

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU NA OBRÁBĚNÍ TĚLES VYSOKOTLAKÝCH VSTŘIKOVACÍCH ČERPADEL.

DESIGNING OF EQUIPMENTS FOR MACHINING OF HIGH PRESSURE PUMP HOUSING.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL TRUTNA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, CSc.

BRNO 2008

**ABSTRAKT**

Cílem této práce byla konstrukce nového přípravku na obrábění těles nových typů vstřikovacích čerpadel CP3. Na základě kritérií z hlediska ergonomie, obrábění, tvaru tělesa a nákladů byl zkonstruován přípravek, který umožní upnutí a obrobení požadovaných obráběných ploch na tělese. Konstrukce byla provedena v 3D CAD systému, ze kterého je k dispozici výkresová dokumentace i 3D data.

**Klíčová slova**

Těleso, přípravek, konstrukce

**ABSTRACT**

The goal of this work was engineering of new equipment for cutting operation in focus on new type of High Pressure Pumps CP3. Based on criteria from point of view of ergonomics, machining, shape of the housing and costs, equipment has been engineered which allows to clamp and finish cutting of the required surface on the housing. Equipment designing has been performed in 3D CAD software which is able to provide with drawings and 3D data.

**Key words**

Housing, equipment, construction

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

TRUTNA, Pavel. *Název: KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU NA OBRÁBĚNÍ TĚLES VYSOKOTLAKÝCH VSTŘIKOVACÍCH ČERPADEL*: Bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 34 s., 17 příloh. Vedoucí práce: Ing. Oskar ZEMČÍK, CSc.

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma KONSTRUKCE PŘÍPRAVKU NA OBRÁBĚNÍ TĚLES VYSOKOTLAKÝCH VSTŘIKOVACÍCH ČERPADEL vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 19.5.2008

  
.....  
Pavel Trutna

## **Poděkování**

Děkuji tímto panu Ing. Oskarovi Zemčikovi, CSc. a panu Františkovi Šalomounovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

Abstrakt.....	4
Prohlášení .....	5
Poděkování .....	6
Obsah .....	7
Úvod.....	8
1 PŘEDMĚT PRÁCE.....	10
1.1 Funkce čerpadla.....	10
1.2 Těleso .....	12
1.2.1 Postup výroby tělesa .....	12
2 POPIS OBRÁBĚNÍ TĚLESA PŘED TEPELNÝM ZPRACOVÁNÍM	14
2.1 Obráběcí stroj.....	16
2.1.1 Popis stroje.....	16
2.1.2 Technická data .....	17
2.2 Obrábění tělesa stávajícího typu čerpadla .....	18
2.2.1 Postup při upínání těles do přípravku .....	19
3 OBRÁBĚNÉ PLOCHY TĚLESA NOVÉHO TYPU ČERPADLA .....	20
4 NÁVRH PŘÍPRAVKU .....	21
4.1 Kritéria návrhu .....	21
4.2 Vlastní návrh.....	24
4.2.1 Postup návrhu.....	25
5 VÝROBA PŘÍPRAVKU .....	30
Závěr .....	31
Seznam použitých zdrojů.....	32
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	33
Seznam příloh .....	34

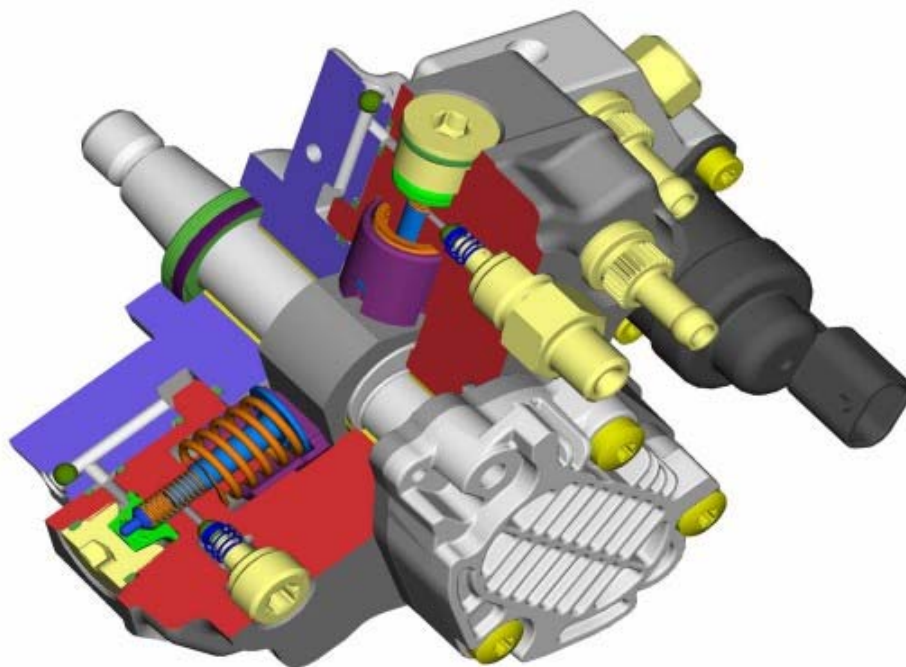
## ÚVOD

Společnost BOSCH DIESEL s.r.o. v Jihlavě byla založena 4. ledna 1993 jako společný podnik německé firmy Robert Bosch GmbH ze Stuttgartu a jihlavského strojírenského závodu Motorpal a.s. V roce 1996 se firma Robert Bosch GmbH stala jediným vlastníkem společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. v Jihlavě, kdy prvořadým úkolem bylo postavit nové výrobní prostory a zahájit výrobu. Výrobní program zahrnuje komponenty automobilové techniky pro divizi dieselové systémy.

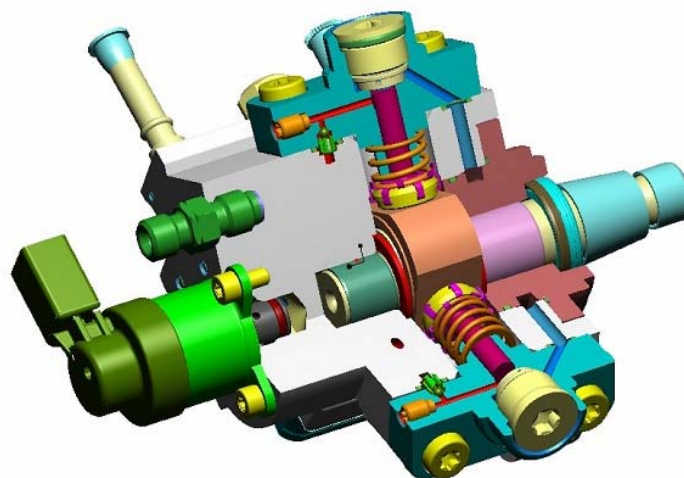
Prvními produkty bylo jednoválcové čerpadlo PFM a vstříkovače. Nosným programem se roku 1994 stala výroba řadových čerpadel, která probíhala pět let a byla ukončena v roce 1999. Postupně byla nahrazována výrobou čerpadel PDM a výrobou balicích strojů. Následně se výrobní program rozšířil o sériovou opravu rotačních čerpadel a vstříkovacích jednotek. Přejížděnou dobu se ve firmě BOSCH DIESEL s.r.o. vyráběly také světlomety. Výroba jednoválcových čerpadel PFM a PDM byla zcela ukončena v roce 2003, kdy byla přesunuta do Indie.

Od roku 1999 se začaly postupně vyrábět komponenty pro systém Common Rail (CRS), který dnes tvoří hlavní výrobní program jihlavských závodů - vstříkovací čerpadla pro vznětové motory typu CP1 (do roku 2004), CP3 a od roku 2004 i CP1H, tlakové zásobníky, a od roku 2003 i regulační tlakové ventily. Pro výrobu čerpadla CP3 byl v Jihlavě v roce 2001 postaven nový závod (který je také mateřským závodem tohoto typu čerpadla). Počet zaměstnanců se ve stejném roce zvýšil z původních 1.084 na téměř 4.500, a BOSCH DIESEL s.r.o. se tak zařadil k největším závodům skupiny Robert Bosch GmbH.

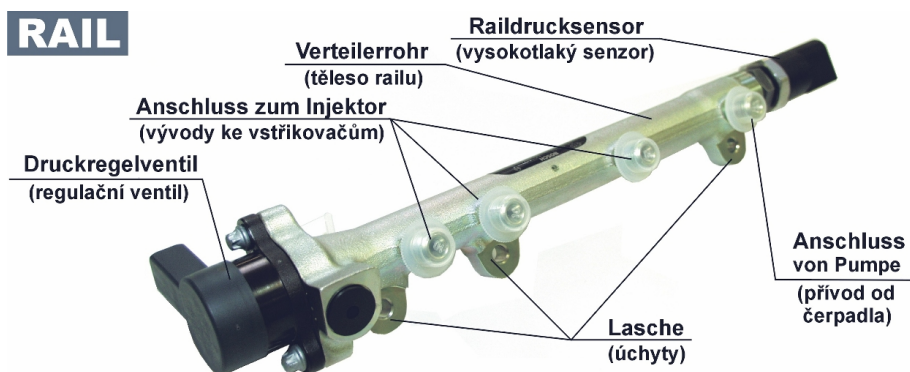
## Výrobní program



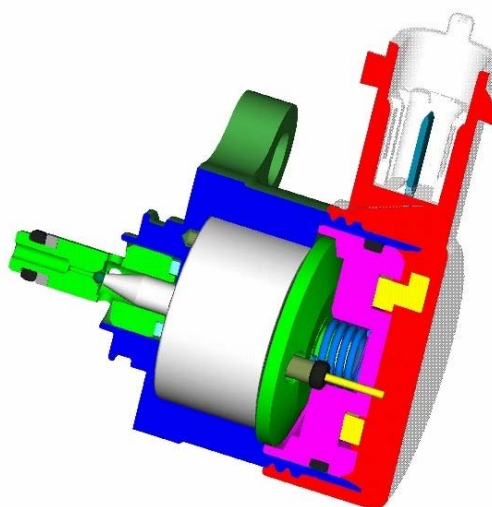
Obr. 1.1 Vysokotlaké dieselové čerpadlo řady CP3 (5)  
- určeno pro tlaky 160 – 180 MPa



Obr. 1.2 Vysokotlaké dieselové čerpadlo řady CP1H (5)  
- určeno pro tlaky do 110 MPa



Obr. 1.3 Vysokotlaký zásobník RAIL pro systém Common Rail (5)



Obr. 1.4 Tlakový regulační ventil DRV (5)

## 1 PŘEDMĚT PRÁCE

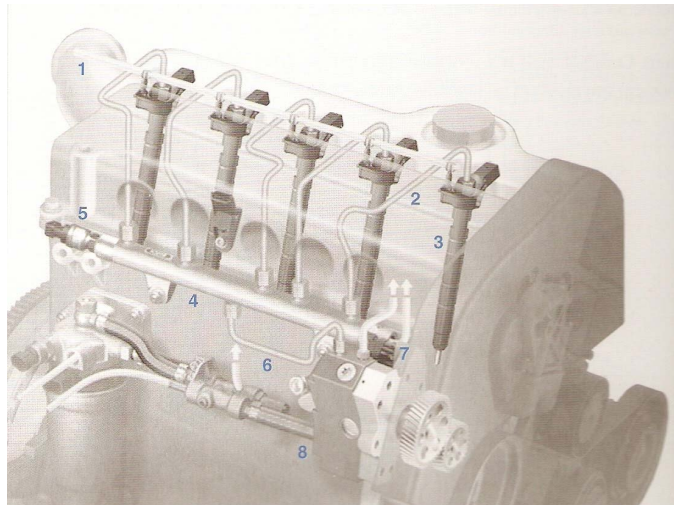
Úkolem této práce je návrh a konstrukce přípravku na obrábění. Obráběno bude těleso vysokotlakého vstřikovacího čerpadla CP3.

### 1.1 Funkce čerpadla

Toto čerpadlo slouží jako zdroj tlaku ve vstřikovacím systému se zásobníkem *Common Rail*. Hlavní výhodou systému *Common Rail* spočívá ve velkých možnostech variability při vytváření vstřikovacího tlaku a časového okamžiku vstřiku. Toto je dosaženo oddělením vytváření vysokého tlaku (vysokotlaké čerpadlo) a vstřikování (piezoelektrické vstřikovače nebo vstřikovače s elektromagnetickým ventilem). Jako zásobník přitom slouží „rail“. Systém *Common Rail* s přímým vstřikem paliva je používán v osobních vozidlech od objemu 0,8 l s výkonem 30 kW až po těžká nákladní vozidla, lokomotivy a lodě s výkonem 200 kW/válec. Tlak v systému se pohybuje od 20 až do 180 MPa.

Systém *Common Rail* přispívá ke snížení spotřeby paliva, hlučnosti a emisí škodlivých látek a ke zvýšení měrného výkonu. *Common Rail* je dnes nejčastěji používaným vstřikovacím systémem pro osobní vozidla s moderními rychloběžnými motory s přímým vstřikem.

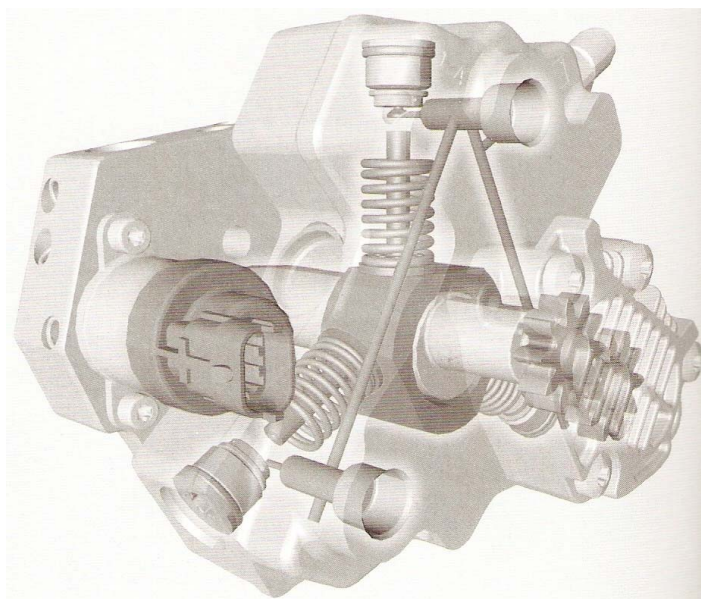
- 1- Zpětné palivové potrubí
- 2- Vysokotlaké palivové potrubí ke vstřikovači
- 3- Vstřikovač
- 4- Vysokotlaký zásobník (Rail)
- 5- Snímač tlaku v zásobníku Rail
- 6- Vysokotlaké palivové potrubí k Railu
- 7- Zpětné palivové potrubí
- 8- Vysokotlaké čerpadlo



Obr. 1.5 Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem *Common Rail* u pěti válcového vznětového motoru (1)

Čerpadla řady CP3 se používají jak u osobních, tak u nákladních vozidel. Podle potřebného dopravního výkonu se používají různé typy. Velikosti, a tím také dopravní výkony, jsou od CP3.2 do CP3.4

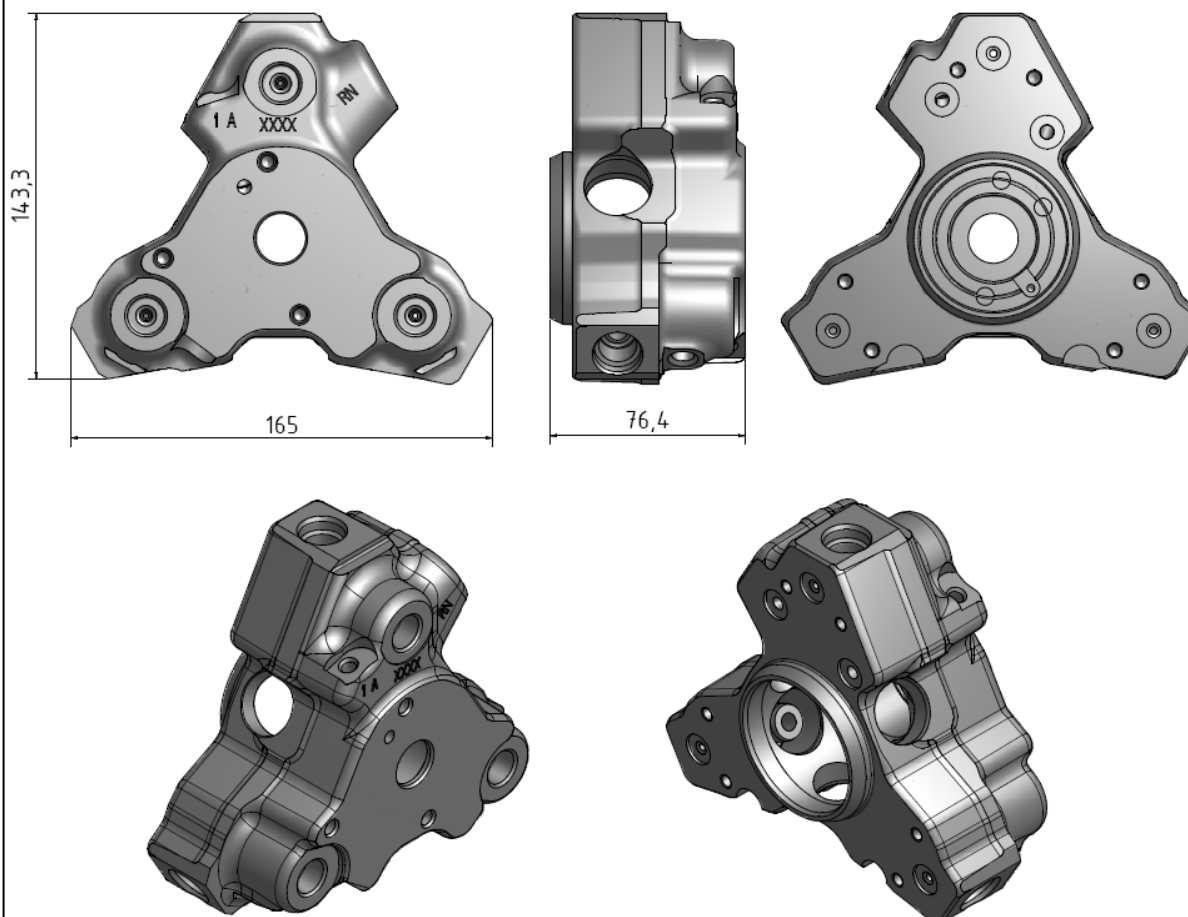




Obr. 1.6 Vysokotlaké čerpadlo CP3 s dávkovací jednotkou a s vestavěným zubovým podávacím čerpadlem (1)

## 1.2 Těleso

Těleso je základní nosnou částí čerpadla, ve které jsou hlavní části (hnací hřídel, výstředník, písty, ventily atd.) vytvářející potřebný tlak. Je vyrobeno z legované oceli 20MnCr5 (ČSN - 14 221).



Obr. 1.7 Těleso čerpadla CP3NH<sup>2</sup>

### 1.2.1 Postup výroby tělesa

Protože je předmětem práce přípravek na obrábění pouze na obráběcím centru Heller a detailní popis všech výrobních operací by neúměrně zvětšoval obsah práce, jsou zde výrobní operace uvedeny pouze stručně:

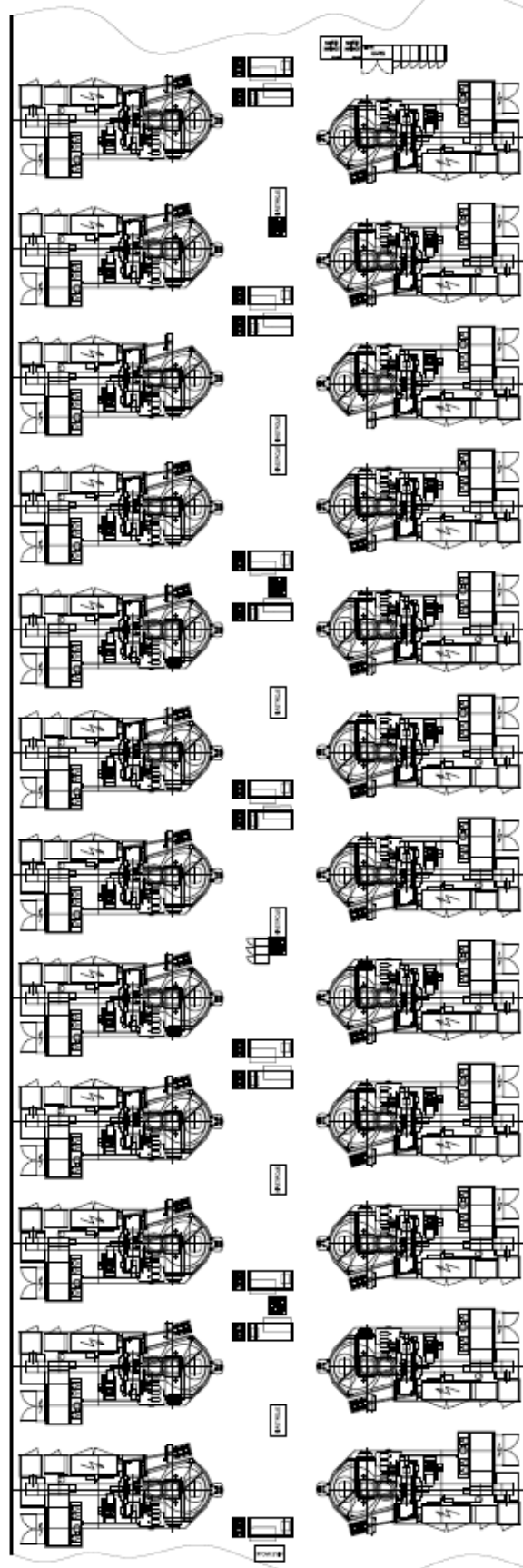
- Kování v zápustkách (externí dodavatel)
- Kontrola výkovků
- Obrábění na obráběcím stroji EMAG – soustružení plochy pro přírubu, hlavního otvoru pro vačkovou hřídel, ložiska apod., frézování technologických drážek pro ustavování tělesa při obrábění
- **Obrábění na obráběcím centru HELLER MC16 - vrtání, zahlubování, frézování, řezání závitů**
- Odjehlení výbuchem na zařízení TEM od firmy Bosch Rexroth

- Zaoblení průníků vysokotlakých kanálů – vysokotlakými kanály se protlačuje pasta (abrazivní částice + pojivo) pod tlakem 20 MPa
- Praní v uhlovodíkové pračce – tělesa ve speciálních koších otáčejí v lázni odmašťovadla, sušení
- Cementace do hloubky  $1\pm 0,1$  mm a kalení na 64-4 HRC – ohřev a nauhličení pomocí acetylénu ve vakuové peci, perlitizace, ohřev na kalicí teplotu kolem  $900^{\circ}\text{C}$ , ochlazení vysokotlakým  $\text{N}_2$  až na  $-80^{\circ}\text{C}$  pro odstranění zbytkového austenitu, popuštění
- Broušení plochy pro přírubu a ložiskových otvorů – bruska Stratos (Schaut-Microsa)
- Obrábění funkčních ploch nástroji s plátky z CBN
- Broušení sedel vysokotlakých ventilů – bruska Gehring
- Honování děr pro písty – čtyř-vřetenový honovací stroj Kadia
- Vysokotlaké praní – těleso je robotem natáčeno otvory proti proudu vodního paprsku
- Suchá tlaková zkouška sedel vysokotlakých ventilů – speciální stanice pro kontrolu těsnosti - měří se pokles tlaku vzduchu u jednotlivých ventilů
- Výstupní kontrola

Navrhovaný přípravek, o kterém pojednává tato práce, je určen právě pro upnutí při obrábění na stroji Heller MC16.

## **2 POPIS OBRÁBĚNÍ TĚLESA PŘED TEPELNÝM ZPRACOVÁNÍM**

V současné době je pro obrábění před tepelným zpracováním ve firmě 5 linek. Navrhovaný přípravek bude používán na lince 1. Zde je umístěno 12 párů obráběcích center Heller MC 16. Každý pár je schopen obrobit všechny plochy na tělese na 4 operace (4 upínací přípravky). Obráběcí centrum má otočný stůl, na kterém jsou dva různé upínací přípravky. Navrhovaný přípravek (ve firmě používané tzv. „druhé upnutí“) bude sloužit k obrábění otvorů v axiálním směru a frézování čelní plochy tělesa.

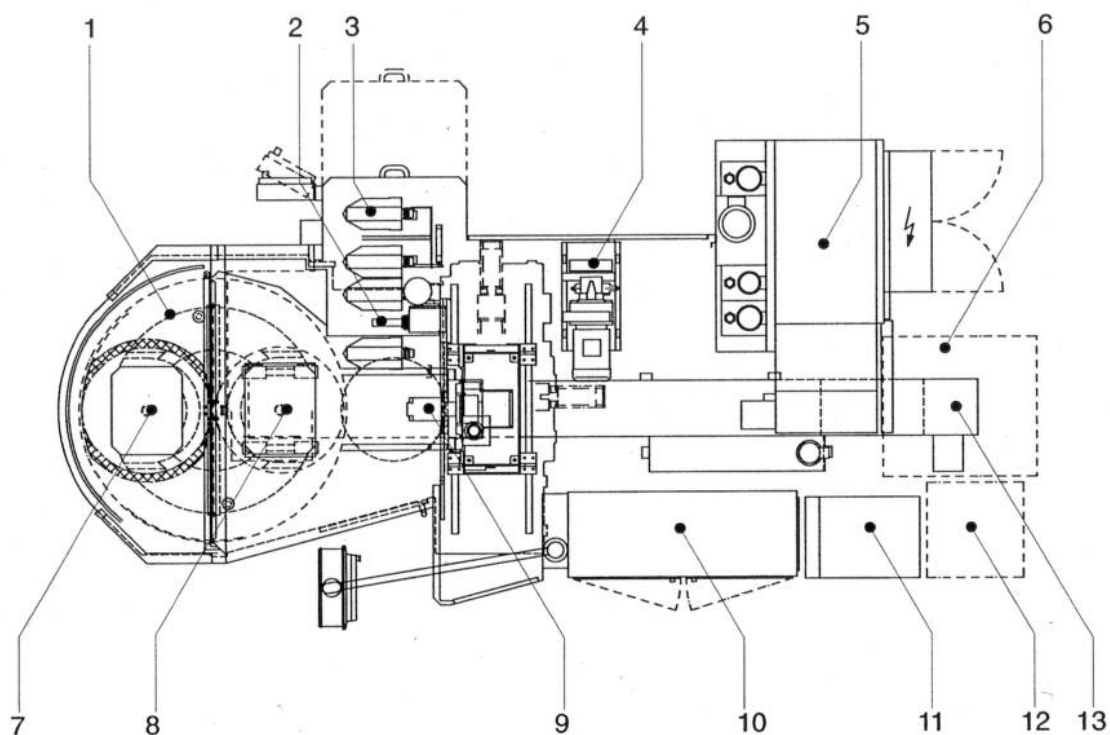


Obr. 2.1 Linka 1, obráběcí centra Heller MC16

## 2.1 Obráběcí stroj

K obrábění tělesa se používají obráběcí centra MC 16 SINUMERIK 840D dodané firmou Gebr. HELLER Maschinenfabrik GmbH. Na tomto centru je možno frézovat rovinné a válcové plochy, vrtat, zahlubovat, řezat závit, soustružit vnitřní plochy.

### 2.1.1 Popis stroje

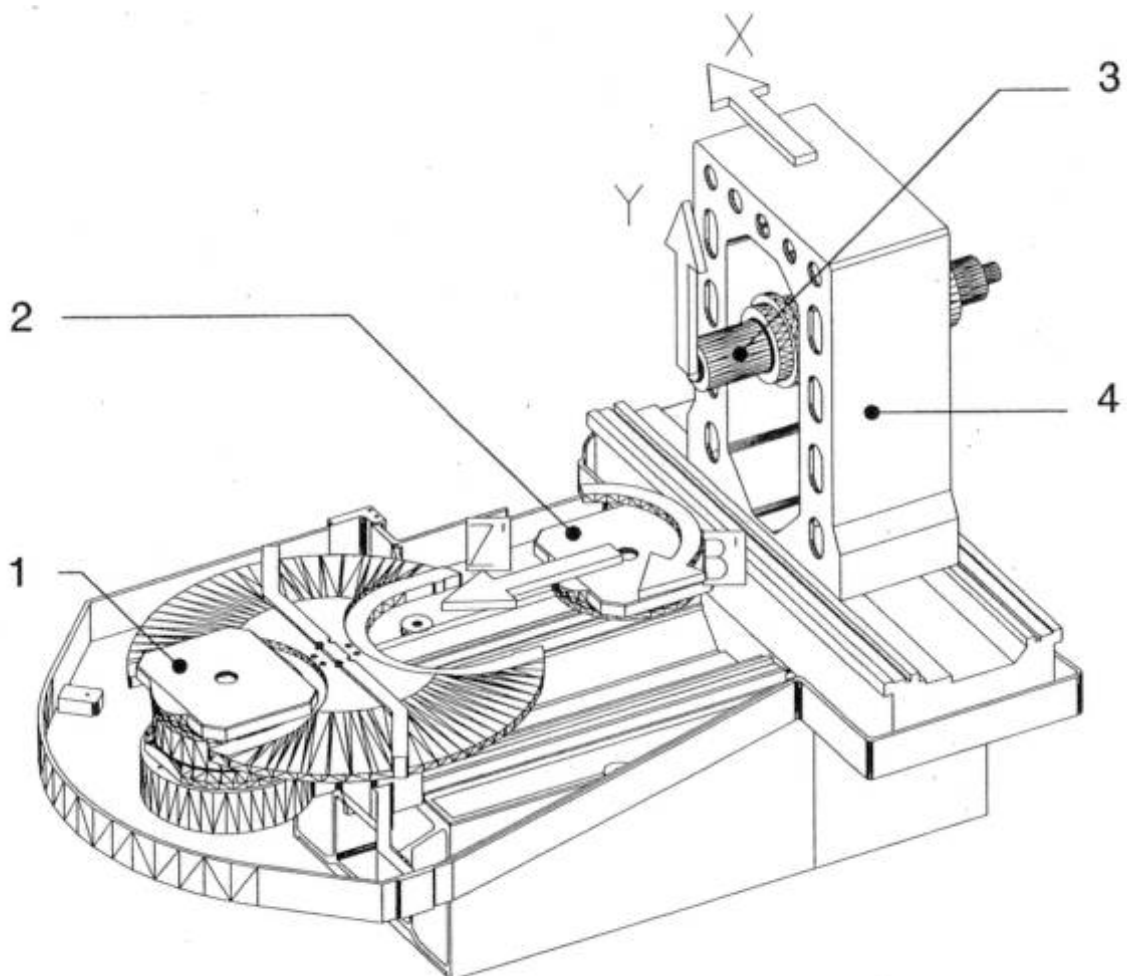


- 1 – Výměník palet
- 2 – Výměnné zařízení nástrojů
- 3 – Zásobník nástrojů
- 4 – Zásobovací jednotka pro hydraulický a pneumatický systém a pro centrální mazání
- 5 – Chladicí a mazací zařízení
- 6 – Nádoba s třískami
- 7 – Přípravné místo obrobků
- 8 – Kruhový stůl
- 9 – Pracovní jednotka
- 10 – Skříňový rozvaděč
- 11 – Chladicí agregát pro motorové vřeteno a skříňový rozvaděč
- 12 – Chladicí agregát chladicí a mazací kapaliny
- 13 – Dopravník třísek

Obr. 2.2 Funkce stroje (3)

**2.1.2 Technická data**

Podélný zdvih	Osa X	630 mm
Vertikální zdvih	Osa Y	630 mm
Příčný zdvih	Osa Z	630 mm
Síly posuvu ve všech osách		10000N
Rychlost posuvu ve všech osách		1-60000mm/min
Maximální počet otáček stolu		40/min
Maximální rozměr obrobku		∅1020x1000
Počet míst v zásobníku		80
Maximální průměr nástroje		150 mm



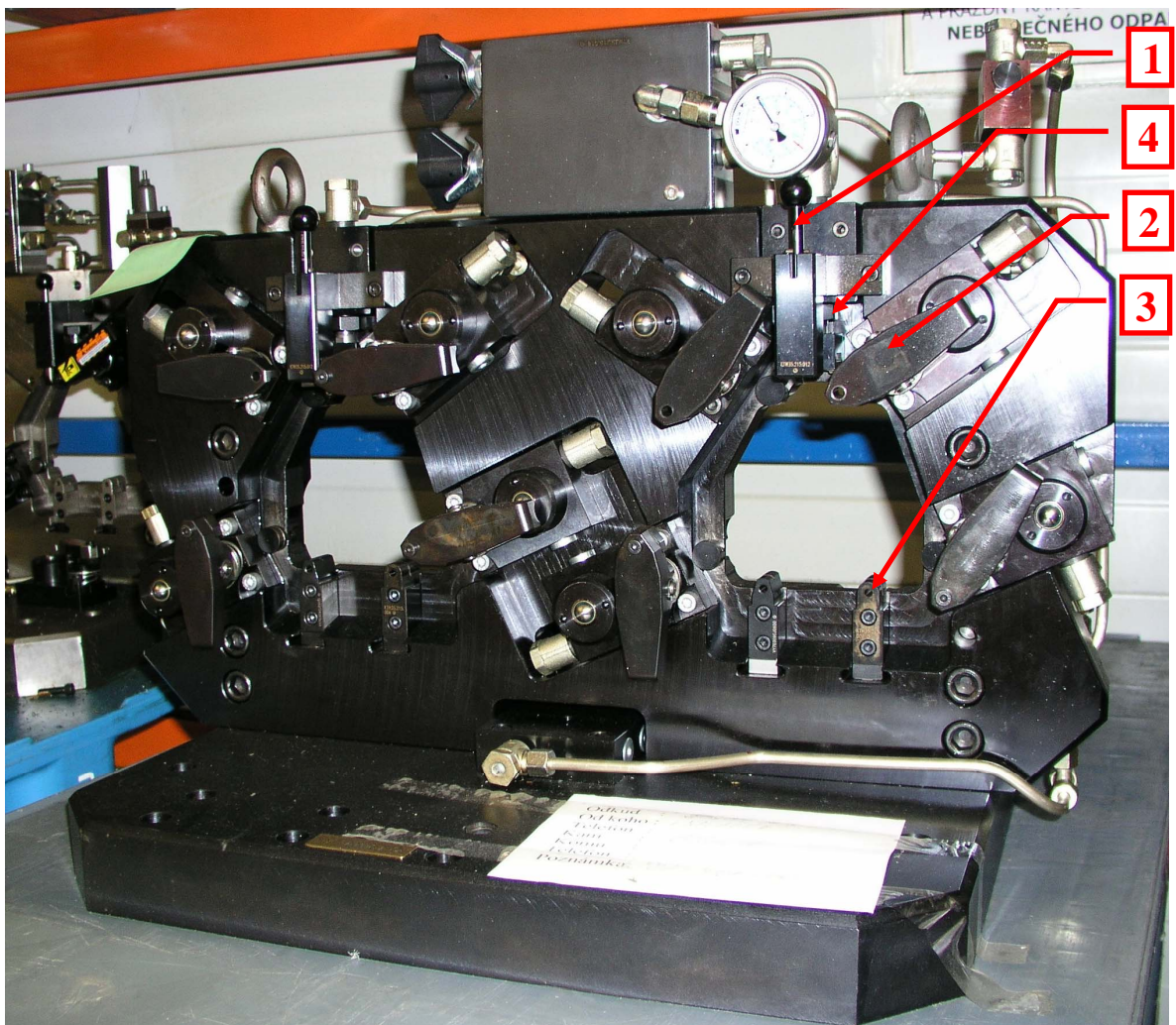
- 1 – Přípravné místo obrobků
- 2 – Kruhový stůl, pojíždí ve směru osy Z' a otáčí se okolo osy B'
- 3 – Pracovní jednotka, pojíždí ve směru osy Y
- 4 – Stojan stroje, pojíždí ve směru osy X

Obr. 2.3 Funkce stroje (3)

## 2.2 Obrábění tělesa stávajícího typu čerpadla

Obráběcí linka 1 je uzpůsobena na obrábění těles čerpadel typu CP3.2, CP3.2+, CP3.3, CP3.3a. V jednotlivých obráběcích centrech jsou přípravy na upnutí tělesa konstruované i vyráběné přímo ve firmě. Při změně výroby na jiný typ čerpadla musí být vyměněny i celé upínací přípravy. Úkolem této práce je navrhnout přípravek na obrábění těles nových typů čerpadel, na druhou operaci (tzv. „druhé upnutí“). Návrh přípravku vychází z přípravku na obrábění těles čerpadel CP3.2 a CP3.3.

Tento přípravek slouží k upnutí dvou těles zároveň vedle sebe. Je napojen na hydraulický okruh obráběcího centra a upnutí je prováděno přes hydraulické upínky.



Obr. 2.4 Stávající přípravek VY70309CJ na typ čerpadla CP3.2, CP3.2+, CP3.3, CP3.3a



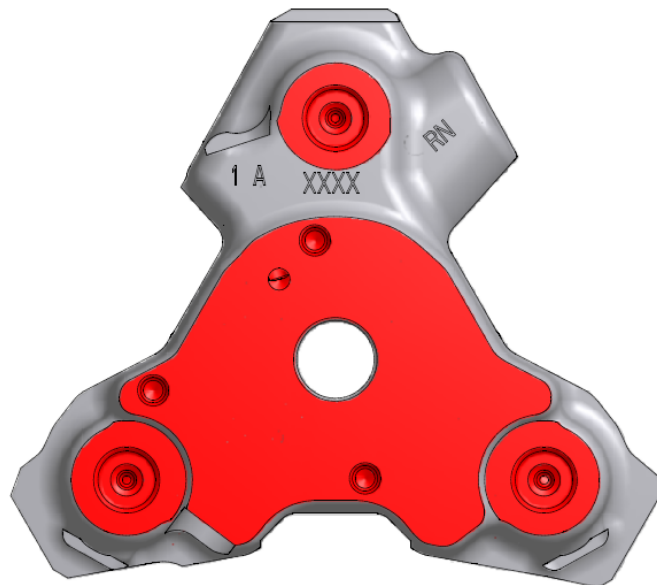
**2.2.1 Postup při upínání těles do přípravku**

- Těleso pracovník uchopí z vozíku a vloží do přípravku. V tělese jsou 2 technologické drážky (viz kapitola 2.1, obr. 2.1), které slouží, při založení tělesa do přípravku na 2 broušené podpěry (obr. 2.4 - 3), k ustavení do přesné polohy tělesa v obráběcím centru.
- Pootočením a vysunutím aretačního kolíku (obr. 2.4 - 1) je těleso zajištěno proti vypadnutí z přípravku.
- Druhé těleso je stejným způsobem vloženo do přípravku a aretováno.
- Ramena hydraulických upínek (obr. 2.4 - 2) jsou ručně nastavena do správné polohy pro upnutí tělesa.
- Sepnutím hydraulického okruhu centra (napojeného na přípravek) jsou obě tělesa vrchním hydraulickým válcem (obr. 2.4 - 4) přitlačena do podpěr ve vertikálním směru.
- Obě tělesa jsou ve směru jejich hlavní osy přitlačena upínkami k podpěrám a jsou připravena k obrábění.

### 3 OBRÁBĚNÉ PLOCHY TĚLESA NOVÉHO TYPU ČERPADLA

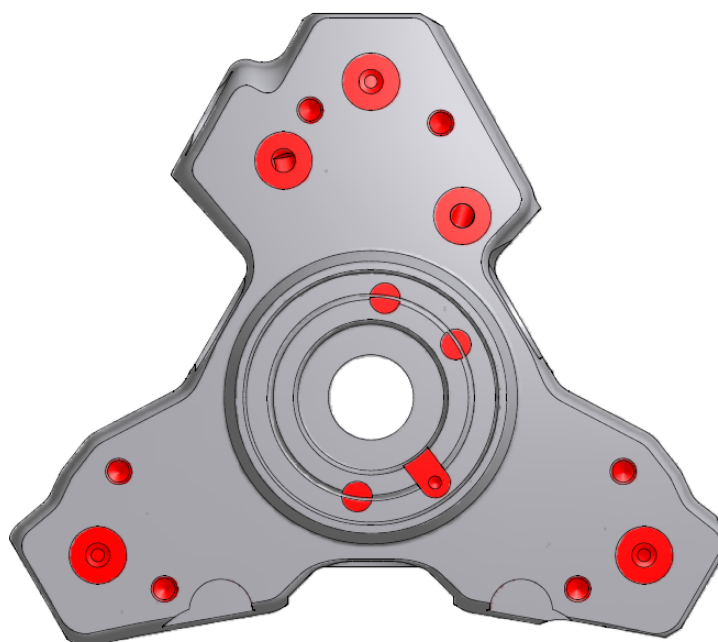
Při upnutí v tomto přípravku jsou na tělese obráběny tyto červeně vyznačené plochy:

- Ze strany zubového čerpadla – otvory se závity pro ventily, čelní plocha, otvory se závity pro uchycení zubového čerpadla a otvor pro palivo (všechny axiální otvory).



Obr. 3.1 Obráběné plochy ze strany zubového čerpadla

- Ze strany příruby – otvory se závity pro uchycení příruby, kanálky, zahloubení pro o-kroužky apod. (všechny axiální otvory).



Obr. 3.2 Obráběné plochy ze strany příruby

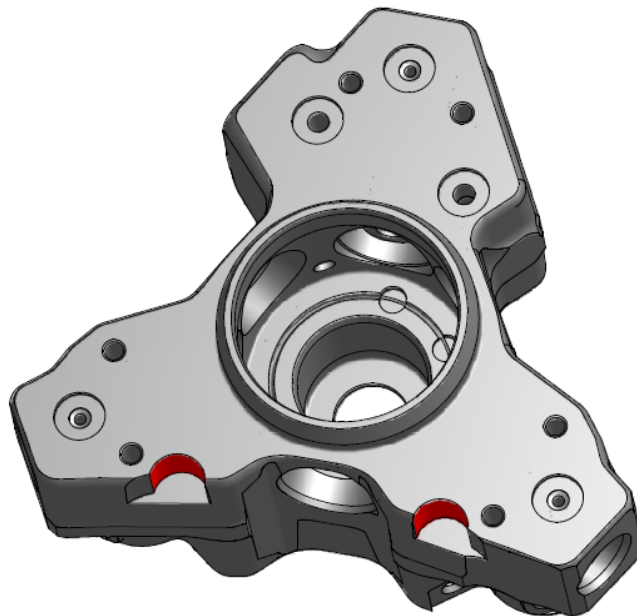
## 4 NÁVRH PŘÍPRAVKU

Nový přípravek musí být navržen pro obrábění těles čerpadel CP3.3NH a CP3.3NH<sup>2</sup>. Tato čerpadla jsou vyráběna v několika variantách, dle požadavků zákazníka – umístění na motoru, připojení přívodu, přepadu, vysokotlakého výstupu paliva atd. Varianty těles jsou uvedeny v tabulce 4.1.

### 4.1 Kritéria návrhu

#### 1) Z hlediska obrábění:

- Opět je požadováno upnutí dvou těles zároveň vedle sebe.
- Vnější rozměry přípravku nemusí být přesně zachovány, musí být však dimenzován pro dané obráběcí centrum (Heller MC16) – přípravek nesmí bránit otáčení stolu.
- Všechny plochy na tělese určené k obrábění musí být v dosahu nástrojů obráběcího centra.
- Ustavování tělesa do přípravku bude opět zajištěno technologickými drážkami v tělese (vyznačenými červeně na obr. 4.1), což jsou přesné referenční plochy (technologická základna) pro upnutí na všech obráběcích strojích (tzv. scallopsy). Do těchto drážek se opřou přesné broušené podpěry. Z hlediska přesnějšího ustavení tělesa by měly být podpěry pro jedno těleso vyrobené z jednoho kusu, aby se vyloučila možná chyba vzájemného špatného nastavení při montáži. U dělených podpěr jsou potíže s nastavováním tělesa do správné polohy. Těleso musí být přitlačeno k podporám v radiálním směru horním hydraulickým válcem.



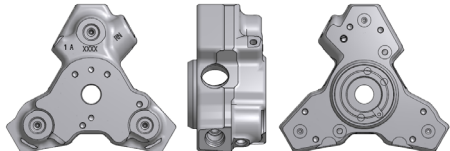
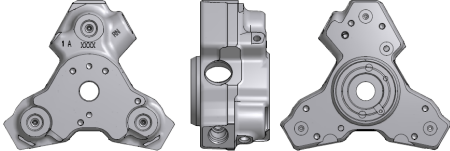
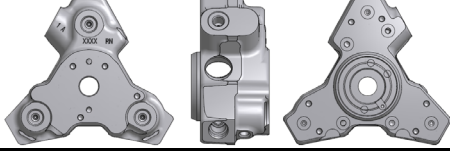
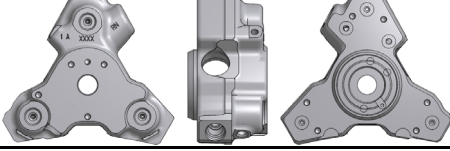
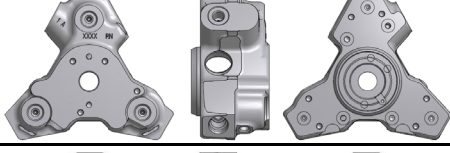

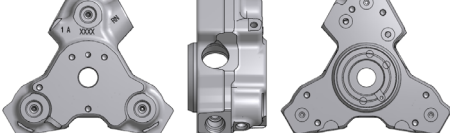
Obr. 4.1 Drážky na tělese

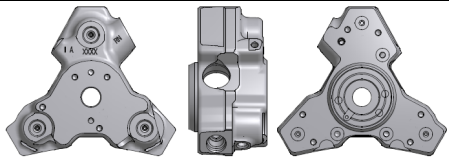
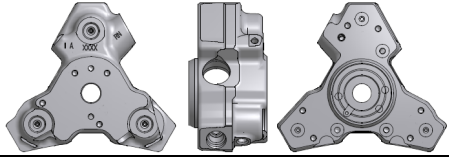
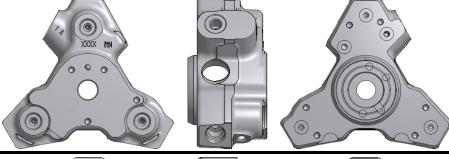
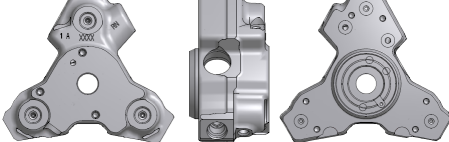
- Při návrhu musí být uvažováno i s prostorem pro instalaci přípojek, trubek a hydraulických komponentů na přípravku.

## 2) Z hlediska tvaru tělesa:

- Na přípravek musí být možno upnout všechny varianty těles čerpadel CP3.3NH a CP3.3NH<sup>2</sup> (tabulka 4.1). Je povolena menší úprava přípravku, která nebude trvat déle než 15 minut. Tyto varianty se liší nejen vnějším tvarem, ale také umístěním a počtem obráběných otvorů.

Tab. 4.1 Varianty těles

Typ	Tlak	Zákazník	Číslo čerpadla	Číslo tělesa	
H		<b>GRUNDTYP</b>	-----	F 00N 202 134	
NH	180 MPa	GM DMAX	0 445 020 037	F 00N 201 740	
NH	180 MPa	CUMMINS	0 445 020 047	F 00N 202 027	
NH	180 MPa	CUMMINS	0 445 020 072	F 00N 202 442	
NH	180 MPa	CUMMINS	0 445 020 076	F 00N 202 027	
NH	180 MPa	IVECO	0 445 020 093	F 00N 202 795	
NH	180 MPa	MAN-NFZ	0 445 020 100	F 00N 202 865	

NH	180 MPa	MFTBC	0 445 020 050	F 00N 202 179	
NH	180 MPa	MFTBC	0 445 020 049	F 00N 202 179	
NH	180 MPa	OTOSAN	0 445 020 079	F 00N 202 468	
NH <sup>2</sup>	200 MPa			C 445 039 198	

- Při upínání do přípravku nesmí být poškozeny funkční plochy tělesa.

### 3) Z hlediska nákladů:

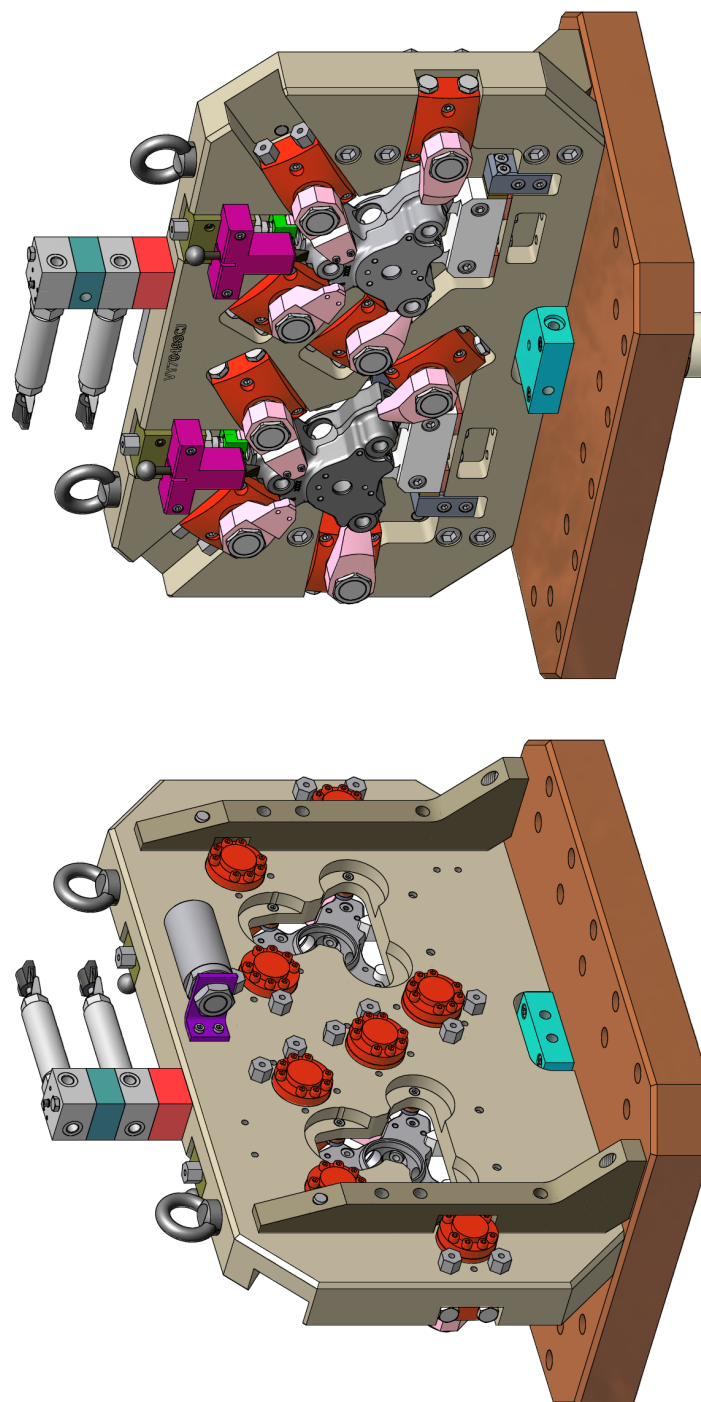
- Náklady na přípravek by neměly být výrazně vyšší než na původní přípravek, určený na tělesa starších typů čerpadel (CP3.2, CP3.3).
- Pokud možno co nejvíce dílů zachovat stejných jako u původního přípravku.

### 4) Z hlediska ergonomie:

- Je požadováno, aby upnutí tělesa v axiálním směru bylo pro obsluhu méně časově náročné a kvalita upnutí nebyla závislá na nastavení upínek do správné polohy.
- Tvar přípravku, dle zvyklostí a zavedených principů ve firmě, má vycházet ze současného přípravku – „T“ tvar.

## 4.2 Vlastní návrh

Na základě uvedených kritérií byl pomocí 3D CAD programu zkonstruován tento přípravek:



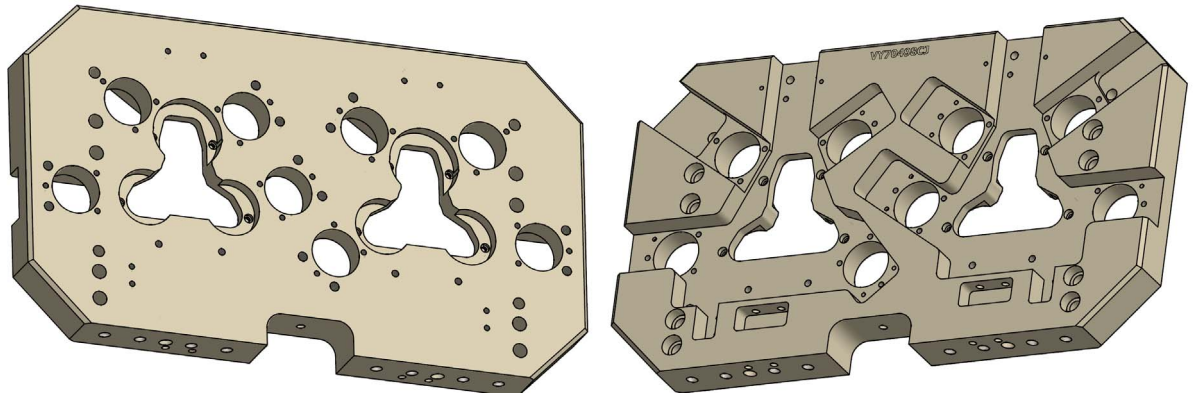
Obr. 4.2 Zkonstruovaný přípravek

Veškerá vytvořená konstrukční dokumentace je v příloze.

#### 4.2.1 Postup návrhu

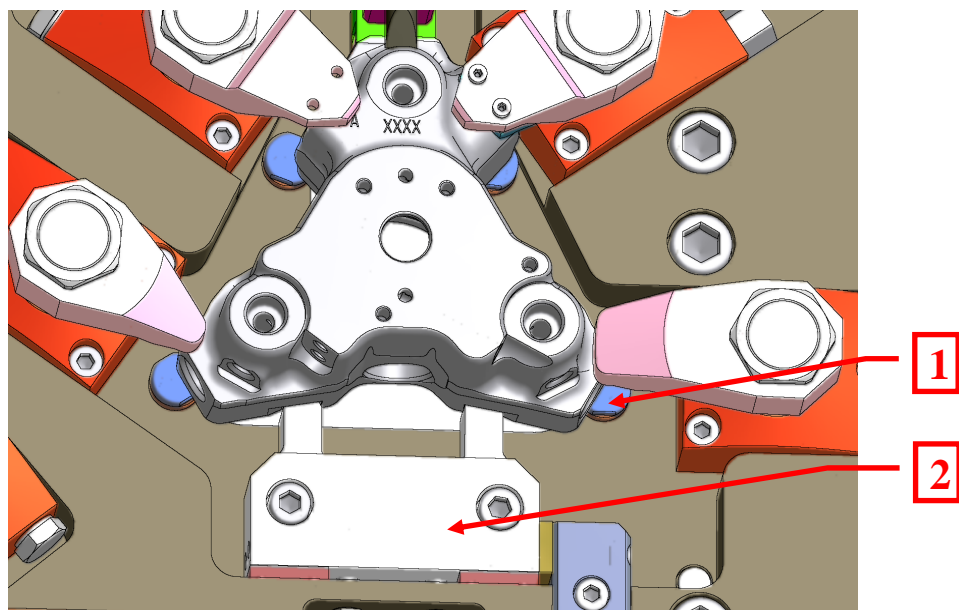
Nejprve bylo nutno s kompetentními osobami stanovit výše uvedená kritéria na navrhovaný přípravek, a to z hlediska vlastní technologie obrábění, tvaru tělesa, ergonomie a nákladů na přípravek.

Základní deska byla zachována stejná jako u původního přípravku. Nejsložitějším dílem pro konstrukci byla čelní deska.



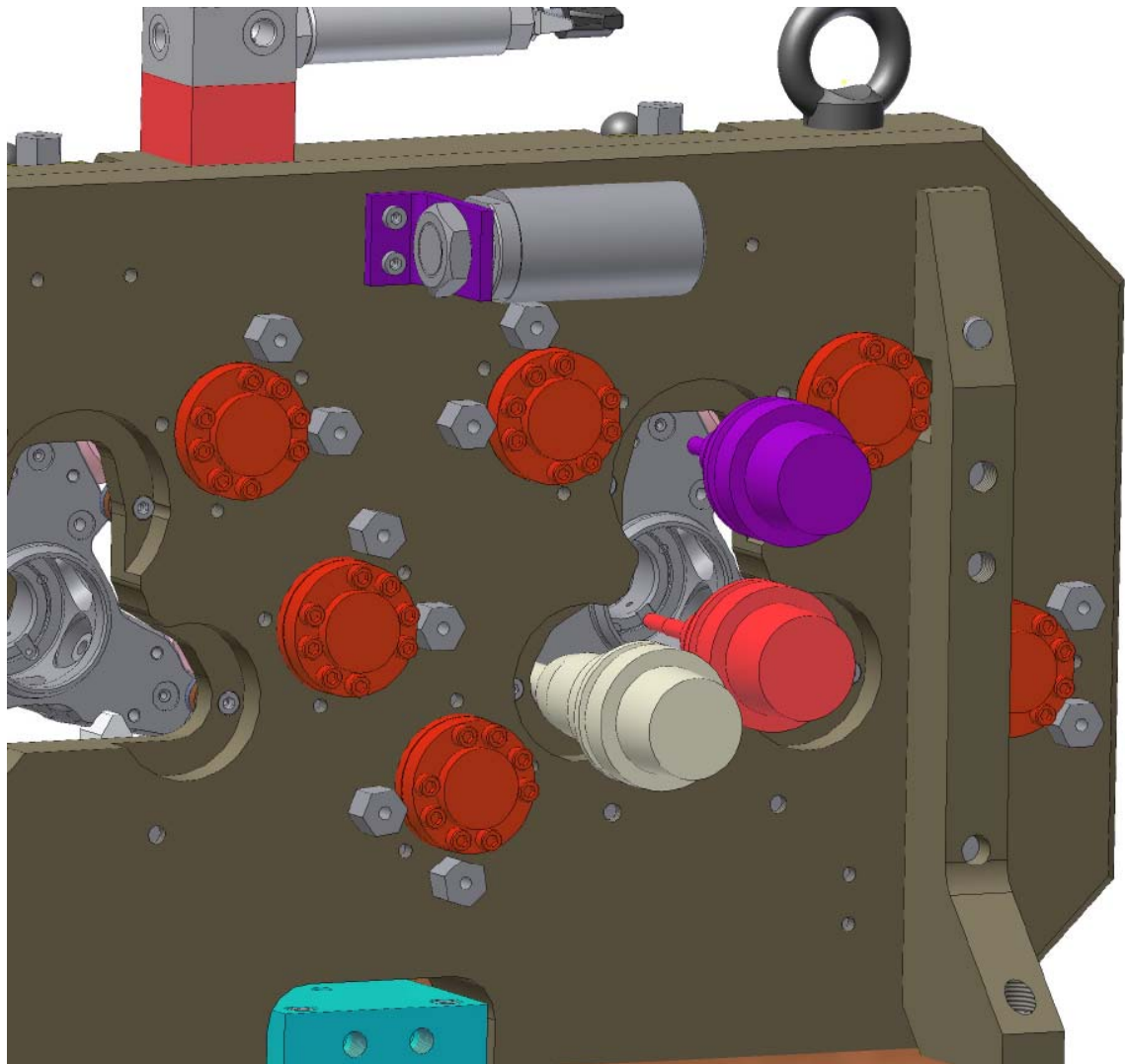
Obr. 4.3 Čelní deska

Jsou na ní umístěny téměř všechny díly pro upnutí těles i hydraulické komponenty. Velmi obtížné bylo najít body, ve kterých mohou být axiální podpěry (obr. 4.4. - 1), neboť varianty těles mají různě umístěné otvory na straně příruby, které jsou při upnutí obráběny. Radiální (obr. 4.4. - 2) i axiální podpěry jsou připevněny přes podložky, které lze při montáži dobrousit dle potřeby pro správné ustavení tělesa v přípravku.



Obr. 4.4 Podepření tělesa při upnutí

Ze zadní strany desky, kde není upnuto těleso, bylo nutno desku zkonstruovat tak, aby bylo dostatek místa pro každý nástroj při obrábění a zároveň se zde mohly upevnit axiální podpěry tělesa. Při vlastním návrhu přípravku byly vymodelovány všechny nástroje s držáky, které ze strany příruby obrábějí těleso, aby bylo možno dle jejich tvaru, velikosti a polohy navrhnut odfrézování desky (obr. 4.5).

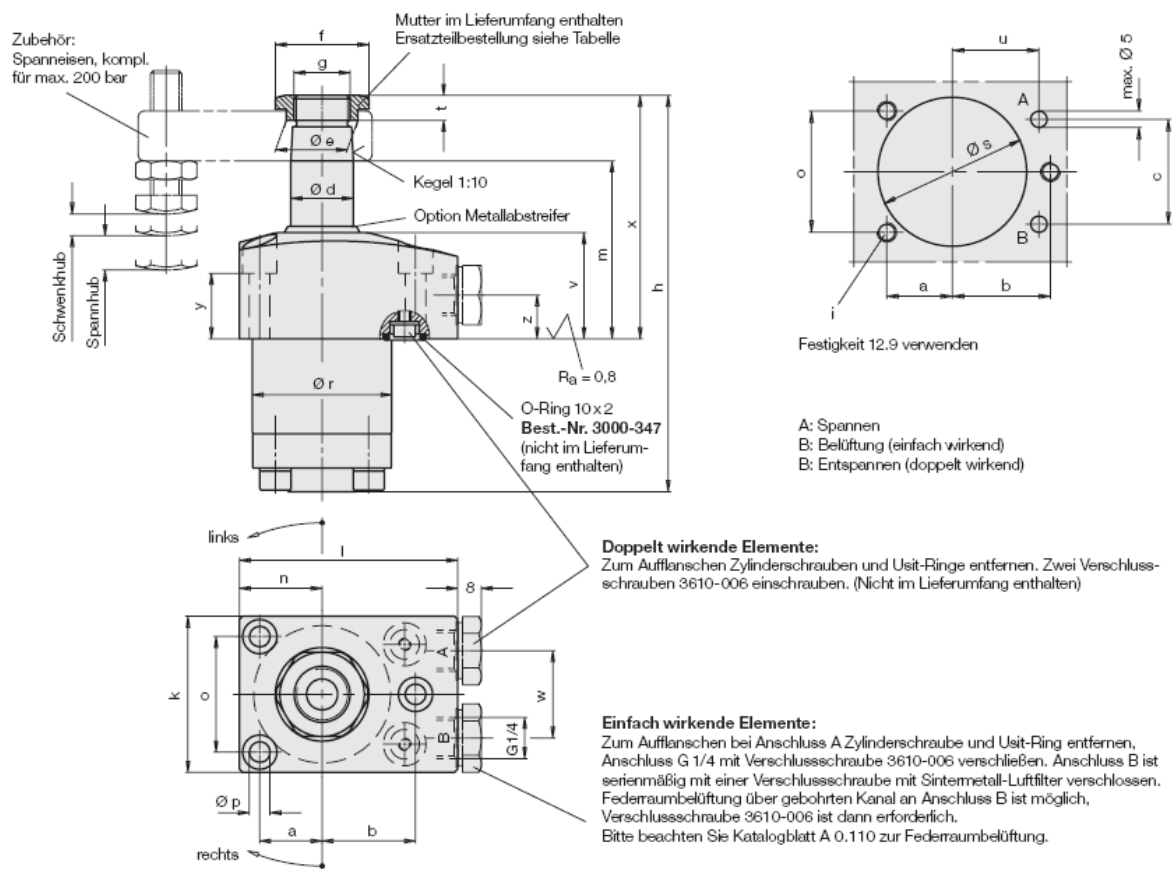


Obr. 4.5 Nástroje při obrábění tělesa





Hydraulické upínky byly zvoleny od firmy Römheld, neboť jejich používání je ve firmě hodně rozšířeno (obr. 4.7). Jedná se o dvojčinné otočné upínky, do kterých lze přivést tlaková kapalina buď bočními přípojkami nebo skrz desku pomocí kanálků, ve které jsou upevněny. Na tomto přípravku jsou použity obě varianty připojení. Z důvodu umístění stojin, zajišťujících tuhost přípravku, nemohly být všechny upínky připojeny k tlakovému mediu skrz čelní desku. Při návrhu bylo preferováno připojení právě skrz desku na základě konzultace s odborníky ze spolupracující firmy, která provádí montáž hydrauliky na tento druh přípravků.

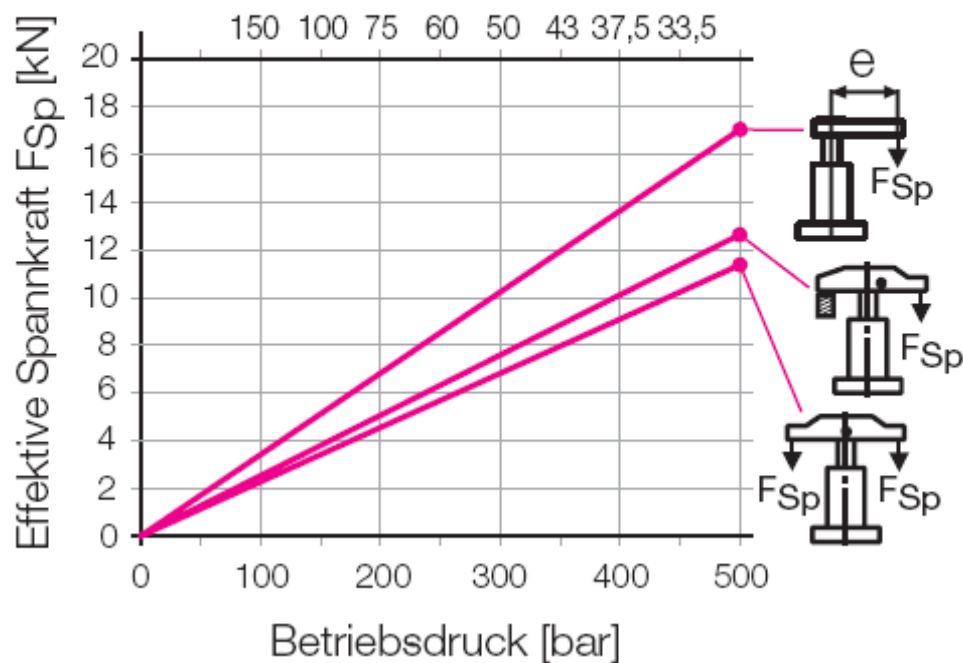


Obr. 4.7 Otočná hydraulická upínka (2)

K těmto upínkám jsou standardně nabízena i upínací ramena. Během návrhu však bylo zjištěno, že délka těchto standardních ramen není dostatečná a pro daný případ jsou nevyhovující. Proto byla navržena nová ramena s odpovídajícím tvarem a především délkou. Při navrhování délky ramena bylo nutno zvážit hodnotu tlaku, která bude pro upínání používána, a dle této hodnoty délku navrhnout. Hodnoty maximální délky ramena byly odečteny z grafů v katalogu výrobce (fa Römheld) v závislosti na tlaku media (obr. 4.8). Protože maximální tlak v upínce by neměl být větší než 22 MPa., nemělo by rameno být delší než 70 mm.

### Doppelt wirkend (1895-XXX)

Max. Spanneisenlänge  $e$  [mm]



Obr. 4.8 Graf pro určení maximální délky ramena (2)

Pro správnou montáž hydrauliky muselo být zakresleno i schéma zapojení hydraulického okruhu, včetně všech komponentů a napojení na obráběcí stroj (viz příloha 17). Na základě doporučení, zkušeností ve firmě a zapojení původního přípravku, byly použity hydraulické komponenty od firmy Römheld a Hawe.

## 5 VÝROBA PŘÍPRAVKU

Výroba a montáž přípravku je prováděna přímo v nářadovně firmy. Polotovary základní a čelní desky jsou koupeny od externího dodavatele již obrobene, v konečných vnějších rozměrech.

Jednotlivé díly jsou vyráběny na CNC strojích nářadovny dle dodaných 2D výkresů z konstrukce. Programy na složitější díly, především čelní deska, nejsou tvořeny přímo na strojích dle výkresů, ale v technologii CAM, a to na 3D datech načtených přímo z konstrukce pomocí přenosného formátu modelu (stp, iges, apod.). Montáž hydrauliky je prováděna v kooperaci firmou, dlouhodobě spolupracující s Bosch Diesel s.r.o. Před nasazením přípravku do provozu, je vždy jeho správná funkce odzkoušena přímo v nářadovně, aby se předešlo případnému výpadku produkce těles.

Cena výroby původního přípravku byla asi 240.000,-. Cena tohoto přípravku bude vyšší, především díky použití dražších dvojčinných hydraulických upínek, a s tím související náročnější zapojení, avšak neměla by přesáhnout 300.000,- Kč.

## ZÁVĚR

Úkolem této práce bylo zkonstruovat přípravek na obrábění těles vstříkovacích čerpadel. Jeho konstrukce měla vycházet z podobného přípravku, ovšem určeného na tělesa jiného typu čerpadla. Byl tedy zkonstruován s těmito parametry:

- Na přípravek lze upnout všech 11 variant těles. Pouze při změně obrábění z tělesa tzv. „pravého“ na „levé“ (dle umístění vysokotlakého výstupu na tělese) a naopak je nutno přestavit vymezovací podložku na protilehlé rameno upínky. Úprava nepotrvá déle než 5 minut, je tedy v souladu s maximální stanovenou dobou pro přestavení přípravku na jinou variantu tělesa.
- Na všech variantách těles lze obrobit všechny otvory v axiálním směru z obou stran, včetně plochy na straně zubového tělesa, na jedno upnutí.
- Upínky s ručně nastavovanými rameny byly nahrazeny hydraulickými dvojčinnými otočnými upínkami. Odpadá ruční nastavování ramen před upnutím. Obsluha pouze vloží těleso do přípravku a zajistí pojistným kolíkem proti vypadnutí. Poté již je těleso upnuto po sepnutí hydraulického systému stroje. Také při vyjímání tělesa z přípravku se již nemusí ručně natáčet upínky, pouze odjistit kolík a těleso vyjmout.
- Podpěry, za které je těleso nastaveno do správné polohy, jsou vyrobeny jako jedna celistvá součást. Odpadá složité nastavování a seřizování podpěr do správné polohy.
- Z původního přípravku byla použita základní deska, avšak téměř všechny ostatní díly byly navrženy znovu.
- Vnější rozměry přípravku byly zachovány stejné jako u původního, pouze výška byla zvětšena o 25mm.

Všechna kritéria pro konstrukci přípravku tedy byla splněna.

První myšlenka byla navrhnout naprosto symetrický přípravek. Toto provedení by bylo jednodušší pro konstrukci i výrobu. Ovšem při konstruování muselo být od této myšlenky upuštěno. Musel by být přípravek rozšířen, a to není možné z hlediska vnitřního prostoru obráběcího centra.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. Kolektiv z Robert Bosch GmbH. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. 1. vyd. Praha: Robert Bosch odbytová spol. s r.o., 2005. 96 s. ISBN -80-903132-7-2.
2. RÖMHELD. *Produkte – PDF katalog*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.roemheld.de/de/roemheld.aspx?cmd=pdfs>>.
3. *Příručka ke stroji MC 16 SINUMERIK 840D*, vyd. pro Bosch Diesel s.r.o. Nürtingen: Heller Maschinenfabrik GmbH, 2001. 78 s.
4. DRASTÍK, F. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. 2. vyd. Ostrava: Montex, 1999. 732s. ISBN -80-85780-95-X.
5. Bosch Diesel s.r.o. *Produkty*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.bosch.cz/content/language1/html/2948.htm>>.
6. PROKEŠ, J. *Hydraulické a pneumatické mechanismy*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1988. 276 s.
7. Chvála, B. *Přípravky*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1988. 276 s.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

Zkratka/Symbol	Popis
PFM	Druh vstřikovacího čerpadla
PDM	Druh vstřikovacího čerpadla
CPx	Druh vstřikovacího čerpadla systému Common Rail
CRS	Common Rail System
DRV	Tlakový regulační ventil
20MnCr5	Druh legované oceli
TEM	Termische Engratung Maschine (odjehlení výbuchem)
CBN	Kubický nitrid bóru
3D	trojrozměrný
CAD	Computer Aided Design (počítačem podporovaný návrh)
CNC	Computer Numeric Control (počítačem řízený)
CAM	Computer Aided Manufacturing (počítačem podporovaná výroba)

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Výkres sestavy přípravku VR70498CJ0000
Příloha 2	Výkres součásti VR70498CJ0200
Příloha 3	Výkres součásti VR70498CJ0300
Příloha 4	Výkres součásti VR70498CJ0400
Příloha 5	Výkres součásti VR70498CJ0500
Příloha 6	Výkres součásti VR70498CJ0600
Příloha 7	Výkres součásti VR70498CJ0700
Příloha 8	Výkres součásti VR70498CJ0800
Příloha 9	Výkres součásti VR70498CJ1000
Příloha 10	Výkres součásti VR70498CJ1400
Příloha 11	Výkres součásti VR70498CJ1500
Příloha 12	Výkres součásti VR70498CJ2000
Příloha 13	Výkres součásti VR70498CJ2100
Příloha 14	Výkres součásti VR70498CJ2200
Příloha 15	Výkres součásti VR70498CJ2300
Příloha 16	Výkres součásti VR70498CJ2400
Příloha 17	Hydraulické schéma