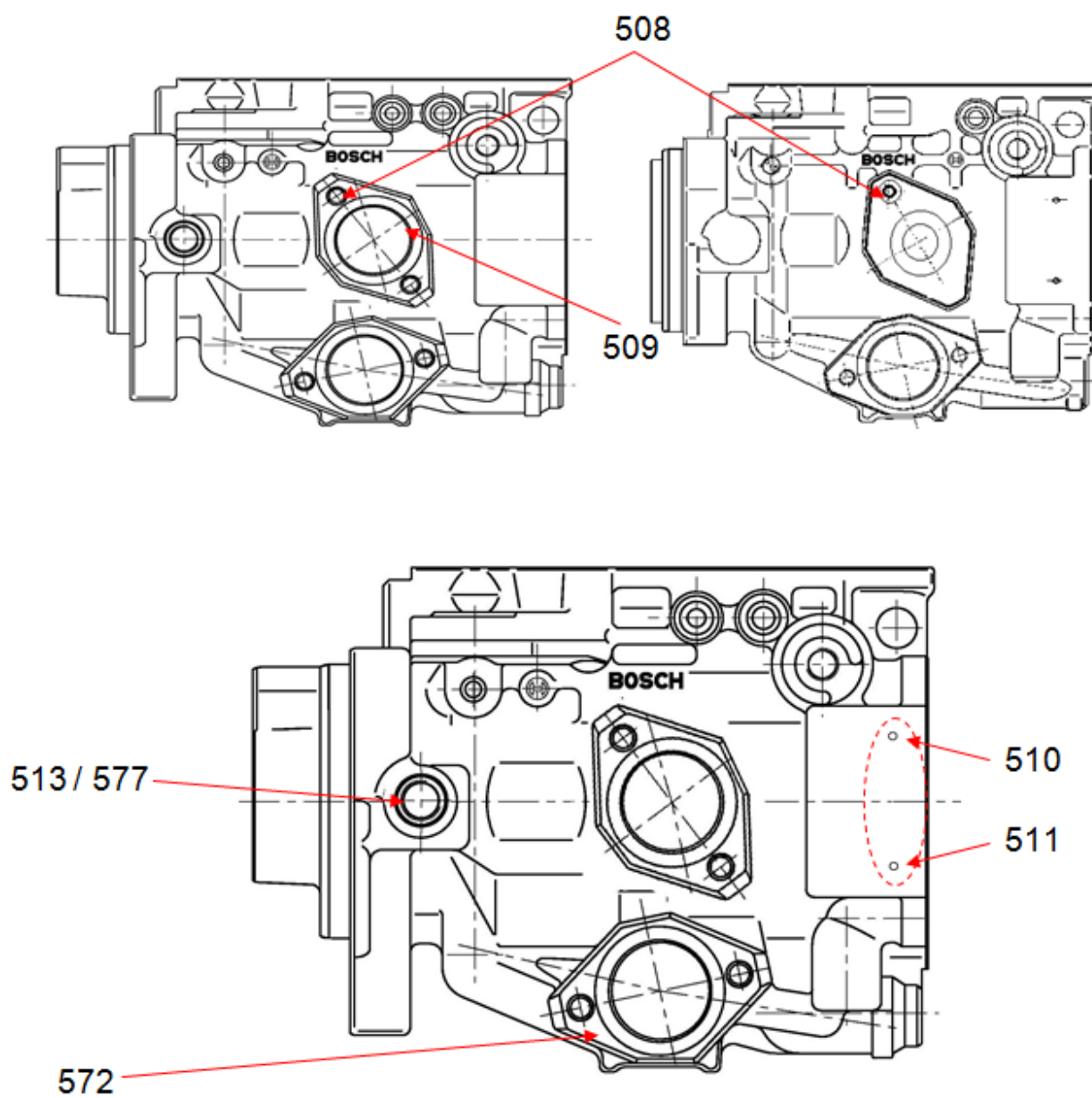
Příloha č. 6 (1/7)

Popis znaků OP40



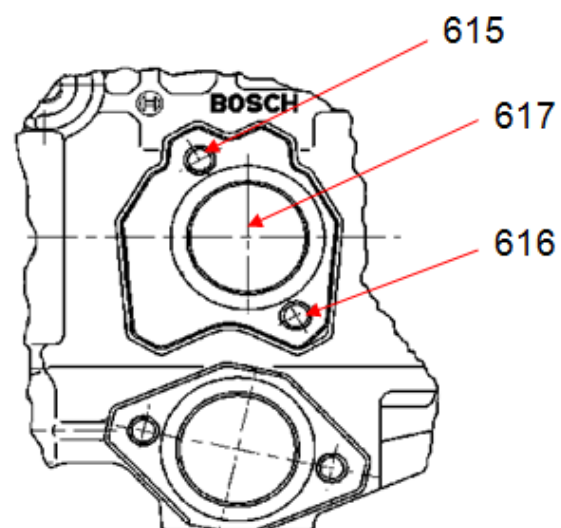
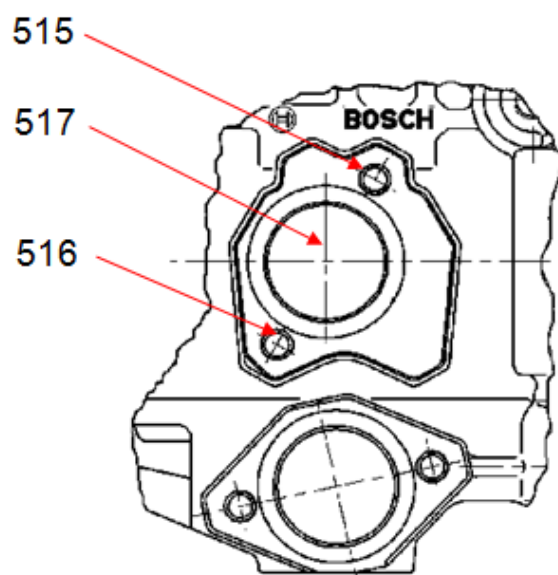
Příloha č. 6 (2/7)

Popis znaků OP40



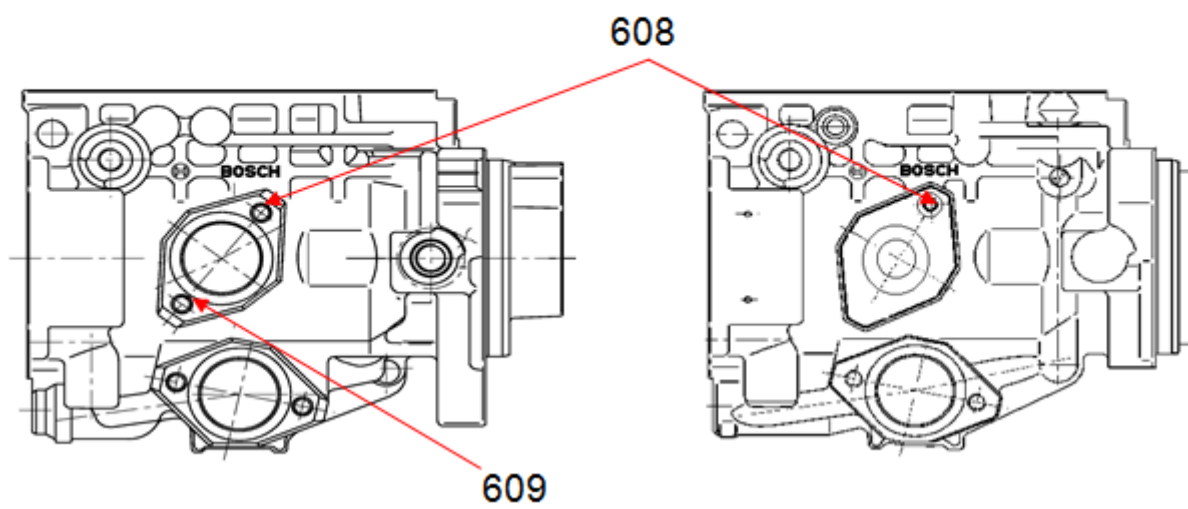
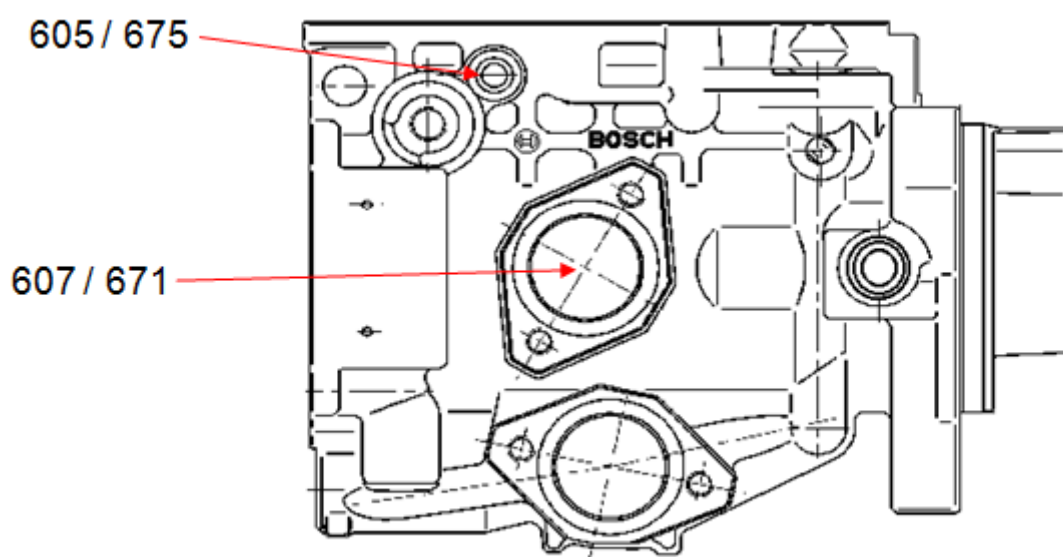
Příloha č. 6 (3/7)

Popis znaků OP40



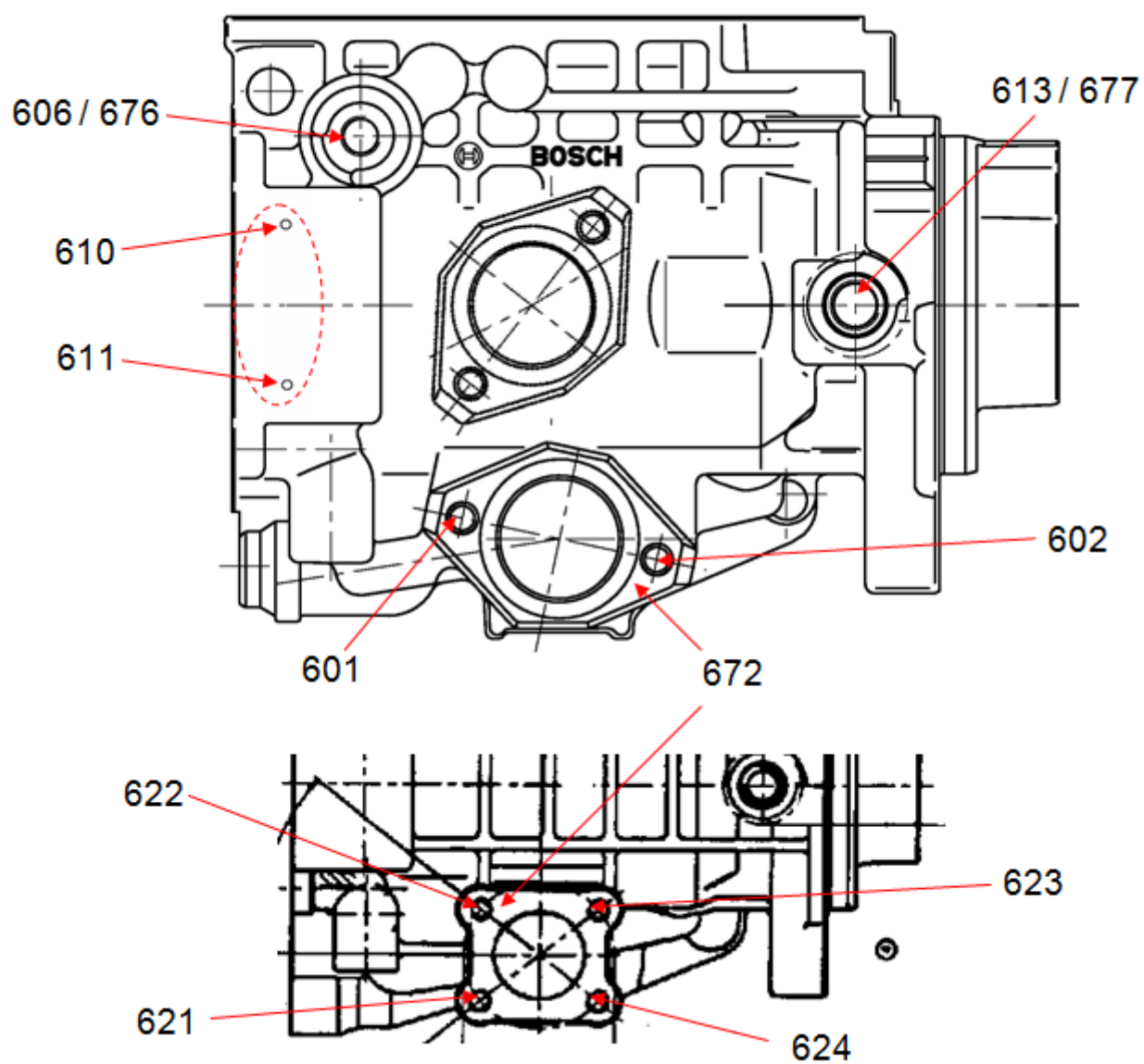
Příloha č. 6 (4/7)

Popis znaků OP40



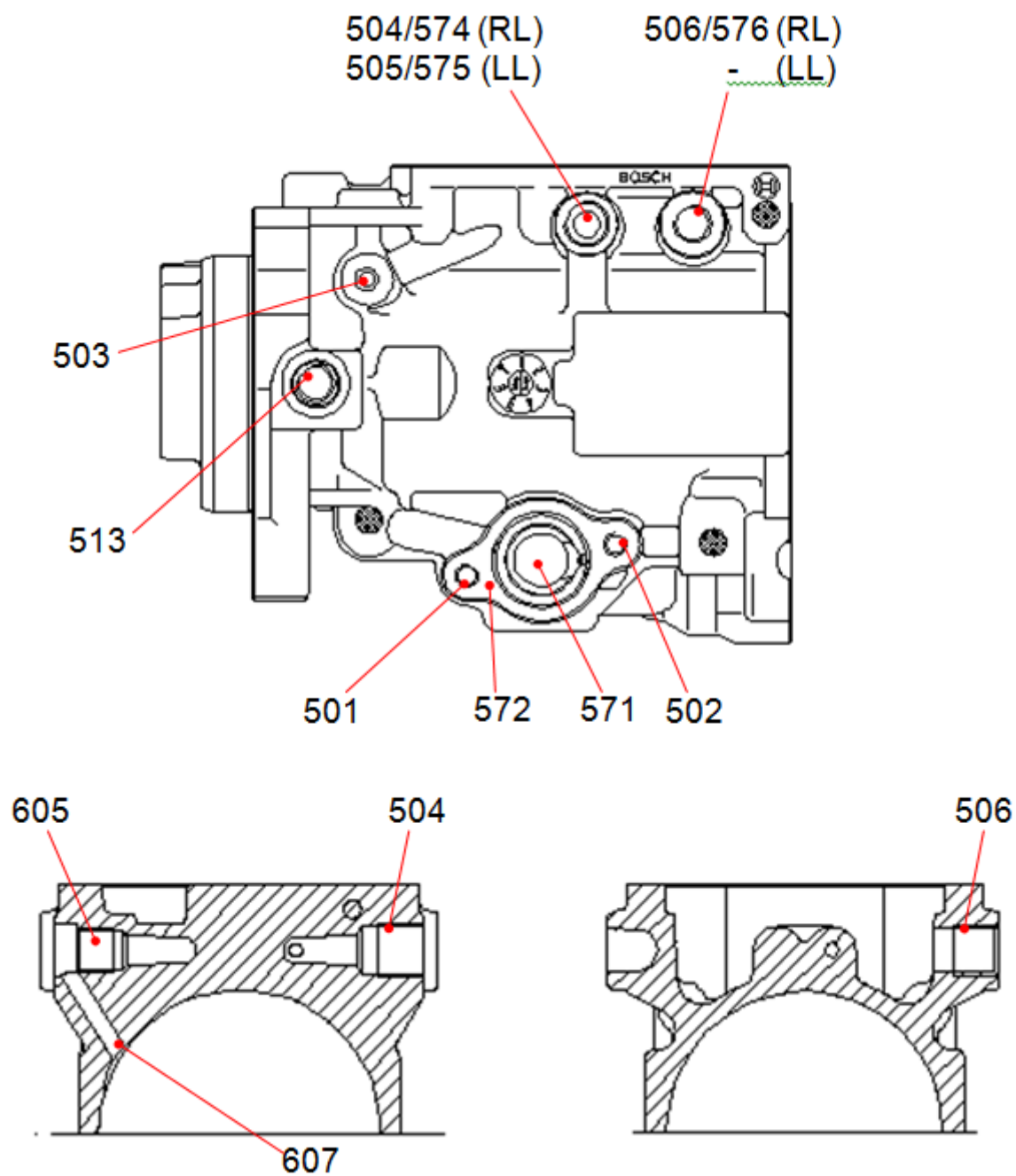
Příloha č. 6 (5/7)

Popis znaků OP40



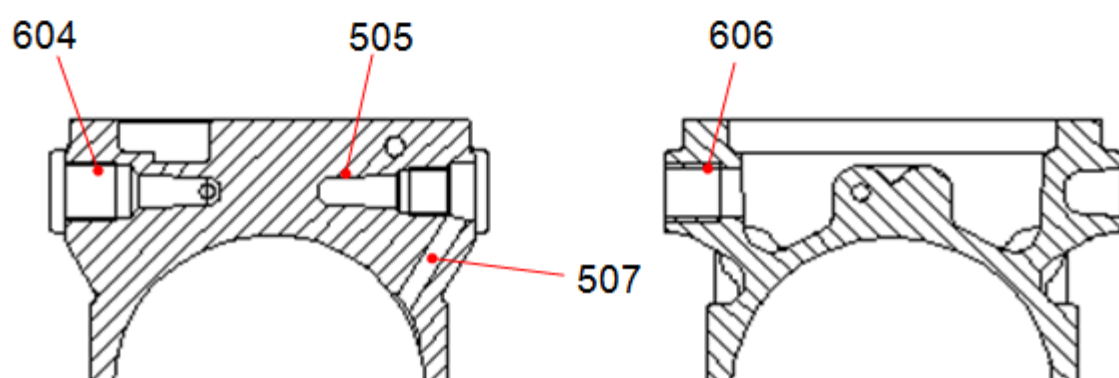
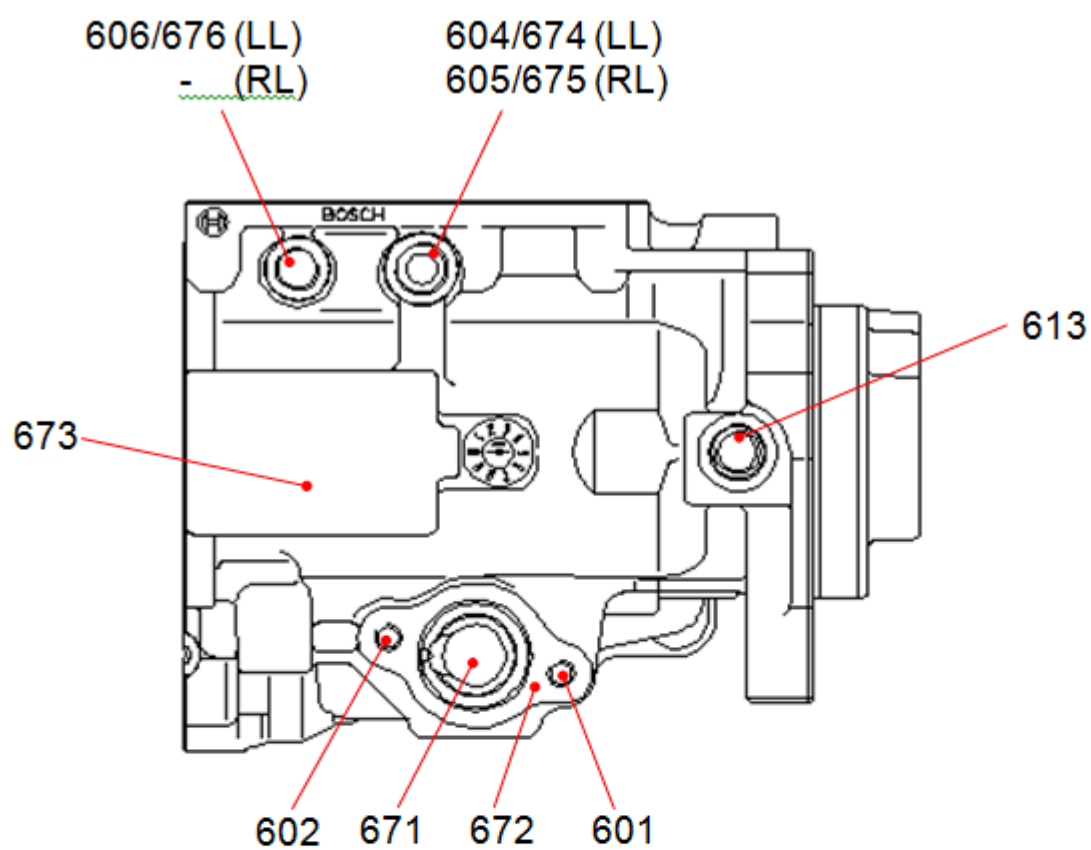
Příloha č. 6 (6/7)

Popis znaků OP40



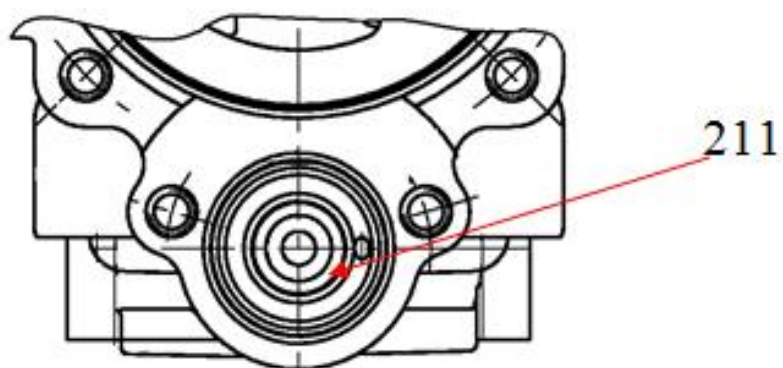
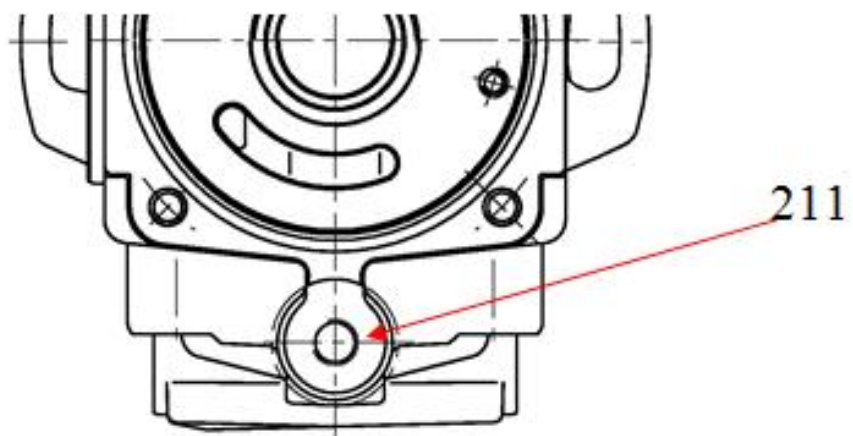
Příloha č. 6 (7/7)

Popis znaků OP40



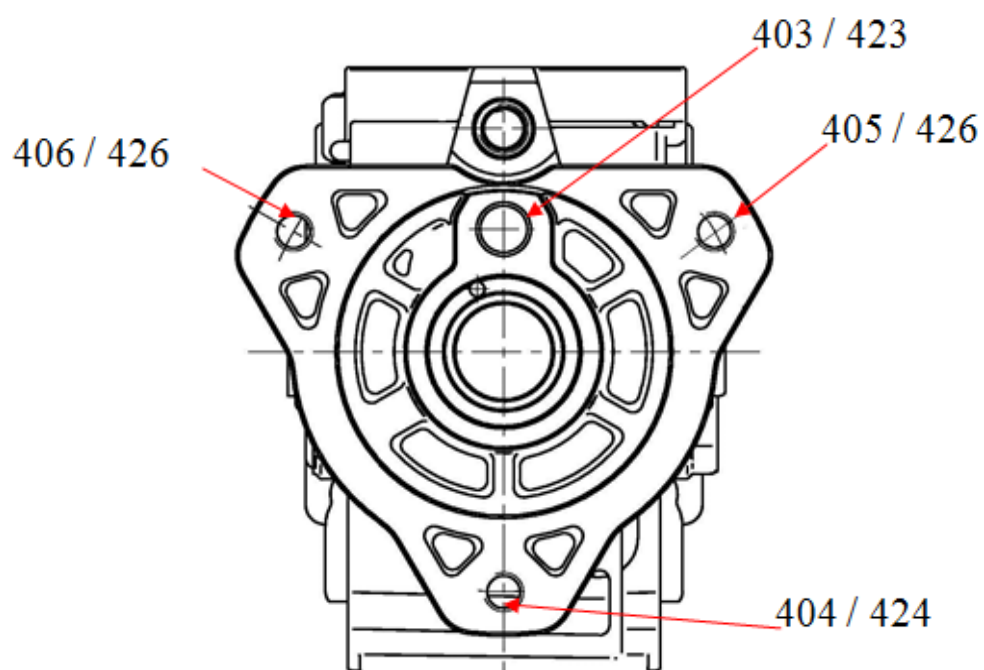
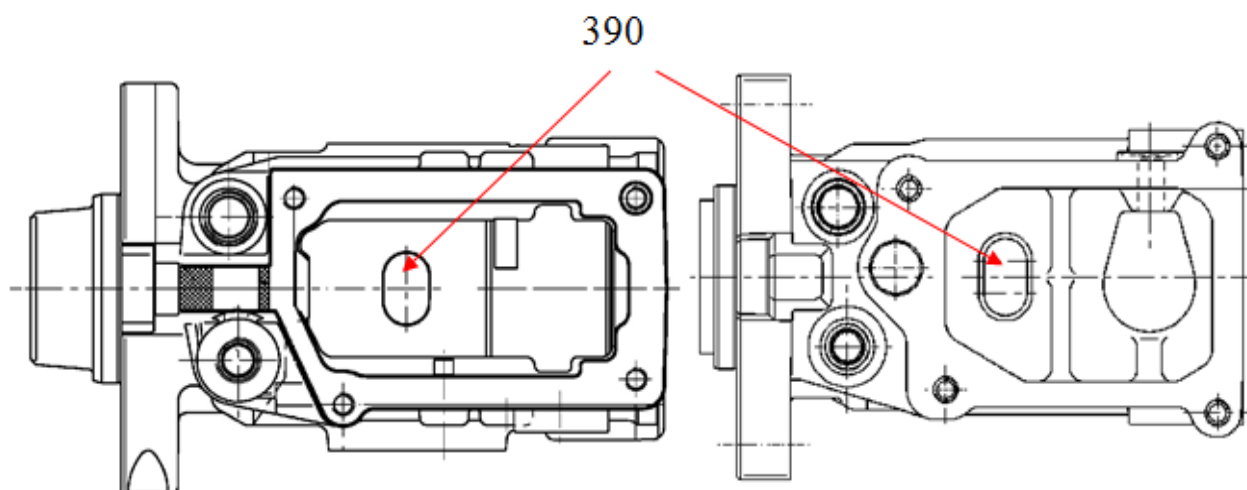
Příloha č. 7 (1/5)

Popis znaků OP60



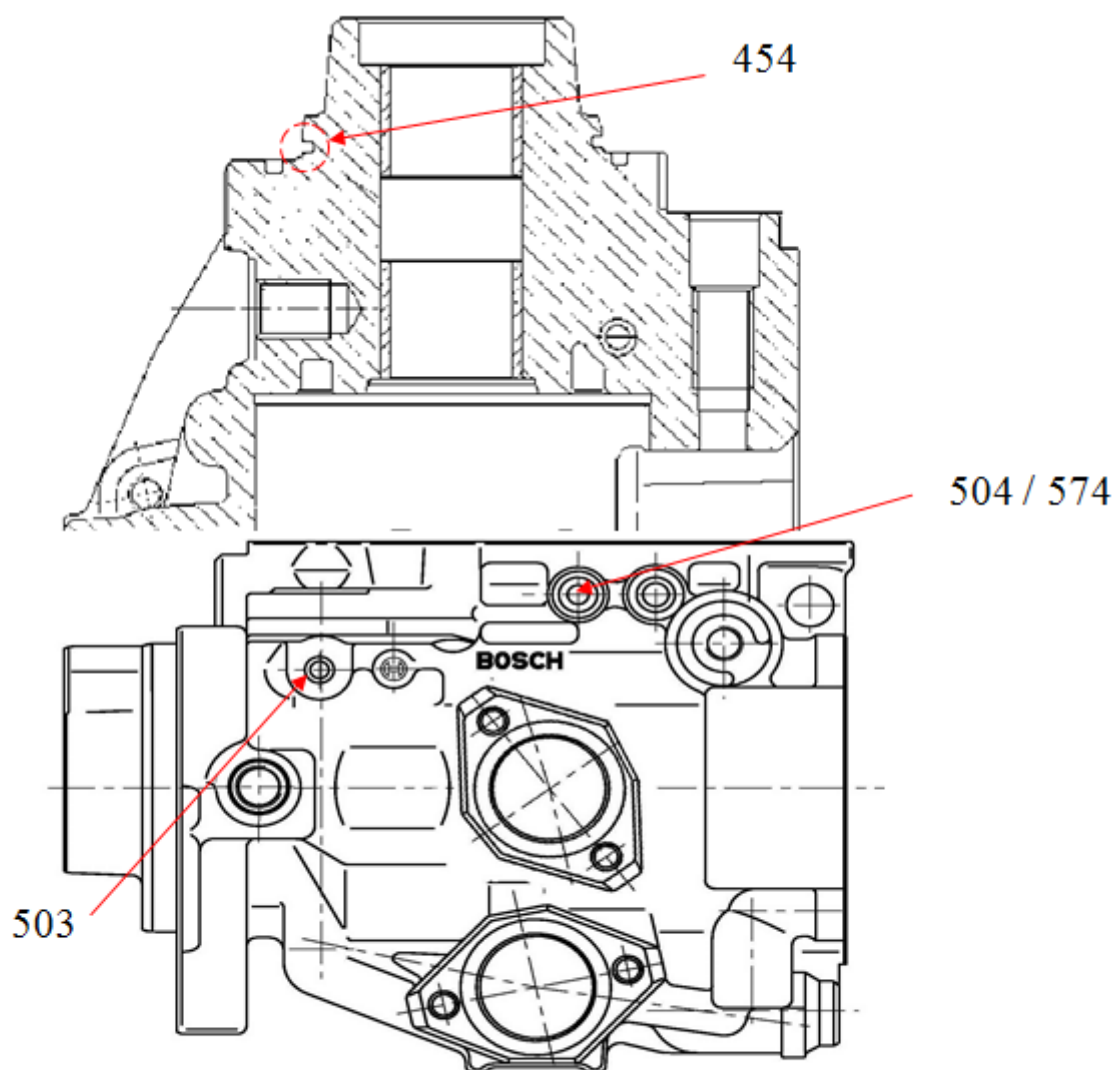
Příloha č. 7 (2/5)

Popis znaků OP60



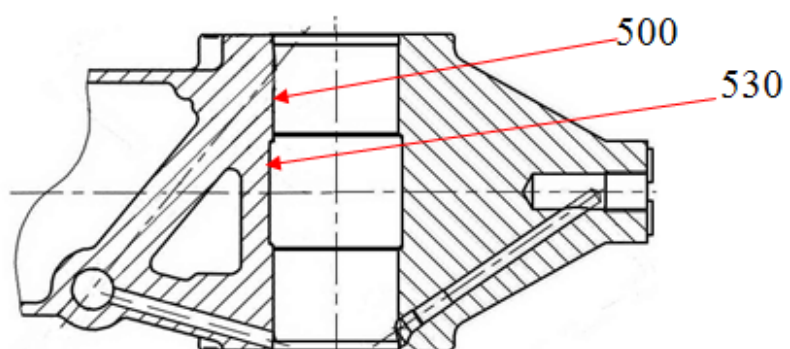
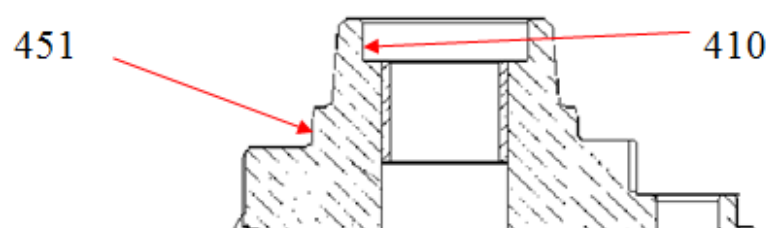
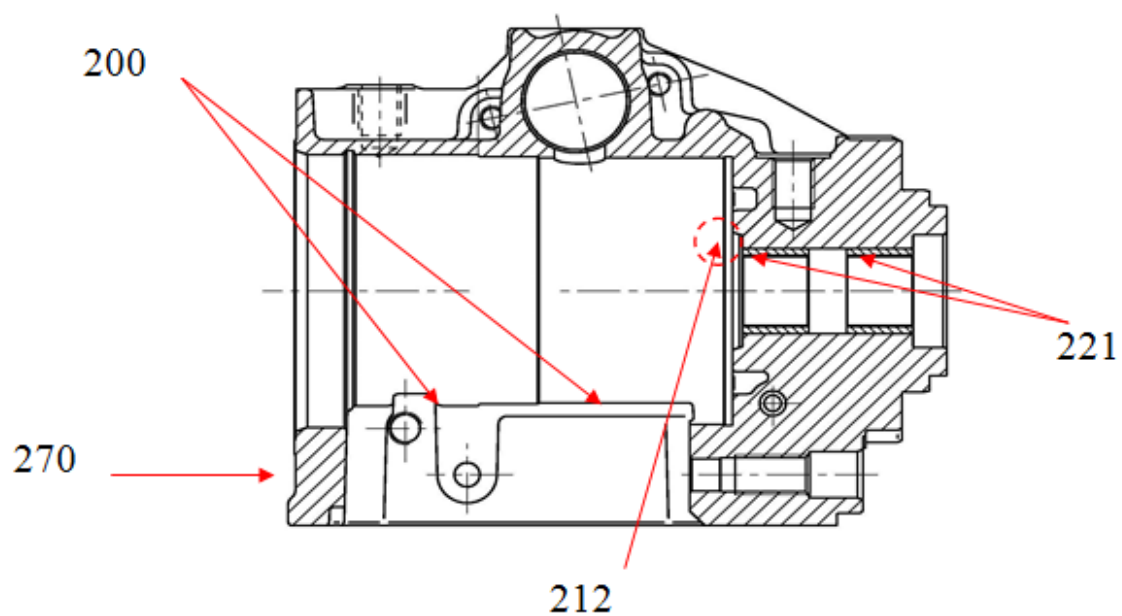
Příloha č. 7 (3/5)

Popis znaků OP60



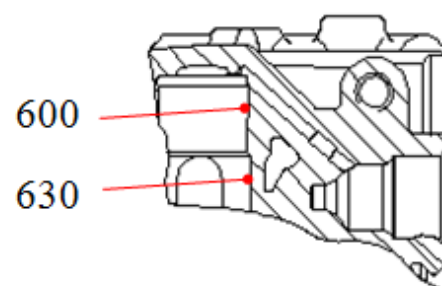
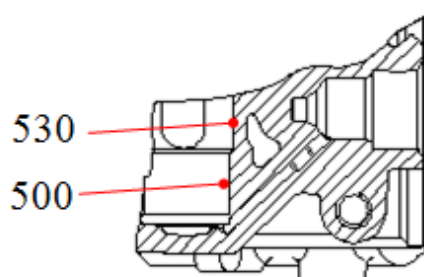
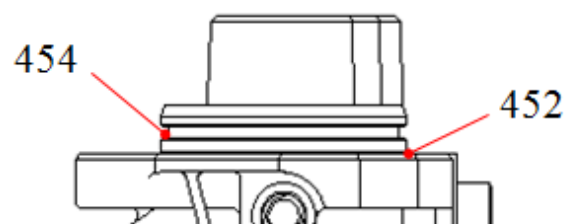
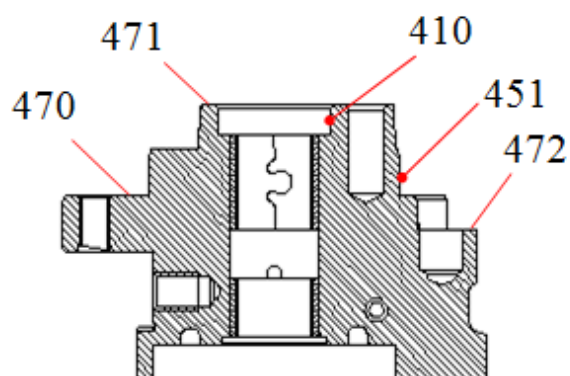
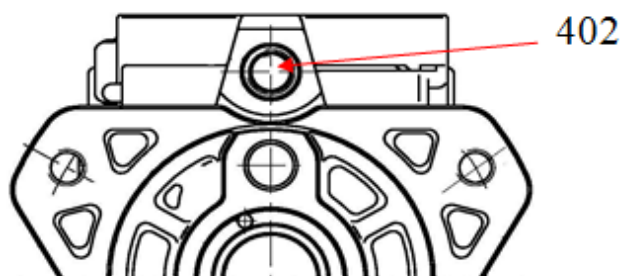
Příloha č. 7 (4/5)

Popis znaků OP60



Příloha č. 7 (5/5)

Popis znaků OP60



Příloha č. 8

Povlaky nástrojů od firmy Liss

TYP VRSTVY	SLOŽENÍ	BARVA	TLOUŠŤKA μm	TVRDOST [GPa]	MAX. TEPLO- TA POUŽITÍ	KOEFICIENT TŘENÍ PROTI OCELI
Alpha-PLATIT MP	TiCN multi	bronzově hnědá	1-4	33	400	0,2
Alpha-PLATIT	TiCN	šedá	1-4	37	400	0,2
Beta-PLATIT	TiN	zlatá	1-7	25	600	0,55
Delta-PLATIT	CrN	stříbrně šedá	1-4/10	18	700	0,3
Universal- PLATIT	TiAlN multi	fialová	1-4	30	800	0,4
Extra Al- PLATIT	AlTiN	černá	1-4	38	800	0,7
	AlTiCrN	tmavě šedá	1-4	40	900	0,55
	CrTiN	zlatá	1-4	30	600	0,4
AIXN3	---	černá	3-5	32	1000	0,4
cVlc	TiCN/DLC	černo šedá	1-3	37	450	0,15
CROMVlc2	CrN/DLC2	černá	1-5	25	700/450	0,1
nACo	---	fialově modrá	1-4	45	1200	0,45
nACRo	---	modro šedá	1-4	40	1100	0,35
DLC	---	černá	1	18	400	0,15
DLC2	---	černá	1-3	25	450	0,1
MoS2	MoS2	černá	0,5-1	-	400	0,1
nACo3	TiN+AlTiN+AlTiSiN	fialově modrá	1-4	45/34	1200/900	0,45

Příloha č. 9

Tabulka přesunů operačních úkonů

Operace 20, pro 4 kusy		
Poř.	Kód nástroje	přesun ano/ne
1	3032	NE
2	3004	NE
3	3013	NE
4	3043	NE
5	3037	NE
6	3007	ANO
7	3008	ANO
8	3029	ANO
9	3009	ANO
10	3012	NE
11	3010	NE
12	3011	NE
13	3022	NE
14	3025	NE
15	3026	NE
16	3027	NE
17	3028	NE
18	3033	NE
19	3979	NE

Operace 30, pro 2 kusy		
Poř.	Kód nástroje	přesun ano/ne
1	3040	NE
2	3041	NE
3	3030	NE
4	3031	NE
5	3066	NE
6	3200	NE
7	3201	NE
8	3023	NE
9	3024	NE
10	3039	NE
	3309	
	3136	
	3101	
	3100	
	3135	

Operace 40, pro 4 kusy		
Poř.	Kód nástroje	přesun ano/ne
1	3309	ANO
2	3121	NE
3	3074	NE
4	3075	NE
5	3126	NE
6	3096	NE
7	3097	NE
8	3127	NE
9	3113	NE
10	3136	ANO
11	3114	NE
	3007	
	3008	
	3029	
	3009	

Operace 60, pro 4 kusy		
Poř.	Kód nástroje	přesun ano/ne
1	3101	ANO
2	3100	ANO
3	3135	ANO
4	3035	NE
5	3044	NE
6	3071	NE
7	3061	NE
8	3080	NE
9	3082	NE
10	3078	NE
11	3045	NE
12	3118	NE
13	3077	NE
14	3006	NE
15	810	NE
	3007	
	3008	
	3009	