



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ**

Katedra techniky a kybernetiky

## **Diplomová práce**

### **Diagnostika a oprava sedel vstřikovačů PD**

Autor práce: Bc. Jan Havel, DiS.

Vedoucí práce: Ing. Antonín Dolan, Ph.D.

České Budějovice  
2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne .....

.....  
Podpis

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá diagnostikou a opravou sedel vstříkovačů PD. Zaměřuje se na diagnostiku, nejčastější závady tohoto systému a následně jeho opravu zvolenou metodou.

V teoretické části této práce popisují konstrukci systému vstříkovaní PD a vysvětlují princip průběhu tohoto vstříkovaní spolu s použitím v různých motorech. Konec teoretické části popisuje systém uchycení jednotky čerpadlo-tryska. V praktické části práce je popsána diagnostika závady a následně její oprava. Na konci práce je popsáno, jak k této závadě dojde, spolu s různými možnostmi oprav.

**Klíčová slova:** Sdružená vstříkovací jednotka, vstříkovaní, TDI, diagnostika, závady

## **Abstract**

This master's thesis deals with the topic of diagnostics and reparation of the unit of injector system PD. It focuses on the diagnostics of the most frequent malfunction of this system and on the reparation with a chosen method.

The theoretical part describes the construction of the unit injector system and explained the principle of this injecting together with its use in different kinds of engines. At the end of the theoretical part, the system of attaching the unit pump-jet is described. The practical part of the thesis covers the diagnostics of malfunction and its reparation. It also explains how this malfunction is caused and how to proceed to fix it.

**Keywords:** Unit injector system, injection, TDI, diagnostic, faults

## **Poděkování**

Tímto děkuji Ing. Antonínu Dolanovi, Ph.D., za odborné vedení mé diplomové práce a cenné připomínky, jichž se mi dostalo.

## Obsah

Úvod.....	7
1 Literární přehled.....	8
1.1 Konstrukce vstřikovacího systému PD.....	8
1.2 Průběh vstřikování.....	13
1.3 Druhy jednotek čerpadlo-tryska a použití od 1,2L do 2,0L .....	17
1.4 Systém uchycení jednotky čerpadlo-tryska .....	19
2 Cíl práce .....	20
3 Metodika .....	21
3.1 Sériová diagnostika .....	21
3.2 Metoda subjektivní diagnostiky .....	21
4 Vlastní práce.....	22
4.1 Sériová diagnostika .....	22
4.2 Subjektivní diagnostika .....	23
4.3 Možnosti opravy .....	26
4.4 Oprava sedel hlavy válců vložkováním.....	28
4.4.1 Demontáž hlavy válců.....	28
4.4.2 Oprava hlavy válců .....	30
4.4.3 Montáž hlavy válců .....	35
5 Diskuse.....	39
5.2 Vyhodnocení výsledků .....	40
5.3 Prognóza .....	40
5.4 Závada poškození sedla jednotek čerpadlo-tryska .....	40
5.5 Ceny opravy.....	42
Závěr .....	45
Seznam použité literatury.....	46

Zdroje In voice .....	47
Seznam obrázků .....	48

---

## Úvod

Palivo u vznětových motorů je do válců nutné dopravit pod tlakem. Proto je také spousta možností, jak toho dosáhnout. Vždy je samozřejmě zapotřebí čerpadla pro vytvoření tlaku a trysky k rozprášení paliva a tím umožnění spalování. Výrobci proto různě vymýšlejí a konstruují různé sestavy vstřikování s cílem dosáhnout optimálního spalování, které vede k lepšímu výkonu, nižší spotřebě a nízkým emisím. Hlavně kvůli emisím se vstřikování vyvíjí a systémy se mění. V roce 1997 bylo na trhu uvedeno vstřikování Common-Rail, který začala používat většina automobilek až na jednu. Tou automobilkou byl koncern Volkswagen, který místo systému Common-Rail šel cestou sdružených vstřikovacích jednotek. Sdružené vstřikovací jednotky čerpadlo-tryska. (Diesel-engine management, 2004)

System vstřikovací jednotky čerpadlo-tryska mě natolik zaujal, že jsem se rozhodl na něj zaměřit svoji diplomovou práci. Chtěl bych zde znázornit, jak tento systém funguje a zmínit častou poruchu, která bývá často řešena dražší cestou, i když existuje levnější možnost, která donedávna nebyla tolik rozšířena. Jedná se o poruchu způsobenou špatným navržením uchycení jednotky čerpadlo-tryska. Práce by tedy měla znázornit tuto závadu a navrhnout možnosti, jak ji odstranit a také jak této závadě předcházet.

---

# 1 Literární přehled

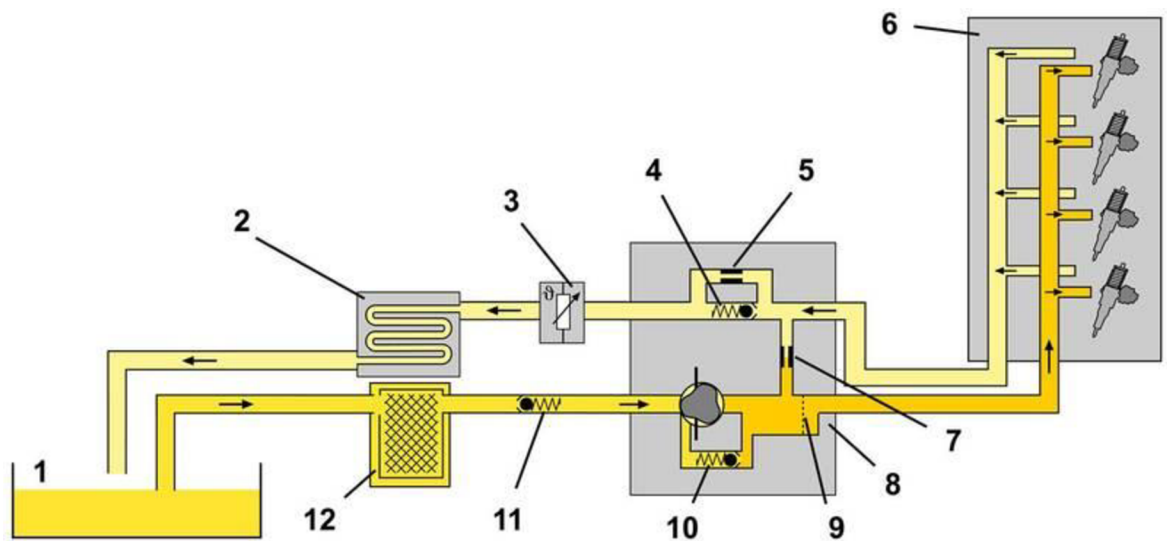
V této práci se zaměřím na diagnostiku závad spojených se systémem vstřikování PD a její opravu. Jelikož tento systém obsahuje spoustu závad, rozhodl jsem se v práci zaměřit na jednu konkrétní a tu více popsat. Také je nutné zmínit, že systém vstřikování PD je samozřejmě použit u více druhů motorů, a u motorů liší se i jejich konstrukce. V této práci se zaměřím tedy konkrétně na motor 1.9TDi PD používaný u koncernu VW. V práci popíšu systém vstřikování, vyobrazím princip činnosti a poukážu na závadu, která u tohoto systému vzniká, a uvedu možnosti její opravy.

Systém vstřikování PD (německy Pumpe Düse, anglicky Unit Injector System) je vlastně sdružené zařízení, které se skládá ze vstřikovací jednotky, vysokotlakého čerpadla a ovládacího ventilu, který vznikl spoluprací firmy Robert Bosch AG a automobilkou Volkswagen. Díky tomuto systému je potřeba méně součástí pro vedení vysokého tlaku paliva díky čemuž může pracovat s daleko vyššími tlaky. U tohoto systému také odpadá potřeba vysokotlakých trubek a tím odpadají problémy s pulzací a prodlev v dodávce paliva (Elektronická učebnice, 2023).

## 1.1 Konstrukce vstřikovacího systému PD

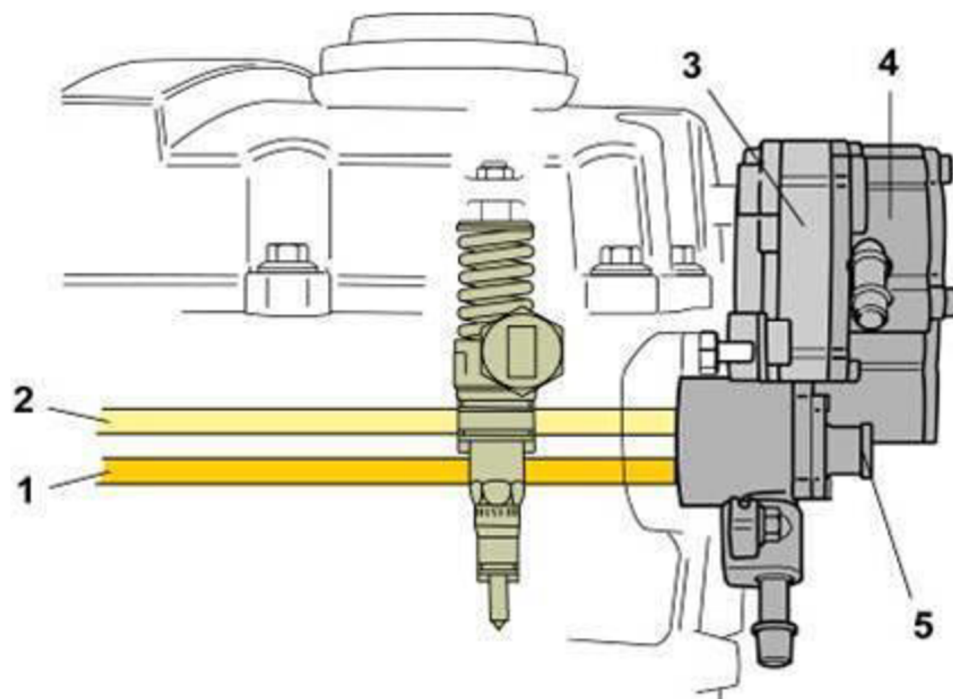
Celý systém vstřikování PD je odlišný od ostatních druhů vstřikování, a proto je nutné ho popsat od základu. Systém se skládá z podávacího tandemového čerpadla, vačkové hřídele, vahadel a jednotky čerpadlo-tryska. Tandemové čerpadlo zajišťuje dopravu paliva z palivové nádrže přes palivový filtr do palivových kanálů v hlavě motoru k jednotkám čerpadlo-tryska. Schéma dopravy paliva (viz obrázek 1.1), (Elektronická učebnice, 2023).





**Obrázek 1.1 - Palivová soustava čerpadlo-tryska – 1- nádrž, 2-chladič paliva, 3-snímač teploty paliva, 4-ventil regulace tlaku, 5-bypass, 6-hlava válců, 7-škrťací vrtání, 8-mechanické palivové čerpadlo, 9-sítko, 10regulační ventil tlaku, 11-zpětný ventil, 12-palivový filtr (Elektronická učebnice, 2023)**

Na obrázku 1.2 níže můžeme vidět onu dopravu paliva tandemovým čerpadlem kanály k jednotkám čerpadlo-tryska v hlavě motoru (Elektronická učebnice, 2023).



**Obrázek 1.2 - Tandemové čerpadlo – 1- přívod paliva k jednotkám čerpadlo-tryska, 2- zpětné vedení paliva, 3-vakuové čerpadlo, 4-mechanické palivové čerpadlo, 5-zkušební přípojka pro manometr (Elektronická učebnice, 2023)**

---

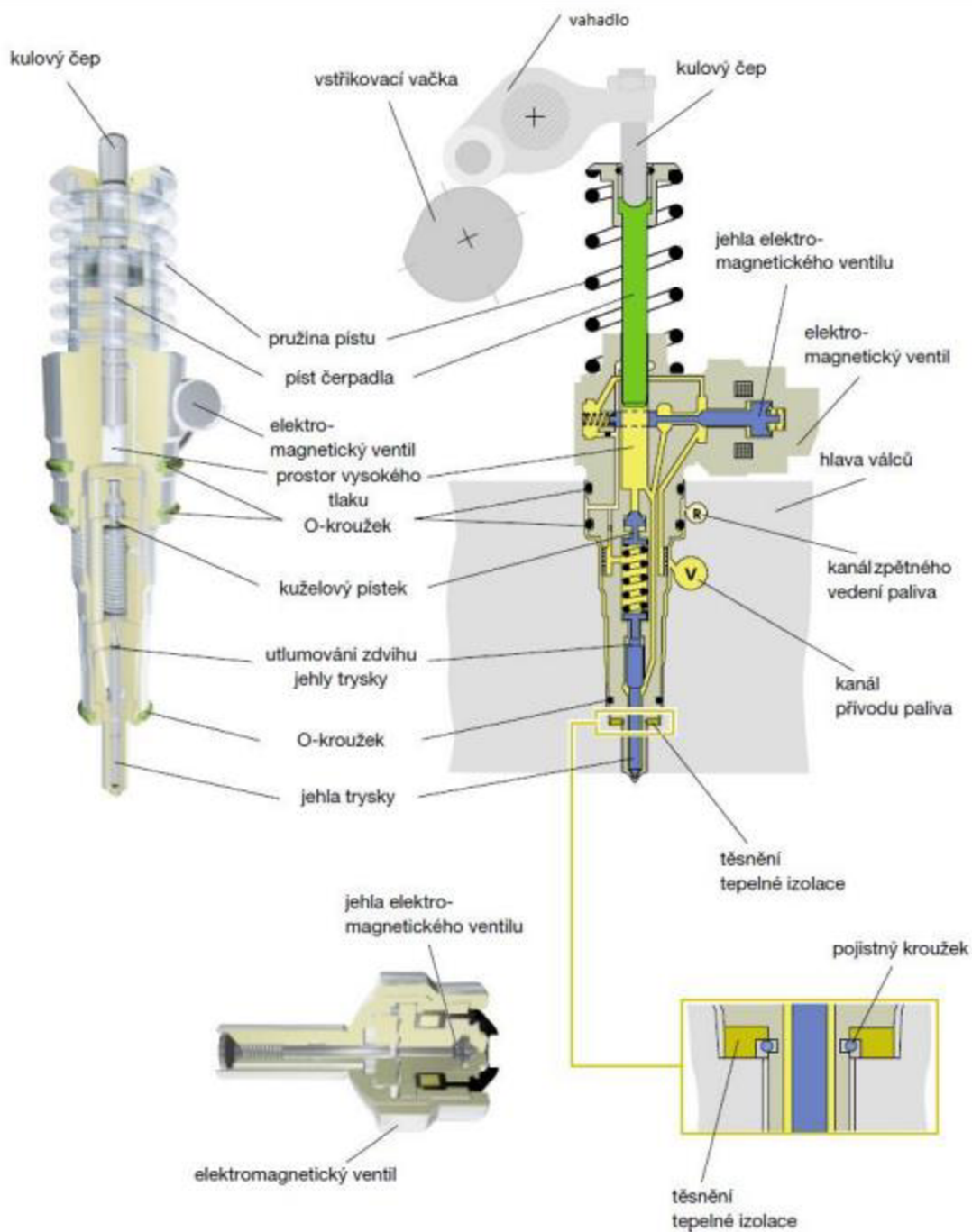
Původně bylo palivo k vysokotlakým jednotkám čerpadlo-tryska dopravováno pouze tímto tandemových mechanickým čerpadlem umístěným na hlavě válců poháněného od vačkové hřídele. Toto čerpadlo je spojeno s vakuovým čerpadlem, a proto se mu říká tandemové čerpadlo. Celá tato soustava byla později doplněna o elektrické podávací čerpadlo v palivové nádrže o výkonu cca 0,05 MPa, aby ulehčilo dopravu paliva k tandemovému čerpadlu. Jak vidíme na obrázku 1.2 výše, je čerpadlo osazeno i vývodem pro připojení manometru na kontrolu tlaku paliva na výstupu k jednotkám čerpadlo-tryska. Tento tlak se mění v závislosti na otáčkách motoru a jeho minimální hodnota je 0,35 MPa při 1 500 otáčkách za minutu a maximální 0,750 MPa, která je hlídána regulačním ventilem tlaku. Zbylé palivo je kanály v hlavě válců vedeno do tandemového čerpadla, odkud je dále vedeno přes chladič paliva do palivové nádrže. Chladič paliva je u systému PD velice důležitý, protože palivo se kvůli vysokému tlaku natolik zahřívá, že bez chlazení by mohlo dojít k poškození palivové nádrže, elektrického čerpadla nebo měřícího ústrojí palivoměru (Elektronická učebnice, 2023).

Čerpadlo-tryska se skládá z jednoválcového vstřikovacího čerpadla, vstřikovací trysky a ovládacího ventilu. Na obrázku 1.3 níže vidíme, jak tato jednotka vypadá jako celek (Cihlář, 2014).



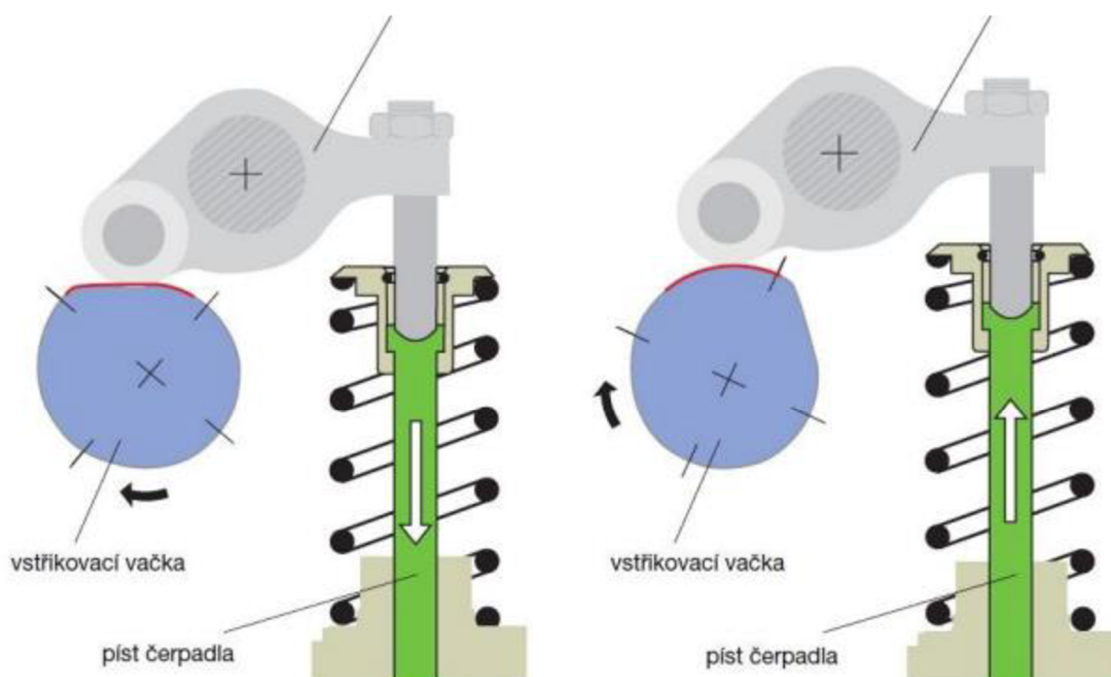
**Obrázek 1.3 - Sdružená vstříkovací jednotka (Sdružené vstříkovací jednotky, 2014)**

Jednotka si vytváří vstříkovací tlak v jednoválcovém vstříkovacím čerpadle. Toto čerpadlo je poháněno vačkovým hřídelem přes vahadlo, které stlačuje píst a vytváří požadovaný tlak (viz obrázek 1.4). Dále je stlačené palivo pomocí vstříkovací trysky rozprášeno do válce motoru. Vstříkování je ovládáno ventilem, který je řízen buď elektromagneticky nebo piezoelektricky. Tento ventil ovládá pohyb jehly, která řídí přívod paliva a tím ovládá tlak paliva, počátek vstříku a množství vstříkovaného paliva (Cihlář, 2014).



**Obrázek 1.4 - Konstrukce sdružené vstřikovací jednotky (Cihlář, 2014)**

Vstřikovací část vačkové hřídele se skládá ze dvou stran (viz obrázek 1.5). Jako první je náběžná strmější strana, která ovládá píst čerpadla při stlačování. Tato strmá část způsobí, že píst čerpadla je stlačován velkou rychlostí, a tím dochází k rychlému nárůstu vstřikovacího tlaku. Za touto stranou následuje sestupná pozvolná strana, která slouží ve fázi plnění vysokotlakého prostoru k pomalému a plynulému plnění vysokotlakého prostoru bez tvorby bublinek (Cihlář, 2014).



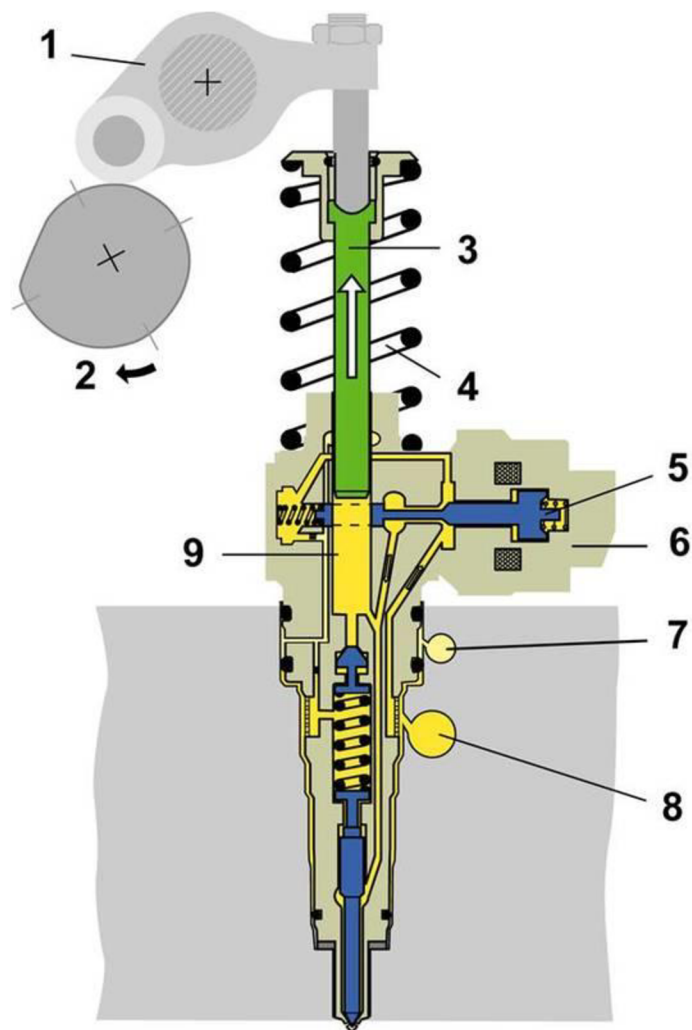
Obrázek 1.5 - Náběžná (vlevo) a sestupná (vpravo) strana vstřikovací vačky (Cihlář, 2014)

## 1.2 Průběh vstřikování

Předpokladem pro účinné spalování je kvalitní směs. Toho docílíme vstříknutím paliva pod vysokým tlakem o správném množství ve správný okamžik. Jakákoliv odchylka způsobí nárůst škodlivin ve výfukových plynech, hlučnější spalování a vyšší spotřebu. Při vstřikování se v praxi využívá tzv. dvoufázového vstřikování, kdy nejprve dojde k pilotnímu vstřiku a poté až hlavnímu vstřiku. Díky pilotnímu vstřiku a následné pauze před hlavním vstřikem se tlaky ve spalovacím prostoru nevytvoří skokově, ale dojde k nárůstu pozvolně, a tím celé spalování proběhne tišeji a šetrněji k motoru. Má to pozitivní vliv i na obsah dusíku (NO<sub>x</sub>) ve výfukových plynech (Cihlář, 2014).

První fáze zaplnění prostoru vysokého tlaku:

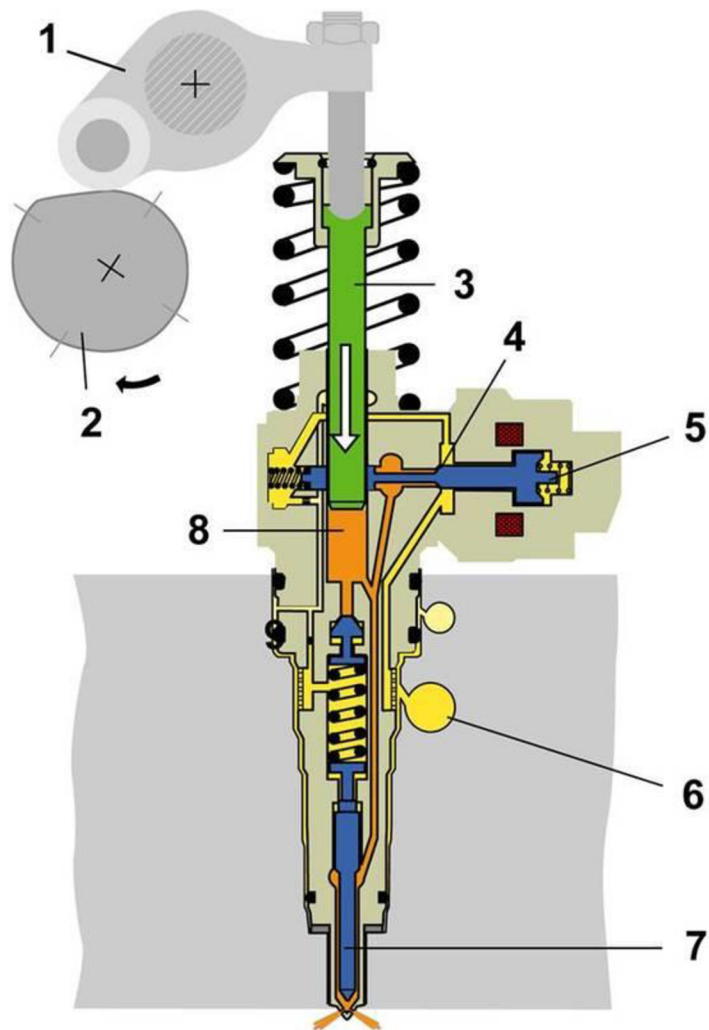
Pružina táhne píst směrem nahoru a tím zvětšuje objem prostoru vysokého tlaku (viz obrázek 1.6). Elektromagnetický ventil v tuto chvíli není ovládán, jehla ventilu je v klidové poloze a tím umožňuje propojení přívodního kanálu paliva s prostorem vysokého tlaku. Prostor vysokého tlaku je plněn palivem pod tlakem z tandemového čerpadla (Elektronická učebnice, 2023).



**Obrázek 1.6 - Plnění prostoru vysokého tlaku - 1- vahadlo, 2- vstříkovací vačka, 3-píst čerpadla, 4-pružina pístu, 5-jehla ventilu, 6-elektromagnetický ventil, 7-zpětné vedení, 8-přívod paliva, 9-prostor vysokého tlaku (Elektronická učebnice, 2023)**

Pilotní vstřík:

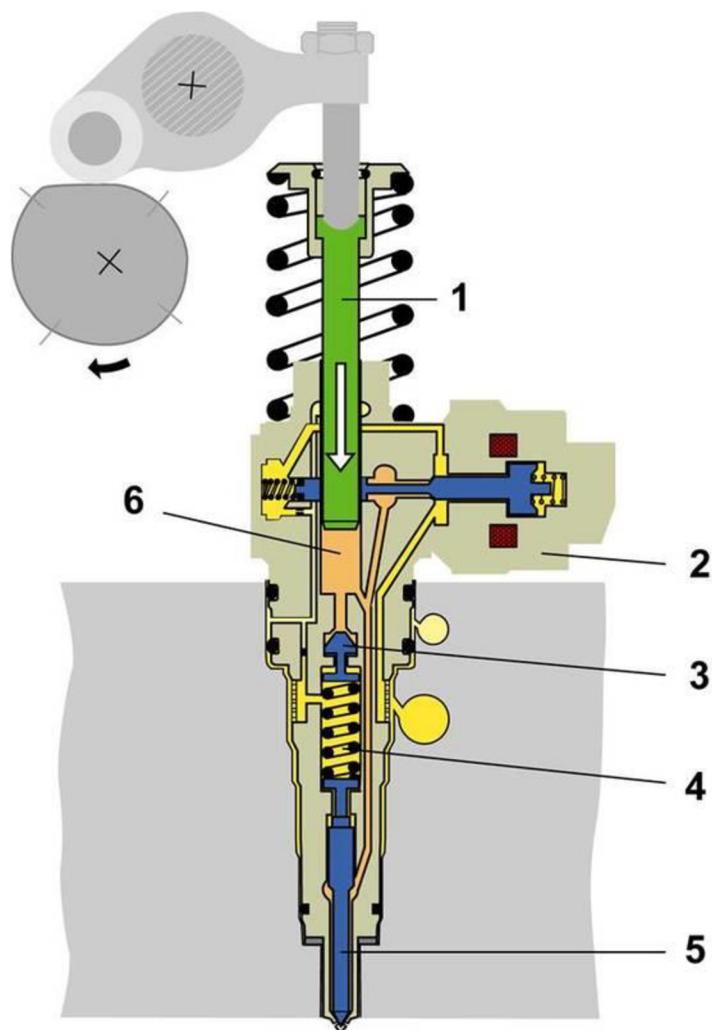
Vačková hřídel tlačí přes vahadlo na píst čerpadla směrem dolů a vytlačuje palivo z prostoru vysokého tlaku do kanálu přívodu paliva. V této fázi řídicí jednotka zahájí proces vstříkovaní aktivováním elektromagnetického ventilu. V té chvíli dojde k zatlačení jehly do sedla a tím uzavření cesty z prostoru vysokého tlaku do přívodního kanálu paliva. Uzavřením prostoru dojde k nárůstu vysokého tlaku na cca 18 MPa, který překoná sílu pružiny, nadzvedne jehlu trysky a tím započne pilotní vstřík (Elektronická učebnice, 2023).



**Obrázek 1.7 - Začátek pilotního vstříku - 1-vahadlo, 2-vstříkovací vačka, 3-píst čerpadla, 4-sedlo ventilu, 5-jehla ventilu, 6-přívod paliva, 7-jehla trysky, 8-prostor vysokého tlaku (Elektronická učebnice, 2023)**

Konec pilotního vstříku:

Se zvyšujícím se tlakem dojde k zatlačení kuželového pístku směrem dolů, dojde k zvětšení objemu prostoru vysokého tlaku a tím rychlému poklesu tlaku a uzavření trysky. V tu chvíli se ale také zvýší přepětí pružiny pro další otevření trysky a pro další otevření trysky bude zapotřebí vyššího tlaku při hlavním vstříku než u pilotního vstříku (Elektronická učebnice, 2023).

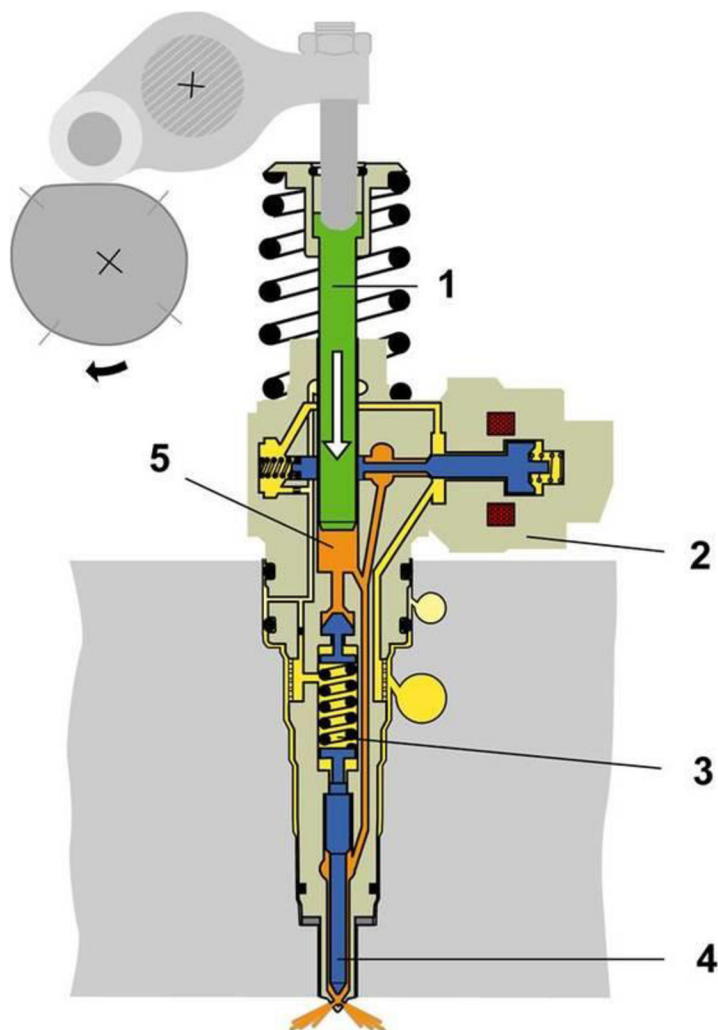


**Obrázek 1.8 - Konec pilotního vstřiku - 1- píst čerpadla, 2 - elektromagnetický ventil, 3 - kuželový pístkem 4 - pružina, 5 - jehla trysky, 6 -prostor vysokého tlaku (Elektronická učebnice, 2023)**

Začátek hlavního vstřiku:

Chvilku po zavření trysky tlak v prostoru vysokého tlaku opět vzroste. Elektromagnetický ventil zůstává uzavřen a píst čerpadla se stále pohybuje směrem dolů, kde nadále stlačuje palivo. Až tlak dosáhne cca 30MPa, přemůže sílu pružiny, nadzvedne jehlu trysky a začne hlavní vstřik. Vstřikovací tlak se mění v závislosti na otáčkách a potřebném výkonu. Při maximální dávce paliva může tlak vzrůst až na 205MPa (Elektronická učebnice, 2023).





Obrázek 1.9 - Začátek hlavního vstříku - 1- píst čerpadla, 2- elektromagnetický ventil, 3 - pružina, 4 - jehla trysky, 5 - prostor vysokého tlaku (Elektronická učebnice, 2023)

### 1.3 Druhy jednotek čerpadlo-tryska a použití od 1,2L do 2,0L

#### Čerpadlo-tryska (PD) EA188

Období výroby: 2000-2010

Eko norma: EURO 3 - EURO 4

Vstřikovače: PD Bosch solenoid (repasovaný cca 8 500,- Kč)

Rozvody: Řemen (do 4/2006 120 000 km; od 5/2006 150 000 km)

Filtr DPF: Pouze motor s kódem BLS

Dvuhmotový setrvačnick: Ano

Výkonové varianty:

1,2 TDI PD 6 V 45 kW

1,4 TDI PD 6 V 51 kW, 1,4 TDI PD 6 V 55 kW, 1,4 TDI PD 6 V 59 kW, 1,4 TDI PD 6 V 66 kW

---

1,9 TDI PD 8 V 66 kW, 1,9 TDI PD 8 V 74 kW, 1,9 TDI PD 8 V 77 kW, 1,9 TDI PD 8 V 85 kW

1,9 TDI PD 8 V 96 kW, 1,9 TDI PD 8 V 110 kW, 1,9 TDI PD 8 V 118 kW

+ vysoká spolehlivost, nízká spotřeba, motory s kódem BJB, BKC, BXE bez DPF

- nekultivovaný chod motoru zejména u tříválcových variant, motor s kódem BLS obsahuje DPF

Časté závady: měřič hmotnosti vzduchu, EGR ventil (oprava cca 5 000,- Kč), turbodmychadlo, zhoršená mechanická spolehlivost použitím Long Life olejů, poslední verze osazeny DPF filtrem, který se vstřikováním PD bývá problematický (BLS) (Autobr.cz, 2018).

### **Čerpadlo-tryska (PD) EA188**

Období výroby: 2003-2010

Eko norma: EURO 4

Vstřikovače:

103 kW-Bosch solenoid (repasovaný cca 8 500 Kč)

125 kW-VDO Continental piezo-elektrický (repasovaný cca 11 000 Kč)

Rozvody: Řemen (do 2006 120 000 km; od 2006 150 000 km)

Filtr DPF: viz výkonové varianty

Dvouhmotový setrvačnick: Ano

Výkonové varianty:

2,0 TDI PD 8 V 100 kW DPF (BMA, BVH, BGW, BHW)

2,0 TDI PD 8 V 103 kW DPF (BMM, BMP, BRT)

2,0 TDI PD 16 V 100 kW (AZV, BMA)

2,0 TDI PD 16 V 103 kW (BKP, BKD)

2,0 TDI PD 16 V 103 kW DPF (BKD)

2,0 TDI PD 16 V 125 kW DPF (BMN, BMR, BRD)

+ dobrá spotřeba, vysoký výkon a pružnost

- vysoká poruchovost, mechanické závady

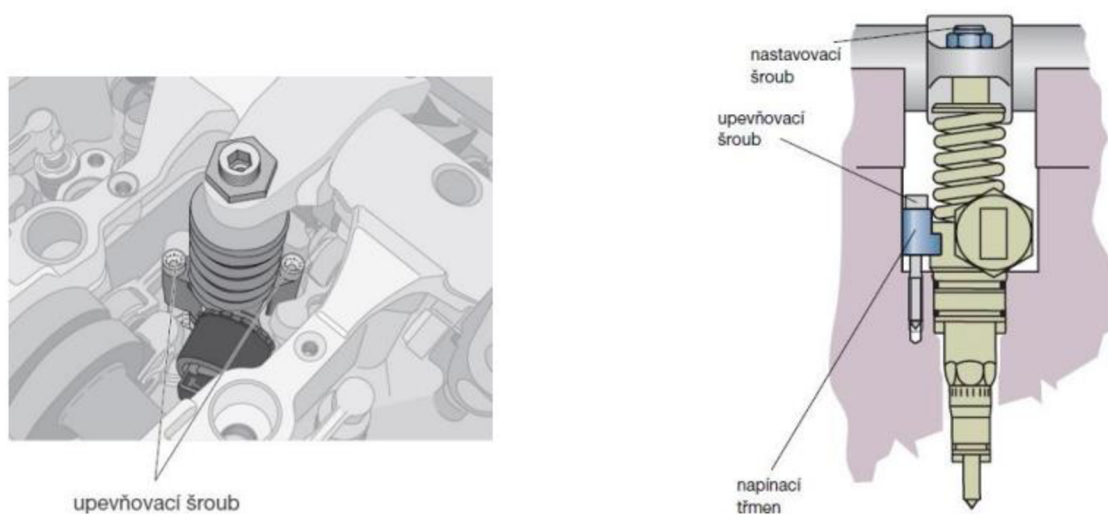
Časté závady: závady na vstřikování hlavně u verze 125kw, EGR ventil (oprava cca 5 000 Kč), zadření motoru vlivem rozvodů olejového čerpadla (BKP, BKD), praskání

---

hlavy (8 V je na tom lépe), problém s DPF, dvouhmotový setrvačnick, turbodmychadlo, opotřebená vačková hřídel (týká se 8V variant), (Autobr.cz, 2018).

#### 1.4 Systém uchycení jednotky čerpadlo-tryska

Jednotka čerpadlo-tryska je umístěna svisle v hlavě válců. Na každý válec připadá jedna vstříkovačí jednotka. Upevnění vstříkovačů se liší podle druhu vstříkovače (viz obrázek 1.10) pomocí napínacího třmenu s jedním šroubem nebo držení přímo přizpůsobeného vstříkovače dvěma šrouby (Cihlár, 2014).



**Obrázek 1.10 - Upevnění vstříkovačí jednotky v hlavě válců (Cihlár, 2014)**

Utěsnění v hlavě válců je řešeno O-kroužky. K seřízení vůle vstříkovačů, aby nedošlo po zahřátí ke kontaktu dna vysokotlakého prostoru s pístem čerpadla, pak slouží nastavovací šroub umístěný na vahadle (Cihlár, 2014).

---

## 2 Cíl práce

Cílem práce je provedení diagnostiky sedel u jednotky čerpadlo-tryska, možnosti oprav závad a odpovědět na otázky:

1. Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?
2. Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?

Dílčí cíle práce:

1. Popsat diagnostiku závady
2. Provést konkrétní diagnostiku
3. Popsat možnosti opravy a porovnat finanční náročnost
4. Odpovědět na otázky z cíle této práce
5. Výsledky vyhodnotit a uvést závěry pro praxi

---

## **3 Metodika**

Na kontrolu sedel vstřikovačů bude využito subjektivní a sériové diagnostiky. Popíšu způsoby, jakými je možné tento problém diagnostikovat bez demontáže jednotky čerpadlo-tryska a poté při demontáži. Kontrola a oprava bude probíhat konkrétně u vozidla Škoda Octavia II 1.9 TDI 77 kW rok výroby 2005. Všechny potřebné informace najdu v dílenské příručce Škoda Octavia z roku 2004, jelikož tento manuál obsahuje informace právě pro kód motoru, na kterém budeme kompletní diagnostiku a opravu provádět. Další informace budou od technika, který hlavy válců opravuje a má dlouholetou praxi v tomto oboru. Nakonec doplním kontrolu o sériovou diagnostiku VCDS, který obsahuje i předepsané hodnoty, které potřebujeme k porovnání.

### **3.1 Sériová diagnostika**

K sériové diagnostice využiji diagnostický program VCDS, verze 22.9.0. Diagnostiku využiji ke kontrole odchylky vstřikovaného množství jednotky čerpadlo-tryska. Únik paliva přes těsnící O-kroužky může mít vliv na odchylky vstřikovaného množství. Palivo začne pronikat z přívodní tlakové části do přepadové části a tím může dojít k poklesu tlaku. Další možností je, že může dojít k pronikání paliva do oleje z přepadové části nebo naopak olej do paliva.

### **3.2 Metoda subjektivní diagnostiky**

Kontrola poškození sedel vstřikovačů nebo těsnících O-kroužků se nejčastěji pozná jen pomocí subjektivní kontroly. Subjektivní kontrola se skládá z vyhodnocení popisu zákazníka, kontroly palivového filtru a hladiny oleje. Celá kontrola je zakončena demontáží vstřikovací jednotky čerpadlo-tryska a její vizuální kontrolou.

---

## 4 Vlastní práce

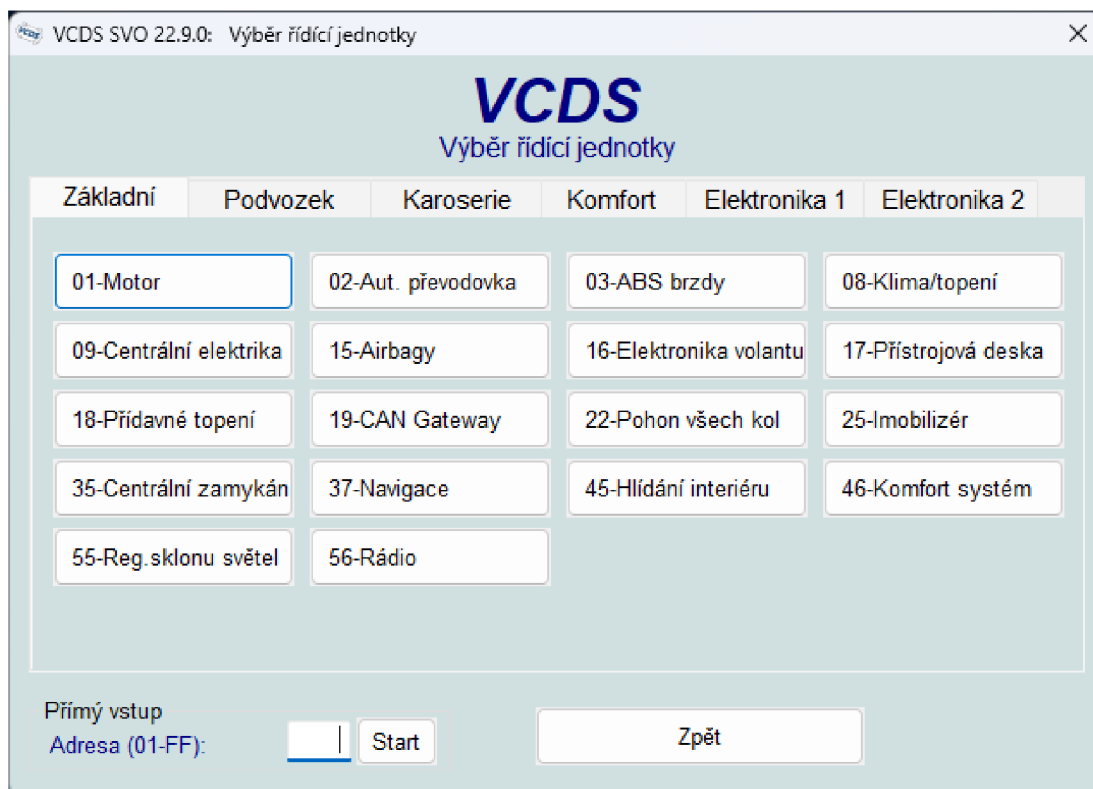
Zákazník dovezl se závadou špatného startování. Vozidlo při odstavení po pár hodinách nelze dlouho nastartovat, jako když tzv. „padá nafta“. Jelikož závada u těchto vozidel je dost běžná, v praxi se ihned přistoupí ke kontrole těsnosti vstřikovačů v hlavě válců. V práci zmiňuji různé možnosti diagnostiky od kontroly palivového filtru po kontrolu hladiny oleje, tudíž zde provedeme všechny varianty diagnostiky této závady. Ve výsledku všechny možnosti diagnostikování tohoto problému vedou ke kontrole O-kroužků a jejich vizuální kontrole.

### 4.1 Sériová diagnostika

Kontrolu netěsnosti jednotky čerpadlo-tryska začneme kontrolou odchylky vstřikovaného množství.

Postup navázání komunikace s ŘJ

- 1) Zajistíme vozidlo proti pohybu
- 2) Ve vozidle vyhledáme diagnostickou 16pinovou zásuvku, která se nachází na straně řidiče, v levé části u nohou
- 3) Připojíme diagnostický kabel
- 4) Zapneme zapalování
- 5) Spustíme program VCDS
- 6) Zvolíme vybrat jednotku
- 7) Vybereme jednotku 01 – Motor (viz obrázek 4.1)



Obrázek 4.1 - Výběr řídicí jednotky

- 8) Otevřeme Měřené hodnoty – 08
- 9) Zde zkontrolujeme skupinu 013 při volnoběžných otáčkách (viz obrázek 4.2)



Obrázek 4.2 - Měřené hodnoty skupina 013

Na obrázku vidíme skupinu 013. V té vidíme odchylky vstřikovaného množství paliva. Tyto odchylky se smí pohybovat v rozmezí od -2,8mg do +2,8mg. Na obrázku vidíme, že hodnoty jsou naprosto v pořádku a můžeme se tedy přesunout k další kontrole.

## 4.2 Subjektivní diagnostika

V této části začneme kontrolu hladinou oleje v motoru. Při kontrole jsme zjistili, že hladina oleje je pouze mírně nad ryskou maximální hladiny oleje a bohužel i tak se nemusí jednat o poškození O-kroužku a sedel, ale při výměně mohl mechanik hladinu nedodržet nebo zákazník mohl olej dolévat a také tuto hladinu nedodržet. Proto se

---

přesuneme ke kontrole palivového filtru, který se nachází v pravé přední části vozu. Filtr je zde jako vložka v kovovém pouzdře. Demontujeme vrchní víko palivového filtru a provedeme kontrolu zbarvení paliva a palivového filtru. Při této kontrole jsme zjistili, že palivo i palivový filtr jsou zbarveny do černa, a to znamená, že dochází k pronikání oleje do paliva přes O-kroužky. Jak jsem již uvedl, jelikož je tato závada běžná, přistoupí se ke kontrole O-kroužků v hlavě válců na vstřikovačích. Postup pro demontáž jednotky čerpadlo tryska:

- 1) Demontujeme kryt rozvodového řemene
- 2) Demontujeme odvětrání klikové skříně z víka motoru
- 3) Demontujeme víko motoru (viz obrázek 4.3)

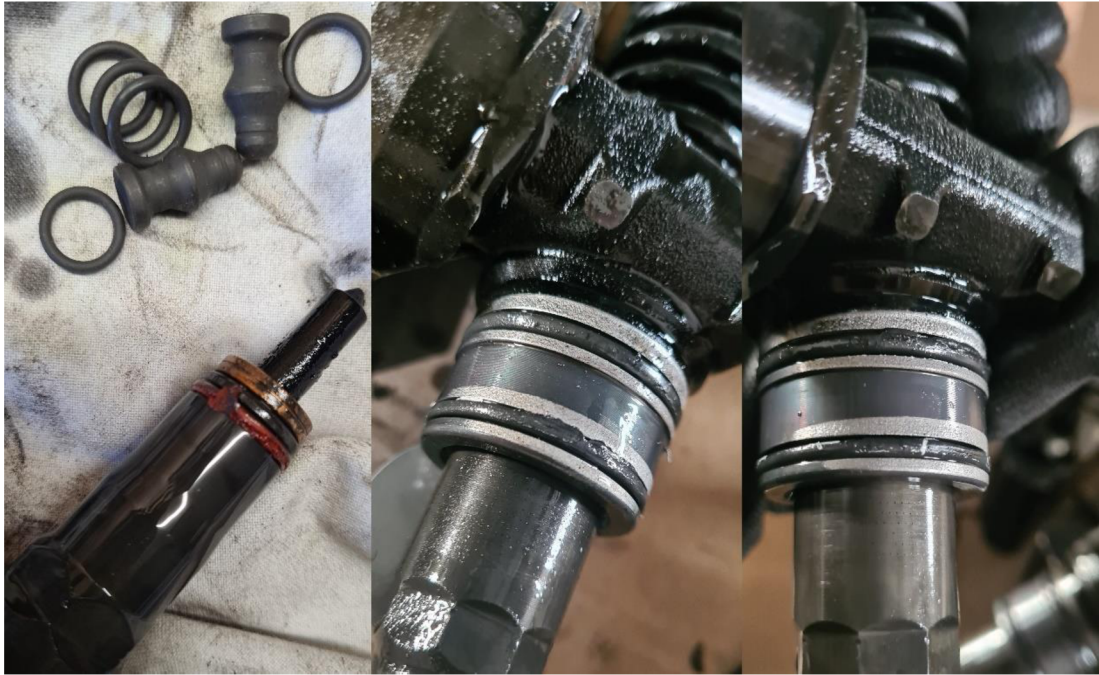


**Obrázek 4.3 – Hlava motoru po demontáži víka motoru**

- 4) Demontujeme vahadla
- 5) Demontuje napínací třmen jednotky čerpadlo tryska
- 6) Jednotku čerpadlo tryska demontujeme pomocí přípravku T10055

Po demontáži jednotky čerpadlo tryska provedeme vizuální kontrolu opotřebení těsnících O-kroužků.





**Obrázek 4.4 - Opatření těsnících o-kroužků**




Jak můžeme vidět na obrázku č. 4.4 výše, těsnící O-kroužky jsou výrazně poškozeny. Mohlo by se jednat pouze o opotřebení vlivem namáhání, ale když se pořádně zblízka podíváme, vidíme, že O-kroužky jsou poškozené. K tomuto poškození dojde, když jsou sedla jednotky čerpadlo tryska v hlavě motoru příliš ostré a opotřebené. V tomto případě se přesuneme k vizuální a hmatové kontrole opotřebení sedel (viz obrázek 4.5). Jak jsme předpokládali s ohledem na nájezd vozidla, sedla jednotky čerpadlo-tryska jsou příliš opotřebené a pouze výměna těsnících O-kroužků jednotky čerpadlo-tryska by byla pouze dočasné řešení, nebo by se mohla při montáži poškodit a špatně těsnit ihned po výměně.



**Obrázek 4.5 - Vymáčkané sedlo jednotky čerpadlo tryska**

### **4.3 Možnosti opravy**

Jako první možnost, která ještě do nedávna byla nejčastěji využívána, je výměna hlavy válců za novou či použitou. U použité hlavy se v současnosti cenově pohybujeme mezi 1 500 - 3 500 Kč. Bohužel při této variantě si vlastně kupujete jen méně opotřebenou hlavu motoru. Můžeme tedy koupit novou hlavu motoru, u které se cena pohybuje něco mezi 13 000 - 18 000,- Kč (viz obrázek 4.6)

 <p><b>JAPANPARTS XX-VW02ES</b> HLAVA VÁLCE</p> <p>13 411,00 Kč</p>	 <p><b>ET ENGINETEAM HL0054</b> HLAVA VÁLCE</p> <p>13 896,00 Kč</p>	 <p><b>ASHIKA VW02ES</b> HLAVA VÁLCE</p> <p>14 314,00 Kč</p>
<p><b>MEC DIESEL</b></p> <p><b>MEC-DIESEL 105000</b> HLAVA VÁLCE</p> <p>17 379,00 Kč</p>		

**Obrázek 4.6 - Ceny nových hlav motoru 1.9Tdi PD (Motora.cz, 2023)**

Tato varianta je asi nejdražší možná a v současnosti nejméně využívaná v neautorizovaných servisech. K opravě totiž musíte také připočít práci automechanika a všechny potřebné díly, jako jsou např. těsnění a šrouby.

Druhou nejlevnější variantou je sražení ostrých hran jemným brusným papírem >800 namočeným v oleji. Po sražení ostrých hran je dále třeba koupit sadu větších tvrdších těsnících O-kroužků, tak abychom zajistili těsnost i v opotřebovaných sedlech. Cena těchto zesílených O-kroužků se pohybuje okolo 14 eur (viz obrázek 4.7)



O7EINS GMBH

## O7eins zesílené těsnění VITON pro jednotku čerpadlo-dýza

€13,90 EUR

Včetně daní. Poštovné se vypočítá na pokladně.

Množství

Přidat do košíku

Koupit pomocí: **shop Pay**

[Další platební možnosti](#)

Pro každý vstříkovač je nutná jedna sada.

Nově vyvinuté nadrozměrné těsnicí kroužky z vysoce kvalitního těsnicího materiálu VITON pro **horní sedlo vstříkovače**.

uborů cookie

**Obrázek 4.7 - Zesílené těsnicí O-kroužky (Pumpe-Düse Reparatur, 2021)**

Sice se jedná o nejlevnější opravu, kdy zaplatíte pouze práci automechanika s novým těsněním a šrouby, ale při použití této možnosti opravy pouze oddalujete problém s netěsností, protože se nedá přesně určit, jak dlouho tyto zesílené těsnicí O-kroužky zajistí těsnost v opotřebovaných sedlech, než dojde k jejich poškození.

Třetí variantou, na kterou se v této práci chci hlavně zaměřit, je oprava sedel hlavy válců. Tato oprava je asi nejnáročnější, co se týče práce. Demontáž i montáž je sice stejná jako při výměně hlavy válců, ale poté následuje samotná oprava sedel. Pro opravu sedel jsme si zvolili specializovaného opraváře, který se zabývá opravami hlav válců.

## 4.4 Oprava sedel hlavy válců vložkováním

### 4.4.1 Demontáž hlavy válců

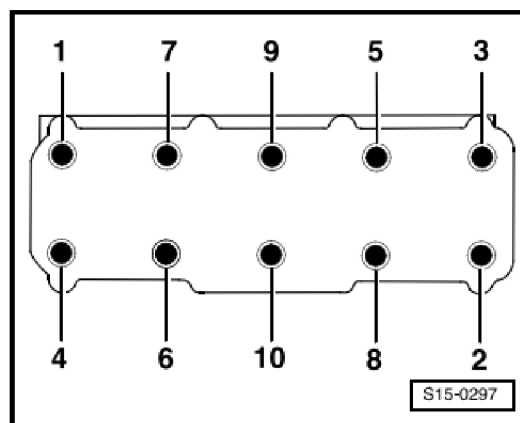
Po konzultaci se zákazníkem jsme zvolili opravu sedel hlavy válců vložkováním. Při této opravě musíme demontovat hlavu válců.

Potřebné speciální nářadí, kontrolní a měřicí přístroje a pomocné prostředky

Postup demontáže hlavy válců:

- 1) Při vypnutém zapalování odpojit ukostření akumulátoru
- 2) Sejmout kryt motoru
- 3) Demontovat trubky a hadice plnicího vzduchu s vzduchovým čističem
- 4) Vypustit chladicí kapalinu do záchytné vany
- 5) Odpojit palivové vedení

- 6) Demontovat výfukové vedení z turbodmychadla
- 7) Vyšroubovat šrouby a odejmout držák turbodmychadla
- 8) Demontovat zpětné a přívodní vedení oleje
- 9) Odpojit zbylé hadice z turbodmychadla spolu s hadičkou pro podtlakovou regulaci
- 10) Vozidlo zvednou a demontovat pravé přední kolo s plastovým podběhem
- 11) Motor podepřít zespodu
- 12) Demontovat vyrovnávací nádrž chladící kapaliny
- 13) Demontovat výztuhu držáku motoru s držákem motoru
- 14) Demontovat kryty rozvodového řemenu
- 15) Za aretovat rozvody a demontovat napínák rozvodového řemene a řemen
- 16) Vyšroubovat svorník napínací kladky
- 17) Demontovat ozubené kolo vačkového hřídele
- 18) Demontovat Hallův snímač vačkové hřídele
- 19) Vyšroubovat šrouby pro držení krytu rozvodů
- 20) Rozpojit všechny zbývající svorkovnice na hlavě válců
- 21) Demontovat přírubu chlazení z hlavy válců
- 22) Demontovat žhavicí svíčky
- 23) Demontovat víko hlavy válců
- 24) Demontovat vahadla, jednotky čerpadlo-tryska, vačkovou hřídel, kluzná ložiska a hrníčková zdvihátka
- 25) Dodržet pořadí povolování hlavy válců (viz obrázek 4.8)



**Obrázek 4.8 - Pořadí povolování hlavy válců (Firemní literatura, 2004)**

- 26) Demontovat z hlavy válců úchyty pro zvedání, turbodmychadlo a sací potrubí

#### 4.4.2 Oprava hlavy válců

Demontovanou hlavu válců kompletně odstrojíme a očistíme (viz obrázek 4.9).



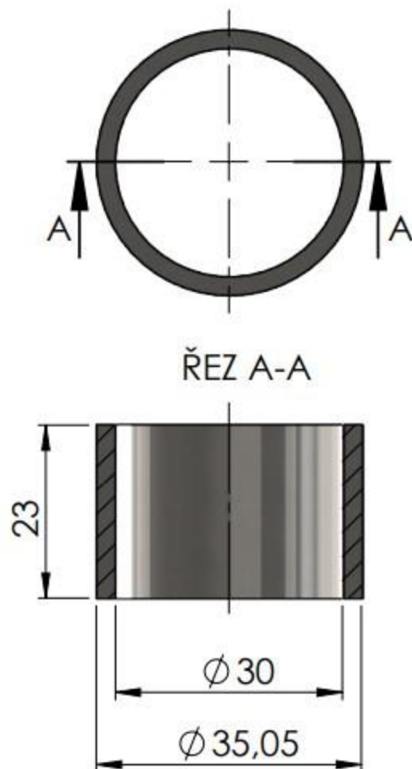
**Obrázek 4.9 – Odstrojená a umytá hlava motoru**

Poté hlavu uchytíme do požadované polohy na frézce pod správným úhlem, potřebným ke správnému vyfrézování většího otvoru pro nalisování vložky (viz obrázek 4.10)



**Obrázek 4.10 - Frézování otvoru pro vložku**

Dále se přesuneme k frézování. Velikost potřebného otvoru pro novou vložku se odvíjí od jejich rozměrů. Vložky si můžeme vyrobit sami nebo je koupit už vyrobené. Opravář, který nám hlavu opravuje, vložky kupuje hotové. Cena, za kterou vložky kupuje je 150 Kč.ks<sup>-1</sup> a jsou z brouzku CW614N. Rozměry vložky můžeme vidět níže na obrázku 4.11



**Obrázek 4.11 - Vložka s rozměry**

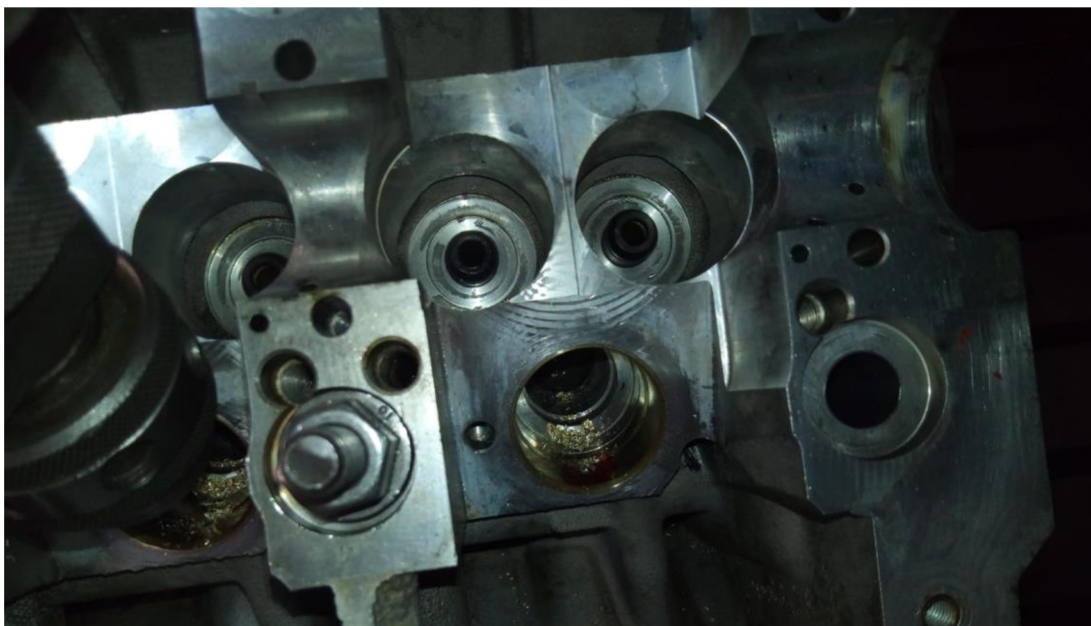
Po určení správného rozměru pro frézování zvolíme vhodnou frézu, v našem případě výstružník 35H7, a vyfrézujeme otvory pro vložky. Po frézování otvorů pro vložky hlavu opět očistíme. V dalším kroku se přesuneme k lisování vložek. K nalisování vložky není zapotřebí vložku zchladit či hlavu motoru zahřát pro snazší nalisování. Vložka jde nalisovat bezproblémově při pokojové teplotě. Při lisování není použit olej, nýbrž lepidlo Loctite 648 pro upevnění válcových dílů. Používá se pro zajištění těsnosti vložky a stálosti při různých teplotách. Vložky, které použijeme jsou z bronzu CW614N (CuZn39Pb3). Výhodou tohoto materiálu oproti původnímu materiálu hlavy válců je vyšší houževnatost, tudíž se předpokládá, že vložky vydrží déle než původní materiál hlavy válců. Po nalisování vložky je zapotřebí vložku vyfrézovat výstružníkem M32H8 a poté vše odhrotit (lidově ogrotovat) a začistit.

Vložky se nejčastěji používají z bronzu CW614N (CuZn39Pb3), hliníku AMS-QQ-A-225/8, ocelovou S235JR. Každý materiál má své výhody i nevýhody. Hliníková vložka se hůře obrábí a materiál je měkký, tudíž vydrží asi stejně dlouho jako původní sedlo v hlavě válců. Při opravě ale většinou chceme dosáhnout delší životnosti, než byl původní materiál, a tak bychom zvolili ocelovou vložku. Vložka z oceli je sice z těch tří možností nejtvrďší, ale to je i její nevýhodou. Bohužel tím, že je

---

vložka tak tvrdá, dochází naopak k poškození jednotky čerpadlo-tryska, a proto zvolíme materiál bronz. Vlastnosti tohoto materiálu jsou pro naše potřeby asi nejideálnější. Vložka by měla vydržet déle než původní sedlo a také by neměla nadměrně poškozovat jednotku čerpadlo-tryska.

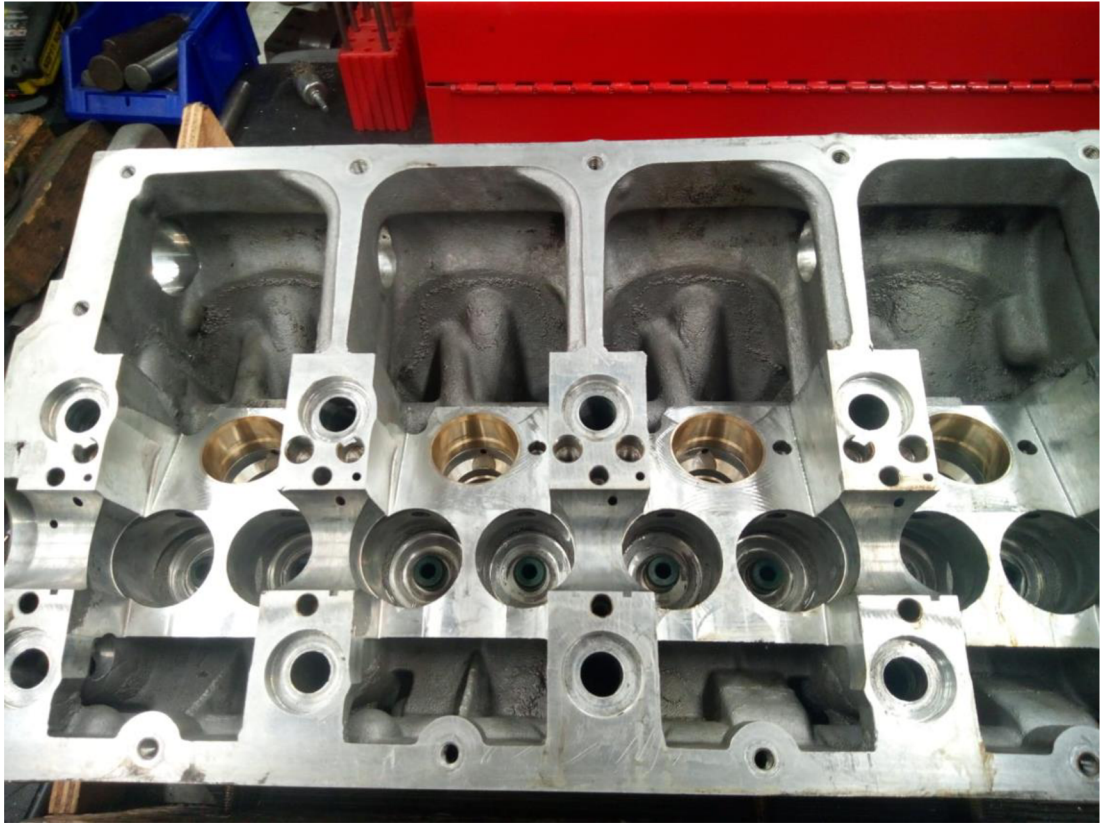
Vložka se lisuje bez otvorů na palivové kanály do hlavy válců. Tyto otvory se vrtají až po nalisování vložky, z důvodu přesnosti. Při lisování by mohlo dojít k pootočení a nalisování do nesprávné polohy a tím k částečnému nebo úplnému ucpání palivového kanálu. Proto je vhodnější tyto otvory vrtat až po nalisování vložky do hlavy válců (viz obrázek 4.12)



**Obrázek 4.12 - Vrtání palivového kanálu**

Po vyfrézování palivových kanálů máme sedla opravena (viz obrázek 4.13).





**Obrázek 4.13 - Hlava s opravenými sedly**

K tomu, abychom hlavu mohli opět namontovat do motoru, je ale zapotřebí na hlavě motoru před montáží srovnat dosedací plochu na brusce na plocho nebo frézce, abychom zajistili těsnost mezi hlavou motoru a blokem motoru. My na srovnání hlavy válců využijeme brusku na plocho. Hlavu válců do magnetické brusky před broušením vyrovnáme pomocí číselníkového úchylkoměru. Při rovnání hlavy válců ubíráme pouze tolik materiálu, kolik potřebujeme k jejímu srovnání, nikdy ne více. Na obrázku 4.14 níže vidíme, jak vypadá srovnaná hlava motoru s poznámkou, o kolik byla hlava válců snížena.



**Obrázek 4.14 - Hlava válců pro broušení**

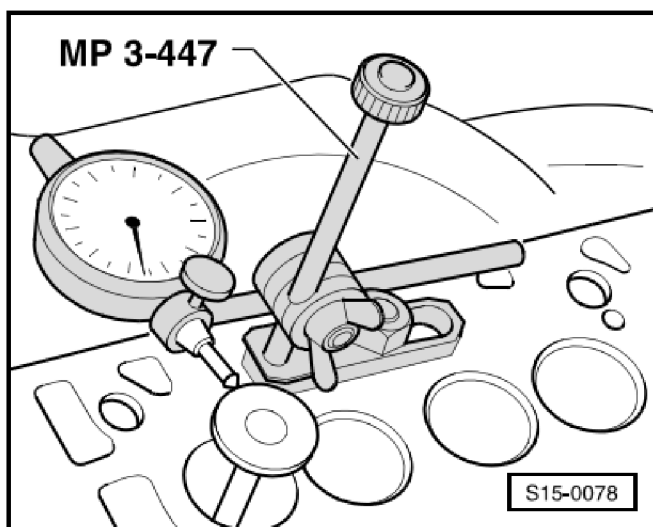
Při kompletní opravě hlavy válců se dále kontroluje vůle vodítek ventilů, k čemuž potřebujeme speciální nářadí.

Potřebné nářadí:

Univerzální držák číselníkového úchylkoměru MP 3-447

Číselníkový úchylkoměr

Vůle ventilů ve vodítkách zkontrolujeme dle příručky (viz obrázek 4.15) a v případě nadměrné vůle vodítka vyměníme. Maximální vůle ventilu ve vodítku u této hlavy válců je dle dílenské příručky 1,3 mm.



**Obrázek 4.15 - Kontrola vodítek ventilů (Firemní literatura, 2004)**

Dosedací plochy ventilů se opravují podle poškození. V případě nadměrného poškození je ventil nejdříve potřeba zabrousit na brusce na ventily a poté následně zalapovat. Pokud ventil není poškozen, stačí dosedací plochy zalapovat. Těsnost dosedacích ploch ventilů se poté kontroluje petrolejem. Při kontrole se zaplní sací a výfukové kanály a kontroluje se, zda neprosakuje petrolej přes sedla ventilů.

V případě, že prosakují, je zapotřebí postup zopakovat. Na obrázku 4.16 níže můžeme vidět jak oprava ventilu a sedla vypadá.



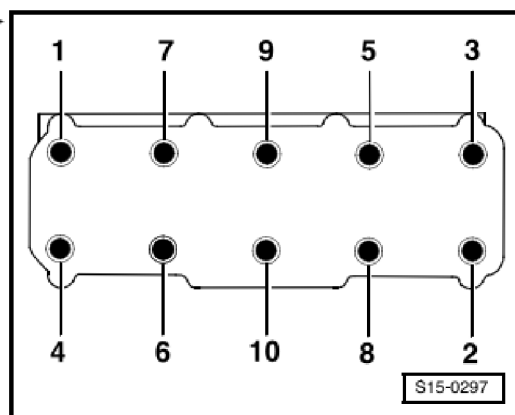
Obrázek 4.16 - Oprava ventilu a sedel v hlavě válců

#### 4.4.3 Montáž hlavy válců

- 1) Před montáží hlavy válců očistíme všechny dosedací plochy všech vymontovaných komponent a komponenty spolu s hlavou válců očistíme
- 2) Při čištění musíme vyčistit i otvory pro šrouby hlavy válců. Nesmí v nich zůstat ani olej ani chladící kapalina
- 3) Na hlavu válců namontujeme turbodmychadlo, sací potrubí a úchyty
- 4) Před nasazením hlavy válců nastavit klikový hřídel tak, aby všechny písty byly na stejné úrovni před HÚ 1. válce
- 5) Před montáží hlavy válců musí být nové těsnění hlavy válců znovu určeno měřením přesahu pístů v HÚ
- 6) Vyměnit šrouby hlavy válců. Při montáži vyměnit samojistící matice a šrouby, které se dotahují na úhel natočení, a rovněž i těsnicí kroužky a těsnění
- 7) Na očištěný blok motoru správně nasadit nové těsnění hlavy válců
- 8) Nasadit hlavu válců a utáhnout podle předpisu (viz obrázek 4.17)

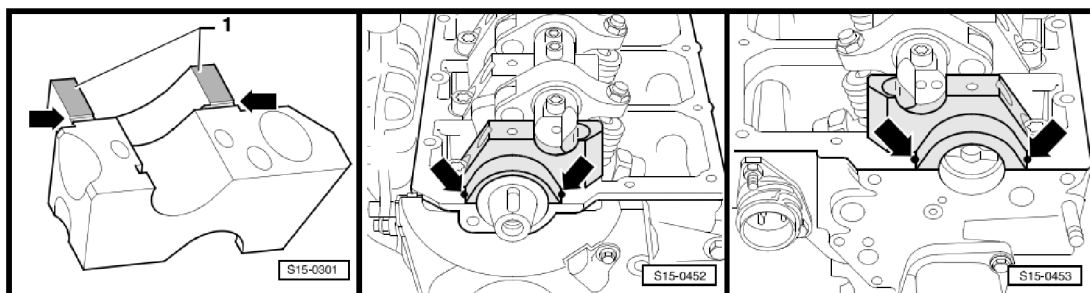
- Vložit šrouby hlavy válců a utáhnout je rukou.
- Utáhnout hlavu válců ve 4 stupních v zobrazeném pořadí utahování následovně:

Stupeň	Utažení
I	– Utáhnout momentovým klíčem momentem 40 Nm.
II	– Utáhnout momentovým klíčem momentem 60 Nm.
III	– Další utažení pevným klíčem o 90° (1/4 otáčky).
IV	– Další utažení pevným klíčem o 90° (1/4 otáčky).



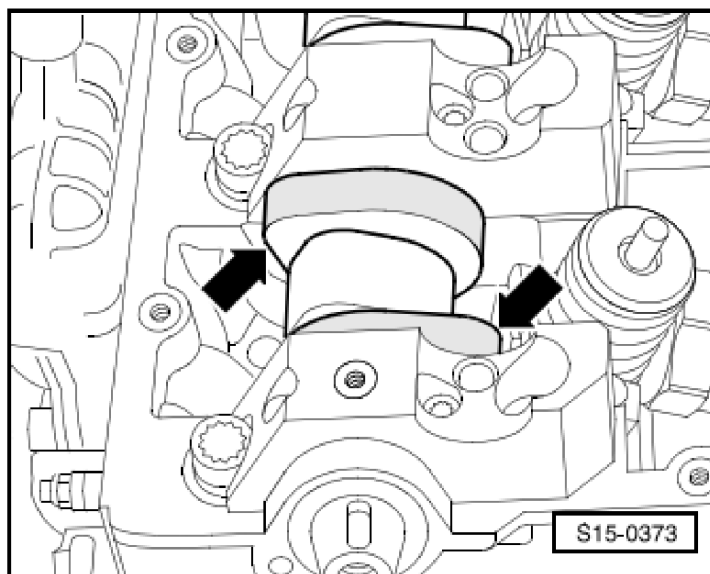
**Obrázek 4.17 - Postup utažení hlavy válců (Firemní literatura, 2004)**

- 9) Při montáži je nutné namazat kontaktní plochy hlavy válců s hrníčkovými zdvihátky a kluznými plochami vaček olejem
- 10) Namontujeme hrníčková zdvihátka, kluzná ložiska a vačkový hřídel. (Pozor u montáže vačkového hřídele na krajní hrany těsnících plochách ložiskového víka 1 a 5 a na hlavu válců, ale dát pozor, aby se žádný těsnící prostředek nedostal do drážek a na ostatní plochy (viz obrázek 4.18)



**Obrázek 4.18 - Nanesení těsnícího prostředku na ložiskové víka (Firemní literatura, 2004)**

- 11) Dále namontujeme ozubené kolo vačkového hřídele, šrouby držení krytu rozvodů, Hallův snímač
- 12) Natočíme vačkový hřídel a potom i klikový hřídel do polohy HÚ 1. válce. U vačkového hřídele musí vačky 1. válce směřovat rovnoměrně nahoru (viz obrázek 4.19)

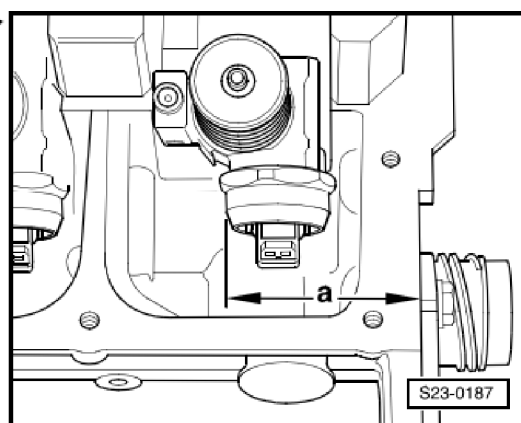


**Obrázek 4.19 - Natočení vačkové hřídele do HÚ 1.válce (Firemní literatura, 2004)**

- 13) Rozvod motoru složíme dle dílenské příručky s příslušnými přípravky
- 14) Na jednotky čerpadlo-tryska namontujeme nová těsnění pomocí přípravku T10056
- 15) Při montáži naolejovat O-kroužky a s nejvyšší opatrností nasadit jednotku čerpadlo-tryska do hlavy válců
- 16) Po montáži jednotky čerpadlo-tryska zkontrolujeme kulový čep jednotky čerpadlo-tryska a nastavovací šroub ve vahadle. V případě nadměrného opotřebení je výměním
- 17) Důležité je jednotku čerpadlo-tryska nastavit kolmo k ložiskové pánvi vačkového hřídele (viz obrázek 4.20)

– Zkontrolovat posuvným měřítkem míru -a- od vnější plochy hlavy válců k válcové ploše jednotky čerpadlo-tryska.

Válec	Míra -a-
1	333,0 ± 0,8 mm
2	245,0 ± 0,8 mm
3	153,6 ± 0,8 mm
4	65,6 ± 0,8 mm



**Obrázek 4.20 - Nastavení jednotky čerpadlo-tryska (Firemní literatura, 2004)**

- 18) Namontujeme vahadla

- 
- 19) Dále je zapotřebí seřídít jednotku čerpadlo-tryska dle dílenské příručky pomocí číselníkového úchylkoměru. Ten nasadíme na nastavovací šroub a otáčíme klikovou hřídelí, dokud není seřizovací šroub v nejnižší poloze. Poté sejmeme číselníkový úchylkoměr a otáčíme nastavovacím šroubem ve vahadle, dokud nebude cítit odpor (doraz jednotky čerpadlo-tryska). Poté nastavovací šroub povolíme zpět o 180° nebo 225° podle typu čepu na jednotce čerpadlo-tryska. Po pootočení podržíme seřizovací šroub a utáhneme pojistnou matici. Tento postup opakujeme u všech jednotek čerpadlo-tryska
- 20) Dále postupujeme stejně jako při demontáži, ale obráceným postupem.

---

## 5 Diskuse

### 5.1 Odpovědi na otázky z cíle práce:

#### **Je zvolený diagnostický systém dostačující pro určení prognózy?**

**Ano, je.**

Diagnostický postup této závady je dostačující a není potřeba provádět jiné kontroly. V praxi se přechází rovnou k vizuální kontrole jednotky čerpadlo-tryska a následně dojde k jejímu přetěsnění na žádost zákazníka, i když mechanik určí, že poškození už je nad možnost správné těsnosti. Obvykle nechtějí drahou variantu opravy a nejdříve chtějí zkusit přetěsnění jednotky čerpadlo-tryska a poté co se závada projeví znovu, přistoupí k dražší variantě opravy.

#### **Je použitý systém vhodný z ekonomického pohledu?**

**Ano, je.**

Při diagnostikování této závady jsme použili tři postupy. Nejjednodušší postup pomocí sériové diagnostiky VCDS nám sice může potvrdit závadu, ale také může být ovlivněn jinými závadami, a proto není dost přesný, ale je spíše orientační. K sériové diagnostice můžeme použít i jiné diagnostické zařízení, ale zvolil jsem tuto, protože se perfektně hodí pro koncernová auta VW a není drahé. Porovnání jiných možností diagnostických zařízení vidíte níže v tabulce 5.1.

**Tabulka 5.1 - Ceny různých diagnostických zařízení (mtaplus.cz, 2023)**

Název diagnostického zařízení	Pořizovací cena [Kč]
VCDS PROFI HEX-NET	18 150
DELPHI DS150E	47 190
Launch x431 Pro5	71 390

Druhá varianta kontrola palivového filtru už je pro určení závady přesnější, ale stále si nemůžeme být jisti, jestli se jedná pouze o poškození O-kroužků nebo jestli jsou poškozena i sedla. Pro nejpřesnější diagnostikování závady je nejlepší nejdražší varianta, a to demontáž jednotky čerpadlo-tryska a následná kontrola.

Tato varianta opravy vložkováním je levnější než samotná výměna hlavy válců za novou. Z hlediska náročnosti opravy a ceny materiálu doporučuji renovaci hlavy válců ve specializovaném servisu.

---

## 5.2 Vyhodnocení výsledků

V této práci byla provedena sériová a subjektivní diagnostika pro určení závady na systému vstřikování PD. Sériovou diagnostikou závadu neodhalila, a proto jsme se přesunuli k diagnostice subjektivní. Při subjektivní kontrole jsme nejdříve zkontrolovali hladinu oleje, která byla mírně vyšší. Poté jsme se přesunuli ke kontrole palivového filtru a zbarvení paliva. U této kontroly se závada projevila, ale pro přesné určení proběhla poslední možnost subjektivní diagnostiky, a to optická kontrola stavu sedla a O-kroužků. Při této kontrole bylo zjištěno nadměrné poškození sedel a O-kroužků. Nejlepší diagnostikou je nejsložitější postup, a to optická kontrola stavu O-kroužků se sedly.

## 5.3 Prognóza

Po opravě hlavy válců vyvločkováním se dá očekávat bezproblémový chod a dlouhá životnost. Životnost se bohužel nedá přesně určit, jelikož nebylo provedeno žádné měření opotřebení, ale dá se pouze podle nově použitých materiálů předpokládat delší životnost, než tomu bylo původně. Na doporučení opraváře hlav je taky dobré vyvločkovat závit šroubu M6 pro držení napínacího třmenu v hlavě válců pro jednotku čerpadlo-tryska ocelovou vložkou. Původní závit v hliníkové hlavě se natahuje a může prý docházet k nedostatečnému držení jednotky čerpadlo-tryska, a i to vede ke rychlejšímu opotřebení sedel a těsnících O-kroužků.

### 5.4 Závada poškození sedla jednotek čerpadlo-tryska

U jednotek čerpadlo-tryska uchycených pouze jedním šroubem a napínacím třmenem dochází k poškozování hlavy válců. U jednotek čerpadlo-tryska s uchycením dvěma šrouby se tento stav neobjevuje, protože je jednotka držena ve správné pozici. Uchycením pouze z jedné strany dochází k vychýlení vstřikovače k protější straně. Schéma tohoto vychýlení můžeme vidět na obrázku 5.1 níže (Šuster, in voice, 2023).









---

(2023). Cenu opravy u druhé a třetí varianty jsme si nechali nacenit i u jiného servisu. Předpokládaná cena opravy v servisu Auto 23 je 20 518,- Kč. Tak jsem zjistily, že servis si účtuje přírážku k ceně opravené hlavy válců od opraváře, a to pro nestálé zákazníky znamená cenu 16 000,- Kč za opravu hlavy s marží servisu.

---

## Závěr

Ve své diplomové práci jsem se věnoval tématu diagnostiky a oprav sedel vstřikovačů PD. Teoretickou část jsem rozdělil do čtyř částí. V první části práce jsem se zaměřil na konstrukci systému PD. Detailně jsem popsal jednotku čerpadlo-tryska spolu s komponenty potřebnými pro její funkčnost. V druhé části jsem vysvětlil průběh tohoto vstřikování. Ve třetí části jsem práci doplnil o seznam motorů o určitém objemu, ve kterých byl tento systém použit spolu s výkony těchto motorů. V poslední teoretické části práce jsem popsal systém uchycení jednotky čerpadlo-tryska, protože právě problémem v tomto uchycení se věnuje praktická část této diplomové práce.

Další část práce je věnována metodice a cílům. Zde jsem popsal zařízení, které jsem využil pro diagnostiku, a jakými způsoby budu diagnostiku provádět.

V praktické části jsem popsal, s jakou závadou zákazník auto do servisu dovezl spolu s jeho popisem závady. Poté jsem se přesunul k diagnostice a provedl všechny postupy diagnostiky zmíněné v metodice. Dále jsem popsal možnosti oprav s jejich náročností a po konzultaci se zákazníkem zvolil opravu, kterou jsem v práci následně detailně popsal.

Na konci práce jsem odpověděl v diskusi na otázky a doplnil o informace zjištěné během vypracování této práce a také o ceny různých typů oprav.

Při vypracovávání této práce jsem se dozvěděl spoustu nových poznatků a zjistil jsem, že existuje více typů oprav, než jsem doposud znal.

Myslím si, že systém vstřikování PD byl a bude jedním z nejdokonalejších vstřikování, které byly vyrobeny. Bohužel je limitován dobou vstřikování, ale v budoucnu se postupným vývojem k jeho použití možná vrátíme. Už dnes se upravuje časování vačkových hřídeli na spoustě motorů z důvodu lepšího plnění motoru, a to by mohla být i cesta pro navrácení použití systému vstřikování PD.



---

## **Zdroje In voice**

Šuster, P. (in voice 2023) – obráběč zaměřující se na opravy hlav motorů a na drobné opravy motorových vozidel s dlouholetou praxí





---

Seznam tabulek

Tabulka 5.1 - Ceny různých diagnostických zařízení ..... 39

Tabulka 5.2 - Ceny oprav ..... 43