



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZAŘÍZENÍ PRO ZALISOVÁNÍ TLUMIČE PRŮTOKU DO TĚLESA VSTŘIKOVACÍHO ČERPADLA.

EQUIPMENT FOR PRESSING THE CATARACT INTO THE INJECTION PUMP HOUSING.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL TRUTNA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. MILAN FOREJT, CSc.

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Trutna Pavel, Bc.

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

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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:

Zařízení pro zalisování tlumiče průtoku do tělesa vstřikovacího čerpadla.

v anglickém jazyce:

Equipment for pressing the cataract into the injection pump housing.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnout zařízení – přípravek pro opakované ustavení a upnutí tělesa vstřikovacího čerpadla ze slitiny Al a polohové zalisování tlumiče průtoku (kapalinové brzdy- kataraktu) z oceli do prostorově šikmo orientovaného průtokového otvoru.

Cíle diplomové práce:

1. Vypracujte literární studii zaměřenou na montáže součástí čepových tvarů zalisováním v přípravku.
2. Zhodnoťte současný stav montáží zalisováním.
3. Navrhněte vlastní řešení montáže tlumiče průtoku zalisováním.
4. Vypracujte výkresovou dokumentaci přípravku pro zalisování kataraktu.
5. Zpracujte technické a ekonomické hodnocení.
6. Formulujte závěry a doporučení.

Seznam odborné literatury:

[1]DUŠÁK, Karel. Technologie montáže : Principy tvorby montážních postupů. 1. vyd. Liberec : TU v Liberci, 2005. 113 s. ISBN 80-7083-906-6.

[2]HUMÁR, Anton. Technologie montáže. VUT FSI-ÚST. 1. vyd. Brno : ÚST, 2004. 82 s. Dostupný z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/opory/php>>.

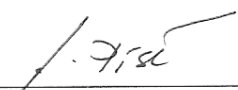
[3]SLANINA, F. Montáž v strojářských a elektrotechnických výroбах. 1. vyd. Bratislava : ALFA, 1990. 288 s.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Milan Forejt, CSc.

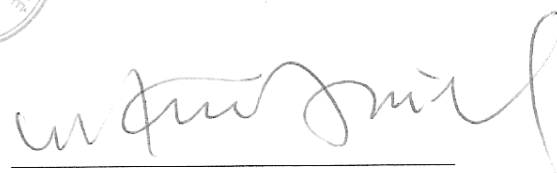
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 19.11.2009





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce byla konstrukce nového zařízení na lisování tlumiče průtoku do tělesa vstřikovacích čerpadel VP30. Na základě kritérií z hlediska ergonomie, montáže, tvaru tělesa a nákladů bylo zkonstruováno zařízení, které umožní upnutí tělesa a zalisování tlumiče průtoku do příslušného kanálku v tělese. Konstrukce byla provedena v 3D CAD systému, ze kterého je k dispozici výkresová dokumentace i 3D data.

Klíčová slova

Tlumič průtoku, těleso čerpadla, zařízení

ABSTRACT

The goal of this work was the engineering of a new machine for pressing the cataract into the injection pump VP30 housing. Based on criteria from the point of view of ergonomics, assembly, shape of the housing and costs, the machine has been engineered so as to clamp the pump housing and press the cataract into the appropriate housing channel. Machine designing has been performed using 3D CAD software which is able to provide drawings and 3D data.

Key words

Cataract, pump housing, equipment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TRUTNA, Pavel. *Název: ZAŘÍZENÍ PRO ZALISOVÁNÍ TLUMIČE PRŮTOKU DO TĚLESA VSTŘIKOVACÍHO ČERPADLA*: Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 50s., 9 příloh. Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Forejt, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *ZAŘÍZENÍ PRO ZALISOVÁNÍ TLUMIČE PRŮTOKU DO TĚLESA VSTŘIKOVACÍHO ČERPADLA* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 26.5.2010

.....
Pavel Trutna

Poděkování

Děkuji tímto panu prof. Ing. Milanovi Forejtovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

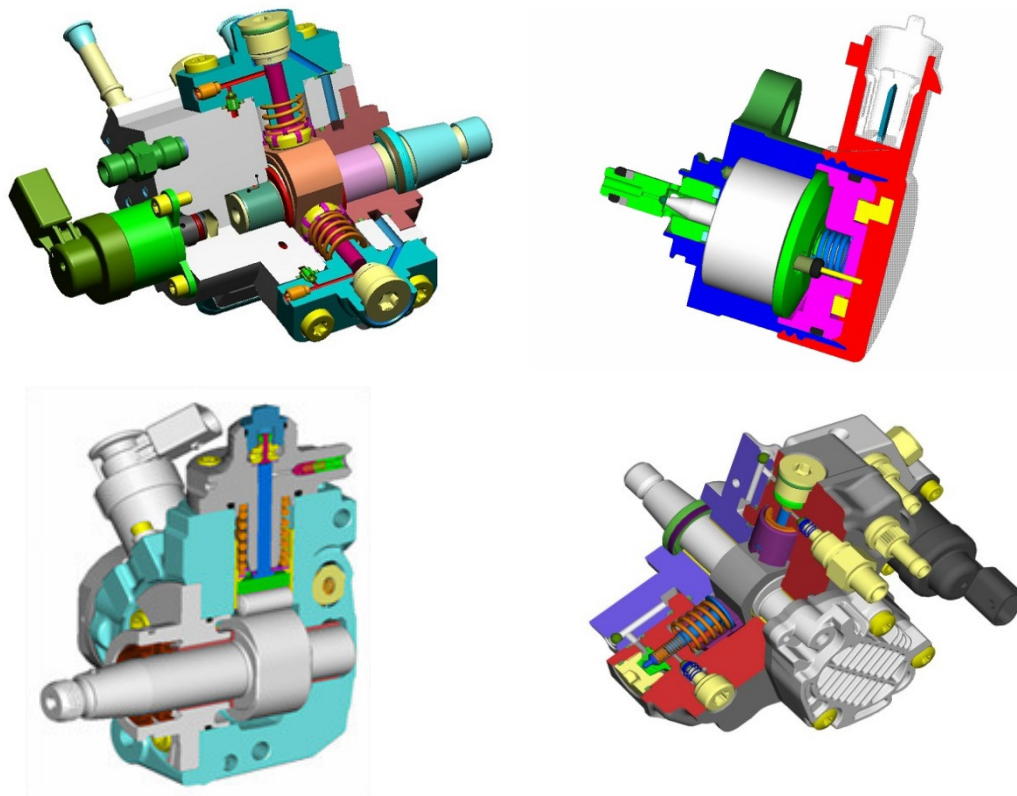
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah	7
1 Úvod	8
2 Problematika montáže čerpadla	10
2.1 Čerpadlo [1] [5].....	10
2.1.1 Funkce čerpadla	10
2.1.2 Těleso	13
2.1.3 Tlumič průtoku	15
2.2 Montáž [7]	16
2.2.1 Montážní proces	16
2.2.2 Struktura montážních činností.....	17
2.2.3 Montážní spoj.....	18
3 Tepelné a chemicko-tepelné zpracování [8] [9]	22
3.1 Rozdělení tepelného zpracování.....	22
3.1.1 Žihání.....	23
3.1.2 Kalení.....	23
3.1.3 Popouštění.....	25
3.1.4 Zušlechťování	25
3.1.5 Chemicko–tepelné zpracování.....	25
4 Současný stav	26
5 Návrh řešení montáže tlumiče do tělesa.....	27
5.1 Kritéria návrhu.....	27
5.2 Vlastní návrh	29
5.2.1 Postup návrhu.....	30
5.2.2 Upínací přípravek.....	33
5.2.3 Přípravek pro podepření tělesa.....	36
5.2.4 Lis	39
5.3 Úprava pro konstrukčně odlišnou variantu tělesa.....	40
5.4 Shrnutí	41
5.5 Souhrnný popis funkce zařízení.....	42
6 Výroba a montáž zařízení.....	44
7 Technické a ekonomické zhodnocení.....	45
Seznam použitých zdrojů.....	47
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	48
Seznam příloh.....	50

1 ÚVOD

V současné době je každý výrobce komponentů do automobilů povinen, i po ukončení výroby některého druhu výrobku, po několik let udržovat v určitém množství výrobu/opravy pro servisní účely. Týká se to tedy také vstřikovacích čerpadel. Jednou z mnoha operací montážního procesu určitého typu čerpadla se právě zabývá tato práce. Konkrétním úkolem této práce je navrhnout a zkonstruovat zařízení pro zalisování tlumiče průtoku do tělesa vstřikovacího čerpadla. Zařízení bude využito ve společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. v Jihlavě.

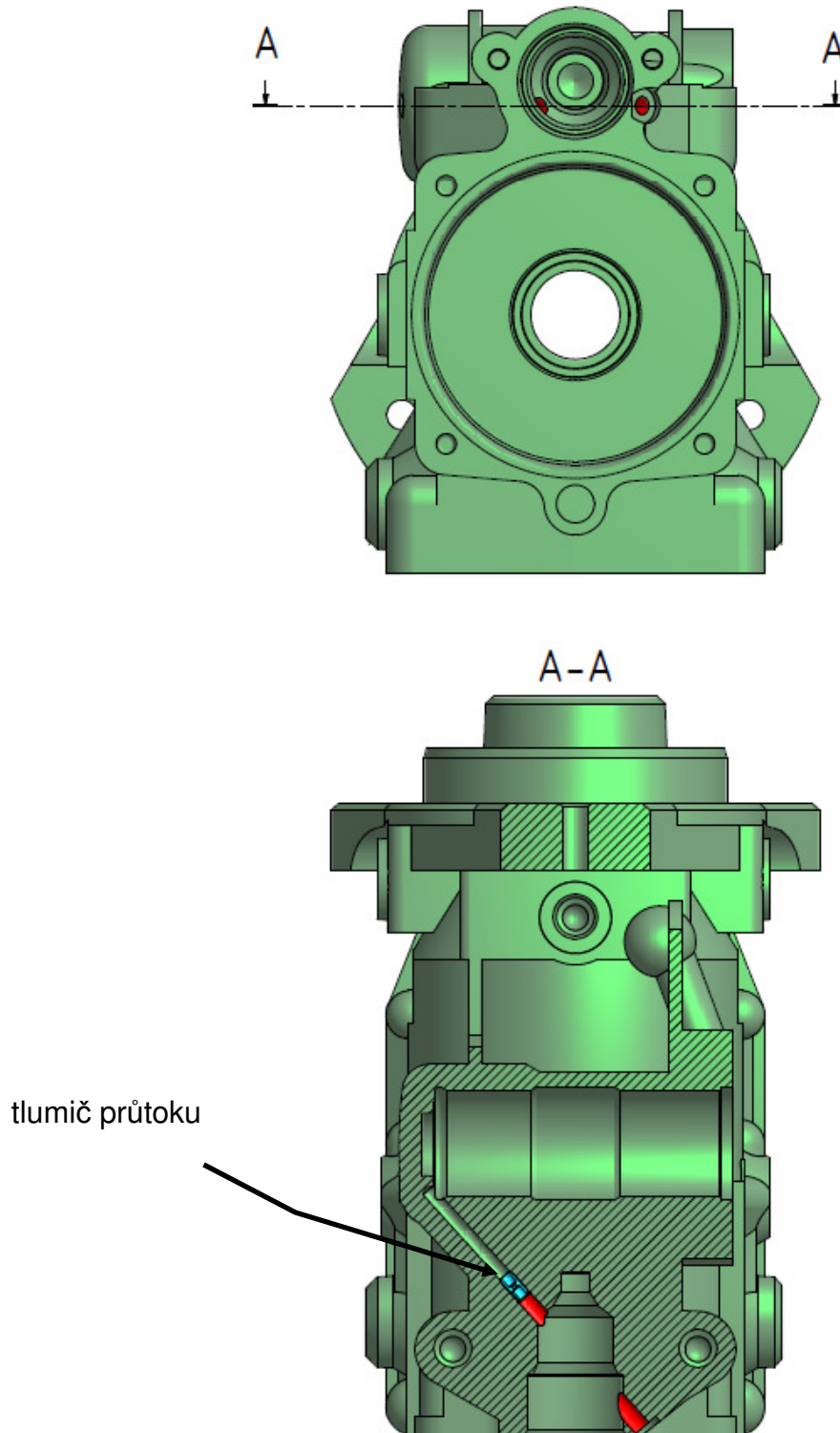
Společnost byla založena 4. ledna 1993 jako společný podnik německé firmy Robert Bosch GmbH ze Stuttgartu a jihlavského strojírenského závodu Motorpal a.s. V roce 1996 se firma Robert Bosch GmbH stala jediným vlastníkem společnosti BOSCH DIESEL s.r.o. v Jihlavě. Výrobní program zahrnuje komponenty automobilové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

Hlavním výrobním programem jsou komponenty pro systém Common Rail (CRS). Především vstřikovací čerpadla CP1H, CP3, CP4, regulační tlakové ventily a tlakové zásobníky.



Obr. 1.1 Výrobní program - CP1H, tlakový ventil, CP4, CP3 [3]

Do výrobního programu také patří sériová oprava rotačních čerpadel. Jeden z typů opravovaných v Jihlavě je axiální rotační čerpadlo VP30. Souběžně se sériovými opravami ještě probíhá sériová výroba nových kusů a právě jednou z montážních operací čerpadla VP30 se zabývá tato práce. Touto operací je zalisování tlumiče průtoku do tělesa čerpadla.

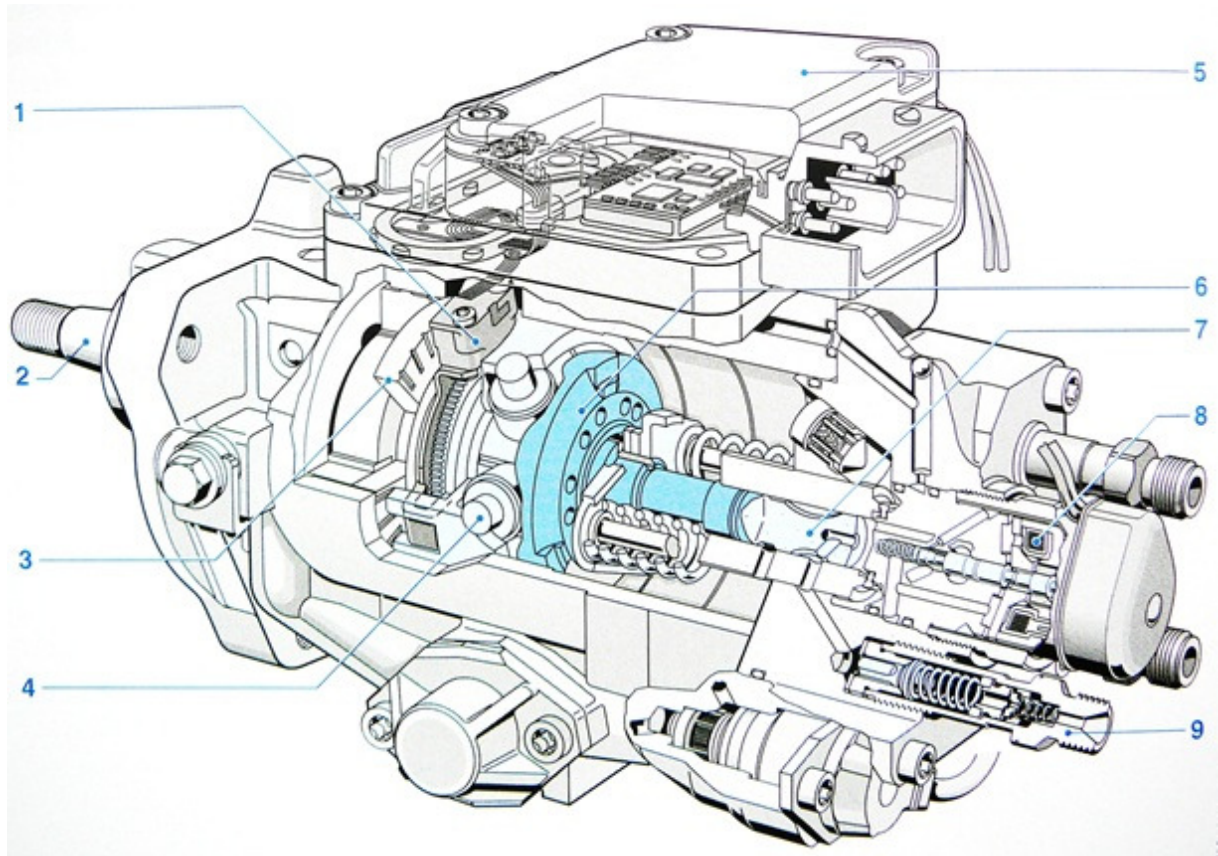


Obr. 1.2 Řez tělesem se zalisovaným tlumičem

2 PROBLEMATIKA MONTÁŽE ČERPADLA

2.1 Čerpadlo [1] [5]

Typ vstříkovačícího čerpadla VP30 se již dnes nevyrábí ve velkých sériích do nových vozů, ale pouze pro servisní účely.



Obr. 2.1 Vysokotlaké axiální dieselové čerpadlo VP30 [1]

- 1 – senzor úhlu natočení
- 2 – hnací hřídel čerpadla
- 3 – lamelové podávací čerpadlo
- 4 – kladka
- 5 – řídicí jednotka čerpadla
- 6 – axiální vačka
- 7 – výtlačný píst
- 8 – vysokotlaký elektromagnetický ventil
- 9 – vysokotlaký výstup

2.1.1 Funkce čerpadla

Čerpadlo slouží k přímému vstříkovaní nafty do válce vznětového motoru. V současné době se pro přímý vstřík používá dvou druhů vstříkovačích soustav, a to vstříkovačící soustavy s otáčkově závislým průběhem tlaku paliva a soustavy s konstantním maximálním tlakem paliva, nazývané Common-rail systém.

Čerpadlo VP30 je součástí soustavy s otáčkově závislým průběhem tlaku paliva. Všem čerpadlům těchto soustav je společné řízení pístu čerpadla vačkou uloženou na hřídeli, která je poháněna od klikového hřídele motoru. Podle tvaru vačky je pro určité otáčky určován průběh tlakových vln ve vysokotlakém potrubí, dále průběh zdvihu jehly a vstřikovacího průřezu trysky, od čehož závisí průběh vstřiku.

Nedostatkem tohoto způsobu získání vysokého tlaku paliva je, že se amplituda tlaku, a tím i rychlost vstřiku, mění s otáčkami motoru. S klesajícími otáčkami se výstupní rychlost paliva z trysky zmenšuje, což způsobuje jeho horší rozprašování. Je to nevýhodné pro tvorbu směsi, protože při nízkých otáčkách ani energie proudu nasávaného vzduchu tento proces příliš nepodpoří. Konstrukčními opatřeními, jako je dimenzování pístu čerpadla nebo otvorů trysky sice lze rozprašování paliva v nízkých otáčkách zlepšit, ale musí se přitom dbát na hloubku vniku jeho paprsků, která se s proměnnou výstupní rychlostí paliva z trysky mění také. Příliš dlouhý paprsek při vysokých otáčkách motoru může vést k jeho nárazům na stěnu spalovacího prostoru a v jejich důsledku k místnímu neúplnému spalování. Jak již bylo v předchozím uvedeno, je možno tuto otáčkovou závislost průběhu vstřiku částečně kompenzovat doplňujícím řízením zdvihu jehly trysky a/nebo jejího průtočného průřezu. Významné jsou i způsoby elektronického řízení průběhu vstřikovacího tlaku paliva, které jsou dostatečně rychlé, aby se mohly uplatnit v celém rozsahu otáček motoru.

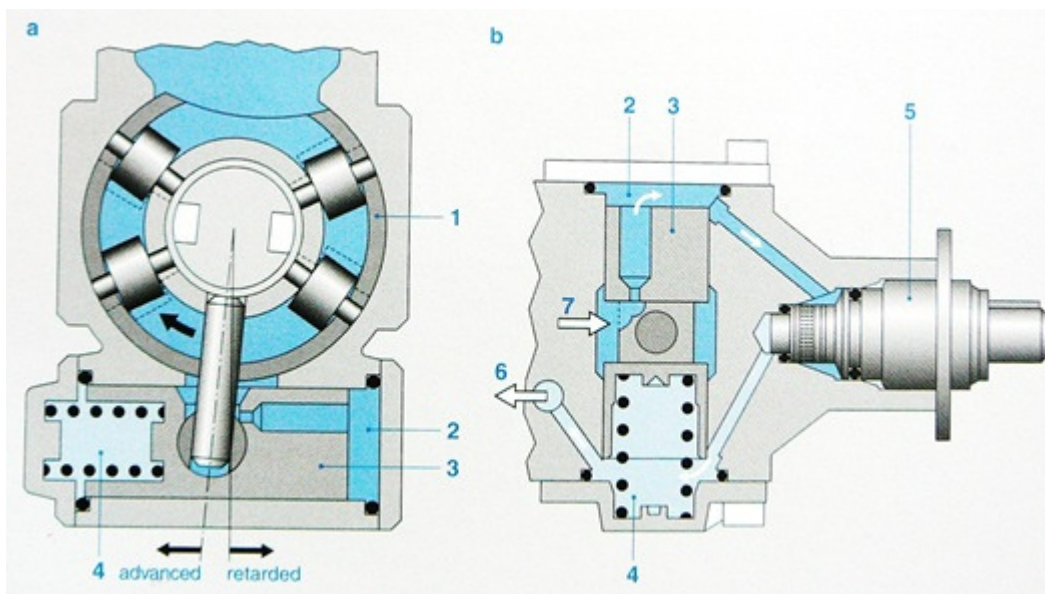
U těchto čerpadel se vysoký tlak paliva vytváří axiálním posuvem pístu. Začátek dodávky paliva k tryskám a její ukončení, tj. začátek vstřiku a množství vstřikovaného paliva, jsou regulovány šoupátkem, které je posouváno po pístu.

Čerpadlo VP30 zavedla firma Bosch do sériové výroby v r. 1998. U tohoto čerpadla je poměrně výrazná závislost tlaku vstřikovaného paliva na otáčkách motoru, na rozdíl od dnes nejvíce používaných systémů Common Rail. Tlak se pohybuje mezi 40 MPa při 500 otáčkách za minutu a kolem 130 MPa při jmenovitých otáčkách 2100 ot./min, v obou případech při plném zatížení motoru.

Regulace počátku vstřiku

Počátek dodávky paliva u rotačního čerpadla je regulován přesuvníkem vstřiku v závislosti na otáčkách klikového hřídele, aby byla kompenzována prodleva vstřiku paliva a prodleva zapálení směsi. Počátek dodávky leží za uzavřením sacího kanálu v rozdělovací hlavě vstřikovacího čerpadla. Po něm dochází k nárůstu tlaku paliva, který po dosažení otevíracího tlaku vstřikovací trysky vede k počátku vstřiku. Doba mezi počátkem dodávky a počátkem vstřiku se nazývá prodleva vstřiku paliva. Při dalším nárůstu kompresního tlaku dojde k počátku zapálení. Časový úsek mezi počátkem vstřiku a počátkem zapálení se nazývá prodleva zapálení směsi. Po otevření příčného kanálu ve výtlačném pístu klesá vstřikovací tlak a zavírá se jehla vstřikovací trysky, nastává konec vstřiku. Potom následuje konec spalování. Ve fázi výtlačného pístu, je vstřikovací tryska otevřena tlakovou vlnou, která se ve vstřikovacím potrubí šíří rychlostí zvuku. Čas, který je k tomu zapotřebí je nezávislý na otáčkách, ale se zvyšujícími se otáčkami se tak zvětšuje úhel mezi počátkem dodávky a

počátkem vstříku. Musí být proto provedena korekce počátku dodávky jeho posunutím proti otáčení klikového hřídele. Délkou vstřikovacího potrubí a rychlostí zvuku (v naftě asi $1500 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) je určena doba šíření tlakové vlny, která se označuje jako prodleva vstříku paliva. Počátek vstříku se tak při vzrůstajících otáčkách vzdaluje od počátku dodávky. Díky tomuto jevu se vstřikovací tryska otevírá při vyšších otáčkách později (blíže k horní úvratí pístu), než při nízkých otáčkách. Po vstříknutí paliva do spalovacího prostoru potřebuje motorová nafta určitý čas k tomu, aby přešla do plynného stavu a vytvořila se vzduchem směs schopnou zapálení. Tato doba přípravy směsi je nezávislá na otáčkách. Tento potřebný časový úsek mezi počátkem vstříku a počátkem zapálení je u vznětových motorů označován jako prodleva zapálení směsi. Prodleva zapálení směsi je ovlivněna schopností zapálení motorové nafty (udává se cetanovým číslem), kompresním poměrem a rozprášením paliva. Zpravidla tato prodleva zapálení směsi trvá asi jednu milisekundu. Při konstantním počátku vstříku a stoupajících otáčkách se zvětšuje úhel klikového hřídele mezi počátkem vstříku a počátkem zapálení, takže počátek zapálení nemůže nastat ve správný okamžik. Nejvýhodnější spalování, a tím i nejlepší výkon motorů, může být dosažen jen při určité poloze klikového hřídele, případně pístu. Proto musí být počátek dodávky vstřikovacího čerpadla s rostoucími otáčkami posunut proti otáčení klikového hřídele, aby tím byl kompenzován časový posuv, způsobený prodlevou vstříku paliva a prodlevou zapálení směsi. K tomu slouží přesuvník vstříku.



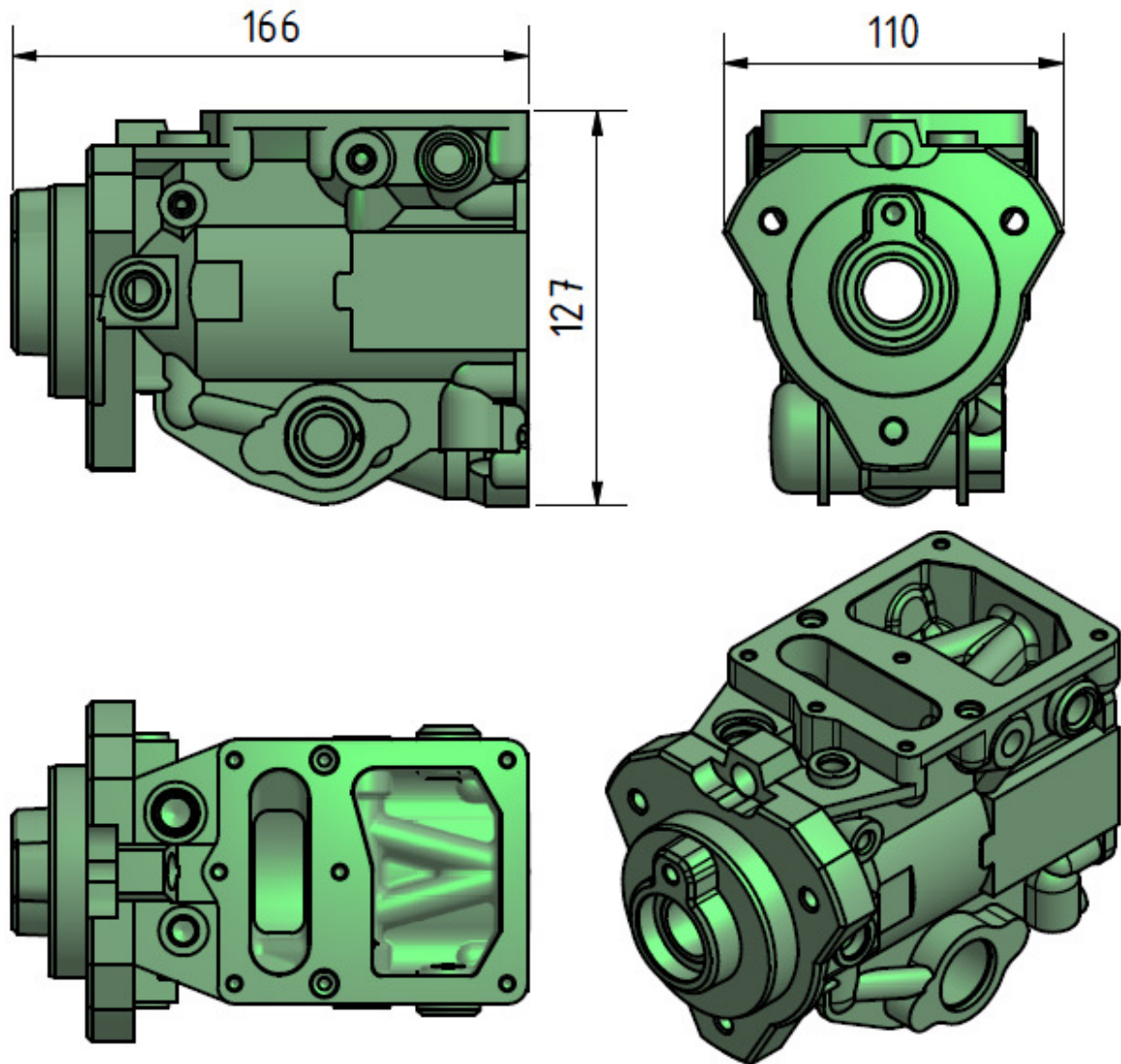
Obr. 2.2 Přesuvník vstříku. a – přední pohled, b – pohled shora [1]

- 1 – otočný kroužek
- 2 – přívodní tlaková komora
- 3 – píst přesuvníku
- 4 – tlak řízený elektromagnetickým ventilem
- 5 – elektromagnetický ventil

Tlumič průtoky je zalisován v kanálku mezi přívodní tlakovou komorou a elektromagnetickým ventilem.

2.1.2 Těleso

Těleso je odlitek ze slitiny hliníku **EN AC–Al Si12Cu1(Fe)** vyrobený tlakovým litím. Je základní nosnou částí čerpadla, ve které jsou hlavní části (hnací hřídel, zdvihový kotouč, rozdělovač, píst atd.) vytvářející potřebný tlak.



Obr. 2.3 Těleso čerpadla VP30

Tab. 2.1 Chemické složení slitiny EN AC–Al Si12Cu1(Fe) dle DIN EN 1706

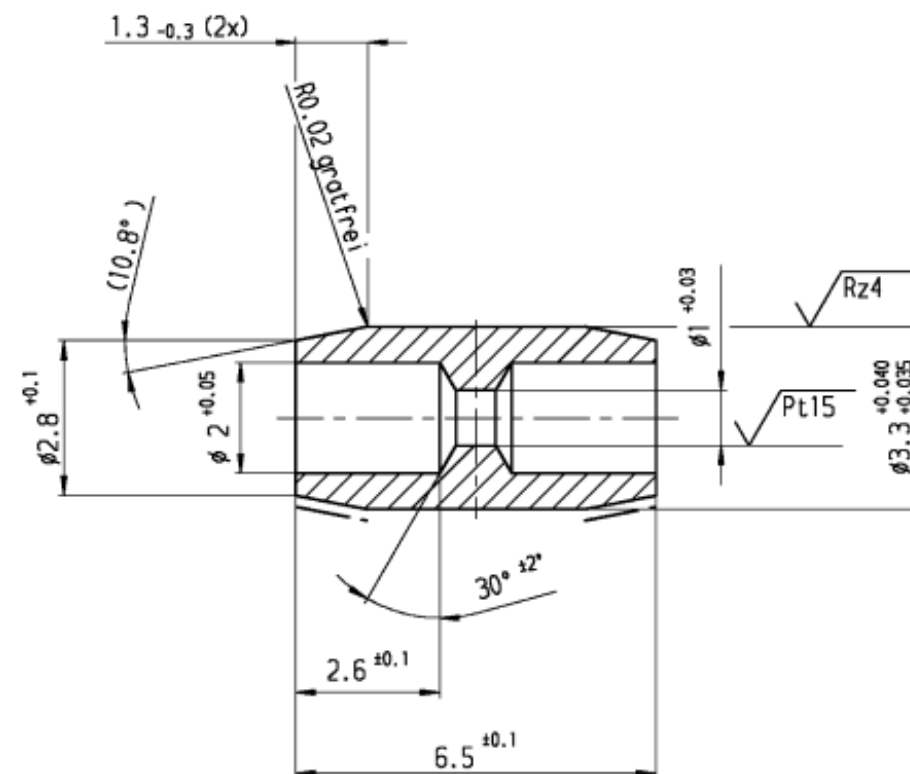
Chemické složení slitiny			
Obsah v %		Obsah v %	
Si	10,5 až 13,5	Ni	max. 0,30
Fe	max. 1,3	Zn	max. 0,55
Cu	0,7 až 1,2	Pb	max. 0,2
Mn	max. 0,55	Sn	max. 0,1
Mg	max. 0,35	Ti	max. 0,2
Cr	max. 0,1	Al	zbytek
Ostatní příměsi: jednotlivě max. 0,05; celkem max. 0,25			

Tab. 2.2 Mech. vlastnosti slitiny EN AC–Al Si12Cu1(Fe) dle DIN EN 1706

Mechanické vlastnosti			
Pevnost v tahu R _m	Smluvní mez kluzu R _{p0,2}	Tažnost A ₅₀	Tvrдость HBS
240 MPa	140 MPa	1	70

2.1.3 Tlumič průtoku

Tlumič je ocelová dutá součást válcového tvaru vyrobený obráběním tyčového polotovaru. Materiál tlumiče je ocel **100Cr6**, což je konstrukční ušlechtilá ocel (dle ČSN třídy 14). Je kalený a popuštěný na 650 ± 50 HV3 (850°C 15min/olej + 180°C 1h/vzduch).



Obr. 2.4 Tlumič průtoku

Tab. 2.3 Chemické složení oceli 100 Cr 6

Chemické složení oceli			
Obsah v %		Obsah v %	
C	0,92 až 1,13	Cr	1,3 až 1,7
Si	0,12 až 0,38	Mo	max. 0,15
Mn	0,21 až 0,49	Ni	max. 0,3
P	max. 0,035	Cu	max. 0,3
S	max. 0,03	Ti	max. 0,005
Al	max. 0,06		

2.2 Montáž [7]

Výsledkem složitého výrobního procesu jsou finální výrobky strojírenských podniků. Výrobní proces zahrnuje činnosti, jejichž cílem je, ze surovin, materiálů a polotovarů, zhotovit finální výrobky různého druhu.

Jednou z částí výrobního procesu je právě montážní proces.

2.2.1 Montážní proces

Tento proces je konečnou fází výrobního procesu. V této fázi dochází k postupnému spojování vyrobených součástí do celků, až po finální výrobek. Tento výrobek musí vyhovovat požadovaným technickým a kvalitativním parametrům. Tento montážní proces je také souhrnem montážních operací, které se realizují v určité technicky a ekonomicky účelné posloupnosti. Tato posloupnost je pevně daná, neboť musí plně odpovídat předem stanoveným technickým podmínkám.

V montážním procesu jsou spojovány dvě nebo více součástí do montážních celků. Pro spojování jsou obvykle využívány takové technologie, které zabezpečují přímé spojení bez přídavných součástí nebo materiálů.

Z hlediska stupně mechanizace můžeme rozlišit montážní procesy na:

- 1) **ruční**
- 2) **mechanizované**
- 3) **automatizované**

Ad1) Ruční montáž

je nejrozšířenějším druhem montážních procesů.

Vyznačuje se:

- použitím upinacího zařízení jednoduché konstrukce
- použitím univerzálních nástrojů
- ustavením spojovaných součástí při minimálním přemístění
- ekonomickou dopravou součástí
- vhodným pracovním místem pro dělníka (opěrky rukou, nohou, atd.)

Ad2) Mechanizovaná montáž

- využívání motorického nářadí a mechanizovaných zařízení

Ad3) Automatizovaná montáž

- zabezpečuje nejvyšší stupeň racionalizace a optimalizace, je cílem rozvoje montážních procesů

Lisování tlumiče do tělesa lze zařadit do mechanizované montáže.

Charakter montážního procesu ve strojírenství:

- kusový
- sériový
- hromadný

V našem případě se jedná o sériovou výrobu čerpadel.

V montážním procesu existují podsystémy:

- technologické (vlastní operace spojování součástí, uzlů a celků až po finální výrobek)
- manipulační (manipulace - odebírání montovaných objektů ze zásobníků, jejich orientace, polohování a přemísťování)
- dopravní a skladovací (zabezpečují převzetí a skladování součástí, materiálů, náradí a nástrojů v montážním meziskladu, jejich přípravu na montáž a dopravu k pracovištím)
- řídicí (optimalizují a synchronizují činnost všech podsystémů a technických realizačních prvků)

Tři hlavní faktory působící v montážním procesu:

1. cílevědomá činnost člověka (tj. jeho samostatná práce)
2. objekty montáže, které se v montážním procesu přetvářejí na finální výrobky
3. montážní prostředky (stroje, jednotky, nástroje, manipulační a dopravní zařízení, řídicí techniky, apod.)

2.2.2 Struktura montážních činností

V dnešní době se většinou setkáváme při montáži strojírenských výrobků s řadou činností, které lze rozdělit do těchto skupin:

- **Přípravné**
 - čištění
 - úprava povrchu
 - úprava tvaru
 - vyvažování
 - značení
 - paletizace
- **Manipulační**
 - vkládání
 - vyjímání
 - nasouvání
 - ustavení
 - přemísťování
- **Spojovací**
 - šroubovací
 - nýtovací
 - pájení
 - tváření
 - **lisování**
 - svařování
 - lepení

- **Kontrolní**

- seřizování
- měření
- zkoušení

- **Ostatní**

- balení
- doprava
- demontáž

Především na druhu výroby je závislý podíl jednotlivých montážních činností. V kusové (malosériové) výrobě tvoří celkem asi 80% pracnosti montáže

- především přizpůsobovací a přípravné práce
- kontrola a seřizování včetně demontážních prací

V sériové a hromadné montáži je vyšší podíl typických montážních činností – spojování a manipulace (vkládání, nasouvání, atd.).

Efektivnost montážního procesu je jeho základním parametrem, proto pro zvýšení efektivity je nutné věnovat větší pozornost výběru vhodných montážních činností především z hlediska:

- snížení podílu ručních prací na minimum
- snížení pracnosti montáže (zvýšení produktivity a kvality práce)
- zvyšování stupně mechanizace a automatizace
- zvyšování stupně standardizace a specializace ve vybavení montážních míst pracovními prostředky a pomůckami

2.2.3 Montážní spoj

Spoj je základem montážního procesu, kde jsou dvě nebo více součástí v pohyblivém nebo nepohyblivém styku.

Spoj může být realizován:

- volbou tvaru spojového uzlu
- silovými vazbami součástí
- přídatným materiálem (pájky, lepidla)

Tyto spoje mohou být např. šroubované, nýtované, lisované, tvářené, lepené, pájené, svařované apod.

Spoj tlumiče s tělesem čerpadla je realizován vzájemnými silovými vazbami, jedná se o spoj lisovaný.

Lisovaný spoj

Při lisování se spojení realizuje působením pružných a plastických deformací materiálu spojovaných objektů.

Základní metody lisování:

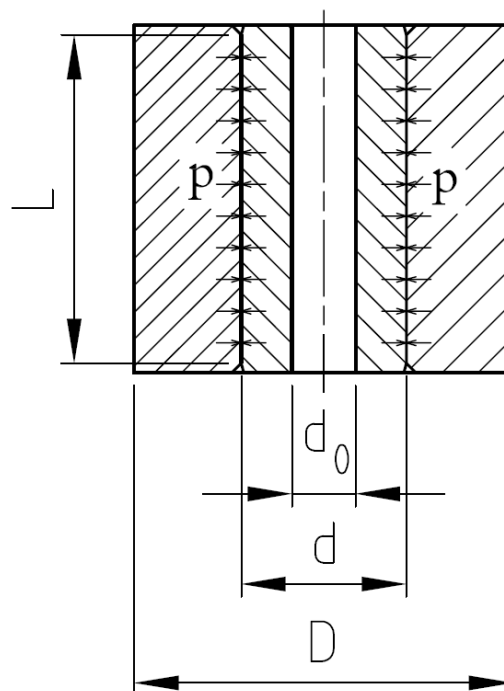
Podélné:

- Přesah vzájemného uložení lisovaných objektů je překonán silou ve směru podélné osy.
- Statickou osovou silou, impulsně vibrační, nastřelením (explozivně, pneumaticky).

Příčné:

- Objekty se do sebe zasunou ve směru osy s vůlí, vlastní proces lisování proběhne změnou rozměrů ve směru kolmém k této ose.
- Smrštěním (ochlazením), roztažením (ohřev), kombinované (ohřev, ochlazení)

Výpočet lisovací síly [7] [10]



Obr. 2.5 Schéma zalisování

Potřebný přesah při uvažování drsnosti povrchu dle [7]:

$$\delta = \Delta d + 1,2(Rz_1 + Rz_2) \quad [\mu m] \quad (2.1)$$

Lisovací síla pro montáž dle [7]:

$$F = \pi \cdot d \cdot L \cdot p \cdot f \quad [N] \quad (2.2)$$

$$p = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)} \quad [MPa] \quad (2.3)$$

$$C_1 = \frac{d^2 + d_0^2}{d^2 - d_0^2} - \mu_1 \quad (2.4)$$

$$C_2 = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_2 \quad (2.5)$$

kde:

- δ – potřebný přesah při uvažování drsnosti
- F – lisovací síla
- Δd – nominální přesah
- Rz_1, Rz_2 – výška nerovností
- p – měrný tlak ve spoji
- f – koeficient tření při lisování
- d, L – rozměry styčné plochy
- E_1, E_2 – moduly pružnosti obepínané a obepínající součásti
- C_1, C_2 – rozměrové konstanty

Určení síly při lisování tlumiče:

Vnější průměr tlumiče:

$$d_1 = 3,3_{+0,04}^{+0,04} \text{ mm}$$

Maximální vnější průměr tlumiče:

$$d_{1max} = 3,34 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr kanálku:

$$d_2 = 3,308 = 3,3_{-0,041}^{-0,023} \text{ mm}$$

Minimální vnitřní průměr kanálku:

$$d_{2min} = 3,259 \text{ mm}$$

Maximální možný přesah při lisování:

$$\Delta d = 3,34 - 3,259 = 0,081 \text{ mm} \quad (2.6)$$

Výpočet síly:

Rozměrové konstanty:

$$C_1 = \frac{3,3^2 + 2^2}{3,3^2 - 2^2} - 0,3 = 1,86 \quad (2.7)$$

$$C_2 = \frac{10^2 + 3,3^2}{10^2 - 3,3^2} + 0,34 = 1,58 \quad (2.8)$$

Cílem tohoto výpočtu je získat maximální hodnotu lisovací síly na základě maximálního možného přesahu (dle výkresu tělesa a tlumiče). Nepotřebujeme tedy zjistit potřebnou sílu pro lisovaný spoj, a proto zde nemusíme počítat potřebný přesah (rovnice 2.1), který uvažuje ztrátu přesahu uhlazením stykových ploch v případě lisování za normální teploty. Maximální možný přesah proto dosadíme přímo do rovnice pro výpočet měrného tlaku ve spoji.

Měrný tlak ve spoji:

$$\begin{aligned} p &= \frac{1}{3,3} \cdot \frac{81 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{1,86}{2,1 \cdot 10^5} + \frac{1,58}{0,65 \cdot 10^5}\right)} = \frac{1}{3,3} \cdot \frac{81 \cdot 10^{-3}}{(8,86 \cdot 10^{-6} + 2,43 \cdot 10^{-5})} = \\ &= \frac{1}{3,3} \cdot \frac{81 \cdot 10^{-3}}{3,32 \cdot 10^{-5}} = 740 \text{ MPa} \quad (2.9) \end{aligned}$$

Síla:

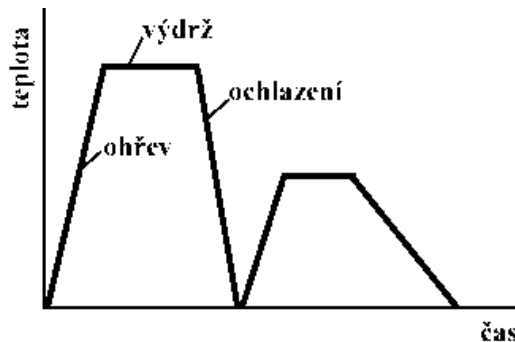
$$\underline{\underline{F = \pi \cdot 3,3 \cdot 3,9 \cdot 740 \cdot 0,2 = 5,9 \text{ kN}}} \quad (2.10)$$

3 TEPELNÉ A CHEMICKO-TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ [8] [9]

Při výrobě téměř jakéhokoliv průmyslového zařízení se těžko obejdeme bez součástí, které jsou tepelně nebo chemicko-tepelně zpracovány. Nejinak tomu je i při výrobě tohoto zařízení na lisování tlumiče do tělesa. Níže jsou popsány tyto způsoby tepelného zpracování.

Tepelné zpracování je pochod, při kterém je součástka podrobena jednomu nebo několika tepelným cyklům. Tímto se při daném složení materiálu dosáhne požadované struktury, a tím i vlastností. Každý cyklus tepelného zpracování znamená ohřev, výdrž na teplotě a ochlazení. Znázorňuje se graficky v souřadnicích čas – teplota.

K požadované změně struktury u určitého materiálu může např. dojít při výdrži na teplotě, u jiného v průběhu ochlazování.



Obr. 3.1 Obecný cyklus tepelného zpracování [8]

3.1 Rozdělení tepelného zpracování

V Tab. 3.1 jsou uvedeny základní skupiny tepelného zpracování.

Tab. 3.1 Základní skupiny tepelného zpracování [8]

Žihání	Kalení	Popouštění	Chem.-tep. zpracování
<ul style="list-style-type: none"> ✓ bez překrystalizace ➤ na měkko ➤ ke snížení pnutí ➤ rekrytalizační 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ martenzitické ➤ nepřetržité ➤ přetržité - lomené - termální - se zmrazováním 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ při nízkých teplotách (napouštění) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ cementování ✓ nitridování
<ul style="list-style-type: none"> ✓ s překrystalizací ➤ homogenizační ➤ normalizační ➤ izotermické 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ bainitické ➤ nepřetržité ➤ přetržité 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ při vysokých teplotách 	
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ povrchové ➤ plamenem ➤ indukční 		

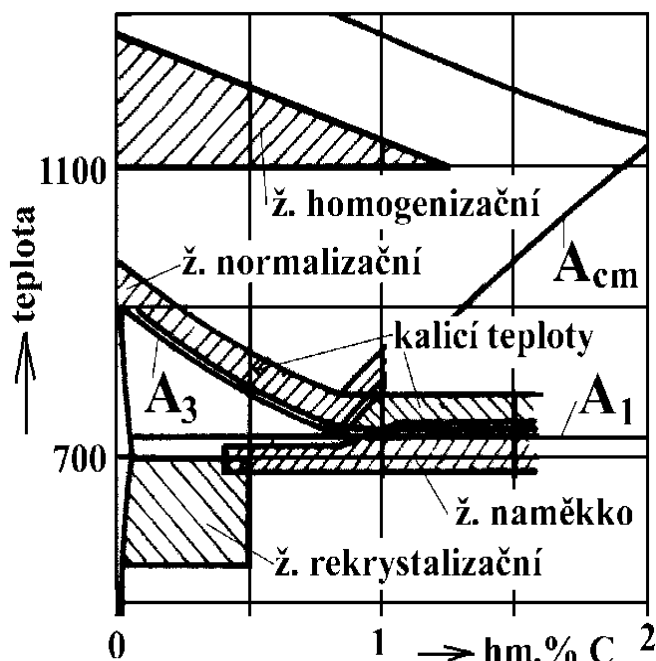
Polotovary pro součásti zařízení na lisování tlumiče jsou většinou dodávané normalizačně vyžíhané nebo žíhané na měkko. Pro svoji bezproblémovou funkci musejí být některé součásti ještě tepelné zpracovány. A to buď kaleny, zušlechťovány nebo cementovány a následně kaleny.

3.1.1 Žíhání

Žíhání je tepelné zpracování, při kterém se dílce ohřejí na žíhací teplotu, po skončení výdrže na žíhací teplotě se ochlazují pomalu v nevytápěné peci nebo na klidném vzduchu.

Žíhání na měkko – při něm se lamelární perlit mění na zrnitý, čímž se zlepší obrobiteľnosť tvrdších ocelí s obsahem uhlíku nad 0,4%. Provádí se také před kalením nadeutektoidních nástrojových ocelí.

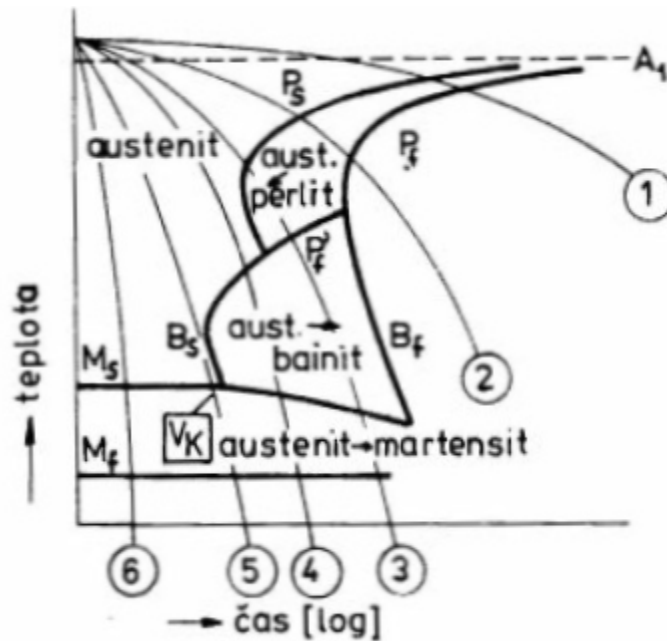
Žíhání normalizační – u podoutektoidních ocelí se provede na teplotu 30 až 50°C nad A_3 a ochlazuje se takovou rychlostí, aby se vytvořila struktura ferit + perlit. Normalizačním žíháním se zjemní austenitické zrna a zlepší mechanické vlastnosti.



Obr. 3.2 Žíhací a kalicí teploty [8]

3.1.2 Kalení

Kalení je tepelné zpracování, při kterém se dílce ohřejí na kalicí teplotu, po skončení výdrže na této teplotě se ochlazují rychlostí větší než je rychlost kritická. Kalením lze získat částečně nebo zcela nerovnovážné struktury. Při kalení se uplatňují transformační diagramy ARA (anizotermického rozpadu austenitu). Kalení je anizotermický pochod - probíhá v důsledku poklesu teploty.



Obr. 3.3 Diagram ARA eutektoidní oceli [9]

V diagramu jsou znázorněny a očíslovány křivky různých rychlostí ochlazování, které ukazují výslednou strukturu po zakalení dle toho, jakými oblastmi procházejí.

Kalení martenzické

Při tomto způsobu kalení se dílce ochlazují tak rychle, aby ochlazovací křivky jeho povrchu i středu minuly křivky počátku difuzního rozpadu austenitu (ARA diagram).

Kalící teploty podeutektoidních ocelí - 30 až 50°C nad A_3 , nadeutektoidní oceli - 30 až 50°C nad A_1 . Po zakalení tvoří strukturu podeutektoidních ocelí martenzit s podílem zbytkového austenitu. Martenzit můžeme nalézt v zakalené struktuře u nadeutektoidních ocelí. Vyskytuje se tam také větší podíl zbytkového austenitu a nerozpuštěný sekundární cementit, který zlepšuje odolnost materiálu vůči opotřebení.

Martenzické kalení můžeme rozdělit na:

- nepřetržitě
- přetržitě
- lomené kalení
- termální kalení
- kalení se zmrazováním

Kalení bainitické

Při tomto způsobu kalení transformuje austenit na bainit buď v průběhu plynulého ochlazování, nebo izotermicky – při konstantní teplotě. Dva základní způsoby kalení jsou **nepřetržitě a přetržitě bainitické kalení**.

Kalení také můžeme rozdělit na **kalení na jádro** a **povrchové kalení**.

3.1.3 Popouštění

Popouštění znamená ohřev zakalených ocelí s martenzitickou strukturou pod teplotu A1 a ochlazení většinou na vzduchu. Rozlišujeme popouštění při nízkých a vysokých teplotách. Popouštění při nízkých teplotách (okolo 350°C) snižuje pnutí po kalení, zmenšuje podíl zbytkového austenitu a zvyšuje houževnatost materiálu. Při popouštění při vysokých teplotách nad 450°C, obvykle i nad 550°C, již probíhá transformace martenzitu na sorbit.

3.1.4 Zušlechťování

Je to kombinované tepelné zpracování – martenzitické kalení + popouštění při vysokých teplotách. Zušlechťování se používá pouze u ocelí, kterté mají zaručeno chemické složení. Zušlechťené oceli mají výhodu proti normalizovaným v tom, že sorbitická struktura zušlechťené oceli zaručuje při stejné pevnosti vyšší mez kluzu a houževnatost.

3.1.5 Chemicko–tepelné zpracování

V technické praxi je řada případů, ve kterých se požaduje tvrdý povrch dílce a současně vysoká houževnatost jádra. Tento požadavek je možno splnit buď povrchovým kalením nebo chemicko-tepelným zpracováním. Spočívá v difuzním sycení povrchu součásti kovovým nebo nekovovým prvkem za zvýšené teploty – v povrchu součásti se mění chemické složení a tím i jeho vlastnosti. U některých pochodů se provádí po změně chemického složení tepelné zpracování (např. cementace), u jiných způsobů již ne (nitridace).

Mezi hlavní způsoby chemicko-tepelného zpracování patří právě cementování a nitridování. Při výrobě součástí pro zařízení na lisování tlumiče bylo využito z těchto způsobů pouze cementování.

Cementování

Povrch součásti se sytí uhlíkem tak, aby jej bylo možno po ukončení pochodu zakalit na vysokou tvrdost. Jádro zůstává houževnaté. Cementovat je možno v prostředí plynném, kapalném i sytkém.

- *Cementování v plynném prostředí* – reakce oxidu uhelnatého nebo rozpadu metanu. Sycení povrchu probíhá při teplotě kolem 900°C. Výhodou této metody je také čistý povrch součásti a vyšší rychlost sycení.
- *Cementování v kapalném prostředí* – v kyanidových lázních. Probíhá velmi rychle, povrch je nasycen rovnoměrně.
- *Cementování v sytkém prostředí* – provádí se ve směsi, jejímiž hlavními složkami jsou dřevěné uhlí a uhličitan barnatý BaCO_3 .

Je možno získat nasycenou vrstvu o tloušťce do 2 až 3 mm.

Před cementací se díly normalizačně žíhají, po nasycení je dílec vždy zakalen.

4 SOUČASNÝ STAV

V současné době je výroba tohoto typu čerpadla zajišťována externí firmou v Německu. Tato firma s výrobou končí, ale neposkytne zařízení (montážní linku) ani dokumentaci firmě Bosch. Proto se v Jihlavě využije na většinu montážních operací montážní linka na vstřikovací čerpadlo VE. Tento typ čerpadla je konstrukčně velice podobný čerpadlu VP30. Ale z důvodu některých konstrukčních odlišností se určité montážní operace vypustí, některé se však naopak budou muset zavést.

Zde tedy vzniká požadavek na návrh, konstrukci a výrobu některých nových zařízení. Jedním z nich je právě zařízení na lisování tlumiče.

5 NÁVRH ŘEŠENÍ MONTÁŽE TLUMIČE DO TĚLESA

Nové zařízení musí být navrženo pro zalisování tlumiče do tělesa čerpadla typu VP30. Tato čerpadla jsou vyráběna v několika variantách, dle požadavků zákazníka. Varianty těles jsou uvedeny v Tab. 5.1. Je tedy nutno prověřit odlišnosti jednotlivých variant a přizpůsobit tomu zařízení, především upínací přípravek.

5.1 Kritéria návrhu

1) Z hlediska montáže:

- Schopnost obsluhy pouze jednou osobou.
- Upnutí tělesa a vložení tlumiče bude ruční, vlastní zalisování bude provedeno pomocí lisu od firmy Promess s vyhodnocením dráhy a síly.
- Vnější rozměry zařízení nejsou přesně stanoveny, neměly by však výrazně přesahovat rozměry standardních montážních zařízení ve firmě používaných.
- Osa lisování bude ve svislé poloze, upínací přípravek musí ustavit těleso do správné polohy.

2) Z hlediska tvaru a rozměrů tělesa:

- Do zařízení musí být možno upnout všechny varianty těles čerpadla VP30 (Tab. 5.1).
- Při přechodu na montáž jiné varianty těles, je povolena menší úprava na zařízení, která nebude trvat déle než 15 minut. Tyto varianty se liší nejen vnějším tvarem, ale také především polohou otvoru pro tlumič.
- Při upínání tělesa a vlastním lisování nesmějí být poškozeny funkční rozměry tělesa a tlumiče.

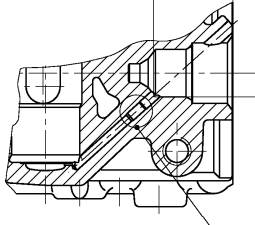
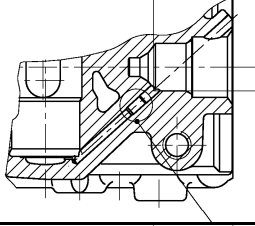
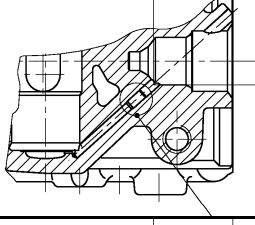
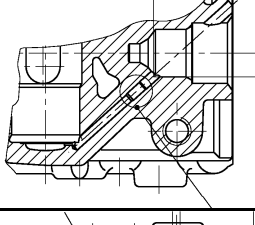
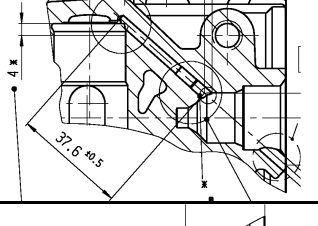
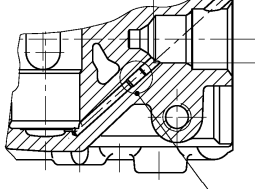
3) Z hlediska nákladů:

- Náklady na přípravek by neměly přesáhnout 1,5 mil. Kč.
- Pokud možno co nejvíce nakupovaných komponentů použít z těch, co se běžně ve firmě používají.
- Použít i součásti, jetliže budou vhodné, které se již na podobných zařízeních vyskytovaly.

4) Z hlediska ergonomie:

- Při konstruování je nutno dbát všech ergonomických zásad definovaných v podnikové normě. Především na výšku pracovního prostoru, dostatečné osvětlení apod.

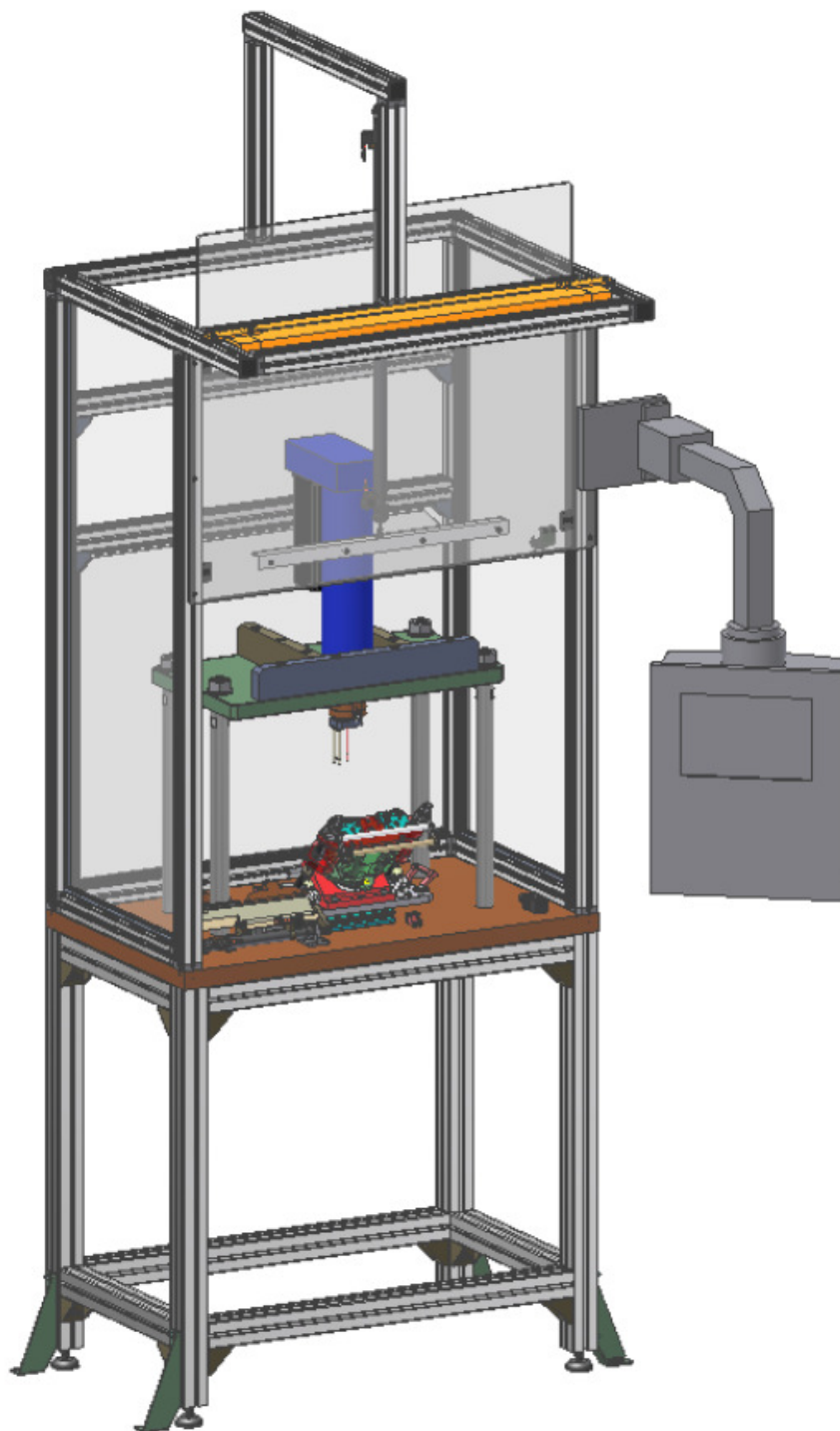
Tab. 5.1 Přehled variant těles – poloha tlumiče

Typ	Zákazník	Číslo tlumiče	Číslo tělesa	
VP30	Perkins	2 460 505 006	2 465 130 172	
VP30	CNH (Case New Holland)	2 460 505 006	2 465 130 173	
VP30	Perkins	2 460 505 006	2 465 130 174	
VP30	Ford	2 460 505 006	2 465 130 175	
VP30	Rover	2 460 505 006	2 465 130 176	
VP30	CDC	2 460 505 006	2 465 130 177	

Z Tab. 5.1 je zřejmé, že nejobtížnější bude přestavení zařízení na variantu tělesa 2 465 130 176, jelikož je těleso otvor pro přesuvník vstřiku a s ním související prvky (otvor pro tlumič) zrcadlově vůči ostatním variantám.

5.2 Vlastní návrh

Na základě uvedených kritérií bylo pomocí 3D CAD programu zkonstruováno toto zařízení:



Obr. 5.1 Zkonstruované zařízení

5.2.1 Postup návrhu

Nejprve bylo nutno s kompetentními osobami stanovit výše uvedená kritéria na navrhované zařízení, a to z hlediska vlastní technologie montáže, tvaru tělesa, ergonomie a nákladů na zařízení.

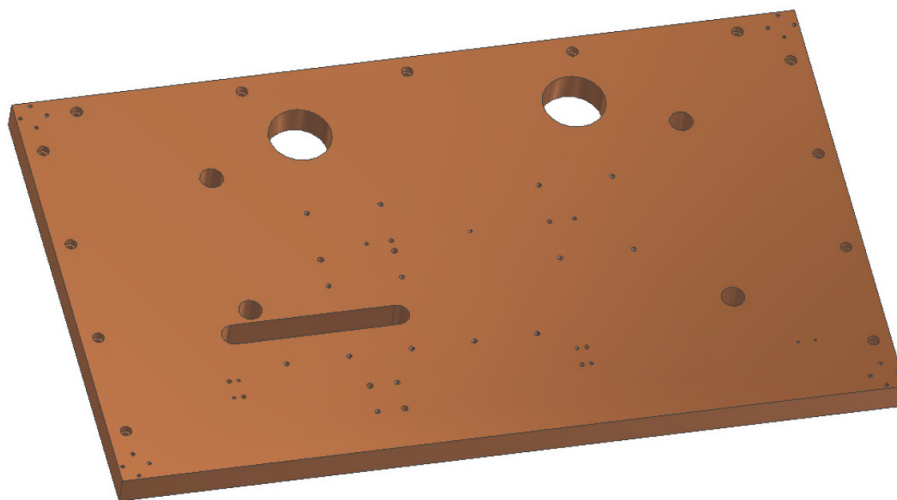
Rám zařízení byl zkonstruován ze standardních, pro tato zařízení ve firmě používaných, hliníkových profilů a spojovacích komponentů (Bosch Rexroth).



Obr. 5.2 Hliníkový profil

Výplně rámu jsou vyrobeny z desek čirého polykarbonátu a jsou vsazeny do rámu pomocí plastových profilů. Na rámu jsou také připevněny pneumatické prvky (úpravná jednotka, redukční ventily atd.), zářivka pro osvětlení pracovního prostoru, elektronické řízení (PLC) atd.

Základní deska, která je nosným prvkem všech dílů sloužících k montáži, je vyrobena z oceli 14 220 bez tepelného zpracování. Tento materiál byl zvolen (nejen pro tuto desku) z hlediska dostupnosti ve firmě. Přestože by se zde mohla použít levnější ocel např. třídy 11, byla použita cementační ocel, jelikož se vyrábí pouze 1 kus a zavádění nového materiálu by znamenalo další náklady. A v celkové ceně zařízení je rozdíl v ceně mezi těmito oceli zanedbatelný.



Obr. 5.3 Základní deska

Ocel 14 220 je ve firmě nejvíce používaným materiálem v kusové výrobě.

Ocel 14 220 [12]

Je to ocel vhodná pro strojní součásti pro zušlechťení do průměru 35 mm, k cementování s velkou pevností v jádře, např. hřídele, ozubená kola, vačkové hřídele, zdvihátka ventilů, pístní čepy, zubové spojky.

Chemické složení [hm.%]:

C	0.14 - 0.19
Mn	1.1 - 1.4
Si	0.17 - 0.37
Cr	0.8 - 1.1
P	max 0.035
S	max 0.035

Polotovary:

Předvalky, tyče válcované za tepla, výkovky, bezešvé trubky tvářené za tepla, přesné bezešvé trubky tvářené za studena, tyče tažené za studena, pásy a pruhy válcované za studena.

Základní mechanické vlastnosti:

Tab. 5.2 Základní mech. vlastnosti oceli 14 220 [12]

Stav oceli	.1	.2	.3	.4	.6
Re nebo Rp _{0,2} [MPa] min	-	-	588	588	-
Rm [MPa]	-	-	max 637	max 900	-
Tvrđost HB	min 152	max 207	max 197	min 239	208-269
Modul pružnosti E [GPa]	206				

Fyzikální vlastnosti:

Hustota ρ	7850 [kg.m ⁻³]
Teplotní součinitel roztažnosti α	11.10 ⁻⁶ [K ⁻¹]

Tepelné zpracování:

Druh	teplota [°C]	prostředí ochlazování
Normalizační žíhání	880-920	vzduch
Žíhání na měkko	680-720	pec
Cementování	860-930	vzduch nebo cem. krabice
Kalení	810-840	olej nebo lázeň 150-200 °C
Popouštění	150-200	vzduch
Zušlechťování – kalení		
- popouštění	podle pož. pevnosti	vzduch

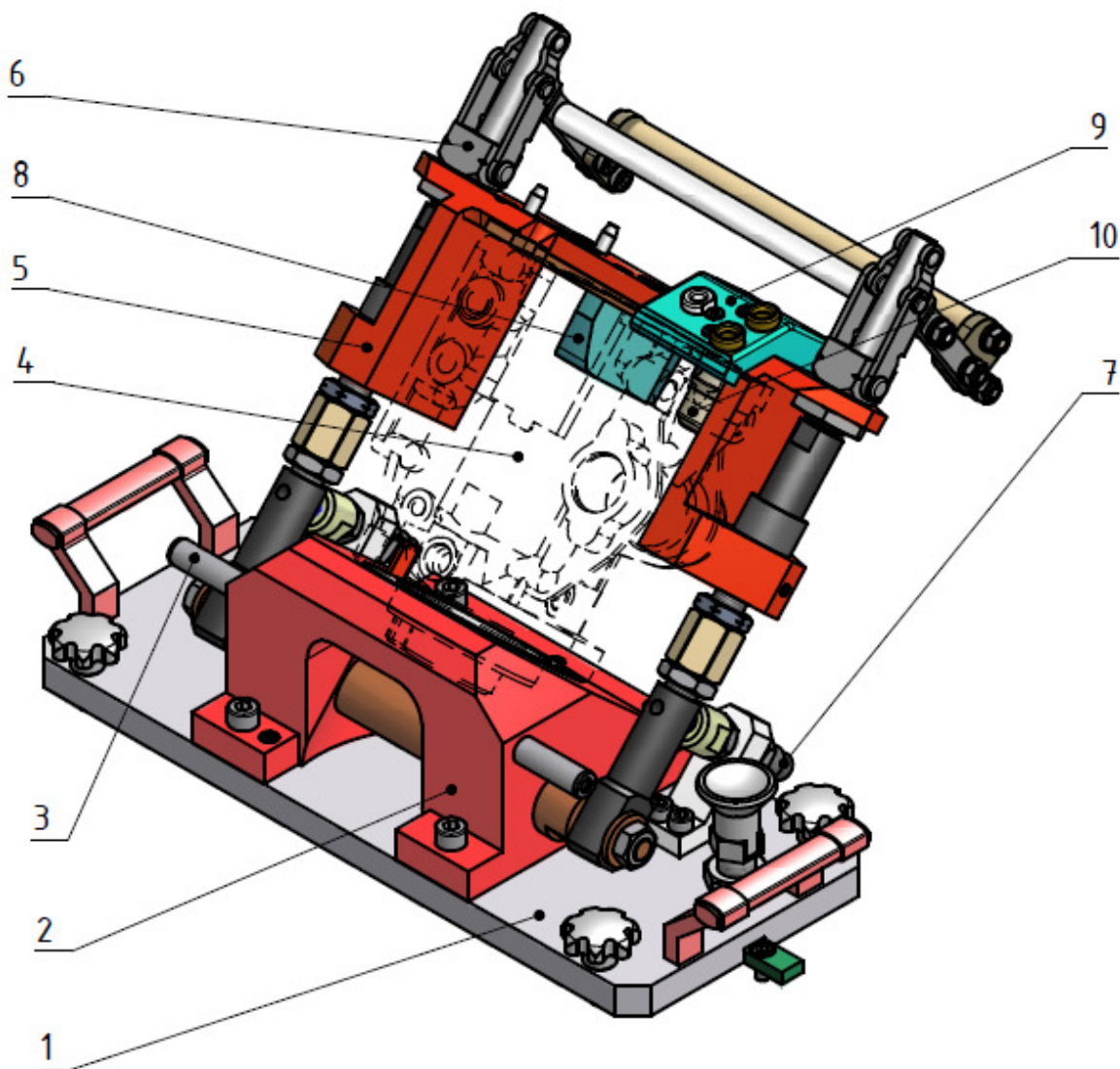
Tvrдость cementační vrstvy může být až 63 HRC

Prokalitelnost – do 65 mm ve vodě, do 40 mm v oleji

O tepelném zpracování (nejen této oceli) bylo pojednáno v kapitole 3.

5.2.2 Upinací přípravek

Nejproblematictějším prvkem byl upinací přípravek. Jehož úkolem je nejen spolehlivé upnutí a ustavení tělesa do správné polohy. Musí také zajistit přesné zavedení tlumiče do otvoru před vlastním lisováním.



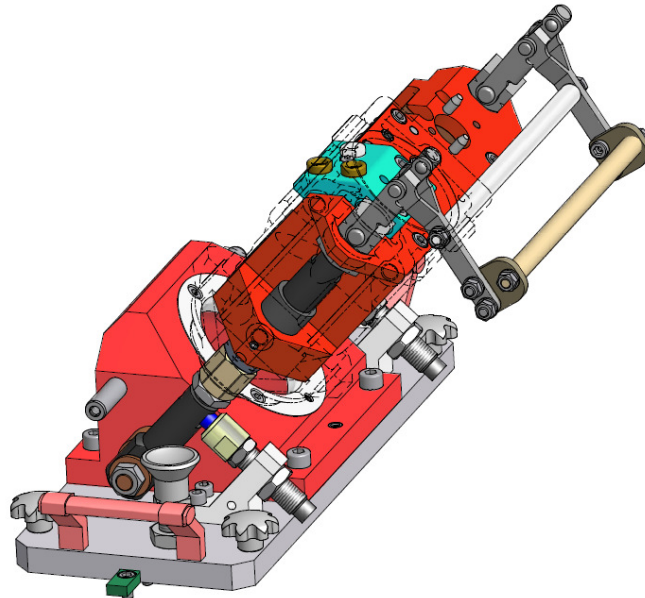
Obr. 5.4 Hlavní části upinacího přípravku v poloze "upnuto"

- 1 – základní deska přípravku
- 2 – základní kostka
- 3 – opěrný kolík
- 4 – těleso čerpadla
- 5 – sklopný upínač
- 6 – spojené upínky
- 7 – hydraulický tlumič rázu
- 8 – středící trn
- 9 – výměnná deska s pouzdry pro navádění lisovacího trnu a kolíků
- 10 – trn pro vedení tlumiče při jeho vhazování

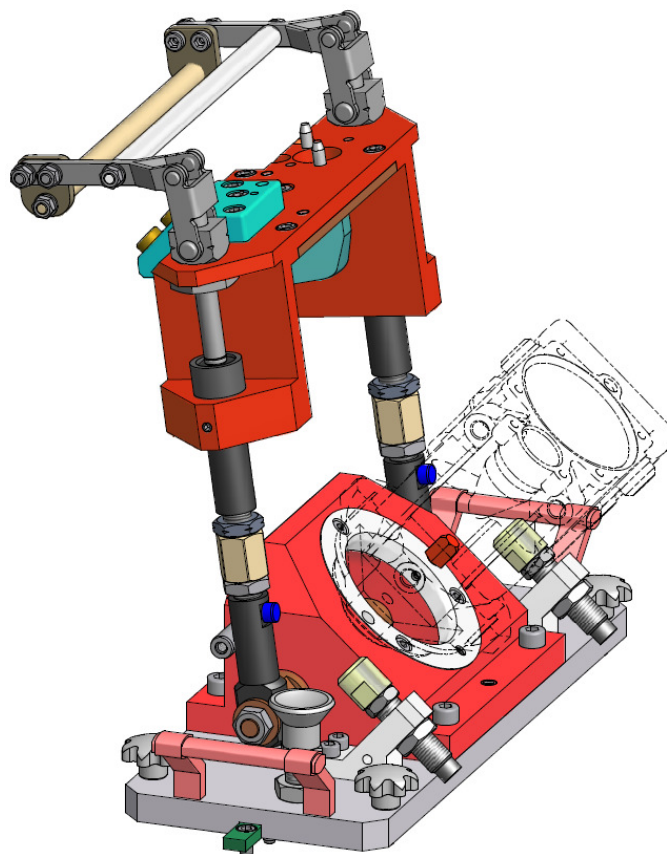
Přípravek má dvě hlavní polohy – „upnuto“ a „uvolněno“. V poloze „uvolněno“ jsou spojené upínky překlápány směrem od obsluhy, a tím je

sklopný upínač posunut nejdále od osy otáčení. Celá sklopná část přípravku je také překlopena směrem od obsluhy a opřena o opěrné kolíky.

V poloze „upnuto“ je sklopná část přípravku opřena o dorazy hydraulických tlumičů, upínky překlopeny směrem k obsluze a upínač nejbližší k ose otáčení (přes přítlačnou desku opřen o těleso čerpadla).

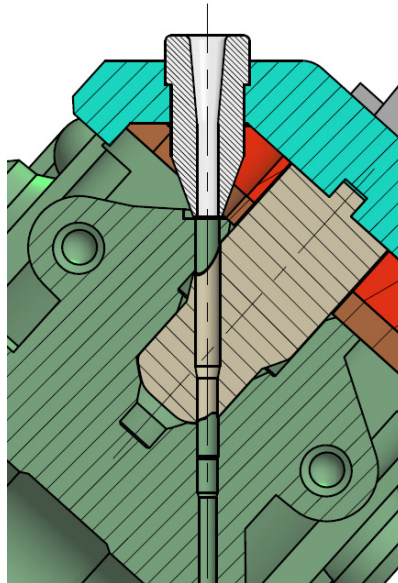


Obr. 5.5 Přípravek - poloha "upnuto"



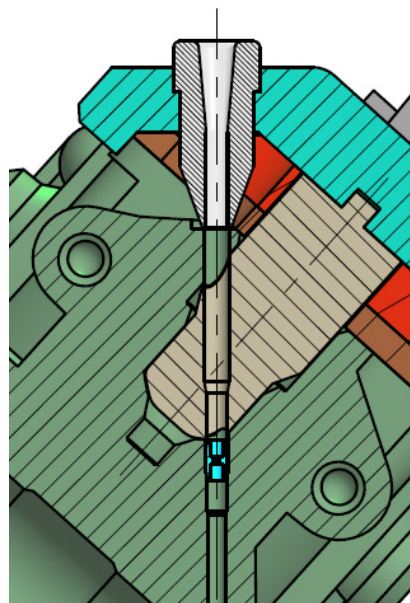
Obr. 5.6 Přípravek - poloha "uvolněno"

V poloze „upnuto“ je tedy dle požadavků nastavena osa otvoru pro tlumič v čerpadle ve svislé poloze a je souhlasná s osou lisovacího trnu. Pro přesné zavedení lisovacího trnu při lisování slouží 2 vodící trny, které jsou při lisování zavedeny do pouzder ve výměnné desce.



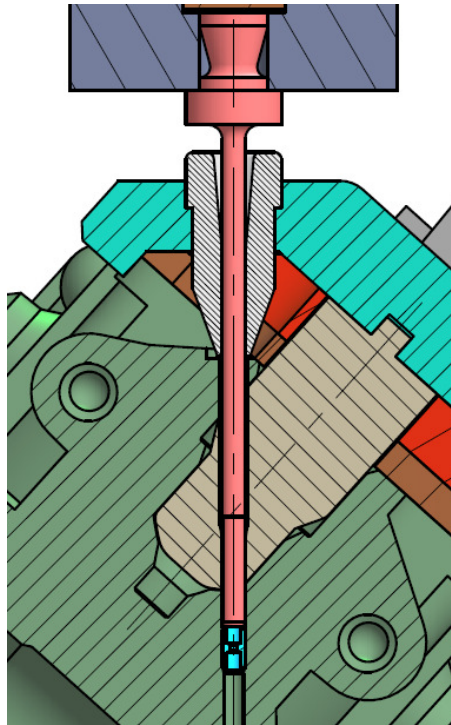
Obr. 5.7 Řez otvorem pro tlumič

Je tedy zřejmé z Obr. 5.7, že otvor pro tlumič prochází skrz otvor pro elektromagnetický ventil. Proto při upínání tělesa je do tohoto otvoru zaveden trn, který je součástí výměnné desky (na obrázku světle modrá). V tomto trnu je vyvrtán šikmý otvor, který je po upnutí tělesa v ose otvoru pro tlumič. Ten umožní zavedení tlumiče na správné místo po vhození.



Obr. 5.8 Řez otvorem po vhození tlumiče

Po vhození se tlumič zastaví před osazením o menším průměru než je vnější průměr tlumiče. Poté je tlumič zalisován. Hloubka zalisování je kontrolována pomocí vyhodnocení dráhy a síly lisu. Lis má vlastní elektronické řízení, které je schopno dráhu a sílu vyhodnotit.



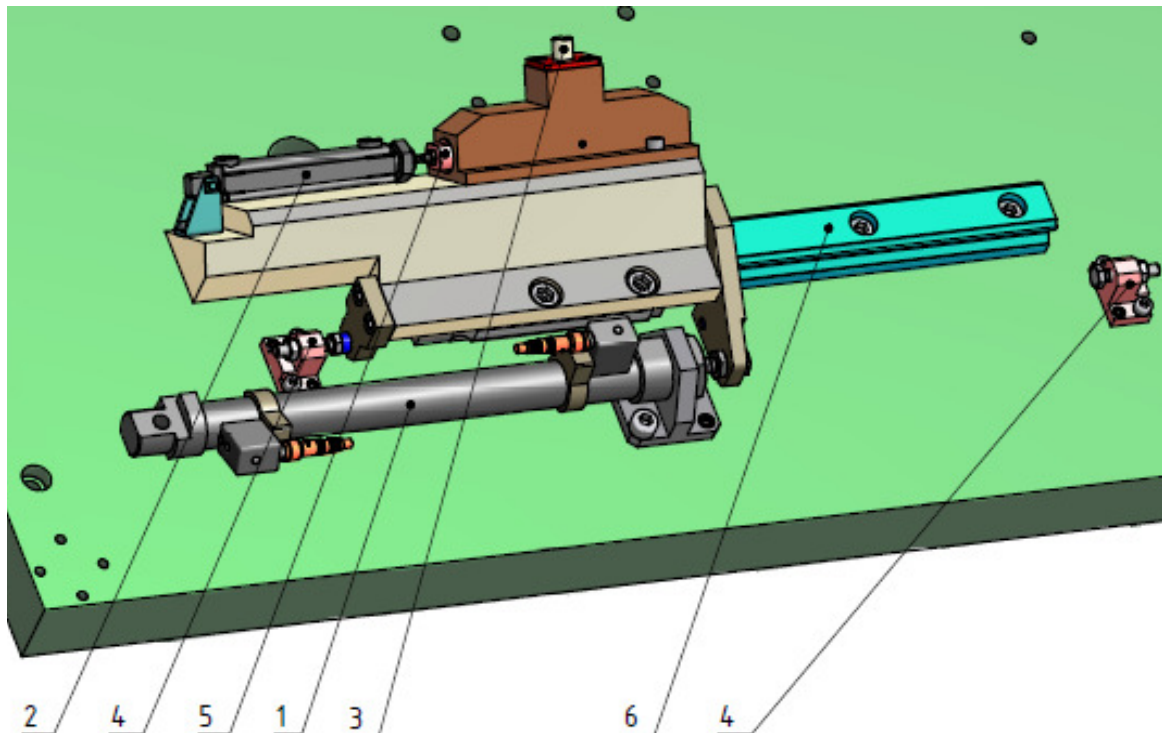
Obr. 5.9 Zalisování tlumiče

Během konstrukce vyvstal problém se silami při lisování. Při navrženém způsobu upnutí tělesa při lisování vzniká moment od lisovací síly. Tímto momentem by byl zatěžován celý přípravek a mohlo by docházet k elastickým případně i plastickým deformacím v celé soustavě přípravku. Tím by mohlo docházet také k vychylování osy kanálku s tlumičem při lisování. Moment by nevznikal při ustavení za plochu, která by byla v ose lisování (případně více ploch, mezi kterými by se osa lisování nacházela). Avšak takto umístěné obrobene plochy (body) na tělese nejsou.

Proto byl zkonstruován přípravek, který zajistí podepření tělesa při lisování. Plocha, o kterou se podpěra opírá, je neobrobená plocha odlitku.

5.2.3 Přípravek pro podepření tělesa

Přípravek je ovládán automaticky PLC řízením za pomoci dvou pneumatických válců. Aby přípravek nebránil pohodlnému vložení tělesa do přípravku, je ve výchozí poloze v levé části pracovního prostoru. V této poloze je i vyobrazen na Obr. 5.10.



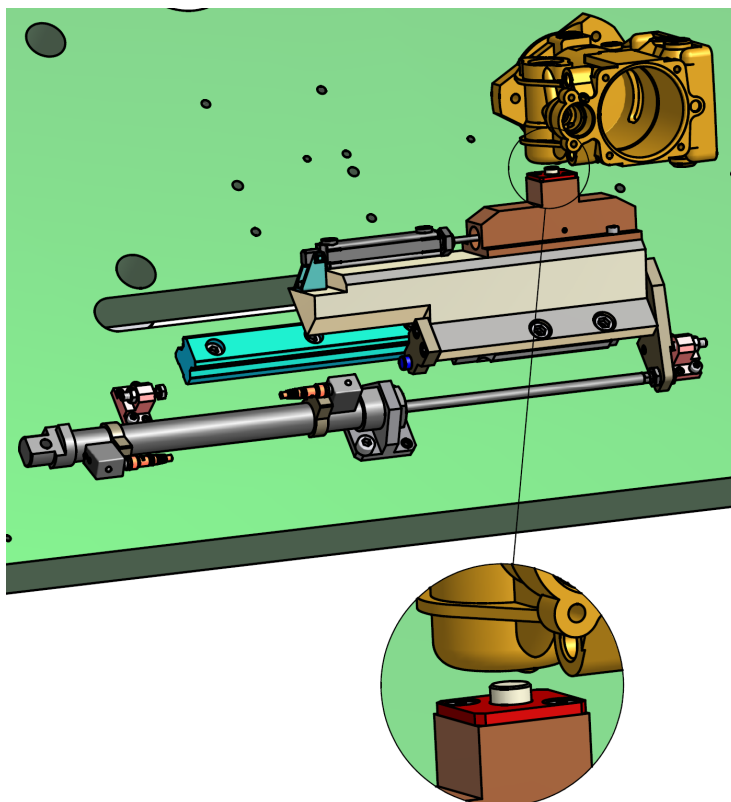
Obr. 5.10 Přípravek pro podepření tělesa

- 1 – pneumatický válec pro přesun přípravku
- 2 – pneumatický válec pro zvedání opěrného kolíku
- 3 – opěrný kolík
- 4 – dorazy
- 5 – samosvorný klín
- 6 – kolejnice lineárního vedení

Pozn.: Pro přehlednost u tohoto a následujících dvou obrázků není zobrazen přípravek pro upnutí tělesa.

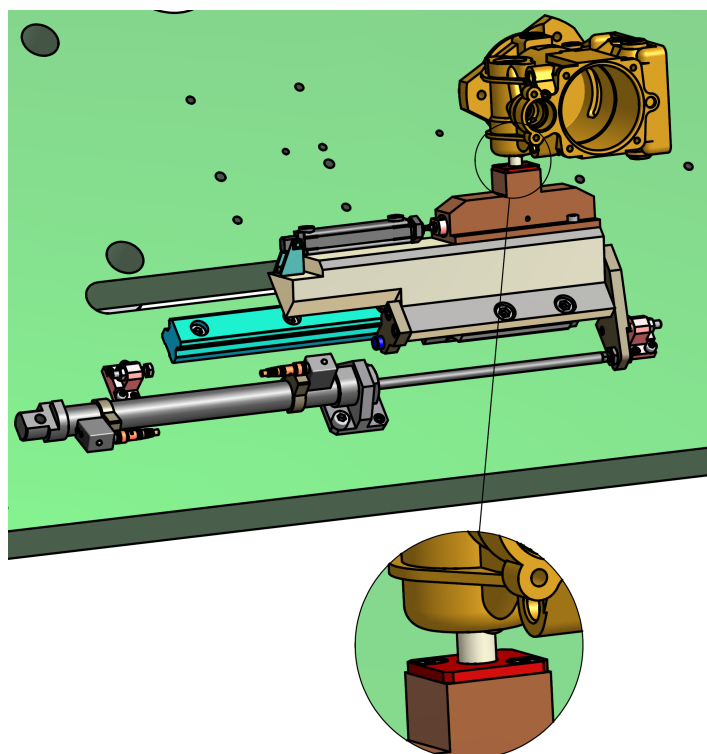
Před lisováním je pomocí pneumatického válce (Obr. 5.10 - 1) přesunut po lineárním vedení do pracovní polohy pod těleso (Obr. 5.11). Technický list tohoto válce je v příloze č. 2. Dorazy v krajních polohách jsou stavitelné a pevné. Nejsou zde např. hydraulické tlumiče, jako u upinacího přípravku, protože je použit pneumatický válec s tlumením v krajních polohách.

Všechny tyto pohyby přípravku jsou součástí automatického cyklu a nevyžadují ruční řízení.



Obr. 5.11 Přípravek v poloze pod tělesem

Poté menší pneumatický válec přesunutím samosvorného klínu zvedne opěrný kolík, který se opře o těleso.

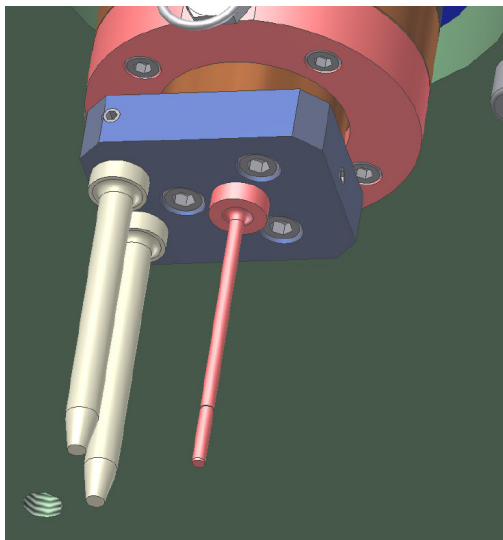


Obr. 5.12 Přípravek v poloze pod tělesem, kolík vysunut

Po podepření tělesa nastává vlastní lisování.

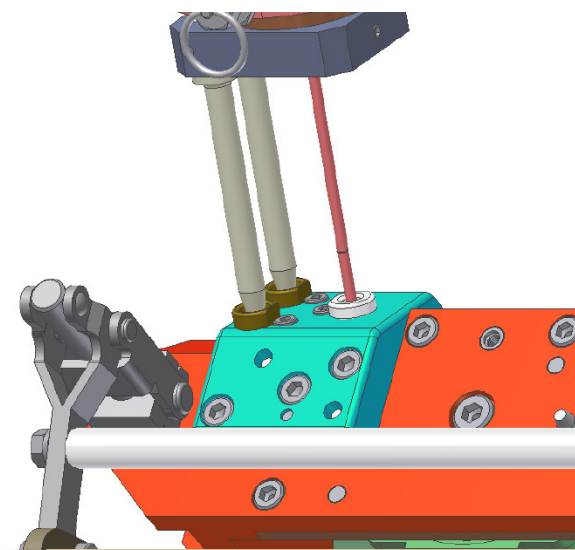
5.2.4 Lis

Dle požadavků byl zvolen lis firmy Promess. Byl použit lis s nejbližší vyšší lisovací silou než je maximální vypočtená síla pro zalisování tlumiče. Vypočtená síla je 5,9 kN. Výpočet je v kapitole 2.2.2. Byl tedy zvolen lis s lisovací silou až 12 kN a zdvihem 200mm. Lis je upevněn na desce, která je spojena se základní deskou ocelovými sloupky. Lis je vsazen do přesného otvoru v desce a chycen šrouby. Na beranu lisu je držák, ve kterém jsou dva vodící trny a lisovací trn.



Obr. 5.13 Vodící trny a lisovací trn (pohled zespod)

Při lisování se zavedou vodící trny do pouzder, a tím je určena správná poloha lisovacího trnu.

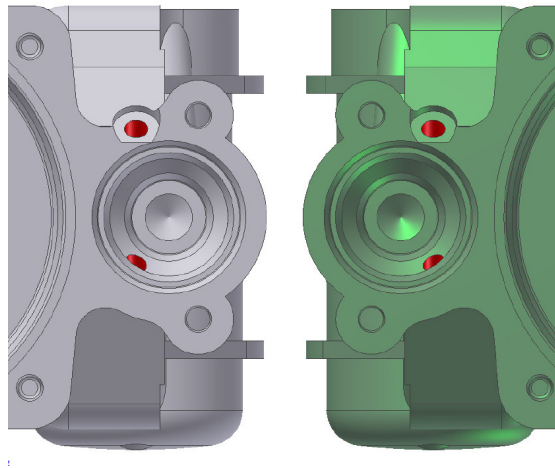


Obr. 5.14 Lisování

5.3 Úprava pro konstrukčně odlišnou variantu tělesa

Konstrukce zařízení byla ještě zkomplikována tím, že je nutno lisovat tlumič na tomto zařízení do více variant těles. Jak již bylo naznačeno, nejvíce komplikací nastalo v okamžiku přizpůsobení zařízení pro variantu tělesa 2 465 130 176 (Rover), které má některé prvky zrcadlově umístěné.

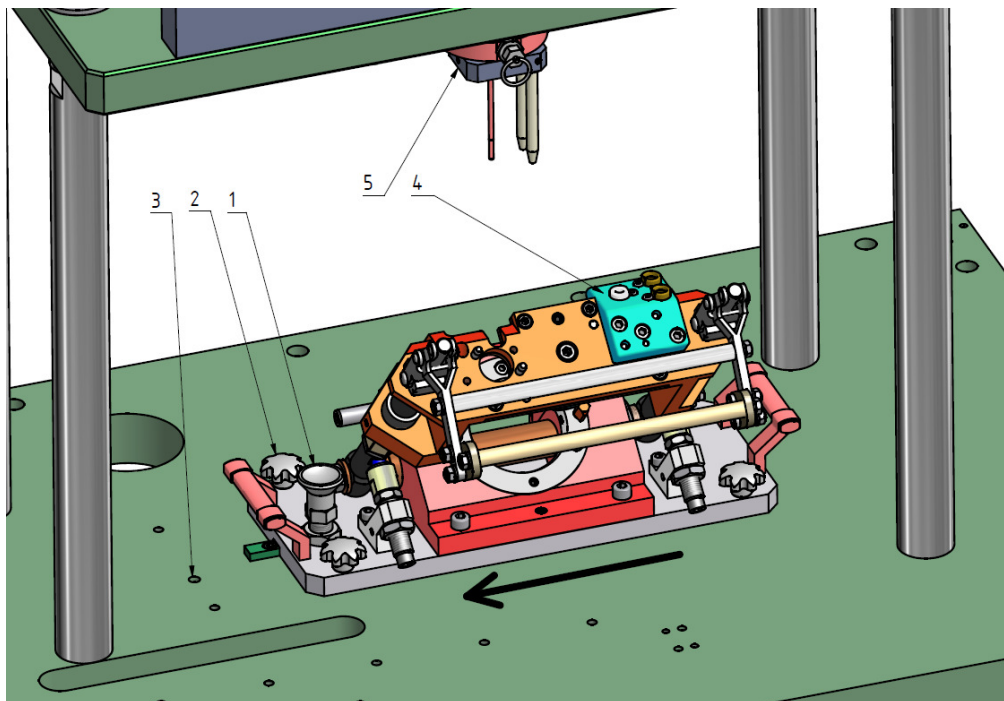
Na Obr. 5.15 je pohled na variantu tělesa Rover a ostatní varianty. Otvor pro tlumič je vyznačen červeně.



Obr. 5.15 Porovnání těles Rover (vlevo) - ostatní

Tato konstrukční odlišnost byla vyřešena:

- 1) Přípravek pro upnutí tělesa byl konstrukčně vyřešen tak, aby bylo možno do něj upnout těleso (Rover). A to otvorem pro elektromagnetický ventil (a tím i otvorem pro tlumič) směrem k pravé straně přípravku.
- 2) Těleso se vkládá do kroužku v přípravku, ve kterém je středící kolík, určující natočení tělesa kolem své osy. Tento kolík se musí povolit, vyjmout a připevnit do protilehlého otvoru v kroužku.
- 3) Na přípravku na levé straně se musí odmontovat výměnná deska a na pravou stranu namontovat jiná, specifická pro tuto variantu tělesa (Obr. 5.16 – 4).
- 4) Držák vodících trnů a lisovacího trnu na beranu lisu se odjistí a otočí o 180° (Obr. 5.16 – 5).
- 5) Celý přípravek se musí uvolnit pomocí hvězdic (Obr. 5.16 – 2), nadzvednout aretační kolík (Obr. 5.16 – 1), posunout doleva do druhé polohy a zajistit opět aretačním kolíkem a hvězdicemi. Poté jsou již osy lisování správně nastaveny.



Obr. 5.16 Úpravy pro jinou variantu tělesa

- 1 – aretační kolík
- 2 – hvězdice (šroub)
- 3 – otvor pro aretační kolík v druhé poloze přípravku
- 4 – výměnná deska pro těleso Rover
- 5 – otočný držák trnů

5.4 Shrnutí

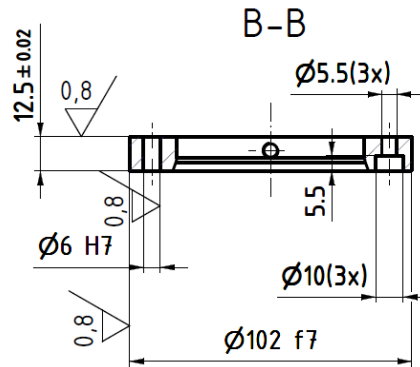
Při konstrukci byly také z velké části používány nakupované díly. Téměř všechny díly pro pneumatiku a díly rámu jsou od firmy Bosch Rexroth, protože jsou pro tyto účely ve firmě nejvíce používány. V oblasti lisování dlouhodobě spolupracuje s firmou Promess, která zaručuje i krátké termíny dodání náhradních dílů. Proto byl také použit tento lis. Lineární vedení pro přesuv podpěrného přípravku je od firmy Rollon a další komponenty od firem Ace, Norelem atd.

Celé zařízení je řízeno systémem PLC - *Programmable Logic Controller* také od firmy Bosch Rexroth.

K danému zařízení byla vytvořena veškerá výkresová dokumentace, jejíž část je v přílohách.

Na výkresech lze objevit odlišnosti od aktuální normy technického kreslení, které byly dohodnuty a schváleny v rámci firmy. Například je stále používána starší značka pro drsnost povrchu. Příklad – kroužek na Obr. 5.17. Konkrétně nové značení drsnosti povrchu je v praxi mnohem méně praktické a přehledné, proto je používáno značení starší.

Dále také na kótách závitů nemusí být uváděna značka tolerance. Nemusí být také kótovány hloubky předvrtaných děr, pokud hloubka není konstrukčně důležitá.



Obr. 5.17 Příklad značení drsnosti povrchu ve firmě

Pokud je to možné, jsou všechny vyráběné díly povrchově upraveny černěním.

V některých případech je zřejmé, že je pro určitou součást použit zbytečně kvalitní a drahý materiál. Například je často používána cementační ocel 14 220 u součástí, kde by byla dostatečná konstrukční ocel třídy 11. Je to z důvodu dostupnosti polotovarů. Jelikož se prakticky vždy jedná o kusovou výrobu, je pro firmu výhodnější použití dražšího materiálu než zavádění nového.

Některé vyráběné součásti zařízení jsou kvůli své funkčnosti tepelně nebo chemicko-tepelně zpracovány. Především ocel 14 220 cementována a kalena.

O tepelném a chemicko-tepelném zpracování pojednává kapitola 3 .

5.5 Souhrnný popis funkce zařízení

Nejprve obsluha vloží těleso do přípravku, kde je zavedeno přesným vnějším průměrem (na straně výstupu hnacího hřídele) do zakládacího kroužku. Poloha natočení tělesa kolem své osy je zajištěna kolíkem v zakládacím kroužku, na který je nasunut přesný otvor v tělese.

Poté sklopí upínač směrem k sobě na hydraulické tlumiče. Překlopením spojených upínek směrem k sobě o 180° je těleso upnuto a kanálek nastaven v ose lisování.

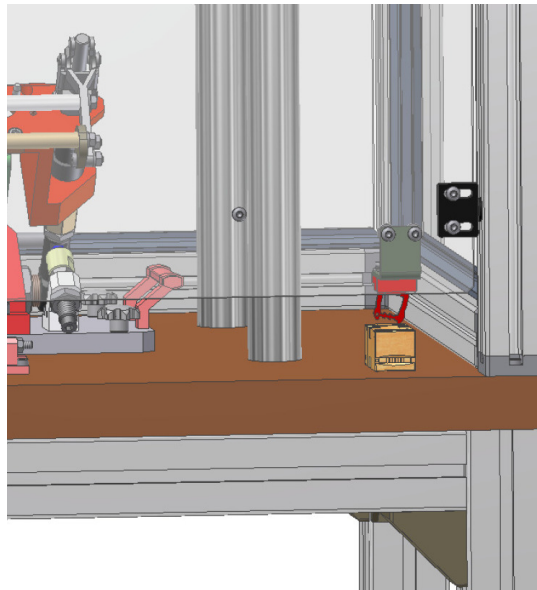
Následně obsluha vhodí tlumiče pouzdrem ve výměnné desce do určeného kanálku.

Pak už jen zmáčkne tlačítko „start“ a cyklus je již automatický:

- Nejprve sjede přední kryt před obsluhu a tím zabezpečí pracovní prostor.
- Rozjíždí se přípravek pro podepření tělesa.
- Jakmile je pod tělesem, malý pneumatický válec podepře pomocí klínu kolíkem těleso.
- Pak se rozbíhá lis, který zalisuje tlumič a vrátí se do výchozí polohy.
- Malý pneumatický válec uvolňuje klín a následně pomocí velkého válce přípravek odjíždí do výchozí polohy, na levou stranu pracovního prostoru.
- Poslední pohyb vykoná pneumatický válec umístěný v horní části rámu, který vytáhne přední kryt nahoru.
- Tím je cyklus u konce a obsluha může odepnout a vyjmout těleso.

Při automatickém cyklu na sebe jednotlivé pohyby plynule navazují. To je umožněno konstrukcí pneumatických válců a lisu. Každý pneumatický válec má

na svém plášti snímač, který snímá magnet umístěný na pístnici. Při najetí válce do některé z krajních poloh řídicí systém dostává signál, že je válec v krajní poloze a dává impuls pneumagnetickému ventilu, který pouští vzduch do dalšího válce. Před spuštěním najíždění přípravku pro podepření tělesa musí být kryt v dolní poloze. Systém dostává impuls z pneumatického válce, který kryt spustil. Z bezpečnostního hlediska není vyhodnocení polohy pneumatického válce dostačující. Proto je na základní desce umístěn bezpečnostní zámek (od firmy Schmersal), do kterého, při najetí krytu do spodní polohy, zapadne jazýček upevněný na krytu.



Obr. 5.18 Náhled na bezpečnostní zámek před zapadnutím

Systém také vyhodnocením dráhy a síly může zjistit, zda tam obsluha nezapomněla vhodit tlumič. Při lisování nedojde k nárůstu síly, systém zahlásí chybu a zastaví se. Stejně tak by systém vyhodnotil, kdyby již byl v tělese tlumič zalisován. Po prudkém nárůstu lisovací síly by systém zastavil lisování a opět zahlásil chybu.

6 VÝROBA A MONTÁŽ ZAŘÍZENÍ

Výroba jednotlivých dílů a montáž zařízení je prováděna přímo v nářadovně a montážní dílně firmy. Na témže místě probíhá i konečné „oživování“. Tento výraz je ve firmě používán pro konečné programování a zkoušení funkce zařízení.

Jednotlivé díly jsou vyráběny na CNC strojích nářadovny dle dodaných 2D výkresů z konstrukce. Některé díly již byly dříve používány na podobných zařízeních, tudíž se nemusejí znovu dělat technologické postupy a nové programy na CNC strojích. Programy na složitější díly, 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.).

7 TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Zařízení bylo navrženo a zkonstruováno v rámci možností nejvhodnějším způsobem. Velká část standardních komponentů se běžně ve firmě používá a většinou jsou na skladě i náhradní díly. Tím je možno při poruše ve velmi krátké době znovu výrobu spustit.

Zařízení je vybaveno moderním řízením – PLC systémem a lisem Promess. Tato zařízení umožňují řídit automatický cyklus.

Bylo by reálné zkonstruovat ruční pracoviště bez těchto drahých zařízení, na kterém by bylo také možno lisovat bez problémů tlumič do tělesa. Neměli bychom však žádný výstup (síla, dráha) z procesu lisování, což už je dnes ve firmě považováno jako standard.

Také by byla možnost nahradit lis Promess levnější variantou např. japonským lisem Janome. Zde je ovšem problém se servisem, jelikož v Evropě nejsou tyto výrobky moc rozšířeny.

Náklady vynaložené na toto zařízení byly:

Nakupované díly	760 000 Kč
Vyráběné díly	190 000 Kč
Montážní práce	207 000 Kč
Prohláčení o shodě CE a revize	26 000 Kč
Celkem	1 183 000 Kč

Limitem byla částka 1 500 000 Kč, na kterou se náklady nevyšplhaly.

ZÁVĚRY

Úkolem této práce bylo zkonstruovat zařízení pro zalisování tlumiče průtoku do tělesa vstřikovacího čerpadla. Při návrhu a vlastní konstrukci nebylo možno vycházet z nějakého staršího zařízení, neboť se žádné podobné lisování ve firmě neprovádělo. Proto muselo být zkonstruováno zcela nové zařízení. Byla stanovena kritéria (kapitola 5.1), která bylo nutno dodržet a na jejich základě jsem zkonstruoval zařízení s těmito parametry:

- Hlavní rozměry zařízení jsou 600x1000x2900 mm (h_xš_xv). Rozměry hloubky a šířky zařízení jsou standardní (v rámci firmy). Pro zvedání a spouštění předního krytu musel být navržen pneumatický válec, který přesahuje standardní výšku zařízení (2400 mm). Avšak v prostoru, kde bude zařízení umístěno, není tato výška na závadu.
- Do přípravku lze upnout všech 6 variant těles a následně zalisovat tlumič průtoku. Kromě varianty tělesa č. 2 465 130 176, které má spoustu prvků zrcadlově otočených, jsou mezi ostatními variantami jen malé konstrukční odlišnosti, které nemají na upínání a lisování vliv. Při změně montáže na těleso č. 2 465 130 176 a naopak je nutno provést menší přestavení zařízení. Úprava nepotrvá déle než 10 minut, je tedy v souladu s maximální stanovenou dobou pro přestavení zařízení na jinou variantu tělesa.
- Zařízení zvládne obsluhovat pouze jedna osoba, která vloží a upne těleso do přípravku, vhodí do určeného otvoru tlumič a zmáčkne tlačítko „start“. Dále již je cyklus automatický. Po zalisování uvolní a vyjme těleso.
- Při vlastním lisování je obsluha chráněna proti možnému úrazu krytem, který je spuštěn automaticky po zmáčknutí tlačítka „start“. Nazpět se kryt zvedá až po najetí lisu do výchozí polohy.
- Náklady na výrobu zařízení byly necelých 1 200 000 Kč, tudíž nepřekračují stanovený limit.

Všechna kritéria pro konstrukci zařízení byla tedy splněna.

Pro výrobu a montáž jsem vypracoval výkresovou dokumentaci, která obsahuje 7 výkresů sestav a 47 výrobních výkresů součástí.

V příloze jsou pouze výkresy hlavních sestav a dva výrobní výkresy součástí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Kolektiv z Robert Bosch GmbH. *Diesel fuel-injection pump*. 1. vyd. Plochingen: Robert Bosch GmbH, 2003. 133 s. ISBN – 3-934584-65-9.
2. DRASTÍK, F. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. 2. vyd. Ostrava: Montex, 1999. 732s. ISBN -80-85780-95-X.
3. Bosch Diesel s.r.o. *Produkty*. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.bosch.cz/content/language1/html/2948.htm>>.
4. Chvála, B. *Přípravky*. 1.vyd. Praha: SNTL, 1988. 276 s.
5. RŮŽIČKA, A, PETRÁS, Z, JIČÍNSKÝ, Š. *Elektronické vstřikování vznětových motorů EDC*. 2. vyd. Praha: Robert Bosch odbytová spol. s r.o., 2001. 61 s.
6. DUŠÁK, Karel. *Technologie montáže: Principy tvorby montážních postupů*. 1. vyd. Liberec: TU v Liberci, 2005. 113 s. ISBN 80-7083-906-6
7. HUMÁR, Anton. *Technologie montáže*. VUT FSI-ÚST. 1. vyd. Brno : ÚST, 2004. 82 s. Dostupný na WWW: <http://drogo.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnMontaze.pdf>
8. Molliková, Eva. *Nauka o materiálu*. [online]. VUT FSI-ÚMI. Dostupný na WWW: <http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/nomd/Index.html>
9. Dorazil, Eduard. *Nauka o materiálu 1*. 1. vyd. Brno: VUT v Brně, 2005. 247s
10. RŮŽIČKA, A, PETRÁS, Z, JIČÍNSKÝ, Š. *Elektronická regulace vznětových motorů EDC*. 1. vyd. Praha: Robert Bosch odbytová spol. s r.o., 2002. 95 s. ISBN – 80-903132-4-8.
11. VÁVRA, P. a kol. *Strojnické tabulky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1983. 671s. ISBN -04-218-83.
12. Materiálový list oceli 14 220

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotky	Popis
VP30		Typ vstřikovacího čerpadla
VE		Typ vstřikovacího čerpadla
CPx		Typ vstřikovacího čerpadla systému Common Rail
CRS		Common Rail System
DRV		Tlakový regulační ventil
100 Cr 6		Druh legované oceli
3D		Trojrozměrný
CAD		Computer Aided Design (počítačem podporovaný návrh)
CNC		Computer Numeric Control (počítačem řízený)
CAM		Computer Aided Manufacturing (počítačem podporovaná výroba)
PLC		Řídicí systém
f		Součinitel tření
μ		Poissonovo číslo
p	[MPa]	Tlak ve spoji
R _m	[MPa]	Mez pevnosti v tahu
R _e	[MPa]	Mez kluzu
R _{p0,2}	[MPa]	Smluvní mez kluzu
A ₅₀		Tažnost
δ	[μ m]	Potřebný přesah
F	[N]	Lisovací síla

Δd	[mm]	Nominální přesah
Rz	[μm]	Výška nerovností (drsnost)
E	[MPa]	Modul pružnosti v tahu
C_1, C_2		Rozměrové konstanty
HB		Hodnota tvrdosti dle Brinella
HRC		Hodnota tvrdosti dle Rockwella
ρ	[$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Hustota
α	[K^{-1}]	Teplotní součinitel roztažnosti

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Technický list lisu
Příloha 2	Technický list pneumatického válce
Příloha 3	Výkres sestavy zařízení VR72735CJ0000
Příloha 4	Výkres sestavy VR72735CJ0100
Příloha 5	Výkres sestavy VR72735CJ0200
Příloha 6	Výkres sestavy VR72735CJ0300
Příloha 7	Výkres sestavy VR72735CJ0400
Příloha 8	Výkres součásti VR72735CJ0107
Příloha 9	Výkres součásti VR72735CJ022601