

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Opravy hlav válců spalovacích motorů

Martin Chroust

Bakalářská práce

2015

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin Chroust**  
Osobní číslo: **D11399**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Silniční vozidla**  
Název tématu: **Opravy hlav válců spalovacích motorů**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod do problematiky hlav motorů
2. Konstrukce
3. Poruchy a opravy
4. Postup generální opravy konkrétní hlavy
5. Zhodnocení

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

HROMÁDKO, Jan. Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 296 s. ISBN 978-80-247-3475-0.

VLK, František. Vozidlové spalovací motory. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2003, 578 s. ISBN 80-238-8756-4.

GSCHEIDLE, Rolf. Příručka pro automechanika. 3. přeprac. vyd. /. Překlad Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlíř. Praha: Europa - Sobotáles, 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jan Pokorný, Ph.D.**

Výukové a výzkumné centrum v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: 25. února 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: 29. května 2015



doc. Ing. Ivo Drahotský, Ph.D.  
děkan

L.S.



doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2015

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 28.5.2015

Martin Chroust

## Poděkování

Chtěl bych poděkovat své rodině za podporu po dobu celého studia, děkuji také firmě František Oubrecht, a.j.t., u které jsem získal mnoho cenných rad pro bakalářskou práci, ale i velké zkušenosti do života. A v neposlední řadě děkuji i Ing. Janu Pokornému, Ph.D., za odborné vedení, za pomoc a odborné rady při zpracování této práce.

V Pardubicích dne 28.5.2015

Chroust Martin

## **ANOTACE**

*Práce je věnována problematice hlav válců čtyřdobých motorů, jejich konstrukci a popisu dílčích prvků, ale zejména opravám hlav, analýze poruch a jejich následnému odstranění. Zahrnuje jednoduché úkony spojené s běžnou údržbou motoru, až po náročné, generální opravy vážných závad vzniklých např. destrukcí určitých komponent spalovacího motoru. Závěrečná část práce je věnována konkrétní opravě hlavy válců z motocyklu.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*hlava motoru, ventil, vůle ventilů, oprava sedel*

## **TITLE**

*Repairs of cylinder heads of combustion engine*

## **ANNOTATION**

*The work is devoted to the cylinder heads of four stroke engines, structure and description of single elements, but especially repairs of heads, failure analysis, and their subsequent removal. Includes simple tasks associated with routine maintenance to demanding, overhaul serious defects caused by eg destruction of certain components of the combustion engine. The final part is devoted to a particular repair of motorcycle cylinder head.*

## **KEYWORDS**

*cylinder head, valve, valve clearance, repairing seats of valves*

## **OBSAH**

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	9
ÚVOD DO PROBLEMATIKY HLAV.....	11
1. KONSTRUKCE HLAV VÁLCŮ.....	12
1.1 Hlava válců .....	12
1.1.1 Chlazení .....	13
1.1.2 Kompresní prostor .....	13
1.2 Vačkový hřídel.....	14
1.3 Těsnění hlavy válců .....	15
1.3.1 Kombinované těsnění .....	15
1.3.2 Kovové těsnění .....	15
1.4 Ventily .....	16
1.5 Ventilové pružiny .....	17
1.6 Vodítko ventilu .....	17
1.7 Sedlo ventilu .....	18
1.8 Vahadla .....	19
1.9 Hydraulické hrníčkové zdvihátko .....	19
2 PORUCHY A OPRAVY .....	20
2.1 Demontáž hlavy válců .....	20
2.2 Kontrola házivosti, a broušení ventilu .....	21
2.3 Kontrola vodítek, výměna.....	23
2.4 Sedlo ventilu, opracování, lapování.....	24
2.5 Tlaková zkouška .....	26
2.6 Oprava hlavy s prasklinou .....	27
2.7 Broušení styčné plochy hlavy a bloku motoru.....	28
3 POSTUP GENERÁLNÍ OPRAVY KONKRÉTNÍ HLAVY .....	30
3.1 Předběžný návrh opravy .....	31

3.2 Demontáž sedel ventilů.....	32
3.3 Oprava plochy kompresního prostoru.....	34
3.4 Frézování děr pro sedla ventilů.....	36
3.5 Výroba a montáž sedel ventilů.....	38
3.6 Opracování sedel.....	39
3.7 Broušení dosedací plochy hlavy .....	40
3.8 Ventily .....	41
3.9 Kompletace hlavy a podtlaková zkouška.....	41
3.10 Seřízení vůlí ventilů.....	42
3.11 Rekapitulace opravy a vyčíslení nákladů.....	44
4 ZÁVĚR.....	45
5 POUŽITÁ LITERATURA .....	46



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Hlava čtyřválcového motoru .....	12
Obrázek 2 Střechovitý spalovací prostor s centrální polohou svíčky .....	13
Obrázek 3 Skládání vačkový hřídel .....	14
Obrázek 4 Tvary a zdvih vaček .....	14
Obrázek 5 Kombinované těsnění .....	15
Obrázek 6 Kovové těsnění .....	15
Obrázek 7 Sací ventil vlevo, výfukový ventil vpravo .....	16
Obrázek 8 Zdvojené ventilové pružiny .....	17
Obrázek 9 Vodítko ventilu, těsnicí kroužek – vpravo .....	18
Obrázek 10 Sedlo ventilu .....	18
Obrázek 11 Dvouramenné vahadlo .....	19
Obrázek 12 Jednoramenné vahadlo .....	19
Obrázek 13 Demontáž pojistek pomocí speciálního přípravku č.1 a magnetu .....	21
Obrázek 14 Bruska na ventily: 1 – sklíčidlo; 2 – prisma; 3 – Úhlová stupnice; 4 – aretace ....	22
nastaveného úhlu .....	22
Obrázek 15 Opracování ventilu .....	22
Obrázek 16 Přípravek č.2 .....	23
Obrázek 17 Přípravek č.3 .....	23
Obrázek 18 Sada pro opracování sedel ventilů: 1 – fréza, 2 – vodící trny 3 – vratidlo .....	24
Obrázek 19 Frézování sedla ventilu .....	24
Obrázek 20 Zabrušování přísavkou .....	25
Obrázek 21 Šířka a umístění těsnicí plochy .....	25
Obrázek 22 Těsnicí guma .....	26
Obrázek 23 Tlakovací ocelová deska .....	26
Obrázek 24 Postranní deska .....	27
Obrázek 25 Přivedení stlačeného vzduchu .....	27
Obrázek 26 Frézování hlavy v místě mechanického porušení materiálu .....	27
Obrázek 27 Kontrola prohnutí styčné plochy .....	28
Obrázek 28 Upevnění hlavy upínkami .....	28
Obrázek 29 Stavěcí stojany pro ustavení hlavy do horizontální polohy .....	28
Obrázek 30 Demontovaná hlava motoru – výchozí stav .....	30
Obrázek 31 Rozebraná sestava hlavy .....	31

Obrázek 32 Deformace sedla ventilu .....	31
Obrázek 33 Původní ventily nahradím ventily s menším průměrem talířku .....	32
Obrázek 34 Pomocné ventily se přivaří k sedlům .....	33
Obrázek 35 Provedení svaru .....	33
Obrázek 36 Demontovaná sedla ventilu .....	33
Obrázek 37 Hlava po svařovacím procesu .....	34
Obrázek 38 Opracování přímou bruskou se stopkovou frézou.....	35
Obrázek 39 Opracovaný spalovací prostor .....	35
Obrázek 40 Stroj pro opravu sedel - Rottler SG7 .....	36
Obrázek 41 Uchycení hlavy k pracovní desce stroje .....	36
Obrázek 34 Otočná pracovní deska stroje .....	37
Obrázek 43 Frézování díry pro sedlo ventilu.....	37
Obrázek 44 Rozměry sedel ventilů – výfukové vlevo, sací vpravo.....	38
Obrázek 45 Soustružení sedel ventilů.....	38
Obrázek 46 Hlava po montáži sedel .....	39
Obrázek 47 Opracované sedlo s dosedací plochou 45° a korekčními úhly 15° a 60° .....	39
Obrázek 48 Obroušená dosedací plocha hlavy .....	40
Obrázek 49 Zkompletovaná hlava motoru.....	42
Obrázek 50 Podtlaková zkouška .....	42
Obrázek 51 Usazené ventilové víko .....	43
Obrázek 52 Vsunutá spárová měrka .....	43
Obrázek 53 Seřízení vůle ventilu.....	43

## ÚVOD DO PROBLEMATIKY HLAV

V nynější opravárenské praxi se lze setkat s mnoha druhy hlav válců. Jejich různorodost spočívá ve velikosti, použitém materiálu, ale i konstrukční složitosti. Postupný vývoj techniky vedl od nejjednodušších hlav dvoudobých jednostopých vozidel, které nevyžadují žádnou údržbu ani opravy, nepočítáme-li výměnu zapalovací svíčky, přes jednoduché litinové, robustní hlavy čtyřtaktních motorů s postranními ventily (SV), s minimálními nároky na údržbu, často používané u zemědělské techniky, až po nejmodernější hlavy novodobých vozidel. Tvarově složité odlitky vznikají tlakovým litím z lehké slitiny Al, a následně se osazují pohyblivými či stacionárními součástmi, o nichž bude pojednáno v následující kapitole.

Na rozdíl od jednoduchých hlav motorů, které pracovaly čistě na mechanické bázi bez zásahu pomocných řídicích systému a jejichž oprava a seřízení byly velice jednoduché, moderní hlavy vybavené elektronickými nebo hydraulickými systémy, které se starají o automatickou regulaci vůlí ventilů za chodu motoru, variabilní časování ventilů nebo dokonce proměnný zdvih ventilů v závislosti na otáčkách vyžadují při opravách značnou dávku zkušeností a speciálního vybavení. Dopustíme-li se nějakého omylu u takové hlavy neuváženým a neodborným zásahem, můžeme tak způsobit škody v řádu několika desítek tisíc.

Základním opravám, které jsou víceméně stejné pro všechny hlavy čtyřtaktních motorů, jako je oprava a zabroušení ventilových sedel, nastavení vůlí ventilů, tlaková zkouška a jiné, se budu zabývat právě v této práci. Cílem práce je seznámení s problematikou hlav a postupy jejich oprav, které mohou být užity jako příručka pro servisní činnost v oblasti hlav válců spalovacích motorů.

# 1. KONSTRUKCE HLAV VÁLCŮ

## 1.1 Hlava válců

Hlava válců (viz Obrázek 1) slouží k plynotěsnému i kapalinotěsnému uzavření válce, ale také společně se dnem pístu vytváří vhodně tvarovaný spalovací prostor. Hlava je k válcům upevněna pomocí svorníků a matic nebo šroubů, vždy však musí být přesně dodržen utahovací moment předepsaný výrobcem. Mezi hlavou a válcem musí být vloženo těsnění (viz kapitola 1.3).



Obrázek 1 Hlava čtyřválcového motoru [4]

Hlava válců obsahuje sací kanály pro vedení směsi nebo vzduchu a výfukové kanály pro odvod výfukových plynů, se sedly ventilů, které vytvářejí dosedací plochy ventilů. Většinou je přímo v hlavě vytvořen celý kompresní prostor nebo jen jeho část. V hlavě válců jsou umístěny zapalovací svíčky, u motorů s přímým vstřikováním i vstřikovací ventily. Může zde být uložena i vačková hřídel. Hlava válců je silně namáhána spalovacím tlakem a horkými plyny, které vznikají při spalování a musí mít proto vysokou tvarovou tuhost, dobrou tepelnou vodivost a malou tepelnou roztažnost. [1]

V současné době se hlavy válců vyrábějí převážně ze slitin hliníku, které zajišťují dobrou tepelnou vodivost, avšak naproti tomu větší tepelnou roztažnost. Slitiny Al mohou být použity i v případě, že blok motoru je z šedé litiny. Další nevýhodou slitiny Al je nutnost vkládání sedel ventilů z materiálu vyšší pevnosti a někdy též závitové vložky pro zapalovací svíčky. [2]

### 1.1.1 Chlazení

Vzhledem k velkému tepelnému namáhání je nutné hlavu motoru při provozu značně chladit. Rozlišuje se chlazení kapalinou nebo vzduchem. U kapalinového chlazení proudí chladicí médium průtokovými kanálky v hlavě motoru, rovněž jako v bloku motoru. Chlazení vzduchem není tak účinné, jako chlazení kapalinou, proto musí být vnější povrch opatřen chladicími žebry. Ty zvětšují funkční plochu hlavy, odkud se teplo předává do okolního prostředí. [1]

### 1.1.2 Kompresní prostor

Tvar a velikost spalovacího motoru musí být přizpůsobeny konkrétnímu typu motoru, neboť mají zásadní vliv na provozní vlastnosti motoru, jako např. kompresní poměr, výkon, točivý moment, víření směsi, průběh spalování, spotřebu paliva atd. Spalovacímu prostoru musí být též uzpůsobeno rozmístění ventilů. Část spalovacího prostoru může být také ve dně pístu. V některých případech, zejména u vznětových motorů, tvoří dno pístu celý kompresní prostor. Ideální tvar kompresního prostoru je takový, kdy je dosaženo co nejkratší dráhy plamene, tj. polokulovitý tvar s centrální polohou svíčky, popř. vstříkovacího ventilu. Kvůli ventilům, které nemohou mít dokonale půlkulatá dna, se v praxi používají namísto polokulovitých střechovité kompresní prostory, které se nejvíce podobají ideálnímu tvaru (viz Obrázek 2). [1]



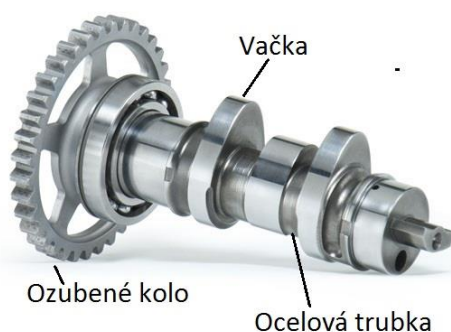
Obrázek 2 Střechovitý spalovací prostor s centrální polohou svíčky [5]

## 1.2 Vačkový hřídel

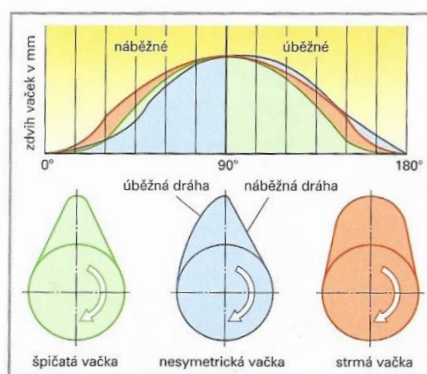
Vačkový hřídel musí spolehlivě zajišťovat otevírání sacích a výfukových ventilů v přesně stanoveném pořadí a okamžiku a zároveň umožnit včasné vrácení ventilu do klidové polohy pomocí ventilových pružin. Vačkový hřídel je však součástí hlavy pouze jedná-li se o motor s rozvodem CIH. V ostatních případech je vačkový hřídel uložen v bloku motoru a ventil je ovládán zdvihací tyčkou (OHV), nebo nad hlavou motoru (OHC, DOHC). Na vačkovém hřídeli jsou umístěny vačky, které se otáčejí společně s hřídelem a ovládají zdvih ventilu buď přímo v případě hrníčkových zdvihátek, které jsou v přímém kontaktu s vačkami hřídele, nebo přes vahadla. Každý hřídel je osazen řemenicí nebo ozubeným kolem, kam je přiváděn točivý moment od klikového hřídele. Vačkový hřídel musí mít vždy poloviční otáčky oproti klikovému hřídeli, proto řemenice, popř. ozubené kolo má vždy poloviční počet zubů než řemenice, popř. ozubené kolo na klikovém hřídeli. [1]

Vačkový hřídel může být vyroben buď odlitím z legované litiny s lamelárním grafitem nebo z tvrzené litiny s globulárním grafitem jako jeden celek, nebo skládáním jednotlivých vaček, vyrobených zpravidla z nitridační oceli, na ocelovou trubku a následným spojením za tepla (viz Obrázek 3). [1]

Tvar vaček udává dobu otevření ventilu, výšku zdvihu a rychlost zdvihu ventilu. Existují tři základní tvary vaček: špičatá vačka – ventil se pomalu otevírá a pomalu zavírá, plně otevřen však zůstává po krátkou dobu, strmá vačka – ventil se rychle zavírá i otevírá, plně otevřen zůstává delší dobu a nesymetrické vačky – zpravidla zajišťuje pomalé otevírání ventilu a rychlé zavření (viz Obrázek 4). [1]



Obrázek 3 Skládání vačkového hřídele [6]



Obrázek 4 Tvary a zdvih vaček [1]

### 1.3 Těsnění hlavy válců

Na těsnění hlavy motoru jsou kladeny velké nároky, neboť musí neprodyšně uzavírat spalovací prostor, kde při provozu vznikají velké tlaky, ale zároveň též musí oddělit chladicí médium od maziva, které skrz těsnění proudí z bloku válců do hlavy motoru. Aby bylo dosaženo požadované těsnosti, musí být dosedací plocha hlavy a bloku motoru rovinné.

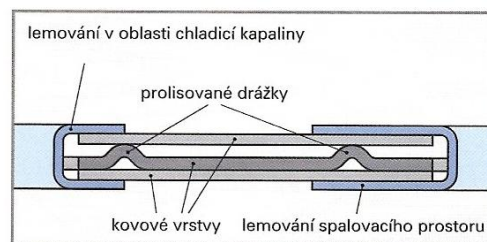
Palivo, spaliny, motorový olej a chladicí médium jsou v přímém kontaktu s těsněním hlavy válců v kapalně a plynné formě, pod vysokým tlakem i velmi nízkým tlakem (podtlakem). Tyto látky jsou zpravidla chemicky velmi aktivní. Proto se těsnění musí přizpůsobovat okamžitým provozním poměrům, musí mít velmi malý sklon k trvale plastickým deformaci (sesedání) a nesmí se přilepovat na těsnicí plochy, protože by se tím znesnadnila demontáž. [1]

#### 1.3.1 Kombinované těsnění

Kombinované těsnění se skládá z nosného plechu o tloušťce asi 0,3 mm, který má na obou svých stranách nanesený měkký těsnicí materiál, na který se ještě nanáší plastová vrstva, která uzavírá póry a zvyšuje odolnost proti chemicky aktivním látkám. Pro lepší utěsnění průchodů pro chladicí kapalinu a mazivo, může být těsnění opatřeno vrstvou elastického tmelu (viz. Obrázek 5). [1]



Obrázek 5 Kombinované těsnění [7]



Obrázek 6 Kovové těsnění [1]

#### 1.3.2 Kovové těsnění

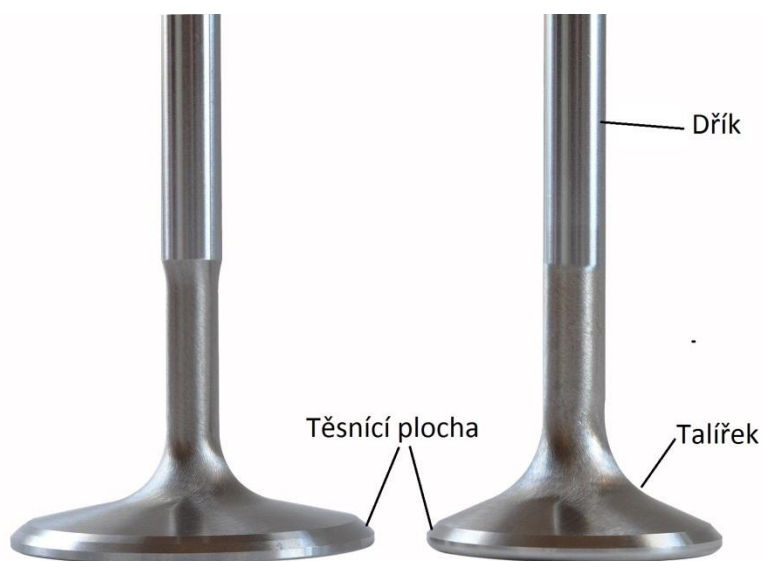
Vyrábí se většinou z vrstveného ocelového plechu. Pro spolehlivé utěsnění plynů je těsnění v okolí spalovacích prostorů opatřeno prolisovanými drážkami, které umožňují zvýšení místního stlačení. Celokovové těsnění (viz Obrázek 6) je nejvíce užívaným v automobilovém průmyslu. [1]

## 1.4 Ventily

Ventily u čtyřdobých spalovacích motorů zajišťují výměnu plynů – proces sání čerstvé palivové směsi a následně výfuk spalin z válců. Existují dva druhy ventilů – sací a výfukový (viz Obrázek 7). Sací ventil otevírá sací kanál při sacím zdvihu pístu a umožňuje přísun čerstvé palivové směsi do válce. Při kompresním zdvihu musejí být ventily zavřené, aby proběhlo stlačení směsi a zároveň, aby nedošlo ke kontaktu pístu s ventilem v oblasti horní úvratí. Sací ventily se vyskytují v počtu jednoho, u méně výkonných spalovacích motorů, až tří ventilů na jeden válec, zpravidla u závodních motorů.

Výfukový ventil se otevírá při výfukovém zdvihu a umožňuje tak spalinám opustit prostor válce, přičemž spaliny opouštějí válec rychlostí zvuku, tedy přibližně  $330\text{ms}^{-1}$ . Dlužno podotknout, že výfukový ventil (ventily) setrvává otevřený ještě v prvotních okamžicích sání, kde se využívá vysoké rychlosti výfukových plynů, díky které vzniká podtlak, který napomáhá efektivnějšímu plnění válce čerstvou směsí.

Každý ventil je tvořen dříkem a talířkem s kuželovitou dosedací plochou. Úhel sešikmení dosedací plochy bývá obvykle  $45^\circ$  nebo  $30^\circ$ . Tato dosedací plocha dosedá na kroužek v tzv. sedlu ventilu, které je v hlavě válců a těsně uzavírá sací nebo výfukový kanál. Protože ventily musí v hlavě dokonale těsnit, musí být obruby talířků ventilů a sedla ventilů dokonale hladké<sup>1</sup>. Těsnost v klidové poloze zajišťuje též pružina, která silně přitlačuje těsnící plochu ventilu a sedla k sobě. [2]



Obrázek 7 Sací ventil vlevo, výfukový ventil vpravo [8]



## 1.5 Ventilové pružiny

Jako ventilové pružiny se obvykle používají pružiny vinuté, vyrobené z ušlechtilé oceli ČSN 15 260. Pružina je k ventilu upevněna pomocí horní misky, která zespondu tlačí do klínek, usazených v drážkách dřívku ventilu. Jak již bylo řečeno, pružina přitlačuje těsnící plochu ventilu na sedlo v klidové poloze, ale zajišťuje též rychlé zavření ventilu. Na spodní části pružiny je rovněž miska, která zabraňuje vtlačování pružiny do materiálu hlavy. [2]

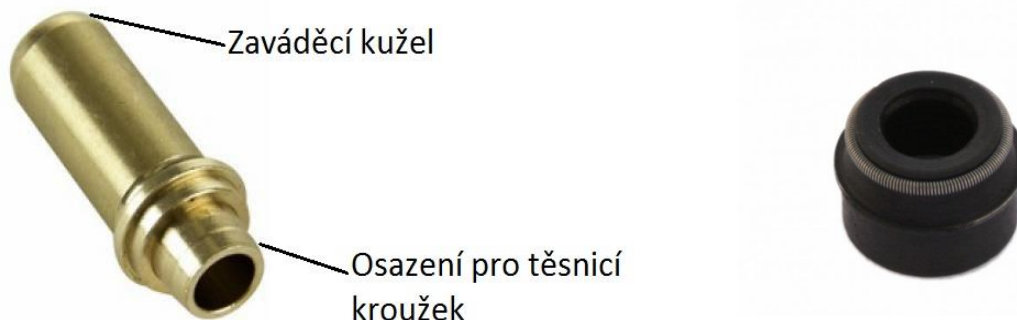
Často se používají pružiny kuželovitěho tvaru, s proměnným stoupáním nebo proměnným průřezem drátu. Můžeme se též setkat se zdvojenými pružinami (viz Obrázek 8), kdy je menší pružina vložena do větší. V případě mechanického porušení hlavní pružiny zabrání menší pružina uvolnění ventilu, který by se mohl dostat do prostoru válce a způsobit rozsáhlé škody. Důležité je, aby zdvojené pružiny měly opačné stoupání, jinak by mohlo dojít k zapletení jedné pružiny do druhé. [2]



Obrázek 8 Zdvojené ventilové pružiny [9]

## 1.6 Vodítka ventilu

Vodítka vyrobená z litého bronzu nebo speciální litiny jsou zalisována v hlavě motoru a zajišťují precizní vedení ventilu. V horní části je osazení pro těsnící kroužek (viz Obrázek 9), které zabraňuje pronikání oleje do sacího nebo výfukového kanálu, což by mělo za následek větší spotřebu oleje a tvorbu úsad na dřívku a horní části talířku ventilu. Vodítka též vymezují boční vůli ventilů, musí však být vyrobena s určitou vůlí, aby nedocházelo, vlivem tepelné roztažnosti dřívku ventilu, při provozu motoru k zadírání. [2]



Obrázek 9 Vodítko ventilu, těsnicí kroužek – vpravo [10]

### 1.7 Sedlo ventilu

Sedla ventilů (viz Obrázek 10) jsou vyrobeny z legované šedé litiny, přičemž je třeba rozlišovat materiál pro různé provozní podmínky. Pro běžné použití se používá litina KOMA 42 0070, pro přeplňované, zejména vznětové motory vysoce legovaná šedá litina KOMA 42 0071, odolná proti axiálnímu opotřebení a korozi, a pro motory na bezolovnatý benzín je vhodná martenzitická, vysoce legovaná šedá litina KOMA 42 0072

Vnitřní stěna sedla je opatřena třemi kuželovitými plochami o různých úhlech, přičemž dva z nich jsou korekční, zpravidla  $15^\circ$  a  $75^\circ$  a pro dosedací plochu musí být úhel stejný jako u dosedací plochy ventilu ( $45^\circ$  nebo  $30^\circ$ ). Sedla ventilu jsou vyrobena s přesahem, proto se montáž provádí zásadně při ohřevu hlavy a zmrazení sedla.

Dosedací plocha ventilu zajišťuje dobré utěsnění spalovacího prostoru. U sacího ventilu bývá 1,5 mm, u výfukového ventilu 2 mm, čímž se zlepšuje odvod tepla. Někdy se volí úhly kuželových dosedacích těsnících ploch rozdílně, např. u talíře ventilu  $44^\circ$  a sedla v hlavě  $45^\circ$ . Vůči spalovacímu prostoru se vytvoří úzká těsnicí hrana, která se během doby provozu zvětšuje až na normální šířku sedla. [1]



Obrázek 10 Sedlo ventilu [11]

## 1.8 Vahadla

Vahadla se vyskytují na všech typech hlav s výjimkou některých motorů OHC nebo DOHC, kde ventily jsou ovládány přímo, případně prostřednictvím hrníčkových zdvihátek, vačkovým hřídelem. Rozlišují se vahadla jednoramenná a dvouramenná (viz Obrázek 11 - 12).

**Jednoramenné vahadlo** je na jednom konci podepřeno v uložení, prostřednictvím kterého lze seřizovat vůli ventilu. Druhý konec vahadla se opírá o konec dřívku ventilu. Vačka vačkového hřídele pak tlačí na zploštělé místo s tvrzeným povrchem, které je nahoře na vahadle a pohyby vačky se tak přenášejí na dřívek ventilu. [1]

**Dvouramenné vahadlo** je dvouramenná páka, otočně uložená, zpravidla v polovině. Na jedné straně působí na vahadlo vačka vačkového hřídele a vahadlo přenáší pohyb na ventil na druhém konci vahadla. [1]



Obrázek 11 Dvouramenné vahadlo [12]



Obrázek 12 Jednoramenné vahadlo [13]

## 1.9 Hydraulické hrníčkové zdvihátko

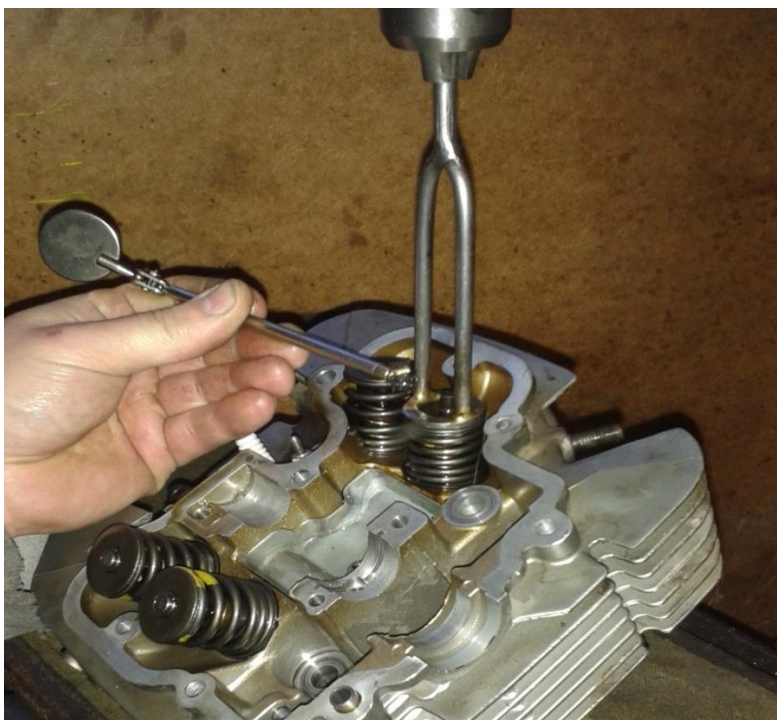
Hydraulické zdvihátko nahrazuje mechanismus pro nastavování vůle ventilů (šroub, podložky), manuální nastavování vůlí ventilů se tedy neprovádí. Hydraulické zdvihátko je připojeno k mazací soustavě motoru. Olej proudí do zdvihátka postranním otvorem, kde v nezátíženém stavu působí na kuličkový ventil shora (viz. Obrázek 7), čímž udržuje hodnotu vůle na nule. Při otevírání ventilu stlačí vačka píst zdvihátka, dojde k uzavření kuličkového ventilu a náplň oleje v pracovním prostoru působí jako pevné spojení mezi vačkou a ventilem. U hlav motorů s vahadly se namísto hydraulického hrníčkového zdvihátka používá uložení vahadla s hydraulickým vymezením vůle ventilu. [1]

## 2 PORUCHY A OPRAVY

Oprava hlavy je práce zejména pro odborný servis. Aby bylo možné hlavu opravit svépomocí v domácích podmínkách, je třeba vydat značnou finanční sumu pro opatření potřebného vybavení. Dlužno podotknout, že při opravě se lze dopustit mnoha chyb, které mohou mít fatální následky. Pokud se však přesto do opravy pustíte, necht' je vám tato práce vodítkem při opravářské činnosti.

### 2.1 Demontáž hlavy válců

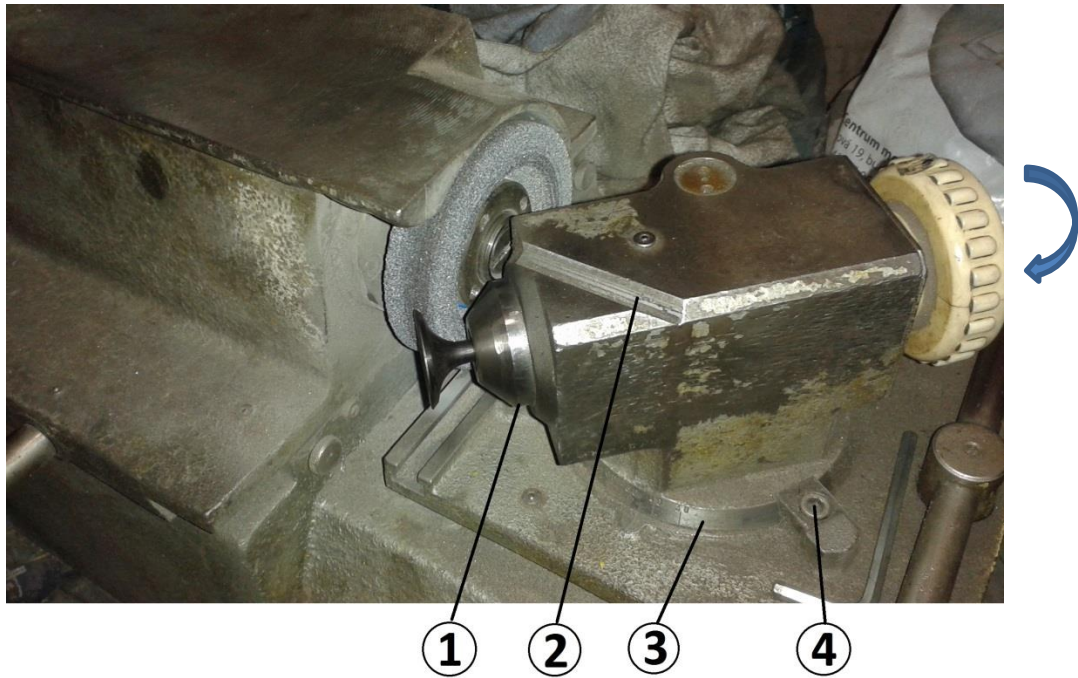
Pro veškeré práce na hlavě válců je nezbytné sejmout hlavu z motoru. Postup sejmutí hlavy z motoru je víceméně u všech motorů stejný, avšak ve své práci budu vycházet z toho, že hlava je již oddělena od motoru. Ze sejmuté hlavy se jednoduše demontují všechny komponenty upevněné šrouby, jako jsou vahadla, vahadlový hřídel, vačkový hřídel a kluzná ložiska vačkového hřídele, zapalovací svíčky, případně vstříkovací ventily. Dále se vyjmou hrníčková zdvihátka, eventuálně hydraulická zdvihátka, je-li jimi hlava vybavena. Zůstává sestava hlavy s ventily, pružinami, miskami a pojistkami. Aby bylo možné vyndat ventily, musí se stlačit pružiny ventilů a vyjmout pojistky. Nejjednodušší je položit hlavu na pracovní stůl stojanové vrtačky tak, aby pružiny byly směrem vzhůru, za pomoci přípravku 1, upnutého do sklíčidla vrtačky, stlačit pružinu a magnetem opatrně odstranit pojistky a následně i uvolněné pružiny (viz Obrázek 8). Silný magnet je vhodné použít proto, aby se předešlo ztrátě pojistek. Ty totiž mají tendenci po uvolnění pružiny zapadnout do míst, kde jsou jen těžko naležitelné. Stejná operace se provede u každého ventilu. Před vyjmutím ventilů je třeba označit jejich pozici, aby při zpětné montáži nedošlo k prohození.



Obrázek 13 Demontáž pojistek pomocí speciálního přípravku č.1 a magnetu

## 2.2 Kontrola házivosti, a broušení ventilu

Kontrola házivosti ventilu musí předcházet důkladné očištění ventilu od úsad karbonu, zejména pak dřík ventilu musí být dokonale čistý, aby nečistoty nezpůsobily zdánlivou házivost ventilu. Očištěný ventil se upne do sklíčidla speciální brusky na ventily (viz Obrázek 14). Na brusce se nastaví příslušný úhel, shodný s úhlem dosedací plochy ventilu (zpravidla  $45^\circ$  nebo  $30^\circ$  viz Obrázek 14). Ventil se přisune dosedací plochou k brusnému kotouči a pomalým otáčením rukou lze kontrolovat házivost ventilu. Pokud během otáčení začne vznikat mezera, nebo se naopak ventil opře do brusného kotouče, znamená to, že vykazuje známky házivosti. Maximální dovolená házivost dosedací plochy se pohybuje kolem 0,04 mm. Dlouholetou praxí bylo zjištěno, že není třeba měřit házivost přesnými úchylkoměry, ale pokud není okem nezaznamenána házivost proti pevnému bodu, můžeme ventil považovat za dobrý. Pokud je však patrná sebemenší házivost, je nutné ventil vyměnit za nový.



Obrázek 14 Bruska na ventily: 1 – sklíčidlo; 2 – prisma; 3 – Úhlová stupnice; 4 – aretace nastaveného úhlu

Je-li házivost v pořádku a úhel na brusce je korektně nastaven, můžeme obrousit dosedací plochu ventilu. Z materiálu ventilu by mělo být ubíráno co nejméně s jen velmi malými přídávky, aby nedocházelo k příliš velkému tepelnému zatížení okolí broušené plochy ventilu. Broušení probíhá, dokud se obroušená, lesklá plocha ventilu neopíše po celém obvodu talířku a v celé šířce dosedací plochy. Dále se provede kontrola, jestli je na ventilu kuželovitá plocha s úhlem  $15^\circ$  (viz Obrázek 15). Při delším broušení se může stát, že tento kužel zanikne a dosedací plocha bude dole zbroušená do špičky. V tomto případě musí být ventil také vyměněn za nový. Nakonec se dřík ventilu vloží do prismatu, talířkem od brusného kotouče a podobně se obrousí horní čelo dříku. Po obroušení této plochy je nezbytné srazit ostrou hranu dříku, neboť by mohlo dojít k poškození těsnicího kroužku při montáži (viz Obrázek 15).

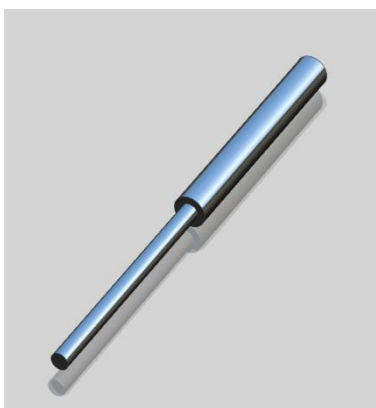


Obrázek 15 Opracování ventilu [10]

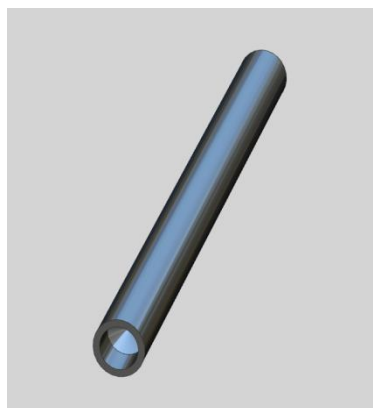
## 2.3 Kontrola vodítek, výměna

V případě vodítka ventilu se v první řadě kontroluje, zda není prasklé nebo jinak mechanicky poškozené. Dále je třeba zaměřit pozornost na vůli ventilu ve vodítku. V případě malé vůle by mohlo dojít k zadření ventilu v důsledku tepelné roztažnosti ventilu při provozu. Naproti tomu, pokud bude vůle velká, kolem dřívku ventilu začne pronikat olej z vrchní, mazané, části hlavy do spalovacího prostoru, čímž se zvýší spotřeba oleje, tvorba úsad na pístu a talířkách ventilů. Tuto závadu lze částečně diagnostikovat, bez nutnosti demontáže, neboť z výfuku bude vycházet namodralý dým. Modré zabarvení je právě způsobeno pronikáním oleje do spalovacího prostoru a následným hořením společně se zápalnou směsí.

Kontrolu vodítka je možné provést dle následujícího postupu a vyhnout se tak složitému měření vnitřních průměrů vodítka speciálními měřidly. Důkladně očištěný dřívek ventilu se potře olejem, a zasune se částečně do vodítka. Ventil by měl pomalu sjíždět. Pokud se ventil nepohybuje, je vnitřní průměr vodítka příliš malý a je třeba jej příslušným výstružníkem upravit. Toto se zpravidla stává při výměně vodítek. Pokud se nalisují nová vodítka, může dojít, vlivem uložení s přesahem, k nepatrnému zmenšení vnitřního průměru. V opačném případě má vodítko velkou radiální vůli a musí být vyměněno. Vodítko lze snadno demontovat pomocí přípravku 2 (viz Obrázek 16). Nové vodítko se potře slabou vrstvou oleje a pro snadnější montáž je vhodné hlavu v oblasti kolem vodítka např. horkovzdušnou pistolí. Vodítko je potom, za pomoci speciálního přípravku 3 (viz Obrázek 17), naraženo mírnými poklepy na místo původního, přičemž je zapotřebí dbát zvýšené pozornosti, aby osa vodítka byla totožná s osou díry během montáže. Nakonec se provede kontrola, zda má vodítko dostatečnou vůli a případně se zvětší výstružníkem.



Obrázek 16 Přípravek č.2



Obrázek 17 Přípravek č.3

## 2.4 Sedlo ventilu, opracování, lapování

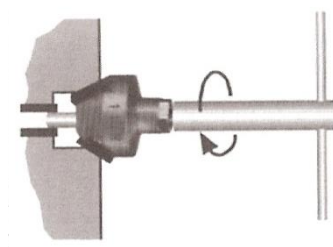
Před opracováním dosedací plochy sedla ventilu, je nutné zjistit příslušný úhel. Nejčastěji se používá úhel 45°, u některých vozidel zahraniční výroby může být i 30°. K opracování ploch sedla se používají speciální frézy (viz Obrázek 11) vyráběné v několika variantách. Liší se jak úhlem, tak rozsahem průměrů, které mohou frézovat. [3]



Obrázek 18 Sada pro opracování sedel ventilů: 1 – fréza, 2 – vodící trny 3 – vratidlo [14]

Každé fréze přísluší kalibrovaný trn, jehož jeden průměr přesně odpovídá průměru dříku ventilu a druhý, vždy stejný, průměr slouží jako vedení frézy v ose totožné s osou vodítka. Horní část frézy je opatřena šestihranem, na nějž se nasadí vratidlo, kterým lze frézou otáčet (viz Obrázek 18). [3]

Frézování (viz Obrázek 19) se vždy začíná na dosedací ploše sedla a ventilu, tedy 45° frézou. Operace se provádí, dokud nejsou odstraněny všechny nerovnosti a skvrny ze sedla ventilu. Frézou se pracuje velmi lehce a s malým přtlakem, aby úběr materiálu byl co nejmenší. Čím více materiálu se odfrézuje, tím dříve bude třeba sedlo vyměnit. Výměna sedla je nezbytná v případě, že ventil je do sedla zamáčknutý tak hluboko, že již nejde seřídít vůle. [3]



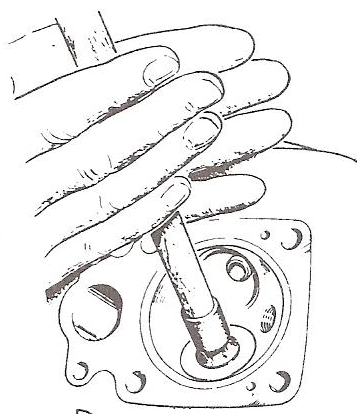
Obrázek 19 Frézování sedla ventilu [2]



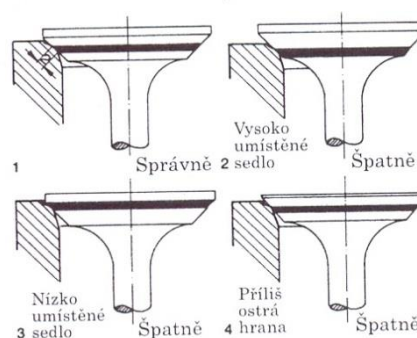
Nyní se změří vnější průměr sedla posuvným měřidlem. Dosedací plocha talířku ventilu musí být vystředěna se styčnou plochou sedla ventilu. Může se stát, že vnější průměr sedla je příliš malý a ventil pak značně vystupuje do spalovacího prostoru. V takovém případě je třeba více vyfrézovat sedlo 45° frézou. V opačném případě, je-li vnější průměr kroužku příliš velký, použije se 15° fréza, kterou se srazí vnější hrana sedla. Fréza 15° se také použije v případě, kdy po úplném zavření ventilu nepřechází hrana talířku ventilu alespoň 1mm do spalovacího prostoru.

Závěrem zkontrolujeme posuvným měřidlem šířku dosedací plochy sedla ventilu. Požadovaná hodnota se pohybuje v rozmezí od 0,5mm do 2mm podle druhu motoru. V případě, že plocha je příliš tenká, rozšíří se použitím 45° frézy na požadovanou hodnotu. V opačném případě lze srazit vnitřní hranu sedla 75° frézou. Použitím této frézy dochází k rychlé změně šířky dosedací plochy, proto je třeba postupovat opatrně a po každé otáčce frézou přeměřit šířku plochy.

Po frézování přichází na řadu zabrušování ventilu. Zabrušování se provádí pomocí gumové přísavky (viz Obrázek 20) a jemné brusné pasty. Malé množství brusné pasty se nanese na několik míst po obvodu talířku ventilu. Na talířek ventilu se upevní gumová přísavka a ventil se zasune do vodítka. Ventil je mírně tlačěn gumovou přísavkou do sedla a rovnoměrně se jím otáčí z jedné strany na druhou. Cílem zabrušování je utvoření pravidelného kroužku s jednolitém matným povrchem na sedle i talířku ventilu. Šířka a umístění těsnicí plochy ventilu viz Obrázek 21. [2]



Obrázek 20 Zabrušování přísavkou [2]



Obrázek 21 Šířka a umístění těsnicí plochy [15]

## 2.5 Tlaková zkouška

Tlaková zkouška se provádí v případě podezření na mechanické porušení materiálu hlavy. Takové porušení bývá zpravidla v podobě miniaturní praskliny mezi kanálky pro chladicí medium a sacím, případně výfukovým kanálem. Během provozu je snadné tuto závadu identifikovat. Projevuje se tím, že onou prasklinou začne unikat tlak ze spalovacího prostoru při kompresním zdvihu do chladicího systému. Tlak chladicího média prudce vzroste a začne unikat ve velké míře přepadem chladiče, případně tlakovým pojistným ventilem v zátce chladiče. Mimo to se do jinak odvzdušněného chladicího systému dostane velké množství vzduchu, díky čemuž dojde k přehřátí a následnému vyvření chladicího média. Pokud nedojde k okamžitému zastavení motoru, následkem bude vážné poškození motoru. Ne vždy však tyto příznaky musejí být způsobeny mechanickým poškozením hlavy válce. Stejně příznaky budou v případě, že dosedací plochy hlavy a bloku motoru nejsou rovinné. Tlak z kompresního prostoru potom uniká nikoliv prasklinou, ale v místě dělicí roviny hlavy a bloku motoru.

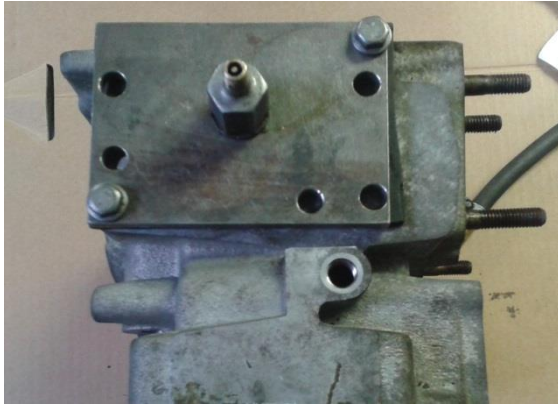
Tlaková zkouška se provede následovně: Na styčnou plochu hlavy a bloku motoru se položí těsnicí guma s vyhotovenými otvory pro šrouby a výfukové i sací kanály. Na těsnicí gumu se umístí ocelová deska se stejnými otvory a stáhne se pomocí šroubů (viz obrázek 22 – 23). Stejně se postupuje i u ostatních otvorů chladicího systému, přičemž jedna z desek musí být opatřena ventilkem, kudy se přivede stlačený vzduch o tlaku minimálně 7bar (viz Obrázek 24 – 25). Hlava se stlačeným vzduchem uvnitř se ponoří do kapaliny. V případě že z prostoru sacího nebo výfukového kanálu uniká vzduch, je zřejmé, že v materiálu hlavy je prasklina a musí se přejít k dalšímu kroku opravy, viz kapitola 2.6. V opačném případě je hlava, co se mechanického poškození týče, v pořádku.



Obrázek 22 Těsnicí guma



Obrázek 23 Tlakovací ocelová deska



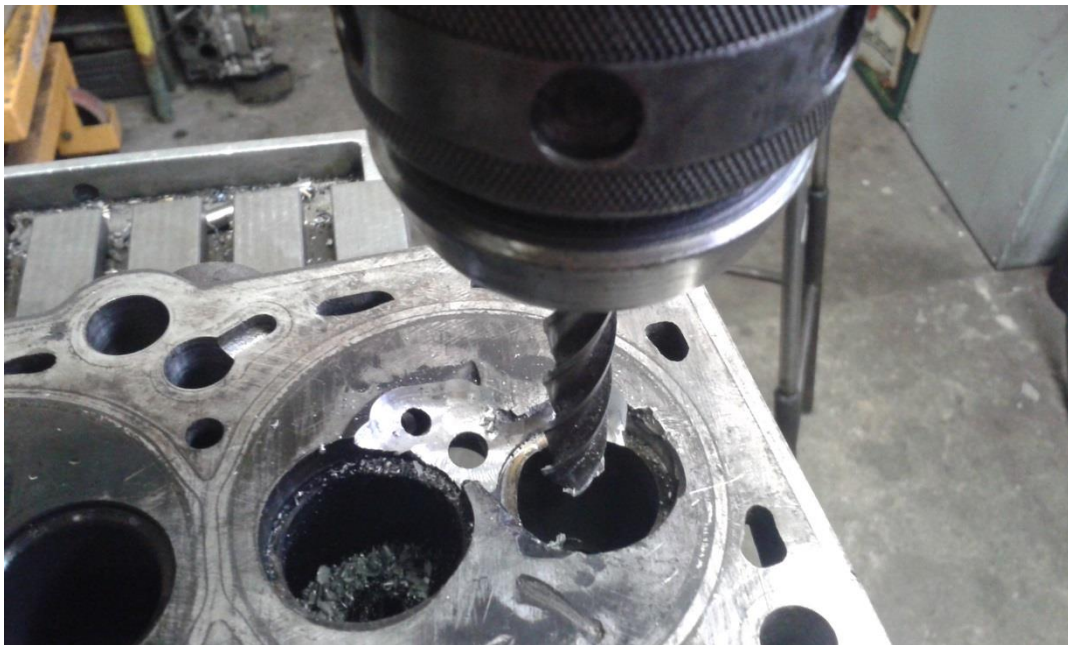
Obrázek 24 Postranní deska



Obrázek 25 Přivedení stlačeného vzduchu

## 2.6 Oprava hlavy s prasklinou

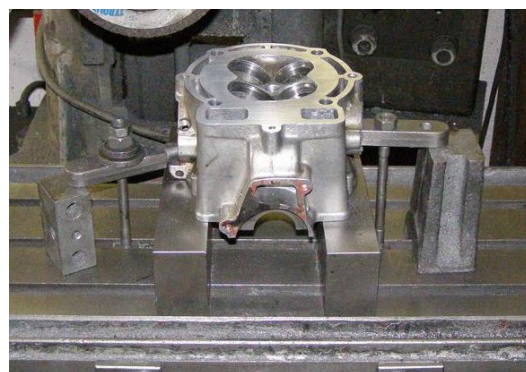
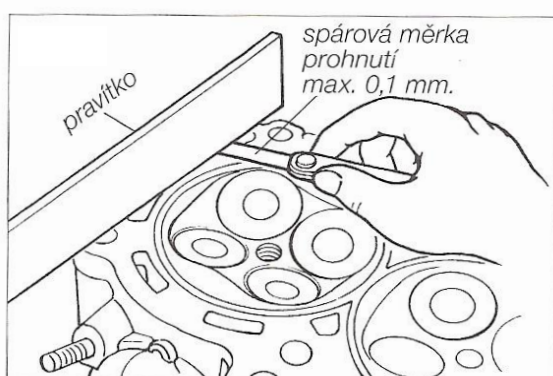
Po tlakové zkoušce je tedy zřejmé, kde došlo k mechanickému porušení hlavy. V tomto místě bude třeba odfrézovat část materiálu a znovu vyvařit. Před frézováním je nutné demontovat sedla ventilů, viz kapitola 3.2. Hlava se upínkami připevní k pracovní desce frézky. Válovou čelní frézou se vyfrézuje materiál hlavy až po konec praskliny (viz Obrázek 26). Následuje svaření, opracování svaru, opracování plochy pro sedlo ventilu a montáž sedla. Podrobný popis těchto úkonů viz kapitola 3.3 – 3.4.



Obrázek 26 Frézování hlavy v místě mechanického porušení materiálu

## 2.7 Broušení styčné plochy hlavy a bloku motoru

Jak již bylo řečeno, pokud styčná plocha není dostatečně rovinná, příznaky při provozu motoru mohou být stejné jako v případě mechanického porušení materiálu hlavy. Kontrolu rovinnosti styčné plochy lze snadno provést pomocí ocelového pravítka a listové měrky (viz Obrázek 27) Ocelové pravítko se položí na styčnou plochu hlavy a spárovou měrkou se kontroluje velikost průhybu. Pokud je zjištěn průhyb větší než 0,1mm musí být styčná plocha srovnána na rovinné brusce.



Obrázek 27 Kontrola prohnutí styčné plochy [3]    Obrázek 28 Upevnění hlavy upínkami

Postup broušení: hlava se položí na střed pracovní desky rovinné brusky a připevní se pomocí upínek (viz Obrázek 28), přičemž styčná plocha musí být v dokonalé horizontální poloze. V praxi se může stát, že protilehlá rovina hlavy není rovinná, tudíž pro zajištění horizontální polohy musí být užito speciálních stavěcích stojanů (viz Obrázek 29). Pomocí ručního kola se stupnicí se posune brusný kotouč do těsné blízkosti styčné plochy. Bruska je vybavena automatickým posuvem, tedy stačí pouze spustit a ručním kolem přidávat úběr materiálu, který by neměl být větší než 0,05 mm na otáčku. Broušení se provádí, dokud styčná plocha není dokonale rovinná.



Obrázek 29 Stavěcí stojany pro ustavení hlavy do horizontální polohy

Hlava je nyní po kontrole a opravě všech důležitých komponent a ploch. Hlavu je třeba důkladně opláchnout od prachu a ocelových pilin vzniklých při obrábění. Montáž se provede v opačném pořadí jako demontáž (viz kapitola 2.1), přičemž je vždy nutné vyměnit těsnicí kroužky ventilů a ventily před montáží lehce potřít olejem.

### 3 POSTUP GENERÁLNÍ OPRAVY KONKRÉTNÍ HLAVY

Generální opravu budu provádět na čtyřventilové hlavě motoru z motocyklu Husaberg FE 600 z roku 1998 s jednoválcovým čtyřdobým, vodou chlazeným motorem o zdvihovém objemu 600ccm a výkonem 46 kW. Demontovaná hlava viz obrázek 30.



Obrázek 30 Demontovaná hlava motoru – výchozí stav

Po demontáži hlavy může být okamžitě diagnostikována závada. Na obrázku 20 je vidět, že došlo k porušení soudržnosti materiálu dříku ventilu. Příčinou, dle mého usouzení byla zanedbaná údržba, neboť výrobce doporučuje výměnu ventilů po 250 – 300 motohodinách v ostrém režimu motocyklu (tj. při vysoké zátěži, např. při závodech). Tyto ventily jsou původní z roku 1998 a 300 motohodin bylo již několikrát dosaženo. Talířek výfukového ventilu tedy během provozu motoru upadl a během několika chvil než došlo k zastavení motoru, způsobil značné poškození kompresního prostoru hlavy. Kromě velkých záseků ve slitině hliníku došlo též k ohnutí zbývajícího výfukového ventilu. K tomu mohlo dojít, pokud se upadlý talířek ventilu dostal mezi talířek a sedlo nepoškozeného ventilu ve fázi výfuku, tedy když byl, otevřený a tak nemohl být vrácen pružinou zpět. Jakmile se dostal píst do horní úvratě, došlo ke kontaktu nedovřeného ventilu s pístem, a ventil se ohnul. Další variantou by mohl být fakt, že se talířek dostal mezi píst a nedovřený ventil, což by samozřejmě také způsobilo jeho ohnutí.

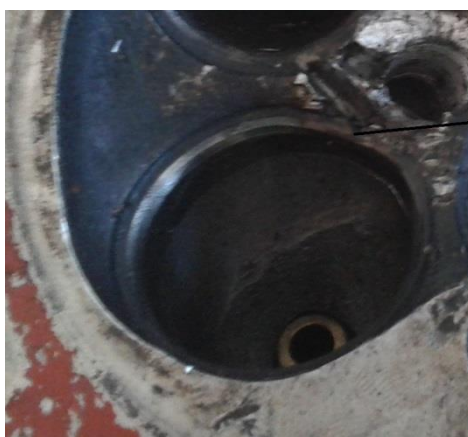
### 3.1 Předběžný návrh opravy

Pro uvedení této hlavy do provozuschopného stavu bude třeba provést řadu úkonů. Prvním krokem je kompletní rozebrání hlavy (viz kapitola 2.1) a následná důkladná prohlídka každého z dílů. Po rozebrání hlavy (viz Obrázek 31) můžu s jistotou říct, že mezi neopravitelné díly budou patřit dva výfukové ventily. Sací ventily na první pohled vypadají v pořádku, ale přesto provedu kontrolu házivosti před opětovnou montáží.



Obrázek 31 Rozebraná sestava hlavy

Po důkladném prozkoumání kompresního prostoru zjišťuji, že nárazy upadlého talířku ventilu způsobily vedle deformace kompresního prostoru též deformaci sedel všech ventilů (viz Obrázek 22).



Deformace sedla ventilu (vyboulení)

Obrázek 32 Deformace sedla ventilu

Oprava tedy bude obnášet následující kroky: demontáž sedel ventilů, opravu plochy kompresního prostoru navařením materiálu a opracováním pro dosažení původního tvaru, kontrola vodítek, vyfrézování přesných otvorů pro nová sedla ventilů a následně montáž, opracování sedel, lapování nových ventilů, kontrola pružin, broušení dosedací pluchy, montáž a nastavení vůlí ventilů.

### 3.2 Demontáž sedel ventilů

Sedla ventilů jsou v hlavě uložena se značným přesahem, tudíž je třeba vynaložit patřičnou sílu pro jejich vyražení. Protože sedlo nemá žádnou vhodnou plochu pro vyražení, použiju starší vyřazené ventily, které mají menší průměr talířku než na jaký je sedlo konstruované, viz Obrázek 33.

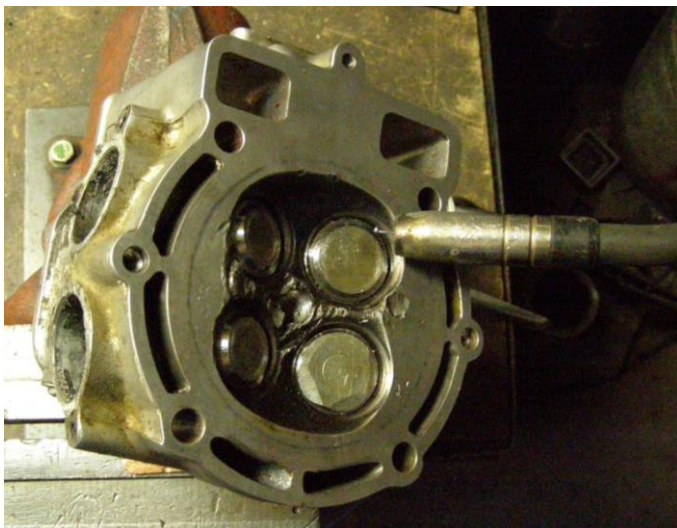


**Vzniklá plocha poslouží pro provedení svaru**

Obrázek 33 Původní ventily nahradím ventily s menším průměrem talířku

Nyní přivařím připravené ventily k sedlům. Díky menšímu průměru talířku mi vzniká dostatečná plocha na provedení svaru mezi sedlem a ventilem (viz Obrázek 34 – 35). Po navaření je možné sedlo vyklepat údery kladiva. To je třeba provést bezprostředně po svařování, kdy se využívá prudkého ohřevu materiálu. Slitina hliníku má vyšší tepelnou roztažnost než litina, tudíž se při svařování roztáhne více a sedlo pak lze vyrazit menší silou. Demontovaná sedla jsou zobrazena na obrázku 36.





Obrázek 34 Pomocné ventily se přivaří k sedlům



Obrázek 35 Provedení svaru



Obrázek 36 Demontovaná sedla ventilu

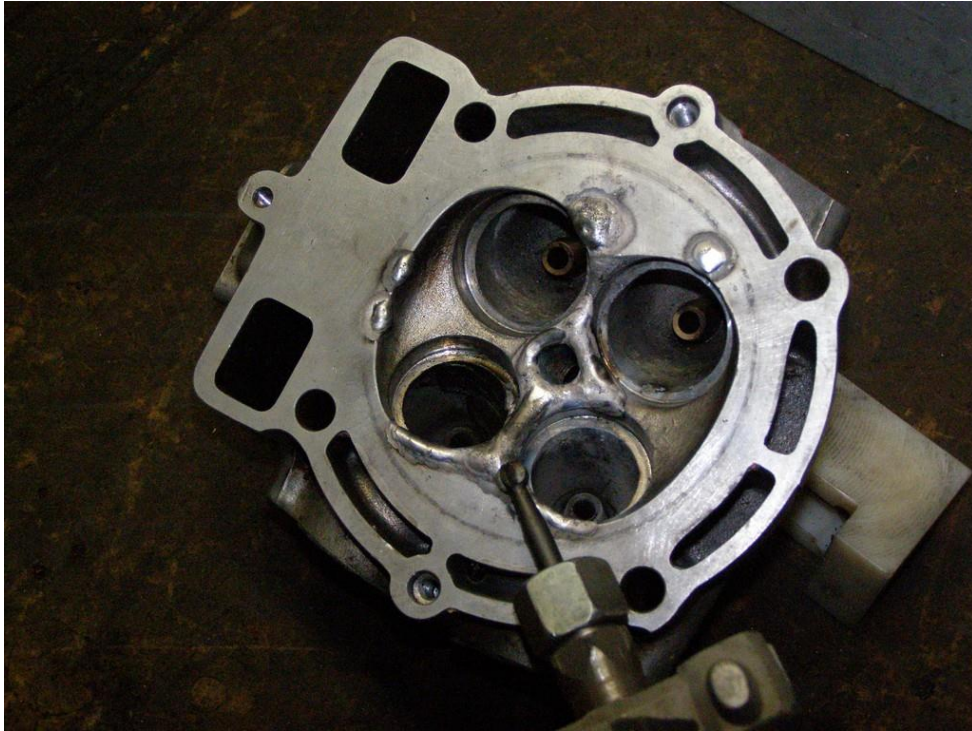
### 3.3 Oprava plochy kompresního prostoru

Nyní, když se mi podařilo demontovat sedla ventilů, je zapotřebí opravit poničenou plochu kompresního prostoru hlavy. Cílem je dosáhnout stejného tvaru, jako byl před destrukcí ventilu s určitou přesností, neboť tvar kompresního prostoru má zásadní vliv na vlastnosti motoru. Takovéto deformace, s množstvím ostrých hran by zásadně ovlivnily náchylnost motoru na detonační spalování, tvořily by se na nich karbonové úsady a spalování a víření směsi by bylo nesprávné. První fází opravy bude navaření materiálu na poškozená místa hlavy. Vhodnou metodou je svařování v ochranné atmosféře, tavicí se elektrodou, neboli MIG (Metal Inert Gas). Hlava je vyrobena ze slitiny hliníku, hořčíku a křemíku tedy AlSi7Mg. Pro svařování této slitiny se nejvíce hodí elektroda OK AUTROD 18.17, vhodná pro slitiny Al s obsahem Mg do 5%, zaručuje vysokou pevnost a legující prvek Zr zlepšuje odolnost proti trhlinám při vysokých teplotách. Obrázek 37 znázorňuje hlavu po svaření.

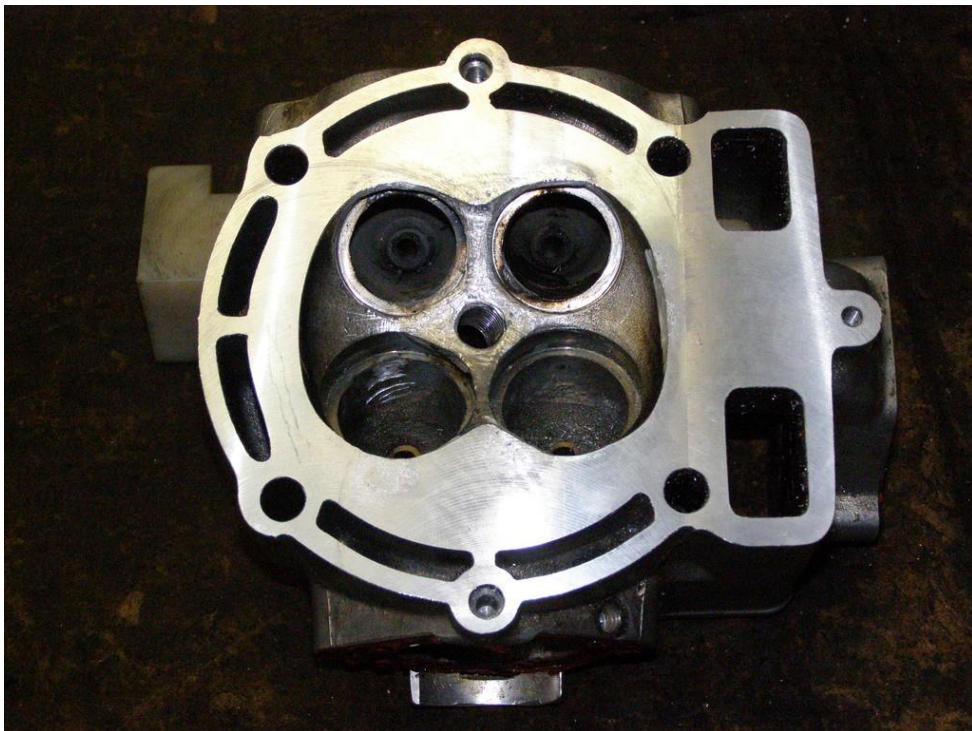


Obrázek 37 Hlava po svařovacím procesu

V dalším kroku provedu opracování svaru přímou bruskou (fortunou) se stopkovou frézou kulovitého tvaru tak, abych opracováním docílil původního tvaru spalovacího prostoru (viz Obrázek 38). Je třeba postupovat velice pečlivě a pomalu, pokud by došlo k odfrézování materiálu do větší hloubky, než je zapotřebí, proces svařování by se musel opakovat, čímž by se prodloužila doba opravy a s tím i spojené náklady. Frézuji pouze v oblasti spalovacího prostoru. Rovinná plocha, která dosedá na blok motoru a válec, bude opracována na rovinné brusce. Obrázek 39 pak znázorňuje opracovaný spalovací prostor.



Obrázek 38 Opracování přímou bruskou se stopkovou frézou



Obrázek 39 Opracovaný spalovací prostor

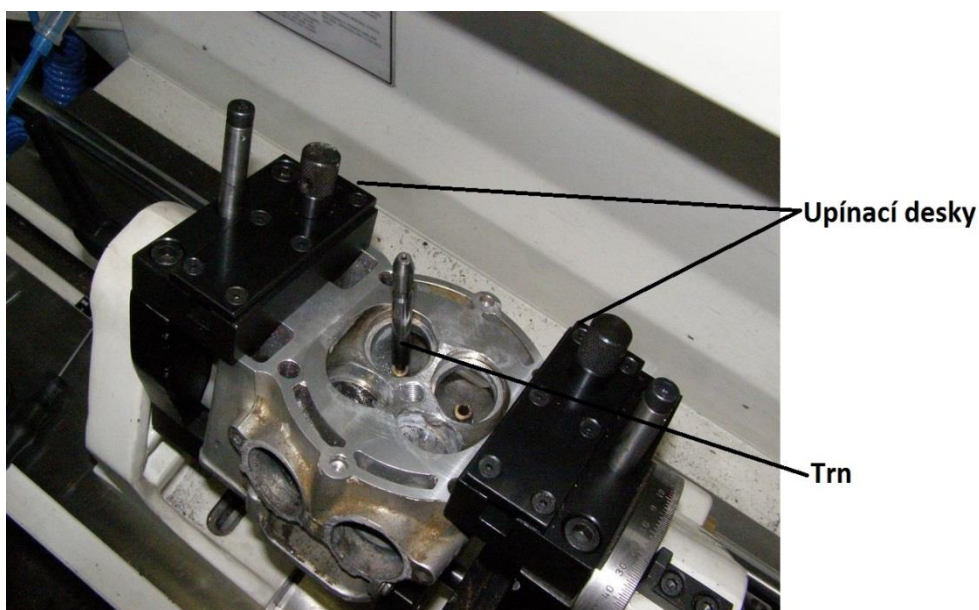
### 3.4 Frézování děr pro sedla ventilů

Pro dosažení sousosti ventilu a sedla je nezbytné před touto operací zkontrolovat stav vodítek. Kontrolu provedu postupem popsáním v kapitole 2.3. Vodítka jsou v naprostém pořádku, můžu tedy přistoupit k obrobení děr, což provedu na stroji Rottler SG7, který je přímo určený pro opravy sedel ventilů (viz Obrázek 40).



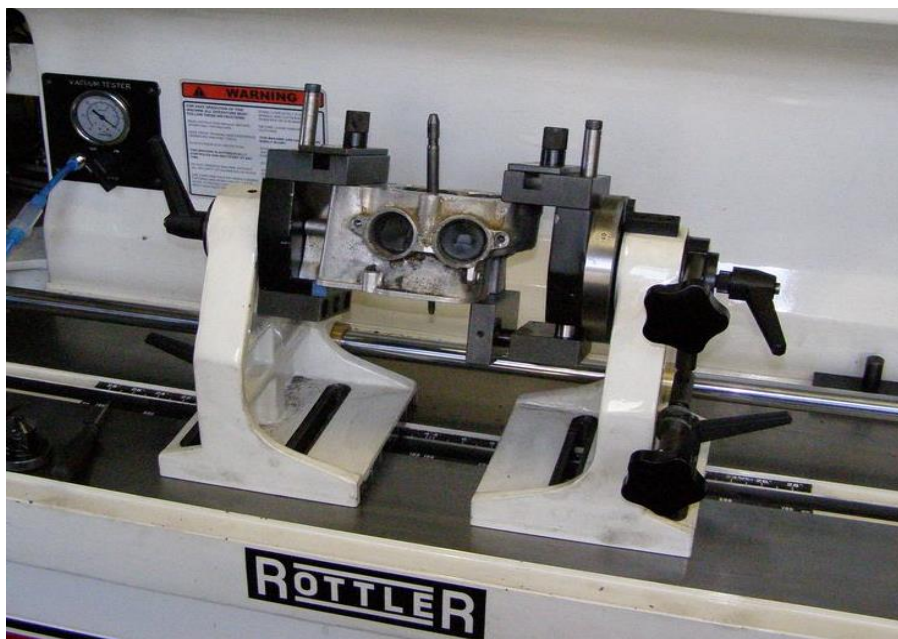
Obrázek 40 Stroj pro opravu sedel - Rottler SG7 [13]

Hlavu položím na pracovní desku stroje tak, aby spalovací prostor směřoval nahoru, a přitáhnu pomocí upínek (viz Obrázek 41).

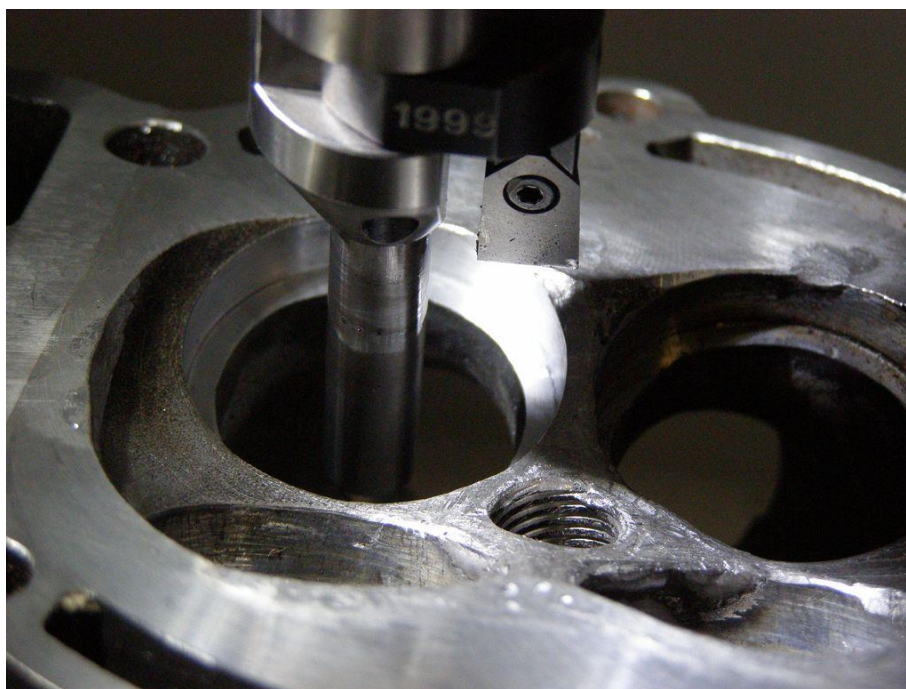


Obrázek 41 Uchycení hlavy k pracovní desce stroje

Do vodítka ventilu vsadím přesný broušený trn s příslušným průměrem, v tomto případě průměr 6mm. Pomocí snímače úhlu vyrovnám osu trnu, tedy i vodítka do vertikální polohy v obou rovinách natáčením pracovní desky stroje (viz Obrázek 42) s tolerancí  $\pm 0.05^\circ$ . S takto vyrovnanou hlavou přejdu k samotné operaci frézování. Fréza je vedena pomocí trnu, čímž je dosaženo soustřednosti sedla a ventilu. Na nástroji nastavím požadovaný průměr (pro výfukové sedlo 38mm, pro sací 40mm) a za pomoci digitálního úchylkoměru frézuji do hloubky 6mm. Proces frézování je zobrazen na obrázku 43.



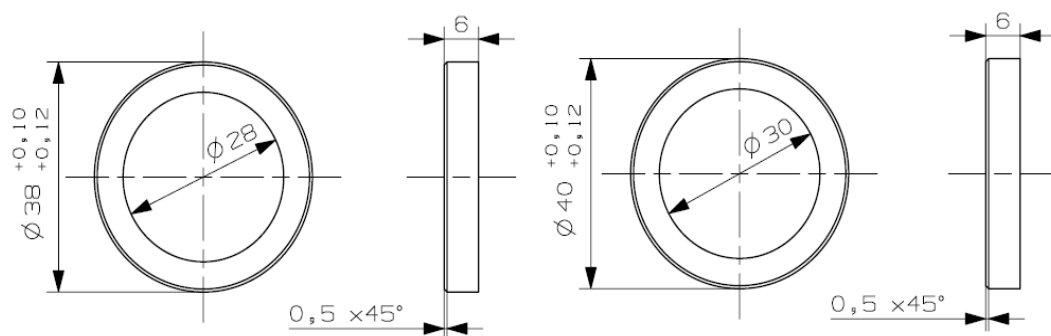
Obrázek 34 Otočná pracovní deska stroje



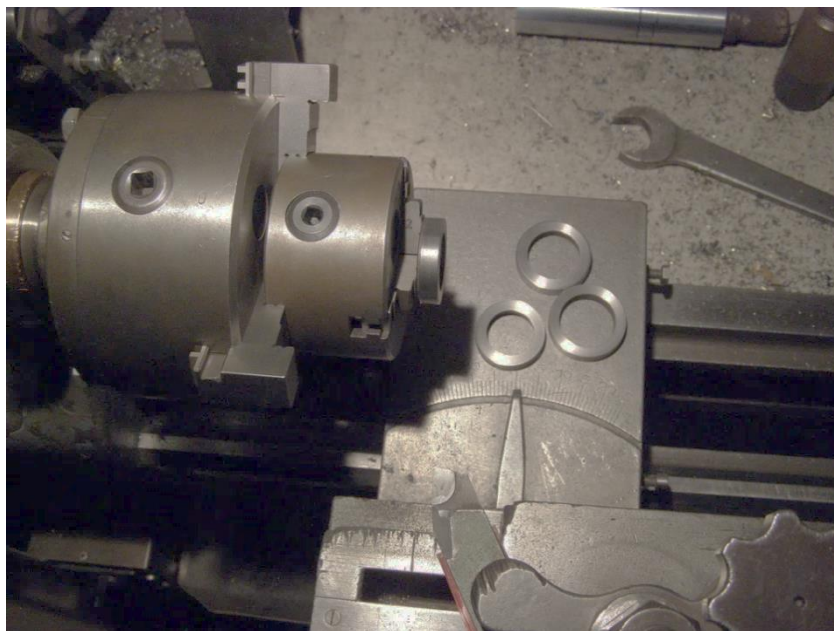
Obrázek 43 Frézování díry pro sedlo ventilu

### 3.5 Výroba a montáž sedel ventilů

Sedla ventilu, jakožto jednoduché rotační součásti se vyrobí na soustruhu z polotovaru (viz obrázek 45), tj. kruhové tyče o průměru 45 mm, z materiálu KOMA 42 0072, tedy vysoce legované martenzitické šedé litiny, vhodné pro bezolovnaté benzíny. Sedlo ventilu musí být v hlavě uloženo s přesahem v rozmezí 0.1 mm - 0.12 mm. Rozměry sedel viz Obrázek 44. Jedna hrana sedla musí být sražena pro snadnější montáž.

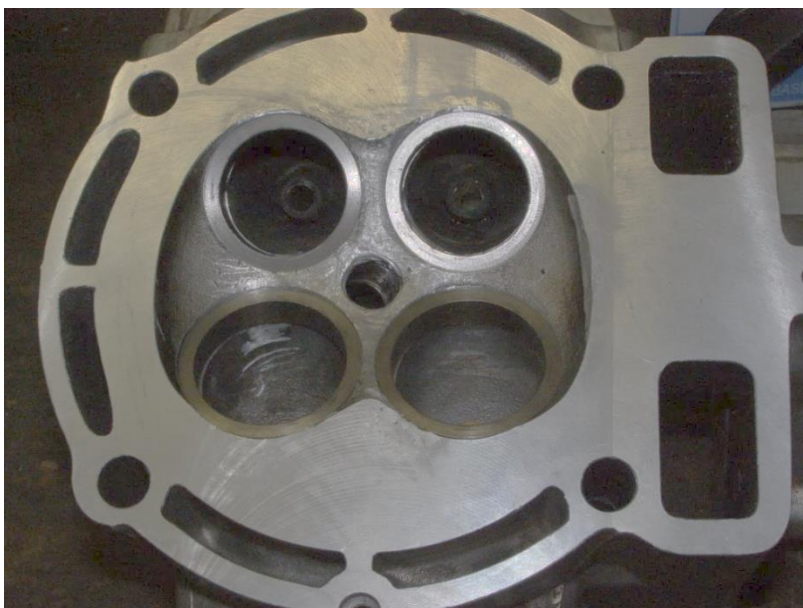


Obrázek 44 Rozměry sedel ventilů – výfukové vlevo, sací vpravo



Obrázek 45 Soustružení sedel ventilů

Pro snadnou montáž je třeba sedlo ochladit, nejlépe tekutým dusíkem a hlavu ohřát např. plynovým hořákem na teplotu alespoň 100°C. Poté se sedlo opatrně naklepne do hlavy, přičemž je třeba postupovat rychle, neboť dochází k rychlému vyrovnávání teplot mezi hlavou a sedlem, tedy roztahování sedla a smršťování otvoru pro sedlo v hlavě. Usazená sedla viz obrázek 46.



Obrázek 46 Hlava po montáži sedel

### 3.6 Opracování sedel

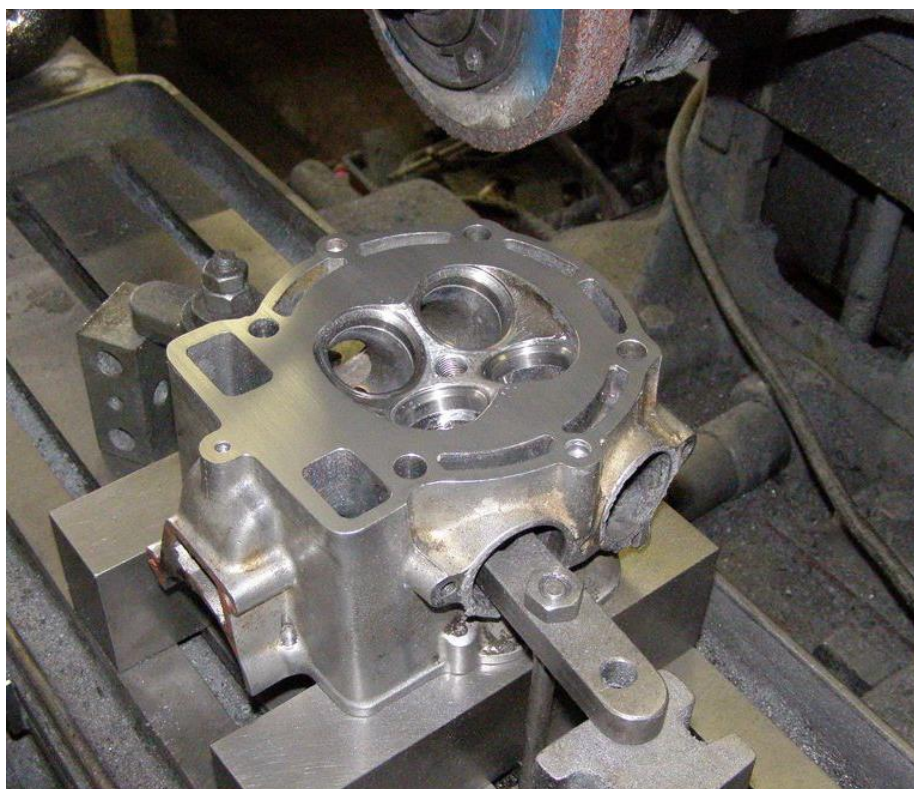
Opracování dosedací plochy sedla ventilu bylo provedeno dle postupu v kapitole 2.4. Šířka dosedací plochy je udána výrobcem a to 1mm při úhlu  $45^\circ$ , korekční plochy  $15^\circ$  a  $60^\circ$ . Opracované sedlo je znázorněno na obrázku 47.



Obrázek 47 Opracované sedlo s dosedací plochou  $45^\circ$  a korekčními úhly  $15^\circ$  a  $60^\circ$

### 3.7 Broušení dosedací plochy hlavy

Broušení dosedacích ploch hlav motorů je popsáno v kapitole 2.7. V tomto případě se liší pouze v první fázi broušení, kde odbrušují výstupky vzniklé svařováním hlavy. V této fázi mohou nastavit větší úběr materiálu tj. 0,15mm. Jakmile se brusný kotouč dostane na rovinnou plochu, úběr materiálu se musí snížit na 0,05mm. Na stupnici odečtu o jakou míru byla hlava obroušena a na základě této hodnoty volím následně příslušnou tloušťku těsnění pod hlavu, pro zachování stejného kompresního poměru. Výsledek broušení viz Obrázek 48.



Obrázek 48 Obroušená dosedací plocha hlavy



### 3.8 Ventily

Kontrolu sacích ventilů provedu stejným postupem, který je popsán v kapitole 2.2. Zjišťuji, že i přestože se ventily zdály být na první pohled v pořádku, vykazují házivost více než 0,7 mm na obvodu talířku. Sací ventily tedy musí být stejně jako výfukové vyměněny za nové. Na výběr jsou dva druhy ventilu – ocelové nebo originální titanové. Tento motor je konstruován pro použití titanových, lehčích ventilů. Pokud bych se rozhodl pro ocelové ventily, které jsou mnohem levnější, musel bych zaměnit stávající ventilové pružiny za pružiny adekvátní k ocelovým ventilům, které jsou o poznání těžší. Z tohoto důvodu musejí mít pružiny větší tuhost, aby překonaly setrvačné síly těžších ventilů a zajistily zavření ventilů ve stejném čase jako v případě titanových ventilů. Takové pružiny, bohužel, nejsou na tento motocykl k dostání, proto volím dražší variantu, tedy ventily titanové, které však vedle svých nesporných výhod jako je větší pevnost a odolnost, při přibližně poloviční hmotnosti, mají i své nevýhody. Při další opravě hlavy totiž talířek takového ventil nemůže být obroušen a znovu lapován, neboť by se broušením narušila povrchová vrstva materiálu ventilu, zaručující vysokou odolnost při provozu. Na rozdíl od ocelového, opravitelného ventilu musíme v případě opotřebení vždy použít nový ventil.

### 3.9 Kompletace hlavy a podtlaková zkouška

Před kompletací je zapotřebí hlavu pečlivě vyčistit, propláchnout, například technickým benzínem, a vyfoukat stlačeným vzduchem pro odstranění všech nečistot a kovových pilin vzniklých při obrábění. Tím předejdu vniknutí nečistot do válce motoru při provozu, což v případě kovové piliny by vedlo ke značnému poškození válce. Vodítka ventilů osadím novými těsníci kroužky. Dříky všech ventilů lehce potru olejem a vsadím do hlavy. Dále aplikuji očištěné pružiny, horní misky a pojistky ventilů. Zkompletovaná hlava viz Obrázek 49.

Po kompletaci provedu podtlakovou zkoušku těsnosti ventilu. Na přírubu pro výfukové potrubí/sací trakt jednotlivě přiložím přísavku podtlakové zkoušečky (viz Obrázek 50) a z manometru odečtu hodnotu. Dostačující těsnost ventilu je zajištěna pokud podtlak ve výfukovém/sacím kanálu dosáhne hodnoty alespoň 60kPa. V mém případě hodnota podtlaku přesahovala v obou případech 70kPa, těsnost ventilů je tedy dostačující.



Obrázek 49 Zkompletovaná hlava motoru



Obrázek 50 Podtlaková zkouška

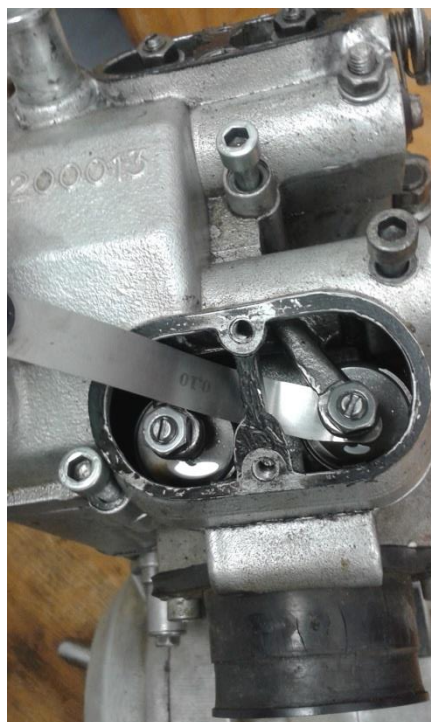
### 3.10 Seřízení vůlí ventilů

Nastavení vůlí provádím již na hlavě přimontované k motoru. Seřízení se provádí seřizovacím šroubem na vahadle. Jelikož vahadla, společně s vahadlovým hřídelem, jsou umístěna ve ventilovém víku, musím v prvním kroku přimontovat ventilové víko k hlavě pomocí šroubů (viz Obrázek 51) a sejmout kontrolní víčka. Nastavím píst do horní úvratě a povolím seřizovací šrouby. Výrobce předepisuje vůli 0,1mm na sacích i výfukových ventilech. Vsunu příslušnou spárovou měrku mezi ventil a vahadlo (viz Obrázek 52), nastavím seřizovací šroub tak, aby měrka při vytahování kladla mírný odpor, a v této poloze zajistím seřizovací šroub pojistnou maticí (viz Obrázek 53). Stejný postup opakuji i u ostatních ventilů.

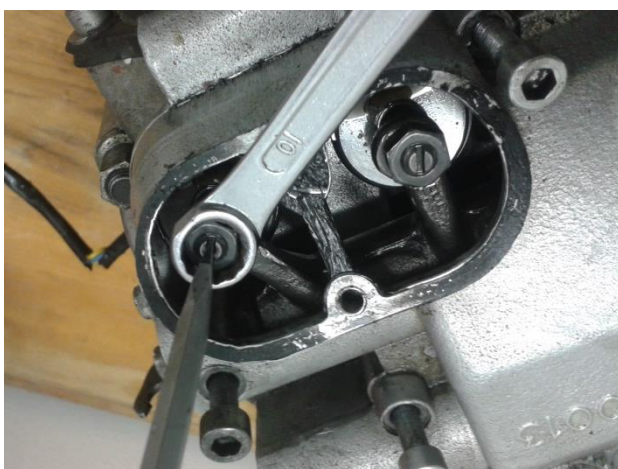
Závěrem přišroubuji zpět kontrolní víčka a hlava je nyní v plně provozuschopném stavu.



Obrázek 51 Usazené ventilové víko



Obrázek 52 Vsunutá spárová měrka



Obrázek 53 Seřízení vůle ventilu

### 3.11 Rekapitulace opravy a vyčíslení nákladů

Oprava hlavy byla úspěšně dokončena bez vážnějších komplikací. Narazil jsem na jediný problém, kterým byl nákup nových komponent, konkrétně ventilů a těsnících kroužků na ventily. Vzhledem k tomu, že motocykl je šestnáct let starý, náhradní díly se již nedodávají. Po dlouhém pátrání jsem našel dodavatele v USA, který mi tyto díly poslal. Těsnění pod hlavu také není k dostání, bylo proto vyrobeno na zakázku podle starého těsnění.

Veškeré práce na hlavě motoru jsem prováděl sám, s výjimkou svařování kompresního prostoru. Tato operace byla svěřena do rukou odborníků. Tímto jsem ušetřil značnou část nákladů na opravu. Informativně však uvádím vyčíslení nákladů i s běžnými cenami servisních úkonů:

Svařování kompresního prostoru	200 Kč
Opracování kompresního prostoru a děr pro sedla	500 Kč
Výroba sedel, materiál	500 Kč
Obrobení sedel ventilů	640 Kč
Těsnící kroužek, 4ks	220 Kč
Ventily, 2x sací, 2x výfukový	5 450 Kč
Broušení dosedací plochy	400 Kč
<b>Celkem</b>	<b>7 910 Kč</b>

## 4 ZÁVĚR

Ve své bakalářské práci jsem se věnoval konstrukci a opravám hlav válců čtyřdobých motorů silničních vozidel. V první části teoreticky pojednávám o konstrukci hlav válců a komponentech, jejich funkci a materiálu, z nichž jsou dané prvky vyrobeny.

Dále se zabírám opravami, s kterými se lze v opravárenské praxi běžně setkat. Práce obsahuje popis činností začínající u jednoduchých kontrolních úkonů, přes montáž a demontáž hlavy válců, až po náročné opravy mechanicky poškozených hlav vlivem velkého tepelného namáhání. Praktická část byla věnována konkrétní opravě hlavy z motocyklu Husaberg FE 600, kde v důsledku destrukce ventilu při provozu došlo k mechanickému poškození.

Kompletní oprava hlavy je poměrně náročná práce, která vyžaduje množství speciálních přípravků a strojů. Vedle technického vybavení je zapotřebí i manuální zručnost a znalost dané problematiky, přičemž neodborným zásahem lze způsobit rozsáhlé škody. Aby se tomuto předešlo, vytvořil jsem tuto práci jako návod pro všechny, kteří se do opravy pustí na vlastní pěst.

## 5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] GSCHIEDLE, Rolf. *Příručka pro automechanika*. 3., přeprac. vyd. Překlad Iva Michňová, Zdeněk Michňa, Jiří Handlíř. Praha: Europa-Sobotáles, 2007, 685 s. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [2] NEPOMUCK, Bernd L a Udo JANNECK. *Technická rukověť motocyklisty*. 5., rozš. vyd. Překlad Jiří Vokálek, Tomáš Kohout. České Budějovice: Kopp, 2009, 514 s. ISBN 978-80-7232-354-8.
- [3] SCHERMER, Franz J. *Enduro a motokros: ošetřování, údržba, opravy*. 1. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008, 189 s. Jak na to? (Kopp). ISBN 978-80-7232-362-3.
- [4] *Makino: Engine cylinder head* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.makino.com/resources/case-studies/engine-cylinder-head-/473/Wikipedia:Multi-valve> [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-valve>
- [5] *MOTOPS: Performance cam* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.motops.cz/yoshimura-performance-cam-zavodni-vacka-vackovy-hridel-honda-crf-250-r-2010-2013-700xx228400/>
- [6] *Skodashop* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.skodashop.cz/produkty/detail-produktu/favorit--felicia--cm-tesneni-pod-hlavu-822236.html>
- [7] *Enginelabs: Valve-flow dynamics* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.enginelabs.com/engine-tech/cam-valvetrain/ferrea-helps-explains-valve-flow-dynamics/>
- [8] *Historic cars: Sada ventilových pružin* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.historic-cars.cz/historic-cars-cz/eshop/3-1-FIAT/88-4-Rizeni-motoru-hlava-valce/5/7729-Sada-ventilovych-pruzin-Fiat-500-R-Fiat-126>
- [9] *Autodily KRC: Vodítka ventilu* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://shop.autodilykrc.cz/cz-detail-563119-voditko-ventilu.html>
- [10] *MarkoMT: Sedlo ventilu* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://shop.markomt.sk/scripts/podrobnosti.php?IDZ=5715>
- [11] *Moto Integrator: Vahadlo ventilu* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <https://www.motointegrator.cz/produkty/807237-vahadlo-ventilu-oem-od0500oem>

- [12] *DD Autodily: Vahadlo ventilu* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <http://www.autodilydd.cz/products/vahadlo-ventilu-peugeot-206-307-406-607-807-expert-partner-boxer-2-ohdi-2-2hdi-090364/>
- [13] *Goodson: Neway valve seat cutting* [online]. [cit. 2015-05-25]. Dostupné z: <https://www.goodson.com/SK-GKM-2454EP-Neway-Seat-Cutting-System/>